



Società Autostrada Tirrenica p.A.
GRUPPO AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.p.A.

AUTOSTRADA (A12) : ROSIGNANO – CIVITAVECCHIA
LOTTO 2

TRATTO: SAN PIETRO IN PALAZZI – SCARLINO
PROGETTO DEFINITIVO

INFRASTRUTTURA STRATEGICA DI PREMINENTE INTERESSE
NAZIONALE LE CUI PROCEDURE DI APPROVAZIONE SONO REGOLATE
DALL' ART. 161 DEL D.LGS. 163/2006


DOCUMENTAZIONE GENERALE

STUDIO ATMOSFERICO

RELAZIONE GENERALE

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Ferruccio Bucalo Ord. Ingg. Genova N. 4940 RESPONSABILE UFFICIO MAM-SUA	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Alessandro Alfì Ord. Ingg. Milano N. 20015 COORDINATORE GENERALE APS	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURE
---	--	---

RIFERIMENTO ELABORATO					DATA:	REVISIONE		
DIRETTORIO			FILE		GIUGNO 2011		n.	data
codice	commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo	SCALA:			
12	12	1201	SUA	600				

 ingegneria europea	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
	ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	
CONSULENZA A CURA DI :	IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Ing. Ferruccio Bucalo O. I. Genova N. 4940

RESPONSABILE DI COMMESSA Ing. Michele Parrella Ord. Ingg. Avellino N. 933 COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO	VISTO DEL COMMITTENTE 	VISTO DEL CONCEDENTE 
---	---	--

INDICE

1	Descrizione delle sostanze inquinanti.....	2
1.1	Monossido di carbonio.....	2
1.2	I composti organici volatili (VOC).....	3
1.3	Il particolato atmosferico (PTS, PM10, PM2.5).....	4
1.4	Ossidi di azoto.....	4
1.5	Ozono.....	5
1.6	Biossido di zolfo.....	6
1.7	Composti del piombo.....	6
2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	6
2.1	Le Direttive europee di settore.....	7
2.2	Riferimenti normativi nazionali.....	7
3	L'ANALISI METEOROLOGICA: CARATTERISTICHE FISICHE DEI BASSI STRATI DELL'ATMOSFERA SULLA ZONA SETTENTRIONALE DELLA MAREMMA.....	9
3.1	Premessa.....	9
3.2	Introduzione.....	9
3.3	Caratteristiche a scala sinottica e a mesoscala: loro interazione con la scala locale.....	9
3.4	Analisi delle caratteristiche diffuse del boundary layer.....	10
3.5	Conclusioni.....	17
4	LE SORGENTI EMISSIVE NELL'AREA DI STUDIO.....	17
4.1	Emissioni totali.....	18
4.2	Sorgenti Diffuse.....	19
4.3	Sorgenti Puntuali.....	21
4.4	Sorgenti Lineari.....	30
4.5	LO STATO DELLA QUALITA' DELL'ARIA SUL TERRITORIO DI INTERESSE.....	31
5	L'IMPATTO IN FASE DI ESERCIZIO	41
5.1	Il modello di emissione.....	41
5.2	IL MODELLO DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI.....	49
5.3	Specifiche del modello di dispersione.....	49
5.4	Conclusioni.....	52
6	STIMA DI IMPATTO SULLA QUALITA' DELL'ARIA DELLE ATTIVITÀ DI CANTIERE.....	52
6.1	Metodo di studio.....	52
6.2	Attività di cantiere: specifiche dei modelli di emissione.....	53
6.3	Movimentazione mezzi pesanti sulla rete viaria: specifiche dei modelli di emissione.....	54
6.4	Specifiche del modello di dispersione.....	55
6.5	Risultati.....	55
6.6	Prescrizioni per la riduzione dell'inquinamento atmosferico dovuto ai cantieri.....	56
6.7	Dimensionamento delle opere e delle azioni di mitigazione.....	57

1 Descrizione delle sostanze inquinanti

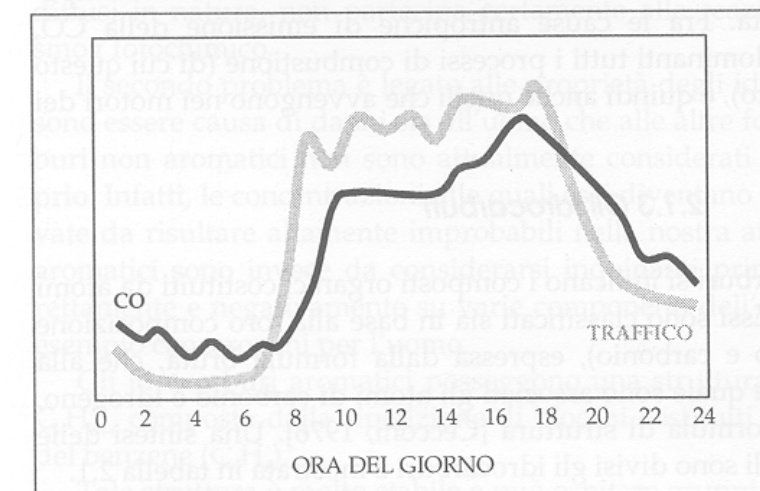
Le condizioni che determinano l'inquinamento atmosferico variano, sia in funzione della qualità e della intensità delle sorgenti emissive, sia per le diverse condizioni geografiche e meteorologiche che influenzano la dispersione degli inquinanti. La situazione meteorologica è determinante per l'accumulo o la dispersione. Infatti, le situazioni più critiche si determinano quando l'altezza dello strato di inversione termica (la temperatura decresce con l'altitudine fino ad un punto, detto punto di inversione, quindi cresce nuovamente) diminuisce e si ha calma di vento. In queste condizioni le dispersioni verticale e orizzontale sono entrambe minime e gli inquinanti possono raggiungere e superare le concentrazioni di soglia. Fattori geografici, quali ad esempio la presenza di monti intorno alla città, possono influire anch'essi sulla dispersione degli inquinanti. Fenomeni di abbassamento dello strato di inversione sono frequenti in ogni stagione ed una variazione di altezza si verifica anche con ritmo circadiano (abbassamento serale). Nel presente paragrafo sono illustrate le caratteristiche delle principali sostanze inquinanti.

1.1 Monossido di carbonio

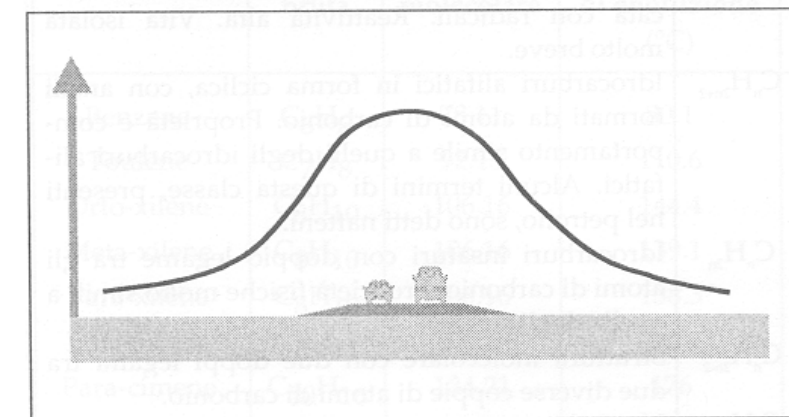
Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore, infiammabile, e molto tossico. Il CO è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3). Si forma durante la combustione delle sostanze organiche, quando questa è incompleta per difetto di ossigeno. La quantità maggiore di questa specie è prodotta dagli autoveicoli e dall'industria (impianti siderurgici e raffinerie di petrolio). I motori Diesel, funzionando con maggiori quantità di aria, garantiscono una combustione più completa ed emettono minori quantità di CO rispetto ai motori a benzina (in compenso emettono più materiale particolato). Negli ultimi anni la quantità di CO emessa dagli scarichi degli autoveicoli è diminuita per il miglioramento dell'efficienza dei motori, per il controllo obbligatorio delle emissioni e per il crescente utilizzo delle marmitte catalitiche. Le emissioni naturali del monossido di carbonio comprendono l'ossidazione del metano e degli altri idrocarburi naturalmente emessi nell'atmosfera, l'emissione diretta dalle piante e l'attività microbica degli oceani. Le emissioni naturali e quelle antropiche di questa specie sono globalmente dello stesso ordine di grandezza.

Il ruolo del monossido di carbonio nella chimica troposferica delle aree industrializzate è di trascurabile importanza, data la scarsa reattività di questa molecola. Il tempo medio di residenza del CO in atmosfera è di circa quattro mesi, e, quindi, questa specie può essere utilizzata come tracciante dell'andamento temporale degli inquinanti primari al livello del suolo.

La presenza di monossido di carbonio nell'aria in corrispondenza di una strada è infatti notevolmente correlata al flusso di traffico relativo. Nella figura seguente si evidenzia come l'andamento delle concentrazioni di CO misurato nei pressi della sezione di una strada durante l'arco giornaliero è generalmente molto simile a quello dei flussi veicolari che la percorrono.



Oltre a questo, il CO presenta una forte variabilità spaziale: in una strada isolata la sua concentrazione mostra di solito valori massimi nell'intorno dell'asse stradale e decresce molto rapidamente allontanandosi da esso, fino a diventare trascurabile a una distanza di alcune decine di metri, come illustrato nella figura seguente.



La presenza di monossido di carbonio nelle aree inquinate mostra anche una pronunciata variabilità in funzione delle condizioni atmosferiche ed è in particolare notevolmente influenzata dalla presenza del vento che tende a ridurre l'entità. A ragioni meteorologiche è riconducibile la variabilità stagionale del CO, caratterizzato da massimi nei periodi invernali e minimi nei periodi estivi.

Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili, mentre gli effetti sull'uomo sono particolarmente pericolosi. La sua pericolosità è dovuta alla formazione con l'emoglobina del sangue di un composto fisiologicamente inattivo, la carbossiemoglobina, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti: i primi sintomi dell'avvelenamento sono cefalea e vertigine. La morte sopravviene pertanto per asfissia. L'affinità del CO per l'emoglobina è di circa oltre 200 volte superiore a quella dell'ossigeno. A basse concentrazioni provoca emicranie, debolezza diffusa, giramenti di testa; a concentrazioni maggiori può provocare esiti letali. L'effetto del CO risulta maggiore in altitudine, per la ridotta percentuale di ossigeno nell'aria. In presenza di 1000 ppm si

sopravvive circa 90 minuti. A causa del traffico automobilistico la popolazione urbana è spesso soggetta a lunghe esposizioni a basse concentrazioni. Quando nell'aria la concentrazione di CO è di 12-31 ppm si arriva al 2-5% di carbossiemoglobina e si manifestano i primi segni con aumento delle pulsazioni cardiache, aumento della frequenza respiratoria e disturbi psicomotori (nei guidatori di auto si allungano in modo pericoloso i tempi di reazione). A 100 ppm di esposizione per diverse ore (come nel caso di lunghe soste in gallerie stradali) compaiono vertigini, cefalea e senso generale di spossatezza, che possono essere seguiti da collasso. L'esposizione a monossido di carbonio comporta inoltre l'aggravamento delle malattie cardiovascolari, un peggioramento dello stato di salute nelle persone sane ed un aggravamento delle condizioni circolatorie in generale.

1.2 I composti organici volatili (VOC)

Con la denominazione di Composti Organici Volatili (VOC) viene indicato l'insieme di sostanze, in forma liquida o gassosa, con un punto di ebollizione che va da un limite inferiore di 50-100°C ad un limite superiore di 240-260°C. Il termine "volatile" indica, infatti, proprio la capacità di queste sostanze chimiche ad evaporare facilmente a temperatura ambiente.

I composti che rientrano in questa categoria sono più di 300 ed includono gruppi che possiedono comportamenti chimici e fisici diversi. Si classificano come VOC, infatti, sia gli idrocarburi contenenti carbonio ed idrogeno come unici elementi (alcheni e composti aromatici), sia composti contenenti ossigeno, cloro o altri elementi tra il carbonio e l'idrogeno, come aldeidi, eteri, alcool, esteri, clorofluorocarburi (CFC) ed idroclorofluorocarburi (HCFC).

I VOC possono essere prodotti da diverse sorgenti, che possono essere antropiche o biogeniche. Tra quelli emessi da fonti antropiche rientrano benzene, toluene, metano, etano, ecc., prodotti principalmente dal traffico veicolare, mentre quelli di origine naturale, che comprendono principalmente terpeni (α -pinene, β -pinene, limonene, sabinene, ecc.) ed isoprene, vengono emessi come gas da fiori, semi, frutti e vegetali.

I composti organici volatili, in relazione ai loro possibili effetti sulla salute e sull'ambiente, sono classificati secondo il seguente schema:

- VOC-OX: VOC caratterizzati da alto potenziale di produzione di ozono; essi contribuiscono inoltre al fenomeno della deposizione acida (principalmente alcani, alcheni, areni e xileni).
- VOC – TOX: VOC direttamente tossici per l'uomo, gli animali e le piante (principalmente solventi clorinati, di olefine, nitrobenzene e composti alogenati del benzene).
- VOC-STRAT: VOC caratterizzati da alto potenziale di riduzione dell'ozono stratosferico (essenzialmente clorofluorocarburi indicati come CFC).
- VOC-CLIM: VOC capaci di assorbire la radiazione infrarossa e, per questo, responsabili dell'effetto serra (principalmente CFC11 e 12 e CH4).

I composti organici volatili presenti nelle aree urbane sono legati alle emissioni di prodotti incombusti provenienti dal traffico veicolare 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. Le emissioni di benzene e toluene sono inferiori nelle macchine con marmitte catalitiche: l'impiego di motori dotati di questo sistema riduce di circa sette volte le emissioni. Fonti secondarie, ma non trascurabili, sono le emissioni dirette di solventi usati in attività di lavaggi a secco, di sgrassatura e di tinteggiatura. Tra i VOC antropogenici, il Benzene è il composto con i maggiori rischi per la salute dell'uomo. Il benzene è un idrocarburo aromatico, cioè un composto di carbonio e idrogeno con una struttura planare ad anello esagonale di formula bruta C_6H_6 . E' presente nei greggi di petrolio ed in molti combustibili e carburanti il cui impiego è il principale responsabile della presenza di benzene nell'atmosfera. In realtà non è un additivo delle benzine e la quantità contenuta naturalmente nel greggio contribuisce poco alle concentrazioni nel prodotto finito. Sono i precursori, naftenici ed aromatici, presenti in quantità variabili nei diversi greggi, ad originare il 70-80% del benzene presente nelle benzine.

Altre fonti del benzene atmosferico sono le emissioni delle industrie di produzione, che però contribuiscono complessivamente in minima parte ed hanno interesse in tal senso solo a livello locale, e quelle naturali, praticamente circoscrivibili agli incendi di boschi.

Il benzene è una molecola chimicamente molto stabile. Nell'acqua e nel suolo si degrada ad opera di agenti biologici; nell'aria viene lentamente aggredito solo ad opera dei radicali OH ed in minor misura (a causa della sua debolissima concentrazione) dal radicale Cl.

La degradazione nell'aria è perciò lenta e la vita media della molecola è dell'ordine di alcuni giorni. Per tale motivo il benzene può dare luogo a fenomeni di accumulo a livello di microscala, quando l'aria è stagnante, ed a fenomeni di trasporto con valori significativi nel raggio di qualche decina di chilometri dalle aree urbane che costituiscono i principali centri di emissione.

Gli effetti dell'esposizione cronica al benzene sono noti già dalla fine dell'800 quando in Svezia si ebbero le prime segnalazioni di casi di "benzoismo cronico" in operai addetti alla produzione di copertoni per ruote di bicicletta. In Italia il problema è esploso negli anni '60 dopo numerosi casi di leucemia verificatisi nei laboratori calzaturieri. Più recentemente, alla fine degli anni '80, si è manifestato, soprattutto nei ricercatori ma anche nell'opinione pubblica, un rinnovato interesse per il benzene, conseguentemente alla diffusione di questa sostanza in tutti gli ambienti di vita. Il benzene infatti, è ora considerato un elemento potenziale di rischio per la popolazione in generale e non solo per alcune categorie di soggetti esposti.

L'effetto più noto dell'esposizione cronica del benzene è quello sul sistema emopoietico: date le correlazioni tra benzene e leucemia, l'International Agency for Research on Cancer (IARC) ed altri diversi enti (ACGIH, OSHA, NIOSH, etc.) lo hanno catalogato nella classe A1, ovvero come cancerogeno certo per l'uomo. Per questo motivo sono stati individuati i "valori soglia", ora largamente diffusi per calcolare il rischio relativo all'uso di farmaci o all'influenza dei contaminanti o degli eventi ambientali sugli organismi umani. Al di sotto della soglia si ritiene che il rischio non sussista; qualora la si superi si deve intervenire per evitarlo. La via principale di assorbimento è quella inalatoria: quella orale e dermica sono trascurabili in termini di assorbimento giornaliero. Nell'uomo è dimostrato un assorbimento polmonare di circa il 50% per esposizioni continuative a concentrazioni di 160-320 mg/m³: la ritenzione è stimata intorno al 30% del contenuto dell'aria assorbita. Il benzene, essendo una molecola lipofila a basso peso molecolare, una volta

assorbito, attraversa con facilità le barriere fisiologiche e tende ad accumularsi nei tessuti in funzione del loro contenuto lipidico. Circa il 16-50% della dose assorbita viene eliminata per via respiratoria, mentre una piccola quantità (0,07-0,2%) è rimossa attraverso l'urina in forma non modificata. La quota residua viene metabolizzata a livello del fegato. A causa del benzene, pertanto, si possono avere degli effetti nocivi acuti come la depressione, l'aritmia o l'asfissia, oppure effetti cronici quali ematotossicità (anemia, granulocitemia, leucemia); immunotossicità (aumento IgM e diminuzione IgG e IgA nel siero); neurotossicità (cefalea, anoressia) o cancerogenicità (leucemie).

1.3 Il particolato atmosferico (PTS, PM10, PM2.5)

Con il termine polveri atmosferiche, o materiale particolato, si intende l'insieme eterogeneo di particelle solide e liquide che, a causa delle ridotte dimensioni, tendono a rimanere sospese in aria per tempi più o meno lunghi. Le caratteristiche dimensionali, morfologiche e chimiche delle particelle possono variare anche sensibilmente in funzione delle sorgenti e dei fenomeni di trasporto e trasformazione. Hanno dimensioni comprese tra 0,005 μm e 50-150 μm ed una composizione costituita da una miscela di elementi quali: carbonio (organico ed elementare), fibre tessili naturali ed artificiali, silice, metalli (ferro, rame, piombo, nichel, cadmio), nitrati, solfati, composti organici (idrocarburi, acidi organici, I.P.A.), materiale inerte (frammenti di suolo, spore, pollini), ecc.

L'insieme delle particelle sospese in atmosfera sono definite con vari termini, tra i quali i più usati sono: PTS (Polveri Totali Sospese) o TSP (Total Suspended Particles) o PM (Particulate Matter).

Il particolato atmosferico è un inquinante che ha origine sia per emissione diretta (particelle primarie) che per reazioni chimico-fisiche in atmosfera da precursori gassosi, quali ossidi di azoto e di zolfo, ammoniaca, composti organici (particelle secondarie). Alcune particelle sono di dimensioni tali da essere visibili, come la fuliggine o il fumo, altre possono essere viste solo al microscopio ottico o elettronico. Le sorgenti del particolato atmosferico possono essere antropiche e naturali. Le più importanti fonti antropiche sono: traffico veicolare (processi di combustione di benzina e gasolio, degrado pneumatici e marmitte, abrasione dell'asfalto, logorio freni, movimentazione del materiale depositato al suolo), combustione di combustibili fossili (centrali termoelettriche, riscaldamento civile), legno, rifiuti, processi industriali (cementifici, fonderie, miniere), combustione di residui agricoli, cave e miniere a cielo aperto. Le fonti naturali, invece, sono sostanzialmente: aerosol marino, erosione del suolo e delle rocce ed in generale materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), aerosol biogenico (spore, polline e frammenti vegetali), virus, batteri, incendi boschivi, emissioni vulcaniche.

Esistono differenti metodi di classificazione del particolato atmosferico. Quello più usato prevede la suddivisione delle polveri in "classi" in funzione della dimensione delle particelle (misurata in micrometri, μm) e la quantificazione della loro presenza in aria in termini di concentrazione (espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Sulla base delle dimensioni, si possono distinguere le seguenti categorie: il particolato grossolano con diametro superiore a 10 μm ; il particolato fine con diametro inferiore a

10 μm (PM₁₀); il particolato finissimo con diametro inferiore a 2.5 μm (PM_{2.5}), che costituisce circa il 60% del PM₁₀; ed il particolato ultrafine con diametro inferiore ad 1 μm (PM₁).

Scendendo ancora di diametro, all'interno del particolato ultrafine ricadono le cosiddette nanopolveri, che sono polveri con un diametro compreso fra 2 e 100nm.

Il rischio sanitario legato alle sostanze presenti in forma di particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle stesse. Le particelle con diametro superiore ai 10 μm si fermano nelle prime vie respiratorie (cavità nasali, faringe e laringe) generando vari effetti irritativi come l'infiammazione e la secchezza del naso e della gola, mentre le particelle con diametro inferiore a 10 μm penetrano nel sistema respiratorio a varie profondità fino a raggiungere gli alveoli polmonari e possono trascorrere lunghi periodi di tempo prima che vengano rimosse, per questo sono le più pericolose. Queste polveri aggravano le malattie respiratorie croniche come l'asma, la bronchite e l'enfisema, ma anche le malattie cardio-circolatorie. Le persone più vulnerabili sono gli anziani, gli asmatici, i bambini e chi svolge un'intensa attività fisica all'aperto, sia di tipo lavorativo che sportivo.

1.4 Ossidi di azoto

Con la terminologia "ossidi di azoto", dal punto di vista chimico, si intende la serie di composti binari fra azoto e ossigeno nei vari stati di ossidazione. Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi di azoto, per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria, si fa quasi esclusivamente riferimento al termine generico NO_x che identifica la somma delle due specie chimiche monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂). Questi due ossidi sono raggruppati insieme poiché la maggior parte del biossido presente in atmosfera proviene dalla rapida conversione del monossido e, per tale motivo, tutte le emissioni di NO_x vengono espresse e convertite in equivalenti di biossido di azoto.

Le più grandi quantità di ossidi di azoto vengono emesse da sorgenti antropiche come il traffico veicolare, le fonti energetiche, le fonti industriali, commerciali e residenziali che comunque si basano su processi di combustione. Gli ossidi di azoto possono anche essere emessi da processi naturali come fulmini, incendi, emissioni vulcaniche, attività batteriche del suolo, l'irradiazione solare diurna e l'iniezione verticale dalla stratosfera.

Il monossido di azoto è un gas incolore ed inodore che si forma in tutti i processi di combustione che avvengono in aria e ad elevata temperatura (> 1210 °C) per reazione diretta tra azoto (N₂) e ossigeno (O₂). La tossicità del monossido di azoto è limitata e per tale motivo le norme vigenti non pongono per esso limiti di concentrazione nell'aria.

Nei processi di combustione si forma anche una piccola parte di biossido di azoto (circa il 5%). Il biossido di azoto è un gas tossico di colore rosso-bruno, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante; è un energico ossidante, molto reattivo e quindi altamente corrosivo. Questo ultimo è considerato un inquinante secondario perché deriva principalmente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto da parte di ossidanti quali ozono (O₃) e perossiradicali (HO₂ e RO₂). Il ben noto colore rosso-marrone delle foschie che ricoprono le città ad elevato traffico è

dovuto per l'appunto al biossido di azoto per la sua capacità di assorbire la luce visibile a lunghezze d'onda minori di 430 nm.

Gli ossidi di azoto permangono in atmosfera per pochi giorni (4-5) e sono rimossi in seguito a reazioni chimiche che portano alla formazione di acidi e di sostanze organiche.

I maggiori fenomeni di inquinamento da ossidi di azoto si verificano d'inverno, in coincidenza con giornate fredde e stabilità atmosferica che favoriscono l'accumulo di questi inquinanti ed in particolare nelle ore in cui il traffico raggiunge i massimi livelli.

Per ciò che concerne gli effetti sulla salute, il biossido d'azoto è circa quattro volte più tossico del monossido d'azoto. L'NO₂ è un gas irritante per gli occhi e per le mucose nasali e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari, bronchiti croniche, asma ed enfisema polmonare. Come il monossido di carbonio (CO) anche l'NO₂, introdotto nell'organismo attraverso il processo respiratorio alveolare, si combina con l'emoglobina, modificandone le proprietà chimiche e fisiologiche dando luogo a formazione di metaemoglobina. Questa ultima molecola non è più in grado di trasportare l'ossigeno (ruolo che è proprio dell'emoglobina).

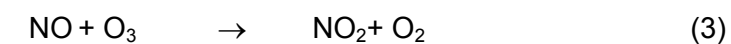
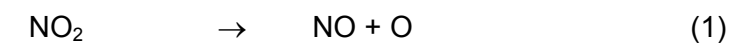
1.5 Ozono

L'ozono è un gas altamente reattivo, di odore pungente e di colore blu, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno; queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare ed un atomo di ossigeno estremamente reattivo. Per queste sue caratteristiche l'ozono è quindi un energetico ossidante in grado di demolire sia materiali organici che inorganici.

L'ozono è presente per più del 90% nella stratosfera (la fascia dell'atmosfera che va dai 10 ai 50 km di altezza) dove viene prodotto dall'ossigeno molecolare per azione dei raggi ultravioletti solari. La quantità di ozono presente nella stratosfera viene mantenuta costante, se non intervengono altri fattori, mediante un equilibrio dinamico tra la reazione di formazione e quella di fotolisi. La formazione predomina ad un'altitudine superiore ai 30 km, dove la radiazione UV avente lunghezza d'onda inferiore ai 242 nm dissocia l'ossigeno molecolare, largamente presente, in ossigeno atomico; questo si combina rapidamente con un'altra molecola di ossigeno a formare la molecola triatomica dell'ozono. L'effetto netto della reazione è la conversione di tre molecole di ossigeno in due molecole di ozono. L'ozono così formato assorbe a sua volta la radiazione solare di lunghezza d'onda compresa tra i 240 e 320 nm, subendo fotolisi e dando luogo ad una molecola ed un atomo di ossigeno. Questo assorbimento della radiazione solare nella stratosfera costituisce l'importante effetto di schermare la terra da più del 90% delle radiazioni UV dannose per la vita sul nostro pianeta.

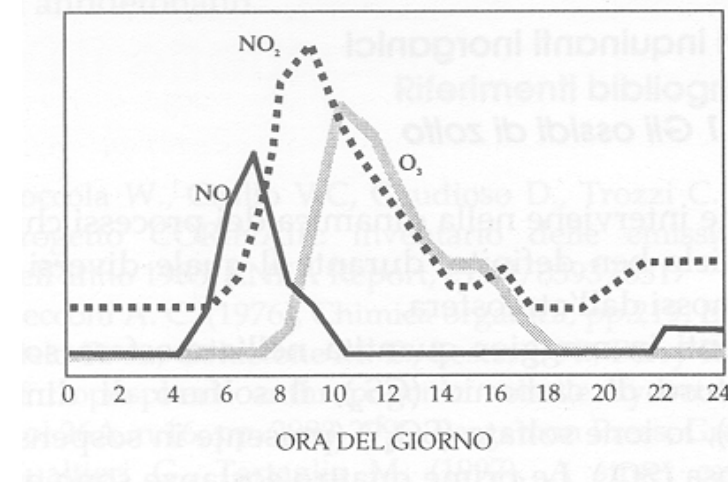
L'ozono troposferico è presente esclusivamente per il ridotto scambio atmosferico fra troposfera e stratosfera e per la formazione di ozono a partire da inquinanti atmosferici primari. Infatti, per effetto della circolazione atmosferica, l'ozono viene in piccola parte trasportato anche negli strati più bassi dell'atmosfera (troposfera che va dai 0 a 10 km di altezza), nei quali si forma anche per effetto di scariche elettriche durante i temporali.

Nella troposfera in genere l'ozono è presente a basse concentrazioni e rappresenta un inquinante secondario ed è, in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura. Infatti, l'ozono non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili. Infatti, nella troposfera la sorgente principale di ozono è rappresentata dall'ossigeno atomico proveniente dalla fotolisi del biossido di azoto.



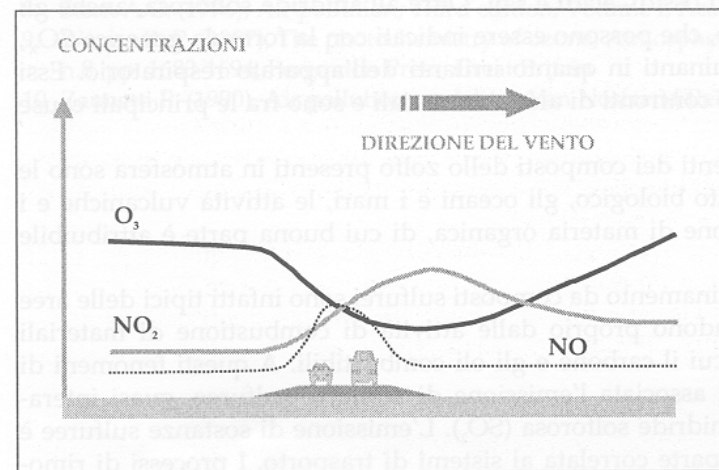
La produzione di ozono da parte dell'uomo è, quindi, indiretta dato che questo gas si origina a partire da molti inquinanti primari. Per estensione si può, quindi, affermare che le principali sorgenti antropiche risultano essere quelle che liberano gli inquinanti precursori e cioè il traffico veicolare, i processi di combustione, l'evaporazione dei carburanti, i solventi. Di conseguenza, è da sottolineare che la concentrazione dell'ozono troposferico varia a seconda della zona geografica considerata, dell'ora, del periodo dell'anno, delle condizioni climatiche, della direzione e velocità del vento, del grado di inquinamento primario.

L'evoluzione giornaliera in aree ad elevato traffico stradale delle concentrazioni di ozono e delle specie chimiche coinvolte nella sua formazione è mostrata nella figura sottostante.



Nelle prime ore della giornata si ha il massimo di concentrazione di NO prodotto dalla punta mattutina di traffico. NO viene convertito in NO₂ in un periodo di qualche ora; mentre la formazione di O₃ inizia soltanto quando il processo di formazione di NO₂ si avvicina a completamento. A questo punto la concentrazione di ozono cresce molto rapidamente nel tempo raggiungendo il suo massimo in tarda mattinata o nel primo pomeriggio e cominciando poi a diminuire.

A causa del fatto che la reazione (3) ostacola la coesistenza di grandi concentrazioni di NO e O₃, le concentrazioni di ozono tendono ad essere basse in presenza di sorgenti di emissione di monossido di azoto. Questa è la ragione per cui l'entità di ozono è solitamente bassa nei pressi di forti flussi di traffico anche se può essere notevole nelle immediate vicinanze.



Andamento qualitativo delle concentrazioni di NO, NO₂ e O₃ in una sezione stradale

La molecola dell'ozono è estremamente reattiva, in grado di ossidare numerosi componenti cellulari, fra i quali amminoacidi, proteine e lipidi. A concentrazioni di ozono pari a 0.1 ppm si manifestano effetti di irritazione agli occhi ed alla gola per la sua azione nei confronti delle mucose. Concentrazioni più elevate causano irritazioni all'apparato respiratorio, tosse ed un senso di oppressione al torace che rende difficoltosa la respirazione. I soggetti più sensibili, come gli asmatici e gli anziani possono essere soggetti ad attacchi di asma anche a basse concentrazioni. Alla concentrazione di 1 ppm provoca mal di testa e a 1.7 ppm può produrre edema polmonare.

1.6 Biossido di zolfo

L'anidride solforosa o biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente. Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificarsi nelle zone più basse. Rappresenta l'inquinante atmosferico per eccellenza essendo il più diffuso, uno dei più aggressivi e pericolosi e di gran lunga quello più studiato ed emesso in maggior quantità dalle sorgenti antropiche.

Il biossido di zolfo si forma per reazione tra lo zolfo contenuto in alcuni combustibili fossili e l'ossigeno atmosferico. L'emissione del biossido di zolfo deriva dal riscaldamento domestico, dai motori alimentati a gasolio o diesel, dagli impianti per la produzione di energia, ed in generale dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (carbone, gasolio, olio combustibile) contenenti piccole percentuali di zolfo. Rilevanti sono anche le emissioni nei processi di produzione dell'acido solforico, nella lavorazione di molte materie plastiche, nella desolforazione dei gas naturali, nell'arrostimento delle piriti, nell'incenerimento dei rifiuti; l'apporto inquinante

dato dalle emissioni dei mezzi di trasporto appare invece trascurabile. Infatti, le emissioni di biossido di zolfo sono sensibilmente diminuite fin dagli anni '80, grazie alla legislazione che impone sempre più bassi tenori di zolfo nei combustibili e alla penetrazione del gas naturale, che di zolfo è praticamente privo. Ciò ha ridotto sensibilmente le emissioni di SO₂ dalle piccole e medie fonti di emissione (inclusi i trasporti), per cui la principale fonte di emissione sono attualmente i grandi impianti di combustione (centrali termoelettriche non alimentate con metano e altri impianti). Le emissioni naturali di biossido di zolfo sono principalmente dovute alle attività vulcaniche.

Una volta emesso in atmosfera, l'SO₂ si ossida ad acido solforico e solfati, formando un aerosol spesso associato con altri inquinanti in particelle solide o liquide, ed è all'origine del fenomeno di inquinamento transfrontaliero noto con il nome di precipitazioni acide. Infatti, il biossido di zolfo permane in atmosfera per 1-4 giorni.

Per l'elevata solubilità in acqua il biossido di zolfo viene facilmente assorbito dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio. L'alta reattività lo rende un composto estremamente irritante. E' stato comunque notato un effetto irritante sinergico con le polveri sospese per la capacità che queste hanno di veicolare gli inquinanti nelle zone più profonde dell'apparato respiratorio. A basse concentrazioni gli effetti del biossido di zolfo sono principalmente legati a patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, asma e tracheiti e ad irritazioni della pelle, degli occhi e delle mucose.

1.7 Composti del piombo

Il piombo è un metallo pesante dagli effetti tossici per l'uomo. La principale causa della presenza di composti del piombo nell'atmosfera è di tipo antropico e deriva dalla combustione, nei mezzi di trasporto, di benzine contenenti alcuni composti del piombo con funzioni antidetonanti.

2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

2.1 Le Direttive europee di settore

La Direttiva Quadro sulla qualità dell'aria ambiente (Direttiva europea 96/62/CE) costituisce il principale riferimento europeo in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente. Essa fissa i principi generali, ripresi a livello nazionale dal D. Lgs n°351 del 4 Agosto 1999 relativi ai seguenti adempimenti:

- la valutazione della qualità dell'aria ambiente e la zonizzazione del territorio degli Stati membri;
- l'adozione delle misure da adottare in relazione ai regimi di concentrazione valutati sull'intero territorio di ogni Stato membro;
- l'informazione da fornire al pubblico;

La Direttiva Quadro ha demandato a Direttive successive, le cosiddette Direttive "figlie", la definizione di valori limite, valori bersaglio e obiettivi a lungo termine della qualità dell'aria nonché di standard specifici per la protezione della vegetazione, per i seguenti inquinanti atmosferici: biossido di zolfo, biossido e ossidi di azoto, PM₁₀, piombo, ozono, benzene, monossido di carbonio, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), cadmio, arsenico, nichel e mercurio.

Di seguito si riporta l'elenco delle Direttive figlie derivate:

- I:99/30/CE SO₂ NO_x PM₁₀ Pb
- II: 2000/69/CE Benzene, CO
- III: 2002/3/CE O₃
- IV: 2004/107/CE: IPA, cadmio; arsenico; nichel; mercurio

Il 21 maggio 2008 è stata emanata la Direttiva 2008/50/CE, secondo la quale ai fini della tutela della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso, è particolarmente importante combattere alla fonte l'emissione di inquinanti nonché individuare e attuare le più efficaci misure di riduzione delle emissioni a livello locale, nazionale e comunitario. È opportuno pertanto evitare, prevenire o ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici nocivi e definire adeguati obiettivi per la qualità dell'aria ambiente che tengano conto delle pertinenti norme, orientamenti e programmi dell'Organizzazione mondiale della sanità. Secondo tale Direttiva: la direttiva 96/62/CE del Consiglio del 27 settembre 1996 in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente; la direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo; la direttiva 2000/69/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 novembre 2000 concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente, la direttiva 2002/3/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 febbraio 2002 relativa all'ozono nell'aria e la decisione 97/101/CE del Consiglio del 27 gennaio 1997 che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri, devono essere modificate sostanzialmente per incorporarvi gli ultimi sviluppi in campo scientifico e sanitario e le esperienze più recenti degli Stati membri. Secondo la Direttiva 2008/50/CE "a fini di chiarezza, semplificazione ed efficienza amministrativa è

pertanto opportuno sostituire i cinque atti citati con un'unica direttiva e, se del caso, con disposizioni di attuazione".

2.2 Riferimenti normativi nazionali

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria si è basata fino al 30 settembre 2010, data di pubblicazione del Decreto legislativo 13 agosto 2010, n°155, attuativo della Direttiva 2008/50/CE, sui seguenti riferimenti legislativi:

1. DPCM n°30 del 28.3.1983: "Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativa agli inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno".
 2. DPR n°203 del 24.5.1988: "Attuazione delle Direttive CEE 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotti dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della L. 183 del 16.4.1987.
 3. DM Ambiente 6.05.1992: "Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio".
 4. D.M.A. 12.11.1992: "Criteri generali per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell'aria".
 5. DM 15.04.1994: "Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del DPR 24 maggio 1988, n°203, e dell'art. 9 del DM. 20 maggio 1991".
 6. D.M.A. 25.11.1994: " Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinamenti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al decreto ministeriale 15 aprile 1994.
 7. D.M. 21.04.1999, n.163: "Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione".
 8. D.L. 4.08.1999, n.351: "Attuazione della direttiva CEE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente".
 9. D.M. 2 aprile 2002, n.60: "Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio".
 10. D.M. 1 ottobre 2002, n.261: "Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n°351".
- Il Dlgs 13 agosto 2010, n°155, recependo la Direttiva 2008/50/CE, riordina completamente la normativa in materia di gestione e tutela della qualità dell'aria. Dei riferimenti legislativi precedentemente elencati, resta in vigore solo il D.M.A. 12.11.1992.

Nella tabella seguente sono riportati per ogni inquinante i valori normati.

	SO ₂		NO ₂		NOx	C ₆ H ₆	Pb	CO	PM 10		PM 2,5	O ₃	As	Cd	Ni	BaP
	periodo di mediazione		periodo di mediazione		periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione		periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione
valore limite	1 ora	1 giorno	1 ora	anno civile		anno civile	anno civile	media massima giornaliera calcolata su 8 h	1 giorno	anno civile	anno civile					
	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno	40 µg/m ³		5 µg/m ³	0.5 µg/m ³	10 mg/m ³	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile	40 µg/m ³	25 µg/m ³					
livello critico per la protezione della vegetazione	anno civile	invernale (1° ottobre-21 marzo)			anno civile											
	20 µg/m ³	20 µg/m ³			30 µg/m ³											
soglia di allarme	3 ore consecutive		3 ore consecutive									1 ora				
	500 µg/m ³		400 µg/m ³									240 µg/m ³				
soglia di informazione												1 ora				
valore obiettivo												1 ora	anno civile	anno civile	anno civile	anno civile
												25 µg/m ³	120 µg/m ³	6 ng/m ³ *	5 ng/m ³ *	20 ng/m ³ *

* Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su anno civile.

Tabella 1 Valori di concentrazione stabiliti dal dlgs.13 agosto 2010 n°155

3 L'ANALISI METEOROLOGICA: CARATTERISTICHE FISICHE DEI BASSI STRATI DELL'ATMOSFERA SULLA ZONA SETTENTRIONALE DELLA MAREMMA

3.1 Premessa

Dopo aver delineato brevemente la climatologia dell'area prospiciente al litorale della Toscana centrale in relazione ai problemi di inquinamento atmosferico, in questo studio si analizzano le caratteristiche diffusive del boundary layer sulla zona settentrionale della Maremma, come si evincono da statistiche derivanti da misure e osservazioni al suolo nella stazione di Grosseto nel periodo dal 1952 al 1991. Dallo studio si traggono conclusioni rilevanti per la caratterizzazione dei bassi strati dell'atmosfera sulla zona di interesse e per le conseguenze relative ai fenomeni di dispersione o accumulo di inquinanti. Inoltre, si forniscono i dati climatici diffusivi per poter effettuare simulazioni con modelli di dispersione.

3.2 Introduzione

La conoscenza dettagliata delle caratteristiche fisiche dei bassi strati dell'atmosfera, unita ad informazioni sulle emissioni e le reazioni chimiche intercorrenti tra i vari inquinanti, è un elemento basilare per comprendere e prevedere fenomeni di inquinamento atmosferico. In questo senso, l'analisi statistica di dati meteorologici relativi al boundary layer consente proprio di cogliere le caratteristiche diffusive medie dell'atmosfera su un sito di interesse, permettendo di inferire la propensione o meno all'accumulo di inquinanti in determinate situazioni ricorrenti sul sito stesso.

Nel presente studio, l'analisi meteorologica viene effettuata:

- dapprima considerando brevemente le caratteristiche dei moti atmosferici a varie scale nell'area della Toscana centrale, in particolare sulle zone litoranee
- quindi analizzando con più dettaglio dati statistici relativi a 40 anni di misure e osservazioni al suolo nella stazione meteorologica del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica di Grosseto, con particolare riferimento a direzione/velocità del vento e classi di stabilità.

Tutto ciò consente di trarre conclusioni sulle caratteristiche fisico-meteorologiche medie diurne e notturne in tutte le stagioni e, come conseguenza, sulla propensione o meno ad episodi di inquinamento atmosferico primario o secondario sulla Maremma Settentrionale, e più specificatamente sulle zone di interesse prospicienti al litorale.

3.3 Caratteristiche a scala sinottica e a mesoscala: loro interazione con la scala locale

A nostra conoscenza, le caratteristiche meteo-climatiche delle zone litoranee dell'alta Maremma non sono state specificatamente analizzate in lavori scientifici. In alcuni articoli recenti, tuttavia, si è posta l'attenzione sui cambiamenti climatici degli ultimi decenni anche relativamente al settore centro-settentrionale del versante occidentale della penisola italiana, di cui la regione Toscana fa parte, con

particolare riferimento ai trend climatici di temperatura e precipitazione¹. In questo contesto, si inquadrerà il clima delle zone dell'alta Maremma nell'ambito della circolazione mediterranea e dei fenomeni ad essa correlati, come si evincono da analisi a più grande scala² e da considerazioni di climatologia a mesoscala e a carattere locale.

Come noto, i moti a grande scala, che coinvolgono spostamenti di masse d'aria di caratteristiche termodinamiche diverse su distanze di migliaia di Km, sono i responsabili del ricambio completo di aria su vaste zone. La loro azione viene ovviamente influenzata dalla struttura del territorio a mesoscala (poche centinaia di Km). I moti e i processi a queste scale spaziali rappresentano il termine forzante per i cambiamenti dell'aria su un determinato sito sulla scala temporale di alcuni giorni. Essi tuttavia interagiscono fortemente con altri moti e processi a scala locale (decine di Km). Al limite, nel caso di condizioni pressoché stazionarie a grande scala, i moti e i processi a scala locale diventano dominanti per stabilire le caratteristiche fisiche dei bassi strati dell'atmosfera sul sito di interesse.

Ebbene, il versante tirrenico dell'Italia centro – settentrionale, e la Toscana in particolare, sono dominati dalla circolazione a grande scala nel bacino del Mediterraneo. Questi moti a scala sinottica sono guidati dal posizionamento di centri di azione a carattere globale come l'anticiclone dinamico delle Azzorre, quello termico siberiano, la depressione di Islanda e infine quella sahariana, la cui influenza pure si risente in diversi casi alle latitudini di interesse. Nel periodo che va dall'autunno inoltrato alla prima parte della primavera, il posizionamento di questi centri di azione permette l'ingresso sull'area di interesse di depressioni, di volta in volta con un tragitto differente, il che regola la presenza di precipitazioni e la rotazione dei venti in loco. Nel restante periodo dell'anno, quando mediamente sono più frequenti i casi di presenza di un campo di pressioni alte e livellate sulla Toscana centrale con precipitazioni più scarse, diventano più importanti gli effetti dovuti alla scala locale, dove il mare (e il contrasto termico che si origina con l'entroterra) rappresenta ovviamente l'elemento forzante.

Tra i venti originati sulla Toscana centrale da configurazioni bariche a scala sinottica e a mesoscala, particolarmente tipici sono il Maestrone, il Libeccio, il Grecale e lo Scirocco. Il Maestrone, vento proveniente da nord-ovest, porta aria fredda sulla Toscana e favorisce la dispersione di inquinanti. Il Libeccio, vento da sud-ovest, pur essendo generalmente meno intenso del Maestrone, può risultare comunque alquanto impetuoso e ricco di raffiche, creando turbolenza almeno moderata e mareggiate. Il Grecale, vento proveniente da nord-est, crea generalmente condizioni di bel tempo sul versante sottovento agli Appennini, sia pur con aria fresca e moderatamente turbolenta. Infine, lo Scirocco, vento da sud-est, porta sulla zona aria calda e umida, accentuando la stratificazione ai bassi livelli dell'atmosfera e reprimendo i moti verticali, fattori questi negativi per la qualità dell'aria.

A scala locale il fenomeno più significativo è ovviamente quello delle brezze dovute al riscaldamento differenziale di mare e superficie terrestre (mediamente 8 m/s dal quadrante sud - occidentale durante il giorno e 3 m/s dal quadrante nord - orientale durante la notte). Come già detto, questo fenomeno diventa statisticamente dominante nel periodo estivo.

¹ E. Piervitali, M. Colacino e M. Conte (2001), Signals of Climatic Change in the Central-Western Mediterranean Basin, Theor. Appl. Clim. 58, 211-219 e M. Brunetti, M. Colacino, M. Maugeri e T. Nanni (2001), Trends in the daily intensity of precipitation in Italy from 1951 to 1996, Int. J. Clim. 21, 299-316.

² Servizio Meteorologico dell'Aeronautica, Atlante climatico d'Italia (in stampa) e M. Giuliacci, S. Abelli e G. Dipierro (2001), Il clima dell'Italia nell'ultimo ventennio, Alpha Test edizioni.

Inoltre, un'analisi sinottica delle carte di pressione al suolo mediate sugli ultimi 20 anni³ (riportate nelle figure 1 e 2), mostra come in autunno e in inverno la configurazione barica media favorisca il provenire dei venti da est-sud-est sulla zona di interesse⁴. Nelle altre stagioni le mappe analoghe (non riportate) mostrano un gradiente medio di pressione più lasco che non permette di individuare una direzione prevalente di origine sinottica.

Dunque in primavera inoltrata e in estate, quando la circolazione a grande scala è mediamente debole, sulle zone prospicienti al litorale della Toscana centrale il fenomeno più significativo è ovviamente quello delle brezze diurne e notturne dovute al riscaldamento differenziale di terra e mare.

TAV. 6.7: Media della pressione atmosferica (hPa) al livello del mare - AUTUNNO

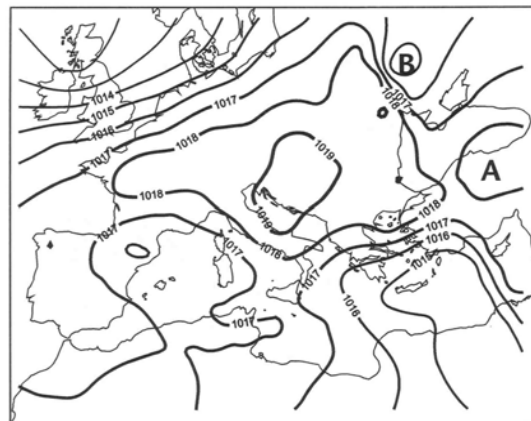


Figura 1

TAV. 6.1: Media della pressione atmosferica (hPa) al livello del mare - INVERNO

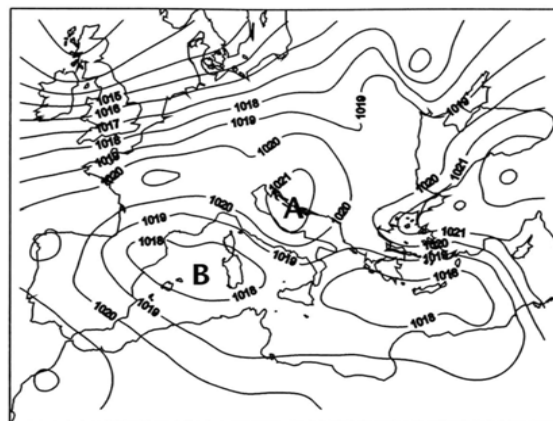


Figura 2

3.4 Analisi delle caratteristiche diffusive del boundary layer

³ M. Giuliacci, S. Abelli e G. Dipiero (2001), Il clima dell'Italia nell'ultimo ventennio, Alpha Test edizioni

⁴ Si ricordi che il vento al suolo segue le isobare tagliandole con un angolo variabile (in media di circa 30° su superficie costituita da terra solida) andando dalle aree di alta a quelle di bassa pressione.

Dopo la breve disamina relativa alle caratteristiche medie dei moti orizzontali, siano esse dovute a moti a scala globale, a mesoscala o a scala locale, di seguito si approfondisce l'analisi considerando serie di dati meteorologici che consentano di specificare meglio le caratteristiche diffusive di tutto il boundary layer, sia relativamente alla turbolenza di origine meccanica che a quella di origine termica (fondamentale nei casi di stabilità correlata ai fenomeni più acuti di inquinamento primario). A tal fine si farà riferimento alla base dati e alle elaborazioni statistiche dell'ENEL, relative al lavoro svolto in collaborazione con il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica sulle caratteristiche diffusive dell'atmosfera⁵, che si riferisce ad osservazioni più che quarantennali nell'area di interesse.

In particolare sono stati analizzati i dati di misura e osservazione della stazione del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica di Grosseto, disponibili da gennaio 1952 al dicembre 1991, rappresentativi della zona oggetto di studio (Figura 3).

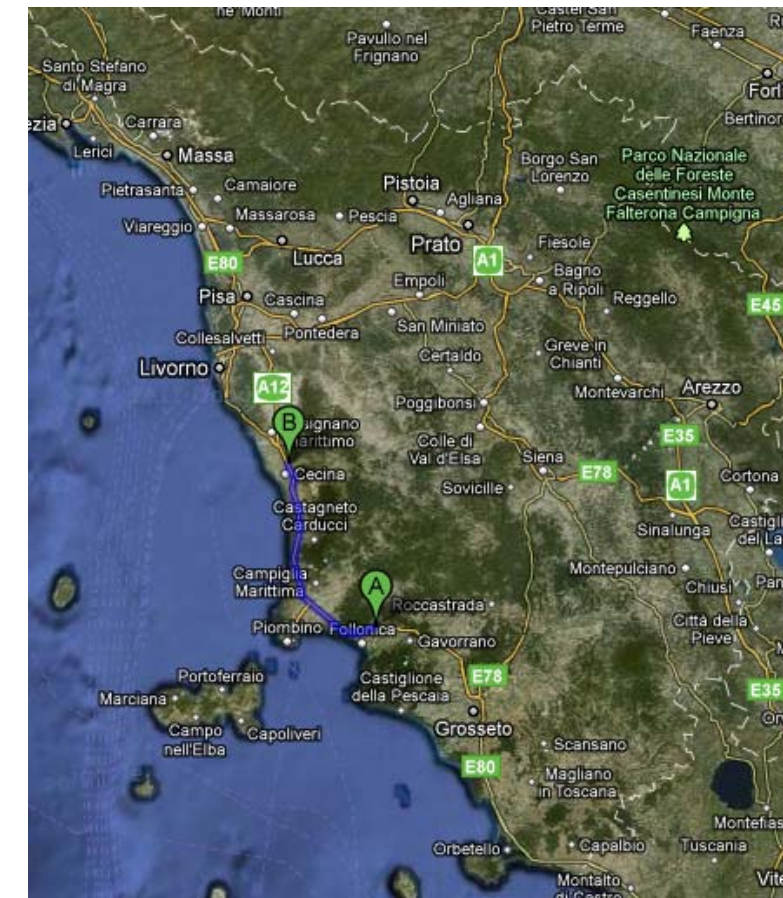
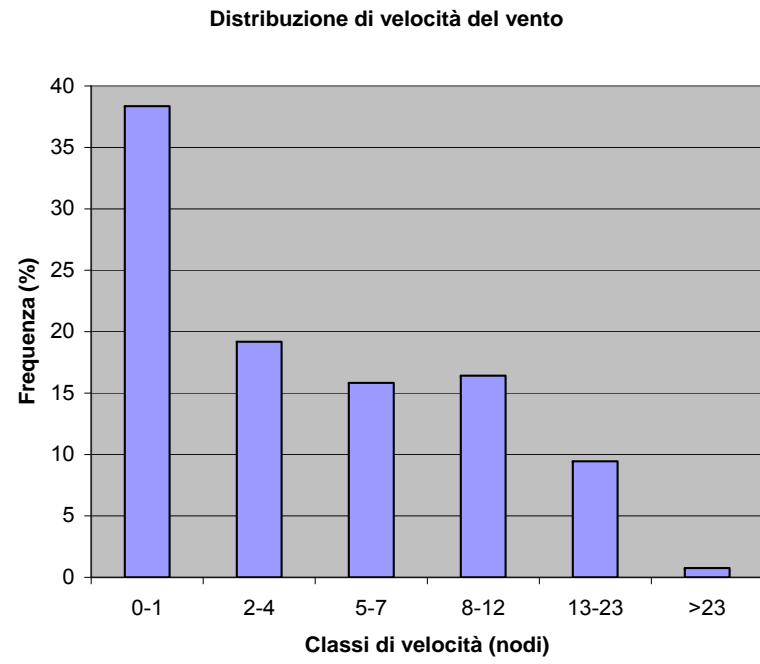


Figura 3

Utilizzando i dati diffusivi di Grosseto nel periodo 1952-1991, una prima elaborazione utile al fine di comprendere le caratteristiche diffusive medie del boundary layer sulla zona di interesse è quella relativa alle distribuzioni stagionali delle velocità del vento e delle frequenze per la sua direzione di provenienza. Nelle figure successive si riportano rappresentazioni grafiche di questi dati.

⁵ ENEL e Servizio Meteorologico dell'Aeronautica (1992), Caratteristiche diffusive dell'atmosfera, ENEL Direzione Relazioni Pubbliche e Comunicazione, Roma



Grosseto - primavera

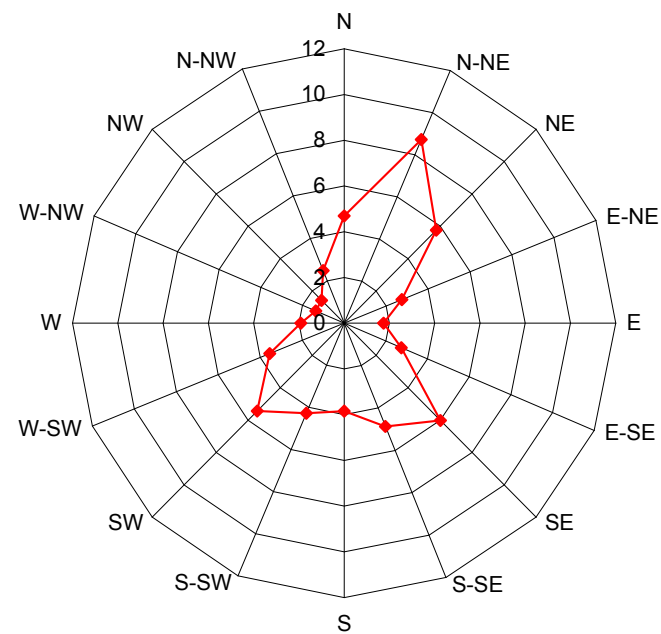
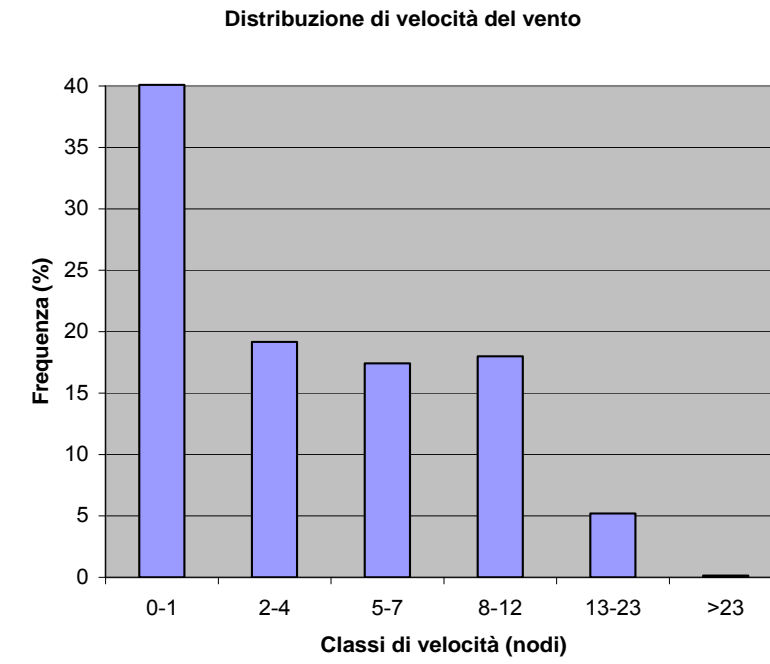


Figura 4: Primavera



Grosseto - estate

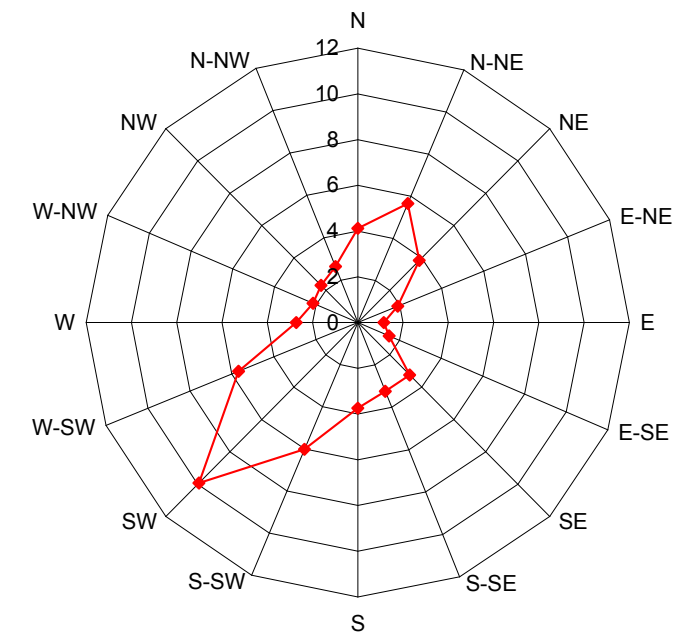
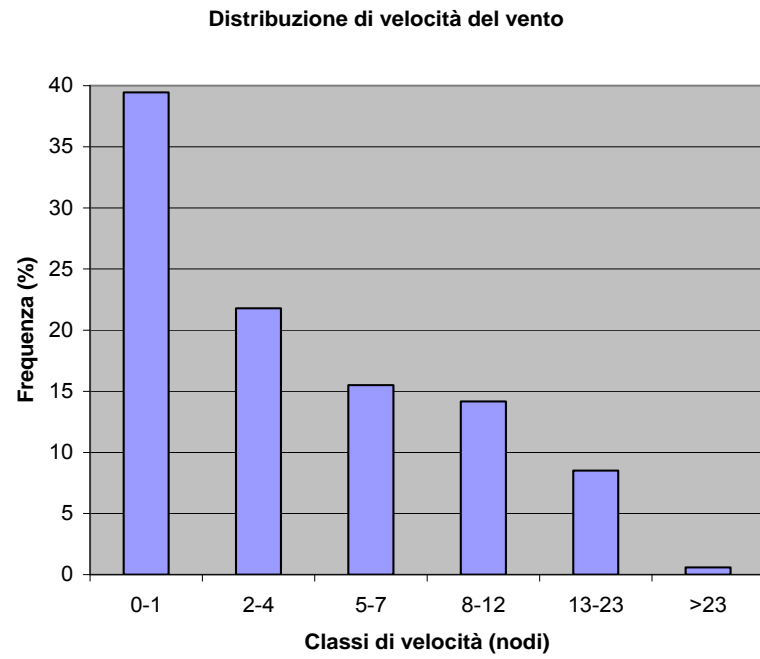


Figura 5: Estate



Grosseto - autunno

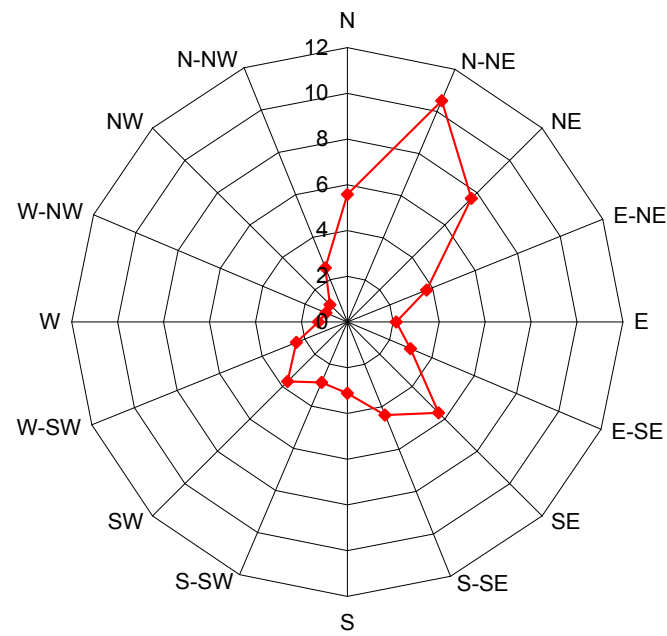
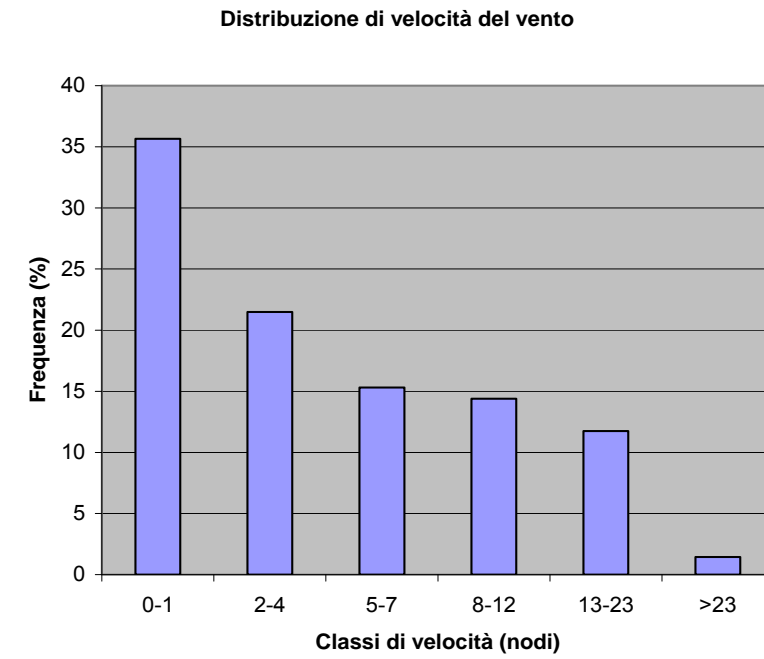


Figura 6: Autunno



Grosseto - inverno

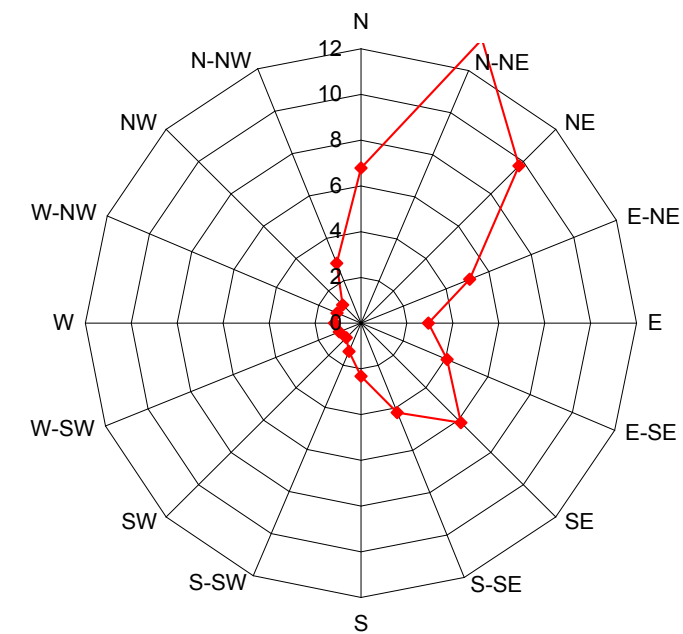


Figura 7: Inverno

Nelle Tabelle seguenti sono specificate le classi di velocità del vento per ogni direzione di provenienza.

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE
1	0.0 - 22.5		20.79	13.70	11.97	6.11	0.24	52.82
2	22.5 - 45.0		35.48	20.48	19.86	17.83	1.99	95.65
3	45.0 - 67.5		29.70	15.48	11.33	9.56	1.14	67.22
4	67.5 - 90.0		18.86	9.82	3.52	1.26	0.11	33.58
5	90.0 - 112.5		11.27	5.70	2.25	0.60	0.01	19.82
6	112.5 - 135.0		10.15	7.21	6.45	4.06	0.29	28.16
7	135.0 - 157.5		10.89	12.37	16.38	11.86	0.97	52.46
8	157.5 - 180.0		7.98	8.28	13.61	11.08	0.80	41.75
9	180.0 - 202.5		6.34	7.15	11.35	7.35	0.43	32.62
10	202.5 - 225.0		9.16	11.71	12.10	3.28	0.18	36.43
11	225.0 - 247.5		11.92	18.37	17.42	2.36	0.07	50.14
12	247.5 - 270.0		7.00	9.60	11.65	3.31	0.23	31.79
13	270.0 - 292.5		4.05	4.39	5.48	3.31	0.44	17.67
14	292.5 - 315.0		3.67	3.62	4.34	2.27	0.26	14.17
15	315.0 - 337.5		5.34	4.30	4.02	1.07	0.06	14.79
16	337.5 - 360.0		10.82	7.87	5.78	1.72	0.02	26.22
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		384.00	0.55	0.12	0.05	0.00	0.00	0.73
TOTALE		384.00	203.98	160.17	157.56	87.04	7.25	1000.00

Tabella 2: Direzione e velocità del vento – Distribuzione delle frequenze annuali
 N° osservazioni: 114.446

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE
1	0.0 - 22.5		18.36	11.94	10.68	5.74	0.17	46.90
2	22.5 - 45.0		29.27	18.28	18.68	18.91	2.08	87.24
3	45.0 - 67.5		21.66	12.49	11.97	10.00	1.45	57.57
4	67.5 - 90.0		15.15	6.58	3.96	1.68	0.11	27.48
5	90.0 - 112.5		9.95	4.45	2.22	0.77	0.00	17.39
6	112.5 - 135.0		10.40	6.95	6.51	3.50	0.07	27.43
7	135.0 - 157.5		11.65	13.59	18.67	14.89	1.37	60.16
8	157.5 - 180.0		9.22	9.62	16.39	12.75	0.68	48.66
9	180.0 - 202.5		7.85	8.07	13.72	8.21	0.60	38.45
10	202.5 - 225.0		10.82	13.85	13.65	4.35	0.10	42.78
11	225.0 - 247.5		14.67	20.84	16.76	1.99	0.03	54.30
12	247.5 - 270.0		8.30	11.41	12.32	3.33	0.19	35.54
13	270.0 - 292.5		4.36	4.79	6.08	3.46	0.44	19.14
14	292.5 - 315.0		3.46	3.65	4.07	2.28	0.20	13.65
15	315.0 - 337.5		5.52	4.07	3.38	1.08	0.04	14.08
16	337.5 - 360.0		10.57	7.57	5.03	1.58	0.03	24.78
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		383.66	0.66	0.10	0.03	0.00	0.00	0.80
TOTALE		383.66	191.86	158.26	164.14	94.51	7.57	1000.00

Tabella 3: Direzione e velocità del vento – Distribuzione delle frequenze stagionali (MAR-APR-MAG)
 N° osservazioni: 28.781

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE
1	0.0 - 22.5		21.76	12.20	5.83	1.36	0.03	41.18
2	22.5 - 45.0		28.05	14.29	9.56	4.59	0.11	56.60
3	45.0 - 67.5		19.89	8.70	6.69	2.97	0.19	38.44
4	67.5 - 90.0		12.08	4.21	2.15	0.55	0.05	19.04
5	90.0 - 112.5		7.33	2.91	0.98	0.27	0.00	11.50
6	112.5 - 135.0		7.09	3.88	2.57	1.36	0.10	15.00
7	135.0 - 157.5		9.35	7.47	9.36	5.76	0.41	32.36
8	157.5 - 180.0		8.14	6.31	9.76	7.99	0.21	32.41
9	180.0 - 202.5		7.78	9.65	13.71	6.18	0.10	37.42
10	202.5 - 225.0		12.45	21.55	23.55	2.69	0.00	60.24
11	225.0 - 247.5		17.23	36.33	41.47	4.17	0.00	99.21
12	247.5 - 270.0		8.77	17.99	24.51	5.52	0.03	56.82
13	270.0 - 292.5		5.80	7.98	9.77	3.62	0.03	27.20
14	292.5 - 315.0		5.83	5.75	7.40	2.44	0.03	21.46
15	315.0 - 337.5		7.33	6.95	7.23	1.40	0.07	22.98
16	337.5 - 360.0		12.26	7.90	5.23	1.02	0.00	26.40
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		400.91	0.59	0.07	0.17	0.00	0.00	0.83
TOTALE		400.91	191.73	174.15	179.95	51.89	1.38	1000.00

Tabella 4: Direzione e velocità del vento – Distribuzione delle frequenze stagionali (GIU-LUG-AGO)
 N° osservazioni: 28.947

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE
1	0.0 - 22.5		22.16	14.75	12.59	6.03	0.24	55.76
2	22.5 - 45.0		41.59	22.33	21.76	18.15	1.24	105.07
3	45.0 - 67.5		35.10	17.31	12.11	10.76	1.16	76.45
4	67.5 - 90.0		20.37	11.84	3.45	1.41	0.14	37.21
5	90.0 - 112.5		11.59	6.84	2.25	0.55	0.04	21.26
6	112.5 - 135.0		10.69	7.58	6.79	4.53	0.25	29.84
7	135.0 - 157.5		11.53	13.32	18.43	12.18	0.63	56.10
8	157.5 - 180.0		7.90	8.55	15.11	11.18	1.09	43.84
9	180.0 - 202.5		5.32	6.96	10.64	7.94	0.30	31.16
10	202.5 - 225.0		9.24	8.39	7.96	2.76	0.30	28.64
11	225.0 - 247.5		12.02	13.63	9.24	1.78	0.08	36.75
12	247.5 - 270.0		7.72	6.53	7.61	1.97	0.08	23.91
13	270.0 - 292.5		3.53	3.03	3.59	2.18	0.26	12.59
14	292.5 - 315.0		3.15	2.71	2.85	1.26	0.11	10.08
15	315.0 - 337.5		4.39	3.20	2.32	0.80	0.00	10.70
16	337.5 - 360.0		11.02	7.85	5.05	1.59	0.00	25.51
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		394.41	0.53	0.21	0.00	0.00	0.00	0.74
TOTALE		394.41	217.84	155.04	141.74	85.08	5.89	1000.00

Tabella 5: Direzione e velocità del vento – Distribuzione delle frequenze stagionali (SET-OTT-NOV)
 N° osservazioni: 28.503

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE
1	0.0 - 22.5		20.89	15.98	18.98	11.46	0.55	67.85
2	22.5 - 45.0		43.27	27.19	29.72	30.01	4.59	134.79
3	45.0 - 67.5		42.52	23.65	14.63	14.67	1.80	97.27
4	67.5 - 90.0		28.10	16.84	4.56	1.42	0.13	51.05
5	90.0 - 112.5		16.33	8.68	3.56	0.80	0.02	29.39
6	112.5 - 135.0		12.50	10.51	10.03	6.93	0.74	40.71
7	135.0 - 157.5		11.02	15.21	19.17	14.69	1.45	61.55
8	157.5 - 180.0		6.65	8.64	13.19	12.46	1.22	42.16
9	180.0 - 202.5		4.34	3.83	7.24	7.07	0.72	23.20
10	202.5 - 225.0		4.00	2.80	2.93	3.31	0.33	13.38
11	225.0 - 247.5		3.57	2.21	1.67	1.47	0.17	9.08
12	247.5 - 270.0		3.15	2.24	1.86	2.36	0.63	10.23
13	270.0 - 292.5		2.45	1.68	2.37	4.00	1.03	11.52
14	292.5 - 315.0		2.22	2.30	3.00	3.09	0.73	11.34
15	315.0 - 337.5		4.07	2.93	3.09	1.02	0.14	11.25
16	337.5 - 360.0		9.42	8.16	7.86	2.70	0.07	28.21
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		356.48	0.43	0.11	0.00	0.00	0.00	0.53
TOTALE		356.48	214.92	152.97	143.86	117.46	14.32	1000.00

Tabella 6: Direzione e velocità del vento – Distribuzione delle frequenze stagionali (DIC-GEN-FEB)
 N° osservazioni: 28.215

Una volta constatato che su Grosseto le calme di vento si riscontrano in poco meno del 40% delle osservazioni, percentuale che sicuramente diminuisce nei tratti di interesse più vicini al mare, dai dati riportati si ritrova la predominanza in tutte le stagioni del Grecale che, come già accennato, apporta aria fresca e solo moderatamente turbolenta sulla zona di interesse. Le altre due direzioni dominanti sono dai quadranti meridionali: lo Scirocco da sud-est e il Libeccio da sud-ovest. Quest'ultima direzione di provenienza appare particolarmente frequente in estate, quando però è sicuramente dovuta non alla circolazione sinottica ma al fattore locale della brezza di mare. Infine, i dati locali ci mostrano come la configurazione della costa e dei rilievi non consenta al Maestrale di presentarsi frequentemente sulla zona di interesse.

Come già accennato, lo Scirocco tende a far stratificare la bassa troposfera, creando possibili inversioni in quota, deleterie per quanto riguarda l'accumulo di sostanze inquinanti, il Libeccio e il Grecale apportano una turbolenza moderata, mentre il fatto che il Maestrale, con la sua maggiore turbolenza, sia quasi assente, è ovviamente un fattore negativo per la qualità dell'aria.

Un altro metodo interessante per ottenere informazioni sulle caratteristiche diffusive su un sito di interesse è il calcolo delle classi di stabilità di Pasquill⁶, che, per i dati di una stazione al suolo non dotata di strumentazione atta a rilevare direttamente la radiazione, si può effettuare tenendo conto del bilancio radioattivo in superficie tramite le osservazioni di nuvolosità e il calcolo dell'altezza del Sole sull'orizzonte⁷.

Questi schemi di classificazione⁸ permettono una prima sommaria distinzione tra situazioni stabili (cioè critiche per i fenomeni di inquinamento) ed instabili (cioè più favorevoli alla dispersione), con una discriminazione tra le classi che risulta più affidabile nel range delle classi stabili (E, F, G) piuttosto che in quello delle classi instabili (A, B, C).

Grado di stabilità	Categorie di Pasquill	Gradiente termico verticale (°C/100m)
Instabilità forte	A	< -1.9
Instabilità moderata	B	da -1.9 a -1.7
Instabilità debole	C	da -1.7 a -1.5
Neutralità o adiabaticità	D	da -1.5 a -0.5
Stabilità debole	E	da -0.5 a +1.5
Stabilità moderata	F	da +1.5 a +4.0
Stabilità forte	G	> +4.0

Tabella 7

Velocità del vento U (m/s)	$\Delta t/\Delta z = -1.5$	$-1.4 < \Delta t/\Delta z < -1.2$	$-1.1 < \Delta t/\Delta z < -0.9$	$-0.8 < \Delta t/\Delta z < -0.7$	$-0.6 < \Delta t/\Delta z < 0.0$	$+0.1 < \Delta t/\Delta z < +2.0$	$\Delta t/\Delta z ? + 2.0$
U < 1	A	A	B	C	D	F	F
1 = U < 2	A	B	B	C	D	F	F
2 = U < 3	A	B	C	D	D	E	F
3 = U < 5	B	B	C	D	D	D	E
5 = U < 7	C	C	D	D	D	D	E
U = 7	D	D	D	D	D	D	D

Determinazione delle classi di stabilità in funzione del gradiente termico e della velocità del vento

Classe di stabilità con $\Delta t/\Delta z$ (°K/100m) misurato tra 20 e 120 metri di quota

Tabella 8

⁶ F. Pasquill (1962), Atmospheric Diffusion, Van Nostrand, Londra

⁷ ENEL e Servizio Meteorologico dell'Aeronautica (1992), Caratteristiche diffusive dell'atmosfera, ENEL Direzione Relazioni Pubbliche e Comunicazione, Roma

⁸ Safety Guide 23 on Site Meteorological Programs (1972), U.S. N.R.C., Washington; Safety Guide 50 on Atmospheric Dispersion in Power Plant Siting (1980), IAEA, Vienna

Dall'analisi delle statistiche relative alla stazione al suolo di Grosseto emerge una prevalenza generalizzata della classe D (neutralità) e una notevole frequenza delle classi B e F+G, con ovvie oscillazioni giorno-notte e a carattere stagionale. In particolare, si noti che le frequenze delle classi stabili rimangono pressoché invariate anche in estate e che la brezza di mare o le avvezioni calde possono consentire il formarsi di inversioni in quota, favorendo così l'instaurarsi di condizioni critiche per eventi acuti di smog fotochimico.

Le Tabelle successive permettono una più accurata disamina delle situazioni critiche per l'inquinamento, consentendo anche di utilizzare questi dati come ingresso ad un modello di dispersione in vari casi esemplificativi. Per una corretta lettura delle tabelle stesse va notato come i rilevamenti più frequenti siano stati effettuati dalle 6 alle 18 UTC, mentre i rilevamenti notturni nel periodo considerato risultano di numero leggermente inferiore.

CLASSI STABIL.	MESE												INTERO PERIODO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
A	0.00	4.73	25.02	45.50	52.39	80.67	70.40	67.47	44.78	11.57	0.00	0.00	33.43
B	34.34	55.40	66.42	64.25	140.54	197.78	219.65	112.33	94.87	80.53	49.68	28.22	95.08
C	19.65	29.51	46.97	71.31	100.97	118.52	133.86	105.45	93.11	45.04	24.84	12.08	66.61
D	498.73	531.37	474.64	473.95	320.78	195.88	139.97	291.77	305.72	393.53	477.58	504.74	384.32
E	90.06	69.47	60.28	53.25	61.84	67.19	71.69	67.70	65.65	68.40	82.11	87.70	70.47
F + G	356.53	308.52	325.41	289.88	322.01	339.48	363.50	355.16	394.81	400.49	364.19	364.79	348.97
NEBBIA	0.69	1.00	1.25	1.85	1.46	0.47	0.94	0.12	1.06	0.45	1.61	2.48	1.12
TOTALE	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
N. OSS.	8650	8032	8792	8638	8894	8454	8509	8582	8485	8904	8696	8860	103496

Tabella 9: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze mensili e annuali
 N° osservazioni 103.496

STAGIONI	CLASSI DI STABILITA'							
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE
DIC-GEN-FEB	0.37	9.58	4.97	126.13	20.43	84.97	0.35	246.79
MAR-APR-MAG	10.43	23.08	18.62	107.44	14.88	79.51	0.39	254.35
GIU-LUG-AGO	17.97	43.53	29.43	51.70	17.00	87.07	0.13	246.82
SET-OTT-NOV	4.67	18.88	13.59	99.05	18.16	97.42	0.26	252.04
TOTALE	33.43	95.08	66.61	384.32	70.47	348.97	1.12	1000.00

Tabella 10: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze stagionali e annuali
 N° osservazioni 103.496

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA'							
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE
0	0.00	0.00	0.00	26.80	9.33	79.97	0.14	116.25
3	0.00	0.00	0.00	27.96	9.11	78.99	0.25	116.31
6	0.00	16.52	2.05	63.38	8.02	37.86	0.51	128.34
9	22.06	29.52	12.16	65.21	0.00	0.00	0.14	129.09
12	11.18	39.33	25.19	56.81	0.00	0.00	0.00	132.51
15	0.19	9.71	27.21	78.46	4.35	10.50	0.00	130.42
18	0.00	0.00	0.00	38.83	28.33	62.78	0.02	129.96
21	0.00	0.00	0.00	26.86	11.32	78.87	0.07	117.13
TOTALE	33.43	95.08	66.61	384.32	70.47	348.97	1.12	1000.00

*Tabella 11: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze annuali
 N° osservazioni 103.496*

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA'							
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE
0	0.00	0.00	0.00	26.03	11.23	79.47	0.04	116.77
3	0.00	0.00	0.00	27.68	11.16	77.71	0.27	116.81
6	0.00	0.00	0.00	47.15	12.84	67.47	0.65	128.12
9	12.34	34.23	13.95	69.43	0.00	0.00	0.04	130.00
12	6.17	38.07	21.31	65.78	0.00	0.00	0.00	131.34
15	0.00	2.61	18.67	95.80	3.87	9.62	0.00	130.57
18	0.00	0.00	0.00	33.66	21.01	73.76	0.04	128.46
21	0.00	0.00	0.00	27.45	11.96	78.51	0.00	117.92
TOTALE	18.52	74.91	53.94	392.98	72.07	386.54	1.04	1000.00

*Tabella 14: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze stagionali (SET-OTT-NOV)
 N° osservazioni 26.085*

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA'							
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE
0	0.00	0.00	0.00	29.74	8.74	77.04	0.19	115.71
3	0.00	0.00	0.00	31.07	7.33	76.77	0.42	115.60
6	0.00	12.23	1.90	89.69	3.84	22.07	0.84	130.57
9	25.30	31.49	12.73	58.77	0.00	0.00	0.00	128.29
12	15.42	35.67	26.29	55.31	0.00	0.00	0.00	132.69
15	0.27	11.36	32.29	85.13	0.00	0.00	0.00	129.05
18	0.00	0.00	0.00	43.53	27.73	60.59	0.04	131.89
21	0.00	0.00	0.00	29.17	10.86	76.13	0.04	116.21
TOTALE	40.99	90.75	73.20	422.43	58.50	312.60	1.52	1000.00

*Tabella 12: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze stagionali (MAR-APR-MAG)
 N° osservazioni 26.324*

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA'							
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE
0	0.00	0.00	0.00	42.56	12.10	62.92	0.23	117.81
3	0.00	0.00	0.00	44.20	12.88	60.80	0.23	118.12
6	0.00	0.00	0.00	49.37	15.43	61.74	0.31	126.85
9	0.00	11.63	6.97	110.95	0.00	0.00	0.51	130.06
12	1.49	27.21	13.15	90.56	0.00	0.00	0.00	132.41
15	0.00	0.00	0.00	83.00	13.66	32.73	0.00	129.39
18	0.00	0.00	0.00	49.57	15.54	63.78	0.00	128.89
21	0.00	0.00	0.00	40.87	13.15	62.33	0.12	116.47
TOTALE	1.49	38.84	20.12	511.08	82.77	344.30	1.41	1000.00

*Tabella 15: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze stagionali (DIC-GEN-FEB)
 N° osservazioni 25.542*

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA'							
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE
0	0.00	0.00	0.00	8.81	5.25	100.57	0.08	114.70
3	0.00	0.00	0.00	8.81	5.09	100.76	0.08	114.74
6	0.00	54.34	6.34	66.86	0.00	0.00	0.23	127.77
9	50.69	40.56	14.95	21.80	0.00	0.00	0.00	128.01
12	21.61	56.49	40.05	15.46	0.00	0.00	0.00	133.61
15	0.51	24.98	57.90	49.32	0.00	0.00	0.00	132.71
18	0.00	0.00	0.00	28.54	49.21	52.81	0.00	130.55
21	0.00	0.00	0.00	9.86	9.32	98.61	0.12	117.91
TOTALE	72.81	176.36	119.24	209.47	68.86	352.75	0.51	1000.00

*Tabella 13: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze stagionali (GIU-LUG-AGO) –
 N° osservazioni 25.545*

Le Tabelle seguenti sintetizzano le distribuzioni delle frequenze annuali delle classi di vento che si sono registrate in ognuna delle classi di stabilità di Pasquill.

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE	
1	0.0 - 22.5		13.58	3.68	0.00	0.00	0.00	17.27	3.39
2	22.5 - 45.0		12.72	6.14	0.00	0.00	0.00	18.86	3.77
3	45.0 - 67.5		7.80	3.76	0.00	0.00	0.00	11.56	3.74
4	67.5 - 90.0		5.92	2.02	0.00	0.00	0.00	7.95	3.59
5	90.0 - 112.5		2.31	1.30	0.00	0.00	0.00	3.61	3.82
6	112.5 - 135.0		3.90	0.72	0.00	0.00	0.00	4.62	3.11
7	135.0 - 157.5		4.91	1.52	0.00	0.00	0.00	6.43	3.63
8	157.5 - 180.0		6.07	1.81	0.00	0.00	0.00	7.88	3.59
9	180.0 - 202.5		9.68	5.35	0.00	0.00	0.00	15.03	3.81
10	202.5 - 225.0		22.69	19.65	0.00	0.00	0.00	42.34	4.08
11	225.0 - 247.5		36.92	36.20	0.00	0.00	0.00	73.12	4.27
12	247.5 - 270.0		14.96	15.97	0.00	0.00	0.00	30.92	4.27
13	270.0 - 292.5		5.49	5.06	0.00	0.00	0.00	10.55	4.08
14	292.5 - 315.0		5.35	2.60	0.00	0.00	0.00	7.95	3.68
15	315.0 - 337.5		10.69	4.26	0.00	0.00	0.00	14.96	3.49
16	337.5 - 360.0		12.14	3.54	0.00	0.00	0.00	15.68	3.55
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		709.25	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	709.25	2.43
TOTALE		709.25	177.17	113.58	0.00	0.00	0.00	1000.00	

Tabella 16: Classe di stabilità A – Distribuzione delle frequenze annuali - N° osservazioni 3.460

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE	
1	0.0 - 22.5		26.68	11.46	1.40	0.00	0.00	39.53	3.82
2	22.5 - 45.0		41.82	19.79	2.11	0.00	0.00	63.72	3.86
3	45.0 - 67.5		48.20	12.93	2.77	0.00	0.00	63.90	3.55
4	67.5 - 90.0		33.51	6.22	0.89	0.00	0.00	40.62	3.24
5	90.0 - 112.5		19.94	3.07	0.10	0.00	0.00	23.12	3.03
6	112.5 - 135.0		13.69	4.19	0.41	0.00	0.00	18.29	3.50
7	135.0 - 157.5		12.35	8.69	1.93	0.00	0.00	22.97	4.55
8	157.5 - 180.0		10.82	7.22	1.58	0.00	0.00	19.61	4.48
9	180.0 - 202.5		10.82	14.08	4.60	0.00	0.00	29.50	5.23
10	202.5 - 225.0		21.29	44.11	15.88	0.00	0.00	81.28	5.79
11	225.0 - 247.5		26.35	80.77	31.99	0.00	0.00	139.10	6.11
12	247.5 - 270.0		14.76	35.90	13.24	0.00	0.00	63.90	5.93
13	270.0 - 292.5		8.00	9.68	3.05	0.00	0.00	20.73	5.22
14	292.5 - 315.0		6.99	5.97	1.83	0.00	0.00	14.79	4.83
15	315.0 - 337.5		9.22	5.95	0.86	0.00	0.00	16.03	4.29
16	337.5 - 360.0		16.69	7.52	1.22	0.00	0.00	25.43	3.98
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		314.33	2.54	0.41	0.20	0.00	0.00	3.15	3.48
TOTALE		314.33	323.68	277.95	84.04	0.00	0.00	1000.00	

Tabella 17: Classe di stabilità B – Distribuzione delle frequenze annuali
 N° osservazioni 9.840

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE	
1	0.0 - 22.5		13.54	72.98	31.13	0.00	0.00	117.65	6.52
2	22.5 - 45.0		23.62	93.34	35.31	0.00	0.00	152.27	6.30
3	45.0 - 67.5		15.43	56.49	14.19	0.00	0.00	86.11	6.00
4	67.5 - 90.0		11.93	30.99	4.39	0.00	0.00	47.31	5.65
5	90.0 - 112.5		8.57	24.06	1.47	0.00	0.00	34.11	5.53
6	112.5 - 135.0		10.15	34.76	3.81	0.00	0.00	48.71	5.74
7	135.0 - 157.5		16.87	69.86	9.43	0.00	0.00	96.15	5.86
8	157.5 - 180.0		11.66	41.07	7.37	0.00	0.00	60.09	5.96
9	180.0 - 202.5		6.86	28.52	6.14	0.00	0.00	41.51	6.07
10	202.5 - 225.0		6.86	29.21	5.18	0.00	0.00	41.24	6.07
11	225.0 - 247.5		9.19	41.10	10.56	0.00	0.00	60.85	6.14
12	247.5 - 270.0		4.94	28.83	9.26	0.00	0.00	43.02	6.40
13	270.0 - 292.5		3.05	18.96	7.06	0.00	0.00	29.07	6.46
14	292.5 - 315.0		4.08	20.67	9.05	0.00	0.00	33.80	6.51
15	315.0 - 337.5		4.42	24.17	9.46	0.00	0.00	38.05	6.45
16	337.5 - 360.0		8.74	45.63	15.56	0.00	0.00	69.93	6.37
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.14	5.00
TOTALE		0.00	159.88	660.77	179.35	0.00	0.00	1000.00	

Tabella 20: Classe di stabilità E – Distribuzione delle frequenze annuali
 N° osservazioni 7.293

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE	
1	0.0 - 22.5		5.87	14.07	21.94	1.38	0.00	43.26	7.76
2	22.5 - 45.0		13.20	26.69	53.71	6.09	0.29	99.98	8.25
3	45.0 - 67.5		16.90	20.89	33.98	4.21	0.04	76.01	7.71
4	67.5 - 90.0		9.28	14.00	11.57	1.16	0.11	36.12	6.82
5	90.0 - 112.5		5.69	7.94	3.99	0.29	0.00	17.91	6.17
6	112.5 - 135.0		3.66	6.06	9.65	0.73	0.00	20.09	7.58
7	135.0 - 157.5		3.15	8.05	26.22	3.37	0.00	40.80	8.86
8	157.5 - 180.0		2.57	6.45	27.81	5.98	0.00	42.83	9.62
9	180.0 - 202.5		3.74	12.44	49.50	7.11	0.15	72.93	9.33
10	202.5 - 225.0		5.04	28.90	82.72	5.44	0.00	122.10	8.63
11	225.0 - 247.5		9.79	47.43	130.00	4.75	0.00	191.98	8.45
12	247.5 - 270.0		5.58	21.69	81.56	4.32	0.00	113.14	8.79
13	270.0 - 292.5		2.43	10.01	33.22	2.36	0.00	48.01	9.01
14	292.5 - 315.0		2.50	5.15	19.51	1.92	0.00	29.08	9.06
15	315.0 - 337.5		1.45	5.73	13.82	0.18	0.00	21.18	8.24
16	337.5 - 360.0		2.54	9.50	11.64	0.47	0.00	24.15	7.42
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		0.00	0.15	0.00	0.29	0.00	0.00	0.44	7.67
TOTALE		0.00	93.56	245.00	611.11	49.75	0.58	1000.00	

Tabella 18: Classe di stabilità C – Distribuzione delle frequenze annuali
 N° osservazioni 6.894

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE	
1	0.0 - 22.5		30.97	5.86	0.00	0.00	0.00	36.82	3.14
2	22.5 - 45.0		49.04	7.53	0.00	0.00	0.00	56.57	3.01
3	45.0 - 67.5		30.83	4.27	0.00	0.00	0.00	35.10	2.95
4	67.5 - 90.0		18.16	2.13	0.00	0.00	0.00	20.29	2.96
5	90.0 - 112.5		11.54	1.46	0.00	0.00	0.00	13.00	2.96
6	112.5 - 135.0		11.48	1.42	0.00	0.00	0.00	12.90	2.95
7	135.0 - 157.5		12.42	1.90	0.00	0.00	0.00	14.33	2.98
8	157.5 - 180.0		9.09	1.25	0.00	0.00	0.00	10.34	2.98
9	180.0 - 202.5		7.52	1.00	0.00	0.00	0.00	8.53	3.02
10	202.5 - 225.0		10.22	1.96	0.00	0.00	0.00	12.18	3.17
11	225.0 - 247.5		13.73	2.89	0.00	0.00	0.00	16.63	3.25
12	247.5 - 270.0		8.50	2.33	0.00	0.00	0.00	10.83	3.37
13	270.0 - 292.5		5.52	1.41	0.00	0.00	0.00	6.93	3.33
14	292.5 - 315.0		4.78	1.04	0.00	0.00	0.00	5.82	3.25
15	315.0 - 337.5		7.28	1.52	0.00	0.00	0.00	8.80	3.24
16	337.5 - 360.0		16.57	3.37	0.00	0.00	0.00	19.94	3.18
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		710.61	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	2.43
TOTALE		710.61	248.05	41.34	0.00	0.00	0.00	1000.00	

Tabella 21: Classe di stabilità F+G – Distribuzione delle frequenze annuali
 N° osservazioni 36.117

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE	
1	0.0 - 22.5		13.01	8.45	20.37	15.81	0.59	58.23	9.64
2	22.5 - 45.0		24.58	13.30	32.55	42.58	5.09	118.10	11.23
3	45.0 - 67.5		22.96	12.45	19.25	24.10	3.21	81.97	9.97
4	67.5 - 90.0		14.94	9.55	6.30	3.31	0.30	34.39	6.45
5	90.0 - 112.5		10.43	6.76	5.28	1.65	0.04	24.15	6.08
6	112.5 - 135.0		10.05	9.70	15.55	11.07	0.83	47.21	9.38
7	135.0 - 157.5		10.63	15.58	38.16	32.07	2.57	99.02	11.03
8	157.5 - 180.0		7.14	10.93	30.81	29.55	2.19	80.62	11.61
9	180.0 - 202.5		4.79	7.25	20.28	18.81	1.18	52.31	11.36
10	202.5 - 225.0		6.27	6.49	12.09	8.11	0.44	33.41	9.58
11	225.0 - 247.5		6.31	6.57	11.82	5.34	0.18	30.23	8.61
12	247.5 - 270.0		4.10	4.09	11.43	7.87	0.63	28.11	10.32
13	270.0 - 292.5		2.26	2.43	7.02	8.52	1.06	21.29	12.09
14	292.5 - 315.0		2.01	2.33	6.23	5.68	0.62	16.86	11.27
15	315.0 - 337.5		3.27	2.33	6.40	2.70	0.16	14.85	8.98
16	337.5 - 360.0		6.46	4.86	9.82	4.58	0.07	25.79	8.46
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		232.83	0.38	0.23	0.03	0.00	0.00	0.63	4.32
TOTALE		232.83	149.59	123.29	253.39	221.74	19.16	1000.00	

Tabella 19: Classe di stabilità D – Distribuzione delle frequenze annuali
 N° osservazioni 39.776

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE	
1	0.0 - 22.5		15.09	0.00	0.00	0.00	0.00	15.09	3.43
2	22.5 - 45.0		36.64	8.62	0.00	0.00	0.00	45.26	2.86
3	45.0 - 67.5		40.95	17.24	0.00	0.00	0.00	58.19	3.44
4	67.5 - 90.0		19.40	4.31	0.00	0.00	0.00	23.71	3.36
5	90.0 - 112.5		36.64	19.40	0.00	0.00	0.00	56.03	3.69
6	112.5 - 135.0		23.71	10.78	0.00	0.00	0.00	34.48	4.38
7	135.0 - 157.5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	157.5 - 180.0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	180.0 - 202.5		0.00	0.00	0.00	6.47	0.00	6.47	18.00
10	202.5 - 225.0		0.00	0.00	0.00	2.16	0.00	2.16	18.00
11	225.0 - 247.5		8.62	0.00	0.00	0.00	0.00	8.62	2.00
12	247.5 - 270.0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	270.0 - 292.5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	292.5 - 315.0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	315.0 - 337.5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	337.5 - 360.0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		750.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALE		750.00	181.03	60.34	0.00	8.62	0.00	1000.00	

Tabella 22: Classe di stabilità Nebbia – Distribuzione delle frequenze stagionali (DIC-GEN-FEB)
 N° osservazioni 116

Da questa analisi di dati al suolo risulta chiaro che la climatologia diffusiva della regione di interesse si distacchi nettamente dalle caratteristiche riscontrabili in zone ad alta stabilità dei bassi strati come la Pianura Padana. Ad esempio, l'informazione più evidente che si evince da questi dati statistici è che le caratteristiche dei bassi strati dell'atmosfera sull'area prospiciente al litorale della Toscana centrale risentono positivamente della mitigazione del mare e della presenza del Grecale (anche se non di forte intensità), consentendo situazioni notturne meno critiche rispetto a quelle di altre zone del Paese più "continentali", come la Pianura Padana, dove la stabilità notturna appare ben più forte in tutte le stagioni. D'altro canto la regione ha un tipico carattere mediterraneo, in cui la fisica dei bassi strati dell'atmosfera non è particolarmente favorevole a fenomeni di inquinamento primario dovuti a grande stabilità, anche se la notevole percentuale di calme di vento e la bassa percentuale di casi di Maestrale possono favorire, temporaneamente, un ristagno più accentuato di inquinanti primari. Fenomeni estivi di calma di vento e , alta pressione e stabilità in quota possono favorire, invece, eventi acuti di inquinamento fotochimico.

Come noto, va detto che le stime di stabilità ottenute dai dati al suolo possono essere affette da incertezze maggiori di quelle che risalgono all'analisi anche di dati a quote immediatamente superiori, come quelli che si possono desumere dai radiosondaggi. Purtroppo, però, non si hanno a disposizione radiosondaggi nella zona di interesse. In ogni caso, la climatologia diffusiva qui discussa ci dà la possibilità di trarre conclusioni per la propensione o meno al ristagno di inquinanti sull'area di interesse.

3.5 Conclusioni

In questo paragrafo, sfruttando le analisi della circolazione e dello stato dei bassi strati, si presenteranno alcune considerazioni relative alla rilevanza delle caratteristiche fisiche evidenziate in questo studio per la propensione (dal punto di vista statistico) ad eventi di inquinamento atmosferico sulla zona prospiciente al litorale della Toscana centrale.

Tenendo conto della sua localizzazione, si può senz'altro affermare che, pur trovandosi a latitudini inferiori dove le perturbazioni sinottiche arrivano meno di frequente, la circolazione orizzontale sulla zona di interesse è meno statica rispetto a quella della Pianura Padana, che, a causa della protezione della catena alpina, risente di frequenti fenomeni di calma di vento e subsidenza. Ciò è vero sia nel semestre freddo che in quello caldo, anche a causa della mitigazione locale del mare e del fenomeno della brezza. Questo fa già capire come gli episodi acuti di inquinamento primario siano statisticamente meno gravi e frequenti su questo litorale rispetto, ad esempio, all'area milanese, molto studiata dal punto di vista di questo fenomeno. Un altro fattore cui bisogna accennare è il valore elevato di soleggiamento e radiazione globale rilevato mediamente nell'area della Toscana centrale in tutti i periodi dell'anno (ovviamente con un picco in estate), che rende più intensa la produzione di inquinanti secondari di origine fotochimica.

Inoltre si ribadisce che, in questa zona litoranea tirrenica, le frequenze delle classi stabili rimangono pressoché invariate in estate e che la brezza di mare o le avvezioni calde sciroccali possono consentire il formarsi di inversioni in quota, favorendo così l'instaurarsi di condizioni critiche per eventi acuti di smog fotochimico.

Tutto questo fa capire come da un lato gli episodi acuti di inquinamento primario siano statisticamente molto meno gravi e frequenti sul tratto di interesse rispetto ad altre aree del Paese. Allo stesso tempo, si può supporre anche che gli episodi di inquinamento secondario di origine fotochimica possano essere più acuti, come accade statisticamente in aree dal clima più tipicamente mediterraneo.

Queste considerazioni generali tengono ovviamente conto dell'analisi statistica presentata precedentemente relativamente alla frequenza delle classi di Pasquill. Le conclusioni più importanti che si devono trarre da questa analisi per la qualità dell'aria sulla zona di interesse sono le seguenti:

- statisticamente e da un punto di vista fisico-meteorologico, vi è una propensione medio-bassa verso fenomeni di inquinamento primario, in generale di moderata intensità.
- I valori abbastanza alti di soleggiamento e intensità di radiazione globale estivi, nonché i fenomeni di brezza e quelli sciroccali, che favoriscono la formazione o la persistenza residua di inversioni in quota, consentono di dedurre che, statisticamente, lo stato fisico della bassa atmosfera nella zona prospiciente al litorale dell'alta Maremma favorisce generalmente fenomeni di inquinamento secondario di origine fotochimica di elevata intensità nel semestre caldo.

4 LE SORGENTI EMISSIVE NELL'AREA DI STUDIO

L'area di studio interessa la regione Toscana e nello specifico le province di Grosseto, Livorno e Pisa. Il tracciato autostradale, infatti, nel suo tratto iniziale attraversa comuni che ricadono nella provincia di Livorno (a ovest dell'asse autostradale) e il comune di Riparbella in provincia di Pisa (a est dell'asse autostradale), prosegue attraversando la provincia di Livorno, che risulta delle 3 province citate quella maggiormente interessata dall'opera, e termina nella provincia di Grosseto.

Nel dettaglio, i comuni interessati dall'opera sono: Riparbella in provincia di Pisa, Cecina, Bibbona, Castagneto Carducci, San Vincenzo, Campiglia Marittima e Piombino in provincia di Livorno, Follonica, Massa Marittima e Scarlino in provincia di Grosseto.

Si riportano, di seguito, le informazioni relative alle fonti emissive che impattano direttamente sull'area di interesse con riferimento agli inquinanti di cui sarà oggetto il modello di dispersione, ossidi di azoto, polveri fini e biossido di zolfo. Per quanto riguarda quest'ultimo, nell'IRSE non è presente come singolo inquinante ma è compreso negli SO_x, ovvero nella somma SO₂ + SO₃. Si ricorda che le emissioni di ossido di zolfo sono costituite, comunque, quasi esclusivamente da biossido di zolfo. Il triossido di zolfo, infatti, che si origina dall'ossidazione del biossido di zolfo, una volta formatosi, in presenza di vapor d'acqua si trasforma facilmente in acido solforico. La reazione di ossidazione che conduce alla formazione del triossido di zolfo è molto lenta mentre la reattività di questo composto con l'acqua è elevata. Pertanto, in genere la concentrazione del triossido di zolfo varia fra l'1 e il 5% della concentrazione del biossido di zolfo.

Le informazioni sono state ricavate dall'Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissioni in atmosfera (IRSE) del 2005 in quanto l'edizione aggiornata al 2007 è attualmente ancora in fase di validazione.

Sono dapprima forniti i dati di emissione totali suddivisi per provincia in modo da valutare il contributo emissivo della provincia di Grosseto all'emissione regionale e poi i dati di emissione totale disaggregati a livello comunale, in modo da valutare il contributo dei comuni interessati dall'opera all'emissione totale provinciale e regionale. Successivamente, le emissioni totali sono suddivise secondo i contributi delle tre tipologie di sorgenti di emissione che compongono l'inventario, ovvero sorgenti diffuse, puntuali e lineari.

4.1 Emissioni totali

In Tabella 23 si riportano le emissioni totali suddivise per provincia.

Provincia	CO	%	COV	%	NO _x	%	PM ₁₀	%	SO _x	%
Arezzo	35.119	9,6	17.814	11,0	13.386	11,4	3.501	14,6	9.280	10,0
Firenze	84.001	22,8	35.316	21,9	26.243	22,4	5.219	21,8	3.804	4,1
Grosseto	21.202	5,8	10.790	6,7	4.615	3,9	1.433	6,0	1.177	1,3
Livorno	65.153	17,7	17.182	10,6	29.064	24,8	2.744	11,5	74.122	79,5
Lucca	35.822	9,7	15.181	9,4	12.007	10,3	2.345	9,8	1.514	1,6
Massa Carrara	18.405	5,0	7.006	4,3	3.864	3,3	910	3,8	300	0,3
Pisa	35.232	9,6	26.087	16,1	9.832	8,4	2.085	8,7	1.054	1,1
Pistoia	25.026	6,8	10.410	6,4	6.725	5,7	1.713	7,2	870	0,9
Prato	18.219	5,0	6.523	4,0	4.104	3,5	734	3,1	375	0,4
Siena	29.501	8,0	15.302	9,5	7.210	6,2	3.266	13,6	693	0,7
Totale regionale	367.682		161.611		117.050		23.951		93.188	

Tabella 23: Emissioni totali degli inquinanti principali suddivise per province (t) (IRSE 2005)

Si può osservare come:

- per gli ossidi di azoto le emissioni più significative si hanno nella provincia di Livorno (24,8%), Firenze (22,4%) e Arezzo (11,4%);
- si hanno emissioni di polveri fini prevalentemente nelle province di Firenze (21,8%), Arezzo (14,6%) e Siena (13,6%);
- per gli ossidi di azoto le emissioni più significative si hanno nella provincia di Livorno (79,5%), e Arezzo (10%);
- la provincia di Grosseto contribuisce all'emissione totale regionale di NO_x, PM₁₀ e SO_x in percentuali rispettivamente del 3,9%, del 6% e dell' 1,3%.

Nelle tabelle seguenti le emissioni provinciali di Livorno, Pisa e Grosseto sono disaggregate per comune.

Provincia di LIVORNO	CO	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	COV	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	NO _x	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	PM ₁₀	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	SO _x	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le
Bibbona	287	0	0	150	1	0	74	0	0	41	2	0	9	0	0
Campiglia Marittima	1.251	2	0	417	2	0	516	2	0	101	4	0	35	0	0
Campo nell'Elba	406	1	0	180	1	0	119	0	0	30	1	0	29	0	0
Capoliveri	244	0	0	102	1	0	47	0	0	13	0	0	9	0	0
Capraia Isola	47	0	0	23	0	0	119	0	0	4	0	0	9	0	0
Castagneto Carducci	775	1	0	364	2	0	203	1	0	48	2	0	24	0	0
Cecina	2.117	3	1	708	4	0	524	2	0	109	4	0	92	0	0
Collesalveti	2.231	3	1	1.936	11	1	2.957	10	3	379	14	2	8.287	11	9
Livorno	16.706	26	5	7.714	45	5	8.509	29	7	683	25	3	15.648	21	17
Marciana	215	0	0	80	0	0	35	0	0	14	1	0	6	0	0
Marciana Marina	175	0	0	56	0	0	62	0	0	10	0	0	13	0	0
Piombino	25.726	39	7	2.951	17	2	12.037	41	10	582	21	2	43.405	59	47
Porto Azzurro	280	0	0	101	1	0	120	0	0	12	0	0	21	0	0
Portoferraio	1.253	2	0	407	2	0	604	2	1	74	3	0	78	0	0
Rio Manna	208	0	0	69	0	0	55	0	0	9	0	0	10	0	0
Rio nell'Elba	83	0	0	32	0	0	14	0	0	5	0	0	2	0	0
Rosignano Marittimo	12.166	19	3	1.464	9	1	2.829	10	2	447	16	2	6.414	9	7
San Vincenzo	585	1	0	205	1	0	141	0	0	148	5	1	18	0	0
Sassetta	73	0	0	37	0	0	15	0	0	7	0	0	2	0	0
Suvereto	326	1	0	186	1	0	84	0	0	28	1	0	11	0	0
Totale Prov. Livorno	65.153	100	18	17.182	100	11	29.064	100	25	2.744	100	11	74.122	100	80

Tabella 24 Inquinanti principali - Emissioni totali dei comuni della provincia di Livorno (tonnellate) e Percentuale comunale rispetto al totale provinciale e regionale (IRSE 2005)

Per quanto riguarda le emissioni di NO_x, si può osservare come la quota maggiore è relativa al comune di Piombino, sia a livello provinciale sia a livello regionale, pari al 41% del totale provinciale e al 10% del totale regionale. Sono invece trascurabili le emissioni prodotte negli altri comuni interessati dall'opera. Lo stesso vale per gli SO_x, per i quali il contributo del comune di Piombino al totale provinciale è pari al 59% corrispondente ad una percentuale sul totale regionale del 47%. Per il PM₁₀, invece, il comune di Piombino incide in misura minore sull'emissione totale provinciale (22%) e trascurabile sull'emissione regionale (2%). A livello provinciale, il contributo degli altri comuni è leggermente più elevato rispetto a quello dei NO_x e SO_x.

Provincia di PISA	CO	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	COV	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	NO _x	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	PM ₁₀	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	SO _x	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le
Bientina	459	1	0	236,9	1	0	117,3	1	0	17	1	0	8	1	0
Buti	463	1	0	191,5	1	0	84,6	1	0	23	1	0	6	1	0
Calci	509	1	0	198,4	1	0	91,1	1	0	25	1	0	6	1	0
Calcinaia	674	2	0	349,8	1	0	164,8	2	0	23	1	0	10	1	0
Capannoli	424	1	0	205,8	1	0	80,9	1	0	20	1	0	6	1	0
Casale Marittimo	96	0	0	35,4	0	0	17,4	0	0	7	0	0	1	0	0
Casciana Terme	314	1	0	129,4	0	0	60,8	1	0	37	2	0	5	0	0
Cascina	3.149	9	1	1.198,6	5	1	639,4	7	1	134	6	1	44	4	0
Castelfranco di Sotto	950	3	0	1.207,9	5	1	231,4	2	0	42	2	0	15	1	0
Castellina Marittima	198	1	0	92,1	0	0	37,6	0	0	22	1	0	3	0	0
Castelnuovo Val di Cecina	283	1	0	143,5	1	0	52,8	1	0	21	1	0	4	0	0
Chianini	218	1	0	326,0	1	0	40,8	0	0	22	1	0	3	0	0
Crespina	328	1	0	261,9	1	0	64,8	1	0	21	1	0	5	0	0
Fauglia	383	1	0	143,6	1	0	107,4	1	0	37	2	0	7	1	0
Guardistallo	118	0	0	46,6	0	0	22,9	0	0	12	1	0	2	0	0
Lajatico	189	1	0	113,3	0	0	41,9	0	0	17	1	0	3	0	0
Lari	722	2	0	625,3	2	0	165,9	2	0	38	2	0	11	1	0
Lorenzana	119	0	0	48,3	0	0	24,7	0	0	9	0	0	2	0	0
Montecatini Val di Cecina	312	1	0	215,4	1	0	70,6	1	0	30	1	0	5	1	0
Montescudaio	141	0	0	59,4	0	0	28,7	0	0	12	1	0	2	0	0
Monteverdi Marittimo	114	0	0	97,4	0	0	20,8	0	0	24	1	0	2	0	0
Montopoli in Val d'Arno	775	2	0	334,3	1	0	170,0	2	0	35	2	0	12	1	0
Orciano Pisano	79	0	0	33,5	0	0	19,8	0	0	7	0	0	2	0	0
Palais	473	1	0	192,8	1	0	89,6	1	0	35	2	0	7	1	0
Peccioli	507	1	0	538,4	2	0	102,2	1	0	35	2	0	8	1	0
Pisa	8.375	24	2	3.249,2	12	2	3.476,7	35	3	452	22	2	615	58	1
Pomarance	746	2	0	352,9	1	0	136,8	1	0	87	4	0	13	1	0
Ponsacco	1.017	3	0	442,7	2	0	194,7	2	0	42	2	0	15	1	0
Pontedera	2.107	6	1	1.265,4	5	1	515,9	5	0	65	3	0	34	3	0
Riparbella	162	0	0	90,8	0	0	29,3	0	0	32	2	0	2	0	0
San Giuliano Terme	2.708	8	1	897,0	3	1	741,9	8	1	185	9	1	48	5	0
San Miniato	2.120	6	1	4.341,2	17	3	448,0	5	0	84	4	0	30	3	0
Santa Croce sull'Arno	982	3	0	6.086,1	23	4	291,3	3	0	31	2	0	18	2	0
Santa Luce	228	1	0	102,7	0	0	60,3	1	0	25	1	0	4	0	0
Santa Maria a Monte	904	3	0	381,3	1	0	198,9	2	0	43	2	0	14	1	0
Terrecciola	414	1	0	192,0	1	0	79,4	1	0	32	2	0	6	1	0
Vecchiano	1.554	4	0	554,4	2	0	693,0	7	1	189	9	1	43	4	0
Vicopisano	660	2	0	520,4	2	0	147,4	1	0	32	2	0	10	1	0
Volterra	1.257	4	0	585,6	2	0	270,6	3	0	84	4	0	22	2	0
Totale Prov. Pisa	35.232	100	10	26.087	100	16	9.832	100	8	2.085	100	9	1.054	100	1

Tabella 25 Inquinanti principali - Emissioni totali dei comuni della provincia di Pisa (tonnellate) e Percentuale comunale rispetto al totale provinciale e regionale (IRSE 2005)

Come si può osservare dai dati in tabella, le emissioni relative al comune di Riparbella sono trascurabili per tutti gli inquinanti.

Provincia di GROSSETO	CO	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	COV	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	NO _x	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	PM ₁₀	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	SO _x	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le
Arcidosso	449	2	0	187	2	0	81	2	0	33	2	0	6	1	0
Campagnatico	360	2	0	269	2	0	88	2	0	33	2	0	7	1	0
Capalbio	506	2	0	294	3	0	118	3	0	40	3	0	9	1	0
Castel del Piano	449	2	0	192	2	0	80	2	0	33	2	0	6	1	0
Castell'Azzara	227	1	0	182	2	0	36	1	0	21	1	0	3	0	0
Castiglione della Pescaia	727	3	0	404	4	0	176	4	0	41	3	0	24	2	0
Cinigiano	409	2	0	292	3	0	95	2	0	37	3	0	7	1	0
Civitella Paganico	385	2	0	311	3	0	83	2	0	33	2	0	7	1	0
Follonica	1.634	8	0	559	5	0	296	6	0	45	3	0	22	2	0
Gavorrano	800	4	0	538	5	0	157	3	0	52	4	0	12	1	0
Grosseto	6.110	29	2	2.399	22	1	1.250	27	1	246	17	1	113	10	0
Isola del Giglio	150	1	0	62	1	0	30	1	0	5	0	0	3	0	0
Magliano in Toscana	546	3	0	344	3	0	131	3	0	46	3	0	10	1	0
Manciano	946	4	0	749	7	0	228	5	0	161	11	1	60	5	0
Massa Marittima	899	4	0	523	5	0	186	4	0	53	4	0	42	4	0
Monte Argentario	1.038	5	0	362	3	0	172	4	0	33	2	0	14	1	0
Monterotondo Marittimo	170	1	0	117	1	0	35	1	0	17	1	0	3	0	0
Montieri	176	1	0	124	1	0	36	1	0	17	1	0	3	0	0
Orbetello	1.419	7	0	629	6	0	427	9	0	79	5	0	79	7	0
Pitigliano	457	2	0	207	2	0	86	2	0	41	3	0	7	1	0
Roccalbegna	225	1	0	146	1	0	55	1	0	23	2	0	4	0	0
Roccastrada	1.031	5	0	575	5	0	292	6	0	109	8	0	41	4	0
Santa Fiora	297	1	0	132	1	0	48	1	0	52	4	0	4	0	0
Scansano	655	3	0	499	5	0	113	3	0	65	5	0	12	1	0
Scarlino	301	1	0	200	2	0	150	2	0	19	1	0	665	56	1
Seggiano	136	1	0	68	1	0	26	1	0	12	1	0	2	0	0
Semproniano	519	2	0	309	3	0	104	2	0	69	5	0	8	1	0
Sorano	183	1	0	119	1	0	38	1	0	19	1	0	3	0	0
Totale Prov. Grosseto	21.202	100	6	10.790	100	7	4.615	100	4	1.433	100	6	1.177	100	1

Tabella 26 Inquinanti principali - Emissioni totali dei comuni della provincia di Grosseto (tonnellate) e Percentuale comunale rispetto al totale provinciale e regionale (IRSE 2005)

Per quanto riguarda le emissioni di NO_x e polveri sottili, si può osservare come le emissioni relative al comune di Scarlino siano di lieve entità e come influiscano in misura trascurabile sull'emissione totale provinciale e nulla sull'emissione totale regionale. L'emissione di SO_x, invece, contribuisce all'emissione totale provinciale per il 56% e ciò, come spiegato in seguito, è da attribuire alle sorgenti puntuali dell'area industriale del Casone di Scarlino. Tale emissione comunque risulta irrilevante su quella totale regionale.

Leggermente più elevato è il contributo dei comuni di Follonica e Massa Marittima all'emissione totale provinciale di NO_x e polveri sottili; tale contributo comunque risulta irrilevante all'emissione totale regionale. L'emissione di SO_x è trascurabile sia a livello regionale sia a livello provinciale.

4.2 Sorgenti Diffuse

In Tabella 27 le emissioni da sorgente diffusa sono suddivise per ambiti provinciali.

Provincia	CO	%	COV	%	NO _x	%	PM ₁₀	%	SO _x	%
Arezzo	31.329,3	10,2	16.252,1	10,9	6.108,1	9,2	2.353,6	14,8	458,8	7,6
Firenze	77.526,4	25,3	32.499,0	21,8	16.713,9	25,3	3.091,7	19,4	1.626,9	27,1
Grosseto	21.175,3	6,9	10.786,9	7,2	4.415,7	6,7	1.381,1	8,7	421,2	7,0
Livorno	27.421,5	9,0	12.956,5	8,7	7.489,2	11,3	1.246,1	7,8	793,9	13,2
Lucca	31.080,7	10,1	14.002,6	9,4	7.392,5	11,2	1.309,8	8,2	525,0	8,7
Massa Carrara	16.837,1	5,5	6.574,4	4,4	3.154,4	4,8	765,1	4,8	233,4	3,9
Pisa	32.907,8	10,7	25.266,5	16,9	6.884,6	10,4	1.531,3	9,6	486,5	8,1
Pistoia	23.352,5	7,6	9.886,0	6,6	5.315,7	8,0	1.272,4	8,0	730,6	12,2
Prato	17.646,0	5,8	6.296,3	4,2	3.608,1	5,5	576,8	3,6	313,0	5,2
Siena	26.991,3	8,8	14.640,8	9,8	5.071,1	7,7	2.421,7	15,2	419,9	7,0
Totale regionale	306.268		149.161		66.153		15.950		6.009	

Tabella 27: Emissioni diffuse (t/anno) suddivise per province (IRSE 2005)

Dalla tabella si evince che:

- per gli ossidi di azoto le emissioni diffuse più significative si hanno nella provincia di Firenze (25,3%), Livorno (11,3%) e Lucca (11,2%);
- le emissioni diffuse di polveri fini si hanno prevalentemente nelle province di Firenze (19,4%), Siena (15,2%) e Arezzo (14,8%);
- per gli ossidi di azoto le emissioni più significative si hanno nella provincia di Firenze (27,1%), Livorno (13,2%) e Pistoia (12,2%);
- la provincia di Livorno contribuisce all'emissione diffusa totale regionale di NO_x, PM₁₀ e SO_x in percentuali rispettivamente dell'11,3%, del 7,8% e del 13,2%;
- la provincia di Grosseto contribuisce all'emissione diffusa totale regionale di NO_x, PM₁₀ e SO_x in percentuali rispettivamente del 6,7%, dell'8,7% e del 7%;
- la provincia di Pisa contribuisce all'emissione diffusa totale regionale di NO_x, PM₁₀ e SO_x in percentuali rispettivamente del 10,4%, del 9,6% e dell'8,1%.

Analizzando le emissioni totali comunali suddivise in diffuse, puntuali e lineari, fornite dall'inventario regionale risulta che:

- per il comune di Piombino, le emissioni diffuse costituiscono solo il 9% dell'emissione totale comunale di NO_x, il 18% dell'emissione totale comunale di PM10 e non contribuiscono all'emissione totale comunale di SO_x;
- per il comune di Cecina, le emissioni da sorgenti diffuse costituiscono il 92% dell'emissione totale comunale di NO_x, il 68% dell'emissione totale comunale di PM10, il 72% dell'emissione totale comunale di SO_x;
- per il comune di Campiglia Marittima, le emissioni da sorgenti diffuse costituiscono il 57% dell'emissione totale comunale di NO_x, il 92% dell'emissione totale comunale di PM10 e il 100% dell'emissione totale comunale di SO_x;

- per i comuni di Follonica, Bibbona, Castagneto Carducci, S. Vincenzo e Riparbella, le emissioni diffuse costituiscono il 100% dell'emissione totale comunale per tutti gli inquinanti;
- per il comune di Scarlino, le emissioni da sorgenti diffuse costituiscono l'86% dell'emissione totale comunale di NO_x, il 100% dell'emissione totale comunale di PM10 e solo il 2% dell'emissione totale comunale di SO_x;
- per il comune di Massa Marittima, le emissioni diffuse costituiscono l'89% dell'emissione totale comunale di NO_x, il 99% dell'emissione totale comunale di PM10, il 30% dell'emissione totale comunale di SO_x;

Nei comuni interessati dall'opera, dunque, le emissioni sono costituite quasi esclusivamente da emissioni che hanno origine da sorgenti diffuse, fatta eccezione per le emissioni nel comune di Piombino e per le emissioni dei soli SO_x nei comuni di Scarlino e Massa Marittima.

Poiché l'IRSE, suddivide le emissioni diffuse delle singole province anche per macrosettore, nelle tabelle successive sono esaminati i contributi di ogni macrosettore alle emissioni diffuse delle singole province, focalizzando l'attenzione sugli inquinanti ossidi di azoto, polveri fini e ossidi di zolfo.

In Tabella 28 sono riportate le emissioni di NO_x (t) per le singole province, legate alle sorgenti diffuse suddivise per macrosettore.

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc.	0,0	0,0	0,0	31,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione - Terziario ed Agricoltura	339,2	1.234,9	105,6	447,7	381,6	174,3	460,8	309,1	254,5	272,4
Combustione - Industria	761,6	2.872,8	243,8	2.060,7	1.583,1	416,8	1.046,2	1.204,5	599,5	589,1
Processi Produttivi	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Trasporti Stradali	3.715,2	11.177,4	2.542,0	3.950,1	4.405,6	2.360,5	4.510,7	3.120,0	2.598,5	2.946,7
Altre Sorgenti Mobili	1.275,7	1.410,3	1.495,7	992,5	1.017,1	199,5	851,5	678,5	154,5	1.237,3
Agricoltura	16,4	18,5	28,4	5,1	4,9	3,1	15,1	3,5	1,2	25,7
Natura	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale provinciale	6.108	16.714	4.416	7.489	7.392	3.154	6.885	5.316	3.608	5.071

Tabella 28: Emissioni diffuse provinciali di ossidi di azoto suddivise per macrosettore (t)

Per gli ossidi di azoto, si osserva come il macrosettore relativo ai trasporti stradali rappresenti sempre il contributo maggiore, pari al 58% per la provincia di Grosseto, al 53% per la provincia di Livorno e pari al 66% per la provincia di Pisa per la quale il macrosettore relativo ai trasporti stradali costituisce la maggior fonte di emissione di NO_x.

Altro settore di un certo interesse per quanto riguarda le emissioni diffuse di ossidi di azoto è il macrosettore "altre sorgenti mobili", il cui contributo è pari al 34% per la provincia di Grosseto, al 13% per la provincia di Livorno e al 12% per la provincia di Pisa. Infine, macrosettore di rilievo per le province

di Livorno e Pisa è quello "Combustione – Industria" che contribuisce all'emissione totale per il 28% e il 15% rispettivamente.

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc.	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione – Terziario ed Agricoltura	1.478,2	898,8	567,5	322,8	442,3	350,5	644,0	676,4	205,6	1.351,3
Combustione – Industria	20,6	320,5	22,5	64,9	31,6	17,9	23,1	96,3	11,5	133,2
Processi Produttivi	138,7	166,1	155,4	242,4	141,9	56,8	104,1	1,7	2,2	265,2
Trasporti Stradali	475,6	1.430,7	325,4	505,6	563,9	302,1	577,4	399,4	332,6	377,2
Altre Sorgenti Mobili	148,4	171,8	150,4	77,4	102,4	19,9	98,2	79,0	18,2	150,5
Agricoltura	92,2	103,7	159,4	28,6	27,2	17,4	84,5	19,5	6,8	144,2
Natura	0,0	0,1	0,4	0,0	0,4	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0
Totale provinciale	2.354	3.092	1.381	1.246	1.310	765	1.531	1.272	577	2.422

In

Tabella 29 sono riportate le emissioni di polveri fini (t) per le singole province, legate alle sorgenti diffuse suddivise per macrosettore.

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc.	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione – Terziario ed Agricoltura	1.478,2	898,8	567,5	322,8	442,3	350,5	644,0	676,4	205,6	1.351,3
Combustione – Industria	20,6	320,5	22,5	64,9	31,6	17,9	23,1	96,3	11,5	133,2
Processi Produttivi	138,7	166,1	155,4	242,4	141,9	56,8	104,1	1,7	2,2	265,2
Trasporti Stradali	475,6	1.430,7	325,4	505,6	563,9	302,1	577,4	399,4	332,6	377,2
Altre Sorgenti Mobili	148,4	171,8	150,4	77,4	102,4	19,9	98,2	79,0	18,2	150,5
Agricoltura	92,2	103,7	159,4	28,6	27,2	17,4	84,5	19,5	6,8	144,2
Natura	0,0	0,1	0,4	0,0	0,4	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0
Totale provinciale	2.354	3.092	1.381	1.246	1.310	765	1.531	1.272	577	2.422

Tabella 29: Emissioni diffuse provinciali di polveri fini suddivise per macrosettore (t)

Per le polveri fini, si osserva come il macrosettore "Combustione- Terziario ed Agricoltura" rappresenti per 6 province (AR, GR, MS, PI, PT e SI) la quota maggiore (pari al 41% per la provincia di Grosseto e al 42% per la provincia di Pisa). Per queste 6 province, il macrosettore "Trasporti stradali" costituisce in termini percentuali la seconda fonte di emissione, pari al 24% per la provincia di Grosseto e al 38% per la provincia di Pisa. Il macrosettore relativo ai trasporti stradali costituisce la quota maggiore per le restanti 4 province (FI, LI, LU e PO), pari al 41% per la provincia di Livorno.

In Tabella 30 sono, infine, riportate le emissioni di ossidi di zolfo per le singole province, legate alle sorgenti diffuse suddivise per macrosettore.

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc.	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione – Terziario ed Agricoltura	26,4	386,9	15,5	306,4	54,6	6,3	31,7	92,6	89,8	49,8
Combustione – Industria	58,2	305,7	32,9	7,0	15,8	27,0	52,4	355,1	20,4	53,4
Trasporti Stradali	272,0	818,4	186,1	289,2	322,6	172,8	330,3	228,5	190,3	215,8
Altre Sorgenti Mobili	102,2	115,8	186,5	187,0	132,0	27,3	72,1	54,5	12,6	100,9
Totale provinciale	459	1.627	421	794	525	233	487	731	313	420

Tabella 30: Emissioni diffuse provinciali di ossidi di zolfo suddivise per macrosettore (t) (IRSE 2005)

Per gli ossidi di zolfo, il macrosettore "Trasporti Stradali" costituisce la principale fonte emissiva, ad eccezione delle province di Livorno e Pistoia per le quali il maggior contributo all'emissione deriva dal macrosettore "Combustione- Terziario ed Agricoltura" per la provincia di Livorno (39% contro 36% del macrosettore "Trasporti Stradali") e dal macrosettore "Combustione- Industria" per la provincia di Pistoia (39% contro 31% del macrosettore "Trasporti Stradali"). Altro macrosettore di rilievo è quello relativo alle altre sorgenti mobili che nella provincia di Grosseto contribuisce all'emissione diffusa totale nella stessa misura del macrosettore "Trasporti Stradali", con una percentuale del 44%.

4.3 Sorgenti Puntuali

Il numero complessivo di sorgenti definite puntuali censite dall'IRSA al 2005 è pari ad 86 e sono rappresentate nella carta regionale seguente.

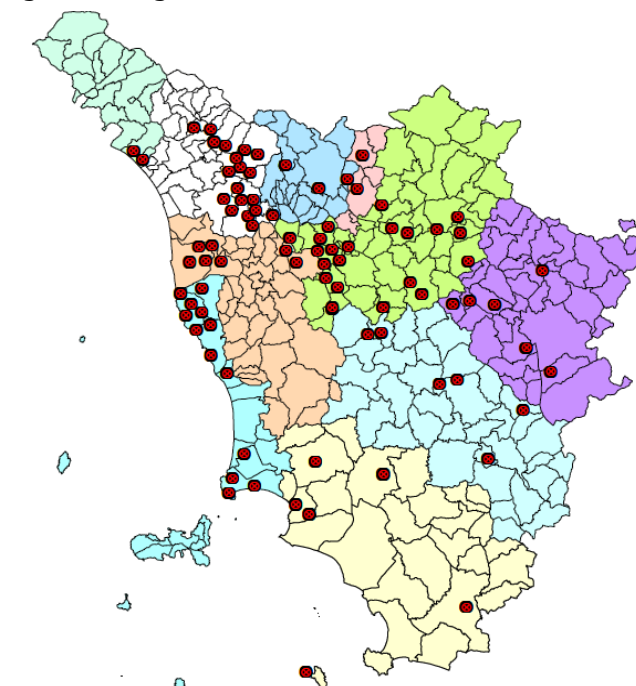


Figura 8: Sorgenti puntuali di emissione

In Tabella 31 sono riassunte le emissioni puntuali suddivise per provincia ed il contributo percentuale delle singole province al totale regionale.

Provincia	CO	%	COV	%	NO _x	%	PM ₁₀	%	SO _x	%
Arezzo	288,6	0,9	517,6	11,3	4.229,0	14,9	48,3	2,5	8.627,7	10,1
Firenze	427,8	1,3	1.019,9	22,3	4.328,8	15,2	283,1	14,8	1.845,4	2,2
Grosseto	19,6	0,1	0,8	0,0	140,8	0,5	50,6	2,6	751,6	0,9
Livorno	31.134,4	92,7	2.586,5	56,5	16.342,6	57,4	1.105,9	57,6	72.298,7	85,0
Lucca	1.251,5	3,7	142,7	3,1	1.821,5	6,4	168,4	8,8	822,8	1,0
Massa-Carrara	0,0	0,0	35,1	0,8	14,7	0,1	9,9	0,5	0,0	0,0
Pisa	151,1	0,4	189,7	4,1	1.290,4	4,5	87,0	4,5	468,2	0,6
Pistoia	13,5	0,0	26,2	0,6	50,3	0,2	7,8	0,4	57,5	0,1
Prato	5,5	0,0	56,3	1,2	30,6	0,1	8,8	0,5	34,3	0,0
Siena	296,0	0,9	0,6	0,0	211,1	0,7	149,3	7,8	150,5	0,2
Totale regionale	33.588		4.575		28.460		1.919		85.057	

Tabella 31 Emissioni puntuali suddivise per province (t) (IRSE 2005)

La suddivisione delle emissioni puntuali per provincia evidenzia la presenza nella provincia di Livorno delle più importanti sorgenti puntuali che, per ogni inquinante, hanno un contributo superiore al 50% del totale regionale, con punte del 93% per il monossido di carbonio e 85% per gli ossidi di zolfo. Queste rilevanti emissioni sono dovute alla presenza di impianti industriali di grosse dimensioni, come la raffineria Agiplas, di impianti chimici, come quello della Solvay, e di centrali termoelettriche.

La provincia di Grosseto contribuisce minimamente all'emissione puntuale totale regionale di NO_x, PM₁₀ e SO_x con percentuali rispettivamente dello 0,5%, 2,67% e 0,9%. Anche il contributo della provincia di Pisa è di lieve entità (4,5% per i NO_x e PM₁₀ e 0,6% per gli SO_x).

Come per le emissioni diffuse, si è verificato il contributo delle emissioni puntuali all'emissione totale dei singoli comuni interessati dall'opera ed è risultato che:

- per Piombino, le emissioni puntuali costituiscono il 75% dell'emissione totale comunale di NO_x, il 74% dell'emissione totale comunale di PM₁₀ e il 98% dell'emissione totale comunale di SO_x;
- per Cecina, le emissioni da sorgenti puntuali costituiscono l'8% dell'emissione totale comunale di NO_x, il 32% dell'emissione totale comunale di PM₁₀, il 29% dell'emissione totale comunale di SO_x;
- per Campiglia Marittima, le emissioni da sorgenti puntuali costituiscono il 43% dell'emissione totale comunale di NO_x, l'8% dell'emissione totale comunale di PM₁₀ e non contribuiscono all'emissione totale comunale di SO_x;
- per Follonica, Bibbona, Castagneto Carducci, S. Vincenzo e Riparbella, le emissioni puntuali non contribuiscono all'emissione totale comunale;
- per Scarlino, le emissioni puntuali costituiscono il 14% dell'emissione totale comunale di NO_x e il 98% delle emissioni totali comunali di SO_x, mentre non vi sono emissioni puntuali di PM₁₀;

- per Massa Marittima, le emissioni puntuali costituiscono l'11% dell'emissione totale comunale di NO_x, l'1% dell'emissione totale comunale di PM₁₀, il 70% dell'emissione totale comunale di SO_x.

Nelle tabelle seguenti è riportata la suddivisione per macrosettori di inquinanti NO_x, polveri sottili e SO_x per le singole province,

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz Teleriscaldamento.	2.016,9	0,0	0,0	11.390,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione - Industria	2.173,1	4.142,8	106,3	4.880,5	1.821,5	14,7	1.253,8	20,1	30,6	211,1
Processi Produttivi	4,0	120,9	15,0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Uso di solventi	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trattamento e Smaltimento Rifiuti	35,0	62,9	19,5	58,6	0,0	0,0	36,6	30,2	0,0	0,0
Totale provinciale	4.229	4.329	141	16.343	1.822	15	1.290	50	31	211

Tabella 32 Emissioni puntuali provinciali di ossidi di azoto suddivise per macrosettore (t) (IRSE 2005)

Per gli ossidi di azoto, il macrosettore "Combustione – Industria" costituisce l'unica sorgente per 4 province e comunque la fonte principale per le restanti province, pari al 97% per la provincia di Pisa (il restante 3% proviene dal macrosettore "Trattamento e Smaltimento Rifiuti"), ad eccezione delle province di Livorno e Pistoia, per le quali il maggior contributo all'emissione puntuale deriva dal macrosettore "Centrali Elettriche Pubbliche, Cogenerazione, Teleriscaldamento" per la provincia di Livorno (70% contro 30% del macrosettore "Combustione – Industria") e dal macrosettore "Trattamento e Smaltimento Rifiuti" per la provincia di Pistoia (60% contro 40% del macrosettore "Combustione – Industria"). Per la provincia di Grosseto l'emissione puntuale totale è suddivisa come segue:

- macrosettore "Combustione – Industria": 75%
- macrosettore "Processi Produttivi": 11%;
- macrosettore "Trattamento e Smaltimento Rifiuti": 14%.

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz., Teleriscaldamento.	14,9	0,0	0,0	283,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione - Industria	20,8	221,8	50,1	568,8	167,9	9,9	65,3	3,4	8,8	149,3
Processi Produttivi	7,7	55,8	0,0	252,4	0,5	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0
Uso di solventi	0,3	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	1,9	0,0	0,0
Trattamento e Smaltimento Rifiuti	4,6	1,9	0,5	1,3	0,0	0,0	1,1	2,5	0,0	0,0
Totale provinciale	48,3	283,1	50,6	1.105,9	168,4	9,9	87,0	7,8	8,8	149,3

Tabella 33 Emissioni puntuali provinciali di polveri fini suddivise per macrosettore (t) (IRSE 2005)

Relativamente alle polveri fini, il macrosettore "Combustione – Industria" rappresenta la quota maggiore per tutte le province (75% per la provincia di Pisa), costituendo l'unica sorgente per 4 province e il 99% dell' emissione totale della provincia di Grosseto (il restante 1% proviene dal macrosettore "Trattamento e Smaltimento Rifiuti). Altri settori di un certo interesse sono quello relativo ai processi produttivi per le province di Firenze, Livorno e Pisa, quello relativo alle centrali elettriche pubbliche, cogenerazione, teleriscaldamento per le province di Arezzo e Livorno e infine quello relativo al trattamento e smaltimento rifiuti per la provincia di Pistoia. Per la provincia di Pisa il macrosettore "Processi Produttivi" costituisce il 17% dell'emissione totale.

In dettaglio, l'emissione puntuale totale della provincia di Livorno è suddivisa come segue:

- macrosettore "Centrali Elettriche Pubbliche, Cogenerazione, Teleriscaldamento": 26%
- macrosettore "Combustione – Industria": 51%;
- macrosettore "Processi Produttivi": 23%.

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz Teleriscaldamento.	7.590,2	0,0	0,0	55.470,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione - Industria	941,4	1.816,7	69,7	15.742,0	794,8	0,0	457,6	49,5	34,3	150,5
Processi Produttivi	90,4	5,5	652,0	1.075,7	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trattamento e Smaltimento Rifiuti	5,7	23,1	29,9	11,0	0,0	0,0	10,6	8,0	0,0	0,0
Totale provinciale	8.628	1.845	752	72.299	823	0	468	57	34	150

Tabella 34 Emissioni puntuali provinciali di ossidi di zolfo suddivise per macrosettore (t) (IRSE 2005)

Anche per quanto riguarda gli ossidi di zolfo, eccetto le province di Arezzo, Livorno e Grosseto, il macrosettore "Combustione – Industria" contribuisce tra l'86% e il 100% all'emissione totale per tutte le province, pari al 98% per la provincia di Pisa (il restante 2% proviene dal macrosettore relativo al trattamento e smaltimento dei rifiuti). Per le province di Livorno e Arezzo, il maggior contributo all'emissione puntuale deriva dal macrosettore "Centrali Elettriche Pubbliche, Cogenerazione, Teleriscaldamento" (77% contro 22% del macrosettore "Combustione – Industria" per la provincia di Livorno e 88% contro 11% del macrosettore "Combustione – Industria" per la provincia di Arezzo. Il restante 1% per la provincia di Livorno è relativo al macrosettore "Processi Produttivi"). Le emissioni puntuali della provincia di Grosseto, invece, provengono per l'87% dal macrosettore "Processi Produttivi", per il 9% dal macrosettore "Combustione – Industria" e per il 4% dal macrosettore "Trattamento e Smaltimento Rifiuti".

Nelle tabelle seguenti sono riportate le sorgenti puntuali censite dall'IRSE situate nelle province interessate dall'opera (Grosseto, Pisa e Livorno).

Azienda	Comune	Attività
S.I.E. Centrale Termoelettrica	Isola del Giglio	
Se.co.to. s.r.l.	Manciano	Produzione di triossido di antimonio Produzione di pirite macinata
Co.s.ec.a.	Massa Marittima	Incenerimento di rifiuti solidi urbani
Tecno bay s.p.a.	Roccastrada	Forni per gesso
Nuova solmine s.p.a.	Scarlino	Produzione di acido solforico
Tioxide europe s.r.l.	Scarlino	Produzione di biossido di titanio

Tabella 35 Sorgenti puntuali di emissione nella provincia di Grosseto (IRSE 2005)

Azienda	Comune	Attività
Industria laterizi Quaglierini	Cascina	Produzione di laterizi
G.E.A.	Pisa	Incenerimento di rifiuti solidi urbani
Kimble italiana s.p.a.	Pisa	Produzione di Altro vetro
Saint gobain vetro italia s.p.a.	Pisa	Produzione di Vetro piano Produzione di vetro (processi)
Rifinate s.r.l.	San Miniato	Industria pelli e cuoio
Superior s.p.a.	Santa Croce sull'Arno	Industria pelli e cuoio
Siemens s.p.a.	Vicopisano	Sgrassaggio metalli

Tabella 36 Sorgenti puntuali di emissione nella provincia di Pisa (IRSE 2005)

Tra le sorgenti puntuali situate in provincia di Grosseto e riportate in Tabella 35, due sono situate nel comune di Scarlino. Si tratta di 2 impianti chimici di grosse dimensioni, la NUOVA SOLMINE S.p.A. e la HUNTSMAN TIOXIDE EUROPE S.r.l che producono rispettivamente acido solforico e biossido di titanio, entrambi situati in località Casone di Scarlino. L' inceneritore di proprietà Co.S.Ec.A. S.p.a., nel comune di Massa Marittima, censito da IRSE 2005, invece, è attualmente in disuso.

Delle sorgenti puntuali situate in provincia di Pisa, invece, nessuna ricade nell'area di interesse né nelle vicinanze.

Per quanto riguarda la provincia di Livorno, sia nel comune di Campiglia Marittima sia in quello di Cecina è situata un'unica sorgente puntuale, mentre nel comune di Piombino ricadono 3 sorgenti (si rende noto che la ragione sociale dell'impianto Sider Calce S.p.a. è attualmente "Calce Dolomia S.p.a." e quella dell'impianto "Magona d'Italia" è attualmente "Arcelormittal Piompino S.p.a.").

Distano, infine, solo pochi km dall'area di interesse, le due sorgenti puntuali situate nel comune di Rosignano Marittimo.

Azienda	Comune	Attività
Sider Calce	Campiglia Marittima	Produzione di calce forno rotante
Nencini laterizi s.p.a.	Cecina	Produzione di Laterizi
Agip petroli s.p.a.	Collesalvetti	Industria - Turbine a gas Forni di processo nelle raffinerie Impianti di recupero zolfo Torce nelle raffinerie di petrolio Movimentazione di prodotti petroliferi in raffineria Lavorazione di prodotti petroliferi
Aamps	Livorno	Incenerimento di rifiuti solidi urbani
Carbochimica s.p.a.	Livorno	Distillazione di catrame di carbone
Enel s.p.a. (Centrale termoelettrica Marzocco)	Livorno	CTE pubbliche - Caldaie \geq 300 MWth CTE pubbliche - Caldaie \geq 300 MWth
Rhone poulenc italia s.p.a.	Livorno	Produzione di silicato di sodio vetroso
Sacci s.p.a. Centrale Cementerie Italiane	Livorno	Produzione di cemento (Processi) Industria - Caldaie < 50 MWth
Enel s.p.a.(Centrale termoelettrica Torre del sale)	Piombino	CTE pubbliche - Caldaie \geq 300 MWth
La magona d'italia s.p.a.	Piombino	Zincatura laminati in acciaio Industria - Caldaie < 50 MWth Altra verniciatura industriale
Lucchini s.p.a.	Piombino	Industria - Caldaie tra 50-300 MWth Industria - Caldaie < 50 MWth Impianti di sinterizzazione Produzione di acciaio (forno basico ad ossigeno) Forni siderurgici per riscaldamento successivo Forni da coke (perdite dalle porte e spegnimento) Operazioni di carico degli altoforni Forni da coke Cowpers di altoforni Spillatura della ghisa di prima fusione
Donati laterizi s.r.l.	Rosignano Marittimo	Produzione di Laterizi
Solvay italia s.p.a.	Rosignano Marittimo	Industria - Caldaie tra 50-300 MWth Industria - Caldaie < 50 MWth CTE Pubbliche - Turbine a gas Produzione di carbonati di calcio Produzione di cloruro di calcio Produzione di polietilene ad alta densità Produzione di altri prodotti chimici inorganici Produzione di carbonati di sodio Stazioni di pompaggio di gas (turbine)

Tabella 37 Sorgenti puntuali di emissione nella provincia di Livorno (IRSE 2005)

Al fine di integrare con dati più aggiornati, i dati relativi alle sorgenti puntuali censite dall'IRSE nel 2005 è stata effettuata un'attenta analisi degli impianti sottoposti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), per i quali risultano attualmente emanati provvedimenti, situati sia all'interno dell'area di interesse sia situati ad una distanza tale da essa da poter ritenere plausibile una ricaduta degli inquinanti emessi nell'area di studio.

Dall'analisi effettuata è risultato che nel comune di Scarlino, sono presenti oltre alle sorgenti riportate dall'IRSE del 2005:

- l'impianto per l'eliminazione e il recupero di rifiuti pericolosi con capacità > 10 tonnellate/giorno "Busisi Ecologia S.r.l." situato in via Scansanese - località San Martino, nel comune di Grosseto
- l'impianto per la produzione di metalli ferrosi "Mar-Zinc Maremmana Zinco S.r.l." situato nel comune di Scarlino in località Scansone
- la Centrale Termoelettrica alimentata con biomasse con potenza calorifica di combustione > 50 MW "Scarlino Energia (ITAL GREEN ENERGY SCARLINO S.r.l. ex SYNDIAL S.p.A.)", situata anch'essa nel comune di Scarlino in località Scansone.

Delle sorgenti puntuali situate a Scarlino, senza dubbio, quelle che rivestono un ruolo principale nel bilancio emissivo dell'area di interesse sono la Huntsman Tioxide, leader mondiale nella produzione di biossido di titanio, la Nuova Solmine, specializzata nella produzione di acido solforico e Scarlino Energia, con un impianto di termovalorizzazione che produce energia elettrica da fonti rinnovabili.

Nel 2008, le emissioni prodotte dalle 3 aziende sono state oggetto dello studio sulla "caratterizzazione e valutazione comparata delle emissioni ed immissioni derivanti dal comprensorio industriale di Scarlino" condotto da ARPAT e dall'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (CNR) a seguito della richiesta da parte della provincia di Grosseto di verificare sia lo stato di qualità dell'aria nell'area di Scarlino sia le emissioni delle 3 aziende (Huntsman Tioxide, Nuova Solmine, Scarlino Energia) che maggiormente contribuiscono al rilascio di inquinanti in atmosfera. Dallo studio è emerso che dalle 3 aziende investigate sono rispettati sia i limiti imposti per le emissioni in atmosfera sia i limiti di qualità dell'aria. L'inquinante maggiormente emesso dal comprensorio risulta essere l'SO₂.

La Huntsman Tioxide è autorizzata alle emissioni in atmosfera dalla Provincia di Grosseto con determina di autorizzazione D.D. n°1119 del 15/04/2003. I punti di emissione sottoposti a controllo sono 2: la ciminera (H5CM1) che convoglia in atmosfera i fumi provenienti dai tre forni rotativi, alimentati a metano, nei quali avviene la calcinazione del gel di titanio per ottenere il biossido di titanio e i camini niro (B2C1-B2C4-B2C5) dai quali fuoriescono i gas derivanti dall'impianto di essiccazione del prodotto finito. Relativamente alla ciminiera, i parametri analizzati sono polveri, SO_x, NO_x, mentre relativamente ai camini niro, i parametri analizzati sono polveri, NO_x, CO. Nello studio condotto da ARPAT e dall'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (CNR) sono state effettuate le misure di tutti gli inquinanti soggetti di controllo. Le misure effettuate al punto di immissione B2C5 (camino Niro), hanno evidenziato un rispetto dei limiti previsti mentre dalle misure al punto di immissione H5CM1 è risultato un ampio rispetto dei limiti previsti.

Per quanto riguarda la Nuova Solmine spa, la Regione Toscana, con delibera di autorizzazione n° 605 del 23/01/95 ai sensi dell'art. 15 del DPR 24/05/1988 n°203, ha prescritto il controllo del punto di emissione della torre di assorbimento finale B1F dell'impianto per la produzione di acido solforico. Il parametro da monitorare è l' SO₂. La Provincia di Grosseto, invece, nella determina di autorizzazione alle emissioni in atmosfera n° 689 del 29/04/04 ha prescritto il controllo del punto di emissione "C1 caldaia Breda" dell'impianto di produzione di energia elettrica. Gli inquinanti emessi dalla caldaia, sottoposti a controllo sono: CO, NO_x, polveri. L'esito dei rilevamenti effettuati consiste in un rispetto dei limiti previsti per quanto riguarda l'impianto di produzione di acido solforico (linea B1F), un ampio rispetto dei limiti previsti per l'emissione di CO dall'impianto di produzione di energia elettrica (generatore Breda C1) e un rispetto dei limiti previsti per l'emissione di NO_x. Le polveri non sono state oggetto di monitoraggio.

Infine, i limiti prescritti alla Scarlino Energia srl, si riferiscono a quelli indicati nell'autorizzazione del Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato del 12/04/96 prot.879737 e a quelli previsti dal DM 05/02/98 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, (tra cui quello energetico) ai sensi degli art. 31 e 33 del D.Lgs. 05/02/97 n° 22" . Tra i parametri monitorati da ARPAT, i NO_x si sono rivelati prossimi al limite di emissione.

Le tonnellate di inquinanti emesse complessivamente dalle 3 aziende site nell'area industriale del Casone di Scarlino ricavate dai controlli ARPAT sono riassunte in tabella.

	Huntsman Tioxide Ciminiera H5CM1 e ciminiera attacchi	Nuova Solmine ciminiera B1F e ciminiera C1	Scarlino Energia Ciminiera E1 e ciminiera E2	totale
polveri	2 ton/anno	1 ton/anno	2 ton/anno	5 ton/anno
SO _x	2 ton/anno	932 ton/anno	9 ton/anno	1155 ton/anno
NO _x	2 ton/anno	45 ton/anno	191 ton/anno	252 ton/anno

Nel comune di Cecina, invece, oltre all'impianto "Nencini Laterizi spa" è presente un ulteriore impianto destinato alla produzione di prodotti ceramici denominato "Fornace S.Lorenzo" appartenente alla "S.Lorenzo Laterizi S.p.a.". Per questi 2 impianti, così come per l'impianto "Calce Dolomia S.p.a." (ex Sidercalce) di Campiglia Marittima, non è stato possibile reperire dati utili aggiornati circa il quantitativo delle emissioni prodotte.

Gli impianti non censiti dall'IRSE, situati nei comuni di Piombino e Rosignano Marittimo e sottoposti ad AIA, sono riportati nelle 2 tabelle seguenti.

IMPIANTO	RAGIONE SOCIALE	CATEGORIA ATTIVITA' (IPPC) INDICATA NEL PROVVEDIMENTO
all'interno della ARCELOR Piombino S.p.A.	SAPIO PRODUZIONE IDROGENO OSSIGENO S.r.l.	4,2 (a) Impianti chimici per la fabbricazione di prodotti chimici inorganici di base, quali gas
Centrale Termoelettrica di Piombino	Edison spa	Centrale termica
ELETTRA PRODUZIONE S.r.l. (fusione di ELECTRA SCA ex ELECTRA HOLDINGS CET-PIO)	ELETTRA PRODUZIONE S.r.l. (fusione di ELECTRA SCA ex ELECTRA HOLDINGS CET-PIO)	1.1 Impianti di combustione con potenza calorifica di combustione > 50 MW
Lucchini S.p.A. - Stabilimento di Piombino	Lucchini S.p.A.	5.4 Discariche, ad esclusione delle discariche per rifiuti inerti con capacità > 10 tonnellate/giorno o con capacità totale > 25000 tonnellate
TAP Tecnologie Ambientali Pulite S.r.l.	TAP Tecnologie Ambientali Pulite S.r.l. impianto condotto da ASIU Azienda Servizi Igiene Urbana S.p.a.	5.3 Impianti per l'eliminazione dei rifiuti non pericolosi con capacità > 50 tonnellate/giorno
Igiene Urbana S.p.a.	Igiene Urbana S.p.a.	5.4 Discariche, ad esclusione delle discariche per rifiuti inerti con capacità > 10 tonnellate/giorno o con capacità totale > 25000 tonnellate
Tenaris DALMINE S.p.A.	Tenaris DALMINE S.p.A.	2.3(a) Impianti per la produzione di metalli ferrosi mediante laminazione a caldo con capacità > 20 tonnellate/ora 2.3(c) Impianti per la produzione di metalli ferrosi mediante applicazione di strati protettivi di metallo fuso con capacità di trattamento > 2 tonnellate di acciaio grezzo/ora

Tabella 38 Impianti sottoposti ad AIA (non censiti da IRSE 2005) nel comune di Piombino

IMPIANTO	RAGIONE SOCIALE	CATEGORIA ATTIVITA' (IPPC) INDICATA NEL PROVVEDIMENTO
Centrale di Rosignano	ROSEN Rosignano Energia SpA	Centrale termica
Centrale termoelettrica a ciclo combinato da 400 MW - Rosignano Marittimo	Roselectra S.p.A.	Centrale termica
Comune di Rosignano M.mo (condotto da R.E.A.S.p.A.)	Comune di Rosignano M.mo (condotto da R.E.A.S.p.A.)	5.4 Discariche, ad esclusione delle discariche per rifiuti inerti con capacità > 10 tonnellate/giorno o con capacità totale > 25000 tonnellate
ECOMAR ITALIA S.r.l.	ECOMAR ITALIA S.r.l.	5.1 Impianti per l'eliminazione o il recupero di rifiuti pericolosi con capacità > 10 tonnellate/giorno
Stabilimento di Rosignano Solvay - Rosignano Marittimo	INEOS MANUFACTURING ITALIA S.p.A.	5.3 Impianti per l'eliminazione dei rifiuti non pericolosi con capacità > 50 tonnellate/giorno
R.E.A. Rosignano Energia Ambiente S.p.A.	ROSEN Rosignano Energia SpA	5.1 Impianti per l'eliminazione o il recupero di rifiuti pericolosi con capacità > 10 tonnellate/giorno
SOLVAY VALORIZZAZIONE ALCALI SOLVAL S.p.A.	SOLVAY VALORIZZAZIONE ALCALI SOLVAL S.p.A.	5.1 Impianti per l'eliminazione o il recupero di rifiuti pericolosi con capacità > 10 tonnellate/giorno

Tabella 39 Impianti sottoposti ad AIA (non censiti da IRSE 2005) nel comune di Rosignano Marittimo

Come si evince dalle tabelle, nella provincia di Livorno sono presenti più centrali elettriche. Per quanto riguarda la centrale ENEL "Torre del Sale" alimentata ad olio combustibile, con potenza installata di 1280 MW (4 gruppi da 320 MW ciascuno), non è stato possibile reperire dati aggiornati circa le quantità di inquinanti emesse, in quanto a differenza di altri impianti ENEL non è certificata EMAS (pertanto manca la Dichiarazione Ambientale in cui sono fornite tutte le informazioni al pubblico riguardanti la gestione ambientale del sito certificato). Gli unici dati reperibili sono quelli presenti nel registro INES (*Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti*) relativi al 2005, forniti da APAT. Si ricorda che il Registro INES, nato nell'ambito della direttiva 96/61/CE (direttiva IPPC), contiene informazioni su emissioni in aria ed acqua di specifici inquinanti provenienti dai principali settori produttivi e da stabilimenti generalmente di grossa capacità presenti sul territorio nazionale. Le informazioni vengono raccolte annualmente con la Dichiarazione INES sulla base dei criteri stabiliti dal D.M. 23.11.2001. In sintesi, tali criteri, che comprendono una lista di inquinanti con un valore soglia di emissione, stabiliscono che un complesso IPPC dichiara l'emissione di un inquinante solo se superiore al corrispondente valore soglia. I dati di emissione contenuti nel Registro INES sono aggiornati al mese di giugno 2006. Oltre al valore emissivo sono fornite l'indicazione della procedura di acquisizione del dato (misura, calcolo o stima) e l'indicazione

della tipologia di emissione (puntuale o convogliata, o comprensiva anche di contributi non convogliati o diffusi). Nella tabella che segue sono riassunte le informazioni fornite dal registro Ines, relative all'anno 2005.

Inquinante	U.M.	soglia	Emissioni Totali	Procedura di acquisizione del dato	Tipologia di emissione
CO ₂	Mg/a	100000	1682967	calcolo	puntuale
Cloro e composti inorganici	Mg/a	10	14,4	misura	puntuale
Ni e composti	kg/a	50	1193	misura	puntuale
NO _x	Mg/a	100	1188	misura	puntuale
SO _x	Mg/a	150	2185,8	misura	puntuale
PM	Mg/a	50	67,7	misura	puntuale
N ₂ O	Mg/a	10	13,1	calcolo	puntuale

Tabella 40 Emissioni "centrale ENEL Torre del sale" anno 2005 (registro INES)

Nel 2005, il quadro complessivo risultava abbastanza critico, con valori di emissioni di CO₂ 17 volte superiori al valori limite di emissione. Sono rispettivamente 12 e 14 volte il valore limite le emissioni di NO_x e SO_x.

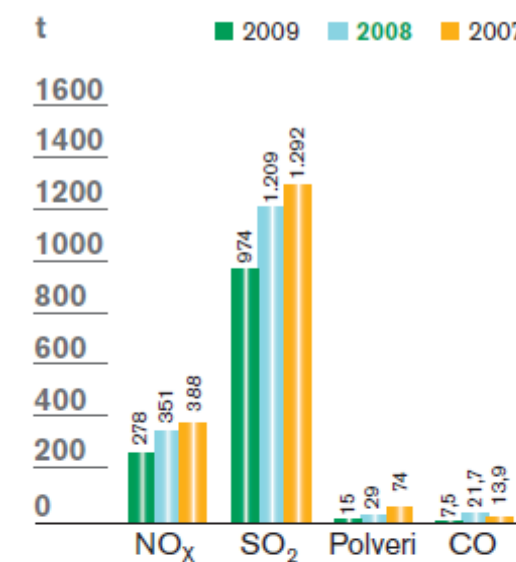
È invece certificata EMAS la Centrale di Piombino Edison spa, per la quale sono disponibili i dati aggiornati al 31/12/2009 della Dichiarazione Ambientale. La centrale è costituita da 2 impianti denominati CET2 e CET3, situati all'interno dello stabilimento siderurgico Lucchini SpA. L'impianto CET2, della potenza elettrica complessiva di circa 60 MW, è del tipo termoelettrico tradizionale ed è composto da due unità monoblocco simili tra loro che producono energia elettrica e vapore utilizzando come combustibili i gas (afo e coke) prodotti dai processi dello stabilimento siderurgico e, se necessario, olio combustibile e gas naturale. L'energia elettrica prodotta dall'impianto CET2 è ceduta allo stabilimento siderurgico alla tensione di 60 kV. L'impianto CET2 fornisce, a richiesta, vapore allo stabilimento siderurgico a tre livelli intermedi di pressione. L'impianto CET3, della potenza elettrica complessiva di circa 180 MW, è del tipo a ciclo combinato con cogenerazione ed è composto da un sistema di trattamento dei gas siderurgici, da impianti ausiliari tra cui quello per il trattamento acque reflue e da un'unità che produce energia elettrica e vapore. I gas siderurgici che pervengono all'impianto CET3, prima della loro immissione nella camera di combustione del turbogas, passano attraverso un impianto di depurazione in grado di eliminare qualsiasi contaminante che potrebbe danneggiare le turbine e, al tempo stesso, si riduce l'impatto in atmosfera dovuto alla loro combustione. L'energia elettrica prodotta dall'impianto CET3 è immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale.

I punti di emissione della centrale sono:

- per l'impianto CET2, un camino di diametro 3,4 m e altezza 130 m in cui confluiscono i fumi di entrambi i generatori di vapore;

- per l'impianto CET3, un camino del generatore di vapore a recupero di diametro 6 m e altezza 37 m, una torcia calda utilizzata esclusivamente per permettere la manutenzione del sistema di trattamento gas e della linea gas naturale, l'avviamento del turbogas e la gestione degli arresti. Gli inquinanti prodotti sono CO, CO₂, NO_x, SO₂, Pb, polveri. Nei 2 grafici seguenti, sono rappresentate le tonnellate di CO, NO_x, SO₂, polveri emessi negli anni 2007, 2008 e 2009.

Emissioni in atmosfera CET2



Emissioni in atmosfera CET3

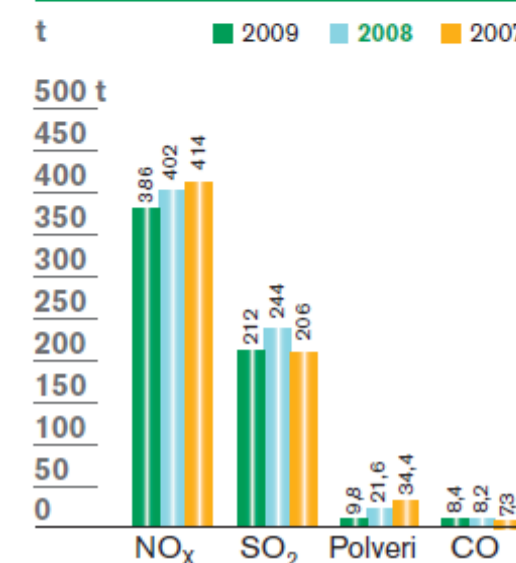


Figura 9: Emissioni Centrale di Piombino EDISON (Dichiarazione Ambientale Centrale di Piombino Edison spa 2009)

Si può osservare come nel 2009, le tonnellate di inquinanti emesse siano inferiori rispetto agli anni precedenti per entrambi gli impianti.

La centrale Elettra Produzione srl, in esercizio dal 2002, è una centrale a ciclo combinato in cui si utilizzano come combustibili gas naturale nelle turbine a gas e gas di processo di origine siderurgica (ceduti da Lucchini spa) come post combustione nelle caldaie a recupero. L'impianto produce energia elettrica per una potenza di 58 MWe. Come per la centrale ENEL, gli unici dati disponibili sono quelli relativi al 2005 registrati nell'INES. Sebbene inferiori ai valori limite, sono indicate anche le emissioni di NO_x e SO_x (Tabella 41).

Inquinante	U.M.	soglia	Emissioni Totali
CO ₂	Mg/a	100.000	284.338,6
NO _x	Mg/a	100	25,1
SO _x	Mg/a	150	0,8

Tabella 41 Emissioni "centrale Elettra Produzione srl" anno 2005 (registro INES)

L'ArcelorMittal Piombino SpA è l'azienda metalmeccanica tra i principali produttori italiani di lamiere zincate e/o verniciate destinate alla produzione di elettrodomestici, di contenitori per alimenti, all'industria automobilistica, etc.. Sebbene sia registrata EMAS dal 2005, non sono disponibili dati aggiornati relativi all'emissione di inquinanti in atmosfera. Come per la centrale ENEL "Torre del sale", i dati più aggiornati reperibili sono quelli presenti nel registro INES (*Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti*) relativi al 2005, forniti da APAT (Tabella 42).

Inquinante	U.M.	soglia	Emissioni Totali	Procedura di acquisizione del dato	Tipologia di emissione
COVNM	Mg/a	100	903,8	stima	puntuale
NO _x	Mg/a	100	131,8	stima	Puntuale e diffusa

Tabella 42 Emissioni "ArcelorMittal Piombino spa" anno 2005 (registro INES)

Si osserva, dunque, un superamento della soglia per quanto riguarda i NO_x e i composti organici volatili non metanici. Si ricorda che gli altri inquinanti, non essendo presenti nel registro INES, risultano emessi in quantità inferiori al valore limite.

La Lucchini SpA, azienda siderurgica a ciclo integrale, è il principale polo italiano per la produzione di laminati lunghi. Il processo produttivo all'interno della cokeria, costituisce sorgente di emissioni di Benzo(a)Pirene e di PM₁₀, principalmente a causa di emissioni diffuse nelle fasi di caricamento del fossile nei forni, per la mancata tenuta delle porte delle celle durante la distillazione del fossile stesso e nelle fasi di sfornamento del coke metallurgico a fine distillazione. Costituisce altra sorgente di emissioni diffuse, rilevanti per intensità, l'impianto dell'acciaieria dove avviene la "conversione" della ghisa (allo stato liquido proveniente dall'altoforno) in acciaio mediante insufflaggio di ossigeno. I dati di emissione dello stabilimento non sono resi pubblici. Lo stesso vale per i vicini stabilimenti di Tenaris Dalmine spa dove

sono prodotti tubi saldati per condotte d'acqua e gas e di SAPIO PRODUZIONE IDROGENO OSSIGENO S.p.a dove si produce idrogeno. Gas tecnici e medicali (nello specifico ossigeno, azoto e argon) sono prodotti anche nello stabilimento Sol Spa, mediante liquefazione e frazionamento dell'aria, per l'impiego in molti comparti, tra i quali la siderurgia, la chimica, il trattamento delle acque, il settore medico e alimentare, la metalmeccanica e la saldatura dei metalli. Quest'ultimo a differenza dello stabilimento Sapiro, non è in possesso di Autorizzazione Integrata Ambientale, in quanto non ricade nel campo di applicazione dell'IPPC. I processi produttivi, infatti, non generano emissioni in atmosfera di quantitativi significativi di inquinanti. Secondo quanto dichiarato da Sol spa nel "Rapporto Salute, Sicurezza e Ambiente Anno 2009", i valori delle emissioni vengono periodicamente controllati e risultano sempre ampiamente inferiori ai limiti di legge.

Per concludere il quadro generale delle sorgenti puntuali situate nel comune di Piombino, la società TAP S.p.a. è proprietaria in località Ischia di Crociano, di un comprensorio di impianti di trattamento e smaltimento di rifiuti. Sono presenti 3 punti di emissione puntuale; gli inquinanti emessi sono monitorati con frequenza annuale, ad eccezione del benzene, monitorato con frequenza semestrale. Sono monitorate, inoltre, le emissioni diffuse e fuggitive del biogas aerodisperso. Non è stato, tuttavia, possibile effettuare delle valutazioni circa il quantitativo di emissioni prodotte.

Come spiegato precedentemente, è stato effettuato uno studio anche sulle sorgenti puntuali localizzate nel territorio di Rosignano Marittimo, considerata la breve distanza dall'area di interesse. Il lotto 2, infatti, ha inizio a solo pochi km di distanza dal centro industriale di Rosignano Solvay.

Su tutte le attività industriali, domina lo stabilimento Solvay Chimica Italia S.p.A, attivo dagli inizi del Novecento e da cui prende il nome il centro industriale di Rosignano. Attualmente, nell'impianto Sodiera di Rosignano si produce quasi tutto il carbonato di sodio (soda Solvay) necessario all'industria italiana. Negli anni, lo stabilimento Solvay si è enormemente ampliato sia nella quantità di produzione sia nella varietà. Sono infatti prodotti oltre alla soda Solvay, bicarbonato di sodio anche per uso farmaceutico, cloruro di calcio, cloro, acido cloridrico, clorometani, materie plastiche, perossido di idrogeno.

Nel territorio circostante lo stabilimento Solvay e all'interno dello stesso esiste un'ampia area di proprietà Solvay, denominata "Parco Industriale", dove sorgono le due centrali turbogas Rosen e Roselectra e gli stabilimenti delle società Officina 2000, specializzata in lavori di meccanica di precisione, Ineos Spa, non appartenente a Solvay, ma che da essa ha rilevato gli impianti della Solvay Polyolefins Europe per la produzione di polietilene, e Solval S.p.a. (Solvay Valorizzazione Alkali) controllata al 100% da Solvay Chimica Italia S.p.A. In quest'ultimo sono recuperati dall'incenerimento dei rifiuti solidi urbani, i residui chimici di sodio che dopo un processo di depurazione sono utilizzati come materia grezza per la produzione di soda nello stabilimento Solvay Chimica Italia. Depurando i fumi mediante un sistema a secco a bicarbonato di sodio, è possibile recuperare e valorizzare i Sali sodici da trattamento fumi, denominati Prodotti Sodici Residui (P.S.R.), sottoforma di una salamoia satura di sali di sodio costituente, a tutti gli effetti, una materia prima utilizzabile in cicli industriali.

Relativamente agli impianti Solvay, sia lo stabilimento Solvay Chimica Italia S.p.A sia l'impianto Solval S.p.a. sono certificati secondo la norma internazionale ISO 14001. Riguardo a quest'ultimo, in mancanza di dati divulgati, si può ritenere che le emissioni in atmosfera siano contenute in quanto i fumi sono

depurati combinando il bicarbonato di sodio con carbone attivo; in tal modo sono abbattute non solo le componenti acide presenti nei fumi, ma anche i metalli pesanti, le diossine e i furani. Le informazioni relative alle emissioni in atmosfera dello stabilimento Solvay di Rosignano, invece, sono state tratte dal "Bilancio di Sostenibilità Solvay 2006. Rendiconto sociale e ambientale della gestione responsabile", ultimo bilancio sociale disponibile, realizzato da un gruppo di lavoro interno alla Solvay. Secondo quanto riportato, a partire dal 1997, le emissioni dello stabilimento sono in continua diminuzione. Ciò è dovuto innanzitutto alla chiusura delle caldaie Solvay che utilizzavano olio combustibile. Dal 1997, infatti, il vapore necessario agli impianti è fornito dalla centrale Turbogas "Rosen" avviata appunto nel 1997, realizzata e gestita dalla società Rosignano Energia. A seguito dell'arresto della centrale termica Solvay, l'emissione di ossidi d'azoto, provenienti dalla combustione per la produzione di energia, è diminuita sensibilmente. Anche le emissioni di NO₂ derivanti dagli altri processi produttivi risultano in diminuzione. Le emissioni di sostanze sotto forma di particolato, provenienti dai processi produttivi Sodiera, Polietilene e Perossidati, invece, sono state completamente eliminate con la messa in servizio della centrale Turbogas ed il passaggio da gasolio a metano come combustibile. Si specifica che le polveri in oggetto sono polveri grossolane generate nei processi di combustione e non polveri sottili PM₁₀. Anche le emissioni di biossido di zolfo, legate ai processi di combustione sono state eliminate. Il biossido di zolfo derivante dagli altri processi produttivi varia, in funzione della qualità del combustibile (carbone) utilizzato nell'impianto Sodiera, dalle 80 alle 150 tonnellate annue.

Nella tabella seguente si riportano i dati disponibili, pubblicati da ARPAT, relativi agli anni 2000 – 2005, provenienti da autocontrolli effettuati da Solvay su tutti gli impianti produttivi dello stabilimento, sulla base di un unico campionamento l'anno. A partire dal dato rilevato è stata effettuata una stima della quantità totale di sostanze emesse in atmosfera. Si evidenzia che i dati relativi precedenti all'anno 2004 comprendono le emissioni prodotte dalla attuale società Ineos spa.

Degli inquinanti di cui sarà oggetto il modello di dispersione, sono presenti solo gli ossidi di azoto, che non mostrano un andamento definito negli anni.

INQUINANTE EMESSO	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno
CO	6.855	11.472	20.509	19.709	230.206	22.973
CO ₂	276.000	307.000	299.779	250.270	538.116	151.521
No _x	45,30	177,80	290,10	181,50	210,70	254,34
Polveri di percarbonato	41,80	9,20	16,40	21,20	9,63	9,34
NH ₃	28,10	26,20	9,60	54,20	166,20	32,60
Polveri	16,30	19,30	12,50	15,30	6,94	7,84
Esano tecnico	232,00	253,00	241,50	198,40
NaHCO ₃ polvere	6,98	10,40	11,70	10,70	4,84	8,03
Particolato sospeso	1,93	4,95	8,19	15,90	24,27	5,90
Carbonato di sodio	3,29	2,43	1,79	3,78	1,44	2,60
CH ₄	0,99	0,19	0,90	0,00	3,96	1,11
Solventi organici	0,95	5,45	4,21	24,40	15,30	3,90
Cl ₂	0,03	0,35	0,03	0,02	0,09	0,01
Hg	0,0002	0,0025	0,0001	0,0004	0,0003	0,0006
CH ₃ Cl	0,0001	0,0000	0,0000	0,0401	0,1270	0,4738
CH ₂ Cl ₂	0,0031	0,0003	0,0614	0,0461	0,0071	0,0157
CHCl ₃	0,0018	0,0015	0,0413	0,0378	0,0041	0,0383
CCl ₄				0,0169	0,0002	0,0200
HCl	0,0001	0,0107	0,4744	1,3345	0,4300	0,9224
H ₂	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
TOTALE	283.232,68	318.981,29	320.885,50	270.505,88	768.765,94	174.821,14

Tabella 43 Emissioni "Solvay Chimica Italia S.p.A." (ARPAT 2006)

Relativamente all'impianto chimico precedentemente citato della società INEOS Manufacturing Italia spa, già Innovene Manufacturing Italia S.p.A. e appartenente inizialmente a Solvay, nello stabilimento di Rosignano sono presenti l'Unità di Produzione Polietilene (produzione di resine con differenti caratteristiche) e l'Unità di Ricerca poliolefine (polietilene e polipropilene). Nella frazione Vada, invece, sono presenti gli impianti del Terminale e Stoccaggio Etilene, funzionalmente connessi con gli impianti della Ineos Manufacturing Italia S.p.A. dello stabilimento di Rosignano Solvay, essendo il primo un'unità per lo scarico dell'Etilene via navi e il secondo un'unità per il deposito dell'Etilene in arrivo dal pontile e di invio verso le unità di produzione e ricerca. Le emissioni in atmosfera sono relative ai soli composti organici volatili non metanici, che nel 2005 ammontavano a 105 tonnellate, secondo quanto riportato nel registro INES. Nella frazione Vada, è presente anche lo stabilimento Ecomar Italia dedicato al trattamento di rifiuti solidi di provenienza industriale i quali subiscono nell'impianto un trattamento meccanico di triturazione e/o di successiva inertizzazione prima del successivo avvio in discariche autorizzate. Presso lo stesso stabilimento, inoltre, è attiva una linea di trattamento chimico-fisica per reflui contaminati da idrocarburi. Riguardo alle emissioni prodotte, non è stato possibile reperire informazioni utili.

Come accennato precedentemente, nel 1997 è entrata in funzione la centrale di cogenerazione Rosen, con una potenza elettrica di 356 MW e una produzione nominale di vapore di 410 t/h, nata sulla base di un accordo industriale tra la società Electrabel e Solvay. Il vapore prodotto è infatti destinato agli stabilimenti Solvay, riuscendo a coprire la totalità del fabbisogno termico (fornitura di vapore) degli stabilimenti. Mentre la produzione di vapore di 410 t/h è destinata allo stabilimento Solvay, la produzione elettrica di 356 MW è destinata al Gestore dei Servizi Elettrici. La prestazione energetica della centrale di cogenerazione è nettamente superiore a quella delle vecchie unità termiche utilizzate da Solvay e a

riguardo delle emissioni in atmosfera, come detto precedentemente, esse sono ridotte, grazie all'impiego di combustibili a basso impatto ambientale (il gas naturale) e di una nuovissima tecnologia (nei bruciatori della turbogas). Tuttavia, dall'analisi del registro INES risulta che le emissioni di NO_x negli anni 2002 – 2005 (unici anni disponibili) superano il valore limite di emissione, attestandosi su un valore costante intorno a 460 t/anno (Tabella 44).

Inquinante	U.M.	soglia	Emissioni Totali	Procedura di acquisizione del dato	Tipologia di emissione
2002	Mg/a	100	457,9	misura	Puntuale
2003	Mg/a	100	461,5	misura	Puntuale
2004	Mg/a	100	461,1	misura	Puntuale
2005	Mg/a	100	473,0	misura	Puntuale

Tabella 44 Emissioni di NO_x della centrale Rosen Rosignano Energia Spa anni 2002 - 2005 (registro INES)

Dal 2007, la centrale Rosen è stata affiancata da una seconda centrale elettrica a ciclo combinato da 400 MW, la Roselectra s.p.a., appartenente alla joint venture AceaElectrabel fra Electrabel e Acea di Roma. Le emissioni della centrale a partire dall'anno dell'entrata in funzione fino al 2009, sono state tratte dal Bilancio Ambientale del 2009, redatto da Acea e riportate nella tabella seguente.

Inquinante	2007 t/anno	2008 t/anno	2009 t/anno
CO ₂	214,577	196,487	174,335
NO _x	106,66	89,24	65,07
CO	9,08	8,37	10,69

Tabella 45 Emissioni della centrale Roselectra s.p.a anni 2007 - 2009 (Bilancio Ambientale del 2009, Acea)

Le emissioni di polveri sottili e SO₂ non sono riportate per la singola centrale in quanto essendo tali emissioni di lieve entità, sono riportate come emissioni complessive di tutti gli impianti AceaElectrabel, pari a 0,02 tonnellate per entrambi gli inquinanti nel 2009. Si può ritenere quindi che l'emissioni di polveri e SO₂ della centrale Roselectra siano trascurabili. Relativamente agli altri inquinanti, si può osservare come ad eccezione del CO che non segue alcun tipo di andamento negli anni, le emissioni degli altri 2 inquinanti sono in continua diminuzione.

Rispetto alle sorgenti puntuali di Rosignano citate finora, la discarica per rifiuti non pericolosi gestita da R.E.A. per conto del Comune di Rosignano Marittimo e l'annessa centrale di estrazione e combustione di biogas, sono ad una maggiore distanza dall'area interessata dall'opera, essendo situate in località "Lo Scapigliato". Oltre alla discarica e alla centrale di cogenerazione alimentata a biogas sono presenti un

impianto di selezione dei rifiuti urbani tal quali con produzione di CDR (combustibile da rifiuti), un impianto di trattamento del percolato di discarica e un impianto di compostaggio della frazione organica dei rifiuti urbani. Le emissioni in atmosfera derivanti dalle attività della REA possono essere classificate come emissioni non convogliate (derivanti dai mezzi, dai cassonetti e dalla discarica) ed emissioni convogliate, derivanti cioè dagli impianti di combustione e dagli impianti tecnici, dotati di sistemi di aspirazione e convogliamento emissioni. In particolare, le emissioni maggiori provengono dai motori di cogenerazione (3 camini; inquinanti emessi: Polveri, COT, HCl, HF, NO_x, CO) e dall'impianto di selezione dei rifiuti (2 camini; inquinanti emessi: Polveri, NH₃, H₂S, SOV (solventi volatili), Benzene). Nei grafici seguenti, sono illustrati gli andamenti delle emissioni in atmosfera di polveri e NO_x in uscita dai 3 camini della centrale di cogenerazione nel periodo 2002 – 2007, elaborati sulla base delle informazioni presenti nel documento "Dichiarazione Ambientale 2009", redatta da REA.

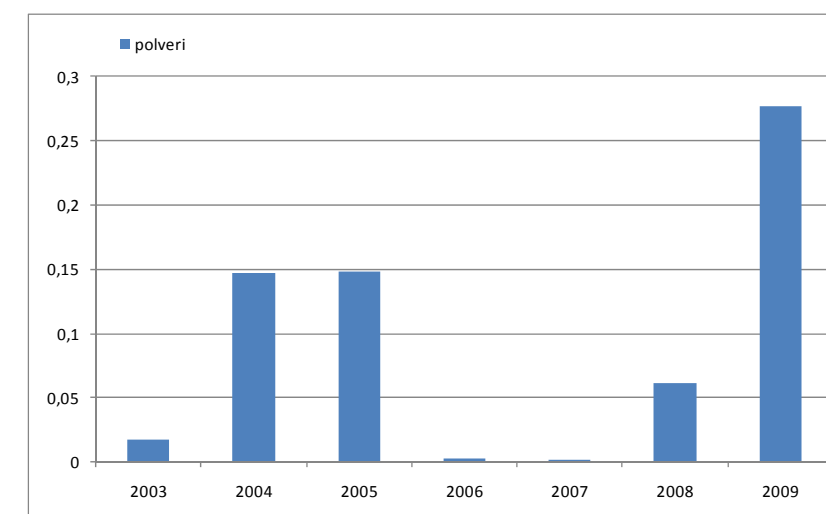


Figura 10: Emissioni polveri provenienti dall'impianto di cogenerazione REA (t/anno)

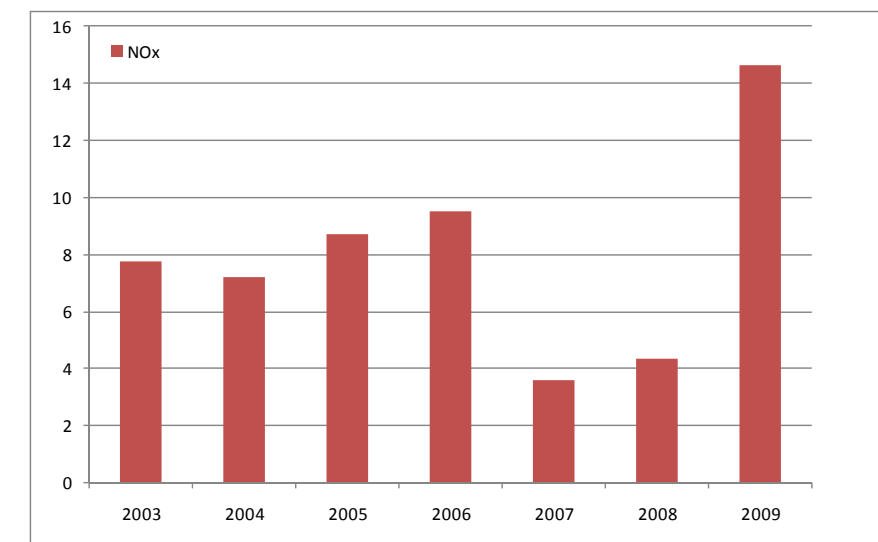


Figura 11: Emissioni NO_x provenienti dall'impianto di cogenerazione REA (t/anno)

Si osserva come nel 2009 si è verificato un sostanziale aumento nelle emissioni. Ciò è da imputare alla sostituzione dei motori di cogenerazione con motori più moderni che utilizzano differenti rapporti di compressione, che comportano una diversa produzione di inquinanti. Pur aumentando la produzione di inquinanti rispetto al passato, le emissioni restano sotto i limiti stabiliti dalle autorizzazioni e vengono ampiamente controbilanciati dalla minor emissione di biogas in atmosfera.

Relativamente alle sole polveri, oggetto dei modelli di dispersione, per i 2 camini dell'impianto di selezione rifiuti, si mostrano di seguito gli andamenti dei flussi di massa misurati confrontati con i flussi di massa autorizzati, estratti dal documento "Dichiarazione Ambientale REA 2009".

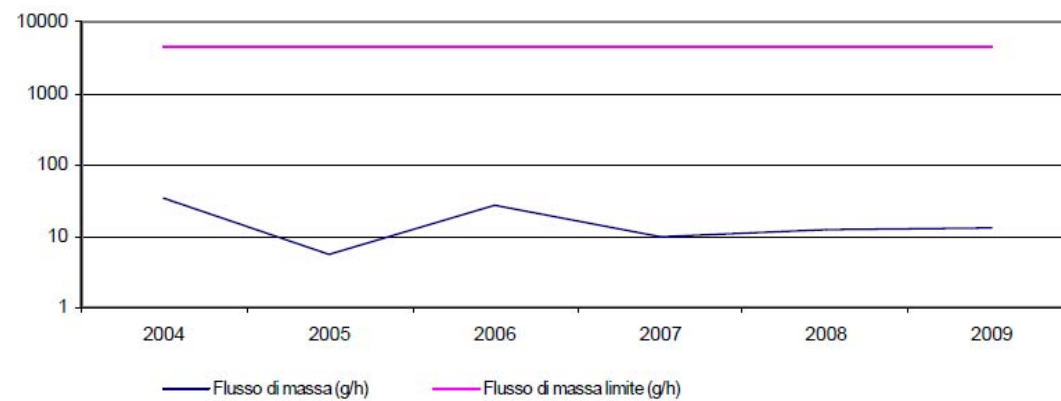


Figura 12: Flusso di massa misurato delle polveri in uscita dal camino E1S dell'impianto di selezione rifiuti rispetto al valore limite autorizzato (g/h) (Dichiarazione Ambientale REA 2009)

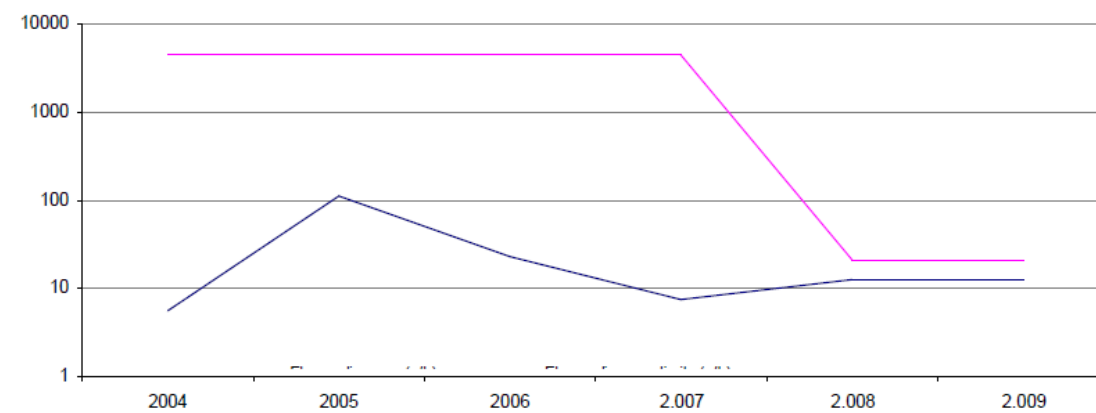


Figura 13: Flusso di massa misurato delle polveri in uscita dal camino E2S dell'impianto di selezione rifiuti rispetto al valore limite autorizzato (g/h) (Dichiarazione Ambientale REA 2009)

La riduzione degli inquinanti emessi dall'impianto di selezione è frutto del continuo revamping. Sulla base dei monitoraggi periodici effettuati si riscontra il rispetto dei limiti autorizzativi previsti per tutti i punti emissivi.

4.4 Sorgenti Lineari

Questa tipologia di sorgenti è presente in due macrosettori, quella dei "Trasporti stradali", nel quale rientrano le grandi vie di comunicazione, e quello delle "Altre fonti mobili" costituito da linee marittime, aeroporti e porti e rappresentati nella mappa che segue.

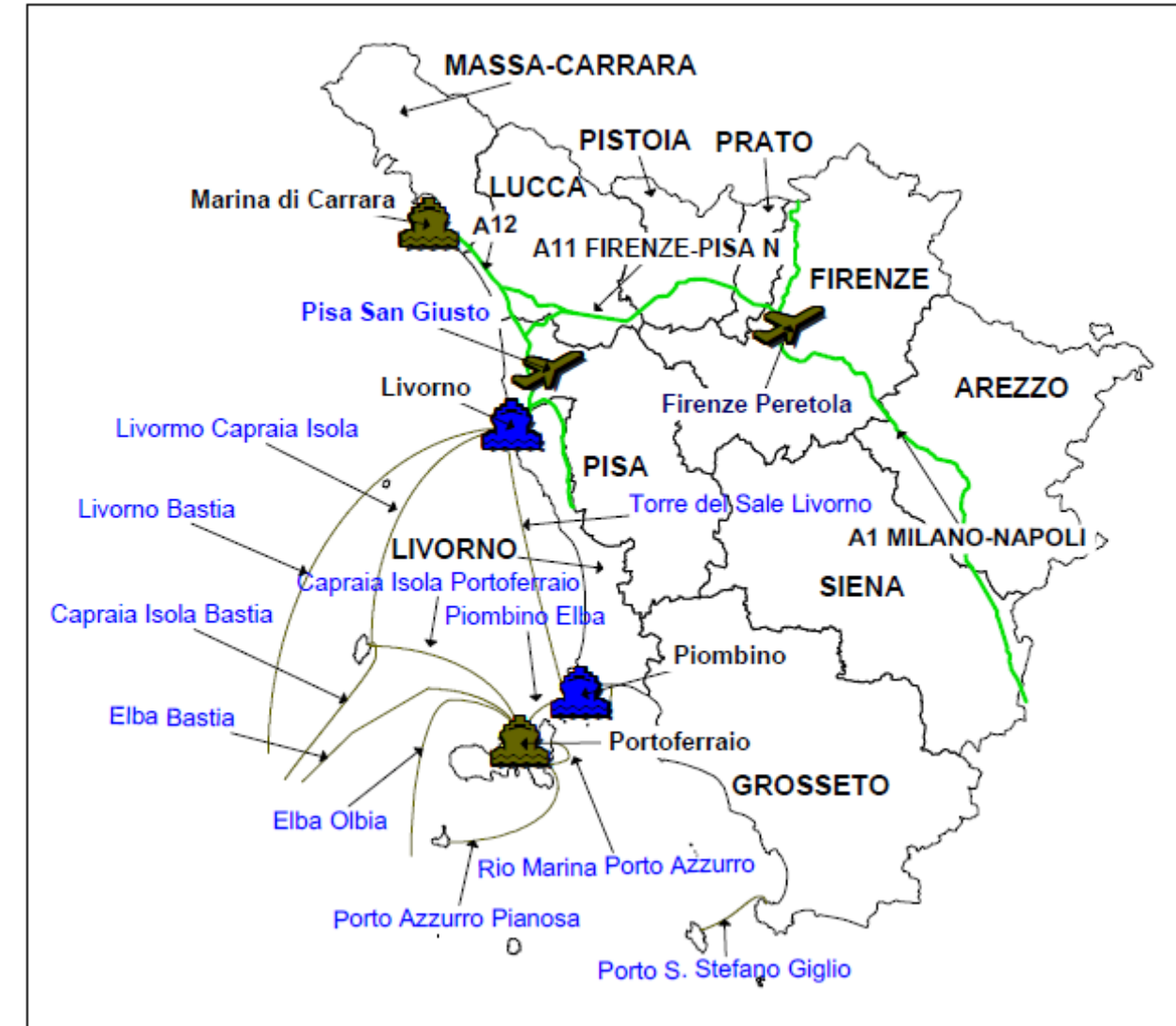


Figura 14: Sorgenti lineari (IRSE 2005)

In Tabella 46 sono riportati i contributi delle singole emissioni lineari inserite nell'inventario IRSE 2005.

LINEA	CO	%	COV	%	NO _x	%	PM ₁₀	%	SO _x	%
Macrosettore Trasporti stradali										
Autostrade										
A1 Milano - Napoli	11.168,5	40,1	3.332,5	42,3	9.725,8	43,3	3.507,1	57,7	619,0	29,2
A11 Firenze - Pisa Nord	5.894,2	21,2	1.766,2	22,4	4.825,7	21,5	1.537,9	25,3	290,4	13,7
A12 Livorno - Sestri	4.314,9	15,5	1.241,9	15,8	3.225,6	14,4	918,8	15,1	185,2	8,7
Macrosettore Altre fonti mobili										
Linee marittime										
Livorno - Capraia	29,9	0,1	9,7	0,1	230,8	1,0	4,0	0,1	16,1	0,8
Capraia - Bastia	10,7	0,0	3,5	0,0	82,7	0,4	1,4	0,0	5,7	0,3
Capraia - Portoferraio	0,9	0,0	0,3	0,0	7,3	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0
Livorno - Olbia/Golfo Aranci/P. Vecchio	84,5	0,3	27,4	0,3	650,6	2,9	11,2	0,2	45,7	2,2
Piombino - Elba	142,7	0,5	46,6	0,6	1.101,6	4,9	19,1	0,3	73,6	3,5
Elba - Bastia	1,9	0,0	0,6	0,0	14,3	0,1	0,2	0,0	1,0	0,0
Elba - Olbia	34,0	0,1	11,0	0,1	262,2	1,2	4,5	0,1	18,4	0,9
Rio Marina - Porto Azzurro	4,4	0,0	1,4	0,0	33,8	0,2	0,6	0,0	2,4	0,1
Porto Azzurro - Pianosa	0,9	0,0	0,3	0,0	6,9	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0
Porto S. Stefano - Giglio	7,6	0,0	2,5	0,0	58,4	0,3	1,0	0,0	4,1	0,2
Torre del Sale - Livorno	55,4	0,2	18,0	0,2	427,1	1,9	7,4	0,1	30,0	1,4
Aeroporti										
Aeroporto Firenze Peretola	88,2	0,3	18,8	0,2	37,7	0,2	0,0	0,0	4,1	0,2
Aeroporto Pisa San Giusto	112,5	0,4	31,1	0,4	75,9	0,3	0,0	0,0	6,8	0,3
Porti										
Portoferraio	235,4	0,8	52,6	0,7	90,6	0,4	2,9	0,0	11,8	0,6
Porto di Marina di Carrara	980,2	3,5	226,9	2,9	255,1	1,1	10,1	0,2	41,3	1,9
Porto di Piombino	1.053,8	3,8	245,6	3,1	382,3	1,7	19,4	0,3	597,8	28,2
Porto di Livorno	3.605,8	13,0	837,2	10,6	942,7	4,2	36,5	0,6	168,2	7,9
Totale regionale	27.826		7.874		22.437		6.082		2.122	

Tabella 46 Emissioni lineari regionali (t) (IRSE 2005)

Il tratto toscano dell'autostrada A1 "Milano – Napoli" e la A11 "Firenze – Pisa Nord" contribuiscono in massima parte per le emissioni di ossidi di azoto (43,3% e 21,5%) e polveri fini (57,7% e 25,3%). Gli ossidi di zolfo, invece, sono imputabili, oltre che all'autostrada A1 (29,2%) alle attività del porto di Piombino (28,2%).

Le emissioni originate dalle principali arterie di comunicazione, che costituiscono il quadro delle sorgenti lineari regionali, sono state suddivise attribuendo al territorio provinciale i singoli tratti delle autostrade e delle linee marittime. Analogamente è stato fatto per le strutture portuali ed aeroportuali. I risultati sono riassunti in Tabella 47 dove sono riportate le emissioni provinciali ed il loro valore percentuale sul totale regionale.

Provincia	CO		COV		NO _x		PM ₁₀		SO _x	
	totale	%	totale	%	totale	%	totale	%	totale	%
Arezzo	3.500,7	12,6	1.044,5	13,3	3.048,5	13,6	1.099,3	18,1	194,0	9,1
Firenze	6.047,2	21,7	1.797,5	22,8	5.200,6	23,2	1.844,4	30,3	331,3	15,6
Grosseto	7,6	0,0	2,5	0,0	58,4	0,3	1,0	0,0	4,1	0,2
Livorno	6.597,0	23,7	1.638,9	20,8	5.232,1	23,3	392,0	6,4	1.029,1	48,5
Lucca	3.490,0	12,5	1.035,1	13,1	2.793,1	12,4	867,3	14,3	166,2	7,8
Massa Carrara	1.568,3	5,6	396,2	5,0	694,8	3,1	135,3	2,2	66,5	3,1
Pisa	2.173,4	7,8	631,1	8,0	1.657,4	7,4	466,4	7,7	98,9	4,7
Pistoia	1.660,4	6,0	497,5	6,3	1.359,4	6,1	433,2	7,1	81,8	3,9
Prato	567,7	2,0	170,1	2,2	464,8	2,1	148,1	2,4	28,0	1,3
Siena	2.213,9	8,0	660,6	8,4	1.928,0	8,6	695,2	11,4	122,7	5,8
Totale regionale	27.826		7.874		22.437		6.082		2.123	

Tabella 47 Emissioni lineari suddivise per province (t) (IRSE 2005)

Le principali emissioni di tipo lineare sono presenti nei territori delle province di Livorno, Firenze, Arezzo e Lucca in quanto attraversate dalle autostrade toscane e con presenza di scali portuali ed aeroportuali. Sono irrilevanti le emissioni di tipo lineari della provincia di Grosseto, provenienti esclusivamente dal comune di Grosseto. Nei comuni di Follonica, Scarlino e Massa Marittima non è presente alcuna sorgente lineare. Il contributo delle emissioni lineari della provincia di Pisa al totale regionale è discreto, ma nessuna sorgente lineare è presente nel comune di Riparbella. Nella provincia di Livorno, invece, come già accennato, si registrano le più elevate emissioni lineari della regione, ad eccezione del PM₁₀. Dei comuni interessati dall'opera in provincia di Livorno (Cecina, Bibbona, Castagneto Carducci, San Vincenzo, Campiglia Marittima e Piombino) solo in quello di Piombino sono presenti sorgenti lineari (come si può osservare in Tabella 46). Nel comune di Piombino le emissioni lineari costituiscono il 16% dell'emissione totale comunale per quanto riguarda i NO_x, l'8% dell'emissione totale comunale per quanto riguarda le polveri sottili e il 2% dell'emissione totale comunale per quanto riguarda gli SO_x.

4.5 LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA SUL TERRITORIO DI INTERESSE

Si riassumono dapprima i contenuti principali del Piano Regionale di Risanamento e Mantenimento della Qualità dell'Aria (PRRM) 2008-2010 della Regione Toscana, redatto ai sensi del d.lgs 351/1999 ed approvato dalla Giunta Regionale il 17 marzo 2008.

Il Piano di Risanamento della Qualità dell'Aria è lo strumento di pianificazione regionale con il quale viene data applicazione alla direttiva 96/62/CE, direttiva madre "in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente" e alle successive direttive figlie, la direttiva 99/30/CE del Consiglio del 22/04/99 "relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo" e la direttiva 2000/69/CE relativa ai "valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio". Dette direttive sono state recepite nell'ordinamento nazionale con il d.lgs. 4 agosto 1999 n°351 e con i successivi Decreti ministeriali D.M. 60/2002 e D.M. 261/2002.

Si ricorda che attualmente, a livello nazionale è stata recepita la direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria pulita in Europa dal d.lgs n°155 del 13 agosto 2010. La direttiva 2008/50/CE ha riunito ed aggiornato le precedenti direttive relative alla qualità dell'aria in un solo testo e di conseguenza, il d.lgs n°155 del 13 agosto 2010 che ne costituisce il recepimento, abroga le precedenti norme nazionali, segnando significativi cambiamenti.

Il quadro conoscitivo dello stato della qualità dell'aria ambiente si basa sulle misurazioni ottenute dalle reti di rilevamento, articolate in sistemi provinciali (10 reti provinciali), gestite in collaborazione tra Enti Locali e ARPAT. Oltre alle reti pubbliche, in Toscana sono presenti reti private, nate su prescrizione dell'autorità competente per monitorare aree industriali e/o emissioni puntuali significative.

I principali inquinanti monitorati sono: PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 , CO , NO_x , O_3 e in alcuni siti, in relazione alle fonti di inquinamento tipiche dell'area, sono monitorati H_2S , benzene e benzo(a)pirene.

Fino al 31 dicembre 2010, la rete delle stazioni di misura, su cui si basa l'analisi conoscitiva per la stesura del Piano di Risanamento della Qualità dell'Aria 2008 – 2010, è quella riportata nella mappa seguente:

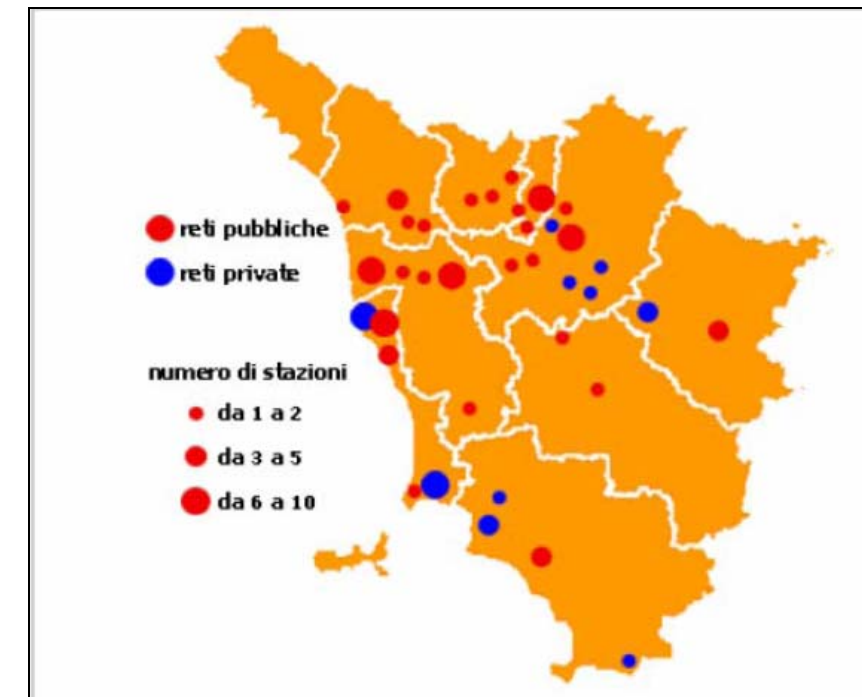


Figura 15: Rete delle stazioni di misura

Precedentemente alla pubblicazione del dlgs 155/10, la Regione Toscana, in collaborazione con ARPAT aveva definito le reti di monitoraggio regionali per l'ozono (DGRT n°27/06 *Determinazione della struttura regionale di rilevamento per l'ozono ai sensi dell'art. 6 del D.Lgs n°183/04*), per il PM_{10} (DGRT 377/06 *Determinazione della struttura regionale di rilevamento per il PM_{10} ai sensi del D.M. 60/02*) e per il $PM_{2,5}$ (DGRT n°21/08 *Determinazione della struttura regionale di rilevamento per il $PM_{2,5}$*), secondo i criteri dei decreti precedenti al dlgs 155/10. A seguito del dlgs 155/10, con Deliberazione della Giunta regionale Toscana n° 1025 del 6/12/2010 è stato effettuato un riordino del sistema di monitoraggio della qualità dell'aria. La nuova rete di monitoraggio, attiva dal 1 gennaio 2011, consiste in un totale di 32 stazioni e sostituisce le reti regionali precedentemente esistenti di PM_{10} (DGRT 377/06), $PM_{2,5}$ (DGRT 21/2008) e O_3 (DGRT 27/2006). L'identificazione delle stazioni è stata effettuata mediante l'applicazione dei criteri previsti dall'allegato V del dlgs 155/2010, riconducibile sostanzialmente alla popolazione residente nella zona ed ai livelli misurati in relazione ai livelli di valutazione inferiore e superiore. Questa operazione, ha comportato una significativa riduzione delle stazioni per la rete regionale, rispetto al numero complessivo iniziale delle stazioni provinciali in esercizio nel territorio della regione Toscana. La rivisitazione delle reti di monitoraggio è finalizzata ad una nuova concezione di valutazione della qualità dell'aria che viene effettuata a livello regionale, non più su base provinciale, ma nell'ambito di zone omogenee dal punto di vista delle fonti di inquinamento e della loro influenza sul territorio. Le postazioni previste tengono conto del numero minimo previsto dalla normativa e della necessità di rappresentare tutte le criticità presenti in ciascuna zona. Nella mappa seguente è riportata la localizzazione delle centraline dell'attuale rete regionale:

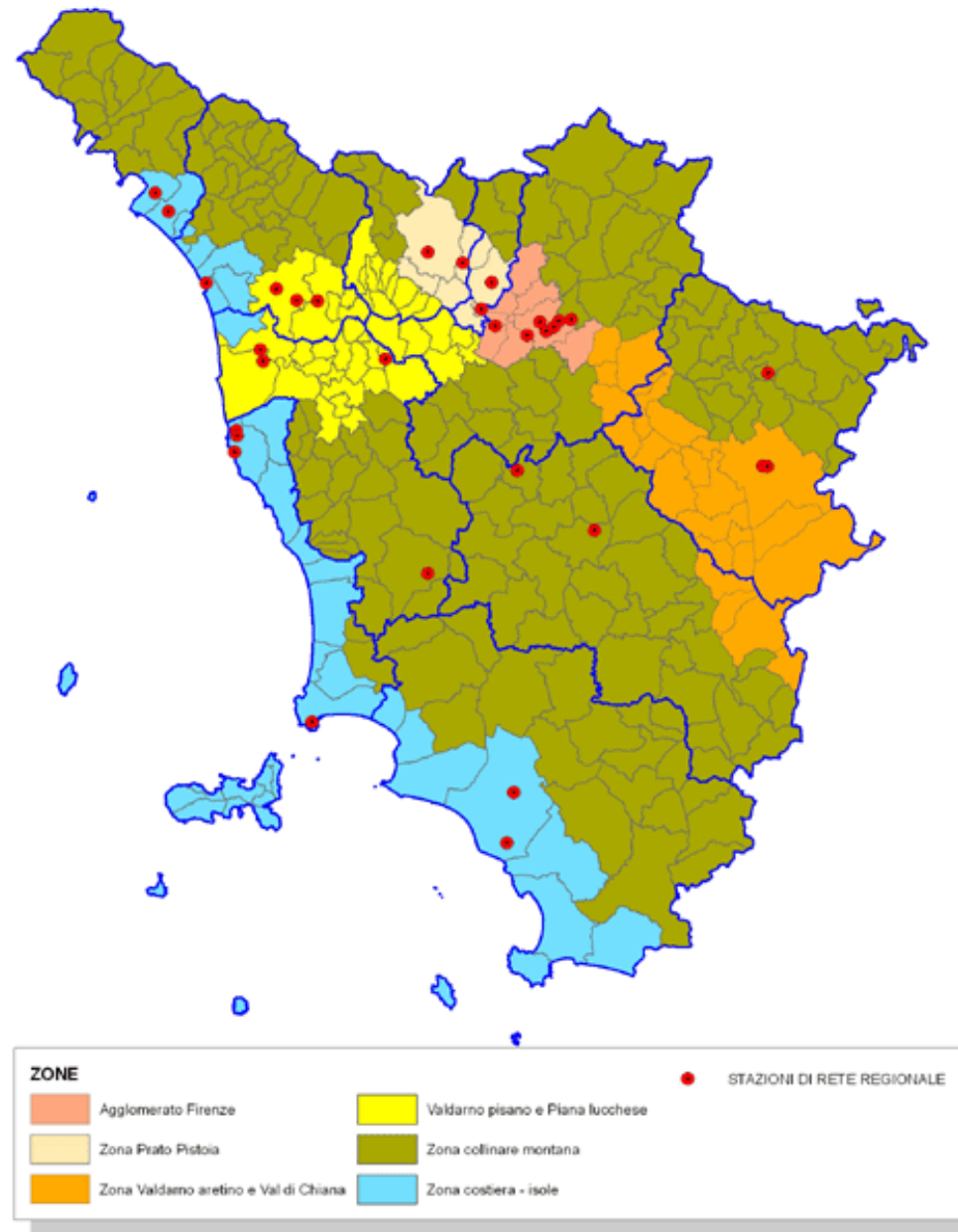


Figura 16: Rete regionale delle stazioni di misura attiva dal 1 gennaio 2011

L'analisi conoscitiva alla base del PRRM 2008 -2010 è stata effettuata per gli inquinanti NO₂, SO₂, O₃, CO, Pb, PM₁₀ e Benzene basandosi sulle misurazioni ottenute dalle reti di rilevamento.

Confrontando i dati di monitoraggio relativi al periodo 2000-2006, si evince che per quanto riguarda l'NO₂, con l'esclusione di alcune stazioni orientate al traffico, negli ultimi anni il superamento della media oraria risulta essere un evento molto raro; un po' più critico risulta il rispetto delle medie annuali, per le quali non si riscontrano variazioni significative negli anni.

Per quanto, invece, riguarda gli inquinanti SO₂, CO, Pb e benzene, i livelli di concentrazione in tutto il territorio regionale sono al di sotto dei valori limite. In particolare, per quanto riguarda l'SO₂, oggetto dei modelli di dispersione, le misurazioni effettuate negli ultimi 6 – 7 anni mostrano livelli di concentrazione

in diminuzione con valori molto lontani dai valori limiti previsti dalla normativa (medie annue al di sotto dei 10 µg/m³). In particolare in nessuna postazione è stato rivelato un numero di superamenti del valore di 350 µg/m³ (concentrazione media oraria) e di 125 µg/m³ (concentrazione media giornaliera) superiore al numero consentito dalla normativa (24 e 3 rispettivamente).

Importanti criticità si registrano riguardo all'ozono e al PM₁₀ per i quali si sono registrati superamenti dei valori normati.

Per quanto riguarda l'ozono sono stati analizzati i dati delle concentrazioni forniti dalle reti di monitoraggio nel periodo 2003-2008, per le stazioni che fanno parte della rete di interesse regionale (DGRT n°27/06).

In Figura 17 è riportata la media dei giorni di superamento del valore obiettivo (120 µg/m³) per i trienni compresi nel periodo osservato di tutte le stazioni della rete regionale e la media dei giorni in eccesso rispetto ai 25 superamenti consentiti dalla legge.

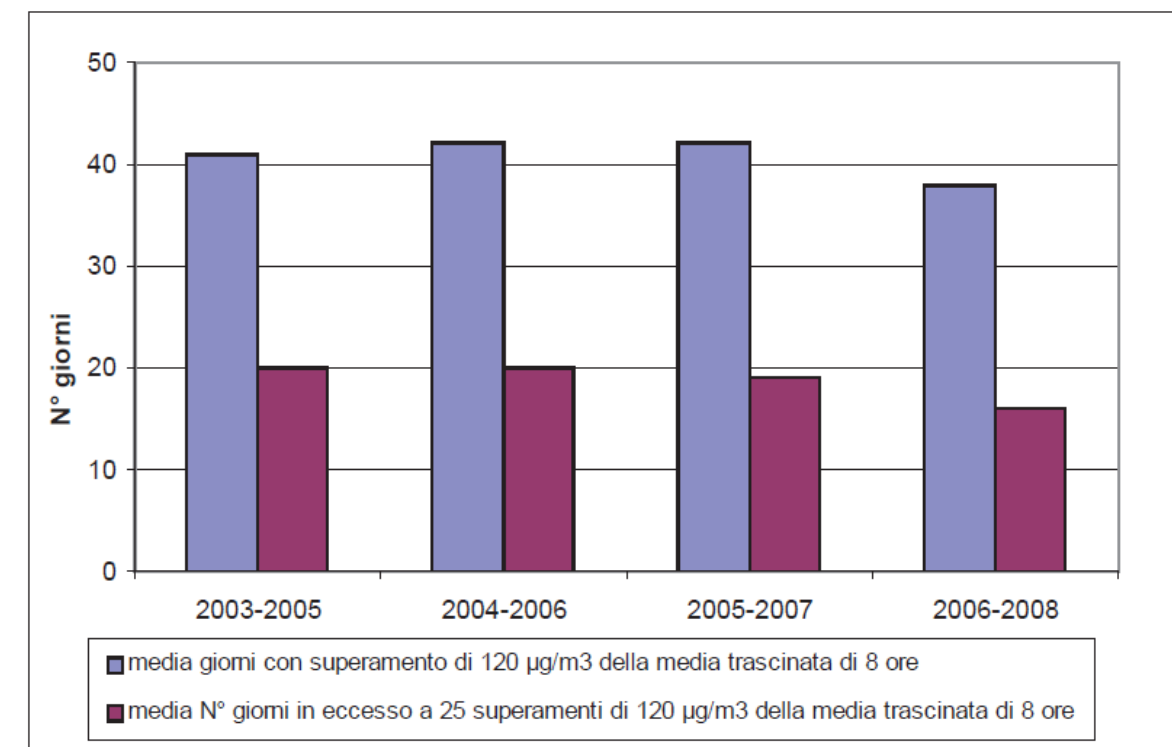


Figura 17: Ozono (stazioni "rete regionale"). Media nei trienni della media dei giorni con superamento del valore obiettivo e media dei giorni in eccesso a 25 superamenti

Si può notare che l'ozono si conferma un inquinante critico per il territorio regionale anche per il 2008. Per quanto riguarda il PM₁₀ sono stati analizzati i dati sulle concentrazioni forniti dalle reti di monitoraggio nel periodo 2000-2008, per le stazioni facenti parte della rete di interesse regionale (DGRT n°377/06).

In Figura 18 sono riportate, per gli anni analizzati, le medie del numero di superamenti annuali della media giornaliera per le stazioni della rete regionale e le medie dei giorni di eccedenza rispetto ai 35 superamenti consentiti dalla normativa.

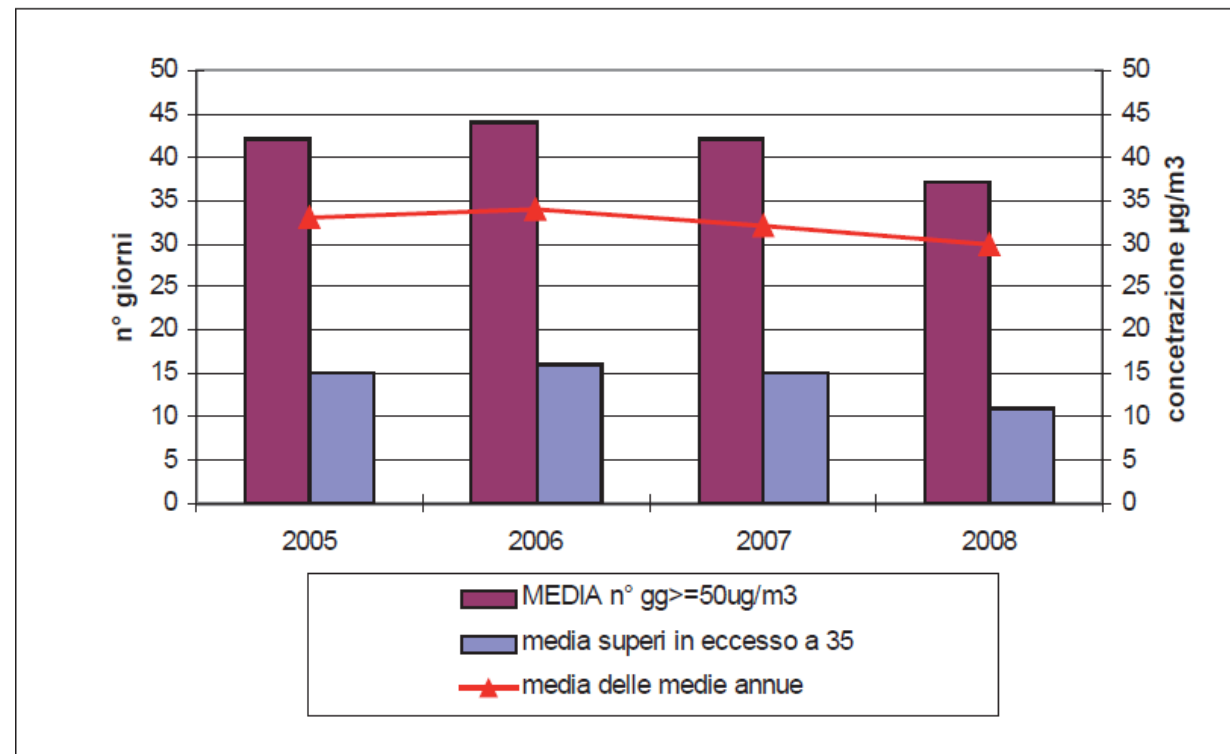


Figura 18: PM10 (stazioni "rete regionale"). Media del numero di giorni con superamenti del valore giornaliero, media dei superamenti in eccesso ai 35 ammessi e media delle medie annuali.

Come l'ozono, il PM₁₀ si conferma un inquinante critico sul territorio regionale, nonostante un leggero trend di miglioramento. Nel 2008 si sono registrati più di 35 giorni di superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ in 14 delle 25 stazioni che compongono la rete PM₁₀ di interesse regionale.

Sulla base dei dati del rilevamento della qualità dell'aria relativi al periodo 2000-2006 e sulla base dei dati IRSE, la Regione Toscana ha aggiornato la zonizzazione e la classificazione del territorio regionale con la DGR 1325/03.

Per la zonizzazione del territorio regionale, che si basa sui risultati della classificazione, sono stati seguiti i criteri e le metodiche di seguito brevemente elencate:

- la zonizzazione deve essere funzionale alla predisposizione degli interventi di mantenimento e risanamento della qualità dell'aria
- i comuni che presentano la stessa classificazione per il superamento dei valori limite di un qualsiasi inquinante (indicato con le lettere C o D) appartengono alla stessa zona
- l'Area omogenea fiorentina, costituita dai Comuni di Firenze, Bagno a Ripoli, Signa, Lastra a Signa, Campi Bisenzio, Sesto Fiorentino, Scadenzano e Scandicci, viene considerata ai fini della zonizzazione come un'unica entità amministrativa.

Per tali zone il piano individua le misure integrate da attuare per raggiungere i valori normati di qualità dell'aria vigenti e futuri. Il restante territorio regionale è classificato come una unica zona di mantenimento in cui i livelli di qualità dell'aria sono inferiori ai limiti fissati, e per le quali il piano dovrà individuare misure integrate idonee per il mantenimento della buona qualità dell'aria.

Sono state così individuate 4 zone di risanamento e i risultati della zonizzazione sono riportati nella mappa seguente

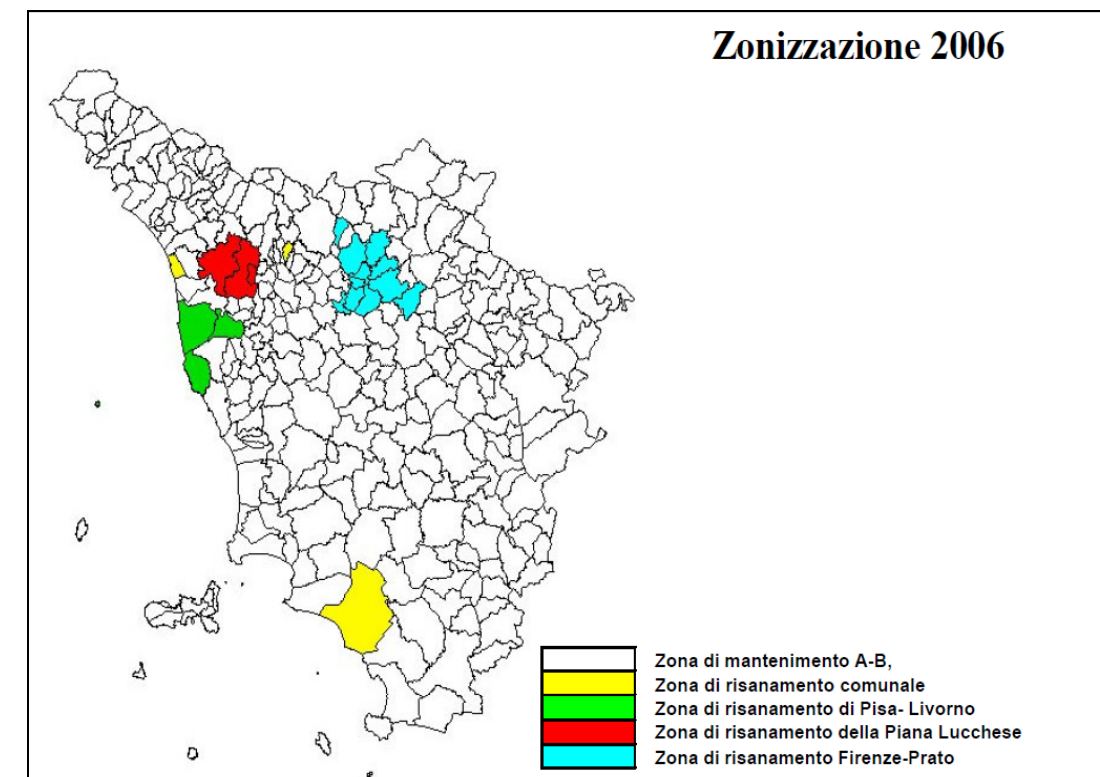


Figura 19: rete delle stazioni di misura dei parametri chimici su tutto il territorio regionale

Nella Tabella 48 seguente si riportano per ciascuna delle 5 zone individuate le informazioni relative al numero dei comuni, alla superficie totale, alla popolazione residente totale e, per le sole zone di risanamento, la popolazione residente nelle aree urbanizzate, che rappresenta meglio l'indicazione della popolazione esposta a livelli di inquinamento superiori rispetto ai valori limite stabiliti dalla normativa.

	N° Comuni	Superficie (km ²)	[%]	Popolazione residente	[%]	Popolazione in area urbana	[%]
Zona di mantenimento A/B	267	21.1316	93%	2.251.224	63%		
Zona di risanamento comunale	3	524	2%	160.362	4%	142.721	4%
Zona di risanamento di Pisa- Livorno	3	369	2%	289.014	8%	277.874	8%
Zona di risanamento della Piana Lucchese	3	360	1%	133.147	2%	84.098	2%
Zona di risanamento dell'area metropolitana di Firenze-Prato	11	607	3%	786.125	22%	729.312	20%
Totale	287	22.990		3.619.872			

Tabella 48: Zonizzazione 2006

I 20 comuni con valori di inquinanti superiori a quelli di legge sono:

Calenzano, Sesto Fiorentino, Campi Bisenzio, Capannori, Cascina, Firenze, Signa, Bagno a Ripoli, Scandicci, Lastra a Signa, Lucca, Grosseto, Livorno, Montale, Montecatini Terme, Montelupo Fiorentino, Pisa, Porcari, Prato, Viareggio.

L'area interessata dal tracciato ricade in una zona di mantenimento.

Si rende noto che attualmente, a seguito della pubblicazione del dlsg 155/10, come accennato precedentemente, è stata effettuata ed approvata con DGRT n.1025/2010 una nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale ai sensi della L.R. 9/2010 e al D.Lgs 155/2010. Tale zonizzazione comporta la revoca del precedente DGR 1325/03. Attenendosi a quanto prescritto dal D.Lgs 155/2010, sono state individuate zone omogenee dal punto di vista delle fonti di inquinamento e della loro influenza sul territorio. La DGRT n.1025/2010 ha suddiviso il territorio della regione toscana in 6 zone (agglomerato Firenze, zona Prato-Pistoia, zona costiera, zona Valdarno pisano e piana lucchese, zona Valdarno aretino e Valdichiana e zona collinare montana) per quanto riguarda gli inquinanti indicati nell'allegato V del D.Lgs.155/2010 (biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato PM₁₀-PM_{2,5}, benzene, monossido di carbonio) e 3 zone (zona pianure costiere, zona pianure interne e zona collinare montana) per quanto attiene l'ozono indicato nell'appendice I del suddetto decreto.

L'area interessata dal tracciato, quindi, attualmente ricade nella zona costiera, come si può osservare in Figura 16.

È stata effettuata una ricerca allo scopo di verificare la presenza di stazioni di monitoraggio nell'area di interesse.

La rete di monitoraggio della provincia di Grosseto è attualmente costituita da tre stazioni di misura fisse disposte nel territorio dell'area urbana/rurale del Comune di Grosseto. Nello specifico, 2 stazioni sono situate a Grosseto (zona urbana) in via Unione Sovietica (GR - Urss) e viale Sonnino (GR- Sonnino) e una ad Alberese nel Parco della Maremma (zona rurale).

La stazione di viale Sonnino è una stazione di traffico mentre le restanti 2 sono stazioni di fondo, urbano (via Unione Sovietica) e rurale (Parco della Maremma). Gli inquinanti monitorati nella stazione di traffico sono il CO, i NO_x, il PM₁₀; nella stazione urbana di fondo, invece, non viene monitorato il CO ma l'O₃. Nella stazione rurale, infine, è monitorato il solo O₃. Le stazioni URSS e Maremma, appartengono alla nuova rete regionale, precedentemente citata e individuata ai sensi del dlgs 155/10 e approvata con delibera DGRT n.1025/2010: per il rilevamento dell' NO₂ e dell'O₃ per quanto riguarda la centralina Maremma e per gli inquinanti PM₁₀, PM_{2,5} e NO₂ per quanto riguarda la centralina URSS.

Il parametro SO₂ non è più rilevato dalla rete di Grosseto dall'anno 2008, anno nel quale sono stati posti fuori servizio gli analizzatori presenti in via Urss e viale Sonnino. Tale disposizione fu adottata in quanto per il parametro SO₂ già da tempo a Grosseto si era raggiunto e consolidato un ampio rispetto dei limiti previsti, tanto che la rete di rilevamento non aveva mai rilevato dal 1999 neanche un singolo superamento orario o giornaliero delle soglie definite dalla normativa. Come detto precedentemente, l'andamento di questo parametro, per quanto concerne il territorio toscano, ha ormai raggiunto valori scarsamente significativi. Soltanto poche aree, quali quelle di Livorno e Piombino, risultano potenzialmente più critiche rispetto al resto del territorio regionale.

Per quanto riguarda gli altri 2 inquinanti di cui sarà oggetto il modello di dispersione, ossidi di azoto e polveri fini, secondo quanto riportato nel Rapporto annuale sulla qualità dell'aria della città di Grosseto del 2009, redatto da ARPAT, nel 2009 i valori medi rilevati sono:

- per i NO_x pari a 29 µg/m³ nella stazione GR – Urss e 87 µg/m³ nella stazione GR- Sonnino;
- per l' NO₂ pari a 22 µg/m³ nella stazione GR – Urss e 44 µg/m³ nella stazione GR- Sonnino;
- per il PM₁₀ pari a 23 µg/m³ nella stazione GR – Urss e 35 µg/m³ nella stazione GR- Sonnino.

Fino al 2007, un laboratorio mobile dell'Arpat di Grosseto, monitorava la qualità dell'aria del comune di Scarlino, come descritto nella Dichiarazione Ambientale 2007 – 2010 del comune di Scarlino (approvata con Del. G.C. n°160 del 27/11/2007) poiché a Scarlino, in località Casone, è situata la principale area industriale della provincia di Grosseto, caratterizzata dalla presenza di tre grandi aziende: Huntsman Tioxide, leader mondiale nella produzione di biossido di titanio, Nuova Solmine, specializzata nella produzione di acido solforico e Scarlino Energia, con un impianto di termovalorizzazione che produce energia elettrica da fonti rinnovabili. Le misure venivano effettuate presso 3 stazioni: Scarlino Paese, Scarlino Scalo e Puntone. Le tre stazioni del Comune di Scarlino, con la stazione di misura situata nel Comune di Follonica, circondavano l'area industriale monitorandone così la qualità delle emissioni. A partire dal 2003, per ogni stazione sono stati monitorati per una settimana all'anno, ad eccezione dell'anno 2005 a causa di un guasto all'autolaboratorio, i seguenti parametri: PTS, Pb (piombo nelle particelle sospese), As (arsenico nelle particelle sospese), IPA (idrocarburi policiclici aromatici con particolare attenzione al Benzo (a) pirene), NO₂, SO₂. Non si sono mai verificati superamenti dei limiti di legge ma le concentrazioni rilevate sono ampiamente al di sotto dei limiti di legge.

Relativamente alle concentrazioni delle Polveri Totali Sospese (PTS), si sottolinea che tale inquinante attualmente non presenta alcun valore limite di riferimento, in quanto il D.M. 25/11/1994 che stabiliva 150 µg/m³ come livello di attenzione, calcolato come media giornaliera è stato abrogato dal D.M. 60/2002, a sua volta abrogato dal D.Lgs.155/2010. Nelle tabelle successive sono riassunti i risultati del monitoraggio per gli inquinanti PTS, Pb, As, IPA ed NO₂. Per quanto riguarda il parametro SO₂ i valori riscontrati sono inferiori al µg/m³.

	2002	2003	2004	2006
Scarlino - Loc. Puntone	24,01	n.d.	23,37	n.d.
Scarlino - Loc. Scarlino Scalo	40,26	n.d.	51,29	26,1
Scarlino	41,86	36,54	31,91	40,6

Tabella 49: PTS - media delle medie giornaliere (µg/m³)

	2002	2006
Scarlino - Loc. Puntone	0,05	n.d.
Scarlino - Loc. Scarlino Scalo	0,05	< 0,01
Scarlino	0,05	< 0,02

Tabella 50: Pb - media delle medie giornaliere (µg/m³)

	2002	2003	2004	2006
Scarlino - Loc. Puntone	< 5,00	n.d.	< 1,00	n.d.
Scarlino - Loc. Scarlino Scalo	< 5,00	< 5,00	< 1,00	n.d.
Scarlino	< 5,00	n.d.	< 1,00	n.d.

Tabella 51: As - media delle medie giornaliere (ng/m³)

	2002	2004	2006
Scarlino - Loc. Puntone	0,06	n.d.	n.d.
Scarlino - Loc. Scarlino Scalo	0,08	n.d.	n.d.
Scarlino	0,06	n.d.	n.d.

Tabella 52: IPA - media delle medie giornaliere (ng/m³)

	2002	2003	2004	2006
Scarlino - Loc. Puntone	12,1	n.d.	8,2	n.d.
Scarlino - Loc. Scarlino Scalo	8,7	n.d.	7,5	6,2
Scarlino	6,5	39,1	3,7	2,3

Tabella 53: NO₂ - media delle medie giornaliere (µg/m³)

Nell'ottobre 2006 è stata attivata una convenzione tra ARPAT, Provincia di Grosseto e CNR inerente il "Monitoraggio per la valutazione comparata delle emissioni ed immissioni del comprensorio industriale del Casone di Scarlino". Sono state disposte 4 stazioni per il campionamento del particolato (3 nel Comune di Scarlino e 1 nel Comune di Follonica) e 49 campionatori passivi. La campagna ha previsto 4 mesi di rilevamento (novembre, febbraio, maggio ed agosto) e ha preso in considerazione: PM₁₀, NO e NO₂, SO₂, O₃ e BTX. Oltre alle campagne di monitoraggio, lo studio ha compreso la valutazione degli inquinanti in atmosfera degli stabilimenti Scarlino Energia, Tioxide e Nuova Solmine, i cui risultati sono stati riportati al paragrafo 4.3., la valutazione della distribuzione dei principali inquinanti mediante modellistica previsionale e il biomonitoraggio ambientale dell'area mediante l'utilizzo di licheni. La convenzione è giunta a scadenza alla fine del 2007, ed i risultati conclusivi dello studio, sono i seguenti:

- l'SO₂ risulta essere l'inquinante maggiormente emesso dal comprensorio. Il confronto fra le concentrazioni riscontrate nelle diverse campagne di misura ed i valori stimati dal modello diffusionale evidenzia una ottima correlazione e dimostra l'ampio rispetto dei limiti su base annuale. Il biossido di zolfo, specialmente nel periodo estivo, contribuisce alla concentrazione del particolato a causa della formazione fotochimica del solfato.
- Il rapporto SO₂/NO_x è pari a 10 in emissione, mentre scende a 0,9 sulle immissioni. In considerazione dell'area di ricaduta degli inquinanti emessi appare evidente, per gli ossidi di azoto, la presenza di altre sorgenti riconducibili essenzialmente al traffico autoveicolare.
- I valori medi di PM₁₀ sono inferiori a quelli riscontrati nelle aree urbane più importanti del Paese. Gli unici dati degni di attenzione si sono riscontrati, in tutte e quattro le stazioni, a fine agosto 2007, ma sono sostanzialmente riconducibili a masse d'aria provenienti dalle aree desertiche nord-africane.
- Per quanto riguarda l'arsenico, i dati di letteratura e le conoscenze geologiche della zona consentono di affermare che la concentrazione di tale elemento ha una rilevante componente naturale, cui, tuttavia, deve essere affiancata una componente antropica, con particolare riguardo alle attività di rimozione e stoccaggio che vengono effettuate all'interno del comprensorio, nonché nella zona circostante.
- La concentrazione di ozono risulta significativa nel periodo estivo; visti i valori di concentrazione degli ossidi di azoto e dei composti organici di natura antropogenica, la stessa non può che essere ricondotta all'azione della radiazione solare sui composti organici di natura biogenica.
- Dall'analisi modellistica si evidenzia uno stato di semi-alterazione che interessa l'area immediatamente circostante il comprensorio industriale. Dallo studio della tipologia di specie licheniche rilevate (indici ecologici) emerge, inoltre, che tra gli inquinanti responsabili dell'alterazione che interessa la parte centrale dell'area di studio, potrebbero essere compresi i composti azotati. Le fonti potrebbero essere di natura industriale, ma anche riconducibili al traffico veicolare che diventa sostenuto soprattutto nel periodo estivo; inoltre, l'ulteriore apporto di sostanze azotate potrebbe derivare dall'estesa attività agricola da cui è interessato il territorio oggetto di studio.

A quanto riportato nella Dichiarazione Ambientale del 2009 del comune di Follonica, il mezzo mobile dell'Arpat, precedentemente citato, è utilizzato anche per eseguire, con frequenza che può variare da un anno all'altro, delle campagne di rilevazione sul territorio del Comune di Follonica, in via Parigi. La qualità dell'aria, inoltre, viene analizzata mediante una rete privata di controllo gestita dall'ARQA (Associazione di

Rilevamento della Qualità dell’Aria) a cui aderiscono aziende che svolgono la loro attività nel comprensorio di Piombino, Scarlino e Follonica e che coinvolge anche le amministrazioni provinciali di Livorno e Grosseto. La rete prevede una stazione di rilevamento a Follonica che misura esclusivamente il parametro SO₂ nei pressi dell’area industriale del Casone (via Parigi). Le concentrazioni medie annue di tale parametro sono risultate sempre inferiori al limite di legge previsto. Anche i parametri analizzati da ARPAT in via Parigi risultano ampiamente al di sotto dei valori limite previsti, come mostrato dettagliatamente nella tabella seguente.

	2003	2004	2006
CO - n°superamenti della media massima giornaliera calcolata su 8 h	0	0	n.d.
CO - media massima giornaliera calcolata su 8 h (mg/m ³)	0,6	0,8	n.d.
NO ₂ - n°superamenti limite orario	0	0	0
NO ₂ - valore medio (µg/m ³)	16,1	6,9	3,6
PTS - media delle medie giornaliere (µg/m ³)	42,42	52,55	40,22
SO ₂ - n°superamenti limite orario	0	0	0
SO ₂ - n°superamenti limite giornaliero	0	0	0

Tabella 54: Risultati delle campagne di monitoraggio effettuate da ARPAT con mezzo mobile nel comune di Follonica – anni 2003, 2004, 2006 (Dichiarazione Ambientale del 2009 del comune di Follonica)

L’ ARPAT ha, inoltre, condotto nel corso del 2001 delle campagne richieste dal Comune di Follonica per il monitoraggio dell’inquinamento atmosferico da traffico nelle vie cittadine a maggiore percorrenza. Sulla base di tali analisi è stato definito il Piano Urbano del Traffico e la pianificazione successiva degli interventi. L’indagine ha messo in evidenza il rispetto dei limiti di attenzione, nonostante in alcuni giorni si siano registrati valori vicini ai limiti, evidenziando che il problema del traffico risulta essere la principale causa dell’inquinamento atmosferico nelle aree urbane. Infine, si ricorda che nel Comune di Follonica, nell’area della scuola elementare di via Varsavia, è stata posizionata una centralina nell’ambito del progetto di “Monitoraggio per la valutazione comparata delle emissioni ed immissioni del comprensorio industriale del Casone di Scarlino”, precedentemente menzionato e di cui sono stati già riassunti i risultati.

Per quanto riguarda il comune di Gavorrano, invece, nella Dichiarazione Ambientale 2010 - 2013 dello stesso comune, si legge che non vi sono dati oggettivi di qualità dell’aria derivanti da campagne di rilevamento eseguite nella zona, né mappe di qualità dell’aria. Stazioni di misura non sono presenti neppure nel comune di Massa Marittima, in quanto come riportato nella Dichiarazione Ambientale 2010 - 2013 del comune di Massa Marittima, il territorio comunale non è più una zona sottoposta a rischio. Tuttavia, sono presentati all’interno del documento, i dati relativi alle campagne di monitoraggio ambientale, verificati e valutati da ARPAT, effettuati in località Fenice Capanne, nel periodo 01 – 17 luglio 009. In quest’area è ubicato un inceneritore di proprietà di Co.S.Ec.A. S.p.a. in disuso e in data 9 aprile 2009, durante la Riunione Operativa per lo smaltimento dei rifiuti in area Politeckne si è accordato di

effettuare in quest’area delle campagne di monitoraggio dei parametri PM₁₀ e Pb. Dal monitoraggio non sono emersi superamenti dei valori normati.

Per quanto riguarda la provincia di Livorno, le centraline di rilevamento della qualità dell’aria della rete provinciale sono dislocate nel territorio del Comune di Livorno, del Comune di Rosignano Marittimo e del Comune di Piombino. Attualmente la rete pubblica della Provincia di Livorno è composta complessivamente da 13 stazioni fisse (9 per il solo monitoraggio degli inquinanti, 3 utilizzate sia per il monitoraggio degli inquinanti sia come stazioni meteo e una utilizzata solo come stazione meteorologica) e da una postazione mobile di rilevamento degli inquinanti. La gestione operativa della rete pubblica, la raccolta, la validazione, l’elaborazione e la restituzione dei dati sono affidate al Centro Operativo Provinciale (COP), gestito da ARPAT. Nella *Tabella 55*, suddivise per Comune, sono individuate le stazioni di rilevamento della qualità dell’aria, con evidenziata la classificazione della stazione ai sensi dell’allegato III del D.Lgs. 155/2010 e i parametri monitorati.

Nome stazione	Classificazione stazione	Inquinanti/parametri monitorati
Livorno		
Viale Carducci	Periferica Traffico	CO, NO _x , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5}
Via Gobetti	Urbana Industriale	CO, NO _x , PM ₁₀ , BTEX
Piazza Mazzini	Urbana Traffico	CO, NO _x , BTEX
Piazza Cappiello	Urbana Fondo	NO _x , O ₃ , SO ₂
Villa Maurogordato	Periferica Fondo	CO, NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , BTEX
La Palazzina (Gabbro)	Rurale Fondo	O ₃ , parametri meteo
La Rotonda Ardenza	Periferica Meteo	parametri meteo
Rosignano Marittimo		
Via Rossa	Periferica Industriale	NO _x , O ₃ , SO ₂
Via Costituzione	Urbana Fondo	CO, NO _x
Via Veneto	Periferica Industriale	NO _x , SO ₂ , PM ₁₀ , parametri meteo
Poggio San Rocco	Urbana Fondo	NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5}
Piombino		
Viale Unità d'Italia (Giardini)	Urbana Traffico	CO, NO _x , PTS, parametri meteo
Cotone	Periferica Industriale	CO, NO _x , PM ₁₀ , IPA

Tabella 55: Stazioni di monitoraggio della provincia di Livorno

Delle centraline della provincia di Livorno, solo le centraline di piazza Cappiello e di viale Carducci sono state incluse dalla Delibera Regionale del 2010 nella rete regionale di monitoraggio, la prima per il

monitoraggio di PM₁₀, PM_{2.5} e NO₂, la seconda per il monitoraggio di PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ e CO. Sono previste 2 ulteriori stazioni di misura, attualmente non attive, una a Livorno per la rilevazione di PM₁₀, NO₂, SO₂, Benzene, IPA, As, Ni, Cd ed una a Piombino per la rilevazione di PM₁₀, NO₂, IPA, As, Ni, Cd.

Si segnala inoltre che:

- la centralina di Piazza Mazzini è fuori servizio dal 13.II.2009 perché, a causa dei lavori di riassetto della piazza si è resa necessaria la rilocazione della stazione che attualmente non è ancora stata allacciata alla rete di alimentazione elettrica;

- la centralina di Piazza Cappelletto è fuori servizio dal 15.IV.2009 causa rottura sistema di condizionamento della temperatura interna della stazione. La sostituzione del condizionatore è tuttora in corso.

Nella tabella successiva sono riportati i valori medi annuali rilevati dalla rete di Livorno nel 2010, tratti dal "Rapporto annuale sulla qualità dell'aria. Provincia di Livorno – anno 2010" redatto da ARPAT.

Stazione	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	CO mg/m ³	NO ₂ µg/m ³	NO _x ppb	Benzene µg/m ³	PTS µg/m ³	IPA** ng/m ³	O ₃ µg/m ³
Livorno										
Viale Carducci	27	14	2	0,7	44	68	-	-	-	-
Via Gobetti	19	-	-	0.3	25	36	0.6	-	-	-
Piazza Mazzini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piazza Cappelletto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Villa Maurogordato	14	6*	-	0,2	8	8	0,6*	-	-	69
La Palazzina (Gabbro)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70
La Rotonda Ardenza										
Rosignano Marittimo										
Via Rossa	-	-	0	-	16	24	-	-	-	49
Via Costituzione	-	-	-	0,4	15	20	-	-	-	-
Via Veneto	27	-	0	-	12	15	-	-	-	-
Poggio San Rocco	17	9*	-	-	7	9	-	-	-	68
Piombino										
Viale Unità d'Italia (Giardini)	-	-	-	0,5	43	84	-	40	-	-
Cotone	27	-	-	0,4	19	23	-	-	13	-

Tabella 56: Valori medi annuali rete di Livorno anno 2010 (Rapporto annuale sulla qualità dell'aria. Provincia di Livorno – anno 2010)

* nota bene: il rendimento dell'analizzatore non è risultato superiore al 90% come richiesto dal D.Lgs.155/2010.

** La misurazione è effettuata con uno strumento non certificato che fornisce una risposta in termini di indice di IPA non direttamente correlabile con la concentrazione di BaP normata dal 155/2010.

La media annuale del CO risulta molto bassa presso tutte le postazioni e non si è mai verificato un superamento della media massima sulle 8 ore. Anche per il biossido di zolfo non si sono mai verificati superamenti del limite orario né del limite giornaliero, né si sono rilevati casi di superamento delle soglie di allarme e di informazione. Le medie annuali del PM_{2.5} e del benzene sono molto inferiori ai valori limite annuali. Per il biossido di azoto, invece, presso la stazione di viale Carducci a Livorno e presso la postazione in viale Unità d'Italia a Piombino, è stato superato il valore limite annuale, nonostante il limite orario non sia mai stato superato in nessuna delle postazioni. Risulta significativo che entrambe le centraline siano di tipo "traffico" (si ricorda che per la centralina di Piazza Mazzini anch'essa di tipo "traffico" non sono disponibili i dati per il 2010). E' opportuno sottolineare, però, che la media annuale registrata nel 2010 dalla centralina di Viale Carducci è risultata la più bassa degli ultimi 9 anni.

Per quanto riguarda il PM₁₀, invece, in nessuna postazione si è verificato un superamento del valore limite annuale. Tuttavia, si sono registrati 11 giorni di superamento del limite giornaliero presso la postazione di viale Carducci a Livorno, 3 giorni di superamento presso la postazione di via Veneto a Rosignano Marittimo e 27 giorni di superamento del limite giornaliero presso la postazione "Cotone" a Piombino. Le concentrazioni di PM₁₀ risultano comunque in diminuzione rispetto agli anni precedenti, in tutte le centraline della rete provinciale (sia in termini di media annuale sia di numero di superamenti della media giornaliera). Tale diminuzione, marcata negli ultimi tre anni, è probabilmente legata in parte al miglioramento del parco dei veicoli circolanti e in parte alla maggior piovosità registrata nel periodo. Infine, per quanto riguarda l'ozono, si sono registrati 6 casi di superamento della soglia di informazione (presso la centralina del Gabbro, dove i livelli di ozono riscontrati sono risultati in aumento rispetto agli anni precedenti, ad eccezione di 1 superamento verificatosi presso la centralina di Villa Maurogordato).

Nella provincia di Livorno, l'ARPAT ha inoltre effettuato un'indagine con l'utilizzo di licheni epifiti quali bioindicatori della qualità dell'aria. L'obiettivo è stato quello di stimare l'entità dell'inquinamento atmosferico provocato da sostanze fitotossiche (in particolare SO₂, NO_x, O₃) nel territorio della Provincia di Livorno. I risultati del biomonitoraggio suddividono l'area oggetto di studio in 5 fasce di isoquinamento che racchiudono aree del territorio con condizioni di qualità dell'aria simile:

- zona corrispondente a IAP (Index of Atmospheric Purity) 0-5 e 6-10: ambiente con forti alterazioni di qualità dell'aria;
- zona corrispondente a IAP 11-20: ambiente con marcate alterazioni della qualità dell'aria;
- zona corrispondente a IAP 21-30: ambiente con alterazioni della qualità dell'aria;
- zona corrispondente a IAP 31-40: ambiente con lievi alterazioni della qualità dell'aria;
- zona corrispondente a IAP 41-60: ambiente senza apprezzabili alterazioni della qualità dell'aria.

Si ricorda che l'indice IAP è il metodo comunemente utilizzato per quantificare le informazioni fornite dai licheni, che permette la valutazione quantitativa del grado di inquinamento atmosferico basandosi sul numero, la frequenza e la tolleranza delle specie licheniche presenti in una data area.

Nello specifico, per quanto riguarda i comuni che ricadono nel lotto 2, la zona urbana di Cecina (N°8 stazioni di rilevamento) ha presentato valori di IAP estremamente bassi e anche le zone limitrofe non hanno dato valori molto alti (IAP intorno a 30).

La qualità dell'aria nel Comune di Bibbona (N°12 stazioni di rilevamento) è risultata nel complesso discreta. Nella zona della Macchia della Magona è stato riscontrato uno dei valori di IAP più alti in assoluto (55). Anche nel Comune di Castagneto (N° 10 stazioni di rilevamento) la qualità dell'aria è risultata discreta, con un valore di IAP massimo di 54, rilevato in una stazione nei pressi del paese di Castagneto.

Nel Comune di S. Vincenzo (N° 5 stazioni di rilevamento), sia per la mancanza di zone umide, sia perché si cominciano a sentire gli effetti della vicinanza degli scarichi in atmosfera degli insediamenti industriali di Piombino, i licheni crescono con difficoltà. Il valore di IAP massimo è stato di 31, riscontrato nella zona del Parco di Rimigliano.

Il territorio del comune di Campiglia (N°13 stazioni di rilevamento) risente in parte della vicinanza degli impianti industriali di Piombino, tanto da presentare valori di IAP bassi e addirittura zone con deserto lichenico, ma nella zona del Parco minerario, particolarmente protetta, è stato rilevato un valore IAP=53.

Il territorio di Piombino (N° 12 stazioni di rilevamento) risente pesantemente della presenza degli scarichi in atmosfera delle industrie della città che limitano la crescita lichenica, per cui i valori di IAP o sono bassi o si ha deserto lichenico. Nel territorio comunale comunque, nella frazione di Riotorto, è stato rilevato un valore di IAP di 53.

In conclusione, la presenza di grossi insediamenti industriali a Livorno, Rosignano e Piombino causa un peggioramento della qualità dell'aria anche ad una certa distanza dagli insediamenti produttivi, seguendo la direzione dei venti dominanti; altre cause che ostacolano lo sviluppo delle specie licheniche vanno ricercate nel traffico veicolare, nel riscaldamento domestico e nell'incremento dell'aridità ambientale. Nelle zone costiere la rarefazione dei talli lichenici può essere dovuta anche al trasporto di aerosol marini ricchi in inquinanti e salsedine.

Per quanto, infine, riguarda la qualità dell'aria nel comune in provincia di Pisa, Riparbella, si può ritenere che non si discosti molto da quella dei comuni limitrofi. I dati di qualità dell'aria della provincia di Pisa, presentati nelle relazioni annuali della qualità dell'aria e che si basano sui dati rilevati dalla rete provinciale di monitoraggio, non possono essere ritenuti rappresentativi della qualità dell'aria del comune di Riparbella, in quanto tutte le postazioni che costituiscono la rete di monitoraggio della provincia di Pisa sono molto distanti dal territorio comunale di Riparbella.

Dal 17/12/2010 al 31/12/2010 è stata eseguita da SPEA per il lotto 2, utilizzando un'unità mobile, una campagna di monitoraggio della durata di 15 giorni. Gli inquinanti monitorati sono: PM₁₀, PM_{2.5}, NO, NO₂, NO_x, CO, O₃, BTX. Assieme agli inquinanti sono stati monitorati i parametri meteorologici.

Il monitoraggio delle polveri PM₁₀ e PM_{2.5} è stato effettuato con un analizzatore CHARLIE HV-TCR TECORA, quello dell'NO, NO₂ e NO_x con un analizzatore Thermo Ltd modello 42I a chemiluminescenza.

Per il CO è stato utilizzato un analizzatore Thermo Ltd modello 48I 9830, fotometro non dispersivo a infrarossi, per l'O₃ un analizzatore Thermo Ltd modello 49I, fotometro non dispersivo a ultravioletti UV. Infine per benzene, toluene, xilene è stato usato un gascromatografo SRI Instruments modello ORION BTX 2000. Il mezzo mobile è stato posizionato nel comune di Cecina, nei pressi di un nucleo residenziale costituito da alcuni edifici residenziali ubicati in posizione isolata in prossimità del tracciato dell'Aurelia, all'incrocio di via Potenza con la strada via Emilia SS 206. L'area circostante, a conformazione morfologica collinare, è costituita da campi coltivati. Pertanto, la sorgente principale è costituita dai transiti veicolari lungo la viabilità locale della SS 206, a cui si associano quelli all'interno del parcheggio dove è stato collocato il mezzo mobile e quelli continui lungo il tracciato dell'Aurelia a circa 300 metri dal ricettore.

Data la localizzazione della postazione, il contributo maggiore alle concentrazioni rilevate è imputabile soprattutto al traffico sulla SS 206 e agli spostamenti effettuati all'interno del parcheggio, a causa della breve distanza dal ricettore. Risulta difficile individuare il contributo della SS1 alla concentrazione totale che è la somma della concentrazione di fondo, del contributo del traffico sulla SS 206, del contributo sul traffico della SS1 e del contributo degli spostamenti interni al parcheggio. Da monitoraggi effettuati sempre da SPEA per altri lotti della stessa opera, risulta che già a 150 metri dalla SS1 l'impatto della stessa è ininfluente in quanto a questa distanza i valori rilevati possono essere ritenuti riconducibili al fondo. Ciò va ad avvalorare l'ipotesi che ad una distanza di 300 metri dalla SS1, le concentrazioni rilevate siano da imputare in primo luogo alla SS 206, distante soli 50 metri dalla postazione, ed alle emissioni di inquinanti prodotte dagli spostamenti dei veicoli all'interno del parcheggio. Inoltre, si sottolinea che, il mezzo mobile, come si osserva in Figura 20, è stato posizionato di fronte ad un filare di alberi che potrebbe aver determinato un effetto barriera.

È di seguito riportata la documentazione fotografica del mezzo mobile SPEA, la rosa dei venti relativa al periodo in cui è stato effettuato il campionamento e, nelle tabelle, i dati rilevati nel sito di prelievo.



Figura 20 Rilievi fotografici del mezzo mobile



Figura 211 Ortofoto con localizzazione del mezzo mobile SPEA

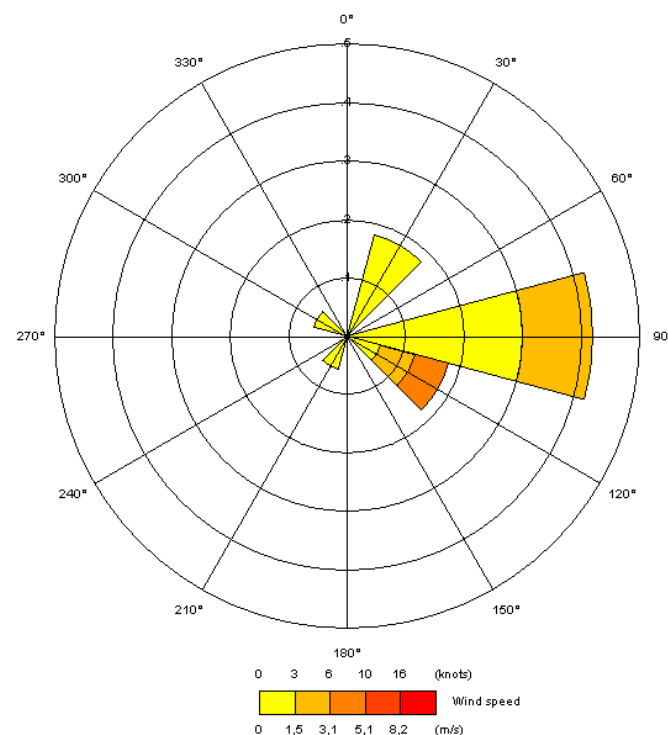


Figura 22 Rosa dei venti del periodo interessato dai rilievi

Parametri meteorologici							
Data di inizio/fine	Parametro	Valore orario minimo giornaliero		Valore orario medio giornaliero		Valore orario massimo giornaliero	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
17.XII – 31.XII.10	Temperatura media [°C]	-3,1	12,7	1,6	15,3	7,1	24,8
17.XII – 31.XII.10	Quantità di pioggia [mm]	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	7,8
17.XII – 31.XII.10	Velocità vento media [m/s]	0,0	2,1	0,4	3,4	1,3	4,9
17.XII – 31.XII.10	Direzione prevalente [°]	0,9	89,2	27,2	262,0	67,4	359,8
17.XII – 31.XII.10	Pressione media [mbar]	981,8	1016,3	987,4	1017,0	989,7	1018,2
17.XII – 31.XII.10	U.R. [%]	44,3	93,8	55,6	94,5	73,7	96,0
17.XII – 31.XII.10	Radiazione solare [W/m ²]	0,0	0,0	5,0	71,2	60,7	352,1

Tabella 57 Parametri meteorologici

Dettaglio misure							
Data	Pesata [mg]	Volume [Nm ³]	T amb [°C]		P amb [kPa]		Concentrazione [µg/Nm ³]
			max	min	max	min	
17/12	0,80	54,0476	7,5	-3,8	100,9	99,3	15
18/12	1,17	52,6468	10,8	-0,6	100,3	99,2	22
19/12	1,19	53,6719	11,0	-0,9	100,9	100,3	22
20/12	0,82	52,9900	11,4	3,5	101,0	100,5	15
21/12	0,90	52,4305	17,3	7,5	101,2	100,9	17
22/12	0,87	51,6248	15,7	11,8	101,0	100,5	17
23/12	1,60	50,8272	18,3	12,7	100,6	98,8	31
24/12	0,94	51,1331	15,4	10,3	99,3	98,9	18
25/12	1,21	52,0647	11,2	7,5	100,5	99,2	23
26/12	0,51	52,7789	11,2	5,0	101,4	100,4	10
27/12	0,76	53,7117	12,9	0,1	102,2	101,3	14
28/12	0,97	54,1196	14,3	-2,3	102,1	101,8	18
29/12	1,20	53,5728	10,3	4,6	102,2	101,9	22
30/12	1,45	53,5911	8,4	4,9	102,1	101,9	27
31/12	1,10	53,2011	15,7	5,1	102,0	101,8	21

Tabella 58 Misure polveri fini PM₁₀ (SIA)

I valori di concentrazione di PM₁₀ sono sempre inferiori al limite giornaliero (50 µg/m³) e si mantengono anche al di sotto dei 40 µg/m³ (media annua). La concentrazione media sui 15 giorni è pari a 19.5 µg/m³.

Dettaglio misure							
Data	Pesata [mg]	Volume [Nm ³]	T amb [°C]		P amb [kPa]		Concentrazione [µg/Nm ³]
			max	min	max	min	
17/12	0,58	53,8814	7,5	-3,8	100,9	99,3	11
18/12	0,92	52,9354	10,8	-0,6	100,3	99,2	17
19/12	0,95	53,7148	11,0	-0,9	100,9	100,3	18
20/12	0,59	53,2264	11,4	3,5	101,0	100,5	11
21/12	0,53	52,6831	17,3	7,5	101,2	100,9	10
22/12	0,3	52,0047	15,7	11,8	101,0	100,5	6
23/12	0,45	50,509	18,3	12,7	100,6	98,8	9
24/12	0,25	51,2849	15,4	10,3	99,3	98,9	5
25/12	0,32	51,9458	11,2	7,5	100,5	99,2	6
26/12	0,15	52,6623	11,2	5,0	101,4	100,4	3
27/12	0,17	53,5139	12,9	0,1	102,2	101,3	3
28/12	0,73	53,6931	14,3	-2,3	102,1	101,8	14
29/12	0,87	53,7119	10,3	4,6	102,2	101,9	16
30/12	1,31	53,6708	8,4	4,9	102,1	101,9	24
31/12	1,06	53,4431	15,7	5,1	102,0	101,8	20

Tabella 59 Misure polveri fini PM_{2,5} (SIA)

La concentrazione media di PM_{2,5} sui 15 giorni è pari a 11.5 µg/m³.

Data	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)	CO (mg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	Benzene (µg/m ³)	Toluene (µg/m ³)	O-xilene (µg/m ³)
17/12/2010	21,0	43,2	75,0	0,5	22,8	1,7	2,2	1,0
18/12/2010	22,3	43,2	77,2	0,7	16,1	2,4	4,1	0,7
19/12/2010	30,8	52,2	99,7	0,6	24,0	2,1	2,3	0,5
20/12/2010	45,6	56,4	124,8	0,6	15,6	2,0	2,8	0,6
21/12/2010	6,0	19,0	25,9	0,6	20,5	1,4	2,1	0,6
22/12/2010	3,2	9,5	14,4	0,5	34,8	0,7	1,6	0,5
23/12/2010	1,2	9,4	10,8	0,6	28,8	0,9	1,1	0,6
24/12/2010	2,7	26,5	30,4	0,7	8,4	1,7	3,7	1,4
25/12/2010	1,3	13,7	13,9	0,7	11,1	2,2	2,9	1,2
26/12/2010	0,3	7,0	6,5	0,7	19,3	2,0	2,3	0,8
27/12/2010	0,5	11,4	11,1	0,6	31,9	1,5	1,3	0,7
28/12/2010	4,3	24,8	30,8	0,7	19,3	2,1	2,7	1,0
29/12/2010	1,5	19,1	21,0	0,7	16,2	2,3	4,4	1,2
30/12/2010	2,4	19,6	23,0	0,8	10,1	2,4	4,7	1,5
31/12/2010	0,7	16,0	16,6	0,8	16,0	2,2	3,9	1,1
Media del periodo	9,6	24,7	38,7	0,7	19,7	1,8	2,8	0,9

Tabella 60 Misure inquinanti gassosi (SIA)

Le concentrazioni rilevate non evidenziano particolari criticità. In particolare, per quanto riguarda l'NO₂, la media del periodo è molto lontana dal valore limite annuale (40 µg/m³).

5 L'IMPATTO IN FASE DI ESERCIZIO

Il primo passo è stata la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria a partire dai risultati emersi dallo studio di traffico.

La metodologia seguita nella valutazione ha previsto l'applicazione di opportuni modelli, di cui più avanti se ne descrivono le specifiche, focalizzando l'attenzione sul processo emissivo e diffusivo della fonte stradale, relativamente ai seguenti scenari: attuale; programmatico 2016; progettuale 2016; programmatico 2026; progettuale 2026.

Si specifica che le simulazioni sono state condotte sulla rete oggetto dello studio trasportistico, relativamente ai seguenti composti per quanto riguarda le stime delle emissioni in atmosfera: CO, NO_x, VOC, Benzene, PM₁₀, PM_{2,5} e CO₂. Il processo di dispersione degli inquinanti è stato, invece, limitato a: PM₁₀, PM_{2,5} e NO₂.

I principali risultati sono forniti in tabelle o su tavole che riportano una sintesi dei risultati dei modelli di emissione e dispersione e le concentrazioni attese negli scenari futuri (progettuali e programmatici) per i principali inquinanti.

5.1 Il modello di emissione

Le simulazioni del processo emissivo sono state eseguite considerando specifiche ipotesi sulle velocità di marcia e sui cicli di guida, sul parco veicolare transitante e sui fattori di emissione per i differenti inquinanti e per le singole classi veicolari del parco. Le emissioni sono state calcolate separatamente per le autovetture, i veicoli commerciali leggeri e i veicoli pesanti.

Le simulazioni relative ai 5 casi seguenti:

1. attuale
2. scenario programmatico al 2016,
3. scenario progettuale al 2016,
4. scenario programmatico al 2026,
5. scenario progettuale al 2026,

5.1.1.1 Le ipotesi sul parco veicolare.

Per il parco veicolare è stata utilizzata la composizione del parco circolante sulla base dei dati ACI 2008 (i più aggiornati) per lo scenario attuale. Le percentuali di presenza nel parco delle differenti classi veicolari sono state quindi corrette secondo la metodologia ISPRA, pesando la numerosità di ogni classe di veicoli sulla base delle rispettive percorrenze effettive, così come desunte dalla stessa banca dati ISPRA. Per gli scenari futuri (2016 e 2026) è stato tenuto in considerazione il rinnovo spontaneo del parco. Le ipotesi alla base del rinnovo hanno riguardato il solo standard emissivo (e cioè l'anzianità del parco), senza fare alcuna ipotesi sull'alimentazione e sulla cilindrata. La distribuzione del parco per alimentazione e cilindrata

è stata, cioè, mantenuta costante e pari a quella del 2008. Il rinnovo per standard emissivo, invece, è stato invece effettuato mantenendo costante negli anni l'anzianità del parco, facendo in modo, cioè, che sia al 2016 sia al 2026 la percentuale di presenza nel parco dei veicoli per anzianità rimanga costante e pari a quella del 2008. Il rinnovo è stato effettuato sulla base dell'evoluzione delle normative sulle immatricolazioni, limitando il rinnovo allo standard Euro V (ipotesi conservativa). Il rinnovo è stato effettuato separatamente per le autovetture, i veicoli commerciali leggeri e i veicoli pesanti.

Come parco ACI al 2008 (alla base di tutte le proiezioni) si è fatto riferimento al parco circolante nel Lazio e nella Toscana per la stima delle emissioni relative sia all'Aurelia e all'Autostrada A12 sia alla restante viabilità. Ciò in ragione di quanto è emerso dallo studio trasportistico e in particolare dall'analisi delle provenienze, e dalla considerazione che le emissioni sulla restante viabilità è in parte anche attribuibile a veicoli che transitano sull'Aurelia e sull'Autostrada A12, nonché della circostanza che l'aliquota di percorrenze sulla restante viabilità è minima rispetto a quella sull'Aurelia e sull'Autostrada A12.

	leggeri	commerciali	pesanti
Attuale	53,1	40,2	46,9
PRM_2016	50,9	38,6	46,3
PRM_2026	48,3	36,4	45,6
PRG_2016	51,2	39,6	50,3
PRG_2026	55,6	32,8	47,9

Tabella 61: % delle percorrenze sulla restante viabilità (esclusa la SS1) rispetto all'intera rete simulata

Si riportano nei grafici seguenti le distribuzioni per standard emissivi dei parchi utilizzati per la simulazione dei processi emissivi.

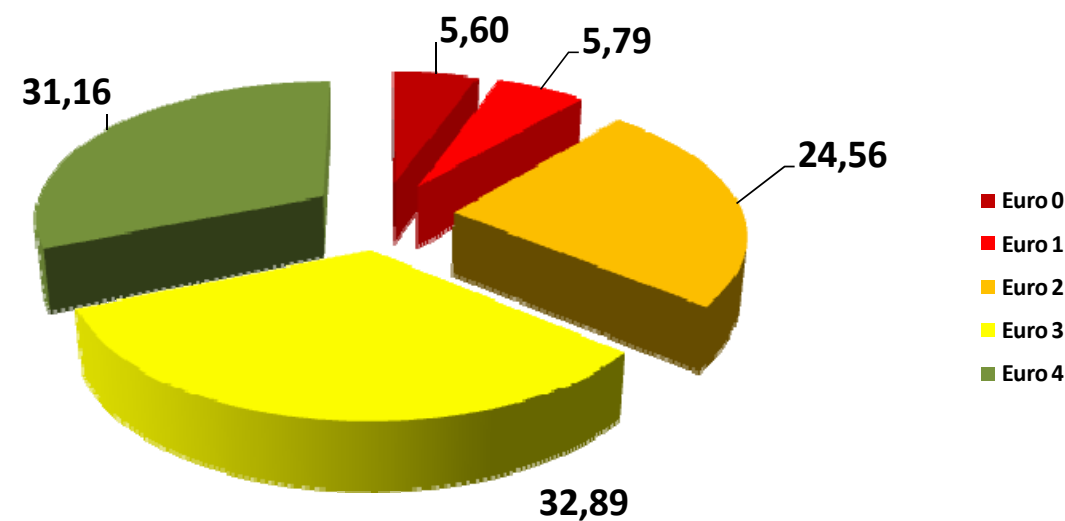


Figura 23: Distribuzione del parco per standard emissivo - autovetture 2008

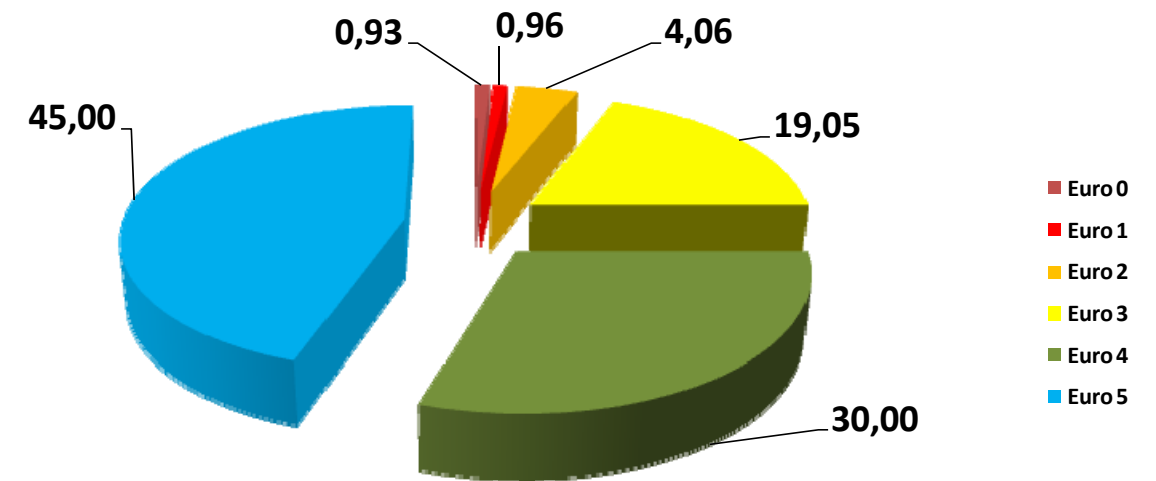


Figura 24: Distribuzione del parco per standard emissivo – previsione autovetture 2016

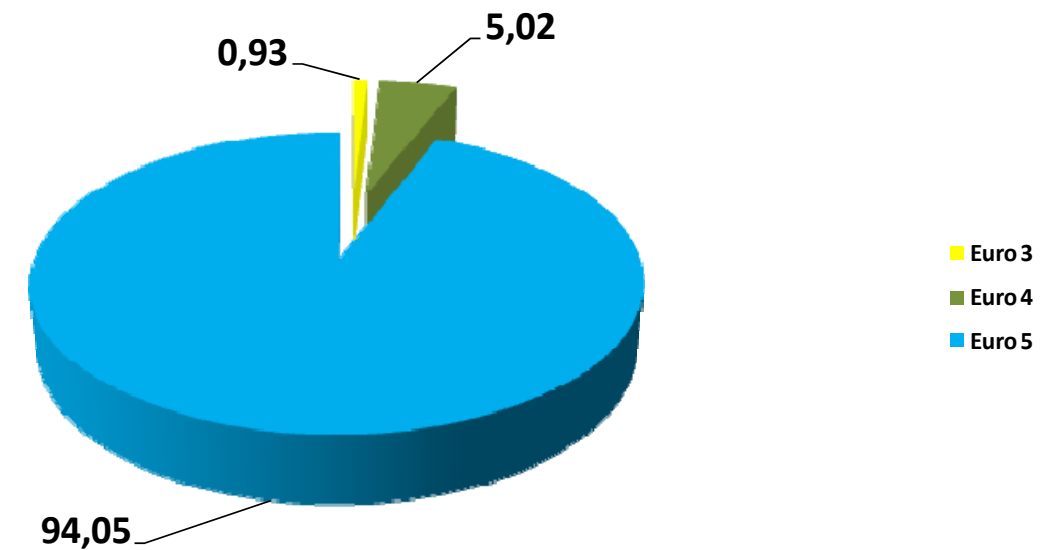


Figura 25: Distribuzione del parco per standard emissivo – previsione autovetture 2026

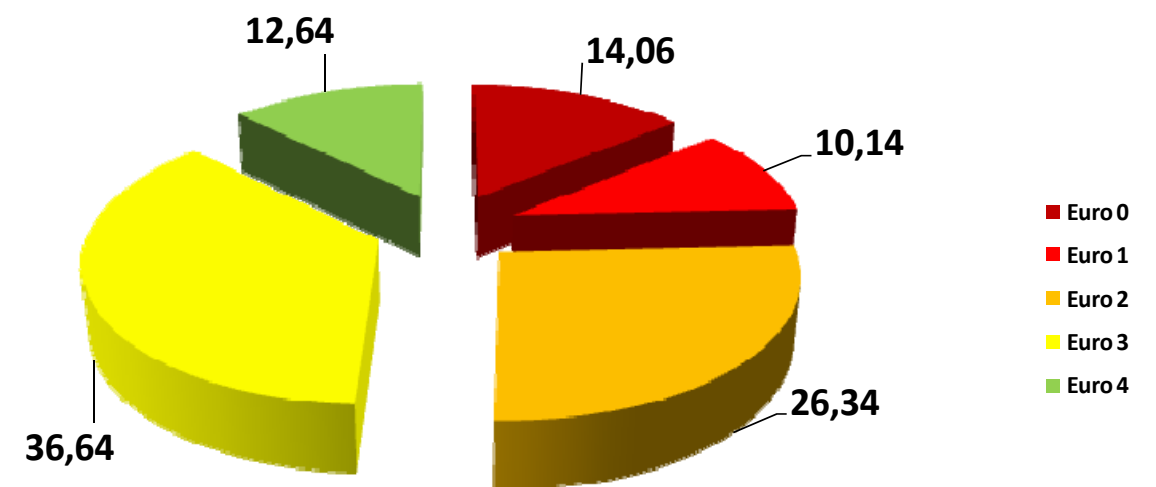


Figura 26: Distribuzione del parco per standard emissivo - LDV 2008

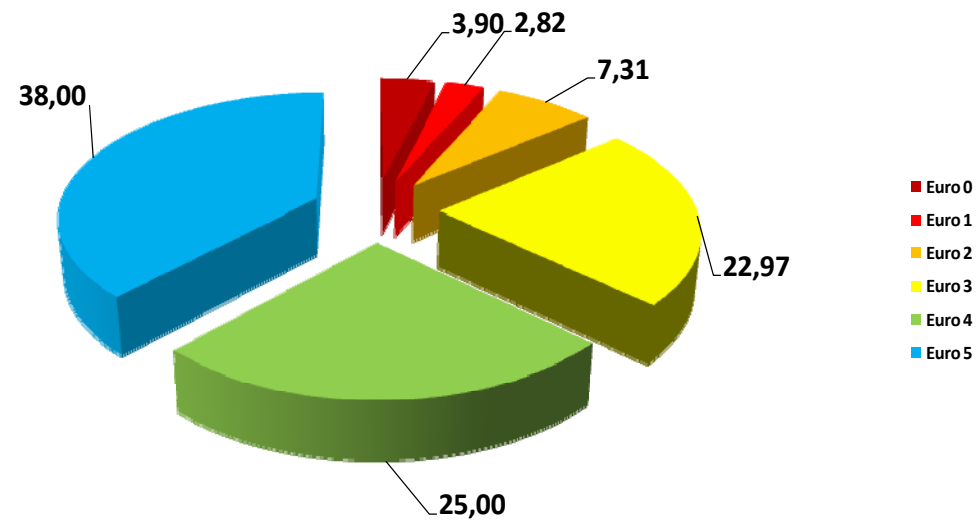


Figura 27: Distribuzione del parco per standard emissivo - LDV 2016

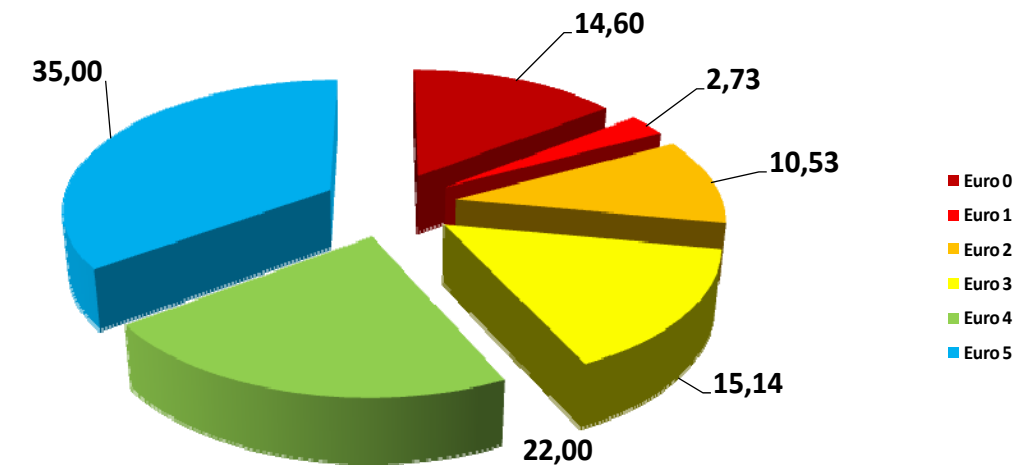


Figura 30: Distribuzione del parco per standard emissivo - Veicoli pesanti 2016

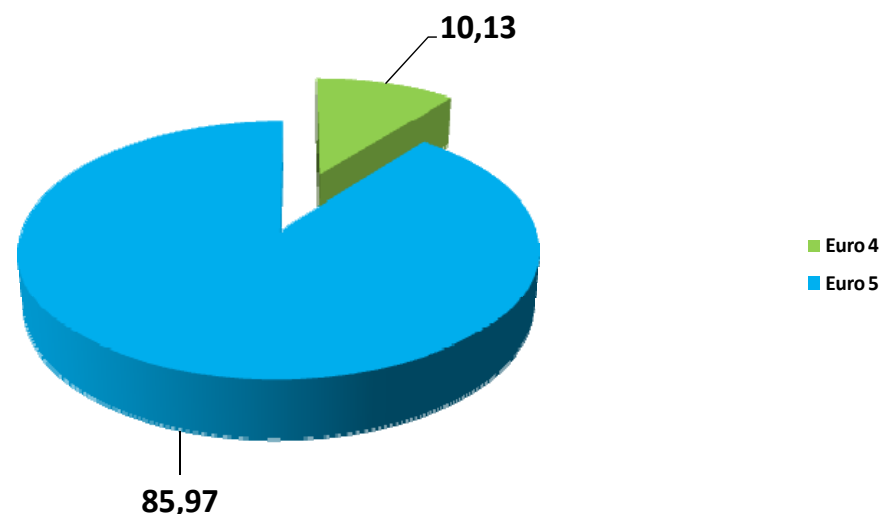


Figura 28: Distribuzione del parco per standard emissivo - LDV 2026

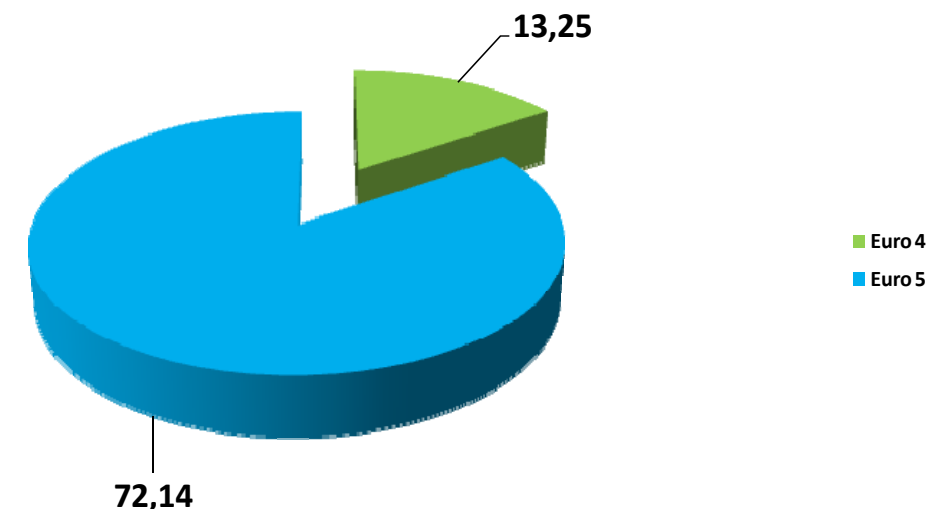


Figura 31: Distribuzione del parco per standard emissivo - Veicoli pesanti 2026

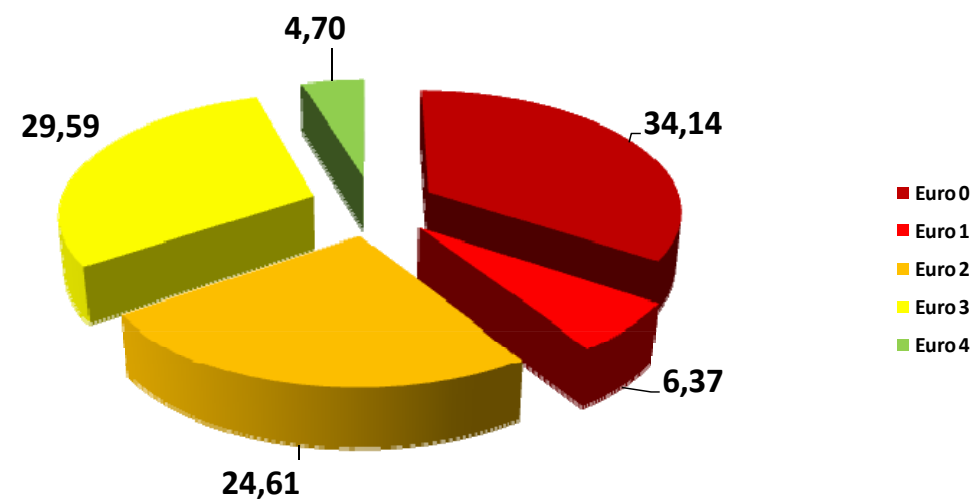


Figura 29: Distribuzione del parco per standard emissivo – Veicoli pesanti 2008

Le differenti distribuzioni di classi veicolari sono riportate nelle seguenti Tabelle.

Classe veicolare	2008	2016	2026
Passenger Cars Gasoline < 1.4 cc Euro 0	2.50	2.41	0.00
Passenger Cars Gasoline < 2.0 cc Euro 0	0.92	0.67	0.00
Passenger Cars Gasoline > 2.0 cc Euro 0	0.20	0.11	0.00
Passenger Cars Diesel < 2.0 cc Euro 0	0.60	0.27	0.00
Passenger Cars Diesel > 2.0 cc Euro 0	0.44	0.18	0.00
Passenger Cars LPG Euro 0	0.76	0.23	0.00
Passenger Cars CNG Euro 0	1.06	1.54	1.24
Passenger Cars Gasoline < 1.4 cc Euro 5	0.00	22.88	35.72
Passenger Cars Gasoline < 2.0 cc Euro 5	0.00	6.75	9.17
Passenger Cars Gasoline > 2.0 cc Euro 5	0.00	0.63	1.05
Passenger Cars Diesel < 2.0 cc Euro 5	0.00	10.27	27.94
Passenger Cars Diesel > 2.0 cc Euro 5	0.00	2.69	5.41
Passenger Cars LPG Euro 5	0.00	0.96	0.88
Passenger Cars Gasoline < 1.4 cc Euro I	2.57	1.41	0.00
Passenger Cars Gasoline < 1.4 cc Euro II	9.38	4.01	0.00
Passenger Cars Gasoline < 1.4 cc Euro III	7.73	4.36	6.87
Passenger Cars Gasoline < 1.4 cc Euro IV	7.70	11.58	4.05
Passenger Cars Gasoline < 2.0 cc Euro I	1.81	0.60	0.00
Passenger Cars Gasoline < 2.0 cc Euro II	5.08	1.26	0.00
Passenger Cars Gasoline < 2.0 cc Euro III	2.29	0.95	1.91
Passenger Cars Gasoline < 2.0 cc Euro IV	2.38	2.56	1.71
Passenger Cars Gasoline > 2.0 cc Euro I	0.12	0.04	0.00
Passenger Cars Gasoline > 2.0 cc Euro II	0.29	0.07	0.00
Passenger Cars Gasoline > 2.0 cc Euro III	0.29	0.12	0.31
Passenger Cars Gasoline > 2.0 cc Euro IV	0.45	0.48	0.10
Passenger Cars Diesel < 2.0 cc Euro I	0.50	0.17	0.00
Passenger Cars Diesel < 2.0 cc Euro II	6.63	1.07	0.00
Passenger Cars Diesel > 2.0 cc Euro I	0.28	0.09	0.00
Passenger Cars Diesel > 2.0 cc Euro II	2.10	0.33	0.00
Passenger Cars LPG Euro I	0.38	0.11	0.00
Passenger Cars LPG Euro II	0.73	0.18	0.00
Passenger Cars LPG Euro III	0.21	0.12	0.65
Passenger Cars LPG Euro IV	0.33	0.57	0.93
Passenger Cars Diesel < 2.0 cc Euro III	18.09	4.90	0.79
Passenger Cars Diesel < 2.0 cc Euro IV	17.45	12.53	0.50
Passenger Cars Diesel > 2.0 cc Euro III	4.13	1.08	0.51
Passenger Cars Diesel > 2.0 cc Euro IV	2.57	1.80	0.25

Tabella 62: Distribuzione Veicoli Passeggeri Leggeri

Classe veicolare)	2008	2016	2026
Light Duty Vehicle Gasoline EURO 0	1,29	0,36	0,00
Light Duty Vehicle Gasoline EURO I	1,06	0,30	0,00
Light Duty Vehicle Gasoline EURO II	1,79	0,50	0,00
Light Duty Vehicle Gasoline EURO III	1,55	0,97	0,36
Light Duty Vehicle Gasoline EURO IV	0,54	1,07	0,79
Light Duty Vehicle Gasoline EURO V	0,00	0,01	3,64
Light Duty Vehicle Diesel EURO 0	12,77	3,55	0,00
Light Duty Vehicle Diesel EURO I	9,08	2,52	0,00
Light Duty Vehicle Diesel EURO II	24,54	6,81	0,00
Light Duty Vehicle Diesel EURO III	35,09	22,00	3,55
Light Duty Vehicle Diesel EURO IV	12,10	23,93	9,33
Light Duty Vehicle Diesel EURO V	0,18	37,99	82,33

Tabella 64: Distribuzione Veicoli Commerciali Leggeri

Classe veicolare	2008	2016	2026
Heavy Duty Vehicle < 7.5T Euro 0	9,56	4,10	0,00
Heavy Duty Vehicle < 7.5T Euro I	1,17	0,50	0,00
Heavy Duty Vehicle < 7.5T Euro II	3,53	1,51	0,00
Heavy Duty Vehicle < 7.5T Euro III	3,65	1,87	4,10
Heavy Duty Vehicle < 7.5T Euro IV	0,59	2,70	2,01
Heavy Duty Vehicle < 7.5T Euro V	0,10	6,44	8,96
Heavy Duty Vehicle < 16T Euro 0	8,68	3,72	0,00
Heavy Duty Vehicle < 16T Euro I	1,22	0,53	0,00
Heavy Duty Vehicle < 16T Euro II	3,18	1,36	0,00
Heavy Duty Vehicle < 16T Euro III	3,11	1,59	3,72
Heavy Duty Vehicle < 16T Euro IV	0,52	2,38	1,89
Heavy Duty Vehicle < 16T Euro V	0,02	1,29	7,51
Heavy Duty Vehicle < 32T Euro 0	10,84	4,65	0,00
Heavy Duty Vehicle < 32T Euro I	2,24	0,96	0,00
Heavy Duty Vehicle < 32T Euro II	8,73	3,74	0,00
Heavy Duty Vehicle < 32T Euro III	10,81	5,52	4,65
Heavy Duty Vehicle < 32T Euro IV	1,67	7,68	4,70
Heavy Duty Vehicle < 32T Euro V	0,09	5,81	25,90
Heavy Duty Vehicle > 32T Euro 0	2,40	1,03	0,00
Heavy Duty Vehicle > 32T Euro I	0,92	0,40	0,00
Heavy Duty Vehicle > 32T Euro II	6,43	2,75	0,00
Heavy Duty Vehicle > 32T Euro III	9,08	4,63	1,03
Heavy Duty Vehicle > 32T Euro IV	1,97	9,09	3,15
Heavy Duty Vehicle > 32T Euro V	0,14	8,83	23,06
Bus Diesel Euro 0	2,59	1,11	0,00
Bus Diesel Euro I	0,78	0,34	0,00
Bus Diesel Euro II	2,73	1,17	0,00
Bus Diesel Euro III	3,01	1,54	1,11
Bus Diesel Euro IV	0,03	0,15	1,50
Bus Diesel Euro V	0,20	12,63	6,71

Tabella 65: Distribuzione Veicoli Pesanti

5.1.1.2 Le ipotesi sui Fattori di emissione

Sono utilizzati per le simulazioni i fattori di emissione presenti nel software COPERT IV.

Le simulazioni relative agli scenari considerati sono condotte prendendo in considerazione un set ampio di inquinanti: CO, NO_x, VOC, Benzene, PM₁₀, PM_{2.5} e CO₂.

Il Benzene (C₆H₆) fa parte dei composti organici volatili (COV). Il dlgs 13 agosto 2010 n.155 stabilisce che il limite massimo di concentrazione di benzene è pari a 5 µg/m³ (calcolato come media annuale).

Il report CONCAWE⁹ riporta valori di emissione di benzene misurati utilizzando cicli di guida ECE (cicli di guida standard relativi a condizioni di moto urbane europei) ed EUDC (cicli di guida relativi a condizioni di moto extraurbane).

Più in particolare quando le emissioni di benzene allo scarico sono espresse come percentuale delle emissioni dei COV si ha:

$$\text{emissioni di benzene allo scarico} = c + a \times \text{BZ} + b \times \text{NBA}$$

dove:

- a, b, c sono coefficienti dipendenti dalla tipologia di veicolo e dal tipo di carburante utilizzato
- BZ è il contenuto di benzene nel carburante (% m/m)
- NBA è il contenuto degli idrocarburi aromatici non benzenici nel carburante (% m/m)

L'equazione espressa in termini di percentuale di benzene rispetto ai COV è preferibile rispetto alle stesse fornite dal rapporto ConcaWE espresse in termini di mg/km e di mg per grammi di carburante, in quanto riduce la variabilità delle emissioni in funzione della tipologia veicolare.

Il PM₁₀ è la frazione del particolato sospeso totale (PST) con diametro equivalente minore di 10 micron⁹. Il dlgs 13 agosto 2010 n.155 stabilisce come valori limite per il PM₁₀: 50 µg/m³ (media giornaliera da non superare più di 35 volte nell'anno civile) e 40 µg/m³ (media annuale).

Dalla bibliografia esistente si evince che il valore percentuale di PM₁₀ rispetto al PST totale oscilla tra il 50 % e l'80 % (questo dato si riferisce a valori misurati di concentrazione in aria)¹⁰.

A questo dato contribuiscono cinque differenti tipi di emissioni da traffico veicolare:

- emissioni dallo scarico
- emissioni da degradamento dell'asfalto stradale
- emissioni prodotte dal logoramento dei pneumatici
- emissioni da polveri dei freni
- emissioni da risospensione di polveri dalla superficie stradale.

⁹ CONCAWE: report n. 96/51: The influence of gasoline benzene and aromatics content on benzene exhaust emissions from non catalyst and catalyst equipped cars. A study of european data.

¹⁰ Fonte dati AUTO-OIL

Il database RAINS¹¹ (contenente fattori di emissione per tutte le sorgenti, anche industriali) della IIASA fornisce, in relazione alla sorgente traffico, valori di PM₁₀ relativi a diverse categorie veicolari (caso Italia).

Il database RAINS fornisce anche fattori di emissione relativi al logoramento dei pneumatici, al logoramento dei freni ed alla abrasione della superficie stradale;

I dati ricavati dal database RAINS risultano congruenti rispetto a quelli forniti dal Progetto AUTOOIL II¹².

La stima delle emissioni di PM₁₀ viene eseguita come di seguito specificato. Per quanto riguarda i veicoli alimentati a benzina il calcolo passa attraverso l'utilizzo dei fattori di emissione, sia diretti sia indiretti, forniti dai due database RAINS e AUTOOIL. L'emissione totale viene fornita come somma di due contributi differenti: quello dovuto alle emissioni allo scarico e quello dovuto alle emissioni indirette. I veicoli diesel, principali sorgenti di emissione di PST, vengono trattati in maniera differente. Sono considerati sempre due contributi all'emissione totale, quello diretto e quello indiretto. Ma, mentre per il contributo indiretto si fa riferimento sempre ai due database RAINS e AUTOOIL, per il contributo diretto si utilizza la percentuale, funzione della categoria veicolare, che lega l'emissione di PM₁₀ all'emissione di PST (di cui sono disponibili le correlazioni di emissione). Questa percentuale oscilla intorno all'85%: per gli autoveicoli aumenta fino ad oltre il 90%, mentre rimane intorno all'80% per i veicoli pesanti.

Per i dati di emissione di PM_{2.5} ci si riferisce alla fonte TUG - Tecnica Università di Graz che da anni rappresenta un centro di eccellenza nello studio delle emissioni da veicoli ed ha collaborato e collabora tutt'ora con i nostri centri di ricerca nazionali (vedi ENEA progetto ISHTAR finanziato dalla Comunità Europea). Ha inoltre preso parte al progetto ARTEMIS (Assessment and reliability of transport Emission models and inventory system) per quanto riguarda la parte dedicata al database di emissioni da trasporto stradale.

5.1.1.3 La rete simulata

Il calcolo del bilancio annuale (di cui al successivo paragrafo) è stato effettuato a partire dai dati forniti dallo studio trasportistico, applicando opportuni fattori moltiplicativi (ricavati a partire dai coefficienti mensili e giornalieri di traffico dello studio trasportistico) per tenere conto delle variazioni dei flussi nell'arco delle 24 ore, della settimana e dei 12 mesi dell'anno. Il bilancio, infatti, è stato effettuato a partire dai dati di flusso e velocità su ogni arco della rete desunti dai dati di assegnazione per le 3 fasce simulate (fascia bioraria media diurna del giorno feriale estivo, fascia bioraria di punta del sabato estivo, fascia bioraria media diurna del giorno feriale invernale). Si ricorda che lo studio è limitato al **Lotto 2**.

Si riassumono di seguito i dati di traffico nei 5 scenari simulati, utili per la successiva corretta valutazione dei bilanci emissivi:

1. scenario attuale
2. scenario programmatico al 2016,
3. scenario progettuale al 2016,
4. scenario programmatico al 2026,
5. scenario progettuale al 2026,

¹¹ fonte in rete: <http://www.iiasa.ac.at/rains/PM/docs/documentation.html>

¹² The AOPII Emissions Base Case. SENCO Sustainable Environment Consultants Ltd. June 1999

	Estensione della rete	di cui con flussi nulli	Rete caricata
Attuale	770,98	19,33	751,65
Programmatico 2016	770,98	19,94	751,04
Programmatico 2026	770,98	19,46	751,53
Progettuale 2016	781,62	19,28	762,34
Progettuale 2026	781,62	19,28	762,34

Tabella 66: Estensione della rete nei 5 scenari (Valori espressi in km)

Si osservi che l'estensione della rete con flussi diversi da "zero" mostra variazioni tra i differenti scenari, con oscillazioni tra 751 e 762 km.

	percordanze			velocità medie pesate		
	leggeri	commerciali	pesanti	leggeri	commerciali	pesanti
Attuale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PRM_2016	6,05	24,95	14,72	-1,17	-0,58	18,43
PRM_2026	32,27	76,78	50,44	-0,54	0,41	17,61
PRG_2016	9,48	22,91	14,21	15,26	-1,34	0,02
PRG_2026	30,60	69,41	50,69	9,99	1,54	-0,68

Tabella 67: Variazione percentuale delle percordanze e delle velocità medie pesate rispetto allo scenario Attuale (Valori espressi in %)

Per tutte le categorie di veicoli, tutti gli scenari evidenziano un incremento delle percordanze rispetto alla situazione attuale. I maggiori incrementi percentuali sono, come era da attendersi, relativi agli scenari al 2026, con il valore massimo del 76,78% per i veicoli commerciali dello scenario Programmatico al 2026 rispetto allo scenario Attuale. Di maggiore interesse risultano, però, i confronti tra scenari al medesimo intervallo temporale e cioè tra lo scenario programmatico e quello progettuale.

	percordanze			velocità medie pesate		
	leggeri	commerciali	pesanti	leggeri	commerciali	pesanti
2016	3,24	-1,63	-0,45	16,63	-0,76	-15,55
2026	-1,26	-4,16	0,17	10,59	1,13	-15,56

Tabella 68: Variazione percentuale delle percordanze e delle velocità medie pesate tra lo scenario Programmatico e quello Progettuale (Valori espressi in %)

Tra lo scenario Programmatico e quello Progettuale, sia al 2016 sia al 2026, si osservano variazioni delle percordanze con segno negativo per i veicoli commerciali. Per i veicoli leggeri, invece, si ha un incremento delle percordanze tra lo scenario Programmatico e quello Progettuale al 2016 e un decremento tra lo

scenario Programmatico e quello Progettuale al 2026. Viceversa per i veicoli pesanti, per i quali si registra un decremento delle percordanze nel 2016 e un incremento nel 2026.

Considerazione a parte merita, invece, un altro interessante indicatore, la velocità media pesata sui veicoli*Km. Si osserva un anomalo aumento delle velocità negli scenari programmatici rispetto allo scenario attuale per i veicoli pesanti, sia al 2016 sia al 2026, e per i veicoli commerciali nello scenario al 2026. Gli scenari di progetto evidenziano un incremento delle velocità, sia rispetto allo scenario attuale sia rispetto agli scenari programmatici per i veicoli leggeri. Per i veicoli commerciali, per lo scenario di progetto al 2026 si osserva un incremento delle velocità sia rispetto allo scenario attuale sia rispetto allo scenario programmatico. Viceversa, si stima un decremento delle velocità sia rispetto allo scenario attuale sia rispetto allo scenario programmatico per lo scenario progettuale al 2016. I veicoli pesanti, infine, mostrano un lievissimo incremento di velocità nello scenario progettuale al 2016 rispetto all'attuale e un lieve decremento dello scenario progettuale al 2026 rispetto all'attuale. Rispetto agli scenari programmatici, invece, si stima per entrambi gli scenari un decremento delle velocità.

5.1.1.4 Il bilancio emissivo

I risultati delle stime sono riassunti nella Tabella 86, che riporta le emissioni complessive stimate per l'intero anno solare per lo scenario attuale. Si specifica che le emissioni annuali sono state stimate sulla base dello studio trasportistico.

Inquinanti	2008 Attuale
CO	446,7
CO ₂	49.460,5
NO _x	296,2
PM ₁₀	21,2
COV	38,2
SO _x	6,1

Tabella 69: Emissioni complessive (t/anno)

Per ogni inquinante è stato valutato:

- il contributo della SS1 (lotto 2) all'emissione totale della regione Toscana come stimata dall'IRSE 2005;
- il contributo della SS1 (lotto 2) all'emissione totale delle singole province interessate dall'opera (province di Grosseto, Livorno, Pisa) come stimata dall'IRSE 2005;
- il contributo della SS1 (lotto 2) alle emissioni totali dei singoli comuni interessati dall'opera (comuni di Massa Marittima, Scarlino, Follonica, in provincia di Grosseto, Cecina, Bibbona, Castagneto Carducci, San Vincenzo, Campiglia Marittima, Piombino, in provincia di Livorno, Riparbella, in provincia di Pisa) come stimate dall'IRSE 2005.

Per valutare il contributo alle emissioni provinciali e comunali, l'emissione totale (lotto 2) è stata suddivisa attribuendo al territorio provinciale, nel primo caso, e al territorio comunale, nel secondo caso, la quota parte di emissione relativa al solo tratto che interessa la Provincia o il Comune stesso.

Non è stato possibile effettuare tali valutazioni per i parametri PM_{2.5} e benzene in quanto nell'inventario delle emissioni IRSE 2005, non sono state effettuate stime sull'emissione di tali inquinanti.

Per quanto riguarda, invece, il biossido di zolfo le percentuali sono calcolate rispetto alle emissioni totali di SO_x poiché nell'IRSE il biossido di zolfo è incluso nella somma SO_x (SO₂ + SO₃). Le percentuali così calcolate sono sottostimate. Tale sottostima è comunque di piccola entità in quanto si ricorda che le emissioni di ossido di zolfo sono costituite quasi esclusivamente da biossido di zolfo. Il triossido di zolfo, infatti, che si origina dall'ossidazione del biossido di zolfo, una volta formatosi, in presenza di vapor d'acqua si trasforma facilmente in acido solforico. Poiché la reazione di ossidazione che conduce alla formazione del triossido di zolfo è molto lenta e la reattività di questo composto con l'acqua è elevata, generalmente, la concentrazione del triossido di zolfo varia fra l'1 e il 5% della concentrazione del biossido di zolfo.

I risultati dei confronti sono riassunti nelle tabelle seguenti:

- in Tabella 70 sono riportate le emissioni totali della regione Toscana, l'emissione totale originata dall'asse della SS1 e il suo valore percentuale sul totale regionale.
- nelle 3 tabelle successive, invece, per ogni provincia interessata dalla SS1 è riportata l'emissione totale provinciale, la quota dell'emissione totale originata dall'asse della SS1 che ricade nella provincia in oggetto e il suo valore percentuale sul totale provinciale.
- nelle tabelle successive, infine, per ogni comune interessato dalla SS1 è riportata l'emissione totale comunale, la quota dell'emissione totale originata dall'asse della SS1 che ricade nel comune in oggetto e il suo valore percentuale sul totale comunale.

Si sottolinea che i suddetti confronti vanno considerati con cautela: i dati IRSE si riferiscono al 2005, mentre per il calcolo delle emissioni è stato utilizzato il parco circolante al 2008, nella modalità specificata precedentemente. Va inoltre considerato il peso delle sorgenti puntuali che al 2008, come esposto precedentemente, è diverso rispetto a quello del 2005 sia perché sono sorte nuove sorgenti puntuali sia perché per quelle esistenti i valori di emissione potrebbero essere variati nel tempo, rispondendo, ad esempio, alle esigenze sempre più restrittive delle politiche ambientali riguardo alle emissioni in atmosfera. Non avendo a disposizione tutti i dati di input utilizzati per la stima delle emissioni dall'IRSE, non è possibile valutare di quanto possa essere diversa la stima effettuata al 2005 da quella effettuata nel presente lavoro e quindi se le percentuali calcolate sono affette da errori di sovrastima o sottostima.

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	367.682	446,7	0,121%
CO ₂	33.887.346	49.460,5	0,146%
NO _x	117.050	296,2	0,253%
PM ₁₀	23.951	21,2	0,088%
COV	161.611	38,2	0,024%
SO _x	93.188	6,1	0,007%

Tabella 70: Contributo del lotto 2 all'emissione totale della regione Toscana (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	21.202	31,6	0,149%
CO ₂	717.247	3.022,4	0,421%
NO _x	4.615	21,6	0,468%
PM ₁₀	1.433	5,9	0,410%
COV	10.790	7,1	0,066%
SO _x	3.804	5,0	0,131%

Tabella 71: Contributo del lotto 2 all'emissione totale della provincia di Grosseto (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	65.153	408,9	0,628%
CO ₂	14.439.726	45.721,5	0,317%
NO _x	26.087	270,5	1,037%
PM ₁₀	2.744	15,1	0,550%
COV	17.182	30,6	0,178%
SO _x	74.122	1,1	0,002%

Tabella 72: Contributo del lotto 2 all'emissione totale della provincia di Livorno (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	35.232	6,3	0,018%
CO ₂	2.135.369	716,6	0,034%
NO _x	9.832	4,1	0,041%
PM ₁₀	2.085	0,2	0,011%
COV	26.087	0,5	0,002%
SO _x	1.054	0,0	0,002%

Tabella 73: Contributo del lotto 2 all'emissione totale della provincia di Pisa (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	899	6,7	0,745%
CO ₂	44.137	459,7	1,041%
NO _x	186	4,8	2,592%
PM ₁₀	53	2,6	4,834%
COV	200	2,8	1,379%
SO _x	42	2,4	5,793%

Tabella 74: Contributo del lotto 3 all'emissione totale del comune di Massa Marittima (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	301	1,0	0,321%
CO ₂	20.936	42,2	0,202%
NO _x	110	0,8	0,721%
PM ₁₀	19	0,6	3,093%
COV	523	0,6	0,116%
SO _x	665	0,6	0,087%

Tabella 75: Contributo del lotto 3 all'emissione totale del comune di Scarlino (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	775	138,0	17,800%
CO ₂	50.493	14.841,3	29,393%
NO _x	203	89,0	43,858%
PM ₁₀	48	4,9	10,122%
COV	364	9,5	2,618%
SO _x	24	0,4	1,527%

Tabella 79: Contributo del lotto 2 all'emissione totale del comune di Castagneto Carducci (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	1.634	23,9	1,462%
CO ₂	58.232	2.520,5	4,328%
NO _x	296	16,0	5,404%
PM ₁₀	45	2,7	6,053%
COV	559	3,7	0,663%
SO _x	22	2,0	8,921%

Tabella 76: Contributo del lotto 2 all'emissione totale del comune di Follonica (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	585	44,8	7,660%
CO ₂	38.253	4.970,1	12,993%
NO _x	141	30,1	21,372%
PM ₁₀	148	1,7	1,129%
COV	205	3,1	1,531%
SO _x	18	0,1	0,683%

Tabella 80: Contributo del lotto 2 all'emissione totale del comune di San Vincenzo (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	2.117	78,4	3,705%
CO ₂	153.887	9.074,9	5,897%
NO _x	524	53,5	10,214%
PM ₁₀	109	3,0	2,765%
COV	708	6,6	0,933%
SO _x	92	0,2	0,244%

Tabella 77: Contributo del lotto 2 all'emissione totale del comune di Cecina (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	1.251	54,0	4,313%
CO ₂	342.383	5.981,0	1,747%
NO _x	516	34,4	6,668%
PM ₁₀	101	2,0	1,946%
COV	417	4,0	0,955%
SO _x	35	0,1	0,422%

Tabella 81: Contributo del lotto 2 all'emissione totale del comune di Campiglia Marittima (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	287	49,1	17,123%
CO ₂	13.644	5.325,5	39,033%
NO _x	74	32,2	43,495%
PM ₁₀	41	1,8	4,277%
COV	150	3,4	2,282%
SO _x	9	0,1	1,462%

Tabella 78: Contributo del lotto 2 all'emissione totale del comune di Bibbona (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	25.726	44,6	0,173%
CO ₂	8.514.353	5.528,5	0,065%
NO _x	12.037	31,3	0,260%
PM ₁₀	582	1,8	0,313%
COV	2.951	4,0	0,134%
SO _x	43.405	0,1	0,000%

Tabella 82: Contributo del lotto 2 all'emissione totale del comune di Piombino (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 2 (t/anno)	%
CO	162	6,3	3,868%
CO ₂	4.414	716,6	16,235%
NO _x	29	4,1	13,842%
PM ₁₀	32	0,2	0,734%
COV	91	0,5	0,573%
SO _x	2	0,0	0,884%

Tabella 83: Contributo del lotto 2 all'emissione totale del comune di Riparbella (%)

Come si evince dalle tabelle, il contributo della SS1 all'emissione totale è trascurabile sia a livello regionale sia a livello provinciale. Per quanto riguarda il contributo alle emissioni comunali si può ben osservare come tale contributo sia funzione sia della lunghezza del tratto di SS1 che attraversa il comune e dei relativi flussi di traffico, sia del carico inquinante a livello comunale. Per tutti gli inquinanti, eccetto gli SO_x, le emissioni maggiori si hanno nei comuni di Castagneto Carducci e Cecina. Quelle minori, sempre eccezion fatta per gli SO_x, si hanno nei comuni di Riparbella e Scarlino. Il maggior quantitativo di SO_x è emesso nei comuni di Massa Marittima (2,4 t/anno), Follonica (2 t/anno) e Scarlino (0,6 t/anno). Tuttavia, alle maggiori emissioni non corrispondono i maggiori contributi all'emissione comunale. Per tutti gli inquinanti, ad eccezione del CO, il maggior contributo della SS1 all'emissione comunale si ha, infatti, nel comune di Campiglia Marittima, dove si registrano le percentuali più elevate, comprese tra l'11 e il 58%. Solo per il CO, il maggior contributo della SS1 all'emissione comunale si registra nel comune di Castagneto Carducci. Le percentuali più basse, invece, si hanno nel comune di Piombino dove il carico inquinante comunale è elevato e il contributo della SS1 risulta trascurabile. Dalle tabelle, si può notare come complessivamente per tutti gli inquinanti, l'emissione della fonte SS1 è di lieve entità e in più casi è trascurabile. Va osservato, inoltre, che alle percentuali più elevate non corrispondono valori assoluti elevati di emissione. In tutti i casi, infatti, le quantità emesse, in valore assoluto, sono di lieve entità.

5.2 IL MODELLO DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI

Per stimare le ricadute al suolo e le concentrazioni attese, sono state condotte simulazioni di dispersione in atmosfera, relativamente a 3 scenari:

1. attuale
2. scenario programmatico al 2016,
3. scenario progettuale al 2016,

Per la simulazione dei processi di dispersione è stato utilizzato il modello ADMS Roads[®] - Modello di diffusione gaussiana multisorgente in versione per Windows[®], realizzato dal CERC (Cambridge Environmental Research Consultant Ltd.). Quale modello gaussiano multisorgente, ADMS Roads[®] consente di effettuare simulazioni in versione "short-term" e in versione "long-term".

Per ADMS Roads[®] la struttura dello strato rimescolato è definito mediante parametri fisici misurabili che permettono una più realistica rappresentazione delle caratteristiche che influiscono sulla dispersione degli inquinanti e sulla concentrazione al suolo. Il 'boundary layer', secondo tale approccio, è caratterizzato dall'altezza h e dalla lunghezza di Monin-Obukhov L_{MO} e non più unicamente mediante le classe di instabilità di Pasquill-Gifford. La lunghezza di Monin-Obukhov è definita dalla seguente espressione:

$$L_{MO} = \frac{-u_o^3}{kgF_\theta / (\rho c_p T_0)}$$

dove

- u_o = la velocità di frizione,
- k = la costante di Von Barman, uguale a 0,4,
- F_θ = il flusso di calore in superficie,
- ρ = la densità dell'aria,
- c_p = calore specifico dell'aria,
- T_0 = temperatura della superficie.

5.3 Specifiche del modello di dispersione

Per tutti gli archi della rete simulati dal modello di emissione è stato disperso in versione "long-term" il carico emissivo medio stimato dal modello di emissione.

Particolare attenzione è stata posta per la simulazione delle emissioni degli inquinanti agli imbocchi della galleria situata nel comune di San Vincenzo.

Gli inquinanti emessi dal traffico veicolare all'interno della galleria, dopo una rapida miscelazione, sono convogliati verso gli imbocchi dai quali sono espulsi e diffusi nei bassi strati dell'atmosfera. La galleria, quale sorgente volumetrica di emissione, agisce come un camino orizzontale o a pendenza contenuta all'interno del quale gli inquinanti vengono spinti verso l'uscita in direzione concorde alla direzione di percorrenza del flusso veicolare. La differenza di temperatura tra la temperatura ambientale all'imbocco della galleria e la temperatura dei fumi determina una spinta ascensionale dei fumi scarsamente rilevante nei fenomeni di dispersione.

Il passaggio dei veicoli all'interno della galleria causa una turbolenza all'interno del getto d'aria che fuoriesce dagli imbocchi. La spinta ascensionale del getto d'aria in uscita solleva gli inquinanti a quote superiori rispetto al piano stradale ma per via dei fenomeni di turbolenza, nella risalita, la concentrazione degli inquinanti viene ridotta con una diluizione del 5-10%. All'altezza finale di risollevarmento del pennacchio, gli inquinanti vengono diluiti e trasportati dal vento e dai fenomeni di turbolenza di origine termica. Altra azione svolta dal traffico è quella di mescolare e trasportare l'aria inquinata in uscita dal tunnel per 100-250 m dalla sezione di imbocco. Fattori critici risultano la direzione e la velocità del vento, che possono contrastare o favorire l'azione di diluizione degli inquinanti concentrati in prossimità

dell'imbocco. La **Figura 32** schematizza in forma grafica le modalità di simulazione delle emissioni agli imbocchi delle gallerie.

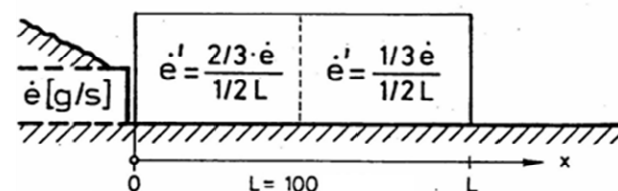


Figura 32: Modalità di simulazione delle emissioni di inquinanti agli imbocchi delle gallerie

Il modello è stato impostato per effettuare l'elaborazione sull'intera area comprendente la rete simulata ed è stata così calcolata la distribuzione spaziale sul territorio delle concentrazioni al suolo di NO_x , SO_2 , PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$. Per il calcolo delle medie annuali, le simulazioni sono state eseguite applicando un approccio di tipo climatologico sulla base dei dati meteorologici misurati e osservati dal gennaio 1952 al dicembre 1991 nella stazione di Grosseto¹³. Tale approccio statistico è preferibile rispetto all'approccio cronologico, in quanto basato su valori meteorologici statistici calcolati su un periodo di tempo molto lungo (39 anni), anziché con riferimento ai valori meteorologici ora per ora ma associati ad uno specifico anno solare. In Figura 33 si riporta la rosa dei venti utilizzata nelle simulazioni dei processi di dispersione, mentre per la Distribuzione delle frequenze stagionali e annuali delle classi di stabilità si rimanda alla trattazione meteo climatica del presente studio. Per il calcolo dei valori orari di NO_2 e SO_2 e per la media giornaliera di PM_{10} le simulazioni sono state eseguite in condizioni meteorologiche critiche:

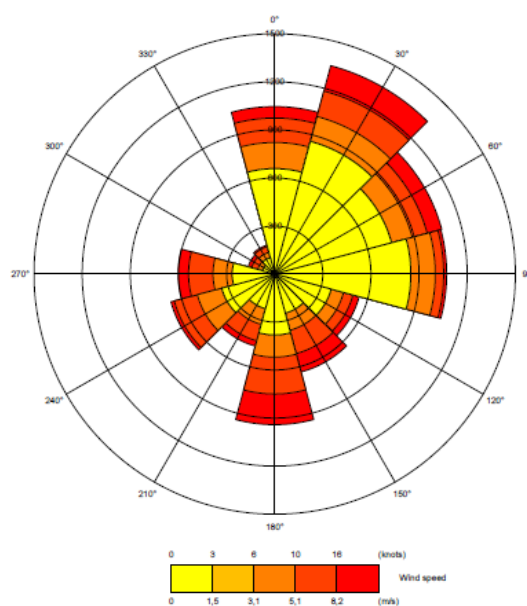


Figura 33: Rosa dei venti utilizzata nelle simulazioni

¹³ Si veda la trattazione climatologica del presente studio

Condizioni meteorologiche critiche utilizzate per il calcolo del valore orario di NO_2 e SO_2 e per la media giornaliera di PM_{10} .

- Classe di stabilità: F (atmosfera molto stabile)
- Temperatura dell'aria: 20 °C
- Altezza dello strato rimescolato pari a 50 metri
- Direzione del vento: 30°
- Calma di vento

Le concentrazioni al suolo degli inquinanti sono calcolate incrementando i valori di fondo con l'aliquota attribuibile alle emissioni della rete simulata. Per i valori di fondo, in mancanza di dati di riferimento direttamente utilizzabili, desumibili da centraline ARPA, si è fatto riferimento in via conservativa ai dati di qualità dell'aria rilevati presso le stazioni di fondo urbano di Grosseto e di Rosignano, gestite da ARPAT. Entrambe le centraline sono esterne all'area del lotto 2 ma sono tuttavia abbastanza prossime all'area di interesse essendo la postazione di Grosseto situata a pochi km a sud dalla fine del tracciato e quella di Rosignano a pochi km a nord est dall'inizio del tracciato. Le due centraline situate nel comune di Piombino, sebbene Piombino sia direttamente interessato dalla SS1, non possono essere ritenute utili in quanto i dati forniti non sono rappresentativi dell'area del lotto 2 essendo le 2 postazioni, una urbana di traffico e l'altra periferica industriale. Per tale motivo, considerando le sole 2 stazioni di fondo urbano di Grosseto e Rosignano, è stato calcolato un fondo plausibile rappresentativo dell'area di interesse. Il valore di fondo, nello specifico, è stato stimato in un'ipotesi conservativa, attraverso la media dei fondi urbani. Si tratta di un'ipotesi conservativa in quanto i valori di concentrazione che si riscontrano in ambito urbano sono generalmente più elevati. Sulla base dell'esperienza e dei risultati di precedenti studi, il valore massimo atteso per il valore di fondo extraurbano in contesti non fortemente antropizzati, può essere ritenuto pari ad un terzo dei valori riscontrati in ambito urbano.

Il valore di fondo annuale del PM_{10} è stato assunto pari a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$; il valore di fondo annuale del $\text{PM}_{2.5}$ è stato assunto pari a $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (pari al 70% della media annuale di PM_{10}); per NO_2 il valore di fondo annuale è stato assunto pari a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e il valore di fondo orario pari a $50,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$; il valore di fondo medio giornaliero per PM_{10} è stato assunto pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per quanto riguarda l' SO_2 , non essendo questo inquinante monitorato nelle suddette stazioni di fondo urbano, non è stato possibile incrementare i valori delle concentrazioni al suolo con il valore di fondo: le concentrazioni riportate nelle tabelle seguenti, dunque, si riferiscono alla sola aliquota attribuibile alle emissioni della rete simulata.

Si è fatto riferimento a tali valori di fondo sia per la simulazione dello scenario attuale, sia per la simulazione degli scenari al 2016.

5.3.1.1 I risultati del modello di dispersione

I risultati delle elaborazioni sono forniti nelle mappe allegate, che rappresentano le medie annuali di NO_2 , $\text{PM}_{2.5}$ e PM_{10} , espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Per quanto concerne l' NO_2 si specifica che al valore di fondo è stato

sommato l'intero contributo degli NO_x emessi dalla fonte stradale. E' questo un approccio conservativo; infatti, i valori di NO₂ saranno ovviamente minori, essendo questo ultimo solo una aliquota degli NO_x totali emessi. Come noto, l'NO₂ aumenta all'aumentare della distanza dalla carreggiata. Dalle mappe emerge chiaramente la struttura del gradiente spaziale reso evidente dalle curve di isoconcentrazione. I risultati sono riassunti nelle seguenti tabelle, che riportano le concentrazioni in 4 punti appartenenti al transetto rappresentato nella Figura 34. Si ricorda che i valori di SO₂ nelle tabelle rappresentano il solo contributo della fonte stradale dispersa, mentre per gli altri inquinanti i valori tengono anche conto delle concentrazioni di fondo.



Figura 34: Localizzazione del transetto di lettura delle concentrazioni

La prima serie di tabelle riporta i valori di concentrazione media annuale di NO₂, SO₂, PM₁₀ e PM_{2.5}, mentre la seconda i valori massimi orari per NO₂ ed SO₂ e i massimi giornalieri per il PM₁₀.

Sito	distanza dall'Aurelia (metri)	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
1	150	17,01	< 0,10	20,56	14,38
2	50	17,10	< 0,10	20,52	14,35
3	50	17,10	< 0,10	20,52	14,35
4	150	17,05	< 0,10	20,48	14,33

Tabella 84: Concentrazione media annuale (µg/m³)
 Scenario Attuale

Sito	distanza dall'Aurelia (metri)	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
1	150	18,05	< 0,10	20,68	14,52
2	50	18,08	< 0,10	20,72	14,56
3	50	17,98	< 0,10	20,72	14,52
4	150	17,79	< 0,10	20,64	14,48

Tabella 85: Concentrazione media annuale (µg/m³)
 Scenario Programmatico 2016

Sito	distanza dall'Aurelia (metri)	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
1	150	19,07	< 0,10	20,96	14,64
2	50	19,11	< 0,10	21,04	14,68
3	50	19,22	< 0,10	21,08	14,72
4	150	19,20	< 0,10	21,04	14,68

Tabella 86: Concentrazione media annuale (µg/m³)
 Scenario Progettuale 2016

Sito	distanza dall'Aurelia (metri)	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
1	150	59,26	< 0,10	25,56
2	50	59,63	< 0,10	25,58
3	50	58,84	< 0,10	25,53
4	150	58,47	< 0,10	25,49

Tabella 87: Concentrazioni massime – Oraria per NO₂ e SO₂ - Giornaliera per PM₁₀ (µg/m³)
 Scenario Attuale

Sito	distanza dall'Aurelia (metri)	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
1	150	63,26	< 0,10	25,77
2	50	63,72	< 0,10	25,79
3	50	62,56	< 0,10	25,70
4	150	61,63	< 0,10	25,65

Tabella 88: Concentrazioni massime – Oraria per NO₂ e SO₂ - Giornaliera per PM₁₀ (µg/m³)
 Scenario Programmatico 2016

Sito	distanza dall'Aurelia (metri)	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
1	150	71,21	< 0,10	28,00
2	50	71,95	< 0,10	28,05
3	50	70,09	< 0,10	27,88
4	150	68,60	< 0,10	27,74

Tabella 89: Concentrazioni massime – Oraria per NO₂ e SO₂ - Giornaliera per PM₁₀ (µg/m³)
 Scenario Progettuale 2016

5.4 Conclusioni

In riferimento al transetto rappresentativo di una tipica sezione stradale, le medie annuali delle concentrazioni attese nello stato attuale sono maggiori rispetto ai valori di fondo tra il 3,20% e il 3,60% per il PM₁₀, tra il 3,43% e il 4,00% per il PM_{2.5} e tra il 18,60% e il 20,53% per l'NO₂.

Le medie annuali delle concentrazioni attese nello stato di progetto al 2016 sono maggiori rispetto ai valori di fondo tra il 4,80% e il 5,40% per il PM₁₀, tra il 4,57% e il 5,14% per il PM_{2.5} e tra il 27,13% e il 28,13% per l'NO₂. Tra lo scenario di progetto e quello programmatico al 2016 è stimato un incremento delle concentrazioni per tutti gli inquinanti. L'incremento massimo stimato è pari a: 1,9% per il PM₁₀, 1,4% per il PM_{2.5}, 7,9% per l'NO₂ e 94,2% per l'SO₂.

Dal confronto delle medie annuali degli inquinanti PM₁₀, PM_{2.5} e NO₂ con i rispettivi valori limite annuali, pari a 40 µg/m³ per il PM₁₀ e l'NO₂ e a 25 µg/m³ per il PM_{2.5}, non risulta alcun superamento per tutti gli scenari simulati: Attuale, Programmatico 2016 e Progettuale 2016.

Per quanto concerne la media giornaliera di PM₁₀ e il valore massimo orario di NO₂ e SO₂, si stima per tutti gli inquinanti un incremento delle concentrazioni sia tra lo scenario attuale e quello programmatico sia tra lo scenario attuale e quello progettuale. L'incremento massimo tra lo scenario attuale e programmatico è pari allo 0,8% per il PM₁₀, al 6,9% per l'NO₂ e al 4,3% per l'SO₂. Tra lo scenario attuale e quello programmatico, invece, il massimo incremento registrato è pari all'8,7% per il PM₁₀, al 12,9% per l'NO₂ e al 9,6% per l'SO₂.

La simulazione oraria per l'NO₂ mostra valori ben lontani dal limite orario di 200 µg/m³ per tutti e 3 gli scenari simulati: il valore massimo è pari a 71,95 µg/m³ per lo scenario progettuale.

Lo stesso vale per l'SO₂, il cui valore limite orario è 350 µg/m³: i valori stimati, infatti, sono sempre inferiori a 0,10 µg/m³ per tutti gli scenari.

Per quanto concerne la simulazione giornaliera del PM₁₀, dalla lettura delle tabelle emerge che i valori medi giornalieri stimati sono sempre inferiori a 50 µg/m³: la concentrazione massima stimata è pari a 28,05 µg/m³ nello scenario programmatico.

6 STIMA DI IMPATTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA DELLE ATTIVITÀ DI CANTIERE

L'impatto più significativo esercitato dal cantiere di costruzione sulla componente atmosfera è generato dal sollevamento di polveri: sia quello indotto direttamente dalle lavorazioni, sia quello indotto indirettamente dal transito degli automezzi sulla viabilità interna ed esterna. Di seguito si riassumono i metodi impiegati e i risultati della stima delle emissioni di polvere nel cantiere.

I parametri che sono assunti per rappresentare le polveri sono costituiti da PTS (polveri totali sospese) e PM₁₀ (frazione fine delle polveri, di granulometria inferiore a 10 µm).

Tra le sorgenti di polveri vengono trascurati i motori delle macchine operatrici, il cui contributo appare quantitativamente limitato, se confrontato alla generazione di polveri indotta dai lavori.

Vengono analogamente trascurate le emissioni generate dalle attività di preparazione delle aree di cantiere (scotico, sistemazione piazzali, ecc.), che, benché comportino lavori di movimento terra, hanno una durata ridotta (generalmente di poche settimane). Per queste attività si prevede comunque una riduzione della polverosità attraverso bagnatura sistematica del terreno.

6.1 Metodo di studio

Sono innanzitutto stimate le emissioni dovute alle attività del cantiere e quindi calcolato l'impatto dei mezzi di trasporto sulla viabilità utilizzando la metodologia COPERT integrata con il fattore di correzione per il carico, proposto dalla metodologia MEET¹⁴.

Il carico emissivo del cantiere e quello dei mezzi da e per il cantiere viene disperso in atmosfera per la stima delle concentrazioni al suolo delle polveri totali e fini (PM₁₀), nonché degli inquinanti emessi dai veicoli. Le simulazioni possono essere condotte attraverso l'applicazione del modello ADMS Roads[®] - Modello di diffusione gaussiana multisorgente in versione per Windows[®], realizzato dal CERC (Cambridge Environmental Research Consultant Ltd.), in quanto ritenuto corrispondente ai requisiti qualitativi per la valutazione delle dispersioni di inquinanti in atmosfera in regioni limitate (caratterizzate da scale spaziali dell'ordine di alcune decine di chilometri) e in condizioni atmosferiche sufficientemente omogenee e stazionarie.

Le simulazioni di dispersione in atmosfera sono solitamente condotte relativamente al caso rappresentativo della situazione di maggior impatto, cioè in riferimento alle fasi caratterizzate dal maggior carico emissivo.

I risultati dei processi di emissione e dispersione vengono forniti come valori alfanumerici in tabelle riassuntive.

Sulla base delle simulazioni precedenti vengono, infine, fornite le raccomandazioni e le prescrizioni per la mitigazione degli impatti.

¹⁴ METHODOLOGIES FOR ESTIMATING AIR POLLUTANT EMISSIONS FROM TRANSPORT. Emission Factors for Future Road Vehicles DELIVERABLE 26

6.2 Attività di cantiere: specifiche dei modelli di emissione

Per la fase di esercizio dei lavori in cantiere si usa stimare le emissioni di polveri in corrispondenza delle maggiori fonti, individuate principalmente tra le seguenti attività:

- trasporti interni al cantiere da e verso l'esterno (conferimento materie prime, trasporto smarino all'esterno del cantiere, spostamenti mezzi di lavoro, ...) su strade pavimentate e piste non pavimentate;
- operazioni di movimento terra (scavi, deposito terre da scavo riutilizzabili, carico e scarico inerti...);
- lavori di demolizione di strutture e fabbricati;
- impianto di frantumazione;
- impianto di betonaggio.

Le emissioni sono stimate a partire da una valutazione quantitativa delle attività svolte nel cantiere, tramite opportuni fattori di emissione derivati dal "Compilation of air pollutant emission factors" –EPA-, Volume I Stationary Point and Area Sources (Fifth Edition) e sono calcolate tramite la relazione

$$E = A \times F$$

dove E indica le emissioni, A l'indicatore dell'attività correlato con le quantità emesse (grandezza caratteristica della sorgente che può essere strettamente correlata alla quantità di inquinanti emessi in aria) e F il fattore di emissione (massa di inquinante emessa per una quantità unitaria dell'indicatore).

Di seguito, per le principali attività capaci di contribuire in maniera significativa alla generazione di polveri, cioè per ciascuna sorgente, vengono riportati:

- il fattore di emissione utilizzato F;
- i parametri da cui F dipende;
- l'indicatore dell'attività A;
- la fonte bibliografica impiegata per la stima del fattore di emissione.

La stima del fattore di emissione è ripetuta confrontando due situazioni caratteristiche corrispondenti a terreno secco ed a terreno imbibito d'acqua: questa seconda situazione è rappresentativa delle condizioni che si manifestano a seguito dell'innaffiatura; la relativa analisi permette pertanto di valutare l'efficacia della bagnatura come sistema per l'abbattimento della polverosità.

Non essendo previsti impianti di frantumazione e betonaggio e prescrivendo comunque la pavimentazione dei piazzali in misto cementato compattato viene effettuato il calcolo per le sole seguenti attività:

- Cumuli di terra, carico e scarico
- Traffico veicolare nelle aree pavimentate

6.2.1.1 Cumuli di terra, carico e scarico

Il fattore di emissione utilizzato per la stima della polverosità generata dalle attività di movimento terra è il seguente:

$$F = k(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} \quad (kg/t)$$

(AP-42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13,
13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles)

dove

k= costante moltiplicativa adimensionale variabile in funzione della dimensione delle particelle:

k= 0,74 per il calcolo di PM tot

k= 0.35 per il calcolo di PM₁₀

U= velocità media del vento (m/s)

M= umidità del materiale accumulato (%)

La formula empirica consente una stima attendibile delle emissioni per valori di U e M compresi nel range di valori specificato nella tabella seguente.

Parametro	Range
Velocità del vento	0,6 – 6.7 m/s
Umidità del materiale	0,25 – 4,8 %

Per la stima in condizioni "normali" l'umidità del materiale è assunta pari a 0,25% (il valore più basso compatibilmente con il range di validità della formula); al fine di simulare le condizioni post-innaffiamento, l'umidità del materiale è invece assunta pari a 4,8%.

Il valore del fattore di emissione risultante nelle due situazioni è specificato nella tabella seguente:

Condizione	Fattore di emissione F	
	PM tot	PM 10
Normale	0,09 kg/t	0.04 kg/t
Post -innaffiamento	0,0015 kg/t	0,0007 kg/t

Si evidenzia come la bagnatura del terreno durante i lavori di movimento terra possa comportare una riduzione dell'emissione di polveri (in termini sia di polveri totali sia di PM₁₀) di oltre il 98%.

L'indicatore dell'attività (A) è rappresentato dalle tonnellate di materiale accumulato e/o trattato in un'ora. Tale valore è stimato a partire dalle tonnellate di smarino derivante dagli scavi. Il valore delle emissioni ottenuto risulta quindi espresso in chilogrammi di polvere emessa all'ora.

6.2.1.2 Traffico veicolare nelle aree pavimentate

La formula empirica impiegata per stimare le emissioni di polvere in questo caso è la seguente:

$$F = k(sL/2)^{0.98} \times (W/3)^{0.53} \times (S/30)^{0.16} \times (1-1,2*P/N) \quad (\text{kg/km}) \quad (\text{AP-42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13, 13.2.1 Paved Roads})$$

dove

F = fattore di emissione (g/km),

sL = contenuto di limo dello strato superficiale delle aree pavimentate percorse dai mezzi (g/m²)

W = peso medio dei mezzi di cantiere che percorrono le aree considerate (t)

S = velocità media dei mezzi in transito (mph)

P= ore di pioggia in un anno

N = 8.760

k = costante moltiplicativa variabile in funzione della dimensione delle particelle

k= 21,96 per PM tot

k= 4,22 per PM10

Il peso medio dei mezzi (carichi in entrata e scarichi in uscita o viceversa) è assunto pari a 15 tonnellate.

Il valore del fattore di emissione risultante nelle due situazioni (con e senza inaffiamento) è specificato nella tabella seguente:

Condizione	Fattore di emissione F	
	PM tot	PM ₁₀
Normale	0,75 kg/km	0,15 kg/km
Post-inaffiamento	0,16 kg/km	0,03 kg/km

L'indicatore dell'attività (A) è rappresentato dai chilometri percorsi dai veicoli circolanti sulle aree pavimentate in un'ora. Tale valore viene calcolato per il cantiere a partire dalla stima del numero medio

di mezzi circolanti sulle aree pavimentate del cantiere stesso in un'ora di lavoro e dalla stima del numero medio dagli stessi di chilometri percorsi nello stesso intervallo di tempo.

Si evidenzia come la bagnatura della sede stradale possa comportare una riduzione dell'emissione di polveri totali e fini di oltre il 60%: tale intervento assume quindi un'importanza sostanziale al fine di prevenire la diffusione di polveri all'esterno delle aree di cantiere.

6.3 Movimentazione mezzi pesanti sulla rete viaria: specifiche dei modelli di emissione

La stima delle emissioni inquinanti in atmosfera dovuta alla movimentazione dei mezzi pesanti da e per i cantieri è solitamente effettuata in condizioni conservative, riferendosi cioè alle attività che maggiormente determinano movimentazioni di mezzi pesanti.

6.3.1.1 Il parco veicolare e i Fattori di emissione

Per la definizione del parco veicolare vengono seguite le linee guida del progetto MEET, finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del IV Programma Quadro, relative al caso Italia.

Per quanto riguarda i fattori di emissione, sono utilizzati per le simulazioni quelli forniti dal software COPERT III e dalla metodologia MEET.

Le simulazioni sono condotte prendendo in considerazione due inquinanti convenzionali da traffico veicolare CO e NO_x e un inquinante su cui la Comunità Europea ha imposto un monitoraggio specifico, il PM₁₀. Non è considerato il benzene, la cui emissione dai veicoli diesel è trascurabile.

Il database RAINS¹⁵ (contenente fattori di emissione per tutte le sorgenti, anche industriali) della IIASA fornisce, in relazione alla sorgente veicolare, i valori di PM₁₀ relativi a diverse categorie veicolari (caso Italia). Lo stesso database fornisce anche i fattori di emissione relativi al logoramento dei pneumatici, al logoramento dei freni ed alla abrasione della superficie stradale. I dati ricavati dal database RAINS risultano congruenti rispetto a quelli forniti dal Progetto AUTOOIL II¹⁶.

La stima delle emissioni di PM₁₀ viene eseguita considerando due contributi all'emissione totale, quello diretto e quello indiretto. Per il contributo indiretto si fa riferimento ai due database RAINS e AUTOOIL, mentre per il contributo diretto si utilizza la percentuale, funzione della categoria veicolare, che lega l'emissione di PM₁₀ all'emissione di PST (di cui sono disponibili le correlazioni di emissione). Questa percentuale oscilla intorno all'80% per i veicoli pesanti.

6.3.1.2 Il fattore di carico

La fonte emissiva è costituita dagli automezzi che transitano sui percorsi individuati, parte a pieno carico, parte scarichi. Della condizione di carico se ne tiene conto facendo uso del fattore di correzione per il carico, proposto dalla metodologia MEET.

¹⁵ fonte in rete: <http://www.iiasa.ac.at/rains/PM/docs/documentation.html>

¹⁶ The AOPII Emissions Base Case. SENCO Sustainable Environment Consultants Ltd. June 1999

Secondo tale approccio, le emissioni di un veicolo a pieno carico vengono modificate da un coefficiente numerico moltiplicativo che è il risultato di una funzione dipendente dal gradiente stradale e dalla velocità media del veicolo stesso. Per veicoli con stazza fino a 16 tonnellate si fa uso della seguente formula¹⁷:

$$\Phi(\gamma, v) = k + n \cdot \gamma + p \cdot \gamma^2 + q \cdot \gamma^3 + r \cdot v + s \cdot v^2 + t \cdot v^3 + u/v$$

dove:

- k, n, p, q, r, s, t, u sono coefficienti costanti il cui valore dipende dalla tipologia di veicoli sotto osservazione;
- γ rappresenta il gradiente stradale espresso in percentuale;
- v rappresenta la velocità media del veicolo.

6.4 Specifiche del modello di dispersione

Il modello può essere impostato per calcolare il valore massimo atteso di concentrazione al suolo di polveri fini e totali. Le simulazioni vengono eseguite nella condizione meteorologica più frequente e in quella più critica per le emissioni, definite come segue:

Condizione 1: la più critica per le emissioni

- Classe di stabilità: A (instabile)
- Altezza dello strato rimescolato pari a 1.300 metri.
- Velocità del vento: 6 m/s. Questa scelta è derivata dall'ipotesi di valutare la situazione più critica da un punto di vista emissivo.

Condizione 2: la più frequente per condizioni meteorologiche

- Classe di stabilità: D (atmosfera neutra)
- Altezza dello strato rimescolato pari a 800 metri.
- Velocità del vento: 2 m/s. Questa scelta è derivata dall'ipotesi di valutare la situazione neutra in regimi di vento non elevati.

6.5 Risultati

Vengono presentati separatamente i risultati per ognuna della attività in forma parametrica, in mancanza di dati sull'indicatore di attività.

¹⁷ Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Transport - Emission Factors and Traffic - characteristics Data Set - Deliverable 21, Gennaio 1998 Pag. 29

6.5.1.1 Cumuli di terra, carico e scarico

In questo caso il calcolo è effettuato relativamente ai volumi di smarino per una movimentazione oraria pari a 1 mc di materiale.

Per il materiale movimentato durante le operazioni di scavo si è effettuato il calcolo considerando una umidità del materiale sfavorevole, pari a 1,5%, e due differenti condizioni di vento. Si riportano di seguito i risultati del carico emissivo atteso in kg/h:

PTS	PM ₁₀
0,01044	0,00492

velocità del vento pari a 6 m/s – valori espressi in kg/h

PTS	PM ₁₀
0,00252	0,0012

velocità del vento pari a 2 m/s – valori espressi in kg/h

Si ripete ora il calcolo relativamente allo stesso materiale accumulato. In questo caso per la stima in condizioni "normali" l'umidità del materiale è assunta pari a 0,25%, in condizioni post-innaffiamento pari a 4,8%.

<i>Senza innaffiamento</i>		<i>Post-innaffiamento</i>	
PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀
0,12832	0,6068	0,00204	0,00096

velocità del vento pari a 6 m/s – valori espressi in kg/h

<i>Senza innaffiamento</i>		<i>Post-innaffiamento</i>	
PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀
0,03076	0,01456	0,00048	0,00024

velocità del vento pari a 2 m/s – valori espressi in kg/h

Emerge chiaramente come la bagnatura del terreno durante i lavori di movimento terra possa comportare una riduzione dell'emissione, sia di polveri totali sia di PM₁₀, di oltre il 98%.

I valori di concentrazione al suolo dovrebbero essere calcolati nelle condizioni meteorologiche tipiche (vento a 6 m/s in Classe A, vento a 2 m/s in Classe D) una volta noti i mc complessivi di materiale movimentato.

6.5.1.2 Traffico veicolare nelle aree pavimentate

Per la stima di impatto ci si è riferiti ad percorrenza oraria complessiva dei mezzi da e per il cantiere unitaria, pari cioè a 1,0 km. I valori di emissione attesi, espressi in kg/h, sono riportati nella seguente tabella.

<i>Senza innaffiamento</i>		<i>Post-innaffiamento</i>	
PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀
0,74459	0,15416	0,15859	0,02708

valori espressi in kg/h

6.5.1.3 Movimentazione mezzi pesanti sulla rete viaria: specifiche dei modelli di emissione

Anche in questo caso il calcolo è effettuato in forma parametrica, relativamente ad un numero di passaggi orari pari a 10 mezzi. Tali flussi non sono tali da influenzare significativamente la qualità dell'aria, producendo, secondo le stime, le seguenti emissioni (i dati sono espressi come emissioni lineari in kg/km).

CO	NO _x	PM ₁₀
0,063585	0,061324	0,005922

valori espressi in kg/km

Anche in questo caso i valori di concentrazione al suolo dovrebbero essere calcolati nelle condizioni meteorologiche tipiche (vento a 6 m/s in Classe A, vento a 2 m/s in Classe D) una volta noti i km complessivi percorsi dai mezzi all'interno del cantiere.

6.5.1.4 Conclusioni

La somma dei singoli contributi, valendo il principio di sovrapposizione degli effetti, determina i valori di concentrazione attesi al suolo. Effettuando il calcolo sulla base delle stime parametriche di cui ai paragrafi precedenti i valori di concentrazione attesi sono decisamente trascurabili rispetto ai valori di norma.

Emerge comunque dai risultati delle stime condotte che l'attività di bagnatura assume un'importanza sostanziale al fine di prevenire la diffusione di polveri all'esterno delle aree di cantiere.

6.6 Prescrizioni per la riduzione dell'inquinamento atmosferico dovuto ai cantieri

La definizione delle misure da adottare per la mitigazione degli impatti generati dalle polveri sui ricettori circostanti le aree di lavoro è basata sul criterio di impedire il più possibile la fuoriuscita delle polveri dalle stesse aree e, ove ciò non riesca, di trattenerle al suolo impedendone il sollevamento.

Come emerso dai modelli di calcolo utilizzati per la stima di impatto delle attività di cantiere, le principali azioni consistono nella riduzione delle emissioni, privilegiando processi di lavorazione ad umido, e nella predisposizioni di barriere fisiche alla dispersione.

Gli interventi da adottare per bloccare le polveri dovranno consistere in:

1. **barriere fisiche** disposte lungo tutto il **perimetro delle aree di lavoro**. Sono barriere artificiali in legno posizionate nelle immediate prossimità delle aree a maggior rilascio di polveri. Dovranno essere previste barriere antipolvere **di altezza pari a 2.5 metri**.
2. **bagnatura delle piste, dei piazzali e delle strade esterne** impiegate dai mezzi di cantiere, finalizzata ad impedire il sollevamento delle particelle di polvere da parte delle ruote dei mezzi e a legare le stesse particelle fini al suolo. Tale operazione sarà eseguita tramite autobotti.
3. l'abbattimento della polverosità con **sistemi ad umido** in aree particolarmente critiche.

Gli altri interventi di mitigazione che agiscono direttamente sulle sorgenti di polverosità e che dovranno essere adottati comprendono:

- l'installazione di un **impianto di lavaggio delle ruote degli automezzi** in uscita dalle aree di lavoro: si tratta di una semplice vasca d'acqua in cui vengono fatti transitare i mezzi di cantiere al fine di prevenire la diffusione di polveri, come pure l'imbrattamento della sede stradale all'esterno del cantiere; La vasca avrà dimensioni di 8 m (in senso longitudinale) x 4 m (in senso trasversale) e una profondità di 60 cm.
- la **copertura dei carichi** che possono essere dispersi in fase di trasporto;
- particolare **attenzione** dovrà inoltre essere posta **alla modalità ed ai tempi di carico e scarico**, alla disposizione razionale dei cumuli di scarico e all'alternanza delle operazioni di stesa;
- nelle zone di lavorazione dovrà essere imposta e fatta rispettare una **velocità dei mezzi modesta** e comunque adeguata alla situazione reale dei piani di transito;
- i **mezzi di trasporto** dovranno essere di prima immatricolazione non antecedente all'anno 2000 e sottoposti a continua manutenzione.

Infine le attività di scavo e di movimentazione terre dovranno essere interrotte in caso di velocità del vento superiore a 6 m/s. Il cantiere dovrà dotarsi di anemometro a norma.

6.7 Dimensionamento delle opere e delle azioni di mitigazione

Per le aree di cantiere e per la viabilità di accesso alle aree di cantiere è da prevedere **l'irrorazione almeno bisettimanale**. Il dimensionamento dei quantitativi d'acqua necessari per l'irrorazione delle aree di cantiere e per la viabilità di accesso viene effettuato secondo il seguente schema di computo metrico estimativo:

- mc di acqua trasportati da n 1 autobotte = 6
- mm di spessore della tavola d'acqua irrorata: 1 per aree asfaltate
- n° di passaggi settimanali per area di cantiere = 2
- nei periodi caratterizzati da sufficiente piovosità si può prevedere un potenziale sfruttamento della pioggia per l'irrorazione delle aree di cantiere
- l'irrorazione dovrà essere effettuata tra le ore 7.00 e le ore 8.00 del mattino
- l'area transitabile per ogni cantiere viene così suddivisa: almeno 2/3 asfaltata (il calcolo è stato con 1/3 in misto cementato).