

Indice

1	INTRODUZIONE	3
2	QUALITÀ DELL'ARIA NEL COMPENSORIO DI GENOVA	5
2.1	Il progetto SCENARI	5
2.2	Valutazioni sull'area del Comune di Genova.....	6
2.3	Contributo dei settori Energia e Traffico al particolato secondario	9
3	CONCLUSIONI	12

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	27/02/2007	A7006859	Prima emissione

1 INTRODUZIONE

Lo stato della qualità dell'aria in un sito è il risultato della somma di contributi prodotti da una molteplicità di fattori riassumibili in:

- emissioni di sorgenti presenti sul territorio;
- trasporto da territori limitrofi di masse d'aria inquinate;
- processi di trasformazione e produzione in atmosfera che generano nuovi apporti inquinanti che non risultano essere attribuibili direttamente ad alcuna sorgente;

Differenti tipologie di sorgenti assumono ruoli differenti in funzione dell'orizzonte temporale e della scala spaziale assunta. Sorgenti puntuali, diffuse, lineari, in quota o al suolo, sono soggette a condizioni di diffusione e dispersione diverse tra loro e che ne modificano le relazioni con i livelli di concentrazione in aria, ed in particolare quella al suolo, direttamente a contatto con la popolazione.

Per alcuni inquinanti, detti secondari, la complessità della relazione che intercorre tra emissione ed immissione non si ferma a fenomeni di trasporto e dispersione, ma è ulteriormente complicata dai processi di trasformazione e di produzione che occorrono in atmosfera. Il termine secondari deriva proprio dal fatto che essi non sono emessi direttamente dalle sorgenti ma si formano in atmosfera secondariamente alla trasformazione di precursori dalla natura anche profondamente diversa. E' il caso, ad esempio, di ozono e biossido d'azoto (inquinanti secondari gassosi) e del particolato secondario, ovvero di particelle che si formano in atmosfera per trasformazione di precursori originariamente emessi in forma gassosa (tra i principali biossido di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili, ammoniaca). In questo modo, le polveri atmosferiche misurate in aria ambiente sono costituite da una frazione primaria, emessa già in forma particellare dalle sorgenti, ed una rilevante componente secondaria originatasi in atmosfera a partire da una miscela di sostanze gassose presenti in atmosfera.

Sistemi modellistici composti da modelli meteorologici e modelli di chimica e trasporto (CTM) consentono di simulare non solo il ruolo delle emissioni dirette sulla qualità dell'aria ambiente, ma anche quello delle produzioni secondarie, grazie ad appositi moduli chimici che riproducono i processi che avvengono in atmosfera. Tali modelli, consentono quindi di riprodurre le complesse relazioni che intercorrono tra l'emissione di un inquinante e la sua concentrazione al suolo su un territorio. In altre parole consentono di passare dal quadro emissivo fornito da un inventario delle emissioni (*pressione sul comparto atmosfera*) alle concentrazioni di inquinanti in aria (*stato del comparto atmosfera*).

Modificando opportunamente il quadro emissivo fornito ai modelli, si rende quindi possibile stimare gli effetti indotti da tali modifiche sui livelli di inquinamento dell'aria ambiente. In tal modo si possono valutare gli effetti futuri dell'adozione di una politica di sviluppo o indagare sul ruolo attuale dei differenti comparti emissivi presenti sul territorio; ovvero valutare la quota parte della concentrazione in aria attribuibile a sorgenti locali e di quella proveniente da territori limitrofi.

ENEL ed il Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano (CESI) hanno concordato di effettuare una valutazione dell'incidenza del settore elettrico nel comprensorio genovese, in cui l'ENEL è presente con una centrale termoelettrica. Nell'ambito delle attività svolte è stata condotta l'analisi qui proposta, che si avvale dei risultati del Progetto di Ricerca di Sistema SCENARI, svolto da CESI nel triennio 2003-2005 e finanziato dal Ministero delle attività Produttive.

L'analisi è basata infatti sui dati estratti da simulazioni modellistiche annuali a scala nazionale, relative all'anno 2000, che hanno riprodotto i seguenti scenari:

1. **Caso Base:** ricostruzione della qualità dell'aria per l'anno meteorologico 1999 e quadro emissivo per l'anno 2000;
2. **Caso Noel:** ricostruzione in assenza delle emissioni dell'intero settore elettrico nazionale;
3. **Caso Notr:** ricostruzione in assenza delle emissioni dell'intero settore dei trasporti nazionale (stradali, navali ed aerei);

Interessando gli interi sistemi nazionali, le variazioni degli stati di qualità dell'aria riportate fanno quindi riferimento ad azioni di portata ben maggiore che non lo spegnimento della sola Centrale da un lato, o del sistema genovese dei trasporti (stradale, aereo e navale) dall'altro. Tuttavia, il confronto effettuato nel seguito all'interno del comprensorio genovese è reso sicuramente lecito dalle seguenti considerazioni:

1. Per il settore elettrico la stima è cautelativa: sono considerati, infatti, anche gli effetti sulla qualità dell'aria di numerose altre sorgenti del settore elettrico (tutte quelle nazionali) e non solo dell'impianto di Genova;
2. Le emissioni del settore dei trasporti, situate a bassa quota, riflettono effetti sicuramente molto più localizzati che non le emissioni puntuali in quota.

2 QUALITÀ DELL'ARIA NEL COMPENSORIO DI GENOVA

2.1 Il progetto SCENARI

I dati riportati nel presente paragrafo sono frutto di elaborazioni dei risultati prodotti da tre simulazioni modellistiche condotte da CESI nell'ambito della Ricerca di Sistema del Settore Elettrico (Progetto SCENARI, www.ricercadisistema.it), finanziata dal decreto MICA, ora MAP, 28/02/03 e precedenti. Lo studio ha fatto ricorso all'applicazione del modello meteorologico prognostico RAMS e del modello di chimica e trasporto CAMx. Tali codici di calcolo rappresentano lo stato più avanzato dell'attuale panorama modellistico per la ricostruzione dei processi chimici e di trasporto presenti in atmosfera relativi allo smog fotochimico (tra cui l'inquinante di maggior interesse è l'ozono) ed al particolato primario e secondario.

Le simulazioni modellistiche annuali hanno riprodotto i seguenti scenari:

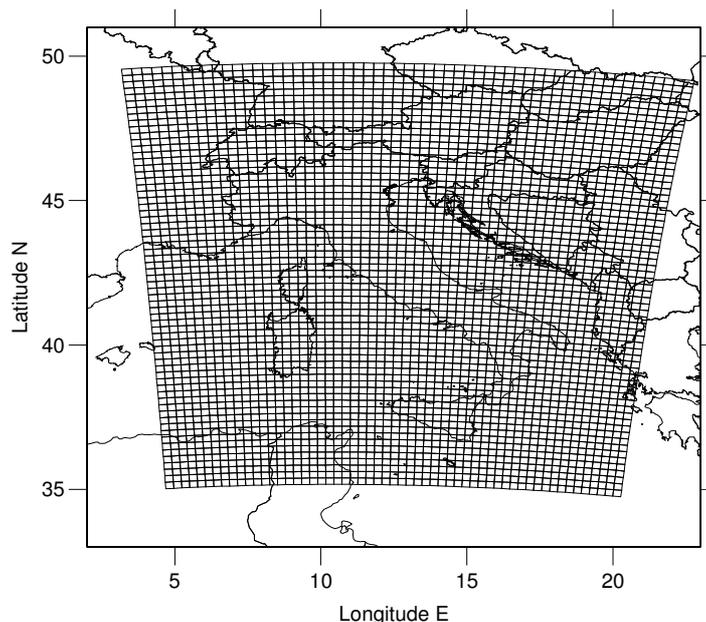
4. **Caso Base:** ricostruzione della qualità dell'aria per l'anno meteorologico 1999;
5. **Caso Noel:** ricostruzione in assenza delle emissioni dell'intero settore elettrico;
6. **Caso Notr:** ricostruzione in assenza delle emissioni dell'intero settore dei trasporti (stradali, portuali e aeroportuali)

La metodologia ed i risultati relativi alla scala nazionale sono ampiamente descritte nei rapporti CESI reperibili all'indirizzo internet sopra indicato.

Alcune caratteristiche che rendono i risultati di tale lavoro idonei agli scopi del presente lavoro sono:

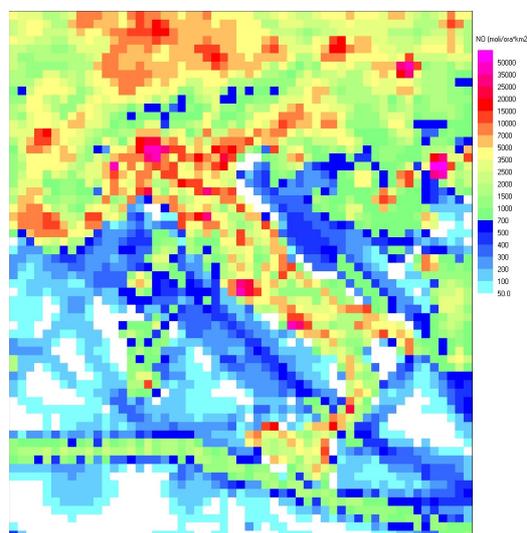
- Griglia di calcolo con risoluzione $25 \times 25 \text{ km}^2$ che copre l'intero territorio nazionale (Figura 2-I)
- Campi meteorologici per l'anno 1999 definiti con il modello meteorologico prognostico RAMS utilizzando i campi di analisi del centro europeo di Reading (ECMWF)
- Condizioni al contorno derivate dai campi su scala europea del modello CHIMERE
- Dati di emissione ricavati, con una procedura di disaggregazione spaziale e temporale, dall'inventario APAT2000 su base provinciale, integrati dai dati EPER per le altre nazioni presenti nel dominio di calcolo
- Modello di chimica e trasporto CAMx sviluppato da ENVIRON (<http://www.camx.com/>)

Figura 2-I Dominio Progetto Scenari.



L'input emissivo è stato fornito dal database *Inventario Nazionale delle Emissioni Comunali* redatto da CESI disaggregando a livello comunale *l'Inventario Provinciale APAT 2000*. A titolo d'esempio si riporta in Figura 2-II l'elaborazione su griglia di calcolo dell'emissione media giornaliera di monossido d'azoto del giorno 01 gennaio 1999, calcolata a partire dalle emissioni orarie fornite al modello.

Figura 2-II Emissione media giornaliera di NO del giorno 01 gennaio (moli/h*km²).



2.2 Valutazioni sull'area del Comune di Genova

La Tabella 2-I riporta il totale annuo delle emissioni per la Provincia di Genova. Il quadro emissivo descritto attribuisce al settore elettrico ed a quello dei trasporti le quote di emissioni provinciali riportate in Tabella 2-II. Gli impianti per la produzione di energia elettrica giocano un ruolo chiave in termini emissivi soprattutto per SO₂. Il settore dei trasporti è dominante nelle emissioni di CO. Per i restanti inquinanti il ruolo dei comparti risulta essere sostanzialmente comparabile e con quote significative. In particolare, per il particolato primario (quello ovvero emesso direttamente dalle sorgenti) a livello provinciale i due settori pesano rispettivamente il 24% (energia) e 36% (trasporti).

Tabella 2-I Emissioni annue provinciali, anno 2000 (APAT).

Anno 2000	CO	COVNM	NO _x	PM	SO ₂
Provincia	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]
Genova	117 116.7	30 180.0	24 084.9	3 356.8	15 765.7

Tabella 2-II Provincia di Genova, percentuali delle emissioni per il settore energia e trasporti, anno 2000.

Settore	CO	COVNM	NO _x	PM	SO ₂
Energia	1%	1%	28%	24%	71%
Trasporti stradali	58%	41%	50%	29%	1%
Trasporti non stradali	11%	19%	12%	7%	12%

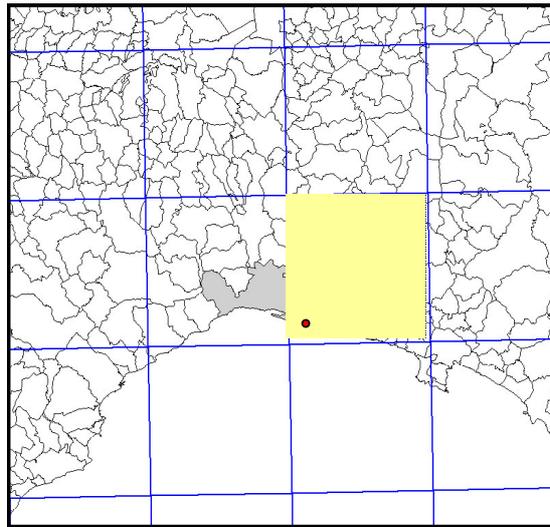
Tali valori risultano essere coerenti con quanto presentato da APAT nel terzo Rapporto "Qualità dell'ambiente urbano" edizione 2006. Secondo i dati presentati nella pubblicazione, relativi alle emissioni *del Comune di Genova per l'anno 2003*, al settore dei trasporti compete il 48% del PM, il 57% degli NO_x, il 12% di SO₂, il 51% dei VOC. Le quote attribuite all'intero settore industriale (non solo a quello energetico) sono rispettivamente pari a 43%, 33%, 86% e 17%.

Le percentuali riportate nella precedente Tabella 2-II quantificano anche le riduzioni delle emissioni a **livello provinciale** considerate negli scenari di spegnimento del settore elettrico nazionale e del settore nazionale dei trasporti.

I livelli d'inquinamento riportati nel seguito fanno riferimento alla cella di 25x25 km², evidenziata in Figura 2-III, contenente l'area urbana di Genova

Per quanto riguarda il contributo del settore elettrico sull'area identificata incidono oltre all'impianto di Genova, presente all'interno della cella, anche tutte le altre centrali del comparto elettrico nazionale.

Figura 2-III Cella del dominio Scenari estratta per il presente studio, in grigio il territorio comunale, in rosso l'ubicazione della CTE di Genova.



I grafici di Figura 2-V riportano le medie annue e le rispettive variazioni negli scenari rispetto al caso base.

Per il PM₁₀ si riportano i valori relativi alla somma della componente primaria e di quella secondaria. Se ne desume che il comparto elettrico, di cui la Centrale termoelettrica di Genova fa parte, (nella configurazione del 2000) ha un'incidenza sulla media annua stimabile attorno al 2% per il biossido d'azoto ed al 5% per il PM₁₀, a fronte del 77% e 44% (rispettivamente) imputabile al settore dei trasporti. Più significativo è il contributo degli impianti per il biossido di zolfo, che in termini di media annua raggiunge i 2 µg/m³ (21%).

In Figura 2-VI sono riportate le medesime informazioni relative alle concentrazioni massime orarie nell'anno. Anche in questo caso, il ruolo delle Centrali è significativo per i livelli di biossido di zolfo, ma la presenza o meno di questi impianti non comporta variazioni sostanziali per i restanti inquinanti, come invece avviene per le emissioni dei trasporti.

Tali risultati evidenziano l'importanza della differente tipologia d'emissione: in ambito locale una medesima emissione ha effetti notevolmente maggiori se emessa al suolo, anche se in forma "diffusa" sul territorio come le emissioni dei trasporti, rispetto quelli determinati da una convogliata in quota mediante camino (e quindi in forma estremamente localizzata).

Figura 2-V Concentrazioni medie annue e loro variazione percentuale rispetto al caso base per i differenti scenari emissivi.

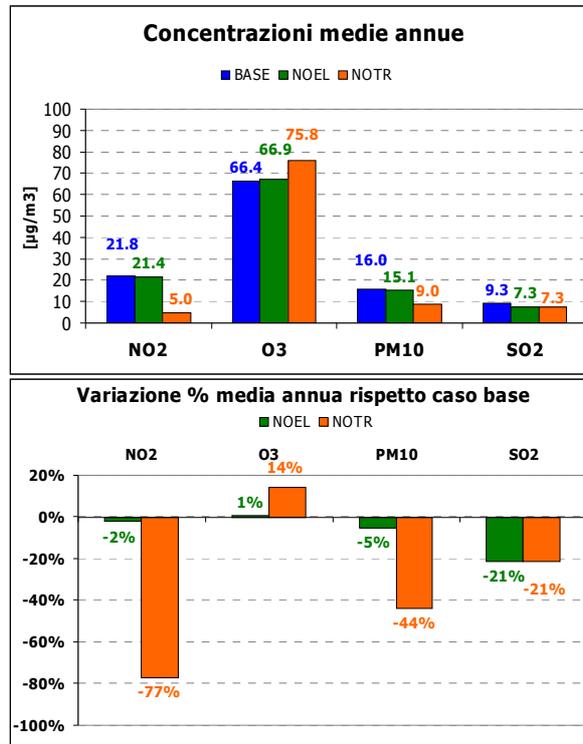
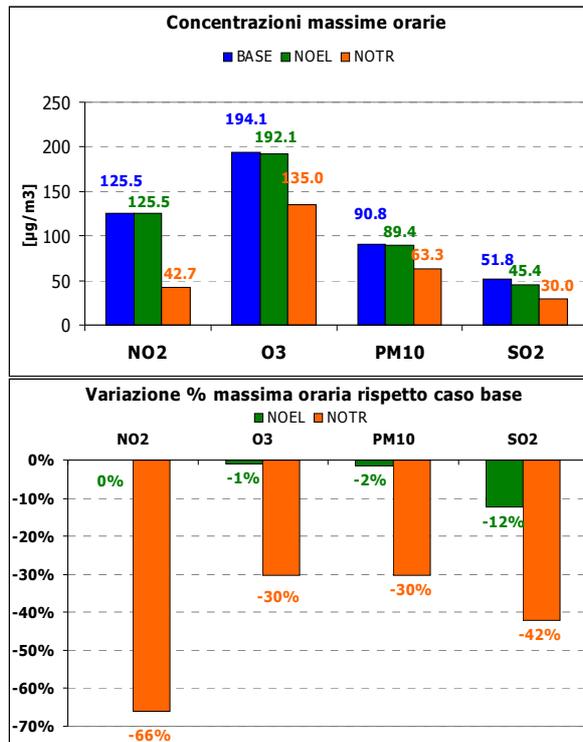


Figura 2-VI Concentrazioni massime orarie e loro variazione percentuale rispetto al caso base per i differenti scenari emissivi.



2.3 Contributo dei settori Energia e Traffico al particolato secondario

Considerando in particolare il particolato atmosferico fine, si possono fare considerazioni approfondite sul rapporto tra particolato primario (PPM) e secondario (SPM) oltre che valutarne la composizione in termini di solfati, nitrati, ammonio e particolato secondario organico (SOA).

Per tutti e tre gli scenari, la concentrazione media annua di PM₁₀ risulta essere composta per circa il 74% dalla frazione secondaria (SPM).

La Tabella 2-III riporta, per le tre simulazioni condotte, la concentrazione media annua del particolato secondario (SPM) e la sua ripartizione in solfati, nitrati, ammonio e particolato secondario organico (SOA) così come stimata dal modello di chimica e trasporto.

Tabella 2-III Composizione della media annua del particolato secondario (SPM) nelle tre simulazioni.

	NH ₄	NO ₃	SO ₄	SOA	SPM
Caso	[µg/m ³]				
BASE	2.71	5.69	2.94	0.52	11.87
NOEL	2.53	5.65	2.45	0.51	11.14
NOTR	1.51	2.27	2.39	0.35	6.53

Dalle differenze nelle medie annue, ottenute nei tre casi, è possibile stimare che alle emissioni gassose del settore elettrico sia riconducibile un contributo di circa il 6% (0.73 µg/m³ su 11.87 µg/m³) del particolato secondario complessivo. In maniera analoga, è possibile attribuire alle emissioni gassose del settore dei trasporti una quota pari al 45% (5.33 µg/m³ su 11.87 µg/m³).

Come si può osservare dalle variazioni delle frazioni del particolato secondario riportate in Figura 2-VII, tale differenza risiede in primo luogo nella minore produzione di nitrati (e conseguentemente dell'ammonio ad essi legato) nel caso di assenza delle emissioni di ossidi d'azoto dal settore dei trasporti. La variazione dei solfati è invece sostanzialmente analoga per i due scenari, mentre maggiore è l'influenza del settore dei trasporti sul particolato secondario organico. Il risultato relativo ai solfati è indicativo dell'importanza della differente tipologia delle sorgenti di biossido di zolfo. Benché nel 2000 il settore elettrico abbia emesso una massa notevolmente superiore di SO₂ rispetto al settore dei trasporti (attività navale inclusa), l'effetto delle emissioni dei due settori, in termini di produzione di solfati nell'area considerata, è sostanzialmente paragonabile, a seguito dell'emissione in quota dei fumi di combustione della centrale elettrica. E' opportuno sottolineare che, allo stato attuale delle conoscenze scientifiche, la ricostruzione modellistica della produzione di particolato secondario organico (SOA) è quella che presenta le maggiori criticità ed incertezze. I confronti con i dati sperimentali sembrano indicare una sistematica sottostima di tale componente nelle ricostruzioni modellistiche il cui miglioramento rappresenta la frontiera della ricerca scientifica in tale ambito.

La Figura 2-VIII presenta la ripartizione percentuale della media annua del particolato secondario nelle quattro frazioni considerate. Il sistema modellistico stima i nitrati quale frazione dominante, con quasi la metà del contributo, seguito da solfati e ammonio (circa un quarto per frazione) e, infine il SOA con un contributo di pochi punti percentuali.

In Figura 2-IX sono riportate le ripartizioni percentuali tra le diverse specie costituenti il particolato secondario generatosi in atmosfera a seguito dell'introduzione delle emissioni gassose del settore elettrico (in alto) e del settore dei trasporti (in basso). Il primo è dominato dalla componente dei solfati, il secondo da quella dei nitrati.

Infine, si osserva che i risultati presentati nel presente paragrafo consentono di evincere il notevole contributo esogeno del particolato secondario presente nel sito. Anche sommando algebricamente (ovvero trascurando le non linearità dei fenomeni oggetti di studio) le riduzioni indotte dallo spegnimento dei settori analizzati, che globalmente rappresentano il 90% delle emissioni di NO_x, lo

83% delle emissioni di SO₂, il 61% delle emissioni di VOC, la concentrazione media annua del particolato secondario si ridurrebbe del 51% del caso base. La metà della concentrazione media del particolato secondario calcolato nella cella di 25x25 km² è quindi in parte trasportata da ambiti esterni ad essa, ed in parte prodotta in loco dalla trasformazione di precursori gassosi emessi nelle regioni esterne alla cella stessa.

Figura 2-VII Concentrazioni medie annue delle frazioni secondarie del particolato e loro variazione percentuale rispetto al caso base per i differenti scenari emissivi.

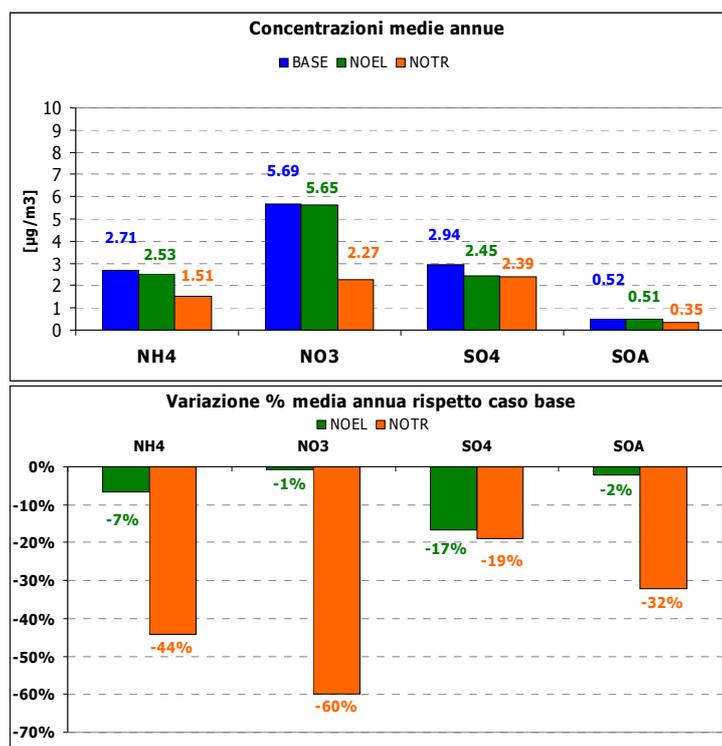
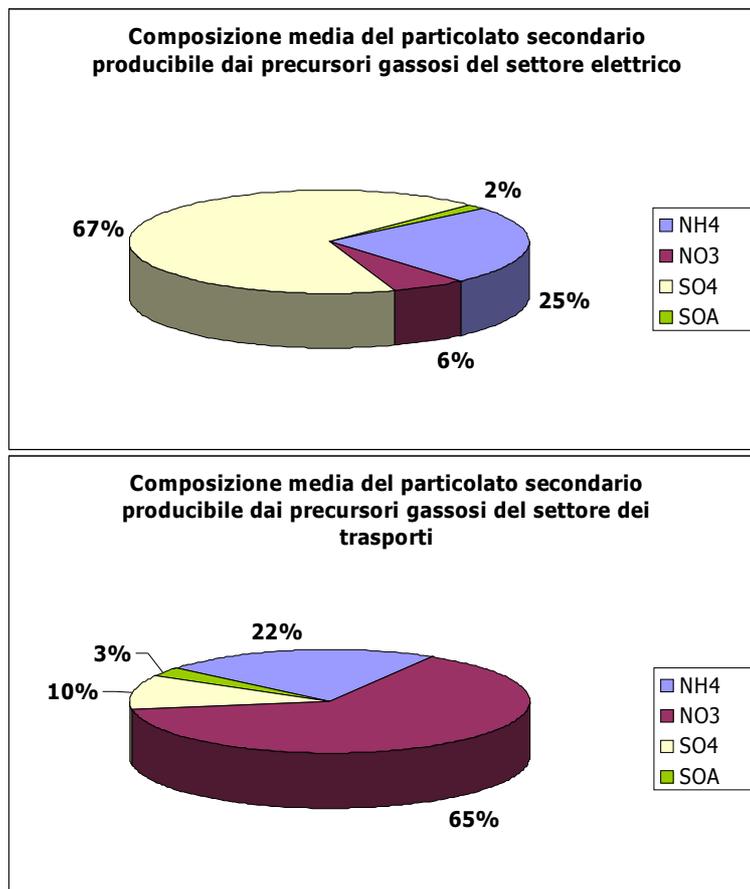


Figura 2-VIII Composizione media del particolato secondario per il caso base 1999.



Figura 2-IX Composizione media del particolato secondario producibile dalle emissioni gassose dei settori energia e trasporti.



3 CONCLUSIONI

Per alcuni inquinanti, detti secondari, la complessità della relazione che intercorre tra emissione ed immissione non si ferma a fenomeni di trasporto e dispersione, ma è ulteriormente complicata dai processi di trasformazione e di produzione che occorrono in atmosfera.

Come concordato con ENEL il Centro elettrotecnico sperimentale Italiano (CESI), utilizzando i risultati del Progetto di Ricerca di Sistema SCENARI, ha provveduto ad effettuare una valutazione dell'incidenza del settore elettrico nel comprensorio ligure della città di Genova, in cui l'operatore elettrico è presente con la centrale termoelettrica di Genova. Il quadro delle emissioni presenti sul territorio evidenzia come, a fronte di un significativo contributo della centrale per SO₂, NO_x e PM₁₀ primario, esistono altre categorie di sorgenti che contribuiscono in maniera rilevante alla emissione in atmosfera di inquinanti, soprattutto per CO, NO_x e PM₁₀.

L'analisi dei risultati delle simulazioni modellistiche a scala nazionale indica che, nella zona di Genova, le emissioni delle centrali termoelettriche concorrono allo stato di qualità dell'aria, espresso in termini di media annua e sotto ipotesi cautelative, per circa il 21% per SO₂, per il 2% per il NO₂ e per il 5% per il PM₁₀ (considerando sia la frazione primaria sia quella secondaria).

L'analisi del contributo al particolato secondario di Nitrati, Solfati, Ammonio e Composti organici evidenzia rispettivamente un contributo pari al 1%, al 17%, al 7% e al 2%.