

**Valutazione della dislocazione delle stazioni di misura ENEL rispetto alla ricaduta delle sostanze inquinanti emesse dalla centrale termoelettrica di TorValdaliga Nord (ENEL)**

**MATRICE DELLE REVISIONI**

<b>Rev.</b>	<b>OGGETTO</b>
0	Prima emissione

**COPIA CONTROLLATA N° :** \_\_\_\_\_  
**CONSEGNATA A :** \_\_\_\_\_

<b>REDAZIONE</b>	<b>VERIFICA</b>	<b>APPROVAZIONE</b>	<b>EMISSIONE</b>
<i>Roberto Sozzi</i>	<i>Resp. Divisione Atmosfera e Impianti</i>	<i>Resp. Divisione Atmosfera e Impianti</i>	<i>Resp. Divisione Atmosfera e Impianti</i>

**INDICE**

<b>1</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Riferimenti normativi .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Quadro conoscitivo .....</b>	<b>6</b>
3.1	Rete di monitoraggio della qualità dell'aria .....	7
<b>4</b>	<b>Caratteristiche principali della centrale termoelettrica TVN-Enel .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Simulazione modellistica .....</b>	<b>8</b>
5.1	Campi meteorologici utilizzati per la simulazione .....	8
5.2	Emissioni utilizzate per la simulazione .....	10
5.3	Risultati della simulazione modellistica .....	12
<b>6</b>	<b>Analisi dell'ubicazione delle postazioni di misura della rete ENEL.....</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>La rete ENEL e le altre sorgenti emittenti della zona.....</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>La rete ENEL e la rete regionale della qualità dell'aria .....</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>Considerazioni conclusive .....</b>	<b>21</b>

## 1 Premessa

Nel presente documento si intende valutare la correttezza dell'ubicazione delle 11 stazioni di misura che costituiscono il nucleo originario della rete di monitoraggio della qualità dell'aria dell'area di Civitavecchia (e comuni limitrofi), dedicate alla sorveglianza delle ricadute delle sostanze inquinanti emesse dalla centrale termoelettrica ENEL di TorValdaliga Nord (TVN).

La valutazione che si è inteso realizzare, verte sulla verifica dell'idoneità di tale rete a monitorare l'impatto della centrale ENEL sulla qualità dell'aria nelle aree abitate della zona, in ultima analisi verte, quindi, sulla correttezza della macrolocalizzazione delle 11 postazioni in oggetto.

Per realizzare tale analisi, è stato indispensabile individuare le aree di massima ricaduta degli inquinanti sia come medie annuali sia come valori massimi e l'unico strumento possibile per raggiungere questo obiettivo, in sintonia con quanto prescritto nel D.M. 261/2002, è risultato essere l'impiego di un modello numerico di simulazione della dispersione degli inquinanti in aria di adeguata complessità, viste le complesse caratteristiche del sito in esame, costituito dall'associazione di un'area costiera a rilievi montuosi e ad un centro abitato (il comune di Civitavecchia) di dimensioni ragguardevoli. Sempre facendo riferimento al citato Decreto, lo strumento modellistico impiegato da Arpa Lazio è stato il Modello Lagrangiano a particelle SPRAY (parte del sistema modellistico di cui dispone l'Agenzia), inserito nell'elenco dei modelli segnalati dal rapporto *"Modelli ad integrazione delle reti per la gestione della qualità dell'aria"* (Rapporto Istituto Superiore della Sanità, 1993/36 ISSN 0391-1675) che il citato Decreto indica come strumento di possibile riferimento per la scelta di uno strumento modellistico. La descrizione del codice SPRAY è contenuta nel database internazionale *"Model Documentation System (MDS)"*, costruito e gestito dall'European Topic Centre on Air Quality dell'European Environmental Agency.

Impiegando tale modello, alimentato con i campi tridimensionali meteorologici e di turbolenza ottenuti impiegando opportuni sistemi di ricostruzione meteorologica, è stato possibile stimare la distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione dei vari inquinanti nell'area interessata dall'impianto termoelettrico TVN sia in termini di valore medio annuale che di valori massimi annuali per evidenziare eventuali criticità dovute, rispettivamente, ad eventi di inquinamento atmosferico prolungati nel tempo e a fenomeni acuti anche di breve durata. Ciò ha condotto ad individuare due tipiche distribuzioni spaziali di inquinamento, una rappresentativa della media annua ed un'altra rappresentativa degli eventi di maggiore criticità, che, confrontate con la dislocazione delle postazioni di misura della rete ENEL, ha consentito di verificare se tale rete risultava appropriata a monitorare il funzionamento di TVN.

*Come si vedrà nel seguito, anticipando le conclusioni della verifica, ciò che evince è un giudizio sostanzialmente positivo.*

## 2 Riferimenti normativi

I riferimenti normativi nazionali relativi all'ubicazione dei punti di misura fissi di una rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria si riconducono ai dispositivi legislativi seguenti:

- **D.M. 60/2002, Allegato VIII:** per il monitoraggio di biossido di azoto, il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, il PM10, il piombo, il benzene ed il monossido di carbonio.
- **D.Lgs. 183/2004, Allegato IV:** per il monitoraggio dell'ozono

Oltre ad essi andrebbe citato il D.Lgs. 152/2007, Allegato III in cui sono presentati analoghi criteri per il monitoraggio di arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici (IPA), anche se tali sostanze inquinanti non possono essere monitorate con analizzatori in continuo.

Per quanto riguarda quanto previsto dal D.M.60/2002 (che si riferisce alla maggior parte delle sostanze inquinanti monitorate in continuo), i criteri enunciati si suddividono in:

- criteri per l'ubicazione a macroscale: cioè criteri da adottarsi nella scelta della localizzazione geografica dei singoli punti di misura;
- criteri per l'ubicazione a microscale, cioè criteri da adottarsi per localizzare nella centraline le linee di prelievo e, nel solo caso di postazioni da traffico, per le distanze che devono intercorrere tra i punti di misura e le arterie stradali.

Come si può vedere dalla lettura della norma in oggetto, i criteri di ubicazione a macroscale più che criteri sono consigli di buona pratica, visto che: *"I punti di campionamento destinati alla protezione della salute umana dovrebbero essere ubicati... omissis..."*. Comunque essi possono essere riassunti nell'affermazione seguente:

i punti di misura devono essere collocati in punti del territorio tali da poter ricostruire con la maggior realistica possibile, attraverso le loro misure, la distribuzione nello spazio e nel tempo dei vari inquinanti di interesse.

Per quanto riguarda i criteri di ubicazione a microscale (da applicare .. *nella misura sia tecnicamente fattibile* .. omissis), essi si applicano alla disposizione delle linee di prelievo e sono normalmente rispettati dai gestori delle centraline di monitoraggio. Dall'ispezione a campione effettuata, le centraline della rete ENEL di sorveglianza della centrale TVN (le 11 postazioni originarie, collocate a sorveglianza dell'attività di TVN) rispettano i criteri a microscale per gli inquinanti cui si riferisce il DM 60/2002. Da una verifica diretta di Arpa Lazio, invece, le 3 postazioni aggiunte alla rete per intervento del comune di Civitavecchia (di cui non ci occuperà in questo studio), se considerate da traffico, non rispettano alcuni dei requisiti di ubicazione a microscale.

La logica non cambia se si considerano i criteri richiesti dal D.Lgs. 183/2004 per il monitoraggio dell'ozono e richiesti dal D.Lgs.152/2007 per il monitoraggio di IPA e metalli pesanti, anche se tali criteri sono espressi in maniera differente.

In sintesi si può affermare che:

- i criteri di macrolocalizzazione (oggetto della presente nota) danno una serie di indicazioni per l'individuazione della posizione geografica dei punti di monitoraggio di una rete della qualità dell'aria,

- tali criteri sono relativamente generici e volti a ricostruire con la maggior realistica possibile, attraverso le loro misure, la distribuzione nello spazio e nel tempo dei vari inquinanti di interesse
- la genericità di tali criteri non consente di individuare una metodologia univoca da rispettare nell'individuazione di tali punti.

Oltre a ciò, le disposizioni legislative citate si riferiscono ad una *rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria* e non ad una *rete dedicata alla sorveglianza di una specifica attività produttiva*. Una tale rete non è prevista dalla normativa attuale ed è questa la ragione per cui si auspica un transito rapido (diretto o indiretto) della rete ENEL nel sistema di monitoraggio regionale in modo tale che la norma possa essere applicabile esplicitamente e senza ambiguità. Allo stato attuale, i dispositivi normativi vigenti non possono essere applicabili alla rete ENEL ed i criteri citati possono essere impiegati solo in maniera impropria, non vincolante ed indicativa.

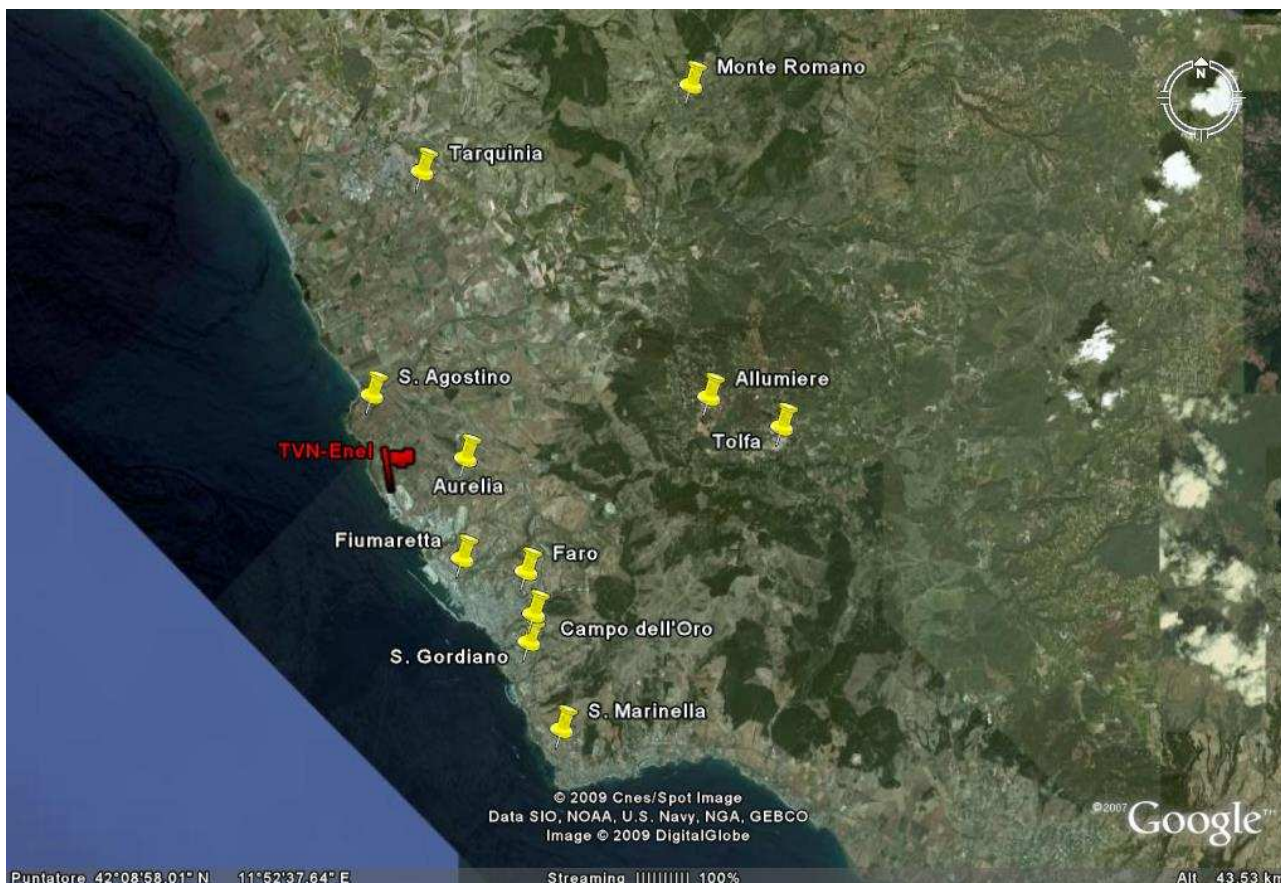
L'unico vero criterio che ci pare di poter adottare per analizzare la rete ENEL è quello di verificare se la disposizione dei punti di misura sia in grado o meno di evidenziare le ripercussioni della centrale termoelettrica di TVN sulla qualità dell'aria nelle zone in cui vive e lavora la popolazione del circondario, seguendo le indicazioni relative alla *salvaguardia della salute pubblica* contenute in tutta la normativa citata. Si sottolinea che la presenza della popolazione è la discriminante essenziale nel giudizio. Nel caso tale criterio non venisse soddisfatto, si evidenzerebbe una situazione per cui i punti di misura della rete sarebbero stati localizzati coscientemente in punti insensibili all'impatto della centrale, con evidente dolo, perseguito dalla normale normativa in vigore (indipendentemente da quella specifica per la qualità dell'aria). *Anticipando i risultati ottenuti, si può affermare con elevato grado di confidenza che la rete ENEL originaria (quella composta dalle 11 postazioni di misura originarie) è stata collocata sul territorio in maniera rispettosa del criterio sopra esposto.*

Per quanto riguarda le 3 postazioni aggiuntive (di cui una attualmente non collocata) è già stato documentato da parte di Arpa Lazio la non rispondenza ad alcuni dei criteri di microlocalizzazione. Tale giudizio partiva dal presupposto che tali centraline avessero le caratteristiche di centraline da traffico anche se, a rigore, una tale attribuzione potrebbe essere fatta solo per centraline appartenenti alla rete regionale. Di fatto, esse non sarebbero vincolate ad alcun criterio specifico, vista la loro estraneità alla rete regionale. Ciò che, però, non è corretto è il loro utilizzo per stabilire lo stato di qualità dell'aria del territorio su cui insistono fatta dall'Osservatorio Ambientale di Civitavecchia, cosa che è di esclusiva pertinenza della rete regionale della qualità dell'aria. La loro formale appartenenza alla rete di Civitavecchia ne fa quindi un *ibrido* difficile da giudicare e a cui non è possibile applicare criteri specifici. Anche per questo si auspica che la rete ENEL di Civitavecchia, nella sua interezza, confluisca direttamente o indirettamente nella rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria in modo da poter applicare con certezza i criteri previsti dalla normativa vigente ed eventualmente procedere ad una sua riquilificazione soprattutto per le postazioni cittadine.

Qui di seguito il criterio di verifica adottato è quello sopra riportato, cioè la verifica della capacità della rete a sorvegliare l'impatto diretto di TVN sulla qualità dell'aria caratteristica delle zone del territorio abitate.

### 3 Quadro conoscitivo

Per completezza, nei paragrafi seguenti sono riportate le caratteristiche principali della rete di monitoraggio ENEL (qui e di seguito si farà riferimento solo alla rete originaria composta dalle 11 postazioni di misura) impegnata nell'area di Civitavecchia e zone limitrofe e dell'impianto termoelettrico TVN-ENEL. Nella *Figura 1* sono indicate le localizzazioni di tali centraline e dell'impianto termoelettrico in oggetto.



*Figura 1: localizzazione delle postazioni di misura della rete ENEL e della centrale TVN-ENEL*

### 3.1 Rete di monitoraggio della qualità dell'aria

La rete di monitoraggio di qualità dell'aria finalizzata al monitoraggio di TVN è costituita da 11 stazioni di misura con la dotazione strumentale come da tabella seguente

Stazioni	X(UTM32)	Y(UTM32)	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	PM <sub>2.5</sub>	O <sub>3</sub>
Aurelia	730375	4669000	*	*	*	*	
S. Agostino	726625	4671350	*	*	*		*
Fiumaretta	730375	4665075	*	*	*		
Faro	732900	4664650	*	*	*	*	
Campo dell'Oro	733250	4663000	*	*	*		
S. Gordiano	733100	4661900	*	*	*		
Allumiere	739850	4671700	*	*	*	*	*
Tolfa	742750	4670625	*	*	*		
S. Marinella	734490	4658525	*	*	*		
Tarquinia	728310	4680150	*	*	*		
M. Romano	738750	4683875	*	*	*		

Tabella 1 – localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni di misura della rete di monitoraggio in prossimità della centrale TVN.

## 4 Caratteristiche principali della centrale termoelettrica TVN-Enel

Ai fini della simulazione modellistica effettuata rivestono particolare importanza le caratteristiche sia fisiche che geometriche dei punti di emissione dell'impianto. Tali parametri, riportati in Tab.2) sono stati considerati nell'ipotesi di funzionamento a regime della centrale per modellizzare l'effettiva distribuzione spaziale dai livelli di concentrazione al suolo delle sostanze inquinanti emesse.

Impianto	X (UTM32)	Y(UTM32)	Altezza camino (m)	Temperatura gas (K)	Diametro ciminiera (m)	Velocità di uscita fumi (m/s)
TVN-Enel	728042	4669710	250	383	5.7	16

Tabella 2 - Caratteristiche medie di un generico punto di emissione della centrale TVN-ENEL

## 5 Simulazione modellistica

La simulazione modellistica è stata effettuata col modello lagrangiano a particelle SPRAY, sviluppato da ARIANET, che ha fornito la distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione delle sostanze inquinanti emesse *unicamente* dalla centrale termoelettrica TVN-ENEL. A tal fine, per una corretta valutazione dell'influenza sulle concentrazioni al suolo dovute all'emissione di tali sostanze, l'area oggetto della simulazione è stata considerata priva di qualsiasi sorgente emissiva eccezion fatta per l'impianto termoelettrico TVN-ENEL. Qui di seguito è riportato il dominio di calcolo, cioè la zona interessata dalla simulazione (con una risoluzione spaziale di 4 km) inizialmente considerato per la simulazione.

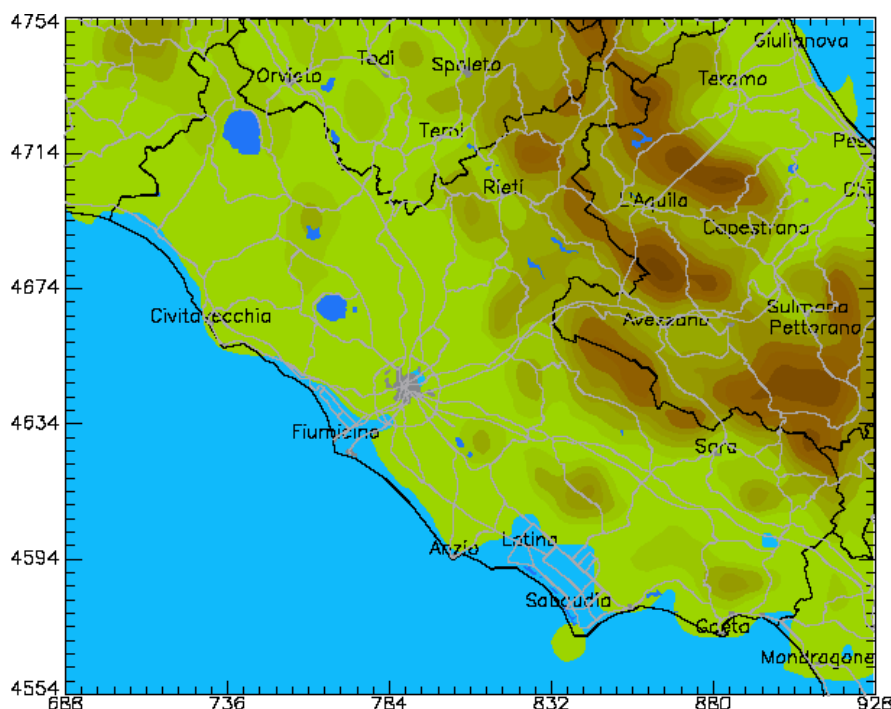


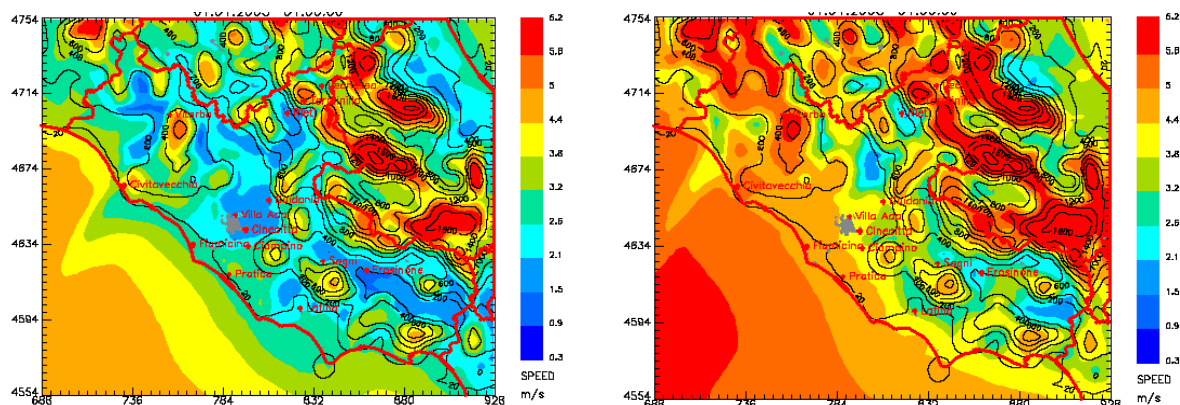
Figura 2 – dominio di calcolo utilizzato per la simulazione

### 5.1 Campi meteorologici utilizzati per la simulazione

Il modello di simulazione della dispersione degli inquinanti in aria adottato è di tipo tridimensionale e non stazionario e quindi, per il suo funzionamento, necessita della conoscenza oraria della distribuzione spaziale (sia orizzontale che verticale) dei vari campi meteorologici (le tre componenti del vento, la temperatura) e della turbolenza caratteristica della parte bassa dell'atmosfera (deviazioni standard delle componenti del vento, ecc.). Tali informazioni non possono essere misurate direttamente da stazioni meteorologiche convenzionali e richiedono una ricostruzione numerica con adeguati modelli meteorologici. Per realizzare in tempi ragionevolmente brevi la simulazione senza, però, perdere in realistica, tali campi meteorologici e micrometeorologici, utilizzati nella simulazione modellistica, derivano dal sistema di analisi RAMS/ISAN (per i dettagli si rimanda all'*Allegato A*), che realizza un *downscaling* delle ricostruzioni effettuate su tutto il territorio nazionale da parte del Ministero dell'Ambiente nel progetto MINNI relative all'anno 2005. La scelta dell'anno 2005, motivata in questo studio dalla



necessità di realizzare le simulazioni in tempi relativamente brevi, non è penalizzante per le ricostruzioni visto il carattere climatologico dello studio e la tipicità dell'anno considerato. Tale sistema, qui adottato, è in grado di ricostruire i campi meteorologici e micrometeorologici tridimensionali orari in ogni punto della griglia del dominio di calcolo utilizzato. A titolo di esempio, in *Fig 3* è riportata la distribuzione spaziale media annua del campo di velocità del vento e della temperatura in prossimità del suolo ( $z = 10m$ ) ed in prossimità della quota camino ( $z = 200m$ ).



*Figura 3 – campi di vento a 10m (a sinistra) ed alla quota di 200m (a destra)*

Come si nota, entrambi i campi (cioè le distribuzioni spaziali) evidenziano una notevole variabilità spaziale, causata soprattutto dalla presenza dei rilievi orografici della zona, dalla presenza del mare e della linea di costa e dalle diverse destinazioni d'uso del suolo. Inoltre, da queste figure emerge, come ci si aspetta, che la velocità media annua rilevata in quota (figura a destra) è superiore all'intensità del vento in prossimità della superficie (figura a sinistra). La complessità che si evince da queste illustrazioni conferma l'opportunità e la necessità di adottare nelle simulazioni della dispersione degli inquinanti in aria un modello, come SPRAY, capace di tener conto realisticamente di tutto ciò. Per meglio comprendere l'elevato grado di complessità del flusso delle masse d'aria nella zona, in *Fig.4* sono riportate le linee di flusso del campo di vento (cioè le traiettorie percorse dalle diverse masse d'aria) rappresentative di una tipica situazione di stabilità atmosferica (figura a sinistra), tipica soprattutto delle situazioni notturne e/o nuvolose e/o di brezza di terra, ed una tipica situazione convettiva (figura a destra), tipica delle situazioni diurne, estive e soleggiate.

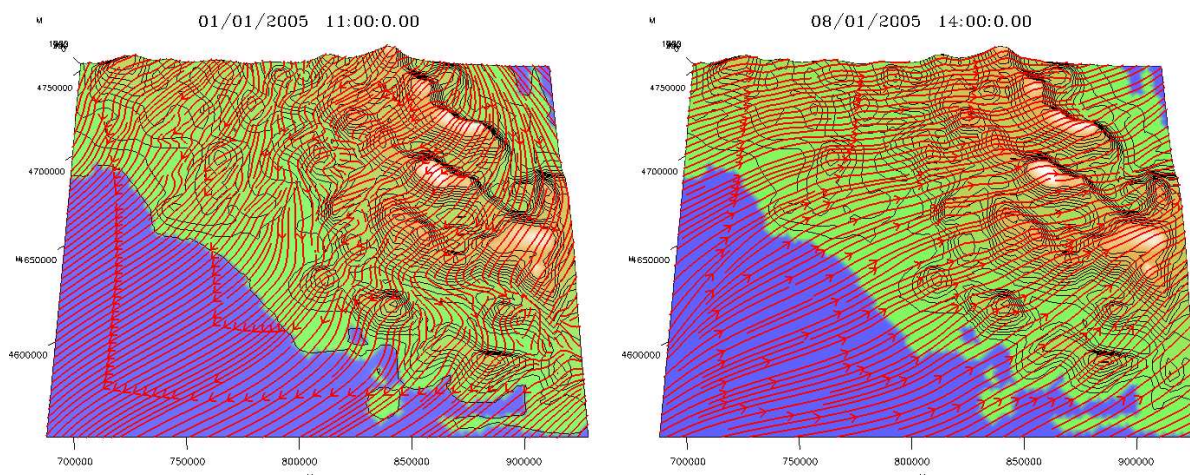


Figura 4 – linee di flusso in condizioni atmosferiche stabili (a sinistra) e instabili (a destra)

Le figure precedenti evidenziano come le linee di flusso varino in corrispondenza dei rilievi orografici e come si venga ad instaurare una diversa circolazione nelle due tipiche situazioni di stabilità atmosferica considerate. In particolare si evidenzia che nelle condizioni di instabilità atmosferica, cioè in situazioni diurne, estive e soleggiate, si venga ad instaurare un regime di circolazione di brezza marina tipica di queste situazioni meteorologiche.

## 5.2 Emissioni utilizzate per la simulazione

Per valutare la corretta distribuzione delle stazioni della rete di monitoraggio nell'area di Civitavecchia, la simulazione è stata eseguita considerando come unica sorgente emissiva l'impianto termoelettrico di TVN valutando, in prossimità del suolo, l'impatto delle sostanze inquinanti emesse sulle concentrazioni al suolo e la loro distribuzione spaziale, come richiesto dalla normativa vigente.

I parametri di riferimento utilizzati per la simulazione sono:

- la localizzazione della fonte di emissione (coordinate del camino e altezza delle emissioni)
- le caratteristiche di emissione dei fumi (velocità dei fumi, temperatura dei fumi e diametro della ciminiera)
- emissione annua dei vari inquinanti

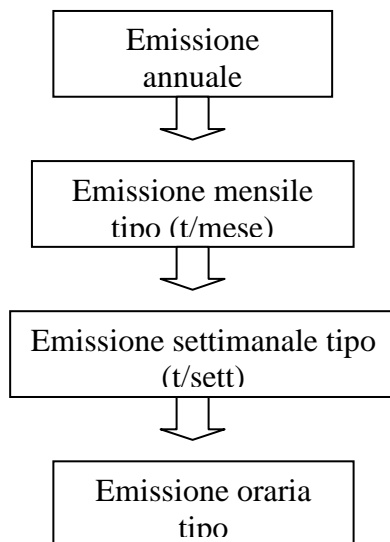
I valori adottati nello studio sono riportati qui di seguito

Impianto	X (UTM32)	Y (UTM32)	Altezza (m)	Temperatura (K)	Diametro (m)	Velocità di uscita dei fumi (m/s)	NO <sub>x</sub> (t/a)	SO <sub>x</sub> (t/a)	PM (t/a)
TVN (ENEL)	728042	4669710	250	383	5.7	16	4095	4095	615

Va subito detto che lo scopo del presente studio è quello di considerare l'impatto della sola TVN e, da questa ipotesi di calcolo, deriva che la *forma* della distribuzione spaziale della concentrazione dei vari inquinanti risulta la medesima (anche se i *valori assoluti* sono ovviamente differenti, ma in rigida proporzione gli uni con gli altri).

Il modello ricostruisce ora dopo ora la distribuzione spaziale della concentrazione dei vari inquinanti e quindi richiede la conoscenza dei *tassi di emissione orari* delle varie sostanze inquinanti. Pertanto, le emissioni note originariamente come emissioni annuali, hanno dovuto essere

*modulate* a livello orario per tutto il periodo su cui è effettuata la ricostruzione. Qui si è adottato uno schema consueto di modulazione illustrato nello schema a blocchi di *Fig. 5*.



*Figura 5: schema concettuale della modulazione oraria delle emissioni da TVN*

Per *modulare* il flusso di massa annuale della sorgente emissiva secondo lo schema concettuale di *Fig. 5*, sono state utilizzati dei coefficienti di proporzionalità (a livello mensile, giornaliero ed orario) tipici di impianti della stessa tipologia della centrale termoelettrica simulata in grado di tener conto del differente livello di operatività dell’impianto stesso durante un anno tipico. Negli istogrammi riportati in *Fig. 6* sono evidenziate le curve di modulazione impiegate nel presente studio.

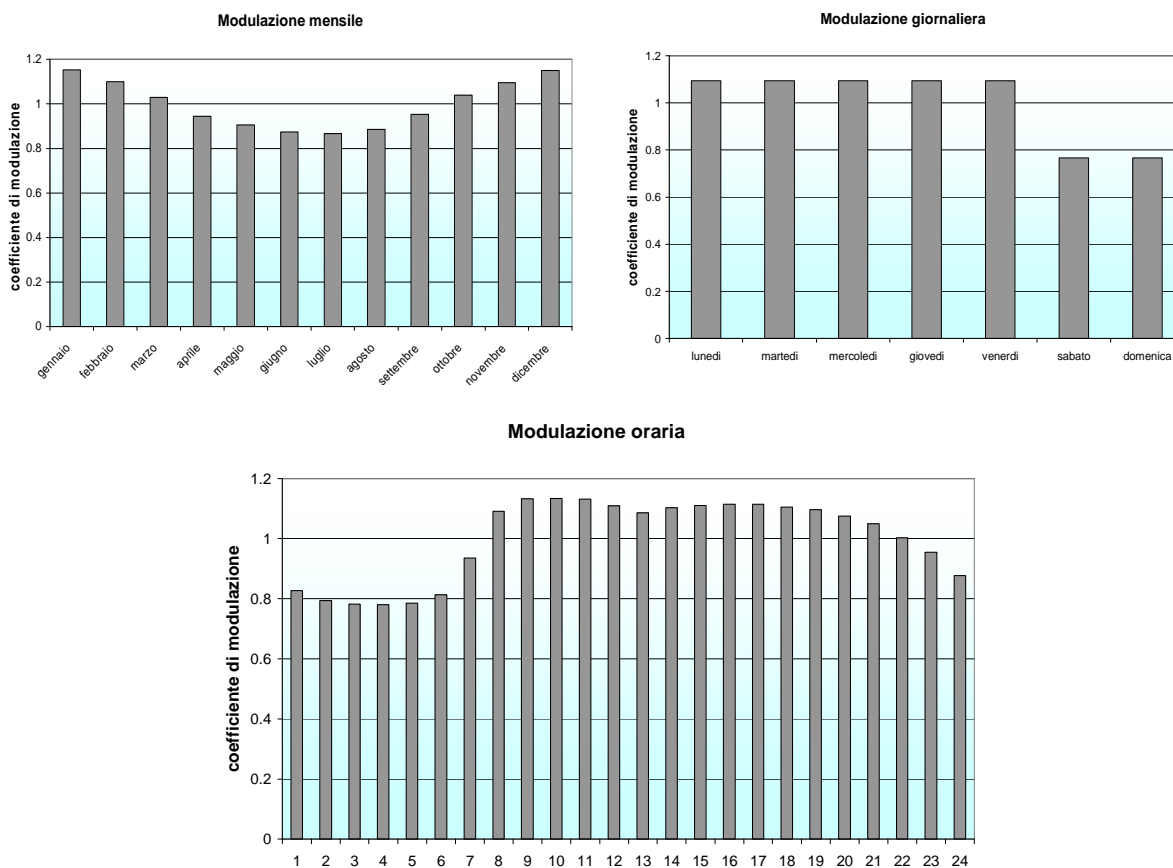


Figura 5 – curve di modulazione temporale utilizzate per la simulazione

Una volta noti i campi meteorologici medi e i campi che descrivono la turbolenza della parte bassa della troposfera (il *Planetary Boundary Layer, PBL*), le caratteristiche fisiche e geometriche della sorgente di emissione ed i tassi di emissione orari delle varie specie inquinanti emesse, l'impiego del modello SPRAY ha consentito di realizzare le simulazioni che costituiscono la base conoscitiva per realizzare la valutazione oggetto del presente studio.

**5.3 Risultati della simulazione modellistica**

Lo scopo della ricostruzione modellistica consiste nella determinazione delle aree di massimo impatto sui livelli di concentrazione al suolo delle emissioni dovute unicamente alla centrale termoelettrica TVN-ENEL. Pertanto l'impianto oggetto di studio è stato considerato come se fosse l'unica sorgente emissiva insistente sul territorio circostante.

Come detto, la simulazione modellistica è stata effettuata impiegando il modello lagrangiano a particelle SPRAY, di cui è riportata una sintetica descrizione delle caratteristiche fisiche nell'*Allegato B*.

Il dominio di calcolo, cioè l'area considerata nella simulazione, (riportato in *Fig. 7*), ricopre un'area di 1600 km<sup>2</sup> (40 km x 40 km) con una risoluzione orizzontale di 1 km, centrato intorno alla centrale termoelettrica.

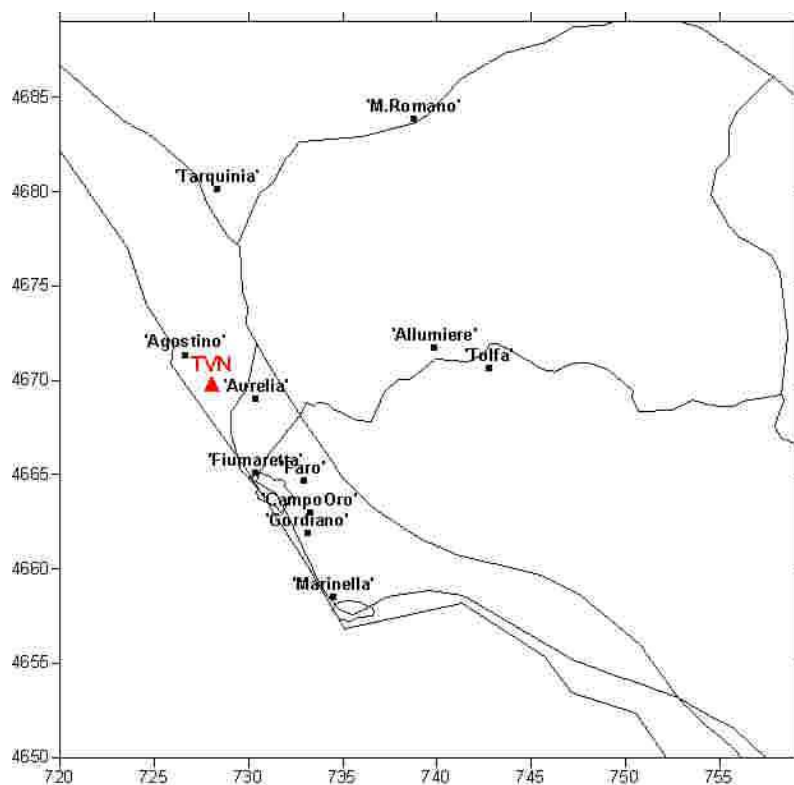
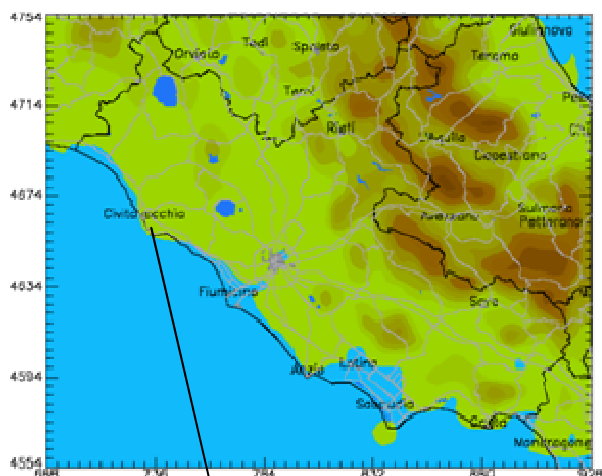


Figura 7 – domini di calcolo utilizzati per la simulazione

La sostanza inquinante presa come riferimento per la valutazione della distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione al suolo sono gli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ). Per quanto detto in precedenza, le emissioni orarie delle differenti specie emesse sono in stretta proporzione le une con le altre facendo sì che la *forma* del risultato ottenuto per una specie inquinante sia la medesima per le restanti (in particolare per il  $\text{PM}_{10}$ ).

La simulazione modellistica, come detto precedentemente, ha prodotto le distribuzioni spaziali orarie dei livelli di concentrazione al suolo di  $\text{NO}_x$ . Per poter utilizzare questi risultati è stato necessario definire degli indicatori in grado di sintetizzare le informazioni elementari ottenute,

consentendo di evidenziare le aree in cui erano maggiori gli impatti di TVN sia in termini di medie annue sia in termini di massimi annui.

A tale scopo, gli indicatori selezionati per la valutazione, in accordo alla normativa vigente, sono:

- il valor medio di periodo dei livelli di concentrazione al suolo stimati dal modello;
- il valore massimo di periodo dei livelli di concentrazione al suolo stimati dal modello.

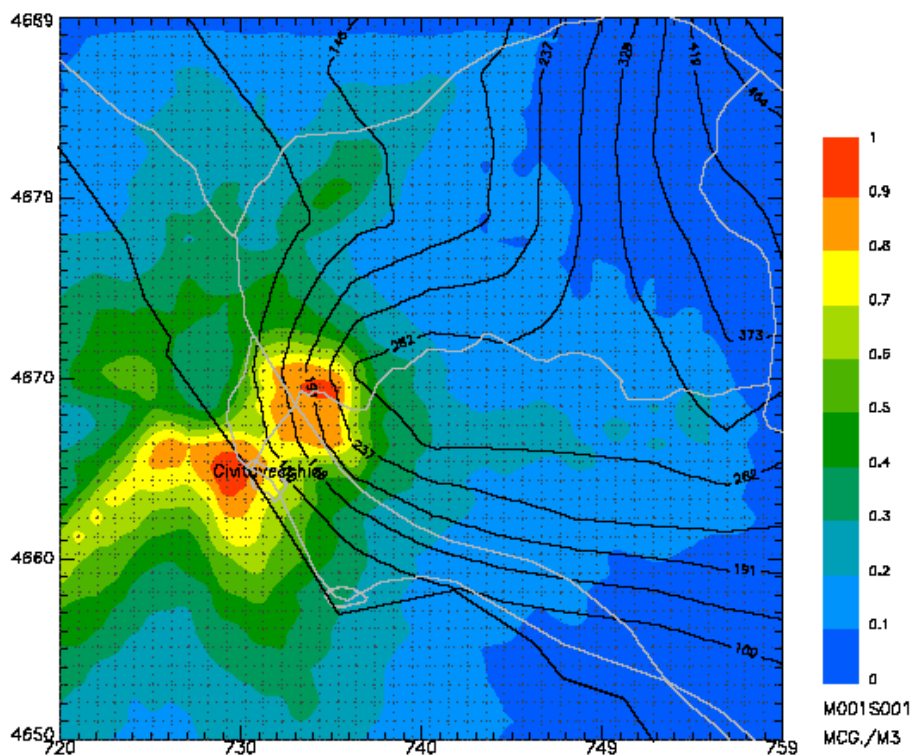
Gli indicatori sono stati calcolati per ogni punto della griglia del dominio di calcolo in modo da definirne la rispettiva distribuzione spaziale.

Per conservare le caratteristiche *stagionali* dei fenomeni coinvolti pur riducendo ad un livello accettabile la complessità della simulazione (e quindi i tempi di calcolo e di realizzazione del presente studio), il periodo preso come riferimento è relativo ai mesi gennaio e giugno in modo tale da considerare le caratteristiche tipiche, rispettivamente, del periodo invernale e del periodo estivo.

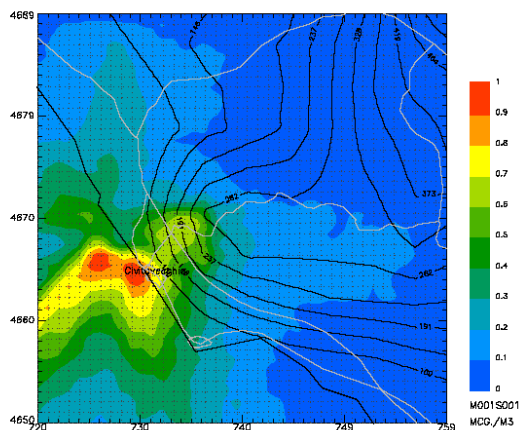
Poiché la finalità dello studio è l'individuazione delle aree di massima ricaduta al suolo delle sostanze inquinanti emesse dalla sorgente studiata (sia in termini di media annua che di massimi annui) e data la proporzionalità oraria delle emissioni (e quindi l'identità della *forma* della distribuzione spaziale delle differenti specie inquinanti), per una migliore comprensione dei risultati i livelli di concentrazione (media e massima annua) stimati dal modello sono stati normalizzati ad 1, in maniera tale da permettere il confronto tra gli indicatori selezionati.

In *Fig. 8* sono riportate le mappe dei livelli di concentrazione media normalizzata degli ossidi di azoto in prossimità del suolo ottenute dalla simulazione modellistica nel periodo di riferimento indicato nelle figure.

(a) NOx – media gennaio-giugno (normalizzata)



(b) NOx – media di gennaio (normalizzata)



(c) NOx – media di giugno (normalizzata)

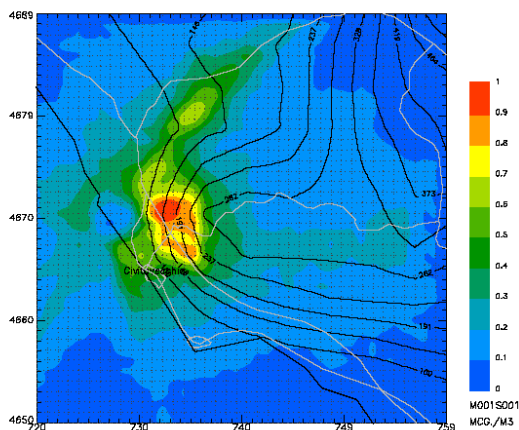
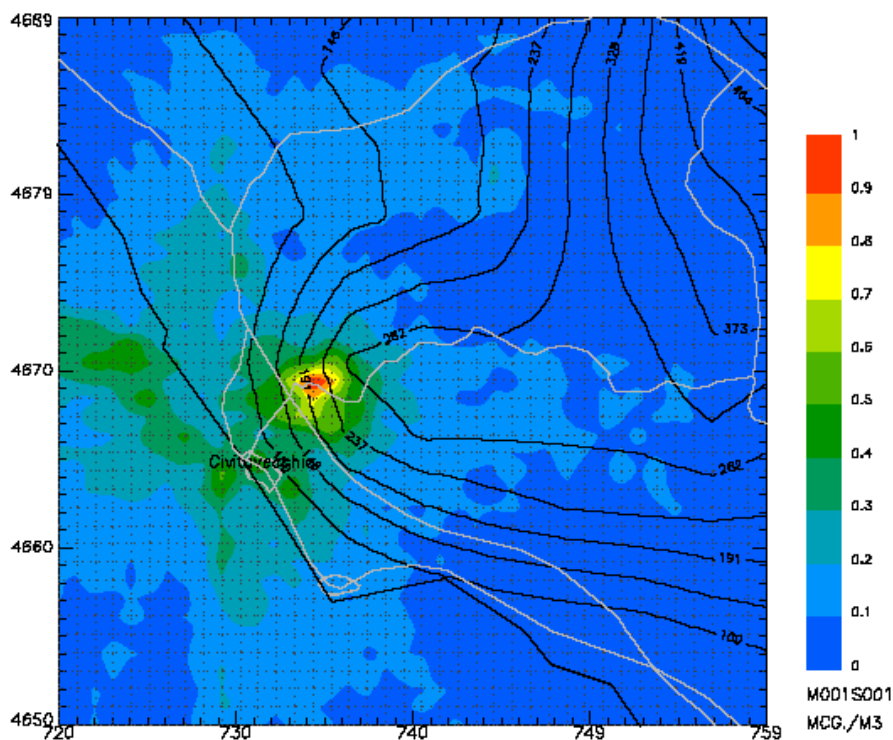


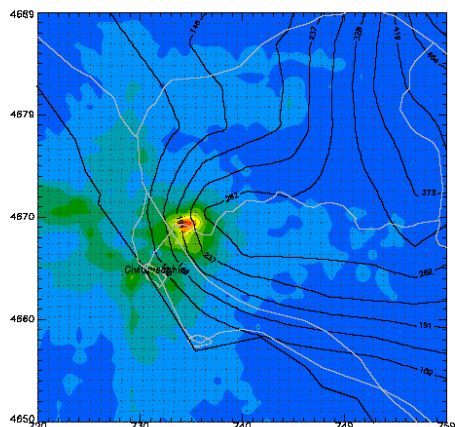
Figura 8 – Distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione media di NOx.  
 (a) – media dei mesi gennaio e giugno (rappresentativa della concentrazione annua)  
 (b) – media del mese di gennaio (rappresentativa della stagione invernale)  
 (c) – media del mese di giugno (rappresentativa della stagione estiva)

Nelle Figure 8 (a, b, c) è riportata la distribuzione spaziale della concentrazione di NO<sub>x</sub> mediata nei mesi gennaio-giugno (a), nel mese di gennaio (b) e nel mese di giugno (c) . La distribuzione riportata nella Figura 8(a) può essere considerata rappresentativa della situazione annuale poiché contiene le tipiche caratteristiche dei fenomeni meteorologici sia invernali che estivi.

*NOx – massimo gennaio-giugno (normalizzata)*



*NOx – massimo di gennaio (normalizzata)*



*NOx – massimo di giugno (normalizzata)*

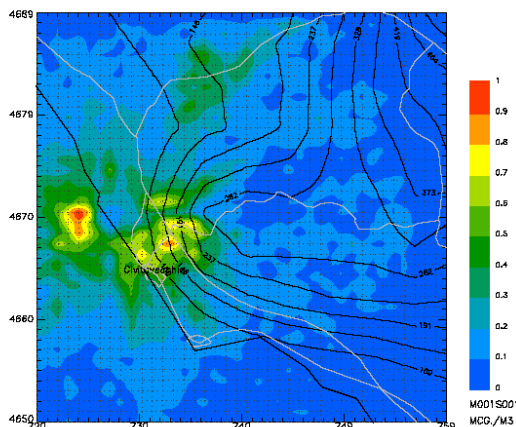


Figura 9 – Distribuzione spaziale dei livelli massimi di concentrazione di NO<sub>x</sub>.  
 (d) – massimo dei mesi gennaio e giugno (rappresentativa della concentrazione annua)  
 (e) – massimo del mese di gennaio (rappresentativa della stagione invernale)  
 (f) – massimo del mese di giugno (rappresentativa della stagione estiva)



Come risulta immediatamente evidente, si distinguono due diverse aree di massima ricaduta relative alla media annua, una localizzata in prossimità della costa ed una ad est della centrale termoelettrica. Dalle *Figure 8(b)* e *8(c)* emerge come la prima delle due aree, quella localizzata a ridosso della zona costiera, venga coinvolta durante il periodo invernale, mentre la seconda, localizzata nell'entroterra ma in zone lontane da centri abitati di rilievo, venga coinvolta durante il periodo estivo a causa di fenomeni di brezza marina tipici di questi mesi dell'anno in prossimità delle zone costiere.

La distribuzione dei picchi di concentrazione sia a livello annuale che nella stagione estiva ed invernale sono riportati in *Fig. 9*. Da queste mappe si nota come i picchi di concentrazione di maggiore entità siano localizzati nella zona ad ENE dell'area urbana di Civitavecchia sia durante il periodo invernale che durante il periodo estivo, anche se in misura diversa.

Da ultimo va sottolineato che le curve di livello presenti nelle *Fig. 8* e *9* rappresentano la schematizzazione dell'orografia presente nella zona considerata e risulta immediatamente evidente come la presenza di formazioni montuose (e del mare) condizioni profondamente il moto delle masse d'aria e quindi la distribuzione spaziale della concentrazione degli inquinanti.

Per concludere si ricorda che la distribuzione spaziale, ora per ora, dei diversi inquinanti è diversa (perché diverse sono le emissioni) ma per ogni punto del territorio la concentrazione dei diversi inquinanti presenta la stessa proporzionalità esistente nelle emissioni. Se le mappe dei valori medi annui e dei picchi relative a ciascun inquinante vengono normalizzate ad 1, si nota che le mappe delle medie annue relative a tutti gli inquinanti emessi collassano nella stessa mappa (*Fig. 8*) e analogamente succede per le mappe dei picchi. In sostanza, in questo modo, si è individuata la *forma tipica* della distribuzione degli indicatori di inquinamento caratteristica di TVN.

## 6 Analisi dell'ubicazione delle postazioni di misura della rete ENEL

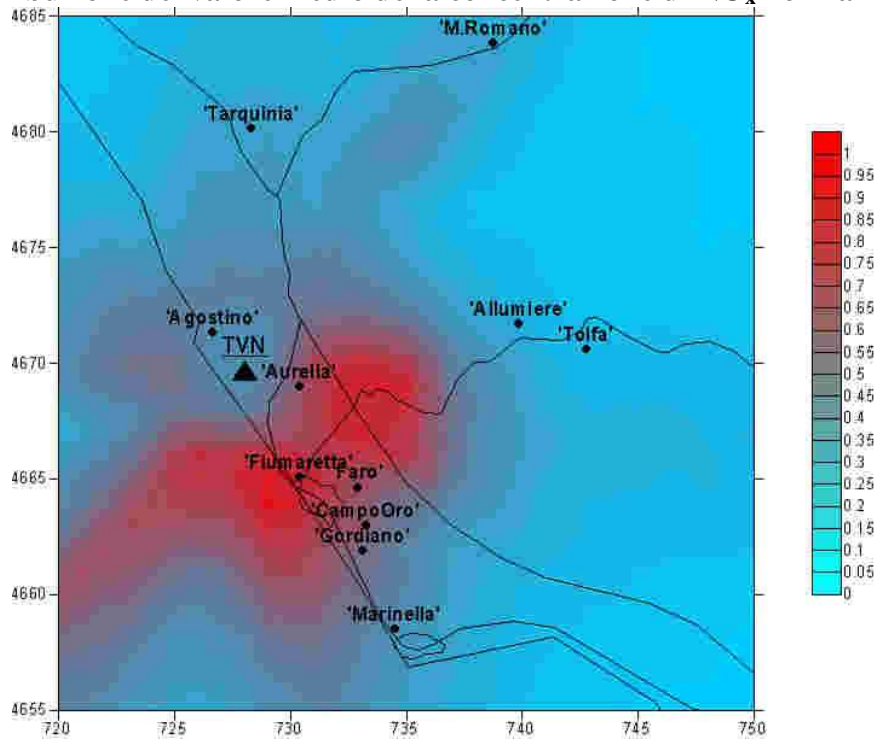
L'analisi che qui si intende realizzare consiste nel valutare la posizione delle varie stazioni di rilevamento dislocate nel comprensorio di Civitavecchia rispetto alle zone di massima ricaduta (annuali e di picco) stimate dal modello. Ricordando che quello che interessa in questa valutazione è la *forma* della distribuzione dei due indicatori, si è preso a riferimento la distribuzione normalizzata ottenuta considerando gli NO<sub>x</sub> (come detto identica a quella del particolato e degli ossidi di zolfo, come si è verificato e come ci si attendeva) e, per maggior chiarezza e semplicità di valutazione, in *Fig. 10* è riportato un ingrandimento delle distribuzioni medie (a) e dei picchi (b) dei livelli di concentrazione relative all'intero periodo di simulazione.

La considerazione immediata che emerge dall'analisi delle due figure è che la distribuzione normalizzata della concentrazione media evidenzia caratteristiche territoriali decisamente più sistematiche e di più chiara interpretazione, anche se, come detto in precedenza, entrambe contengono essenzialmente le medesime informazioni.

Nelle distribuzioni spaziali di *Fig.10* sono indicate le varie postazioni di monitoraggio della rete ENEL che risultano quindi immediatamente localizzabili, oltre alla posizione della centrale TVN. Qui di seguito viene analizzata ogni singola postazione della rete.

Periodo gennaio - giugno

Distribuzione del valore medio della concentrazione di NO<sub>x</sub> normalizzate



Distribuzione del valore massimo della concentrazione di NO<sub>x</sub> normalizzate

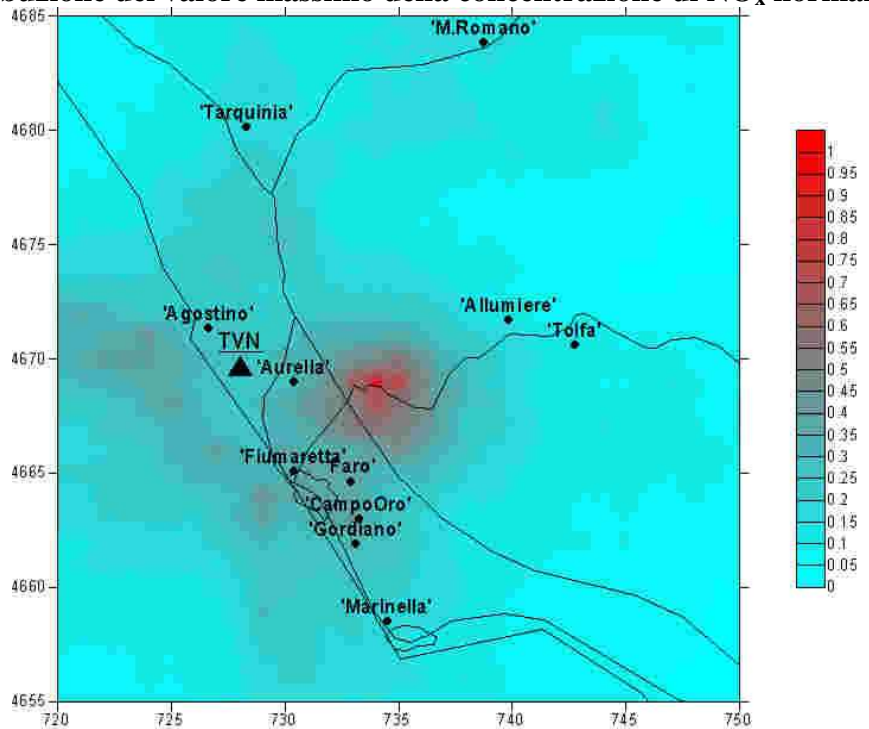


Figura 10 – Distribuzione dei livelli medi (a) e dei picchi (b) di concentrazione e dislocazione delle stazioni di misura (in giallo).

Considerando le aree che, mediamente (*Fig., 10 (a)*), risultano maggiormente influenzate dalla presenza della centrale termoelettrica TVN, la zona costiera sembra *controllata* dalla stazione di **Fiumaretta**, mentre l'area critica situata a NordEst del centro abitato di Civitavecchia è circondata (e monitorata) dalle stazioni di misura di **Aurelia** e **Faro**. Alla luce di quanto detto, si può affermare che queste tre postazioni di misura risultano ben collocate rispetto all'impatto a breve distanza che dovrebbe realisticamente derivare dalla centrale TVN.

Le stazioni di **Allumiere** e **Tolfa** sembrano non essere direttamente influenzate dalla ricaduta al suolo delle sostanze emesse poiché, probabilmente, riparate dai rilievi montuosi che caratterizzano l'orografia del territorio in esame. *Tuttavia, da un lato per una ricostruzione realistica della distribuzione spaziale del potenziale inquinamento delle centrale TVN e, dall'altro, per una individuazione di situazioni meteorologiche anomale che conducono ad incanalamenti delle masse d'aria attorno alle formazioni montuose, sembra logico confermare la validità della loro collocazione e la loro importanza nel monitoraggio della centrale.* Vista poi la complessità orografica e la presenza del rilevante abitato di Allumiere, non inficia questo giudizio di idoneità la relativa vicinanza geografica tra le due postazioni. E' opportuno però rilevare, a questo punto, che la rete regionale della Regione Lazio possiede proprio ad Allumiere una propria postazione di misura. E' evidente, quindi, una ridondanza tra le due postazioni che coesistono in questa località, sottolineando ancora una volta la necessità di giungere quanto prima ad una unificazione di fatto (diretta od indiretta) della rete di monitoraggio regionale e della rete ENEL. Di ciò si tratterà più esplicitamente nel seguito. Pertanto, a questo punto si può affermare che, fatto salva la correttezza della ubicazione della postazione ENEL di Allumiere, risulta opportuno che in tale località, in una logica di rete unificata, esista una sola postazione di monitoraggio.

Le postazioni costiere di **S. Agostino** e **S. Marinella** localizzate, rispettivamente, a NNW e a SSE dell'impianto termoelettrico sono posizionate in modo da controllare eventuali fenomeni di flussi d'aria paralleli alla costa e potenzialmente in grado alterare le concentrazioni al suolo delle sostanze inquinanti. Oltre a ciò, collocandosi in zone con basso gradiente di concentrazione, risultano rappresentative di grandi porzioni di territorio costiero. Tutto ciò sarebbe di estremo interesse, ancora una volta, in una logica di rete unificata. *Alla luce di quanto si è detto, si può affermare la correttezza della localizzazione di tali postazioni di misura con una riserva di cui si tratta qui di seguito.* Si deve aggiungere, però, che attualmente nei pressi della postazione di S. Marinella, e successivamente alla sua originaria localizzazione, si è insediata un'attività di stoccaggio di rottami (come si è potuto riscontrare da una visita *in situ*) con conseguente transito di mezzi pesanti su una strada sterrata di collegamento. Ciò, a nostro avviso, ha perturbato gravemente le caratteristiche originarie della postazione, che erano in principio perfette. A nostro giudizio sarebbe opportuno, se fattibile, dislocare il altra sede lo stoccaggio di rottami o, nell'impossibilità di realizzare ciò, individuare un'analogha posizione con identiche caratteristiche e poco distante.

Le stazioni di **Tarquinia** e **Monte Romano**, essendo localizzate in zone non direttamente influenzate dall'impianto, sono siti decisamente adatti per la misura del fondo ambientale. Oltre a ciò, esse mantengono sotto stretto costante controllo gli eventuali effetti a lunga distanza (se esistenti) potenzialmente derivanti dalla centrale TVN. *Alla luce di ciò si può affermare la correttezza della loro ubicazione.*

Le stazioni di **S. Gordiano** e **Campo dell'Oro** si vanno a collocare ai margini Est della zona di massima ricaduta. Proprio questa caratteristica risulta importante nella ricostruzione della distribuzione spaziale delle ricadute derivanti dalla Centrale TVN, tuttavia la loro vicinanza spaziale consiglierebbe una loro unificazione, per lo meno dal punto di vista del monitoraggio di TVN. *Alla luce di ciò, si può affermare la correttezza della loro localizzazione, pur rilevando una*

*certa ridondanza che consiglierebbe una futura unificazione di una di esse, possibilmente quella di S. Gordiano.*

Dato che la rete ENEL costituita dalla 11 stazioni di cui sopra si è discusso era *dedicata alla sorveglianza della sola TVN e delle sue ripercussioni sulle zone abitate*, risulta comprensibile l'assenza di postazioni di misura a ESE di TVN, là dove si hanno ricadute normalizzate relativamente rilevanti, visto che tali zone non presentano insediamenti abitativi degni di nota. Anche se, così come collocate, le 11 postazioni risultano in grado di monitorare gli impatti di TVN, sembra opportuno suggerire di collocare in tale zona (a circa 5-6 km a ESE di TVN) una postazione di misura. In tale sito potrebbe essere ricollocata la postazione attualmente sita a Gordiano, senza compromettere la logica delle rete ENEL e senza aggiungere nuove postazioni di misura.

A conclusione, si può affermare che:

- *l'insieme delle 11 centraline che compongono la rete di monitoraggio ENEL a sorveglianza di TVN e dedicate alla qualità dell'aria delle zone urbanizzate (e quindi alla salute umana) risulta nel complesso sostanzialmente corretta,*
- *non sono state evidenziate ubicazioni tali da mascherare in alcun modo gli effetti derivanti da TVN,*
- *per ragioni di chiarezza sarebbe auspicabile che ad Al lumiere non coesistessero due diverse postazioni di monitoraggio, una della rete ENEL ed una della rete regionale,*
- *per ragioni di completezza, sarebbe opportuna una ricollocazione della postazione di S. Gordiano in un nuovo sito a 5-6 Km ENEL di TVN, per concorrere a dettagliare maggiormente la ricostruzione dell'impatto di TVN sulla qualità dell'aria*
- *per la presenza del deposito di rottami metallici nei pressi della postazione di S. Marinella, sarebbe opportuno ricollocare quest'ultimo o, in alternativa, individuare una localizzazione in prossimità di quella attuale, ma non perturbata da questa attività o da attività consimili responsabili di emissioni locali di particolato.*

## **7 La rete ENEL e le altre sorgenti emittenti della zona**

Nella zona di Civitavecchia, oltre alla centrale ENEL di TVN, sono presenti altre sorgenti di potenziale inquinamento atmosferico come la centrale TVS di Tirreno Power, il porto, le altre attività industriali, il traffico veicolare delle arterie viarie entro e fuori la città e le emissioni domestiche della città stessa. Visto che la rete è sorta a servizio di TVN, essa non prevede esplicitamente la sorveglianza anche di tali sorgenti. Tuttavia è opportuno fare alcune osservazioni in proposito.

La rete, nei fatti, è sensibile anche alla centrale di TVS, prossima a TVN, e delle attività industriali prossime ad esse. In effetti tutte queste sorgenti presentano quote di emissione inferiori a quelle di TVN e, in prima approssimazione ma con notevole realismo, si può affermare che la distribuzione spaziale delle ricadute da queste fonti risulta inscritta in quella derivante da TVN e sorvegliata dalla rete ENEL. D'altro canto, alla luce della normativa europea recente (Direttiva 2008/50/CE), riveste una notevole importanza il poter discriminare tra gli effetti delle diverse fonti. In linea con quanto suggerito dalla direttiva, fermo restando l'importanza complessiva della rete ENEL (che si verrebbe a configurare come un prezioso strumento di monitoraggio che va ben oltre gli scopi per cui era stata realizzata in origine, pur assolvendo ai compiti previsti) risulta indispensabile impiegare gli

altri strumenti di monitoraggio previsti dalla stessa e cioè i modelli di simulazione, le misure occasionali (possibilmente periodiche) e le valutazioni oggettive, cosa che il Centro Regionale della Qualità dell'Aria di Arpalazio, in avanzata realizzazione, può realizzare.

Per quanto riguarda l'impatto della viabilità cittadina ed extracittadina, del porto e delle emissioni domestiche, al loro monitoraggio la rete ENEL può contribuire solo marginalmente. D'altro canto tutto ciò era estraneo ai compiti primari della rete ENEL e proprio della rete regionale.

Si può quindi concludere che la rete ENEL, nella sua configurazione attuale e, ancor di più se verranno realizzati i suggerimenti indicati, potrà non solo monitorare TVN ma anche gran parte delle attività industriali rilevanti presenti nella zona.

## 8 La rete ENEL e la rete regionale della qualità dell'aria

Allo stato attuale, la rete regionale della qualità dell'aria e la rete ENEL di Civitavecchia sono due realtà totalmente separate e ciò, come è stato evidenziato, determina una sorta di ambiguità e non contribuisce al monitoraggio complessivo della qualità dell'aria regionale. Partendo dalle considerazioni fatte sulle caratteristiche positive dell'ubicazione delle varie centraline della rete ENEL (pur con alcuni suggerimenti che ne potrebbero migliorare la qualità), sembra risultare decisamente opportuno una unificazione (diretta o indiretta) delle due reti a beneficio indubbio del controllo della qualità dell'aria in questa parte della Regione Lazio. Inoltre, l'unificazione delle due reti consentirebbe di superare l'ambiguità normativa che si è venuta a creare e garantirebbe una omogeneità di gestione e di valutazione che solo una visione regionale può dare, come del resto previsto dalla normativa vigente e da quella di prossimo recepimento.

## 9 Considerazioni conclusive

Sinteticamente si può concludere formulando un giudizio complessivamente positivo relativamente all'ubicazione delle 11 stazioni di misura della rete ENEL, consigliando di adottare i suggerimenti sopra espressi per migliorarne le prestazioni. Va poi aggiunto che, anche se a rigore non applicabili, sono soddisfatti anche i criteri di ubicazione a macroscala prescritti dalla normativa nazionale vigente per le reti regionali di monitoraggio della qualità dell'aria.

A conclusione si può affermare, come detto precedentemente, che:

- *l'insieme delle 11 centraline che compongono la rete di monitoraggio ENEL a sorveglianza di TVN e dedicate alla qualità dell'aria delle zone urbanizzate (e quindi alla salute umana) risulta nel complesso sostanzialmente corretta,*
- *non sono state evidenziate ubicazioni tali da mascherare in alcun modo gli effetti derivanti da TVN,*
- *per ragioni di chiarezza sarebbe auspicabile che ad Al lumiere non coesistessero due diverse postazioni di monitoraggio, una della rete ENEL ed una della rete regionale,*
- *per ragioni di completezza, sarebbe opportuna una ricollocazione della postazione di S. Gordiano in un nuovo sito a 5-6 Km ENEL di TVN, per concorrere a dettagliare maggiormente la ricostruzione dell'impatto di TVN sulla qualità dell'aria*
- *per la presenza del deposito di rottami metallici nei pressi della postazione di S. Marinella, sarebbe opportuno ricollocare quest'ultimo o, in alternativa, individuare una localizzazione in prossimità di quella attuale, ma non perturbata da questa attività o da attività consimili responsabili di emissioni locali di particolato.*