

**Cliente** ENEL S.p.A.

**Oggetto** Modellazione delle ricadute atmosferiche dell'impianto turbogas di Assemini

**Ordine** Enel Prod. Accordo Quadro n.8400006584  
Attingimento n. 4000212765

**Note** Rev. 0 (AG09ATM009 – Lettera n. A9012454)

PUBBLICATO A9012061 (PAD - 1187386)

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

**N. pagine** 25                                      **N. pagine fuori testo** 0

**Data** 24/04/2009

**Elaborato** ATM - Pertot Cesare

**Verificato** ATM - Carboni Gabriele

**Approvato** AMB - Il Responsabile - Fiore Antonio  
A9012061 11991 APP

Mod. RISM v. 02

## *Indice*

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>IDENTIFICAZIONE E QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELLO STRUMENTO MODELLISTICO.....</b>	<b>7</b>
	3.1.1 Modello meteorologico - CALMET.....	7
	3.1.2 Modello di dispersione - CALPUFF .....	8
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI.....</b>	<b>10</b>
	4.1 Set up dello strumento modellistico .....	10
	4.2 Impatti sulle immissioni .....	13
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>25</b>

## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	24/04/2009	A9012061	Prima emissione

### 1 PREMESSA

Il presente studio è realizzato nell'ambito della procedura di Autorizzazione Integrata Ambientale della Centrale Turbogas di Assemini. Il documento riporta i risultati delle attività condotte da CESI, su richiesta di Enel, mirate alla quantificazione degli effetti delle emissioni in aria generate dall'esercizio dell'impianto.

La valutazione è condotta mediante l'applicazione del sistema modellistico CALMET - CALPUFF (a passo orario per un periodo pari ad un anno solare completo) ed è finalizzata al confronto con lo stato della qualità dell'aria esistente nel territorio (in seguito denominato "fondo") ed i vigenti Standard di Qualità dell'Aria previsti dal DM 60/2002 per le sostanze SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> e CO.

Lo stato della qualità dell'aria di fondo è caratterizzato sulla base delle misure delle postazioni di monitoraggio disponibili nell'area in esame ed appartenenti alla rete ARPAS.

## 2 IDENTIFICAZIONE E QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI

La Centrale Turbogas di Assemini è ubicata nel omonimo comune a circa 7 km a sud del centro abitato, in località Macchiareddu. L'impianto produttivo è composto da due unità turbogas a ciclo semplice, alimentate a gasolio, della potenza lorda di 88 MW ciascuna.

Le emissioni in aria sono generate dall'attività di combustione in turbina del gasolio. La Figura 2.a riporta la planimetria delle due unità, affiancate nelle direzione NW-SE, in cui i due camini sono evidenziati dai cerchi rossi. Le coordinate e le caratteristiche geometriche dei camini dell'impianto sono riportate in Tabella 2.a.

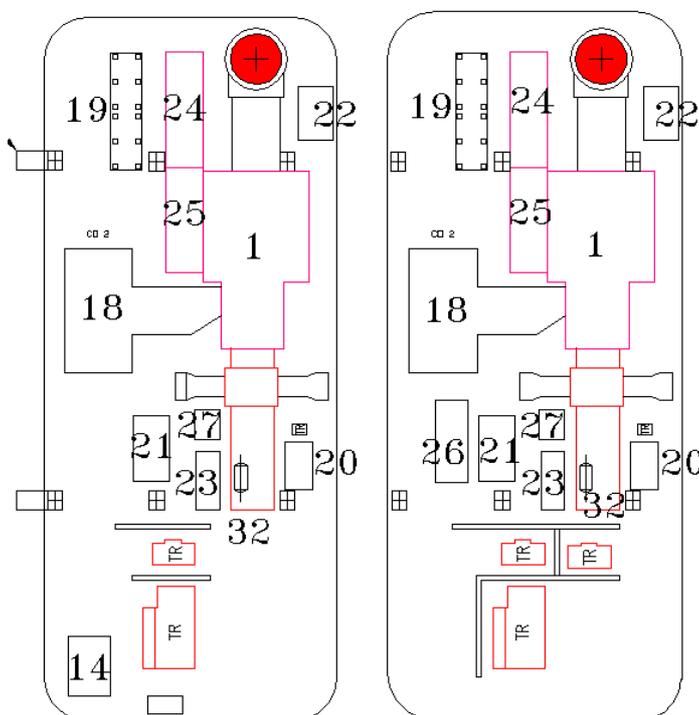


Figura 2.a – Planimetria delle due unità turbogas.

Tabella 2.a – Centrale di Assemini – Coordinate e caratteristiche geometriche dei camini.

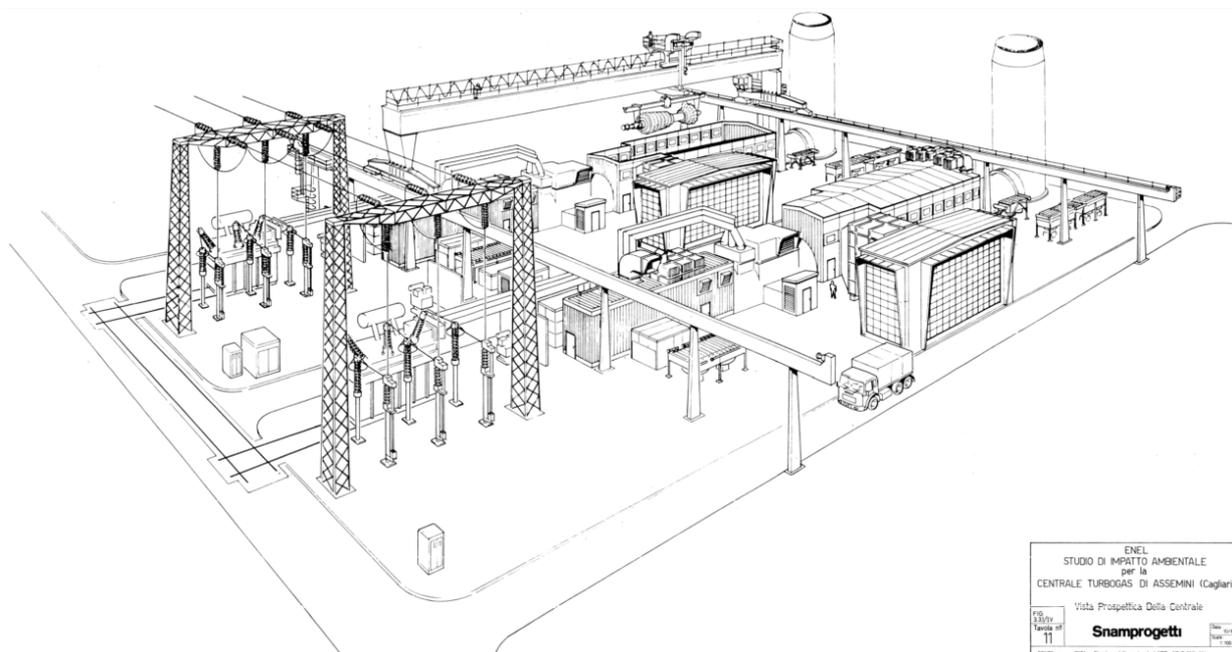
Sorgente	COORDINATE			CIMINIERA		
	UTM 33 WGS84		Quota	altezza m	diametro m	sezione m <sup>2</sup>
	EST m	NORD m	m s.l.m.			
Nome						
Camino AS 1	499'740	4'341'985	5.0	18.4	9.7	74.4
Camino AS 2	499'760	4'341'955	5.0	18.4	9.8	75.4

La Tabella 2.b prospetta le caratteristiche emissive considerate per descrivere l'esercizio delle due unità. In particolare, deve essere sottolineato che le concentrazioni sono state cautelativamente poste pari al massimo valore possibile, corrispondente ai limiti di legge<sup>1</sup>.

**Tabella 2.b – Centrale di Assemini – Caratteristiche emissive di ogni camino.**

Nome	Temperatura fumi		Portata fumi secchi O <sub>2</sub> rif. (15%) Nm <sup>3</sup> /h	Concentrazioni nei fumi mg/Nm <sup>3</sup>			
	°C	°K		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Polveri
Camino AS 1	520	793	1'000'000	1700	600	100	25
Camino AS 2	520	793	1'000'000	1700	600	100	25

La vista prospettica riportata in Figura 2.b, evidenzia l'assenza di strutture chiuse sufficientemente elevate da generare una significativa influenza della turbolenza indotta dalla presenza di edifici prossimi ai camini sulla diffusione iniziale del pennacchio dei fumi.



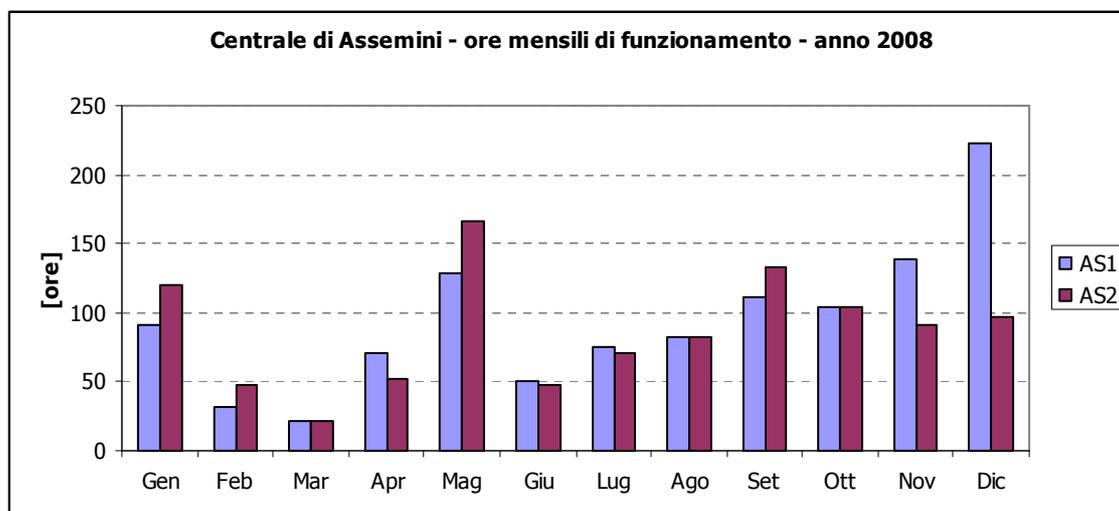
**Figura 2.b – Prospetto della centrale.**

Nella valutazione degli impatti sulla qualità dell'aria indotti dall'esercizio dell'impianto deve essere inoltre considerato il particolare regime di funzionamento con cui esso è esercito.

L'impianto di Assemini, come altri impianti turbogas a ciclo semplice presenti sul territorio nazionale, risponde all'esigenza di garantire la sicurezza e la stabilità del funzionamento della rete elettrica nazionale in situazioni di carenza di energia elettrica che possono occorrere o durante i periodi di maggior richiesta di energia (periodi di punta) o in caso di blackout. Tali impianti non sono quindi destinati alla produzione continuativa di energia elettrica ed operano nell'arco dell'anno in maniera discontinua e per un numero estremamente limitato di ore. Durante l'anno 2008, l'impianto oggetto di studio ha avuto un funzionamento pari a 1'129 ore per il gruppo 1 e 1'036 ore per il gruppo 2, pari rispettivamente al 12.9% ed al 11.8% della durata annuale. La Figura 2.c riporta il funzionamento in

<sup>1</sup> DLgs 152 2006 Allegato 1 alla Parte 5 - (4) Turbine a gas fisse - pag. 248

termini di ore/mese di ogni unità sempre per l'anno 2008. Anche nei mesi di maggiore utilizzo, dicembre per AS1 e maggio per AS2, le ore di funzionamento di ogni unità turbogas sono rimaste inferiori a circa il 30% della durata mensile (circa 10 giorni, con funzionamento discontinuo).



**Figura 2.c – Ore annue di funzionamento per unità dal 2003 al 2007.**

Nelle valutazioni condotte in questa sede si è quindi provveduto a stimare gli impatti generati dall'impianto con due gradi di cautela (in aggiunta a quello già assunto in fase di quantificazione delle concentrazioni alle emissioni):

1. Funzionamento in continuo durante tutto l'anno simulato (8760 ore)
2. Funzionamento in continuo per tutte le 24 ore di tutti i giorni di reale funzionamento verificatosi nel 2008 (a prescindere da numero di ore di accensione nel giorno)

Le due ipotesi permettono di effettuare stime cautelative degli impatti effettivi dell'impianto poiché, in entrambe le assunzioni, i turbogas sono eserciti un numero di ore decisamente superiore a quello reale, come desumibile dal confronto di Tabella 2.c.

**Tabella 2.c – Ore annue di funzionamento effettive e simulate nelle due ipotesi considerate.**

Turbogas Assemini – ore di funzionamento			
Unità	Effettivo 2008	Modello Ipotesi 1	Modello Ipotesi 2
AL 1	1'129	8'760	3'696
AL 2	1'036	8'760	3'384

L'ipotesi 1 consente di stimare le ricadute delle emissioni in tutte le condizioni meteorologiche occorse nell'intero corso di un anno, comprendendo quindi anche le più sfavorevoli alla dispersione dei fumi in tutte le stagioni dell'anno. L'ipotesi è quindi particolarmente indicata per la valutazione dello Standard di Qualità dell'Aria (SQA) relativo alla concentrazione oraria di NO<sub>2</sub> da non superarsi per più di 18 ore/anno, quello relativo alla concentrazione oraria di SO<sub>2</sub> da non superarsi per più di 24 ore/anno, quello relativo alla concentrazione giornaliera di SO<sub>2</sub> da non superarsi per più di 3 giorni/anno e quello relativo alla concentrazione giornaliera di PM<sub>10</sub> da non superarsi per più di 35 giorni/anno.

L'elevata sproporzione tra le ore di funzionamento continuo e quello plausibile per l'impianto potrebbe portare ad una stima poco rappresentativa delle concentrazioni medie annue di SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>. Tale considerazione ha portato all'assunzione della seconda ipotesi che, consentendo una stima delle concentrazioni medie annue sempre cautelative, ma più prossime a quelle realmente attribuibili all'impianto nel 2008, consente di valutare il grado di sovrastima prodotto dalla prima ipotesi.

### 3 DESCRIZIONE DELLO STRUMENTO MODELLISTICO

In base alle caratteristiche del sito e della simulazione da svolgere, si è scelto di utilizzare il sistema modellistico CALMET-CALPUFF sviluppato da Earth Tech Inc.

CALMET (ver. 6.326, liv. 080709) è un modello meteorologico diagnostico per la ricostruzione di campi orari bidimensionali e tridimensionali delle principali variabili meteorologiche e micrometeorologiche a partire da dati al suolo e di profilo misurati o calcolati da altri modelli.

CALPUFF (ver. 6.262, liv. 080725) è un modello lagrangiano non stazionario a puff per la ricostruzione di campi di concentrazione e deposizione al suolo di sostanze emesse da sorgenti di varia natura (puntuali, areali, lineari e volumetriche).

Il sistema modellistico CALMET-CALPUFF, dalla validità riconosciuta in ambito scientifico ed istituzionale (è presente nelle linee guida statunitensi ed in quelle nazionali - APAT CTNACE, 2001 - per la simulazione della dispersione delle emissioni in atmosfera), è particolarmente idoneo alla trattazione del caso in oggetto per le seguenti caratteristiche:

- Evoluzione delle masse inquinanti in campi meteorologici tridimensionali, non uniformi e non omogenei
- Trattazione dell'interfaccia terra/mare
- Trattazione delle calme di vento

La scelta del sistema modellistico risulta allineata anche alle indicazioni del DM 1 ottobre 2002, n. 26 *“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”* che nell'allegato 1, *“Direttive tecniche concernenti la valutazione preliminare”* fornisce importanti indicazioni sulle caratteristiche generali dei modelli matematici recita:

*“La valutazione della complessità dell'area su cui si effettua la valutazione deve tenere conto delle caratteristiche orografiche del territorio, di disomogeneità superficiali (discontinuità terra-mare, città - campagna, acque interne) e condizioni meteo-diffusive non omogenee (calma di vento negli strati bassi della troposfera, inversioni termiche eventualmente associate a regimi di brezza); l'uso di modelli analitici (gaussiani e non) si considera generalmente appropriato nel caso di siti non complessi, mentre qualora le disomogeneità spaziali e temporali siano rilevanti per la dispersione, è opportuno ricorrere all'uso di modelli numerici tridimensionali, articolati in un preprocessore meteorologico (dedicato principalmente alla ricostruzione del campo di vento) e in un modello di diffusione.”*

#### 3.1.1 Modello meteorologico - CALMET

CALMET (ver. 6.326, liv. 080709) (Scire et al., 2000a) è un modello meteorologico diagnostico che produce campi orari tridimensionali di vento e bidimensionali di diverse variabili meteorologiche a partire da dati osservati (al suolo e di profilo) e da dati geofisici (orografia, uso del suolo). CALMET è costituito da un modulo diagnostico per la ricostruzione del campo di vento e da moduli micrometeorologici per la caratterizzazione dello strato limite di rimescolamento sia sul suolo sia sull'acqua.

Il modulo diagnostico del campo di vento utilizza una procedura a due passi per la costruzione del campo. Il primo passo crea un campo iniziale, basato sui venti sinottici, e lo corregge in modo da tenere conto degli effetti del terreno sui flussi e dei venti di pendio. In questa fase, dapprima il modello utilizza

i venti sinottici per calcolare una velocità verticale forzata dal terreno e soggetta ad una funzione esponenziale di smorzamento dipendente dalla classe di stabilità atmosferica. In secondo luogo, sono introdotti gli effetti dell'orografia sulle componenti orizzontali del vento mediante l'applicazione iterativa di uno schema di minimizzazione della divergenza sul campo tridimensionale fino al soddisfacimento del vincolo di minima divergenza. Dopo aver introdotto i venti di pendio e gli effetti termodinamici, il campo, a questo punto detto di primo passo, passa alla seconda fase procedurale che introduce i dati osservati, al suolo ed in quota, in modo da ottenere il campo nella sua versione finale. L'introduzione dei dati osservati è effettuata tramite una procedura d'analisi oggettiva. L'attribuzione di pesi inversamente proporzionali alla distanza tra punto e stazione di misura, garantisce l'ottenimento di un campo che riflette maggiormente le osservazioni in prossimità dei punti di misura e che è dominato dal campo di primo passo nelle zone prive d'osservazioni. Infine, il campo risultante è sottoposto ad un'operazione di smoothing e di ulteriore minimizzazione della divergenza.

CALMET richiede come dati di input misure orarie al suolo di direzione e velocità del vento, temperatura, copertura nuvolosa, altezza della base delle nuvole, pressione atmosferica, umidità relativa e precipitazione, nonché profili verticali di direzione e velocità del vento, temperatura e pressione atmosferica. Algoritmi specifici trattano la dinamica atmosferica sopra superfici acquose e la loro interfaccia con le superfici terrestri. Recentemente è stata introdotta la possibilità di utilizzare campi di vento generati da modelli meteorologici prognostici (quali ad esempio MM5, RAMs...) come campi d'inizializzazione.

### **3.1.2 Modello di dispersione - CALPUFF**

CALPUFF versione 6.262, livello 080725 (Scire J.S. et Al., 2000a) è un modello di dispersione non stazionario multi-strato multi-specie con cui è possibile simulare gli effetti di condizioni meteorologiche variabili nel tempo e nello spazio sul trasporto, trasformazione e rimozione degli inquinanti in atmosfera. Pur potendo essere guidato da meteorologie puntuali semplici, CALPUFF consente di utilizzare a pieno tutte le potenzialità del codice se guidato da campi meteorologici tridimensionali generati da CALMET. CALPUFF implementa algoritmi per la trattazione di effetti prossimi alla sorgente (building downwash, fumigazione, sovrainnalzamento progressivo, penetrazione parziale dello strato rimescolato, interazioni con elementi orografici non risolti dalla griglia orografica), oltre che di deposizione secca ed umida, trasformazioni chimiche, avvezione su suolo ed acque ed interazioni all'interfaccia terra/mare. Il modello può trattare sorgenti emissive puntuali, lineari, areali e volumetriche, dall'emissione variabile in modo arbitrario nel tempo.

CALPUFF utilizza due domini tridimensionali distinti: la griglia meteorologica e quella di calcolo. La prima definisce l'estensione orizzontale del dominio, le dimensioni delle celle, il numero e lo spessore degli strati verticali. Questa coincide con la griglia utilizzata da CALMET e ad essa sono associati i dati meteorologici e geofisici. La griglia computazionale è un sotto insieme, al più coincidente, della griglia meteorologica ed è il dominio in cui sono fatti evolvere i puff ed in cui possono essere calcolate le concentrazioni.

Le emissioni sono schematizzate come un continuo rilascio di sbuffi (puff) d'inquinante rilasciati in atmosfera. Al variare della direzione ed intensità del vento nello spazio e nel tempo la traiettoria d'ogni puff cambia in modo da seguire la nuova direzione del vento.

La diffusione dei puff è gaussiana e la concentrazione stimata in un dato recettore è data dalla somma dei contributi di tutti i puff sufficientemente vicini a questo. La garanzia della corretta riproduzione del pennacchio inquinante è data dall'elevato numero di puff rilasciato ogni ora, numero calcolato dal modello in funzione delle caratteristiche meteorologiche di quell'ora.

La trattazione di calme di vento avviene attraverso i normali algoritmi contenuti nel codice, consistenti con il modello concettuale in cui le emissioni contemporanee alla calma di vento salgono virtualmente

sulla verticale della sorgente, mentre quelle preesistenti ristagnano sulla loro posizione, tutte disperdendosi in funzione del tempo, poiché si assume che questo sbandieri attorno ad una media nulla.

Il calcolo delle componenti della turbolenza atmosferica ( $s_{yt}$  e  $s_{zt}$ ) può essere effettuato sia in base alle variabili di turbolenza atmosferica prodotte da CALMET ( $L$ ,  $u^*$ ,  $w^*$ , ecc.), sia mediante i coefficienti di dispersione Pasquill-Gifford-Turner (PGT) in aree rurali (con una formulazione approssimante le equazioni di ISCST-3), e coefficienti di Mc Elroy-Pooler in aree urbane.

La deposizione secca di gas e particelle è trattata attraverso un modello a resistenze basato su proprietà dell'inquinante (diametro molecolare, forma, densità, diffusività, solubilità, reattività), caratteristiche della superficie (rugosità superficiale, tipo di vegetazione) e variabili atmosferiche (classe di stabilità, turbolenza). L'algoritmo determina la velocità di deposizione come l'inverso della somma di resistenze (che rappresentano le diverse forze in opposizione al trasporto dell'inquinante dall'atmosfera al suolo) a cui si aggiunge, per le sole particelle, un termine di deposizione gravitazionale. L'atmosfera è in schematizzata attraverso cinque strati (layer) che caratterizzano le differenti proprietà fluidodinamiche dell'atmosfera alle differenti distanze dal suolo.

La deposizione umida è calcolata tramite un algoritmo basato su coefficienti di rimozione empirici dipendenti dalla natura dell'inquinante e della precipitazione.

## 4 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

### 4.1 Set up dello strumento modellistico

La simulazione modellistica dell'impianto di Assemini è stata condotta ricostruendo per l'anno 2007 i campi meteorologici orari su un'area di 50x50 km<sup>2</sup> con risoluzione spaziale di 1000 m, riportata in Figura 4.a. Tale scelta consente di riprodurre adeguatamente le caratteristiche del sito in esame ed in particolare l'interfaccia terra-mare, e le caratteristiche meteorologiche ad essa associata quali il regime di brezze, le inversioni termiche, la diversa evoluzione dell'altezza dello strato rimescolato e della stabilità atmosferica sulla terra ferma e sul mare.

La ricostruzione dei campi meteorologici è stata condotta mediante il modello meteorologico diagnostico CALMET applicato definendo la seguente griglia tridimensionale:

- Sistema di coordinate = UTM32 datum WGS84
- Definizione orizzontale della griglia:
  - Numero di celle nella direzione X (NX) = 50
  - Numero di celle nella direzione Y (NY) = 50
  - Lato cella (quadrata) = 1000 m
  - Coordinate dell'angolo Sud Ovest del dominio km (473.000; 4325.500)
- Definizione verticale della griglia:
  - Numero di livelli = 12
  - Quote sul livello del suolo = 0, 20, 50, 80, 120, 200, 300, 500, 750, 1000, 1500, 2500, 4000 m

I campi meteorologici sono stati ricostruiti fornendo al modello Calmet i campi tridimensionali orari prodotti dal modello meteorologico prognostico COSMO, applicato a scala nazionale con risoluzione di 7 km e forniti dal Servizio Meteorologico di ARPA Emilia Romagna. La Figura 4.b sintetizza le statistiche dei principali parametri meteorologici che regolano la dispersione degli inquinanti in atmosfera (anemologia, stabilità atmosferica ed altezza dello strato rimescolato) estratti dai campi prodotti da Calmet in un punto prossimo all'impianto. Nella figura si riporta per confronto la rosa dei venti per le misure relative allo stesso periodo effettuate dal radiosondaggio dell'aeroporto di Cagliari ELMAS. Il confronto consente di ritenere adeguata la ricostruzione della circolazione dei venti effettuata dal modello.

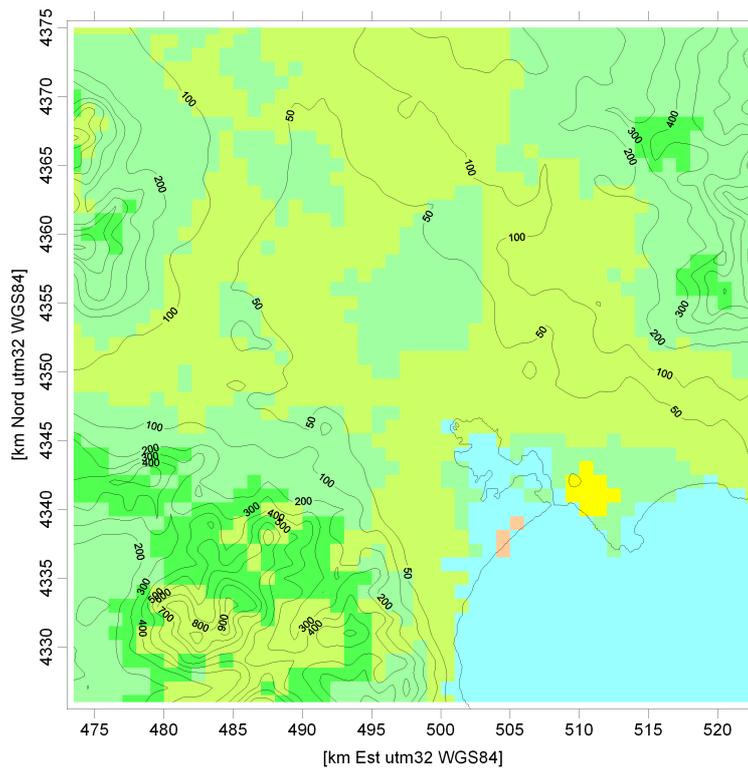


Figura 4.a – Orografia ed uso del suolo.

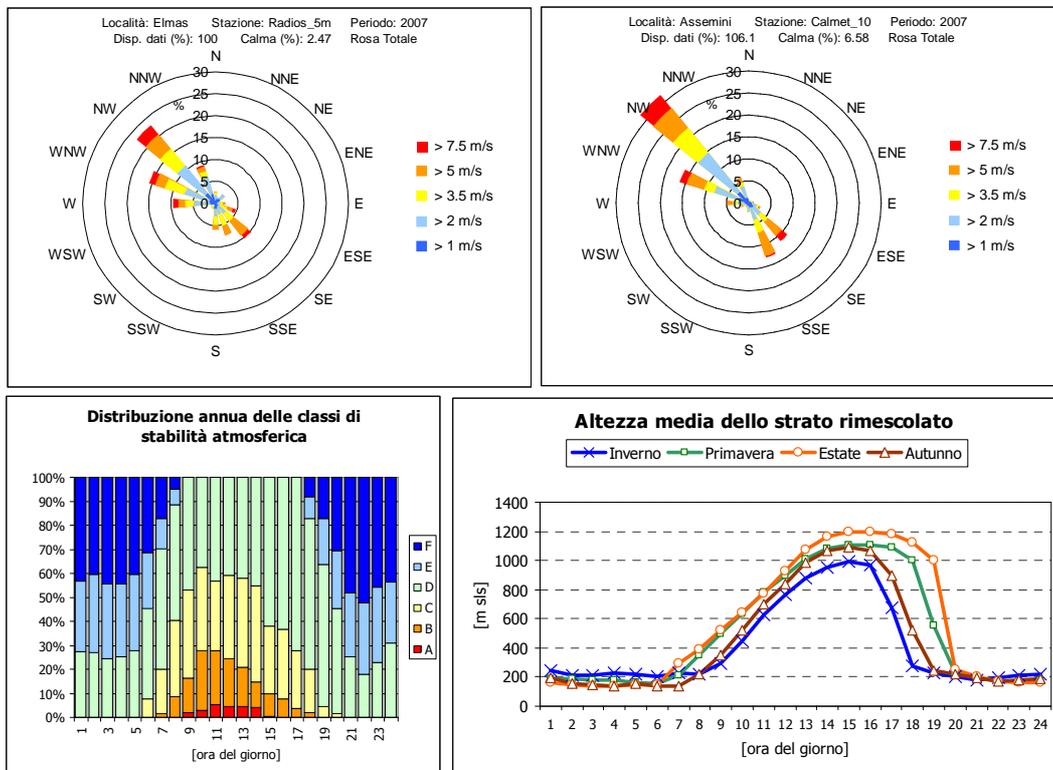


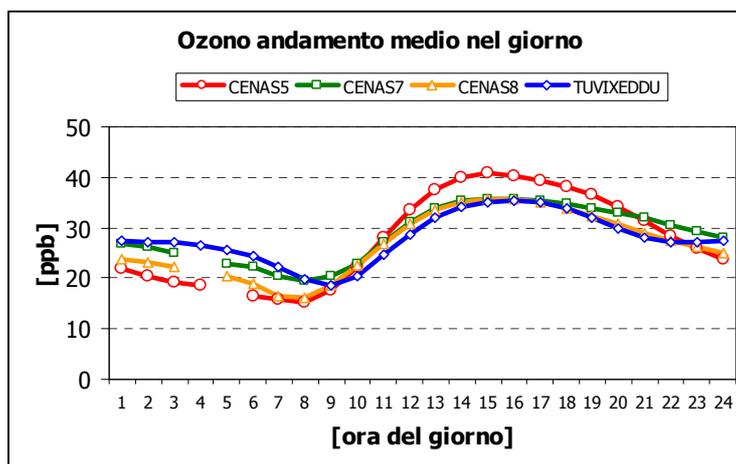
Figura 4.b – Rosa dei venti al suolo (direzione di provenienza) osservata a Cagliari ELMAS (Sx) e calcolata dal modello (a Dx), distribuzione di frequenza della stabilità atmosferica ed altezza dello strato rimescolato media per stagione.

L'input meteorologico prodotto da CALMET, e quello emissivo descritto in Tabella 2.a e Tabella 2.b, sono stati quindi forniti a CALPUFF per la stima delle concentrazioni in aria ambiente di NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> e CO.

Al fine di calcolare la trasformazione di NO in NO<sub>2</sub>, CALPUFF ha fatto uso delle concentrazioni orarie in aria ambiente di ozono misurate nel corso dell'anno 2007 presso le quattro postazioni appartenenti alla Reti di Rilevamento della Qualità dell'Aria provinciale presente sul territorio (Tabella 4.a). Ciò ha consentito di caratterizzare a livello orario la reattività dell'atmosfera. In Figura 4.c si riportano gli andamenti del giorno medio annuo.

**Tabella 4.a – Stazioni di ozono della RRQA ARPAS.**

Numero	Stazione	Est utm32	Nord utm32
1	CENAS5	500.261	4343.169
2	CENAS7	501.158	4342.269
3	CENAS8	499.636	4342.053
4	TUVIXEDDU	504.261	4349.169



**Figura 4.c – Andamento medio della concentrazione di ozono nel giorno, anno 2007.**

## 4.2 Impatti sulle immissioni

La seguente Tabella 4.b riporta il confronto tra gli Standard di Qualità dell'Aria (SQA) previsti dalla normativa vigente e la stima delle ricadute della Centrale nel punto di massimo impatto prodotta dal modello CALPUFF. Tutti gli standard di qualità dell'aria sono rispettati su tutto il territorio, con vaste aree in cui le ricadute sono ampiamente inferiori ai valori limite, anche nell'ipotesi di un funzionamento continuo ininterrotto delle due unità per tutto l'anno. I valori ottenuti nella seconda ipotesi evidenziano come i reali impatti sono in genere sensibilmente più contenuti, proprio per il ridotto periodo di funzionamento.

**Tabella 4.b – Confronto tra SQA e ricadute della Centrale di Assemini nel punto di massimo impatto.**

Parametro D.M. 2 Aprile 2002 n.60 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore limite	Impatto della Centrale nel punto di massima ricaduta	
		Ipotesi 1 (funzionamento continuo per 8760 ore/anno)	Ipotesi 2 (funzionamento continuo per 24 ore in giorni di effettivo esercizio nel 2007)
<b>Biossido di zolfo – SO<sub>2</sub></b>			
Media annuale (Protezione ecosistemi)	20	3.8	1.9
Concentrazione superata per 3g/anno (percentile giornaliero 99.1781)	125	86.6	78.6
Concentrazione superata per 24h/anno (percentile orario 99.7260)	350	308	178
<b>Particolato – PM<sub>10</sub></b>			
Media annuale PM <sub>10</sub>	40	0.056	0.028
Concentrazione superata per 35g/anno (percentile giornaliero 90.4110)	50	0.20	0.10
<b>Ossidi di azoto – NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub></b>			
Media annuale NO <sub>2</sub>	40	1.11	0.596
Concentrazione superata per 18h/anno (percentile orario 99.7945)	200	109.6	75.2
Media annuale NO <sub>x</sub> (Protezione vegetazione)	30	1.31	0.66
<b>Monossido di carbonio– CO</b>			
Concentrazione media massima giornaliera su 8 ore	10'000	48.9 (massimo media su 8 ore)	48.9 (massimo media su 8 ore)

La seguente Tabella 4.c riporta per confronto gli stessi SQA elaborati sulla base delle concentrazioni misurate disponibili delle quattro postazioni di monitoraggio presenti nella zona Macchiareddu, acquisiti mediante la banca dati su web BRACE realizzata da ISPRA (<http://www.brace.sinanet.apat.it>). Nella valutazione dello stato attuale della qualità dell'aria si consideri che tutte le postazioni sono fanno riferimento ad contesto industriale e pertanto hanno una rappresentatività spaziale limitata ad un raggio di pochi chilometri attorno alla loro ubicazione.

I valori presentati evidenziano anche in questo caso come le ricadute dell'impianto, anche nel punto di massima ricaduta, risultino sensibilmente inferiori al "fondo" presente in ambiente.

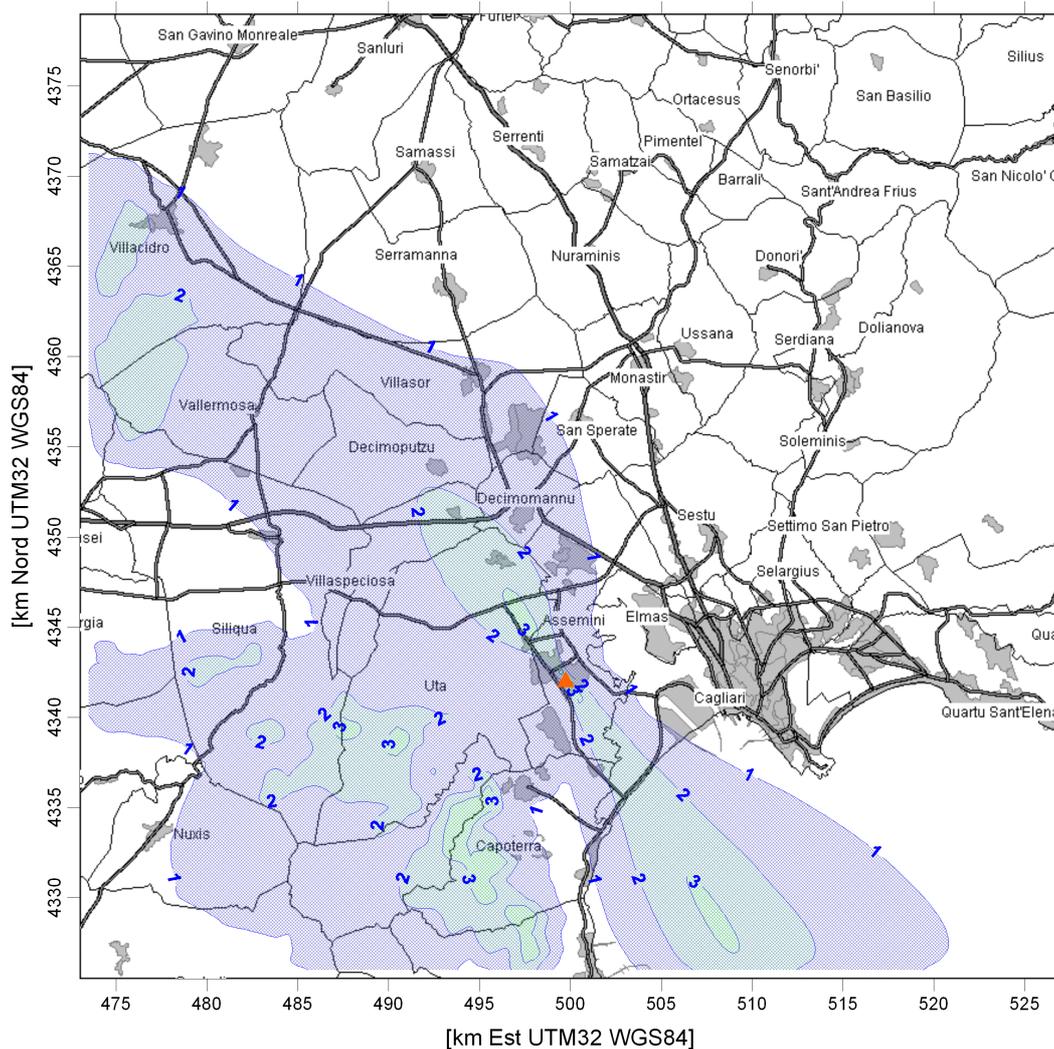
**Tabella 4.c – Stato della qualità dell'aria di fondo (misure dell'anno 2007).**

Parametro D.M. 2 Aprile 2002 n.60 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore limite	CENAS5	CENAS6	CENAS7	CENAS8
<b>Biossido di zolfo – SO<sub>2</sub></b>					
Media annuale (Protezione ecosistemi)	20	3.7	15.4	5.7	15.3
Concentrazione superata per 3g/anno (percentile giornaliero 99.1781)	125	11.2	115.5	22.6	68.5
Concentrazione superata per 24h/anno (percentile orario 99.7260)	350	37.0	282.4	53.5	155.8
<b>Particolato – PM<sub>10</sub></b>					
Media annuale PM <sub>10</sub>	40	18.4	22.6	21.6	28.8
Concentrazione superata per 35g/anno (percentile giornaliero 90.4110)	50	30.3	35.3	30.5	45.5
<b>Ossidi di azoto – NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub></b>					
Media annuale NO <sub>2</sub>	40	15.3	16.2	8.8	13.6
Concentrazione superata per 18h/anno (percentile orario 99.7945)	200	58.1	65.1	50.4	59.0
Media annuale NO <sub>x</sub> (Protezione vegetazione)	30	30.2	22.3	10.2	20.2
<b>Monossido di carbonio– CO</b>					
Conc. media massima giornaliera su 8 ore	10'000	Nd	Nd	Nd	706

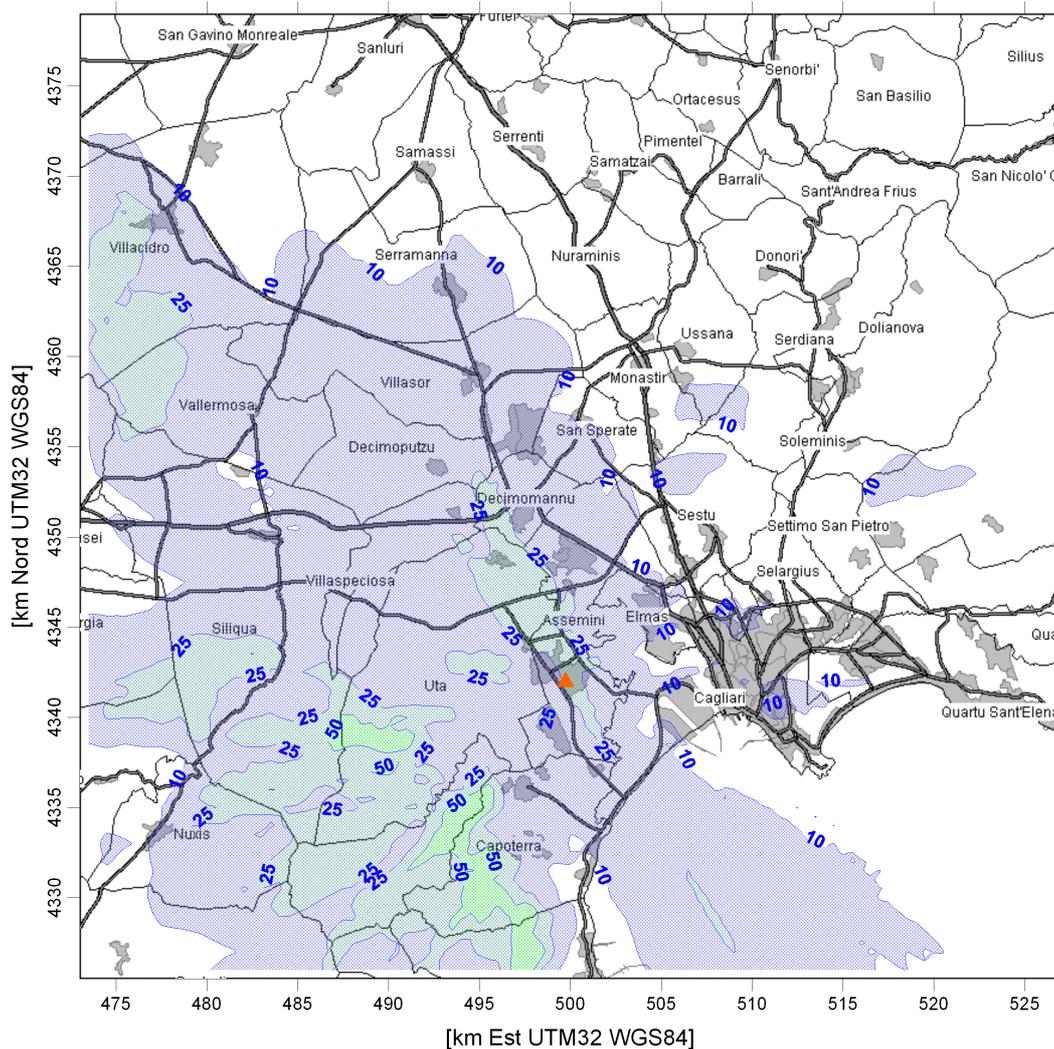
Per i medesimi SQA si riportano nel seguito le mappe relative alle linee di isoconcentrazione al suolo che definiscono l'impatto dell'impianto sul territorio di indagine. Le mappe fanno riferimento alla simulazione corrispondente al maggior grado di cautela, e relativa al funzionamento in continuo di entrambe le unità per tutte le 8760 ore/anno. La Centrale è indicata con un triangolo arancione.

Come si può notare, l'impatto è per tutti i parametri trascurabile o al più non significativo. Il modello identifica due aree principali a maggior impatto, in cui l'entità degli impatti è comunque inferiore ai valori limite: la prima è posta sulle pendici Est dei monti del Sulcis, nell'area a Ovest di Capoterra e Assemmini; la seconda localizzata circa 5 km a Nord Ovest della Centrale.

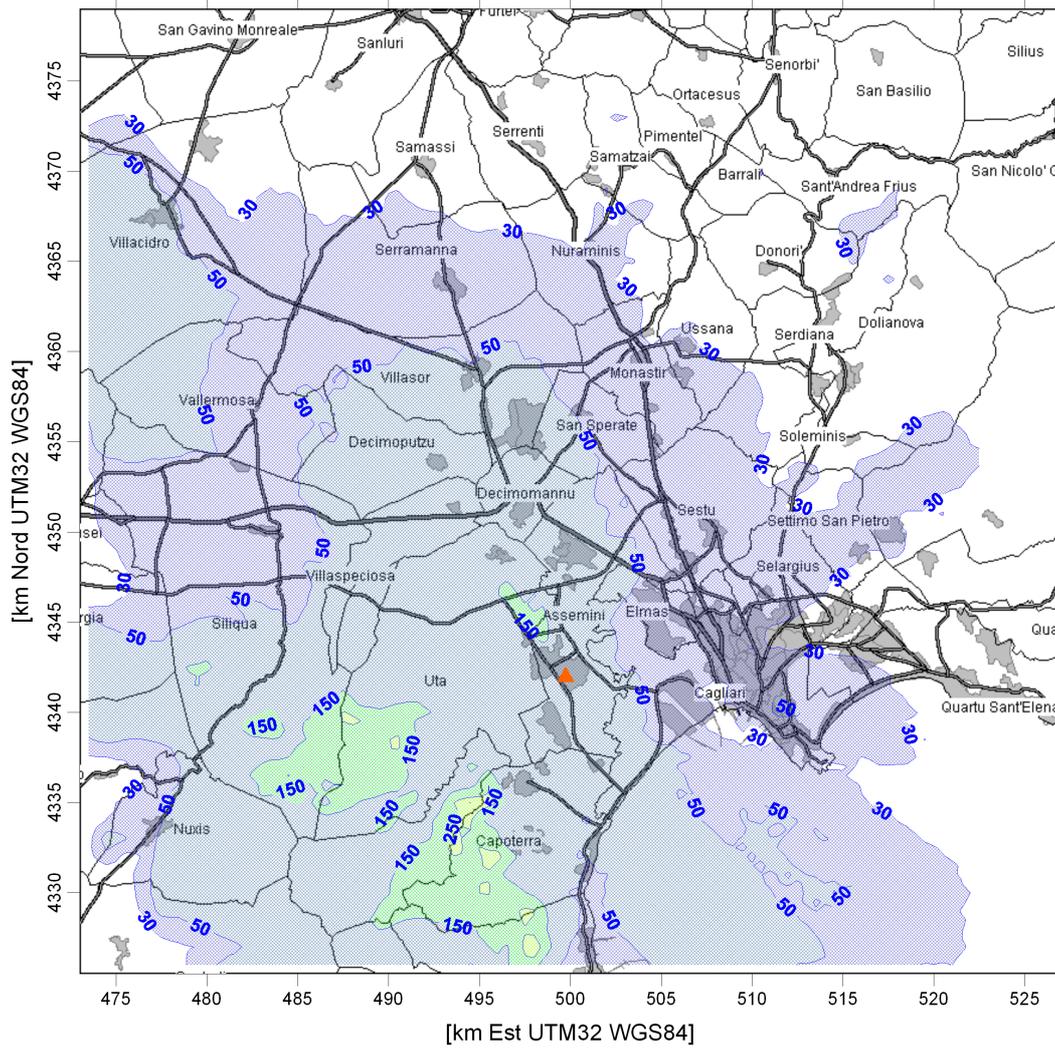
Il risultato è ancor più accettabile in considerazione del fatto che esso sia stato ottenuto sotto l'assunzione cautelativa di pieno funzionamento continuo di entrambe le unità di Centrale. Il reale funzionamento dell'impianto, in cui sono presenti lunghi periodi di inattività di uno o di entrambi i turbogas, con livelli emissivi inferiori al limite, consente di ritenere l'impatto effettivo molto più contenuto, come desumibile dai risultati prodotti dall'ipotesi 2.



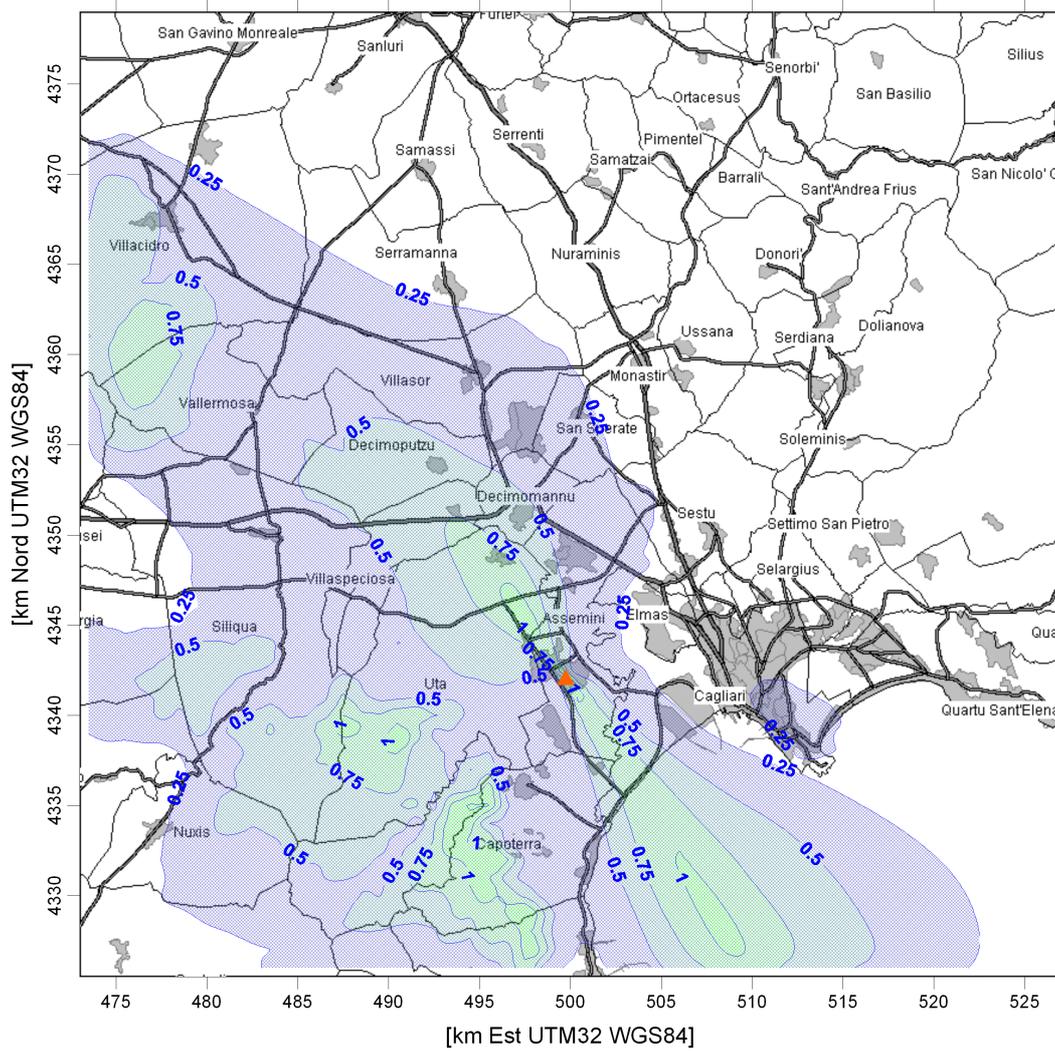
**Figura 4.d – Concentrazione media annua SO<sub>2</sub> in [µg/m<sup>3</sup>], valore limite 20 µg/m<sup>3</sup>. Ipotesi di funzionamento continuo per 8760 ore/anno.**



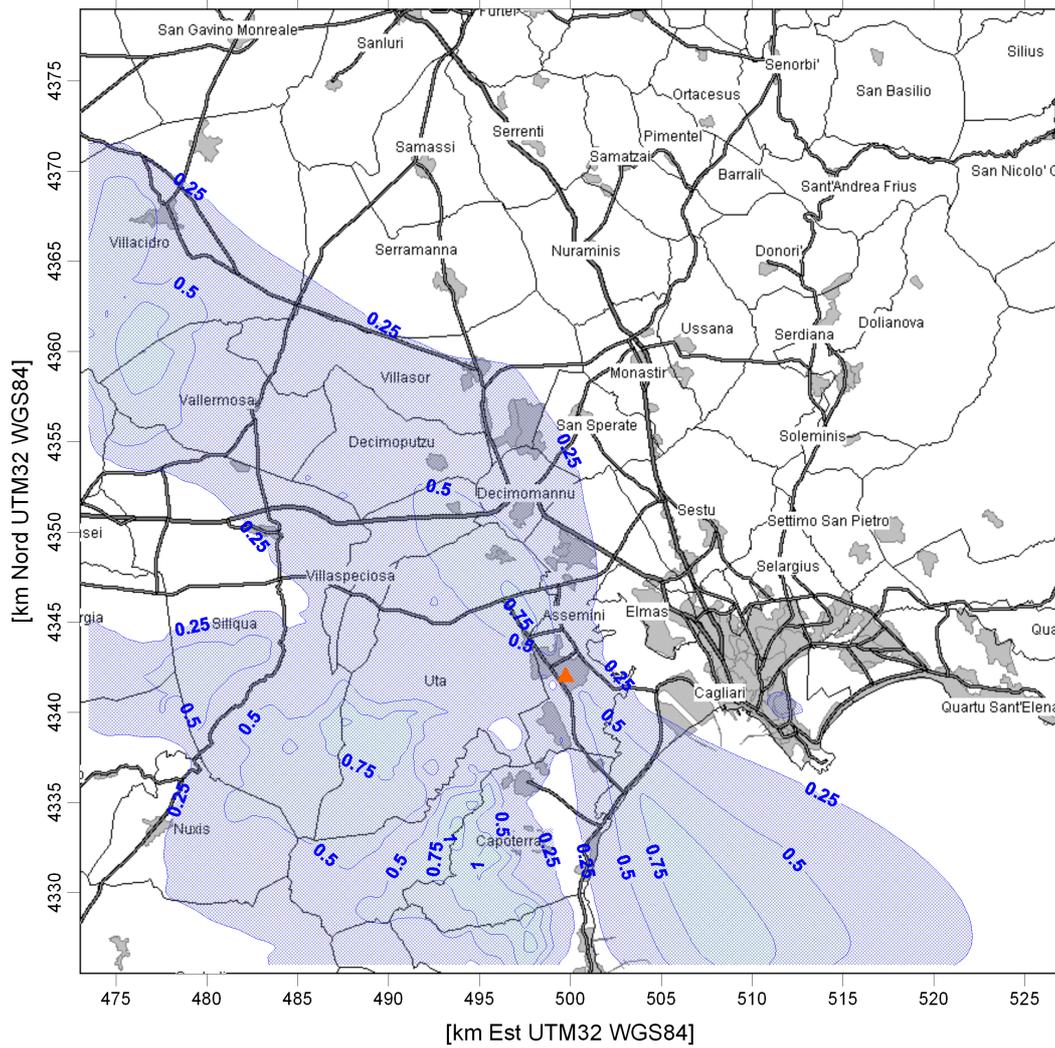
**Figura 4.e – Concentrazione giornaliera di SO<sub>2</sub> superata 18 volte/anno [µg/m<sup>3</sup>], valore limite 125 µg/m<sup>3</sup>.  
Ipotesi di funzionamento continuo per 8760 ore/anno.**



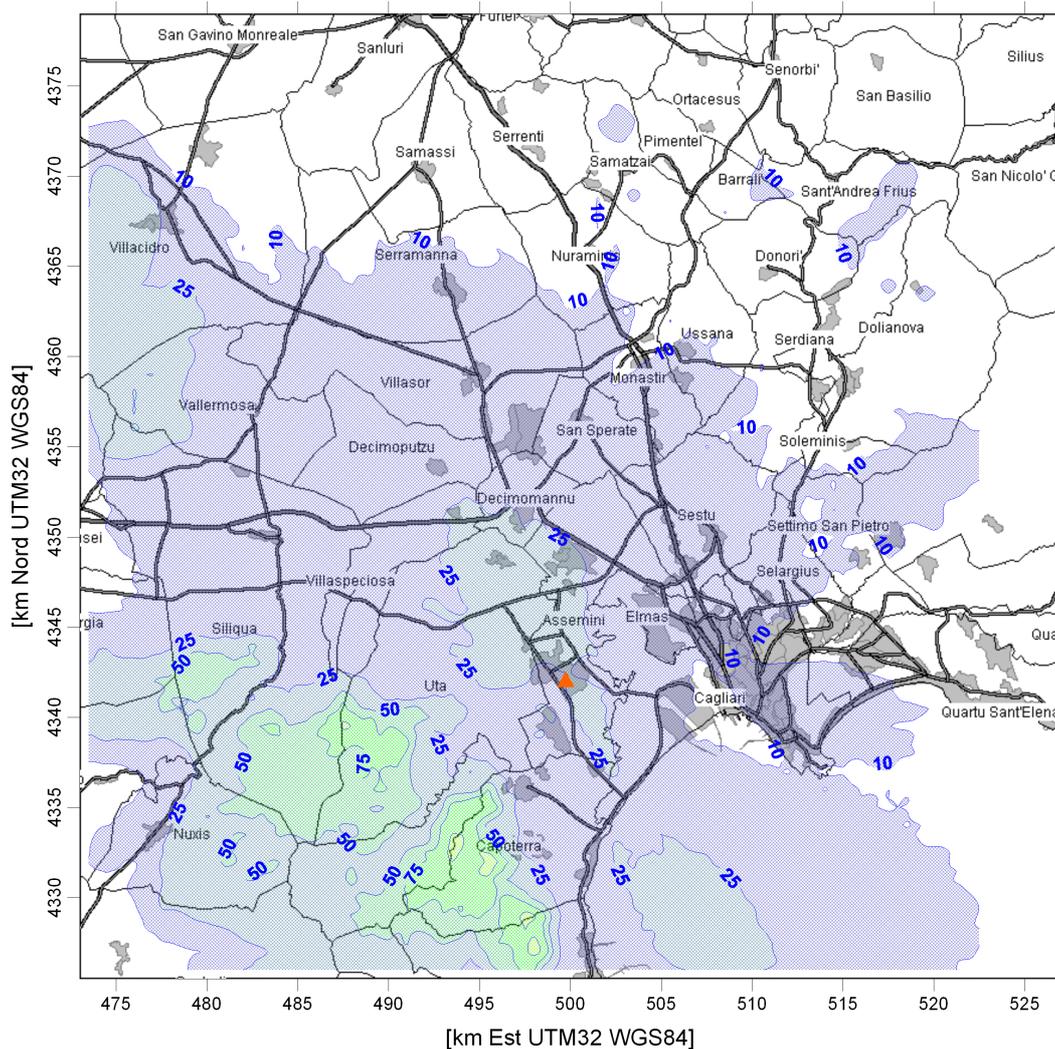
**Figura 4.f – Concentrazione oraria di SO<sub>2</sub> superata 24 volte/anno [µg/m<sup>3</sup>], valore limite 350 µg/m<sup>3</sup>. Ipotesi di funzionamento continuo per 8760 ore/anno.**



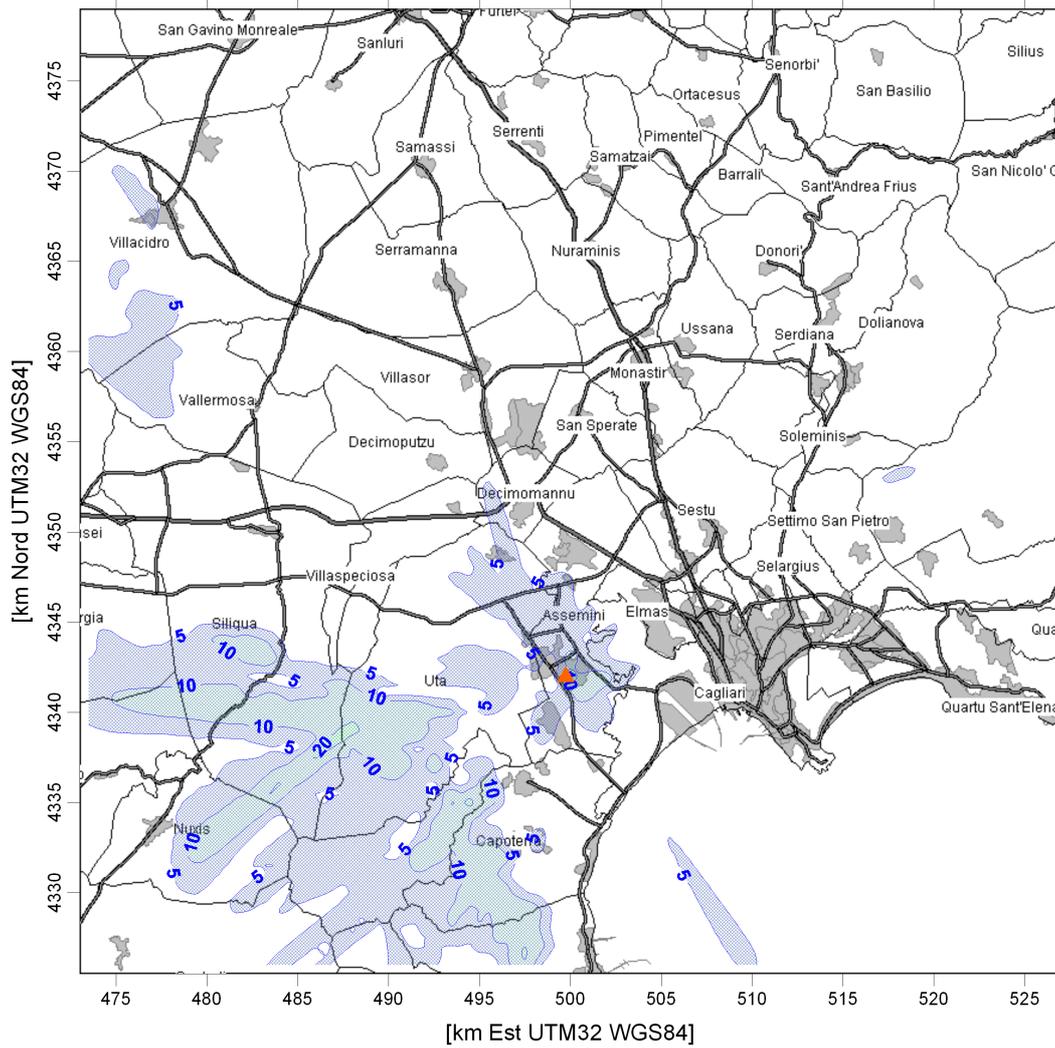
**Figura 4.g – Concentrazione media annua NOx in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore limite  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ipotesi di funzionamento continuo per 8760 ore/anno.**



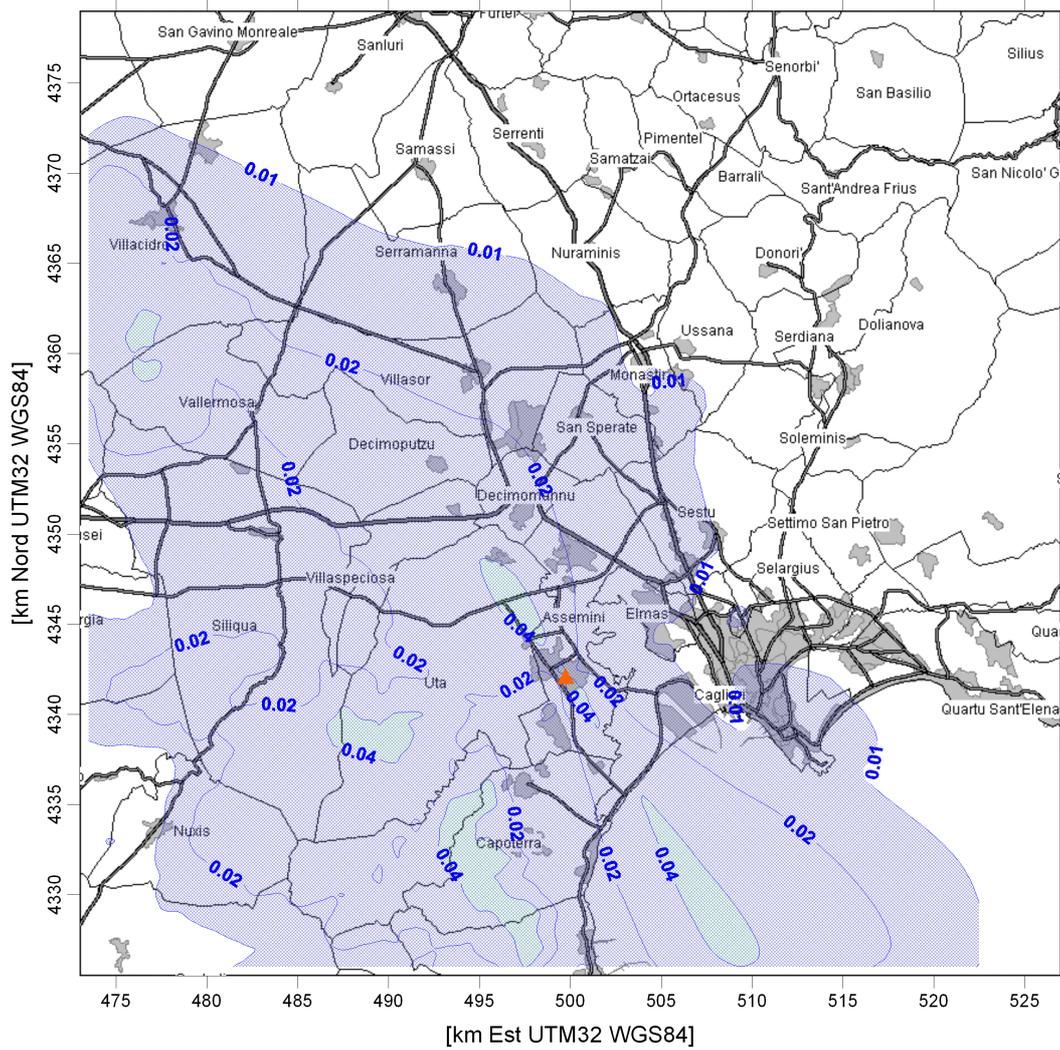
**Figura 4.h – Concentrazione media annua NO<sub>2</sub> in [µg/m<sup>3</sup>], valore limite 40 µg/m<sup>3</sup>. Ipotesi di funzionamento continuo per 8760 ore/anno.**



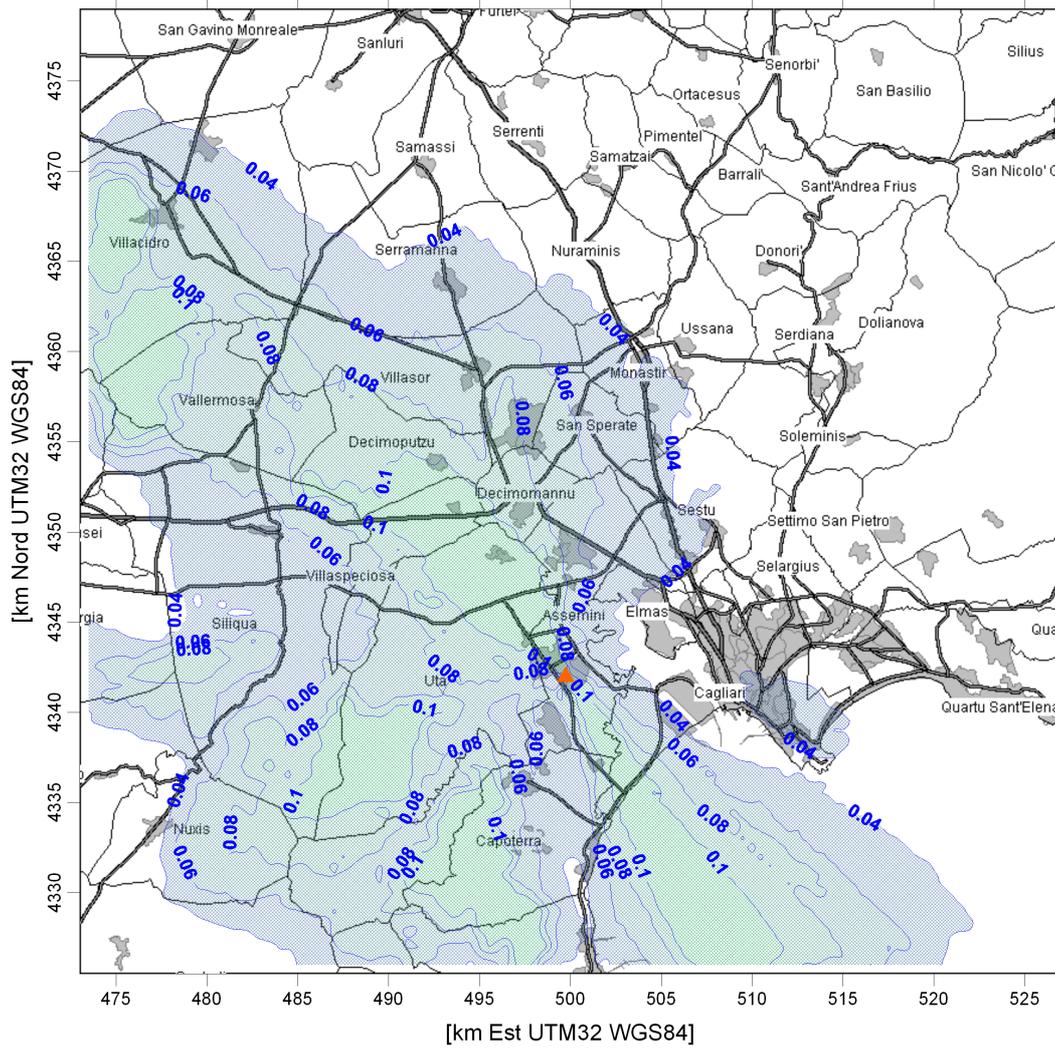
**Figura 4.i – Concentrazione oraria di NO<sub>2</sub> superata 18 volte/anno [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], valore limite 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ipotesi di funzionamento continuo per 8760 ore/anno.**



**Figura 4.j – Massimo valore della concentrazione media su 8 ore di CO [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], valore limite come massimo della media su 8 ore 10000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ipotesi di funzionamento continuo per 8760 ore/anno.**



**Figura 4.k – Concentrazione media annua PM<sub>10</sub> in [µg/m<sup>3</sup>], valore limite 40 µg/m<sup>3</sup>. Ipotesi di funzionamento continuo per 8760 ore/anno.**



**Figura 4.1 – Concentrazione giornaliera di PM<sub>10</sub> superata 35 volte/anno [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], valore limite  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .  
Ipotesi di funzionamento continuo per 8760 ore/anno.**

## 5 CONCLUSIONI

Nell'ambito dell'Autorizzazione Integrata Ambientale della Centrale Turbogas di Assemini, Enel ha richiesto a Cesi la redazione di uno studio in merito alla valutazione degli effetti delle emissioni in atmosfera sullo stato della qualità dell'aria nel comprensorio.

La valutazione modellistica dell'impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni convogliate in atmosfera della Centrale, caratterizzata da un funzionamento annuo limitato e discontinuo, è stata condotta ipotizzando cautelativamente l'esercizio con concentrazioni alle emissioni pari ai limite di legge.

Per meglio comprendere l'impatto sulla qualità dell'aria la simulazione della Centrale è stata ripetuta secondo due ipotesi:

1. Funzionamento in continuo durante tutto l'anno simulato (8760 ore)
2. Funzionamento in continuo per tutte le 24 ore di tutti i giorni di reale funzionamento verificatosi nel 2008 (a prescindere da numero di ore di accensione nel giorno)

La simulazione è stata condotta mediante l'applicazione del sistema CALMET - CALPUFF (a passo orario e per l'intero anno meteorologico 2007), finalizzando la stima degli impatti predetti dal modello al confronto con i vigenti Standard di Qualità dell'Aria previsti dal DM 60/2002 in relazione a SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e CO.

Il confronto tra gli impatti della Centrale stimati dal modello, gli Standard di Qualità dell'Aria previsti dalla normativa vigente (DM 60/2002) e le concentrazioni di fondo registrate dalle postazioni di monitoraggio presenti nell'area d'indagine (gestite da ARPA Sardegna) evidenziano un pieno rispetto di tutti i limiti di legge anche nel punto di massimo impatto, con ricadute inferiori ai valori limite per tutti gli inquinanti. Tale risultato è ancor più accettabile in considerazione del fatto che esso sia stato ottenuto sotto l'assunzione cautelativa di pieno funzionamento di entrambi i gruppi di centrale, come evidenziato dai risultati ottenuti sotto la seconda ipotesi, meno cautelativa ma più rappresentativa del reale funzionamento nell'anno 2008, che simula il reale funzionamento dell'impianto, con relativi periodi di inattività di uno o entrambe le unità.

Per i medesimi SQA, le mappe relative alle linee di isoconcentrazione al suolo, che definiscono l'impatto dell'impianto sul territorio, localizzano le aree di principale ricaduta (con valori comunque inferiori a quelli limite) sulle pendici Est dei monti del Sulcis, nell'area a Ovest di Capoterra ed Assemini, e nella piana a circa 5 km a Nord Ovest della Centrale.

Il risultato è ancor più accettabile in considerazione del fatto che esso sia stato ottenuto sotto l'assunzione cautelativa di pieno funzionamento continuo di entrambe le unità di Centrale. Il reale funzionamento dell'impianto, in cui sono presenti lunghi periodi di inattività di uno o di entrambi i turbogas, con livelli emissivi inferiori al limite, consente di ritenere l'impatto effettivo molto più contenuto, come desumibile dai risultati prodotti dall'ipotesi 2.

## 6 BIBLIOGRAFIA

Scire, J.S., F.R. Robe, M.E. Fernau, R.J. Yamartino, 2000a. "*A user's guide for the CALMET meteorological model*". Earth Tech Inc., Concord, MA,USA.

Scire, J.S., D.G. Strimaitis, R.J. Yamartino, 2000b. "*A user's guide for the CALPUFF dispersion model*". Earth Tech Inc., Concord, MA,USA.