

**INCENDIO DI GASOLIO NEI SERBATOI DI STOCCAGGIO
DEL DEPOSITO SICILIA PETROLI DI PALERMO**

**ANALISI MODELLISTICA
PER LA VALUTAZIONE DELLA DISPERSIONE DEI FUMI DI COMBUSTIONE**

RELAZIONE TECNICA

Autori

ARPA Sicilia

Anna Abita ^[1], Michele Condò ^[1]
Salvatore Caldara ^[2],
Vincenzo Infantino ^[3], Giuseppe Madonia ^[1,3]

[1] *D.G. Struttura ST2- Monitoraggi Ambientali*

[2] *D.G. Struttura ST1- Controlli Ambientali*

[3] *D.G. Struttura SG1- Ufficio di Staff della Direzione Generale*

Ringraziamenti

Si ringrazia per la gentile collaborazione nella fornitura dei dati meteorologici il Sistema Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS).

INDICE

Pag

§1	Introduzione	5
§2	Finalità	6
§3	Riferimenti	7
§4	Caratteristiche territoriali	7
4.1	Metodologia e strumenti di analisi	7
4.2	Geomorfologia dell'area	8
§5	Definizione dell'indagine	8
5.1	Dominio di studio	8
5.2	Metodologie e strumenti di analisi	10
5.3	Disegno di indagine tecnica-sperimentale	11
5.4	Condizioni di emissioni: <i>superficiale e di camino equivalente</i>	20
5.5	Quadri di simulazione	20
	Ricostruzione campi meteo – Layer 1	21
	Ricostruzione campi meteo – Layer 2	23
	Ricostruzione campi meteo – Layer 3	25
	Ricostruzione campi meteo – Layer 4	27
	Ricostruzione campi meteo – Layer 5	29
	Ricostruzione campi meteo – Layer 6	31
	Ricostruzione campi meteo – Layer 7	33
	Ricostruzione campi meteo – Layer 8	35
	Ricostruzione campi di temperatura	37
	Stabilità del PBL	42
	MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE	44
	<i>Sorgente di emissione volumetrica</i>	
	INQUINANTE: CO	44
	INQUINANTE: SO₂	49
	INQUINANTE: NO₂	54
	INQUINANTE: POLVERI TOTALI SOSPESE	59
	MASSA DIFFUSA: H₂O	64
	INQUINANTE: TOLUENE	69
	INQUINANTE: BENZENE	
	INQUINANTE: XYLENI	74
§6	Emissione volumetrica: analisi e commento dei risultati	79
§7	Modello CALPUFF - Camino equivalente	80
	MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE	81
	<i>Sorgente di emissione "Camino equivalente"</i>	
	INQUINANTE: CO	81
	INQUINANTE: SO₂	83
	INQUINANTE: NO₂	85
	INQUINANTE: POLVERI TOTALI SOSPESE	87
	MASSA DIFFUSA: H₂O	89
§8	Modello SCREEN3 - Camino equivalente	91
§9	Confronto risultati CALPUFF-SCREEN	92
§10	Limiti di concentrazione di riferimento	97
§11	Conclusioni	99
§12	Bibliografia	100

SINTESI TECNICA

1. Descrizione dell'evento

In data 3 agosto 2015, alle ore 17:30, presso il Deposito Carburanti della società Sicilia Petroli di Palermo ubicato in via Corleone n. 55, all'interno di due serbatoi adibiti allo stoccaggio di gasolio (liquido classificato in cat. C dal D.M. 31/07/1934), si è sviluppato un incendio che ha prodotto l'immissione in atmosfera di vapori i quali, in contatto con l'aria hanno determinato la formazione di un campo d'infiammabilità che ha dato luogo ad una reazione di combustione.

In seguito agli allerta di Prefettura, Protezione Civile, Corpo dei VV.FF. ed ARPA, il personale della ST di Palermo si è recato prontamente sul luogo dell'incendio acquisendo le preliminari informazioni sulle caratteristiche del materiale combusto.

Dal verbale di sopralluogo di ARPA Sicilia si evince che il quantitativo di gasolio bruciato, pari a 350 tonn, era stato stoccato in due serbatoi di contenimento, entrambi incendiati, aventi ciascuno capacità nominale pari a 500 mc. Inoltre si è appreso che *“le fiamme si presentavano localizzate nell'area in cui insistono i due serbatoi, formando una nube di fumo nero e intenso che, per le particolari condizioni atmosferiche, si sviluppava verticalmente fino ad una quota elevata e poi si disperdeva in direzione opposta alla costa”*. In relazione alla direzione di dispersione dei fumi, i tecnici ARPA hanno provveduto ad effettuare sopralluoghi presso l'abitato di Ciaculli, e dei comuni di Gibilrossa e Belmonte Mezzagno desumendone l'assenza di interessamento a fenomeni di ricaduta d'inquinanti. Va precisato che nelle immediate vicinanze dell'area interessata dell'incendio non sono e non erano presenti stazioni fisse di misura della qualità dell'aria. Sotto il profilo operativo emergenziale l'evento è stato gestito ricorrendo alle azioni repressive sulla sorgente infiammata intraprese dai pompieri del Comando provinciale dei Vigili del Fuoco di Palermo.



Foto 1 – Incendio serbatoi Sicilia Petroli

2. Caratteristiche evento incidentale

TIPOLOGIA DI EVENTO
Incendio confinato non controllato

SOSTANZA/E COINVOLTA
Gasolio per autotrazione

CLASSIFICAZIONE D.M. 31/07/1934
C

LOCALIZZAZIONE
Palermo, Via Corleone, 55

COORDINATE UTM			
X	360,027	Y	4217,034

DATA EVENTO			
Start	3/8/15	End	4/8/15
HM	17.30	HM	2.00

RECETTORI SENSIBILI (C. UTM)					NOME SITO
1	X	360,786	Y	4216,695	Centro Forum
2	X	360,112	Y	4215,559	Ciaculli
3	X	358,058	Y	4217,953	Brancaccio
4	X	358,515	Y	4218,459	Settecannoli
5	X	358,521	Y	4212,367	Belmonte Mezzagno
6	X	363,475	Y	4215,412	Villabate

3. Attività di campionamento

Oggetto: risultati relativi all'analisi del canister

Luogo prelievo	Palermo - via Corleone, 55 - Zona Industriale Brancaccio
Data prelievo	03/08/2015
Organo Prelevatore	ARPA Sicilia - ST Palermo
Verbale di campionamento	Prot. 46427/2015
Punto di Prelievo	Ingresso deposito carburanti

Codice LIMS		LOD
Composto	($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	
propene	3,7	2
Freon 12 (diclorodifluorometano)	<LOD	5
Freon 114 (1,2diclorotetrafluoroetano)	<LOD	7
Clorometano	<LOD	2
Cloruro di vinile	<LOD	3
1,3-Butadiene	<LOD	2
Bromometano	<LOD	4
Cloro etano	<LOD	3
Freon 11 (Triclorofluorometano)	<LOD	6
Etanolo	67,2	2
Acroleina	<LOD	2
1,1 dicloroetene	<LOD	4
Freon 113 (1,1,2-tricloro 1,2,2-trifluoroetano)	<LOD	8
Acetone	109,3	5
Disolfuro di carbonio	<LOD	7
2 propanolo	<LOD	8
Diclorometano	299,1	6
trans-1,2-dicloroetene	<LOD	4
Metil terzbutil etere	<LOD	4
Esano	454,7	8
1,1 dicloroetano	<LOD	4
Acetato di vinile	<LOD	4
cis-1,2-dicloroetene	<LOD	4
2-Butanone	3,7	3
Acetato di etile	<LOD	4
Tetraidrofurano	<LOD	3
Clorofornio	<LOD	5

Codice LIMS		LOD
Composto	($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	
1,1,1-tricloroetano	<LOD	6
Cicloesano	<LOD	4
Tetracloruro di carbonio	<LOD	7
Benzene	3,8	3
1,2 dicloroetano	<LOD	4
Eptano	<LOD	4
Tricloroetene	<LOD	6
1,2 dicloropropano	<LOD	5
Metacrilato di metile	<LOD	4
1,4 diossano	<LOD	11
Bromodiclorometano	<LOD	7
cis-1,3 dicloropropene	<LOD	5
4-metil-2-pentanone	<LOD	13
Toluene	24,0	4
trans 1,3-dicloropropene	<LOD	5
1,1,2-tricloroetano	<LOD	6
Tetracloroetene	<LOD	7
2 Esanone	<LOD	17
Dibromoclorometano	<LOD	9
1,2 Dibromoetano	<LOD	8
Cloro benzene	<LOD	5
Etilbenzene	<LOD	5
p-xilene, m-xilene	11,9	9
o-xilene	<LOD	5

Stirene	<LOD	5
Bromofornio	<LOD	11
1,1,2,2- tetracloroetano	<LOD	8
4-etiltoluene	<LOD	5
1,3,5 trimetilbenzene	<LOD	5
1,2,4-trimetilbenzene	6,1	5
1,3 diclorobenzene	<LOD	6
1,2 diclorobenzene	<LOD	7
Cloruro di benzile	<LOD	5
1,4 diclorobenzene	<LOD	6
1,2,4-triclorobenzene	<LOD	23
Esacoloro-1,3-butadiene	<LOD	34
Naftalene	<LOD	21

La concentrazione è espressa nelle seguenti condizioni: T=20°C e P=1 atm.

Gli esiti delle analisi, dunque, hanno evidenziato la presenza nel campione di sostanze riconducibili all'evento. In particolare le concentrazioni quantificabili sono relative ai seguenti inquinanti:

- Diclorometano
- Etanolo
- Acetone
- Esano
- Benzene
- Toluene
- M-xylene e p-xylene
- 1,2,4 trimetilbenzene

Di tali inquinanti si ritiene che non tutti siano riconducibili direttamente alla combustione del carburante (e.g. diclorometano), ma che piuttosto vi siano stati rilasci di sostanze "improprie" rispetto a quelle riconducibili agli idrocarburi derivate dalla degradazione di oggetti bruciati posti nelle immediate vicinanze dei serbatoi incendiati.

4. Strumenti modellistici

MODELLO METEOROLOGICO

FONTE DATI METEO		FONTE DATI GEOMORFOLOGICI	FONTE DATI CLU
SUP	SIAS -Sistema Informativo Agrometeorologico Siciliano	SRTM – DEM (Rilievo Space Shuttle Endeavour)	SITR – Sistema Informativo regionale territoriale siciliano
UP	ESRL Radiosonde Database		Corine Land Cover database

TIPOLOGIA SCALA ANALISI	TIPOLOGIA MODELLO METEO	MODELLO
Analisi a scala locale	Modello diagnostico	CALMET

MODELLO DIFFUSIVO

FONTE DATI MODELLO	FONTE DATI INQUINANTI	STIMA DELLE EMISSIONI
Output CALMET	Analisi e rapporto di incidente	Analisi delle portate, EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013

TIPOLOGIA SCALA ANALISI	TIPOLOGIA MODELLO	MODELLO
Analisi a scala locale	Modello Lagrangiano	CALPUFF

MODELLO POST PROCESSAMENTO

FONTE DATI MODELLO	MODELLO
Output CALPUFF	CALPOST

ANALISI BASE AVERAGE
ORARIA

SPECIE MODELLATE			
√	SO ₂		XE-133
	SO ₄		XE-134
√	NO ₂	√	PM ₁₀
√	CO		PM _{2,5}
	HNO ₃		PM _{1,87}
	NO		PM _{1,12}
	NO ₂		PM _{0,81}
	NO ₃		PM _{0,56}
	CH ₄		SOA
	ODOR	√	H ₂ O
√	BENZENE		TXS
√	TOLUENE		C-14
√	XYLENI		CO-58
	B-PINENE		FE-58
	A-PINENE		CO-60
	H-3		NI-60
	HE-3		RB-85
	N-14		CS-133
	KR-85		CS-134
	XE-131M		BA-134
	XE-131		CS-137
	XE-133M		BA-137M
	I-131		BA-137
	I-133		

EMISSIONE PORTATE [kg/h]			
SO ₂	89,80	H ₂ O	140030,00
NO ₂	449,02	BENZENE	250,00
CO	1100,00	TOLUENE	250,00
PM ₁₀	4019,00	XYLENI	250,00

5. Geomorfologia dell'area

Il territorio oggetto della presente valutazione è ubicato nella parte meridionale della vasta piana sulla quale insiste la città di Palermo. Si tratta di un'area di intensa urbanizzazione commerciale ed industriale, dunque influenzata dagli interventi antropici; tali interventi, pur variando l'originario assetto morfologico dell'area, non risulta abbiano alterato il generale equilibrio geologico.

Nella forma e nella distribuzione plano-altimetrica la zona in esame risulta stabile, e ciò in virtù della sua generale morfologia pianeggiante e della natura litologica dei terreni dotati di caratteristiche geo-meccaniche di buona qualità.

La zona costiera risulta caratterizzata da due distinti elementi morfologici: le spianate dei terrazzi marini pleistocenici, presenti lungo tutta la fascia pedemontana e caratterizzate da superfici degradanti verso la costa con quote che superano i 150 metri, e la pianura alluvionale, formata dai sedimenti terrazzati pleistocenici ed olocenici.

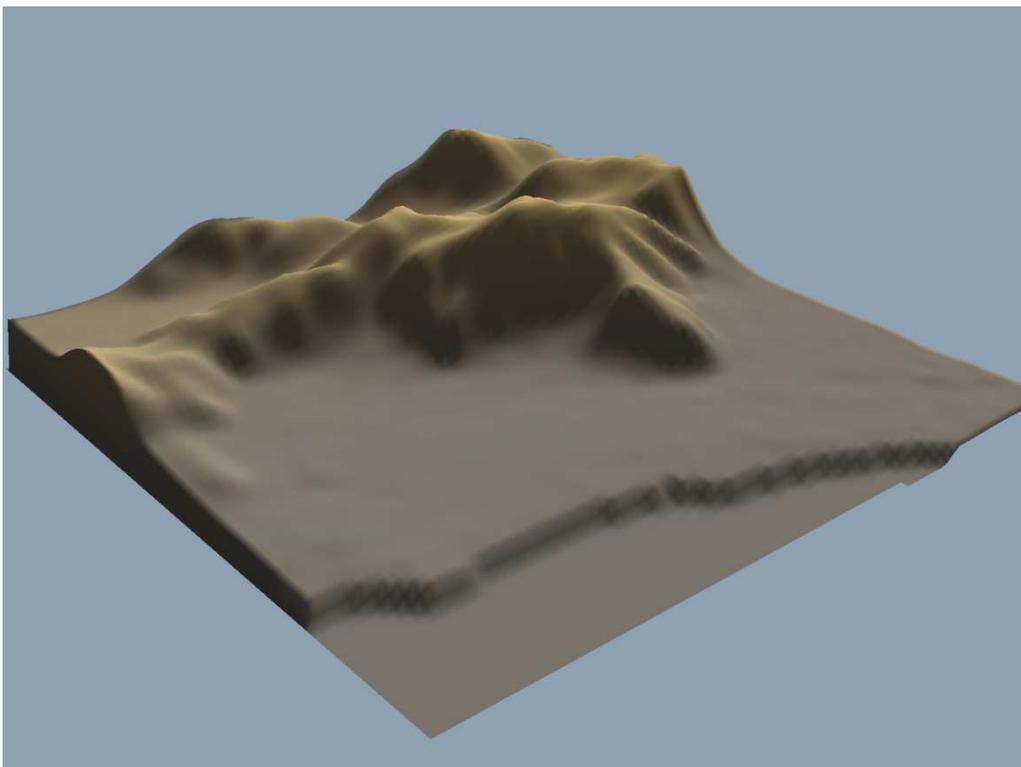


Figura 1 – Vista tridimensionale del dominio

6. Definizione dell'indagine

Dominio di studio

L'indagine sulle ricadute al suolo degli inquinanti sprigionati dall'incendio del gasolio contenuto nei serbatoi di stoccaggio dello stabilimento Sicilia Petroli, è riferita ad un'area di estensione pari a 300 Km²; tale estensione si ritiene commisurata alle necessità di una efficace e completa valutazione, a scala locale, delle pressioni sui recettori sensibili.

Il dominio di studio è costituito da un grigliato rettangolare, di estensione 15x20km, avente risoluzione di maglia pari a 500 m. All'interno di essa sono stati evidenziati n.6 recettori costituiti da agglomerati commerciali ed abitativi i quali, ai fini del calcolo, sono stati rappresentati attraverso le coordinate UTM – Datum WGS-84 del baricentro dell'areola che delimita le singole areole cui sono riferiti.

Recettore	X [Km]	Y [Km]	H s.l.m. [ml]	Denominaz.
1	360,786	4216,695	25.0	Centro Forum
2	360,112	4215,559	25.0	Ciaculli
3	358,058	4217,953	23.0	Brancaccio
4	358,515	4218,459	24.0	Settecannoli
5	358,521	4212,367	360.0	Belmonte Mezzagno
6	363,475	4215,412	64.0	Villabate

Tabella 1 – Recettori sensibili



Figura 2 – Mappa dei recettori

7. Obiettivo dell'indagine

Il presente lavoro nasce dalla necessità di disegnare uno scenario di riferimento per la valutazione delle ricadute degli inquinanti aero-dispersi al suolo.

La stima delle concentrazioni degli inquinanti depositati al suolo è finalizzata ad attuarne il confronto con il livello di concentrazione IDLH (Immediately dangerous for life or health) suggerito dal DM 20.10.1998, così come riportato nel *Pocket Guide to Chemical Hazard* pubblicato negli U.S.A. dalla Federal agency NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). Attraverso tale confronto ARPA Sicilia definisce il quadro di esposizione della popolazione alle emissioni inquinanti in ragione della sua ubicazione geografica e delle peculiari caratteristiche d'uso del territorio così come inseriti nel dominio di calcolo.

NOTA

La presente analisi vuole costituire una integrazione alle valutazioni discendenti dalle determinazioni di campo, al fine di una successiva valutazione da parte degli organismi sanitari preposti allo studio degli effetti di esposizione agli inquinanti generati dall'incendio.

8. Indagine modellistica

Attività ricognitive preliminari:

- localizzazione delle sorgenti di emissione:
 - n.2 Serbatoi Sicilia Petroli (360027.00 m E; 4217034.00 m N)
- localizzazione della stazioni meteo di superficie, disponibile presso la rete SIAS:
 - Palermo Uditore (530400.00 m E; 4221500.00 m N)
- localizzazione della stazione radiosonda più vicina:
 - Trapani (280251.00 m E; 4199886.00 m N)

Ricostruzione dei campi di vento riferiti a n.8 layer suddivisi per altezze:

Layer 1 = 0÷20 m

Layer 2 = 20÷80 m

Layer 3 = 80÷180 m

Layer 4 = 180÷380 m

Layer 5 = 380÷600 m

Layer 6 = 600÷900 m

Layer 7 = 900÷2000 m

Layer 8 = 2000÷3000 m

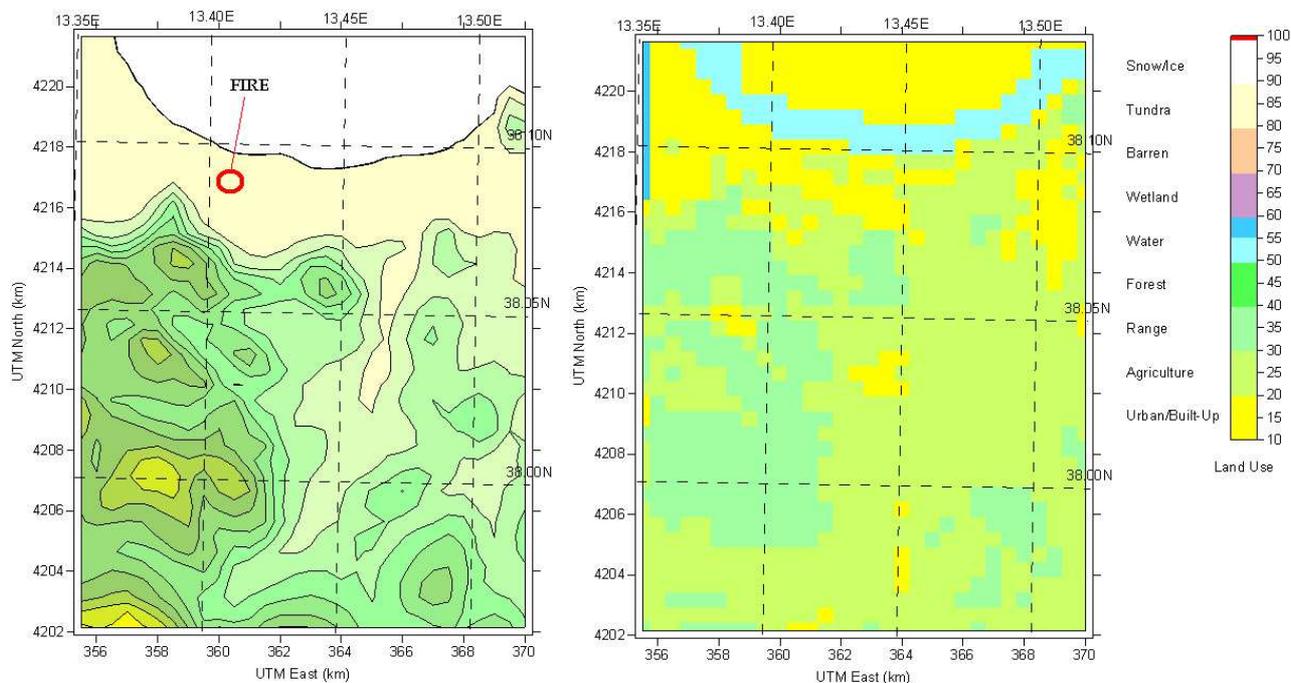


Figura 4 – Dominio di calcolo

Per tenere conto delle caratteristiche emissive dell'incendio, la cui sorgente è estesa su un'area di circa 315 mq, si è reputato conveniente modellare l'emissione a partire dalla quota di pelo libero dei serbatoi, e cioè 6 m.

L'altezza di riferimento per il calcolo della concentrazione degli inquinanti è stata assunta pari a 1,5 m. Di seguito si riportano i quadri grafici riassuntivi delle dispersioni al suolo degli inquinanti distinti per tipologia e periodo di simulazione (variazioni orarie). Le ricostruzioni meteo sono riferite a distribuzioni orarie del vento, facendo riferimento ai n.8 descritti in precedenza.

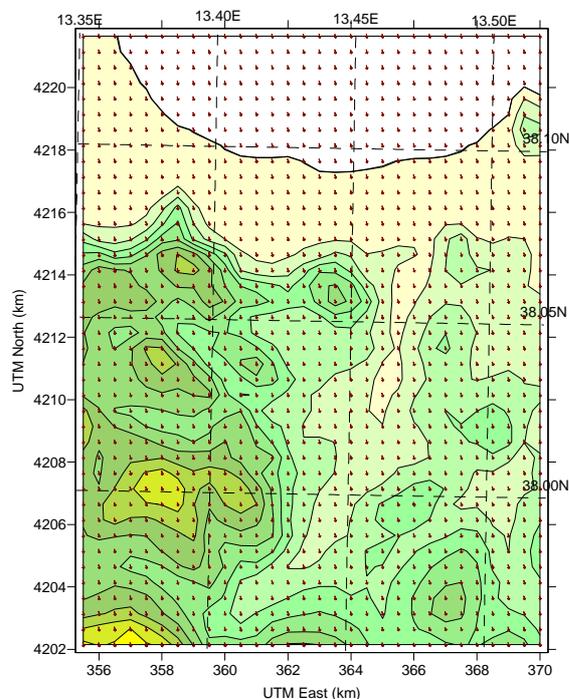
RICOSTRUZIONE DEI CAMPI METEO

Layer 1 = 0÷20 m

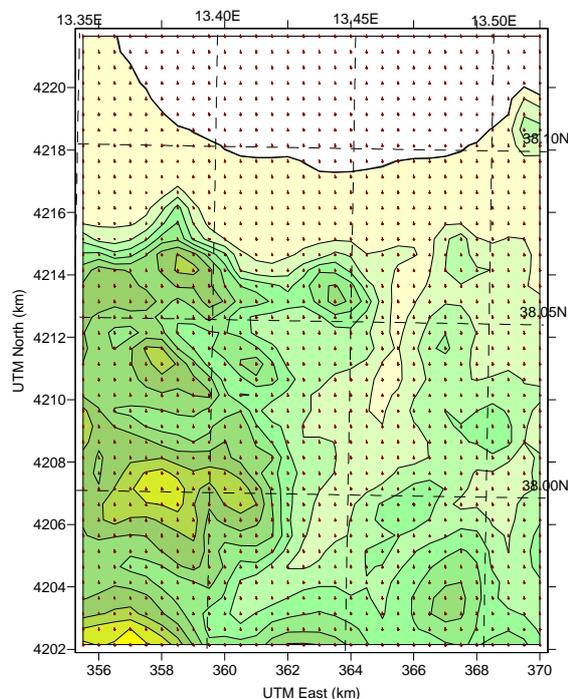
Elaborazione dalle ore 0.00 del 3/8/15 alle 0.00 del 4/8/15.

Sono riportati i grafici con periodicità 3h dalle ore 17:00 del 3/8/15 alle ore 01:00 del 4/8/15.

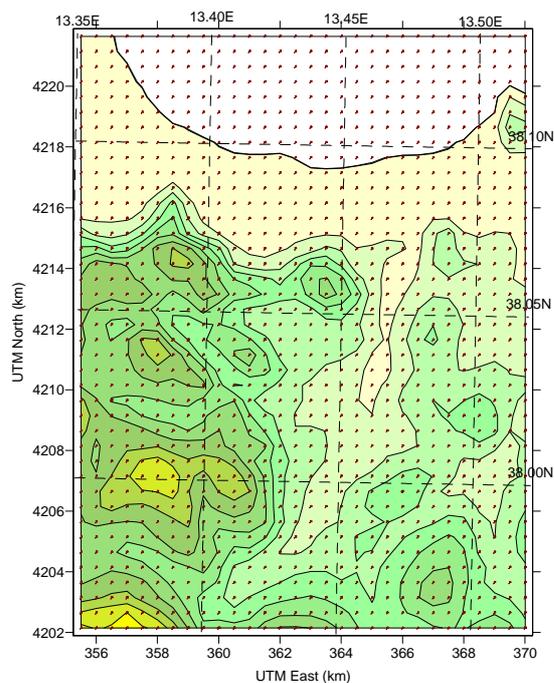
ORA 17:00 Layer 1 = 0÷20 m



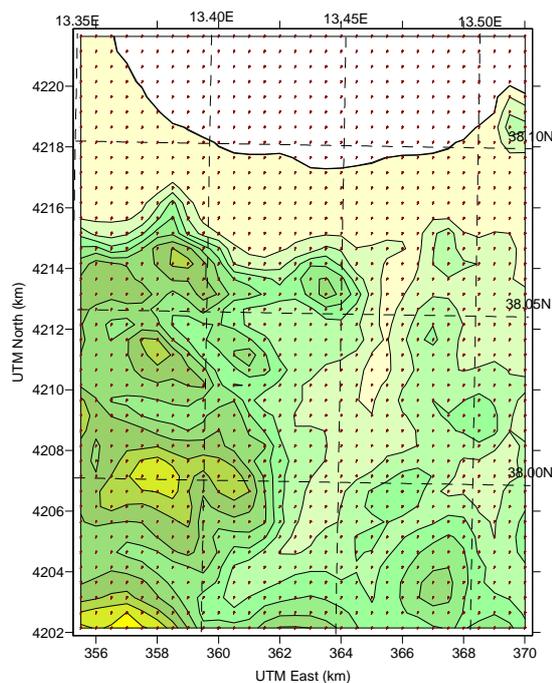
ORA 20:00 Layer 1 = 0÷20 m



ORA 23:00 Layer 1 = 0÷20 m

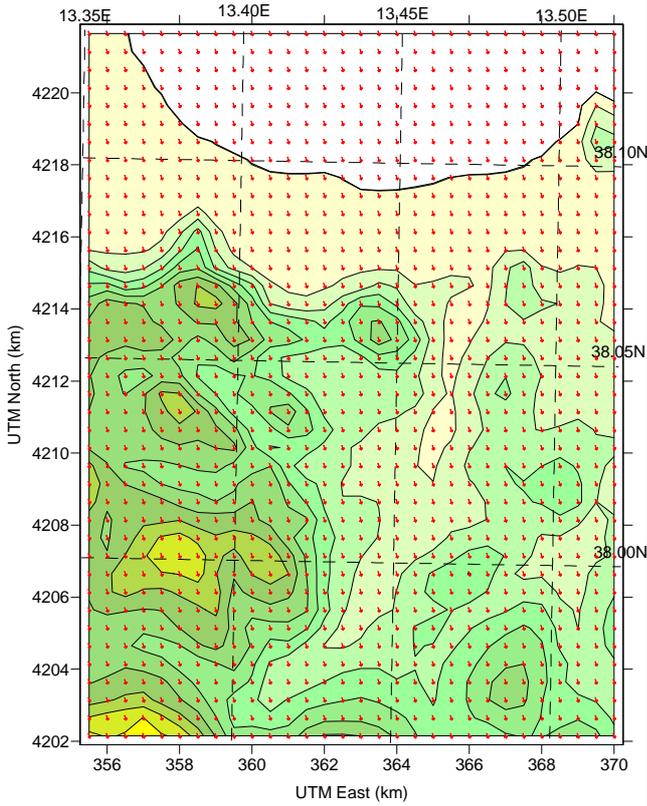


ORA 1:00 Layer 1 = 0÷20 m

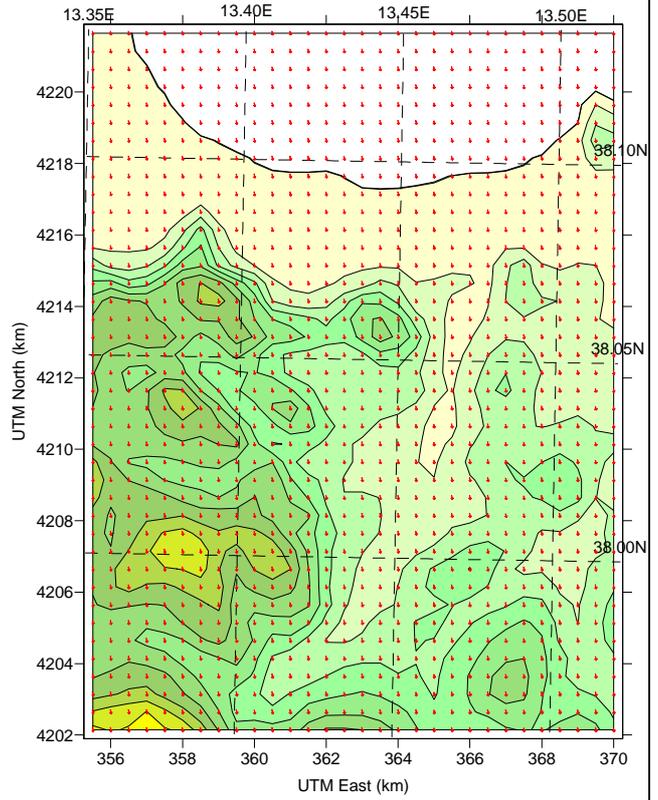


Layer 2 = 20÷80 m

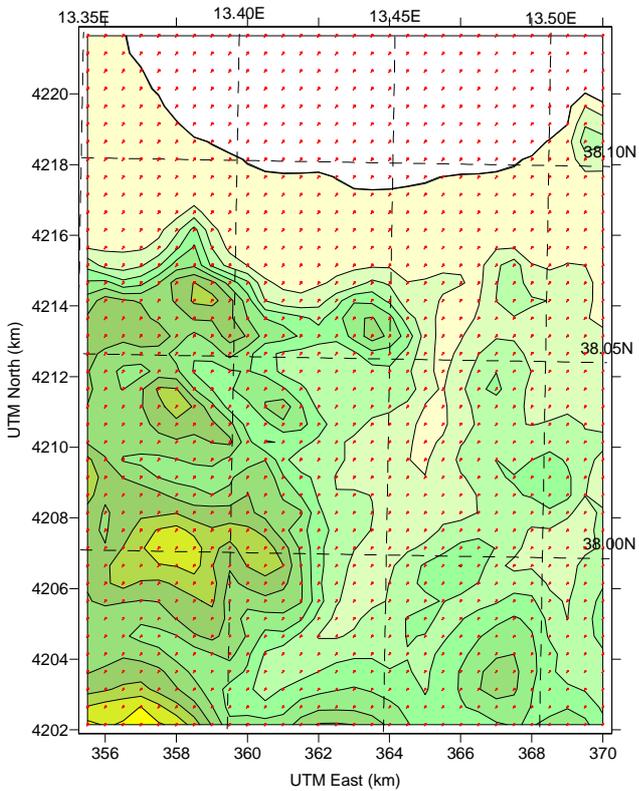
ORA 17:00 Layer 2 = 20÷80 m



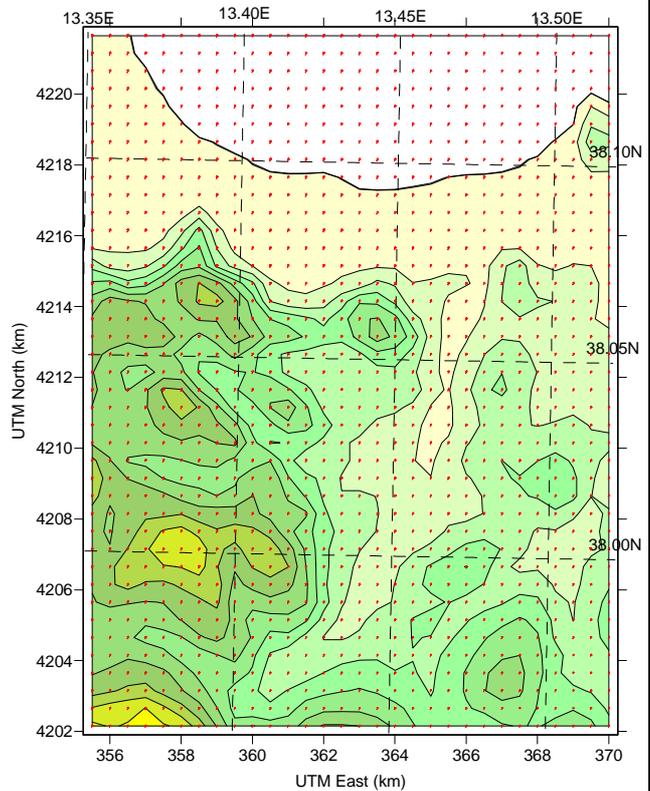
ORA 20:00 Layer 2 = 20÷80 m



ORA 23:00 Layer 2 = 20÷80 m

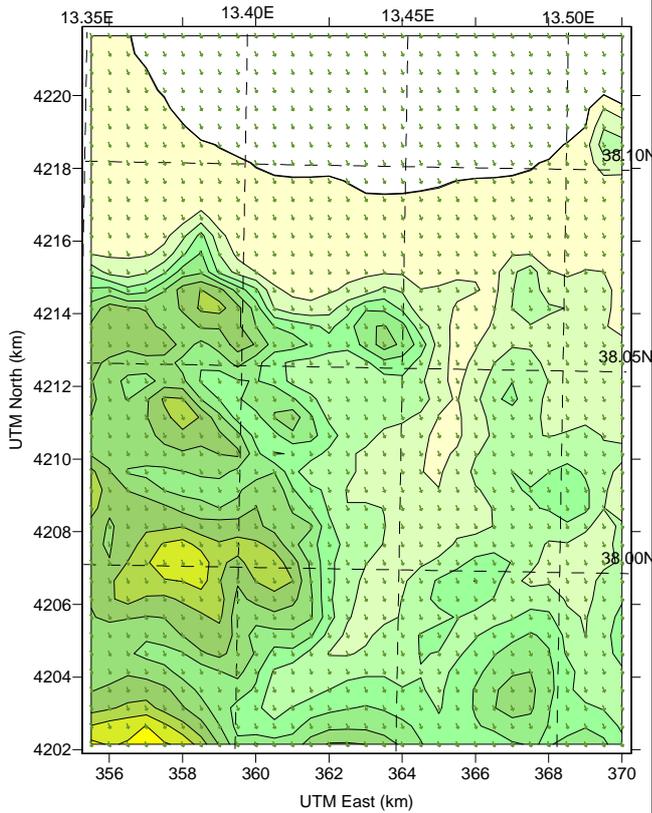


ORA 1:00 Layer 2 = 20÷80 m

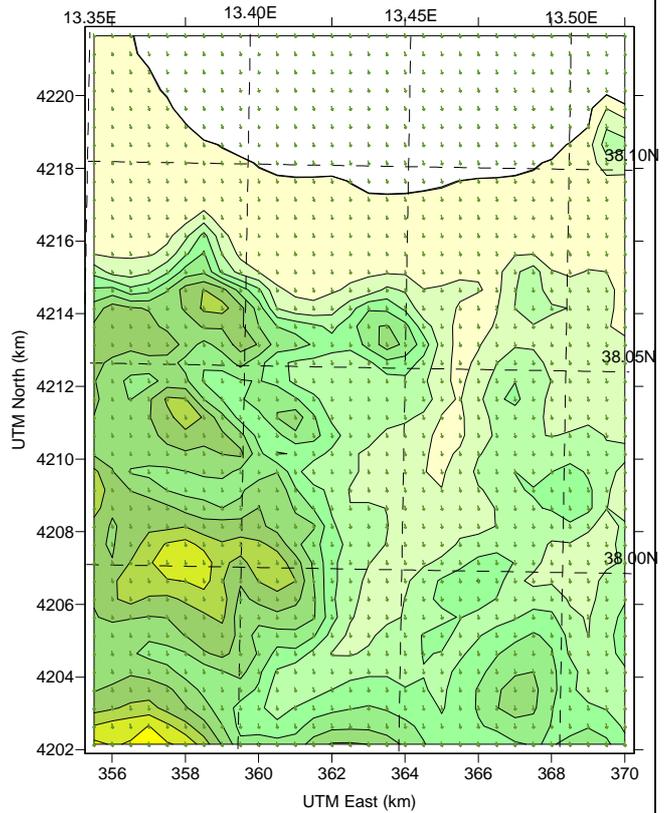


Layer 3 = 80÷180 m

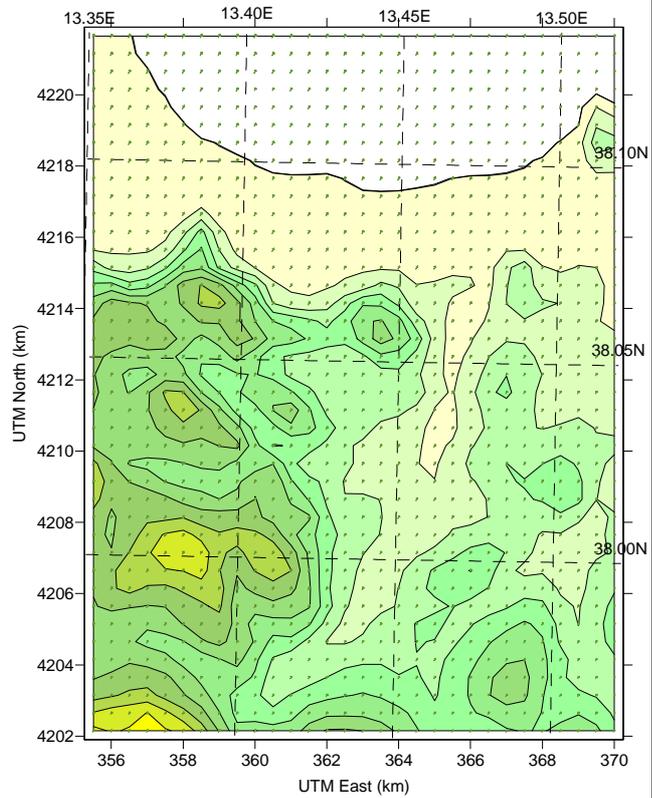
ORA 17:00 Layer 3 = 80÷180 m



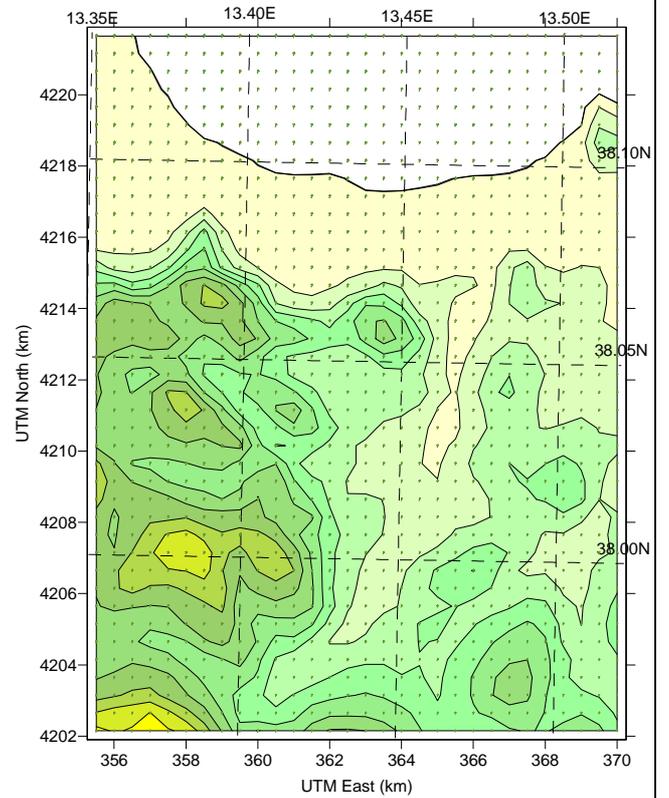
ORA 20:00 Layer 3 = 80÷180 m



ORA 23:00 Layer 3 = 80÷180 m

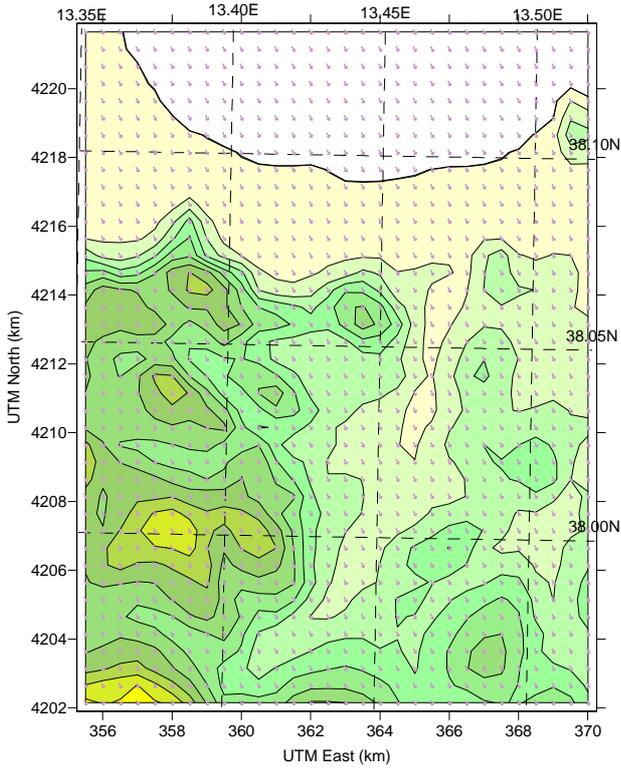


ORA 1:00 Layer 3 = 80÷180 m

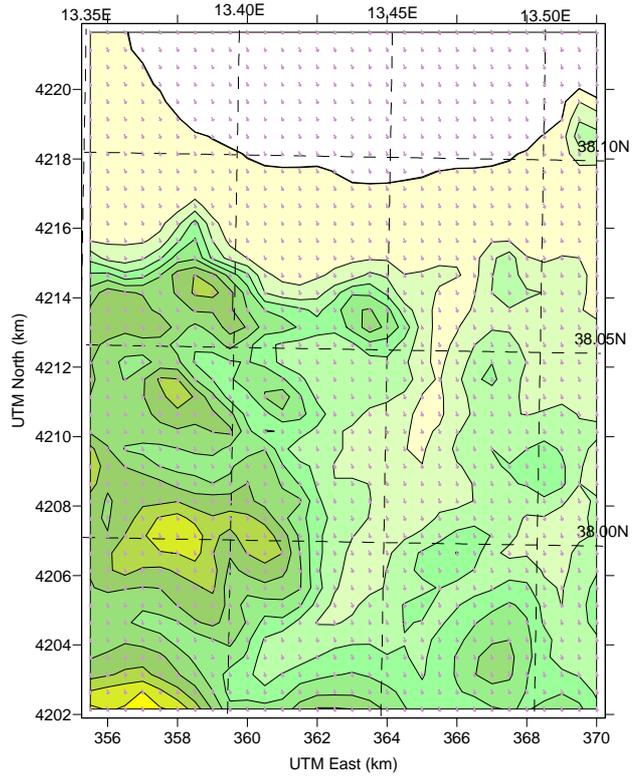


Layer 4 = 180÷380 m

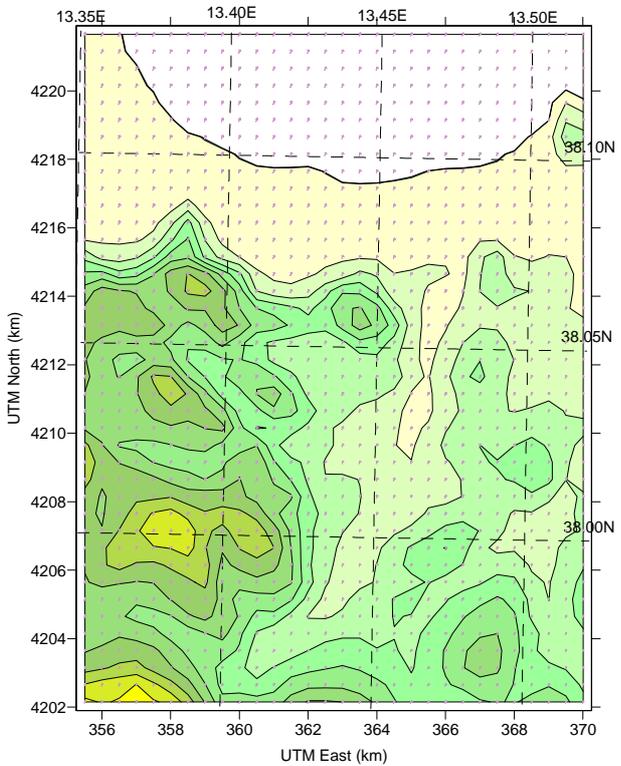
ORA 17:00 Layer 4 = 180÷380 m



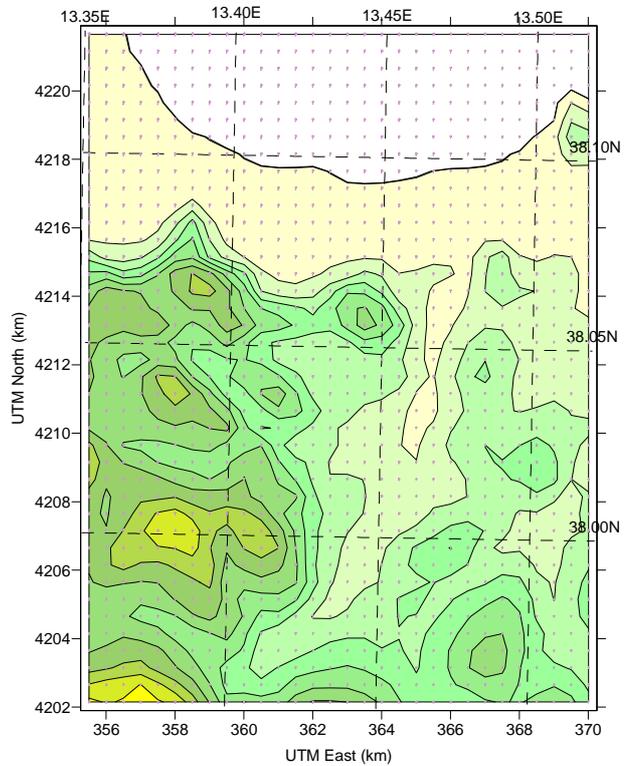
ORA 20:00 Layer 4 = 180÷380 m



ORA 23:00 Layer 4 = 180÷380 m

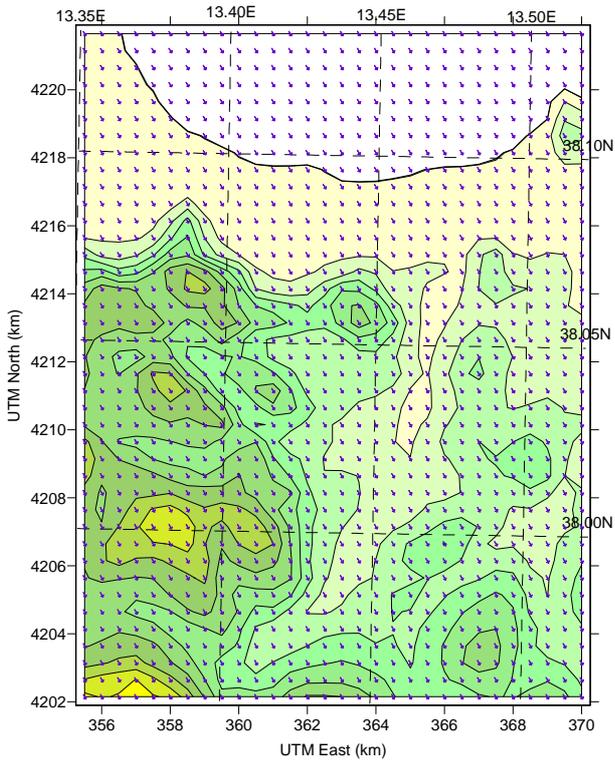


ORA 1:00 Layer 4 = 180÷380 m

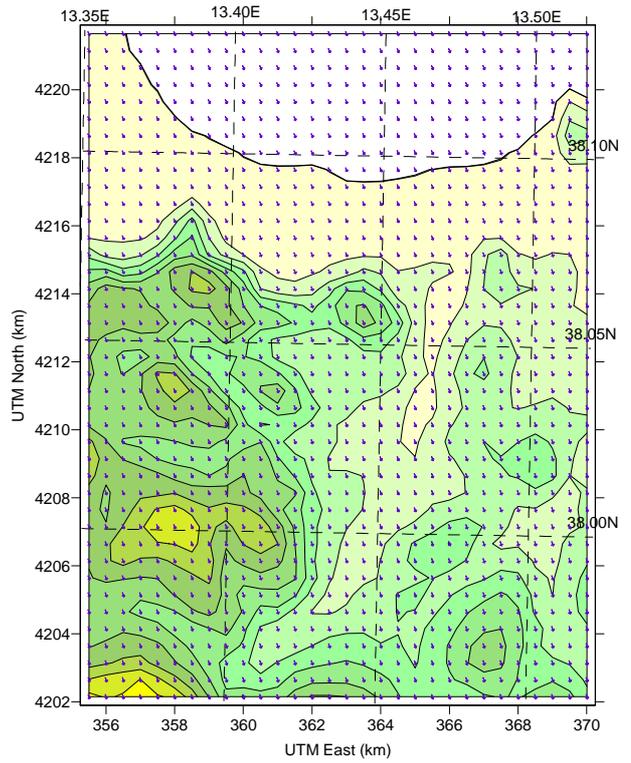


Layer 5 = 380÷600 m

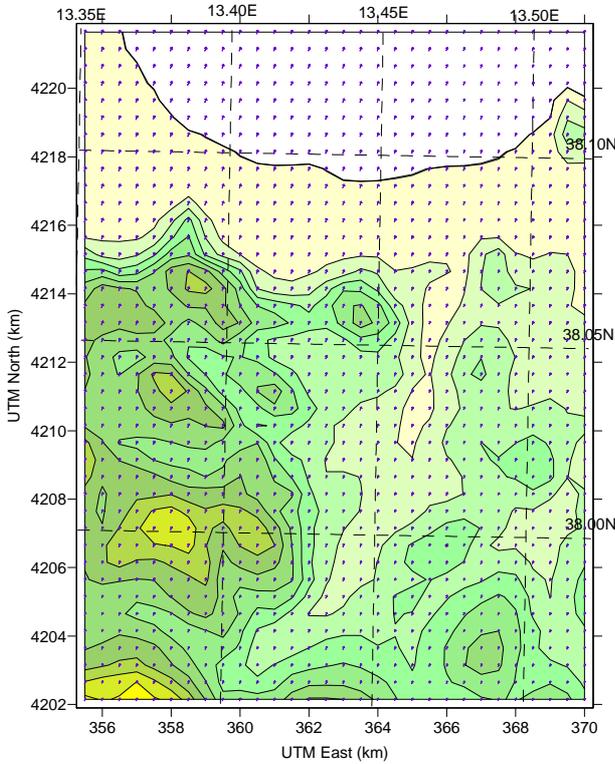
ORA 17:00 Layer 5 = 380-600 m



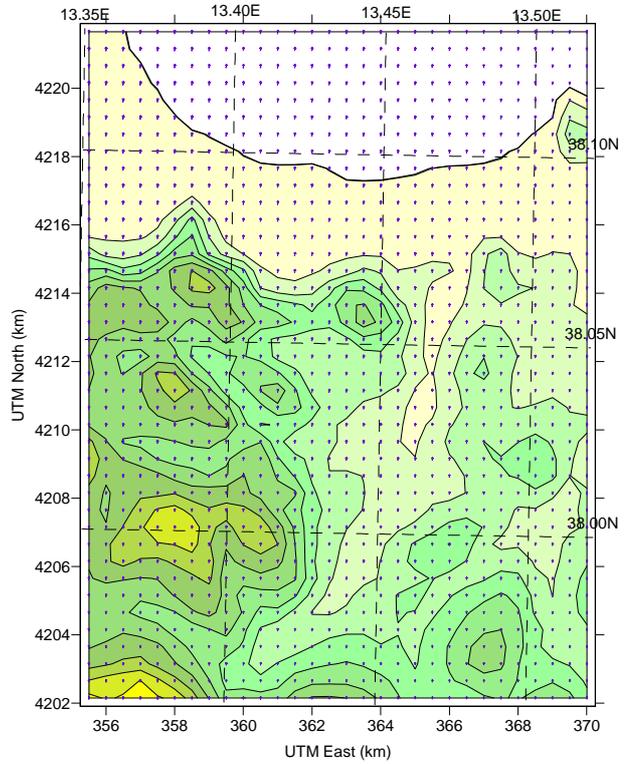
ORA 20:00 Layer 5 = 380-600 m



ORA 23:00 Layer 5 = 380-600 m

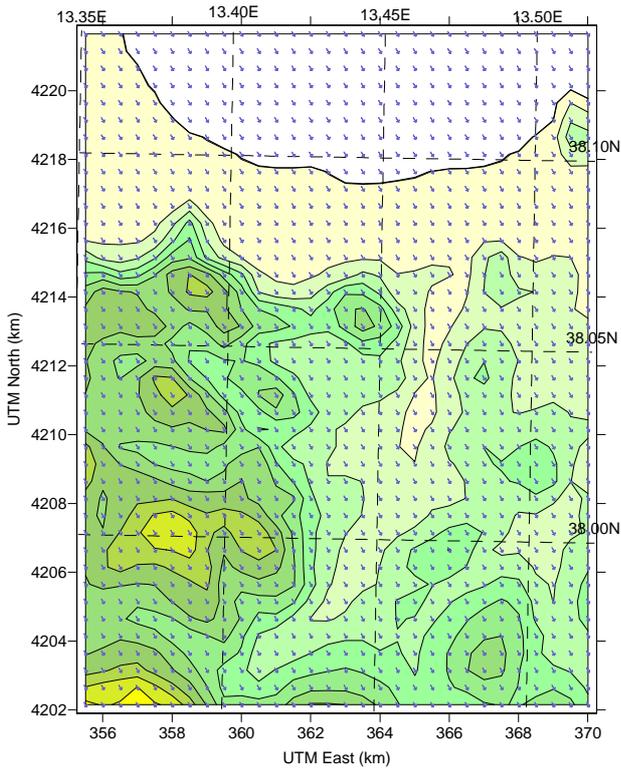


ORA 1:00 Layer 5 = 380-600 m

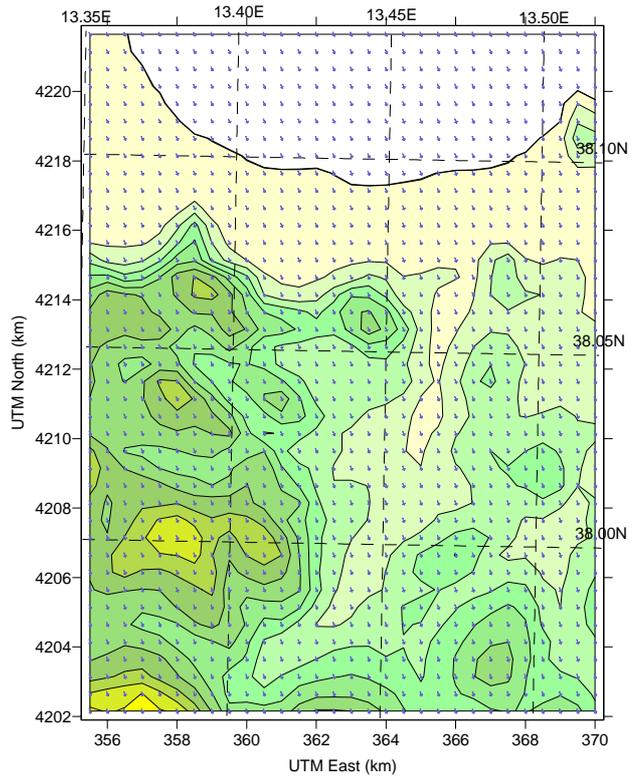


Layer 6 = 600÷900 m

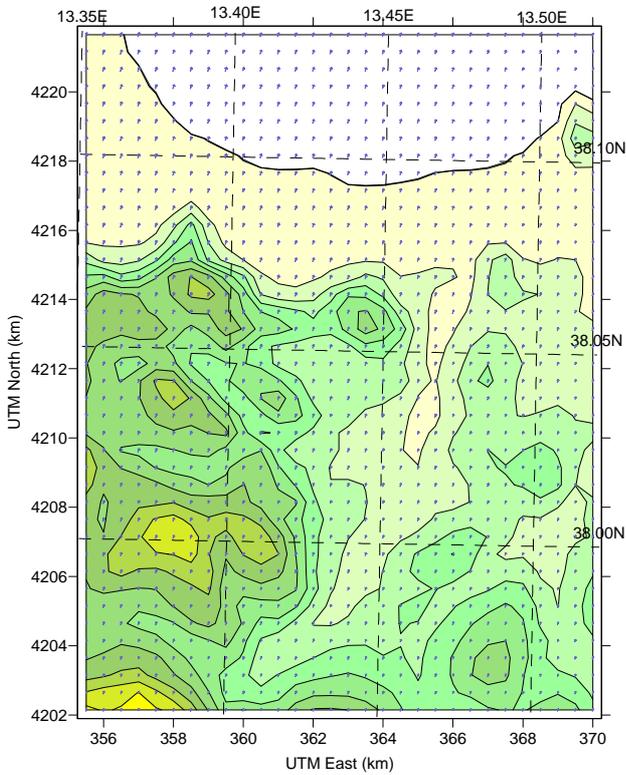
ORA 17:00 Layer 6 = 600÷900 m



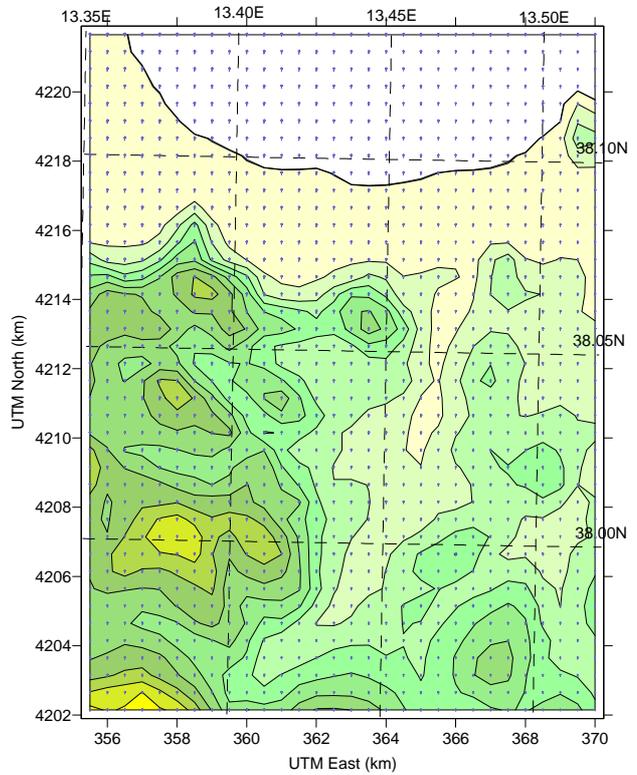
ORA 20:00 Layer 6 = 600÷900 m



ORA 23:00 Layer 6 = 600÷900 m

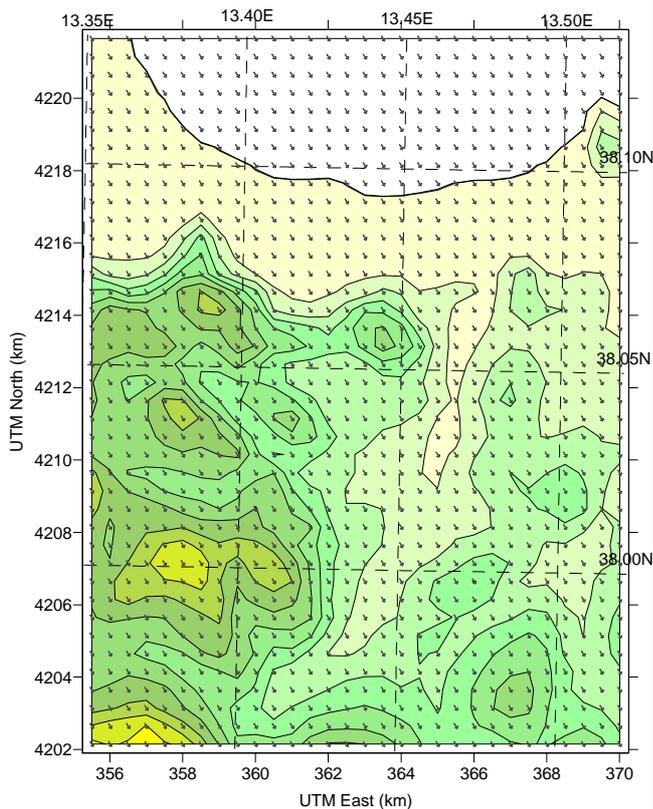


ORA 1:00 Layer 6 = 600÷900 m

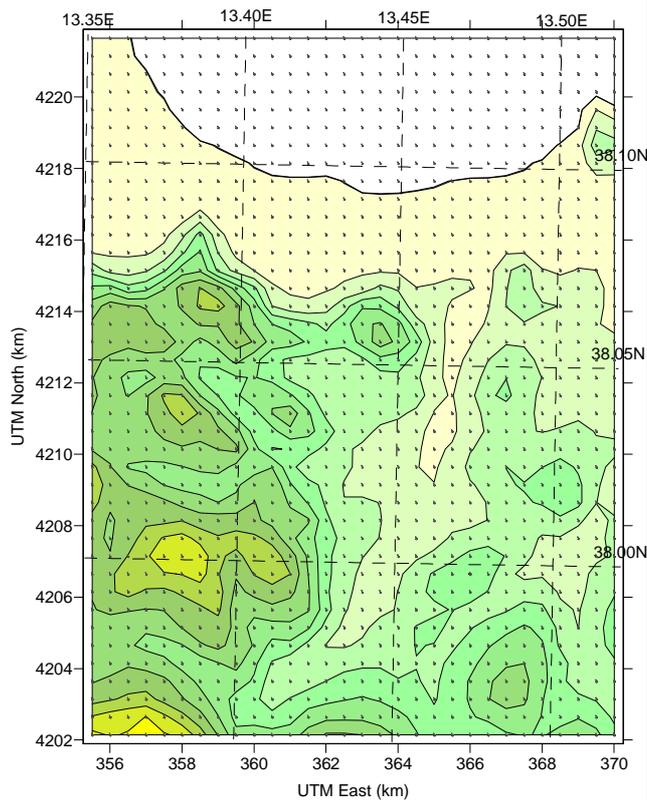


Layer 7 = 900÷2000 m

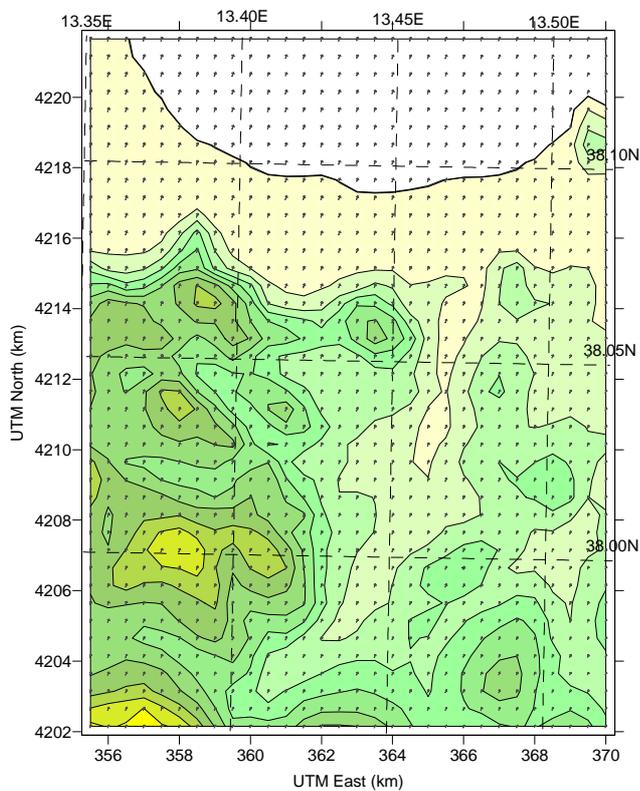
ORA 17:00 Layer 7 = 900÷2000 m



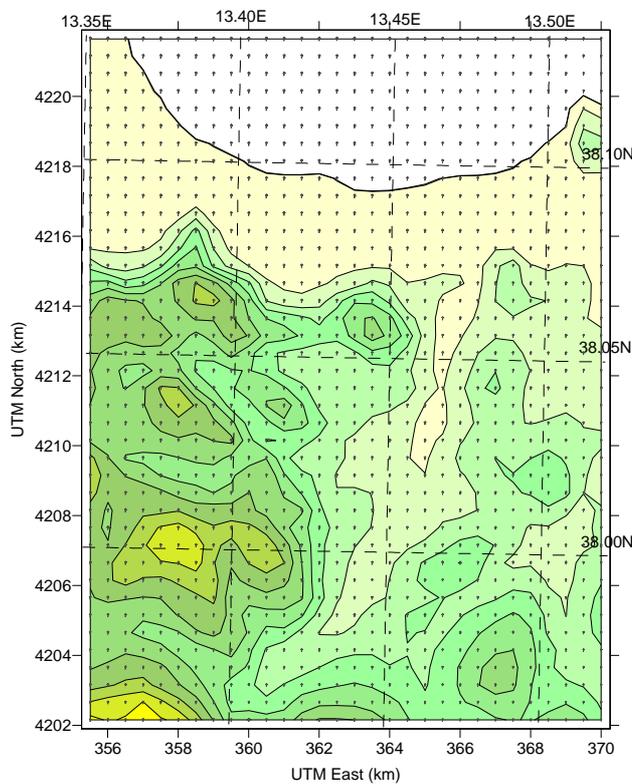
ORA 20:00 Layer 7 = 900÷2000 m



ORA 2:00 Layer 7 = 900÷2000 m

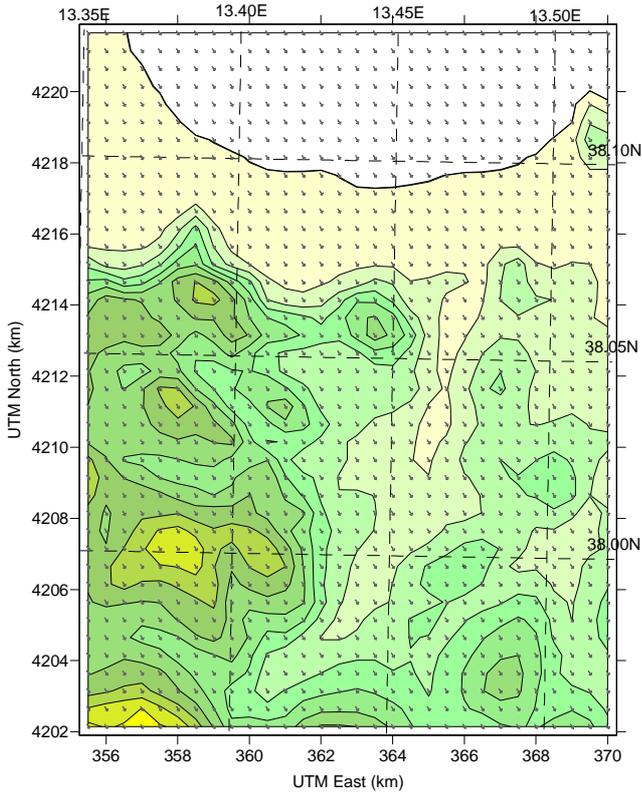


ORA 3:00 Layer 7 = 900÷2000 m

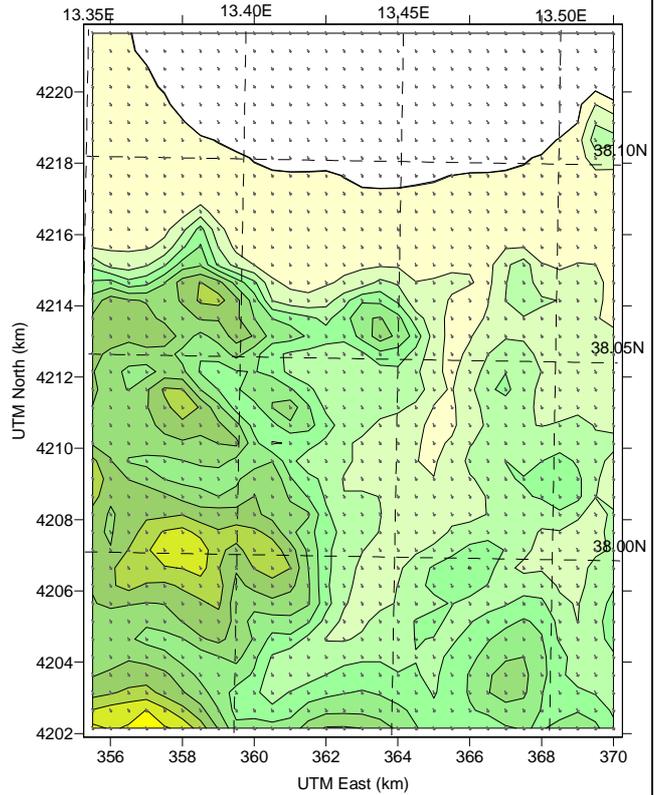


Layer 8 = 2000÷3000 m

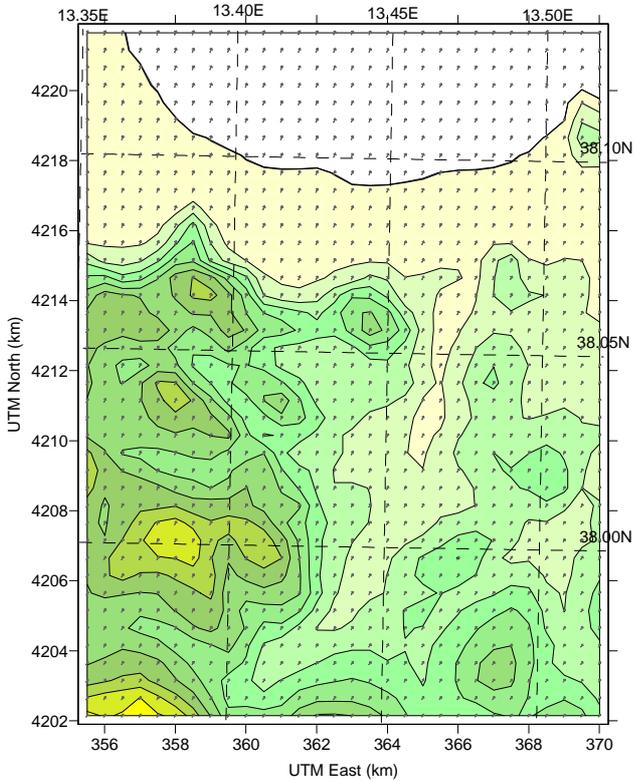
ORA 17:00 Layer 8 = 2000÷3000 m



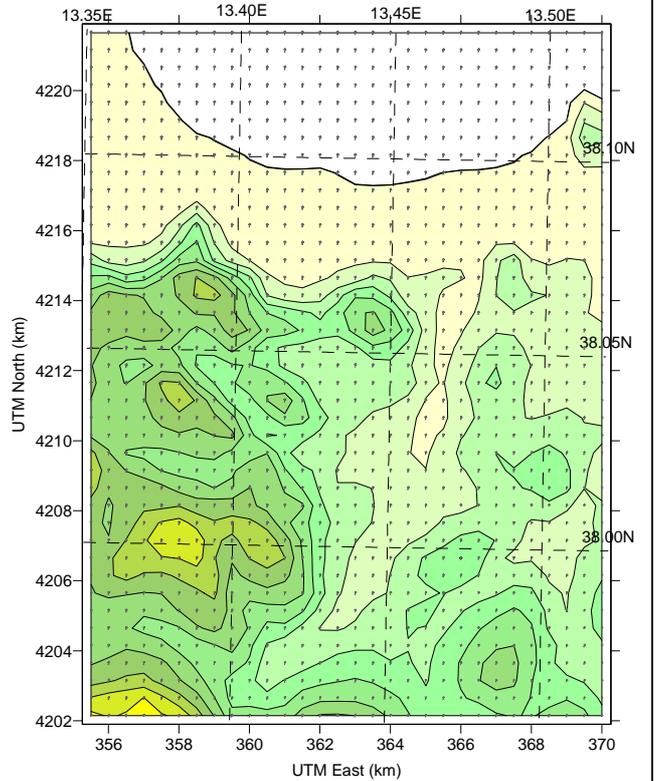
ORA 20:00 Layer 8 = 2000÷3000 m



ORA 23:00 Layer 8 = 2000÷3000 m

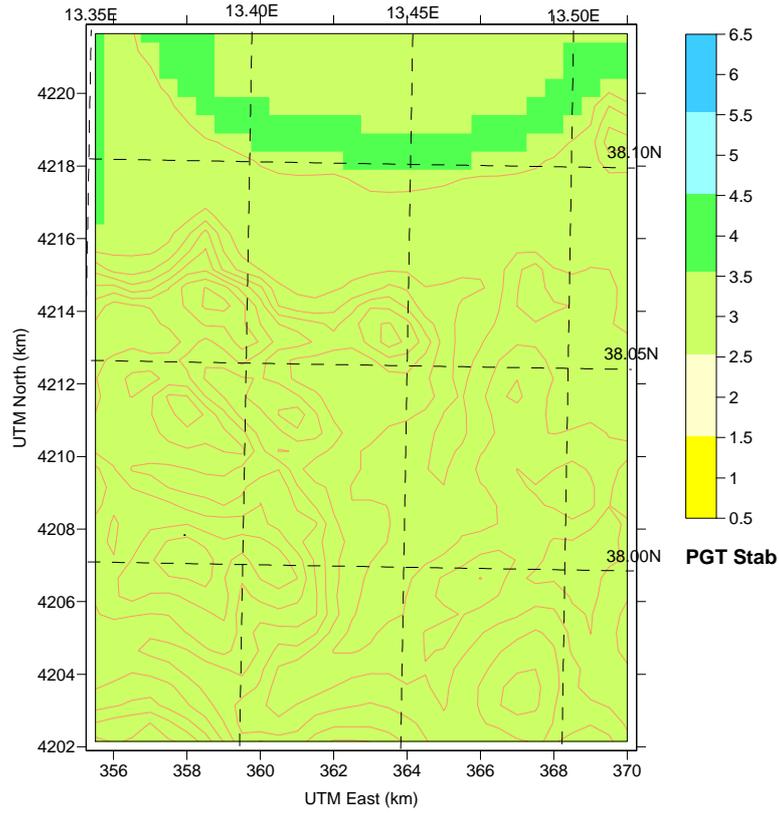


ORA 1:00 Layer 8 = 2000÷3000 m

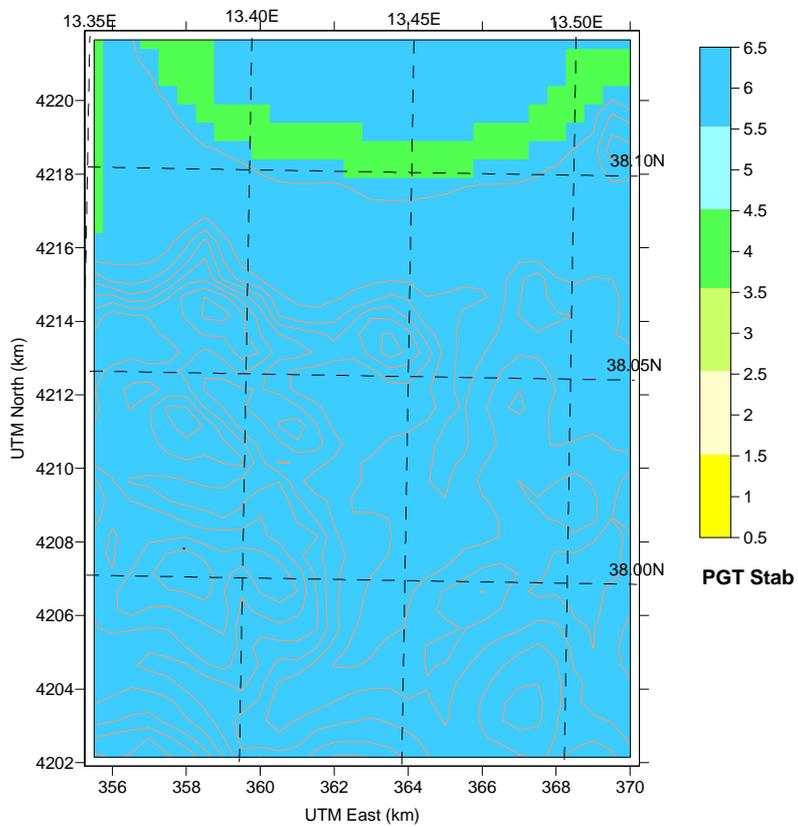


STABILITA' DEL PBL

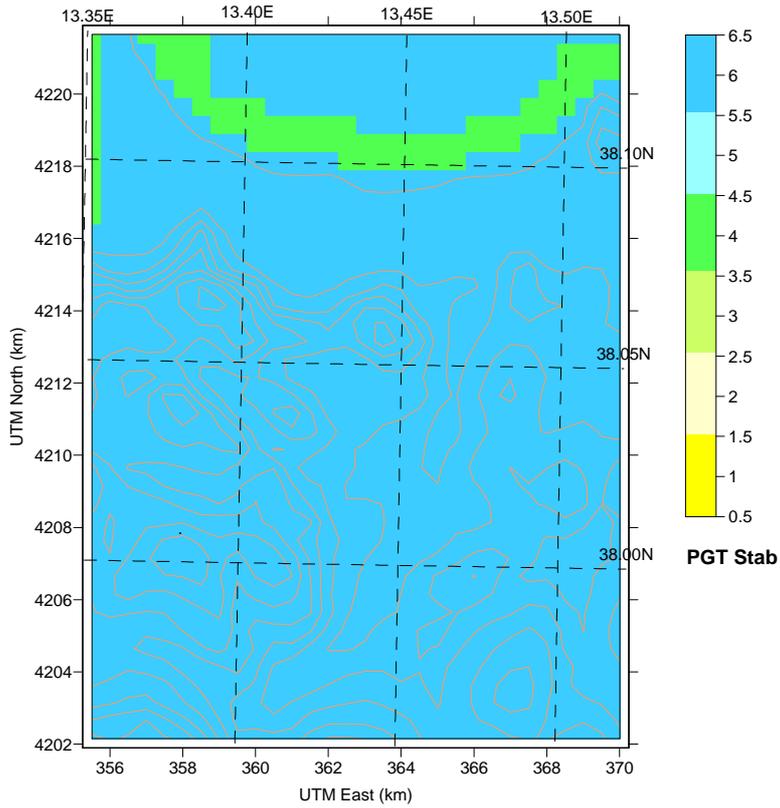
Aug 03, 2015
17:00 LST(UTC+0100)



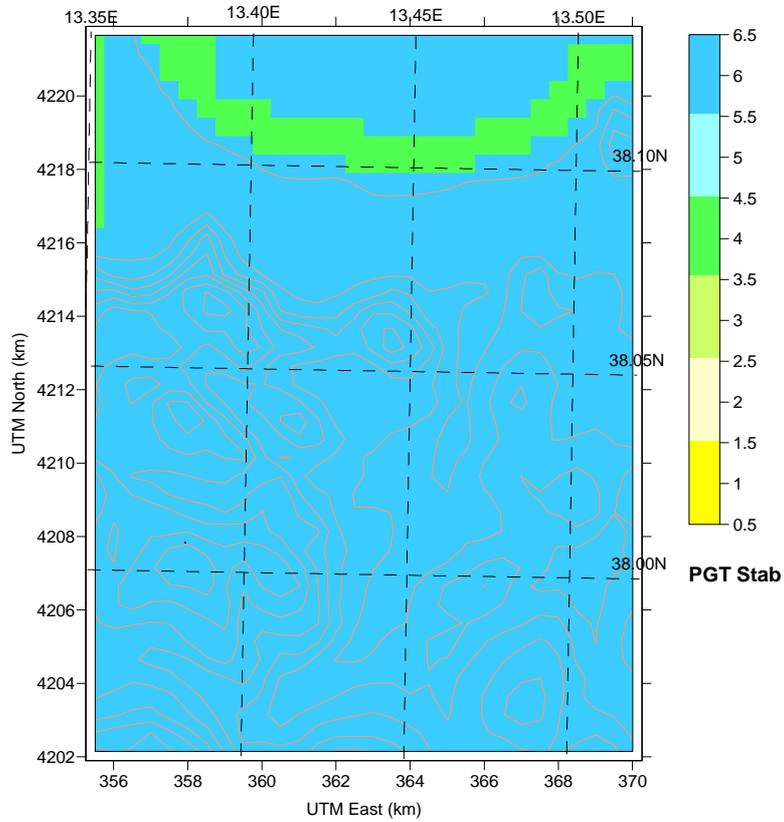
Aug 03, 2015
20:00 LST(UTC+0100)



Aug 03, 2015
23:00 LST(UTC+0100)



Aug 04, 2015
01:00 LST(UTC+0100)



MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

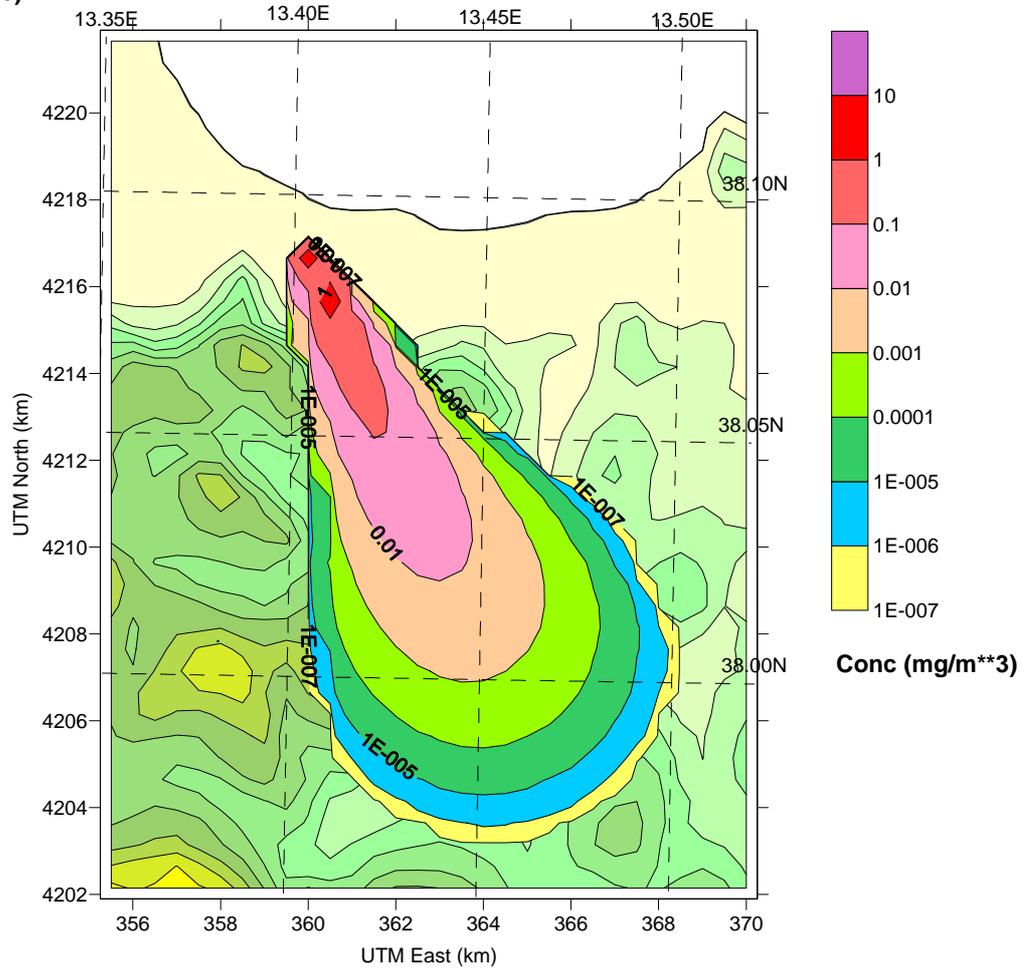
SORGENTE DI EMISSIONE VOLUMETRICA

GRAFICI RAPPRESENTATI CON PERIODICITA' 3h

INQUINANTE: CO

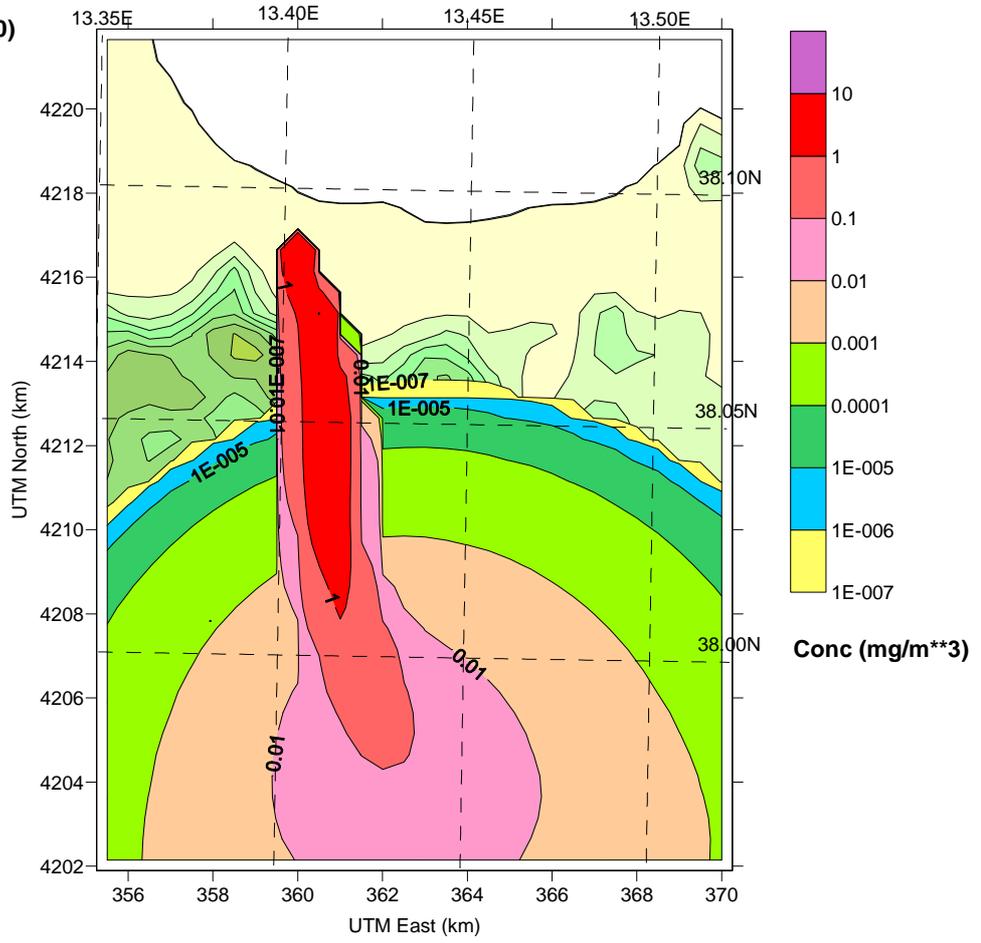
Aug 03, 2015
17:00 LST(UTC+0100)

CO

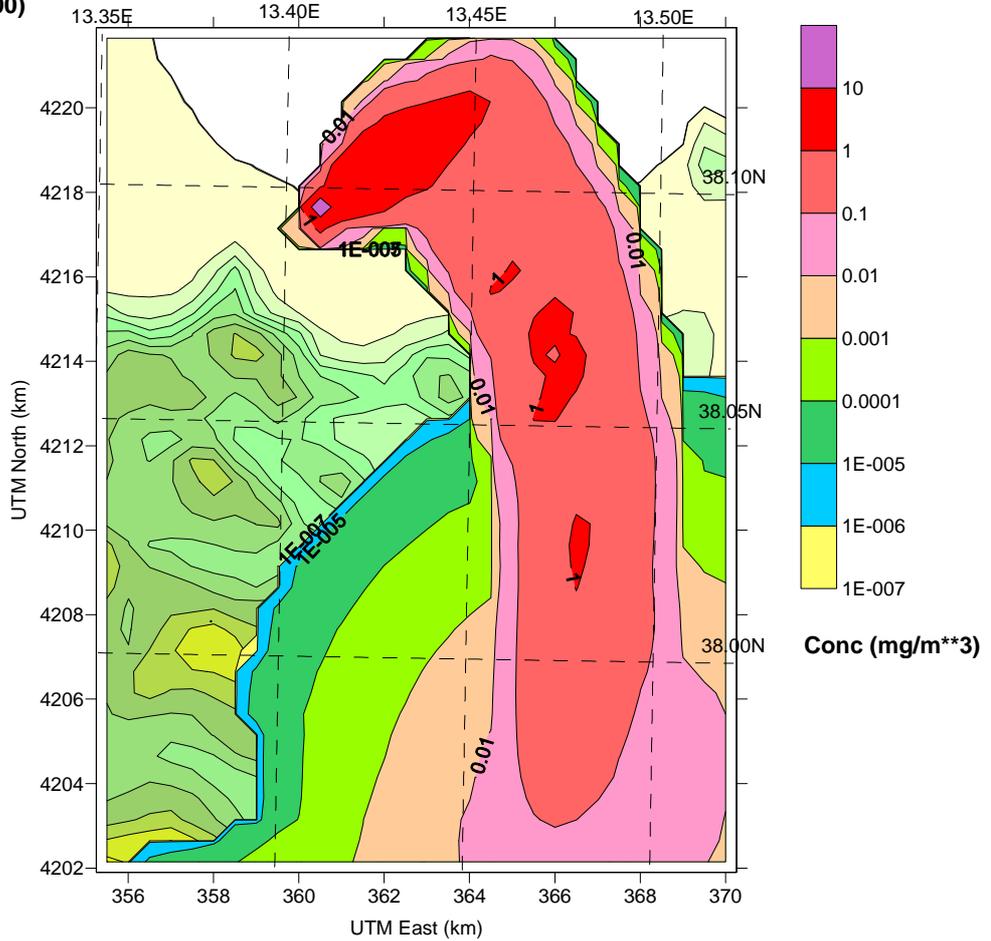


Aug 03, 2015
20:00 LST(UTC+0100)

CO



Aug 03, 2015
23:00 LST(UTC+0100)

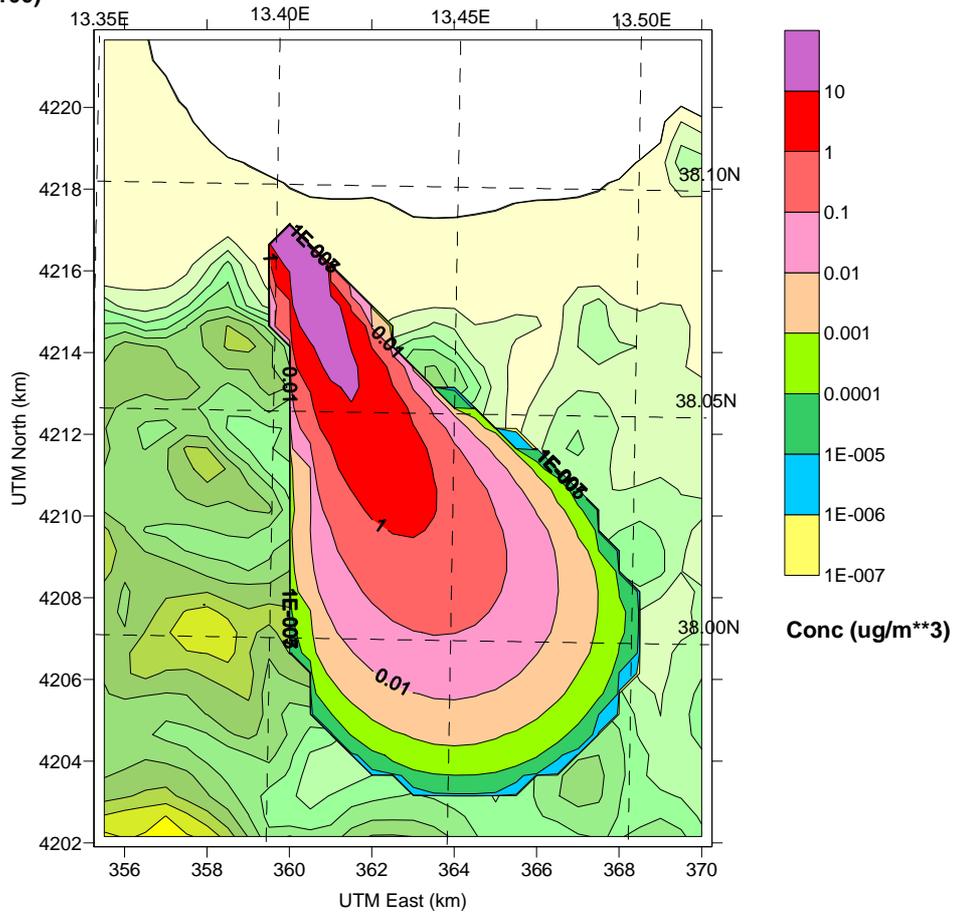


MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

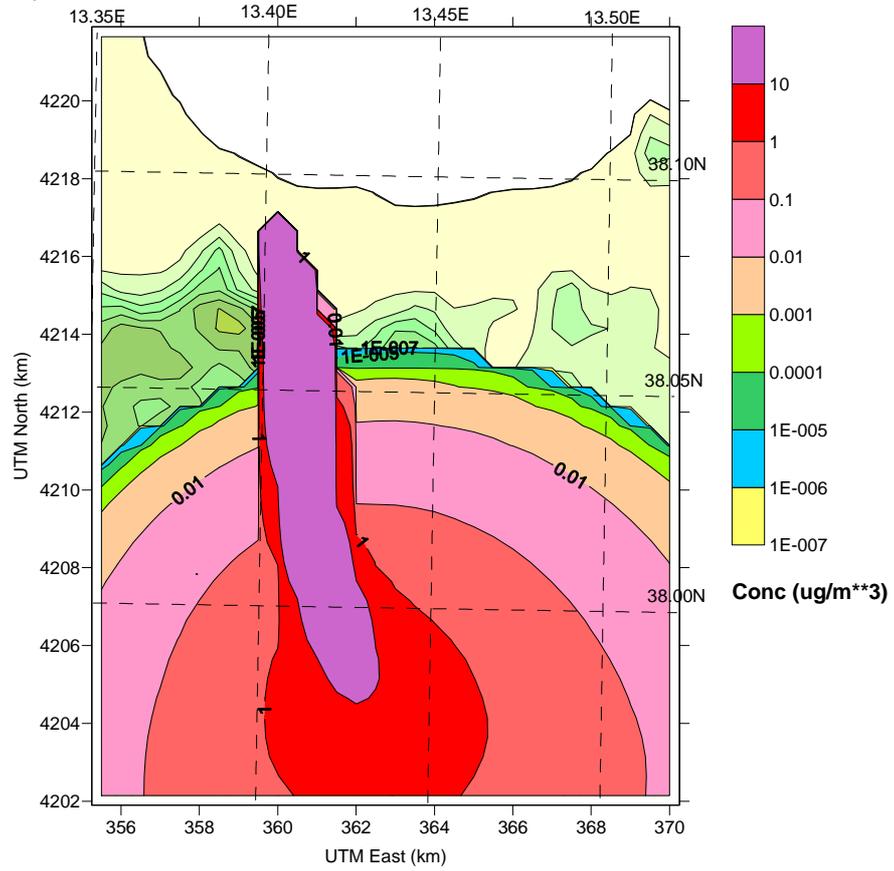
INQUINANTE: SO₂

Aug 03, 2015
17:00 LST(UTC+0100)

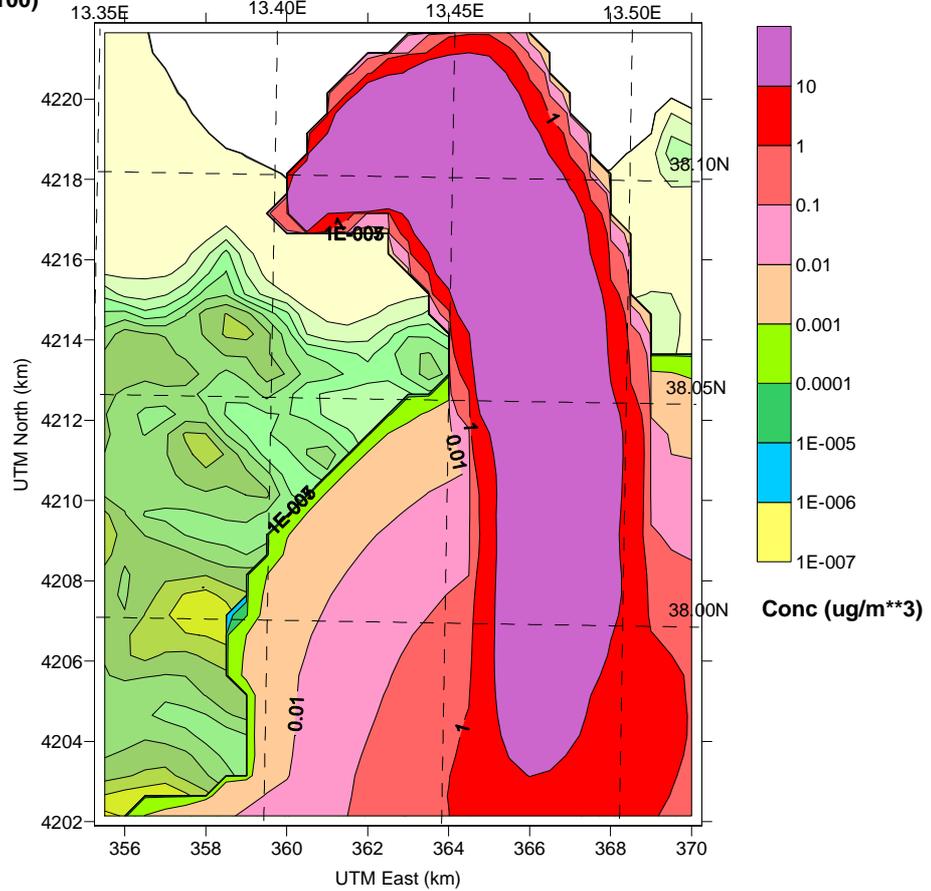
so2



Aug 03, 2015
20:00 LST(UTC+0100)



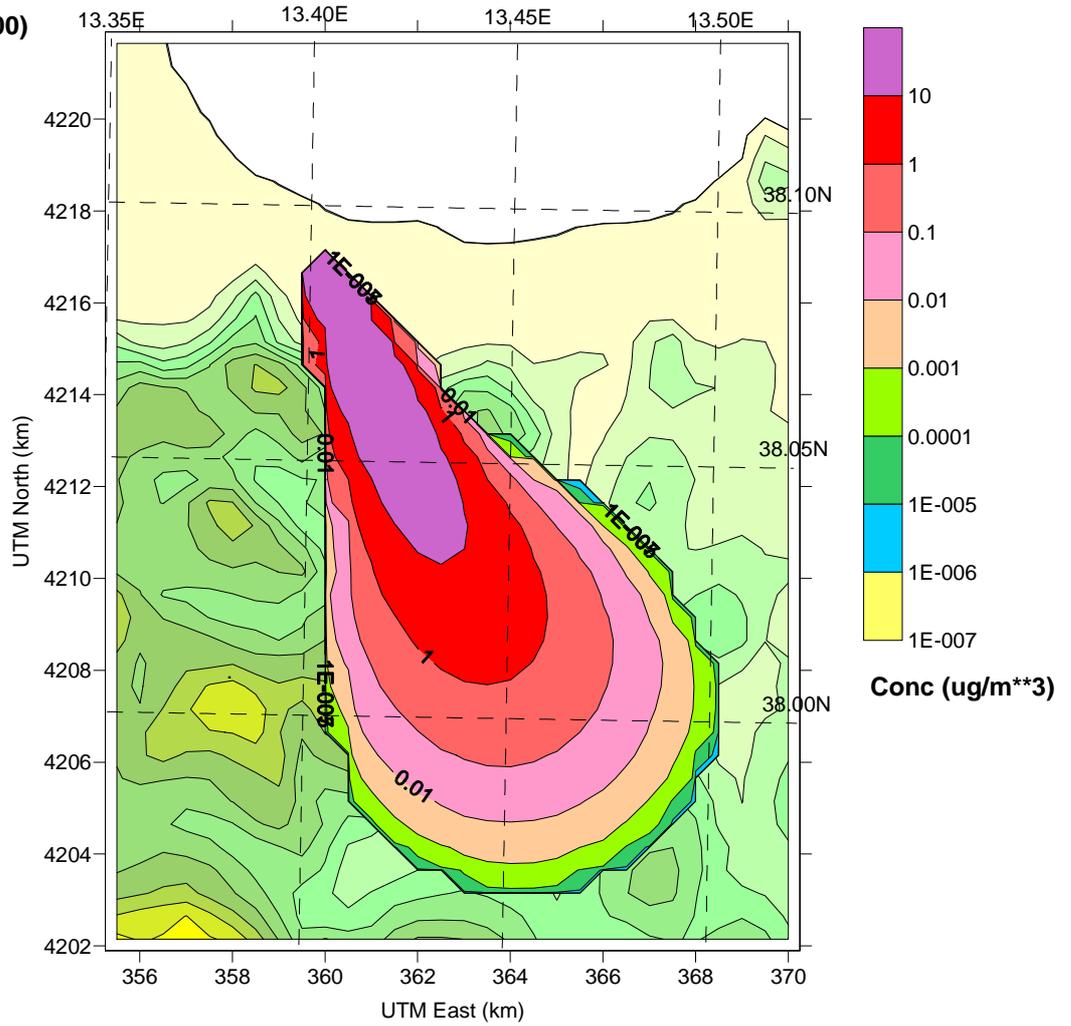
Aug 03, 2015
23:00 LST(UTC+0100)



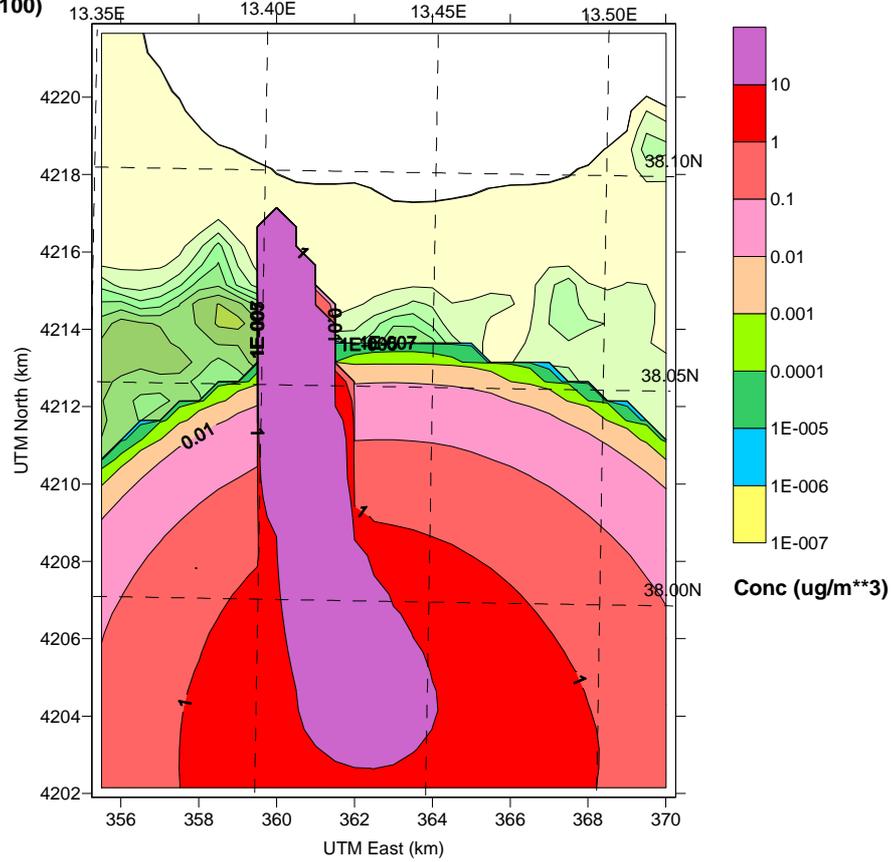
MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

INQUINANTE: NO₂

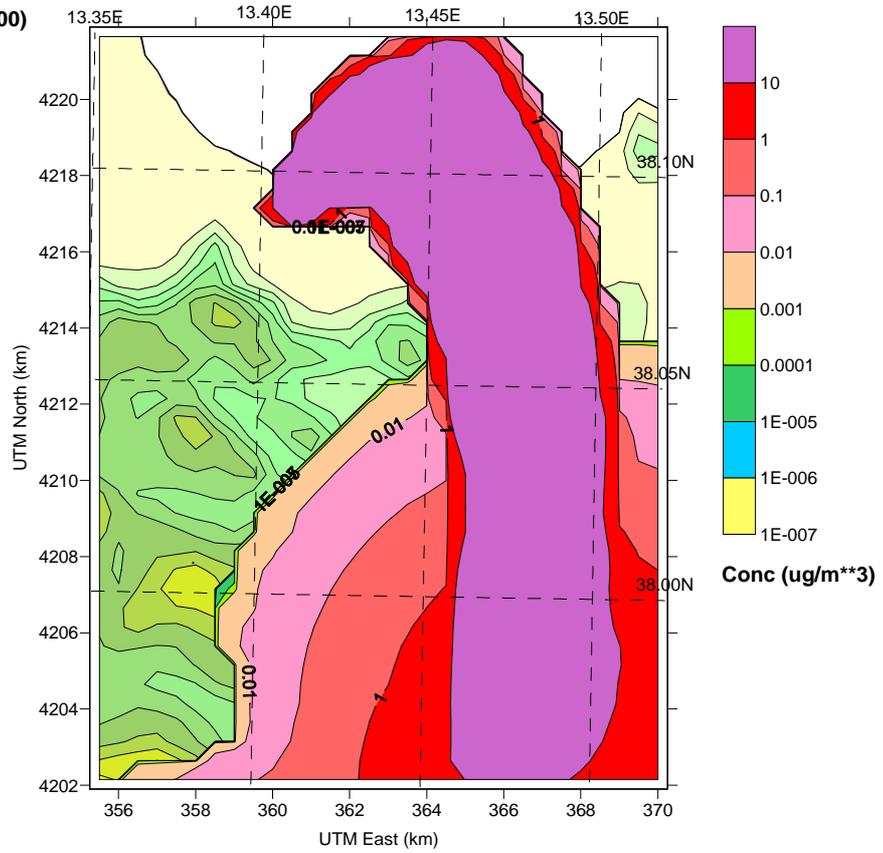
Aug 03, 2015
17:00 LST(UTC+0100)



Aug 03, 2015
20:00 LST(UTC+0100)



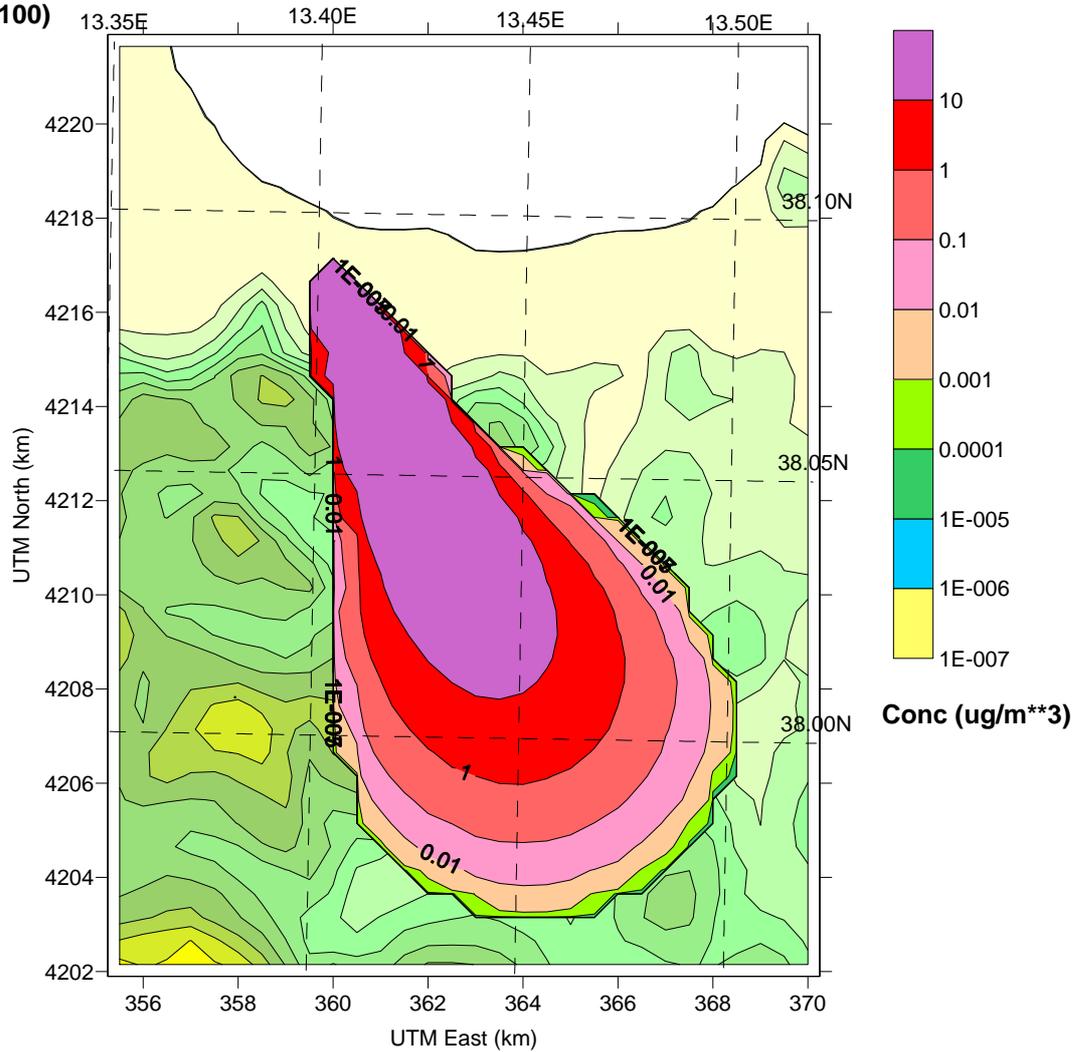
Aug 03, 2015
23:00 LST(UTC+0100)



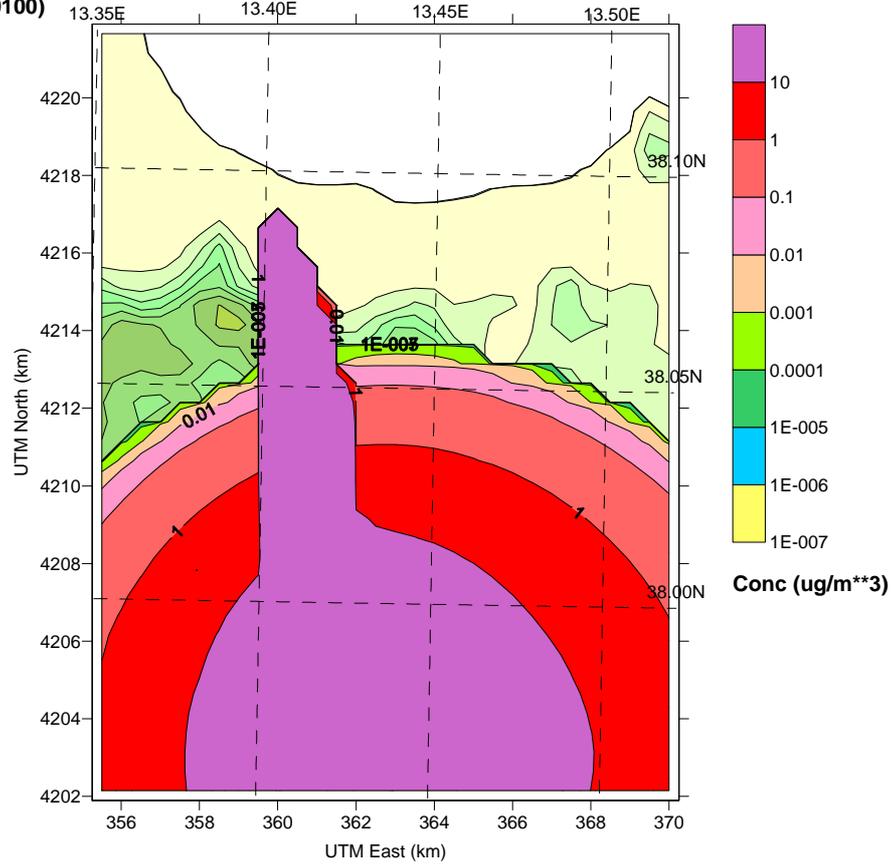
MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

INQUINANTE: PM₁₀

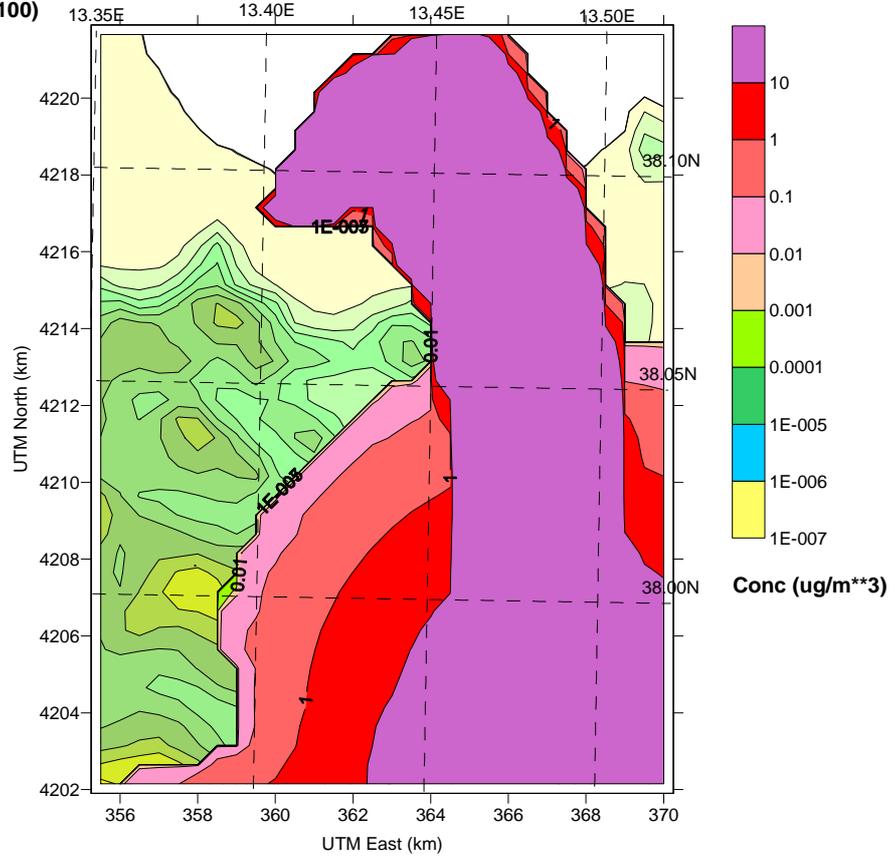
Aug 03, 2015
17:00 LST(UTC+0100)



Aug 03, 2015
20:00 LST(UTC+0100)



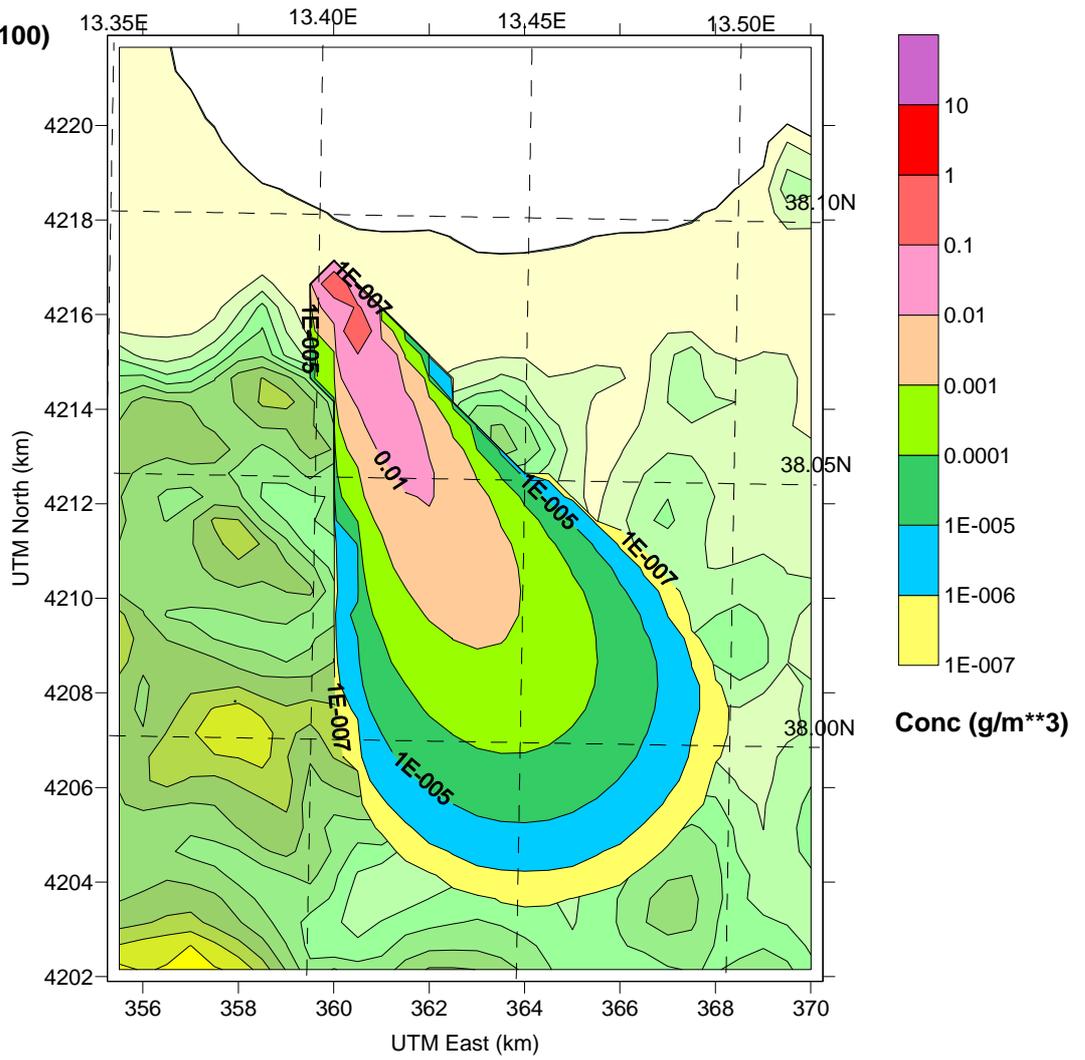
Aug 03, 2015
23:00 LST(UTC+0100)



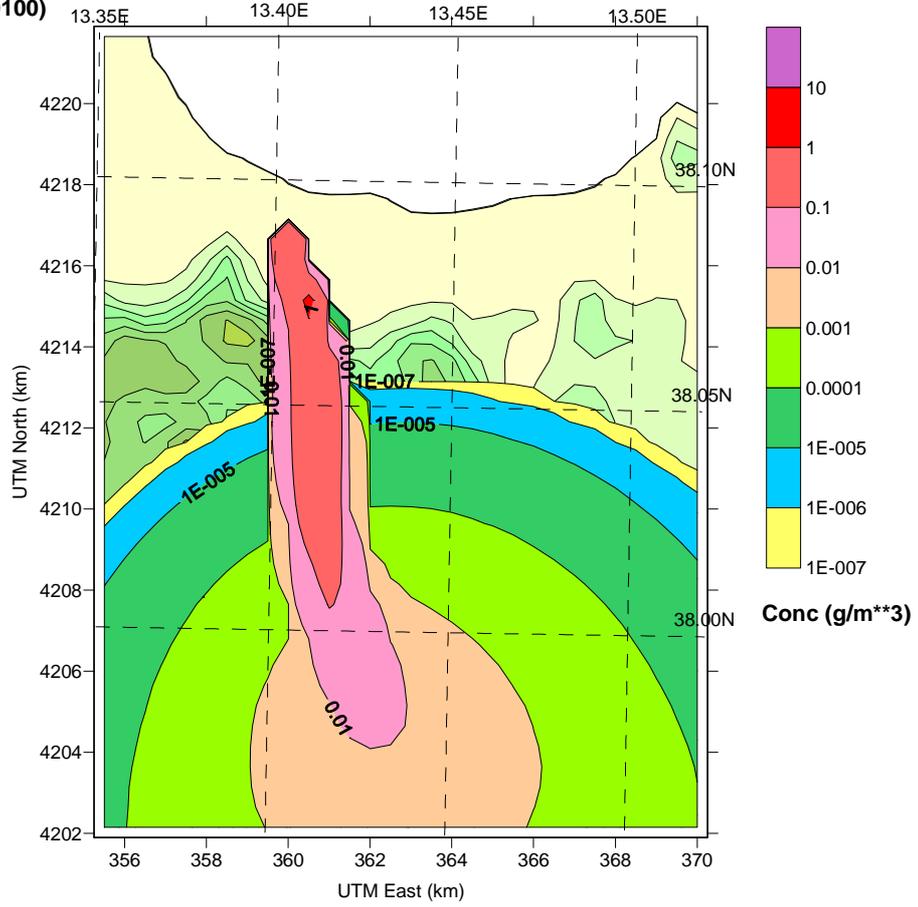
MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

MASSA DIFFUSA: H₂O

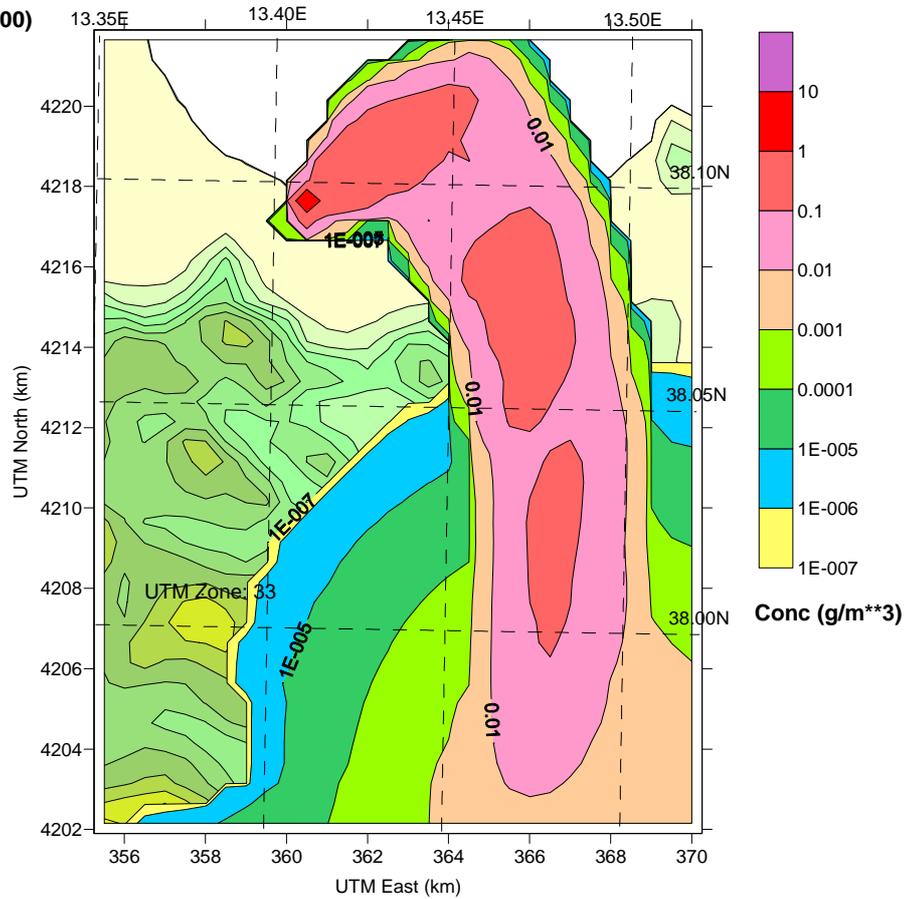
Aug 03, 2015
17:00 LST(UTC+0100)



Aug 03, 2015
20:00 LST(UTC+0100)



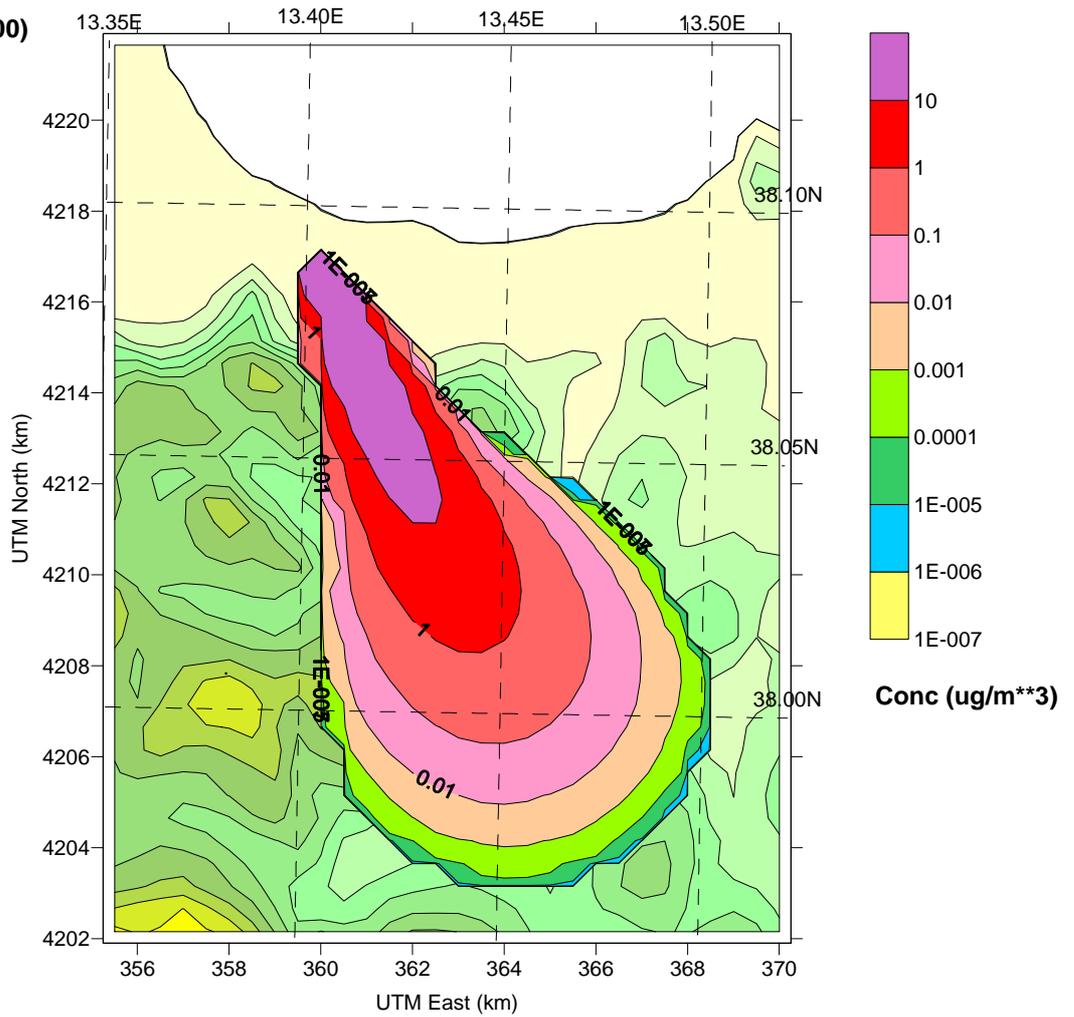
Aug 03, 2015
23:00 LST(UTC+0100)



MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

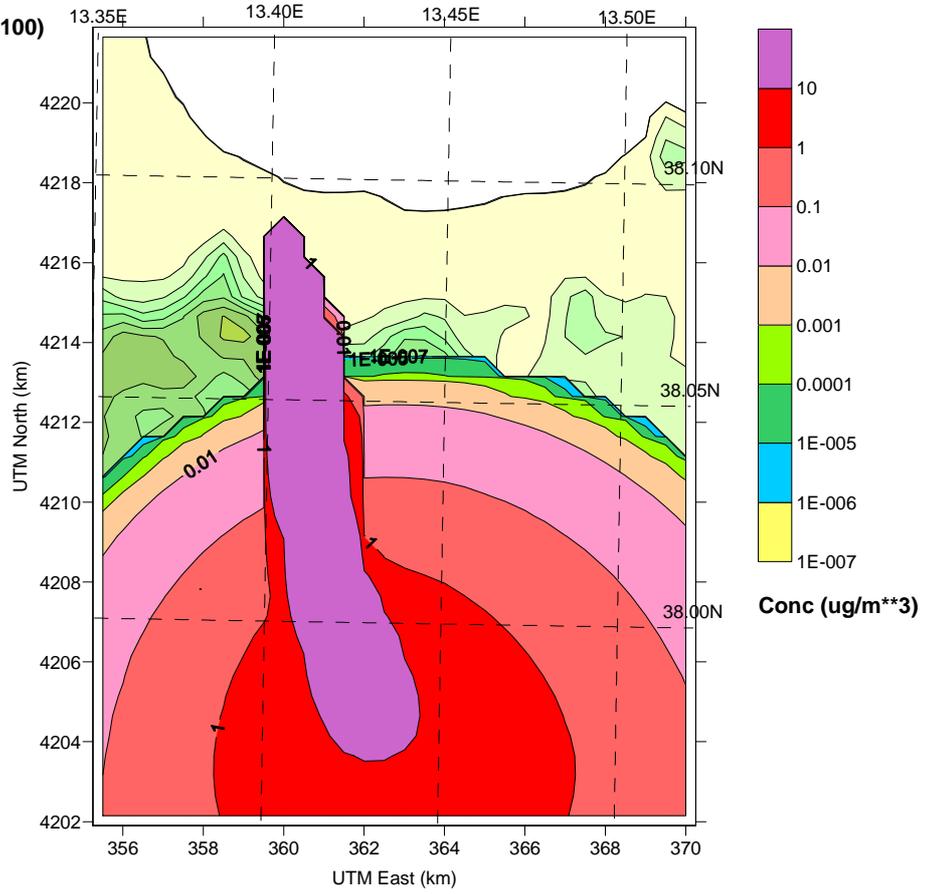
INQUINANTE: **BENZENE**

Aug 03, 2015
17:00 LST(UTC+0100)



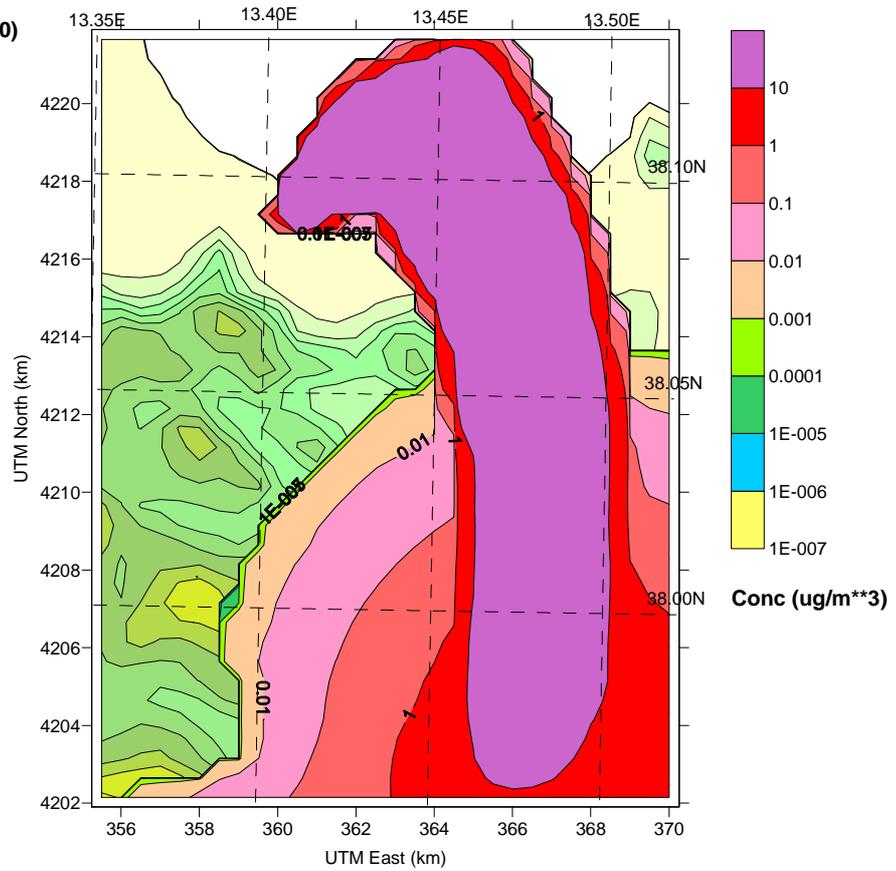
Aug 03, 2015
20:00 LST(UTC+0100)

benzene



Aug 03, 2015
23:00 LST(UTC+0100)

benzene

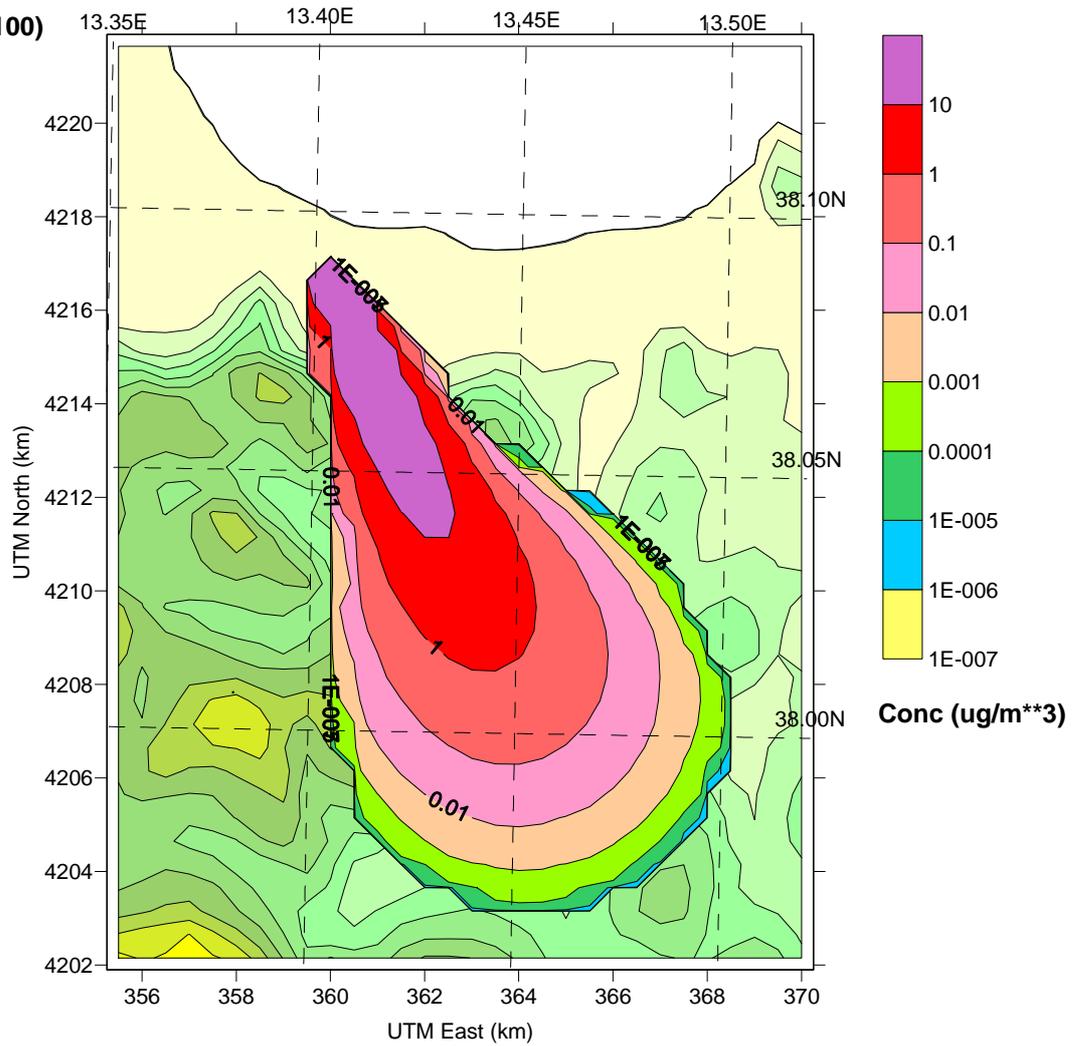


MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

INQUINANTE: **TOLUENE**

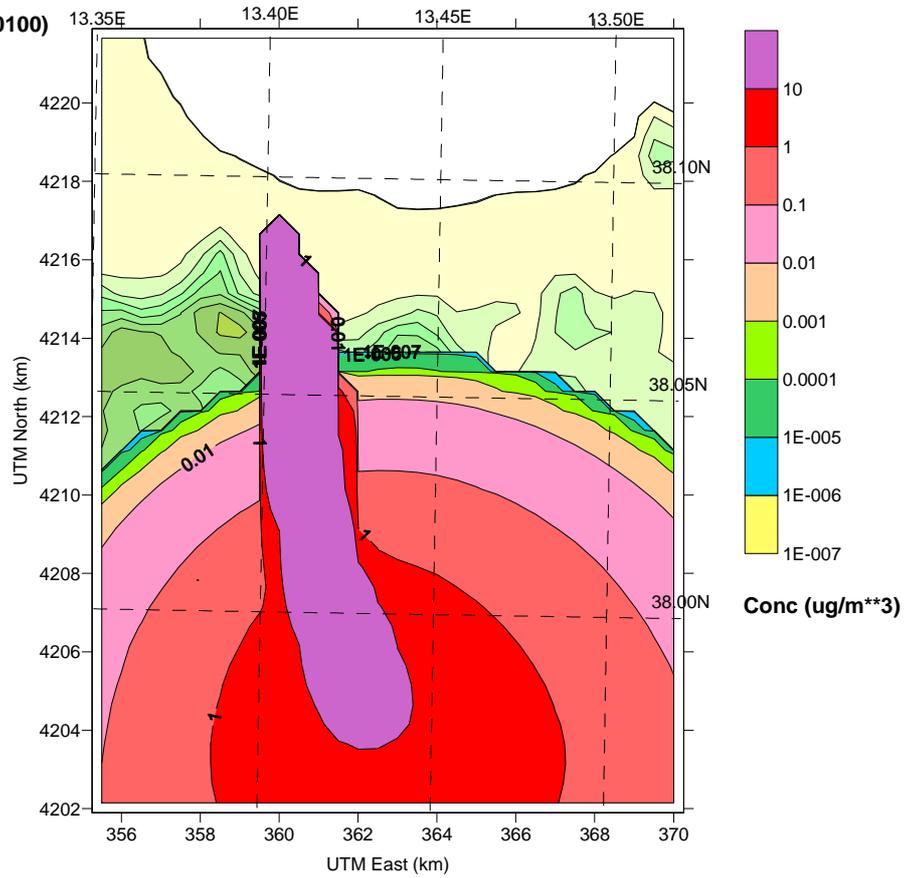
Aug 03, 2015
17:00 LST(UTC+0100)

toluene



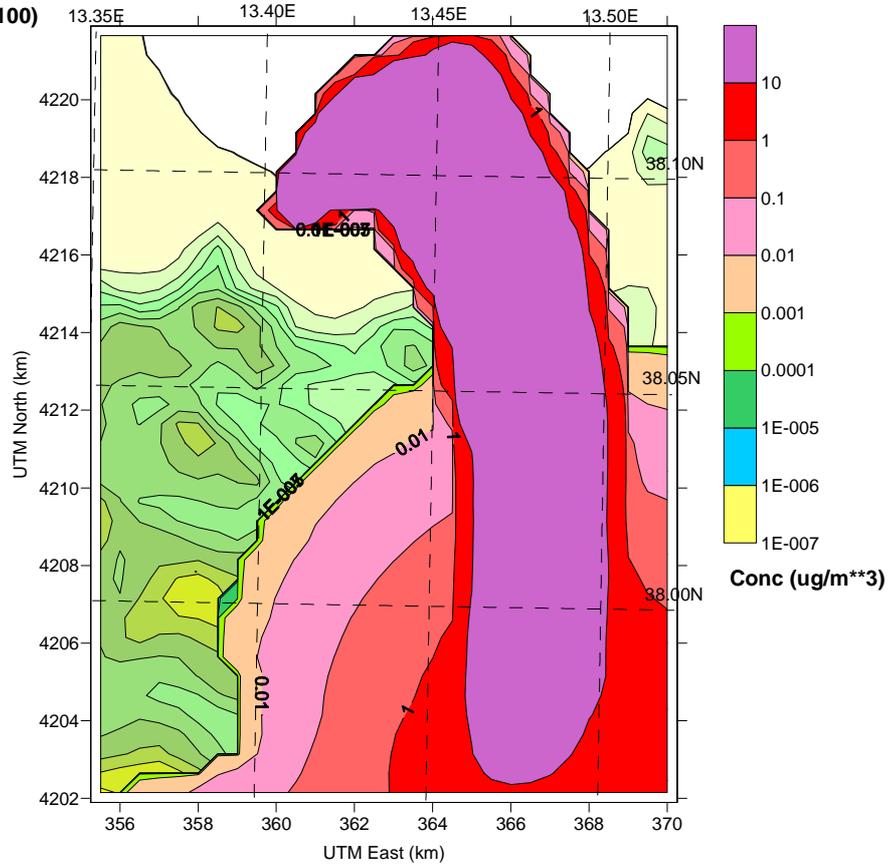
Aug 03, 2015
20:00 LST(UTC+0100)

toluene



Aug 03, 2015
23:00 LST(UTC+0100)

toluene

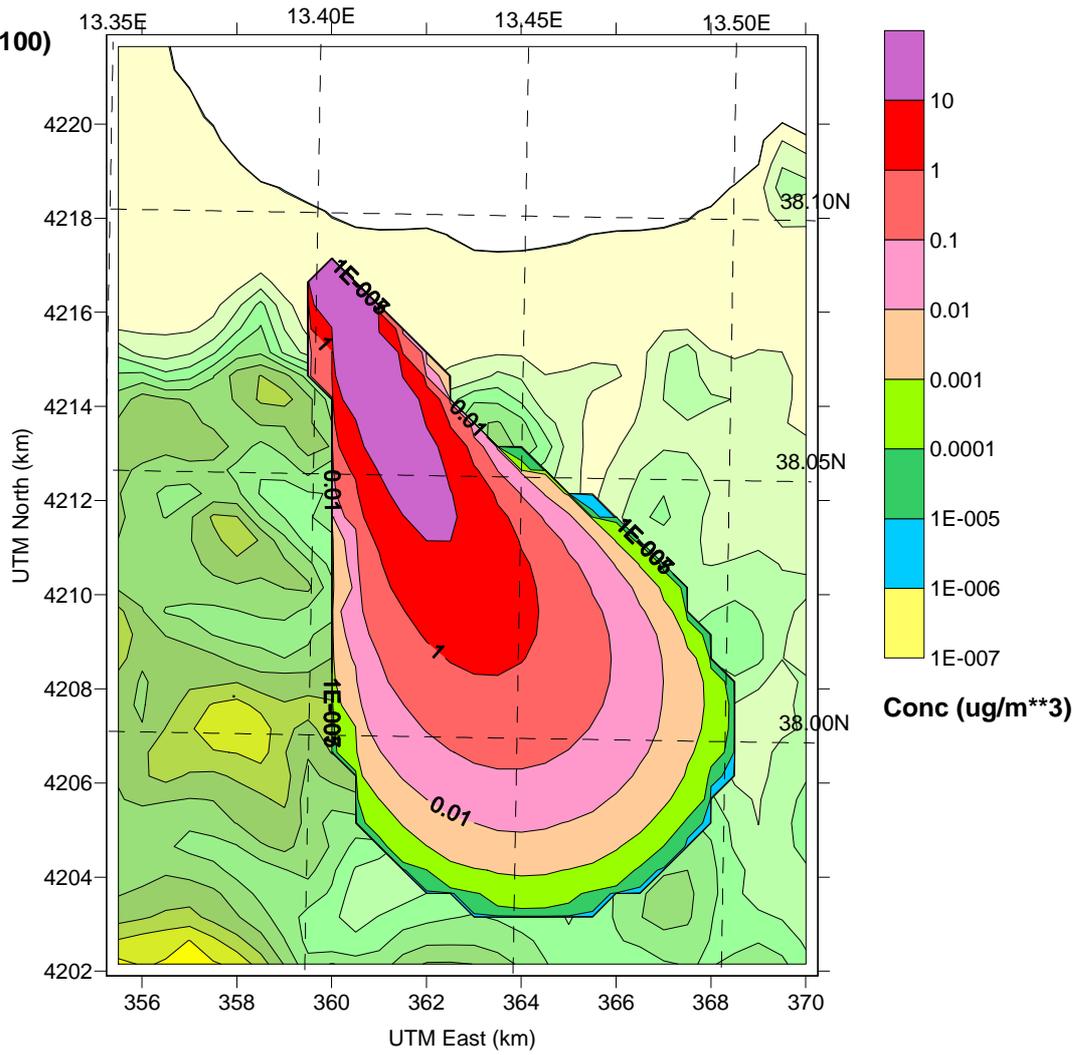


MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

INQUINANTE: XYLENI

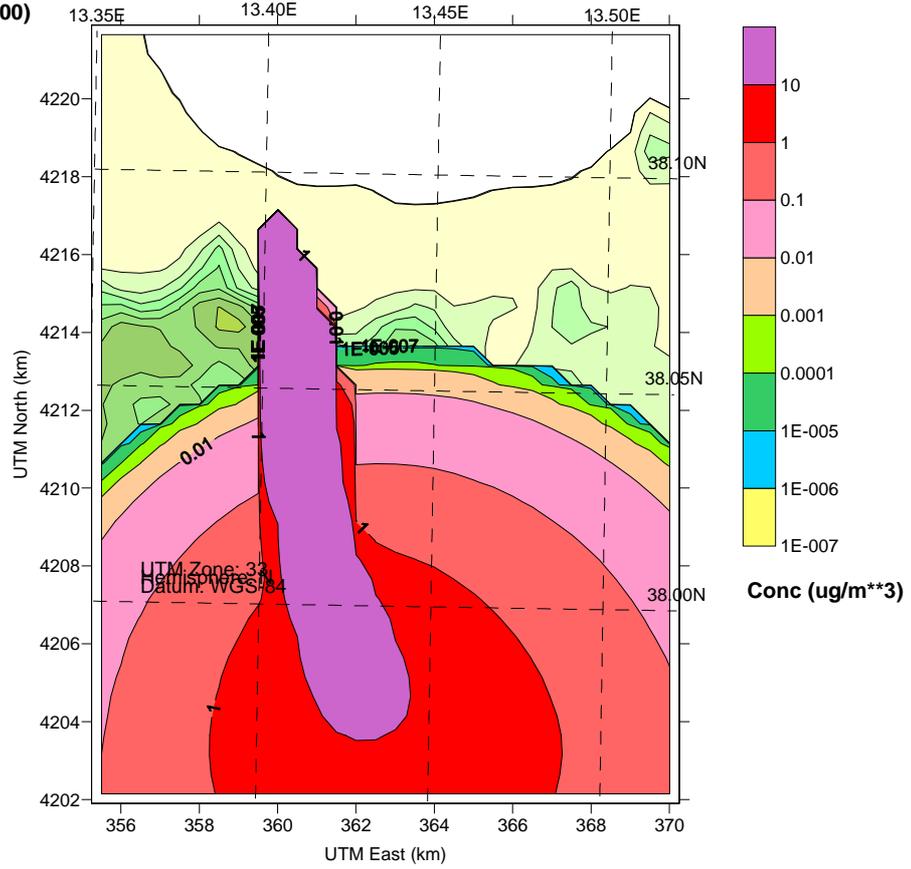
Aug 03, 2015
17:00 LST(UTC+0100)

xyleni



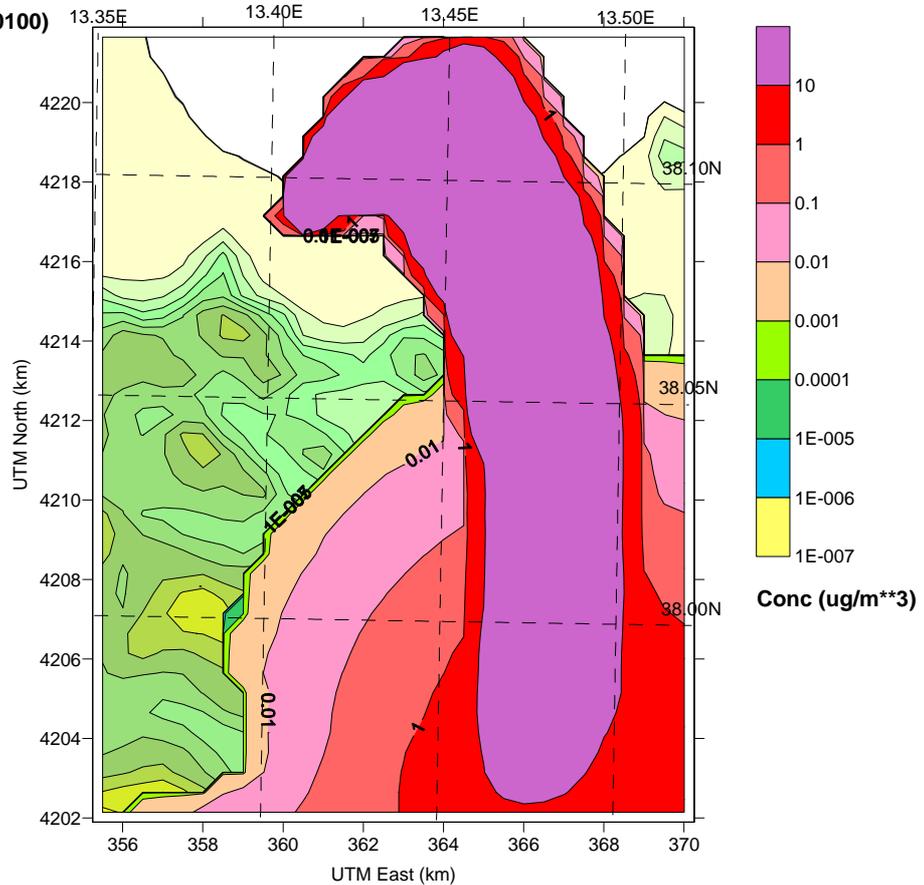
Aug 03, 2015
20:00 LST(UTC+0100)

xylene



Aug 03, 2015
23:00 LST(UTC+0100)

xylene



8. Emissione volumetrica: analisi e commento dei risultati

Ricostruzione dei campi tridimensionali di vento

L'esame delle distribuzioni del vento, in modulo e direzione, indica una pressione variabile tra il primo e il secondo quadrante nelle ore antecedenti l'evento incidentale. A partire dalle ore 17:00 e fino alle ore 22 circa la direzione del vento è nel secondo quadrante (SE); dalle 23:00 la direzione varia e rimane nel primo quadrante (NNE). Tale direzione è coerente con le osservazioni di campo del giorno 3 agosto 2015.

Stabilità del Planetary Boundary Layer

La stabilità del PBL, che influisce sensibilmente sulla sua capacità di disperdere gli inquinanti, relativamente al periodo osservato indica una caratteristica "stabile" che, in scala Pasquill, corrisponde alla classe F. La scarsa turbolenza del PBL ha favorito la dispersione dei fumi di combustione i quali, dopo il rilascio della sorgente, hanno raggiunto un ampio grado di copertura spaziale all'interno del dominio di calcolo considerato.

Analisi dei Campi di Dispersione

Specie										
	U.M.	ora 1	ora 2	ora 3	ora 4	ora 5	ora 6	ora 7	ora 8	ora 9
	Massimi di concentrazione									
CO	mg/mc	10	10	10	10	100	100	100	100	100
SO₂	µg/mc	100	100	100	100	100	100	100	100	100
NO₂	µg/mc	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Polveri TS	µg/mc	100	100	100	100	100	100	100	100	100
H₂O	g/mc	1	10	100	10	10	10	10	10	10
Benzene	µg/mc	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Toluene	µg/mc	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Xyleni	µg/mc	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabella 3 – Massimi orari

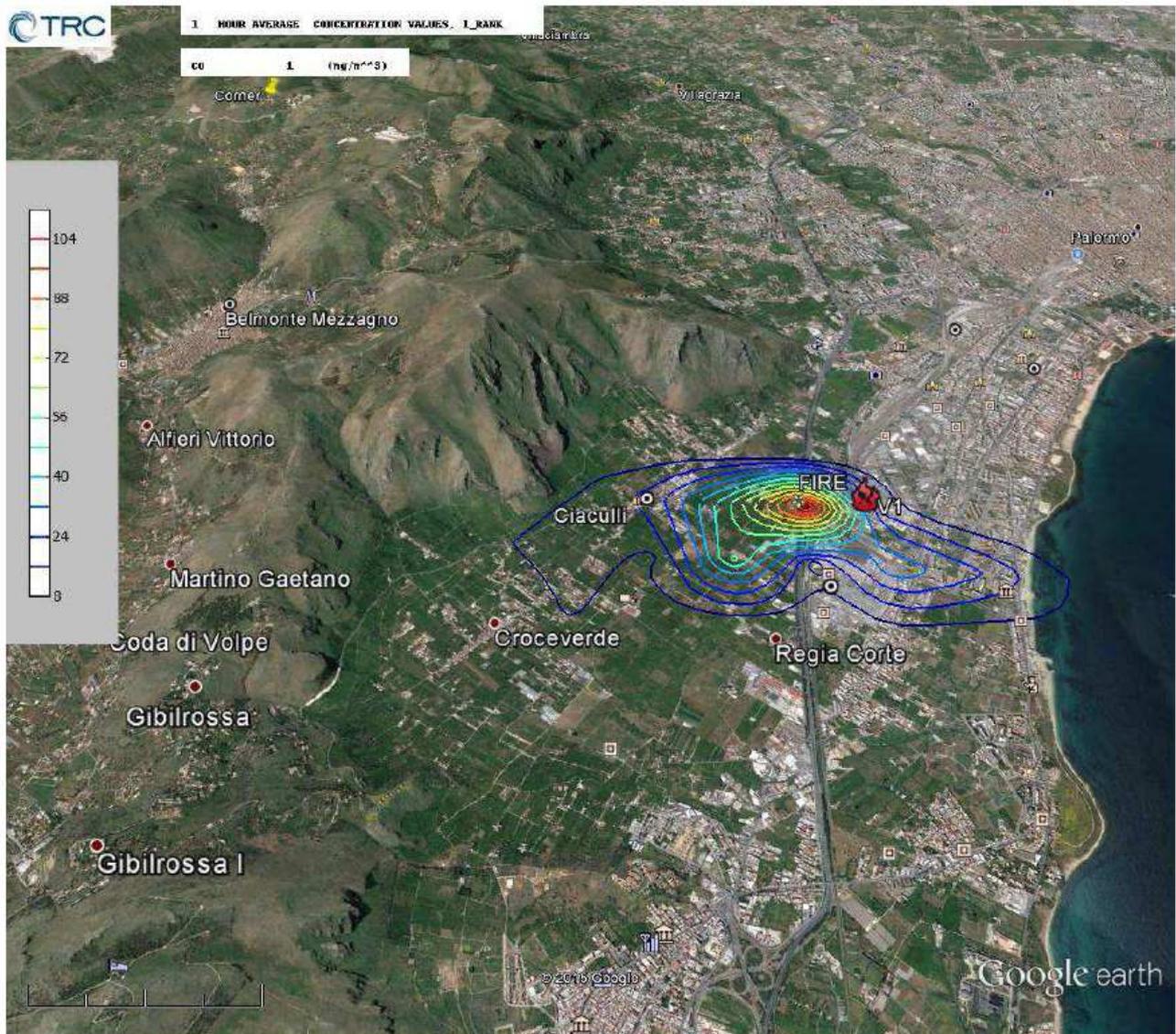
La lettura della superiore tabella riassuntiva, seppure utile ai fini del controllo degli eventuali superamenti di soglia, non può essere disgiunta dall'esame delle distribuzioni orarie, atteso che i valori ivi riportati si riferiscono ai soli massimi registrati e che tali valori hanno una modesta rappresentatività nell'ambito di ogni singolo quadro di dispersione.

Unitamente all'analisi dei massimi di concentrazione, si è indagato anche sui valori del 1°, 2°, 3° e 4° massimo di concentrazione nel dominio di dispersione, con riferimento al singolo inquinante ed all'intero dominio temporale di diffusione.

Nelle seguenti immagini sono rappresentate le isoplete del 1°, 2°, 3° e 4° valore massimo orario per ogni inquinante.

INQUINANTE: CO

ISOPLETE DEL 1° MASSIMO



Google earth

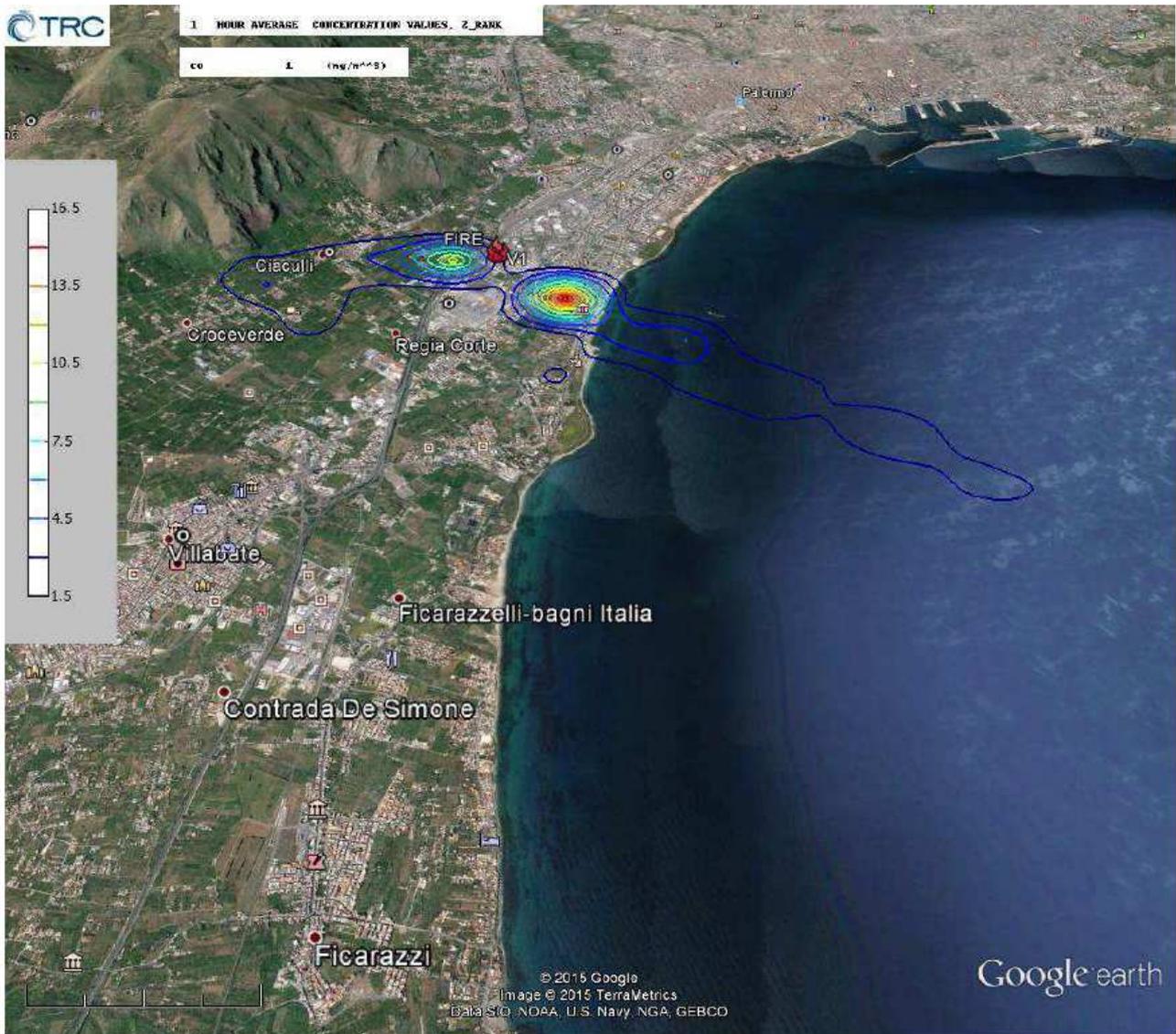
miglia 1
km 2



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: **da 8 a 104 mg/mc**

INQUINANTE: CO

ISOPLETE DEL 2° MASSIMO



Google earth

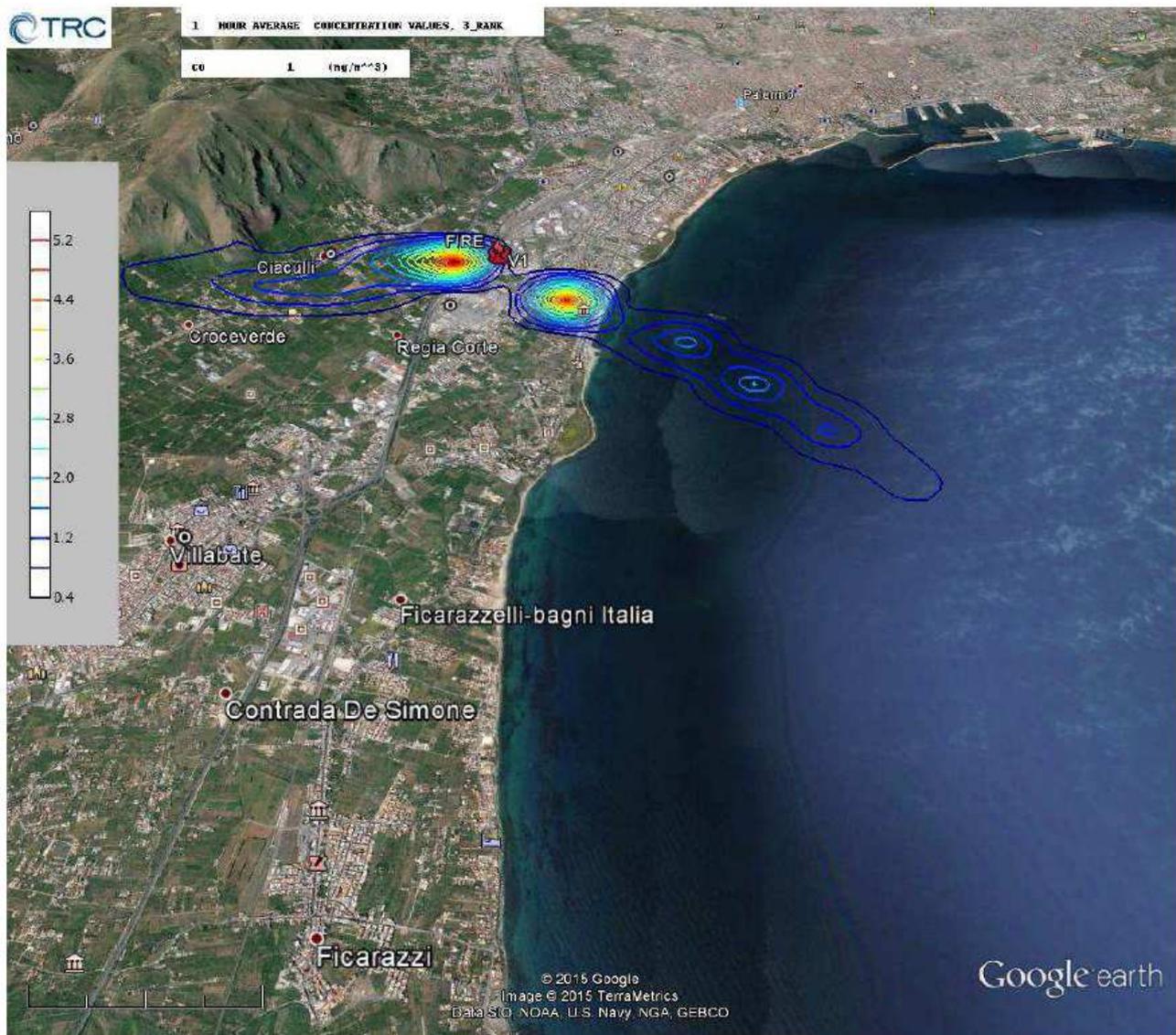
miglia
km



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 1.5 a 16.5 mg/mc

INQUINANTE: CO

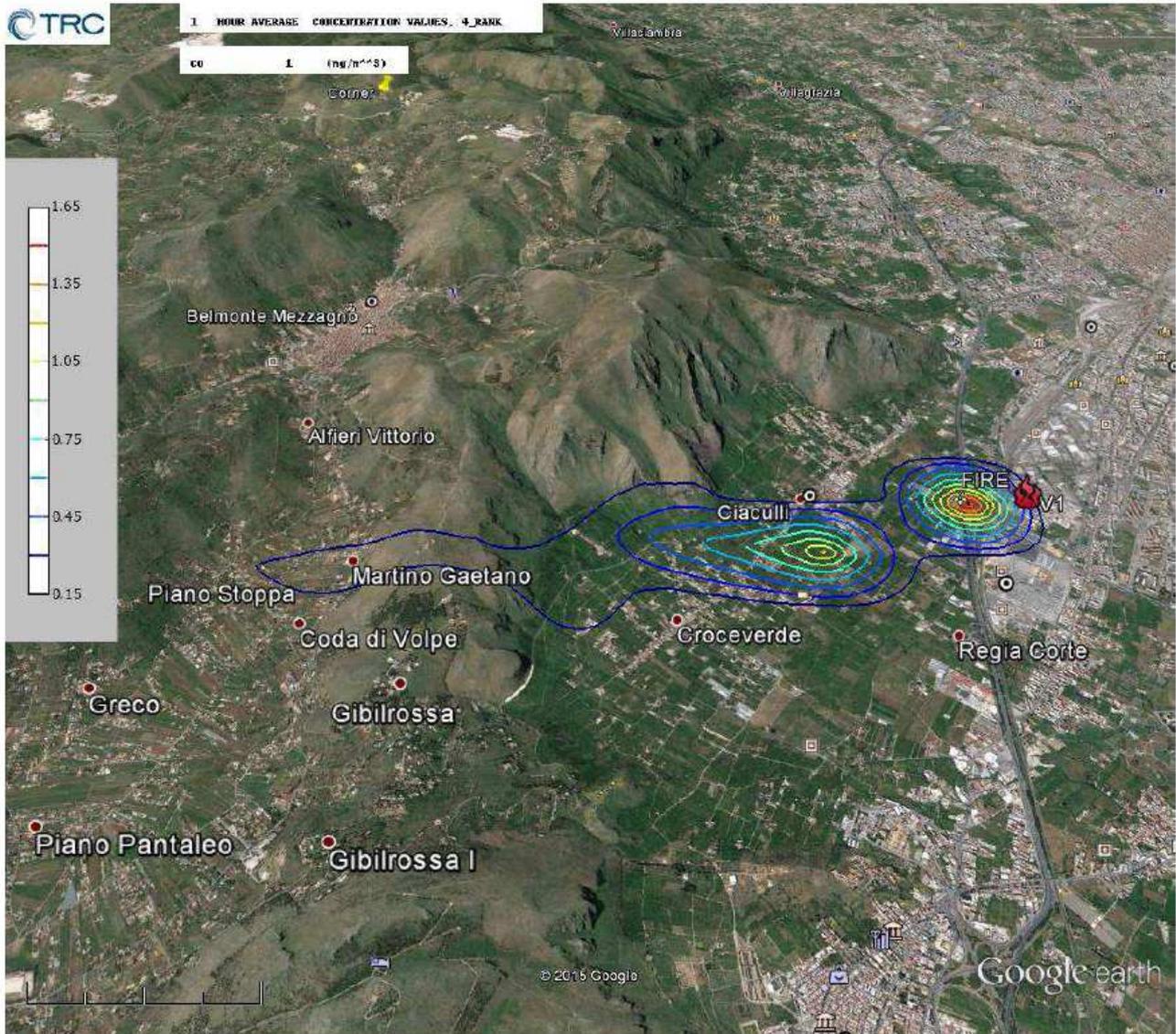
ISOPLETE DEL 3° MASSIMO



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 0.4 a 5.2 mg/mc

INQUINANTE: CO

ISOPLETE DEL 4° MASSIMO



Google earth

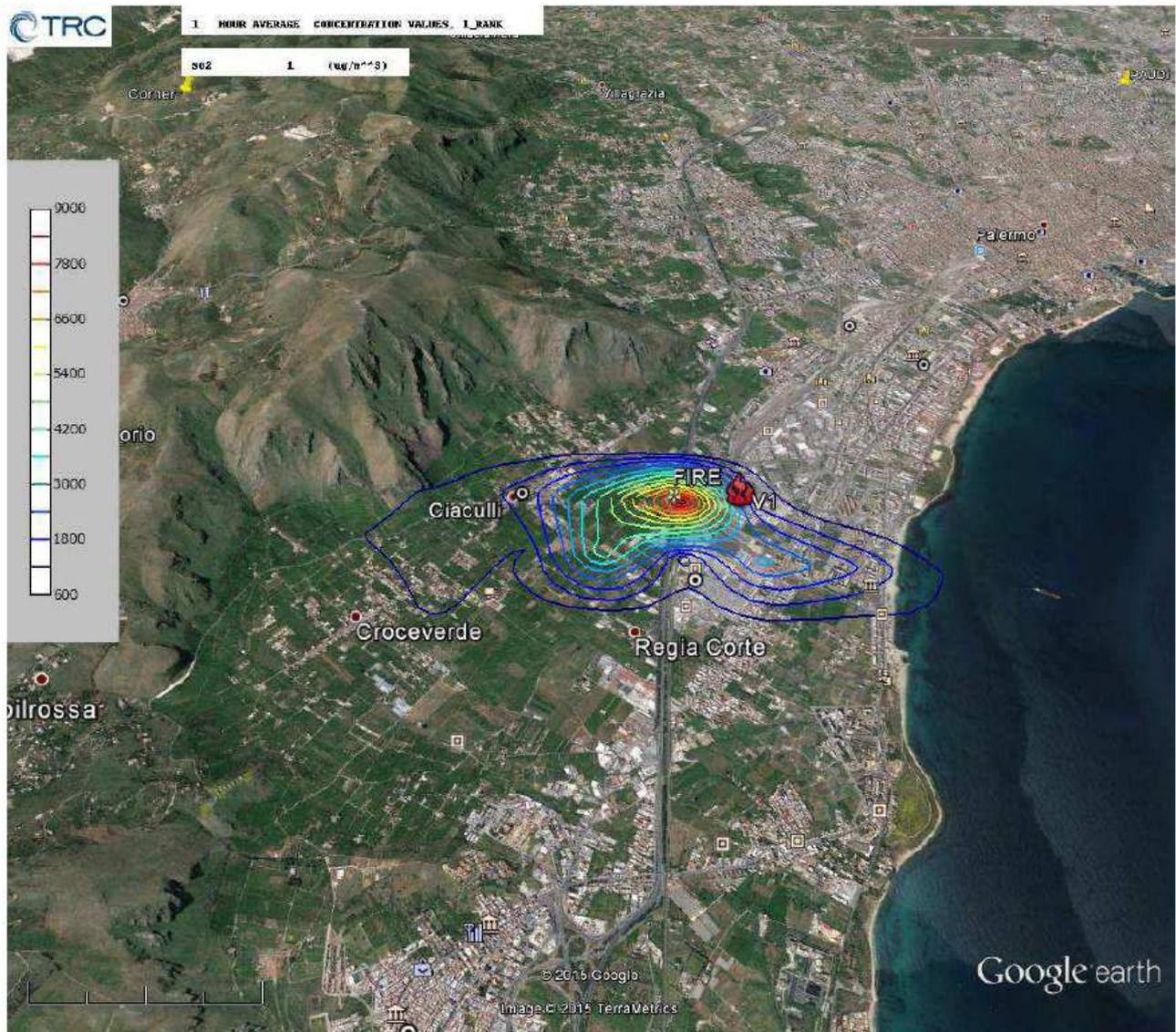
miglia 1
km 2



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: **da 0.15 a 1.65 mg/mc**

INQUINANTE: SO₂

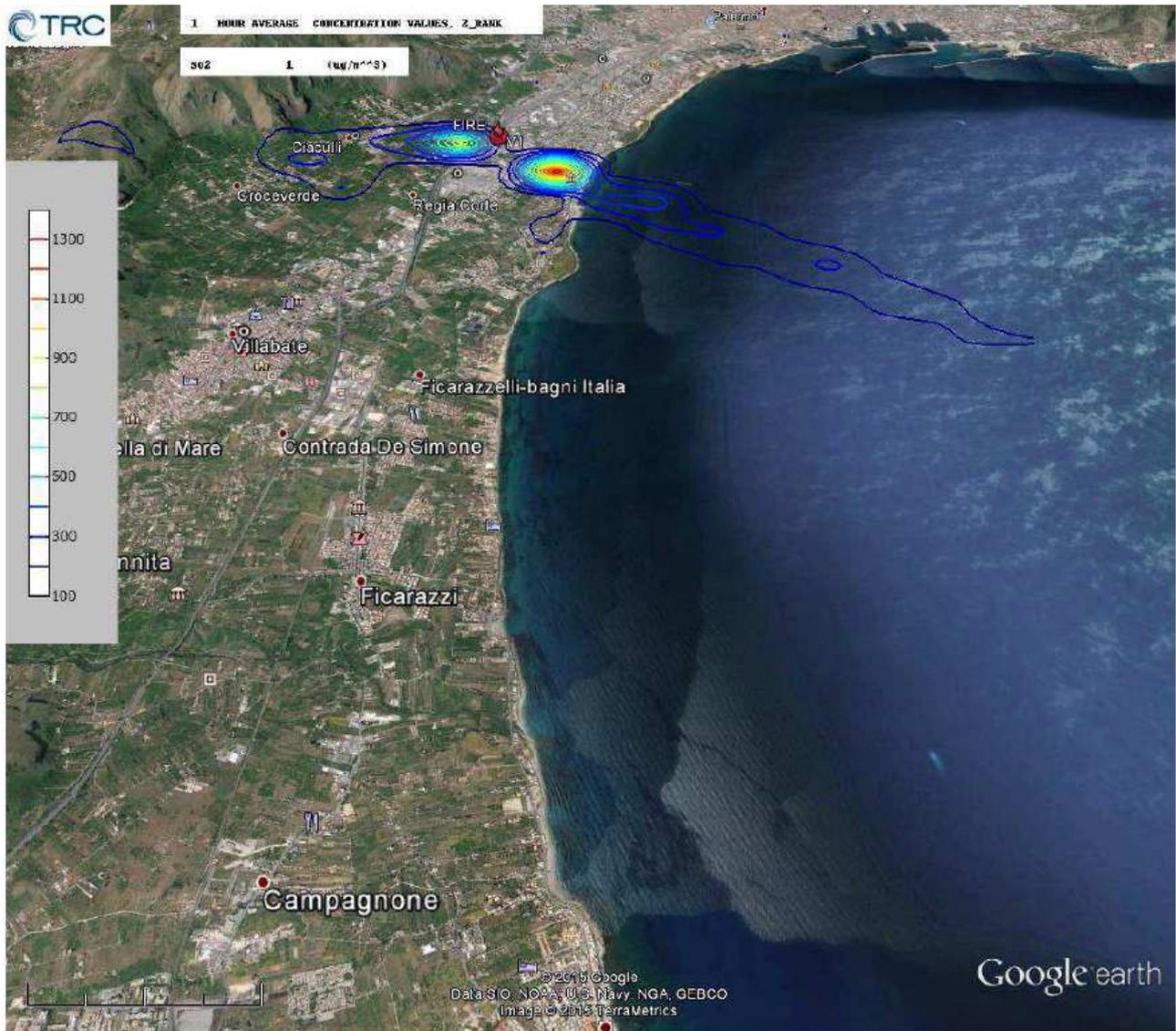
ISOPLETE DEL 1° MASSIMO



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 0,6 a 9 mg/mc

INQUINANTE: SO₂

ISOPLETE DEL 2° MASSIMO



Google earth

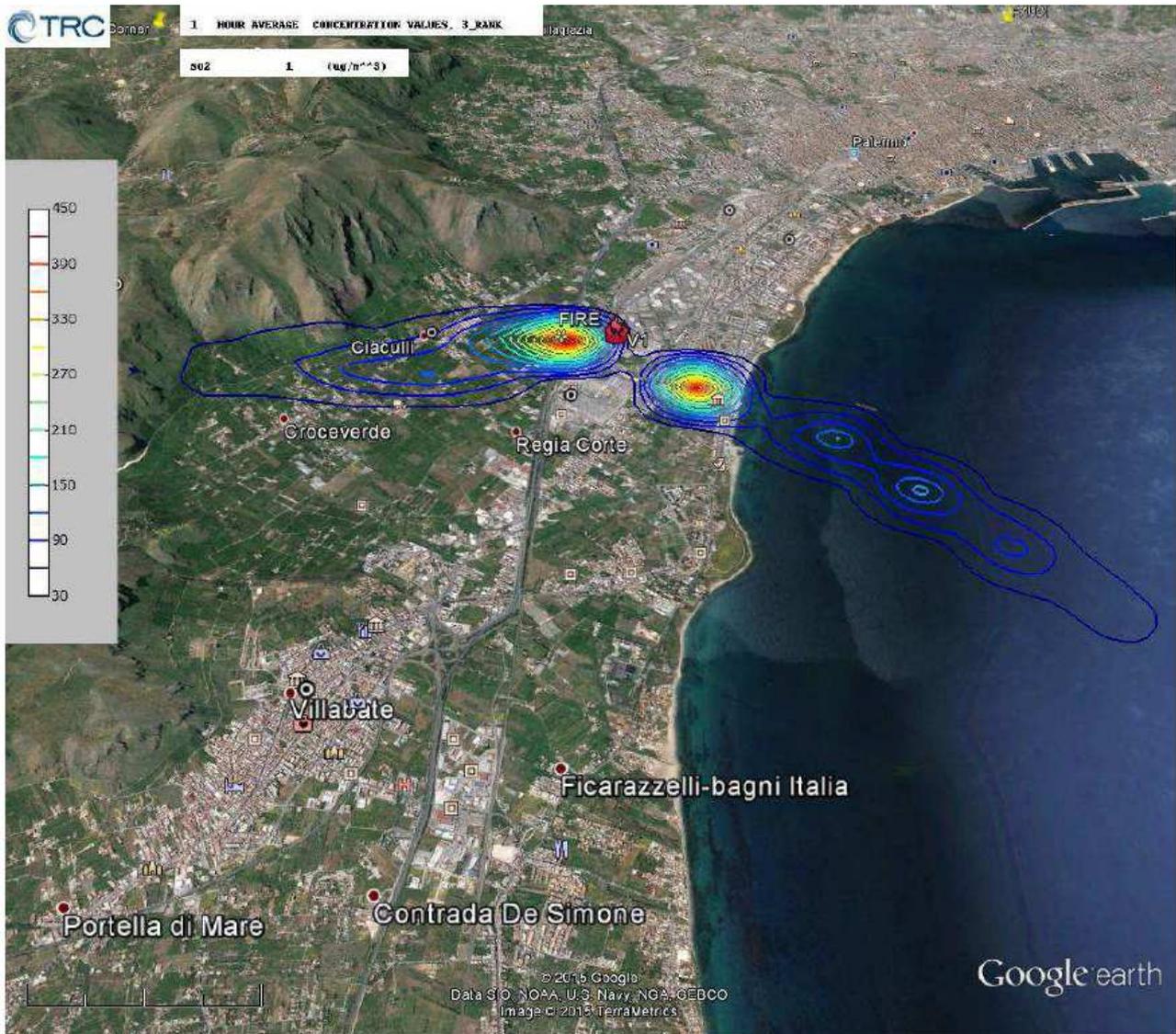
miglia 1
km 2



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 0,1 a 1,3 mg/mc

INQUINANTE: SO₂

ISOPLETE DEL 3° MASSIMO



Google earth

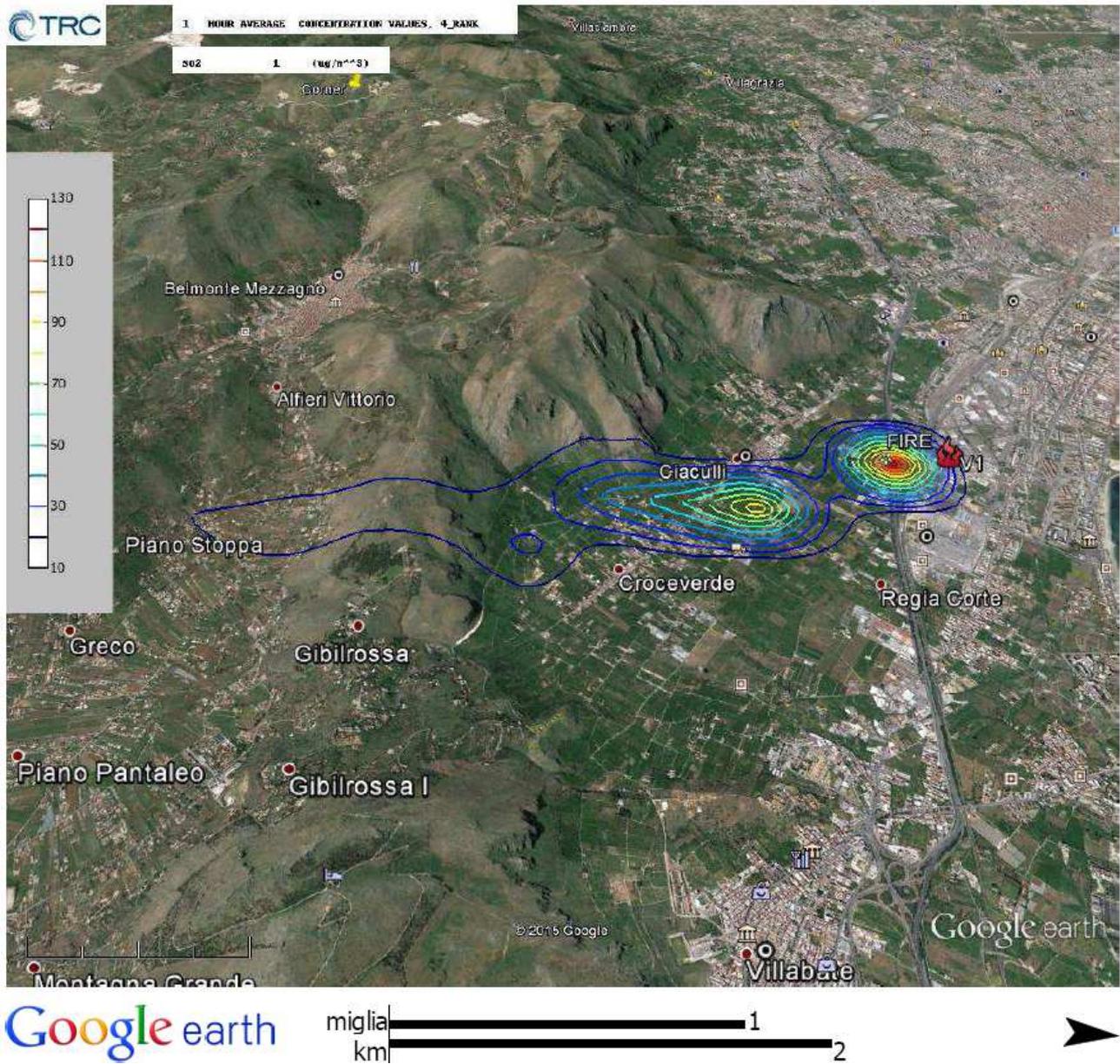
miglia
km



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 0,03 a 0,45 mg/mc

INQUINANTE: SO₂

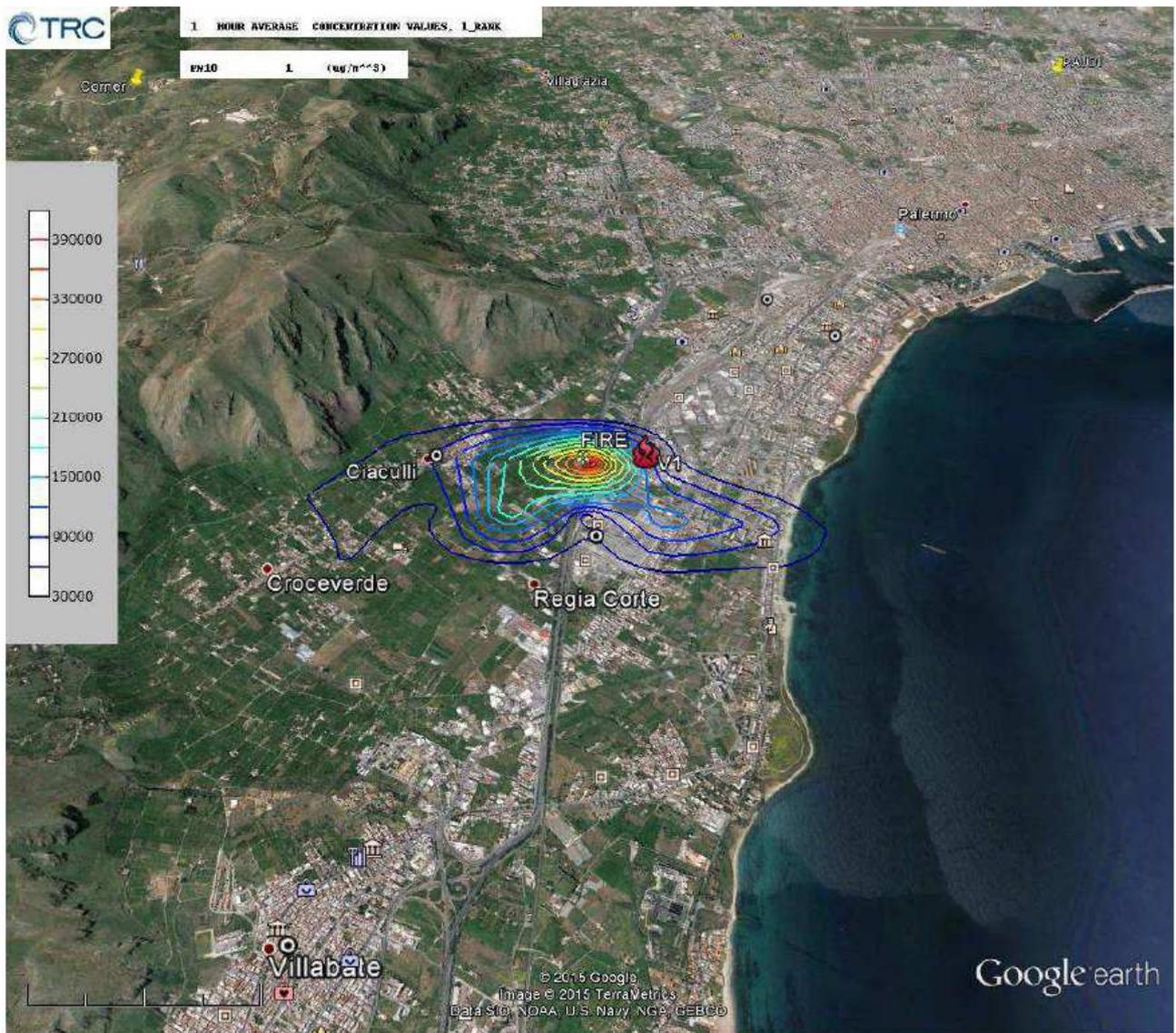
ISOPLETE DEL 4° MASSIMO



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 0,01 a 0,13 mg/mc

INQUINANTE: POLVERI TOTALI SOSPese

ISOPLETE DEL 1° MASSIMO



Google earth

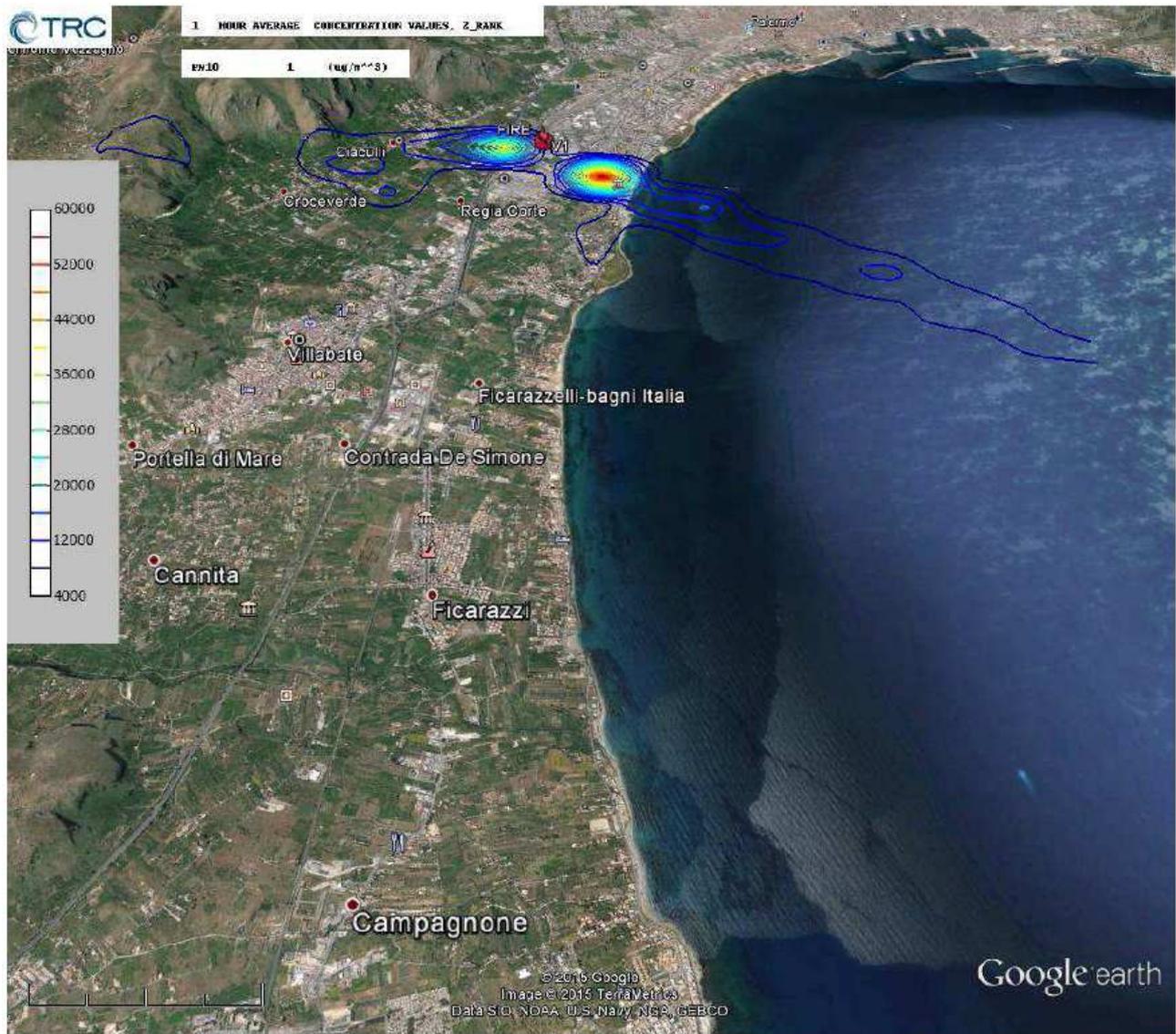
miglia 1
km 2



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: **da 30 a 390 mg/mc**

INQUINANTE: POLVERI TOTALI SOSPESA

ISOPLETE DEL 2° MASSIMO



Google earth

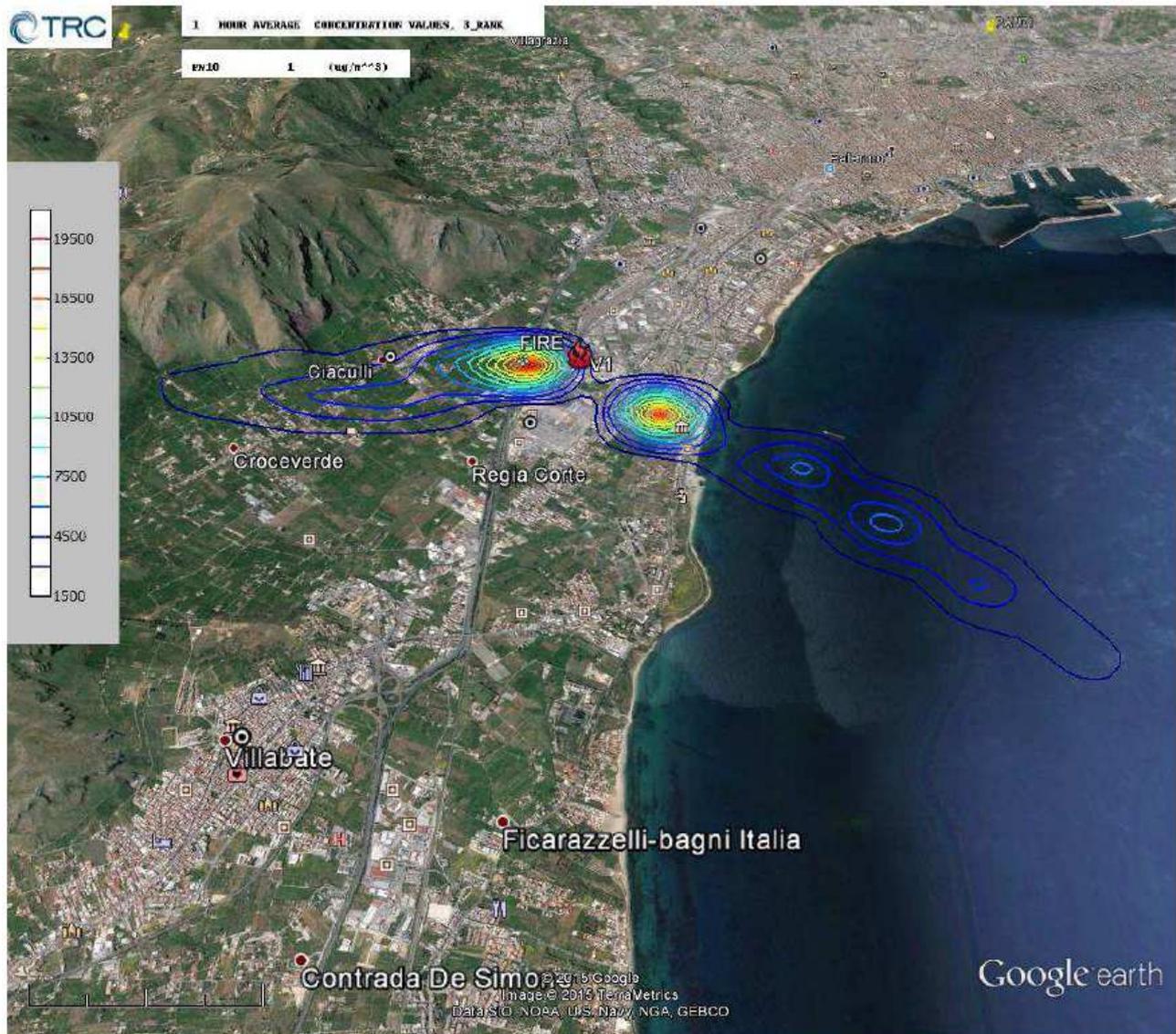
miglia 1
km 2



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 4 a 60 mg/mc

INQUINANTE: POLVERI TOTALI SOSPese

ISOPLETE DEL 3° MASSIMO



Google earth

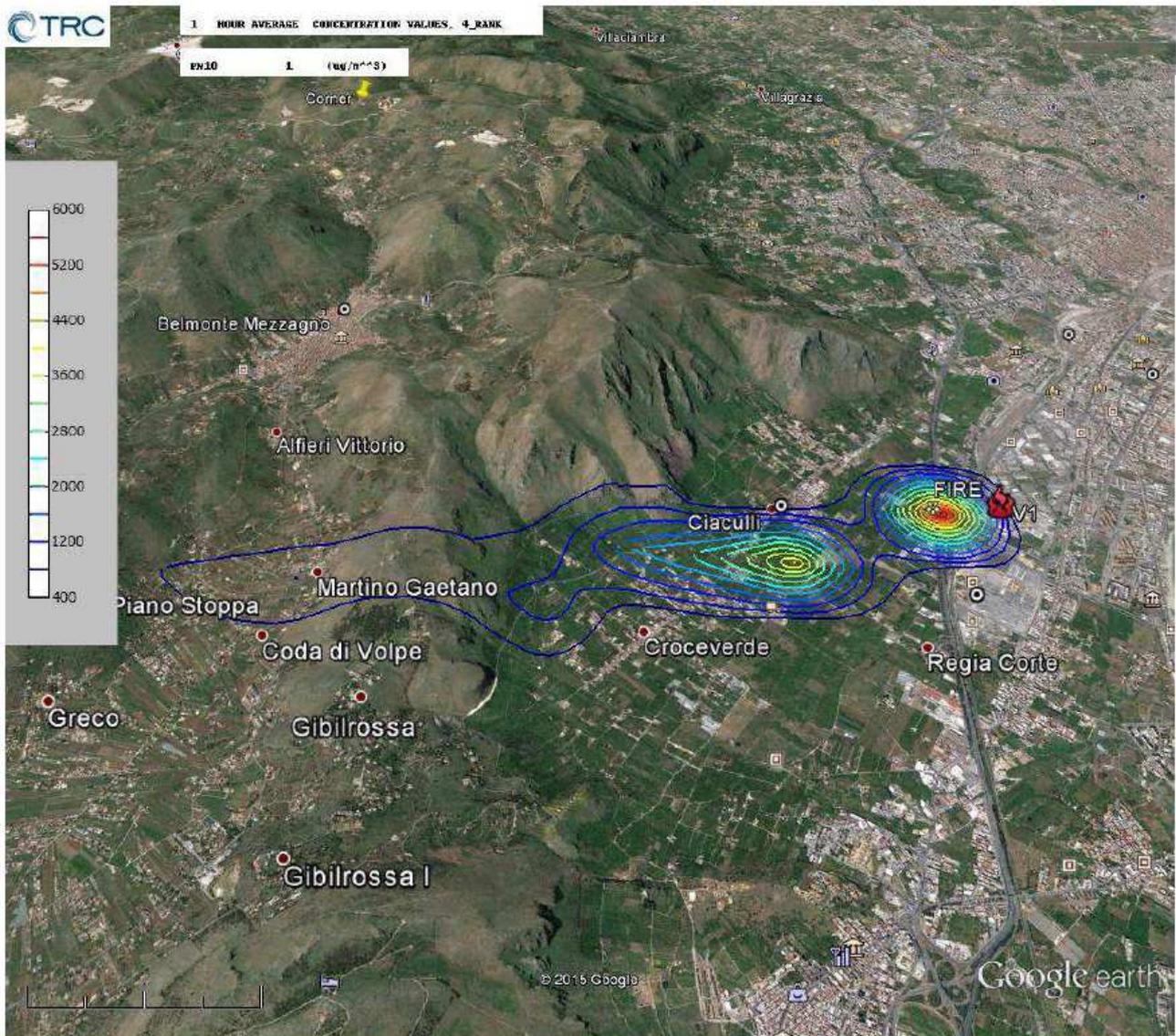
miglia
km 1 2



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 1,5 a 19,5 mg/mc

INQUINANTE: POLVERI TOTALI SOSPESSE

ISOPLETE DEL 4° MASSIMO



Google earth

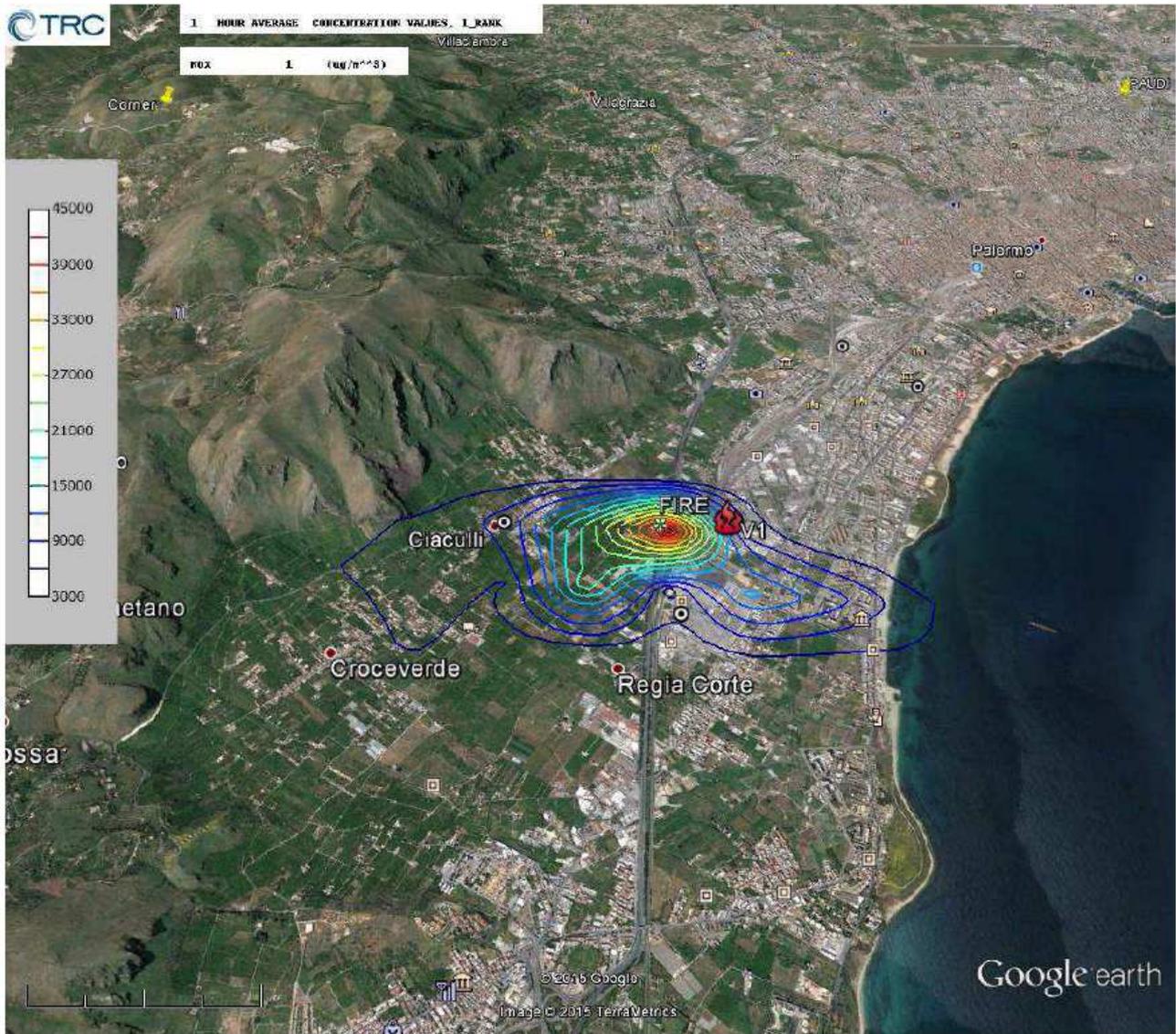
miglia 1
km 2



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 0,4 a 6 mg/mc

INQUINANTE: NO₂

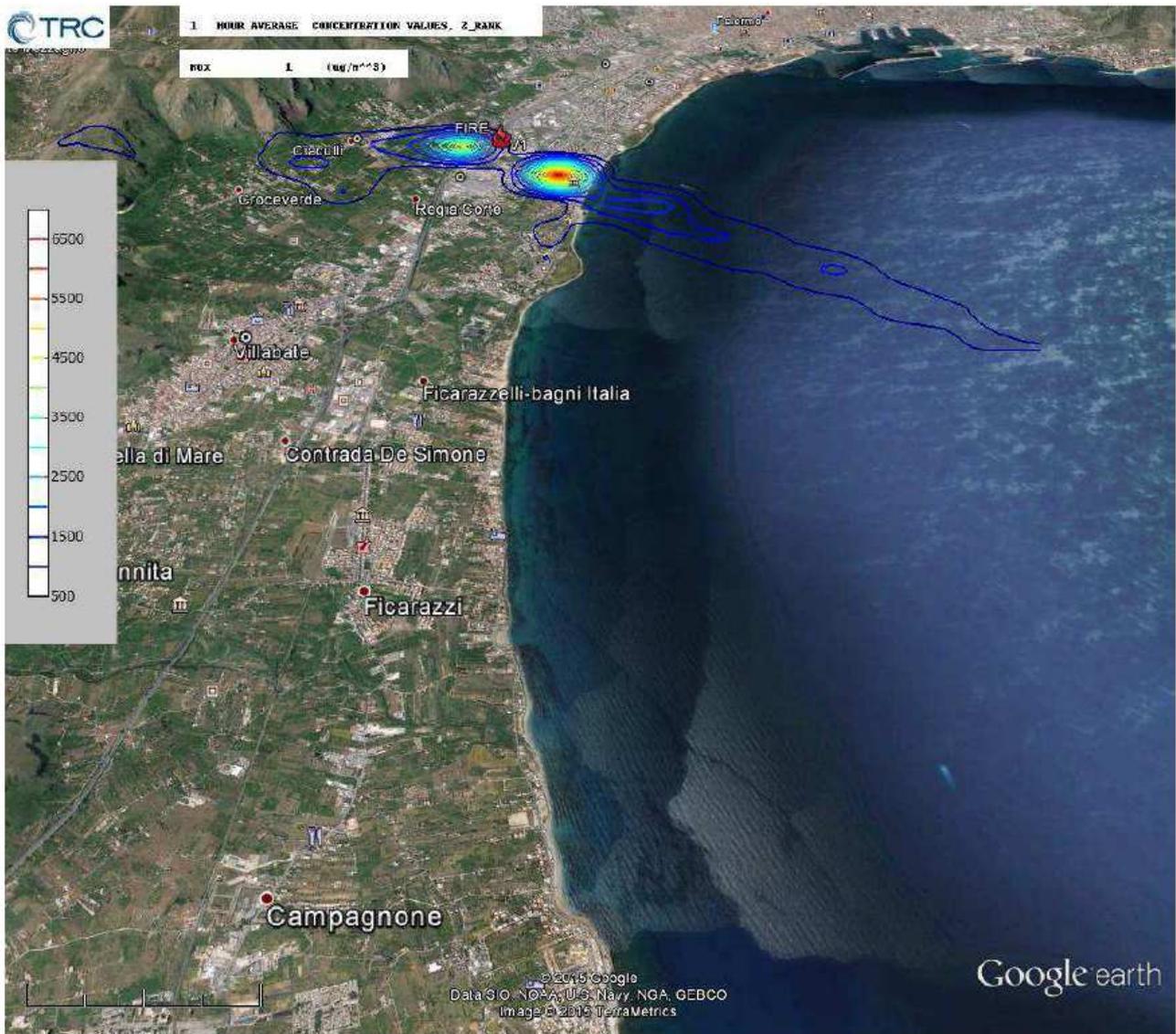
ISOPLETE DEL 1° MASSIMO



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 3 a 45 mg/mc

INQUINANTE: NO₂

ISOPLETE DEL 2° MASSIMO



Google earth

miglia 1
km 2



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: **da 0,5 a 6,5 mg/mc**

INQUINANTE: NO₂

ISOPLETE DEL 3° MASSIMO



Google earth

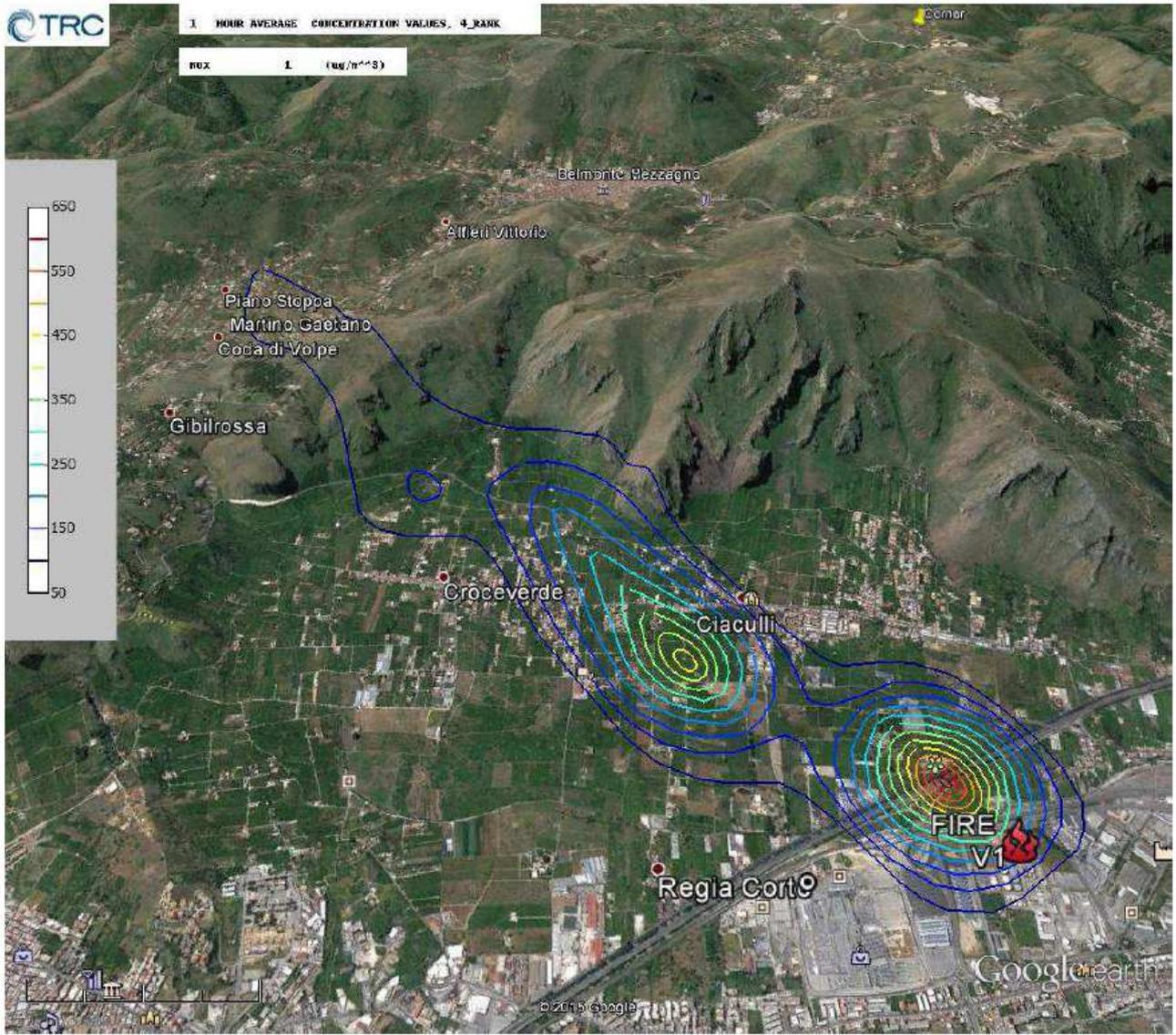
miglia
km 1 2



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 0,15 a 2,25 mg/mc

INQUINANTE: NO₂

ISOPLETE DEL 4° MASSIMO



Google earth

miglia
km 1

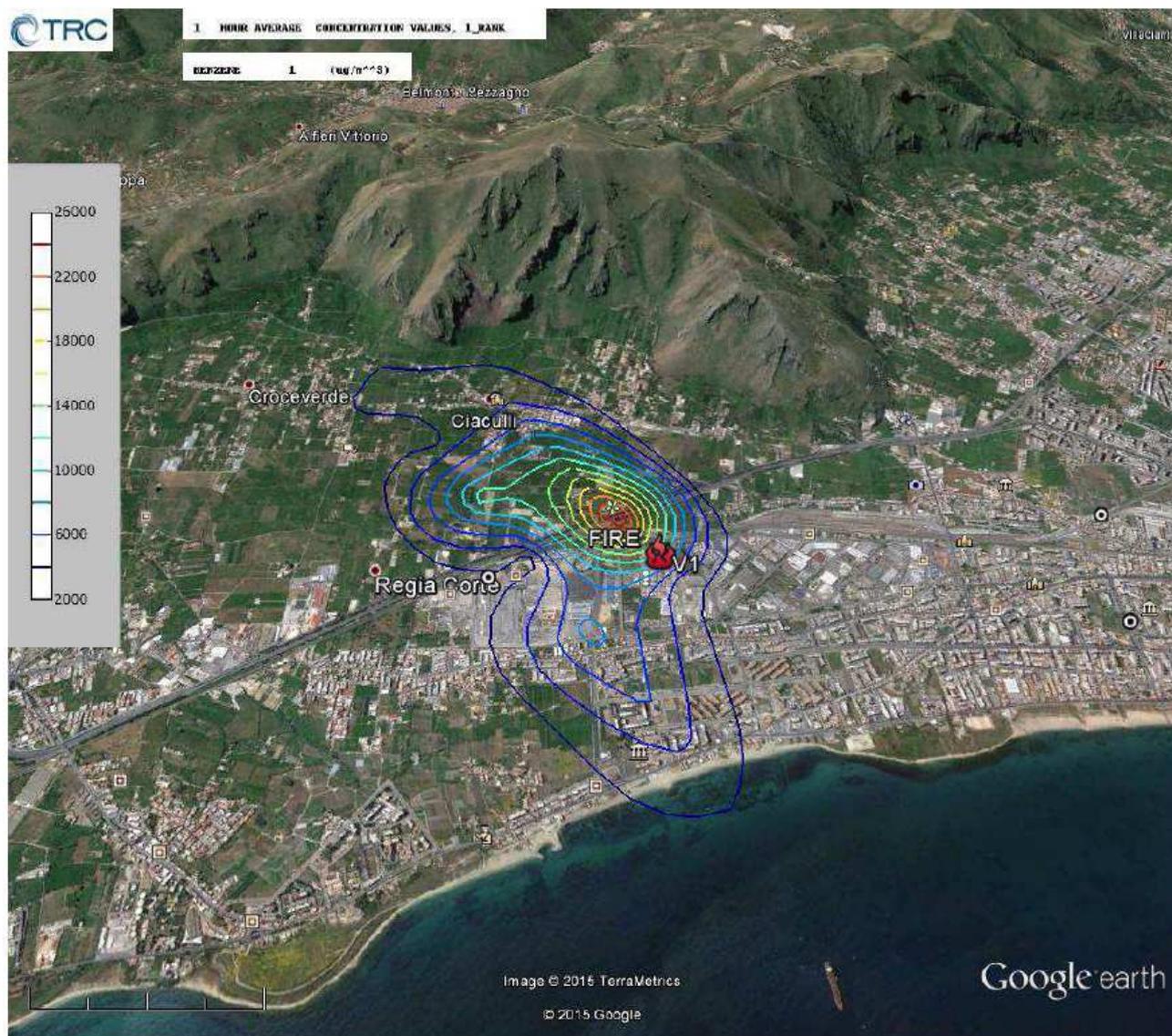


RANGE CONCENTRAZIONE massimi: **da 0,05 a 0,65 mg/mc**

INQUINANTI: BTX

(NB: Benzene, Toluene ed Xileni sono rappresentabili con le medesime isoplete; I grafici di seguito riportati sono relativi al solo Benzene e replicabili per T. e X.)

ISOPLETE DEL 1° MASSIMO



Google earth

miglia 1
km 1



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 2 a 26 mg/mc

INQUINANTI: BTX

ISOPLETE DEL 2° MASSIMO



Google earth

miglia 1
km 2



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: **da 0,25 a 3,75 mg/mc**

INQUINANTI: BTX

ISOPLETE DEL 3° MASSIMO



Google earth

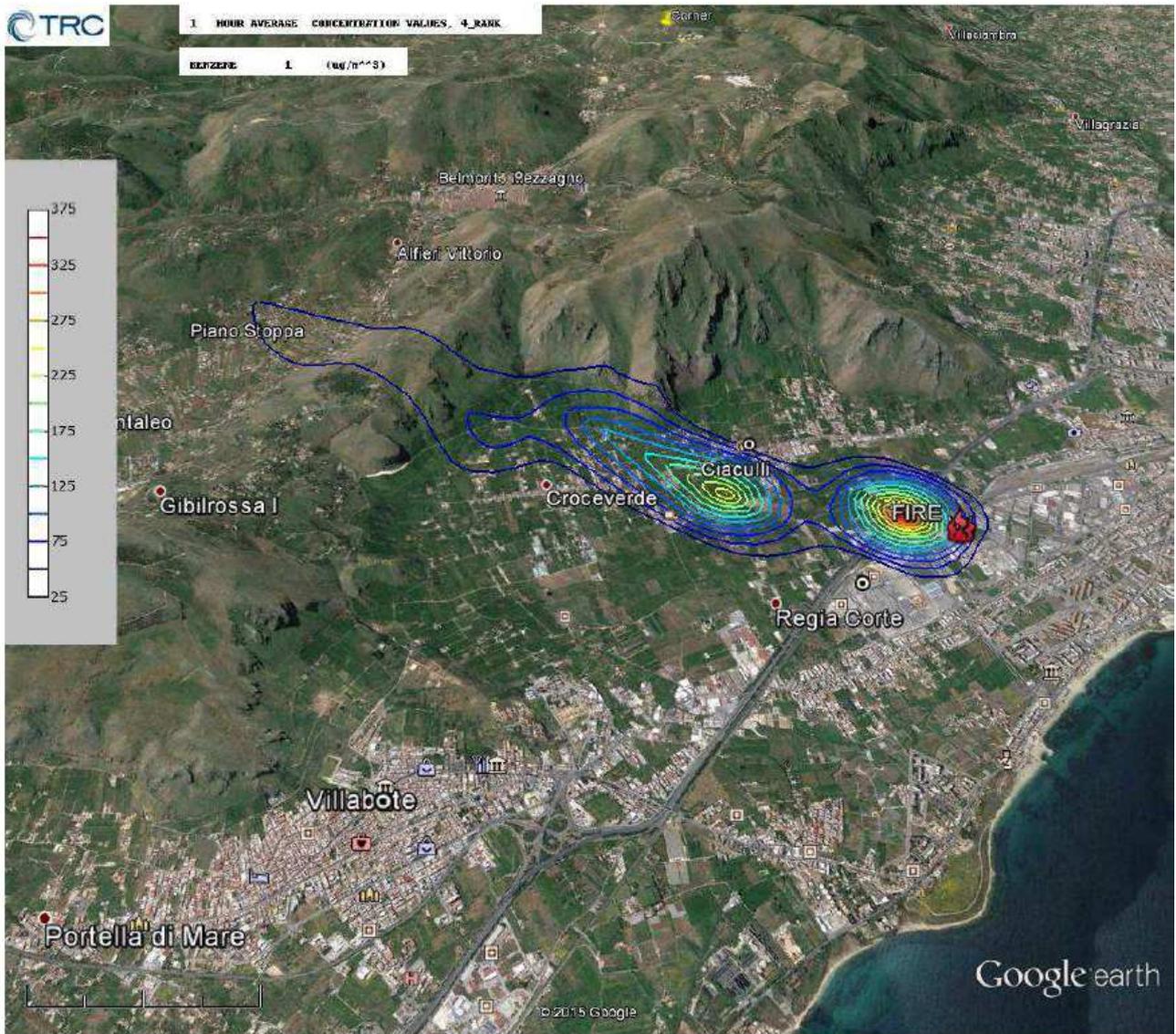
miglia 1
km 2



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: da 0,1 a 1,3 mg/mc

INQUINANTI: BTX

ISOPLETE DEL 4° MASSIMO



Google earth

miglia 1
km 2



RANGE CONCENTRAZIONE massimi: **da 0,025 a 0,375 mg/mc**

L'analisi delle isoplete prescinde dalla evoluzione oraria delle ricadute ma valuta l'evento dispersivo nel suo complesso.

Si noti che la base temporale di mediazione dei valori prevista dal D.Lgs. 151/2010 per il controllo dei limiti di esposizione nel nostro caso non è esprimibile; ne discende che l'unico confronto possibile è tra i valori stimati e quelli tabellari, assimilati a dati istantanei. Tale assunzione, fortemente limitativa, conduce ad effettuare una analisi in condizioni di eccessiva sicurezza.

10. Limiti di concentrazione di riferimento

Ai fini della valutazione dei possibili effetti della ricaduta degli inquinanti sulla popolazione afferente al dominio di indagine (15x20Km), si è fatto riferimento al parametro IDLH (Immediately dangerous for life or health) che rappresenta la massima concentrazione di inquinante a cui un individuo medio può essere esposto in modo continuativo per 30 minuti senza che intervengano effetti irreversibili per la sua salute. Il parametro IDLH è suggerito dal DM 20.10.98 e rappresenta la soglia di riferimento per effetti irreversibili. Tale parametro è stato valutato assumendo D=500 m, quale distanza di riferimento per l'esposizione all'incendio, corrispondente all'ubicazione del centro commerciale Leroy Merlin che rappresenta il più vicino e intenso centro di aggregazione collettiva.

In relazione alla valutazione dei tempi tecnici di allertamento ed allontanamento dall'area inquinata, si ritiene che il tempo di esposizione assunto a base di riferimento sia congruo.

Sulla scorta di quanto contenuto nell'Annesso 18B al crono-programma RM, approvato dal CTR Regione Sicilia con delibera n.204 del 6/2/2014, ed assunto quanto definito nel "Pocket Guide to chemical hazard" pubblicato dal NIOSH nel 1997, si riportano di seguito i valori IDLH adottati per l'analisi:

Valori IDLH (ppm)			based on the molecular weight of
	ppm value	mg/m ³ value	
<i>Monossido di carbonio</i>	1.200	1.374,72	28,01
<i>Nero fumo (Polveri+catrame+acqua)</i>	3.560	8.411,5	57,77
<i>Anidride solforosa</i>	100	262,03	64,06
<i>Biossido di azoto</i>	20	37,63	46,00
<i>Benzene</i>	500	1597,34	78,11
<i>Toluene</i>	500	1884,25	92,14
<i>Xyleni</i>	900	3907,73	106,16

Tabella 4 – Valori di riferimento IDLH

Per valutare la sovrapposizione degli effetti degli inquinanti la metodologia è analoga a quella per il calcolo dei Threshold level value (TLV), riportata sul Giornale degli igienisti industriali. Pertanto, si è definito il parametro tossicità “M” della miscela, che pondera l’effetto di ciascun singolo componente rispetto al proprio valore di soglia IDLH

$$M = \sum_{i=1}^n [C_i/T_i]$$

con:

C_i = concentrazione della sostanza inquinante;

T_i = valore si soglia IDLH per la sostanza i-esima.

Il valore M ottenuto va confrontato con l’unità.

Se M > 1 →IDLH teorico della miscela è superato ed è verosimile che si siano esplicitati effetti tossici irreversibili sulla popolazione.

Viceversa, se M ≤ 1 →il parametro IDLH teorico della miscela è rispettato risulta ragionevole escludere la manifestazione di effetti irreversibili sulla salute della popolazione.

Atteso che la popolazione, prescindendo dalle eventuali prime operazioni di allontanamento, è stata esposta ai fumi d’incendio almeno per 9 ore consecutive, risulta ragionevole esprimere anziché il valore M, il valore cumulato del parametro M, denominandolo M*.

Specie										
	U.M.	ora 1	ora 2	ora 3	ora 4	ora 5	ora 6	ora 7	ora 8	ora 9
	Limite superiore range massimi di concentrazione									
CO	mg/mc	10	10	10	10	100	100	100	100	100
SO₂	mg/mc	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NO_x	mg/mc	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Polveri	mg/mc	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Benzene	mg/mc	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Toluene	mg/mc	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Xyleni	mg/mc	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabella 5 –Valori di conversione U.M.

Specie	ora 1	ora 2	ora 3	ora 4	ora 5	ora 6	ora 7	ora 8	ora 9	Tj	Mj*
	C _i [Massimi di concentrazione mg/m ³]										$\sum_{i=1}^9 [C_i/T_i]$
CO	10	10	10	10	100	100	100	100	100	1374,72	
M_{CO}											0,393
Polveri	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	8411,5	
M_{Polveri}											0,000107
SO₂	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	262,03	
M_{SO2}											0,00343
NO_x	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	37,63	
M_{NOx}											0,024
Benzene	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1597,34	
M_{Benzene}											0,000563
Toluene	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1884,25	
M_{Toluene}											0,000478
Xyleni	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	3907,73	
M_{Xyleni}											0,000230
										$M^* = \sum_{j=1}^7 M_j^*$	0,421

Tabella 6 –Parametro M* di tossicità cumulato

Pertanto, tenuto conto che la superiore tabella 6 riporta i valori massimi di concentrazione oraria degli inquinanti, sulla base del valore ottenuto per il parametro $M^* < 1$, è possibile ipotizzare l'assenza di effetti irreversibili sulla salute della popolazione esposta alle ricadute degli inquinanti esaminati nell'intero periodo di riferimento considerato per l'incendio.

§11. Conclusioni

Lo studio condotto ha consentito di ricostruire gli scenari diffusivi conseguenti all'incendio sviluppato il giorno 3 agosto 2015 all'interno dello stabilimento Sicilia Petroli di via Corleone, 55 a Palermo.

Tali scenari sono stati simulati con il modello analitico lagrangiano CALPUFF, alimentato dal processore meteo CALMET. Sono state modellizzate due tipologie di diffusione; la prima è stata ottenuta facendo riferimento ad una sorgente volumetrica posta a bassa quota, a partire dalla cui sommità i fumi si immettono nello strato basso della troposfera.

Il settore entro il quale è avvenuta la dispersione risulta combaciare bene con quello previsto dalla simulazione con il modello matematico lagrangiano. Nella implementazione modellistica sono stati trascurati gli effetti di downwash.

Sul piano epidemiologico, con la presente analisi è stato possibile fornire una indicazione integrativa alle valutazioni discendenti dalle determinazioni di campo degli inquinanti aero-dispersi, al fine di una successiva valutazione degli effetti di esposizione sui residenti da parte degli organismi sanitari a ciò preposti. Sulla scorta delle evidenze ottenute dallo studio, il valore del parametro di tossicità "M*" della miscela, che pondera l'effetto cumulato, nel periodo di persistenza, dell'incendio di ciascun singolo componente rispetto al proprio valore di soglia IDLH, indica che è ragionevole ammettere l'assenza di effetti nocivi sulla salute della popolazione esposta all'evento incidentale. Tale conclusione tuttavia è da intendersi non esiziale, ma da ammettere a verifica degli organismi sanitari competenti.

In riferimento al valore assunto dal parametro M^* - pari a 0,42 - occorre osservare che il fenomeno incidentale, che ha coinvolto per circa 9 ore una pozza d'incendio di estensione pari all'incirca a 350 mq, ha sviluppato una energia termica che, verosimilmente, non è riuscita a degradare fortemente gli inquinanti immessi nel PBL, conferendo loro apprezzabili concentrazioni residuali; si può ammettere, con sufficiente certezza, che le temperature raggiunte nel *core* delle fiamme si siano attestate attorno ai 800°C.

Inoltre, riguardo alle caratteristiche di dispersione, per quanto osservato ed in relazione alla temperatura di fondo stagionale ed alle ore nelle quali l'incendio si è sviluppato (comprese tra il tardo pomeriggio e le prime ore del mattino) è verosimile immaginare che le condizioni vigenti nel PBL, almeno fino alle ore 20:00 circa, fossero di looping.

Questa ipotesi sarebbe confermata dai quadri di stabilità del PBL, modellizzati con Calpuff, e per i quali risulta tra le ore 17:00 e le 20:00 una classe Pasquill pari a C=3 corrispondente ad una condizione del PBL leggermente instabile (cfr. Figura 5a).

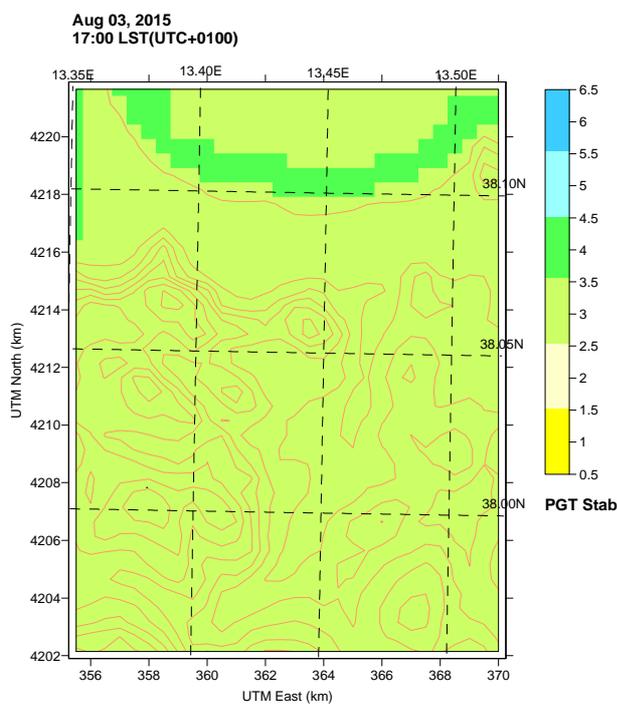


Figura 5a – Stabilità ore 17:00 ÷ 20:00

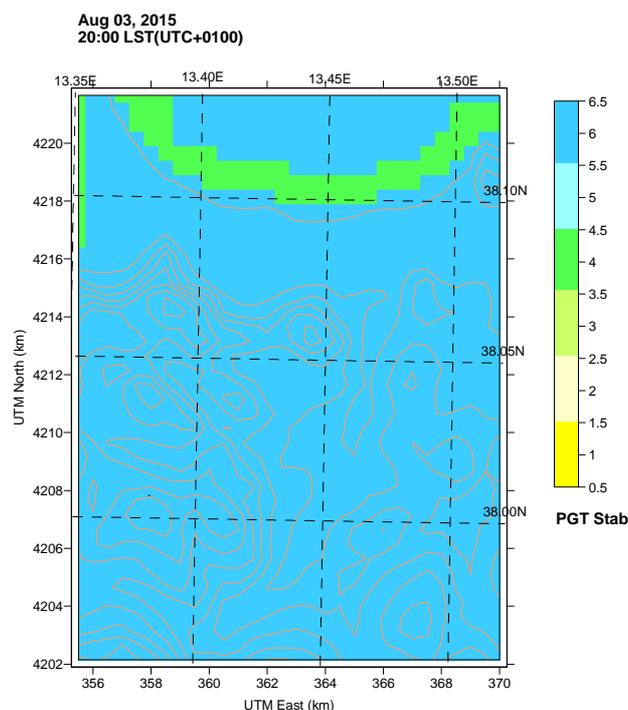


Figura 5b – Stabilità ore 20:00 ÷ 02:00

Il looping rappresenta una condizione instabile, che si manifesta quando le celle convettive sono più grandi del diametro della fumata di dispersione; in tal caso l'effetto è rappresentato da un trasporto dei fumi lungo un cammino pseudo-sinusoidale con la conseguenza che la fumata possa toccare il suolo anche a grande distanza dalla zona sorgente. Si tratta di una tipica condizione che si instaura nelle giornate estive.

Pertanto, occorre senz'altro correlare la concorrenza di queste due condizioni – modesta temperatura di degradazione degli inquinanti e dispersione tipo looping negli strati inferiori del layer surface – al fine di comprendere pienamente il regime di concentrazione d'inquinanti aero-dispersi che è stato ottenuto a seguito dell'attività di studio modellistico implementata da ARPA Sicilia.

La presente analisi ha fornito, altresì, una indicazione epidemiologica integrativa alle valutazioni discendenti dalle determinazioni di campo degli inquinanti aero-dispersi, al fine di una successiva valutazione degli effetti di esposizione sui residenti da parte degli organismi sanitari a ciò preposti. Sulla scorta delle evidenze ottenute dallo studio, il valore del parametro di tossicità "M" della miscela, che pondera l'effetto di ciascun singolo componente rispetto al proprio valore di soglia IDLH, indica che è ragionevole ammettere l'assenza di effetti irreversibili per la salute della popolazione esposta all'evento incidentale.

Tale conclusione tuttavia è da intendersi non esiziale, ma da ammettere a verifica degli organismi sanitari competenti.

§12 Bibliografia

1. Scirè J.S., Robe F.R., Fermau M.E., Yamartino R.J. (1999): A User's Guide for the
2. CALMET Meteorological Model (version 5.0) – Earth Tech Inc., Concord, MA, Stati Uniti,
3. Settembre 1999.
4. 2. Scirè J.S., Strimaitis D.G., Yamartino R.J. (1999): A User's Guide for the CALPUFF
5. Meteorological Model (version 5.0) – Earth Tech Inc., Concord, MA, Stati Uniti, Giugno
6. 1999.
7. 3. Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa
8. alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" Gazzetta Ufficiale n. 216
9. del 15 settembre 2010 - Suppl. Ordinario n. 217
5. WHO, 2000. Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European
10. Series, World Health Organization, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
6. Attuazione del crono-programma approvato dal CTR Regione Sicilia con delibera n.204 del
11. 6 febbraio 2014 – Annesso 18B
7. Rapporto di intervento ARPA Sicilia – Analisi con canister.