

**INCENDIO DI VIRGIN NAFTA NEL SERBATOIO DI STOCCAGGIO TK513
DELLA RAFFINERIA DI MILAZZO**

**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

Gli autori desiderano esprimere un ringraziamento a quanti hanno offerto un contributo, più o meno diretto, per la definizione di questo studio. Si ringrazia per la fornitura dei dati meteorologici il dott. Luigi Pasotti, dirigente presso il Sistema Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS), ARPA Emilia Romagna per la fornitura degli output del modello meteorologico COSMO e, infine, l'ing. Roberto Bellasio per aver agevolato l'utilizzo del modello Toxflam sviluppato dall'azienda Enviroware.

INDICE

Pag

§1	Introduzione	5
1.1	Attività di primo intervento	6
§2	Finalità	18
§3	Riferimenti	19
§4	Caratteristiche territoriali	19
4.1	Confini territoriali	19
4.2	Geomorfologia dell'area	19
§5	Definizione dell'indagine	20
5.1	Dominio di studio	20
5.2	Metodologie e strumenti di analisi	21
5.3	Disegno di indagine tecnica-sperimentale	22
5.4	Condizioni di emissioni: <i>superficiale e di camino equivalente</i>	25
5.5	Quadri di simulazione	26
	Ricostruzione campi meteo – Layer 1	27
	Ricostruzione campi meteo – Layer 2	29
	Ricostruzione campi meteo – Layer 3	31
	Ricostruzione campi meteo – Layer 4	33
	Ricostruzione campi meteo – Layer 5	35
	Ricostruzione campi meteo – Layer 6	37
	Ricostruzione campi meteo – Layer 7	39
	Ricostruzione campi meteo – Layer 8	41
	Ricostruzione campi di temperatura	43
	Stabilità del PBL	48
	MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE	50
	<i>Sorgente di emissione volumetrica</i>	
	INQUINANTE: CO	50
	INQUINANTE: SO₂	55
	INQUINANTE: NO₂	60
	INQUINANTE: POLVERI TOTALI SOSPESI	65
	MASSA DIFFUSA: H₂O	70
	INQUINANTE: BENZENE	75
	INQUINANTE: TOLUENE	80
	INQUINANTE: XYLENI	85
§6	Emissione volumetrica: analisi e commento dei risultati	90
§7	Modello CALPUFF - Camino equivalente	92
	MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE	
	<i>Sorgente di emissione "Camino equivalente"</i>	93
	INQUINANTE: CO	93
	INQUINANTE: SO₂	95
	INQUINANTE: NO₂	97
	INQUINANTE: POLVERI TOTALI SOSPESI	99
	MASSA DIFFUSA: H₂O	101
§8	Modello SCREEN3 - Camino equivalente	103
§9	Confronto risultati CALPUFF-SCREEN	104
§10	Limiti di concentrazione di riferimento	109
§11	Conclusioni	111
§12	Bibliografia	113

§1. Introduzione

Lo stabilimento della Raffineria di Milazzo S.C.p.A. (RM) è annoverato fra le industrie “*a rischio di incidente rilevante*” ai sensi del Decreto legislativo 17 agosto 1999, n. 334 e successive modifiche. Esso dispone di un parco di circa 145 serbatoi, quasi tutti di forma cilindrica e dotati di tetto galleggiante.

In data 27 settembre 2014, alle ore 00:45, presso lo stabilimento della RM, e precisamente all'interno del serbatoio TK513 adibito allo stoccaggio di Virgin Nafta (VN) (liquido infiammabile classificato in cat. A dal D.M. 31/07/1934), si è sviluppato un incendio di vaste proporzioni, di tipo *pool fire*, la cui durata è stata valutata con riferimento alla fase *only fire* durata circa 10 ore.

Tale evento incidentale è scaturito, verosimilmente, in seguito ad un malfunzionamento del sistema di tenuta del tetto galleggiante che ha consentito l'immissione in atmosfera di vapori di olio combustibile i quali, in contatto con l'aria e sotto le condizioni di innesco che saranno chiarite dall'indagine giudiziaria in corso, hanno dato luogo ad una reazione di combustione.

Sotto il profilo emergenziale l'evento è stato gestito da un lato attuando il protocollo di sicurezza antincendio della Raffineria di Milazzo (RM), il quale ha previsto l'attivazione dell'impianto di raffreddamento ad anello del mantello esterno del serbatoio incendiato e l'impiego di erogatori di schiuma sull'estradosso del tetto galleggiante, dall'altro ricorrendo alle azioni repressive intraprese dai pompieri del Comando provinciale dei Vigili del Fuoco di Messina sulla sorgente infiammata.

Dalla lettura del rapporto d'intervento n. 12423 dei VV.FF., e dalle dichiarazioni del Gestore, si evince che il quantitativo iniziale di liquido infiammabile coinvolto nell'incendio è stato ridotto grazie al trasferimento della Virgin Nafta dal serbatoio TK513, avente diametro 82,2 ml, altezza 19,0 ml e capacità massima 100.000 mc, verso i due serbatoi di contenimento TK503 e TK505, aventi ciascuno capacità nominale pari a 50.000 mc.

Tale trasferimento è avvenuto con l'ausilio di motopompe di aspirazione del prodotto, con presa di carico collocata nel fondo del recipiente, e aventi ciascuna una portata dichiarata compresa tra 500÷700 mc/h. In ragione della reale velocità di abbassamento del liquido, tuttavia, ($\approx$ 20 cm/ora anziché 30÷40 cm/ora dichiarati inizialmente dal Gestore) tale valore di portata è apparso leggermente sovrastimato. Ciò ha indotto ad ammettere, ragionevolmente ed in favore di sicurezza, che il quantitativo di Virgin Nafta aspirata sia stato, al massimo, pari al 50% del volume iniziale (anziché 70% come sostenuto dal Gestore).

Al momento dell'attivazione delle procedure di emergenza per l'incendio, il Gestore dichiarava una capienza effettiva del serbatoio TK513 pari a meno della metà del suo valore nominale; pertanto, atteso che l'altezza del pelo libero veniva misurata in 5.50 m, la stessa, poteva essere stimata in 30.000 mc.

Ne discende che, per effetto della quantità di travaso operata dal Gestore, (circa il 50%) è stato possibile stimare il volume di VN residuo del serbatoio incendiato nella misura pari a 15.000 mc.



Foto 1 – Incendio serbatoio TK 513 - RM

1.1 Attività di primo intervento

A seguito dell'incendio, ARPA Sicilia ha avviato le attività di controllo sulle ricadute al suolo degli inquinanti aero dispersi, organizzando attività di campo per la raccolta di campioni da analizzare ed avviando analisi modellistiche con tecnica speditiva; ciò al fine di stabilire una prima valutazione dei parametri di inquinamento riconducibili all'incidente. Dalle analisi dei campioni raccolti sul territorio non sono state registrate variazioni significative rispetto alle concentrazioni misurate nelle stazioni di rete fisse Gabbia e Termica Milazzo; ciò ha evidenziato quindi che i monitoraggi standard non hanno risentito dell'incendio alla Raffineria.

Sono state predisposte diverse attività di monitoraggio, ed in particolare su aria, suolo, acque e vegetali, per valutare le ricadute sui comparti ambientali delle emissioni sprigionatesi dalla combustione della virgin-nafta. Nelle analisi modellistiche e di campo effettuate, sono state considerate unicamente le specie inquinanti previste dal D.Lgs. 155/2010.

Nella figura 1 che segue è riportata la localizzazione indicativa dei punti di campionamento monitorati:

- in giallo sono indicati i punti di campionamento di suolo;
- in rosso cerchiato le stazioni fisse di monitoraggio della qualità dell'aria – Gabbia e Termica Milazzo -(campionatori ad alto volume sui cui effettuare la ricerca di diossine
- in verde i campionatori di aria istantanei (canister per la ricerca di VOC, campionamento di particolato (PM10) e per la determinazione di IPA e Metalli Pesanti);
- in rosso quelli di acqua.



Figura 1 – Punti di campionamento

Di seguito si riportano inoltre i grafici, costruiti sul periodo dal 20 settembre al 10 ottobre 2014, dei parametri monitorati nelle centraline di contrada Gabbia e di Termica Milazzo, uniche stazioni fisse, gestite da ARPA, nell'intorno della Raffineria di Milazzo.

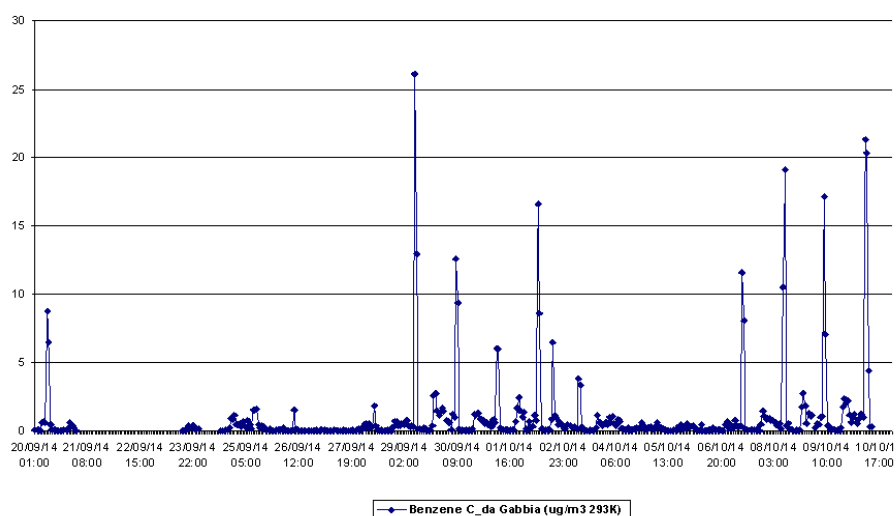
STAZIONE CONTRADA GABBIA

Valori orari

Rete ARPA Sicilia

Valori
● Assoluti
○ Percentuali

Valori dal giorno 20/09/2014 ora 1:00 Al giorno 10/10/2014 ora 24:00



Valori orari

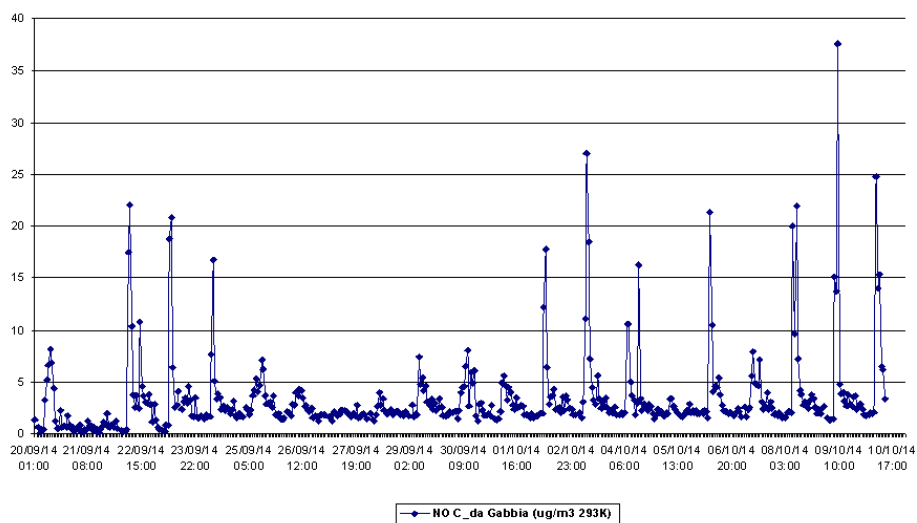
Rete ARPA Sicilia

Valori dal giorno 20/09/2014 ora 1:00 Al giorno 10/10/2014 ora 24:00

Valori

● Assoluti

○ Percentuali



EcoManager

10/10/2014 13:39:57

Project Automation S.p.A.

Pag. 1

Valori orari

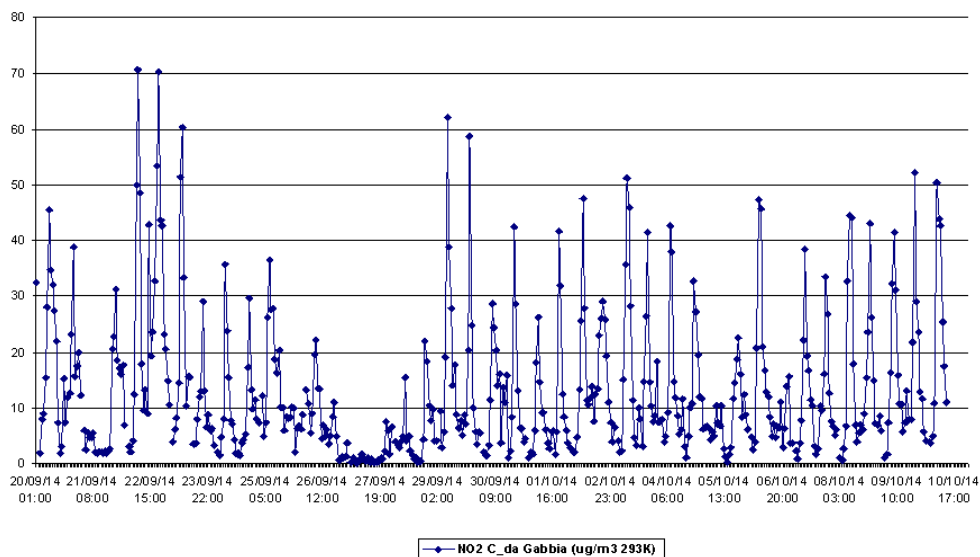
Rete ARPA Sicilia

Valori dal giorno 20/09/2014 ora 1:00 Al giorno 10/10/2014 ora 24:00

Valori

● Assoluti

○ Percentuali



EcoManager

10/10/2014 13:41:01

Project Automation S.p.A.

Pag. 1

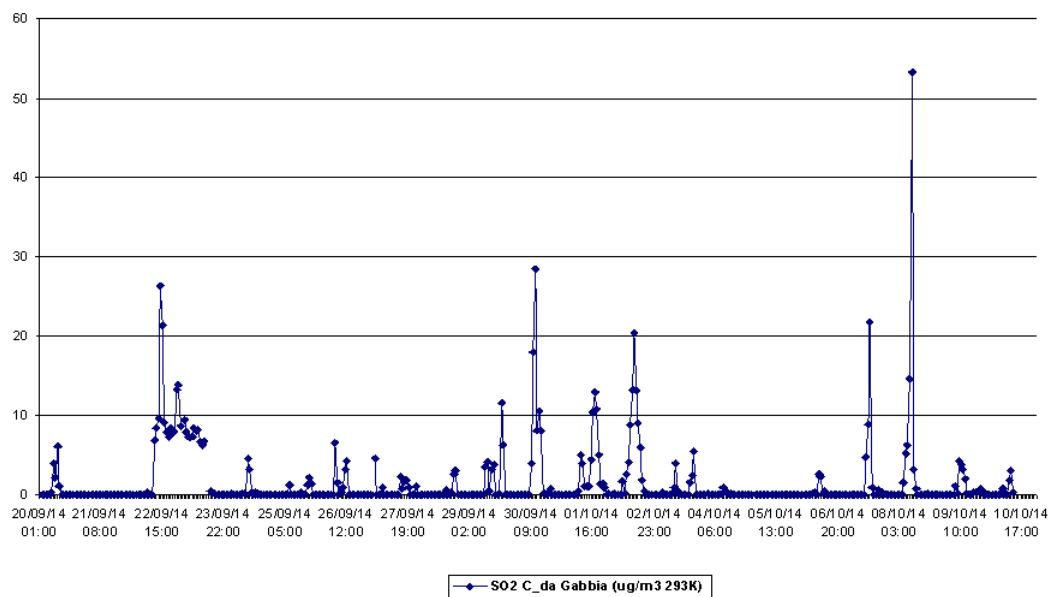
Valori orari

Rete ARPA Sicilia

Valori

- Assoluti
- Percentuali

Valori dal giorno 20/09/2014 ora 1:00 Al giorno 10/10/2014 ora 24:00



STAZIONE TERMICA MILAZZO

Valori orari

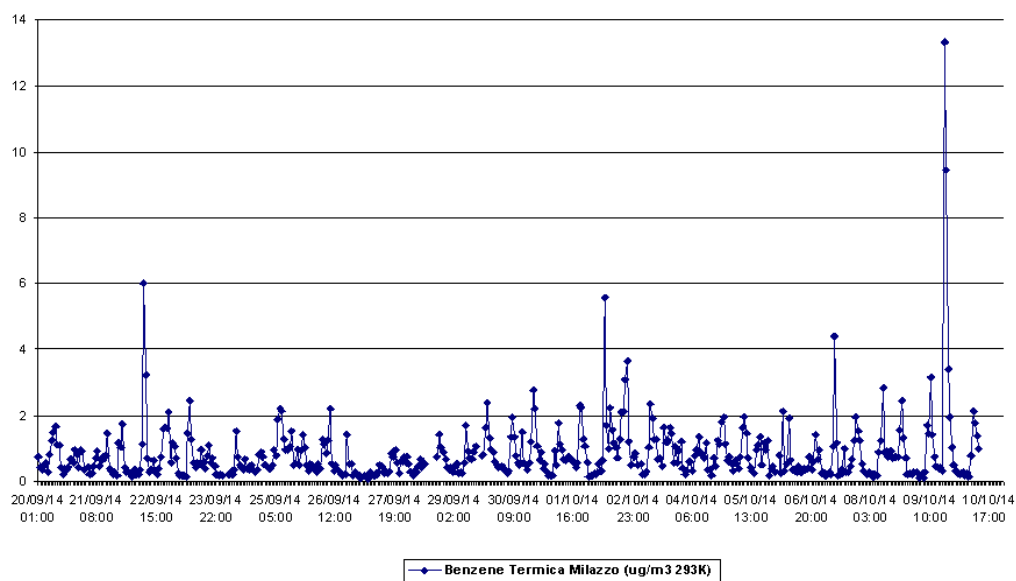
Rete ARPA Sicilia

Valori dal giorno 20/09/2014 ora 1:00 Al giorno 10/10/2014 ora 24:00

Valori

● Assoluti

○ Percentuali



EcoManager

10/10/2014 13:08:42

Project Automation S.p.A.

Pag. 1

Valori orari

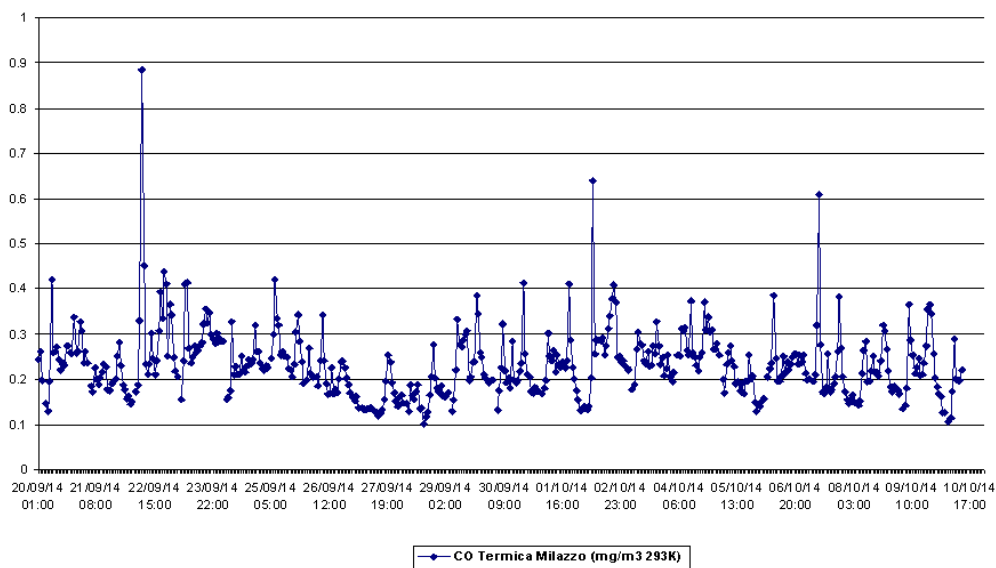
Rete ARPA Sicilia

Valori dal giorno 20/09/2014 ora 1:00 Al giorno 10/10/2014 ora 24:00

Valori

● Assoluti

○ Percentuali



EcoManager

10/10/2014 13:42:12

Project Automation S.p.A.

Pag. 1

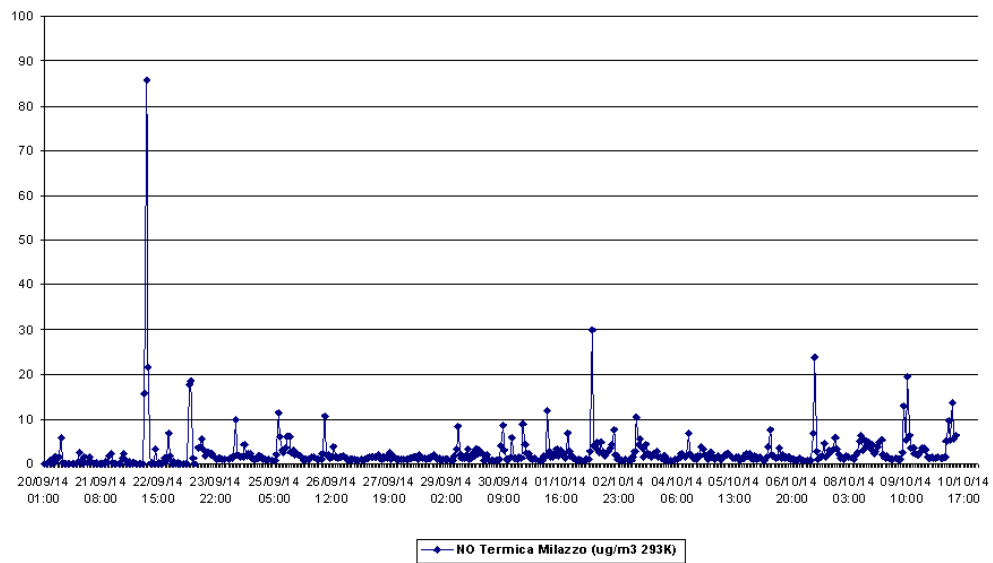
Valori orari

Rete ARPA Sicilia

Valori

● Assoluti
○ Percentuali

Valori dal giorno 20/09/2014 ora 1:00 Al giorno 10/10/2014 ora 24:00



EcoManager

10/10/2014 13:45:31

Project Automation S.p.A.

Pag. 1

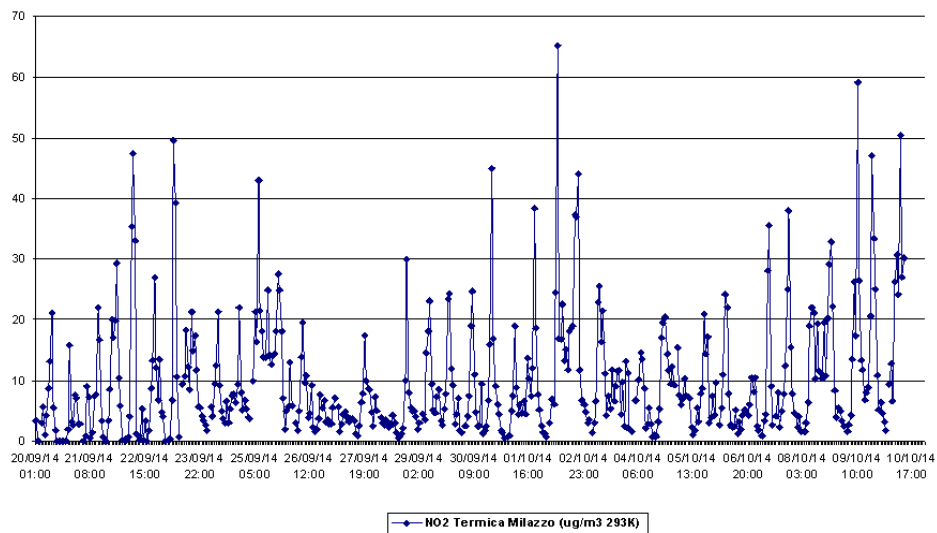
Valori orari

Rete ARPA Sicilia

Valori

● Assoluti
○ Percentuali

Valori dal giorno 20/09/2014 ora 1:00 Al giorno 10/10/2014 ora 24:00



EcoManager

10/10/2014 13:46:27

Project Automation S.p.A.

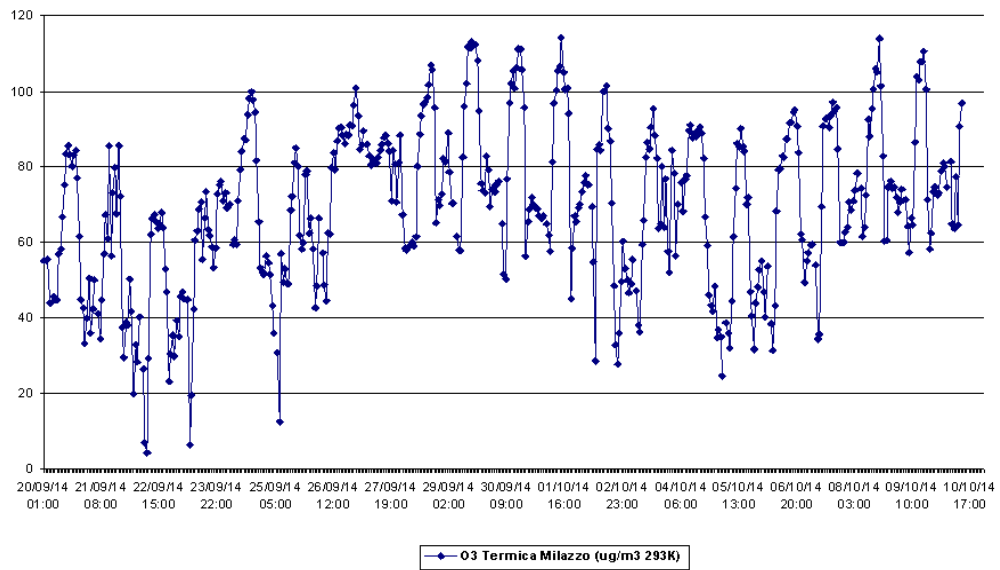
Pag. 1

Valori orari

Rete ARPA Sicilia

Valori dal giorno 20/09/2014 ora 1:00 Al giorno 10/10/2014 ora 24:00

Valori
☒ Assoluti
☐ Percentuali



EcoManager

10/10/2014 13:43:23

Project Automation S.p.A.

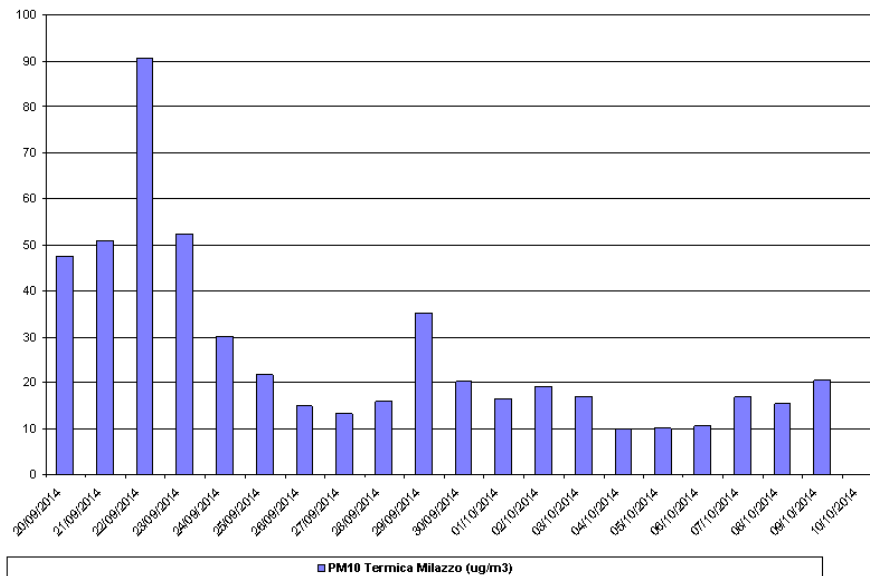
Pag. 1

Valori giornalieri

Rete ARPA Sicilia

Valori dal giorno 20/09/2014 Al giorno 10/10/2014

Valori
☒ Assoluti
☐ Percentuali



EcoManager

10/10/2014 13:51:41

Project Automation S.p.A.

Pag. 1

Come detto in precedenza, l'esame dei grafici sopra riportati indica che nelle zone afferenti al posizionamento delle due stazioni fisse di misura ARPA Sicilia, non sono state registrate particolari evidenze dell'aero-dispersione degli inquinanti liberati dall'incendio.

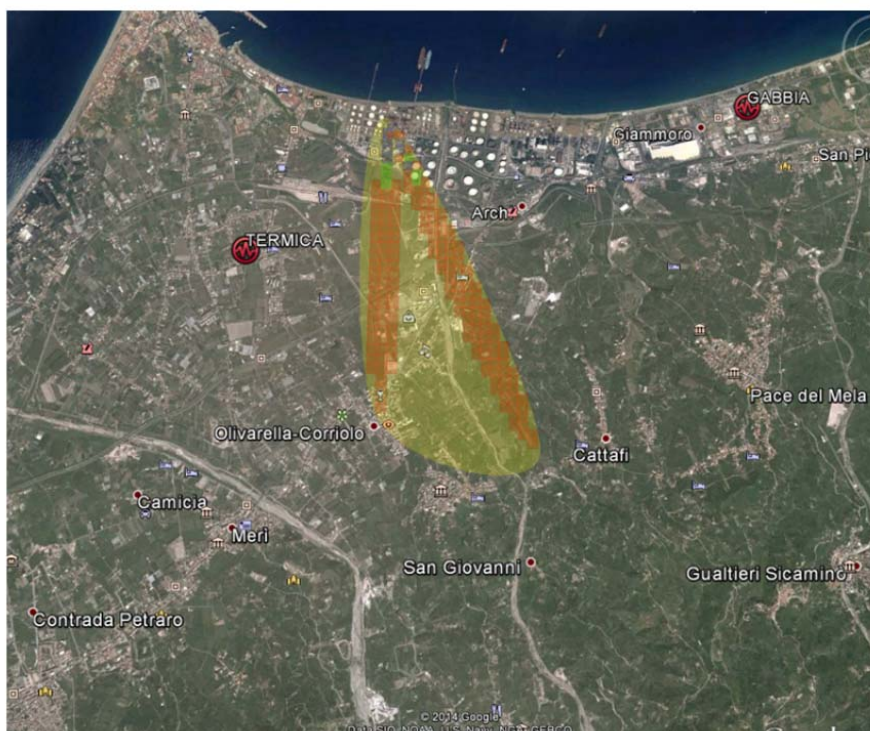
La bontà di questi risultati è stata confortata, oltre che dai sistemi di taratura di cui gli analizzatori sono dotati, anche da uno studio di diffusione degli inquinanti, effettuato per rispondere alle esigenze emergenziali inerenti il giorno dell'incendio, ed attuato tramite il modello semplificato speditivo TOXFLAM (<http://www.enviroware.it/toxflam-uno-strumento-online-per-la-qualita-dellaria/>) il quale è stato alimentato con i risultati di uno studio preliminare diretto alla valutazione della direzione e dell'intensità dei rilasci in atmosfera nel periodo compreso tra l'inizio e la fine dell'incendio.

Le analisi del TOXFLAM sono state discretizzate analizzando due periodi di tempo: il primo di 8 ore ed il secondo di 3 ore. Ciò ha risposto alla esigenza di restringere il campo delle valutazioni in dipendenza delle due principali variazioni del vento le quali, in tutte le simulazioni effettuate, sono state rappresentate esprimendo la direzione e intensità del vento prevalente, all'altezza di studio. Come velocità di combustione della virgin-nafta è stato considerato il valore riportato per il serbatoio TK513, nel rapporto "Valutazione della dispersione di fumi di combustione a seguito di incendio sul tetto di un serbatoio di stoccaggio", redatto dalla società di consulenza ambientale Icaro per la RM; la quantità di sostanza volatile è stata ricondotta a quanto riportato nello studio congiunto ENEA, MATTM e INRC dal titolo "Gli effetti dell'inquinamento chimico, causato dai bombardamenti, sull'ambiente e sulla salute umana in Serbia e nel Kosovo", calcolata al netto della percentuale di acqua (circa 6%) formata nel processo di combustione.

Per ogni periodo considerato sono state valutate differenti ipotesi di altezze s.l.m. del pennacchio di fumo (34m, 116m, 178m, 476m).

ANALISI TOXFLAM

ANALISI CONDOTTA A 34 METRI – PERIODO DI OSSERVAZIONE: 00:00 ÷ 08:00



ANALISI CONDOTTA A 34 METRI – PERIODO DI OSSERVAZIONE: 08:00 ÷ 11:00

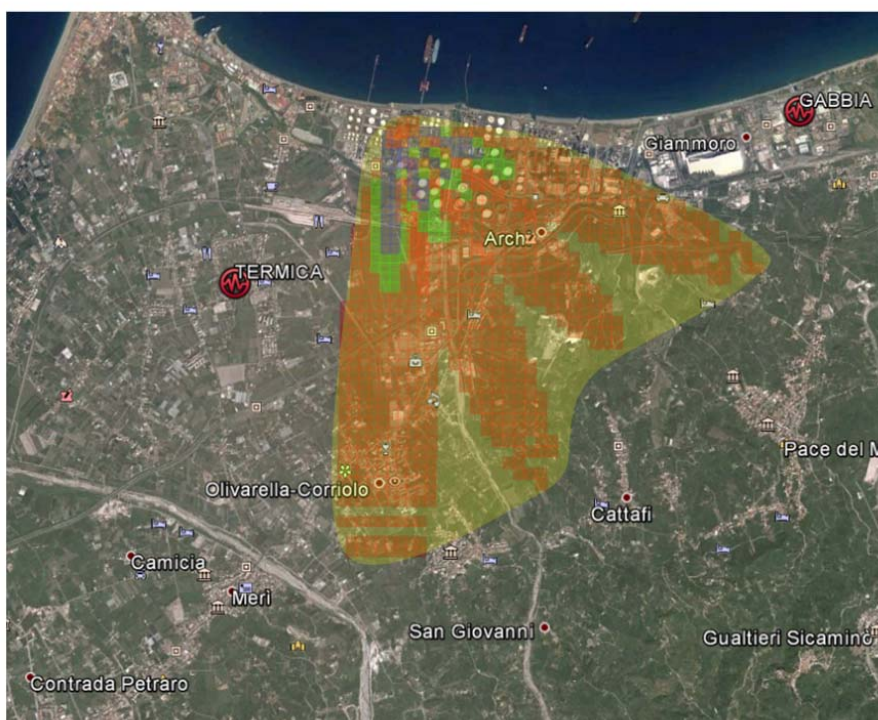
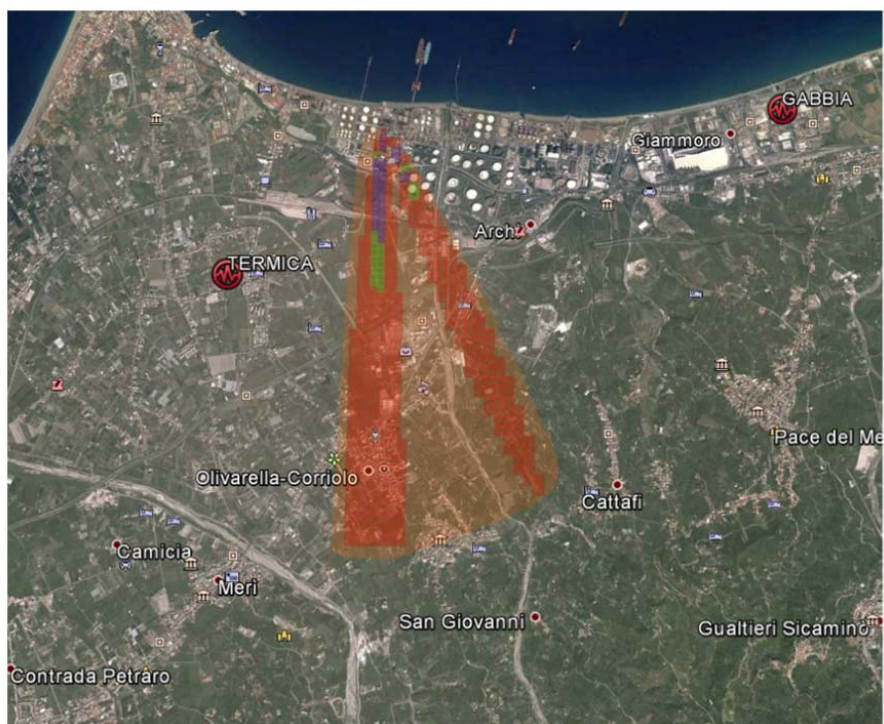


Figura 2 – Dispersioni a 34 m – I e II periodo

ANALISI CONDOTTA A 116 METRI – PERIODO DI OSSERVAZIONE: 00:00 ÷ 08:00



ANALISI CONDOTTA A 116 METRI – PERIODO DI OSSERVAZIONE: 08:00 ÷ 11:00

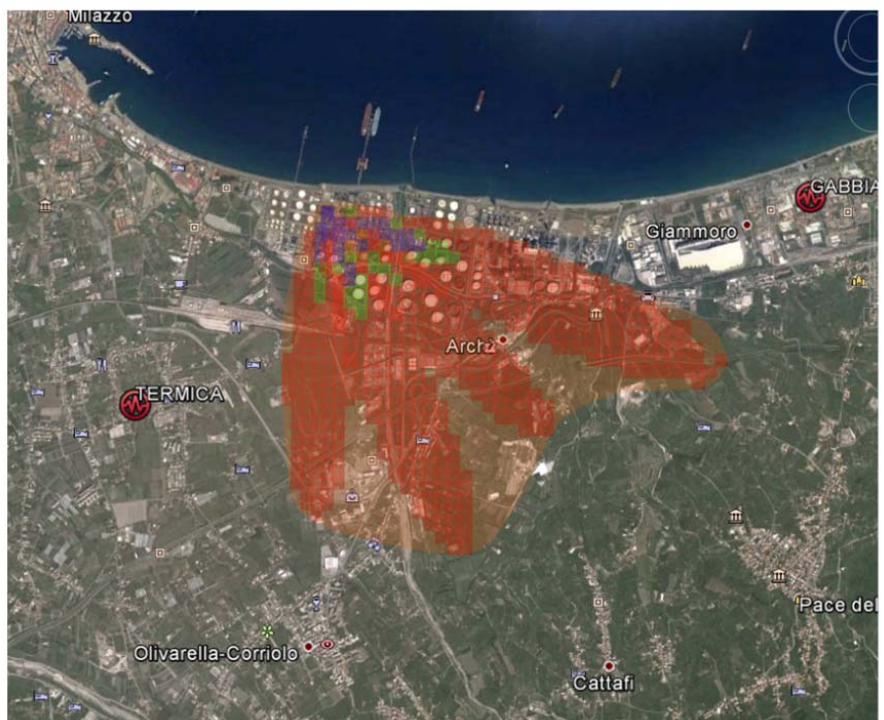
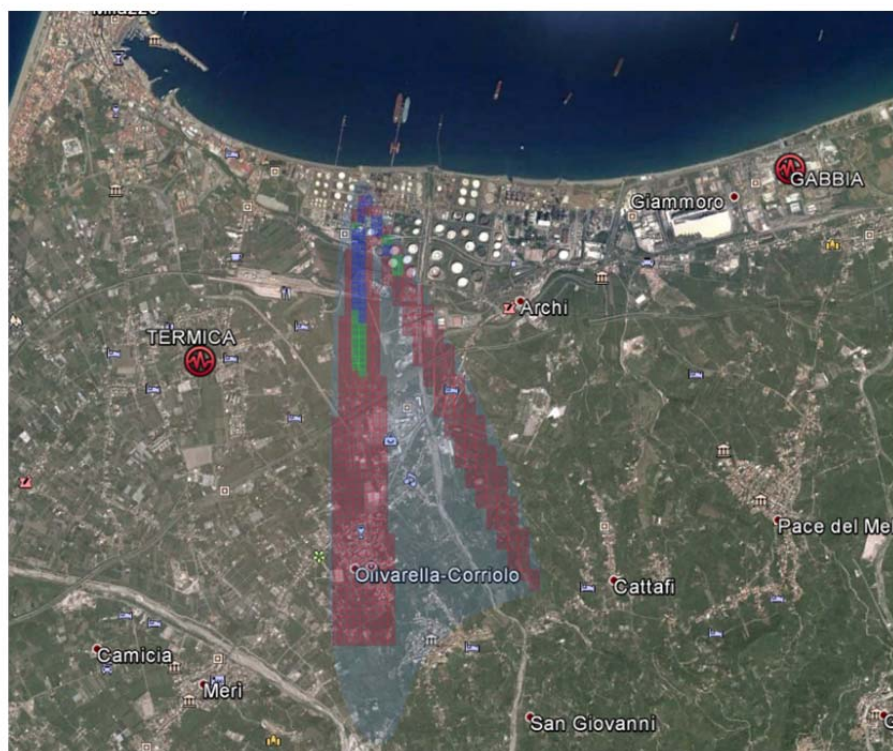


Figura 3 – Dispersioni a 116 m – I e II periodo

ANALISI CONDOTTA A 178 METRI – PERIODO DI OSSERVAZIONE: 00:00 ÷ 08:00



ANALISI CONDOTTA A 178 METRI – PERIODO DI OSSERVAZIONE: 08:00 ÷ 11:00

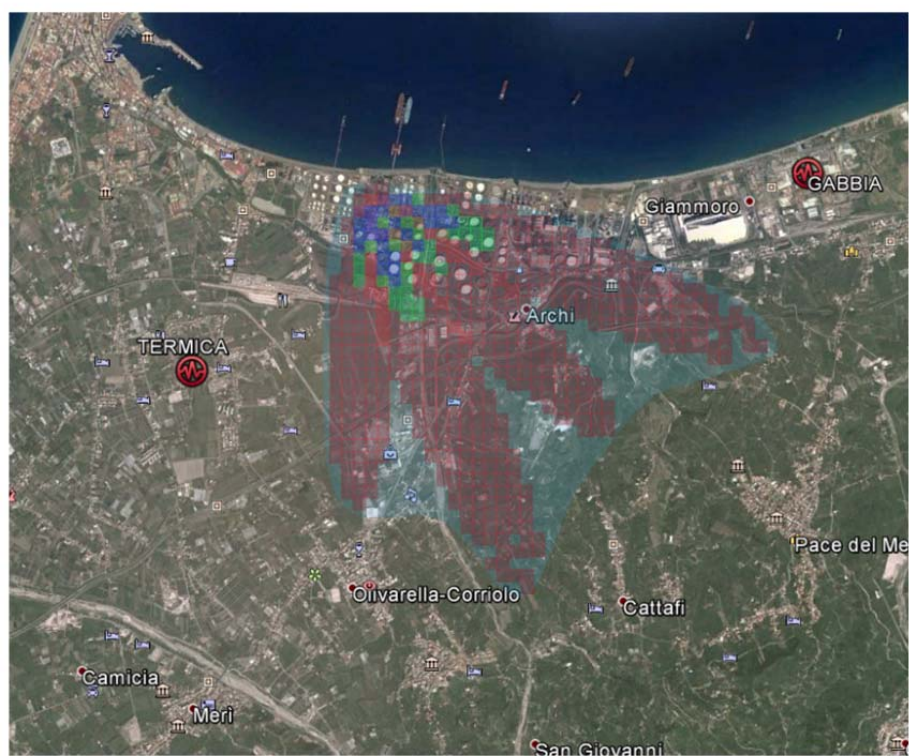


Figura 4 – Dispersioni a 178 m – I e II periodo

ANALISI CONDOTTA A 476 METRI – PERIODO DI OSSERVAZIONE: 00:00 ÷ 08:00



ANALISI CONDOTTA A 476 METRI – PERIODO DI OSSERVAZIONE: 08:00 ÷ 11:00

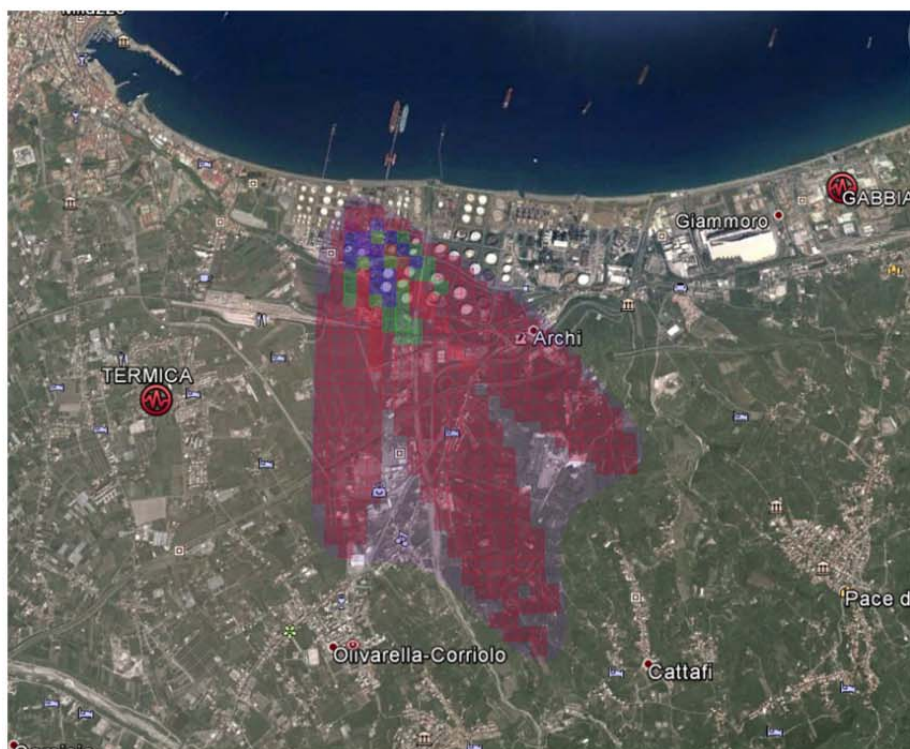


Figura 5 – Dispersioni a 476 m – I e II periodo

Le immagini sono state ottenute dalla sovrapposizione delle simulazioni elaborate per ogni direzione di vento prevalente nei rispettivi periodi di tempo esaminati, integrate graficamente per rappresentare la variazione della direzione del vento.

Per ogni immagine i differenti colori della sorgente di contaminazione indicano la variazione, decrescente con la distanza, di concentrazione di massa emessa.

In sintesi, dunque, in esito allo studio speditivo ed alle analisi di campo, pubblicati sul portale web www.arpa.sicilia.it (prot. 43997 del 30/9/2014), già fin dai giorni successivi all'evento ARPA Sicilia fu in grado di asserire:

- che le stazioni fisse, in relazione alla loro posizione ed alla direzione dei venti, non erano interessate da fenomeni di ricaduta negli ambiti delle loro aree di screening; ciò a conferma dei valori pressoché inalterati dei parametri di inquinamento registrati in cabina nei giorni seguenti all'evento incidentale;
- che i livelli di concentrazione al suolo degli inquinanti sprigionati dall'incendio non avevano denunciato superamento dei limiti tabellari previsti dal D.Lgs. 155/2010.

Si precisa, tuttavia, che le simulazioni a cui ci si è riferiti nel periodo immediatamente successivo all'incendio sono approssimative in quanto definite su un dominio limitato e gravate dai limiti dello strumento di analisi modellistico adottato. Tuttavia, il loro utilizzo ha consentito di formulare delle preziose ipotesi iniziali che il più raffinato studio modellistico che di seguito si presenta ha avuto la finalità di verificare.

§2. Finalità

Il presente lavoro nasce dalla necessità di disegnare uno scenario di riferimento per la valutazione delle ricadute degli inquinanti aero-dispersi al suolo, modellando il fenomeno incidentale del serbatoio TK513 con l'ausilio di strumenti di simulazione matematici in grado di fornire risposte numeriche dotate di elevato grado di confidenza con le osservazioni sperimentali.

Nel presente studio, 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 s'intende definire 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.

Inoltre, dal momento che evidenze scientifiche crescenti mostrano un'associazione tra esposizione a inquinanti presenti nell'ambiente e quote non trascurabili di morbosità e mortalità per varie patologie, quali neoplasie, malattie cardiovascolari e respiratorie, 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.

§3. Riferimenti

I principali documenti ai quali lo studio si riferisce sono i seguenti:

- Piano di Emergenza Esterno alla RM, ai sensi dell'art.20 del D.Lgs 17/8/1999 n. 34
- Rapporto di sicurezza della RM, edizione 2000
- Rapporto VV.FF. n. 0012423 del 02.10.2014
- Annesso 18B al Cronoprogramma di cui alla delibera CTR n.204 del 6/2/2014

§4. Caratteristiche territoriali

4.1 Confini territoriali

La Raffineria di Milazzo si trova sulla costa nord della Sicilia, ad est di Capo Milazzo, ai due lati della foce del Torrente Corriolo. Occupa un'area di circa 2.120.000 metri quadrati di terreno pianeggiante e confina:

- a Nord con il mar Tirreno
- a Est con la centrale termoelettrica ENEL
- a Sud con la strada provinciale che collega la località Madonna di Boschetto (alla periferia di Milazzo) alla SS 113 Settentrionale Sicula (distante più di 300 metri dai confine della Raffineria)
- ad Ovest con la strada comunale Pendina ed con un'area non urbanizzata.

4.2 Geomorfologia dell'area

Il territorio della Raffineria di Milazzo è ubicato nella zona pianeggiante compresa tra la catena dei Monti Peloritani e il mare, e precisamente nel tratto compreso tra contrada Silvanetta ad Ovest e la stazione di S. Filippo del Mela - S. Lucia del Mela, ad Est.

Nella forma e nella distribuzione plano-altimetrica della zona in esame risultano identificabili due caratteri morfologici prevalenti:

- la pianura costiera;
- la zona dei Monti Peloritani, distanti circa 15 km in direzione Sud rispetto al sito, formati prevalentemente da rocce cristalline.

La zona costiera risulta, a sua volta, 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 depositati dai torrenti Longano, Idra, Mela e Corriolo.

L'andamento morfologico generale è pianeggiante, con terrazzi marini e fluviali molto estesi con forme marcate, oltre che dalla natura litologica dei terreni affioranti, anche dal reticolo idrografico, caratterizzato da numerose e profonde fiumare a regime torrentizio.

Queste incidono i rilievi nel tratto montano e formano ampi alvei a fondo piatto lungo i tratti medio-terminali, dando origine alla vasta pianura alluvionale di Milazzo.

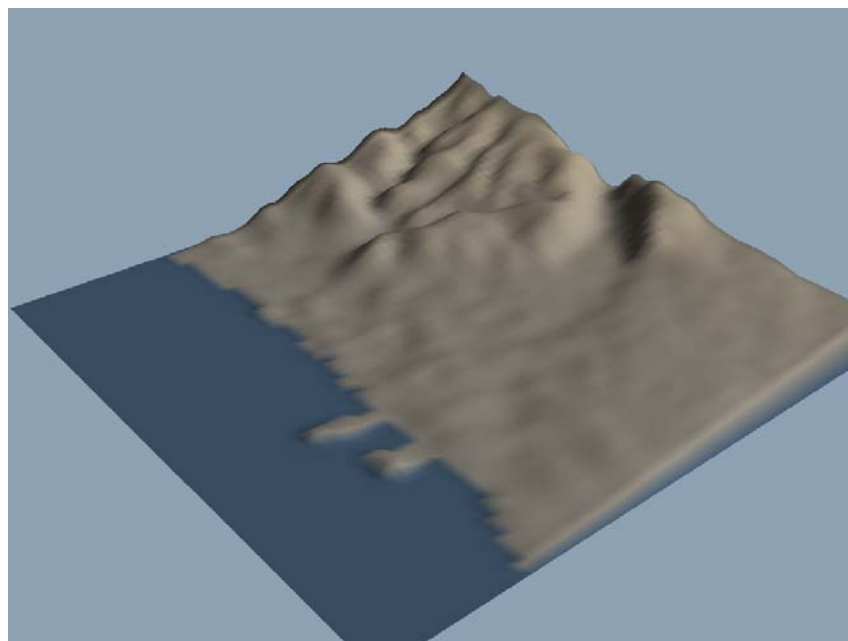


Figura 6 – Vista tridimensionale del dominio

§5. Definizione dell'indagine

5.1 Dominio di studio

L'indagine sulle ricadute al suolo degli inquinanti sprigionati dall'incendio della Virgin Nafta contenuta nel serbatoio di stoccaggio TK513, è riferita ad un'area di estensione pari a 400 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 quadrangolare, di estensione 20x20km, avente risoluzione di maglia pari a 500 m. All'interno di essa sono stati evidenziati n.7 recettori (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7) costituiti da agglomerati 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 celle cui sono riferiti.

Recettore	X [Km]	Y [Km]	H s.l.m. [ml]	Area [Km²]	Popolazione	Denominazione
R1	523.249	4225.454	74.0	0.43	n.d.	Olivarella
R2	523.857	4224.765	119.0	0.44	7.061	S. Filippo del Mela
R3	526.811	4225.960	110.0	2.23	6.372	Pace del Mela
R4	527.854	4224.020	79.0	0.47	1.848	Gualtieri Sicaminò
R5	524.592	4221.716	210.0	0.78	4.755	S. Lucia del Mela
R6	520.138	4222.890	54.0	14.2	41.569	Barcellona P.G.
R7	520.908	4230.546	15.0	6.26	31.860	Milazzo

Tabella 1 – Recettori sensibili

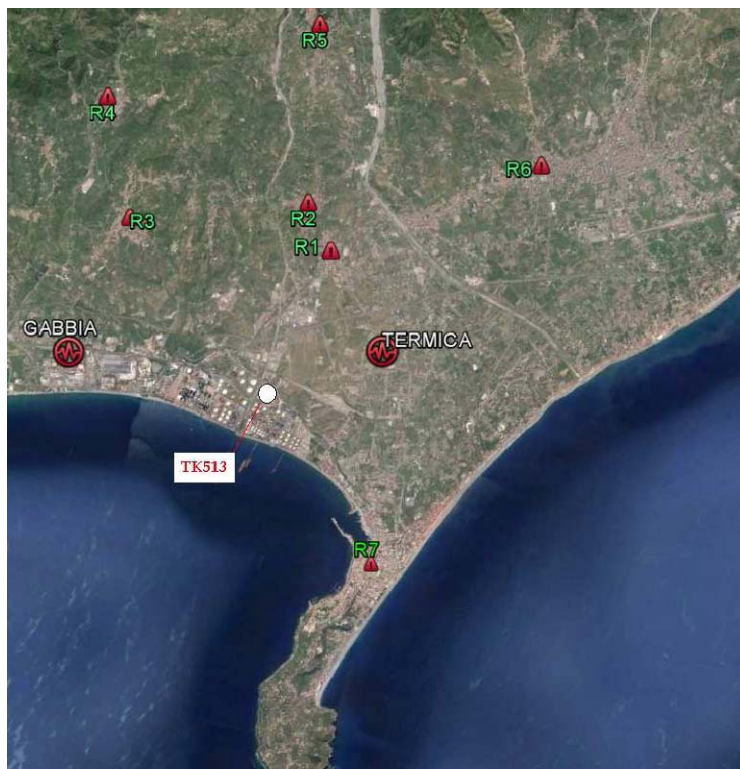


Figura 7 – Mappa dei recettori

5.2 Metodologie e strumenti di analisi

La definizione dello scenario di emissione delle sostanze inquinanti ha richiesto, preliminarmente, l'assunzione di alcuni dati di riferimento presso le fonti informative ritenute più attendibili rispetto alla risoluzione prescelta per la rappresentazione modellistica degli effetti d'incendio (territoriali, di uso del territorio, meteorologiche, bibliografiche).

Anzitutto, ci si è dotati della cartografia digitale dell'area d'interesse, al fine di ricavare le informazioni plano altimetriche caratterizzanti il dominio di calcolo prescelto (20x20Km – maglia 0.5 Km); inoltre, si è fatto riferimento ai dati disponibili presso il Sistema Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS), il quale con la sua rete di stazioni primarie e secondarie copre l'intero territorio siciliano. Unitamente ai dati SIAS, ci si è avvalsi delle informazioni tratte dal modello COSMO, e gentilmente concesse da ARPA ER membro del Consorzio omonimo. Il modello meteorologico COSMO cui il Consorzio fa riferimento, è sviluppato nel quadro di una collaborazione internazionale tra i servizi meteorologici nazionali di Italia, Germania, Grecia, Polonia, Romania, Russia e Svizzera (Consortium for Small-Scale Modelling). In particolare ARPA ER ha fornito i dati relativi al vento (modulo, direzione, frequenze), alla temperatura, alle altezze di rimescolamento ed alle stabilità Pasquill del PBL nei giorni 26 e 27 settembre 2014.

La rappresentazione del profilo verticale del vento è stata ottenuta, invece, facendo riferimento ai dati dell'ESRL Radiosonde Database del NOAA/NASA.

Le attività modellistiche sono state condotte alimentando la seguente catena di processori:

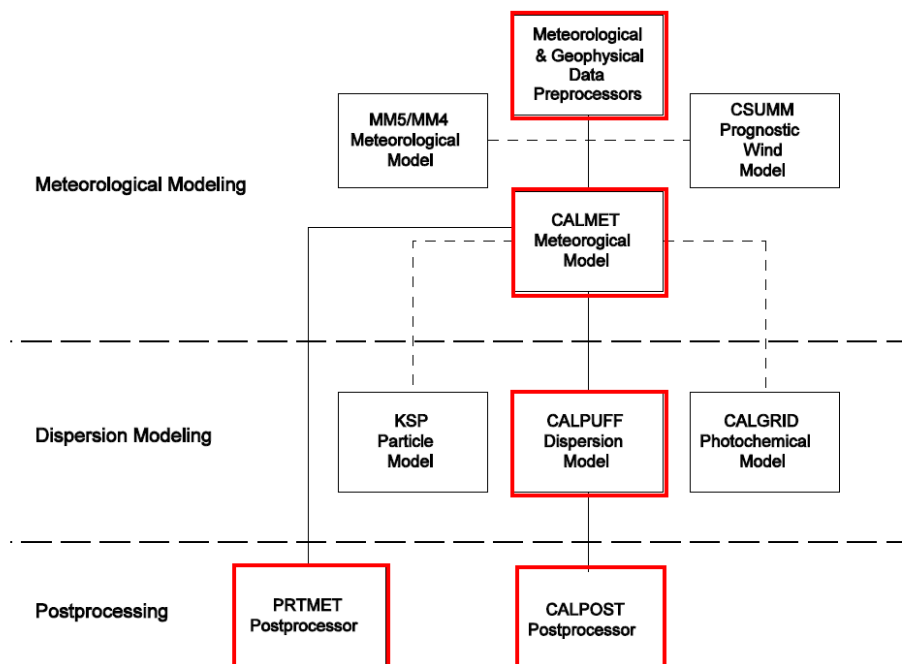


Figura 8 – Catena modellistica

tale catena fa riferimento al modello deterministico Lagrangiano CALPUFF (Scirè et. al., 2001) sviluppato dall'Atmospheric Studies Group Earth Tech. Al modello è stato anteposto un preprocessore meteo-geofisico ed il processore meteo CALMET, il quale ha consentito la ricostruzione tridimensionale dei campi di vento che hanno investito il dominio di calcolo a partire dalle ore 0:00 del giorno 27 settembre 2014 – data di accadimento dell'incendio.

Per quanto attiene l'uso del territorio, esso è stato ricostruito basando la classificazione sulla cartografia SITR della Regione siciliana e sul Corine Land Cover 2012, disponibile sul sito SINAnet dell'ISPRA.

5.3 Disegno d'indagine tecnica-sperimentale

Per l'applicazione dei modelli, sono state svolte le seguenti attività ricognitive preliminari:

- localizzazione della sorgente di emissione:
 - Serbatoio TK513 (522936.00 m E; 4228651.00 m N)
- localizzazione delle cabine fisse di monitoraggio ARPA:
 - Gabbia (527154.00 m E; 4228666.00 m N)
 - Termica Milazzo (521814.00 m E; 4226993.00 m N)
- localizzazione delle stazioni meteo di superficie, disponibili presso la rete SIAS:
 - Torregrotta (530848.00 m E; 4226849.00 m N)
 - San Pier Niceto (531507.00 m E; 4219594.00 m N)
- localizzazione della stazione radiosonda più vicina:
 - Trapani (280251.00 m E; 4199886.00 m N)

Ed inoltre, le seguenti

- Analisi della morfologia del dominio d'indagine;
- Analisi dell'uso del territorio (definizione dei code land use).

Ottenuti i dati di input necessari sono state avviate le attività di modellazione del fenomeno in studio a partire dalla ricostruzione dei campi di vento. A tal fine sono state ricavate le distribuzioni orarie del vento, facendo riferimento a n.8 layer d'indagine 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

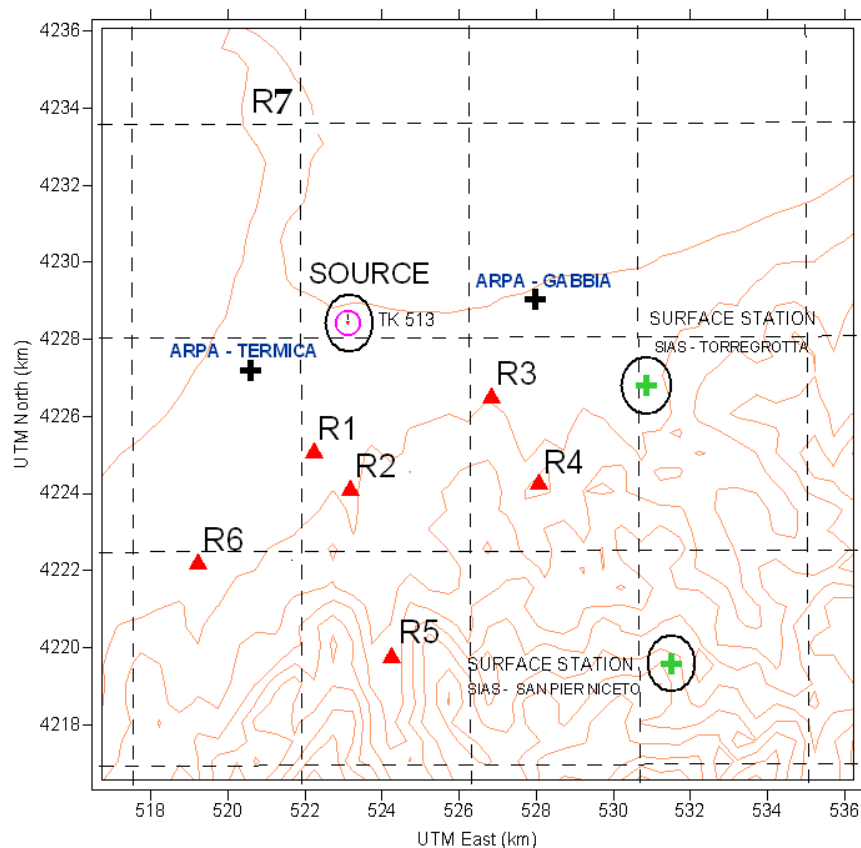


Figura 9 – Dominio di calcolo

Conclusa la fase di definizione del dominio di calcolo si è passati alla definizione delle specie inquinanti e delle masse liberate dall'incendio nello strato basso dell'atmosfera. A tal riguardo, sulla scorta della consultazione di numerose fonti bibliografiche su analoghi eventi incidentali, si è stabilito di considerare – quali specie inquinanti - le seguenti:

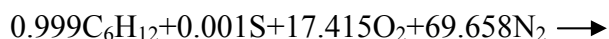
- ✓ CO
 - ✓ NO₂
 - ✓ SO₂
 - ✓ PM₁₀
 - ✓ PM_{2.5}
- }

Polveri carboniose: catrame + ceneri
- ✓ H₂O
 - ✓ Benzene
 - ✓ Toluene
 - ✓ Xyleni

Tale scelta è suffragata dagli esiti delle analisi di campo condotte dal Dipartimento ARPA territoriale nei giorni seguenti all'incendio.

Per quanto riguarda la stima modellistica dell'emissioni, dopo aver esaminato la variabilità delle condizioni di rilascio di sostanze inquinanti nel caso d'incendio di olio combustibile – con riferimento alle condizioni di *evento incontrollato e non* – ed i fattori di emissione del EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2013, si è stabilito di fare riferimento ai valori di portate ponderali (Kg/s) definite dalle analisi stechiometriche di reazione completa della Virgin Nafta, come riferite nell'Annesso 18B per l'attuazione del crono-programma di cui alla delibera CRT n.204 del 6/02/2014, di seguito riportate.

Equazione stechiometrica combustione VN



Sulla base dell'equazione sopra descritta è stato possibile individuare, con riferimento al serbatoio TK513, le portate di ciascun inquinante.

Sostanza	F. Bruta	Portata (kg/sec)	Portata (kg/h)
Anidride carbonica	CO ₂	1387,4	4.994.640
Monossido di carbonio	CO	4,9	17.640
Polveri carboniose	PM	17,9	64.400
Acqua	H ₂ O	623,7	2.245.320
Anidride solforosa	SO ₂	0,4	1.440
Biossido di azoto	NO ₂	2,0	7.200

Tabella 2 – Emissioni inquinanti

Atteso che la massa soggetta a combustione è pari a 15.000 mc, tenendo conto che il valore del peso specifico della VN è 1203,0 kg/mc, è stato calcolato il peso di liquido combusto: 18.045.000 kg; ne discende che, essendo la velocità di combustione della Virgin Nafta pari a 485,1 Kg/s, il **tempo analitico** necessario alla combustione della VN risulta pari a 10,33 ore.

Tale tempo è compatibile con le osservazioni di campo e con il rapporto di intervento dei VV.FF. il quale indica che alle ore 10,30 del giorno 27 settembre 2014 le fiamme si sono completamente estinte.

Alla luce, pertanto, delle superiori considerazioni, il calcolo modellistico è stato proporzionato su una base temporale di persistenza del fuoco pari a 10 ore.

5.4 Condizioni di emissioni: *superficiale e di camino equivalente*

Attraverso il modello Calpuff, sono state disegnate due differenti condizioni di emissione.

Per tenere conto delle caratteristiche emissive dell'incendio, la cui sorgente è estesa su un'area di circa 5000 mq, si è reputato conveniente dapprima modellare l'emissione a partire dalla quota di pelo libero della Virgin Nafta, e cioè 6 m; successivamente, in accordo col modello sviluppato da NPFA si è definito un "*camino equivalente*" che emette la portata calcolata dei fumi di combustione al di sopra della posizione del serbatoio reale.

Il camino equivalente è stato definito come sorgente puntuale in Calpuff, assegnando i seguenti parametri caratteristici:

- Temperatura di emissione dei fumi = 200 °C [473,15 °K]
- Diametro del camino = 82,2 m
- Velocità media ascensionale = 40 m/s

Per quanto attiene l'altezza del camino, in generale in letteratura tecnica è consigliato di scegliere una misura pari almeno a tre volte l'altezza delle fiamme. Ne consegue che, stimando l'altezza media delle fiamme nel tempo in circa 30 m, quella relativa al camino equivalente è stata fissata pari a 100 m.

L'altezza di riferimento per il calcolo della concentrazione degli inquinanti in entrambi gli assetti modellistici (sorgente volumetrica e camino equivalente), è stata assunta pari a 1,5 m.

Il confronto tra i due scenari trae utilità nel fatto che essi rappresentano le condizioni estreme entro le quali si è sviluppata la reale dinamica di dispersione degli inquinanti.

5.5 Quadri di simulazione

Di seguito si riportano i quadri grafici riassuntivi delle simulazioni meteo e di dispersione al suolo degli inquinanti distinti per tipologia e periodo di simulazione (variazioni orarie). I quadri di dispersione sono riferiti alle due diverse condizioni di emissione modellate (dal suolo e da camino equivalente) e sono valutate a parità di portate inquinanti. Le ricostruzioni meteo sono riferite a distribuzioni orarie del vento, facendo riferimento a n.8 layer di riferimento 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

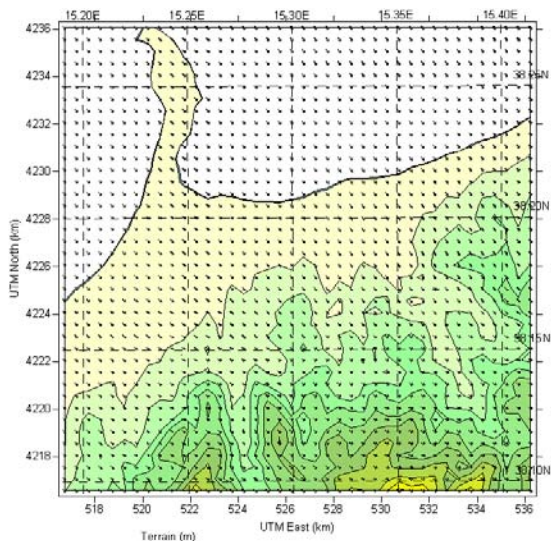
Layer 7 = 900÷2000 m

Layer 8 = 2000÷3000 m

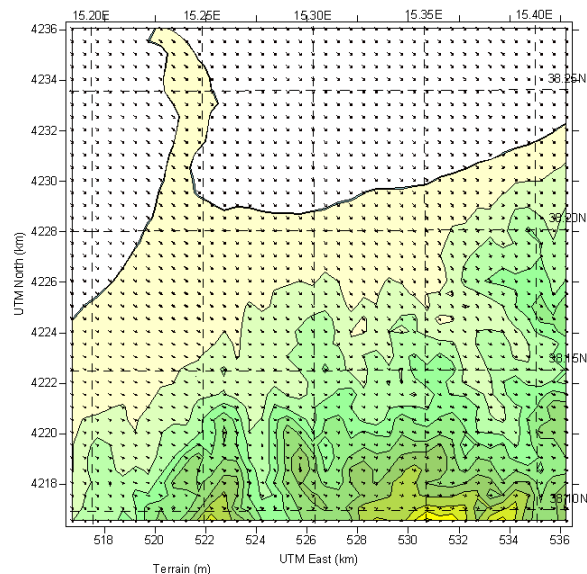
RICOSTRUZIONE DEI CAMPI METEO

Layer 1 = 0÷20 m

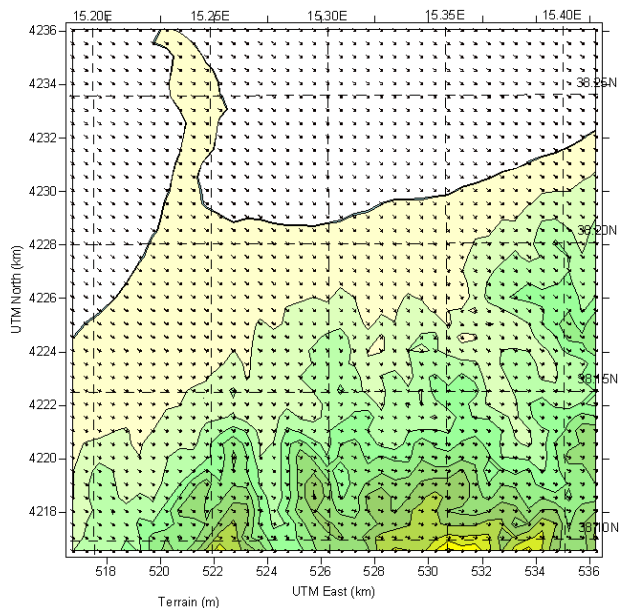
ORA 0:00 Layer 1 = 0÷20 m



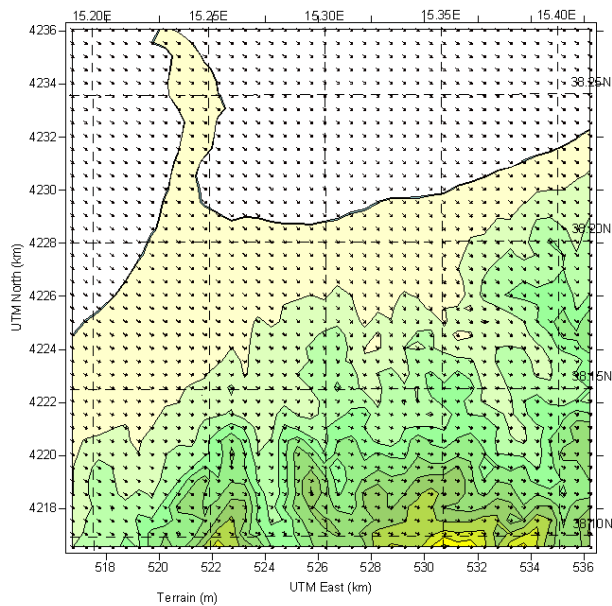
ORA 1:00 Layer 1 = 0÷20 m



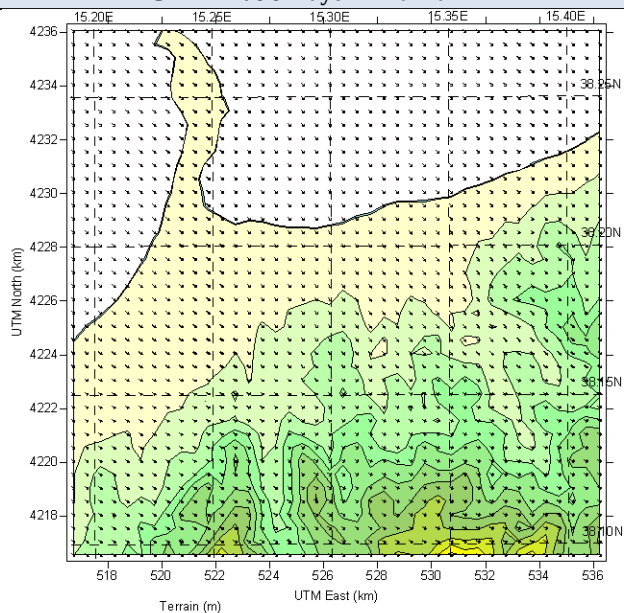
ORA 2:00 Layer 1 = 0÷20 m



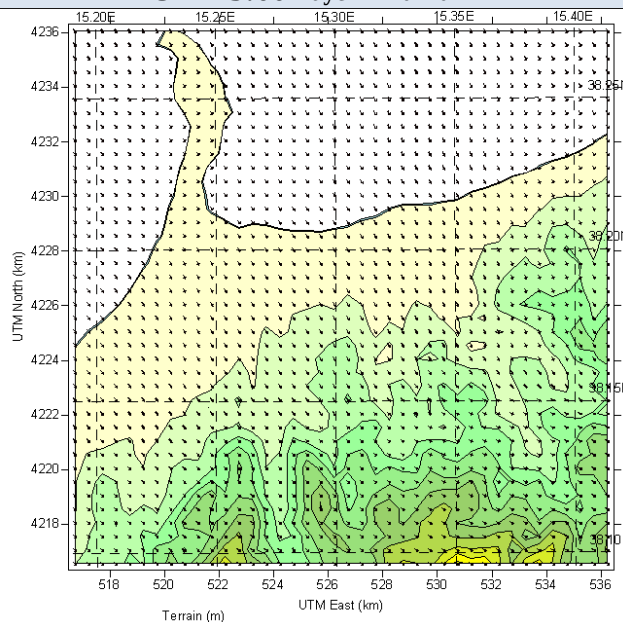
ORA 3:00 Layer 1 = 0÷20 m



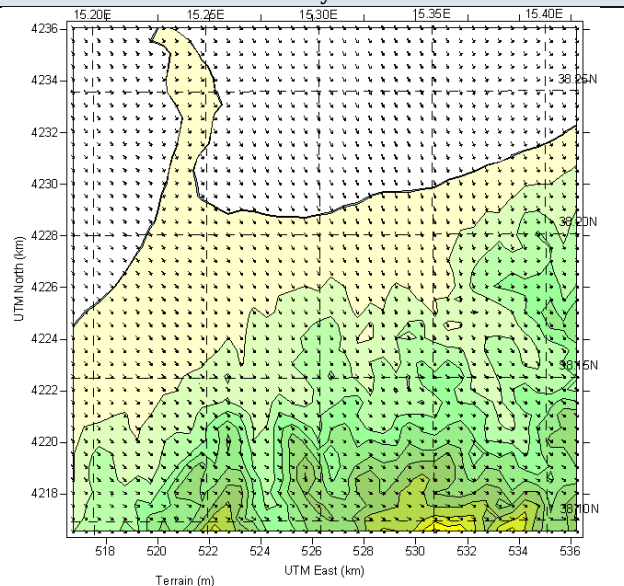
ORA 4:00 Layer 1 = 0÷20 m



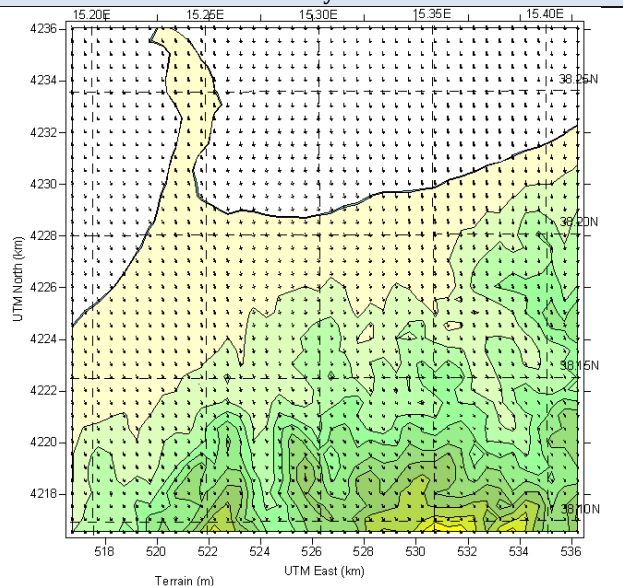
ORA 5:00 Layer 1 = 0÷20 m



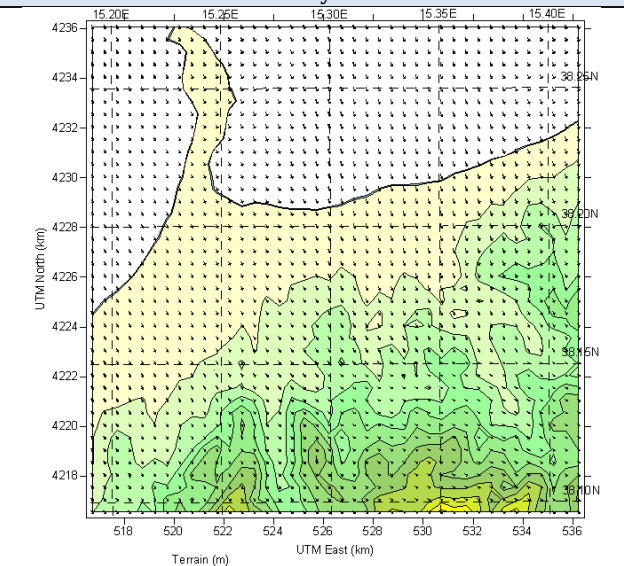
ORA 6:00 Layer 1 = 0÷20 m



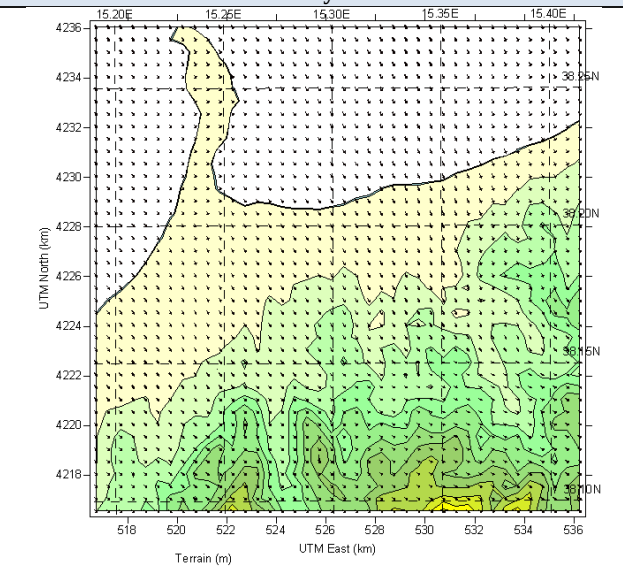
ORA 7:00 Layer 1 = 0÷20 m



ORA 8:00 Layer 1 = 0÷20 m

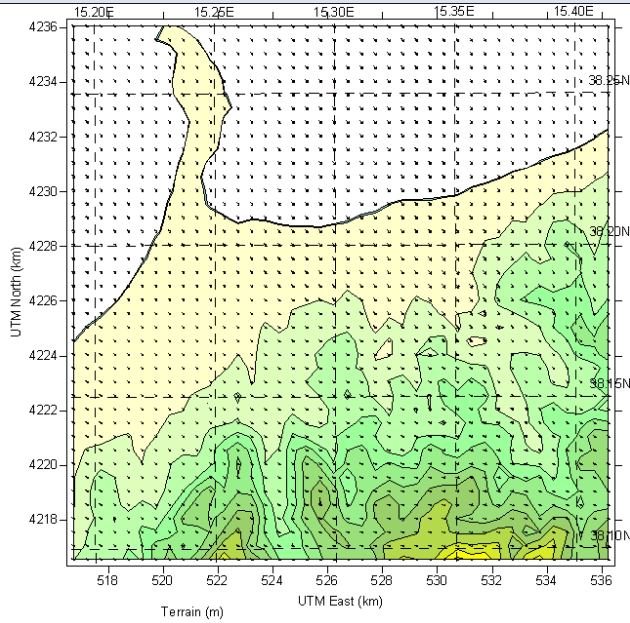


ORA 9:00 Layer 1 = 0÷20 m

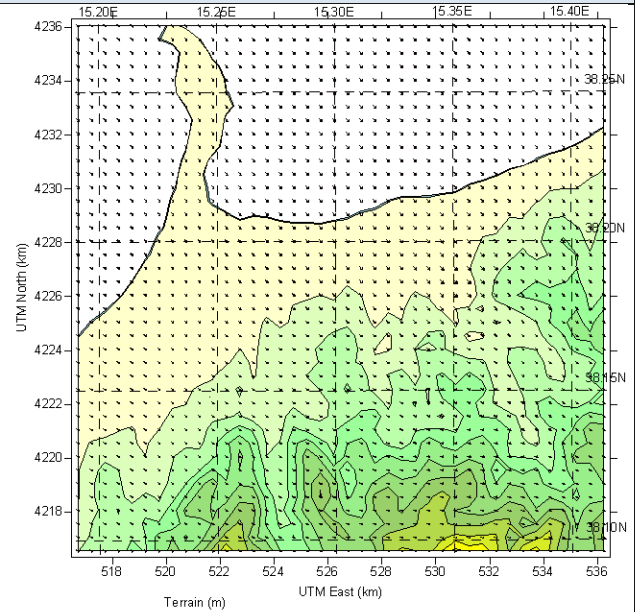


Layer 2 = 20÷80 m

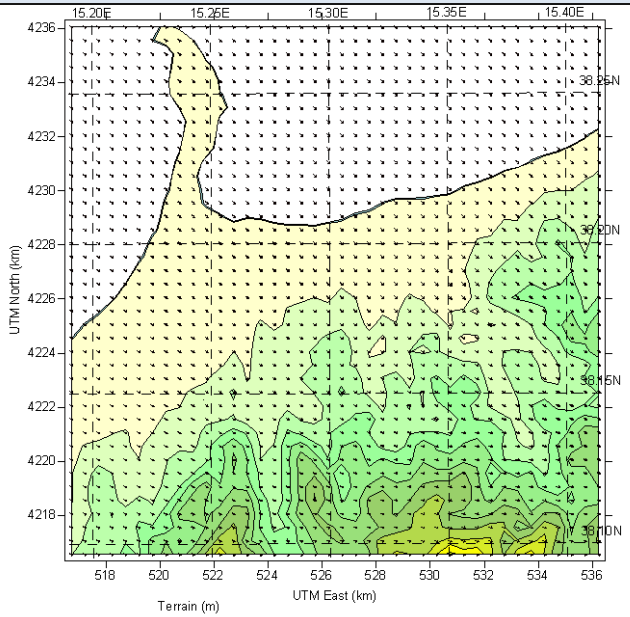
ORA 0:00 Layer 2 = 20÷80 m



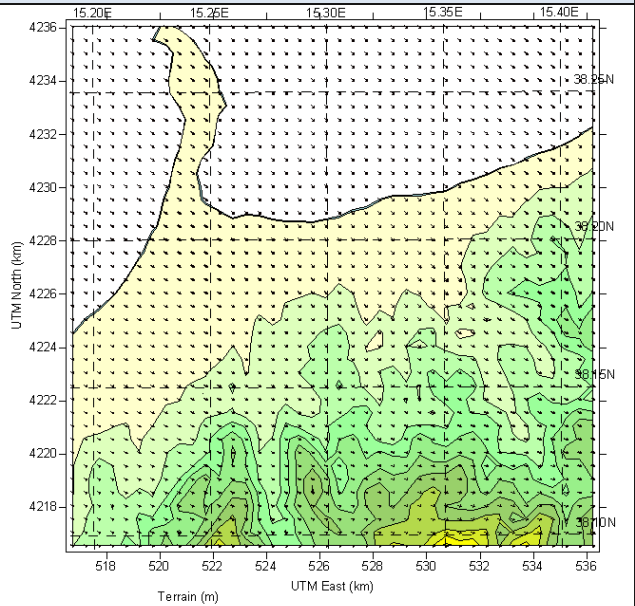
ORA 1:00 Layer 2 = 20÷80 m



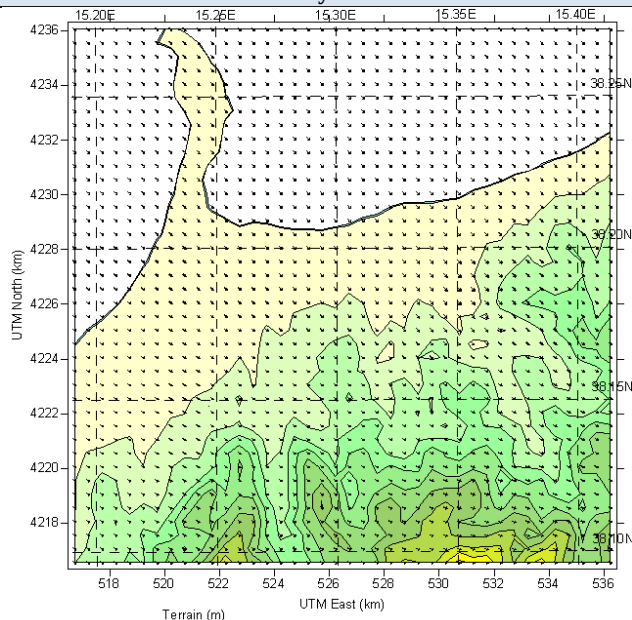
ORA 2:00 Layer 2 = 20÷80 m



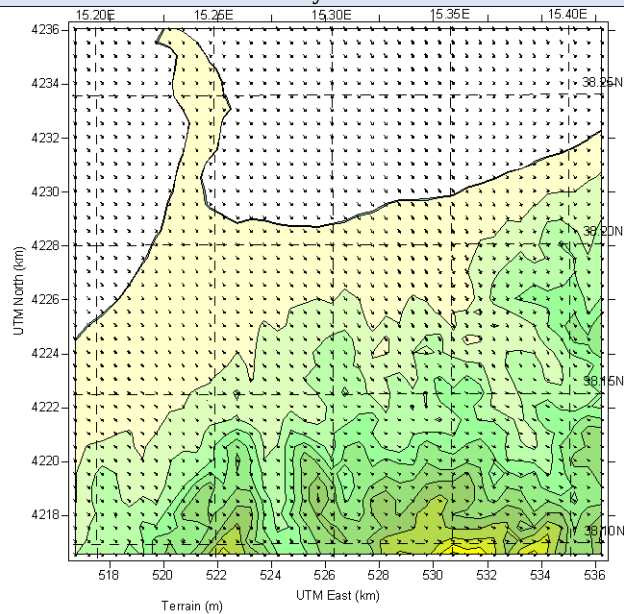
ORA 3:00 Layer 2 = 20÷80 m



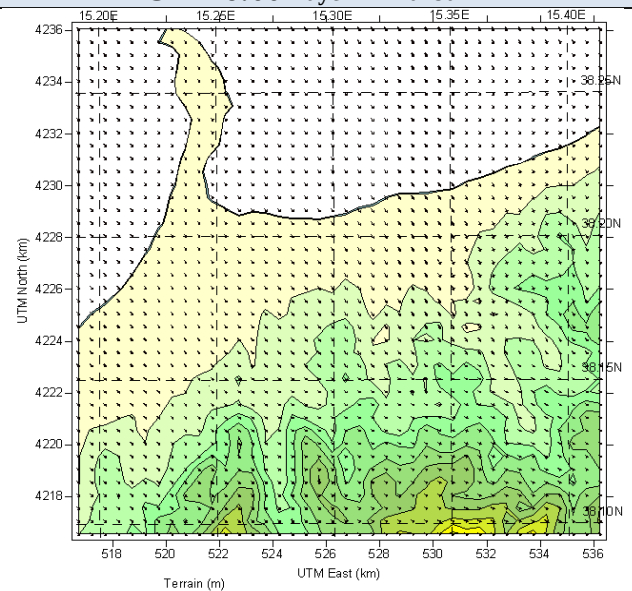
ORA 4:00 Layer 2 = 20÷80 m



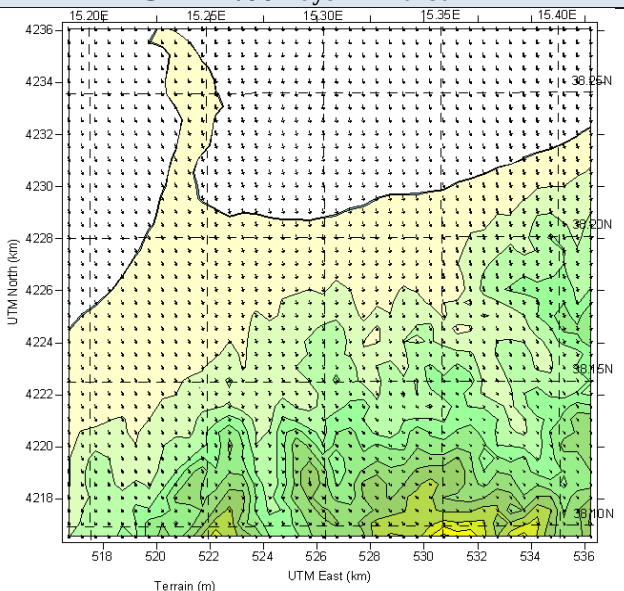
ORA 5:00 Layer 2 = 20÷80 m



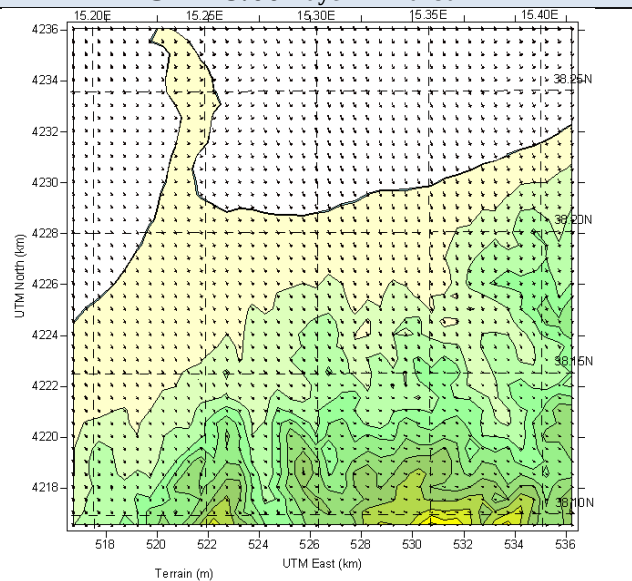
ORA 6:00 Layer 2 = 20÷80 m



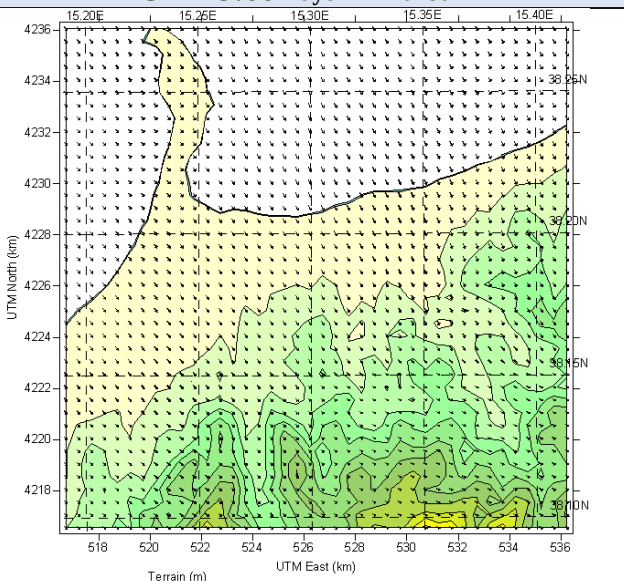
ORA 7:00 Layer 2 = 20÷80 m



ORA 8:00 Layer 2 = 20÷80 m

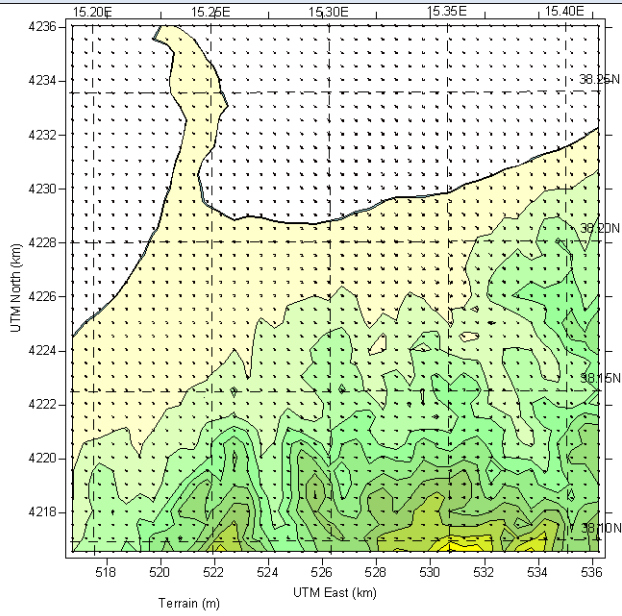


ORA 9:00 Layer 2 = 20÷80 m

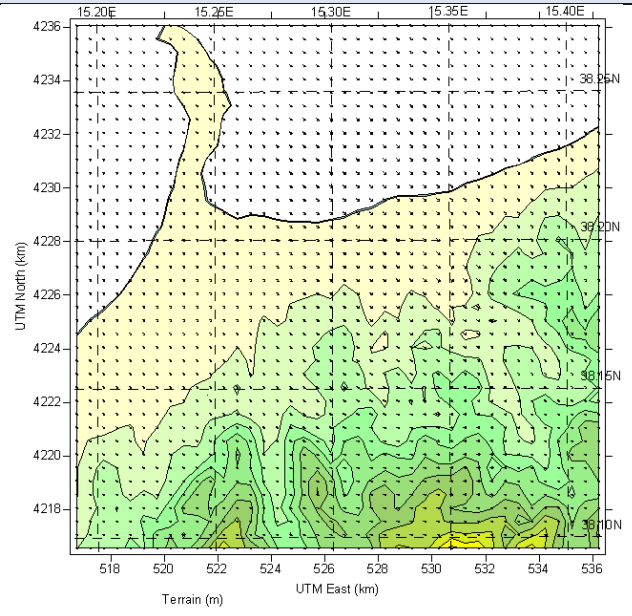


Layer 3 = 80÷180 m

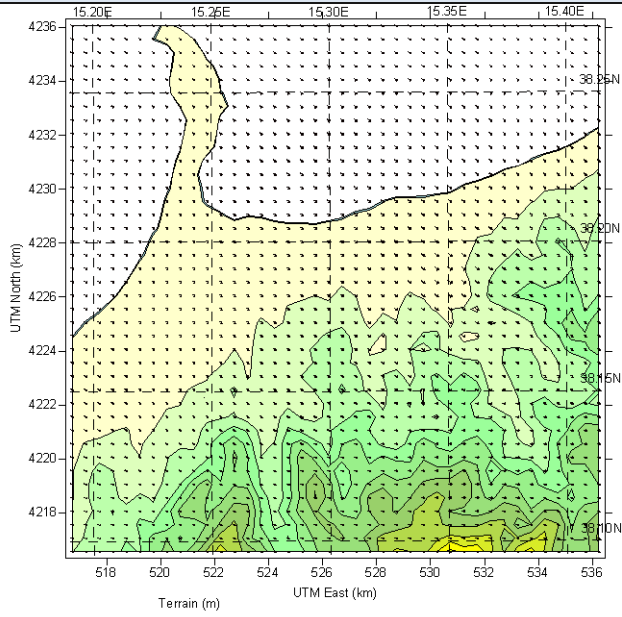
ORA 0:00 Layer 3 = 80÷180 m



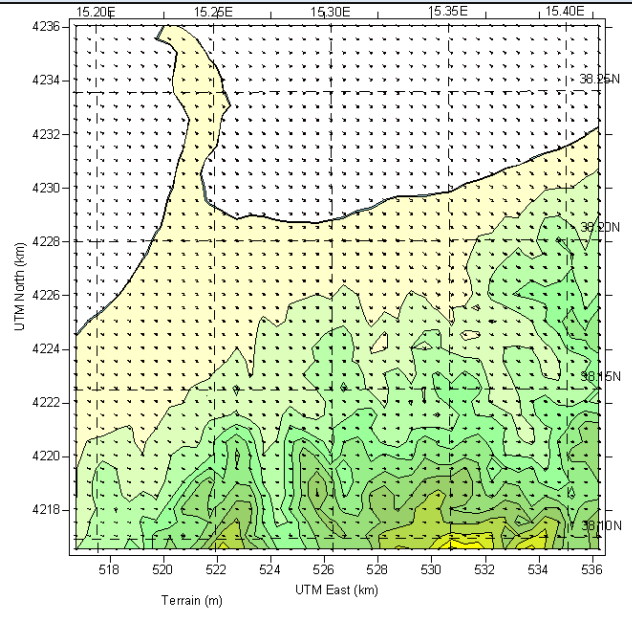
ORA 1:00 Layer 3 = 80÷180 m



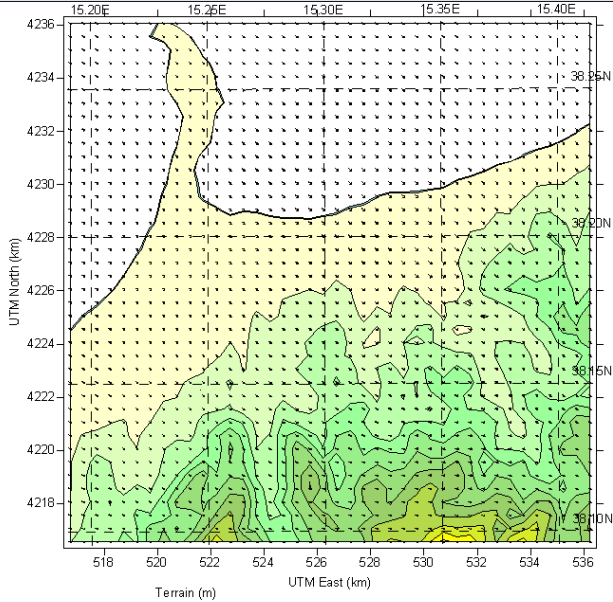
ORA 2:00 Layer 3 = 80÷180 m



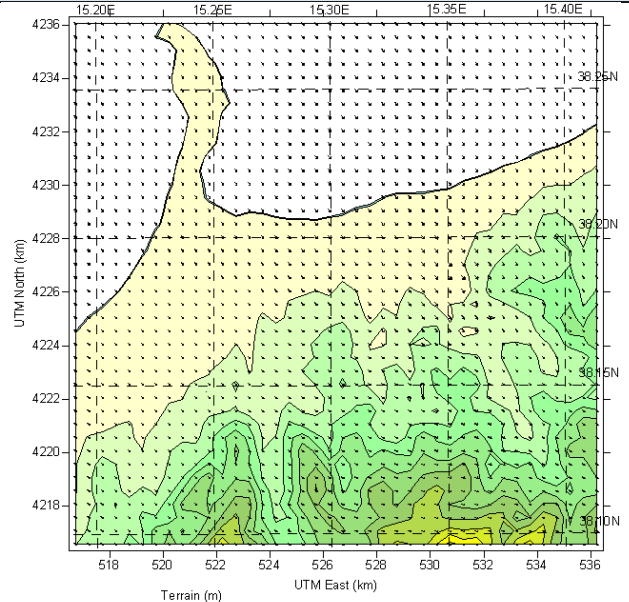
ORA 3:00 Layer 3 = 80÷180 m



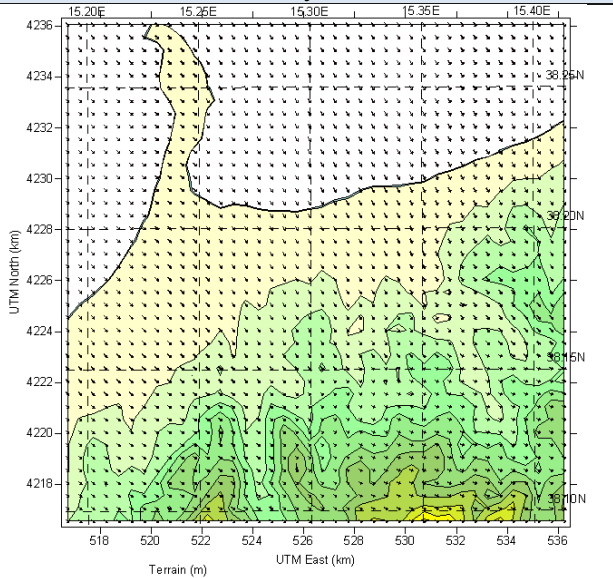
ORA 4:00 Layer 3 = 80÷180 m



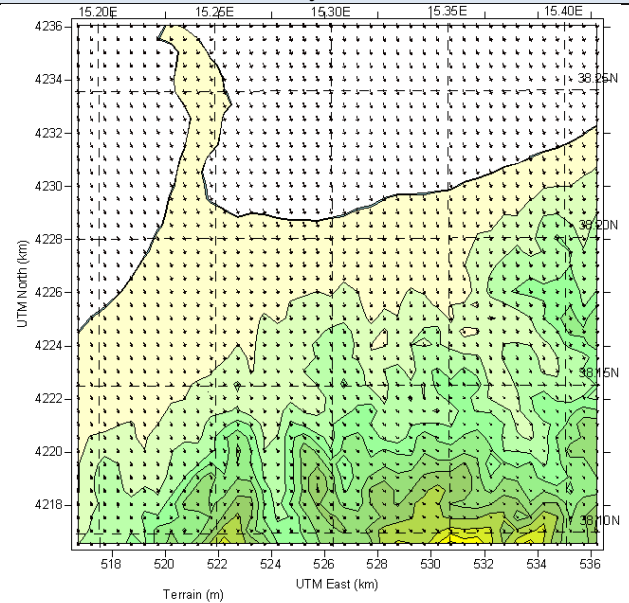
ORA 5:00 Layer 3 = 80÷180 m



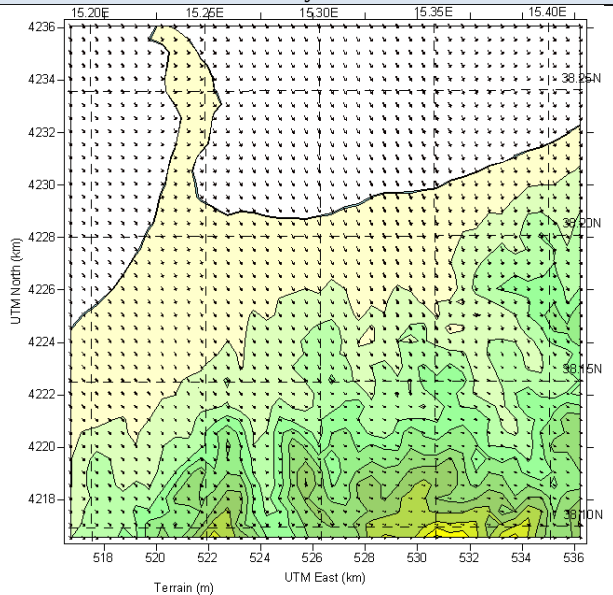
ORA 6:00 Layer 3 = 80÷180 m



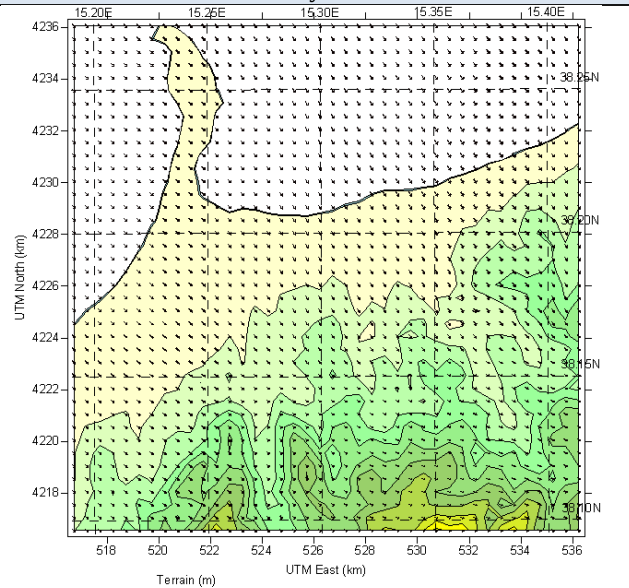
ORA 7:00 Layer 3 = 80÷180 m



ORA 8:00 Layer 3 = 80÷180 m

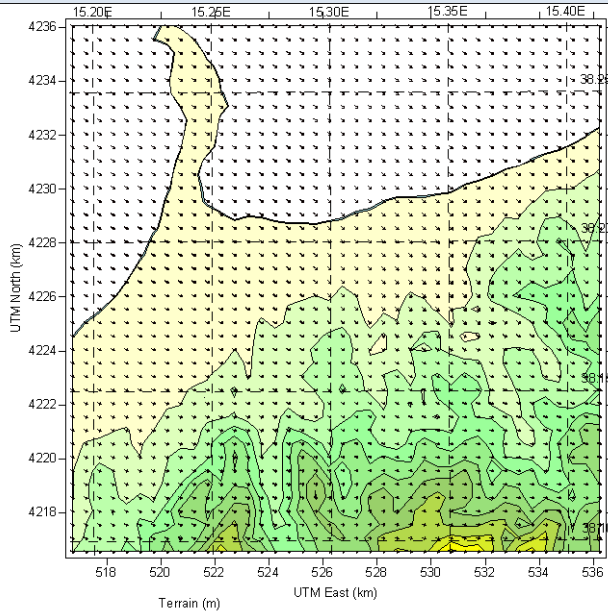


ORA 9:00 Layer 3 = 80÷180 m

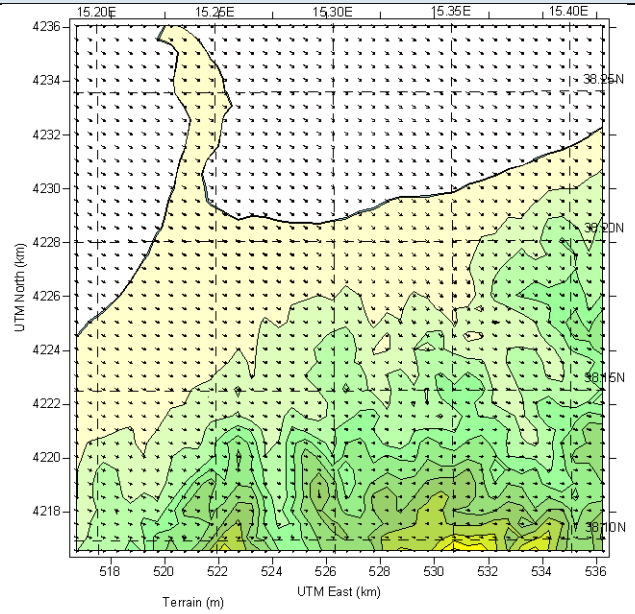


Layer 4 = 180÷380 m

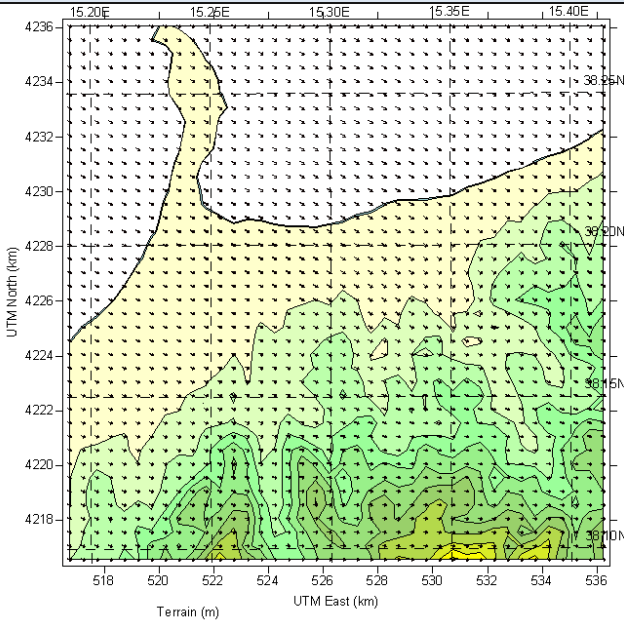
ORA 0:00 Layer 4 = 180÷380 m



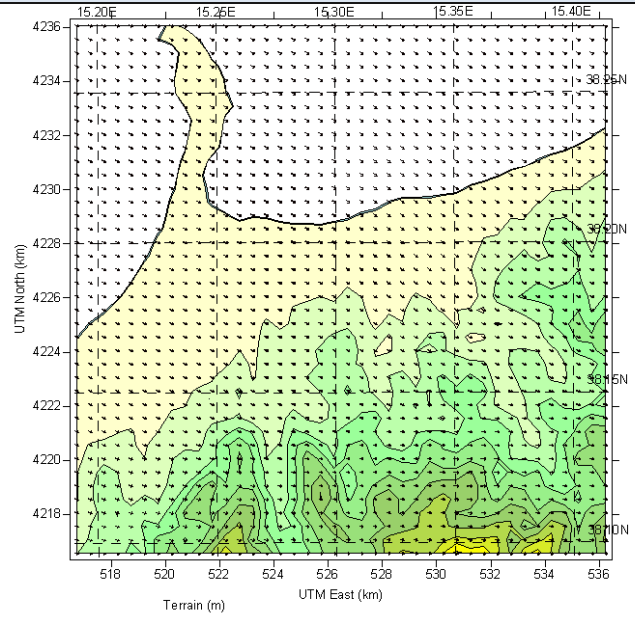
ORA 1:00 Layer 4 = 180÷380 m



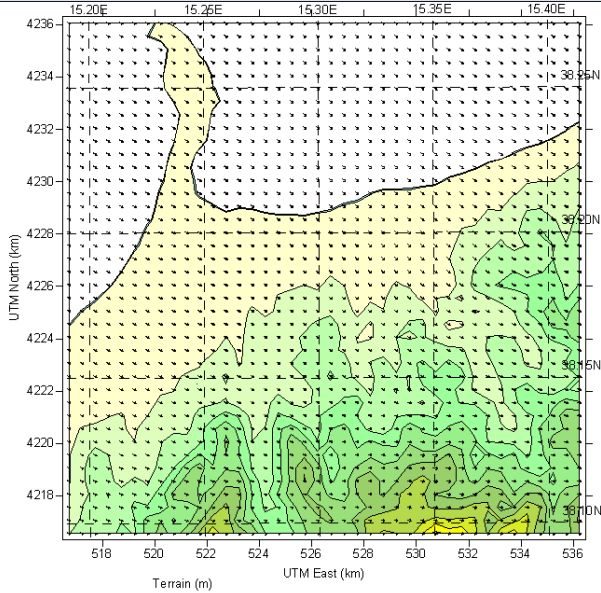
ORA 2:00 Layer 4 = 180÷380 m



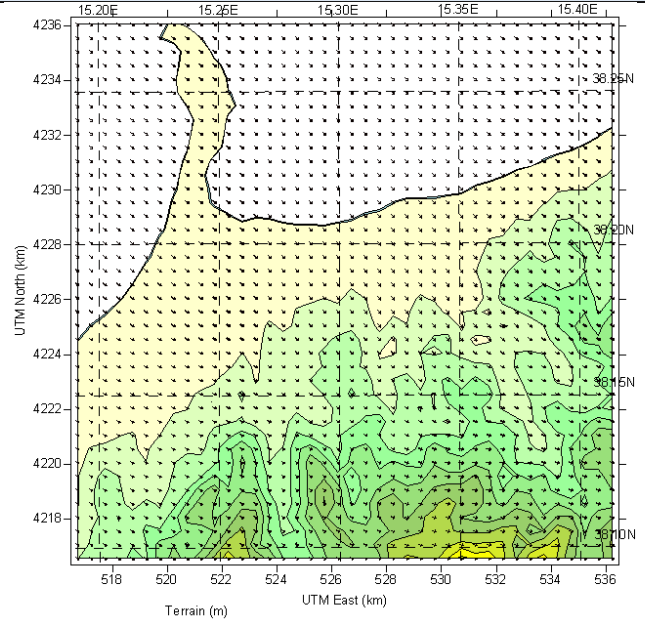
ORA 3:00 Layer 4 = 180÷380 m



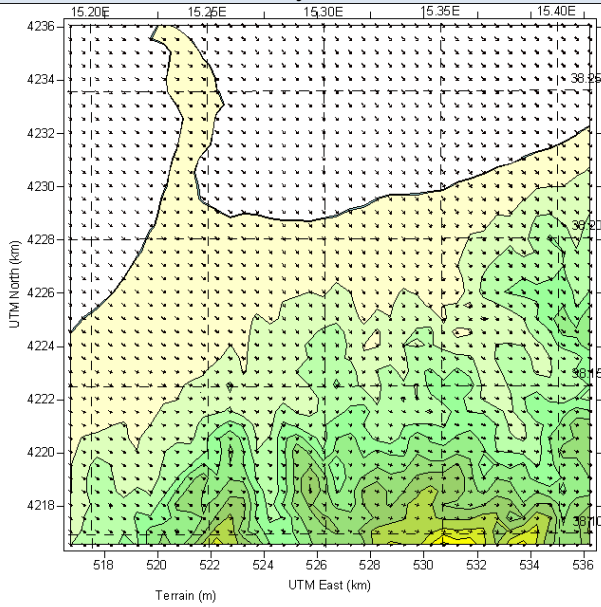
ORA 4:00 Layer 4 = 180÷380 m



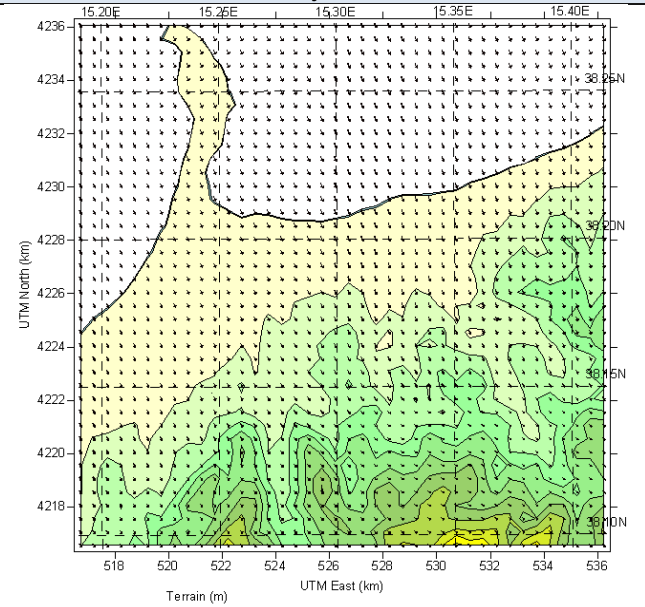
ORA 5:00 Layer 4 = 180÷380 m



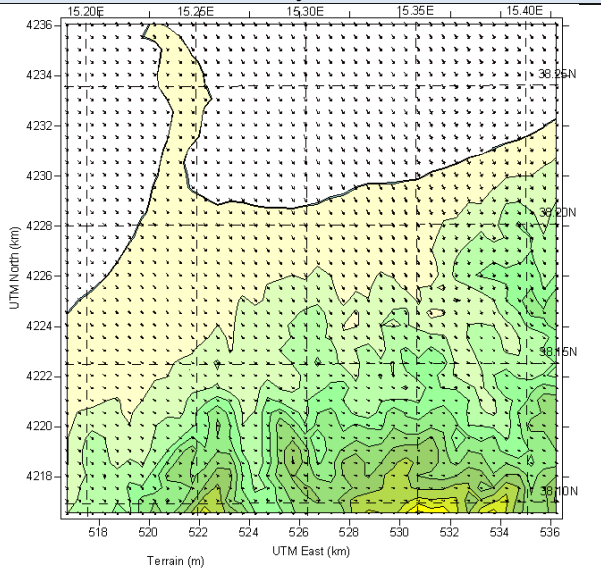
ORA 6:00 Layer 4 = 180÷380 m



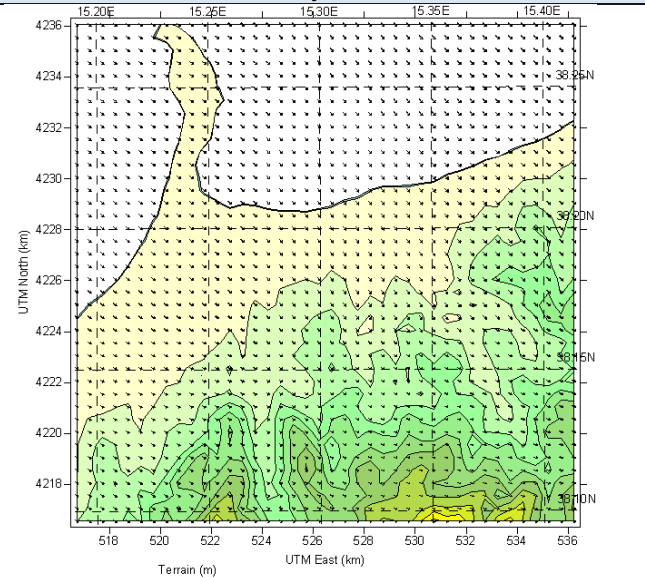
ORA 7:00 Layer 4 = 180÷380 m



ORA 8:00 Layer 4 = 180÷380 m

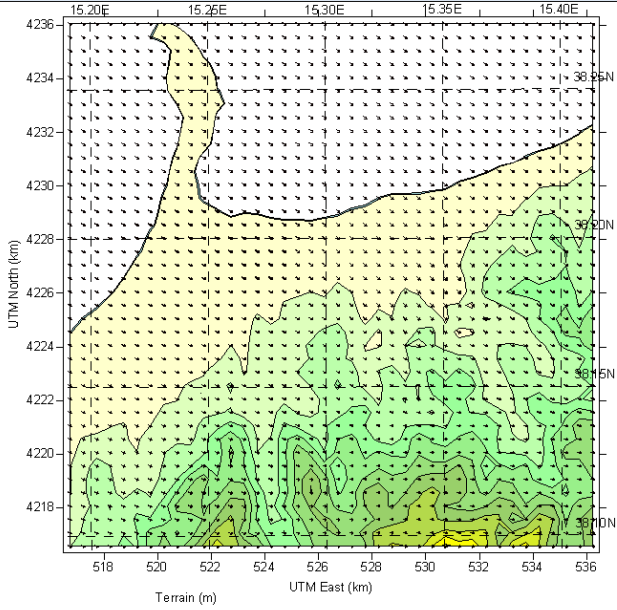


ORA 9:00 Layer 4 = 180÷380 m

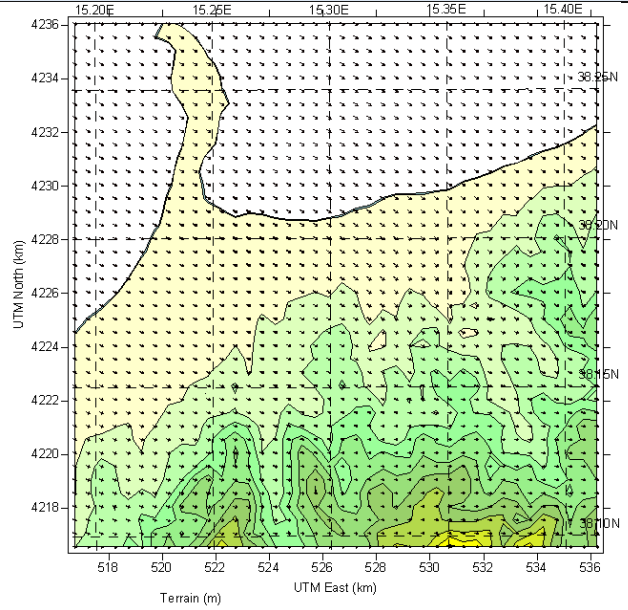


Layer 5 = 380÷600 m

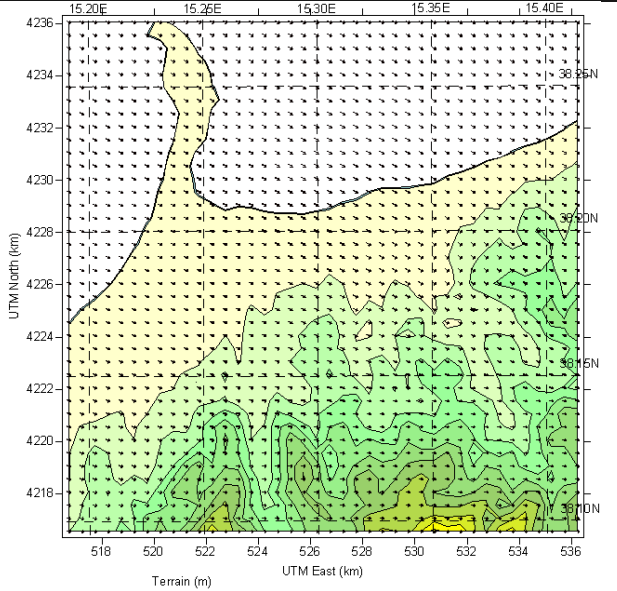
ORA 0:00 Layer 5 = 380÷600 m



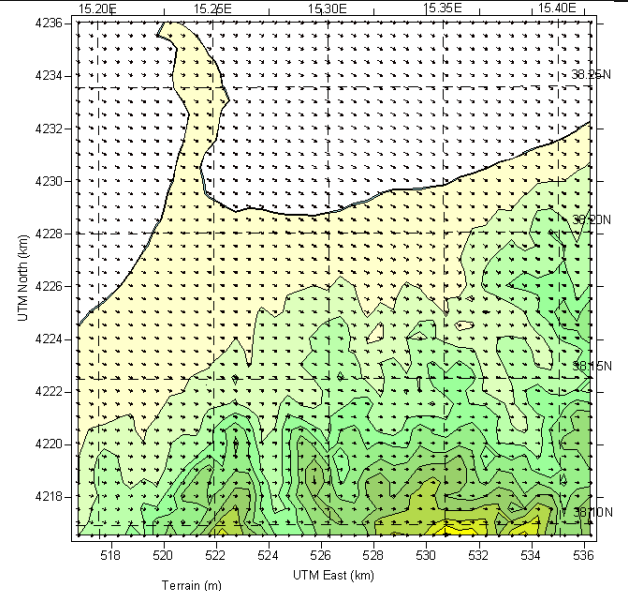
ORA 1:00 Layer 5 = 380÷600 m



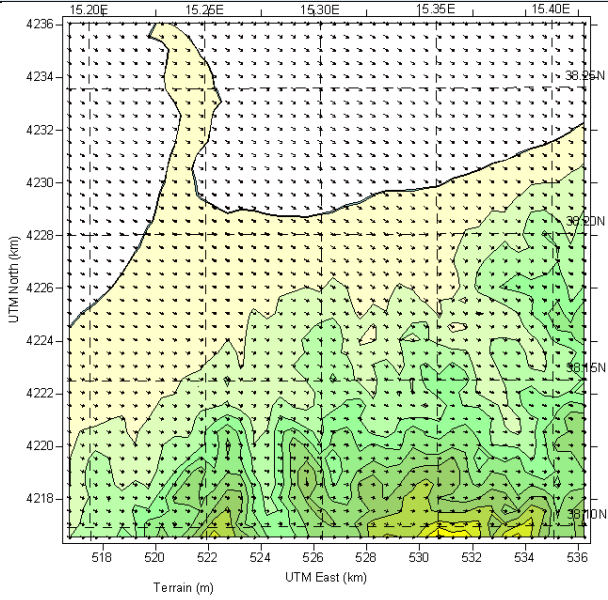
ORA 2:00 Layer 5 = 380÷600 m



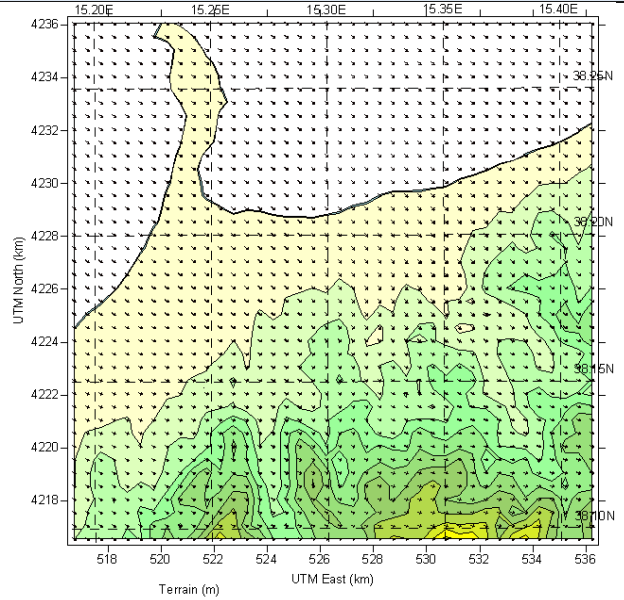
ORA 3:00 Layer 5 = 380÷600 m



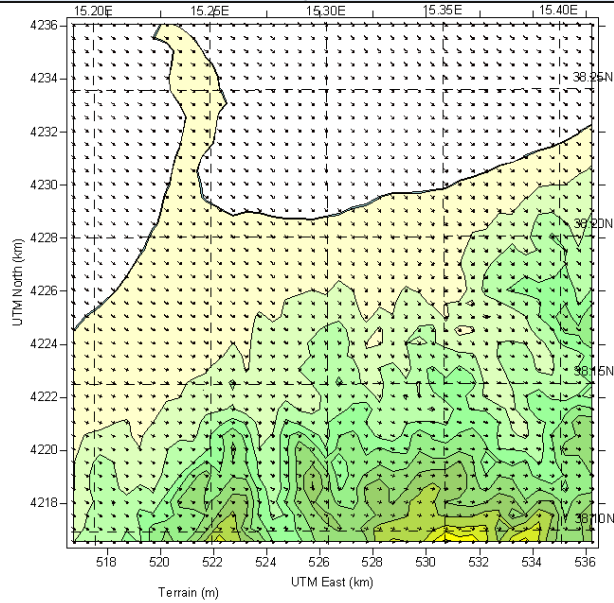
ORA 4:00 Layer 5 = 380÷600 m



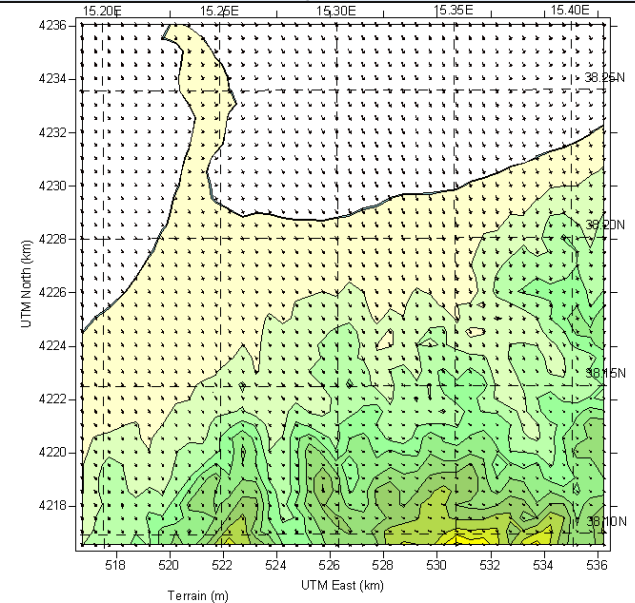
ORA 5:00 Layer 5 = 380÷600 m



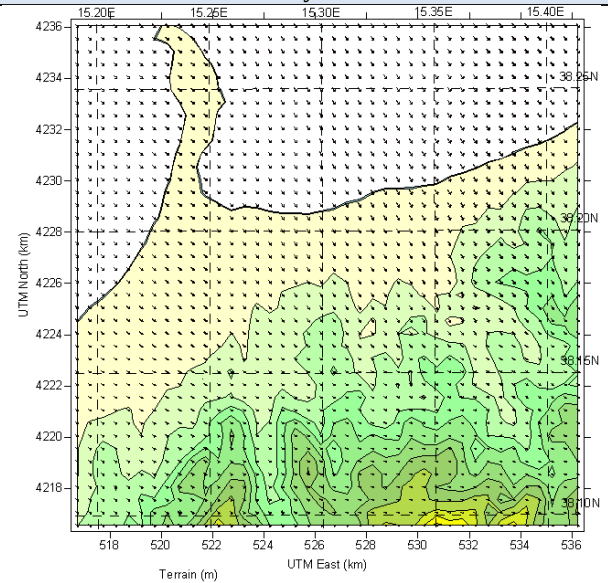
ORA 6:00 Layer 5 = 380÷600 m



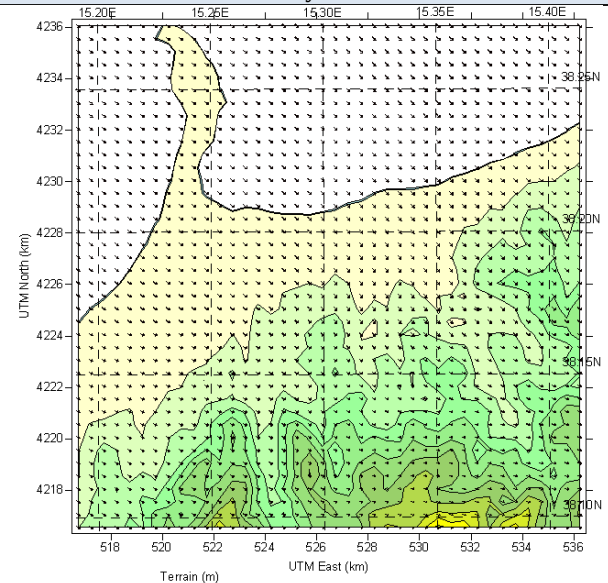
ORA 7:00 Layer 5 = 380÷600 m



ORA 8:00 Layer 5 = 380÷600 m

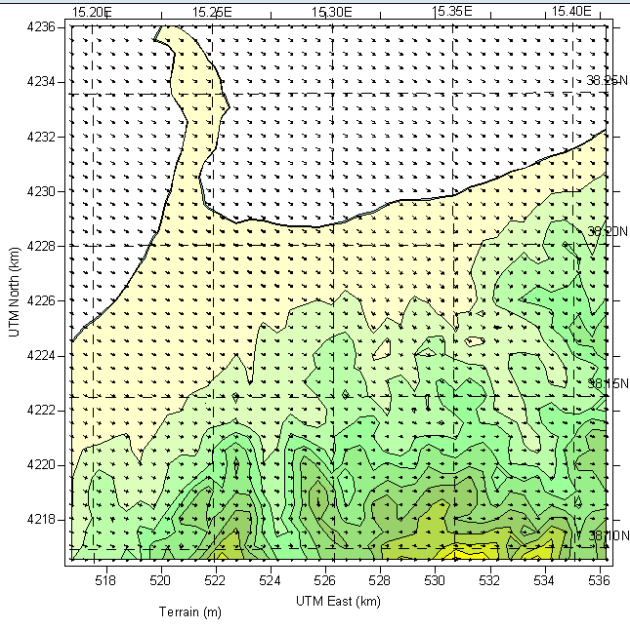


ORA 9:00 Layer 5 = 380÷600 m

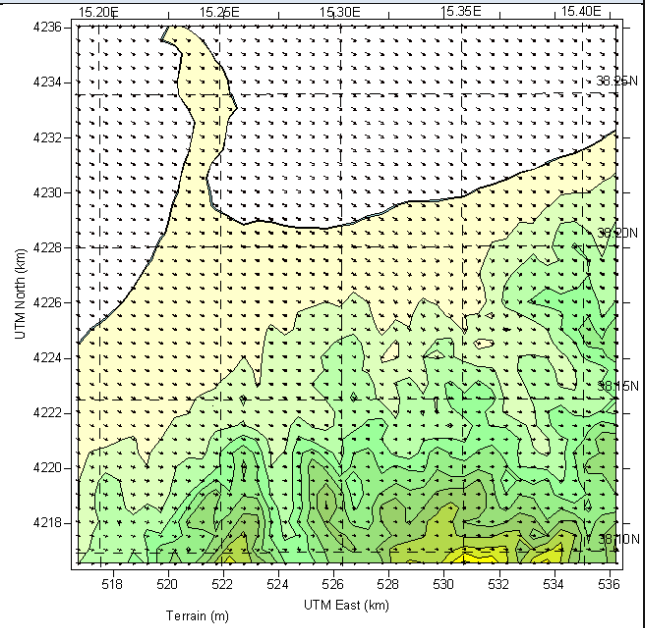


Layer 6 = 600÷900 m

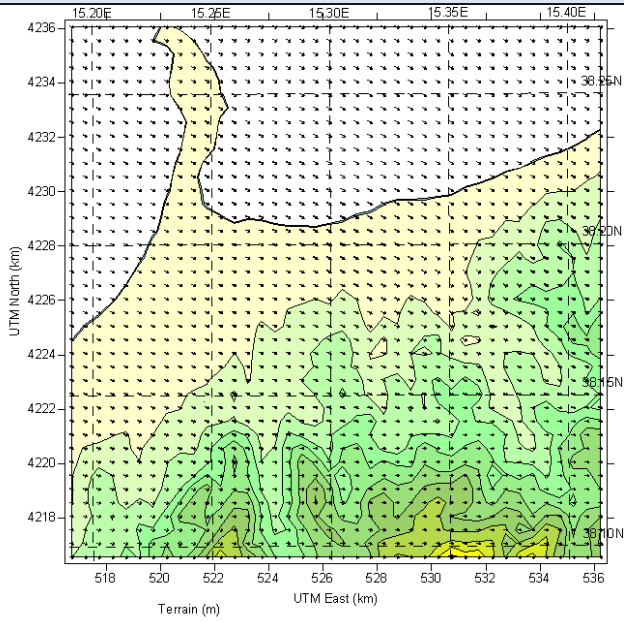
ORA 0:00 Layer 6 = 600÷900 m



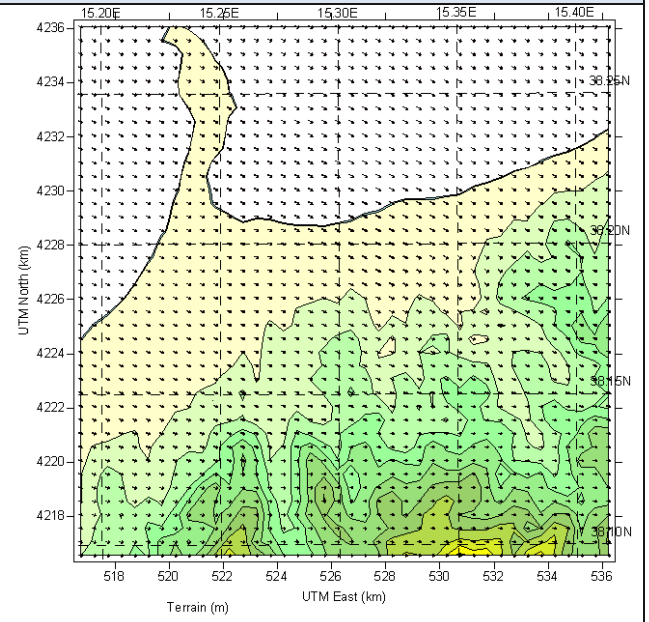
ORA 1:00 Layer 6 = 600÷900 m



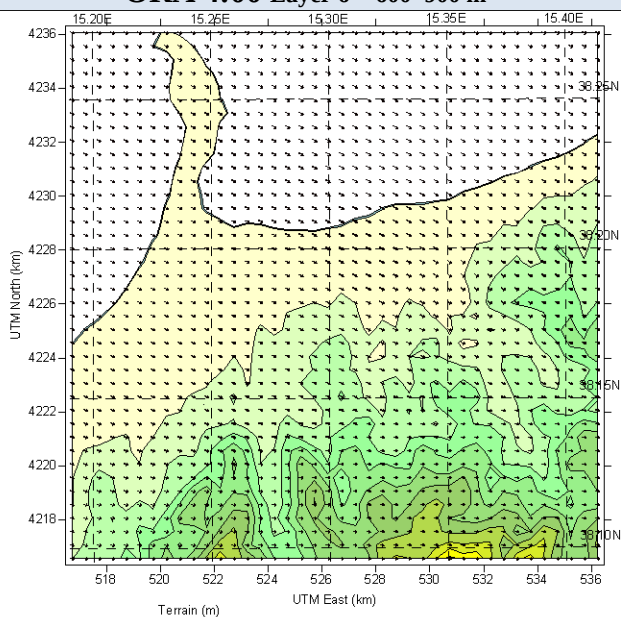
ORA 2:00 Layer 6 = 600÷900 m



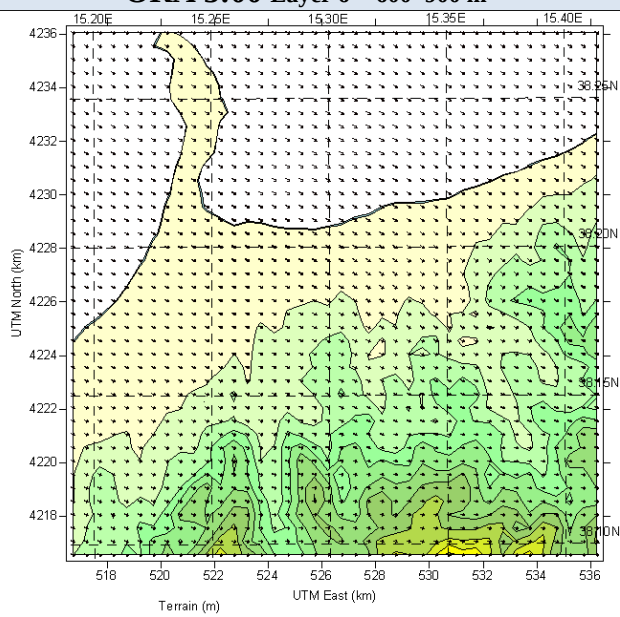
ORA 3:00 Layer 6 = 600÷900 m



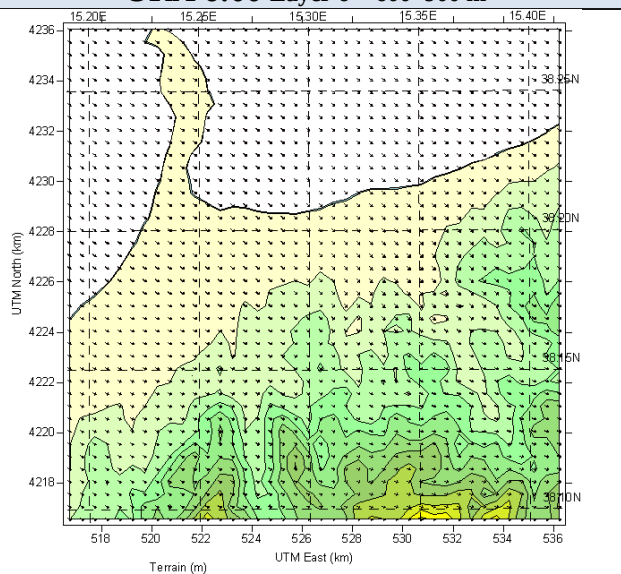
ORA 4:00 Layer 6 = 600÷900 m



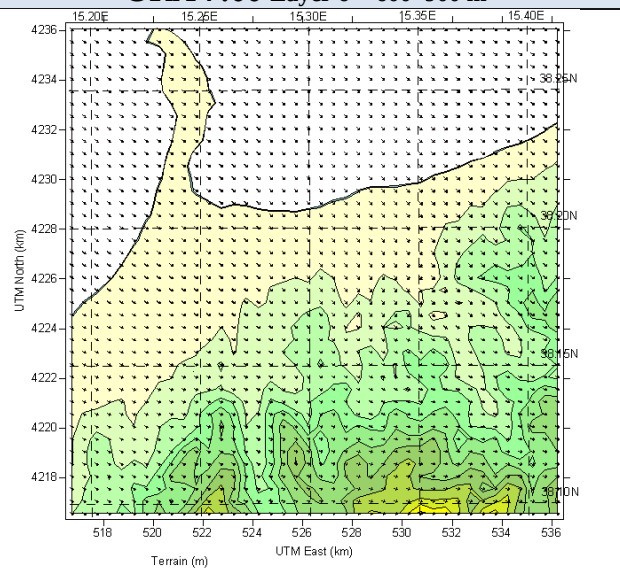
ORA 5:00 Layer 6 = 600÷900 m



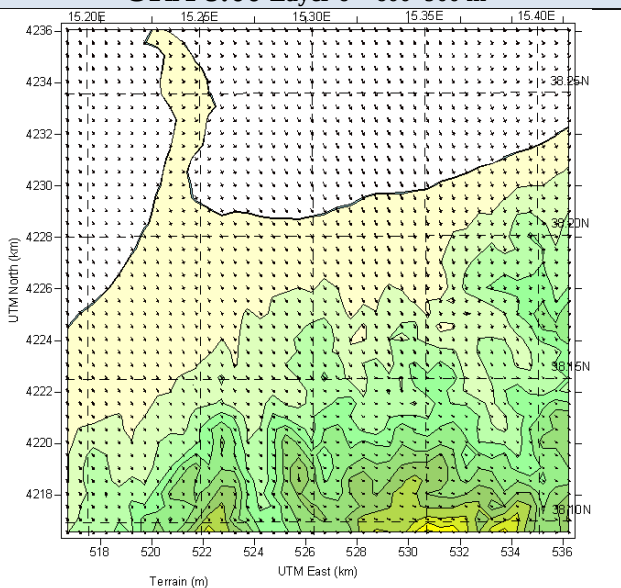
ORA 6:00 Layer 6 = 600÷900 m



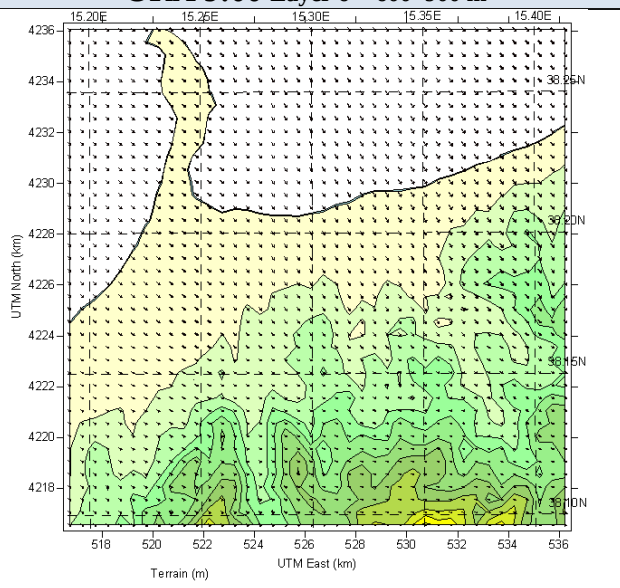
ORA 7:00 Layer 6 = 600÷900 m



ORA 8:00 Layer 6 = 600÷900 m

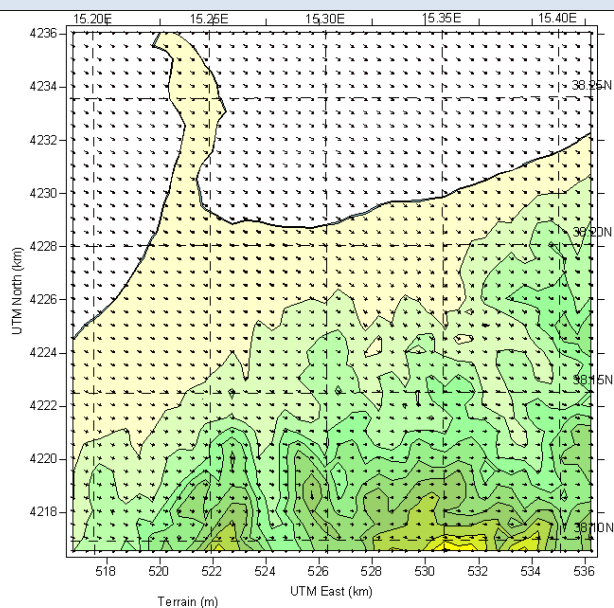


ORA 9:00 Layer 6 = 600÷900 m

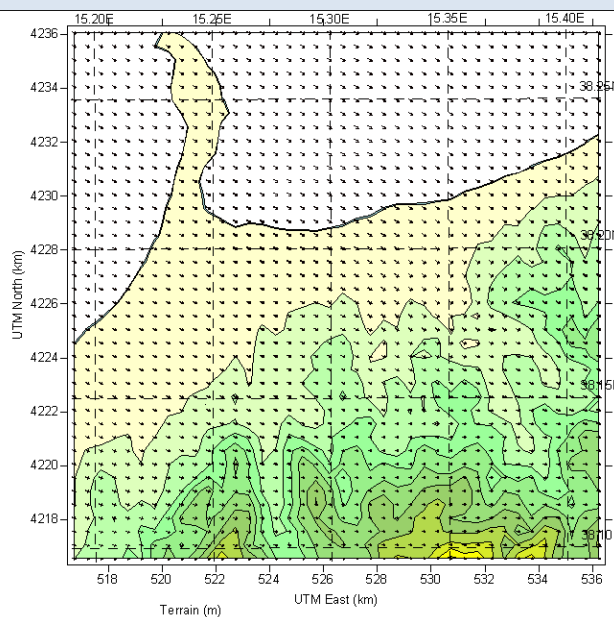


Layer 7 = 900÷2000 m

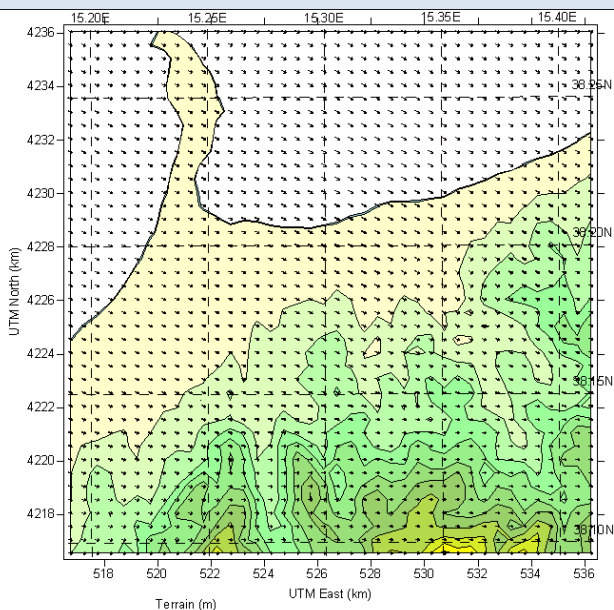
ORA 0:00 Layer 7 = 900÷2000 m



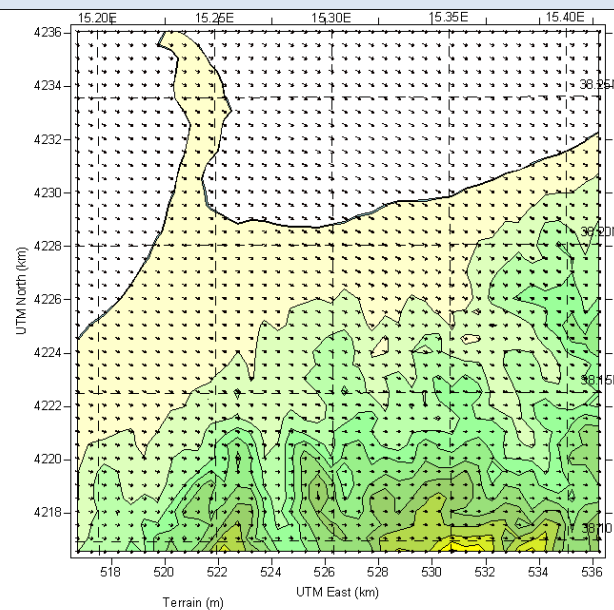
ORA 1:00 Layer 7 = 900÷2000 m



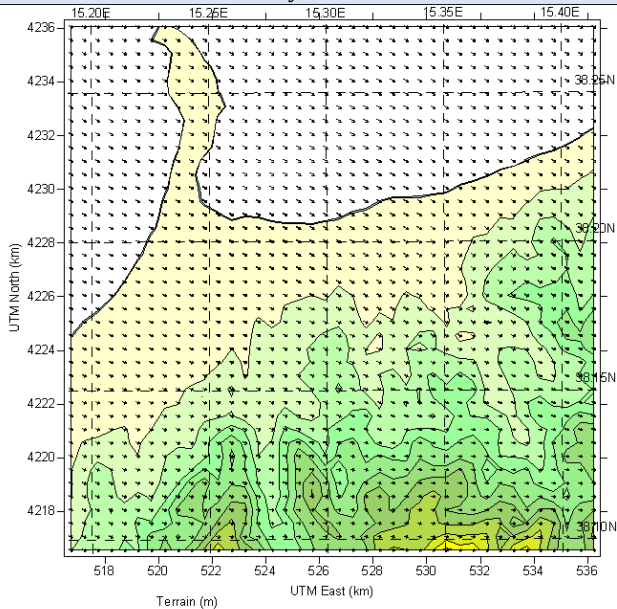
ORA 2:00 Layer 7 = 900÷2000 m



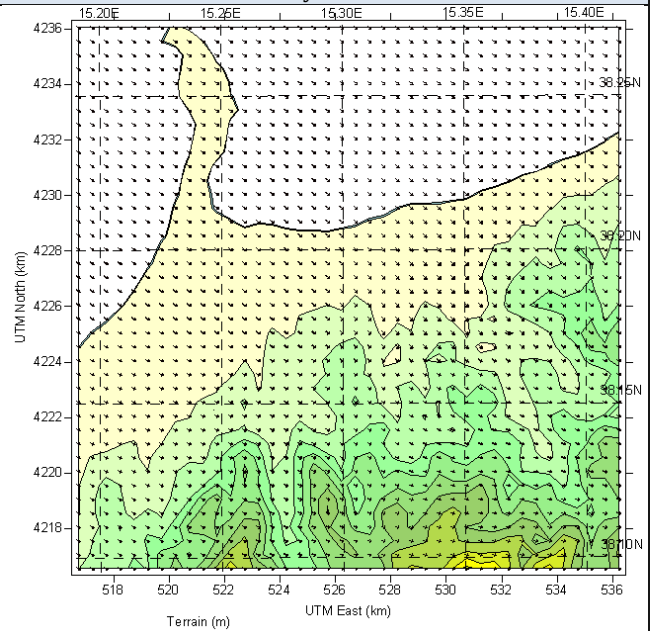
ORA 3:00 Layer 7 = 900÷2000 m



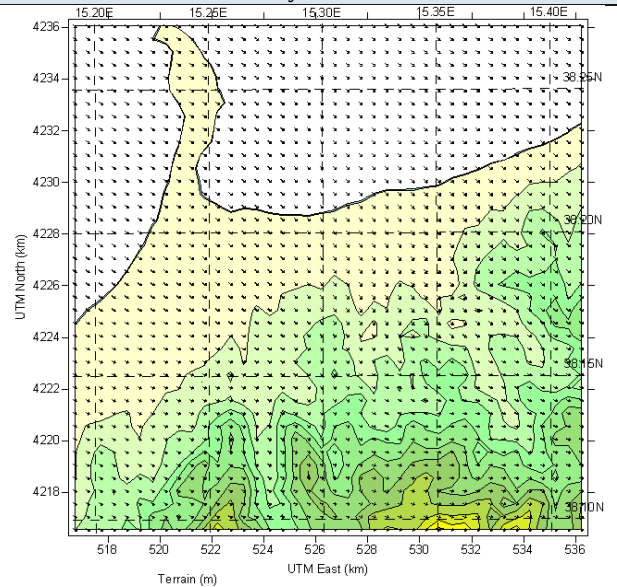
ORA 4:00 Layer 7 = 900÷2000 m



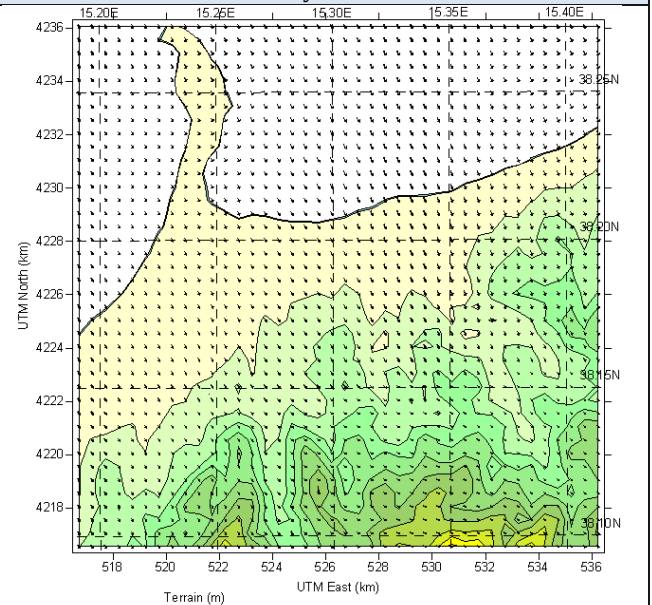
ORA 5:00 Layer 7 = 900÷2000 m



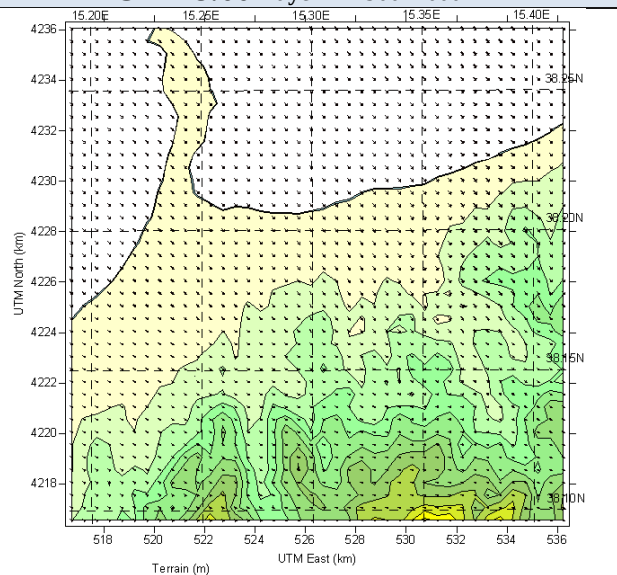
ORA 6:00 Layer 7 = 900÷2000 m



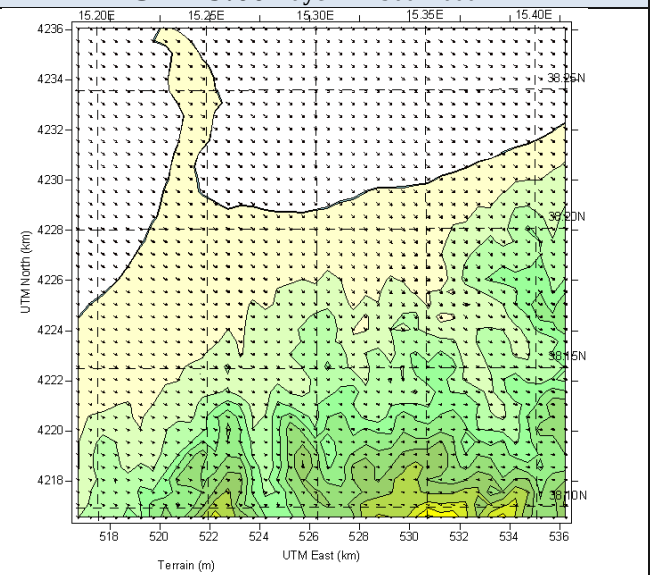
ORA 7:00 Layer 7 = 900÷2000 m



ORA 8:00 Layer 7 = 900÷2000 m

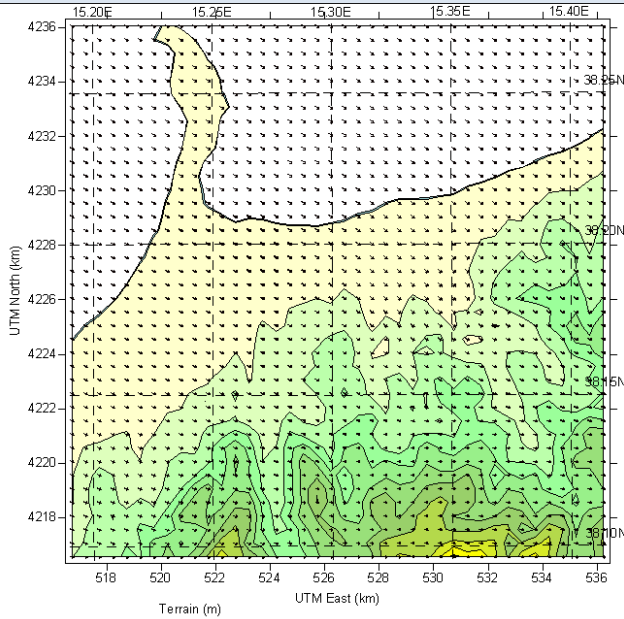


ORA 9:00 Layer 7 = 900÷2000 m

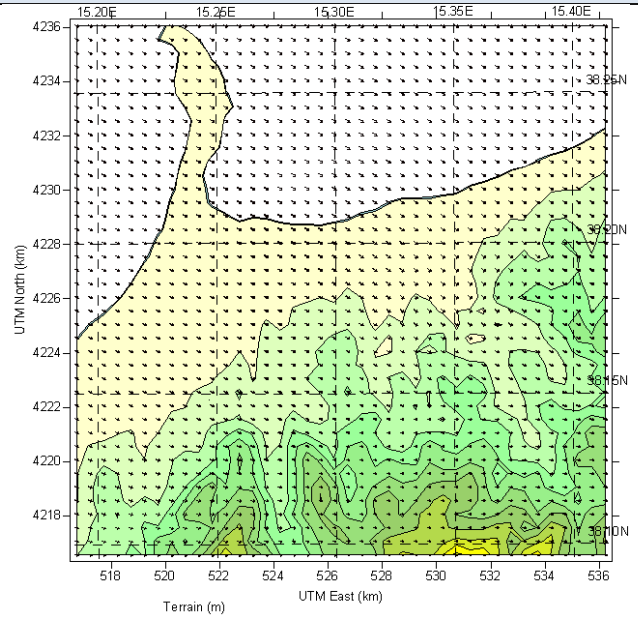


Layer 8 = 2000÷3000 m

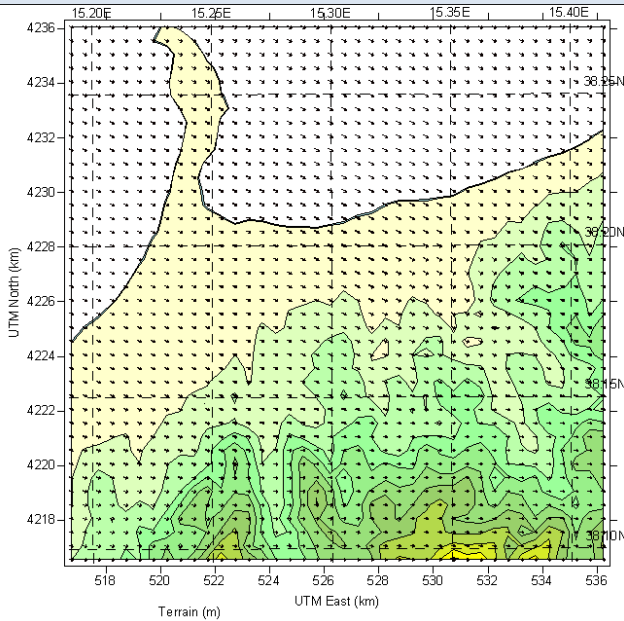
ORA 0:00 Layer 8 = 2000÷3000 m



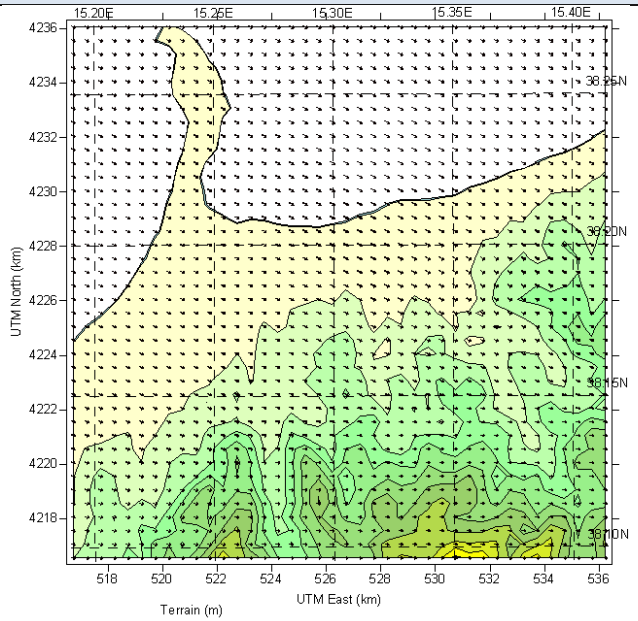
ORA 1:00 Layer 8 = 2000÷3000 m



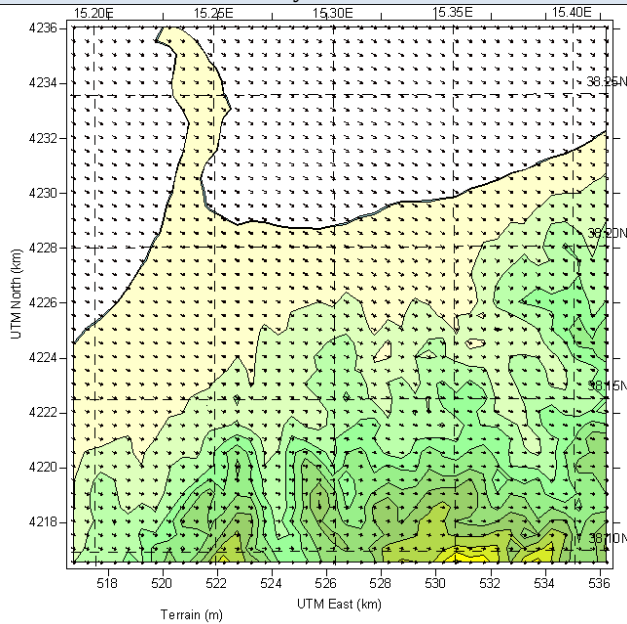
ORA 2:00 Layer 8 = 2000÷3000 m



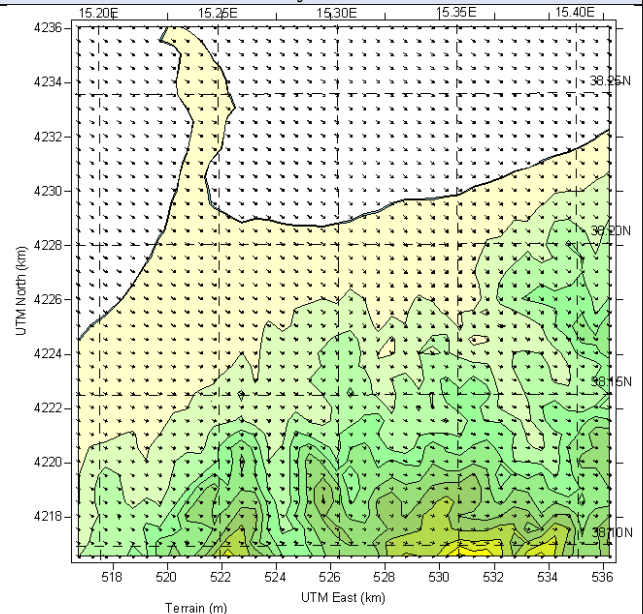
ORA 3:00 Layer 8 = 2000÷3000 m



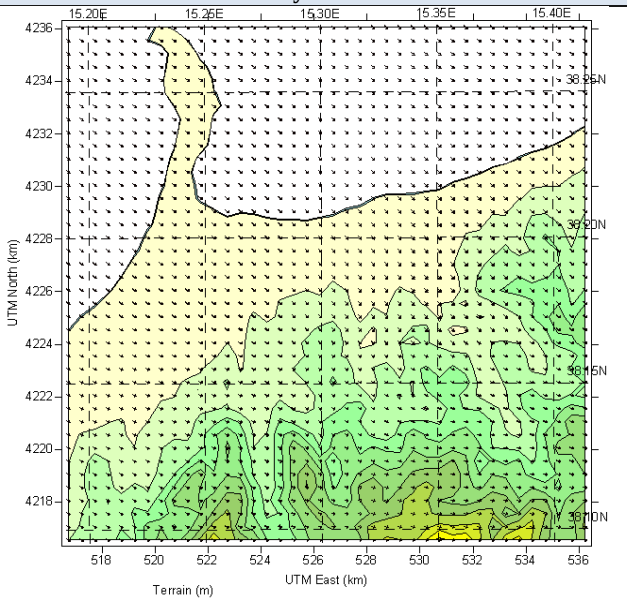
ORA 4:00 Layer 8 = 2000÷3000 m



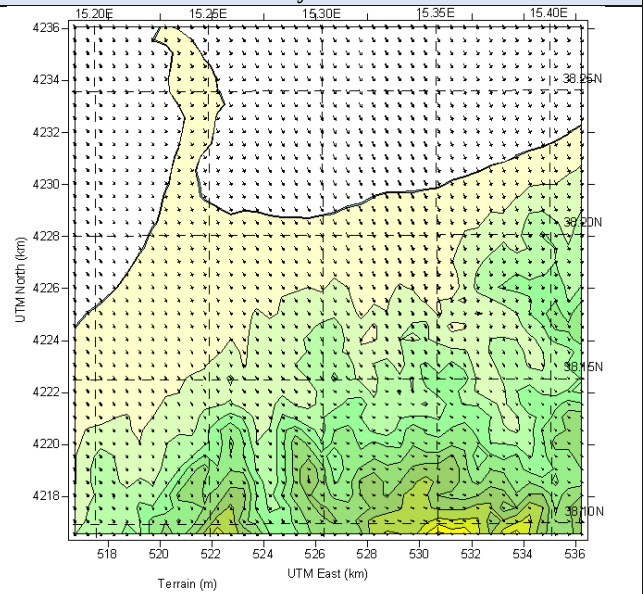
ORA 5:00 Layer 8 = 2000÷3000 m



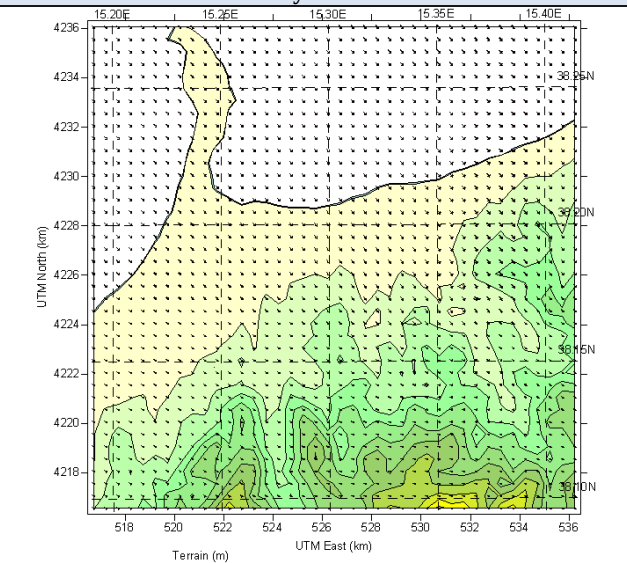
ORA 6:00 Layer 8 = 2000÷3000 m



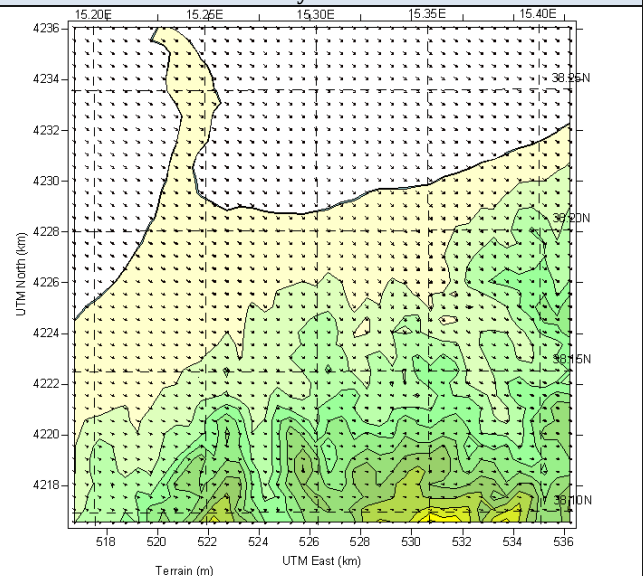
ORA 7:00 Layer 8 = 2000÷3000 m



ORA 8:00 Layer 8 = 2000÷3000 m

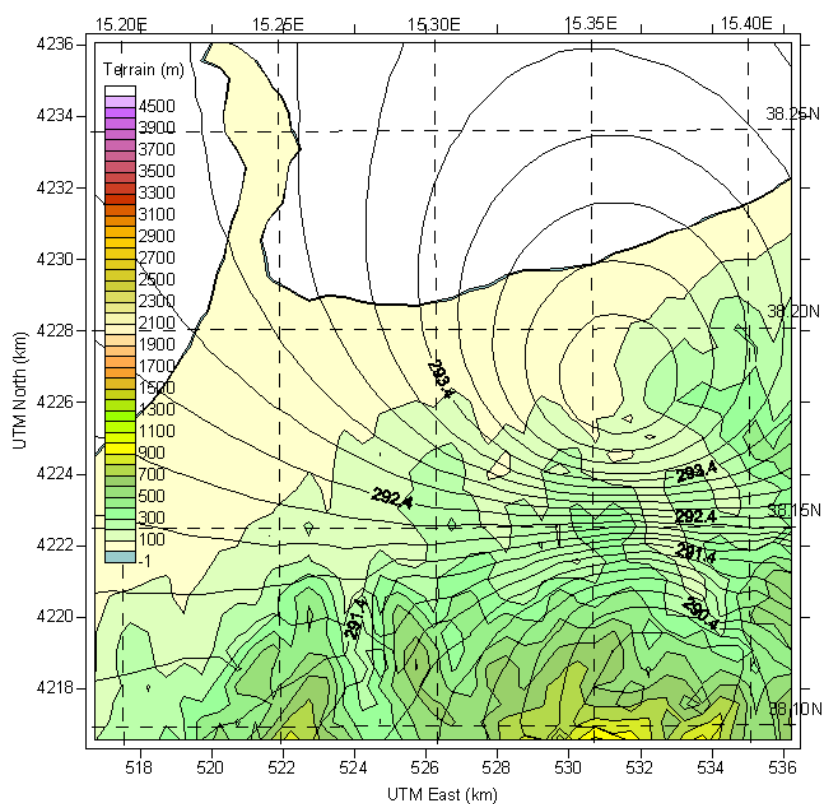


ORA 9:00 Layer 8 = 2000÷3000 m

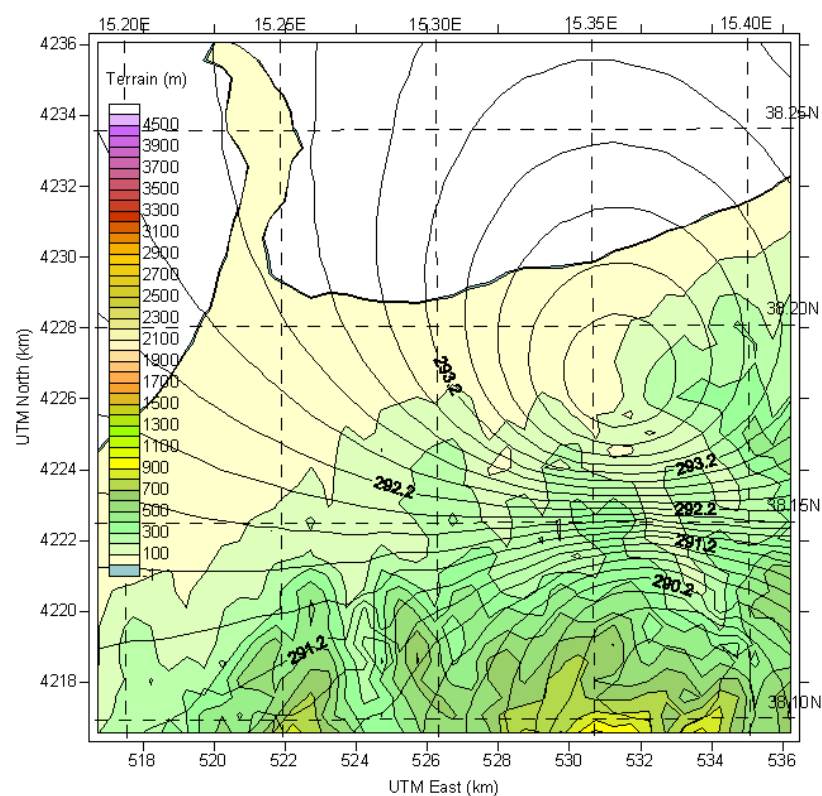


RICOSTRUZIONE DEI CAMPI DI TEMPERATURA (°Kelvin al suolo)

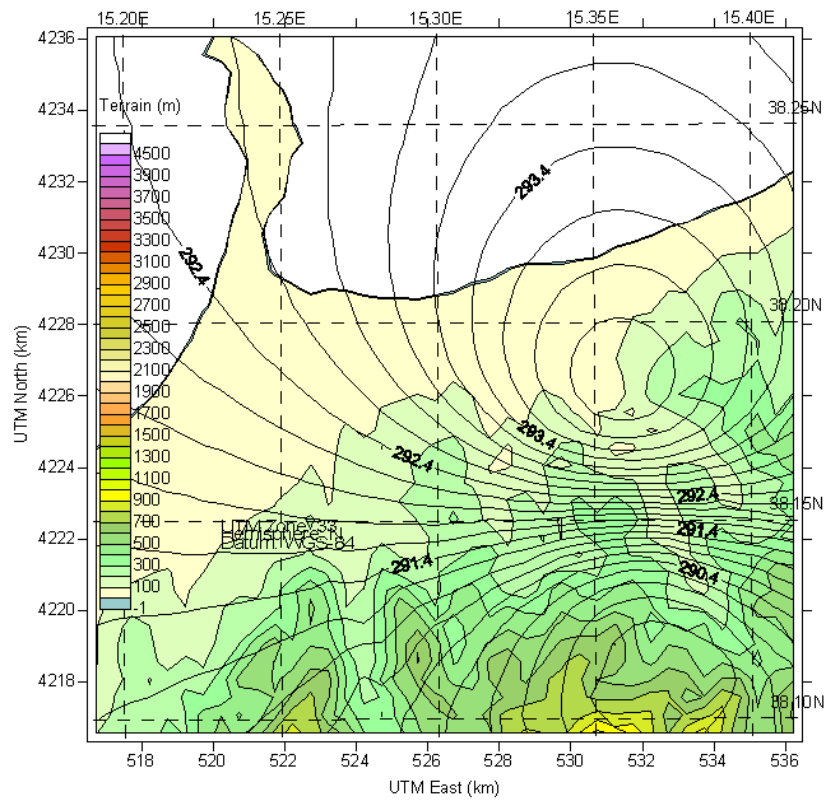
ORA 0:00



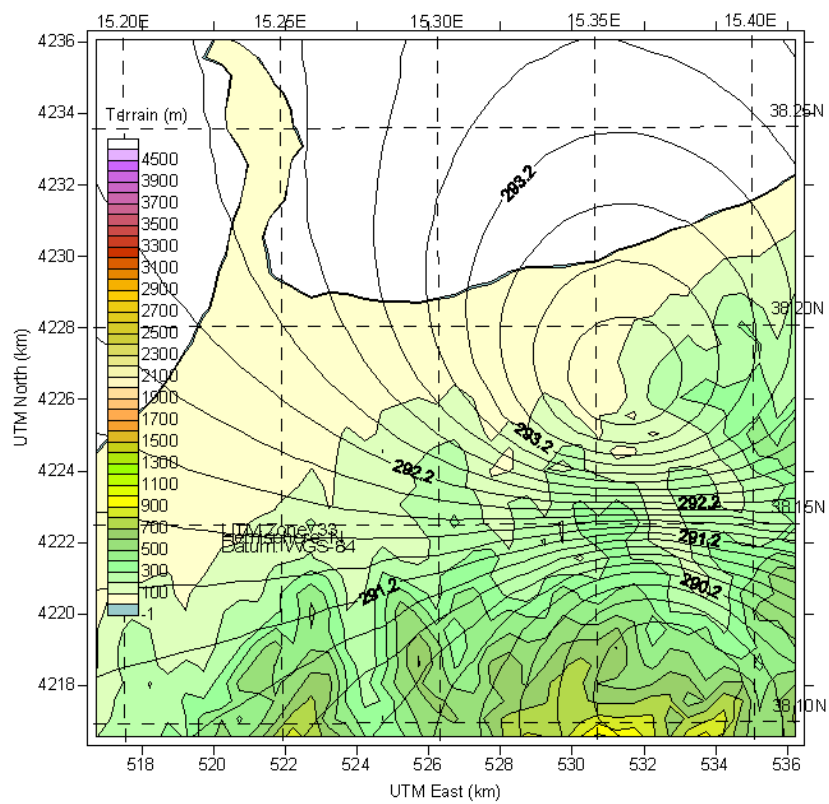
ORA 1:00



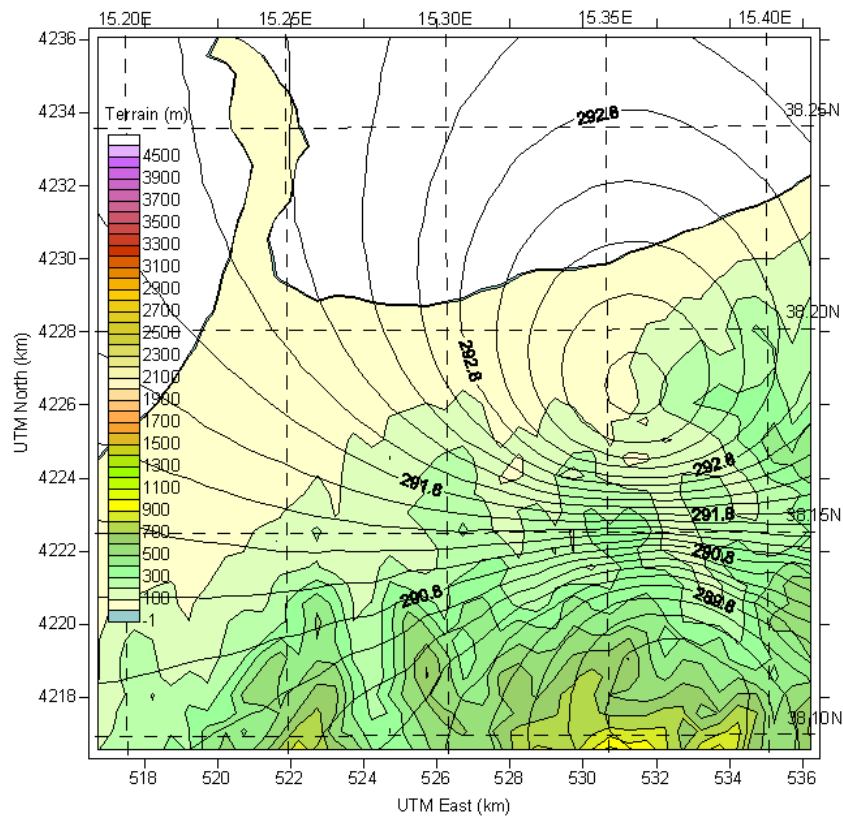
ORA 2:00



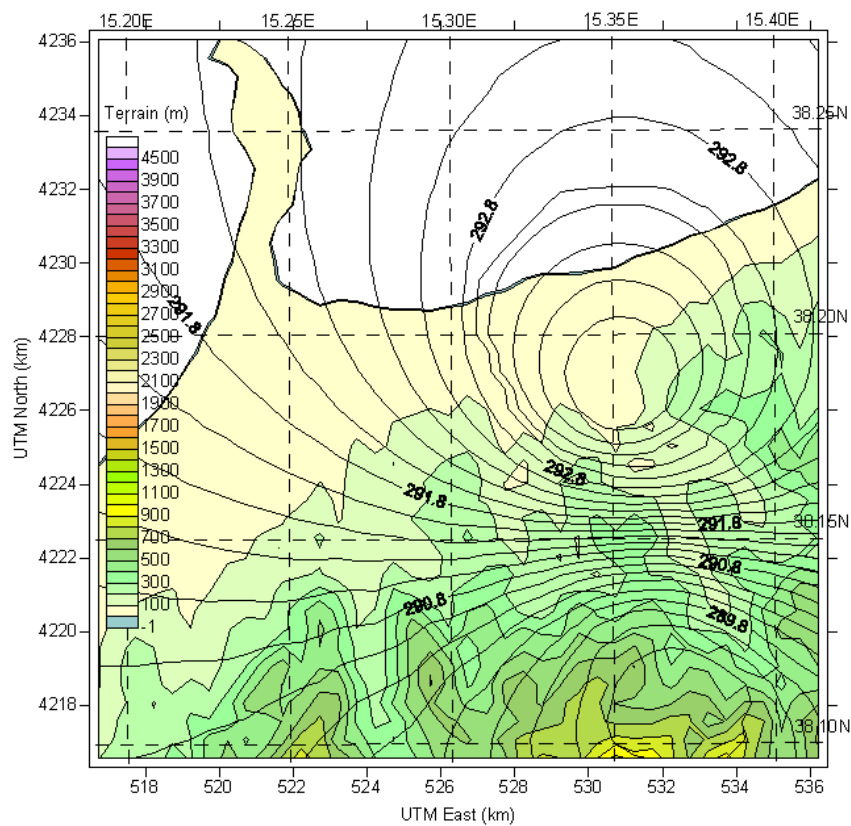
ORA 3:00



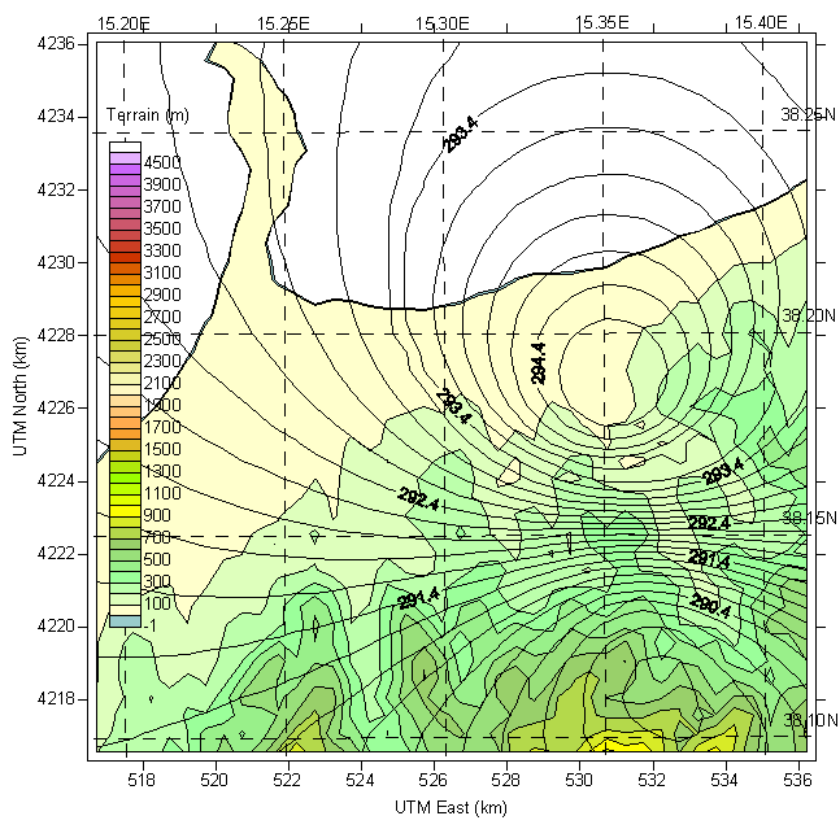
ORA 4:00



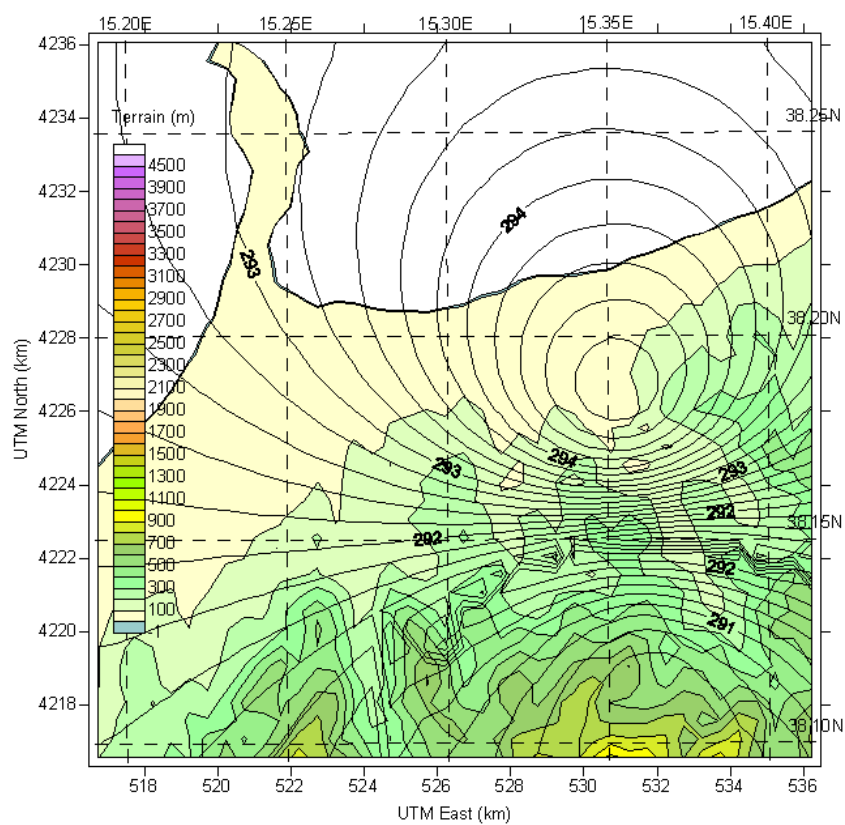
ORA 5:00



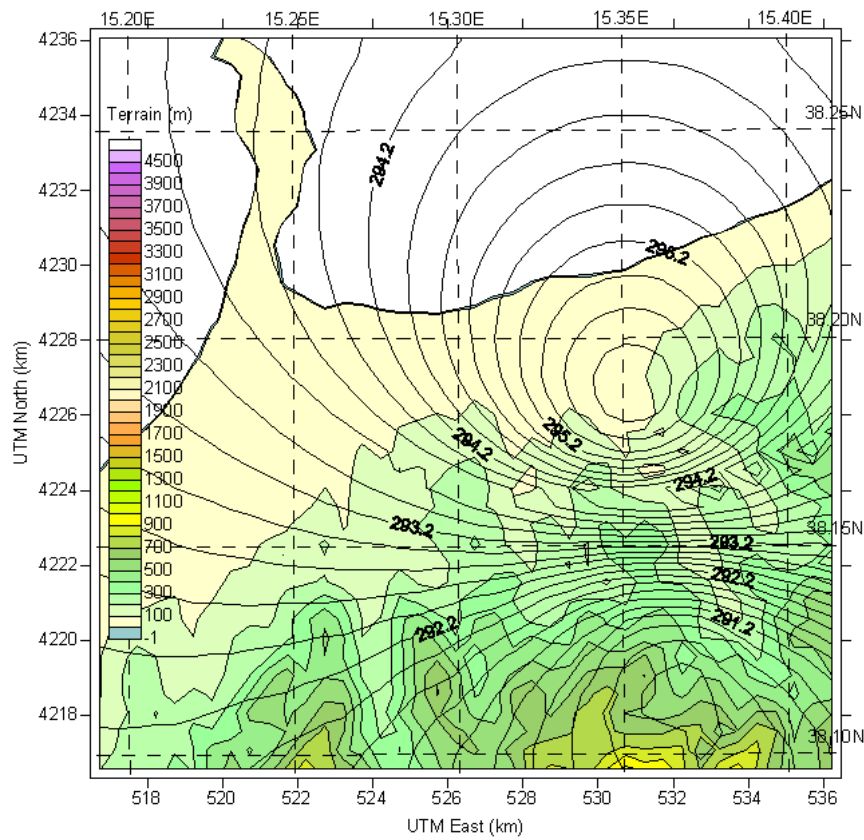
ORA 6:00



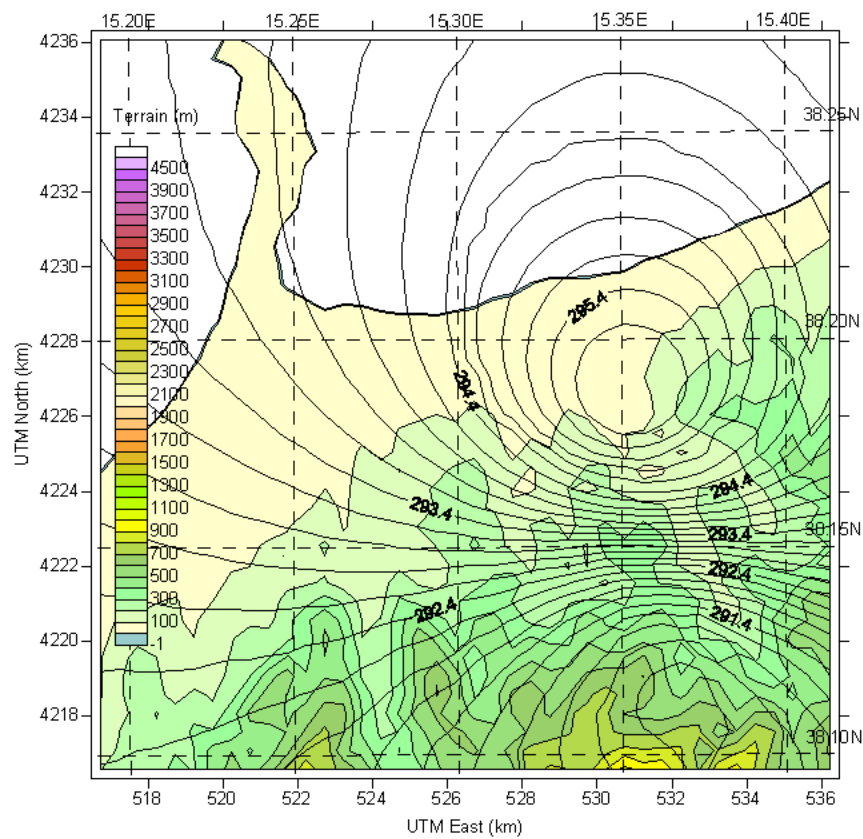
ORA 7:00



ORA 8:00



ORA 9:00



STABILITA' DEL PBL

Classe A =1 → Condizioni PBL estremamente instabili

Classe B =2 → Condizioni PBL moderatamente instabili

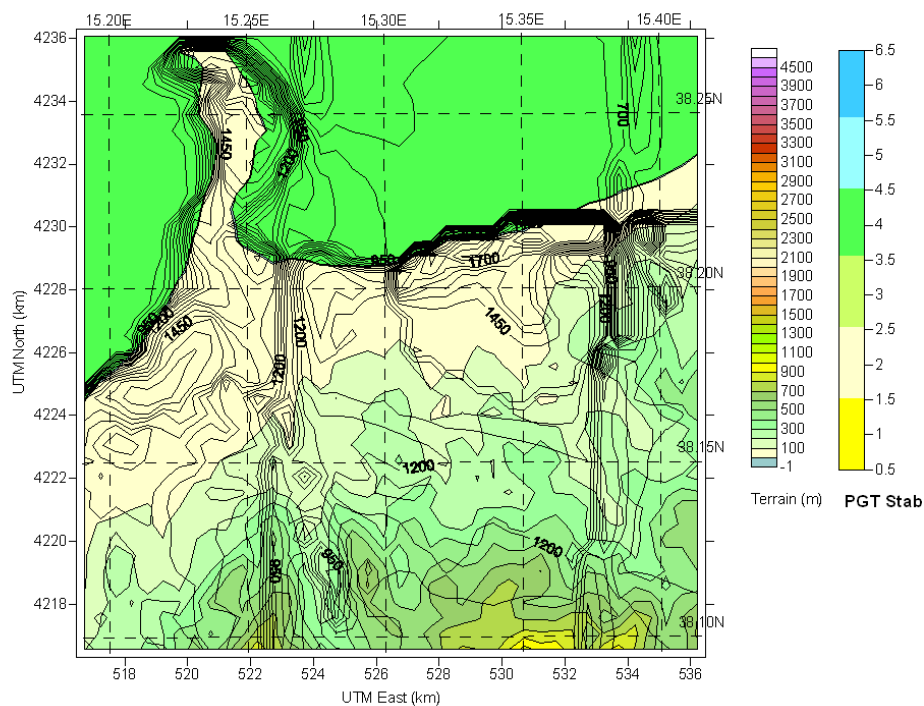
Classe C =3 → Condizioni PBL leggermente instabili

Classe D =4 → Condizioni PBL neutre

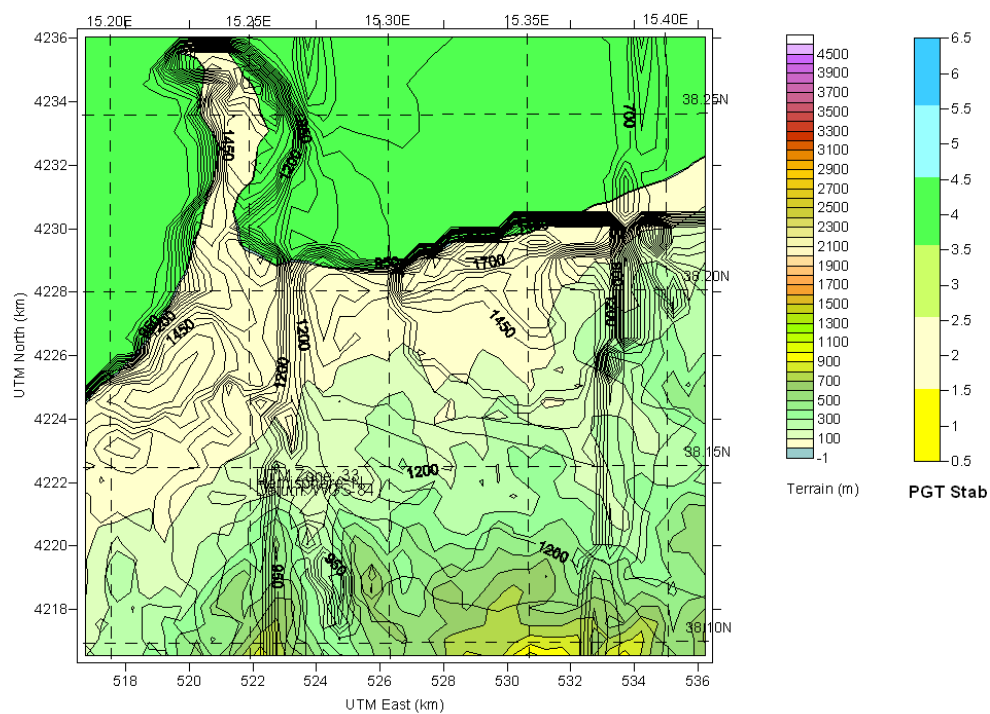
Classe E =5 → Condizioni PBL leggermente stabili

Classe F =6 → Condizioni PBL stabili

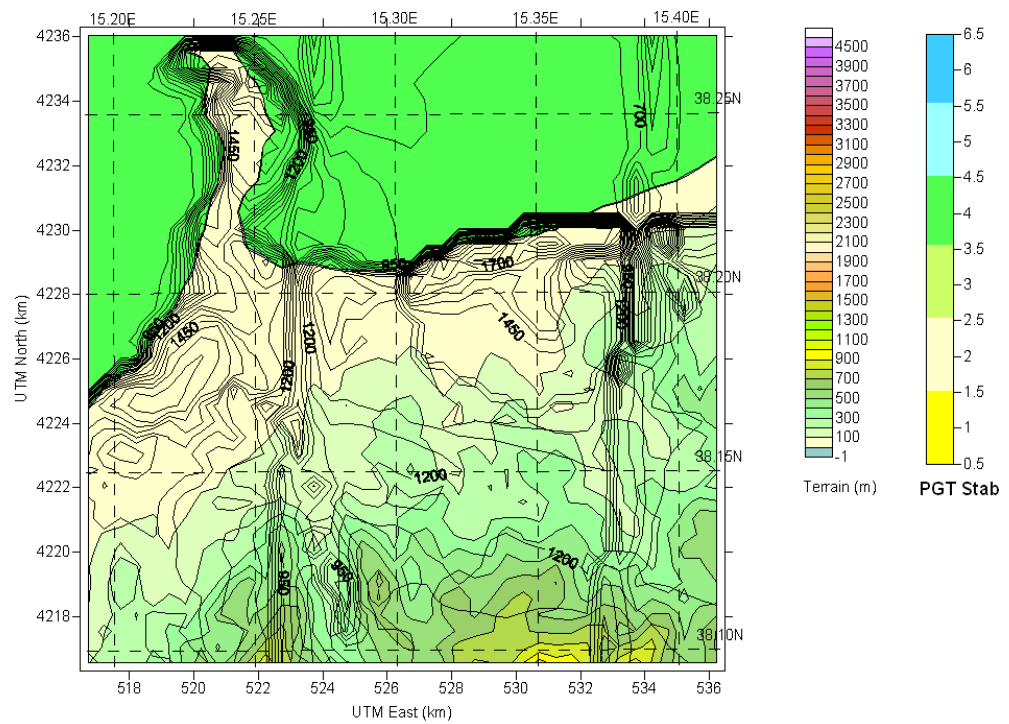
Sep 27, 2014
00:00 LST(UTC+0100)



Sep 27, 2014
05:00 LST(UTC+0100)



Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)



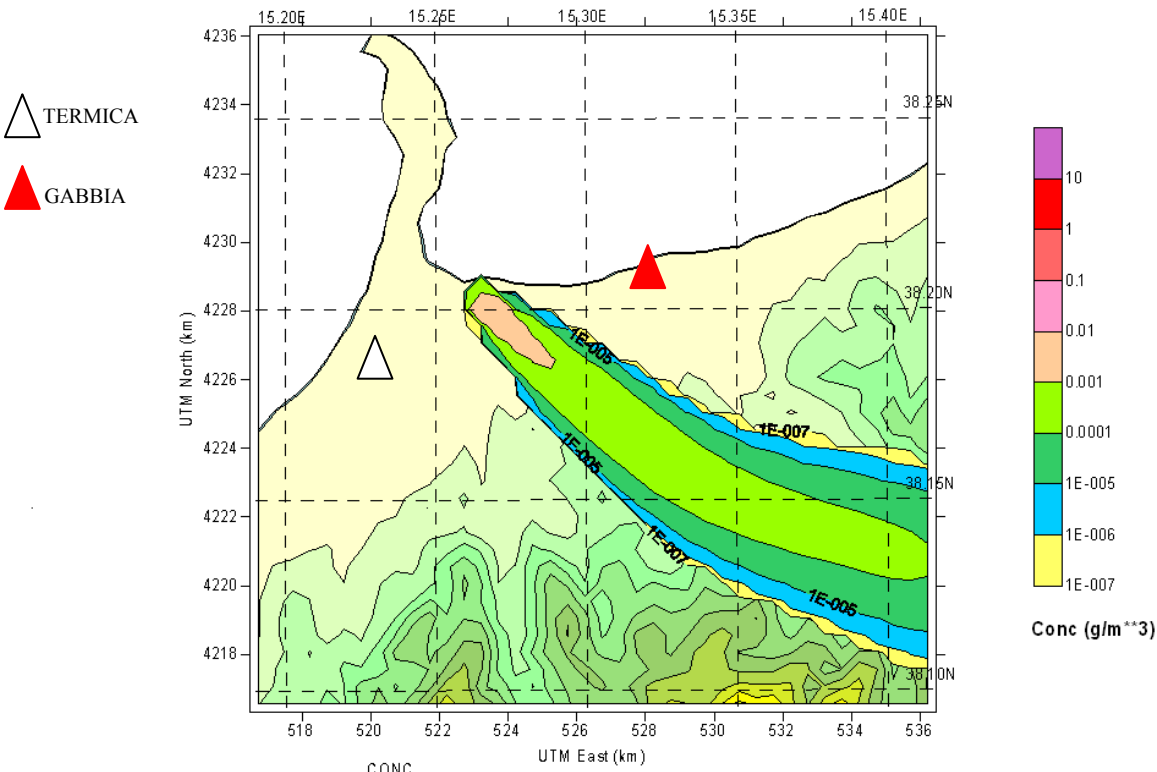
MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

SORGENTE DI EMISSIONE VOLUMETRICA

INQUINANTE: CO

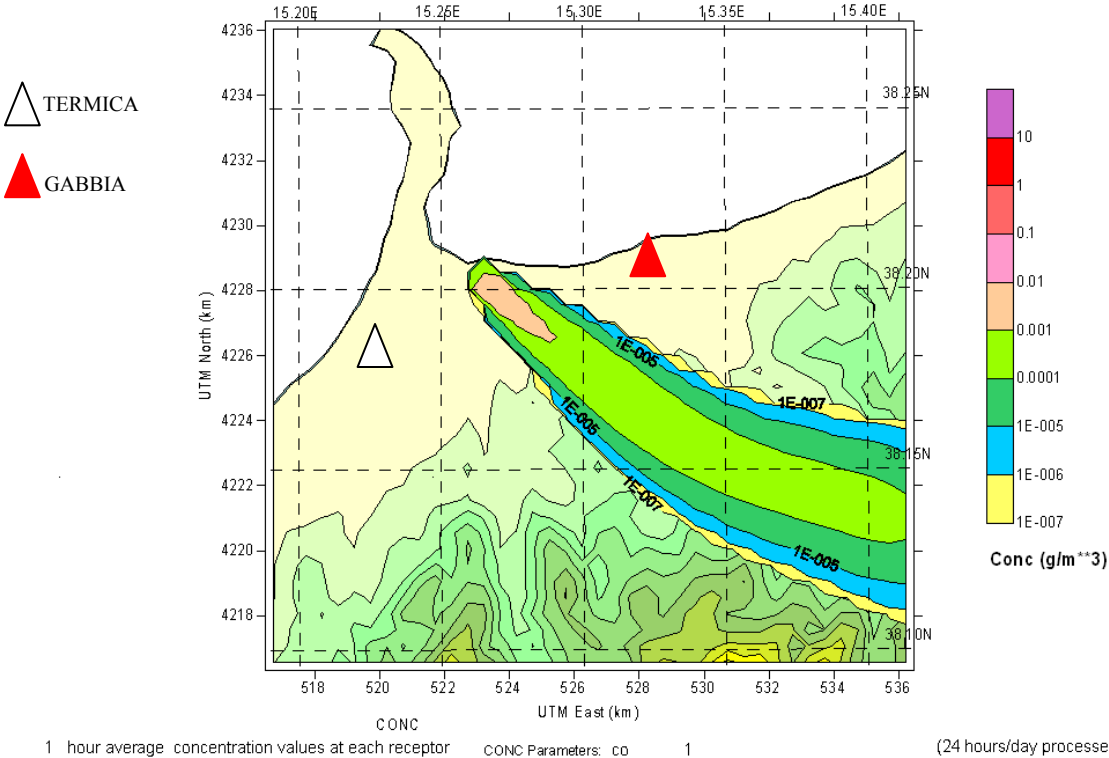
Sep 27, 2014
01:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84



Sep 27, 2014
02:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84



Sep 27, 2014
03:00 LST(UTC+0100)

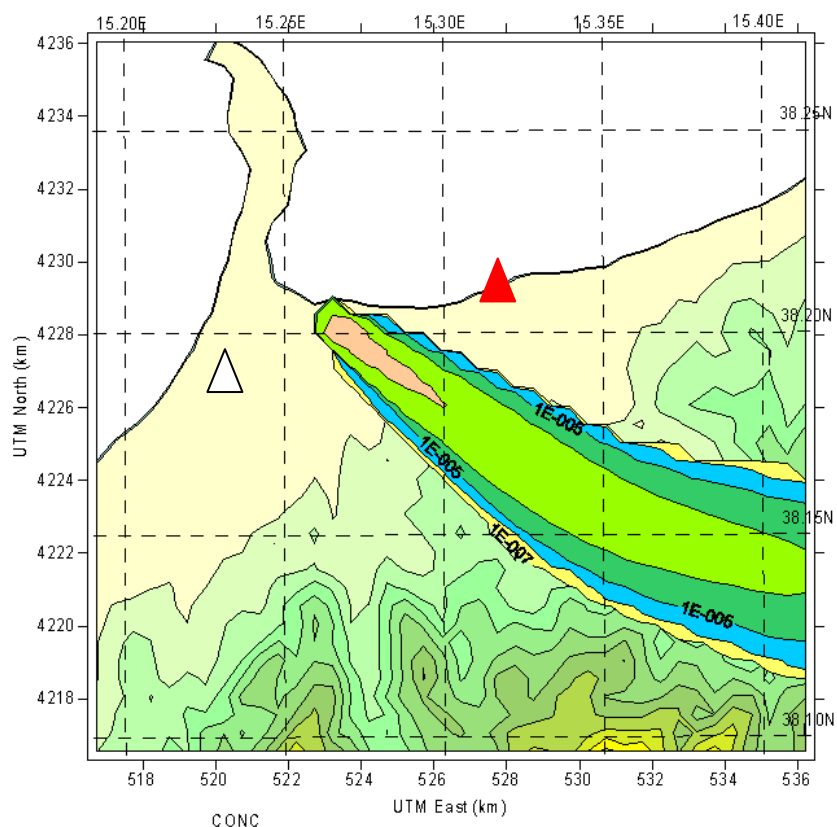
Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

CONC Parameters: co 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
04:00 LST(UTC+0100)

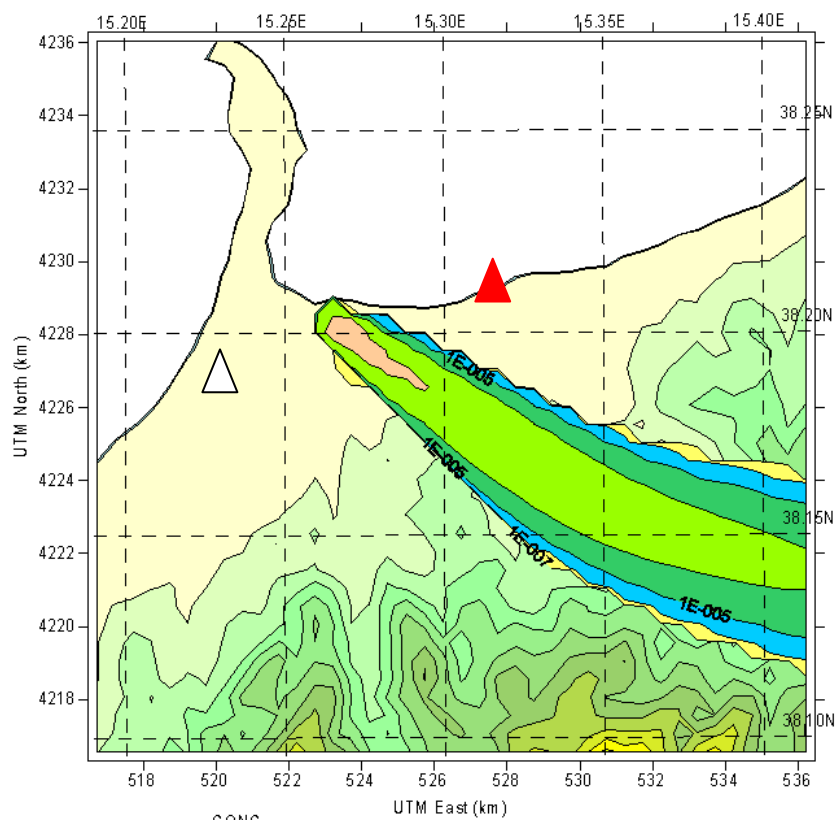
Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

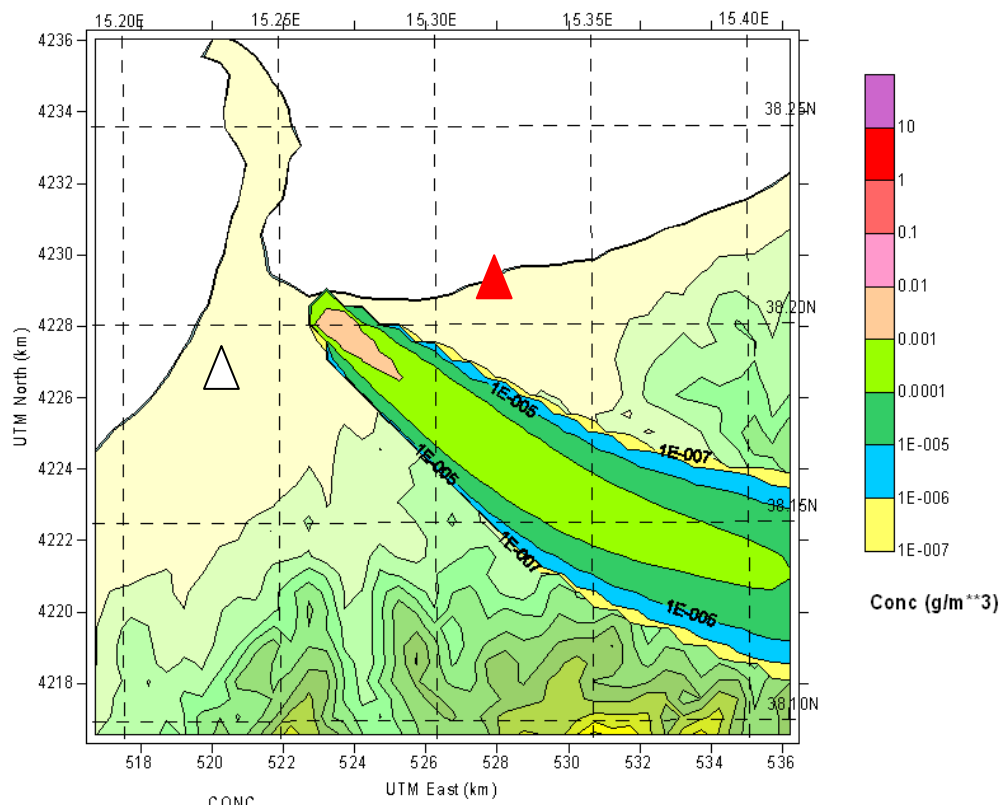
CONC Parameters: co 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
05:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

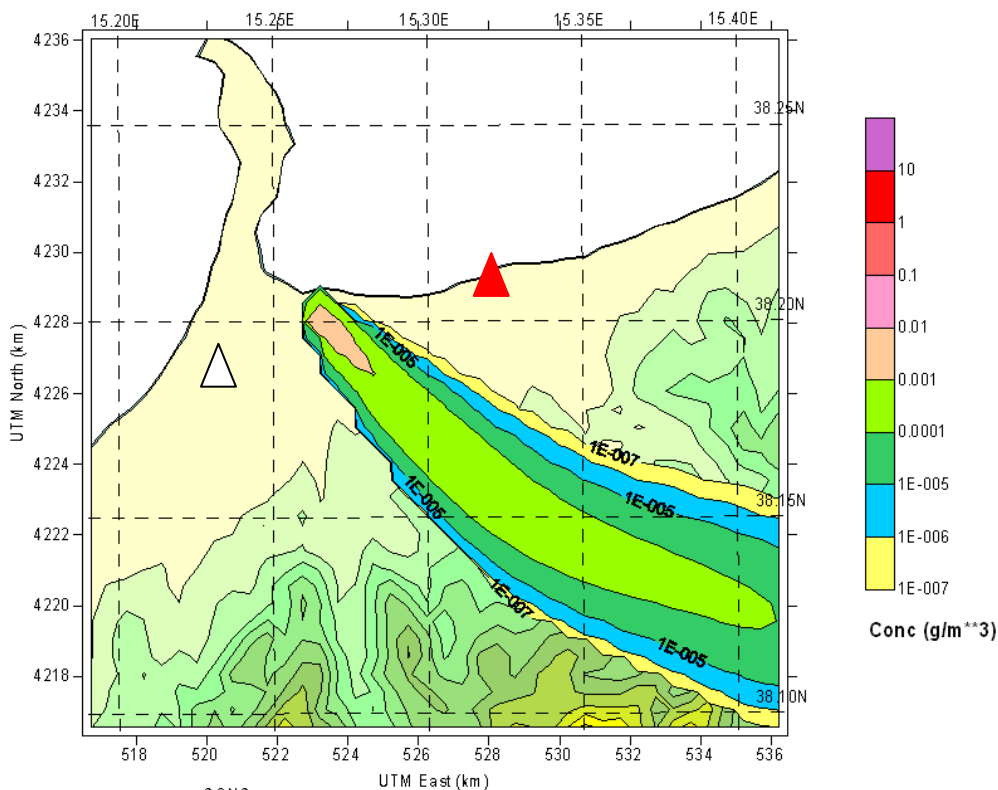


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: co 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

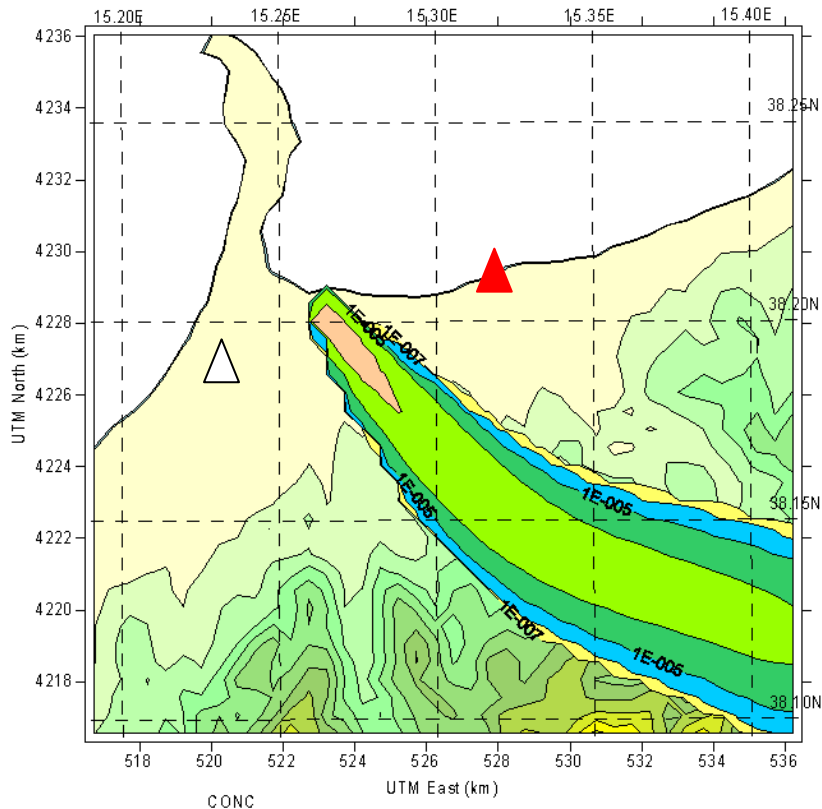


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: co 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
07:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

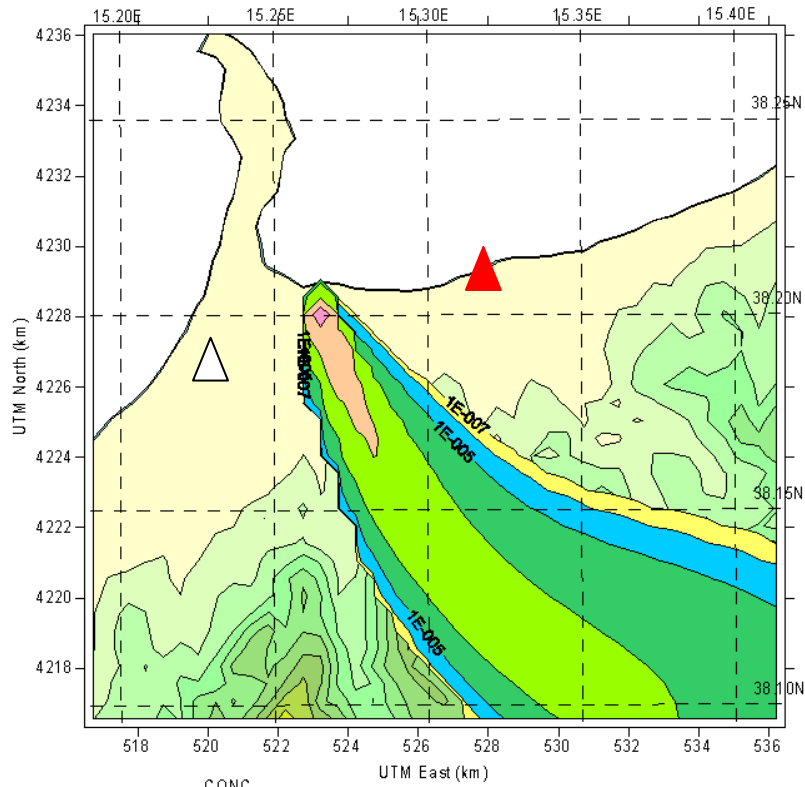


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: co 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
08:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

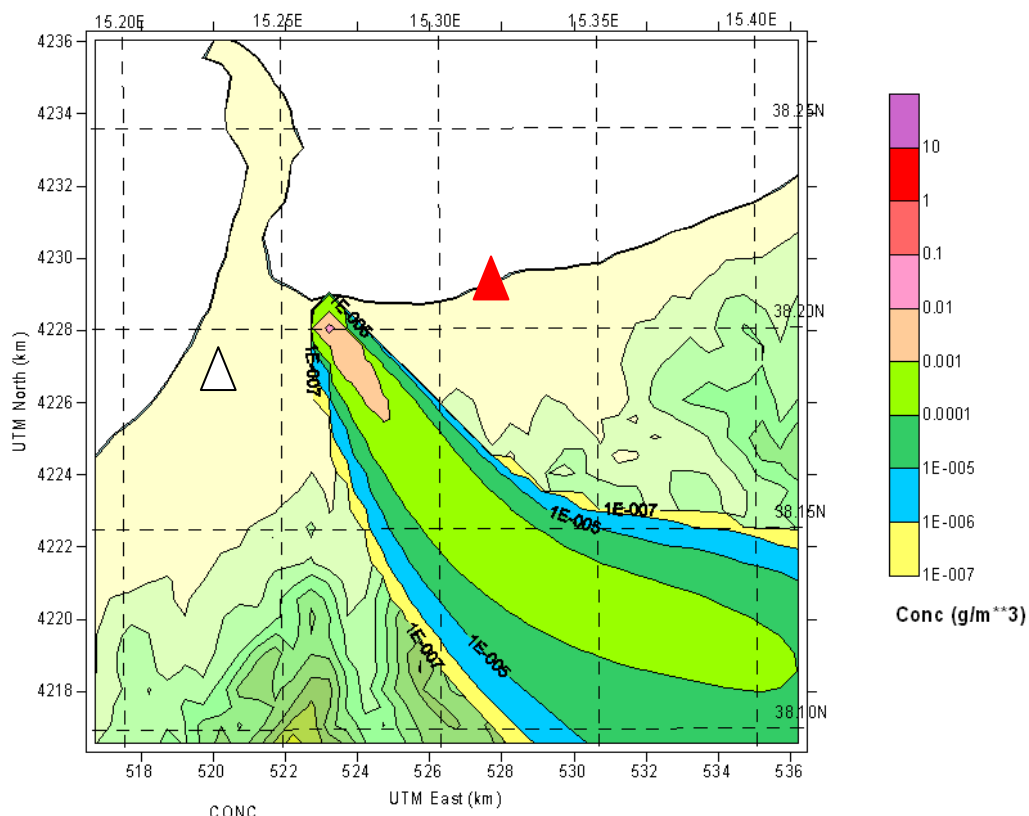


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: co 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

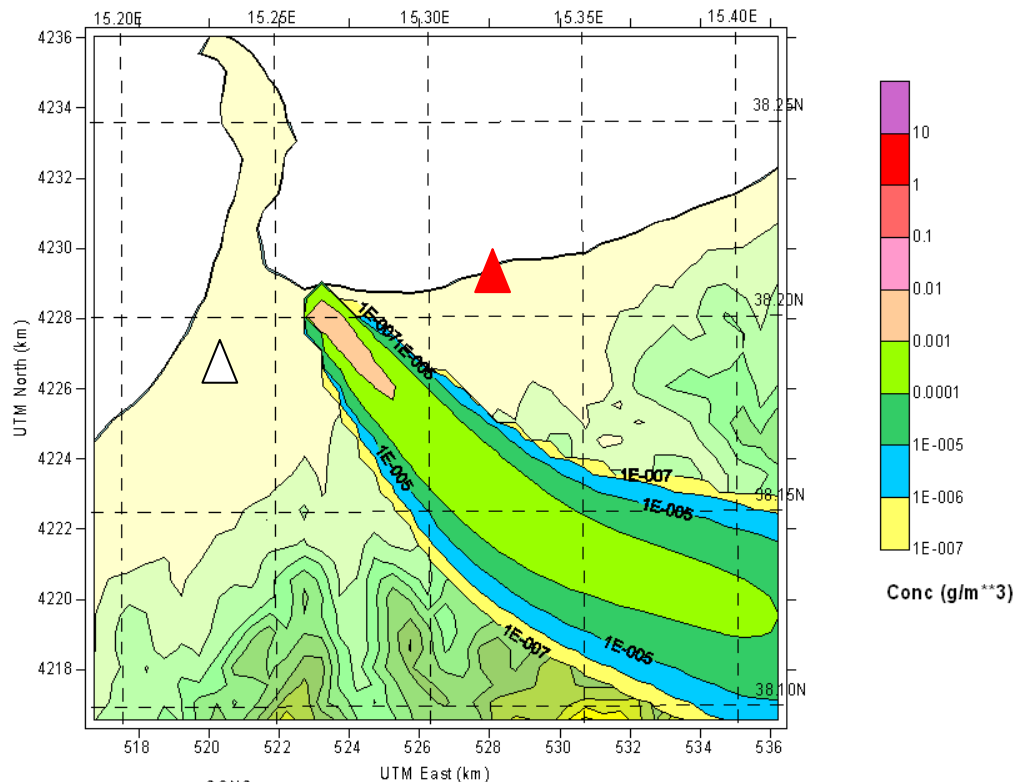


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: co 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
10:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

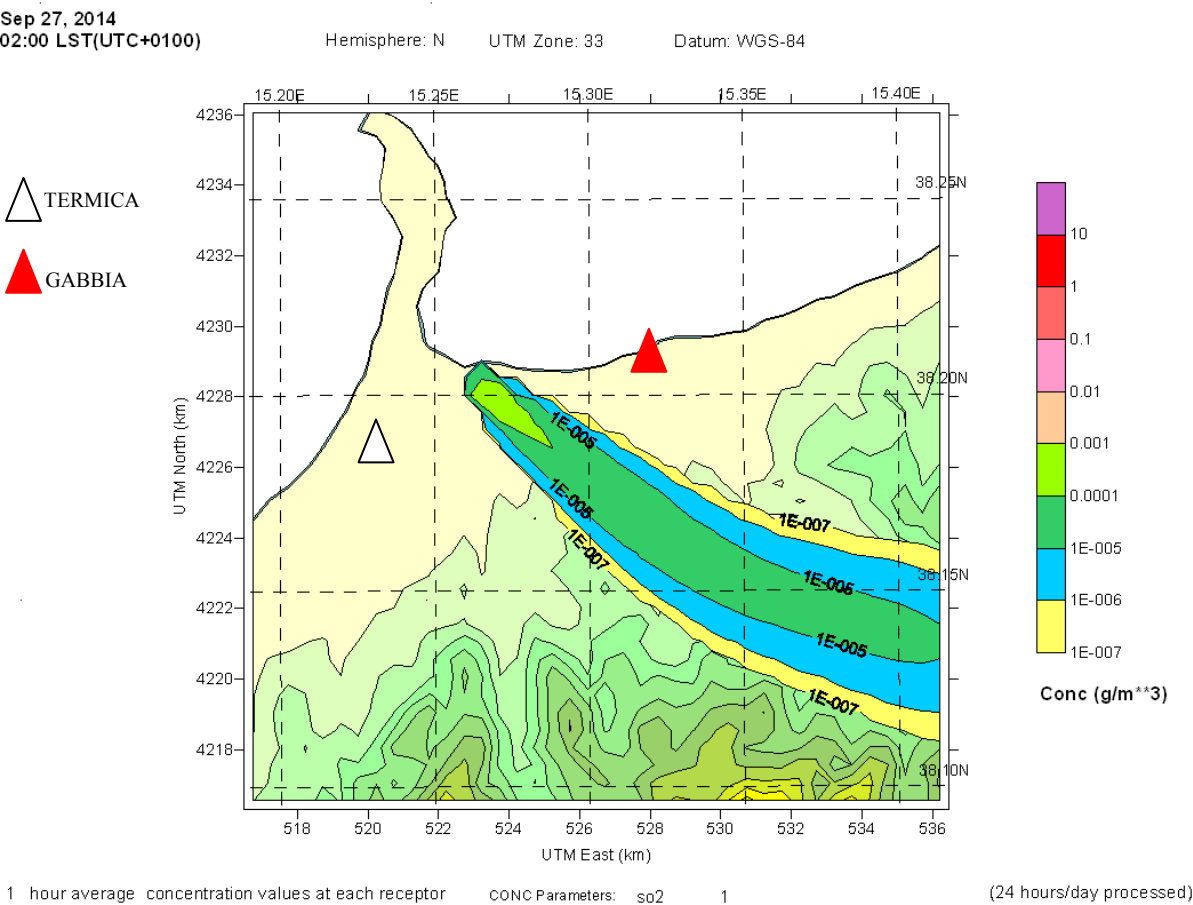
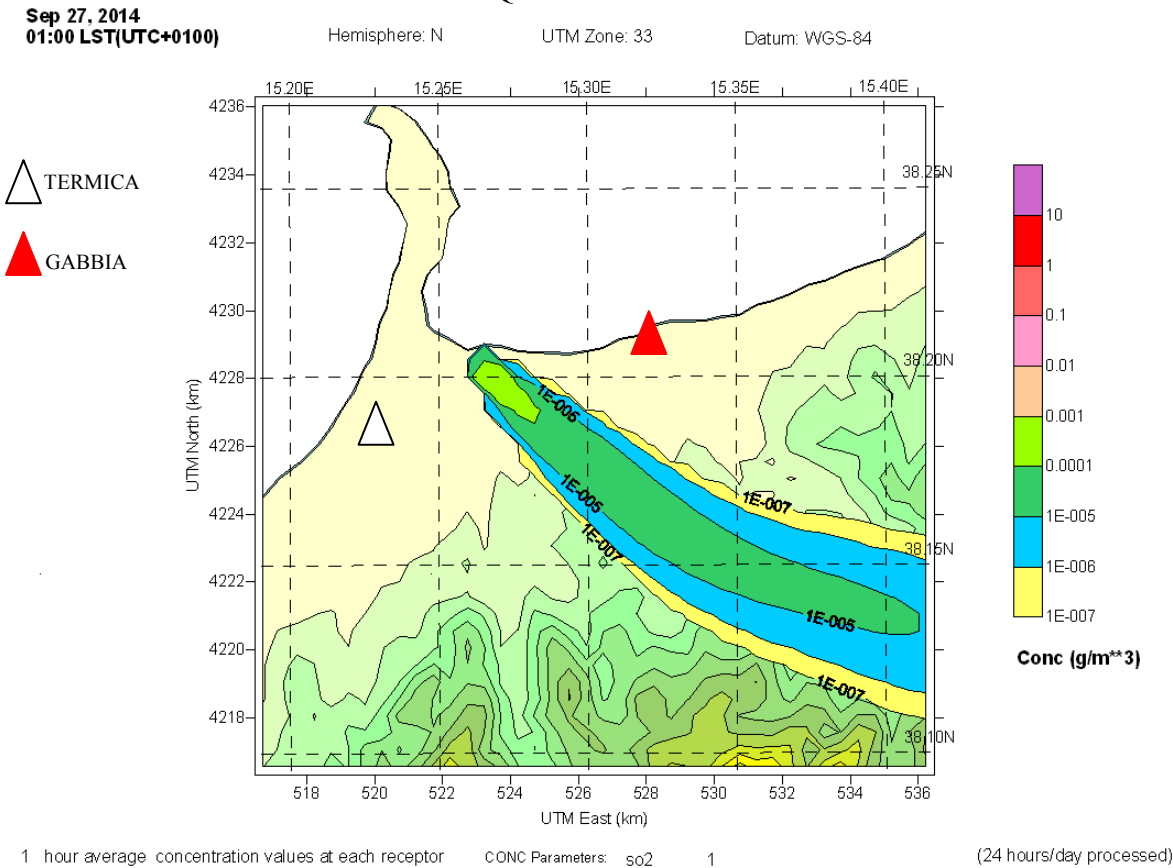
△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: co 1 (24 hours/day processed)

MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

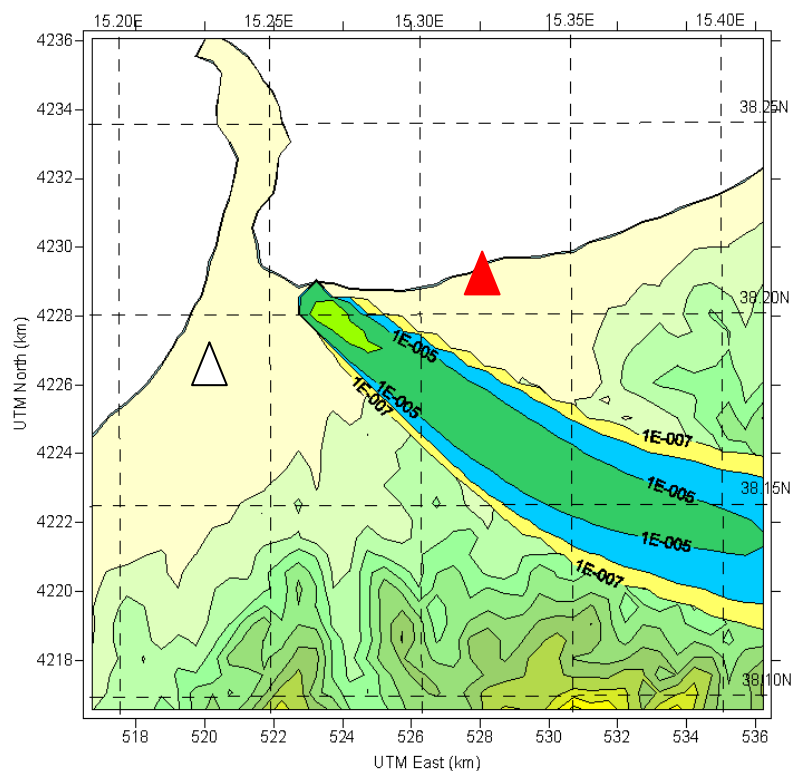
INQUINANTE: SO2



Sep 27, 2014
03:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

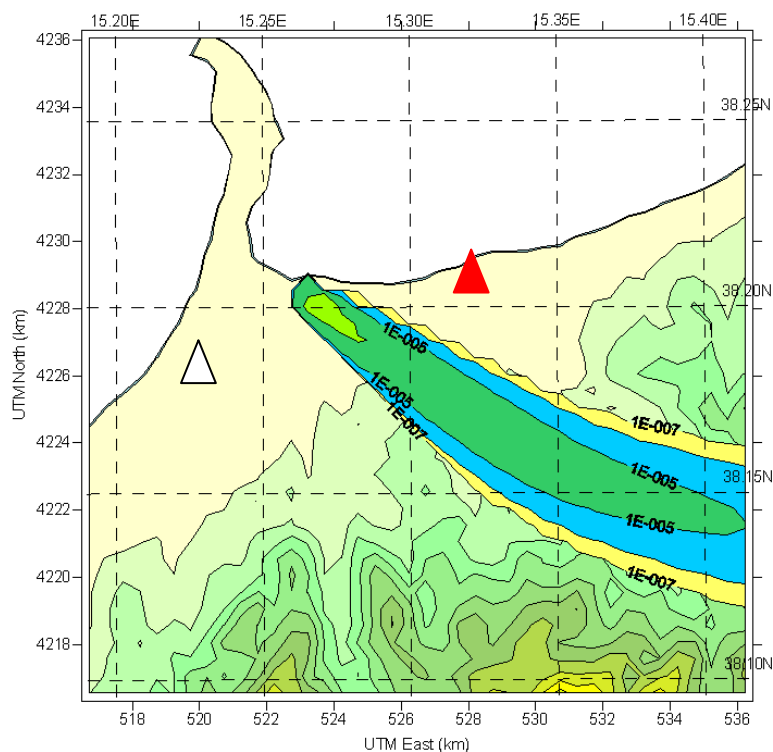
CONC Parameters: so2 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
04:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

CONC Parameters: so2 1

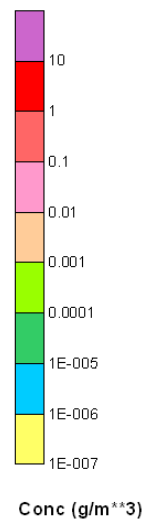
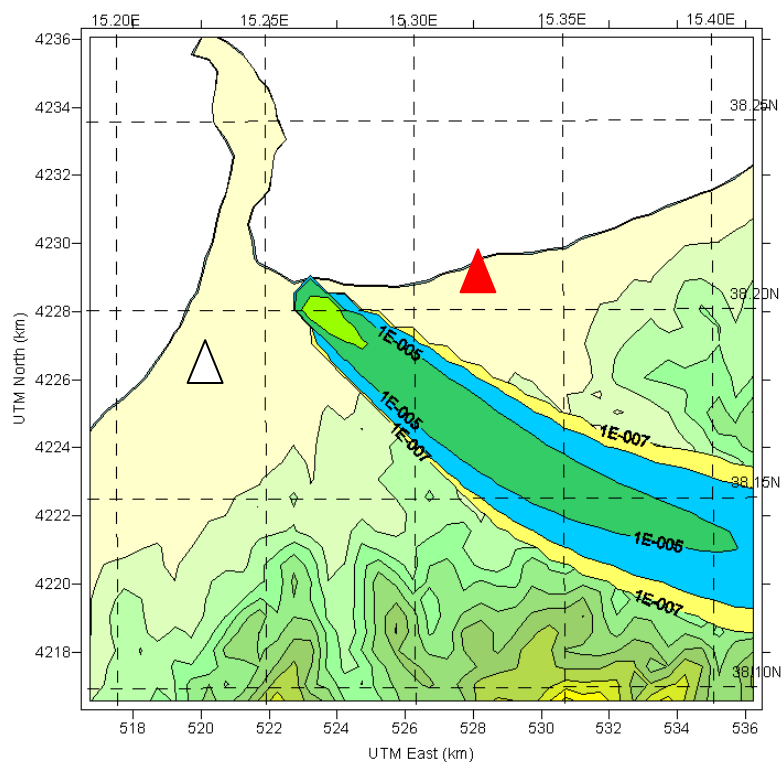
(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
05:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84



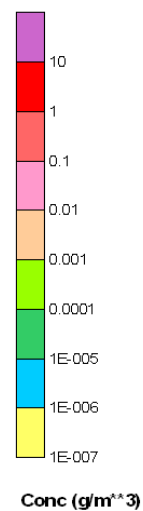
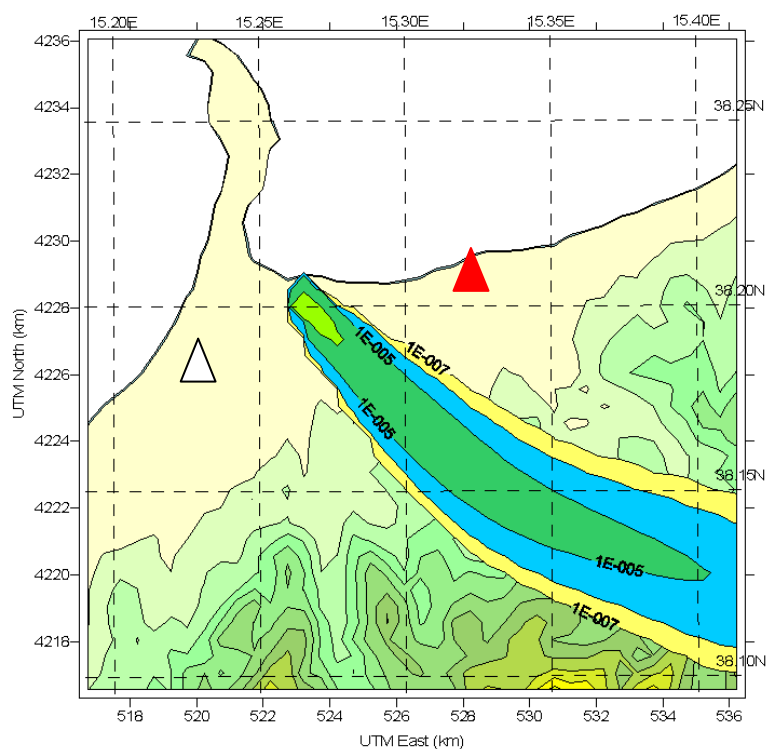
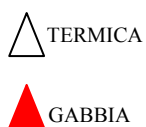
1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: so2 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

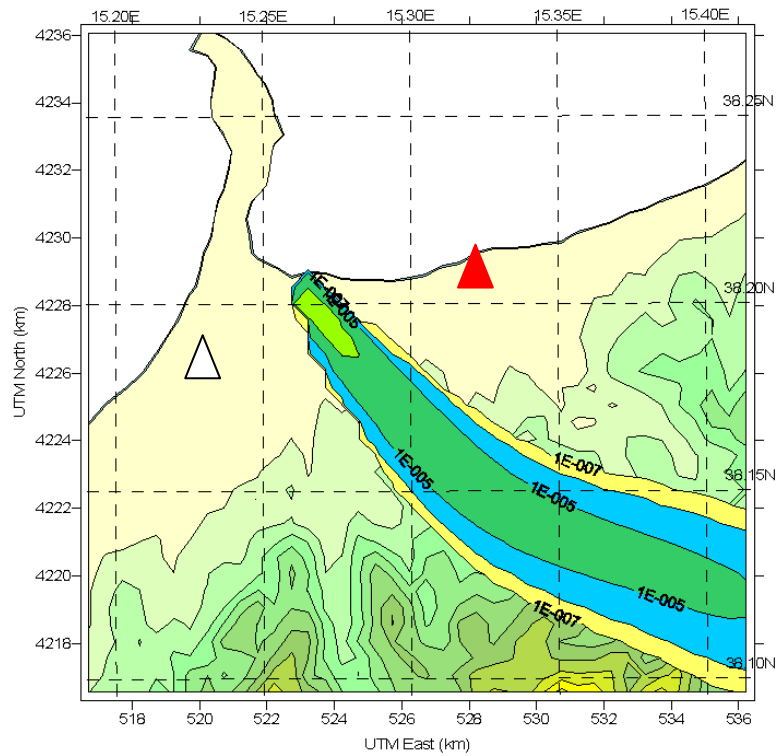


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: so2 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
07:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

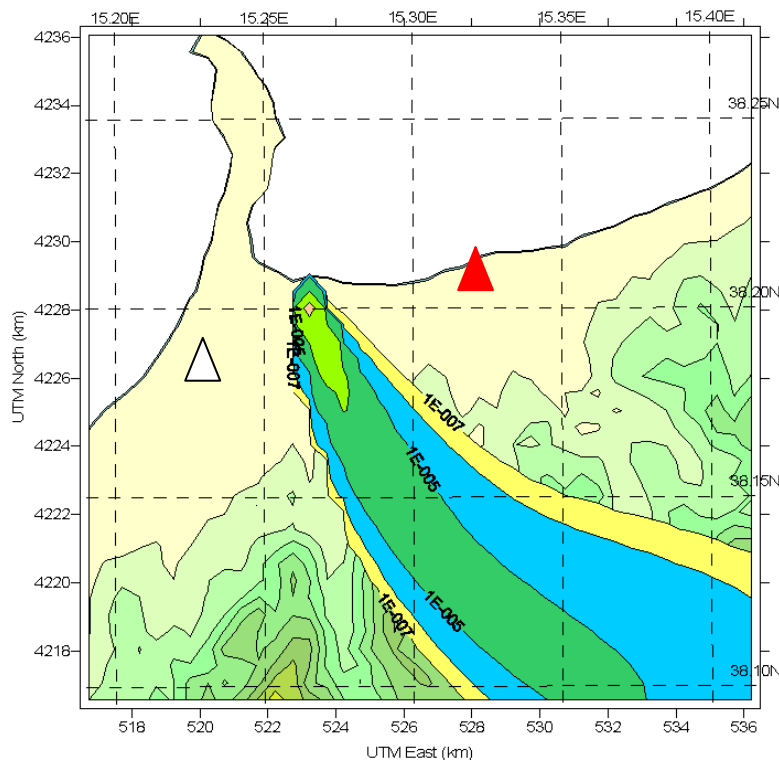


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: so2 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
08:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

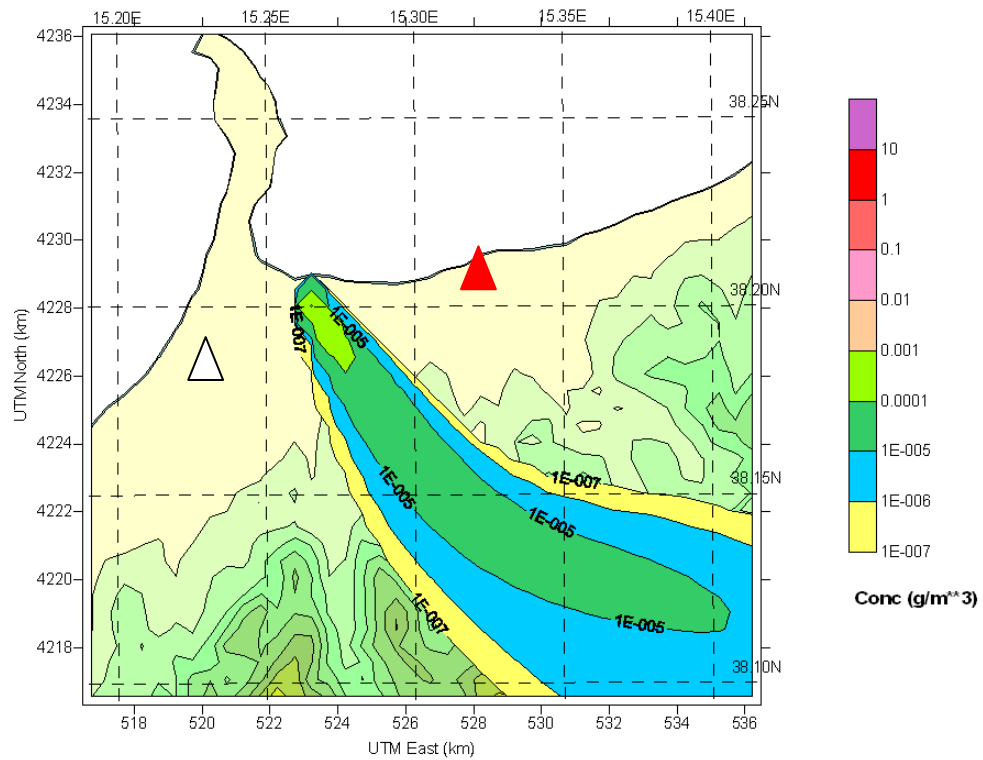


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: so2 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

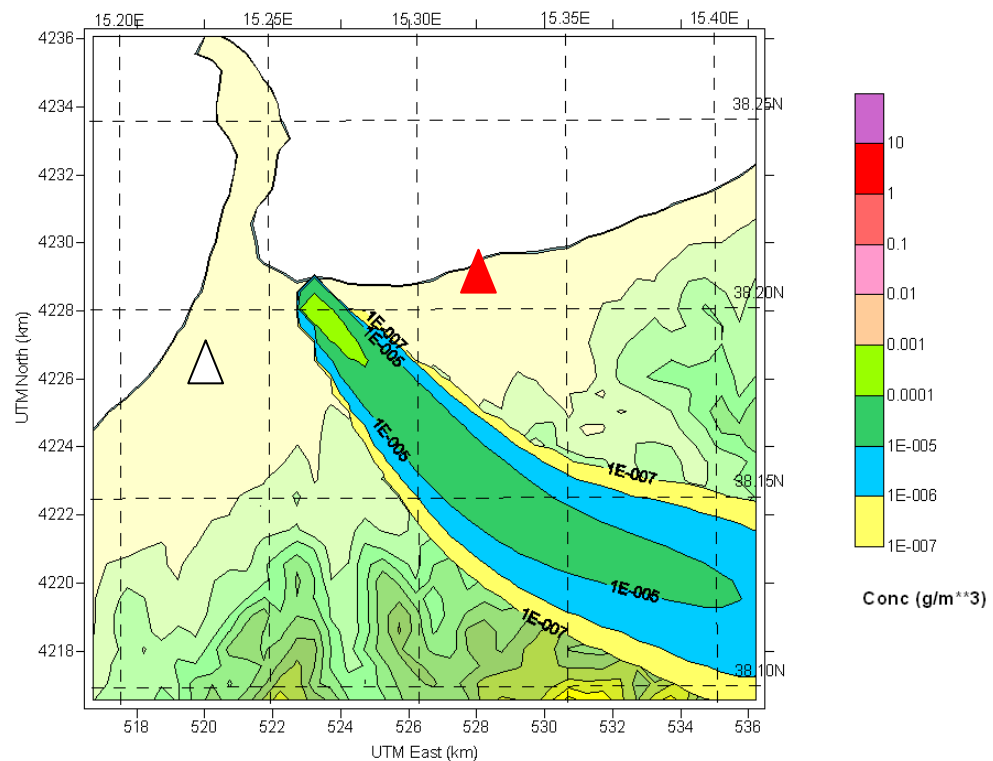


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: so2 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
10:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



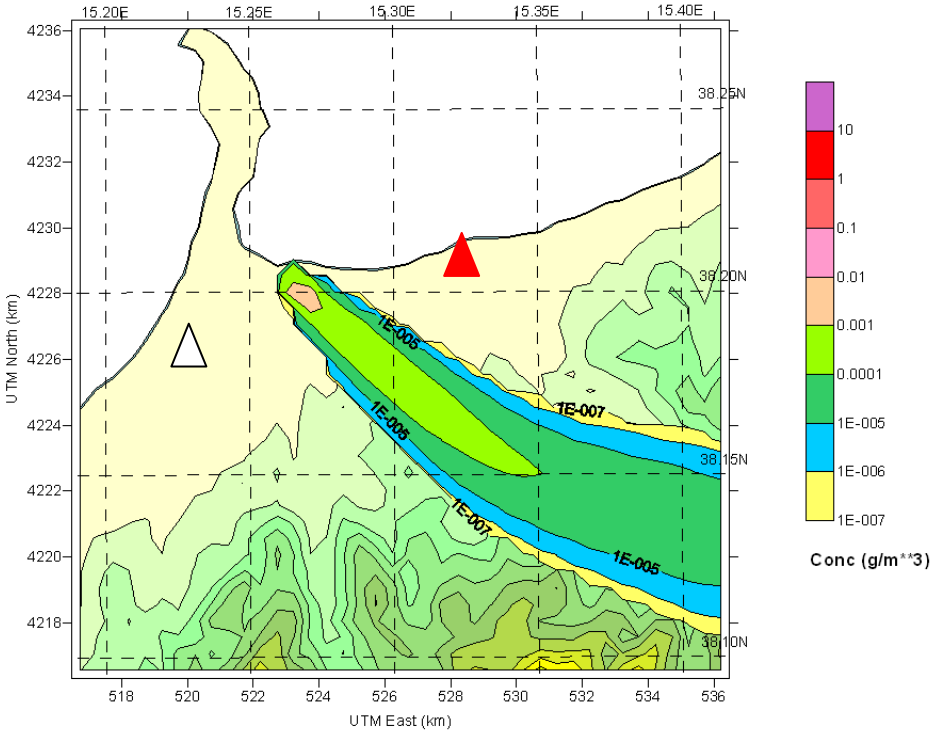
1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: so2 1 (24 hours/day processed)

MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE
INQUINANTE: NO2

Sep 27, 2014
01:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

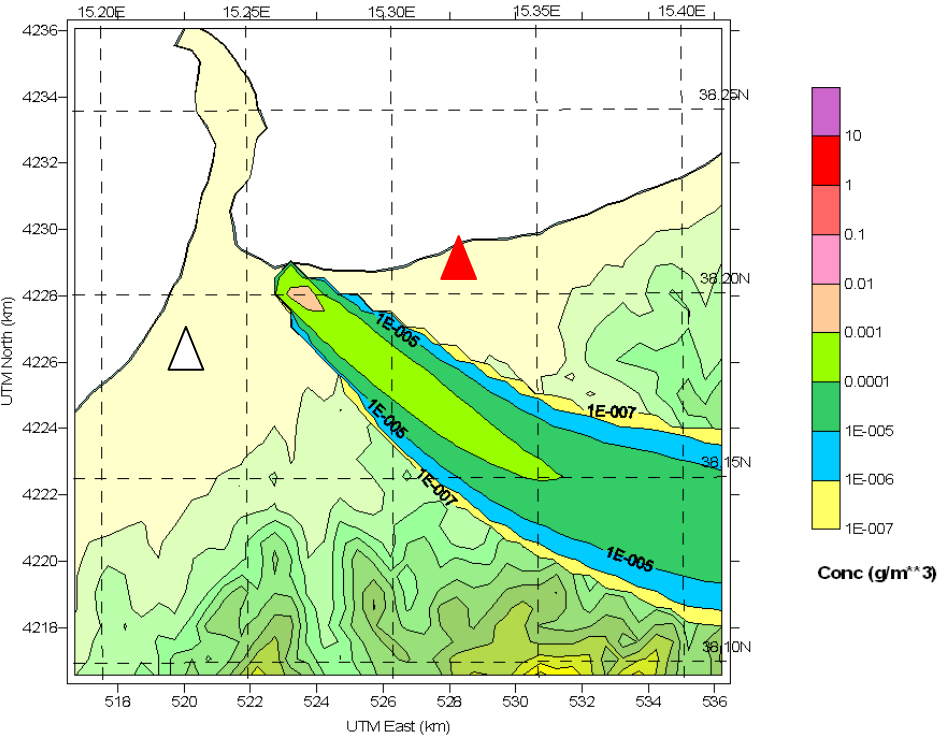


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: nox 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
02:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



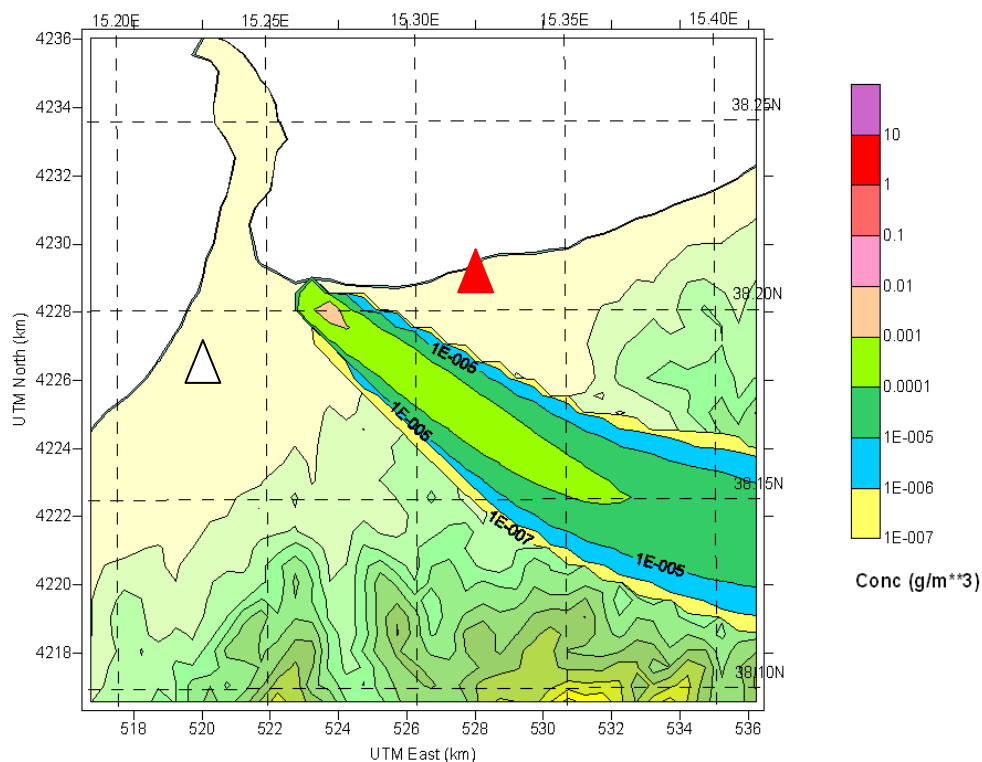
1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: nox 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
03:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: nox 1

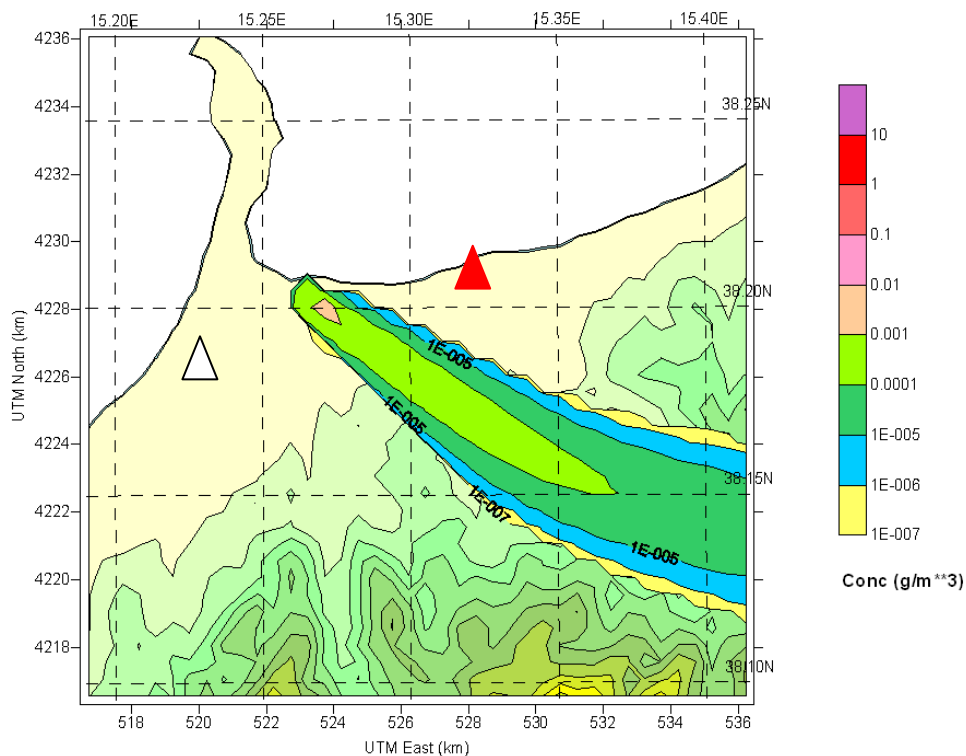
(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
04:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



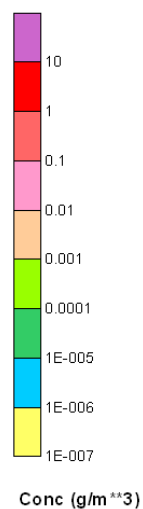
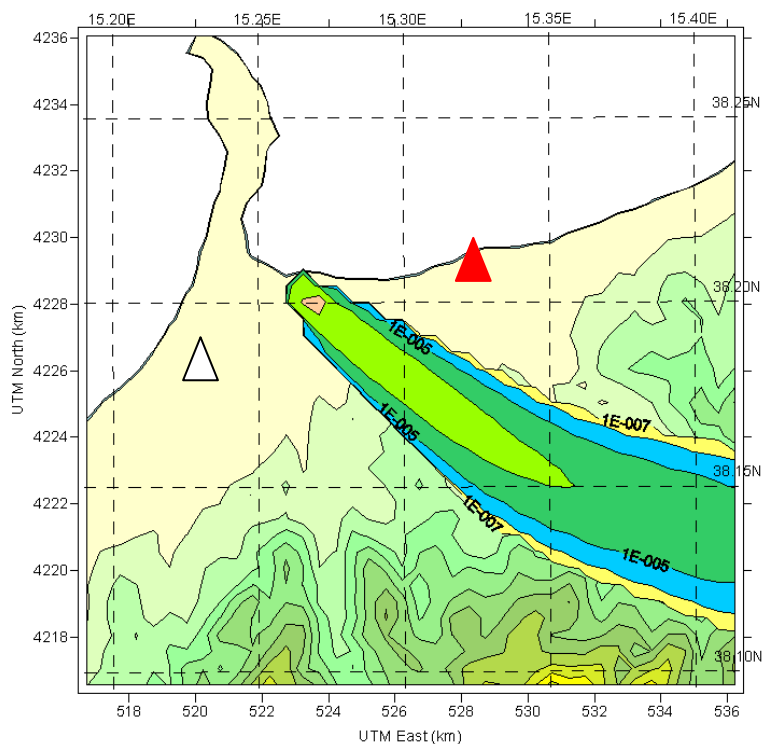
1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: nox 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
05:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

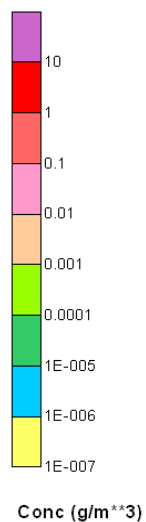
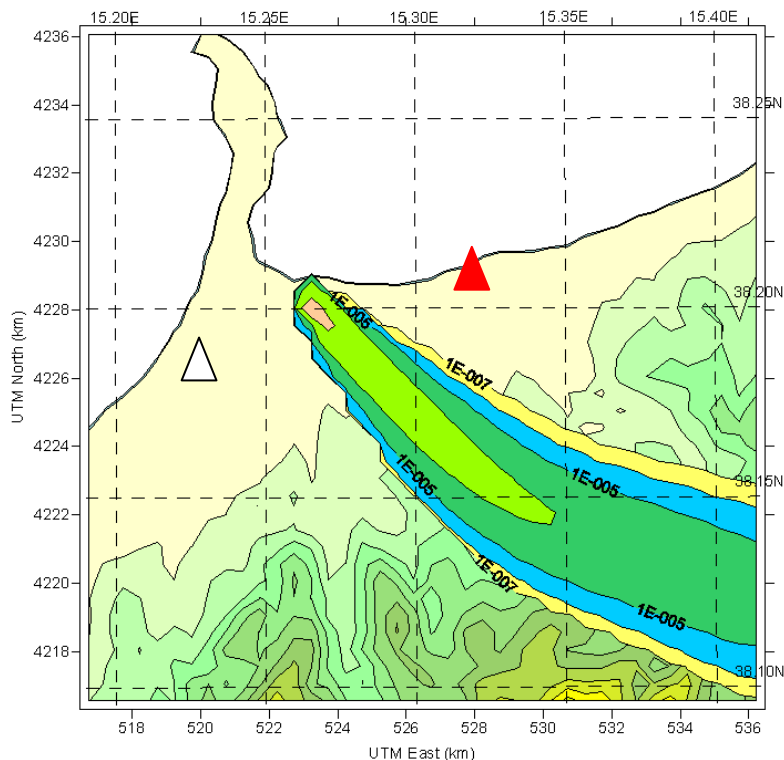
CONC Parameters: nox 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

CONC Parameters: nox 1

(24 hours/day processed)

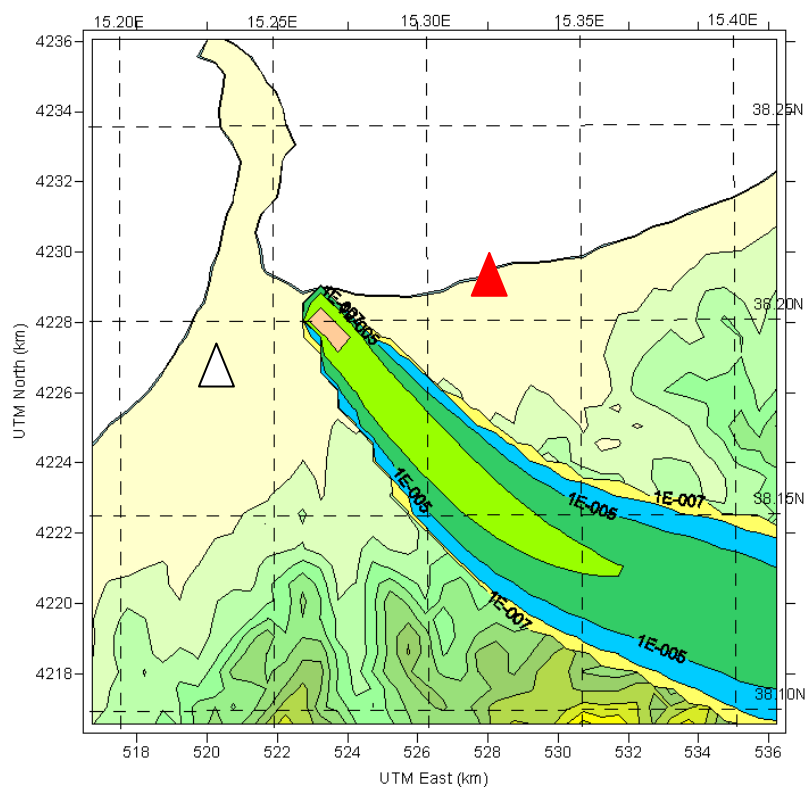
Sep 27, 2014
07:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: nox 1

(24 hours/day processed)

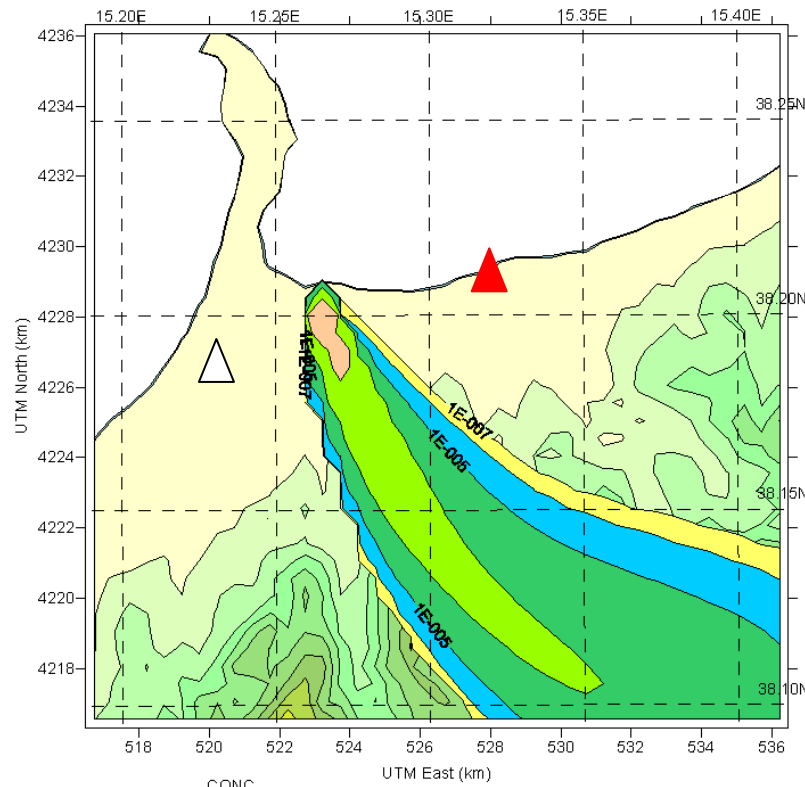
Sep 27, 2014
08:00 LST(UTC+0100)

UTM Zone: 33

Hemisphere: N

Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: nox 1

(24 hours/day processed)

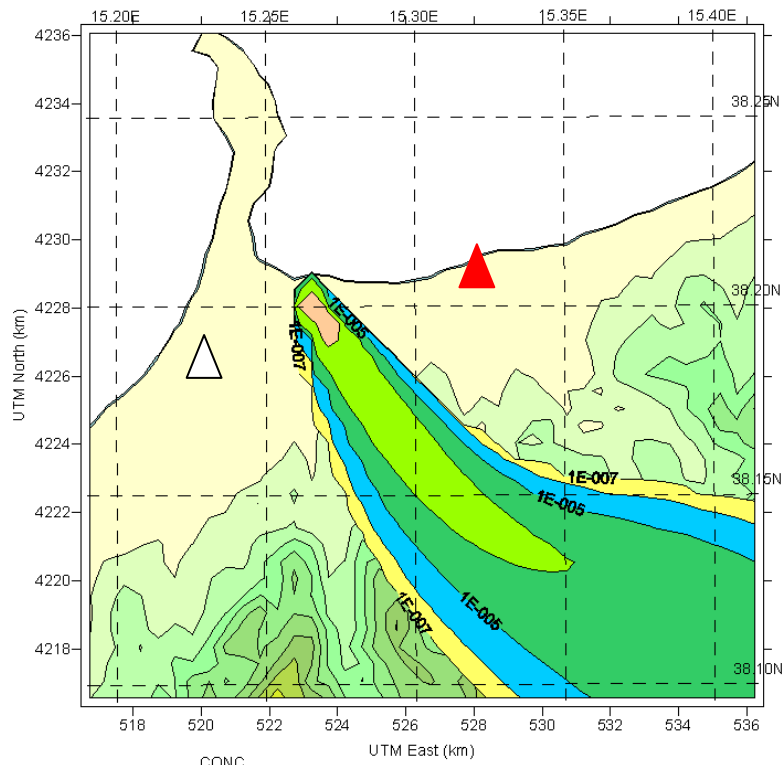
Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

CONC Parameters: nox 1

(24 hours/day processed)

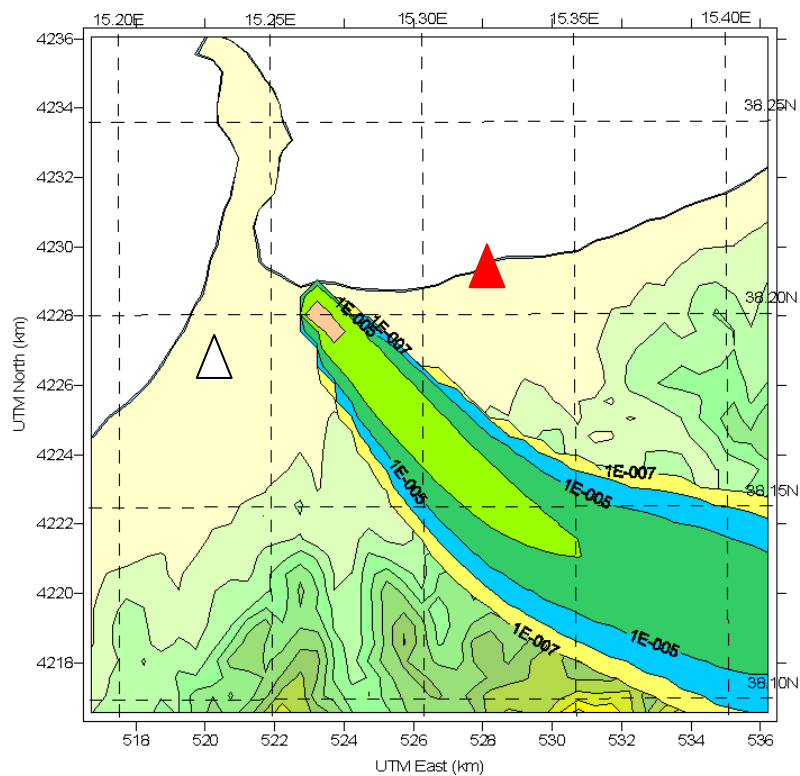
Sep 27, 2014
10:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

CONC Parameters: nox 1

(24 hours/day processed)

MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

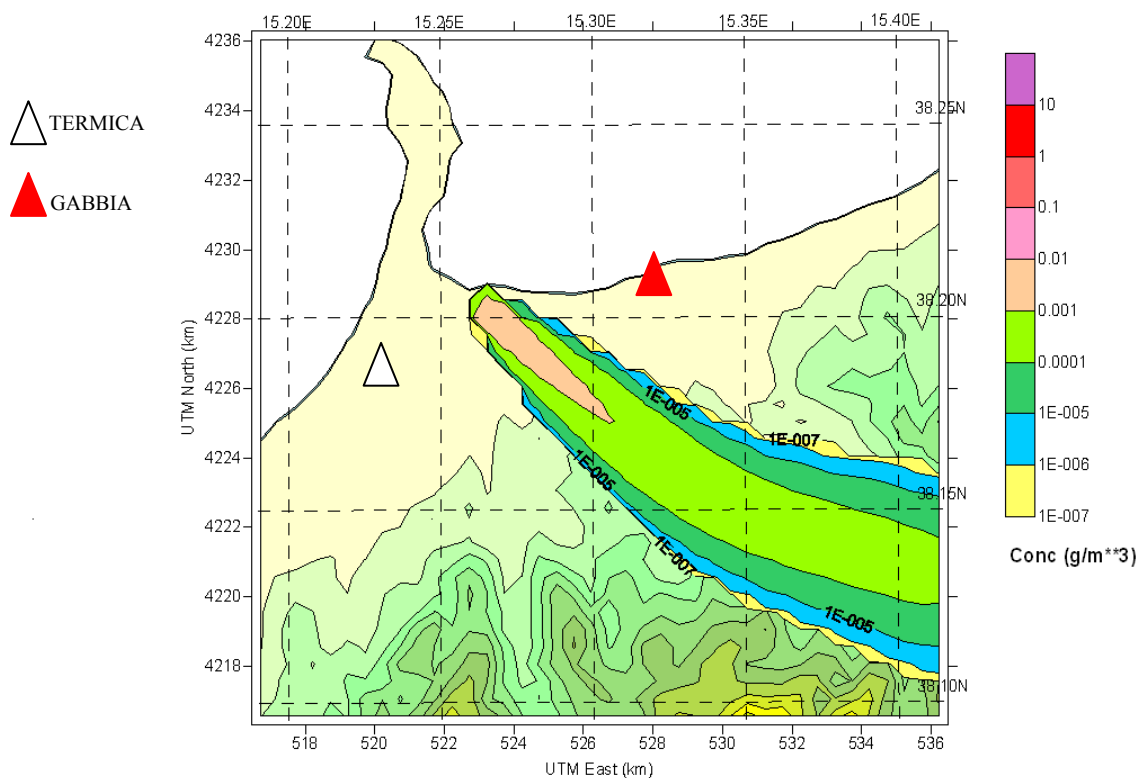
INQUINANTE: POLVERI CARBONIOSE

Sep 27, 2014
01:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

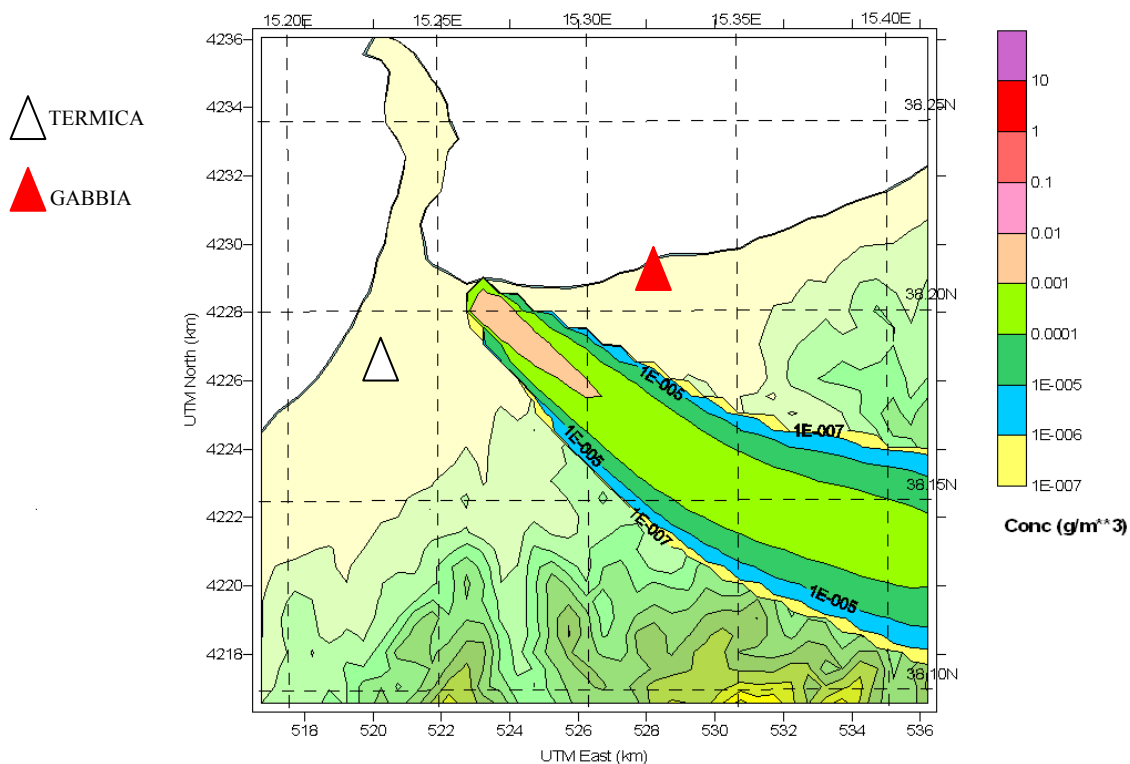


Sep 27, 2014
02:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

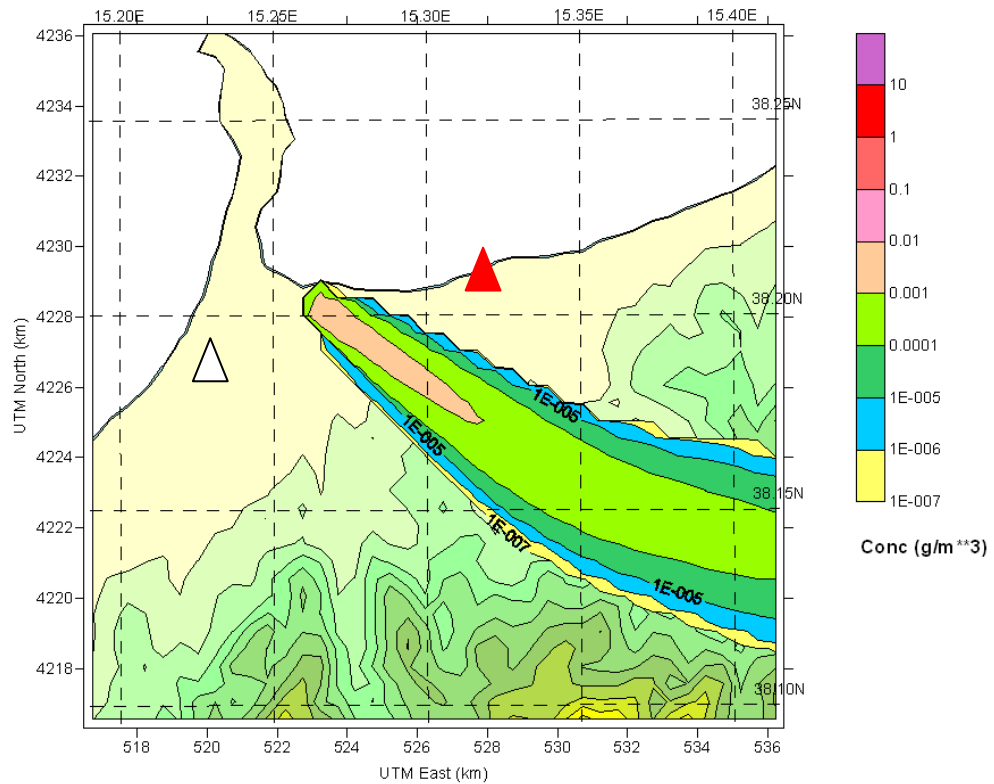
Datum: WGS-84



Sep 27, 2014
03:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

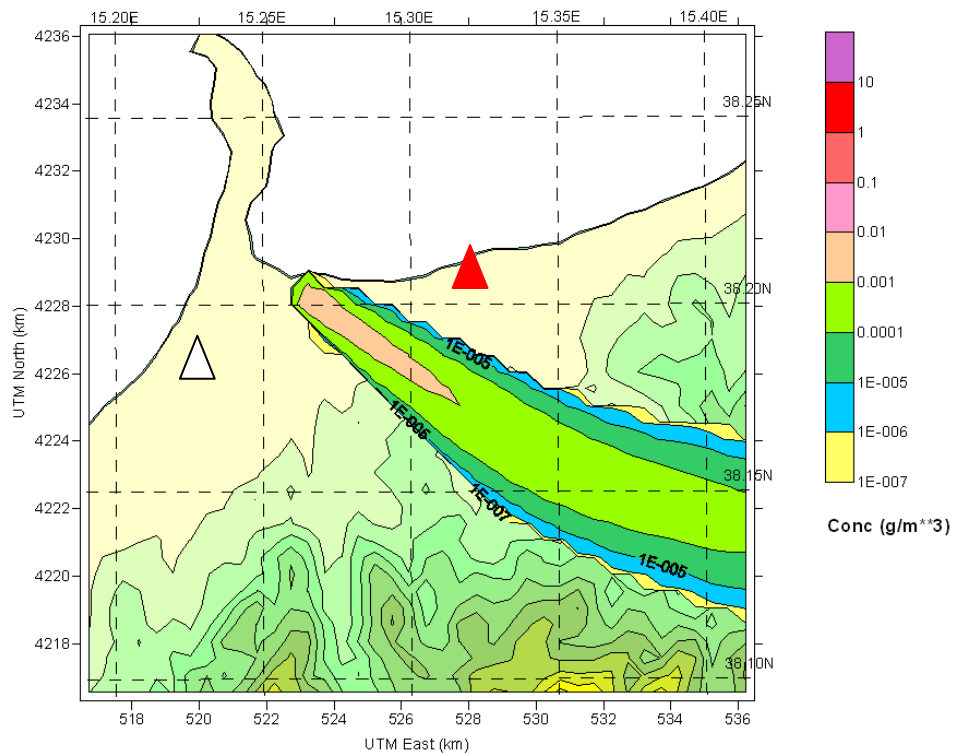
△ TERMICA
▲ GABBIA



Sep 27, 2014
04:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



Sep 27, 2014
05:00 LST(UTC+0100)

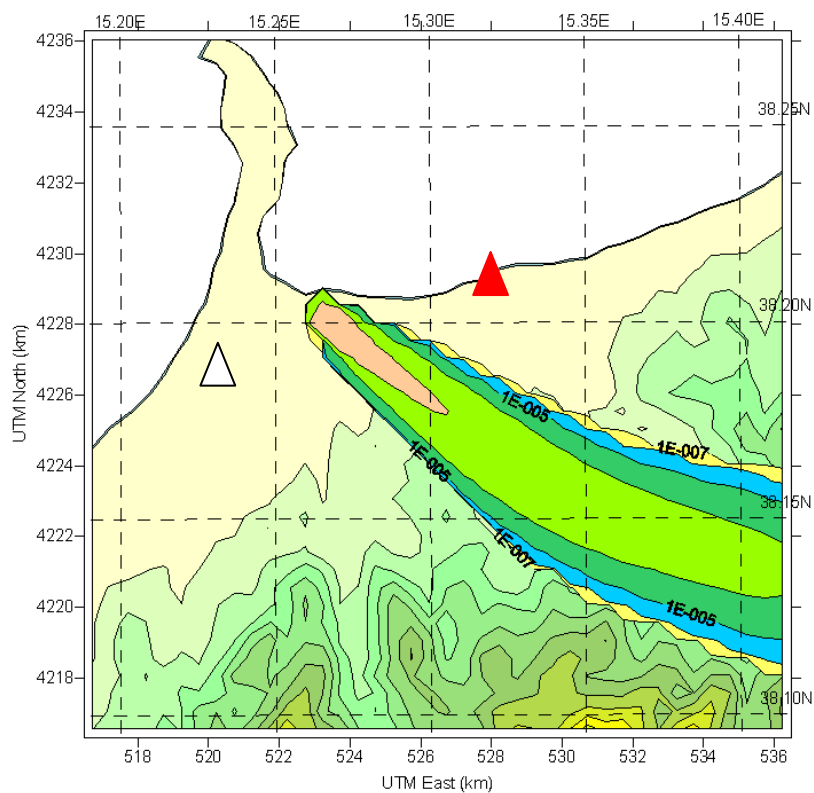
Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

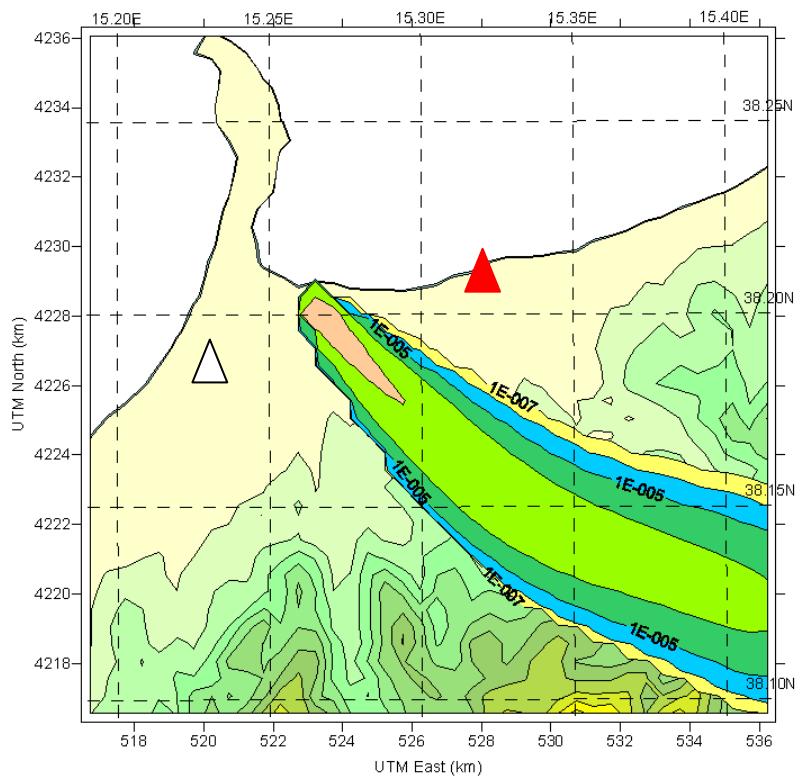
Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



Sep 27, 2014
07:00 LST(UTC+0100)

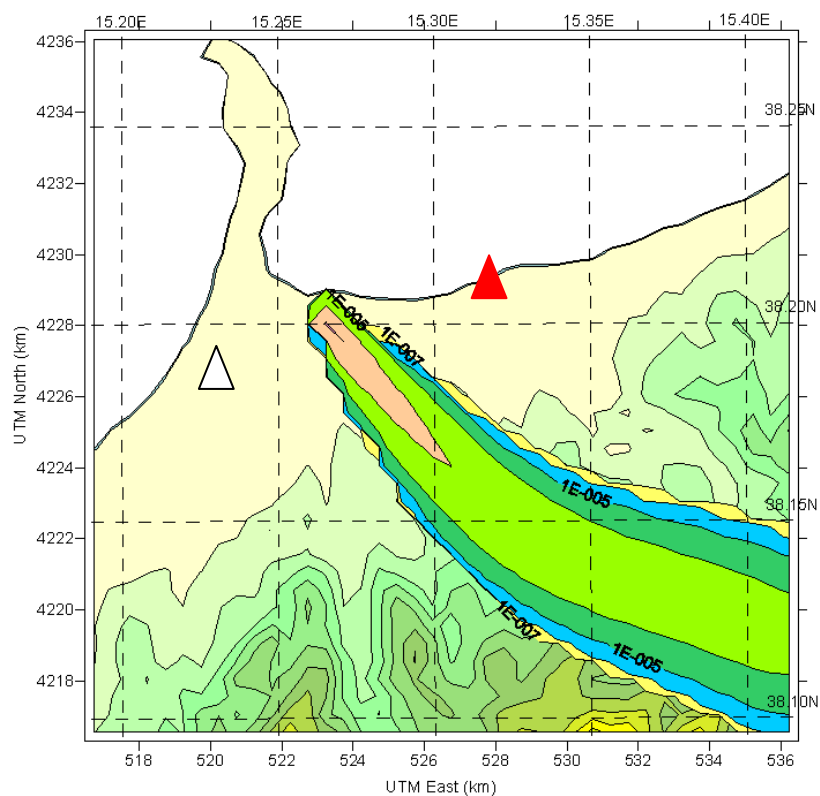
Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



Sep 27, 2014
08:00 LST(UTC+0100)

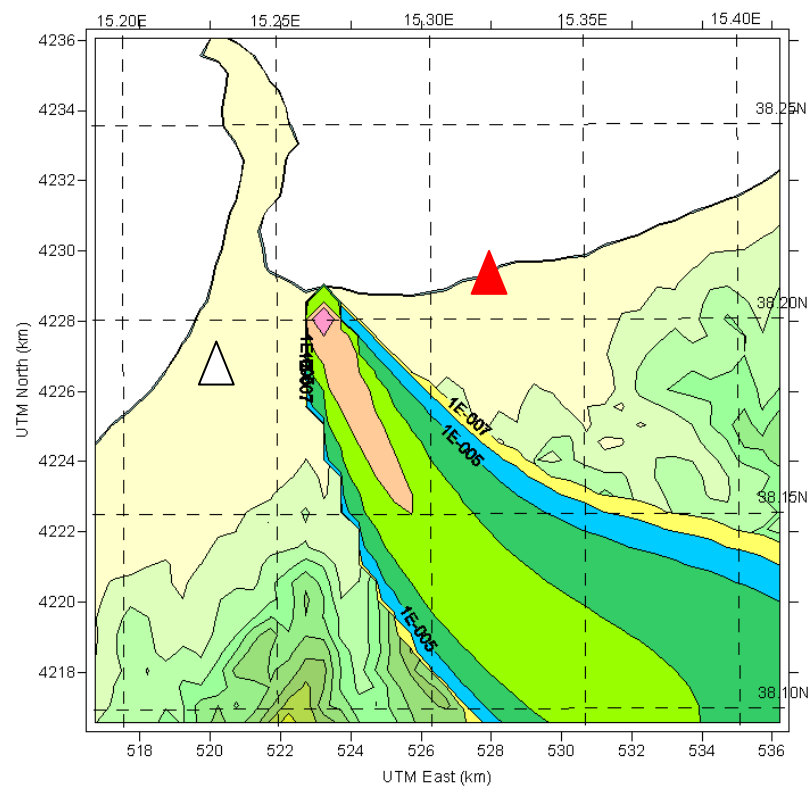
Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

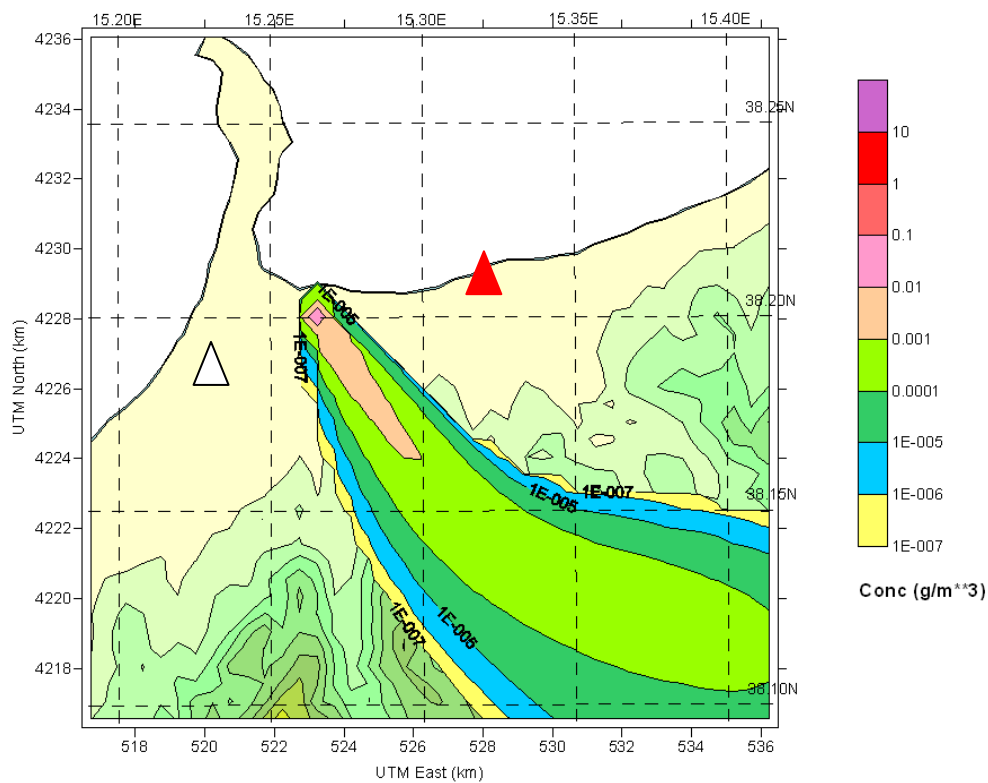
Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

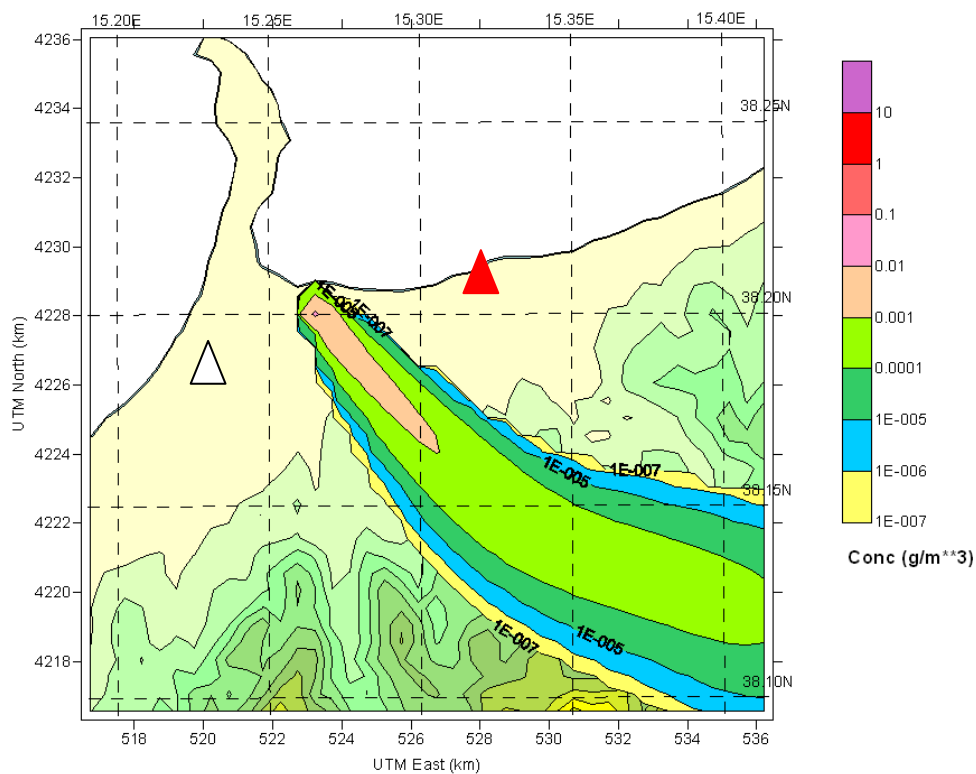
Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



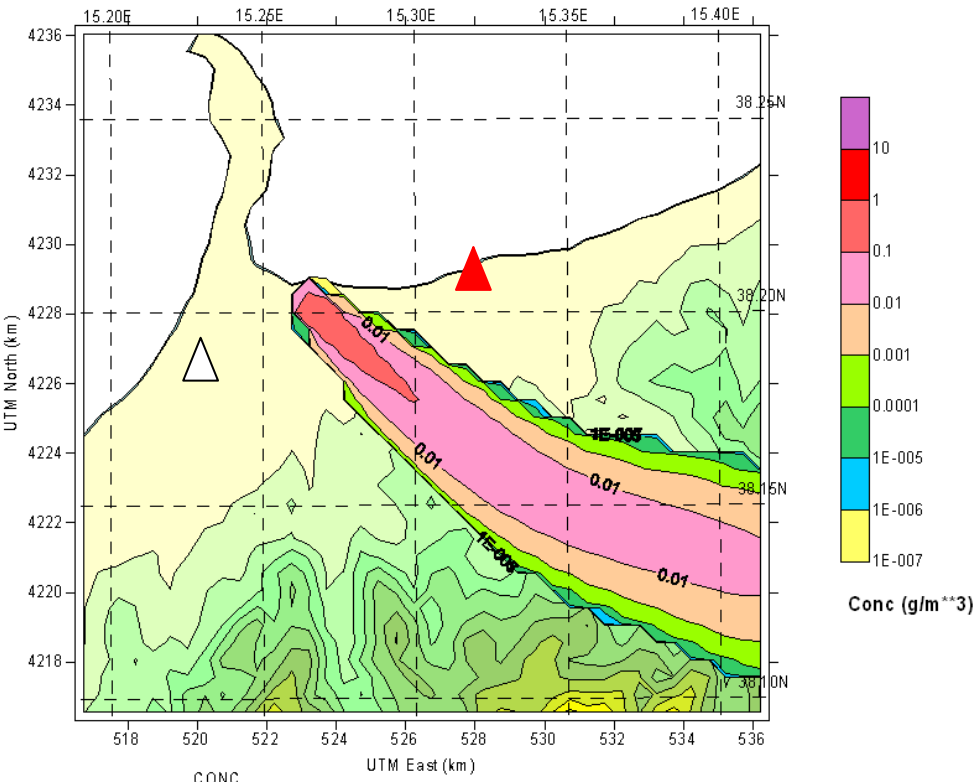
MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

MASSA DIFFUSA: H₂O

Sep 27, 2014
01:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

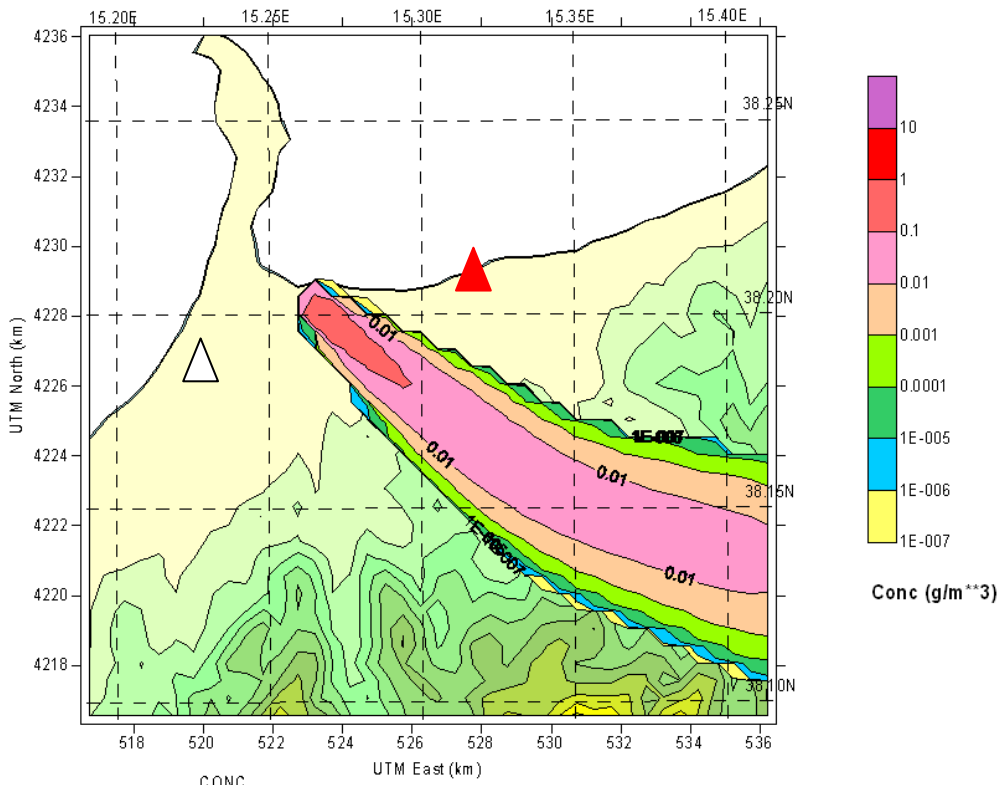


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: h2o 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
02:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

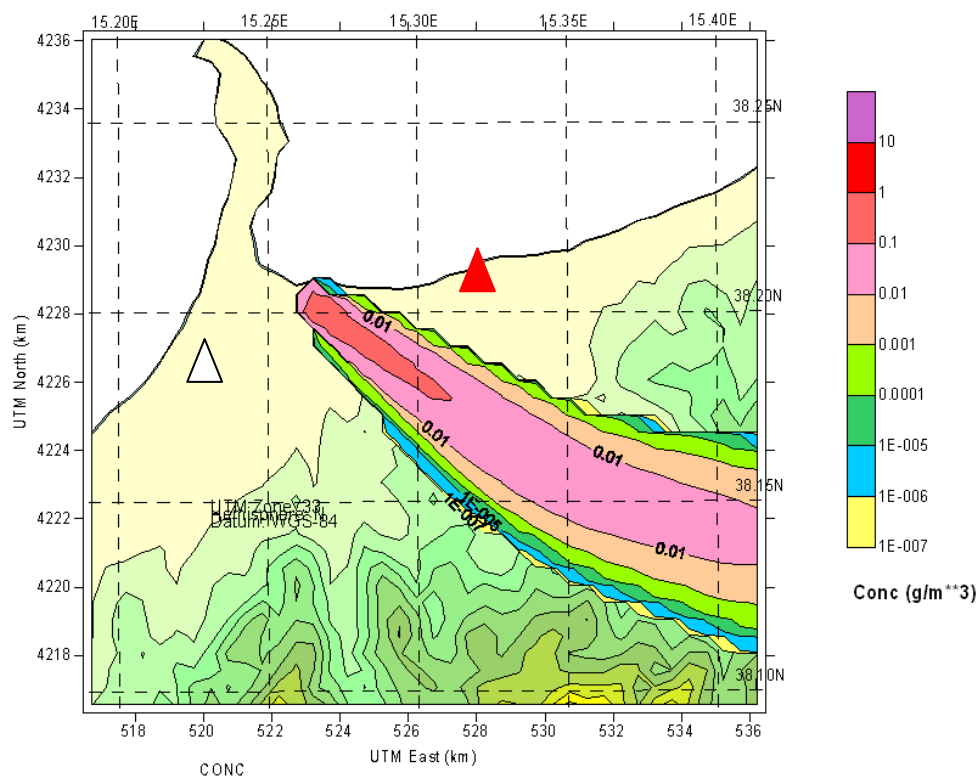
△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: h2o 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
03:00 LST(UTC+0100)

△ TERMICA
▲ GABBIA

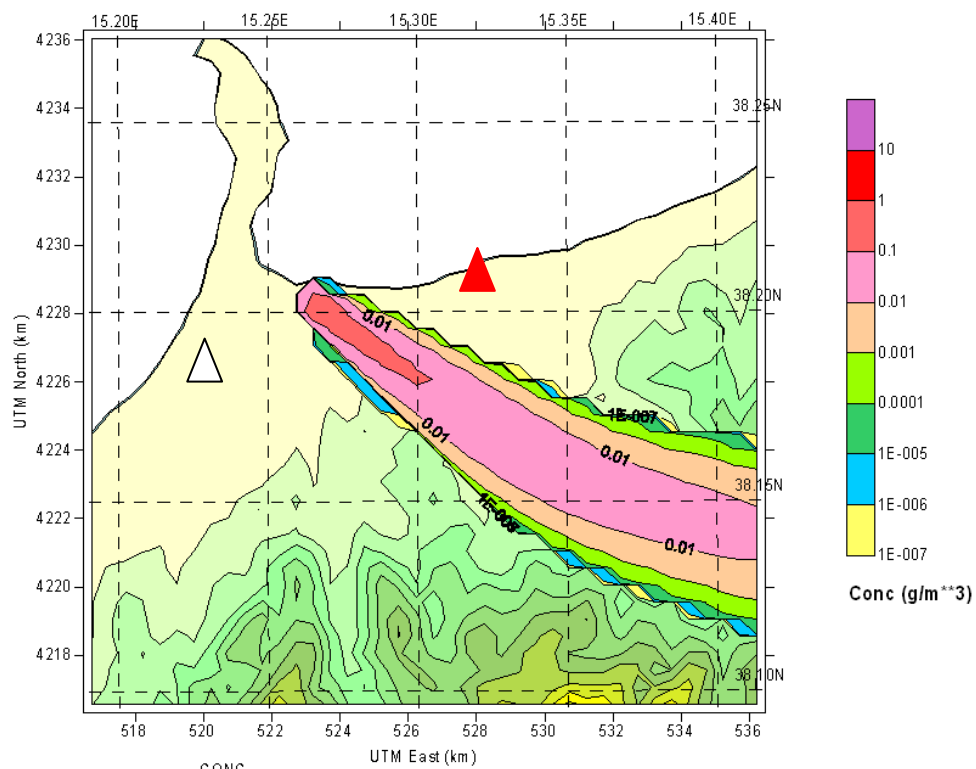


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: h2o 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
04:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: h2o 1 (24 hours/day processed)

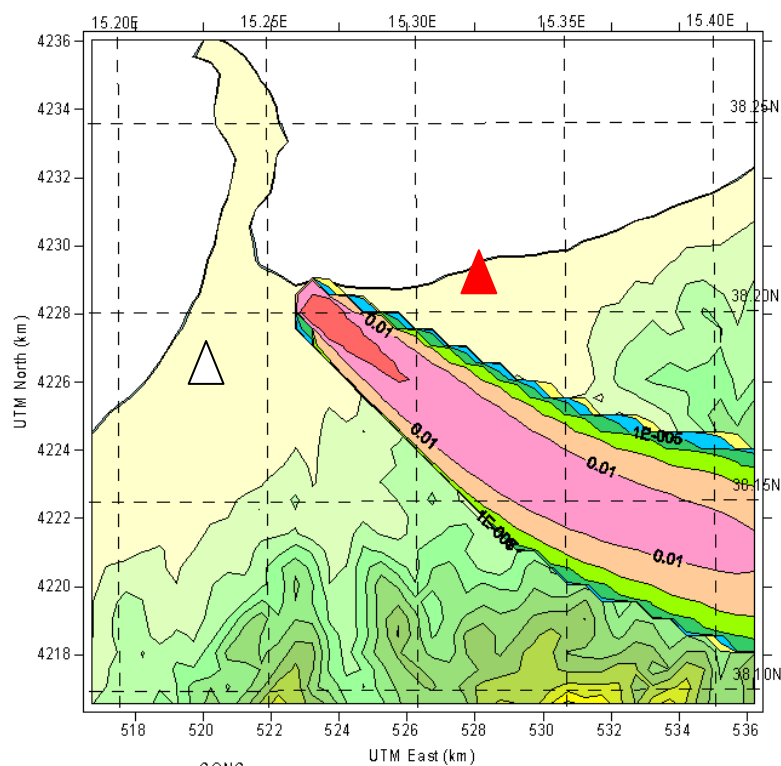
Sep 27, 2014
05:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

CONC Parameters: h2o 1

(24 hours/day processed)

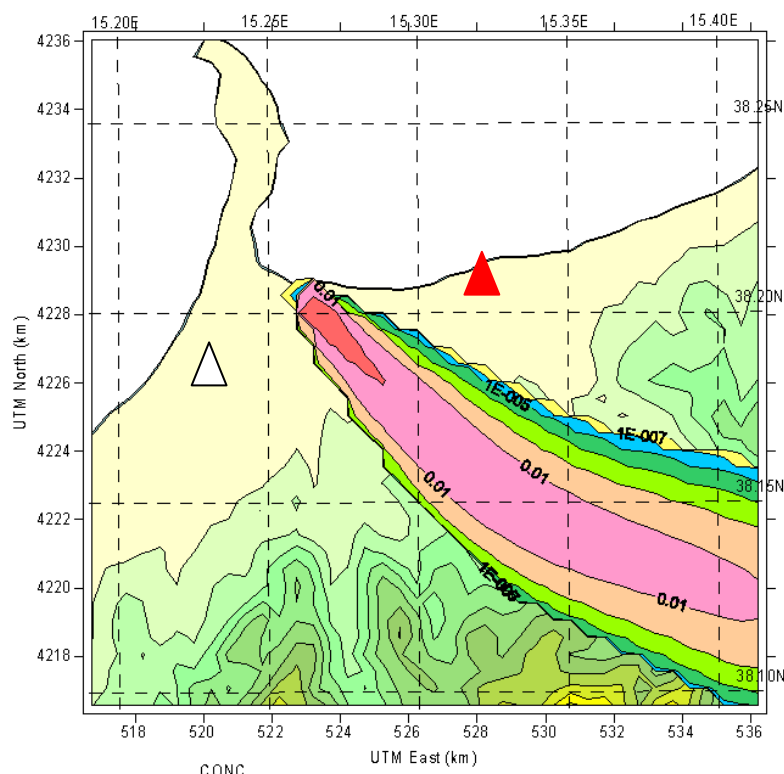
Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

CONC Parameters: h2o 1

(24 hours/day processed)

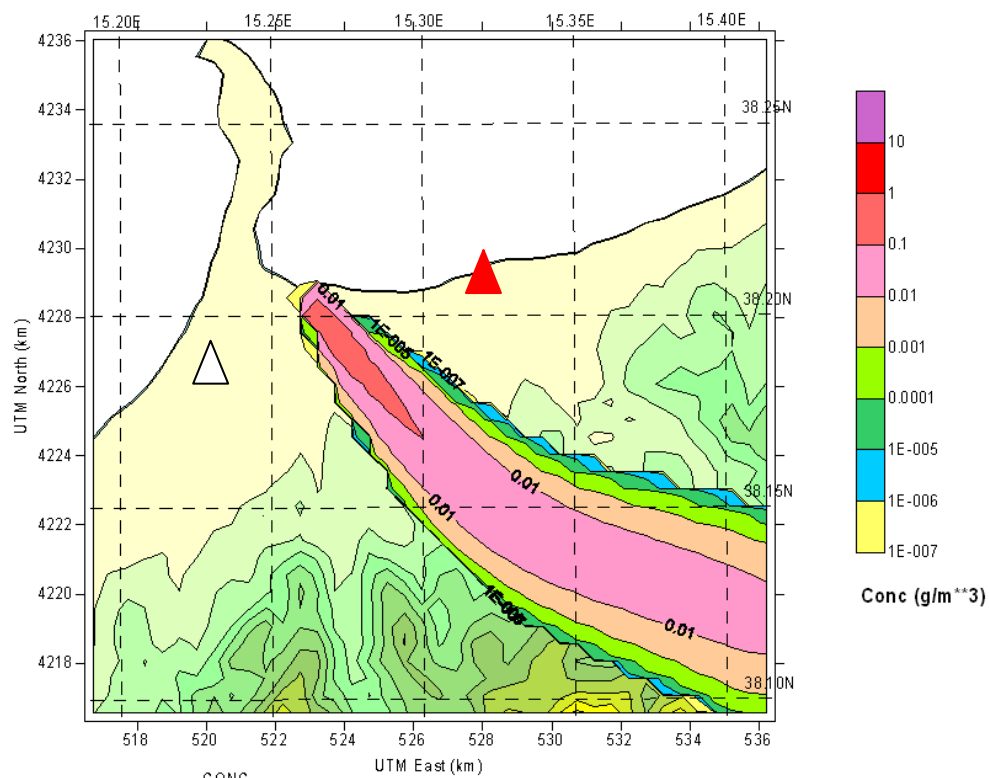
Sep 27, 2014
07:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

CONC Parameters: h2o 1

(24 hours/day processed)

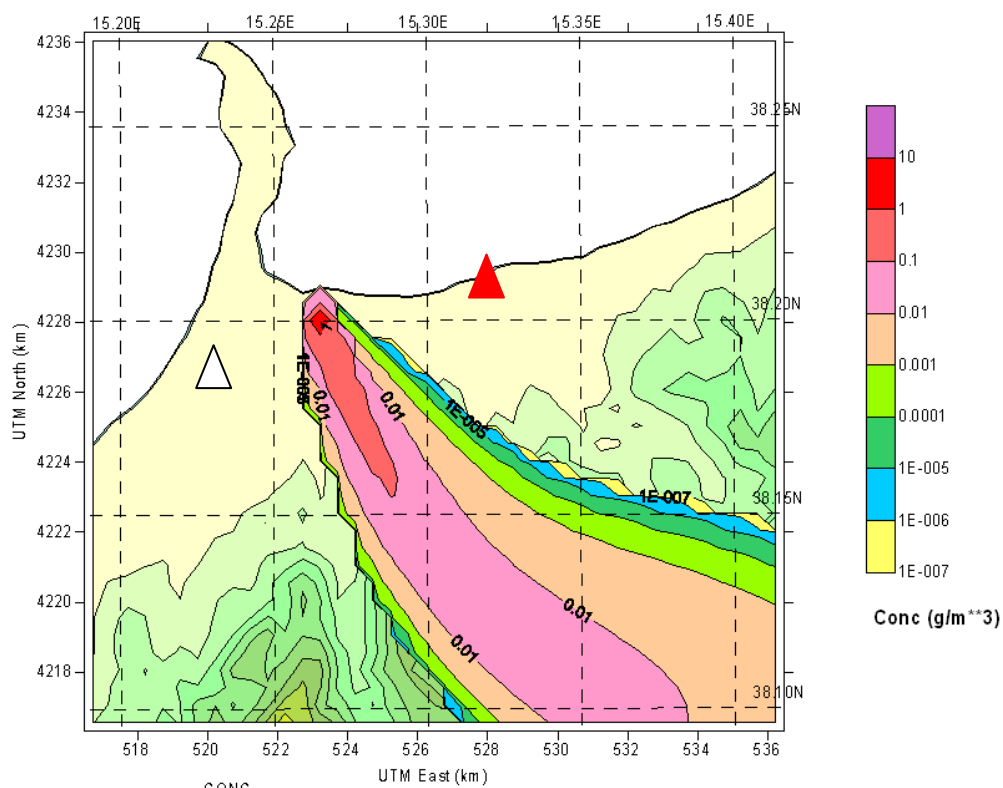
Sep 27, 2014
08:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

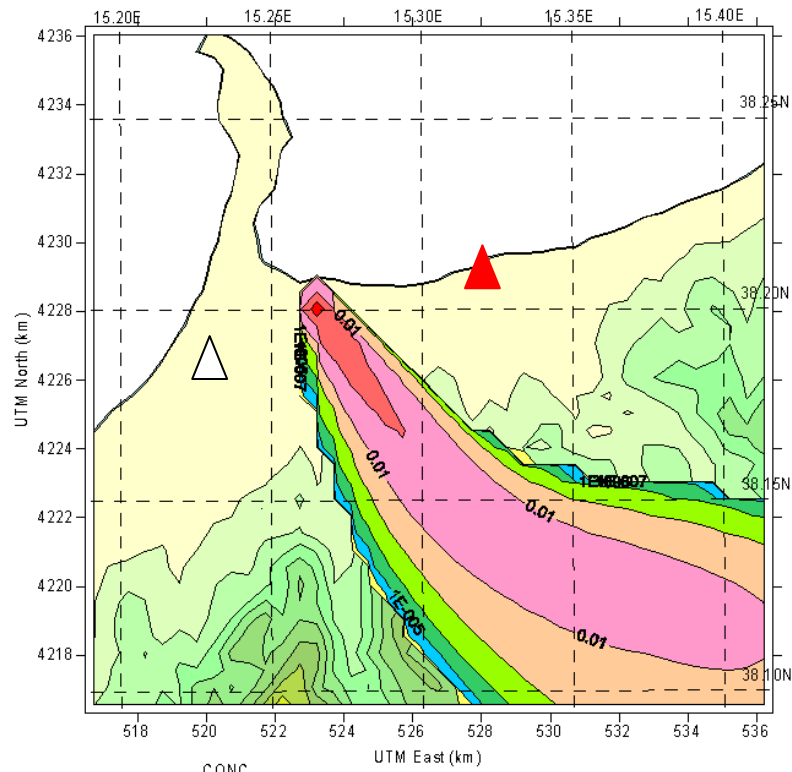
CONC Parameters: h2o 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

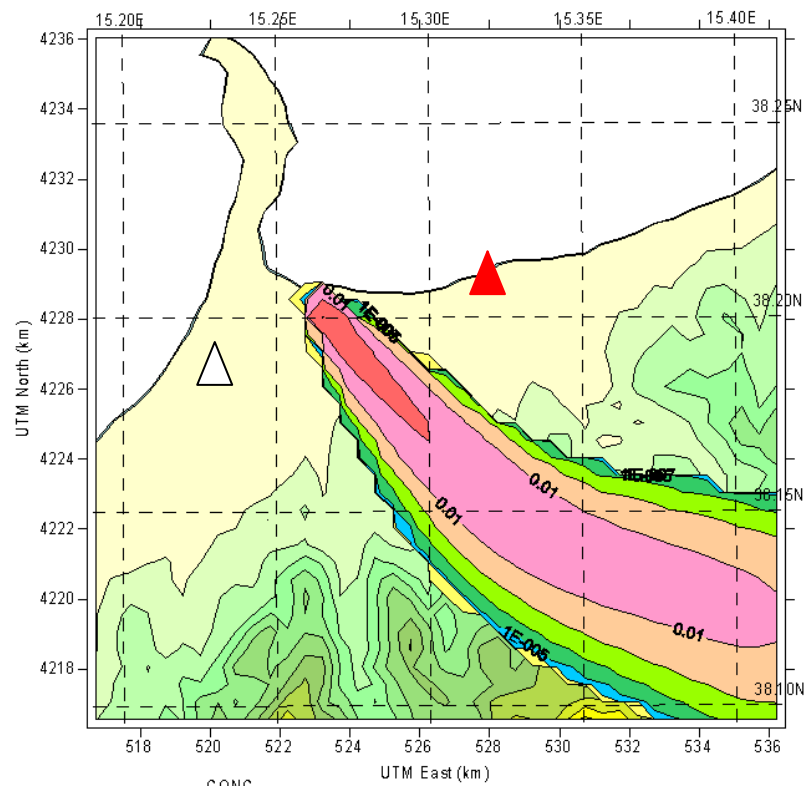
CONC Parameters: h2o 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
10:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

CONC Parameters: h2o 1

(24 hours/day processed)

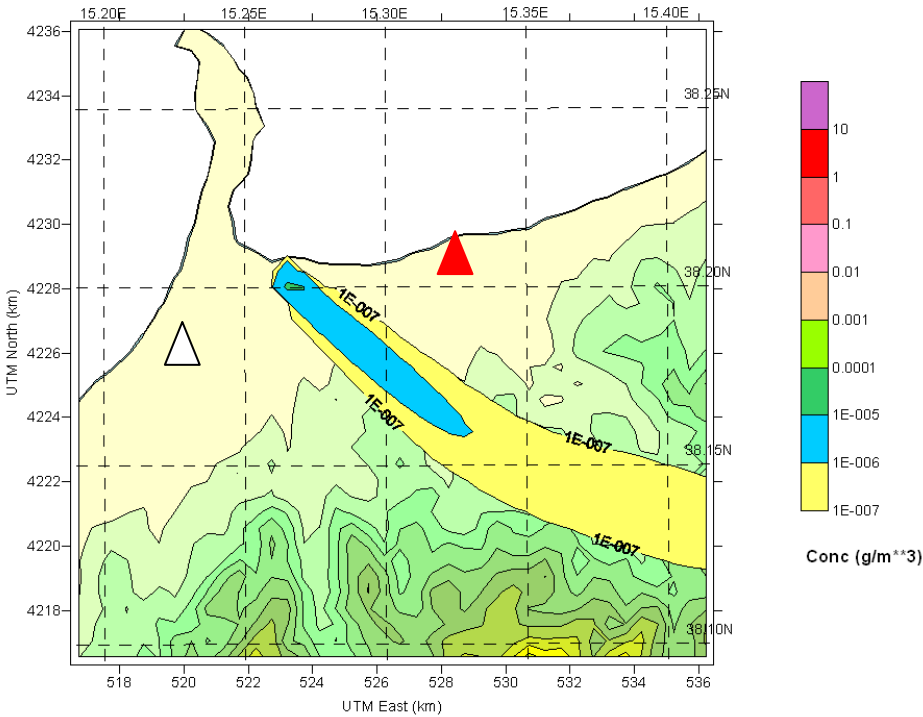
MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

INQUINANTE: BENZENE

Sep 27, 2014
01:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

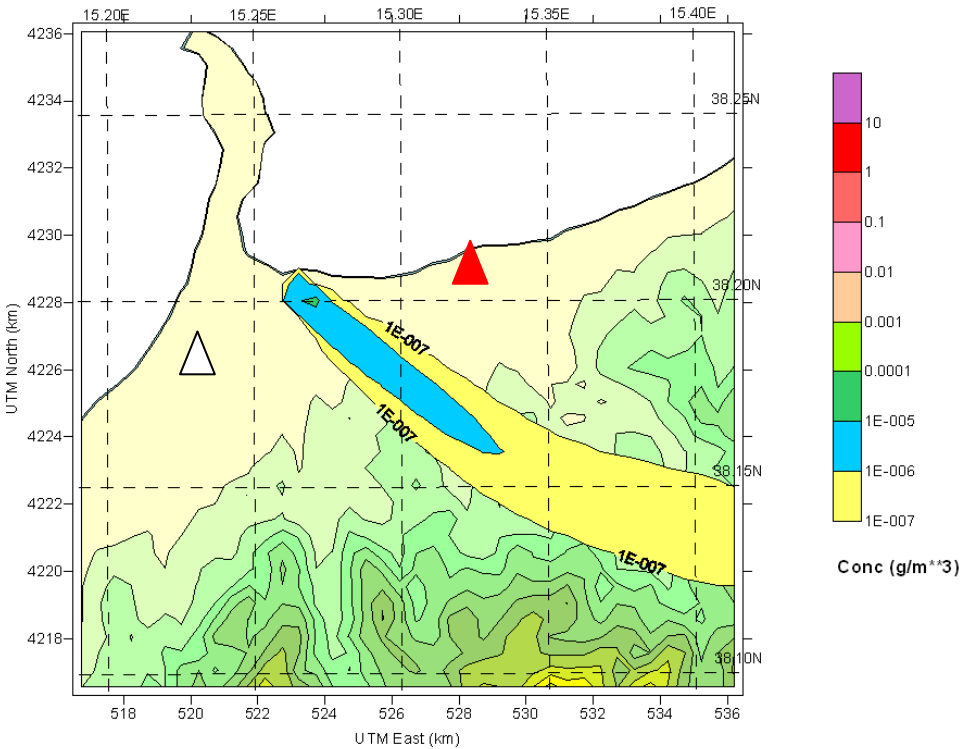
△ TERMICA
▲ GABBIA



Sep 27, 2014
02:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

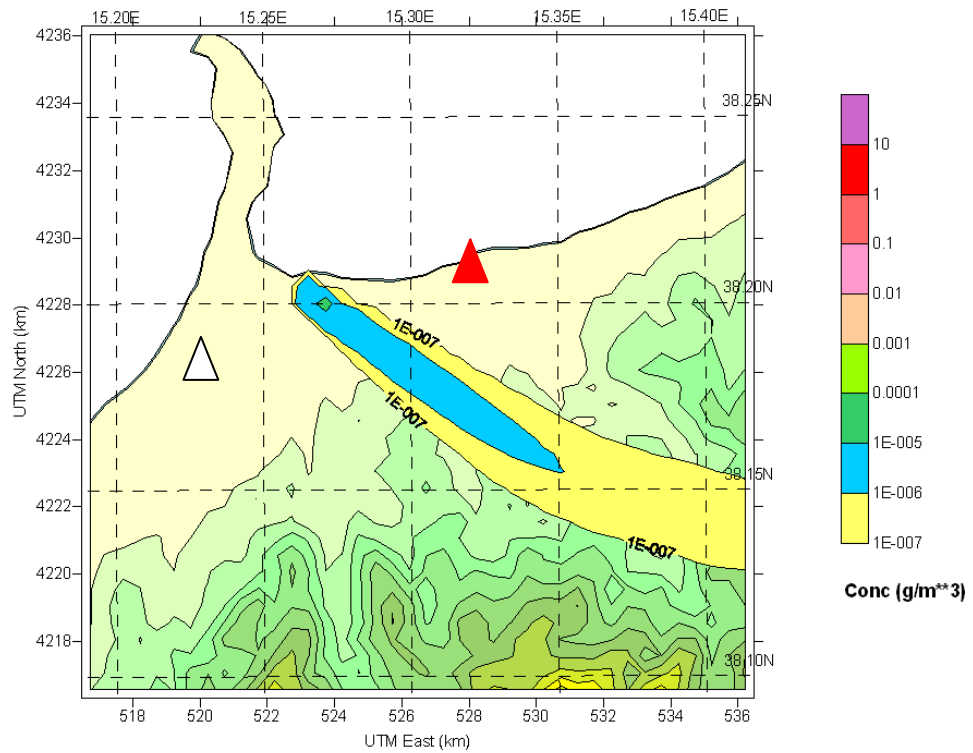
△ TERMICA
▲ GABBIA



Sep 27, 2014
03:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

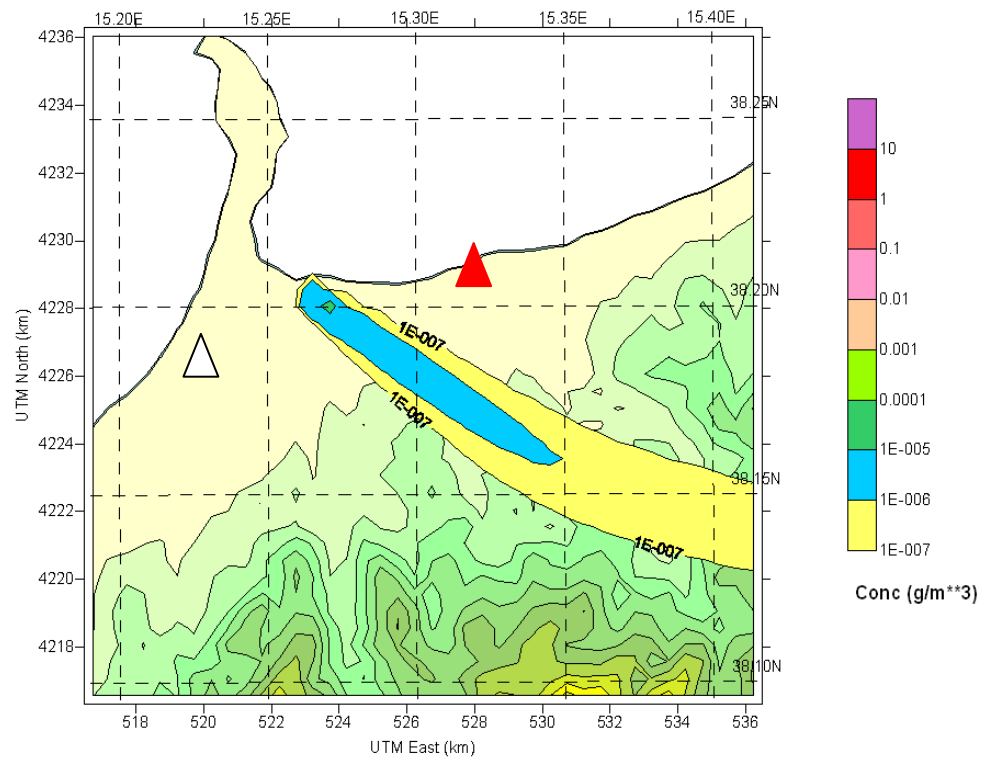
△ TERMICA
▲ GABBIA



Sep 27, 2014
04:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



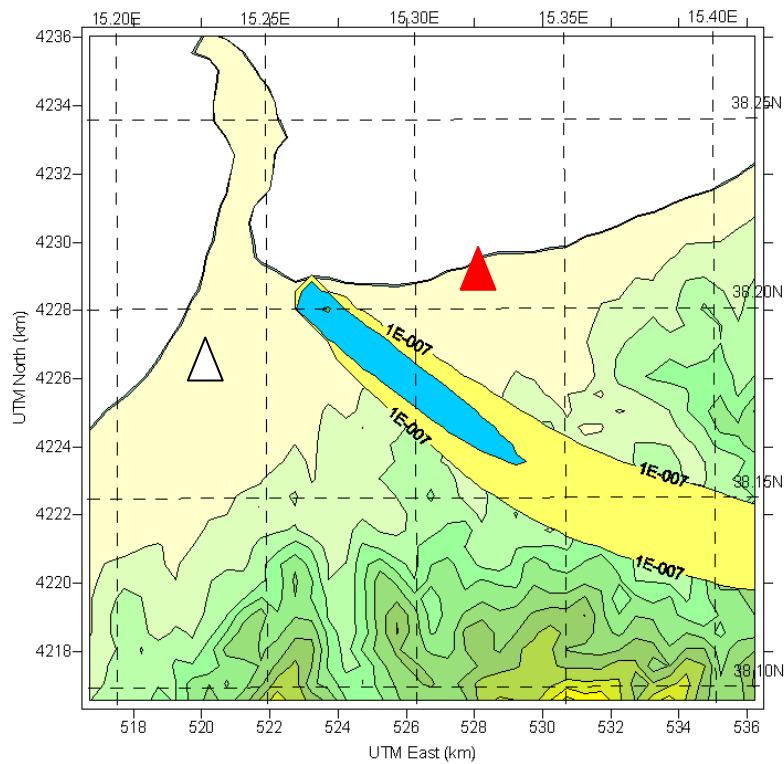
Sep 27, 2014
05:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



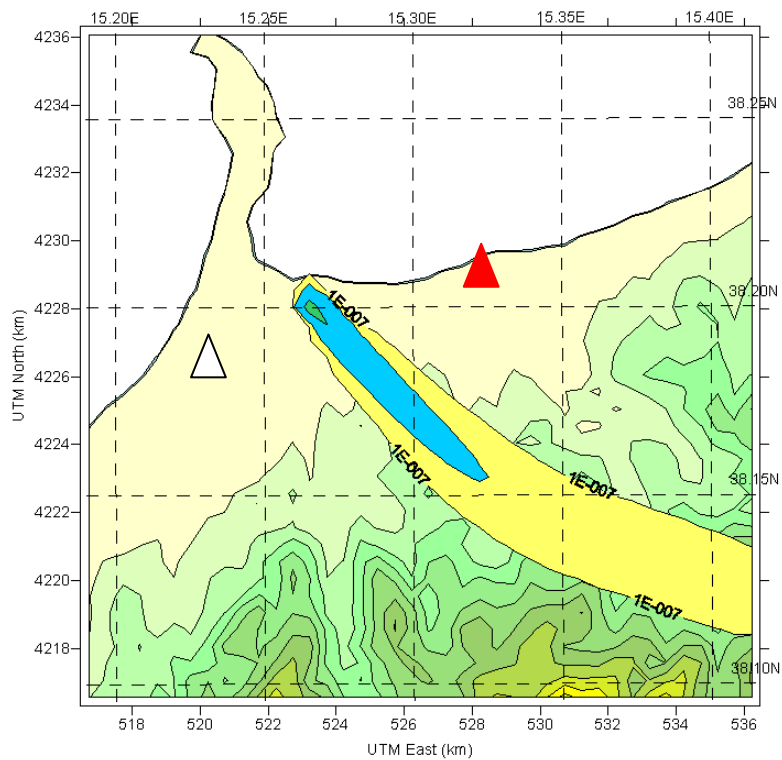
Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

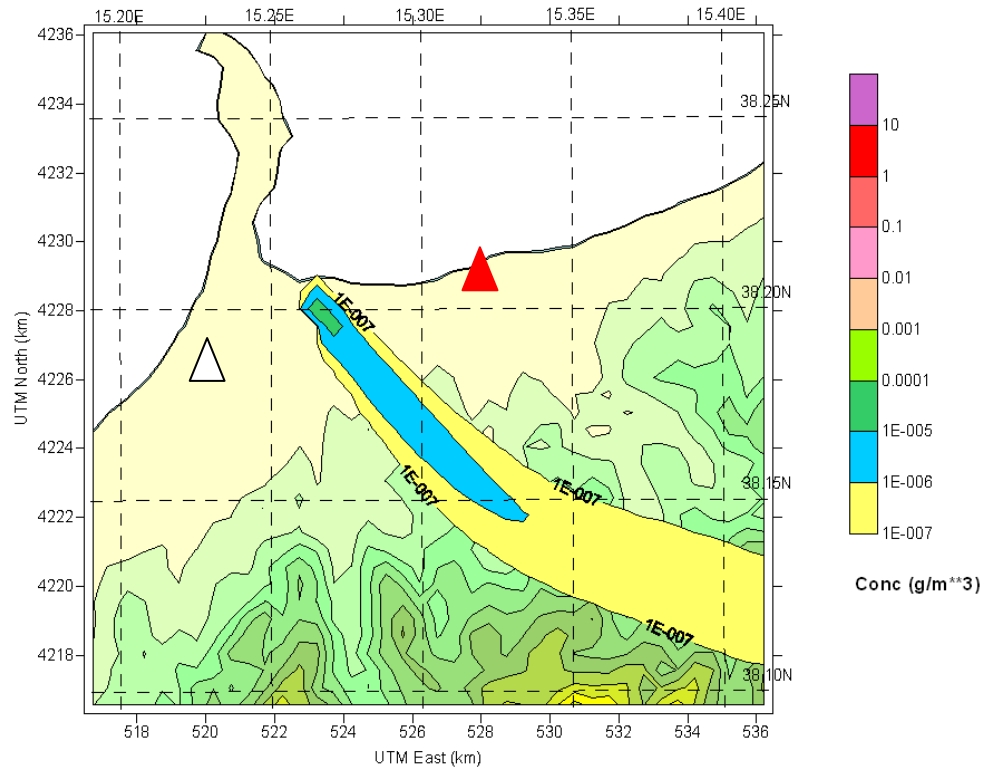
△ TERMICA
▲ GABBIA



Sep 27, 2014
07:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

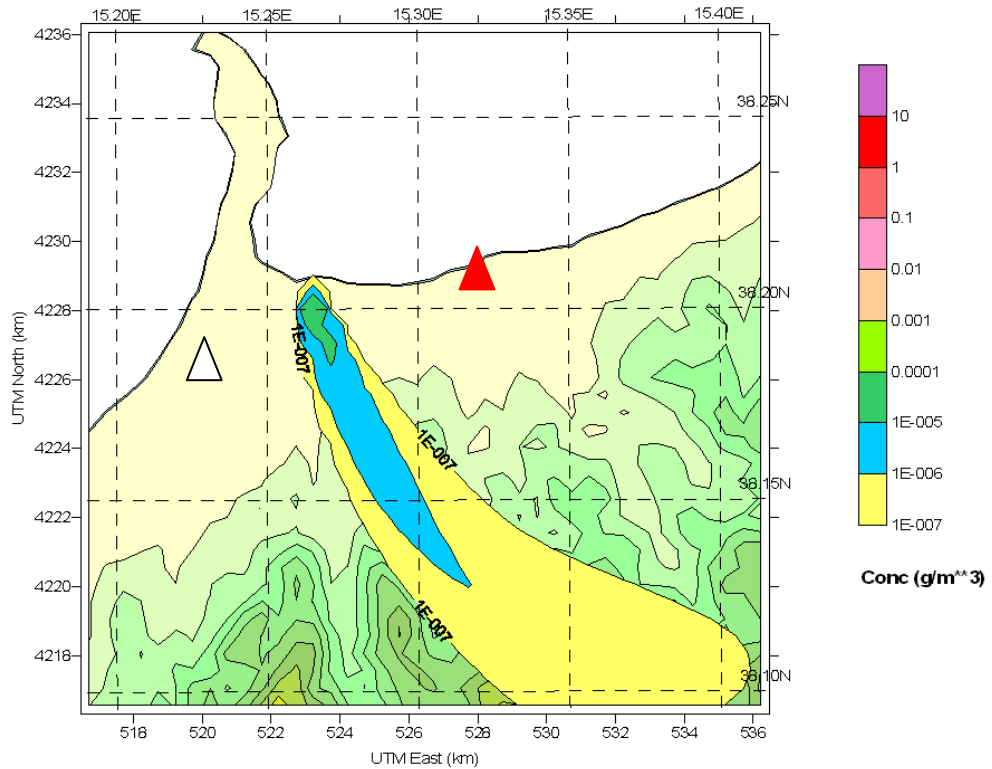
△ TERMICA
▲ GABBIA



Sep 27, 2014
08:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

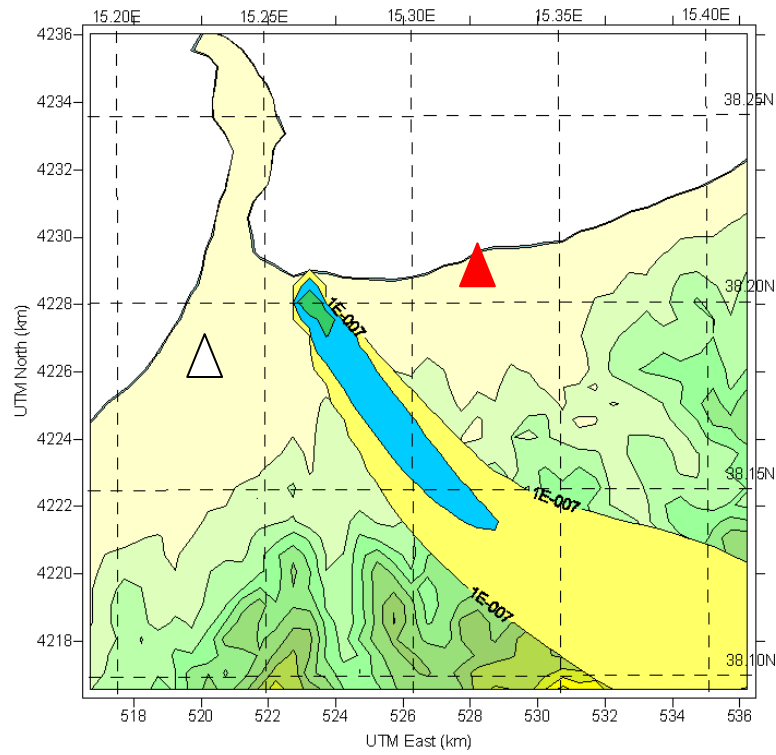
△ TERMICA
▲ GABBIA



Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

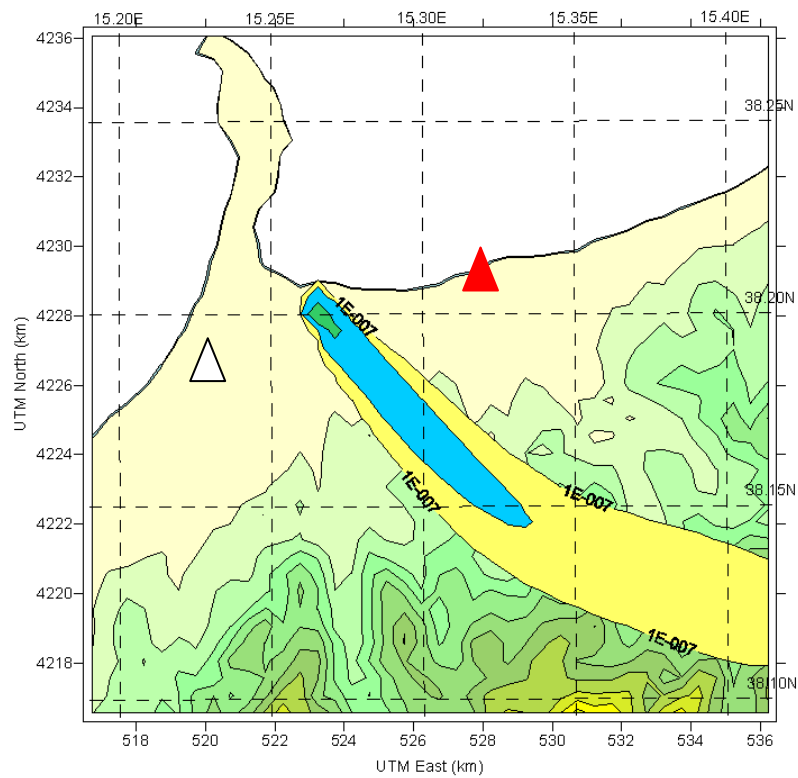
△ TERMICA
▲ GABBIA



Sep 27, 2014
10:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



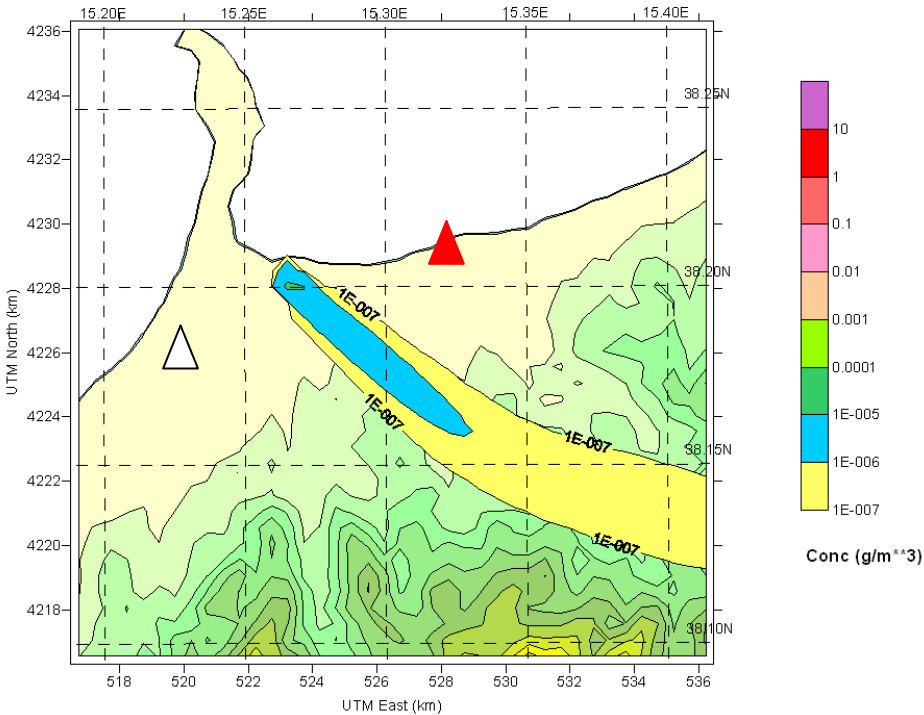
MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

INQUINANTE: **TOLUENE**

Sep 27, 2014
01:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

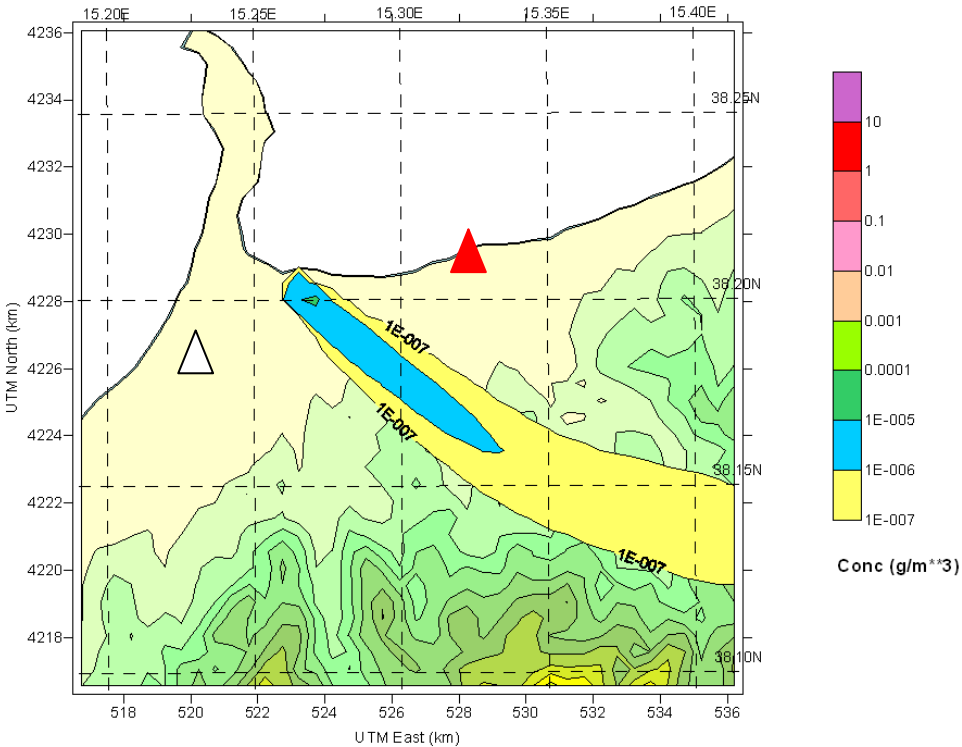


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: toluene 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
02:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

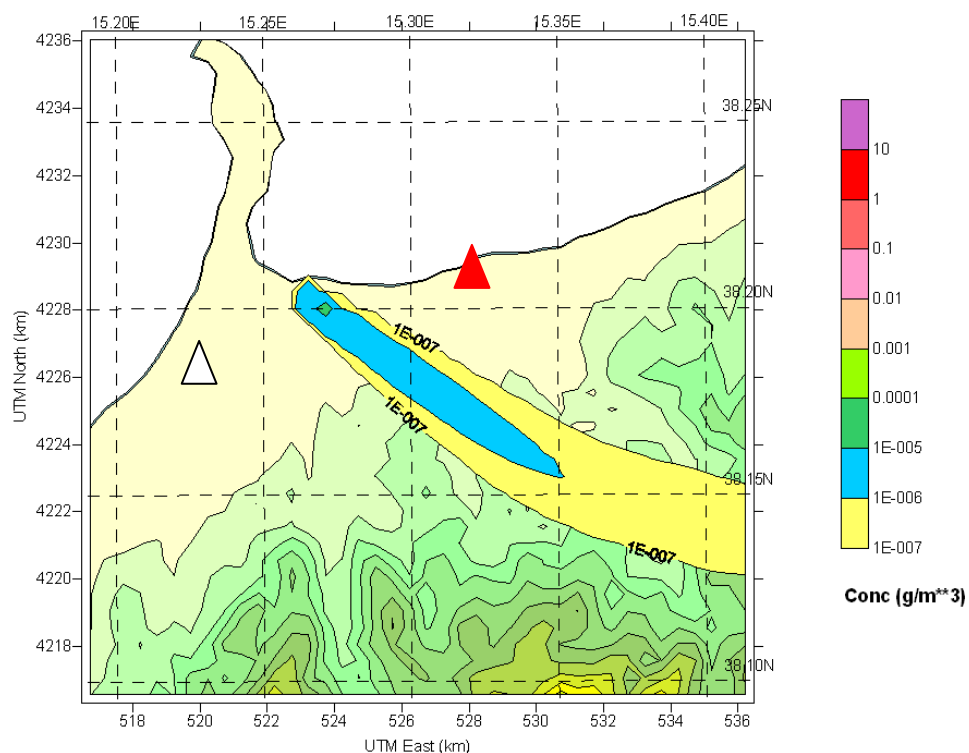


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: toluene 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
03:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

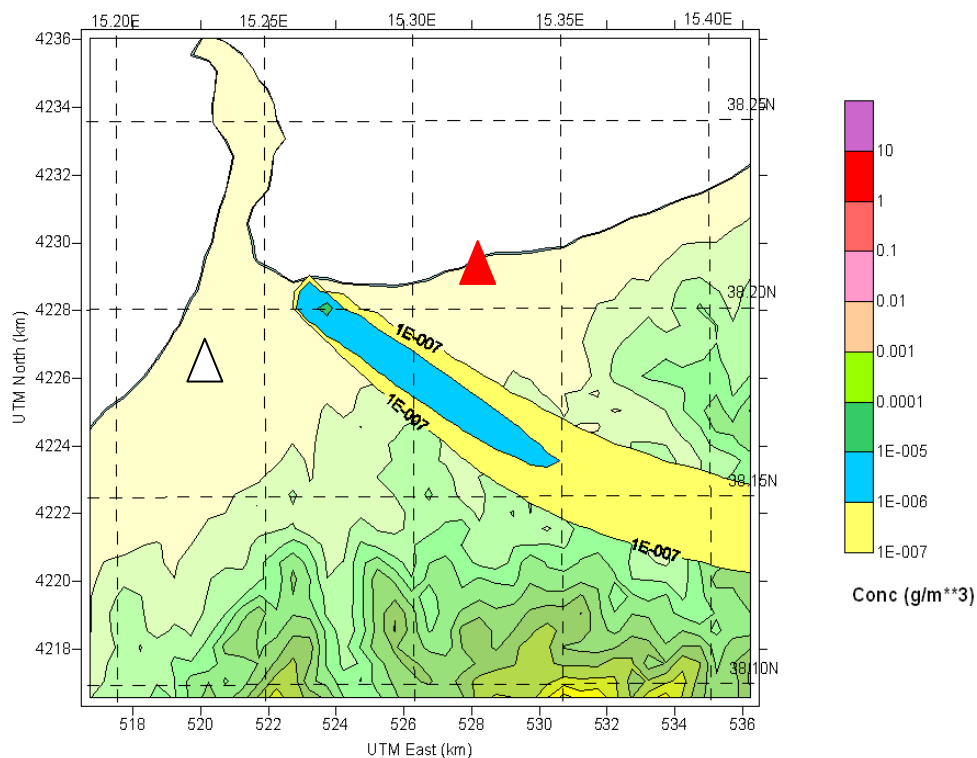


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: toluene 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
04:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: toluene 1 (24 hours/day processed)

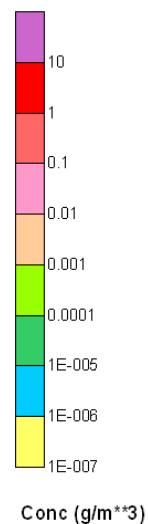
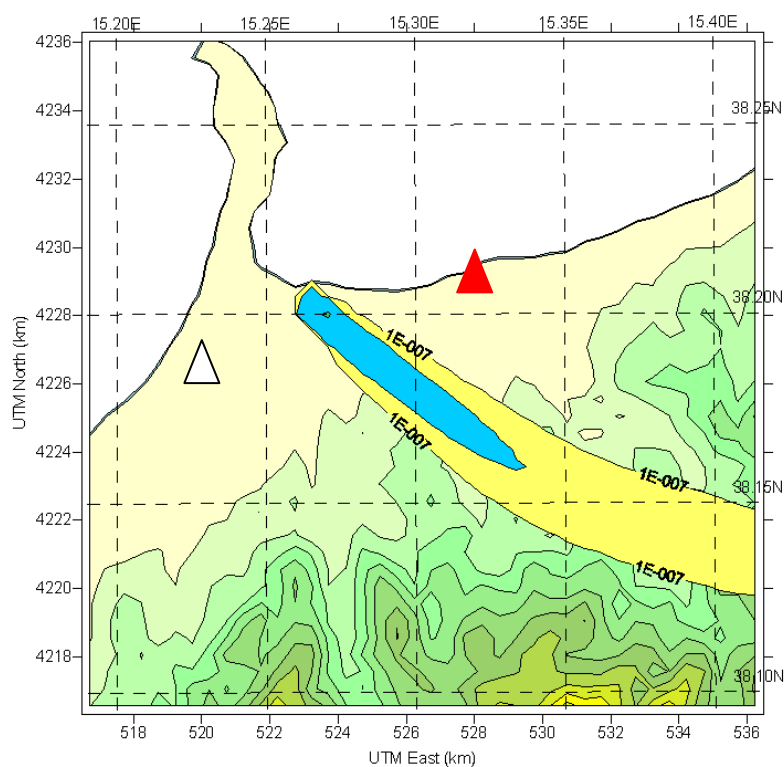
Sep 27, 2014
05:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

CONC Parameters: toluene 1

(24 hours/day processed)

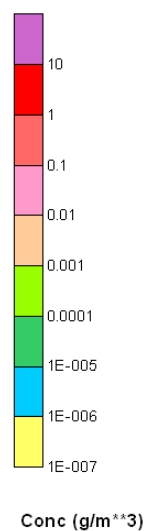
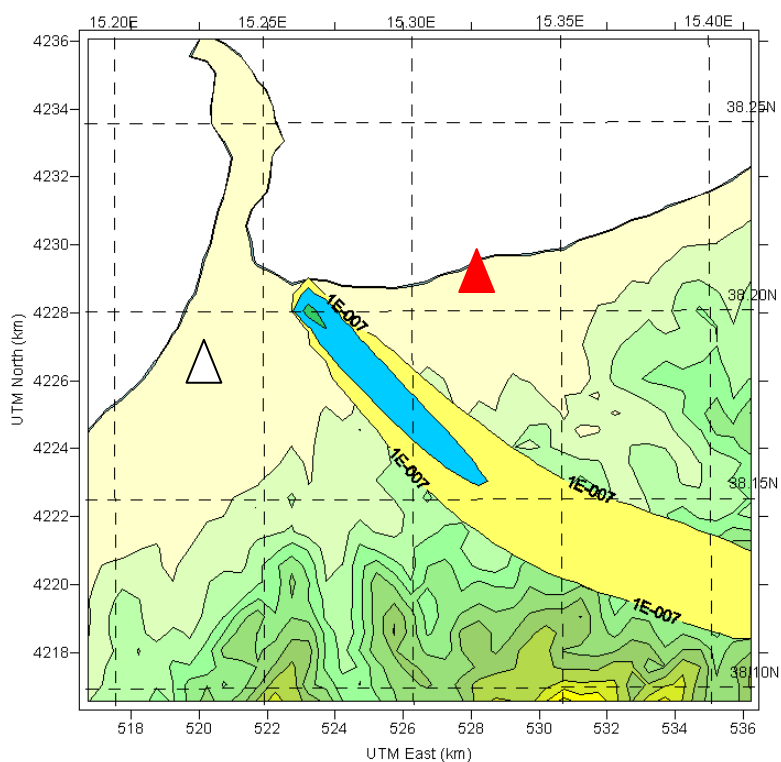
Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N

UTM Zone: 33

Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

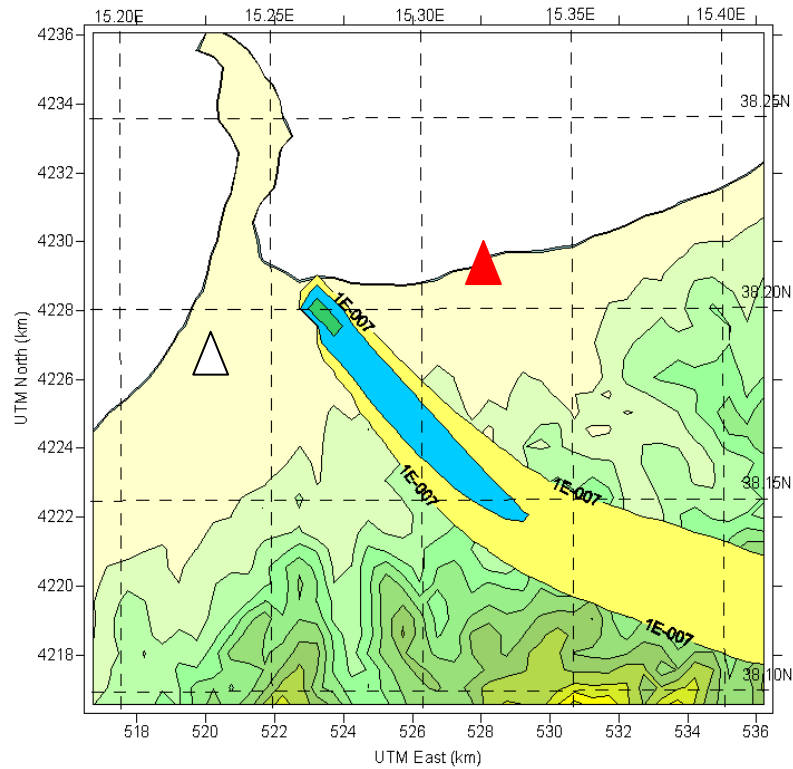
CONC Parameters: toluene 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
07:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

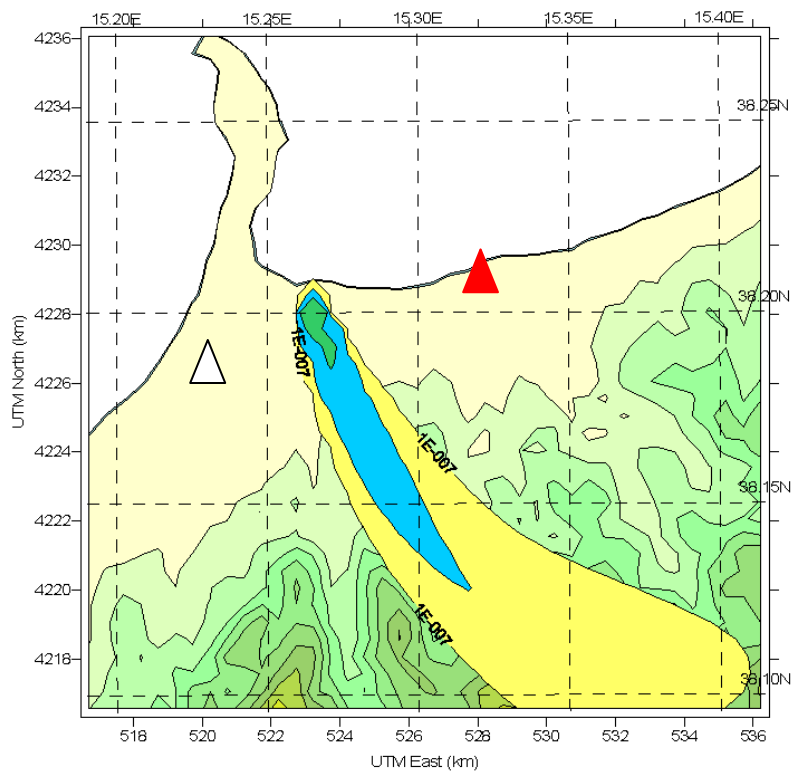
CONC Parameters: toluene 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
08:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

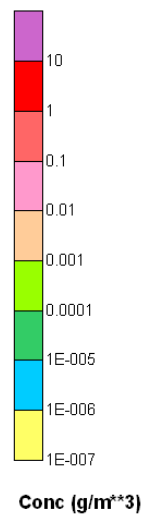
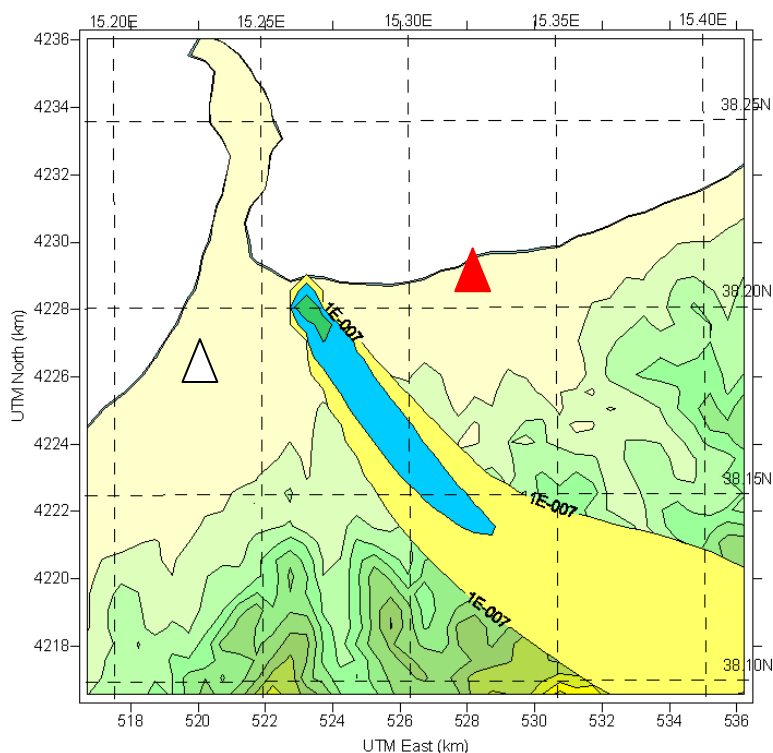
CONC Parameters: toluene 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

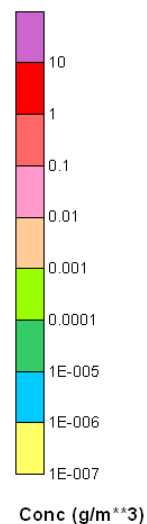
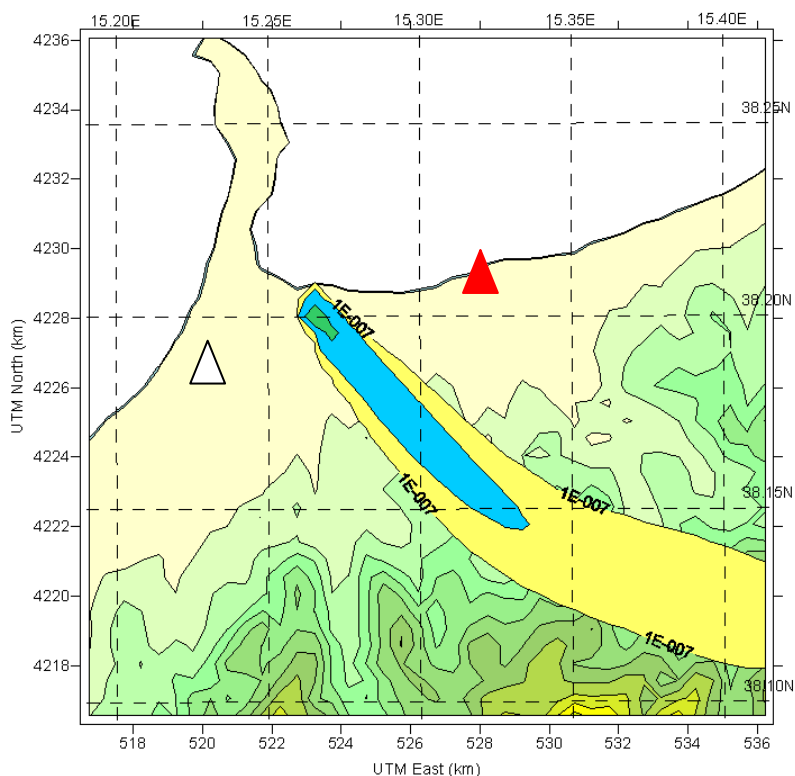
CONC Parameters: toluene 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
10:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor

CONC Parameters: toluene 1

(24 hours/day processed)

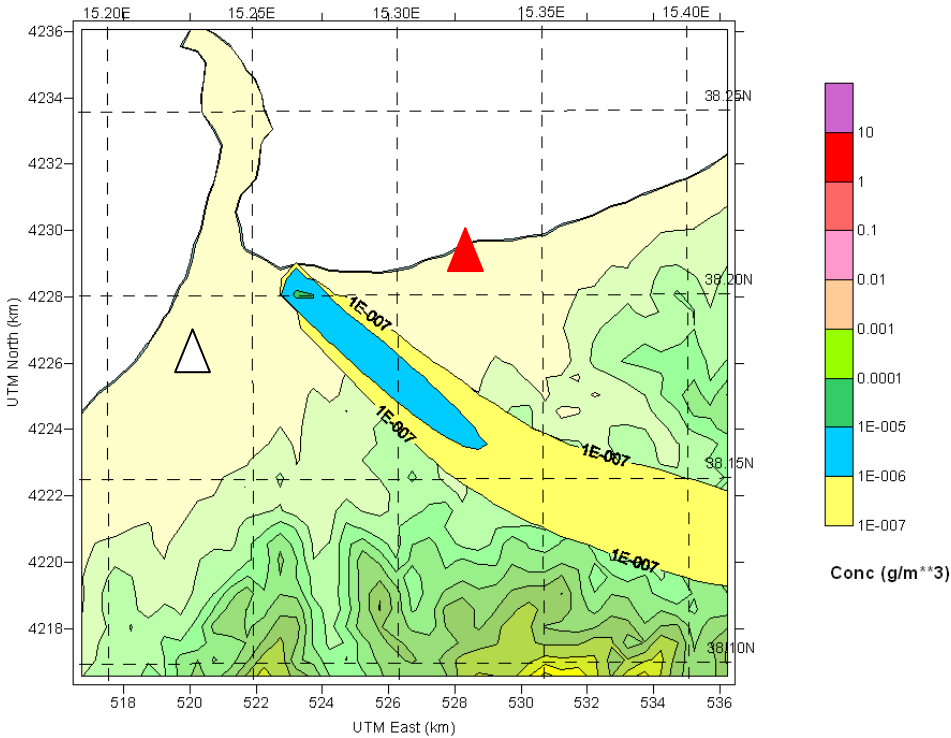
MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

INQUINANTE: XYLENI

Sep 27, 2014
01:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

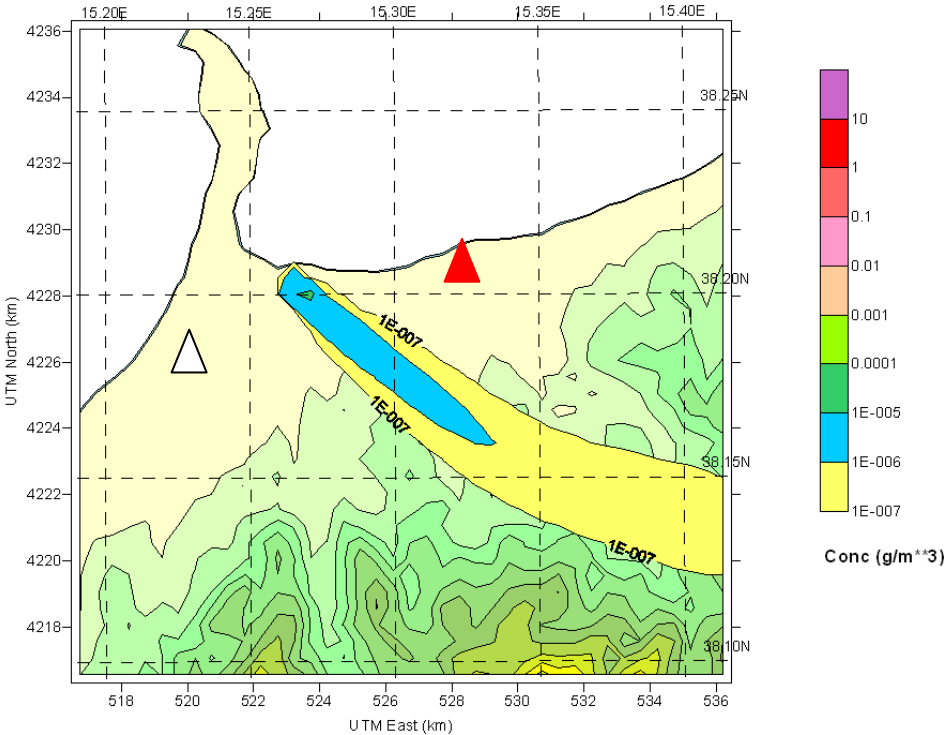


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: xylene 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
02:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

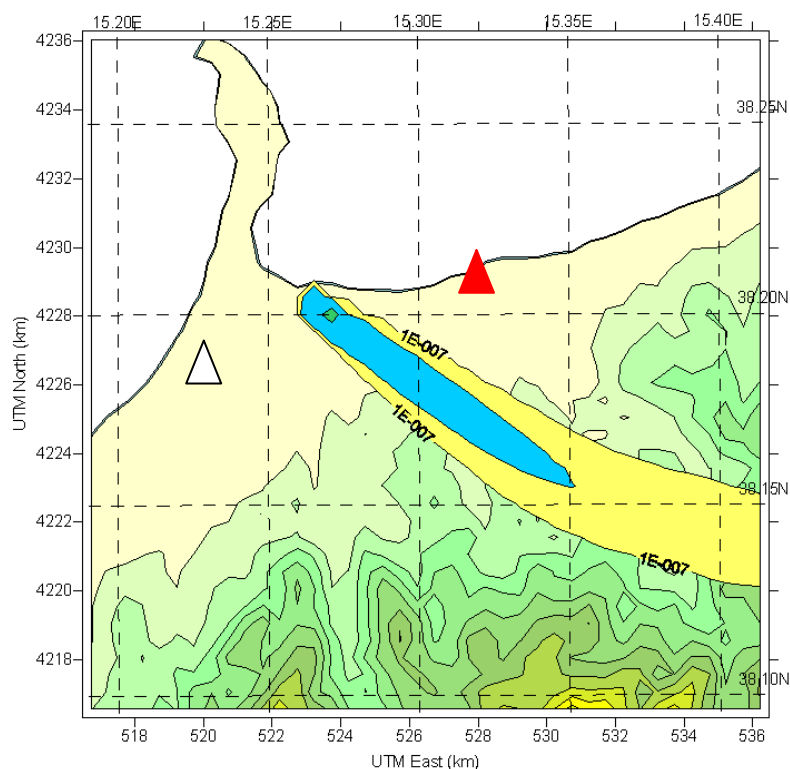


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: xylene 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
03:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



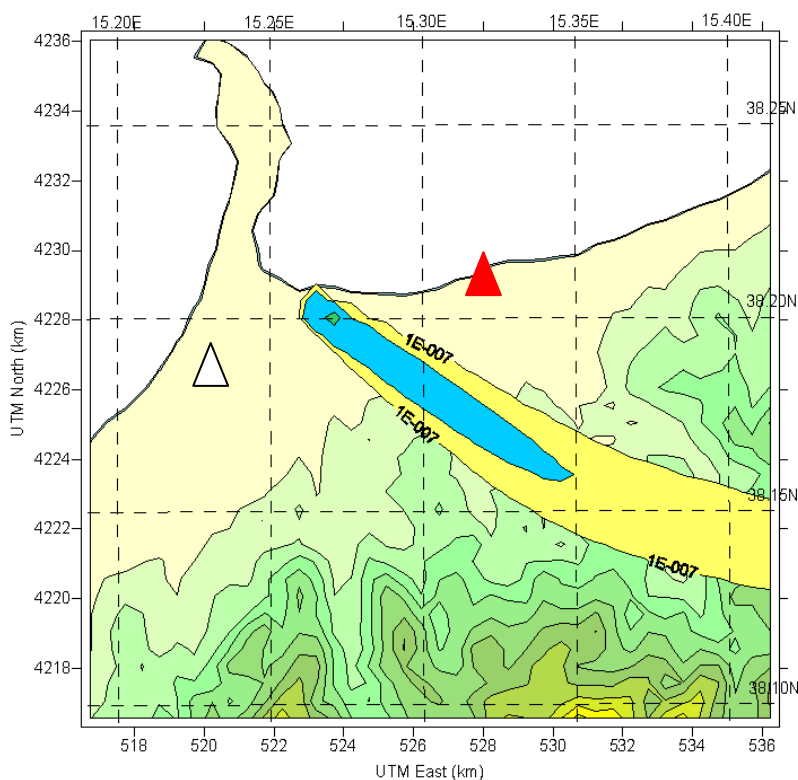
1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: xylene 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
04:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



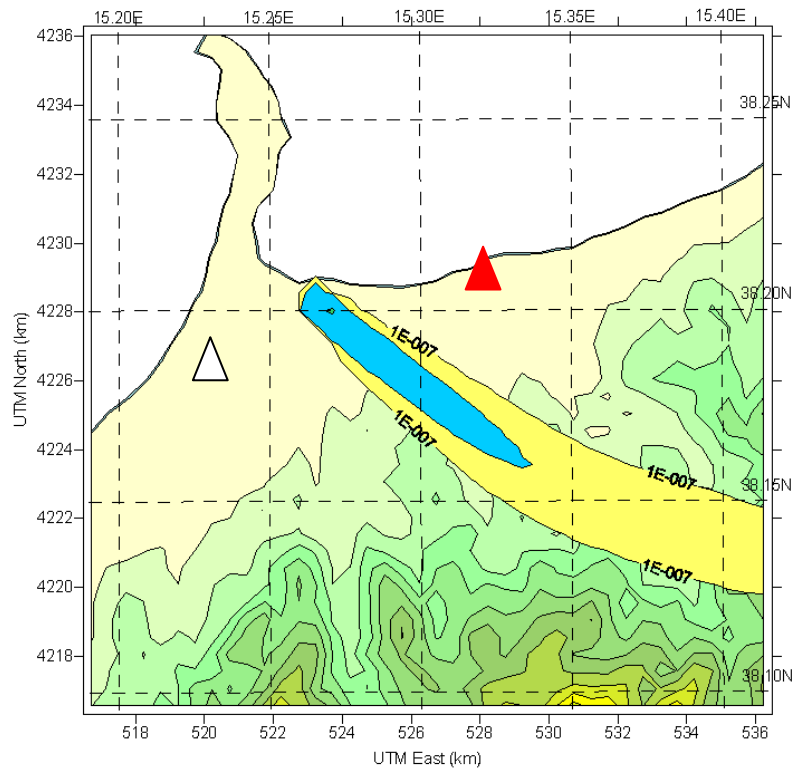
1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: xylene 1

(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
05:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

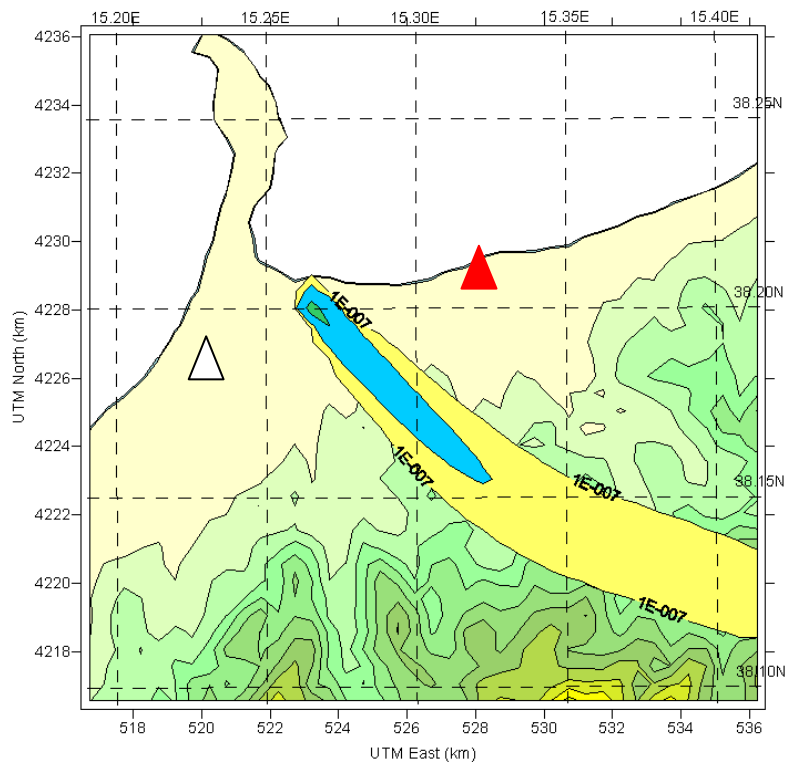


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: xylene 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

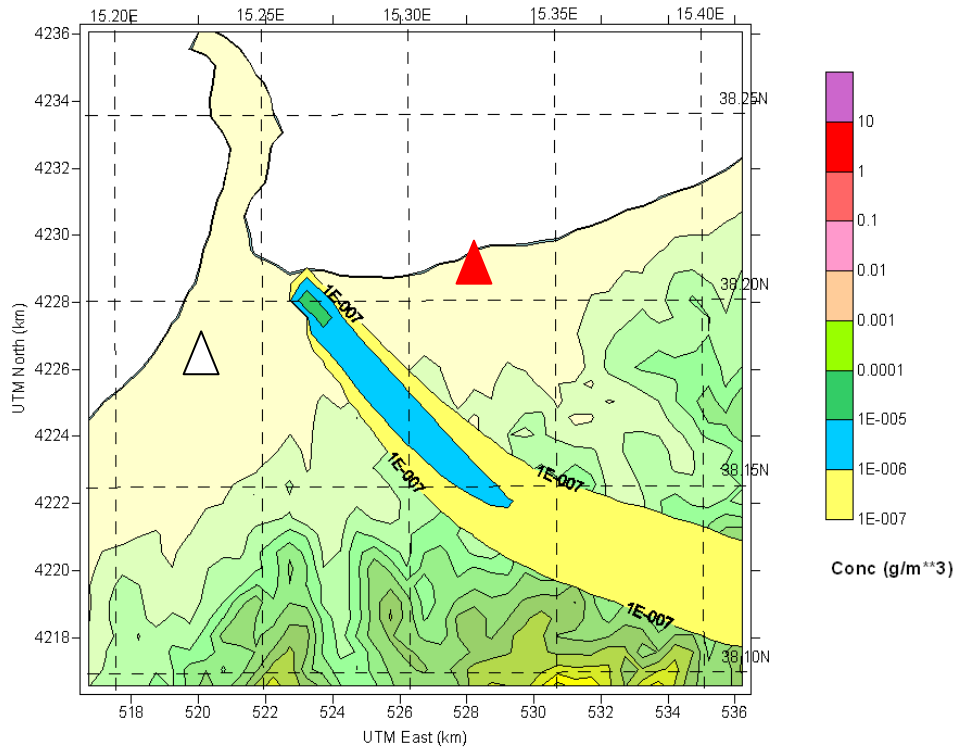


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: xylene 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
07:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

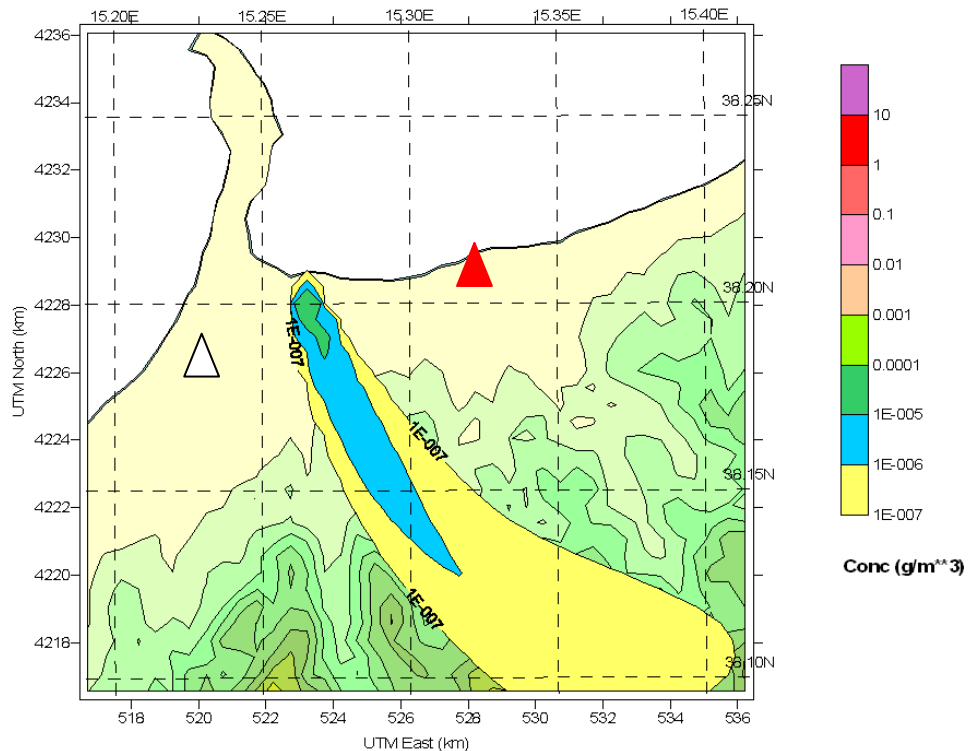


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: xylene 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
08:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

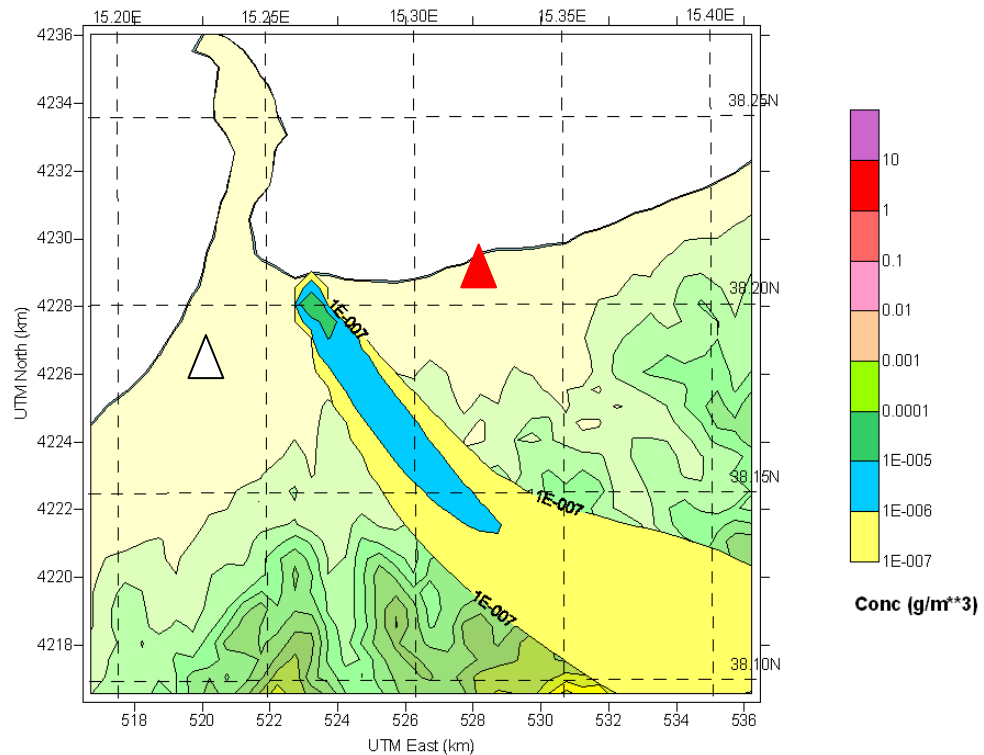


1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: xylene 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

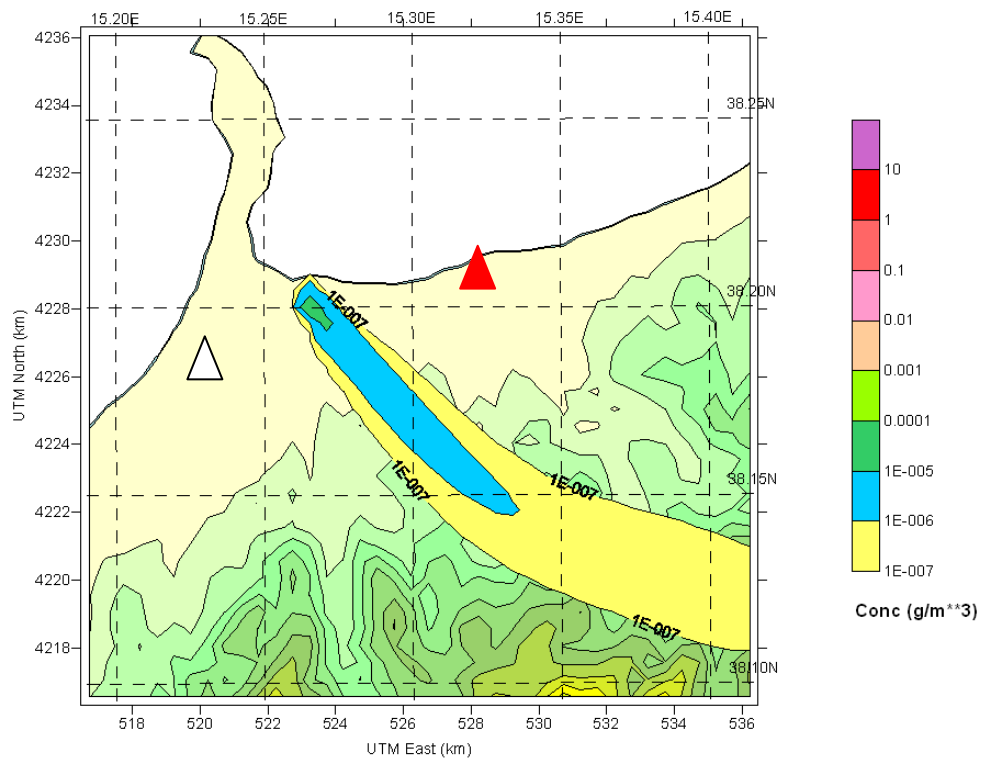
△ TERMICA
▲ GABBIA



Sep 27, 2014
10:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



§6. 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 costante nel secondo quadrante. Al variare dei layer esaminati e durante l'intero periodo di osservazione il vettore vento si è manifestato in direzione Sud Est. Tale direzione è coerente con le osservazioni di campo del giorno 27 settembre 2014.

Ricostruzione dei campi di temperatura

I campi di temperatura manifestano una debole variazione dei valori di temperatura del PBL. Tali variazioni sono allineate ai meccanismi di scambio energetico che coinvolgono lo strato basso della troposfera, evidenti in particolare nella oscillazione termica relativa al periodo diurno-notturno. Tutti i quadri indicano una bolla termica più calda in corrispondenza dell'area industriale.

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 *moderatamente instabile* nell'ambito dell'area industriale (scala Pasquill classe C), *neutra* nell'area costiera (scala Pasquill classe D) e compresa tra *neutra e leggermente instabile* nell'area di territorio urbanizzato (cfr. pag. 48). La modesta turbolenza del PBL ha favorito la dispersione dei fumi di combustione i quali, dopo il rilascio della sorgente, hanno potuto raggiungere agevolmente distanze di alcuni chilometri dall'incendio.

Analisi dei Campi di Dispersione

Specie										
	ora 1	ora 2	ora 3	ora 4	ora 5	ora 6	ora 7	ora 8	ora 9	ora 10
	Massimi di concentrazione $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
CO	10	10	10	10	10	10	10	100	100	10
SO ₂	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NO ₂	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Polveri TS	10	10	10	10	10	10	100	100	100	100
H ₂ O	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	10.000	10.000	1000
Benzene	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Toluene	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Xyleni	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

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 massimi registrati e che tali valori hanno una modesta rappresentatività nell'ambito di ogni singolo quadro di dispersione. Per chiarire meglio, ci si

riferisca alla seguente figura. Nella fattispecie, si nota che la copertura areale più estesa si manifesta in corrispondenza alla concentrazione dell'inquinante che attinge al valore max 0,0001 g/mc (marker di colore verde scuro); tuttavia il massimo di concentrazione che in questo caso si registra è 0,01 g/mc (marker di colore rosa) che ricopre una minuscola porzione di territorio.

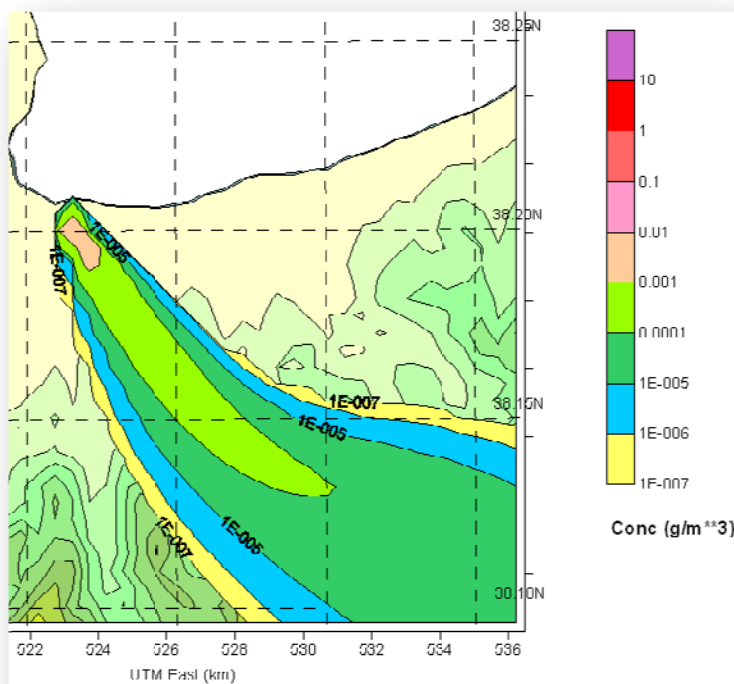


Figura 10 – Concentrazione massima e prevalente

Come mostrato dunque, sebbene la tabella 3 fondi la sua utilità nell’offrire i valori di controllo rispetto ai limiti tabellari normativi, risulta poco affidabile per esprimere un giudizio complessivo sul livello di concentrazione prevalente nel periodo di riferimento (ora) esaminato (marker verde scuro e non rosa).

Ne discende che risulta più opportuno fare riferimento al limite superiore della “concentrazione prevalente” nel dominio di dispersione con riferimento al singolo inquinante e per dato momento d’osservazione (cfr. tabella 4).

Specie										
	ora 1	ora 2	ora 3	ora 4	ora 5	ora 6	ora 7	ora 8	ora 9	ora 10
	Prevalenze di concentrazione $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
CO	1	1	1	1	1	1	1	0,1	0,1	0,1
SO ₂	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
NO ₂	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Polveri TS	1	1	1	1	1	1	1	0,1	0,1	0,1
H ₂ O	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Benzene	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Toluene	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Xileni	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Tabella 4 – Prevalenze orarie

L'esame della tabella 4 a confronto con i limiti tabellari previsti dall'Allegato XI del D.Lgs. 155/10, indica quanto di seguito riportato:

Specie			
	Periodo di mediazione	Valore Limite	Valore max Stimato
CO	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	1 mg/m ³	0,8 mg/m ³
SO ₂	1 ora	350 µg/m ³	10 µg/m ³
NO ₂	1 ora	200 µg/m ³	100µg/m ³
PTS ^[1]			340÷820 µg/m ³ ^[2]

^[1] Il PST, sinonimo di polveri totali sospese, così come era previsto dal D.M. 60/02 non prevedeva valori limiti di concentrazione, e stimava le emissioni regionali di polveri considerandole globalmente (PTS) e con riferimento alla frazione avente diametro aerodinamico inferiore a 10 e 2,5 micron (PM10 e PM2.5). In relazione alla tipologia d'indagine (incendio), nell'incertezza di stima delle proporzioni di particolato contenuto nei fumi, si ritiene corretto esprimere le concentrazioni di polveri sospese in termini di PST anziché in termini di particolato avente dimensioni predefinite (10 e 2,5 micron).

^[2] il limite inferiore dell'intervallo 340÷820 è ottenuto mediando le dieci occorrenze su base 24 ore (340); il limite superiore mediando su base 10 ore (820).

Tabella 5 – Confronto valori limite e stimato

§7. Modello CALPUFF - Camino equivalente

Terminata la modellazione dei campi di dispersione relativi alla sorgente volumetrica (incendio al livello del serbatoio), si passa alla modellazione dello scenario di ricadute al suolo degli inquinanti emessi dal “*camino equivalente*”. Tale modellazione è stata condotta utilizzando il modello lagrangiano CALPUFF e riscontrando i risultati ottenuti con l'utilizzo del modello gaussiano SCREEN.

Da notare che nella configurazione del camino equivalente non sono stati simulate le dispersioni di benzene, toluene e xileni, e ciò in quanto i bassi livelli di concentrazione espressi al suolo dalla precedente simulazione banalizzano, di fatto, l'indagine di dispersione dalla quota +100 m.

MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

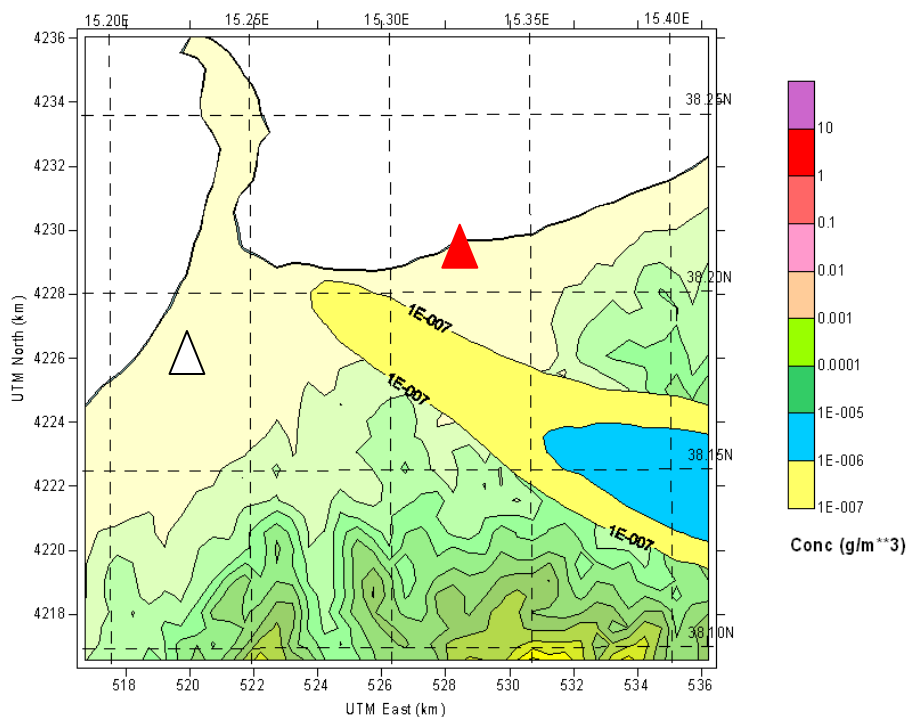
SORGENTE DI EMISSIONE "CAMINO EQUIVALENTE"

INQUINANTE: CO

Sep 27, 2014
01:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

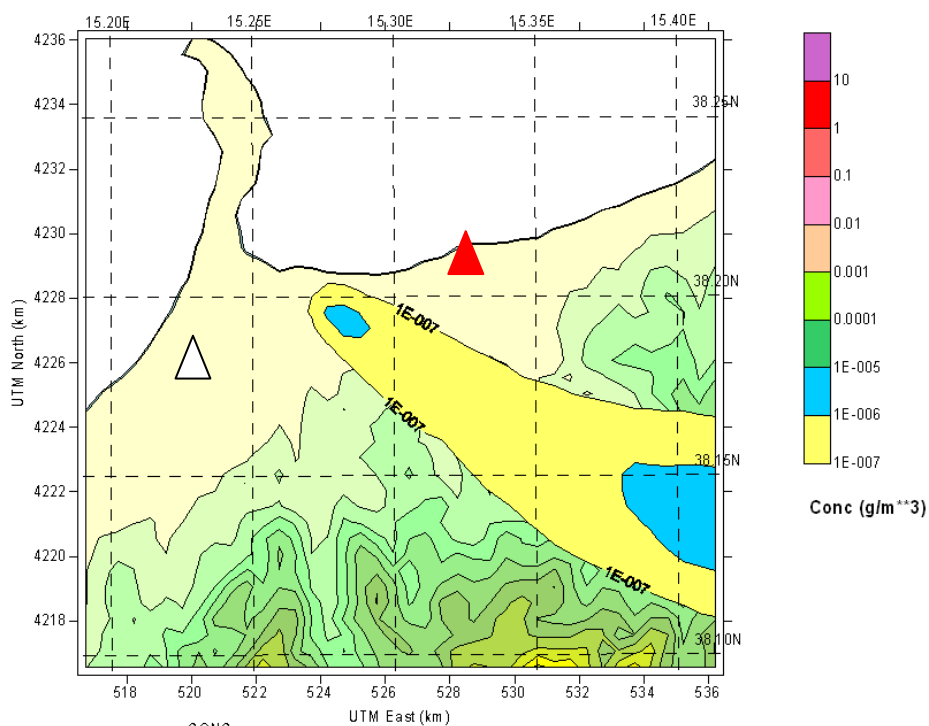


3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: co 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
03:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



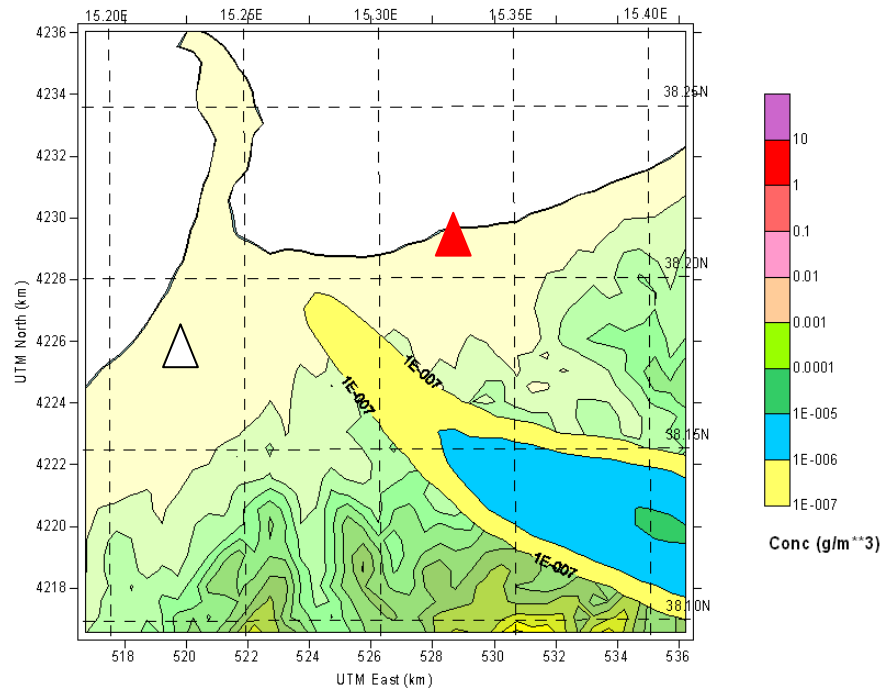
3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: co 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



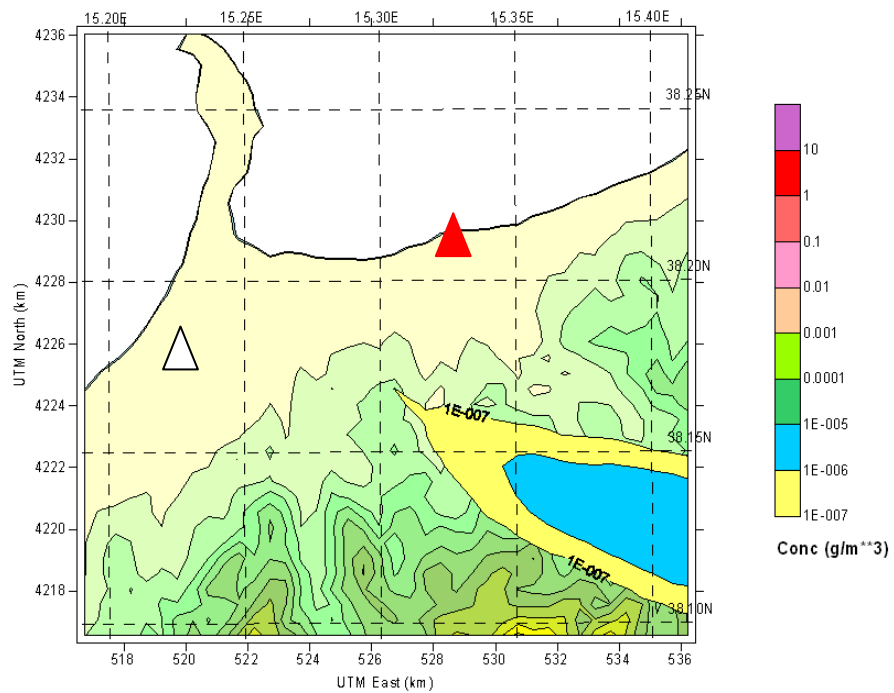
3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: co 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: co 1 (24 hours/day processed)

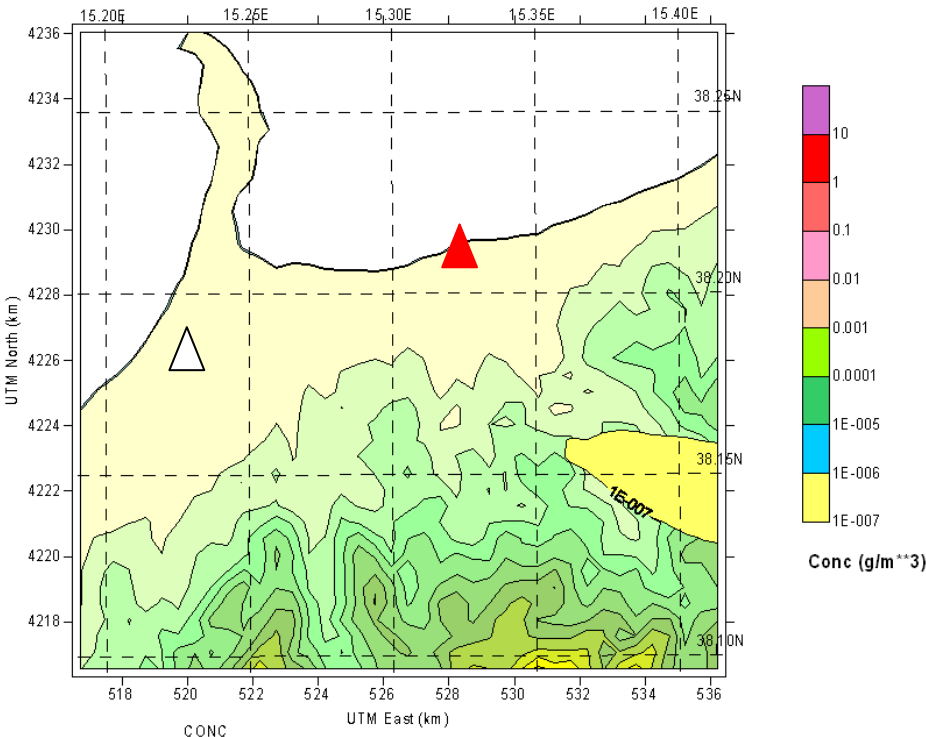
MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

INQUINANTE: SO2

Sep 27, 2014
01:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

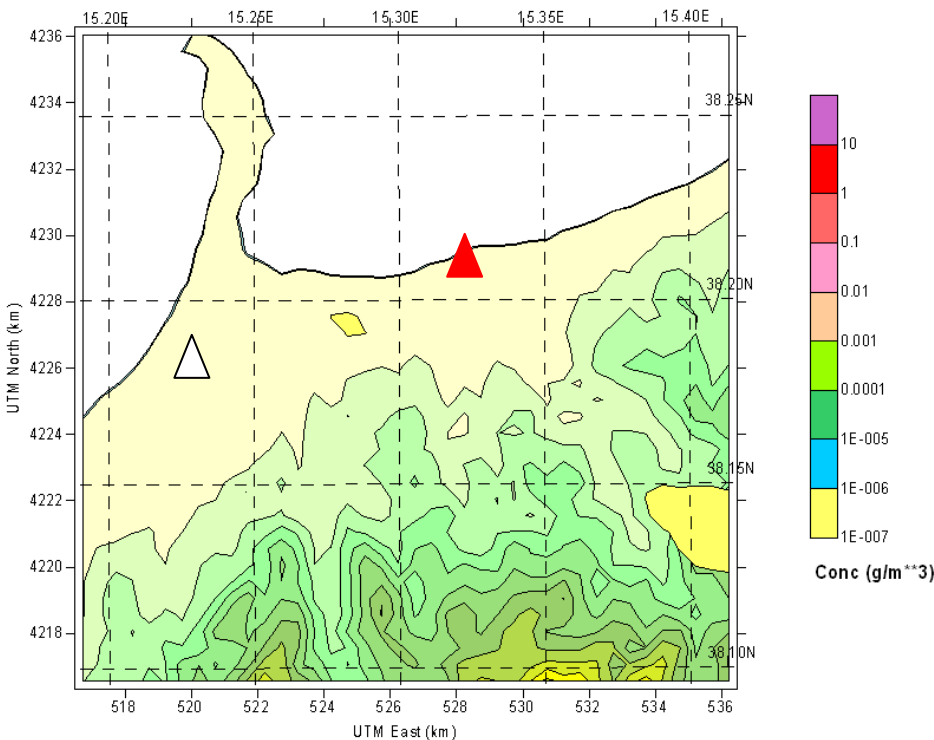


3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: so2 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
03:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

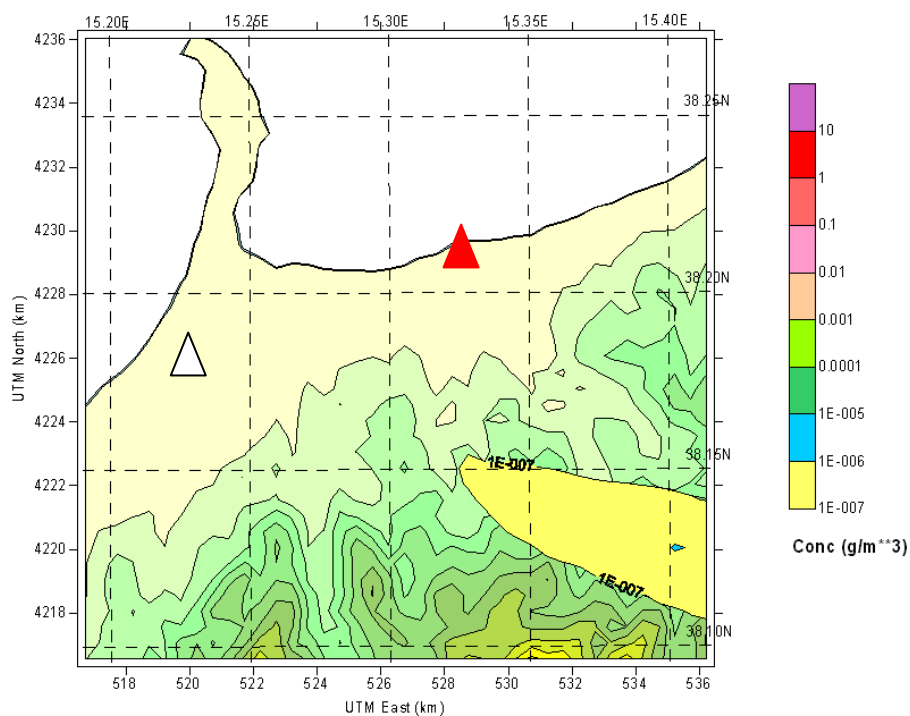


3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: so2 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

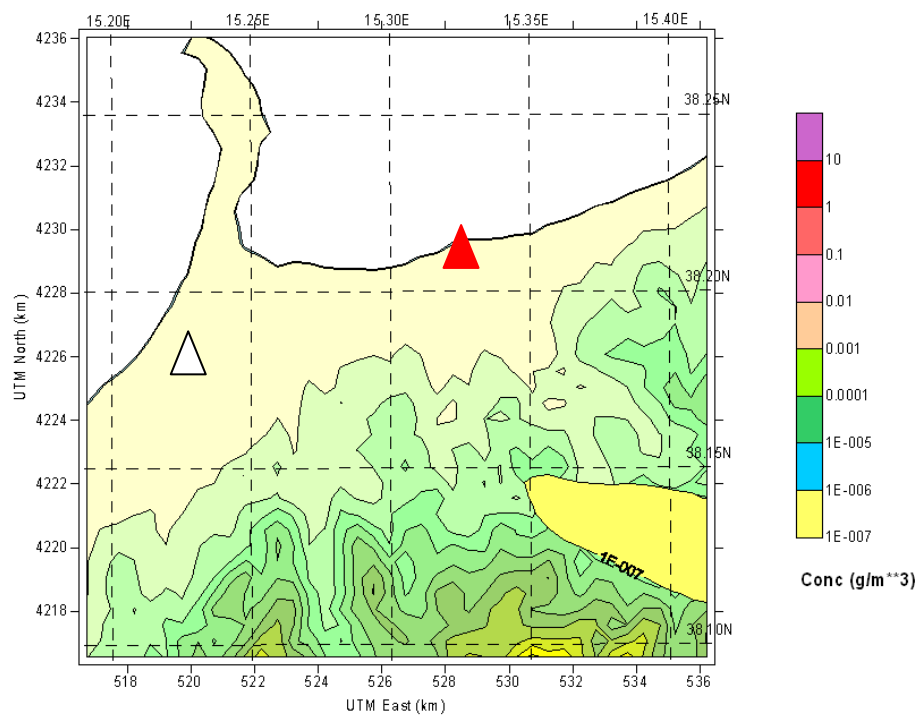


3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: so2 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: so2 1 (24 hours/day processed)

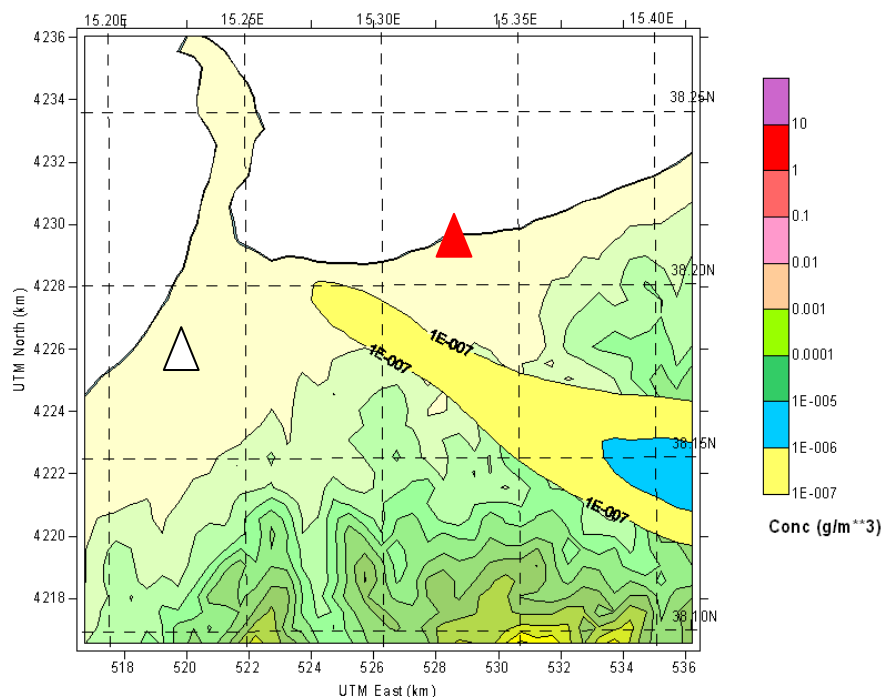
MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

INQUINANTE: NO₂

Sep 27, 2014
01:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

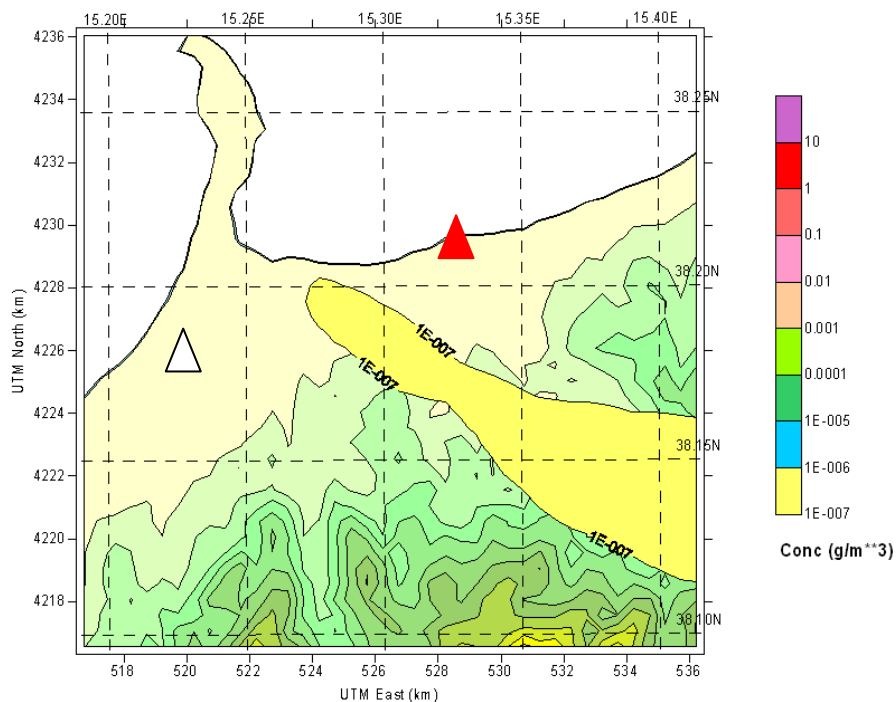


3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: nox 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
03:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA



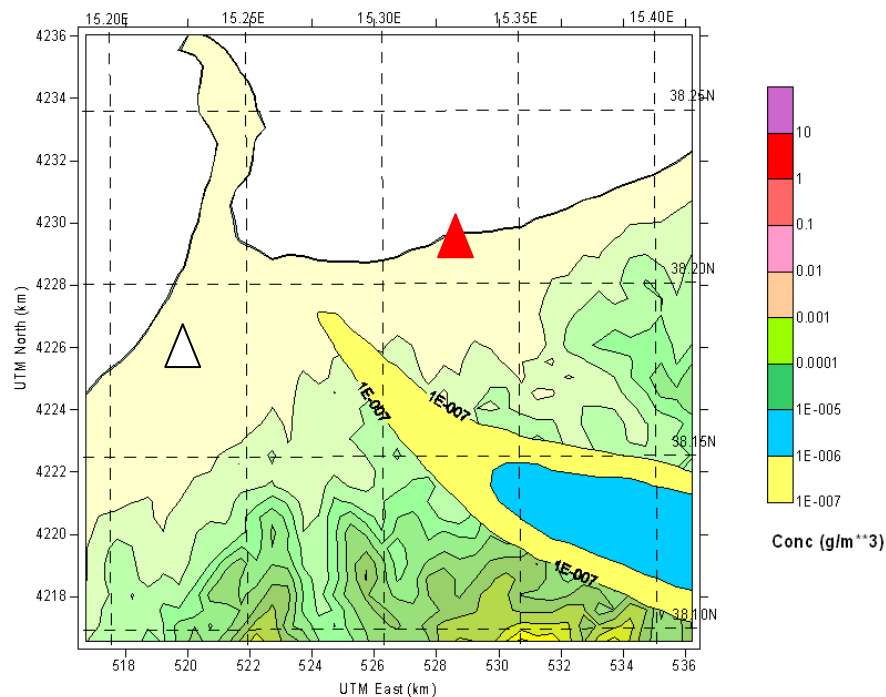
3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: nox 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: nox 1

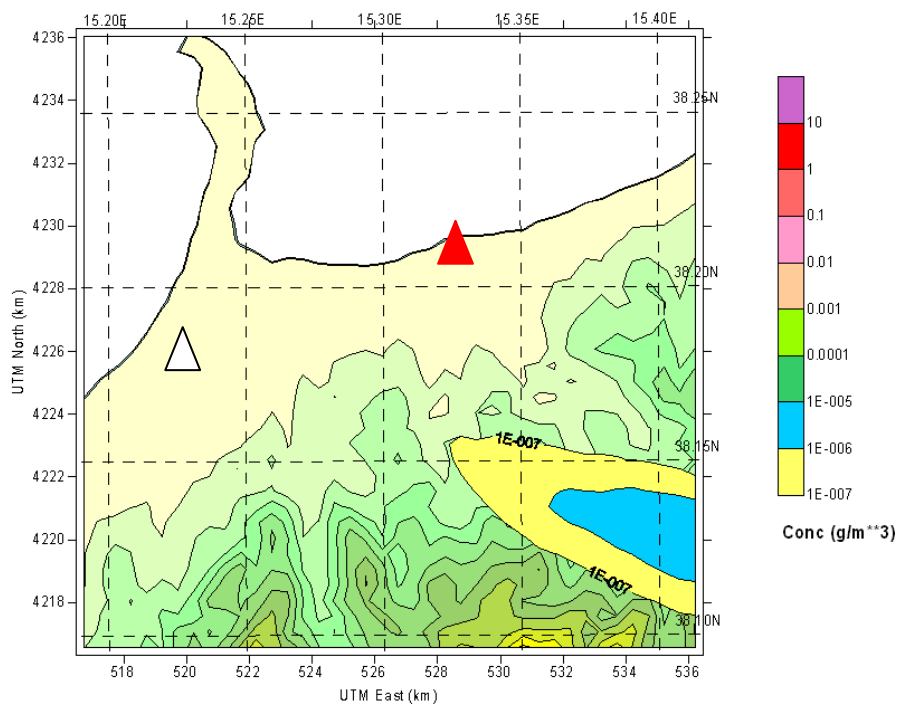
(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

UTM Zone: 33 Hemisphere: N Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: nox 1

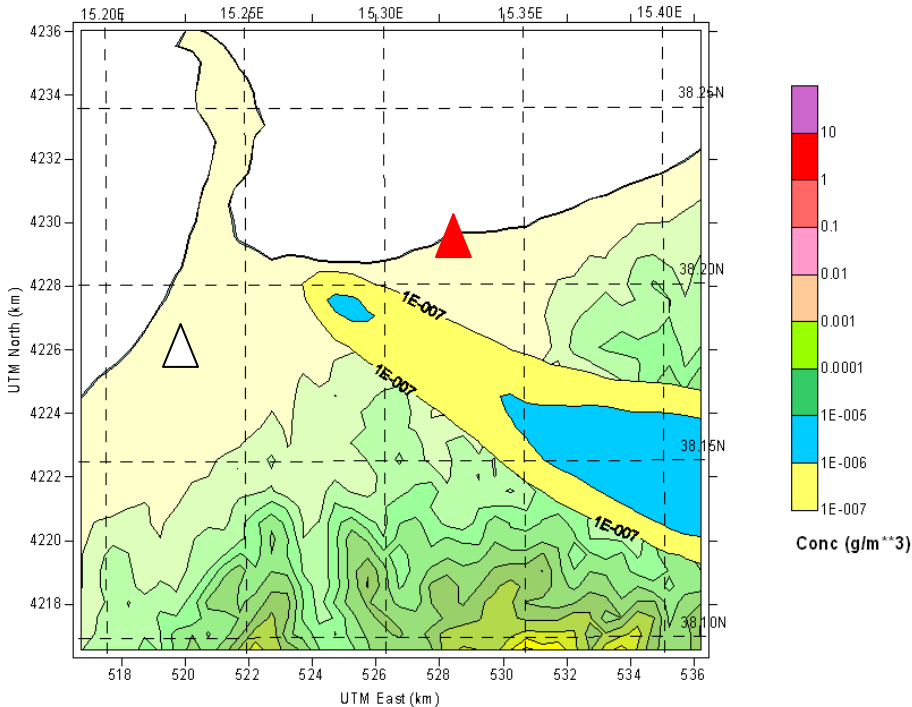
(24 hours/day processed)

MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE
INQUINANTE: POLVERI CARBONIOSE

Sep 27, 2014
01:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

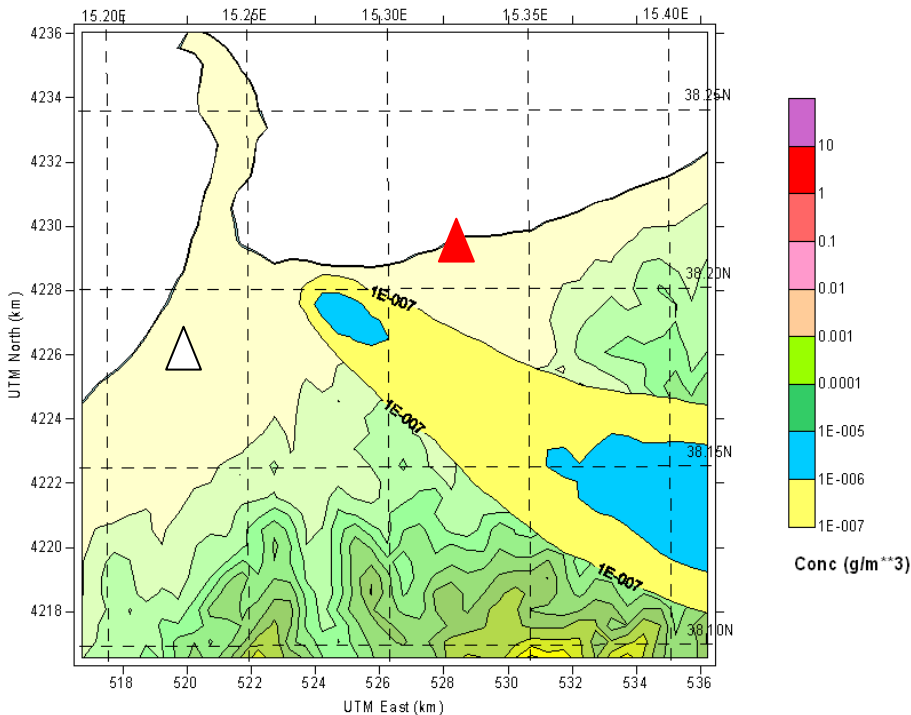


3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: pm10 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
03:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

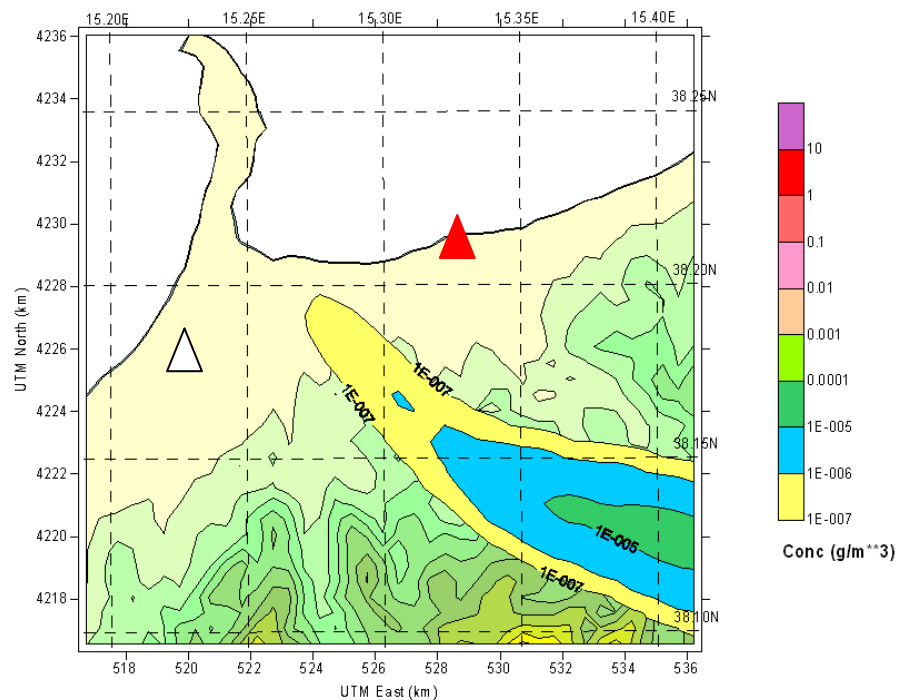


3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: pm10 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA
▲ GABBIA

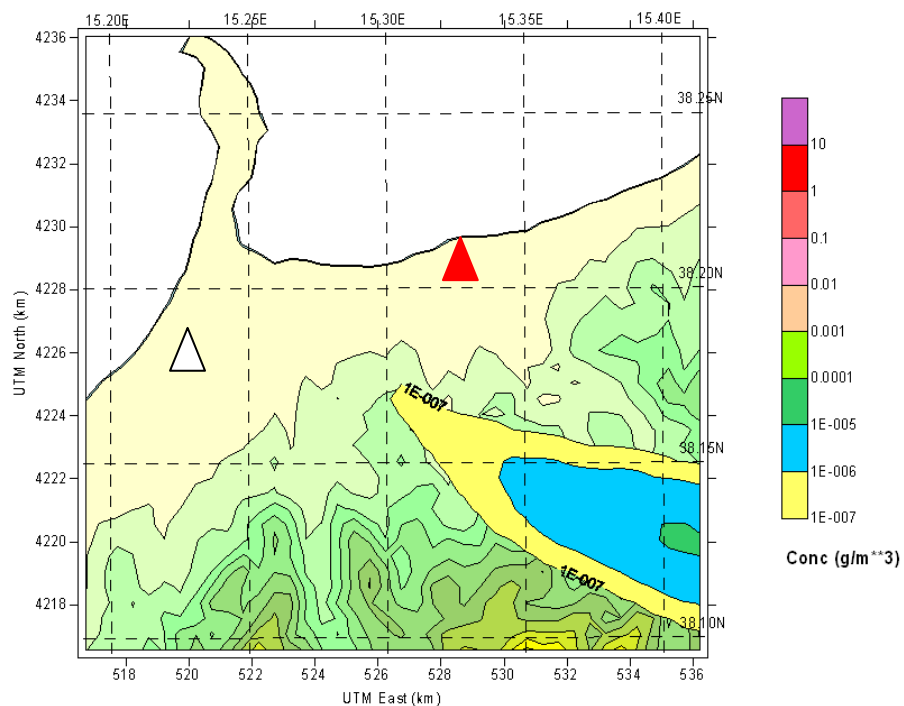


3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: pm10 1 (24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

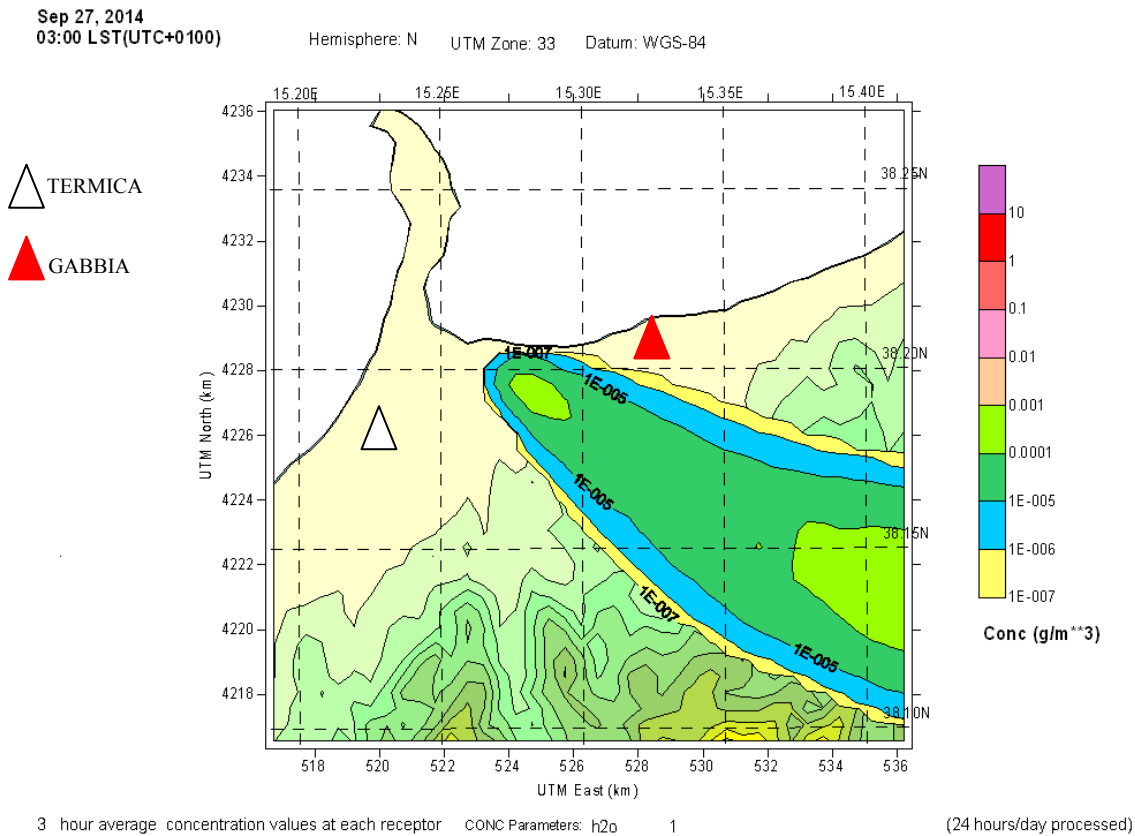
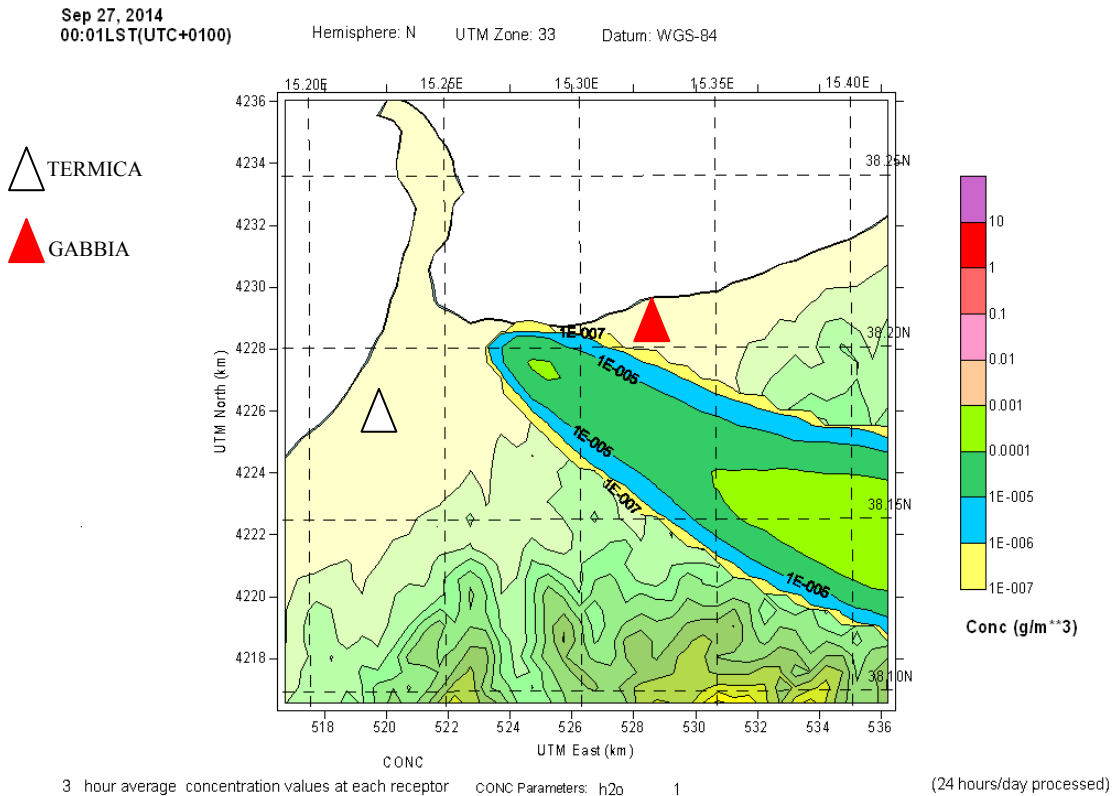
△ TERMICA
▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: pm10 1 (24 hours/day processed)

MODELLAZIONE DEI CAMPI DI DISPERSIONE

MASSA DIFFUSA: H₂O

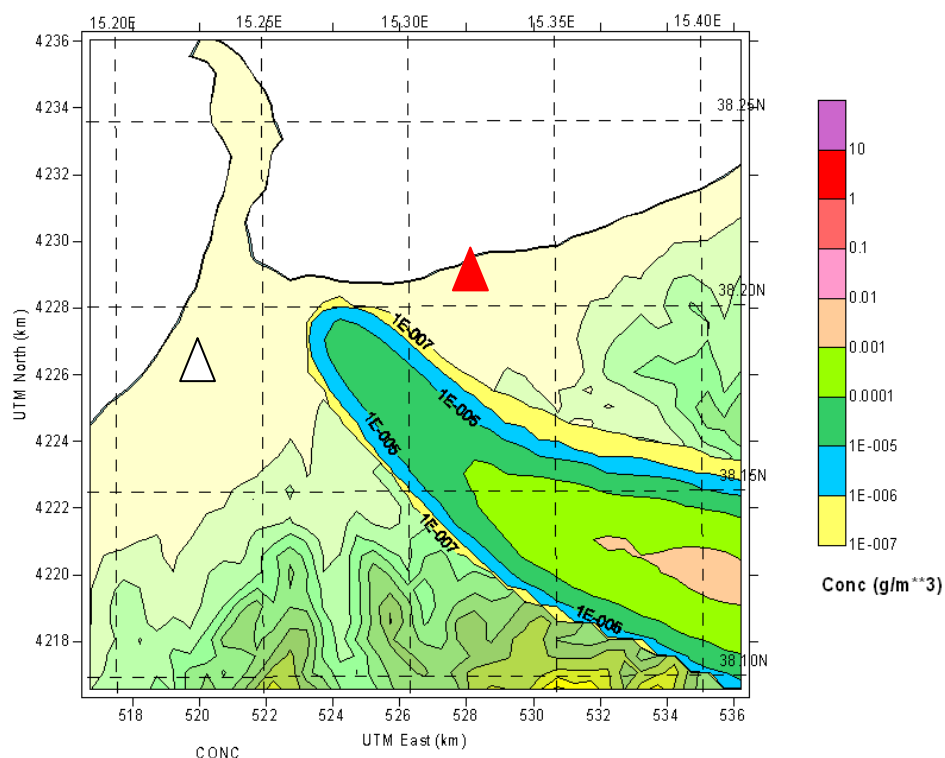


Sep 27, 2014
06:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



3 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: h2o 1

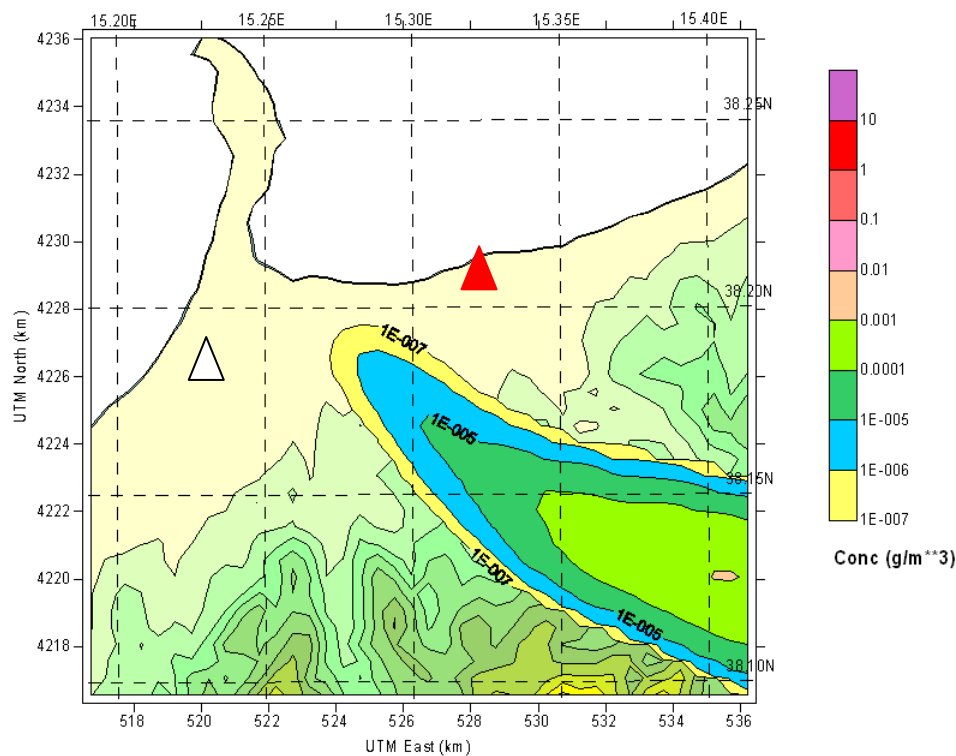
(24 hours/day processed)

Sep 27, 2014
09:00 LST(UTC+0100)

Hemisphere: N UTM Zone: 33 Datum: WGS-84

△ TERMICA

▲ GABBIA



1 hour average concentration values at each receptor CONC Parameters: h2o 1

(24 hours/day processed)

§8. Modello SCREEN3 - Camino equivalente

Ottenute le simulazioni con l'impiego del modello CALPUFF si è ripetuta l'attività modellistica usando SCREEN ViewTM che implementa il modello gaussiano U.S. EPA-SCREEN3.

Screen View permette di valutare la dispersione in atmosfera di contaminanti in uscita da un camino in funzione delle caratteristiche del sito, geofisiche e meteorologiche. La diffusione degli inquinanti è governata dalla seguente equazione, per i cui approfondimenti si rimanda alla specifica letteratura tecnica.

$$\begin{aligned} & \text{For } H = h + \Delta H \text{ and } y = 0, \\ & C(x, 0, z) = \frac{q}{2\pi \rho U \sigma_y \sigma_z} \left[\exp \left\{ -\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right\} + \exp \left\{ -\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2} \right\} \right. \\ & \quad + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \exp \left\{ -\frac{(z-H-2nL)^2}{2\sigma_z^2} \right\} + \exp \left\{ -\frac{(z+H-2nL)^2}{2\sigma_z^2} \right\} \right. \\ & \quad \left. \left. + \exp \left\{ -\frac{(z-H+2nL)^2}{2\sigma_z^2} \right\} + \exp \left\{ -\frac{(z+H+2nL)^2}{2\sigma_z^2} \right\} \right\} \right] \end{aligned}$$

L'esame dei risultati del modello SCREEN3 come viene mostrato nel seguito, conferma quanto si osserva attraverso la modellazione effettuata con CALPUFF. Nei quadri di diffusione si nota un accumulo di concentrazione relativamente ad una area territoriale caratterizzata dal fronte roccioso dei monti Peloritani che costituisce una barriera fisica alla diluizione in atmosfera e, nel contempo, influisce sull'andamento della distribuzione dei venti (cfr. Figura 6).

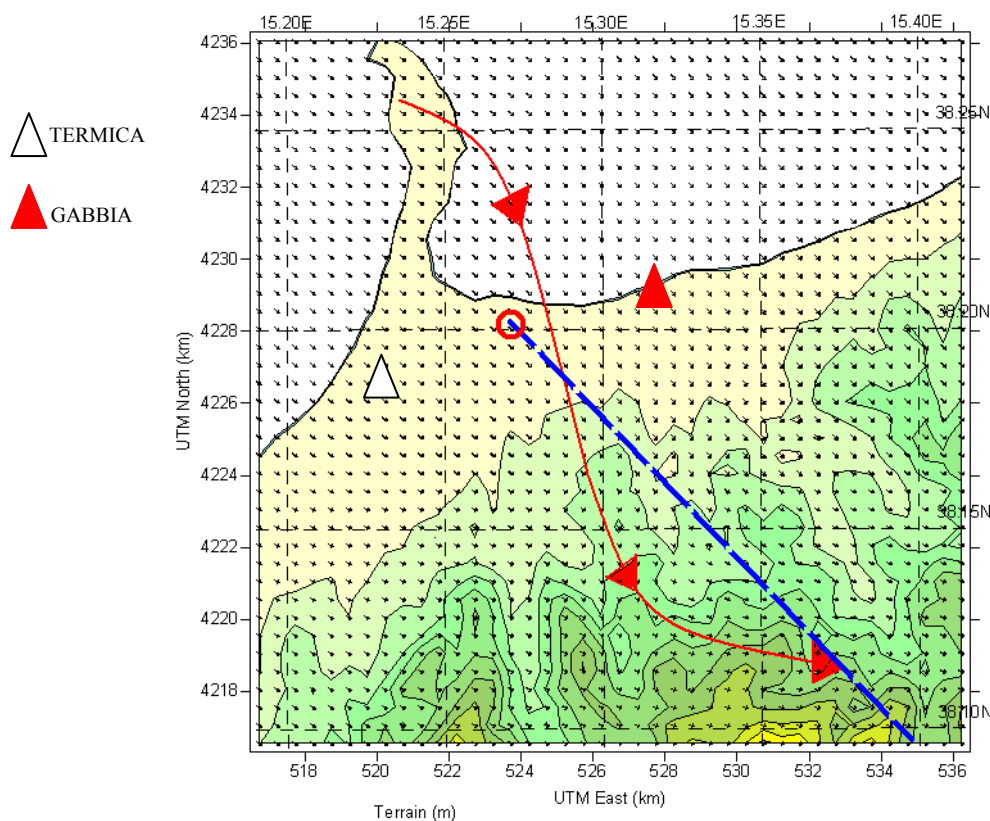


Figura 11 – Direzione di indagine

Di seguito si mostra un interessante confronto tra i quadri di diffusione ottenuti con CALPUFF e le curve di concentrazione calcolate con SCREEN3.

La direzione di riferimento adottata con SCREEN per la costruzione delle curve di concentrazione è quella indicata in tratteggio in Figura 6. Tale direzione è stata scelta sulla base delle indicazioni ottenute da CALPUFF e rappresenta quella di massima dispersione degli inquinanti.

Per agevolare la comprensione della meccanica di dispersione nel caso osservato, si riporta di seguito il profilo altimetrico del terreno lungo la direttrice in analisi.

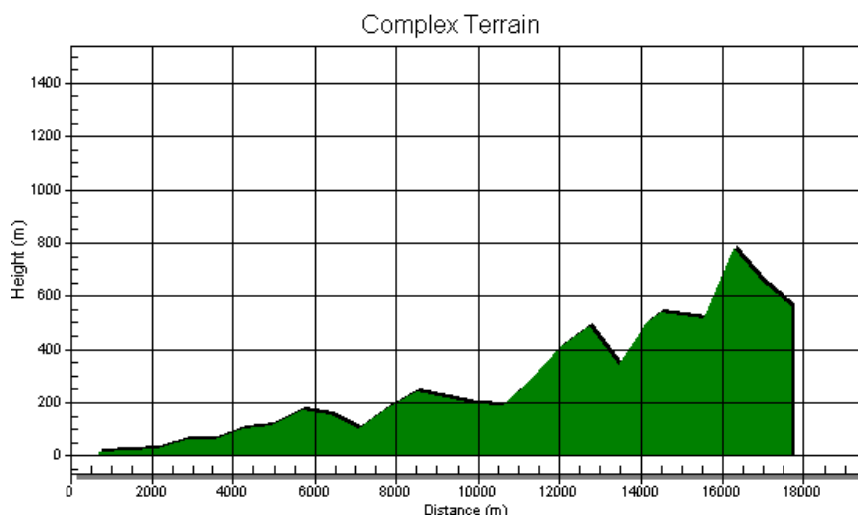


Figura 12 – Profilo altimetrico del terreno

I dati tecnici assunti per il camino sono i seguenti:

Emission Rate: variabile in relazione al tipo di inquinante;

Stack Height: 100 m;

Stack Inside Diameter: 82.2 m;

Stack Gas Exit Velocity: 40 m/sec;

Stack Gas Exit Temperature: 473.15 [K];

Ambient Air Temperature: 293 [K];

Complex+Simple Terrain

Stability Class: D-Neutral;

10 –Meters Wind Speed: 3.7 m/sec

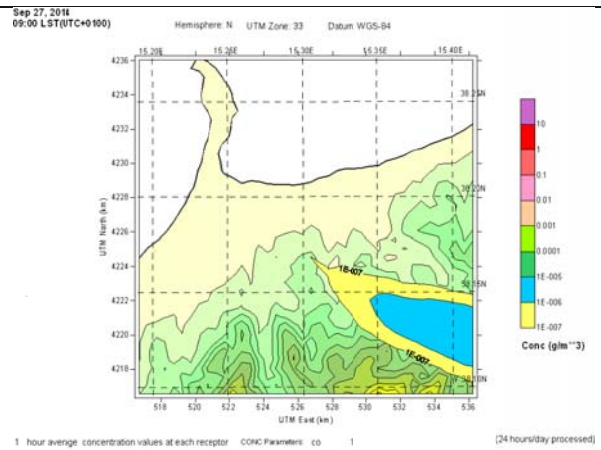
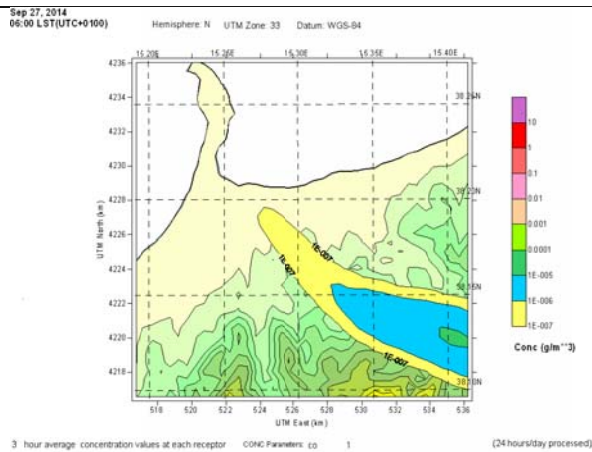
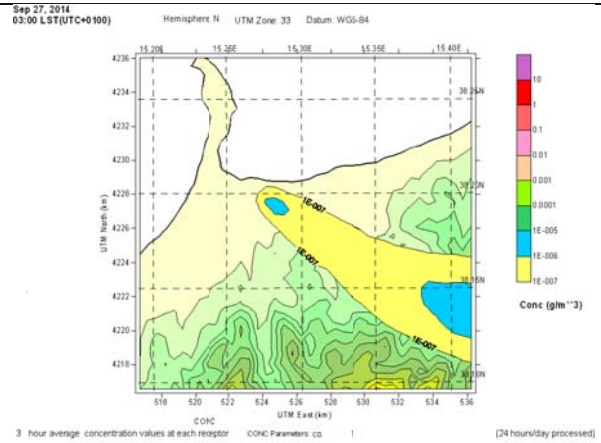
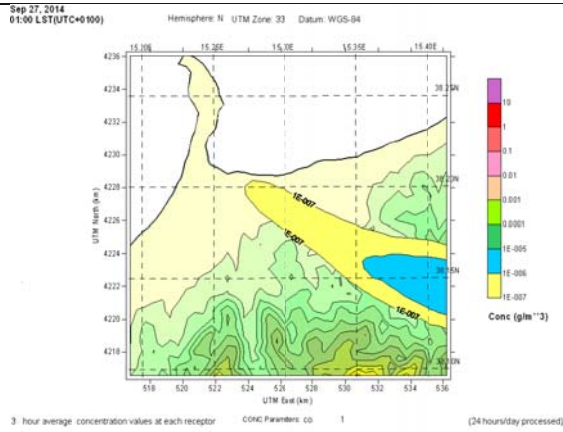
Downwash: No; Fumigation; No.

§9. Confronto risultati CALPUFF-SCREEN

Si riporta il confronto tra i risultati ottenuti con i due modelli analitici CALPUFF e SCREEN3, relativamente alla configurazione emissiva del “camino equivalente”.

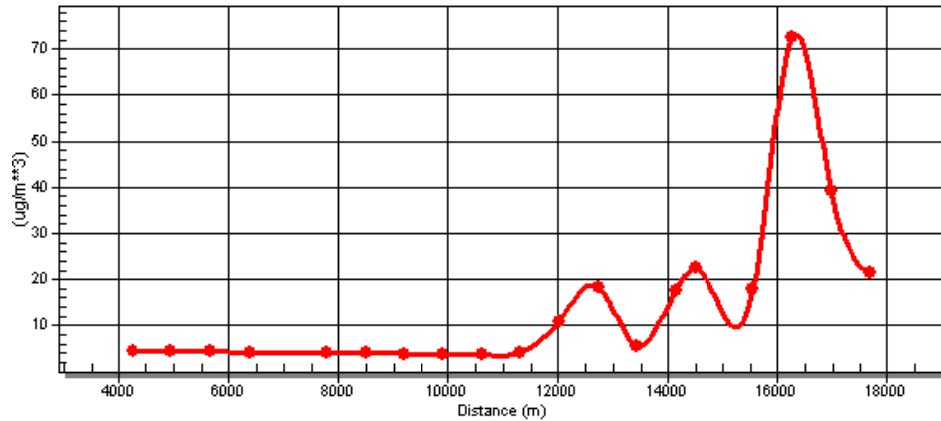
INQUINANTE: CO

CALPUFF

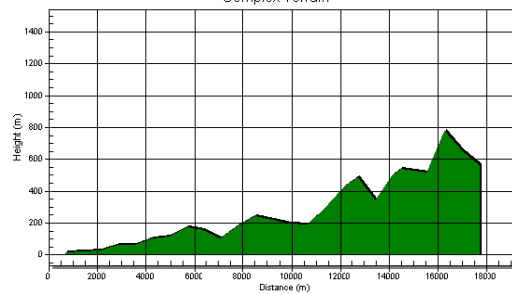


SCREEN3

Complex Terrain Distance Vs. CO - Concentration

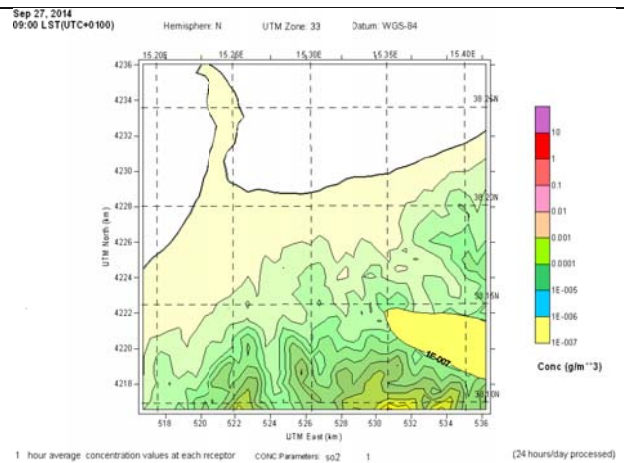
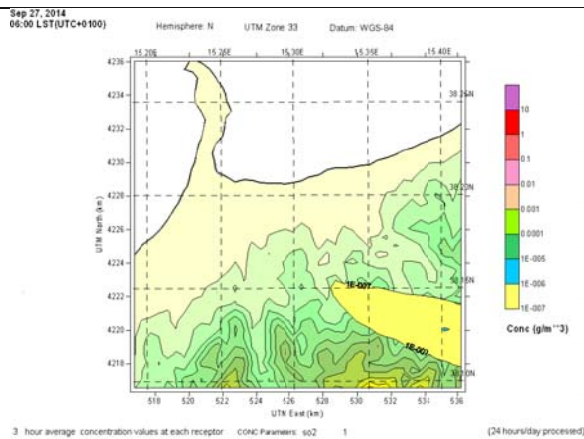
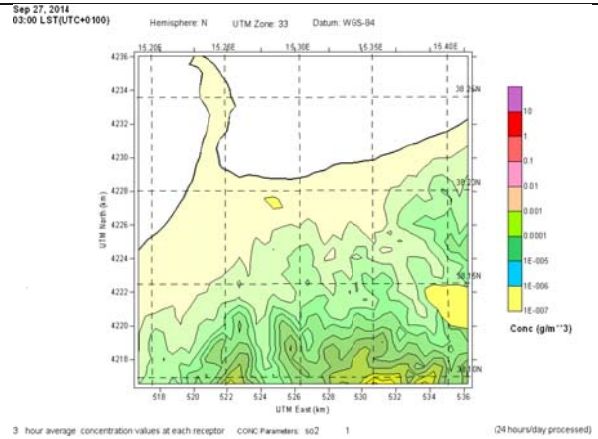
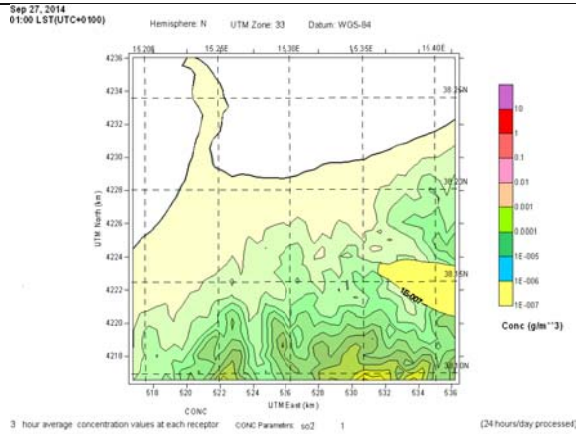


Complex Terrain



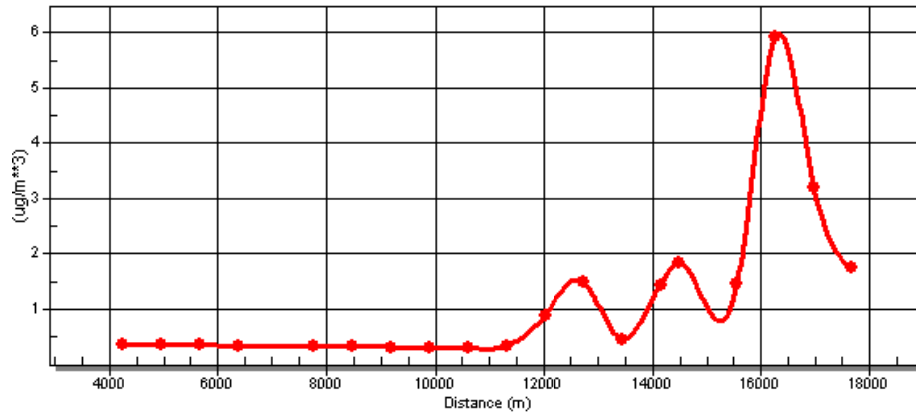
INQUINANTE: SO2

CALPUFF

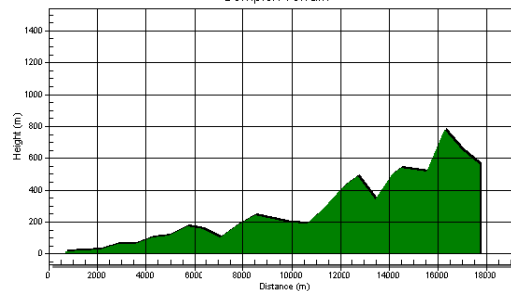


SCREEN3

Complex Terrain Distance Vs. SO2 - Concentration

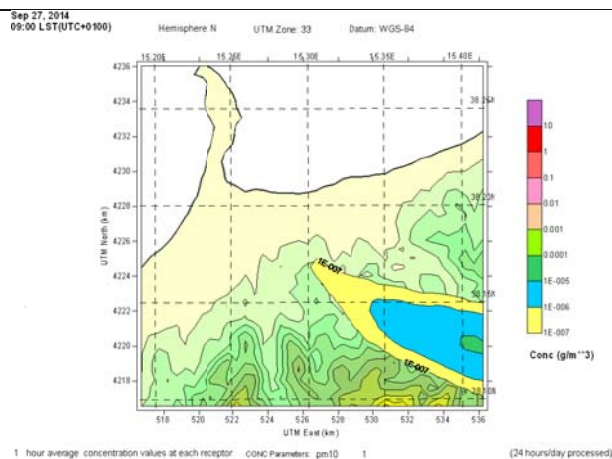
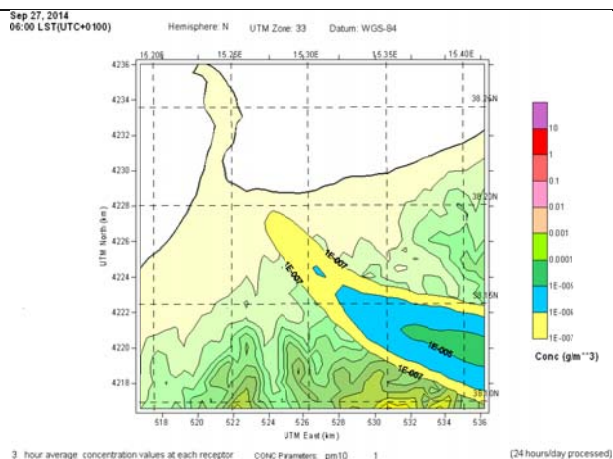
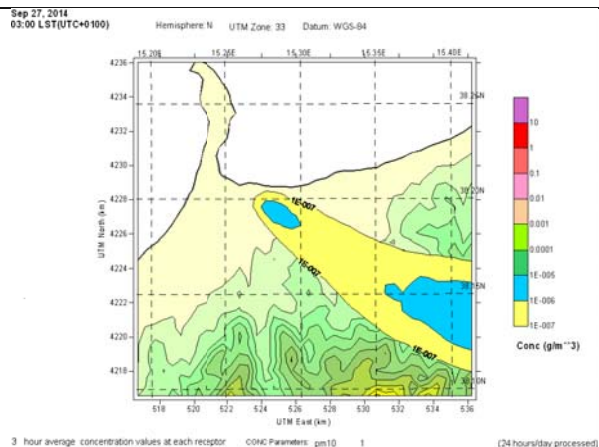
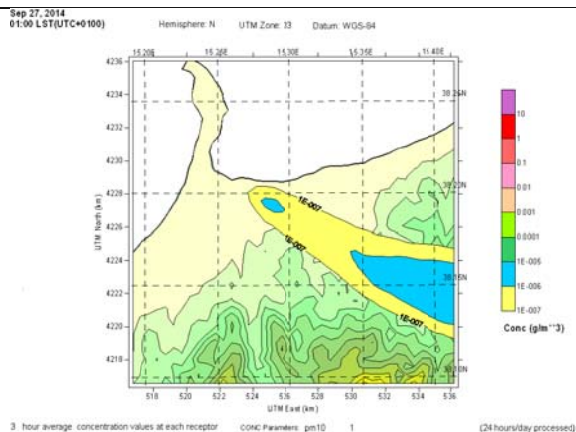


Complex Terrain



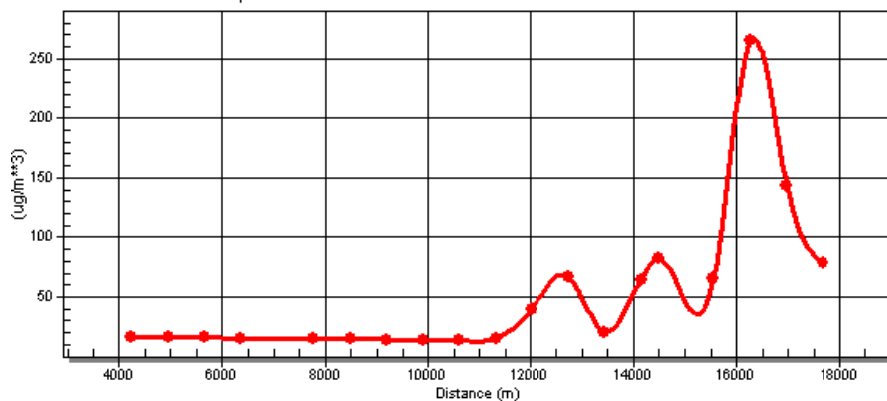
INQUINANTE: POLVERI CARBONIOSE

CALPUFF

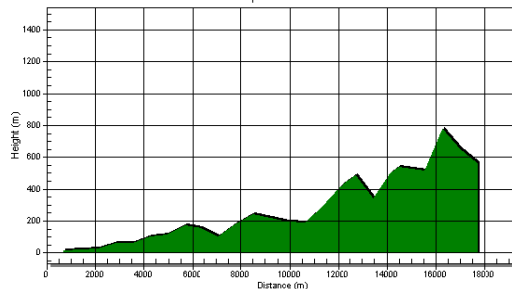


SCREEN3

Complex Terrain Distance Vs. PM10 - Concentration

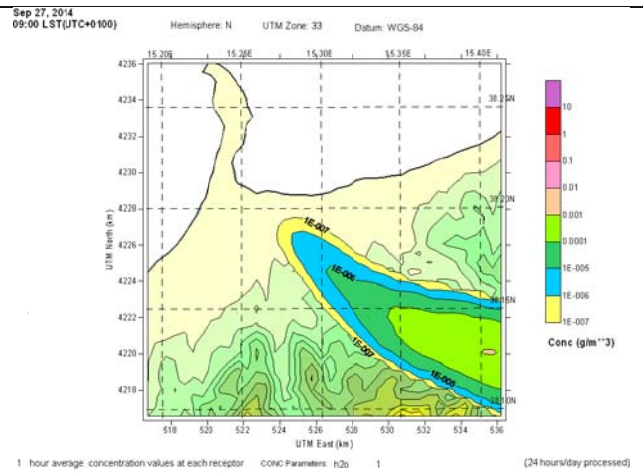
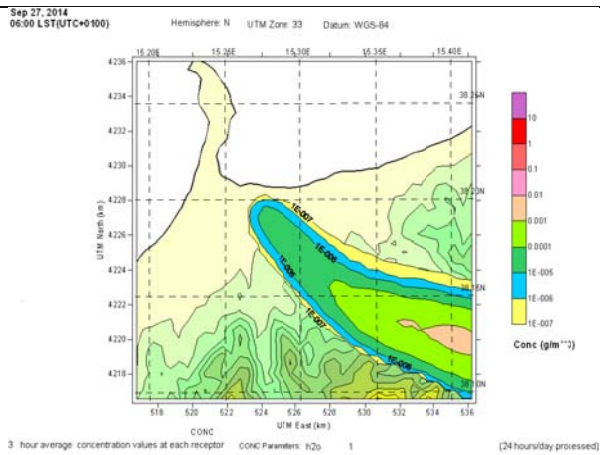
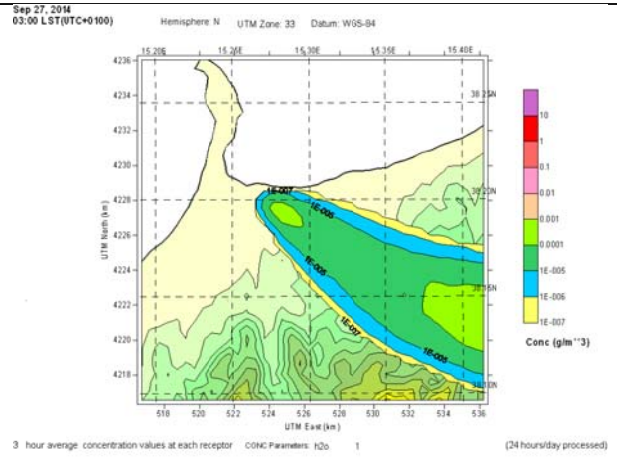
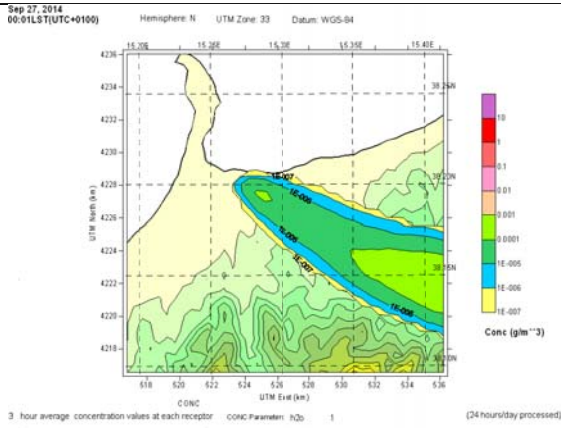


Complex Terrain



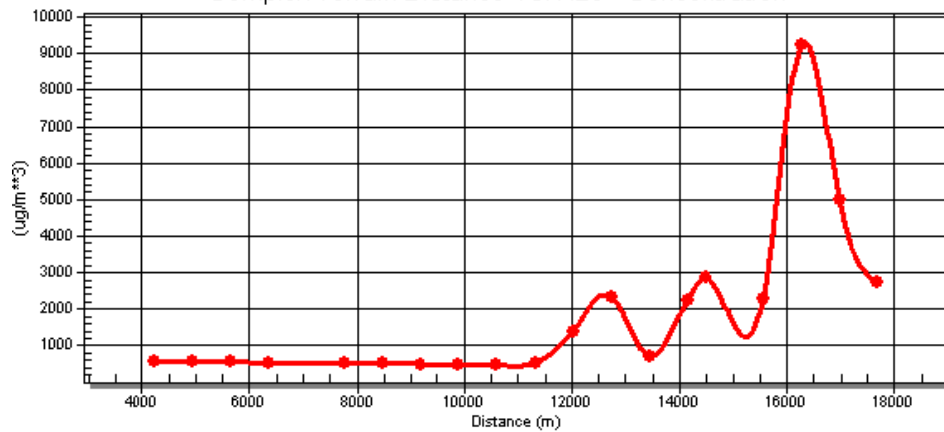
MASSA DIFFUSA: H₂O

CALPUFF

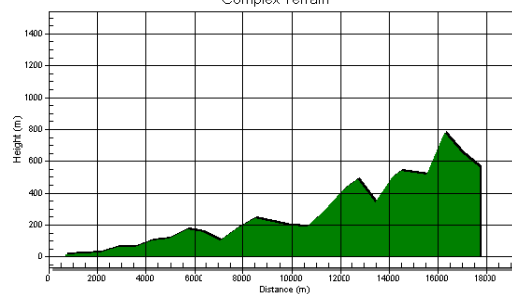


SCREEN3

Complex Terrain Distance Vs. H2O - Concentration



Complex Terrain



Il confronto indica una spiccata coerenza tra gli esiti dei due modelli; in entrambi si evidenzia un accumulo di concentrazione in corrispondenza della zona orografica di maggior pendenza compresa tra 12 e 18 chilometri dal camino, a conferma del fatto che l'orografia influenza sensibilmente la meccanica di dispersione degli inquinanti.

Da notare che i quadri di simulazione riportati nelle due formulazioni modellistiche si riferiscono a condizioni di dispersione scandite da una analisi spazio-tempo oraria. Ciascuno dei grafici indica la “nuvola di dispersione” nell'ora esaminata. Esiste, invero, un'altra possibile rappresentazione dei risultati che ricorre all'analisi delle isoplete, come linee che congiungono i valori massimi di concentrazione registrati in ciascuna delle celle di cui si compone il dominio studiato, nell'arco dell'intero periodo di osservazione. Tali massimi, generalmente, sono distinti nell'ordine 1°, 2°, 3° e 4°. Il ricorso alle isoplete, tuttavia, nel caso in esame non risulta particolarmente vantaggioso atteso che tra il 1° massimo e quelli successivi non vige un regime di spiccata stratificazione dei dati ma piuttosto di modesta variazione.

§10. Limiti di concentrazione di riferimento

Ai fini della valutazione dei possibili effetti della ricaduta degli inquinanti sulla popolazione afferente al dominio di indagine (20x20Km), 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.

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 delle attività emergenziali della Raffineria di Milazzo, 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)		mg/m ³ value	based on the molecular weight of
	ppm 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>Xileni</i>	900	3907,73	106,16

Tabella 6 – 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 di soglia IDLH per la sostanza i-esima.

Il valore M ottenuto va confrontato con l’unità. Se $M > 1 \rightarrow$ IDLH teorico della miscela è superato ed è verosimile che si siano esplicati effetti tossici sulla popolazione. Viceversa, se $M \leq 1 \rightarrow$ il parametro IDLH teorico della miscela è rispettato e risulta ragionevole escludere la manifestazione di effetti irreversibili per la sua salute della popolazione. Atteso che la popolazione è stata esposta ai fumi d’incendio almeno per 10 ore consecutive, risulta ragionevole esprimere anziché il valore M, il valore cumulato del parametro M, denominandolo M^* .

Valori IDLH (ppm)	T_j
	mg/m ³
CO	1.374,72
Nero fumo (Polveri+catrame+acqua)	8.411,5
SO ₂	262,03
NO ₂	37,63
Benzene	1597,34
Toluene	1884,25
Xyleni	3907,73

Tabella 7 – Espressione del valore IDLH

Specie											
	ora 1	ora 2	ora 3	ora 4	ora 5	ora 6	ora 7	ora 8	ora 9	ora 10	Mj*
	Ci [Massimi di concentrazione mg/m³]										$\sum_{i=1}^{10} [C_i/T_i]$
CO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	
MCO											2,0E-04
Polveri	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1	
MPolveri											5,5E-05
SO2	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Mso2											3,8E-05
NOx	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
MNOx											2,7E-03
Benzene	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
MBenzene											6,3E-05
Toluene	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
MToluene											5,3E-05
Xyleni	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Mxyleni											2,6E-05
									M*= $\sum_{i=1}^7 Mj^*$		0,0031

Tabella 8 – Parametro M^* di tossicità cumulato

Pertanto, tenuto conto che la superiore tabella 8 riporta i valori massimi di concentrazione oraria degli inquinanti, sulla base del valore ottenuto per il parametro $M^*=0,0031 \ll 1$, è possibile ipotizzare l'assenza di effetti irreversibili per la sua salute della popolazione esposta alle ricadute degli inquinanti esaminati nel periodo di riferimento considerato per l'incendio. Si precisa, tuttavia, che i tempi di risoluzione prescelti per lo studio, potrebbero non aver indagato l'intero periodo di tempo necessario per la completa ricaduta degli inquinanti al suolo; ne consegue che, in dipendenza degli esiti che discenderanno dai dati raccolti da ARPA nel corso delle indagini di campo, attualmente secretati dalla Procura di Messina, verrà valutata l'opportunità di estendere i tempi di analisi anche oltre il limite della fase *only fire*.

§11. Conclusioni

Lo studio condotto ha consentito di ricostruire gli scenari diffusivi conseguenti all'incendio sviluppato il giorno 27 settembre 2014 all'interno del serbatoio TK513 della Raffineria di Milazzo. 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 (6 m), mentre la seconda ipotizzando la formazione di un camino equivalente, a partire dalla cui sommità i fumi si immettono nello strato basso della troposfera (100 m). Tali due assetti costituiscono le condizioni limite di dispersione entro le quali possono essere circoscritte le variabilità della diffusione reale. Con l'utilizzo del modello gaussiano SCREEN3 è stata validata la condizione di emissione da camino equivalente e confermato il debole accumulo di concentrazione degli inquinanti in corrispondenza del fronte roccioso costituito dalla zona dei Monti Peloritani, distanti circa 15 km in direzione sud rispetto al sito.

I risultati ottenuti si allineano, seppure con ragionevoli limiti di confronto, a quelli già espressi con il TOXFLAM fin dai primi giorni seguenti all'evento incidentale. Si confermano pienamente le registrazioni dei dati operate dalle stazioni di monitoraggio fisse Gabbia e Termica Milazzo, che appaiono non influenzate dall'aero-dispersione degli inquinanti. Il settore entro il quale è avvenuta la dispersione risulta combaciare bene con quello previsto dalla simulazione con il modello matematico lagrangiano. In entrambe le costituzioni modellistiche – TOXFLAM (gaussiano) e CALPUFF (lagrangiano), sono stati trascurati gli effetti di downwash.

Le chiavi di lettura del fenomeno osservato possono essere spiegate da due congiunte considerazioni.

Anzitutto si osserva che il fenomeno incidentale, che ha coinvolto per circa 10 ore una pozza d'incendio la cui estensione superava i 5000 mq, ha sviluppato una energia termica notevole che, verosimilmente, ha fortemente degradato gli inquinanti immessi nel PBL conferendo loro basse

concentrazioni residuali; si può ammettere, con sufficiente certezza, che le temperature raggiunte nel *core* delle fiamme si siano attestate attorno ai 1200°÷1500°C.

In secondo luogo, riguardo alle caratteristiche di dispersione, per quanto osservato ed in relazione alle ore notturne nelle quali l'incendio si è sviluppato è verosimile immaginare che le condizioni vigenti nel PBL fossero di lofting. Il lofting rappresenta la condizione ideale per la dispersione perché la linea di inversione corre al di sotto del *plume*. Questa condizione avrebbe limitato l'arrivo degli inquinanti al suolo e, al contrario, ne avrebbe favorito la dispersione in quota.

Notoriamente, si ritiene che la condizione di lofting si verifichi in serata, quando il raffreddamento del suolo produce l'inversione termica.

Pertanto, occorre senz'altro correlare la concorrenza di queste due condizioni – alta temperatura di degradazione e dispersione tipo lofting negli strati inferiori del layer surface – con la bassa concentrazione d'inquinanti aero-dispersi rilevata al suolo dalle campagne di monitoraggio di ARPA Sicilia.

Infine, sul piano epidemiologico, con la presente analisi è stato possibile fornire una indicazione integrativa alle valutazioni discendenti dalle prime 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 cumulato 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 condizioni favorevoli all'insorgenza di effetti irreversibili per la salute della popolazione esposta all'evento incidentale, nelle 10 ore di studio.

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 CALMET Meteorological Model (version 5.0) – Earth Tech Inc., Concord, MA, Stati Uniti, Settembre 1999.
2. Scirè J.S., Strimaitis D.G., Yamartino R.J. (1999): A User's Guide for the CALPUFF Meteorological Model (version 5.0) – Earth Tech Inc., Concord, MA, Stati Uniti, Giugno 1999.
3. Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" Gazzetta Ufficiale n. 216 del 15 settembre 2010 - Suppl. Ordinario n. 217
4. WHO, 2000. Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series, World Health Organization, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
5. Attuazione del crono-programma approvato dal CTR Regione Sicilia con delibera n.204 del 6 febbraio 2014 – Annesso 18B
6. Piano di Emergenza Esterno ai sensi dell'art. 20 del Decreto Legislativo 17/8/1999 n. 334 RAFFINERIA DI Milazzo S.c.p.A.
7. Rapporto di intervento Comando provinciale VV.FF. Messina – 12423 del 2/10/2014 avente ad oggetto “Intervento Incendio Raffineria S.P.c.A – Milazzo”.