

ALLEGATO 9: ANALISI DI DIFFUSIONE-DISPERSIONE  
NELL'IMPIANTO DI RIGASSIFICAZIONE GNL

# ANALISI DI DIFFUSIONE-DISPERSIONE NELL'IMPIANTO DI RIGASSIFICAZIONE GNL A TARANTO, ITALIA

## INDICE GENERALE

ANALISI DI DIFFUSIONE-DISPERSIONE NELL'IMPIANTO DI RIGASSIFICAZIONE GNL A TARANTO, ITALIA	3
1. ANALISI DI DIFFUSIONE-DISPERSIONE DELL'ACQUA DI SCARICO	3
1.1 INTRODUZIONE	3
1.2 MODELLISTICA NUMERICA	5
1.2.1 STRATEGIA DELLA MODELLISTICA	6
1.2.2 DATI CONSIDERATI	7
1.2.2.1 Batimetria	7
1.2.2.2 Maree	7
1.2.2.3 Venti	8
1.2.3 MODELLISTICA IDRODINAMICA	10
1.2.4 MODELLISTICA DI DIFFUSIONE-DISPERSIONE	13
1.3 CONCLUSIONI	17
APPENDICE I – RISULTATI SIMULAZIONE NUMERICA	18

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Porto di Taranto.....	3
Figura 2. Ubicazione del terminale GNL nel Porto di Taranto.....	4
Figura 3. Layout per il terminale GNL, punto di entrata e di uscita dell'acqua.....	5
Figura 4. Diagramma di flusso del modello bidimensionale.....	6
Figura 5. Batimetria dell'area di studio usata per il modello numerico.....	7
Figura 6. Rosa dei venti nell'area di Taranto.....	8
Figura 7. Risultati della simulazione idrodinamica in condizioni di calma.....	12
Figura 8. Risultati della simulazione idrodinamica considerando condizioni di vento 10 m/s con direzione di 315°.....	12
Figura 9. Risultati della simulazione idrodinamica considerando condizioni di vento 10 m/s con direzione di 180°.....	13
Figura 10. Risultati della diffusione-dispersione dell' acqua fredda di scarico in condizioni di calma nel Porto di Taranto.....	15
Figura 11. Risultati della diffusione-dispersione dell' acqua fredda di scarico con velocità del vento do 10 m/s e direzione 247.5°, al Porto di Taranto.....	16
Figura 12. Risultati della diffusione-dispersione dell' acqua fredda di scarico con velocità del vento do 10 m/s e direzione 157.5°, al Porto di Taranto.....	16

## INDICE DELLE TABELLE

Tavola 1. Direzioni del vento selezionate.....	9
Tavola 2. Direzioni del vento selezionate.....	10

# ANALISI DI DIFFUSIONE-DISPERSIONE NELL'IMPIANTO DI RIGASSIFICAZIONE GNL A TARANTO, ITALIA

## 1. ANALISI DI DIFFUSIONE-DISPERSIONE DELL'ACQUA DI SCARICO

### 1.1 Introduzione

GAS NATURAL è impegnata nel processo di costruzione di un Terminale di rigassificazione GNL nel Porto di Taranto in Italia. Tra gli studi di progetto eseguiti per l'impianto, la società ALATEC, S.A. ha realizzato il presente studio per analizzare la diffusione e la dispersione dell'acqua di scarico. Lo studio è stato realizzato per valutare l'estensione dello scarico dell'acqua e dei possibili effetti negativi, così come per studiare le possibilità di un riciclo d'acqua nella presa dell'acqua.

L'area di studio si trova in provincia di Taranto nella regione Puglia, nel sud Italia. Il Porto di Taranto è uno dei più importanti porti industriali in Italia, e ha portato benessere economico alla regione. La disposizione del Porto di Taranto è indicata nella figura 1.

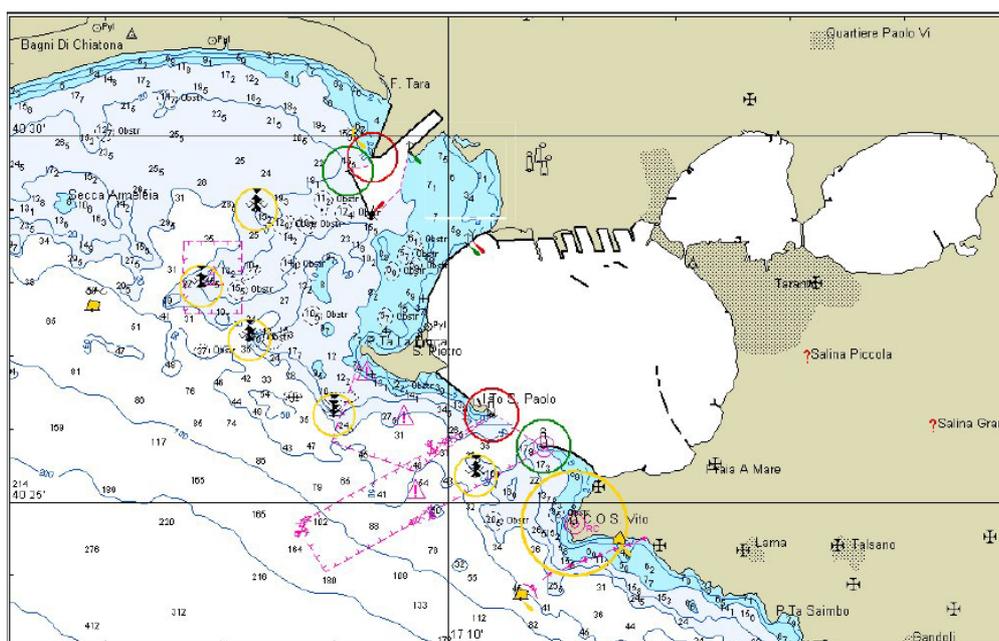


Figura 1. Porto di Taranto

La posizione dell'impianto di rigassificazione e del terminale GNL al Porto di Taranto è indicata nella figura 2.

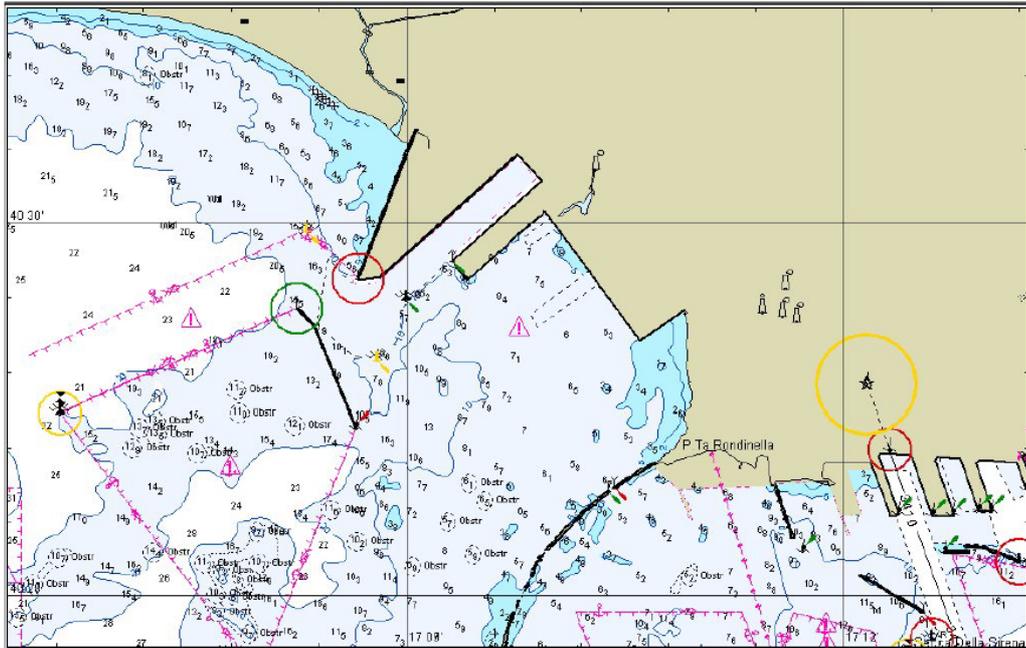


Figura 2. Posizione del terminale GNL nel Porto di Taranto

Il progetto del Terminale GNL, inclusa la posizione della presa e dello scarico dell'acqua è indicata nella figura 3. Come si nota, lo scarico dell'acqua si trova approssimativamente in un intervallo di profondità tra 5 e 3.5 m e a circa 300 m dalla presa d'acqua.

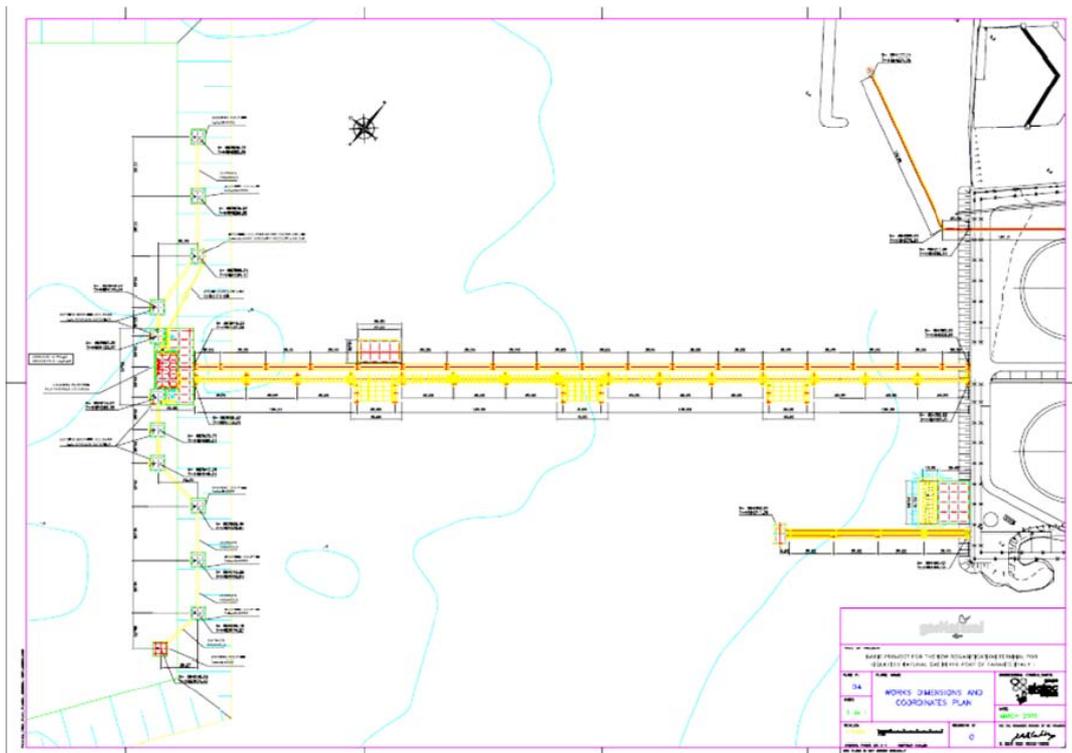


Figura 3. Disposizione del terminale GNL, presa e scarico dell'acqua

È previsto che l'acqua di scarico risultante dal processo di rigassificazione abbia una temperatura di  $-6^{\circ}\text{C}$  rispetto alla temperatura dell'acqua del mare. In tale senso questo

studio analizza la diffusione-dispersione della temperatura dell'acqua scaricata ad una profondità di 5 m (scarico a 3.5 m di profondità), per valutare l'estensione dell'influenza dello scarico e valutare se potrebbe avvenire un riciclo.

## 1.2 Modellistica Numerica

Per analizzare la diffusione-dispersione dello scarico dell'acqua fredda è stato scelto un modello numerico, poiché questo è un ottimo metodo per prevedere il comportamento di uno scarico avente le caratteristiche di questo studio, permette di valutare la sua estensione e l'influenza sull'acqua della presa. In questa sezione si presenta la messa a punto del modello, i dati di input, la descrizione del modello ed i risultati.

### 1.2.1 Strategia Modellistica

Per studiare il comportamento dello scarico di acqua fredda è stato necessario, in primo luogo, stabilire le condizioni idrodinamiche e secondariamente, valutare la diffusione-dispersione. È stato usato il software *MIKE 21* sviluppato da DHI-Water & Environment, applicando il modulo HD per la modellistica idrodinamica ed il modulo AD per la dispersione-diffusione dell'acqua di scarico. Il diagramma di flusso indicato nella figura 4 mostra la strategia modellistica usata per la modellistica bidimensionale, mostrando i dati di input così come le condizioni al contorno usate e l'interazione di modello.

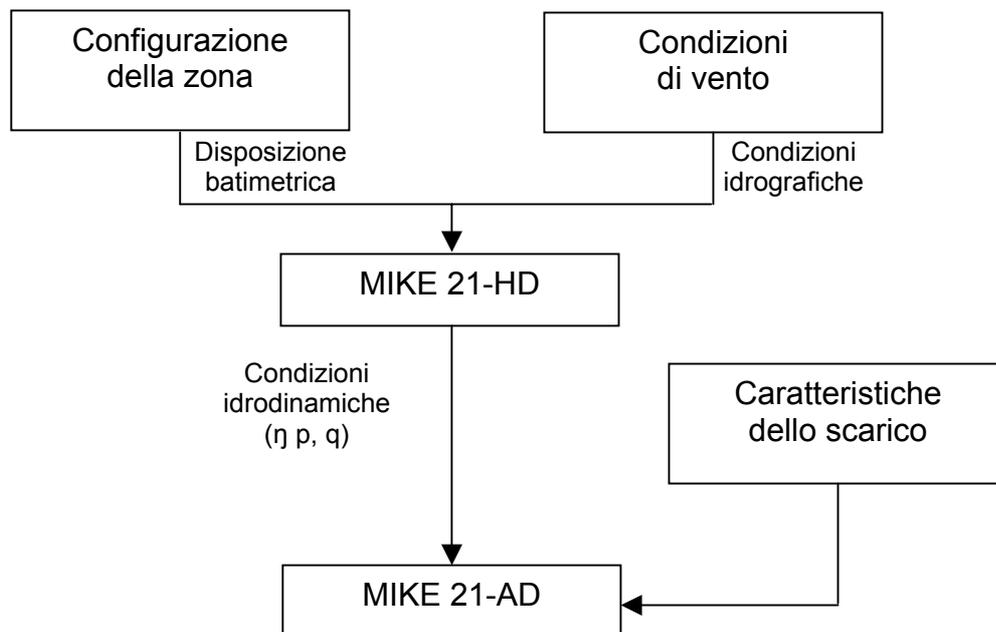


Figura 4. Diagramma di flusso per modellistica bidimensionale

In questo modo, il modulo HD simula le condizioni idrodinamiche sulla base degli agenti di forza, come il vento, ed i risultati ottenuti influenzeranno direttamente la dispersione dello scarico. Tale dispersione e diffusione è quindi simulata con il modulo AD, che simula lo scarico dell'acqua fredda e la sua dispersione sulla base idrodinamica precedentemente calcolata.

## 1.2.2 Dati considerati

### 1.2.2.1 Batimetria

La batimetria usata nello studio è stata ottenuta dalle carte nautiche ed è stata aggiornata con un'indagine eseguita da ALATEC nel Dicembre 2004. La batimetria usata per la modellistica è indicata nella figura 5.

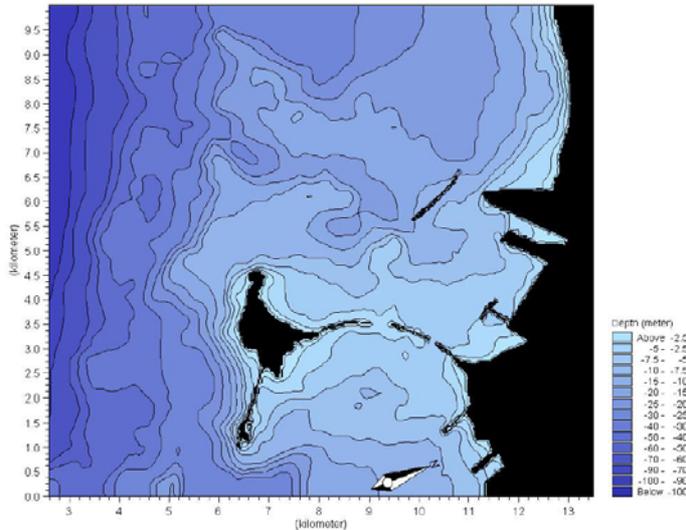


Figura 5. Batimetria dell'area di studio usata per la modellistica numerica

### 1.2.2.2 Maree

Le maree nell'area di Taranto sono semidiurne con una altezza di marea di 24 cm; come tali, le maree sono da considerarsi irrilevanti per la modellistica poiché non sono previste correnti di marea.

### 1.2.2.3 Venti

I venti nell'area di studio sono indicati nella figura 6, che mostra che i venti più frequenti provengono dai settori Nord e Sud. Poiché non si hanno maree nell'area, i venti sono le principali forze di generazione di correnti. Ciò è stato confermato dallo studio Meteo-Marino effettuato da MEDEA ENGINEERING SA per il progetto "Progetto preliminare Terminale di ricezione e rigassificazione Gas Naturale Liquefatto (GNL), nel quale si riporta che le correnti nell'area di studio sono correnti dominate dai venti.

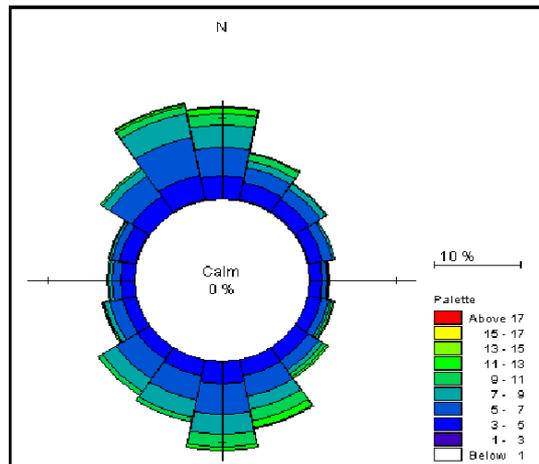


Figura 6. Rosa dei Venti nell'area di Taranto

Dalle condizioni del vento e dalla tabella dei casi (mostrata nella corrispondente appendice del progetto di costruzione), sono state selezionate le condizioni di vento per il modello; esse sono indicate nella tabella seguente. Le direzioni del vento selezionate corrispondono a quelle più frequenti, ad eccezione della condizione 09, che corrisponde alla peggior situazione per quanto riguarda il riciclo dell'acqua nella presa, poiché il vento soffia dallo scarico alla presa.

Condizione	Direzione del vento
00	-
01	315°
02	337.5°
03	0°
04	22.5°
05	157.5°
06	180°
07	202.5°
08	225°
09	247.5°

Tabella 1. Direzioni del vento selezionate

Poiché per il 65% del tempo il vento ha una velocità tra 1 e 5 m/s, è stato deciso di selezionare 5 m/s per le simulazioni. Gli scenari con velocità più bassa sono coperti dalla simulazione in condizioni di calma, mentre per il limite superiore è stato deciso di realizzare le simulazioni con una velocità di vento di 10 m/s. La tabella seguente mostra le condizioni del vento considerate per le simulazioni.

Condizione	Direzione del vento	Velocità del vento
00	-	-
01	315°	5 m/s
02	337.5°	5 m/s
03	0°	5 m/s
04	22.5°	5 m/s
05	157.5°	5 m/s
06	180°	5 m/s
07	202.5°	5 m/s
08	225°	5 m/s
09	247.5°	5 m/s
11	315°	10 m/s
12	337.5°	10 m/s
13	0°	10 m/s
14	22.5°	10 m/s

15	157.5°	10 m/s
16	180°	10 m/s
17	202.5°	10 m/s
18	225°	10 m/s
19	247.5°	10 m/s

Tabella 2. Velocità e direzioni del vento selezionate

### 1.2.3 Modellistica Idrodinamica

Il modello numerico *MIKE 21-HD* è stato applicato allo scopo di ottenere il campo di corrente nell'area di studio per le differenti condizioni di vento da modellizzare. Il modulo idrodinamico simula le variazioni del livello dell'acqua e le variazioni di flusso in risposta ai gradi di forzatura in acque costiere. Il livello ed i flussi del mare sono risolti in una griglia rettangolare che copre l'area di studio, e sono calcolati includendo gli effetti dell'attrito inferiore, forza del vento, gradi di pressione barometrica, forza di Coriolis, dispersione di quantità di moto e correnti indotte dalle onde.

Il sistema risolve le equazioni non lineari di continuità, così come quelle per la conservazione di massa, usando uno schema a differenze finite, con una precisione di secondo ordine. Gli effetti e le risorse incluse nel modello sono le seguenti:

- Quantità di moto convettiva e trasversale
- Spinta trasversale dal basso
- Spinta trasversale del vento in superficie
- Gradienti della pressione barometrica
- Forze di Coriolis
- Dispersione di quantità di moto (attraverso la formulazione di Smagorinsky)
- Correnti indotte dalle onde
- Alimentazioni e sprofondimenti (massa e quantità di moto)
- Evaporazione
- Piene e secche

I risultati ottenuti consistono nel livello del mare e flussi (velocità) nel dominio computabile.

Il modello idrodinamico è stato applicato nella batimetria mostrata, che ha una risoluzione di 33 x 33 metri, che è stata considerata necessaria per risolvere le diverse configurazioni morfologiche e portuali nell'area.

Le condizioni di forzatura del modello consistono nelle condizioni di vento mostrate sopra, selezionate in modo da coprire l'intera gamma di condizioni idrodinamiche nell'area. Da una parte, le condizioni di calma sono state modellate senza vento, in modo da rappresentare le condizioni più sfavorevoli rispetto alla dispersione e alla diffusione, poiché si ha solo diffusione di calore e nessuna diffusione dovuta alle correnti. Dall'altra parte le restanti simulazioni includono vento che genera correnti, che a turno influenzano l'acqua dello scarico incrementando la diffusione, ma anche espandendo lo scarico nell'area, e questo può creare situazioni avverse espandendo lo scarico nella presa d'acqua.

I risultati della simulazione idrodinamica in condizioni di calma sono rappresentate nella figura 7, mentre le figure 8 e 9 mostrano i risultati con vento a velocità 10 m/s da 315° e da 180°. I risultati di tutte le simulazioni sono indicati nell'Appendice I.

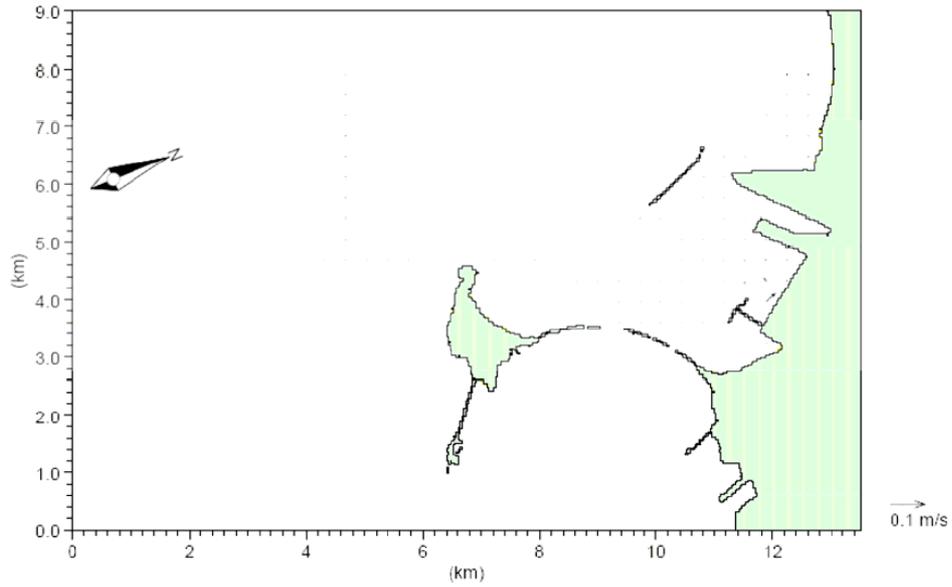


Figura 7 Risultati della simulazione idrodinamica in condizioni di calma

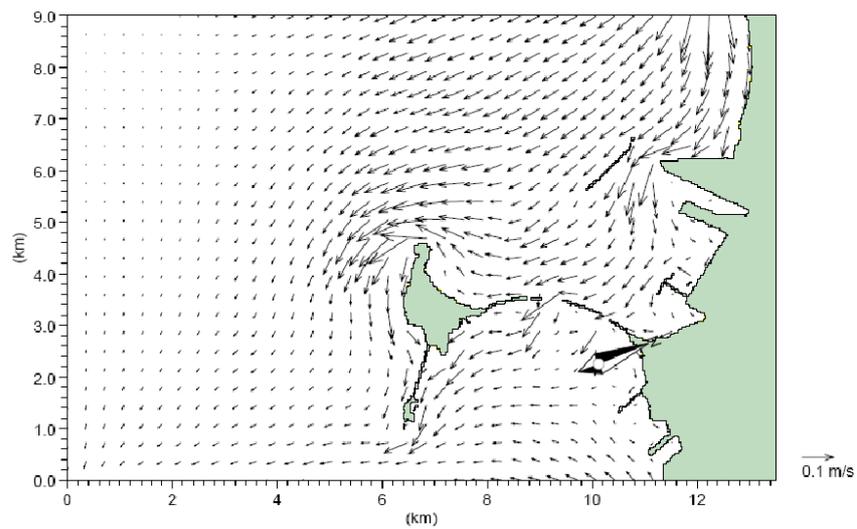


Figura 8 Ris

zione 315°

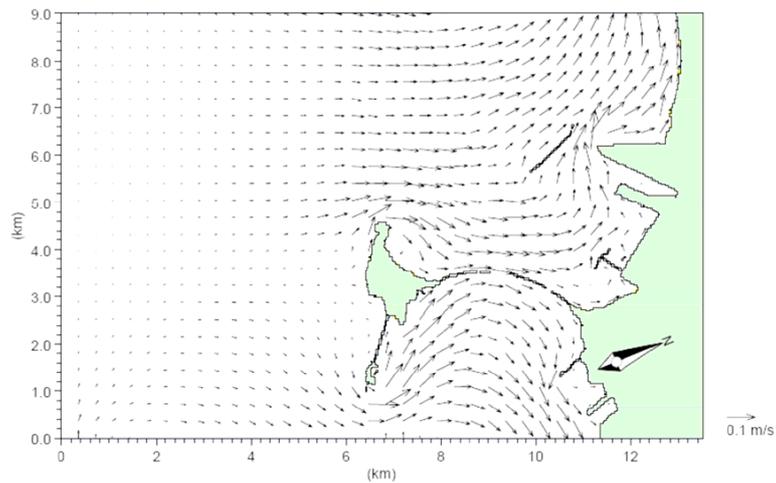


Figura 9 risultati della simulazione idrodinamica con condizioni di vento a 10 m/s con direzione 180°

Come osservato, le condizioni di calma non producono correnti, mentre con vento a 10 m/s le correnti arrivano difficilmente a raggiungere una velocità di 0.1 m/s, è pertanto possibile stabilire che le correnti nell'area sono molto basse.

#### 1.2.4 Modellistica di diffusione-dispersione

Il modello *MIKE 21-AD* è stato usato per valutare la diffusione-dispersione dello scarico dell'acqua e per valutarne il relativo comportamento. Lo scopo di applicare questo modello è di usare i campi di corrente ottenuti dall'applicazione del modello HD e di simulare la diffusione e la dispersione degli scarichi a mare, in questo caso uno scarico di acqua fredda. Il modello AD simula la propagazione di una sostanza dissolta o sospesa nell'acqua, sotto l'influenza di movimento di fluidi e di processi naturali associati a fenomeni di dispersione. Il modello AD può gestire differenti tipi di sostanze, sia in modo conservativo attraverso il decadimento lineare sia attraverso la diffusione di calore.

Il caso allo studio si occupa di un problema di diffusione di calore nel quale il modello calcola la "concentrazione" di calore o temperatura, in ognuno dei punti della griglia che copre l'area di interesse, dove i risultati del modello HD forniscono l'informazione necessaria sulle correnti, così che la dispersione e la diffusione possono essere calcolate.

Per stabilire la dispersione e la diffusione del calore, si è tenuto conto delle condizioni considerate per le simulazioni idrodinamiche per un totale di 19 simulazioni, che comprendono l'intera gamma delle possibili situazioni nell'area.

Le simulazioni sono state effettuate usando una temperatura relativa, considerando cioè la temperatura dell'acqua di mare a zero, mentre la temperatura dell'acqua dello scarico a 6°C, con l'intenzione di realizzare simulazioni che mostrino in modo più comprensivo e schematico le variazioni di temperatura. Ciò nonostante questo non interessa le simulazioni, ma solo l'interpretazione dei risultati, dove i risultati del modello mostrano le differenze delle temperature dell'acqua di mare e dell'acqua dello scarico (così come le temperature relative alla diffusione di calore).

I risultati di tutte le simulazioni effettuate, sia idrodinamiche che di dispersione-diffusione di calore, sono indicati nell'Appendice I. I risultati più sfavorevoli per la dispersione di temperatura sono quelle in condizioni di calma, e quelle con venti in direzione da 247.5° e 157.5°, così come mostrati nel testo.

I risultati della diffusione di calore in condizioni di calma sono indicati nella figura 10, dove le relative differenze di temperatura si notano nei dintorni del punto di scarico. L'area d'influenza dello scarico è chiaramente visibile, osservando che il calore è notevolmente diffuso, principalmente verso NO, raggiungendo una distanza di 500 m, dove può essere apprezzata solo una differenza di 1°C. Dato che l'impianto di rigassificazione è posto in un'area industriale, dove non ci sono ecosistemi sensibili, poiché insistono già molte industrie nella zona e in particolare nell'area si riversa un'impianto di trattamento di acque reflue. A causa dell'alta diffusione della temperatura e delle condizioni ecologiche non di pregio nell'area lo scarico di acqua fredda non ha effetti negativi, ed i suoi effetti sono minimi e molto localizzati. Inoltre non è prevista ricircolazione.

Nella figura 11 sono rappresentati i risultati con una velocità del vento di 10 m/s ed una direzione di 247.7°, mostrando effetti molto simili a quelli con condizioni di calma, ma con una differenza di temperatura fino a 1.5°C alla costa. Anche se sarebbe lo scenario peggiore per il riciclo dell'acqua dello scarico, non ci sono ricicli e la dispersione è diretta verso NO. La figura 12 mostra un modello di dispersione simile a quelli in condizioni di

calma, ma in questo caso con vento ad una velocità di 10 m/s ed una direzione di 157.5°; questo scenario comporta una maggiore diffusione della temperatura più fredda verso il NO, ma ancora, la differenza di temperatura è di un massimo di 1°C, così che non sono considerati effetti negativi verso l'ambiente, e nemmeno sul funzionamento dell'impianto di rigassificazione dovuto al possibile riciclo, che non è atteso.

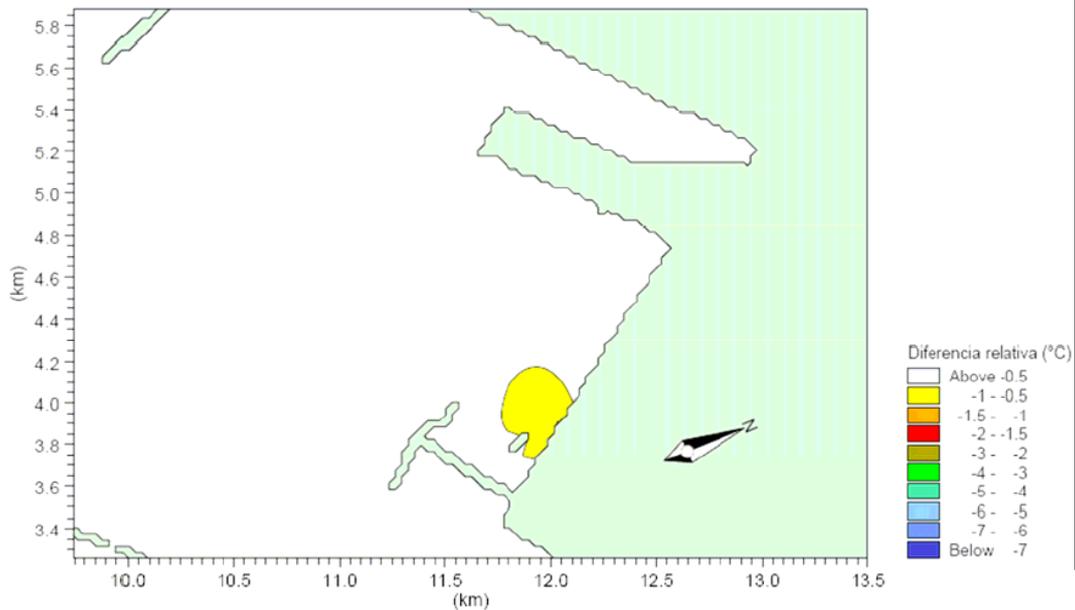


Figura 10, Risultati della diffusione-dispersione per la discarica dell'acqua fredda in condizioni di calma nel Porto di Taranto

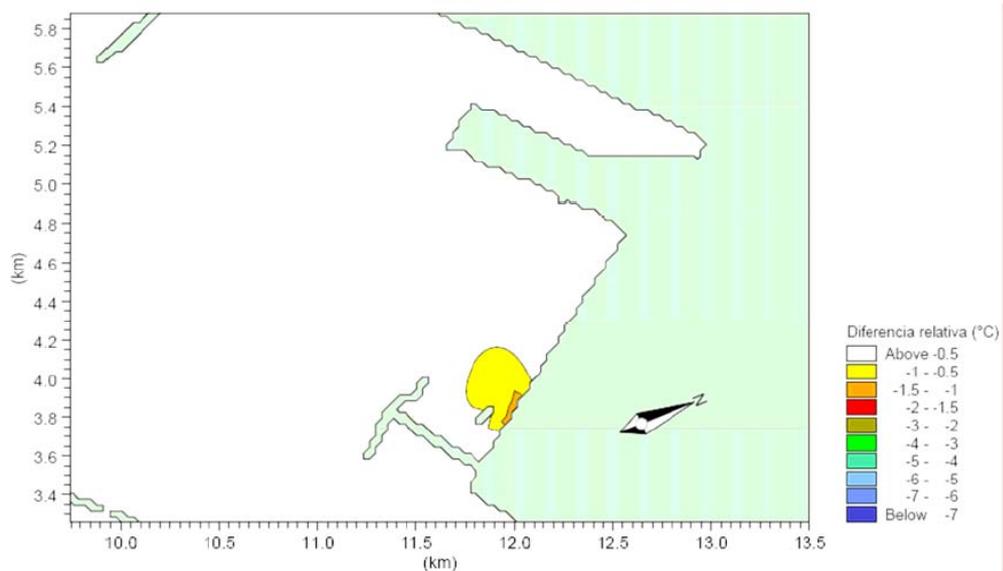


Figura 11, Risultati della diffusione-dispersione per la discarica dell'acqua fredda in condizioni di vento con velocità 10 m/s con direzione di 247.5° nel Porto di Taranto

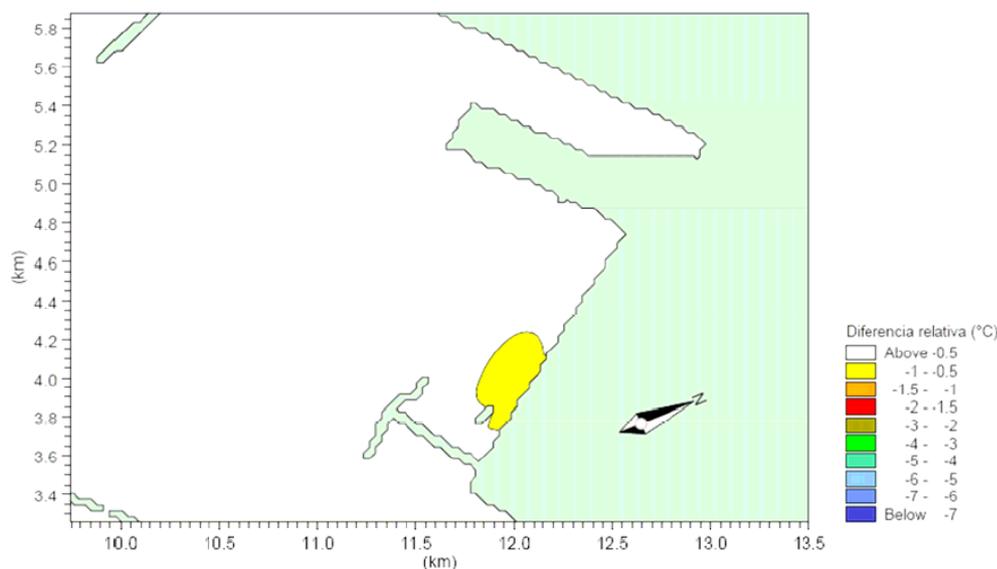


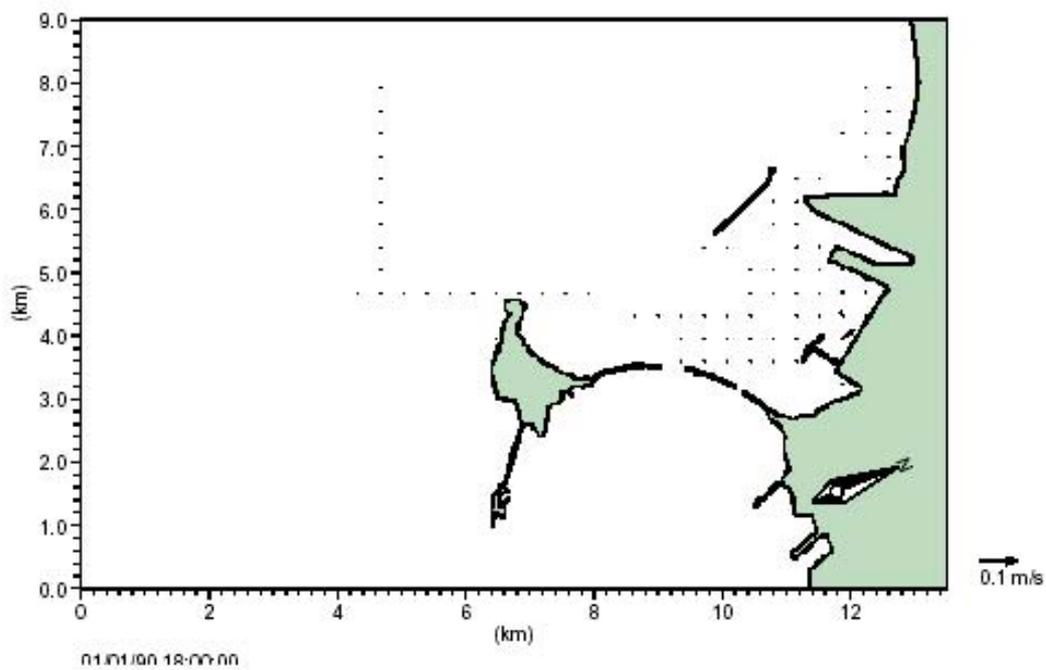
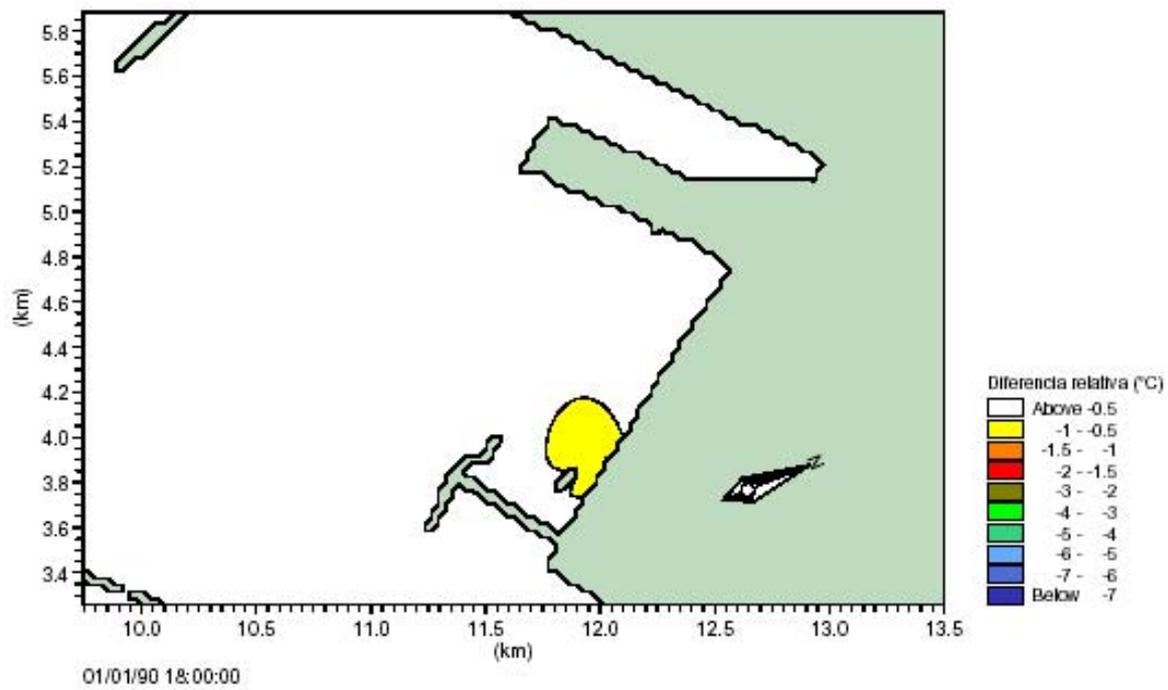
Figura 12, Risultati della diffusione-dispersione per la discarica dell'acqua fredda in condizioni di vento con velocità 10 m/s con direzione di 157.5° nel Porto di Taranto

### 1.3 Conclusioni

Lo scarico di acqua fredda, risultante dall'impianto di rigassificazione di GAS NATURAL nel Porto di Taranto, è stato valutato tenendo conto in particolare della dispersione e della diffusione. Sono stati valutati diversi scenari che generano differenti modelli di corrente come risultato di diverse condizioni di vento nell'area, per valutare il comportamento dell'acqua dello scarico.

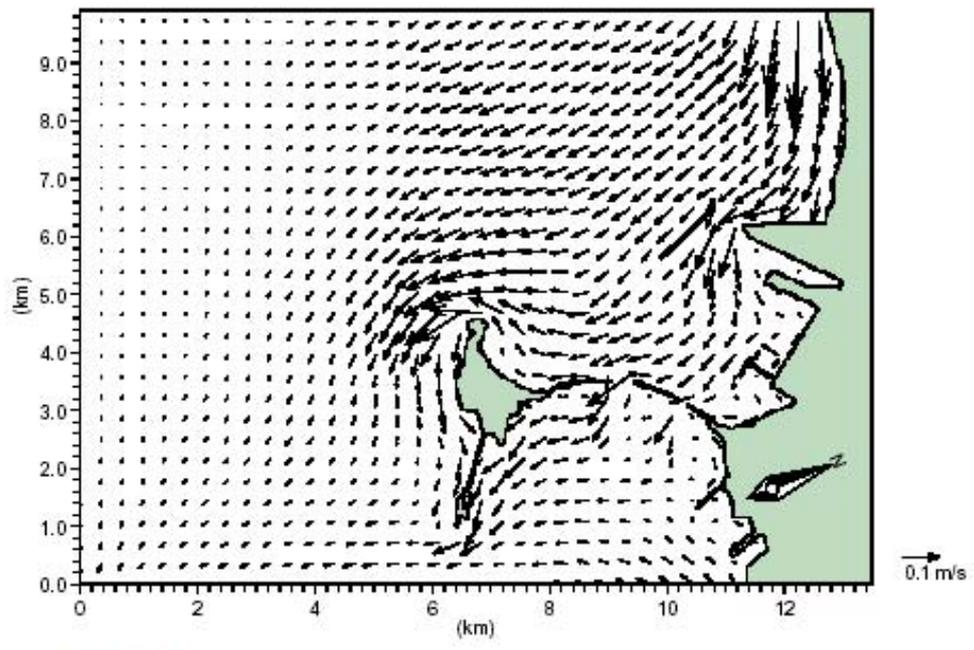
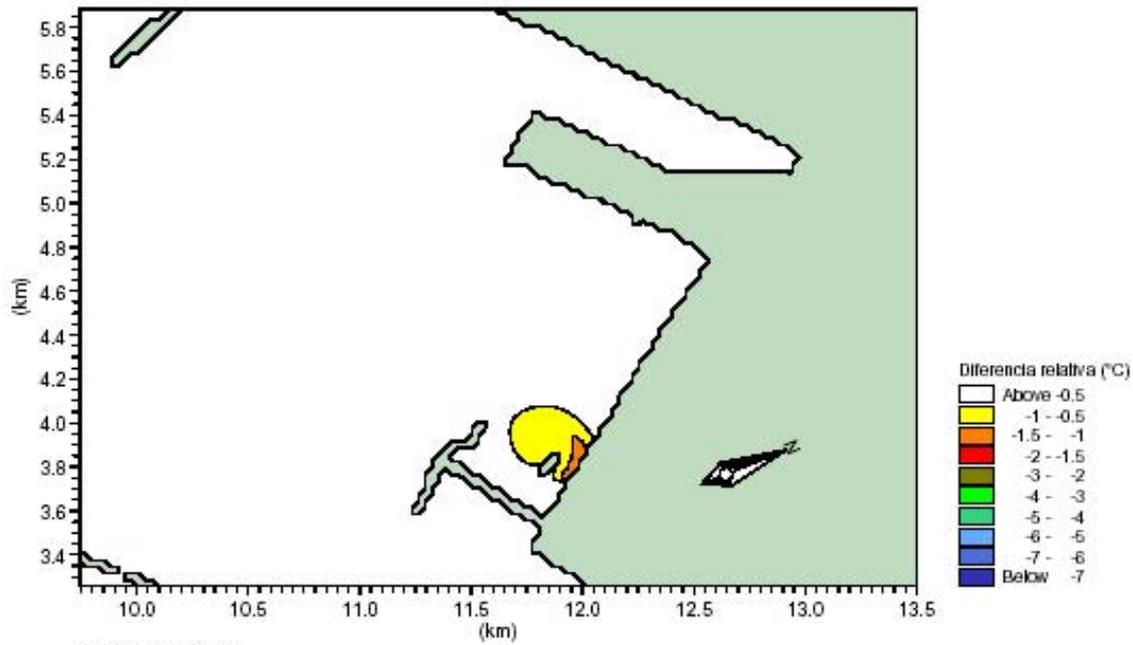
I diversi scenari hanno mostrato che la dispersione dell'acqua fredda presenta una diffusione molto limitata nell'area, con solo una differenza massima di 1°C a 500 m dal punto dello scarico verso NO. Così che, gli effetti sull'ambiente sono molto limitati e facilmente assorbibili, anche considerando che l'area è un Porto industriale; gli effetti sulle esistenti condizioni ambientali dell'area stessa sono minimi. In merito al riciclo dell'acqua fredda nella presa d'acqua, dovuto alla dispersione ottenuta, non è previsto alcun riciclo nell'impianto. In alcuni scenari si ha una differenza di temperatura di 1.5°C alla costa, ma come detto precedentemente, questo non ha effetti sull'ambiente ed in ogni modo è compensato con uno scarico di acqua calda nell'area, prodotta da altre industrie.

## APPENDICE I: RISULTATI DELLA SIMULAZIONE NUMERICA



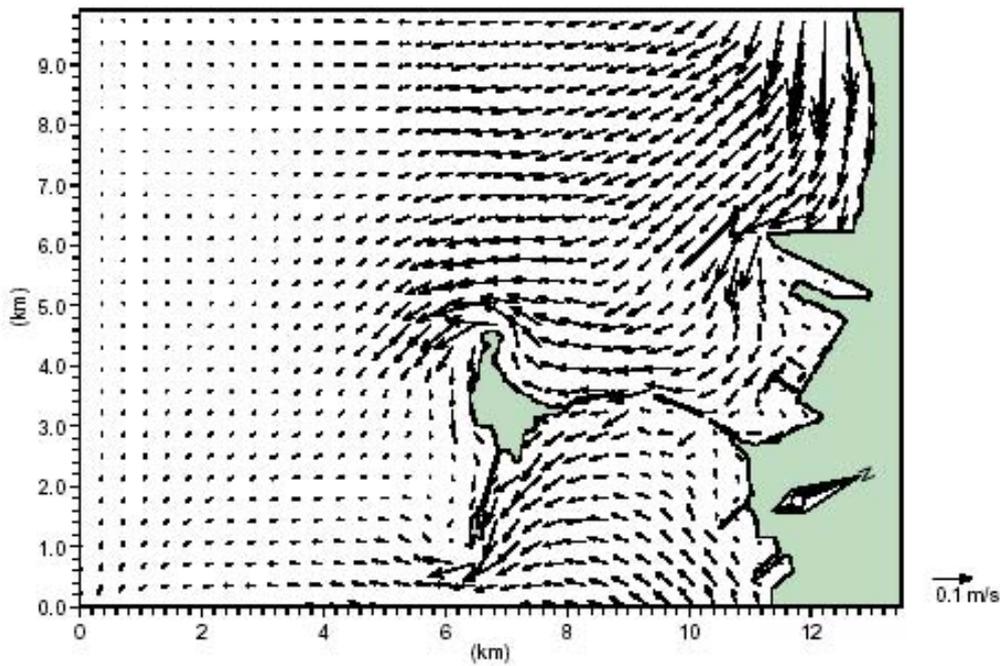
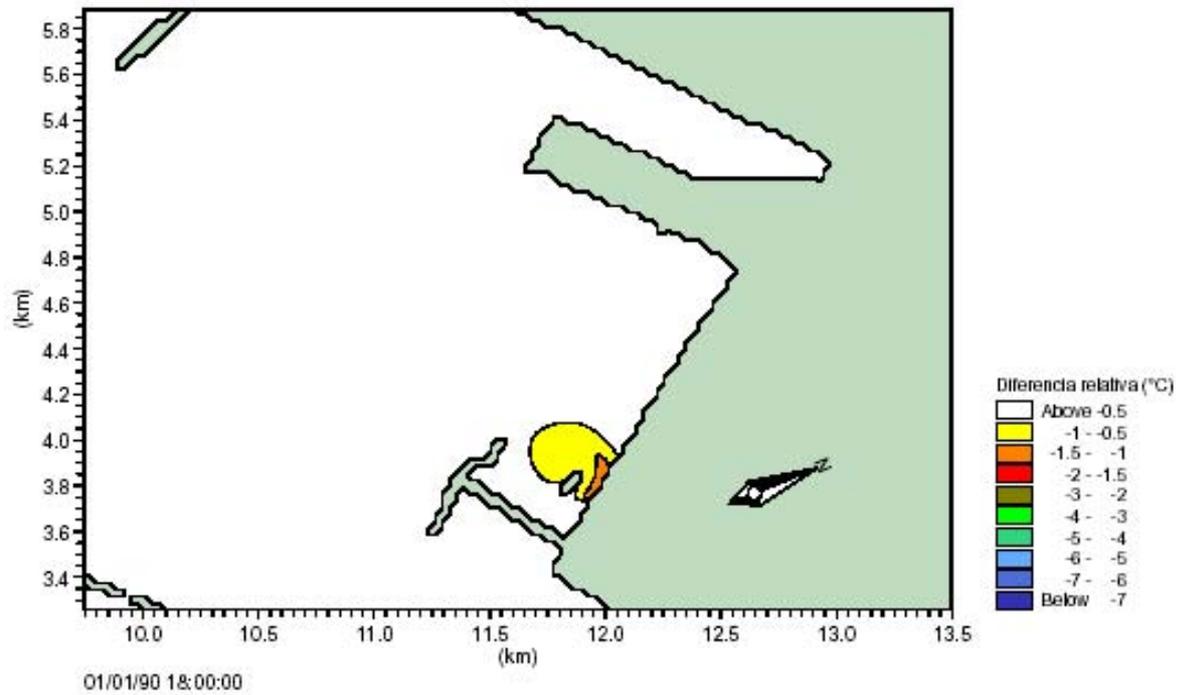
Client:		GAS NATURAL	
Project:		P04156D	
Model:	Date:	Spill Advection/dispersion in Taranto Calm conditions (no wind)	Drawing no. DRW 00
Mke 21 - AD	04/02/05		
	Init:		
	cma		

MIKEZero

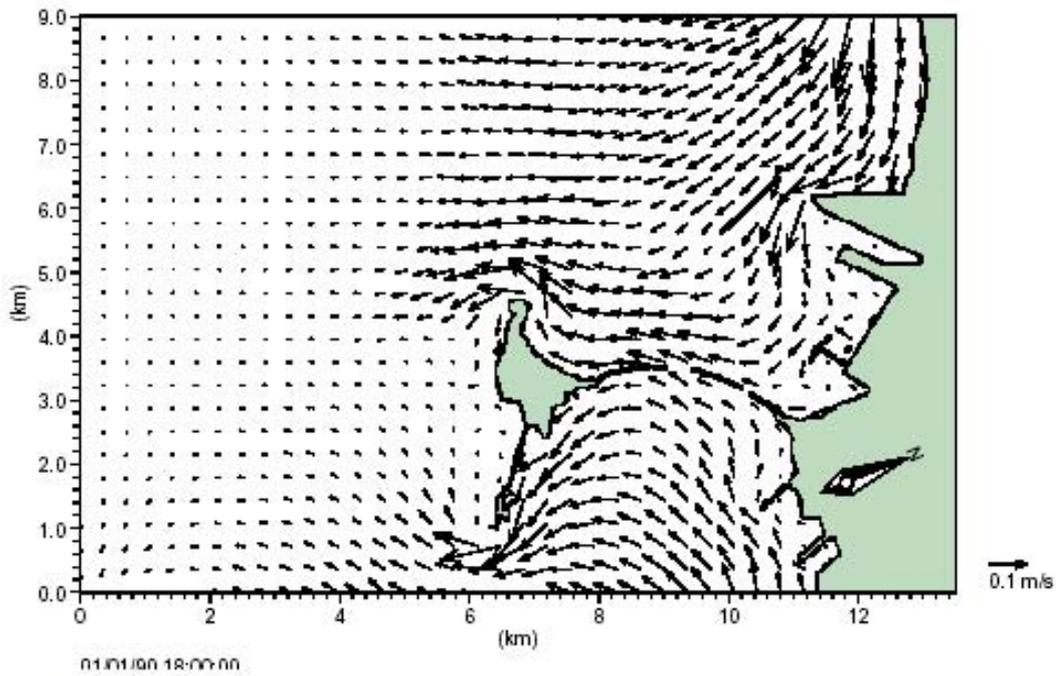
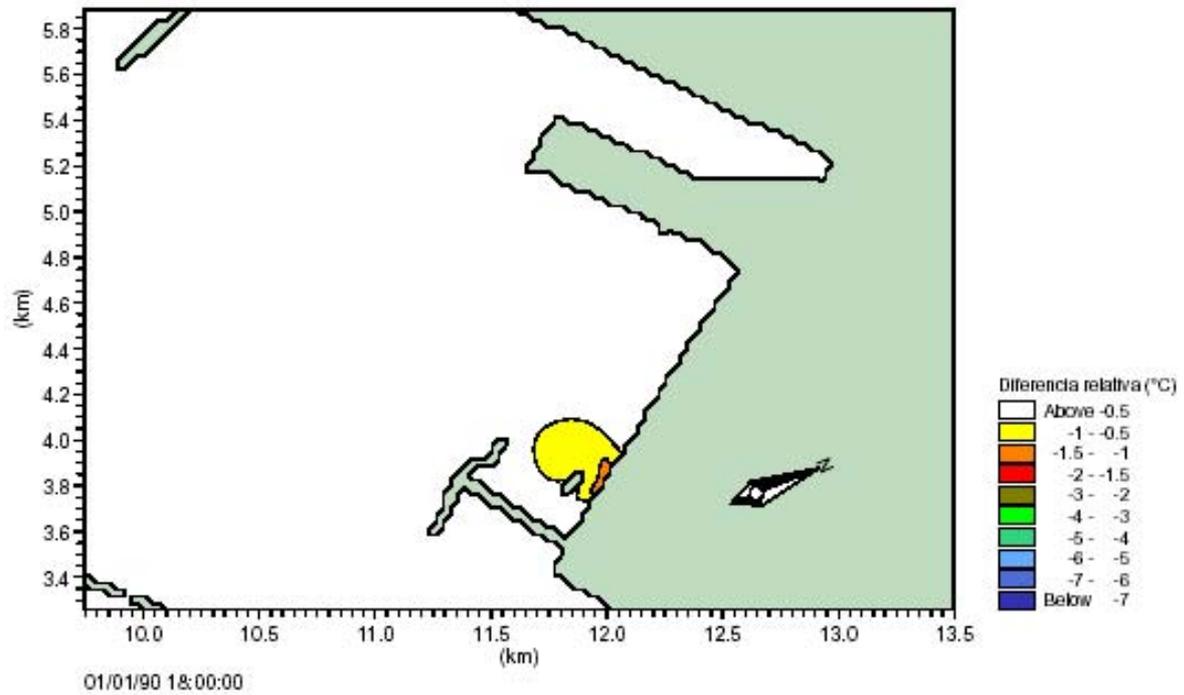


 <b>alatec</b> Ingenieros consultores y arquitectos		Client:	GAS NATURAL	
		Project:	P04156D	
Model:	Mike 21 - AD	Date:	04/02/05	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 5 m/s, dir = 315°
		Int:	oma	

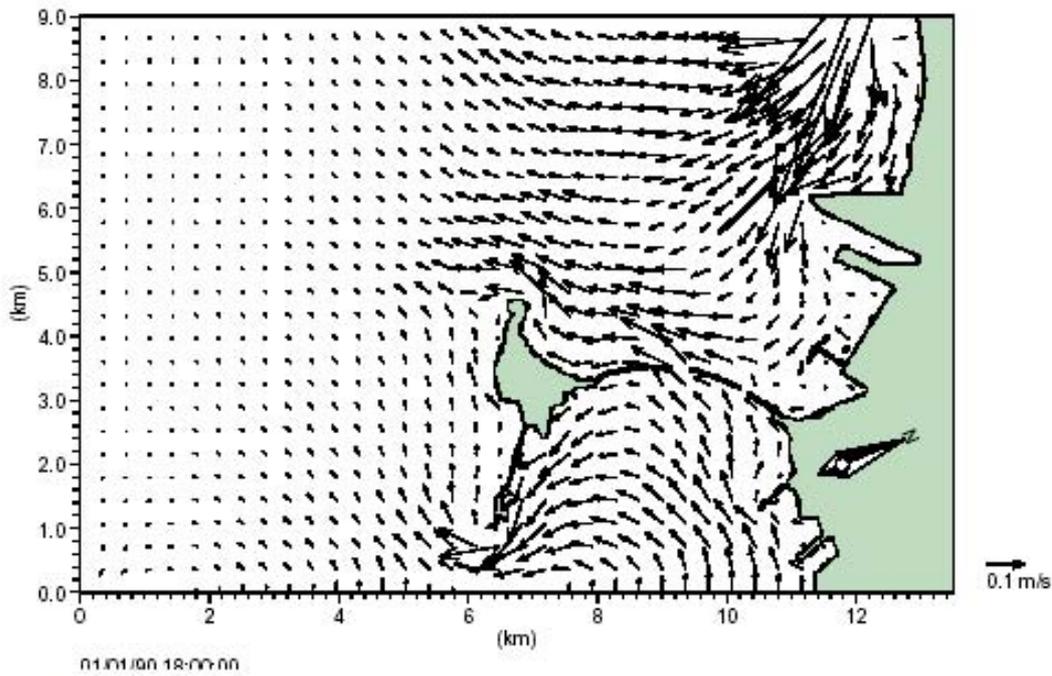
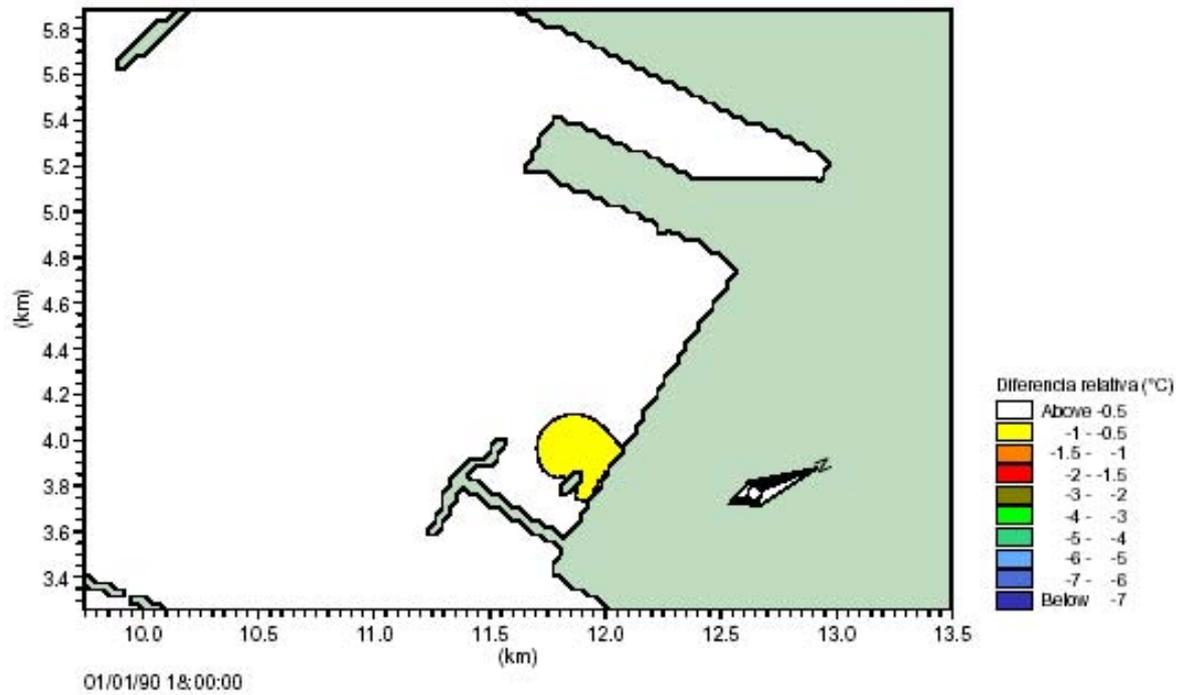
MIKZero



		Client:	GAS NATURAL	MIKZero
		Project:	P04156D	
Model:	Date:	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 5 m/s, dir = 337.5°		Drawing no.
Mike 21 - AD	04/02/05			DRW 02
	Init:			
	oma			



Client: GAS NATURAL		MIKZero
Project: P04156D		
Model: Mike 21 - AD	Date: 04/02/05	Drawing no.: DRW 03
	Init: oma	
Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 5 m/s, dir = 0°		



<b>alatec</b> Ingenieros consultores y arquitectos		Client: GAS NATURAL Project: P04156D	<b>MIKZero</b>
Model: Mike 21 - AD	Date: 04/02/05 Init: oma	Drawing no.: DRW 04	

Client: GAS NATURAL

Project: P04156D

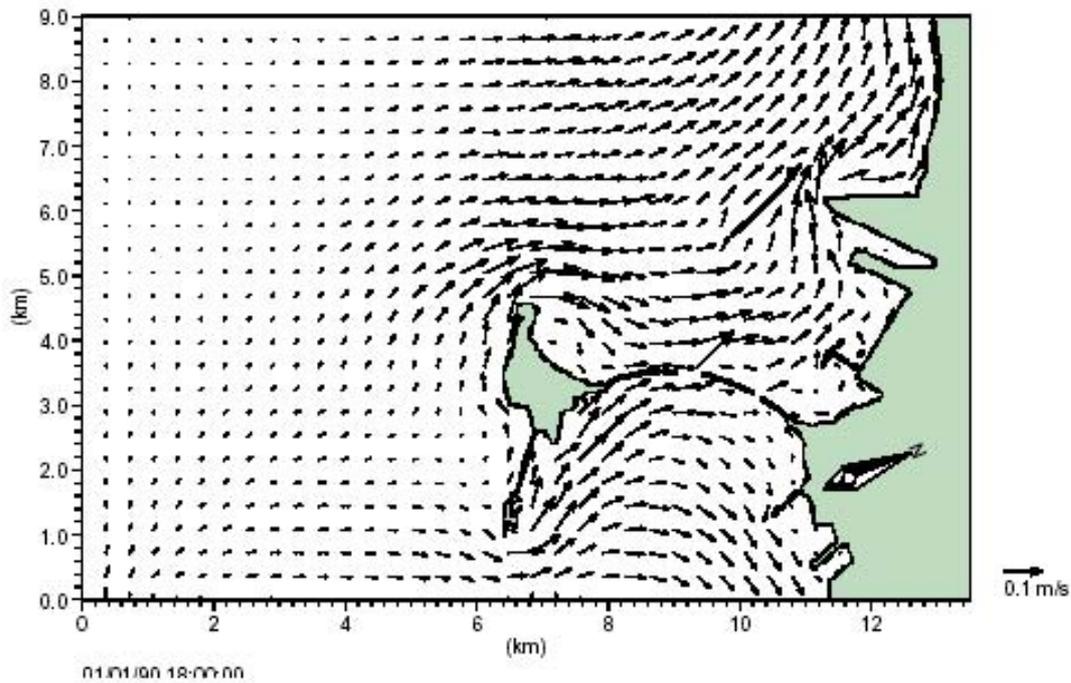
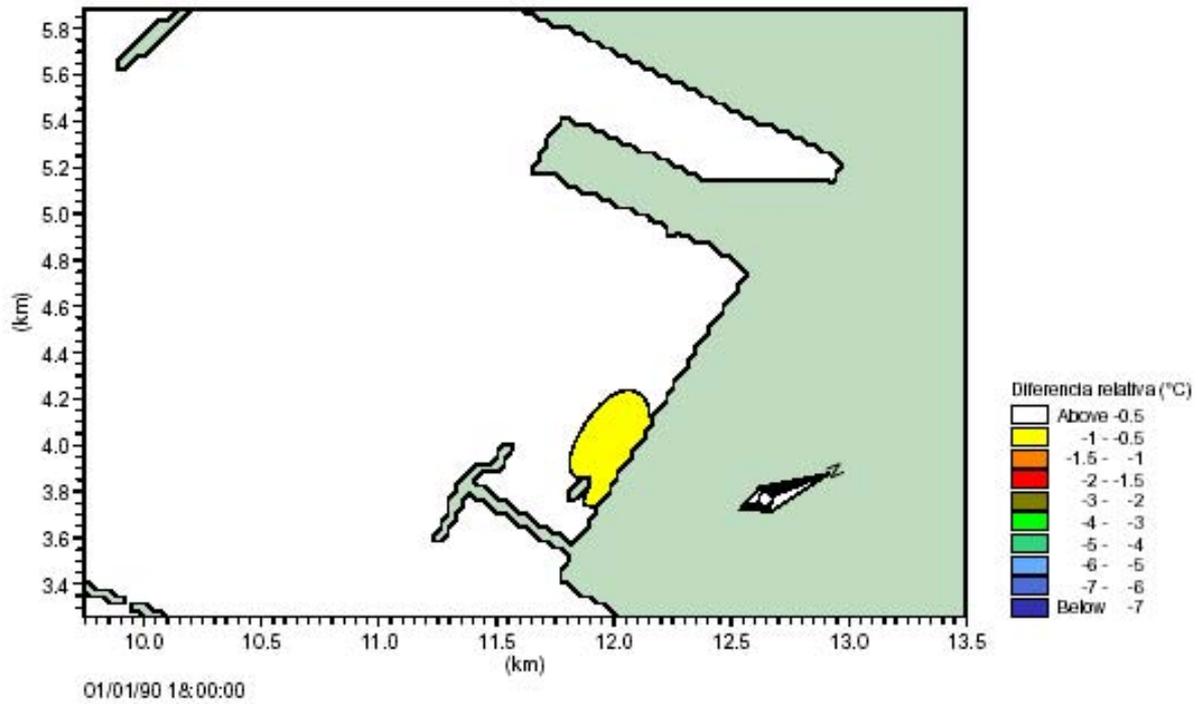
Model: Mike 21 - AD

Date: 04/02/05

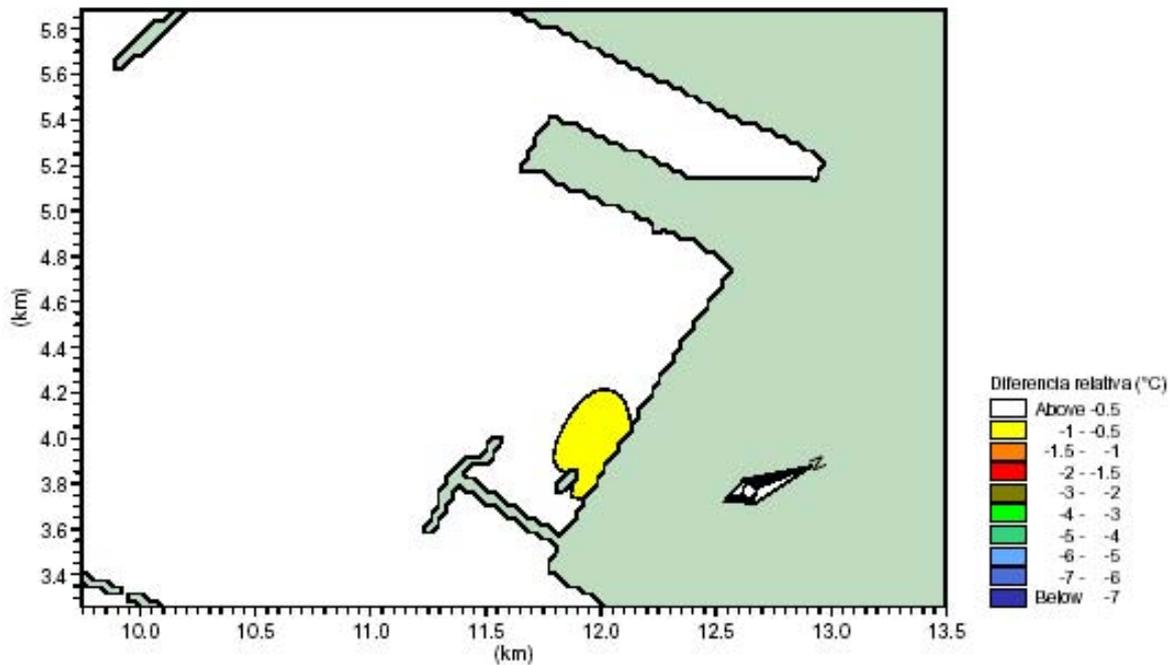
Spill Advection/dispersion in Taranto  
 Wind: vel= 5 m/s, dir = 22.5°

Drawing no.: DRW 04

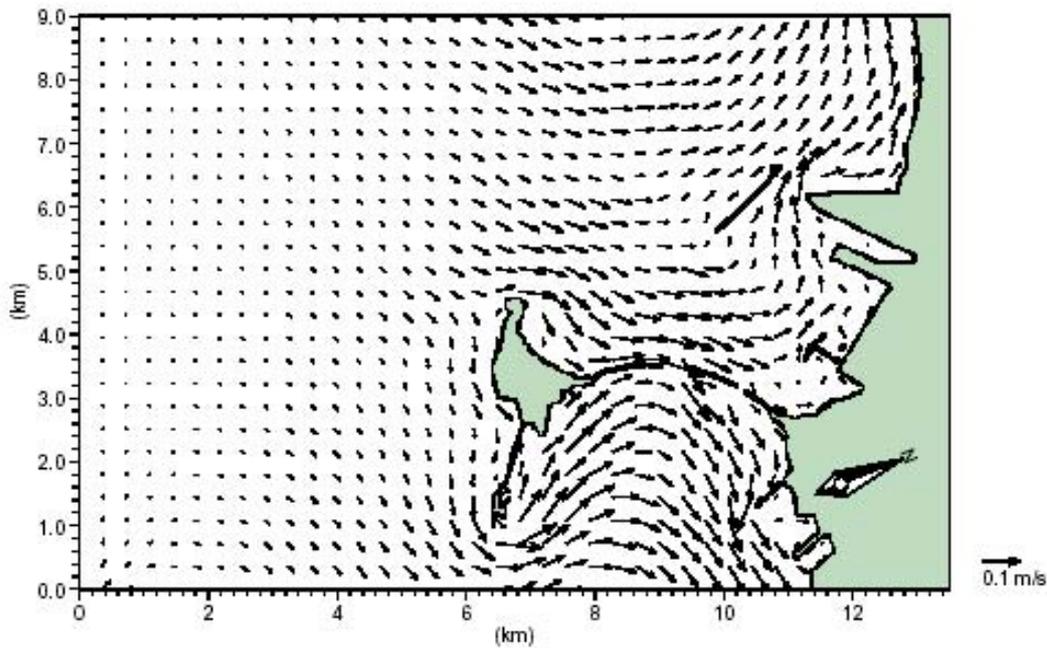
Init: oma



		Client: GAS NATURAL	Drawing no. DRW 05
		Project: P04156D	
Model: Mike 21 - AD	Date: 04/02/05	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 5 m/s, dir = 157.5°	
	Init: cma		



01/01/90 18:00:00

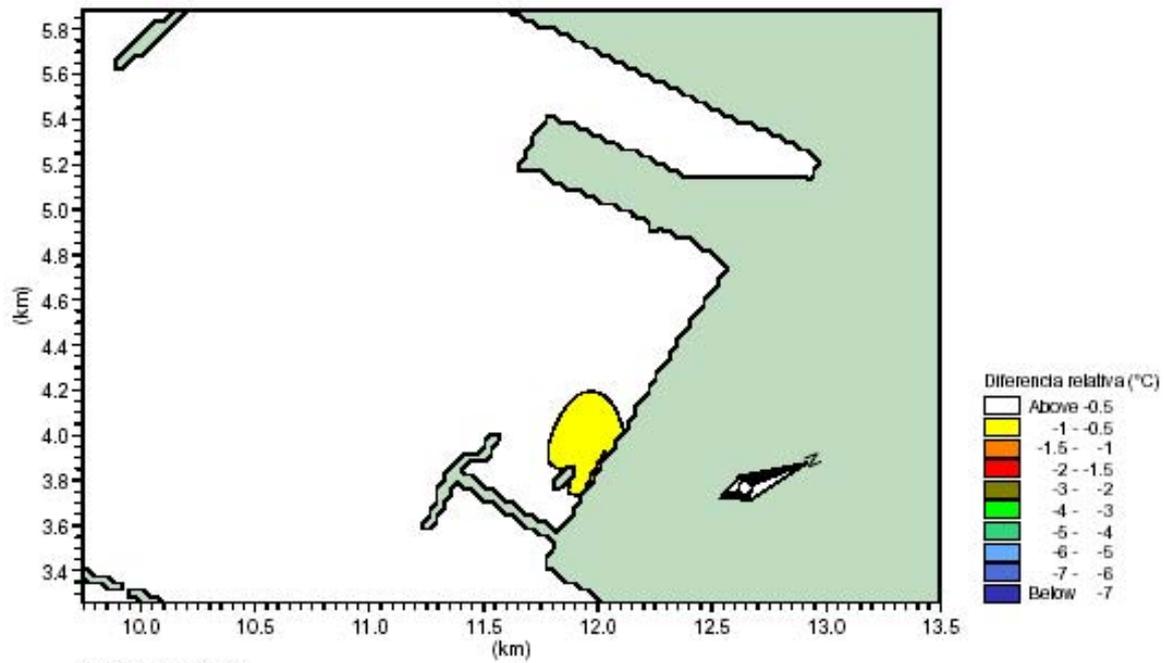


01/01/90 18:00:00

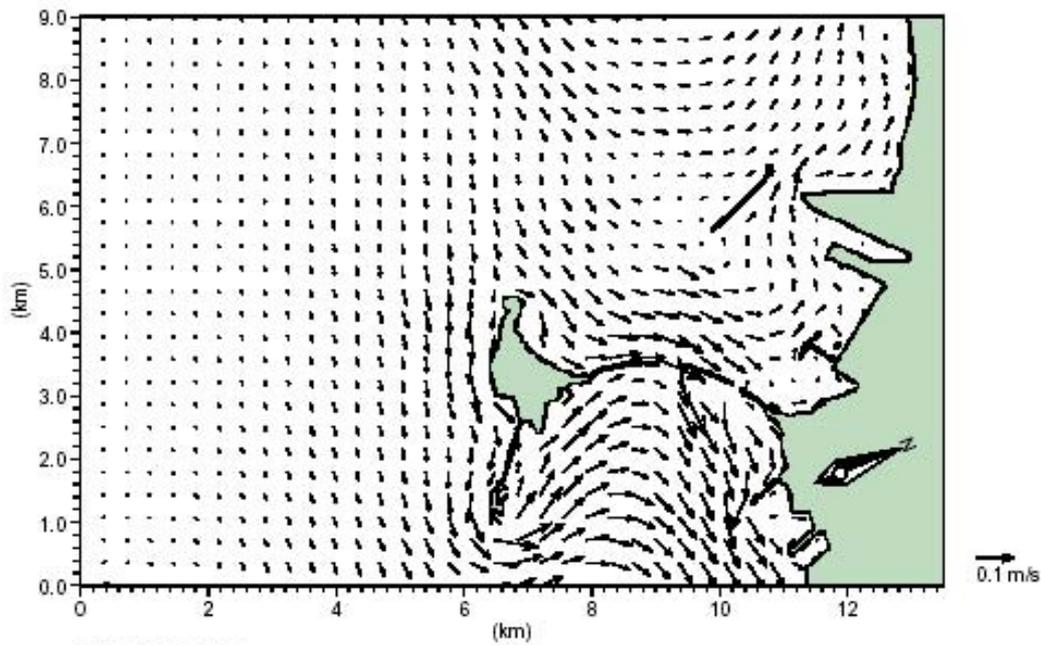


Client:		GAS NATURAL	
Project:		P04156D	
Model:	Date:	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 5 m/s, dir = 202.5°	Drawing no. DRW 07
Mke 21 -AD	04/02/05		
	Int:		
	cma		

MIKZero



01/01/90 18:00:00

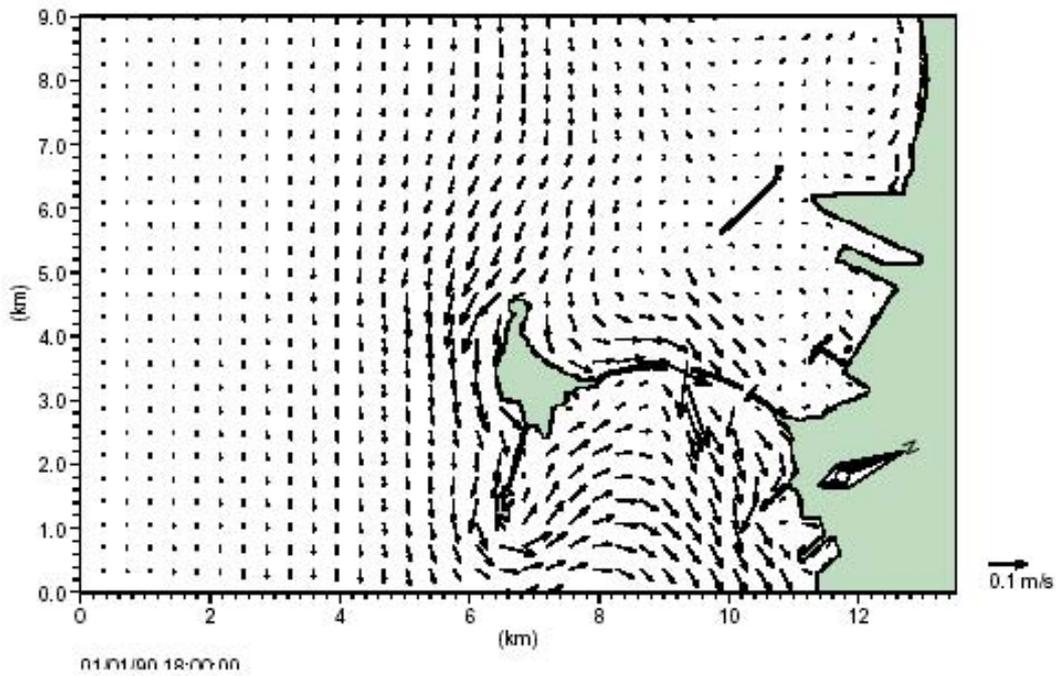
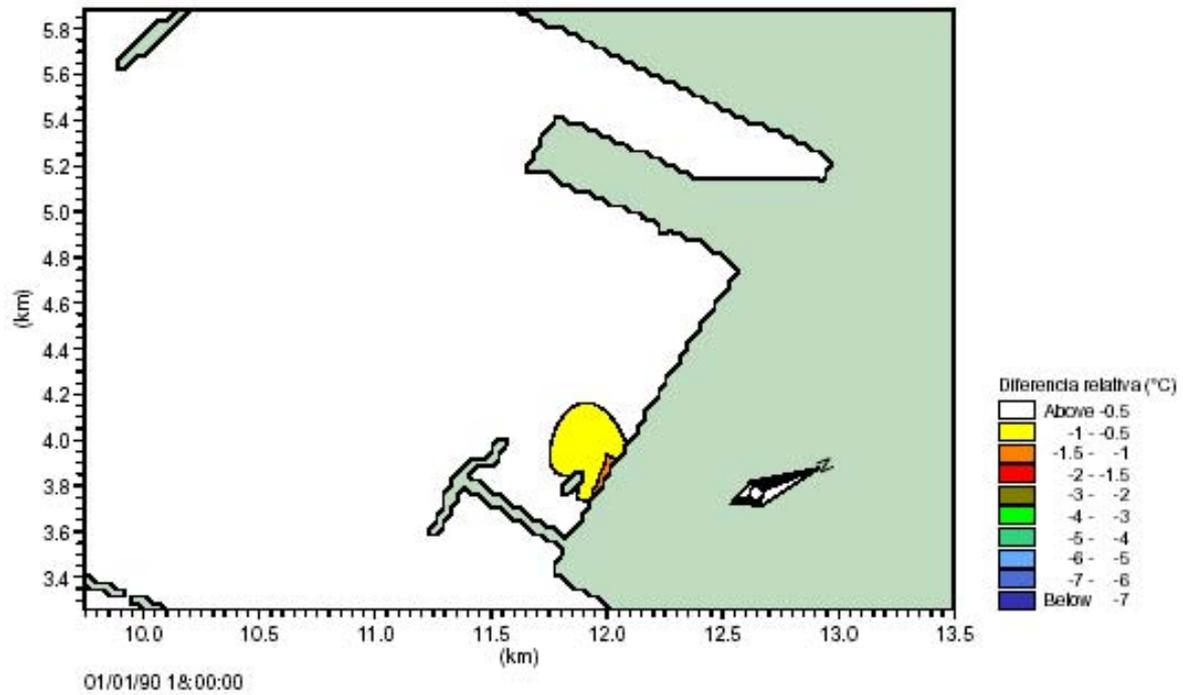


01/01/90 18:00:00

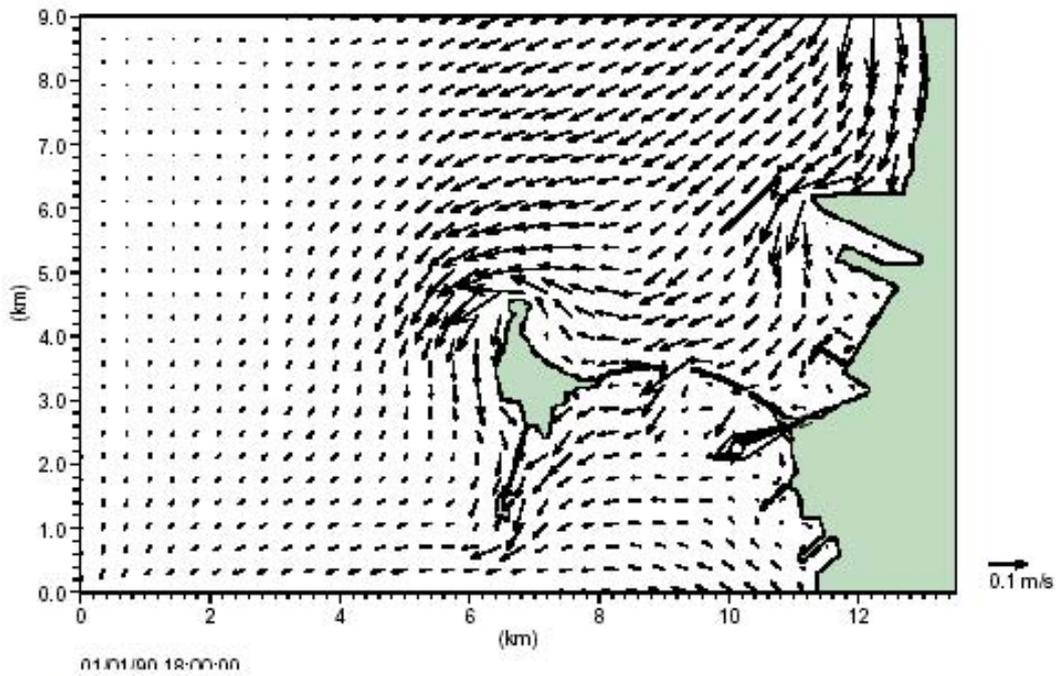
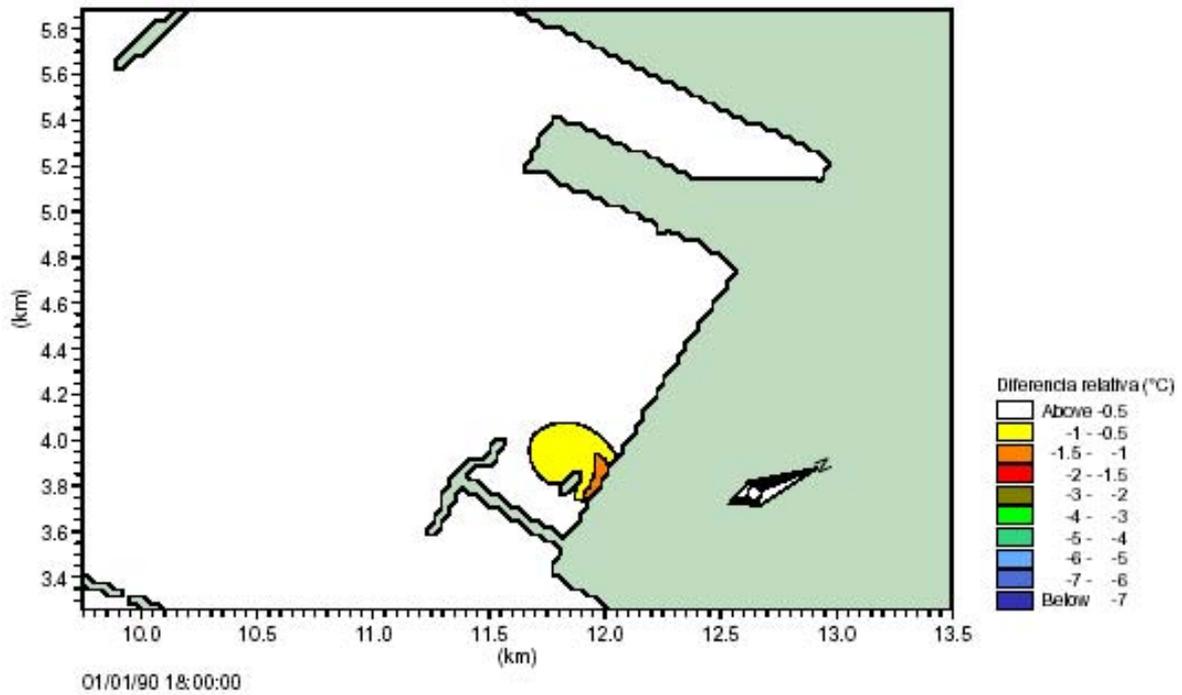


Client:		GAS NATURAL	
Project:		P04156D	
Model:	Date:	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 5 m/s, dir = 225°	Drawing no. DRW 08
Mke 21 - AD	04/02/05		
	Init:		
	cma		

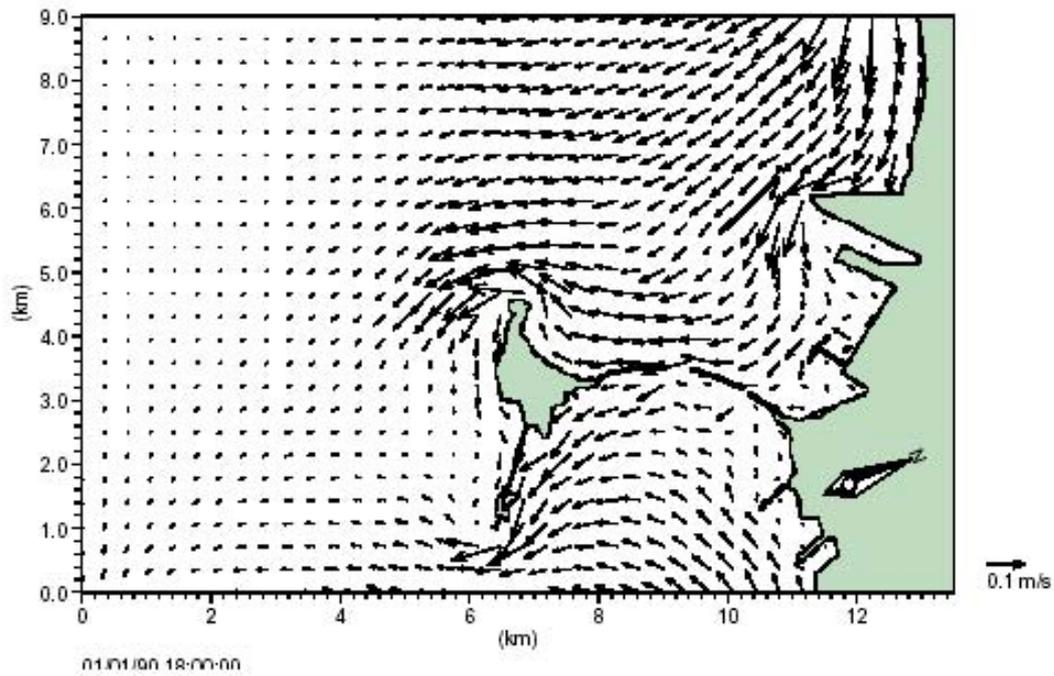
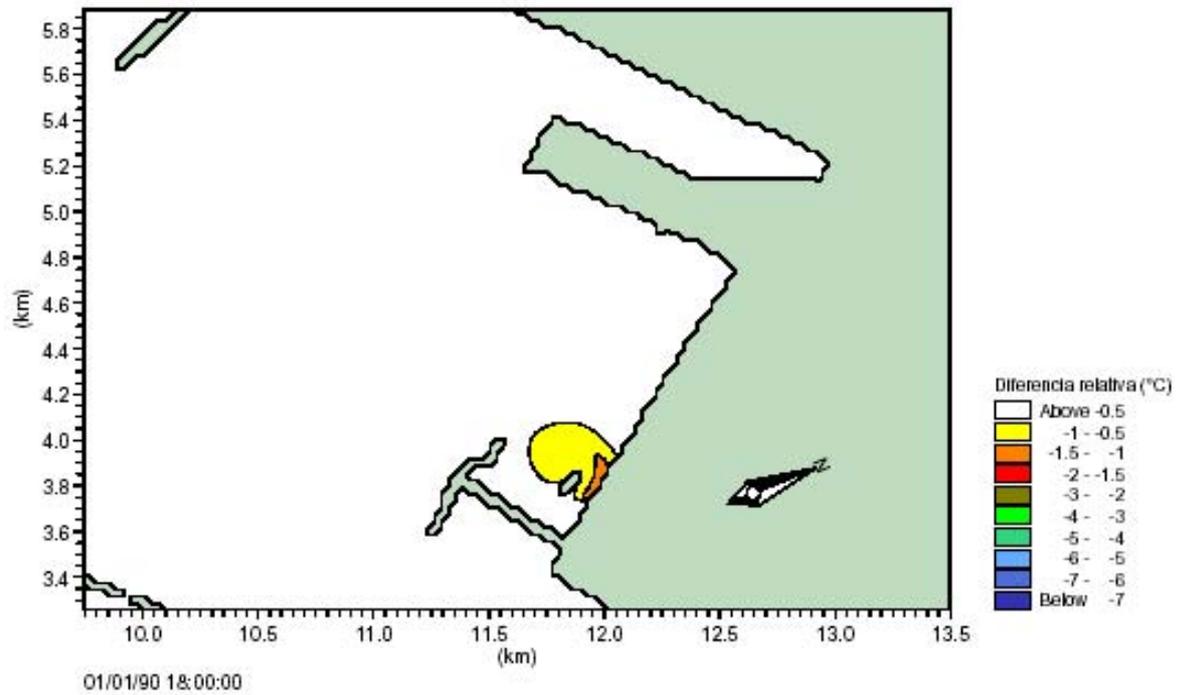
MIKZero



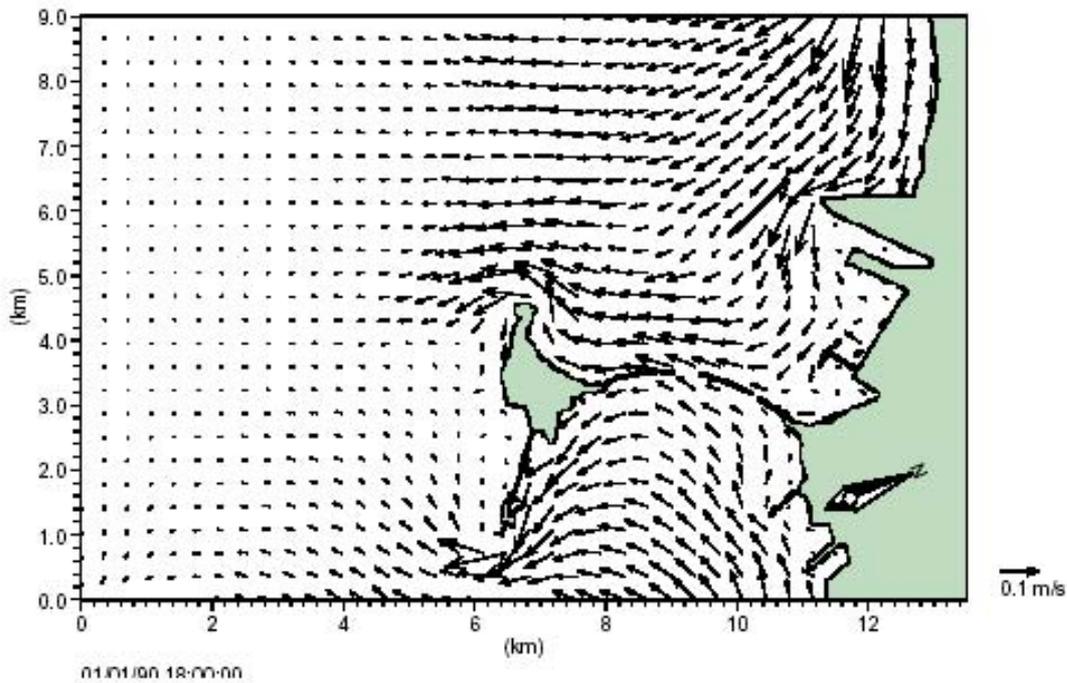
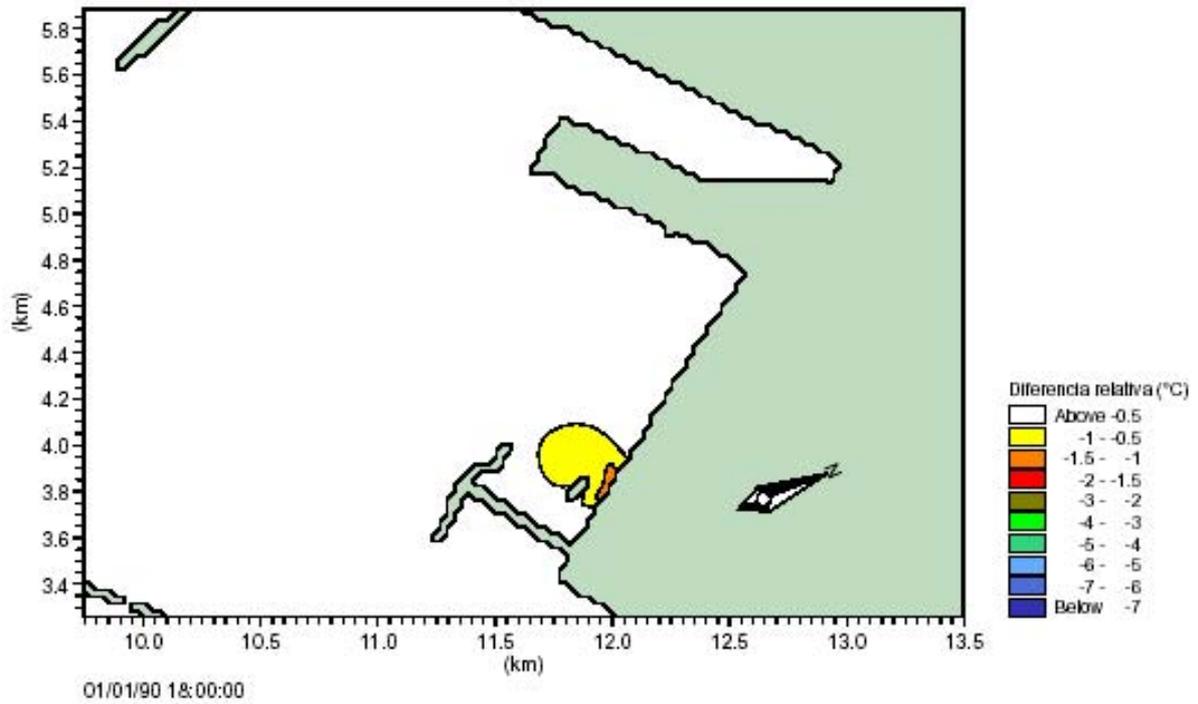
<b>alatec</b> Ingenieros consultores y arquitectos		Client: GAS NATURAL	<b>MIKZero</b>
		Project: P04156D	
Model: Mike 21 - AD	Date: 04/02/05	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 5 m/s, dir = 247.5°	Drawing no.: DRW 09
	Init: oma		



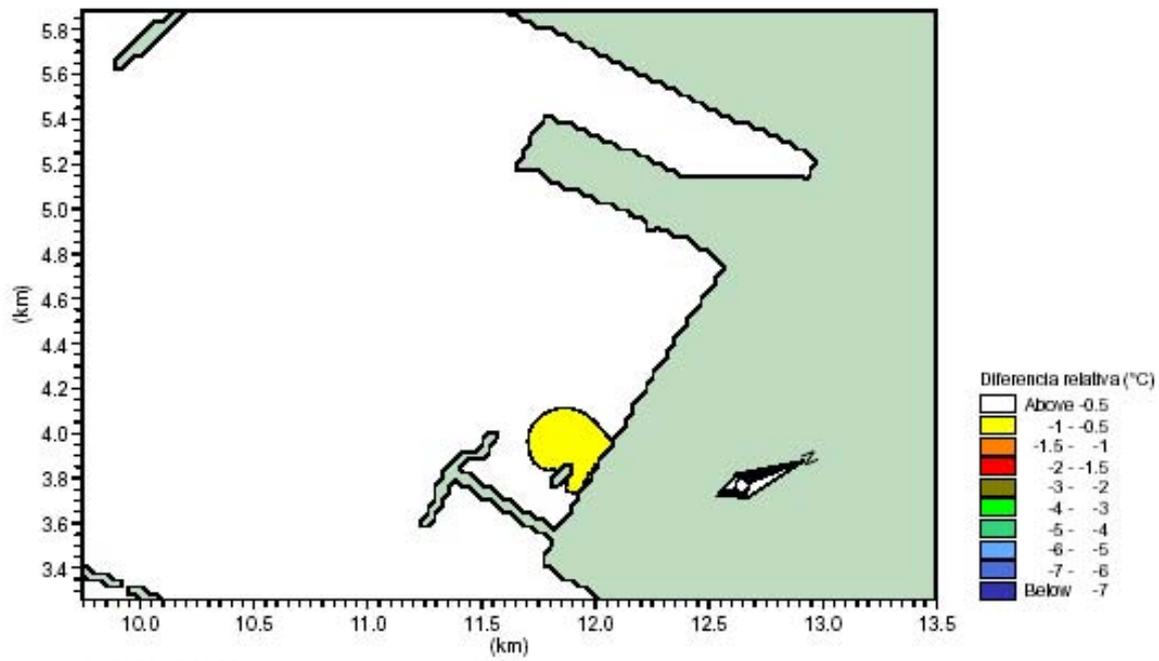
Model: Mike 21 - AD		Date: 04/02/05		Client: GAS NATURAL		MIKZero
		Init: oma		Project: P04156D		
Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 10 m/s, dir = 315°				Drawing no. DRW 11		



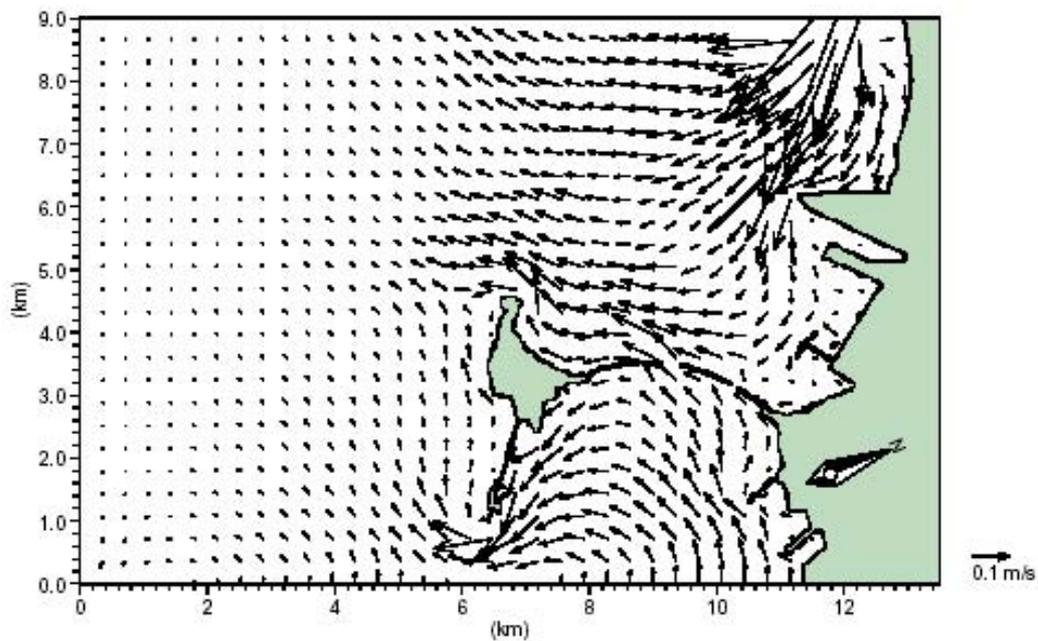
Client:		GAS NATURAL		MIKZero
Project:		P04156D		
Model:	Date:	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 10 m/s, dir = 337.5°	Drawing no.	
Mke 21 - AD	04/02/05		DRW 12	
	Init:			
	cma			



Client: GAS NATURAL		MIK2-ro
Project: P04156D		
Model: Mike 21 - AD	Date: 04/02/05	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 10 m/s, dir = 0°
	Init: oma	



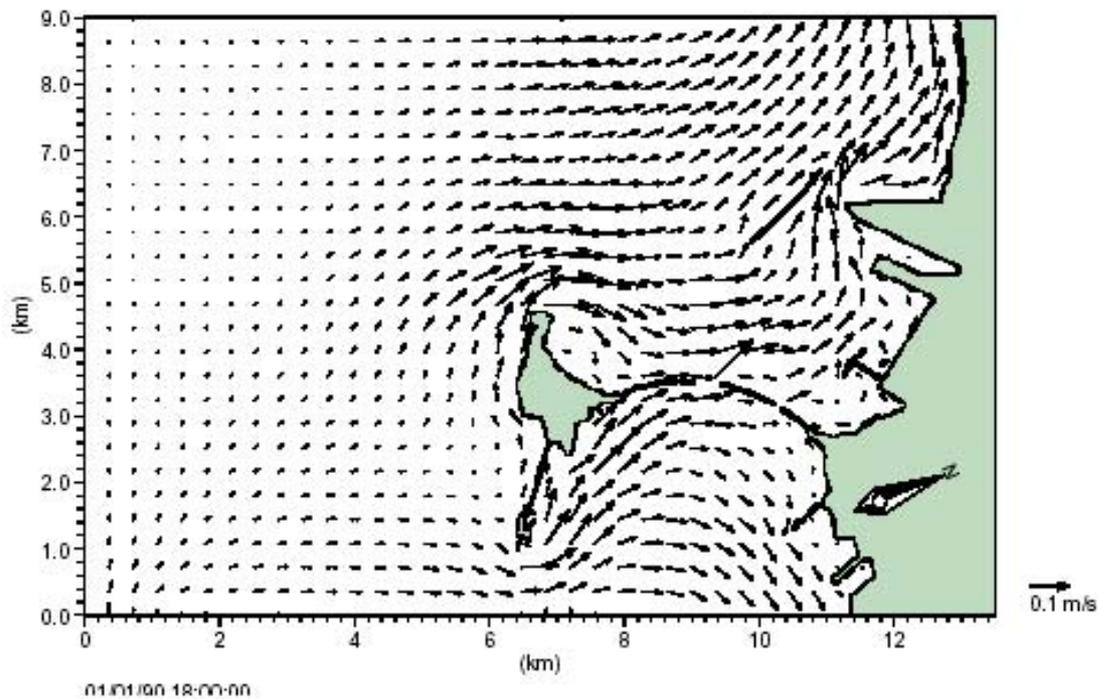
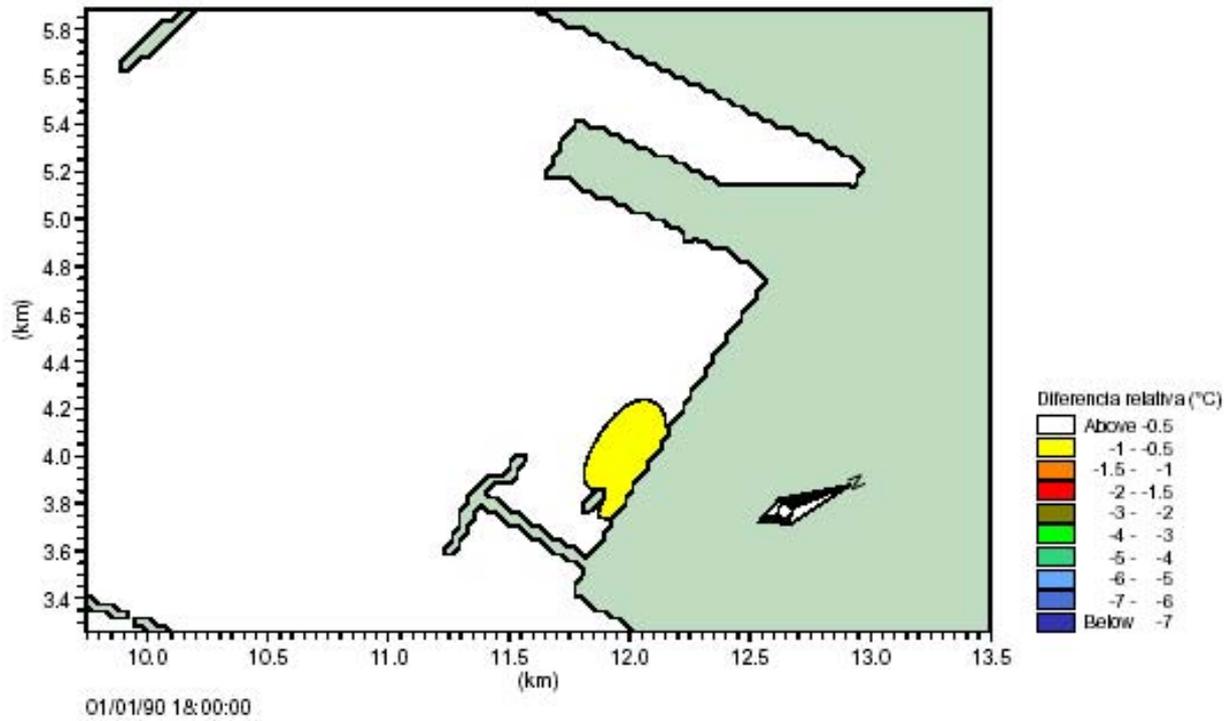
01/01/90 18:00:00



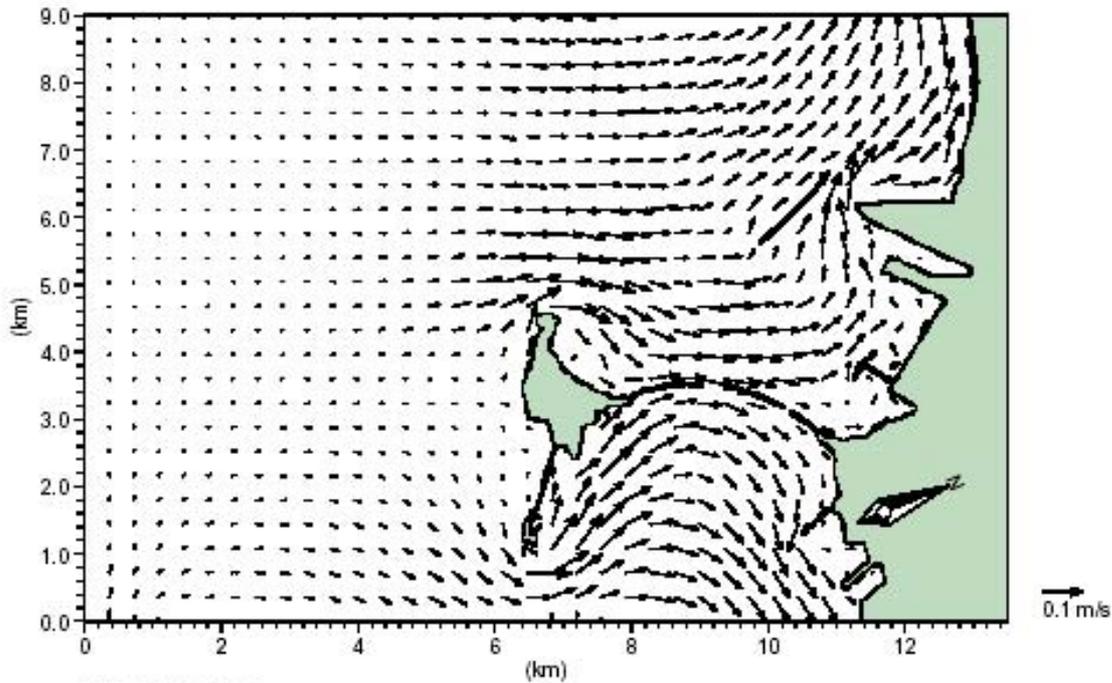
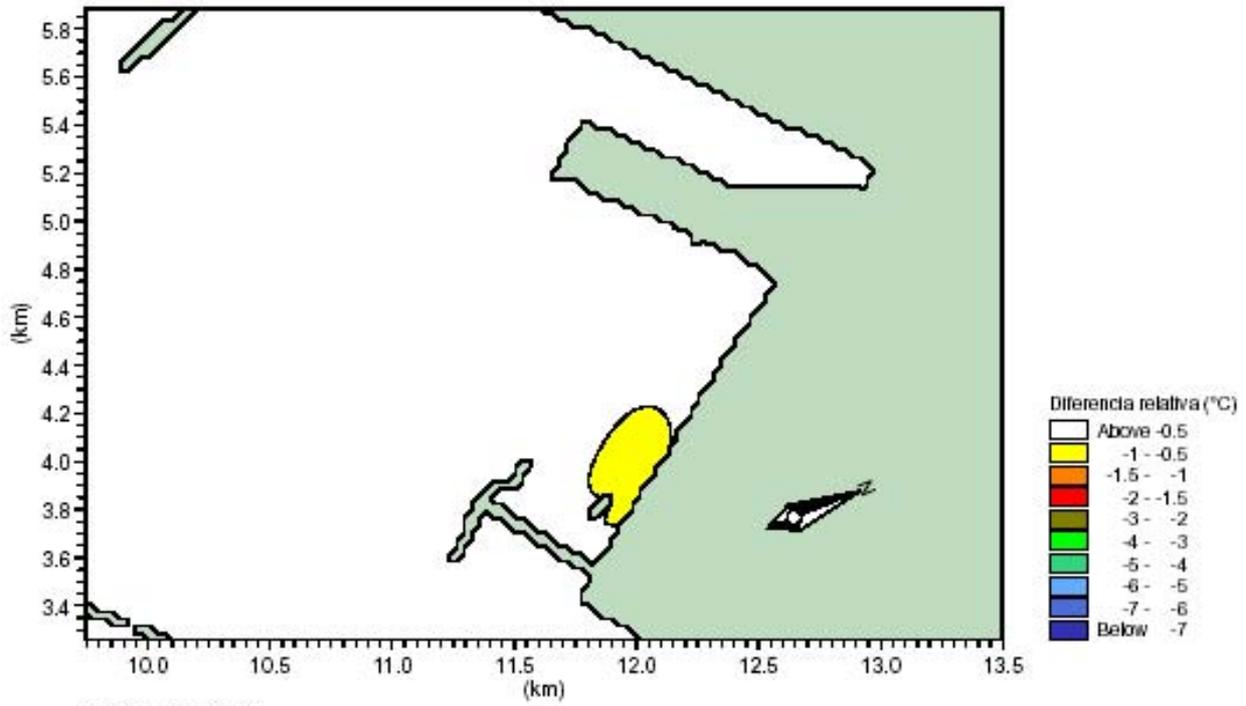
01/01/90 18:00:00



Client:		GAS NATURAL		MIKEzero
Project:		P04156D		
Model:	Date:	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 10 m/s, dir = 22.5°	Drawing no. DRW 14	
Mike 21 - AD	04/02/05			
	Init:	cma		

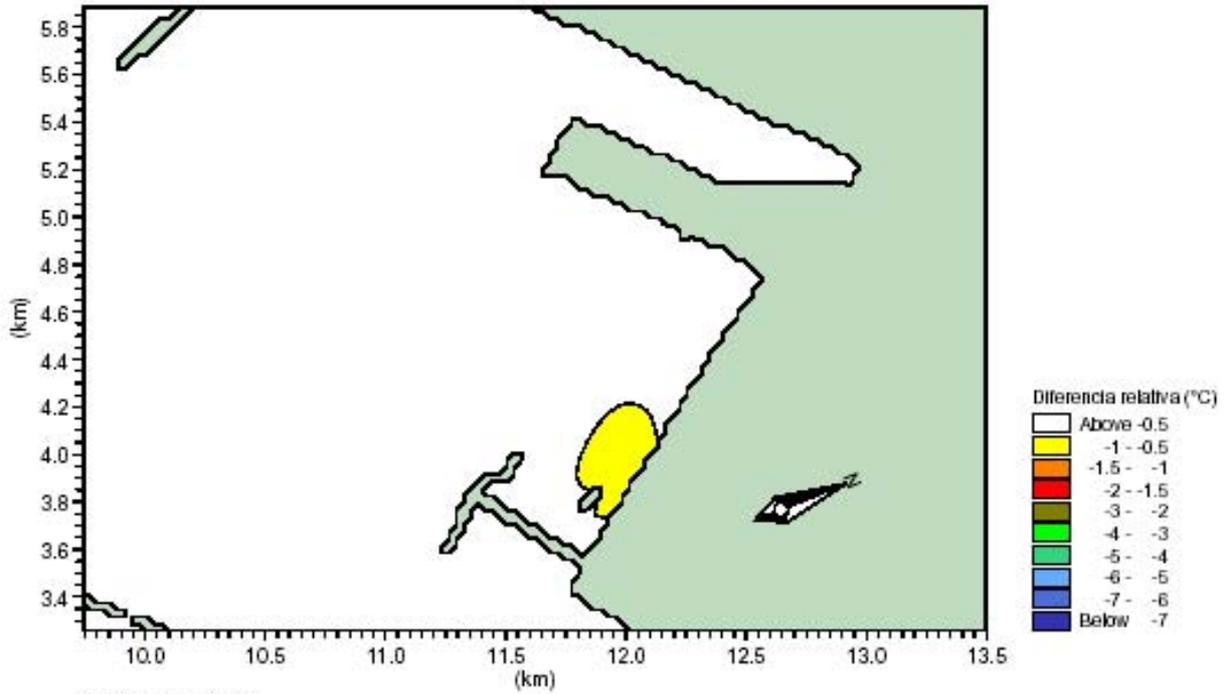


Client:		GAS NATURAL		MIKZero
Project:		P04156D		
Model:	Date:	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 10 m/s, dir = 157.5°	Drawing no. DRW 15	
Mike 21 - AD	04/02/05			
	Int:	cma		

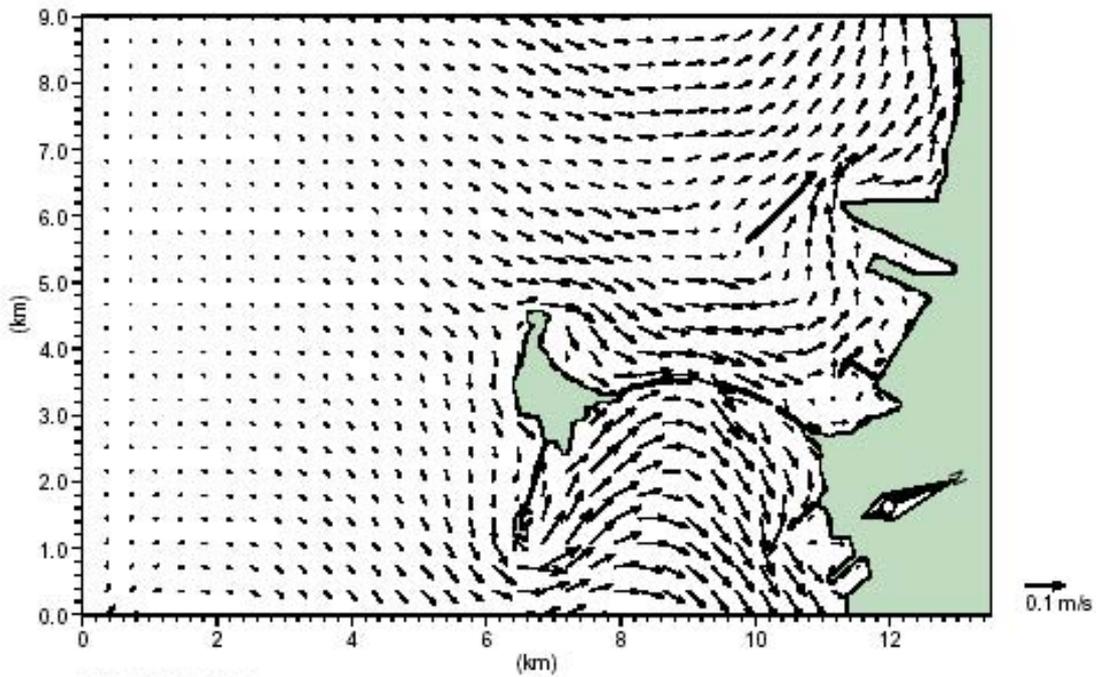


Client:		GAS NATURAL	
Project:		P04156D	
Model:	Date:	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 10 m/s, dir = 180°	Drawing no. DRW 16
Mike 21 - AD	04/02/05		
	Int:		
	cma		

MIKE2.5pro



01/01/90 18:00:00



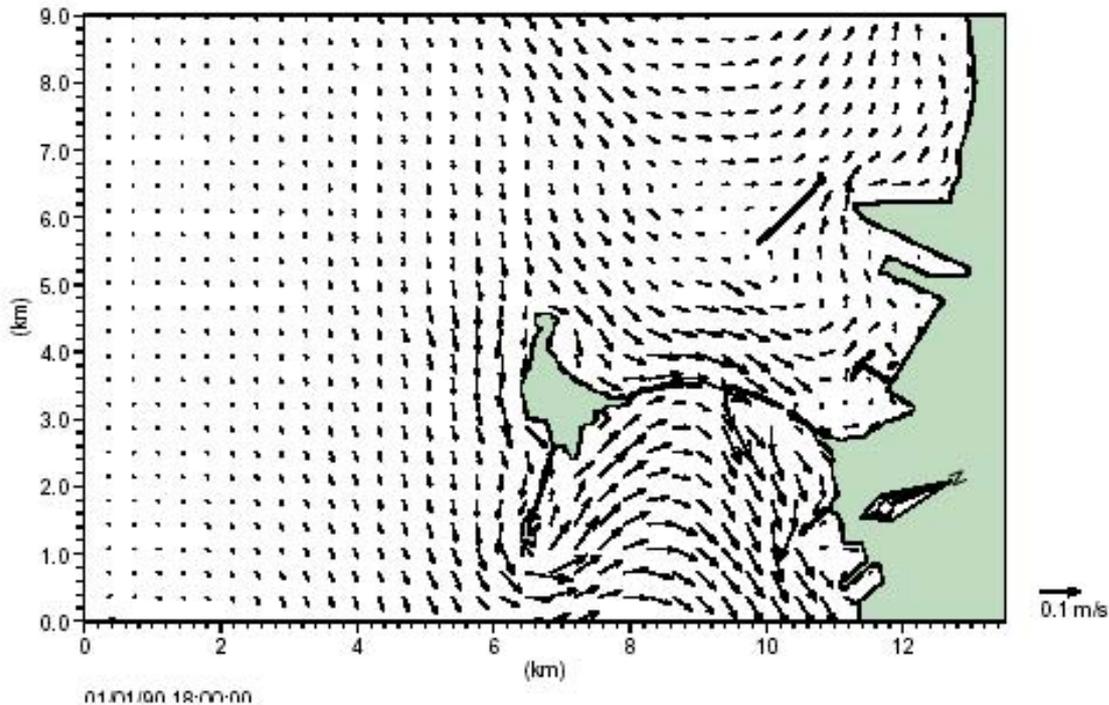
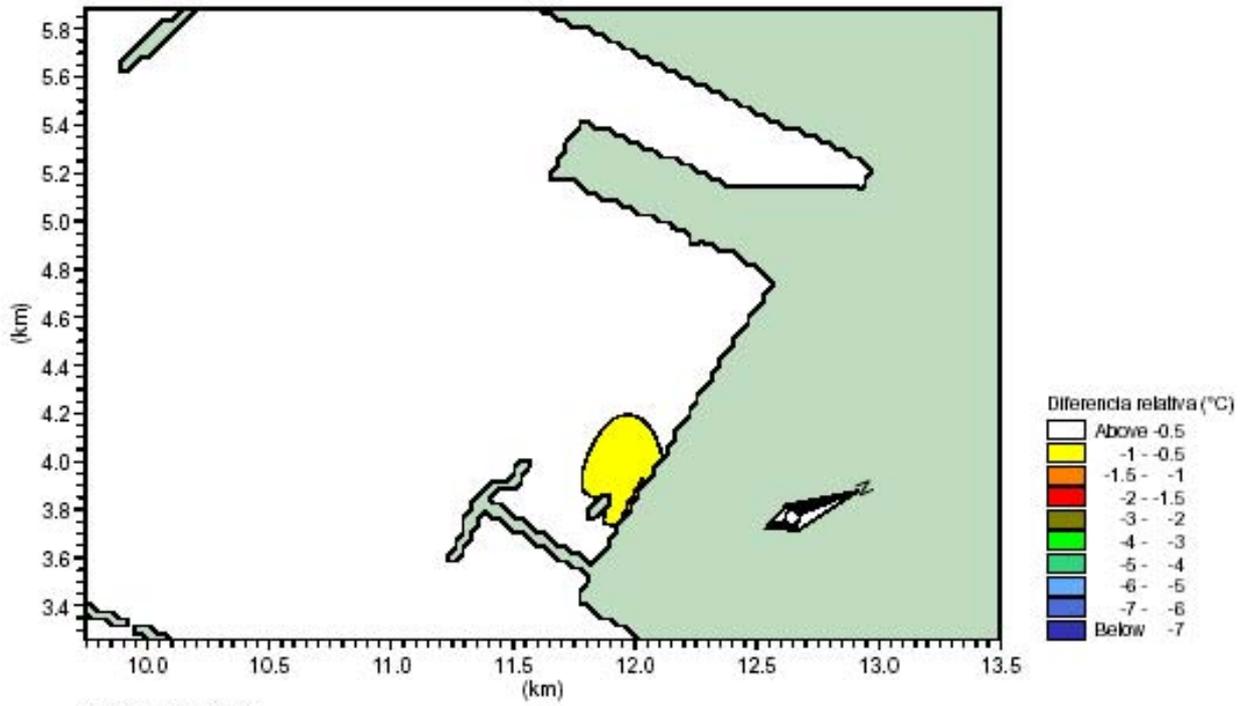
01/01/90 18:00:00



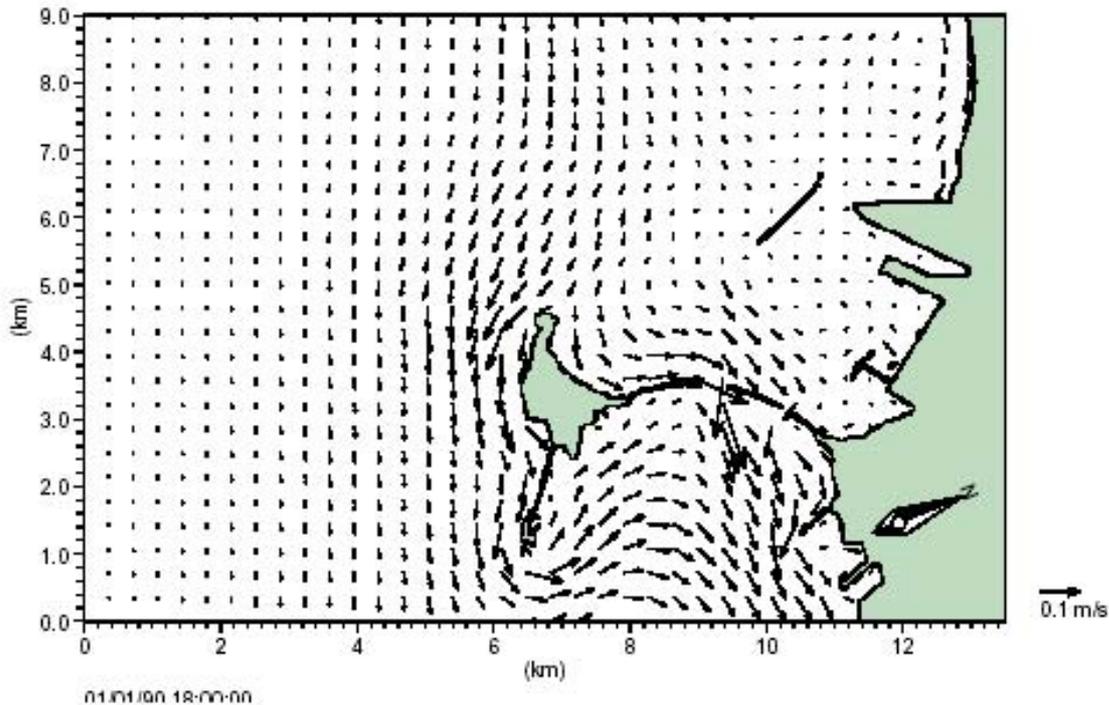
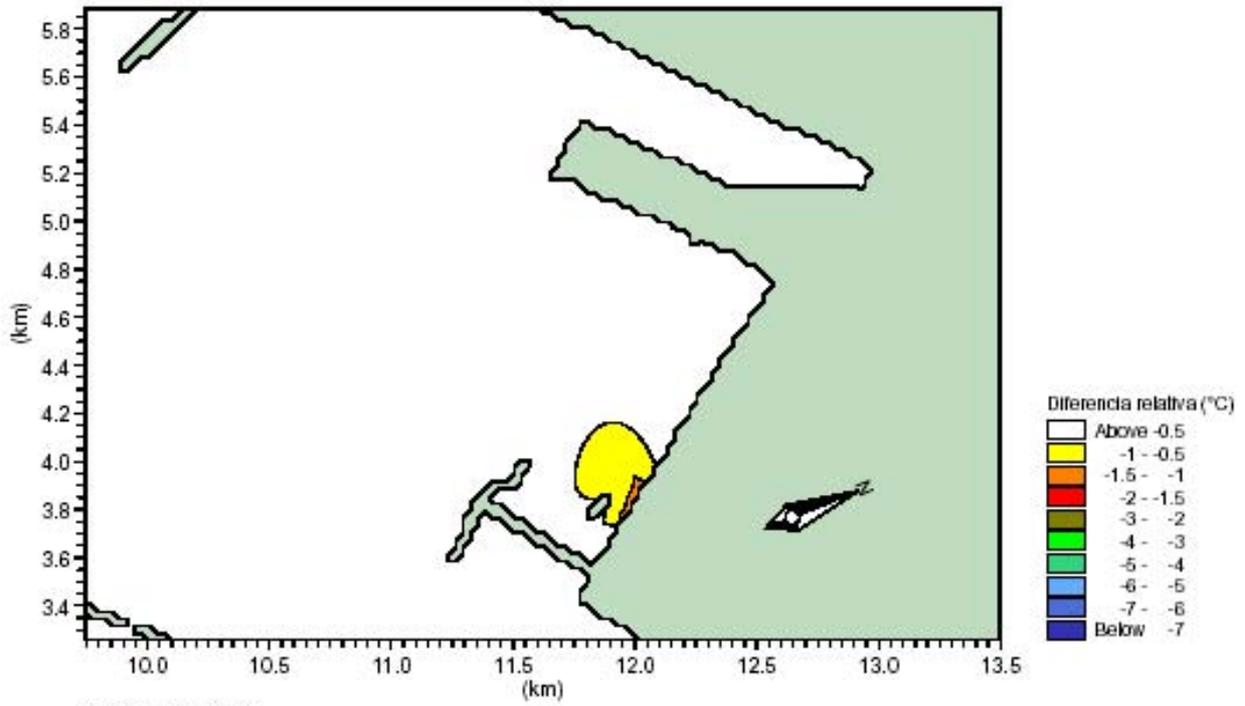
Client:	GAS NATURAL
Project:	P04156D

MIKZero

Model:	Date:	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 10 m/s, dir = 202.5°	Drawing no.
Mike 21 - AD	04/02/05		DRW 17
	Int:		
	cma		



		Client: GAS NATURAL		MIKZero
		Project: P04156D		
Model: Mike 21 - AD	Date: 04/02/05	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 10 m/s, dir = 225°		Drawing no. DRW 18
	Int: oma			



Client:		GAS NATURAL		MIKZero
Project:		P04156D		
Model:	Date:	Spill Advection/dispersion in Taranto Wind: vel= 10 m/s, dir = 247.5°	Drawing no. DRW 19	
Mike 21 - AD	04/02/05			
	Int:	ama		