

# TERMINALE GNL ADRIATICO S.r.l. Milano, Italia



**Terminale GNL  
da 8 Miliardi di Sm<sup>3</sup>/anno  
nel Nord Adriatico**

**Studio Preliminare Ambientale  
per Verifica di Assoggettabilità  
a VIA**

**Modifica delle Condizioni  
Operative**





# TERMINALE GNL ADRIATICO S.r.l. Milano, Italia



**Terminale GNL  
da 8 Miliardi di Sm<sup>3</sup>/anno  
nel Nord Adriatico**

**Studio Preliminare Ambientale  
per Verifica di Assoggettabilità  
a VIA**

**Modifica delle Condizioni  
Operative**

Preparato da	Firma	Data
Martino Pedullà		2 Marzo 2011
Francesca Tortello		2 Marzo 2011
Marco Compagnino		2 Marzo 2011
Verificato da	Firma	Data
Claudio Mordini		2 Marzo 2011
Paola Rentocchini		2 Marzo 2011
Approvato da	Firma	Data
Roberto Carpaneto		2 Marzo 2011

Rev.	Descrizione	Preparato da	Verificato da	Approvato	Data
0	Prima Emissione	MRP/FRT/MCO	CSM/PAR	RC	Marzo 2011



## INDICE

	<u>Pagina</u>
<b>ELENCO DELLE TABELLE</b>	<b>II</b>
<b>ELENCO DELLE FIGURE</b>	<b>II</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2 CARATTERISTICHE DEL TERMINALE</b>	<b>3</b>
2.1 GENERALITÀ	3
2.2 RIGASSIFICAZIONE DEL GNL	3
2.2.1 Vaporizzatori ad Acqua di Mare (Open Rack Vaporizers - ORVs)	4
2.2.2 Vaporizzatore a Recupero del Calore (Waste Heat Recovery Vaporizer - WHRV)	4
2.3 PRODUZIONE DI ENERGIA	5
2.4 SINTESI DEI PRINCIPALI PARAMETRI PROGETTUALI	5
2.5 STATO DELL'ARTE IN SEGUITO AL PERIODO DI COLLAUDO DEL TERMINALE	6
<b>3 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLE CONDIZIONI OPERATIVE</b>	<b>8</b>
3.1 INCREMENTO DELLO SCAMBIO TERMICO AGLI ORVS	8
3.2 ATTIVAZIONE DEL QUARTO ORV	9
<b>4 VALUTAZIONE DELLE CONSEGUENZE AMBIENTALI</b>	<b>10</b>
4.1 DESCRIZIONE DELLA SUITE MODELLISTICA UTILIZZATA	11
4.2 SCENARI RIPRODOTTI E IPOTESI DI MODELLO	12
4.2.1 Modello a Larga Scala	12
4.2.2 Modello a Scala di Dettaglio	15
4.3 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI CONDOTTE	18
4.3.1 Stima dell'Estensione del Plume Termico	18
4.3.2 Stima dell'Estensione del Plume Chimico	29
4.4 STIMA DEGLI IMPATTI SULLE COMPONENTI INTERESSATE	31
4.4.1 Stima degli Impatti sulla Componente Ambiente Idrico Marino	31
4.4.2 Stima degli Impatti sulla Componente Flora, Fauna ed Ecosistemi	31
<b>5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b>	<b>32</b>
<b>RIFERIMENTI</b>	

## ELENCO DELLE TABELLE

<b><u>Tabella No.</u></b>	<b><u>Pagina</u></b>
Tabella 2.1: Principali Parametri Progettuali	5
Tabella 4.1: Scenari Considerati nella Modellazione a Larga Scala	14
Tabella 4.2: Scenario Primavera/Estivo - Variazione della Temperatura lungo la Colonna d'Acqua	17

## ELENCO DELLE FIGURE

<b><u>Figura No.</u></b>	<b><u>Pagina</u></b>
Figura 2.1: Temperatura del Mar Adriatico a 15 m di Profondità	7
Figura 4.1: Modello a Larga Scala, Griglia di Calcolo	13
Figura 4.2: Modello a Scala di Dettaglio, Griglia di Calcolo	16
Figura 4.3: Scenario A, Key Map	18
Figura 4.4: Pennacchio Termico, Configurazione di Progetto Autorizzata ( $\Delta T = -4.6$ °C)	19
Figura 4.5: Pennacchio Termico, Nuovo Scenario Operativo ( $\Delta T = -5.0$ °C)	19
Figura 4.6: Scenario B, Key Map	20
Figura 4.7: Pennacchio Termico, Configurazione di Progetto Autorizzata ( $\Delta T = -4.6$ °C)	21
Figura 4.8: Pennacchio Termico, Nuovo Scenario Operativo ( $\Delta T = -5.0$ °C)	21
Figura 4.9: Scenario C, Key Map	22
Figura 4.10: Pennacchio Termico, Configurazione di Progetto Autorizzata ( $\Delta T = -4.6$ °C)	23
Figura 4.11: Pennacchio Termico, Nuovo Scenario Operativo ( $\Delta T = -5.0$ °C)	23
Figura 4.12: Scenario Invernale, Key Map	24
Figura 4.13: Zoom Pennacchio Termico, Configurazione di Progetto Autorizzata ( $\Delta T = -4.6$ °C)	25
Figura 4.14: Zoom, Pennacchio Termico, Nuovo Scenario Operativo ( $\Delta T = -5.0$ °C)	25
Figura 4.15: Scenario Estivo, Key Map	26
Figura 4.16: Pennacchio Termico, Configurazione di Progetto Autorizzata ( $\Delta T = -4.6$ °C)	27
Figura 4.17: Pennacchio Termico, Nuovo Scenario Operativo ( $\Delta T = -5.0$ °C)	28
Figura 4.18: Pennacchio Clorato, Configurazione di Progetto Autorizzata ( $\Delta T = -4.6$ °C)	30
Figura 4.19: Pennacchio Clorato, Nuovo Scenario Operativo ( $\Delta T = -5.0$ °C)	30

**RAPPORTO  
STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE  
PER VERIFICA DI ASSOGGETTABILITÀ A VIA  
MODIFICA DELLE CONDIZIONI OPERATIVE  
TERMINALE GNL DA 8 MILIARDI DI SM<sup>3</sup>/ANNO NEL NORD ADRIATICO**

## **1 INTRODUZIONE**

Adriatic LNG, joint venture tra gli affiliati di Qatar Petroleum, ExxonMobil ed Edison, ha completato il primo terminale offshore al mondo per lo stoccaggio e la rigassificazione di gas naturale liquefatto (GNL). Il terminale è costituito da una grande struttura a gravità ("Gravity Based Structure" - GBS) alloggiante, al suo interno, due serbatoi per il GNL in acciaio al 9% di nickel e, sulla copertura, l'equipment di rigassificazione. L'impianto è localizzato nel Mar Adriatico ed è autorizzato a consegnare 8 miliardi di Sm<sup>3</sup> di gas all'anno alla rete italiana di distribuzione attraverso una condotta da 30". Grazie alla combinazione di tecnologie avanzate e di importanti competenze progettuali, il terminale permette all'Italia di accedere a forniture di GNL a livello mondiale. Questa struttura, prototipo unico nel panorama internazionale, annovera diverse recenti tecnologie e novità assolute del settore.

Il progetto del terminale offshore al largo di Porto Levante (di seguito Terminale ALNG) è stato avviato nel 1998 da Edison Gas e ha ottenuto il primo decreto di compatibilità ambientale nel Dicembre 1999 (DEC VIA No. 4407 del 30 Dicembre 1999).

Nel corso del 2003, la Società Edison LNG (subentrata a Edison Gas) ha presentato un aggiornamento del progetto che è stato sottoposto a VIA e ha ottenuto parere positivo di compatibilità ambientale nell'Ottobre 2004 (DEC VIA No. 866 dell'8 Ottobre 2004).

Successivamente Terminale GNL Adriatico S.r.l. (di seguito Adriatic LNG o ALNG), subentrata a Edison LNG, ha avviato la procedura per l'ottenimento dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) ai sensi del D.Lgs 18 Febbraio 2005, No. 59 "*Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento*" (IPPC). La procedura si è conclusa con l'emissione del Decreto di AIA, DSA-DEC-2009-0000039 del 21 Gennaio 2009 da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM).

Il Terminale ALNG ha iniziato l'invio di gas naturale alla rete nazionale dei metanodotti nel Settembre 2009, contestualmente all'inizio del periodo di "prova e messa a punto" ai sensi del DPR No. 420/94 e di "collaudo ed avviamento" ai sensi del Decreto di AIA No. 39/2009, contribuendo sensibilmente alla sicurezza dell'approvvigionamento di gas naturale per il sistema energetico nazionale.

In particolare, la capacità del terminale di reagire tempestivamente alle richieste degli operatori gas che vi hanno accesso ed a quelle della rete nazionale (in termini di nomine giornaliere delle portate di gas da immettere in metanodotto) si è rivelata di strategica importanza già nel periodo di collaudo.

In poco più di un anno di attività il terminale ALNG ha ospitato 107 metaniere ed ha inviato alla rete nazionale circa 7.1 GSm<sup>3</sup> di gas naturale (dati aggiornati al 31 Gennaio 2011). A tutto Gennaio 2011 il Terminale ALNG ha ricevuto forniture di gas da 5 paesi diversi (Qatar, Egitto, Trinidad e Tobago, Guinea Equatoriale, Norvegia), realizzando così l'obiettivo di

diversificare le fonti di gas naturale del paese. Tale risultato è di rilevanza notevole per un impianto di GNL unico nel suo genere, avviato da poco tempo, in particolare se si tiene conto della crisi economica mondiale. Nonostante il recente avviamento, il terminale ALNG risulta essere uno tra i più produttivi rigassificatori al mondo.

Gli avvenimenti autunnali che hanno portato, su richiesta delle autorità svizzere, all'interruzione prolungata delle forniture di gas al paese dalla condotta Transit Gas hanno inoltre evidenziato l'importanza strategica del rigassificatore ALNG. Infatti il Comitato Tecnico di Emergenza e Monitoraggio del Sistema Gas, istituito presso il Ministero dello Sviluppo Economico, indicò la necessità di massimizzare l'importazione di gas da diversi punti di ingresso nella rete nazionale, tra cui il Terminale ALNG, in modo da aumentare la disponibilità di gas da stoccaggio sotterraneo durante il periodo invernale.

Successivamente, gli avvenimenti nel Nord Africa che hanno comportato l'interruzione dei flussi dalla Libia verso l'Italia dal gasdotto Greenstream, hanno ulteriormente evidenziato come le forniture di GNL da diversi Paesi aiutino ad affrontare in sicurezza crisi improvvise. In tale frangente Adriatic LNG ha fornito rassicurazioni al Governo, tramite il Comitato Tecnico di Emergenza e Monitoraggio del Sistema Gas, circa la continuità delle forniture e circa la volontà della Società di lavorare giornalmente con gli importatori di gas al fine di contribuire, grazie alla flessibilità impiantistica del terminale, al recupero dei quantitativi mancanti dal Greenstream, in particolare nei giorni di maggiore consumo.

Per reagire rapidamente sia alle situazioni di emergenza sia alle richieste del mercato è indispensabile che il Terminale disponga, su base giornaliera, dell'equivalente della capacità annua di consegna, in modo tale da ottimizzare la gestione delle scorte e dei profili di distribuzione. Inoltre, la possibilità di gestire, in ogni stagione, la capacità di picco, è molto importante per raggiungere la capacità media annuale approvata e rispondere agli input di mercato, in modo tale da non dipendere dalla necessità che gli arrivi delle navi siano equamente distribuiti nel corso dell'anno.

Le fasi di collaudo ed avviamento del Terminale hanno evidenziato che, per poter garantire la piena capacità annua autorizzata dell'impianto con sufficiente flessibilità nel corso di tutte le stagioni dell'anno, si rende necessario apportare alcune modifiche alle condizioni operative del sistema di scambio termico funzionale alla rigassificazione del GNL.

Facendo seguito a quanto richiesto dal MATTM con nota Prot. No. 951 del 19 Gennaio 2011 il presente rapporto è stato elaborato a supporto della procedura di verifica di assoggettabilità a VIA, ai sensi di quanto previsto dall'art. 20 comma 1, lettera b del D.Lgs 152/06 e s.m.i. (in particolare il recente D.Lgs 128/2010). Oggetto della verifica di assoggettabilità a VIA sono le modifiche operative oggi proposte, rispetto alla originale configurazione di progetto, già sottoposta a procedura di VIA e autorizzata con DEC VIA No. 866 dell'8 Ottobre 2004, limitatamente agli aspetti di natura termica connessi all'incremento di salto termico delle acque di scarico dal terminale.

Nel seguito sono presentati:

- le caratteristiche del terminale (Capitolo 2);
- gli interventi di adeguamento delle condizioni operative (Capitolo 3);
- le valutazioni sulle conseguenze ambientali dei suddetti interventi di adeguamento (Capitolo 4);
- alcune considerazioni conclusive (Capitolo 5).



## **2 CARATTERISTICHE DEL TERMINALE**

### **2.1 GENERALITÀ**

Il Terminale ALNG è stato progettato per una capacità annua di 8 GSm<sup>3</sup>/anno, consentendo di ricevere da navi metaniere di adeguate dimensioni il GNL a pressione atmosferica e ad una temperatura di -162 °C, per poi inviarlo alla rete di terra dopo averlo riportato in fase gassosa (ALNG, 2005\*).

Durante il normale funzionamento, il fabbisogno energetico dell'impianto è soddisfatto dall'esercizio di due delle tre turbine a gas (Gas Turbine Generators - GTGs) installate sul Terminale. Il progetto prevedeva una potenza termica complessiva delle tre turbine di circa 113 MWt; in seguito ai test di collaudo in sito la stessa è risultata pari a circa 102 MWt. L'energia elettrica prodotta è impiegata per alimentare le diverse utenze dell'impianto, il cui carico elettrico varia a seconda della qualità del GNL da gassificare e dalle diverse condizioni operative e gestionali dell'impianto stesso; non sono cedute quote di energia elettrica a terzi.

Il gas naturale è inviato, per mezzo di un gasdotto di diametro 30" e di lunghezza pari a circa 40 km, alla stazione di misura ubicata nel comune di Cavarzere (VE) e poi alla rete nazionale.

L'impiantistica del Terminale ALNG è installata su una struttura GBS (Gravity Base Structure) in cemento armato, appoggiata al fondale marino ad una profondità di circa 29 m, ad una distanza di circa 15 km dalla costa, a Nord-Est di Porto Levante.

### **2.2 RIGASSIFICAZIONE DEL GNL**

La capacità annua del terminale è ottenuta, come da progetto approvato, mediante:

- 4 vaporizzatori ad acqua di mare, di cui 3 operati in continuo ed uno utilizzato come riserva e/o per compensare eventuali significativi tempi di inattività e indisponibilità, incluso il recupero di ritardi/proroghe delle consegne di GNL;
- 1 vaporizzatore a recupero del calore.

Le acque alimentate ai vaporizzatori ad acqua di mare sono costituite dalla portata del *sea water system* a cui si aggiunge quella riscaldata proveniente dal *sea water service system*, e in particolare:

- dai gruppi di produzione dell'energia elettrica (GTGs);
- dal sistema di correzione dell'indice di Wobbe;
- dai compressori del BOG.

Le condizioni del gas naturale in uscita dal Terminale sono limitate dalla necessità di mantenere una pressione massima di 75 barg in ingresso sealine (come specificato dal decreto di VIA 2004), ed una temperatura non inferiore a 3 °C in ingresso alla rete nazionale dei metanodotti, presso la stazione di misura fiscale del gas posta in Comune di Cavarzere (VE), come da Codice di Accesso Snam Rete Gas.

---

\* I riferimenti sono riportati alla fine del testo.

Quest'ultima limitazione relativa alla rete nazionale è stata imposta da Snam Rete Gas al progetto ALNG già in fase esecutiva. Il limite precedente, valido durante la fase progettuale e nel corso della VIA 2004, era pari a 0°C.

### **2.2.1 Vaporizzatori ad Acqua di Mare (Open Rack Vaporizers - ORVs)**

I vaporizzatori ad acqua di mare consistono in un pannello verticale in tubi alettati in lega di alluminio, all'interno dei quali il GNL da vaporizzare passa, con flusso dal basso verso l'alto. I tubi sono bagnati a pioggia da acqua di mare, che forma sulla loro superficie esterna un "film", che rappresenta il mezzo riscaldante.

La capacità di vaporizzazione dei vaporizzatori ad acqua di mare varia al variare della temperatura dell'acqua di mare, del massimo delta T ingresso-uscita autorizzato per l'acqua di mare, della minima temperatura consentita per il gas in uscita ed è limitata dai limiti idraulici degli stessi vaporizzatori.

I vaporizzatori sono progettati per operare alla pressione di 80 barg e vaporizzare circa 183 t/ora di GNL di qualità "Qatar Lean" (pari a circa 2.22 GSm<sup>3</sup>/anno) ad una temperatura di 3°C, utilizzando ciascuno fino a circa 7,250 m<sup>3</sup>/ora di acqua di mare ad una temperatura di circa 10°C. Con un delta termico tra acqua di mare in entrata e acqua in uscita dallo scarico ( $\Delta T$ ) pari a circa -4.6 °C (limite prescritto dai decreti ambientali elaborati sulla base dei dati progettuali disponibili all'epoca), la capacità di vaporizzazione di questi scambiatori risulta di poco inferiore a 2.2 GSm<sup>3</sup>/anno, in corrispondenza di una temperatura acqua di mare di circa 10°C ed di una temperatura del gas in uscita pari a 3°C.

La capacità dei vaporizzatori varia in funzione della composizione del GNL e delle condizioni meteorologiche che presentano temperature dell'acqua di mare inferiori a 10°C per diverse settimane durante il periodo invernale.

### **2.2.2 Vaporizzatore a Recupero del Calore (Waste Heat Recovery Vaporizer - WHRV)**

Il vaporizzatore a recupero di calore (WHRV) vaporizza il GNL utilizzando come mezzo di scambio termico un liquido (acqua e glicole) in circuito chiuso, che viene riscaldato alla temperatura di 95 °C dai fumi esausti in uscita dalle turbine a gas in apposite unità di scambio termico situate nei camini delle turbine stesse. Il calore che il sistema (detto Waste Heat Recovery System, WHRS) è in grado di fornire per la rigassificazione del GNL è quindi correlato alla temperatura e alla portata dei fumi in uscita dalla turbina, che a loro volta sono parametri legati al carico elettrico che si sta producendo e che viene richiesto dalle diverse utenze localizzate sul terminale.

Il carico elettrico dipende, a sua volta, dall'assetto operativo/gestionale dell'impianto e quindi, dalle utenze collegate in ogni specifico momento alla rete elettrica interna.

La quantità di calore massima che il sistema WHR può fornire corrisponde a quello reso disponibile alle unità di scambio termico poste nei camini quando le 2 turbine a gas si trovano al 100% del carico elettrico. In corrispondenza del carico massimo delle turbine, il sistema WHR è stato progettato per fornire circa 2.0 GSm<sup>3</sup>/anno.

Il WHRS è stato proposto da ALNG nel corso della procedura di VIA 2004, in sostituzione del vaporizzatore a fiamma sommersa "Submerged Combustion Vaporiser" (SCV) precedentemente approvato, al fine di "ottimizzare il ciclo energetico del terminale" come riconosciuto anche dal decreto VIA.

## 2.3 PRODUZIONE DI ENERGIA

Tutti i consumi elettrici del Terminale sono supportati da generatori elettrici accoppiati alle turbine a gas.

In funzione del carico elettrico previsto sono state installate tre GTGs (ridondanti per gestire gli "shut-down"), ciascuna delle quali in grado di fornire una potenza pari al 50% del fabbisogno massimo totale del Terminale. Due turbine sono operative nelle condizioni di normale funzionamento, mentre una è di riserva. In particolare, ogni gruppo è stato dimensionato per una potenza di circa 11.25 MWe; in seguito ai test di collaudo in sito, la potenza elettrica è risultata pari a 10.7 MWe.

Ciascuna GTG è dotata di un sistema per il recupero del calore per alimentare la propria linea di vaporizzazione. Per garantire la minimizzazione delle emissioni di inquinanti, la turbina è equipaggiata con bruciatori di tipo Dry Low NO<sub>x</sub> (DLN), in linea con le migliori tecnologie disponibili. Tale tecnica permette di abbattere drasticamente la formazione e l'emissione di NO<sub>x</sub> e contenere le emissioni di CO. Ogni gruppo è dotato di un camino di by-pass, utilizzato in caso di malfunzionamento o di manutenzione del camino principale e del sistema di analizzatori in esso presenti e quando il sistema WHRS è fuori servizio.

In fase di progettazione furono stimati una produzione massima annuale di energia elettrica pari a 156.80 GWh e un recupero massimo di energia termica attraverso lo scambiatore di calore interno pari a 248.78 GWh; in seguito ai test di collaudo dedicati, i valori di energia elettrica prodotta e di energia termica recuperata sono risultati rispettivamente pari a 149.14 e 240.14 GWh annui.

## 2.4 SINTESI DEI PRINCIPALI PARAMETRI PROGETTUALI

Nella seguente tabella sono riassunti i principali parametri a progetto autorizzati per il Terminale con DEC VIA No. 866 dell'8 Ottobre 2004 e successivamente con Decreto AIA DSA-DEC-2009-0000039 del 21 Gennaio 2009.

**Tabella 2.1: Principali Parametri Progettuali**

Parametro	Valore a progetto
Capacità di rigassificazione del Terminale (Sm <sup>3</sup> /anno)	8.0
Numero ORVs	3 in continuo + 1 come riserva o picco
Capacità di rigassificazione per singolo ORV (GSm <sup>3</sup> /anno)	2.0-2.2 <sup>(1)</sup>
Portata massima di acqua di mare per singolo ORV (m <sup>3</sup> /h)	7,250
Temperatura acqua mare	Circa 10°C
Delta termico medio annuo allo scarico (°C)	-4.6
Temperatura minima gas in ingresso rete nazionale	3°C
Portata di picco scaricata acqua mare (m <sup>3</sup> )	29,000
Numero WHR systems	1
Capacità di rigassificazione del WHRV (Sm <sup>3</sup> /anno) con 2 GTGs al 100% del carico	2.0
Numero GTGs	3
Potenza elettrica singolo GTG (MWe)	11.25 <sup>(2)</sup>

Note (1) In funzione della qualità del GNL importato. Si veda anche il Paragrafo 2.2.1.

(2) In seguito ai test di collaudo in sito la potenza elettrica è risultata pari a 10.7 MW.

## 2.5 STATO DELL'ARTE IN SEGUITO AL PERIODO DI COLLAUDO DEL TERMINALE

I primi mesi del periodo di collaudo del terminale hanno permesso ad ALNG di testare il comportamento di alcuni sistemi di processo, di raccogliere dati e di eseguire ulteriori valutazioni e studi per affinare ed estrapolare i parametri progettuali più idonei nelle diverse stagioni dell'anno e per un ampio range di condizioni operative.

Come precedentemente descritto, la capacità di rigassificazione del sistema WHR è correlata al fabbisogno elettrico del Terminale, che dipende, a sua volta, dalla qualità del GNL e dalle configurazioni operative. Durante il periodo di collaudo, il fabbisogno elettrico del Terminale è stato raggiunto con un carico alle GTGs ampiamente inferiore al 100%. Le stime attuali indicano che, alle condizioni operative attese, non si prevedono fabbisogni elettrici maggiori. Ne consegue che la capacità di rigassificazione del sistema WHR si è rivelata essere più contenuta rispetto alle condizioni di progetto.

In corrispondenza di una carico elettrico fluttuante tra il 50 e l'80% si è verificato che la capacità di rigassificazione del WHRV non supera 1.5 GSm<sup>3</sup>/anno (rispetto ai 2 previsti nel progetto autorizzato).

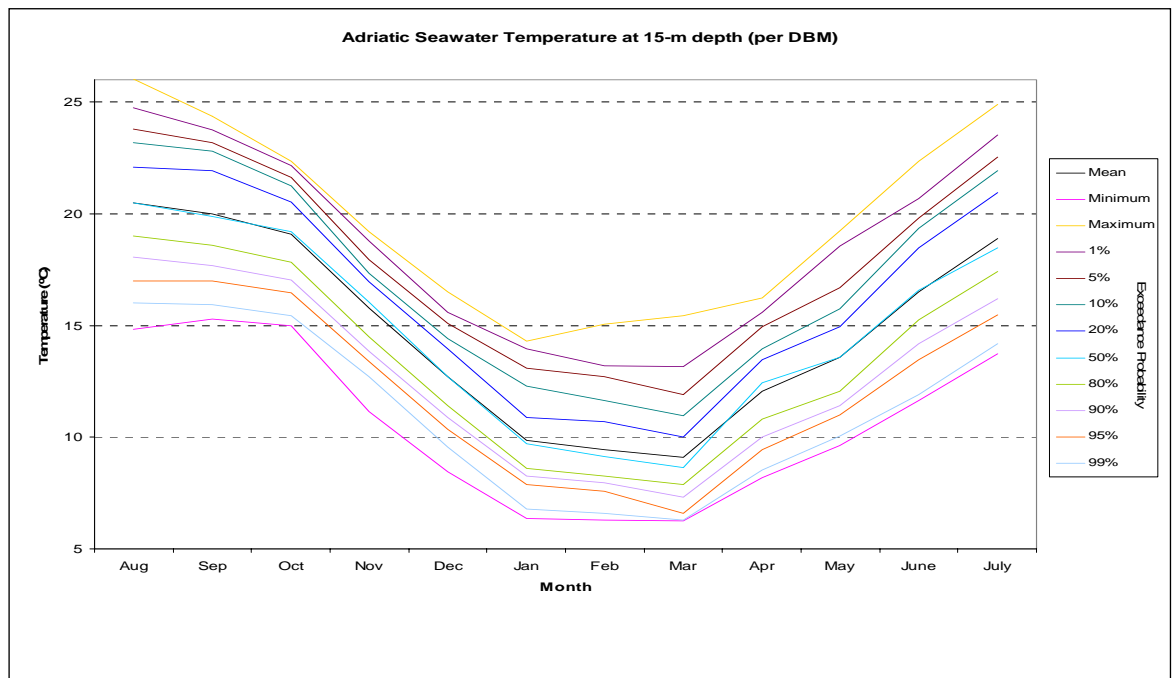
Occorre anche sottolineare che il sistema, proposto nel 2004 per ottimizzare il bilancio energetico, si rivela essere di impegnativa gestione. In primo luogo, il range di temperatura entro il quale la miscela acqua-glicole deve lavorare nel vaporizzatore WHR è piuttosto stretto, al fine di evitare potenziali problemi di corrosione nel tempo, nonostante l'utilizzo di materiali pregiati come l'acciaio inox. Inoltre, il contenuto di ossigeno nella miscela stessa deve pure rimanere entro certi limiti. Sono in corso interventi migliorativi volti a garantire l'operatività continua del sistema, ma, anche in futuro, non sono comunque esclusi periodi di downtime del vaporizzatore volti a ristabilire le ottimali condizioni nonché periodi di manutenzione. Complessivamente, tali periodi potrebbero quindi ulteriormente inficiare la capacità di questo sistema su base annua.

La capacità di rigassificazione dell'impianto è inoltre influenzata dalle condizioni meteorologiche stagionali, ed in particolare dalla temperatura dell'acqua di mare.

Nelle stagioni miti, quando la temperatura dell'acqua mare è più alta, a parità di  $\Delta T$  massimo autorizzato (-4.6 °C), il rendimento dei vaporizzatori diminuisce leggermente, fino a scendere a 2 GSm<sup>3</sup>/anno (equivalenti giornalieri) nei mesi più caldi. Tre ORVs non risultano dunque in grado di produrre più di 6 GSm<sup>3</sup>/anno su base giornaliera equivalente per lunghi periodi dell'anno. Tale leggera diminuzione di rendimento alle temperature più alte è strettamente associata alla necessità di limitare il delta T acqua mare ingresso-uscita, al fine di rispettare il limite ambientale imposto di -4.6°C.

Quando, invece, la temperatura del mare è inferiore a 9 °C, il calore che l'acqua prelevata dalle tre pompe è in grado di cedere per la rigassificazione è inferiore a quello necessario per poter garantire l'invio in rete nazionale dei quantitativi autorizzati di gas alla temperatura imposta da Snam Rete Gas (3°C). La diminuzione della capacità dei vaporizzatori ORVs risulta piuttosto rapido per temperature dell'acqua mare al di sotto dei 9°C, proprio nelle stagioni invernali, quando il fabbisogno di gas del sistema nazionale risulta maggiormente impellente.

Elaborazioni statistiche sui dati storici dimostrano che la temperatura del mare può scendere al di sotto dei 9°C nell'area di interesse e che nel caso tale fenomeno si verifichi, la sua persistenza nel tempo risulta statisticamente molto prolungata (si veda la figura seguente).



Nota:

<sup>(1)</sup> Ci si aspetta che una temperatura di ingresso inferiore a 8°C possa probabilmente persistere per periodi di diverse settimane, e forse anche più a lungo.

### Figura 2.1: Temperatura del Mar Adriatico a 15 m di Profondità

I tre fattori sopraelencati (carico elettrico variabile, con conseguente penalizzazione della capacità di rigassificazione dal WHRS; leggera riduzione della capacità di rigassificazione degli ORV nelle stagioni calde per non eccedere il delta T autorizzato; drastica riduzione della capacità di rigassificazione degli ORV nelle stagioni fredde per rispettare il nuovo limite di temperatura del gas imposto da Snam Rete Gas in ingresso alla rete nazionale), comporterebbero, nella configurazione approvata, una rigassificazione minore in determinati periodi dell'anno e quindi l'impossibilità da parte del Terminale di immettere in rete gli autorizzati 8 miliardi Sm<sup>3</sup>/anno, in particolare su base giornaliera equivalente.

### 3 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLE CONDIZIONI OPERATIVE

Nel corso degli ultimi mesi sono stati condotti da ALNG studi approfonditi al fine di individuare quali interventi operativi/gestionali fosse possibile implementare sul terminale al fine di assicurare la capacità di progetto autorizzata, salvaguardando una sufficiente flessibilità operativa su base stagionale e giornaliera per soddisfare le richieste del mercato e della rete nazionale, non essendo in questa fase comunque possibile apportare modifiche progettuali/impiantistiche o cambiare la filosofia generale di impianto.

Gli interventi individuati per il raggiungimento degli obiettivi descritti in precedenza consistono sostanzialmente nella modifica dei seguenti parametri operativi (ALNG 2010a, ALNG 2010b):

- incremento dello scambio termico ai rigassificatori ORVs con conseguente aumento del  $\Delta T$  medio annuo tra la temperatura dell'acqua mare in ingresso al sistema di rigassificazione (temperatura ambiente) e la temperatura in uscita dallo stesso da  $-4.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- in particolari condizioni termometriche, attivazione del quarto vaporizzatore ad acqua di mare (ORV) e, conseguentemente, della quarta pompa di prelievo acqua mare.

Gli interventi di cui sopra, descritti e motivati nei successivi paragrafi, non comporteranno modifiche impiantistico/strutturali; si evidenzia che, anche in caso di attivazione più frequente del quarto ORV, la portata massima di scarico sarà contenuta entro il valore già autorizzato di  $29,000\text{ m}^3/\text{h}$ .

Non sono invece previsti incrementi delle emissioni in atmosfera dalle turbine (GTGs). In considerazione del fatto che il fabbisogno elettrico del terminale (e conseguentemente il carico delle turbine) sarà normalmente inferiore a quello di targa di progetto, ci si potrà ragionevolmente attendere una riduzione complessiva delle emissioni.

#### 3.1 INCREMENTO DELLO SCAMBIO TERMICO AGLI ORVs

Un incremento dello scambio termico e il conseguente aumento del  $\Delta T$  fino a un valore di  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  faciliterà la gestione operativa del sistema di rigassificazione, in quanto:

- consentirà di mantenere la capacità di rigassificazione degli ORV su valori sufficientemente elevati durante gran parte dell'anno (ed in particolare nei mesi più miti), in modo da recuperare prontamente una possibile ridotta capacità dal WHRS dovuta all'inferiore fabbisogno elettrico del terminale rispetto a quello di progetto;
- è funzionale in caso di malfunzionamento del sistema di circolazione del fluido intermedio a base di glicole, o in caso di qualsiasi altra attività di manutenzione straordinaria che potrebbe essere richiesta.

Tale modifica operativa si otterrà modificando i quantitativi di GNL presenti nei fasci tubieri dei vaporizzatori ORVs, senza comportare la necessità di alcuna modifica progettuale e/o impiantistica ai vaporizzatori stessi.

### **3.2 ATTIVAZIONE DEL QUARTO ORV**

L'attivazione del quarto vaporizzatore ORV e, conseguentemente, della quarta pompa acqua mare ogniqualvolta la temperatura dell'acqua di mare scenda al di sotto di circa 9 °C, consentirà di operare correttamente il terminale anche in occasione di tali condizioni termiche e di consegnare alla rete nazionale il quantitativo di gas autorizzato al di sopra delle minime condizioni di temperatura del gas richieste dalla rete nazionale stessa.

## 4 VALUTAZIONE DELLE CONSEGUENZE AMBIENTALI

Come descritto al precedente Capitolo 3 le modifiche delle condizioni operative che consentano la piena capacità dell'impianto riguardano esclusivamente il sistema di scambio termico funzionale alla fase di rigassificazione del GNL. Gli interventi individuati comporteranno una variazione dei soli parametri dello scarico idrico in termini di:

- delta termico medio annuo;
- numero di giorni di scarico con la portata massima autorizzata (4 ORV in funzione contemporaneamente).

In funzione di tali considerazioni le conseguenze ambientali connesse agli aspetti di natura termica, legate all'incremento di differenziale termico delle acque di scarico del terminale, potranno riguardare le componenti "ambiente idrico marino" e "flora, fauna ed ecosistemi". Per tutte le altre componenti e variabili ambientali restano valide e invariate le valutazioni contenute nello Studio di Impatto Ambientale relativo alla configurazione di progetto ad oggi autorizzata con parere positivo di compatibilità ambientale dell'Ottobre 2004 (DEC VIA No. 866 dell'8 Ottobre 2004) e con Decreto di AIA del 21 Gennaio 2009 (DSA-DEC-2009-0000039).

Lo studio modellistico della dispersione termica e chimica degli scarichi idrici del terminale venne inizialmente affidato al Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", che realizzò un modello matematico ad-hoc per lo scopo. Le simulazioni furono inizialmente condotte facendo riferimento alla configurazione originale del terminale (4 GSm<sup>3</sup>/anno) e, successivamente, vennero ripetute, con il medesimo modello, a seguito dell'aumento della capacità di movimentazione di gas da 4 a 8 GSm<sup>3</sup>/anno.

I parametri fondamentali dello scarico termico associati a quest'ultima configurazione e utilizzati nelle simulazioni modellistiche furono:

- portata: 30,000 m<sup>3</sup>/ora (cautelativa rispetto a circa 29,000 m<sup>3</sup>/ora di portata massima dei 4 ORV e a 22,260 m<sup>3</sup>/ora di portata di progetto nelle normali condizioni operative);
- delta termico tra acqua di mare in entrata e acqua in uscita dallo scarico del Terminale ( $\Delta T$ ) pari a -4.6 °C;
- concentrazione di cloro libero allo scarico pari a 1 ppm, cautelativa rispetto al valore garantito allo scarico del terminale pari a 0.2 ppm.

Per poter valutare le conseguenze ambientali (riguardanti l'ambiente idrico marino e i relativi specie/habitat) degli interventi volti ad assicurare la capacità di progetto autorizzata sono state implementate nuove simulazioni modellistiche con il più recente software MIKE 3. Tali simulazioni sono state condotte adottando:

- diversi valori di delta termico:
  - $\Delta T$  pari a -4.6 °C, relativo alla configurazione di progetto autorizzata,
  - $\Delta T$  pari a -5.0 °C, relativo al nuovo scenario operativo proposto,
  - $\Delta T$  pari a -5.2 °C e a -5.4 °C, inizialmente tenuti in considerazione per valutare una più ampia gamma di scenari progettuali. Per l'analisi dei risultati relativi a tali valori di  $\Delta T$  si rimanda allo studio dedicato (D'Appolonia, 2010). Nel seguito del presente



rapporto si farà riferimento al solo valore di  $\Delta T$  proposto nel nuovo scenario operativo (-5.0 °C);

- portata dello scarico cautelativamente pari a 30,000 m<sup>3</sup>/ora;
- concentrazione di cloro libero pari a 1 ppm (cautelativa rispetto al valore garantito allo scarico del terminale pari a 0.2 ppm).

#### 4.1 DESCRIZIONE DELLA SUITE MODELLISTICA UTILIZZATA

Non essendo più disponibile il modello matematico realizzato dall'Università di Roma (sviluppato ormai più di 10 anni or sono, quando i modelli commerciali non erano ancora sviluppati o sufficientemente testati), per la stima dei plume termico e clorato relativi alla configurazione attuale si è utilizzato il software MIKE 3, sviluppato da DHI - Water & Environment. Si tratta di un modello baroclinico tridimensionale non-idrostatico, applicabile in un'ampia gamma di scenari ambientali, quali aree marine, zone costiere, laghi ed estuari.

Il modello è costituito da un modulo base (Hydrodynamic Module – HD) e da diversi sotto moduli, che possono essere utilizzati in funzione degli obiettivi della simulazione.

Il modulo HD simula il moto variabile tridimensionale, tenendo in conto le variazioni di densità, le batimetriche e le forzanti esterne. Il modello si basa sulla soluzione numerica delle equazioni 3D incomprimibili di Navier-Stokes, mediate alla Reynolds, con l'ipotesi di Boussinesq e l'assunzione di una pressione idrostatica. Sono dunque utilizzate le equazioni di continuità, l'equazione dei momenti e l'equazione di temperatura e densità, risolte con uno schema a chiusura turbolenta.

Al modulo HD, nelle simulazioni in oggetto, è stato associato il modulo di convezione-diffusione Transport (T), che simula i fenomeni di diffusione/convezione/dispersione di traccianti (o di inquinanti considerati perfettamente miscibili in acqua) in un contesto tridimensionale. Tali fenomeni sono calcolati sulla base delle condizioni di moto ottenute tramite il modello idrodinamico (Modulo HD).

Al fine di mantenere una coerenza con il lavoro precedente e di rendere affidabile il confronto con la proposta configurazione dello scarico è stato necessario, innanzitutto, calibrare i parametri di taratura del modello MIKE 3, in maniera tale da rispettare le seguenti condizioni:

- mantenere gli scenari meteomarini di riferimento utilizzati in precedenza dall'Università di Roma;
- implementare parametri di calibrazione del software MIKE 3 tali da rendere i risultati delle simulazioni paragonabili a quelli ottenuti dal precedente modello;
- verificare la realistica/coerenza dei parametri di calibrazione di cui al punto precedente.

La buona corrispondenza tra i valori puntuali di temperatura e concentrazione di cloro nelle vicinanze del Terminale e l'analogia della forma e della dimensione dei plume termici e clorati ottenuti con i due modelli hanno confermato che le simulazioni della nuova configurazione possono essere correttamente condotte con MIKE 3 e confrontate con la configurazione precedente.

## 4.2 SCENARI RIPRODOTTI E IPOTESI DI MODELLO

Conformemente a quanto svolto dall'Università di Roma l'attività è stata suddivisa in due fasi, al fine di esaminare:

- l'impatto ambientale a larga scala, dovuto ai campi di temperatura e di concentrazione che si determinano in condizioni meteomarine estreme, tali da produrre un trasporto di inquinanti che potrebbe interessare la costa;
- l'impatto ambientale a scala di dettaglio, dovuto ai campi di temperatura e di concentrazione che si determinano nell'immediato intorno dell'opera in assenza di vento e moto ondoso.

Nel primo caso, in presenza di fondali con profondità limitata, come quelli caratteristici dell'Alto Adriatico, gli effetti di rimescolamento lungo la verticale prodotti da condizioni meteomarine estreme risultano di significativa entità; è dunque giustificato l'utilizzo di schemi di calcolo che si basano sulla risoluzione, su un ampio dominio discretizzato opportunamente, delle equazioni del moto e di bilancio di massa mediate lungo la verticale. Tale schema risulta infatti sufficientemente accurato a quantificare l'entità dei processi di dispersione della variazione di temperatura e delle sostanze chimiche nell'ambiente marino. In questa fase sono state effettuate simulazioni per tre differenti condizioni meteo-marine, descritte nel successivo Paragrafo 4.2.1.3.

Nel caso, invece, di analisi dei campi di temperatura e di concentrazione che si determinano nell'immediato intorno dell'opera in periodi di calma è necessario utilizzare schemi numerici in grado di cogliere in modo adeguato il carattere tridimensionale dei fenomeni idrodinamici e di diffusione/trasporto; essi infatti risultano influenzati dalle componenti barocliniche prodotte dalle disuniformità della distribuzione di temperatura lungo la verticale. In questo secondo caso il dominio di calcolo è ridotto all'area di interesse ed è discretizzato con una maglia fitta. In questa fase, dunque, sono stati simulati due distinti scenari, il primo relativo ad una colonna d'acqua in condizioni non stratificate (situazione tipica invernale) ed il secondo in condizioni di forte stratificazione (condizione tipica estiva). Tali simulazioni sono state condotte assumendo condizioni di calma di vento e di moto ondoso persistenti per due giorni.

Nei paragrafi seguenti sono riportati i dati di input inseriti in MIKE 3 in analogia con le precedenti modellazioni, sia per quanto concerne il modello a larga scala (Paragrafo 4.2.1), sia per quanto riguarda il modello a scala di dettaglio (Paragrafo 4.2.2).

### 4.2.1 Modello a Larga Scala

#### 4.2.1.1 Dominio di Calcolo del Modello

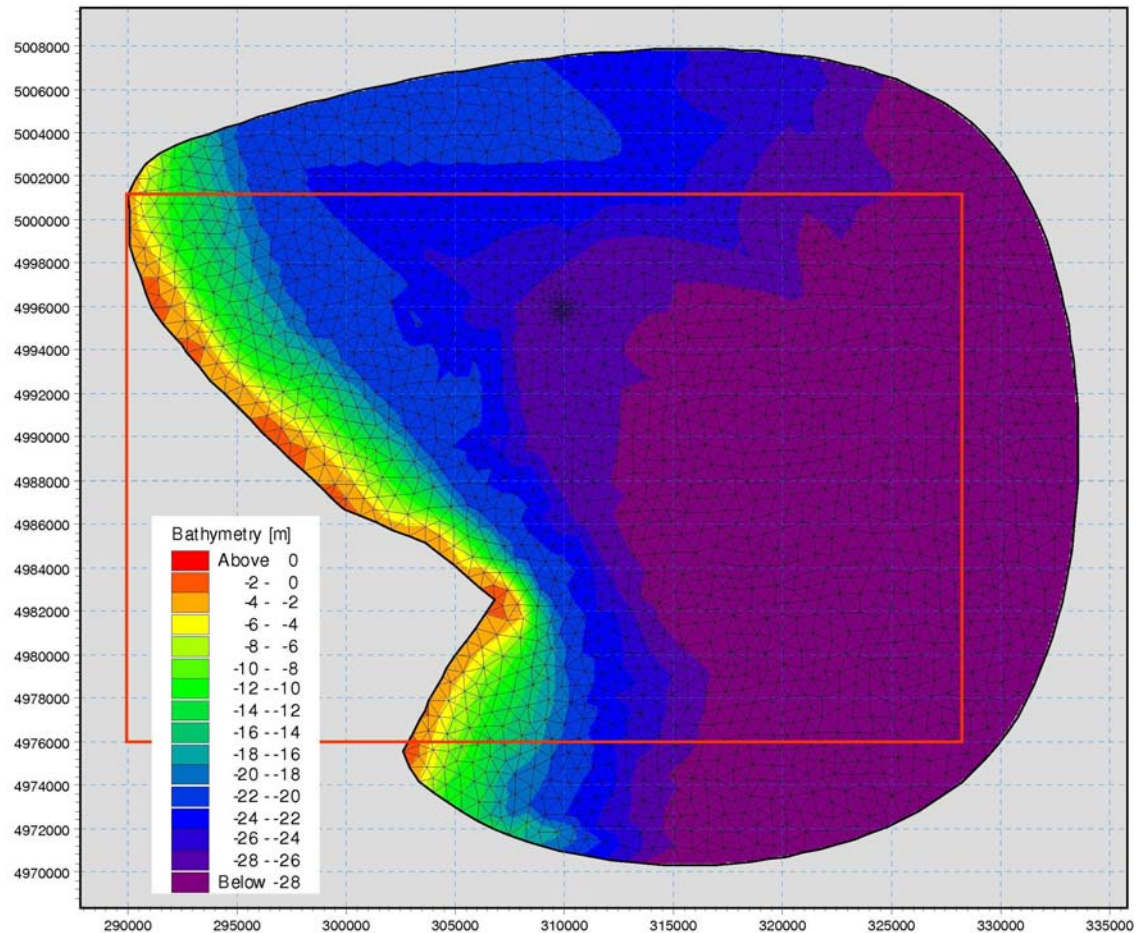
Il dominio di calcolo del modello si estende sul tratto di mare Adriatico prospiciente Punta della Maestra e comprende la zona dove è localizzato il terminale GNL. Tale dominio, di forma semicircolare, contiene al suo interno l'area indagata nelle simulazioni dell'Università di Roma, di forma rettangolare (circa 25 km x 40 km).

Il modello digitale del fondale è stato costruito sulla base dei dati batimetrici riportati sulle carte nautiche della zona.

Sono stati effettuati diversi tentativi al fine di individuare la discretizzazione orizzontale del dominio che, fermo restando il mantenimento di un corretto approccio modellistico,

conducesse alla migliore riproduzione, a parità di input, dei risultati precedentemente ottenuti.

Nella figura sottostante è rappresentata la griglia di calcolo adottata in seguito a tale processo di calibrazione ed utilizzata nelle simulazioni numeriche. È inoltre evidenziato il dominio rettangolare di cui si è avvalsa l'Università di Roma.



**Figura 4.1: Modello a Larga Scala, Griglia di Calcolo**

Per quanto concerne la discretizzazione verticale, come già evidenziato, le simulazioni precedenti erano state condotte mediando le equazioni del moto e di bilancio di massa sulla verticale. Per approssimare al meglio tale schema il dominio tridimensionale del modello MIKE 3 è stato discretizzato sulla verticale con due soli strati, uno al fondo con altezza pari al 5% della profondità, l'altro corrispondente alla quasi totalità della colonna d'acqua (95% della profondità).

#### 4.2.1.2 Dati dello Scarico Idrico

Come descritto nell'introduzione del capitolo, per quanto concerne lo scarico delle acque di rigassificazione sono stati assunti i seguenti parametri:

- portata  $Q = 30,000 \text{ m}^3/\text{h}$  (pari a  $8.34 \text{ m}^3/\text{s}$ );

- variazione termica  $\Delta t = -4.6$  °C (configurazione di progetto autorizzata) e  $\Delta t = -5.0$  °C (nuovo scenario operativo proposto);
- concentrazione di Cloro  $C = 1$  ppm.

#### 4.2.1.3 Condizioni Meteo-Marine

Nella modellazione a larga scala sono stati considerati gli stessi scenari presi in esame dall'Università di Roma e considerati nelle procedure di VIA:

- Scenario A, vento proveniente da Est con velocità pari a 6.2 m/s;
- Scenario B, vento proveniente da Nord-Est con velocità pari a 10.3 m/s;
- Scenario C, vento proveniente da Sud-Est con velocità pari a 8.2 m/s.

Tali scenari sono riassunti nella seguente tabella:

**Tabella 4.1: Scenari Considerati nella Modellazione a Larga Scala**

	Scenario A	Scenario B	Scenario C
Direzione del vento (° Nord)	90	60	150
Velocità del vento (m/s)	6.2	10.3	8.2

Il campo della velocità della corrente relativo agli scenari in questione è stato inserito come input.

Il moto ondoso, invece, è stato trascurato, in quanto le correnti indotte da tale forzante su profondità di 20-30 m non sono significative rispetto alla corrente indotta dal vento.

#### 4.2.1.4 Temperatura dell'Acqua di Mare

Nelle simulazioni volte a valutare l'impatto ambientale a larga scala non sono state considerate diverse condizioni di temperatura dell'acqua di mare. La variazione indotta dallo scarico termico è dunque analizzata come  $\Delta t$  rispetto al valore di temperatura iniziale.

Come nelle simulazioni precedenti, in questa prima fase le temperature e tutte le variabili sono mediate lungo la verticale.

#### 4.2.1.5 Durata delle Simulazioni

In analogia con la modellazione condotta per le precedenti procedure autorizzative, il tempo di simulazione è stato assunto pari a 12 ore.

#### 4.2.1.6 Parametri di Diffusione Termica e del Cloro

Mentre la diffusione dei plume termico e clorato nella direzione della corrente è legata al fenomeno della convezione, la loro dispersione è sostanzialmente legata alla viscosità turbolenta. Nel modello MIKE 3 quest'ultima è stimata tramite diverse formulazioni. Nel caso della modellazione a larga scala sono state stimate:

- la viscosità turbolenta orizzontale tramite la formulazione di Smagorinsky;
- la viscosità turbolenta verticale tramite la formulazione "log low".

Agendo sui coefficienti di taratura che legano la viscosità turbolenta alla dispersione dei plume è stato possibile ultimare la calibratura del modello.

Si evidenzia, infine, che, per quanto concerne la simulazione della dispersione degli inquinanti, il modello MIKE 3 (così come il modello realizzato dall'Università di Roma) considera i chemicals presenti negli scarichi come sostanze "inerti", ovvero che non interagiscano con alcun elemento organico, vegetale o animale, permanendo indefinitamente nell'acqua. Tale schema prevede che la dispersione delle sostanze sia, perciò, legata unicamente a processi di diffusione/convezione.

#### **4.2.2 Modello a Scala di Dettaglio**

Al fine di valutare l'impatto ambientale a scala di dettaglio dovuto ai campi di temperatura e di concentrazione che si determinano in assenza di vento e moto ondoso nell'immediato intorno dell'opera, sono state condotte apposite simulazioni numeriche, con un dominio di calcolo ridotto all'area di interesse e discretizzato con una maglia fitta. I relativi parametri di input inseriti in MIKE 3 in analogia con le precedenti modellazioni sono riportati nei paragrafi seguenti.

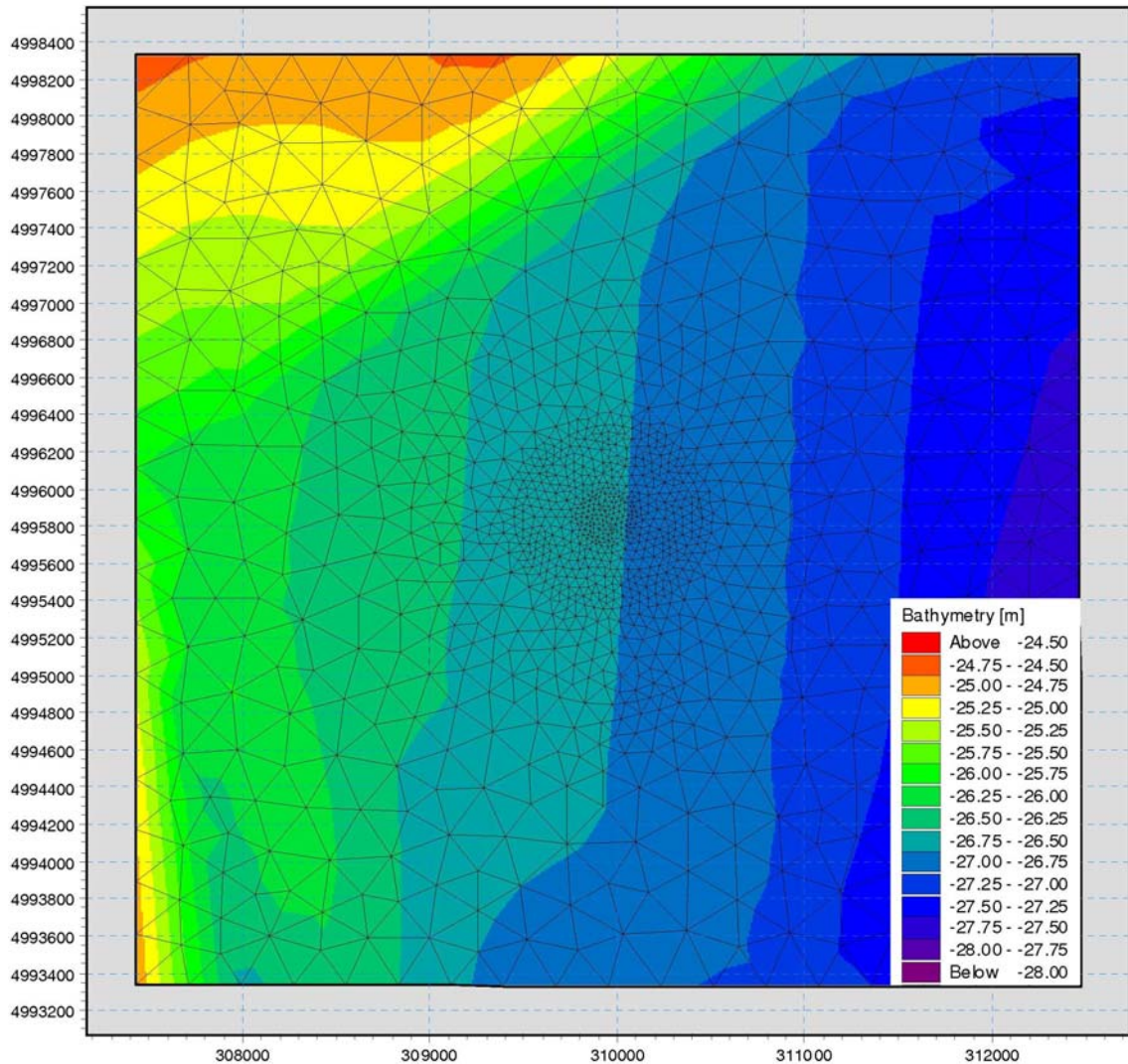
##### **4.2.2.1 Dominio di Calcolo del Modello**

In analogia con le simulazioni precedenti, il dominio di calcolo adottato per le simulazioni a scala di dettaglio si estende su un quadrato con lato di 5 km, centrato sullo scarico del Terminale GNL.

Tale dominio è stato discretizzato con una griglia a passo variabile, sia orizzontalmente sia verticalmente; il grigliato è stato fortemente infittito in prossimità dello scarico, ai fini di cogliere meglio le variazioni di temperatura e di concentrazione di cloro nella zona ad esso immediatamente prossima.

Il grigliato del modello MIKE 3 è a maglia triangolare, mentre quello dell'Università di Roma è maglia quadrata; è stata comunque posta particolare attenzione nel mantenere simili le aree delle celle, sia dove il grigliato è infittito, sia ai margini dello stesso.

Nella figura sottostante è rappresentata la griglia di calcolo adottata con il modello MIKE 3.



**Figura 4.2: Modello a Scala di Dettaglio, Griglia di Calcolo**

Per quanto concerne la discretizzazione verticale è stata mantenuta la stessa spaziatura adottata nelle simulazioni sviluppate in precedenza.

#### 4.2.2.2 Dati dello Scarico Idrico

Per quanto concerne lo scarico delle acque di rigassificazione sono stati assunti i seguenti parametri:

- portata  $Q = 30,000 \text{ m}^3/\text{h}$  (pari a  $8.34 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- variazione termica  $\Delta t = -4.6 \text{ }^\circ\text{C}$  (configurazione di progetto autorizzata) e  $\Delta t = -5.0 \text{ }^\circ\text{C}$  (nuovo scenario operativo proposto);
- concentrazione di Cloro  $C = 1 \text{ ppm}$ .

#### 4.2.2.3 Condizioni Meteo-Marine

Analogamente a quanto effettuato nelle simulazioni presentate nella documentazione sottoposta agli enti per le precedenti procedure di VIA, l'impatto ambientale a scala di dettaglio è stato valutato in una situazione di calma (assenza di vento e moto ondoso). Sulla base di valutazioni sulla circolazione geostrofica della regione di mare esaminata è stata introdotta come sola forzante una velocità di circa 1 cm/s in direzione parallela alla costa (Nord-Ovest Sud-Est).

#### 4.2.2.4 Temperatura dell'Acqua di Mare

Sono stati simulati due distinti scenari, il primo relativo ad una colonna d'acqua in condizioni non stratificate (situazione tipica invernale) ed il secondo in condizioni di forte stratificazione (condizione tipica estiva):

- Inverno: distribuzione verticale di temperature omogenea e pari a 10 °C;
- Primavera/Estate: distribuzione verticale delle temperature caratterizzata da stratificazioni termiche, come riportato nella seguente tabella.

**Tabella 4.2: Scenario Primavera/Estivo - Variazione della Temperatura lungo la Colonna d'Acqua**

PROFONDITÀ [m]	TEMPERATURA [°C]
0.9	15.42
4.2	15.41
10.0	12.8
16.6	10.39
22.4	10.35
25.7	10.25

#### 4.2.2.5 Durata delle Simulazioni

Il tempo di simulazione è stato assunto pari a 48 ore (in corrispondenza con la modellazione precedente), poiché la probabilità che una condizione di calma sia di vento sia di mare perduri di più di tale intervallo temporale è pressoché nulla.

#### 4.2.2.6 Parametri di Diffusione Termica e del Cloro

Nel caso delle simulazioni a scala di dettaglio, in analogia con le modellazioni precedenti, sono state adottati i seguenti parametri:

- in entrambi gli scenari estivo e invernale la viscosità turbolenta orizzontale è stata posta pari a 10 m<sup>2</sup>/s. Tale valore è rappresentativo di situazioni di calma di vento e di maree e tiene conto, oltre che dell'effetto di diffusione turbolenta, anche dell'azione dispersiva della marea;
- nello scenario invernale (colonna d'acqua non stratificata) la viscosità turbolenta verticale è stata posta pari a 0.01 m<sup>2</sup>/s ;

- nello scenario estivo (colonna d'acqua stratificata) la viscosità turbolenta verticale è stata stimata tramite la formulazione “log low”.

## 4.3 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI CONDOTTE

### 4.3.1 Stima dell'Estensione del Plume Termico

Nelle pagine seguenti sono riportati i risultati delle simulazioni numeriche concernenti i plume termici, suddivisi in funzione degli scenari esaminati (tre scenari di vento nella modellazione a larga scala e due scenari di temperatura nella modellazione a scala di dettaglio). Si riportano, inoltre, i risultati ottenuti con il  $\Delta T$  di progetto originario, pari a  $-4.6$  °C, per poter osservare le variazioni indotte dalle nuove temperature di scarico considerate.

#### 4.3.1.1 Modello a Larga Scala, Scenario A

Nelle condizioni meteomarine relative allo Scenario A (vento da E con velocità pari a  $6.2$  m/s) il delta termico in prossimità dello scarico termico del Terminale (distanze dell'ordine della decina di metri) è di circa  $-0.52$  °C con  $\Delta T$  allo scarico pari a  $-4.6$  °C (configurazione di progetto autorizzata) ed aumenta a  $-0.56$  °C nel caso di  $\Delta T$  allo scarico pari a  $-5.0$  °C (nuovo scenario operativo). Analizzando il pennacchio termico nella direzione della corrente (da Est verso Ovest) si osserva che ad una distanza di circa  $400$  m dallo scarico il delta termico rispetto all'acqua di mare è già minore di un decimo di grado in entrambe le configurazioni analizzate, le quali presentano una differenza in termini di delta termico dell'ordine di un centesimo di grado.

Nel seguito sono riportate alcune figure in cui è illustrato il pennacchio termico a fine simulazione.

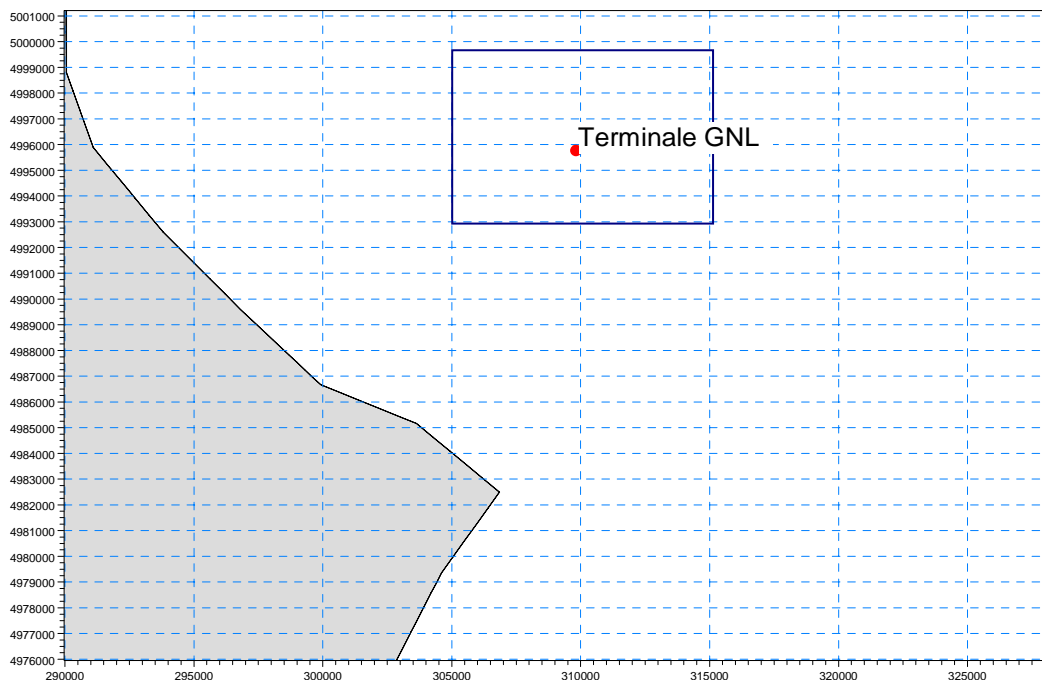
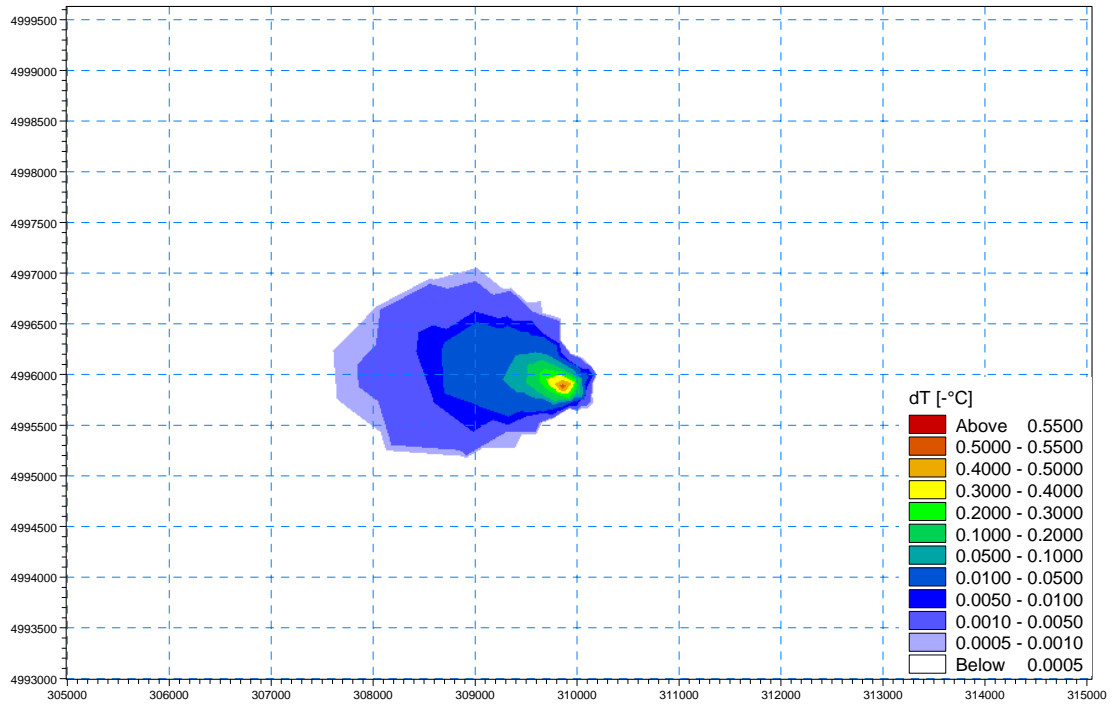
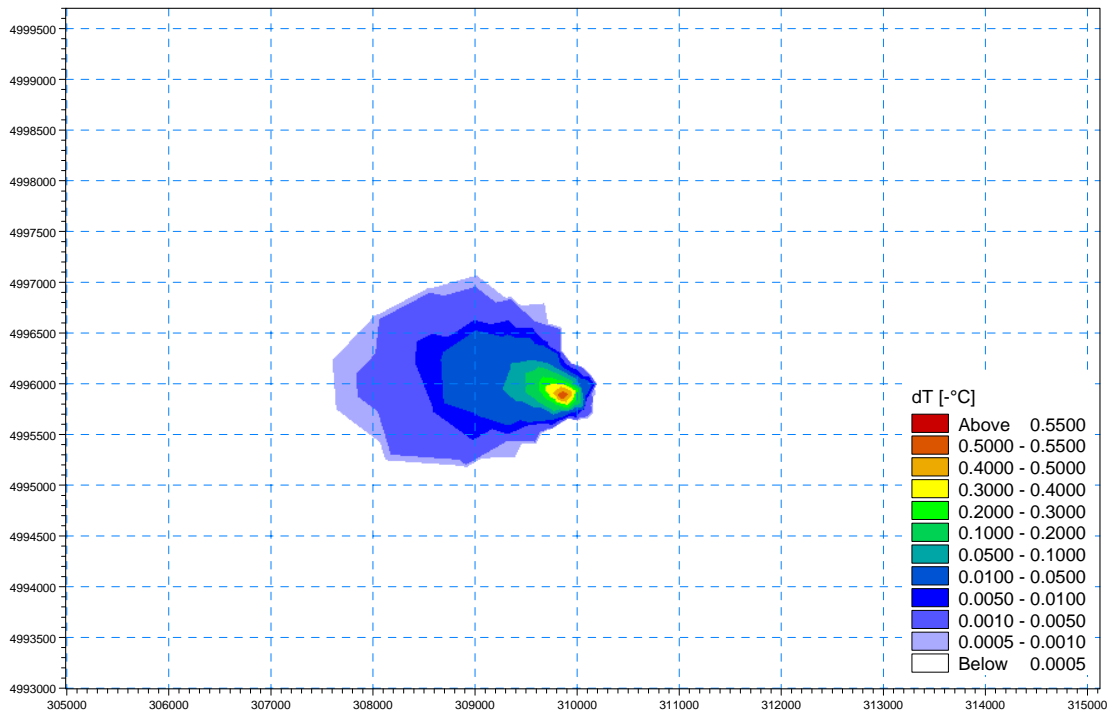


Figura 4.3: Scenario A, Key Map





**Figura 4.4: Pennacchio Termico, Configurazione di Progetto Autorizzata ( $\Delta T = -4.6 \text{ }^\circ\text{C}$ )**

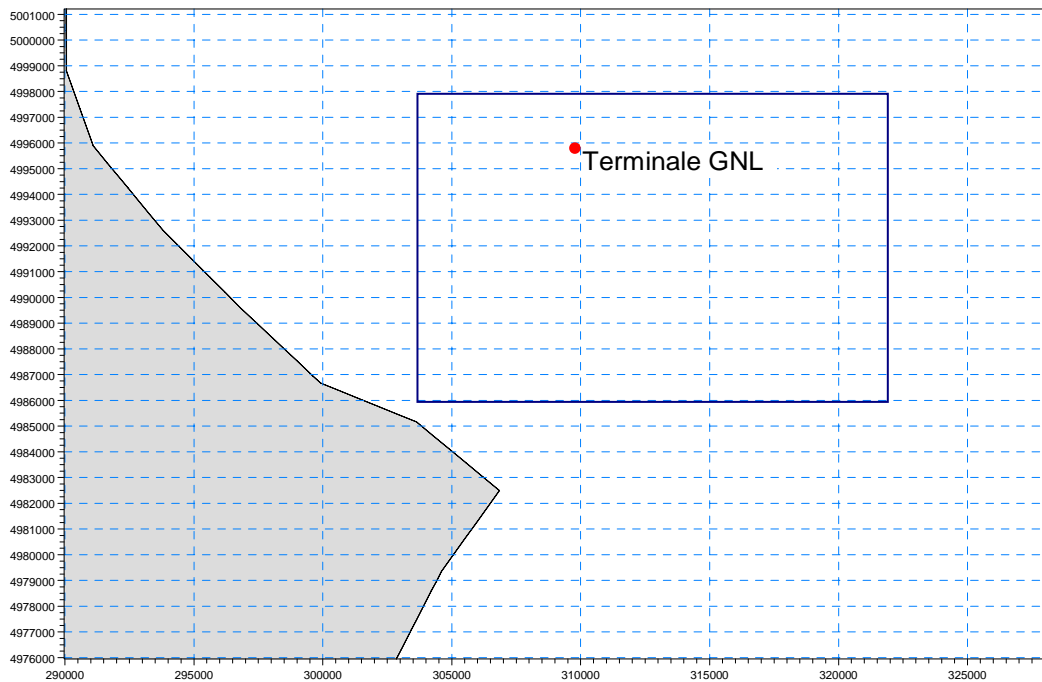


**Figura 4.5: Pennacchio Termico, Nuovo Scenario Operativo ( $\Delta T = -5.0 \text{ }^\circ\text{C}$ )**

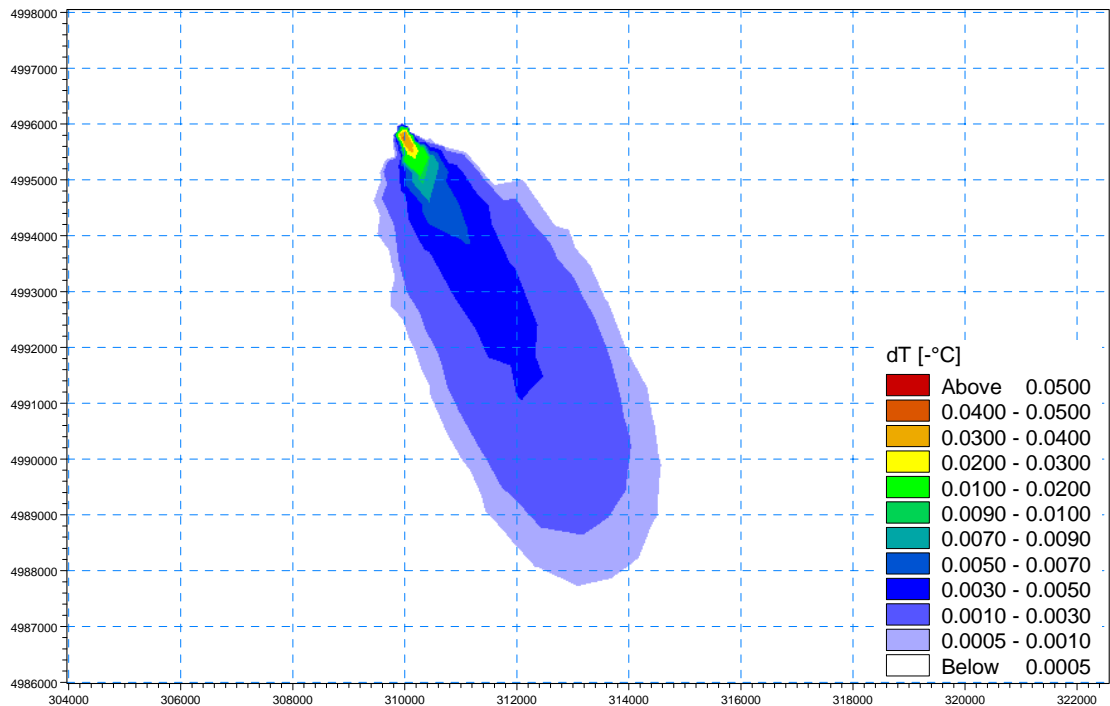
#### 4.3.1.2 Modello a Larga Scala, Scenario B

Nelle condizioni meteomarine relative allo Scenario B (vento da NE con velocità pari a 10.3 m/s) il delta termico in prossimità del Terminale è minore di quello relativo allo Scenario A, in funzione della maggior dispersione causata dalla più alta velocità della corrente (in questo caso, infatti, il vento soffia con maggiore intensità). La variazione della temperatura dell'acqua di mare nei pressi dello scarico (distanze dell'ordine della decina di metri) risulta di  $-0.04$  °C con  $\Delta T$  allo scarico pari a  $-4.6$  °C (configurazione di progetto autorizzata) e di  $-0.05$  °C nel caso di  $\Delta T$  allo scarico pari a  $-5.0$  °C (nuovo scenario operativo). Analizzando il pennacchio termico nella direzione della corrente (da Nord a Sud) si osserva che ad una distanza di circa 50 m dallo scarico il delta termico rispetto all'acqua di mare risulta pari a  $-0.03$  °C nella configurazione di progetto autorizzata e pari a  $-0.04$  °C nel nuovo scenario operativo proposto.

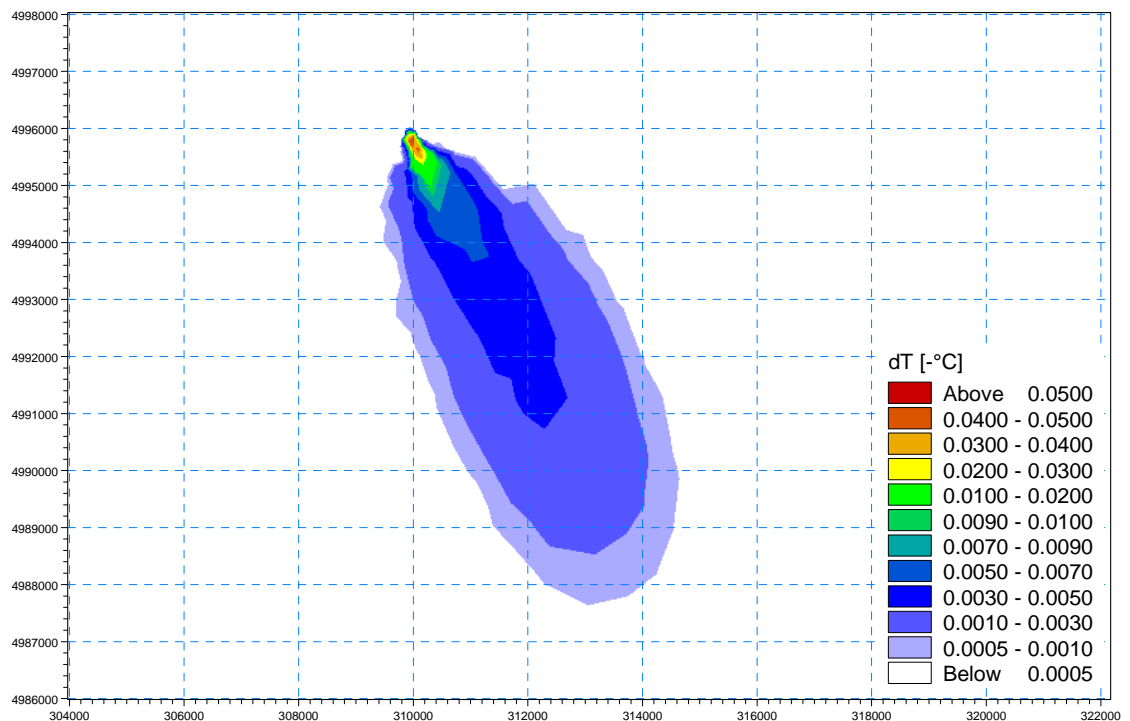
Nel seguito sono riportate due sezioni orizzontali del pennacchio termico al raggiungimento di condizioni stazionarie (si noti che la legenda è differente rispetto a quella utilizzata nello Scenario A al fine di evidenziare le differenze di temperatura per i diversi  $\Delta T$  allo scarico).



**Figura 4.6: Scenario B, Key Map**



**Figura 4.7: Pennacchio Termico, Configurazione di Progetto Autorizzata  
( $\Delta T = -4.6 \text{ }^\circ\text{C}$ )**

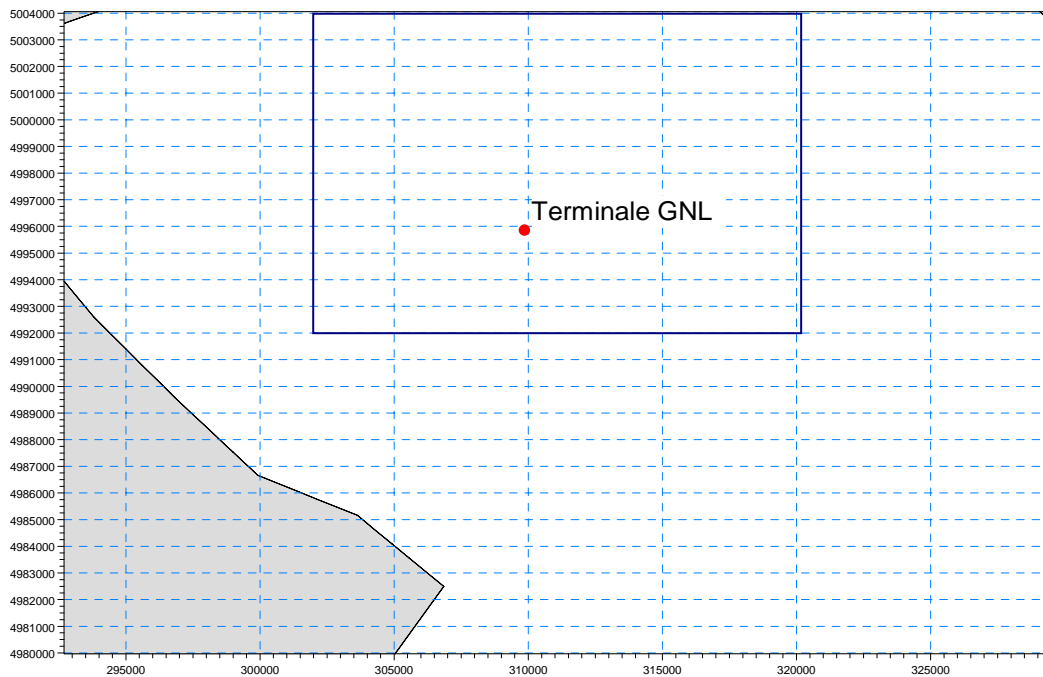


**Figura 4.8: Pennacchio Termico, Nuovo Scenario Operativo ( $\Delta T = -5.0 \text{ }^\circ\text{C}$ )**

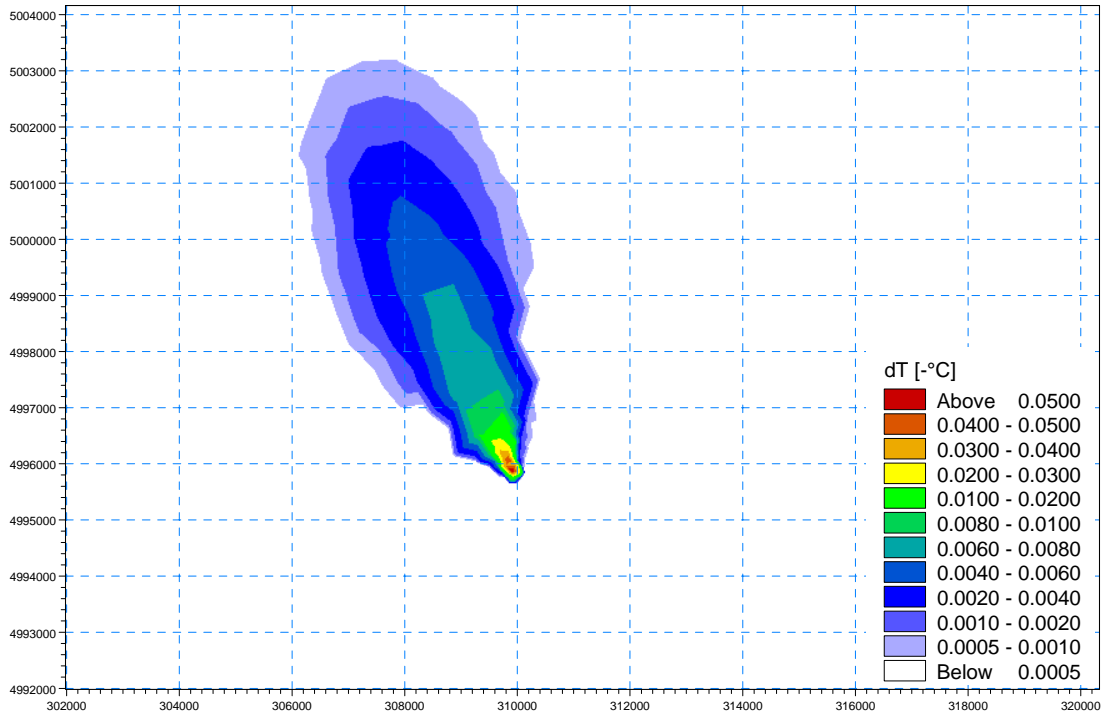
#### 4.3.1.3 Modello a Larga Scala, Scenario C

Per quanto concerne lo Scenario C (vento da SE con velocità pari a 8.2 m/s) possono essere fatte considerazioni analoghe a quelle riportate al paragrafo precedente per lo Scenario B, essendo paragonabili le velocità della corrente indotte dal vanto (seppur in direzioni opposte).

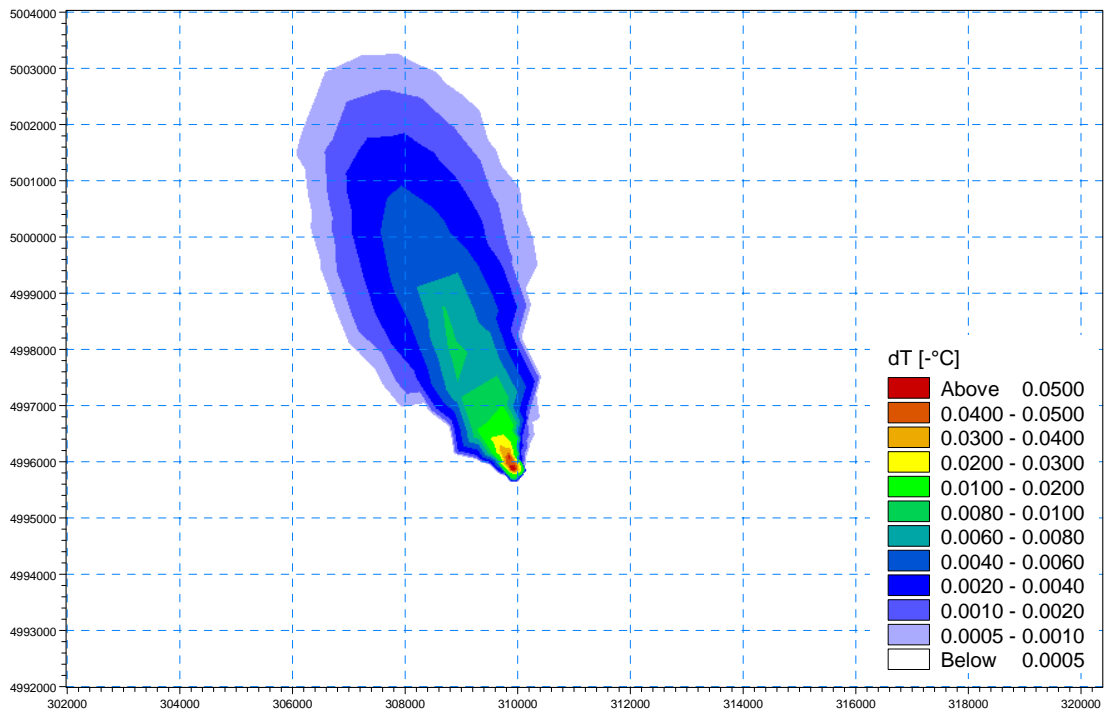
Nel seguito sono riportate due sezioni orizzontali del pennacchio termico a fine simulazione nelle due configurazioni analizzate.



**Figura 4.9: Scenario C, Key Map**



**Figura 4.10: Pennacchio Termico, Configurazione di Progetto Autorizzata ( $\Delta T = -4.6 \text{ }^\circ\text{C}$ )**

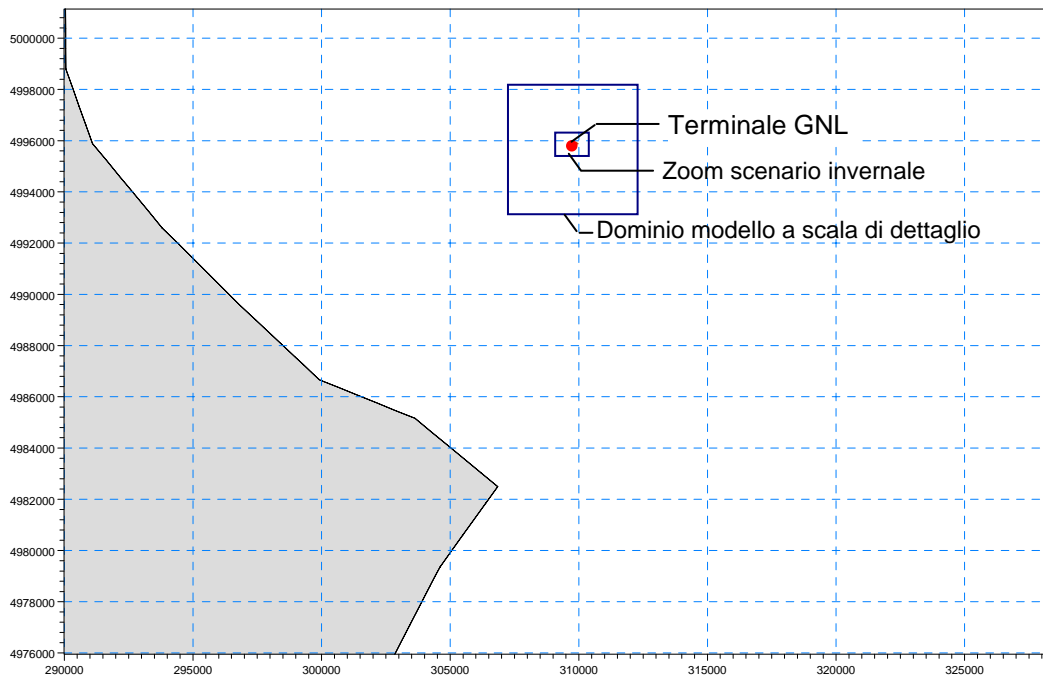


**Figura 4.11: Pennacchio Termico, Nuovo Scenario Operativo ( $\Delta T = -5.0 \text{ }^\circ\text{C}$ )**

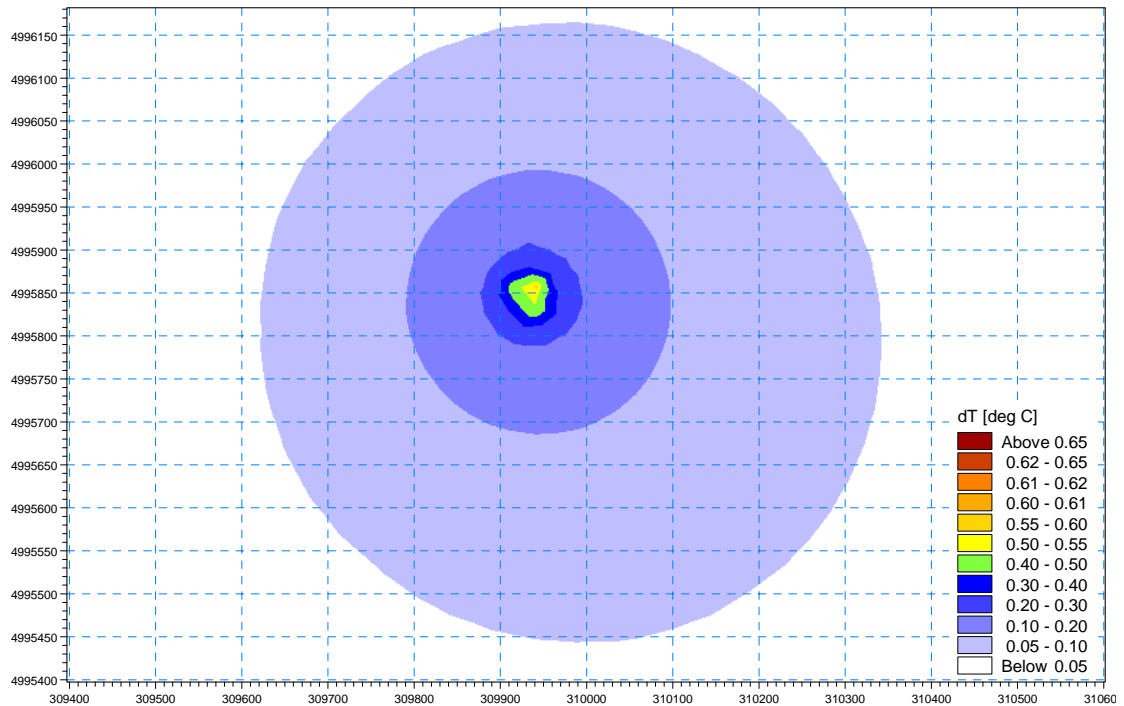
#### 4.3.1.4 Modello a Scala di Dettaglio, Scenario Invernale

Nel presente paragrafo sono riportati i risultati relativi allo scenario invernale della modellazione a scala di dettaglio.

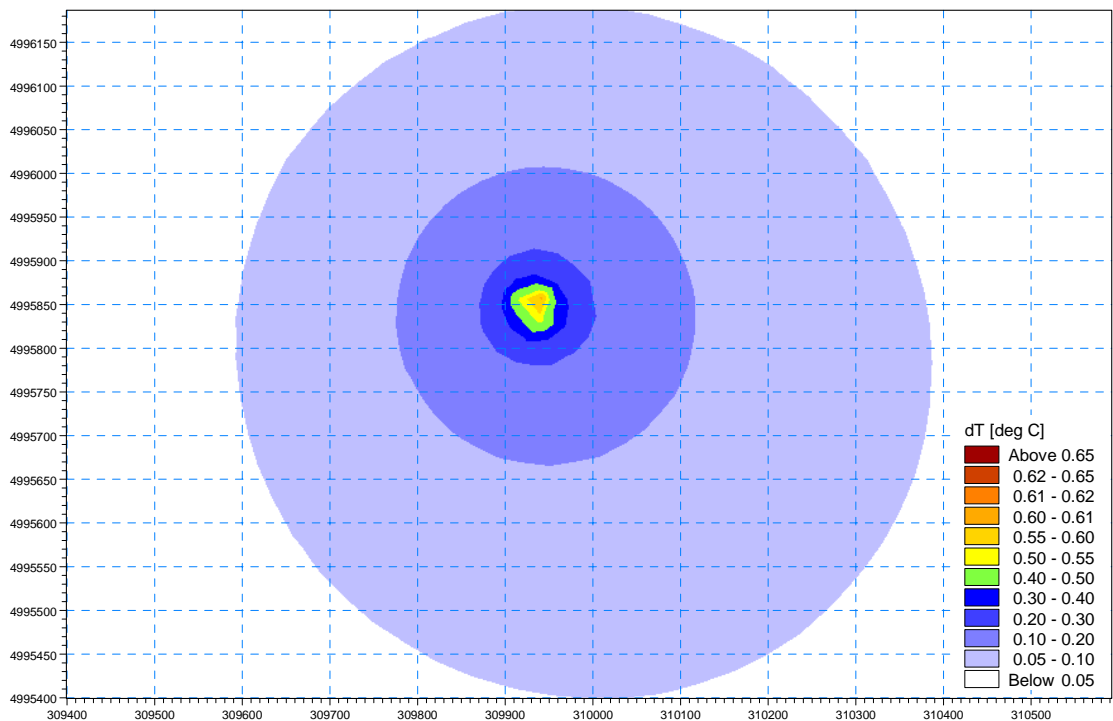
Come si deduce dall'analisi delle figure riportate nel seguito, il delta termico in prossimità dello scarico termico del Terminale (distanze dell'ordine della decina di metri) è di circa  $-0.52\text{ }^{\circ}\text{C}$  con  $\Delta T$  allo scarico pari a  $-4.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  (configurazione di progetto autorizzata) ed aumenta a  $-0.55\text{ }^{\circ}\text{C}$  nel caso di  $\Delta T$  allo scarico pari a  $-5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (nuovo scenario operativo). Ad una distanza di circa 200 m dallo scarico il delta termico rispetto all'acqua di mare risulta pari a  $-0.09\text{ }^{\circ}\text{C}$  nella configurazione di progetto autorizzata e pari a  $-0.10\text{ }^{\circ}\text{C}$  nel nuovo scenario operativo proposto.



**Figura 4.12: Scenario Invernale, Key Map**



**Figura 4.13: Zoom Pennacchio Termico, Configurazione di Progetto Autorizzata ( $\Delta T = -4.6 \text{ }^\circ\text{C}$ )**



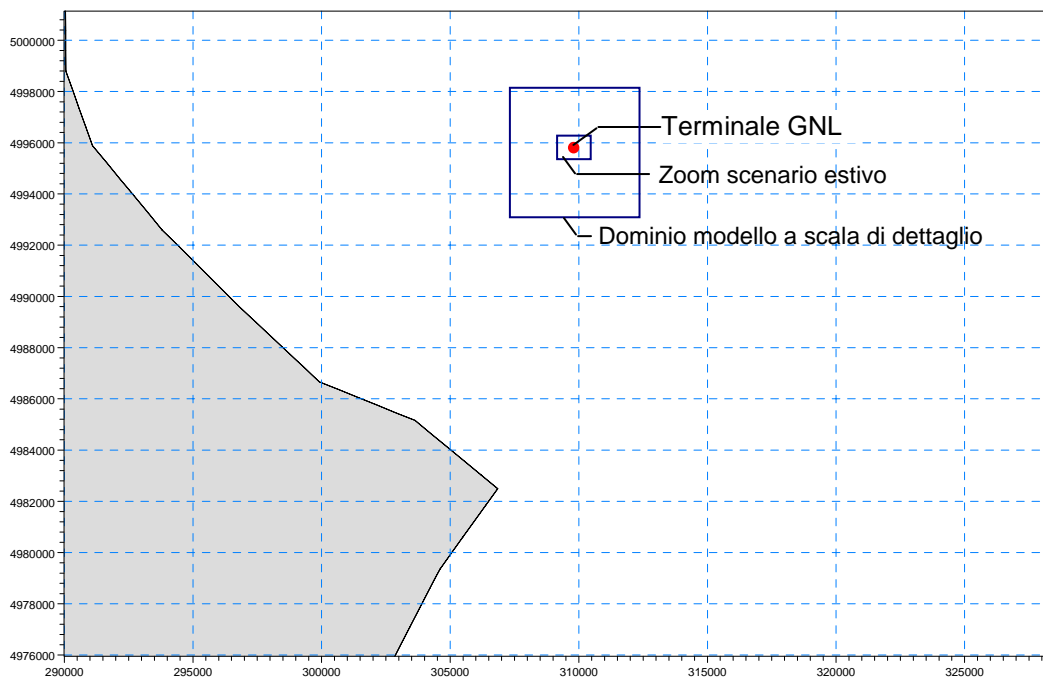
**Figura 4.14: Zoom, Pennacchio Termico, Nuovo Scenario Operativo ( $\Delta T = -5.0 \text{ }^\circ\text{C}$ )**

#### 4.3.1.5 Modello a Scala di Dettaglio, Scenario Estivo

Nel presente paragrafo sono riportati i risultati relativi allo scenario estivo della modellazione a scala di dettaglio.

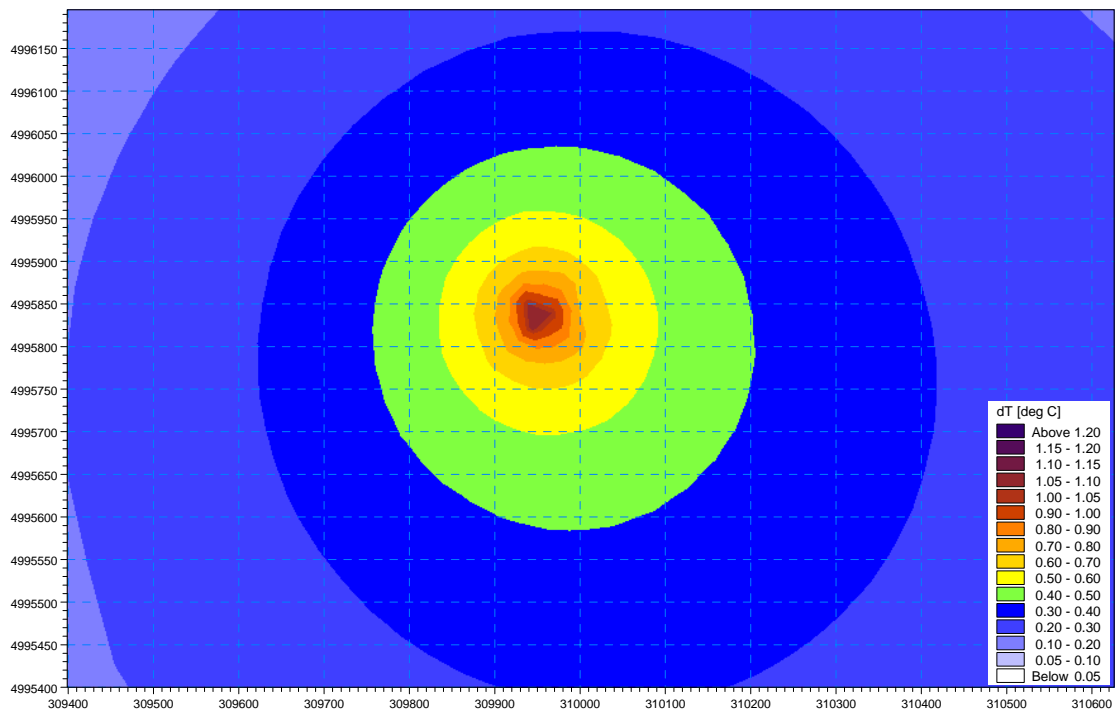
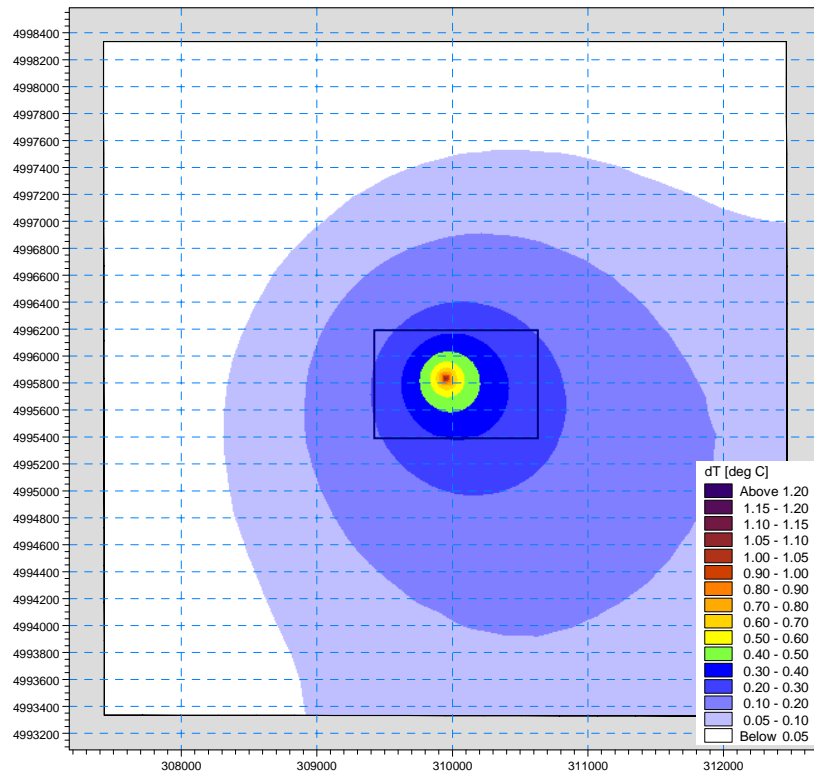
Come si deduce dall'analisi delle figure riportate nel seguito, il delta termico sul piano orizzontale posto alla quota di scarico è maggiore di quello relativo allo scenario invernale. La stratificazione della colonna d'acqua tende, infatti, a diminuire l'azione dispersiva lungo la verticale. Ne risulta un delta termico in prossimità dello scarico del Terminale (distanze dell'ordine della decina di metri) pari a  $-1.05\text{ }^{\circ}\text{C}$  con  $\Delta T$  allo scarico di  $-4.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  (configurazione di progetto autorizzata) e pari a  $-1.12\text{ }^{\circ}\text{C}$  nel caso di  $\Delta T$  allo scarico di  $-5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (nuovo scenario operativo). In seguito alla minor dispersione sulla verticale, a una distanza di circa 1 km dallo scarico il delta termico rispetto all'acqua di mare risulta pari a  $-0.20\text{ }^{\circ}\text{C}$  nella configurazione di progetto autorizzata e pari a  $-0.21\text{ }^{\circ}\text{C}$  nel nuovo scenario operativo.

Per poter cogliere i valori di temperatura a distanza di qualche km dal Terminale e allo stesso modo osservare le differenze tra le due configurazioni analizzate in prossimità dello scarico, si è reso necessario riportare i plume termici sia alla scala dell'intero dominio di dettaglio sia a una scala più piccola (evidenziata nella figura sottostante).



**Figura 4.15: Scenario Estivo, Key Map**





**Figura 4.16: Pennacchio Termico, Configurazione di Progetto Autorizzata**  
**( $\Delta T = -4.6 \text{ }^\circ\text{C}$ )**

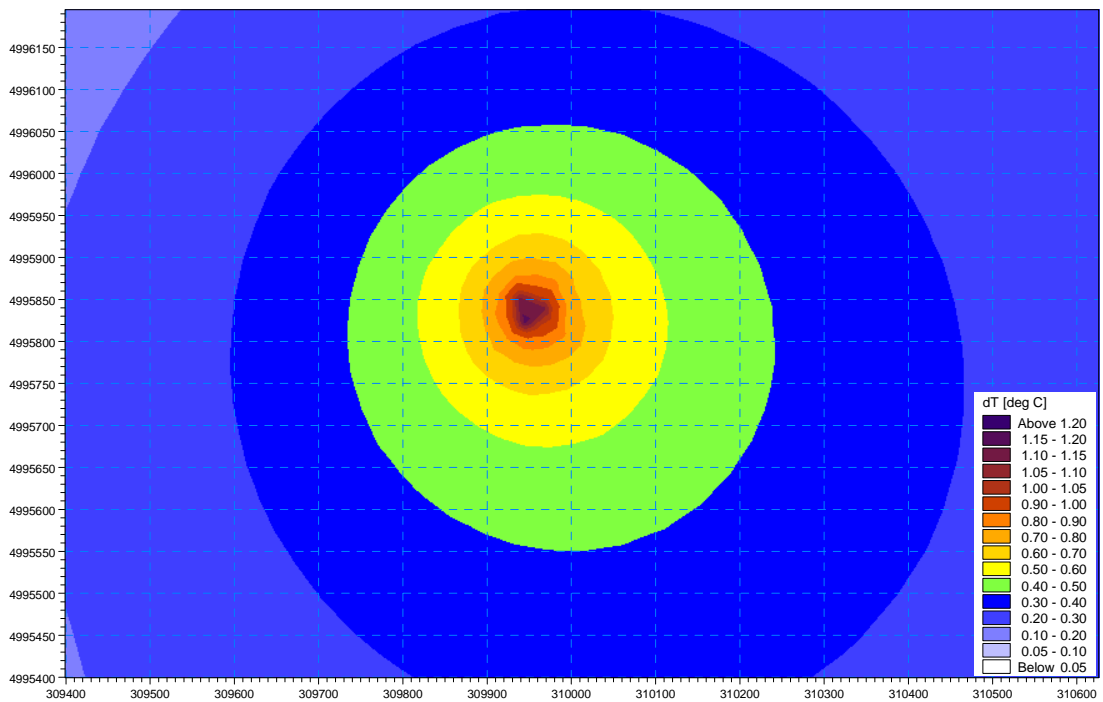
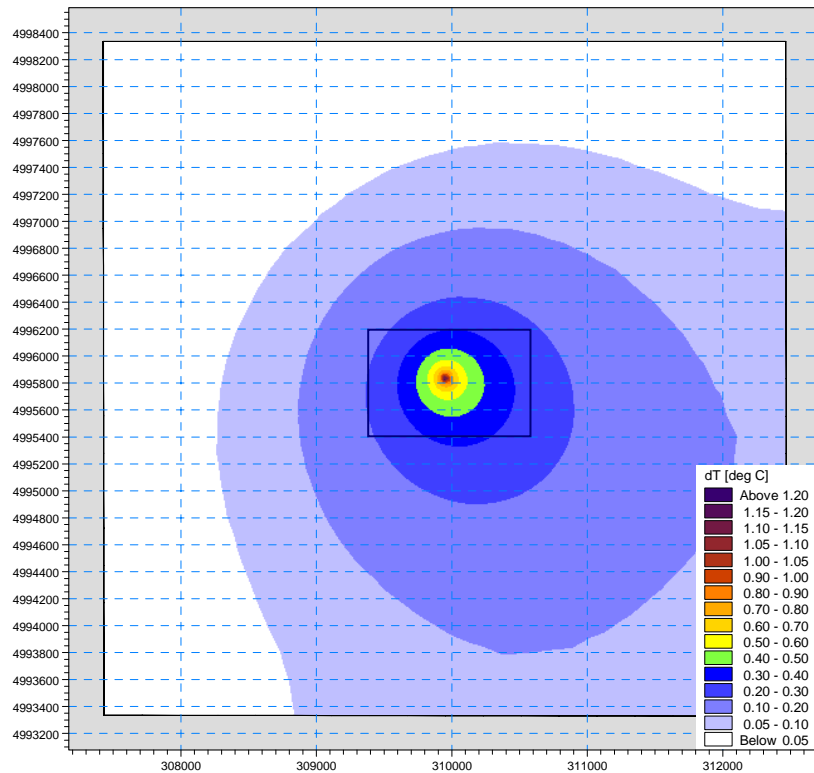


Figura 4.17: Pennacchio Termico, Nuovo Scenario Operativo ( $\Delta T = -5.0 \text{ }^\circ\text{C}$ )

#### 4.3.1.6 Confronto tra la Configurazione di Progetto Autorizzata e il Nuovo Scenario Operativo

Il confronto tra i plume termici relativi alla configurazione di progetto autorizzata e quelli relativi al nuovo scenario operativo evidenzia che non sono rilevabili variazioni significative, se non nelle immediate vicinanze dello scarico.

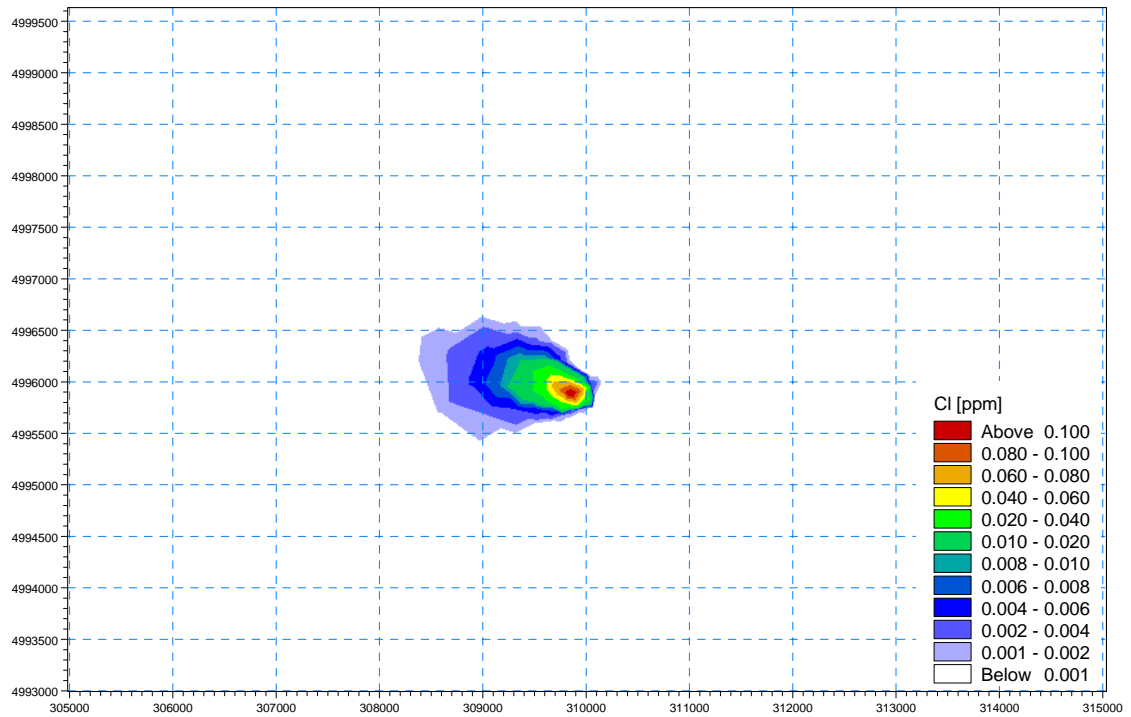
In termini generali, possono essere espresse le seguenti considerazioni:

- solamente entro circa 50 m dal Terminale l'incremento di delta termico porta a modifiche del plume di qualche significato;
- già ad una distanza di circa 200 m le variazioni del plume non risultano più significative;
- ad una distanza di circa 1 km nessuna differenza è più percepibile (in assenza di stratificazione della colonna d'acqua variazioni molto minori di un centesimo di grado rispetto alla configurazione originaria e in presenza di stratificazione – modellazione a scala di dettaglio, scenario estivo – variazione dell'ordine del centesimo di grado).

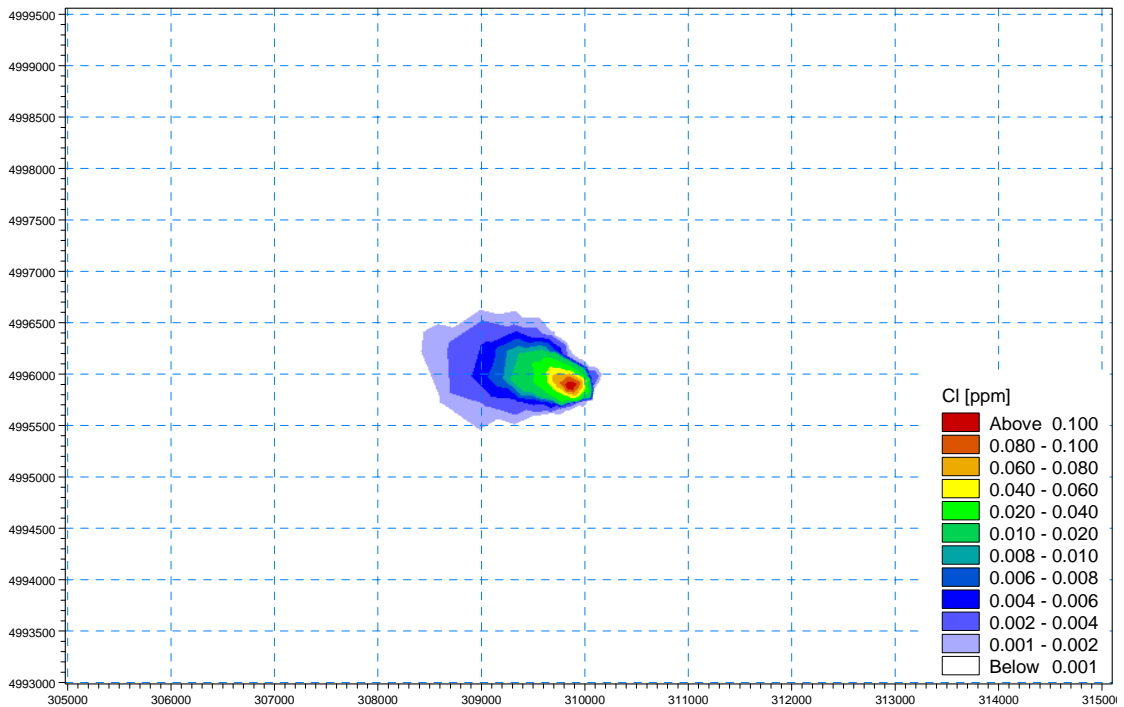
#### 4.3.2 **Stima dell'Estensione del Plume Chimico**

In tutti gli scenari di vento considerati nelle modellazioni a larga scala le differenze di temperatura tra la precedente configurazione e le nuove analizzate non sono tali da indurre variazioni al campo di moto. Il processo di trasporto e dispersione del cloro scaricato, governato dalla corrente indotta dal vento, non presenta dunque alcuna differenza al variare del  $\Delta T$  allo scarico.

Nelle figure seguenti sono riportati, a titolo di esempio, i pennacchi clorati relativi allo Scenario A nelle due configurazioni analizzate.



**Figura 4.18: Pennacchio Clorato, Configurazione di Progetto Autorizzata ( $\Delta T = -4.6 \text{ }^\circ\text{C}$ )**



**Figura 4.19: Pennacchio Clorato, Nuovo Scenario Operativo ( $\Delta T = -5.0 \text{ }^\circ\text{C}$ )**

Considerazioni analoghe a quelle riportate per le modellazioni a larga scala possono essere condotte per la modellazione a scala di dettaglio; i pennacchi clorati relativi alle due configurazioni analizzate ( $\Delta T$  allo scarico di  $-4.6$  °C e  $\Delta T$  di  $-5.0$  °C) non presentano alcuna differenza.

#### **4.4 STIMA DEGLI IMPATTI SULLE COMPONENTI INTERESSATE**

##### **4.4.1 Stima degli Impatti sulla Componente Ambiente Idrico Marino**

Le simulazioni condotte hanno dimostrato che le estensioni dei plume termici e chimici nelle due configurazioni analizzate (configurazione di progetto autorizzata e nuovo scenario operativo proposto) risultano sostanzialmente invariate.

Si possono dunque considerare invariate anche le conclusioni espresse nello Studio di Impatto Ambientale relativo alla configurazione di progetto in merito al quale gli Enti competenti hanno espresso un parere positivo di compatibilità ambientale.

Con riferimento a tale fattore causale di impatto, gli effetti termici attesi anche nella nuova configurazione operativa sono un limitato decremento della temperatura dell'acqua (in prossimità del punto di immissione); per quanto riguarda la presenza di cloro libero nello scarico, si assisterà ad un limitato aumento della concentrazione di cloro libero e di sottoprodotti della clorazione.

L'impianto non presenta quindi, nelle condizioni esaminate ed in relazione ai processi di diffusione di inquinamento termico e chimico oggetto del presente studio, un impatto significativo sull'ambiente idrico marino.

Si ricorda inoltre, che in ottemperanza alle prescrizioni autorizzative (sia in ambito VIA, sia in ambito AIA), è in atto un monitoraggio delle componenti ambientali potenzialmente impattate, sviluppato in conformità a quanto previsto dal Piano di Monitoraggio Ambientale redatto da ICRAM, che consente, tra l'altro, il controllo dello stato di qualità chimico-fisica delle acque di mare.

##### **4.4.2 Stima degli Impatti sulla Componente Flora, Fauna ed Ecosistemi**

I risultati delle simulazioni condotte, dimostrano che, anche per tale componente, restano valide le valutazioni del SIA del 2003 e del precedente SIA del 1998, condivise dai decreti di compatibilità ambientale dell'Ottobre 2004 (DEC VIA No. 866 dell'8 Ottobre 2004) e dell'Dicembre 1999 (DEC VIA 4407 del 30 Dicembre 1999).

Si conferma dunque che, per gli aspetti oggetto del presente studio, anche nella nuova configurazione operativa, l'impatto atteso sulla componente è da considerarsi di modesta entità. Si evidenzia infine che anche gli impatti sugli ecosistemi delle aree umide litoranee (comunque sostanzialmente nulli), in considerazione della distanza del terminale dalla costa, risulteranno invariati.

## 5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Essendo il carico elettrico del Terminale soggetto a condizioni di variabilità (in particolare, l'esercizio effettivo del terminale ha dimostrato di essere più efficiente in qualsiasi momento e in tutte le condizioni operative), le GTGs non forniscono il calore necessario al funzionamento a pieno regime del sistema WHR. Questo può influire sui quantitativi annui di GNL vaporizzati previsti e autorizzati, con particolare riferimento alla capacità di ALNG di reagire alle esigenze del mercato e alla flessibilità della rete nelle consegne.

Al crescere della temperatura acqua mare al di sopra del valore di progetto, dunque tipicamente nei mesi più miti, e con il limite al  $\Delta T$  acqua mare precedentemente imposto ( $-4.6^{\circ}\text{C}$ ), la capacità dei vaporizzatori ORV non è in grado di recuperare le quantità non vaporizzate dal sistema a recupero calore.

Per temperature dell'acqua di mare inferiori ai  $9^{\circ}\text{C}$  poi, nei mesi più freddi, il calore che l'acqua mare è in grado di cedere per la rigassificazione è inferiore a quello necessario per poter garantire l'invio dei quantitativi autorizzati di gas.

Per assicurare la vaporizzazione di  $8.0 \text{ GSm}^3/\text{anno}$  con la necessaria flessibilità operativa nel corso dell'anno, considerando la variabilità del carico elettrico e delle condizioni meteorologiche:

- sarà necessario esercire il terminale in una configurazione che comporti un delta termico medio annuo tra acqua di mare in entrata e acqua in uscita dallo scarico fino a  $-5.0^{\circ}\text{C}$ ;
- occorrerà l'attivazione della quarta pompa acqua mare:
  - per 80 giorni all'anno per compensare eventuali tempi di inattività e ritardi/proroghe delle consegne di gas, come già autorizzato,
  - ogniqualvolta la temperatura dell'acqua di mare scenda al di sotto di circa  $9^{\circ}\text{C}$ .

Il presente studio è volto alla verifica delle conseguenze ambientali che potrebbero essere generate dall'implementazione delle configurazioni operative sopra descritte. A tal fine sono state effettuate simulazioni modellistiche per lo studio della dispersione a mare di acqua fredda e clorata, essendo l'ambiente marino l'unico interessato dalle modifiche operative.

Le simulazioni modellistiche, condotte con riferimento alle nuove configurazioni operative ( $\Delta T = -5.0^{\circ}\text{C}$ ) ma anche a condizioni più gravose ( $\Delta T = -5.2^{\circ}\text{C}$  e  $-5.4^{\circ}\text{C}$ ), considerano cautelativamente:

- una portata di scarico pari a  $30,000 \text{ m}^3/\text{h}$  (cautelativa rispetto alla portata massima assicurata da 4 pompe acqua mare in funzione);
- una concentrazione di cloro pari a  $1 \text{ mg/l}$  a fronte degli  $0.2 \text{ mg/l}$  garantiti allo scarico.

I risultati delle simulazioni hanno evidenziato che le modifiche proposte alle condizioni operative saranno tali da non comportare variazioni al pennacchio di dispersione termica e chimica dello scarico idrico del terminale, se non nelle immediate vicinanze dello stesso (dell'ordine di  $50 \text{ m}$ ); in conseguenza di ciò si può ragionevolmente ritenere che l'impatto aggiuntivo sulle componenti potenzialmente interessate ("ambiente idrico marino" e "flora, fauna ed ecosistemi") connesso alle modifiche operative di cui sopra sia da ritenersi sostanzialmente nullo rispetto a quanto già autorizzato.

### **RIFERIMENTI**

D'Appolonia, Ottobre 2010, Rapporto, Relazione Tecnica Dispersione Scarichi Idrici a Mare, Doc. No. 06-520-H32 Rev. 1.

ALNG, 2005, Design Basis Memorandum, Doc. No. ITAT-EME-00-2R-001-00-0001, Rev. 2.

ALNG 2010a, Presentazione dal titolo "Terminal Sendout Capacity Update" inviata via e-mail a D'Appolonia in data 25 Maggio 2010

ALNG 2010b, note inviate via e-mail a D'Appolonia in data 4 Ottobre 2010