

INDICE

	<u>Pagina</u>
1 INTRODUZIONE	2
2 VALUTAZIONE DELLA DISPERSIONE TERMICA	2
2.1 DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	2
2.2 SCENARI DI RIFERIMENTO	3
2.3 SCENARIO 1: DISPERSIONE TERMICA CON VENTO DA NORD-EST	4
2.3.1 Risultati Simulazioni	4
2.3.2 Verifica degli Standard di Qualità Ambientale	6
2.4 SCENARIO 2: DISPERSIONE TERMICA CON CALMA DI VENTO	7
2.4.1 Risultati Simulazioni	8
2.4.2 Verifica degli Standard di Qualità Ambientale	9
3 CONCLUSIONI	11
4 ALLEGATI	12

1 INTRODUZIONE

La presente relazione identifica gli effetti sull'ambiente idrico (Porto di Brindisi) associati agli scarichi connessi all'esercizio della Centrale di Brindisi.

Come evidenziato nell'Allegato A25_06 e nell'Allegato B18, l'utilizzo delle acque di impianto è prevalentemente riconducibile agli usi industriali (sistemi di condensazione e raffreddamento e produzione di vapore); minime quantità di acqua sono richieste per l'utilizzo igienico-sanitario. La Centrale di Brindisi dispone di un sistema di riutilizzo totale delle acque di processo; l'unico scarico idrico esterno all'impianto è costituito dall'acqua di mare impiegata per la condensazione del vapore del ciclo termico nei condensatori principali e per il raffreddamento dei macchinari della Centrale.

L'acqua di mare prelevata è restituita al corpo idrico senza subire alcun processo chimico (ad eccezione di modeste quantità di additivi impiegati nei periodi critici di insediamento degli organismi), con una temperatura maggiore in relazione al calore assorbito.

Al fine di valutare l'impatto associato a tale restituzione e verificare il rispetto degli Standard di Qualità Ambientale (SQA), nel seguito sono presentati i risultati delle simulazioni modellistiche di dispersione del pennacchio termico che sono state effettuate (CESI, Novembre 2003, "Centrale di Brindisi – Studio di Dispersione Termica in Mare delle Acque di Raffreddamento della Centrale a seguito delle Modifiche Previste per il Porto di Brindisi").

La presente relazione è così articolata:

- al Capitolo 2 sono descritte le simulazioni effettuate, con riferimento a tre diverse condizioni ambientali;
- al Capitolo 3 sono riportate le valutazioni conclusive.

2 VALUTAZIONE DELLA DISPERSIONE TERMICA

2.1 DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

Per la simulazione numerica è stato utilizzato un modello matematico tridimensionale implementato con l'ausilio del codice di calcolo TRIMDI. Tale codice tiene conto del ricircolo alla presa dell'acqua di scarico: l'energia termica contenuta nell'acqua, prelevata alla sezione di presa in forma di sovrizzo termico rispetto alla temperatura ambiente imperturbata, viene automaticamente aggiunta all'energia termica rilasciata dallo scarico associato alla presa stessa.

Il codice TRIMDI è adatto per simulare la dispersione del calore (o di inquinanti non reagenti) all'interno di corpi d'acqua a superficie libera (fiumi, laghi, mare). Le ipotesi di base del modello sono le seguenti:

- si assume che tutti gli scarichi e le opere di presa immettano o prelevino acqua con quantità di moto prevalentemente orizzontale, in modo che la componente verticale della forza d'inerzia risulti sempre trascurabile rispetto alla forza di gravità. Ciò ha come conseguenza che la distribuzione della pressione in direzione verticale segue la legge idrostatica;
- la variazione della densità dell'acqua, con la temperatura, è considerata solo nell'equazione del moto in direzione verticale (ipotesi di Boussinesq); ciò è sufficiente per la modellazione dei gradienti di pressione che danno origine alle forze di galleggiamento e quindi alle stratificazioni.

La componente verticale della velocità non è trascurata, sebbene sia supposta essere piccola rispetto a quelle orizzontali. Questo permette la simulazione della circolazione verticale dovuta al trascinamento orizzontale o ai gradienti di densità.

In considerazione della complessa geometria del Porto Esterno di Brindisi, è stato predisposto per ciascuna simulazione un dominio di calcolo opportunamente strutturato, allo scopo di meglio approssimare i fenomeni di dispersione. Allo scopo di poter effettuare confronti tra le diverse situazioni, i corrispondenti reticoli di calcolo hanno mantenuto le stesse dimensioni del dominio e la medesima struttura verticale.

Pertanto, il dominio di calcolo considerato ha un'estensione planimetrica di $6.000 \times 5.000 \text{ m}^2$, pari a 30 km^2 , per una profondità massima di 25 m. Esso è stato discretizzato nella direzione verticale in 15 strati orizzontali sovrapposti.

La dimensione dei vari strati in cui viene suddiviso il dominio di calcolo in direzione verticale è stata determinata considerando l'altezza dei diversi scarichi, la profondità delle prese e la batimetria della zona e utilizzando i seguenti criteri:

- suddividere la zona superficiale in un numero di strati sufficiente a descrivere in dettaglio i maggiori gradienti termici che si verificano in prossimità degli scarichi;
- definire ciascuno strato in modo tale da aumentare o diminuire gradualmente l'altezza degli strati adiacenti, cosicché non si presentino forti discontinuità spaziali durante il calcolo.

Il codice TRIMDI è basato su equazioni valide in regime non stazionario per cui, quando si tratta di riprodurre una situazione stazionaria, questa viene raggiunta simulando un transitorio a partire da una condizione iniziale assegnata. Tale transitorio viene considerato esaurito quando tra un passo temporale e il successivo non sono riscontrabili differenze significative. Ogni simulazione numerica dello studio è stata effettuata partendo da una condizione iniziale di quiete (velocità nulla e temperatura del mare uguale alla temperatura ambiente) in tutte le celle del reticolo con cui è stata schematizzata l'area del Porto Esterno di Brindisi.

2.2 SCENARI DI RIFERIMENTO

La dispersione del pennacchio termico nell'area portuale è influenzato da molteplici fattori: direzione e intensità del vento, direzione e intensità della corrente, condizioni ambientali (temperatura dell'aria, radiazione solare, etc.). A questi parametri meteorologici si aggiunge la complessità associata alla conformazione geometrica del Porto di Brindisi. Al fine di analizzare i possibili contributi alla diffusione termica del pennacchio, in termini di scarico ed aspirazione, presenti nell'area del Porto Esterno, sono state analizzate le potenziali interazioni con:

- la presenza di una presa adiacente al Molo Canale, situato ad est rispetto allo scarico della Centrale Edipower ad una distanza di circa 600 m;
- la presenza dello scarico denominato Policentrica Ovest attualmente collocato tra il molo Enel ed il molo Polimeri.

Nel documento che è stato predisposto dal CESI sono riportate numerose simulazioni; di queste, le due più significative sono descritte nel seguito e costituiscono l'oggetto della presente relazione:

- Scenario 1: dispersione del pennacchio termico in condizioni di massimo esercizio e in presenza di vento:
 - proveniente da Nord-Est,
 - di intensità di 10 nodi,

ossia tale da esercitare uno sforzo sulla superficie del pennacchio diretto verso il molo di Costa Morena e verso l'opera di presa della Centrale, confinando l'acqua calda in prossimità della parte interna della darsena e massimizzando il ricircolo termico in corrispondenza della presa (Paragrafo 2.1);

- Scenario 2: dispersione del pennacchio termico in condizioni di massimo esercizio e in assenza di vento. Tale scenario è stato assunto sulla base della frequenza non trascurabile con cui si verificano le calme di vento (16%) ed in considerazione del fatto che la riduzione dello scambio termico tra il mare e l'atmosfera possa spingere il pennacchio ad estendersi verso l'opera di presa, con conseguente incremento di temperatura presso il punto di presa (Paragrafo 2.2);

Al fine di verificare il rispetto degli Standard di Qualità Ambientale, i valori di temperatura rilevati ad una distanza di 1.000 m dallo scarico sono stati confrontati con i limiti da normativa. La normativa di legge vigente prevede un limite massimo di + 3 °C di sovrizzo termico rispetto alla temperatura ambientale valutato su un arco di raggio 1.000 m a partire dal punto di scarico, oltre al limite assoluto di 35 °C nel punto di scarico stesso.

Tale limite deve essere verificato in una serie di punti di misura lungo l'arco, a distanza di 5° l'uno dall'altro, effettuando la media delle misure di temperatura sulla colonna d'acqua di profondità 3 m alle quote di -0.1, -1.5 e -3 m. Il valore di sovrizzo termico viene stabilito per differenza tra tale temperatura media e la media tra le temperature valutate nei tre punti di misura più freddi lungo l'arco.

2.3 SCENARIO 1: DISPERSIONE TERMICA CON VENTO DA NORD-EST

Lo "Scenario 1" è rappresentativo dell'esercizio a pieno carico e a carbone dei gruppi 3 e 4, con una portata complessiva scaricata di 21 m³/s ed un sovrizzo termico allo scarico pari a 10 °C (condizioni di massimo esercizio). Lo scenario assume che sia presente una condizione di vento da Nord-Est, di intensità pari a 10 nodi e tale da esercitare uno sforzo sulla superficie del pennacchio diretto verso il molo di Costa Morena e verso la presa della Centrale; questa condizione ambientale tende a a mantenere l'acqua calda in prossimità della parte interna della darsena, con condizioni di massimo ricircolo termico in corrispondenza del punto di presa.

2.3.1 Risultati Simulazioni

Analizzando i risultati della simulazione numerica si possono effettuare le seguenti considerazioni:

- per quanto riguarda il campo termico superficiale, mostrato nell'Allegato D07_02 come differenza tra la temperatura locale ed il valore di temperatura del mare imperturbata per uno strato pari a 15 cm, l'effetto concomitante della corrente e soprattutto del vento tende ad ostacolare la dispersione del pennacchio. L'area calda si localizza sostanzialmente tra il molo Costa Morena, il molo Montecatini e la zona dello scarico e della presa della Centrale, assorbendo completamente l'attuale scarico Policentrica Ovest, di modesta entità. Il pennacchio finisce per interessare in parte anche l'imbocco del porto Medio, e comunque si ha una forte presenza di acqua ancora piuttosto calda in superficie in corrispondenza della zona della presa della Centrale, determinando di conseguenza una situazione di forte ricircolo termico. Per quanto riguarda la presa adiacente il molo Canale, si ha un sovrizzo di temperatura dell'ordine di $1.0 \div 1.5$ °C sempre rispetto alla temperatura del mare imperturbata;
- per quanto riguarda il campo termico calcolato come media sullo strato di 3 m come richiesto dalla normativa in vigore, e mostrato nell'Allegato D07_02, l'andamento è sostanzialmente analogo a quello del campo superficiale ed è caratterizzato da:
 - un lieve restringimento dell'area avente un incremento di temperatura superiore ai 3 °C,
 - un valore assoluto medio di temperatura nella zona di presa della Centrale intorno ai 15.9 °C, corrispondente ad un incremento termico rispetto alla temperatura indisturbata di circa 4 °C. La presenza di tale significativo ricircolo termico si riflette, conseguentemente, sulla temperatura di scarico (superiore di circa 13.5 °C rispetto alla temperatura del mare imperturbata).Il persistere del pennacchio caldo nella zona dello scarico favorisce l'estendersi del pennacchio caldo anche nella direzione verticale, in quanto il vento ne riduce la dispersione. Per quanto riguarda la presa adiacente il molo Canale, il sovrizzo di temperatura è ancora compreso tra 1,0 °C ed 1,5 °C;
- è stata condotta un'analisi, presentata nell'Allegato D07_02, del campo termico in una sezione verticale in corrispondenza della presa della Centrale. Si nota come le condizioni di forte ricircolo in questo caso siano dovute alla dimensione verticale del pennacchio caldo anche in corrispondenza della presa;
- il campo di moto, presentato nell'Allegato D07_02, giustifica l'andamento del campo termico sopra illustrato. Infatti la circolazione calda generata dallo scarico viene di fatto deviata per la presenza del molo Montecatini e l'effetto concomitante del vento verso il molo Costa Morena. L'effetto di richiamo esercitato dalla presa adiacente il molo Canale coinvolge così acqua già abbastanza fredda perché proveniente da aree di mare meno interessate dal pennacchio caldo, mentre viceversa la presa della Centrale richiama acqua direttamente dalla zona di scarico, soprattutto negli strati superficiali,

manifestato anche dal vortice antiorario che si viene a localizzare in corrispondenza del molo Montecatini. Questo andamento giustifica ancora una volta la presenza di un forte effetto di ricircolo verso la presa della Centrale.

2.3.2 Verifica degli Standard di Qualità Ambientale

Allo scopo di valutare il rispetto di tali limiti nella situazione di scarico attuale, si è calcolato l'andamento del sovrarzo termico sull'arco a 1.000 m dallo scarico, partendo dai risultati ottenuti dalla simulazione numerica.

La tabella seguente include i valori medi calcolati sull'arco con l'indicazione del punto caldo (C), dei tre punti più freddi (F1,F2,F3), del valore di temperatura media imperturbata sui punti freddi Tm e della sua deviazione standard (2SF).

Incrementi Termici – Misure			
Stazioni	Temperatura Media		
1	15,557	Stazione C	15,751
2	15,675		
3	15,657		
4	15,739	Stazione F1	12,392
5	15,737	Stazione F2	12,420
6	15,751 (C)	Stazione F3	12,970
7	15,741	Tm	12,594
8	15,686	2SF	0,65
9	15,594	Increm. Medio	2,50
10	15,438		
11	15,294		
12	15,091		
13	15,001		
14	14,780		
15	14,666		
16	14,471		
17	14,357		
18	14,242		
19	14,054		
20	13,974		
21	13,888		
22	13,831		
23	13,763		
24	13,651		
25	13,557		
26	13,496		
27	13,404		
28	13,325		
29	13,251		
30	13,200		

Incrementi Termici – Misure	
Stazioni	Temperatura Media
31	13,137
32	13,052
33	13,009
34	12,970 (F3)
35	12,863
36	12,659
37	12,559
38	12,495
39	12,438
40	12,420 (F2)
41	12,392 (F1)

L'analisi della tabella evidenzia che nelle condizioni prese a riferimento e di seguito riassunte:

- condizioni di esercizio della Centrale:
 - 2 gruppi a pieno carico,
 - soprizzo termico allo scarico: 10 °C,
 - portata di scarico: 21 m³/s;
- condizioni ambientali:
 - provenienza del vento: Nord-Est,
 - intensità del vento: 10 nodi,

l'incremento termico massimo sull'arco a 1.000 m risulta pari a 2,5 °C ed è pertanto rispettato il limite di legge di 3 °C.

2.4 SCENARIO 2: DISPERSIONE TERMICA CON CALMA DI VENTO

Lo "Scenario 2" è rappresentativo dell'esercizio a pieno carico e a carbone dei gruppi 3 e 4, con una portata complessiva scaricata di 21 m³/s ed un sovrizzo termico allo scarico pari a 10 °C. Lo scenario assume una condizione di calma di vento, che ha una frequenza pari al 16%, ed è quindi significativa. Esso è stato considerato poiché in un bacino semichiuso, qual è quello del Porto Esterno di Brindisi, il campo di moto in assenza di vento è determinato dalle strutture portuali presenti e dalla dinamica forzata dalle opere di aspirazione e scarico presenti. Nel caso in esame, la presenza della presa adiacente al Molo Canale, con una portata di aspirazione non trascurabile, può indurre il pennacchio termico (per il quale risulta ridotto l'effetto di raffreddamento per scambio termico con l'atmosfera) ad estendersi verso tale presa, con conseguente possibilità di riscaldamento all'aspirazione.

2.4.1 Risultati Simulazioni

Analizzando i risultati della simulazione numerica, elaborati graficamente nell'Allegato D07_03, si possono effettuare le seguenti considerazioni:

- per quanto riguarda il campo termico superficiale, presentato nell'Allegato D07_03 come differenza tra la temperatura locale ed il valore di temperatura del mare imperturbata per uno strato pari a 15 cm, si nota come il pennacchio termico si diffonda nell'area portuale verso la bocca di porto, fuoriuscendo anzi da esso per essere trascinato dalla corrente verso Nord. Il Porto Esterno è interessato totalmente dal campo termico, ma con temperature mediamente più basse rispetto allo Scenario 1, e la zona della presa della Centrale risulta anch'essa interessata da valori di temperatura decisamente più bassi rispetto al caso precedentemente esaminato. La presenza della presa adiacente al Molo Canale, tuttavia, provoca una corrente di aspirazione che tende a spostare il pennacchio verso di essa, con un sovrizzo termico dell'ordine di 1,5÷2,0 °C rispetto al valore imperturbato di temperatura;
- per quanto riguarda il campo termico, calcolato come media sullo strato di 3 m come richiesto dalla normativa in vigore, l'andamento è assai modificato rispetto al campo superficiale, in quanto in assenza di vento la diffusione superficiale è molto più efficace, con un conseguente notevole restringimento dell'area avente un incremento di temperatura superiore a 3 °C. Il valore assoluto medio di temperatura nella zona di presa della Centrale è di circa 13,4 °C (rispetto ai 15,9 °C dello scenario precedentemente esaminato), determinando:
 - un ricircolo termico alla presa valutabile in circa 1,5 °C,
 - un conseguente valore di temperatura allo scarico superiore di circa 11,0 °C rispetto alla temperatura del mare imperturbata.

In effetti l'efficacia della diffusione superficiale del pennacchio caldo nella zona dello scarico limita l'estendersi del pennacchio caldo nella direzione verticale, riducendo il valore del ricircolo alla presa. Per quanto riguarda la presa adiacente il molo Canale, il sovrizzo di temperatura si riduce a circa 1,0 °C;

- è stata condotta un'analisi, presentata nell'Allegato D07_03, del campo termico in una sezione verticale in corrispondenza della presa della Centrale. L'assenza del vento riduce fortemente la dimensione verticale del pennacchio caldo;

- il campo di moto, presentato nell'Allegato D07_03, giustifica l'andamento del campo termico sopra illustrato. Infatti la circolazione calda generata dallo scarico, inizialmente interessante l'area tra il molo Costa Morena e l'attuale molo Montecatini, si sposta verso la parte aperta del Porto Esterno. L'effetto di richiamo esercitato dalla presa della Centrale coinvolge così acqua già abbastanza fredda perché proveniente da aree di mare meno interessate dal pennacchio caldo, ed inoltre risulta in queste condizioni più efficace l'effetto di richiamo della presa adiacente al Molo Canale, che peraltro riceve anch'essa acqua abbastanza fredda. Questo andamento fa prevedere la presenza di effetti di ricircolo assai modesti.

2.4.2 Verifica degli Standard di Qualità Ambientale

Allo scopo di valutare il rispetto di tali limiti nella situazione di scarico attuale, si è calcolato l'andamento del sovrarzo termico sull'arco a 1.000 m dallo scarico.

La tabella seguente include i valori calcolati sull'arco, nelle condizioni di vento da Nord-Est, con l'indicazione del punto caldo (C), dei tre punti più freddi (F1,F2,F3), del valore di temperatura media imperturbata sui punti freddi Tm e della sua deviazione standard (2SF).

Incrementi Termici – Misure			
Stazioni	Temperatura Media		
1	13,659	Stazione C	14,093
2	13,671		
3	13,751		
4	13,890	Stazione F1	13,132
5	13,954	Stazione F2	13,176
6	14,042	Stazione F3	13,301
7	14,079	Tm	13,203
8	14,093 (C)	2SF	0,18
9	14,089	Increment. Medio	0,71
10	14,065		
11	14,029		
12	13,967		
13	13,922		
14	13,829		
15	13,757		
16	13,684		
17	13,607		
18	13,522		
19	13,486		
20	13,442		
21	13,402		
22	13,315		

Incrementi Termici – Misure	
Stazioni	Temperatura Media
23	13,312
24	13,317
25	13,327
26	13,302
27	13,320
28	13,314
29	13,329
30	13,324
31	13,324
32	13,323
33	13,316
34	13,301 (F3)
35	13,297
36	13,281
37	13,266
38	13,236
39	13,203
40	13,176 (F2)
41	13,132 (F1)

L'analisi della tabella evidenzia che nelle condizioni prese a riferimento e di seguito riassunte:

- condizioni di esercizio della Centrale:
 - 2 gruppi a pieno carico,
 - sopralzo termico allo scarico: 10 °C;
 - portata di scarico: 21 m³/s;
- condizioni ambientali:
 - calma di vento,

l'incremento termico massimo sull'arco a 1.000 m risulta pari a 0.7 °C; anche in questo caso è pertanto rispettato il limite di legge di 3 °C.

3 CONCLUSIONI

La presente relazione ha per oggetto la valutazione degli effetti degli scarichi idrici connessi all'esercizio della Centrale di Brindisi e la verifica degli Standard di Qualità Ambientale. La Centrale dispone di un sistema di riutilizzo interno delle acque; l'unico scarico esterno è associato all'acqua di mare impiegata per la condensazione del vapore del ciclo termico nei condensatori principali e per il raffreddamento dei macchinari della Centrale.

Tali acque vengono prelevate dal Porto di Brindisi e restituite senza subire alcun processo di trattamento chimico; gli scarichi sono rilasciati ad una temperatura maggiore in relazione al calore assorbito.

Al fine di valutare l'impatto associato allo scarico delle acque di raffreddamento nel Porto di Brindisi e il rispetto degli Standard di Qualità Ambientale (SQA), sono state effettuate simulazioni modellistiche condotte al fine di valutare la dispersione del pennacchio termico (CESI, Ottobre 2003, "Centrale di Brindisi – Studio di Dispersione Termica in Mare delle Acque di Raffreddamento della Centrale a seguito delle Modifiche Previste per il Porto di Brindisi").

Sono stati presi a riferimento due scenari relativi rispettivamente all'esercizio della Centrale a pieno carico:

- in presenza di vento (Scenario 1);
- in assenza di vento (Scenario 2).

Le simulazioni dei due scenari hanno evidenziato che:

- la presenza del campo di vento influenza sensibilmente i processi di dispersione del pennacchio;
- i valori di incremento termico rilevati a 1.000 m di distanza dallo scarico risultano sempre inferiori al limite di normativa (+3 °C).

4 ALLEGATI

D07-02 Scenario 1 – Dispersione Termica con Vento da Nord-Est

D07-03 Scenario 2 – Dispersione Termica con Calma di Vento