

Per quanto riguarda le acque raccolte dalle aree impermeabilizzate della Centrale a Ciclo combinato, e collettate tramite la rete fognaria dello stabilimento verso l'impianto di Trattamento Acque di raffinaria, si evidenzia che comporteranno un incremento della portata dello scarico finale di raffinaria SF 1. In questa fase della progettazione non è possibile definire quali saranno le variazioni indotte, in termini qualitativi, allo scarico finale.

L'incremento degli effluenti al punto di scarico SF 2 non è da ritenersi significativo (stimato circa pari all'1,2%) senza variazioni qualitative delle acque reflue immesse nel Mar Adriatico.

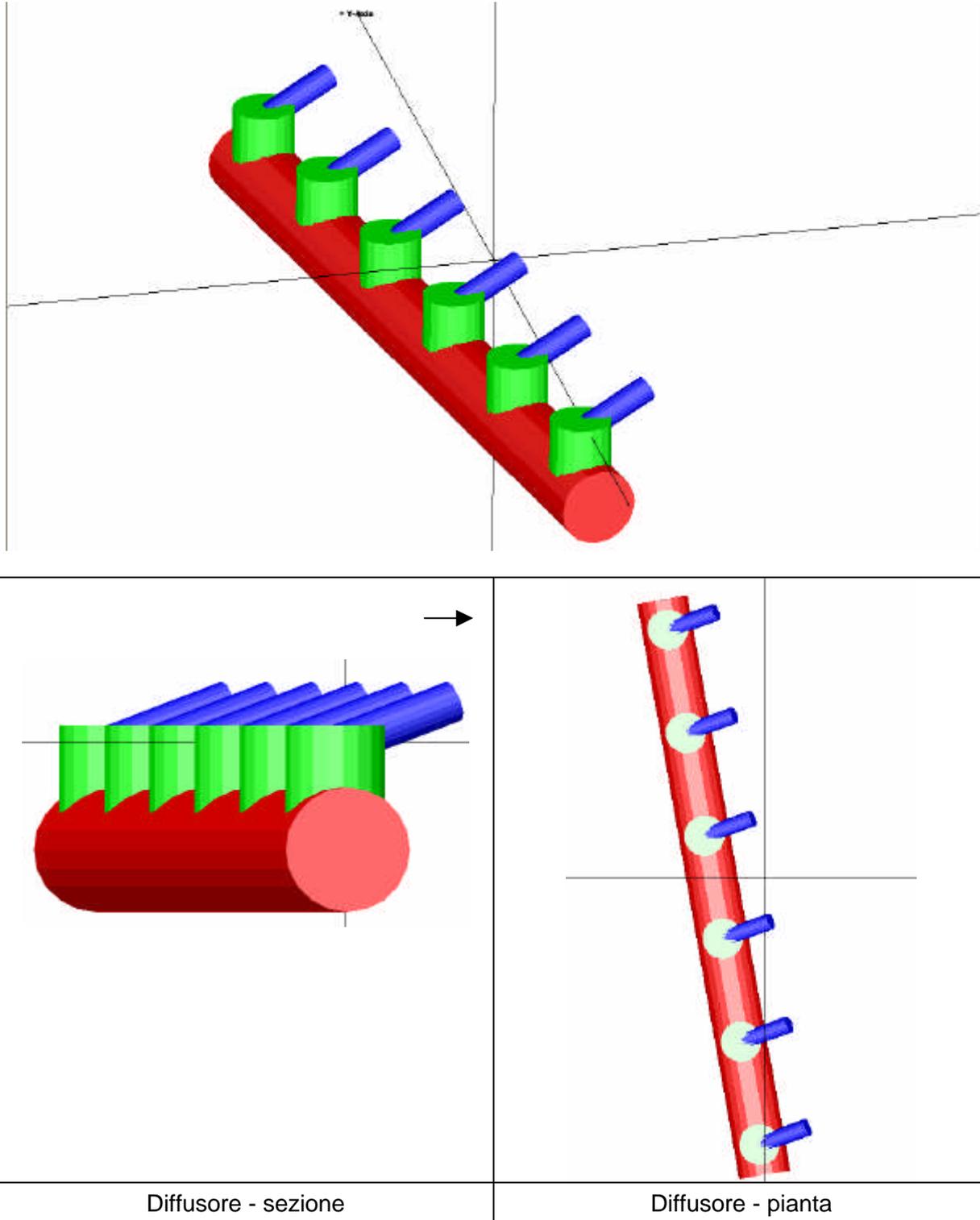
Per quanto riguarda il punto di scarico SF4 "Acqua marine", l'identificazione e la quantificazione degli effetti delle emissioni in acqua è riportata nell'Allegato 6 "Presenza acqua di mare: studio pennacchio termico e chimico" dello Studio di Impatto Ambientale.

Di seguito si riassumono le caratteristiche del nuovo scarico, le simulazioni effettuate ed i risultati ottenuti.

#### **Caratteristiche del diffusore (punto di scarico SF4)**

Le caratteristiche delle bocche di scarico in accordo con il progetto di massima sono le seguenti (si veda la Figura 1).

- Diffusore a 6 porte di lunghezza totale di 50 m (interasse fra singola porta 10 m)
- Profondità fondale: 5,4 m
- Distanza dalla costa: da 370 a 420 metri
- Portata totale di scarico: 16,39 m<sup>3</sup>/s
- Diametro di ciascuna porta: 1,5 m
- Altezza dal fondale del centro di ciascuna porta: 1,5 m
- Angolo fra la direzione del diffusore e la linea di costa: 100° (antiorario)
- Angolo di scarico verticale: 20°
- Angolo fra la direzione del diffusore e le singole porte: 80° (orario)



Diffusore - sezione

Diffusore - pianta

**Figura 1 – Rappresentazione del diffusore**

## Dosaggi del biossido di Cloro

Per la modellazione dello scarico e l'identificazione della concentrazione di biossido dopo lo sbocco in mare, si è assunto come *caso peggiore limite* una presenza di 0,4 mg/l di biossido.

Si deve tenere presente che questo caso si può verificare solo per qualche disfunzione nel trattamento (eccessivo dosaggio, improvvisa riduzione di portata dell'acqua di raffreddamento, bypass delle utenze) e quindi l'esame di questo caso ha significato per verificare la sicurezza del sistema anche in condizioni estreme.

Nella modellazione si assume inoltre che il biossido presente allo sbocco trovandosi in contatto con acqua di mare fresca contenente eventuali biomasse e tutti i composti normalmente presenti nell'acqua di mare, si consumi con una determinata costante di decadimento che in mancanza di dati sperimentali specifici, abbiamo valutato simile a quella nota per il cloro, ipotizzandone un decadimento nel tempo secondo una costante  $k$  pari a  $28,8 \text{ g}^{-1}$ , per ottenere delle indicazioni tentative sulle concentrazioni residue.

## Gli scenari simulati

Nei vari casi di simulazione ove si vuole indagare sulle condizioni più sfavorevoli agli effetti termici, si è assunta una condizione di mare calmo o quasi calmo con una modesta velocità del vento pari a 1 m/s con la quale si stima un coefficiente di trasmissione termica superficiale di  $20 \text{ W/m}^2\text{°C}$ .

La temperatura di scarico è stata assunta pari alla temperatura ambiente dell'acqua di mare aumentata di  $6\text{°C}$  (ipotesi cautelativa).

Sono stati simulati differenti scenari al variare delle condizioni di corrente marina. Si riportano i risultati relativi ai cinque casi più significativi sia per quanto riguarda le condizioni meteomarine più frequenti (velocità della corrente da 2,4 a 30 cm/s in direzione parallela alla costa, da Nord a Sud) che quelle più critiche per la possibile interazione con l'opera di presa della centrale esistente (acqua stagnante ed inversione di corrente con velocità di 2,4 cm/s) o per l'interazione con la costa (corrente perpendicolare alla costa, verso terra, con velocità di 2,4 cm/s).

Per tutti gli scenari sono stati valutati:

- ✓ la forma del pennacchio termico

- ✓ il profilo della differenza di temperatura lungo l'asse del pennacchio
- ✓ il profilo della concentrazione di inquinante chimico  $\text{ClO}_2$  lungo l'asse del pennacchio nel caso più sfavorevole di una residua presenza allo scarico pari a 0,4 ppm e valutandone la diluizione ed il decadimento nel tempo. In mancanza di dati sperimentali specifici, la costante di decadimento è stata valutata simile a quella nota in letteratura per il cloro.

Le simulazioni sono state effettuate nelle due condizioni di esercizio:

- ✓ condizione standard con scarico di  $16,39 \text{ m}^3/\text{sec}$
- ✓ condizione di esercizio al 70% della portata standard, con scarico di  $11,47 \text{ m}^3/\text{sec}$
- ✓ La condizione di portata  $6500 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $1,80 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) verificabile solo nei periodi di ridotti consumi energetici non è stata oggetto di simulazione poiché di minore impatto ambientale rispetto agli scenari studiati, come si evidenzia alla sezione 6 della presente relazione .

E' stato utilizzato il modulo CORMIX 2 per diffusori multiport sommersi.

Per valutare le possibili interferenze fra i pennacchi termici dello scarico in progetto con quello esistente, sono stati simulati gli stessi scenari anche per lo scarico esistente dell'impianto IGCC, le cui caratteristiche, desunte dai documenti tecnici disponibili, sono:

- ✓ Diffusore a 4 porte di lunghezza totale di 12 m (interasse fra singola porta 4 m)
- ✓ Portata totale di scarico:  $11,1 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Diametro di ciascuna porta: 1,62 m
- ✓ Altezza dal fondale del centro di ciascuna porta: 1 m
- ✓ Angolo fra la direzione del diffusore e la linea di costa:  $150^\circ$  (antiorario)
- ✓ Angolo di scarico verticale:  $20^\circ$
- ✓ Angolo fra la direzione del diffusore e le singole porte:  $90^\circ$  (orario)
- ✓ Differenza di temperatura allo scarico (rispetto all'acqua del mare):  $7^\circ\text{C}$

Per lo scarico esistente dell'impianto IGCC sono state valutate la traiettoria del centro del pennacchio termico e le relative variazioni di temperatura.

## Risultati delle simulazioni – Analisi del pennacchio termico

### *Scenario 1 – acqua stagnante*

A circa 25 metri dal diffusore lo scarico interessa tutta la colonna d'acqua. A causa della differenza di temperatura tende successivamente a galleggiare stratificandosi in uno spessore che si assesta a circa 1,20 metri.

Il pennacchio non interagisce direttamente con opere di presa esistenti. Nei punti più vicini alle opere della centrale esistente presenta una differenza di temperatura massima di 0,25°C, che interessa lo strato superficiale fino ad una profondità di circa 1,30 m.

Come risulta dall'applicazione del modello Cormix, nei primi 25 metri dalle bocche di scarico la temperatura del pennacchio è uguale in ogni punto di una sezione verticale perpendicolare all'asse centrale del pennacchio stesso. Sezionando successivamente il pennacchio con piani verticali perpendicolari all'asse centrale, la variazione di temperatura rispetto al mare diminuisce allontanandosi orizzontalmente dall'asse, con andamento gaussiano, fino ad un valore all'estremo esterno pari al 37% di quanto rilevato lungo l'asse. Verticalmente la temperatura rimane invece costante.

Diminuendo la portata al 70% della portata massima di progetto la minore velocità di uscita dello scarico comporta un allargamento ed un maggior galleggiamento del pennacchio; il profilo di temperatura lungo i centrolinea dei pennacchi (che coincidono) non differisce nei due casi.

Lo scarico esistente non influenza le opere di presa in progetto; avviene una parziale miscelazione fra il pennacchio dello scarico in progetto e quello dello scarico esistente interessando lo strato superficiale marino, con differenze massime di temperatura fra i due flussi caldi dell'ordine di 1°C.

### *Scenario 2 – corrente verso SE, velocità 2,4 cm/s*

A circa 25 metri dal diffusore lo scarico viene a interessare tutta la colonna d'acqua; a causa della differenza di temperatura tende successivamente a galleggiare stratificandosi in uno spessore che si assesta a circa 1,10 metri.

Il pennacchio non interagisce direttamente con opere di presa esistenti; nei punti più vicini alle opere della centrale esistente presenta una differenza di temperatura massima di  $0,28^{\circ}\text{C}$  che interessa lo strato superficiale, fino ad una profondità di circa 1,20 m.

Come risulta dall'applicazione del modello Cormix, nei primi 25 metri dalle bocche di scarico la temperatura del pennacchio è uguale in ogni punto di una sezione verticale perpendicolare all'asse centrale del pennacchio stesso. Sezionando successivamente il pennacchio con piani verticali perpendicolari all'asse centrale, la variazione di temperatura rispetto al mare diminuisce allontanandosi orizzontalmente dall'asse, con andamento gaussiano, fino ad un valore all'estremo esterno pari al 37% di quanto rilevato lungo l'asse. Verticalmente la temperatura rimane invece costante.

Diminuendo la portata al 70% della portata massima di progetto, la minore velocità di uscita dello scarico comporta un allargamento, un maggior galleggiamento del pennacchio ed una più rapida flessione nella direzione della corrente, fino a lambire la costa a circa 890 m dalla nuova linea di presa e scarico con un delta di temperatura di circa  $0,23^{\circ}\text{C}$ ; il profilo di temperatura lungo i centrolinea dei pennacchi è praticamente uguale nei due casi.

Lo scarico esistente anche nel caso di presenza di corrente nord-sud, a parte il verificarsi di un avvicinamento verso costa del center line del pennacchio, non influenza le opere di presa in progetto; avviene una parziale miscelazione fra i due pennacchi interessante lo strato superficiale marino, con differenze massime di temperatura fra i due flussi caldi ancora dello stesso ordine precedente.

### *Scenario 3 – corrente verso SE, velocità 30 cm/s*

A circa 25 metri dal diffusore lo scarico viene a interessare tutta la colonna d'acqua; a causa della differenza di temperatura tende successivamente a galleggiare stratificandosi in uno spessore che si assesta a circa 1,45 metri.

Il pennacchio non interagisce con le opere di presa esistenti in modo ancora più evidente.

Come risulta dall'applicazione del modello Cormix, la temperatura del pennacchio è uguale in ogni punto di una sezione verticale perpendicolare all'asse centrale, lungo tutto lo sviluppo del pennacchio stesso.

Diminuendo la portata al 70% della portata massima di progetto la minore velocità di uscita dello scarico comporta in questo caso, considerata la velocità della corrente marina molto più elevata rispetto agli altri scenari analizzati e con effetti immediatamente prevalenti rispetto all'energia cinetica dello scarico, un leggero restringimento del pennacchio ed un profilo verticale pressoché identico; il corpo del pennacchio risulta in questo caso leggermente meno caldo.

Lo scarico esistente non influenza le opere di presa in progetto; a causa dell'intensa corrente marina i pennacchi dei due scarichi assumono presto la direzione della corrente aumentando, rispetto agli altri scenari, la zona di sovrapposizione che interessa lo strato superficiale marino, con differenze massime di temperatura fra i due flussi caldi dell'ordine di 2,0°C.

#### *Scenario 4 – corrente contraria con velocità 2,4 cm/s*

Lo scenario di inversione di corrente è stato simulato non con una direzione di corrente parallela alla costa, ma con una direzione inclinata di 30° verso il mare aperto (pertanto con direzione verso N-NO); tale scelta è motivata dalla non applicabilità del modello Cormix per scarichi direzionati in un angolo di 90° contrario alla direzione della corrente marina. La situazione simulata è comunque cautelativa rispetto agli obiettivi dello studio in quanto tale direzione comporta un maggiore trasporto verso le opere di presa esistenti rispetto ad una direzione parallela alla costa.

A circa 25 metri dal diffusore lo scarico viene a interessare tutta la colonna d'acqua; a causa della differenza di temperatura tende successivamente a galleggiare stratificandosi in uno spessore che si assesta a circa 0,80 metri.

Il pennacchio non interagisce direttamente con opere di presa esistenti; nei punti più vicini alle opere della centrale esistente presenta una differenza di temperatura massima di circa 0,4°C che interessa lo strato superficiale fino ad una profondità di circa 1,05 m.

Come risulta dall'applicazione del modello Cormix, nei primi 25 metri dalle bocche di scarico la temperatura del pennacchio è uguale in ogni punto di una sezione verticale perpendicolare all'asse centrale del pennacchio stesso. Sezionando successivamente il pennacchio con piani verticali perpendicolari all'asse centrale, la variazione di temperatura rispetto al mare diminuisce allontanandosi orizzontalmente dall'asse, con andamento

gaussiano, fino ad un valore all'estremo esterno pari al 37% di quanto rilevato lungo l'asse. Verticalmente la temperatura rimane invece costante.

Diminuendo la portata al 70% della portata massima di progetto la minore velocità di uscita dello scarico comporta un allargamento, un maggior galleggiamento del pennacchio ed una più rapida flessione nella direzione della corrente; il profilo di temperatura lungo i centrolinea dei pennacchi è praticamente uguale nei due casi.

Lo scarico esistente non influenza le opere di presa in progetto; la corrente inversa provoca un allontanamento fra i due pennacchi riducendo le zone di reciproca influenza.

#### *Scenario 5 – corrente verso costa con velocità 2,4 cm/s*

A circa 25 metri dal diffusore lo scarico viene a interessare tutta la colonna d'acqua; a causa della differenza di temperatura tende successivamente a galleggiare stratificandosi in uno spessore che si assesta a circa 0,95 metri.

Il pennacchio non interagisce con le opere di presa esistenti in quanto la corrente marina tende a trasportare il pennacchio termico verso la costa; a circa 700 metri dalla nuova linea di presa e scarico, il pennacchio interagisce con la costa, con una variazione di temperatura di circa 0,25 °C.

Come risulta dall'applicazione del modello Cormix, nei primi 25 metri dalle bocche di scarico la temperatura del pennacchio è uguale in ogni punto di una sezione verticale perpendicolare all'asse centrale del pennacchio stesso. Sezionando successivamente il pennacchio con piani verticali perpendicolari all'asse centrale, la variazione di temperatura rispetto al mare diminuisce allontanandosi orizzontalmente dall'asse, con andamento gaussiano, fino ad un valore all'estremo esterno pari al 37% di quanto rilevato lungo l'asse. Verticalmente la temperatura rimane invece costante.

Diminuendo la portata al 70% della portata massima di progetto la minore velocità di uscita dello scarico comporta un allargamento, un maggior galleggiamento del pennacchio ed una più rapida flessione nella direzione della corrente, lambendo la costa a circa 460 m dalla nuova linea di presa e scarico con un delta di temperatura di circa 0,28 °C; il profilo di temperatura lungo i centrolinea dei pennacchi è praticamente uguale nei due casi.

Per lo scenario 5 non è stato possibile valutare la diffusione termica dello scarico esistente in quanto insistente nell'angolo di 90° controcorrente per il quale non è possibile applicare il modello Cormix.

### **Risultati delle simulazioni – Analisi del pennacchio chimico**

Per la modellazione dello scarico e l'identificazione della concentrazione di biossido dopo lo sbocco in mare, si è assunto come *caso peggiore limite* una presenza di 0,4 mg/l di biossido.

Si deve tenere presente che questo caso si può verificare solo per qualche disfunzione nel trattamento (eccessivo dosaggio, improvvisa riduzione di portata dell'acqua di raffreddamento, bypass delle utenze) e quindi l'esame di questo caso ha significato per verificare la sicurezza del sistema anche in condizioni estreme.

Nella modellazione si assume inoltre che il biossido presente allo sbocco trovandosi in contatto con acqua di mare fresca contenente eventuali biomasse e tutti i composti normalmente presenti nell'acqua di mare, si consumi con una determinata costante di decadimento che in mancanza di dati sperimentali specifici, abbiamo valutato simile a quella nota per il cloro, ipotizzandone un decadimento nel tempo secondo una costante  $k$  pari a  $28,8 \text{ g}^{-1}$ , per ottenere delle indicazioni tentative sulle concentrazioni residue.

#### *Scenario 1 – acqua stagnante*

Nei primi 5 metri dallo scarico si osserva un decadimento di circa il 50% della concentrazione; per effetto della diluizione e del decadimento nel tempo (gli effetti dovuti al decadimento iniziano ad essere significativi dopo circa 50 metri dallo scarico) la concentrazione residua di  $\text{ClO}_2$  lungo l'asse del pennacchio si annulla dopo circa 600 metri dallo scarico. Al bordo del pennacchio, nelle zone più vicine alla presa esistente, la concentrazione stimata risulta essere nulla.

#### *Scenario 2 – corrente verso SE, velocità 2,4 cm/s*

Nei primi 5 metri dallo scarico si osserva un decadimento di circa il 60% della concentrazione; per effetto della diluizione e del decadimento nel tempo, la concentrazione

residua di  $\text{ClO}_2$  lungo l'asse del pennacchio si annulla dopo circa 500 metri dallo scarico. Al bordo del pennacchio, nelle zone più vicine alla presa esistente, la concentrazione stimata risulta essere nulla.

*Scenario 3 – corrente verso SE, velocità 30 cm/s*

Nei primi 5 metri dallo scarico si osserva un decadimento di circa il 70% della concentrazione; a circa 1000 metri dallo scarico la concentrazione massima risulta essere di 0,009 ppm.

*Scenario 4 – corrente contraria con velocità 2,4 cm/s*

Nei primi 5 metri dallo scarico si osserva un decadimento di circa il 50% della concentrazione; per effetto della diluizione e del decadimento nel tempo, la concentrazione residua di  $\text{ClO}_2$  lungo l'asse del pennacchio si annulla dopo circa 600 metri dallo scarico. Al bordo del pennacchio, nelle zone più vicine alla presa esistente, la concentrazione stimata risulta essere inferiore a circa 0,001 ppm.

*Scenario 5 – corrente verso costa con velocità 2,4 cm/s*

Nei primi 5 metri dallo scarico si osserva un decadimento di circa il 50% della concentrazione; per effetto della diluizione e del decadimento nel tempo, la concentrazione residua di  $\text{ClO}_2$  lungo l'asse del pennacchio si annulla dopo circa 400 metri dallo scarico. Al bordo del pennacchio termico, quando questo incomincia a lambire la costa, le concentrazioni stimate di  $\text{ClO}_2$  sono ormai nulle.

## Conclusioni

Con le informazioni disponibili si può concludere che in relazione agli effetti di natura termica e chimica il progetto risulta fattibile considerando i seguenti aspetti:

- a) Limitazioni legislative: la legislazione vigente richiede che a 1000 m dal punto di immissione l'incremento di temperatura del pennacchio non debba superare i  $3^\circ\text{C}$  rispetto alla temperatura del corpo recettore; in altri termini la temperatura massima

misurata dopo 1 km dal punto di scarico nella corrente del pennello deve essere inferiore a 31°C.

Questa condizione è ampiamente soddisfatta in tutti i casi esaminati, in quanto il maggior abbassamento di temperatura, dovuto alla forte dispersione termica iniziale sia per diffusione nella massa, sia per effettivo scambio termico tra massa “calda e fredda recipiente”, avviene nei primi metri oltre il punto di scarico e ad 1 km dallo stesso presenta una temperatura di circa 28,5°C.

La temperatura dell'acqua restituita al mare non supera i 35°C come prescritto dalla legge, neppure in condizioni estive ( $28^{\circ}\text{C} + 6^{\circ}\text{C} = 34^{\circ}\text{C} < 35^{\circ}\text{C}$ ).

Il sistema si avvale di un sistema di monitoraggio in continuo della temperatura d'acqua di mare (in entrata ed uscita).

In eventuali condizioni critiche ( $T_{\text{acqua mare}} > 29^{\circ}\text{C}$ ), il sistema prevedrà un prelievo maggiore d'acqua per il raffreddamento della Centrale a Ciclo Combinato (o una parziale riduzione dell'operatività d'impianto), assicurando il rispetto della temperatura massima di scarico.

- b) Problemi di ricircolo termico. I possibili problemi di ricircolo termico sono di due ordini:
- **il primo concerne la possibilità che lo scarico “caldo” della nuova presa** in programma possa interferire con la zona di prelievo delle bocche di presa esistenti per la centrale IGCC;
  - **il secondo riguarda la sovrapposizione dei due pennacchi termici** che potrebbe comportare un rialzo di temperatura dell'insieme dei due alla distanza di 1000 m dallo scarico IGCC esistente, non in accordo con i limiti di legge sopra ricordati.

La posizione scelta del diffusore di scarico, la stratificazione superficiale del pennacchio termico (profondità 1,2 m) ed il rapido abbassamento del delta T sono tali da rendere trascurabile il problema del ricircolo termico sulla presa d'acqua di raffreddamento della centrale termica IGCC. Con la portata di scarico ridotta al 70% si osserva che, in concomitanza a basse velocità di corrente, il pennacchio tende ad allargarsi ed a stratificare maggiormente in superficie.

Con corrente di 30 cm/sec si osserva invece l'effetto di "contenimento" esercitato dalla corrente marina al diminuire della portata scaricata.

Ai fini delle interferenze con la presa esistente, la portata ridotta può essere considerata come "worst case" anche se il maggior avvicinamento del pennacchio (da circa 160 a circa 100 metri) è compensato da un minor spessore dello stesso; si tratta in ogni caso di temperature superiori solamente di qualche decimo di grado della temperatura marina indisturbata.

Il caso di portata a 6500 m<sup>3</sup>/h, previsto per certi periodi di ridotti consumi energetici, pur potendo far verificare un ulteriore allargamento del pennacchio non può essere considerato peggiore delle condizioni di regime, poiché in questo caso entra in gioco anche la quantità di calore dissipata in mare che diventa di circa 1/10 rispetto alle condizioni di regime, rendendo quindi del tutto trascurabile l'effetto di avvicinamento alle bocche di presa esistenti.

Non si rilevano inoltre interferenze del pennacchio di scarico con le bocche di aspirazione della stessa nuova presa in studio.

Per quanto attiene al secondo aspetto, al fine di valutare il problema della sovrapposizione dei pennacchi di scarico della nuova Presa Acqua mare con quelli dell'impianto già esistente sono stati confrontati i risultati delle elaborazioni modellistiche effettuate, con l'impiego del modello Cormix, per la Centrale IGCC, con i dati ottenuti, sempre con l'ausilio dello stesso modello, per la nuova Centrale a Ciclo Combinato da 580 MWe in progetto. Si può affermare che la sovrapposizione dei due pennacchi, per quanto attiene la legge, non porta a nessuna differenza pratica

### c) Inquinamento chimico

Dall'analisi degli output del modello Cormix si osserva che nei primi 50 metri dallo scarico la velocità del pennacchio è tale per cui la diminuzione della concentrazione del biossido di cloro residuo è dovuta essenzialmente alla diluizione in acqua di mare; oltre tale distanza diviene significativo anche il decadimento nel tempo.

Nei casi di corrente marina tipici o critici, la concentrazione residua si esaurisce ad una distanza di 400 – 500 m dal punto di scarico.

Anche simulando il caso limite di un rilascio di 0,4 ppm, la concentrazione di inquinante si riduce del 50-70% ad una distanza di 5 metri dal diffusore, e il raggiungimento di concentrazioni dell'ordine di 0,15 - 0,20 ppm a queste distanze dal punto di scarico rendono il biossido di cloro non in grado d'interferire significativamente con l'ambiente marino.

Il solo sottoprodotto formabile, in presenza di biossido di cloro, è il THM, tuttavia atteso in concentrazione assai inferiore a 54,7 µg/l (LC<sub>50</sub> a 96 h di esposizione per l'ambiente biologico marino) per le seguenti motivazioni:

- ✓ Il dosaggio iniziale e le caratteristiche del prodotto escludono concentrazioni significative di biossido di cloro allo scarico;
- ✓ Nell'ipotesi del tutto cautelativa che il sistema non lavori, per un breve periodo in maniera efficiente, il residuo del di ClO<sub>2</sub> decade, comunque, nei primi metri dello scarico dal diffusore multiporte.

In definitiva, si può concludere che alle concentrazioni a cui si potrà/dovrà operare nell'impianto, con l'impiego di biossido di Cloro, non appaiono incompatibilità ambientali.