

Allegato D. 7

Identificazione e
Quantificazione degli Effetti
delle Emissioni in Acqua e
Confronto con i Relativi
Standard di Qualità

D. 7 - 1 *AMBIENTE IDRICO*

Il principale impatto della *Centrale* sull'ambiente idrico è costituito dallo scarico termico in mare, mentre impatti di minore importanza sono costituiti dallo scarico di acque di processo e sanitarie.

Lo scopo del successivo Paragrafo è quello di analizzare in dettaglio gli impatti derivanti dal suddetto scarico termico.

D. 7 - 1.1 *SCARICO TERMICO*

La *Centrale* è dotata di un sistema di raffreddamento in ciclo aperto (condensazione del vapore) che utilizza acqua prelevata dal mare. Nello specifico:

- i gruppi 1-4 prelevano acqua di raffreddamento mediante l'opera di presa denominata AL21 PON e la restituiscono integralmente al mare mediante lo scarico denominato S21 PON (si veda Allegato B. 21);
- i gruppi 5-6 prelevano acqua di raffreddamento mediante l'opera di presa denominata (AL21 LEV) e la restituiscono integralmente al mare mediante lo scarico denominato S21 LEV (si veda Allegato B. 21).

Entrambi i canali di scarico sboccano in mare mediante diffusori che immettono il flusso in direzione perpendicolare rispetto alla linea di costa.

Il diffusore dello scarico S21 PON presenta una larghezza di circa 40 m ed una profondità di circa 2 m. Il diffusore di scarico S21 LEV presenta una larghezza media di circa 25 m ed una profondità di circa 2 m.

Per il controllo della temperatura dell'acqua scaricata a mare, sono installati ed in servizio continuo sistemi di monitoraggio che riportano i valori rilevati in sala manovra sempre presidiata, consentendo di mantenere, tramite procedure interne che prevedono, nel caso, l'abbassamento del carico dei gruppi, la temperatura dell'acqua sempre al di sotto del limite di legge (35° C).

D. 7 - 1.1.1 *Normativa di Riferimento*

Gli scarichi di acque reflue industriali o miste (industriali e civili) devono conformarsi alle disposizioni regionali definite in funzione degli obiettivi di qualità dei corpi idrici e ai limiti riportati nella *Tabella 3 dell'Allegato 5 alla Parte Terza al DLgs 152/2006*.

Il parametro che richiede particolare attenzione per gli scarichi della *Centrale* oggetto dello studio è rappresentato dalla variazione termica dell'acqua prelevata e reintrodotta nel corpo idrico.

Secondo quanto prescritto dal DLgs 152/2006 per il mare la temperatura dello scarico non deve superare i 35 °C e l'incremento di temperatura del corpo recipiente non deve in nessun caso superare i 3 °C oltre 1.000 metri di distanza dal punto di immissione.

D. 7 - 1.1.2 Valutazione della dispersione dello scarico termico

Come già specificato, il limite normativo che impone che lo scarico non debba superare i 35 °C viene sempre rispettato grazie a procedure interne che prevedono, nel caso, l'abbassamento del carico dei gruppi.

Per verificare che la dispersione termica in mare delle acque di raffreddamento provenienti dagli scarichi S21 PON e S21 LEV non porti ad un innalzamento della temperatura di +3°C a 1.000 m di distanza dal punto di immissione è stato utilizzato il modello di calcolo CORMIX.

Il codice di Simulazione: CORMIX

CORMIX, il codice utilizzato nel presente Studio, consiste di tre sottosistemi integrati che permettono l'analisi, la previsione e la rappresentazione del comportamento degli scarichi in acque superficiali, con particolare attenzione alle caratteristiche di diluizione e dispersione degli inquinanti ed alla geometria della zona di miscelazione:

- CORMIX1, che permette di simulare il comportamento di singoli scarichi sommersi in ambienti stratificati e non stratificati, quali fiumi, laghi, estuari e acque costiere;
- CORMIX2 si occupa degli scarichi sommersi multipli in ambienti stratificati e non stratificati, quali fiumi, laghi, estuari e acque costiere;
- CORMIX3 si occupa degli scarichi di superficie caratterizzati da flussi in grado di galleggiare. Il modello è limitato agli scarichi galleggianti.

Nelle analisi di CORMIX, tutte le valutazioni relative alla zona di miscelazione (rimescolamento), sono effettuate presupponendo che le condizioni ambientali siano stazionarie; questo vale sia per il flusso dello scarico (velocità o portata costante) che per il corpo recettore (velocità costante).

I tre sottosistemi di CORMIX richiedono in generale che la sezione verticale del corpo recettore sia descritta o schematizzata come un canale rettangolare uniforme e liscio che può essere limitato lateralmente (corsi d'acqua superficiali) o non essere limitato (coste o laghi). La velocità del fluido nell'ambiente viene supposta come uniforme attraverso la sezione verticale. Inoltre, CORMIX3 presuppone un profilo di densità verticale uniforme per il corpo recettore.

Tutti i sistemi di CORMIX possono predire la miscelazione sia per i processi conservativi che per processi non conservativi con decadimento di primo ordine e possono simulare lo scambio di calore nel caso l'effluente sia termico.

Anche se nella realtà non esiste un ambiente in stato stazionario, questo presupposto è solitamente adeguato a simulare l'ambiente in quanto i processi di miscelazione sono abbastanza veloci rispetto alla scala temporale delle variazioni idrografiche. Nel caso di maree caratterizzate da un'ampia variabilità nel flusso il presupposto non è più valido e si può verificare un'accumulazione significativa dell'inquinante indagato. In questo caso CORMIX prevede la possibilità di valutare gli effetti dovuti alle maree (indicando il tempo di ritorno e le altezze media dell'alta e bassa marea) descrivendo gli effetti di ritrascinamento sul comportamento del pennacchio. In questa sede si ritiene che il problema non sia rilevante e che sia adeguata una simulazione standard.

CORMIX contiene uno schema rigoroso di classificazione delle diverse tipologie di flussi che possono svilupparsi da scarichi sommersi o superficiali.

La differente classificazione viene determinata dalle caratteristiche de:

- l'ambiente del corpo recettore;
- le caratteristiche dello scarico;
- le caratteristiche della "mixing zone" (zona di rimescolamento).

Per ognuno di questi aspetti il modello prevede un set di dati di input che deve essere indicato, sulla base del quale il programma determina il valore di alcuni parametri (*scale di lunghezza*) che permettono di valutare il comportamento del flusso.

I dati di input relativi alla caratterizzazione dell'ambiente sono comuni ai tre sottosistemi di CORMIX e sono divisi in due tipologie di corpo recettore:

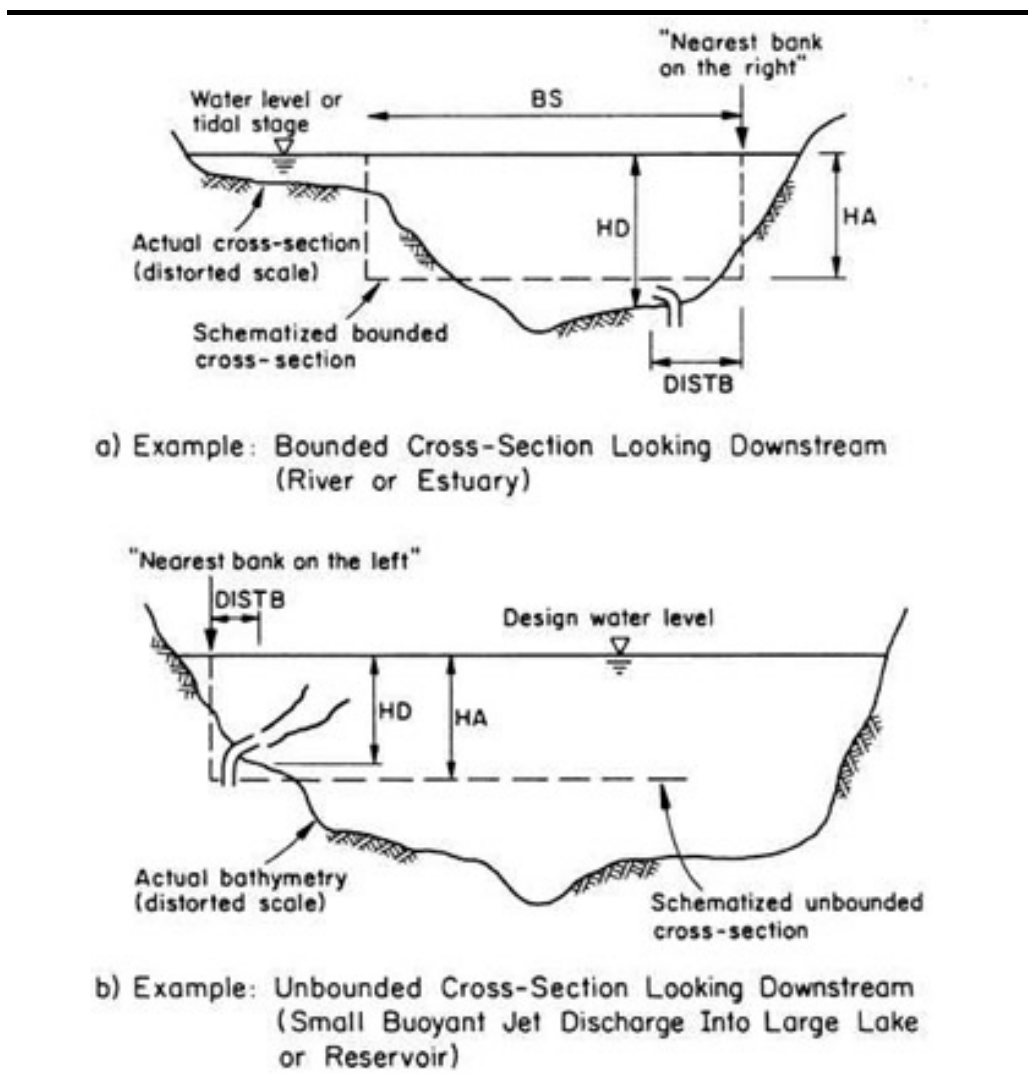
- acque lentiche (corsi d'acqua superficiali naturali o artificiali);
- acque lotiche, o marine.

Per entrambe le tipologie CORMIX richiede che la sezione trasversale del corpo ricettore sia descritta come una regione rettangolare che può essere lateralmente limitata o non limitata. Questa semplificazione è necessaria per calcolare l'effetto dell'interazione al contorno (*Boundary Interactions*) sul comportamento della zona di miscelazione. Delle *Boundary Interactions* si hanno quando il flusso determinato dallo scarico entra in contatto con le superfici laterali (sponde o costa) del corpo ricettore o con il fondo. Le *Boundary Interaction* possono verificarsi anche in acque che presentano stratificazione verticale della densità, nello strato di passaggio da uno strato all'altro.

Inoltre la sezione verticale che descrive l'ambiente del corpo recettore è ipotizzata essere uniforme nel senso della corrente, ma la sezione orizzontale cambia lungo la direzione del flusso seguendo l'andamento del corso d'acqua che può essere non uniforme o meandriforme.

Nella *Figura D.7 - 1.1.2a* è riportato un esempio di schematizzazione della sezione verticale del corpo recettore: poiché grande attenzione viene posta nella valutazione dell'interazione al contorno in quanto influenza fortemente i processi di rimescolamento, notevole attenzione deve essere posta nella modalità di semplificazione/simulazione dei contorni locali nell'analisi della zona di miscelazione. Quando avviene l'interazione tra il flusso e una superficie laterale quale a esempio le sponde del corpo recettore si possono determinare alte concentrazioni della sostanza inquinante con effetti bentonici indesiderabili.

Figura D.7 - 1.1.2a Esempi del Procedimento di Schematizzazione della Sezione Trasversale del Corpo Recettore



Il Sottosistema CORMIX3

CORMIX3 analizza gli scarichi di superficie caratterizzati da flusso di galleggiamento positivo che si hanno quando un effluente fluisce lateralmente in un corpo idrico di maggiori dimensioni, tramite un canale o una tubatura che si immette vicino alla superficie.

Il modello è in grado di valutare le differenti influenze sul rimescolamento dello scarico dovute a differenze nella geometria e nell'orientamento dello scarico. Le strutture di scarico all'interno di CORMIX3 sono indicate nelle seguenti *Figure D.7 - 1.1.2b e c*:

- scarico Flush, allo stesso livello della sponda o della costa;
- scarico Protrudine, sporgente rispetto alla sponda o alla costa;
- scarico Co-flowing, parallelo rispetto alla costa o alla sponda.

Inoltre CORMIX valuta le caratteristiche del corpo ricevente allo scarico quali profondità e inclinazione del fondo in quanto determinano un'eventuale possibilità di interazione del flusso con il fondo.

Figura D.7 - 1.1.2b *Configurazioni Possibili di Scarico Rispetto alla Sponda del Corpo Recettore Previste da CORMIX3.*

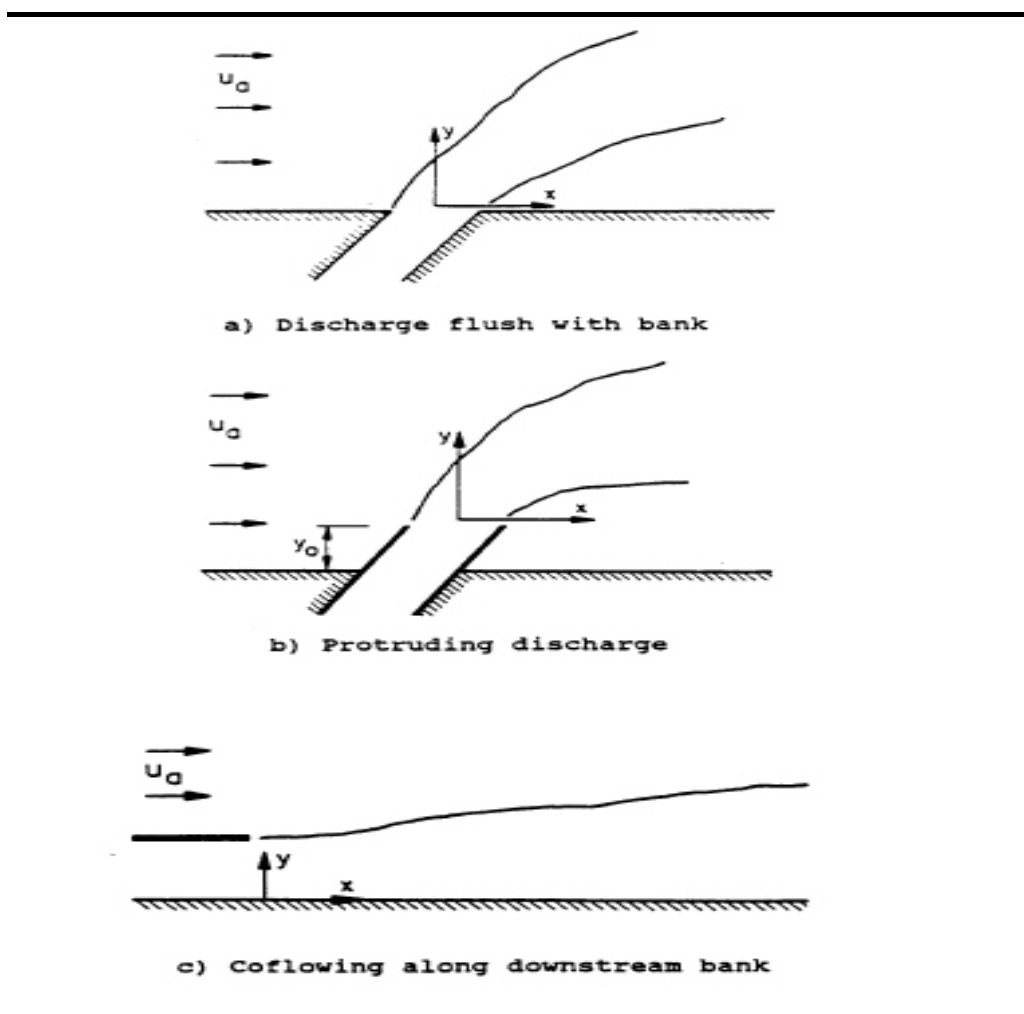
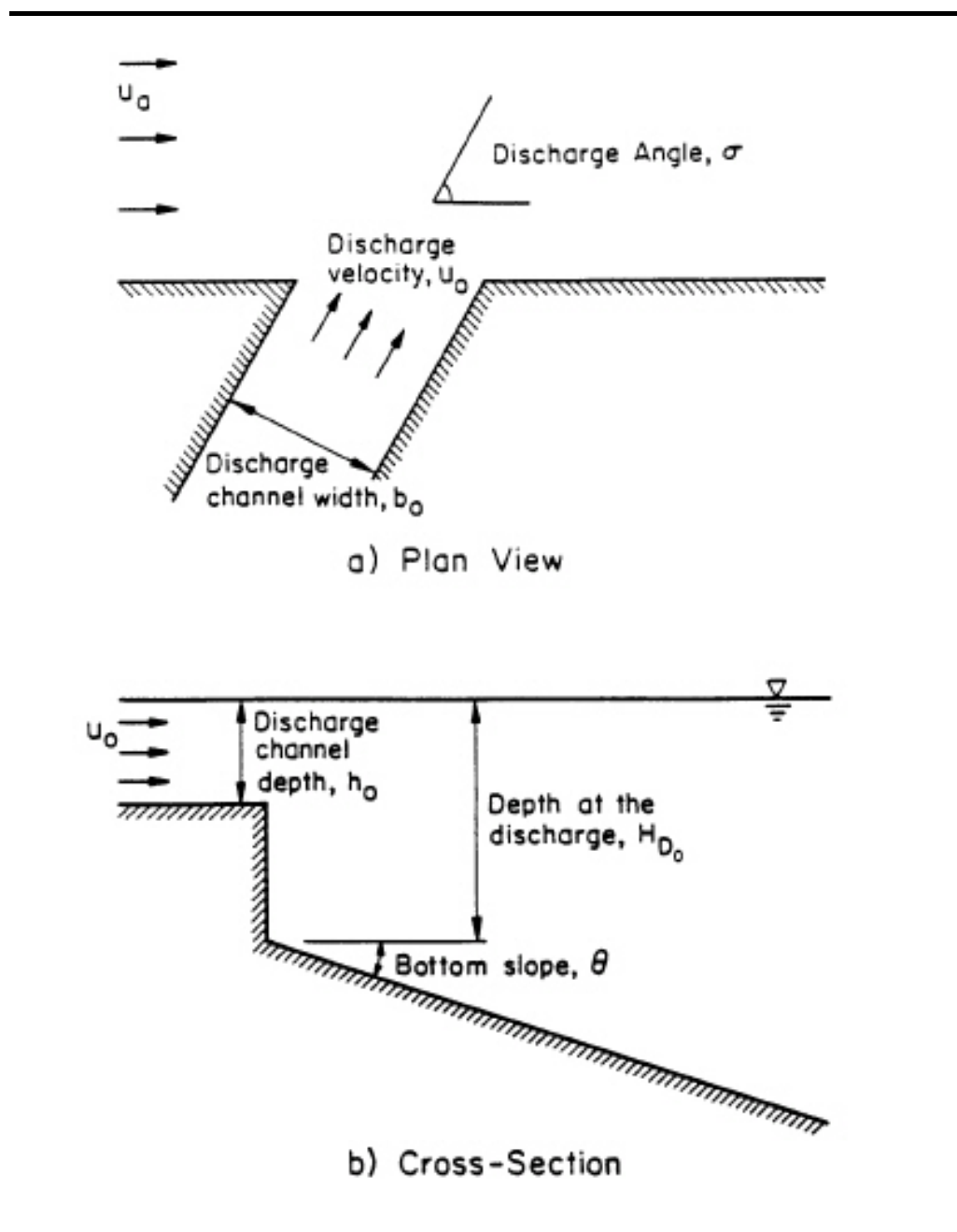


Figura D.7 - 1.1.2c Esempio di Sezione Geometrica di uno Scarico Superficiale



La classificazione del flusso viene infine effettuata sulla base dell'interazione tra lo scarico e l'ambiente, valutando i comportamenti specifici del flusso in funzione principalmente di:

- Scarico:
velocità (o portata) iniziale dello scarico;
geometria e inclinazione dello scarico.
- Ambiente Recettore:
rapporto di densità tra acque di scarico e corpo recettore;
stratificazione dell'ambiente;
velocità della corrente;
profondità media delle acque e profondità allo scarico.

Lo specifico comportamento nella dispersione degli inquinanti per ogni tipologia di Scarico/ Ambiente viene valutato attraverso un diagramma di flusso che permette, sulla base dei valori ottenuti per alcuni parametri relativi al flusso e all'ambiente, di indirizzare la scelta verso una categoria specifica di simulazione. Lo schema di classificazione pone particolare attenzione al comportamento dello scarico nel near-field ed usa il concetto di "length scale", come misura dell'influenza di ogni processo sul rimescolamento. Il comportamento di flusso nel far-field, è in gran parte controllato dalle caratteristiche ambientali. La scala di lunghezza è una misura dinamica dell'influenza di alcune caratteristiche idrodinamiche sul rimescolamento.

Sulla base dei dati di input (ambiente, scarico, zona di miscelazione) CORMIX3 calcola le scale di lunghezza che sono i parametri fondamentali utilizzati per selezionare uno scenario di rimescolamento rispetto a un altro. Di seguito è rappresentato il diagramma di flusso che sta alla base del programma di simulazione di CORMIX3 e che permette al codice di selezionare il tipo di flusso dovuto allo scarico in acque superficiali sulla base dei seguenti fattori di scala:

- $L_M = M_0^{3/4} / J_0$, che indica la lunghezza del tratto del flusso in cui si ha la transizione dalla regione jet-like (dove il flusso e il rimescolamento sono dominati solo dall'iniziale velocità di iniezione) alla regione plume-like (dove flusso di galleggiamento guida il rimescolamento);
- $L_Q = Q_0 / M_0^{1/2}$ che indica la regione del tratto del flusso dominata fortemente dalla geometria dello scarico;
- $L_m = M_0^{1/2} / u_a$ che indica la lunghezza del tratto del flusso in cui si ha la transizione da jet (flusso) poco deviato a flusso deviato fortemente dalla corrente del corpo recettore;
- $L_b =$ che indica la regione terminale del tratto del flusso dominata dal flusso di galleggiamento.

dove:

- $Q_0 = u_0 A_0$ è la portata dello scarico (A è l'ampiezza e u la velocità);
- $M_0 = u_0 Q_0$ è il momento del flusso;
- $J_0 = g' u_0 Q_0$ è il flusso di galleggiamento.

Dati di input e impostazioni del modello

Vista la tipologia dello scarico, si è usato il modello CORMIX 3 per stimare l'innalzamento di temperatura nel mare dovuto all'attività della Centrale. Al fine di avere un quadro completo dei possibili scenari di dispersione che si potrebbero avere, per ciascun scarico, sono state effettuate 4 simulazioni, 2 per l'estate e 2 per l'inverno.

La distinzione in due periodi temporali è dovuta al fatto che in inverno, quando la temperatura del mare raggiunge valori bassi, la differenza di densità tra l'acqua dello scarico e l'acqua del mare è diversa (più bassa) da quella che si verifica in estate, quando la temperatura del mare è più alta.

Inoltre per ogni periodo si è simulato sia una condizione di calma, velocità della corrente pari a 0,05 m/s, che una condizione di corrente forte, velocità pari a 0,5 m/s. Di seguito sono dettagliati i parametri menzionati sopra per ciascuno scenario simulato:

Inverno (Temperatura Mare 14°C)

Scenario 1:

- Velocità della corrente = 0,05 m/s;
- Temperatura del mare = 14° C;
- Densità dell'acqua di mare = 1.028,1 kg/m³;
- Innalzamento termico dell'acqua di raffreddamento per lo scarico S21 LEV = 8 °C (stimato considerando i gruppi al massimo carico);
- Densità dell'acqua di raffreddamento dello scarico S21 LEV = 1.026,2 kg/m³;
- Innalzamento termico dell'acqua di raffreddamento per lo scarico S21 PON = 7 °C (stimato considerando i gruppi al massimo carico);
- Densità dell'acqua di raffreddamento dello scarico S21 PON = 1.026,1kg/m³;
- Altezza media del fondale = 10 m.

Scenario 2:

- Velocità della corrente = 0,5 m/s;
- Temperatura del mare = 14° C;
- Densità dell'acqua di mare = 1.028,1 kg/m³;
- Innalzamento termico dell'acqua di raffreddamento per lo scarico S21 LEV = 8 °C(stimato considerando i gruppi al massimo carico);
- Densità dell'acqua di raffreddamento dello scarico S21 LEV = 1.026,2 kg/m³;
- Innalzamento termico dell'acqua di raffreddamento per lo scarico S21 PON = 7 °C(stimato considerando i gruppi al massimo carico);
- Densità dell'acqua di raffreddamento dello scarico S21 PON = 1.026,1kg/m³;
- Altezza media del fondale = 10 m.

Estate (Temperatura Mare 26°C)

Scenario 3:

- Velocità della corrente = 0,05 m/s;

- Temperatura del mare = 26° C;
- Densità dell'acqua di mare = 1.025 kg/m³;
- Innalzamento termico dell'acqua di raffreddamento per lo scarico S21 LEV = 8 °C (stimato considerando i gruppi al massimo carico);
- Densità dell'acqua di raffreddamento dello scarico S21 LEV = 1.022,5kg/m³;
- Innalzamento termico dell'acqua di raffreddamento per lo scarico S21 PON = 7 °C (stimato considerando i gruppi al massimo carico);
- Densità dell'acqua di raffreddamento dello scarico S21 PON = 1.022,1kg/m³;
- Altezza media del fondale = 10 m.

Scenario 4:

- Velocità della corrente = 0,5 m/s;
- Temperatura del mare = 26° C;
- Densità dell'acqua di mare = 1.025 kg/m³;
- Innalzamento termico dell'acqua di raffreddamento per lo scarico S21 LEV = 8 °C (stimato considerando i gruppi al massimo carico);
- Densità dell'acqua di raffreddamento dello scarico S21 LEV = 1.022,5kg/m³;
- Innalzamento termico dell'acqua di raffreddamento per lo scarico S21 PON = 7 °C (stimato considerando i gruppi al massimo carico);
- Densità dell'acqua di raffreddamento dello scarico S21 PON = 1.022,1kg/m³;
- Altezza media del fondale = 10 m.

Le temperature del mare sono state scelte considerando la temperatura massima estiva e la minima invernale rilevate durante i monitoraggi eseguiti dal 2004 al 2006 nell'area di San Filippo del Mela dal Ministero dell'Ambiente nell'ambito del "Programma di Monitoraggio dell'Ambiente Marino costiero". Tali dati sono consultabili all'indirizzo internet "www2.minambiente.it/sito/settori_azione/sdm/tutela_ambiente_marino/monitoraggi_o_ambiente_marino/main.asp"

In considerazione della reale geometria dello scarico, è stata selezionata la tipologia di scarico "flush". Come già detto, entrambe le opere di scarico sono inclinate di 90° rispetto alla linea immaginaria della costa.

La pendenza del fondale in prossimità dello scarico è pari a 2,5°. La salinità del mare è uguale a 37,5 PSU. Il corpo recettore è stato considerato di tipo non limitato "unbounded".

La velocità del vento è un fattore che favorisce la dispersione del pennacchio termico: tanto è maggiore tanto è migliore la dispersione. Negli scenari studiati la velocità del vento è stata posta conservativamente pari a 2 m/s.

Sotto si riportano per entrambi gli scarichi i parametri base utilizzati per la modellazione di tutti gli scenari considerati:

Scarico S21 LEV:

- larghezza della sezione di scarico: 25 m;
- profondità dell'acqua nello scarico: 2 m;
- portata complessiva dello scarico: 20 m³/s;
- innalzamento termico nel punto di scarico: 8 °C;

Scarico S21 PON:

- larghezza della sezione di scarico: 40 m;
- profondità dell'acqua nello scarico: 2 m;
- portata complessiva dello scarico: 32 m³/s;
- innalzamento termico nel punto di scarico: 7 °C;

Risultati delle Modellazioni

Nella seguente *Tabella D.7 - 1.1.2a* è riportata, per ciascun scenario analizzato, la temperatura dell'acqua alla distanza di 1.000 metri dagli scarichi della *Centrale*. Poiché l'output del codice di calcolo fornisce i risultati ad intervalli spaziali predefiniti, sono cautelativamente riportati i valori coincidenti o immediatamente inferiori alla distanza di 1.000 metri.

Tabella D.7 - 1.1.2a *Scenari Simulati e Risultati Ottenuti*

Caso	Densità caratteristica mare [kg/m ³]	Densità caratteristica scarico [kg/m ³]	Velocità della corrente [m/s]	ΔT massimo stimato a 1000 m [°C]
<i>Scarico S21 LEV</i>				
<i>Scenario 1</i>	1.028,1	1.026,2	0,05	0,525
<i>Scenario 2</i>	1.028,1	1.026,2	0,5	0,194
<i>Scenario 3</i>	1.025	1.022,1	0,05	0,523
<i>Scenario 4</i>	1.025	1.022,1	0,5	0,189
<i>Scarico S21 PON</i>				
<i>Scenario 1</i>	1.028,1	1.026,2	0,05	0,504
<i>Scenario 2</i>	1.028,1	1.026,2	0,5	0,196
<i>Scenario 3</i>	1.025	1.022,1	0,05	0,512
<i>Scenario 4</i>	1.025	1.022,1	0,5	0,188

Come si evince dalla *Tabella* precedente per entrambi gli scarichi viene ampiamente rispettato, per tutti gli scenari studiati, il limite sull'incremento di temperatura del corpo recipiente che non deve superare i 3 °C oltre 1.000 metri di distanza dal punto di immissione.

Da un'analisi dei risultati delle modellazioni è emerso che per gli scenari con velocità della corrente pari a 0,5 m/s (*scenario 2* e *scenario 4*) si ha una deviazione dei pennacchi nella direzione della corrente tale da generare

un'interazione tra i due. Si precisa che in queste condizioni si ha un attaccamento dei pennacchi alla costa che genera, a seconda della direzione della corrente, un innalzamento della temperatura dell'acqua di mare nella zona antistante al punto di emissione S21 LEV, nel caso di corrente con direzione da ponente verso levante, o al punto di emissione S21 PON, nel caso di corrente con direzione opposta alla precedente. Tale fenomeno porta alla diminuzione della differenza di temperatura "scarico-mare" che comporta un minore scambio termico tra il pennacchio e l'ambiente circostante. Inoltre tale aumento di temperatura porta ad una diminuzione della densità dell'acqua di mare che peggiora i fenomeni di miscelamento e diluizione del pennacchio.

Per stimare l'influenza di tale fenomeno sulla dispersione del pennacchio termico è stata effettuata una simulazione dello scarico S21 PON considerando lo *Scenario 2*, con direzione della corrente da levante verso ponente. Si specifica che quest'ultimo scenario, tra tutti quelli analizzati, è quello che genera davanti ad uno dei due punti d'emissione della centrale l'innalzamento termico maggiore (0,0212 °C). Al fine della modellazione è stata assunta conservativamente una temperatura del mare pari a 14,212 °C (14 °C + 0,212°C) a cui corrisponde una densità di 1.028 kg/m³; tutti gli altri parametri che caratterizzano lo scarico e il corpo recettore rimangono invariati.

Nella *Tabella* successiva si riporta il risultato di tale simulazione.

Tabella D.7 - 1.1.2b Scenario con pennacchi interagenti

Caso	Densità caratteristica mare [kg/m ³]	Densità caratteristica scarico [kg/m ³]	Velocità della corrente [m/s]	ΔT massimo stimato a 1000 m [°C]
<i>Scarico S21 PON</i>				
<i>Scenario 2</i>	1.028	1.026,2	0,5	0,197

Dal risultato ottenuto si può concludere che l'interazione tra i pennacchi termici influisce in modo trascurabile sulla dispersione termica, infatti l'incremento di temperatura a 1000 m tra lo scenario con interazione e quello senza è pressoché identico (0,197 °C anziché 0,196 °C).

Si può quindi concludere che gli scarichi termici della centrale di S. Filippo del Mela soddisfano per ciascun scenario analizzato, anche nel caso di interazione dei pennacchi, i limiti imposti dalla normativa vigente.

D. 7 - 1.2 IMPATTI DELLE ACQUE DI PROCESSO E DELLE ACQUE REFLUE

Oltre alle acque di raffreddamento, di cui si è ampiamente parlato nel § D.7 - 1.1, la *Centrale* produce le seguenti tipologie di acque reflue e di processo (si veda per maggiori dettagli le *schede B9 e B10*):

- acque acide e alcaline;
- acque sanitarie;

- acque meteoriche;
- acque potenzialmente inquinabili da oli.

Prima di essere scaricate in mare queste acque vengono trattate nell'impianto di depurazione denominato ITAR.

Dopo il trattamento esse rispettano i limiti imposti dalla *Tabella 3 dell'Allegato 5 alla Parte Terza del D.lgs. 152/2006 (vedi schede B9 e B10)*.