

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 nel Fiume Po; impatti di minore importanza sono costituiti dallo scarico di acque di processo e sanitarie.

Nel seguente paragrafo è quindi in dettaglio analizzato lo scarico termico, mentre nel paragrafo finale sono analizzati gli altri impatti.

D. 7 - 1.1 **SCARICO TERMICO**

La *Centrale* è dotata di un sistema di raffreddamento ad acqua in ciclo aperto (condensazione del vapore) che utilizza acqua prelevata dal Fiume Po (25 m³/s).

L'acqua prelevata e scaricata non è chimicamente trattata: l'unico impatto potenziale risulta pertanto attribuibile ad un aumento di temperatura e non alla eventuale presenza di additivi chimici. Inoltre, non vi sono pericoli di contaminazione da oli o da altre sostanze chimiche in quanto l'acqua del fiume circola all'interno della tubazione del condensatore.

L'opera di scarico è riportata in *Figura D.7 - 1.1a*, in cui viene evidenziata sia la sezione dello scarico che la sezione del canale di raccordo tra tale opera ed il fiume Po. In *Figura* sono inoltre indicate le altezze idrometriche del Po in diverse condizioni (magra e piena ordinaria, magra e piena centennale) ed il fondo del canale in metri s.l.m.

Il canale di scarico al fiume Po presenta una lunghezza di circa 100 m ed una sezione trapezoidale con larghezza del fondo pari a 23,5 m, mentre la larghezza complessiva degli argini è di 43 m.

Il canale di scarico utilizzato dalla *Centrale* è orientato ONO-ENE e sbocca nel Po in corrispondenza di un meandro a media curvatura, immettendosi in destra idrografica. La larghezza del Po in corrispondenza delle sezioni riportate in *Figura D.7 - 1.1b* è pari, in condizioni di media portata, a 363,68 m in corrispondenza della sezione a monte dello scarico (A-A) e 301,08 m in corrispondenza della sezione B-B.

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 i corsi d'acqua *la variazione massima tra temperature medie di qualsiasi sezione del corso d'acqua a monte ed a valle del punto d'immissione non deve superare i 3°C. Su almeno metà di qualsiasi sezione a valle, tale variazione non deve superare 1°C.*

D. 7 - 1.1.2 *Valutazione della dispersione dello scarico termico nel fiume Po*

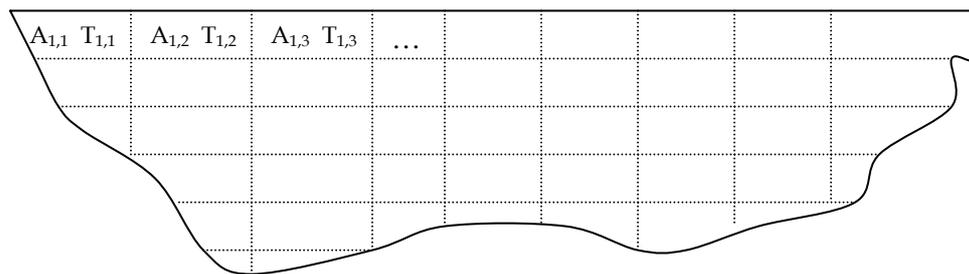
In base alla normativa (ed in riferimento alla seguente *Figura D.7 - 1.1.2a*), la verifica sull'incremento di temperatura media nelle sezioni a valle dello scarico (nel seguito indicata con ΔT_{mA}) va quindi effettuata mediando le temperature ($T_{i,j}$) rilevate (o stimate) nei vari punti all'interno della sezione liquida utilizzando come fattore peso l'area della parte di sezione all'interno della quale la temperatura può ritenersi uniforme ($A_{i,j}$). Tale risultato (ΔT_{mA}), in condizioni di corrente uniforme su tutta la sezione, è uguale all'incremento termico dell'acqua che si ottiene nell'ipotesi di miscelamento completo e perfetto dello scarico termico con l'acqua del fiume ed ottenuto semplicemente mediante la:

$$\Delta T_m = \frac{W_{st}}{\rho C_p (Q_1 + Q_2)} = \frac{T_1 Q_1 + T_2 Q_2}{Q_1 + Q_2} - T_1$$

dove le T_i rappresentano le temperatura del fiume e dello scarico, Q_i le rispettive portate, W_{st} la potenza termica scaricata, ρ la densità dell'acqua e C_p il calore specifico dell'acqua. Tale concetto è di immediata comprensione se si pensa che le portate $Q_{i,j}$ associate ad ogni singola sezione sono direttamente proporzionali alle aree $A_{i,j}$. Se viceversa la corrente ha velocità diverse nei vari punti del fiume (come di solito accade) la temperatura media sulla sezione (ΔT_{mA}) è diversa dalla temperatura media dell'acqua (ΔT_m) ed in particolare:

- se lo scarico avviene nella parte ove la corrente è più veloce risulta $\Delta T_m > \Delta T_{mA}$;
- viceversa se lo scarico avviene nella parte ove la corrente è più lenta risulta $\Delta T_m < \Delta T_{mA}$.

Figura D.7 - 1.1.2a Verifica del Limite sull'Innalzamento di Temperatura



Nel caso della *Centrale* di Sermide, lo scarico avviene nella parte esterna di un meandro, ovvero nel punto di massima velocità.

Conseguentemente se in base ad una verifica di primo approccio risulta che la ΔT_m è inferiore ai limiti di legge, ne deriva automaticamente che lo è anche la ΔT_{mA} . A maggior ragione, se la ΔT_m è inferiore all'incremento limite previsto per la mezza sezione fredda, anche la condizione riferita a questo parametro è automaticamente verificata.

Assumendo una portata del fiume Po pari a 250 m³/s (valore di portata di magra del Po, al suo minimo registrato negli ultimi 10 anni, che rappresenta anche un minimo storico) e utilizzando un valore di portata acqua di raffreddamento pari a 25 m³/s e un innalzamento termico allo scarico pari a 6.6 °C si ottiene un ΔT_m di 0,66°C. Essendo quest'ultimo valore, per quanto detto sopra, maggiore di ΔT_{mA} si può concludere che lo scarico termico rispetta il limite imposto dal *D.lgs 152/2006* sia per l'intera sezione (3°C) che per la mezza sezione fredda (1°C).

A conferma di questo è stata effettuata una simulazione della dispersione dello scarico termico con il modello CORMIX 3; sotto dopo una breve descrizione del codice di calcolo si riportano i dati di input e le impostazioni del modello ed i risultati ottenuti.

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 e 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 delle 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 una 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;
- la 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:

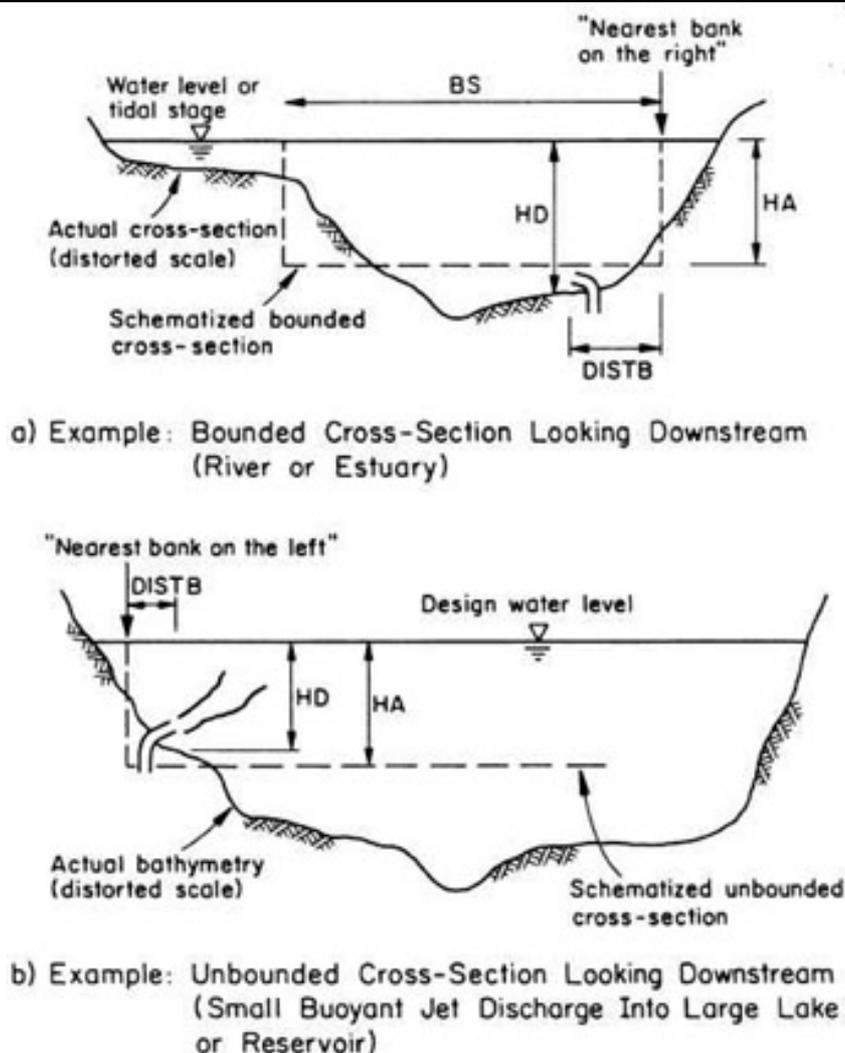
- acque lentiche (corsi d'acqua superficiali naturali o artificiali);
- acque lotiche, o marine.

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 - 1.1.2b* 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 - 1.1.2b Esempi del Procedimento di Schematizzazione della Sezione Trasversale del Corpo Recettore



Il Sottosistema CORMIX3

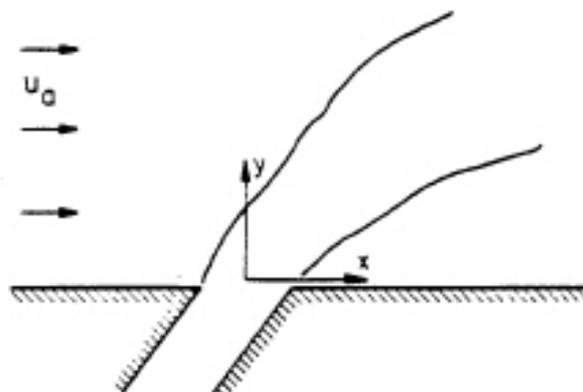
CORMIX3 analizza gli scarichi di superficie caratterizzati da flusso di galleggiamento positivo che si hanno quando un effluente fluisce lateralmente in un corpo idrico di maggiori dimensioni, tramite un canale o una tubatura che si immette vicino alla superficie.

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 - 1.1.2c e d*:

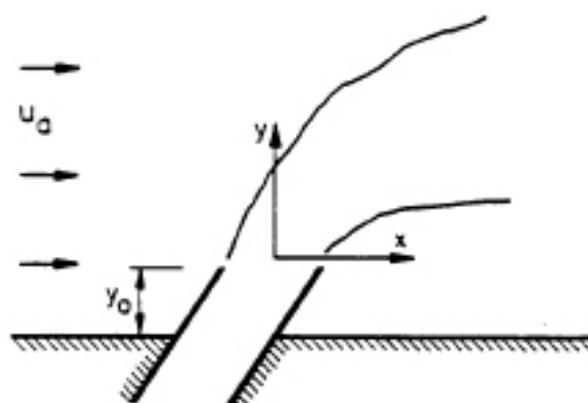
- scarico Flush, allo stesso livello della sponda o della costa;
- scarico Protrudine, sporgente rispetto alla sponda o alla costa;
- scarico Co-flowing, parallelo rispetto alla costa o alla sponda.

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.

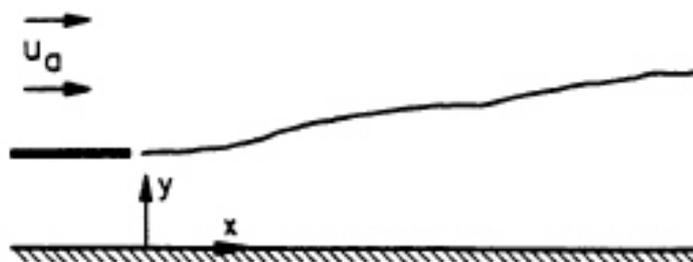
Figura D.7 - 1.1.2c *Configurazioni Possibili di Scarico Rispetto alla Sponda del Corpo Ricevente Previste da CORMIX3.*



a) Discharge flush with bank

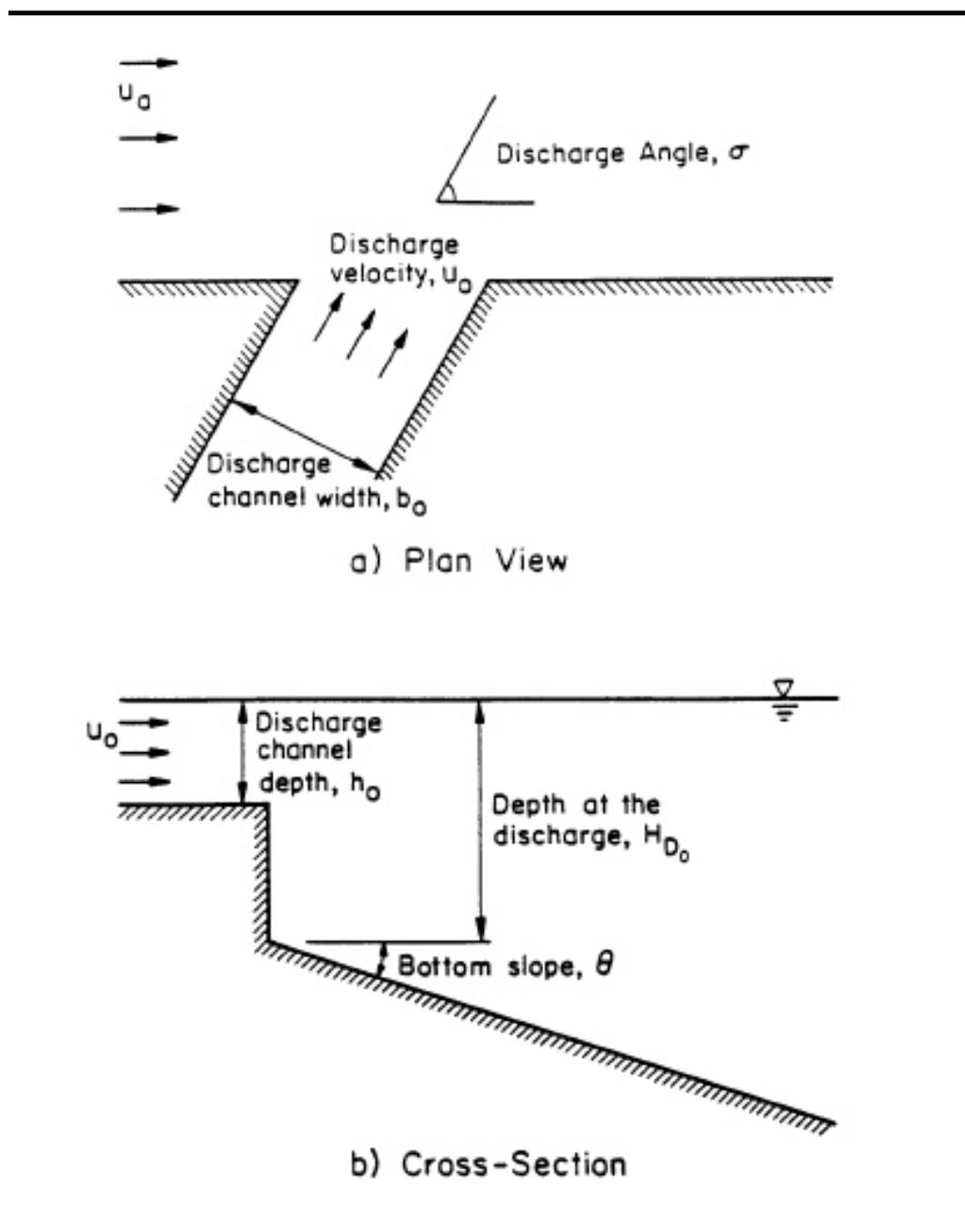


b) Protruding discharge



c) Coflowing along downstream bank

Figura D.7 - 1.1.2d 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;
- $J_0 = g'_0 Q_0$ è il flusso di galleggiamento.

Dati di input e impostazioni del modello

In considerazione della reale geometria dello scarico, è stata selezionata la geometria di simulazione del canale di scarico di tipo "flush". La sezione di scarico è quindi posta in corrispondenza della riva destra del Po, inclinata di 45° rispetto all'asse del fiume.

La profondità caratteristica del fiume è stata posta pari a 3,5 m, mentre la pendenza del fondo, misurata ortogonalmente alla riva destra, è stata assunta pari a 60°. Il corpo recettore è stato considerato meandriforme.

La temperatura del fiume è stata posta uguale a 25°C.

La differenza di temperatura tra lo scarico termico e la temperatura del fiume utilizzata per la modellazione è 6,6 °C.

La sezione del canale di scarico ha una base di 23,5 m ed un'altezza che varia in funzione dell'altezza idrometrica del Po. Nella simulazione si è assunta un'altezza del pelo libero dell'acqua pari a 1,5 m.

Il coefficiente di scambio termico della superficie fluviale con l'atmosfera è funzione della temperatura del corpo recettore e della velocità del vento, cautelativamente assunta pari a 2 m/s, e risulta pari a 20 Wm²/°C (pari ad un valore di 0,000005 m/s del coefficiente cinematico di scambio termico, ovvero di velocità di trasferimento).

Per l'analisi della situazione è stato quindi definito un caso base che prevede:

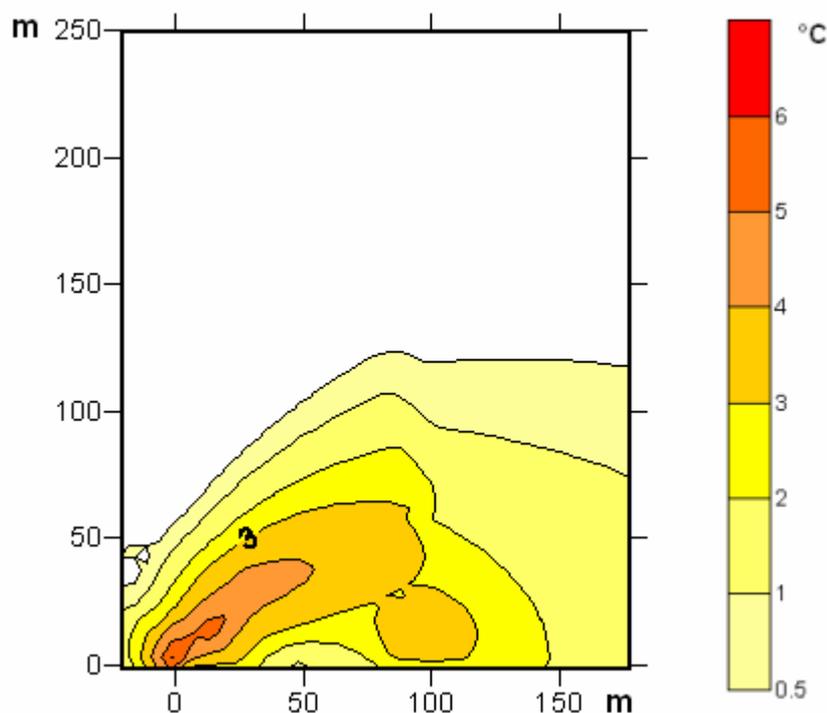
- larghezza dello scarico: 23,5 m;
- profondità dell'acqua nello scarico: 1,5 m;
- profondità caratteristica del fiume: 3,5 m;
- portata complessiva dello scarico: 25 m³/s;
- innalzamento termico nel punto di scarico: 6,6°C;
- portata del Po: 250 m³/s;
- larghezza caratteristica del Po: 250 m;
- velocità del vento: 2 m/s;
- coefficiente di scabrosità di Manning del fondo: 0,1.

Le densità dell'acqua del corpo idrico e di quella di scarico sono state calcolate dal modello di simulazione a partire dalle rispettive temperature e nell'ipotesi che lo scarico sia costituito da acqua dolce.

Risultati delle Modellazioni

Nella seguente *Figura* si riportano i risultati della modellazione eseguita per stimare la dispersione dello scarico termico. L'asse delle ascisse e l'asse delle ordinate rappresentano la distanza dal punto di scarico rispettivamente in direzione della corrente e in direzione della riva opposta a quella dove avviene lo scarico stesso.

Figura D.7 - 1.1.2e Andamento dell'incremento della temperatura in funzione della distanza (°C)



Dall'analisi della precedente figura si evince che:

1. l'incremento di temperatura medio calcolato su qualsiasi sezione a valle dello scarico (scarico posizionato nel punto 0,0) è sempre inferiore al limite imposto dalla normativa vigente di 3 °C;
2. la variazione di temperatura non supera mai, su almeno metà di qualsiasi sezione a valle dello scarico, il limite imposto dalla normativa di 1°C (la massima estensione, lungo la sezione del fiume, delle zone con temperatura maggiore di 1°C è pari a circa 100 m mentre, la sezione del fiume è 250m).

Tali dati confermano le conclusioni tratte precedentemente ipotizzando un miscelamento completo e perfetto dello scarico termico con l'acqua del fiume.

Inoltre sempre dalla figura precedente si nota come il pennacchio termico venga deviato dalla corrente e si attacchi alla riva, dal lato dello scarico.

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 nel fiume Po 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)*.

Si precisa inoltre che oltre agli scarichi nel fiume Po, la *Centrale* effettua saltuariamente lo scarico dell'acqua di fiume di raffreddamento proveniente dallo svuotamento delle condotte di restituzione (durante le fasi di manutenzione delle condotte) nel corso d'acqua superficiale denominato *Dugale Carbonara*, adiacente al *sito*. Tali acque, poiché non subiscono nessun trattamento chimico, non comportano alcun impatto.