

I saggi tossicologici nella normativa per il controllo delle acque[§]

[§] *Relazione presentata al workshop "Test di tossicità con Daphnia magna per il controllo di acque reflue e corpi recettori", Milano, 29 ottobre 1999. Modificata in relazione alle modifiche introdotte con l'emanazione del D.lgs 258 del 18 agosto 2000.*

Giancarlo Sbrilli^{1*}

¹ *ARPA Toscana, Servizio Sub-Provinciale di Piombino, Loc. Montegemoli, 57025 Piombino (LI)*

^{*} *Per la corrispondenza: fax 0565 277308; e-mail biologia.pb@arpat.toscana.it*

Pervenuto il 22.6.2000, accettato il 28.7.2000

Riassunto

Sono commentati in maniera sintetica i passaggi della nuova normativa sulle acque (D. Lgs 152/99) che richiamano i metodi tossicologici, evidenziandone gli aspetti innovativi, ma anche i limiti e le imprecisioni.

È sottolineato il ruolo esercitato dalla tossicologia ambientale nella valutazione dei criteri di qualità e nel controllo dei valori limite.

È illustrata sommariamente una procedura di valutazione ecotossicologica, su basi previsionali, del pericolo potenziale relativo all'immissione di scarichi industriali con attività tossica in acque costiere.

PAROLE CHIAVE: tossicologia ambientale / limiti / criteri

Summary

Toxicological tests in the national water protection act.

Ecotoxicological approach have been considered in a critical evaluation of the national water protection act. The water quality criteria assessment and the wastewater limit values determination have been examined.

The third section contains an ecotoxicological evaluation procedure for predicting the likely impact of toxic effluents on sea waters.

KEY WORDS: environmental toxicology / standards / criteria

INTRODUZIONE

In questi ultimi anni abbiamo assistito ad un incremento dell'utilizzo dei sistemi biologici rivolti alla determinazione della tossicità nelle varie matrici ambientali. Sono sempre più numerosi i dati raccolti dalle strutture di controllo riguardanti la tossicità delle acque di scarico e dei corpi idrici superficiali. Di fronte alla crescente consapevolezza che le problematiche legate alla tossicologia ambientale rappresentano una realtà non più trascurabile, la legislazione italiana risulta carente, rispetto alle normative internazionali (VOLTERRA, 1996; GILLI, 1998; PANTANI, 1999), nel ricomporre in adeguate cornici normative i sistemi di valutazione ecotossicologica. L'emanazione del D. Lgs. 152/99 rappresenta in tal senso un'interessante eccezione. Per

questo motivo ha attirato l'immediato interesse di coloro che operano nella tossicologia ambientale.

Il primo punto della presente nota commenta in maniera sintetica i passaggi della nuova normativa che richiamano i metodi tossicologici, evidenziandone gli aspetti innovativi, ma anche i limiti e le imprecisioni.

Il secondo punto prende in esame il ruolo esercitato dalla tossicologia ambientale nella valutazione dei criteri di qualità e nel controllo dei valori limite.

Nel terzo punto è illustrata sinteticamente una procedura di valutazione ecotossicologica, su basi previsionali, del pericolo potenziale relativo all'immissione di scarichi industriali con attività tossica in acque marine costiere.

1. IL DECRETO LEGISLATIVO 152/1999 MODIFICATO DAL D. LGS. 258/2000

Il Decreto Legislativo 11 maggio 1999 n. 152, modificato con il D. Lgs. 258/2000, introduce importanti novità nel sistema di controllo e tutela della qualità delle acque. Il Decreto prevede l'utilizzo della tossicologia per il monitoraggio e la classificazione dei corpi idrici e per il controllo delle acque di scarico. Di seguito verranno esaminati criticamente i passaggi della normativa che contemplano l'utilizzo delle prove di tossicità.

D. Lgs. 152/99, Allegato 5

I limiti di emissione degli scarichi

La tabella 3 dell'allegato 5 contiene i limiti di emissione in acque superficiali e in fognatura. Il parametro n. 51 della tabella 3 è definito "saggio di tossicità acuta" (Tab. I); i valori limite della tossicità, diversi a seconda che lo scarico si immetta in acque superficiali o in pubblica fognatura, sono definiti in termini descrittivi con evidente riferimento, sebbene non esplicitato, alla prova di tossicità acuta eseguita con il crostaceo *Daphnia magna*.

I suddetti valori limite, dei quali non è indicata l'unità di misura, tradotti in termini numerici e nelle unità di misura correntemente utilizzate in tossicologia ambientale, corrispondono ai seguenti valori:

- scarico in acque superficiali: $EC50^{24h} = 100\%$ (Unità

Tossiche = 1);

- scarico in pubblica fognatura: $EC80^{24h} = 100\%$.
in cui $EC50^{24h}$ è la Concentrazione Efficace dello scarico capace di provocare l'effetto tossico nel 50% della popolazione esposta nel periodo di 24 ore, mentre $EC80^{24h}$ è la Concentrazione Efficace dello scarico capace di provocare l'effetto tossico nell'80% della popolazione esposta nel periodo di 24 ore.

Il valore limite per la tossicità contenuto nella precedente normativa, ovvero nella tabella A allegata alla L. 319/76, risultava il seguente: "...Il campione diluito 1:1 con acqua standard deve permettere, in condizioni di aerazione, la sopravvivenza di almeno il 50% degli animali usati per il saggio, per un periodo di 24 ore, alla temperatura di 15°C..." e corrispondeva, in termini correnti, ad un valore di $EC50^{24h} = 50\%$ (Unità Tossiche = 2).

Il valore limite indicato nel D. Lgs 152/99, relativo agli scarichi in acque superficiali, risulta quindi maggiormente cautelativo rispetto al valore limite riportato nella L. 319/76 e succ. mod.

La forma descrittiva mediante la quale sono riportati i valori limite deve essere intesa esclusivamente come riferimento tabellare ai fini dell'accettabilità dello scarico e non deve essere utilizzata come riferimento metodologico, per il quale è necessario ricorrere alle pubblicazioni IRSA o di altre istituzioni scientifiche.

È importante sottolineare che la nota n. 7 alla tabella

Tab. I. D.Lgs. n. 152, 11 maggio 1999, allegato n. 5. Descrizione del parametro "test di tossicità" nelle tabelle 3 e 4 (il valore limite è riportato in corsivo; le aggiunte dell'autore in grassetto).

Tabella 3			
Valori limite di emissione per le acque reflue urbane ed industriali che recapitano in acque superficiali e in fognatura			
Sostanze	Unità di misura	Scarico in acque superficiali	Scarico in pubblica fognatura
Saggio di tossicità acuta (Parametro n. 51)		<i>Il campione non è accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili è uguale o maggiore del 50% del totale.</i>	<i>Il campione non è accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili è uguale o maggiore del 80% del totale.</i>
	?	$EC50^{24h} = 100\%$; U.T.=1	$EC80^{24h} = 100\%$

Tabella 4		
Limiti di emissione per le acque reflue urbane ed industriali che recapitano sul suolo		
Sostanze	Unità di misura	
Saggio di tossicità su <i>Daphnia magna</i> (Parametro n. 38)	$LC50^{24h}$	<i>Il campione non è accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili è uguale o maggiore del 50% del totale.</i>
		$EC50^{24h} = 100\%$; U.T. = 1

Nota n.7:

Il saggio di tossicità è obbligatorio.

Oltre al saggio di tossicità con *Daphnia magna*, possono essere eseguiti saggi di tossicità acuta su *Ceriodaphnia dubia*, *Selenastrum capricornutum*, batteri luminescenti, e organismi quali *Artemia salina* per scarichi di acqua salata o altri organismi tra quelli che saranno indicati ai sensi del punto 4 del presente allegato (*).

In caso di esecuzione di più test di tossicità si consideri il risultato peggiore.

Il risultato positivo della prova di tossicità non determina l'applicazione diretta delle sanzioni di cui al Titolo V, determina altresì l'obbligo di approfondimento delle indagini analitiche, la ricerca delle cause di tossicità e la loro rimozione.

(* *il punto 4 riporta che le metodiche di campionamento ed analisi saranno aggiornate con apposito decreto ministeriale su proposta dell'ANPA.*

3 dell'Allegato 5 impone l'obbligatorietà del saggio di tossicità, anche se risulta privo di carattere sanzionatorio (vedi tabella I di questo lavoro). Un'attenzione particolare merita la lista degli organismi da utilizzare nelle prove, dalla quale si evidenzia quanto segue:

- il saggio algale con *Selenastrum capricornutum* (test di tossicità cronica a breve termine - EPA, 1985) è considerato erroneamente un test acuto;
- il valore limite descrittivo riportato in tabella è applicabile esclusivamente ai test acuti eseguiti su crostacei, dove la risposta consiste nell'immobilizzazione degli organismi. Il valore limite non è applicabile ad altri saggi con risposte diverse come, ad esempio, il saggio algale, dove la risposta consiste nella riduzione della crescita della popolazione algale rispetto ad un controllo;
- tra i 5 saggi consigliati ben 4 sono utilizzabili per le acque dolci mentre soltanto 2 (batteri luminescenti e *Artemia salina*) sono indicati per le acque marine o salmastre;
- è riportato il saggio algale per le acque dolci (*S. capricornutum*) ma non è segnalato il corrispettivo saggio per le acque marine nonostante che da anni vengano utilizzati in ambito nazionale saggi algali con organismi marini quali *Dunaliella tertiolecta* e *Phaeodactylum tricornutum* (IRSA, 1978; SBRILLI *et al.*, 1998);
- il saggio con il crostaceo *A. salina* presenta scarsa sensibilità (SBRILLI *et al.*, 1995) e dovrebbe essere sostituito con un altro organismo più sensibile; a tal fine è opportuno ricordare le metodiche IRSA relative all'utilizzo del crostaceo *Mysidopsis bahia* (IRSA, 1996; IRSA, 1998).

La tabella 4 dell'allegato 5 contiene i limiti di emissione delle acque di scarico sul suolo (Tab. I). Il parametro n. 38 riporta il saggio di tossicità (che, a differenza della tabella 3, è definito "saggio di tossicità su *Daphnia magna*") e riporta l'unità di misura espressa come LC50^{24h} (nella tabella 3 l'unità di misura non è indicata). L'unità di misura, espressa correttamente in termini matematici (LC50^{24h}), non è confrontabile con il valore limite che è espresso in forma descrittiva e non prevede la determinazione della LC50^{24h}.

D. Lgs. 152/99, Allegato 1

Monitoraggio e classificazione delle acque superficiali

L'allegato 1 descrive le modalità per eseguire il monitoraggio dei corpi idrici, gli indicatori da adottare ed i parametri da determinare; esso contiene, inoltre, le tabelle da utilizzare per la classificazione delle acque sulla base dei parametri descrittivi. Di seguito, per ogni tipologia di corpo idrico, saranno richiamate le prove tossicologiche utilizzabili per la classificazione

delle acque e sarà valutato il peso esercitato dalla rilevazione dell'eventuale tossicità ambientale sull'attribuzione della classe di qualità ambientale.

Monitoraggio dei corsi d'acqua superficiali, dei laghi e dei sedimenti

Nella tabella II sono riportate le prove di tossicità indicate dal Decreto Legislativo per la valutazione della tossicità delle acque dolci superficiali. Il dettato normativo considera però le prove suddette come "...supplementari, non obbligatorie, da eseguire a giudizio dell'Autorità che effettua il monitoraggio, per un'analisi più approfondita delle cause del degrado del corpo idrico...".

Nella tabella II sono riportate anche le prove di tossicità indicate dal Decreto per la determinazione della eventuale presenza di tossicità nei sedimenti. Anche per quest'ultime il legislatore riserva la seguente precisazione "...si potranno effettuare soltanto qualora sia necessaria un'analisi più approfondita volta ad evidenziare gli effetti tossici a breve o a lungo termine...".

Per quanto riguarda la matrice acqua, l'allegato 1, punto 3.2.1 riporta le metodologie da adottare in maniera generica (ad eccezione dell'indicazione specifica di *D. magna*) mentre, per quanto riguarda la matrice sedimento, il suddetto allegato riporta una lista accurata di specie da utilizzare oltre ai batteri luminescenti.

Il Decreto sottovaluta l'importanza di eseguire le prove di tossicità durante le fasi iniziali del monitoraggio, ignorando l'importanza delle informazioni che, ad esempio, il saggio algale consentirebbe di ottenere qualora fosse utilizzato nel monitoraggio dei corpi idrici. La prova di crescita algale non si limita a rilevare l'eventuale presenza di tossicità cronica, ma permette anche di determinare il fattore limitante la crescita algale, le concentrazioni di nutrienti biodisponibili e una classificazione dello stato trofico delle acque (EPA, 1978, IRSA, 1978; SBRILLI *et al.*, 1999).

Classificazione dei corsi d'acqua superficiali e dei laghi

Nell'allegato 1, ai punti 3.2.3. e 3.3.3. sono descritti i sistemi per la classificazione dei corsi d'acqua e dei laghi. Il primo passaggio della classificazione è la determinazione dello "stato ecologico" (Tab. II); l'eventuale determinazione della concentrazione degli inquinanti chimici consente di ottenere la definizione dello "stato ambientale".

Se lo stato ambientale risulta inferiore a *buono*, devono essere effettuati accertamenti successivi rivolti alla individuazione delle cause del degrado; in questo contesto si inserisce la ricerca di eventuali effetti di tipo tossico.

Tab. II. D. Lgs. n. 152, 11 maggio 1999, allegato n. 1, punto n. 3. Monitoraggio e classificazione delle acque superficiali (gli organismi indicati dalla normativa sono riportati in *corsivo*; le aggiunte dell'autore sono riportate in **grassetto**).

punto 3.4.1 Indicatori di qualità e analisi da effettuare per corsi d'acqua e laghi	
Prove di tossicità per le ACQUE	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Test di tossicità su campioni acquosi concentrati su <i>Daphnia magna</i>;</i> • <i>Test di mutagenicità e teratogenesi su campioni acquosi concentrati;</i> • <i>Test di crescita algale;</i> • <i>Test su campioni acquosi concentrati con batteri luminescenti.</i>
Prove di tossicità per i SEDIMENTI	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Oncorhynchus mykiss,</i> • <i>Daphnia magna;</i> • <i>Ceriodaphnia dubia;</i> • <i>Chironomus tentans e C. riparius;</i> • <i>Selenastrum capricornutum</i> • Batteri luminescenti

punti 3.2.3 e 3.3.3. Classificazione corsi d'acqua e laghi Determinazione dello stato ambientale					
Stato ecologico	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Concentrazione inquinanti chimici di cui alla tab. 1					
≤ Valore soglia	ELEVATO	BUONO	SUFFICIENTE	SCADENTE	PESSIMO
≥ Valore soglia	SCADENTE	SCADENTE	SCADENTE	SCADENTE	PESSIMO
Presenza di Tossicità			SCADENTE	SCADENTE	PESSIMO

L'evidenziazione di situazioni di tossicità nelle acque o nei sedimenti determina l'attribuzione dello stato ambientale SCADENTE. Di conseguenza la rilevazione della tossicità determina il passaggio dallo stato di SUFFICIENTE a quello di SCADENTE

L'evidenziazione di situazioni di tossicità nelle acque o nei sedimenti determina l'attribuzione dello stato ambientale *scadente*.

In sintesi la rilevazione della tossicità determina il passaggio dallo stato di *sufficiente* a quello di *scadente* (Tab. II).

Monitoraggio e classificazione delle acque costiere e dei sedimenti marini

Nella tabella III sono riportate le prove indicate dal Decreto Legislativo per la valutazione della tossicità delle acque costiere e dei sedimenti marini. Anche in questo caso il legislatore considera le prove suddette subordinate ed integrative rispetto ai parametri chimici necessari per la classificazione delle acque.

L'individuazione delle specie è omessa; è indicata una generica preferenza all'uso di metodi standardizzati o specie autoctone.

I saggi biologici sui sedimenti sono considerati *non prioritari* nel testo della normativa (allegato 1, punto 3.4.1.3); tale affermazione risulta in evidente contrasto con la tabella 15 dell'allegato 1 che, riportando le analisi considerate prioritarie nei sedimenti, comprende "i saggi biologici su diversi gruppi tassonomici".

Nella tabella III è riportato il sistema di classificazione delle acque marine, secondo le indicazioni riportate

nel punto 3.4.3 dell'allegato 1; la rilevazione di tossicità nelle acque o nei sedimenti determina il passaggio allo stato di *scadente*. Per quanto riguarda il monitoraggio biologico delle acque marine-costiere è opportuno tenere presente la notevole quantità di informazioni ottenibile mediante l'utilizzo del saggio algale. La metodologia è stata sperimentata nel controllo delle acque costiere della Regione Toscana, fornendo utili indicazioni relative allo stato trofico delle acque e all'eventuale presenza di tossicità (Sbrilli *et al.* (1999). La metodologia di saggio algale si presenta anche come semplice e sensibile strumento di classificazione delle acque (SBRILLI *et al.*, 2000).

Monitoraggio e classificazione delle acque di transizione

Per acque di transizione s'intendono gli ambienti acquatici costieri dove avviene il mescolamento delle acque dolci provenienti da terra e l'acqua di mare. Oltre alle zone d'estuario, le acque di transizione possono essere presenti in lagune, golfi, porti, canali artificiali.

Nella tabella IV sono riportate le prove indicate dal Decreto Legislativo per la valutazione della tossicità delle acque di transizione. L'allegato 1, punto 3.5, non indica alcuna prova di tossicità utilizzabile per il moni-

toraggio della matrice acqua; considerando che le aree di transizione sono spesso soggette ad un debole ricambio idrico e, quindi, particolarmente sensibili agli effetti tossici, questa carenza risulta particolarmente grave. Il punto 3.5.2 richiama, per i sedimenti, gli indicatori riportati nella tabella 15 la quale include anche i saggi biologici. Per il controllo della tossicità

dei sedimenti delle aree di transizione sono utilizzati gli organismi di ambienti salmastri già indicati per il monitoraggio dei sedimenti marini.

Secondo quanto riportato nel punto 3.5.4 la rilevazione della tossicità nei sedimenti delle zone di transizione determina il passaggio allo stato di *scadente*.

Tab. III. D. Lgs. n. 152, 11 maggio 1999, allegato n. 1, punto n. 3. Monitoraggio e classificazione delle acque marine costiere (gli organismi indicati dalla normativa sono riportati in *corsivo*; le aggiunte dell'autore sono riportate in **grassetto**).

punto 3.4.1 Indicatori di qualità e analisi da effettuare per acque marine costiere	
Prove di tossicità per le ACQUE	<i>Opportuni saggi a breve o lungo termine, su specie selezionate appartenenti a diversi gruppi tassonomici, privilegiando le specie autoctone o quelle per le quali esistano dei protocolli standardizzati</i>
Prove di tossicità per i SEDIMENTI	<i>Saggi biologici su diversi gruppi tassonomici</i>

punto 3.4.3 Classificazione acque marine costiere Determinazione dello stato ambientale				
Stato ambientale	Stato ELEVATO	Stato BUONO	Stato MEDIocre	Stato SCADENTE
Indice di trofia	2 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 8
Presenza di Tossicità		Stato SCADENTE	Stato SCADENTE	Stato SCADENTE

La rilevazione di tossicità nelle acque o nei sedimenti determina il passaggio dallo stato di BUONO o MEDIocre a quello di SCADENTE.

Tab. IV. D. Lgs. n. 152, 11 maggio 1999, allegato n. 1, punto n. 3. Monitoraggio e classificazione delle acque di transizione (gli organismi indicati dalla normativa sono riportati in *corsivo*; le aggiunte dell'autore sono riportate in **grassetto**).

punto 3.5.2 Indicatori di qualità e analisi da effettuare nei sedimenti delle acque di transizione	
ACQUE	<i>Non specificato</i>
SEDIMENTI	<i>Saggi biologici su diversi gruppi tassonomici</i>

punto 3.5.4 Classificazione acque di transizione Determinazione dello stato ambientale			
	Stato BUONO	Stato SUFFICIENTE	Stato SCADENTE
Giorni di anossia/anno per oltre il 30% della superficie	≤ 1	≤ 10	> 10
Presenza di Tossicità		Stato SCADENTE	Stato SCADENTE

La rilevazione di tossicità nelle acque o nei sedimenti determina il passaggio dallo stato di SUFFICIENTE a quello di SCADENTE.

Tab. V. D. Lgs. n. 152, 11 maggio 1999, allegato 1, punto 2.1.2 - Monitoraggio e classificazione delle acque in funzione degli obiettivi di qualità ambientale (il testo della normativa è riportato in *corsivo*).

- Capitolo 2.1.2
L'aggiornamento dei valori soglia per i principali inquinanti chimici riportati in tabella 1 e la definizione di quelli relativi ad altri composti non inclusi nella tabella, pubblicato con successivi decreti, sarà effettuato sulla base dei risultati relativi alle LC50 o EC50, risultanti dai test tossicologici su ognuno dei tre livelli trofici, ridotti con opportuni fattori di sicurezza e in base alle indicazioni fornite dall'Unione Europea

2. I CRITERI DI QUALITÀ ED I VALORI LIMITE

I valori limite per i principali contaminanti chimici contenuti nelle norme rivolte alla tutela delle acque sono dedotti da criteri di qualità stabiliti da istituzioni scientifiche di riferimento.

I criteri di qualità sono, di regola, valori espressi in concentrazione definiti con lo scopo di proteggere la vita acquatica e la salute umana. I valori limite differiscono dai criteri di qualità perché rappresentano un'entità legale.

La definizione dei criteri di qualità si basa essenzialmente sulle caratteristiche tossicologiche, sulla capacità di bioaccumulo e sulla persistenza dei composti chimici presi in esame (VIGHI, 1998; SCHROEDER J. *et al.*, 1998). L'importanza del ruolo affidato alla tossicologia nella definizione dei criteri di qualità è deducibile anche dalla lettura dell'Allegato 1 del D. Lgs. 152/99 (Tab. V).

Il controllo dei valori limite (come quelli riportati nelle numerose tabelle allegate al D. Lgs.), è invece prevalentemente effettuato per mezzo della determinazione chimico-analitica delle singole sostanze.

La prova di tossicità, strumento fondamentale per la definizione dei criteri, perde quindi importanza nelle successive fasi di controllo previste dal Decreto.

Le complesse risposte biologiche che un effluente può provocare negli ecosistemi acquatici dipendono dalle interazioni chimiche che la miscela di sostanze presenti nello scarico produce a contatto con le acque del ricettore. Le suddette risposte non sono prevedibili dalla sola conoscenza delle caratteristiche chimiche dello scarico, mentre possono essere evidenziate mediante le prove di tossicità.

Quest'ultima affermazione è confermata dal numero dei controlli, eseguiti dall'ARPAT-Servizio di Piombino in alcune aree industriali presenti sulla costa toscana, che rilevano la presenza di effetto tossico in acque di scarico il cui profilo chimico risulta compreso entro i limiti tabellari (Fig. 1).

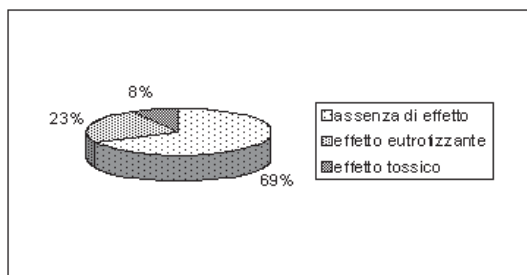


Fig. 1. Risultati del controllo tossicologico eseguito da ARPAT, Servizio di Piombino, e riguardante gli scarichi terminali di alcune aree industriali presenti nella costa toscana. Numero di controlli: 488; periodo di controllo: 1993-1998.

3. IL CONTROLLO ECOTOSSICOLOGICO DEGLI SCARICHI INDUSTRIALI

Considerare la prova di tossicità alla stregua di un qualsiasi parametro chimico-fisico per il controllo delle acque di scarico costituisce un modo improprio e riduttivo di utilizzare questo strumento d'indagine ambientale.

Tenendo presente l'importanza della tossicologia nell'individuare i criteri di qualità per singole sostanze, la caratterizzazione tossicologica di uno scarico potrebbe costituire la base per tutelare le acque riceventi individuando un criterio di qualità rivolto alla concentrazione massima ammissibile dello scarico nelle acque del ricettore (MACEK, 1985). In tal caso lo scarico sarebbe inteso come entità unitaria e, come tale, sottoposto ad essere diluito nel corpo idrico ricettore.

Conoscendo la tossicità globale di uno scarico potrebbe essere individuato un criterio sito-specifico, espresso come la concentrazione massima ammissibile del refluo nelle acque del corpo idrico ricettore in funzione della salvaguardia della vita acquatica.

Una regolamentazione delle acque di scarico rivolta a scongiurare il pericolo di effetti tossici nelle acque riceventi potrebbe comprendere, in fase di autorizzazione allo scarico, i seguenti passaggi:

1. *caratterizzazione tossicologica delle acque di scarico* - misura dell'eventuale effetto tossico riportata come valore di Concentrazione Efficace dello scarico (EC50);
2. *determinazione del criterio di qualità* - determinazione della concentrazione dello scarico nelle acque del ricettore che non deve essere superata per evitare il pericolo potenziale di effetti tossici sugli organismi del corpo idrico; tale valore potrebbe essere calcolato in base alle seguenti indicazioni (VIGHI, 1998):
 - disponendo di dati di tossicità acuta per un solo gruppo di organismi il valore di EC50 dovrà essere ridotto di un fattore 1000;
 - disponendo di dati di tossicità acuta per almeno 3 gruppi tassonomici relativi ai principali livelli trofici (ad esempio batteri, alghe, crostacei, pesci) il valore di EC50 dovrà essere ridotto di un fattore 100;
 - disponendo di dati di tossicità cronica per almeno 3 gruppi tassonomici relativi ai principali livelli trofici (ad esempio batteri, alghe, crostacei, pesci) il valore di EC50 dovrà essere ridotto di un fattore 10;
3. *individuazione della zona di mescolamento delle acque reflue nelle acque del ricettore* - la zona di mescolamento (mixing-zone) rappresenta un'area limitata del corpo idrico prossima allo scarico dove non saranno rispettati i criteri di qualità stabiliti per il resto del ricettore (EPA, 1991); la sua estensione dovrebbe essere stabilita dall'Autorità che esercita il controllo;
4. *individuazione della concentrazione dello sca-*

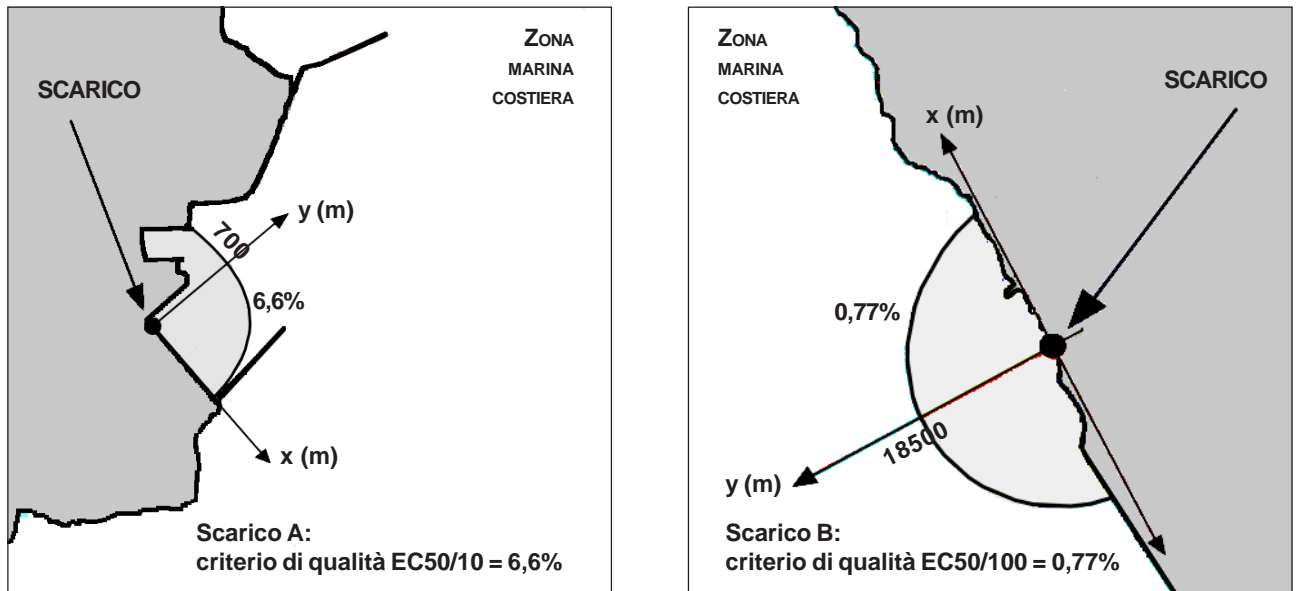


Fig. 2. Individuazione di un'area delimitata dalla concentrazione dello scarico corrispondente al criterio di qualità; all'interno gli organismi viventi sono sottoposti a pericolo potenziale dovuto alla tossicità dello scarico. Tale area dovrebbe essere confrontata con una predefinita zona di mescolamento. **A:** scarico con attività tossica di tipo cronico; **B:** scarico con attività tossica di tipo acuto.

rico nel corpo idrico ricettore - negli ambienti fluviali la concentrazione finale dello scarico nel corpo idrico è calcolata mediante il rapporto espresso in termini percentuali tra la portata dello scarico e la portata minima del fiume (PARKHURST and MOUNT, 1991); per le acque marine costiere l'uso di modelli fisico-matematici (JONES, *et al.*, 1996) consente di individuare, in via previsionale, la concentrazione del refluo in aree concentriche circostanti lo scarico;

5. confronto tra la concentrazione dello scarico nel ricettore ed il criterio di qualità - la concentrazione dello scarico nelle acque del ricettore che deve essere presa in considerazione ai fini della valutazione del pericolo potenziale è quella presente immediatamente all'esterno della zona di mescolamento. Tale concentrazione, espressa in termini percentuali, non dovrà superare il valore di concentrazione stabilito come criterio di qualità. Se la concentrazione dello scarico tende ad essere superiore al criterio di qualità dovranno essere applicati appropriati sistemi di abbattimento della tossicità con lo scopo di poter aumentare la concentrazione dello scarico massima ammissibile (corrispondente al criterio di qualità), oppure dovrà essere ridotta la portata dello scarico;

6. individuazione di limiti alla tossicità dello scarico - stabilita la portata massima dello scarico e individuata la zona di mescolamento, il valore di tossicità dello scarico - che costituisce la base per il calcolo della concentrazione massima ammissibile al limite esterno della zona di mescolamento (criterio di quali-

tà) - rappresenta il valore limite della tossicità (BUCCI e SBRILLI, 1994).

La procedura rivolta alla determinazione del criterio di qualità per gli scarichi industriali con attività tossica è stata messa in opera, in via sperimentale, dalla Provincia di Livorno e dall'ARPAT (PROVINCIA DI LIVORNO, ARPAT, 1999). A titolo di esempio nella figura 2 sono riportate due cartografie, in ciascuna delle quali è stata individuata un'area concentrica, a partire dal punto di scarico, delimitata dalla concentrazione dell'affluente corrispondente al criterio di qualità adottato. Lo specchio di mare compreso nell'area suddetta, dove la concentrazione dello scarico supera il criterio di qualità, è sottoposto al pericolo potenziale dovuto alla tossicità dello scarico. Tale zona dovrebbe essere confrontata con una zona di mescolamento preventivamente definita e, nel caso risultasse più estesa, dovrebbe essere ricondotta all'interno della zona di mescolamento mediante provvedimenti rivolti a ridurre la tossicità dello scarico oppure la sua portata.

CONCLUSIONI

L'obbligatorietà del controllo tossicologico delle acque di scarico, anche se non legato a provvedimenti sanzionatori, determinerà un notevole incremento dei controlli; questi ultimi prevedibilmente avranno, come unica conseguenza, la consapevolezza che, su scala nazionale, una certa percentuale degli scarichi idrici presenterà un effetto tossico (Fig. 1). Nessuna risposta potrà essere fornita riguardo alla presenza e al-

l'eventuale estensione del danno esercitato da tali scarichi sui rispettivi corpi idrici ricettori. Il problema, per le autorità che esercitano il controllo, di prendere seriamente in considerazione gli effetti che gli scarichi con attività tossica possono provocare nei corpi idrici ricettori risulterà, dunque, non più trascurabile.

L'approccio ecotossicologico contenuto nel D. Lgs. 152/99 e successive modifiche appare, rispetto ad alcuni sistemi di controllo presenti nello scenario normativo internazionale (EPA, 1991), ancora rudimentale e incapace di regolamentare gli scarichi tossici in funzione del rischio potenziale cui è sottoposto il corpo idrico ricettore. Di conseguenza, l'imposizione a ridurre l'effetto tossico di uno scarico al di sotto del valore

limite indicato nell'allegato 5, potrebbe in certi casi risultare insufficiente a scongiurare un danno all'ambiente idrico ricettore ed in altri casi risultare superflua, imponendo alle aziende che producono gli scarichi spese aggiuntive rivolte all'eliminazione di un effetto tossico che non rappresenta un pericolo per l'ecosistema ricettore.

L'approccio proposto al punto 3 rappresenta un tentativo di dimostrare che il controllo ecotossicologico su basi previsionali costituisce uno strumento di indagine ambientale con potenzialità notevolmente superiori a quelle attualmente conferite dalla normativa vigente ai test di tossicità.

BIBLIOGRAFIA

- BUCCI, M., SBRILLI G., 1994. Tossicità degli scarichi idrici. Proposta di approccio al controllo e criteri di valutazione. In: Azzoni, R. De Marco N., Sansoni G. (Eds.), Atti del Convegno "Dalla Tossicologia alla Ecotossicologia", Pordenone 16-17 settembre 1994: 139-144.
- EPA, 1978. *The Selenastrum capricornutum PRINTZ Algal Assay Bottle Test: Experimental Design, Application, and Data Interpretation Protocol*. Office of Research and Development. Environmental Research Laboratory - Corvallis, Oregon. EPA-600/9-78-018: pp. 125.
- EPA, 1985. *Short-Term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms*. Environmental Monitoring and Support Laboratory - Cincinnati, Ohio. EPA-600/4-85/014, 161 pp.
- EPA, 1991. *Technical support document for water quality-based toxics control*. Office of Water Enforcement and Permits. Office of Water Regulations and Standards. Washington. EPA/505/2/-90-001, 145 pp.
- IRSA, 1978. *Metodologia di saggio algale per lo studio della contaminazione delle acque marine*. IRSA-CNR, Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque n. 39 - IT ISSN 0390-6329. Milano, 104 pp.
- IRSA, 1996. *Metodo per la valutazione della tossicità acuta con Mysisopsis bahia*. Istituto di ricerca sulle acque - CNR: notiziario dei metodi analitici. Giugno 1996: 19-31.
- IRSA, 1998. *Metodo per test di tossicità cronica (7 giorni) con Mysisopsis bahia*. Notiziario dei metodi analitici. Istituto di Ricerca sulle Acque - CNR. Maggio 1998: 1-8.
- JONES, G.R., NASH J.D., JIRKA G.H., 1996. *Cormix3: an expert system for mixing zone analysis and prediction of buoyant surface discharges*. DeFrees Hydraulics Laboratory, School of Civil and Environmental Engineering-Cornel University-Ithaca, New York, 150 pp.
- GILLI G., 1998. L'inquinamento nei corpi idrici. *Verde Ambiente* 4: 28-32.
- MACEK K. J., 1985. Effluent evaluation. In: Rand G.M, Petrocelli S. R. (Eds.), *Fundamentals of aquatic toxicology*. Hemisphere Publishing Corporation: 636-649.
- PANTANI C., 1999. Sulle procedure di controllo tecnico degli scarichi e dei corpi idrici nel decreto n. 152/99. *Ambiente* 10: 971-976.
- PARKHURST B. R., MOUNT D. I., 1991. Water-quality-based approach to toxics control. *Water Environment & Technology* 12: 45-47.
- PROVINCIA DI LIVORNO, ARPAT, 1999. *Progetto multiregionale MONITOR denominato "Carico Tossico Complessivo immesso nell'ambiente marino dai singoli scarichi industriali nella Provincia di Livorno e sua distribuzione nell'ambiente marino costiero. Individuazione di limiti sito-specifici."* Provincia di Livorno, ARPAT, 64 pp.
- SBRILLI G., BUCCI M., BRILLI L., GAMBASSI F., 1995. Utilizzazione di test di tossicità nel controllo degli scarichi industriali. *Acqua Aria* 5: 539-548.
- SBRILLI G., LIMBERTI A., CALDINI G., CORSINI A., 1998. *Metodologia di saggio algale per il controllo dei corpi idrici e delle acque di scarico*. ARPAT - CEDIF, Serie Ricerche e Formazione, Quaderno n. 8. Firenze, 191 pp.
- SBRILLI G., BRILLI L., MILANI S., 1999. Utilizzazione del saggio algale per la valutazione della qualità delle acque marine costiere. *Acqua Aria* 3: 95-102.
- SBRILLI G., BRILLI L., MILANI S., 2000. La metodologia di saggio algale nel monitoraggio marino costiero e nella classificazione delle acque marine. *Biologi Italiani*, in corso di stampa.
- SCHROEDER J., GILRON G., CERF J., 1998. "Quanto è tossico?" Ovvero l'importanza della armonizzazione delle classificazioni di tossicità ambientale. *Acqua Aria*. 5: 81-83.
- VOLTERRA L., 1996. L'ecotossicologia come strumento di salvaguardia ambientale. Normativa straniera ed italiana. *Acqua Aria* 4: 365-369.
- VIGHI M., 1998. I criteri di qualità ambientale. In: Vighi M., Bacci E. (Eds) *Ecotossicologia*. UTET: 94-114.