# Provincia di Milano

Assessorato all'Ambiente

U. O. Tecnica Progetti Speciali


# Proposta metodologica per la determinazione degli standard di qualità dei terreni per la salvaguardia della qualità delle acque sotterranee.


**Gennaio 1995**

A cura di:

dott. geol. Guido Rosti
dott. geol. Luca Raffaelli
dott. geol. Fabio Colombo

## Premessa

La proposta di fissare gli standard qualitativi dei terreni appare quanto mai indispensabile, in quanto viene affrontato uno dei problemi di maggior interesse per la bonifica dei siti contaminati e, nel caso specifico, dell'area ex-Acna. Si deve in pratica dare una concreta risposta a due interrogativi: "dove" bisogna procedere a bonifica e " fino a quanto" spingersi nella bonifica medesima.

Va sottolineato che, a fronte della gravità della situazione e dell'urgenza di chiarimenti in merito, la normativa nazionale e regionale è del tutto carente e per tale motivo molto spesso gli operatori del settore sono stati costretti a fare riferimento a normative straniere, ad esempio le tabelle olandesi che sono state concepite per una realtà del tutto differente dalla nostra.

In data 21/03/1994 l'U.O. Tecnica Progetti Speciali della Provincia di Milano, avanzava alla Commissione Tecnica Regionale per la bonifica dell'area ex-Acna, alcune proposte riguardanti una prima ipotesi di standardizzazione delle procedure per il controllo della qualità dei terreni ai fini della bonifica, desunta dalla bibliografia esistente e basata sulla valutazione del rischio idrogeologico.

A seguito di questa proposta veniva costituito, in seno a tale Commissione, il Sottogruppo tecnico composto da: prof. Mantica e prof. Francani (Politecnico di Milano), dott. Cozzupoli (USSL 67), dott. Jean (USSL 75/VI), arch. Conti (Regione Lombardia, Servizio Sanità e Igiene), dott.ssa Chierici (Regione Lombardia), dott.ssa Dotti (PMIP di Parabiago), dott. Rosti e dott. Raffaelli per la Provincia di Milano.

Il Sottogruppo ha abbozzato una nuova proposta ricercando anche nella normativa nazionale vigente alcuni riferimenti di legge di possibile utilizzo, cercando di concordare sia l'esigenza di disporre di riferimenti numerici fissi che di salvaguardare la qualità delle acque sotterranee attraverso una valutazione del rischio di contaminazione.

Tale proposta è stata presentata all'attenzione della Commissione Tecnica Regionale la quale non si è mai espressa ufficialmente, se si escludono alcune considerazioni presentate dalla Sezione di Geologia Ambientale del PMIP di Milano, a firma del dott. Rotondaro, nelle quali si esprime accordo con la

metodologia di salvaguardia della falda proposta dalla Provincia di Milano, mentre si nutrono delle perplessità riguardo alla individuazione di limiti fissi che sono tratti dalla normativa nazionale riguardante altre problematiche e adattati a definire la qualità dei terreni.

La Commissione Tecnica Regionale per la bonifica dell'area ex-Acna nella riunione del 22/12/1994 e nella comunicazione della Regione Lombardia Settore Sanità e Igiene alla Provincia di Milano U.O. Tecnica Progetti Speciali del 28/12/1994 ha successivamente "... *individuato la Provincia quale Ente competente per quanto riguarda gli standard di qualità dei terreni ai fini della bonifica...*" e la stessa è stata "... *invitata ad individuare tali parametri sulla base delle proposte elaborate dal Sottogruppo di lavoro..., onde consentire di fornire alle aziende proprietarie dei terreni le necessarie indicazioni per le opere di bonifica da eseguire.*"

Tutto ciò premesso, poiché è impellente la necessità di fornire dei riferimenti tecnici precisi sui quali le ditte interessate possano correttamente impostare gli eventuali progetti di bonifica, in via transitoria e sperimentale, in attesa di una normativa nazionale al riguardo, si ritiene doveroso accettare la gravosa responsabilità di cui sopra riformulando una proposta metodologica pur negli strettissimi tempi disponibili. Tale proposta, che si riferisce unicamente alla salvaguardia della qualità delle acque sotterranee e che si origina in parte dal documento scaturito dal Sottogruppo tecnico, si prefigge di essere uno strumento sufficientemente cautelativo per la salvaguardia della qualità delle acque sotterranee e concretamente utilizzabile dagli operatori del settore.

## Indirizzi metodologici previsti dalle normative esistenti

Le normative europee si focalizzano essenzialmente sull'assunzione di tabelle numeriche fisse basate sulla destinazione d'uso, in cui gli standard qualitativi del terreno non considerano le caratteristiche idrogeologiche dell'area.

Un indirizzo metodologicamente differente, assunto dalla U.S.E.P.A. (Agenzia per la protezione ambientale degli Stati Uniti, 1990) e adottato da alcuni stati americani, privilegia l'aspetto legato alla protezione della qualità delle acque sotterranee. Secondo questa impostazione non risulta di interesse preponderante il valore massimo assunto dalla concentrazione di inquinante contenuta nel terreno ma piuttosto la sua potenzialità di alterare le caratteristiche qualitative della sottostante falda fino al superamento delle concentrazioni massime ammissibili per un suo uso idropotabile.

In Italia possiamo citare proposte avanzate da consulenti della Regione Piemonte (IPLA, Golder Associates Geoanalysis, 1993), dal Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche presso il CNR (Beretta, Francani, Fumagalli, 1994) e da esperti delle Regioni Emilia Romagna e Toscana.

Le proposte presentate fino ad oggi dalle Regioni forniscono risposte di tipo semi quantitativo, mentre quella recentemente elaborata in sede di CNR ha un approccio di tipo deterministico.

Considerata la particolare situazione lombarda, si ritiene che il procedimento metodologico che si propone in questo documento possa consentire di pervenire a una soddisfacente soluzione del problema, in quanto riassume i vantaggi delle due tecniche di approccio.

Si è ritenuto infatti in questo modo di poter raggiungere l'obiettivo sicuramente auspicabile di individuare con una certa precisione da un lato i terreni da bonificare e dall'altro il livello di decontaminazione minimo ammissibile in considerazione sia delle caratteristiche dell'intorno idrogeologico sia del comportamento chimico-fisico dei contaminanti stessi, garantendo in particolare la salvaguardia della qualità delle acque sotterranee presenti nell'area.

La metodologia proposta, applicabile in prima istanza al caso ex-Acna, successivamente, sulla base dei risultati conseguiti, potrà essere estesa ad

altri siti contaminati presenti nel territorio lombardo, garantendo a tutti gli interessati una metodica univoca di riferimento.

## Proposta operativa

Obiettivo primario della presente proposta è quindi la definizione in via transitoria e sperimentale, in attesa di una apposita normativa nazionale, di standard di riferimento e della relativa metodologia applicativa per una corretta valutazione della qualità dei terreni ai fini della bonifica con obiettivo la salvaguardia della qualità delle acque sotterranee.

Le operazioni da effettuare sono riassunte nel diagramma di flusso (Figura 1) di seguito illustrato. Per quanto concerne in particolare il dettaglio relativo alla definizione sia dei limiti tabellari che delle procedure di analisi del rischio idrogeologico, si rimanda rispettivamente agli ALLEGATI 1 e 2.

### 1. Accertamenti preliminari.

L'obiettivo di questa fase è quello di determinare la tipologia della contaminazione, le concentrazioni massime, la massa contaminante e l'estensione della contaminazione nelle tre direzioni.

Una volta identificati con le tradizionali tecniche di indagine i centri di pericolo per la qualità delle acque sotterranee, questi andranno caratterizzati da un punto di vista sia idrogeologico, fornendo un quadro di massima sulla base dei dati esistenti, che chimico, realizzando appositi sondaggi e/o assaggi di terreno da sottoporre ad accertamenti analitici.

I passi successivi sono differenziati a seconda dei "bersagli" che si vuole analizzare e che in questo documento sono stati divisi in due specifiche categorie:

- bersaglio salute e ambiente;

- bersaglio acque sotterranee.

*A. Bersaglio salute e ambiente.*

L'analisi viene effettuata attraverso la valutazione degli effetti degli inquinanti presenti nel sito su: aria, acque superficiali, fauna, vegetazione, uomo, etc. .

Viste le competenze specifiche richieste per l'analisi di tali problematiche, non si sono definite le procedure da utilizzare e i limiti da rispettare, rimandandone l'approccio a tecnici di idonea e specifica professionalità.

*B. Bersaglio qualità delle acque sotterranee.*

Il bersaglio qualità delle acque sotterranee costituisce l'obiettivo prioritario di questo documento. Tutte le fasi della procedura individuata sono di seguito illustrate.

Una precisazione estremamente importante riguardo al fatto che tali procedure considerano unicamente gli effetti indotti dal sito in esame, tenuto conto quindi dell'eventuale stato di contaminazione della falda proveniente da monte.

## 2. Verifica della necessità di procedere alla bonifica.

Questa operazione viene compiuta sulla base del soddisfacimento o meno a diversi criteri stabiliti a priori.

Questi criteri riguardano:

- stato di contaminazione della falda sottostante (analisi dei piezometri a monte e a valle);
- stato di contaminazione del terreno non saturo (limiti tabellari - ALLEGATO 1);
- potenzialità della sorgente individuata di alterare lo stato qualitativo delle acque sotterranee (valutazione analitica di rischio - ALLEGATO 2).

## *2.1 Verifica dello stato di contaminazione delle acque sotterranee.*

La prima verifica che deve essere effettuata è quella finalizzata a stabilire se allo stato attuale delle conoscenze il sito oggetto di indagine produce una contaminazione rilevabile della falda sottostante.

Questa verifica è condotta attraverso l'analisi di acque di falda emunte da piezometri e/o pozzi posti a monte e a valle del sito.

Nel caso in cui le analisi delle acque di falda non evidenzino la sussistenza di uno stato di contaminazione che si origini dal sito in esame, dovrà essere attivata la fase di indagine successiva (punto 2.2).

In caso contrario si dovrà procedere direttamente alla stesura di un progetto di disinquinamento della falda e di bonifica dei terreni per la riduzione delle concentrazioni di inquinante, tale da raggiungere condizioni di sicurezza per la falda (paragrafo 3). Tale fase dovrà essere preceduta e supportata da una fase di indagine al fine di caratterizzare con esattezza i parametri necessari e la loro distribuzione areale al fine di predisporre un progetto di intervento il più possibile ottimale.

## *2.2 Verifica dello stato di contaminazione del terreno non saturo.*

Successivamente alle indagini sulla qualità delle acque sotterranee, attraverso un'opportuna maglia di carotaggi e/o assaggi, saranno prelevati una serie di campioni di terreno rappresentativi da sottoporre alle tradizionali analisi di laboratorio per definire la concentrazione degli inquinanti sia sul tal quale che sull'eluato.

Qualora i contaminanti presenti nei terreni siano in concentrazioni superiori a quelle previste (ALLEGATO 1), i terreni sono da considerarsi a rischio per quanto riguarda la possibilità di inquinamento delle acque di falda. Questo rischio dovrà essere successivamente quantificato in modo analitico secondo quanto previsto al punto 2.3.

Per concentrazioni inferiori ai limiti previsti, il sito in oggetto è da considerarsi non soggetto a bonifica per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici.

## 2.3 *Verifica della potenzialità della sorgente individuata di alterare lo stato qualitativo delle acque sotterranee.*

Questa fase rappresenta una valutazione analitica del rischio di alterazione della qualità delle acque sotterranee che utilizza una metodologia desunta dalla letteratura (Beretta, Francani, Fumagalli, 1994) (ALLEGATO 2).

Quale valore limite è stata considerata la CMA prevista dal D.P.R. 236/88, oppure dalle Linee Guida dell'OMS per i parametri non normati dalla legislazione italiana, ridotta di un fattore di sicurezza F.

Tale fattore varia in considerazione dell'eterogeneità del mezzo, della complessità della struttura idrogeologica del sito e del grado di conoscenza del comportamento chimico-fisico e biologico dell'inquinante; per questo motivo esso riveste un significato cautelativo nei confronti dei risultati ottenuti.

In particolare il fattore di sicurezza "F" assume i seguenti valori:

F = 1.5
- terreno assimilabile ad un monostrato relativamente omogeneo;
- comportamento chimico-fisico e biologico dell'inquinante conosciuto;

F = 2.0
- terreno assimilabile ad un monostrato relativamente omogeneo;
- comportamento chimico-fisico e biologico dell'inquinante poco conosciuto;

F = 2.5
- terreno assimilabile ad un monostrato eterogeneo e struttura idrogeologica ben riconoscibile;
- comportamento chimico-fisico e biologico dell'inquinante conosciuto;

F = 3.0
- terreno assimilabile ad un monostrato eterogeneo e struttura idrogeologica ben riconoscibile;
- comportamento chimico-fisico e biologico dell'inquinante poco conosciuto;

F = 4.0
- terreno assimilabile ad un multistrato eterogeneo e ricostruzione idrogeologica complessa;
- comportamento chimico-fisico e biologico dell'inquinante conosciuto;

F = 5.0
- terreno assimilabile ad un multistrato eterogeneo e ricostruzione idrogeologica complessa;
- comportamento chimico-fisico e biologico dell'inquinante poco conosciuto.

NOTE:

terreno rel. omogeneo: variazione della conducibilità idraulica < di 1 ordine di grandezza;
terreno eterogeneo: variazione della conducibilità idraulica > di 1 ordine di grandezza.

L'area ex-Acna, per il tipo di struttura idrogeologica, di eterogeneità del mezzo e per la tipologia dei contaminanti presenti, rientra nell'ultima categoria (F = 5).

Se dall'applicazione della valutazione analitica di rischio (ALLEGATO 2) la concentrazione delle acque sotterranee (C) risulterà modificata in modo tale da superare il limite di CMA/F si dovrà procedere alla bonifica del sito (paragrafo 3).

Al contrario se le concentrazioni risulteranno tali da non far superare tale limite, il sito potrà essere considerato in sicurezza da un punto di vista idrogeologico al termine di una fase di controllo della qualità delle acque di falda per un periodo adeguato (paragrafo 4).

## 3. Bonifica del sito.

Il progetto di decontaminazione dovrà innanzitutto raggiungere le condizioni di sicurezza per la qualità delle acque di falda, utilizzando metodiche ed interventi mirati al caso in esame (asportazione, lavaggio del terreno non saturo, biorisanamento, estrazione del gas interstiziale, etc.).

Tale obiettivo si riterrà raggiunto quando entrambe le seguenti condizioni saranno soddisfatte:

- i calcoli avranno consentito di pervenire alla ragionevole certezza che il rilascio di inquinanti nelle condizioni di maggiore infiltrazione, o di massimo sollevamento possibile della falda, siano tali da non produrre il superamento nelle acque di falda della concentrazione C < CMA/F;

- la concentrazione dell'inquinante nei piezometri a valle risulti minore di CMA.

In questo caso si avrà la conferma dell'avvenuto disinquinamento delle fonti soggette a intervento e di conseguenza dell'opportunità di interrompere le operazioni di bonifica e di iniziare la fase di controllo finale.

## 4. Fase di controllo.

La fase di controllo si applica a:

- siti sottoposti a operazioni di bonifica;
- siti caratterizzati da terreni che, pur non rispettando i limiti tabellari, rientrano nei limiti stabiliti dalla formulazione analitica del rischio idrogeologico.

Quest'ultima fase è costituita da una serie di verifiche analitiche sulle acque di falda nei piezometri e/o pozzi posti a monte e a valle dell'area in esame. Tali verifiche dovranno coprire una arco di tempo minimo pari a 6 mesi (prorogabile in funzione dell'andamento della bonifica e/o delle caratteristiche del sito) con campionamenti ed analisi a cadenza mensile.

Solo nel caso di esito positivo e continuato di questi controlli (C<CMA del D.P.R. 236/88 o delle Linee Guida dell'OMS per parametri non normati dalla legislazione italiana) potrà essere dichiarata conclusa l'attività di bonifica.

## Conclusioni

Come accennato in premessa, la proposta qui illustrata è stata formulata in tempi estremamente brevi e per una situazione, ex-Acna di Cesano Maderno, per la quale sono già in corso da tempo indagini, studi e progetti di interventi.

La sperimentazione delle metodiche proposte, all'interno di questa area così complessa sia dal punto di vista idrogeologico che dell'inquinamento, risulterà notevolmente significativa, consentendo di acquisire le eventuali indicazioni correttive necessarie ai fini di una sua applicazione ad altri casi di inquinamento, per poter anche giungere ad una definizione normativa ormai indispensabile da parte della Regione Lombardia.

## *Bibliografia sommaria*

*Beretta G.P., Francani V., Fumagalli L. (1994) - "La determinazione dei limiti della decontaminazione dei terreni non saturi ai fini della salvaguardia delle acque sotterranee." In Protezione e recupero delle acque sotterranee a cura di Francani e Beretta, Publ. n.1114 del GNDC, pp 213-249, Geo-Graph snc, Segrate.*

*Canadian Council of Ministers of the Envoironment (1991) - "Interim Canadian Environmental Qaulity Criteria for Contaminated Sites." CCME EPC-CS34.*

*Donigian A., Lo R., Shanahan L. (1983) - "Rapid assessment of potential groundwater contamination under emergency response conditions." EPA-600/8-83-030, Washington D.C..*

*IPLA, Golder Associates Geoanalysis (1993) - "Programma pluriennale per la redazione di una prima normativa tecnica sui criteri di bonifica di terreni contaminati." Regione Piemonte.*

*Moen J.E.T. et Al. (1986) - "Soil protection and remedial action: criteria for decision making and standardization of requirements." Contaminated Soil-First International TNO Conference on Contaminated Soil, Martinus Nijhoff Publishers.*

*Moen J.E.T. et Al. (1988) - "Soil protection in the Nethederlands." Contaminated Soil '88 - Second International TNO Conference on Contaminated Soil, Kluver Academic Publishers.*

*Repubblica Italiana (1976) - L.10/5/76 n.319 e successive modifiche: "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento."*

*Repubblica Italiana (1982) - D.P.R. 10/9/1982 n.915: "Attuazione delle direttive CEE n.75/442 relative ai rifiuti, n.76/403 relative allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili e n.78/319 relative ai rifiuti tossico-nocivi."*

*Repubblica Italiana (1984) - Deliberazione 27/7/1984 del Comitato Interministeriale: "Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del D.P.R. 10/9/1982 n.915 concernente lo smaltimento dei rifiuti."*

*Repubblica Italiana (1986) - Deliberazione 14/7/1986 del Comitato Interministeriale: "Modificazioni e integrazioni alle disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del D.P.R.915/82."*

*Repubblica Italiana (1988) - D.P.R. 24/5/1988 n.236: "Attuazione direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano."*

*Repubblica Italiana (1993) - Decreto Ministeriale 16/02/1993 n.50 :"Modificazioni ed integrazioni ai Decreti Ministeriali 3/12/1985 e 20/12/1989 sulla classificazione e la disciplina dell'imballaggio e dell'etichettatura delle sostanze pericolose, in attuazione delle direttive emanate dal Consilio e dalle Commissioni delle Comunità europee."*

*U.K. Interdepartmental Comitee on the Redevelopment of Contaminated Land (1983 e aggiornamento 1987) - "Guidance 59/83 on the Assessment and Redevelopment of Contaminated Land."*

*U.S.E.P.A. (1990) - "Corrective Action for Solid Waste Management Units at Hazardous Waste Management Facilities." US Federal Register, vol.55, n. 145.*

*van der Berg R. (1992) - "Risk assessment of contaminated soil: Proposal for adjusted, toxicologically based Dutch soil cleanup criteria."*

*WHO (1992) - "Revision of the WHO Guidelines for drinking water quality." Geneve.*

## ALLEGATO 1: LIMITI TABELLARI.

Il primo filtro per stabilire se un terreno sia da bonificare, posto che non sussistano evidenze che sia in atto una contaminazione della falda (analisi dei piezometri monte e valle), viene costituito da limiti tabellari. Si tratta di tabelle che elencano tutte le sostanze per le quali sono fissati dei valori massimi ripresi dalla normativa vigente. Tali valori, opportunamente corretti come illustrato più oltre, permettono di definire i limiti al superamento dei quali occorre intensificare gli accertamenti al fine di valutare il reale rischio di contaminazione delle acque sotterranee.

Le tabelle qui presentate riportano integralmente quanto elaborato dal Sottogruppo tecnico per il caso ex-Acna, citato nella premessa, sia per quanto concerne le sostanze considerate che i criteri adottati per la determinazione dei limiti.

Nel caso di contaminazione da parte di eventuali altre sostanze che non compaiono nelle tabelle, i limiti saranno calcolati di volta in volta dagli Enti di controllo in base ai criteri sotto individuati.

Le tabelle di seguito riportate contengono valori, per le singole sostanze ricercate nell'area ex-Acna, che è stato possibile desumere da alcune normative vigenti in materia ambientale e che si riferiscono ad altre finalità (rifiuti, scarichi, acque potabili, etc.) . Esse sono:

- D.P.R. 915/82, D.C.I. 27/07/84 e D.M. 50/93 per i limiti del terreno tal quale;
- Legge 319/76 - Tab. A e D.P.R. 236/88 per i limiti dell'eluato.

I limiti, sia per il terreno tal quale che per l'eluato, che dovranno essere congiuntamente soddisfatti, sono ricavati a partire dai valori tabellari sopracitati introducendo specifici fattori correttivi ritenuti adeguati per adattarli allo scopo prefissato.

Resta inteso che tutti i limiti individuati riguardano la bonifica dei terreni contaminati, mentre per quanto riguarda i cumuli di rifiuti, essi devono essere bonificati e smaltiti, ai sensi delle norme vigenti per i rifiuti.

Per le metodiche di campionamento si fa riferimento al documento presentato dal Gruppo dei geologi e dai Chimici e approvato dalla Commissione tecnica Regionale per la bonifica dell'area ex-Acna.

I criteri seguiti dal Sottogruppo per definire tali limiti sono stati i seguenti:

*A: terreno tal quale.*

Per quasi tutte le sostanze (Tabella 2a-g) viene fissato come partenza il valore di 1/100 della concentrazione limite (CL) per la classificazione dei rifiuti, desunta dalle tabelle 1.1, 1.2 e dal paragrafo 4.2.3.2 della Deliberazione del Comitato Interministeriale del 27/07/84 (D.P.R. 915/82) e dal Decreto Ministeriale riguardante la legislazione sull'etichettatura delle sostanze pericolose (D.M. 50/93).

La classificazione stabilita da quest'ultimo Decreto Ministeriale è riportata in Tabella 2a-g sulla prima colonna, con classi da 1 a 6; il limite numerico è riportato invece in Tabella 1.

Il valore massimo da rispettare per ogni classe si riferisce alla sommatoria delle concentrazioni delle singole sostanze, rinvenute nel sito in oggetto, appartenenti alla stessa classe.

Qualora la contaminazione sia dovuta a sostanze appartenenti a classi differenti, si procede nel seguente modo:

1. si effettua la somma delle concentrazioni di tutte le sostanze individuate;

2. si effettua quindi la somma delle concentrazioni limite (CL , Tabella 1) per le classi rinvenute divise per 100;

3. il rapporto fra il valore ottenuto dalla prima somma e quello della seconda dovrà essere inferiore a 3.

Per i metalli il limite di seguito riportato in Tabella 3, corrisponde a quello della tabella 1.1. della D.C.I. del 27/07/1984, dove sono indicate le concentrazioni limite per la classificazione dei rifiuti speciali in tossici e nocivi.

Per i metalli tossici il limite di seguito riportato in Tabella 4, corrisponde a quello della tabella 3.3. della D.C.I. del 27/07/1984, dove sono indicate le concentrazioni limite di metalli presenti nei terreni naturali che ricevono il compost.

Si precisa che per tutti i terreni da analizzare i valori si riferiscono a campioni puntuali della frazione fine inferiore a 2 mm, mentre le concentrazioni espresse sono riferite al terreno secco non vagliato.

*B: eluato.*

Il test di cessione viene effettuato in accordo con quanto previsto dall'Allegato alla Deliberazione del 14/7/1986 "Modificazioni edintegrazioni alle disposizioni per la prima applicazione dell'art.4 del D.P.R.915/82".

Per quasi tutte le altre sostanze viene utilizzato il criterio di considerare i seguenti valori limite per l'eluato:

- 10 volte la CMA riportata nel D.P.R. 236/88;

- 10 volte la concentrazione indicata dall'O.M.S. (*), per le sostanze non normate dal precedente D.P.R.;

- il limite più basso previsto per la stessa classe tossicologica di appartenenza (D.C.I. 27/7/84) per le sostanze non contemplate neanche dall'O.M.S.

*(*) Per quanto riguarda i valori guida dell'O.M.S. si rimanda alla consultazione della specifica bibliografia aggiornata (WHO, 1992).*

Per i soli metalli tossici viene proposto come limite quello della tabella A della L. 319/76, valore sufficientemente cautelativo se rapportato alla CMA del DPR 236/88. Infatti il rapporto Tab. A/CMA del DPR 236/88, per i metalli tossici, è mediamente 4, valore basso rispetto ai rapporti delle altre sostanze (da 10 a 30).

Nelle tabelle allegate (Tabella 2 a-g) vengono riportati i valori della C.M.A. del D.P.R. 236/88 per le sostanze finora ricercate nell'area ex ACNA, riordinate per famiglie.

Tabella 1

| Categorie del D.C.I. 27/07/1984 | Classificazione | C.L. (mg/kg) D.C.I. 27/07/1984 |
|---|---|---|
| Molto Tossiche con effetti cumulativi | Classe 1 | 100 |
| Molto Tossiche | Classe 2 | 500 |
| Tossiche con effetti cumulativi | Classe 3 | 1.000 |
| Tossiche | Classe 4 | 5.000 |
| Nocive con effetti cumulativi | Classe 5 | 10.000 |
| Nocive | Classe 6 | 50.000 |

Tabella 2a

| Ammine | D.M. | L.319/76 | D.P.R. |
|---|---|---|---|
| | 50/93 | Tab. A (mg/l) | 236/88 (mg/l) |
| 1,3-Fenilendiammina | Classe 4 | | |
| 1-Naftilammina | Classe 6 | | |
| 2,4,5,-Tricloroanilina | Classe 3 | | |
| 2,4-Dicloroanilina | Classe 3 | | |
| 2,4-Dinitroanilina | Classe 1 | | |
| 2-Cloro-4-Nitroanilina | Classe 1 | | |
| 2-Cloro-5-Nitroanilina | Classe 1 | | |
| 2-Naftilammina | Classe 3 | | |
| 3,3'-Diclorobenzidina | Classe 3 | | |
| 3,3-Dimetilanicina | Classe 3 | | |
| 3-Cloroanilina | Classe 3 | | |
| 4-Cloro-2-Nitroanilina | Classe 1 | | |
| 4-Cloroanilina / P | Classe 3 | | |
| 4-P-Nitroanilina | Classe 3 | | |
| Anilina | Classe 3 | | |
| Benzidina | Classe 3 | | |
| Difenilammina | Classe 3 | | |
| Dimetilbenzidina | Classe 3 | | |
| Dimetossibenzidina | Calsse 3 | | |
| N,N'-Dimetilanilina | Classe 1 | | |
| N,N-Dietilanilina | Classe 1 | | |
| N-Etilanilina | | | |
| O-Anisidina | Classe 1 | | |
| O-Fenetidina | Classe 3 | | |
| O-Toluidina | Classe 3 | | |
| P-Anisidina | Classe 1 | | |
| P-Toluidina | Classe 3 | | |

**Tabella 2b**

| Pesticidi | D.M. | L.319/76 | D.P.R. |
|---|---|---|---|
| | 50/93 | Tab. A (mg/l) | 236/88 (mg/l) |
| - Endos | Classe 4 | | |
| Alaclor | Classe 5 | | |
| Aldrin | Classe 3 | | |
| Ametrina | Classe 6 | | 0,0001 |
| Atrazina | | | 0,0001 |
| Captan | Classe 5 | | |
| Dieldrin | Classe 1 | | |
| Endosul-So | | | |
| Endrin | Classe 2 | | |
| Eptac-Epos | Classe 3 | | |
| Eptacloro | Classe 3 | | |
| HCH α, β, γ, δ | | | |
| Molinate | | | 0,0001 |
| OP-DDT | Classe 3 | | |
| OP-TDE | | | |
| PP-DDD | | | |
| PP-DDE | | | |
| PP-DDT | Classe 3 | | |
| Propazina | | | 0,0001 |
| Quintozene | | | |
| Simazina | | | 0,0001 |
| Tris1-2 | Classe 6 | | |

**Tabella 2c**

| Fenoli | D.M. | L.319/76 | D.P.R. |
|---|---|---|---|
| | 50/93 | Tab. A (mg/l) | 236/88 (mg/l) |
| 2,4,6-Triclorofenolo | Classe 5 | | |
| 2,4-Diclorofenolo | Classe 6 | | |
| 2-Clorofenolo | Classe 6 | | |
| 2-Nitrofenolo | Classe 5 | | |
| 4,6-Dinitro-O-Cresolo | | | |
| 4-Cloro-3-Metilfenolo | | | |
| 4-Nitrofenolo | Classe 5 | | |
| Clorofenoli | Classe 6 | | |
| Fenolo | Classe 6 | 0,5 | 0,0005 |
| Metil-Cloro-Fenoli | | | |
| Naftoli | Classe 6 | | |
| Nitrofenoli | Classe 5 | | |
| Pentaclorofenoli | Classe 4 | | |
| Tretraclorofenoli | Classe 4 | | |

**Tabella 2d**

| Derivati Nitroclorobenzene | D.M. | L.319/76 | D.P.R. |
|---|---|---|---|
| | 50/93 | Tab. A (mg/l) | 236/88 (mg/l) |
| 1,2,3-Triclorobenzene | | | |
| 1,2,4-Triclorobenzene | | | |
| 1,3,5- Triclorobenzene | | | |
| Chlorobenzene | Classe 6 | | |
| Cloronitrobenzene | Classe 3 | | |
| Diclorobenzene | Classe 6 | | |
| Dicloronitrobenzeni | | | |
| Dinitroclorobenzene | Classe 3 | | |
| Esaclorobenzene | Classe 3 | | |
| Esaclorobutadiene | | | |
| I.P.A. (totali) | | | 0,0002 |
| N-Propilbenzene | Classe 6 | | |
| Nitrobenzeni | Classe 1 | | |
| Pentaclorobutadieni | | | |
| Tetraclorobenzene | | | |
| Tetraclorobutadieni | | | |

**Tabella 2e**

| Composti Organo-alogenati | D.M. | L.319/76 | D.P.R. |
|---|---|---|---|
| | 50/93 | Tab. A (mg/l) | 236/88 (mg/l) |
| 1,1,1,2-Tetracloroetano | | | |
| 1,1,2-Tricloroetano | Classe 6 | | |
| 1,2- Dicloroetano | Classe 3 | | |
| 1,2-Dicloropropano | Classe 6 | | |
| 11,22- Tetracloroetano | Classe 1 | | |
| Bromodiclorometano | | | |
| Bromoformio | Classe 4 | | |
| Cloroformio | Classe 5 | | |
| Cloruro di metilene | Classe 5 | | |
| Dibromomonoclorometano | | | |
| Diclorometano | | | |
| Esaclorobutano | | | |
| Esacloroetano | | | |
| Freon | | | |
| Freon 113 | | | |
| Metilcloroformio | Classe 6 | | |
| Monobromodiclorometano | | | |
| Pentaclorociclopropano | | | |
| Pentacloroetano | Classe 3 | | |
| Tetracloroetilene | Classe 5 | | |
| Tetracloropropano | | | |
| Tetraclorurocarbonio | Classe 3 | | |
| Tricloroetilene | Classe 5 | | |
| Triclorofluorometano | | | |

**Tabella 2f**

| Composti Aromatici | D.M. | L.319/76 | D.P.R. |
|---|---|---|---|
| | 50/93 | Tab. A (mg/l) | 236/88 (mg/l) |
| Benzene | Classe 3 | | |
| Etilbenzene | Classe 6 | | |
| Isopropilbenzene | Classe 6 | | |
| Toluene | Classe 6 | | |
| Xileni | Classe 6 | | |

**Tabella 2g**

| Altri Composti | D.M. | L.319/76 | D.P.R. |
|---|---|---|---|
| | 50/93 | Tab. A (mg/l) | 236/88 (mg/l) |
| Benzofurazan-4-Cl | | | |
| Benzotiadazolo | | | |
| N,N-Dietil-3-Benzammide | | | |
| Naftalene-1,8-Din | | | |

**Tabella 3**

| Metalli | D.C.I. 27/07/84 | L.319/76 | D.P.R. |
|---|---|---|---|
| | mg/kg | Tab. A (mg/l) | 236/88 (mg/l) |
| Alluminio | | 1 | 0,2 |
| Antimonio | | | 0,01 |
| Argento | | | 0,01 |
| Bario | | 20 | |
| Boro | | 2 | |
| Calcio | | | |
| Cianuri | | 0,5 | 0,05 |
| Cobalto | | | |
| Ferro | | 2 | 0,2 |
| Magnesio | | | 50 |
| Manganese | | 2 | 0,05 |
| Potassio | | | |
| Sodio | | | 175 |
| Vanadio | | | |
| Zinco | 300 | 0,5 | 3 |

**Tabella 4**

| Metalli Tossici | D.C.I. 27/07/84 | L.319/76 | D.P.R. |
|---|---|---|---|
| | mg/kg | Tab. A (mg/l) | 236/88 (mg/l) |
| Arsenico | 10 | 0,5 | 0,05 |
| Berillio | | | |
| Cadmio | 3 | 0,02 | 0,05 |
| Cromo Totale | 50 | 2 | 0,05 |
| Cromo VI | 3 | 0,2 | 0,05 |
| Mercurio | 2 | 0,005 | 0,001 |
| Nickel | 50 | 2 | 0,05 |
| Piombo | 100 | 0,2 | 0,05 |
| Rame | 100 | 0,1 | 0,1 |
| Selenio | | 0,03 | 0,01 |

**ALLEGATO 2: Valutazione analitica di rischio per la qualità delle acque sotterranee.**

Qualora previsto dalle procedure, oltre alla verifica dei limiti tabellari, dovrà essere effettuata un'ulteriore operazione di controllo che consisterà nella verifica quantitativa della non pericolosità dell'inquinante rimasto nel terreno a produrre una contaminazione nelle acque sottostanti superiore alla C.M.A. .

Tale operazione si basa su una procedura analitica (Beretta, Francani, Fumagalli, 1994) di seguito schematizzata, che recepisce le indicazioni dell'U.S.E.P.A. (Agenzia per la protezione ambientale degli Stati Uniti), suggerita anche dal Prof. Francani (Sezione Geologia Applicata, D.S.T.M., Politecnico di Milano).

Con la relazione di seguito riportata (Donigian e Shanahan, 1983) il calcolo della concentrazione dell'inquinante nella zona satura viene effettuato valutando la diluizione operata dalle acque di falda sulla concentrazione del flusso contaminante in arrivo:

$$C = C' \, q \, L / e \, v$$

in cui:

**C** (mg/l) = concentrazione dell'inquinante nel saturo nel punto in cui perviene la contaminazione di maggior entità.

**C'** (mg/l) = concentrazione dell'inquinante nell'acqua di infiltrazione che raggiunge la falda.
Tale parametro rappresenta la sommatoria delle concentrazioni nell'acqua di infiltrazione che perviene alla falda dopo aver "dilavato" tutti i vari livelli di terreno contaminati.
Pertanto non è confrontabile con il limite di concentrazione dell'eluato previsto dalle tabelle predisposte allo scopo.
Questo parametro può essere ottenuto o attraverso l'installazione di apposita maglia di lisimetri e analisi delle acque di infiltrazione o mediante predisposizione di opportuni codici numerici per il mezzo non-saturo.

**q** (m/anno) = flusso idrico di infiltrazione in arrivo alla falda; per quanto riguarda le precipitazioni esso viene calcolato mediante un bilancio idrologico areale e determinazione dell'infiltrazione annua.

**L** (m) = larghezza del flusso inquinato nel punto di contatto con la falda determinato mediante campionamenti ed analisi chimiche.

**e** (m) = spessore dell'acquifero contaminato.

**v** (m/anno) = velocità darciana del flusso idrico sotterraneo.

Per un corretto utilizzo di tale metodologia sarà necessario disporre, oltre che dei dati riguardanti le caratteristiche qualitative dei terreni e dell'eluato, peraltro previsti anche per l'impiego di tabelle, anche di tutti i dati riguardanti i parametri idrogeologici dell'acquifero locale, le caratteristiche del terreno non saturo e i dati termo-pluviometrici dell'area.

Solo in questo modo sarà possibile raggiungere dei risultati attendibili.

In ogni caso, a causa della difficoltà intrinseca nella risoluzione analitica del problema è stato introdotto come visto un fattore correttivo "F" con significato di "fattore di sicurezza".

La procedura di calcolo da effettuarsi è stata qui esposta in estrema sintesi. Per più dettagliati approfondimenti ed esempi applicativi, si rimanda comunque alla specifica bibliografia citata.