

## **BACINI DI CONTENIMENTO DEI SERBATOI FUORI TERRA DI OLI MINERALI. L'IMPERMEABILIZZAZIONE NON SEMPRE E' NECESSARIA**

D.Barone<sup>o</sup>, C. Ferrari\*, G. Spadoni<sup>+</sup>, R. Stefanelli<sup>§</sup>

<sup>o</sup> consulente in Sicurezza ed Ambiente

\*Bonifiche siti contaminati, Regione Emilia-Romagna

<sup>+</sup> Università di Bologna, DICMA

<sup>§</sup> Area alto rischio, ARPA Emilia-Romagna

e-mail: rstefanelli@sc.arpa.emr.it

### **SOMMARIO**

L'incidente rilevante di tipo ambientale, che il DLgs. 334/99 richiede di considerare, ha sovente origine da perdite di idrocarburi da serbatoi, poiché queste migrano nel terreno, potendo eventualmente raggiungere l'acquifero superficiale. In questo studio vengono presi in considerazione i serbatoi fuori terra di prodotti petroliferi e si procede ad un esame dei sistemi di prevenzione/limitazione degli spandimenti valutandone la fattibilità sia tecnica che economica.

### **1. NUOVI DEPOSITI**

Realizzare ex novo dei depositi (o installare nuovi serbatoi in aree libere, all'interno di insediamenti esistenti), avendo cura che, in caso di incidente, non vi possa essere dispersione di prodotti contenuti sul terreno non presenta alcuna difficoltà tecnica e richiede un modestissimo incremento di spesa. Infatti quello che si richiede è:

- I. dimensionare opportunamente il bacino di contenimento e rendere completamente impermeabile la sua superficie interna. A questo proposito va notato che, in alternativa al bacino di tipo tradizionale rettangolare, può essere considerato il sistema di contenimento di tipo concentrico, costituito da un cilindro esterno in acciaio o cemento armato posto alla distanza di circa un metro dal serbatoio, di altezza leggermente inferiore ed in grado di contenere tutto il volume di liquido. Tale sistema riduce notevolmente la superficie (corona circolare) dalla quale può evaporare prodotto o percolare nel terreno;
- II. realizzare una impermeabilizzazione affidabile al di sotto del fondo di ogni singolo serbatoio o un doppio fondo;
- III. intercettare, raccogliere e convogliare a recupero le perdite derivanti da
  - serbatoi,
  - tubazioni e loro connessioni,
  - apparecchiature di movimentazione.

#### 1.1 Dimensionamento ed impermeabilizzazione del bacino di contenimento

Per soddisfare i requisiti indicati al punto I) è necessario che il bacino racchiuda un volume non inferiore a quello del serbatoio contenuto e che sia realizzato con materiale impermeabile (ad es. calcestruzzo armato) oppure venga reso impermeabile, mediante idonea copertura, del materiale permeabile che funge da supporto. Il dimensionamento indicato è superiore a quello previsto nel D.M. 31/7/1934 e si intende esteso, cautelativamente, a tutti i liquidi derivati dal petrolio.

Questa scelta viene operata per tenere conto della necessità di immettere schiuma all'interno del bacino, in presenza di perdita grave, sia per soffocare un potenziale incendio sia per impedire l'evaporazione consistente del prodotto.

Un ulteriore aspetto del dimensionamento riguarda l'efficace contenimento di perdite che si originano da fori situati in un qualunque punto del mantello del serbatoio.

#### 1.2 Impermeabilizzazione della superficie sottostante i fondi dei serbatoi od installazione di un doppio fondo

La sola interposizione di uno strato impermeabile, fra il fondo del serbatoio ed il suolo, rende più remota la possibilità di inquinamento del terreno dovuta a trafilamento o perdita dal fondo del serbatoio stesso.

Se però si realizza la superficie superiore dello strato impermeabile dotandola di opportune pendenze, in modo da convogliare i liquidi verso un punto della circonferenza, si coglie anche un'altra opportunità: collocando un pozzetto di ispezione in corrispondenza del punto di raccolta dei liquidi, si può rilevare con grande tempestività la perdita dal fondo dei serbatoi (ispezioni periodiche, sensori, ecc.)

L'installazione di un doppio fondo con sistema di rilevazione delle perdite nell'intercapedine è un sistema equivalente a quello sopra descritto.

### 1.3 Intercettazione, raccolta e convogliamento a recupero di perdite

Più articolate sono le soluzioni che consentono di dare corrette risposte ai problemi indicati al punto III, poiché - oltre a proteggere il terreno da percolamenti e gli scarichi idrici (acque superficiali e/o fognature esterne allo stabilimento) da contaminazioni - è necessario ridurre in modo consistente la quantità di idrocarburi che si disperde in aria, sia per diminuire l'esposizione antropica ed ambientale, all'interno ed all'esterno dello stabilimento, sia per ridurre il rischio di incendio.

Per perseguire questo ultimo obiettivo è necessario:

- a) ridurre i tempi di intervento da parte degli operatori, per limitare la quantità che fuoriesce;
- b) limitare la superficie di spandimento del liquido per diminuire la superficie evaporante;
- c) recuperare quanto prima il liquido fuoriuscito;
- d) spargere schiuma sulla superficie del liquido, in caso di perdita rilevante e/o in caso di tempi di intervento prevedibilmente lunghi.

Gli spandimenti possono verificarsi sia all'interno dei bacini di contenimento dei serbatoi, sia all'esterno di essi: percorso tubazioni, macchinario di movimentazione, zone di carico e scarico.

Le tubazioni, per tutto il loro sviluppo, le apparecchiature di movimentazione ed i serbatoi devono essere adeguatamente protetti dall'urto di mezzi mobili (lay-out di impianto, trincee, altezze pipe rack, barriere, ecc.).

#### Spandimento di prodotto all'interno del bacino di contenimento

Anche se tutta la superficie interna del bacino di contenimento è a perfetta tenuta, è necessario che il fondo del bacino sia dotato di adeguata pendenza ( $> 1\%$ ) in modo che i liquidi ricadano dalla circonferenza di raggio maggiore verso quella di raggio minore. A ridosso del serbatoio deve essere ricavata, sempre sul fondo del bacino, una canaletta, anch'essa dotata di una propria pendenza, che convogli i liquidi ad un pozzetto di raccolta, posto all'interno del bacino stesso. Nel pozzetto deve essere presente un rivelatore che attivi un allarme locale sonoro e visivo e con segnale ripetuto in sala controllo.

#### Spandimento di prodotto in sala pompe o in piazzole di carico/scarico

Anche in questo caso, è opportuno operare su pavimentazioni impermeabili, dotate di cordatura e di pendenza  $> 1\%$ , per il drenaggio delle perdite e convogliamento delle stesse ad un pozzetto di raccolta, mediante canaletta. La canaletta deve essere dotata, lungo il suo percorso, di un sifone che garantisce la guardia idraulica per evitare il ritorno di fiamma in caso di accensione del prodotto.

Il pozzetto di raccolta deve essere, per quanto possibile, lontano dalle aree operative e provvisto di rivelatore con allarmi, come al punto precedente.

#### Spandimento di prodotto da tubazioni e connessioni

Gli accoppiamenti flangiati, le cui perdite non sono collettate dal pavimento sottostante, dovrebbero essere provvisti di collarino di copertura e le tubazioni dovrebbero essere, ove possibile, in trincea per la raccolta ed il convogliamento a recupero delle potenziali perdite.

Si noti che nel caso in cui si adottasse il sistema di contenimento di tipo concentrico già citato, le realizzazioni richieste ai punti 1.1 – 1.3 – 1.3.1 risulterebbero notevolmente più semplificate ed efficaci.

## **2. DEPOSITI ESISTENTI**

Nel caso di depositi di oli minerali esistenti, la tutela dell'ambiente diventa molto più difficile da realizzare. Se infatti si pensa di poter utilizzare le stesse soluzioni indicate per i nuovi depositi, si incorre in alcune difficoltà, risolte le quali non si riesce comunque a raggiungere lo stesso livello di sicurezza che si può garantire in caso di realizzazione ex novo.

Difficoltà:

- i lavori necessari all'impermeabilizzazione dei bacini di contenimento – anche se limitata al solo fondo del bacino, in quanto gli argini di terra sono stati sostituiti, quasi ovunque, da pareti in

calcestruzzo armato- richiedono l'intervento di macchine di cantiere in prossimità del mantello del serbatoio;

- per operare in sicurezza è necessario che i lavori vengano effettuati con serbatoio vuoto e bonificato;
- la permanenza fuori servizio, per un periodo non trascurabile, di un serbatoio di grandi dimensioni non può essere fatta prescindendo dalle esigenze produttive, di trasporto e di mercato e pertanto dovrà essere impostata una precisa programmazione, a lunga scadenza.

La stessa cosa dovrà essere fatta per tutti i serbatoi e quindi l'intervento diventa non solo molto oneroso e molto protratto nel tempo, ma molto difficile da attuare sul piano tecnico –economico.

Superate queste difficoltà resta comunque irrisolto almeno un aspetto sostanziale: potenziali perdite dal fondo del serbatoio interessano direttamente il terreno e quindi si può registrare un inquinamento rilevante anche se tutti i bacini di contenimento sono a tenuta.

Alla luce delle constatazioni sopra esposte, ci si è posti l'obiettivo di verificare se è possibile ottenere un livello di sicurezza (insieme di aspetti impiantistici e gestionali) almeno equivalente a quello di pavimentazione dei bacini.

Lo studio si è orientato verso due filoni principali:

- sicurezza di tipo attivo;
- coordinamento degli interventi con lo stato del sottosuolo.

## 2.1 Sicurezza di tipo attivo

Nel caso in esame, la sicurezza di tipo attivo riguarda due ambiti nettamente distinti:

- il bacino di contenimento
- il serbatoio e le tubazioni

### *Bacini di contenimento*

Nei depositi esistenti, come ricordato, i bacini di contenimento normalmente sono non impermeabili ai liquidi. In luogo della ricopertura completa della superficie interna del bacino di contenimento (o del solo fondo) è stata adattata la soluzione riportata in Figura 1 a pag. 4 che prevede un dimensionamento sia dell'anello posto all'interno del serbatoio, sia della canaletta, posta al di sotto delle tubazioni di interconnessione, sia del relativo pozzetto di raccolta, in grado di contenere tutto l'eventuale prodotto versato.

La distanza dell'anello di contenimento dalla parete del serbatoio è di circa 1,5 m. A tale distanza è possibile raccogliere le perdite dovute a fessurazioni per corrosione del mantello che, in parte, colano lungo il mantello stesso e in parte sono proiettate all'intorno, in funzione del battente idraulico presente e della perdita di carico attraverso il mantello ( v. allegato 1). Per quanto riguarda il dimensionamento dei sistemi di raccolta, si rimanda all'allegato ( v. allegato 2).

### *Serbatoio e tubazioni*

Lo spandimento di prodotto all'interno del bacino di contenimento dei serbatoi può derivare da:

- (a) sovrariempimento del serbatoio;
- (b) rottura casuale (serbatoio, accoppiamenti flangiati, connessioni, ecc.).

#### *(a) Sovrariempimento serbatoio*

Per ridurre la frequenza di accadimento dell'evento di sovrariempimento, è necessario disporre di almeno due sistemi di controllo/allarme fra loro indipendenti. Se ad esempio, il sistema di controllo del livello (con preallarme) è indipendente dal sistema di allarme e blocco automatico per altissimo livello, posto sullo stesso serbatoio, per avere sovrariempimento è necessario che si guastino contemporaneamente i due sistemi.

Se però c'è la necessità di ridurre ulteriormente la frequenza, si suggerisce di inserire un sistema di controllo con allarme e blocco su valvola di intercettazione, posta sulla tubazione in ingresso al serbatoio, indipendente dai sistemi già presenti (v. Figura 2).

#### *(b) Rotture casuali*

Per ridurre la frequenza di rotture casuali di tubazioni e serbatoi, è sicuramente utile (nell'ambito di un efficace sistema di gestione della sicurezza)

- predisporre ispezioni periodiche degli "elementi critici" (pareti, fondi, trincarini, ecc.), secondo un programma e modalità definite,
- provvedere alla copertura degli accoppiamenti flangiati.

## 2.2 Coordinamento degli interventi in relazione allo stato del sottosuolo

Nel caso di rottura catastrofica di un serbatoio, tutto il bacino di contenimento verrà interessato dalla massa liquida.

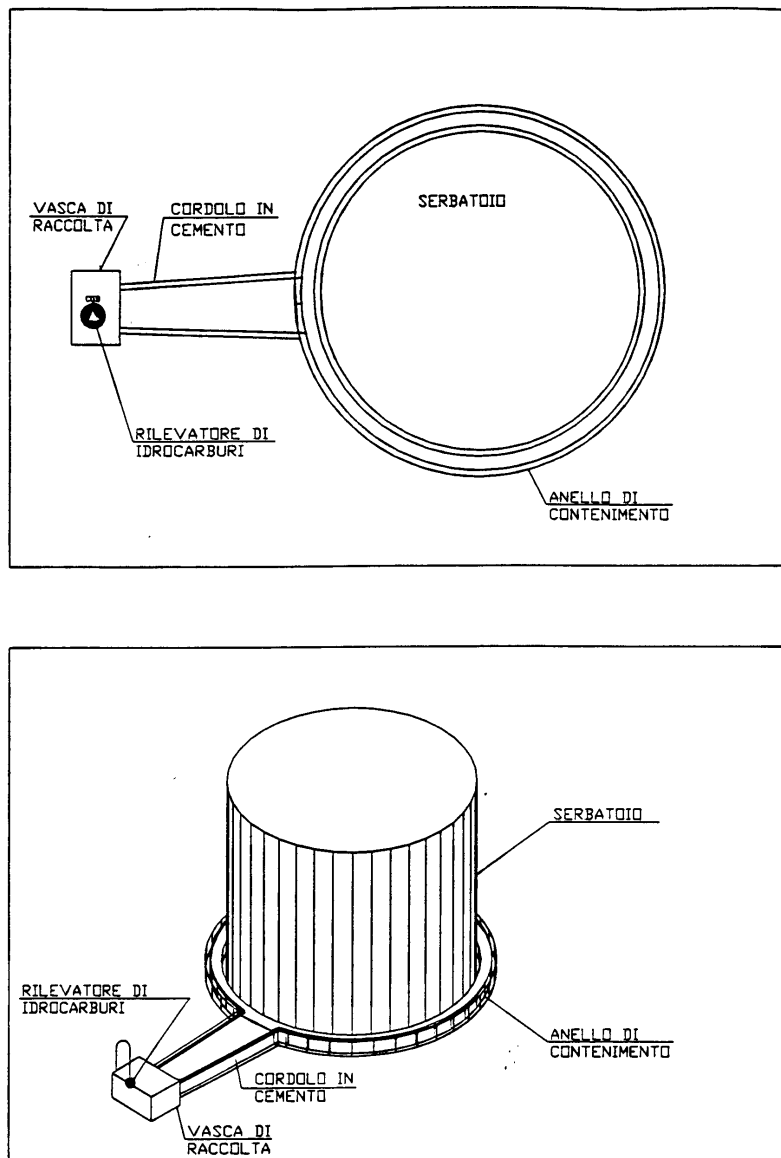


Figura 1 . Anello di contenimento delle perdite

Se il bacino non è impermeabile, anche se vengono attivate le procedure indicate dal Piano di Emergenza Interno, che comunemente prevede per questi casi:

- (a) immissioni di acqua nel bacino di contenimento per ridurre le infiltrazioni di idrocarburi nel sottosuolo (sostituiti dall'acqua avente maggiore densità);
- (b) utilizzo di schiuma antincendio per limitare l'evaporazione;
- (c) recupero del prodotto fuoriuscito;

è comunque ragionevole ipotizzare che una parte di idrocarburi rimanga nel terreno e migri attraverso di esso, in parte disciolta in acqua in parte come sostanza pura.

In questo caso quindi l'evento incidentale provocherà uno stato di contaminazione ai sensi del D.M. 471/99, pertanto si dovrà provvedere secondo quanto indicato dall'art.7 dello stesso decreto (vedi allegato 3).

Anche un trafilamento dal fondo dei serbatoi produce una contaminazione del suolo (se non è stato realizzato un adeguato strato impermeabile) e se la perdita non è consistente, perdura per molti anni e può provocare una contaminazione di notevole rilevanza.

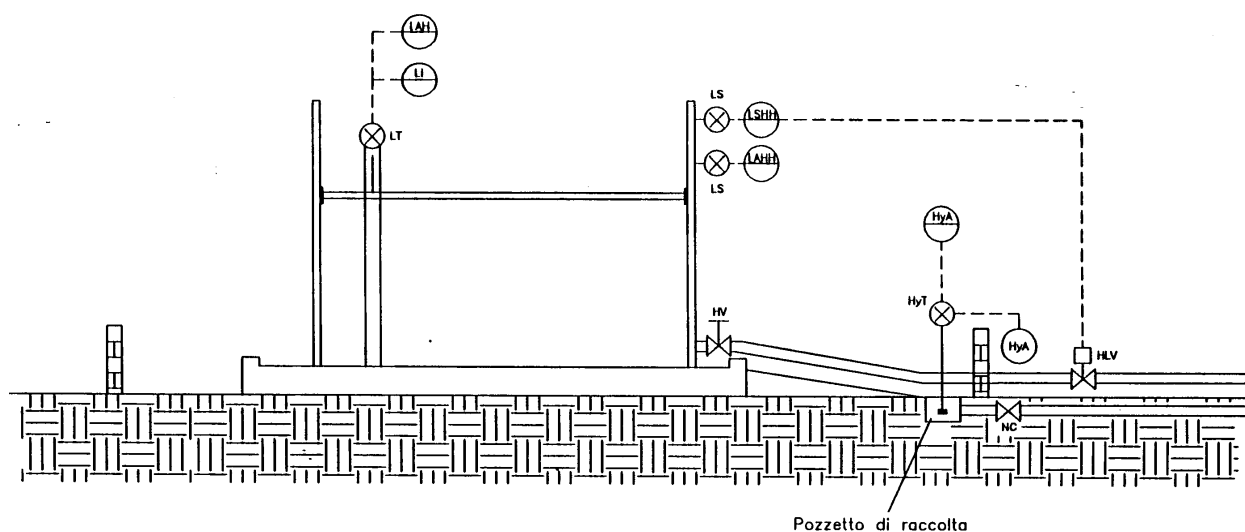


Figura 2. Sistemi di controllo

Si è voluto evidenziare due tipi di incidenti che, pur in presenza di efficaci sistemi di sicurezza attiva, finiscono comunque con l'inquinare il suolo.

E' noto che nel suolo gli idrocarburi sono soggetti a fenomeni di migrazione, trasporto, dispersione, volatilizzazione, assorbimento e degradazione; prevalendo però il moto verso il basso, per effetto della gravità, quasi sempre entrano in contatto con l'acquifero e possono dare origine a notevoli danni ambientali.

Basta pensare a cosa può accadere se l'inquinante interessa una falda anche superficiale, in prossimità di una zona di ricarica dell'acquifero, quindi interconnessa anche con le falde più profonde, eventualmente interessate a valle da pozzi per la captazione di acqua potabile per un intero paese o peggio ancora per una città.

Per poter raggiungere un ragionevole livello di sicurezza anche nei riguardi del sottosuolo diventa allora indispensabile caratterizzare il sito dal punto di vista geologico e, soprattutto, idrogeologico ed effettuare un'analisi delle conseguenze che eventuali sbandamenti accidentali potrebbero avere sulle diverse componenti ambientali con una contestuale valutazione dei tempi necessari all'inquinante per percorrere prefissate distanze in verticale ed in orizzontale e/o raggiungere obiettivi sensibili.

Per eseguire tale analisi è utilizzata la procedura RBCA, metodologia ormai riconosciuta nel mondo per l'analisi quantitativa del rischio dovuto ad un sito inquinato, generalmente utilizzata ad un livello intermedio tra il primo (tier 1) ed il secondo (tier 2) (per maggiori dettagli sulla metodologia si veda l'Allegato 4). Il primo livello, che non tiene conto delle migrazioni orizzontali nella stessa matrice ambientale, è considerato un livello di screening. Spesso è utilizzato in modo inverso, partendo cioè dal valore di rischio accettato, si risale alla concentrazione accettabile nella matrice ambientale più sensibile, in base agli scenari, modelli e assunzioni fatte. Dalla valutazione discenderà la necessità di effettuare o meno azioni correttive. Per i medesimi fini possono essere utilizzati anche metodi speditivi; l'uso di questi è ragionevolmente corretto e possibile soltanto con molta cautela ed in ambiti molto ben definiti.

In ogni caso, anche se non viene richiesta alcuna azione correttiva, è comunque utile effettuare monitoraggi che si ritiene possano meglio caratterizzare lo stato della falda in rapporto ai serbatoi in deposito.

Ciò può avvenire con l'installazione di sistemi di intercettazione in continuo delle perdite, dalla semplice rete costituita da pozzetti piezometrici per il monitoraggio delle falde sottostanti, a sistemi che con sonde microfessurate, analizzano e gestiscono alcuni parametri fondamentali, che influiscono sulla dispersione eventuale del prodotto nel terreno (UR: umidità relativa, T: temperatura, VOC: gas interstiziale). In taluni casi questi sistemi di valutazione perdite in continuo possono essere realizzati in modo che, creando una circolazione forzata d'aria, diano inizio ad un'attività di biodegradazione del prodotto disperso.

### 3. CONCLUSIONI

Con riferimento alla installazione di nuovi serbatoi per idrocarburi e alla modifica degli esistenti, sono stati esaminati gli aspetti tecnici legati alla tutela dell'ambiente da spandimenti dei prodotti contenuti sul terreno.

Se, nel caso di serbatoi nuovi, è facile individuare le soluzioni tecniche adatte, peraltro con un modestissimo incremento di spesa, così può non essere per serbatoi già esistenti.

L'analisi effettuata ha mostrato che, nel caso in cui le caratteristiche del terreno costituente il fondo del bacino di contenimento dei serbatoi di idrocarburi liquidi consentano una lenta migrazione del prodotto e la profondità a cui si trova la falda sia tale da consentire le operazioni previste con una limitata contaminazione dello strato superficiale, l'adozione di:

- cordolatura, canaletta e fossa di raccolta in grado di contenere il prodotto tracimato per alto livello;
- sistema di blocco automatico alimentazione serbatoi per altissimo livello;

riduce il rischio di contaminazione ambientale (strato superficiale e raggiungimento della falda) a valori marginali. Il sistema di provvedimenti sopra descritti è pertanto equivalente all'impermeabilizzazione.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Perry, *The Chemical Engineer Handbook*, (1963).
- [2] RBCA Tool Kit – Training Course, Groundwater Service (2001).
- [3] American Petroleum Institute, *Hydrological Data Base for GW Modeling*, API pub., (1989).
- [4] Manuale Unichim, *Suoli e falde contaminati – Analisi di rischio sito – specifica Criteri e parametri*, n. 196/1 (2002).
- [6] ASTM, – *RBCA – Fate and Transport Models: compendium and selection Guidance*, (1998).
- [7] M. D. La Grega, P.L. Buckingham, J. C. Evans, *Hazardous Waste Management*, McGraw-Hill, Inc., (1994).

## ALLEGATO 1

Assumendo che il serbatoio contenente il liquido (vedi Figura 3) abbia un foro passante O nella parete e che il getto che fuoriesce abbia una velocità di uscita orizzontale  $v$  ed una accelerazione verticale  $g$  verso il basso le coordinate della traiettoria risultano in funzione del tempo  $t$ :

$$x = vt \quad y = \frac{1}{2} gt^2$$

Eliminando il tempo  $t$  si ottiene:

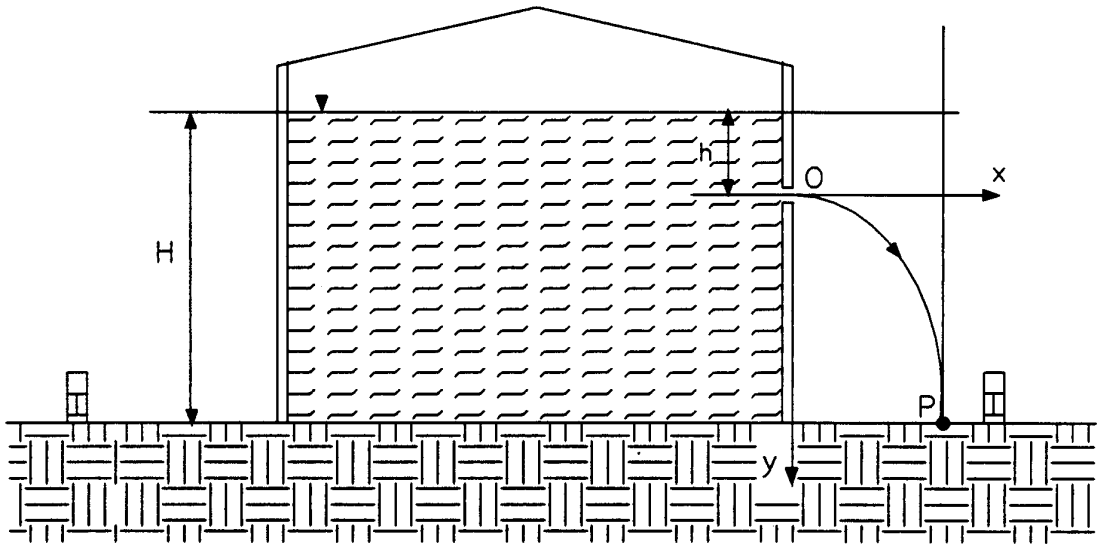


Figura 3. esempio di serbatoio

$$x = v \cdot \sqrt{\frac{2y}{g}}$$

Considerando il punto P di impatto del getto sul terreno, si ottiene:

$$x = v \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (H - h)}{g}}$$

Tenendo conto che la velocità di uscita dal foro O dipende dal battente idraulico  $h$  e dal coefficiente di efflusso  $C_D$ , si ottiene:

$$v = C_D \sqrt{2gh}$$

La coordinata orizzontale  $x$  del punto di impatto P risulta pertanto:

$$x = 2 C_D \sqrt{h(H - h)}$$

Il valore massimo di  $x$  si ottiene nel punto in cui  $\frac{dx}{dh} = 0$

$$\frac{dx}{dh} = C_D \frac{1}{\sqrt{Hh - h^2}} (H - 2h) \implies \frac{dx}{dh} = 0 \text{ per } H = 2h$$

Le condizioni di massima si hanno cioè quando  $h = \frac{H}{2}$  = cioè il foro si trova a metà altezza del livello nel serbatoio. In tal caso si ottiene:  $x_{\max} = C_D \cdot H$ .

Tenendo conto che i serbatoi sono soggetti a movimentazione che porta a serbatoio completamente pieno o a serbatoio vuoto, la condizione media più probabile è quella di serbatoio riempito al 50%.

Per quanto riguarda il coefficiente di efflusso del foro, occorre tenere presente che generalmente questo non è del tipo con sezione a spigolo vivo. In un serbatoio di liquido le perdite dalle pareti avvengono generalmente o nel punto di attacco della parete al fondo (trincarino) o nelle pareti (giunzioni saldate delle virole, cricature o corrosioni). In quest'ultimo caso il coefficiente di efflusso è stato stimato considerando le perdite di carico attraverso la corrosione e/o cricatura che attraversano la parete con la formula:

$$C_D = \frac{1}{\sqrt{1+K}}$$

Tenendo conto della tipologia delle cricche che generalmente si presentano nelle pareti dei serbatoi, queste si possono assimilare a valvole molto strozzate con valori di  $C_D$  compresi tra 0,2 e 0,07 [1]. Nel caso specifico si assume un valore pari a 0,135.

Con riferimento a due altezze tipiche di serbatoi per idrocarburi:  $H_1 = 10,50$  m e  $H_2 = 12,80$  m le larghezze delle corone circolari di raccolta risultano:

$$x_1 = 0,135 \cdot 10,50 \cdot 0,5 = 0,70 \text{ m e } x_2 = 0,135 \cdot 12,80 \cdot 0,5 = 0,86 \text{ m}$$

Nelle condizioni peggiori di alto livello, le larghezze delle corone circolari risultano raddoppiate, cioè:

$$x_1 = 1,4 \text{ m e } x_2 = 1,7 \text{ m.}$$

Si propone in tal caso uno standard che prevede una larghezza della corona circolare (anello di contenimento) tipica da 1 a 1,5 m circa <sup>(1)</sup> dipendente dalle condizioni specifiche per la realizzabilità.

(1) Si fa presente che esiste un'ulteriore distanza tra parete del serbatoio ed inizio della corona circolare.

## ALLEGATO 2 - STIMA DEI RILASCI

### A. ESEMPIO di rilascio nel bacino di contenimento per sovrariempimento di un serbatoio

In tabella 1 si riportano stime di rilascio relative ad alcuni serbatoi di idrocarburi, tenendo conto delle loro caratteristiche di movimentazione.

| PRODOTT<br>TO | TIPO | CAT.<br>PRO-<br>DOTTI | ALTEZZA<br>m | DIAMETRO<br>m | CAPA-<br>CITÀ m <sup>3</sup> | V <sup>(2)</sup><br>m <sup>3</sup> | TEMPO <sup>(3)</sup><br>RIEMP. Min | QUANTITÀ<br>PRODOTTO<br>RILASCIATO<br>(t) |
|---------------|------|-----------------------|--------------|---------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|
| GASOLIO       | T.F. | C                     | 12,4         | 36,5          | 12.900                       | 700                                | 30                                 | 580                                       |
| GASOLIO       | T.G. | C                     | 15,0         | 55,0          | 35.500                       | 3.300                              | 140                                | -                                         |
| SUPER         | T.G. | A                     | 12,6         | 36,5          | 13.200                       | 1.235                              | 10                                 | 170                                       |
| SUPER         | T.G. | A                     | 14,7         | 27,4          | 8.000                        | 774                                | 33                                 | 460                                       |

**TABELLA 1** quantità di prodotto rilasciato per sovrariempimento serbatoi <sup>(1)</sup>

T.F. = serbatoi a tetto fisso

T.G. = serbatoi a tetto galleggiante

#### NOTE ALLA TABELLA

1. L'ipotesi di sovrariempimento di uno dei serbatoi esaminati (CAT. A) ha, nella situazione attuale, una frequenza di accadimento pari a:  $1,97 \cdot 10^{-5}$  occ/anno. Adottando i sistemi di protezione proposti (sistema di controllo indipendente con allarme blocco alimentazione per altissimo livello), la frequenza di accadimento risulta essere pari a:  $3,4 \cdot 10^{-7}$  occ/anno.



2. V indica il volume a disposizione dalla quota di intervento dell'altissimo livello sino a bordo del serbatoio.
3. Tempo calcolato in base alle portate delle pompe di trasferimento.
4. Il tempo di verifica locale dei livelli avviene ogni 60 minuti.
5. L'anello di contenimento, il cordolo in cemento, la fossa di raccolta sono in grado di contenere tutto il prodotto rilasciato.

Le valutazioni sono state eseguite con la procedura qui brevemente descritta per il serbatoio riportato alla riga 3 di tabella 1:

|                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| - Altezza max operativa: | 11,40 m                           |
| - Altezza serbatoio:     | 12,58 m                           |
| - Diametro serbatoio:    | 36,5 m                            |
| - Portata max:           | 1022 t/h (1400 m <sup>3</sup> /h) |
| - Densità:               | 0,73 t/m <sup>3</sup>             |

$$\Delta V = (12,58 - 11,4) \frac{(36,5)^2 \cdot \pi}{4} = 1235 \text{ m}^3$$

- Tempo di riempimento :  $\frac{1235}{1400} \cdot 60 \cong 50$  minuti

Considerando, come da procedura operativa, un tempo di verifica livello da parte dell'operatore, si ottiene:

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| - Tempo di sversamento:     | 10 minuti |
| - Totale prodotto sversato: | 170 t     |

La quantità di prodotto sversato è stata stimata considerando:

- errore nella predeterminazione del serbatoio a cui inviare il prodotto (serbatoio pieno a livello operativo);
- guasto dei sistemi di controllo e blocco travaso;
- assenza di rilevazione perdita per un'ora da parte dell'operatore.

#### **A.1 ESEMPIO di rilascio nel bacino di contenimento per rottura casuale dei serbatoi**

Relativamente alle ipotesi incidentali dovute a rottura casuale dei componenti, quella più rappresentativa è riconducibile alla perdita significativa da tubazione o da accoppiamento flangiato nel campo da 1 a 10 kg/s e per un tempo di alcune ore (2 ÷ 4 ore) connesso alla rilevazione della perdita da parte dell'operatore esterno.

Il totale del prodotto versato risulta pari a 7,2 ÷ 144 t che, nel caso peggiore, in un bacino di circa 1754 m<sup>2</sup> corrisponde ad un'altezza del liquido pari a 11 cm in assenza di cordolature. La portata di rilascio conseguente, considerando i criteri indicati nel D.M. 20.10.1998, risulta essere inferiore a quella individuata nel caso di sovrariempimento serbatoio, con un quantitativo massimo di rilascio più contenuto.

#### **A.2 PROPOSTE MIGLIORATIVE**

Con l'adozione di un sistema di blocco per altissimo livello (LAHH) indipendente dall'allarme di livello la frequenza del rilascio dovuto al sovrariempimento risulta molto bassa (estremamente improbabile), vedi in merito la tabella 1, e quindi l'evento può essere considerato non significativo ai fini delle verifiche di sicurezza.

Per ridurre la quantità di prodotto rilasciato nel caso di rottura parziale di accoppiamento flangiato o tubazione è necessario ridurre il tempo di intervento da parte degli operatori. Ciò può essere ottenuto installando nel pozzetto di raccolta del prodotto versato, posto all'interno del bacino, un rivelatore di gas di idrocarburi con allarme locale visivo e sonoro, ripetuto in sala quadri.

Con i suddetti adeguamenti il tempo di intervento da parte degli operatori può essere ridotto a circa 10 minuti.

Il tempo di intercettazione dipende dalla azionabilità delle valvole manuali o telecomandate presenti presso il serbatoio e/o linee di interconnessione. In presenza di valvole di intercettazione manuali il tempo di

intercettazione può essere stimato in 5 minuti e pertanto il tempo di rilascio (intervento + intercettazione) risulta pari a 15 minuti.

In tal caso il quantitativo rilasciato risulta pari a  $0,9 \div 9$  t anziché  $7,2 \div 144$  t.

### ALLEGATO 3

In caso di evento incidentale di contaminazione occorre provvedere, secondo quanto indicato dall'art.7 del DM 471/99, alla notifica d'inquinamento ai sensi dell'art.7 dello stesso decreto e valutare, in base alle componenti ambientali interessate e alla stima dell'entità della popolazione a rischio, le azioni d'emergenza da adottare. I valori di concentrazione limite da tenere come riferimento per la definizione dello stato di contaminazione sono quelli della tabella 1, colonna A e B, dell'allegato 1 allo stesso DM 471/99, per il terreno e per le acque la successiva tabella appositamente. Per gli idrocarburi si hanno come valori limite CLA(in mg/kg):

|                                                                                   | (uso verde pubblico<br>privato e residenziale) | (uso commerciale<br>industriale) |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|
| Idrocarburi leggeri $C < 12$                                                      | 10                                             | 250                              |
| Idrocarburi pesanti $C > 12$                                                      | 50                                             | 750                              |
| Per il valore relativo all'acqua, esprimendo gli idrocarburi come n-esano         |                                                |                                  |
| Idrocarburi in acqua <sup>(acque sotterranee)</sup> (n- esano)                    |                                                | 350                              |
| Se gli idrocarburi contengono composti organici aromatici vi sono CLA specifiche. |                                                |                                  |

### ALLEGATO 4

#### L'analisi del rischio assoluto e il Modello concettuale del sito.

L'analisi del rischio ambientale assume sempre più i connotati dello strumento di valutazione a supporto delle decisioni nei casi in cui si debba intervenire per il risanamento sostenibile in caso di effettivo o potenziale inquinamento di un sito. La sostenibilità deve valutarci in giusto equilibrio tra esigenze economiche e diritto alla conservazione dell'ambiente e la minimizzazione del danno ambientale; la decisione del controllore pubblico, in tal caso, deve basarsi sulla valutazione del rischio, cioè sulla probabilità di danno che determinati eventi, anche non ancora accaduti, possono causare, e verificare che possano essere risolti, prima che possano causare danni irreversibili su persone o matrici ambientali preziose, quali ad esempio, le acque ad uso potabile.

La procedura a cui si fa riferimento, e più conosciuta a livello internazionale, è quella denominata RBCA (Risk Based Corrective Actions), generalmente utilizzata per guidare gli interventi di risanamento in caso di siti inquinati. Questa ha come obiettivo la definizione del modello concettuale dell'inquinamento presente su una certa area, o supposto presente in un certo momento, e cerca di rispondere alla domanda: "La sostanza pericolosa rilasciata sul terreno, riuscirà, e in che tempi e in che dosi, a raggiungere un bersaglio presente su tale area, o distante x metri, per motivi di lavoro, o perché lì risiede?"

La risposta è di tipo probabilistico, perché molti sono i parametri che influiscono sul percorso della sostanza nell'ambiente; occorrono molti dati relativi sia alle caratteristiche chimico-fisiche della sostanza, sia alle caratteristiche idrogeologiche, chimico fisiche e biologiche dei terreni e delle acque a contatto con la stessa. in modo da utilizzare solo pochi dati locali, e facilitare comunque la valutazione del rischio senza dover disporre di troppi dati ambientali. Le condizioni valutate inizialmente sono di tipo conservativo, basate su pochi dati spesso incerti, ma desunti dall'analisi del caso peggiore in modo cautelativo (es: tutta la sostanza percolata nel terreno raggiunge la falda). Successivamente, se la decisione richiede dati più raffinati, si raccolgono ulteriori elementi, in tal caso, anche statistiche desunte da fatti già avvenuti, o si eseguono campionamenti ed analisi delle matrici, per verificarne la qualità e le caratteristiche utili all'analisi successiva.

Se si ha la certezza che la sostanza fuoriuscita va verso luoghi sicuri, in cui non può avvenire il contatto con bersagli, o può essere rimossa verso posizioni più sicure, o che in caso di migrazione, non possano esserci contatti tra la sostanza e bersagli umani o ambientali sensibili, non esiste una via di trasporto da studiare.

I parametri per l'applicazione della metodologia, per l'applicazione del primo livello, sono principalmente:

- valutazione della concentrazione attesa del contaminante nel terreno e nell'acqua;
- destinazione d'uso del suolo on site (la residenza implica la valutazione di possibile presenza di bambini e il contatto per più ore rispetto al lavoratore)

- **zona insatura:** soggiacenza falda, superficie e spessore della zona attesa contaminata, porosità, permeabilità, densità, spessore della zona capillare, frazione di carbonio organico, pH, rateo di infiltrazione d'acqua annuo,...
- **zona satura:** gradiente della falda, conducibilità, porosità efficace, larghezza e profondità del plume atteso, ...

Se la velocità di propagazione nel terreno e nelle acque o nell'aria è limitata, tale per cui è possibile, dati i tempi d'intervento, pensare che l'azione di risanamento o recupero impedisca la migrazione della sostanza all'interno della stessa matrice ( terreno o acqua) in senso laterale, si considera che il livello di sicurezza o accettabilità si raggiunge anche senza considerare la presenza di fattori naturalmente attenuanti, ed il primo livello (tier1) è sufficiente all'analisi del rischio. Quali fattori di attenuazione si considerano generalmente: la dispersione, l'assorbimento, la diluizione, la volatilizzazione, la biodegradazione e l'idrolisi, ovvero il trasporto degli inquinanti nei mezzi.

Le principali possibilità di produrre danno sono costituite da:

- ingestione o contatto diretto con il terreno contaminato,
- impatto con la percolazione che dal terreno migra verso le acque sotterranee o quelle superficiali,

tenendo conto della bassa volatilità, della bassa solubilità, alto assorbimento e quindi bassa mobilità degli oli minerali nel terreno. Se i prodotti sono carburanti come benzine, molto volatili e con moderato assorbimento nel terreno, per essi anche i vapori, e quindi aria interstiziale ed atmosferica possono costituire vie preferenziali di migrazione e danno.

A titolo di prima valutazione si forniscono alcuni dati relativi alla ritenzione, che comprende anche l'assorbimento, di vari tipi di suolo per i più comuni carburanti; i valori sono espressi in ppm di prodotto :

| Carburante/ terreno | ghiaia | sabbia (0,5 – 1 mm) | sabbia (0,25 – 0,5 mm) | sabbia (0,1 – 0,5 mm) |
|---------------------|--------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| Benzina             | 1000   | 1600                | 3200                   | 5.000                 |
| Diesel              | 2000   | 3200                | 6400                   | 10.000                |
| Olio                | 4000   | 6400                | 12.800                 | 20.000                |

Il liquido petrolifero si infiltra nel terreno e tende a scendere verso il basso per effetto della gravità, con una forma tipica a pera, più allargata in base alla maggiore permeabilità del terreno. Raggiunta la tavola d'acqua, se la sua densità è maggiore di quella dell'acqua, il prodotto tende a scendere fino a raggiungere il fondo, oppure galleggia e tende a spandersi lateralmente formando un "plume" appiattito. Finché il flusso è alimentato l'idrocarburo tende ad accumularsi prevalentemente in prossimità della zona di discesa, poi forma un pennacchio che raggiunge una situazione di equilibrio, si stabilizza, ed infine tende a ridursi. Infatti si manifestano fenomeni di degradazione a volte fino all'esaurimento della sorgente contaminante.

Da studi condotti negli Stati Uniti, analizzando circa 1000 siti contaminati prevalentemente da benzine e/o da BTEX, si è constatato che circa il 75% dei "plume" corrispondenti sono inferiori ai 200 piedi (circa 60 m) e solo il 3% superano i 600 ft (180 m). In tal caso può statisticamente dedursi che un bersaglio presente a distanze superiori ha bassa probabilità di danno anche in caso di non intervento risanatore, rispetto a "plume" provocati da dispersione di composti clorurati come PCE, TCE, DCE o VC, che raggiungono anche i 1000 ft (cioè oltre i 300 m).

Sulla base di quanto emerge dal modello concettuale delineato dallo studio è possibile classificare il sito secondo le diverse categorie previste nella metodologia RBCA. In base alla classificazione individuata, si possono suggerire anche le eventuali azioni correttive da attuare.