

PROPOSTA DI METODOLOGIA SPEDITIVA PER LA VALUTAZIONE DELLE CONSEGUENZE AMBIENTALI DI INCIDENTI RILEVANTI

Astorri F.(APAT), Boscaino G.(CNVVF Massa Carrara), Caparresi M. (APAT), Capponi G. (APAT), Cerritelli R. (CNVVF Emilia Romagna), Ciccorelli G.(CNVVF Piemonte), Imbrisco M.(CNVVF Min. Interno), Lombardi M.(ARPA Emilia Romagna), Maiolo A.(CNVVF Friuli Venezia Giulia), Ricchiuti A. (APAT), Robotto A.(ARPA Piemonte), Spanghero G.(ARPA Friuli Venezia Giulia), Stefanelli R.(ARPA Emilia Romagna).

1. PREMESSA

Scopo di questa memoria è presentare una metodologia speditiva che si propone di adottare per l'analisi e valutazione dei rischi "rilevanti" per l'ambiente, in ottemperanza al DLgs 334/99 e al D.M. 09/05/2001.

La metodologia qui proposta non intende modificare in alcun modo il dettato della normativa vigente, ma è stata sviluppata con particolare riferimento all'obiettivo di fornire agli organi tecnici, coinvolti nelle fasi di verifica dei rapporti di sicurezza presentati dai gestori, uno strumento di valutazione speditivo e oggettivo finalizzato da un lato ad una facile individuazione di quelle situazioni critiche che, per aspetti impiantistici e geo-ambientali, necessitano l'utilizzo di metodi di analisi sofisticati e/o la predisposizione di interventi protezione/prevenzione, dall'altro facilitare le attività di governo del territorio in relazione alla localizzazione di nuovi stabilimenti o modifica di quelli esistenti ed alla costruzione di nuovi insediamenti o infrastrutture (vie di comunicazione, zone residenziali) attorno agli stabilimenti stessi.

La tipologia di potenziali incidenti rilevanti, considerati in questa memoria, è quella di rilascio accidentale di sostanza pericolosa (R50 e R51/53), con infiltrazione nel terreno e migrazione in falda acquifera verso i ricettori ambientali vulnerabili del territorio, con conseguenze per l'ambiente. Questa memoria non tratta, al momento, per la sua particolare specificità, l'analisi di rischio per potenziali incidenti con rilascio diretto superficiale (come ad es. perdita da tubazioni, manichette, operazioni di carico/scarico marino/fluviale) con arrivo diretto (anche attraverso canalizzazioni), quindi situazioni con impatto immediato sulle matrici ambientali (es. mare, fiume, lago, etc.). Detta analisi, in relazione alla specifica situazione e rilevanza accidentale, può anche essere effettuata con l'ausilio di modellistica previsionale ad hoc.

2. QUADRO NORMATIVO

Per avere un'idea sui principi su cui si ispira il presente lavoro è necessario focalizzare il quadro normativo che disciplina la prevenzione degli incidenti rilevanti e le definizioni di rischio/danno per l'ambiente causato da incidente rilevante che scaturiscono dalla lettura e analisi della normativa stessa.

Prevenire gli incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose e limitarne le conseguenze per l'uomo e per l'ambiente, al fine di assicurare un elevato livello di protezione in tutta la Comunità è infatti lo scopo della direttiva SEVESO II.

Il D.Lgs 334/99 che recepisce tale direttiva è volto a sostituire il DPR 175/88 (82/501/CEE SEVESO I) e si incentra sulla protezione dell'ambiente introducendo per la prima volta nel campo di applicazione le sostanze/preparati classificate come pericolose per l'ambiente.

In tal senso, infatti, il D.Lgs. 334/99 disciplina la vigilanza ed il controllo sulle attività svolte in insediamenti industriali/stabilimenti in cui sono presenti, o in cui si reputa possano essere generate in caso di incidente, sostanze pericolose in quantità uguali o superiori a quelle indicate nell'allegato I. Tale decreto prevede l'esplicita valutazione dei rischi connessi con le attività produttive effettuate dai gestori.

Tale valutazione è finalizzata all'adozione delle misure atte a prevenire i rischi e limitare le conseguenze di incidenti a tutela della salute umana e dell'ambiente ivi compresa la contaminazione delle falde acquifere.

In sostanza con l'emanazione del D. Lgs. 334/99 il legislatore ha esteso l'oggetto di tutela alla prevenzione degli incidenti rilevanti per l'ambiente in sé per sé anche ponendosi in collegamento con le norme che disciplinano le bonifiche, fermo restando che tali norme intervengono a valle dell'incidente, il loro campo di applicazione si fonda su principi sostanzialmente diversi e le relative attività istruttorie sono gestite da autorità diverse da quelle competenti nella materia oggetto del presente documento.

Lo strumento che consente al gestore di dimostrare in qualsiasi momento all'autorità competente di aver preso tutte le misure necessarie è come detto il rapporto di sicurezza. Tale rapporto deve contenere informazioni sufficienti e attendibili in materia di:

- Politica di prevenzione degli incidenti rilevanti e un sistema di gestione della sicurezza;
- Individuazione dei pericoli di incidenti rilevanti e di tutte le misure necessarie volte a prevenirli e limitarne le conseguenze;
- Sicurezza e affidabilità della progettazione, costruzione, esercizio e manutenzione di qualsiasi impianto, deposito, attrezzatura e infrastruttura connessi con il funzionamento dello stabilimento, che hanno un rapporto con i pericoli di incidente rilevante nello stesso.
- Predisposizione dei piani di emergenza interni;
- Elementi che consentono l'elaborazione di un piano di emergenza esterno;

Il rapporto di sicurezza deve quindi contenere anche informazioni in merito alla valutazione dei rischi connessi con il rilascio incontrollato di sostanze eco-tossiche nelle matrici suolo, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee ed alle misure per prevenire e limitare gli incidenti (Allegato II Punto II e Allegato V Sezione 3 Dlgs 334/99)

Al fine di comprendere meglio i criteri con cui eseguire tale valutazione è necessario riflettere su alcuni concetti in materia di rischio, pericolosità e danno ambientale prodotto da un incidente rilevante.

Nell'allegato VI al D.Lgs 334/99 "*Criteri per la notifica di un incidente alla Commissione*" vengono presentati i criteri secondo i quali è necessario notificare alla Commissione Europea un incidente rilevante. Tra i vari criteri riportati quelli che richiamano il concetto di conseguenze immediate per l'ambiente (punto 3 dell'allegato suddetto) prevedono la notifica alla Commissione nei casi in cui si verificano le seguenti condizioni:

1) Quando l'incidente provochi le seguenti conseguenze immediate per l'ambiente :

Danni permanenti o a lungo termine causati agli habitat terrestri

- 0,5 ha o più di un habitat importante dal punto di vista dell'ambiente o della conservazione e protetto dalla legislazione.
- 10 ha o più di un habitat più esteso, compresi i terreni agricoli

Danni rilevanti o a lungo termine causati ad habitat acqua superficiale o marini ()*

- 10 Km o più di fiume o canale
- 1 ha o più di un lago o stagno
- 2 ha o più di un delta
- 2 ha o più di una zona costiera o mare

Danni rilevanti causati ad una falda acquifera o ad acque sotterranee ()*

- 1 ha o più

Nota (*): " Se del caso si potrà fare riferimento per valutare il danno ..alla concentrazione letale CL 50 per le specie rappresentative dell' ambiente pregiudicato come definite dalla direttiva 92/32/CEE per il criterio pericolose per l'ambiente ".

Altri criteri che figurano in allegato VI sono:

2) Quando la quantità di sostanza coinvolta è > del 5% della soglia indicata in allegato I, colonna 3

Ovvero per le sostanze pericolose per l'ambiente:

R50 > 25 t

R51/53 > 100t

3) Conseguenze per persone o beni

Evacuazione o confinamento per oltre due ore

(persone moltiplicate per ora > 500)

Interruzione servizi acqua potabile

(persone moltiplicate per ora > 1000)

4) Danni materiali

Danni interni allo stabilimento:

Oltre 2 milioni di ECU

Danni esterni allo stabilimento:

Oltre 0.5 Milioni di ECU

Mentre la valutazione di cui ai punti 2, 3, 4 è di facile comprensione, più difficile è l'individuazione di quelli che sono "danni rilevanti" e "a lungo termine" di cui al punto 1.

Il concetto di incidente rilevante per l'ambiente e di valutazione del rischio viene ulteriormente ripreso in considerazione nel successivo D.M. 9 maggio 2001, "*Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante*".

Tale decreto, al fine di stabilire la compatibilità di industrie a rischio di incidente rilevante con il territorio circostante, stabilisce una soglia di rischio tollerabile basata sulla valutazione del danno o della severità dell'impatto a cui sono potenzialmente soggetti a seguito di un evento incidentale bersagli ambientali ritenuti sensibili.

La definizione: "soglia di rischio tollerabile" è particolarmente importante nell'ambito delle attività di programmazione e prevenzione attivate in un territorio. Questa soglia consente di individuare le priorità d'intervento e di decidere i criteri di gestione del rischio e di adeguamento degli strumenti urbanistici.

Il D.M. 9 maggio 2001, in effetti, sembra chiarire il concetto di danno rilevante a lungo termine per l'ambiente, non ben definito nell'allegato VI del D.Lgs 334/99, distinguendo due categorie di danno e riferendosi in modo esplicito alla normativa attualmente in vigore in materia di bonifiche (D.M 471/99):

Danno significativo: Danno prodotto dal verificarsi di quell'evento per cui gli interventi di bonifica richiedono un tempo presumibilmente inferiore ai due anni

Danno Grave: Danno prodotto dal verificarsi di quell'evento per cui gli interventi di bonifica richiedono un tempo presumibilmente superiore ai due anni

Si stabilisce l'incompatibilità ambientale per nuovi stabilimenti e, di conseguenza, il ricorso a misure di protezione e prevenzione del rischio per le situazioni di danno grave.

Il D.M. 9 maggio 2001 fornisce indicazioni sulle fasi del processo di adeguamento degli strumenti urbanistici in relazione alla valutazione dell'interazione degli stabilimenti a rischio d'incidente rilevante con la pianificazione esistente sulla base delle informazioni ottenute dal gestore (artt 6, 7 e 8 e Allegati III e V del Dlgs 334/99) e i risultati delle valutazioni dell'autorità (art. 21 Dlgs 334/99).

Fase 1 - Identificazione degli elementi ambientali vulnerabili

Fase 2 - Determinazione delle aree di danno e sovrapposizione delle medesime con gli elementi ambientali vulnerabili

Fase 3 - Valutazione della compatibilità territoriale e ambientale

Con particolare riferimento al pericolo per l'ambiente che può essere causato dal rilascio accidentale di sostanze pericolose vengono individuati i seguenti elementi ambientali raggruppati in base alle diverse matrici ambientali vulnerabili potenzialmente interessate da un rilascio accidentale di sostanze pericolose (punto 6.1.2 dell'all. 1 del DM 09/052001):

- Beni Paesaggistici e ambientali (*decreto legislativo 29 ottobre 1999, n.490*)
- Aree naturali protette (*es. parchi naturali e altre aree definite in base a disposizioni normative*)
- Risorse idriche superficiali (*es. acquifero superficiale; idrografia primaria e secondaria; copri d'acqua estesi in relazione al tempo di ricambio ed al volume del bacino*)
- Risorse idriche profonde (*es. pozzi di captazione ad uso potabile o irriguo, acquifero profondo non protetto o protetto, zona di ricarica della falda acquifera*).
- Uso del suolo (*es. aree coltivate di pregio, aree boscate*)

Il gestore deve fornire, inoltre, tutte quelle informazioni (fase 2) volte a permettere l'identificazione delle categorie di danno attese (involuppo spaziale) in relazione agli eventi incidentali che possono interessare gli elementi ambientali vulnerabili sopra citati. Sarà cura delle autorità competenti, in sede di valutazione, esprimersi sul giudizio di compatibilità e sulla efficacia delle eventuali misure di mitigazione del rischio (fase 3).

In conclusione, secondo quanto prevede la normativa, il gestore deve effettuare un'analisi delle conseguenze ambientali di un incidente rilevante e sulla base dei risultati di questa fornire indicazioni sulle misure di prevenzione e mitigazione del rischio.

Tale valutazione è correlata con la dispersione di sostanze pericolose e si basa sulla stima della magnitudo delle conseguenze o del grado di severità dell'impatto o del danno prodotto dal verificarsi dell'evento, intesi come grado di perdita di fruibilità o valore degli elementi esposti provocato dal verificarsi di un rilascio.

La valutazione della vulnerabilità o danno potenziale a cui sono soggetti tali elementi deve essere effettuata tenendo conto del danno specifico che può essere arrecato all'elemento ambientale, della rilevanza sociale ed ambientale della risorsa considerata, della possibilità di mettere in atto interventi di ripristino susseguentemente ad un eventuale rilascio; esso viene espresso, sia pur in modo qualitativo, in termini di tempo necessario per restituire il bene alla sua completa fruibilità (bonifica). Il criterio della stima economico-qualitativa (presumibilmente) delle conseguenze così come viene proposto dalla normativa vigente è legittimato dal fatto che l'attuale stato dell'arte, in merito alla valutazione dei rischi per l'ambiente derivati da incidenti rilevanti non permette l'adozione di un approccio analitico efficace che conduca a risultati esenti da cospicue incertezze

3. CONSIDERAZIONI PER LA ANALISI DEL RISCHIO AMBIENTALE

Con valutazione del rischio s'intende la valutazione del danno legato a fenomeni di pericolo cui è associata una forte componente di aleatorietà (incertezza)

Da un punto di vista matematico ciò equivale a trovare una funzione f del rischio che lega i due fattori Probabilità e Conseguenze

$$f = (P, M)$$

La probabilità P che si verifichi un EVENTO di una data intensità in un periodo di tempo assegnato t (generalmente l'anno) è collegata con la frequenza o con il tempo di ritorno T :

$$P = 1 - (1 - 1/T)$$

La valutazione del danno M è legata alla stima del grado di perdita atteso quale conseguenza dell'evento incidentale. Stima le conseguenze in funzione dell'intensità dell'evento.

La determinazione della funzione di rischio f connesso ad un rilascio accidentale presuppone di definire un modello dell'esposizione di elementi ambientali a quel dato pericolo, che consenta di porre in relazione l'entità del danno atteso con la probabilità del suo verificarsi.

L'incertezza è generalmente associata al grado di conoscenza di due fattori:

- Il tempo di ritorno o la frequenza di un evento di intensità I
- La correlazione tra l'intensità I dell'evento e l'effetto M sul bersaglio

In via generale tale relazione si configura in modo semplificato nell'identificazione degli scenari incidentali prevedibili e nella successiva costruzione, con relativo incrocio, di una matrice (vedi es. in Tabella A) di classi di probabilità e di classi di conseguenze nel territorio. Sulla matrice si individuano, quindi, quelle combinazioni di classi di probabilità e vulnerabilità che determinano le condizioni per le quali l'incidente assume caratteristiche di "Rilevanza" e che necessitano di successivi livelli di azione mitigatrice, mirate alla riduzione sia della probabilità di accadimento dell'evento che della magnitudo delle potenziali conseguenze e/o ad un approfondimento di analisi.

Tab A: Tipica Matrice Probabilità e Conseguenze

Probabilità	Conseguenza	Conseguenza	Conseguenza	Conseguenza
	M. Basso	Basso	Significativa	Grave
M.Improbabile	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4
Improbabile	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
Probabile	Livello 3	Livello 4	Livello 5	Livello 6
M.Probabile	Livello 4	Livello 5	Livello 6	Livello 7

Come noto, complete matrici di rischio, specifiche per la valutazione della compatibilità territoriale relativamente ai rischi per l'uomo conseguenti a incendio, esplosione e tossicità, sono adottate dalla normativa e sono riportate nelle Tabelle 3a e 3b del DM 09/05/2001 (Decreto Urbanizzazione). In dette tabelle vengono identificate con precisione le Categorie Territoriali Vulnerabili che sono anche classificate gerarchicamente (Categorie A,B,C,D,E,F) sulla base della tipologia di destinazione residenziale ed indice di affollamento.

In questo ambito va inoltre osservato che:

- E possibile tramite modelli consolidati stimare con un buon grado di affidabilità gli effetti fisici del rilascio (ad es. la propagazione dell'onda di calore/pressione nell'aria o intensità se si assume cautelativamente la combustione di tutta la sostanza rilasciata, ecc.)
- Il bersaglio è ben identificato e, nella fattispecie, è l'uomo,
- Si conoscono, a fronte di una casistica consolidata, gli effetti o danni prodotti sull'uomo dal calore, dalla pressione e dalla tossicità (quest'ultima con minore confidenza).

Per quanto riguarda il rischio per l'ambiente generato da un rilascio di sostanze pericolose, il DM 9 maggio 2001, non fornisce espressamente indicazioni sulla modalità con cui deve essere eseguita la valutazione della compatibilità ambientale degli stabilimenti a rischio ma solo elementi che, a partire dalla definizione di danno di cui al punto 6.3.3 dell'all. 1, portano a considerare un incidente rilevante per l'ambiente l'evento che produce una dispersione di contaminante (danno) la cui magnitudo, espressa in termini di tempo di rimozione della sostanza dal comparto ambientale, supera i due anni.

La valutazione delle conseguenze ambientali e il giudizio di compatibilità, sembrerebbe comunque doversi realizzare, in analogia con i criteri di valutazione del rischio d'incendio, esplosione e rilascio tossico, e in accordo ai criteri comuni e generali del DLGS 334/99 di cui il DM 09/06/2001 è un decreto applicativo, sulla base di una matrice di probabilità/conseguenze.

Nell'analisi del rischio ambientale l'uso di dette matrici è di fatto possibile ma necessita comunque di una serie di considerazioni connesse principalmente con la diversa evoluzione che hanno i fenomeni di rilascio delle sostanze contaminanti nel comparto idrico sotterraneo.

In analogia con quanto affermato in precedenza per il rischio d'incendio ed esplosione e rilascio tossico è necessario sottolineare infatti quanto segue:

1) E' possibile stimare con un buon grado di certezza (attraverso i modelli) la propagazione della sostanza nel comparto idrico sotterraneo a condizione che si disponga di un elevato numero di informazioni sulle caratteristiche idrodinamiche del mezzo di propagazione che, a differenza dell'aria, variano sensibilmente da sito a sito e risultano avere un peso considerevole nel modulare gli effetti spaziali della propagazione del fronte contaminante (intensità). A tale proposito si sottolinea che vi è un aspetto fondamentale che differenzia l'evoluzione e la valutazione del rischio di incendio/esplosione, conseguente a potenziale rilascio con incendio e rilascio tossico di sostanza, ed il rischio ambientale conseguente a migrazione e dispersione dell'inquinante nell'ambiente. Infatti, mentre la propagazione di calore/pressione è pressoché istantanea, la propagazione nel sottosuolo/falda di una sostanza avviene tipicamente in tempi più lunghi che dipendono dalle caratteristiche litologiche e idrogeologiche.

Questo aspetto, ovviamente oltre alle azioni di prevenzione a monte, rende evidente l'importanza di mettere in atto un'efficace azione di intervento che consenta a seguito di incidente di contenere la migrazione delle sostanze nel comparto idrico sotterraneo riducendo la gravità del potenziale danno (es. tempi e costi per il successivo ripristino) che, come già detto, è un elemento importante nella valutazione complessiva della rilevanza/compatibilità del rischio.

2) Esistono ancora cospicue incertezze che rendono inapplicabile, al momento, un approccio puramente matematico. Tali incertezze derivano da:

- l'identificazione dei bersagli da considerare meglio rappresentativi del sistema ambiente.
- la valutazione degli effetti prodotti da una contaminazione su tali bersagli.
- la valutazione della soglia oltre la quale tali effetti assumano caratteristiche di rilevanza anche per una oggettiva difficoltà di effettuare una stima ex-ante, anche qualitativa, del tempo di bonifica

Alla luce di quanto emerso e:

- 1) nella difficoltà oggettiva di valutare tramite una funzione matematica la probabilità di danno ambientale
- 2) nell'ottica di fornire elementi utili per la costruzione, analogamente ai rischi di incendio, esplosione e tossicità, di matrici di rischio (probabilità/conseguenze), che esprimano la propensione di un impianto, anche se non specificamente espressa in termini di tempo di ritorno, a generare un incidente rilevante per l'ambiente,
- 3) nell'ottica di fornire agli organi coinvolti nelle fasi di verifica dei rapporti di sicurezza uno strumento di valutazione speditivo e ragionevolmente cautelativo finalizzato ad una individuazione oggettiva di situazioni critiche che, per aspetti impiantistici e geo-ambientali, necessitano l'adozione di metodi di analisi più sofisticati (Advanced Risk Assessment) o la predisposizione di interventi di prevenzione/protezione (mitigazione del rischio),
- 4) nell'ottica di mettere a disposizione anche dei gestori uno strumento di analisi che non si prefigura comunque come sostitutivo delle analisi richieste ai sensi del DLgs 334/99.
- 5) nell'ottica di fornire, nell'ambito delle attività di programmazione e prevenzione attivate in un territorio, informazioni sulla zonazione del rischio finalizzate a stabilire le priorità d'intervento e decidere i criteri di gestione del rischio e di adeguamento degli strumenti urbanistici,

il gruppo di lavoro APAT/ARPA/CNVVF propone con questo lavoro una metodologia che permetterà di valutare, con livelli successivi di approfondimento, il rischio ambientale derivato da incidenti rilevanti. Nella fattispecie, tale rischio viene così definito:

Una combinazione di due componenti: propensione al rilascio, correlata con la probabilità P di rilascio di una quantità Q di sostanza; propensione alla propagazione, correlata con l'attitudine del sistema ambiente a propagare la contaminazione, tale da generare una dispersione di sostanze contaminanti potenzialmente capace di produrre un danno M, correlato con un'alterazione di elevata magnitudo delle caratteristiche qualitative e quantitative delle matrici ambientali interessate.

In tal senso si assumono come componenti che identificano qualitativamente e cautelativamente il rischio:

La propensione al rilascio, che descrive tramite un indice, la propensione di una unità tecnica o impianto al rilascio di una certa quantità di sostanze tossiche, mobili e persistenti nell'ambiente sub-aereo. A questo scopo si fa riferimento al DM 20/10/98 "*Criteri di Analisi e valutazione dei rapporti di Sicurezza relativi ai depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici*" avendo cura di considerare i soli fattori pertinenti al danno ambientale e aggiungendo, dove applicabile, opportuni fattori integrativi (anche compensativi). Tale componente esprime la pericolosità dell'impianto e tiene conto di fattori quali:

- Quantità e caratteristiche intrinseche delle sostanze (tossicità, mobilità e persistenza nei comparti ambientali)
- Grado di Tecnologia applicato (Impianti di processo, Sistemi di controllo o contenimento)
- Sistemi di gestione (manutenzione, procedure operative, ispezioni)

Si sottolinea che la propensione al rilascio può anche esser espressa in termini quantitativi di frequenza che, implicitamente, tiene conto dei fattori sopra elencati.

L'utilizzo di valori di frequenza all'interno di matrici necessita della definizione della correlazione tra indici qualitativi e le classi di frequenza tempi di ritorno.

Il gestore, indipendentemente dall'utilizzo o meno di indici qualitativi utilizzati dagli organi istituzionali competenti alla valutazione dei rapporti di sicurezza, ha comunque l'obbligo, nell'ambito delle proprie analisi di sicurezza, di provvedere alla valutazione delle probabilità, individuazione delle frequenze delle cause iniziatrici, di analisi di affidabilità (alberi dei guasti) ecc.

La propensione alla propagazione, che descrive tramite un indice, o se si dispone di informazioni dettagliate sul sito tramite simulazioni effettuate con modelli di dispersione, l'attitudine della porzione di terreno ove insiste l'unità/impianto a diffondere la contaminazione nel sottosuolo. Essa dipende dalle caratteristiche intrinseche del mezzo di propagazione che contribuiscono ad incrementare o a ridurre la capacità di trasferimento di una sostanza dalla generica sorgente al bersaglio e quindi la probabilità di esposizione di questo in relazione alle caratteristiche intrinseche delle sostanze interessate.

Ne risulta che fattori come "**Velocità, Direzione e Tempo di Propagazione**" sono le variabili fondamentali per la valutazione dell'intensità della propagazione (che poi possono rappresentare la propensione a produrre danno) poiché sono necessari per determinare:

- i raggi/distanze di danno, rispetto alla sorgente di rilascio (mappa delle conseguenze), nel tempo e quindi
- i tempi disponibili ad attuare gli interventi diretti a ridurre l'infiltrazione nel terreno ed evitare che l'inquinante percorra la distanza e raggiunga i ricettori ambientali vulnerabili da proteggere.

Si noti che la Velocità/Direzione di propagazione e Tempi di sicurezza, sono utilizzati come fattori essenziali sia nella modellistica, riconosciuta a livello nazionale/internazionale di simulazione trasporto inquinanti, sia per la determinazione delle Zone di Rispetto prevista nelle "*Linee Guida per la tutela dell'acqua destinata al consumo umano e criteri generali per la individuazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche di cui all'art. 21 del D.L. 21/05/1999, N. 152*" riportate nell'Accordo Conferenza Stato/Regioni pubblicato nella G.U. 03/01/2003.

In particolare in dette Linee Guida viene definito "*Tempo di Sicurezza: Intervallo temporale rappresentato dal periodo necessario perché una particella di acqua durante il suo flusso idrico sotterraneo nel mezzo saturo, raggiunga il punto di captazione spostandosi lungo la superficie della falda. Il valore numerico da attribuire a tale intervallo temporale deve tener conto anche del tempo necessario per implementare misure di approvvigionamento idrico alternativo o sistemi di disinquinamento delle acque sotterranee. Il tempo di sicurezza (o le associate distanze di sicurezza) e' utilizzato per la delimitazione delle zone di rispetto mediante cartografia di isocrone*"

Propensione al Danno, che si identifica, in via generale, con la perdita di fruibilità, da parte della collettività, di un bene ambientale identificato, ovvero, nella fattispecie, con l'alterazione del suo stato qualitativo e quantitativo indotto dalla intensità della propagazione. La misura del grado di perdita atteso o probabilità di danno può essere correlata con fattori a loro volta legati alle caratteristiche intrinseche dei beni come:

- distanza dalla sorgente di contaminazione espressa in termini di tempo di sicurezza o tempo di efficacia degli interventi e quantità di superficie esposta.
- rilevanza sociale del bene medesimo da mettere in relazione con le tutele imposte dalla normativa e l'uso potenziale della risorsa
- nel caso della falda, che assume la duplice funzione di bersaglio e mezzo di propagazione, si assume la complessità della struttura idrogeologica, in relazione alla propensione di questa ad agevolare o meno gli interventi di contenimento e di ripristino della situazione ex-ante e, conseguentemente, ridurre l'estensione della contaminazione e il danno economico.

4. PROCESSO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

In sintesi la Valutazione del Rischio potrebbe seguire il seguente percorso, riportato in forma schematica nella figura allegata:

1. Identificazione delle potenziali fonti di rilascio e dei ricettori ambientali vulnerabili.

2. Valutazione dell'indice di propensione al rilascio

3. Valutazione della propensione alla propagazione tramite

- a) una valutazione preliminare o Initial Risk Assessment (IRA) basato su modelli semplificati e conservativi (indice di propensione alla propagazione).
- b) qualora fossero identificate situazioni critiche, acquisizione di un maggiore numero di informazioni volte a permettere l'applicazione di modelli di propagazione dei contaminanti
- c) valutazione con modelli sofisticati di flusso e trasporto delle sostanze contaminanti (Advanced Risk Assessment o ARA)

4. Valutazione delle criticità e della rilevanza/compatibilità del rischio (probabilità e conseguenze) sia in fase di IRA che in fase di ARA in funzione del tempo di sicurezza, della distanza della sorgente dai bersagli, della rilevanza sociale di questi e della possibilità di mettere in atto azioni efficaci d'intervento.

5. Qualora fossero riscontrate situazioni critiche/incompatibili, adozione di misure di prevenzione e protezione.

1. Identificazione delle potenziali fonti di rilascio dei ricettori ambientali vulnerabili:

Allo scopo di seguire un criterio razionale di identificazione degli scenari, si utilizza la stessa metodica prevista nel DM 20/10/98 suddividendo lo stabilimento in unità logiche, ed eventuali sottounità, che saranno analizzate singolarmente. Ad esempio:

- Aree di stoccaggio in serbatoi fissi
- Aree di carico e scarico
- Aree di pompaggio per movimentazione
- Aree ove sono presenti additivi pericolosi
- Aree di tubazioni /condotte di trasferimento

In questa fase, devono essere anche identificati i ricettori sensibili ambientali nel territorio e la loro distanza dai centri di pericolo (punti di potenziale rilascio). Allo scopo è importante riferirsi alle indicazioni/elenchi previsti nel D.Lgs. 334/99 e nel D.M. 9 maggio 2001 qui di seguito riportati:

1. Elenco previsto al punto 6.1.2 dell'all. 1 del DM 09/052001:
2. Elenco riportato nell'allegato VI ("Criteri per la notifica di un incidente alla Commissione ") del D.Lgs. 334/99
3. Eventuali altre tutele ambientali previste da normative o necessità territoriali

2. Valutazione della propensione al rilascio

Per quanto concerne la propensione al rilascio si fa preciso riferimento ai **Metodi "qualitativi"**, che utilizzano parametri o indici a punteggi e pesi dei vari fattori che concorrono alla propensione al rilascio di sostanze da parte di uno stabilimento. Tale approccio non identifica direttamente i potenziali eventi incidentali né la loro frequenza di accadimento, ma, tenendo conto di fattori quali ad esempio il grado di tecnologia utilizzato nello stabilimento ed il Sistema di Gestione della sicurezza SGS adottato dal gestore (procedure operative e di manutenzione formazione ed addestramento del personale, pianificazione delle emergenze interne ecc.) è implicitamente correlato con i risultati ottenibili mediante un approccio analitico probabilistico. Detti metodi si rivelano utili per la relativa rapidità e facilità di calcolo e sono stati utilizzati nella fattispecie del metodo qui descritto e messo a punto dal G.d.L. APAT/ARPA/CNVVF in analogia con la normativa relativa ai rapporti di sicurezza per i depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici (DM20/10/98) e per i depositi di gas e petrolio liquefatto (D.M. 15/5/96).

Si sottolinea ancora una volta che l'utilizzo del metodo qualitativo non è sostitutivo dei metodi quantitativi (frequenza di accadimento) con cui la propensione al rilascio può essere espressa numericamente e che, come già evidenziato precedentemente, in ogni caso il gestore deve identificare, tramite l'utilizzo dei modelli di probabilità sulla base

dell'analisi delle cause iniziatrici, delle concause e degli elementi propaganti la sequenza incidentale (es. alberi di guasto). Tale metodo, infatti, viene utilizzato di solito per impianti di processo o sistemi complessi ed è, comunque, previsto esplicitamente dalla normativa per la preparazione dei rapporti di sicurezza (DPCM31/3/89).

I due approcci sono confrontabili ed alternativi purché vengano stabilite le adeguate correlazioni tra indici e classi di frequenza ottenute.

3. Valutazione della propensione alla propagazione tramite una valutazione preliminare Initial Risk Assessment IRA basato su modelli semplificati e cautelativi (indice di propensione alla propagazione) e, in seconda analisi, qualora fossero identificate situazioni critiche, con modelli sofisticati di flusso e trasporto delle sostanze contaminanti (Advanced Risk Assessment o ARA)

L'obiettivo principale del Risk Assessment è di dare una risposta alle domande:

“ *In quali tempi la sostanza pericolosa rilasciata nel terreno, riuscirà a percorrere la distanza e raggiungere un ricettore presente in tale area?*“

“ *Tali tempi sono sufficienti a porre in atto azioni correttive, di recupero e messa in sicurezza di emergenza, evitando che il contaminante raggiunga i ricettori e crei un Incidente Rilevante?*“.

Ciò è del tutto in linea sia con i principi del “Criterio Temporale” e “Tempo di Sicurezza” riportati ed adottati nelle già menzionate Linee Guida Accordo Stato/Regioni (G.U. 03/01/2003) per la delimitazione delle zone di rispetto di sorgenti/pozzi/acque superficiali sia con la seguente indicazione di Compatibilità Territoriale Ambientale fornita nel D.M. 9 maggio 2001:

“Situazione in cui si ritiene che, sulla base dei criteri e dei metodi tecnicamente disponibili, la distanza tra stabilimenti e gli elementi territoriali e ambientali vulnerabili garantisca condizioni di sicurezza”

La risposta a tali domande è ottenuta attraverso l'utilizzo delle consuete leggi dell'idrodinamica sotterranea applicando Modelli Previsionali di Trasporto e Migrazione (a diversi livelli di complessità e qualità/entità dati di input) dell'inquinante nell'ambiente. Tuttavia, anche in questo caso, l'utilizzo di tali modelli non è esente da un fattore di incertezza legato ai molti parametri che influiscono sulla dinamica di migrazione delle sostanze nell'ambiente. Occorrerebbero numerosi dati relativi alle caratteristiche idrogeologiche, chimiche, fisiche e biologiche dei terreni e delle acque a contatto con la sostanza stessa.

E' chiaramente utile quindi, onde evitare lunghe, costose e complesse indagini geognostiche, procedere nella valutazione con il tipico approccio razionale e graduale (come ad es. previsto da EPA, CLARINET, etc), per fasi successive di approfondimento (Tiers).

In Particolare la valutazione delle potenziali conseguenze segue un percorso, razionale e graduale per fasi successive di approfondimento ,tramite i seguenti livelli:

- *Livello I o Risk assessment iniziale (IRA).* Un processo qualitativo di screening che adotta conservativamente un modello di trasporto semplificato (legge di Darcy) utilizzando pochi parametri litologici del sito e assumendo cautelativamente che durante il trasporto della sostanza inquinante non intervengano fattori attenuanti che ne riducano la concentrazione.
- *Livelli di successivo approfondimento (ARA).* Qualora lo screening conservativo iniziale (IRA) dovesse evidenziare situazioni critiche, risulta necessario, per detti casi, acquisire ulteriori dati sito-specifici, utilizzare modelli di simulazione della migrazione riconosciuti a livello nazionale/internazionale.

Risk Assessment Iniziale (IRA)

L'IRA viene effettuato quantificando, attraverso l'utilizzo della velocità di migrazione, i tempi necessari all'inquinante:

- sia per raggiungere, percolando attraversando la zona vadosa non satura, la falda acquifera sottostante (**Vulnerabilità Verticale:** rappresenta la facilità con cui l'acquifero può essere raggiunto da un inquinante immesso dalla superficie del suolo)
- sia per percorrere, migrando attraverso un percorso prevalentemente orizzontale lungo la direzione di deflusso della falda (zona satura), la distanza e raggiungere il confine di stabilimento e i ricettori ambientali sensibili presenti nel territorio (**Vulnerabilità Orizzontale:** rappresenta la facilità con cui l'acquifero può diffondere l'inquinante che l'abbia raggiunto).

L'IRA è da ritenersi una valutazione intrinsecamente conservativa in quanto basata, in modo cautelativo, sulla assunzione del caso peggiore e cioè:

- che il quantitativo di sostanza rilasciata (considerato flusso d'acqua) non sia limitato, ma sia a flusso continuo ininterrotto.
- che tutta la sostanza rilasciata in superficie raggiunga sempre la falda acquifera (cioè assumendo in maniera molto conservativa che il terreno, nella zona vadosa insatura, sia invece già totalmente saturo)
- che tutta la sostanza si muova con la stessa velocità della falda acquifera
- che non intervengano, durante la migrazione, fattori naturalmente attenuanti, quali la dispersività laterale/verticale, l'assorbimento, la diluizione, la volatilizzazione, la biodegradazione, l'idrolisi. Questi fattori, notoriamente, tendono a ridurre le concentrazioni dello inquinante riducendo gli effetti dannosi.

Approfondimenti ulteriori (ARA) tramite l'utilizzo di modelli avanzati di trasporto e migrazione e con dati litologici sito specifici.

Nei casi in cui l'IRA conservativo iniziale dovesse evidenziare situazioni critiche sarà necessario, per detti casi, acquisire ulteriori dati sito-specifici, e utilizzare modelli di simulazione della migrazione più esaustivi riconosciuti a livello nazionale/internazionale. Con tali modelli, la velocità/tempi/distanze di migrazione dell'inquinante vengono determinati tenendo anche conto delle caratteristiche chimico/fisiche dello inquinante stesso e viene inoltre valutato l'effetto del carico inquinante (quantità di sostanza rilasciata come calcolata nel punto 2 precedente), la posizione/raggio del NAPL e l'andamento delle concentrazioni di inquinante attese nel tempo ed in funzione dalla distanza dalla sorgente del rilascio.

L'obiettivo principale di questi approfondimenti è quindi di fornire informazioni supplementari che permettano di supportare o confutare il rischio stimato con l'IRA.

Nello stabilire l'entità degli eventuali ulteriori approfondimenti richiesti e/o modelli previsionali da utilizzare è importante tener presente che l'obiettivo principale della Valutazione di Rischio Seveso, prevista in DL334/99, è di individuare i potenziali "Incidenti Rilevanti" con la stima "ex-ante" dei danni, per prevenirli e per predisporre gli opportuni piani d'emergenza. E' quindi importante l'utilizzo di dati storici locali o dei risultati d'eventuali indagini similari pregresse o da condursi se dell'uopo.

Si rileva che, comunque, non è richiesto in questo tipo di valutazione di Rischio porre in atto una laboriosa caratterizzazione dell'area ai sensi della normativa delle bonifiche. Sarà in ogni caso a cura dell'autorità preposta porre, in fase di valutazione, il giusto peso alla qualità e alla completezza delle informazioni raccolte.

A seguito delle azioni di prevenzione dell'accadimento d'incidente (riduzione della propensione o probabilità) e qualora i tempi di intervento dovessero risultare inadeguati si dovranno prevedere ulteriori azioni e misure correttive finalizzate in questo caso alla protezione (ad esempio tramite barriere, canalizzazioni, intercettazioni del flusso, impermeabilizzazioni del bacino di contenimento etc.).

4. Valutazione delle criticità e della rilevanza/compatibilità del rischio (probabilità e conseguenze) sia in fase di IRA che in fase di ARA in funzione del tempo di sicurezza, della distanza della sorgente dai bersagli, della rilevanza sociale di questi e della possibilità di mettere in atto azioni efficaci d'intervento.

La valutazione dei livelli di rischio viene effettuata nella fase di screening (IRA) mediante la combinazione, in una matrice di rischio, delle categorie di propensione al rilascio individuate in base ai valori dell'indice e dei livelli di propensione propagazione per bersagli (cfr. Tab. II) e falda, individuati attraverso la combinazione degli intervalli dei tempi di arrivo e degli intervalli di velocità effettiva di migrazione orizzontale di un contaminante in falda, ottenuti mediante modelli cautelativi semplificati (legge di Darcy).

Per la valutazione della "Rilevanza dell'incidente e della Compatibilità Ambientale o della soglia di tollerabilità, si fa riferimento ai criteri indicati nel D.Lgs. 334/99 ed al D.M. 9 maggio 2001 (Urbanizzazione). In particolare:

- Per la identificazione dei bersagli riferirsi a quanto contenuto nei criteri riportati nell'allegato VI ("*Criteri per la notifica di un incidente alla Commissione*") del D.Lgs 334/99, e nell'elenco previsto al punto 6.1.2 dell'all. 1 del D.M. 09/052001 riportati nel paragrafo 2 della presente memoria (cfr. tab I).
- Per la definizione di danno rilevante, nell'oggettiva difficoltà di applicare la definizione di cui al punto 6.3.3 dell'all. 1 del DM09/05/2001, ove vengono indicate le seguenti 2 categorie di danno ambientale, *Danno Significativo e Danno Grave*, si ritiene prendere come riferimento i criteri dell'allegato VI ("*Criteri per la notifica di un incidente alla Commissione*") del D.Lgs. 334/99 e, congruentemente con quanto riportato nello stesso D.M. 09/05/2001, tutti i fattori che possono incrementare oggettivamente la contaminazione di superfici estese di bersaglio e conseguentemente aumentare la probabilità di danno economico. Tali criteri derivano dal confronto tra i tempi di migrazione verticale e orizzontale e il tempo d'intervento, vale a dire il tempo necessario ad attuare in modo efficace, sin dallo stadio iniziale, immediati presidi di contenimento, per minimizzare la migrazione e la diffusione dalla sorgente di rilascio.
Dal momento che il tempo di intervento non è facilmente determinabile a priori si è ritenuto considerare, a scopo cautelativo, come soglia oltre la quale l'incidente possa assumere caratteristiche di rilevanza, la

combinazione di velocità verticale e orizzontale che presuppone un tempo di sicurezza (espresso in termini di distanza, cfr. tab II) superiore ai 180 giorni, equivalente ad uno scenario in cui si è ragionevolmente sicuri che una sostanza contaminante, in qualsiasi condizione idrogeologica e territoriale, non giunga mai al bersaglio a seguito di rilascio, anche dopo che siano state messe in atto le prime azioni di messa in sicurezza d'emergenza, ne sia stato verificato il corretto funzionamento e che sia stato ricalibrato il sistema in funzione delle prime risultanze della caratterizzazione.

Per quanto concerne la falda, in considerazione della sua duplice funzione sia di bersaglio che di veicolo di contaminazione, si è ritenuto opportuno considerare come criterio d'identificazione della soglia di tollerabilità, unitamente alle condizioni critiche di velocità verticale e orizzontale che possono oggettivamente produrre una alterazione del suo stato qualitativo per una estensione superiore ad un ettaro in tempi dell'ordine dei 15-30 giorni, l'aggravante costituita dalla sussistenza di condizioni idrogeologiche e territoriali sfavorevoli che possono complicare e ritardare oltre i tempi previsti l'efficacia delle azioni di contenimento del pennacchio contaminante ovvero produrre un incremento del danno economico.

Tali condizioni a contorno opportunamente parametrizzate in base al grado di correlazione con il danno sono:

a) La complessità della struttura idrogeologica in relazione alla facilità di bonifica o propensione alla bonifica. Tale condizione presuppone l'esistenza di una correlazione diretta tra la complessità della struttura idrogeologica e la minore propensione alla bonifica dell'acquifero, a prescindere dalla tecnica utilizzata. In rocce porose molto eterogenee o in rocce fratturate dove il flusso idrico sotterraneo è fortemente condizionato dalla presenza di vie preferenziali, la bonifica e/o l'intercettazione delle sostanze inquinanti è oggettivamente più difficoltosa che in acquiferi omogenei, caratterizzati da scarsa variabilità delle caratteristiche litologiche dei terreni dove è possibile prevedere con un buon margine di certezza l'evoluzione della contaminazione e incrementare quindi l'efficacia delle azioni di messa in sicurezza d'emergenza e di ripristino.

b) La destinazione d'uso del suolo dei terreni adiacenti riflette, solo dal punto di vista degli obiettivi della presente metodologia, il valore potenziale delle risorse idriche sotterranee e la potenziale rilevanza del danno conseguente ad una sua eventuale contaminazione.

c) Il potenziale di sfruttamento della risorsa o la presenza di acquiferi produttivi.

In questo caso per stabilire un valore dell'acquifero in relazione alla possibilità di sfruttamento è possibile avvalersi, in assenza di dati oggettivi provenienti da prove di emungimento, di valutazioni di tipo qualitativo che tengano conto dell'estensione delle aree di ricarica, del grado di circolazione idrica nell'acquifero e della presenza o meno di manifestazioni sorgentizie. Laddove esistano informazioni precise sulla struttura idrogeologica locale ovvero dati desunti da indagini o test eseguiti *in situ*, si possono prendere in considerazione parametri numerici più strettamente rappresentativi del potenziale di sfruttamento, come la trasmissività o la portata della falda.

Si fa presente che, qualora la fase preliminare o IRA conduca alla identificazione di scenari non conformi con i criteri sopra esposti, si passa ad un livello superiore di analisi o ARA, nella quale per ogni scenario incidentale si valuta quantitativamente la propensione alla propagazione attraverso la simulazione dell'evoluzione spazio-temporale del fronte contaminante. **Si sottolinea che questa seconda fase è preceduta da una raccolta di informazioni sito-specifiche che per quantità e qualità deve garantire l'affidabilità dei risultati del modello di simulazione.**

La simulazione permetterà di re-iterare il processo di analisi e calibrarlo in funzione dei percorsi effettivi sorgente-bersaglio e del fattore di ritardo dovuto alle caratteristiche intrinseche delle sostanze.

Nel caso che il confronto tra i risultati della simulazione e la propensione al rilascio confermasse la presenza di situazioni critiche, sarà necessario adottare misure di mitigazione del rischio che nella fattispecie debbono comportare o una riduzione della propensione al rilascio (prevenzione) o la riduzione della propensione alla propagazione (protezione).

5. APPLICAZIONI PRELIMINARI

La metodologia sopra descritta è oggetto di attento esame finalizzato alla taratura di tutte le sue componenti. L'applicazione del metodo prevede, per lo stabilimento generico in esame, la determinazione dei due indici: propensione al rilascio e propensione alla propagazione.

In analogia con il decreto sui depositi di liquidi infiammabili e/o tossici (DM 20/10/98 "Criteri di Analisi e valutazione dei rapporti di Sicurezza relativi ai depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici") l'indice di propensione al rilascio, valutato sulla base delle caratteristiche di pericolosità per l'ambiente della sostanza trattata e delle dotazioni impiantistiche, viene calcolato mediante la seguente relazione:

$$PR = Q \times B \times (1+P/100) \times [1+(S+L)/100]$$

dove:

- Q rappresenta la quantità di sostanza pericolosa rilasciata dall'unità di impianto considerata (da valutare mediante correlazioni definite);
 B è il fattore sostanza (pari ad es. a 27 per la benzina e 12 per il gasolio);
 P rappresenta i rischi generali di processo
 S rischi particolari di processo
 L rischi connessi al "Lay-out"

Il valore dell'indice può essere "compensato" considerando i fattori relativi agli aspetti organizzativo/gestionali generali e d'emergenza ottenendo un valore PR' "compensato" dato da:

$$PR' = K * PR$$

Dove K rappresenta il fattore di compensazione (minore di 1).

L'unità viene quindi classificata in funzione del valore determinato per PR' (molto basso, basso, medio, alto). Una prima applicazione ad unità del tipo "serbatoi di stoccaggio" ha portato ai risultati indicati in tabella:

unità tecnica	capacità geometrica (m3)	diametro medio (m)	altezza geometrica (m)	K (benz.-gas.)	PR/QB	PR'/QB
caso 1	1100	11,58	10,85	0,0615	1,617	0,099
caso 2	13163	36,58	13,26	0,043	2,387	0,103
caso 3	6700	24,38	14,5	0,051	2,387	0,121
caso 4	36668	57,96	13,9	0,043	2,607	0,112
valore minimo	n.a.	n.a.	n.a.	0,0003	1,54	0,0005
valore massimo	n.a.	n.a.	n.a.	0,62 (compensazione scarsa)	18,1	11,765

Le prime quattro righe si riferiscono ad unità reali (serbatoi di stoccaggio per benzina), le ultime due invece si riferiscono a due unità stoccaggio ipotetiche con dotazioni impiantistiche e soluzioni organizzativo/gestionali scelte in modo da poter definire il campo di variabilità per i valori che si possono ottenere nelle applicazioni reali. Il valore 0,62 per il fattore di compensazione corrisponde alla ipotesi di adozione di soluzioni organizzativo/gestionali minime.

I valori in tabella, moltiplicati per il fattore sostanza e per il valore di Q, caratteristico dell'unità (funzione delle caratteristiche geometriche reali e/o delle caratteristiche dei sistemi di movimentazione della sostanza da o per l'unità) forniscono il valore di PR e del corrispondente PR'. Valori bassi dell'indice corrispondono a buone unità (utilizzo di valide soluzioni impiantistiche combinate con adeguate soluzioni organizzativo/gestionali).

Dalle applicazioni preliminari sono stati ottenuti i risultati riportati nella seguente tabella:

unità tecnica	capacità geometrica (m3)	PR benzina	PR gasolio.	PR' benzina	PR' gasolio
caso 1	1100	1408,789	626,128	86,640	38,507
caso 2	13163	9203,639	4090,506	395,756	175,892
caso 3	6700	3981,144	1769,397	203,038	90,239
caso 4	36668	17027,310	7567,693	732,174	325,411
valore minimo	(ipotesi) 36668	10058,327	4470,367	3,017	1,341
valore massimo	(ipotesi) 36669	118217,996	52541,332	73295,158	32575,626

Di seguito si riportano alcuni esempi di applicazione dell'IRA su impianti situati sul territorio nazionale.

Nella tabella che segue infatti vengono evidenziati i risultati inerenti il calcolo degli indici di propagazione e l'identificazione dell'Indice di propensione alla propagazione riferito ai bersagli e l'indice di propensione alla propagazione riferito alla falda. Tali valori devono essere infatti combinati con l'indice di propensione al rilascio per stabilire le eventuali criticità della situazione impiantistico-geoambientale di una unità logica sulla base delle distanze dal bersaglio e della potenzialità di propagazione nella falda. Gli indici di propensione alla propagazione per bersagli e falda, IPPB e IPPF, sono identificati in una matrice attraverso la combinazione degli intervalli dei tempi di arrivo e delle velocità effettive di migrazione orizzontale di un contaminante nel comparto idrico sotterraneo, ottenuti mediante modelli cautelativi e semplificati. I parametri di input: K conducibilità idraulica, n porosità efficace, i gradiente idraulico, S soggiacenza della falda, s spessore sono stati desunti dalla letteratura.

Unità	K (conducibilità idraulica) cm/sec	Porosità efficace %	Gradiente idraulico %	Velocità effettiva orizzontale m/g	Soggiacenza falda m.	Spessore falda m.	I.P.P.B.	I.P.P.F.
Caso 1	1,674 10 ⁻³	30	1,5		6	5	3	II
Caso 2	8,64 10 ⁻²	41	0,048	0,08	7	12	3	II
Caso 3	1,041 10 ⁻²	17	3	1,52	6	7	5	IV
Caso 4	1,041 10 ⁻²	17	0,63	0,32	3	7	3	II
Caso 5	1,5 10 ⁻⁴	18	0,97	0,006	2	2	3	II
Caso 6	3,6 10 ⁻²	25	0,6	0,74	1,5	19,5	4	III
Caso 7	1,2 10 ⁻²	40	0,2	0,05	2	7	3	II
Caso 8	0,6 10 ⁻²	20	0,7	0,05	5	4	3	II
Caso 9	1,7 10 ⁻²	20	2	1,4	2,5	6	5	IV
Caso 10	1,3 10 ⁻²	40	1	0,5	1,2	12	4	III
Caso 11	2,6 10 ⁻²	30	1,5	1,9	3,3	21	5	IV
Caso 11a	2,6 10 ⁻²	30	1,5	2,2	3,3	21	2	I
Caso 11b	2,6 10 ⁻²	30	0,0015	0,001	3,3	21	3	II

Nel caso un determinato tipo di bersaglio si trovi ad una distanza inferiore da quella prevista nella tabella II per un dato indice di propensione al rilascio sarà necessario passare ad un livello di analisi avanzata per stabilire con sufficiente grado di accuratezza le velocità ed il tempo effettivi di arrivo al bersaglio stesso oppure eseguire da subito misure di protezione del bersaglio e della falda. Significativo a tale proposito è lo scenario relativo al caso 11 riportato in tabella. L'indice di propagazione per i bersagli evidenzia in ragione dei parametri idrogeologici ed idrodinamici della falda un valore pari a 5. L'indice di propensione al rilascio ha mostrato per tale unità un classe di tipo medio. Il bersaglio, nella fattispecie di tipo C (una linea di costa) è situato a 190 metri dall'unità.

Confrontando sulla tabella II il PR e l'IPPB si osserva che l'unità in esame deve essere posta ad una distanza di almeno 500 metri. Ciò non significa che tale unità è incompatibile con la presenza del bersaglio ma che è necessario svolgere ulteriori indagini ed utilizzare, se del caso, modelli più sofisticati (applicazione dell'ARA) per verificare se il tempo di arrivo al bersaglio è compatibile con la messa in opera degli interventi di messa in sicurezza obbligatori per legge. Nel caso in cui anche l'ARA evidenzia il persistere della situazione di criticità è necessario eseguire interventi mirati alla protezione della falda e del bersaglio e reiterare il processo di analisi. Il caso 11a e 11b mostrano la riduzione dell'IPPB e dell'IPPF nel caso di posa in opera, rispettivamente, di una pavimentazione in cls. armato e di costruzione di una batteria di pozzi di emungimento opportunamente posizionati a monte dell'unità. Nel caso 11°, l'applicazione reiterata dell'IRA tiene conto dell'effetto di riduzione del tempo di arrivo verticale indotto dalla soletta in cls armato, infatti si osserva una riduzione da 5 a 2 per IPPB e il passaggio dal livello IV al livello I per l'IPPF.

Nel caso 11b, dove si osserva una riduzione da 5 a 3 per l'IPPB ed il passaggio dal livello IV al livello II per l'IPPF, si tiene conto dell'appiattimento indotto alla piezometrica dalla batteria di pozzi che entra in funzione subito dopo l'evento di rilascio. La riduzione del gradiente idraulico induce un analogo effetto sulle velocità di propagazione orizzontale e di conseguenza sull'indice.

In entrambi i casi le azioni di protezione elencate sopra hanno rimesso in evidenza la possibilità di ridurre il livello di rischio e di raggiungere una condizione di assenza di criticità. Nel caso 11a infatti dalla tabella II risulta che le condizioni impiantistico-geoambientali dell'unità escludono qualsiasi possibilità di danno rilevante per tutte le categorie di bersagli ivi compresa la falda. Nel caso 11b si esclude qualsiasi ipotesi di danno rilevante solo se C si trova ad una distanza superiore a 100 metri; dal momento che la linea di costa si trova a 190 metri, la precedente condizione risulta ampiamente soddisfatta con un fattore di sicurezza pari a circa 2.

6. CONCLUSIONI

La metodologia presentata nella presente memoria si propone di fornire agli organi coinvolti nelle fasi di verifica dei rapporti di sicurezza uno strumento di valutazione pratico e oggettivo delle conseguenze ambientali indotte da rilasci incontrollati di idrocarburi finalizzato ad una facile individuazione di situazioni critiche che, per aspetti impiantistici e geo-ambientali, necessitano l'adozione di metodi di analisi più sofisticati (Advanced Risk Assessment) e/o la predisposizione di interventi di prevenzione/protezione (mitigazione del rischio). In questo senso la metodologia viene messa a disposizione anche dei gestori, pur non prefigurandosi come sostitutiva delle analisi richieste ai sensi del DLgs 334/99.

Non sono stati presi in considerazione almeno in questa fase gli scenari di rischio che implicano il rilascio diretto nei vari ricettori ambientali, argomento che necessita approfondimenti e che sarà eventualmente integrato in tempi successivi.

Fattori essenziali che su cui si è basata l'elaborazione del metodo sono stati:

- lo screening preliminare delle metodologie presenti a livello nazionale ed internazionale,
- l'analisi dei requisiti imposti dalla normativa

- l'analisi delle esigenze operative degli organi competenti coinvolti nella fase di verifica. A tale proposito si è rivelato fondamentale il coinvolgimento nel Gruppo di Lavoro dei rappresentanti degli organi preposti al controllo, ciascuno dei quali, nell'ambito delle proprie competenze ed esperienza, ha potuto fornire un valido contributo.

Ciò ha permesso di calibrare il metodo in modo da poter soddisfare i seguenti requisiti:

- congruenza con le metodologie e le definizioni universalmente accettate per la valutazione del rischio/danno con riferimento all'analisi per livelli successivi (tiers) di approfondimento;
- Congruenza con i principi previsti dalla normativa vigente (D.Lgs 334/99, D.M. 9 maggio 2001) e analogia con le metodologie adottate in materia di redazione dei rapporti di sicurezza per i depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici (DM20/10/98) e per i depositi di gas e petrolio liquefatto (D.M. 15/5/96).
- Ridotto numero di parametri di valutazione nella fase preliminare (IRA) pur mantenendo una forte conservatività del metodo;
- Oggettività dei risultati
- Semplicità nell'attuazione del processo di calibrazione.
- Facile e capillare individuazione delle misure di mitigazione del rischio (prevenzione e protezione).

La metodologia è attualmente in corso di taratura mediante applicazione a casi reali, rappresentativi di diverse situazioni impiantistiche e ambientali, al fine di verificare la sua efficacia e la sua capacità di individuare con chiarezza le situazioni di rischio maggiore e di orientare conseguentemente le proposte di azioni ed interventi successivi alla valutazione.

SCHEMA DEL PROCESSO DI ANALISI E VALUTAZIONE RISCHIO AMBIENTALE

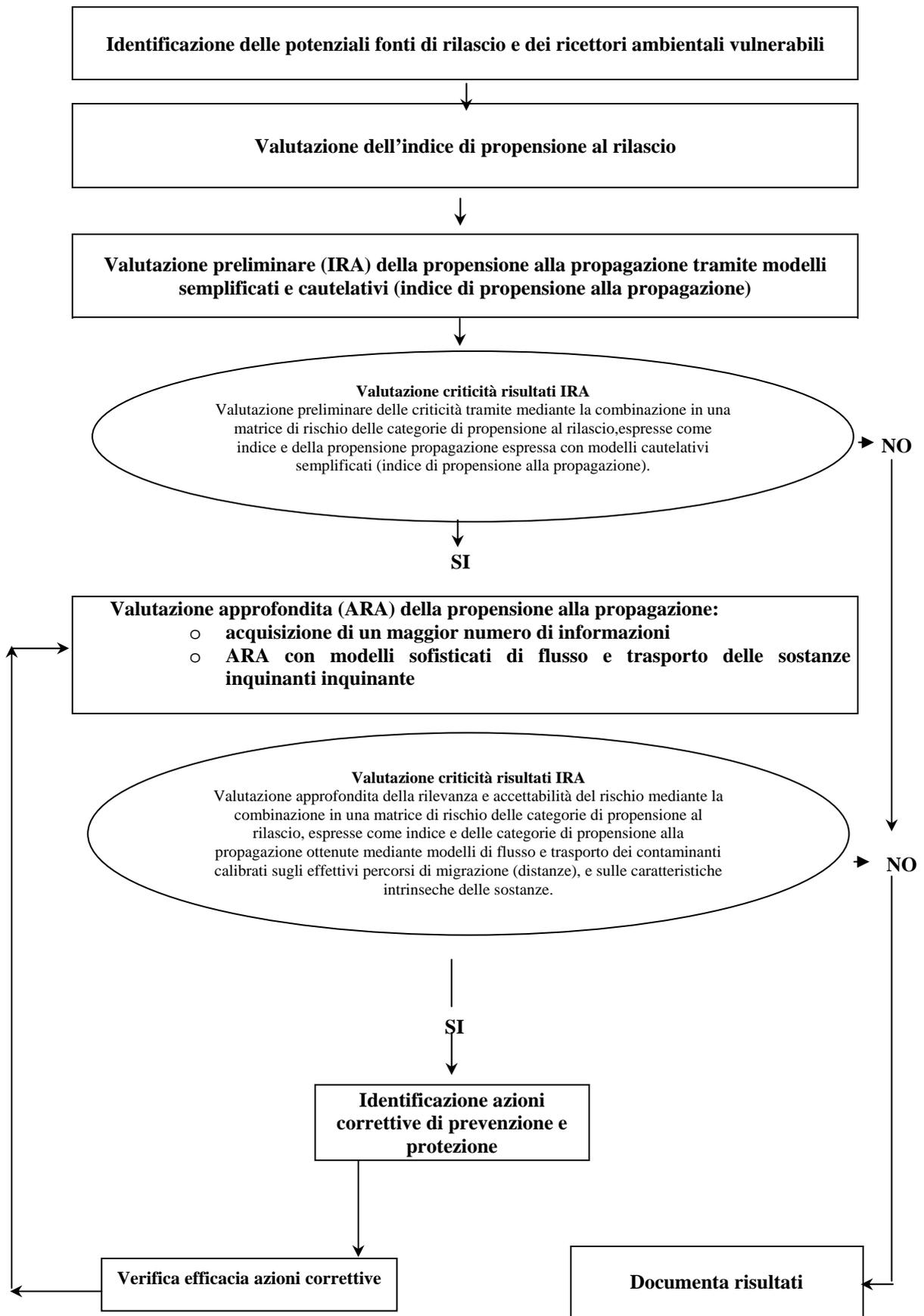


Fig. 1

Tab. I

Categoria	Risorsa ambientale (proposta)
A	Beni Paesaggistici e ambientali, aree naturali protette, parchi, riserve ecc.
B	Laghi, stagni, punti di captazione (pozzi e sorgenti), Zone ricarica falda,
C	Delta, Zone costiere o di mare Fiumi o canali

Tab. II

Matrice per la definizione della tollerabilità del rischio per i bersagli (IRB)

Indice di Propensione al rilascio.	Indice di propensione alla propagazione e livelli di vulnerabilità/danno per i bersagli (IPPB)				
	1	2	3	4	5
M.Basso	ABC	ABC	A>200m BC>100m	A>400m BC>200m	A>1000m BC>500m
Basso	ABC	ABC	AB>200m C>100m	AB>400m C>200m	AB>1500m C>500m
Medio	ABC Solo per depositi esistenti	ABC Solo per depositi esistenti	AB>400m C>100m	AB>400m C>200m	ARA
Alto	ARA	ARA	ARA	ARA	ARA

ARA: Advanced Risk Assessment

Tab. III

Criteri di identificazione dell'indice di propagazione e dei livelli vulnerabilità/danno per i bersagli (IVB)

Distanza percorsa (verticale e orizzontale) considerando un tempo di sicurezza di 6 mesi*

Livello	Descrizione
1	<i>Il tempo di arrivo in falda è superiore al tempo di sicurezza</i>
2	<i>Il tempo di arrivo in falda è superiore al tempo di sicurezza. E' comunque necessario tenere conto, delle situazioni di elevata componente orizzontale di migrazione delle sostanze contaminanti.</i>
3	<i>Il tempo di arrivo in falda e le velocità di migrazione orizzontale permettono di intervenire nei tempi previsti per distanze non inferiori ai 100 metri</i>
4	<i>Il tempo di arrivo in falda e le velocità di migrazione orizzontale permettono di intervenire nei tempi previsti per distanze non inferiori ai 200 metri</i>
5	<i>Il tempo di arrivo in falda e le velocità di migrazione orizzontale permettono di intervenire nei tempi previsti per distanze non inferiori ai 500 metri</i>

(*)6 mesi corrispondono al tempo in cui si è ragionevolmente sicuri che un inquinante non giunga mai al bersaglio dopo che

1. siano state messe in atto le prime azioni di messa in sicurezza d'emergenza
2. ne sia stato verificato il corretto funzionamento
3. sia stato ricalibrato il sistema in funzione delle prime risultanze delle indagini di caratterizzazione.