

**ARGIA: Analisi del Rischio per la
Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti
nell'Anagrafe.**

MANUALE OPERATIVO

Versione 1.2

Agosto 2004

Responsabile di progetto APAT
Giuseppe Marella

Responsabile CTN-TES
Renzo Barberis

Gruppo di lavoro di ARGIA 1.2:

La versione 1.2 di ARGIA è stata curata da Saverio Giaquinta, Daniela Ballardini, Danila Bevilacqua (ARPA Emilia-Romagna) con la consulenza di Massimo Andretta (CRSA Fenice Spa) e con il contributo critico ed i suggerimenti di alcuni componenti il Centro Tematico Nazionale Terreni e Siti Contaminati (CTN-TES): Gabriella Andrisani (ARPA Campania), Stefania Canestrari (ARPA Marche), Carlo Dacquino (APAT), Laura D'Aprile (APAT), Ugo Gasparino (ARPA Liguria), Manrico Marzocchini (ARPA Marche).

Gruppo di lavoro di ARGIA 1.0 e 1.1:

Diego Cinelli, Claudia Ferrari – Regione Emilia-Romagna
Daniela Ballardini, Paolo Cagnoli, Saverio Giaquinta - ARPA Emilia-Romagna
Massimo Andretta, Claudia Magri - Centro Ricerche Ambientali Montecatini

Indice

1.	PRESENTAZIONE	3
2.	PREMESSA.....	5
3.	CENNI AI METODI DI ANALISI RELATIVA DEL RISCHIO (<i>HAZARD RANKING</i>).....	6
4.	ALCUNE CONSIDERAZIONI SUI METODI CITATI	8
5.	CARATTERISTICHE GENERALI DI ARGIA.....	10
6.	I FATTORI RILEVANTI.....	12
7.	IL MODELLO CONCETTUALE	14
	7.1 <i>Le Sorgenti di contaminazione</i>	15
	7.2 <i>I Contaminanti rilevanti</i>	15
	7.3 <i>Le Vie e modalità di esposizione</i>	18
	7.4 <i>I Recettori</i>	19
	7.5 <i>Il modello concettuale di ARGIA come riferimento per le informazioni mancanti</i>	21
8.	CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA DI CALCOLO DEL MODELLO	23
9.	LE SCHEDE OPERATIVE E LA PROCEDURA DA SEGUIRE	24
	9.1 <i>Informazioni preliminari</i>	24
	9.2 <i>Modalità complessive del percorso applicativo</i>	29
	9.3 <i>Primo Passo: Selezione dei Contaminanti Rilevanti (scheda A)</i>	30
	9.4 <i>Secondo Passo: Descrizione e parametrizzazione della Sorgente (scheda B)</i>	33
	9.5 <i>Terzo Passo: Descrizione e parametrizzazione delle Vie di Trasporto (scheda C)</i>	37
	9.6 <i>Quarto Passo: Descrizione e parametrizzazione dei Recettori (scheda D)</i>	39
	9.7 <i>Quinto Passo: Calcolo del punteggio complessivo di Rischio Relativo (schede E, F)</i>	43
	9.8 <i>La Scheda "Informatività"</i>	46
10.	IMPORTANTI CONSIDERAZIONI GENERALI	47
	10.1 <i>Considerazioni su casi particolari</i>	48
11.	BIBLIOGRAFIA.....	49
12.	ALLEGATI	
	1. <i>Glossario</i>	
	2. <i>Schemi generali delle schede e dei percorsi di compilazione</i>	
	3. <i>Format per la registrazione dei dati</i>	
	4. <i>Schema metodologico, parametri e modello concettuale</i>	
	5. <i>Legenda delle Schede dei Punteggi</i>	
	6. <i>Alcuni dati statistici sulle aree agricole</i>	
	7. <i>Schede Operative</i>	
	8. <i>Schede dei Punteggi</i>	

1. PRESENTAZIONE

Il presente manuale nasce da un aggiornamento, un'ulteriore razionalizzazione ed una revisione critica della versione 1.1 di ARGIA, metodo per l'Analisi Relativa di Rischio adottato dalla Regione Emilia-Romagna con Deliberazione della Giunta Regionale n.1562 del 28 luglio 2003. ARGIA è stato selezionato tra i metodi italiani ed alcuni esteri da un apposito Gruppo di Lavoro costituito all'interno del CTN-TES, che ha fornito anche i principali spunti per l'attuale revisione. L'intento è quello di proporre ad APAT il metodo, in versione migliorata, affinché valuti la possibilità di proporlo al Ministero ed alle Regioni come strumento a valenza nazionale.

La versione 1.1 era nata da una collaborazione tra Regione Emilia Romagna, ARPA - Sezione provinciale di Ravenna e Centro Ricerche Ambientali Montecatini (oggi CRSA Fenice Spa) nell'ambito di un progetto volto a sviluppare una metodologia innovativa di analisi relativa del rischio applicabile all'anagrafe dei siti contaminati regionali, vale a dire a quelle aree ove sia stato individuato un valore di concentrazione nei suoli o nelle acque dei parametri previsti dal DM 471/99 superiore ai limiti tabellari. Va rimarcato che, come tutti i metodi di Analisi Relativa, il metodo non calcola il rischio assoluto.

Il manuale è così strutturato: nei primi quattro paragrafi vengono introdotti concetti basilari dell'analisi del rischio e discusse criticamente e sinteticamente alcune metodologie di analisi relativa ed assoluta del rischio attualmente in uso. Nei paragrafi successivi si procede con la descrizione della metodologia ARGIA, esplicitando la struttura logico-matematica che ne è alla base. Nel paragrafo 9 si illustra infine il calcolo ARGIA e la parametrizzazione dei fattori analitici ed ambientali.

Il manuale intende fornire una guida tecnica per rendere operativa ed efficace l'esecuzione del calcolo per la gerarchizzazione dei siti contaminati regionali, avvalendosi di strumenti di supporto all'utente, riportati in allegato, quali:

- lo schema ad albero del metodo, in cui vengono individuati i fattori rilevanti ed i rispettivi parametri caratterizzanti. Questo schema è utile per capire quali siano le informazioni richieste per l'analisi relativa del rischio;
- un elenco delle informazioni necessarie, e quali è possibile stimare od assumere;
- un glossario, per qualsiasi chiarimento anche sulle grandezze utilizzate;
- le tabelle da cui estrarre i valori dei parametri di interesse (*schede punteggi*);
- le *schede operative*, che guidano l'utente nella ricerca e collocazione dei parametri e nei successivi calcoli, per la loro esecuzione "a mano";
- una versione delle schede operative in MS Excel 2002 contenente le formule di calcolo "automatizzato" per una compilazione più veloce.

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

Dovendo essere uno strumento ragionevolmente agile, il metodo non può prendere in considerazione tutte le possibili combinazioni di evenienze chimiche ed ambientali suscettibili di verificarsi. Per quanto il metodo, per la sua semplicità, possa essere applicato da chiunque, tuttavia è opportuno che chi lo applica abbia competenza specifica in tema di siti contaminati. Infatti particolarmente nelle eventuali situazioni non espressamente codificate occorre che chi lo applica faccia riferimento alla propria cultura professionale ed al buon senso, tenendo presente che lo spirito del metodo è decisamente “conservativo” (ossia esso si ispira alla cautela preferendo sovrastimare un rischio piuttosto che sottostimarlo), ed evitando di distorcere la graduatoria dei siti a causa di una applicazione incoerente di ARGIA. La versione 1.2 è stata corredata anche di un numero maggiore di note a margine che invitano il lettore a considerare adeguatamente aspetti non secondari del processo di ordinamento dei siti contaminati in base alla stima del rischio relativo.

Per la corretta applicazione del metodo è **indispensabile** la lettura dell'intero manuale, e non quella del solo paragrafo 9.

2. PREMESSA

La bonifica dei siti contaminati costituisce una delle maggiori problematiche ambientali attuali. Infatti, il numero di siti contaminati conosciuti è in crescente ascesa e spesso è impossibile procedere alla loro completa bonifica. Lo squilibrio tra il numero crescente di episodi di contaminazione ambientale e la disponibilità limitata di risorse utilizzabili per gli interventi di bonifica hanno determinato la necessità di adottare strumenti il più possibile oggettivi per la valutazione del grado di inquinamento di un sito e della fattibilità tecnico-economica degli interventi.

L'analisi di rischio sanitario-ambientale è attualmente la tecnica più avanzata per la valutazione del grado di pericolo potenziale relativo ad un sito inquinato e per la definizione delle priorità di intervento tra siti o nell'ambito di eventuali disomogeneità entro lo stesso sito. Con questo approccio vengono quantificati i reali pericoli per la salute dell'uomo e dell'ambiente connessi al rilascio di inquinanti e vengono di conseguenza elaborate le opportune strategie di gestione del rischio, evitando di disperdere risorse economiche in situazioni che non comportino effettivi rischi per la salute umana. La bontà della quantificazione suddetta come sempre dipende dalla bontà del modello di calcolo e soprattutto dalla quantità ed attendibilità delle informazioni disponibili: **nessun modello potrà fornire risultati che abbiano una qualità maggiore di quella dei dati immessi.**

Le metodologie di analisi di rischio attualmente disponibili comprendono metodi di valutazione semi-quantitativi e quantitativi. I primi comprendono quei modelli a punteggio che consentono di creare un semplice sistema di classificazione ordinale dei siti potenzialmente contaminati in rapporto alla loro pericolosità, con l'obiettivo di creare una lista di priorità degli interventi da eseguire. Si tratta di analisi **relative** del rischio, che sono procedure semplificate di analisi dei pericoli derivanti dalle contaminazioni. L'analisi relativa del rischio (ARR, RRA) rappresenta quindi un valido punto di partenza per la gestione dei problemi di inquinamento, soprattutto se ci si trova di fronte alla necessità di pianificare gli interventi per un numero elevato di casi a fronte di risorse limitate. I metodi di analisi quantitativi, invece, permettono la valutazione **assoluta** del rischio connesso ad un singolo sito sospetto, e giungono all'effettiva quantificazione numerica degli indici di rischio *slope factor* e *hazard quotient* (vedi glossario), rispettivamente per gli inquinanti cancerogeni e non, attraverso una modellizzazione matematica dei percorsi "sorgente di contaminazione-vie di migrazione-bersagli" e delle modalità di esposizione dei bersagli stessi. Nel caso di pericolo accertato questo approccio consente anche la definizione degli obiettivi di risanamento specifici per le condizioni del singolo sito. Le valutazioni di rischio assoluto di un sito contaminato sono difficili da ricavare per la numerosità delle componenti ambientali che vengono considerate; tuttavia consentono di graduare *dettagliatamente* le fonti di pericolo in relazione a danni prevedibili verso i potenziali recettori, al fine di pianificare gli interventi di bonifica. In genere l'analisi assoluta fornisce un valore di rischio specifico per un singolo recettore.

In campo ambientale ed in particolare in materia di siti contaminati il D.M. 471/99 richiede l'utilizzo di valutazioni di rischio sia relativo, sia assoluto, rispettivamente nella pianificazione e nel coordinamento degli interventi di messa in sicurezza e bonifica. Per quanto riguarda i metodi di analisi relativa del rischio l'art. 14, comma 3 del Decreto fa esplicito riferimento ai criteri di valutazione comparata del rischio per la definizione delle priorità di intervento, e nell'allegato 4 viene riportata una descrizione dei principali criteri da

seguire nell'analisi assoluta. Questa necessità ha spinto gli addetti ai lavori a dotarsi di metodologie adeguate.

3. CENNI SU ALCUNI METODI DI ANALISI RELATIVA DEL RISCHIO (e di Hazard Ranking).

(Nel corso del 2004 il CTN-TES ha confrontato ARGIA con i metodi italiani di ARR e con i principali metodi stranieri)

Si ricorda che questi sono modelli che forniscono abbastanza agevolmente (attraverso l'esame dei dati raccolti con sopralluogo e la documentazione disponibile sulle aree di indagine) un punteggio che esprime il grado di pericolosità di un sito espresso su una scala che è propria del modello medesimo: tali metodi dunque non portano a valutazioni su una scala di rischio assoluto, e non dicono nulla circa il fatto che un rischio possa essere accettabile o meno, ma i punteggi ricavati sono sufficienti a consentire confronti relativi tra più siti, e quindi di assegnare opportune priorità.

I modelli di analisi relativa del rischio sono quindi adatti allo *screening*, e la loro applicazione consente di selezionare nell'insieme dei siti presenti all'interno dell'anagrafe un sottoinsieme su cui effettuare in via prioritaria azioni quali ulteriori indagini (ad esempio: esecuzione di studi *in situ* aggiuntivi, applicazione di modelli di analisi assoluta del rischio, applicazione di criteri di concentrazione limite), od interventi di risanamento integrali o parziali. Nella condizione ottimale è possibile stilare una graduatoria di priorità d'intervento.

L'esame comparato di alcuni metodi esistenti, condotta nelle fasi propedeutiche alla redazione di ARGIA (acronimo di: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe), ha permesso di creare le fondamenta per un nuovo sistema di valutazione che, con una disponibilità di dati ridotta in quantità e qualità, risultasse efficace:

- a) nel supportare la definizione di una lista di priorità degli interventi in fase di screening iniziale;
- b) in una analisi più dettagliata richiesta dal programma regionale degli interventi sulle aree inquinate, ad esempio nel valutare in senso relativo gli effetti espliciti da una bonifica.

In ogni metodo di analisi relativa del rischio occorre tenere presente la componente forzosamente approssimata (ed in parte soggettiva) legata all'uso di indicatori sintetici dello stato d'inquinamento, dei meccanismi di trasporto delle sostanze potenzialmente pericolose e di loro effetti sui bersagli recettori. Da tali inevitabili semplificazioni è derivata, nelle fasi di messa a punto e di elaborazione di un modello quale ARGIA, una complessa problematica relativa alla scelta dell'insieme dei valori numerici attribuibili a ciascun parametro. Dalla scelta di tali valori e dei meccanismi di attribuzione dei singoli punteggi alle diverse componenti ambientali, può alternativamente derivare una corrispondenza buona, oppure solo approssimativa, tra gli indici attribuiti ai siti oggetto di applicazione del modello ed il loro effettivo livello di rischio.

Per altre considerazioni su metodi di analisi relativa del rischio e per il confronto con la metodologia di analisi assoluta del rischio RBCA Tier 2, sulla base dei dati ottenuti da diverse applicazioni delle metodologie a casi reali, si rimanda a [Andretta et al., 2000, 2003, 2004].

Le considerazioni elaborate nel suddetto riferimento e le evidenze emerse dalla prima applicazione del metodo ARGIA sono sintetizzate nella tabella che segue.

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

Differenze metodologiche	Caratteristiche considerate	HRS modificato	metodo RER	ARGIA	RBCA tier 1	RBCA tier2
	Reperimento dati di input	Facile	Abbastanza facile	Facile, grazie sia alla presenza di un modello concettuale di base (che può essere utilizzato in assenza di dati completi), sia di valori medi di default per la regione Emilia-Romagna.	Molti valori sono ricavabili di default in base alla tipologia del suolo presente	Molti valori sono ricavabili di default in base alla tipologia del suolo presente
	Concentrazione inquinante	Non sono considerate	Non sono considerate	Richiesta	Richiesta	Richiesta
	Proprietà chimico-fisiche	Volatilità e idrosolubilità	Non sono considerate	Esprese implicitamente dai coefficienti di ripartizione	Presenti nel database	Presenti nel database
	Proprietà tossicologiche	Definite in base alle frasi di rischio	Sostanze distinte in: cancerogene, tossiche, nocive, irritanti	Esprese dai coefficienti di pericolosità intrinseca in base alla normalizzazione delle RfD e degli SF	Espressi come: <i>Reference Dose</i> per sostanze non canc e <i>Slope factor</i> per cancerogeni	Espressi come: <i>Reference Dose</i> per sostanze non canc e <i>Slope factor</i> per cancerogeni
	Condizioni meteo climatiche	Si definisce la frequenza di occorrenza delle 6 diverse classi di stabilità (A-F+G)	Non sono considerate	Si definisce frequenza di occorrenza delle 6 diverse classi di stabilità (A-F+G)	La classe di instabilità C assunta come default	La classe di instabilità C assunta come default
	Definizione dell'area soggetta a rischio potenziale	Zona circostante fino a 5 km	Zona circostante fino a 8 km	Zona circostante fino a 5 km	Area di potenziale rischio coincide con la sorgente di contaminazione	Estensione fino al recettore off-site definito dall'utente
	Potenziale numero di recettori	Numero di recettori è legato al numero di abitanti sul sito e nella zona circostante	Numero di recettori è legato al numero di abitanti sul sito e nella zona circostante	Numero di recettori è legato al numero di abitanti sul sito e nella zona circostante	Si considera la probabilità di insorgenza di patologie <i>on site</i>	Si considera la probabilità di insorgenza di patologie <i>on site</i> e <i>off site</i>
	Punteggio	Compreso tra 0-100	E' ≥ 0 e illimitato superiormente	E' ≥ 0 e illimitato superiormente	Quantificazione numerica del rischio in termini di <i>carcinogenic risk</i> e <i>hazard quotient</i>	Quantificazione numerica del rischio in termini di <i>carcinogenic risk</i> e <i>hazard quotient</i>
	Applicazione senza supporto informatico	Facile	Facile	Facile	Difficile in quanto necessita di elaborazione delle proprietà chimico-fisiche delle sostanze per l'applicazione di modelli di ripartizione fra le fasi	Molto difficile sia per le ragioni presentate per il tier 1, sia per la modellizzazione matematica della dispersione dei contaminanti <i>off site</i>
	Sensibilità ad interventi di bonifica	Poco sensibile	Non sensibile	Sensibile	Sensibile	Sensibile
	Valutazione del rischio ecologico	no	sì	Sì, riferito alle aree protette	no	sì, ma solo per la vita acquatica

4. ALCUNE CONSIDERAZIONI SUI METODI CITATI.

Se analizziamo la struttura generale dei metodi di analisi del rischio sia assoluta, sia relativa, notiamo come tutte queste metodologie modellino (a differenti livelli di approfondimento e dettaglio) le seguenti 3 componenti:



Tale schema metodologico viene "rapportato" alla definizione "standard" di rischio:

$$\text{Rischio} = \text{Magnitudo} \times \text{Probabilità} \quad (2)$$

In termini più generali, volendo anche estendere le nostre considerazioni ad altri tipi di analisi del rischio (e.g., l'analisi del rischio connesso con incidenti rilevanti), possiamo separare la determinazione della "Probabilità" in due termini:

$$\text{Probabilità} = \text{P1} \times \text{P2} \quad (3)$$

dove **P1** rappresenta la probabilità a priori che si verifichi un qualche evento accidentale di magnitudo M, mentre **P2** rappresenta la probabilità che tale evento abbia un qualche effetto sui bersagli coinvolti.

Nelle casistiche alle quali si applica lo *screening* le metodologie di *site assessment* prevedono che la probabilità P1 sia tipicamente pari ad 1 (il sito è accertato che risulti inquinato con almeno un contaminante). Pertanto diviene centrale la determinazione e parametrizzazione di P2.

I differenti metodi di analisi di rischio citati nella precedente tabella e una larghissima maggioranza degli altri presentano caratteristiche e peculiarità che dipendono dalle relazioni implementate tra lo schema logico/concettuale (1) e la definizione di rischio (2).

Il metodo RER (ci si riferisce al precedente metodo della Regione Emilia Romagna, adottato con Delib. Giunta Reg. 24 maggio 1996 n.1183) si fonda in maniera diretta sulla definizione (2) del rischio. In questo metodo, la magnitudo M è collegata essenzialmente con la parametrizzazione della sorgente e dei recettori, mentre la probabilità è correlata principalmente con i meccanismi di trasporto dell'inquinante.

Il metodo HRS, invece, concettualmente è riferibile in maniera più diretta allo schema (1), e parametrizza in tal senso le singole componenti: sorgenti, meccanismi di trasporto e bersagli. La magnitudo può essere vista come collegata alla parametrizzazione della sorgente, mentre la probabilità di danno sui recettori dipende, essenzialmente, dalla parametrizzazione dei meccanismi di trasporto e dei bersagli.

Un discorso diverso deve essere fatto per il metodo RBCA (Tier 1 e Tier 2). Tutta la metodologia RBCA si basa, fondamentalmente, sullo schema concettuale (1) anche se, a livello di Tier 1, si semplifica notevolmente la modellizzazione del trasporto dal momento che si ipotizza esplicitamente che i recettori siano posti direttamente ed esclusivamente sul sito di interesse. Va però ricordato che RBCA è un metodo di analisi assoluta del rischio e richiede, comunque, una quantità ed un approfondimento dei dati maggiori rispetto alle tecniche di *Hazard Ranking*. Inoltre fornisce stime relative alla probabilità di insorgenza di tumori

incrementali (*carcinogenic risk*, dell'ordine di 10^{-6}) o di patologie croniche (*hazard quotient*, dell'ordine di 1), che però hanno valori numerici e significati alquanto differenti, e che non sono direttamente ed immediatamente correlabili fra di loro. Inoltre è necessario, a qualunque livello di applicazione, l'uso dello specifico software dedicato, che si rende indispensabile per le seguenti ragioni:

- la notevole quantità di dati e parametri chimico/fisici e tossicologici richiesti ed impiegati nei calcoli;
- l'impiego di modelli di tipo semi-empirico o analitico di ripartizione fra fasi e di trasporto di inquinanti;
- l'offerta di “tracciabilità” e verificabilità dei differenti modelli concettuali e percorsi metodologici applicati da RBCA.

Mentre in molti metodi di analisi relativa il rischio è comunque funzione diretta del numero di recettori potenzialmente interessati dal trasporto di inquinante, nei metodi di analisi assoluta del rischio deve essere fatta particolare attenzione alla loro collocazione (RBCA-Tier2) ed alla tipologia specifica di recettori, l'incidenza dei quali è variabile in base al modello concettuale del sito. Il risultato che si ottiene è, comunque, indipendente dal numero di potenziali recettori presenti.

Il metodo ARGIA, come illustrato nei paragrafi successivi, recepisce tutte queste informazioni. Inoltre il calcolo considera l'effettivo numero di recettori e non ricava, diversamente da RBCA, una probabilità di danno riferita a singoli recettori.

5. CARATTERISTICHE GENERALI DI ARGIA

Alla luce delle considerazioni del paragrafo precedente, di analisi di sensibilità dei diversi metodi di analisi relativa del rischio e delle loro relazioni con i risultati ottenibili con tecniche di analisi assoluta del rischio, nonché da quanto è emerso da una indagine sulle stime relative alla facilità di reperimento dati appositamente svolta dagli uffici interessati della Regione Emilia Romagna e dell'ARPA -ER, il metodo ARGIA di analisi relativa del rischio è stato realizzato in modo da presentare le seguenti caratteristiche, la contemporaneità delle quali è insolita e peculiare:

- **facilità di applicazione** anche senza il supporto di alcun programma SW, grazie soprattutto alla semplicità delle schede operative;
- **tracciabilità** e facile identificazione dei percorsi logico/metodologici seguiti;
- applicabilità anche a livello di **screening** preliminare con poche informazioni disponibili (anche solo a livello cartaceo e senza la necessità stringente di sopralluoghi in loco);
- **estensibilità ad ulteriori livelli** di approfondimento dei dati, conservando sempre un criterio di massima cautela;
- **confrontabilità** con i risultati ottenibili attraverso l'applicazione di metodi di analisi assoluta del rischio (in senso generale, non dei punteggi finali);
- **sensibilità** agli effetti degli interventi di bonifica.

ARGIA è stato studiato specificatamente per le aree presenti nell'anagrafe dei siti inquinati e, come tale, si applica solo ai casi in cui siano stati rilevati superamenti, nei suoli o nelle acque, dei limiti previsti dal DM 471/99, che è la norma vigente per la definizione di sito inquinato, e per le sole sostanze ivi menzionate (amianto escluso). La possibilità di eventuali estensioni, e le necessarie cautele, vengono discusse più avanti in questo manuale. Le informazioni presenti nell'anagrafe non sono però sempre sufficienti al calcolo, in quanto l'anagrafe ha fini sostanzialmente statistico-amministrativi, e non contiene i dati minimali per la stima del rischio (concentrazioni, estensioni, numero di recettori): è bene avere la disponibilità delle informazioni tecniche specifiche che hanno consentito l'inserimento in anagrafe, ed in generale l'accesso a tutte le informazioni disponibili sul sito, per ottenerne una valutazione ragionevolmente attendibile.

L'elaborazione del metodo è stata articolata in quattro fasi:

- **fase di caratterizzazione**, in cui si è impostato il sistema definendone le caratteristiche e i limiti di applicabilità, al fine di ottenere un modello concettuale, che rappresenti il più possibile il comportamento del sito reale. In questa fase, ha giocato un ruolo determinante l'analisi approfondita delle peculiarità, dei limiti delle metodologie già esistenti di analisi assoluta e relativa del rischio.
- **fase di elaborazione preliminare** del modello, in cui sono stati attribuiti ai parametri strutturali i valori corrispondenti alle casistiche di interesse;
- **fase di taratura**, in cui si è minimizzato lo scarto tra le risposte ad una stessa sollecitazione da parte del modello e del sistema reale. Tale fase ha permesso di convalidare la bontà del modello scelto e di ricercare i parametri migliori;
- **fase di verifica**, in cui sono state verificate le capacità del modello nella simulazione di altre condizioni e nella capacità di previsione, senza modificare i parametri settati nella fase di taratura.

A queste fasi è seguita l'applicazione vera e propria del metodo a diversi casi reali.

ARGIA, come ogni modello, descrive una parte della realtà, simulando una versione semplificata della stessa. Quindi per prendere decisioni tecnicamente valide in modo rapido ed organico l'impiego del modello va accompagnato dall'esperienza, dalla professionalità e da attenzione alla qualità dei dati forniti al modello stesso.

6. I FATTORI RILEVANTI

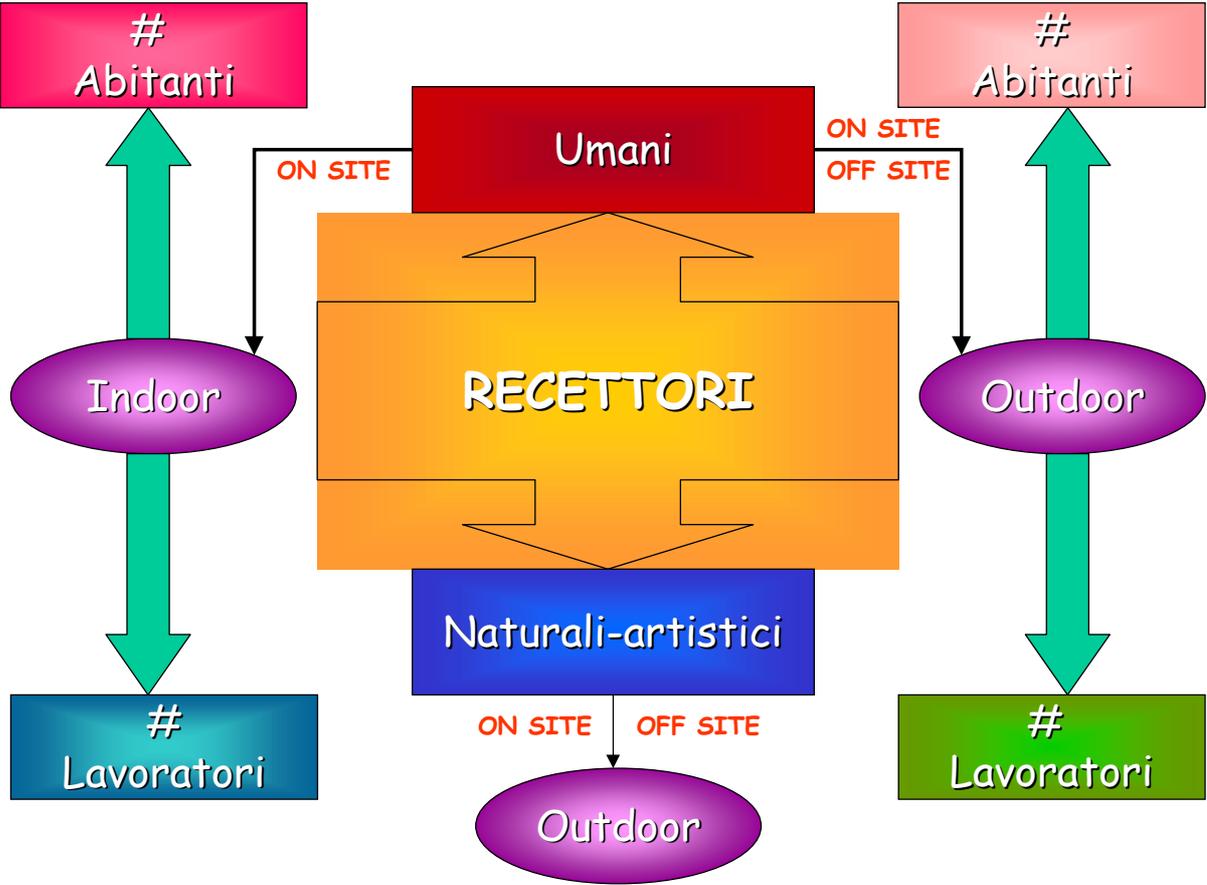
ARGIA, come altri modelli di *Hazard Ranking*, analizza, per ciascun sito in esame, tre categorie di fattori rilevanti (vedi figura seguente) riconducibili a:

- sorgente di contaminazione;
- vie di trasporto;
- recettori.



Ciascuna categoria raggruppa un insieme di parametri, ognuno dei quali ne descrive una caratteristica (vedi figure seguenti). Per questi parametri le Schede Operative di ARGIA offrono un range di valori numerici al cui interno andrà scelto quello o quelli corrispondenti al sito in esame.



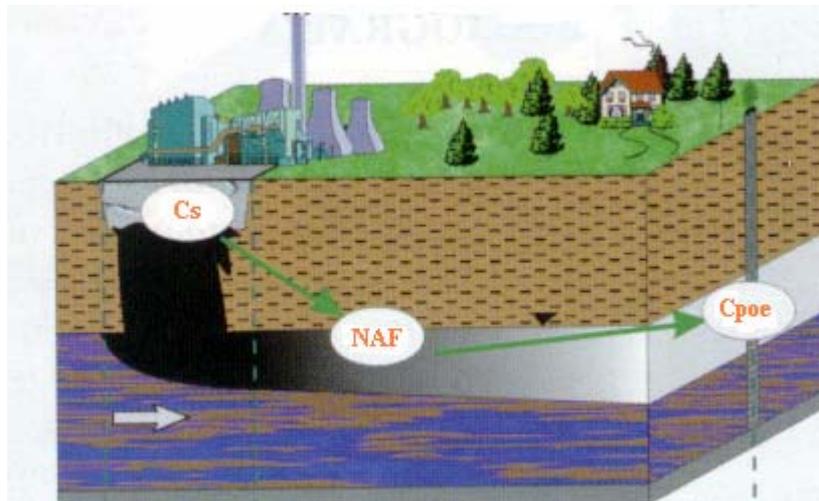


7. IL MODELLO CONCETTUALE.

(comprende importanti informazioni applicative)

Con il termine modello concettuale si intende la rappresentazione teorica di un sistema ambientale e dei processi chimici, fisici e biologici, che specificano le tipologie di coinvolgimento dei citati Fattori Rilevanti. Il modello concettuale di un sito contaminato prevede l'individuazione:

- delle sorgenti di contaminazione e, quindi, la valutazione dei contaminanti indice e della loro concentrazione rappresentativa alla sorgente;
- dei percorsi di migrazione;
- delle vie di esposizione dei recettori



(Cs: Contaminanti alla sorgente, NAF: Fattori di attenuazione (Natural Attenuation Factors, dovuti al trasporto attraverso le diverse vie di migrazione, Cpoe: Concentrazione nei punti di esposizione)

Il metodo ARGIA presenta, unico fra i modelli di analisi relativa del rischio, un modello concettuale **esplicito** al quale è possibile fare riferimento per ovviare alla possibile mancanza di informazioni precise. Questa peculiarità inoltre migliora la tracciabilità del percorso logico seguito, permettendo la confrontabilità con i risultati ottenibili dall'analisi assoluta del rischio.

Nei paragrafi seguenti vengono sinteticamente descritte le caratteristiche degli elementi fondamentali del modello concettuale, fornendo nel contempo alcune informazioni utili per la corretta applicazione di ARGIA.

7.1 Le sorgenti di contaminazione

Come già evidenziato in precedenza, ARGIA si applica ai siti presenti nell'anagrafe che, come tali, **devono presentare almeno un valore dei parametri previsti dal DM 471/99, nel suolo o nelle acque, superiori ai limiti tabellari.**

Ne consegue che **le sorgenti primarie di inquinamento che si devono considerare nel modello sono sempre e solo il suolo e/o le acque che presentano valori superiori alla norma citata.**

Qualora l'inquinamento delle suddette matrici ambientali sia dovuto a **fonti di tipo diverso ancora presenti nell'area di interesse (ad esempio: serbatoi interrati o non, cumuli o bidoni di rifiuti)** il peso di tali fonti nella stima del rischio viene valutato attraverso opportuni parametri che tengono conto delle modalità di contenimento della massa inquinante. Nel caso particolare **di rifiuti interrati o in cumuli, se sono rimovibili vanno rimossi (art. 6 D.M: 471/99), e l'analisi di rischio si effettua sul terreno etc. che ne era a contatto. Solo nei casi nei quali non sia possibile differenziare in alcun modo il rifiuto dal terreno per asportarlo**, il tutto deve essere considerato come suolo inquinato (ad esempio: sostanze liquide sversate e infiltrate nel terreno e, quindi, non separabili).

ARGIA permette di considerare tra le sorgenti, nella stima del rischio, anche le così dette **sorgenti secondarie**, rappresentate dalle matrici ambientali (suolo superficiale, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee) che hanno subito la contaminazione a partire dalle sorgenti primarie e che, a loro volta, sono divenuti fattori di trasferimento di inquinanti verso altri comparti ambientali o verso i recettori.

L'applicabilità di ARGIA alle discariche è espressamente esclusa dalla presente formulazione del metodo, sia in ossequio all'art. 6 del D.M. 471/99, sia per l'intrinseca complessità strutturale associata a quel tipo di sorgenti

7.2 I contaminanti rilevanti.

La selezione delle sostanze indice (contaminanti rilevanti) rappresenta un punto cruciale nell'analisi del rischio. ARGIA effettua una selezione dei cosiddetti contaminanti rilevanti, ossia di quelli che è opportuno considerare nel calcolo.

Si devono considerare tutti e solo quei contaminanti che sono citati nel DM 471/99 e che hanno concentrazioni superiori ai valori tabellari previsti dall'allegato 1, in quanto il modello focalizza l'attenzione sui siti presenti nell'anagrafe, che è stata costruita applicando il Decreto medesimo. Dalle quantità e qualità di detti contaminanti vengono calcolati, con le modalità descritte più avanti, altrettanti **coefficienti di pericolosità specifica (CPS)**, definiti come prodotto del rispettivo coefficiente di pericolosità intrinseca per il rispettivo carico inquinante (vedi glossario). L'effetto tossico dipende infatti dalla tossicità/cancerogenicità delle sostanze, dalla loro massa effettivamente presente e da come questa è distribuita nel volume del sito.

Il **carico inquinante (CI)** si calcola come prodotto della concentrazione rappresentativa della contaminazione per l'estensione rappresentativa della stessa. Rappresenta quindi la quantità (approssimativamente, la massa) di contaminanti presenti nel sito.

Il **coefficiente di pericolosità intrinseca** (CPI) in ARGIA è un punteggio di tossicità/cancerogenicità normalizzato che dipende dall'esposizione tipica giornaliera e dallo *slope factor* (per sostanze cancerogene) o dall'inverso della *reference dose* (per sostanze non cancerogene). Gli *slope factors* e le *reference doses* utilizzati per calcolare i CPI tabulati in ARGIA sono stati assegnati in conformità alle informazioni tossicologiche attualmente presenti nei maggiori database tossicologici (IRIS, RISK, ecc.), scegliendo i valori più "conservativi" tra le vie di esposizione previste. La pericolosità specifica come sopra calcolata assume valori che differiscono di molto a seconda della cancerogenicità o meno delle sostanze. In generale, la normalizzazione di questi parametri nel metodo è stata operata ottenendo per le sostanze cancerogene valori uguali o superiori a 1000, mentre per le sostanze non cancerogene è stato posto a 100 il limite superiore. Questa differenza di punteggio è stata adottata proprio per tenere conto delle diverse gravità degli effetti patologici indotti. Per le sostanze sia tossiche che cancerogene è stato considerato solo il rischio cancerogeno, da considerare sicuramente più pericoloso.¹

La selezione (*screening*) dei contaminanti rilevanti in ARGIA avviene **escludendo** dai successivi calcoli quelle sostanze del sito che **risultano avere una pericolosità specifica inferiore al 10% di quella del contaminante con pericolosità specifica massima nella rispettiva categoria (cancerogeni e non) in qualunque sorgente esso si trovi (suolo, acqua)**. Questo perché l'errore commesso eliminando questi componenti viene considerato decisamente modesto. **Se presenti, quindi, dopo la selezione rimarranno per il calcolo successivo una o più sostanze cancerogene ed una o più sostanze non cancerogene.**

A titolo di esempio, immaginiamo di avere un sito industriale di 10000 m³ contaminato da BTEX e da benzo(a)antracene. Le concentrazioni rappresentative nel suolo sono riportate nella tabella che segue, e che riporta anche i limiti previsti dal DM 471/99 per un sito a destinazione industriale. Tutti i contaminanti superano ampiamente i limiti tabellari.

CONTAMINANTI	Concentrazione rappresentativa (mg/kg)	Limiti per uso industriale previsti dal DM 471/99
Benzene	60	2
Benzo(a)antracene	150	10
Toluene	150	50
Xilene	70	50
Etilbenzene	100	50

Benzene e benzo(a)antracene sono state individuate dall'EPA come sostanze cancerogene, rispettivamente in classe A e B2, mentre toluene, xilene ed etilbenzene sono sostanze nocive. In base alla definizione di pericolosità specifica, sono stati calcolati i seguenti coefficienti, moltiplicando fra loro il coefficiente di pericolosità intrinseca, la concentrazione e l'estensione:

¹ Il rapporto tra il range min-max del CPS per le sostanze cancerogene ed il range min-max del CPS per le sostanze non cancerogene è dell'ordine di 10⁵, sostanzialmente compatibile con il rapporto tra i limiti convenzionalmente "accettabili" per il rischio assoluto.

Contaminanti	Coefficienti di pericolosità specifica
Benzene	$3.2 \cdot 10^9$
Benzo(a)antracene	$2.1 \cdot 10^{11}$
Toluene	$2.1 \cdot 10^4$
Xilene	$6.0 \cdot 10^2$
Etilbenzene	$1.6 \cdot 10^4$

Confrontando fra di loro benzene e benzo(a)antracene, si nota che il contributo di pericolosità specifica del benzene è inferiore al 10% del contributo del benzo(a)antracene e, quindi, verrà escluso dall'analisi. Allo stesso modo, lo xilene verrà escluso dall'analisi delle sostanze non cancerogene.

ARGIA, a differenza degli altri metodi di analisi relativa del rischio, richiede come dato di input la **concentrazione rappresentativa** dei contaminanti indice in corrispondenza di ogni sorgente di contaminazione. Tale valore può essere rappresentato da:

- il valore massimo individuato su tutti i campioni analizzati;
- il 95° percentile di tutti i valori.

La scelta del valore massimo è estremamente conservativa e viene raccomandata nel caso in cui si abbia un numero di dati sui campioni analizzati (anche in periodi di tempo differenti) inferiore o uguale a 20. Per più di 20 campioni, si consiglia di utilizzare il 95° percentile, che è agevole calcolare eseguendo un ordinamento crescente dei dati campionari.

Se la sorgente di inquinamento è il suolo, è **importante ricordare che la concentrazione in input dovrebbe essere la concentrazione sul tal quale, possibilmente riportata al volume od almeno al peso iniziale comprendente lo scheletro non passante il setaccio da 2mm.**² Non applicare questa regola determina errori di valutazione non inaccettabili, ma probabilmente sensibili.

² Questo aspetto è delicato, almeno teoricamente: la pericolosità discende dalla massa dell'inquinante e dal volume nel quale essa è distribuita; la misura della concentrazione esprime il loro rapporto, ma non i loro valori. Assumendo che la massa sia quantitativamente significativa, la tossicità/cancerogenicità dipende dalla dose (massa assunta dal soggetto recettore) che è esprimibile speditivamente in termini di concentrazione perché le modalità quantitative dell'esposizione sono note e codificate. Mentre on-site la massa di contaminante è distribuita in un volume relativamente modesto, e le diverse modalità analitiche per misurare la concentrazione consentono di approssimare la concentrazione "vera" con errori ragionevolmente bassi, per la previsione delle concentrazioni e dei flussi off-site diverrebbe importante una conoscenza ragionevolmente accurata della massa del contaminante che è nel sito, per gli effetti di diluizione in un volume nettamente superiore nel quale esso si è diffuso o si diffonderà (i modelli di Fate & Transport calcolano masse di contaminanti che attraversano sezioni note nell'unità di tempo). Se ne deduce che, a prescindere dalla praticità di impiego, il dato ideale da conoscere sarebbe la massa del contaminante riferita ad un volume vero di sito contaminato.

La procedura usuale di campionamento ed analisi che si esegue per dichiarare contaminato un sito (DM 471/99) per i suoli non è riferita a volume, ma a peso determinato. In sintesi si prevede per l'analisi dei componenti inorganici dapprima l'essiccazione, poi la setacciatura con un setaccio da 2 mm, ed infine l'analisi sulla sostanza secca del materiale filtrato assumendo che il contaminante si trovi totalmente nel materiale passante. La concentrazione analitica risultante è riferita alla S.S.. Per l'organico il procedimento è analogo ma senza la filtrazione. Per risalire ad un dato volumetrico la concentrazione misurata andrebbe riportata dapprima all'umido (l'umidità percentuale è quasi sempre indicata nell'analisi), poi diluita ulteriormente considerando il materiale non filtrato (sovvallo), infine divisa per la densità vera del suolo. Di fatto la notevole complessità e la frequente assenza dei dati necessari (soprattutto delle densità) in questa ipotetica procedura "a ritroso" potrebbero essere foriere di un'incertezza maggiore di quella associata al dato su S.S.. Salvo nei casi di terreni particolarmente umidi, o con sovvallo importante, l'errore che si compie calcolando con la concentrazione su S.S. è dell'ordine al massimo del 20%. Considerando però che la percentuale di umidità è spesso riportata nelle analisi, e che spesso

7.3 Le vie e le modalità di esposizione

ARGIA prevede e richiede l'individuazione delle vie di migrazione e delle modalità attraverso le quali i contaminanti indice possono raggiungere, col tempo, i recettori.

L'esposizione di un soggetto recettore può avvenire sulla verticale della sorgente di contaminazione (esposizione diretta) o a distanza da questa (esposizione indiretta). Nel primo caso, la concentrazione da assumere nell'analisi relativa del rischio coincide con la concentrazione assunta come rappresentativa della sorgente. Nell'altro caso è necessario modellizzare i meccanismi che regolano la migrazione dei contaminanti dalla sorgente di contaminazione fino al punto di esposizione. Per fare questo, entrano in gioco anche i fattori di ripartizione fra le diverse matrici ambientali coinvolte, per simulare i fenomeni di trasporto e di diffusione della contaminazione. I fattori di ripartizione considerano implicitamente le proprietà chimico-fisiche dei contaminanti e possono, quindi, descrivere la loro distribuzione nei comparti ambientali. In ARGIA si è ipotizzato che i fenomeni di ripartizione raggiungano immediatamente le condizioni di equilibrio.

Nel caso di esposizione indiretta naturalmente si considerano anche i fenomeni di diluizione e di diffusione dalle sorgenti ai punti recettori.

Le **vie di esposizione** possono essere elencate in vari modi. Ad esempio:

- suolo: superficiale (spessore di suolo compreso tra il piano di campagna ed 1 metro di profondità);
- suolo profondo (spessore di suolo compreso fra -1 m dal piano di campagna e la base della contaminazione);
- aria indoor (porzione di ambiente aereo nel quale le possibili evaporazioni di inquinanti restano confinate in ambienti chiusi);
- aria outdoor (porzione di ambiente aereo aperto, nel quale le possibili evaporazioni di inquinanti provengono dal suolo superficiale, sottosuolo, acque superficiali ed acque sotterranee);
- acque sotterranee (comprendono sia la falda direttamente interessata dall'inquinamento, sia la falda ricevente il percolamento di sostanze inquinanti dal suolo, sia la falda a contatto diretto con il fondo di un bacino di acqua superficiale);
- acque superficiali (comprendono sia le acque superficiali interessate direttamente da sversamenti inquinanti, sia le acque che ricevono apporti di sostanze dal drenaggio di acque sotterranee e/o dal suolo).

Le **modalità di esposizione** considerate nel modello concettuale di ARGIA sono:

- l'ingestione di acque sotterranee;
- il contatto dermico ed ingestione di suolo contaminato;
- l'inalazione *indoor* e *outdoor* di vapori e/o particolato dalla superficie del suolo e/o dalle acque;
- il contatto dermico con acque superficiali.

lo è anche il sovrallo, riferire il dato al T.Q., meglio se compreso il sovrallo, è sicuramente consigliabile. In casi estremi è possibile adottare una stima applicando un grado di umidità desunto da suoli analoghi.

Va sempre tenuto presente anche che, stilando un ordinamento di siti, è bene adottare procedimenti, stime ed approssimazioni congruenti tra i diversi siti, onde non sovrastimare o sottostimare un sito rispetto ad altri. Questo concetto viene ripreso più avanti nel testo.

7.4 I recettori

Una ARR, diversamente da una Analisi assoluta, non può prescindere dal numero e dalla natura dei recettori: date una magnitudo ed una probabilità di effetto dannoso sul singolo recettore, al crescere del numero di questi aumenta il numero dei probabili danneggiati e dunque l'entità globale del danno previsto. L'ordinamento di più siti deve ovviamente fondarsi sulla gravità del danno globale

Il modello concettuale di ARGIA considera due tipologie di recettori:

- recettori umani;
- recettori ambientali naturali, naturali strategici o artistici.

I **recettori umani** comprendono sia i residenziali, sia i lavoratori. Come è consuetudine, i recettori residenziali vengono considerati esposti per 24 ore/giorno, i lavoratori per 8 ore/giorno. I recettori umani sono differenziati anche in base alla loro localizzazione. A questo proposito, ARGIA considera i recettori *on site*, che sono quelli posti in corrispondenza della sorgente di contaminazione ed i recettori *off site*, collocati ad una certa distanza, nell'ambito di tre fasce concentriche: 101-1000 m, 1001-3000 m, 3001-5000 m, di raggio misurato *dal bordo* del sito contaminato (la fascia da 0 a 100 m si considera *on site*).

Il numero dei recettori umani on-site e nell'ambito delle fasce di interesse è un'informazione necessaria. In carenza del dato specifico si può stimarlo con differenti criteri.³ Il risultato della stima è notevolmente sensibile a questo dato, per cui è importante ottenere un dato plausibile, o almeno adottare lo stesso grado di imprecisione per tutti i siti della graduatoria. E' sicuramente opportuno ricercare e conteggiare attentamente anche il numero degli esposti in ambienti di particolare concentrazione (ospedali, scuole, ...) e segnalarne la presenza *anche* con apposita nota. Al limite, senza poterne però computare il rischio, si possono segnalare in nota anche concentrazioni di rilievo di recettori animali (allevamenti).

La presenza di **recettori naturali-artistici** in ARGIA è intesa come presenza di *zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale, zone di tutela naturalistica, zone ed elementi di particolare interesse storico-archeologico o artistico* qualora esse esistano nel raggio di 5 km di distanza dal perimetro del sito contaminato. Ci si può avvalere delle definizioni e delimitazioni corrispondenti previste nei Piani Territoriali Paesaggistici delle Regioni (in Emilia-Romagna sono individuati ai sensi degli Artt. 19, 21, 25 del PTPR)

³ Alcune possibili modalità di stima sono le seguenti:

- conteggiare su carte in scala (1:25000 o superiori) o su foto aeree il numero di unità abitative presenti sulle fasce di territorio interessato. Quindi, si ipotizza che in area urbana ogni unità abitativa abbia 4 piani e che per ogni piano si abbiano 4 appartamenti. In ogni appartamento, si ipotizza che viva un unico nucleo familiare, costituito mediamente da 2,5 persone. In area agricola ad ogni fabbricato corrisponde uno o due nuclei familiari.
- ricavare dai dati ISTAT la densità media di popolazione in area agricola (in Allegato sono riportati i dati di superficie agricola totale e di residenti/lavoratori agricoli per le diverse Regioni) accedendo possibilmente al dato comunale. Per differenza dalla popolazione totale comunale ricavare la popolazione urbanizzata. Sovrapporre le tre fasce concentriche sito ad una mappa CORINE Land Cover individuando e dimensionando nelle intersezioni le classi "artificiale" (che coincide spesso con l'urbano), agricola, boschiva (disabitata), zone umide e corpi idrici (disabitati). Attribuire a queste dimensioni le densità calcolate. Ad esempio, nelle province dell'Emilia-Romagna la densità abitativa in zone agricole è attorno ai 18 Ab/kmq e quella in zona urbanizzata oscilla attorno ai 4-5000 Ab/kmq
- in alternativa, avendo a disposizione la metratura totale della superficie abitativa ed ipotizzando uno spazio minimo vitale per persona di 30 m², si potrebbe stimare, dal rapporto di queste grandezze, il numero di abitanti.

Quella che viene stimata è la densità delle zone sensibili rispetto all'area sottesa dalla fascia di interesse. Questo parametro adimensionale assume valori compresi fra 0 e 1 ed esprime la frazione di superficie vulnerabile (per motivi naturali o storico-artistici) alla contaminazione.

Una casistica da considerare a parte è quella dei **recettori naturali strategici**, intendendo con questo l'opportunità di assegnare un criterio di priorità qualora le fasce concentriche contemplino l'interessamento od il possibile interessamento di una risorsa strategica, leggasi di un acquifero pregiato destinato all'uso collettivo umano in atto o futuro (una sorgente od un "campo pozzi").⁴ In questi casi, invece di riferirsi a indeterminabili recettori umani, si è preferito attribuire un coefficiente maggiorativo del punteggio di rischio relativo per i recettori ambientali naturali. E' opportuno inoltre segnalare questa evenienza nelle annotazioni che è possibile aggiungere alla scheda finale del metodo. (Vedi anche le considerazioni al paragrafo 10.1).

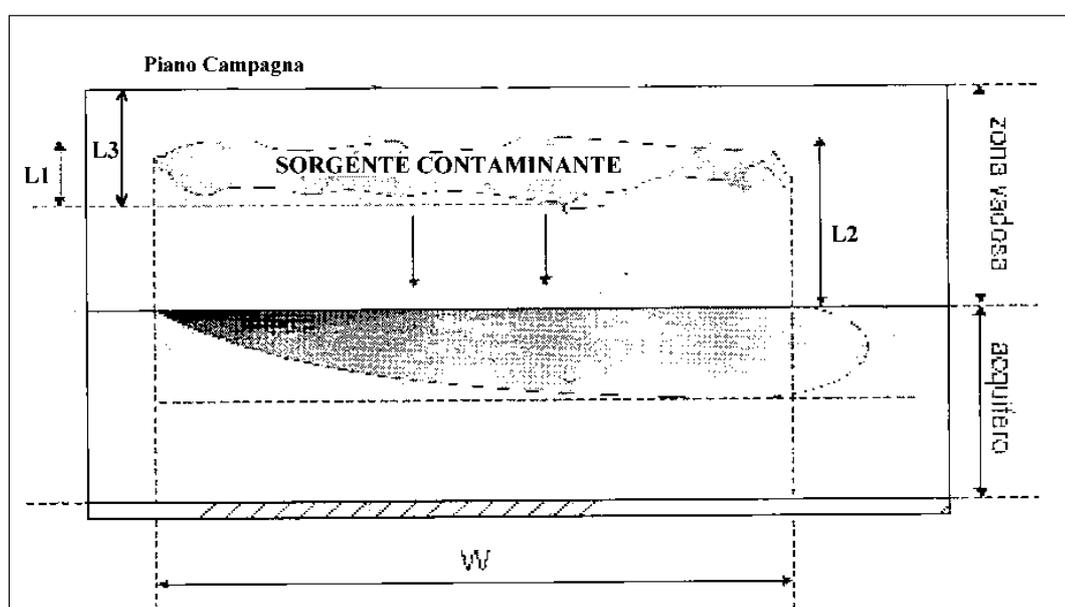
E' evidente come il trattamento dei recettori ambientali in ARGIA non sia un procedimento di calcolo del rischio ecologico, che dovrebbe seguire altri criteri, ma solamente una stima del rischio relativo ambientale "per analogia" con quello sanitario, comunque utile a non trascurare questi importanti recettori.

⁴ Il caso del rischio localizzato per i recettori umani presenti sul sito è adeguatamente gestito in ARGIA dal procedimento già illustrato, come la dispersione nelle acque superficiali entro la zona di interesse. Ma non sarebbe illogico attribuire al "campo pozzi" il numero totale di utenti dell'acquedotto in forma di recettori umani: tuttavia sarebbe praticamente difficile farlo perché il trattamento di potabilizzazione riduce od elimina i contaminanti, e perché spesso l'acqua in rete è diluita con altre acque di provenienza differente

7.5 Il modello concettuale di ARGIA come riferimento per le informazioni mancanti.

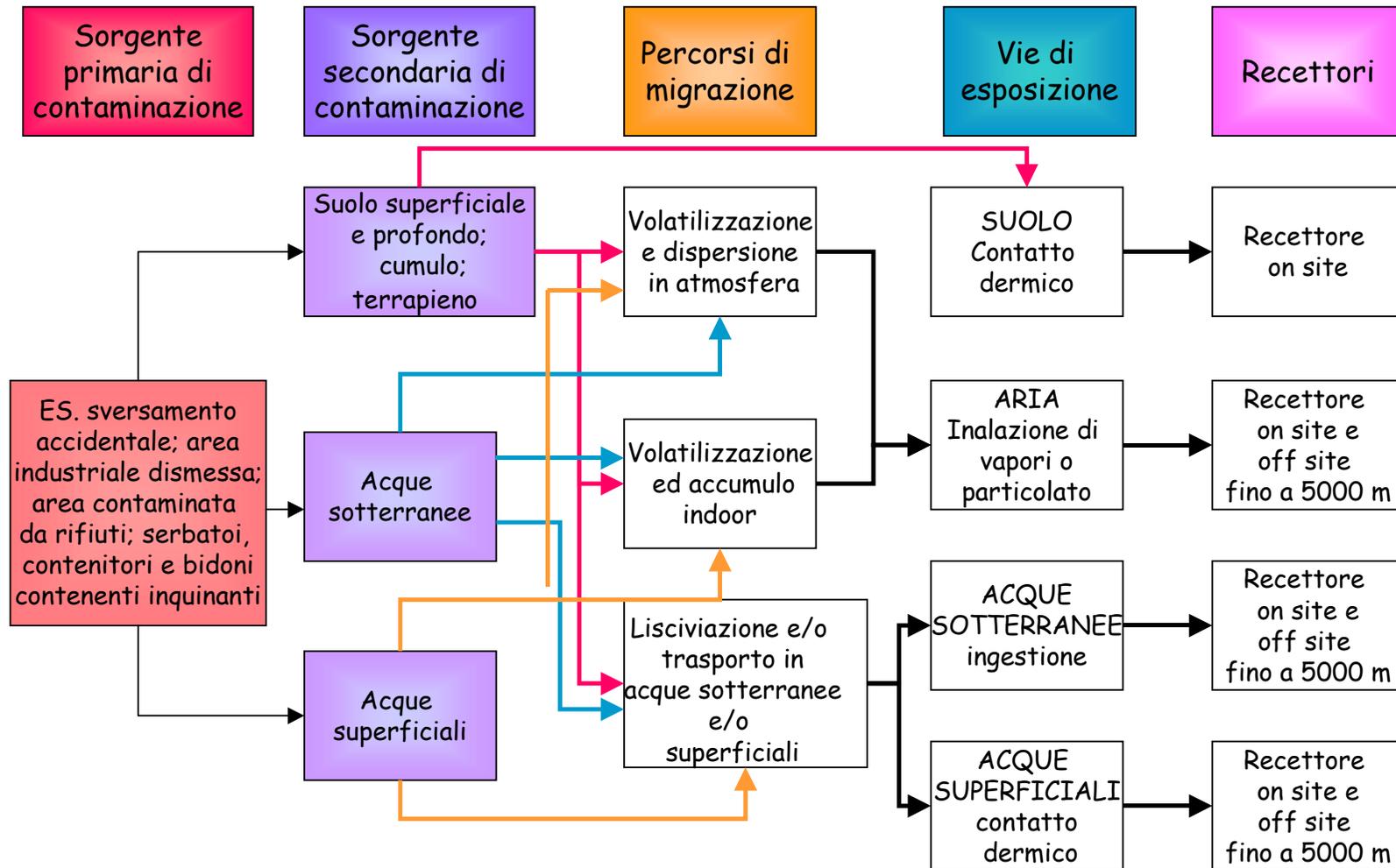
Diversamente da altri metodi di analisi relativa di rischio, anche in casi di parziale incompletezza nella caratterizzazione del sito, il metodo A.R.G.I.A permette agli utenti di effettuare l'analisi con criterio di oggettività conservativa e di valutare indipendentemente i risultati ottenuti. Questo risultato è stato raggiunto prevedendo esplicitamente un modello concettuale “di riferimento”, già definito a monte dell'intera elaborazione metodologica, **al quale ARGIA fa prudenzialmente riferimento per stimare quelle parti della caratterizzazione la cui documentazione sia eventualmente insufficiente.** In caso di documentazione insufficiente ARGIA offre dei valori di *default* da utilizzare nel calcolo, che sono desunti dall'applicazione del modello concettuale di riferimento.

Tale modello concettuale è doverosamente “conservativo”: ipotizza che la sorgente di emissione abbia una distribuzione di contaminanti indice uniforme e costante nel tempo, che la contaminazione coinvolga gli strati superficiale e profondo del suolo (da 0 a -5 m dal piano di campagna) e che la falda sia a contatto diretto con il suolo contaminato. Si è assunta come tipologia di suolo contaminato quello sabbioso che risulta essere, nella stragrande maggioranza dei casi, la più sfavorevole nei fenomeni di ripartizioni fra le fasi. La falda si estende da -5 a -10 m di profondità rispetto al piano di campagna e si ipotizza che i contaminanti all'interno siano perfettamente miscelati lungo l'intero profilo verticale. Si ipotizza, inoltre, la presenza di un edificio (on site), caratterizzato rispettivamente da uno spessore delle fondamenta di 15 cm, da una percentuale di cemento fratturato pari all'1% e da un gradiente nullo di pressione indoor-outdoor. Per quanto riguarda i recettori, infine, il modello concettuale di riferimento prevede che siano considerati i recettori umani e i recettori naturali, naturali strategici ed artistici entro un raggio di 5 km dal bordo del sito.



(ridisegnata dal Manuale 196/1 UNICHIM)

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2



8. CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA DI CALCOLO.

Lo schema metodologico procedurale è stato modellizzato come segue:



Il formalismo matematico è utile per comprendere con chiarezza l'elaborazione delle grandezze coinvolte e le relazioni logiche che le legano. Nell'applicazione pratica del metodo, il calcolo è comunque semplice e viene interamente guidato.

ARGIA permette di valutare due tipi di indici di rischio IR:

- indice di rischio sanitario, relativo ai recettori umani;
- indice di rischio relativo ai recettori ambientali naturali ed artistici.

L'indice di rischio (IRI_m), relativo ad ogni contaminante rilevante m^{imo} analizzato nel sito, è un numero adimensionale dato da:

$$IRI_m = \sum_i PtS_{im} * PtT_i * PtR_i, \quad i=1,5$$

dove PtS_{im} è il punteggio relativo alla sorgente; PtT_i è il punteggio relativo alle vie di trasporto e PtR_i è il punteggio relativo ai recettori. (Il significato di tutti i parametri è riportato nella legenda al termine del Manuale).

Ovvero, IRI_m è la somma degli indici di rischio relativi alle $i=5$ diverse vie di trasporto (precisamente: acque sotterranee; acque superficiali; suolo; aria indoor; aria outdoor).

L'indice di rischio complessivo IR di un sito è dato dalla somma degli indici relativi a tutti i contaminanti analizzati. Due percorsi di calcolo paralleli e contemporanei portano ai due IR (sanitario e ambientale)

Le vie di trasporto attive sono, come già detto, al massimo 5 e le tipologie di recettori sono: recettori ambientali ed umani (questi ultimi suddivisi, a loro volta, in 8 categorie: residenziali e lavoratori *on site* e *off site*, in quattro zone: da 0 a 100 m, da 101 a 1000 m, da 1001 a 3000 m, da 3001 a 5000 m).

E' da notare che, a differenza di altri metodi di analisi relativa del rischio (ad esempio l'HRS), non viene calcolata la media quadratica dei tre fattori rilevanti, che tende a sovrastimare l'effetto delle componenti più importanti e sottostimare quelle che lo sono meno. L'impiego del metodo migliora la sensibilità ai punteggi espressi dalle variabili tal quali e permette di azzerare il contributo al rischio fornito dalle situazioni non pertinenti (vie di fatto non percorse, recettori non coinvolti, etc.).

Il valore dei punteggi si ricava consultando la diverse Schede Punteggi; la compilazione delle Schede Operative guida l'utente di ARGIA nel reperimento dei punteggi necessari e nella successione dei calcoli, che sono in ogni caso molto semplici.

9. LE SCHEDE APPLICATIVE E LA PROCEDURA DA SEGUIRE.

9.1. Informazioni preliminari

Gli strumenti principali per l'applicazione del metodo ARGIA consistono in:

- 6 Schede Operative (*distinte con lettere, da A a F*)
- 21 Schede dei Punteggi (*distinte con numeri romani, da I a XXI*)

che si trovano allegate al presente manuale. Alle schede Operative sono aggiunte due schede A₁ ed A₂, da utilizzare per casi particolari, ed una scheda per valutare l'attendibilità di ciascuna esecuzione di ARGIA (vedi oltre)

Le **Schede Operative** sono utilizzate per guidare l'utente:

- nella selezione dei contaminati rilevanti (vedi glossario), fra quelli previsti dal D.M. 471/99 e presenti nel sito con valori di concentrazione superiori ai limiti tabellari;
- nella raccolta e sistematizzazione dei punteggi intermedi e dei punteggi finali per la corretta applicazione del metodo (N.B.: i valori che si immettono non sono quasi mai misure o concentrazioni, ma sono valori che si ricavano da queste con modalità molto varie e che sono denominati, appunto, **punteggi**).

L'applicazione di ARGIA si concreta nella compilazione della serie delle schede operative attraverso una procedura composta da cinque passi.

La struttura generale delle Schede Operative è riportata nella figura che segue: gli elementi comuni a tutte le Schede Operative sono:

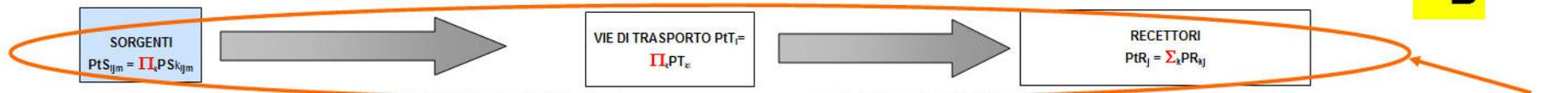
- La lettera progressiva di identificazione (da A ad F), in alto a destra.
- Il passo metodologico o flow-chart, che indica il punto della procedura metodologica in cui si deve utilizzare la scheda. E' riportato in alto a sinistra.
- Le caselle operative, con le (eventuali) intestazioni, in cui riportare i punteggi reperiti sulle Schede Punteggi. Le caselle da non usare sono campite in grigio scuro.
- Le caselle esplicative, con l'indicazione del parametro da inserire e, in alto e in grassetto, il rimando alla Scheda dei Punteggi da utilizzare per ricavarne il valore; oppure con l'indicazione di una operazione da compiere (es. sommare i valori della colonna).
- Le note esplicative (eventuali), in basso nella scheda, con indicazioni e commenti importanti per la corretta compilazione della scheda.

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SCHEDA OPERATIVE

SCHEDA DI CALCOLO DEL CONTRIBUTO DELLA SORGENTE, corretto per le diverse vie impattate.

B



Flow-chart

Vie di trasporto su cui impatta - >	Punteggio Acque Sotterranee	Punteggio Acque Superficiali		Punteggio Aria Indoor	Punteggio Aria Outdoor	Punteggio Suolo	
scheda 1 concentrazione (*)							
scheda 2 estensione contaminazione							
scheda 3a, 3b coeff. di pericolosità intrinseca							
scheda 4 coefficienti di ripartizione (**)							
scheda 5a, 5b modalità di contenimento							
scheda 6 condizioni di accessibilità del sito		Residenti	Lavoratori			Residenti	Lavoratori
Punteggio totale <i>(prodotto valori soprastanti)</i>		Residenti	Lavoratori			Residenti	Lavoratori
nome del risultato	B1	B2a	B2b	B3	B4	B5a	B5b

Caselle operative

Caselle esplicative

Nota

(*) Inserire, se e disponibile, il dato analitico sulle vie di trasporto coinvolte, altrimenti utilizzare il dato sulla sorgente primaria, trattato come previsto dalla Scheda 1 (massimo o 95° percentile).

(**) Da inserire solamente se non si hanno a disposizione i dati analitici sulle vie di trasporto coinvolte; altrimenti mettere 1

ATTENZIONE! Trattandosi di prodotti, le celle non utilizzate vanno riempite con 1, non con 0.

Le **Schede dei Punteggi** sono utilizzate per individuare o calcolare i punteggi relativi ai parametri dei diversi fattori rilevanti che devono essere inseriti nelle opportune caselle delle Schede Operative. I punteggi concorrono alla determinazione del punteggio finale complessivo.

Le 21 Schede Punteggi presentano la seguente struttura generale:

- Il numero progressivo, in alto a destra.
- L'indicazione del Fattore Rilevante e del Parametro relativo a cui la scheda si riferisce (a sinistra in alto).
- Le caselle dei parametri con le diverse alternative del Parametro di riferimento.
- Le caselle dei punteggi corrispondenti. In mancanza di informazioni specifiche, è **indicato in grassetto, in caselle campite, il punteggio di default** da attribuire al parametro di interesse del fattore rilevante.
- Le note esplicative (eventuali), in basso nella scheda, con indicazioni e commenti importanti per la corretta attribuzione del punteggio a cui la scheda si riferisce.

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

PARAMETRO: CONDIZIONI DI ACCESSIBILITA' DEL SITO

Schede punteggi **6**

Caselle dei parametri

Numero scheda

Caselle dei punteggi

Punteggi di default

CONDIZIONI DI ACCESSIBILITA'	PUNTEGGIO LAVORATORI	PUNTEGGIO ALTRI RECETTORI
di difficile accesso per presenza di barriere controllate (*)	1	0
di difficile accesso per presenza di barriere, ma nessun controllo (**)	1	0.5
assenza di particolari barriere e nessun tipo di controllo	1	1

NOTA BENE: il punteggio può essere diverso da 1 solo nel caso in cui la **sorgente** di contaminazione sia rappresentata da suolo o da acque superficiali. In tutti gli altri casi il punteggio da riportare è sempre 1.

(*) Si intende di difficile accesso per ragioni fisiche (recinzioni, etc.) e ci sono guardiani, o telecamere, ...

(**) Si intende che il sito è di difficile accesso per ragioni fisiche (recinzioni, etc.) ma non c'è sorveglianza

Dal punto di vista della determinazione dei punteggi richiesti dalle schede operative, ARGIA presenta alcuni utili aspetti innovativi rispetto ad altri metodi di analisi relativa del rischio. In particolare, la stima del rischio relativo è possibile anche avendo a disposizione poche informazioni, senza rinunciare al criterio di massima cautela nelle valutazioni. La metodologia, infatti, è stata pensata in modo tale che l'utente possa portare a termine i calcoli del rischio relativo anche avendo a disposizione un numero di dati limitato. A questo scopo, come già detto, in tutti i casi in cui è stato possibile ed ha senso è stato inserito un "**valore di default**" per ciascun punteggio, evidenziato nelle schede operative in grassetto e quando possibile anche con la campitura. Tale valore di default risulta essere, caso per caso, quello più conservativo,

compatibilmente con il modello concettuale alla base dell'ARGIA ed è **quello da utilizzare**, nell'ottica della massima cautela, **in assenza di dettagliate informazioni specifiche**: il criterio di massima conservatività rispetto al modello concettuale di base garantisce che, qualora successivamente si ottengano le informazioni mancanti, il punteggio di rischio relativo così aggiornato risulti comunque minore o uguale di quello ottenuto in assenza dei dati specifici.

Un altro particolare importante, dal punto di vista operativo, è rappresentato dalle modalità di attribuzione dei punteggi relativi al parametro: "Estensione della zona contaminata" del fattore rilevante: "Sorgente" (Scheda Punteggi 2).

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

Schede punteggi

PARAMETRO: ESTENSIONE ZONA CONTAMINATA

2

O volume o area (preferibilmente volume)

TIPO	INFORMAZIONE DISPONIBILE	UNITA' DI MISURA	PUNTEGGIO
suolo contaminato	volume	m ³	V/ 10 ⁹
	area	m ²	A* 5/ 10 ⁹
terrapieno	volume	m ³	V/ 10 ⁹
cumulo	volume	m ³	V/ 10 ⁹
bidoni, serbatoi, contenitori	volume	m ³	V
falda	volume	m ³	V/ 10 ⁹
	area	m ²	A* 5/ 10 ⁹
corpi idrici superficiali con acqua ferma	volume	m ³	V/ 10 ⁹
	area	m ²	A/(2 * 10 ⁹)
corpi idrici superficiali con acqua corrente	portata	m ³ / s	1/Q
scarichi	portata complessiva degli scarichi	m ³ / s	Q

Infatti, come si può osservare dalla seconda colonna, per l'attribuzione del punteggio relativo all'estensione della zona contaminata il calcolo da compiere dipende dal tipo di informazione disponibile. Nel caso di "suolo contaminato", "falda inquinata" o "corpi idrici superficiali con acqua ferma", le informazioni richieste sono, in alternativa, il volume (in m³) o l'area interessata dall'inquinamento (in m²). Essi vanno intesi, rispettivamente, come *il volume o l'area nei quali sono stati fatti dei campionamenti che presentano valori di concentrazione di inquinanti superiori ai limiti di legge, sulla base dei punti di campionamento eseguiti*. **Si deve impiegare l'area (ove prevista) solo in assenza del dato sul volume**. Per poter attribuire un valore di superficie o di volume alla sorgente di inquinamento, una caratterizzazione minimale richiede almeno i punti di campionamento previsti per la caratterizzazione del sito individuati dall'Allegato 2 del D.M. 471/99. In difetto, l'estensione deve essere stimata con criteri conservativi in merito alla diffusione degli inquinanti nel suolo ed in falda.⁵ E' intuitiva la possibilità che contaminanti diversi dello stesso sito possano talvolta occupare estensioni differenti: contaminanti diversi si trattano in schede operative diverse (dalla B in poi), per cui ARGIA può tener conto delle eventuali differenze di estensione.

Si noti come l'informazione relativa all'area determini un volume presunto che è conforme al modello concettuale di base (nel quale si ipotizza un inquinamento della zona vadosa fino al top della falda sotterranea, posta a 5 m dal piano campagna).

⁵ In mancanza di stime maggiormente accurate per l'estensione, se il campionamento per la caratterizzazione è conforme al DM 471/Alleg. 2, se c'è un solo punto con concentrazione superiore al valore soglia, e se gli altri punti attorno hanno concentrazione nulla, allora in via presuntiva è sensato dimensionare con la metà della distanza da quello a ciascuno di questi. Non è sempre molto conservativo, ma può essere considerato un criterio logico dato che non è nota a quale distanza la concentrazione effettivamente si azzera. Se i punti attorno hanno valori sottosoglia, ma non nulli, ha senso interpolare e trovare la distanza alla quale la concentrazione scende alla soglia. In caso di caratterizzazione insufficiente ai sensi del DM 471/99, sarà di aiuto il buon senso professionale, da applicare sempre con criterio conservativo.

9.2. Modalità complessive del percorso applicativo.

Attraverso le Schede Operative l'utente viene guidato nell'attribuzione del punteggio della sorgente nel suo insieme (o delle sorgenti), delle vie di migrazione attive e dei recettori.

Per applicare il metodo ARGIA, l'utente deve compilare le Schede Operative (*da A a F*), inserendo, nelle opportune posizioni, i punteggi attribuiti con l'ausilio delle Schede Punteggi ivi indicate (*da 1 a 21*). Deve effettuare le operazioni algebriche indicate nelle caselle esplicative delle Schede Operative, ed infine riportare i valori calcolati nelle ultime Schede Operative per le operazioni finali di calcolo effettivo dell'indice di rischio. Dalla versione 1.2 con ARGIA viene fornito anche una semplice trascrizione in MS-Excel 2002 delle Schede Operative che agevola il calcolo e riduce la probabilità di errori.

Nel seguito vengono riportate le istruzioni di compilazione. Alcune sono particolarmente dettagliate per quelle schede che, inizialmente, potrebbero risultare più complesse. Il percorso di compilazione è raggruppato in passi. Per ogni passo sono indicati l'Obiettivo che esso persegue, i Criteri applicati e/o da applicare, la (o le) Schede Operative e Schede Punteggi da utilizzare, ed una descrizione più o meno estesa delle operazioni da compiere. Frequentemente è presente anche un esempio.

Le prime volte in cui si applica ARGIA può insorgere qualche dubbio sulle schede da utilizzare e sul loro numero. Per agevolare il lavoro, all'Allegato 2 si riporta uno schema di flusso (con indicate le schede da usare) per un caso relativamente comune e semplice, in cui un suolo è stato contaminato con quattro contaminanti, di cui tre soli risultino da considerare. Alla pagina successiva si trova lo stesso schema generalizzato a tutti i casi, che però per questo risulta di comprensione meno immediata.

La tracciabilità del percorso di calcolo di ARGIA è notevole; tuttavia, siccome nelle schede non compaiono quasi mai valori reali, ma quasi sempre dei Punteggi, **si consiglia vivamente di tenere nota di tutti i valori iniziali e di tutte le misure utilizzati per i calcoli.** Questo agevola la correzione di eventuali errori ed i confronti tra siti diversi o tempi diversi. In allegato, dopo la bibliografia, è presente un format di supporto per questo.

Se si utilizza il formato Excel si consiglia di salvare o stampare ogni serie di Schede operative utilizzata.

9.3 Primo passo: Selezione dei Contaminanti Rilevanti.

(Scheda A)

OBIETTIVO: Individuare gli inquinanti, fra tutti quelli presenti nel sito di studio, che superano i limiti di legge e selezionare quelli su cui procedere nell'analisi relativa del rischio. Calcolarne il Coefficiente di Pericolosità Specifica (CPS).

CRITERI APPLICATI: Gli inquinanti vengono ordinati in funzione del loro "Coefficiente di pericolosità specifica" (vedi Glossario). Il calcolo prosegue solamente per quegli inquinanti il cui "Coefficiente di pericolosità specifica" sia >10% del "Coefficiente di pericolosità specifica" massimo entro le schede A, B e C complessivamente considerate, rispettivamente per la categoria delle sostanze cancerogene e per quella dei non cancerogeni (vedi pagg. 24-25). Gli altri contaminanti vanno scartati da tutte le schede.

SCHEDE OPERATIVE: A, e/o A₁, e/o A₂. Ogni scheda è relativa ad un solo tipo di sorgente di inquinamento primaria o secondaria che è coinvolta: Suolo (scheda A), Acque (scheda A₁), Serbatoi-Contentori-Bidoni (scheda A₂). Quindi se ne deve utilizzare una per ogni tipo di sorgente coinvolta.

SCHEDE PUNTEGGI: 1, 2, 3a, 3 b.

DESCRIZIONE: ciascuna scheda operativa consente di distinguere in una sorgente i contaminanti rilevanti da quelli che sono invece trascurabili. In ARGIA sono state individuate le seguenti possibili sorgenti:

- Suolo contaminato, o terrapieno, o cumulo (usare la scheda A);
- Acque contaminate (di falda e/o superficiali) (usare la scheda A₁);
- Serbatoi, Contentori, Bidoni (non bonificati) (usare la scheda A₂).

Il nome di ciascun inquinante presente in ciascuna sorgente la cui concentrazione analitica superi il limite di cui al D.M. 471/99 viene riportato nella II° colonna della scheda, eventualmente preceduto, nella I° colonna, da una sigla abbreviata scelta dall'utente. Nella casella a destra (III° colonna) si inserisce il punteggio corrispondente alla sua Concentrazione Rappresentativa (CR), che si calcola come descritto nella Scheda Punteggi n. 1 (valore massimo o 95° percentile⁶). Si ricorda che le concentrazioni andrebbero espresse **rispetto al "tal quale"** (vedi paragr.7.2) e si raccomanda qui ed altrove la massima attenzione a tutte le **unità di misura, che sono obbligate**. Per materiali particolarmente "solidi" usare invece la concentrazione su sostanza secca. Di seguito, nella IV° colonna si inserisce il punteggio relativo all'Estensione nota (E) della zona contaminata, ricavato dall'applicazione delle operazioni algebriche di cui alla Scheda punteggi n. 2. Si ricorda che, nel caso la sorgente sia "suolo contaminato", o "falda contaminata", o "corpo idrico superficiale con acqua ferma" l'informazione da cui partire è preferibilmente il volume (in metri cubi) piuttosto che l'area (in metri quadrati) racchiusi tra i punti di campionamento per i quali si ha un superamento dei limiti di legge. Le estensioni possono eventualmente differire tra inquinanti e/o tra sorgenti.

Nella V° colonna per ogni contaminante si calcola il Carico Inquinante (CI) come prodotto dei punteggi della Concentrazione Rappresentativa e dell'Estensione.

⁶ Il 95° percentile dei valori di concentrazione può essere ricavato ordinando i dati campionati in ordine crescente e selezionando il penultimo dato, se il numero dei campioni è ≥ 20 e < 40 , il terzultimo se ≥ 40 e < 60 e così di seguito.

Nella VI° colonna per ogni contaminante si riporta Coefficiente di Pericolosità Intrinseca (CPI), che è il punteggio da ricavare dalle Schede Punteggi 3a o 3b. Si noti che per ogni sostanza riportata in queste schede risulta un unico valore di CPI, che compare o nella colonna dei cancerogeni o in quella dei non cancerogeni, e che l'ordine di grandezza dei valori è molto diverso tra le due colonne, perché è molto diversa la pericolosità.

Infine nella VII° colonna si riporta il Coefficiente di Pericolosità Specifica (CPS) di ciascuna sostanza contaminante (relativo a quella sorgente ed a quel sito), calcolato moltiplicando il rispettivo CI per il rispettivo CPI.

A questo punto per ciascuna sorgente (primaria e/o secondaria) coinvolta dovremmo avere una scheda A (o A₁ o A₂) con almeno una riga compilata. Nel caso più frequente la sorgente è una sola, e c'è una unica scheda A. All'interno di ciascuna scheda occorre **scartare quei contaminanti cancerogeni il cui CPS è inferiore al 10% di quello della sostanza cancerogena che, tra tutte le schede A di quel sito, ha il CPS massimo, e scartare quei contaminanti tossici non cancerogeni il cui CPS è inferiore al 10% di quello della sostanza tossica non cancerogena che, tra tutte le schede A di quel sito, ha il CPS massimo**, in quanto il loro contributo al rischio complessivo è sicuramente trascurabile. I contaminanti superstiti selezionati in questo modo sono detti “**Contaminanti Rilevanti**” e l'applicazione del metodo da questo momento si restringe esclusivamente a loro.⁷

ESEMPIO APPLICATIVO: nel seguito viene riportato un esempio di utilizzo della Scheda Operativa A relativa ad un suolo inquinato. Si è ipotizzato che un'area di 300000 m² di suolo, in un sito industriale, fosse inquinata da benzene e da 2-4-6 Triclorofenolo, entrambi cancerogeni. Dal momento che il CPS del 2-4-6 Triclorofenolo è inferiore al 10% di quello del benzene, nell'analisi successiva verrà considerato solo il benzene.

⁷ Per agevolare la comprensione di quanto segue, si anticipa qui che l'applicazione di ARGIA prosegue con la compilazione di una o più serie di Schede Operative (da B a E) (una per ciascun contaminante rilevante). Tutte le serie si riuniscono infine nella Scheda Operativa F per il calcolo degli Indici di Rischio Complessivi. Le descrizioni che seguono descrivono una singola serie.

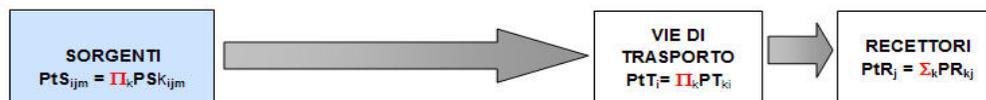
A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SCHEDE OPERATIVE

A

SCHEDA PER LA SELEZIONE DEI CONTAMINANTI RILEVANTI (sorgente: suolo contaminato)

+



Identificativo (opzionale)	Contaminante	scheda 1	scheda 2	calcola il Carico inquinante (CI = CR * E)	scheda 3a, 3b	calcola il Coeff. pericolosità specifica (CPS = CPI * CI)
		Concentrazione rappresentativa nel sito (CR)	Punteggio Estensione della zona contaminata (E) **		Coeff. pericolosità intrinseca (CPI)	
1997/a	Benzene	62	1.50E-03	9.30E-02	5,3E+03	4.90E+02
1997/b	2,4,6 Triclorofenolo	5	1.50E-03	7.50E-03	1,9E+03	1.40E+01
Scheda punteggi in cui cercare il dato o le informazioni						
Da scartare perché inferiore al 10% del CPS del Benzene						

* la scheda è da completare anche nel caso in cui una sorgente primaria di contaminazione, rappresentata da serbatoi, bidoni e contenitori, sia stata rimossa, ma il suolo sia rimasto contaminato.

** estensione della contaminazione: inserire il punteggio come ricavato dalla scheda 1/27. NON l'estensione

9.4 Secondo Passo: Descrizione e parametrizzazione della Sorgente. (Scheda B)

OBIETTIVO: per ogni singolo inquinante, caratterizzare il contributo della sorgente al rischio del sito in esame, connesso con i seguenti fattori rilevanti:

- le concentrazioni di inquinante;
- l'estensione dell'area inquinata;
- la tossicità/cancerogenicità dell'inquinante, espressa dal suo CPI
- le caratteristiche chimico/fisiche dell'inquinante, espresse dai coefficienti di ripartizione in relazione alle matrici ambientali coinvolte;
- le (*eventuali*) modalità di contenimento dell'inquinante;
- le (*eventuali*) condizioni e limiti all'accessibilità del sito.

Il punteggio complessivo della sorgente rappresenta gli impatti di un singolo contaminante, proveniente da tutte le sorgenti interessate (suolo e/o acque e/o contenitori), corretti per i suddetti fattori rilevanti ed esercitati sulle diverse possibili vie di trasporto o di esposizione.

CRITERI APPLICATI: ogni inquinante viene caratterizzato, in relazione agli aspetti sopra citati, in base ai punteggi che si ottengono consultando le Schede Punteggi indicate nella parte alta delle caselle esplicative.

SCHEDE OPERATIVE: Scheda B. Una copia di questa scheda deve essere compilata, in tutte le sue colonne, per ciascuno dei contaminanti rilevanti oggetto dell'analisi.

SCHEDE PUNTEGGI: da 1 a 6.

DESCRIZIONE: E' la scheda più complessa, e necessita di particolare attenzione. I parametri relativi alla Sorgente (eventualmente scomposta in suolo, acqua, etc.) sono valutati in funzione *dell'impatto che la sorgente avrà sulle diverse vie di trasporto*, una colonna per ciascuna (Acque Sotterranee, Acque Superficiali, Aria Indoor, Aria Outdoor, Suolo). Le caselle non utilizzabili sono campite in grigio scuro. Le colonne vanno compilate anche se la via di trasporto non risulta ancora contaminata. Se invece una via di trasporto non sussiste (es. Aria indoor laddove entro 5 km non esistano edifici, oppure Acque Superficiali qualora nel sito contaminato non esistano corpi idrici superficiali) lasciare vuote le caselle ed immettere zero nella casella del rispettivo Punteggio totale.

La compilazione delle caselle operative risulta ragionevolmente semplice se si seguono le indicazioni riportate nelle rispettive Schede Punteggi e le seguenti importanti note:

- **Le colonne Suolo ed Acque sotterranee richiedono l'immissione delle rispettive concentrazioni rappresentative, se disponibili, ed i rispettivi punteggi di Estensione. Nelle colonne Aria indoor e outdoor immettere il valore di concentrazione rappresentativa nel suolo (se disponibile), ed il punteggio Estensione corrispondente. In quella Acque superficiali, immettere la concentrazione rappresentativa maggiore tra quella nel suolo e quella in falda (se disponibili entrambe), con il punteggio di**

Estensione rispettivo. Questo per tener conto della sorgente che si presume prevalere generalmente su ciascuna via di esposizione.

- Estensione contaminazione (Scheda Punteggio 2): è l'estensione della contaminazione della sorgente; quindi usare il dato già immesso nella Scheda Operativa A, con le avvertenze di cui al capoverso precedente.
- Coefficienti di ripartizione tra fasi (Scheda Punteggio 4): queste caselle si compilano SOLO SE NON SI HANNO A DISPOSIZIONE DATI ANALITICI PRECISI SULLE CONCENTRAZIONI NELLE VIE DI TRASPORTO INTERESSATE (ad esempio: se non si conosce la concentrazione nelle acque di falda a fronte di un inquinamento della sorgente suolo). In tal caso, le concentrazioni nelle diverse vie di trasporto vengono **stimate** attraverso il prodotto fra le concentrazioni nella "sorgente" come indicata al primo capoverso, moltiplicata per i fattori di ripartizione tra fasi delle sostanze, che si ricavano dalla Scheda Punteggio 4 (vedi Nota A nella pag. seguente). I fattori di ripartizione fra le varie fasi sono del tipo *fase1/fase2*: la *fase1* è sempre la fase in cui si trova il contaminante nella sorgente prevalente, di cui al primo capoverso (ad esempio, per un suolo inquinato, *fase1* è, ovviamente sempre il suolo); per *fase2* si intende la fase relativa alla via di trasporto considerata (ad esempio: acqua per le acque sotterranee o superficiali). Quindi nelle Schede Punteggi si trovano le combinazioni suolo/acqua, suolo/aria-outdoor, suolo/aria-indoor, acqua/aria-outdoor, acqua/aria-indoor. Nel caso di ripartizione acqua-suolo si utilizzi l'inverso del fattore di ripartizione suolo-acqua. Invece, nel caso in cui si abbiano dati analitici di concentrazione rappresentativa riferiti alle diverse sorgenti/vie di trasporto, imputati nelle rispettive caselle, nelle caselle delle caratteristiche chimico/fisiche delle sostanze si deve inserire il valore 1, che è invariante. Nella casella va imputato 1 anche quando la via di trasporto è la stessa della sorgente (ad es. il suolo nell'esempio applicativo delle pagine seguenti).
- Concentrazione: caselle da compilare o con la concentrazione rappresentativa misurata nella rispettiva via di trasporto, SE NOTA, oppure con la concentrazione rappresentativa nella sorgente di cui al primo capoverso (ricopiandola dalla Scheda Operativa A). In questo secondo caso la presenza del fattore di ripartizione consentirà la stima. Le unità di misura devono essere quelle prescritte nella scheda. Per le vie Aria indoor ed outdoor si impieghi la concentrazione misurata nel suolo, se disponibile (ed il relativo punteggio Estensione), anche se è inferiore a quella in falda e, per la via Acque superficiali usare la concentrazione maggiore tra quelle in falda ed in suolo, se disponibili (ed il rispettivo punteggio Estensione).
- Tossicità (Scheda Punteggio 3a , 3b): queste caselle riprendono il "Coefficiente di pericolosità intrinseca" CPI già immesso nella VI° colonna della Scheda Operativa A. La Nota B nella pagina seguente spiega come il Coefficiente è stato stimato.
- Modalità di Contenimento (Scheda Punteggio 5a , 5b): la scheda punteggio elenca un'ampia serie di modalità di contenimento per le diverse sorgenti (caselle a sinistra scritte in verticale). Individuata quella opportuna, dalle colonne a destra si ricavano i punteggi da inserire nelle colonne delle diverse vie di trasporto (se sussistono). Se le modalità di contenimento non sono note, la terza riga della Scheda 5a indica il valore di default da scrivere (uno). L'ipotesi di "sversamento in terra" (prima riga, colonna 2) ha un punteggio superiore a quello di "inquinante sotto terra" (seconda riga, colonna 2) perchè ipotizza anche la possibilità di drenaggio diretto in falda.
- Condizioni di Accessibilità (Scheda Punteggio 6): si applica solo quando le possibili sorgenti e vie di trasporto sono suolo e/o acque superficiali. Si riferisce alla possibilità

che esseri umani entrino direttamente in contatto col sito. I punteggi vengono distinti per i Lavoratori (esposti al rischio per otto ore su sei giorni settimanali) e per i Residenti (sempre esposti).

- Punteggio totale: si calcola il punteggio come **prodotto** dei valori di ciascuna colonna. L'impatto del singolo inquinante presente ottiene un punteggio per ogni possibile via di trasporto: questi punteggi verranno poi riportati nella scheda operativa E. Se una potenziale via di trasporto non sussiste si immette zero. Ricordare che, se il valore di "concentrazione" inserito non è quello della sorgente, la casella "coefficiente di ripartizione" deve essere posta uguale ad 1.
- L'ultima riga in basso: assegna a ciascun punteggio totale una sigla ("nome del risultato"), utile per i rimandi dalla scheda di riepilogo E.

ESEMPIO APPLICATIVO: nel seguito viene riportata la continuazione dell'esempio esplicativo utilizzato in precedenza, relativo a un'area di 300.000 m² di suolo, di un sito industriale, inquinato da benzene.

Nota A: Nella Scheda Punteggi 4 le sostanze chimiche sono raggruppate in classi, con cinque fattori di ripartizione per ogni classe (suolo/acqua, suolo/aria indoor, suolo/aria outdoor, acqua/aria outdoor, acqua/aria indoor). Accanto a questi valori comuni sono stati riportati alcuni valori singoli, per specifiche sostanze, perché il coefficiente di ripartizione di quelle sostanze differisce di più del 10% da quello medio attribuito alla classe.

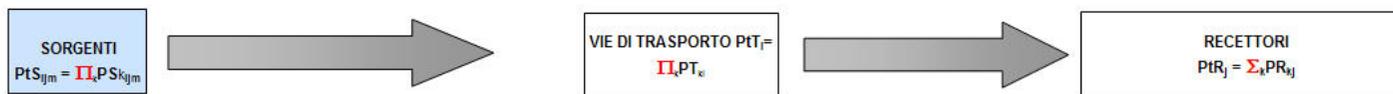
Nota B: Il Coefficiente di Tossicità Intrinseca è determinato riferendosi per le sostanze cancerogene (Tossicità EPA A-C), allo slope factor (Vedi Glossario); per le sostanze non cancerogene (Tossicità EPA D), alla reference dose (vedi Glossario). Il punteggio è stato calcolato in funzione dell'esposizione giornaliera all'unità di massa della sostanza e sulla via di esposizione più cautelativa (ad esempio: litri d'aria inspirata per inalazione, litri di acqua bevuti per ingestione, ecc.). Il punteggio è stato normalizzato in modo che gli inquinanti cancerogeni meno tossici (Anilina, o-Anisidina, m,p-Anisidina, p-Toluidina) abbiano punteggio 1000, mentre la sostanza non cancerogena più tossica (Manganese) abbia punteggio di base pari a 100. I punteggi di base delle sostanze non cancerogene, nella Scheda Punteggi 3a, 3b sono già stati moltiplicati per i seguenti ulteriori fattori, al fine di considerare anche altre caratteristiche di pericolosità: sostanze irritanti: 1; sostanze nocive/infiammabili: 1,1; sostanze tossiche: 1,2; sostanze molto tossiche/effetti irreversibili: 1,3.

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SCHEDE OPERATIVE

SCHEDA DI CALCOLO DEL CONTRIBUTO DELLA SORGENTE, corretto per le diverse vie impattate.

B



Vie di trasporto su cui impatta ->	Punteggio Acque Sotterranee	Punteggio Acque Superficiali		Punteggio Aria Indoor	Punteggio Aria Outdoor	Punteggio Suolo	
scheda 1	3.30E+00	6.20E+01		6.20E+01	6.20E+01	6.20E+01	
concentrazione (*)							
scheda 2	1.50E-03	1.50E-03		1.50E-03	1.50E-03	1.50E-03	
estensione contaminazione							
scheda 3a, 3b	5.30E+03	5.30E+03		5.30E+03	5.30E+03	5.30E+03	
coeff. di pericolosità intrinseca							
scheda 4	1.00E+00	1.40E-01		2.20E-02	8.10E-05	1.00E+00	
coefficienti di ripartizione (**)							
scheda 5a, 5b	1	1		1	1	1	
modalità di contenimento							
scheda 6		Residenti	Lavoratori			Residenti	Lavoratori
condizioni di accessibilità del sito		0.5	1			0.5	1
Punteggio totale <i>(prodotto valori soprastanti)</i>	2.60E+01	Residenti	Lavoratori	1.10E+01	4.00E-02	Residenti	Lavoratori
nome del risultato		3.40E+01	6.90E+01			2.50E+02	4.90E+02
	B1	B2a	B2b	B3	B4	B5a	B5b

Dato disponibile (suolo)

Dato disponibile (falda)

Non utilizzati perché esistono i dati analitici specifici su quelle vie

(*) Inserire, se è disponibile, il dato analitico sulle vie di trasporto coinvolte, altrimenti utilizzare il dato sulla sorgente primaria, trattato come previsto dalla Scheda 1 (massimo o 95° percentile).

(**) Da inserire solamente se non si hanno a disposizione i dati analitici sulle vie di trasporto coinvolte; altrimenti mettere 1

ATTENZIONE! Trattandosi di prodotti, le celle non utilizzate vanno riempite con 1, non con 0.

9.5 Terzo Passo: Descrizione e parametrizzazione delle Vie di Trasporto.(Scheda C)

OBIETTIVO: Caratterizzare il contributo al rischio del sito in esame, connesso alla “morfologia” delle diverse vie di trasporto, in relazione alle caratteristiche delle matrici ambientali coinvolte.

Per la matrice “acque sotterranee” vengono considerate:

- soggiacenza della falda;
- tipologia dell'acquifero;
- litotipo dell'acquifero;
- distanza della zona contaminata dal top della falda.

Per la matrice “acque superficiali” vengono considerate:

- profondità del top della zona contaminata.
- localizzazione del sito;
- classi di portata;
- precipitazione media annuale;
- densità idrografica;
- ruscellamento;
- frazione di carbonio organico;

Per la matrice “aria indoor/outdoor”, vengono considerate:

- profondità del top della zona contaminata.
- indice meteo-climatico sinottico ;

Infine, per la matrice “suolo” vengono considerate:

- profondità del top della zona contaminata.
- litotipo della zona vadosa;

I punteggi relativi all'effetto delle diverse Vie di Trasporto vengono calcolati come **prodotti** dei punteggi parziali relativi alle caratteristiche delle matrici ambientali.

CRITERI APPLICATI: Le Vie di Trasporto vengono caratterizzate, in relazione agli aspetti citati, in base ai punteggi che si ottengono consultando le opportune Schede Punteggi.

SCHEDE OPERATIVE: Scheda Operativa C. Questa scheda deve essere compilata per ciascuno degli inquinanti oggetto dell'analisi, perché **le vie di trasporto possono differire**.

SCHEDE PUNTEGGI: da 7 a 19.

DESCRIZIONE: Vanno compilate tutte le caselle, tranne quelle campite in scuro. La loro compilazione è semplice, ed è agevolata da indicazioni riportate nelle Schede Punteggi. Come già detto, nel caso manchi l'informazione ogni Scheda Punteggi offre un valore di *default* in grassetto e campito in grigio. Per i termini che non risultino sufficientemente esplicativi si può fare riferimento al Glossario. Nell'ultima riga si calcolano i cinque Punteggi totali come **prodotti** delle caselle soprastanti, che verranno poi riportati nelle schede operative di riepilogo.

ESEMPIO APPLICATIVO: nel seguito si prosegue con lo stesso esempio.

SCHEDA DI CALCOLO DEL CONTRIBUTO DELLE VIE DI TRASPORTO



Può essere diverso da 1 solo se l'inquinante è un fitofarmaco o una sostanza organica complessa

Parametro	Trasporto con Acque Sotterranee	Parametro	Trasporto con Acque Superficiali	Parametro	Trasporto con Aria Indoor	Parametro	Trasporto con Aria Outdoor	Parametro	Trasporto con Suolo
<i>scheda 7</i>	0.8	<i>scheda 18</i>	0.5	<i>scheda 18</i>	0.5	<i>scheda 18</i>	0.5	<i>scheda 18</i>	0.5
soggiacenza della falda		profondità del top della zona contaminata		profondità del top della zona contaminata		profondità del top della zona contaminata			
<i>scheda 8</i>	0.4	<i>scheda 11</i>	0.3	<i>scheda 17</i>	0.7	<i>scheda 17</i>	0.7	<i>scheda 19</i>	0.9
tipologia dell'acquifero		localizzazione del sito		indice sinottico		indice sinottico		litotipo della zona vadosa	
<i>scheda 9</i>	0.5	<i>scheda 12</i>	0.8						
litotipo dell'acquifero		classi di portata							
<i>scheda 10</i>	1	<i>scheda 13</i>	0.8						
distanza della zona contaminata dal top della falda		precipitazione media annuale							
		<i>scheda 14</i>	1						
		<i>scheda 15</i>	0.3						
		<i>scheda 16</i>	1						
		frazione di carbonio organico							
Punteggio totale (prodotto valori soprastanti)	0.16		0.03		0.35		0.35		0.45
nome del risultato	C1		C2		C3		C4		C5

Ricordare di immettere punteggi ricavati dalle schede, non misure.

9.6 Quarto Passo: Descrizione e parametrizzazione dei Recettori. (Scheda D)

OBIETTIVO: Caratterizzare il contributo al rischio connesso all'esposizione di recettori umani e naturali presenti sul sito e/o nelle zone limitrofe.

Il punteggio complessivo è distinto per le diverse Vie di Esposizione dei recettori umani e dei recettori naturali ("zone sensibili"). Viene calcolato attraverso **somme** successive dei punteggi delle caselle.

CRITERI APPLICATI: I punteggi ed i coefficienti per i recettori umani (residenti e lavoratori) sono stati ricavati con modelli numerici di dispersione di inquinanti in aria e in acqua e considerando la frequenza di esposizione outdoor/indoor. La zona di influenza delle concentrazioni di inquinanti per le diverse vie di esposizione è stata divisa in 4 aree concentriche (centrate sul sito di studio) di raggio:

- 100 m dal perimetro del sito (considerato "on site")
- 101-1000 m
- 1001-3000 m
- 3001-5000 m

In ciascuna zona per il calcolo dei punteggi si deve tener conto di un ulteriore fattore moltiplicativo stimato sulla base del *numero di bersagli* nella corona circolare di interesse. Il **numero N dei recettori nelle quattro aree è necessario**; se non è noto va stimato **con la massima precisione possibile** (vedi oltre), perché ARGIA fornisce risultati che sono molto sensibili a questi dati (vedere anche la nota a piè della pagina seguente). E' sicuramente opportuno ricercare e conteggiare attentamente il numero degli esposti in ambienti di particolare concentrazione (ospedali, scuole, ...) e segnalarne la presenza *anche* con apposita nota. Al limite, senza poterne però computare il rischio, si possono segnalare in nota anche concentrazioni di rilievo di recettori animali (allevamenti).

La presenza di **recettori naturali-artistici** è intesa come presenza di *zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale, zone di tutela naturalistica, zone ed elementi di particolare interesse storico-archeologico o artistico* qualora esse esistano nel raggio di 5 km di distanza dal perimetro del sito contaminato. Ci si può avvalere delle definizioni e delimitazioni corrispondenti previste nei Piani Territoriali Paesaggistici delle Regioni. La loro presenza nel raggio di 5 km dal centro del sito comporta l'attribuzione di un punteggio che contribuisce all'indice di rischio. Una disamina sulle *zone naturali di interesse strategico*, casistica sicuramente importante, è al paragrafo 10.1.

SCHEDE OPERATIVE: Scheda D . Se ne compila una sola copia.

SCHEDE PUNTEGGI: Schede Punteggi 20 e 21 .

DESCRIZIONE: Vanno compilate tutte le caselle, tranne quelle campite in scuro. La loro compilazione è semplice, ed è agevolata da indicazioni riportate nella Scheda Punteggi 20. In questo caso la Scheda Punteggi non offre un valore di *default*. Nella quinta riga si calcolano poi i punteggi relativi ai residenti come **somme** dei punteggi nelle quattro caselle soprastanti, ed allo stesso modo nella decima si calcolano i punteggi relativi ai lavoratori.

Il punteggio per i recettori naturalistici-artistici, desunto dalla Scheda Punteggi 21, si immette nell'ultima casella a destra della penultima riga e lo si riporta anche nella casella sottostante. Infine nell'ultima riga si calcolano gli altri cinque Punteggi totali come **somme** delle caselle corrispondenti in quinta riga (residenti) e decima riga (lavoratori). I sei totali verranno poi riportati nella/e scheda/e operativa/e E di riepilogo.

Alcune note per la compilazione. Numero, distanza, tipo di esposizione (Scheda Punteggio 26/27): il numero di residenti nelle diverse zone (cerchio e corone circolari) può essere stimato utilizzando diversi criteri. In mancanza di altre indicazioni, se le aree ricadono in una zona densamente urbanizzata, si può utilizzare il dato di densità degli abitanti/km² del comune di interesse, moltiplicato per l'area delle diverse corone circolari sotto indicata¹:

Area	Estensione (km ²)
On-site (0-100 m dal perimetro)	0,03
Off-site 1 (101-1000 m)	3,1
Off-site 2 (1001-3000 m)	25
Off-site 3 (3001-5000 m)	50

Altre possibili modalità di stima sono le seguenti:

- conteggiare su carte in scala (1:25000 o superiori) o su foto aeree il numero di unità abitative presenti sulle fasce di territorio interessato. Quindi, si ipotizza che in area urbana ogni unità abitativa abbia 4 piani e che per ogni piano si abbiano 4 appartamenti. In ogni appartamento, si ipotizza che viva un unico nucleo familiare, costituito mediamente da 2,5 persone. In area agricola ad ogni fabbricato corrisponde invece uno o due nuclei familiari.
- ricavare dai dati ISTAT la densità media di popolazione in area agricola (in Allegato sono riportati i dati di superficie agricola totale "pura" e di residenti/lavoratori agricoli per le diverse Regioni) accedendo possibilmente al dato comunale. Per differenza dalla popolazione totale comunale ricavare la popolazione urbanizzata. Sovrapporre le tre fasce concentriche al sito ad una carta in scala, o meglio ad una mappa CORINE Land Cover individuando e dimensionando nelle intersezioni le classi "artificiale" (che coincide spesso con l'urbano), agricola, boschiva (disabitata), zone umide e corpi idrici (disabitati). Attribuire a queste dimensioni le densità calcolate. Ad esempio, nelle province dell'Emilia-Romagna la densità abitativa in zone agricole è attorno ai 18 Ab/kmq (compresi i piccoli paesi rurali, scende a 0.18 Ab/kmq (escludendo i paesi), e quella in zona urbanizzata oscilla attorno ai 4-5000 Ab/kmq
- in alternativa, avendo a disposizione la metratura totale della superficie abitativa (valori catastali,...) ed ipotizzando uno spazio minimo vitale per persona di 30 m², si potrebbe stimare, dal rapporto di queste grandezze, il numero di abitanti.

¹ Se il sito è molto grande le aree delle corone circolari sono sensibilmente differenti da quelle teorizzate qui e nelle schede 20 e 21 (oltre il 2% di differenza). In questo caso i coefficienti moltiplicativi della tabella andrebbero ricalcolati. Non ricalcolarli rende comunque un indice di rischio maggiore, quindi è conservativo.

- *Molti altri metodi di stima possono essere adottati: occorre che siano ragionevolmente attendibili e che sia applicato lo stesso metodo a tutti i siti che si vuol mettere in graduatoria.*

ESEMPIO APPLICATIVO: nel seguito viene riportata la continuazione dell'esempio guida. Si sono assunti 400 residenti che abitano esclusivamente nella fascia da 1001 a 3000 metri dal centro del sito e 30 lavoratori dello stabilimento che risiedono oltre 5 km, quindi da conteggiare come recettori "on site".

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SCHEDE OPERATIVE
D

SCHEDA DI CALCOLO DEL CONTRIBUTO DEI RECETTORI



Via di esposizione ->	RECETTORE UMANO					RECETTORE NATURALISTICO-ARTISTICO
	Esposiz. ad Acque Sotterranee / ingestione	Esposiz. ad Acque Superficiali / contatto dermico	Esposiz. ad Aria indoor/ inalazione	Esposiz. ad Aria outdoor/ inalazione	Esposiz. al Suolo/ contatto dermico e ingestione	Punteggio
<i>Ricavare tutti da scheda 20</i>						
residenti on site (0-100 m)	-	-	-	-	-	
residenti off site 1 (101-1000 m)	-	-		-		
residenti off site 2 (1001-3000 m)	0,01*N	0,05*N		0,13*N		
residenti off site 3 (3001-5000 m)	-	-		-		
<i>Punteggio totale residenti (somma valori soprastanti)</i>	4	20	0	52	0	
lavoratori on site (0-100 m)	M	5*M	30.*M	30*M	M*E-03	
lavoratori off site 1 (100-1000 m)	-	-		-		
lavoratori off site 2 (1001-3000 m)	-	-		-		
lavoratori off site 3 (3001-5000 m)	-	-		-		
<i>Punteggio totale lavoratori (somma valori soprastanti)</i>	30	150	900	900	3.00E-02	
<i>Ricavare da scheda 21</i>						
zone sensibili *						0
<i>Punteggio totale recettori (SOMMA valori per i residenti e per i lavoratori soprastanti)</i>	3.40E+01	1.70E+02	9.00E+02	9.52E+02	3.00E-02	0
nome del risultato	D1	D2	D3	D4	D5	D nat

* copiare il punteggio anche nella casella sottostante

9.7 Quinto Passo: Calcolo del punteggio complessivo di rischio relativo. (Schede E ed F)

OBIETTIVO: Sistematizzare e calcolare il valore di rischio relativo, secondo ARGIA.

CRITERI APPLICATI: L'Indice di Rischio complessivo (IRcomplessivo) per un sito inquinato, in ARGIA è dato dalla somma degli Indici di Rischio (IRI_m) dei diversi Contaminanti rilevanti. Ciascun IRI_m è calcolato come somma degli indici di rischio delle differenti vie di trasporto (IVT).

SCHEDE OPERATIVE: Scheda Operativa E, che riassume la/e sorgente/i di inquinamento, le vie di trasporto coinvolte ed i recettori interessati. Si compila una scheda per ciascun inquinante rilevante.

Scheda Operativa F: scheda finale unica.

SCHEDE PUNTEGGI: nessuna.

DESCRIZIONE: Si compila una scheda E per ogni Contaminante Rilevante. In alto, in ognuna delle Schede è bene riportare il nome del Contaminante Rilevante, per favorire la tracciabilità del percorso logico seguito.

Vi si trovano cinque tabelle: nelle prime tre si riportano i punteggi calcolati nella Scheda Operativa B della sorgente (relativa allo stesso contaminante), nella Scheda Operativa C delle vie di trasporto (relativa allo stesso contaminante) e nella Scheda Operativa F dei recettori (che è sempre unica); i punteggi immessi, come si può vedere, seguono le denominazioni che avevano assunto nelle rispettive schede (B1, D5 , Dnat). Vanno sommati B2a con B2b e B5a con B5b.

La quarta tabella serve a calcolare l'indice di rischio IRI_m per recettori umani per quel contaminante e da quella sorgente: nelle caselle si immettono i prodotti ivi indicati ($B1 \times C1 \times D1$,), e l'indice di rischio IRI_m si calcola per somma.

La quinta tabella è del tutto analoga e si riferisce ai recettori naturalistici/artistici (notare che si usa sempre Dnat).

Compilate tutte le schede E dei diversi Contaminanti Rilevanti si copiano i rispettivi IRI_m nelle due colonne della scheda F e li si somma ottenendo a sinistra l'Indice di Rischio complessivo per i recettori umani ed a destra quello per le Zone sensibili/recettori naturali-artistici. La scheda F presenta la casella per annotare il contaminante a cui ciascun IRI_m si riferisce ed, in basso, uno spazio per segnalare le criticità osservate ed i dati affetti da particolare imprecisione.

La versione delle schede operative assistita da Excel esegue automaticamente la compilazione ed i calcoli di ciascuna scheda E, così restano da trascrivere gli IRI_m nella scheda F.

ESEMPIO APPLICATIVO: nel seguito si conclude il calcolo per l'esempio guida, relativo ad un suolo industriale di 300000 m² inquinato da benzene.

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SCHEDE OPERATIVE

E

SCHEDA DI CALCOLO DEL RISCHIO DEL SINGOLO CONTAMINANTE: benzene

CONTRIBUTO DELLA SORGENTE (dalla Scheda B)		Punteggio
sulla via Acque Sotterranee	B1	2.6E+01
sulla via Acque Superficiali	B2a + B2b	1.0E+02
via Aria Indoor	B3	1.1E+01
sulla via Aria Outdoor	B4	4.0E-02
sulla via Suolo	B5a + B5b	7.4E+02

CONTRIBUTO DELLE VIE DI TRASPORTO (dalla Scheda C)		Punteggio
sulla via Acque Sotterranee	C1	1.6E-01
sulla via Acque Superficiali	C2	3.0E-02
via Aria Indoor	C3	3.5E-01
sulla via Aria Outdoor	C4	3.5E-01
sulla via Suolo	C5	4.5E-01

CONTRIBUTO DEI RECETTORI (dalla Scheda D)		Punteggio
sulla via Acque Sotterranee	D1	3.4E+01
sulla via Acque Superficiali	D2	1.7E+02
via Aria Indoor	D3	9.0E+02
sulla via Aria Outdoor	D4	9.5E+02
sulla via Suolo	D5	3.0E-02
recettore naturalistico	D nat	0.0E+00

QUI SOPRA VENGONO TRASCRITTI I PUNTEGGI RISULTATI DELLE SCHEDE OPERATIVE B, C, D.

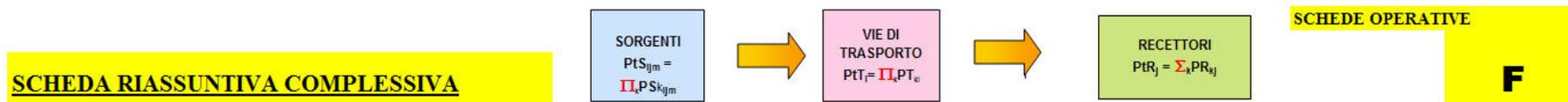
Indice di rischio del contaminante m per recettori umani:

IVT		Punteggio
indice di rischio acque sotterranee	$B1 \times C1 \times D1$	1.40E+02
indice di rischio acque superficiali	$B2 \times C2 \times D2$	5.10E+02
indice di rischio aria indoor	$B3 \times C3 \times D3$	3.40E+03
indice di rischio aria outdoor	$B4 \times C4 \times D4$	1.30E+01
indice di rischio suolo	$B5 \times C5 \times D5$	1.00E+01
IRI_m umani	somma valori soprastanti	4.70E+03

Indice di rischio del contaminante m per recettori naturalistici-artistici:

IVT		Punteggio
indice di rischio acque sotterranee	$B1 \times C1 \times D_{nat}$	0.00E+00
indice di rischio acque superficiali	$B2 \times C2 \times D_{nat}$	0.00E+00
indice di rischio aria outdoor	$B4 \times C4 \times D_{nat}$	0.00E+00
indice di rischio suolo	$B5 \times C5 \times D_{nat}$	0.00E+00
IRI_m naturali	somma valori soprastanti	0.00E+00

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2



SITO:	Indice di rischio per recettori umani:		Indice di rischio per recettori naturalistici-artistici:	
		PUNTEGGIO		PUNTEGGIO
CONTAMINANTI				
BENZENE	IRIm	4.70E+03	IRIm	0.00E+00
	IRIm		IRIm	
	IRcomplessivo (somma valori soprastanti)	4.70E+03	IRcomplessivo (somma valori soprastanti)	0.00E+00

CRITICITA' RILEVATE (Riportare l'indicazione degli eventuali parametri che, nell'analisi, hanno presentato maggiori criticità nella determinazione e che sono affetti da maggior imprecisione):

9.8 La Scheda “Informatività”.

ARGIA offre la possibilità di introdurre nel calcolo valori di *default* in sostituzione di informazioni necessarie ma mancanti, e suggerisce varie modalità per la stima di altre informazioni che sono invece indispensabili. Questa possibilità incrementa enormemente la versatilità del metodo senza che si perda in conservatività, ossia in prudenza. Tuttavia queste “approssimazioni” introducono elementi di non-conoscenza, e quindi di incertezza, che non sono concettualmente irrilevanti. Si è voluto offrire all’utente di ARGIA la possibilità di tener conto, in via del tutto opzionale, di questo aspetto attraverso un calcolo apposito. La scheda del calcolo “Informatività” è aggiunta in coda alle Schede Operative, ma è compilabile solo nella versione in Excel delle stesse.

ARGIA è orientato al calcolo di Rischio Relativo: schematizza le variabili riproducendone il comportamento in termini pseudo-quantitativi (punteggi) ed offre punteggi di default altrettanto pseudo-quantitativi. Questi garantiscono esclusivamente l'ordinabilità dei siti, ma non il senso fisico dei risultati calcolati. Perciò non avrebbe senso fisico una stima dell'attendibilità fondata sui possibili errori relativi (di misura) introdotti impiegando i dati di default per ignoranza dei dati reali.

E' però ammissibile l'approccio ordinale-pseudo-quantitativo di questa scheda, fortemente semplificato, che assegna un punteggio additivo al numero di valori di default utilizzati, od al tipo di stime adottate. Il calcolo assegna un peso unitario di “carenza informativa” a ciascun valore di default (peso doppio per Concentrazioni su S.S. , e per stime grossolane). La somma dei pesi di “carenza informativa” è convertita in pseudo-informatività relativa ed espressa in percento singolarmente per la descrizione della Sorgente, delle Vie di trasporto, del set dei recettori Umani e di quelli Naturali. Vengono calcolate analogamente anche due pseudo-informatività complessive dal calcolo complessivo delle singole carenze di informazione.

Come sarà chiarito ulteriormente al § 10, per avere una graduatoria di siti non distorta è necessario che tutti i siti vengano valutati con il medesimo grado di “imprecisione”, adottando lo stesso numero di valori di default in tutti i siti, anche quando certe informazioni in alcuni di loro siano note. Il valore di “informatività” può essere utile anche ad individuare eventuali siti trattati erroneamente con criteri diversi.

- La scheda è opzionale. Si compila inserendo “SI” nelle caselle gialle delle sole righe corrispondenti ai parametri per i quali si è imputato in ARGIA il valore di default invece del dato corrispondente, per carenza di informazione o per scelta. Ovviamente se il dato corrispondente è noto, e genera un punteggio uguale a quello di default, in questo caso, essendo un dato noto, non si imputa la parola “SI”. E' anche possibile imputare “SI” nei casi in cui si reputi molto imprecisa la stima del numero dei recettori, scegliendo la riga “stima mediocre” o addirittura la riga “stima grossolana”.

Si sottolinea che un basso valore di “Informatività” non indica un risultato errato od una inaccurata applicazione di ARGIA: segnala solamente che molta dell’informazione che sarebbe necessaria per una applicazione ottimale del metodo è mancante, e che il punteggio finale di conseguenza è probabilmente sovrastimato (se si sono usati molti valori di default oppure se si sovrastimano concentrazioni e/o Recettori). Anche con “informatività” bassissime, specie se provenienti dai valori di default, ARGIA è robusto, e fornisce risultati validi ed ordinamenti di rischio plausibili.

10. IMPORTANTI CONSIDERAZIONI GENERALI.

ARGIA è stato progettato in modo da essere semplice e conservativo. Per questo pur considerandone molte, tuttavia non considera ogni possibile fattispecie; e modella i casi reali in modo piuttosto schematico, anche se pur sempre più accuratamente di molti altri metodi di ARR. Chi applica ARGIA dovrebbe tener conto di questo per non chiedere al metodo prestazioni che non può dare. La sua applicazione a scenari molto complessi o molto dettagliati, se trattati in dettaglio, non è detto porti ad un risultato migliore, e sicuramente può divenire di esecuzione meno immediata.

Nell'applicare ARGIA si tenga sempre presente che:

1. nessun modello può fornire risultati che siano più attendibili dei dati che vi vengono immessi; ed un ordinamento in graduatoria non può essere più coerente della coerenza dei dati originali
2. è necessario che ARGIA sia utilizzato da personale tecnicamente competente, che si renda conto delle estrapolazioni e semplificazioni che compie applicando le agevolazioni offerte dal modello per le stime e per i dati mancanti. Sono lecite anche altre modalità di stima, purché lineari ed adottate per tutti i siti.
3. i punteggi calcolati non sono indici di rischio assoluto. Possono essere correlabili a quelli resi da RBCA tier 2, ma questo non è garantito: concettualmente sono grandezze non comparabili con il rischio assoluto.
4. ARGIA è molto sensibile, nel bene e nel male, alle concentrazioni di inquinanti, alle estensioni, ed al numero e tipologia di recettori. Se anche si deprimesse il peso di uno o più di questi fattori comprimendone il range, il punteggio IR calerebbe in valore ma non cambierebbe di posto entro una graduatoria dei siti. Può essere utile, invece, usare metodi di stima che riducano l'errore delle misure: generalmente però sono i metodi meno pratici.
5. **è importante applicare a tutti i siti classificati con ARGIA (ad esempio, ai siti di una Regione per formare una graduatoria regionale di priorità di intervento) il medesimo grado di "imprecisione", pena distorsioni anche gravi della graduatoria stessa. Si usino le medesime modalità di stima o di approssimazione (ad esempio dei recettori esposti) per tutti i siti di una medesima graduatoria.** Se una (o più d'una) informazione richiesta da ARGIA nella maggioranza di siti è mancante od inattendibile, e si preferisce quindi utilizzare il punteggio di default, è altamente consigliabile utilizzare quel valore di default anche per gli altri siti della graduatoria per i quali l'informazione sarebbe disponibile: questo per evitare distorsioni. Viceversa, se l'informazione è carente in solo uno o due siti tra tanti, può non essere il caso di rinunciarvi in tutti i siti: in questo caso è utile decidere di acquisirla appositamente con un sopralluogo, oppure valutare, simulando con due o tre punteggi oltre a quello di default, l'effetto sul punteggio finale di quel sito e sulla sua collocazione in graduatoria. In genere, se il numero di valori di default utilizzati è basso, l'effetto su IR è molto modesto.
6. ricordare che all'aumentare del numero di valori di default utilizzati (parallelamente in tutti i siti) viene "compresso" il range degli IR finali, e quindi si riduce la possibilità di discriminare tra siti, soprattutto tra siti simili. Il valore di "Informatività" scende: la scheda relativa non esprime una attendibilità in senso stretto, ma aiuta a valutare

l'entità dell'informazione residua rispetto a quella persa impiegando punteggi di default invece di dati.

7. ARGIA è "tracciabile", ossia è facile rivedere a ritroso il percorso di calcolo e valutare l'incidenza dei diversi fattori. E' consigliabile, terminato un calcolo od una serie di calcoli, rivedere la procedura a ritroso ed individuare i fattori di maggior peso, onde valutare l'adeguatezza delle loro stime.

Si consiglia anche di rileggere la nota 2 a pag.17.

10.1 Considerazioni su casi particolari.

Campi pozzi idropotabili o sorgenti pregiate

Di norma i modelli AAR tier 1 e 2 e ARR non distinguono tra acquiferi pregiati e non. Addirittura ARGIA, come RBCA, pesa con punteggi calanti, e non crescenti, l'interessamento di acquiferi freatici, semiconfinati, confinati in base alla considerazione che gli ultimi sono geologicamente più protetti dei primi.

Si è già scritto nel paragrafo 7.4, e lo si ripete per un approfondimento, che ci si può trovare in presenza di **recettori naturali strategici**, intendendo con questo l'eventualità che le fasce concentriche al sito vedano l'interessamento od il possibile interessamento di una risorsa pregiata o strategica, leggasi di un acquifero pregiato destinato all'uso collettivo umano in atto o futuro (un "campo pozzi", una zona di ricarica degli acquiferi profondi, una sorgente minerale potabile, una sorgente termale terapeutica,...).

Il caso del rischio localizzato per i recettori umani presenti sul sito ed entro la fascia di raggio 5 km è adeguatamente gestito da ARGIA assumendo cautelativamente che l'acqua sotterranea contaminata venga bevuta dai residenti, e che ci si esponga al contatto dermico con le acque superficiali. Non sarebbe affatto illogico attribuire al "campo pozzi" esposto alla possibilità di inquinamento la presenza di un numero di recettori umani pari al totale di utenti dell'acquedotto che ne deriva: tuttavia sarebbe praticamente scorretto farlo perché il trattamento di potabilizzazione riduce od elimina i contaminanti, e perché spesso l'acqua in rete è diluita con altre acque di provenienza differente.

In questi casi, invece di riferirsi a indeterminabili recettori umani, si è preferito attribuire un coefficiente maggiorativo (x2) del punteggio di rischio relativo per i recettori ambientali naturali, sollecitando la segnalazione di questa evenienza nelle annotazioni che è possibile aggiungere alla scheda finale F del metodo.

Le sorgenti minerali o termali, per loro natura, fino a prova contraria dovrebbero essere immuni da contatti con falde contaminabili più o meno superficiali. La possibilità teorica che un contatto possa avvenire per via naturale od artificiale consiglia la segnalazione nella scheda F, ma non giustificherebbe un coefficiente maggiorativo, salvo che la contaminazione non sia già avvenuta.

Si ritiene che le "risorgive" ed i "fontanili" vadano trattate alla stregua di corsi d'acqua superficiali.

Va comunque ricordato che la tutela di tali risorse strategiche, più che all'analisi di rischio, è affidata a norme strettamente cogenti, quali il Dlgs 152/99.

11. Bibliografia

- Aglietto I., *L'analisi di rischio come strumento decisionale per la bonifica dei siti contaminati da idrocarburi*, Workshop "La bonifica dei siti contaminati da idrocarburi", pp.48-66, 23 giugno 1999.
- Andretta M., Bruzzi L., Ferrari C., Magri C., Morselli L., Mingozzi L., Serra R., *Comparison among polluted soils hazard ranking systems and absolute risk hazard methodologies*, Risk analysis II, Wit Press, UK, 2000.
- Andretta M., Ballardini D., Ferrari C., Giaquinta S., Mingozzi L., A.R.G.I.A. – Una nuova metodologia per l'analisi relativa dei rischi per la gerarchizzazione dei siti contaminati., RS Rifiuti Solidi, n.5, Anno XVII, 2003
- Andretta M., Ballardini D., Ferrari C., Giaquinta S., Mingozzi L., A.R.G.I.A. – Caratteristiche e peculiarità del nuovo metodo ARGIA (analisi dei rischi per la gerarchizzazione dei siti inquinati presenti nell'anagrafe) rispetto ad altri metodi di *analisi relativa ed assoluta dei rischi.*, Ingegneria Ambientale, n.6, vol. XXXIII, 2004
- De Fraja Frangipane E., Andreottola G., Tatano F., *Il criterio dell'analisi di rischio*, Terreni contaminati: identificazione, normative, indagini, trattamento, Collana Ambiente, pp 227-263, 1994.
- Decreto Ministeriale n° 471 del 25/10/1999, *Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati ai sensi del DL n°22 del 5/2/97.*
- Felli A. e Benvegu' F., *Analisi di rischio per la definizione della lista di prioritá di interventi nella bonifica di siti contaminati*, Atti del workshop "Siti contaminati: procedure di controllo e bonifica", pp. 171-177, Bologna, 8 giugno 1993.
- UNICHIM: Manuale 196/1 – 2000 "*Suoli e falde contaminati. Analisi del rischio sito-specifica. Criteri e parametri*"

12. Allegati

GLOSSARIO

- **Analisi assoluta del rischio:** procedimento che porta ad una valutazione del rischio connessa ad un singolo sito sospetto, mediante l'effettiva quantificazione numerica degli usuali indici di rischio (*carcinogenic risk* per inquinanti cancerogeni e *hazard quotient* per non cancerogeni). Il risultato viene ottenuto attraverso una modellizzazione dei percorsi "sorgente di contaminazione- vie di migrazione- recettori" e delle modalità di esposizione dei recettori stessi.
- **Analisi relativa del rischio:** procedimento che consente di creare un semplice sistema di classificazione ordinale dei siti potenzialmente contaminati in rapporto alla loro pericolosità, con l'obiettivo di giungere ad una lista di priorità degli interventi da eseguire.
- **Bordo capillare:** regione di transizione tra la zona insatura e la zona satura.
- **Carico inquinante:** il parametro dato dal prodotto della concentrazione rappresentativa della contaminazione per l'estensione rappresentativa della stessa.
- **Classe di stabilità atmosferica:** indicatore della turbolenza atmosferica e, quindi della capacità di un contaminante di disperdersi nell'aria. Tale parametro dipende principalmente dalla velocità del vento e dalla turbolenza termica e dalla rugosità del terreno.
- **Coefficiente di diffusione in aria e in acqua (cm^2/s):** misura della diffusione di un soluto in un solvente liquido o gassoso per effetto dell'agitazione termica e che risulta proporzionale al gradiente di concentrazione del soluto.
- **Coefficiente di pericolosità intrinseca:** punteggio normalizzato relativo allo *slope factor* (per sostanze cancerogene) e alla *reference dose* (per sostanze non cancerogene), corrispondente all'esposizione giornaliera all'unità di massa di inquinante.
- **Coefficiente di pericolosità specifica:** coefficiente dato dal prodotto della concentrazione dell'inquinante per il coefficiente di pericolosità intrinseca e per l'estensione della contaminazione.
- **Coefficiente di ripartizione nel carbonio organico:** misura della tendenza di un inquinante a ripartirsi fra il carbonio organico presente nel suolo o nel sedimento e l'acqua.
- **Coefficiente di ripartizione ottanolo-acqua:** costante adimensionale che misura l'idrofobicità di un composto, ovvero la tendenza di un inquinante a ripartirsi fra una fase organica (ottanolo) e l'acqua.
- **Coefficiente di ripartizione suolo-acqua (l/kg):** frazione di contaminante assorbita in condizioni di equilibrio dal suolo rispetto al contaminante in soluzione.
- **Conducibilità idraulica (cm/s):** misura della capacità di un terreno di lasciarsi attraversare dall'acqua.
- **Contaminante rilevante (o di interesse):** sostanza indice che si ritiene possa comportare un rischio rilevante per la salute dell'uomo e dell'ambiente per effetto della sua concentrazione (superamento della concentrazione limite ammissibile sulla base del DL 471/99 o dei valori di fondo naturali), delle proprietà chimico-fisiche, degli effetti tossici, del grado di persistenza.
- **Densità idrografica:** rapporto tra la somma delle aree delle acque ferme e delle acque correnti e l'area del sottobacino di raggio di 5 km.
- **Dose di riferimento ($mg/kg/giorno$):** soglia di esposizione giornaliera, per unità di peso corporeo, capace di non provocare effetti avversi nella popolazione esposta durante uno specifico intervallo temporale, generalmente corrispondente alla durata media di vita (70 anni).
- **Falda confinata (o imprigionata o in pressione):** falda con acqua in pressione interposta tra il substrato impermeabile alla base ed un altro strato impermeabile al tetto.
- **Falda libera (o freatica):** falda delimitata inferiormente da uno strato impermeabile e superficialmente dalla superficie dell'acqua. Rappresenta il confine fra la zona vadosa e la zona satura.
- **Falda semiconfinata:** falda delimitata inferiormente da uno strato impermeabile e superficialmente da uno strato permeabile.

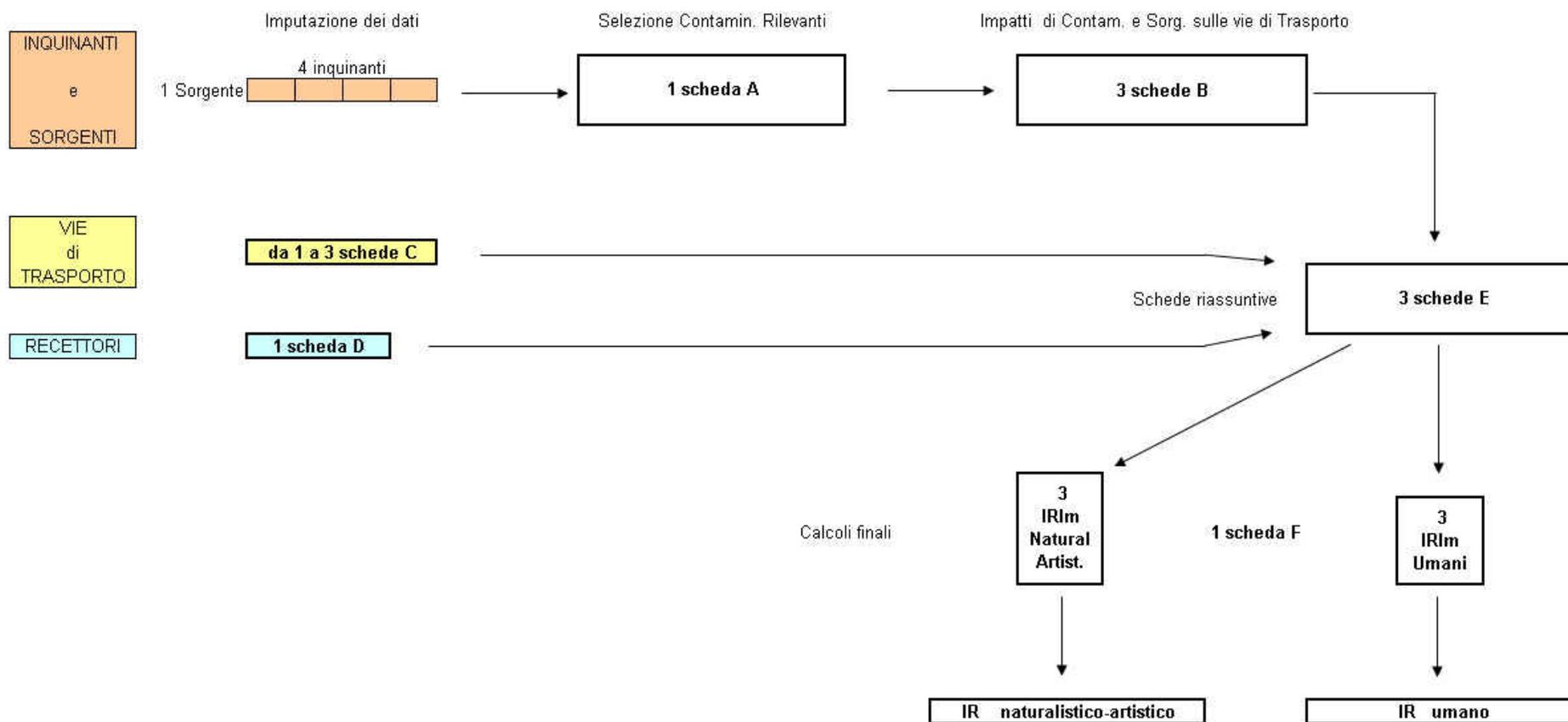
- **Frazione di carbonio organico:** contenuto di carbonio organico nel suolo, che è in stretta relazione con la sostanza organica presente.
- **Hazard quotient:** indice di rischio cronico definito per le sostanze non cancerogene e determinato dividendo la dose media giornaliera (calcolata sulla durata effettiva di esposizione alla sostanza e per una certa via di esposizione) per la dose di riferimento.
- **Litotipo:** tipo di roccia.
- **Modalità di esposizione:** meccanismo attraverso il quale un contaminante entra in contatto con l'organismo (ingestione, inalazione, contatto dermico).
- **Modello concettuale del sito:** rappresentazione teorica di un sistema ambientale e dei processi chimico, fisici e biologici che determinano il trasporto dei contaminanti dalle sorgenti attraverso le vie di trasporto fino a raggiungere i diversi recettori all'interno del sistema.
- **Obiettivi sensibili:** l'insieme dei recettori considerati particolarmente vulnerabili, rappresentati ad esempio da: scuole, ospedali, sanatori.
- **Vie di trasporto:** comparto ambientale che veicola i contaminanti dalla sorgente verso i potenziali recettori.
- **Recettori off site:** recettori posti ad una certa distanza (100-5000 m) dal sito oggetto di studio.
- **Recettori on site:** recettori posti sul sito oggetto di studio o in un raggio di 100 m da esso.
- **Rischio cancerogeno:** l'incremento di probabilità di contrarre un tumore nel corso della vita a causa dell'esposizione ad una singola sostanza, dato dal prodotto della dose media giornaliera (calcolata per la durata della vita e per una specifica via di esposizione) per la tangente SF (*Slope Factor*) della correlazione dose-risposta.
- **Rischio sanitario ambientale:** la quantificazione del danno tossicologico prodotto all'uomo o all'ambiente per effetto della presenza di una sorgente inquinante, i cui rilasci possono giungere, attraverso vie di migrazione diverse, ad un soggetto recettore potenzialmente esposto.
- **Ruscellamento:** scorrimento superficiale di acqua piovana verso il recapito idrico superficiale (corso d'acqua, lago, mare) entro il bacino idrografico in cui ricade il sito. L'entità del ruscellamento dipende principalmente dall'intensità degli eventi piovosi, dalla granulometria e tessitura della porzione superficiale di suolo e dall'andamento topografico della superficie del sito.
- **Slope factor (1/ (mg/kg/giorno):** la tangente del tratto rettilineo, estrapolata a basse dosi nella relazione dose-risposta per le sostanze cancerogene, che rappresenta il rischio di cancro riferito ad una dose unitaria della sostanza per tutta la vita.
- **Soggiacenza della falda (m):** profondità della falda rispetto al piano di campagna.
- **Tasso di esposizione:** quantità media di ciascun mezzo ambientale (acqua, aria, terreno) assunto per unità di peso corporeo e per giorno di esposizione.
- **Tessitura del terreno:** distribuzione percentuale nel suolo delle varie frazioni granulometriche.
- **Via di esposizione:** modalità (ingestione, inalazione, contatto dermico) mediante la quale il potenziale recettore entra in contatto con le specie chimiche contaminanti, giunte al recettore attraverso le vie di trasporto.
- **Zona insatura:** zona del sottosuolo, al di sopra della superficie freatica, in cui i pori del suolo contengono aria o acqua a pressione inferiore a quella atmosferica (tenuta per capillarità).
- **Zona satura:** zona del sottosuolo in cui tutti i pori del suolo sono pieni di acqua a pressione uguale o maggiore di quella atmosferica.
- **Zona vadosa:** zona costituita dalla zona insatura e dal bordo capillare.
- **Zone sensibili:** zone di interesse paesaggistico-ambientale, parchi naturali regionali e nazionali, zone di interesse storico-archeologico.

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

ARGIA vers.1.2

SCHEMA GENERALE DELLE SCHEDE E DEI PERCORSI DI COMPILAZIONE IN A.R.G.I.A.

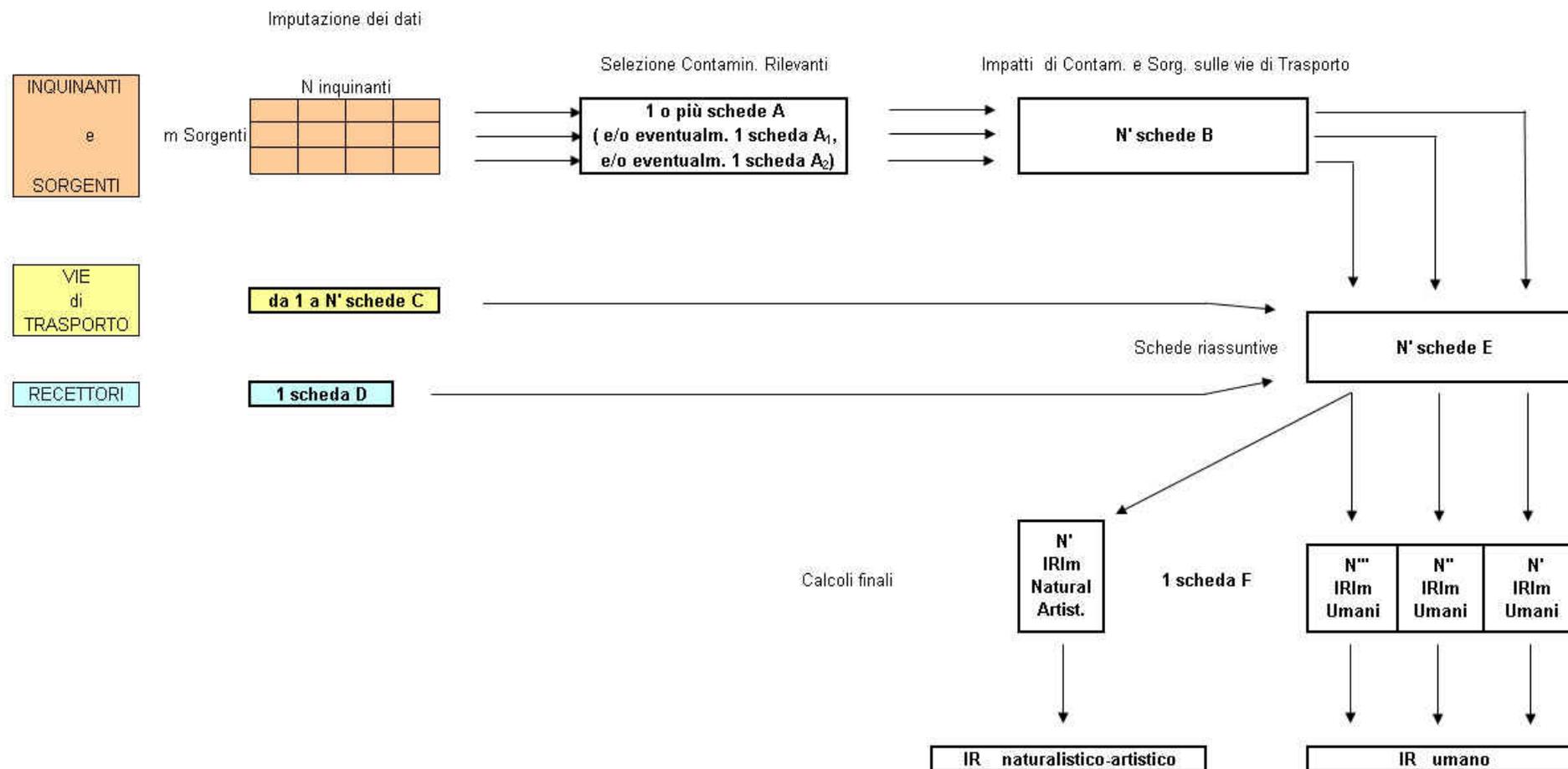
IN UN CASO RELATIVAMENTE FREQUENTE: SUOLO CON 4 CONTAMINANTI DI CUI SOLO 3 RILEVANTI.



A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

ARGIA vers.1.2

SCHEMA GENERALE DELLE SCHEDE E DEI PERCORSI DI COMPILAZIONE IN A.R.G.I.A.

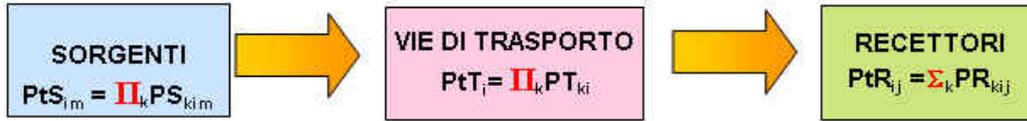


A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

ARGIA 1.2	Inquinante:	Sito:					Default?
Scheda punteggi	Parametro						Sì/no
1	concentrazione dell'inquinante						
2	estensione della contaminazione						
3	tossicità/cancerogenicità						
4	coeff. di ripartizione tra fasi						
5	modalità di contenimento dell'inquinante						
6	accessibilità del sito						
7	soggiacenza della falda						
8	tipologia dell'acquifero						
9	litologia dell'acquifero						
10	distanza del contaminante dalla falda						
11	rischio idrologico del sito (esondabilità)						
12	portata dei corsi d'acqua						
13	piovosità						
14	densità idrografica						
15	ruscellamento						
16	percentuale di carbonio organico						
17	indice sinottico dell'atmosfera						
18	prof. del top della zona contaminata						
19	litologia della zona vadosa						
20	numero di recettori umani entro 100 m						
20	numero di recettori umani tra 100 m e 3 km						
20	numero di recettori umani tra 3 km e 5 km						
21	densità di zone sensibili entro 100 m						
21	densità di zone sensibili tra 100 m e 3 km						
21	densità di zone sensibili tra 3 km e 5 km						
	altro 1						
	altro 2						
	altro 3						

Questo format può essere stampato per trascrivere i dati utilizzati per i calcoli

SCHEMA METODOLOGICO PROCEDURALE



Vengono valutati due indici di rischio: uno relativo ai recettori umani, l'altro relativo ai recettori naturalistici/ artistici.

Per i recettori umani e per ciascun inquinante di interesse m, si ha:

$$IRI_m = \sum_i IVT_{im}$$

$$IVT_{im} = PtS_{im} * PtT_i * PtR_{ij}$$

$$\text{Da cui: } IRI_m = \sum_i PtS_{im} * PtT_i * PtR_{ij}$$

L'indice di rischio complessivo è dato da:

$$IR_{\text{complessivo}} = \sum_m IRI_m \quad \text{con } m=1,n$$

Per i recettori naturali / artistici, valgono formule analoghe con l'esclusione della via di esposizione indoor.

LEGENDA

PS_{kim} = parametro k-mo della sorgente attraverso la via di trasporto i-ma per il contaminante m-mo

PtT_i = punteggio relativo alla via di trasporto i-ma

PT_{ki} = parametro k-mo della via di trasporto i-ma

PtR_{ij} = punteggio relativo al recettore j-mo sulla via di esposizione i-ma

PR_{kij} = parametro k-mo relativo al recettore j-mo sulla via di esposizione i-ma

IRI_m = indice di rischio per il contaminante m

IVT_{im} = indice di rischio del contaminante m-mo sulla via di trasporto i-ma

$IR_{\text{complessivo}}$ = indice di rischio complessivo per tutti gli n contaminanti

PtS_{im} = punteggio relativo alla sorgente attraverso la via di trasporto i-ma per il contaminante m-mo

i=via di trasporto i-ma (1=acque sotterranee, 2=acque superficiali, 3=aria indoor, 4= aria outdoor, ; 5=suolo)

j=recettore j-mo [1,8]

m=contaminante di interesse m-mo [1,n]

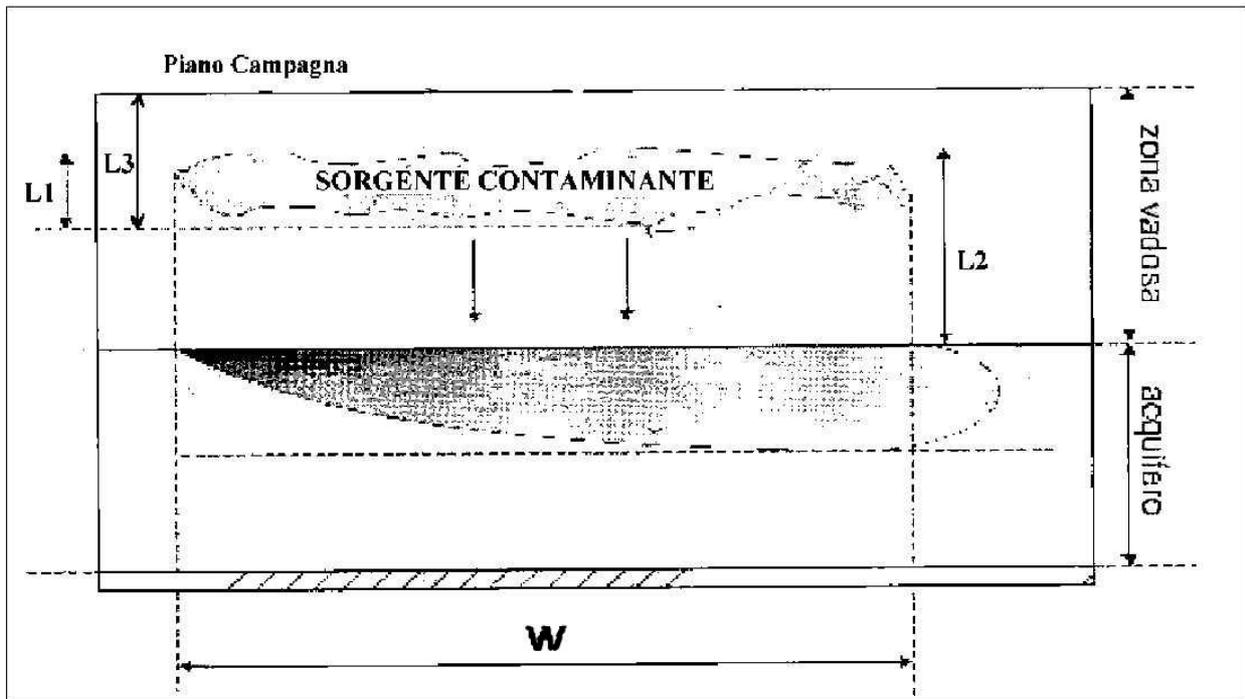
n= numero complessivo di contaminanti di interesse

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SOMMARIO E LEGENDA DELLE SCHEDE DEI PUNTEGGI

numero	
1	fattore rilevante: sorgente/ parametro: concentrazione rappresentativa dell'inquinante
2	fattore rilevante: sorgente/ parametro: estensione della contaminazione
3a, 3b	fattore rilevante: sorgente/ parametro: tossicità (coefficiente di pericolosità intrinseca)
4	fattore rilevante: sorgente/ parametro: coefficienti di ripartizione dell'inquinante
5a, 5b	fattore rilevante: sorgente/ parametro: modalità di contenimento dell'inquinante
6	fattore rilevante: sorgente/ parametro: condizioni di accessibilità del sito
7	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: acque sotterranee/ parametro: soggiacenza della falda
8	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: acque sotterranee/ parametro: tipologia dell'acquifero
9	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: acque sotterranee/ parametro: litotipo dell'acquifero
10	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: acque sotterranee/ parametro: distanza dalla falda
11	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: acque superficiali/ parametro: localizzazione del sito per rischio idraulico
12	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: acque superficiali/ parametro: portata
13	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: acque superficiali/ parametro: piovosità
14	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: acque superficiali/ parametro: densità idrografica
15	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: acque superficiali/ parametro: ruscellamento
16	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: acque superficiali/ parametro: frazione di carbonio organico
17	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: aria / parametro: indice sinottico
18	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: acque superficiali/ parametro: profondità del top della zona contaminata
19	fattore rilevante: via di trasporto/ tipo: suolo / parametro: litotipo della zona vadosa
20	fattore rilevante: recettore/ tipo: umano / parametro: numero, distanza, tipo di esposizione
21	fattore rilevante: recettore/ tipo: naturalistico- artistico / parametro: densità zone sensibili

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLA SORGENTE IN BASE AL MODELLO CONCETTUALE DI RIFERIMENTO



A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

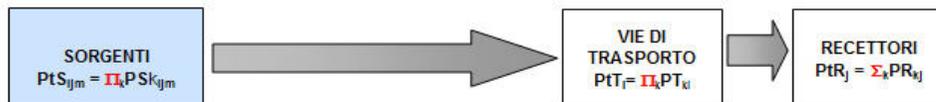
SUPERFICIE AGRICOLA TOTALE, ADDETTI ALL'AGRICOLTURA E FAMILIARI DEGLI AGRICOLTORI
 (la tabella si riferisce a zone agricole "pure", esclusi i piccoli centri abitati)

Regioni / Province autonome	Superficie Agricola totale (kmq)	Numero dei componenti famiglia del conduttore di impresa agricola	Manodopera extrafamiliare	Densità media residenti (ab/kmq)	Densità media lavoratori (ab/kmq)
Piemonte	1.776.400,41	296.017	14.855	1.678	0.084
Valle d'Aosta	201.331,61	15.137	1.079	0.075	0.005
Lombardia	1.601.324,91	214.116	24.096	0.134	0.015
Trentino-Alto Adige	1.102.341,04	190.233	37.121	0.173	0.034
<i>Bolzano - Bozen</i>	<i>620.373,48</i>	<i>94.299</i>	<i>19.115</i>	0.152	0.031
<i>Trento</i>	<i>481.967,56</i>	<i>95.934</i>	<i>18.006</i>	0.199	0.037
Veneto	1.301.798,09	562.334	28.735	0.432	0.022
Friuli-Venezia Giulia	490.329,34	97.022	7.799	0.198	0.016
Liguria	331.899,08	98.827	3.332	0.298	0.010
Emilia-Romagna	1.711.888,94	309.499	55.212	0.181	0.032
Toscana	1.776.563,48	365.751	36.816	0.206	0.021
Umbria	685.060,10	154.529	17.868	0.226	0.026
Marche	793.919,44	183.963	10.863	0.232	0.014
Lazio	1.245.877,87	543.244	33.937	0.436	0.027
Abruzzo	804.442,97	226.433	23.164	0.281	0.029
Molise	344.127,39	90.742	9.393	0.264	0.027
Campania	992.079,87	637.287	116.990	0.642	0.118
Puglia	1.593.711,82	908.867	337.571	0.570	0.212
Basilicata	844.699,12	211.500	43.537	0.250	0.052
Calabria	1.139.987,03	463.760	110.283	0.407	0.097
Sicilia	1.913.841,54	865.266	181.357	0.452	0.095
Sardegna	2.050.731,45	316.247	36.531	0.154	0.018
Totale	22.702.355,50	6.750.774	1.130.539	0.297	0.050

Dati relativi all'anno 2000, estratti e rielaborati da tabelle ISTAT.

Schede operative e Schede dei Punteggi

SCHEDA PER LA SELEZIONE DEI CONTAMINANTI RILEVANTI (sorgente: suolo contaminato)



Identificativo (opzionale)	Contaminante	scheda 1	scheda 2	calcola il Carico inquinante (CI = CR * E)	scheda 3a, 3b	calcola il Coeff. pericolosità specifica (CPS = CPI * CI)
		Concentrazione rappresentativa nel sito (CR)	Punteggio Estensione della zona contaminata (E) **		Coeff. pericolosità intrinseca (CPI)	

* la scheda è da completare anche nel caso in cui una sorgente primaria di contaminazione, rappresentata da serbatoi, bidoni e contenitori, sia stata rimossa, ma il suolo sia rimasto contaminato.

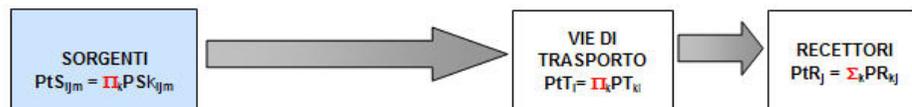
** estensione della contaminazione: inserire il punteggio come ricavato dalla scheda 1/27, NON l'estensione.

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SCHEDE OPERATIVE

A₁

SCHEDE PER LA SELEZIONE DEI CONTAMINANTI RILEVANTI (sorgente: acque contaminate)



Identificativo (opzionale)	Contaminante	scheda 1	scheda 2	calcola il Carico inquinante (CI = CR * E)	scheda 3a, 3b	calcola il Coeff. pericolosità specifica (CPS = CPI * CI)
		Concentrazione rappresentativa nel sito (CR)	Punteggio Estensione della zona contaminata (E) **		Coeff. pericolosità intrinseca (CPI)	

* estensione della contaminazione: inserire il punteggio come ricavato dalla scheda 1/27, NON l'estensione.

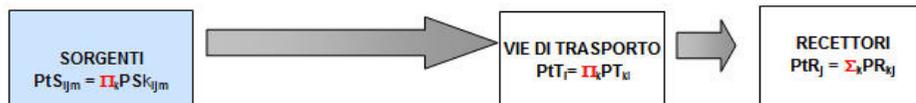
A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SCHEDE OPERATIVE

A₂



SCHEDA PER LA SELEZIONE DEI CONTAMINANTI RILEVANTI (Sorgente: Serbatoi, Contenitori, Bidoni)*



Identificativo	Contaminante	scheda 1	scheda 2	calcola il Carico inquinante (CI = CR * E)	scheda 3a, 3b	calcola il Coeff. pericolosità specifica (CPS = CPI * CI)
		Concentrazione rappresentativa (CR) nei bidoni, contenitori, serbatoi (mg/kg)**	Punteggio Estensione della zona contaminata (m ³) (E) ***		Coeff. pericolosità intrinseca (CPI)	

* scheda da compilare solo nel caso in cui serbatoi, contenitori e bidoni non siano stati rimossi dal sito

** **concentrazione rappresentativa:** nel caso di serbatoi, considerare per ogni serbatoio una concentrazione rappresentativa di 10³ mg/kg del prodotto contenuto, da cui estrarre le eventuali frazioni di interesse. Nel caso di bidoni e contenitori considerare la concentrazione di ogni contaminante indice ricavata dalle analisi chimiche.

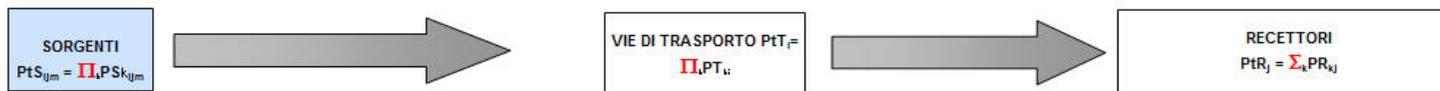
*** **estensione della contaminazione:** indicare il contenuto in m³

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SCHEDE OPERATIVE

B

SCHEDA DI CALCOLO DEL CONTRIBUTO DELLA SORGENTE, corretto per le diverse vie impattate.



Vie di trasporto su cui impatta ->	Punteggio Acque Sotterranee	Punteggio Acque Superficiali		Punteggio Aria Indoor	Punteggio Aria Outdoor	Punteggio Suolo	
scheda 1							
concentrazione (*)							
scheda 2							
estensione contaminazione							
scheda 3a, 3b							
coeff. di pericolosità intrinseca							
scheda 4							
coefficienti di ripartizione (**)							
scheda 5a, 5b							
modalità di contenimento							
scheda 6		Residenti	Lavoratori			Residenti	Lavoratori
condizioni di accessibilità del sito							
Punteggio totale <i>(prodotto valori soprastanti)</i>		Residenti	Lavoratori			Residenti	Lavoratori
nome del risultato	B1	B2a	B2b	B3	B4	B5a	B5b

(*) Inserire, se è disponibile, il dato analitico sulle vie di trasporto coinvolte, altrimenti utilizzare il dato sulla sorgente primaria, trattato come previsto dalla Scheda 1 (massimo o 95° percentile).

(**) Da inserire solamente se non si hanno a disposizione i dati analitici sulle vie di trasporto coinvolte; altrimenti mettere 1

ATTENZIONE! Trattandosi di prodotti, le celle non utilizzate vanno riempite con 1, non con 0.

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SCHEDE OPERATIVE

SCHEDA DI CALCOLO DEL CONTRIBUTO DELLE VIE DI TRASPORTO

C



Parametro	Trasporto con Acque Sotterranee	Parametro	Trasporto con Acque Superficiali	Parametro	Trasporto con Aria Indoor	Parametro	Trasporto con Aria Outdoor	Parametro	Trasporto con Suolo
scheda 7		scheda 18		scheda 18		scheda 18		scheda 18	
soggiacenza della falda		profondità del top della zona contaminata		profondità del top della zona contaminata		profondità del top della zona contaminata		profondità del top della zona contaminata	
scheda 8		scheda 11		scheda 17		scheda 17		scheda 19	
tipologia dell'acquifero		localizzazione del sito		indice sinottico		indice sinottico		litotipo della zona vadosa	
scheda 9		scheda 12							
litotipo dell'acquifero		classi di portata							
scheda 10		scheda 13							
distanza della zona contaminata dal top della falda		precipitazione media annuale							
		scheda 14							
		densità idrografica							
		scheda 15							
		ruscellamento							
		scheda 16							
		frazione di carbonio organico							
Punteggio totale (prodotto valori soprastanti)									
nome del risultato	C1		C2		C3		C4		C5

Ricordare di immettere punteggi ricavati dalle schede, non misure.

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SCHEDA DI CALCOLO DEL CONTRIBUTO DEI RECETTORI

SCHEDA OPERATIVE

D

SORGENTI
 $PtS_{ijm} = \sum_i P_i S_{kijm}$



VIE DI TRASPORTO $PtT_i = \sum_i P_i T_i$



RECETTORI
 $PtR_j = \sum_k P_k PR_{kj}$

Via di esposizione ->	RECETTORE UMANO					RECETTORE NATURALISTICO-ARTISTICO
	Esposiz. ad Acque Sotterranee / ingestione	Esposiz. ad Acque Superficiali / contatto dermico	Esposiz. ad Aria indoor/ inalazione	Esposiz. ad Aria outdoor/ inalazione	Esposiz. al Suolo/ contatto dermico e ingestione	Punteggio
<i>Ricavare tutti da scheda 20</i>						
residenti on site (0-100 m)						
residenti off site 1 (101-1000 m)						
residenti off site 2 (1001-3000 m)						
residenti off site 3 (3001-5000 m)						
<i>Punteggio totale residenti (somma valori soprastanti)</i>						
lavoratori on site (0-100 m)						
lavoratori off site 1 (100-1000 m)						
lavoratori off site 2 (1001-3000 m)						
lavoratori off site 3 (3001-5000 m)						
<i>Punteggio totale lavoratori (somma valori soprastanti)</i>						
<i>Ricavare da scheda 21</i>						
zone sensibili *						
<i>Punteggio totale recettori (SOMMA valori per i residenti e per i lavoratori soprastanti)</i>						
nome del risultato	D1	D2	D3	D4	D5	D nat

* copiare il punteggio anche nella casella sottostante

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SCHEDE OPERATIVE

E

SCHEDA DI CALCOLO DEL RISCHIO DEL SINGOLO CONTAMINANTE: _____

CONTRIBUTO DELLA SORGENTE (dalla Scheda B)		Punteggio
sulla via Acque Sotterranee	B1	
sulla via Acque Superficiali	B2a + B2b	
via Aria Indoor	B3	
sulla via Aria Outdoor	B4	
sulla via Suolo	B5a + B5b	

CONTRIBUTO DELLE VIE DI TRASPORTO (dalla Scheda C)		Punteggio
sulla via Acque Sotterranee	C1	
sulla via Acque Superficiali	C2	
via Aria Indoor	C3	
sulla via Aria Outdoor	C4	
sulla via Suolo	C5	

CONTRIBUTO DEI RECETTORI (dalla Scheda D)		Punteggio
sulla via Acque Sotterranee	D1	
sulla via Acque Superficiali	D2	
via Aria Indoor	D3	
sulla via Aria Outdoor	D4	
sulla via Suolo	D5	
recettore naturalistico	D nat	

QUI SOPRA VENGONO TRASCRITTI I PUNTEGGI RISULTATI DELLE SCHEDE OPERATIVE B, C, D.

Indice di rischio del contaminante m per recettori umani:

IVT		Punteggio
indice di rischio acque sotterranee	$B1 \times C1 \times D1$	
indice di rischio acque superficiali	$B2 \times C2 \times D2$	
indice di rischio aria indoor	$B3 \times C3 \times D3$	
indice di rischio aria outdoor	$B4 \times C4 \times D4$	
indice di rischio suolo	$B5 \times C5 \times D5$	
IRI_m umani	somma valori soprastanti	

Indice di rischio del contaminante m per recettori naturalistici-artistici:

IVT		Punteggio
indice di rischio acque sotterranee	$B1 \times C1 \times Dnat$	
indice di rischio acque superficiali	$B2 \times C2 \times Dnat$	
indice di rischio aria outdoor	$B4 \times C4 \times Dnat$	
indice di rischio suolo	$B5 \times C5 \times Dnat$	
IRI_m naturali	somma valori soprastanti	

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

SCHEDA RIASSUNTIVA COMPLESSIVA

SORGENTI
 $PtS_{ijm} = \prod_k P S_{kijm}$



VIE DI TRASPORTO $PtT_k = \prod_k P T_k$



RECETTORI
 $PtR_j = \sum_k P R_{kj}$

SCHEDA OPERATIVE

F

SITO: CONTAMINANTI	Indice di rischio per recettori umani:		Indice di rischio per recettori naturalistici-artistici:	
	IRIm	PUNTEGGIO	IRIm	PUNTEGGIO
	IRIm		IRIm	
	IRcomplessivo (somma valori soprastanti)		IRcomplessivo (somma valori soprastanti)	

CRITICITA' RILEVATE (Riportare l'indicazione degli eventuali parametri che, nell'analisi, hanno presentato maggiori criticità nella determinazione e che sono affetti da maggior imprecisione):



A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

Scheda "Informatività"

QUESTA SCHEDA E' COMPILABILE SOLAMENTE NELLA VERSIONE EXCEL

Scheda punteggi	Parametro	peso assegnato all'approssimazione	utilizzato default?	
1	conc. dell'inquinante espressa sul T.Q. ma ignorando scheletro	1		
1'	conc. dell'inquinante espressa su Sostanza Secca	2		
2	estensione della contaminazione			
3	tossicità/cancerogenicità			
4	coeff. di ripartizione tra fasi	1		
5	modalità di contenimento dell'inquinante	1		
6	accessibilità del sito	1		
	informatività % minima della stima della Sorgente per un contaminante		100.0	informatività % minima della stima della Sorgente per un contaminante
7	soggiacenza della falda	1		
8	tipologia dell'acquifero	1		
9	litologia dell'acquifero	1		
10	distanza del contaminante dalla falda	1		
11	rischio idrologico del sito (esondabilità)	1		
12	portata dei corsi d'acqua	1		
13	piovosità	1		
14	densità idrografica	1		
15	ruscellamento	1		
16	percentuale di carbonio organico	1		
17	indice sinottico dell'atmosfera	1		
18	prof. del top della zona contaminata	1		
19	litologia della zona vadosa	1		
	informatività minima % della stima delle Vie di T. per ciascun contaminante		100.0	informatività minima % della stima delle Vie di Trasporto per ciascun contaminante
20	numero di umani entro 5 km: stima mediocre	1		
20'	numero di umani entro 5 km: stima grossolana	2		100.0
21	densità di zone sensibili: stima mediocre	1		
21'	densità di zone sensibili: stima grossolana	2		100.0

Informatività minima % complessiva della stima di Rischio su Recettori Umani **100.0**

Informatività minima % complessiva della stima di Rischio su Recettori Naturali **100.0**

NELLE CELLE GIALLE E' POSSIBILE IMMETTERE "SI" O LASCIARLE VUOTE. NELLE CELLE VERDI VENGONO RIPORTATI I RISULTATI CALCOLATI.

ARGIA è orientato al calcolo di Rischio Relativo: schematizza le variabili riproducendone il comportamento in termini pseudo-quantitativi (punteggi) ed offre punteggi di default altrettanto pseudo-quantitativi. Questi garantiscono esclusivamente l'ordinabilità dei siti, ma non il senso fisico dei risultati calcolati. Perciò non ha senso fisico una stima dell'attendibilità fondata sui possibili errori relativi (di misura) introdotti impiegando i dati di default per ignoranza dei dati reali. E' però ammissibile l'approccio ordinale-pseudo-quantitativo di questa scheda, fortemente semplificato, che assegna un punteggio additivo al numero di valori di default utilizzati, od al tipo di stime adottate. Il calcolo assegna un peso unitario di "carenza d'informazione" a ciascun valore di default (peso doppio per Concentrazioni su S.S. e per stime grossolane). La somma di questi pesi è convertita in pseudo-informatività relativa ed espressa in percento singolarmente per la descrizione della sorgente, delle vie di trasporto, del set dei recettori Umani e di quelli Naturali. Vengono calcolate analogamente anche due pseudo-informatività complessive dal calcolo complessivo delle singole carenze d'informazione.

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

PARAMETRO: CONCENTRAZIONE RAPPRESENTATIVA DELL'INQUINANTE

CONCENTRAZIONE RAPPRESENTATIVA DELL'INQUINANTE (mg/kg per il suolo; mg/l per le acque)	PUNTEGGIO
valore massimo MAX (per un numero di dati < 20)	MAX
95° percentile (per un numero di dati > = 20)	95° PERC*

* Per un numero di dati >20 e <= 40 prendere il penultimo valore della loro serie ordinata in ordine crescente.
Per un numero di dati > 40 e <= 60 prendere il terzultimo valore e così via.

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

PARAMETRO: ESTENSIONE ZONA CONTAMINATA

TIPO	INFORMAZIONE DISPONIBILE	UNITA' DI MISURA	PUNTEGGIO
suolo contaminato	volume	m ³	V/10 ⁹
	area	m ²	A * 5/10 ⁹
terrapieno	volume	m ³	V/10 ⁹
	volume	m ³	V/10 ⁹
bidoni, serbatoi, contenitori	volume	m ³	V
	volume	m ³	V/10 ⁹
falda	area	m ²	A * 5/10 ⁹
	volume	m ³	V/10 ⁹
corpi idrici superficiali con acqua ferma	area	m ²	A/(2 * 10 ⁵)
	portata	m ³ / s	1/Q
scanichi	portata complessiva degli scanichi	m ³ / s	Q

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

PARAMETRO: TOSSICITA' (coeff. di pericolosità intrinseca)

CLASSI DI SOSTANZE (DM 471/99)	TOSSICITA' EPA	PUNTEGGIO CANCEROGENI	PUNTEGGIO NON CANCEROGENI
Antimonio	D	n.a.	2.6E+01
Arsenico	A	2.6E+06	n.a.
Berillio	B1	1.5E+06	n.a.
Cadmio	B1	1.1E+06	n.a.
Cobalto	D	n.a.	3.7E-01
Cromo III	D	n.a.	8.6E-02
Cromo VI	A	7.4E+06	n.a.
Cianuro	D	n.a.	1.9E-01
Mercurio	D	n.a.	2.0E+01
Nichel	A	3.0E+05	n.a.
Piombo	B2	7.6E+03	n.a.
Tallio	D	n.a.	2.7E+01
Rame	D	n.a.	6.2E-02
Selenio	D	n.a.	6.9E-01
Stagno	D	n.a.	6.7E+00
Vanadio	D	n.a.	7.9E+00
Argento	D	n.a.	8.6E+00
Fluoruri	D	n.a.	2.6E-02
Zinco	D	n.a.	2.4E-02
Manganese	D	n.a.	1.1E+02
Benzene	A	5.3E+03	n.a.
Etilbenzene	D	n.a.	1.6E-02
Stirene	D	n.a.	9.8E-03
Toluene	D	n.a.	1.4E-02
Xilene	D	n.a.	8.5E-04
Benzo(a) antracene	B2	1.4E+05	n.a.
Benzo(a) pirene	B2	1.4E+06	n.a.
Benzo(b) fluorantene	B2	1.4E+05	n.a.
Benzo(k) fluorantene	B2	1.4E+04	n.a.
Benzo(g,h,i) perilene	D	n.a.	6.9E-02
Crisene	B2	2.3E+05	n.a.
Dibenzo(a,h) antracene	B2	1.4E+06	n.a.
Indenopirene	B2	7.4E+06	n.a.
Pirene	D	n.a.	5.8E-02
Clorometano	C	2.8E+03	n.a.
Diclorometano	B2	1.3E+03	n.a.
Triclorometano	B2	1.4E+04	n.a.
Vinilcloruro	A	3.3E+05	n.a.
1,2 Dicloroetano	B2	1.6E+04	n.a.
1,1 Dicloroetilene	C	6.1E+04	n.a.
1,2 Dicloropropano	D	n.a.	1.4E+00
1,1,2 Tricloroetano	C	1.2E+04	n.a.
Tricloroetilene	B2	1.3E+04	n.a.
1,2,3 Tricloropropano	D	n.a.	4.2E+00
1,1,2,2 Tetracloroetano	C	5.1E+04	n.a.
Tetracloroetilene	B2	9.1E+03	n.a.
1,1 Dicloroetano	D	n.a.	1.0E+00
1,2 Dicloroetilene	D	n.a.	1.6E-01
1,1,1 Tricloroetano	D	n.a.	7.9E-02
Tribromometano	B2	2.3E+03	n.a.
1,2 dibromoetano	B2	1.5E+07	n.a.
Dibromoclorometano	C	2.5E+04	n.a.
Bromodichlorometano	B2	1.1E+04	n.a.

segue nella scheda 3/b

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

PARAMETRO: TOSSICITA' (coeff. di pericolosità intrinseca)

segue dalla scheda 3/a

CLASSI DI SOSTANZE (DM 471/99)	TOSSICITA' EPA	PUNTEGGIO CANCEROGENI	PUNTEGGIO NON CANCEROGENI
Nitrobenzene	D	n.a.	3.4E+00
1,2 Dinitrobenzene	D	n.a.	1.9E+01
1,3 Dinitrobenzene	D	n.a.	1.9E+01
Cloronitrobenzeni	D	n.a.	1.6E+01
Clorobenzene	D	n.a.	2.8E-01
1,2 Diclorobenzene	D	n.a.	1.8E-01
1,4 Diclorobenzene	C	4.7E+03	n.a.
1,2,4 Triclorobenzene	D	n.a.	1.6E-01
1,2,4,5 Tetraclorobenzene	D	n.a.	1.6E+01
Pentaclorobenzene	D	n.a.	2.0E+00
Esaclorobenzene	B2	5.6E+05	n.a.
Fenolo	D	n.a.	3.2E-03
Metilfenolo	C	2.5E+04	n.a.
2 Clorofenolo	D	n.a.	3.90E-01
2,4 Diclorofenolo	D	n.a.	5.2E-01
2,4,6 Triclorofenolo	B2	1.9E+03	n.a.
Pentaclorofenolo	B2	2.8E+04	n.a.
Anilina	B2	1.0E+03	n.a.
o- Anisidina	B2	1.0E+03	n.a.
m,p- Anisidina	B2	1.0E+03	n.a.
Difenilamina	D	n.a.	6.9E-02
p-Toluidina	B2	1.0E+03	n.a.
Alaclor	D	n.a.	1.4E-01
Aldrin	B2	6.0E+06	n.a.
Atrazina	D	n.a.	4.1E-02
a- Esacloresano	B2	2.3E+06	n.a.
b- Esacloresano	B2	2.3E+06	n.a.
c- Esacloresano	B2	2.3E+06	n.a.
Clordano	B2	6.1E+04	n.a.
DDT, DDD, DDE	B2	8.6E+04	n.a.
Dieldrin	B2	5.6E+06	n.a.
Endrin	D	n.a.	4.8E+00
PCB's	B2	3.9E+06	n.a.
2,3,7,8 TCDD	B2	2.6E+10	n.a.
Idrocarburi leggeri C<12	D	n.a.	5.0E-03
Idrocarburi pesanti C>12	D	n.a.	5.0E-03

L'amianto non è stato incluso in questa classificazione, in quanto il DM 471/99 non è la normativa preminente in presenza di questo contaminante. La priorità dal punto di vista sanitario, rispetto a quella ambientale, fa sì che, in presenza di amianto, sia opportuno procedere alla bonifica da tale inquinante prima di qualunque altro intervento che ricada nell'ambito del DM 471/99.

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

Schede punteggi

4

PARAMETRO: COEFFICIENTI DI RIPARTIZIONE DELL'INQUINANTE

CLASSI DI SOSTANZE (DM 471/99)	FATTORI DI RIPARTIZIONE SUOLO/ACQUA	FATTORI DI RIPARTIZIONE SUOLO/ARIA INDOOR	FATTORI DI RIPARTIZIONE SUOLO/ARIA OUTDOOR	FATTORI DI RIPARTIZIONE ACQUA/ ARIA OUTDOOR	FATTORI DI RIPARTIZIONE ACQUA/ ARIA INDOOR
componenti inorganici	2.5E-3 cianuro: 1.2E-11, rame: 3.3E-04 tallio, argento: 2.7 E-2	0 Mercurio: 5.1E-04	6.9E-12 Mercurio: 3.1E-05	0 mercurio: 5.9 E-05	6.9E-12 Mercurio: 3.1E-05
aromatici	3.5E-02 Benzene: 1.4E-01	2.2E-02 Stirene: 1.1E-03	8.1E-05	7.9E-05	8.1E-05
aromatici policiclici	8.9E-06 Indenopirene: 2.9E-07	3.3E-10 Indenopirene: 4.6E-13	1.7E-08 Benzo(a)antracene: 5.2E-09, Indenopirene: 6.3E-10	3.2E-08 Indenopirene,benzo(a)antracene: 2.3E-09	1.7E-08 Benzo(a)antracene: 5.2E-09, Indenopirene: 6.3E-10
alifatici clorurati cancerogeni	1.3E0 vinilcloruro: 7.9E-02 clorometano: 9.4E-07 1,1,2,2 tetracloroetano: 1.3 E+00	3.2E-02 clorometano: 8.2E-07	9.0E-05 Clorometano: 1.2E-06	vinilcloruro: 1.0E-03 clorometano: 5.3E-04 1,1,2,2 tetracloroetano: 3.9E-05	9.0E-05 Clorometano: 1.2E-06
alifatici clorurati non cancerogeni	6.2E-02	3.2E-02	9.0E-05	2.9E-04	9.0E-05
clorobenzeni	4.2E-03 Clorobenzene: 4.3E-02	2.4E-03	4.6E-05	5.1E-03 Clorobenzene: 5.2E-02	4.6E-05
fenoli non clorurati	2.9E-01	1.1E-05	3.8E-06	3.5E-01	3.8E-06
fenoli clorurati	1.1E-02	1.0E-06	1.3E-06	1.3E-02	1.3E-06
fitofarmaci	DDT: 3.7E-06 Dieldrin: 2.7E-04 Aldrin: 2.4 E-02	DDT: 3.5E-10 Dieldrin: 8.2E-08 Aldrin: 1.2E-04	DDT: 2.4E-08 Dieldrin: 3.9E-07 Aldrin: 1.5E-05	DDT: 4.5E-06 Dieldrin: 3.3E-04 Aldrin: 2.9 E-02	DDT: 2.4E-08 Dieldrin: 3.9E-07 Aldrin: 1.5E-05
diossine e furani	PCB: 6.1E-05 2,3,7,8 TCDD: 1.7E-03	PCB: 1.0E-06 2,3,7,8 TCDD: 2.1E-03	PCB: 1.6E-06 2,3,7,8 TCDD: 9.0E-05	PCB: 7.4E-05 2,3,7,8 TCDD: 5.2E-01	PCB: 1.6E-06 2,3,7,8 TCDD: 9.0E-05
idrocarburi leggeri C<12	6.8E-03	3.2E-02	9.0E-05	8.3E-03	9.0E-05
idrocarburi pesanti C>12	1.9E-06	1.9E-03	5.9E-05	2.4E-06	5.9E-05

valori di default in grassetto

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

Schede punteggi

PARAMETRO: MODALITA' DI CONTENIMENTO DELL'INQUINANTE

(della massa inquinante)

5/a

	MODALITA' DI CONTENIMENTO	Punteggio ACQUE SOTTERRANEE (ingestione)	Punteggio ACQUE SUPERFICIALI (contatto dermico)	Punteggio ARIA (inalazione)	Punteggio SUOLO (contatto dermico ed ingestione)
SUOLO	sversamento in terra	1.3	1.3	1.3	1.3
	inquinanti sotto terra	1	1	1	1
	copertura con cemento	1	0	0	0
TERRAPIENO (*)	strato impermeabile, adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, presenza di materiale coprente	0.2	0.2	0.2	0.2
	strato impermeabile senza adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, assenza di materiale coprente	0.5	0.6	0.8	0.8
	strato impermeabile senza adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, presenza di materiale coprente	0.5	0.3	0.2	0.2
	strato impermeabile, adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, assenza di materiale coprente	0.2	0.5	0.8	0.8
	strato permeabile, adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, presenza di materiale coprente	0.8	0.4	0.2	0.2
	strato permeabile senza adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, assenza di materiale coprente	0.9	0.9	0.9	0.9
	strato permeabile senza adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, presenza di materiale coprente	0.9	0.7	0.2	0.2
	strato permeabile, adeguato sistema di controllo e raccolta del percolato, assenza di materiale coprente	0.8	0.8	0.8	0.8

segue nella tabella 5/b

* Terrapieno: massa di terreno inquinato, pressata e spianata alla sommità, eventualmente addossata ad altre opere di arginatura.

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

Schede punteggi

PARAMETRO: MODALITA' DI CONTENIMENTO DELL'INQUINANTE

5/b

(della massa inquinante)

segue dalla tabella 5/a

MODALITA' DI CONTENIMENTO	Puntaggi ACQUE SOTTERRANEE (inquinante)	Puntaggi ACQUE SUPERFICIALI (contatto dermico)	Puntaggi ARIA (inquinante)	Puntaggi SUOLO (contatto dermico ed inquinante)
CUMULO (**)	all'aperto, superficiale, strato sottostante impermeabile, presenza di materiale coprente	0.2	0.2	0.2
	all'aperto, superficiale, strato sottostante permeabile, presenza di materiale coprente	0.8	0.7	0.2
	all'aperto, superficiale, strato sottostante impermeabile, assenza di materiale coprente	0.2	0.5	1
	all'aperto, superficiale, strato sottostante permeabile, assenza di materiale coprente	0.8	0.8	1
	all'aperto, interrato, strato sottostante impermeabile, presenza di materiale coprente	0.3	0.3	0.1
	all'aperto, interrato, strato sottostante permeabile, presenza di materiale coprente	0.9	0.6	0.1
	all'aperto, interrato, strato sottostante impermeabile, assenza di materiale coprente	0.3	0.5	0.3
	all'aperto, interrato, strato sottostante permeabile, assenza di materiale coprente	0.9	0.8	0.3
	al chiuso con pavimenti e pareti integri	0.1	0.1	0.1
	al chiuso con pavimenti e pareti non integri	0.3	0.3	0.3
	superficiali e integri	0.2	0.2	0.2
	superficiali deteriorati	0.8	0.8	1
BIDONI, SERBATOI, CONTENITORI	sotterranei e integri	0.5	0.1	0.1
	sotterranei e deteriorati	1	0.8	0.8
	presenza di argini o barriere naturali al deflusso in caso di esondazione	1	0.2***	1
CORPO IDRICO SUPERFICIALE	assenza di argini o barriere naturali al deflusso in caso di esondazione	1	0.5***	1

** cumulo: massa di terreno inquinato, ammassato senza ordine e non pressato, posto sia in superficie che interrato.

*** verso altri corpi idrici superficiali diversi da quello in esame.

FATTORE RILEVANTE: SORGENTE

PARAMETRO: CONDIZIONI DI ACCESSIBILITA' DEL SITO

Schede punteggi

6

CONDIZIONI DI ACCESSIBILITA'	PUNTEGGIO LAVORATORI	PUNTEGGIO ALTRI RECIPIENTORI
di difficile accesso per presenza di barriere controllate (*)	1	0
di difficile accesso per presenza di barriere o conformazione fisica, ma nessun controllo (**)	1	0.5
facile accesso, assenza di particolari barriere e nessun tipo di controllo	1	1

NOTA BENE: il punteggio può essere diverso da 1 solo nel caso in cui la sorgente di contaminazione sia rappresentata da suolo o da acque superficiali. In tutti gli altri casi il punteggio da riportare è sempre 1.

(*) Si intende di difficile accesso per ragioni fisiche (recinzioni, etc.) e ci sono guardiani, o telecamere, ...

(**) Si intende che il sito è di difficile accesso per ragioni fisiche (recinzioni, etc.) ma non c'è sorveglianza

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

PARAMETRO: SOGGIACENZA DELLA FALDA

Schede punteggi

7

SOGGIACENZA DELLA FALDA	PUNTEGGIO
> 100 m	0.4
51- 100 m	0.5
21- 50 m	0.6
11- 20 m	0.7
6-10 m	0.8
2-5 m	0.9
< 2 m	1

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

PARAMETRO: TIPOLOGIA DELL'ACQUIFERO

Schede punteggi

8

TIPOLOGIA DELL'ACQUIFERO	PUNTEGGIO
assente	0
confinato	0.15
semi confinato	0.4
libero	1

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

PARAMETRO: LITOTIPO DELL'ACQUIFERO

Schede punteggi

9

LITOTIPO DELL'ACQUIFERO	PUNTEGGIO
suolo residuale	0.4
limo alluvionale	0.5
loess	0.5
sabbia sedimentaria	0.6
sabbia alluvionale e fluvio-glaciale	0.7
ghiaia colluvionale	0.8
fango indurito, argillite	0.5
siltite	0.6
tufo vulcanico	0.65
arenaria	0.7
calcare fine	0.8
calcare	0.85
calcarenite	0.9
rocce ignee/ metamorfiche	0.6
lava recente	0.8
crostone calcareo	1

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

PARAMETRO: DISTANZA DALLA FALDA (L1/L2)

Schede punteggi

10

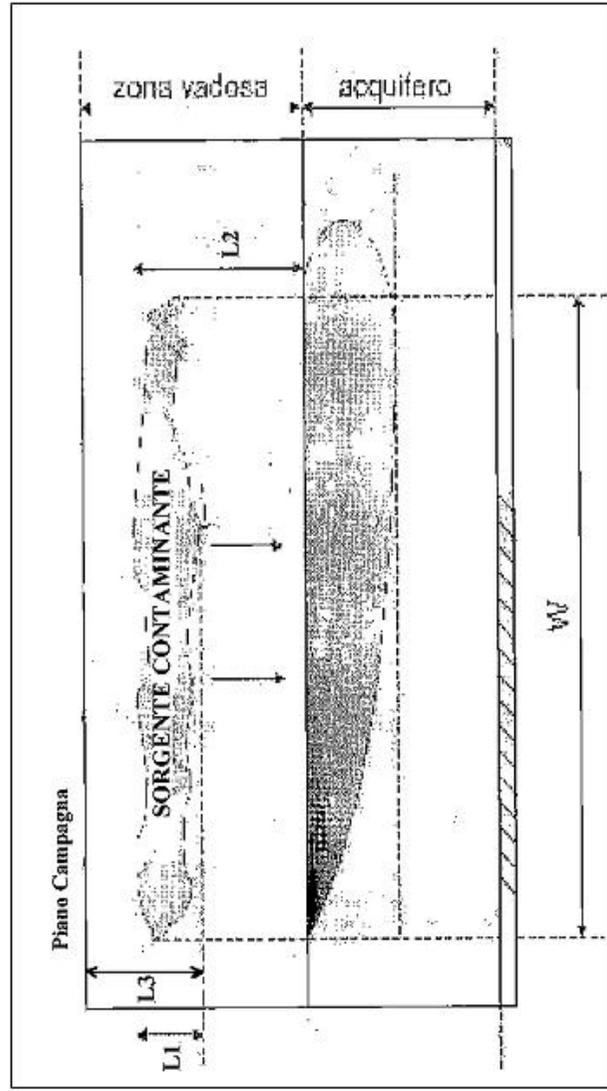
DISTANZA DALLA FALDA (L1/L2) *	PUNTEGGIO
non noti sia L1, sia L2	1
noti sia L1 sia L2	L1/L2
L2 noto ($L2 \geq 5$), L1 di default = 5 m	5/L2
L2 noto ($L2 < 5$), L1 di default = 5 m (contatto con la falda)	1
L1 noto ($L1 < 5$), L2 di default = 5 m	L1/5
L1 noto ($L1 \geq 5$), L2 di default = 5 m (contatto con falda)	1

L1 = spessore della zona contaminata

L2 = distanza tra il top della zona contaminata ed il top della falda

Se necessario per la definizione delle grandezze L1 e L2 fare riferimento alla rappresentazione grafica della sorgente sulla base del modello concettuale di riferimento (pag. 17 del manuale)

* qualora nella scheda D si sia utilizzata la concentrazione misurata in falda, il punteggio da attribuire è uguale a 1



Schede punteggi **11**

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

PARAMETRO: LOCALIZZAZIONE DEL SITO PER FASCE DI RISCHIO IDRAULICO

TEMPI DI RITORNO DELLE PIENE (anni)					
	< 50	50-100	101-150	151-200	> 200
Se il sito è entro una zona di esondabilità	1	0.7	0.5	0.3	0
Sito sicuramente non esondabile	0				

Schede punteggi

12

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

PARAMETRO: PORTATA DI UN CORSO D'ACQUA SUPERFICIALE

CLASSI DI PORTATA (m ³ /s)	PUNTEGGIO
> 1000	0.3
101-1000	0.5
31-100	0.6
10-30	0.8
< 10	1

Schede punteggi

13

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

PARAMETRO: PIOVOSITA'

PIOVOSITA' (mm/anno)	PUNTEGGIO
< 500	0.3
500-650	0.6
651-800	0.8
> 800	1

Schede punteggi

14

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

PARAMETRO: DENSITA' IDROGRAFICA (nel raggio di 5 km)

DENSITA' IDROGRAFICA	PUNTEGGIO
0.001-0.015	0.5
0.016-0.030	0.7
> 0.030	1

$$Dir = [K * \Sigma l_i (\text{acque correnti}) + \Sigma_i A_i (\text{acque ferme})] / 8 * 10^7$$

LEGENDA:

Dir = punteggio attribuito alla densità idrografica;

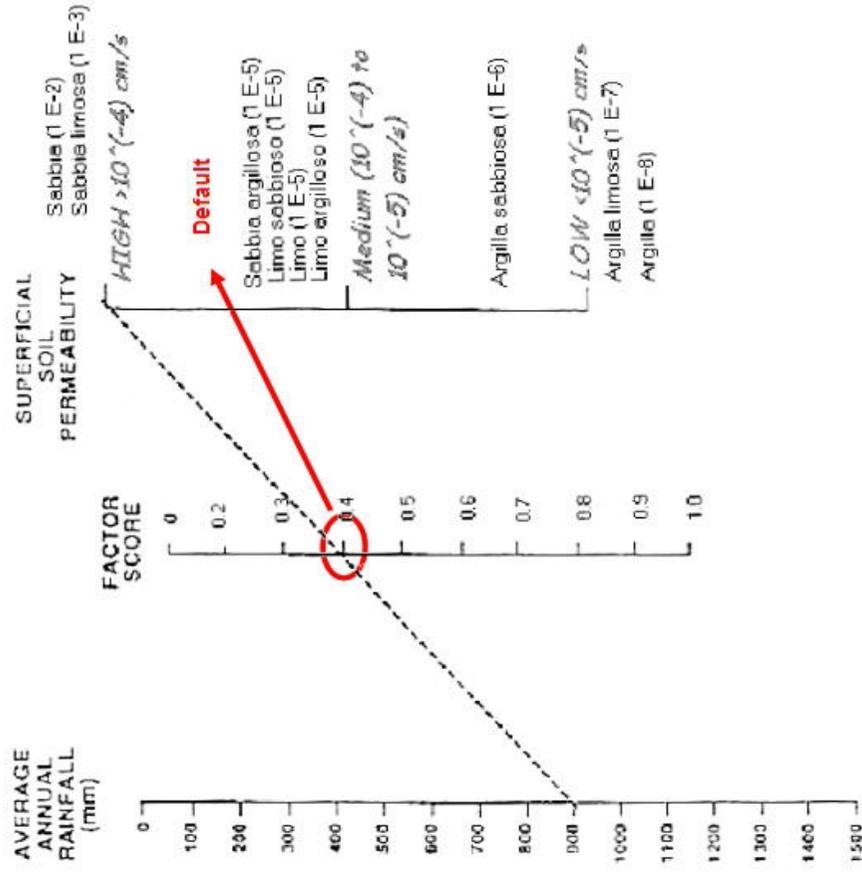
K= larghezza media dei corsi d'acqua (assunta, per default, = 10 m);

$\Sigma_i l_i$ = somma delle lunghezze dei corsi d'acqua (fiumi, torrenti, canali, escludendo il corso d'acqua ricevente del bacino) di lunghezza l_i ;

$\Sigma_i A_i$ = somma delle aree dei bacini occupati dalle acque ferme;

$8 * 10^7$ = area (in m^2) del sottobacino di raggio 5 km

PARAMETRO: RUSCELLAMENTO



Indicare come punteggio il Factor Score ricavato applicando il nomogramma, oppure quello di default (0,4).

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

Schede punteggi

16

PARAMETRO: FRAZIONE DI CARBONIO ORGANICO

FRAZIONE DI CARBONIO ORGANICO	PUNTEGGIO *
0-1%	1
> 1-2%	0.6
> 2-3%	0.5
> 3%	0.3

* Nota Bene: Applicabile con valori < 1 si usano solo nel caso in cui i contaminanti siano composti organici complessi o fitofarmaci. In tutti gli altri casi il punteggio da usare è 1.

FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

Schede punteggi

17

PARAMETRO: INDICE SINOTTICO

STAZIONE METEOROLOGICA	PUNTEGGIO INDICE SINOTTICO Q
Piacenza	0.7
Parma	0.7
Monte Cimone	0.5
Ferrara	0.5
Bologna Borgo Panigale	0.7
Marina di Ravenna	0.5
Forlì	0.7
Cervia	0.6
Rimini	0.6

L'indice meteo-climatico sinottico fornisce un'indicazione della frequenza con cui si presentano, nella zona in esame, condizioni atmosferiche sfavorevoli alla dispersione in aria di inquinanti (vedi Glossario).

$$Q = f(E) + f(F+G) + f(b) + f(vf) - [f(E) + f(F+G) + f(b) + f(vf)] f(F+G) - [f(b) + f(vf)] f(b)$$

f(x) = frequenza di accadimento annuale di x

E, F+G = classi di stabilità atmosferica

b = nebbia

vf = calma di vento (velocità del vento < 1 nodo)

f(x) [vf] = frequenza di accadimento annuale delle calme di vento in condizioni di nebbia o di classe E, o F+G

Q = fattore di dispersione, indicativo della capacità generale di dispersione dell'atmosfera per le emissioni a bassa quota. Tale parametro diminuisce all'aumentare della dispersione.

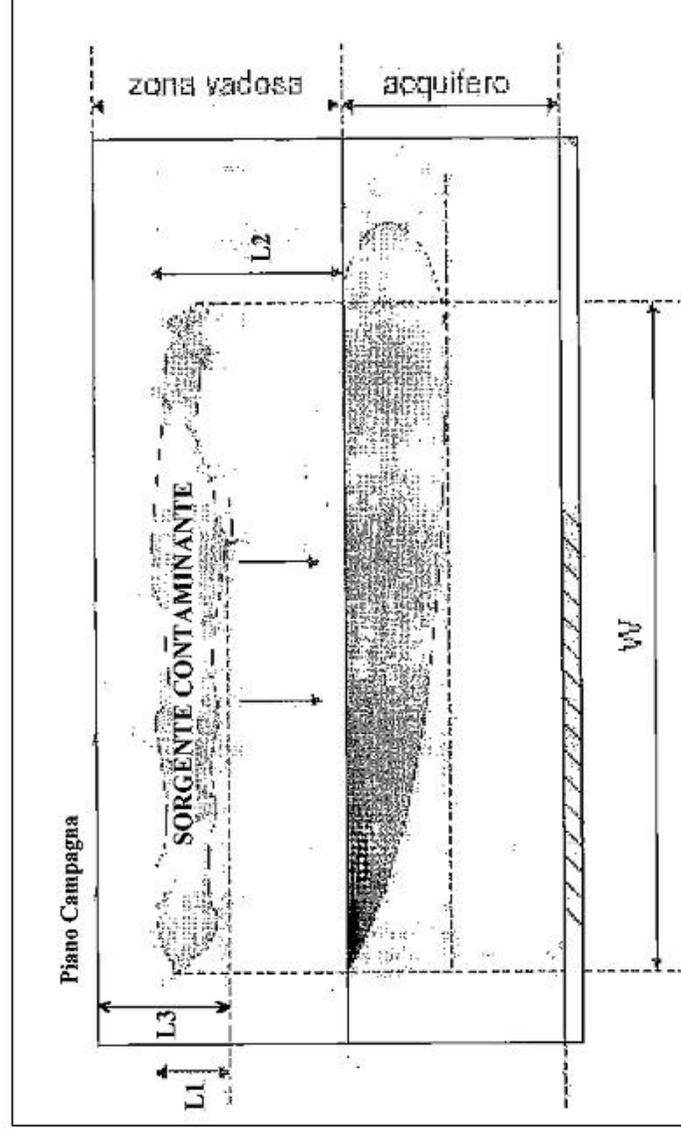
FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

PARAMETRO: PROFONDITA' DEL TOP DELLA ZONA CONTAMINATA

PROFONDITA' DEL TOP DELLA ZONA CONTAMINATA	PUNTEGGIO
non noti sia L1, sia L3	1
noti sia L1 sia L3	L1/L3
L3 noto (L3 >= 5), L1 di default = 5 m	5/L3
L3 noto (L3 < 5), L1 di default = 5 m (zona contaminata superficiale)	1
L1 noto (L1 < 5), L3 di default = 5 m	L1/5
L1 noto (L1 >= 5), L3 di default = 5 m (zona contaminata superficiale)	1

L1 = spessore della zona contaminata

L3 = distanza tra il piano campagna e la base della zona contaminata



FATTORE RILEVANTE: VIA DI TRASPORTO

Schede punteggi

19

PARAMETRO: LITOTIPO DELLA ZONA VADOSA

LITOTIPO DELLA ZONA VADOSA	PUNTEGGIO
sabbia	1
sabbia limosa	0.9
sabbia argillosa	0.8
limo sabbioso	0.7
limo	0.6
limo argilloso	0.4
argilla sabbiosa	0.3
argilla limosa	0.2
argilla	0.1

FATTORE RILEVANTE: RECIETTORE UMANO

Schede punteggi

PARAMETRO: NUMERO, DISTANZA, TIPO DI ESPOSIZIONE

20

RECIETTORI	TIPO E DISTANZA	PUNTEGGIO vie di esposizione				Suolo/ Contatto dermico e Ingestione
		Acque sotterranee/ Ingestione	Acque superficiali/ Contatto dermico	Aria/ Inalazione		
residenziali di numero N	on site (0-100 m)	N	5*N	indoor 87 *N	outdoor 13* N	10 ⁻³ * N
	off site 1 (101- 1000) m	0.1*N	0.5*N		outdoor 1.3* N	
	off site 2 (1001- 3000) m	0.01*N	0.05*N		outdoor 0.13 *	
	off site 3 (3001- 5000) m	0.001*N	0.005*N		outdoor 0.013 *	
lavoratori (*) di numero N	on site (0-100 m)	N	5*N	indoor 30 *N	outdoor 30 * N	10 ⁻³ * N
	off site 1 (101- 1000) m	0.1*N	0.5*N		outdoor 3 * N	
	off site 2 (1001- 3000) m	0.01*N	0.05*N		outdoor 0.3 * N	
	off site 3 (3001- 5000) m	0.001*N	0.005*N		outdoor 0.03 *	

(*) Solo nel caso non siano già stati conteggiati come residenti

PARAMETRO: DENSITA' DI ZONE SENSIBILI

PRESENZA ZONE SENSIBILI	PUNTEGGIO densità zone sensibili
on site (0-100 m)	$\Sigma_i A_i$ (zone sensibili fra 0-100 m) / $(3.1 * 10^4)$
off site 1 (101-1000 m)	$\Sigma_i A_i$ (zone sensibili fra 101-1000 m) / $(3.1 * 10^7)$
off site 2 (1001-3000 m)	$\Sigma_i A_i$ (zone sensibili fra 1001-3000 m) / $(2.5 * 10^9)$
off site 3 (3001-5000 m)	$\Sigma_i A_i$ (zone sensibili fra 3001-5000 m) / $(5.0 * 10^{10})$

$D_{zs} = \Sigma_i A_i$ (zone sensibili nella fascia di interesse) / area sottesa dalla fascia di interesse

LEGENDA:

Dzs = punteggio attribuito alla densità delle zone sensibili.

$\Sigma_i A_i$ = somma delle aree delle zone sensibili

$3.1 * 10^4$ = area (in m^2) della fascia di interesse compresa fra 0-100 m

$3.1 * 10^6$ = area in m^2 della corona circolare della fascia di interesse compresa fra 101- 1000 m

$2.5 * 10^7$ = area in m^2 della corona circolare della fascia di interesse compresa fra 1001- 3000 m

$5.0 * 10^7$ = area in m^2 della corona circolare della fascia di interesse compresa fra 3001- 5000 m

(gli esponenti sono ulteriormente corretti per tenere conto della dispersione dell'inquinante, che aumenta con la distanza).

Le zone sensibili sono quelle definite tali in base ad uno specifico strumento normativo (tipicamente, uno strumento di pianificazione territoriale a livello nazionale o regionale).

Ad esempio, in Emilia-Romagna, si considerano le zone sensibili definite in base al PTPR: le zone di particolare interesse paesaggistico ambientale (Art. 19 *), le zone di tutela naturalistica (Art. 25*), le zone e gli elementi di particolare interesse storico- archeologico (Art. 21 *).

* I numeri di tali articoli si riferiscono al PTPR dell'Emilia-Romagna. Tali numeri non sempre coincidono con quelli previsti dal PTCP, anche se le denominazioni dei tematismi rimangono invariate in entrambi i piani.

Nel caso di interessamento di un recettore naturale "strategico" (un "campo pozzi", una zona di ricarica degli acquiferi profondi, ...) (paragrafo 10.1 del Manuale) moltiplicare per due l'estensione di acquifero esposta al rischio, e riportare il caso nelle note di scheda F.

A.R.G.I.A.: Analisi del Rischio per la Gerarchizzazione dei siti Inquinati presenti nell'Anagrafe
Versione 1.2