

APPENDICE I**STIMA DEI FATTORI DI ESPOSIZIONE**

Per il calcolo della portata effettiva di esposizione (EM) è necessario selezionare i valori dei fattori di esposizione relativi ai ricettori individuati. Nella presente appendice è descritta, in corrispondenza di ogni modalità di esposizione, la procedura seguita per la selezione del valore da assumere quale default per ogni fattore di esposizione.

L'utilizzo di tali valori di default, relativamente ai parametri di esposizione, è previsto sia per l'applicazione di un livello 1 di analisi di rischio sanitaria, sia per l'applicazione del livello 2. L'Ente di Controllo può, in particolari condizioni e solo relativamente a parametri effettivamente quantificabili, autorizzare l'utilizzo di dati sito-specifici, purchè questi siano adeguatamente giustificati mediante opportuna documentazione tecnica.

Al fine di selezionare i valori di default da attribuire ai fattori di esposizione sono stati esaminati e sottoposti a confronto i dati forniti dalla bibliografia presa come riferimento di base [Manuale Unichim n. 196/1, 2002] [RAGS/HHEM, EPA 1989] [OSWER 9355.4-24, EPA 2001] [Concawe Report n.2, 1997] [ASTM E1739-95] [PS 104-98] e dai quattro software presi in esame (RBCA Tool Kit ver 1.2, BP-RISC ver 4.0, GIUDITTA ver 3.1, ROME ver 2.1).

Sono stati inoltre esaminati i seguenti documenti:

- Exposure Factor Handbook dell'US-EPA [EPA-EFH, 1997], che rappresenta una importante fonte di riferimento per l'acquisizione di dati e di statistiche riguardanti i parametri di esposizione umana riferiti alla società statunitense. Questo è aggiornato periodicamente dall'US-EPA e scaricabile direttamente da Internet (<http://www.epa.gov/ncea/exposfac.htm>). L'Handbook contiene anche un'ampia discussione sugli aspetti che l'utilizzatore dovrebbe considerare nell'usare questi dati e raccomandazioni.
- "Children Exposure Factor Handbook" [EPA-CEFH, 2002], per quanto riguarda i dati inerenti all'esposizione dei bambini

- RIVM Report 711701030 /2002 che contiene i risultati di una indagine svolta dal gruppo di lavoro CLARINET, che ha riguardato, tra l'altro, il confronto tra i valori dei fattori espositivi assunti da alcuni software europei: CETOX-human (Danimarca); CLEA D.D. (Regno Unito); CSOIL 8.0 (Olanda); ROME 01 (Italia); Vlier-humaan (Belgio e Fiandre); modello di origine svizzera; modello di origine francese.
- Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS) Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment [EPA, 2004]
- RAGS, Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment” [EPA, 2004]

Nel seguito, per ogni fattore di esposizione si riporta il confronto dei dati bibliografici e il criterio di selezione del corrispondente valore di default. Al fine di agevolare la trattazione, i fattori di esposizione sono stati raggruppati in funzione delle modalità di esposizione.

Per quanto riguarda il bersaglio bambini, si intendono individui aventi una età compresa tra 0-6 anni.

Si sottolinea che dal momento che il gruppo di lavoro APAT-ARPA-ISS-ISPEL ha stabilito di valutare il rischio (o gli obiettivi di bonifica) per la risorsa idrica sotterranea ponendo a confronto il valore di concentrazione del contaminante in falda, in corrispondenza del punto di conformità, con i valori di riferimento per la falda (Concentrazioni Soglia di Contaminazione, CSC_{GW}) previsti dalla normativa vigente per i siti contaminati o proposti dall'ISS (vedi Capitolo 4 del documento Master), i fattori di esposizione relativi all'ingestione di acqua sono stati inseriti nella presente appendice per completezza di trattazione.

I.1 Fattori comuni a tutte le modalità di esposizione

I.1.1 Peso corporeo (BW [kg])

Il peso corporeo [kg] è un parametro indispensabile per calcolare il rischio espositivo, infatti questo termine compare nell'equazione generale per il calcolo della portata effettiva di esposizione. Quando un contaminante entra in contatto con un soggetto,

maggiore sarà la massa corporea di tale soggetto, minore sarà la distribuzione del contaminante all'interno del corpo.

I dati raccolti dall'EFH sono molto numerosi (circa 51.000 individui); questo perché, essendo la misurazione del peso corporeo facile da stimare, spesso i dati sono stati tratti anche da studi aventi differenti finalità. Il valore consigliato è quello medio, sia perché è il valore che meglio rispecchia la situazione reale (data l'ampiezza del data set disponibile), sia perché il calcolo della portata effettiva di esposizione risulta essere maggiormente conservativo (si sottolinea che il BW è un parametro che compare a denominatore nell'equazione di esposizione).

In Tabella I.1-1 e Tabella I.1-2 si riportano i valori proposti dai documenti [EFH, EPA 1997] e [CEFH, EPA 2002].

Tabella I.1-1: Peso corporeo medio maschile e femminile (EFH e CEFH)

Fascia di esposizione	Valore medio [kg]	90° percentile [kg]
Adulto	71,8	95,7
0 – 6 anni	17 ^(a)	20
6 – 18 anni	55 ^(a)	65,5

(a) valori tratti dal CEFH

Tabella I.1-2: Peso corporeo femminile (EFH e CEFH)

Fascia di esposizione	Valore medio [kg]	95° percentile [kg]
Adulto	66,6	91,3
0 – 6 anni	14,9 ^(a)	---
6 – 18 anni	48,6 ^(a)	---

(a) valori tratti dal CEFH

Nelle Figura I.1.1, Figura I.1.2 e Figura I.1.3 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

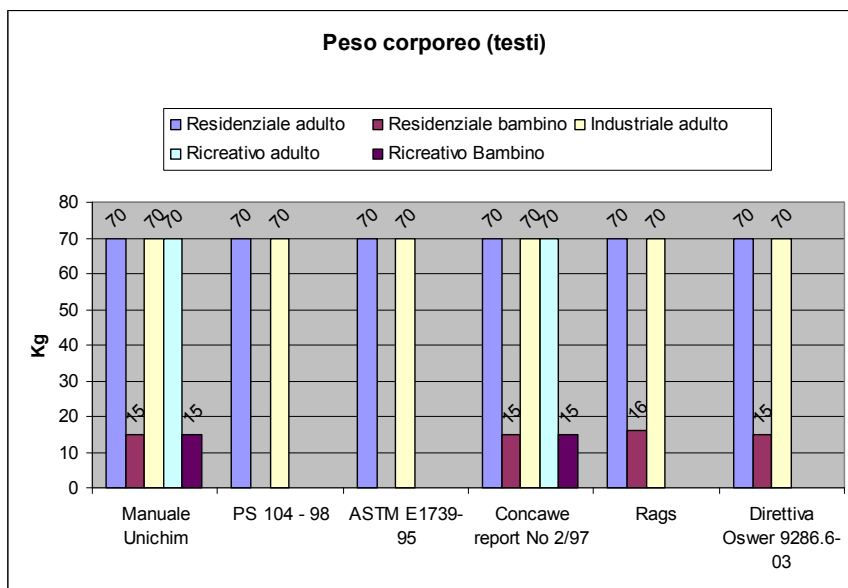


Figura I.1.1 : Parametri relativi al peso corporeo (testi)

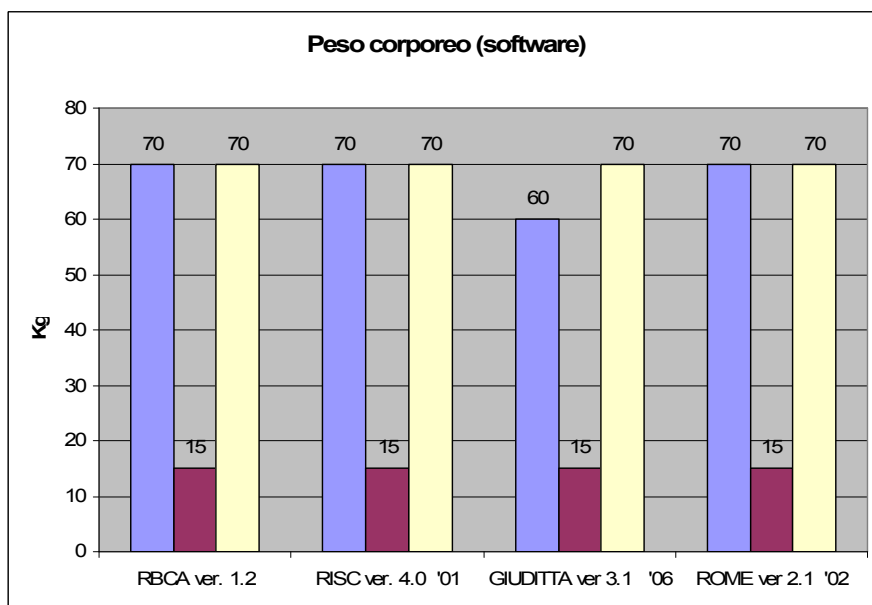


Figura I.1.2 : Parametri relativi al peso corporeo (software)

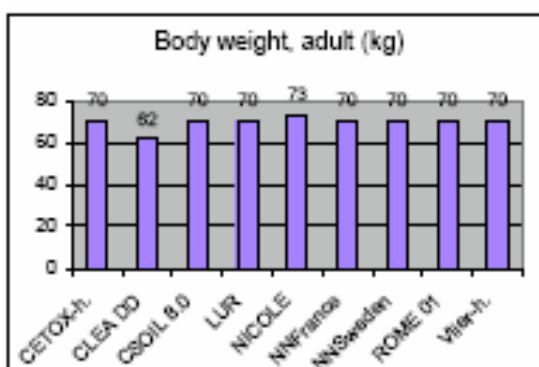
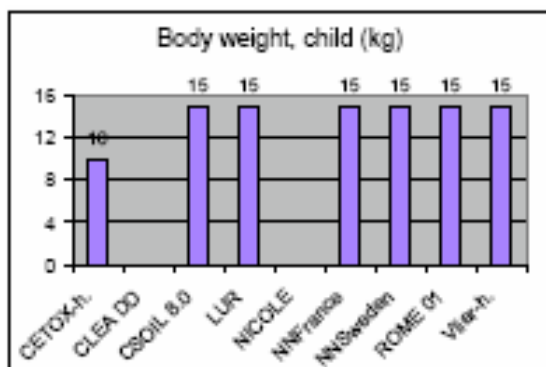


Figura I.1.3 : Parametri relativi al peso corporeo (studi Clarinet)

Dalla analisi dei grafici sopra riportati è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- ADULTI: Il valore maggiormente utilizzato per il peso corporeo dai software e dai testi è pari a **70 kg**, eccezione fanno i Giuditta, CLEA D/D e NICOLE.
- BAMBINI: Per i bambini, di età compresa tra 0 e 6 anni, il valore maggiormente assunto è di **15 kg**.

*Confrontando quindi tutti i modelli presi in considerazione e considerando che approssimando per difetto i dati dell'US-EPA si otterrebbe un valore a vantaggio di sicurezza, si seleziona un peso corporeo medio pari a **70 kg** per gli adulti e **15 kg** per i bambini.*

I.1.2 Tempo medio di esposizione (AT [anni])

Per le sostanze cancerogene l'esposizione è calcolata sulla durata media della vita (ATc), mentre per quelle non cancerogene è mediata sull'effettivo periodo di esposizione (ATn). Quindi, la durata della vita è un fattore molto importante nel calcolo del rischio espositivo a sostanze cancerogene.

Il valore medio attualmente suggerito dall'US-EPA è di 75 anni considerando che l'aspettativa di vita risulta essere:

- UOMINI: 72,1 anni
- DONNE: 78,9 anni

Tuttavia l'US-EPA consiglia di utilizzare il valore di **70 anni** per le procedure di calcolo del rischio considerando questo termine maggiormente conservativo.

Per quanto riguarda il confronto fra testi e software, tutti si trovano concordi nel porre **ATc = 70 anni**.

*Avendo evidenziato coerenza tra tutti gli approcci proposti da testi e software, come tempo medio di esposizione, si seleziona **ATc = 70 anni** in relazione alle sostanze cancerogene e **ATn = ED** in relazione alle sostanze non cancerogene.*

I.1.3 Frequenza di esposizione (EF [giorni/anno])

Per frequenza di esposizione si intende il numero di giorni all'anno in cui un individuo è esposto al contatto con l'inquinante. Questo fattore può assumere come limite superiore il valore di 365 giorni/anno.

Nella Figura I.1.4 e Figura I.1.5 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa a riferimento e dai software esaminati.

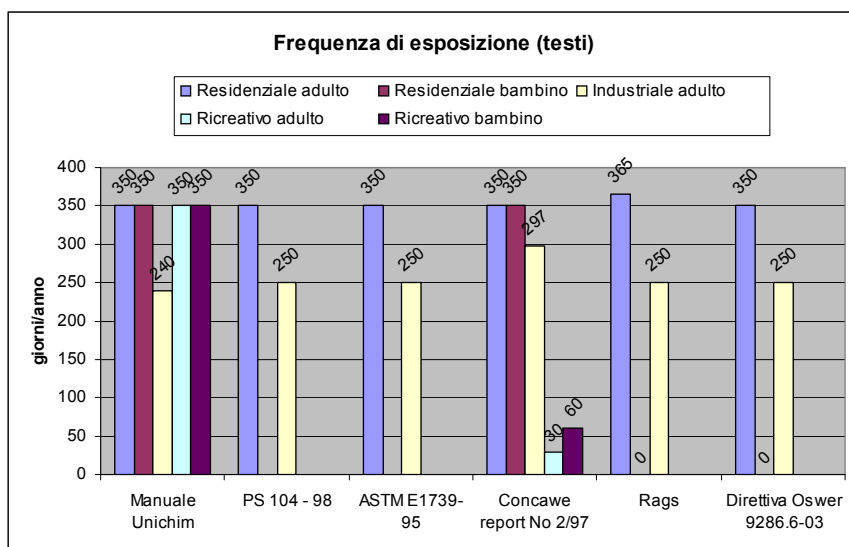


Figura I.1.4 : Frequenza di esposizione (testi)

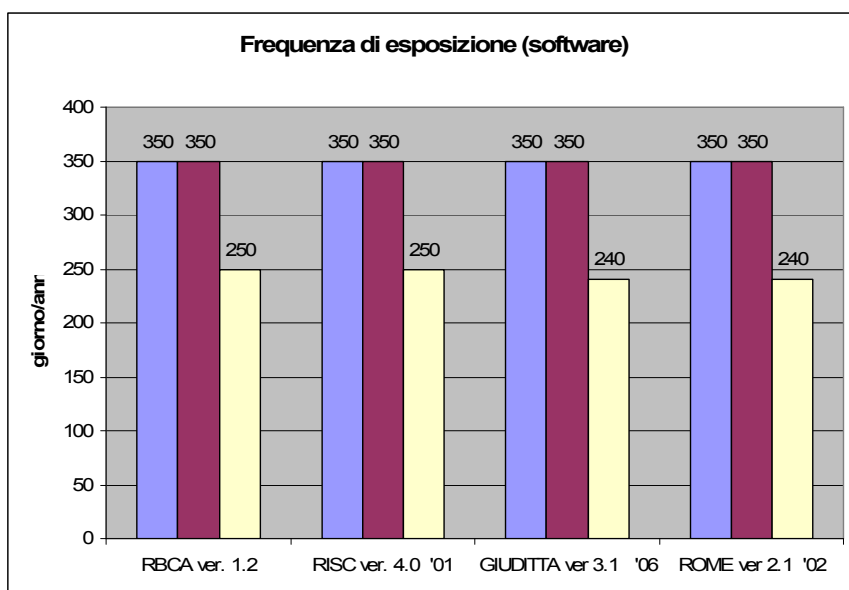


Figura I.1.5 : Frequenza di esposizione (software)

Dalla analisi dei grafici sopra riportati è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- **RESIDENZIALE:** Tutti i testi ed i software hanno assunto per la frequenza di esposizione un valore pari a **350 giorni/anno**, ad eccezione dei RAGS che hanno preferito scegliere un valore estremamente cautelativo e pari a 365 giorni/anno.
- **INDUSTRIALE:** Il valore più frequentemente è pari a **250 giorni/anno**, i valori inferiori pari a 240 sono stati scelti dal Manuale Unichim e dai software Giuditta e ROME.

- **RICREATIVO:** Essendo solamente due i valori disponibili ed essendo differenti tra loro, non è possibile evidenziare un valore preferenziale.

Nella scelta del valore da attribuire alla frequenza di esposizione, dovendo rispettare sempre il principio del RME, si è ritenuto opportuno selezionare:

- *Per lo scenario residenziale, il massimo valore ragionevole pari a **350 giorni/anno** (valori maggiori non si ritengono rappresentativi di una situazione reale).*
- *Per lo scenario industriale/commerciale, un valore pari a **250 giorni/anno**, in accordo con quello più frequentemente adottato dai testi e software esaminati.*
- *Per lo scenario ricreativo, un valore pari a quello residenziale di **350 giorni/anno**, ponendosi in tal modo a vantaggio di sicurezza.*

I.1.4 Durata di esposizione (ED [anni])

I documenti [EFH, EPA 1997] e [CEFH, EPA 2002] non trattano tale parametro.

Nella Figura I.1.6 e Figura I.1.7 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

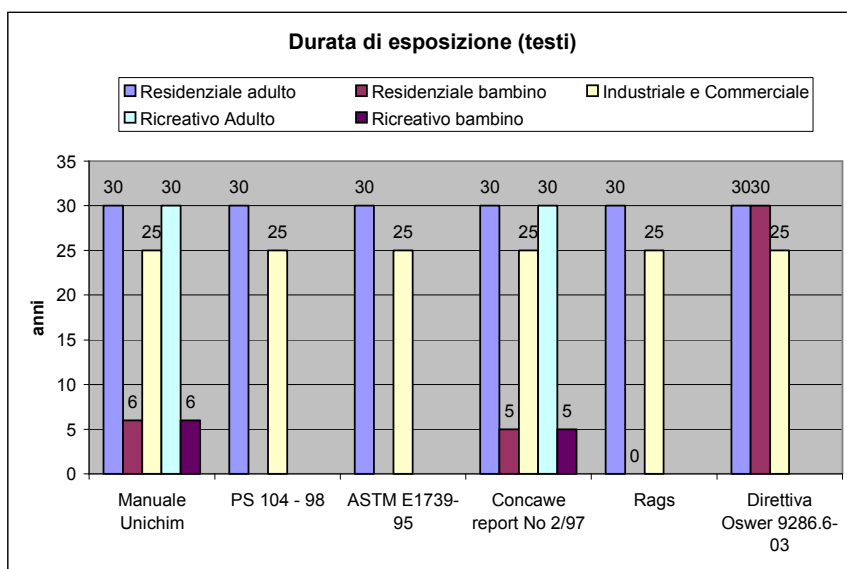


Figura I.1.6 : Durata di esposizione (testi)

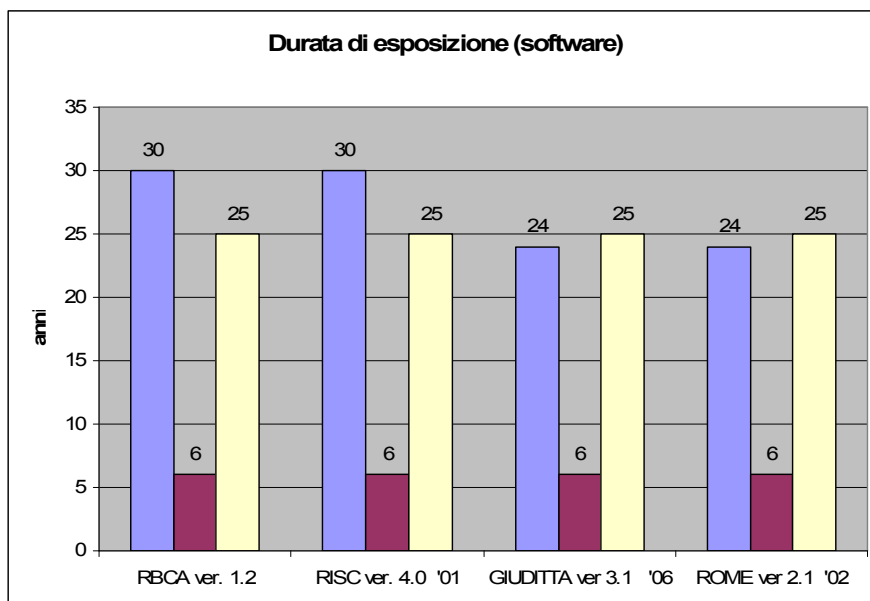


Figura I.1.7 : Durata di esposizione (software)

Dalla analisi dei grafici sopra riportati è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- **RESIDENZIALE e RICREATIVO ADULTO:** Per quanto riguarda questi due scenari espositivi il valore più frequentemente proposto è pari a **30 anni**.
- **RESIDENZIALE e RICREATIVO BAMBINO:** Ad esclusione del rapporto CONCAWE tutti gli altri testi e software propongono un valore di ED pari a **6 anni**.
- **INDUSTRIALE:** Il valore di **25 anni** è suggerito da tutti i testi ed i software.

Nel seguito verrà analizzato il diverso approccio riguardo l'assunzione della durata di esposizione ED dei testi di riferimento: "Users' guide and background technical document for U.S.EPA Region 9's Preliminary Remediation Goals (PRG)" [EPA 2004] e "Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites" [ASTM 1995].

Riguardo lo scenario residenziale, è stato posto a confronto l'approccio RBCA [ASTM 1995] che per l'adulto assume una durata di esposizione pari a 30 anni e l'approccio PRG [Region 9-US.EPA 2004]. In particolare, quest'ultimo si differenzia per sostanze cancerogene e sostanze tossiche assegnando dei valori di durata di esposizione (ED) differenti. Per le sostanze cancerogene l'esposizione viene definita come la somma di 6 anni (esposizione bambino) e 24 anni (esposizione adulto), per un totale di 30 anni. Per le sostanze non cancerogene (tossiche) la durata di esposizione si differenzia in funzione

della localizzazione della sorgente di contaminazione. Nel caso di suolo contaminato, ED è assunta pari a 6 anni, ossia all'esposizione di un bambino, in quanto si ipotizza che durante l'adolescenza si venga maggiormente a contatto con il suolo e ne sia più probabile l'ingestione. Nel caso di falda contaminata, ED è assunta pari a 30 anni (somma delle durate di esposizione del recettore adulto e del recettore bambino). Si sottolinea che la Region 9, nella definizione dei PRG, non differenzia tra suolo superficiale e profondo.

Si evidenzia che i software ROME e Giuditta per le sostanze cancerogene adottano l'approccio della Region 9 (ED = 24 adulto + 6 bambino), mentre per le sostanze tossiche assume per ED il valore più conservativo, in termini di indice di pericolo, tra bambino e adulto.

Inoltre, riguardo lo scenario industriale, si è ritenuto opportuno valutare l'incidenza del parametro ED ponendo lo stesso pari a 25 anni, come proposto da RBCA [ASTM 1995] e PRG [Region 9-US.EPA 2004], oppure pari a 30 anni (assunzione conservativa).

Nelle Tabella I.1-2 e Tabella I.1- vengono mostrati i valori di ED assunti dai due testi di riferimento.

Tabella I.1-3 : Durata di esposizione assunta dai vari testi di riferimento per l' ambito residenziale.

DURATA DI ESPOSIZIONE – AMBITO RESIDENZIALE				
<u>SORGENTE</u>	CANCEROGENE		NON CANCEROGENE	
	<u>REGION 9</u> (EPA 2004)	<u>RBCA</u> (ASTM 1995)	<u>REGION 9</u> (EPA 2004)	<u>RBCA</u> (ASTM 1995)
SUOLO SUPERFICIALE	24+6	30	6	30
SUOLO PROFONDO	(*)	30	(*)	30
FALDA	24+6	30	30	30

(*) Il PRG non distingue tra suolo superficiale e suolo profondo.

Tabella I.1-4 : Durata di esposizione assunta dai vari testi di riferimento per l' ambito industriale.

DURATA DI ESPOSIZIONE – AMBITO INDUSTRIALE				
<u>SORGENTE</u>	CANCEROGENE		NON CANCEROGENE	
	<u>REGION 9</u> (EPA 2004)	<u>RBCA</u> (ASTM 1995)	<u>REGION 9</u> (EPA 2004)	<u>RBCA</u> (ASTM 1995)
SUOLO	25	25	25	25

SUPERFICIALE				
SUOLO PROFONDO	(*)	25	(*)	25
FALDA	25	25	25	25

(*) Il PRG non distingue tra suolo superficiale e suolo profondo.

Al fine di individuare l'approccio più idoneo sull'assunzione della durata di esposizione (ED), è stato calcolato il valore della **portata effettiva di esposizione** (EM) per i seguenti casi:

- Uso Res. – sost. cancer.: ED = 24+6 anni oppure ED = 30 anni;
- Uso Res. – sost. non cancer. – Suolo Superficiale (SS): ED = 6 oppure ED = 24;
- Uso Res. – sost. non cancer. – Suolo Profondo (SP): ED = 6 oppure ED = 24;
- Uso Res. – sost. non cancer. – Falda (GW): ED = 6 oppure ED = 24;
- Uso Ind./Com. – sost. cancer.: ED = 25 oppure ED = 30.

I tipi di esposizione che intervengono in uno scenario residenziale e industriale/commerciale sono: Contatto dermico con il suolo, Ingestione di suolo, ingestione di acqua, Inalazione di vapori e polveri outdoor ed indoor. Le formule utilizzate ai fini del calcolo della portata effettiva di esposizione (EM) per ogni modalità di esposizione sono quelle riportate nel paragrafo 3.4.1 del testo del documento. Per i parametri di esposizione sono stati utilizzati i dati di default (tabella 3.4.3 del testo principale)

Come sopra riportato, l'approccio PRG [Region 9-US.EPA 2004] prevede nell'ambito residenziale per le sostanze cancerogene, un'esposizione pari alla somma di 6 anni di esposizione di un bambino e di 24 anni da adulto, su un totale di 30 anni. Questa scelta può essere lasciata esplicita o, come previsto nel documento PRG [Region 9-US.EPA 2004], può essere tramutato in unico fattore di esposizione "aggiustato" (tabella I.5), ottenuto dalla relazione:

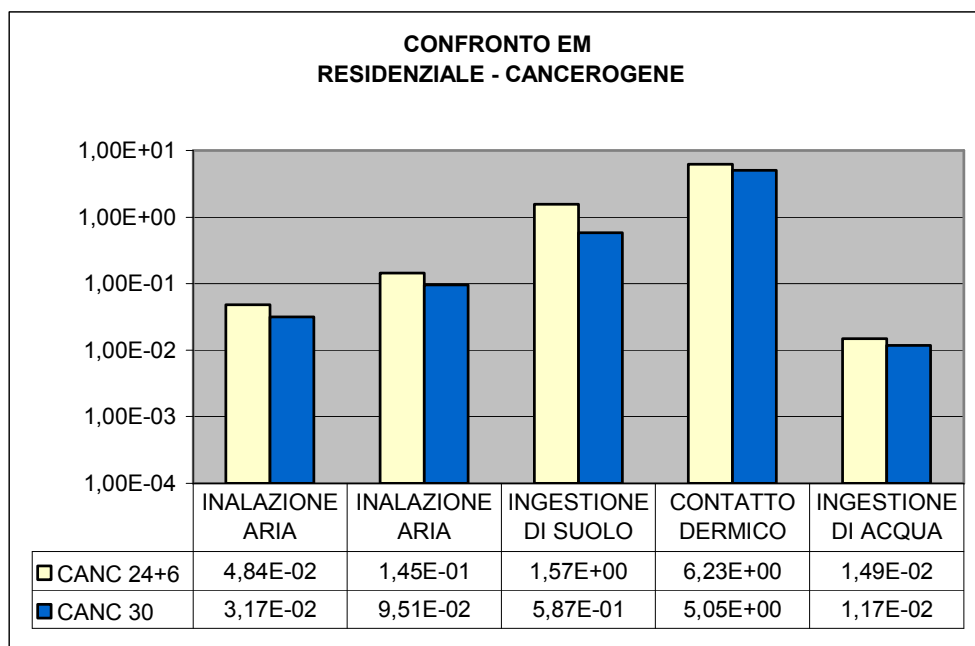
$$EM_{adj} = EM_{bambino} + EM_{adulto}$$

Dove $EM_{bambino}$ ed EM_{adulto} sono calcolate considerando rispettivamente i parametri di esposizione di un bambino e di un adulto (peso corporeo, durata dell'esposizione, ecc...). In Tabella I.1-5 si riportano i valori di EM_{adj} in corrispondenza per le modalità di esposizione considerate.

Tabella I.1-5 : Valori EM_{adj} combinando EM_{adulto} con $EM_{bambino}$

ESPOSIZIONE	EM_{adj}
INGESTIONE DI ACQUA	1,49E-02
INALAZIONE ARIA OUTDOOR	4,84E-02
INALAZIONE ARIA INDOOR	1,45E-01
INGESTIONE DI SUOLO	1,57E+00
CONTATTO DERMICO SOST.ORGANICHE	6,23E+00

In Figura I 1.8, si riportano gli istogrammi dei valori della portata effettiva di esposizione EM per le sostanze cancerogene nell'ambito residenziale, ottenuti ponendo rispettivamente ED pari a 24+6 oppure 30. Da tale confronto emerge che per quanto riguarda le sostanze cancerogene nell'ambito residenziale, con ED = 24+6 si ottengono dei valori della portata effettiva di esposizione più elevati e quindi, essendo la portata effettiva di esposizione inversamente proporzionale alla concentrazione soglia di rischio, più conservativi.

**Figura I.1.8 : Confronto tra ED = 24+6 e ED = 30 per uso residenziale e sost. cancer.**

In Figura I.1.9 si riportano gli istogrammi dei valori della portata effettiva di esposizione EM per le sostanze non cancerogene nell'ambito residenziale, ottenuti ponendo rispettivamente ED pari a 6 oppure 24 nei casi di sorgente in suolo superficiale (SS), suolo profondo (SP) e falda (GW).

Per le sostanze non cancerogene il valore di EM non varia in funzione della durata di esposizione, in quanto il tempo medio di esposizione ATn è assunto pari a ED e di conseguenza si elidono.

Da tale confronto emerge che in tutti e tre i casi (sorgente in SS, SP e GW) porre ED = 6 equivale ad effettuare la scelta maggiormente conservativa.

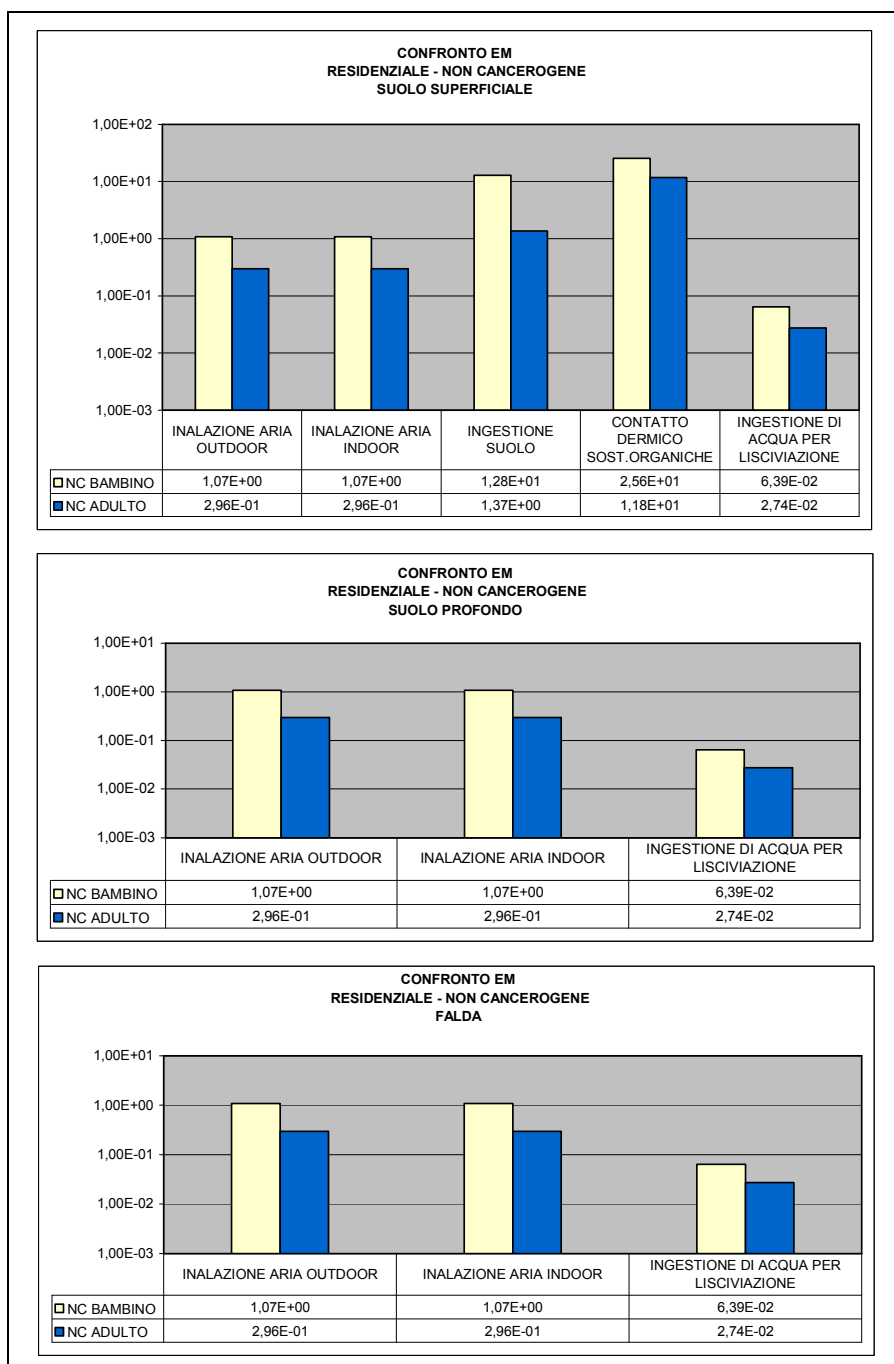


Figura I.1.9 : Confronto tra ED = 6 e ED = 24 per uso residenziale e sost. non cancer.

In Figura I.1.10 si riportano gli istogrammi dei valori della portata effettiva di esposizione EM per le sostanze cancerogene nell'ambito industriale/commerciale, ottenuti ponendo rispettivamente ED pari a 25 oppure 30.

Naturalmente i valori di EM ottenuti ponendo ED = 30 risultano più conservativi.

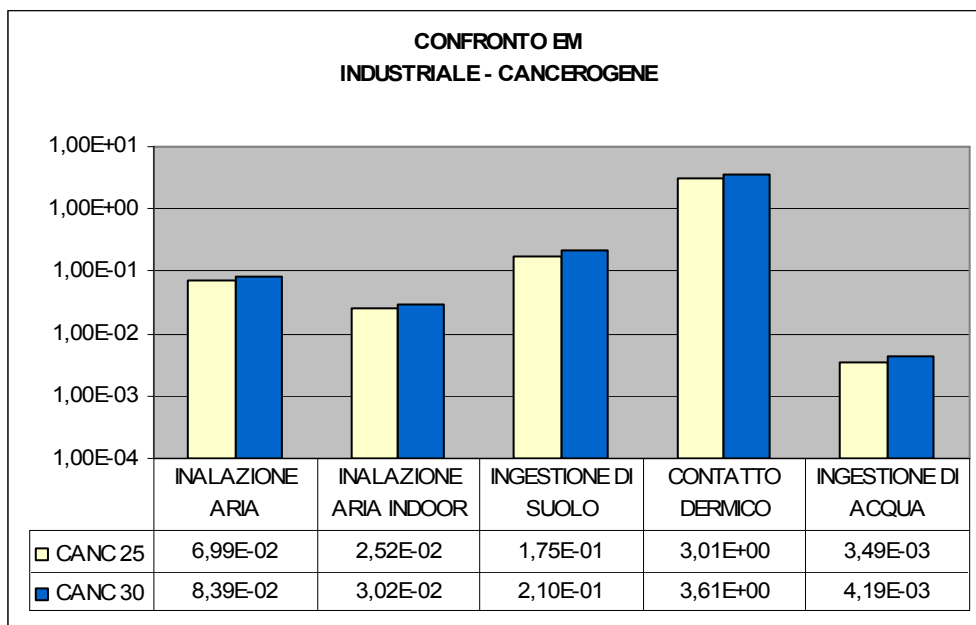


Figura I.1.10 : Confronto tra ED = 25 e ED = 30 per uso ind./comm e sost. cancer.

Sulla base delle considerazioni di cui sopra, sono state effettuate le seguenti scelte:

- *Uso Res. – sost. cancer.: ED = 24+6 anni ;*
- *Uso Res. – sost. non cancer. – Suolo Superficiale (SS): ED = 6;*
- *Uso Res. – sost. non cancer. – Suolo Profondo (SP): ED = 6;*
- *Uso Res. – sost. non cancer. – Falda (GW): ED = 6;*
- *Uso Ind./Com. – sost. cancer.: ED = 25, in accordo con tutti i testi adottati come riferimento.*

I.2 Ingestione di acqua di falda

I.2.1 Tasso di ingestione d'acqua di falda (IR [litri/giorno])

L'utilizzo di acqua di falda per scopi potabili rappresenta una potenziale fonte di esposizione umana a sostanze inquinanti.

Dagli inizi del novecento sono stati svolti numerosi studi che, direttamente o indirettamente, hanno fornito dati riguardanti il tasso di ingestione. L'US-EPA ha provveduto a raccogliere e testare la loro validità, ottenendo informazioni riguardanti circa 120.000 individui. Fra tutti questi dati circa 31.000 sono considerabili studi chiave, il cui grado di attendibilità può quindi considerarsi alto. Un difetto di questa ricerca risiede nel breve periodo di monitoraggio degli individui: infatti nessuno studio ha caratterizzato l'andamento di assunzione di acqua per un periodo maggiore di una settimana.

Durante la raccolta dei dati, sono state monitorate anche le donne incinte o in fase di allattamento, includendo quindi molteplici scenari non trascurando alcun caso.

Nel documento EFH viene posta l'attenzione sulla scelta del valore che meglio rappresenti la popolazione: in precedenza l'US-EPA raccomandava come tasso di ingestione d'acqua il valore di 2 L/giorno, mentre in seguito alle ricerche effettuate ha stimato come valore rappresentativo il 90° percentile, considerato il valore ottimale da associare ad un'esposizione cronica.

In Tabella I.2-1 si riportano i valori proposti dai documenti [EFH, EPA 1997] e [CEFH, EPA 2002].

Tabella I.2-1 : Tasso di ingestione d'acqua di falda (EFH e CEFH)

Fascia di esposizione	Valore medio [litri/giorno]	90° percentile [litri/giorno]
1-10 anni	0,4	0,9
11 – 19 anni	0,68	1,5
Adulto	1,4	2,3
Adulto che svolge dura attività fisica/Clima caldo	0,65 L/ora	---

Nella Figura I.2.1 e Figura I.2.2 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

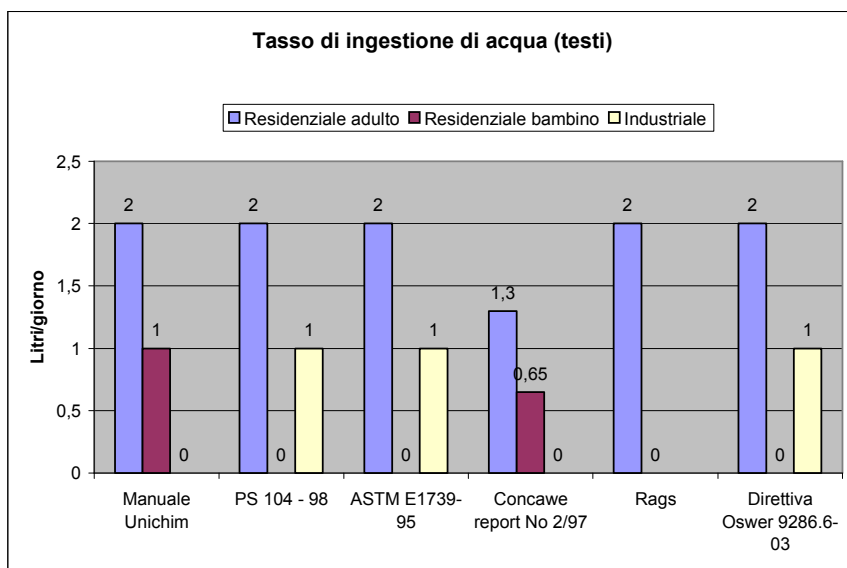


Figura I.2.1: Tasso di ingestione di acqua di falda (testi)

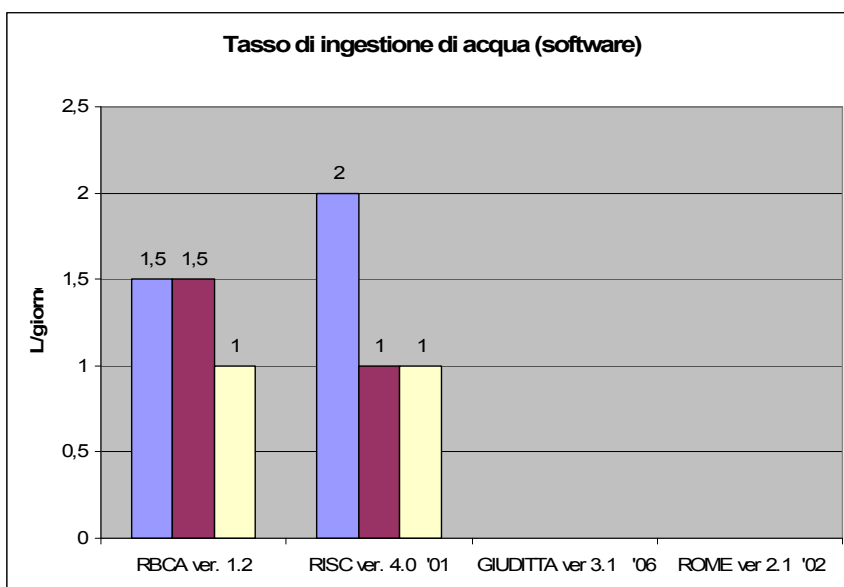


Figura I.2.2 : Tasso di ingestione di acqua (software)

Si ritiene opportuno sottolineare che i due software, Giuditta e ROME, non considerano tale modalità di esposizione. Tali modelli infatti non stimano il rischio per l'uomo dovuto ad ingestione di acqua di falda, bensì si limitano a confrontare le concentrazioni in falda con i limiti stabiliti dalla normativa. Qualora per alcune sostanze non siano disponibili i limiti normativi per le acque sotterranee, ROME stima un valore "surrogato" determinato assumendo un tasso di ingestione di 2 L/giorno per un recettore adulto.

Dalla analisi dei grafici sopra riportati è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- **RESIDENZIALE ADULTO:** il valore maggiormente assunto è di **2 litri/giorno** ad eccezione del CONCAWE REPORT e del software RBCA che propongono valori minori.
- **RESIDENZIALE BAMBINO:** i valori non sono molti e sono differenti tra loro quindi non è possibile evidenziare un valore “guida”, il valore scelto varia tra 0,65 e 1,5 litri/giorno.
- **INDUSTRIALE e COMMERCIALE:** per questo scenario tutti i testi e software propongono di utilizzare il valore di **1 litro/giorno**

I.3 Inalazione di vapori e polveri

I.3.1 Tasso di inalazione

L'inalazione di aria è una potenziale via di esposizione umana a sostanze inquinanti. Per calcolare il tasso medio di inalazione è necessario considerare che esso dipende da:

- caratteristiche fisiche del bersaglio esposto (sesso, peso, età, stato di salute);
- intensità della attività fisica (all'aumentare di energia muscolare utilizzata, l'individuo necessita di un maggiore apporto di aria nei polmoni);
- condizioni climatiche esterne (temperatura, etc.)

L'EFH ha tentato di caratterizzare l'andamento di questo parametro nelle diverse condizioni possibili, per poi adattarlo al caso specifico preso in considerazione. Gli studi raccolti includono misurazioni svolte in diversi casi e modalità, includendo persone di diverso sesso, età e sottoponendoli a diversi livelli di attività fisica, catalogati come: sedentario, leggero, moderato e intenso (Tabella I.3-1). Gli individui esaminati sono circa 1.000 e il grado di affidabilità conferito al dato stimato è alto.

Tabella I.3-1 : Tasso di inalazione orario in funzione del livello di attività fisica (EFH)

Fascia di esposizione	Livello di attività	Tasso di inalazione medio [m³/ora]
<u>Adulto</u>	Respirazione passiva	0,4
	Sedentario	0,5
	Attività leggera	1,0
	Attività moderata	1,6
	Attività intensa	3,2
<u>Bambino</u>	Respirazione passiva	0,3
	Sedentario	0,4
	Attività leggera	1,0
	Attività moderata	1,2
	Attività intensa	1,9
<u>Lavoratori esterni</u>	Attività leggere	1,3
	Attività lente	1,1
	Attività moderate	1,5
	Attività pesanti	2,5

Per mettere in relazione la respirazione oraria con la quantità inalata giornalmente l'EFH, in seguito a studi statistici, ha suddiviso la giornata media di un individuo sulla base delle ore trascorse rispettivamente in ambienti indoor, in ambienti outdoor e nel veicolo di trasporto (Tabella I.3-2).

Tabella I.3-2 : Frequenza di esposizione giornaliera (EFH)

Scenario espositivo	Frequenza giornaliera di esposizione [ore/giorno]
Indoor	20
Outdoor	2
Nel veicolo di trasporto	2

Si riportano in Tabella I.3-3 e in Tabella I.3-4, i valori proposti nell'EFH come respirazione giornaliera. I valori mostrati si riferiscono solo alla popolazione maschile (ad essi corrisponde un tasso di inalazione maggiore rispetto alle donne, e quindi maggiormente conservativo).

Tabella I.3-3 : Tasso di inalazione giornaliero raccomandato (EFH)

Fascia di esposizione		Valore medio [m³/giorno]
1-6		8,3
6-18		17
Adulto		15.2
Lavoratori esterni	Livello di attività:	
	Moderato	1,5 m³/ora
	Intenso	2.5 m³/ora

Tabella I.3-4 : Ripartizione del tasso giornaliero di inalazione nei differenti livelli di attività fisica (EFH)

Fascia di esposizione	Inalazione giornaliera ripartita nei differenti livelli di attività fisica [m ³ /giorno]				Tasso totale di inalazione [m ³ /giorno]
	Sedentario	Leggero	Moderato	Pesante	
Maschio adulto	7,83	8,95	3,53	1,05	21,4
Donna adulta	3,35	5,59	2,26	0,64	11,8
Adulto medio	5,60	6,71	2,96	0,85	16
Bambino (6 anni)	4,47	8,95	2,82	0,50	16,74
Bambino (10 anni)	4,47	11,19	4,51	0,85	21,02

Nella Figura I.3.1 si riportano i valori contenuti nel documento del gruppo di lavoro CLARINET.

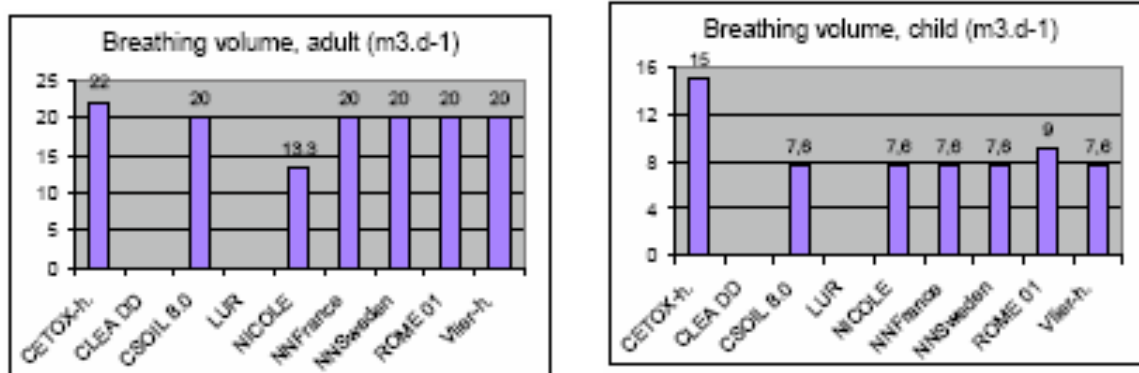


Figura I.3.1 : Tasso di inalazione giornaliero (studi Clarinet)

Dalla analisi dei grafici sopra riportati è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- I valori proposti non sono differenziati in funzione dello scenario espositivo
- Adulto: il valore maggiormente proposto è pari a **20 m³/giorno**.
- Bambino: Il valore maggiormente adottato è di **7,6 m³/giorno**.

Nel seguito si riportano i valori del tasso di inalazione outdoor (Bo) e indoor (Bi) proposti dai testi presi come riferimento di base e dai software esaminati.

I.3.2 Tasso di inalazione outdoor (Bo [m³/ora])

Nelle Figura I.3.2 e Figura I.3.3 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

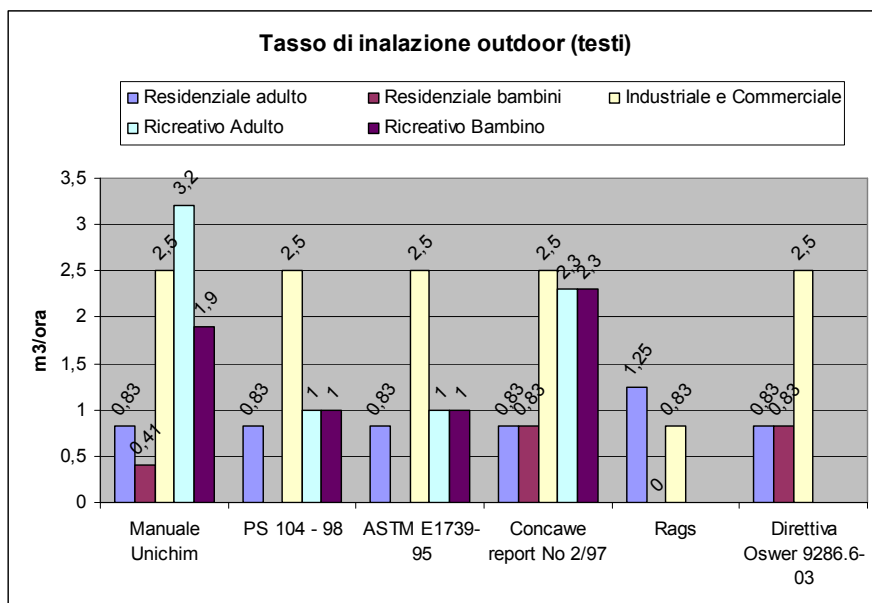


Figura I.3.2 : Tasso di inalazione oraria outdoor (testi)

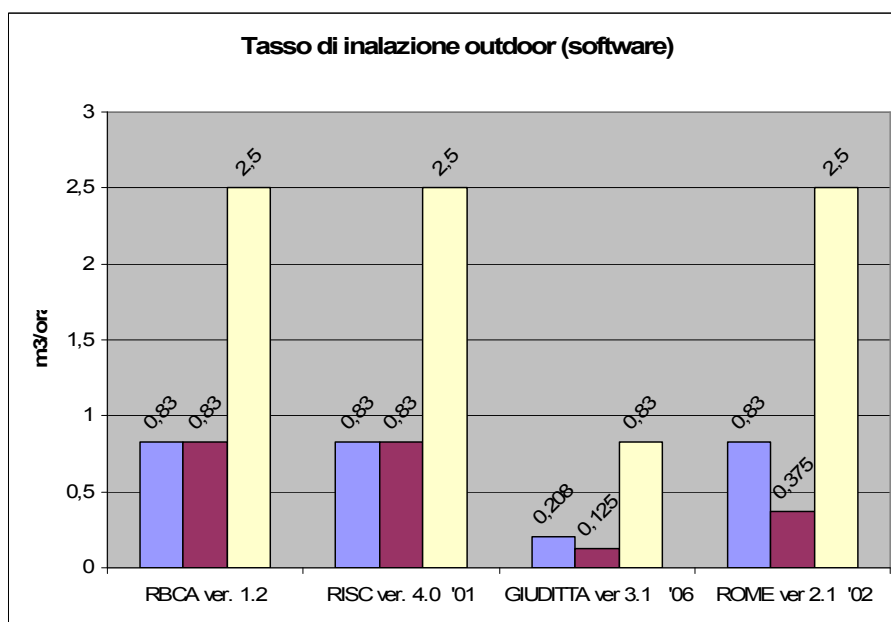


Figura I.3.3 : Tasso di inalazione oraria outdoor (software)

Dalla analisi dei grafici sopra riportati è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- **RESIDENZIALE ADULTO:** I valori proposti sono sostanzialmente simili tra loro e suggeriscono un valore guida pari a $0,83 \text{ m}^3/\text{ora}$. I RAGS come riscontrato altre volte propongono dati maggiormente conservativi ($1,25 \text{ m}^3/\text{ora}$).
- **RESIDENZIALE BAMBINO:** Essendo minore il numero di valori rappresentativi le scelte possono essere orientativamente così ripartite: i valori comuni allo scenario adulto ovvero pari a $0,83 \text{ m}^3/\text{ora}$, e un valore minore pari a $0,41 \text{ m}^3/\text{ora}$.

- INDUSTRIALE e COMMERCIALE: E' possibile identificare due principali tendenze nella scelta dei parametri: l'una più conservativa propone 2,5 m³/ora, mentre l'altra propone lo stesso valore del residenziale adulto di 0,83 m³/ora.
- RICREATIVO ADULTO: I dati sono scarsi e variabili all'interno di un range che varia da 1 a 3,2 m³/ora.
- RICREATIVO BAMBINO: I dati sono scarsi e variabili all'interno di un range che varia da 1 a 2,3 m³/ora.

Nella scelta del valore da attribuire al tasso di inalazione outdoor sono state effettuate le seguenti considerazioni:

- *Per lo scenario residenziale adulto, come tasso di inalazione outdoor è stato selezionato il valore giornaliero proposto dall'EFH, pari a 21,4 m³/giorno. Ad esso corrisponde un tasso medio orario pari a **0,9 m³/ora**, ritenuto sufficientemente rappresentativo nel caso di inalazione sia indoor che outdoor. Nei casi di intensa attività fisica, in ambienti residenziale outdoor, si consiglia l'utilizzo di un valore maggiormente conservativo, pari a **1,5 m³/ora**, così come consigliato dal documento EFH.*
- *Per lo scenario residenziale bambino, come tasso di inalazione outdoor è stato selezionato il valore giornaliero proposto dall'EFH, pari a 16,74 m³/giorno. Ad esso corrisponde un tasso medio orario pari a **0,7 m³/ora**, ritenuto sufficientemente rappresentativo nel caso di inalazione sia indoor che outdoor. Nei casi di intensa attività fisica, in ambienti outdoor, si consiglia l'utilizzo di un valore maggiormente conservativo, pari a **1,2 m³/ora**, così come consigliato dal documento EFH.*
- *Per lo scenario industriale/commerciale, sono stati selezionati diversi valori in funzione del livello di attività fisica svolta, in particolare:*
 - *nel caso di dura attività fisica è opportuno utilizzare un tasso di inalazione di **2,5 m³/ora**;*
 - *nel caso di attività moderata è stato selezionato un valore pari a **1,5 m³/ora**;*
 - *nel caso di attività sedentaria è opportuno utilizzare un tasso pari a **0,9 m³/ora**.*

- Per lo scenario ricreativo adulto, facendo riferimento al principio dell'RME, è stato selezionato un valore conservativo pari a **3,2 m³/ora**, che rappresenta il valore proposto dall'EFH nel caso di individuo adulto sottoposto ad attività intensa.
- Per lo scenario ricreativo bambino, facendo riferimento al principio dell'RME, è stato selezionato un valore conservativo e pari a **1,9 m³/ora**, che rappresenta il valore proposto dall'EFH nel caso di bambino sottoposto ad attività intensa.

I.3.3 Frequenza giornaliera di esposizione outdoor (EFgo [ore/giorno])

Nelle Figure I.3.4, I.3.5 e I.3.6 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

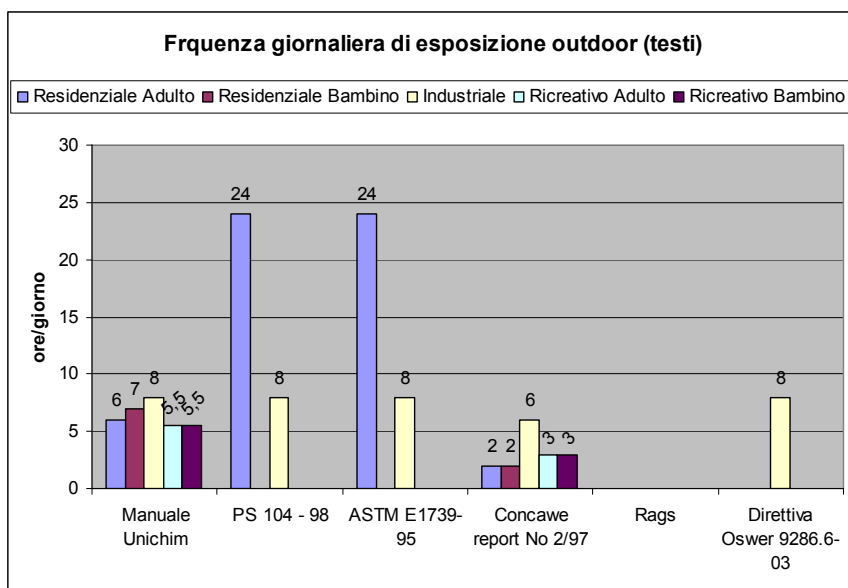


Figura I.3.4 : Frequenza di esposizione giornaliera outdoor (testi)

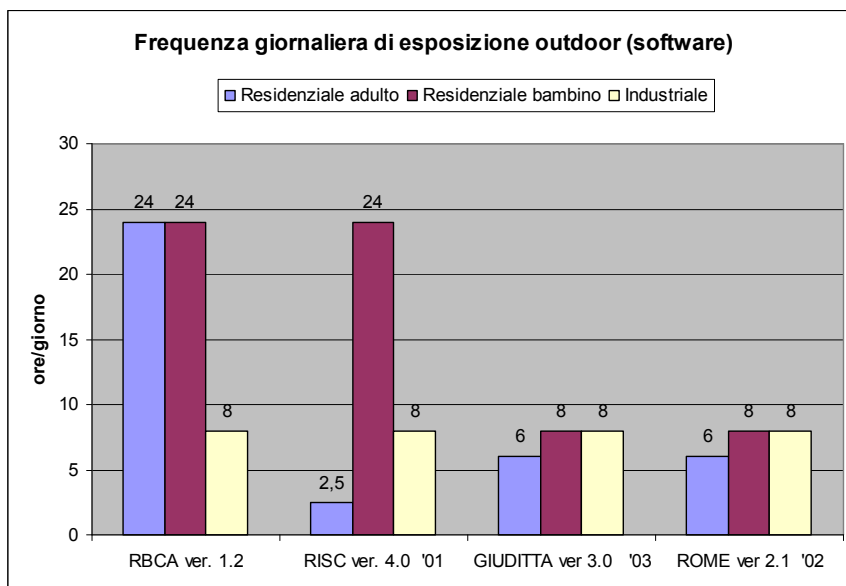


Figura I.3.5 : Frequenza di esposizione giornaliera outdoor (software)

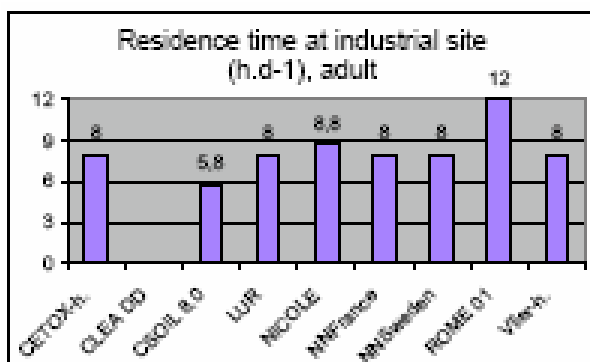


Figura I.3.6 : Frequenza di esposizione giornaliera per uso industriale (studio Clarinet)

Dalla analisi dei grafici sopra riportati è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- **RESIDENZIALE:** I valori non sono omogenei, quindi non è possibile individuare un valore guida, i dati variano tra un massimo di 24 ad un minimo di 2 ore/giorno.
- **INDUSTRIALE:** Facendo anche riferimento alle ore medie di lavoro giornaliero, i valori proposti oscillano intorno alle 8 ore/giorno.

L'estrema variabilità, in particolare nel caso di uso residenziale, è dovuta al fatto che esistono due distinti approcci per selezionare in valore della frequenza di esposizione:

- considerare la frequenza giornaliera di esposizione suddivisa tra esposizione indoor e outdoor (es. per uso residenziale: 18 ore-indoor + 6 ore-outdoor): seguendo tale approccio, in fase di cumulo dei rischi per vie di esposizione, è necessario sommare i due contributi indoor e outdoor;

- considerare la frequenza giornaliera di esposizione esclusivamente indoor ed esclusivamente outdoor (es. per uso residenziale: 24 ore-indoor e/o 24 ore outdoor): seguendo tale approccio, in fase di cumulo dei rischi per vie di esposizione, è necessario stimare i due contributi indoor e outdoor separatamente per poi selezionare il più conservativo.

Tra i due approcci sopra descritti, a valle delle elaborazioni di confronto contenute nell'Appendice Q, si è ritenuto opportuno selezionare l'approccio secondo cui la frequenza di esposizione si assume esclusivamente outdoor e/o esclusivamente indoor. Al fine della stima del rischio, si seleziona quindi l'esposizione a cui corrisponde un output maggiormente cautelativo.

Il valore da attribuire alla frequenza giornaliera di esposizione outdoor deriva quindi dalla scelta di cui sopra, per cui:

- *Per lo scenario residenziale, si assumere un valore pari a **24 ore/giorno**.*
- *Per lo scenario industriale, considerando che mediamente le ore lavorative giornaliere sono 8 e che la maggior parte testi e software esaminati concordano nel suo utilizzo, è stato selezionato il valore di **8 ore/giorno**.*
- *Per lo scenario ricreativo, ritenendo il valore utilizzato da Unichim come limite superiore (5,5 ore giorno) troppo conservativo abbiamo preferito utilizzare il valore medio di **3 ore/giorno** ritenendolo sufficientemente conservativo.*

I.3.4 Tasso di inalazione indoor (B_i [m^3/ora])

Nelle Figura I.3.e Figura I.3.8 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

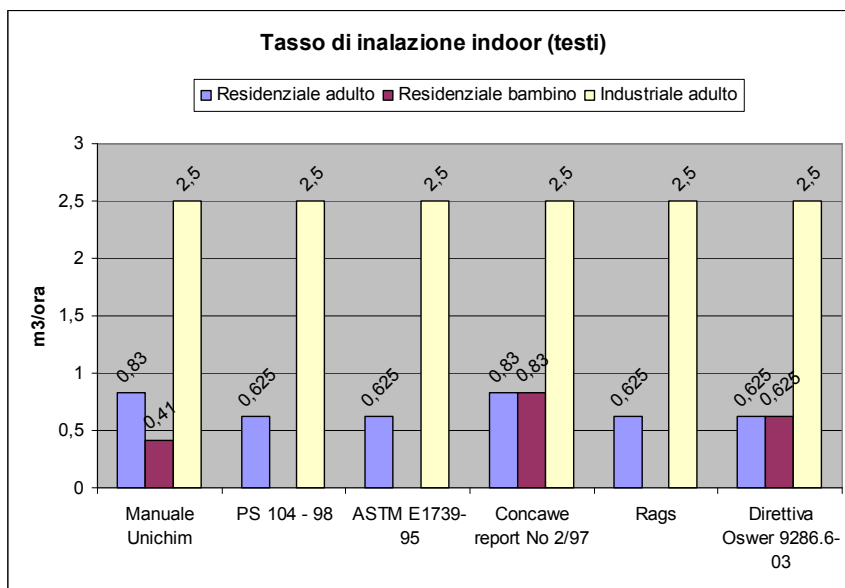


Figura I.3.7 : Tasso di inalazione oraria indoor (testi)

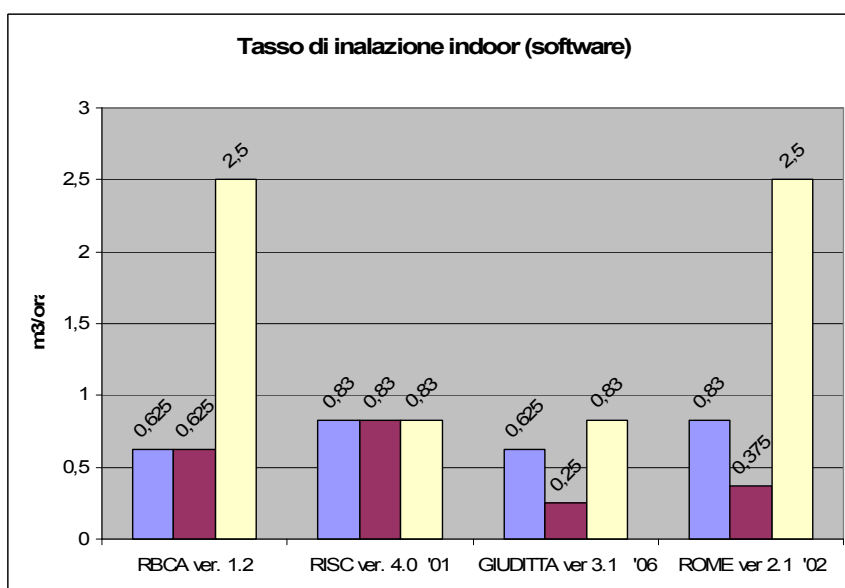


Figura I.3.8 : Tasso di inalazione oraria indoor (software)

Dalla analisi dei grafici sopra riportati è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- **RESIDENZIALE ADULTO:** I valori possibili proposti sono sostanzialmente due e rispettivamente pari a 0,625 e 0,83 m³/ora.
- **RESIDENZIALE BAMBINO:** I dati sono variabili all'interno di un range che varia da 0,375 a 0,83 m³/ora.
- **INDUSTRIALE e COMMERCIALE:** I dati proposti suggeriscono un valore guida pari a 2,5 m³/ora. Il software RISC propone un valore meno conservativo pari a 0,83 m³/ora.

Nella scelta del valore da attribuire al tasso di inalazione indoor sono state effettuate le seguenti considerazioni:

- *Per lo scenario residenziale adulto, come tasso di inalazione indoor è stato selezionato il valore giornaliero proposto dall'EFH, pari a 21,4 m³/giorno. Ad esso corrisponde un tasso medio orario pari a **0,9 m³/ora**, ritenuto sufficientemente rappresentativo nel caso di inalazione sia indoor che outdoor.*
- *Per lo scenario residenziale bambino, come tasso di inalazione indoor è stato selezionato il valore giornaliero proposto dall'EFH, pari a 16,74 m³/giorno. Ad esso corrisponde un tasso medio orario pari a **0,7 m³/ora**, ritenuto sufficientemente rappresentativo nel caso di inalazione sia indoor che outdoor.*
- *Per lo scenario industriale/commerciale, poiché le attività lavorative indoor sono raramente di particolare intensità, è stato selezionato un tasso di inalazione medio orario pari a **0,9 m³/ora**, corrispondente ad una attività sedentaria. Nei casi di attività fisica moderata o intensa, si consiglia l'utilizzo di valori maggiormente conservativi, pari rispettivamente a **1,5 m³/ora** e **2,5 m³/ora**, così come consigliato dal documento EFH.*

I.3.5 Frequenza giornaliera di esposizione (EFgi [ore/giorno])

Nelle Figura I.3. e Figura I.3.9 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

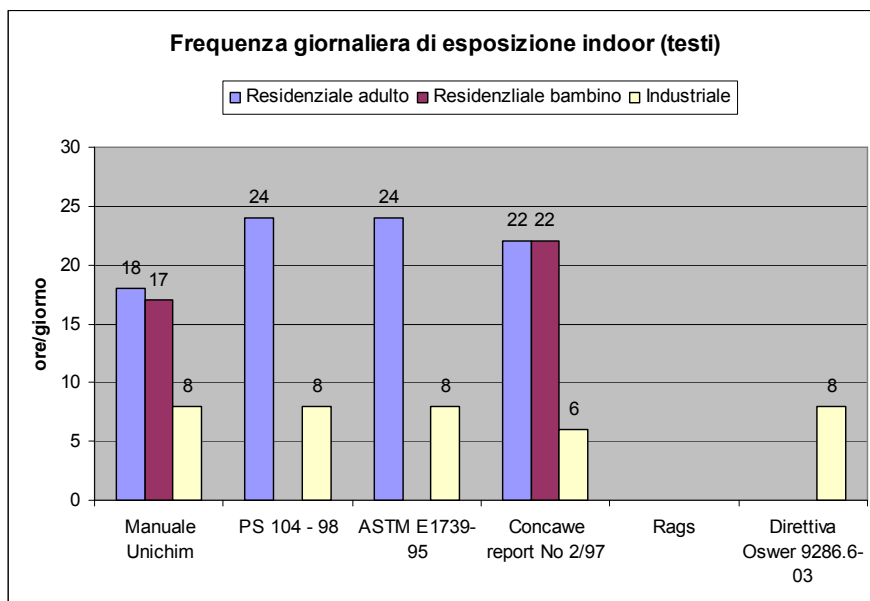


Figura I.3.9 : Frequenza di esposizione giornaliera indoor (testi e software)

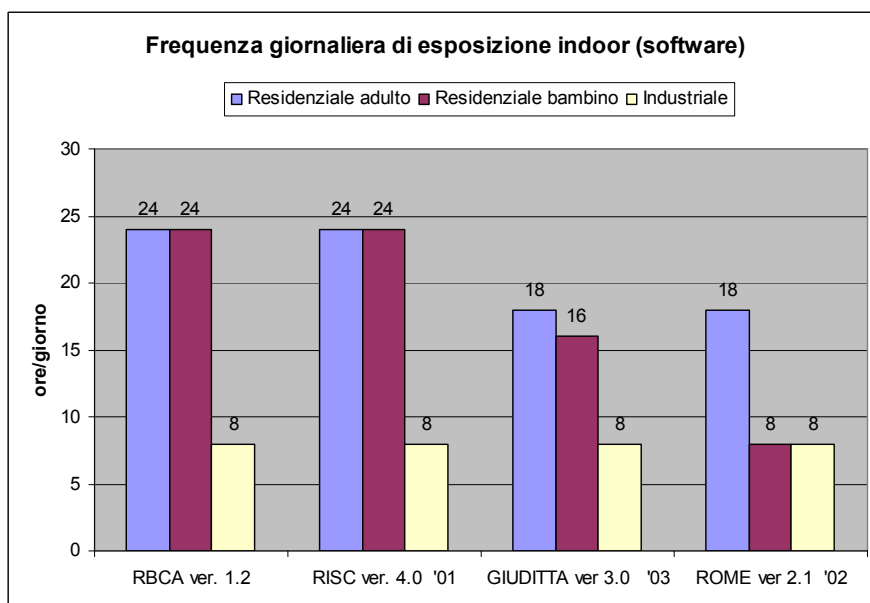


Figura I.3.7: Frequenza di esposizione giornaliera indoor (testi e software)

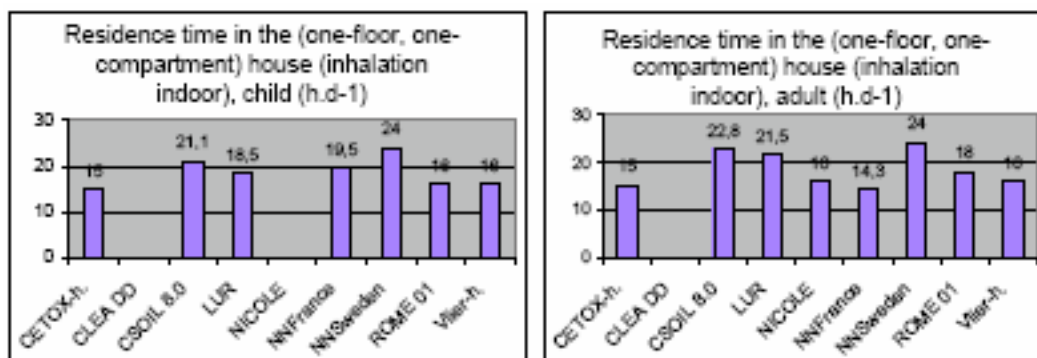


Figura I.3.8 : Frequenza di esposizione giornaliera indoor (studi Clarinet)

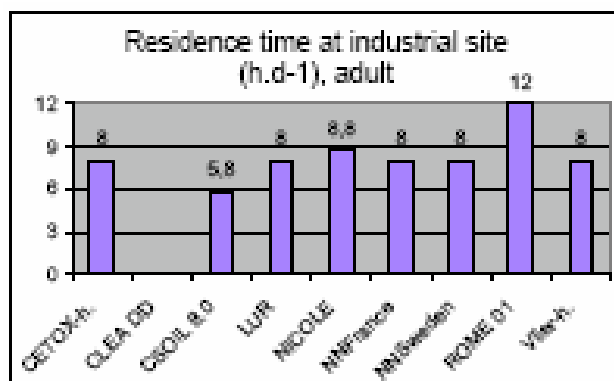


Figura I.3.9 : Frequenza di esposizione giornaliera per uso industriale (studi Clarinet)

Confrontando i valori riportati notiamo che:

- RESIDENZIALE: Il valore maggiormente utilizzato è di 18 ore/giorno.
- INDUSTRIALE: Il valore maggiormente utilizzato è di 8 ore/giorno.

Anche in questo caso di esposizione indoor valgono le considerazioni fatte nel paragrafo I.3.3 riguardante la frequenza giornaliera di esposizione outdoor.

Il valore da attribuire alla frequenza giornaliera di esposizione indoor deriva quindi dalla scelta di selezionare l'approccio secondo cui la frequenza di esposizione si assume esclusivamente outdoor e/o esclusivamente indoor, per cui:

- Per lo scenario residenziale, si assumere un valore pari a **24 ore/giorno**.
- Per lo scenario industriale è stato selezionato il valore di **8 ore/giorno**.

I.4 Contatto dermico con suolo

I.4.1 Superficie di pelle esposta (SA [cm²])

La superficie di pelle esposta è l'area di pelle che può entrare a diretto contatto con una specie chimica inquinante.

Il documento EFH stima la superficie totale di pelle come somma della superficie delle diverse parti del corpo, mentre stima la superficie di pelle esposta come somma del 95° percentile della superficie di: avambraccio, parte inferiore delle gambe e mani, come mostrato in Tabella I.4-1 e Tabella I.4-2 rispettivamente per adulti e bambini.

Tabella I.4-1 : Superficie di pelle di alcune parti del corpo per maschi adulti (EFH)

Parte del corpo	Valore medio [cm ²]	95° percentile [cm ²]
Testa	1300	1430
Avambraccio	1310	1660
Mani	990	1170
Parte inferiore delle gambe	2560	2990
Piedi	1310	1490
Totale esposto (EFH)	4860	5820

Tabella I.4-2 : Superficie di pelle di alcune parti del corpo per maschi bambini di 6 anni (EFH)

Parte del corpo	Valore medio [cm ²]	95° percentile [cm ²]
Testa	1090	1260
Avambraccio	550 (1110 braccio intero)	640 (1280 braccio intero)
Mani	450	520
Parte inferiore delle gambe	1100 (2200 gamba intera)	1270 (2550 gamba intera)
Piedi	570	660
Totale esposto (EFH)	2100	2440

I valori utilizzati per la stima della superficie di pelle esposta si riferiscono ad una popolazione maschile e rappresentano quindi stime maggiormente conservative.

Nelle Figura I.4.1 e Figura I.4.2 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

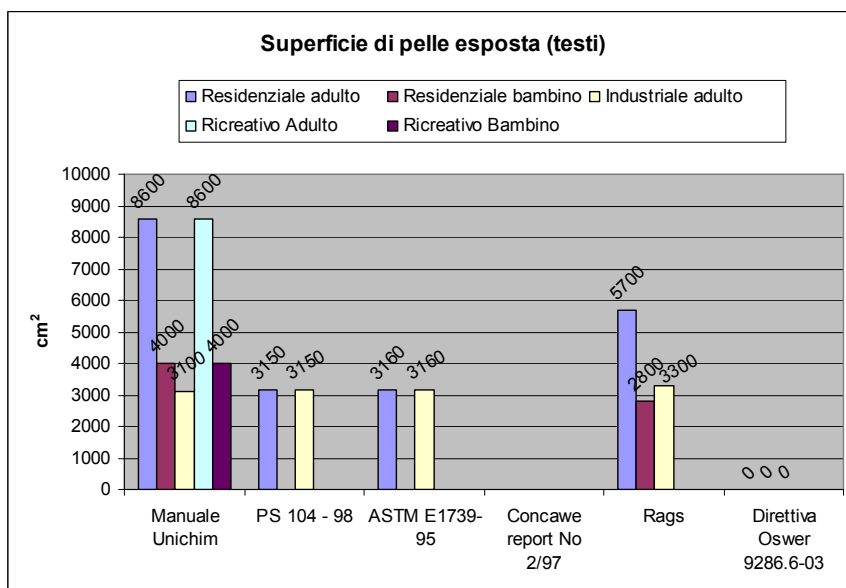


Figura I.4.1 : Superficie di pelle esposta (testi)

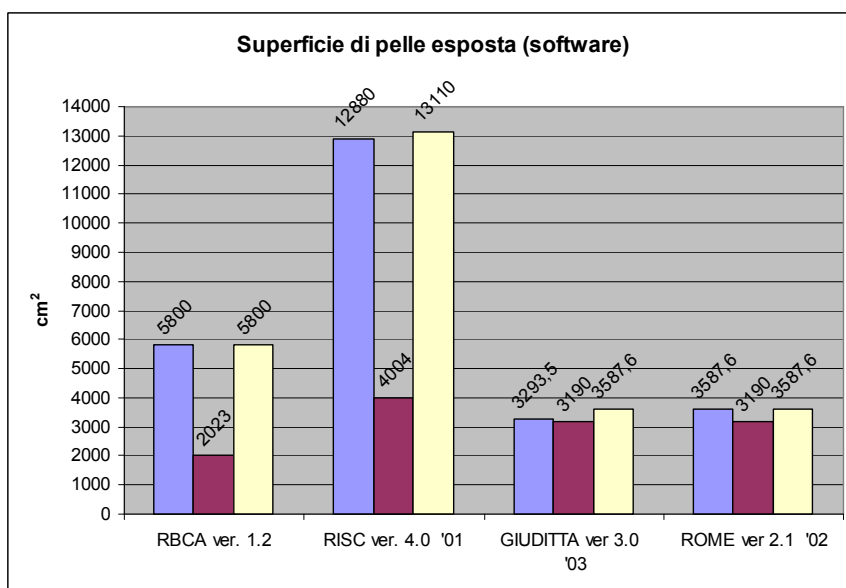


Figura I.4.2 : Superficie di pelle esposta (software)

Dalla analisi dei grafici sopra riportati è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- **RESIDENZIALE ADULTO:** I valori assunti oscillano tra i 13000 cm² e i 3000 cm². Dato tale ampio range, non è possibile identificare un possibile valore guida.
- **RESIDENZIALE BAMBINO:** I dati presentano delle disomogeneità variabili nell'intorno di un valore medio pari a 3000 cm².
- **INDUSTRIALE e COMMERCIALE:** I valori proposti sono sostanzialmente due e rispettivamente pari a 3200 cm² e 5800 cm².

- **RICREATIVO:** Il valore corrispondente a tale uso del suolo è fornito dal solo Manuale Unichim.

Nella scelta del valore da attribuire alla superficie di pelle esposta sono state effettuate le seguenti considerazioni:

- *Per lo scenario residenziale e ricreativo adulto, è stato utilizzato il valore corrispondente alla RME proposto dal documento RAGS, corrispondente alla superficie di pelle di testa, mani, braccia e parte inferiore delle gambe, pari a **5700 cm²**.*
- *Per lo scenario residenziale e ricreativo bambino, sono state fatte considerazioni analoghe al caso di recettore adulto. E' stato quindi selezionato un valore pari a **2800 cm²**. Questo valore è la media del 50° percentile per i maschi e le femmine, assumendo che indossino pantaloncini corti e maglietta a maniche corte e che quindi le parti esposte del corpo siano testa, mani, avambracci, parte inferiore delle gambe e piedi.*
- *Per lo scenario industriale/commerciale, è stato utilizzato il valore corrispondente alla media tra il 50° percentile per gli adulti maschi e per le femmine proposto dal documento EFH, corrispondente alla superficie di pelle di testa, braccia e avambracci (si considera un lavoratore che indossa una maglietta a maniche corte, pantaloni e scarpe) pari a **3300 cm²**.*

I.4.2 Fattore di aderenza dermica del suolo (AF [mg/(cm² giorno)])

Il fattore di aderenza dermica permette di tenere conto della capacità del suolo, che entra in contatto con la pelle esposta, di aderire allo stesso.

Nel documento EFH sono contenuti i risultati di uno studio condotto su di un numero modesto di misure (in tutto sono stati esaminati tra i 1000 e i 2000 individui). A seguito di tale studio, è emerso che ai valori di tale parametro è associata una elevata variabilità dovuta essenzialmente al tipo di individuo, alla parte del corpo considerata, alle condizioni meteorologiche locali (umidità, temperatura, forza del vento), alle caratteristiche chimico-fisiche del contaminante e alla tipologia del suolo

L'EFH del 1997 non suggerisce un valore specifico da adottare ma riporta, sulla base degli studi condotti, che la variabilità di questo parametro è contenuta tra **0,5 e 1,5 mg/(cm² giorno)**.

Nelle Figura I.4.3 e Figura I.4.4 i riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

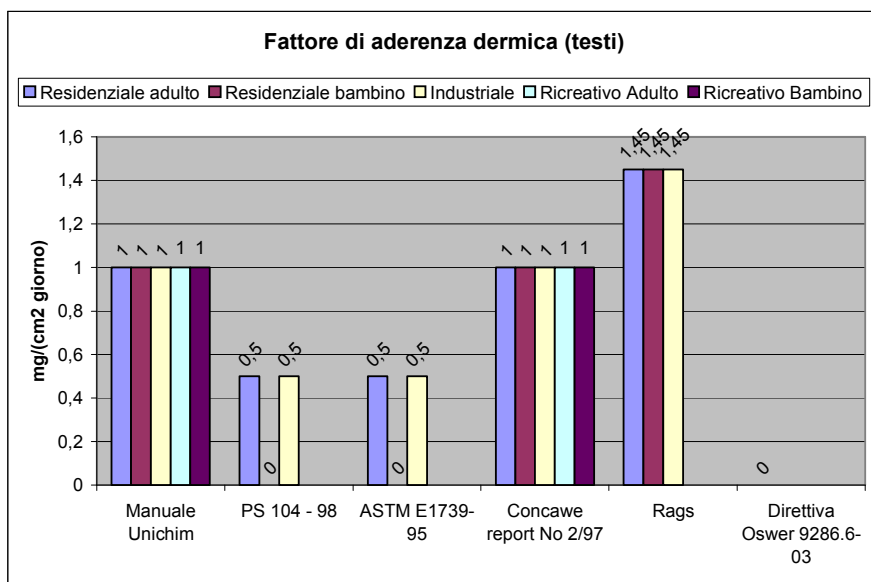


Figura I.4.3 : Fattore di aderenza dermica (testi)

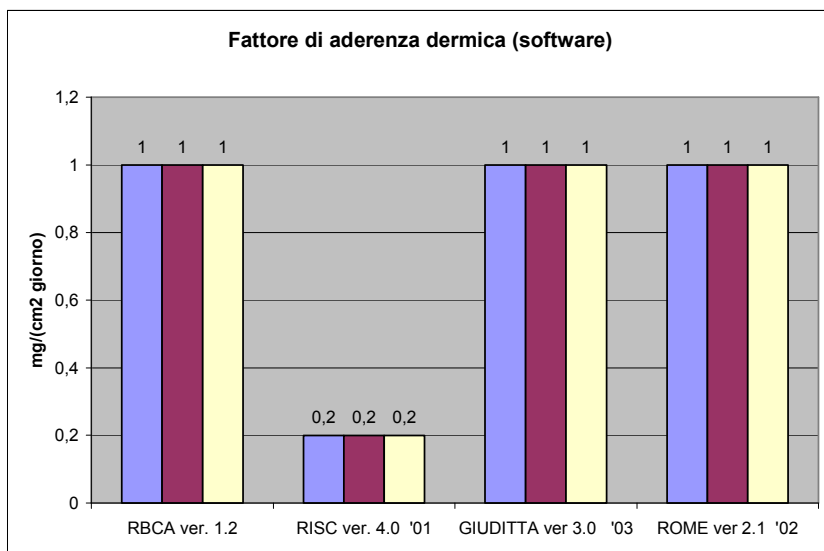


Figura I.4.4 : Fattore di aderenza dermica (software)

Dalla analisi dei grafici sopra riportati è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- Non c'è dipendenza di questo parametro rispetto allo scenario espositivo considerato.
- E' possibile identificare un valore guida pari ad 1 mg/(cm²giorno), anche se in questa analisi il suo range è compreso tra 0,2 e 1,5 mg/cm²giorno.

Nella revisione 1 dei “Criteri metodologici per l’applicazione dell’analisi assoluta di rischio ai siti contaminati” (APAT, 2006), era stato quindi deciso di attribuire al fattore di aderenza dermica con il suolo un valore pari a **1 mg/(cm² giorno)**, ritenendo lo stesso sufficientemente conservativo. Tale valore coincide con quello proposto dal Manuale Unichim.

Il documento “RAGS, Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment [EPA, 2004]”, disponibile sul sito dell’US EPA, basato su una casistica più ampia di quella presa in considerazione nel EFH del 1997, contiene delle indicazioni ben precise sui valori da adottare per il fattore di aderenza dermica con il suolo.

Tali indicazioni, riferite allo scenario di esposizione RME (Reasonable Maximum Exposure), possono essere così riassunte:

- **SCENARIO RESIDENZIALE: adozione del valore 0,07 mg/cm² per gli adulti e 0,2 mg/cm² per i bambini**
- **SCENARIO INDUSTRIALE: adozione del valore 0,2 mg/cm² (solo adulti)**

Alla luce degli aggiornamenti riportati nel documento “RAGS, Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment” [EPA, 2004], si ritiene pertanto, in generale, sufficientemente cautelativa l’adozione dei suddetti valori. Si sottolinea, però, che per particolari scenari di esposizione, gli Enti di Controllo potranno richiedere l’adozione di valori differenti da quelli sopra indicati, in conformità con quanto riportato nel documento “RAGS, Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment” [EPA, 2004] con particolare riferimento alle tabella contenuta nella sezione “Exhibit C-3” e di seguito riportata (Tabella I.4-3).

Tabella I.4-3: Fattori di Aderenza Dermica in funzione di specifiche attività [EPA, 2004]**EXHIBIT 3-3****ACTIVITY SPECIFIC-SURFACE AREA WEIGHTED SOIL ADHERENCE FACTORS**

Exposure Scenario	Age (years)	Weighted Soil Adherence Factor (mg/cm ²)	
		Geometric Mean	95 th Percentile
CHILDREN¹			
Indoor Children	1-13	0.01	0.06
Daycare Children (playing indoors and outdoors)	1-6.5	0.04	0.3
Children Playing (dry soil)	8-12	0.04	0.4
Children Playing (wet soil)	8-12	0.2	3.3
Children-in-Mud ⁵	9-14	21	231
RESIDENTIAL ADULTS²			
Grounds Keepers	>18	0.01	0.06
Landscaper/Rockery	>18	0.04	0.2
Gardeners	>16	0.07	0.3
COMMERCIAL/INDUSTRIAL ADULTS³			
Grounds Keepers	>18	0.02	0.1
Landscaper/Rockery	>18	0.04	0.2
Staged Activity: Pipe Layers (dry soil)	>15	0.07	0.2
Irrigation Installers	>18	0.08	0.3
Gardeners	>16	0.1	0.5
Construction Workers	>18	0.1	0.3
Heavy Equipment Operators	>18	0.2	0.7
Utility Workers	>18	0.2	0.9
Staged Activity: Pipe Layers (wet soil)	>15	0.6	13
MISCELLANEOUS ACTIVITIES⁴			
Soccer Players #1 (teens, moist conditions)	13-15	0.04	0.3
Farmers	>20	0.1	0.4
Rugby Players	>21	0.1	0.6
Archeologists	>19	0.3	0.5
Reed Gatherers	>22	0.3	27
Soccer Players #2 (adults)	>18	0.01	0.08

I.4.3 Fattore di assorbimento dermico (ABS [adim].)

Il fattore di assorbimento dermico tiene conto della capacità di una specie chimica di essere assorbita dalla superficie di pelle sulla quale la stessa ha aderito e assume valori compresi tra 0 e 1. Tale parametro è quindi una proprietà specifica della specie chimica esaminata. Nonostante ciò, in prima approssimazione, alcuni testi come anche il Manuale Unichim, propongono di associare a tale parametro un valore pari a **0,1** per le sostanze organiche e pari a **0,01** per le sostanze inorganiche.

Nel documento “RAGS, Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment)” [EPA, 2004], sono contenuti i risultati dell’elaborazione statistica di numerosi dati sperimentali e le indicazioni sui valori da adottare per alcune sostanze.

Sulla base di tali indicazioni si richiede di adottare per il fattore di assorbimento dermico i valori riportati in Tabella I.4-4.

*Per le sostanze non indicate nella suddetta Tabella, si richiede di adottare i valori **0,1** (per le sostanze organiche) e **0,01** (per le sostanze inorganiche).*

Tabella I.4-4: Fattori di Assorbimento Dermico per specifici contaminanti [EPA, 2004]

Sostanza	ABS [adim]	Riferimento Bibliografico
Arsenico	0.03	Wester, et al. (1993a)
Cadmio	0.001	Wester, et al. (1992a) U.S. EPA (1992a)
Clordano	0.04	Wester, et al. (1992b)
Acido 2,4-Diclorofenossiacetico	0.05	Wester, et al. (1996)
DDT	0.03	Wester, et al. (1990)
TCDD e altre Diossine	0.03 0.001 (se il contenuto di sostanza organica nel suolo è >10%)	U.S. EPA (1992a)
Lindano	0.04	Duff and Kissel (1996)
Benzo(a)pirene e altri IPA	0.13	Wester, et al. (1990)
Aroclor 1254/1242 e altri PCB	0.14	Wester, et al. (1993b)
Pentaclorofenolo	0.25	Wester, et al. (1993c)
Composti Organici Semivolatili	0.1	-

I.5 Ingestione di suolo

I.5.1 Tasso di ingestione suolo (IR [mg/giorno])

L'ingestione di suolo è una potenziale via di esposizione umana a sostanze inquinanti . Nel documento EFH, i dati corrispondenti a tale fenomeno non sono molto numerosi, infatti gli studi da esso condotti sono principalmente relativi alle abitudini dei bambini. Quindi, mentre per i bambini utilizza una banca dati di circa 1000 individui, per gli adulti utilizza una banca dati composta di un centinaio di individui.

Durante gli studi su questa via espositiva è stata riscontrata una particolare tipologia di bambini che giocando sono soliti ingerire suolo assumendolo volontariamente. Tali bambini sono stati definiti nell'EFH come "PICA child". Data la loro particolare abitudine in questo caso sono stati riscontrati valori del tasso di ingestione di suolo molto elevati.

In Tabella I.5-1 si riportano i valori proposti dal documento [EFH, EPA 1997].

Tabella I.5-1 : Tasso di ingestione del suolo (EFH)

Fascia di esposizione	Valore medio [mg/giorno]	90° percentile [mg/giorno]
Bambino (0 – 6 anni)	100	400
Bambino PICA	10 g/giorno	---
Adulto	50	---

In Figura I.5.1 si riportano i risultati dello studio condotto dal gruppo di lavoro Clarinet riguardante il tasso giornaliero di ingestione di suolo.

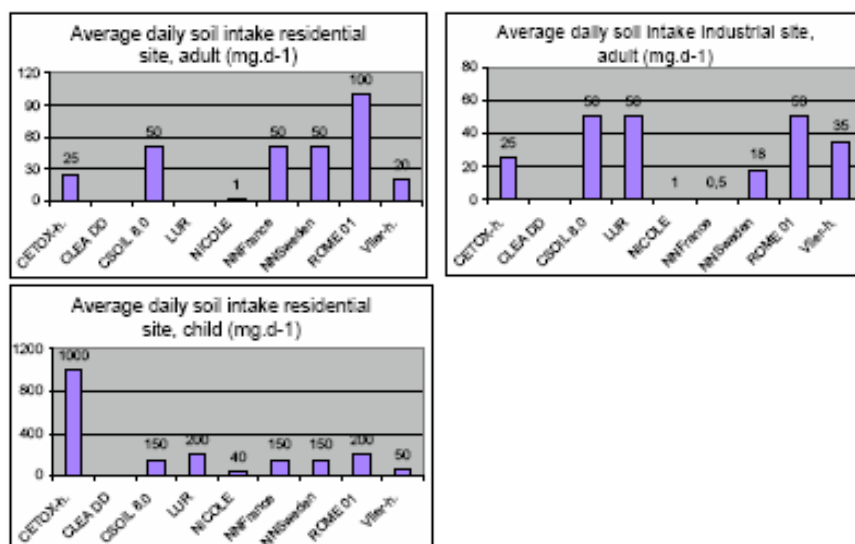


Figura I.5.1 : Tasso giornaliero di ingestione del suolo (studi Clarinet)

Dalla analisi dei grafici sopra riportati è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- Residenziale adulto: I valori sono abbastanza diversi tra loro; su nove software troviamo solamente tre valori comuni e pari a 50 mg/giorno, gli altri valori partono da 1 mg/giorno a 100 mg/giorno.
- Residenziale bambino: Cinque dei nove software esaminati propongono un valore compreso tra 150 e 200 mg/giorno; il valore massimo proposto è pari a 1 g/giorno.
- Industriale: Tre dei nove software esaminati propongono un valore pari a 50 mg/giorno; nel complesso, i valori proposti sono compresi in un range che varia da 0,5 a 50 mg/giorno.

Nelle Figura I.5.2 e Figura I.5.3 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

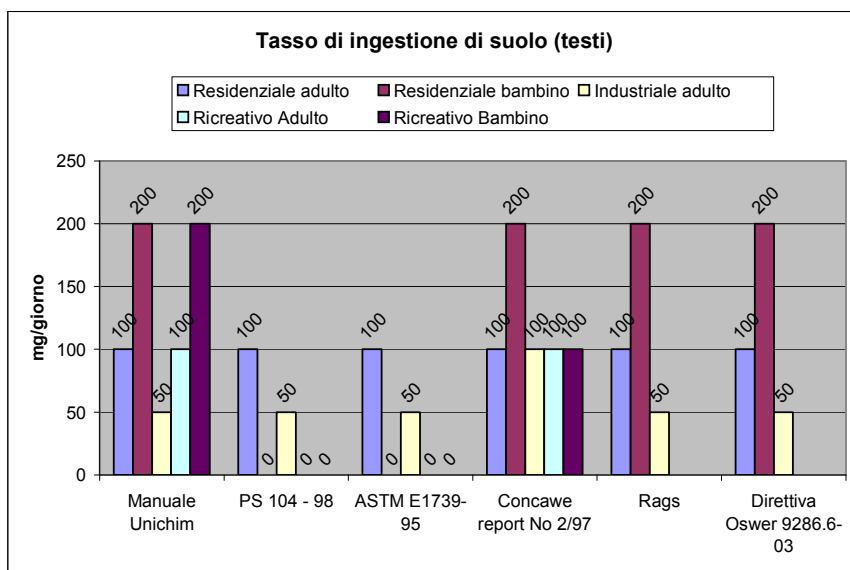


Figura I.5.2 : Tasso di ingestione di suolo (testi)

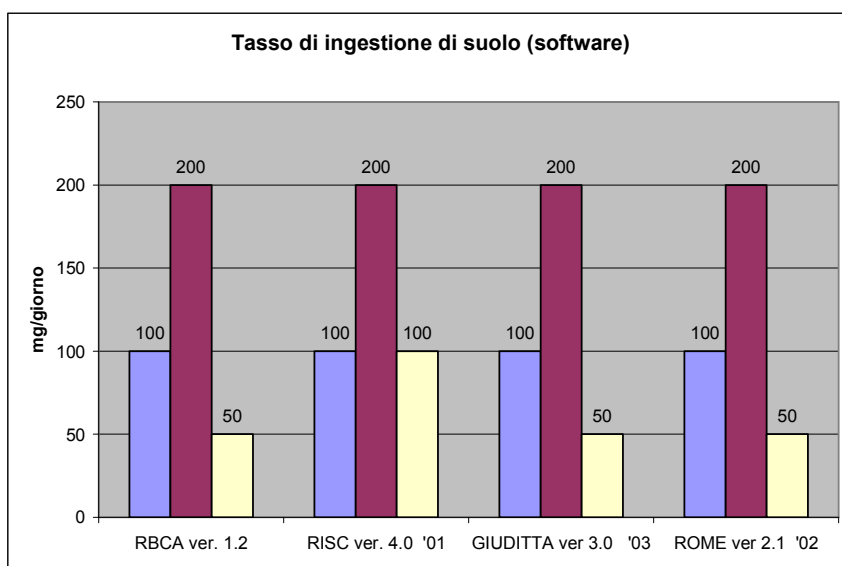


Figura I.5.3 : tasso di ingestione di suolo (confronto software)

Dalla analisi dei grafici sopra riportati è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- **RESIDENZIALE ADULTO:** Tutti i testi ed i software pongono questo valore pari a 100 mg/giorno.
- **RESIDENZIALE BAMBINO:** Tutti i testi e software che prendono in considerazione questo scenario propongono un valore di 200 mg/giorno.
- **INDUSTRIALE e COMMERCIALE:** Ad eccezione del rapporto CONCAWE e dei RAGS viene utilizzato il valore di 50 mg/giorno.

Nella scelta del valore da attribuire al tasso di inalazione outdoor sono state effettuate le seguenti considerazioni:

- *Per lo scenario residenziale e ricreativo adulto, coerentemente con quanto proposto dai testi e dai software il valore selezionato è pari a **100 mg/giorno**.*
- *Per lo scenario residenziale e ricreativo bambino: coerentemente con quanto proposto dai testi e dai software il valore selezionato è pari a **200 mg/giorno**.*
- *Per lo scenario industriale/commerciale: coerentemente con quanto proposto dai testi e dai software il valore selezionato è pari a **50 mg/giorno**.*

I.5.2 Frazione di suolo ingerita (FI [adim.]):

Questo termine rappresenta il rapporto tra la quantità di suolo effettivamente ingerita e la quantità di suolo venuta a contatto con la bocca. Tutti i testi ed i software pongono questo valore pari ad **1**, valore corrispondente al peggiore scenario ragionevolmente ipotizzabile (“reasonable worst case”).