

APPENDICE I**STIMA DEI FATTORI DI ESPOSIZIONE**

Per il calcolo della portata effettiva di esposizione EM è necessario individuare 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 è previsto sia per l'applicazione di un livello 1 di analisi di rischio sanitaria, sia per l'applicazione del livello 2, nel caso in cui non si abbiano a disposizione dati sito-specifici.

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-RISK ver 4.0, GIUDITTA ver 3.0, ROME ver 2.1).

E' stato inoltre esaminato, con particolare riguardo, l'"Exposure Factor Handbook" dell'EPA, 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.

Per quanto riguarda i dati inerenti all'esposizione dei bambini si è fatto riferimento al "Children Exposure Factor Handbook" [EPA-CEFH, 2002].

E' stato infine preso in considerazione anche il documento RIVM Report 711701030/2002. Questo 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 (Denimarca); 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)

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.

Si sottolinea che per quanto riguarda il bersaglio bambini, si intende individui aventi una età compresa tra 0-6 anni.

I.1. Fattori comuni a tutte le modalità di esposizione

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).

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

**Tabella I.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.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 figure I.1, I.2 e I.3 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

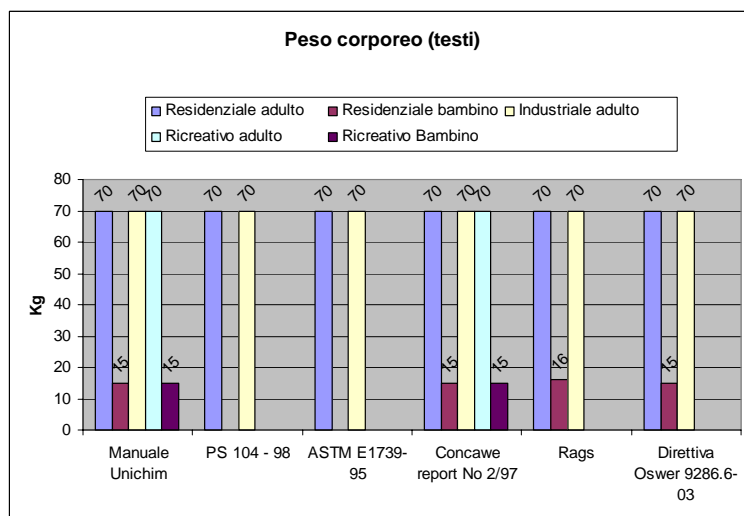
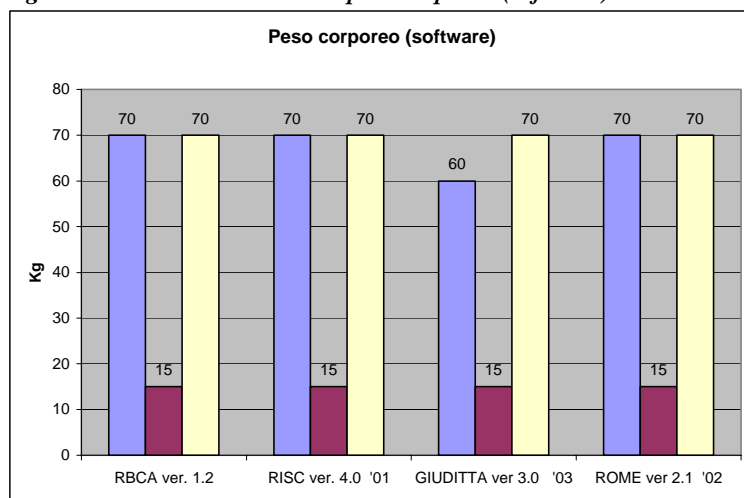
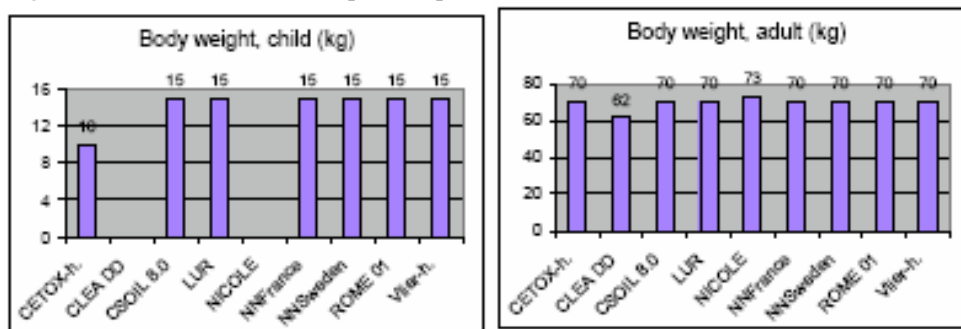
Figura I.1 – Parametri relativi al peso corporeo (testi)**Figura I.2- Parametri relativi al peso corporeo (software)**

Figura I.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 a sapendo che approssimando per difetto i dati dell'EPA otterremo 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.*

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.

L'EPA nell'individuare questo valore si attiene ai dati forniti periodicamente da un organo statale americano. Il valore medio attualmente suggerito è di 75 anni considerando che l'aspettativa di vita risulta essere:

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

Tuttavia l'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.

Durata di esposizione (ED [anni]):

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

Nelle figure I.4 e I.5 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.4- Durata di esposizione (testi)

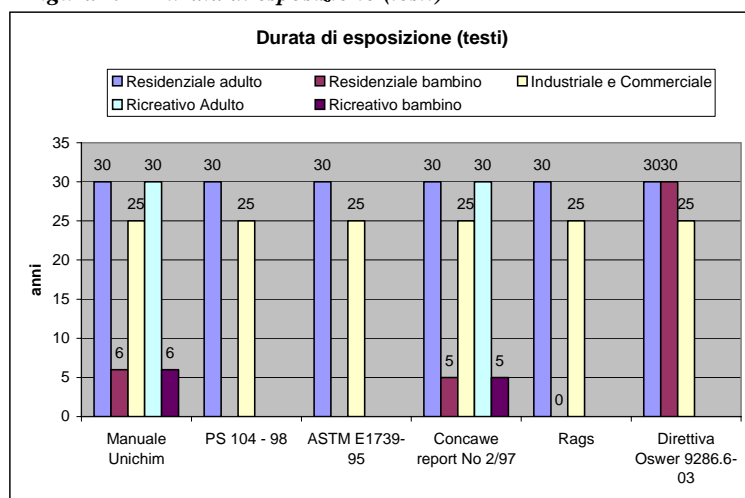
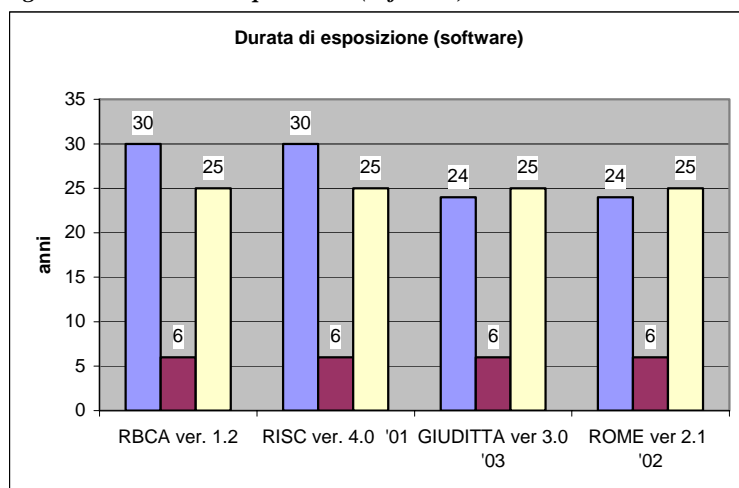


Figura I.5- Durata di esposizione (software)



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

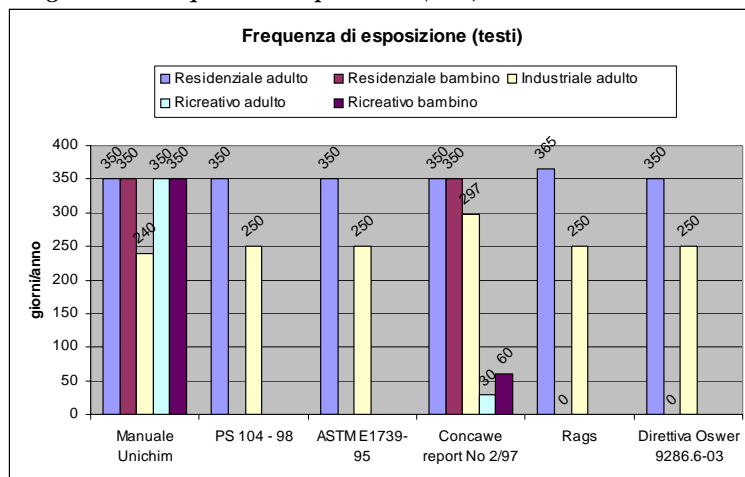
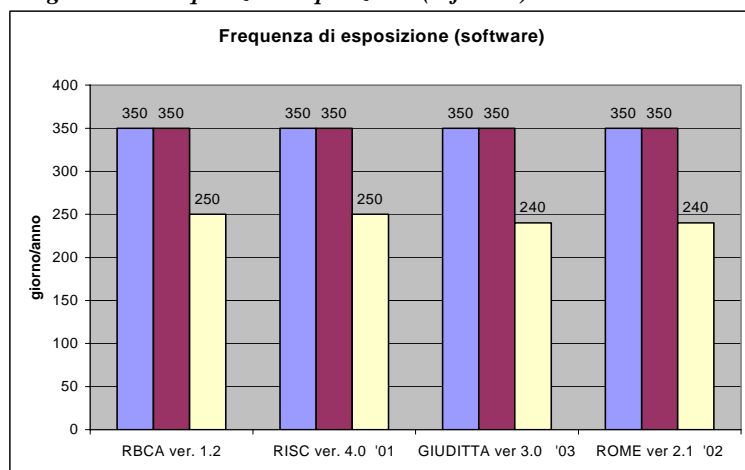
- RESIDENZIALE e RICREATIVO ADULTO: Per quanto riguarda questi due scenari espositivi il valore maggiormente proposto è pari a **30 anni**.
- RESIDENZIALE e RICREATIVO BAMBINO: Ad esclusione del rapporto CONCAWE tutti gli altri testi e software propongono un valore di ED pari a **6 anni**.
- INDUSTRIALE: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

*Sebbene in accordo con la scelta dei valori guida ottenuti dal confronto, si ritiene opportuno scegliere per gli scenari espositivi residenziale e ricreativo adulto una durata di esposizione complessivamente pari a **30 anni** ma suddivisa in due archi temporali: il primo pari a **6 anni**, in cui il soggetto esposto presenta caratteristiche espositive corrispondenti ad un bersaglio bambino; il secondo pari a **24 anni** in cui il soggetto è adulto e si espone come tale. Per lo scenario industriale si seleziona un valore di ED pari a **25 anni**.*

Frequenza di esposizione (EF [giorni/anno]):

Per frequenza di esposizione si intende il numero di giorni all'anno in cui una persona è stata a contatto con l'inquinante. Questo valore può assumere come limite superiore il valore di 365 giorni/anno.

Nelle figure I.6 e I.7 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.6- Frequenza di esposizione (testi)**Figura I.7- 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 maggiormente scelto è pari a **250 giorni/anno**, i valori inferiori pari a 240 sono stati scelti dal Manuale Unichim e dal software Giuditta.
- **RICREATIVO:** Essendo solamente due i valori 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.2. Ingestione di acqua di falda

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 questo argomento. 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 quindi può considerarsi alto, l'unico difetto di questa ricerca risiede nel breve periodo di monitoraggio delle persone, infatti nessuno studio è andato a caratterizzare 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, quindi sono stati previsti molteplici scenari non lasciando nessun caso non discusso. Inoltre, nelle regioni dove il clima è più rigido e le temperature sono maggiori, oppure là dove si sta compiendo uno sforzo fisico continuativo, il consumo di acqua è maggiore, allora l'EPA fornisce un consumo di acqua orario.

Nel documento EFH viene posta l'attenzione sulla scelta del valore che meglio rappresenti la popolazione, infatti l'EPA prima di questo documento raccomandava come tasso di ingestione d'acqua il valore di 2 L/giorno, ma dopo le ricerche effettuate ha stabilito di considerare come valore rappresentativo il 90° percentile, considerato il dato ottimale da associare ad un'esposizione cronica.

In tabella I.3 si riportano i valori proposti dai documenti [EFH, EPA 1997] e [CEFH, EPA 2002].

Tabella I.3 - 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	---

Nelle figure I.8, I.9 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.8 - Tasso di ingestione di acqua di falda (testi)

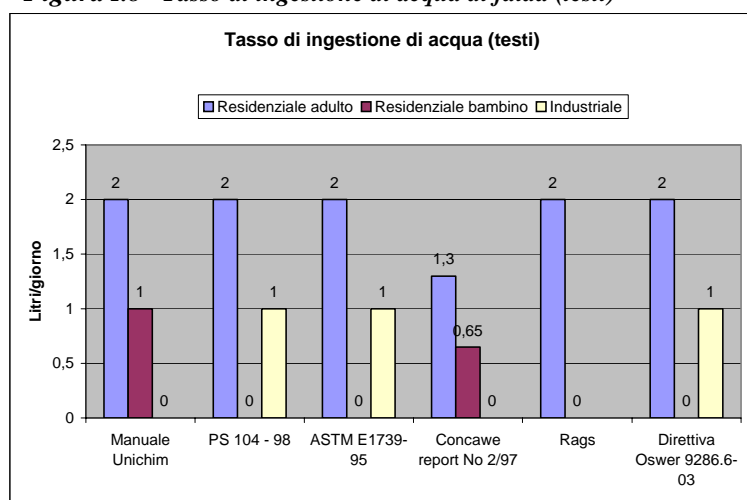
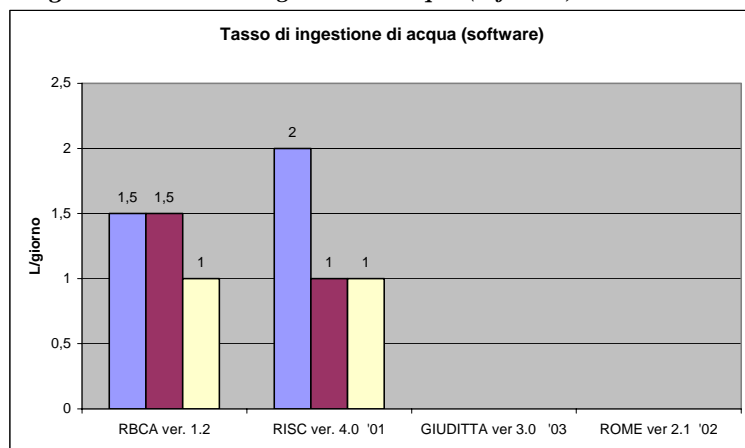


Figura I.9 - Tasso di ingestione di acqua (software)



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.

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 litri/giorno**

Nella scelta del valore da attribuire al tasso di ingestione di acqua di falda sono state effettuate le seguenti considerazioni:

- *Per lo scenario residenziale adulto, il valore proposto dall'EFH è stato ritenuto troppo conservativo (gli stessi autori lo considerano leggermente sovrastimato) e, attenendosi a quella che è stata una scelta quasi unanime dei vari testi e software di riferimento, è stato selezionato un valore pari a **2 litri/giorno***

- Per lo scenario residenziale bambino, verificando una sostanziale coerenza tra i valori proposti dall'EFH e dai testi e software di riferimento, si ritiene sufficientemente conservativo assumere un valore pari a **1 litro/giorno**.
- Per lo scenario industriale/commerciale, coerentemente con quanto proposto dai testi e software di riferimento, in situazioni standard è stato selezionato un valore pari a **1 litro/giorno**. Si ritiene opportuno sottolineare che, per una attività lavorativa di 8 ore/giorno:
 - nel caso lavoro sedentario, un tasso di ingestione di acqua pari a 1 litro/giorno potrebbe essere ritenuto troppo conservativo;
 - nel caso di lavoro a cui corrisponde una dura attività fisica o condizioni di clima caldo, si ritiene più opportuno utilizzare il valore pari a **0,65 litri/ora**.

I.3. Inalazione di vapori e polveri outdoor e indoor

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 sapere 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 fatte 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.4). Gli individui esaminati sono circa 1.000 e il grado di affidabilità conferito al dato stimato è alto.

Tabella I.4 - Tasso di inalazione orario in funzione del livello di attività fisica (EFH)

Fascia di esposizione	Livello di attività	Tasso di inalazione medio [m ³ /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

Formattato: Italiano (Italia)

Per mettere in relazione la respirazione oraria con la quantità inalata giornalmente l'EFH, dopo 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.5).

Tabella I.5 - 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.6 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.6- Tasso di inalazione giornaliero raccomandato (EFH)

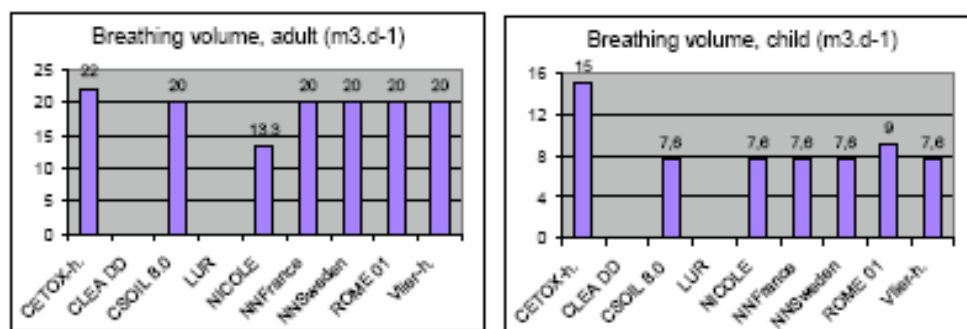
Fascia di esposizione		Valore medio [m³/giorno]
1-6		8,3
6-18		17
Adulto		15.2
Lavoratori esterni	Livello di attività:	
	Moderato	1,5 m³/ora
	Intenso	2.5 m³/ora

Tabella I.7 - 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.10 si riportano i valori contenuti nel documento del gruppo di lavoro CLARINET.

Figura I.10 – 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.

Tasso di inalazione outdoor (Bo [m³/ora]):

Nelle figure I.11 e I.12 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.11– Tasso di inalazione oraria outdoor (testi)

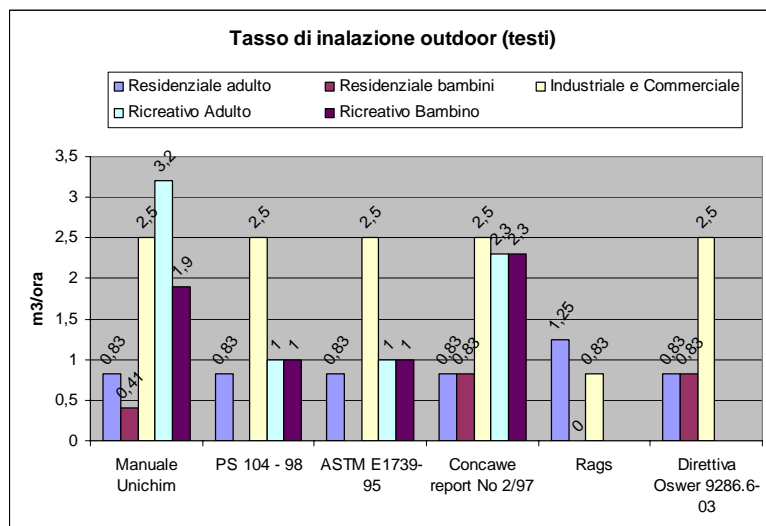
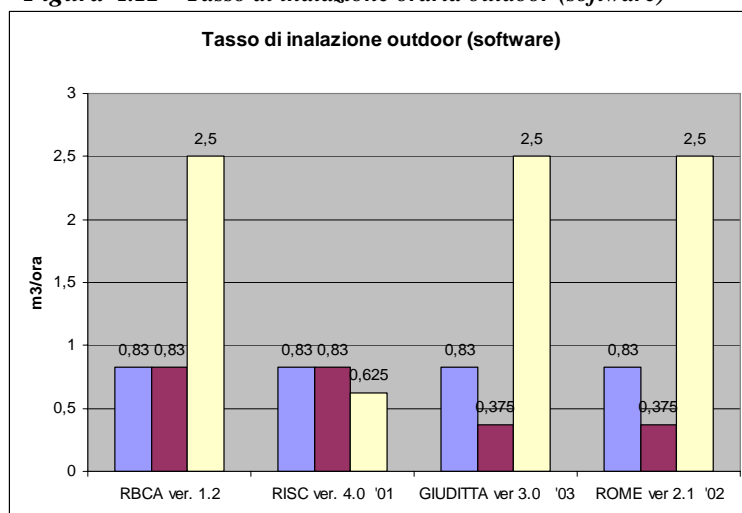


Figura I.12 – Tasso di inalazione oraria outdoor (software)



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 divise in due: 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, la prima 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 pochi e variabili all'interno di un range che varia da 1 a 3,2 m³/ora.
- **RICREATIVO BAMBINO:** I dati sono pochi 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 (tabella XXX, lavoratori esterni – attività moderata).*
- *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 (tabella XXX, relativamente ai bambini che svolgono un'attività moderata).*
- *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 e 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.

Frequenza giornaliera di esposizione outdoor (EFgo [ore/giorno]):

Nelle figure I.13, I.14 e I.15 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.13 - Frequenza di esposizione giornaliera outdoor (testi)

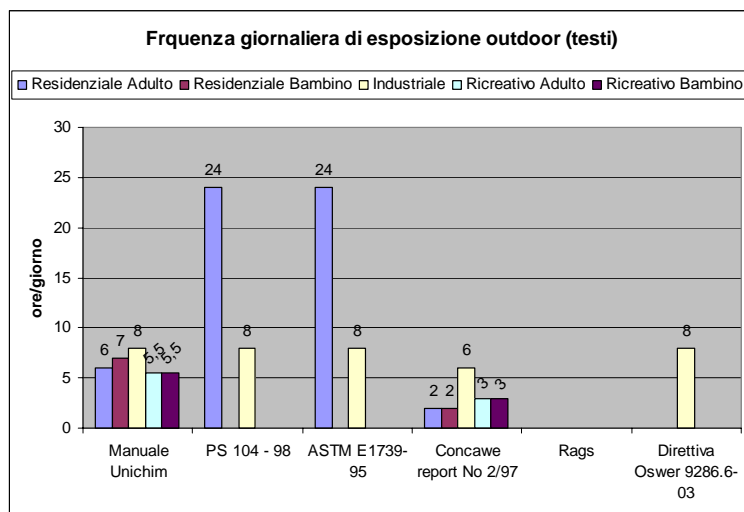
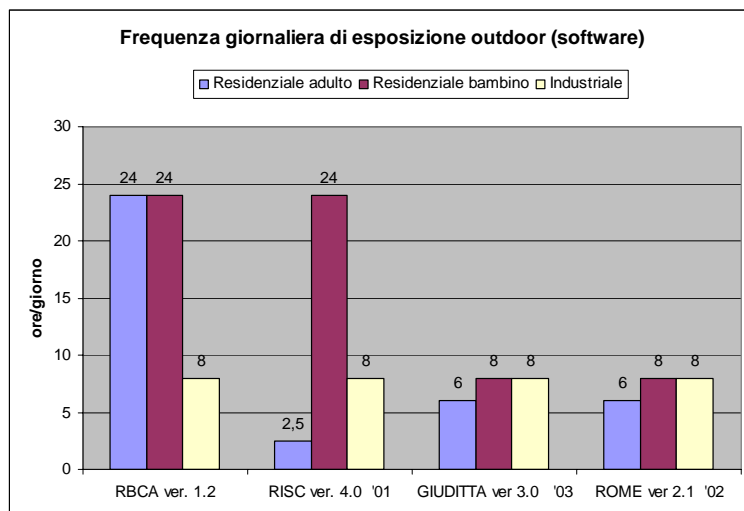
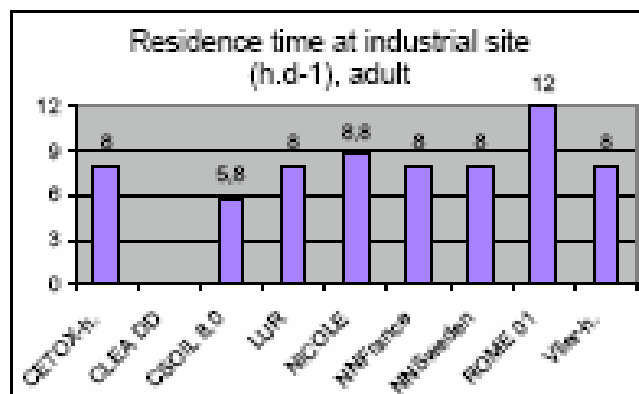


Figura I.14 - Frequenza di esposizione giornaliera outdoor (software)**Figura I.15 – Frequenza di esposizione giornaliera per uso industriale (studi Clarinet)**

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.

Nella scelta del valore da attribuire alla frequenza giornaliera di esposizione outdoor sono state effettuate le seguenti considerazioni:

- Per lo scenario residenziale, si ritiene sufficientemente cautelativo assumere un valore pari a **6 ore/giorno**.

- Per lo scenario industriale, considerando che mediamente le ore lavorative giornaliere sono 8 e che la maggior parte test 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.

Tasso di inalazione indoor (Bi [m³/ora]):

Nelle figure I.16 e I.17 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.16 – Tasso di inalazione oraria indoor (testi)

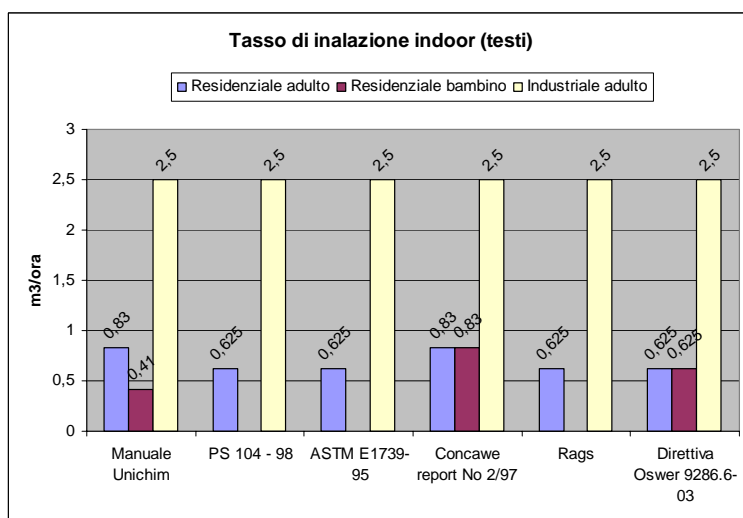
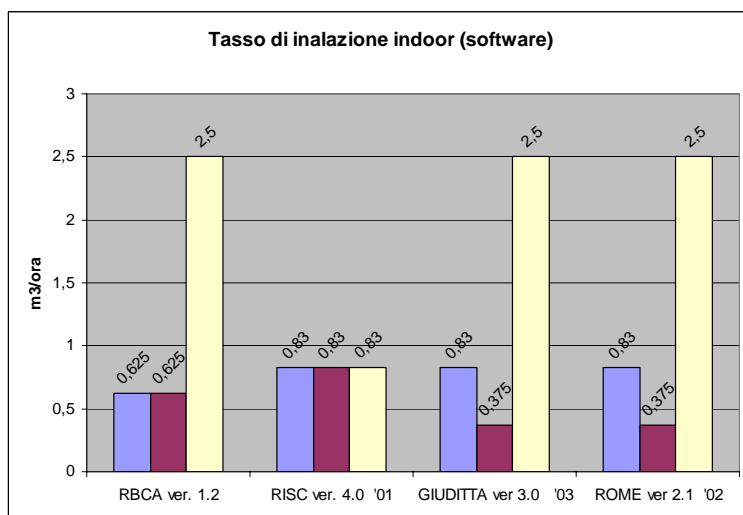


Figura I.17 – Tasso di inalazione oraria indoor (software)



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: 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 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.
- 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.
- Per lo scenario industriale/commerciale, nonostante le attività lavorative indoor siano raramente di particolare intensità, è stato adottato lo stesso criterio valido per esposizioni outdoor; quindi, sono stati selezionati diversi valori in funzione del livello di attività fisica, 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**.

Frequenza giornaliera di esposizione (EFgi [ore/giorno]):

Nelle figure I.18 – I.21 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.18 - Frequenza di esposizione giornaliera indoor (testi e software)

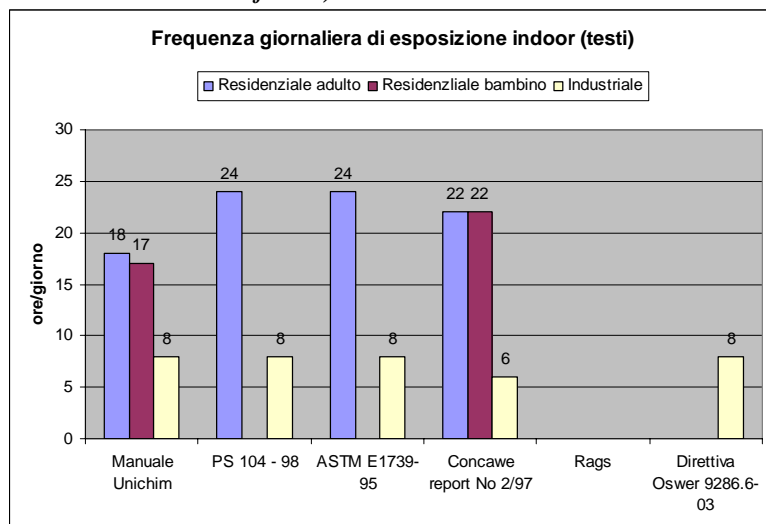


Figura I.19 - Frequenza di esposizione giornaliera indoor (testi e software)

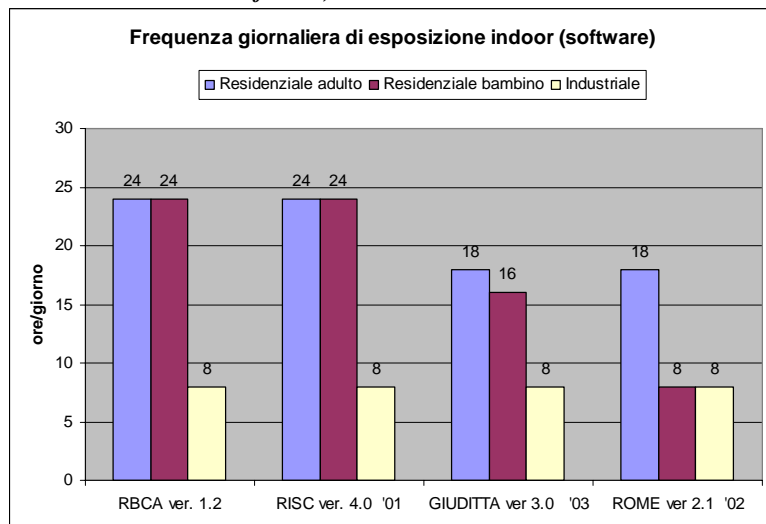


Figura I.20 - Frequenza di esposizione giornaliera indoor (studi Clarinet)

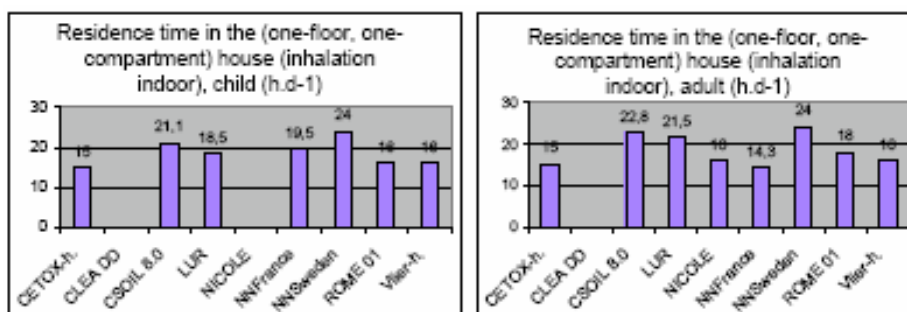
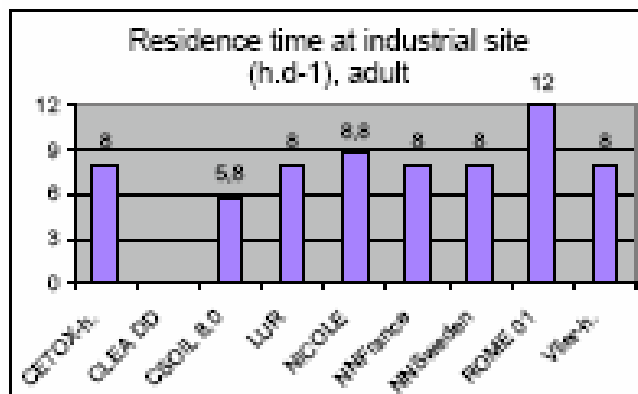


Figura I.21 – Frequenza di esposizione giornaliera per uso industriale (studi Clarinet)



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.

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

- Per lo scenario residenziale adulto, facendo riferimento alle scelte effettuate per il corrispondente scenario outdoor, , è stato selezionato un valore pari a **18 ore/giorno**.
- Per lo scenario industriale/commerciale, 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**.

I.4. Contatto dermico con suolo

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.8 e I.9 rispettivamente per adulti e bambini.

Tabella I.8 – Superficie di pelle di alcune parti del corpo per maschi adulti (EFH)

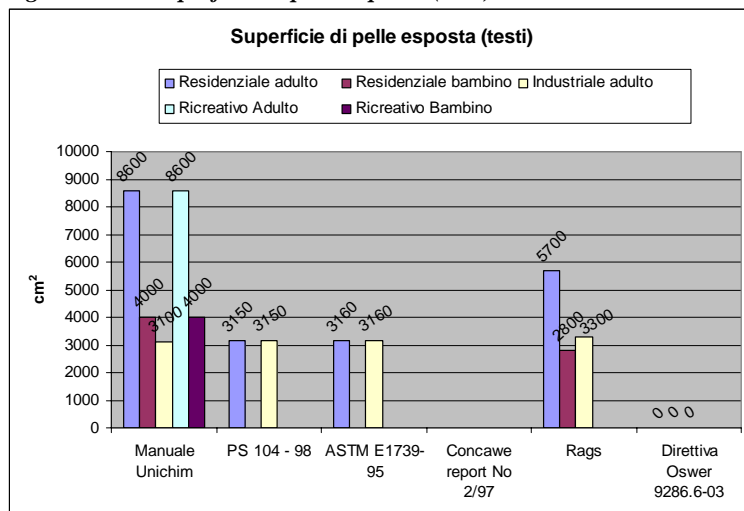
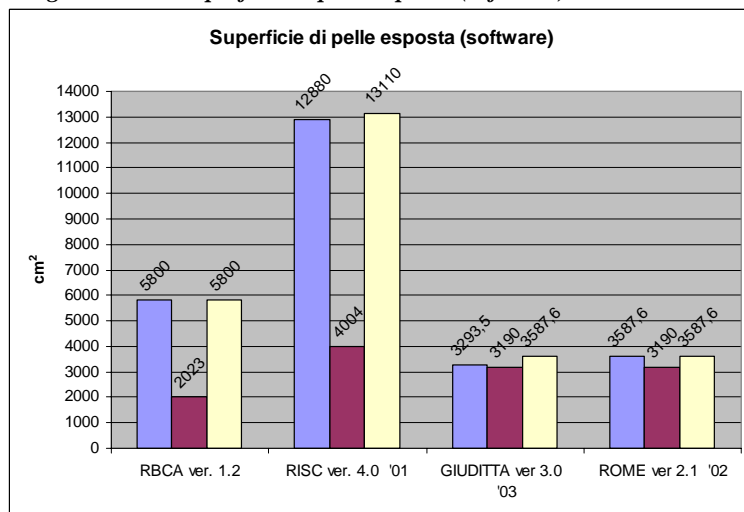
Parte del corpo	Valore medio [cm ²]	95° percentile [cm ²]
Testa	1300	1430
Avambraccio	1310	1660
Mani	990	1170
Parte inferiore delle gambe	2560	2990
Piedi	1310	1490
Totale esposto (EFH)	4860	5820

Tabella I.9 – 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 figure I.22 e I.23 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.22 – Superficie di pelle esposta (testi)**Figura I.23 – 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, sono stati utilizzati i valori proposti dall'EFH, ma ponendosi in condizioni maggiormente cautelative, sono stati considerati oltre ai valori raccomandati, corrispondenti alla superficie di pelle di mani, braccia e parte inferiore delle gambe, anche i valori di superficie di pelle di testa e piedi. Con tale scelta non si è voluto escludere l'utilizzo, in particolare nei periodi estivi, di scarpe aperte che comportano il contatto diretto fra derma e suolo. Inoltre, in corrispondenza a tali scenari, non essendo prevista alcuna copertura per il viso, si è voluta comprendere anche la superficie dello stesso. Il valore totale di superficie di pelle esposta selezionato è quindi pari a **8600 cm²** (coincidente con quello proposto dal Manuale Unichim).*
- *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 **4000 cm²** (coincidente con quello proposto dal Manuale Unichim).*
- *Per lo scenario industriale/commerciale, in linea generale, sono state fatte considerazioni analoghe al caso di recettore adulto. E' stato quindi selezionato un valore pari a **8600 cm²**. In uno scenario prettamente industriale, prevedendo un maggiore livello di copertura, si considerano esposte solo le superfici corrispondenti ad avambraccio, mani e viso. In particolare, l'obbligatorietà in siti industriali dell'uso del casco, permette di stimare la superficie del viso pari alla metà della superficie totale della testa. In corrispondenza a tale scenario, è stato quindi selezionato un valore pari a **3500 cm²**.*

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) e alle caratteristiche chimico-fisiche del contaminante.

L'EFH non suggerisce un valore specifico; gli studi suddetti mostrano che la variabilità di questo parametro è contenuta tra **0,5 e 1,5 mg/(cm² giorno)**.

Nelle figure I.24 e I.25 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.24 – Fattore di aderenza dermica (testi)

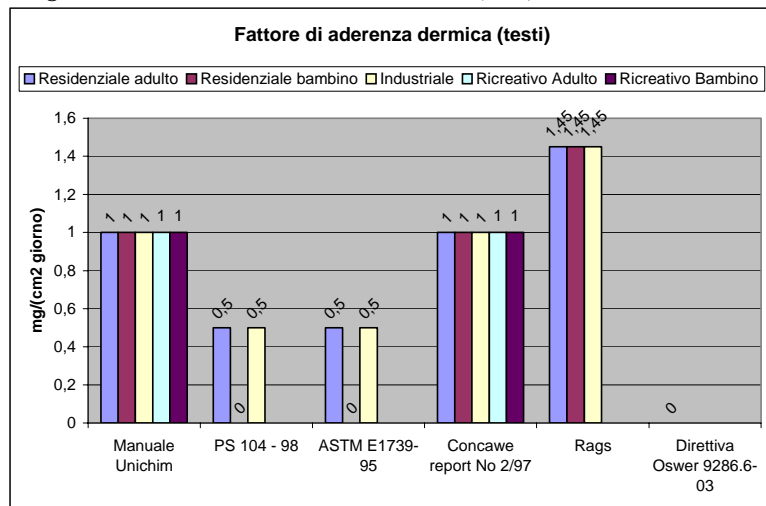
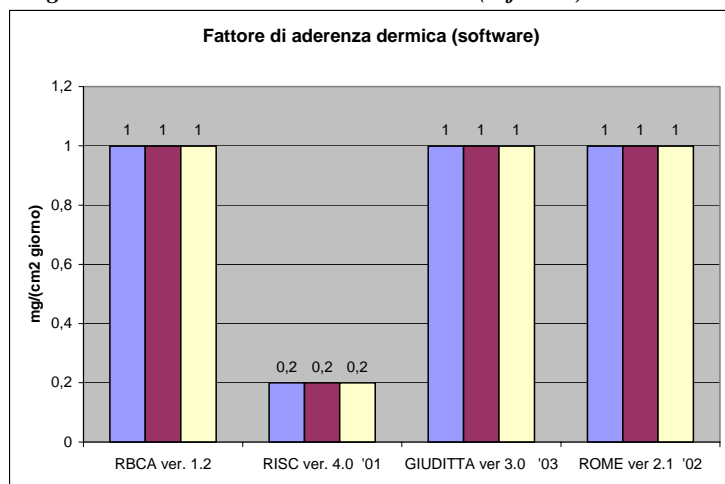


Figura I.25 – Fattore di aderenza dermica (software)



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

- *A seguito della analisi dei dati riportati sopra, è stato selezionato un valore pari a 1 mg/(cm² giorno), ritenendo lo stesso sufficientemente conservativo. Tale valore coincide con quello proposto dal Manuale Unichim.*

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.

I.5. Ingestione di suolo

Portata di suolo ingerita (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.

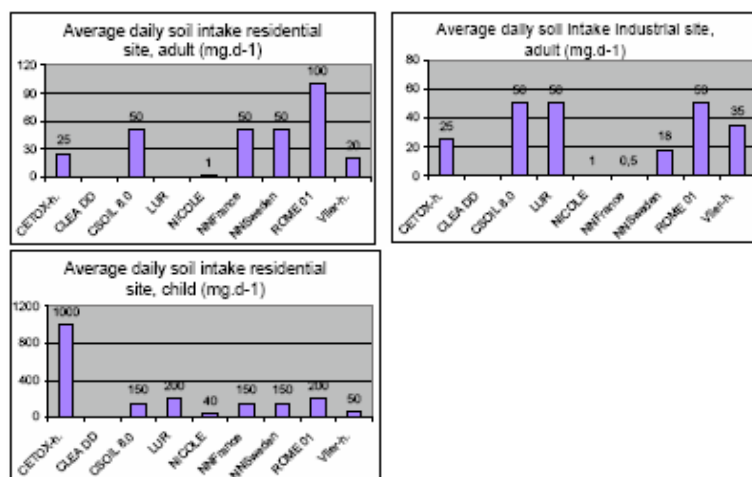
In tabella I.10 si riportano i valori proposti dal documento [EFH, EPA 1997].

Tabella I.10 – 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.26 si riportano i risultati dello studio condotto dal gruppo di lavoro Clarinet riguardante il tasso giornaliero di ingestione di suolo.

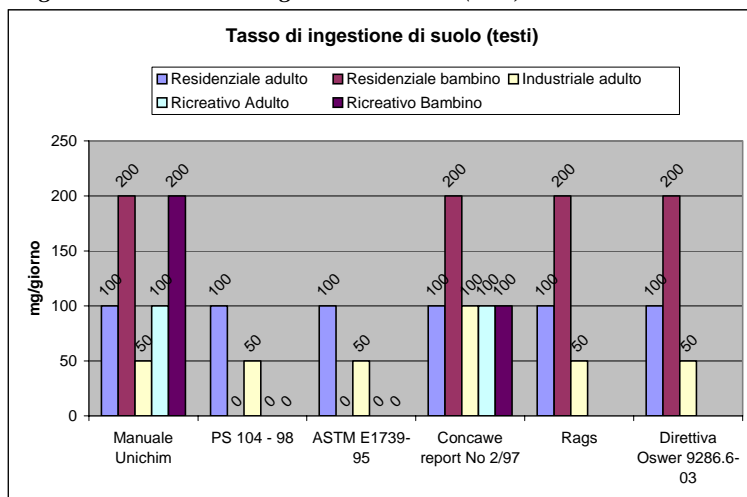
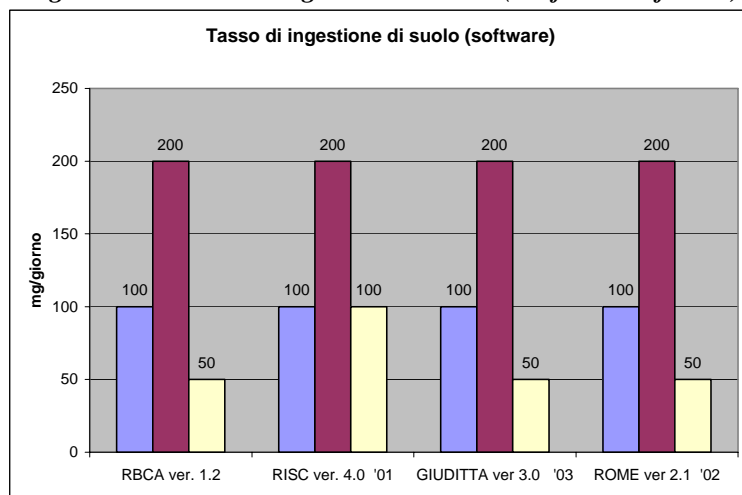
Figura I.26- Tasso giornaliero di ingestione del suolo (studi Clarinet))



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 figure I.27 e I.28 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.27 – Tasso di ingestione di suolo (testi)**Figura I.28 – 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**.*

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 ipotizzabile (“worst case”).

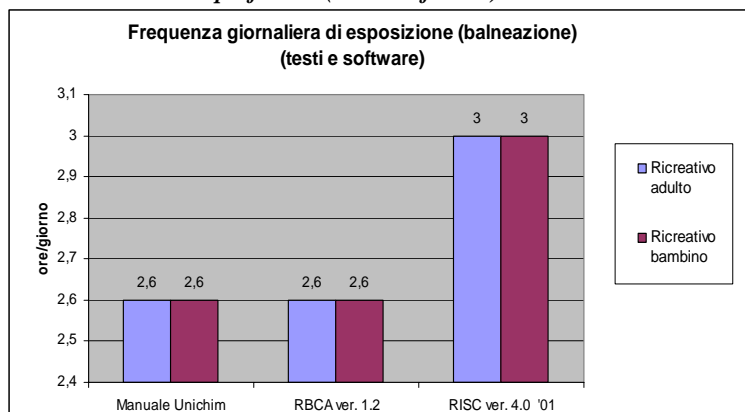
I.6. Ingestione di acqua di superficie (balneazione)

Questa via di esposizione è presa in considerazione solo da due documenti (Manuale Unichim e RAGS) e da due software (BP-RISC ver. 4.0 e RBCA ToolKit ver. 1.2). I RAGS e i due software analizzano questa via di esposizione in relazione ad uno scenario residenziale, mentre si ritiene più opportuno valutare tali dati all'interno di uno scenario ricreativo.

Frequenza giornaliera di esposizione (EFg [ore/giorno]):

In figura I.29 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.29 - Frequenza giornaliera di esposizione con acque superficiali (testi e software)



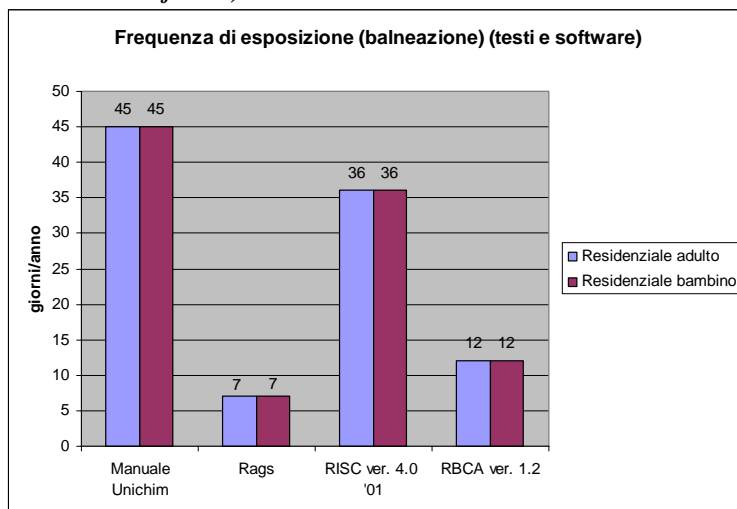
Dalla analisi del grafico emerge che il Manuale Unichim e i RAGS propongono un valore pari a 2,6 ore/giorno, mentre il software BP-RISC propone un valore pari a 3 ore/giorno.

*Per lo scenario ricreativo adulto e bambino, coerentemente con quanto proposto dai testi esaminati e ritenendo il dato sufficientemente conservativo, si assume per la frequenza giornaliera di esposizione a acque superficiali un valore pari a **2,6 ore/giorno**.*

Frequenza di esposizione (EF [giorni/anno])

In figura I.30 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.30- Frequenza di esposizione con acqua di superficie (testi e software)



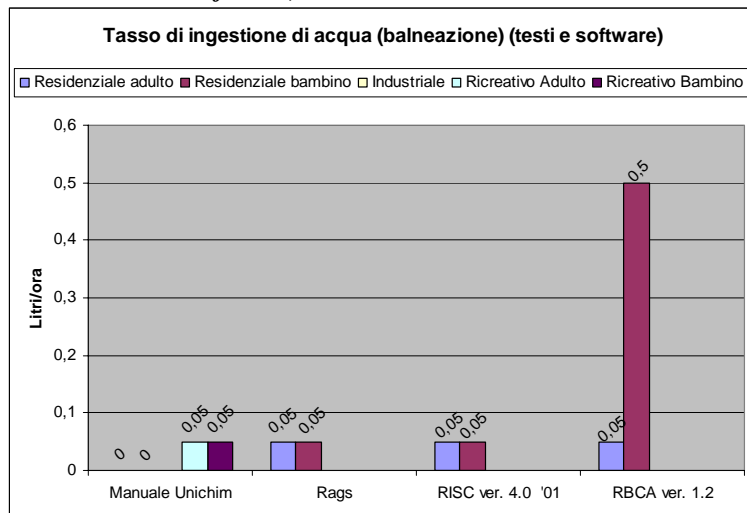
Dalla analisi del grafico emerge che i valori proposti variano in un range compreso tra 7 e 45 giorni/anno.

*Per lo scenario ricreativo adulto e bambino, è stato selezionato il valore più conservativo tra quelli proposti dai testi e software , pari a **45 giorni/anno**.*

Tasso di ingestione di acqua superficiale (IR [litri/ora])

In figura I.31 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.31 - Tasso di ingestione di acqua superficiale (testi e software)



Dalla analisi del grafico emerge che tutti i testi e i software propongono un valore pari a 0,05 litri/ora, ad eccezione del software RBCA ver. 1.2 che per i bambini utilizza un valore pari a 0,5 litri/ora.

*Per lo scenario ricreativo adulto e bambino, coerentemente con quanto proposto dai testi esaminati e ritenendo il dato sufficientemente conservativo, si assume per il tasso di ingestione di acqua superficiale un valore pari a **0,05 litri/ora**.*

I.7. Contatto dermico con acqua superficiale (balneazione)

Questa via di esposizione è presa in considerazione solo da due documenti (Manuale Unichim e RAGS) e da due software (BP-RISC ver. 4.0 e RBCA Tool Kit ver. 1.2).

Frequenza giornaliera di esposizione (EFg [ore/giorno]):

Per tale parametro vale quanto detto in riferimento alla modalità di esposizione ingestione di acqua superficiale.

Frequenza di esposizione (EF [giorni/anno])

Per tale parametro vale quanto detto in riferimento alla modalità di esposizione ingestione di acqua superficiale.

Superficie di pelle esposta (SA [cm²]):

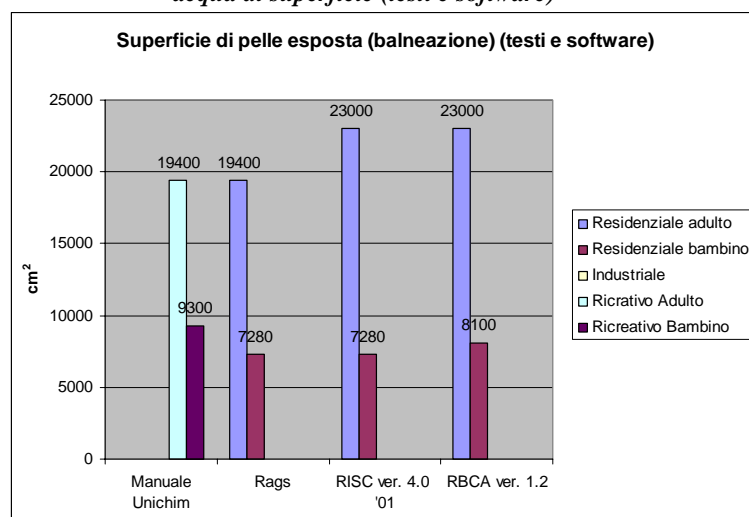
In tabella I.11 si riportano i valori proposti da documento EFH in relazione alla superficie totale di pelle, rispettivamente per adulti e bambini.

Tabella I.11 – Superficie di pelle totale (EFH)

Fascia di esposizione	Valore medio [cm ²]	95° percentile [cm ²]
Adulto	20000	23000
Bambino (0 – 6 anni)	7930	9180
Bambino (6 – 18 anni)	18000	20200

In figura I.32 si riportano i valori proposti dalla bibliografia presa quale riferimento e dai software esaminati.

Figura I.32 - Superficie di pelle esposta al contatto dermico con acqua di superficie (testi e software)



Dalla analisi del grafico sopra riportato è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- **RICREATIVO ADULTO:** I valori proposti sono due e pari a 19400 cm² e a 23000 cm².
- **RICREATIVO BAMBINO:** I valori proposti sono compresi in un range che varia da 7280 a 9300 cm².

*Per lo scenario ricreativo adulto e bambino, coerentemente con quanto proposto dai test e dai software esaminati e dal documento EFH in relazione ai valori medi, ritenendo tali dati sufficientemente attendibili e conservativi, si assume per la superficie di pelle esposta un valore pari a **20000 cm²** per un bersaglio adulto e pari a **7930 cm²** per un bersaglio bambino.*

Coefficiente di permeabilità (PC [cm/ora])

Tale parametro è una proprietà specifica della specie chimica esaminata.