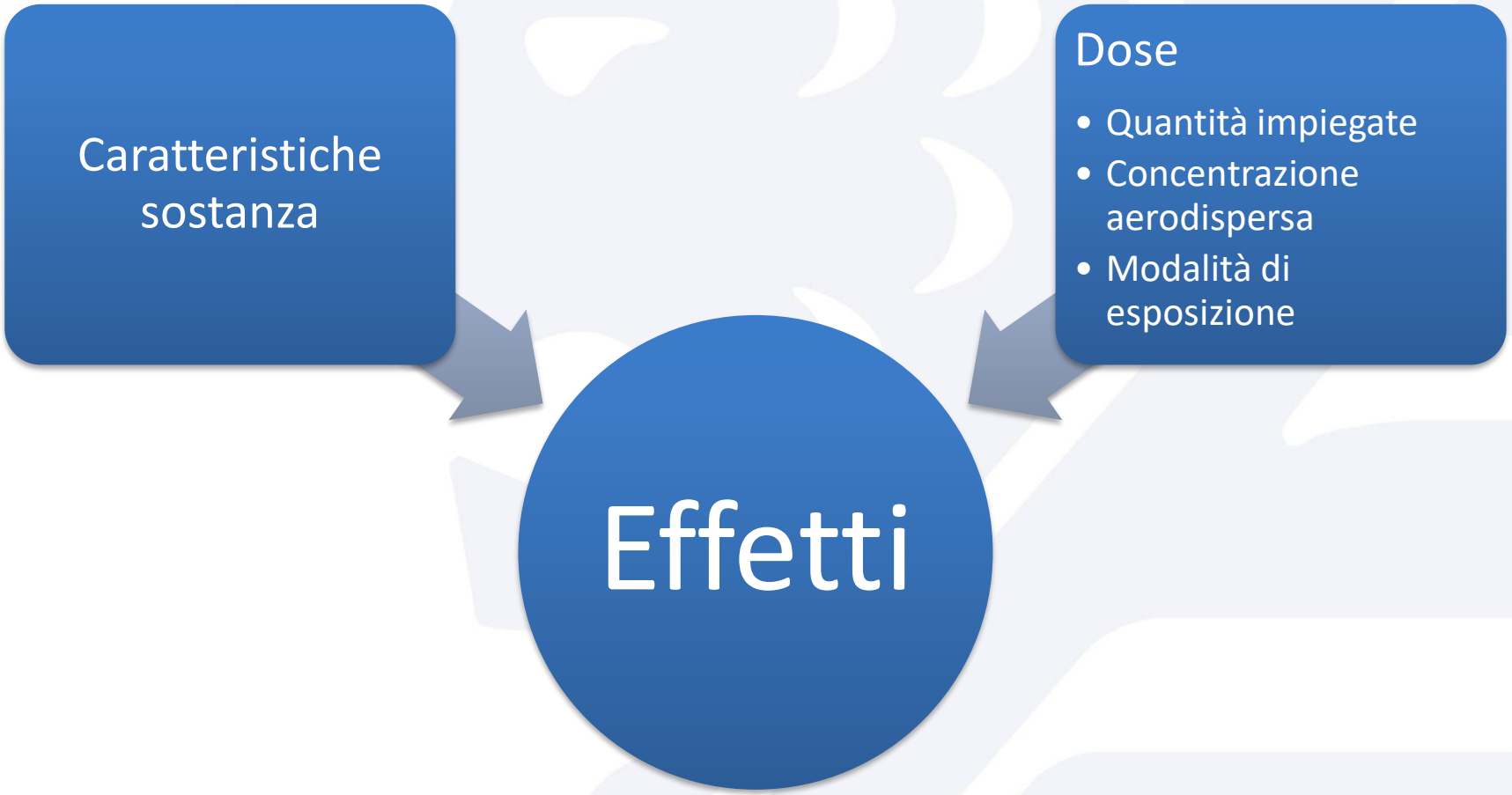
safetyexpo 2026
SICUREZZA SUL LAVORO

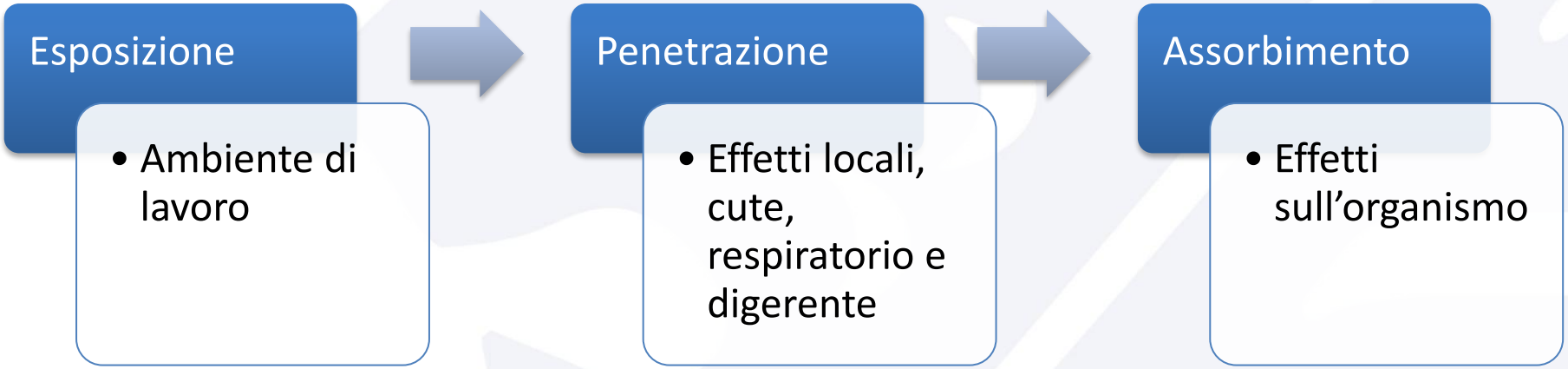
Valutazione del rischio chimico

Novità, metodologie e strumenti operativi

Dott. Stefano Massera
Health & Safety e RSPP Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS
Dott.ssa Carla Gualtieri
Coordinamento editoriale libri e software EPC Editore

Gli effetti dipendono da




Esposizione
• Ambiente di lavoro
Penetrazione
• Effetti locali, cute, respiratorio e digerente
Assorbimento
• Effetti sull'organismo

Meccanismi di azione

Nessun effetto

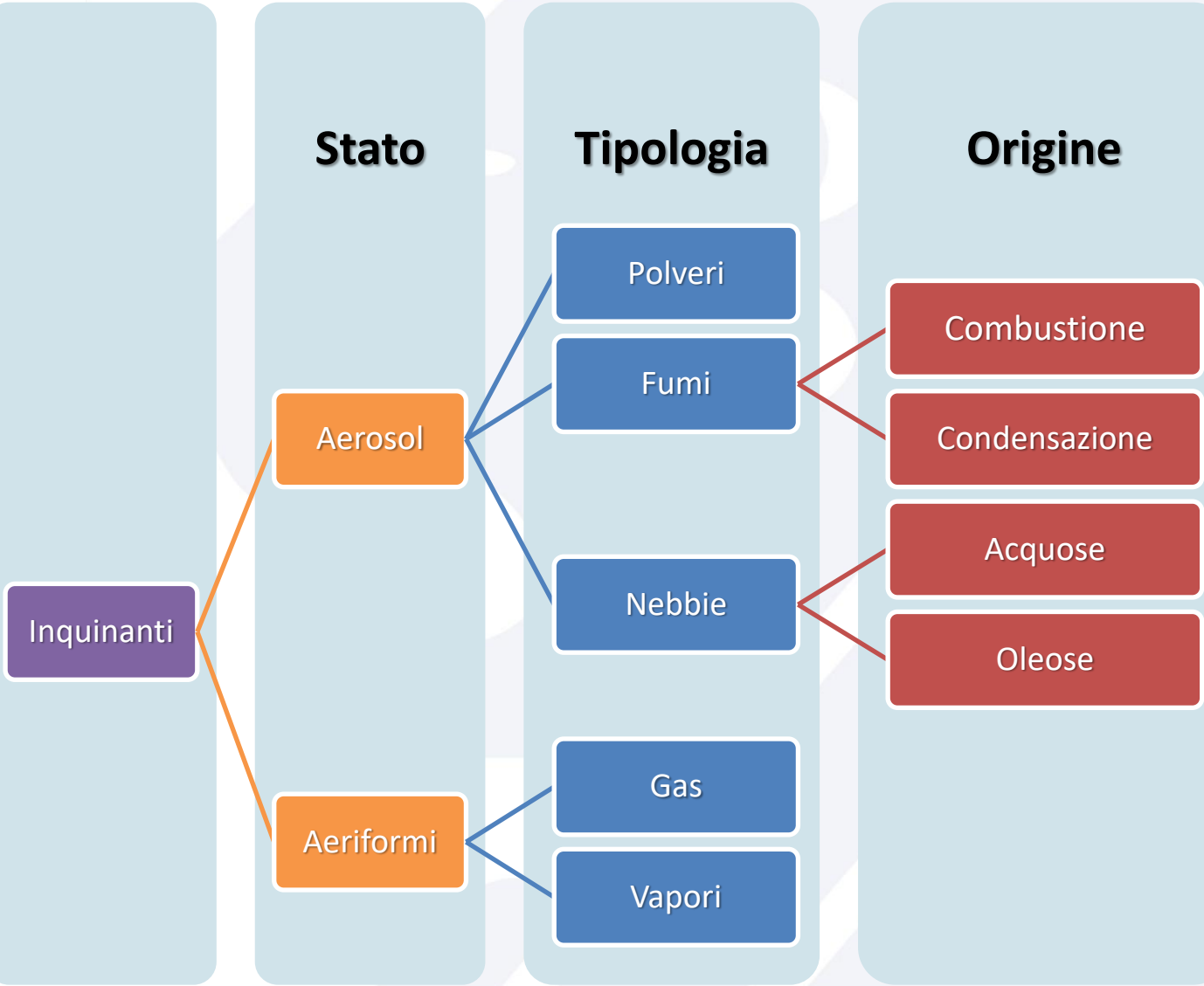
Effetti reversibili

Effetti irreversibili

DOSE

Ipersuscettibilità individuale e interferenze?

CLASSIFICAZIONE CHIMICO-FISICA



Definizioni

Valore limite di esposizione professionale

limite della **concentrazione media ponderata nel tempo** di un agente chimico nell'aria all'interno della zona di respirazione di un lavoratore in relazione ad un determinato periodo di riferimento

Indagini ambientali

Valore limite biologico

limite della concentrazione del relativo agente, di un suo metabolita, o di un indicatore di effetto, nell'appropriato mezzo biologico

Analisi cliniche

Definizioni

AGENTI CHIMICI: tutti gli elementi o composti chimici, sia da soli sia nei loro miscugli, … prodotti intenzionalmente o no e immessi o no sul mercato

Per **Agenti Chimici Pericolosi** si intendono le sostanze e le miscele che, in base alle loro caratteristiche chimiche, chimico-fisiche e tossicologiche, sono classificati in una delle classi di pericolo di cui al **regolamento (CE) n. 1272/2008** del Parlamento europeo e del Consiglio o che, pur non essendo classificabili come pericolosi, comportano un rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori

SOSTANZE **MISCELE**

Agenti chimici che (non classificati come pericolosi) possono comportare un rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori a causa di loro proprietà chimico-fisiche, chimiche o tossicologiche **e** del modo in cui sono utilizzati o presenti sul luogo di lavoro, compresi gli agenti chimici cui è stato assegnato un **valore limite di esposizione professionale**

ETICHETTATURA SECONDO GHS/CLP

Pericoli fisici



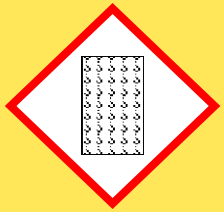
Esplosivo



Gas sotto pressione



Infiammabile



Ossidante



Corrosivo

Pericoli per la salute



Tossico acuto



Gravi effetti per la salute



Effetti più lievi per la salute

Pericoli per l'ambiente



Pericoloso per l'ambiente

Valutazione del rischio

Datore di lavoro

Valuta i rischi prendendo in considerazione …

- proprietà pericolose degli agenti chimici;
- informazioni sulla salute e sicurezza contenute nelle Schede di Sicurezza;
- livello, tipo e durata dell'esposizione;
- circostanze in cui viene svolto il lavoro in presenza degli agenti chimici, compresa la manutenzione e la pulizia;
- valori limite di esposizione professionale o i valori limite biologici;
- effetti delle misure preventive e protettive adottate;
- conclusione tratte da eventuali azioni di sorveglianza sanitaria (se disponibili).

Adotta misure di prevenzione e protezione sulla base dei risultati e utilizza l'agente chimico

Valutazione del rischio



Valutazione del rischio

Rischio basso per la sicurezza

Rischio non basso per la sicurezza

Rischio non irrilevante per la salute

Rischio irrilevante per la salute

- progettazione e organizzazione dei sistemi di lavorazione
- fornitura di attrezzature idonee per il lavoro specifico
- procedure di manutenzione adeguate
- riduzione al minimo degli esposti
- riduzione al minimo della durata e dell'intensità dell'esposizione
- misure igieniche adeguate
- riduzione al minimo della quantità di agenti presenti sul luogo di lavoro
- metodi di lavoro appropriati.

Valutazione del rischio

~~Rischio basso per la sicurezza~~

Rischio non basso per la sicurezza

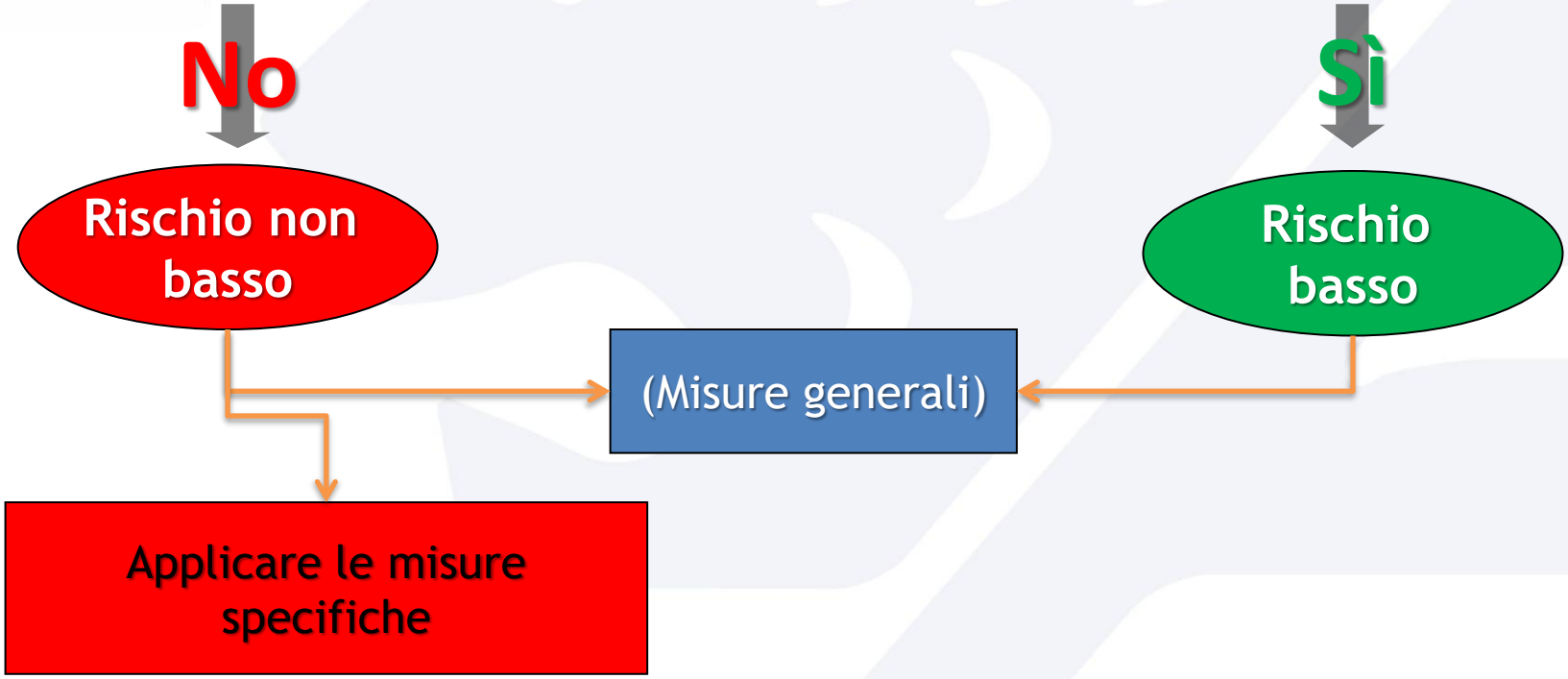
~~Rischio non irrilevante per la salute~~

Rischio non irrilevante per la salute

- Sostituzione degli Agenti chimici o dei processi
- progettazione di appropriati processi lavorativi e controlli tecnici;
- Appropriate misure organizzative e di protezione collettive;
- misure di protezione individuali;
- sorveglianza sanitaria dei lavoratori a norma degli articoli 229 e 230
- Misurazione degli agenti chimici (all. XLI)
- Misure in caso di incidenti o di emergenze (art. 226)
- Informazione e formazione (art. 227)
- Sorveglianza sanitaria (art. 229)
- Cartelle sanitarie e di rischio (art. 230)

Valutazione del rischio - Sicurezza

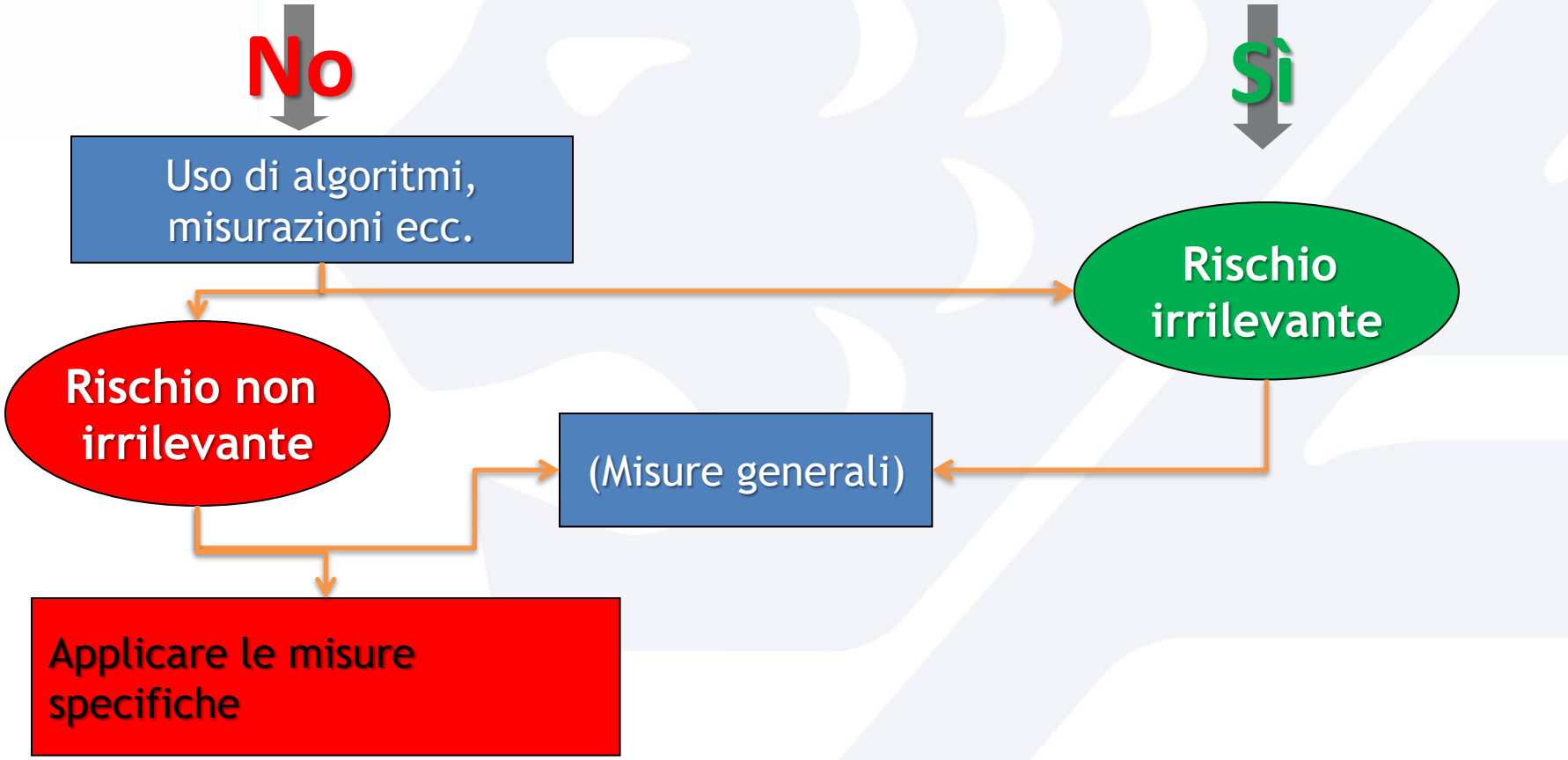
Si può escludere la presenza di concentrazioni pericolose di sostanze infiammabili, esplosive, facilmente infiammabili, comburenti, fiamme libere o fonti di accensione, e il luogo è classificato a basso rischio di incendio?



Le misure generali vanno applicate in ogni caso

Valutazione del rischio - Salute

La natura delle sostanze, usi ecc. ecc. esclude la necessità di un'ulteriore valutazione?



Le misure generali vanno applicate in ogni caso

Valutazione del rischio - Algoritmi

Uso e affidabilità degli algoritmi.

- R = P x M (o Frequenza x Magnitudo. o Pericolo x Esposizione)
- Scala dei valori per P e M modulati su diversi parametri.
  - Frasi di rischio;
  - Tipo di esposizione;
  - Durata dell'esposizione;
  - Misure di prevenzione;
  - ecc.

A ogni fattore è associato un parametro e l'elaborazione conduce a un indice numerico di rischio

Valutazione del rischio - Misure

Uso e affidabilità delle misure ambientali.

- Devono essere rappresentative dell'esposizione
- Si effettuano con riferimento a metodiche standardizzate;
- Confronto con limiti e TLV;
- Fare ricorso a personale qualificato;
- Considerare tutte le possibili vie di esposizione (inalatoria, cutanea…);
- Considerare le interazioni tra agenti diversi.

Le misure ambientali non sostituiscono la valutazione del rischio ma la integrano

TLV: dove si trovano

- In allegato al DLgs 81/08 c'è un elenco di valori limite di esposizione per diversi agenti chimici
- Altre fonti:
  - prima tra tutte i TLV della ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) tradotti in Italia ogni anno da AIDII (associazione italiana degli igienisti industriali)
  - http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/italian.html

I limiti e i TLV seguono il progresso tecnico ed è quindi necessario verificarne gli aggiornamenti a ogni indagine

Valutazione del rischio

- Il **responsabile dell'immissione sul mercato** di agenti chimici pericolosi è tenuto a fornire al datore di lavoro acquirente tutte le ulteriori informazioni necessarie per la completa valutazione del rischio.

SCHEDE DI SICUREZZA COMPLETE E AGGIORNATE

Valutazione del rischio

- Nella valutazione dei rischi il datore di lavoro indica quali **misure per la prevenzione dei rischi** sono state adottate di tipo generale (art. 224) e, ove applicabile, di tipo specifico (art. 225).

INDICAZIONE MISURE DI PREVENZIONE NECESSARIE PER CONTROLLARE IL RISCHIO

Valutazione del rischio

- Nella valutazione medesima devono essere incluse le attività, ivi compresa la **manutenzione e la pulizia, per le quali è prevedibile la possibilità di notevole esposizione** o che, per altri motivi, possono provocare effetti nocivi per la salute e la sicurezza, anche dopo l'adozione di tutte le misure tecniche.

VALUTAZIONE E INDICAZIONE MISURE DI PREVENZIONE PER MANUTENZIONE, PULIZIA, ECC.

Valutazione del rischio

Sostanza/miscela {agente chimico pericoloso 1, agente chimico pericoloso 2,……, agente chimico pericoloso *n* }

↓

Fase lavorativa {miscela 1, miscela 2,……, miscela *n* }

↓

Mansione {fase lavorativa 1, fase lavorativa 2,……, fase lavorativa *n* }

Il livello di rischio irrilevante è quello per il quale **NON SONO NECESSARIE LE MISURE DI PREVENZIONE SPECIFICHE**

NON È POSSIBILE definire irrilevante il rischio ridotto grazie all'attuazione di misure di prevenzione specifiche

Se agente cancerogeno/ mutageno/ tossico per la riproduzione

Non è possibile rischio irrilevante

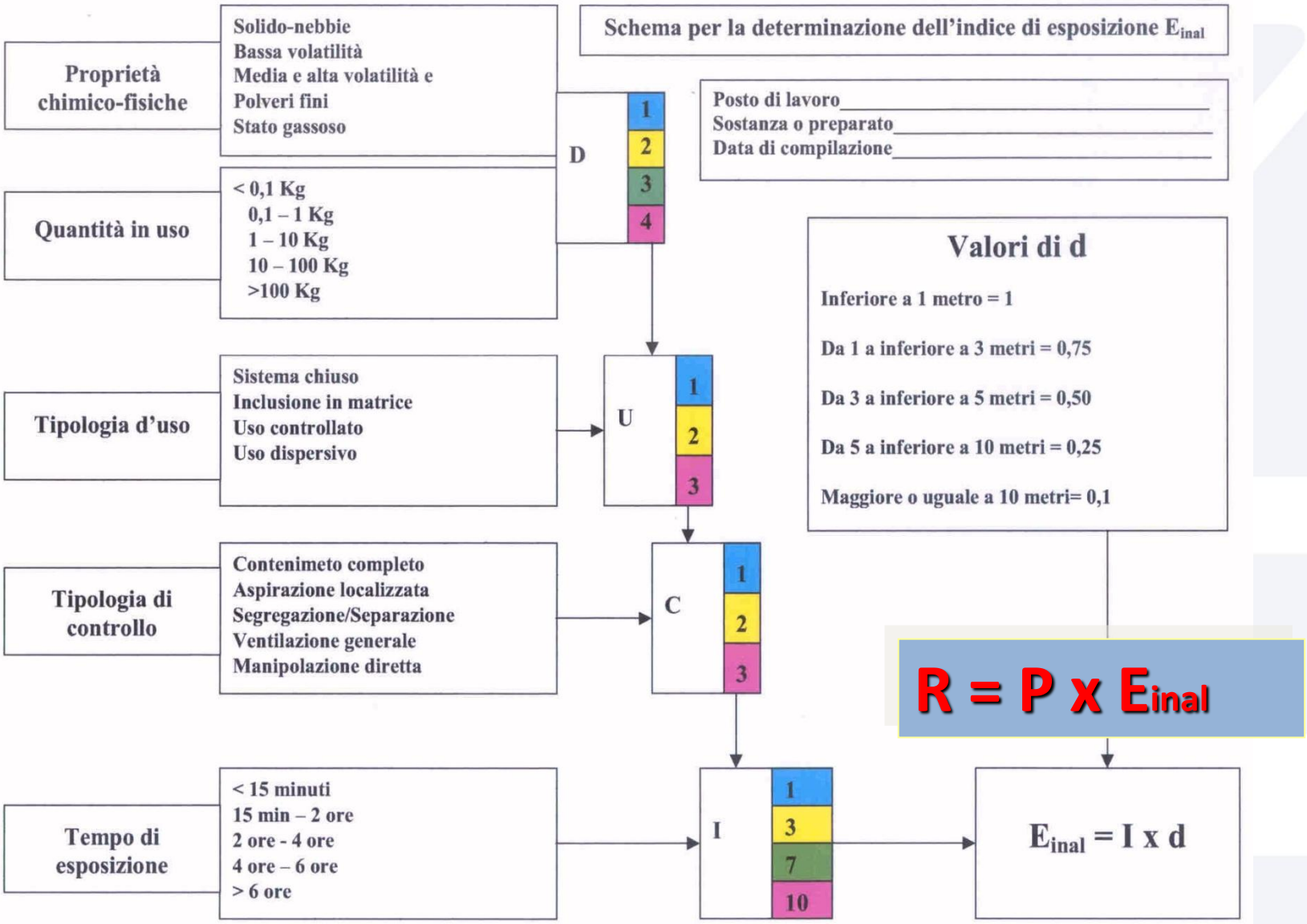
Valutazione preliminare del rischio	Osservazioni e Informazioni documentali - Algoritmi	Rischio IRRILEVANTE
Valutazione approfondita del rischio	Algoritmi Misure ambientali	Rischio IRRILEVANTE o non IRRILEVANTE
Verifica periodica del VLP	Misure ambientali	Rischio non irrilevante

ALGORITMI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO PER SALUTE E SICUREZZA

Algoritmi per la valutazione del rischio chimico

- sono procedure che assegnano un valore numerico ad una serie di fattori o parametri utilizzati per la determinazione del rischio attraverso una relazione matematica e viene definita una scala del rischio

- l'ALGORITMO risulta tanto più efficiente quanto più i fattori individuati ed il loro peso sono strettamente correlati alla reale situazione lavorativa in funzione dello specifico rischio.


Schema per la determinazione dell'indice di esposizione E_{inal}
Posto di lavoro
Sostanza o preparato
Data di compilazione
Proprietà chimico-fisiche
Solido-nebbie
Bassa volatilità
Media e alta volatilità e
Polveri fini
Stato gassoso
D
1
2
3
4
Quantità in uso
< 0,1 Kg
0,1 – 1 Kg
1 – 10 Kg
10 – 100 Kg
>100 Kg
Valori di d
Inferiore a 1 metro = 1
Da 1 a inferiore a 3 metri = 0,75
Da 3 a inferiore a 5 metri = 0,50
Da 5 a inferiore a 10 metri = 0,25
Maggiore o uguale a 10 metri= 0,1
Tipologia d'uso
Sistema chiuso
Inclusione in matrice
Uso controllato
Uso dispersivo
U
1
2
3
Tipologia di controllo
Contenimeto completo
Aspirazione localizzata
Segregazione/Separazione
Ventilazione generale
Manipolazione diretta
C
1
2
3
R = P x Einal
Tempo di esposizione
< 15 minuti
15 min – 2 ore
2 ore - 4 ore
4 ore – 6 ore
> 6 ore
I
1
3
7
10
E_{inal} = I x d

Identificazione dell'indice di Pericolosità P

Il metodo per l'individuazione **dell'indice di pericolo P** si basa sulla classificazione delle sostanze e delle miscele pericolose **(Frasi H)**.

Ad ogni **frase di rischio** (singola o combinata) è stato attribuito un punteggio **(score) da 1 a 10** che tiene conto dei criteri di classificazione delle sostanze e delle miscele pericolose. Si ottiene così un **indice numerico di pericolo** per ogni agente chimico pericoloso impiegato.

Come si valuta la Pericolosità P

Frasi H	TESTO	SCORE
332/312	Nocivo se inalato / a contatto con la pelle	4,5 / 3
331	Tossico se inalato	6
330 cat 1 / 2	Letale se inalato	8,5 / 7,5
360	Può nuocere alla fertilità o al feto	Rischio reprotossico
	Sostanze e miscela non classificati pericolosi e non contenenti sostanze pericolose	1

Fra le proprietà tossicologiche valutate non vi sono le proprietà cancerogene, mutagene e tossiche per la riproduzione.

Giuridicamente per tali agenti non è possibile individuare una soglia di rischio al di sotto della quale il rischio risulta IRRILEVANTE.

Per gli agenti cancerogeni, mutageni e tossici per la riproduzione, quando si parla di valutazione del rischio in realtà ci si riferisce ad una valutazione dell'esposizione.

Determinazione dell'indice di esposizione E_{inal}

L'indice di esposizione per via inalatoria (E_{inal}) viene determinato attraverso il prodotto

$$E_{inal} = I \times d$$

I Intensità dell'esposizione

D Distanza del lavoratore dalla sorgente di intensità I

Indice di esposizione $E_{inal} = I \times d$

Determinazione del Sub-indice I (intensità di esposizione)

Comporta l'uso delle seguenti 5 variabili:

1. **Proprietà chimico-fisiche**
2. **Quantità in uso**
3. **Tipologia d'uso**
4. **Tipologia di controllo**
5. **Tempo di esposizione**

1. Proprietà chimico-fisiche

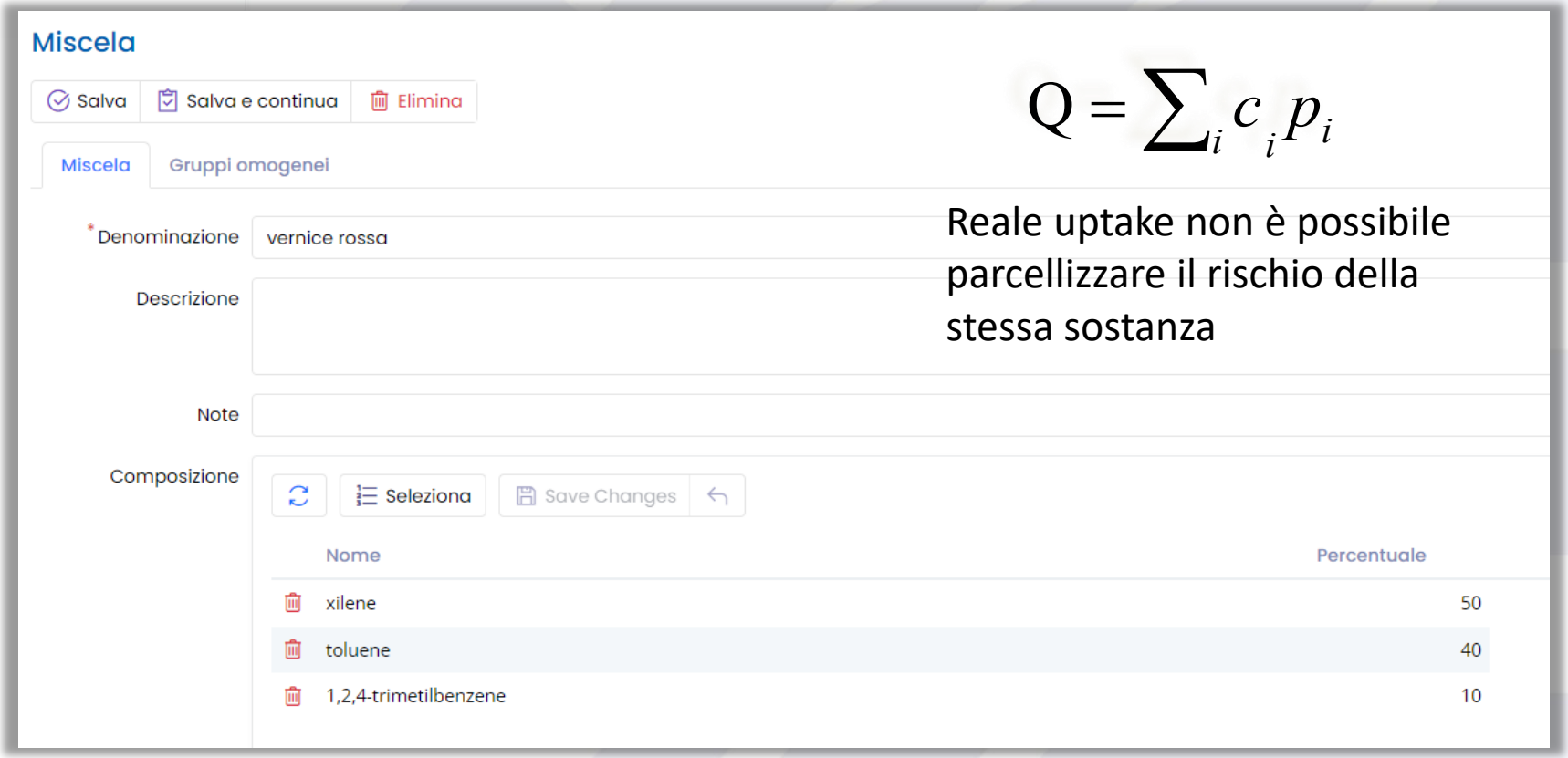
4 livelli in ordine crescente di disponibilità in aria, in funzione della volatilità del liquido e della granulometria delle polveri:

- **Stato solido/nebbie**
- **Liquidi a bassa volatilità**
- **Liquidi ad alta e media volatilità o polveri fini**
- **Stato gassoso**

2. Quantità in uso

- **< 0,1 Kg**
- **0,1 – 1 Kg**
- **1 – 10 Kg**
- **10 – 100 Kg**
- **> 100 Kg**

Quantità totale della stessa sostanza “coesposizioni”



$$Q = \sum_i c_i p_i$$

Reale uptake non è possibile parcellizzare il rischio della stessa sostanza

Proprietà chimico-fisiche	Quantità in uso				
	< 0,1 Kg	0,1 – 1 Kg	1 - 10 Kg	10 – 100 Kg	> 100 Kg
Solido/nebbia	Bassa	Bassa	Bassa	Medio/ Bassa	Medio/ Bassa
Bassa volatilità	Bassa	Medio/ Bassa	Medio/ Alta	Medio/ Alta	Alta
Media/Alta volatilità e Polveri fini	Bassa	Medio/ Alta	Medio/ Alta	Alta	Alta
Stato gassoso	Medio/ Bassa	Medio/ Alta	Alta	Alta	Alta

Valori dell'indicatore di Disponibilità (D)		
Bassa	D	= 1
Medio/Bassa	D	= 2
Medio/Alta	D	= 3
Alta	D	= 4

3. Tipologia d'uso

- **Uso in sistema chiuso:** sostanza usata in reattori o contenitori a tenuta stagna. Trasferimenti con tubazioni stagne.

- **Uso in inclusione in matrice:** sostanza incorporata in materiali che ne limitano o impediscono la dispersione nell'ambiente (es. pellet, dispersione di solidi in acqua, ecc.).

- **Uso controllato e non dispersivo:** lavorazioni che coinvolgono gruppi limitati di lavoratori; adeguati sistemi di controllo.

- **Uso con dispersione significativa:** esposizione incontrollata anche per altri lavoratori e per la popolazione in generale (es. irrorazione fitosanitari, vernici, ecc.).

	Tipologia d'uso			
	Sistema chiuso	Inclusione in matrice	Uso controllato	Uso dispersivo
D 1	Basso	Basso	Basso	Medio
D 2	Basso	Medio	Medio	Alto
D 3	Basso	Medio	Alto	Alto
D 4	Medio	Alto	Alto	Alto

Valori dell'Indicatore d'uso (U)			
Basso	U	=	1
Medio	U	=	2
Alto	U	=	3

4. Tipologia di controllo

- **Contenimento completo:** ciclo chiuso, esposizione trascurabile.
- **Ventilazione – aspirazione locale:** rimozione del contaminante alla sorgente, impedendone la dispersione.
- **Segregazione - separazione:** adozione di metodi e comportamenti adeguati.
- **Diluizione - ventilazione:** naturale o meccanica, richiede monitoraggio continuativo.
- **Manipolazione diretta:** lavoratore opera con DPI a diretto contatto con il materiale pericoloso. Esposizioni possono essere elevate.

	Tipologia di controllo				
	Contenimento completo	Aspirazione localizzata	Segregazione/ Separazione	Ventilazione generale	Manipolazione diretta
U 1	Basso	Basso	Basso	Medio	Medio
U 2	Basso	Medio	Medio	Alto	Alto
U 3	Basso	Medio	Alto	Alto	Alto

Valori dell'Indicatore di Compensazione (C)	
Basso	C = 1
Medio	C = 2
Alto	C = 3

5. Tempo di esposizione

- **Inferiore a 15 minuti.**
- **Tra 15 minuti e 2 ore.**
- **Tra 2 ore e 4 ore.**
- **Tra 4 ore e 6 ore.**
- **Più di 6 ore.**

Il tempo di esposizione si identifica a livello giornaliero, indipendentemente dalla frequenza d'uso. Se la lavorazione comporta l'uso di più agenti chimici, si considera il tempo complessivo che espone a tutti gli agenti chimici pericolosi.

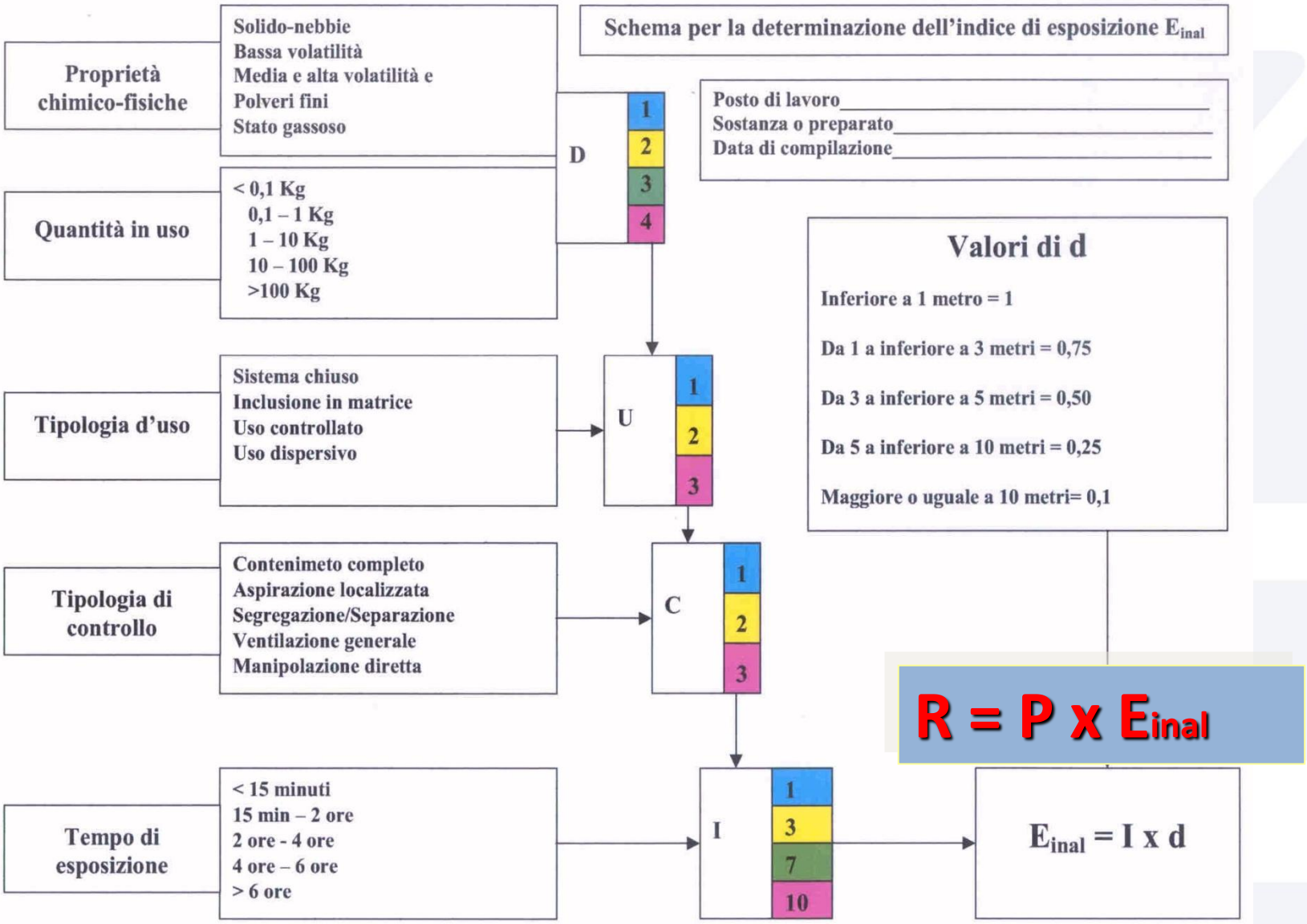
	Tempo di esposizione				
	< 15 minuti	15 minuti – 2 ore	2 ore – 4 ore	4 ore – 6 ore	> 6 ore
C 1	Bassa	Bassa	Medio/ Bassa	Medio/ Bassa	Medio/ Alta
C 2	Bassa	Medio/ Bassa	Medio/ Alta	Medio/ Alta	Alta
C 3	Medio/ Bassa	Medio/ Alta	Alta	Alta	Alta

Valori del Sub-Indice di Intensità (I)	
Bassa	I = 1
Medio/Bassa	I = 3
Medio/Alta	I = 7
Alta	I = 10

Determinazione del Sub-indice d (distanza degli esposti dalla sorgente)

Tiene conto della distanza fra una sorgente di intensità I e il/i lavoratore/i esposto/i:
se sono prossimi alla sorgente (< 1 metro) il sub-indice I resta invariato, mano a mano che aumenta il valore di I deve essere ridotto proporzionalmente.

Distanza	d
Inferiore ad 1 m	1
Da 1 m a 3 m	0,75
Da 3 m a 5 m	0,50
Da 5 m a 10 m	0,25
Maggiore o uguale a 10 m	0,10


Schema per la determinazione dell'indice di esposizione E_{inal}
Proprietà chimico-fisiche
Solido-nebbie
Bassa volatilità
Media e alta volatilità e
Polveri fini
Stato gassoso
D
1
2
3
4
Posto di lavoro
Sostanza o preparato
Data di compilazione
Quantità in uso
< 0,1 Kg
0,1 – 1 Kg
1 – 10 Kg
10 – 100 Kg
>100 Kg
Valori di d
Inferiore a 1 metro = 1
Da 1 a inferiore a 3 metri = 0,75
Da 3 a inferiore a 5 metri = 0,50
Da 5 a inferiore a 10 metri = 0,25
Maggiore o uguale a 10 metri= 0,1
Tipologia d'uso
Sistema chiuso
Inclusione in matrice
Uso controllato
Uso dispersivo
U
1
2
3
Tipologia di controllo
Contenimeto completo
Aspirazione localizzata
Segregazione/Separazione
Ventilazione generale
Manipolazione diretta
C
1
2
3
R = P x Einal
Tempo di esposizione
< 15 minuti
15 min – 2 ore
2 ore - 4 ore
4 ore – 6 ore
> 6 ore
I
1
3
7
10
Einal = I x d

Determinazione dell'indice di esposizione cutanea E_{cute}

1. Tipologia d'uso

2. Livelli di contatto cutaneo

- Nessun contatto.
- Contatto accidentale (non più di 1 volta/giorno).
- Contatto discontinuo (da 2 a 10 contatti/giorno).
- Contatto esteso (più di 10 contatti/giorno).

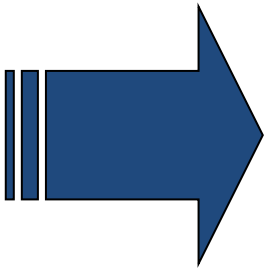
$$R = P \times E_{cute}$$

	Nessun contatto	Contatto accidentale	Contatto discontinuo	Contatto esteso
Sistema chiuso	Basso	Basso	Medio	Alto
Inclusione in matrice	Basso	Medio	Medio	Alto
Uso controllato	Basso	Medio	Alto	Molto Alto
Uso dispersivo	Basso	Alto	Alto	Molto Alto

Valori da assegnare ad E_{cute}	
Basso	$E_{cute} = 1$
Medio	$E_{cute} = 3$
Alto	$E_{cute} = 7$
Molto Alto	$E_{cute} = 10$

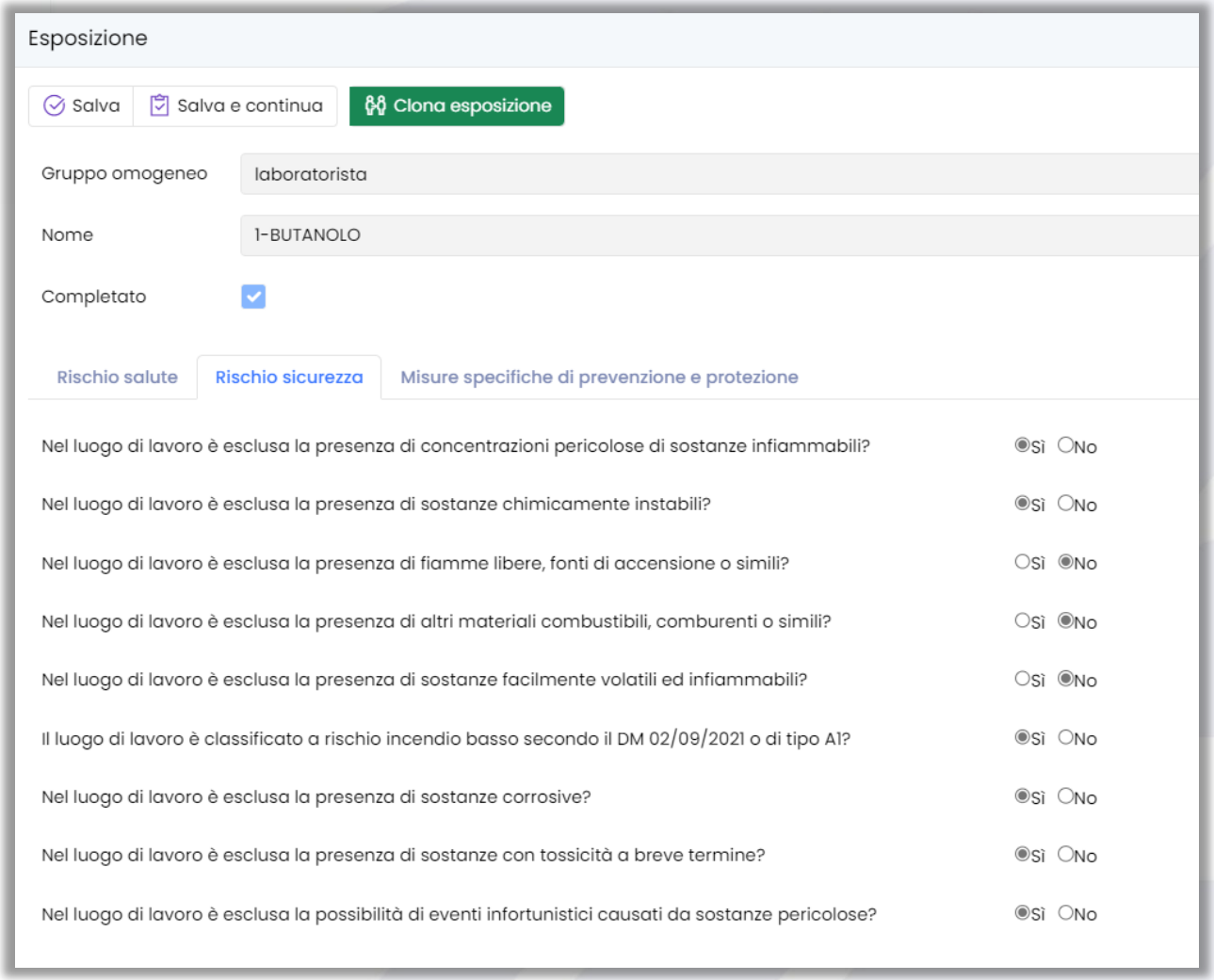
È possibile calcolare il rischio R di esposizione ad agenti chimici pericolosi:

$$R = P \times E$$



Il calcolo deve essere fatto per ogni mansione e per ogni sostanza

Rischio per la sicurezza



EPC SAFETY

Epc safety è la piattaforma CLOUD per valutare i rischi per la salute e la sicurezza in azienda e gestire i relativi adempimenti da qualsiasi dispositivo connesso a internet

www.epcsafety.it