





ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی

ارائه دهنده: دکتر یوسف محمدیان

عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه ای - دانشگاه علوم پزشکی تبریز

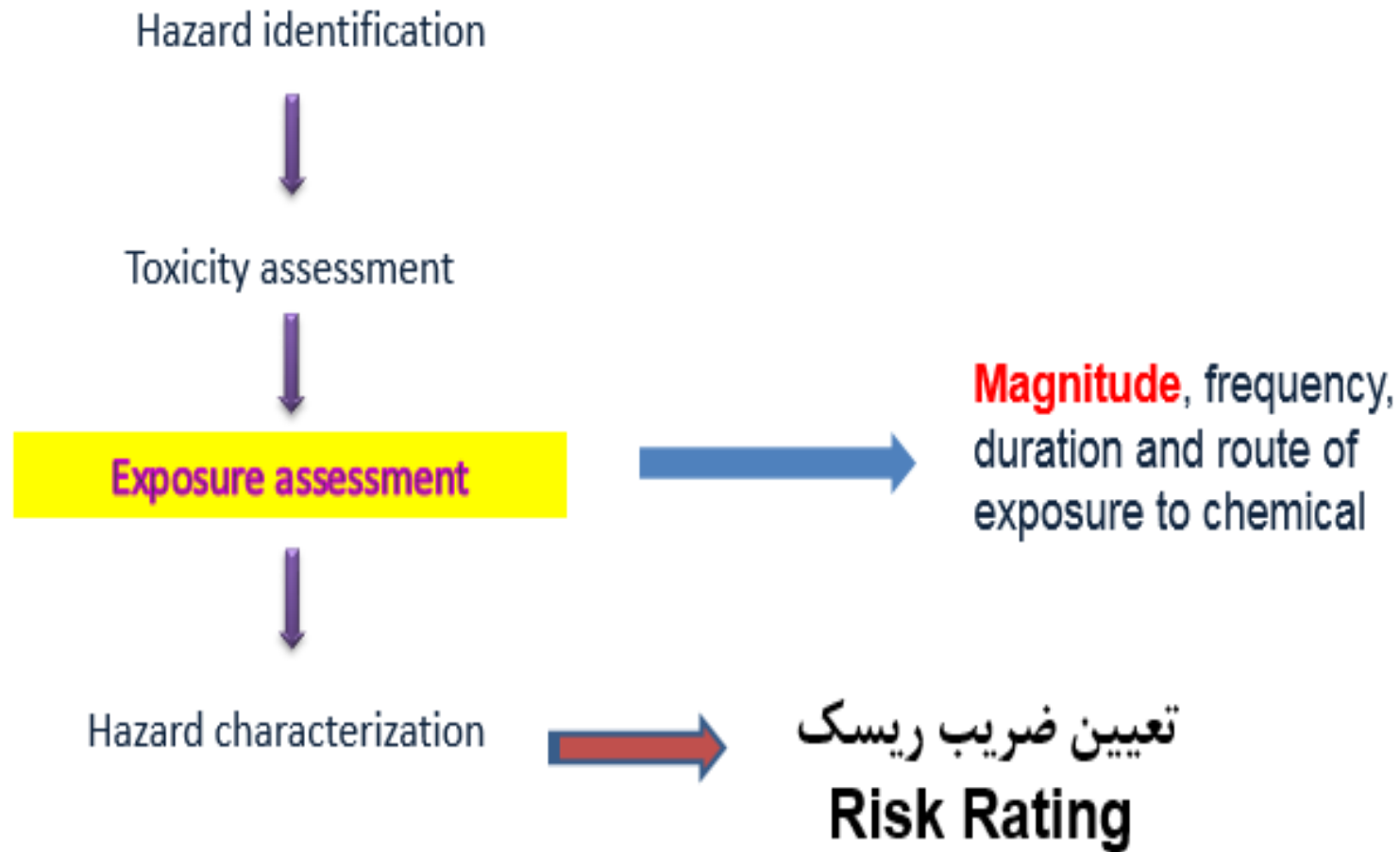


اهداف ارزیابی ریسک مواد شیمیایی

- (۱) شناخت خطرات ناشی از تمام مواد شیمیایی که در محیط کار استفاده، انبار و یا حمل و نقل میشود.
- (۲) ارزیابی میزان مواجهه کارکنان با مواد شیمیایی خطرناک از طریق تنفسی، پوستی و گوارشی
- (۳) ارزیابی میزان کفایت اقدامات کنترلی در دسترس
- (۴) مشخص کردن وظایفی که ریسک بالایی برای سلامتی کارکنان دارند
- (۵) پیشنهاد اقدامات کنترلی مناسب برای حذف یا کاهش ریسک



مراحل ارزیابی ریسک مواد شیمیایی





انواع روش های ارزیابی ریسک

• ارزیابی های ریسک کیفی

- صرفا خطر یک ماده شیمیایی را توصیف کرده
- یا آنرا با بقیه مواد مقایسه می کند
- یا خطرات را صرفا به صورت واژه های کیفی تعریف می کند مثل موتاژن یا سرطانزا

• ارزیابی ریسک نیمه کمی

- مواد خطرناک را به صورت نظامند شناسایی کرده، مواجهه یا احتمال مواجهه را ارزشیابی نموده، ریسک را بر پایه امتیاز آن نسبت به مقادیر عددی واقعی تعیین می نماید.

• ارزیابی های ریسک کمی

- سنجش عددی از ریسک یا ایمنی مواجهه با مواد شیمیایی فراهم می نماید

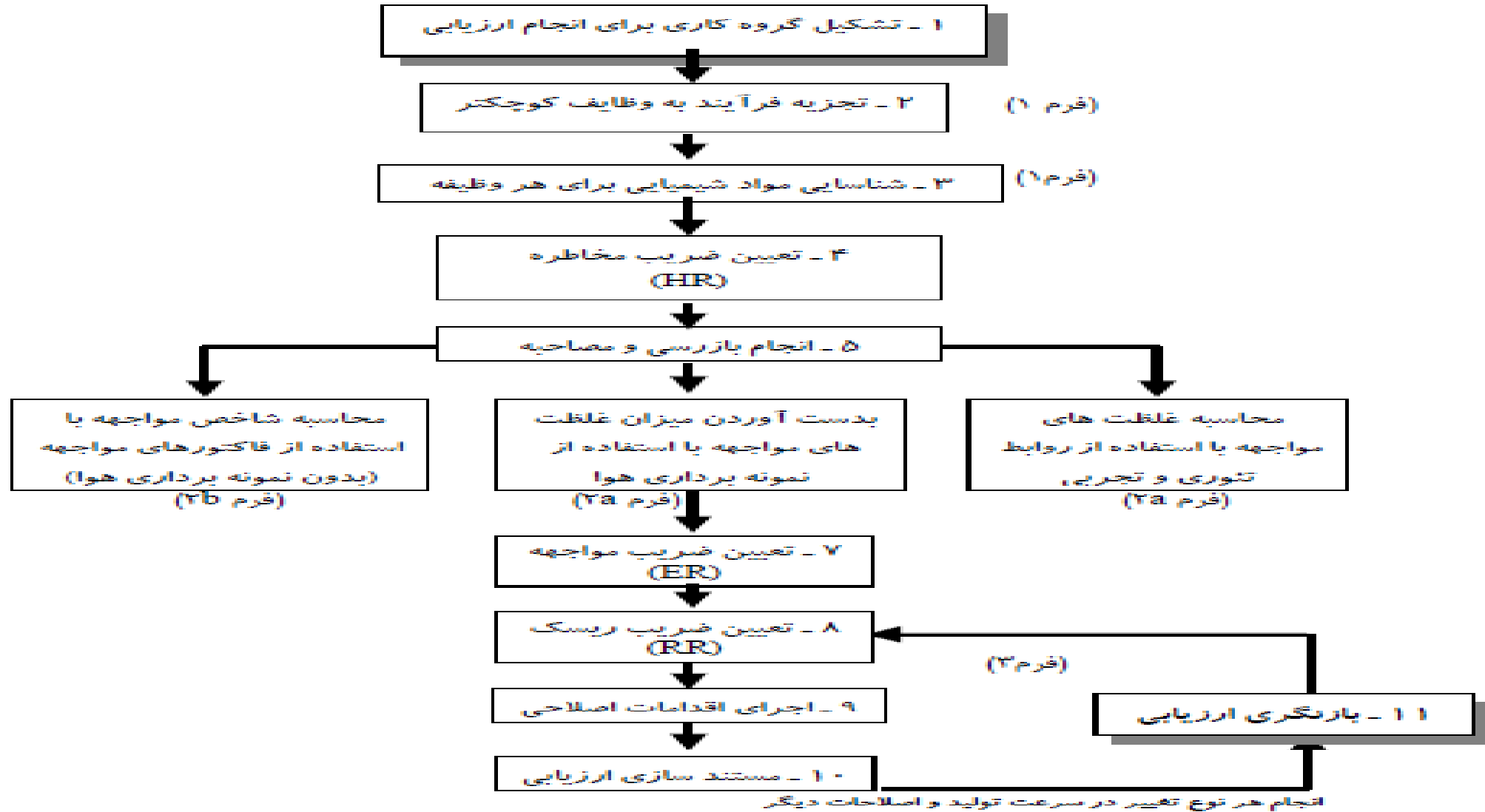


روش ارزیابی نیمه کمی ریسک

- در این روش، ابتدا خطرات ناشی از مواد شیمیایی مشخص، سپس با در نظر گرفتن میزان یا احتمال مواجهه، میزان ریسک محاسبه می گردد
- در مرحله بعد اقدامات کنترلی لازم، برای کاهش ریسکهای مرتبط معرفی و اولویت بندی می شوند.



فلوجارت ۱ - فرایند ارزیابی ریسک





مراحل ۱، ۲ و ۳ شروع ارزیابی ریسک

1. تشکیل گروه کاری: حضور نمایندگان کارفرما و کارگران - کارکنان درگیر در پروسه کاری حتما در گروه حضور داشته باشند.
2. تجزیه فرایند (کارخانه به واحد به فرایند به وظایف به گروه بر اساس موقعیت مکانی)
3. شناسایی مواد شیمیایی



۴. تعیین ضریب مخاطره Hazard Rating

ضریب مخاطره را می توان از دو طریق بدست آورد:

1. از طریق میزان سمیت (سرطان زایی)

2. از طریق دوز کشنده (LD50) و غلظت کشنده (LC50)



طبقه بندی سرطان IARC

Group 1	Sufficient evidence in humans or sufficient evidence in animals and strong mechanistic data in humans
Group 2A	Limited evidence in humans and sufficient evidence in animals
Group 2B	Limited evidence in humans and less than sufficient evidence in animals
Group 3	Inadequate in humans and inadequate or limited in animals
Group 4	Lack of carcinogenicity in humans and in animals



طبقه بندی سرطان زایی IARC

<https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications/>

International Agency for Research on Cancer



IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans

English | Français



[NEWS](#) [MEETINGS](#) [CLASSIFICATIONS](#) [PUBLICATIONS](#) [PREAMBLE](#) [STAFF](#)

You are here: Home / Classifications / List of Classifications / **Volumes 1-114**

LIST OF CLASSIFICATIONS, VOLUMES 1-114

[Return to list of classifications](#)

[List of classifications, Volumes 1-114 \(Excel\)](#)
[List of classifications, Volumes 1-114 \(PDF\)](#)

CAS No.	Agent	Group	Volume	Year	Additional information
50-00-0	Formaldehyde	1	Sup 7, 62, 88, 100F	2012	
50-06-6	Phenobarbital	2B	Sup 7, 79	2001	
50-07-7	Mitomycin C	2B	10, Sup 7	1987	
50-18-0 6055-19-2	Cyclophosphamide	1	26, Sup 7, 100A	2012	
50-29-3	DDT (4,4'-Dichlorodiphenyltrichloroethane)	2A	Sup 7, 53, 113	In prep.	
50-32-8	Benzo[a]pyrene	1	Sup 7, 92, 100F	2012	NB: Overall evaluation upgraded to Group 1 based on mechanistic and other relevant data





۴. تعیین ضریب مخاطره Hazard Rating

ضریب مخاطره	توضیح دسته بندی خطر/تاثیر	مثال از مواد شیمیایی
۱	- بدون تاثیرات نامطلوب بر سلامتی - سرطان زایی A5 (ACGIH) (به پیوست ۲ مراجعه شود) - جزء مواد سمی و مضر نیست	کلرید سدیم، بوتان، بوتیل استات، کلسیم کربنات
۲	- تاثیرات نامطلوب بر مخاط و پوست (بدون شدت زیاد) - سرطان زایی A4 (ACGIH) - ایجاد حساسیت و تحریک برای پوست	استن، بوتان، استیک اسید ۱۰٪، نمک باریم، غبار آلومینیم
۳	- امکان سرطان زایی و جهش زایی در انسان یا حیوان (هنوز اطلاعات کافی در این زمینه ارائه نشده) - سرطان زایی A3 (ACGIH) - گروه 2B (IARC) - ماده خورنده ($5 < \text{pH} < 3$ یا $11 < \text{pH} < 9$) - تحریک تنفسی و جزء طبقه بندی مواد مضر	تولوئن، زایلن، بوتانل، استالدئید، استیک انیدرید، آنبیلین
۴	- احتمال سرطان زایی، جهش زایی و اختلالات ژنتیکی (بر اساس مطالعات انجام شده بر روی موجودات آزمایشگاهی) - سرطان زایی A2 (ACGIH) - گروه 2A (IARC) - گروه B (NTP) - ماده خیلی خورنده ($2 < \text{pH} < 0$ یا $14 < \text{pH} < 11/5$) - ماده سمی	فرمالدئید، کادمیم، متیلن کلراید، اکسید اتیلن، اکریلو نیتریل، ۱-۳ بوتادین
۵	- سرطان زا، جهش زا و بانی اختلالات ژنتیکی در نوزادان - سرطان زایی A1 (ACGIH) - گروه 1 (IARC) - گروه A (NTP) - ماده خیلی سمی	بنزن، سرب، ارستیک، برلیم، وینیل کلراید، جیوه، کریستال سیلیکات



۴. تعیین ضریب مخاطره Hazard Rating

LC ₅₀ جذب شده از راه تنفسی در موش صحرایی (mg/Lit) در ۴ ساعت برای ذرات هوابرد	LC ₅₀ جذب شده از راه تنفسی در موش صحرایی (mg/Lit) در ۴ ساعت برای گاز و بخار	LD ₅₀ جذب شده از راه پوستی در موش صحرایی یا خرگوش (وزن بدن mg/Kg)	LD ₅₀ جذب شده از راه خوراکی در موش صحرایی (وزن بدن mg/Kg)	ضریب مخاطره
< ۵	< ۲۰	< ۲۰۰۰	< ۲۰۰۰	۲
۱ < تا < ۵	۲ < تا < ۲۰	۴۰۰ < تا < ۲۰۰۰	۲۰۰ < تا < ۲۰۰۰	۳
۰/۲۵ < تا < ۱	۰/۵ < تا < ۲	۵۰ < تا < ۴۰۰	۲۵ < تا < ۲۰۰	۴
< ۰/۲۵	< ۰/۵	< ۵۰	< ۲۵	۵





۵. انجام بازرسی و مصاحبه از مسئولان و پرسنل

- مصاحبه با کارگران شاغل با توجه به تجربه کاری و پرس و جو در باره روش اجرایی آنها در حین تعمیر و نگهداری، کمبود نیروی انسانی، تغییر در تعداد افراد یا مقدار تولید و **تاثیر آن بر مواجهه با مواد شیمیایی سمی و مضر**



۶. جمع آوری اطلاعات طول مدت مواجهه و تکرار آن

الف) نتایج پایش هوا قابل دسترسی هستند:

- تعیین طول مدت وظیفه خاص - در صورتیکه طول مدت مواجهه کمتر از ۸ ساعت باشد، تعیین تکرار وظیفه
- در صورتیکه مواجهه همزمان به دو یا چند ماده شیمیایی دارای اثرات مشابه وجود داشته باشد باید تعیین گردد.

ب) نتایج پایش هوا در دسترس نیست:

- فشار بخار یا اندازه ذرات، نسبت آستانه بویایی به حد مجاز مواجهه، میزان کنترل، مقدار ماده شیمیایی مورد مصرف و ساعت کاری (با توجه به جدول شاخص مواجهه (exposure index) تعیین و ثبت می گردد)



۷. تعیین ضریب مواجهه (Exposure Rating)

الف) در صورتیکه سطح مواجهه واقعی مشخص باشد

ب) سطح مواجهه واقعی در دسترس نمی باشد و از شاخص های مواجهه، ضریب مواجهه برآورد می گردد



۷. تعیین ضریب مواجهه

الف) در صورتیکه سطح مواجهه واقعی مشخص باشد:

• محاسبه متوسط وزنی - زمانی هفتگی (TWA_{week}) با رابطه زیر

$$E = \frac{F \times D \times M}{W}$$

که در آن:

E = میزان مواجهه هفتگی (mg/m^3 یا ppm)

F = تکرار مواجهه در هفته (تعداد در هفته)

M = شدت مواجهه (mg/m^3 یا ppm)

W = متوسط ساعت کار در هفته (۴۰ ساعت)

D = متوسط طول مدت هر مواجهه (ساعت)

ضریب مواجهه (ER)	E/PEL
۱	< 0.1
۲	$0.1 - 0.5$
۳	$0.5 - 1.0$
۴	$1.0 - 2.0$
۵	$2.0 \leq$

• در گام دوم از مقایسه میزان مواجهه هفتگی با مقادیر مجاز بلند مدت (PEL)، ضریب مواجهه برآورد می گردد.



۷. تعیین ضریب مواجهه

- محاسبه متوسط وزنی - زمانی هفتگی: با توجه به رابطه ارائه شده در اسلاید صفحه قبل، در صورتیکه طول مدت وظیفه ۸ ساعت در روز باشد ($D=8$) و تکرار آن یکبار در روز و ۵ بار در هفته باشد ($F=5/week$)
- در صورتیکه طول مدت وظیفه ۲ ساعت در روز باشد ($D=2$) و تکرار آن دو بار در روز و ۵ بار در هفته باشد ($F=10/week$)، لحاظ خواهد گردید.



۷. تعیین ضریب مواجهه

• محاسبه متوسط وزنی - زمانی هفتگی برای مواجهه مرکب

$$E_{Combined} = \frac{E_1}{PEL_1} + \frac{E_2}{PEL_2} + \dots + \frac{E_n}{PEL_n}$$



۷. تعیین ضریب مواجهه

ب) سطح مواجهه واقعی در دسترس نمی باشد و از شاخص های مواجهه (EI)، ضریب مواجهه برآورد می گردد

$$ER = [(EI)_1 \times (EI)_2 \times \dots \times (EI)_n]^{\frac{1}{n}}$$

• که در آن:

n = تعداد فاکتور های مواجهه استفاده شده است

شاخص های مواجهه در یک مقیاس عددی از ۱ تا ۵ و به ترتیب افزایش شدت مواجهه درجه بندی شده اند، به این معنی که عدد ۱ شدت مواجهه خیلی پایین، عدد ۵ خیلی بالا و عدد ۳ متوسط را نشان می دهد.



۷. تعیین ضریب مواجهه

د	س	ب	ا	۱	شاخص مواجهه فاکتور مواجهه
$1000 < \text{mmHg}$	$100 - 1000 \text{ mmHg}$	$1 - 10 \text{ mmHg}$	$0.1 - 1 \text{ mmHg}$	$< 0.1 \text{ mmHg}$	فشار بخار یا فشار آئرو دینامیکی ذره
ماده خشک و ذرات ریز و پودری میکرون < 10	ماده خشک و ذرات ریز $10 - 1000$ میکرون	ماده خشک و ذرات یا قطر کمتر از 100 میکرون	قطر بزرگ و ماده خشک	قطر بزرگ، توده یا ماده مرطوب	
$2 <$	$1 - 2$	$0.5 - 1$	$0.1 - 0.5$	< 0.1	نسبت آستانه برای OT حد مجاز مواجهه PPE
کلاً بدون کنترل محیط پرفشارتر	کنترل تا کافی، محیط پر فشار	کنترل کافی بدون نگهداری فشار متوسط	کنترل کافی یا نگهداری نامنظم	کنترل کافی یا نگهداری منظم	میزان کنترل آلاینده
مقدار متوسط کارگران آموزش ندیده برای حمل و کار $1000 <$ کیلوگرم یا لیتر	مقدار زیاد کارگران آموزش دیده برای حمل و کار $1000 - 10000$ کیلوگرم یا لیتر	مقدار متوسط کارگران آموزش دیده برای حمل و کار $100 - 1000$ کیلوگرم یا لیتر	مقدار کم مصرف $1 - 10$ کیلوگرم یا لیتر	اضرب مقدار ناچیز 1 کیلوگرم یا لیتر	مقدار ماده مورد مصرف در هفته
$22 - 40$ ساعت	$22 - 24$ ساعت	$16 - 24$ ساعت	$8 - 16$ ساعت	< 8 ساعت	ساعات کاری در هفته





۷. تعیین ضریب مواجهه (مثال برای تعیین ضریب مواجهه با استفاده از شاخص و فاکتورهای مواجهه)

مثال:

گرد و غبار ریز پودر سیلیس ($EI=5$) در حین عملیات وزن کشی تولید می‌شود و این وظیفه به مدت یک ساعت در روز و ۷ ساعت در هفته ($EI=1$) انجام می‌شود. بر اساس بازرسی‌های بصری گرد و غبار متوسطی در محیط وجود دارد ($EI=3$). مقدار استفاده شده کم است ($EI=2$)، مطلوب است مقدار ضریب مواجهه (ER).

$$ER = [(EI)_1 \times (EI)_2 \times \dots \times (EI)_n]^{\frac{1}{n}}$$

$$ER = [5 \times 3 \times 2 \times 1]^{\frac{1}{4}}$$

$$ER = 2.3$$



۱. تعیین ضریب ریسک

پس از تعیین ضریب مخاطره (مرحله چهارم - Hazard Rating) و ضریب مواجهه (مرحله هفتم - Exposure Rating)، ضریب ریسک طبق رابطه زیر بدست میآید:

$$RR = \sqrt{HR \times ER}$$

رتبه	ضریب ریسک
ناچیز	۰-۱/۷
کم	۱/۷-۲/۸
متوسط	۲/۸-۳/۵
زیاد	۳/۵-۴/۵
خیلی زیاد	۴/۵-۵

که در آن:

RR = ضریب ریسک

HR = ضریب مخاطره

ER = ضریب مواجهه



مرحله ۹- اجرای اقدامات اصلاحی

۱- ریسک ناچیز

- پایان ارزیابی
- ارزیابی مجدد هر ۵ سال یکبار

۲- ریسک کم

- حفظ کنترل موجود
- انجام غیر مستمر نمونه برداری هوا (در صورت نیاز)
- ارزیابی مجدد هر ۴ سال یکبار

۳- ریسک متوسط

- تکمیل و حفظ کنترل موجود
- انجام مستمر نمونه برداری هوا (در صورت نیاز)
- آموزش کارگران در صورت لزوم
- ارزیابی مجدد هر ۳ سال یکبار



مرحله ۹- اجرای اقدامات اصلاحی

۴- ریسک زیاد

- تکمیل کنترل های مهندسی موثر
- انجام نمونه برداری
- آموزش کارگران
- تهیه وسایل حفاظت فردی مناسب نظیر عینک ، دستکش و ...
- توسعه و تکمیل ایمنی فنی و تصحیح روشهای انجام کار
- تنظیم دستورالعمل های شرایط اضطراری و کمک های اولیه
- ارزیابی مجدد بعد از انجام مراحل فوق



مرحله ۹- اجرای اقدامات اصلاحی

۵- ریسک خیلی زیاد

- تکمیل کنترل های مهندسی موثر

آموزش کارگران

-- تهیه وسایل حفاظت فردی مناسب نظیر عینک ، دستکش و ...

- توسعه و تکمیل ایمنی فنی و تصحیح روشهای انجام کار

- تنظیم دستورالعمل های شرایط اضطراری و کمک های اولیه

- ارزیابی مجدد (ارزیابی دقیق) بعد از انجام مراحل فوق



مرحله ۱۰ – مستند سازی ارزیابی

تمام ارزیابی بایستی بخوبی در فرم های مربوطه ثبت و ب صورت نوشته شوند . مستندات بایستی به صورت مختصر و خلاصه باشند و در آنها به موارد زیر اشاره شود :

- ۱- نام اعضای تیم ارزیابی
- ۲- توصیف واحد کاری
- ۳- تعداد افراد درگیر و شاغل
- ۴- محدوده کاری و زمان
- ۵- لیست کاملی از مواد استفاده و تولید شده و آیا شناسنامه ایمنی مواد در دسترس است
- ۶- اطلاعاتی در مورد مخاطرات
- ۷- خلاصه فرایندها
- ۸- شناسایی ریسک ها
- ۹- یک جمع بندی در مورد ریسک ها
- ۱۰- پیشنهادات
- ۱۱- امضاء ، تاریخ و نظر تیم ارزیابی
- ۱۲- امضاء ، تاریخ و نظر کارفرما در مورد تایید ارزیابی



مرحله ۱۱ – بازنگری ارزیابی

• در صورت تحقق یکی از شرایط زیر ، بازنگری ارزیابی مورد نیاز است :

- ایجاد تغییرات در مقدار تولید ، مواد اولیه ، محصولات ، فرآیند ها و اقدامات کنترلی
- وجود گزارشی مبنی بر بیماری ناشی از کار در واحد های کاری
- وقوع حادثه یا رویداد در اثر کنترل نامطلوب
- پایش های محیطی و فردی نشان دهنده نقص سیستم کنترل
- صدور گزارش جدید در رابطه با میزان سمیت ، خواص شیمیایی و حد مجاز مواجهه مواد
- ارائه فن آوری جدید در زمینه سیستم کنترل



مثال ارزیابی ریسک نیمه کمی

نتایج ارزیابی ریسک نیمه کمی در شرکت داروسازی ابوریحان :

تولون	ماده پارامتر
۶	طول مدت مواجهه
۵	تکرار مواجهه
۸	شدت مواجهه
N	مواد شیمیایی با تاثیر مشابه
۶	میزان مواجهه
۲	ضریب مواجهه

$$\frac{E}{PEL} = \frac{6}{50} = 0.12 \longrightarrow ER = 2$$



مثال ارزیابی ریسک نیمه کمی

اقدامات اصلاحی	رتبه ریسک	میزان ریسک	ضریب مواجهه	ضریب مخاطره	ماده شیمیایی	فرایند
- حفظ کنترل موجود - انجام غیر مستمر نمونه برداری هوا (در صورت نیاز) - ارزیابی مجدد هر ۴ سال یکبار	کم	۲/۴	۲	۳	تولوئن	سالن چاپ

XXX با توجه به جدول ضریب ریسک مواجهه با تولوئن دارای ریسک کم می باشد . و باید با توجه به میزان ریسک طبق توصیه های کنترلی ذکر شده عمل کرد .



ارزیابی ریسک کمی

- ارزیابی ریسک غیر سرطان زایی
- ارزیابی ریسک سرطان زایی



IRIS Database for Risk Assessment of carcinogens and non-carcinogens

- <https://www.epa.gov/iris>

The screenshot shows the EPA website's IRIS section. At the top, there is a navigation bar with 'Environmental Topics', 'Laws & Regulations', and 'About EPA', along with a search bar for 'EPA.gov'. Below this is the 'Integrated Risk Information System' header. The main content area features a large banner for the 'IRIS Program Outlook Document Released' with a sub-link for the 'Dec 2018: IRIS Program Outlook Document'. To the right is a 'Staying Connected' section with links to 'How IRIS connects with you' and 'How you can connect with IRIS', and a 'Get email alerts' sign-up form. Below the banner is a paragraph about EPA's mission and the IRIS program. At the bottom, there are three columns: 'Basic Information' with links to 'Learn About IRIS', 'Guidance & Tools', and 'IRIS Process'; 'IRIS Assessments' with links to 'Browse A to Z List of Chemicals', 'Browse by Organ/System', and 'Assessments in Development'; and a 'Search IRIS' box with a search input field and the text 'By Chemical, CASRN, or Keyword' and 'Search the IRIS database of final assessn'.





IRIS Database for Risk Assessment of carcinogens and non-carcinogens


	Chemical Name	CASRN	Last Significant Revision*	IRIS Summary	Tox Review/ Support Document	Literature Screening Review	Critical Effect Systems	Tumor Site
1	Acenaphthene	83-32-9	Nov-01-1990	(PDF 7 pp, 89 K)	Not Available	No	Hepatic	None
2	Acenaphthylene	208-96-8	Jan-01-1991	(PDF 6 pp, 82 K)	Not Available	No	None	None
3	Acephate	30560-19-1	May-01-1989	(PDF 13 pp, 114 K)	Not Available	Yes	Nervous	Hepatic
4	Acetaldehyde	75-07-0	Oct-01-1991	(PDF 20 pp, 147 K)	Not Available	No	Nervous Respiratory	Respiratory
5	Acetochlor	34258-82-1	Sep-01-1993	(PDF 14 pp, 126 K)	Not Available	Yes	Hematologic Hepatic Nervous Reproductive Urinary	None
6	Acetone	67-64-1	Jul-31-2003	(PDF 28 pp, 0.23 M)	(PDF 83 pp, 1.19 M)	No	Urinary	None
7	Acetonitrile	75-05-8	Mar-03-1999	(PDF 23 pp, 183 K)	(PDF 33 pp, 144 K)	No	None	None
8	Acetophenone	98-86-2	Feb-01-1991	(PDF 22 pp, 183 K)	Not Available	Yes	None	None






[Reference Dose for Oral Exposure \(RfD\) \(PDF\)](#) (45 pp, 261 K)

Last Updated: 04/17/2003

System ▲	RfD (mg/kg-day) ▼	Basis ▼	PoD ▼	Composite UF ▼
 Immune	4×10^{-3}	Decreased lymphocyte count	BMDL : 1.2 mg/kg-day	300

[Reference Concentration for Inhalation Exposure \(RfC\) \(PDF\)](#) (45 pp, 261 K)

Last Updated: 04/17/2003

System ▲	RfC (mg/m ³) ▼	Basis ▼	PoD ▼	Composite UF ▼
 Immune	3×10^{-2}	Decreased lymphocyte count	BMCL : 8.2 mg/m ³	300





[Quantitative Estimate of Carcinogenic Risk from Oral Exposure \(PDF\)](#)

(45 pp, 261 K)

Oral Slope Factor: 1.5×10^{-2} per mg/kg-day

Drinking Water Unit Risk: 4.4×10^{-7} per $\mu\text{g/L}$

Extrapolation Method: Linear extrapolation of human occupational data

Tumor site(s): Hematologic

Tumor type(s): Leukemia (Rinsky et al., 1981, 1987 Paustenbach et al., 1993

Crump, 1994 U. S. EPA, 1998 U.S. EPA, 1999)

Oral Slope Factor: 5.5×10^{-2} per mg/kg-day

Drinking Water Unit Risk: 1.6×10^{-6} per $\mu\text{g/L}$

Extrapolation Method: Linear extrapolation of human occupational data

Tumor site(s): Hematologic

Tumor type(s): Leukemia (Rinsky et al., 1981, 1987 Paustenbach et al., 1993

Crump, 1994 U. S. EPA, 1998 U.S. EPA, 1999)

[Quantitative Estimate of Carcinogenic Risk from Inhalation Exposure \(PDF\)](#)

(45 pp, 261 K)

Inhalation Unit Risk: 2.2×10^{-6} per $\mu\text{g/m}^3$

Extrapolation Method: Low-dose linearity utilizing maximum likelihood estimates

Tumor site(s): Hematologic

Tumor type(s): Leukemia (Rinsky et al., 1981, 1987 Paustenbach et al., 1993

Crump and Allen, 1984 Crump, 1992, 1994 U.S. EPA, 1998)

Inhalation Unit Risk: 7.8×10^{-6} per $\mu\text{g/m}^3$

Extrapolation Method: Low-dose linearity utilizing maximum likelihood



ارزیابی ریسک غیر سرطان زایی

- جهت ارزیابی ریسک غیر سرطان زایی بر اساس روش پیشنهاد شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، از غلظت مرجع (Rfc)، غلظتی از آلاینده که هیچ گونه اثرات نامطلوب سلامتی ندارد، استفاده خواهد شد. برای تعیین سطح ریسک غیر سرطان زایی از رابطه زیر استفاده خواهد گردید:
- $HQ = EC/Rfc$
- در این رابطه EC میزان مواجهه مزمن با آلاینده های هوا بر حسب mg/m^3 می باشد.



ارزیابی ریسک غیر سرطان زایی

- بر اساس راهنمای ارزیابی ریسک سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا، EC از رابطه زیر بدست می آید:

$$EC = \frac{CA \times ET \times EF \times ED}{AT} \cdot$$

- که پارامتر های این فرمول عبارتند از:
- CA: غلظت آلاینده های هوا
- EC: غلظت آلاینده در هوا بر حسب mg/m^3
- ET: زمان مواجهه (ساعت در روز)
- EF: تناوب مواجهه (روز در سال)
- ED: طول مدت مواجهه بر حسب سال
- AT: $ED \times 365 \frac{\text{day}}{\text{year}} \times 24 \text{hour}$



ارزیابی ریسک غیر سرطان زایی

- اگر میزان HQ برابر یا کمتر از یک باشد ریسک غیر سرطان زایی وجود ندارد ولی در صورتی که HQ بزرگتر از یک باشد ریسک غیر سرطان زایی وجود دارد.
- برای اثرات غیر سرطان زایی بر اساس **پیامد مشترک** ریسک تجمعی از طریق رابطه زیر محاسبه خواهد شد:
- $$\text{Hazard Index(HI)} = \text{HQ1} + \text{HQ2} + \text{HQ3} + \dots$$
- در صورتیکه $\text{HI} < 1$ باشد اثرات غیرسرطانی قابل تصور نمی باشد.



ارزیابی ریسک سرطان زایی

- جهت تعیین ریسک سرطان زایی بر اساس روش پیشنهادی EPA بدین ترتیب خواهد بود.
- **Excess Lifetime Cancer Risk(ELCR): $URL \times EC$**
URL= سطح ریسک واحد
- EC= میزان مواجهه با آلاینده



ارزیابی ریسک کمی سرطان برای ترکیب بنزن (برای غلظت فرضی)

- طبق معادله ارائه شده برای ریسک ابتلا به سرطان، در صورتیکه پیش فرض ما برای شرایط مواجهه بصورت ۸ ساعت مواجهه با غلظت ۰/۵ ppm ($1595 \mu\text{g}/\text{m}^3$) بنزن در روز برای ۳۰۰ روز کاری در سال و ۳۰ سال مواجهه در عمر کاری منظور گردد، میزان دریافت افراد به شرح ذیل خواهد بود:

$$I = \frac{(1595 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 8\text{hr}/\text{day} \times 300\text{day}/\text{year} \times 30\text{year})}{70\text{year} \times 365\text{day} \times 24\text{hr}} = 187.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

و لذا ریسک ابتلا به سرطان برابر خواهد بود با:

$$\text{cancer risk} = I(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{cancer unit risk factor}(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1} = 187.27 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 2.9 \times 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1} = 0.0054$$

طبق نتیجه حاصل از فرمول فوق، با توجه به مشخصات مواجهه، ریسک سرطان ۵ نفر به ازای ۱۰۰۰ نفر پیش بینی می گردد.



Thank You