ارزیابی پیامد حوادث فرایندی به کمک نرم افزار PHAST 7.2

ترم ۹۶۱

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مقدمه و معرفی

باروم نمره از ترم 961

- ارائه پارامترهای نرم افزار ۵ نمره
  - Input
  - Parameters
  - Reports
- پارامترها در امتحان ۵ نمره
- حل مساله با نرم افزار در امتحان ۵ نمره
- پایانترم (از کتاب حل دستی مساله) ۵ نمره

Dispersion

Discharge

Explosion

Bleve

Fires

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

سئوالات مهم

- آیا با استناد به این نرم افزار می توان مقاله علمی ISI منتشر کرد؟
- آیا این نرم افزار در صنعت هم مورد استفاده قرار می گیرد؟ حوادثی مثل آتش سوزی پتروشیمی بوعلی را می توان با این نرم افزار تحلیل کرد؟
- در مجموعه مباحث مربوط به ایمنی این نرم افزار چه جایگاهی دارد؟
- چه حوادثی را می توان با این نرم افزار تحلیل کرد چه حوادثی را نمی توان؟
- ازیابی پیامد مبتنی بر چه اصولی است؟
- با این نرم افزار ارزیابی ریسک هم می توان انجام داد؟
- الگوریتم کار با این نرم افزار چگونه است؟
- حل چند مثال واقعی با این نرم افزار

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

سئوالات مهم

- با توجه به وجود سناریوهای مختلف، در چه شرایطی باید از آنها استفاده کرد؟
- حسن استفاده از تجهیزی مثل لوله بلند به جای مخزن تحت فشار در چیست؟
- هر تجهیز چه ملاحظات و شروطی برای استفاده دارند؟
- آتش سوزی در انبار چگونه در نر م افزار مدل میشود؟
- آیا BLEVE از پیامدهای قابل پیش بینی نرم افزار هست یا خودمان باید مدل کنیم؟
- آیا امکان ورود نقشه در مقیاس جغرافیایی وجود دارد؟

سئوالات مهم (پیشرفته تر)

- در بررسی پیامد سمیت کی از معیارهای ERPG، IDLH، TLV-STEL، TLV-TWA و PEL و کی از معیارهای LD50 و Probit استفاده می‌گردد؟
- آیا همیشه نتایج روی نقشه در مسیر باد رسم می شود؟
- در این نرم افزار چگونه می توان اثر دیواره Dike Wall را بررسی نمود؟
- در این نرم افزار چگونه می توان اثر ناهمواری های سطح را بررسی نمود؟
- در این نرم افزار چگونه می توان اثر سمیت مواد داخل ساختمان بر محیط بیرون را بررسی نمود؟
- در این نرم افزار چگونه می توان اثر موانع بر کاهش قدرت انفجار را بررسی نمود؟
- چگونه می توان از این نرم افزار در پهنه بندی خطر یک منطقه استفاده کرد؟

سئوالات مهم (پیشرفته تر)

- چگونه می توان از این نرم افزار در مورد تعیین مرز سایت و فاصله اثر پذیر آن و حریم ایمنی استفاده کرد؟
- چگونه می توان از نرم افزار در مورد تعیین اقدامات کنترلی لازم جهت ارتقای ایمنی در سایت استفاده کرد؟
- آیا می توان با این نرم افزار انفجار در محیط های بسته را مدل کرد؟
- آیا می توان با این نرم افزار چند حادثه همزمان را مدل کرد؟
- آیا با این نرم افزار می توان آثار دومینو را بررسی نمود؟
- آیا می توان با این نرم افزار چند نشتی مختلف را از یک تجهیز را بررسی کرد؟
- آیا از این نرم افزار می توان برای لوله های مدفون در زمین استفاده کرد؟

سئوالات مهم (پیشرفته تر)

- چگونه می توان از این نرم افزار برای بهینه سازی موقعیت دتکتورها استفاده کرد؟
- چگونه می توان ماده جدیدی را در نرم افزار تعریف کرد؟
- آیا می توان به ابعاد انفجار در بعد Z دست یافت؟
- از این نرم افزار چگونه می توان در طرح ریزی واکنش در شرایط اضطراری کمک گرفت؟

سئوال

- یک نمونه از مسائلی که بعد از اتمام کارگاه می توانیم حل کنیم را ذکر کنید؟

مساله مخزن پروپان

- پروپان در یک مخزن ذخیره سازی به حجم ۵۵۰۰۰ مترمکعب که حجم پروپان داخل آن ۵۰۰۰۰ مترمکعب است و در فشار ۲۰ بار و دمای ۴۸ درجه سانتی گراد نگهداری می شود. مطلوب است بررسی هر یک از سناریوهای زیر:

۱- نشت لاین ورودی به مخزن به قطر ۸ اینچ

۲- در صورت افزایش فشار و عمل نکردن psv ها و در نهایت انفجار خود مخزن

۳- نشتی در اثر خوردگی دیواره مخزن به قطر ۱۵ میلی متر در ارتفاع صفر مخزن

۴- پدیده BLEVE

ضمنا قطر داخلی مخزن ۶۰ متر و ارتفاع آن ۲۴.۴۳ متردر نظر گرفته می شود.

هدف:

بررسی ضرورت عایق کاری مخازن کناری

بررسی ضرورت تجدید نظر در چیدمان

بررسی ضرورت استفاده از حوضچه

بررسی ضرورت راه های دسترسی یا فرار و همینطور دیکتورهای آتش و گاز

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

رزومه

عضوهیات علمی دانشگاه- دانشیار

- **کارشناسی اول:** رشته مهندسی شیمی (گرایش پتروشیمی) **با رتبه اول فارغ‌التحصیلی**
- **کارشناسی دوم (همزمان با کارشناسی اول):** رشته مهندسی صنایع (گرایش برنامه ریزی و تحلیل سیستمها) از دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- **کارشناسی ارشد:** رشته مهندسی سیستمهای انرژی از دانشگاه صنعتی شریف
- **دکتری:** مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر با معدل کل **با رتبه اول فارغ-التحصیلی**
- www.MehdiParvini.com
- 09124546062
- @DrMehdiParvini
- M.parvini@Semnan.ac.ir

معارفه

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

سئوال

آیا با استناد به این نرم افزار می توان مقاله علمی ISI منتشر کرد؟

برخی پژوهش های مرتبط به این موضوع در کشور

Journal of Loss Prevention in the Process Industries 30 (2014) 47–54

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Loss Prevention in the Process Industries

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jlp

Consequence modeling of explosion at Azad-Shahr CNG refueling station

Mehdi Parvini*, Ali Kordrostami

School of Chemical Engineering, Petroleum and Gas, Semnan University, Semnan, Iran

ARTICLE INFO

Article history:
Received 25 July 2013
Received in revised form
10 April 2014
Accepted 19 April 2014

Keywords:
Consequence modeling

ABSTRACT

Safety of people has been the most important concern since the onset of commercial use of Compressed Natural Gas[1] as a novel type of vehicle fuel. Provided a car vessel bursts, irreversible consequences will surface. The most important hazard threatening people and their properties in CNG distribution stations is pressurized natural gas in station storage vessels and car vessels. Storage vessels are far from people; however, they may damage other properties such as pipes, valves, electrical equipment, and etc. Owing to the distance between storage vessels and the hive, the risk is not considered a big concern; on the contrary, car storage vessel is very close to the passengers sitting in the car and those standing around the car. The proximity heightens the risk as the consequences caused by vessel burst can be more

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

برخی پژوهش های مرتبط به این موضوع در کشور

Journal of Loss Prevention in the Process Industries 40 (2016) 29–42

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Loss Prevention in the Process Industries

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jlp

Analyzing effective factors on leakage-induced hydrogen fires

Javad Mousavi, Mehdi Parvini*

Faculty of Chemical Engineering, Petroleum and Gas, Semnan University, Semnan, Iran

ARTICLE INFO

Article history:
Received 26 March 2015
Received in revised form
3 December 2015
Accepted 6 December 2015
Available online 12 December 2015

Keywords:

ABSTRACT

Currently, novel energy resources are receiving increasing attention as a response to the limitation in fossil fuels as well as their adverse effects on human health. Hydrogen, one of the most abundant elements on the earth, can be regarded as a new energy source to replace fossil fuels. Therefore, safety assessment of the relating processes is very crucial by increasing use of hydrogen as a fuel source. In this regard, consequence analysis for risk assessment and power reduction is very important. The present study aims at modeling hydrogen dispersion along with consequence analyses for such events as jet fire and flash fire. The model was validated by using the data derived from a study on hydrogen leakage in supply pipelines in the laboratory of the University of Pisa. Modeling results reveal that ambient con-

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

برخی پژوهش های مرتبط به این موضوع در کشور

Journal of Loss Prevention in the Process Industries 37 (2015) 11–18

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Loss Prevention in the Process Industries

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jlp

Consequence modeling of a real rupture of toluene storage tank

Hamidreza Haghnazarloo, Mehdi Parvini*, Mohammad Nader Lotfollahi

Faculty of Chemical Engineering, Gas and Petroleum, Semnan University, Semnan, Iran

ARTICLE INFO

Article history:
Received 14 December 2014
Received in revised form
26 May 2015
Accepted 21 June 2015
Available online 27 June 2015

Keywords:
Consequence modeling
Rupture
Toluene storage tank
Flash fire

ABSTRACT

Chemicals used in paint industry are generally comprised of toxic and inflammable substances; they may cause serious problems for humans and environment if safety conditions are neglected. In 2012, rupture of a toluene tank in a paint factory in Iran claimed lives of two workers near the tank. The present study is formulated in order to model the incident. The results showed the area prone to flash fire occurrence and extension. Furthermore, radiation was measured in terms of distance to the tank. A bund wall is also assumed around the vessel in order to determine its influence on evaporation in flash fire area, radiation, and maximum concentration of vapor cloud. The results provided important hints on minimum and required distance of electrical equipment or electrical enclosure (PLC) installation from vessels as well as suitable distance between the vessels. Finally, preventive recommendations were proposed to reduce the risk of potential accidents.

© 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

برخی پژوهش های مرتبط به این موضوع در کشور

Journal of Loss Prevention in the Process Industries 37 (2015) 110–118

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Loss Prevention in the Process Industries

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jlp

Gas leakage consequence modeling for buried gas pipelines

Mehdi Parvini*, Elmira Gharagouzlou

Faculty of Chemical Engineering, Gas and Petroleum, Semnan University, Semnan, Iran

ARTICLE INFO

Article history:
Received 22 February 2015
Received in revised form
21 June 2015
Accepted 8 July 2015
Available online 11 July 2015

Keywords:
Consequence modeling
Buried gas pipelines
Hydrogen
Dispersion
Natural gas

ABSTRACT

One of conservation transfer methods for such widely-used gases as natural gas and hydrogen is buried pipelines. Safety of these pipelines is of great importance due to potential risks posed by inefficiencies of the pipelines. Therefore, an accurate understanding of release and movement characteristics of the leaked gas, i.e. distribution and speed within soil, the release to the ground surface, the movement of hydrogen gas through the ground, gas underground diffusion, gas dispersion in atmosphere, and following consequences, are very important in order to determine underground dispersion risks. In the present study, consequences of gas leakage within soil were evaluated in two sub-models, i.e. near-field and far-field, and a comprehensive model was proposed in order to ensure safety of buried gas supply pipelines. Near-field model which is related to soil and ground and its output is the gas released at different points and times from ground surface and it was adopted as input of far-field sub-model which is dispersion model in atmosphere or an open space under the surface. Validation of near-field sub-model was performed by the experimental data obtained by Okamoto et al. (2014) on full-scale hydrogen leakage and then, possible scenarios for far-field sub-model were determined.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

سئوال

آیا این نرم افزار در صنعت هم مورد استفاده قرار می گیرد؟ حوادثی مثل آتش سوزی پتروشیمی بوعلی را می توان با این نرم افزار تحلیل کرد؟

شرکت ملي صنايع پتروشيمي
شرکت پژوهش و فناوري پتروشيمي

پروژه پژوهشي

ارزيابي پيامد واحد MTP-DEMO با استفاده از نرم افزار PHAST

گزارش اوليه

تاريخ تهيه :
آبان ماه ۱۳۹۲

شرکت نفت و گاز پارس

عنوان پروژه:

ارزیابی کمی ریسک (QRA) خطوط لوله گاز ترش به منظور تعیین حریم ایمنی خطوط لوله در منطقه پارس جنوبی، بخش خشکی

گزارش نهایی، ویرایش دوم

کارگروه مطالعات ،

مظاهر انصاری، محمد مینه پور، داود عرفانی، بابک عزیزیان

تابستان ۱۳۹۲

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

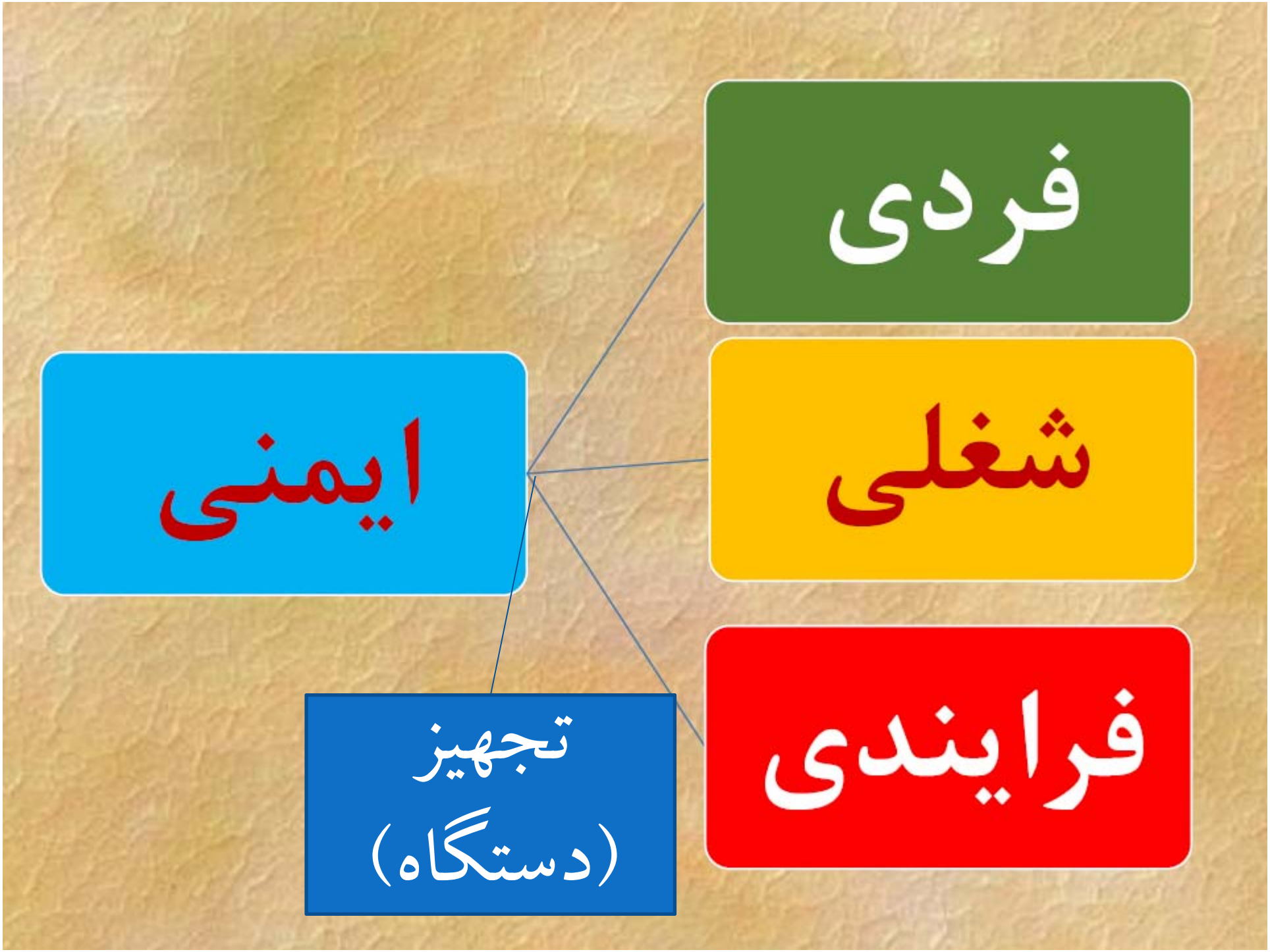
سئوال

در مجموعه مباحث مربوط به ایمنی این نرم افزار چه جایگاهی دارد؟

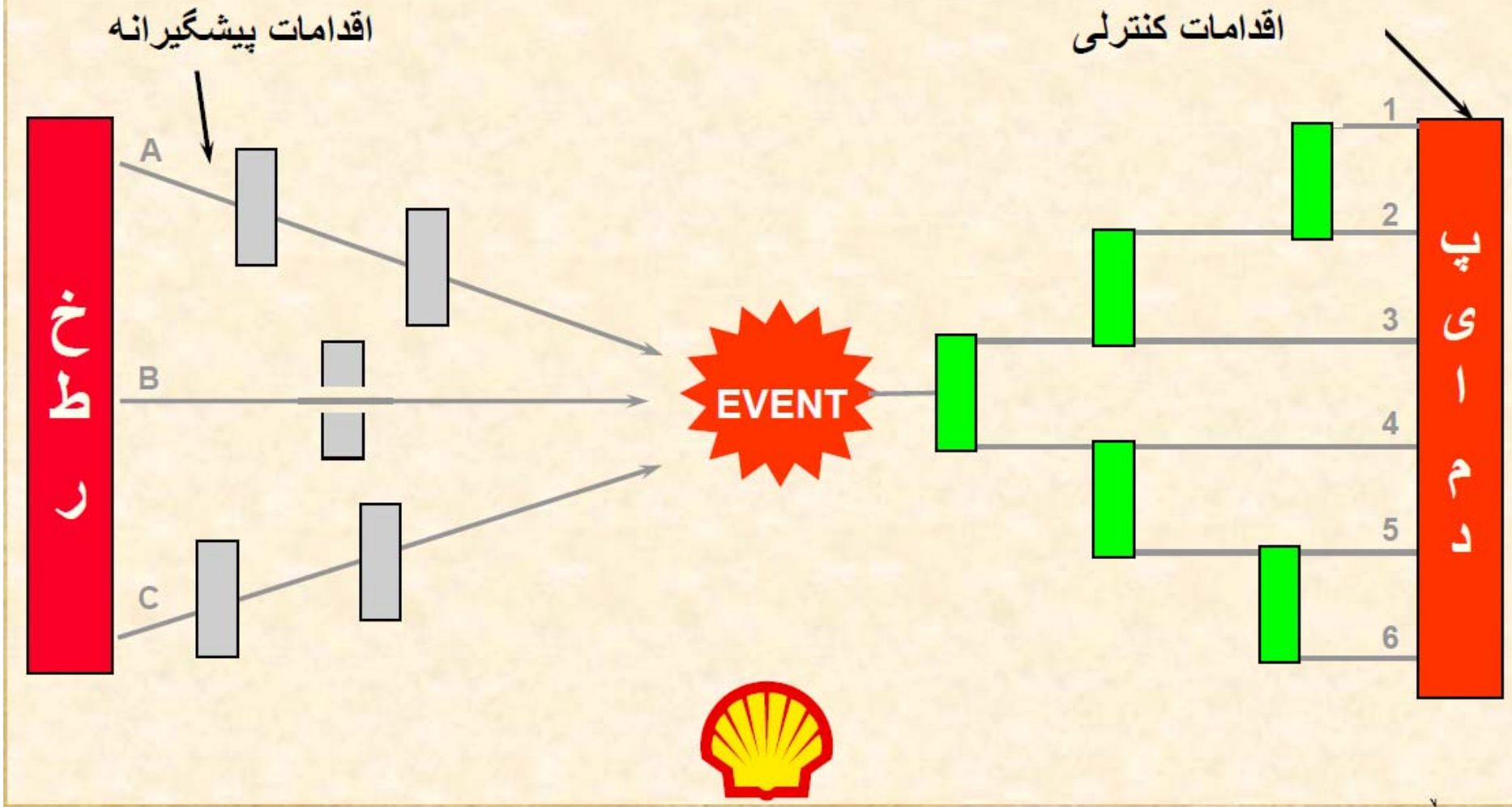
تعریف ایمنی ؟

یک چالش بزرگ،
فرق ایمنی فردی یا
شغلی با ایمنی
فرایندی ؟؟

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini


فردی
شغلی
فرایندی
ایمنی
تجهیز
(دستگاه)

مدل
Bow – Tie


اقدامات پیشگیرانه
اقدامات کنترلی
خطر
A
B
C
EVENT
1
2
3
4
5
6
پیامد

محدود مطالعه این دوره

- قبل از حادثه؛ شناسایی مخاطرات با روش هایی چون هازوپ با هدف پیشگیری از وقوع حوادث (در واقع ارزیابی لایه های حفاظتی)
- بعد از حادثه: برآورد ابعاد حوادث در قالب ارزیابی کمی ریسک با اهدافی چون طرح های جانمایی، جایابی، مباحث پدافند غیرعامل، مدیریت بحران و ... به منظور کنترل پیامد حوادث

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

ارزیابی پیامد حوادث

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تئوری: بخش اول

سئوالات مهم

چه حوادثی را می توان با این نرم افزار تحلیل کرد چه حوادثی را نمی توان؟

تعریف پیامد

پیامد، معیاری از **شدت آسیب‌های** وارد شده به **سیستم**

در اثر وقوع **مخاطرات** مختلف می‌باشد

تعریف پیامد

پیامد، معیاری از **شدت آسیب‌های** وارد شده به سیستم در اثر وقوع **مخاطرات** مختلف می‌باشد.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تعریف پیامد

پیامد، معیاری از شدت آسیب‌های وارد شده به **سیستم**

در اثر وقوع مخاطرات مختلف می‌باشد

- انسان
- تجهیزات
- ساختارها
- محیط زیست

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

حوادث فرآیندی

آتش‌سوزی

- آتش فورانی (Jet Fire)
- آتش ناگهانی (Flash Fire)
- آتش استخری (Pool Fire)
- آتش کروی (Fire Ball)

انفجار

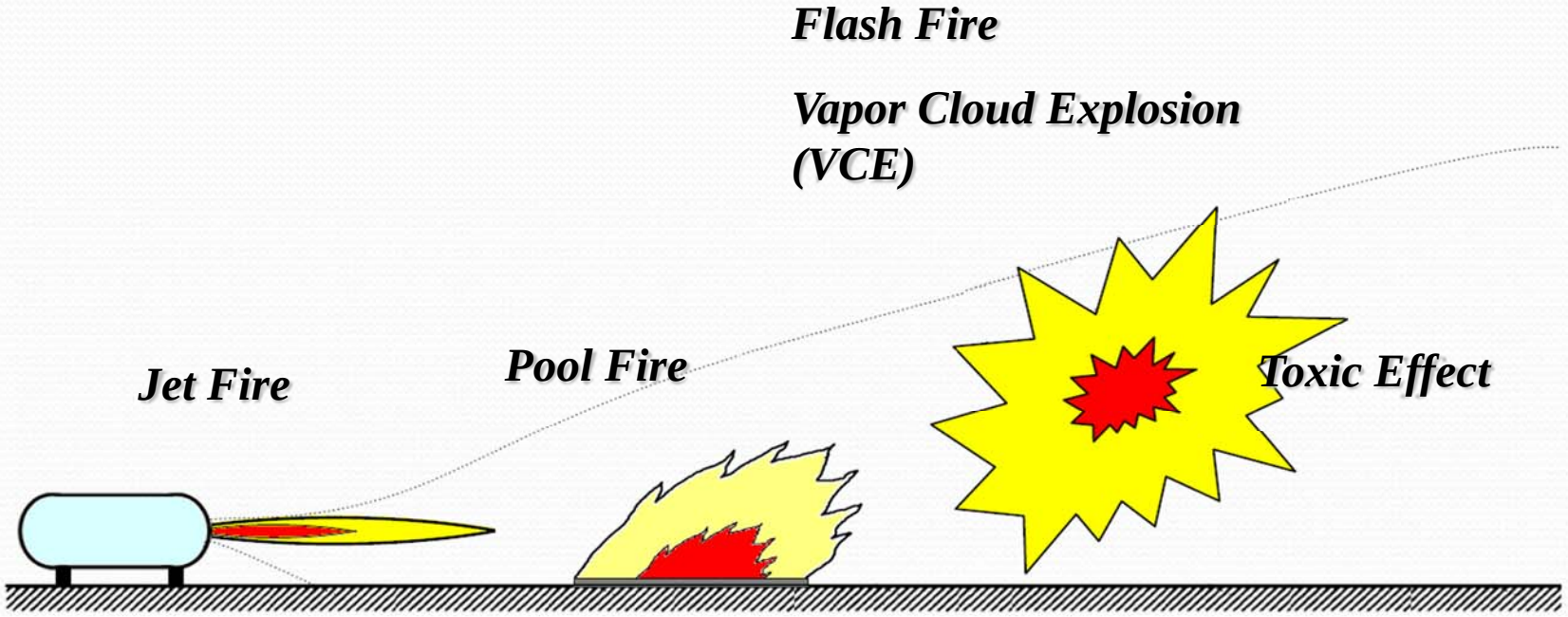
- انفجار ابر گاز (VCE)
- BLEVE
- انفجار فضای بسته (CE)
- انفجار فیزیکی (Physical Explosion)
- انفجار غبار (Dust Explosion)

انتشار گاز

- انتشار گاز سمی (TOXIC)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

انتشار و عواقب



آتش

- آتش: اثر آتش بر روی بدن سوختن پوست می‌باشد که این تأثیر بستگی به تشعشع رسیده و زمان مواجهه دارد. به عنوان مثال پوست انرژی گرمایی ۱۰ kW/m^2 را برای تقریباً ۵ ثانیه و ۳۰ kW/m^2 را فقط برای ۰.۴ثانیه تحمل می‌کند.

تاثیرات ناشی از تشعشع آتش

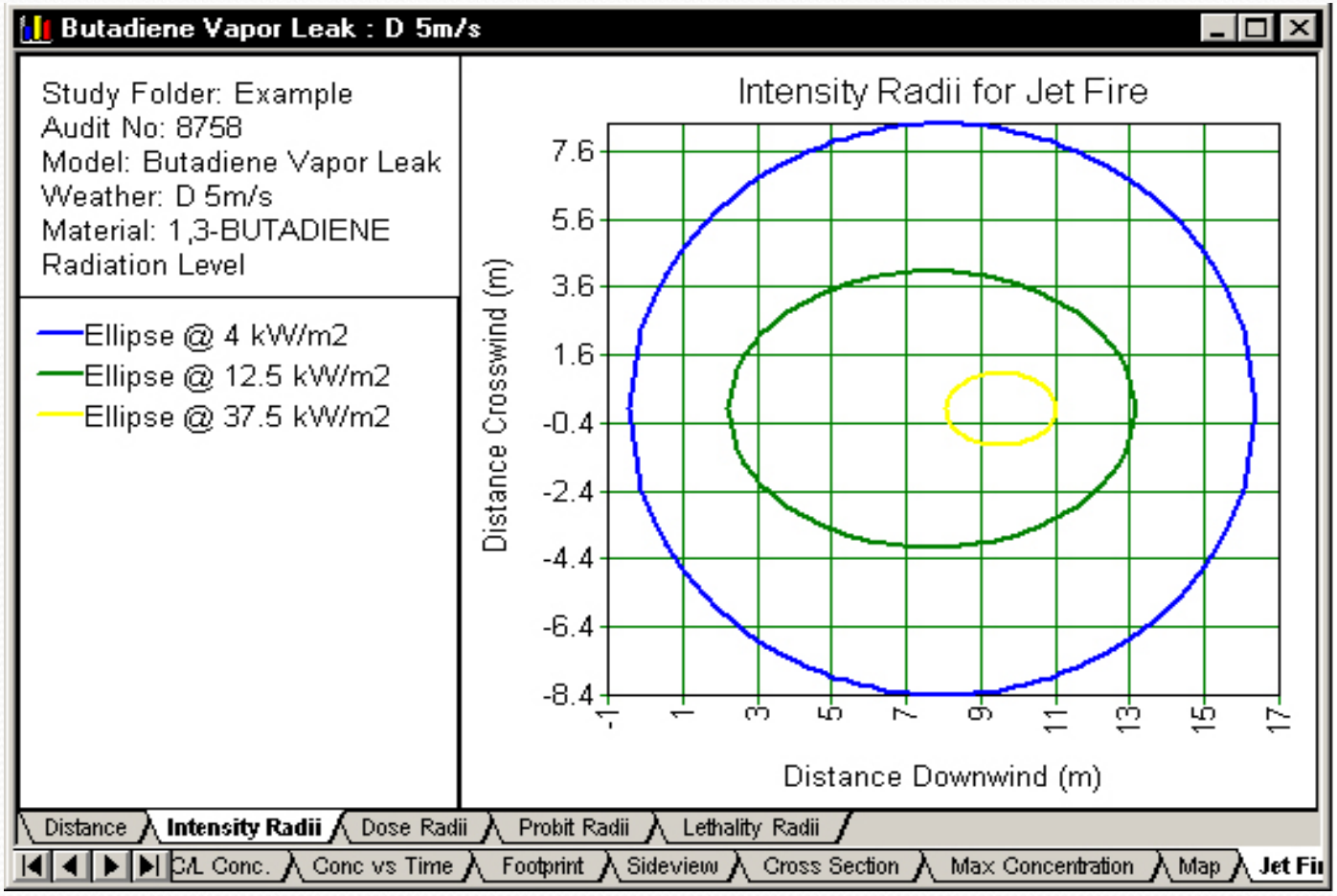
میزان تشعشع (kW/m^2)	پیامدها
۰/۵	تابش آفتاب
۴	حد آستانه درد بگونه‌ای که شخص توانایی فرار را دارد
۲۰	رسیدن این سطح تشعشع به انسان موجب آسیب شدید می‌شود و اگر تیم نجات نرسد موجب مرگ می‌شود
۳۷/۵	تشعشع بیشتر از این مقدار برای آسیب رساندن به تجهیزات کافی است و در صورت رسیدن این سطح تشعشع به انسان، موجب مرگ آنی می‌شود

تاثیرات ناشی از تششع آتش

Intensity levels [kW/m²	Probit levels	Dose levels	Lethality levels [fraction]
4	2.73	1.27E+06	0.01
12.5	3.72	5.8E+06	0.1
37.5	7.5	2.51E+07	0.99

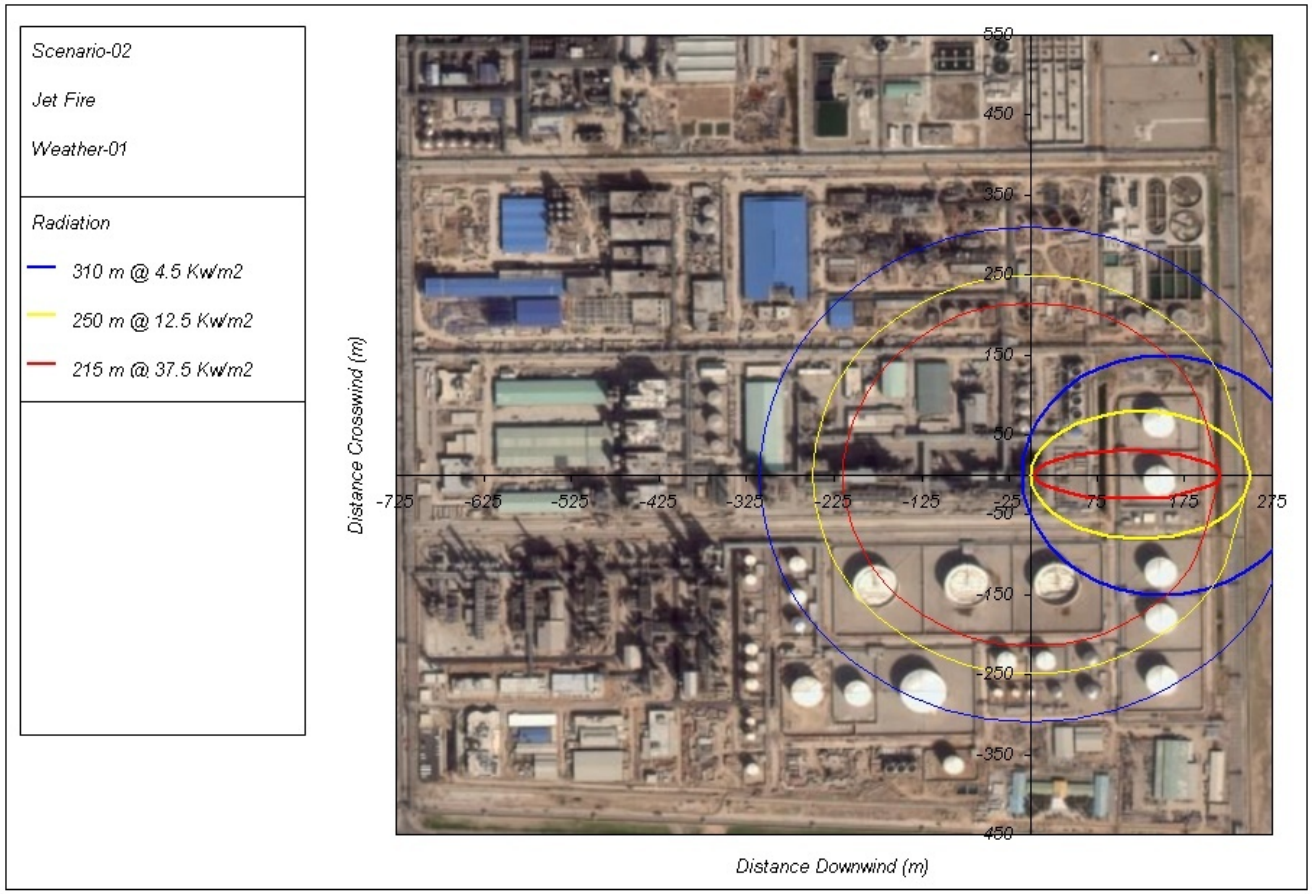
معرفی نرم‌افزار PHAST

نتایج شبیه سازی مربوط به آتش فورانی



معرفی نرم‌افزار PHAST

نتایج شبیه سازی مربوط به آتش فورانی



Flash Fire

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

حادثه خط لوله گاز سرخس در سال (۲۰۱۰)

انفجار خط لوله ۳۶ اینچ در ساعت ۱۱ و ۳۰ دقیقه روز جمعه ۱۹ شهریور۸۹ رخ داد که در محل حادثه تعدادی از پرسنل شرکت پیمانکار شرکت ملی گاز در حال انجام عملیات مهندسی بودند.

وی ادامه داد: به دلیل ریزش خاک زیر سطحی و لغزش جرثقیل بر روی خط لوله حادثه به وقوع پیوست و وسعت محل انفجار بدلیل ناهمواریهای زمین به ابعاد یک زمین فوتبال آثار تخریبی برجای گذاشت.

انفجار به حدی بودکه بر اثر آن منطقه ای به شعاع ۲ کیلو متر در آتش سوخت.

شاهدان افزودند شعله های آتش در ۶۵ کیلومتری محل وقوع حادثه در روستای گنبدلی سرخس مشاهده شد.

۳ دستگاه جرثقال، یک دستگاه مینی بوس و یک دستگاه نیسان در آتش ناشی از این انفجار سوختند و قدرت انفجار به حدی بود که باعث انفصال قطعات یکی از جرثقیلها شد.

MEHR

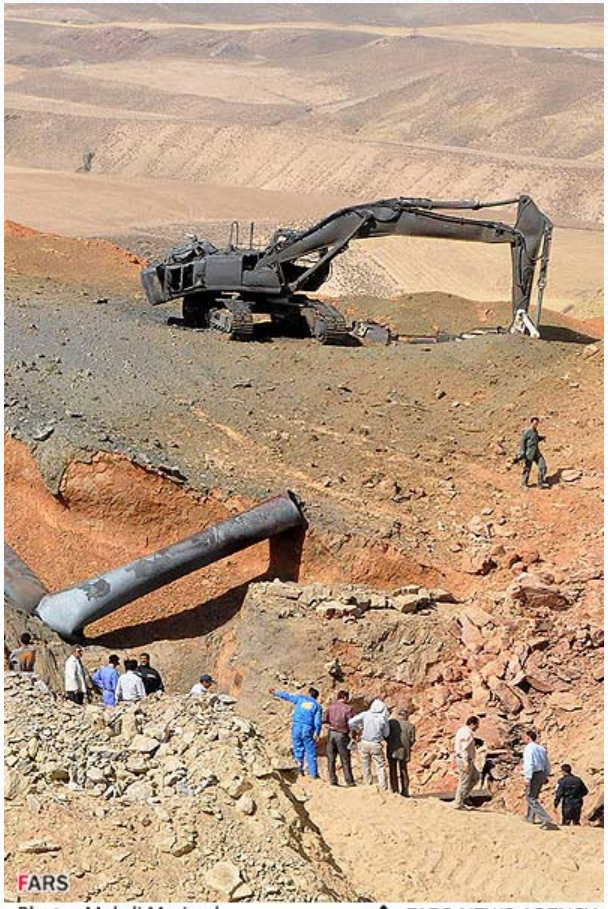


Photo : Mahdi Marizad FARS NEWS AGENCY

Photo : Mohammad Khoshneshin FARS NEWS AGENCY

شرایط تشکیل آتش ناگهانی

- انتشار گاز قابل اشتعال
- وجود گاز در غلظت‌های اشتعال‌پذیری
- حضور منبع جرقه باتاخیر
- فضای باز

Explosion

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

Explosion and jet fire

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

انفجار ابر گاز (VCE)

آزاد شدن انرژی در اثر احتراق سریع **گاز** منتشر شده به علت وجود **جرقه**، به‌گونه‌ای که درهوای اطراف تغییرات گذرا در چگالی، **فشار** و سرعت ایجاد کند.

شرایط ایجاد انفجار

- ❑ گاز قابل اشتعال باشد.
- ❑حجم کافی از گاز قابل اشتعال وجود داشته باشد.
- ❑ غلظت گاز منتشره در محدوده اشتعال‌پذیری (بین LEL و UEL) باشد.
- ❑ عوامل ایجاد ناهمگونی در غلظت گاز پخش شده وجود داشته باشد.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

آثار موج انفجار

تاثیرات انفجار بر روی تجهیزات و ساختمان ها

میزان افزایش فشار (psig)	پیامدها
کمتر از ۱	خسارات جزیی به ساختمانها
۲- ۳	حد آستانه برای آسیب‌دیدگی جدی ساختمان
۳-۴	آسیب‌دیدگی تجهیزات و مخازن
۵-۶	تخریب کامل ساختمان ها
۷	واژگونی واگن قطار
بیشتر از ۱۰	تخریب کامل

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

انفجار

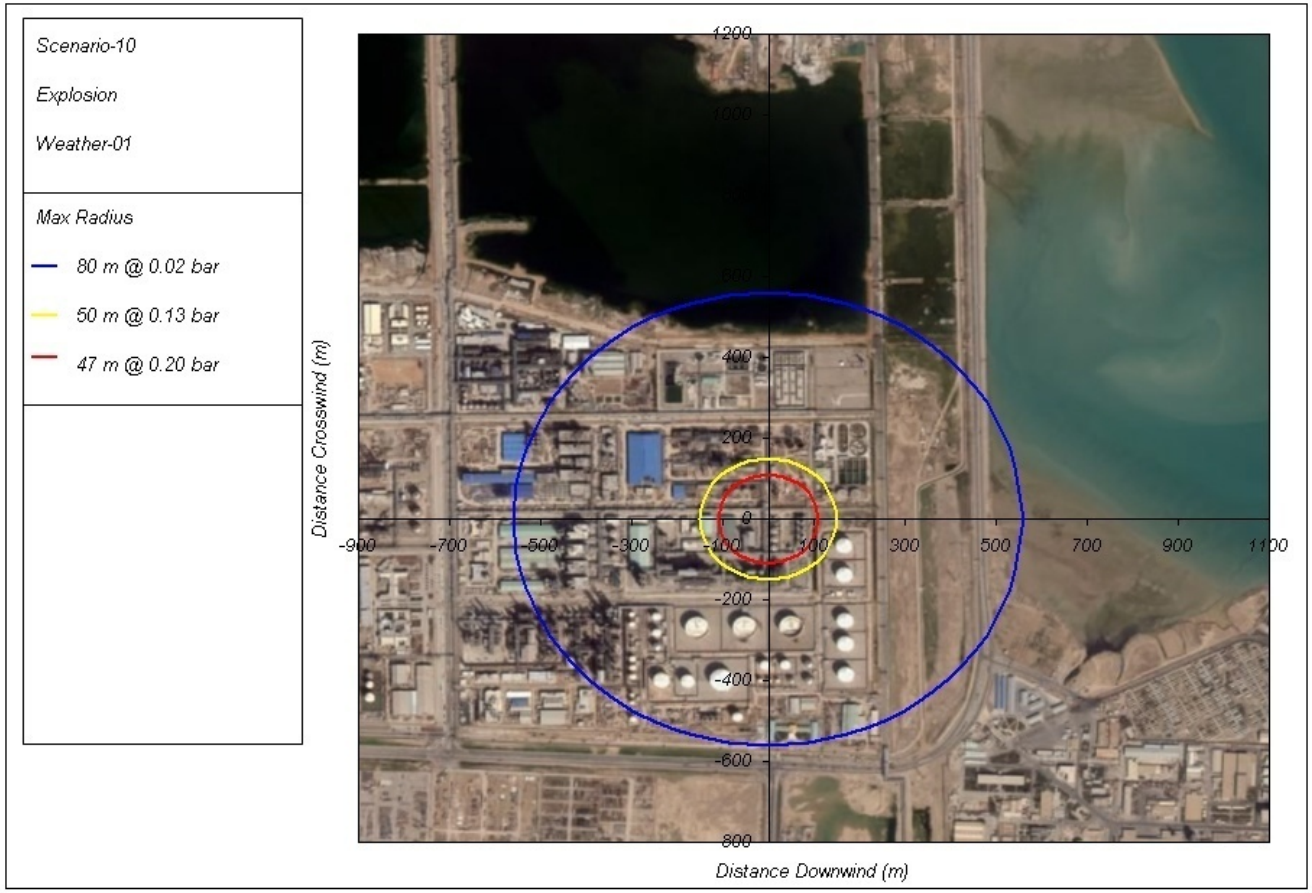
$Y = 1.47 + 1.37 \ln(P)$	Pressure in psig units	**(Equation 4a)**
$Y = 5.13 + 1.37 \ln(P)$	Pressure in barg units	**(Equation 4b)**

P = peak overpressure (barg)	1% fatality	0.17 barg (2.4 psig)
	50% fatality	0.90 barg (13.1 psig)
	95% fatality	3.00 barg (43.5 psig)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

معرفی نرم‌افزار PHAST

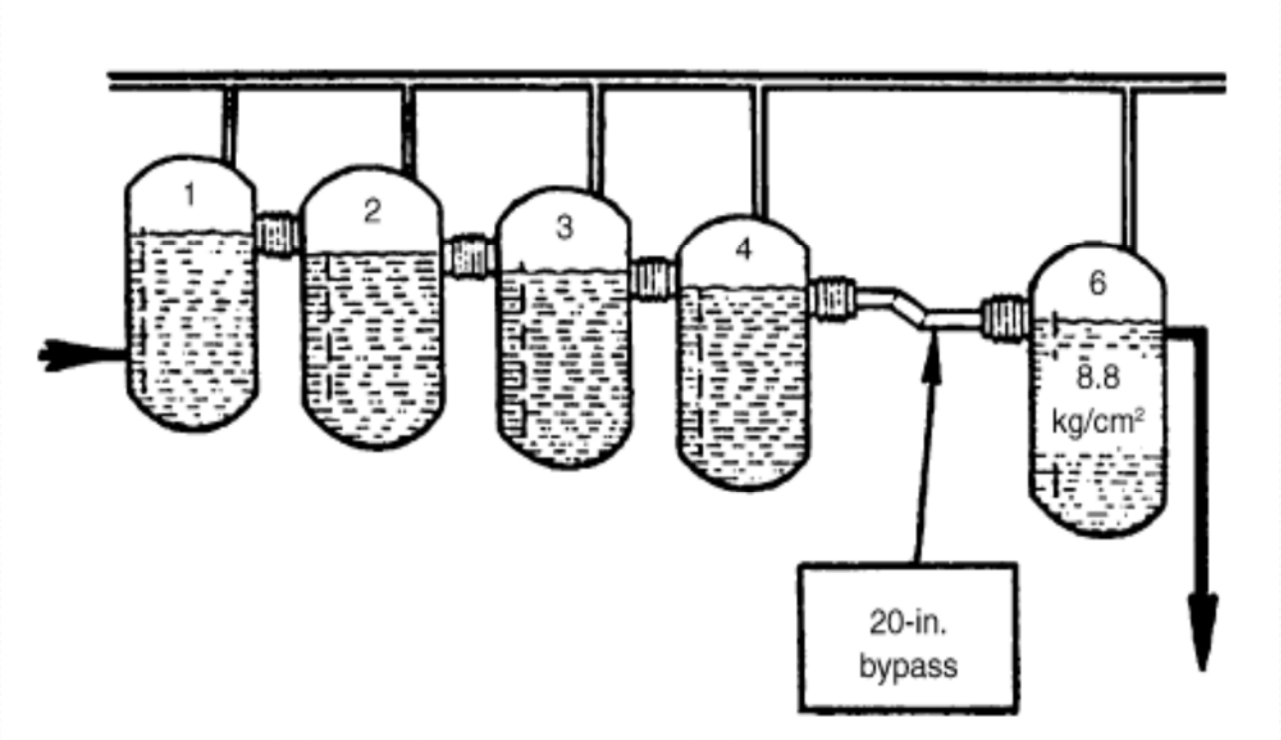
نتایج شبیه سازی مربوط به انفجار



Explosion

Flixborough **حادثه**

- یک جوئن ۱۹۷۴ در انگلستان
- واحد اکسیداسیون سیکلوهگزان که بخشی از واحد تولید نایلون بود
- ۶ راکتور موازی که یکی برای تعمیر برده شده بود
- لوله ۲۰ اینچی جایگزین
- شرایط خاص عملکرد: ۱۵۰ درجه سانتیگراد و فشار ۱۰bar
- ۱۸ نفر از ۲۸ کشته در اتاق کنترل بودند.
- بیش از ۱۰۰ ملیون دلار خسارت ایجاد شد.


1
2
3
4
6
8.8
kg/cm²
20-in.
bypass

Flixborough حادثه

Explosion

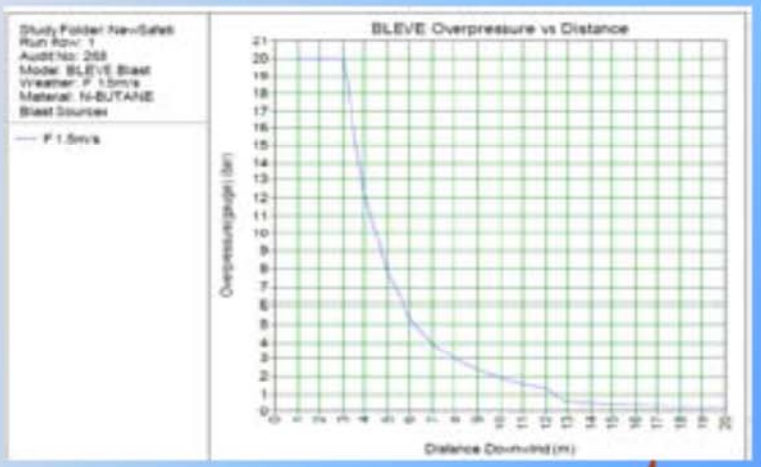
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

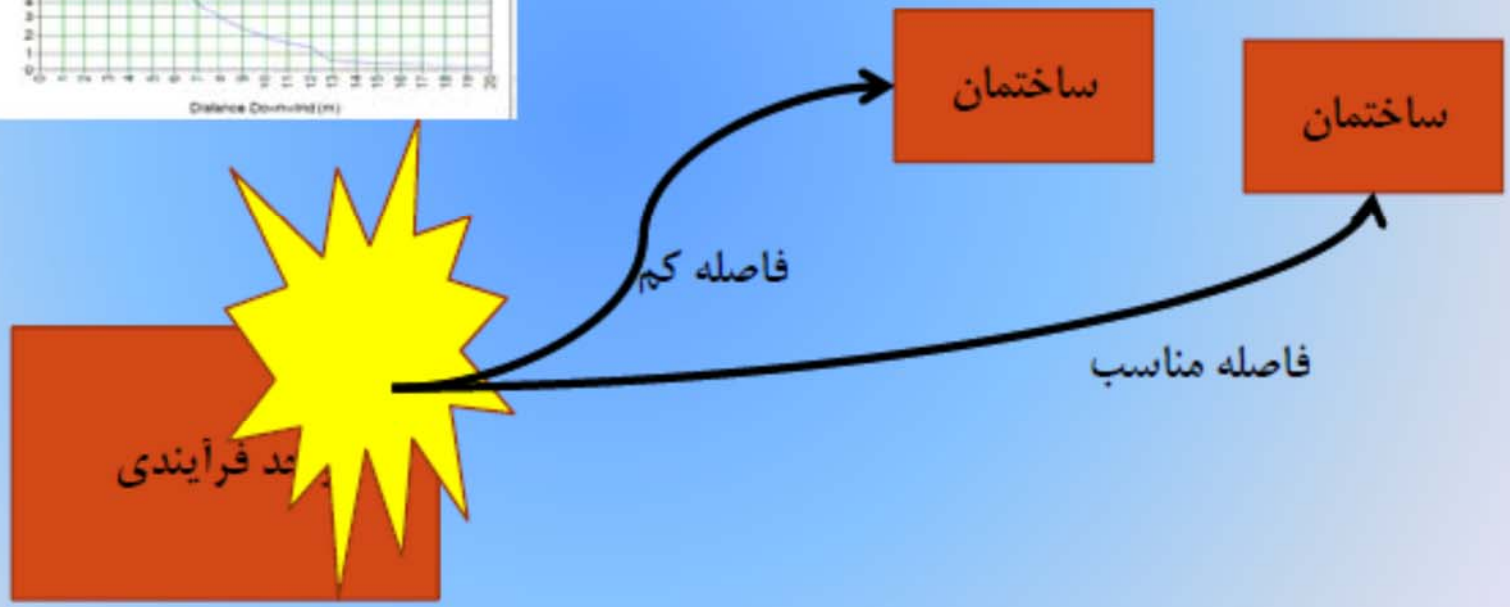
حادثه پتروشیمی پردیس در سال (۲۰۱۰)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

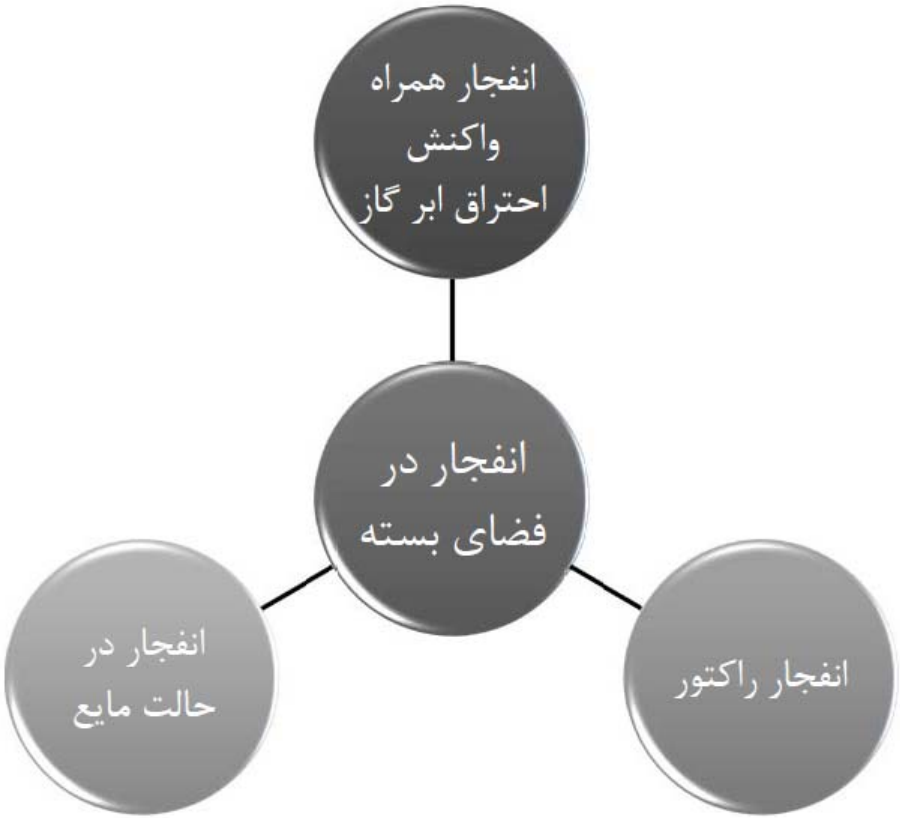
Consequence Modeling





www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

انفجار فضای بسته



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

Runaway reaction explosion

انفجار فضای بسته

- انفجار داخل ساختمان
  - فضای بزرگتر
  - شکل چهارگوش
  - تهویه کمتر
  - وجود چند قسمت جدا از هم (اتاقها)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

انفجارهای غبار
(Dust Explosion)

- سالانه پنجاه انفجار در دنیا گزارش می شود.
- صدها کشته
- میلیونها دلار خسارت مالی
  - قطع روند تولید
  - از بین رفتن محصولات
  - صدمه به تجهیزات
- اثر سوء بر اعتبار شرکتها

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

Don't Be Mislead
Dust Explosion Classes (St 1, St 2, St 3)

Photo: CSB

Imperial Sugar Refinery

Combustible Dust Policy Institute

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

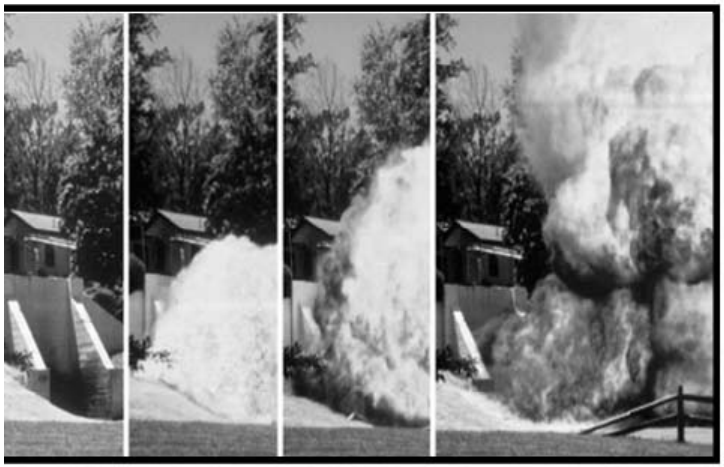
Dust Explosion Classes

Dust explosion class	K_{st} (bar.m/s)	Characteristic	Material
St 0	0	No explosion	Silica
St 1	>0 and <=200	Weak explosion	Powdered milk, charcoal, sulfur, sugar & zinc
St 2	>200 and <=300	Strong explosion	Wood Flour
St 3	>300	Very Strong explosion	Aluminum, & Magnesium

Combustible Dust Policy Institute

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تعاریف



- قابلیت انفجار و اشتعال
  - مواد آلی طبیعی (غلات، شکر، ذغال)
  - مواد آلی سنتزی (حشره کش، پلاستیک، رزین)
  - فلزات
  - اکسیدهای ناپایدار
- تجمع در یک محیط
- اختلاط با هوا اندازه و توزیع ذرات مناسب (نفوذ شعله)در محدوده اشتعال پذیری (۲۳ تا ۵۰ گرم بر متر مکعب)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

Explosion

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

BLEVE

BLEVE

BLEVE

- تکه شدن یک مخزن بزرگ به دو یا چند قطعه، در لحظه‌ای که مایع داخل مخزن در دمایی بالاتر از دمای جوشش در فشار نرمال اتمسفریک قرار دارد". سپس Reid این تعریف را ارائه داد: "ازدست دادن محتویات ظرف (مایع) که در شرایط اتمسفریک فوق داغ خواهد بود". اخیراً نیز این تعریف ارائه شده است : "انفجار حاصل از تخریب مخزن حاوی مایع در دمایی بسیار بالاتر از دمای جوش آن در شرایط اتمسفریک".

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

BLEVE

- BLEVE ها لزوماً آثار گرمایی به دنبال ندارند. هرچند اگر همان‌طور که معمولاً روی می‌دهد ماده درون ظرف آتش‌گیر باشد، انفجار سریعاً با واکنش سوختن و آتش کروی همراه می‌شود.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

Fireball

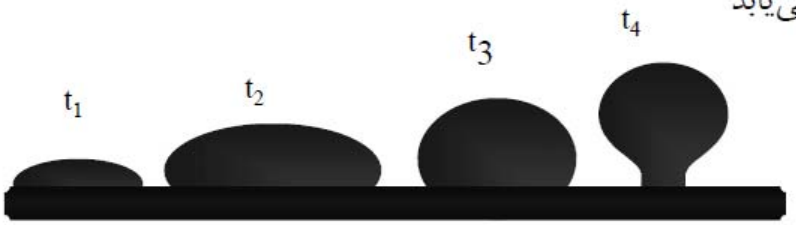
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

BLEVE

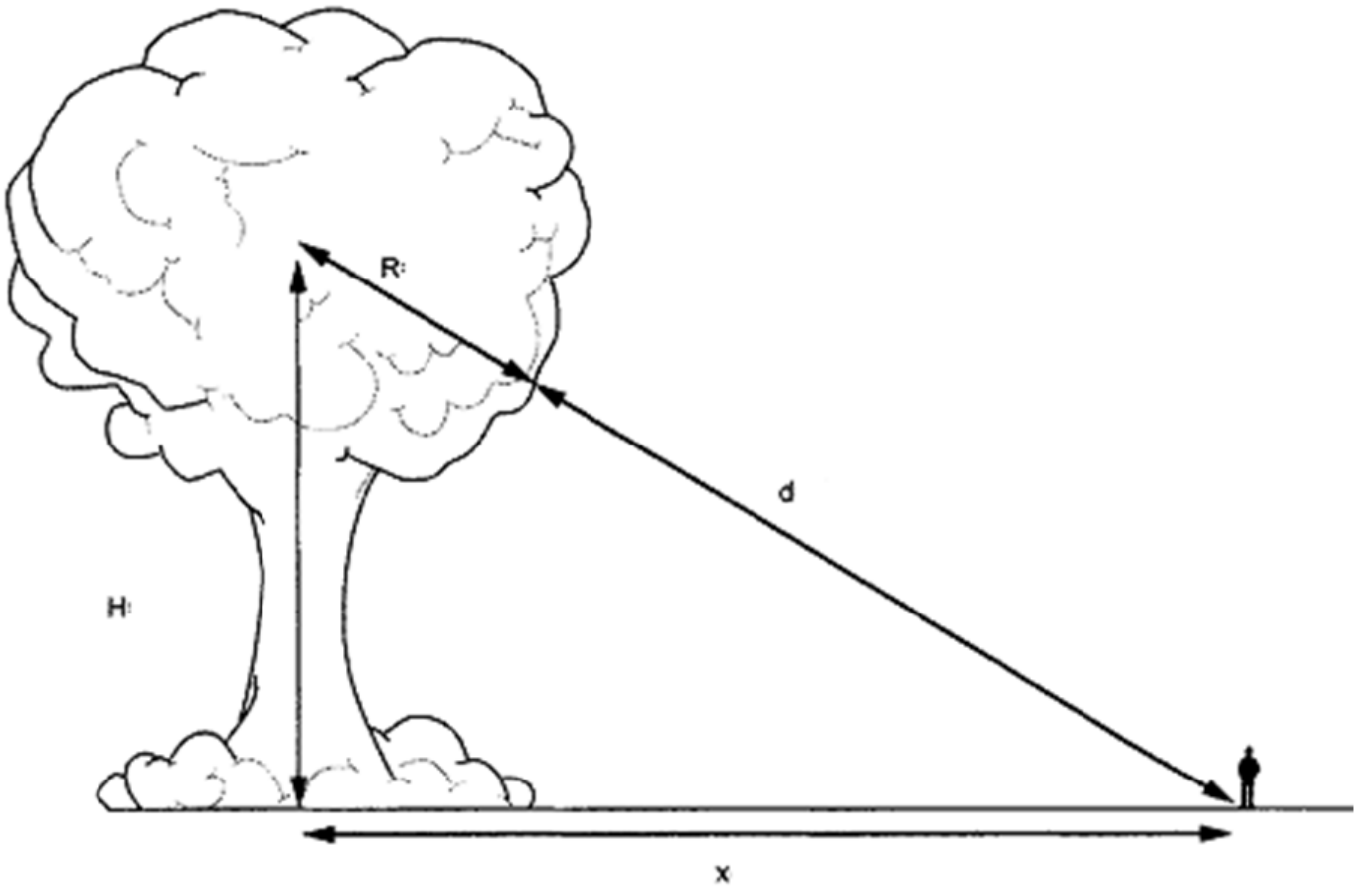
آتش کروی

آتش کروی، احتراق حجم عظیمی از مواد قابل اشتعال است که به یکباره در حضور عامل جرقه به محیط بیرون گسترش یافته اند

- ترکیدن ناگهانی مخزن ذخیره مایعات قابل‌اشتعال از مهمترین عوامل تشکیل این نوع آتش است.
- با شکل‌گیری چنین آتشی فشار گازها و محصولات حاصل از احتراق تا نزدیکی فشار اتمسفری کاهش می‌یابد. دانسیته گازها بسرعت کاهش می‌یابد و باعث رشد نیروهای شناوری شده و شعله رشد و گسترش می‌یابد



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

Hydrocarbon Release Hazard Awareness course at Spadeadam Test Site

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

نشت مواد - نشت مواد قابل اشتعال

- نشت مواد قابل اشتعال: شامل رهایش مواد آتش‌گیر، آمیزش و اختلاط این مواد با هوا، تشکیل یک ابر یا بخار قابل اشتعال، حرکت این توده به سمت منبع آتش و نهایتاً رخداد یک آتش سوزی و یا انفجار می‌باشد

نشت مواد سمي

- شامل رهایش مواد سمی و تشکیل یک توده بخار سمی، حرکت این توده توسط باد و آلوده کردن محیط می‌باشد که در نهایت ممکن است باعث آسیب رساندن و یا مرگ افراد حاضر در محیط آلوده گردد. محدوده خطر در اثر پخش مواد سمی می‌تواند به چندین کیلومتر نیز برسد

ERPG

مقادیر ERPG برای مواد مختلف			
ماده	ERPG-1	ERPG-2	ERPG-3
آمونیاک	۲۵	۲۰۰	۱۰۰۰
بنزن	۵۰	۱۵۰	۱۰۰۰
کلر	۱	۳	۲۰
مونوکسید کربن	۲۰۰	۳۵۰	۵۰۰
سولفید هیدروژن	۱/۰	۳۰	۱۰۰
فسژن	–	۰/۲	۱

انواع TLV	پیامد
TLV-TWA[8]	بیشترین مقدار غلظت ماده شیمیایی در هوا که همه افراد می‌توانند به مدت هشت ساعت در روز در معرض آن قرارگیرند، بدون اینکه دچار سوزش چشم یا گلو و یا اثرات غیر قابل برگشت شوند
TLV-STEL[9]	بیشترین مقدار غلظت ماده شیمیایی در هوا که همه افراد می‌توانند چهار بار در روز و هر بار به مدت پانزده دقیقه در معرض آن قرارگیرند، بدون اینکه دچار سوزش چشم یا گلو و یا اثرات غیر قابل برگشت شوند
TLV-C[10]	بیشترین مقدار غلظت ماده شیمیایی در هوا که در طول زمان کار نباید حتی بطور آنی و لحظه‌ای از این مرز تجاوز شود

پ) معیار IDLH[11]

این معیار توسط NIOSH[12] پایه‌گذاری شده است و عبارتست از بیشترین غلظت ماده شیمیایی در هوا که افراد می‌توانند به مدت نیم‌ساعت در معرض آن قرار بگیرند، بدون اینکه زندگی آنها تهدید شود.

Threshold Limit Values (R) from ACGIH (R) 2008 TLVs and BEIs

Chemical Substance	TWA (8-hour Average)	STEL (15-Minute Average)
Ammonia	25 ppm	35 ppm
Benzeze	0.5 ppm	2.5 ppm
Carbon Dioxide	5,000 ppm	30,000 ppm
Carbon Monoxide	25 ppm	---
Chlorine	0.5 ppm	1 ppm
Diesel Fumes	15 ppm	---
Gasoline	300 ppm	500 ppm
Hydrogen Sulfide	10 ppm	15 ppm
Nitrogen	Simple Asphyxiant	
Nitrous Oxide	50 ppm	---
Nitrogen Dioxide	3 ppm	5 ppm

- **LD_{50}**

دوزی از ماده سمی است که باعث کشته شدن نیمی از افرادی می‌گردد که در معرض آن قرار دارند.

Probit

- همانگونه که قبلاً نیز گفته شد یکی از روش‌های ارزیابی پیامد استنشاق مواد سمی روش Probit می‌باشد Lethal Dose 50%

سئوالات مهم (پیشرفته تر)

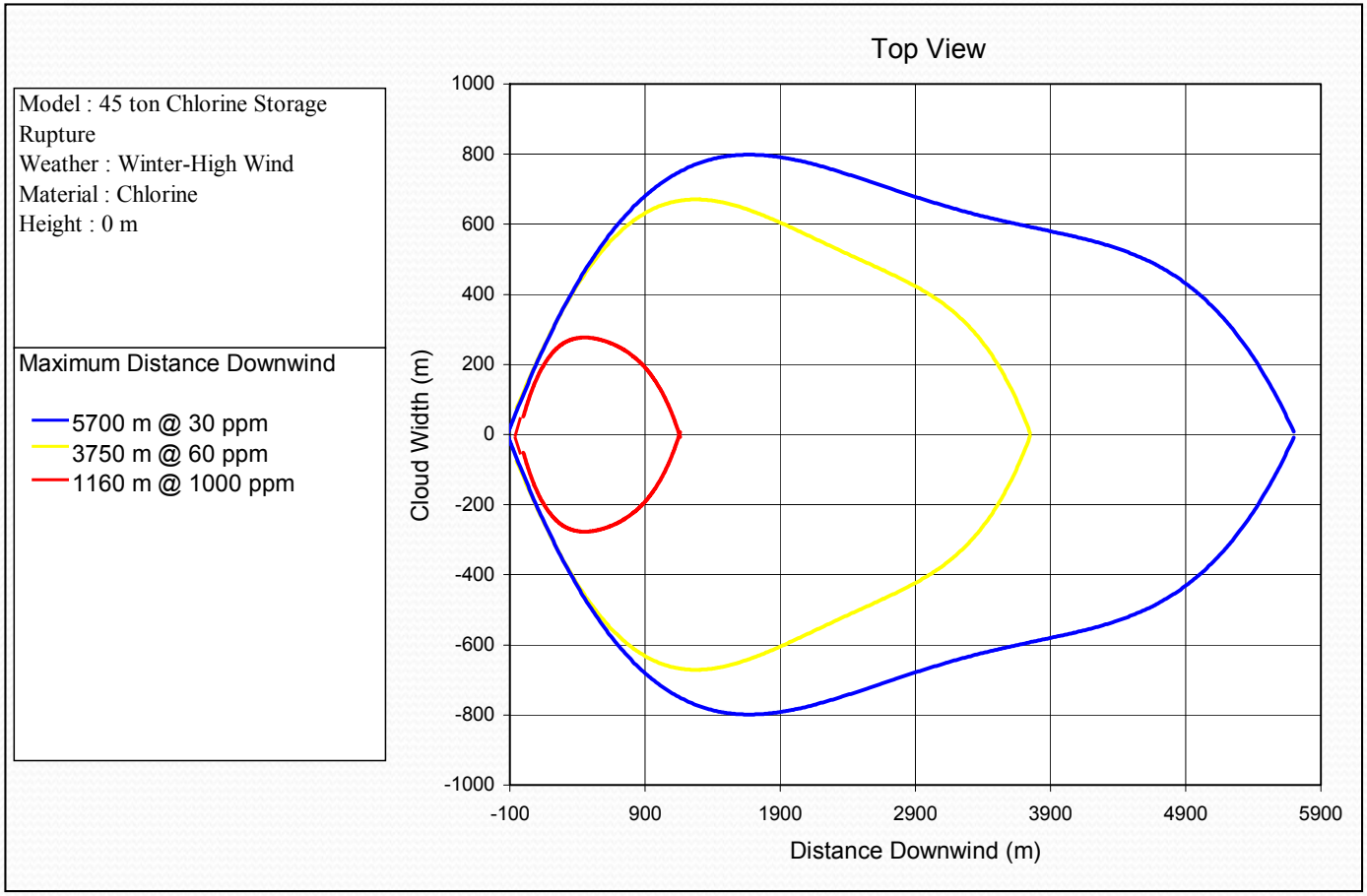
در بررسی پیامد سمیت کی از معیارهای ERPG، IDLH، TLV-STEL، TLV-TWA و PEL و کی از معیارهای LD50 و Probit استفاده می‌گردد؟

نکته

- همانگونه که از تعاریف این معیارها برمی‌آید هنگامیکه هدف از ارزیابی پیامدهای ناشی از سمیت مواد رها شده در محیط، این است که افراد تحت تاثیر غلظت‌هایی بیشتر از حد مجاز در محیط قرار نگیرند استفاده از معیارهای ERPG، IDLH، TLV-STEL، TLV-TWA و PEL مناسب می‌باشند. ولی اگر هدف، محاسبه تعداد تلفات ناشی از رهایش مواد سمی در محیط باشد، از معیارهای LD_{50} و Probit استفاده می‌گردد.

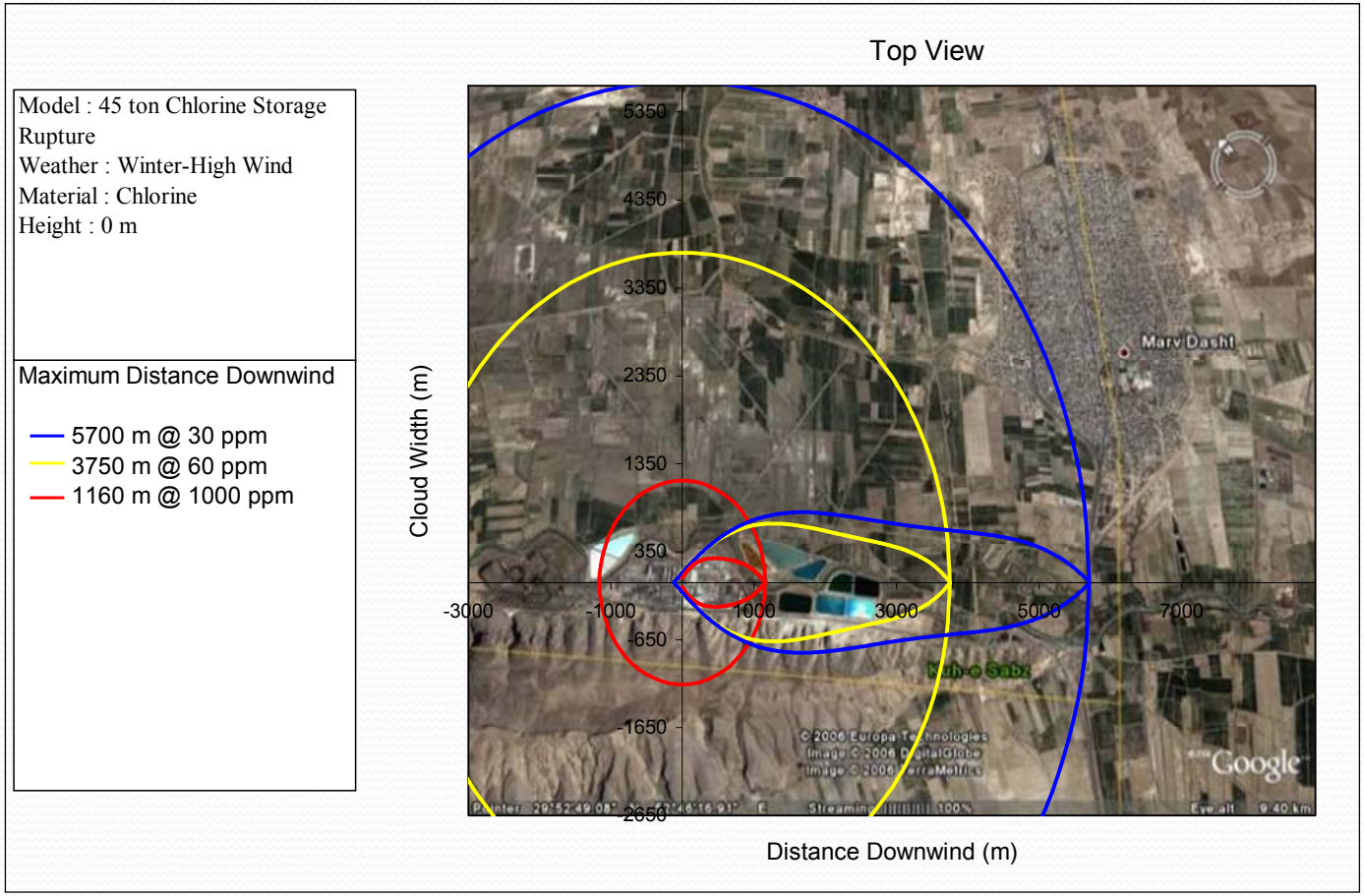
معرفی نرم‌افزار PHAST

نمای بالا از انتشار مواد سمی



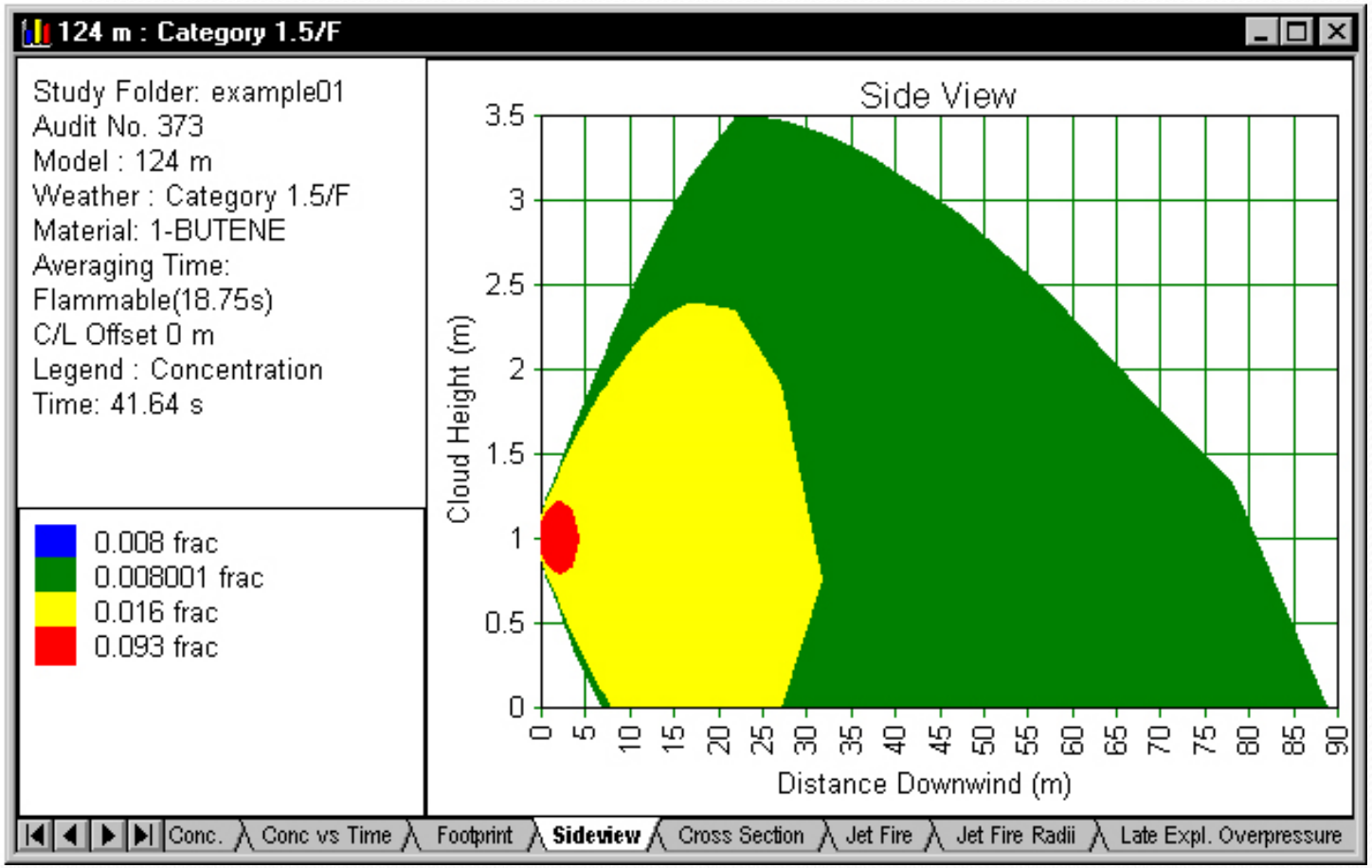
معرفی نرم‌افزار PHAST

نمای بالا از انتشار مواد سمی



معرفی نرم‌افزار PHAST

نمای جانبی از انتشار مواد سمی



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

Toxic cloud

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

معیارهای ارزیابی میزان سمیت مواد

- Emergency Response Planning Guideline (ERPG)
- Threshold Limit Value (TLV)
- Immediately Dangerous to Life and Health (IDLH)

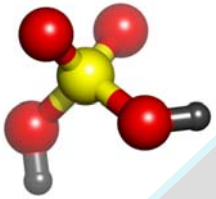
ERPG

Emergency Response Planning Guideline

معیار ارائه شده توسط

American Industrial Hygiene Association

معیار	پیامد
ERPG-1	بیشترین مقدار غلظت ماده شیمیایی در هواست که همه افراد می‌توانند به مدت یک ساعت در معرض آن قرارگیرند بدون اینکه مزاحمتی برای آنها ایجاد کند یا بوی ناخوشایندی داشته باشد.
ERPG-2	بیشترین مقدار غلظت ماده شیمیایی در هواست که همه افراد می‌توانند به مدت یک ساعت در معرض آن قرارگیرند بدون اینکه آسیب جدی یا غیر قابل جبران ببینند یا نتوانند اقدامات ایمنی را انجام دهند.
ERPG-3	بیشترین مقدار غلظت ماده شیمیایی در هواست که همه افراد می‌توانند به مدت یک ساعت در معرض آن قرارگیرند بدون اینکه زندگی آنها تهدید شود.

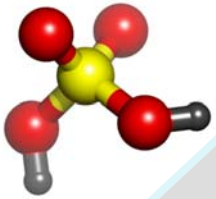


Toxic Release

Bhopal حادثه

CHEMICAL SECURITY ENGAGEMENT PROGRAM

www.MehdiParvini.

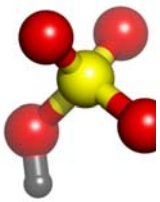


Toxic Release

حادثه Bhopal

- ۱۹۸۴ هند، طراح یونیون کرباید
- ماده سمی متیل ایزو سیانات با آستانه سمیت خیلی کم به عنوان ماده میانی(TLV-TWA=0.02 ppm)
- مخازن نگهداری مجهز به سیستم سرمایش، اسکرابر و فلر
- شستشوی یک شیر با آب منجر به رخداد واکنش گرمازا
- پدیده وارونگی در جو
- ۲۰۰۰ نفر کشته و ۲۰۰ هزار نفر زخمی

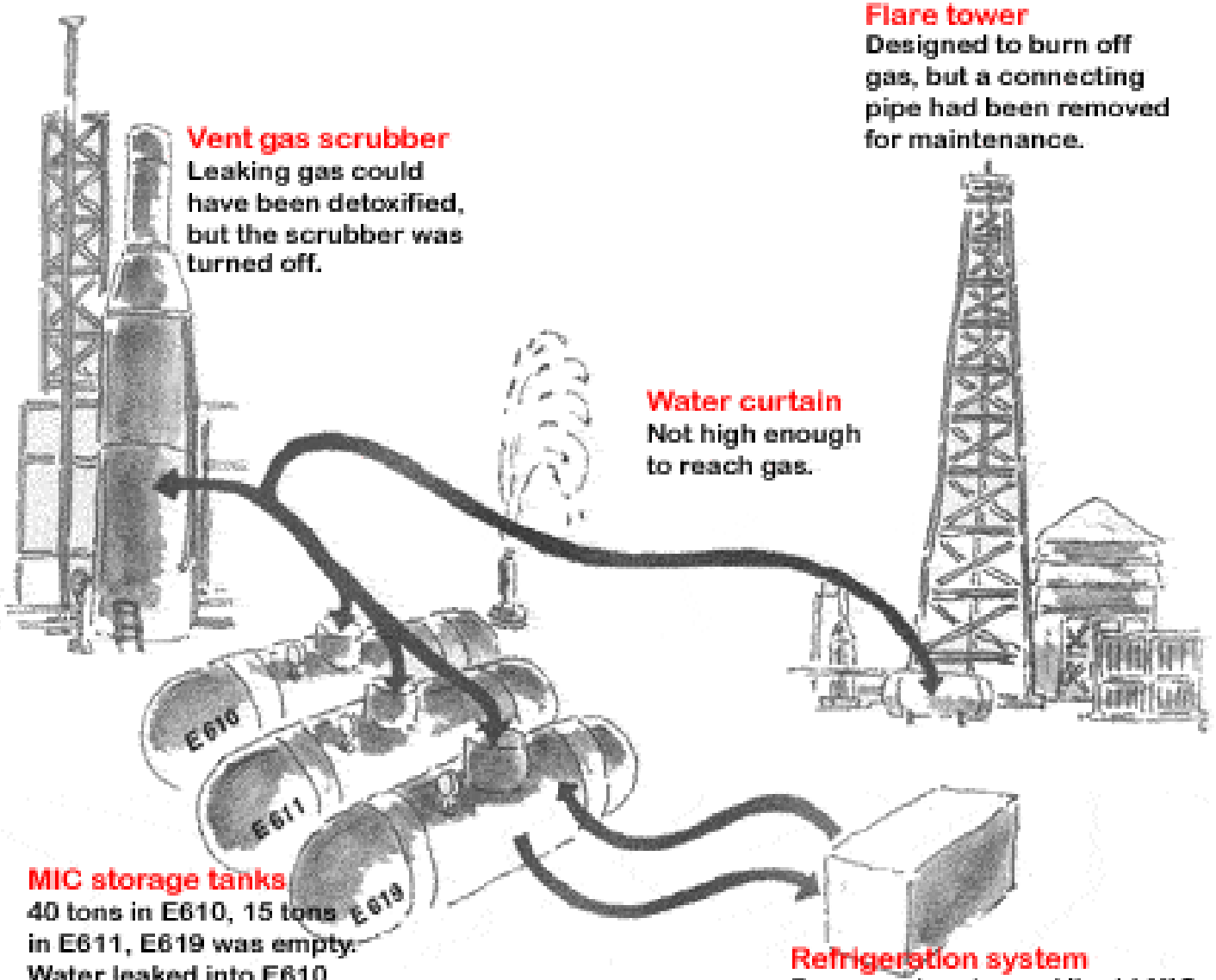
CSP
CHEMICAL SECURITY
ENGAGEMENT PROGRAM



Flare tower
Designed to burn off gas, but a connecting pipe had been removed for maintenance.

Vent gas scrubber
Leaking gas could have been detoxified, but the scrubber was turned off.

Water curtain
Not high enough to reach gas.



MIC storage tanks
40 tons in E610, 15 tons in E611, E619 was empty. Water leaked into E610 causing runaway heat-producing reaction

Refrigeration system
Freon system to cool liquid MIC was shut downin June 1984 to sav money and Freon shipped to other plants.

CSP
CHEMICAL SECURITY ENGAGEMENT PROGRAM

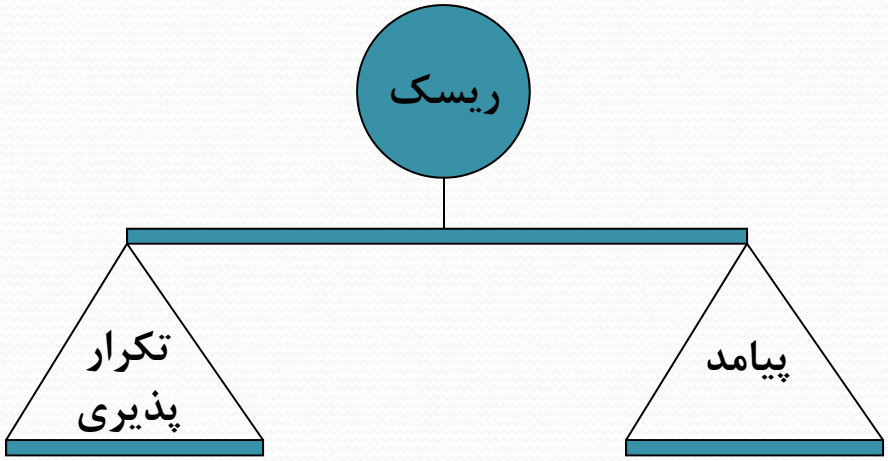
www.MehdiParvini.

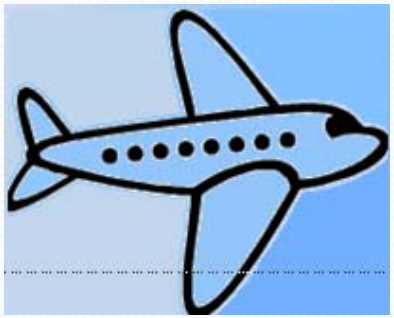
تئوری: بخش دوم

سئوال

ازیابی پیامد همان ارزیابی ریسک هست؟ مبتنی بر چه اصولی است؟

تعریف ریسک





پیامد x تکرارپذیری = ریسک

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

- ریسک کمی یا کیفی؟

ریسک کیفی

شناسایی و ارزیابی خطرات محیط کار و جنبه های زیست محیطی

فهرست خطرات بارز												تاریخ ارزیابی : ۱۳۹۲/۷/۱		شماره ویرایش : ۹۲/۱	
ردیف	فعالیت / خدمات	عادی	غیرعادی	اضطراری	مستقیم	غیرمستقیم	جنبه□ خطر ☑	علت جنبه / خطر	پیامد	روش های کنترل جنبه/ خطر	احتمال وقوع	شدت	درجه پیامد
۱۷	ایستگاههای تقلیل فشار T.B.S و C.G.S	*			*		نشت گاز از اتصالات و تجهیزات مختلف ایستگاههای با فشار ورودی ۲۵۰ psi و بالاتر	نشت از اتصالات و تجهیزات به دلیل مستهلک شدن گسکیت ها	آتش سوزی ـ انفجار ـ جراحت – آلودگی هوا	نشت یابی ایستگاهها ، بازدید دوره ای و آچار کشی اتصالات	C	۳	۳C
۱۸	ایستگاههای تقلیل فشار T.B.S و C.G.S	*			*		نشت گاز از اتصالات و تجهیزات مختلف ایستگاههای با فشار ورودی پائین تر ۲۵۰ psi	نشت از اتصالات و تجهیزات به دلیل مستهلک شدن گسکیت ها	آتش سوزی ـ انفجار ـ جراحت - آلودگی هوا	نشت یابی ایستگاهها - آچار کشی اتصالات	C	۳	۳C
۱۹	ایستگاههای تقلیل فشار T.B.S و C.G.S	*			*		عمل نکردن شات آف ولو در ایستگاههای با فشار ورودی زیر ۲۵۰ psi	افزایش فشار خروجی بیش از حد مجاز	ترکیدن لوله ها - آتش سوزی ـ مرگ – بحران اجتماعی	بازدید دوره ای و تعمیرات منظم مطابق با روش نگهداری و تعمیرات	B	۵	۵B
۲۰	ایستگاههای تقلیل فشار T.B.S و C.G.S	*			*		تنظیم نشدن فشار توسط رگولاتور	پارگی دیافراگم - اسلیو	عبور گاز با فشار بالا	بازدید دوره ای و تعمیرات منظم مطابق با روش نگهداری و تعمیرات	C	۳	۳C
۲۱	ایستگاههای تقلیل فشار T.B.S و C.G.S	*			*		عمل نکردن Safety valve	تنظیم نبودن Safety valve و چک نشدن	شات آف نمودن خط و قطع گاز	بازدید دوره ای و تعمیرات منظم مطابق با روش نگهداری و تعمیرات	C	۳	۳C
۲۲	ایستگاههای تقلیل فشار T.B.S و C.G.S	*			*		نشت مواد بودار کننده توسط odorizer	آسیب دیدن دستگاه تزریق کننده – استهلاک پمپ و اتصالات	نشت مرکاپتان – مسمومیت – آلودگی محیطی	بازدید دوره ای و تعمیرات منظم مطابق با روش نگهداری و تعمیرات	C	۳	۳C

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

ماتریس ریسک

		احتمال ⟵					
	احتمال	۱۰۰۰ سال	۱۰۰ سال	۳۰ سال	۵ سال	۱سال
	تاریخچه	هرگز در صنعت دیده نشده	در صنعت اتفاق افتاده	در شرکت نفت اتفاق افتاده	در یک شرکت فرعی اتفاق افتاده	در واحد عملیاتی اتفاق افتاده
	دسته	۱	۲	۳	۴	۵
	سرمایه (تولید)	بهداشت	محیط زیست	ایمنی
عواقب ⟵	خسارت خیلی زیاد، از دست رفتن واحد و یا تولید	مرگ یا بیماری شغلی که منجر به مرگ می‌شود، مانند سرطان	خسارت طولانی مدت دور ریزی زیاد نفت و مواد شیمیایی ، بازسازی ممکن نیست	چند کشته،کشتار عمومی یا خسارت بسیار زیاد به دارائی
	خسارت زیاد از دست دادن تولید برای چندین هفته	آسیب ناتوان کننده کلی، بیماری شغلی برگشت ناپذیر، مانند سوختگی با مواد خورنده	خسارت متوسط، دور ریزی معمول نفت و مواد شیمیایی، بازسازی بیش از یک سال طول می‌کشد	یک کشته ، اثرات حاد سلامت روی عموم یا خسارت عمده به دارائی
	خسارت محلی به تجهیزات، توقف واحد برای یک،دو هفته	آسیب ناتوان کننده جزئی، بیماری شغلی، مانند کم شدن شنوایی، ارتعاش دست	تأثیرحاد، دور ریزی جزئی، بازسازی طی یک سال	آسیب جدی، غیبت طولانی از محیط کار، اثرات جزئی روی سلامت عموم
	خسارت جزئی به تجهیزات، قطع تولید برای چند روز	درمان دارویی، بیماری بدون زمان از دست رفته، مانند سوختگی پوست	تأثیر گذرا، دور ریزی کم نفت و مواد شیمیایی، بازسازی فوری	درمان دارویی، نیاز به چند روز استراحت، تاثیر و خسارت ناچیز روی محیط
	خسارت خیلی کم بدون قطع تولید	کمکهای اولیه جزئی، بیماری شغلی یا اثرات ناچیز روی سلامتی	تأثیر جزئی،دور ریزی ناچیز نفت و مواد شیمیایی ، بدون بازسازی	کمکهای اولیه، بازگشت به کار همان روز یا روز بعد

	ناحیه غیر قابل قبول. به غیر از شرایط خاص و غیر معمول، این ریسک قابل قبول نمی باشد.
	ناحیه قابل تحمل. تنها در صورتی که مطابق اصل ALARP ، کاهش ریسک از نظر منطقی، عملی نباشد.
	ناحیه قابل قبول. بایستی سعی شود که با بهبود مستمر، ریسک در این ناحیه نگاه داشته شود.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

شناسایی و ارزیابی خطرات محیط کار و جنبه های زیست محیطی

نام حوزه : بهره برداری، تعمیر و نگهداری | نام واحد : حفاظت کاتدیک | تاریخ ارزیابی : ۱۳۹۲/۷/۱ | شماره ویرایش : ۹۲/۱

ردیف	فعالیت / خدمات	عادی	غیر عادی	اضطراری	مستقیم	غیرمستقیم	جنبه□ خطر ☑	علت جنبه / خطر	پیامد	روش های کنترل جنبه/ خطر	احتمال وقوع	شدت	درجه پیامد
۱	حفاظت کاتدیک	*			*		درست عمل نکردن آندها و جابجایی آند و کاتد	آب چاه آندی تمام شود- قطع برق ایستگاه - اشکال در کابلهای ارتباطی- قطع برق در باندباکسهای مثبت و منفی	خوردگی و سوراخ شدن شبکه - نشت گاز - آتش سوزی و انفجار - مرگ	ارقام برداری از جریان تک تک آندها در فواصل زمانی مشخص، انجام شده و اگر آند خورده شده باشد آنرا عوض کرده و یا چاه را که سطح آب آن پایین رفته است تا یک سطحی از ذغال کک پرنمایند و در صورت امتحان کلیه روشها ایستگاه جدید ساخته شود	C	۴	۴C
۲	حفاظت کاتدیک	*			*		قطع شدن سیستم کاتدیک و کاهش ولتاژ حفاظت کاتدیک	خرابی ترانس – عدم کارایی مناسب سیستم حفاظت کاتدیک، قطع سیستم حفاظت کاتدیک	شروع Corrosion - آسیب به لوله ها	کنترل کلیه اتصالات و ترانس – کابلشوها – شین های مسی برق سالم و محکم در محل خود مستقر باشند – کاهش مقاومت بستر کاتدیک	C	۴	۴C

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

انواع روشهای ارزیابی ریسک

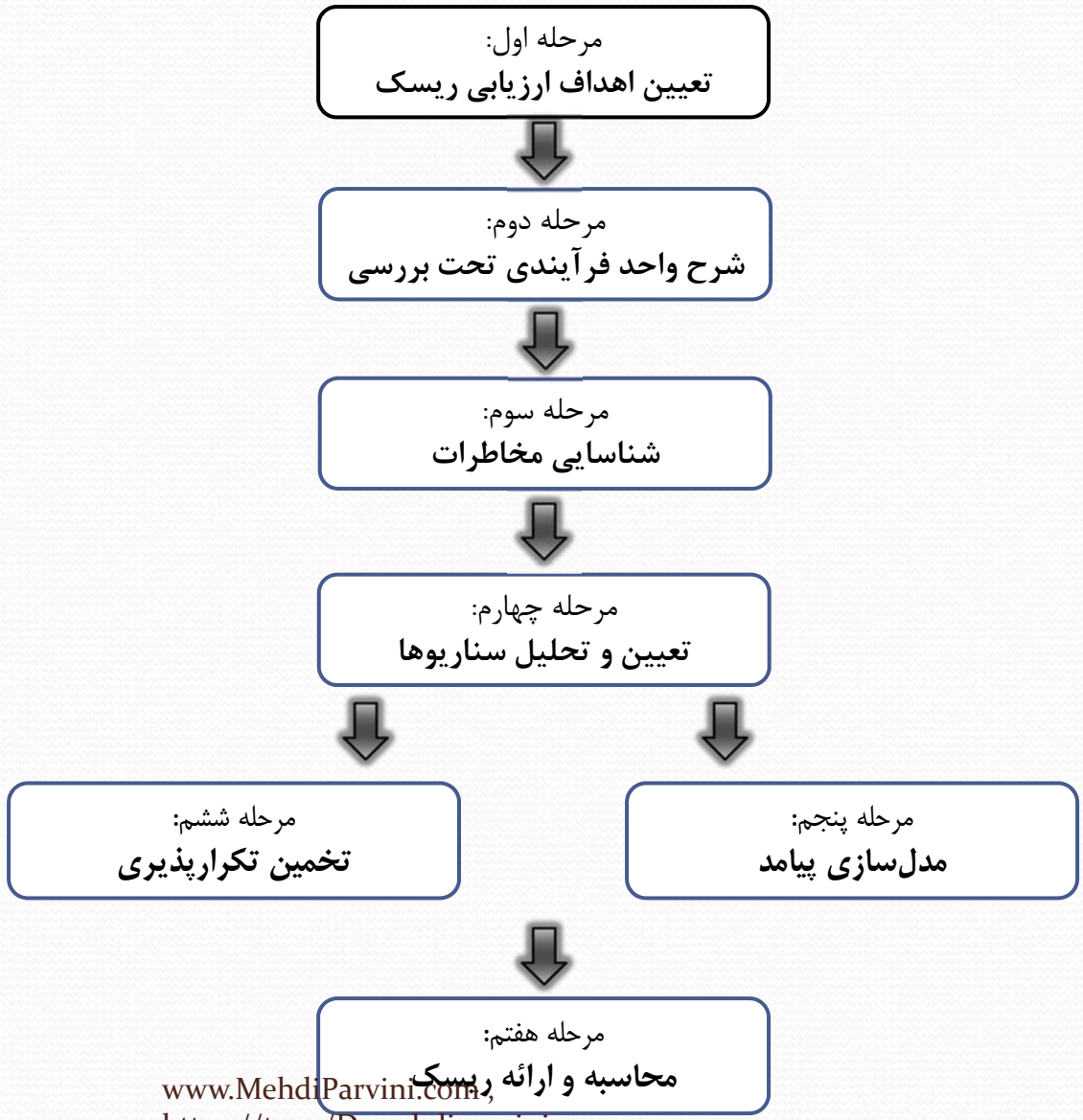
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

رویه ارزیابی ریسک کمی

Risk Assessment

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مراحل ارزیابی ریسک



www.MehdiParvini.com,
https://t.me/Drmehdiparvini

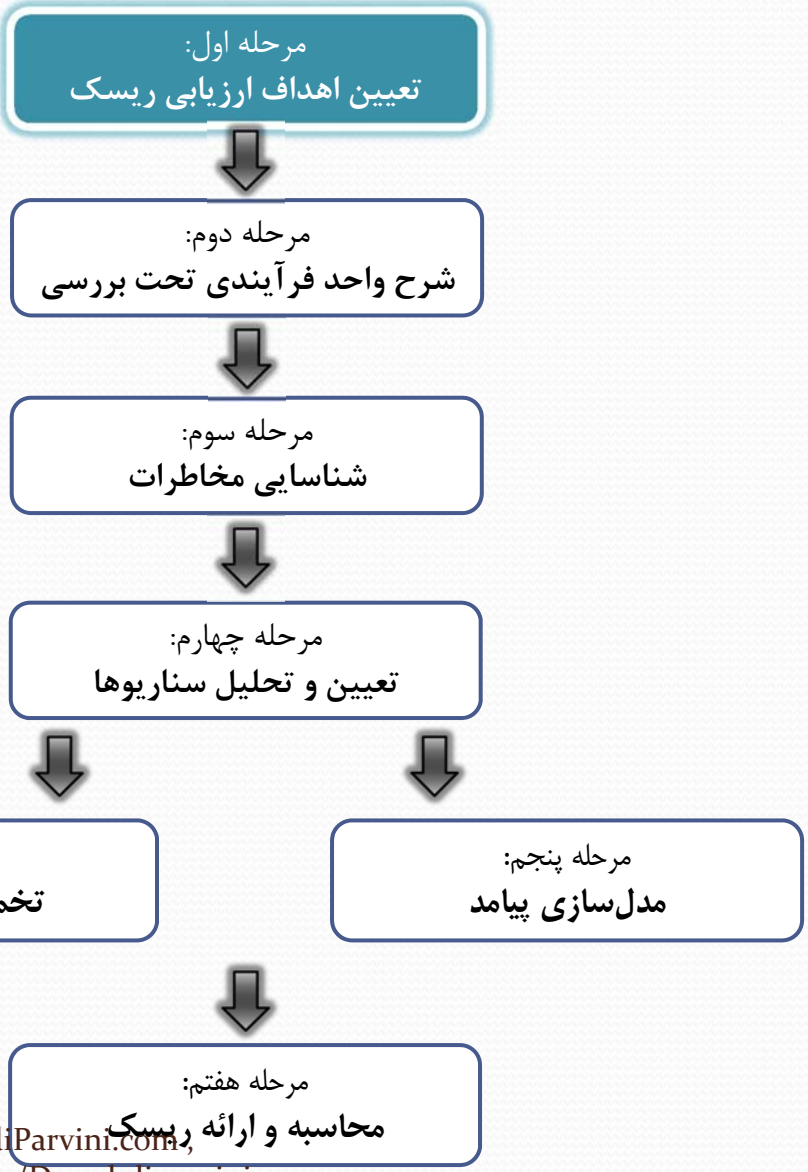
سئوال

ازیابی پیامد مبتنی بر چه اصولی است؟

تعیین اهداف ارزیابی ریسک

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تعیین اهداف ارزیابی ریسک



www.MehdiParvini.com,
https://t.me/Drmehdiparvini

هدف‌های مرسوم از ارزیابی پیامد

- اولویت‌بندی مخاطرات
- تعیین لزوم استفاده از پوشش‌های حرارتی
- جانمایی واحدهای فرآیندی (Layout)
- موقعیت‌یابی واحدهای فرآیندی (Siting)
- موقعیت فلر و دودکش
- بررسی مخاطرات وارده بر روی ساختمان‌های حساس
- برآورد تاثیرات زیست محیطی
- تعیین موقعیت مناسب آشکارسازها
- تعیین مناطق خطر (ardous Area Classification

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

اهداف اختصاصی تر

- تعیین حریم ایمن لوله های گاز
- بررسی مخاطرات انتقال گاز از مسیرهای مختلف بر ساکنین مناطق و ابنیه
- تعیین ریسک فعالیت ایستگاه های تقلیل فشار
- بررسی پیامد تخلیه گاز از علمک درب منازل
- وجود دایک در زیر یک مخزن

ارزیابی ریسک در جانمایی واحدهای فرآیندی

www.MehdiParvini.com
https://t.me/Drmehdiparvini

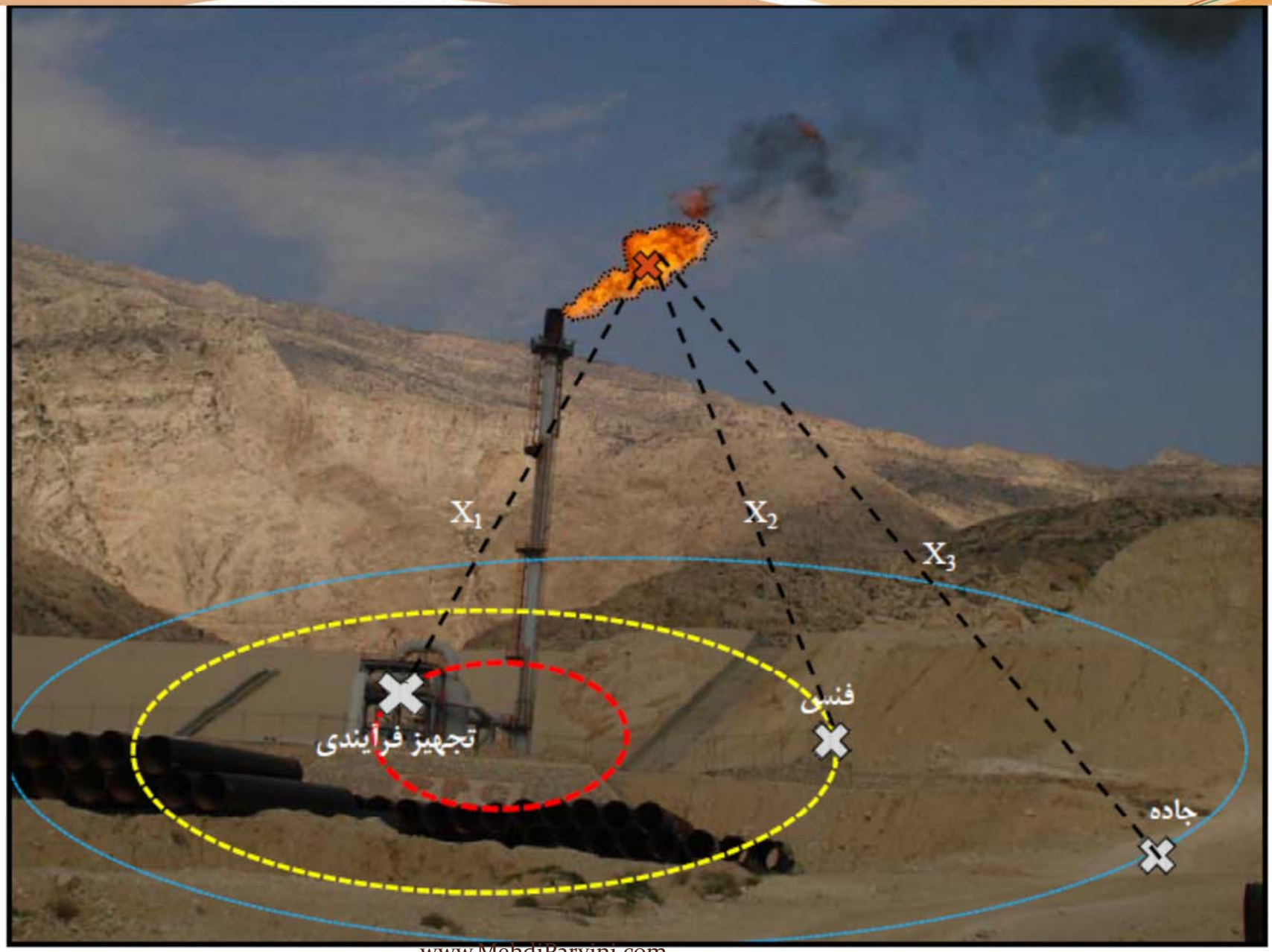
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

نکته قابل تامل

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

ارزیابی ریسک در موقعیت‌یابی واحدهای فرآیندی

www.MehdiParvini.com
https://t.me/Drmehdiparvini

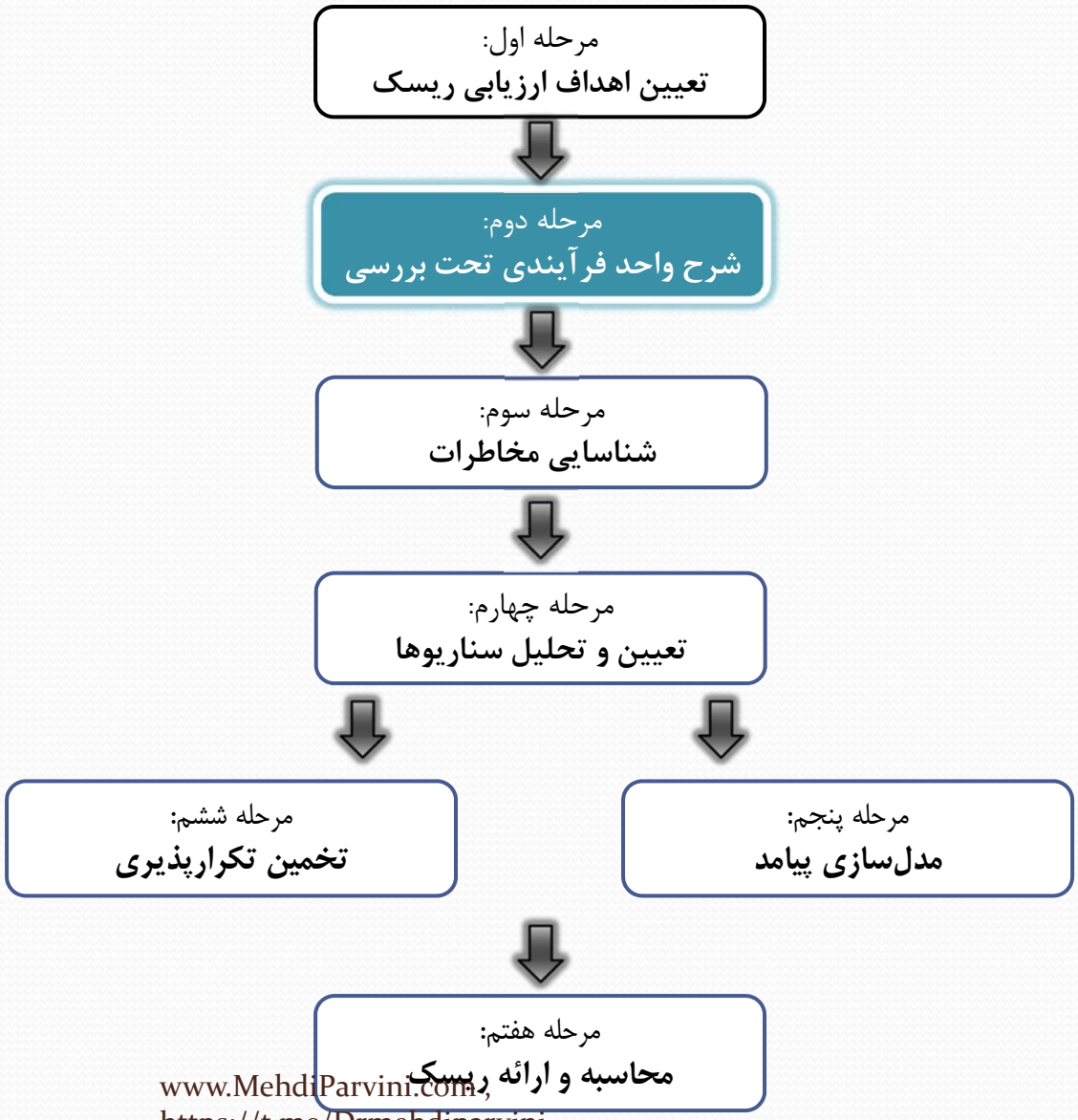


www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

شرح واحد فرآیندی تحت بررسی

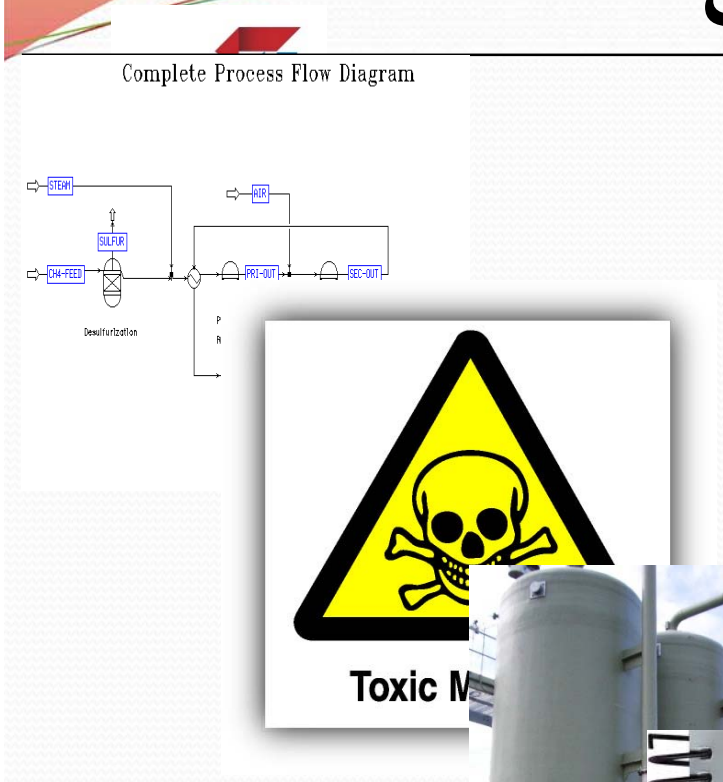
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

شرح واحد فرآیندی تحت بررسی



www.MehdiParvini.com,
https://t.me/Drmehdiparvini

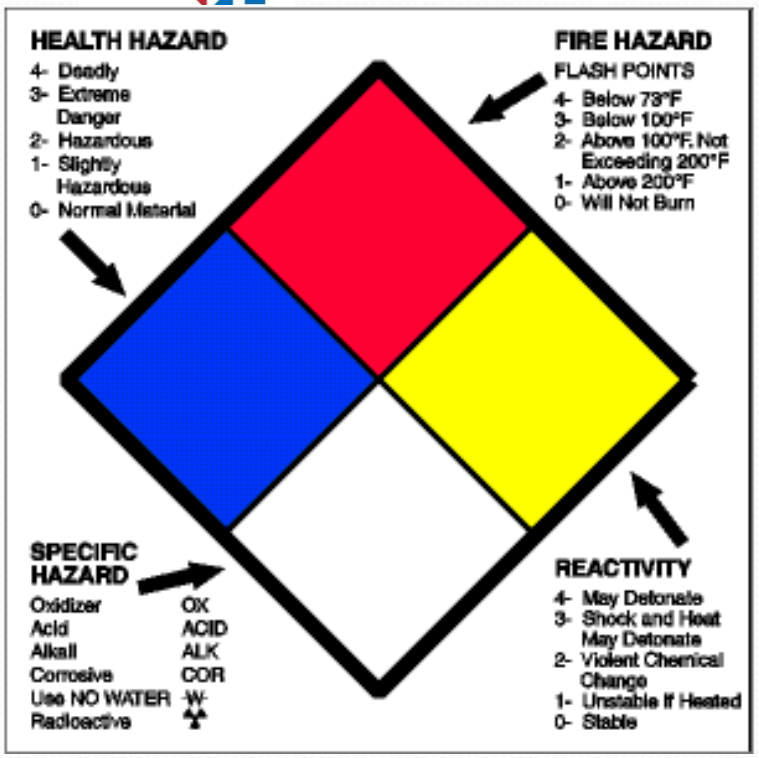
شرح واحد فرآیندی تحت بررسی



- نقشه‌های عملیاتی شامل: PFD’s و P&ID’s
- نقشه‌های جانمایی (Layout)
- شرح فرآیند
- معیارهای ایمنی (Safety Philosophy)
- خواص فیزیکی مواد موجود در فرآیند
- خواص سمیت و اشتعال‌زایی مواد

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

خواص مواد موجود در فرآیند



- استفاده از MSDS
- استفاده از نرم‌افزار CAMEO
- استفاده از بانک اطلاعاتی نرم‌افزارهای شبیه‌ساز فرآیند
- استفاده از مراجع معتبر و تایید شده

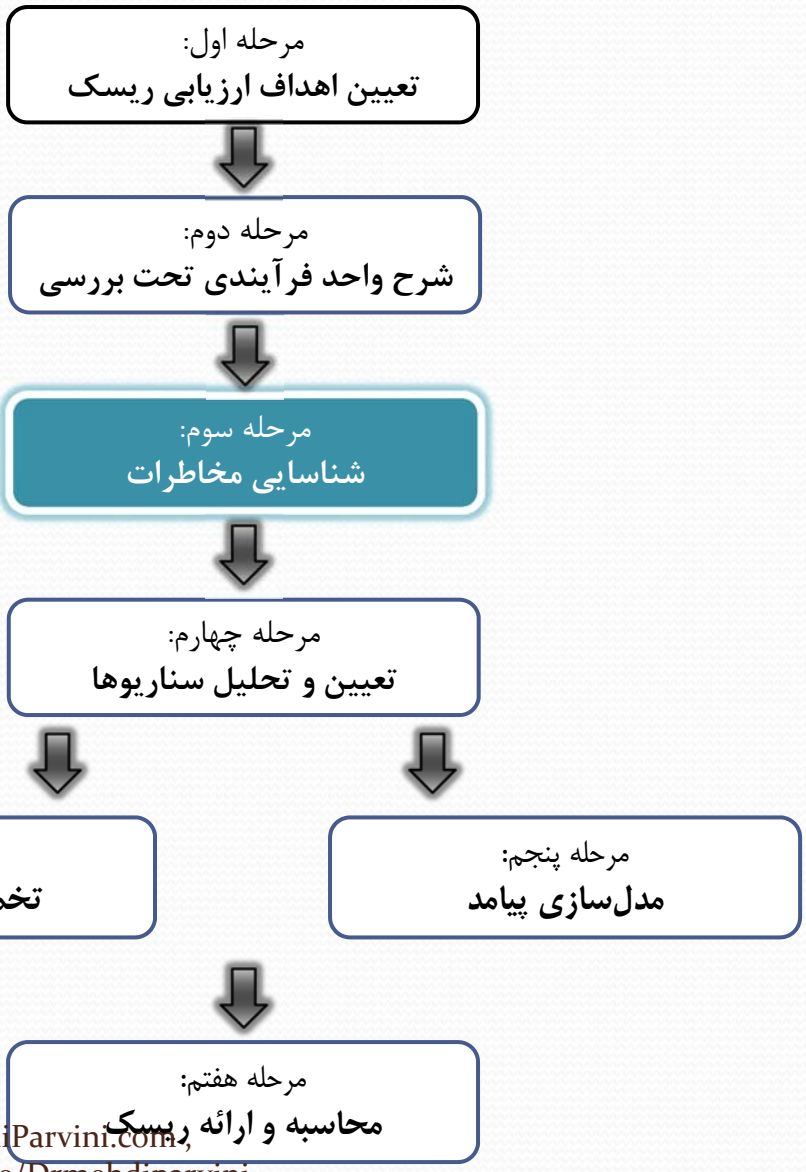
نرم‌افزار CAMEO

شناسایی مخاطرات

Hazard Identification

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

شناسایی مخاطرات



www.MehdiParvini.com,
https://t.me/Drmehdiparvini

شناسایی مخاطرات

- مرور ایمنی (Safety Review)
- آنالیز چک لیست (Checklist)
- آنالیز پرسش (What/If)
- تحلیل مواد موجود در فرآیند و شرایط عملیاتی
- تجزیه تحلیل مقدماتی خطر (PHA)
- مطالعه مخاطرات و راهبری (HAZOP)
- تجزیه تحلیل خطا و آثار ناشی از آن (FMEA)
- تحلیل علت پیامد (CCA)
- تحلیل درخت خطا (FTA)

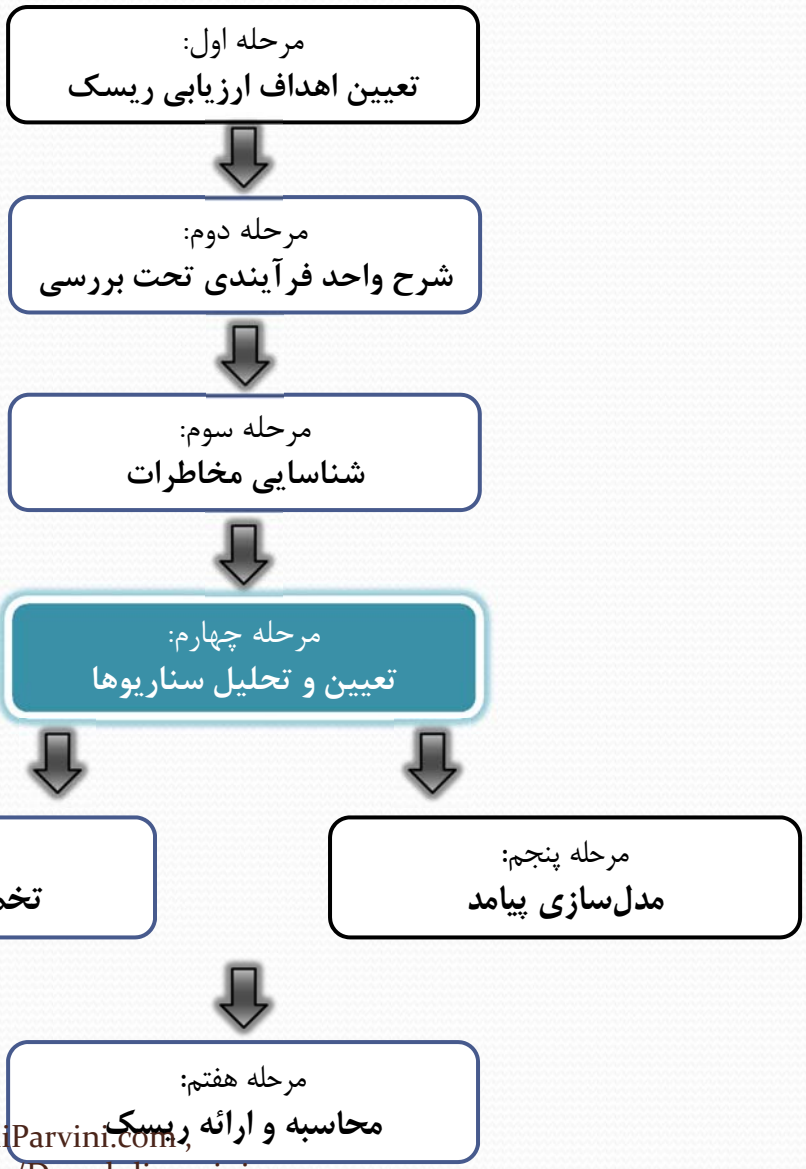
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تعیین سناریوهای معتبر

Credible Scenarios

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تعیین سناریوهای معتبر



www.MehdiParvini.com,
https://t.me/Drmehdiparvini

سناریو

سناریو به صورت رخداد مستقلی در نظر گرفته می‌شود که ممکن است در یک واحد فرآیندی اتفاق بیافتد، و هر کدام از این رخدادهای مستقل می‌تواند چندین نتیجه حادثه (incident outcome) (آتش، انفجار، پخش مواد سمی و...) داشته باشد، که این نتایج نیز با توجه به شرایط مختلفی که سبب تغییر نوع آثار ناشی از این آنها می‌شود به چند دسته به نام نتایج موردی (incident outcome case) تقسیم بندی می‌شوند.

رخداد مستقل (سناریو)	نتیجه	نتیجه موردی
یک سناریو مستقل	نتیجه ۱	نتیجه موردی ۱
		نتیجه موردی ۲
		نتیجه موردی ۳
	نتیجه ۲	

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

سناریو

سناریو، واقعه ای است که می تواند منجر به رخداد یکی از مخاطرات فرآیندی زیر شود:

آتش

انفجار

رهایش مواد سمی

سناریو ها در اکثر موارد به صورت **نشتی و یا پارگی محتمل** در تجهیزات فرآیندی درنظر گرفته می شوند به طوری که منجر به نشر مواد سمی و یا مواد قابل اشتعال شوند

مشخصات سناریو

- محل وقوع سناریو
- نشتی یا تخلیه ناگهانی
- اندازه سوراخ ایجاد شده در مورد نشتی
- مدت زمان تخلیه و یا کل مقدار مواد تخلیه شده

تعریف مشخصات سناریو

تعیین سناریو و تعریف مشخصات آن بستگی به هدف از انتخاب سناریو دارد

- ارزیابی ریسک
- تعیین حریم ایمن
- مطالعه موردی
- و سایر طرح‌های خاص

محل وقوع سناریو

اطلاعات جمع‌آوری شده توسط HSE از نشتی‌های ثبت شده موارد زیر را به عنوان محل‌های اصلی وقوع سناریو معرفی می‌کند:

- ۶۱٪ کل نشتی‌ها در لوله‌ها و اتصالات
- ۱۵٪ کل نشتی‌ها از فلنج‌ها
- ۱۴٪ کل نشتی‌ها از محل آب‌بندی
- ۱۰٪ کل نشتی‌ها از انواع شیرها

PREDICTION OF CONSEQUENCES

- **FIRE ZONES :**

  The partition into fire zones is such that consequences of a fire, flammable gas leak or an explosion corresponding to the credible event in the concerned fire zone, shall not impact other fire zones.

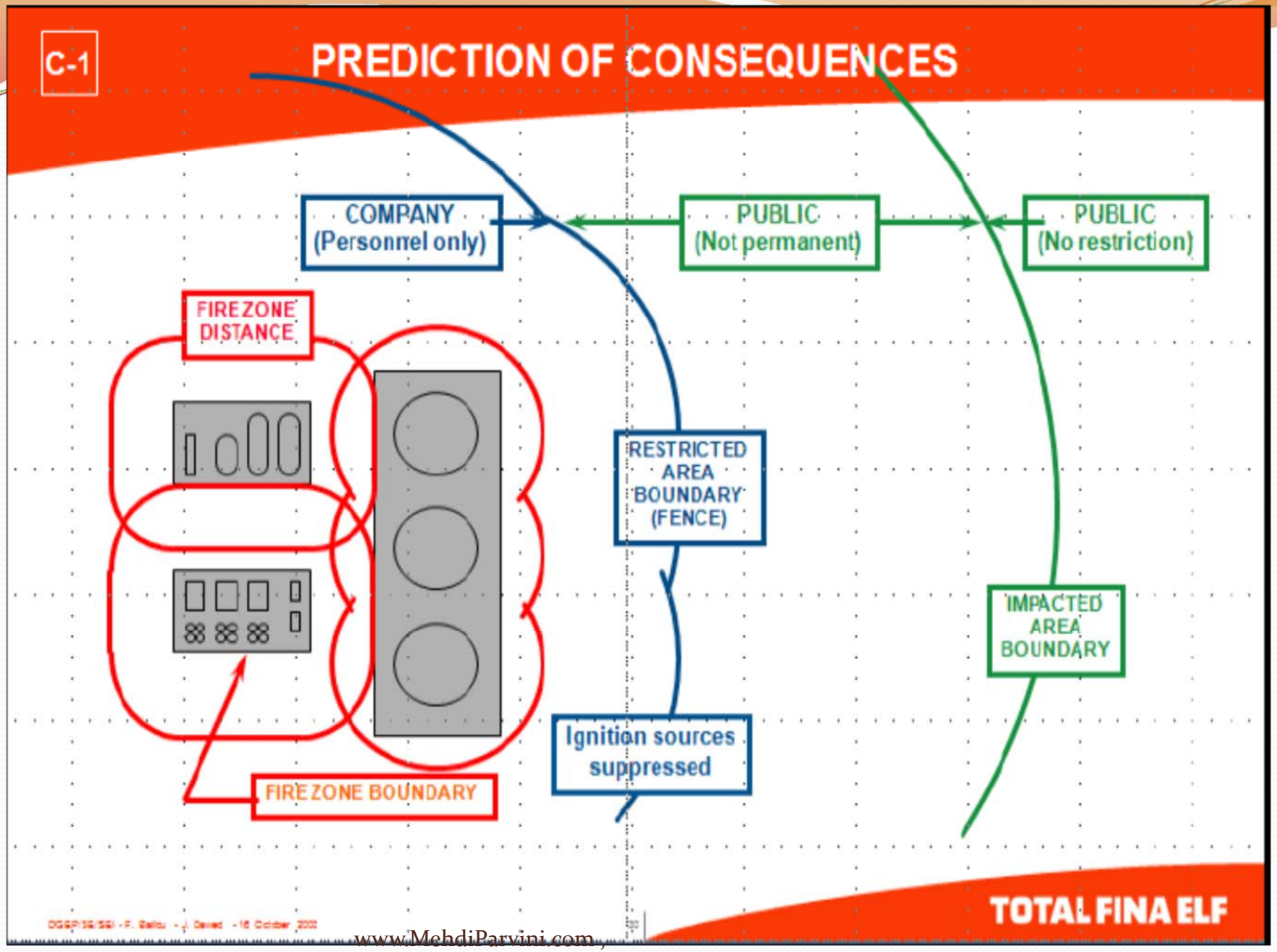
- **RESTRICTED AREA :**

  Area within the boundaries of the installation under control of COMPANY, which may be affected by the consequences caused by a major failure.

- **IMPACTED AREA :**

  Area that extends beyond the boundaries of the installation under control of Authorities, which may be affected by the consequences caused by a catastrophic failure.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

روش‌های تخمین اندازه نشتی

۹۰٪ کل نشتی‌ها دارای اندازه‌ای کمتر از ۵۰٪ قطر لوله می‌باشند.

روش ارائه شده توسط شرکت DNV

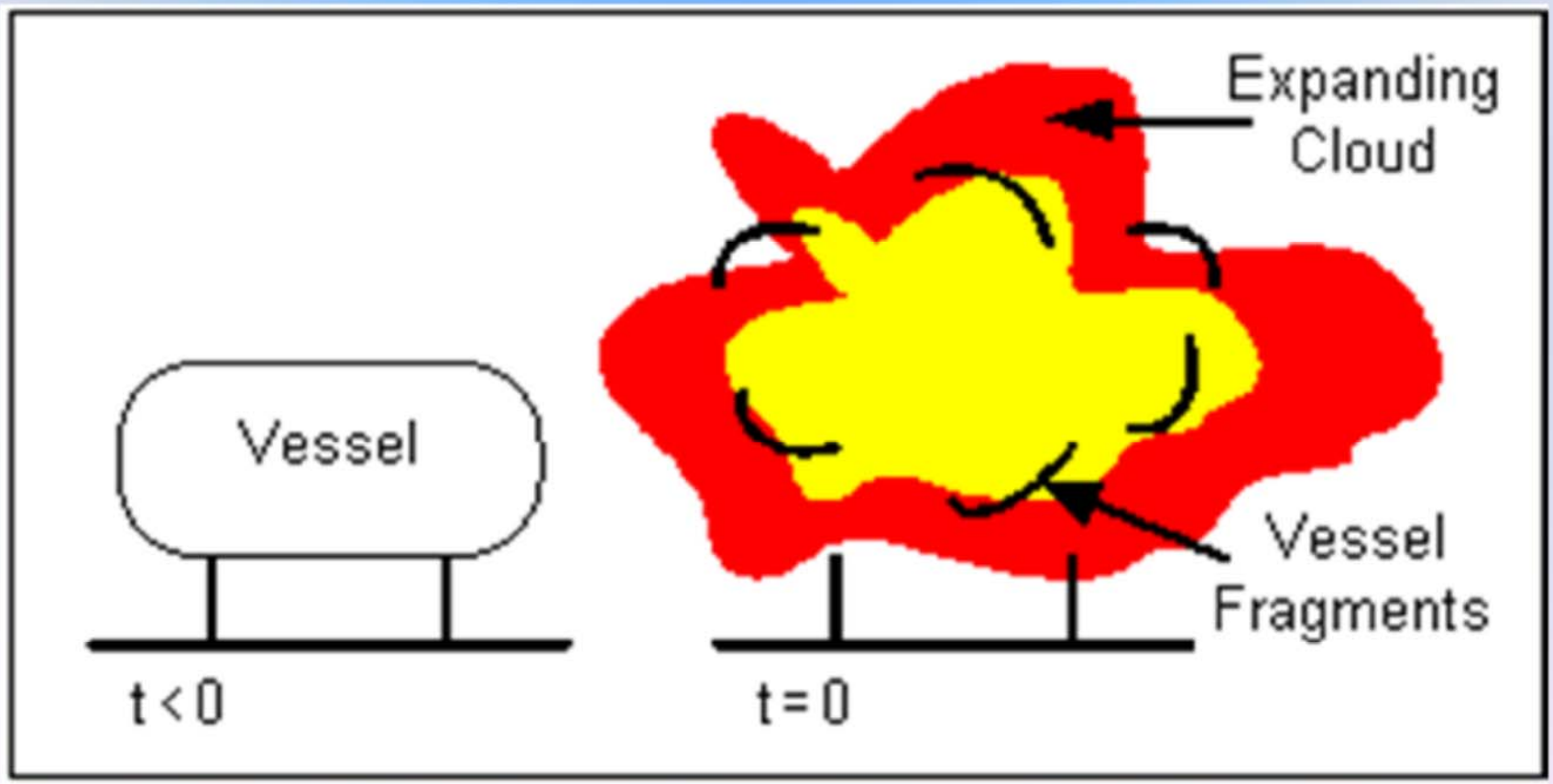
تجهیزات	ابعاد پارگی مورد بررسی
لوله‌های با قطر کمتر از ۱/۵ in	۵ mm و پارگی کامل
لوله‌های با قطر بین ۲ تا ۶ in	۵ mm، ۲۵ mm و پارگی کامل
لوله‌های با قطر بین ۸ تا ۱۲ in	۵ mm، ۲۵ mm، ۱۰۰ mm و پارگی کامل
مخازن	پارگی کامل خطوط ورودی و خروجی و تخلیه ناگهانی
پمپ‌ها	بسته به قطر لوله‌های ورودی و خروجی، نشتی از درزگیر به قطرهای ۵ mm، ۲۵ mm، ۱۰۰ mm

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

نحوه تعریف سناریو در نرم افزار ETABS

آشنایی با محیط نرم‌افزار / انواع سناریو

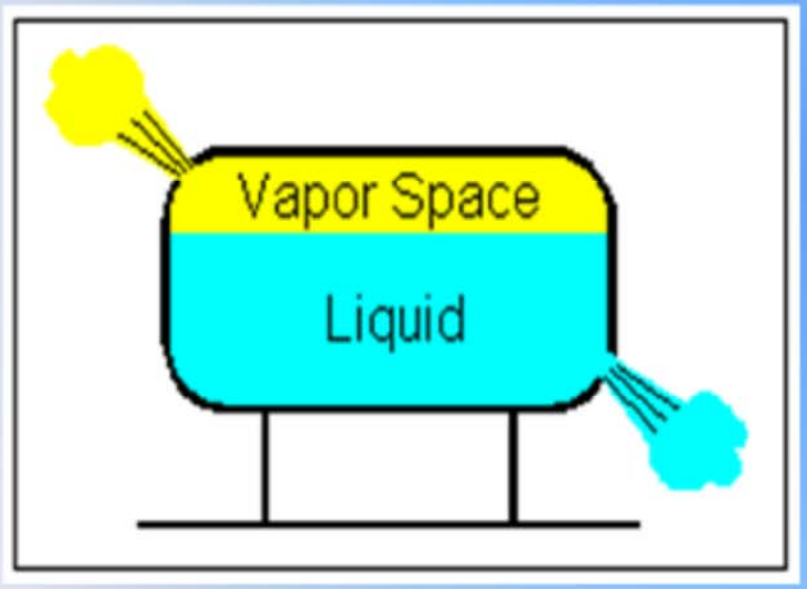
Catastrophic Rupture

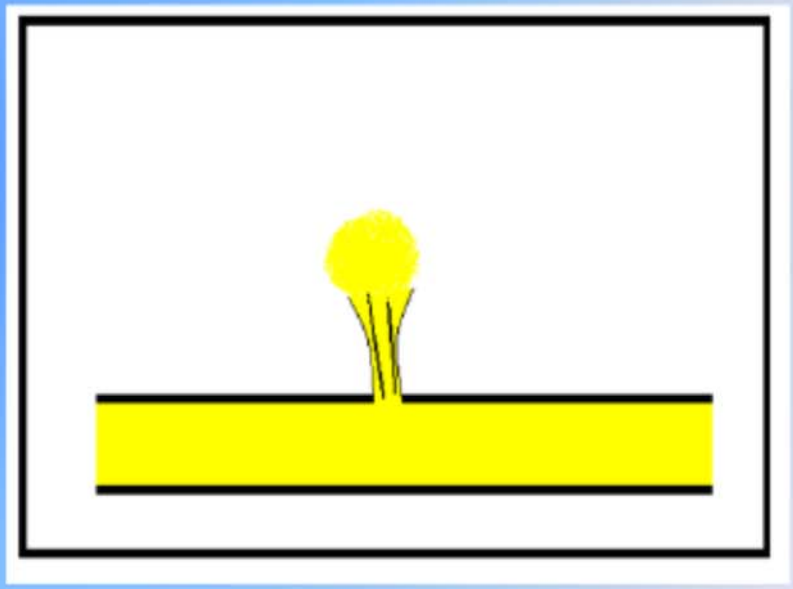


www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

آشنایی با محیط نرم‌افزار / انواع سناریو

Leak

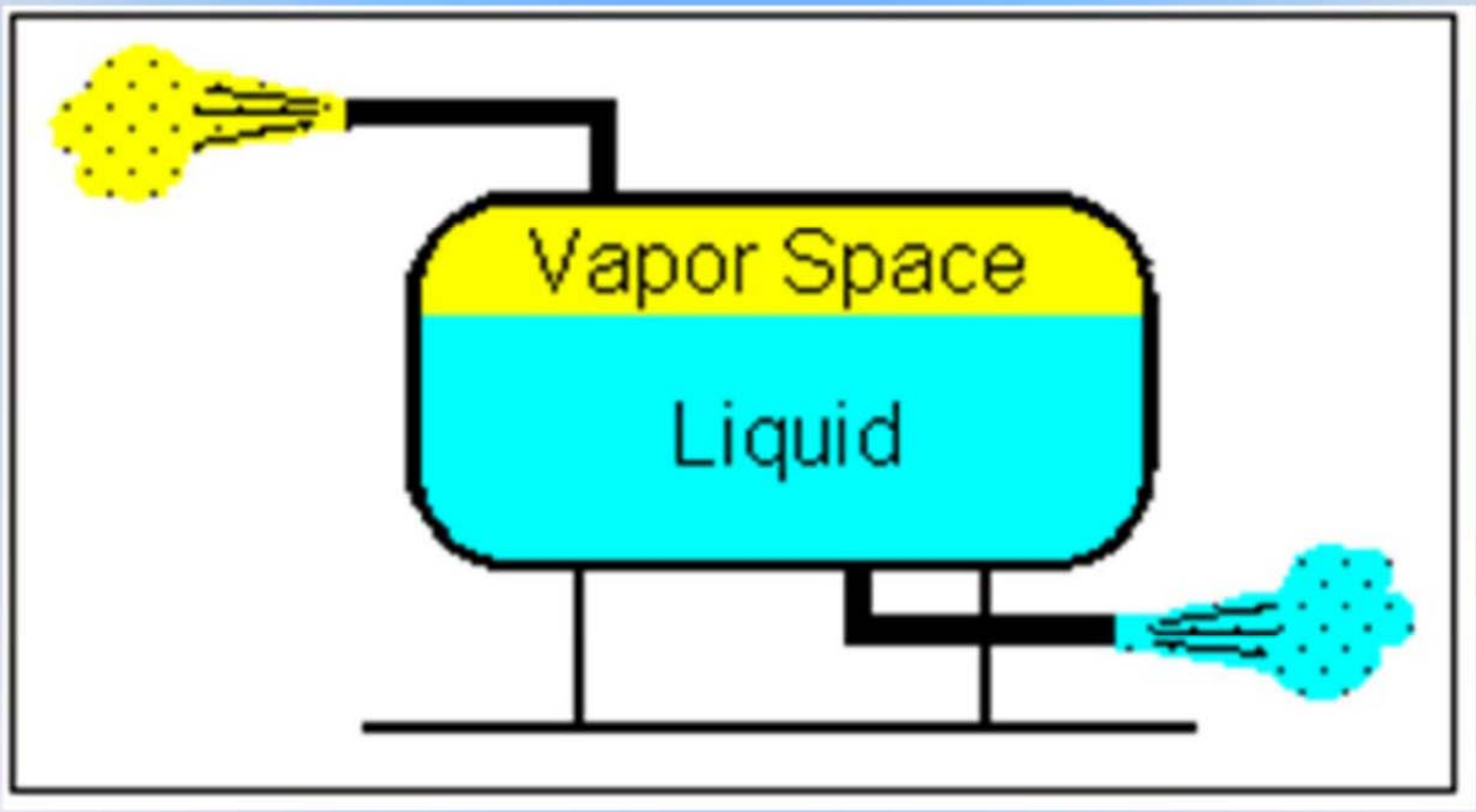




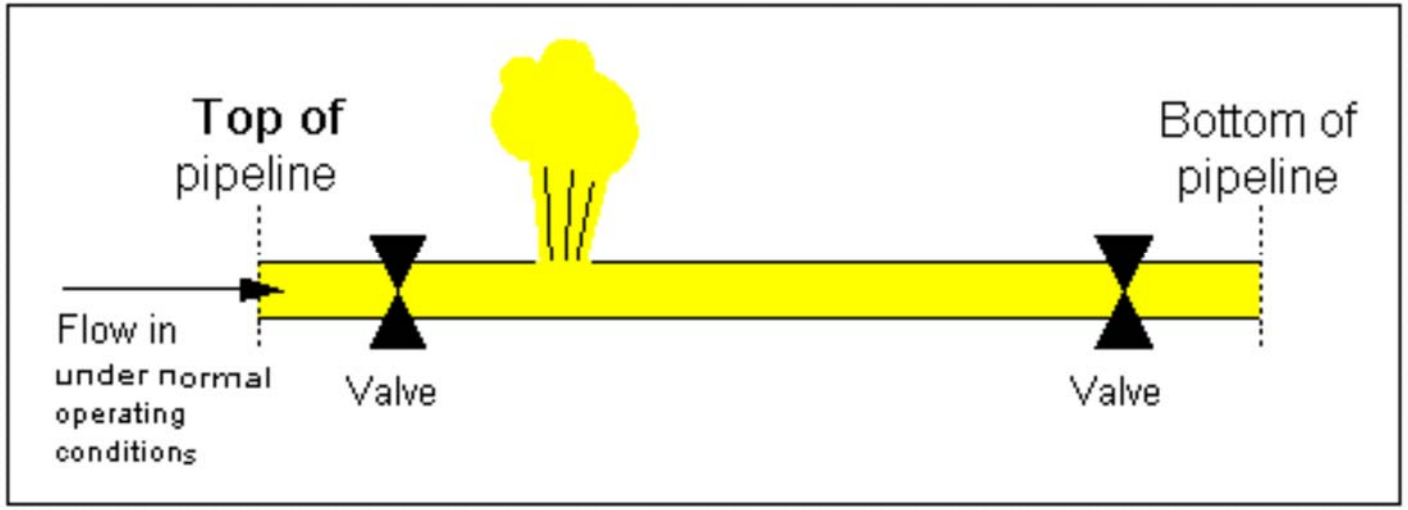
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

آشنایی با محیط نرم‌افزار / انواع سناریو

Line Rupture



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini



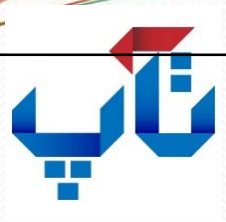
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی پیامد

Consequence Modeling

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی پیامد



مرحله اول:
تعیین اهداف ارزیابی ریسک

مرحله دوم:
شرح واحد فرآیندی تحت بررسی

مرحله سوم:
شناسایی مخاطرات

مرحله چهارم:
تعیین و تحلیل سناریوها

مرحله پنجم:
مدل‌سازی پیامد

مرحله ششم:
تخمین تکرارپذیری

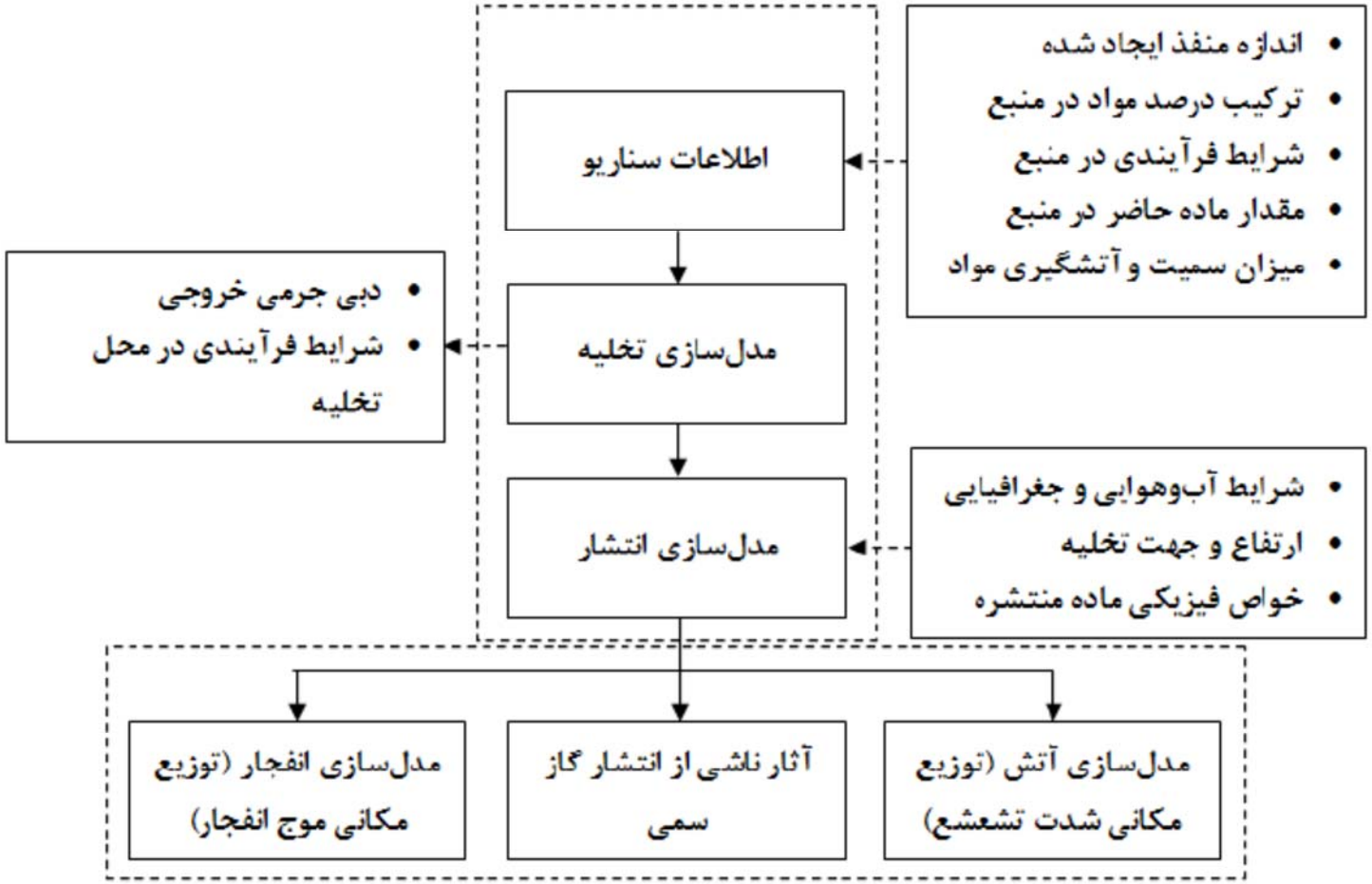
مرحله هفتم:
محاسبه و ارائه ریسک

www.MehdiParvini.com,
https://t.me/Drmehdiparvini

؟

- هدف از مدل‌سازی بیامد چیست؟

- هدف از مدل‌سازی پیامد آن است که اثرات یک حادثه یا حوادث بعدی منتج شده از آن را بتوان در مختصات مکانی دلخواه و در زمان‌های مختلف به دست آورد. تا با داشتن این اثرات، بتوان شدت حادثه و میزان تاثیر آن در نابودی افراد و منابع مادی چون ابنیه و تجهیزات را در زمان‌ها و مکان‌های مختلف محاسبه کرد. لذا مدلسازی پیامد عبارت از پیش بینی اثرات و عواقب ناشی از رهایش و پخش یک ماده در محیط بوسیله مدل‌های ریاضی است.



شکل ۳-٤. جزئیات مراحل ارزیابی پیامد [۱]

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

انواع تخلیه

تخیله مایع:

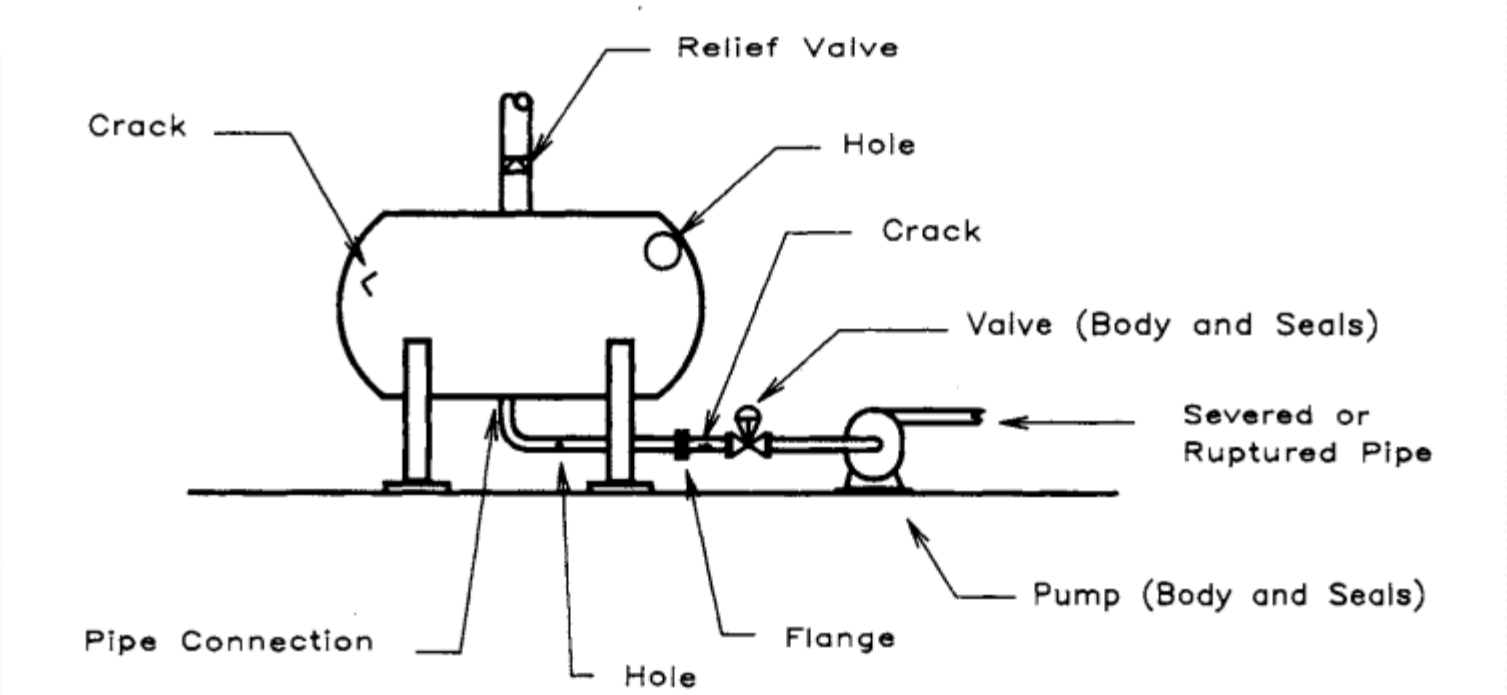
- ایجاد شکاف در یک مخزن یا خط لوله حاوی مایع با فشار اتمسفری
- ایجاد شکاف در یک مخزن یا خط لوله حاوی مایع تحت فشار و تخلیه محتوی آن با دمـایی پـایین‌تر از نقطـه جوش نرمال مایع

تخلیه گاز:

- ایجاد شکاف در یک دستگاه حاوی گاز تحت فشار
- تبخیر از سطح حوضچه مایع ایجاد شده در اثر تخلیه مایع در محیط
- باز شدن شیر اطمینان و تخلیه گاز به محیط

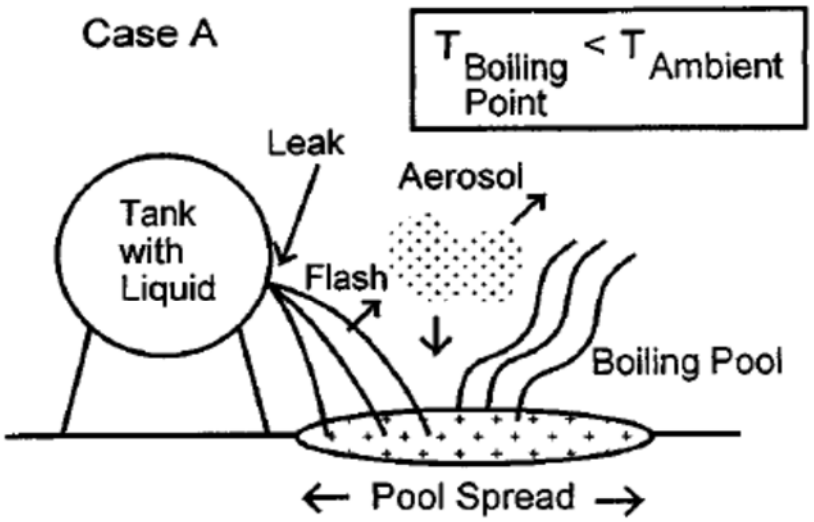
تخلیه دو فازی:

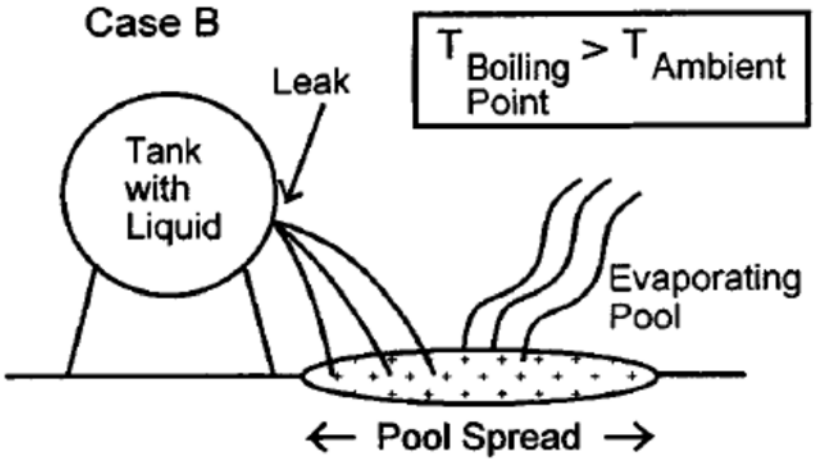
- ایجاد شکاف در یک مخزن یا لوله حاوی مایع تحت فشار و تخلیه محتویات آن با دمایی بالاتر از نقطـه جـوش نرمال مایع
- باز شدن شیر اطمینان در مواردی مانند ایجاد واکنش غیر قابل کنترل مایع یا تولید مایع در حال کف کردن



انتشارهای روزنه محدود

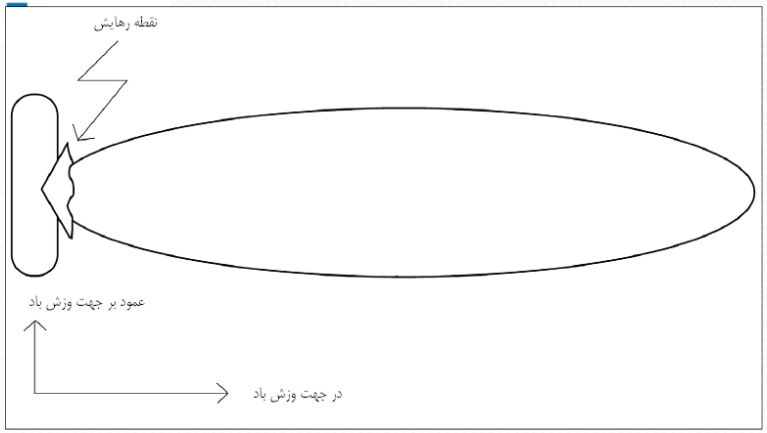
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini



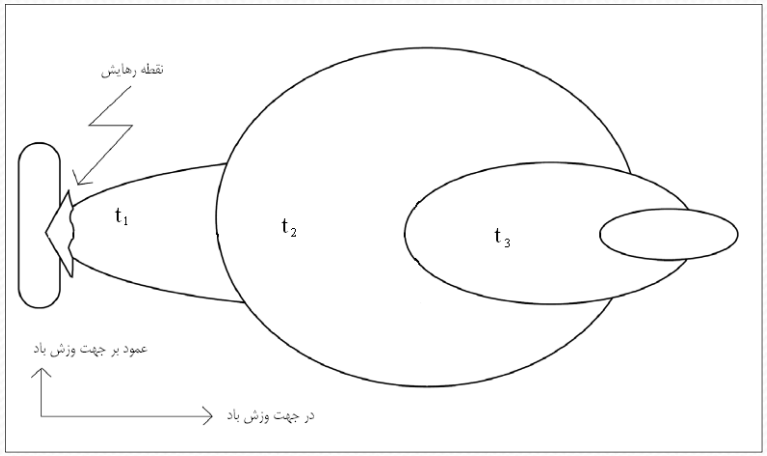


www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی انتشار مواد



پروفایل غلظت در رهایش دائمی مواد



پروفایل غلظت در رهایش ناگهانی مواد

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی انتشار مواد

شرایط آب و هوایی

پایداری جو

ناهمواری های سطح زمین

ارتفاع انتشار مواد

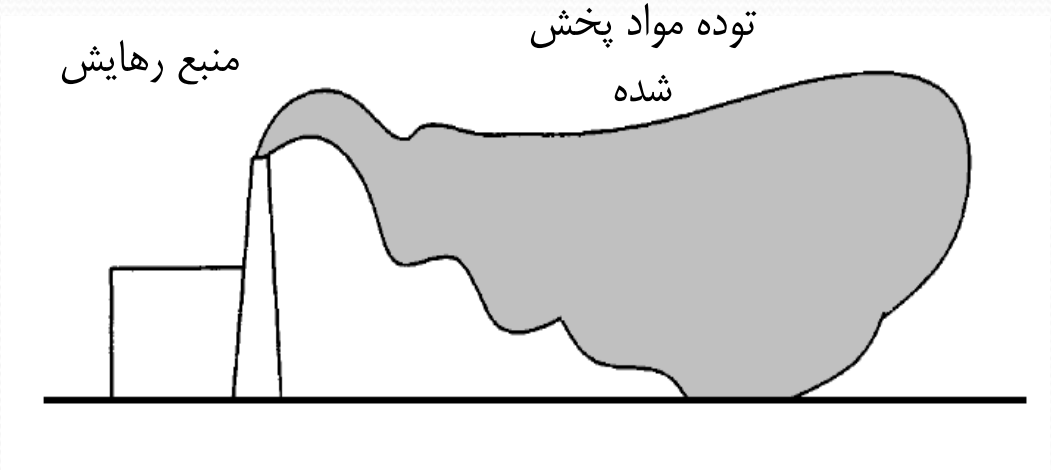
اندازه حرکت مواد رها شده

مدل انتشار

توزیع غلظت مواد رها شده
بر حسب زمان و مکان

ارتفاع انتشار مواد

هرچه ارتفاع نقطه رها شدن مواد بیشتر باشد غلظتی کـــه به یک فاصله خاص می‌رسد کاهش می‌یابد زیرا ابر تشکیل شده از مواد باید فاصله بیشتری را طی کند تا به سطح زمین برسد و در این فاصله با هوای محیط مخلوط شده و رقیق‌تر می‌گردد .



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

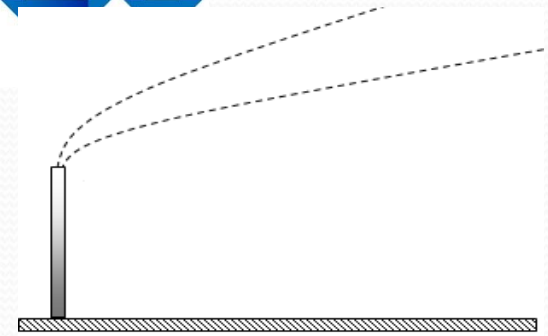
- سئوال:
- آیا نرم افزار هم از همین معادلات استفاده می کند؟

- راهنمای تکنیکی نرم افزار و پسورد: PalaceHouse
- کلید واژه Calculating or Calculaion
- Technica

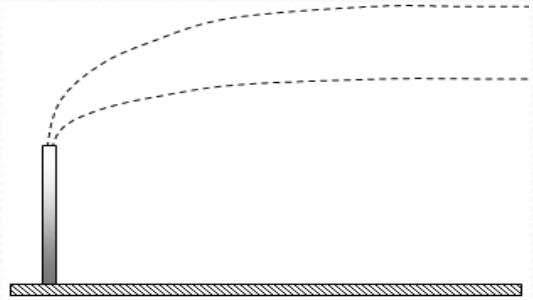
مدل‌های انتشار

- مدل Gaussian
- مدل SLAB
- مدل DEGADIS
- مدل PHAST
- مدل HGSYSTEM
- مدل ALOHA

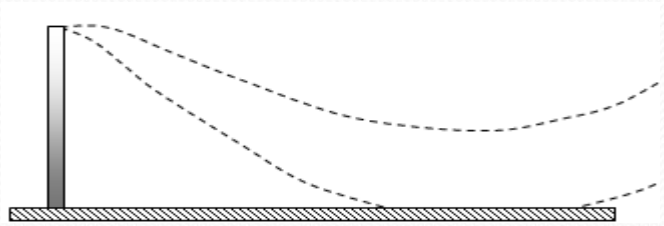
مدل‌های انتشار



- مدل‌های پخش گازهای با شناوری مثبت
  مدل گاوسی



- مدل‌های پخش گازهای با شناوری خنثی
  مدل گاوسی



- مدل‌های پخش گازهای با شناوری منفی
  DEGADIS , SLAB, PHAST

مدل انتشار PHAST

- مدل‌سازی رهایش مواد سبک‌تر یا سنگین‌تر از هوا
- مدل‌سازی برای رهایش مداوم و رهایش ناگهانی
- توانایی در محاسبات مربوط به مخلوط مواد
- محاسبات مربوط به رهایش مواد در حالت مایع
- تبخیر از سطح حوضچه‌های مایع نیز در این مدل گنجانده شده است
- در نظر گرفتن تاثیر ناهمواری‌های سطح زمین

پایداری جو

پایداری جو نشان دهنده میزان اختلاط و اغتشاش لایه‌های جوی و معیاری از اختلاط مواد پخش شده در محیط در جهت عمود بر سطح زمین است

جو پایدار

جو ناپایدار

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

پایداری جوی (معیار پاسکویل)

معیار پایداری پاسکوییل						
هوای کاملا ابری در هر زمان از شبانه روز	شب: درجه ابری بودن آسمان		روز: میزان تابش خورشید			سرعت باد (m/s)
	بین ۰/۴ و ۰/۸	کمتر از ۰/۴	زیاد	متوسط	کم	
D	-	-	A	A-B	B	کمتر از ۲
D	F	E	A-B	B	C	۲-۳
D	E	D	B	B-C	C	۳-۵
D	D	D	C	C-D	D	۵-۶
D	D	D	C	D	D	بیشتر از ۶

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

A	شرایط کاملا ناپایدار	D	شرایط جوی خنثی
B	شرایط نسبتا ناپایدار	E	شرایط جوی نسبتا پایدار
C	شرایط با ناپایداری کم	F	شرایط جوی پایدار

کلاس جوی پایدار F و E

کلاس جوی ناپایدار A و B

کلاس جوی خنثی D

www.MehdiParvini.com
https://t.me/Drmehdiparvini

شرایط آب و هوایی

- شرایط آب و هوایی باید به صورتی انتخاب شود که بیانگر متوسط شرایط در یک دوره زمانی یک ساله باشد. در صورت عدم امکان یک شرایط آب و هوایی غالب، باید چند شرایط آب و هوایی غالب انتخاب شود و تمام محاسبات و بررسی ها باید در کل شرایط آب و هوایی منتخب صورت گیرد.
- این قسمت از مطالعات بهتر است که از سازمان هواشناسی منطقه استخراج شده و یا توسط متخصصین هواشناسی بررسی و تعیین شود.

کار با نرم افزار

معرفی نرم افزار PHAST 7.2

- کاربردهای نرم افزار:
- تعیین حریم ایمن تجهیزات و سایت
- مطالعه موردی حوادث فرایندی اعم از آتش سوزی، انفجار یا نشت ماده سمی
- شناسایی و اولویت بندی مخاطرات فرایندی
- جایابی تجهیزات فرایندی
- جایابی محل احداث سایت با در نظر گرفتن آثار حوادث احتمالی بر روی مناطق مسکونی و واحدهای مجاور
- تدوین برنامه اقدام در شرایط اضطراری
- تدوین سناریوهای احتمالی و انجام مانورهای مربوطه

معرفی نرم افزار PHAST 7.11

- کاربردهای نرم افزار:
- بررسی ضرورت ایمن سازی تجهیزات فرایندی اعم از استفاده از دیوار بتنی در کنار تجهیزاتی چون کمپرسورها یا برخی راکتورها یا استفاده از عایق های حرارتی در مخازن همسایه
- موقعیت یابی حسگرهای آتش و گاز (F&G) در واحدها
- تعیین مناطق تجمع در شرایط اضطراری و ارزیابی راه های دسترسی نیروی امداد و نیز روش های تخلیه واحد

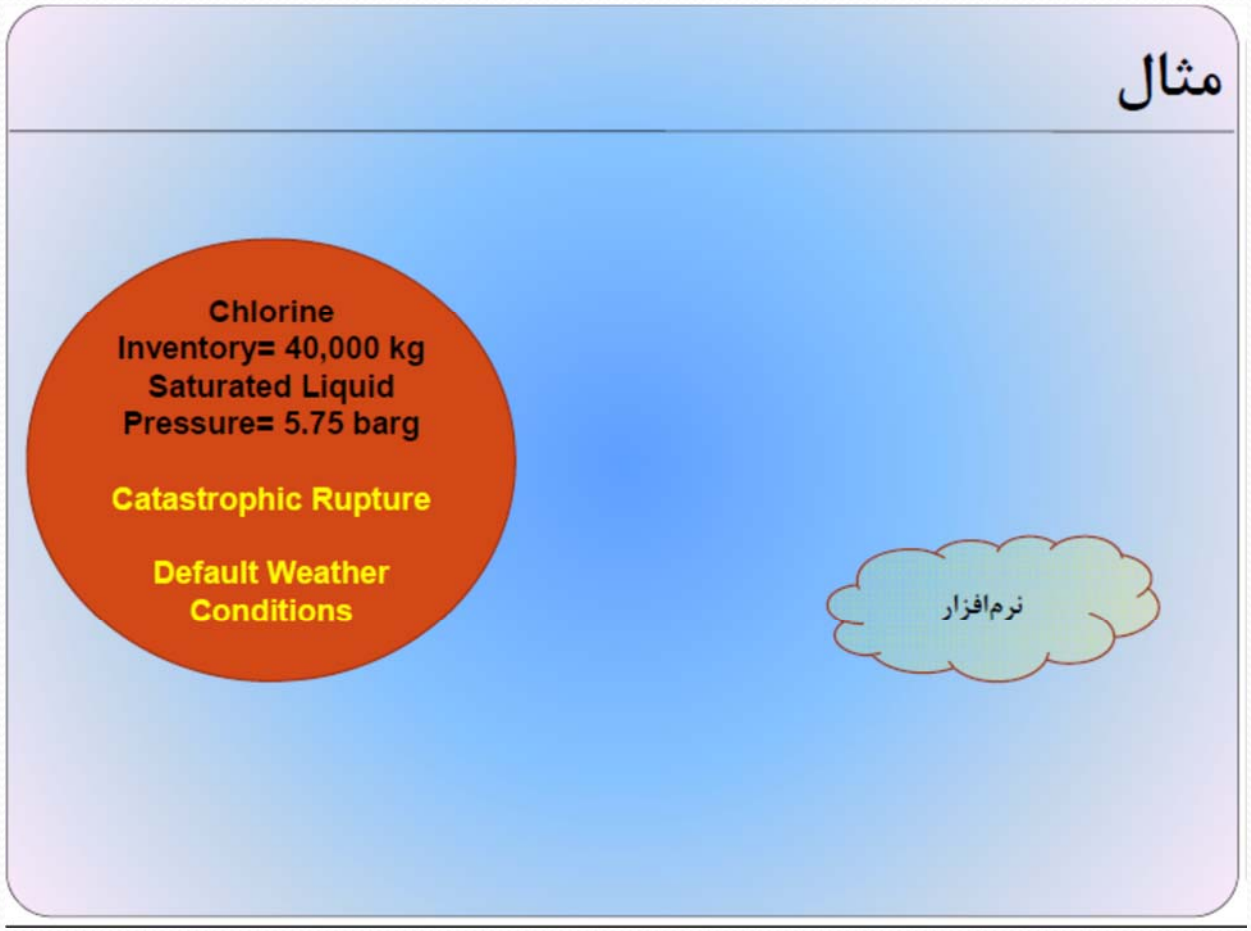
محدودیت های نرم افزار PHAST 7.11

- محدودیت در بررسی حوادث زیرزمینی یا زیر آب مثل خط لوله داخل زمین
- محدودیت در مدلسازی حوادثی چون انفجار در داخل ساختمان مثل بررسی ایستگاه های TBS کابینتی
- محدودیت در مدلسازی انفجار چند تجهیز به صورت همزمان
- محدودیت در مدلسازی تخلیه از یک تجهیز در بیش از یک نقطه
- محدودیت در تاثیر تجهیزات به صورت موانع در کاهش آسیب ناشی از انفجار
- محدودیت در تعیین دمای شعله در مسائلی چون فلر
- محدودیت در مدلسازی شبکه های شاخه ای به طوری که فقط خط مستقیم را می تواند مدل کند و امکان ایجاد شاخه روی خط وجود ندارد.

الگوریتم حل مساله

- وارد کردن نقشه و مقیاس بندی آن
- تعریف مخلوط مواد در صورت نیاز
- تعریف و قرار دادن تجهیز روی نقشه و نیز تکمیل اطلاعات آن
- تعریف سناریوهای محتمل
- تنظیم شرایط آب و هوایی
- انتخاب حالت مناسب حل
- حل و تفسیر نتایج
- PalaceHouse

مساله ۱ از ۵

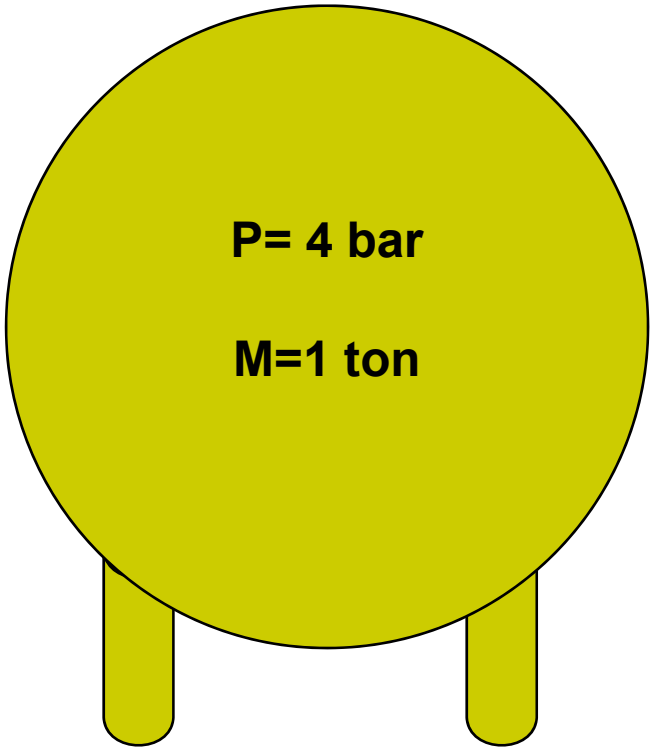

مثال
Chlorine
Inventory= 40,000 kg
Saturated Liquid
Pressure= 5.75 barg
Catastrophic Rupture
Default Weather
Conditions
نرم‌افزار

موارد

- سناریو Leak چگونگی اطمینان از درستی انتخاب

مساله 2 از 5

Ammonia Storage tank



2km/1500/

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

موارد

مساله ۳ از ۵

تعیین حریم ایمن خطوط لوله انتقال گاز ترش

طرح خط لوله پنجم سراسری برای انتقال گاز ترش حدود ۳۷۰۰ میلیون فوت مکعب در روز، از پالایشگاه عسلویه برای تزریق به میدان‌های نفتی آغاجاری در نظر گرفته شده است که دارای قطر ۵۶ اینچ، طول ۵۰۴ کیلومتر، ۱۷ ایستگاه شیر بین راهی و ۰/۳۸ درصد مولی هیدروژن سولفید است. بیشتر طول این خط لوله مطابق شکل ۲، در استان بوشهر قرار دارد [۵]. هیدروژن سولفید به عنوان سمی‌ترین ماده موجود در گاز ترش، در غلظت‌های بالای ۱۰۰ppm، بر روی انسان اثرهای نامطلوبی دارد [۶].

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

جدول ۱ـ خلاصه اطلاعات خط لوله انتقال گاز ترش عسلویه -آغاجاری.

پارامتر	محدوده
فشار عملیاتی مورد بررسی (بار)	۵۰
قطر لوله (اینچ)	۵۶
غلظت سولفید هیدروژن (درصد مولی)	۰/۳۸
دمای گاز داخل لوله (سلسیوس)	۵۵

شکل ۲ـ نمای کلی از محل عبور خط لوله‌ی عسلویه به آغاجاری.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

جدول ۲ـ سناریوهای منتخب در خط لوله انتقال گاز ترش.

سناریو	اندازه سوراخ
سناریوی کوچک	۲۰ میلیمتر
سناریوی متوسط	۷۵ میلیمتر
سناریوی بزرگ	قطر لوله

جدول ۳ـ سناریوهای منتخب در خط لوله انتقال گاز ترش و زاویه خروج آنها.

شماره سناریو	اندازه سناریو	حالت نشتی
۱	سوراخ کوچک	سوراخ کوچک – خروج افقی با برخورد با مانع
۲	سوراخ کوچک	سوراخ کوچک – خروج با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق
۳	سوراخ متوسط	سوراخ متوسط – خروج افقی با برخورد با مانع
۴	سوراخ متوسط	سوراخ متوسط – خروج با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق
۵	سوراخ بزرگ	سوراخ بزرگ – خروج افقی با برخورد با مانع
۶	سوراخ بزرگ	سوراخ بزرگ – خروج با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

جدول ۴ـ شرایط آب و هوایی مورد استفاده در مدل‌سازی‌ها.

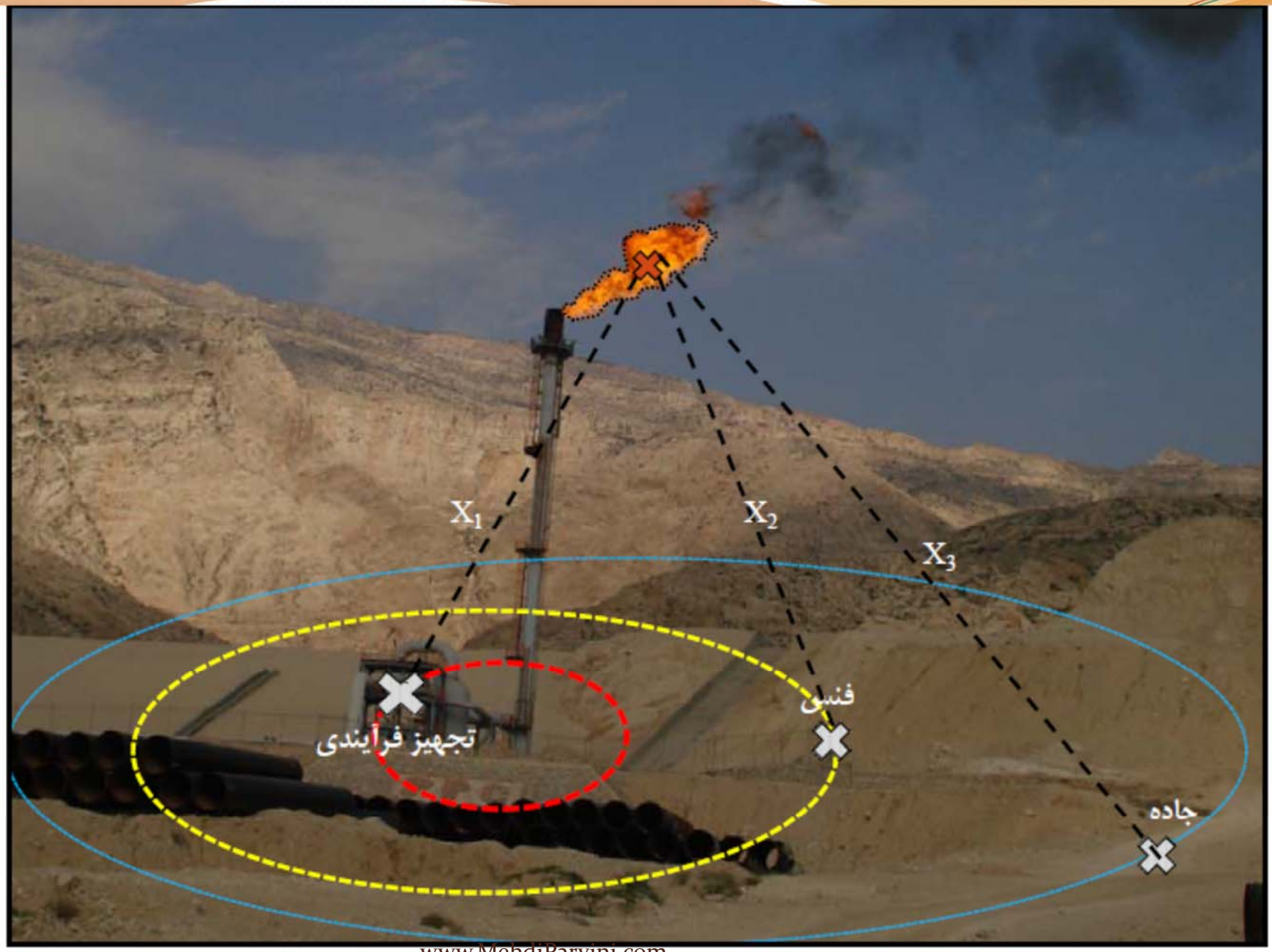
کلاس پایداری جو	سرعت باد (متر بر ثانیه)	دمای هوا (سلسیوس)	درصد رطوبت نسبی
F	۲	۱۶/۷	۸۴/۴
D	۵	۳۳/۴	۴۵/۷
C	۱۰	۳۳/۴	۴۵/۷

جدول ۵ ـ اثرهای غلظت‌های گوناگون سولفید هیدروژن بر انسان.

غلظت (ppm)	اثر بر انسان
۰/۱۳	دارای کمترین بوی قابل درک
۴/۶	دارای بوی ملایم و به راحتی قابل درک
۱۰	شروع سوزش چشم
۲۷	بوی قوی و نامطلوب
۱۰۰	سرفه و سوزش چشم، از بین رفتن حس بویایی بعد از ۲ تا ۵ دقیقه
۲۰۰–۳۰۰	التهاب چشم و مشکل‌های تنفسی
۵۰۰–۷۰۰	از بین رفتن هوشیاری، احتمال مرگ بعد از سی دقیقه تا یک ساعت
۷۰۰–۱۰۰۰	بیهوشی سریع، قطع تنفس و مرگ
۱۰۰۰–۲۰۰۰	بیهوشی فوری، مرگ در زمان کم، مرگ حتی اگر فرد فورا به هوای تازه برسد

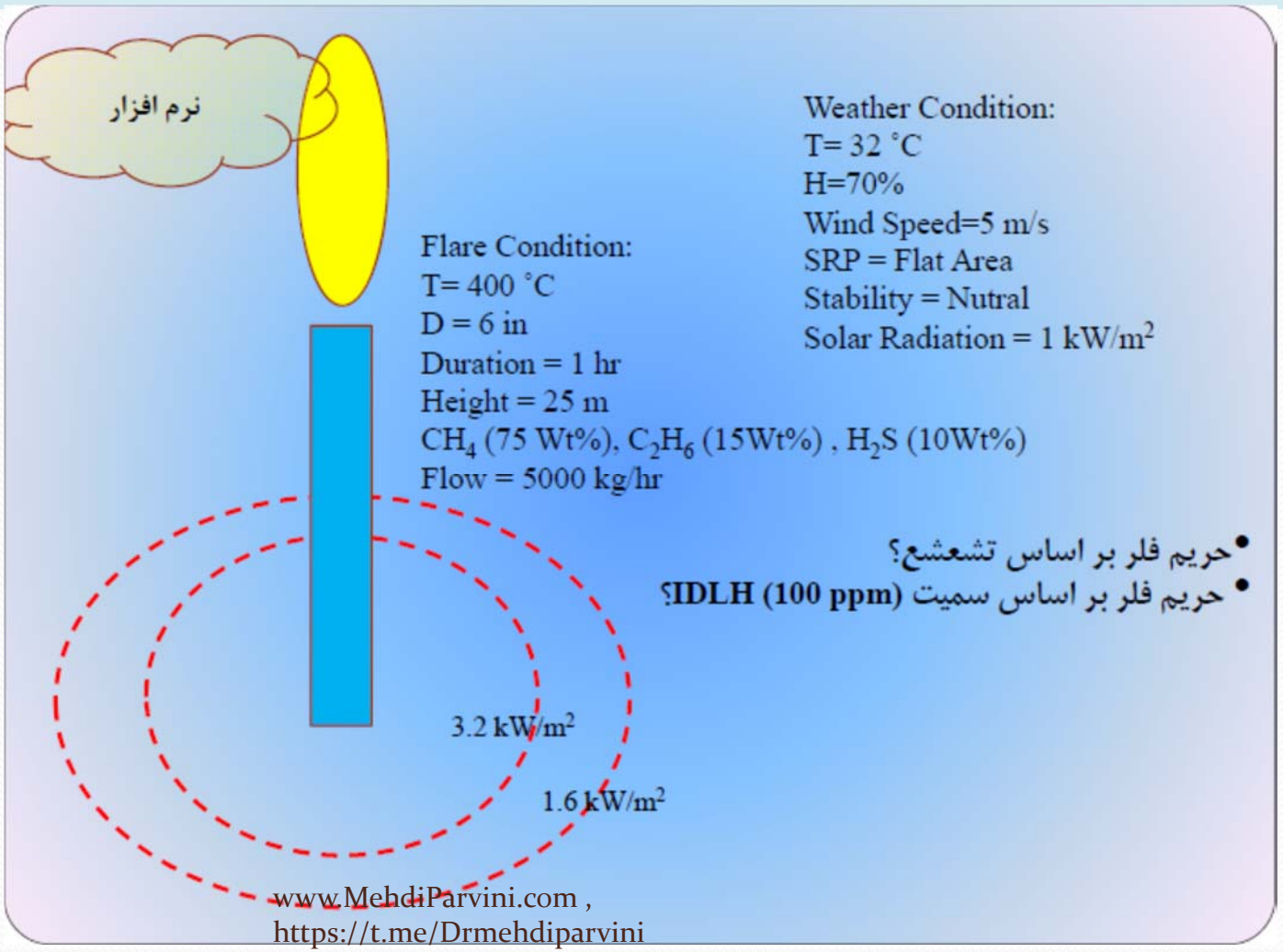
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

موارد



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مساله ۴ از ۵



- حریم فلر بر اساس تشعشع؟
- حریم فلر بر اساس سمیت IDLH (100 ppm)؟

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

موارد

مساله ۵ از ۵

مخزن پروپان

- پروپان در یک مخزن ذخیره سازی به حجم ۵۵۰۰۰ مترمکعب که حجم پروپان داخل آن ۵۰۰۰۰ مترمکعب است و در فشار ۲۰ بار و دمای ۴۸ درجه سانتی گراد نگهداری می شود. مطلوب است بررسی هر یک از سناریوهای زیر:

۱- نشت لاین ورودی به مخزن به قطر ۸ اینچ

۲- در صورت افزایش فشار و عمل نکردن psv ها و در نهایت انفجار خود مخزن

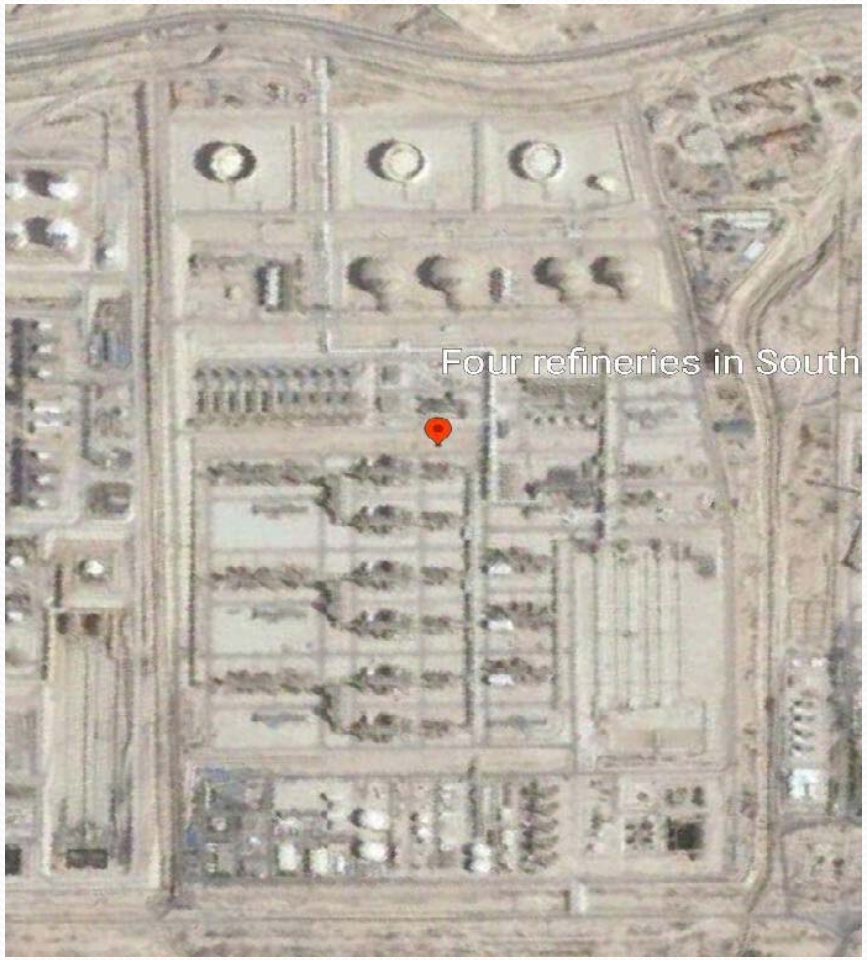
۳- نشتی در اثر خوردگی دیواره مخزن به قطر ۱۵ میلی متر در ارتفاع صفر مخزن

۴- پدیده BLEVE

ضمنا قطر داخلی مخزن ۶۰ متر و ارتفاع آن ۲۴.۴۳ متردر نظر گرفته می شود.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

موارد



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

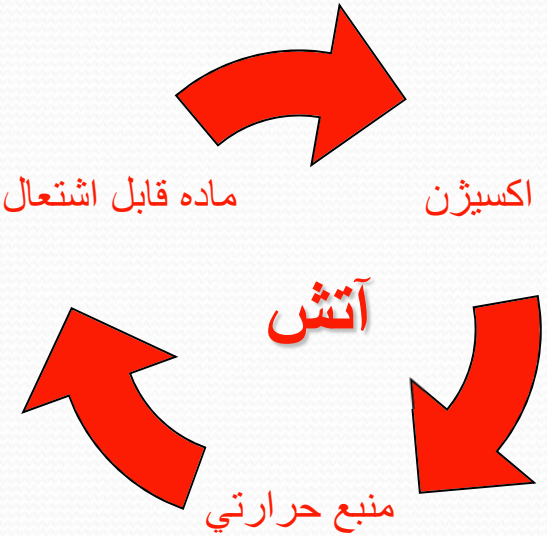
استاندارد Total 253

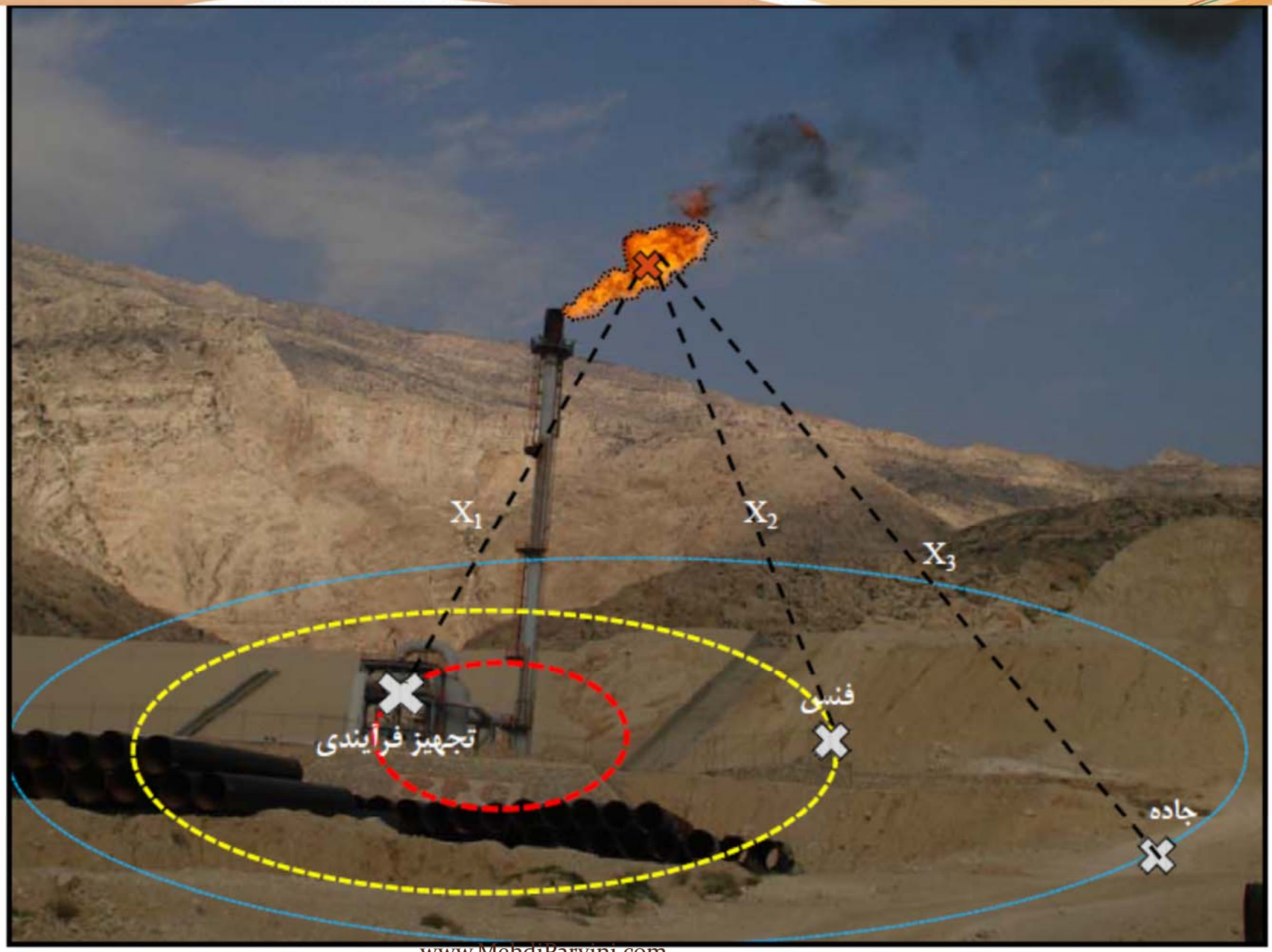
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تئوری: بخش سوم

آتش

آتش شامل یک واکنش شیمیایی است که درآن ماده با اکسیژن ترکیب شده و مقداری انرژی از این واکنش آزاد می‌گردد





www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تعریف حد اشتعال‌پذیری

حد پایین اشتعال پذیری (LFL)

کمترین غلظتی که یک ماده اشتعال پذیر می تواند مشتعل شود را حد پایین اشتعال پذیری می نامند که کمتر از آن به علت رقیق شدن مخلوط امکان اشتعال وجود ندارد.

حد بالای اشتعال پذیری (UFL)

بیشترین غلظتی که یک ماده اشتعال پذیر می تواند مشتعل شود را حد بالای اشتعال پذیری می نامند که بیشتر از آن به علت غلیظ شدن مخلوط و کمبود اکسیژن امکان اشتعال وجود ندارد.

$$\frac{LFL_t}{LFL_{25}} = 1 - \frac{0.75}{\Delta H_c}(T - 25)$$

$$\frac{UFL_t}{UFL_{25}} = 1 - \frac{0.75}{\Delta H_c}(T - 25)$$

$$LFL = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{y_i}{LFL_i}}$$

$$UFL = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{y_i}{UFL_i}}$$

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

حدود اشتعال‌پذیری مواد

ماده	LFL(درصد حجمی)	UFL (درصد حجمی)
هیدروژن	۴	۷۵
استیلن	۲/۵	۱۰۰
متان	۵	۱۵
پروپان	۵/۰	۵/۹
استن	۶/۲	۱۳
آمونیاک	۱۵	۲۸

انواع آتش

انواع آتش ها با توجه به منبع تولید آتش و نوع جرقه:

- آتش فورانی (JET FIRE)
- آتش ناگهانی(FLASH FIRE)
- آتش کروی (FIRE BALL)
- آتش استخری (POOL FIRE)

آتش فورانی

آتش فورانی، باریکه ممتدی از آتش است که در اثر تخلیه مواد قابل اشتعال گازی تحت فشار به محیط بیرون در حضور منبع جرقه، را بوجود می‌آید

- مهمترین پیامد آتش فورانی تشعشع ایجاد شده توسط آن است
- در مواقعی که مخزن محتوی مایع تحت فشار نیز دچار نشتی می‌شود، ممکن است بخشی از مایع بلافاصله پس از خروج تبخیر شده و جتی از گاز را تشکیل دهد که در نهایت باعث ایجاد آتش فورانی گردد

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی آتش فورانی

میزان تشعشع ناشی از آتش فورانی در یک فاصله خاص

$$E_r = \tau_a . \eta . \dot{m} . \Delta H_c . F_p$$

τ_a : ضریب عبور هوا (kw/m^2)

η : کسری از انرژی احتراق تبدیل شده به انرژی تششعی

$\dot{m}$: دبی خروجی گاز (kg/s)

ΔH_C : انرژی احتراق به ازای یک کیلوگرم از ماده (kj/kg)

F_p : ضریب دید $(1/m^2)$

محاسبه ضریب دید

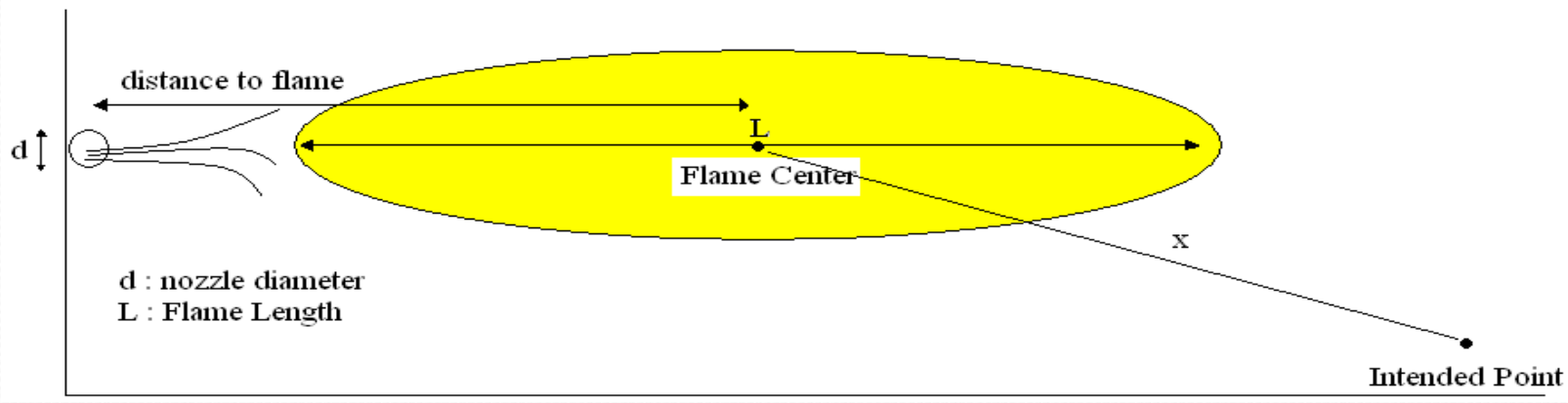
$$F_p = \frac{1}{4\pi x^2}$$

x : فاصله نقطه مبدا(مرکز شعله) تا نقطه مورد نظر(m)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی آتش فورانی

تعیین مختصات مرکز شعله



$$\frac{L}{d} = \frac{15}{C_T}\sqrt{\frac{Ma}{M_f}}$$

M_a : جرم مولکولی هوا

M_f : جرم مولکولی سوخت

C_T : غلظت مولی سوخت در مخلوط استوکیومتریک هوا و سوخت

آتش ناگهانی

آتش ناگهانی، احتراق کوتاه مدت گازهای قابل اشتعالی است که در محدوده اشتعال‌پذیری قرار دارند.

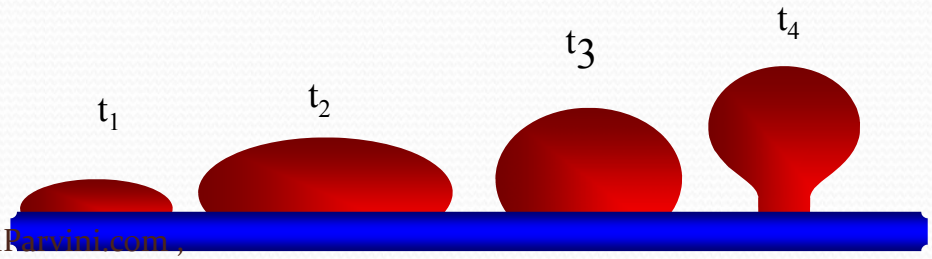
- این آتش بدون تشکیل موج انفجار ایجاد می‌گردد و بیشتر از یک دهم ثانیه بطول نمی‌انجامد
- آثار مخرب آتش ناگهانی ناشی از تشعشع آن و یا تماس مستقیم با شعله آن است
- محدوده شعله آتش ناگهانی در واقع محدوده‌ای از ماده پخش شده در محیط است که غلظت ماده در آن مابین حداقل و حداکثر غلظتهای اشتعال‌پذیری باشد

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

آتش کروی

آتش کروی، احتراق حجم عظیمی از مواد قابل اشتعال است که به یکباره در حضور عامل جرقه به محیط بیرون گسترش یافته اند

- ترکیدن ناگهانی مخزن ذخیره مایعات قابل‌اشتعال از مهمترین عوامل تشکیل این نوع آتش است.
- با شکل‌گیری چنین آتشی فشار گازها و محصولات حاصل از احتراق تا نزدیکی فشار اتمسفری کاهش می‌یابد. دانسیته گازها بسرعت کاهش می‌یابد و باعث رشد نیروهای شناوری شده و شعله رشد و گسترش می‌یابد



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی آتش کروی

میزان تشعشع ناشی از آتش کروی در یک فاصله خـاص

$$E_r = 202.\tau_a.\eta.\Delta H_c.M^{2/3}.F_p$$

τ_a : ضریب عبور هوا (kw/m^2)

η : کسری از انرژی احتراق تبدیل شده به انرژی تشعشعی

ΔH_C : انرژی احتراق به ازای یک کیلوگرم از ماده (kj/kg)

M : جرم ماده سوختنی که در آتش کروی حضور دارد (kg)

F_p : ضریب دید $(1/m^2)$

محاسبه ضریب دید

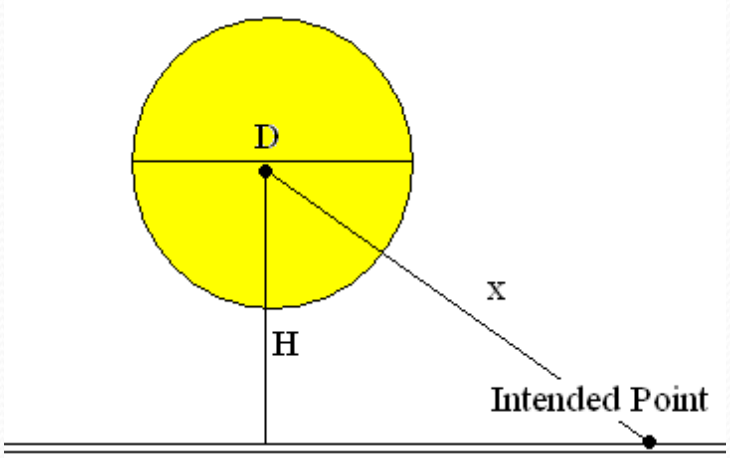
$$F_p = \frac{1}{4\pi x^2}$$

x : فاصله نقطه مبدا(مرکز شعله) تا نقطه مورد نظر(m)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی آتش گروی

تعیین مختصات مرکز آتش کروی



$$D = 5.8M^{1/3}$$

$$H = 0.75D$$

D : حداکثر قطر آتش کروی (m)

H : ارتفاع آتش کروی زمانی که قطر آن حداکثر است (m)

M : جرمی از ماده سوختنی که در آتش کروی حضور دارد (kg)

X: فاصله نقطه مورد نظر از مرکز آتش کروی (m)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

آتش استخری

در صورتیکه یک سیال قابل اشتعال در سطح زمین تجمع یافته باشد از طریق جذب گرما به تدریج شروع به تبخیر می‌کند و ابر گازی در اطراف محل نشتی ایجاد می‌گردد، حضور منبع جرقه در این حالت سبب تشکیل آتش استخری می‌گردد

- پیامدهای ناشی از آتش استخری براساس میزان تشعشع ایجاد شده از آن ارزیابی می‌گردد

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی آتش استخری

میزان تشعشع ناشی از آتش استخری در یک فاصله خـاص

$$E_r = \tau_a . \eta . \rho_L . \dot{y} . \Delta H_C . A . F_P$$

τ_a : ضریب عبور هوا (kw/m^2)

η : کسری از انرژی احتراق تبدیل شده به انرژی تشعشعی

ρ_L : چگالی مایع در حال اشتعال در دمای جوش نرمال (kg/m^3)

$\dot{y}$: نرخ کاهش ضخامت حوضچه (m/s)

ΔH_C : انرژی احتراق به ازای یک کیلوگرم از ماده (kj/kg)

A : مساحت حوضچه مایع (m^2)

F_P : ضریب دید $(1/m^2)$

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی آتش استخری

نرخ کاهش ضخامت حوضچه

$$\dot{y} = 1.27 \times 10^{-6} \frac{\Delta H_C}{\Delta H^*}$$

ΔH^* : گرمای لازم برای تبخیر یک کیلوگرم از ماده (kj/kg)

$$\Delta H^* = \Delta H_V + \int_{T_S}^{T_{BP}} C_P dT$$

ΔH_V : گرمای نهان تبخیر ماده (kj/kg)

C_P : ظرفیت گرمایی ماده (kJ/kg)

T_{BP} : دمای جوش نرمال ماده (^oC)

T_S : دمای محیط (^oC)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی آتش استخری

محاسبه ابعاد حوضچه

از آنجا که مشخص کردن شکل دقیق حوضچه امکانپذیر نیست، سطح آنرا به صورت دایره فرض می‌کنند

$$D = 2\sqrt{\frac{\dot{V}_L}{\pi\ \dot{y}}}$$

D : قطر حوضچه (m)

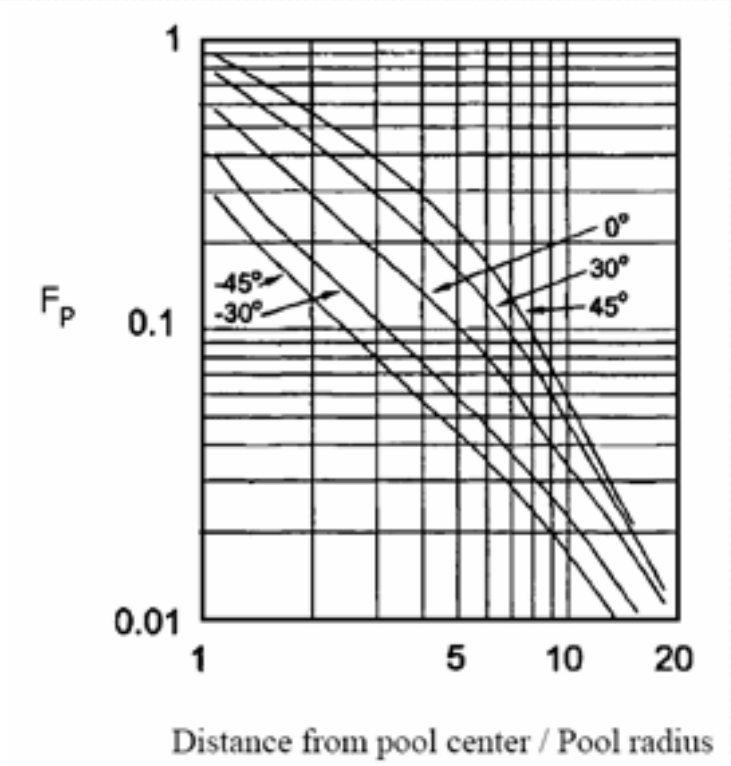
V_L : نرخ حجمی خروج مایع (m^3/s)

در بعضی از موارد ممکن است، اطراف محل نشتی توسط دیواره‌ای احاطه شده باشد. به عنوان مثال به منظور جلوگیری از پخش بیش از حد مواد در محیط، در بسیاری از موارد اطراف مخازن محتوی مایع، دیواره‌ای را قرار می‌دهند. در اینگونه موارد قطر حوضچه مایع برابر است با قطر متوسط دیواره حائل در اطراف محل نشتی

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی آتش استخری

محاسبه ضریب دید



$$\cos(\theta) = ۰.۸۶ \left[\frac{u_w}{\left(g\rho_L \dot{y} D/\rho_v\right)^{۱/۳}} \right]^{-۰.۲۵}$$

θ : میزان انحراف شعله نسبت به خط عمود توسط وزش باد

ρ_v : چگالی بخار سوخت در دمای جوش نرمال (kg/m^3)

U_W : سرعت باد (m/s)

مدل‌سازی آتش استخری

محاسبه ارتفاع شعله

$$\frac{H}{D} = 6.2 \left[\frac{\rho_L \cdot \dot{y}}{\rho_a \sqrt{gD}} \right]^{0.254} \times \left(\frac{u_w}{\left(g \rho_L \dot{y} D / \rho_v \right)^{1/3}} \right)^{-0.044}$$

رابطه Moorhouse

H : ارتفاع شعله (m)

ρ_a : چگالی هوا (kg/m^3)

ρ_v : چگالی بخار سوخت در دمای جوش نرمال (kg/m^3)

ρ_L : چگالی سوخت در دمای جوش نرمال (kg/m^3)

U_W : سرعت باد (m/s)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تاثیرات تشعشع آتش

تاثیرات ناشی از تشعشع آتش

میزان تشعشع (kW/m^2)	پیامدها
۰/۵	تابش آفتاب
۴	حد آستانه درد بگونه‌ای که شخص توانایی فرار را دارد
۲۰	رسیدن این سطح تشعشع به انسان موجب آسیب شدید می‌شود و اگر تیم نجات نرسد موجب مرگ می‌شود
۳۷/۵	تشعشع بیشتر از این مقدار برای آسیب رساندن به تجهیزات کافی است و در صورت رسیدن این سطح تشعشع به انسان، موجب مرگ آنی می‌شود

انفجار

- انبساط سریع یک گاز بگونه‌ای که باعث ایجاد یک موج فشار یا موج شوک متحرک شود
- آزاد شدن انرژی بگونه‌ای که در هوای اطراف تغییرات گذرا در چگالی، فشار و سرعت ایجاد کند

انواع انفجار با توجه به قدرت آنها:

- Deflagration
- Detonation

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

انفجار ابر گاز (VCE)

آزاد شدن انرژی در اثر احتراق سریع **گاز** منتشر شده به علت وجود **جرقه**، به‌گونه‌ای که در هوای اطراف تغییرات گذرا در چگالی، **فشار** و سرعت ایجاد کند.

شرایط ایجاد انفجار

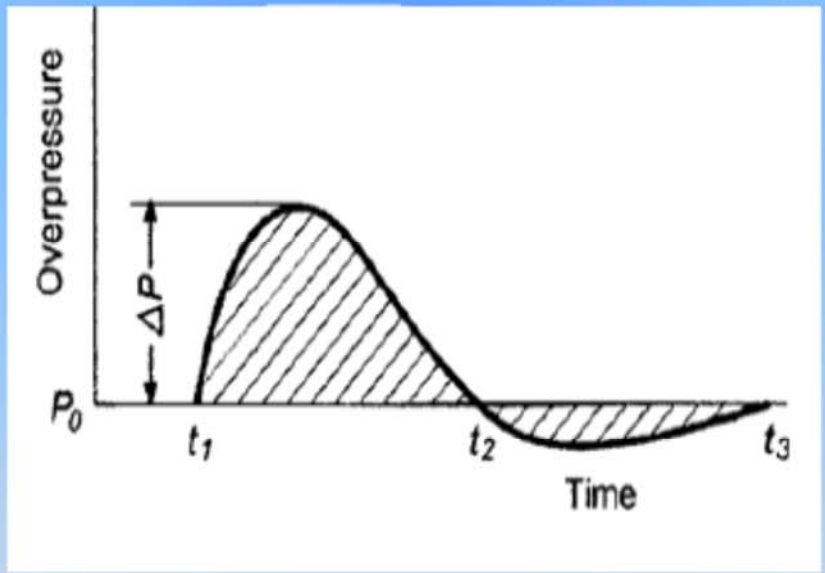
- گاز قابل اشتعال باشد.
- حجم کافی از گاز قابل اشتعال وجود داشته باشد.
- غلظت گاز منتشره در محدوده اشتعال‌پذیری (بین LEL و UEL) باشد.
- عوامل ایجاد ناهمگونی در غلظت گاز پخش شده وجود داشته باشد.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

موج انفجار (Overpressure) و مدت زمان آن

موج انفجار در اثر تقابل دو عامل زیر ایجاد می‌شود:

- ❑ افزایش فشار در اثر احتراق
- ❑ کاهش فشار در اثر انبساط حجم گاز



موج انفجار (Overpressure)

Pressure, bar (psig)	Damage
0.0014 (0.02)	Annoying noise (137 dB), if of low frequency (10 to 15 cps).
0.0028 (0.04)	Typical pressure for glass failure.
0.02 (0.3)	Limited minor structural damage.
0.069 to 0.138 (1 to 2)	Steel frames of clad building slightly distorted.
0.090 (1.3)	Partial collapse of walls and roofs of houses.
0.138 to 0.207 (2 to 3)	Concrete or cinder block walls, not reinforced, shattered.
0.159 (2 to 3)	Lower limit of serious structural damage.
0.207 (3)	Steel frame building distorted and pulled away from foundations.
0.207 to 0.276 (3 to 4)	Frameless, self-framing steel panel building demolished. Rupture of oil storage tanks.
0.276 (4)	Cladding of light industrial buildings ruptured.
0.345 to 0.483 (5 to 7)	Nearly complete destruction of houses.
0.483 (7)	Loaded train wagons overturned.
0.689 (10)	Probable total destruction buildings. Heavy (7000 lb) machine tools moved and badly damaged.
20.68 (300)	Limit of crater lip.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

موج انفجار (Overpressure)

Overpressure Effects on Various Building Types

Building Type	Peak Side-on Overpressure (psi)	Consequences
Wood-frame trailer or shack	1.0	Isolated buildings overturn. Roofs and walls collapse
	2.0	Complete collapse
	5.0	Total destruction
Steel-frame/metal siding pre-engineered building	1.5	Sheeting ripped off and internal walls damaged. Danger from falling objects
	2.5	Building frame stands, but cladding and internal walls are destroyed as frame distorts
	5.0	Total destruction
Unreinforced masonry bearing wall building	1.0	Partial collapse of walls that have no breakable windows
	1.25	Walls and roof partially collapse
	1.5	Complete collapse
	3.0	Total destruction
Steel or concrete frame w/unreinforced masonry infill or cladding	1.5	Walls blow in
	2.0	Roof slab collapses
	2.5	Complete frame collapse
	5.0	Total destruction
Reinforced concrete or masonry shear wall building	4.0	Roof and wall deflect under loading. Internal walls damaged
	6.0	Building has major damage and collapses
	12.0	Total destruction

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

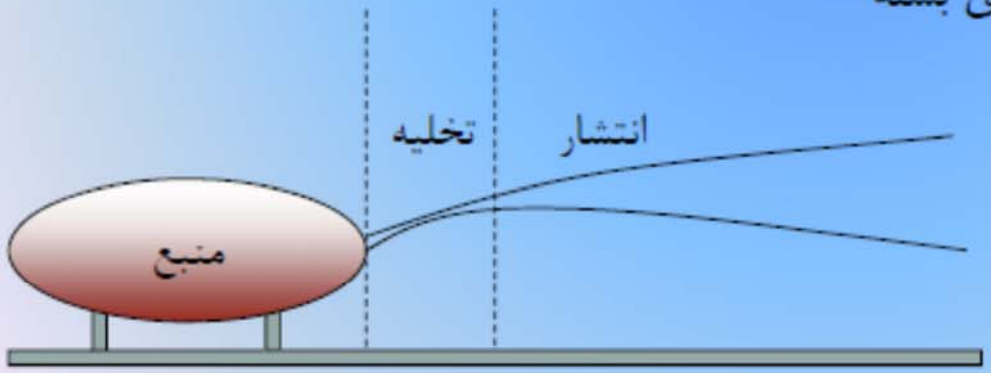
مدل‌سازی انفجار

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

میزان ماده حاضر در انفجار

فاز گاز

- حاصل‌ضرب [دبی جرمی تخلیه] و [زمان لازم برای مهار نشتی (۱۰ min)]
- حاصل‌ضرب [دبی جرمی تخلیه] و [زمان لازم برای ایجاد جرقه (۶۰ min – ۶ sec)]
- کل گاز موجود در منبع ایزوله
- گاز متراکم شده در فضاهای بسته



انتشار ناشی از تخلیه مواد گازی

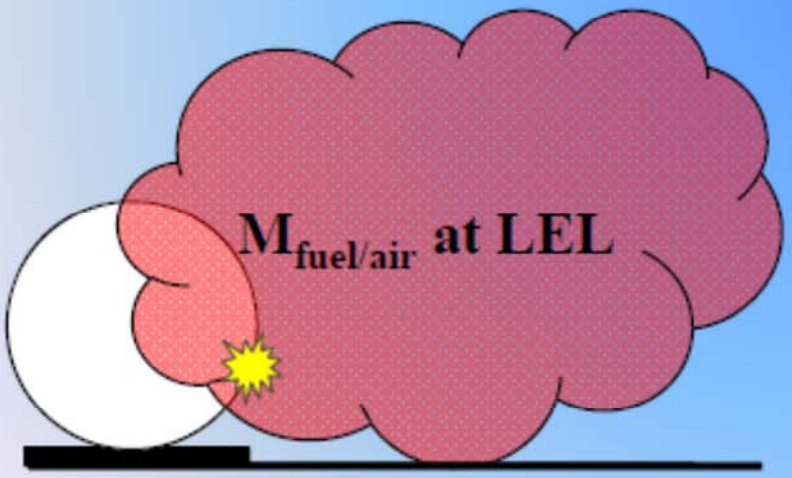
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

میزان ماده حاضر در انفجار

ارائه یک روش تخمینی بر اساس

GS SAF 253: Impacted area, restricted area and fire zone

۱ تعیین کل جرم حاضر در منبع (M_{fuel})



۲ تعیین جرم مخلوط سوخت و هوا در شرایط اتمسفریک و محدوده اشتعال‌پذیری ($M_{fuel/air}$)

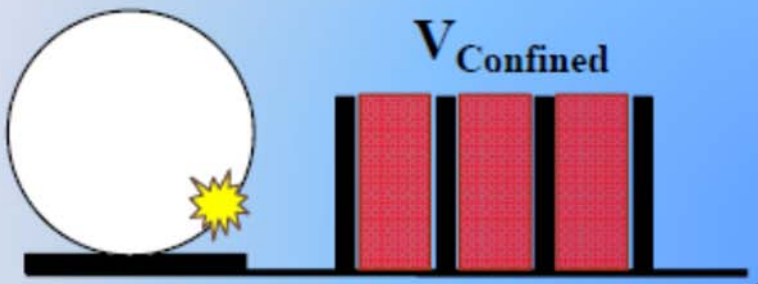
۳ تعیین حجم مخلوط سوخت و هوا در شرایط اتمسفریک و محدوده اشتعال‌پذیری ($V_{fuel/air}$)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

میزان ماده حاضر در انفجار

ارائه یک روش تخمینی بر اساس

GS SAF 253: Impacted area, restricted area and fire zone



۴ تخمین حجم‌های متراکم در محدوده واحد تحت بررسی ($V_{Confined}$)

- فضای بین تانک‌ها و مخازن
- فضای زیر Pipe rack
- فضای محدود بین تجهیزات

۵ مقایسه حجم‌های تخمینی و انتخاب حجم کوچتر برای استفاده در محاسبات

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مرکز انفجار

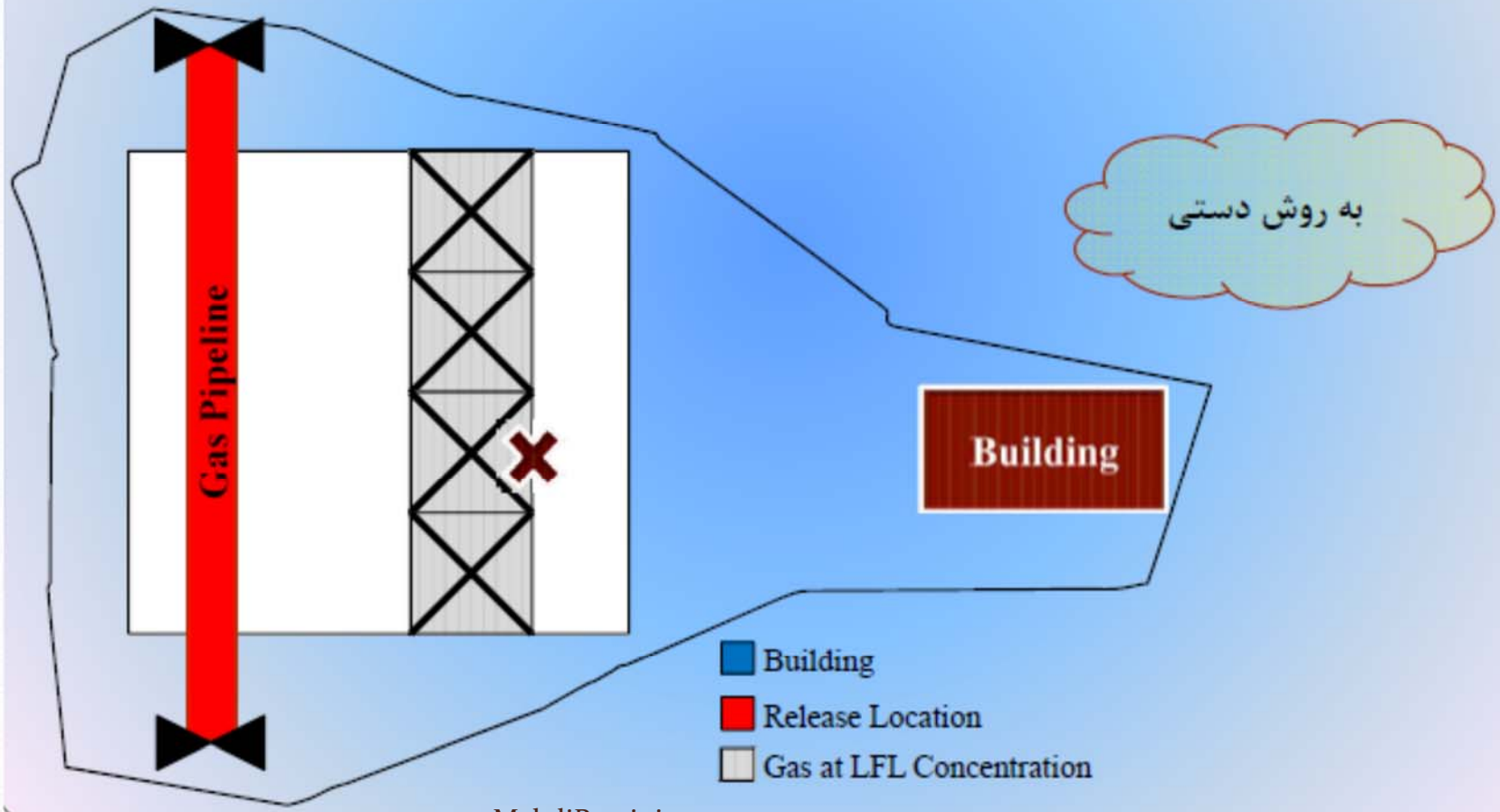
از روش‌های متنوعی به منظور تعیین موقعیت مرکز انفجار استفاده می‌شود اگرچه هیچ‌کدام از این روش‌ها دارای پایه علمی نیست:

- لبه خارجی ابر گاز منتشر شده و در محدوده اشتعال پذیری (LEL)
- مرکز هندسی ابر گاز تشکیل شده
- محل احتمالی خروج گاز قابل اشتعال
- فاصله حد واسط محل احتمالی خروج گاز و لبه خارجی ابر گاز منتشر شده در محدوده اشتعال پذیری (LEL)
- مرکز هندسی محدوده متراکم تشخیص داده شده
- هر کدام از موارد فوق که به محل ساختمان نزدیک‌تر است.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مثال

محل تقریبی مرکز انفجار را با توجه به نقشه زیر تعیین کنید؟



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدل‌سازی انفجار

پیامدهای ناشی از انفجار:

- موج انفجار ناشی از انفجار
- تششع ناشی از انفجار

مدل های مورد استفاده در تعیین آثار ناشی از انفجار:

- TNT Equivalency Model
- Energy TNO Multi Model
- Baker Strehlow Model

TNT Equivalency Model

$$W_{TNT} = K \frac{W_g . H_g}{H_{TNT}}$$

W_{TNT} : جرم TNTمعادل (kg)

W_g : جرم ماده اشتعال‌زا و حاضر در انفجار (kg)

H_g : انرژی احتراق به ازای یک کیلوگرم از گاز (kj/kg)

H_{TNT} : انرژی احتراق به ازای یک کیلوگرم از TNT(حدود ۴۶۰۰kj/kg)

K : بازده انفجار

فاکتور بازده (%)	قابلیت واکنش دهی ماده
٪۵	کم (پروپان، بوتان)
٪۱۰	متوسط (اتیلن، دی‌اتیل‌اتر)
٪۱۵	زیاد (استیلن)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

TNT Equivalency Model

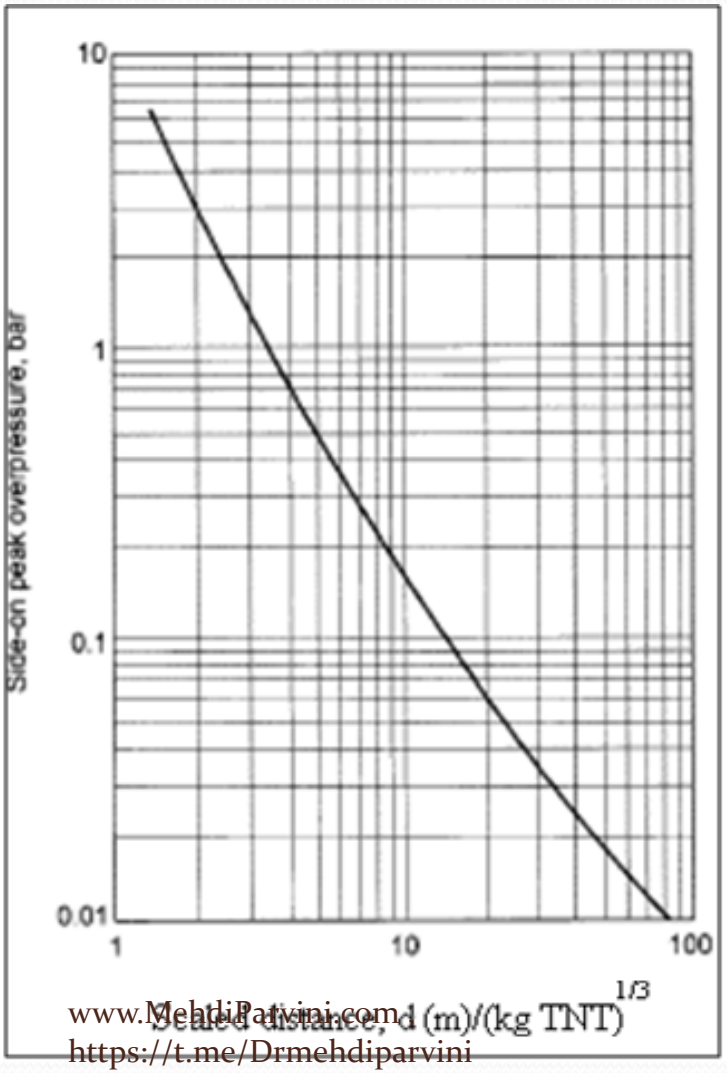
مراجع مختلف به منظور تعیین بازده انفجار

Brasie and Simpson (1968)	2% to 5%
Health & Safety Executive (1979 and 1986)	3%
Industrial Risk Insurers (1990)	2%
Factory Mutual Research Corporation (AIChE/CCPS, 1994):	5%, 10%, and 15% •High reactivity fuels: hydrogen, acetylene, ethylene oxide and propylene oxide. •Low reactivity fuels: methane and carbon monoxide. •Medium reactivity fuels: all other gases and vapors.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

TNT Equivalency Model

محاسبه موج انفجار در فواصل مختلف



www.MehdiParvini.com
https://t.me/Drmehdiparvini

TNT Equivalency Model

معایب روش TNT EQUIVALENCY

- موج فشار در مرکز انفجار برای TNT بمراتب بیشتر از آن مقداری است که در انفجار ماده منفجره وجود دارد، بعبارتی میزان افزایش فشار در مرکز انفجار را خیلی بیشتر از حد واقعی محاسبه می‌کند
- حجم گازی که منفجر می‌شود از حجم TNT خیلی بیشتر است
- مدت زمان موج انفجار در یک فاصله مشخص از مرکز انفجار در انفجار TNT از انفجار گازها رها شده در محیط کمتر می‌باشد
- تعیین مقدار بازده انفجار برای یک ماده خاص به طور دقیق مشخص نیست

مثال

موج انفجاری که در فاصله ۱۰۰m در اثر انفجار ۱۰ton گاز پروپان ایجاد می شود را محاسبه کنید ؟

$$H_C = 46,350 \, {}^{Kj}\!/_{Kg}$$

پاسخ

$$w = \frac{\eta\, MH_C}{H_{TNT}}$$

$$w = \frac{0.05 \times 10{,}000\,Kg \times 46{,}350\,{}^{Kj}\!/_{Kg}}{4{,}600\,{}^{Kj}\!/_{Kg}} = 5{,}038\,Kg\ TNT$$

$$d_n = \frac{d}{M^{1/3}} = \frac{100}{5038^{1/3}} = 5.8\ m.kg^{-1/3}$$

Overpressure= 0.3 bar

مثال

موج انفجار، مدت زمان انفجار و Impulse در اثر انفجار ۱۰ton گاز پروپان محصور شده در بین تجهیزات با غلظت LFL را در فاصله ۱۰۰m از مرکز انفجار را محاسبه کنید؟ فاصله مناسب یک ساختمان از نوع (Reinforced Concrete or Masonry Shear Wall Building) را تعیین کنید؟

$$H_G = 46{,}350\ {}^{Kj}/_{Kg}$$

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

پاسخ

Overpressure Effects on Various Building Types

Building Type	Peak Side-on Overpressure (psi)	Consequences
Wood-frame trailer or shack	1.0	Isolated buildings overturn. Roofs and walls collapse
	2.0	Complete collapse
	5.0	Total destruction
Steel-frame/metal siding pre-engineered building	1.5	Sheeting ripped off and internal walls damaged. Danger from falling objects
	2.5	Building frame stands, but cladding and internal walls are destroyed as frame distorts
	5.0	Total destruction
Unreinforced masonry bearing wall building	1.0	Partial collapse of walls that have no breakable windows
	1.25	Walls and roof partially collapse
	1.5	Complete collapse
	3.0	Total destruction
Steel or concrete frame w/unreinforced masonry infill or cladding	1.5	Walls blow in
	2.0	Roof slab collapses
	2.5	Complete frame collapse
	5.0	Total destruction
Reinforced concrete or masonry shear wall building	4.0	Roof and wall deflect under loading. Internal walls damaged
	6.0	Building has major damage and collapses
	12.0	Total destruction

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

پاسخ

Overpressure Effects on Various Building Types

Building Type	Peak Side-on Overpressure (psi)	Consequences
Wood-frame trailer or shack	1.0	Isolated buildings overturn. Roofs and walls collapse
	2.0	Complete collapse
	5.0	Total destruction
Steel-frame/metal siding pre-engineered building	1.5	Sheeting ripped off and internal walls damaged. Danger from falling objects
	2.5	Building frame stands, but cladding and internal walls are destroyed as frame distorts
	5.0	Total destruction
Unreinforced masonry bearing wall building	1.0	Partial collapse of walls that have no breakable windows
	1.25	Walls and roof partially collapse
	1.5	Complete collapse
	3.0	Total destruction
Steel or concrete frame w/unreinforced masonry infill or cladding	1.5	Walls blow in
	2.0	Roof slab collapses
	2.5	Complete frame collapse
	5.0	Total destruction
Reinforced concrete or masonry shear wall building	4.0	Roof and wall deflect under loading. Internal walls damaged
	6.0	Building has major damage and collapses
	12.0	Total destruction

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

TNO Multi Model Energy

پارامتر قدرت انفجار بر حسب نوع محیطی که مواد در آن پخش می‌شوند

محیط	محدوده باز	محدوده باز با تعداد کمی درخت	تعداد محدودی ساختمان	در بین تجهیزات فریندی
قدرت انفجار	۱	۲	۷	۱۰

$$\bar{R}=\frac{d}{(E/P)^{1/3}}$$

$$\overline{\Delta P_s}=\frac{\Delta P}{P_0}$$

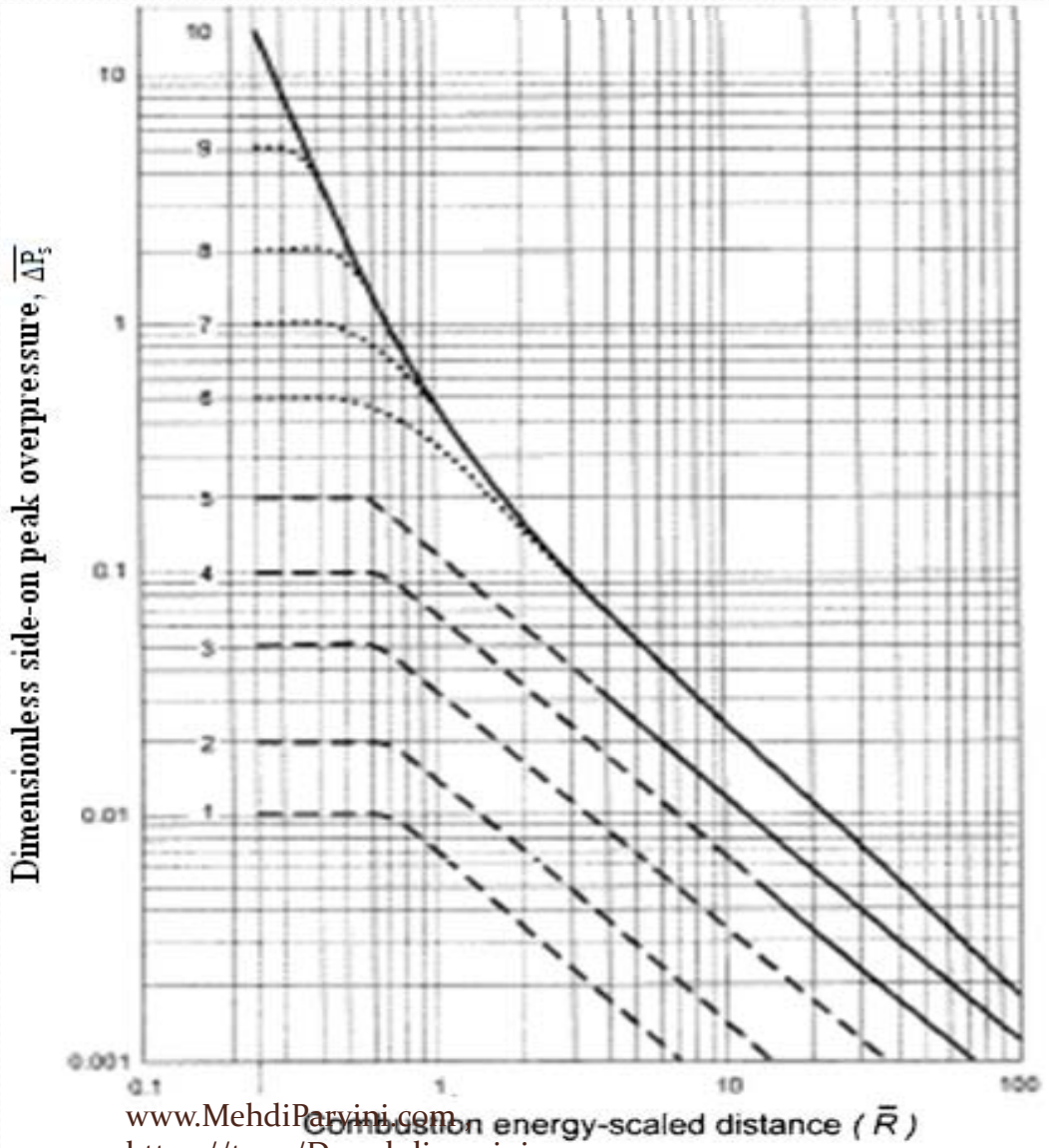
d: فاصله از مرکز انفجار

E: انرژی موجود در حجم گاز قابل انفجار

ΔP: موج انفجار حاصل شده (bar)

P_o: فشار اتمسفریک (bar)

TNO Multi Model Energy



www.MehdiParvini.com
https://t.me/Drmehdiparvini

Baker Strehlow Model

$$\bar{R} = \frac{d}{(E/P)^{1/3}}$$

$$\overline{\Delta P_s} = \frac{\Delta P}{P_0}$$

d: فاصله از مرکز انفجار

E: انرژی موجود در حجم گاز قابل انفجار

ΔP: موج انفجار حاصل شده (bar)

P_o: فشار اتمسفریک (bar)

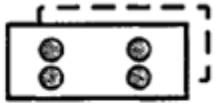
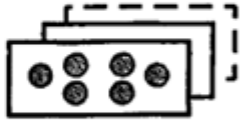
سرعت انتشار گاز (عدد ماخ) بر اساس میزان تراکم، میزان واکنش پذیری و ابعاد گسترش

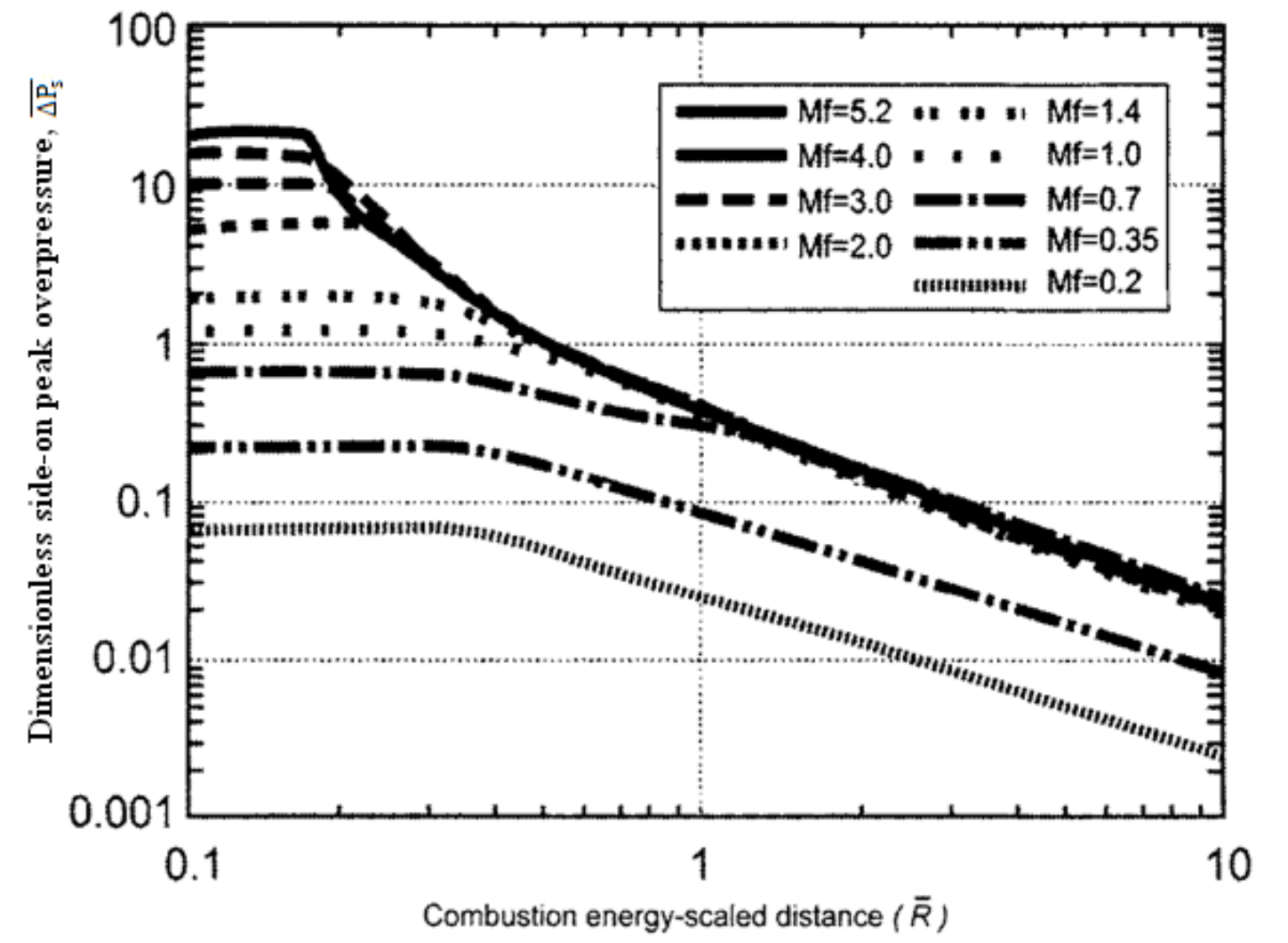
Flame Expansion	Reactivity	Congestion		
		Low	Medium	High
2D	High	0.59	DDT	DDT
	Medium	0.47	0.66	1.6
	Low	0.079	0.47	0.66
2.5D	High	0.47	DDT	DDT
	Medium	0.29	0.55	1.0
	Low	0.053	0.35	0.5
3D	High	0.36	DDT	DDT
	Medium	0.11	0.44	0.50
	Low	0.026	0.23	0.34

www.MehdiParvini.com , https://t.me/Drmehdiparvini

Baker Strehlow Model

تعیین میزان تراکم محیط انفجار

Type	Obstacle blockage ratio per plane	Pitch for obstacle layers	Geometry
Low	Less than 10%	One or two layers of obstacles	
Medium	Between 10% and 40%	Two or three layers of obstacles	
High	Greater than 40%	Three or more fairly closely spaced obstacle layers	

Baker Strehlow Model



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

آثار موج انفجار

تاثیرات انفجار بر روی تجهیزات و ساختمان ها

میزان افزایش فشار (psig)	پیامدها
کمتر از ۱	خسارات جزیی به ساختمانها
۲- ۳	حد آستانه برای آسیب‌دیدگی جدی ساختمان
۳-۴	آسیب‌دیدگی تجهیزات و مخازن
۵-۶	تخریب کامل ساختمان ها
۷	واژگونی واگن قطار
بیشتر از ۱۰	تخریب کامل

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

پیامد ناشی از انفجار (احتمال تلفات)

عوامل تاثیر گذار در میزان احتمال تلفات در اثر انفجار

- موج انفجار ایجاد شده
- نوع و میزان مقاومت ساختمان

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

پیامد ناشی از انفجار (احتمال تلفات)

- **احتمال تلفات ۱/۰ (تخریب کامل ساختمان):**

در مواردی که ساختمان تحت موج انفجاری قرار می‌گیرد که موج مذکور بسیار بزرگتر از موج انفجار مورد نیاز به منظور از بین رفتن ساختار ساختمان باشد.

- **احتمال تلفات ۰/۶ (ازبین رفتن ساختار ساختمان):**

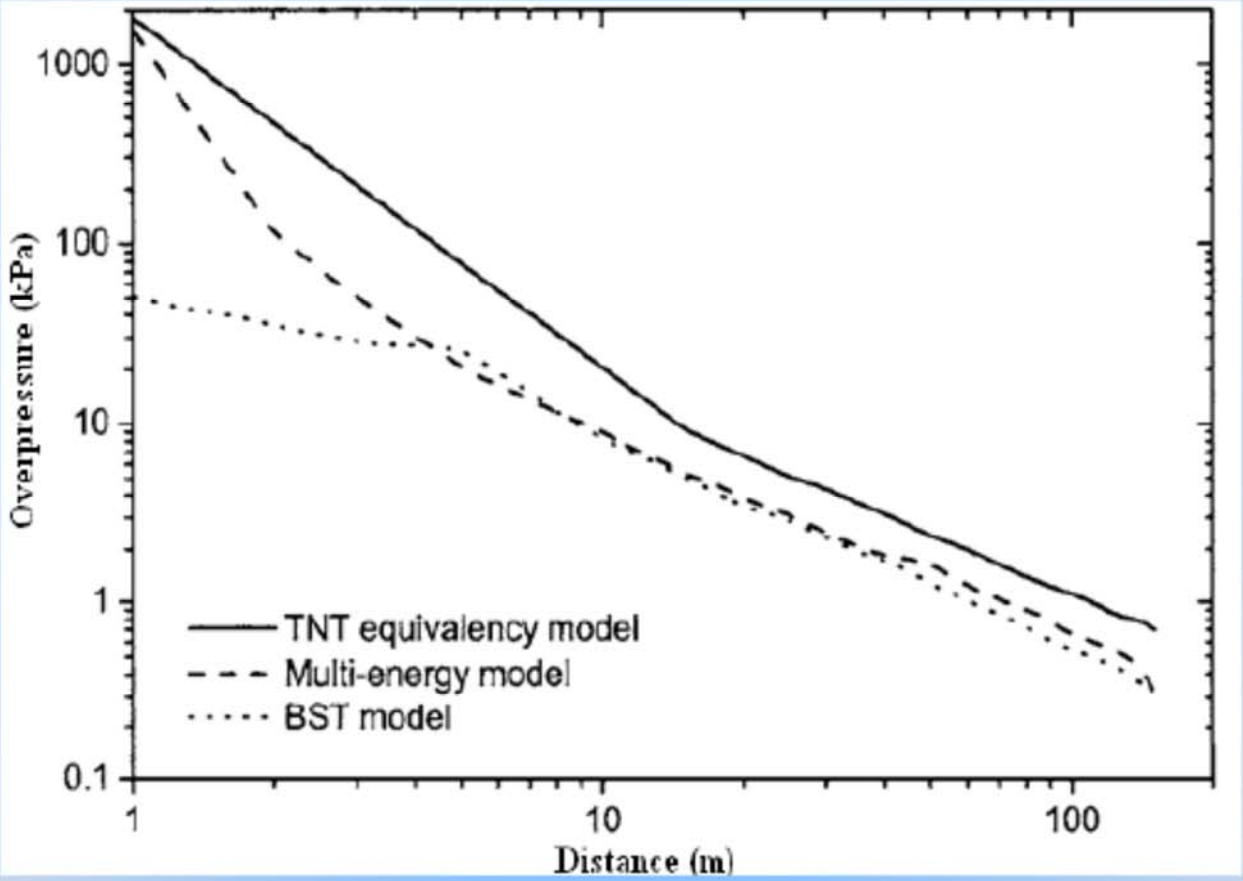
این احتمال بر اساس موج‌های انفجاری که سبب از بین رفتن ساختار ساختمان‌ها شده است با توجه به بانک اطلاعاتی حوادث گذشته انتخاب شده است.

- **احتمال تلفات ۰/۰۱ (آسیب جزئی):**

در مواردی که موج انفجار سبب آسیب‌های جزئی مانند شکستن پنجره‌ها شود.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مقایسه مدل‌های انفجار



Overpressure as a function of distance for the three methods (TNT-equivalency: η= 10%; multi-energy method: blast strength = 10; B-S-T method: $M_f = 0.59$).

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

جرقه

جرقه فوری

به این معنی که مواد بلافاصله پس از نشت با منبع جرقه مواجه می شوند.

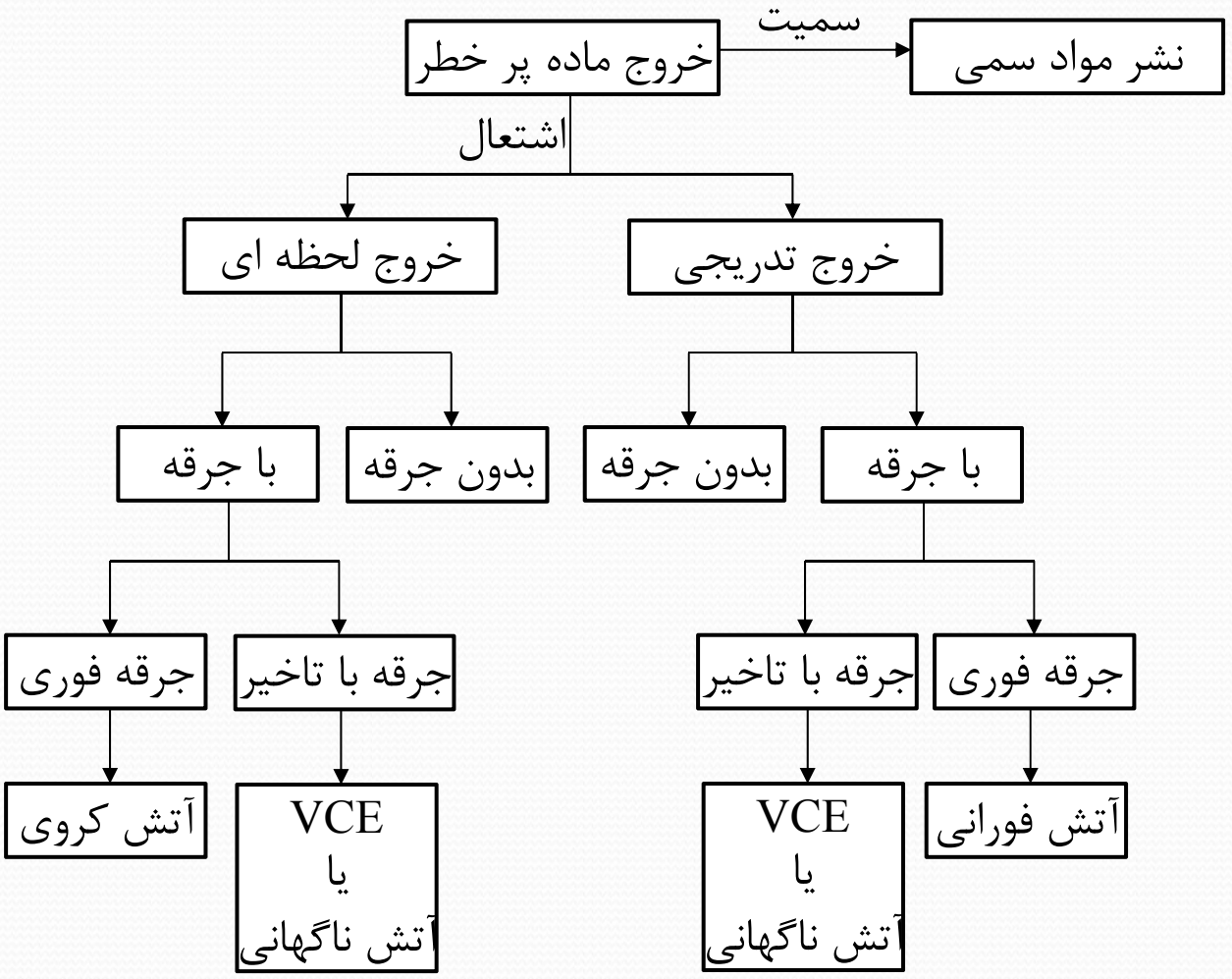
جرقه با تاخیر

یعنی مواد پس از رها شدن در محیط با طی کردن فاصله‌ای به منبع جرقه برسند.

منابع جرقه عبارتند از:

- شعله
- سطوح داغ
- الکتریسیته ساکن
- اصطکاک سطوح
- تجهیزات الکتریکی
- وسائل نقلیه

شرایط مربوط به وقوع حوادث مختلف

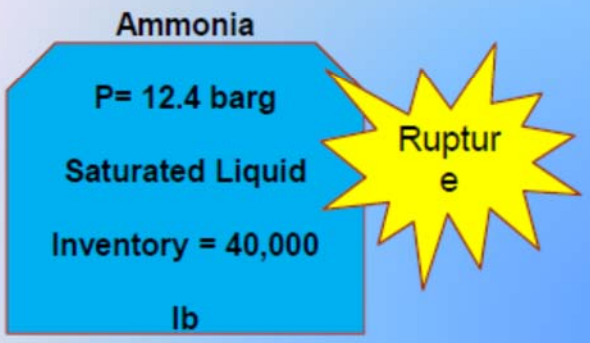


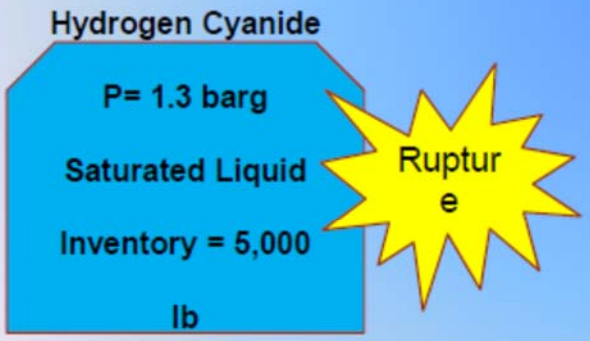
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مسائل تکمیلی

مساله

مثال





Weather Condition:
T= 32 °C
H=70%
Wind Speed=5 m/s
SRP = Industrial
Stability = Neutral

نرم‌افزار

ERPG-2 Ammonia= 200 ppm
ERPG-2 Hydrogen Cyanide= 10 ppm

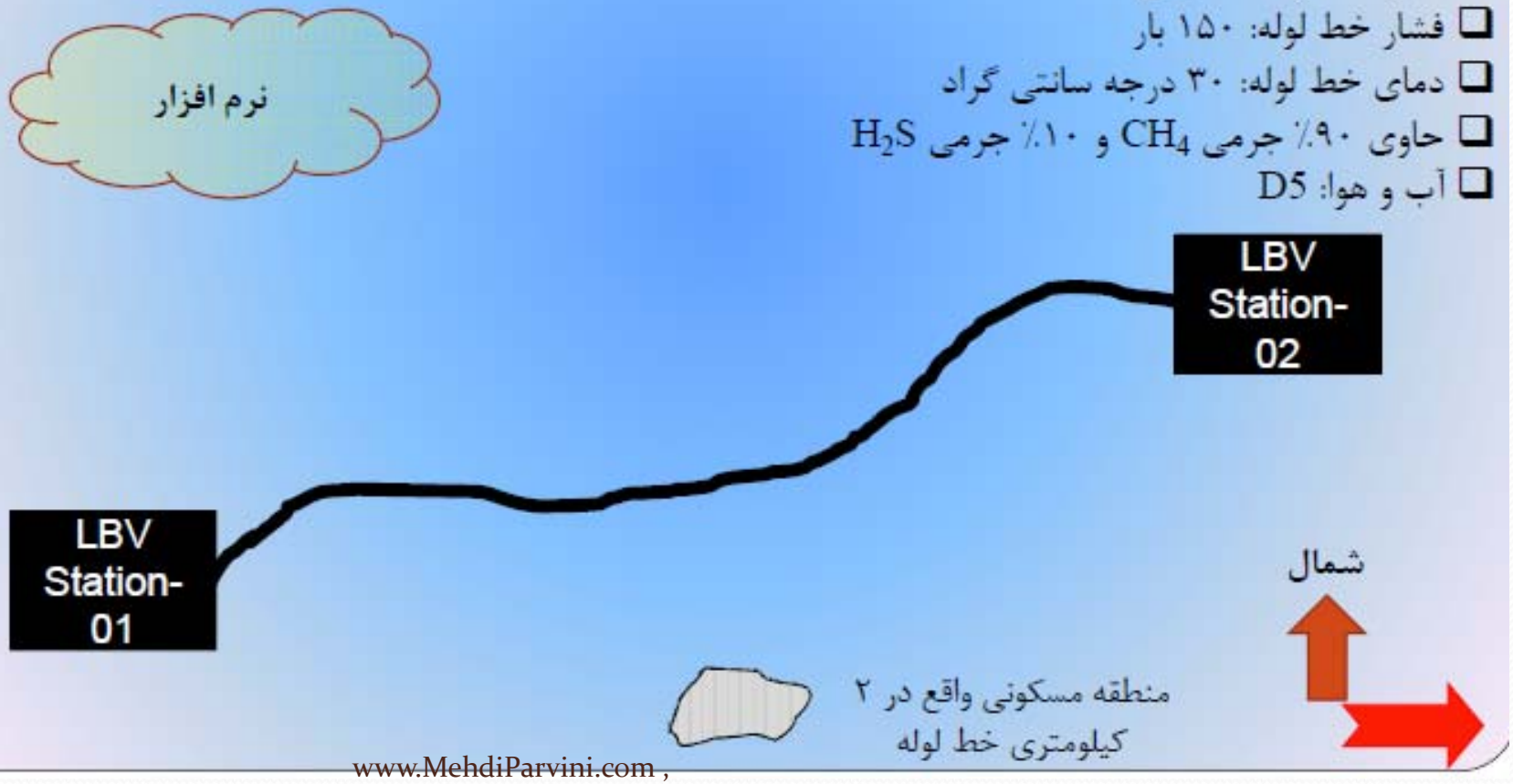
- توزیع زمانی غلظت در ۱۰۰۰ m؟
- بیشترین فاصله پوشش داده شده با غلظت های معیار؟
- آستانه آسیب دیدن تجهیزات در اثر BLEVE؟
- فاصله پوشش داده شده با حد LFL؟

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مثال

حریم خط لوله زیر را باتوجه به احتمال تلفات قابل قبول تعیین کنید؟

- طول خط لوله: ۱۰ کیلومتر
- قطر خط لوله: ۱۲ اینچ
- فشار خط لوله: ۱۵۰ بار
- دمای خط لوله: ۳۰ درجه سانتی گراد
- حاوی ۹۰٪ جرمی CH_4 و ۱۰٪ جرمی H_2S
- آب و هوا: D5



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مساله

- T=25
- P=60 psi
- D_{leak}= 25mm

مثال

صحبت در مورد تفاوت
شرایط تخلیه در
سناریوهای مختلف

Weather Condition:
T= 32 °C
H=70%
Wind Speed=5 m/s
SRP = Industrial
Stability = Neutral

نرم‌افزار

CH_4
P= 100 barg
T= 30 °C
L=10 km, D=24 in
Leakage Diameter = 20 mm

- توزیع شدت تشعشع ایجاد شده در اثر وقوع نشتی در خط لوله؟

تئوری تکمیلی

www.MehdiParvini.com , https://t.me/Drmehdiparvini

تعیین آثار ناشی از حوادث

معادلات Probit

روشهای متداولی که به منظور بدست آوردن درصد افرادی که تحت تاثیر یک حادثه خاص قرار می‌گیرند استفاده از متغیری به نام Probit می‌باشد

Y: متغیر Probit

k_1 و k_2 : مقادیر ثابت تجربی

V: متغیر وابسته به نوع حادثه

$$Y = k_1 + k_2.Ln(V)$$

- تششع حرارتی آتش ⟵ $V=q^n.t$
- موج انفجار ⟵ $V=\Delta P$
- استنشاق مواد سمی ⟵ $V=C^n.t$

n : مقدار ثابت که به نوع حادثه بستگی دارد

q : شدت تششع

ΔP: میزان افزایش فشار

C : غلظت ماده سمی

t : زمان سپری شده پس از حادثه

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

Type of injury or damage	Causative variable	Probit parameters	
		k_1	k_2
Fire[1]			
Burn deaths from flash fire	$t_e I_e^{4/3}/10^4$	−14.9	2.56
Burn deaths from pool burning	$tI^{4/3}/10^4$	−14.9	2.56
Explosion[1]			
Deaths from lung hemorrhage	p^o	−77.1	6.91
Eardrum ruptures	p^o	−15.6	1.93
Deaths from impact	J	−46.1	4.82
Injuries from impact	J	−39.1	4.45
Injuries from flying fragments	J	−27.1	4.26
Structural damage	p^o	−23.8	2.92
Glass breakage	p^o	−18.1	2.79
Toxic release[2]			
Ammonia deaths	$\Sigma C^{2.0}T$	−35.9	1.85
Carbon monoxide deaths	$\Sigma C^{1.0}T$	−37.98	3.7
Chlorine deaths	$\Sigma C^{2.0}T$	−8.29	0.92
Ethylene oxide deaths[3]	$\Sigma C^{1.0}T$	−6.19	1.0
Hydrogen chloride deaths	$\Sigma C^{1.0}T$	−16.85	2.0
Nitrogen dioxide deaths	$\Sigma C^{2.0}T$	−13.79	1.4
Phosgene deaths	$\Sigma C^{1.0}T$	−19.27	3.69
Propylene oxide deaths	$\Sigma C^{2.0}T$	−7.42	0.51
Sulfur dioxide deaths	$\Sigma C^{1.0}T$	−15.67	1.0
Toluene	$\Sigma C^{2.5}T$	−6.79	0.41

t_e = effective time duration (s)
I_e = effective radiation intensity (W/m^2)
t = time duration of pool burning (s)
I = radiation intensity from pool burning (W/m^2)
p^o = peak overpressure (N/m^2)
J = impulse (N s/m^2)

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تعیین آثار ناشی از حوادث (احتمال تلفات)

انتشار مواد سمی:

$$Y = K_1 + K_2 Ln(C^n . t) \quad :C\ (ppm),\ t\ (min)$$

مقادیر ثابت رابطه Probit برای چند ماده			
ماده	K_1	K_2	n
آمونیاک	-۹/۸۲	۰/۷۱	۲
بنزن	-۱۰۹/۸	۵/۳	۲
کلر	-۱۰/۱	۱/۱۱	۱/۶۵
مونوکسید کربن	-۳۷/۹۸	۳/۷	۱
سولفید هیدروژن	-۳۱/۴۲	۳	۱/۴۳
فسژن	-۲۶/۷۹	۵/۴۴	۰/۸

تشعشع ناشی از آتش

$$Y = -14.9 + 2.56 \ln(t.q^{4/3}) \quad :q\ (kW/m^2),\ t\ (sec)$$

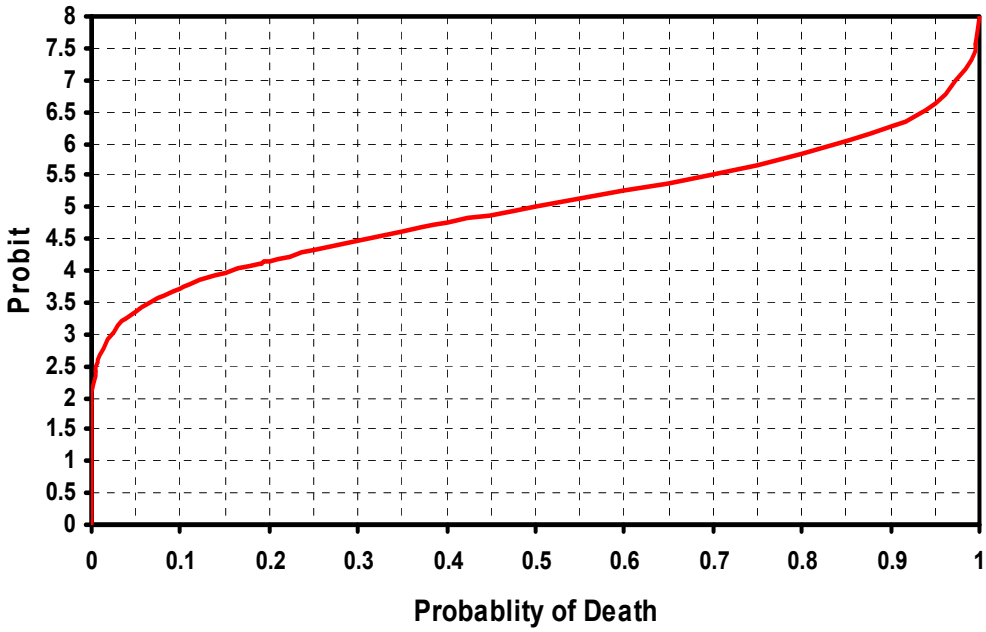
موج انفجار

$$Y = -77.1 + 6.91 \ln(P^o) \quad :P^0\ (pa)$$

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تعیین آثار ناشی از حوادث

منحنی مورد استفاده در تبدیل Probit به احتمال تلفات



مثال

درصد مرگ و میر ناشی از ۲۰min حضور در معرض ۴۰۰ppm گاز سمی کلر را تعیین کنید؟

پاسخ

ابتدا ضرائب مربوط به ماده سمی کلر در رابطه probit را تعیین می کنیم.

$$Y = -10.1 + 1.11 \times \ln(C^{1.65}.t) \quad \Rightarrow \quad Y = -10.1 + 1.11 \times \ln(400^{1.65}.20) \quad \Rightarrow \quad Y = 4.2$$

با توجه به نمودار، مقدار عددی probit به درصد مرگ و میر تبدیل می شود.

$$Y = 4.2 \quad \Rightarrow \quad fatality\ \ percent = 20\%$$

مثال

شار حرارتی مورد نیاز برای ایجاد ۵۰٪ مرگ و میر در طول ۱۰۰ ثانیه را محاسبه کنید؟

پاسخ

برای حل این مثال باید از رابطه probit مربوط به تشعشع آتش استفاده شود.

$$Y = -14.9 + 2.56 \ln\left(\frac{t.I^{4/3}}{10^4}\right) \quad \Rightarrow \quad I = \left[\frac{10^4 \exp\left[(Y + 14.9)/2.56\right]}{t}\right]^{3/4}$$

با توجه به نمودار مربوطه، مقدار عددی probit متناظر با ۵۰٪ برابر ۵ است لذا:

$$I = \left[\frac{10^4 \exp\left[(5 + 14.9)/2.56\right]}{100}\right]^{3/4} \quad \Rightarrow \quad I = 11 \; kw/m^2$$

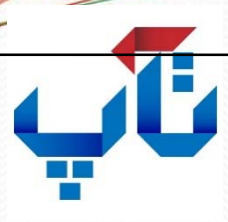
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تخمین تکرارپذیری سناریو و حوادث منتج

Frequency Estimation

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

تخمین تکرارپذیری سناریو و حوادث منتج



مرحله اول:
تعیین اهداف ارزیابی ریسک

مرحله دوم:
شرح واحد فرآیندی تحت بررسی

مرحله سوم:
شناسایی مخاطرات

مرحله چهارم:
تعیین و تحلیل سناریوها

مرحله پنجم:
مدل‌سازی پیامد

مرحله ششم:
تخمین تکرارپذیری

مرحله هفتم:
محاسبه و ارائه ریسک

www.MehdiParvini.com,
https://t.me/Drmehdiparvini

تکرارپذیری

تکرار پذیری یک حادثه، عبارت است از تعداد اتفاق افتادن آن حادثه در واحد زمان که معمولاً یک سال در نظر گرفته می‌شود.

رابطه بین تکرار پذیری و احتمال

$$p = 1 - \exp(-f.t)$$

احتمال وقوع — تکرار پذیری — زمان

محاسبه تکرارپذیری با استفاده از داده های تجربی

مرجع ارائه شده توسط DNV

تکرار پذیری نشتی در لوله و اتصالات بر حسب قطر نشتی (mm)

نشتی در لوله ها به ازای یک متر از طول لوله $f(d) = 2\times10^{-3}\, d^{-1.25} + 1.8\times10^{-5}$

نشتی به ازای یک فلنج $f(d) = 5.8\times10^{-5}\, d^{-1.25} + 8.8\times10^{-7}$

نشتی به ازای یک ابزار دقیق

تکرار پذیری نشتی در تانک ها و مخازن

ابعاد نشتی از بدنه مخزن (mm)	5-10	10-50	50-150
تکرارپذیری در یک سال	3.8×10^{-5}	9.6×10^{-5}	9.8×10^{-6}

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مثال

در فاصله بین یک مخزن و یک پمپ، چهار عدد فلنج و ۳۰ m لوله موجود است. مطلوبست محاسبه میزان تکرارپذیری ایجاد نشتی به قطر ۵۰ mm در مسیر بین مخزن و پمپ؟

پاسخ

دستگاه	تعداد/طول	تکرارپذیری نشتی به ابعاد ۵۰ mm در یک سال	
		برای یک عدد	کل
مخزن	۱	9.8×10^{-6}	9.8×10^{-6}
فلنج	۴	3.3×10^{-5}	1.3×10^{-4}
لوله	۳۰ m	1.3×10^{-6}	3.9×10^{-5}
مجموع			1.8×10^{-4}

محاسبه تکرارپذیری با استفاده از داده های تجربی

مزایا و معایب:

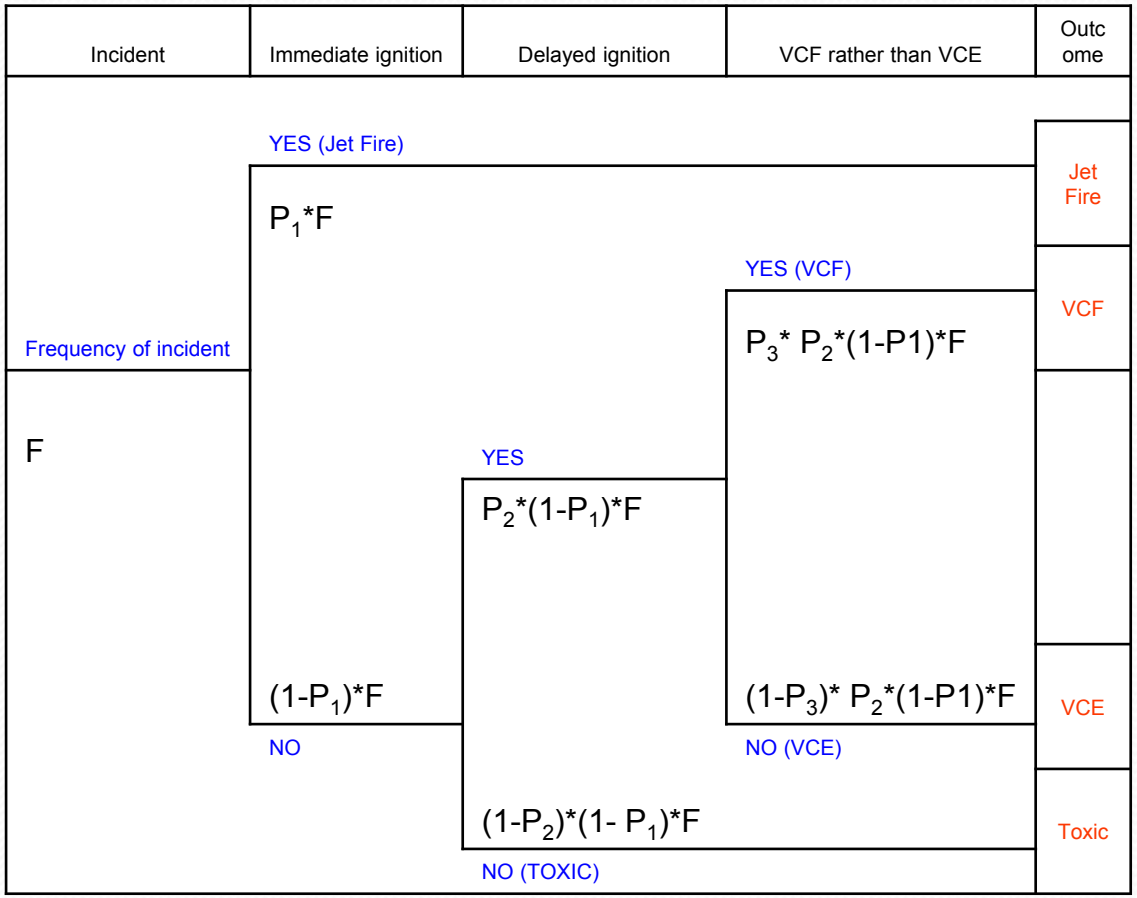
- از آمار مربوط به حوادث اتفاق افتاده در گذشته برای تعیین تکرار پذیری حوادث در زمان حال استفاده می شود با این شرط که سایر شرایط عملیاتی بدون تغییر باقی بماند.
- مزیت خاص این روش سرعت بالا و هزینه پایین آن در مقایسه با سایر روش ها بوده که نیاز به محاسبات ریاضی بیشتری دارند.
- نتایج حاصل از این روش تنها در مواردی قابل استفاده است که از اعتبار لازم در آن زمینه خاص برخوردار باشد.
- امکان تعیین تکرار پذیری یک نشتی با اندازه های مختلف وجود دارد در حالی که در سایر روش ها اندازه نشتی ایجاد شده تاثیری بر روی میزان تکرار پذیری آن نشتی ندارد.

www.MehdiParvini.com
https://t.me/Drmehdiparvini

درخت تحلیل رویداد (ETA)

روش تحلیل درخت رویداد به منظور محاسبه احتمال پیامدهای متنوعی که در صورت وقوع یک سناریوی ابتدایی ممکن است رخ دهد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخلاف درخت خطا که دلایل یک واقعه نامطلوب کلی به جزئیات واکاوی شده و تحلیل می شود در درخت رویداد با شروع از یک واقعه آغازکننده سعی در پیش بینی توالی وقایع می شود تا حالات ممکن ایمن یا آسیب رسان کشف شود.

درخت تحلیل رویداد (ETA)



از درخت خطا به منظور محاسبه تکرار پذیری نتایج مختلف ناشی از وقوع یک سناریو استفاده می شود.

از آنجایی که تعداد تلفات تخمین زده شده مربوط به نتایج موردی مختلف منجر شده از یک سناریوی مشخص می باشد. لذا نیاز به تعیین تکرار پذیری هر کدام از این نتایج موردی نیز وجود دارد.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مثال

با توجه به مقادیر عددی ذکر شده در جدول زیر، درخت تحلیل رویداد نشتی گاز قابل اشتعال از یک منبع مشخص را ترسیم کنید؟

احتمالات مربوط به درخت رویداد نشتی گاز قابل اشتعال تحت بررسی	
پیامد	احتمال
سناریو (نشتی گاز قابل اشتعال)	۰/۰۰۰۱
جرقه فوری	۰/۱
جرقه با تاخیر	۰/۲
ایجاد انفجار پس از انتشار گاز در محیط	۰/۶

پاسخ

درخت رویداد مربوط به رهایش گاز قابل اشتعال

Incident	Immediate Ignition?	Delayed Ignition?	VCF is more Probable Than VCE?	Incident Outcomes	Frequency
				Jet Fire	0.00001
	YES (0.1)				
				VCF	0.0000072
			YES (0.4)		
0.0001					
		YES (0.2)			
	NO (0.9)		NO (0.6)	VCE	0.000108
		NO (0.8)	Safe Dispersion		0.000072

احتمالات مربوط به درخت رویداد نشتی گاز قابل اشتعال تحت بررسی	
پیامد	احتمال
حادثه اولیه	۰/۰۰۰۱
جرقه فوری	۰/۱
جرقه با تاخیر	۰/۲
ایجاد انفجار	۰/۶

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

منابع مطالعاتی در تعیین تکرارپذیری

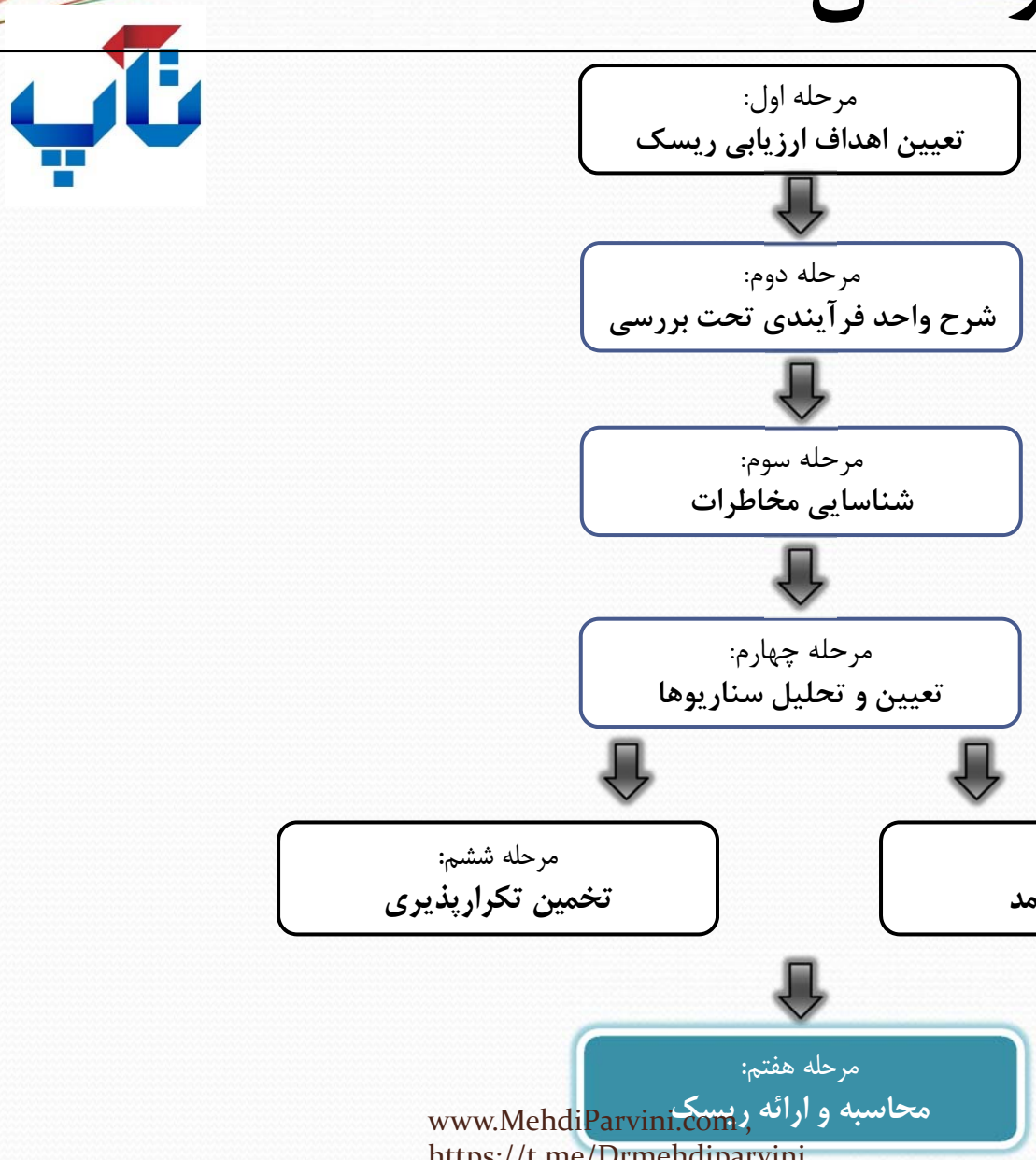
- "Loss Prevention in Process Industries", Lees, 2nd Ed, 1996.
- "Hazard Evaluation Procedures, with Worked Examples", CCPS, 3rd Ed, 2003.

محاسبه ریسک و ارائه آن

Risk Calculation and Presentation

www.MehdiParvini.com,
https://t.me/Drmehdiparvini

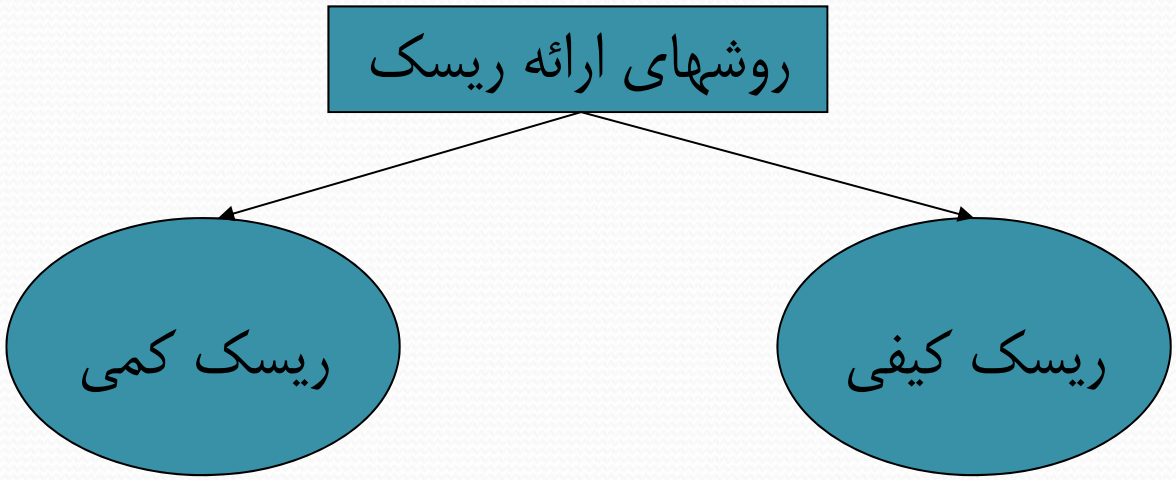
محاسبه ریسک و ارائه آن



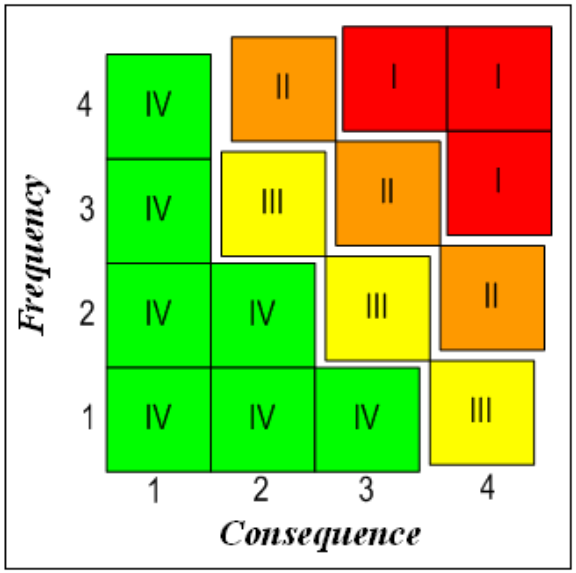
www.MehdiParvini.com,
https://t.me/Drmehdiparvini

روش‌های کلی ارائه ریسک

به منظور نمایش نتایج حاصل از ارزیابی ریسک از دو روش متفاوت استفاده می شود که عبارتند از:



ریسک کیفی



در این روش به صورت کیفی به شدت تکرارپذیری و پیامد یک حادثه، عددی از ۱ تا ۴ به طور نسبی تعلق می گیرد در ادامه می توان ریسک کیفی ناشی حادثه تحت بررسی را با توجه به شکل و جدول مربوطه تعیین کرد. از این روش به منظور مقاسیه و رتبه بندی ریسک ناشی از حوادث مختلف در یک قسمت استفاده می شود.

Number	Category	Description
I	Unacceptable	Should be mitigated with high priority by engineering and/or administrative controls to a risk ranking of III
II	Undesirable	Should be mitigated with engineering and/or administrative controls to a risk ranking of III
III	Acceptable with controls	Should be verified that procedures or controls are in place
IV	Acceptable as is	No mitigation required

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

ماتریس ریسک

		احتمال ⟵					
	احتمال	۱۰۰۰ سال	۱۰۰ سال	۳۰ سال	۵ سال	۱سال
	تاریخچه	هرگز در صنعت دیده نشده	در صنعت اتفاق افتاده	در شرکت نفت اتفاق افتاده	در یک شرکت فرعی اتفاق افتاده	در واحد عملیاتی اتفاق افتاده
	دسته	۱	۲	۳	۴	۵
	سرمایه (تولید)	بهداشت	محیط زیست	ایمنی
عواقب ⟵	خسارت خیلی زیاد، از دست رفتن واحد و یا تولید	مرگ یا بیماری شغلی که منجر به مرگ می‌شود، مانند سرطان	خسارت طولانی مدت دور ریزی زیاد نفت و مواد شیمیایی ، بازسازی ممکن نیست	چند کشته،کشتار عمومی یا خسارت بسیار زیاد به دارائی
	خسارت زیاد از دست دادن تولید برای چندین هفته	آسیب ناتوان کننده کلی، بیماری شغلی برگشت ناپذیر، مانند سوختگی با مواد خورنده	خسارت متوسط، دور ریزی معمول نفت و مواد شیمیایی، بازسازی بیش از یک سال طول می‌کشد	یک کشته ، اثرات حاد سلامت روی عموم یا خسارت عمده به دارائی
	خسارت محلی به تجهیزات، توقف واحد برای یک،دو هفته	آسیب ناتوان کننده جزئی، بیماری شغلی، مانند کم شدن شنوایی، ارتعاش دست	تأثیرحاد، دور ریزی جزئی، بازسازی طی یک سال	آسیب جدی، غیبت طولانی از محیط کار، اثرات جزئی روی سلامت عموم
	خسارت جزئی به تجهیزات، قطع تولید برای چند روز	درمان دارویی، بیماری بدون زمان از دست رفته، مانند سوختگی پوست	تأثیر گذرا، دور ریزی کم نفت و مواد شیمیایی، بازسازی فوری	درمان دارویی، نیاز به چند روز استراحت، تاثیر و خسارت ناچیز روی محیط
	خسارت خیلی کم بدون قطع تولید	کمکهای اولیه جزئی، بیماری شغلی یا اثرات ناچیز روی سلامتی	تأثیر جزئی،دور ریزی ناچیز نفت و مواد شیمیایی ، بدون بازسازی	کمکهای اولیه، بازگشت به کار همان روز یا روز بعد

	ناحیه غیر قابل قبول. به غیر از شرایط خاص و غیر معمول، این ریسک قابل قبول نمی باشد.
	ناحیه قابل تحمل. تنها در صورتی که مطابق اصل ALARP ، کاهش ریسک از نظر منطقی، عملی نباشد.
	ناحیه قابل قبول. بایستی سعی شود که با بهبود مستمر، ریسک در این ناحیه نگاه داشته شود.

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

ریسک کمی

به منظور ارائه نتایج در غالب ریسک کمی از معیارهای متفاوتی استفاده می شود که معتبرترین آنها عبارتند از:

- شاخص ریسک (Risk index)
- ریسک جمعی(Social risk)
- ریسک فردی (Individual risk)

شاخص ریسک

شاخص های ریسک یک عدد و یا جدولی از اعداد هستند که به منظور اندازه گیری ریسک برازش شده اند.

شاخص مطلق ریسک : و برخی دیگر مطلق و دارای بعد بوده و از ریسکهای فردی و جمعی محاسبه شده و در واقع شامل شکل ساده شده و خلاصه ای از اطلاعات موجود در ریسک های فردی و جمعی هستند.

شاخص نسبی ریسک : بعضی از شاخص های ریسک مقادیر نسبی و بدون بعدی هستند که فقط در یک رویه ارزیابی ریسک دارای معنی می باشند، و از این جهت نسبی نامیده میشوند که در مقایسه با یکدیگر رتبه بندی شده اند.

شاخص مطلق ریسک

شاخص های مطلق ریسک به سه دسته تقسیم می شوند که عبارتند از:

نرخ حوادث مرگبار (Fatal Accident Rate): تعداد تلفات ناشی از حوادث مختلف به ازاء تعداد تقریبی ۱۰۰۰ نفر از پرسنل یک واحد در یک بازه زمانی کاری به مدت 10^8 ساعت می باشد.

شاخص خطر فردی (Individual Hazard Index) : تعداد تلفات به ازاء یک بازه زمانی 10^8 ساعته در مواجه با مخاطرات احتمالی می باشد.

نرخ متوسط تلفات (Average Rate of Death): تعداد تلفات در یک بازه زمانی مشخص و ناشی از حوادث مختلف میباشد، نرخ متوسط تلفات به صورت یک عدد ارائه شده و در واقع متوسط ریسک جمعی می باشد.

شاخص مطلق ریسک

از آنجا که شاخص های ریسک به صورت یک عدد بیان می شوند لذا نحوه ارائه آنها اغلب به صورت جدول میباشد، به عنوان مثال شاخص ریسک در غالب نرخ حوادث مرگبار در صنایع مختلف کشور انگلستان مربوط به سال ۱۹۷۷ در جدول زیر نمایش داده شده است.

نوع فعالیت	نرخ حوادث مرگبار (تلفات به ازای 10^8 ساعت کاری)
صنعت انگلستان (به طور عام)	۴
صنایع نساجی	۰ – ۱۵
صنایع خودرو	۱-۳
صنایع تولید فلزات و کشتی سازی	۸
کشاورزی	۱۰
معدن	۱۲
راه آهن	۴۵
مسافرت با قطار	۵
مسافرت با خودرو	۵۷

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

شاخص نسبی ریسک

شاخص های نسبی ریسک بسیار متنوع بوده و سه دسته اصلی آن عبارتند از:

شاخص ریسک معادل با شاخص قیمت جمعی: فرم اصلاح شده ای از نرخ متوسط تلفات میباشد که نارضایتی عمومی جامعه از پیامدهای حوادث ناگوار را نیز در نظر می گیرد.

شاخص مرگ و میر (Mortality Index): از این شاخص به منظور تعیین میزان خطرناک بودن یک مخزن محتوی مواد سمی و با در نظر گرفتن سوابق تاریخی استفاده می شود.

شاخص اقتصادی(Economic Index): از این شاخص به منظور تعیین میزان خسارات اقتصادی استفاده می شود.

ریسک فردی

ریسک فردی بیان کننده احتمال کشته شدن یک فرد در مدت یک سال است و از رابطه ساده زیر محاسبه می شود:

(احتمال کشته شدن فرد در اثر حادثه × تکرار پذیری حادثه)

ریسک فردی

f_i : میزان تکرار پذیری حادثه نهایی i ناشی از یک حادثه (1/yr).

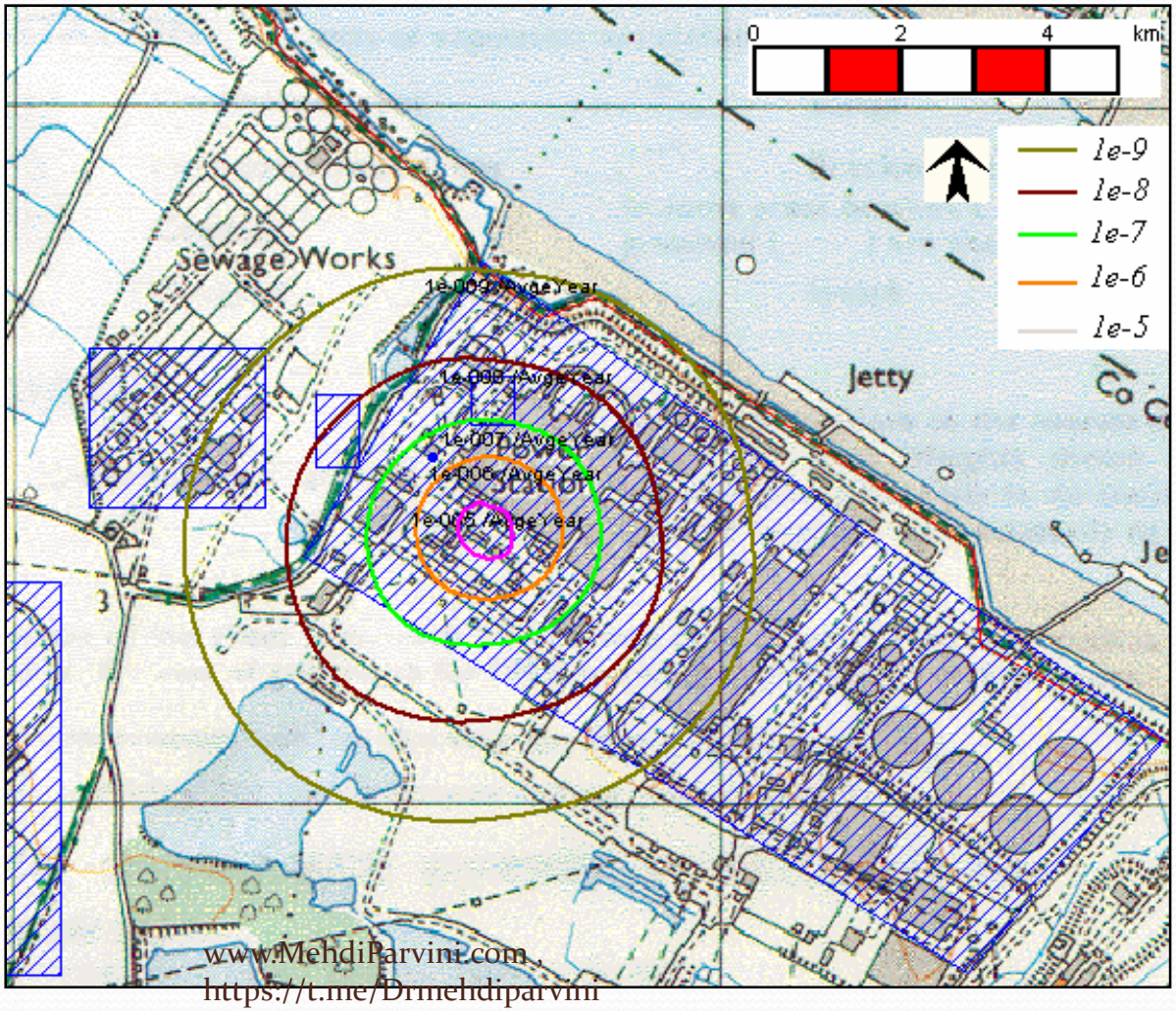
$p_{f,i}$: احتمال مرگبار بودن حادثه نهایی i ناشی از یک حادثه در موقعیت جغرافیایی (x,y).

$IR_{x,y}$: ریسک فردی نهایی در نقطه ای به موقعیت جغرافیایی (x,y)، (احتمال کشته شدن یک نفر در سال).

$IR_{x,y,i}$: ریسک فردی در نقطه ای به موقعیت جغرافیایی (x,y) (احتمال کشته شدن یک نفر در سال).

ریسک فردی

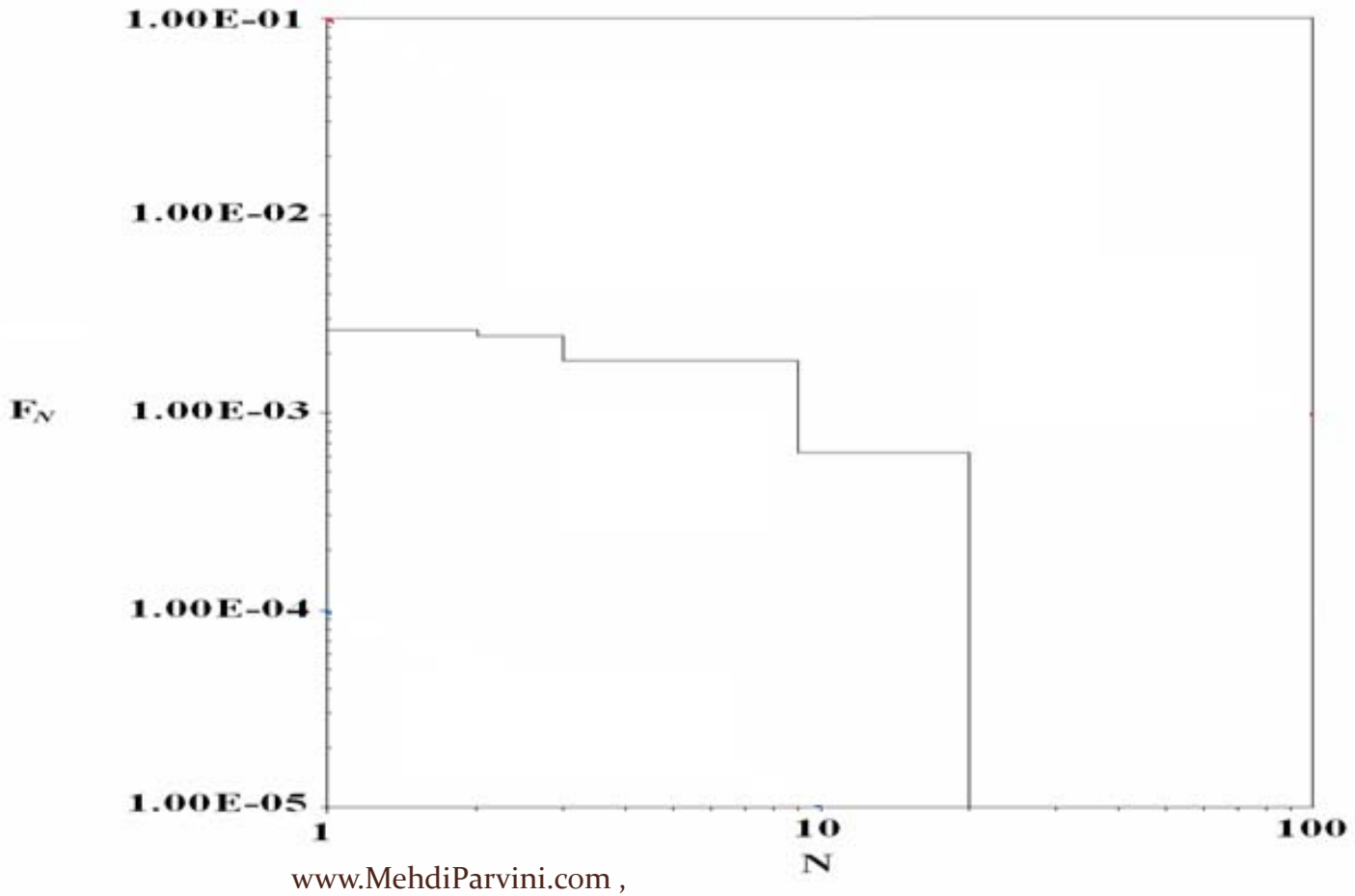
ریسک فردی در غالب تراز های هم ریسک نمایش داده می شود، که در واقع نشان دهنده مکان هایی با ریسک فردی یکسان است



www.MehdiParvini.com
https://t.me/Drmehdiparvini

ریسک جمعی

ریسک جمعی در غالب منحنی های F-N نمایش داده می شود، که در واقع مجموع تکرارپذیری های یک حادثه با بیش از N تلفات بر حسب تعداد تلفات (N) می‌باشد



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

ریسک جمعی

F_N : مجموع تکرار پذیری تمام حوادث نهایی میباشد که دارای تلفاتی بیشتر از N نفر هستند.

f_i : تکرار پذیری مربوط به حادثه نهایی i.

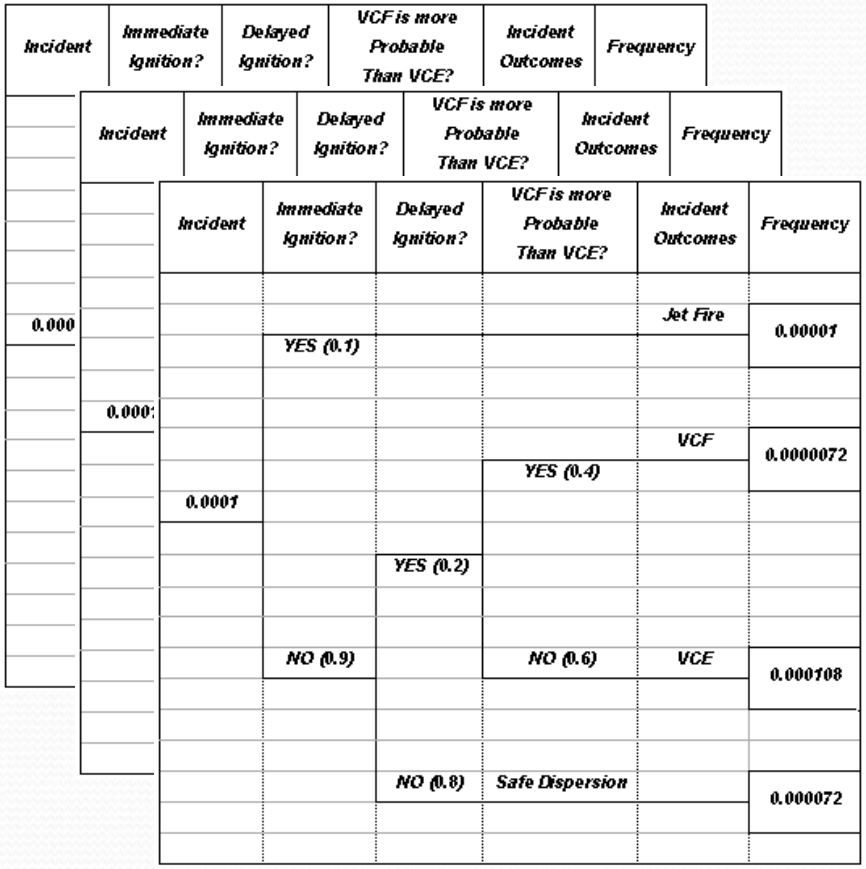
N_i : تعداد تلفات ناشی از حادثه نهایی i.

$P_{x,y}$: جمعیت حاضر در نقطه ای به موقعیت جغرافیایی (x,y)

$p_{f,i}$: احتمال مرگبار بودن حادثه نهایی i در موقعیت جغرافیایی (x,y).

ریسک جمعی

پس از رسم درخت‌های تحلیل رخداد (ETA) برای همه سناریوها می‌توان نسبت به جمع‌آوری فهرستی از تمام حوادث رخداده (شامل تکرارپذیری و تعداد تلفات) تهیه کرد. و از اطلاعات حاصل در جهت رسم منحنی (FN) استفاده نمود.



تکرارپذیری تجمعی (F_N)	تکرارپذیری (f_i)	تلفات (N)	حادثه(i)
f_1	f_1	N_1	۱
f_1+f_2	f_2	N_2	۲
$f_1+f_2+f_3$	f_3	N_3	۳
...	...	...	...
$f_1+f_2+f_3+...+f_i$	f_i	N_i	i
	...	...	...
$f_1+f_2+f_3+...+f_i+...+f_n$	fn	N_n	n

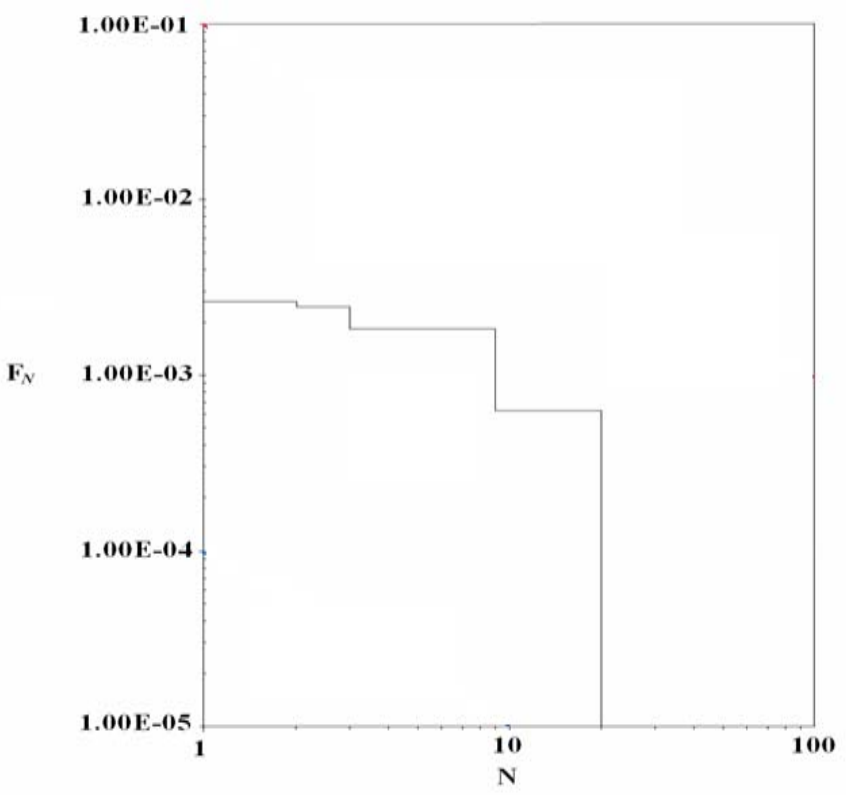
$N_1<N_2<N_3<\ldots<N_i<\ldots<N_n$

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

ریسک جمعی

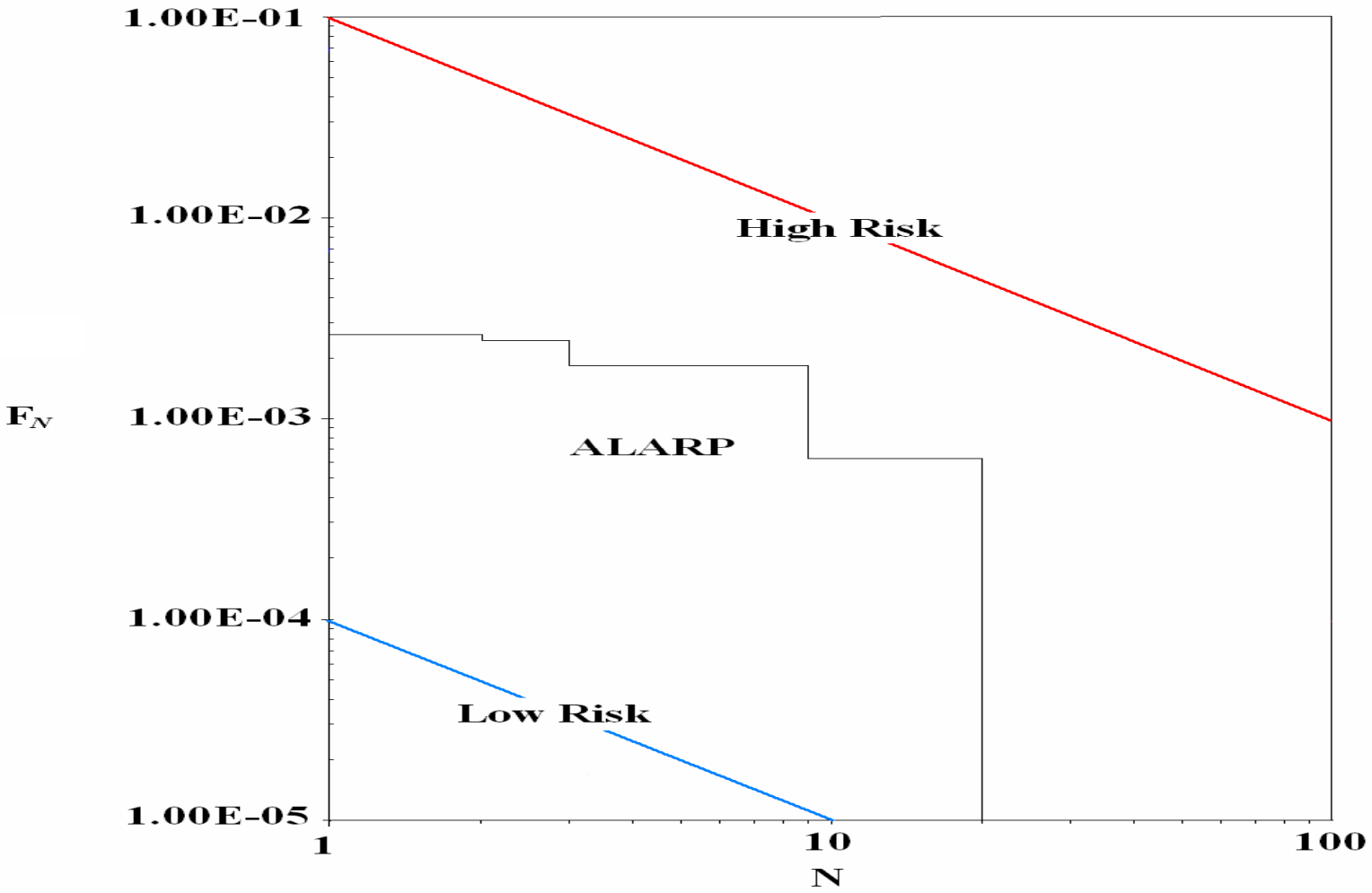
ریسک جمعی در غالب منحنی های F-N نمایش داده می شود، که در واقع مجموع تکرارپذیری های یک حادثه با بیش از N تلفات بر حسب تعداد تلفات (N) می باشد

حادثه (i)	تلفات (N)	تکرارپذیری (f_i)	تکرارپذیری تجمعی (F_N)
۱	N_1	f_1	f_1
۲	N_2	f_2	f_1+f_2
۳	N_3	f_3	$f_1+f_2+f_3$
...	...	...	...
i	N_i	f_i	$f_1+f_2+f_3+...+f_i$
...	...	...	
n	N_n	fn	$f_1+f_2+f_3+...+f_i+...+f_n$



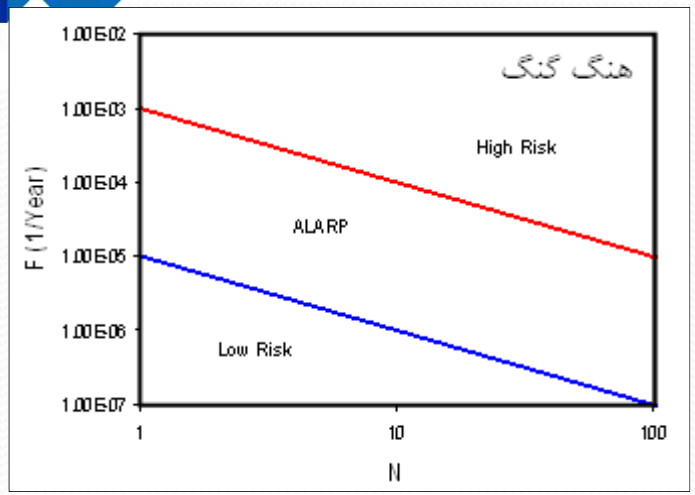
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

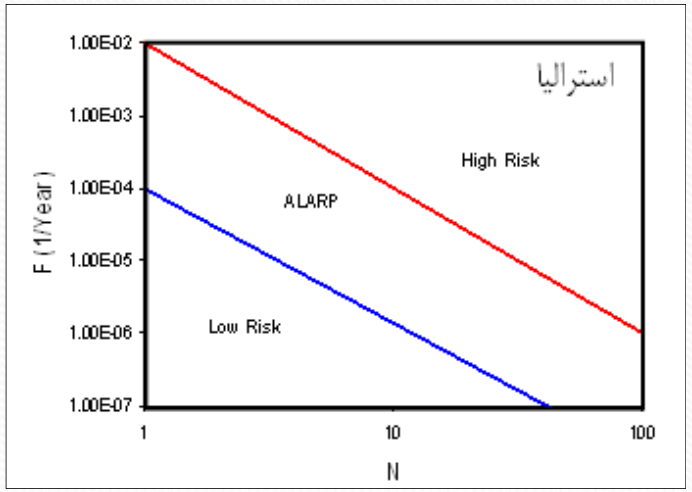
معیار ریسک جمعی

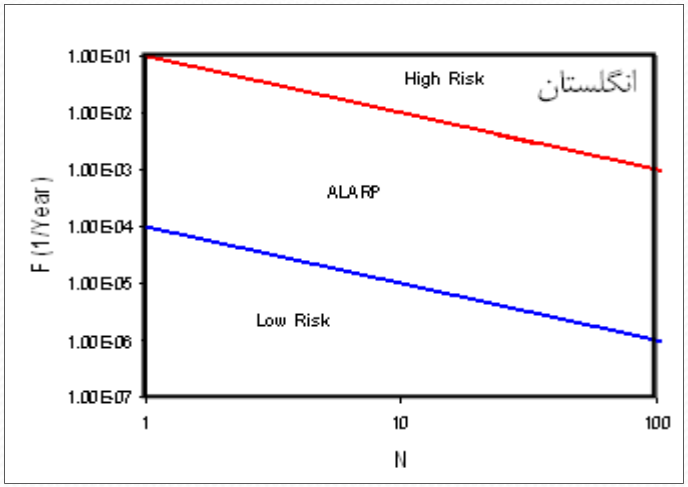


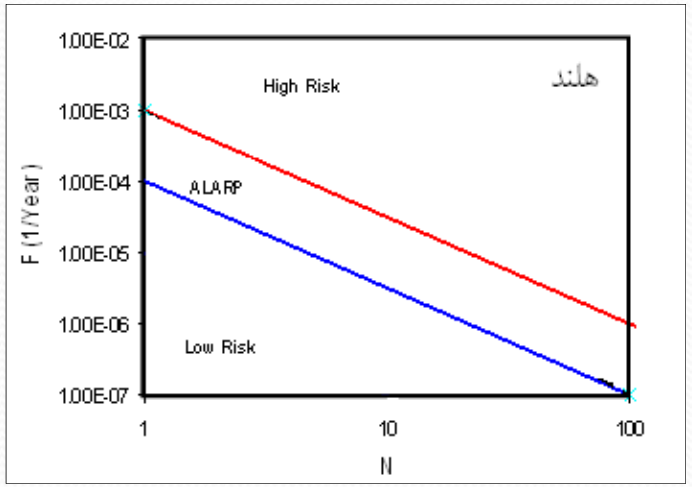
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

معیار ریسک جمعی







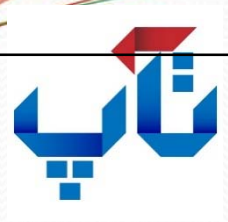


www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

کارگاه ارزیابی کمی ریسک

- این قسمت به حل یک مثال ساده در مورد ارزیابی ریسک و نحوه ارائه نتایج حاصل از آن اختصاص یافته است.
- اطلاعات مربوط به ارزیابی پیامد و تعیین تکرار پذیری آن بدون محاسبه ذکر شده است.
- یک واحد صنعتی ساده به این منظور انتخاب شده است.

کارگاه ارزیابی کمی ریسک



مرحله اول:
تعیین اهداف ارزیابی ریسک

مرحله دوم:
شرح واحد فرآیندی تحت بررسی

مرحله سوم:
شناسایی مخاطرات

مرحله چهارم:
تعیین و تحلیل سناریوها

مرحله پنجم:
مدل‌سازی پیامد

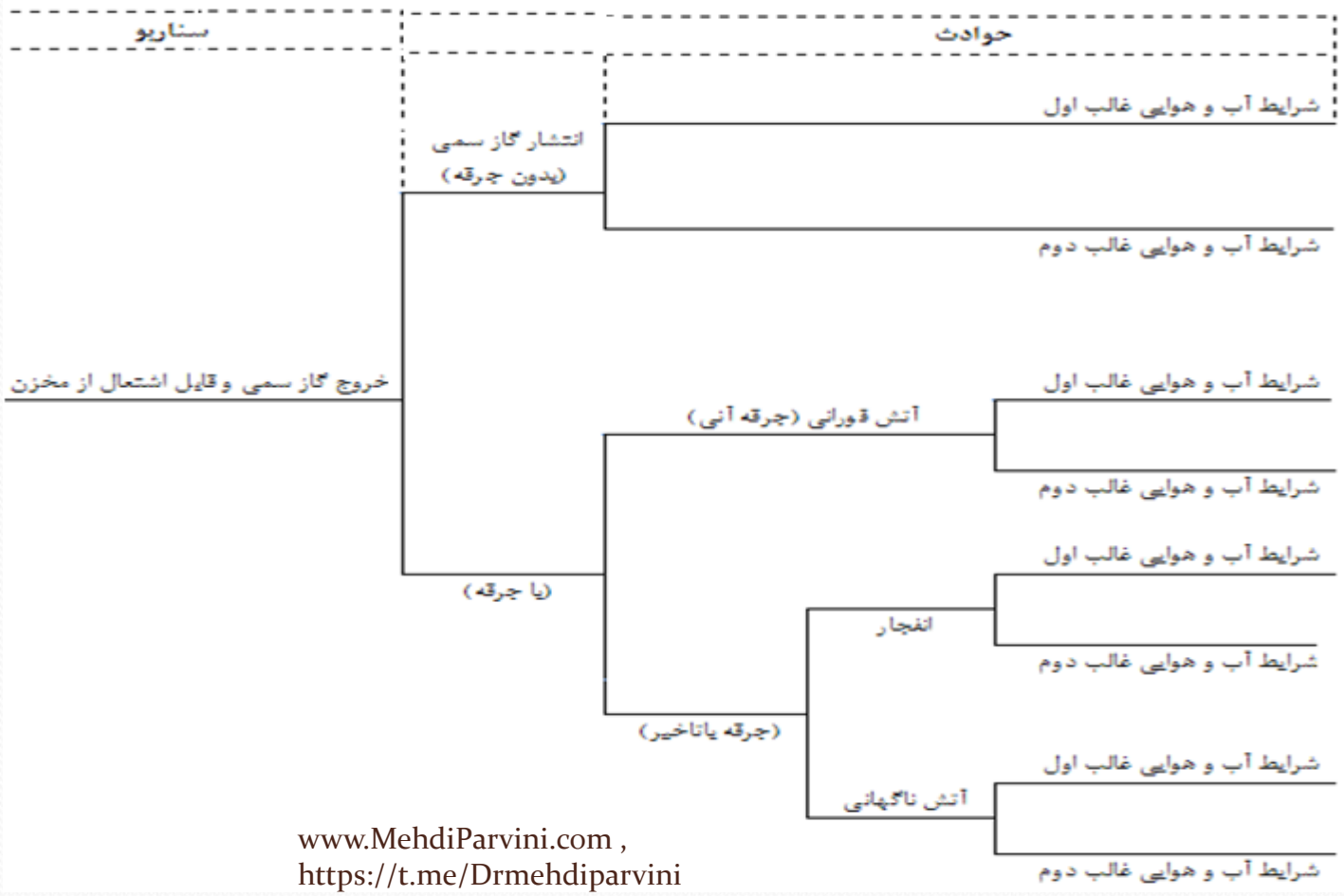
مرحله ششم:
تخمین تکرارپذیری

مرحله هفتم:
محاسبه و ارائه ریسک

www.MehdiParvini.com,
https://t.me/Drmehdiparvini

مرحله چهارم: انتخاب سناریوی قابل اعتنا

با توجه به مطالب ذکر شده در مرحله شناسایی مخاطرات تنها سناریوی قابل بررسی و پر اهمیت نشت گاز سمی و اشتعال پذیر مذکور از مخزن نگه داری آن می‌باشد.



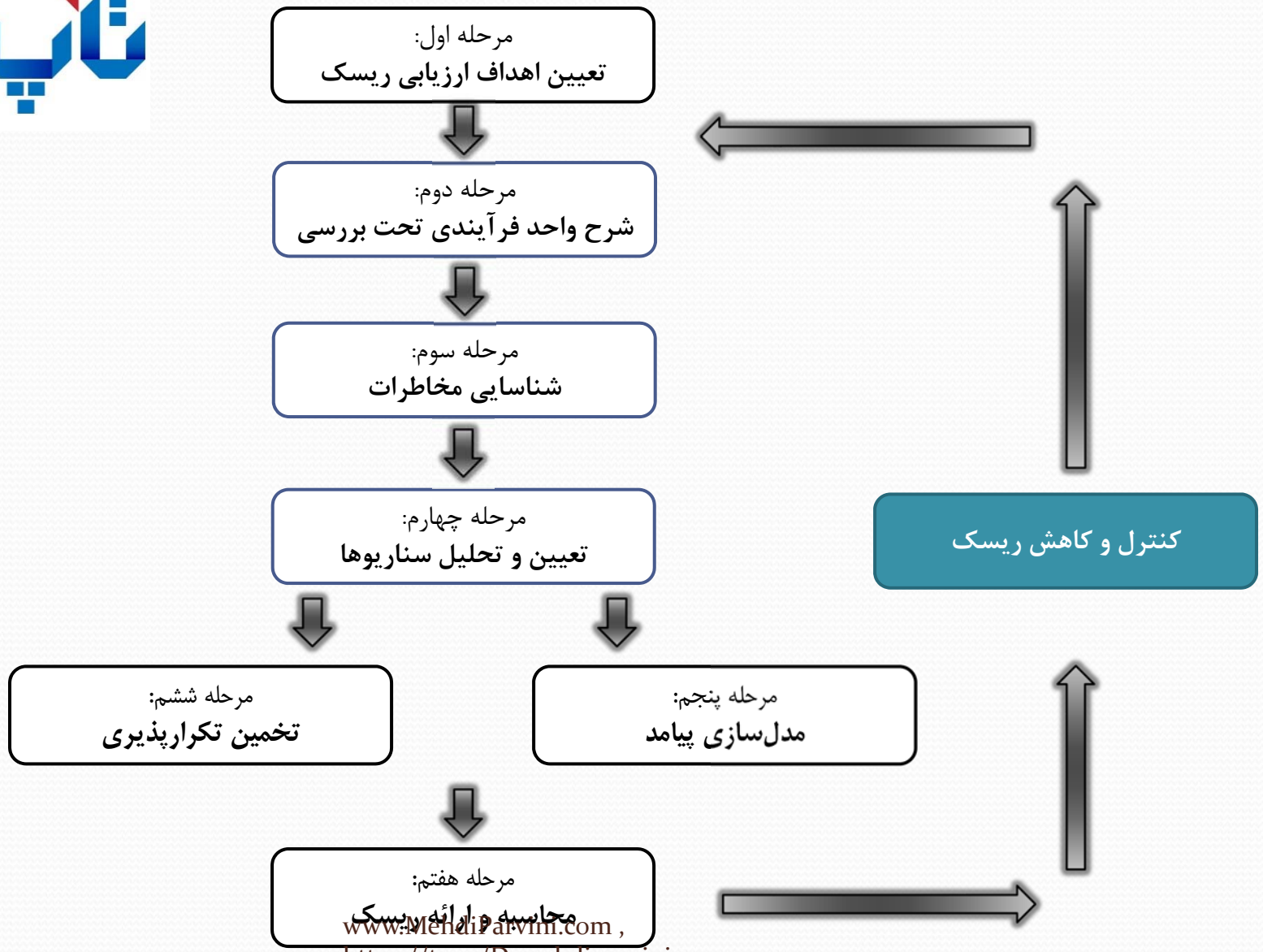
www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

کنترل و کاهش ریسک

Risk Control and Mitigation

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

مدیریت ریسک



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

روش‌های کنترل و کاهش ریسک

در این راستا پس از اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی شده از روش‌های زیر در جهت کنترل و کاهش آنها استفاده می‌شود:

- تحمل ریسک
- انتقال ریسک (بیمه)
- کاهش ریسک از طریق کاهش تکرارپذیری و پیامد حوادث

کاهش ریسک از طریق کاهش پیامد حوادث

- استفاده از سیستم‌های ذاتا ایمن:
  - حذف مواد خطرناک از طریق تغییر فرآیند
  - کاهش حجم ذخیره شده مواد خطرناک
  - افزایش فواصل در جانمایی و موقعیت‌یابی
- کاهش توزیع جمعیت
- استفاده از سیستم‌های هشدار و حفاظتی در برابر نشر مواد سمی، آتش و انفجار
- آموزش پرسنل و برگزاری مانورهای آزمایشی در جهت افزایش سطح آگاهی
- کاهش حجم لوله‌ها و اتصالات تا حد ممکن
- استفاده از سیستم‌های آشکارساز

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini

کاهش ریسک از طریق کاهش تکرارپذیری حوادث

- کاهش حجم لوله‌ها و اتصالات تا حد ممکن
- استفاده از سیستم‌های آشکارساز
- استفاده از سیستم‌های مقاوم در برابر خوردگی
- جلوگیری از برخوردهای میکانیکی شدید

منابع مطالعاتی در تعیین ریسک

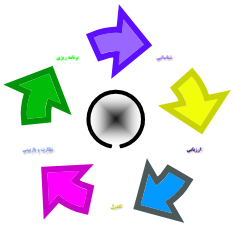
- "Loss Prevention in Process Industries", Lees, 2nd Ed, 1996.
- , Molak, 1997."Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management"
- "Guidelines for Risk Based Process Safety", CCPS, 2007.
- "QRA Training Course ", DNV.

روش های ارزیابی ریسک کیفی

www.MehdiParvini.com , https://t.me/Drmehdiparvini

انواع روشهای ارزیابی ریسک

www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini



www.MehdiParvini.com ,
https://t.me/Drmehdiparvini