

קורס סייבר לתעשייה - מחזור 5

מאי 2023



מבוא לחומרים מסוכנים

סיכונים סביבתיים ממתקני תעשייה ותשתית

מפגש 1- מבוא לחומרים מסוכנים



מבוא לחומרים מסוכנים

- קבוצות חומרים מסוכנים
- סוג חומרים מסוכנים
- גיליון בטיחות
- שילוט, קודי חירום
- סיכונים סביבתיים ממתקני תעשייה ותשתית

חומרים מסוכנים – חלק 1

קבוצות חומרים מסוכנים



מספר הקבוצה	מאפיינים
1	חומרים נפיצים
2	גזים
3	נוזלים דליקים
4	מוצקים דליקים
5	חומרים מחמצנים
6	חומרים רעילים ומדבקים
7	חומרים רדיואקטיביים
8	חומרים מאכלים
9	חומרים ומוצרים מסוכנים אחרים

קבוצה 1 – חומרים נפיצים



מספר הקבוצה	מאפיינים
1.1	חומרים בעלי סיכון התפוצצות מסיבית- התפוצצות המשפיעה על כל המטען באופן מיידי. (TNT, דינמיט, ניטרוגליצרין)
1.2	חומרים בעלי סיכון התפוצצות לא מסיבית
1.3	חומרים בעלי סיכון לשריפה והדף קל.
1.4	חומרי נפץ ללא סיכון משמעותי. (זיקוקים)
1.5	חומרי נפץ אדישים, כלומר רגישות נמוכה מאוד להתפוצצות
1.6	חומרים בעלי רגישות נמוכה וללא סיכון להתפוצצות מסיבית

קבוצה 2 – גזים דחוסים או נזילים תחת לחץ או קירור

			<p>סימון</p>
<p>2.3 גזים רעילים</p>	<p>2.2 גז דחוס בלתי מתלקח</p>	<p>2.1 גזים מתלקחים</p>	<p>סוג הגז</p>
<p>חנק רעילות גירוי עור קורוזיביות</p>	<p>חנק כוויות קור התפוצצות מיכל</p>	<p>דליקות, התפוצצות התלקחות ענן של אדים דליקים (UVCE), התפוצצות מיכל (BLEVE) חנק</p>	<p>סכנות</p>
<p>אמוניה, כלור, פוסגן, מימן ציאנידי, תיוניל כלוריד</p>	<p>פחמן דו חמצני, חנקן</p>	<p>גפ"מ, מימן</p>	<p>דוגמאות</p>

UVCE = Unconfined Vapor Cloud Explosion

BLEVE = Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion

קבוצה 3 – נוזלים דליקים/מתלקחים

- מתלקחים בקלות וגורמים לשריפה.
- סיווגם בשינוע נקבע ע"פ נקודת ההבזק*.
- נוזל אשר בשעת ההתחממות פולט אדים* שידלקו בטמפרטורה של 60.5 מעלות צלסיוס ומטה (במבחן כלי סגור).

סיכונים

UVCE, דליקות

דוגמאות

אצטון, טולואן, קסילן, נפטא, בנזין



***נקודת הבזק: הטמפרטורה הנמוכה ביותר שבה נוזל הופך לאדים ויוצר תערובת דליקה עם האוויר.**

קבוצה 4 - מוצקים דליקים

			<p>סימון</p>
<p>4.3 מוצקים מסוכנים במגע עם מים</p>	<p>4.2 נתון להתלקחות עצמית</p>	<p>4.1 חומר מתלקח מוצק</p>	<p>סוג המוצק</p>
<p>במגע עם מים פולטים גזים דליקים</p>	<p>מוצקים הנתונים לסכנת התלקחות עצמית בתנאי הובלה או במגע עם האוויר</p>	<p>מוצקים אשר בתנאים רגילים נתונים לסכנת התלקחות מהירה</p>	<p>סכנות</p>
<p>אלומיניום, אשלגן, אבץ, אבקות מתכות</p>	<p>זרחן לבן או צהוב</p>	<p>זרחן אדום, מגנזיום</p>	<p>דוגמאות</p>

קבוצה 5 – חומרים מחמצנים

			סימון
	5.2 פראוקסידים אורגניים	5.1 חומרים מחמצנים שאינם פראוקסידים אורגניים	סוג חומר מחמצן
	<p>חומרים אורגניים בלתי יציבים מבחינה תרמית, הנוטים להתפרק בקלות. רגישים מאוד לחום, חיכוך או מכה. מגיבים עם מים ליצירת חמצן או מימן פראוקסיד.</p>	<p>חומרים כימיים הנוטים לחמצן חומרים אורגניים, עלולים לגרום או לתרום להתלקחות חומרים אחרים. נוטים להגיב באלימות ללא אזהרה. תגובת החימצון מלווה בד"כ ביצירת חום רב ובסכנת שריפה</p>	סכנות
	ציקלוקסון, פראוקסיד	מי חמצן, סידן היפוכלורית, אמוניום ניטראט	דוגמאות

קבוצה 6 – חומרים רעילים ומדבקים

			סימון
	6.2 חומרים מדבקים	6.1 חומרים רעילים	סוג חומר מחמצן
	חומרים המכילים מיקרואורגניזמים חיים הידועים או חשודים כגורמי מחלות בבני אדם ובעלי חיים.	חומרים כימיים העלולים לפגוע בבריאות האדם או לגרום למותו. החומרים חודרים לגוף דרך מערכת הנשימה, העיכול, או במגע עם העור.	סכנות
	וירוסים, חיידקים, פטריות, טפילים שונים, פסולת רפואית מבתי חולים/מעבדות/מחקר	סודיום ציאניד, פורמאלדהיד, פנול, חומרי הדברה, חומרי לחימה כימיים.	דוגמאות

קבוצה 7 – חומרים רדיואקטיביים

• חומרים רדיואקטיביים פולטים קרינה מיננת אשר מתחלקת למספר סוגים:

- קרינת אלפא
- קרינת ביתא
- קרינת גמא

• קבוצה זאת מדורגת לשלוש תת-קבוצות, בהתאם לדרגת הקרינה (קבוצה I, קבוצה II, וקבוצה III).

• החשיפה לקרינה רדיואקטיבית עלולה לגרום למוות, מחלת קרינה או סרטן. הסיכונים הבריאותיים תלויים בעוצמת הקרינה ובמשך החשיפה.



קבוצה 8 – חומרים מאכלים (קורוזיביים)

חומרים בעלי פוטנציאל לנזק רב במגע עם רקמות חיות ו/או לנזק ברכוש.
אירוע בו מעורב חומר מאכל עלול לגרום לפגיעה קשה באנשים או ברכוש באזור הפגוע.
מבחינה כימית מדובר בעיקר בחומצות ובסיסים.

דוגמאות

חומצות - חומצת מלח, חומצה גופריתנית, חומצה זרחתית, חומצה הידרופלואורית,
חומצה חנקתית
בסיסים - סודה קאוסטית, אמוניה מימית



יש להפריד ביניהם
מחשש לראקציה
אקסותרמית

קבוצה 9 – חומרים מסוכנים שונים לא הוגדר סימון מסוים

בקבוצה זו חומרים מסוכנים שלא הוגדר להם סיכון ספציפי, אבל עלולים להיות

סכנה לבריאותם וביטחונם של בני אדם (כולל בתנאי הובלה בכבישים)

דוגמאות

אסבסט, PCB (פנטהכלורובנזן), קרח יבש, סוללות



סיווג לפי הדירקטיבה אירופאית CLP- 1272/2008

סיווג לפי סיכונים פיסיקליים, בריאותיים וסביבתיים

	חומרים מותכים		חומר מגרה		חומר קורוזיבי		חומר דליק
	גורם למחלה ו/או מסרטן		מגרה דרכי נשימה		חומר רעיל		חומר דליק ביותר
	מזיק לחי במים		חומר מחמצן		חומר רעיל ביותר		מסוכן לסביבה

סיווג לפי קוד סיכון NFPA 704

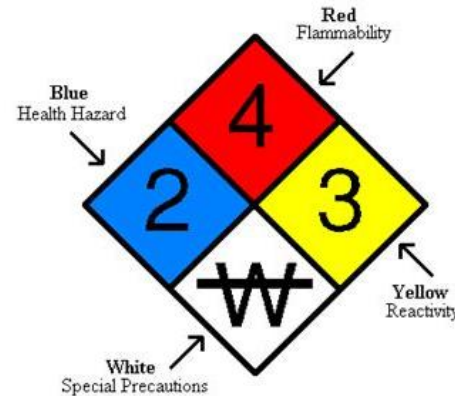
שיטת סימון בה נמדדת רמת הסיכון מ-0 (לא מסוכן) עד 4 (מסוכן מאוד).

דליקות- דרגות סיכון

- 0 אינו דליק
- 1 דרוש חימום כדי שיתלקח
- 2 דרוש חימום מועט כדי שיתלקח
- 3 מתלקח בתנאי טמפ' רגילים
- 4 גזים או נוזלים דליקים מאוד

בריאות- דרגות סיכון

- 0 אין סיכון מיוחד
- 1 סיכון מועט
- 2 מסוכן לבריאות
- 3 מסוכן מאוד לבריאות
- 4 קטלני



פעילות (ריאקטיביות)- דרגות סיכון

- 0 יציב
- 1 אינו יציב בטמפ' גבוהה
- 2 אינו יציב בתנאים רגילים
- 3 מסוגל להתפוצץ, רגיש לחום
- 4 מסוגל להתפוצץ בתנאי טמפ' ולחץ רגילים אם החומר כימי והשריפה מתקדמת

סיכונים נוספים

- W אסור מגע עם מים
- Ox מחמצן
- Pol מתפלמר

פילמוז הוא תגובה כימית שבמהלכה מתחברים מונומרים (למשל נפט) לשרשראות מולקולריות ארוכות לקבלת פולימר המשמש לתעשיית הפלסטיק

אתרים מומלצים למציאת מידע על חומרים מסוכנים



CAMEO Chemicals

<https://cameochemicals.noaa.gov/chemical/16234>



IFA
Institute for Occupational Safety and Health
of the German Social Accident Insurance

GESTIS Substance Database

Search

Exact search

SEARCH FORM

RESULTS

DOCUMENT

<http://gestis-en.itrust.de/>

גיליון בטיחות

- כל מפעל המחזיק או משנע חומר מסוכן נדרש בהחזקת גיליון בטיחות בהישג יד. אי אחזקה מהווה עבירה על החוק.
- גיליון הבטיחות מלמד על תכונות החומר.
- גיליון הבטיחות מכיל מידע לגבי החומר המסוכן, הרכב החומר, נתונים פיזיקליים, תכונות והשפעות החומר, מאפייני סיכון ודרכי מניעת הסיכונים, אמצעי זהירות, טיפול ואחסנה, מיגון אישי ועוד.

פסקה 1: זיהוי

3Y		CAS: _____	מס' זיהוי:
קוד סיפול בחירום		Degreaser H	שם:
1268		H דגירור	שם עברי:
מספר א"מ		נוסחה:	
		סיווג: נוזל דליק (3)	
		כינויים: דגירור H;	

Degreaser H;
החומר משמש כמחטא בתמיסה.

פסקה 2: הרכב

תכונות: נוזל חסר צבע בריח אופייני נמס במים

תזקי נפט (008002-05-9)
אלקוקסי כהלים
מידע על ריכוזי סף ראה בפסקה 8 בהמשך

פסקה 3: אופי הסיכון

F	2	דליק.	מאפייני סיכון:
H	1	מזיק בבליעה.	
	0	מגרה את העיניים והעור.	

עבור Naphta Distillate: ריכוז הימלטות IDLH - עד 30 דקות
חשיפה - 1100 חל"מ

קרצינוגניות: עבור Naphta Distillate: אפיון תכונות קרצינוגניות (מחוללות סרטן) בחומר אינו מסווג כמסרטן לבני אדם. - IARC-GROUP 3

לקבלת פרטים נוספים על הסימפטומים בחשיפה - ראה פסקה 4, לקבלת נתונים על פעילות כימית וחומרים אסורים במגע ראה פסקה 10;

פסקה 4: עזרה ראשונה

מזיק בבליעה. מגרה את העיניים והעור. חשיפה לריכוזים גבוהים עלול לגרום להשפעות נרקוטיות. עלול לגרום לגירוי במערכת הנשימה.

במקרה של - פעל כך...

מוגע בעור: הסר בגדים ונעליים נגועים אלא אם נדבקו לעור. שטוף עם כמויות גדולות של מים.

שילוט חומ"ס

מספר או"ם – מספר בעל 4 ספרות המציין חומר מסוכן. מטרתו הוא לסמן כך שיהיה קל לזהות בזמן הובלה במקרה של תאונה/דליפה וכיו"ב.

קוד פעולת חירום - קוד המורכב מספרות ואותיות המפרט את הפעולות שיש לנקוט בעת אירוע חומרים מסוכנים.

קבוצת סיכון – קבוצת סיווג מתוך 9 קבוצות של חומרים מסוכנים המסווגים לפי הספר הכתום*.

סיווג החומרים חשוב כדי להגיב במהרה ע"פ האופי הכימי והפיזיקלי של החומר. לעתים חומרים יסווגו ליותר מקבוצה אחת.

הסיווג נותן אינדיקציה ראשונית לאחסון, הובלה ולהתמודדות עם מקרי חירום.

*בעולם ידועים כ-14 מליון חומרים מסוכנים, לכ-4000 מהם יש מספרי או"ם והם מוגדרים ב"ספר הכתום" (ORANGE BOOK)



קוד פעולת החירום	סימן האזהרה
מספר האו"ם של החומר המסוכן	
מספר טלפון של מרכז המידע	שם היצרן או יבואן החומר

2XE	
1017	
כלור	
מרכז מידע-חומרים 05-9253321-08 תעשיות ישראל מיל. 100 רמלה מיל. 09-9271355, מרכז מיל. 04-6177700	

קוד פעולות חירום



הסבר לספרות בקוד החירום - מציין את שיטת הכיבוי

ספרה	חומר הכיבוי
1	סילון מים
2	ערפל או ריסוס מים דק
3	קצף
4	חומר כיבוי יבש (כגון אבקה)

אות	פיצוץ סכנת	אמצעי הגנה	טיפול
P	יש	ביגוד מגן מלא מנ"פ וכפפות	ניתן למהול ולשטוף את החומר בכמויות מים גדולות
R	אין	ביגוד מגן מלא מנ"פ וכפפות	
S	יש	מנ"פ וכפפות	
(S)	יש	מנ"פ וכפפות רק בשריפה	
T	אין	מנ"פ וכפפות	
(T)	אין	מנ"פ וכפפות רק בשריפה	
W	יש	ביגוד מגן מלא מנ"פ וכפפות	
X	אין	ביגוד מגן מלא מנ"פ וכפפות	
Y	יש	מנ"פ וכפפות	יש צורך למנוע ככל שניתן את כניסת החומר לביוב או למקור מים.
(Y)	יש	מנ"פ וכפפות רק בשריפה	
Z	אין	מנ"פ וכפפות	
(Z)	אין	מנ"פ וכפפות רק בשריפה	
E		יש להזהיר אוכלוסייה בסביבה להישאר במקום סגור עם חלונות ודלתות סגורים. כמו כן, יש לשקול פינוי אוכלוסייה.	

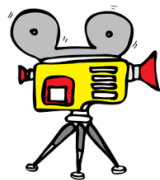
היתר רעלים – רשימת החומרים

נספח להיתר - רשימת החומרים המסוכנים עבורם ניתן ההיתר

הרעלים המבוקשים לעיסוק ודיווח על אחסון וצריכה של חומרים מסוכנים (תוספת ראשונה)

שם מחזיק/מבקש ההיתר (תאגיד): _____ מספר מחזיק בפיקוד העורף: _____ מספר היתר רעלים: _____ עמוד _____ מתוך _____

מס"ד	מספר מזהה UN	מספר מזהה CAS	שם החומר (שם מסחרי, שם כימי, ריכוז)	קבוצת סיכון	קוד חירום	סוג אריזה (1) מצב צבירה (4)	משקל יחידת אריזה	שיטת אחסון (2)	כמות מבוקשת לעיסוק (ק"ג)	כמות מרבית מאושרת לעיסוק (ק"ג)	כמות שנתית מבוקשת לעיסוק (ק"ג)
.1											
.2											
.3											
.4											
.5											
.6											
-											



חומרים מסוכנים – חלק 2

סיכונים סביבתיים ממתקני תעשייה ותשתית

ארוע חומ"ס

תאונה במפעל זיקוק בארה"ב Husky WI

מועד התאונה: 26 אפריל, 2018

תיאור האירוע: פיצוץ ודליקה

תוצאות: נפגעים במפעל שנסגר ל-5

שבועות בעקבות האירוע



אירועים סביבתיים פוטנציאליים

פגיעה באיכות הסביבה

פגיעה בבריאות הציבור



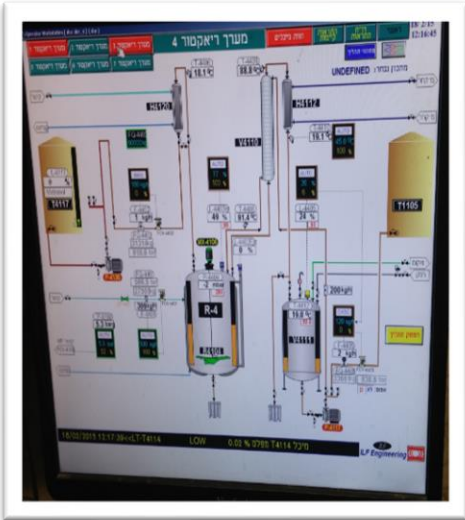
שפך של חומ"ס או שפכים למקור מים

שפך של חומ"ס או שפכים לקרקע

פליטות לא מבוקרות של מזהמים

פיצוץ / שריפה של מתקנים

מתקני ייצור

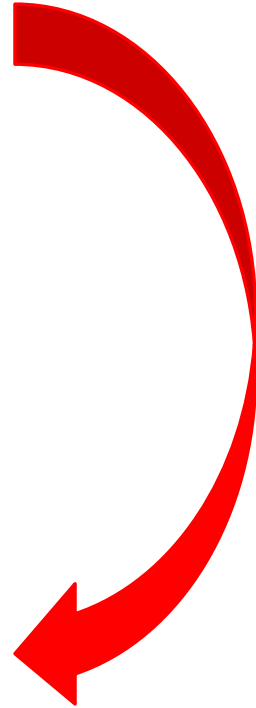
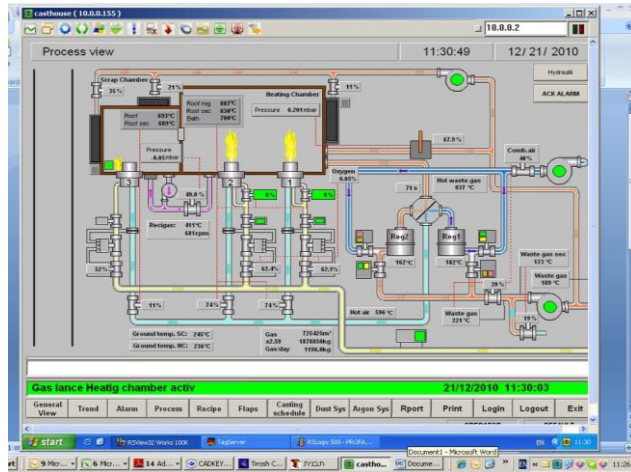


ראקטורים

- יחידות הייצור בהם מבוצעים תהליכי הייצור (בעיקר תהליכים כימיים)
- קיימים בתעשיית הכימיה, פטרוכימיה, צבעים, מזון
- נשלטים מחדרי בקרה (מסכי HMI),
- ממוקמים בתוך אולמות הייצור
- יחסית בנפחים קטנים
- פועלים בתנאי קיצון (טמפ', לחץ, כימיקלים)



מתקני ייצור



תנורים/כבשנים

- יחידות ייצור בהם מבוצעים תהליכי חימום, בישול, התכה, חיסום, קלייה ועוד
- קיימים בתעשיית המתכת, מזון, צבעיים
- נשלטים מחדרי בקרה (מסכי HMI)
- ממוקמים בתוך אולמות הייצור
- פועלים בתנאי קיצון (טמפ')



מתקני שירותי תעשייה

מתקני ייצור אנרגיה:

- דודי קיטור, מערכות חימום וקירור
- קיימים במרבית מפעלי תעשייה
- מהווים את מקור האנרגיה למרבית תהליכי הייצור בתעשייה
- נשלטים מחדרי בקרה (מסכי HMI)
- ממוקמים באולם נפרד
- מקור אנרגיה: גז/סולר/מזוט/חשמל

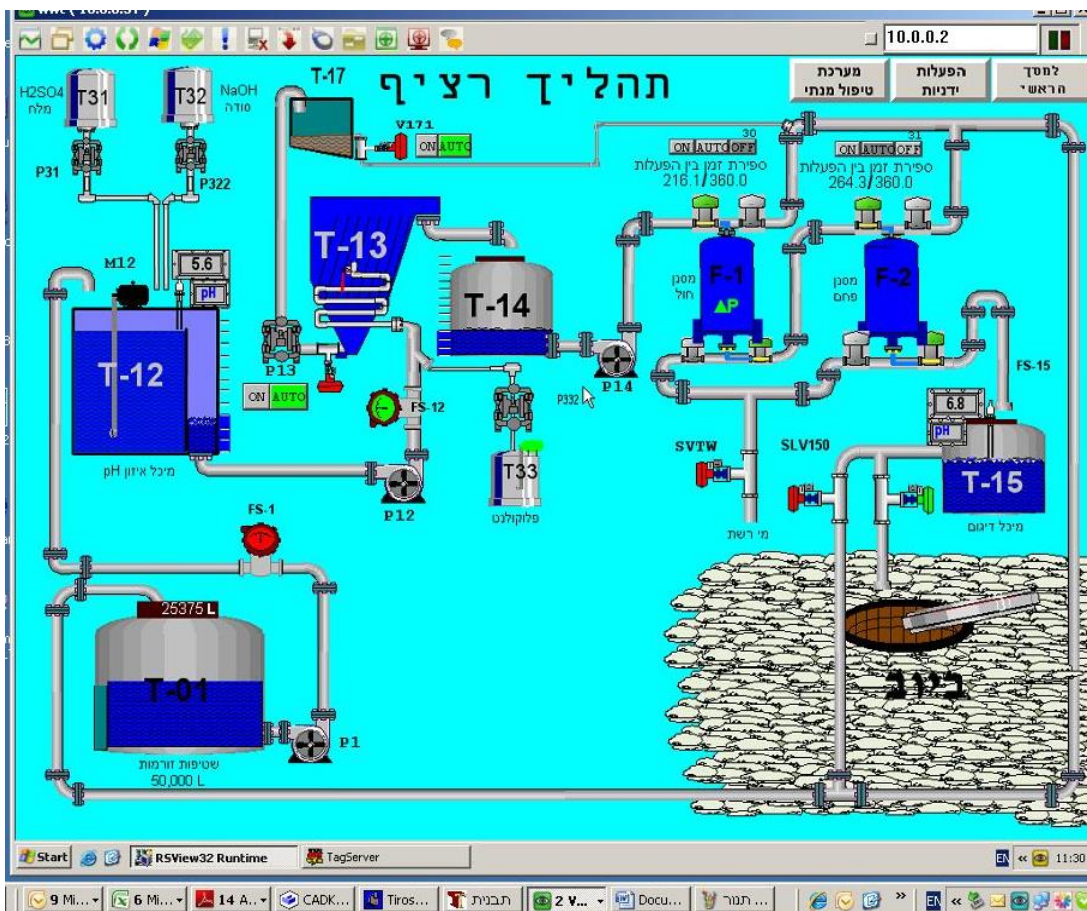


מתקני שירותי תעשייה



- מתקני טיפול באוויר (סקראברים, אבטורים, RTO)
- קיימים במרבית מפעלי תעשייה
- נשלטים מחדרי בקרה (מסכי HMI)
- ממוקמים בחצר המפעל

מתקני שירותי תעשייה



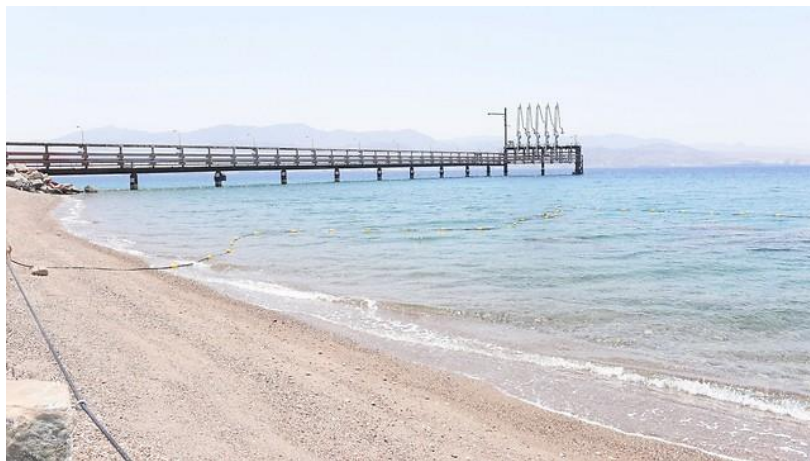
- מתקני טיפול בשפכים תעשייתיים
- קיימים במרבית מפעלי תעשייה
- נשלטים מחדרי בקרה (מסכי HMI)
- ממוקמים במבנה נפרד על משטח המוגדר כמאצרה
- שימוש בכימיקלים לתהליך הטיפול (חומצות ובסיסים)

מתקני שירותי תעשייה

חוות אחסון מפעליות

- אחסון דלקים, חומ"ס, שמנים, שפכים, מים
- נשלטים מחדרי בקרה (מסכי HMI)
- ממוקמים בחצרות המפעלים
- תחת תנאים פרטניים (מאצרות, מדי מפלס, מערכות מניעת מילוי יתר)





חוות אחסון

- אחסון דלקים, חומ"ס, כימיקלים
- מסופי מילוי
- נשלטים מחדרי בקרה (מסכי HMI),
- תחת תנאים פרטניים (מאצרות, מדי מפלס, מערכות מניעת מילוי יתר)

מתקני תשתיות

תשתיות צנרת:

- צנרת להולכת דלקים/כימיקלים
- הולכה ארצית (תש"ן, קצא"א), הולכה בין מפעלים (מתחם בז"ן), הולכה מהים ליבשה (מסוף ימי/יבשתי - מפעל, אסדות גז- יבשה)
- צנרת עילית (תוך מפעלי), טמונה (הולכה ארצית)
- בקרה על זרמה מחדרי שליטה ובקרה



מתקני תשתיות



מטיישים (מתקני טיהור שפכים):

- מכוני טיהור שפכים מוניציפליים
- תהליכים מבוקרים מחדרי בקרה ושליטה (ברזים, משאבות, סכרים, מגופים)
- סכנת גלישה, הזרמה לא מבוקרת

חומרים מסוכנים – חלק 3

תרדשי חומרים מסוכנים

תרדשי 1 - פיזור ענן חומר רעיל



מאפייני החומר	גז רעיל דחוס
עוצמת מקור	שחרור של כל החומר הנמצא במכל במשך 10 דקות. קצב השחרור יהיה סך הכמות הקיימת במכל חלקי 10 דקות.
מודל	פיזור ענן

תרחיש 2 - התנדפות משלולית



מאפייני החומר	גז רעיל מונזל
עוצמת מקור	יצירת שלולית בעומק של 1 ס"מ בשטח המרבי האפשרי מסך כמות החומר.
מודל	התנדפות משלולית ופיזור ענן

הערה חשובה: אם המאצרה עמידה בפני רעידות אדמה, אז שטח השלולית ייקבע כשטח המאצרה. אם לא, יש לקחת את שטח השלולית האפשרי הגדול ביותר שתוכנת ALOHA מאפשרת.

מאצרה (ולא מעצרה...)

מתקן המשמש להצבת כלי קיבול המכילים נוזלים מסוכנים.
במקרה של שפך או דליפה הנוזלים נאגרים במאצרה ונמנע פיזורם לסביבה.



אירוע פיזור חומרים רעילים

- פגיעה בבריאות הציבור- פיזור חומר רעיל באוויר הגורם להיווצרות עננים בריכוזים מסוכנים הנעים בכיוון הרוח ועלולים לגרום להרעלה לבני אדם ובעלי חיים.



- פגיעה בסביבה- חדירת חומרים רעילים:
 - למערכת הביוב ופגיעה במתקני הטיהור
 - למי תהום וזיהומם
 - זיהום קרקע

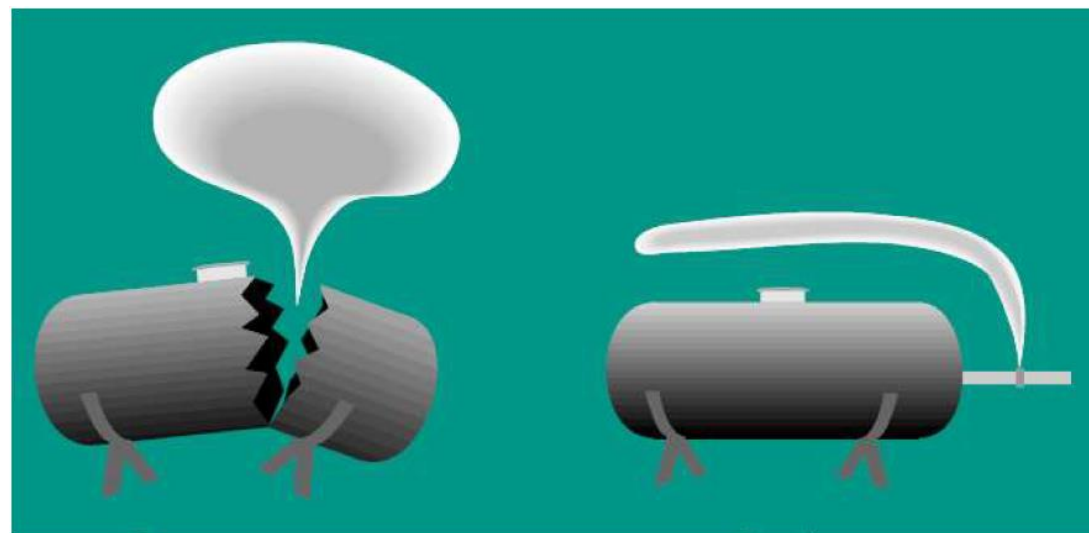
השפעות אפשריות על חומרת התרחיש

- הערכת עוצמת המקור (שחרור רגעי/רציף)
- סוג הפגיעה במיכל (חור קטן/גדול)
- צורת האיחסון (לחץ גבוה/ נמוך/ ללא)
- מיקום הפגיעה (פאזה נוזלית/ גזית)
- נדיפות החומר
- גודל שטח השלולית
- תנאי פיזור



הערכת עוצמת המקור

שחרור רגעי- כמות של חומר שמשתחררת לאוויר ויוצרת ענן תוך דקות בודדות.
שחרור רציף- שחרור ממושך/יצירת ענן (דליפה או התנדפות שלולית).



שחרור רגעי

שחרור רציף

ALOHA

- תוכנה אמריקאית שפותחה ע"י National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ו-EPA Environmental Protection Agency (EPA) המחשבת את טווחי הפיזור של חומר מסוכן לאוויר.

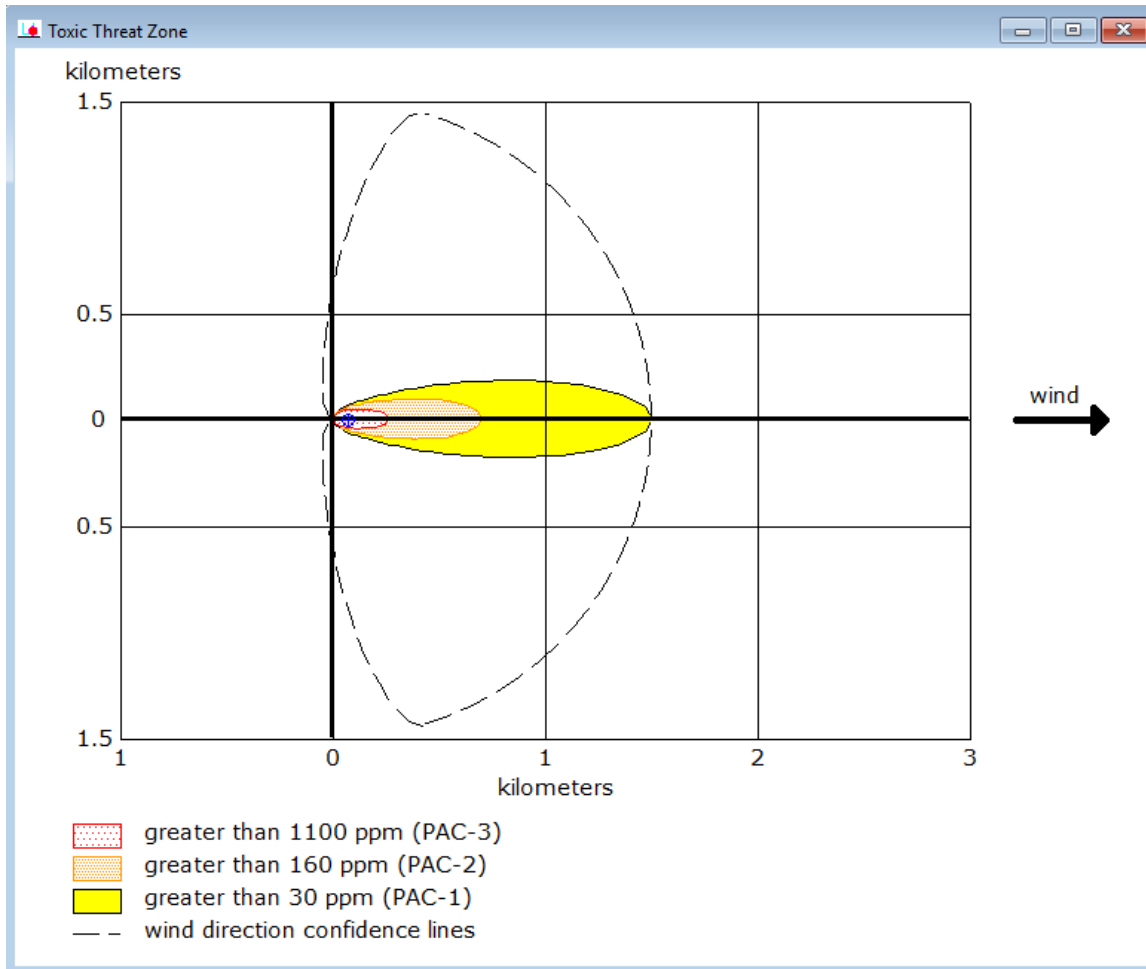
- התוכנה ניתנת להורדה חינם (גירסא 5.4.7)

<https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>

ALOHA

- **התוכנה משמשת את המשרד להגנת הסביבה ככלי רשמי לניתוח הסיכונים:**
 - יכולת לחשב את קצב הדליפה/ השפך.
 - מעריכה אלו אזורים עלולים להיות מושפעים ואת הריכוז המקסימלי בכל איזור.
 - מחשבת את החשיפה בנקי מסוימת כפונקציה של הזמן:
 - לריכוזי החומר הרעיל (ערכי PAC)
 - לשטף חום (קרינה תרמית מ BLEVE או Pool Fire)
 - להדף הפיצוץ (על הלחץ - פיצוץ UVCE)
 - כוללת סיפריה עם מספר רב של חומרים
 - ניתן לחבר את פלט התוכנה למפות (למשל google earth)

איזור הסיכון



Toxic Level of Concern

Select Toxic Level of Concern:

Red Threat Zone
 LOC: PAC-3: 1100 ppm

Orange Threat Zone
 LOC: PAC-2: 160 ppm

Yellow Threat Zone
 LOC: PAC-1: 30 ppm

Show wind direction confidence lines:

only for longest threat zone
 for each threat zone

השפעות-תנאי פיזור

השפעות המטאורולוגיה: מהירות וכיוון הרוח, יציבות האוויר, לחות, טמפרטורה, יום/לילה

טופוגרפיה:

צורת פני השטח

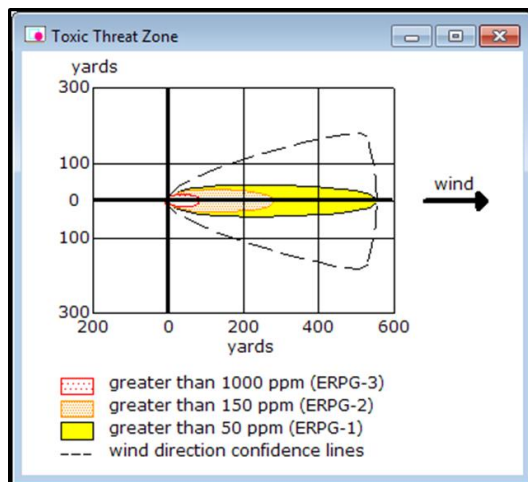
- ענן כבד מהאוויר יטה להתרכז במקומות נמוכים
- ענן קל מן האוויר יטה לעלות כלפי מעלה.

סוג הקרקע

- חומרים בחלקם יכולים להיספח על הקרקע
- אדמה חולית היא בעלת כושר ספיגה גדול תקטין את הפיזור, לעומת אדמה סלעית.

חספוס פני הקרקע: שטח פתוח, אורבני, יער, מרחב ימי.

ALOHA 5.4.7



הערכת הסיכון באירוע חומרים רעילים

נקודת הקצה לחומרים רעילים מבוססת על מערכת ה"PAC" האמריקאית (Protective Action Criteria)



PAC3 = הריכוז באוויר הגורם **לסכנת מוות** לאדם לא ממוגן הבא עמו במגע במשך שעה.

PAC2 = הריכוז באוויר הגורם לתסמינים חמורים, **בלתי הפיכים** או לפגיעה ביכולת המילוט לאדם לא ממוגן הבא עמו במגע במשך שעה.

PAC1 = הריכוז באוויר הגורם לתסמינים חולפים **והפיכים** לאדם לא ממוגן הבא עימו במגע במשך שעה.

תרחיש UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion)

מאפייני החומר	תרחיש	עוצמת מקור	מודל
גז דליק מונזל במתקן מוטמן	פריצת המעטפת והצתה	שחרור של כל הגז מהמיכל	פיזור ענן ו-UVCE

לחץ [bar]	נזק
0.1	נזק לשמשות
0.28	סבירות גבוהה לפציעה קשה

דוגמאות לחומרים: גפ"מ, אתילן (נוזל או גז), גז טבעי, מימן
מקורות לפריצת מעטפת: מיכלי אחסון, כשל תהליכי (משאבות, מדחסים, צנרת וכד')

ענן גז דליק הנע עם הרוח עד להתקלות במקור הצתה - UVCE



גזים או אדים
דליקים
ונפיצים

שחרור חומר
לסביבה
והיווצרות של
ענן לפני
ההצתה

יצירת
תערובת גז-
אוויר בתחום
הנפיצות הנע
עם כיוון הרוח

מפגש עם
מקור הצתה
ופיצוץ



אמות מידה להתלקחות באוויר :

נקודת הבזקה – טמפרטורה מינימלית בה נוזל מפיק כמות אדים מספקת ליצירת תערובת נפיצה יחד עם האוויר (החמצן שבאוויר)

טמפרטורת הצתה עצמית: הטמפרטורה המינימלית הדרושה להצתה באוויר ללא כל מקור הצתה אחר

LEL - (Lower Explosive Limit) - האחוז המינימלי של אדים באוויר, לפי נפח, שיתפוצצו או יתלקחו בנוכחות מקור הצתה.

UEL - (Upper Explosive Limit) - האחוז המקסימלי של אדים באוויר, לפי נפח, שיתפוצצו או יתלקחו בנוכחות מקור הצתה.

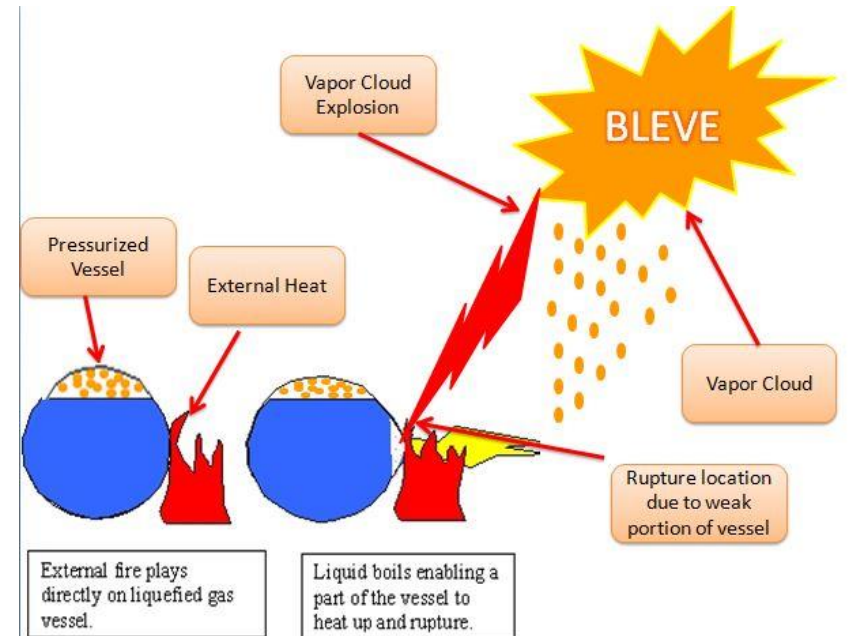


תרחיש שלולית בוערת POOL FIRE

מאפייני החומר	תרחיש	עוצמת מקור	מודל
נוזל דליק בלחץ אטמוספרי	שריפה	שלולית בוערת (pool fire) כגודל המאצרה	שלולית בוערת



BLEVE - Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion



כדור אש – BLEVE



גז מונזל
בלחץ או
נוזל דליק

חשיפה
לחום
היוצרת
לחץ

כשל מכני
במיכל

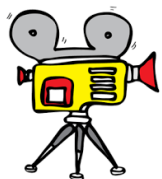
חשיפה
ללחץ
הסביבה
הנמוך

התפשטות
מהירה
ופיצוץ



BLEVE - Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion

מודל	נוצמת מקור	תרחיש	מאפייני החומר
BLEVE	התפרצות הגז מהמיכל שהתבקע ויצירת כדור אש. 100% מסה בכדור	התבקעות מיכל כתוצאה מחימום	גז דליק מונזל במתקן לא מוטמן



https://www.youtube.com/watch?v=UM0jtD_OWLU





אירוע UVCE בחוות מיכלי דלק בפורטו ריקו 2009

- שפך בנזין מגג המיכל והצטברות האדים הדליקים באוויר
- הצתה לאחר כ-20 דקות
- שריפה של 17 מתוך 48 מיכלי האחסון
- שריפה למשך 66 שעות

<https://www.youtube.com/watch?v=2Bn4Krb-HoI>

