סקר סיכונים מצרפי באזור מפרץ חיפה
דוח מסכם

מאת: ד"ר אלי שטרן

מוגש למשרד להגנת הסביבה, יוני 2019 (עדכון יולי 2020)

תוכן עניינים

סקר סיכונים מצרפי באיזור מפרץ חיפה תקציר מנהלים

1. כללי

1.1 מטרת מסמך זה, להוות תקציר מנהלים של דוח "סקר סיכונים מצרפי באיזור מפרץ חיפה" (א. שטרן, יוני 2019) המסכם עבודה נרחבת שבוצעה בתקופה 05/16– 02/19, שעניינה העיקרי – סקר סיכונים לבני אדם מתקריות פוטנציאליות חמורות במכלול מפעלי התעשייה במפרץ חיפה.

1.2 הסקר הקיף למעלה מ-60 מפעלי תעשייה (מסוג A ו – B, לפי הגדרות המשרד להגנ"ס, ראה נספח) והתייחס למגוון רחב של תקריות פוטנציאליות בלמעלה מ -1500 חומ"ס שונים המצויים במפעלים השונים למטרות עיבוד, ייצור ואף אחסון ביניים, הן כחומרי גלם עבור כל מפעל בפני עצמו, הן כחומרי גלם לתעשיות שונות והן כמוצרים סופיים.

1.3 סקר הסיכונים המצרפי בוצע ע"פ החלטת ממשלה 529, מ-06.09.2015, בהסתמך על מיטב הידע והנסיון המקצועיים שנצברו בעולם בתחומי הערכות סיכונים הסתברותיות למתקני חומ"ס בכלל ובתחומי הערכות סיכונים הסתברותיות-מצרפיות, בפרט.

1.4 המתודולוגיה, בשני חלקיה העיקריים, פורסמה בשעתו (ומצורפת בנספחים א' וב' לדוח המסכם) .

(א) "מתודולוגיה לביצוע סקר סיכוני תקריות חומרים מסוכנים במפעלי מפרץ חיפה" (א. שטרן, מאי 2016, כולל הערות עדכון 2019 ; נספח א').

(ב) "מתודולוגיה לביצוע סקר סיכוני תקריות חומרים מסוכנים במפעלי מפרץ חיפה - אינטגרציה של תוצאות הסקרים המפעליים" (א. שטרן, דצמבר 2016 ; נספח ב')

1.5 העבודה בוצעה באופן הבא

(א) עשרות המפעלים חולקו, פחות או יותר שווה בשווה, בין 4 חברות ייעוץ אשר נכנסו למפעלים וביצעו סקרי סיכונים מפעליים בפיקוח ובהנחיית הח"מ לפי המתודולוגיה הנזכרת בסעיף 1.4 (א)

(ב) תוצאות סקרי הסיכונים המפעליים עובדו ע"י הח"מ, שביצע את האינטגרציה שלהם לכלל קבלת סקר סיכונים מצרפי, לפי המתודולוגיה הנזכרת בסעיף 1.4 (ב) לעיל.

(ג) מהלכי העבודה ותוצאותיה העיקריות נותחו וסוכמו בדוח המסכם המצורף לתקציר מנהלים זה.

1.6 מודגש בזאת, שהעבודה התמקדה בשלב הנוכחי (שלב א') **בתקריות תפעוליות חמורות במתקני חומ"ס במפעלים; העבודה לא עסקה בתקריות הכרוכות בשינוע חומ"ס (בעיקר בכבישי המפרץ ובצנרות העל- והתת- קרקעיות הפזורות לרוב בתחומי המפרץ); וגם לא בתקריות חמורות העלולות להתרחש כתוצאה מרעידת אדמה ו/או כתוצאה מפגיעה עויינת (חבלנית או מלחמתית)**. כל אלו ייסקרו – ע"פ תכנית מוגדרת של המשרד להגנת הסביבה – בשלב הבא ("שלב ב'") של הפרויקט.

1.7 קו"ח המחבר – ראה נספח א' לתקציר

2. תרחישי התקריות הפטנציאליות

2.1 תרחישי התקריות התפעוליות שנבחנו בסקר הסיכונים המצרפי, מקיפים מגוון רחב ביותר של תקריות חמורות אפשריות, העלולות לגרום לסיכון לרצפטורים ציבוריים (ראה נספח לתקציר) הפזורים לרוב ברחבי המפרץ. זאת, לרבות נזק חמור למיכלים (חירור משמעותי, לרבות כשלי צנרת יוצאת ונכנסת) עד כדי קריסת מיכלי נוזלים רגילים ומיכלי לחץ, שפך

תוכנם ופליטה לסביבה של חלק מהחומ״ס הנוזליים המצויים בהם; פליטה לסביבה של חומ״ס מוצקים כתוצאה מ״תקרית אנרגטית״ ו/או שריפה במצבורי מוצקים; מגוון תקריות שריפה חמורה ו/או פיצוץ העלולות להתרחש עקב היפגעות מיכלי נוזלים דליקים ונפיצים; וכן פליטות לסביבה כתוצאה מתקריות חמורות בריאקטורים, במהלך תהליכי ייצור.

2.2 כאמור הובאו בחשבון תרחישי היפגעות מיכלי חומ״ס נוזלים ואף מצבורי מוצקים כתוצאה מתקרית אנרגטית כדוגמת אירועי דומינו הכרוכים בפגיעה במתקן אחד או יותר כתוצאה מתקרית פיצוץ במיכל חומר דליק ונפיץ שהתרחשה במרחק העלול להגיע לכדי עשרות ואף מאות מטרים מן המיכל/מצבור הנפגע. מטבע הדברים, תקרית ״משנית״ כזאת עלולה להיות חמורה בהרבה, מבחינת נזקים בריאותיים לרצפטורים ציבוריים, מן התקרית האנרגטית שיזמה אותה.

2.3 <u>הסתברויות</u>. לכל תרחיש ותרחיש תפעולי כנ״ל, שוייכה/הוצמדה, בהסתמך על הספרות הבינלאומית (בעיקר, ההולנדית והבריטית), **ההסתברות השנתית לאירועו** (ביח׳ yr-1, ראה נספח לתקציר). פירוט ההסתברויות העיקריות מופיע בטבלה1 בדוח ונדון בסעיפים רבים. כפי שניתן לראות הרוב המכריע של ההסתברויות הן נמוכות ומצויות בתחומי $1x10^{-5}$/yr-$1x10^{-7}$/yr.

3. מהות הסיכונים המחושבים בסקר

3.1 התובנה המרכזית העומדת ביסוד הערכת הסיכונים המצרפית היא, שאדם המצוי בנ.צ מסויים, **עלול להיחשף לסיכונים פוטנציאליים (בעצמות וברמות משתנות), ממגוון (לעיתים רחב) של מקורות סיכון, בין אם הם מצויים במפעל אחד ובין אם מצויים ביותר (לעיתים הרבה יותר..) ממפעל אחד**. סוגי הסיכונים לבני אדם שנבחנו, בקונטקסט של של סקר הסיכונים המצרפי, הם

(א) סיכונים טוקסיים (כתוצאה מנשימת חומר רעיל/מסוכן שנפלט ממוקד סיכון כלשהו במפעל מסוים)

(ב) סיכונים תרמיים (כוויות) כתוצאה ממגוון תרחישי שריפה (בעיקר במוקד סיכון של חומר דליק; וגם הרחק ממוקד הסיכון עקב פיזור חומר גז דליק לסביבה והצתתו בסביבת האדם הנחשף)

(ג) סיכונים ״פיזיים״ כתוצאה מתופעות על לחץ באירועי פיצוץ

3.2 תובנה מרכזית נוספת היא, **לא להתייחס כמדד לסיכון לבני אדם לסיכון למקרי מוות** וודאיים (mortality), כמקובל במדינות רבות, אלא ״לעצור״ (באורח מחמיר) בשלב מוקדם יותר **ולהניח כ״אינדיקטור״ אולטימטיבי לסיכון – היחשפות בני אדם לערכי PAC3 (או לכפולות שלהם).** ערכי PAC3 מוגדרים בספרות ככאלו שחשיפת בני אדם לערכים **נמוכים** מהם, לא תגרום לנזקים בריאותיים מסכני חיים, בקרב האוכלוסיה הנחשפת להם במשך 60 ד׳ (ראה נספח ב׳ לתקציר וסעיף 4.6 בגוף הדוח, כמו גם נספח ד1 לנספח א׳ של הדוח, המציגים הגדרה נוספת, שונה במעט). ערכי PAC בכלל ו PAC3 בפרט, ניתנים בספרות עבור נשימת חומרים רעילים בכל מצבי הצבירה. אשר על כן, בוצעו בסקר ההתאמות המתבקשות גם עבור סיכונים תרמיים ופיזיים (ראה נספח א׳ סעיפים 4.2-4.3).

3.3 <u>״עומס סיכון״</u>. אשר על כן, הוגדר ספציפית עבור סקר הסיכונים המצרפי, **ה**מושג ״עומס הסיכון״, **באופן הבא: ״עומס סיכון״** הנגרם לאדם בנקודה/איזור כלשהם הוא ערך

ההסתברות השנתית **הכוללת** לחשיפה ל – ערכי PAC 3 או כפולות שלהם, **מכלל מוקדי הסיכון**, **במכלול המפעלים** שתקריות בהם עלולות להשפיע על הנקודה/איזור.
לדוגמא, אם בנקודה מסויימת עומס הסיכון הוא 10^{-4}/שנה, משמעות הדבר, שההסתברות השנתית הטוטאלית לחשיפת אדם המצוי בנקודה לערך PAC3 ממכלול מקורות הסיכון וסוגי הסיכון, באשר הם, היא 1/10000 בשנה.

3.4 המשרד להגנ"ס קבע בקונטקסט של סקר הסיכונים המצרפי, שני ערכי קצה להפקת מסקנות אופרטיביות. הראשון – ערך קצה לעניין קבילות סיכונים – חשיפה ל - 10PAC3 בתחום הסתברות 10^{-5}-10^{-6}/שנה ומטה תחשב קבילה ואילו חשיפה כזאת בהסתברות 10^{-5}-10^{-4} /שנה ומעלה – בלתי קבילה. מאידך, תהליכי תיעדוף יחולו על מפעל/מפעלים, במקרה של חשיפות רצפטורים ציבוריים לריכוזים של 5PAC3 (או יותר). עדיפות ראשונה לכניסה לתהליכי ניהול סיכונים בהקדם, תהיה עבור טווח הסתברויות של $1x10^{-5}$-$1x10^{-4}$/שנה (ומעלה) לחשיפות הנ"ל.

4. מודלים ונתונים

4.1 מודלי החישוב שהוכתבו לשימוש במתודולוגיה, הם מודלים המקובלים בעולם; כדוגמת ALOHA להערכת ריכוזים באוויר מפליטות נוזלים וגזים (תוכנה אמריקאית מובילה, ה"שורדת" ומקובלת בעולם זה כ 25 שנה, ראה סעיף 4.1), מודל ה- flash לפליטת חומ"ס ממיכלי לחץ בתרחישי קריסת מיכל (ראה נספח א' סעיף 3.7), מודל הקרינה התרמית מ pool fire (ראה נספח ט' לנספח א') ומודל מקובל של פיזור אירוסולים, בו נעשה שימוש עבור פיזורי מוצקים ועבור פיזורי נוזלים, שאינם מצויים בספריית הנתונים של ALOHA (ראה סעיף 10.3 ורבים אחרים).

4.2 מטבע הדברים, הוכנסו למודלים, לצורך חישובי הסיכונים, נתונים שונים – מרביתם ממקורות מתועדים ומיעוטם – בהעדר אופציה אחרת - מהנחות עבודה מנומקות. לדוגמא: אינונטרים של חומ"ס במפעלים, נלקח מ"כמויות מרביות לאחסון" בהיתרי הרעלים של המפעלים (ראה נספח א' סעיף 2.2); ערכי PAC3 - מטבלאות רשמיות של משרד האנרגיה האמריקאי (ראה סעיף 10.2), ערכי סטיות תקן של פיזור ממודל מקובל של Pasquill-Gifford ועוד.

4.3 נתוני מטאורולוגיה. **החלק ההסתברותי השני** של הסקר המצרפי, **בעל השפעה מכרעת על ההערכות ההסתברותיות של חשיפות ל PAC3 בכל נקודה במרחב**, הוא הנתונים המטאורולוגיים המבטאים – באמצעות שושנת רוחות סטטיסטית, את השכיחויות השנתיות של נשיבת הרוח לכיוונים שונים (ראה טבלה 2). לדוגמא: הסיכון הנשקף לחשיפת אדם המצוי במרחק 3 ק"מ בכיוון דרום-מזרח ממוקד סיכון כלשהו, מתקרית שהסתברותה היא $1x10^{-5}$/שנה (ראה לעיל) והשכיחות השנתית של נשיבת הרוח מן המתקן לכיוון דרום מזרח היא 6% - יהיה מכפלת ההסתברות לתרחיש בשכיחות המטאורולוגית, דהיינו $6x10^{-7}$/שנה. שושנת הרוחות המייצגת שנבחרה עבור הסקר המצרפי, היא זו המתקבלת מן התחנה המוצבת על גג מבנה איגוד ערים חיפה לאיכות הסביבה (ראה נספח א').

5. היבטים גיאוגרפיים/דמוגרפיים בסקר הסיכונים המצרפי ותוצאות עיקריות

5.1 כללית, המפעלים חולקו ל"מרכזי סיכון" (בין 1 ל-4), כאשר כל מרכז סיכון מייצג גיאוגרפית (מבחינת הנ.צ. שלו) כמה מוקדי סיכון המצויים בתחומו (ראה נספח ז1 לנספח א').

5.2 המרחב סביב כל מפעל חולק לטבעות ברחבים שונים (100-300 מ', 301-500מ', 501-800מ' וכן הלאה. ראה סעיף 4.5 ב'). העיגולים סביב מרכז הסיכון, דהיינו הטבעות עצמן, חולקו ל-16 גזרות (בהתאם לשושנת הרוחות שנבנתה סביב מרכז הסיכון). מרחקי חשיפה ל PAC3 שחושבו והגיעו בגזרה מסוימת, לדוגמא, למרחק 450 מ', נחשבים כרלוונטיים עבור כל ה"טרפז" שבסיסיו 301 ו – 500 מ' ; דהיינו כל רצפטור ציבורי המצוי בתוך "טרפז" זה יחשף לסיכון זהה מתקרית ספציפית (ראה סעיף 4.3 לעיל), אך כמובן עלול להיות חשוף לסיכונים נוספים ממרכזי סיכון אחרים – במפעלים נוספים – המשתקפים ב"טרפזים" ה"נופלים", לפחות בחלקם, לתוך הטרפז הספציפי הזה (גם אם עבור מרכזי הסיכון האחרים מדובר בחשיפות במרחקים שונים לחלוטין!). עבור כל מרכז סיכון מוצגות שתי טבלאות -

5.3 <u>טבלה 1</u> מציגה, לדוגמא, את מכלול התרחישים העלולים להתקבל מ-5 מפעלים הכוללים לא פחות מ – 13 "מרכזי סיכון". התרחישים מסומנים באותיות, שמשמעויותיהן מפורטות בסעיף 6.3 ג' בדוח (Pf, לדוגמא, מציין שריפת מאצרה). אשר על כן, במפעל מס' 2 למשל, עלולים להתקבל ערכי PAC3 בטווח 100-300 מ' מ-4 תרחישים שונים של פליטות מוצקים (S) ומ-6 תרחישים שונים (במיכלים אטמוספיריים שונים) של פליטות נוזלים רעילים (P).

5.4 <u>טבלה 2</u> מציגה, בכל משבצת את ההסתברויות השנתיות הכוללות, לאירועי כל התרחישים המופיעים בטבלה 1 באותה משבצת (לא כולל הסתברויות מטאורולוגיות). מטבלאות אלה נגזרו ישירות ההסתברויות להיחשף לריכוזים של 5PAC ויותר ולריכוזים של 10PAC3 ויותר (ראה להלן)

<u>טבלה 1 - תרחישים</u>

מס'/שם מפעל	נ.צ. N	נ.צ. E	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000
1	######	######	3PF	0	1P	1P	1P	1P
	######	######	6P, 1Pf	$6T_6$				
	######	######	24P,1Pf	5P	5P	1P	2P	5x10-6
	######	######	2Pf, 1P	1P				
	######	######	1P					
	######	######		1P			1P	
2	######	######	4S, 6P		2P	$2T_6$, 1P(F)		
3	######	######	49P, 15Pf,2S	17P	12P	8P	1P	2P
4	######	######	1Pf	1Pf	1P			1P
	######	######	2Pf		1P		1P	
	######	######	1P	1P				
	######	######	4S	3S	4S	3S	2S	1S

מס'/שם מפעל	נ.צ. N	נ.צ. E	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000
5	######	######	2P					

טבלה 2 - הסתברויות

מס'/שם מפעל	נ.צ. N	נ.צ. E	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000
1	######	######	1.3x10-5	7x10-6	2x10-6	2x10-6		
	######	######	3.6x10-5	1.2x10-5				
	######	######	1.4x10-4	3.5x10-5	2x10-5	5x10-6	1x10-5	1.5x10-5
	######	######	9x10-6	5x10-6	2x10-6			
	######	######	5x10-6	2x10-6				
	######	######		5x10-6			5x10-6	1x10-5
2	######	######	6x10-5		1x10-5	1.1x10-5		
3	######	######	2.7x10-4	8.5x10-5	6x10-5	4x10-5	5x10-6	1x10-5
4	######	######	1x10-6	1x10-6	1x10-6			5x10-6
	######	######	2x10-6		5x10-6		5x10-6	
	######	######	5x10-6	5x10-6				
	######	######	5.5x10-5	5.5x10-5	1.2x10-4	5.5x10-5	2x10-5	
5	######	######	1x10-5					

5.5 תוצאות טבלה 2 (עבור למעלה מ 60 מפעלים וכ 100 מרכזי סיכון) הועברו למערכת GIS, ש"הלבישה" עליהן את השכיחויות המטאורולוגיות (ראה שושנת רוחות וטבלת שכיחויות בטבלה 2 בדוח וסעיף 4.3 לעיל) ויצרה מצרף של סיכונים, כאשר כל נקודה במרחב מושפעת פוטנציאלית מכמה מפעלים, יותר מכך מרכזי סיכון ובסה"כ – עבור כל איזור המפרץ - למעלה מ 1500 מוקדי סיכון. **באיור 1** מוצגת דוגמא לקונטורי סיכון שנוצרו עבור מכלול טווחי הסיכון באיזור המפרץ (כמפורט לעיל), כאשר מדד הסיכון הוא חשיפה ל 5PAC3 או יותר. משמעות הדבר – כל רצפטור המצוי בנקודה מסויימת כלשהי בתחומי "האיזור החום", עלול להיחשף ל-5 פעמים ערך PAC3 (או יותר מכך) בהסתברות שנתית הנעה בין $1x10^{-6}$/שנה ל-$1x10^{-5}$/שנה ואילו מי שמצוי ב"איזור הכחול" נחשף למנות דומות בהסתברות הנעה בין $1x10^{-5}$/שנה ל- $1x10^{-4}$/שנה. בדוח עצמו מוצגים קונטורים דומים גם עבור כפולות אחרות של PAC3 (ראה מפות א'-ד').

5.6 **איור 2** "מלביש" על איור 1 את מתחמי הרצפטורים הציבוריים המוכרים למשרד להגנת הסביבה, עם אבחנות ברורות בין "קיימים", "מתוכננים" ו"מתוכננים ומאושרים", ע"פ הגדרתם במסמכי מדיניות המשרד להגנ"ס בנושא מרחקי הפרדה (ראה נספח לתקציר)

5.7 ניתוחי התוצאות והמסקנות שהתקבלו מופיעים בפירוט בדוח (ראה סעיפים 9-10 כולל טבלאות 5-13 ומפות א'-ד'). להלן כמה תובנות

(א) ניתן לקבוע (באורח מושכל) את ערכי 5PAC3, עבור מרבית החומרים המסוכנים כערכי סף לתחילת הופעת מקרי תמותה. ניתן אפוא לראות, שכל הרצפטורים הציבוריים הרלוונטיים, הנמצאים כאמור ב"איזורים החומים", חשופים לעומסי סיכון ברמה של למעלה מ - 5 PAC3 **בהסתברות פחותה מ $1x10^{-5}$/שנה**. מודגש, שתחום הסתברויות זה נחשב כ"קביל" במדינות מערביות מתקדמות (בריטניה, הולנד, ארה"ב איטליה ועוד) גם עבור תמותה ודאית (דהיינו סיכוי של 100% לתמותה)!

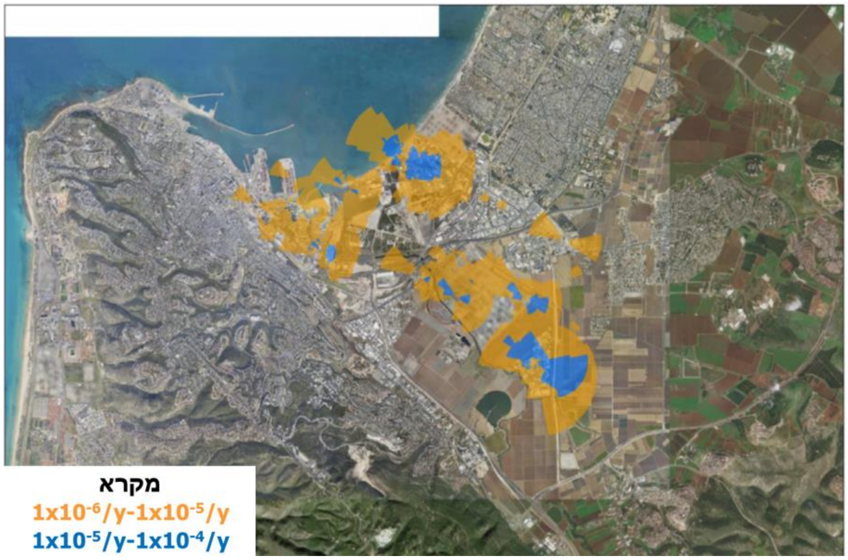
(ב) המפות המקבילות עבור ערכי 10PAC3 או יותר הן מפות ב' ו-ד' בדוח, המבטאות בפועל סיכוני תמותה גבוהים יותר, כתלות בכל חומ"ס וחומ"ס (אך לא 100%). גם כאן, בהשוואה לקריטריוני קבילות בינלאומיים, "השטח החום" הוא קביל בעוד שטווח ההסתברויות המאפיין את "השטח הכחול" הוא בלתי קביל.

(ג) בהקשר זה (ראה גם סעיף 3.4 לעיל) וסעיף קטן (ב), יצויין, **שלא נמצאו רצפטורים ציבוריים קיימים בתוך תחומי "השטחים הכחולים".** דהיינו לא נמצאו רצפטורים ציבוריים בתחומי הסיכון הנחשבים ל"**בלתי קבילים**".

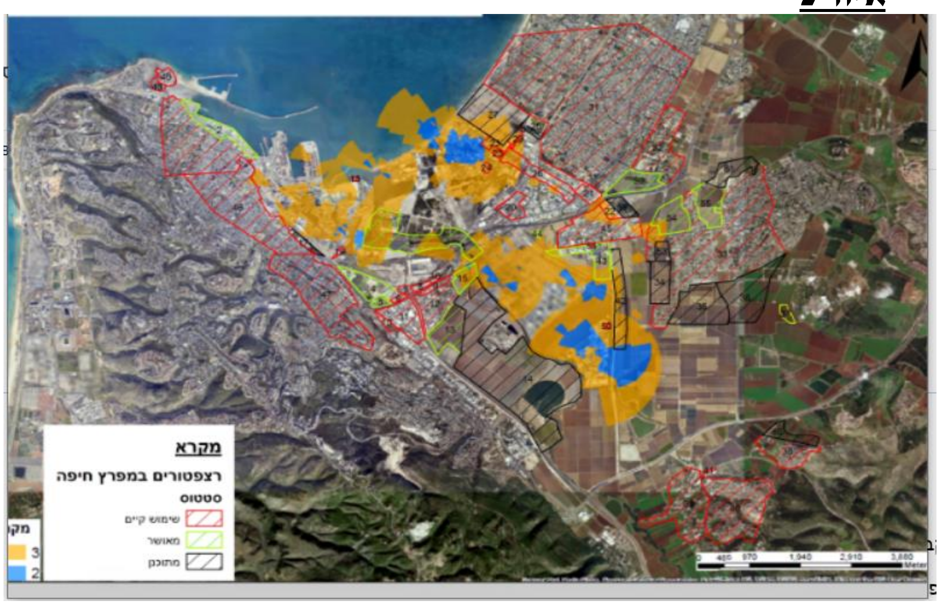
(ד) באשר ל"קריטריון התיעדוף" (ראה סעיף 3.4 לעיל) – נמצאו כמה רצפטורים ציבוריים ב"תחומים הכחולים" של מפות 5PAC3 (ראה איור 2 ופירוט הרצפטורים בסעיף 9.7 (ב) בגוף הדוח) באופן שהמפעלים העלולים לגרום לאותם תחומים כחולים יידרשו – **תוך מתן עדיפות בלוחות זמנים** – לבצע תהליכי ניהול סיכונים במטרה להפחית את הסיכונים הנגרמים מהם.

(ה) יודגש, שהאמור בס"ק (ד) ו-(ה) לעיל תקף אך ורק עבור **תקריות תפעוליות** שנותחו בשלב הנוכחי, דהיינו שלב א', של הסקר המצרפי. מטבע הדברים, שלב ב' של הסקר (בו ידונו סיכוני רעידות אדמה, סיכוני שינוע והשלכות של תקריות עויינות) לרבות איחוד תוצאותיו עם תוצאות שלב א' עלול להביא לתובנות ולמסקנות שונות.

<u>איור 1</u>



<u>איור 2</u>



הערה : תקציר מנהלים זה מיועד לסכם ולהציג את התכולות העיקריות של דוח סקר הסיכונים המצרפי באזור מפרץ חיפה, עבור מנהלים ובעלי תפקידים הקרובים לנושא, שאין מקצועם בכך ואינם מצויים בהכרח בהיבטים הרבים והמגוונים של הערכות סיכונים. מטבע הדברים, סיכום כגון זה, אינו יכול לכלול את מלוא הפרטים המורכבים של הדוח. לפיכך, הניסוחים הניתוחים וההמלצות הקובעים לכל דבר ועניין הם אלו המופיעים בדוח עצמו.

נספח א׳ לתקציר: ד״ר אלי שטרן – תמצית קורות חיים ופעילות בנושאי הערכה, ניתוח וניהול סיכונים ותקינת סיכונים וחומרים מסוכנים (עדכון 2019)

תארים אקדמיים

- .B.Sc כימיה ופיסיקה (האוניברסיטה העברית, ירושלים, 1969)
- .M.Sc כימיה פיסיקלית (האוניברסיטה העברית, ירושלים, 1971)
- .Ph.D מדעי הסביבה (האוניברסיטה העברית, ירושלים, 1983)

כללי

- **בעל נסיון של כ-40 שנה**, **בארץ ובחו״ל**, **בכל ההיבטים של הערכות סיכונים דטרמיניסטיות והסתברותיות לבני אדם**, מחשיפות לחומרים מסוכנים מכל הסוגים (רעילים ו/או מסרטנים, דליקים, נפיצים); לרבות ניתוח והערכות סיכונים של מערכות מורכבות (עתירות אנרגיה ו/או תהליכים ו/או חומרים מסוכנים) בתעשייה הכימית, בתעשייה הגרעינית ובתעשיית האנרגיה (בין היתר - תחנות כוח פחמיות, גרעיניות, תחנות כוח מונעות בגז טבעי ואף תחנות דלק נוזלי); כל זאת, הן עבור פעילות שגרתית והן עבור תקריות.
- קיים/מקיים שת״פ מקצועי שוטף עם מומחים מובילים בארה״ב, בהולנד, בגרמניה בבריטניה באיטליה ועוד, במגוון רחב של נושאי הערכות סיכונים.
- בעל נסיון רב בנושאי זיהום אוויר, זיהום מים וזיהומי קרקע, על כל הבטיהם, לרבות חקיקה ותקינה בחו״ל ובישראל; וזאת, הן בהקשר ל**פעילות שגרתית** והן בהקשר ל**תקריות (על מגוון תוצאותיהן).**
- התמחה בנושאים נלווים להערכות/ניתוח/ניהול סיכונים; לרבות מושג הסיכון, סיכונים אינדיבידואליים וסיכונים חברתיים (Individual and Societal Risks) התייחסות הציבור לסוגי סיכון שונים, קבילות סיכונים (**סיכונים קבילים ובלתי קבילים**), עקרונות בטיחות בינלאומיים מקובלים (כגון ALARA, ALARP, Precautionary Principle), ניתוחי עלות – סיכון – תועלת, מחיר חיי אדם (VOSL,VHL), ,Risk Communication, תקינה מבוססת סיכון ועוד.

תפקידים

- **הקים את מחלקת הערכות סיכונים בוועדה לאנרגיה אטומית** ועמד בראשה במשך קרוב ל – 20 שנה (1980-2000)
- כיהן **כמדען ראשי של המשרד לאיכות הסביבה** (2000-2005). בין היתר, יזם, בחן הצעות מחקר והתניע **כ-90** מחקרי סביבה (רובם באקדמיה ומיעוטם בגופי ייעוץ מקצועיים ופיקח על ביצועם).
- בעת כהונתו כמדען ראשי של המשרד, בצע עבור המשרד עבודות חקר והערכות סיכונים בהיקף רחב (לרבות נושאים בטחוניים, זיהום ים סוף/מפרץ אילת, בתי הזיקוק בחיפה, שימושים נרחבים באפר הפחם, הערכות סיכונים רדיולוגיים שונים) ועמד בראש וועדות מקצועיות שונות
- שימש כיועץ **למשרד האנרגיה האמריקאי ולרשות הפדרלית להגנת הסביבה בארה״ב(Environmental Protection Agency - EPA)** בנושאי הערכות סיכונים (1985/86, 1992)
- היה **יועץ אישי של אלוף פיקוד העורף** בנושא הערכות סיכונים של תעשייה כימית בישראל בעיתות חרום (בתקופת הקמת הפיקוד ושנה לאחריה). בין היתר, התווה את האלגוריתמים

החישוביים והתו"לים המקצועיים הראשונים הן בנושאי הערכות סיכונים והן בנושאי היערכויות חירום.

- היה חבר בלמעלה **מ – 10 וועדות מומחים (Expert Committees) וועדות מייעצות (Advisory Groups) בינלאומיות**, במסגרת הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה אטומית (IAEA, וינה) וכן באונסקו (פאריס), בנושאים מגוונים של הערכות סיכונים ותקינת סיכונים (מבוססת על הערכות סיכונים).
- הקים את המרכז להערכות סיכונים במכון גרטנר/אוניברסיטת ת"א ועמד בראשו במשך 8 שנים (2005-2012)

פעילות אקדמית, קורסים

- **תכנן בנה והעביר את הקורס הנרחב והפרטני ביותר שניתן עד כה בישראל (465 ש'), בנושא הערכות סיכונים**: **"הערכה, ניתוח וניהול סיכונים בתעשייה הכימית"** (1998, 22 משתתפים – כולם אנשי מקצוע במשרדי ממשלה ובתעשייה הכימית)
- בנה והריץ קורס פרונטלי ייחודי בנושא **איכות סביבה**, כולל הערכות סיכונים סביבתיים (2003, **324 ש'**) ב"אסכולות" (האוניברסיטה הפתוחה).
- **מרצה באורח שוטף באקדמיה** (לתלמידי **תואר שני ושלישי**) בנושאי ניתוח והערכות סיכונים בכלל והערכות סיכונים סביבתיים, בפרט; לרבות **בפקולטה להנדסה** (הקורס המתקדם ביותר שניתן כיום בישראל) **ובפקולטה לרפואה** באוניברסיטת ת"א;
- בנה והריץ קורס ייחודי בנושא "מבוא לאיכות סביבה" (לתואר ראשון) **במכללה האקדמית ת"א – יפו.**
- מבצע ומפרסם מחקרים אקדמיים בנושאי הערכות סיכונים והערכות חשיפה לחומרים מסוכנים.
- מנחה סטודנטים לתארי M.Sc. ו – Ph.D. בנושאי הערכות סיכונים, זיהום אוויר (אוניברסיטת ת"א, הטכניון)
- מעביר קורסים בהיקפים של עשרות שעות בניתוח והערכות סיכונים, לאנשי מקצוע (בעיקר בתחום מדעי הטבע והנדסה) ולמנהלים.

פרויקטים

- ביצע עשרות פרויקטים מקצועיים מתועדים ומדווחים (רובם ברמה לאומית) בנושאי הערכה, ניתוח וניהול סיכונים (בעיקר סיכונים סביבתיים)
- **לדוגמא**, בשנים האחרונות ביצע ומבצע, **בין היתר**,

* הערכת סיכונים סביבתיים **לאזור התעשייה ברמת חובב** (למעלה מאלף חומרים מסוכנים, עשרות תהליכים כימיים, תרחישי פיזור רבים ומגוונים (לרבות תקריות דומינו והתפוצצויות בריאקטורים במהלך תהליכים) עם המלצות רבות לתיקוני מצב (עבור משרד הבריאות והמשרד להגנת הסביבה, 2010-2012)

* הערכת סיכונים נרחבת **להיתכנות הקמת תחנת כוח גרעינית בישראל** (עבור משרד התשתיות הלאומיות, 2012-2013)

* הערכות סיכונים פרטניות ומקיפות, לרבות ניתוחי קבילות **לתקריות במכלול פעילויות באמוניה אנהידרית במפרץ חיפה ובאזורים אחרים** (עגינת אוניה עמוסת אמוניה בנמל חיפה,

שינוע אמוניה באיזוטנקים, אחסון במפעלים ייעודיים ועוד) (עבור המשרד להגנת הסביבה, 2016 -2018)

* הערכת סיכונים **הסתברותית/מצרפית לתקריות במכלול מפעלי מפרץ חיפה** (67 מפעלים ; עבור המשרד להגנת הסביבה, 2016-2018) – (א) מתודולוגיה פרטנית להערכות סיכונים מפעליות; (ב) מתודולוגיה לאינטגרציה הסתברותית של תוצאות הערכות הסיכונים לכדי סקר סיכונים מצרפי ("אינטגרטיבי"); (ג) תוצאות הערכות הסיכונים המצרפיות – קונטורי סיכון אינדיבידואלי ע"ג מפות GIS

* הערכת סיכונים **להשמדת חנ"מ פג תוקף** בשיטות של פיצוץ ושריפה בנגב (לרבות ארגון וניהול ניסויים מקצועיים, עבור צה"ל, 2015-2017)

* הערכת סיכונים מקיפה **לחומרים מעכבי בעירה במזרונים** (לרבות המלצות לתקינה. עבור משרד הכלכלה, לפי דרישת בג"ץ, 2015)

* **יישום (פיזור) קרקעי ומוטס של תכשירי הדברה בחקלאות** – הערכות סיכונים לאוכלוסיה סמוכה ומרחקי הפרדה/בטיחות נגזרים (עבור המשרד להגנת הסביבה, 2015)

* **תחנות פריקת גט"ד** (גז טבעי דחוס) במפעלי תעשייה בצפון הארץ - הערכות סיכונים וחוו"ד לעניין מרחקי הפרדה מרצפטורים ציבוריים (עבור המשרד להגנת הסביבה, 2014-2015)

* **תחנות תדלוק רכבים, משאיות ואוטובוסים בגט"ד -** הערכות סיכונים והמלצות למרחקי הפרדה מאוכלוסיה (עבור המשרד להגנת הסביבה ומשרד האנרגיה והתשתיות, 2018-2019)

* **הנחיות לניתוח תקריות במסגרת ניהול סיכונים בנמלים** – עבור המשרד להגנת הסביבה (2019)

<u>תקינה מבוססת הערכות סיכונים</u>

- במקביל להערכות סיכונים, ניתוח סיכונים וניהול סיכונים, עסק רבות בארץ ובחו"ל, בהקף רחב, **בתקינת סיכונים בכלל וסיכוני חומרים מסוכנים**, **בפרט**; לרבות, תקינת קרינה מייננת ובלתי מייננת; ובין היתר,
- בנה את התקן הישראלי הרשמי להגנה מקרינה ועמד בראש שתי וועדות תקינה של מכון התקנים בנושאי מדידות ראדון (ת"י 4195) וחומרים רדיואקטיביים (רדיונוקלידים) במוצרי בנייה (ת"י 5098).

<u>ועדות</u>

- **עמד/עומד בראשות וועדות מקצועיות שונות** – **ברמה לאומית** - העוסקות בסיכונים מסוגים שונים, בהערכותיהם, בניתוחם ובניהולם; <u>להלן רשימה חלקית –</u>
  - מייסד ויו"ר הוועדה המקצועית תורתית לפיקוח על הקרינה בישראל (1995 – 2001)
  - מייסד ויו"ר וועדת המומחים הממלכתית-ציבורית העליונה לעניין שדות מגנטיים מרשת החשמל (2003-2012)
  - יו"ר וועדת המומחים המייעצת לאגודה למלחמה בסרטן בנושא חומרים מסרטנים (בתעסוקה, בסביבה ובבית; 2015 - היום)
  - יו"ר הוועדה לניהול סיכונים במסגרת האגודה הישראלית להנדסת בטיחות (2016- היום)

<u>ייעוץ מקצועי</u>

- **יועץ מקצועי** בנושאי הערכות סיכונים, ניתוח סיכונים (לרבות קבילות סיכונים) וניהול סיכונים **(א) למשרדי ממשלה (**המשרד להגנת הסביבה, משרד ראש הממשלה, משרד הביטחון, משרד הבריאות, משרד האנרגיה והמים, משרד הכלכלה, משרד החקלאות**);**

(ב) לצה"ל (קצין רפואה ראשי, חיל האוויר, אגף טכנולוגיה ולוגיסטיקה (מינהל הגנת הסביבה, ענף תחמושת) ועוד);
(ג) לגופים אחרים (תעשייה כימית, תעשיית האנרגיה, תעשיית היי-טק).

<u>תקשורת</u>

- מפרשן בהקף רחב - בטלביזיה, ברדיו ובעיתונות הכתובה – נושאי הערכות סיכונים, חומרים מסוכנים והשפעותיהם, קרינה מייננת ובלתי מייננת, תעשייה כימית וסיכוניה, אנרגיה גרעינית וסיכוניה, סיכונים קבילים ובלתי קבילים ועוד.

<u>נספח ב' לתקציר - מושגים</u>

<u>PAC3 (protective action criterion 3)</u>

PAC 3 is the maximum concentration in air, below which it is believed nearly all individuals could be exposed for up to one hour without experiencing or developing life threatening health effects

<u>רצפטור ציבורי</u>

שימוש או ייעוד ,קיימים או מתוכננים המשמשים או מתוכננים לשהיית אוכלוסיה, לרבות מגורים, מסחר קימעונאי, משרדים משרתי קהל, מוסדות ציבוריים לפי הקבוע בחוק התכנון והבניה, תיירות, מקומות בילוי, אולמות שמחה /גני אירועים, אזורים בהם קיימת שהייה אינטנסיבית של אוכלוסייה בשטחים ציבוריים פתוחים ופארקים למעט שבילי מטיילים ושצ"פים סביב או בתוך אזור תעשייה השייכים לאזור התעשייה, שימושים מעורבים הכוללים אחד מכל אלה וכן מגרשי החניה שלהם וכל שימוש נוסף שיקבע הממונה. מתקני תעשייה אינם נכללים בהגדרת רצפטור ציבורי, לרבות חנויות מפעל, מסעדות פועלים באזורי תעשייה, מרכזי מבקרים במפעלים. בנוסף, לא ייחשבו לרצפטורים ציבוריים מוסדות חירום, תחנות דלק.

<u>הסתברויות שנתיות</u>

ההסתברויות המופיעות בתקציר המנהלים הן הסתברויות שנתיות. דוגמא: $1x10^{-5}$/שנה, משמעותו אירוע (תרחיש תקלה) או חשיפה העלולים להתרחש בהסתברות של אחת ל-100 אלף שנה וכיו״ב.

<u>מפעלי A, B</u>

להגדרות מפעלי A ו – B מצויות ב<u>תקנות החומרים המסוכנים (אמות מידה לקביעת תוקף היתרים), התשס״ג-2003</u>

<u>סיכון ״קביל ו״בלתי קביל״ לאדם</u>

קריטריון הסתברותי עבור סיכון תמותה לאדם כתוצאה מפעילות תעשייתית בסביבתו (לרבות תעשייה כימית), מקובל במדינות שונות (כגון בריטניה, הולנד, ארה״ב ועוד). נע בין 1: 10,000/שנה לבין 1 למיליון/שנה (מעל לערכים אלו – בלתי קביל. מתחת להם- קביל)

<u>״עומס סיכון</u>״ – ראה סעיף 3.3 לעיל

סקר סיכונים מצרפי אזור מפרץ חיפה – דוח מסכם

מאת: ד״ר אלי שטרן (יוני 2019, עדכון יולי 2020)

1. **כללי**

1.1 דוח זה מסכם עבודה רבת היקף שעניינה – סקר סיכונים מצרפי לעניין תקריות תפעוליות פוטנציאליות במכלול המפעלים ומסופי החומרים המסוכנים באיזור מפרץ חיפה. העבודה בוצעה בתקופה 05/2016 עד למועד פרסום דוח זה; וזאת, ע״פ החלטת ממשלה מס׳ 529 מ- 06.09.2015.

1.2 מודגש, שהמורכבות המקצועית של הנושא (בהיבטים רבים, מדעיים, הנדסיים וציבוריים גם יחד) גורמת, מטבע הדברים, לכך, שהדוח מיועד בעיקר לאנשי מקצוע מובהקים בתחומי הערכות הסיכונים בכלל והערכות סיכונים הסתברותיות, בפרט. ; וכן לאנשי מקצוע בתחומי קבילות סיכונים (public risk acceptance) ו- risk communication. **כמקובל במקרים כאלו, מתלווה לדוח זה תקציר מנהלים מתאים.**

1.3 סקר הסיכונים המצרפי, המתמקד כאמור בתקריות פוטנציאליות חמורות במפעלי התעשייה הכימית באזור מפרץ חיפה (להבדיל מפליטות מזהמים בעת פעילות שגרתית), בוצע במתודולוגיה הסתברותית, שנבנתה ע״י הח״מ בהסתמך על מתודולוגיות בינלאומיות עדכניות ומקובלות של הערכות סיכונים הסתברותיות. המתודולוגיה[1,2] פורסמה בשעתו בשני חלקים ומוצגת בנספחים א׳ ו-ב׳ לדוח זה. נספח א׳ (החלק הראשון) מתמקד באיסוף הנתונים מן המפעלים השונים והערכות סיכונים ראשוניות (לכאורה דטרמיניסטיות) לתרחישי תקריות מוגדרים ומנומקים ואילו נספח ב׳ (החלק השני) מתאר את האינטגרציה ההסתברותית של תוצאות החישובים שבוצעו בחלק הראשון של העבודה והצגת התוצאות בפורמט GIS.

1.4 המפעלים שנכללו בסקר הם מפעלי ״A״ ומפעלי ״B״, ע״פ הגדרותיהם במשרד להגנת הסביבה[3]. הרשימה המקורית כללה 67 מפעלים והצטמצמה לכדי כ-60 מפעלים, לאחר סינון ראשוני של מפעלים שהתברר שהם נעדרי סיכון מבחינת תקריות פוטנציאליות.

1.5 המטרות העיקריות של הסקר הן

(א) לאפשר הערכה והצגה מושכלת של **הסיכון האינדיבידואלי האינטגרלי/המצרפי** (במונחים הסתברותיים) לו נחשף רצפטור כלשהו בנקודה כלשהי במרחב, הנגרם מתקריות פוטנציאליות (להבדיל מפעילות שגרתית) במכלול מפעלי התעשייה הכימית, מסופי גז, שטחי האחסון וכיו״ב באזור המפרץ, העלולים להשפיע עליו.

(ב) להוות קלט (input) לתכנית ניהול סיכונים, העשויה להידרש ע״י המשרד להגנ״ס (לפי מדיניות קיימת) ממפעלים מסויימים, לפי מדרג עדיפויות מנומק.

1.6 יודגש שוב, כי כאמור, הסקר המצרפי מיועד לאפשר הערכה של הסיכון האינדיבידואלי האינטגרלי הנשקף לכל אזרח, המתגורר או מצוי במיקום גיאוגרפי כלשהו, ממכלול מוקדי הסיכון העלולים להשפיע עליו, דהיינו לא רק ממוקד סיכון בודד ו/או ממקבץ מוקדי סיכון המצויים במפעל אחד, אלא **מכלל מוקדי הסיכון המצויים בכל המפעלים, שתקריות בהם כאמור עלולות להשפיע במידה זו או אחרת על האזרח הבודד הנ״ל.**

1.7 כידוע, המונח ״סיכון אינדיבידואלי״ לבני אדם מוצג, בדרך כלל (כסיכון שנתי), ביחידות של מקרי מוות/אדם*שנה או מקרי פציעה/אדם*/שנה וכדו׳. מטבע הדברים, מדובר במושג הסתברותי כאשר הצגה הסתברותית נחשבת לדרך האופטימלית לייצג/לשקף את מושג

הסיכון באשר הוא. כפי שיפורט להלן, בסקר הסיכונים המצרפי הנוכחי, נבחר "ערך הקצה" להצגת הסיכון האינדיבידואלי האינטגרלי, ככפולות של ערך PAC3 עבור כל אחד מאלפי המזהמים שנבחנו בסקר.

1.8 בפועל, הסקר הקיף כאמור עשרות מפעלים ומספר רב מאד של מוקדי סיכון ספציפיים. הביטוי "מוקד סיכון" בו נעשה שימוש לעיל ולכל אורך הדוח מתייחס ,לדוגמא, למיכל של חומר מסוכן במצב נוזלי המצוי בלחץ אטמוספירי, או למיכל חומר מסוכן במצב גזי בלחץ אטמוספירי, או למיכל גז מונזל בלחץ (בדרך כלל גז בשיווי משקל עם נוזל, או למצבור מיכלים קטנים כנ"ל (כגון מצבור חביות או גלילי גז), או למצבור כלי איחסון של חומ"ס במצב מוצק (תיבות שקים וכיו"ב), או לריאקטור בו מתבצע תהליך כימי בו מעורבים חומרים מסוכנים באחד או יותר ממצבי הצבירה, או לצנרת בה מוזרם חומר מסוכן במצב נוזלי או גזי; "מוקד סיכון" כזה או אחר, עשוי להימצא בתוך מבנה/מחסן על או תת קרקעיים או במצב חשוף בחצר המפעל. גם שינוע בתוך חצר המפעל של חומרי גלם הנחשבים חומ"ס, תוצרי ביניים או תוצרים מוגמרים עלול להוות, בתנאים מסוימים, "מוקד סיכון", אך מודגש, שנושאי השינוע בכללותם – הן בתוך המפעלים והן מחוצה להם – לא נסקרו בשלב הנוכחי של הסקר ומיועדים להיכלל בשלב הבא, שלב ב' של סקר הסיכונים המצרפי (ראה גם סעיף 2.2 להלן).

1.9 יובהר איפוא ביתר פירוט, ששלב א' של הסקר המצרפי מתמקד בסיכונים אינדיבידואליים, דהיינו ברמות הסיכון של כל יחיד ויחיד במרחב, המבוטאת ביח' של הסתברות שנתית של היחיד להחשף לכפולה של PAC3 (דהיינו חשיפה לכפולה של PAC3/אדם/שנה) כתוצאה מתקריות תפעוליות ולא לסיכון חברתי (המכונה לעיתים "סיכון ציבורי") המהווה סכימת כל הסיכונים האינדיבידואליים באזור הנדון ומתואר, בדרך כלל, בעקומות F-N המבטאות את ההסתברות השנתית לקבלת X (או יותר) נחשפים לערך קצה כלשהו. הסיכונים החברתיים **הכוללים** (שמשיקולים מקצועיים, לרבות שיקולי אי – וודאויות, אין מקום להצגה חלקית שלהם), יפורטו עם סיום שלב ב' של העבודה באופן שיכללו גם סיכוני רעידות אדמה, שינוע ועוד, כמפורט בסעיף 2.2 להלן.

2. מאפיינים עיקריים

להלן רשימה תמציתית של מאפיינים של הסקר המצרפי הנוכחי; כל אחד מן המאפיינים יידון באורח מפורט בהמשך הדו"ח

2.1 סקר הסיכונים המצרפי אינו עוסק בסיכונים הנובעים מפעילות שגרתית של מפעלי התעשייה במפרץ חיפה, דהיינו מפליטות מזהמים שגרתיות המתרחשות, מטבע הדברים, כל העת (ואמורות להימצא, כמקובל, תחת בקרה ואכיפה מתמידות)

2.2 סקר הסיכונים המצרפי עוסק בסיכוני תקריות חמורות בלבד, המוגדרות כתקריות תפעוליות (operational accidents), העלולות להתרחש בעת תפעול שוטף של מתקני חומ"ס מכל הסוגים, במפעלים. זאת, להבדיל מ-3 סוגי סיכונים, המיועדים להיסקר (באורח מצרפי, ע"פ תוכנית מוגדרת של המשרד להגנ"ס) בשלב הבא של סקר הסיכונים המצרפי –

(א) סיכוני תקריות הנובעות מרעידות אדמה

(ב) סיכוני שינוע חומ"ס בכבישי המפרץ וגם בתחומי המפעלים עצמם (לרבות שינוע תחבורתי ושינוע חוץ מפעלי בצנרות על ותת קרקעיות);

(ג) סיכונים מאירועים מלחמתיים מסוגים שונים (שלהבדיל מתקריות תפעוליות במובן הרחב ונושאי שינוע ורעידות אדמה, אינם יכולים להידון בפורמטים הסתברותיים מקובלים).

2.3 תחום הסתברויות אופייני לתקריות תפעוליות חמורות מסוג זה: 10^{-4}/שנה – 10^{-7}/שנה (ראה סעיף 6.1-6.3 וטבלה 1 להלן)

2.4 <u>מתודולוגיה</u>:

(1) **המתודולוגיה של סקר הסיכונים המצרפי מבוססת על המתודולוגיות הבינלאומיות העדכניות והמתקדמות ביותר של הערכות סיכונים הסתברותיות, תוך יישום הסתברויות מקובלות בעולם למגוון התקריות החמורות הנדונות**. זאת, למעט פרמטר אחד – ערכי קצה, דהיינו התייחסות לריכוזי PAC3 ו/או כפולות שלהם כפונקצייה של הזמן והמרחב, במקום "הרוגים מיידיים" או "תמותה", כמקובל בכמה מדינות מערביות מתקדמות. כאמור, המתודולוגיה פוצלה בשעתו ל-2 דוחות עקריים[1,2] המוצגים בנספחים א' ו – ב' לדוח זה.

(2) יש לציין, שבעוד שהערכות סיכונים מפעליות, דטרמיניסטיות והסתברותיות גם יחד, בוצעו למאותיהן ואף לאלפיהן במדינות רבות בעולם, הרי שרק מספר מצומצם של סקרי סיכונים מצרפיים בהקף גדול בוצעו עד כה בעולם[4-6]

2.5 <u>הסתברויות</u>:

(א) האלמנטים ההסתברותיים שהובאו בחשבון בסקר הסיכונים המצרפי ההסתברותי הם

(1) הסתברויות לאירוע תקריות חמורות (ראה טבלה 1 להלן)

(2) הסתברויות מטאורולוגיות (כדוגמת שכיחויות שנתיות של נשיבת הרוח לכיוונים שונים, ע"פ שושנת רוחות מקומית)

(ב) ההסתברויות השנתיות הכוללניות ל-"הגעת ערך PAC3 למרחק כלשהו ממוקד סיכון", חולקו ל-5 טווחים, כדלקמן (ביח' yr-1)

(1) $1x10^{-8} – 1x10^{-7}$

(2) $1x10^{-7}$ - $1x10^{-6}$

(3) $1x10^{-6} – 1x10^{-5}$

(4) $1x10^{-5} – 1x10^{-4}$

(5) $1x10^{-4} – 5x10^{-4}$

2.6 <u>הקף</u>:

(א) כאמור, למעלה מ – 60 מפעלים עתירי חומ"ס

(ב) 6-7 תרחישי תקריות

(ג) למעלה מ -1500 מוקדי סיכון (ראה סעיף 2.11 להלן)

2.7 <u>אי ודאויות אינהרנטיות</u>, לעיתים משמעותיות, בערכי נתונים, בפרמטרים ובמודלים

2.8 למרות הפירוט הרב, הסקר איננו מיועד להציג הערכות סיכונים מפעליות ספציפיות (בין היתר עקב אי הבאה בחשבון של "עודפים" או חוסרים" של אמצעי מיגון בהשוואה למקובל בעולם עבור כל מתקן ומתקן), אלא להוות כלי יעיל ל-screening, ממנו יגזרו הצרכים לבחינה מעמיקה במפעלים/מוקדי סיכון מסויימים, לפי סדר עדיפות שייקבע, בעיקר על בסיס תוצאות סקר הסיכונים המצרפי; זאת, במסגרת "המדריך לניהול סיכונים במקורות נייחים" של המשרד להגנ"ס[7].

2.9 מאפיינים ייחודיים

(א) בניגוד להערכת סיכונים מפעלית מקובלת, הסקר מאפשר הצגה של הסיכון האינטגראלי/הטוטאלי (בערכים מקובלים של הסתברות שנתית), של רצפטור ציבורי כלשהו (הממוקם בנקודה כלשהי במרחב), להיחשף לרמה של כפולות PAC3 הן במסלול הנשימה ו/או מאפקטים תרמיים ו/או מאפקטי על לחץ (הנובעים מפיצוץ), ממכלול המפעלים ומוקדי הסיכון העלולים להשפיע עליו. באשר להגדרת "רצפטור ציבורי" – ראה מסמך מדיניות/חוזר מנכ"ל המשרד להגנ"ס[12]

(ב) התחשבות ספציפית ומקיפה (מיושמת רק בחלק מהערכות הסיכונים בעולם) בתקריות "דומינו" (תקריות אנרגטיות בהן מוקד סיכון מסוים ניזוק, לעיתים באורח חמור, מאירוע פיצוץ במוקד סיכון סמוך אחר), בתקריות בריאקטורים במהלך תהליך כימי, בפליטות פוטנציאליות של מוצקים לסביבה.

(ג) **המספר העצום** של חומ"ס נוזלים ומוצקים (ככל הנראה חסר תקדים בקנה מדה עולמי), שהובאו בחשבון בסקר הסיכונים המצרפי.

2.10 החומ"ס: רשימות החומ"ס ה"משתתפות" בסקר נקבעו כאמור בהסתמך על היתרי הרעלים של המפעלים (אלפי חומרים בכלל המפעלים, לפני סינון ראשוני לפי קריטריונים שנקבעו מראש), כאשר כמויות החומ"ס הוערכו ככמויות המרביות המותרות לאחזקה במפעל, המהוות חלק אינטגרלי (תוספת ראשונה) של היתרי הרעלים

2.11 אמצעי מיגון: ניתוח התרחישים מבוצע על פי מתודולוגיה גנרית (מבוססת על ספרות בינלאומית), המביאה בחשבון אמצעי מיגון מקובלים, אך אינה יכולה להביא בחשבון אמצעי מיגון ייחודיים (ככל שאכן ננקטו כאלו) או העדר אמצעי מיגון מקובלים. אלו מיועדים להיבחן בשלב ניהול הסיכונים הפרטני במסגרת מדיניות המשרד (לפירוט נוסף, ראה סעיף 6.4 להלן).

2.12 המשמעות העיקרית של התוצאות: יצירת סדרי עדיפויות לבחינה טכנית מעמיקה של הסיכונים המפעליים ועל בסיסה - ככל שיתעורר צורך - בניית מתווה לניהול סיכונים במפעלים מסוימים.

3. התרחישים

3.1 כללי

(א) תרחישי התקריות שנבחרו אפריורי, עבור השלב ההתחלתי של סקרי הסיכונים המפעליים, תוארו באורח פרטני בדוח המתודולוגיה, תוך איזכור האפשרויות לשינויים העלולים להתחייב תוך כדי ביצוע הסקרים המפעליים, כתוצאה ממגוון גורמים, לרבות מציאות בשטח, בעיות modeling ו/או בעיות חישוב, העדר נתונים כימיים/פיזיקאליים בספרות ועוד.

(ב) מודגש, שלמרות הקשיים שהתעוררו פה ושם וחייבו לכאורה פתרונות נקודתיים, נעשה ע"י החו"מ מאמץ ניכר להימנע ככל האפשר מפתרונות ספציפיים, אד הוק; וזאת, תוך הבנה שסקר סיכונים מצרפי המצוי בשלבו הראשון – אמור ליישם, ככל הניתן, מתודולוגיות חישוב אחידות/הומוגניות וגורפות ככל האפשר; כאשר ברור שבשלב הבא, המפעלים בהם תידרשנה פעילויות של הפחתות סיכונים (כאמור, במסגרת פרוצדורות/פרוטוקולים מוסדרים של המשרד להגנת הסביבה ל"ניהול סיכונים במתקנים נייחים"[7]), יצריכו, פה ושם, modeling ספציפי עבור מוקדי סיכון

מסויימים; שלא לדבר על ניתוח פרטני של אמצעי מיגון (ראה סעיף 6.4 להלן); וכל זאת, לרבות "יצירה" פה ושם של נתונים בסיסיים, באמצעות הנחות עבודה מנומקות, ככל שאלו אינם מצויים כלל או אינם ניתנים לאיתור בספרות המקצועית הקיימת.

(ג) להלן סקירה תמציתית ביותר של התרחישים העיקריים שנבחרו במתודולוגיה[1] לביצוע אפריורי. פירוטים נרחבים יותר, לרבות הסברים לעניין מהויות התרחישים שנבחנו, הנחות בדבר תנאים מטאורולוגיים, הנחיות חישוב מפורטות וכיו"ב, מופיעים בדוח המתודולוגיה[1] (ראה נספח א' לדוח זה) ובסעיפים רלוונטיים שונים בדוח. כאמור, שינויים מועטים, מתחייבים, בתרחישים ו/או בדרך חישובם, בוצעו במהלך העבודה, דהיינו תוך כדי ביצוע איסוף הנתונים והסקרים המפעליים ע"י חברות הביצוע (הרחבות רבות בנושא זה מופיעות להלן) וכן במהלך האינטגרציה של תוצאות הסקרים המפעליים.

(1) <u>חומ"ס רעיל (לא דליק ו/או נפיץ) במצב צבירה נוזלי במיכלים אטמוספיריים</u>
א. שפך מלא למאצרה או ל"שלולית" ונידוף לסביבה.
ב. פליטה מיידית של 5% מהתכולה לסביבה (כתוצאה מתקרית אנרגטית/"דומינו", המתבטאת בפיצוץ מיכל סמוך או פיצוץ גז שנפלט ממיכל של חומ"ס דליק ו/או נפיץ) והיתר – נידוף ממאצרה. ראה גם סעיף 5.1 להלן.

(2) <u>חומ"ס מוצק (גושני, פתיתים, גבישים, גרגירים, אבקה)</u>
א. היפגעות משריפה (3% פליטה לסביבה) ראה גם סעיף 5.2 להלן
ב. היפגעות מפיצוץ סמוך (תקרית אנרגטית/"דומינו"), כנ"ל

(3) <u>פיזור חומ"ס מריאקטורים</u>
א. בעיקר, התפוצצות בריאקטור במהלך ביצוע תהליך כימי, כתוצאה מאבדן בקרה, לרבות אבדן שליטה בלחצים, טמפרטורות, pH, מינונים; וכן תקריות runaway של ריאקציות.
ב. בכל הנ"ל – הנחת פיזור תכולת החומ"ס המרבית המצויה בריאקטור.

(4) <u>מיכלי גזים מונזלים בלחץ – תקריות Flash</u>
א. תקריות קריסת מיכל כתוצאה מעייפות חומר, רעידת אדמה, תהליך אנרגטי סמוך וכיו"ב
ב. פיזור מיידי לסביבה של חלק מהחומ"ס (היתר משלולית). הנחיות מפורטות לחישוב תרמודינמי של הפרקציה המתפזרת

(5) <u>מיכלי גזים מונזלים בלחץ – תקריות דליפה</u>
א. דליפה מחור במיכל, או קטיעה מלאה של צינור המזרים חומ"ס למיכל או מזרים חומ"ס ממנו, בסמוך לכניסת הצינור למיכל.
ב. אבחנות בין חומ"ס שאינו דליק ו/או נפיץ, לבין חומ"ס דליק ו/או נפיץ בין בעל "רעילות נמוכה" ובין בעל "רעילות גבוהה".
ג. בכל הנ"ל, התייחסות – הכל לפי העניין - למרחקי PAC3 הנובעים מרעילות, ולמרחקים המתייחסים (במקרים הרלוונטיים) לתקריות BLEVE במיכלים עיליים (להבדיל מ"טמונים" או "mounded") של נוזלים דליקים ו/או נפיצים, מונזלים בלחץ), לתקריות VCE ו/או Flash Fire, וגם – לפי אלגוריתם חישובי מיוחד[8] (ראה נספח ט' לדוח המתודולוגיה[1]), עבור תקריות Pool Fire (שריפת מאצרה/שלולית), העלולות להיגרם גם במיכלי חומ"ס

דליקים ו/או נפיצים, שאינם מונזלים בלחץ, דהיינו מיכלים אטמוספריים (כגון מיכלי טולואן).

4. **שיטות חישוב והצגת תוצאות עיקריות**

4.1 חישובי פיזור מזהמים - תוכנת ALOHA[9]

(א) תוכנה זו נבחרה כתוכנה המרכזית לשימוש בסקר המצרפי. להלן יתרונות מובהקים וגם חסרונות של התוכנה, בהקשר לסקר הסיכונים המצרפי

(1) יתרונות

א. התוכנה "חיה", נפוצה בעולם כולו ומקובלת, בין היתר ע"י EPA בארה"ב, זה למעלה מ-25 שנה, כאחת התוכנות המובילות לחישוב פיזורי מזהמים לסביבה והערכות סיכוני תקריות חומ"ס. היא יחסית ידידותית למשתמש וזכתה למהדורות/עדכונים רבים. הוורסיה האחרונה, שיושמה בסקר הסיכונים המצרפי, היא 5.4.7 (ספטמבר 2016)

ב. התוכנה ישימה לנוזלים ולגזים, הן בשחרור רגעי והן בפליטות מתמשכות עד שעה.

ג. התוכנה, המיישמת מודל פיזור גאוסיאני לסביבה, כוללת אופציות חישוב נרחבות של פיזור גז כבד מן האוויר (heavy gas dispersion)

ד. התוכנה מחשבת לא רק ריכוזי מזהמים באוויר, כפונקציה של הזמן והמרחב ומשווה אותם לערכי קצה מסוג PAC (כולל PAC3, שכפולותיו מהוות, כזכור, ערך קצה מרכזי בסקר הסיכונים המצרפי), אלא מחשבת גם ערכי קצה מקבילים לחשיפות לקרינה תרמית מBLEVE, Pool Fire ו Flash Fire (ביח' kW/m^2); וכמו כן, ערכי קצה מקבילים להתפוצציות – בעיקר מטיפוס VCE.

ה. מסד הנתונים של התוכנה (CAMEO) כולל מספר רב יחסית של חומ"ס (נוזלים, מוצקים), אך ראה גם ס"ק (2) ג' להלן

(2) חסרונות

א. התוכנה אינה מחשבת פליטות של מוצקים לסביבה.

ב. התוכנה אינה כוללת אופציית חישוב פליטות Dual Phase, העשויות להיות רלוונטיות בתרחישי פיזור ממיכל של חומ"ס נוזליים מסויימים

ג. התברר, שהתוכנה אינה כוללת בסיסי נתונים עבור חומ"ס רבים המצויים במפעלי המפרץ ועל כן אינה יכולה לחשב אותם (בחלק גדול מן המקרים, הנתונים כלל אינם זמינים בספרות, מה שמונע אפשרות "השתלתם" בתוכנה); במקרים אלו, התחייב יישום חישובים אלטרנטיביים לכמויות לא מבוטלות של נוזלים, כמו גם למכלול המוצקים, כמפורט לעיל.

ד. התוכנה מוגבלת לפני שטח מישוריים (flat terrain) ואינה מחשבת פיזורים מעל פני שטח מורכבים (לא מישוריים).

4.2 חישובים אלטרנטיביים של פיזור מזהמים

(א) אשר על כן ומתוך שאיפה לא להתעלם, ככל הניתן, מסיכוני תקריות חומ"ס כלשהם, גם אם אינם מצויים במסד הנתונים הרחב של ALOHA ויחד עם זאת – לפשט ככל האפשר את החישובים בשלבי ה screening הראשוניים (המהווים את המהות

העיקרית של השלב הנוכחי של סקר הסיכונים המצרפי ובהם עוסק דוח זה), ניתנו בנספח ב׳ לדוח המתודולוגיה[1] הנחיות חישוב מפורטות להערכות פיזור, המתבססות על מודלי פיזור גאוסיאניים הן עבור פליטות מתמשכות (continuous release) והן עבור פליטות מיידיות (instantaneous release), שמשכן קצר מאד (פחות מדקה עד דקות בודדות, לכל היותר). מודגש, שההנחיות ניתנו עבור פיזור מוצקים, אך הן ישימות גם עבור פיזור נוזלים, כל עוד הנוזלים מתפזרים לסביבה כטיפיות אירוסוליות, דהיינו כטיפיות שקוטרן האוירודינמי (Aerosol Median Aerodinamyc Diameter – AMAD) אינו עולה על 20-30 מיקרון[10]

(ב) נספח ב׳ בדוח המתודולוגיה[1] מתווה כאמור את ההנחיות העיקריות לחישובי פיזור אלו. מטבע הדברים, כל עוד מדובר בשריפה (בעיקר שריפת מוצקים) או בפליטות משלולית של חומרים שאינם נדיפים יחסית (אירועים העלולים להימשך עשרות דקות ואף שעות) הפיזורים לסביבה אמורים להיות מוערכים בעיקר בעזרת משוואת פיזור (ראה סעיף 10.3 להלן) המתאימה ישירות לחישובי פליטות מתמשכות;
זאת, בעוד שפליטות מיידיות, שמשכן קצרצר, לדוגמא כתוצאה מהתפוצצות ריאקטורים, מתהליכי ריסוק מיכלי אחסון בתקריות דומינו (ראה סעיף 5.3 בנספח א׳) ועוד, אמורות להיות מוערכות באורח שונה במקצת (ראה דיון נוסף בסעיף 10.3 להלן ובנספח המתודולוגיה עצמו)

(ג) בכל מקרה, חישובי הפיזור, הן ב ALOHA והן במסגרת ״החישובים האלטרנטיביים״, בוצעו עבור תנאי יציבות מטאורולוגיים F עם מהירות רוח 2 מ׳/שניה. זאת, בהתאם להנחיות המתודולוגיה[1]. לאחר שהתברר, כצפוי, שבמרבית המקרים, הנחה גורפת של תנאי יציבות מטאורולוגי זה מחמירה במקצת (בהשוואה לתנאי D למשל), התייתר הצורך לחשב בנפרד את הפיזור בתנאי D, הן עבור פיזור מיידי והן עבור פיזור מתמשך.

4.3 <u>תקריות Flash</u>

(א) תקריות אלה – נדירות יחסית – מאופיינות בפליטה חד פעמית כרוכות בקריסה מלאה של מיכל חומ״ס נוזלי, שלחץ האדים שלו בטמפרטורת הסביבה גבוה מ 760 מ״מ כספית (דהיינו טמפרטורת הרתיחה שלו נמוכה מטמפרטורת הסביבה) ועל כן הוא מאוחסן, בטמפרטורת הסביבה, כ״מונזל בלחץ״. במקרים מסוימים, חומ״ס נוזלי, מאוחסן בקירור; אך כל עוד טמפרטורת האיחסון שלו גבוהה מטמפרטורת הרתיחה שלו – הלחץ במיכל האחסון יהיה גבוה מ 760 מ״מ כספית. קריסת המיכל (לדוגמא, כתוצאה מתקרית ״דומינו״, עקב פיצוץ מיכל סמוך), מאופיינת כשלעצמה בפיזור מיידי של פרקציה של הנוזל (בעיקר כגז ולעיתים אף כאירוסול) ובמקביל – משפך למאצרה או לשלולית של יתרת הנוזל והתאדות איטית (או מהירה, כתלות בלחץ האדים של הנוזל בטמפרטורת הסביבה) לסביבה.

(ב) מודל חישוב תרמודינמי פשוט יחסית ומקובל בעולם, של ״פרקצית השחרור המיידי״, בו נעשה שימוש בסקר הסיכונים המצרפי, ניתן בנספח ב1 של דוח המתודולוגיה[1] (ראה נספח א׳ לדוח זה). יש להניח שהפרקציה המשלימה ל 100% נשפכת למאצרה/שלולית ומתנדפת ממנה במוד של שחרור מתמשך (אך ראה גם סעיף 5.1 (א) להלן).

(ג) הרוב המכריע של החומ״ס (למעשה - כל החומ״ס), **המאוחסנים/מונזלים בלחץ בתעשייה הכימית** (כגון כלור, אמוניה, גפ״מ לסוגיו), מופיעים בבסיסי הנתונים של

ALOHA ועל כן, פיזוריהם לסביבה חושבו בעזרת מודולי direct או puddle של התוכנה.

4.4 <u>אירועי שריפה ופיצוץ – הערכות קרינה תרמית ועל לחץ כפונקציות של זמן ומרחב</u>

(א) אירועי שריפה ופיצוץ במיכלי חומ״ס דליקים ו/או נפיצים ונזקיהם הבריאותיים כתוצאה מחשיפות בני אדם לקרינה תרמית ולעל לחץ, נדונו לפרטיהם בדוח המתודולוגיה[1] (סעיף 4 ואחרים וכן בנספח ט׳). ערכי קצה מקבילים, מבחינת אפקטים בריאותיים, ל PAC3 הוצגו ונומקו. ערכי הקצה עבור שטף הקרינה התרמית ועבור גל ההלם/על הלחץ הסטטי נקבעו כ 5kW/m2 (לרבות תלות במשכי החשיפה) ו- 0.2bar (כ 3psi), בהתאמה (ראה, בין היתר, סעיף 4.2 ונספח ה׳ בדוח המתודולוגיה[1])

(ב) במהלך העבודה במפעלים, התברר, בין היתר

(1) אירועי BLEVE במיכלי גפ״מ הם נדירים, לא רק עקב ההסתברויות הנמוכות לאירועם (ראה בין היתר טבלה 1 להלן); שכן, בהקשר של מפעלי מפרץ חיפה – הם, במרבית המקרים לא רלוונטיים, עקב היות הרוב המכריע של המיכלים טמונים במלואם או לפחות ״טמונים עילית״ (mounded). ככל שאירועי BLEVE אכן היו רלוונטיים, שטפי הקרינה התרמית להם עלולים בני אדם להיחשף כפונקצייה של זמן ומרחב (בהנחה שאינם מוגנים, דהיינו מצויים בחוץ), חושבו באמצעות ALOHA ובמקרים מסויימים – בעיקר עבור מצבורי מיכלוני גז סטנדרטיים (גפ״מ ״ביתי״ במשקל 12 ו – 48 ק״ג) – חושבו ע״י הח״מ באמצעות מודלים מקובלים בספרות (ראה פירוט והסברים נוספים בסעיף 10.4 להלן). מרחקי הסיכון שהתקבלו עבור אירועי BLEVE במיכלי גפ״מ עיליים, בדר״כ אינם עולים על כמה מאות מ׳ ממרכז מיכל הגפ״מ. אפקט הפיצוץ המלווה את אירועי ה BLEVE לא נידון כלל, הואיל וכמתואר בספרות, מדובר באפקט זניח יחסית שאינו צפוי להתרחש בטווחים גבוהים מ – 100 מ׳.

(2) מאות תרחישי שריפת מאצרה (Pool Fire), או ״שריפת שלולית״, הוערכו במסגרת סקר הסיכונים המצרפי, תוך יישום המתודולוגיה שפותחה ע״י הח״מ[8], על בסיס המתודולוגיה של NIST [11] (ראה גם נספח ה׳ לדוח המתודולוגיה[1]). חלקם הגדול הסתכם במרחקי PAC3 קטנים מ – 100 מ׳. חלקם הקטן חצו את קו ה-100 מ׳, לכדי 150 מ׳ לכל היותר.

(3) באשר לאירועי VCE או Flash Fire – ראה סעיף 10.6 להלן

4.5 <u>מרחקי סיכון וטווחי סיכון</u>

(א) בדוח המתודולוגיה[1] נבנה הקונספט של ״מרכזי הסיכון״ (סעיף 6 ואחרים ותיאור צורני מפורט בנספח ז1 לדוח המתודולוגיה). הקונספט נשמר בדקדקנות לאורך כל הסקרים המפעליים. כמצופה, חלק מן המפעלים חולקו, לפי שיקול דעת אד הוק, לכמה מרכזי סיכון, בעוד שמפעלים אחרים (בדרך כלל קטנים יחסית בשטחם, או שאופן פיזור החומ״ס בהם הצדיק זאת), הוצגו במלואם כמרכז סיכון אחד. כל מרכז סיכון צויין ע״י הנ.צ. המדויק שלו, כך שבפועל מרחקי הסיכון לסוגיהם (דהיינו ריכוז באוויר/רעילות, קרינה תרמית ועל לחץ סטטי), מכל מוקד סיכון המצוי בתוך תחומי ״מרכז הסיכון״ המוגדר – נמדדו מ״נקודת אפס״/״ראשית הצירים״ המהווה את נקודת הציון הגיאוגרפית של ״מרכז הסיכון״.

(ב) במהלך העבודה, הוחלט ע״י הח״מ, מסיבות פרקטיות (לרבות שיקולי יעילות עבודה מול מערכות GIS (ראה סעיף 8 להלן)), ליצור ״טווחי סיכון״ אחידים עבור כל אחד מלמעלה מ – 100 מרכזי סיכון שהתקבלו במפעלים השונים. טווחי הסיכון הם (מ׳): **100-300 ; 301-500 ; 501-800 ; 801-1300 ; 1301-2000 ; 2001-4000** ; במילים אחרות - אם לדוגמא, בתרחיש כלשהו במוקד סיכון במפעל מסוים, מתקבל מרחק PAC3 של 450 מ׳ (ממרכז הסיכון הרלוונטי) ובתרחיש אחר (ממוקד סיכון אחר, השייך לאותו מרכז סיכון) מתקבל מרחק PAC3 של 320 מ׳, אזי שני התחרחישים, ייכללו בטווח סיכון 301-500.

תרחישים לא מעטים (בייחוד תרחישי pool fire), הביאו למרחקי PAC3 נמוכים מ – 100 מ׳. הואיל וטווח 0-100 מ׳ מצוי ברוב המכריע של המקרים בתחומי המפעל, שכידוע אינו מוגדר כ״רצפטור ציבורי״ במדיניות המשרד להגנ״ס[12], **הוחלט להסיר כליל טווח זה ממרכז סיכון כלשהו**. אגב, כפי שיובהר להלן, תחומי הטווחים הנ״ל נקבעו, בין היתר, משיקולים של חישובי פיזור וגם משיקולי נוחות עיבוד והצגה במערכות GIS.

4.6 <u>ערכי קצה – כפולות PAC3</u>

(א) כפולות ערך PAC3 נבחרו כערכי קצה להצגת תוצאות הסקר המצרפי בכלל ו״עומסי הסיכון״ המחושבים, בפרט. כזכור, המושג ״עומס סיכון״ (החדשני במידה רבה) בנקודה/אזור, הוגדר (באורח בסיסי) ע״י הח״מ בדוח האינטגרציה[2] כ - ״ערך ההסתברות השנתית לחשיפה לריכוז באוויר בשיעור של PAC3, מכלל מוקדי הסיכון, במכלול המפעלים שתקריות בהם עלולות להשפיע על הנקודה/איזור״.

ערך PAC3 עצמו מוגדר בספרות כ[13]

PAC-3 is the airborne concentration (expressed as ppm [parts per million] or mg/m3 [milligrams per cubic meter]) of a substance above which it is predicted that the general population, including susceptible individuals, when exposed for more than one hour, could experience life-threatening adverse health effects or death.

או, לפי הגדרה אלטרנטיבית (עם ניואנס שונה במעט)

PAC 3 is the maximum concentration in air, below which it is believed nearly all individuals could be exposed for up to one hour without experiencing or developing life threatening health effects

וזאת, כאמור, במקביל לקביעת **ערכי הקצה** לקבלת החלטות אופרטיביות בעניין ניהול סיכונים, ככפולות של PAC3 (ראה גם סעיפים 6.7 (א) ו-9.8 (ג) להלן)

מודגש, שפרקטית, ערך PAC3 עבור חומ״ס כלשהו, קטן בדרך כלל בפקטור 5 ולעיתים אף למעלה מכך מריכוזים באוויר הגורמים ל LD1, דהיינו ל 1% מקרי מוות בקרב האוכלוסיה הנחשפת (לפירוט נוסף, ראה גם סעיפים 10.1, 10.2 להלן).

(ב) ערכי PAC3 נתונים בספרות עבור חשיפות של 60 דקות[13]. משכי חשיפות נמוכים יותר ״מאפשרים״ ריכוזים גבוהים יותר עבור אותו אפקט. בנושא זה מקובל להניח, לפחות בקרוב ראשון, את ״חוק Haber״[14] לפיו מכפלת הריכוז באוויר במשך החשיפה היא

בדרך כלל קבועה; דהיינו ריכוז PAC3 עבור חשיפה של 20 ד' גבוה פי 3 מן הריכוז הנומינלי המציין את ערך PAC3, הנתון בטבלאות בספרות בדר"כ עבור 60 ד' חשיפה.

5. נושאים יחודיים שהתבררו או עודכנו במהלך העבודה

5.1 מטבע הדברים, התבררו במהלך ביצוע הסקרים המפעליים בכלל ובמהלך האינטראקציות בין חברות הביצוע לבין המפעלים, בפרט, נקודות שונות שהצדיקו מודיפיקציות מסויימות בהשוואה לוורסיה המקורית של המתודולוגיה. להלן הנקודות העיקריות

(א) <u>נוזלים</u>

(1) כאמור בסעיפים 4.1-4.2 לעיל, העובדה שתוכנת ALOHA לא ניתנה ליישום עבור נוזלים וגזים רבים, שאינם נכללים בבסיסי הנתונים שלה מחד ומאידך במקרים רבים לא ניתן למצוא בספרות את כל הנתונים הכימיים/פיסיקאליים החיוניים לצורך הכללת החומ"ס "הנעדרים" בALOHA, הביאה להחלטת הח"מ ליישם את החישובים הגאוסיאניים הפשוטים יחסית, שנועדו בעיקר עבור מוצקים (שממילא אינם נכללים בALOHA, ראה נספח ב' לדוח המתודולוגיה[1]), גם לפליטת נוזלים כתוצאה מאירוע אנרגטי חמור (כגון פיצוץ מיכל סמוך/תקרית "דומינו"), דהיינו לפליטה מיידית (instantaneous release) של 5% מכמות הנוזלים המאוחסנת באמצעי האחסון השונים לסביבה. בהנחה (סבירה עבור מרבית החומ"ס הנוזליים) שהפליטה של הפרקציות של החלקיקים הקטנים (להבדיל מטיפות/גושי נוזל גדולים מכמה עשרות מיקרונים "המיועדים" לעבור תהליכי שקיעה גרויטציוניים בסמוך למקור הפיזור) מתרחשת ברוב המכריע של המקרים בפורמט של טיפיות אירוסוליות, הרי שניתן ליישם <u>ישירות</u> את משוואות הפיזור שיושמו עבור חלקיקים אירוסוליים מוצקים, גם לחישובי הפיזור של הפרקציות של החומ"ס הנוזלי הנפלטות. במילים אחרות, יישומי האלטרנטיבה ל ALOHA בצורת חישובים גאוסיאניים פשוטים, עוקפים בפועל (ובצדק!) את נושא פיזור הגז הכבד (המורכב מבחינה מתמטית), הואיל וככל שמדובר בפיזור חלקיקים/טיפיות אין נושא ה"גז" בכלל ו"הגז הכבד" בפרט רלוונטי כלל ועיקר.

(2) במהלך החישובים התברר בעליל שההנחה, המחמירה כשלעצמה, של פרקצית פליטה בשיעור של 5% (בעיקר על רקע הערכות שבוצעו והתפרסמו עבור התפוצצות פגזי חומרי לחימה כימיים עבורם הפרקציות האירוסוליות הוערכו בכ 15%; אך זאת, כאשר הנוזל מצוי **במרכז חומר הנפץ** עם פוטנציאל פיזור אירוסולי אופטימלי, ולא מקבל "מכה מן הצד" כדוגמת זו האופיינית לתקריות "דומינו" הנדונות בדוח זה), מניבה מרחקי סיכון לחשיפות ל PAC3, הגדולים, בדרך כלל, <u>בהרבה</u>, מאלו העלולים להיגרם כתוצאה מהתאדות שאר מסת הנוזל הנשפכת למאצרה; מטבע הדברים, תופעה זו בולטת במיוחד, עבור נוזלים שנדיפותם אינה גבוהה (וממילא טווחי הסיכון קטנים מ – 100 מ'). זו אחת הסיבות לכך שתרחיש ההתאדות מן המאצרה הוזנח במרבית המקרים והתרחיש כולו אופיין בפליטה המיידית של פרקציית ה – 5%. הסיבה השניה – ההסתברותית - החשובה לא פחות, מתוארת בסעיף 6 להלן.

(3) משוואת הפיזור הגאוסייאני בה נעשה שימוש (ראה סעיף 10.3), אמנם מתאימה בעיקר לפיזור מתמשך (דהיינו שאינו מיידי), אך על מנת לכסות את המקרים בהם

הפליטה – גם מתקרית דומינו – אינה מיידית ממש (ובפרט כאשר הנוזל נדיף, מה שעלול להאריך במקצת את משך הפליטה הרלוונטי), הונח שהפליטה נמשכת דקות בודדות, מה שהופך את משוואת הפיזור הנ"ל לרלוונטית ביותר. יתר על כן, אי הוודאויות הגדולות מאד המדווחות לרוב בספרות המקצועית, המאפיינות את ערכי סטיות התקן הגאוסיאניות בצירי y,x ו –z גם יחד במשוואות הפיזור המיידי, בהשוואה לתקפות היחסית של ערכי סטיות התקן במשוואת הפיזור המתמשך – כל אלה היטו את הכף, באורח ברור, לטובת השימוש במשוואה הנ"ל.

(4) לאור האמור בסעיף 4.6 (ב) לעיל, ולאור העובדה שאופי הפליטות העיקריות שנסקרו בסקר הוא פליטות שמשכן קצר מאד, שמשמעותן משכי חשיפות בני אדם של לא יותר מ-10 ד' בטווחי המרחקים הנדונים – הרי שבהתייחס לחוק Haber, הונח שערכי PAC3 האקויולנטיים לצורכי הערכות מרחקי הרעילות, גבוהים בפועל בפקטור 6 מאלו המופיעים בטבלאות SCAPA[15] למרות ההקלה הניכרת הגלומה, לכאורה ב"פקטור 6" האמור, ניתן לראות אפילו הנחה זו כמחמירה במקצת, שכן משכי מרבית החשיפות (בייחוד בטווחים הקצרים של פחות מ – 1000 מ'), צפויים להיות נמוכים יותר מ 10 ד' ו"ראויים" לפקטור (הקלה) גבוה יותר.

(5) באשר ל(אי) הכללה לכאורה של תרחישי ייחוס א1 עבור שפך מלא של נוזלים למאצרה <u>שלא</u> עקב תקרית אנרגטית (ראה התייחסות בדוח המתודולוגיה[1] סעיף 3.1) – ראה סעיף 6 להלן.

5.2 <u>חומ"ס מוצקים</u>

נושא פיזור המוצקים בתקריות חמורות, שאוזכר בפרוטרוט בדוח המתודולוגיה[1], עורר שאלות ודיונים רבים במהלך ביצוע סקר הסיכונים המצרפי. אכן מדובר בתרחיש "לא שגרתי", במובן שמשום מה לא נכלל עד כה בסקרי סיכונים מפעליים בישראל, למעט בסקר הסיכונים הנרחב שבוצע בשעתו ע"י הח"מ בששת המפעלים הגדולים באזור התעשייה ברמת חובב[18]. להלן הסברים נוספים לתרחיש זה, שאגב אומץ בהולנד (כידוע, מדינה מובילה בתחום הערכות סיכונים הסתברותיות בכלל והערכות סיכוני תעשייה כימית, בפרט), כתרחיש אותו יש לנתח במסגרת הערכת סיכונים מפעלית כלשהי.

(א) מוצקים עלולים להמריא ולהתפזר לסביבה בכמה תרחישי תקריות

(1) שריפה מגורם כלשהו המתקרבת למאגר חומרים מוצקים ו"מלחכת" אותו (רלוונטי למוצקים אבקתיים וגושניים גם יחד)

(2) פיצוץ חיצוני "רגיל" או כחלק מתקרית "דומינו" (בעיקר – מוצקים אבקתיים)

(3) Dust Explosion - רלוונטי למוצקים אבקתיים. נותח בספרות, בין היתר על רקע אירועים רבים שהתרחשו בעולם; לא נכלל ישירות במתודולוגיה, עקב אי וודאויות רבות באשר לעצם אירועו וספקות באשר לתוצרים

(ב) מטבע הדברים – מוצקים רבים מתאפיינים ברעילות גבוהה

(ג) בדרך כלל, מוצקים "אבקתיים" בעלי $AMAD<30\mu$-35μ (קוטר אוירודינמי) הם אירוסולים ופיזורם ניתן לתיאור סביר במודלים גאוסיאניים פשוטים יחסית.

(ד) גודל גרגר של מוצקים אבקתיים, כפי שהוא רשום על האריזות המקובלות בתעשייה הכימית, מאופיין בתחום ערכים רחב למדי ומתפלג בדרך כלל בפילוג קואזי גאוסיאני.

לדוגמא: מוצק אבקתי בעל "גודל גרגר נומינלי" של μ 50 עלול להכיל פרקציה לא מבוטלת של גרגרים בעלי קוטרμ 20, כמו גם פרקציה של גדלי גרגר בתחום μ 60-70...

(ה) שריפה של מוצקים "גושניים" עלולה לייצר כמות קטנה (או גדולה?) של חלקיקים אירוסוליים בעליAMAD<30μ (לדוגמא: עשן, אפר פחם מרחף וכיו"ב);פרקציות הפליטה האירוסוליות של מוצקים בתקריות שריפה ופיצוץ, תלויות ככל הנראה בתכונות הכימיות/פיסיקליות של המוצק ,ללא קשר בהכרח לגודל הגרגר המקורי. לדוגמא: שריפת פחם (מוצק, גושני) בתחנות כוח, "מייצרת" אפר פחם בקטרי גרגרים הנעים סביב μ 10(ומטה), שמסתו הכוללת מגיעה לכדי לא פחות מ- 10% ממסת הפחם שהוכנסה לשריפה (!)

(ו) גרגרי מוצקים נחשבים respirable כלומר עלולים לחדור בפרקציות שונות לעומק מערכת הנשימה, בדרך כלל מגדלי חלקיקים של 20מיקרון ומטה. חומ"ס מסויימים עלולים למצוא את דרכם לחלקים עליונים ואף תחתונים של מערכת הנשימה גם בגדלי גרגר< 20 מיקרון. הדבר מותנה, בין היתר, במסיסות החומ"ס הספציפי.[16]

(ז) מסיבות לא ברורות, פליטת מוצקים לסביבה בתקריות חמורות לא נחקרה דייה וקשה - עד בלתי אפשרי - למצוא מידע מבוסס, שיאפשר קביעה חדה של פרקציות המוצקים הנפלטות לסביבה בכלל וכאירוסולים בפרט, מכלל התרחישים הנ"ל

(ח) באשר לדיווחי המפעלים במהלך העבודה מול חברות הביצוע – אלו לקו באי וודאויות ואי בהירויות רבות באשר לגדלי הגרגר הרלוונטים לחלק גדול מן המוצקים המצויים בהם.

(ט) בהתבסס על שיקולי כל האמור לעיל ולאור העובדה שפיזור מוצקים עלול להתרחש הן כתקרית שריפה רגילה והן כתקרית הנגרמת מאירועי "דומינו" לסוגיהם, הוחלט ע"י הח"מ לאחד הן את תרחישי הפיזור והן את פרקציות האירוסולים הנפלטות לסביבה בתרחיש המוצקים ולהעמידן, דהיינו את פרקציות האירוסולים, על 3% מכלל כמות המוצקים המועמדת לפיצוץ חיצוני ו/או לשריפה. יתכן, שמדובר בהקלה מסוימת ביחס למוצקים אבקתיים ואולי החמרה מסוימת ביחס לגושניים. כמו כן הוחלט להפחית את ההסתברות השנתית לאירוע פיזור אירוסולים מוצקים בכסדר גודל ומעלה בהשוואה לערכים המומלצים בהולנד (ראה סעיפים 6.3 (ב') ואחרים להלן); וזאת ע"פ המלצת ההולנדים עצמם[20].

(י) הואיל ומבחינה הסתברותית – עיקר המשקל של תרחיש הפיזור של מוצקים נוטה לכיוון השריפה (ראה סעיפים6.2-6.3 להלן) והואיל ושריפות כאלה – ללא קשר לפורמציות המוצקים (דהיינו גושניים, אבקתיים וכיו"ב) – מאופיינות במשכים ארוכים יחסית (בוודאי הרבה יותר מ –"90 השניות" שהונחו עבור תקריות דומינו/תקריות אנרגטיות המשפיעות על פיזור מיידי של נוזלים, כמפורט לעיל), יושמה משוואת הפיזור של פסקוויל-גיפורד המופיעה בסעיף10.3 , עבור פיזור המוצקים, כחלקיקים אירוסוליים. אך יודגש, שבמקרה זה, לא הייתה כל הצדקה ליישום חוק Haber עבור משכי החשיפות של בני אדם לריכוזי החלקיקים המוצקים באוויר, שכן אלה עלולות להימשך הרבה מעל 10 ד'. גישה מחמירה זו הביאה ליישום ערכי PAC3 מן הספרות (כזכור, עבור 60 ד' חשיפה), ללא שינוי.

5.3 <u>אירועי פיצוץ ותקריות דומינו</u>

(א) בדוח המתודולוגיה[1] ניתנה תשומת לב רבה לנושא תקריות ה"דומינו" ואף נבנה מודל כמותי לתיאור תלות מרחק ההשפעה של פיצוץ במיכל חומר דליק ונפיץ על מיכלי חומ"ס סמוכים כפונקציה של כמות החומר הדליק ונפיץ המתפוצץ וחום השריפה שלו ("מרחק ההשפעה" מתייחס למרחק ממוקד הפיצוץ בו עלול להיגרם נזק משמעותי למיכל החומ"ס הנפגע; ראה סעיפים 5.3 ואחרים בדוח המתודולוגיה. כפי שהתברר, מרחקי ההשפעה עלולים להגיע לכדי כמה מאות מטרים, עבור מיכלי חומ"ס דליק ונפיץ המצויים לעשרותיהם במפעלי אזור המפרץ.

(ב) במהלך העבודה התברר כי מרחקים אלו מושגים "בקלות" בכמה וכמה מפעלים ובצרוף העובדה שגם פליטה ממיכלי חומ"ס דליק ונפיץ עלולים להסתיים בפיצוץ המרוחק כדי עשרות מ' לפחות מן המיכל עצמו (מעין תקרית VCE), הוחלט שהימצאות מיכל חומ"ס דליק ונפיץ במפעל (ובוודאי יותר ממיכל אחד, כפי שהתברר במפעלים רבים), דיה בכדי ליצור תנאים לאירוע "דומינו" העלול לגרום לתקרית פליטה מיידית של אחוזים בודדים של חומ"ס נוזלי ממיכלים אחרים שנפגעו (עד כדי 5%) ; ו/או לתקרית פליטת מוצקים הן במוד של פיזור מיידי, חד פעמי והן במוד של שריפה, כפי שתואר בסעיף 5.2 ואחרים לעיל.

6. הסתברויות לאירועי תקריות חמורות ו"הסתברויות מטאורולוגיות"

6.1 החלק ההסתברותי של סקר הסיכונים המצרפי תואר בפרוטרוט בדוח האינטגרציה[2], המצורף לדוח עיקרי זה כנספח ב'. החלק ההסתברותי כולל ייחוס הסתברויות לתרחישים השונים, כמו גם התחשבות מלאה בהסתברויות התנאים המטאורולוגיים, ובייחוד שכיחויות נשיבת הרוח בכיוונים שונים.

6.2 ההסתברויות לתרחישים השונים נלקחו בעיקר מן "הספר הסגול" ההולנדי[17] ומוצגות כמובן בדוח האינטגרציה[2]. מפאת חשיבותן, מוצגות שוב להלן בטבלה 1. מספור תרחישי הייחוס בטבלה מתייחס למספור בסעיף 3 בדוח המתודולוגיה[1]. ניתן להסיק מן הטבלה

(א) ההסתברויות (לתקריות פעוליות בלבד, לא כולל רעידות אדמה, פעילויות עויינות וכיו"ב), בדרך כלל נמוכות ואינן חורגות מ $1x10^{-5}$/שנה

(ב) חריגה בגובהה היא ההסתברות לפליטת מוצקים ($5x10^{-4}$), שנלקחה מן "הספר הסגול" ההולנדי[17], המשקפת את סיכויי הפליטה עקב שריפה המתקרבת למצבור/מחסן המוצקים ובסופו של דבר – מלחכת אותם.

(ג) ההסתברויות לתקריות Flash, VCE ו – Flash Fire נמוכות מאד, כמו גם התפוצצות העלולה לגרום לשרשרת "דומינו".

טבלה 1

הסתברויות שנתיות לאירוע תרחישי ייחוס במקורות סיכון שונים

מס'	התקרית	תרחיש ייחוס	CPR 18 (yr-1)	הערות
1	flash	ד1	$5x10^{-7}-1x10^{-6}$	הסתברות תפעולית, ללא קשר לרעידת אדמה וכיו"ב
2	שפך מיכל אטמוספירי למאצרה	א1, ה'	$5x10^{-6}-1x10^{-5}$	
3	שריפה - מוצקים	ב1, ב2	$5x10^{-4}$	
4	תקרית ריאקטור	ג'	$5x10^{-6}$	
5	התפוצצות גליל/מיכל גז	כללי - דומינו	$1x10^{-6}$	תרחיש המגדיר את עוצמות תרחישים א2 וב3, ראה פרק א' סעיפים 3.2 ו – 3.5
6	חתך גיליוטינה בצנרת מיכל	ה'	$3x10^{-7}$	
7	חור 50 מ"מ במיכל לחץ	ד2, ו'	$5x10^{-6}$	
8	התפוצצות חנ"מ מאוחסן	-	$1x10^{-5}$	אחסון חנ"מ – נדיר ביותר/לא קיים
9	BLEVE	ו'	$1x10^{-5}$	מנתונים בריטיים
10	Pool Fire	ה'	$5x10^{-7}-1x10^{-6}$	תרחישים "מסונפים" לתרחיש ה', ראה פרק א' סעיפים 3.9-3.11 – שפך חומ"ס נוזלי דליק.
11,12	UVCE, Flash Fire	ה'	$2x10^{-6}-3x10^{-6}$	כנ"ל

6.3 ההסתברויות הנ"ל, הובאו בחשבון, בדרך כלל, as is. יחד עם זאת, האופי המיוחד של סקר הסיכונים המצרפי, כפי שתואר לעיל ובדוחות המתודולוגיה והאינטגרציה[1,2] ועוד יתואר להלן, חייב, לעיתים, התאמות מסוימות של הערכים המופיעים בטבלה. להלן פירוט המודיפיקציות

(א) ההסתברות לפליטה מיידית של חומ"ס נוזליים מסיבות שונות (בעיקר עקב תקרית אנרגטית) נקבעה כ $5x10^{-6}$/שנה. ערך זה אמור לכלול, בין היתר, את ההסתברות להיפגעות מיכל אטמוספירי ומיכל בלחץ מארוע פיצוץ במיכל חומר דליק ונפיץ כלשהו במפעל (שורה 5 בטבלה) וגם את ההסתברות לשפך מיכל אטמוספירי שלא מאירוע "דומינו" (שורה 2), הגם ששפך מיכל שלא כתוצאה מאירוע אנרגטי אינו כרוך, וודאי לא בהכרח, בפליטה מיידית בשיעור של 5% לסביבה.

(ב) ההסתברות לפליטת חלקיקים מוצקים אירוסוליים, הופחתה בהשוואה לערך המופיע בטבלה (שורה 3) לכדי $1x10^{-5}$/שנה, הן עקב ההסתברות החריגה (והלא מוסברת), שניתנה לתרחיש זה ע"י ההולנדים, הן עקב העובדה שכאמור, שההולנדים עצמם (בניגוד להנחיותיהם המקצועיות הרגילות) המליצו מפורשות על הסתברות $1x10^{-5}$/שנה בהקשר של סקר הסיכונים המצרפי[20] והן – ובעיקר – עקב אי הוודאויות ההסתברותיות המאפיינות את עצם התרחיש עצמו (שכאמור לא נחקר דיו מבחינת פליטת אירוסולים לסביבה) וגם את הפרקציות העלולות להיפלט בתרחישי שריפה ובתרחישים אנרגטיים גם יחד. גם כך, ההסתברות שהובאה בחשבון כמובן כוללת את ההסתברות לתקרית "דומינו".

(ג) לסיכום נושא זה – ההסתברויות שהובאו בחשבון בשלב האינטגרציה של הסקר המצרפי הן (ביח' yr^{-1})

(1) Pool Fire (Pf) – $1x10^{-6}$

(2) פליטה מיידית של נוזל לסביבה – $5x10^{-6}$ (P, או SP)

(3) $1x10^{-5}$ – BLEVE (B)
(4) פליטה מחתך מלא של צינור או מחור במיכל (T6) – $5x10^{-6}$
(5) $1x10^{-6}$ – Flash (F)
(6) התפוצצות מיכל חומ"ס דליק ונפיץ – $1x10^{-6}$
(7) פליטת מוצקים לסביבה (S) – $1x10^{-5}$

<u>הערות</u>: א. שורה (6) מובאת לאינדיקציה בלבד; שכן הסתברות זו (לרבות VCE) כבר נכללה בשורה (2) ובנפרד – בשורה (7); ב. באשר לסימונים בסוגריים – ראה בין היתר טבלה 5 ומקבילותיה להלן.

6.4 <u>אמצעי מיגון</u>

(א) ראוי לציין, שכפי שהובהר באורח פרטני בהזדמנויות שונות, הרי שלמרות הפרטנות (במידה רבה חסרת תקדים) הן בבחירת התרחישים והן ב"כיסוי" כמעט מלא של אלפי החומרים המסוכנים (לפי היתרי הרעלים המפעליים), מה שהביא לבחינה של למעלה מ- 1500מוקדי סיכון, ברור לחלוטין, שמטבע הדברים לא ניתן היה להתייחס לאמצעי מיגון מיוחדים (או להעדרם!) ולבצע הערכה הסתברותית נפרדת עבור כל מוקד סיכון. ייחוס ההסתברויות לתרחישי הפליטה, השריפה וכיו"ב בוצע אפוא באורח גנרי, עבור כל אחד ממוקדי הסיכון הרלוונטיים, מה שהביא, בין היתר, לכך, שסקר הסיכונים המצרפי הנוכחי איננו יכול (ובפועל, גם איננו צריך) לבטא באורח מדויק הערכות סיכונים מפעליות ספציפיות, בהיותו משמש בעיקר לscreening של סיכונים; וזאת, כאשר הבחינה המעמיקה של מפעלים/מוקדי סיכון מסויימים תתבצע – **לפי הצורך**– (ראה סעיף 10.7 להלן), בשלב הבא של העבודה.

(ב) במילים אחרות - ההקף העצום של הערכות הסיכונים הפרטניות שבוצעו במסגרת שלב א' של הסקר, בוצעו, מטבע הדברים, בגישות ובשיטות חישוב גנריות עדכניות ומקובלות, המתבססות על מיטב הספרות המקצועית העדכנית, לרבות פיתוחים והתאמות מתחייבות של הח"מ. כיאות לסקר סיכונים מצרפי ,שכאמור לעיל, מיועד בעיקר למטרות של screening, ניתוחי הסיכונים אינם כוללים/מתחשבים באמצעי מיגון מיוחדים שעשויים להינקט פה ושם במתקן/מוקד סיכון מסוים, מעבר למקובל בתעשייה הכימית בעולם (ובאופן דומה – גם לא בהעדר אפשרי, פה ושם, של אמצעי מיגון מקובלים); אלא מניחים מתקנים ואמצעי מיגון מקובלים שאירעו בהם כשלים תפעוליים, המאפשרים, בהסתברויות שנתיות נמוכות ביותר, היווצרות תקרית חמורה העלולה להשפיע מחוץ לגבולות המתקן/המפעל. כל אלה, דהיינו הערכות סיכונים ספציפיות למתקן/מוד סיכון מסוים, הם עניין להערכות סיכונים מפעליות פרטניות האמורות להתבצע בכל מקרה בנקודת זמן זו או אחרת ובפרט אם וכאשר יתעורר צורך מיוחד במסגרת ניהול סיכונים מפעלי כמפורט להלן בסעיפים 9.8 ו- 10.6 ואחרים.

(ג) כאן המקום להדגיש את ההבדלים המהותיים בין הערכות הסיכונים המפעליות הכלולות בסקר הסיכונים המצרפי או מתחייבות מתוצאותיו, לבין מרחקי הפרדה הנהוגים במדיניות המשרד להגנ"ס[12]. מרחקי ההפרדה (והערכות הסיכונים ה"פשוטות", עבור "המתקן המסוכן ביותר", המוכתבות לצורך זה ע"י המשרד להגנ"ס) מיועדים לצורכי **תכנון סביבתי ורישוי**, הן של המפעלים עצמם והן של רצפטורים ציבוריים העלולים להתקרב אליהם לאחר הקמתם ו/או הפעלתם. מנגד,

הערכות הסיכונים המפעליות הנכללות בסקר הסיכונים המצרפי ומבססות את תוצאותיו – **אין בינן לבין רישוי המפעלים ולא כלום**, שכן הן עוסקות במגוון תקריות חמורות ומיועדות, כאמור לעיל, לאפשר הצגת "עומסי סיכון" של הרצפטורים הציבוריים השונים. עומסי סיכון גבוהים יחסית (**לאו דווקא בתחומים הבלתי קבילים**!), עשויים לחייב הקדמת ביצוע תוכנית הפחתת סיכונים במסגרת ניהול סיכונים במתקנים נייחים ע"פ הנחיות המשרד להגנ"ס[7] (דהיינו להקדים את ביצוע ניהול הסיכונים בהשוואה לתכנית הרב שנתית הרגילה, הכוללת ממילא את כל "מפעלי Seveso"); וזאת, לאחר ביצוע הערכת סיכונים פרטנית ומקיפה, לרבות התחשבות באמצעי מיגון מעל למקובל המצויים (או לא מצויים) במפעל, שלא לדבר על אמצעי מיגון "מתחת למקובל"..

(ד) במאמר מוסגר יצויין, שחישוב מרחקי ההפרדה, ע"פ מסמך המדיניות של המשרד להגנ"ס[12], הוא "דטרמיניסטי טהור" ועשוי לכלול התחשבות באמצעי מיגון פאסיביים.

6.5 "<u>הסתברויות מטאורולוגיות</u>"

(א) הנושא מפורט בדוח האינטגרציה[2] (סעיף 2.2), המופיע בנספח ב' לדוח זה ("נספח האינטגרציה"). שכיחויות מצבים מטאורולוגיים ובמקרה הנדון – שכיחויות נשיבת הרוח בכיוונים שונים "הולבשו" על ההסתברויות לתרחישים השונים; וזאת, עבור כל תרחיש ותרחיש ב"מוקד סיכון", שנ.צ. המוצא שלו מבחינת פיזור לסביבה ו/או אפקטי קרינה תרמית ממוקדת, "ממוקם" לפי המתודולוגיה[1] ב"מרכז סיכון" כלשהו.

(ב) שושנת הרוחות שנבחרה כ"שושנת ייחוס", נלקחה מתחנת "איגוד ערים חיפה לאיכות הסביבה" (השיקולים לבחירתה כתחנה מייצגת, מפורטים ב"נספח האינטגרציה"). טבלת שכיחויות נשיבת הרוח, המהווה בפועל מעין תצוגה סטטיסטית של שושנת הרוחות, מוצגת להלן (הערכים בטבלה – באחוזים). לדוגמא, השכיחות השנתית של נשיבת הרוח "בכיוון E" (דהיינו מכיוון מזרח (E) לכיוון מערב (W) היא 0.69% ומתוכם כ 0.37% במהירויות רוח נמוכות (0.5-2.0 מ'/שנייה)

(ג) בהמשך לדוגמא בס"ק (ב) – אם נניח שבמוקד סיכון מסוים, תקרית SP (ראה לעיל) תגרום לריכוז PAC3 במרחק 750 מ' ממרכז הסיכון הרלוונטי, אזי בגזרה החמישית מלמעלה, דהיינו גזרת E, תתקבל הסתברות של 0.69% לקבלת 1PAC3 בטבעת 501-800 מ' ועם הכללת ההסתברות ל-(SPכאמור$5x10^{-6}$), נקבל באופן קוואזי-נקודתי הסתברות שנתית של $3.5x10^{-8}$ לקבלת PAC3 בטבעת 501-800 מ'; ויותר מ 1PAC3 בטבעות 301-500 מ' ועוד יותר מכך בטבעת 100-300מ'. הכפולות של PAC3 בטבעות הקרובות יותר למרכז הסיכון, תתקבלנה ביישום משוואות הפיזור, עבור תנאי יציבות F עם מהירות רוח 2 מ'/שניה. באופן זה, מתקבל שהגעה לערך PAC3 בטבעת 501-800 (מיוצגת ע"י רדיוס 650 מ'), משמעותה חשיפה ל - 2PAC3 בערך בטבעת 301-500 מ' ולכ - 6PAC3 בטבעת 100-300מ'.

(ד) שושנת הרוחות עצמה מוצגת בסעיף 2.2 ציור 1 של דוח האינטגרציה (נספח ב'). טבלת השכיחויות, המהווה "דיגיטציה" של שושנת הרוחות ואשר ערכיה הוכנסו כקלט ל-GIS מוצגת להלן (טבלה 2)

טבלה 2

שכיחויות נשיבת הרוח בכיוונים שונים

תחנה: איגוד **תקופה:** 30/08/2013 00:00 - 28/08/2016 00:00

Total	10.0<	8.0-10.0	6.0-8.0	4.0-6.0	2.0-4.0	0.5-2.0	Direction
2.22	0	0	0.01	0.35	0.9	0.96	**N**
0.53	0	0	0	0.01	0.1	0.42	**NNE**
0.16	0	0	0	0	0.02	0.14	**NE**
0.19	0	0	0	0	0.01	0.18	**ENE**
0.69	0.01	0.02	0.1	0.1	0.09	0.37	**E**
12.01	0.04	0.34	1.25	2.51	3.51	4.36	**ESE**
19.08	0	0.03	0.23	1.81	8.9	8.11	**SE**
2.82	0	0	0	0.05	0.96	1.81	**SSE**
0.89	0	0	0.05	0.08	0.25	0.51	**S**
1.32	0	0.01	0.04	0.24	0.52	0.51	**SSW**
2.14	0	0.01	0.03	0.36	0.88	0.86	**SW**
5.62	0.01	0.04	0.3	1.38	2.28	1.61	**WSW**
14.25	0	0.02	0.47	4.01	5.96	3.79	**W**
17.44	0	0.01	0.04	0.75	9.75	6.89	**WNW**
7.44	0	0	0	0.08	3.87	3.49	**NW**
8.05	0	0	0.02	0.66	5.05	2.32	**NNW**
94.85	0.06	0.48	2.54	12.39	43.05	36.33	**Summary**

6.6 <u>הצגה הסתברותית של עומסי הסיכון</u>

(א) "רמות עומס הסיכון" עבור סקר הסיכונים המצרפי, ביח' מקרי PAC3/אדם*שנה נקבעו באופן הבא ((1) – גבוה ; (4) – נמוך) :

(1) $5x10^{-4}$
(2) $1x10^{-4}$
(3) $5x10^{-5}$
(4) $1x10^{-6}$

(ב) בפועל (ראה סעיף 8 ואחרים להלן)- חולקו עומסי הסיכון **לתחומי הסתברויות** כדלקמן

(1) רמה 1 : $1x10^{-4}$-$5x10^{-4}$
(2) רמה 2 : $1x10^{-5}$-$1x10^{-4}$
(3) רמה 3 : $1x10^{-6}$-$1x10^{-5}$

(ג) מבלי להיכנס במישרין לנושא "הסיכון הקביל" (המתייחס, במדינות שונות, לסיכון מקרי מוות בלבד), ניתן בכל זאת להשליך מערכי סיכון אינדיבידואלי קביל במדינות שונות (כגון בריטניה והולנד) לערכים אקויולנטיים של PAC3 ו/או כפולותיו. הואיל וניתוח הנתונים בספרות מראה, שערכי כפולות בודדות של PAC3 "משיקים" לערכי LD1 ומאידך ערך סיכון אינדיבידואלי מרבי קביל לתמותה, נע במדינות מתקדמות בעולם בתחום 10^{-5}-10^{-6}/שנה, אזי ברור שערכי PAC3 המקבילים (דהיינו המייצגים תחומי קבילות בהתאמה), עשויים להימצא בתחומי פי 10-100 בהשוואה לתחום הנ"ל. בנוסף, הואיל וסיכונים אינדיבידואליים בתחום 10^{-7}-10^{-8}/שנה נחשבים זניחים לכל דבר ועניין, לפי קריטריונים בינלאומיים מקובלים, הרי ששיקול דומה של פקטור 10 לפחות, ניתן להיעשות גם עבור ערכי כפולות בודדות של PAC3. תובנות שיקולים אלו עמדו, בין היתר, בבסיס המידרגים המפורטים בס"ק(א) ו(ב) לעיל.

6.7 <u>ערכי קצה לצורכי קבלת החלטות על בסיס תוצאות סקרי סיכונים מצרפיים</u>

(א) החלטה רגולטורית שהתקבלה לאחרונה ע"י המשרד להגנ"ס (ומחייבת, לעניין אינטרפרטציה של התוצאות והסקת המסקנות מסקר הסיכונים המצרפי הנוכחי), קובעת, בהקשר ישיר למהות הסיכונים מחשיפות לכפולות PAC35-10, **ערכי קצה** לצורך קבלת החלטות אופרטיביות בהקשר לתוצאות סקרי סיכונים מצרפיים בכלל והסקר הנוכחי, בפרט (ראה ס"ק (ב) להלן) ; דהיינו בפועל, תחום ערכים של הנע בין PAC3(1-5), **אינו מהווה ערך קצה לקבלת החלטות אופרטיביות** (אך ראה גם סעיף 9.8 (ג) להלן) – בוודאי לא מיידיות. ההחלטות האופרטיביות קשורות, בין היתר, לחיוב מפעל בכניסה לתהליך ניהול סיכונים מיידית/בהקדם, במועד מוקדם יותר ממה שהיה נדרש לעשות ממילא כ"מפעל Seveso" במסגרת ניהול סיכונים לצורך הפחתת סיכונים [7]

(ב) ערכי הקצה שנקבעו אינם ערכים בדידים אלא **טווחים של הסתברויות** כדלקמן

(1) "סיכון קביל", עבור מצב מתוכנן ומצב קיים גם יחד נקבע כחשיפה לריכוזים של 10PAC3 (או יותר) בטווח הסתברויות מרבי של **$1x10^{-5}$-$1x10^{-6}$ / שנה**

(2) בהתאם, סיכון בלתי קביל עבור מצבים כנ"ל יהיה : חשיפה לערך 10PAC3(או יותר), בכל ערך הסתברותי המצוי מעל טווח זה.

(3) תהליכי תיעדוף יחולו על מפעל/מפעלים, במקרה של חשיפות רצפטורים ציבוריים לריכוזים של 5PAC3 (או יותר). עדיפות ראשונה לכניסה לתהליכי ניהול סיכונים

בהקדם, תהיה עבור טווח הסתברויות של **$1x10^{-4}$-$1x10^{-5}$/שנה (ומעלה) לחשיפות הנ"ל.**

(ג) **בהקשר ישיר לאמור לעיל, ראה גם סעיפים 9.8 (ג) ו- 10.2 (ד) להלן**.

7. הבטים גאוגרפיים ודמוגרפיים רלוונטיים של אזור המפרץ ומיקום המפעלים

7.1 להלן מפות אזור המפרץ עם סימונים של מפעלי A ו-B ב"פורמט" של Google Earth. מרבית השטח העשוי להיכלל בהשפעת תקריות (ברמה של חשיפות לערכי PAC3 ומעלה) הוא מישורי, למעט החלק המערבי, בו תקריות חמורות מאד (רק אלה מביניהן היוצרות מרחקי רעילות של אלפי מטרים) וכיווני רוח מתאימים, עלולים להביא את הזיהום המתפזר לכיוון רכס הכרמל, מה שמחזק – לכתחילה וגם בדיעבד – את השימוש בתכנות פיזור פשוטות יחסית, כגון אלו שנבחרו עבור סקר הסיכונים המצרפי.

7.2 מפעלי A ו – B [3] חולקו ע"י המשרד להגנ"ס בין חברות הביצוע ע"פ שיקולים שונים, לאו דווקא היבטי סמיכות גיאוגרפית, באופן שנוצרו 4 מתחמים

(א) מתחם א' (חב' "אקוסייפ") - דשנים, יוניליוור קוסמטיקה, יוניליוור מזון, נובוטייד, דלק, אמישראגז, פז שמנים, ציפויי מתכת עמק זבולון, חן שמואל כימיקלים, רכבת ישראל, תש"ן (קריית חיים), גדות מוספים. מפעל חיפה כימיקלים נבדק גם הוא אך עקב סגירתו – לא נכלל באינטגרציה הסופית).

(ב) מתחם ב' (חב' "אתוס")- אייכנגרין, פוליאוריתאן, גדות ביוכימיה, אטומיק, נמל – מספנות, שטראוס, אקואויל, מילניום, בי"ח רמב"ם, אלקו (רח' היוצק), אלקו (יגיע כפיים), ד"ר מירון, לים סקאל, אלקטרוכלור.

(ג) מתחם ג' (חב' "פז הנדסה")- בזן, סטרוקס,גדות דרום, ליקוריס,נמל חיפה, פזגז, פז, ש.ח. ציפוי מתכות, תש"ן (נמל הדלק), מספנות ישראל, ביטום. מפעל שמן נבדק אך הוסר עקב היותו בפועל מפעל C.

(ד) מתחם ד' (חב' "מרטנס הופמנס") - כאו"ל, גדיב, תרו, דור כימיקלים, סופרגז, פרוטרום, ש.ב.ח, תמ"י, סונול, אוברסיז, חברת החשמל, ח.ל. קירור, קמ"ד תש"ן, גדות מערב, גדות מזרח.

יצויין, כי הרשימה אינה כוללת כמה מפעלים, שהוברר במהלך העבודה שאינם מהווים סיכון, בקונטקסט של סקר הסיכונים המצרפי ו/או במגבלות כמויות החומ"ס המינימליות המפורטת במתודולוגיה[1] (1 טון).

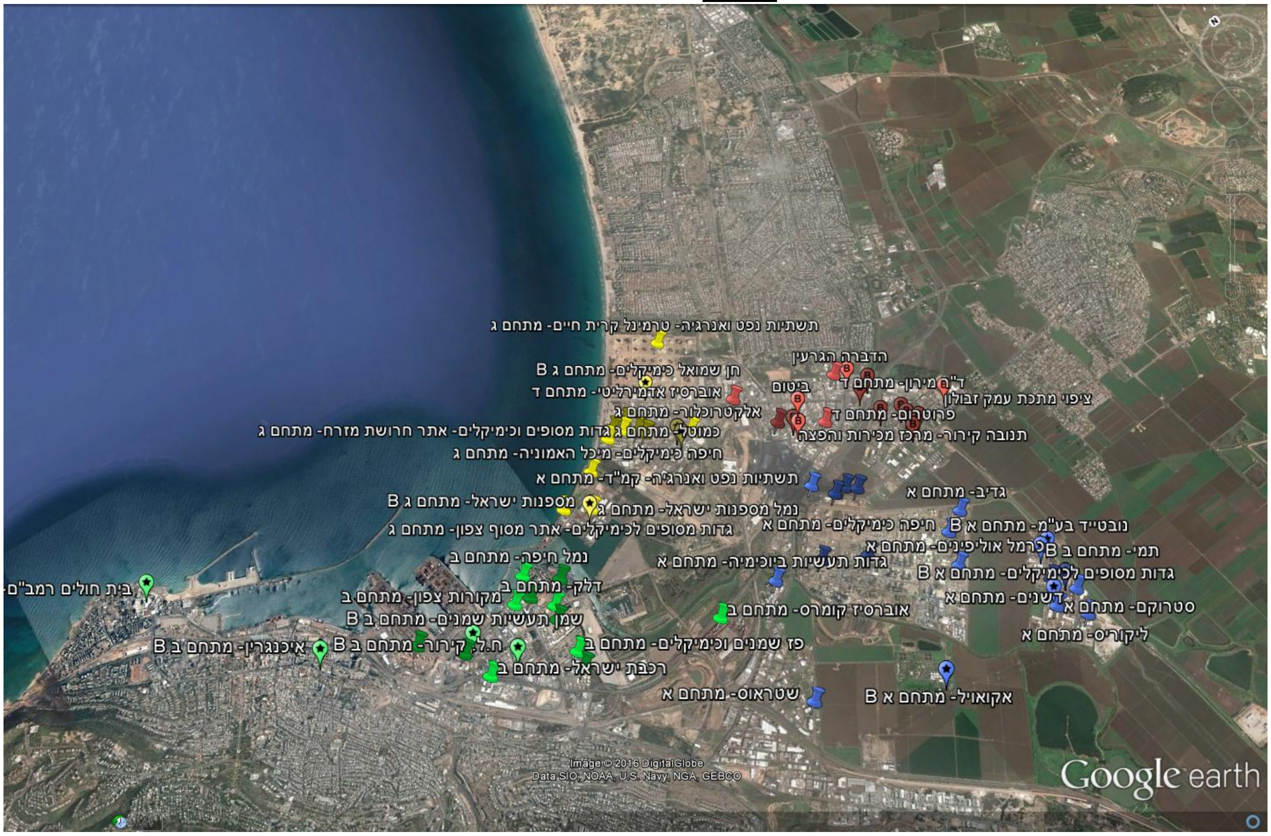
7.3 להלן מפה כללית ולאחריה 4 מפות פרטניות (בקנה מידה קטן יותר, המכסות גזרות ספציפיות)..

7.4 ניתן לראות כי עיקר שטחי המגורים של אוכלוסיה אזרחית העשויים להיות מושפעים במידה זו או אחרת מתקריות חמורות, מצויים בקריות (החלק הצפון מזרחי של מפה 1) וכמובן בחיפה עצמה (החלק הדרום מערבי של מפה 1). שטחים נרחבים בינות לאזורי התעשיה השונים ומחוצה להם הם שטחים חקלאיים, שאינם מוגדרים כרצפטורים ציבוריים[12]. יחד עם זאת, גם בתוך מתחמי אזורי התעשייה, מצויים פה ושם מתחמים מעורבים של "תעשייה ומסחר" שלפחות בחלקם מוגדרים כרצפטורים ציבוריים ועשויים להיכלל במסקנות ובהמלצות הנגזרות מן התוצאות הראשוניות של סקר הסיכונים המצרפי. פירוט נוסף – ראה סעיפים 9 ו - 10 להלן.

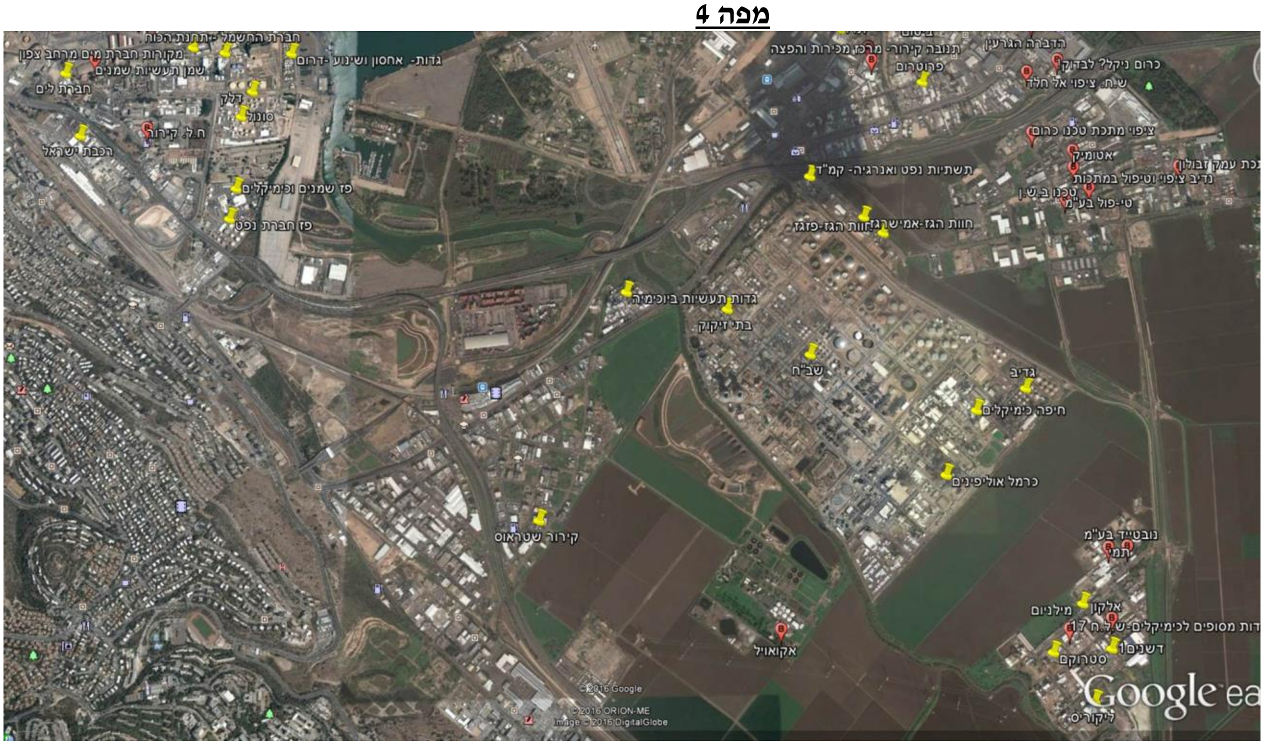
<u>מפה 1 – מראה כללי של אזור המפרץ שנכלל בסקר הסיכונים המצרפי</u>

<u>מפה 2</u>

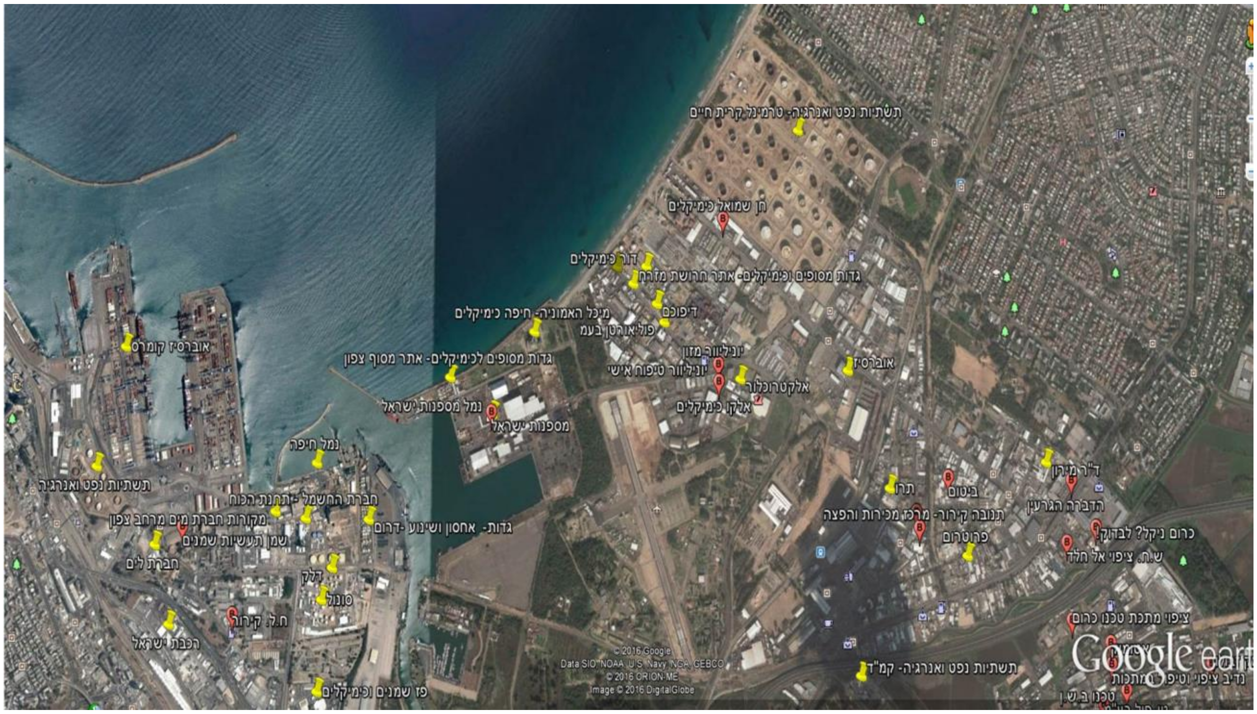
<u>מפה 3</u>



<u>מפה 4</u>



<u>מפה 5</u>



8. הצגת התוצאות המתקבלות באמצעות GIS

8.1 אופני עיבוד התוצאות שהתקבלו מן הסקרים המפעליים והצגתם ע״ג מפות תוך שימוש במתודולוגיות/מערכות GIS **<u>(Geographic Information System)</u>**, נידונו בדוח מתודולוגיית האינטגרציה[2], שחלקים עיקריים שלו מופיעים כאמור בנספח ב׳ לדוח זה.

8.2 ואכן, הצגת התוצאות המתקבלות נעשתה תוך שימוש אינטנסיבי בGIS (לרבות הפעלה מסיבית של מומחי GIS ספציפיים). הכוונה היא להציג ע״ג מפות איזור המפרץ את ״עומסי הסיכון״ המייצגים ״ערכי קצה״, המתקבלים, באופן שניתן יהיה לראות בבירור את תחומי האזורים בהם מתקבלים ״עומסי סיכון״ שונים. מטבע הדברים, הצגת עומסי הסיכון באזורים שונים, מאפשרת בחינה מיידית, האם בכלל מצויים רצפטורים ציבוריים (באופן בו הם מוגדרים במדיניות מרחקי ההפרדה של המשרד להגנ״ס[12]) באזור בו מתקבלים תחומי ״עומס סיכון״ אלה או אחרים; ואם אכן מצויים כאלה – מה טיבם (מגורים, אזורי מסחר, אזורי בילוי וכיו״ב).

8.3 תזרים העבודה לקראת הכללה בGIS ומול מודולי ה - GIS עצמם היה כדלקמן

(א) איסוף ועיבוד נתוני טבלה 9 בדוח המתודולוגיה[1] (נספח א׳) באופן הבא

(1) עבור כל ״מרכז סיכון״ המאופיין במגוון ״אירועי PAC3״ (דהיינו תרחישים ממוקדי סיכון שונים המרכיבים את ״מרכז הסיכון״) המאופיינים, כל אחד בפני עצמו, ב״רצועת ההגעה לPAC3 ״ המחושבת עבורו, יוגדר התרחיש הרלוונטי. ראה גם סעיף קטן (7) להלן.

(2) התוצר המתקבל, עבור כל "מרכז סיכון", בכל אחת מרצועות המרחקים שנבחרו, הוא אפוא מכלול התרחישים/אירועים המובילים לPAC3 באותה רצועה; ובשלב הבא –

(3) סכימת כל ההסתברויות לתרחישים השונים, לכדי הסתברות כוללת לקבלת PAC3 באותו תחום רדיוסים, דהיינו באותה רצועת סיכון, המהווה טבעת קונצנטרית סביב מרכז הסיכון. באופן זה, מאופיין כל מרכז סיכון באוסף טבעות קונצנטריות סביבו כאשר כל טבעת מתאפיינת בערך אחד של מספרי הגעה לPAC3, משוקללים בהסתברויות לכל תרחיש ותרחיש.

(4) מה שמתקבל בפועל, עבור כל "מרכז סיכון" הוא
א."טבלת תרחישים", כדוגמת טבלה 3 להלן
ב. טבלת הסתברויות, כדוגמת טבלה 4 המוצגת לאחריה

(5) בהמשך, שכיחויות נשיבת הרוח לכיוונים השונים "מולבשות" על הטבעות הקונצנטריות של ההסתברויות, באופן המבטל כליל את הקונצנטריות והופך את הטבעות הקונצנטריות למעין **רצועות גליות**, כשבכל אחת מ-16 הגזרות המטאורולוגיות (ראה טבלה 2) נוצר מעין "טרפז הסתברותי אופייני"

(6) בשלב הבא – האחרון – מבוצעת ע"י מערכת ה GIS סופרפוזיציה של כל הרצועות עם ערכי עומסי הסיכון הצמודים לכל רצועה ורצועה (בסה"כ 500-600 רצועות). התמונה המתקבלת עבור כל אזור המפרץ – אלפי מצולעים שונים המאופיינים – כל אחד ואחד - ברמת עומס הסיכון בתחומי המצולע. מודגש שוב, שמטבע הדברים רמת עומס הסיכון באזור מסויים עשוייה/עלולה להיות סופרפוזיציה של כמה וכמה עומסי סיכון, המתקבלים ממרכזי סיכון שונים; זאת, עקב העובדה שכל נקודה/אזור עלולים להיות מושפעים בו זמנית מכמה מרכזי סיכון (חיתוכי הגזרות/טבעות יוצרים את המצולעים).

(7) מתוך טבלת ההסתברויות לערך PAC3 או יותר ניתן לגזור ישירות את ההסתברויות לקבלת 5 PAC3 (או יותר) וכן את ההסתברויות לקבלת 10 PAC3 (או יותר).

8.4 **טבלאות 3 ו-4** להלן מציגות דוגמאות (שם מפעל ונ.צ בדויים) לטבלת תרחישים ולטבלת הסתברויות עבור "מרכז סיכון" כלשהו (שכאמור, עשוי להיות מפעל שלם או חלק ממפעל. הדוגמאות ניתנות עבור מפעל הכולל 6 מרכזי סיכון)

ההסתברויות בטבלה 4 במשבצת מסויימת מציינות את ההסתברות הכוללת, בכל טווח מרחקים ממרכז הסיכון, לחשיפה לPAC3, ממכלול התרחישים המופיעים באותה משבצת בטבלה 3. <u>לדוגמא</u>: מרכז סיכון ג' (שורה שלישית), טווח 100-300: 24 תרחישי פליטת חומ"ס נוזלי, תרחיש שריפת מאצרה אחד. הסתברות כוללת לקבלת 1PAC3 או יותר – $1.4x10^{-4}$

(הערה: יש לשים לב לכך, שטבלת הסתברויות, כזו המופיעה בדוגמא עבור 1PAC3 <u>או יותר</u>, נגזרת ישירות מטבלה של הסתברויות להגעה לערך 1PAC3, שאינה מופיעה בדוגמא)

טבלה 3

טבלת תרחישים – דוגמא (מפעל היפותטי עם 6 "מרכזי סיכון")

מס'/שם מפעל	נ.צ. N	נ.צ. E	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000
תפארת המפרץ	206732	350261	3PF	0	1P	1P	1P	1P
	326720	350263	6P, 1Pf	$6T_6$				
	326715	350268	24P,1Pf	5P	5P	1P	2P	1P
	136732	350265	2Pf, 1P	1P				
	096732	350269	1P					
	126732	350267		1P			1P	

טבלה 4

טבלת הסתברויות – דוגמא (עבור המפעל הנ"ל)

מס'/שם מפעל	נ.צ. N	נ.צ. E	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000
תפארת המפרץ	206732	350268	1.3x10-5	7x10-6	2x10-6	2x10-6		
	326720	350265	3.6x10-5	1.2x10-5				
	326715	350269	1.4x10-4	3.5x10-5	2x10-5	5x10-6	1x10-5	1.5x10-5
	136732	350267	9x10-6	5x10-6	2x10-6			
	096732	350263	5x10-6	2x10-6				
	126732	350261		5x10-6			5x10-6	1x10-5

8.5 הסברים נוספים לעניין יישומי הGIS בהם נעשה שימוש נרחב בסקר הסיכונים המצרפי מצויים בנספח האינטגרציה (נספח ב' לדוח זה)

9. תוצאות עיקריות

9.1 בסעיף זה תתוארנה התוצאות הכמותיות העיקריות של סקר הסיכונים המצרפי.

9.2 התוצאות מוצגות ב – 3 פורמאטים

(א) טבלאות תרחישים והסתברויות עבור כל מתחם (ראה סעיף 8.3 לעיל)

(ב) מפות סופיות – כוללניות – של קונטורי "עומס סיכון" עבור כל המתחמים גם יחד, דהיינו מפות אינטגרטיביות כוללניות של כל איזור המפרץ וזאת עבור, 5PAC3 או יותר ו – 10PAC3 או יותר.

9.3 להלן טבלאות התרחישים (טבלאות 5-8) וההסתברויות (טבלאות 9-12) עבור המתחמים השונים, כאשר מטעמים מובנים, לא יוצגו כאן שמות המפעלים עצמם.

9.4 לאחר הטבלאות מוצגות מפות ה GIS דהיינו מפות הקונטורים ההסתברותיים של עומסי הסיכון. מפות א'-ב' מציגות את קונטורי הסיכון הכוללניים, דהיינו של כל 4 המתחמים "מולבשים" זה ע"ג זה, במוד של "סופרפוזיציה של מתחם על מתחם". המפות, כולן בפורמאט של x או יותר כפולות של PAC x= 5, 10)3).

9.5 ניתן לראות בעליל כיצד השטחים, הכחולים והחומים מצטמצמים משמעותית במעבר ממפה א' למפה ב'. מיותר לציין, ש**תהליך זה אמנם צפוי מבחינה מקצועית/מדעית, אך בד בבד עם הציפיות – גם מוצא את ביטויו החזק בשיטות החישוב ותצוגת הנתונים של הסקר המצרפי, באופן התורם רבות לאמינות המתודולוגיה – הן של איסוף הנתונים**

וההערכות המפעליות והן - ובעיקר - של מתודולוגיית האינטגרציה ושל היישום בפועל של מתודולוגיה זו.

9.6 <u>היבטים דמוגרפיים – רצפטורים ציבוריים וישויות שאינן נחשבות רצפטורים ציבוריים.</u>

(א) מפות א׳-ד׳ מציגות את הרצפטורים הציבוריים הקיימים והמתוכננים באיזורים הנכללים ב״השפעות״ השונות של סקר הסיכונים המצרפי. מצולעי הרצפטורים הציבוריים והמקרא, המשותף ל-3 המפות, המופיע בטבלה 13, שורטטו ונערכו ע״י יחידת התכנון במחוז חיפה של המשרד להגנ״ס.

(ב) הרצפטורים הציבוריים חולקו ל-3 קבוצות עקריות כדלקמן

(1) איזורי מגורים

(2) איזורי מסחר

(3) איזורים משולבים – תעשיה ומסחר

וזאת, תוך אבחנות ראשוניות בין

(4) איזורים עם שימושים קיימים

(5) איזורים עם שימושים מתוכננים, שתכנונם אושר

(6) איזורים עם שימושים מתוכננים שתכנונם עדיין לא אושר ו/או המצויים בהליכי אישור.

(ג) למען הסר ספק, הובהר ע״י מתכנני מחוז חיפה

(1) גם באזורים הנחשביים כתעשייתיים לכל דבר ועניין (ואין בהם סימון של רצפטורים ציבוריים במפות א׳-ד׳) עלולים להימצא, פה ושם, מקומות מסחר (כדוגמת חנויות) קטנים מאד, בין קיימים ובין מתוכננים. מדובר באיזורי מסחר שאינם קולטי קהל רב (20-30 איש בו זמנית). אלה עשויים להיות מובאים בחשבון בשלבים הבאים של פרויקט הסקר המצרפי.

(2) אזורי רצפטורים ציבוריים המופיעים במפות א׳-ד׳, גובלים בפועל זה בזה ועל כן יתכן שיאוחדו לאיזורים גדולים; וגם זאת, בשלבי הפרויקט הבאים.

9.7 בהתבסס על מידע מן המשרד להגנ״ס, די בניתוח ראשוני של מפות א׳-ד׳ ע״מ להיווכח

(א) במפת ה 10PAC3 (או יותר), באזור הבוחן קבילות (דהיינו אזור הצבע הכחול במפה), מסתמנת ״חפיפה״ לרצפטור 42 (אזור מסחר ותעסוקה מאושר בפרברי קריית אתא) האזור זה אושר בתוכנית לתעשייה בלבד ללא מסחר ואינו מהווה רצפטור ציבורי.

(ב) במפת ה 5PAC3(או יותר) בהסתברויות גבוהות (האזור הכחול במפה המשמשת לתעדוף לניהול סיכונים), קיימים הרצפטורים הבאים -

(1) רצפטור 23 נמצא באזור כחול ומשמש למסחר, נציין כי כלל האזור מאושר לשימושים מעורבים לאור המצב הסטטוטורי המיוחד של מטרופולין חיפה ולכן תהיה התייחסות למצב הרצפטורים בפועל – רצפטור 23 בלבד כאמור.

(2) רצפטור 3 ״נושק״ לשטח כחול ובו מאושר פארק מורד הקישון.

(3) כתם כחול הנכנס במעט לרצפטור 15 הינו רצפטור מאושר למסחר בלבד.

(4) באופן טבעי רצפטור 42 מושפע מן האזור הכחול, כפי שצוין בסעיף הקודם, אך ככל הנראה, אזור ההשפעה אינו משתנה כלל ולפחות לא במידה משמעותית.

9.8 בהמשך לניתוח הראשוני בסעיף 9.7 לעיל, ניתן לקבוע

(א) אם נבחר (טנטטיבית) לראות במפות ה 5PAC3 או יותר, כמפות הסף לתחילת הופעת מקרי מוות מיידיים, ניתן לראות כי כל הרצפטורים הציבוריים הרלוונטיים,

הנמצאים ב"איזורים החומים", חשופים לעומסי סיכון לחשיפות ברמה של למעלה מ 5PAC3 - בהסתברות פחותה מ $1x10^{-5}$/שנה, מה שמבטיח, שגם אם רצפטורים בודדים נחשפים ללמעלה מ – 10PAC3 בהסתברות זו – עדיין הם מצויים בתחומי סיכון אינדיבידואלי קבילים מבחינת סיכוני תמותה, בוודאי ל"מצב קיים" (לדוגמא: הסיכון האינדיבידואלי המרבי הנחשב כקביל בהולנד למקרי מוות הוא 10^{-6}/שנה ו־10^{-5}/שנה, למצב מתוכנן ולמצב קיים, בהתאמה).

(ב) בכל מקרה וכהרחבה לאמור בסעיף 6.7 לעיל, הוחלט בשיתוף המשרד להגנ"ס (כהנחייה רגולטורית של המשרד), לדון את התוצאות של מפות 10 PAC3 או יותר, במונחי "קבילות" (למרות שאין בנמצא בישראל ספי קבילות מקובלים עבור סיכונים אינדיבידואליים לתמותה), כאשר, מטבע הדברים, ההסתברויות ב"אזור הכחול" מצביעות על סיכון בלתי קביל (עקב תופעות תמותה אפשריות, התלויות בכל חומ"ס לגופו, אמנם ברוב המכריע של המקרים - פחות ואף הרבה פחות מ – 100% תמותה), בעוד שמפות 5PAC3 או יותר ממקדות את ההסתכלות במונחי **תיעדוף ליישום תכניות ניהול סיכונים** (ראה סעיף 10.7 להלן), תחילה במפעלים הספציפיים הגורמים לסיכונים הגבוהים יותר בתוך תחומי האזורים הכחולים.

(ג) בכל מקרה, לדעת הח"מ ברור לחלוטין **שחרף האמור בסעיף 6.7 לעיל, אזי אם ימצא בתחומי אזור המפרץ חומר מסוכן "מיוחד" שאודותיו, לדוגמא, מתברר (או אף נוצר חשש) שחשיפה לכפולות בשיעור 2-3 PAC3, או אף בשיעור של PAC3 "מספיקה" ע"מ להגיע ל"סף סיכון לתמותה" (דהיינו הסתברות לאחוזים בודדים או אף 1% של תמותה, בערכי חשיפה נמוכים מ – 5PAC3 ובהסתברויות היוצרות "אזור כחול", או תורמות משמעותית להיווצרותו), או לסף סיכון בריאותי משמעותי שאינו תמותה, הרי שנושא זה אמור להיות מטופל מיידית אד הוק, באופן שהמפעל/מתקן הרלוונטי "ייכנס" בהתאם,לתהליך תיעדוף לצורך ביצוע בהקדם של ניהול סיכונים/הפחתת בתחומיו.**

<u>טבלה 5</u>

<u>מתחם א' - תרחישים</u>

מס'	נ.צ. (מרכז סיכון)	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000
.1	########	0	0	0	0	0	0
	########	Pf2	0	0	0	0	0
	########	Pf4	0	0	0	0	0
.2	########	0	0	0	0	0	0
.3	########	P8	P2	P5	P2	P32S,	0
	########	$1T_7$	2P, $1T_7$	$1T_7$	1P, $1T_8$	0	3 T_6
	########	0	$1T_8$	0	0	1S, $1T_7$	$1T_7$
	########	0	0	S21P,	0	S, 1P10	0
.4	########	4Pf	0	0	0	0	0
.5	########	P6S, 1	2P, 1S	S1	0	0	0
.6	########	1P	1P,1S	1P			
.7	########	1S, 2FF(VCE)	3F	1P	1P	0	0
	########	$1T_7$	0	0	0	0	0
	########	1S, 2R, $1T_6$	$2T_6$	0	0	0	0
.8	########	1S	0	0	1S	0	0
.9	########	1B, 1P	1B	0	0	1P	0
	########	R1	1R, 3P, 1B, $1T_8$	0	1B, $1T_8$, 1P	1P	$1T_7$, $1T_8$
	########	1P, 1S, 3B	2P	1P, 1R, 3B, 4PF,$3T_7$	2P	1P, 3S	4P
	########	3P	0	0	0	0	0
.10	########	3P, 4S, 1R	2P, 1R	2P	2S	1P, 1S	0
	########	7P,4S	0	0	0	0	0
	########	0, $3T_8$	0	0	0	0	0
.11	########	1P, $1T_7$	1P	0	0	1S	0
.12	########	, $1T_7$0	0	$1T_7$, $2T_8$	1P, $3T_7$, $2T_8$	2P, $1T_6$	$2T_6$
.13	########	1PF,$1T_7$	0	$1T_7$	0	P4	0
	########	2PF,$1T_7$	0	0	P2	0	0
	########	$1T_7$	0	P5	0	0	0

<u>הערת שוליים לטבלה 5</u> : מפעל מס' 9 הוא "חיפה כימיקלים", שנסגר בינתיים. לא נמחק מרשימת התרחישים, ע"מ להראות את היותו עתיר תרחישים ועקב כך – יחסית עתיר סיכונים. ניתן לראות שבטבלה 9 (הסתברויות) אופסו כל ההסתברויות המשוייכות אליו

טבלה 6

מתחם ב' - תרחישים

נ.צ. (מרכז סיכון)	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000
########	7P	0	0	0	0	0
########	1B	0	0	0	0	0
########	1S,2P	0	0	0	0	0
########	1S,2P	0	0	0	0	0
########	0	0	1S	0	0	0
########	0	0	1S	0	0	0
########	1P	0	0	0	0	0
########	0	0	0	1P	0	0
########	1B	1S,1P	1S,4F	1P	P2	0
########	2S,6P	2P	1S	1S	0	1S
########	3P	1FF	0	0	0	0
########	0	0	0	0	0	0
########	2S,2P,1B	0	1P	0	0	0
########	30S,33P	8P,2S	0	0	0	0

טבלה 7

מתחם ג' - תרחישים

נ.צ. (מרכז סיכון)	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000
########	2P	0	P1	0	R1	0
########	2S,1R	0	1S,1R	1S	0	0
########	2Pf, 8B	0	0	0	0	0
########	P3	3P	0	FF2	1P, 1FF	0
########	3Pf	0	0	1P	1P	0
########	0	0	2F	2P	0	2F
########	9Pf	0	0	0	0	1P
########	0	0	0	0	0	0
########	1S,42P 1Pf	2S,2P	9P	1S	2P,2S	0
########	0	0	0	0	0	0
########	P3	P1	P2	0	0	0
########	0	0	0	0	0	0
########	“1P”	0	0	0	0	0
########	1P, 1Pf	0	0	0	0	0
########	4Pf	0	0	1P	0	0
########	1P, 4S	2P, 4Pf, 2S	0	2S	1P	0
########	2P,S16	2R,2P, 8S	6S,1R	3R, 2S	1R,1S	0

טבלה 8

מתחם ד' - תרחישים

נ.צ. N	נ.צ. E	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000
########	########	3Pf,2P	1P,1FF	1FF	1FF	0	0
########	########	6P, 6Pf	6FF	0	0	0	0
########	########	20P,2Pf,4S, 1FF	5P,1S	4P	1P	2P	1S,1P
########	########	2Pf, 1P,1FF	1P,	1FF	0	0	0
########	########	1P	1FF	0	0	0	0
########	########	0	1P	0	0	1P	2P
########	########	3S, 6P		2P	$2T_6$, 1P(F)		
########	########	49P, 2PF,2S	17P	12P	8P	1P	2P
########	########	1Pf	1Pf	1P	0	0	1P
########	########	2Pf	0	1P	0	1P	0
########	########	1P	1P	0	0	0	0
########	########	4S,3P	S,7P2	S,19P3	S,3P4	2S	0
########	########	2P	0	0	0	0	0
########	########	1S,10P	4P	4P	0	0	0
########	########	2P,1Pf, 6B, 1FF	1B	0	0	0	0
########	########	1S, 5P 3Pf	1S	0	0	0	0
########	########	1P	0	0	0	0	0
########	########	$1T_6$,P1 1B, 1Pf	$1T_6$,1F	2P	0	0	0
########	########	1P (F)	1P(F)	$1T_6$	0	0	0
########	########	7(VCE, FF)	7(VCE,FF)				
########	########	15B, P,15(VCE) 2 6Pf	2P, 5(VCE), 5B	0	0	0	0
########	########		Temp. Gen.	0	0	0	0
########	########	24P	P3	P1	P1		P1
########	########	3Pf (sp)	0	3S (sp)	4x10-6	0	0
########	########	1S,1P, 3Pf	0	0	0	1S	0
########	########	1S	1S	0	0	1F (sp)	

<u>טבלה 9</u>

<u>מתחם א' – הסתברויות שנתיות</u>

נ.צ. (מרכז סיכון)	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000	מעל 4000
########	0	0	0	0	0	0	0
########	2x10-6	0	0	0	0	0	0
########	x10-64	0	0	0	0	0	0
########	0	0	0	0	0	0	0
########	4x10-5	1x10-5	2.5x10-5	1x10-5	3.5x10-5	0	0
########	5x10-6	1.5x10-5	5x10-6	1x10-5	0	1.5x10-5	0
########	0	5x10-6	0	0	1.5x10-5	5x10-6	0
########	0	0	1.5x10-5	0	1x10-4	0	0
########	4x10-6	0	0	0	0	0	0
########	4x10-5	2x10-5	1x10-5	0	0	0	0
########	5x10-6	1.5x10-6	5x10-6				
########	1.2x10-5	3x10-6	5x10-6	5x10-6	0	0	0
########	5x10-6	0	0	0	0	0	
########	2.5x10-5	1x10-5	0	0	0	0	
########	1x10-5	0	0	1x10-5	0	0	0
########	0	0	0	0	0	0	0
########	0	0	0	0	0	0	0
########	0	0	0	0	0	0	0
########	0	0	0	0	0	0	0
########	0	0	0	0	0	0	0
########	6x10-5	1.5x10-5	1x10-5	2x10-5	1.5x10-5	0	0
########	7.5x10-5	0	0	0	0	0	0
########	1.5x10-5	0	0	0	0	0	0
########	1x10-5	5x10-6			1x10-5		
########	5x10-7	0	1.5x10-6	3x10-6	1.5x10-6	1x10-6	5x10-7
########	6x10-6	0	5x10-6	0	2x10-5	0	0
########	1x10-5	0	0	1x10-5	0	0	0
########	5x10-6	0	2.5x10-5	0	0	0	0

טבלה 10

מתחם ב' - הסתברויות שנתיות

נ.צ. (מרכז סיכון)	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000
########	3.5x10-5	0	0	0	0	0
########	1x10-5	0	0	0	0	0
########	2x10-5	0	0	0	0	0
########	2x10-5	0	0	0	0	0
########	0	0	3x10-6	0	0	0
########	0	0	3x10-6	0	0	0
########	5x10-6	0	0	0	0	0
########	0	0	0	5x10-6	0	0
########	1x10-5	1.5x10-5	3x10-5	5x10-6	1x10-5	0
########	4x10-5	1x10-5	1x10-5	1x10-5	0	1x10-5
########	1.5x10-5	2x10-6	0	0	0	0
########	0	0	0	0	0	0
########	4x10-5	0	5x10-6	0	0	0
########	4.6x10-4	6x10-5	0	0	0	0

טבלה 11

מתחם ג' – הסתברויות שנתיות

נ.צ. (מרכז סיכון)	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000	מעל 4000
########	1x10-5	0	5x10-6	0	5x10-6	0	0
########	1.5x10-5	0	1.5x10-5	1x10-5	0	0	0
########	9x10-5	0	0	0	0	0	0
########	1.5x10-5	1.5x10-5	0	4x10-6	7x10-6	0	0
########	3x10-6	0	0	5x10-6	5x10-6	0	0
########	0	0	2x10-6	1x10-5	0	2x10-6	0
########	9x10-6	0	0	0	0	5x10-6	0
########	0	0	0	0	0	0	0
########	2.2x10-4	1.1x10-5	4.5x10-5	1x10-5	3x10-5	0	0
########	0	0	0	0	0	0	0
########	1.5x10-5	5x10-6	1x10-5	0	0	0	0
########	0	0	0	0	0	0	0
########	5x10-6	0	0	0	0	0	0
########	6x10-6	0	0	0	0	0	0
########	4x10-6	0	0	5x10-6	0	0	0
########	4.5x10-5	3.4x10-5	0	2x10-5	5x10-6	0	0
########	1.6x10-4	9.1x10-5	6.5x10-5	3.5x10-5	1.5x10-5	0	0

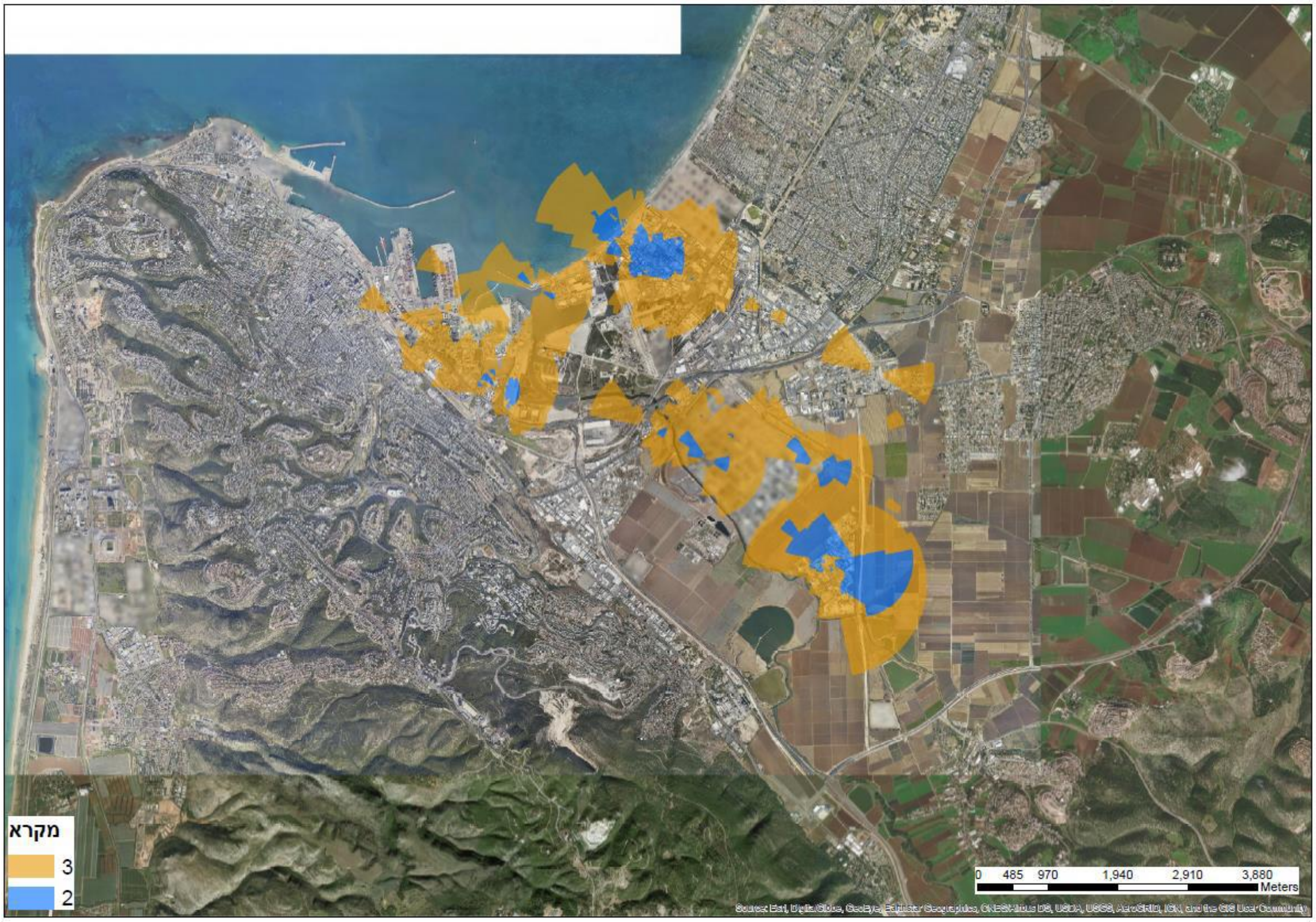
<u>טבלה 12</u>

<u>מתחם ד' - הסתברויות שנתיות</u>

נ.צ. N	נ.צ. E	100-300	301-500	501-800	801-1300	1301-2000	2001-4000
########	########	1.3x10-5	7x10-6	2x10-6	2x10-6	0	0
########	########	3.6x10-5	1.2x10-5	0	0	0	0
########	########	1.4x10-4	3.5x10-5	2x10-5	5x10-6	1x10-5	1.5x10-5
########	########	9x10-6	5x10-6	2x10-6			
########	########	5x10-6	2x10-6	0	0	0	0
########	########		5x10-6	0	0	5x10-6	1x10-5
########	########	6x10-5		1x10-5	1.1x10-5		
########	########	2.7x10-4	8.5x10-5	6x10-5	4x10-5	5x10-6	1x10-5
########	########	1x10-6	1x10-6	1x10-6	0	0	5x10-6
########	########	2x10-6	0	5x10-6	0	5x10-6	0
########	########	5x10-6	5x10-6	0	0	0	0
########	########	5.5x10-5	5.5x10-5	1.2x10-4	5.5x10-5	2x10-5	
########	########	1x10-5	0	0	0	0	0
########	########	6x10-5	2x10-5	2x10-5	0	0	0
########	########	7.3x10-5	1x10-5	0	0	0	0
########	########	3.8x10-5	1x10-5	0	0	0	0
########	########	5x10-6	0	0	0	0	0
########	########	2.1x10-5	6x10-6	1x10-5	0	0	0
########	########	1x10-6	1x10-6	5x10-6	0	0	0
########	########	1.4x10-5	1.4x10-5	0	0	0	0
########	########	1.9x10-4	5.2x10-5	0	0	0	0
########	########	0	0	0	0	0	0
########	########	1.2x10-4	1.x10-5	5x10-6	5x10-6	0	5x10-6
########	########	3x10-6	0	3x10-5	4x10-6	0	0
########	########	1.8x10-5	0	0	0	1x10-5	0
########	########	1x10-5	1x10-5	0	0	1x10-6	0

מפה א׳

תחומי הסתברויות לקבלת 5xPAC3 או יותר



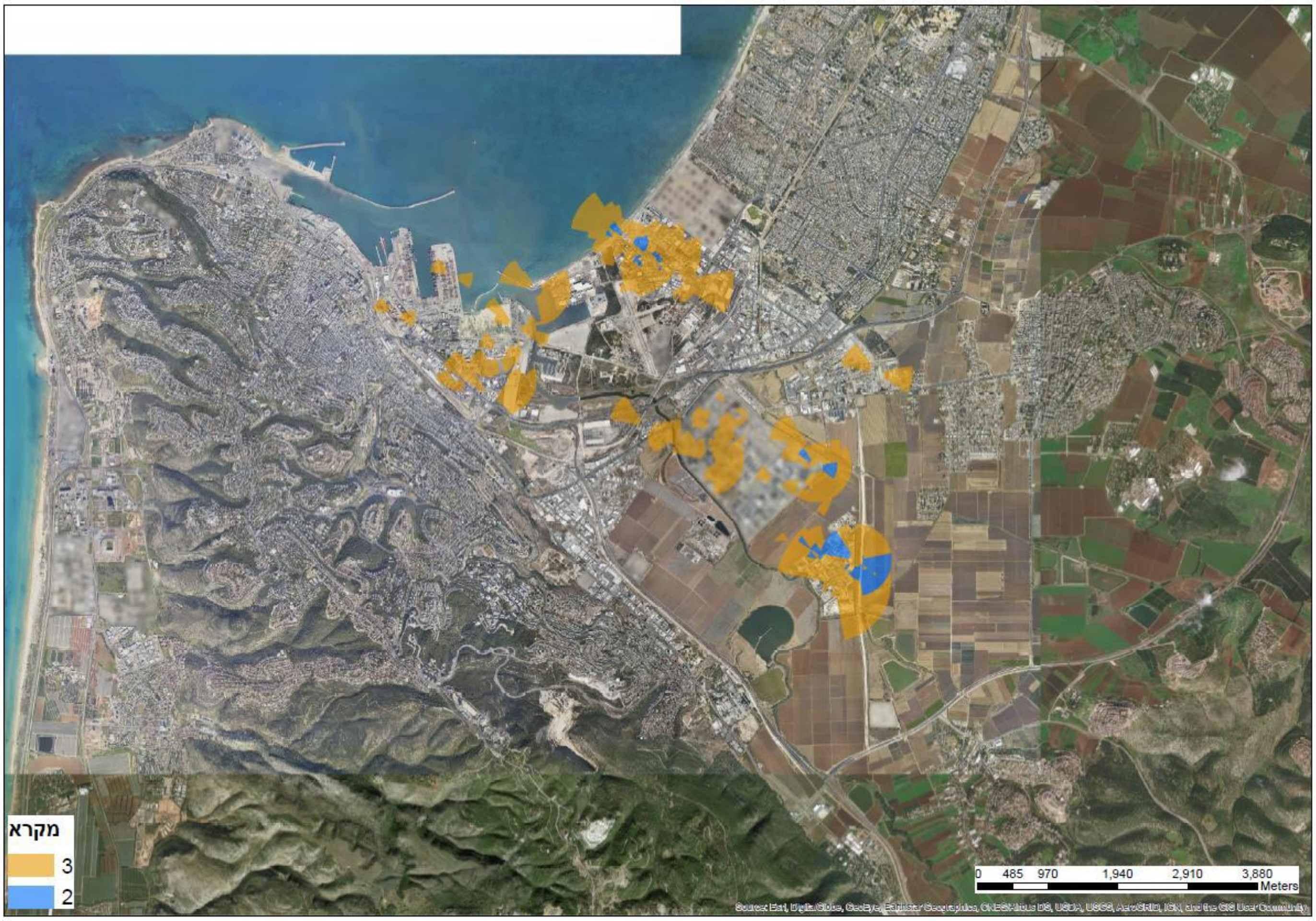
משמעות הצבעים: תחומי הסתברויות כוללים לחשיפה ל 5PAC3 או יותר

רמה 2 (כחול): $1x10^{-4}$-$1x10^{-5}$

רמה 3 (חום): $1x10^{-5}$-$1x10^{-6}$

<u>מפה ב'</u>

<u>תחומי הסתברויות לקבלת 10xPAC3 או יותר</u>



<u>משמעות הצבעים: תחומי הסתברויות כוללים לחשיפה ל 10PAC3 או יותר</u>

<u>רמה 2 (כחול):</u> $1x10^{-5}$-$1x10^{-4}$

<u>רמה 3 (חום):</u> $1x10^{-6}$-$1x10^{-5}$

טבלה 13

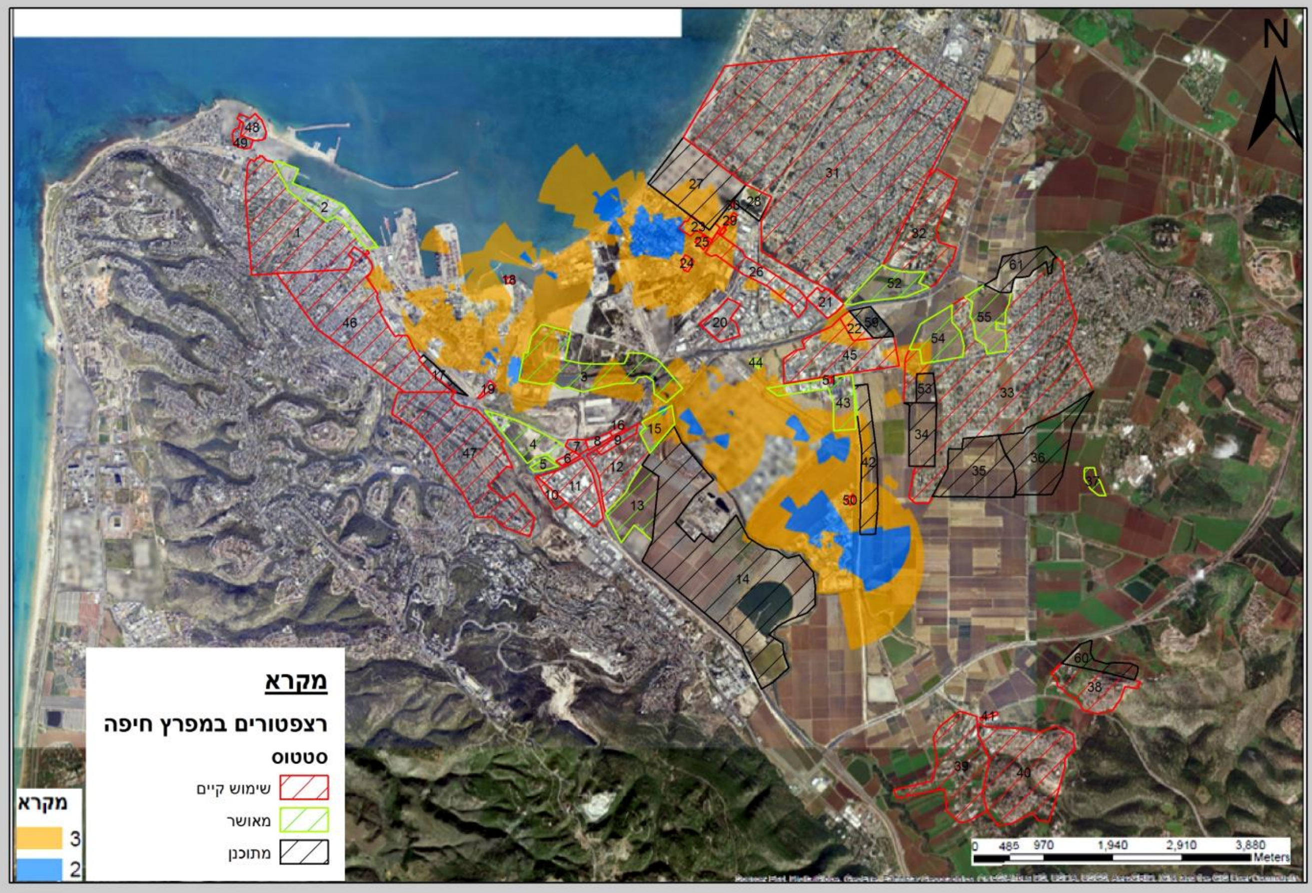
מקרא רצפטורים ציבוריים (קיימים ומתוכננים) למפות ג' – ד'

רצפטורים במפרץ חיפה

סטטוס	שימושים_ייעודים	שם	* מספר
שימוש קיים	מגורים מסחר	העיר התחתית	1
מאושר	מסחר מלונאות בילוי ונופש	חזית הים העירונית	2
מאושר	פנאי ונופש	פארק מורד הקישון	3
מאושר	תעסוקה ומסחר	<Null>	4
מאושר	תעסוקה ומסחר	<Null>	5
שימוש קיים	תעסוקה ומסחר	<Null>	6
שימוש קיים	תחבורה	מרכז התחבורה	7
שימוש קיים	מסחר	לב המפרץ	8
שימוש קיים	תעשייה קלה משולב עם מסחר ומכללות	<Null>	9
שימוש קיים	מסחר	<Null>	10
שימוש קיים	תעשייה ומלאכה קלה משולב עם מסחר	<Null>	11
שימוש קיים	תעסוקה ומסחר תעשייה קלה	<Null>	12
מאושר	מסחר ותעסוקה	<Null>	13
מתוכנן	פארק אינטנסיבי	פארק מטרופוליני	14
מאושר	מסחר תעשייה ותעסוקה- מאושר	<Null>	15
שימוש קיים	תעשייה קלה ומסחר	<Null>	16
מתוכנן	<Null>	מגורים ומסחר מתוכנן	17
שימוש קיים	<Null>	מועדון השייט	18
שימוש קיים	מסחר ותעשייה קלה	<Null>	19
שימוש קיים	מסחר	חוצות המפרץ	20
שימוש קיים	מסחר	<Null>	21
שימוש קיים	מסחר	<Null>	22
שימוש קיים	מסחר ומועדונים	<Null>	23
שימוש קיים	מסחר	<Null>	24
שימוש קיים	מסחר ואולם אירועים	<Null>	25
שימוש קיים	מסחר	חלוצי התעשייה	26
מתוכנן	מגורים ותעסוקה מתוכנן	חוות המיכלים	27
מתוכנן	מגורים ותעסוקה מתוכנן	אצטדיון קרית חיים	28
שימוש קיים	מסחר ומלאכה	<Null>	29
שימוש קיים	מסחר	<Null>	30
שימוש קיים	אזור ישוב	קריית חיים מוצקין ביאליק	31
שימוש קיים	מגורים מאושר	כפר ביאליק וקרית ביאליק	32
שימוש קיים	אזור ישוב	קרית אתא	33
מתוכנן	מגורים מתוכנן	מגורים מתוכנן	34
מתוכנן	מגורים מתוכנן	מגורים מתוכנן	35
מתוכנן	מגורים מתוכנן	מגורים מתוכנן	36
מאושר	מגורים מתוכנן	כפר מכבי הרחבה	37
שימוש קיים	אזור ישוב	איבטין	38
שימוש קיים	מושב-מגורים	כפר חסידים	39
שימוש קיים	<Null>	רכסים אזור ישוב	40
שימוש קיים	מסחר ומלאכה	רכסים	41
מתוכנן	מסחר ותעסוקה	קרית אתא_מאושר	42
מאושר	תעשייה ומסחר	אזור מתוכנן	43
מאושר	מאושר	מבני ציבור מאושרים	44
שימוש קיים	מסחר ותעשייה קלה מאושר	אזור תעשייה קרית אתא	45
שימוש קיים	<Null>	ואדי סליב-הדר- חליסה	46
שימוש קיים	אזור ישוב	נווה שאנן נווה יוסף	47
שימוש קיים	בית חולים	רמב"ם	48
שימוש קיים	מגורים ומסחר	בת גלים	49
שימוש קיים	מבנה ציבור	בית ספר דשנים- חינוך טכנולוגי	50
שימוש קיים	מבנה ציבור	גן ילדים- שילובים	51
מאושר	מגורים מאושר	כפר ביאליק וקרית ביאליק	52
מתוכנן	מגורים	קרית אתא	53
מאושר	מגורים	קרית אתא	54
מאושר	מגורים	קרית אתא	55
מתוכנן	שטח פתוח	יער ברנדס	59
מאושר	מגורים מתוכנן	איבטין	60
מתוכנן	מגורים מתוכנן	קרית אתא	61

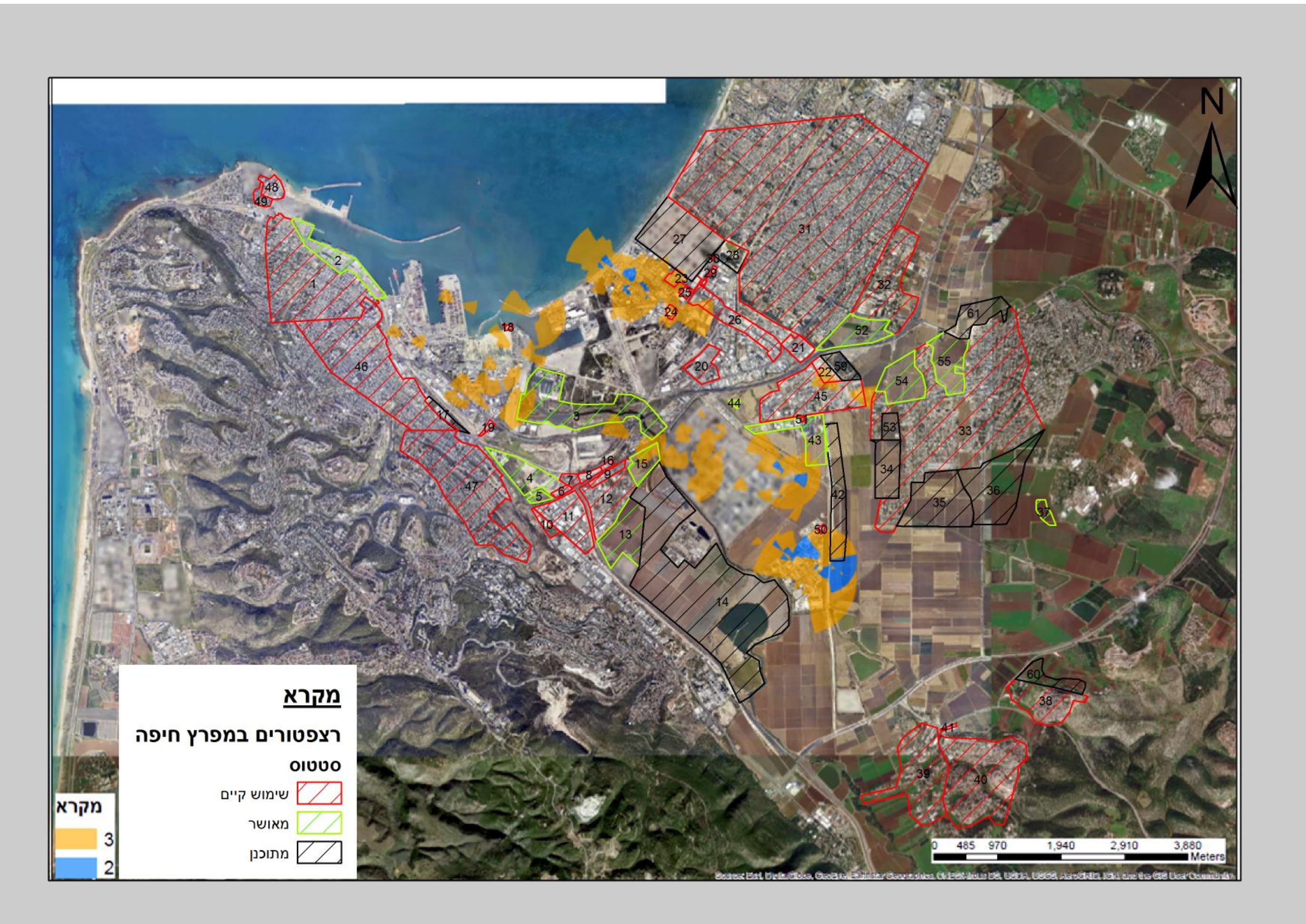
מפה ג'

תחומי הסתברויות לקבלת 5xPAC3 או יותר עם מיפוי של רצפטורים ציבוריים (ראה מקרא בטבלה 13)



<u>מפה ד'</u>

<u>תחומי הסתברויות לקבלת 10xPAC3 או יותר עם מיפוי של רצפטורים ציבוריים (ראה מקרא בטבלה 13)</u>



10. **הערות ודיונים נוספים**

10.1 <u>הקף הסקר ותכולתו</u>

(א) הסקר נבנה במטרה ברורה שלא "לעגל פינות" ולהכיל את ה**מכלול** המרבי האפשרי של החומ"ס המצויים במפעלי המפרץ והעלולים, מסיבה זו או אחרת, למצוא את דרכם אל מחוץ לתחומי המפעלים. גישה דומה, אומצה ע"י הח"מ בהערכות הסיכונים של מפעלי רמת חובב[18] (השם העדכני – "נאות חובב"). בשני דוחות אלו מדובר בהקף ובכמויות חומרים מסוכנים, <u>חסרי תקדים</u> <u>במדינת ישראל</u> (ובמידה רבה, בעולם כולו), שהתאפשר הודות לאלטרנטיבות מתודולוגיות שפורטו בדוח המתודולוגיה ובאלטרנטיבות נוספות שיושמו במהלך ביצוע העבודה; וזאת, בייחוד עבור חומרים שאינם מצויים בסיסי הנתונים של ALOHA (ו/או תוכנות אחרות) ו/או, לעיתים, חומ"ס רבים מאד המצויים במפעלי המפרץ, שלמרות ההקף העצום של טבלאות ערכי ה-PAC של SCAPA (כ-3370 חומרים) – הם אינם נכללים בהן. באופן זה, נכללו בהערכות הסיכונים למעלה מ – 1500 מקורות סיכון שונים

(**ב**) כאמור, הפתרונות העיקריים שניתנו עבור מוצקים ועבור חומ"ס נוזליים שאינם מופיעים בALOHA, הם יישום מודל פיזור גאוסיאני מחד והנחות שונות "ריאליסטיות מחמירות - עבור ערכי PAC3 באותם המפעלים בהם קיימים אינוונטרים משתנים כל העת של חומ"ס כגון במחסני ערובה ("מילניום", "אוברסיז"), או במפעלים בהם <u>לרוב המוחלט</u> של החומ"ס אין בנמצא ערכי PAC3, כגון "ד"ר מירון" ועוד (אלו יוצגו בנפרד בסקרי הסיכונים המפעליים עצמם). יחד עם זאת, במקרים לא מעטים של חומ"ס שאין בנמצא עבורם ערך PAC3 (ובעיקר כאלו המהווים מיעוט ניכר במפעל), הוזנחו כליל חומרים מוצקים או נוזלים אלו שכן הוכח בעבר ע"י הח"מ, שחומ"ס כאלו הם בדרך כלל (אמנם לא תמיד!) בעלי רמות סיכון נמוכות מאד (דהיינו ערכים גבוהים יחסית של ריכוזים באוויר הגורמים למשל לתמותת 50% חולדות/עכברים בניסויים בבעלי חיים). **באופן זה, ניתן להעריך, שלפחות 80%-85% מכלל החומ"ס באזור המפרץ קבלו ביטוי משמעותי ומלא בסקר הסיכונים המצרפי ואלו שלא קיבלו ביטוי, הם <u>בסבירות גבוהה</u>, בעלי רמות סיכון נמוכות.**

(ג) נקודה נוספת ראויה לציון בהקשר זה היא, שפליטות החומ"ס הנוזליים והמוצקים (בעיקר בתקרית אנרגטית) חושבו עבור כל חומ"ס <u>בנפרד</u>. במילים אחרות, הונח, בשלב זה, שכל חומ"ס מהווה **מוקד סיכון בפני עצמו** (מה שנכון במרבית המקרים). לכך כמה סיבות, שהעיקרית שבהן – תחומי אי הוודאויות רחבים, עד כדי אי יכולת להעריך עבור "תקרית אנרגטית" (בוודאי במסגרת סקר מצרפי), לא רק כמה סוגי חומ"ס סמוכים זה לזה, עלולים להיפלט באורח סימולטאני, אלא גם באילו פרקציות (דהיינו "אחוזי פליטה לסביבה"). אשר על כן, ה"הקלה" המסוימת לכאורה בבידוד הפליטה של כל חומ"ס וחומ"ס בפני עצמו (עם הסתברויות גנריות, לדוגמא $5x10^{-6}$/שנה ו-$1x10^{-5}$/שנה עבור נוזלים ומוצקים בהתאמה), בשעה שכאמור עלולים להיפלט סימולטנית כמה חומ"סים (בעיקר בתקרית "דומינו" וכיוצ"ב),, מתקזזת במידה רבה ב"החמרה" הרבה בהסתברויות שיושמו בהנחה שכל חומ"ס נפלט בפני עצמו ובאה לידי ביטוי חזק בטבלאות ההסתברויות, כדוגמת טבלאות 9-12 לעיל.

10.2 <u>מדוע PAC3 ?</u>

(א) הבחירה של PAC3 כערך בסיס להגדרות "עומס סיכון" וכפולות בודדות שלו כערכי קצה, נומקה לעיל ובדוחות המתודולוגיה[1,2] ברצון למנוע הצגת סיכון ל"הרוגים וודאיים", העלול להתקבל באי הבנה, נוכח ההסתברויות הנמוכות המאפיינות את רמות הסיכון; וכן, ברצון להיות עקבי עם בחירת PAC3 כערכי קצה המוכתבים ע"י המשרד להגנ"ס במסגרת קביעת מרחקי הפרדה; ובנוסף – **בשאיפה "לעצור" את הסיכונים בטווח סביר <u>לפני</u> הגעתם לכדי סיכונים של מקרי מוות ודאיים**.

(ב) סיבה מכרעת נוספת, שתאוזכר כאן בקיצור נמרץ, היא מיעוט החומ"ס שיש להם פונקציות פרוביט המאפשרות הערכות כמותיות של הסיכוי למקרי מוות מיידיים כפונקציה של הריכוזים באוויר ומשכי החשיפות (וגם זאת בטווחי אי וודאויות נרחבים ביותר)[21]. מדובר בלא יותר מעשרות בודדות של חומ"ס הניתנים, בכפוף לאי הוודאויות הניכרות, להערכות מקרי מוות מיידיים[21]. זאת, מול כ- 3370 חומ"ס שיש להם ערכי PAC3 – גם הם עמוסי אי וודאויות, אך למיטב הערכת הח"מ, אלה פחותות מאי הוודאויות של פונקציות הפרוביט לסוגיהן. ברור אפוא, שכאשר מדובר במאות ואף למעלה מ-1000 חומ"ס שונים, כגון אלו שנכללו בסקר הסיכונים המצרפי, נודעת עדיפות ברורה ליישום כפולות בודדות (עד פי 10) PAC3 כערך קצה.

(ג) על מנת להמחיש את האמור בס"ק (ב) לעיל, נבנתה ע"י הח"מ הטבלה הבאה (טבלה 14, על סמך פונקציות פרוביט לחומ"ס ספציפיים[21]), המתארת את "אחוזי התמותה" הנגרמים ע"י ריכוזי PAC3 וכפולות של PAC3 עבור 9 חומ"ס שונים. ניתן לראות את השונויות העצומות בערכים שבטבלה ובמקביל, את הביסוס להנחה שתחום 10PAC3 ומעלה עשוי לייצג היטב כמה עשרות אחוזי תמותה (אך לא 100%) ואילו ערך 5PAC3 מייצג "בממוצע" אחוזי תמותה בודדים, (אם בכלל) דהיינו כס"ג אחד פחות. עובדה זו מעידה כאלף עדים על הביסוס המדעי לבחירת ערכי קצה (בשיעור של 5PAC3 ו – 10PAC3) המצויים בדרך כלל well below ערכים המבטאים תמותה וודאית (כמו אלו הנלקחים כנקודות/ערכי קצה במספר מדינות).

(ד) אשר על כן, ראוי להדגיש שוב את דעת הח"מ, כמפורט בסעיף 6.7 לעיל, **עבור מקרים קיצוניים, בהם גם כפולות נמוכות יותר של PAC3 בהסתברויות המציבות אותם ב"אזורים הכחולים" (ובוודאי בהסתברויות גבוהות יותר המאפיינות "אזור כחול") מביאות בעליל לחריגה <u>ולו גם קטנה</u> מ"אפס תמותה" – במקרים אלו יחולו תהליכי התעדוף (או אף הקבילות!) גם על מפעלים אלו.**

(ה) ניתן לומר שיישום PAC3 או כפולות בודדות שלו, כערך קצה, דומה במידה רבה לגישה הבריטית, לפיה Land Use Planning נקבע לפי ערכי קצה של Dangerous Dose, הנמוך מזה של "תחילת" הופעת מקרי מוות מידיים.

(ו) בנוסף, ניתן להצביע על לוגיקה בבחירת ערכי הקצה. בעוד שערך הקצה למרחקי הפרדה, המחושבים על בסיס **תקריות סבירות, הוא PAC3**, הרי שערך הקצה **לתקריות חמורות** (בסבירויות נמוכות בהרבה) , נקבעו, כמתואר לעיל, ככפולות של ערכי PAC3, שעדיין נמוכות מגרימת תמותה וודאית (כמקובל בעולם)

10.3 <u>חישובי הפיזור</u>

(א) משוואת הפיזור הגאוסייאני הפשוטה שיושמה עבור מוצקים ונוזלים (טיפיות אירוסוליות) היא

$$\chi\,(x,y,z;H) = \frac{Q}{2\pi\,\sigma_y\,\sigma_z\,u}\,\exp^*\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right]\right\} \quad (3.1)$$

כאשר Q – קצב הפליטה של החומ״ס (הונחה הכמות הנפלטת של מוצקים (3%) או נוזלים (5%), כמפורט בסעיפים 5.1, 5.2 לעיל. סיגמא x וסיגמא y – סטיות התקן בכיוונים Xו - Y (מ׳), u - מהירות הרוח (מ׳/שנייה) ו H (מ׳) - גובה השחרור (הונח כ – 10 מ׳). ליתר פירוט, ראה נספח ב׳ לפרק המתודולוגיה (עמ׳ 88 להלן). פרק המתודולוגיה מצויין כנספח א׳ לדוח זה)

(א) אי הוודאויות הרבות והעדר ביסוס מדעי מספיק למשוואות הפיזור הגאוסיאניות המקבילות עבור שחרור מיידי, כמו גם האלמנטים ה״מתמשכים״ שנכללו, בדיעבד, גם בפיזורים הקוואזי מיידיים לכאורה של הנוזלים (בתקריות אנרגטיות) הצדיקו שימוש במשוואה הנ״ל גם עבור תרחישים כאלו.

(ב) לעיתים, הדיוק המדעי מצדיק הערכות פיזור של חומ״ס נוזלי במוד של dual phase, דהיינו שהחומ״ס (בעיקר במצב שהוא מונזל בלחץ) נפלט מיידית, סימולטנית, ב – 2 פאזות במקביל – נוזל וגז. זאת, כמובן כאשר לחץ אדי הנוזל בטמפ׳ הסביבה גבוה מ – 760 מ״מ כספית (לדוגמא – כלור). ההתייחסות לעוצמות המקור אמנם שונה מזו של פיזור גזי טהור או נוזלי טהור, אך בסופו של דבר, למיטב הערכת הח״מ ובפרט בקונטקסט של תרחישי הפיזור הנוזליים, עם אי הוודאויות האינהרנטיות, כפי שתוארו בהרחבה לעיל ובדוח המתודולוגיה - ה״דיוק״ הנ״ל אינו מצדיק סטייה מיישום תוכנת ALOHA. אגב, ALOHA אמנם מתריעה בעצמה על התופעה, אך ממשיכה (ובצדק) את החישובים כאילו כל הנוזל שהיה במיכל נפלט כגז (במקרה של כלור למשל – כגז כבד !).

טבלה 14

אחוזי תמותה (LDx) עבור כמה כפולות של PAC3(ראה סעיף 10.2 (ג) לעיל, וסימוכין[21])

החומ"ס	ערכי PAC3 ואחוזי תמותה עבור כפולות של PAC3			
	PAC3 (ppm, 60 min)	**1**	**5**	**10**
אמוניה	1100	0	8	86
ברום	8.6	0	1	2
כלור	20	0	14	58
HCl	100	0	11	55
פוסגן	0.75	0	0	4
חומצה ציאנית	15.5	0	1	30
חומצה פלואורית	43.9	0	0	0
מתיל איזוציאנאט	0.2	0	1	1
גפרית דו חמצנית	30	0	6	46

(א) אי הוודאויות הרבות והעדר ביסוס מדעי מספיק למשוואות הפיזור הגאוסיאניות המקבילות עבור שחרור מיידי, כמו גם האלמנטים ה"מתמשכים" שנכללו, בדיעבד, גם בפיזורים הקוואזי מיידיים לכאורה של הנוזלים (בתקריות אנרגטיות) הצדיקו שימוש במשוואה הנ"ל גם עבור תרחישים כאלו.

(ב) לעיתים, הדיוק המדעי מצדיק הערכות פיזור של חומ"ס נוזלי במוד של dual phase, דהיינו שהחומ"ס (בעיקר במצב שהוא מונזל בלחץ) נפלט מיידית, סימולטנית, ב – 2 פאזות במקביל – נוזל וגז. זאת, כמובן כאשר לחץ אדי הנוזל בטמפ' הסביבה גבוה מ – 760 מ"מ כספית (לדוגמא – כלור). ההתייחסות לעוצמות המקור אמנם שונה מזו של פיזור גזי טהור או נוזלי טהור, אך בסופו של דבר, למיטב הערכת הח"מ ובפרט בקונטקסט של תרחישי הפיזור הנוזליים, עם אי הוודאויות האינהרנטיות, כפי שתוארו בהרחבה לעיל ובדוח המתודולוגיה - ה"דיוק" הנ"ל אינו מצדיק סטייה מיישום תוכנת ALOHA. אגב, ALOHA אמנם מתריעה בעצמה על התופעה, אך ממשיכה (ובצדק) את החישובים כאילו כל הנוזל שהיה במיכל נפלט כגז (במקרה של כלור – כגז כבד !).

10.4 <u>תקריות BLEVE במצבורים</u>

(א) מסופי הגז של אמישראגז, סופרגז ופזגז כוללים מצבורים של מיכלוני גז ביתיים (גפ"מ), בשני גדלים – 12 ו – 48 ק"ג. מיכלונים אלו עלולים "לחוות" תקרית דמוית BLEVE, במהלכה שריפה מתקרבת אליהם ואף מלחכת אותם. במקרה כזה, אין לדבר על תקרית BLEVE קלאסית העלולה להתרחש במיכל עילי (כדורי או גלילי), לא טמון, שכן הסבירות לאש הומוגנית ע"פ כל שטח המצבור שתגרום להתפוצצות יחידה של כל תכולת המצבור הוא אפסי. לפיכך, הונח ע"י הח"מ שכ 15% מתכולת

המצבור עוברים "ארוע BLEVE סימולטני" והואיל ואין מדובר במיכל רגיל – יושמו לצורך זה משוואות ה BLEVE המופיעות בנספח ד' לדוח זה.

(ב) במסופי הגז של 3 החברות חונות מיכליות גפ"מ, העלולות גם הן להיות נתונות לתקרית BLEVE. הואיל וגם כאן אין להניח סימולטניות, הונחה תקרית BLEVE עבור כל מיכלית בנפרד (כמובן עם ביטוי מתאים בחלק ההסתברותי !)

10.5 <u>תופעות קיצון</u>

(א) במקרים מסויימים, מועטים ביותר (פחות מ- 10, מתוך למעלה מ – 1500 "מוקדי סיכון"), התקבלו מרחקי PAC3 גבוהים מ – 4000 מ'. זאת בעיקר כאשר מדובר במצבורים ענקיים של מוצקים, או מיכלי ענק אטמוספיריים של נוזלים, או במקרים של כמויות לאו דווקא גבוהות, עם רמות רעילות גבוהות במיוחד. כמקובל, תופעות הקיצון האלה לא נכללו בסקר המצרפי והן מועברות לבדיקה מיוחדת, גם אם המפעל עצמו לא התגלה כמי שמצריך פעילות ניהול סיכונים בעדיפות גבוהה (ראה סעיפים 9.8 ו - 10.6). יחד עם זאת, במקרים של רעילות גבוהה – החומרים נכללו בתחומי 2000-4000 מ', עד לבירור הנדרש, כאמור בבחינה טכנית מעמיקה, שבסבירות גבוהה תביא להקטנת המרחקים (עקב הדגשת פרמטרים כגון שקיעה העשויים להיות משמעותיים עבור מרחקים אלו, בתנאים המטאורולוגיים הנדונים. מודגש, שבכל מקרה, מקרי קיצון בודדים אלו אינם יכולים להשפיע – בוודאי לא באורח משמעותי – על תוצאה מצרפית כלשהי המתקבלת בסקר (עובדה זו הובהרה היטב בבחינות רגישות של התוצאות המצרפיות להכללה/אי הכללה של תוצאות קיצון אלה).

(ב) תופעת קיצון נוספת שבמקרים מסויימים הוחלט שלא להביאה בחשבון (לפחות בשלב זה), היא תופעת הVCE. תופעה זו – חמורה כשלעצמה – מאופיינת בהסתברות שנתית נמוכה מאד (10^{-6}). על הסתברות נמוכה זו יש "להלביש" כמובן הסתברות מטאורולוגית ובנוסף הסתברות ייחודית לאירועה <u>בנקודה מסוימת</u> (שכן התנאים המאפשרים (אם בכלל) את התרחיש, עשויים להתקיים לאורך חלק משמעותי של הענן ובעצם כמעט בכל נקודה ע"פ תחום פיזורו (עד למיהול בו התרחיש לא מתאפשר כלל). **הצירוף של 3 ההסתברויות** מקטין בפועל עד כדי זניחות או קרוב מאד לכך, את הסיכונים האינדיבידואליים העלולים לנבוע מתרחיש זה.

10.6<u>שמרנות בהנחות ובחישובים</u>

(א) מטבע הדברים, הערכות סיכונים בכלל וסקר מצרפי נרחב כגון הסקר הנוכחי, בפרט, כוללים הנחות וחישובים שמרניים (conservative) ; ומאידך – פה ושם - הנחות וחישובים המצויים בתחום ה"פחות שמרני". על מנת לסייע בהבנת האיזונים המתאימים בתוך הערכות הסיכונים וכמובן באינטרפרטציות מושכלות של תוצאות הערכות הסיכונים, יצויינו להלן מייצגים עיקריים של שני התחומים הנ"ל, המצויים, אינהרנטית, במתכונת הנוכחית של סקר הסיכונים המצרפי הנדון בדוח זה. מודגש, שמדובר בריכוז תמציתי של המייצגים הנ"ל, שחלק מהם כבר נידונו, בקונטקסטים שונים, לעיל

(ב) בין אלו הראויים להיכלל בקטיגוריה השמרנית ראוי לציין (1) הנחה שהתרחיש הנדון מתרחש במצב יציבות F ללא שינוי במצב היציבות, כמו גם קבעון של מהירות וכיוון הרוח במשך כל תהליך הפיזור ; (2) התייחסות פרטנית לכל חומ"ס וחומ"ס כנפגע <u>בפני עצמו</u> בתרחיש חמור (למעט אלו שאין בנמצא עבורם נתוני PAC3 בין למעלה מ –3360

החומרים המופיעים בטבלאות ה PAC של SCAPA [1])‏; (3) התייחסות שמרנית וחמורה למדי לחומ״ס מוצקים (ראה סעיף 5.2 לעיל); (4) התייחסות לתקריות אנרגטיות מסוג אפקט דומינו (לרבות התחשבות בו בפליטות חומ״ס – בעיקר נוזלים – לסביבה גם במקרים מסוימים בהם עצם קיומו מוטל בספק, דהיינו מצוי בהסתברות נמוכה יותר מזו ה״נומינלית״ שאוזכרה לעיל בטבלה 1); (5) הנחה שהתקרית החמורה ״תופסת״ את כל כמות החומר המרבית המותרת לאחזקה במפעל. הנחה הכרחית זו, המיושמת (בהעדר אפשרות מעשית אחרת) בכל פרטי הרגולציה הרלוונטית של המשרד להגנת הסביבה, מחמירה בשני הבטים: א) מטבע הדברים (כפי שהוברר לא רק בסקרי המפעלים במסגרת דוח זה, אלא גם בעבודת הפיקוח השוטפת של המשרד להגנת הסביבה), במרבית ימות השנה, אין לצפות להימצאות כמויות החומ״ס המרביות במפעל[3]; ו-ב) כמות החומר המרבית היא במקרים רבים בגדר ״פיקציה״; שכן מפעלים נוטים להפריז – לעיתים באורח קיצוני - בכמויות אלו במסגרת היתרי הרעלים הן משיקולי ״רצוי שיהיה״ והן, לעיתים קרובות, עקב גרירת אינווטרים של חומ״ס משנים עברו למרות שינויים מרחיקי לכת בתהליכים, בכמויות אחסון וכיו״ב; (6) התייחסות שמרנית לטווחי תקריות pool fire (דהיינו הכללתן בטווח של מעט יותר מ- 100 מ׳), למרות שבפועל הן עלולות להגיע לכדי פחות מערך זה. זאת, בין היתר, עקב אפשרויות tilt – ״התכופפות״ עמוד האש והתקרבותו, עקב כך, לרצפטורים השונים, כתוצאה של רוח); (7) ההנחה שבפליטה חד פעמית, מיידית, של חומ״ס נוזלים, משכי החשיפות של הרצפטורים הציבוריים מגיעים לכדי 10 ד׳, בעוד שבפועל – במרבית המקרים והטווחים, המשכים עשויים להיות קצרים יותר.

(ג) בין אלה המצויים בקטיגוריה השנייה, הפחות שמרנית, ראוי לציין: (1) ״התעלמות״ מחומ״ס העלולים להימצא בכמויות מרביות של עד 1 טון. אמנם, התעלמות זו מוצדקת בהחלט עקב הסיכוי הקלוש, אם בכלל, לקבלת ערכי PAC3 מחומ״ס אלה בטווחים הנדונים ומבחינה זאת, איננה יכולה להיחשב כ״הקלה״; אך יחד עם זאת, אין להתעלם מאפשרויות מסוימות של היפגעות סימולטנית של כמה ״פריטי״ חומ״ס, בפרט כאלו המאוחסנים זה ליד זה (וזאת, לאו דווקא בתקרית דומינו...); הגם שגם זו עשויה להתקזז בקלות עם ההחמרה הגלומה בהנחה שכל כמות המוצק מצויה ב״מוד״ הגורם לפיזור אחוזים מסוימים ממנה... (2) אי הכללת UVCE (למעט במקרים בודדים, ראה דיון בסעיף 10.5 (ב) לעיל); (3) מטבע הדברים, אי הכללת חומ״ס מסוימים (לא רבים; מתוך אלפים!), עבורם לא ניתן למצוא נתונים בספרות, בעיקר עבור ערכי PAC3 (ולעיתים גם נתוני פרמטרים כימיים – פיסיקליים שונים), עשויה להיחשב כ״אי שמרנות״; אך יחד עם זאת, כאמור לעיל, ראוי לציין, שמנסיון הח״מ, חומ״ס בתעשייה הכימית המאופיינים בהעדר נתונים כנ״ל – במרבית המקרים מאופיינים ברמות סיכון נמוכות מאד; (4) במקרים מסוימים (כ – 5 בלבד, מתוך מאות רבות) התקבלו בחישובים הראשוניים טווחי PAC3>4000 מ׳ (וזאת, כאמור בהנחה שמרנית ביותר של סטגננטיות לאורך שעות הן של מצב היציבות F, הן של כיוון הרוח והן של מהירות הרוח). טווחים חריגים אלו לא נכללו במפות הסיכונים, כאמור, עקב חריגותם. מקרים אלו, שיועברו בנפרד לידיעת הרשויות הסטטוטוריות, מחייבים אפוא טיפול פרטני נפרד (בוודאי במסגרת ההתארגנות הכללית לאינטרפרטציות

מושכלות של תוצאות סקר הסיכונים המצרפי). מודגש, שאין מדובר בחוסר שמרנות או ב"הקלה" במובן הרגיל של המילה (וגם לא בהשפעה משמעותית על מפות הסיכונים !), אלא בהעברה להתייחסות פרטנית נפרדת.

10.7 <u>ניהול סיכונים במפעלי איזור המפרץ - תיעדופים</u>

(א) המשרד להגנת הסביבה הפיץ לאחרונה (נובמבר 2018) מהדורה חדשה (לאחר הטמעת חלק מהערות הציבור) של "מדריך לניהול סיכונים במפעלים העושים שימוש בחומרים מסוכנים בנושא מניעת אירועי חומ"ס משמעותיים"[7]. כותרת המדריך מצביעה על תאימות רבה בין יישום דרישותיו, לבין יישום המלצות העשויות להתקבל מסקר הסיכונים המצרפי הנוכחי.

(ב) תכני המדריך מעידים, בין היתר, על כוונת המשרד להגנ"ס לחייב את **כל המפעלים במדינת ישראל, ובכללם מפעלי אזור מפרץ חיפה,** העונים לקריטריוני סף מבחינת כמויות חומ"ס באחסון ו/או בתהליכים ("מפעלי Seveso"), **בביצוע תוכנית ניהול סיכונים, שמטרתה להפחית ככל הניתן את הסיכונים מתקריות במפעלים**; **זאת, גם אם הם עומדים ב"מדיניות מרחקי ההפרדה" של המשרד** (ראה גם סעיף 6.4 (ג) לעיל).

(ג) אשר על כן, מבחינה מעשית, כל המלצה לתיעדוף מפעל/מוקד סיכון (בהקשר ליישום תכנית ניהול סיכונים), המתבססת על קונטורי עומסי הסיכון ומיקומי הרצפטורים הציבוריים במפות א'-ד', עשויה להתבטא בפועל בלא יותר מ"הזזת" המפעל/מוקד הסיכון מעדיפות בינונית לעדיפות גבוהה וכיו"ב; והואיל ובסבירות גבוהה מדובר במפעלים עתירי חומ"ס ותהליכים, יש להניח, שמפעל, שניתנה לו עדיפות על פי תוצאות הסקר המצרפי והבחינה הטכנית המעמיקה, היה מצוי ממילא בעדיפות גבוהה הנובעת ממאפייניו.

11. סימוכין עיקריים

1. א.שטרן - "מתודולוגיה לביצוע סקר סיכוני תקריות חומרים מסוכנים במפעלי מפרץ חיפה" (מאי 2016)
2. א.שטרן - "מתודולוגיה לביצוע סקר סיכוני תקריות חומרים מסוכנים במפעלי מפרץ חיפה - אינטגרציה של תוצאות הסקרים המפעליים" (דצמבר 2016)
3. תקנות החומרים המסוכנים (אמות מידה לקביעת תוקף היתרים), התשס"ג 2003
4. A Report to the Rijnmond Public Authority – Risk Analysis of Six Potentially Hazardous Industrial Objects in the Rijnmond Area. A Pilot Study. Springer Science&Business Media. B.V. 1982
5. M.Molag and C.M.A. Jansen – Integrated Quantitative Risk Assessment (Haifa District). TNO, June 1998
6. Health and Safety Executive, Canvey: An Investigation of Potential Hazards from Operations in the Canvey Island / Thurrock Area, HMSO, 1978
7. המשרד להגנ"ס – מדריך לניהול סיכונים במתקני חומ"ס נייחים (2005. מהדורה עדכנית, 2019 - בהכנה)
8. א. שטרן - **תזקיקי נפט גולמי** - הרכבי התזקיקים, היבטי תרחיש הייחוס ומודל להערכת שטפי קרינה תרמית הפוגעים ברצפטורים ציבוריים בתקרית pool fire. מוגש למשרד להגנת הסביבה (פברואר 2015).
9. US EPA and US NOOA- ALOHA, User's Manual. December 2007
10. Slade D.H. – Meteorology and Atomic Energy. US Atomic Energy Commission, 1968
11. McGrattan K.B., Baum H.R., Hamins A. Thermal Radiation from Large Pool Fire. NISTIR 6456 (2002)
12. המשרד להגנת הסביבה - חוזר מנכ"ל. מדיניות מרחקי הפרדה במקורות סיכון נייחים מהדורה מעודכנת (מרץ 2014)
13. US Office of Environment, Health & Security- Protective Action Criteria (PAC) with AEGLs, ERPGs, & TEELs: Rev. 29 for Chemicals of Concern - May 2016 - definitions
14. Nigel J. Bunce & Rene B. J. Remillard (2003) Haber's Rule: The Search for Quantitative Relationships in Toxicology, Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 9:6, 1547-1559, DOI: 10.1080/10807030390251038
15. US Office of Environment, Health & Security- Protective Action Criteria (PAC) with AEGLs, ERPGs, & TEELs: Rev. 29 for Chemicals of Concern - May 2016 - Tables
16. (a) ICRP, 1994. Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. ICRP Publication 66. Ann. ICRP 24 (1-3).
(b) US NRC – Reactor Safety Study, App. 6, 1975
17. VROM - Publication Series on Dangerous Substances (PGS3) Guidelines for quantitative risk assessment (December 2005)
18. א. שטרן וד. טרטקובסקי - אזור התעשייה רמת חובב הערכות סיכוני תקריות חומרים

מסוכנים והמלצות לפעולה. מרץ 2011
19 א. שטרן - סקר סיכונים מצרפי במפרץ חיפה – קבילויות ותיעדופים (הצעה מוגשת למשרד להגנ״ס, יולי 2018)
20. J.E.A. Reinders, H. Boot, I.M.E. Raben - Review of a Methodology of a Risk Survey for Incidents with Hazardous substances at the Haifa Bay Plants. TNO, April 20, 2017
21. U.S. Coast Guard US Coast Guard (1980). Study to Modify the Vulnerability Model of the Risk Management System. Report CG-D-22-80. Washington, DC: U.S. Department of Transportation.

נספח א' - מתודולוגיה לביצוע סקר סיכוני תקריות חומרים מסוכנים במפעלי מפרץ חיפה

ד"ר אלי שטרן

מוגש למשרד להגנת הסביבה, מאי 2016

דוח זה נערך ונכתב בהתבסס על מיטב הידע המקצועי והעדכני של כותבו. כותב דוח זה אינו אחראי, באופן מפורש או מרומז, לכל אירוע, השפעה או נזק הקשורים באופן ישיר או עקיף לשימוש, או אי שימוש, בהמלצות ו/או במידע ו/או במתודולוגיות הכלולות בו.

1. **כללי**

1.1 בכוונת המשרד להגנת הסביבה לבצע סקר סיכונים אינטגרטיבי של חומרים מסוכנים (להלן "סקר סיכונים מצרפי" או "סקר סיכונים") עבור מפעלי התעשייה המצויים בתחומי מפרץ חיפה; בין היתר על מנת להעריך את הסיכונים הנשקפים לתושבי האזור מתקריות פוטנציאליות במפעלי התעשייה הרבים הפזורים בתחומי המפרץ (ראה סעיף 2.1 להלן), לאתר נקודות חולשה במפעלים אלו או אחרים (מבחינת גרימת סיכונים לאוכלוסייה) ולהצביע על הצעדים הנדרשים לתיקונן. סקר זה עתיד להתבצע במהלך השנתיים הקרובות ע"י המשרד להגנת הסביבה כחלק מביצוע/יישום החלטת ממשלה בנדון. באשר למהות המונח "אינטגרטיבי/מצרפי" בקונטקסט של סקר הסיכונים הנדון בדוח זה – ראה סעיף 1.6 ואחרים להלן (הערה: בנוסף לבחינה הפרטנית שתבוצע במפעלים לצורך סקר הסיכונים האינטגרטיבי תבוצע, בנפרד, גם בדיקה נוספת הקשורה במדיניות מרחקי הפרדה ממתקני חומ"ס. ראה סעיף 7 להלן).

1.2 מטרת דוח זה – להציע מתודולוגיה אחידה ופרטנית לביצוע הסקר, באופן ש"יכוסו" מוקדי הסיכון העיקריים המצויים בכל מפעל ומפעל וכאמור יוערכו הסיכונים הנשקפים מכל אחד מן המוקדים המפעליים – ומכולם יחד – לבני אדם המתגוררים סביב המפעלים.

1.3 הביטוי "מוקד סיכון" בו נעשה שימוש לעיל ולכל אורך הדוח מתייחס, לדוגמא, למיכל של חומר מסוכן במצב נוזלי המצוי בלחץ אטמוספירי; מיכל חומר מסוכן במצב גזי בלחץ אטמוספירי או מיכל גז מונזל בלחץ (בדרך כלל גז בש"מ עם נוזל); מצבור מיכלים קטנים כנ"ל (כגון מצבור חביות או גלילי גז); מצבור כלי איחסון של חומ"ס במצב מוצק (תיבות, שקים וכיו"ב); ריאקטור בו מתבצע תהליך כימי בו מעורבים חומרים מסוכנים במצב צבירה כלשהו; צנרת בה מוזרם חומר מסוכן במצב נוזלי או גזי;

מוקד סיכון כזה או אחר עשוי להימצא בתוך מבנה/מחסן על או תת קרקעיים או במצב חשוף בחצר המפעל. גם שינוע בתוך חצר המפעל של חומרי גלם הנחשבים חומ"ס, תוצרי ביניים או תוצרים מוגמרים עלול להוות, בתנאים מסוימים "מוקד סיכון"

1.4 יתר על כן, המתודולוגיה המוצעת להלן, אמורה לאפשר, ברזולוציה טובה, להעריך את הסיכון האינטגרלי הנשקף לכל אזרח, המאופיין במיקום גיאוגרפי כלשהו, **ממכלול** מוקדי הסיכון העלולים להשפיע עליו, דהיינו לא רק ממוקד סיכון בודד ו/או ממקבץ מוקדי סיכון המצויים במפעל אחד אלא מכלל מוקדי הסיכון המצויים בכל המפעלים, שתקריות בהם – כאמור – עלולות להשפיע במידה זו או אחרת על האזרח הבודד הנ"ל. ברור, שכאשר ידועה ברמה טובה רמת הסיכון לאזרח בודד כלשהו, ניתן לבצע סכימה מושכלת של הסיכונים ליצירת מעין מצג של סיכון חברתי (societal risk)

1.5 המונח "סיכון פוטנציאלי של אזרח הממוקם בנקודת ציון מסוימת, כתוצאה מחשיפה לתוצאות תקרית המתרחשת במוקד סיכון כלשהו" מתייחס ל - 3 אלמנטים עיקריים (כולם יחד וכל אחד לחוד) -

(א) סיכוני נשימת חומרים רעילים – מוצקים ו/או נוזלים ו/או גזים כתוצאה ממגוון תקריות פוטנציאליות העלולות לגרום לשחרור החומרים לסביבה ולחשיפות של בני אדם להם, במסלול הנשימה

(ב) סיכוני חשיפה לשטפי קרינה תרמית העלולים לפגוע בגוף האדם, כתוצאה מבעירות פוטנציאליות (בעלות מאפיינים מוגדרים שונים) במוקדי סיכון רלוונטיים ו -

(ג) סיכוני היפגעות מהדף כתוצאה מאירועי פיצוץ העלולים להתרחש במוקד סיכון רלוונטי במפעל עצמו ואף מחוץ לתחומי מוקד הסיכון ואף גדרות המפעל כתוצאה מפיצוץ ענן של גז דליק ונפיץ העלול להיפלט לסביבה בתקרית מוגדרת כלשהי.

1.6 במסגרת המתודולוגיה שתוצע להלן -

(א) יוגדרו באורח "חד" תקריות הייחוס השונות אותן יהיה צורך לבחון בכל מפעל ומפעל בהתחשב בסוגים ובמאפיינים של החומרים המסוכנים המצויים בו ולחשב את תוצאותיהן עבור סוגי החשיפות הרלוונטיים, כמפורט בסעיף 1.4 לעיל

(ב) יובהרו השיטות לחישובי האפקטים השונים המפורטים בסעיף 1.4 כפונקציה של הזמן והמרחב בכלל והמרחק ממוקד הסיכון של אדם חשוף ספציפי, בפרט.

(ג) ייעשה מאמץ ליצור מעין מכנה משותף כמותי בין סוגי הפגיעות המפורטים בסעיף 1.4 לעיל; וזאת במטרה לא רק לאפשר השוואה מתקבלת על הדעת, בין סוגי הפגיעות השונים אלא לאפשר אדיטיביות של סוגי פגיעה עבור אדם החשוף ליותר מסוג פגיעה אחד, החל ממצב בו מדובר במוקד סיכון בודד או בכמה מוקדי סיכון במפעל בודד ובין אם מדובר בחשיפה לכמה וכמה "פגיעות" מסוגים שונים כמפורט לעיל, הנגרמים לאדם בודד עקב היותו חשוף לסיכונים שונים ממוקדי סיכון בכמה מפעלים העלולים להוות גורמי סיכון מבחינתו ומצויים במרחקים שונים ממנו. אדיטיביות מושכלת זו, של סיכונים ברמת האדם הבודד ואינטגרציה מרחבית שלהם, תאפשר בסופו של דבר עריכה והצגה של הערכת סיכונים מצרפית עבור כלל האוכלוסייה המתגוררת באזורים החשופים לסיכוני תקריות באזור המפרץ.

1.7 אשר על כן, יוגדרו במסגרת המתודולוגיה דלהלן, בין היתר,

(א) מערכת של תרחישי ייחוס ש"יוצמדו" לכל סוג של מוקד סיכון <u>ויהוו תרחישי ייחוס אחידים עבור כל מוקדי הסיכון בעלי מאפיינים דומים בכל מפעלי המפרץ</u>.

(ב) מערכת של "חשיפות ייחוס" שכאמור לעיל, התרחשותן כפונקציה של זמן ומרחב אמורה להיות מחושבת עבור כל תקרית ייחוס.

1.8 הערה כללית: **לאורך נספח זה (דהיינו דוח המתודולוגיה) פזורות פה ושם "הערות עדכון" שמטרתן להבהיר שינויים/עדכונים עיקריים במתודולוגיה, שהתחייבו במהלך ביצוע סקרי הסיכונים במפעלים, לרבות ניתוחי תוצאותיהן. כל הערות העדכון מנומקות על אתר, או מפנות לדוח העיקרי, המסכם**

2. נתונים טרומיים לסקר הסיכונים

2.1 <u>המפעלים הנבדקים</u>

(א) המפעלים שייבדקו במסגרת סקר סיכונים זה הם מסוג "מפעל A" ו"מפעל B" כהוראתם במדיניות היתרי הרעלים של המשרד להגנת הסביבה (תקנות החומרים המסוכנים (אמות מידה לקביעת תוקף היתרים), התשס"ג – 2003). "A" ו – "B" מציינים דרגות סיכון (בעיקר בהתאם לכמויות החומרים המצויים במפעל). לדוגמא, מפעל המאחסן 25 טון ומעלה של חומרי הדברה מסווג "A" בעוד שאחסון מרבי של 2- 25 טון יתאים לסיווג "B"

(ב) משיקולי ייעול העבודה וחלוקתה בין מבצעים שונים, הוחלט לחלק גיאוגרפית את תחומי אזורי התעשייה במפרץ חיפה ל-4 מתחמים. למתחמים אין כל משמעות, מלבד האמור לעיל.

(ג) מפות ובהן שמות המפעלים הנבדקים, סיווגם ומיקום מדויק שלהם מופיעות בנספח א׳. טבלה 1 מציגה את חלוקת המפעלים וסוגיהם בין המתחמים השונים. מן הטבלה ומן המפות בנספח עולה כי ייבחנו – ע״פ החלטת המשרד להגנ״ס – 42 מפעלי ״A ״ ו – 26 מפעלי ״B ״ ובסה״כ 68 מפעלים. פירוט המפעלים עצמם, לרבות פעילויותיהם, מוצריהם ועוד מופיעים בנפרד במסמך מיוחד של מחוז חיפה של המשרד להגנ״ס.

טבלה 1
מספר מפעלים בכל מתחם (ראה נספח א׳)

	מפעלי A	מפעלי B
מתחם א	15	5
מתחם ב	12	4
מתחם ג	11	5
מתחם ד	4	12

2.2 מצאי חומ״ס במפעל

(א) ערך ייחוס של מצאי חומר מסוכן כלשהו במפעל מסויים יקבע לפי הכמות המרבית המותרת לאחזקה במפעל המופיעה בהיתר הרעלים התקף של המפעל (להבדיל מ״הכמות השנתית הנצרכת״ המופיעה גם היא בטבלאות התר הרעלים) ומהווה חלק בלתי נפרד ממנו. ב״צילום מצב״ רגעי של החומ״ס במפעל, כמות זו עלולה להיות מעורבת בפועל בתקרית

(ב) במקרים רבים, נטען ע״י המפעלים שהכמויות המרביות המותרות לאחזקה אינן מייצגות את המצב בפועל וכי הכמויות המרביות האמיתיות נמוכות בהרבה. מומלץ שלא להתייחס לטיעונים אלו, אלא אם כן הם פונים בבקשה לממונה במחוז לשינוי הכמויות המרביות העלולות להיות מוחזקות בו בפועל.

(ג) בחירת החומרים המסוכנים הספציפיים בכל מפעל ומפעל, לצורך יישומם בתרחישי הייחוס (כמפורט להלן בסעיף 3), תיעשה באופן מדורג, כמפורט להלן:

1. בשלב ראשון יאותרו ברשימת היתר הרעלים המפעלית, כל החומרים המסוכנים המופיעים ברשימת החומ״ס המחייבת התייחסות ע״פ הנחיות המשרד להגנ״ס, המופיעות ב״מדריך לניהול סיכונים ממקורות נייחים בהיבט של חומרים מסוכנים (מהדורה 2.0, מצב קיים, 2005)״ המבוסס על רשימות דומות של מדינת קליפורניה, ארה״ב (CalEPA) ראה נספח א1
2. בשלב השני יאותרו בהיתרי רעלים חומרים מסוכנים על פי ההנחיות המפורטות בסעיף 5.6 להלן.

(ד) חלוקת החומ״ס לקבוצות

(1) נוזלים במיכלים אטמוספיריים (שאינם דליקים ונפיצים)
(2) גזים מונזלים בלחץ
(3) גזים בלחץ אטמוספירי

(4) מוצקים s (גושניים, גודל גרגר מעל 50 מיקרון)
(5) מוצקים sp (גודל גרגר> 50 מיקרון)
(6) נוזלים/גזים דליקים ונפיצים (קבוצה 2.1 או קבוצה 3, במקרים רבים עם "הגבלת" נקודת הבזק באופן שנקודת הבזק< 60^oC, אך ראה גם סעיף 5.1 להלן)

2.3 <u>מפות גיאוגרפיות/שרטוטים</u>

(א) סקר סיכונים מפעלי יכלול את מפת המפעל, באופן המאפשר סימון מדויק (ע"י המפעל עצמו או ע"י מבצע הסקר) של כל מוקד סיכון (ע"פ סעיף 3 ואחרים למעט צנרות).
(ב) כמו כן יכלול הסקר את מפת <u>סביבת המפעל</u>, עד לרדיוס 7 ק"מ לפחות מן המפעל. מפה זו, שהפורמאט שלה יקבע בנפרד (ככל הנראה פורמאט של Google Earth), אמורה לשמש לסימון החשיפות לסוגיהן המתקבלות בסקרי הסיכונים עבור הרצפטורים הציבוריים, כפונקציה של המרחק ממוקד הסיכון הספציפי (ראה גם סעיף 6 להלן, כולל התייחסות לנושא "מרכזי סיכון").

2.4 <u>סקרי סיכונים קודמים</u>

הערכות סיכונים לתקריות, מכל סוג שהוא, שבוצעו ב – 4 השנים האחרונות ע"י המפעל (או עבור המפעל, לרבות הערכות סיכונים "רגילות", הערכות סיכונים להוכחת עמידה במרחקי הפרדה וכיו"ב)

2.5 <u>תיק מפעל</u>

מהדורה אחרונה של תיק המפעל.

3. **תרחישי ייחוס**

3.1 **<u>תרחיש ייחוס (א1) - חומ"ס רעיל (לא דליק ונפיץ) במצב צבירה נוזלי (מיכלים אטמוספיריים</u>**

(א) <u>מהות התרחיש</u>: עבור מיכל - שפך מלא למאצרה של תכולת המיכל (כתוצאה מחור במיכל, שבר/קטיעת צינור, תקלה בשסתום/ברז/מחבר וכיו"ב) ונידוף מהשלולית.
עבור (מצבור) חביות – שפך של 10% מתכולת המצבור למאצרה (ובהעדר מאצרה – נידוף משלולית בשטח של עד 300 מ"ר (ייקבע אד הוק בהתאם לתנאי השטח, אופי המצבור וכיו"ב)
(ב) <u>שטח המאצרה</u> ונתונים רלוונטיים אחרים – לפי נתוני המפעל או מדידות בשטח
(ג) <u>תכנת מחשב</u>: ALOHA (מודול puddle)
(ד) <u>מטאורולוגיה ותנאי סביבה</u>: מצבי יציבות ומהירויות רוח (מ'/שניה): D(4), F(2); חספוס קרקע: Urban or Forest; כיסוי עננים: 50%; טמפרטורת אוויר הסביבה: 25 מ"צ; לחות: 50%; ללא אינברסיה.
(ה) <u>משך הנידוף</u>: 60 ד' לכל היותר (או עד כלות הנוזל במאצרה)

3.2 **<u>תרחיש ייחוס (א2) - כנ"ל.</u>**

(א) <u>מהות התרחיש</u>: היפגעות מיכל או מצבור חביות וכיו"ב, כתוצאה מפיצוץ מיכל אחר או התפוצצות גז כלשהי בטווח מסוכן (מעין תקרית "דומינו" ראה הסבר מפורט בסעיף 5.3 להלן). פליטה מיידית לסביבה של 5% מתכולת המיכל/מצבור. שאר 95% נפלטים משלולית. במקרה של מצבור חביות – פליטה מידית לסביבה של 5% מתכולת המצבור ועוד 45%, ממאצרה כנ"ל או משלולית שגודלה עד 500 מ"ר

(ב) כנ"ל
(ג) <u>תכנת מחשב</u>: ALOHA (מודול direct עבור הפגיעה הישירה והשחרור המיידי ומודול puddle עבור השלולית)
(ד) <u>מטאורולוגיה ותנאי סביבה</u>: כנ"ל
(ה) שילוב של שחרור מיידי (instantaneous) עבור הפרקציה של 5% ושל נידוף משלולית – ס"ק 3.1 (ה) לעיל.
(ו) **<u>הערה לתרחישים א1 ו – א2</u>** בתרחיש א1 תחושב פליטה **רק ממיכל אחד** (גם במקרה שהחומ"ס הנוזלי מאוחסן בכמה מיכלים); בתרחיש א2 (דומינו) ההנחה היא שנפגעו כל המיכלים ולכן 5% מכלל כמות החומ"ס הנוזלי כפליטה מיידית ו – 95% מן השלולית, יחושבו עבור כל מיכלי החומ"ס הנוזלי גם יחד.
(ז) **<u>הערת עידכון</u>**: (1) במהלך העבודה, כפי שסוכמה לעיל, בגוף הדוח העיקרי, התעורר צורך לעדכן את תרחישים א1 וא2. שני התרחישים אוחדו לכלל פרקציית פליטה מיידית (instantaneous) אחידה לכלל המיכלים האטמוספיריים (5%), בשילוב עם מתן ביטוי הסתברותי שמרני לתרחיש הנזק החמור למיכל; (2) עבור תרחישים אלו, שמהותם – חשיפה של דקות בודדות עד לכל היותר 10 דקות במתחמי רצפטורים ציבוריים רלוונטיים, יושם חוק Haber לפיו מכפלת זמן החשיפה בריכוז הממוצע באוויר בעת החשיפה היא קבועה, ככל שמדובר באפקים בריאותיים מכל סוג שהוא. (3) פירוט מלא של הנושא ונימוקים לעדכון – ראה סעיף 5.1 ואחרים בגוף הדוח המסכם.

3.3 <u>תרחיש ייחוס (ב1) – חומ"ס מוצק (במצב גושני, או פתיתים, או גבישים, או גרגרים>50 מיקרון)</u>

(א) <u>מהות התרחיש</u>: החומ"ס המוצק המצוי במיכלים, שקים, חביוניות וכיו"ב, נחשף לשריפה המלחכת אותו ישירות או לאירוע אנרגטי כלשהו, כגון פיצוץ סמוך. כתוצאה מכך, משתחררת לסביבה, כאירוסולים, כמות של 3% מן הכמות הכללית של החומ"ס המוצק. כמות זו תוערך כנפלטת לסביבה במוד של שחרור מתמשך (continuous release). ראה הנחיות חישוב בנספח ב'.
(ב) <u>הערכות הפיזור</u>: לפי מודל שחרור גאוסיאני, בדרך כלל מגובה 10 מ', ללא הנחת שקיעה יבשה או רטובה (ראה נספח ב')
(ג) <u>מטאורולוגיה ותנאי סביבה</u>: מצבי יציבות ומהירויות רוח (מ'/שניה): D(4), F(2); ללא אינברסיה (ראה הערה רלוונטית בנספח ב' סעיף 8).

3.4 <u>תרחיש ייחוס (ב2) – חומ"ס מוצק במצב אבקתי (גודל גרגר<50 מיקרון)</u>

(א) <u>מהות התרחיש</u>: בתרחיש זה, החומ"ס המוצק במצב אבקתי נתון בשריפה באופן שפרקציה גבוהה יחסית של האבקה תמריא ותתפזר לסביבה. פרקציה זו תוערך ב-10% מכמות החומר האבקתי המאוחסן, ותתפזר לסביבה כאירוסולים במוד של שחרור מתמשך (ראה נספח ב')
(ב) <u>הערכות הפיזור</u>: כנ"ל
(ג) <u>מטאורולוגיה ותנאי סביבה</u>: כנ"ל

3.5 תר**חיש ייחוס (ב3) – כנ״ל**

(א) מהות התרחיש: החומר המוצק במצב אבקתי נתון להשפעת פיצוץ סמוך (ראה סעיפים 5.3 ואחרים להלן). במקרה זה צפוי כמובן פיזור משמעותי יותר מאשר במקרה שריפה. פיזור זה יוערך ב -15% מכמות החומר האבקתי המאוחסן,ותתפזר לסביבה במוד של פיזור מיידי (ראה נספח ב׳).

(ב) הערכות הפיזור: כנ״ל

(ג) מטאורולוגיה ותנאי סביבה: כנ״ל

(ד) **הערת עדכון:** עקב סיבות שתוארו לפרטיהן בגוף הדוח העיקרי (סעיף 5.1 (ב) ואחרים), לרבות קשיים בקבלת נתונים (ובעיקר – נתונים ישימים ו/או אמינים) של גדלי חלקיקים מן המפעלים והעדר מידע מספיק מן העולם, הוחלט לאחד את כלל תרחישי המוצקים לכדי תרחיש גנרי בודד, הישים הן למקרי תקרית אנרגטית (מסוג דומינו וכיו״ב) והן מקרי שריפה; וזאת, עם שילוב מתאים ומנומק של הסתברויות.

3.6 תרחיש ייחוס (ג) – פיזור חומ״ס מריאקטורים

(א) מהות התרחיש: התפוצצות בריאקטור בעת תהליך כימי שמעורב(ים) בו חומר(ים) מסוכנ(ים). הסבר מפורט לתרחיש, לרבות הנחיות חישוב לכמויות הנפלטות לסביבה – ראה סעיף 5.2 להלן.

(ב) תכנת מחשב: בדרך כלל ALOHA במודול direct, עבור שחרור מיידי (instantaneous). במקרים חריגים של תהליכים בריאקטורים, בהם מעורבים מוצקים שאינם מתמוססים מיידית, ייעשה שימוש בהנחיות החישוב המופיעות בנספח ב׳ (עבור שחרור מיידי) ראה גם סעיף 5.2 להלן

(ג) מטאורולוגיה ותנאי סביבה: ראה סעיף 3.1 (ד) לעיל עבור שימוש בתכנת ALOHA ונספח ב׳ וסעיף 3.3 (ג) עבור חישובי פיזור שאינם נתמכים ב ALOHA

3.7 תרחיש ייחוס (ד1) – מיכלי גזים מונזלים בלחץ, תקרית flash

(א) מהות התרחיש: תקרית קריסת מיכל כתוצאה מעייפות חומר, רעידת אדמה, אירוע אנרגטי סמוך.

(ב) שיטת חישוב ותכנת מחשב: הכמות המשתחררת באורח מיידי (instantaneous release), תוערך ע״פ ההנחיות בנספח ב׳1. המשך הערכות הפיזור ייעשה בעזרת תכנת ALOHA במודול direct עבור שחרור מיידי.

(ג) מטאורולוגיה ותנאי סביבה: ראה סעיף 3.1 (ד) לעיל

(ד) השלמת התרחיש: הכמות שלא השתחררה כ – flash, ״תופנה״ למאצרה, שהנידוף ממנה יחושב לפי סעיף 3.1 לעיל.

3.8 תרחיש ייחוס (ד2) – מיכלי גזים מונזלים בלחץ, תקרית דליפה

(א) מהות התרחיש: דליפת חומ״ס ממיכל גז מונזל בלחץ כתוצאה מחור במיכל, או קטיעה מלאה של צינור הנכנס/יוצא אל/מהמיכל, או שבר אביזר של המיכל כגון ברז, שסתום, מחבר וכיו״ב. קוטר החור – 5 ס״מ, אלא אם כן מחוברת למיכל צנרת בקוטר גדול יותר. במקרה כזה, יילקח בחשבון הקוטר המרבי.

(ב) <u>תכנת מחשב</u>: ALOHA במודול tank, עם נתוני פוזיציה, מידות ולחצים המתקבלים מן המפעל, פעם בהנחה שהחור נוצר מעל פני הנוזל במיכל ופעם – מתחת לפני הנוזל. כל החישובים ייעשו בהנחת שחרור מתמשך (continuous release).
<u>הערה</u>: כל עוד הצנרת הרחבה ביותר הנכנסת/יוצאת אל ומהמיכל היא בקוטר 5 ס"מ או פחות – תבוצע הרצת ALOHA במוד של "חור בגוף המיכל". אם הצנרת גדולה מקוטר זה, אזי יילקח, כאמור הקוטר המרבי, במוד של "חתך צינור סמוך לדופן המיכל"

(ג) <u>מטאורולוגיה ותנאי סביבה</u>: ראה סעיף 3.1 (ד) לעיל.

3.9 <u>תרחיש ייחוס (ה1) – מיכל חומ"ס דליק ונפיץ בעל "רעילות נמוכה"</u>

(א) <u>מהות התרחיש</u>: הקביעה המורכבת יחסית, מהו "חומר דליק ונפיץ בעל רעילות נמוכה" "תיעקף" למעשה ע"פ האמור בסעיף 3.11 להלן. יחד עם זאת, ניתן לקבוע במידה רבה של וודאות שערך PAC3 של כמה עשרות אלפי ppm, מייצג "רעילות נמוכה". בקונטקסט של סקר סיכונים זה התרחיש עצמו נחלק ל-3 אירועים פוטנציאליים - (1) אירוע BLEVE; (2) אירוע פיזור עם flash fire בפלומה המתפזרת; ו – (3) אירוע פיזור עם UVCE. 3 התרחישים הנ"ל, יחושבו עבור מידות מיכל, כמויות חומ"ס ו/או לחצים שיסופקו ע"י המפעל.

(ב) <u>תכנת מחשב</u>: ALOHA במודול tank. במודול זה יש לחשב אירוע BLEVE (מרחקים לערכי שטפי ייחוס של קרינה תרמית); ובנפרד – פליטות מחורי ייחוס כמפורט בסעיפים 3.7 (א) ו – (ב) לעיל וחישוב מרחקי ערכי ייחוס לשטפי קרינה תרמית באופציית ה- flash fire ובנפרד – חישוב מרחקי ערכי הייחוס לאופציית ה vapor cloud explosion. הנחיות מפורטות לחישוב ודוגמת חישוב – ראה נספח ג'

(ג) <u>מטאורולוגיה ותנאי סביבה</u>: ראה סעיף 3.1 (ד) לעיל.

3.10 <u>תרחיש ייחוס (ה2) – מיכל חומ"ס דליק ונפיץ בעל "רעילות גבוהה"</u>

(א) <u>מהות התרחיש</u>: הקביעה המורכבת יחסית, מהו "חומר דליק ונפיץ בעל רעילות גבוהה" "תיעקף" גם היא כמפורט בסעיף 3.11 להלן. גם כאן ניתן לקבוע, שחומ"ס בעל ערך PAC3 בשיעור של ppm בודדים ואף עשרות ppm הוא בעל "רעילות גבוהה". התרחיש עצמו נחלק ל-4 ארועים פוטנציאליים - (1) אירוע BLEVE; (2) אירוע פיזור עם flash fire בפלומה המתפזרת; (3) אירוע פיזור עם UVCE; (4) אירוע פיזור "רגיל" (ללא הצתת הפלומה כ flash fire ו/או התפוצצותה במוד של VCE) מחור במיכל, עבורו מבצעים חישובים "רגילים" של אפקטים טוקסיים; מובן, שהתרחישים הנ"ל יחושבו עבור מידות מיכל, כמויות חומ"ס ו/או לחצים שיסופקו ע"י המפעל.

(ב) <u>תכנת מחשב</u>: כמו בסעיף 3.8 (ב) לעיל, בצירוף חישוב מרחקי רעילות טיפוסיים במודול המתאים ב ALOHA. דוגמת חישוב – ראה נספח ג'

(ג) <u>מטאורולוגיה ותנאי סביבה</u>: ראה סעיף 3.1 (ד) לעיל.

3.11 **<u>הערות</u>**:

(א) ההבדל בין תרחישים ה1 וה2 אמנם בולט ועשוי להיות משמעותי (רעילות "נמוכה" מול "גבוהה"), אך מבחינה פרקטית – "תוספת המאמץ" בהוספת הרצת מודול "סיכונים טוקסיים" בתרחיש ייחוס **ה2**, בהשוואה ל**ה1** בהרצות ALOHA (ראה נספח ג) היא כה קטנה ומאידך, הגדרה חדה של "רעילות גבוהה" בהשוואה ל"רעילות נמוכה" היא קשה (מסיבות שונות, שלא כאן המקום לפרטן) - ראוי להריץ את מודול הסיכונים הטוקסיים עבור <u>מכלול</u> החומרים הדליקים ונפיצים, כאשר סביר להניח שערכי PAC3 של חומ"ס בעל רעילות נמוכה, לא יחצו בכל מקרה את גדרות המפעל ובכך – לא יהוו סיכון לרצפטורים ציבוריים.

(ב) **מכאן, שניתן לראות את תרחישים ה1 וה2 כתרחיש אחד עבורו יבדקו לא פחות מ – 4 סוגי סיכון (כאשר מדובר במיכל חומ"ס מונזל בלחץ) ו – 3 סוגי סיכון (כלומר למעט BLEVE) במיכלים אטמוספיריים.**

(ג) ראה דיון והנחיות חישוב בנושא חומ"ס דליקים ונפיצים גם בסעיף 5.1 להלן

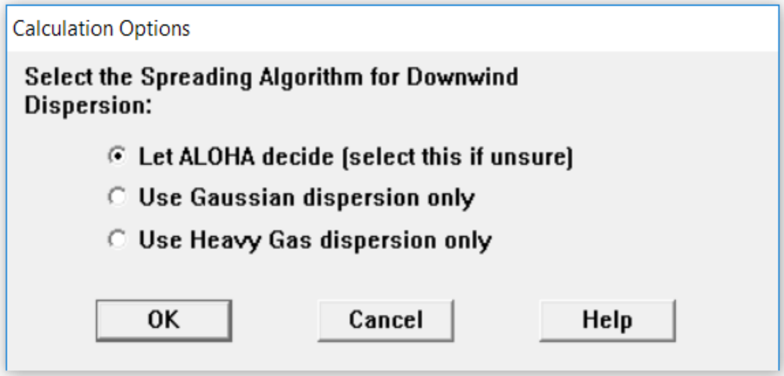
3.12 <u>מיכלי גזים דליקים ונפיצים מונזלים בלחץ - תרחיש ייחוס משולב ו'</u>

(א) מקורות סיכון מסוג זה (כגון מיכלי גפ"מ), אינם צפויים להיות רבים. בכל מקרה ניתוח הסיכונים שלהם אמור להיות מורכב מצירוף תרחישי ייחוס ד' וה'. כלומר יחושבו תרחישים ד1 וד2 (flash ושלולית בנפרד) ועל כל תרחיש יופעלו 4 אופציות החישוב הנכללות בתרחיש ה' (דהיינו flash fire, UVCE, BLEVE, וליתר בטחון גם תרחיש רעילות למרות שבחומ"ס מסוג זה ספק אם יחרוג מגדרות המפעל ובכל מקרה – טווחי PAC3 של צפויים להיות קצרים).

(ב) מיכלי חומ"ס מסוג זה הקבורים באדמה באורח מלא או חלקי (mounded) יהיו "פטורים" ככל הנראה מחלק מהתרחישים (כגון BLEVE), אך יהיה צורך לדון בכל אלו בכל מקרה לגופו.

3.13 <u>הנחיות נוספות להרצות ALOHA</u>

(א) תכנת ALOHA מטפלת באורח ייחודי בפיזור גז כבד מן האוויר ובמקביל – "יודעת" לבחור מתי נכון יותר להשתמש בפיזור גאוסיאני רגיל המיועד בעיקר לפיזור גזים קלים מן האוויר (וכמובן לפיזור אירוסולים נוזליים או מוצקים). המסך הרלוונטי תחת calculation options הוא



הבחירה הנכונה, כברירת מחדל, בין 3 האופציות היא האופציה הראשונה. יחד עם זאת, לעיתים ALOHA בוחרת להשתמש בפיזור גאוסיאני, מסיבות רבות ושונות, כאשר נראה בעליל שנכון וראוי להשתמש ב"גז כבד". ככלל, כאשר הדבר מתאפשר – יש להעדיף את אופצית הגז הכבד, כאשר אכן מדובר על גז כבד משמעותית מן האוויר (אלא אם כן התוכנה "טוענת" שאין במאגר שלה די נתונים על מנת להפעיל כראוי את אופציית הגז הכבד).

(ב) במקרים שונים, תוכנה מבקשת החלטות ממריץ התוכנה. לדוגמא, בפיזור משלולית נדרש סוג הקרקעית. כאשר מדובר במאצרה – ייבחר concrete, כאשר השפך הוא ע"ג הקרקע – ייבחר soil

(ג) כאשר התוכנה נדרשת לחישובי UVCE היא שואלת את המשתמש האם מדובר בשטח פתוח או בשטח congested. בתנאי מפרץ חיפה יהיה נכון להשתמש, כמעט תמיד, ב congested.

4. **חשיפות ייחוס**

4.1 **<u>כללי</u>**

(א) חשיפות הייחוס שהמרחקים לאירוען במרחקים השונים, בתנאים המטאורולוגיים הספציפיים, יחושבו עבור מכלול תרחישי הייחוס שפורטו בסעיף הקודם תתמקדנה סביב ערכי PAC3 המהווים "נקודות קצה" לחישוב מרחקי הפרדה מרצפטורים ציבוריים במצב קיים (ע"פ מדיניות מרחקי ההפרדה של המשרד להגנ"ס)

(ב) אשר על כן – ערכי PAC3 עבור ריכוזים באוויר, יילקחו, כמקובל, מטבלאות SCAPA (מהדורה 28A, ראה נספח ד') כאשר לעיתים, ערכים אלו מופיעים בתכנת ALOHA במינוחים המקוריים שלהם, דהיינו AEGL ו/או ERPG. מבלי להיכנס להבדלים הדקים בין המונחים השונים – תשומת הלב בפלטי ALOHA תתמקד בערכי AEGL3 או בערכי ERPG3 הזהים למעשה לערכי PAC3 (ליתר בטחון, רצוי לוודא זהות בין הערכים הרלוונטיים ב ALOHA לבין הערכים המופיעים בטבלאות וועדת SCAPA. משמעות ערכי PAC3 מופיעה בנספח ד1.

הערת עידכון: כמפורט בגוף הדוח המסכם (ראה סעיפים 6.7 ואחרים), ניכר הצורך ליצור אבחנה ברורה מבחינת נקודות/ערכי קצה, בין נושא מרחקי ההפרדה (המתייחס ל"תקריות סבירות"), לבין מגוון התקריות התפעוליות החמורות הנידונות בסקר

מצרפי זה, שאין ביניהן לבין מרחקי ההפרדה כל קשר, באשר הן (דהיינו התקריות החמורות) אינן מיועדות כלל לקביעת מרחקי הפרדה אלא לתיעדופי ניהול סיכונים במפעלים. בהקשר זה הוחלט כאמור לקבוע את ערכי הקצה לקבלת החלטות (בין היתר לעניין תיעדופי ביצוע ניהול סיכונים) ככפולות שונות של ערכי PAC3. סעיפים 6.7 ו-9.8 בדוח המסכם מבהירים נושא זה בפירוט.

4.2 <u>ערכים מקבילים לערכי PAC3 עבור חשיפות לקרינה תרמית ולהדף מפיצוץ</u>

(א) מקובל בעולם ובישראל להציג ערך של $5kW/m^2$ כשטף קרינה תרמית המקביל מבחינת "עצמת הנזק" ל PAC3. ערך זה גורם לאדם ממוצע החשוף אליו במשך 13 שניות ל"סף כאב" ובחשיפה למשך 40 שניות (ולפי "מתיחה" של ALOHA – 60 שניות) – לכוויות מדרגה שנייה. זהו אפוא אחד מערכי הייחוס אליהם מתייחסת תכנת ALOHA בהצגה הגרפית והמספרית של תוצאות חישובי המרחקים, בהם מתקבלים ערכים אלו של שטפי קרינה תרמית

(ב) הואיל ובאירועי BLEVE ו flash fire משכי החשיפה קצרים יחסית, מומלץ ע"י המשרד להגנ"ס (בעקבות המלצות דומות בעולם), להתייחס לערכים גבוהים יותר של קרינה תרמית עבור משכי חשיפות קצרים יותר (ראה נספח ה')

(ג) באשר לשיאי על הלחץ הסטטיים כתוצאה מהדף מפיצוץ אחד הערכים הקריטיים בALOHA הוא 3.5psi (0.2bar ~) משיקולים שונים – ובעקר ה"מקבילות" לPAC3, מומלץ להשתמש בערך זה ב ALOHA כמייצג.

4.3 <u>סיכום</u>

ערכי הייחוס לחשיפות בהם ייעשה שימוש בסקר מפרץ חיפה (2016) הם: PAC3 ו $5\ kW/m^2$ – 3.5 psi עבור ריכוזי זיהום באוויר, שטפי קרינה תרמית ושיאי על לחץ, בהתאמה; כאשר ערך ה – 5kW/m2 הוא עשוי להשתנות כפונקציה של משך החשיפה, כמפורט בעמודה הימנית של הטבלה השנייה בנספח ה'. באופן דומה, ערכי PAC2 בהם ייעשה שימוש כמפורט בסעיף 7 להלן, יתקבלו תוך שימוש בטבלה העליונה בנספח ה'.

5. הערות נוספות

5.1 <u>חומרים דליקים ונפיצים</u>

(א) ככלל, גזים דליקים ונפיצים מסווגים בקבוצה 2.1 בסיווג האו"ם ואילו נוזלים דליקים ונפיצים (דהיינו נוזלים בעלי לחץ אדים גבוה) מסווגים בדר"כ בקבוצה 3. מובן, שחומ"ס דליק ונפיץ עלול להיות גם רעיל ואף רעיל ביותר.

(ב) מידת הדליקות/נפיצות של חומר נוזלי כלשהו נקבעת בין היתר, לפי נקודת ההבזק שלו, שככל שהיא נמוכה יותר כך סיכויו להינצת במגע עם ניצוץ וכיו"ב – גבוהים יותר. כמו כן, עבור נוזל- ככל שלחץ האדים בטמפ' הסביבה גבוה יותר (בדרך כלל אקויולנטי לטמפ' רתיחה קרובה לטמפ' הסביבה). באופן דומה, מושפעת מדת הדליקות מערכי UEL ו – LEL, כאשר ככל שה LEL נמוך יותר – הנוזל (או אדיו) ייניצתו ב"קלות" רבה יותר.

(ג) לגופו של עניין, **בסקר זה ייחשב נוזל (ואדיו) ל"דליק ונפיץ" אם הוא נמנה עם קבוצה 2.1 או 3 בסיווגי האו"ם ויש לו ערכי LEL/UEL מוכרים (מ handbooks, MSDS וכיו"ב). <u>ובעיקר</u> - עצם ה"מוכנות" של תוכנת ALOHA (ה"מכסה" למעלה מ – 1000 נוזלים וגזים) לחשב עבור חומ"ס מסוים מרחק flash fire ומרחקים אחרים**

הרלוונטיים לחומ"ס דליקים ונפיצים, מעידה על היות החומ"ס נחשב כדליק ונפיץ. כלומר, אם עבור חומ"ס מסוים, ALOHA מאפשרת אופצית חישוב המתאימה לסיכונים המאפיינים חומרים דליקים ונפיצים (בנוסף לאופציית הרעילות) – יחשב החומ"ס לדליק ונפיץ ויחושבו אופציות הסיכון הרלוונטיות. אם החומר אינו מופיע ב ALOHA – יחושב לפי ההמלצות הנ"ל וכן תוך יישום נספח ו'.

<u>הערה</u>: במקרים מסויימים ייתכנו שיקולים אד הוק שלא להכליל כחומר דליק ונפיץ נוזלים שנקודת ההבזק שלהם גבוהה מ – 60 מ"צ.

(ד) אשר על כן, כללי ההחלטה הבסיסיים והחד משמעיים לצורכי סקר הסיכונים הנדון, מופיעים בסעיף 3 עצמו ובבסיס טבלאות 3-8 להלן, עבור כל אחת מ-3 אופציות ה"טיפול" בתרחישי הייחוס, דהיינו direct release (כגון עבור תרחישי הייחוס בסעיפים 3.2, 3.5 ו- 3.6 לעיל), puddle (כגון עבור סעיפים 3.1 ו – 3.2 לעיל) ו - tank (כגון עבור סעיפים 3.7-3.9 לעיל)

(ה) באשר לתקריות ייחוס – תכנת ALOHA מתיימרת, באורח מעורפל למדי, "לכלול" לעיתים בהערכות BLEVE גם תקריות pool fire (שלטענתה- המרחקים של שטפי הקרינה התרמית מהם נמוכים בדרך כלל מאלו של BLEVE המתחולל באותו מיכל). כאן ראוי לציין, שתקריות BLEVE צפויות להתרחש בעיקר במיכלי חומרים דליקים ונפיצים מונזלים בלחץ, בעוד ששריפות מאצרה (pool fire) עלולות, מטבע הדברים, להתרחש גם במיכלים <u>אטמוספיריים</u> של חומרים הנחשבים דליקים ונפיצים (לדוגמא במיכלי גג צף או מיכלים אטמוספיריים "סגורים" של נפט גולמי, או במיכלים של תזקיקי נפט גולמי).

(ו) <u>תזקיקי נפט גלמי</u> - תקריות pool fire בתזקיקי נפט גולמי, כגון בנזין, קרוסין ואחרים, שבדרך כלל אינם נכללים בתוכנת ALOHA, תחושבנה בהתאם להנחיות המשרד להגנת הסביבה <u>כמפורט בנספח ט'</u>. ההנחיות מבוססות על דוח "תזקיקי נפט גולמי - הרכבי התזקיקים, היבטי תרחיש הייחוס ומודל להערכת שטפי קרינה תרמית הפוגעים ברצפטורים ציבוריים בתקרית pool fire (א. שטרן, פברואר 2015)", אשר, בין היתר, יישם אלמנטים מהמלצות NIST (מכון התקנים האמריקאי), בכל הקשור לחישובי pool fire.

(ז) בכל מקרה, נספח ח' כולל רשימת חומרים דליקים ונפיצים הנפוצים בתעשייה. חומרים אלו – ככל שהם מצויים במפעל זה או אחר – יידונו בהתאם לסעיפים 3.8-3.9 לעיל. חומ"ס אחרים יידונו במהלך ביצוע הסקר בפורמאט של "כל מקרה לגופו"

5.2 <u>תקריות בריאקטורים</u>

(א) מפעלי תעשייה כימית מאופיינים בין היתר בתהליכים/ריאקציות המתבצעים בהם במהלך ייצור או עיבוד כימיקלים, הן כתוצרי ביניים (לתהליכי המשך) והן כתוצרים סופיים. מרבית התהליכים בהם מעורבים חומרים מסוכנים הם תהליכים מנתיים (batch processes) המתבצעים בריאקטורים מפוקחי טמפרטורות, לחצים, נוכחות חמצן, לחויות וכיו"ב – הכל לפי טיב וסוג הריאקציה. החומס – בדר"כ במצב נוזלי או מוצק – מוחדרים בקצבים איטיים יחסית לריאקטור בו מתבצע התהליך שמהותו – הגבת החומ"ס עם ריאגנטים שונים המצויים בריאקטור, במקרים רבים תוך

בחישה מתמדת. לעיתים מכיל הריאקטור ממיסים שונים "לתפוס" את התוצר המתקבל עם או בלי תהליכי המשך של הפרדת פאזות.

(ב) נפחים אופייניים של ריאקטורים כאלו עשויים להיות 4, 8, 12 ואף 16 מ"ק, כאשר כמות חומ"ס אופיינית ההמוזרקת לתוכם במנה אחת עשויה להיות כ – 2 טון ובמקרים קיצוניים – אף 4 טון.

(ג) תקריות בריאקטורים עלולות להיות כרוכות בפיצוץ, עקב עלייה בלתי מבוקרת של טמפרטורות ו/או לחצים, תקלות בוחש וכיו"ב. תקריות פיצוץ ריאקטורים אירעו בעבר גם עקב נוכחות אי ניקיונות בריאקטור ופעילותם כקטליזטורים בלתי רצויים.

(ד) הנחת העבודה לצורך הערכת תקריות הייחוס של פיצוץ ריאקטור בסקר זה תכלול (1) הנחה שעקב תקלת בקרה (עלית טמפרטורה או לחץ), תקלה מיכנית/בקרתית כגון עצירה או שבר של בוחש) **מחצית** החומ"ס המוכנס לריאקטור בתהליך, לא הגיב ו – (2) הנחה, שמחצית זו נפלטת לסביבה, עקב אירוע פיצוץ. אם מדובר בריאגנט נוזלי, החישובים יבוצעו ב ALOHA במודול direct. אם מדובר בריאגנט במצב מוצק – גושני, פתיתי או אבקתי, החישובים יבוצעו כמפורט בנספח ב'.

(ה) אם תוצר התהליך בריאקטור הוא חומר מסוכן בפני עצמו – אזי במקביל לחישוב פליטת מחצית המגיב, כמפורט לעיל, יחושבו גם ריכוזי PAC3 באוויר כתוצאה מפליטת מחצית כמות התוצר המרבית הנוצרת בתהליך (גם כאן האבחנה בין נוזל למוצק כמפורט בס"ק (ה) לעיל)

5.3 <u>תקריות "דומינו"</u>

(א) בקונטקסט של סקר סיכונים זה, תקרית דומינו היא תקרית, בה מתרחש אירוע אנרגטי במיכל של חומר דליק ונפיץ (כגון פיצוץ מלא או חלקי) הגורם לגל הדף. גל ההדף עלול לפגוע באורח חמור במיכלי חומרים מסוכנים המצויים ב"טווח המסוכן" עד כדי גרימת קריסתם, או סידוק בהם, על כל המשתמע מכך מבחינת שפך תוכנם למאצרה. זאת, בנוסף להשפעות גומלין בין אירוע במיכל אחד לאירוע אנרגטי במיכל חומ"ס דליק ונפיץ אחר, המצוי גם הוא ב"טווח המסוכן" וגרימת מעין תגובת שרשרת כלל מפעלית.

(ב) תקרית "דומינו" היא אירוע מורכב ביותר הראוי להערכת סיכונים פרטנית ורחבת היקף עבור כל מפעל ומפעל – מה שכמובן לא ניתן לביצוע במסגרת של הערכת סיכונים רב מפעלית, אינטגרטיבית. יתר על כן, תרחישי הייחוס שנבנו לצורך סקר הסיכונים ופורטו בסעיף 3 לעיל, כבר כוללים אירועים העלולים להתרחש במהלך תקרית דומינו, כאשר כל האירועים, למעט תרחישים א2, ו – ב3 אינם ייחודיים לתקרית דומינו. תרחיש א2 הוא ייחודי בכך שהוא מניח שפגיעה אנרגטית חמורה במיכל אטמוספירי עלולה לגרום לפרקציה – אמנם קטנה – של החומ"ס במיכל להיפלט לסביבה במצב אירוסולי. פרקציה זו מוערכת ב – 5% כאשר, כאמור בסעיף 3.2 השאר ישפך למאצרה ויתאדה ממנה בתהליך אידוי רגיל. במקביל, אירוע פליטת המוצק האבקתי לסביבה גם הוא ייחודי, בהיותו נגרם ע"י תקרית אנרגטית

(ג) מה שנותר לקבוע בפועל הוא, אילו מיכלי חומ"ס אטמוספיריים ואלו מיכלי/מצבורי מוצק אבקתי עלולים להיפגע כתוצאה מאירוע פיצוץ במיכל נוזל/גז דליק ונפיץ. הדבר מותנה (1) בכמות החומ"ס הדליק ונפיץ המצויה "בסמוך" למיכל/מצבור החומ"ס

הנוזלי/אבקתי (2) בתכונות הפיזיקליות של החומ״ס הדליק ונפיץ ובעיקר בחום הבעירה שלו. כלומר, התשובות ל- (1) ו – (2) תסייענה בקביעת הרדיוס המרבי מנקודת הפיצוץ, שעד אליו תתכן פגיעה במיכל/מצבור החומ״ס הנוזלי/אבקתי.

(ד) טבלה 2 מציגה את המרחקים (במ׳) ממיכל חומ״ס דליק ונפיץ שכל מיכל חומ״ס נוזלי אטמוספירי וכל מיכל/מצבור חומ״ס מוצק אבקתי המצוי במרחק נמוך ממרחק זה ממיכל החומ״ס הדליק ונפיץ, יידון לפי תרחישי ייחוס ב3 לעיל. המרחקים הוערכו בהנחה מחמירה ששליש החומ״ס הדליק ונפיץ המצוי במיכל מתפוצץ כתוצאה מאירוע חיצוני או פנימי כלשהו ומשפיע על סביבותיו וחושבו בהתאם להערכות TNT Equivalence ע״פ חום השריפה שלו והערכות מרחקי על לחץ סטטי של גל הדף ברמה של כ 0.2psi העלולים לגרום – לפי הספרות הרלוונטית – לפגיעה במיכלים אטמוספיריים בהסתברות של עשרות אחוזים.

(ה) במילים אחרות – לאור המרחקים המופיעים בטבלה 2 סביר להניח שיהיו מפעלים לא מועטים בהם רוב או אף כל המיכלים האטמוספיריים וכל מיכלי /מצבורי האבקות יידונו באורח מחמיר כנ״ל (ס״ק (ב)), במהלך של התחשבות בתקרית דומינו כמפורט לעיל.

(ו) יש לציין, שכל שאר תרחישי הייחוס המפורטים בסעיף 3 עלולים להתרחש, הן בתקרית ״דומינו״ והן בתקרית רגילה, בה נתון רק מיכל/מצבור החומ״ס, מבלי להיות מעורב בתקרית ״דומינו״ כלשהי.

טבלה 2

מרחקי השפעה (מ׳) של אירועים במיכלי חומ״ס דליק ונפיץ על פגיעה חמורה במיכלים אטמוספיריים/מצבורי חומ״ס, עבור תחומי מסות וערכי חום שריפה שונים

חום שריפה MJ/kg	מסת החומ"ס הדליק ונפיץ במיכל (טון)				
	<10	10-20	20-30	30-50	50-80
>40	**90**	**155**	**185**	**215**	**255**
25-40	**80**	**140**	**165**	**195**	**230**
10-25	**65**	**110**	**135**	**160**	**185**

(ז) סיכום: הימצאות מיכל אטמוספירי של חומ״ס נוזלי או מצבור/אריזה של חומ״ס אבקתי, במרחק קטן ממיכל חומר דליק ונפיץ מזה המופיע בטבלה 1 (עבור הכמות וחום השריפה של החומ״ס הדליק ונפיץ) **תחייב יישום תרחישי ייחוס 3.2 ו – 3.5, בהתאמה, עבור מוקדי סיכון אלו.**

5.4 חומ״ס שאינם מצויים בספריית ALOHA ו/או בטבלאות SCAPA

(א) במהלך סקר הסיכונים עלול ים להתגלות חומרים מסוכנים שאינם מופיעים בספריית ALOHA. במקרה זה יש להשתמש בפונקציית ADD בתפריט הראשי ולהשלים מתוך MSDS, Handbook וכדו׳ את הנתונים המבוקשים (ראה נספח ו׳)

(ב) לעיתים יהיה צורך לשנות את אחת מנקודות הקצה (ריכוזים באוויר או שטפי קרינה תרמית או שיא על לחץ סטטי) ולהתאימה לדרישות המופיעות בדוח זה או בהנחיות

המשרד להגנת הסביבה. שינוי זה ייעשה באמצעות פונקציית MODIFY המופיעה גם היא בתפריט הראשי.

(ג) בכל מקרה, ערכי PAC3 יילקחו מטבלאות SCAPA (נכון למועד פרסום מתודולוגיה זו - הערכים העדכניים מופיעים ב Rev. 29של טבלאות SCAPA מאי 2016). חומ״ס שאינו מופיע בטבלאות SCAPA – יהיה צורך להניח עבורו ערך מחמיר של PAC3. הערך הספציפי ייבחר, בלית ברירה, באורח מחמיר, בהתייעצות אד הוק עם מחבר דוח זה.

(ד) **<u>הערת עדכון</u>**: במהלך העבודה התברר כי במפעלי המפרץ מצויים מאות חומרים מסוכנים נוזליים (רובם ככולם במיכלים אטמוספיריים) שאינם מופיעים ב״ספריית ALOHA״; וזאת, כאשר לרבים מהם לא ניתן למצוא בספרות נתונים כימיים/פיזיקליים מאפיינים. כמו כן, התברר, שלא כצפוי, נמצאו במפעלי המפרץ חומ״ס לא מועטים שאין להם ערכי PAC כלל, דהיינו אינם מופיעים בין 3360 החומרים המסוכנים המצויים בטבלאות SCAPA. הדרך להתגבר על בעיית נתוני ALOHA הייתה להפעיל את מודל הפיזור הגאוסיאני הפשוט יחסית על חומרים אלו (ראה גם נספח... לדוח זה), המתפזרים ברוב המקרים בצורת טיפיות/חלקיקים. הנושא מנותח ומנומק לפרטיו בדוח המסכם. באשר לחומרים עבורם לא נמצאו כלל ערכי PAC (אלו בדרך כלל לא הובאו בחשבון) – ראה הסברים מנומקים בסעיפים שונים בדוח המסכם

5.5 <u>חומ״ס מוצקים</u>

(א) חומרים מסוכנים במצב צבירה מוצק, המצויים לרוב במפעלים כימיים, בדר״כ אינם ״זוכים״ לתשומת הלב הראויה בהערכות סיכונים מפעליות, שכן אינם נשפכים למאצרות או נפלטים לסביבה במצב גזי. אין לכך כל הצדקה, שכן חומ״ס אלו עלולים להיות נתונים בשריפה ו/או בפיצוץ (עצמי או פיצוץ בסביבתם בתקרית ״דומינו״) באופן שפרקציות – אמנם קטנות יחסית – שלהם תפלטנה לסביבה כאירוסולים.

(ב) מבחינת פוטנציאל פליטה לסביבה בתקריות כנ״ל, יש להבחין בין מוצקים גושניים או במבנה של פתיתים לבין מוצקים אבקתיים. המוצקים הגושניים/פתיתיים וכיו״ב אינם צפויים להתרסק במידה משמעותית לאירוסולים במקרי פיצוץ סמוך מחד ומאידך עשויים לעבור אירוסוליזציה מסוימת והמראת האירוסולים בתהליכי שריפה – עם או בלי התחמצנות. מנגד, מוצקים במצב אבקתי (הגבול בין גודל (קוטר) חלקיק אבקתי ללא אבקתי נקבע לצורך סקר זה בסביבות 50 מיקרון), ״ימריאו״ לסביבה, מטבע הדברים, במידה רבה יותר מאשר הלא אבקתיים במקרי פיצוץ סמוך ואפילו במקרי שריפה.

(ג) יתר על כן, אירוסולים מוצקים בקוטר של עד כ – 20 מיקרון ולעיתים אף למעלה מכך, נחשבים נשימים (respirable) וחודרים, במהלך נשימה, לרבדים עמוקים של מערכת הנשימה, תוך גרימת נזקים בריאותיים במסלול חשיפה זה. והואיל ומבחינה אווירודינמית חלקיק בקוטר של עד 20-30 מיקרון יתנהג כאירוסול (מבחינת פיזור לסביבה) – הרי שהמונח ״נשים״ (מבחינת סיכון לבני אדם) ו״אירוסולי״ (מבחינת פיזור טורבולנטי ארוך טווח), כמעט מתלכדים.

(ד) האמור לעיל הוביל ליצירת המדרג של פרקציות הפליטה לסביבה, כפי שנקבע לעיל עבור תרחישים ב1-ב3.

(ה) מודגש, שאם המוצק עצמו הוא נפיץ (ומסווג בדרגה גבוהה בקבוצה 1 של האו״ם) – הרי שהתפוצצותו עלולה לגרום לאירוסוליזציה בפרקציות גבוהות בהרבה. במקרים כאלו, הנדירים יחסית בתעשייה הכימית (אם יופיעו במפעל או מוקד סיכון כלשהו), ייעשו שיקולים אד הוק בכל מקרה לגופו; שכן, בתהליכי פיצוץ מתרחשים גם תהליכי חמצון, העלולים/עשויים להפוך את האירוסולים ממסוכנים בריאותית לבלתי מסוכנים וגם ההפך עלול/עשוי להיות נכון!

5.6 מצאי ייחוס של חומ״ס במפעלים

(א) הואיל ורשימת החומ״ס המופיעה בנספח א1 היא בסיסית ומטבע הדברים אינה כוללת (גם אינה יכולה לכלול) את המגוון הרחב מאד של חומ״ס המפוזרים בין 68 מפעלי המפרץ הנדונים בסקר סיכונים זה, מן הראוי לוודא שחומרים מסוכנים שאינם מופיעים ברשימה זו אינם ״מפוספסים״, מבחינת פוטנציאל התקריות שלהם.

(ב) אשר על כן, לאחר ה״סינון הראשוני״ של החומ״ס במפעל, ע״פ סעיף 2.2 (ג) 1 לעיל, ״יסוננו״ כל שאר החומרים המסוכנים המופיעים בהתרי הרעלים, באופן הבא

1. יאותרו ערכי PAC3 שלהם וכמויותיהם המרביות.
2. עבור נוזלים במיכלים אטמוספיריים שנק׳ הרתיחה שלהם גבוהה מ30^oC –אזי כל עוד מתקיימים בהם שני התנאים: (א) ערך PAC3>2000 ppm וגם (ב) שטח המאצרה שלהם < 100 מ״ר – אין צורך לחשב עבורם מרחקי PAC3 בתקרית א1
3. עבור נוזלים כנ״ל, עבורם (א) כמותם במיכל אחד< 8 טון **וגם** (ב) ערך PAC3 שלהם מקיים PAC3>2000ppm – לא יהיה צורך לחשב תקרית דומינו בתרחיש ייחוס (א2); וזאת, בתנאי שמדובר במיכל בודד של החומ״ס הרלוונטי (להבדיל מכמה מיכלים סמוכים)
4. עבור מוצקים
   1. מוצק גושני – כל עוד ערך PAC3 (ביח׳ מיליגרם/מ״ק) מחולק בכמות המוצק הגושני במצבור/מיכל (בטונות) עולה על 8 – אין צורך בחישובי ריכוזים באוויר
   2. מוצק אבקתי – כנ״ל, אם מנת הערכים עולה על 1600 !

6. הצגת התוצאות

6.1 תוצאות הערכות הסיכונים תוצגנה באופן הבא

(א) תוצאות הערכות הסיכונים, ע״פ תרחישי הייחוס ואופני החשיפה הנ״ל, תוצגנה כאמור באופן שיאפשר ביצוע הערכת סיכונים מצרפית, בשלבים מאוחרים יותר.
הערכת הסיכונים המצרפית תבוצע, בין היתר, תוך יישום מתודולוגיות GIS מתקדמות.

(ב) לשם כך

1. ״מרכז סיכון״ - מבחינה גיאוגרפית בכל מפעל ירוכזו מוקדי סיכון באופן שהמפעל ״ייוצג״ ע״י 1-4 ״מרכזי סיכון״ בהתאם לגודלו, למהות מוקדי הסיכון ולאופן פיזורם בשטח המפעל, למיקום הגדרות ועוד. ההחלטה בדבר מרכזי הסיכון תתקבל אד הוק לכל מפעל והמרחקים אל נקודת הגדר הקרובה ביותר ובעיקר –

אל הרצפטורים הציבוריים הרלוונטיים, ייקבעו מ"מרכזי הסיכון" עצמם. ראה שרטוט לדוגמא בנספח ז'. הנ.צ. של מרכז/מרכזי הסיכון יצויינו באורח מדויק. מוקדי הסיכון ומרכזי הסיכון יוצגו באורח ברור ופרטני ע"ג מפת המפעל.

2. מרחקי PAC3 (ראה טבלאות 3-8 להלן) יצויינו כרדיוסים סביב "מרכזי הסיכונים" השונים, ללא קשר להימצאות/אי הימצאות רצפטורים ציבוריים בתחומי רדיוסים אלו. כלומר, המרחקים המתקבלים עבור כל מוקדי הסיכון המיוצגים ע"י מרכזי הסיכון ומצויים בתחום הפרישה של מרכז הסיכון, יימדדו ממרכז הסיכון עצמו.
3. בכל מקרה, יוצגו בטבלאות 3-8 אך ורק מרחקים החורגים מנקודת הגדר הקרובה ביותר (עליה נמצאים היום או יוכלו להימצא בעתיד רצפטורים ציבוריים); בשלבים הראשונים של הסקר לא יהיה צורך לשרטט את הרדיוסים ע"ג מפה, שכן די בנ.צ וברדיוס על מנת לשמש קלט מספק למערכות GIS.
4. כאמור לעיל, מרחקי PAC3 יחושבו בכל המקרים, הן עבור מצב יציבות D(4) והן עבור מצב F(2); הנסיון מראה, שלא תמיד מצב F(2) הוא החמור. לעיתים (בעיקר בסיטואציות של "גז כבד") - התוצאות במצבי D חמורות יותר. <u>התוצאות בטבלאות 3-8 תוצגנה עבור הערך המחמיר יותר</u>.
5. **אשר על כן, מקבץ טבלאות 3-8 יוצג עבור כל מרכז סיכון במפעל**, כאשר ברור שייתכנו מרכזי סיכון עבורם טבלה מסוימת (או יותר), לא תהיה רלוונטית.
6. טבלה 9 היא מעין ***"טבלה מפעלית מסכמת"***, המציגה את מרחקי רדיוסי PAC3 באינטרוולים של 100 מ' ממרכז הסיכון הרלוונטי, תוך ציון מספר מוקדי הסיכון בתוך "מרכז הסיכון", הגורמים לPAC3 בתוך אותו אינטרוול

<u>טבלה 3 – נוזלים, מיכלים אטמוספיריים (סעיפים 3.1-3.2)</u>

מס'	החומ"ס			תרחיש		הערות
	שם	CAS	כמות (טון)	א1 – מרחק (מ')	א2 – מרחק (מ')	

<u>טבלה 4 – מוצקים (סעיפים 3.3-3.5)</u>

מס'	החומ"ס			תרחיש			הערות
	שם	CAS	כמות (טון)	ב1 – מרחק (מ')	ב2 – מרחק (מ')	ב3 – מרחק(מ')	

<u>טבלה 5 – ריאקטורים (סעיף 3.6)</u>

מס'	החומ"ס			תרחיש	הערות
	שם	CAS	כמות (טון)	ג– מרחק (מ')	

טבלה 6 – גזים לא דליקים ונפיצים, מונזלים בלחץ (סעיפים 3.7-3.8)

מס'	החומ״ס			תרחיש		הערות
	שם	CAS	כמות (טון)	ד1 – מרחק (מ')	ד2 – מרחק (מ')	

טבלה 7 – חומ״ס דליקים ונפיצים (סעיפים 3.9-3.11)[1]

מס'	החומ״ס			תרחיש ה' (מרחקים במ')					הערות
	שם	CAS	כמות (טון)	Flash fire	UVCE	BLEVE[2]	Pool fire	רעילות	

1. במקרה של חומ״ס דליק ונפיץ מונזל בלחץ, יש להעריך, בנוסף ל-5 התרחישים בטבלה, גם תרחישי ייחוס ע״פ טבלה 6 (דהיינו, תקרית flash (להבדיל מ flash fire) והשלמתה לפיזור שלולית. ראה סעיף 3.12 לעיל וטבלאות 8א ו – 8ב להלן.
2. יחושב בעיקר עבור חומ״ס דליקים ונפיצים מונזלים בלחץ

טבלה 8א'

חומ״ס דליקים ונפיצים מונזלים בלחץ (סעיפים 3.9-3.12) – תקרית flash

מס'	החומ״ס			תרחיש ו' (מרחקים במ')					הערות
	שם	CAS	כמות (טון)	Flash fire	UVCE	BLEVE[2]	Pool fire	רעילות	

טבלה 8ב'

חומ״ס דליקים ונפיצים מונזלים בלחץ (סעיפים 3.9-3.12) – אידוי משלולית

מס'	החומ״ס			תרחיש ו' (מרחקים במ')					הערות
	שם	CAS	כמות (טון)	Flash fire	UVCE	BLEVE[2]	Pool fire	רעילות	

<u>טבלה 9</u>

<u>מפעל "תפארת המפרץ" – טבלת סיכונים מסכמת: דוגמא</u>

מרכזי סיכון[1]		מרחקי PAC3 (מ')			
מס'	נ.צ.	500-600[2]	600-700[2]	700-800[2]	800-900[2]
1		מס' "הגעות" לPAC3[3] טבלה... שורה... טבלה... שורה...	מס' "הגעות" לPAC3[3] טבלה... שורה... טבלה... שורה...	כמו בעמודה הקודמת	כנ"ל
2					
3					
4					

1. כאמור, יתכנו 1 עד 4 "מרכזי סיכון" במפעל אחד.
2. האינטרוולים ארביטריים ומוצגים כדוגמא בלבד. לדוגמא – תתכן התחלתם בטווח 200-300 למשל; תתכן "קפיצה" מ – 200-300 ישירות ל - 500-600 (כמובן, אם אין תוצאות בטווחי הביניים); במקרים קיצוניים, של התפרשות ערכי PAC3 במגוון התרחישים עבור מרכז סיכון אחד ע"פ טווחים גדולים יותר, תתאפשר בחירת אינטרוולים ב"עובי" של עד 200 מ'.
3. כאן יסוכם, לדוגמא, כמה פעמים בטבלאות 3-8 התקבלו ערכים של PAC3 בין 500 ל 600 מ' ממרכז הסיכון; ומתחת – הפנייה לטבלה... שורה... (ייתכנו כמובן כמה הפניות כאלה).

6.2 הצגת התוצאות באופן הנ"ל, תסייע כאמור לביצוע אינטגרציה מושכלת של מכלול הסיכונים לאדם בודד ולאוכלוסייה כולה ממכלול מקורות הסיכון העלולים להשפיע עליו/עליה.

6.3 שיקולי הצורך בהפעלת מטאורולוגיה מדויקת יותר (העשויה להיות חשובה בעיקר בתנאי מפרץ חיפה) ייעשו רק עם קבלת "תחושות" מנומקות באשר למפות הסיכונים הכלליות.

6.4 במהלך האינטגרציה יישקלו גם שילובים של ערכים הסתברותיים העשויים לאפיין תרחישי ייחוס אלה או אחרים.

6.5 **<u>הערת עידכון</u>**: במהלך ביצוע העבודה במפעלים התברר שלטווח 0-100 מ' ממרכזי הסיכון אין משמעות מעשית בקונטקסט של סקר הסיכונים המצרפי הואיל והטווח "נופל" ברוב המכריע של המקרים בתחומי המפעלים עצמם ובמקרים הבודדים של חריגה מתחומי המפעל – אין מדובר בפגיעה ברצפטורים ציבוריים. אשר על כן, נבחרו באורח גנרי עבור כל מרכזי הסיכון הטווחים הבאים (במ'): 100-300, 301-500, 501-800, 801-1300, 1301-2000, 2000-4000. ראה הסברים בדוח המסכם

7. **מרחקי הפרדה ממפעלי חומ"ס**

7.1 בנוסף לסקר המצרפי, יבוצע סקר סיכונים פרטני לכל מקור סיכון, בהתאם למדיניות מרחקי ההפרדה של המשרד להגנת הסביבה, על פי המפורט במסמך המדיניות העדכני של המשרד להגנת הסביבה **"מדיניות מרחקי הפרדה במקורות סיכון נייחים, מהדורה מעודכנת" (מרץ 2014)**. מודגש, שנושא זה נפרד לחלוטין מנושא סקר הסיכונים המצרפי.

7.2 אשר על כן, כל מתקן חומ"ס במפעל (דהיינו "מוקד סיכון" כהגדרתו לעיל), ייבחן – בנוסף למכלול תרחישי הייחוס שנמנו לעיל – גם מול תרחיש הייחוס הבודד הרלוונטי לו, לפי ההנחיות המפורטות בחוזר מנכ"ל המשרד להגנ"ס הנ"ל.

7.3 התוצאות תוצגנה כמפורט בטבלה 10 **<u>עבור כל מרכז סיכון</u>** במפעל, כאשר המתקנים הספציפיים בתוך מרכז הסיכון (דהיינו "מוקדי הסיכון" כהוראתם בדוח זה), ממוספרים כמקודם ומרחקי נקודות הקצה יימדדו מן הנ.צ. המייצג של "מוקד הסיכון".

<u>טבלה 10</u>

<u>מרחקי הפרדה</u>

מס'	החומ"ס			תרחיש[1]	מרחק נקודת קצה (מ')	
	שם	CAS	כמות (טון)		PAC2	PAC3

1. ע"פ מדיניות מרחקי ההפרדה של המשרד להגנ"ס.

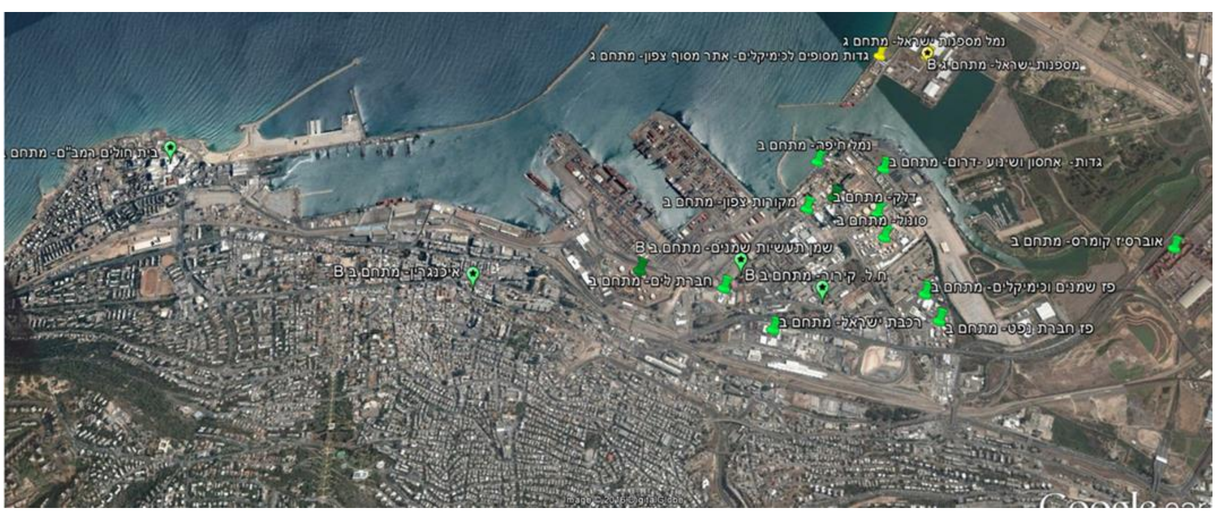
נספח א'

מתחמים ומפעלים הנכללים בסקר הסיכונים המצרפי

<u>מקרא:</u>

<u>צבעים</u> : כחול, ירוק, צהוב, אדום – מתחמים א', ב', ג', ד' בהתאמה.

"סיכות נעוצות" ו"טיפות" – מפעלי "A" ו – "B", בהתאמה.




תשתיות נפט ואנרגיה- טרמינל קרית חיים- מתחם ג
חן שמואל כימיקלים- מתחם ג B
אוברסיז אדמירליטי- מתחם ד
דור כימיקלים- מתחם ג
גדות מסופים וכימיקלים- אתר חרושת מזרח- מתחם ג
יוניליוור מזון- מתחם ג B
יוניליוור טיפוח אישי- מתחם ג B
אלקו כימיקלים- מתחם ג B
אלקטרוכלור- מתחם ג
תרו- מתחם ד
חיפה כימיקלים- מיכל האמוניה- מתחם ג
נמל מספנות ישראל- מתחם ג
גדות מסופים לכימיקלים- אתר מסוף צפון- מתחם ג
מספנות ישראל- מתחם ג B
Image © 2016 DigitalGlobe
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image © 2016 TerraMetrics
Google earth


ד"ר מירון- מתחם ד
הדברה הגרעין
כרום ניקל
ש.ח. ציפוי אל חלד
ציפוי מתכת עמק זבולון
אוברסיז אדמירליטי- מתחם ד
ביטום
ציפוי מתכת טכנו כרום
אטומיק
נדיב ציפוי וטיפול במתכות
טכנו ב.ש.ן
תנובה קירור- מרכז מכירות והפצה חלב
פרוטרום- מתחם ד
תרו- מתחם ד
תנובה קירור- מרכז מכירות והפצה
טי-פול בע"מ
אלקטרוכלור- מתחם ג

נספח 1א - רשימות חומ"ס להכללה בסקר הסיכונים (ראה הערות שוליים בסוף הרשימה)

No	Chemical Name	CAS	P2 (kg)[1]	P3 (Kg)[2]	Endpoint[3] (mg/l)
1	Acetaldehyde	75-07-0	5000	5000	flm[4]
2	Acetylene [Ethyne]	74-86-2	5000		flm
3	Acrolein [2-Propenal]	107-02-8	250	250	0.0011
4	Acrylonitrile [2-Propenenitrile]	107-13-1	5000		flm, 0.076
5	Acrylyl chloride [2-Propenoyl chloride]	814-68-6	250	250	0.0009
6	Allyl alcohol [2-Propen-l-ol]	107-18-6	500		0.036
7	Allyl bromide	106-95-6	5000		flm
8	Allyl chloride	107-05-1	5000		flm
9	Allyl formate	1838-59-1	5000		flm
10	Allylamine [2-Propen-l-amine]	107-11-9	250	500	0.0032
11	Ammonia (anhydrous)	7664-41-7	250	3000	0.14
12	Ammonia (conc 20% or greater)	7664-41-7	10000		
13	Arsenous trichloride	7784-34-1	100		0.01
14	Arsine	7784-42-1	50	50	0.0019
15	Boron trichloride [Borane, trichloro-]	10294-34-5	250	1250	0.01
16	Boron trifluoride [Borane, trifluoro-]	7637-07-2	250	250	0.028
17	Boron trifluoride compound with methyl ether (1:1) [Boron,trifluoro [oxybis[metane]]]-, T-4-	353-42-4	500		0.023
18	Bromine	7726-95-6	250	750	0.0065
19	Bromotrifluorethylene [Ethene, bromotrifluoro-]	598-73-2	5000		flm
20	Butadiene-1,3	106-99-0	5000		flm
21	Butane	106-97-8	5000		flm
22	Butene	25167-67-3	5000		flm
23	Butene-1	106-98-9	5000		flm
24	Butene-2	107-01-7	5000		flm
25	Butene-2-cis	590-18-1	5000		flm
26	Butene-2-trans [2-Butene, (E)]	624-64-6	5000		flm
27	Carbon disulfide	75-15-0	5000		flm,0.16
28	Carbon oxysulfide [Carbon oxide sulfide (COS)]	463-58-1	5000		flm
29	Chlorine	7782-50-5	400	750	0.0087
30	Chlorine dioxide [Chlorine oxide (ClO2)]	10049-04-4	250	500	
31	Chlorine monoxide [Chlorine oxide]	7791-21-1	5000		
32	Chloroform [Methane, trichloro-]	67-66-3	5000		flm, 0.49
33	Chloromethyl ether [Methane, oxybis[chloro-]]	542-88-1	50		0.00025
34	Chloromethyl methyl ether [Methane, chloromethoxy-]	107-30-2	250	250	0.0018
35	Chloropicrine	76-06-2	200	1000	
36	chloroprene	000126-99-8	5000		flm
37	Chloropropane-2		5000		flm
38	Chloropropylene-1 [1-Propene, 1-chloro-]	590-21-6	5000		flm
39	Chloropropylene-2 [1-Propene, 2-chloro-]	557-98-2	5000		flm
40	Cobalt carbonyl	10210-68-1	50	75	
41	Crotonaldehyde [2-Butenal]	4170-30-3	500		0.029
42	Crotonaldehyde, (E)- [2-Butenal, (E)-]	123-73-9	500		0.029

No	Chemical Name	CAS	P2 (kg)[1]	P3 (Kg)[2]	Endpoint[3] (mg/l)
43	Crotonylene	503-17-3	5000		flm
44	Cyanogen [Ethanedinitrile]	460-19-5	5000	5000	flm
45	Cyclohexylamine [Cyclohexanamine]	108-91-8	5000		flm, 0.16
46	Cyclopropane	75-19-4	5000		flm
47	Diborane	19287-45-7	50	50	0.0011
48	Dichlorosilane [Silane, dichloro-]	4109-96-0	5000	5000	flm
49	Difluoroethane [Ethane, 1,1-difluoro-]	75-37-6	5000		flm
50	Dimethyl Sulfate	77-78-1	250		
51	Dimethylamine [Methanamine, N-methyl-]	124-40-3	5000		flm
52	Dimethyldichlorosilane [Silane, dichlorodimethyl-]	75-78-5	250	500	0.026
53	Dimethylhydrazine-1,1 [Hydrazine,1,1-dimethyl-]	57-14-7	500	500	0.012
54	Dimethylpropane-2,2 [Propane, 2,2-dimethyl-]	463-82-1	5000		flm
55	Divinyl ether	109-93-3	5000		flm
56	Epichlorohydrin [Oxirane, (chloromethyl)-]	106-89-8	500		0.076
57	Ethane	74-84-0	5000		flm
58	Ethyl acetylene [1-Butyne]	107-00-6	5000		flm
59	Ethyl chloride [Ethane, chloro-]	75-00-3	5000		flm
60	Ethyl ether [Ethane, 1,1'-oxybis-]	60-29-7	5000		flm
61	Ethyl isocyanate	109-90-0	5000		flm
62	Ethyl mercaptan [Ethanethiol]	75-08-1	5000		flm
63	Ethyl nitrite [Nitrous acid, ethyl ester]	109-95-5	5000	5000	flm
64	Ethylamine [Ethanamine]	75-04-7	5000	5000	flm
65	Ethylene [Ethene]	74-85-1	5000		flm
66	Ethylene Fluorohydrin	371-62-0	5	50	
67	Ethylene oxide [Oxirane]	75-21-8	250	2500	
68	Ethylenediamine [1,2-Ethanediamine]	107-15-3	5000		flm, 0.49
69	Ethyleneimine [Aziridine]	151-56-4	250	500	0.09
70	Fluorine	7782-41-4	50	500	0.0039
71	Fluoroacetic acid	144-49-0	100		
72	Fluoroacetyl Chloride	359-06-8	5		
73	Formaldehyde (solution)	50-00-0	1200	1200	0.012
74	Furane	110-00-9	250	250	0.0012
75	Hydrazine	302-01-2	500		0.011
76	Hydrochloric acid (conc 37% or greater)	7647-01-0	7000		
77	Hydrogen	1333-74-0	5000		flm
78	Hydrogen chloride (anhydrous) [Hydrochloric acid]	7647-01-0	800	2500 (anhyd)	0.03
79	Hydrogen cyanide	74-90-8	50		0.011
80	Hydrogen fluoride/Hydrofluoric acid (conc 50% or greater)[Hydrofluoric acid]	7664-39-3	50	500 (anhyd)	0.016
81	Hydrogen selenide	7783-07-5	250	250	0.00066
82	Hydrogen sulfide	7783-06-4	250	750	0.042
83	Iron, pentacarbonyl- [Iron carbonyl (Fe(CO)5), (TB-5-11)-]	13463-40-6	50	125	0.00044
84	Isobutane [Propane, 2-methyl]	75-28-5	5000		flm
85	Isobutyronitrile [Propanenitrile, 2-methyl-]	78-82-0	500		0.14
86	Isopentane [Butane, 2-methyl-]	78-78-4	5000		flm
87	Isophorone Diisocyanate	4098-71-9	50		
88	Isoprene [1,3-Butadinene, 2-methyl-]	78-79-5	5000		flm

No	Chemical Name	CAS	P2 (kg)[1]	P3 (Kg)[2]	Endpoint[3] (mg/l)
89	Isopropyl chloride [Propane, 2-chloro-]	75-29-6	5000		flm
90	Isopropyl chloroformate [Carbonochloridic acid,1-methylethyl ester[	108-23-6	500		0.1
91	Isopropyl isocyanate	1795-48-8	5000		flm
92	Isopropylamine [2-Propanamine]	75-31-0	5000		flm
93	Liquefied petroleum gas (LPG)	68476-85-7	8000		
94	Methacrylonitrile [2-Propenenitrile, 2-methyl-]	126-98-7	250		0.0027
95	Methacryloyl Chloride	920-46-7	50	75	
96	Methacryloyloxyethyl Isocyanate	30674-80-7	50	50	
97	Methane	74-82-8	5000		flm
98	Methanesulfonyl Fluoride	558-25-8	500		
99	Methyl-2-butene-1	563-46-2	5000		flm
100	Methyl-3-butene-1	563-45-1	5000		flm
101	Methyl 2-Chloroacrylate	80-63-7	250		
102	Methyl Bromide	74-83-9	500	1250	
103	Methyl chloride [Methane, chloro-]	74-87-3	5000	7500	flm, 0.82
104	Methyl chloroformate [Carbonochloridic acid, methylester]	79-22-1	250	250	0.0019
105	Methyl ether [Methane, oxybis-]	115-10-6	5000		flm
106	Methyl formate [Formic acid, methyl ester]	107-31-3	5000		flm
107	Methyl hydrazine [Hydrazine, methyl-]	60-34-4	250	250	
108	Methyl isocyanate [Methane, isocyanato-]	624-83-9	250	250	0.0012
109	Methyl Isothiocyanate	556-61-6	250		
110	Methyl mercaptan [Methanethiol]	74-93-1	250	2500	
111	Methyl Phosphonic Dichlorid	676-97-1	50		
112	Methyl thiocyanate [Thiocyanic acid, methyl ester]	556-64-9	5000		flm
113	Methyl Vinyl Ketone	78-94-4	50	50	
114	Methylamine [Methanamine]	74-89-5	5000		flm
115	Methylpropene-2 [1-Propene, 2-methyl-]	115-11-7	5000		flm
116	Methyltrichlorosilane [Silane, trichloromethyl-]	75-79-6	250	250	0.018
117	Metoxymethyl isocyanate		5000		flm
118	Nickel carbonyl	13463-39-3	50	75	0.00067
119	Nitric acid (conc 80% or greater)	7697-37-2	500	500 (>94.5%)	0.026
120	Nitric oxide [Nitrogen oxide (NO)]	10102-43-9	50	125	0.031
121	Nitrobenzene	98-95-3	5000		flm
122	Nitrogen Dioxide	10102-44-0	50	125	
123	Oleum (Fuming Sulfuric acid)	8014-95-7	5000	5000 (>65%)	0.01
124	Ozone	10028-15-6	50	50	
125	Pentaborane	19624-22-7	250	250	
126	Pentadinene-1,3	504-60-9	5000		flm
127	Pentane	109-66-0	5000		flm
128	Pentene-1	109-67-1	5000		flm
129	Pentene-2, (E)-	646-04-8	5000		flm
130	Pentene-2, (Z)-	627-20-3	5000		flm
131	Peracetic acid [Ethaneperoxoic acid]	79-21-0	250	500 (>60%)	0.0045
132	Perchloromethylmercaptan [Methanesulfenyl chloride,trichloro-]	594-42-3	250	250	0.0076
133	Peroleum crude oil		200,000		flm
134	Phenyl Dichloroarsine	696-28-6	250		0.00081

No	Chemical Name	CAS	P2 (kg)[1]	P3 (Kg)[2]	Endpoint[3] (mg/l)
135	Phosgene [Carbonic dichloride]	75-44-5	250	250	
136	Phosphine	7803-51-2	50	250	0.0035
137	Phosphonothioic Acid, Methyl-, S-(2-(Bis(1-Methylethyl)Amino)Ethyl) OEthylEster. 2	50782-69-9	50		
138	Phosphorus	7723-14-0	50		
139	Phosphorus Oxychloride	10025-87-3	2500	2500	0.003
140	Phosphorus Pentachloride	10026-13-8	250		
141	Phosphorus trichloride [Phosphorous trichloride]	7719-12-2	500	500	0.028
142	Piperidine	110-89-4	500		0.022
143	Propadiene [1,2-Propadiene]	463-49-0	5000		flm
144	Propane	74-98-6	5000		flm
145	Propargyl Bromide	106-96-7	100	100	
146	Propiolactone, Beta- 2	57-57-8	250		
147	Propionitrile [Propanenitrile]	107-12-0	250		0.0037
148	Propyl chloroformate [Carbonochloridic acid, propylester]	109-61-5	250		0.01
149	Propylene [1-Propene]	115-07-1	5000		flm
150	Propylene oxide [Oxirane, methyl-]	75-56-9	5000		flm, 0.59
151	Propyleneimine [Aziridine, 2-methyl-]	75-55-8	5000		flm, 0.12
152	Propyne [1-Propyne]	74-99-7	5000		flm
153	Sarin	107-44-8	5	50	
154	Silane	7803-62-5	1000		flm
155	Sulfur dioxide (anhydrous)	7446-09-5	250	500 (liq)	0.0078
156	Sulfur tetrafluoride [Sulfur fluoride (SF4), (T-4)-]	7783-60-0	50	125	0.0092
157	Sulfur trioxide	7446-11-9	50	500	0.01
158	Tellurium Hexafluoride	7783-80-4	50	125	
159	Tetrafluoroethylene [Ethene, tetrafluoro-]	116-14-3	5000	5000	flm
160	Tetramethyllead [Plumbane, tetramethyl-]	75-74-1	50	500	0.004
161	Tetramethylsilane [Silane, tetramethyl-]	75-76-3	5000		flm
162	Tetranitromethane [Methane, tetranitro-]	509-14-8	250		0.004
163	Titanium tetrachloride [Titanium chloride (TiCl4) (T-4)-]	7550-45-0	50		0.02
164	Toluene 2,4-diisocyanate [Benzene, 2,4-diisocyanato-1-methyl-] 1	584-84-9	250		0.007
165	Toluene 2,6-diisocyanate [Benzene, 1,3-diisocyanato-2-methyl-] 1	91-08-7	250		0.007
166	Toluene diisocyanate (unspecified isomer)[Benzene, 1,3-diisocyanatomethyl-] 1	26471-62-5	5000		0.007
167	Trichloro(Chloromethyl)Silane	1558-25-4	50	50	
168	Trichloro(Dichlorophenyl)Silane	27137-85-5	250	1250	
169	Trichlorosilane [Silane, trichloro-]	10025-78-2	5000	5000	flm
170	Triethoxysilane	998-30-1	250		
171	Trifluorochloroethylene [Ethene, chlorotrifluoro-]	79-38-9	5000	5000	flm
172	Trimethylamine [Methanamine, N,N-dimethyl-]	75-50-3	5000		flm
173	Trimethylchlorosilane [Silane, chlorotrimethyl-]	75-77-4	500		0.05
174	Vinyl acetate monomer [Acetic acid ethenyl ester]	108-05-4	500		0.26
175	Vinyl acetylene [1-Buten-3-yne]	689-97-4	5000		flm
176	Vinyl chloride [Ethene, chloro-]	75-01-4	5000		flm
177	Vinyl ethyl ether [Ethene, ethoxy-]	109-92-2	5000		flm
178	Vinyl fluoride [Ethene, fluoro-]	75-02-5	5000		flm
179	Vinyl methyl ether [Ethene, methoxy-]	107-25-5	5000		flm
180	Vinyl trichlorosilane	75-94-5	5000		flm

No	Chemical Name	CAS	P2 (kg)[1]	P3 (Kg)[2]	Endpoint[3] (mg/l)
181	Vinylidene chloride [Ethene, 1,1-dichloro-]	75-35-4	5000		flm
182	Vinylidene fluoride [Ethene, 1,1-difluoro-]	75-38-7	5000		flm

הערות שוליים לטבלב

1. מקור הרשימה – ראה סעיף 2.2 (ג) 1. בגוף הדו"ח ח (דהיינו בדוח המתודולוגיה המופיע כאן כנספח א' לדוח העיקרי)
2. חומרים דליקים (ונפיצים) מסומנים בעמודה הימנית ב flm
3. כמויות הסף לצורך סקר הסיכונים המצרפי הן אלו המופיעות בעמודת P2
4. הערכים המופיעים בעמודה הימנית אינם רלוונטיים להערכת סיכונים זו.

8. **נספח ב' - הנחיות חישוב לפיזור מוצקים אירוסוליים**

1. ההנחיות להלן מתייחסות בעיקר (אך לא רק) להערכת ריכוזים באוויר בתרחישי ייחוס ב1-ב3
2. החישובים יבוצעו במודל גאוסיאני פשוט, כמפורט להלן, כאשר עבור שחרור מתמשך, יוצב, עבור ערך הפליטה Q, ערך קצב פליטה ביח' מסה/יח' זמן (התוצאה תהיה ביח' מסה/נפח (כגון מיליגרם/מ"ק). גדלים אלו יושוו לערכי PAC3 הרלוונטים. בדרך כלל, יונח שמשך הפליטה המסיבית המתמשכת הוא 30 דקות (אלא אם כן ברור שמדובר באירוע שאינו צפוי להסתיים תוך פרק זמן זה)
3. משוואה 3.1 היא משוואת הפיזור הגאוסיאני הכללית כאשר ערכי סיגמא (מ') הם ערכי סטיות התקן בכיוונים x, ו y–, H הוא גובה השחרור מעל פני הקרקע (מ') ו – u - מהירות הרוח (2 מ'/שנייה ו – 4 מ'/שנייה, עבור מצבי יציבות מטאורולוגיים F (לילה) ו D– (יום), בהתאמה.
4. הואיל וכמפורט בסעיפים 3.3-3.5 עיקר החישובים יבוצעו עבור שחרור מגובה 10מ', כאשר המטרה לחשב את הריכוז באוויר במרכז הענן (דהיינו y=0), הרי שהמשוואה העיקרית בה ייעשה שימוש היא משוואה 3.4.
5. ערכי סטיות התקן בכיוונים x ו – y נתונים בגרפים. בדרך כלל ייעשה שימוש בעקומות עבור urban (פיזור בשטח עירוני), למעט במקרים בהם קיימת הצדקה מפורשת להתחשבות בפיזור בשטח פתוח (rural)
6. עבור שחרור מיידי יוצב עבור Q ערך של מסה. התוצאה תתקבל ביח' "ריכוז אינטגרלי" מסה*זמן/נפח (כגון מיליגרם*שנייה/מ"ק) ועל מנת להופכה ליח' מסה/נפח, יהיה צורך להכפילה ב 2/3 ולחלק את התוצאה בזמן מעבר הענן מעל לנחשף (מומלץ ערך של חצי דקה עבור מרחק קטן מ- 1 ק"מ, דקה עבור 2 ק"מ, 2 דקות עבור 3 ק"מ, 3 דקות עבור 4 ק"מ וכן הלאה).
7. בהצבת הנתונים יש לשים לב היטב **לקומפטיביליות של היחידות השונות**, בעיקר כשברור שיש לשאוף לתוצאות ביחידות של **מיליגרם/מ"ק**.
8. **הערה:** למרות שבפיזור חלקיקי/אירוסולי כגון זה הנדון כאן (ובמרחקים הרלוונטיים) – ברור שתנאי F(2) תמיד חמור יותר מ D(4), מתבקשת גם כאן הרצה של D(4), בעיקר למטרות השוואה עם תרחישים אחרים

$$\chi\ (x,y,z;H) = \frac{Q}{2\pi\ \sigma_y\ \sigma_z\ u}\ \exp^*\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right]\right\} \qquad (3.1)$$

$$\chi\ (x,y,0;H) = \frac{Q}{\pi\ \sigma_y\ \sigma_z\ u}\ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right] \qquad (3.2)$$

$$\chi\ (x,0,0;H) = \frac{Q}{\pi\ \sigma_y\ \sigma_z\ u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right] \tag{3.3}$$

$$\chi\ (x,0,0;0) = \frac{Q}{\pi\ \sigma_y\ \sigma_z\ u} \tag{3.4}$$

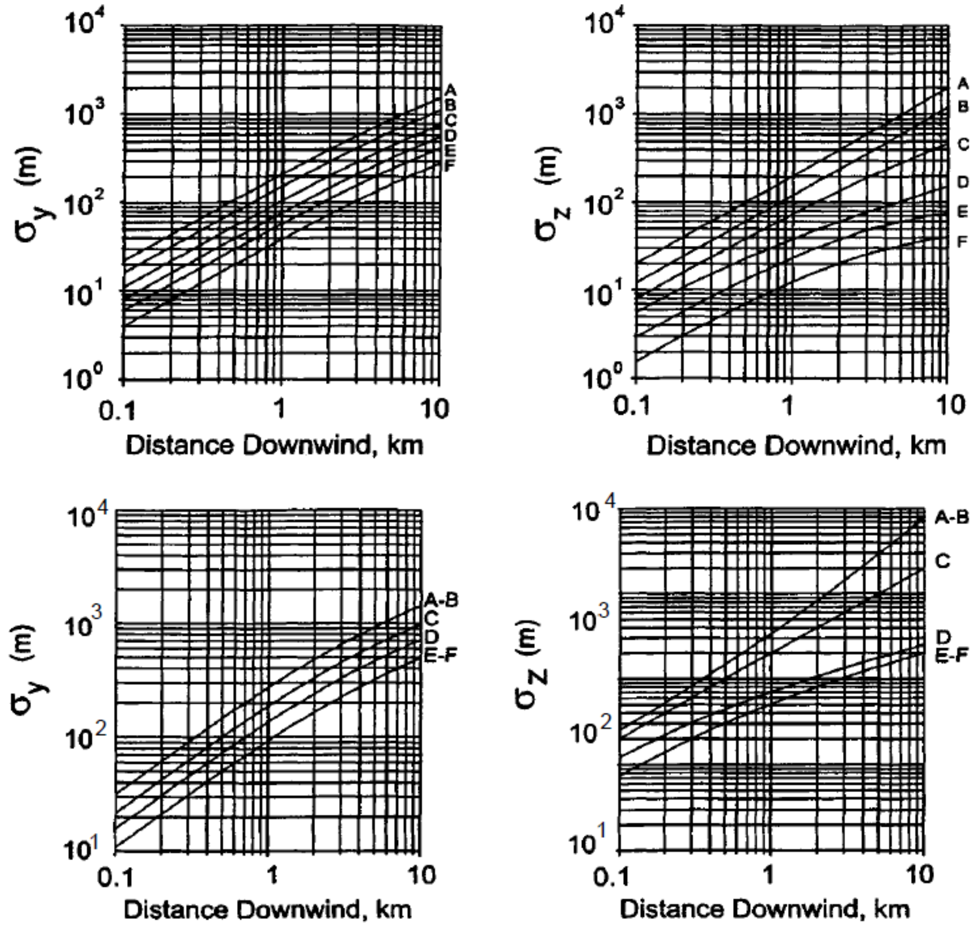


FIGURE 2.28. Dispersion coefficients for a continuous release or plume. The top two graphs *apply only for rural release conditions and the bottom two graphs apply only for urban* release conditions.

9. נספח ב1 - חישוב פרקציות flash

להלן נוסחה תרמודינמית פשוטה לתיאור פרקציית הגז המונזל בלחץ הנפלטת לסביבה בשחרור מיידי בתקרית flash

$$F_v = C_p \frac{(T - T_b)}{h_{fg}}$$

כאשר -

C_p – החום הסגולי של הנוזל (ממוצע עבור טווח הטמפ' T, T_b (קילוג'אול/ק"ג*מעלה)
h_{fg} – חום האידוי (הכמוס) של הנוזל בטמפ' הרתיחה (קילוג'אול/ק"ג)
T – טמפ' התחלתית של הנוזל (דהיינו הנוזל המצוי במיכל) (מ' קלוין)
T_b – טמפ' הרתיחה (מ' קלוין)
F_v - פרקצית הפלאש המשתחררת מיידית לסביבה

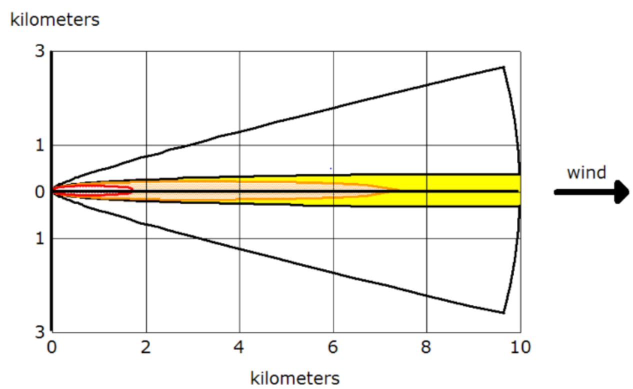
הערה : אם לא ניתן למצוא את את Cp הממוצע עבור טווח הטמפרטורות, כנדרש, אזי כברירת מחדל מחמירה, ייעשה שימוש ב – Cp(T)

10. נספח ג'1 - דוגמאות הרצת ALOHA עבור פיזור מתמשך (continuous) של כלור

1. פיזור מתמשך של כלור ממקור כלשהו (תנאי לילה (F(2) בקצב של 100 ק"ג/ דקה.
2. מוצג פלט מילולי וגרפי של החישוב. ערך PAC3 מצוין כ Red.

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

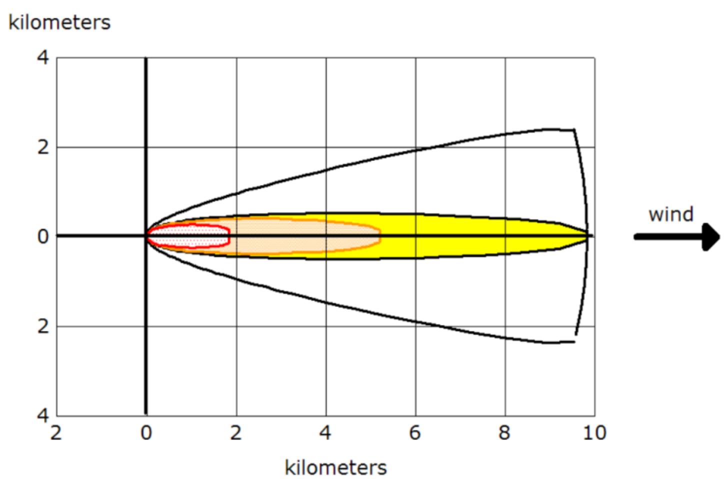
```
SITE DATA:
  Location: ABERDEEN, MARYLAND
  Building Air Exchanges Per Hour: 0.45 (unsheltered single storied)
  Time: May 15, 2016  1141 hours EDT (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: CHLORINE
  CAS Number: 7782-50-5                  Molecular Weight: 70.91 g/mol
  AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm   AEGL-2 (60 min): 2 ppm   AEGL-3 (60 min): 20 ppm
  IDLH: 10 ppm
  Ambient Boiling Point: -34.1° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 2 meters/second from n at 3 meters
  Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 5 tenths
  Air Temperature: 25° C
  Stability Class: F (user override)
  No Inversion Height                    Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
  Direct Source: 100 kilograms/min       Source Height: 0
  Release Duration: 60 minutes
  Release Rate: 100 kilograms/min
  Total Amount Released: 6,000 kilograms
  Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

THREAT ZONE:
  Model Run: Heavy Gas
  Red   : 1.7 kilometers --- (20 ppm = AEGL-3 [60 min])
  Orange: 7.4 kilometers --- (2 ppm = AEGL-2 [60 min])
  Yellow: greater than 10 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])
```



נספח ג'2

כנ"ל עבור פיזור מיידי (1 טון)

```
SITE DATA:
  Location: ABERDEEN, MARYLAND
  Building Air Exchanges Per Hour: 0.45 (unsheltered single storied)
  Time: May 15, 2016  1141 hours EDT (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: CHLORINE
  CAS Number: 7782-50-5                  Molecular Weight: 70.91 g/mol
  AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm   AEGL-2 (60 min): 2 ppm   AEGL-3 (60 min): 20 ppm
  IDLH: 10 ppm
  Ambient Boiling Point: -34.1° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 2 meters/second from n at 3 meters
  Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 5 tenths
  Air Temperature: 25° C
  Stability Class: F (user override)
  No Inversion Height                    Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
  Direct Source: 1000 kilograms          Source Height: 0
  Release Duration: 1 minute
  Release Rate: 16.7 kilograms/sec
  Total Amount Released: 1,000 kilograms
  Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

THREAT ZONE:
  Model Run: Heavy Gas
  Red   : 1.9 kilometers --- (20 ppm = AEGL-3 [60 min])
  Orange: 5.2 kilometers --- (2 ppm = AEGL-2 [60 min])
  Yellow: 9.8 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])
```

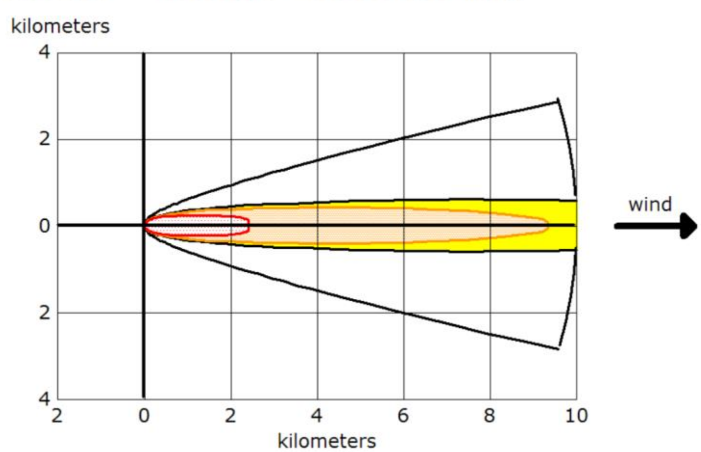


נספח ג׳3

פיזור כלור משלולית

1. שטח פני השלולית – 100 מ״ר. תנאי לילה, כנ״ל. מסת כלור בשלולית – 5 טון.

```
SITE DATA:
  Location: ABERDEEN, MARYLAND
  Building Air Exchanges Per Hour: 0.45 (unsheltered single storied)
  Time: May 15, 2016  1141 hours EDT (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: CHLORINE
  CAS Number: 7782-50-5                  Molecular Weight: 70.91 g/mol
  AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm   AEGL-2 (60 min): 2 ppm   AEGL-3 (60 min): 20 ppm
  IDLH: 10 ppm
  Ambient Boiling Point: -34.1° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 2 meters/second from n at 3 meters
  Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 5 tenths
  Air Temperature: 25° C
  Stability Class: F (user override)
  No Inversion Height                    Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
  Evaporating Puddle
  Puddle Area: 100 square meters         Puddle Mass: 5 tons
  Ground Type: Concrete                  Ground Temperature: 25° C
  Initial Puddle Temperature: -34.1° C
  Release Duration: 22 minutes
  Max Average Sustained Release Rate: 692 kilograms/min
     (averaged over a minute or more)
  Total Amount Released: 4,536 kilograms

THREAT ZONE:
  Model Run: Heavy Gas
  Red   : 2.4 kilometers --- (20 ppm = AEGL-3 [60 min])
  Orange: 9.3 kilometers --- (2 ppm = AEGL-2 [60 min])
  Yellow: greater than 10 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])
```

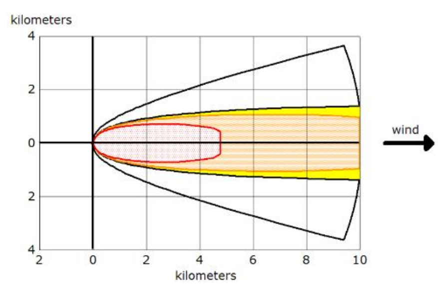


נספח ג׳4

<u>פיזור כלור מחור במיכל</u>

1. מיכל גלילי עומד. קוטר וגובה – 5 מ׳ ו – 12 מ׳, בהתאמה.
2. אחסון בטמפ׳ הסביבה (25 מ״צ). מסת כלור מאוחסנת 15 טון. חור בקוטר 5 ס״מ בגוף המיכל, בגובה 1 מ׳ מקרקעית המיכל.

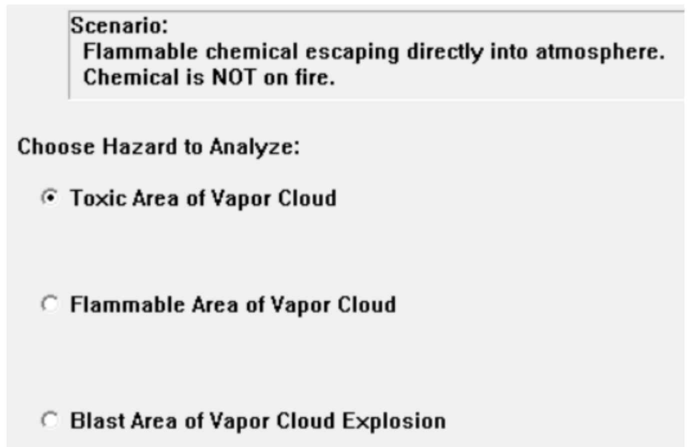
```
SITE DATA:
  Location: ABERDEEN, MARYLAND
  Building Air Exchanges Per Hour: 0.45 (unsheltered single storied)
  Time: May 15, 2016  1141 hours EDT (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: CHLORINE
  CAS Number: 7782-50-5                Molecular Weight: 70.91 g/mol
  AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm   AEGL-2 (60 min): 2 ppm   AEGL-3 (60 min): 20 ppm
  IDLH: 10 ppm
  Ambient Boiling Point: -34.1° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 2 meters/second from n at 3 meters
  Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 5 tenths
  Air Temperature: 25° C
  Stability Class: F (user override)
  No Inversion Height                    Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
  Leak from hole in vertical cylindrical tank
  Non-flammable chemical is escaping from tank
  Tank Diameter: 2 meters                Tank Length: 5 meters
  Tank Volume: 15.7 cubic meters
  Tank contains liquid                   Internal Temperature: 25° C
  Chemical Mass in Tank: 15 tons         Tank is 61% full
  Circular Opening Diameter: 5 centimeters
  Opening is 1 meters from tank bottom
  Release Duration: 12 minutes
  Max Average Sustained Release Rate: 3,160 kilograms/min
     (averaged over a minute or more)
  Total Amount Released: 10,342 kilograms
  Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:
  Model Run: Heavy Gas
  Red   : 4.8 kilometers --- (20 ppm = AEGL-3 [60 min])
  Orange: greater than 10 kilometers --- (2 ppm = AEGL-2 [60 min])
  Yellow: greater than 10 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])
```



<u>נספח ג׳5</u>

חומ״ס דליק ונפיץ - כללי החלטה בהפעלת ALOHA

1. כאשר החומ״ס נחשב כדליק ונפיץ (לפי מאפיינים שנדונו בסעיפים 3.9,3.10, 5.3), אזי באופציה direct כלומר שחרור מיידי או מתמשך, במסך display תופענה אופציות החישוב הבאות

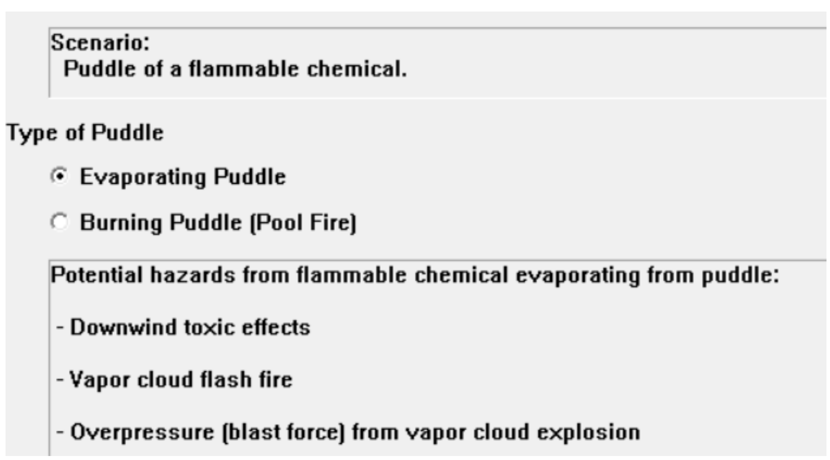


1.1 בחירת האופציה הראשונה תוביל לחישוב רגיל של ריכוזים באוויר של החומ״ס (ערכי PAC)

1.2 בחירת האופציה השניה תוביל לחישוב מרחקים בהם מתקבלים ערכי נקודות קצה של שטפי קרינה תרמיים

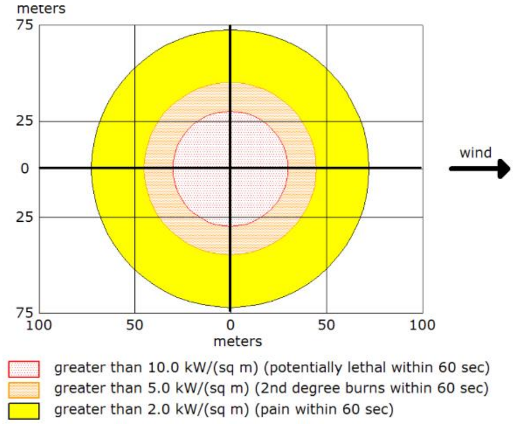
1.3 בחירת האופציה השלישית תוביל לחישוב ולהצגת מרחקים בהם מתקבלים ערכי נקודות קצה של שיאי על לחץ כתוצאה מהתפוצצות פרקצית הענן המצויה בין LEL ל – UEL

2. בחירה באופציה puddle (שחרור מתמשך בלבד) תביא למסך display כזה

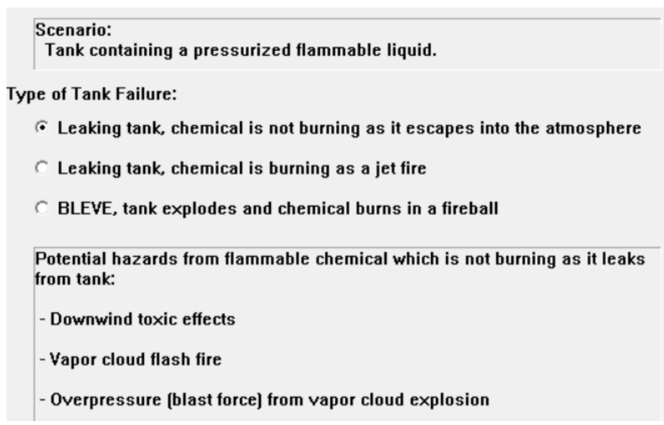


2.1 בחירת אופציית evaporating puddle תביא בעקבותיה מסך זהה לזה שהוצג בסעיף 1, דהיינו אופציות חישוב זהות.

2.2 לעומת זאת, בחירת האופציה השנייה – אופציית ה pool fire – שריפת המאצרה – המתרחשת עקב קרבת מקור חום או ניצוץ, תביא בעקבותיה מסכי נתונים וחישובי שריפת מאצרה ובסופו של דבר, הצגת נקודות קצה לקבלת שטפי קרינה תרמית, כדלקמן



3. בחירת אופציית tank (דהיינו פליטה לסביבה מחור במיכל או שפך למאצרה או אירוע BLEVE העלול להתרחש בעיקר במיכלי חומ״ס מונזלים בלחץ, תביא למסך הבא


Scenario:
Tank containing a pressurized flammable liquid.

Type of Tank Failure:

- (selected) Leaking tank, chemical is not burning as it escapes into the atmosphere
- Leaking tank, chemical is burning as a jet fire
- BLEVE, tank explodes and chemical burns in a fireball

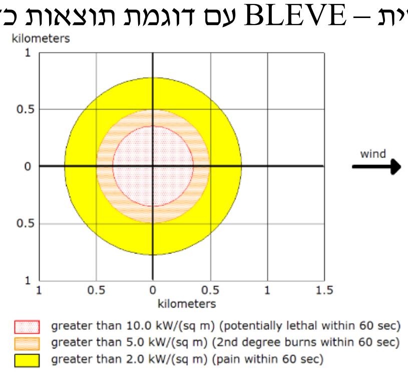
Potential hazards from flammable chemical which is not burning as it leaks from tank:

- Downwind toxic effects
- Vapor cloud flash fire
- Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

3.1 האופציה הראשונה – פליטת החומ״ס כחומר טוקסי, ללא בעירה (וחישוב ריכוזים באוויר מול ערכי PAC), או עם בעירה /פיצוץ הענן כמו באופציות הקודמות

3.2 האופציה השנייה – jet fire (לא נכלל בתרחישי הייחוס במתודולוגיה זו)

3.3 האופציה השלישית – BLEVE עם דוגמת תוצאות כדלקמן



3.4 יש לציין, שהתוכנה מחשבת אך ורק אפקטים תרמיים של BLEVE ולא אפקטי הדף למשל (הנמוכים כשלעצמם, מאפקטי ההדף שהובאו בחשבון בתרחישי ה"דומינו" שנותחו בגוף המסמך.

4. באופנים הנ"ל, תכנת ALOHA "מכסה" את כל האירועים האפשריים בחומ"ס דליק ונפיץ – פליטה ישירה או פליטה משלולית עם אופציות ה flash fire וה VCE, אופציית ה pool fire משלולית ואופציית ה- BLEVE ממיכל (לחץ) הנתון בשריפה; וכל זאת, בנוסף לאופציית חישובי החשיפה לחומ"ס דליק ונפיץ כחומר רעיל.

נספח ג'6

דוגמת חישוב א'

פליטה ישירה של 5 טון בוטאן לסביבה

3 סוגי threat zones (מתקבלים בהרצות בזו אחר זו, לא בהרצות מקבילות)

```
CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: BUTANE
  CAS Number: 106-97-8                  Molecular Weight: 58.12 g/mol
  AEGL-1 (60 min): 5500 ppm   AEGL-2 (60 min): 17000 ppm   AEGL-3 (60 min): 53000 ppm
  LEL: 16000 ppm     UEL: 84000 ppm
  Ambient Boiling Point: -0.6° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 2 meters/second from n at 3 meters
  Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 5 tenths
  Air Temperature: 25° C                 Stability Class: C
  No Inversion Height                    Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
  Direct Source: 5000 kilograms          Source Height: 0
  Release Duration: 1 minute
  Release Rate: 83.3 kilograms/sec
  Total Amount Released: 5,000 kilograms
  Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

THREAT ZONE:
  Model Run: Heavy Gas
  Red   : 97 meters --- (53000 ppm = AEGL-3 [60 min])
  Orange: 199 meters --- (17000 ppm = AEGL-2 [60 min])
```

```
THREAT ZONE:
  Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
  Model Run: Heavy Gas
  Red   : 273 meters --- (9600 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
  Yellow: 627 meters --- (1600 ppm = 10% LEL)
```

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: uncongested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass)

נספח ג'7

שלולית בוטאן במאצרה (100 מ"ר, 5 טון)

3 סוגי threat zones

```
CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: BUTANE
  CAS Number: 106-97-8                  Molecular Weight: 58.12 g/mol
  AEGL-1 (60 min): 5500 ppm   AEGL-2 (60 min): 17000 ppm   AEGL-3 (60 min): 53000 ppm
  LEL: 16000 ppm     UEL: 84000 ppm
  Ambient Boiling Point: -0.6° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 2 meters/second from n at 3 meters
  Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 5 tenths
  Air Temperature: 25° C                 Stability Class: C
  No Inversion Height                    Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
  Evaporating Puddle (Note: chemical is flammable)
  Puddle Area: 100 square meters         Puddle Mass: 5 tons
  Ground Type: Concrete                  Ground Temperature: 25° C
  Initial Puddle Temperature: -0.6° C
  Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
  Max Average Sustained Release Rate: 273 kilograms/min
     (averaged over a minute or more)
  Total Amount Released: 4,198 kilograms

THREAT ZONE:
  Model Run: Heavy Gas
  Red   : 22 meters --- (53000 ppm = AEGL-3 [60 min])
  Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
    make dispersion predictions less reliable for short distances.
  Orange: 41 meters --- (17000 ppm = AEGL-2 [60 min])
  Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
    make dispersion predictions less reliable for short distances.
  Yellow: 73 meters --- (5500 ppm = AEGL-1 [60 min])
```

```
THREAT ZONE:
  Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
  Model Run: Heavy Gas
  Red   : 54 meters --- (9600 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
  Yellow: 150 meters --- (1600 ppm = 10% LEL)
```

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: uncongested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass)

נספח ג׳8

מיכל בוטאן בלחץ (קוטר 4 מ׳ גובה 6 מ׳, 30 טון, חור 5 ס״מ)

4 סוגי threat zones

```
CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: BUTANE
  CAS Number: 106-97-8                      Molecular Weight: 58.12 g/mol
  AEGL-1 (60 min): 5500 ppm   AEGL-2 (60 min): 17000 ppm   AEGL-3 (60 min): 53000 ppm
  LEL: 16000 ppm     UEL: 84000 ppm
  Ambient Boiling Point: -0.6° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 2 meters/second from n at 3 meters
  Ground Roughness: urban or forest         Cloud Cover: 5 tenths
  Air Temperature: 25° C                    Stability Class: C
  No Inversion Height                       Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
  Leak from hole in vertical cylindrical tank
  Flammable chemical escaping from tank (not burning)
  Tank Diameter: 4 meters                   Tank Length: 6 meters
  Tank Volume: 75.4 cubic meters
  Tank contains liquid                      Internal Temperature: 25° C
  Chemical Mass in Tank: 30 tons            Tank is 63% full
  Circular Opening Diameter: 5 centimeters
  Opening is 1 meters from tank bottom
  Release Duration: 58 minutes
  Max Average Sustained Release Rate: 955 kilograms/min
     (averaged over a minute or more)
  Total Amount Released: 26,308 kilograms
  Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:
  Model Run: Heavy Gas
  Red    : 48 meters --- (53000 ppm = AEGL-3 [60 min])
  Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
    make dispersion predictions less reliable for short distances.
  Orange: 80 meters --- (17000 ppm = AEGL-2 [60 min])
  Yellow: 142 meters --- (5500 ppm = AEGL-1 [60 min])
```

```
THREAT ZONE:
  Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
  Model Run: Heavy Gas
  Red    : 107 meters --- (9600 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
  Yellow: 274 meters --- (1600 ppm = 10% LEL)
```

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: uncongested
Model Run: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass)

```
THREAT ZONE:
  Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
  Red    : 389 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
  Orange: 550 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
  Yellow: 857 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)
```

נספח ד'

טבלת ערכי PAC (דף לדוגמא, מהדורה 28, פברואר 2016)

February 2016 | PAC Rev. 28A

Table 2: Protective Action Criteria (PAC) Rev. 28A
Based on applicable 60-minute AEGLs, ERPGs, or TEELs (Chemicals listed in alphabetical order)

No.	Chemical Name	CASRN	PACs based on AEGLs, ERPGs, or TEELs			Source of PACs PAC-1, PAC-2, PAC-3	Units
			PAC-1	PAC-2	PAC-3		
2295	Polychlorinated biphenyl; (Aroclor; PCBs)	1336-36-3	13	140	840	TEEL-2/11, TEEL-3/6, rat oral LD50	mg/m^3
2296	Polydimethyl siloxane; (Dimethylpolysiloxane)	9016-00-6	6.8	75	450	TEEL-2/11, TEEL-3/6, dog ip LDLo	mg/m^3
2297	Polyether polyol ester	z-0112	7.9	87	520	TEEL-2/11, TEEL-3/6, rat oral LDLo	mg/m^3
2298	**Polyethylbenzene residue; (Dowtherm Q)**	**68987-42-8**	14	**150**	900	ERPG-2/11, **ERPG-2**, ERPG-2 x 6	ppm
2299	Polyethylene	9002-88-4	28	310	1,000	TEEL-2/11, mouse oral TDLo, rat 30-min LC50	mg/m^3
2300	Polyethylene glycol	25322-68-3	30	1,300	7,700	WEEL-TWA x 3, TEEL-3/6, rat oral LD50	mg/m^3
2301	Polyethylene glycol 20M	37225-26-6	30	1,300	7,700	Used polyethylene glycol (25322-68-3) PAC values	mg/m^3
2302	Polyethylene glycol dimethacrylate	25852-47-5	30	330	2,000	TLV-TWA (PNOS) x 3, TEEL-1 x 11, TEEL-2 x 6	mg/m^3
2303	Polyglycol 15-200; (Oxirane, 2-methyl-, polymer with oxirane, ether with 1,2,3-propanetriol (3:1); Calthane NF and ND "B")	9082-00-2	30	330	2,000	TEEL-2/11, TEEL-3/6, rat oral LD50	mg/m^3
2304	Polyisocyanate prepolymer	z-0115	0.45	5	55	Used methylene diphenyl diisocyante (101-68-8) PAC values	mg/m^3
2305	Polymaleic acid; (2-Butenedioic acid (2Z)-, homopolymer)	26099-09-2	30	330	2,000	TLV-TWA (PNOS) x 3, TEEL-1 x 11, TEEL-2 x 6	mg/m^3
2306	Polymethylene polyphenyl isocyanate; (Polymeric diphenylmethane diisocyanate)	9016-87-9	0.15	3.6	22	MAK-TWA x 3, TEEL-3/6, rat 240-min LC50	mg/m^3
2307	Polymethylhydrosiloxane; (Methyl hydrogen polysiloxane)	63148-57-2	30	330	2,000	TLV-TWA (PNOS) x 3, TEEL-1 x 11, TEEL-2 x 6	mg/m^3
2308	Polymethylmethacrylate; (Lucite)	9011-14-7	30	330	2,000	TLV-TWA (PNOS) x 3, TEEL-1 x 11, TEEL-2 x 6	mg/m^3
2309	Polyoxyalkyleneamine; (Poly(oxypropylene)diamine)	9046-10-0	0.73	8	48	TEEL-2/11, TEEL-3/6, rat oral LD50	mg/m^3
2310	Polyoxyethylene monooctylphenyl ether	9036-19-5	13	140	830	TEEL-2/11, TEEL-3/6, rat oral LD50	mg/m^3
2311	Polyphosphoric acid	8017-16-1	3	30	150	Used phosphoric acid (7664-38-2) ERPG values	mg/m^3
2312	Polypropylene	9003-07-0	5.2	58	350	TEEL-2/11, TEEL-3/6, mouse oral LD50	mg/m^3

נספח ד'1
הגדרות ערכי PAC

Protective Action Criteria (PAC): Chemicals with AEGLs, ERPGs, & TEELs

Definition of PACs (AEGLs, ERPGs or TEELs)

Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs) represent threshold exposure limits for the general public and are applicable to emergency exposures ranging from 10 minutes to 8 hours. Three levels—AEGL-1, AEGL-2, AEGL-3—are developed for each of five exposure periods (10 minutes, 30 minutes, 1 hour, 4 hours, and 8 hours) and are distinguished by varying degrees of severity of toxic effects. DOE guidance is to use the 1 hour AEGL values, which appear in this database. The three AEGLs are defined as follows:

AEGL-1 is the airborne concentration (expressed as ppm [parts per million] or mg/m^3 [milligrams per cubic meter]) of a substance above which it is predicted that the general population, including susceptible individuals, could experience notable discomfort, irritation, or certain asymptomatic, nonsensory effects. However, these effects are not disabling and are transient and reversible upon cessation of exposure.

AEGL-2 is the airborne concentration (expressed as ppm or mg/m^3) of a substance above which it is predicted that the general population, including susceptible individuals, could experience irreversible or other serious, long-lasting, adverse health effects or an impaired ability to escape.

AEGL-3 is the airborne concentration (expressed as ppm or mg/m^3) of a substance above which it is predicted that the general population, including susceptible individuals, could experience life-threatening adverse health effects or death.

Emergency Response Planning Guidelines (ERPGs) are defined as follows:

ERPG-1 is the maximum concentration in air below which it is believed nearly all individuals could be exposed for up to one hour without experiencing other than mild transient adverse health effects or perceiving a clearly defined objectionable odor.

ERPG-2 is the maximum concentration in air below which it is believed nearly all individuals could be exposed for up to one hour without experiencing or developing irreversible or other serious health effects or symptoms that could impair their abilities to take protective action.

ERPG-3 is the maximum concentration in air below which it is believed nearly all individuals could be exposed for up to one hour without experiencing or developing life-threatening health effects.

Temporary Emergency Exposure Limits (TEELs) are defined as follows:

TEEL-1 is the airborne concentration (expressed as ppm [parts per million] or mg/m^3 [milligrams per cubic meter]) of a substance above which it is predicted that the general population, including susceptible individuals, when exposed for more than one hour, could experience notable discomfort, irritation, or certain asymptomatic, nonsensory effects. However, these effects are not disabling and are transient and reversible upon cessation of exposure.

כפי שניתן לראות, ערכי PAC מבוססים על ערכי AEGL ובהעדרם – על ערכי ERPG, ובהעדרם – על ערכי TEEL (במהדורה 28 מופיעים לראשונה המקורות לערכי ה TEEL)

נספח ה'

חסמי שטפי חום הפוגעים ברצפטורים ציבוריים (כפונקציה של משכי החשיפות)

מצב מתוכנן
נקודת הקצה המעודכנת על פי מסמך זה, תחושב על פי הטבלה הבאה בהתאם למשך זמן כדור האש כפי שיתקבל בהרצה בתכנת ALOHA. הטבלה המובאת מתוך מסמך ה-KAS18.

t - משך זמן כדור האש בשניות	2	4	6	9	16	30	40	60
P- נקודת קצה בקילו-וואט למטר רבוע	19.9	11.7	9.5	6.9	4.7	2.9	2.3	1.7

עבור כדור אש שמשכו (t) שונה מהזמנים המופיעים בטבלה, נקודת הקצה (P) תחושב על פי הנוסחה הבאה: $P = 32\ t^{-0.689}$

הטבלה לעיל נכונה בעיקר עבור אקויוולנציה של שטפי קרינה ברמות של $1.6 kW/m^2$ (המקבילות לערכי PAC2) מתוך טיוטת הנחיות של המשרד להגנ"ס
הטבלה להלן, ממנה ילקחו הערכים בעמודה הימנית, מראה כי $5kW/m^2$ במשך 40-60 שניות אקוויולנטים לדוגמא, ל - $12kW/m^2$ במשך 11 שניות. מקרים (נדירים) בהם יתקבלו זמנים קצרים יותר מ – 11 שניות – "יטופלו" באורח מחמיר, עם חסם של $12\ kW/m^2$.

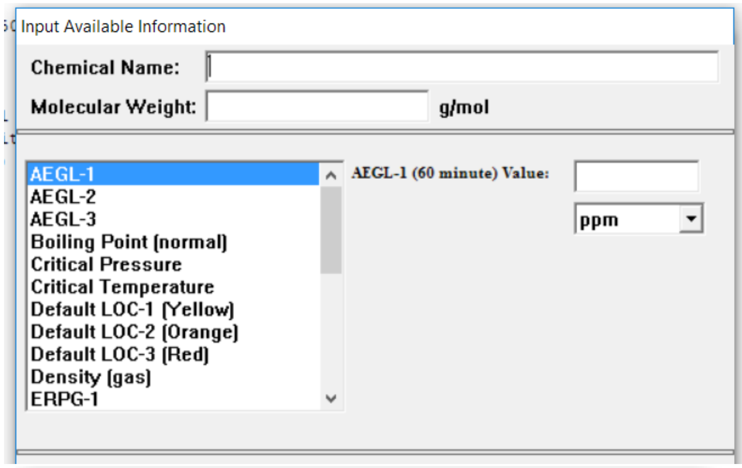
Table 1-2: Thermal radiation burn injury criteria.

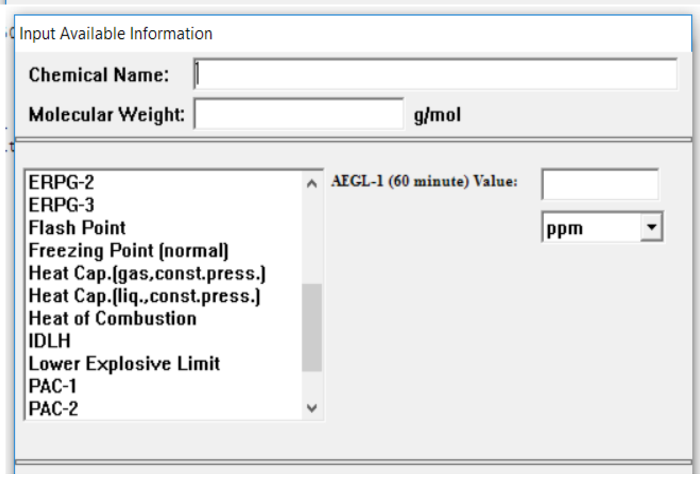
Radiation Intensity (kW/m^2)	Time for Severe Pain (s)	Time for 2nd Degree Burns (s)
1	115	663
2	45	187
3	27	92
4	18	57
5	13	40
6	11	30
8	7	20
10	5	14
12	4	11

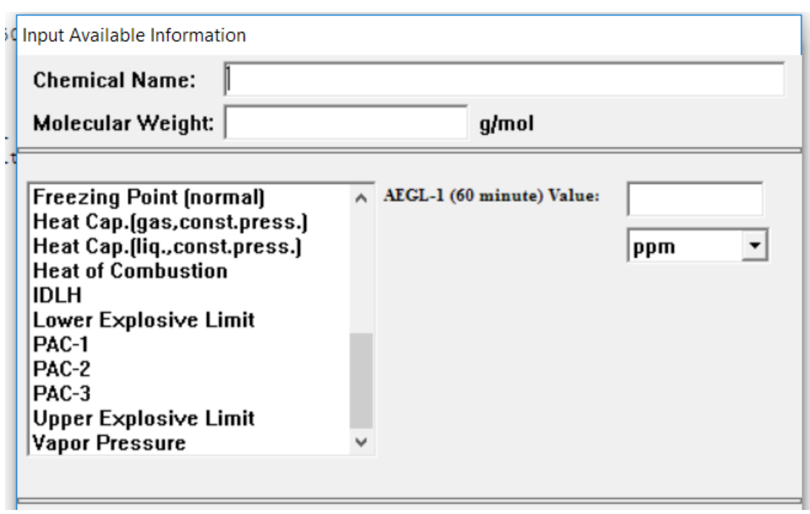
נספח ו'

חומ"ס שאינו מופיע בספריית ALOHA ועדכון נתוני חומ"ס קיים

1. חומ"ס שאינו מופיע בספריית ALOHA והרצתו מתבקשת בסקר הסיכונים עקב הימצאותו במוקד סיכון כלשהו במפעל יכול להתווסף לתכנת ALOHA ולהיות מחושב בה ככל החומ"ס האחרים. הקשה על ADD בתפריט הראשי, תיצור מסך כדלקמן (עם שתי "גלילות נתונים")







2. מילוי הנתונים עבור החומ"ס החדש, יאפשר הרצתו בALOHA. לעיתים, לא יהיה צורך במילוי כל הנתונים הכימיים-פיסיקליים. להלן הנתונים המינימליים הנדרשים עבור כל סוג הרצה (ראה גם הערות שוליים), אך לאלו יש להוסיף ערכי PAC ועוד, לפי הטבלה לעיל.

Table 4-1: Properties needed to use each ALOHA source and dispersion option.

Property	Direct	Puddle	Tank	Pipeline	Heavy Gas	Gaussian
Chemical Name	+	+	+	+	+	+
Molecular Weight	+	+	+	+	+	+
Normal Boiling Point	<>	+	+	+	+	
Critical Pressure	<>	+	+	+	[]	
Critical Temperature	<>	+	+	+	[]	
Gas Density					+	
Normal Freezing Point		+	+			
Gas Heat Capacity		+	+	+	+	
Liquid Heat Capacity		+	+			
Heat of Combustion	F	F	F	F		
Vapor Pressure					**	

\+ Required property value.

<> Required if release rate or amount is expressed in volume units (gallons, liters, or cubic meters).

[] Required if vapor pressure is not entered.

F Required if the chemical is flammable and you want to run scenarios where it may catch on fire.

** Required if critical temperature and critical pressure are not entered.

Note: For some fire and explosion scenarios you may also have to enter explosive limits. To calculate the flammable areas of a flash fire, ALOHA must have the LEL (Lower Explosive Level). To model a vapor cloud explosion, ALOHA must have the LEL and the UEL (Upper Explosive Limit).

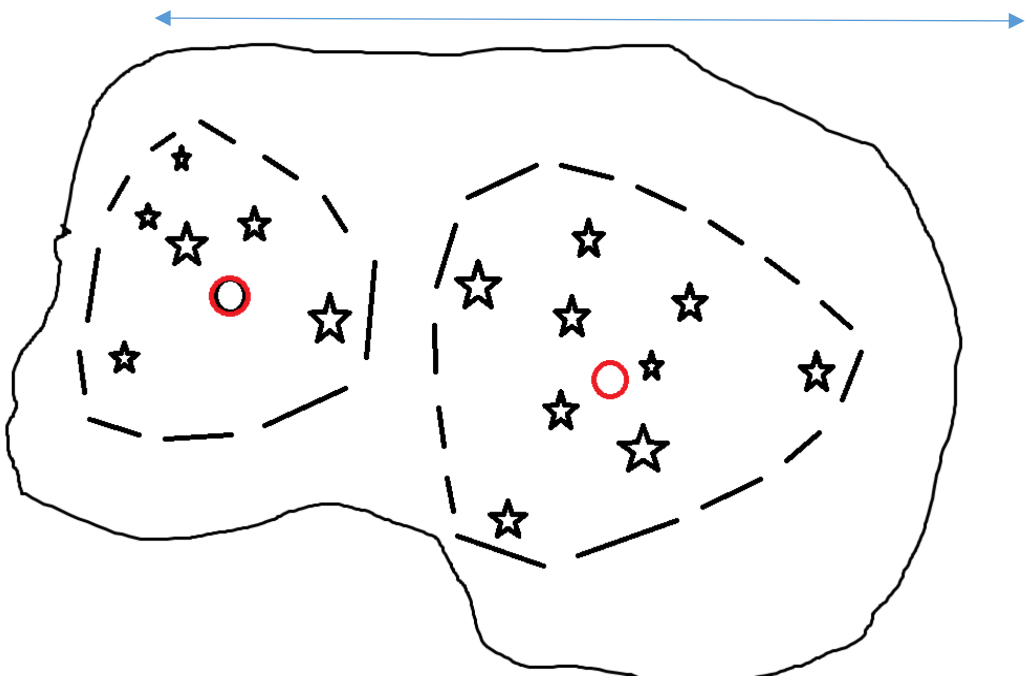
נספח ז'1 – מוקדי סיכון ומרכזי סיכון

דוגמאות (לשיקולים אד הוק)

1. מוקדי הסיכון - גודל הכוכביות עשוי להיות "פרופורציוני" לעוצמת המקור
2. קני המידה (דהיינו השטחים בפועל של שני המפעלים) מצדיקים חלוקה של המפעל העליון

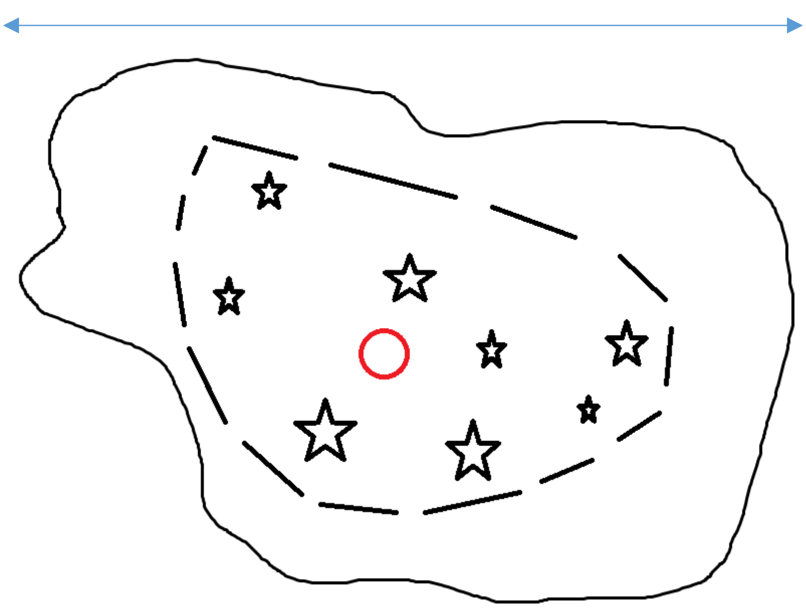
ל – 2 מרכזי סיכון (עיגולים באדום) ושל התחתון – למרכז סיכון בודד (דהיינו המפעל כולו הוא מרכז סיכון אחד).

350 מ'



נספח ז'2 – כנ"ל

100 מ'



נספח ח' – נוזלים דליקים נפוצים בתעשייה הכימית

Product	UN number	Flash point °C	Boiling point °C	ADG code packing group	Hazardous chemical GHS flammable liquid category
Flammable liquids					
Carbon disulphide	1131	-30	46	I	1
Crude oil	1267	<20	0-540	I	1
Diethyl ether	1155	-4	35	I	1
Isopropylamine	1221	-32	33-34	I	1
Acetal	1088	-14	102	II	2
Acetone	1090	-17	56	II	2
Acetonitrile	1648	5	81	II	2
Adhesives	1133	-1	Not avail.	II	2
Benzene	1114	-11	80	II	2
Cyclohexane	1145	-20	81	II	2
Ethanol	1170	13	78	II	2
Isopropyl alcohol	1219	12	82	II	2
Lacquer thinner	1263	-1	78-134	II	2
Methanol	1230	12	63-65	II	2
Methyl ethyl ketone (MEK)	1193	-4	79	II	2
Methyl isobutyl ketone (MIBK)	1245	14	114	II	2
Methyl methacrylate	1247	11	101	II	2
Petrol	1203	<-30	30-228	II	2
Tetrahydrofuran (THF)	2056	-14	66	II	2
Toluene	1294	5	110	II	2
Vinyl acetate	1301	-7	72-73	II	2
Jet fuel (aviation turbine fuel/JetA1)	1863	38-57	150-280	III	3
Kerosene	1223	40	160-250	III	3
Mineral turpentine/ White spirit	1300	33-36	145-200	III	3
Xylene	1307	24-26	138-140	III	3
Combustible liquids					
Diesel fuel	-	>61	200-400	C1	4
Fuel oil	-	>61	>200	C1	4 (if FP ≤93°C)
Heating oil	-	>61	150-285	C1	4 (if FP ≤93°C)
Lube oil	-	>150	>280	C2	-
Waste oil	-	variable	variable	variable	-

נספח ט'

הנחיות לחישוב pool fire עבור נוזלים דליקים

אופן חישוב מרחק הפרדה לנפט גולמי ולתזקיקיו

במרץ 2014 הופץ עדכון למדיניות מרחקי הפרדה ממקורות סיכון נייחים של המשרד להגנת הסביבה (להלן – המדיניות). בעדכון זה הוכנסו מספר חומרים חדשים לנספח ב' המגדיר את החומרים הנדרשים במרחקי הפרדה. בין חומרים אלו, נפט גולמי ותזקיקיו כגון נפטא, בנזין, דס"ל ועוד. חומרים פחמימנים אלו מאוחסנים במקרים רבים במכלי ענק. תכנת ALOHA איננה מתאימה לחישוב טווחי הסיכון מהם. להלן מובא הסבר כיצד יש לחשב את מרחק ההפרדה עבור חומרים אלו[1,2].

תרחיש ייחוס

התרחיש הנבחן הוא מאצרה מלאה בוערת של התזקיק הנבחן. הלהבה של הנפט הגולמי ושל תזקיקיו מאופיינת בחלוקה לשלושה חלקים (ראה איור סכימטי בנספח א' למסמך זה): הלהבה הנראית/המאירה, אזור הלהבה אפופת העשן (בעלת קרינה תרמית מופחתת עקב מיסוך העשן) ואזור העשן עצמו (ללא להבה).

הסיכון (לרצפטורים ציבוריים) הנבחן להלן הוא הקרינה התרמית הנפלטת מן המאצרה הבוערת: מן הלהבה הנראית ומאזור הלהבה אפופת העשן.

עוצמת הקרינה מהשלולית הבוערת המורגשת בתחומי הרצפטור הציבורי מושפעת, בין היתר, מממדי הבעירה, מן המרחק של הרצפטור הציבורי משפת המאצרה הבוערת ומזווית הראייה בין הרצפטור הציבורי ללהבות. ומסוג החומר הבוער (דהיינו מתכונות כימיות – פיסיקליות שלו). המתודולוגיה המובאת להלן מביאה מאפיינים אלו בחשבון לצורך קביעת מרחק ההפרדה.

מתודולוגיה

1. המתודולוגיה מאפשרת לקבוע את מרחק ההפרדה לרצפטור ציבורי ממאצרה של תזקיקי נפט או נפט גולמי על פי תרחיש של מאצרה בוערת.
2. יובהר, כי בכל מקרה, כמפורט במדיניות יש לשמור מרחק ההפרדה מינימלי לחומרים דליקים שלא יקטן מ-50 מטרים (למעט מקרים חריגים כמפורט במדיניות). זאת ועוד - יש לוודא כי יישמר מרחק מינימאלי של 30 מטר בין מקור הצתה כלשהו למיכל הנפט הגולמי או התזקיק (לעניין זה, המונח "מקור הצתה" אינו מצטמצם למקור אש או ניצוץ וכדו' אלא כולל גם מקור חומר דליק, לרבות שדה קוצים וכדו').
3. השיטה המפורטת במסמך זה, מאפשרת לקבוע את עוצמת שטף החום המתקבל ברצפטור במרחק מוגדר ממקור הסיכון. על מנת להעריך את מרחק ההפרדה לרצפטור ציבורי מסוים, יש לבחון את שטף החום המתקבל במרחקים שונים עד למציאת המרחק בו מתקבלות נקודות הקצה (כלומר יש לבחון את שטף הקרינה המתקבל במרחקים שונים עד לקבלת שטפי החום המוגדרים עבור מצב קיים ועבור מצב תכנון. בהתאם ייקבעו מרחקי ההפרדה). נקודות הקצה שהוגדרו הן:
   - נקודת הקצה למצב קיים: $5kW/m^2$
   - נקודת הקצה למצב תכנון: $1.6kw/m^2$

4. שטף החום הכולל המתקבל בתחומי הרצפטור הציבורי (q_{tot}) יחושב כסכום של שטף החום המתקבל מהלהבה הנראית (q_{vis}) ושטף החום המתקבל מהלהבה אפופת העשן ($q_{obscured}$) באופן הבא:

$$q_{vis} = 0.6 * F_{1,2\ vis} * 100\frac{kW}{m^2}$$

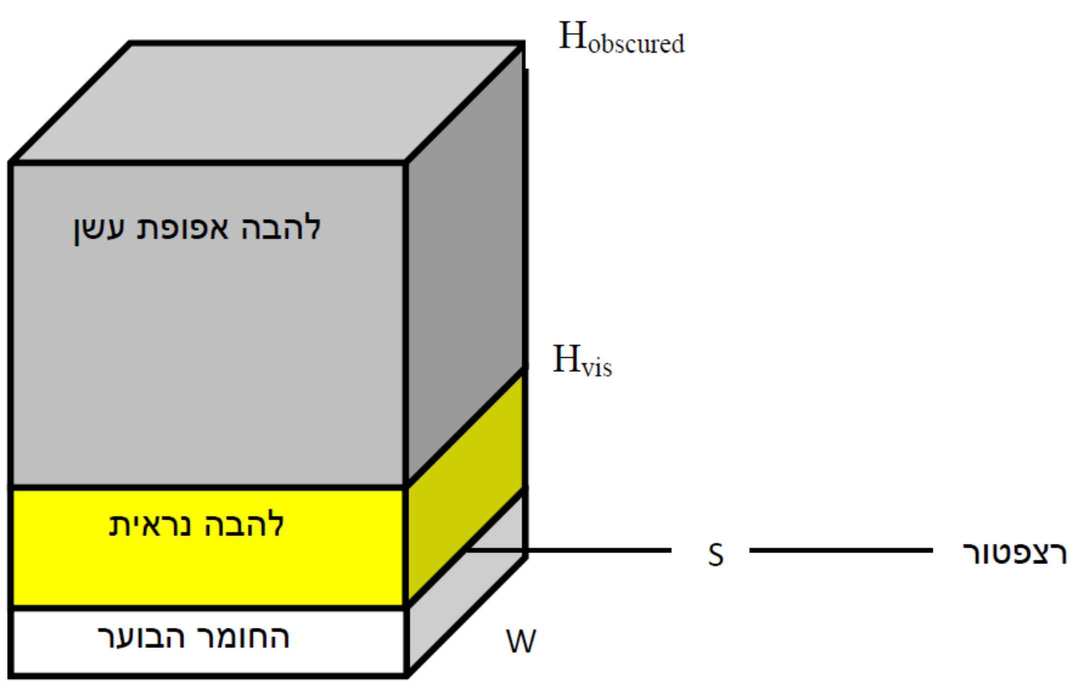
$$+$$

$$q_{obscured} = 0.6 * F_{1,2\ obscured} * 25\frac{kW}{m^2}$$

$$q_{tot} = q_{vis} + q_{obscured}$$

5. $F_{1,2\ vis}$ ו-$F_{1,2obscured}$, הם מקדמי הראייה בין הרצפטור הציבורי ללהבה הנראית וללהבה אפופת העשן, בהתאמה.
6. כאשר המאצרה היא ריבועית (או מלבנית), מקדמי הראייה יחושבו מתוך הטבלה המובאת בנספח ב׳, כאשר כמודגם באיור מס׳ 1:
   - S – המרחק האנכי של הרצפטור לחזית הלהבה (דהיינו, במקרים רבים, לנקודה הקרובה ביותר על שפת המאצרה)
   - W - רוחב חזית הלהבה
   - H- ״גובה הלהבה״. ערך זה ייקבע בנפרד כ-H_{vis} וכ-$H_{obscured}$ וישמש לקביעת $F_{1,2\ vis}$ ו-$F_{1,2obscured}$ בהתאמה, כמפורט בהמשך.

<u>איור מס׳ 1</u>



חישוב זוויות הראייה לרצפטורים שאינם נמצאים מול חזית האש, או על סמך קוטר הלהבה, ייעשה לפי דו״ח NIST[ii]. את ערך מקדם הראייה (עבור הלהבה המאירה בלבד) יש להכפיל ב – 1.5 על מנת

להתחשב בהטיית הלהבה ע״י רוח וזאת, כל עוד הרצפטור הציבורי הקרוב ביותר מצוי במרחק של פחות מכפלים קוטר המאצרה (או, במקרה של מרובע – כפלים הצלע הגדולה שלו). בכל מקרה אחר, המקדם יהיה 1.1.

7. קביעת גובה הלהבה כ-H_{vis} וכ-$H_{obscured}$ בהתאמה, ייעשה באופן הבא:

- $\underline{H_{vis}}$

גובה הלהבה המאירה עבור התזקיקים המופיעים בטבלה מספר 1, יילקח מתוך הטבלה הבאה.

טבלה מס׳ 1

החומר	קצב בעירה (ק״ג\מ״ר\שנייה)	גובה הלהבה המאירה (מ׳)		
		במאצרה שקוטרה עד 10 מ׳	במאצרה שקוטרה עד 10-20 מ׳	במאצרה שקוטרה מעל 20 מ׳
נפט גולמי	0.045	7.3	9.8	12.2
קרוסין	0.039	9.2	12.3	15.4
בנזין	0.05	9.2	12.3	15.4
דס״ל	0.052	8.5	11.2	14.1
דיזל (סולר)	0.035	5.4	7.2	9.0
מזוט	0.040	7.3	9.7	12.1
נפטא	0.055	9.2	12.3	15.4

עבור תזקיקים שאינם מופיעים בטבלה לעיל גובה הלהבה יחושב באופן הבא:

$$H_{vis} = 6.4 \times 10^{-3} \dot{q}''_f$$

כאשר $\dot{q}''_f$ הוא ההספק הכללי הנפלט מן הדליקה (ביח׳ kW/m^2, לכל מ״ר של פני המאצרה בה מתרחש ה–pool fire. ערך זה יש לקחת מטבלה מס׳ 1 בדוח ה-NIST. עבור מאצרה שקוטרה 10-20 מטר, יילקח ערך H_{VIS} בשיעור של 80% מהגובה המחושב לעיל ועבור מאצרה שקוטרה קטן מ-10 מטרים - 60%.

- $\underline{H_{obscured}}$

לצורך חישוב זווית הראייה לחלק הלהבה אפוף העשן ($F_{1,2obscured}$), יילקח גובה קצה גובה הלהבה אפופת העשן, על פי המשוואה הבאה (H_f):[1]

$$H_f = 42\,D\left(\frac{\dot{m}''}{\rho_a\sqrt{gD}}\right)^{0.61}$$

Where:

H_f = flame height (m)
D = diameter of the fire (m)
$\dot{m}''$ = burning or mass loss rate per unit area per unit time (kg/m^2-sec)
ρ_a = ambient air density ($1.2\ kg/m^3$ at 20°C and 1 atm.)
g = gravitational acceleratior ($9.81\ m/sec^2$)

קצב הבעירה לתזקיקים השונים יילקח מתוך טבלה מספר 1. לתזקיק עבורו קצב הבעירה לא ידוע, הקצב יחושב על ידי הנוסחה:

$m'' = 0.001*H_c/H_v$ (ק"ג/מ"ר/שניה)

כאשר H_c ו- H_v הם חומי הבעירה והאידוי של הפחמימן (קילוג'אול/ק"ג), בהתאמה.

(הערה: קוטרן האקוויוולנטי (D) של מאצרות לא מעוגלות יחושב על סמך שטח המאצרה (A) על ידי הנוסחה: $D = \sqrt{4A/\pi}$ זאת, בהינתן שאורכה של המאצרה לא עולה על 2.5 פעמים רוחבה)

יש לציין שלצורך חישוב תרומת חלק הלהבה אפופת העשן $q_{obscured}$ ילקח בחשבון הגובה "נטו" של להבה ספציפית זו, דהיינו הגובה H ע"פ החישוב לעיל בניכוי גובה הלהבה המאירה, כפי שחושב לעיל

<u>חריגים מחישוב מרחק הפרדה</u>

8. בהינתן התנאים המפורטים להלן, ייקבע מרחק הפרדה של 50 מטרים מן הנקודה הקרובה ביותר לצלע/מעגל המאצרה, בלא צורך בחישוב המרחק על פי המתודולוגיה שהובאה לעיל.
   א. החומר הינו אחד מהתזקיקים הבאים:
      - סולר לכלי רכב (Oil fuel No. 2)
      - מזוט לתעשייה (Oil fuel No. 5,6)
      - קרוסין בעל נקודת הבזק גבוהה מ-50°C
      - דס"ל (מסוגים A, A-1 וסוגים נוספים) בעל נקודת הבזק גבוהה מ-50°C
      - כל תזקיק נפט אחר שנקודת ההבזק שלו גבוהה מ-50°C
   ב. החזקת אישור כיבוי אש
   ג. קיום מערכת כיבוי בעלת אמינות מספקת לכיסוי מהיר של שפך למאצרה בקצף בטרם יוצת.
9. מרחק הפרדה קטן מ-50 מטרים יתאפשר רק במצב "קיים", באישור ראש אגף חומרים מסוכנים ועל פי "בחינה טכנית מעמיקה" כמפורט במסמך מדיניות מרחקי הפרדה. כחלק מבחינה זו ייעשה שימוש בפרמטרים מחמירים יותר, למשל עבור הספק הקרינה הנפלט מן הלהבה, או בהתחשבות בתופעות כגון הטיית הלהבה בעקבות הרוח.

<u>מקורות עיקריים</u>

1. <u>שטרן א'</u>, **תזקיקי נפט גולמי** - הרכבי התזקיקים, היבטי תרחיש הייחוס ומודל להערכת שטפי קרינה תרמית הפוגעים ברצפטורים ציבוריים בתקרית pool fire. מוגש למשרד להגנת הסביבה (פברואר 2015).

2.

, McGrattan K.B., Baum H.R., Hamins A. Thermal Radiation from Large Pool Fire 6546NISTIR (2002)

<u>נספח א'</u>

<u>תיאור סכמטי של pool fire (ע"פ NIST ואחרים), עם חלוקה ל-3 אזורים (א) אזור הלהבה הנראית/המאירה; (ב) אזור הלהבה אפופת העשן עם קרינה תרמית מופחתת במידה ניכרת; (ג) אזור העשן (אינו נכלל בחישובי "גובה גליל האש")</u>

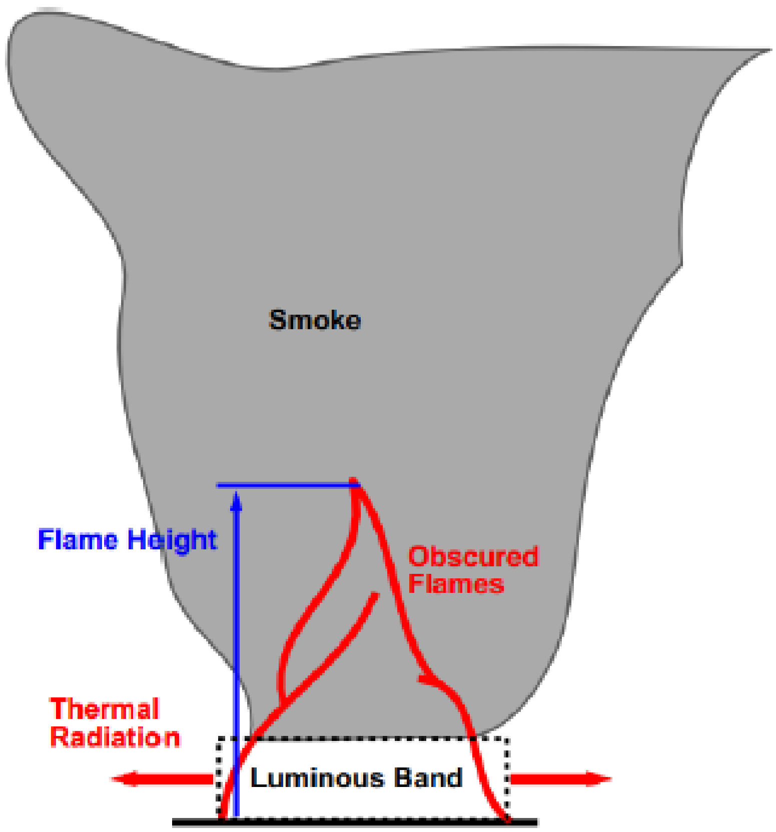


Figure 1: Schematic diagram of a large liquid fuel fire.

נספח ב' – טבלה למציאת מקדם הראייה (view factor) עבור מאצרה ריבועית/מלבנית

S/W	H/W																		
	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0.1	0.050	0.098	0.143	0.185	0.223	0.256	0.286	0.311	0.333	0.352	0.444	0.470	0.480	0.484	0.486	0.488	0.489	0.489	0.489
0.2	0.024	0.049	0.072	0.096	0.118	0.140	0.161	0.181	0.200	0.218	0.343	0.401	0.428	0.442	0.450	0.455	0.457	0.459	0.461
0.3	0.016	0.031	0.047	0.062	0.077	0.092	0.106	0.120	0.134	0.148	0.257	0.325	0.364	0.387	0.401	0.409	0.415	0.418	0.421
0.4	0.011	0.022	0.033	0.044	0.055	0.065	0.076	0.086	0.096	0.107	0.195	0.259	0.302	0.330	0.348	0.360	0.368	0.373	0.377
0.5	0.008	0.016	0.024	0.033	0.041	0.049	0.057	0.065	0.072	0.080	0.151	0.206	0.248	0.277	0.298	0.312	0.322	0.329	0.335
0.6	0.006	0.013	0.019	0.025	0.031	0.038	0.044	0.050	0.056	0.062	0.118	0.166	0.203	0.232	0.253	0.269	0.281	0.289	0.296
0.7	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.039	0.044	0.049	0.095	0.135	0.168	0.195	0.216	0.232	0.244	0.253	0.261
0.8	0.004	0.008	0.012	0.016	0.020	0.024	0.028	0.032	0.036	0.040	0.077	0.111	0.140	0.164	0.184	0.200	0.212	0.222	0.230
0.9	0.003	0.007	0.010	0.013	0.016	0.020	0.023	0.026	0.029	0.033	0.064	0.093	0.118	0.140	0.158	0.173	0.185	0.195	0.203
1.0	0.003	0.005	0.008	0.011	0.014	0.016	0.019	0.022	0.025	0.027	0.054	0.078	0.100	0.120	0.136	0.151	0.162	0.172	0.180
2.0	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.005	0.006	0.007	0.008	0.015	0.023	0.030	0.037	0.043	0.050	0.056	0.061	0.066
3.0	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.007	0.010	0.014	0.017	0.020	0.023	0.027	0.030	0.032
4.0	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006	0.008	0.010	0.012	0.014	0.015	0.017	0.019
5.0	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012
6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
7.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006
8.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005
9.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004
10.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003

Table 4: View Factors from a Flat Vertical Plate to an Element Receiving Maximum Radiation [11]. Note that H is the height of the plate, W is the width of the plate, and S is the distance from the center of the base of the plate to the element. The element is assumed to be at the same elevation as the base of the plate. See Fig. 12 for a schematic diagram.

נספח ג' – דוגמה לחישוב

להלן מובאת דוגמת חישוב ליישום המתודולוגיה המובאת בנספח זה, עבור מאצרה בגודל 100x100 מטרים, המכילה מיכל בנזין.

על מנת לחשב את שטף הקרינה במרחק מסוים מקצה המאצרה (למשל במרחק 100 מטרים, מול המאצרה), יש למצוא תחילה את גובה הלהבה הנראית H_{vis}. בנזין מופיע בטבלה מס' 1 ועבור מאצרות שקוטרן מעל 20 מטר, גובה הלהבה : $H_{vis}=15.4$

את $F_{1,2\ vis}$, יש למצוא בטבלה שבנספח ב', כאשר : S=100 (המרחק הנבחן מהמאצרה), H=15.4 (גובה הלהבה המאירה/הנראית) ו-W=100 (רוחב חזית האש), כמובא באיור שבסעיף 6. לצורך השימוש בטבלה יחושבו היחסים הבאים : H/w=15.4/100=0.154 ; S/W=100/100=1.

בטבלה אין ערך מדויק ליחס H/W=0.154. מהטבלה מתקבל ערך זוויות ראייה של $F_{1,2\ vis}=0.054$ עבור S/W=1 ו-H/W=0.2 וערך של $F_{1,2\ vis}=0.027$ כאשר H/W=0.1. ניתן במקרים אלו להשתמש בערך השמרני שבין הערכים (במידת הצורך ובאופן פשטני, ניתן לבצע אינטרפולציה בהנחה שבטווח שבין שני היחסים הנבחנים, מקדם הראייה משתנה לינארית). במקרה הדוגמה יתקבל $F_{1,2\ vis}=0.042$)

מכאן ש : $q_{vis}=0.6x0.042x100kW/m^2=2.52\ kW/m^2$

לחישוב גובה הלהבה אפופת העשן, $H_{obscured}$, יש לעשות שימוש בנוסחה המובאת בסעיף 7 :

$$H_f = 42\,D\left(\frac{\dot{m}''}{\rho_a\sqrt{gD}}\right)^{0.61}$$

D – הקוטר האקוויולנטי ימצא מתוך שטח המאצרה $D=\sqrt{\frac{4A}{\pi}}=\sqrt{\frac{4*10,000}{\pi}}=112m$ (ע"פ NIST)

m'' – קצב הבעירה, יילקח מטבלה מס' 1. עבור בנזין $m''=0.05kg/m^2/sec$

$$H_{obscured}=42x112\left(\frac{0.05}{1.2\sqrt{9.81x112}}\right)^{0.61}=80m$$

מכאן לצורך זווית מציאת זוויות הראייה ללהבה אפופת העשן, $F_{1,2obscured}$, יש להשתמש בטבלה ביחס הבא : H/W=(80-15.4)/100=0.646 (בקירוב, בהזנחת אפקטים גיאומטריים שוליים)

בטבלה ניתן למצוא כי $F_{1,2obscured}=0.143$

מכאן ש : $q_{obscured}=0.6x0.143x25kW/m^2=2.145\ kW/m^2$

$q_{tot}=q_{vis}+q_{obscured}=2.52+2.145=4.665\ kW/m^2$

ביצוע חישוב זה באופן חוזר למרחקים שונים, מאפשר למצוא את המרחקים עבורם מתקבלים שטפי קרינה של $1.6\ kW/m^2$ ו-$5\ kW/m^2$ למצב תכנון ולמצב קיים בהתאמה.

נספח ב' - מתודולוגיה לביצוע סקר סיכוני תקריות חומרים מסוכנים במפעלי מפרץ חיפה

אינטגרציה של תוצאות הסקרים המפעליים

ד"ר אלי שטרן

מוגש למשרד להגנת הסביבה, דצמבר 2016

דוח זה נערך ונכתב בהתבסס על מיטב הידע המקצועי והעדכני של כותבו. כותב דוח זה אינו אחראי, באופן מפורש או מרומז, לכל אירוע, השפעה או נזק הקשורים באופן ישיר או עקיף לשימוש, או אי שימוש, בהמלצות ו/או במידע ו/או במתודולוגיות הכלולות בו.

1. **כללי**

1.1 מטרת השלב המתואר להלן, לתאר את תהליך איסוף, ניתוח והצגת תוצאות הסקרים המפעליים הספציפיים, לכדי הערכת סיכונים מצרפית.

1.2 כפי שהובהר בפרוטרוט בפרק א׳ (ראה בעיקר סעיף 6 – הצגת התוצאות) - הוגדר המושג ״מרכז סיכון״, הוצגו פורמאטים להצגת תוצאות בטבלאות ביניים עבור מגוון התרחישים שנותחו (טבלאות 3-8) והוצג הפורמאט להצגת ״טבלת סיכונים מפעלית מסכמת״ (טבלה 9), כאשר טבלת סיכונים מפעלית מסכמת עשויה לכלול 1-4 ״מרכזי סיכון״.

1.3 טבלה 9 מציגה, בסיכומו של דבר, את ״מספר ההגעות״ לערך PAC3 כפונקציה של המרחק מכל מרכז סיכון במפעל. באופן זה, עשויים להיווצר עד 4 ״סטים״ של סיכוני ״הגעה ל PAC3״ במרחקים שונים, עבור המפעל. בקונטקסט זה, המונח ״סיכוני הגעה ל PAC3 מתייחס בפועל למספר הפעמים שערך PAC3 ״מושג״ בכל רצועת מרחק (רדיאלית) סביב מרכז הסיכון. הובהר בסעיף 6.2 לעיל כי הצגת התוצאות באופן הנ״ל, תסייע כאמור לביצוע אינטגרציה מושכלת של מכלול הסיכונים לאדם בודד ולאוכלוסייה כולה ממכלול נקודות הסיכון העלולים להשפיע עליו/עליה ובסעיף 6.4 הובהר כי במהלך האינטגרצייה יישקלו גם שילובים של ערכים הסתברותיים, העשויים לאפיין תרחישי ייחוס אלה או אחרים. **הערת עידכון**: כפי שמובהר בדוח העיקרי (ראה סעיפים 6.7, 9.8 ואחרים) מערכי ״ההגעה לPAC3״ ניתן לגזור את ההסתברויות ״להגעה ל 5PAC3 (או יותר) ו/או ל10PAC3 (או יותר).

1.4 התובנה המרכזית העומדת ביסוד הערכת הסיכונים המצרפית, באופן בו נבנו פרק א׳ לעיל וגם פרק זה, היא, שאדם המתגורר בנ.צ מסויימת עלול להיחשף לסיכונים פוטנציאליים, בו זמנית, ממגוון (לעיתים רחב) של מקורות. מגוון המקורות מתייחס בקונטקסט של מתודולוגיה זו לא רק לסוגי הסיכונים לו נחשף האדם, לרבות

(ד) סיכונים טוקסיים (כתוצאה מנשימת חומר רעיל/מסוכן שנפלט ממוקד סיכון כלשהו במפעל מסוים)

(ה) סיכונים תרמיים כתוצאה ממגוון תרחישי שריפה (הן במוקד סיכון של חומר דליק והן הרחק ממוקד הסיכון עקב פיזור חומר גז דליק לסביבה והצתתו בסביבת האדם הנחשף)

(ו) סיכונים ״פיזיים״ כתוצאה מאירועי פיצוץ הן במוקד סיכון והן ב״מוד״ של פיצוץ תכולת ענן חומר דליק/נפיץ המתפזר לסביבה)

אלא גם לעצם העובדה שסיכונים אלו (ברמות ובעצמות משתנות), עלולים להיגרם לו ממגוון של מפעלים המצויים במרחקים שונים ממנו, דהיינו מיותר (ולעיתים הרבה יותר) ממפעל אחד.

1.5 מיותר לציין שמפרץ חיפה – על מפעליו הרבים, עתירי החומרים המסוכנים, מצד אחד והימצאות רצפטורים ציבוריים לעיתים בסמוך למפעלים, מאידך – מהווה "כר נרחב" ואופייני לתובנה המרכזית המפורטת בסעיף 1.4 לעיל.

2. אלמנטים עיקריים בתהליך האינטגרציה

2.1 הסתברויות לתרחישים

(א) ברור לחלוטין ש"הגעה לערך PAC3" בתרחיש מסוים, במוקד סיכון מסוים, אינה "הגעה וודאית" אלא תלויה חזק בהסתברות לאירוע התרחיש הנדון במוקד הסיכון הרלוונטי. הגם שהערכים המדויקים של הסתברויות אלה הם לוקליים (תלויי אחזקה, נוהלים ולעיתים גם אמצעי מיגון ביתר או בחסר, בהשוואה לטכנולוגיות עדכניות מקובלות), הרי שמקובל בעולם לייחס ערכי הסתברות ממוצעים לתרחישים השונים, בדרך כלל על סמך נסיון מצטבר לרבות נתוני חברות ביטוח וכיו"ב.

(ב) ההסתברויות שתובאנה בחשבון בסקר הסיכונים המצרפי הנדון, מסתמכות בעיקר על פרסומי המיניסטריון לבריאות הציבור ולאיכות הסביבה ההולנדיים וכן פרסומי HSE וגופים אחרים בבריטניה. ההסתברויות הן שנתיות, דהיינו ביח' yr^{-1} ומצויות בדר"כ בתחום שבין 10-7/שנה ל – 10-4/שנה

(ג) טבלה 1 מפרטת הסתברויות לתרחישי תקריות שונים (כולן, למעט BLEVE מתבססות על CPR18 ההולנדי)

(ד) יש לציין, שבעוד שתרחישים 1-10 בטבלה 1 נלקחו מן הספרות, הרי שתרחישים 11,12 הוערכו כשליש ההסתברות הכללית לעצם אירוע השפך במיכל החומר הדליק ונפיץ (ראה גם סעיף 4.4 להלן).

2.2 **שכיחות מצבים מטאורולוגיים**

(א) עצם ה"הגעה"/"אי הגעה" של זיהום אוויר לאדם המתגורר בנקודה כלשהי במרחב (במקרה זה – המרחב הנבדק של מפרץ חיפה), תלויה בשאלה האם הרוח נושבת לכיוונו במהלך התקרית (זאת, בין אם מדובר בשחרור מיידי (instantaneous) ובין אם בשחרור מתמשך (continuous)).

(ב) בתהליך האינטגרציה תהיה התחשבות בשכיחויות מצבים מטאורולוגיים באזור מפרץ חיפה, באופן שסיכון הגעת ערך PAC3 לנקודה יהיה תלוי ישירות בעצם ההסתברות לנשיבת הרוח לאותה נקודה (ראה גם סעיף 4.3 להלן)

(ג) באזורים הרלוונטיים של מפרץ חיפה פועלות זה שנים שתי תחנות מטאורולוגיות שעל בסיס הממצאים הנאספים בהן ניתן לבנות שושנת רוחות. התחנה שנבחרה כמייצגת עבור הערכת הסיכונים המצרפית היא תחנת "איגוד ערים חיפה" הממוקמת על גג בניין האיגוד. התחנה השנייה – קריית בנימין – פחות מייצגת מבחינת מיקומה וגם עלולה להיות פחות אמינה במדידותיה. יצויין, כי שתי תחנות אלה מצויות בלק המישורי של אזור המפרץ – האזור הנבדק – ומייצגות אותו היטב (להבדיל מתחנות המצויות בתחומים ההרריים של הכרמל). שושנת הרוחות המתקבלת בתחנת האיגוד מוצגת בציור1; שכיחויות כיווני הרוח התואמות, ברזולוציה של 22.5^o (דהיינו 16 כיוונים), מוצגות בטבלה 2. לדוגמא: שכיחות נשיבת הרוח לכיוון NW (מכיוון SE) היא 19.08% (שכיחות גבוהה ביותר עבור כיוון אחד).

(ד) מטבע הדברים, ההשפעה המרחבית של תקריות BLEVE, Pool Fire היא קונצנטרית (סביב מוקד הסיכון) ללא קשר לכיוון נשיבת הרוח בעת התקרית כך

שממילא לא תוכללנה הסתברויות מטאורולוגיות כלשהן בהצגות הסיכויים להגעה לערכי PAC3. בהקשר זה - תקריות UVCE (אשר בהרצות ALOHA מתבררות כבעלות טווחים קואזי קונצנטריים קצרים מאד יחסית) – יידונו אד הוק.

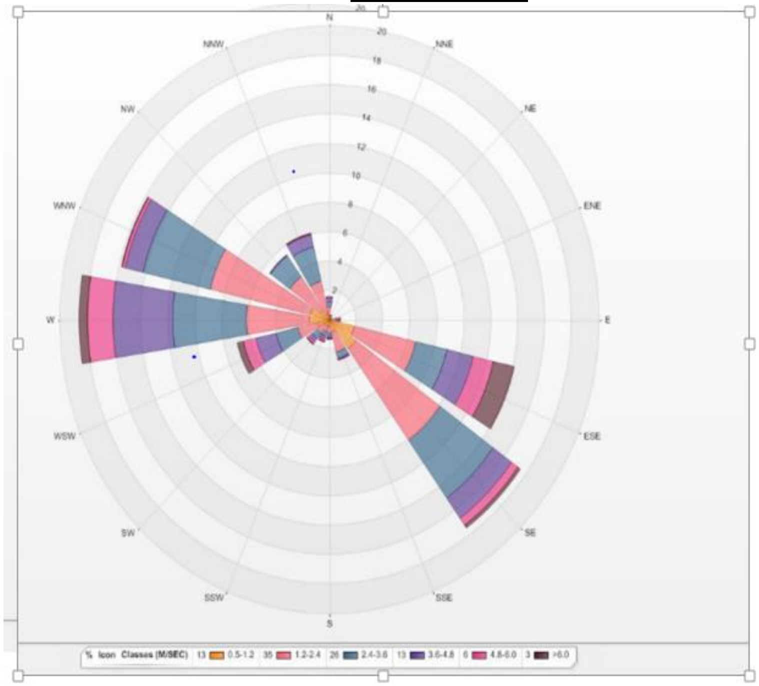
טבלה 1

הסתברויות שנתיות לאירוע תרחישי ייחוס במקורות סיכון שונים

מס'	התקרית	תרחיש ייחוס	(yr-1)18 CPR	הערות
1	flash	ד1	$5x10^{-7}$-$1x10^{-6}$	הסתברות תפעולית, ללא קשר לרעידת אדמה וכיו"ב
2	שפך מיכל אטמוספירי למאצרה	א1, ה'	$5x10^{-6}$-$1x10^{-5}$	
3	שריפה - מוצקים	ב1, ב2	$5x10^{-4}$	
4	תקרית ריאקטור	ג'	$5x10^{-6}$	
5	התפוצצות גליל/מיכל גז	כללי - דומינו	$1x10^{-6}$	תרחיש המגדיר את עוצמות תרחישים א2 וב3, ראה פרק א' סעיפים 3.2 ו – 3.5
6	חתך גיליוטינה בצנרת מיכל	ה'	$3x10^{-7}$	
7	חור 50 מ"מ במיכל לחץ	ד2, ו'	$5x10^{-6}$	
8	התפוצצות חנ"מ מאוחסן	-	$1x10^{-5}$	אחסון חנ"מ – נדיר ביותר/לא קיים
9	BLEVE	ו'	$1x10^{-5}$	מנתונים בריטיים
10	Pool Fire	ה'	$5x10^{-7}$-$1x10^{-6}$	תרחישים "מסונפים" לתרחיש ה', ראה פרק א' סעיפים 3.9-3.11 – שפך חומ"ס נוזלי דליק.
11,12	UVCE, Flash Fire	ה'	x10^{-6}3-^{6}x10^{-}2	כנ"ל

<u>ציור 1</u>

<u>שושנת הרוחות</u>



<u>טבלה 2</u>

<u>שכיחויות נשיבת הרוח לכיוונים שונים</u>

<u>תחנה:</u> איגוד <u>תקופה:</u> 30/08/2013 00:00 - 28/08/2016 00:00

Total	10.0<	8.0-10.0	6.0-8.0	4.0-6.0	2.0-4.0	0.5-2.0	Direction
2.22	0	0	0.01	0.35	0.9	0.96	N
0.53	0	0	0	0.01	0.1	0.42	NNE
0.16	0	0	0	0	0.02	0.14	NE
0.19	0	0	0	0	0.01	0.18	ENE
0.69	0.01	0.02	0.1	0.1	0.09	0.37	E
12.01	0.04	0.34	1.25	2.51	3.51	4.36	ESE
19.08	0	0.03	0.23	1.81	8.9	8.11	SE
2.82	0	0	0	0.05	0.96	1.81	SSE
0.89	0	0	0.05	0.08	0.25	0.51	S
1.32	0	0.01	0.04	0.24	0.52	0.51	SSW
2.14	0	0.01	0.03	0.36	0.88	0.86	SW
5.62	0.01	0.04	0.3	1.38	2.28	1.61	WSW
14.25	0	0.02	0.47	4.01	5.96	3.79	W
17.44	0	0.01	0.04	0.75	9.75	6.89	WNW
7.44	0	0	0	0.08	3.87	3.49	NW
8.05	0	0	0.02	0.66	5.05	2.32	NNW
94.85	0.06	0.48	2.54	12.39	43.05	36.33	Summary

2.3 **<u>עומס סיכון</u>**

(א) בשונה מהערכות סיכונים מצרפיות (וגם לא מצרפיות), הסתברותיות או קוואזי-הסתברותיות, המבוצעות בעולם ומציגות בעיקר סיכונים אינדיבידואליים וחברתיים עבור מספרי מקרי מוות (mortality) או מקרי תחלואה (morbidity), הערכת סיכונים מצרפית זו מתמקדת כאמור ב"מספר הגעות" ל-PAC3, העלולות להיגרם לרצפטורים ציבוריים המצויים בנקודות כלשהן במרחב.

(ב) כמפורט לעיל, "מספר ההגעות לPAC3" ישוקלל (הסתברותית) לפי ערכי ההסתברויות לתקריות הספציפיות ולפי ערכי ההסתברויות המטאורולוגיות. **אשר על כן, יוגדר להלן, ספציפית עבור סקר הסיכונים המצרפי, מושג "עומס הסיכון", באופן הבא**

"עומס סיכון" - ערך ההסתברות השנתית לחשיפה ל – PAC3 בנקודה/אזור כלשהם, מכלל מוקדי הסיכון, במכלול המפעלים שתקריות בהם עלולות להשפיע על הנקודה/איזור. **הערת עדכון**: כאמור בסעיף 1.3 לעיל ובסעיפים 6.7 ו – 9.8 בגוף הדוח העיקרי , מערכי ההסתברויות לחשיפה לPAC3 נגזרו ערכי הקצה שנקבעו ע"י המשרד להגנ"ס לעניין קבילות/אי קבילות (10 PAC3) ולעניין תיעדופי ניהול סיכונים (5PAC3).

(ג) <u>דוגמא</u>: אם בנקודה מסויימת עומס הסיכון יהיה 10^{-4}/שנה, משמעות הדבר שההסתברות השנתית הטוטאלית לחשיפת אדם המתגורר בנקודה לערך PAC3 ממכלול מקורות הסיכון היא 1/1000; ובהקשר זה, ערך זה עלול להתקבל מעשרות (לא פחות מכך ובמקרים קיצוניים – אף מאות) מקרים בהם ערך PAC3 (מנשימת חומרים מסוכנים ו/או חשיפה תרמית ו/או חשיפה לעל לחץ מפיצוץ) מושג בנקודה בהסתברויות הנעות – כמפורט לעיל – בין 10^{-7}/שנה ל - 10^{-4}/שנה עבור מקרה בודד, כאשר עיון בטבלה 2 מראה, שהסתברות נשיבת הרוח לאזור <u>מקטינה</u> הסתברויות שנתיות אלה בפקטורים הנעים בין 5 לכדי 50 ואף יותר (!).

(ד) הכוונה הבסיסית היא, לקבוע 4 רמות של "עומס סיכון", שתאפשרנה, בראש ובראשונה, לקבוע סדרי עדיפויות לטיפול בהפחתת הסיכונים בתחומי המפעל, כחלק מיישום הנחיות המשרד להגנ"ס בכל הקשור ל"ניהול סיכונים במתקנים נייחים" (אך ראה גם סעיף 4.2 להלן)

(ה) מודגש, שהואיל וכאמור, מתודולוגיה זו אינה עוסקת בסיכוני מוות או תחלואה, אלא "עוצרת" ברמות סיכון נמוכות יותר, ההשוואה לקריטריונים מקובלים בחו"ל לסיכונים קבילים ובלתי קבילים איננה פשוטה ובוודאי איננה straightforward. בכל מקרה, נובע מן האמור לעיל, שסוג הסיכון העיקרי הנדון כאן בפועל, הוא הסיכון האינדיבידואלי, ביחידות של מקרי PAC3/אדם*שנה.

(ו) אשר על כן, תקבענה "רמות עומס הסיכון" עבור סקר הסיכונים המצרפי, ביח' מקרי PAC3/אדם*שנה באופן הבא ((1) – גבוה; (4) – נמוך):

(5) 5x10-4
(6) 1x10-4
(7) 5x10-5

$1x10^{-6}$ (8)
דיון תמציתי נוסף בנושא רמות "עומס הסיכון" - ראה גם סעיף 4.1 להלן
הערה: בפועל נקבעו במהלך העבודה תחומי "עומס סיכון" שונים במקצת (לעניין ערכי הקצה לקבלת החלטות - ראה גוף הדוח עיקרי): $1x10^{-4}$-$5x10^{-4}$; $1x10^{-5}$- $1x10^{-4}$; $1x10^{-6}$-$1x10^{-5}$

2.4 <u>GIS (מערכות מידע גיאוגרפיות – ממ"ג)</u>

(א) הצגת התוצאות המתקבלות תיעשה תוך שימוש אינטנסיבי בGIS (לרבות הפעלת מומחי GIS ספציפיים). הכוונה היא להציג ע"ג מפות (ראה נספח 1 לפרק א') את עומסי הסיכון המתקבלים, באופן שניתן יהיה לראות בבירור את תחומי האזורים בהם מתקבלים עומסי סיכון שונים. הצגת עומסי הסיכון באזורים שונים, תאפשר בחינה מיידית, האם בכלל מצויים רצפטורים ציבוריים (באופן בו הם מוגדרים במדיניות מרחקי ההפרדה של המשרד להגנ"ס, מהדורת מרץ 2014) באזור בו מתקבל "עומס סיכון" מסוים; ואם אכן מצויים כאלה – מה טיבם (מגורים, אזורי מסחר, אזורי בילוי וכיו"ב).

(ב) תזרים העבודה לקראת הכללה בGIS ומול מודולי ה GIS עצמם יהיה כדלקמן

(1) איסוף נתוני טבלה 9 פרק א' באופן שעבור כל "מרכז סיכון" המאופיין במגוון "אירועי PAC3" (דהיינו תרחישים) המאופיינים ברצועת מרחקים מסויימת תוצמדנה ההסתברויות הספציפיות המתאימות (ראה טבלה 1 לעיל). התוצר המתקבל הוא סכום ההסתברויות לקבלת PAC3 ברצועה הנ"ל המהווה טבעת קונצנטרית סביב מרכז הסיכון. באופן זה, מאופיינת כל מרכז סיכון באוסף טבעות קונצנטריות סביבו כאשר כל טבעת מתאפיינת בערך אחד של מספרי הגעה לPAC3, משוקללים בהסתברויות לכל תרחיש ותרחיש.

(2) יצירת טבלה כדוגמת טבלה 3. אם נניח שכל מפעל מיוצג ע"י 2 מרכזי סיכון – מס' השורות כעשוי להגיע לכדי 130. הכוונה הבסיסית היא ליצור לא יותר מ – 4-5 טווחי מרחקים, כאשר טווח מרחקים יהיה מיוצג (ראה להלן) ע"י המרחק הממוצע (לדוגמא – העמודה הראשונה תיוצג כמרחק של 250 מ').

<u>טבלה 3</u>

<u>דוגמא: טבלת הסתברויות שנתיות לקבלת PAC3 עבור רצועות מרחקים קונצנטריות</u>

נ.צ מרכז הסיכון	טווחי מרחקי PAC3 (מ')			
	100-400	400-800	800-1200	1200-2000
AAAABBBB	10-5	10-6	5-102x	10-6
CCCCDDDD	10-6	10-55x	10-6	7-105x
EEEEFFFF	10-4	6-10	8-10	10-6

(3) שלב ביניים (חסר משמעות מעשית) הוא יצירת הטבעות הנ"ל סביב כל מרכז סיכון.

(4) כעת תשולבנה הסתברויות נשיבת הרוח לכיוונים שונים, באופן ה"מעוות" למעשה את הטבעות הקונצנטריות סביב כל מרכז סיכון. הרצועות המפותלות שנוצרו מהוות למעשה "רצועות שוות עומס סיכון" סביב כל מרכז סיכון.

(5) בשלב הבא – האחרון – תבוצע ע"י מערכת ה GIS סופרפוזיציה של כל הרצועות – על ערכי עומסי הסיכון הצמודים לכל רצועה ורצועה (בסה"כ 500-600 רצועות). התמונה המתקבלת עבור כל אזור המפרץ – מצולעים שונים שצבעם (או גורם אחר) מייצג את רמת עומס הסיכון בתחומי המצולע. מודגש, שמטבע הדברים רמת עומס הסיכון באזור מסויים עשוייה/עלולה להיות סופרפוזיציה של כמה וכמה עומסי סיכון, המתקבלים ממרכזי סיכון שונים, עקב העובדה שכל נקודה/אזור עלולים להיות מושפעים בו זמנית מכמה מרכזי סיכון.

(6) דוגמא לביצוע התהליך ובעיקר – לאופן הצגת התוצאות מופיעה בסעיף 3 להלן.

3. דוגמא לתהליך האינטגרציה

3.1 ניתן לראות את הדוגמא דלהלן כהוכחת היתכנות לתהליך האינטגרציה כולו ובעיקר לשילוב האינטנסיבי של GIS בעיבוד התוצאות ובהצגתן.

3.2 מפת מתחם ג' במפרץ חיפה (ראה פרק א') מוצגת בציור 2. במפה זו נבחרו (ארביטררית) כמה נ.צ המהווים "מרכזי סיכון" ומוצגים בעמודה הימנית בטבלה 4. בטבלה מוצגות גם "רצועות סיכון" (גם מספרן ורוחביהן נבחרו ארביטררית). הערכים בגוף הטבלה, מייצגים "עומסי סיכון" ברצועות השונות, כאשר כל מספר מייצג תחום ערכי עומס סיכון שכמותם מתקבלים מניתוחי "טבלה 9" עבור מרכזי הסיכון, כמפורט בסעיף 1.3 ואחרים לעיל. המקרא למשמעות הערכים מופיע
בטבלה 5.

3.3 ציור 3 מציג "מפת רדיוסים עם עוצמות "עומסי סיכון". דהיינו, לאחר יצירת טבעות הסיכון, על עוצמותיהן המשוקללות לפי טבלאות 4 ו – 5, מוצגות בציור זה התוצאות הסופיות של סופרפוזיציות של עומסי הסיכון ברחבי המפה. בחלק השמאלי התחתון של הציור, מוצגת מפת הצבעים המבטאת את עומסי הסיכון. בעוד שעומס הסיכון המרבי עבור מרכז סיכון בודד היה "1000" (ערך נרמול ארביטררי, שנבחר לנוחיות ההצגה), הרי שבאזורים מסויימים מתקבלים עומסי סיכון גבוהים מ -"1000" (עד כדי פי 5)

3.4 ציור 4 מציג מעין הצגה סופית של התהליך. כאן שולבו נתוני המטאורולוגיה מטבלה 2. ניתן להבחין בקלות בירידות המשמעותיות ב"עומסי הסיכון" הנובעות משילוב המטאורולוגיה (ראה סעיף 2.3 (ג) ואחרים לעיל), המתבטאות לא רק ב"ביטול" האזורים בעלי העוצמות הגבוהות מ – 1000 אלא גם במיעוט האזורים המאופיינים ב"עומסי סיכון" ברמה "1000".

3.5 מיותר לציין שעומסי הסיכון השונים יכולים להיות מוצגים ע"פ מפה כוללת אחת וגם תוך הפרדה לשכבות, דהיינו מפות בודדות אשר יציגו עומסי סיכון מסויימים; זאת, לצורך בחינה מדוקדקת של האזורים המצויים ברמות השונות של עומסי הסיכון.

טבלה 4

דוגמא: מרכזי סיכון, רצועות סיכון ועומסי סיכון "מנורמלים"

1200-2000	700-1200	300-700	100-300	נ.צ (Google Earth)
2	2	3	4	32"49'37.57 N 35"03'12.40 E
4	1	1	2	32"49'22.73 N 35"02'55.07 E
2	3	4	3	32"49'01.35 N 35"03'53.25 E
4	1	2	4	32"49'14.28 N 35"02'33.24 E
2	3	3	4	32"48'57.74 N 35"02'53.41 E
3	2	4	2	32"49'17.76 N 35"02'36.87 E
0	1	3	3	32"48'54.27 N 35"01'59.85 E
1	1	3	1	32"49'06.35 N 35"02'40.36 E

טבלה 5

מקרא לטבלה 4

ערך "מנורמל"	מייצג תחום עומסי סיכון (yr-1)	הערך בטבלה 4
1000	$5x10^{-6}$-$1x10^{-5}$	1
500	$1x10^{-6}$-$5x10^{-6}$	2
100	$1x10^{-7}$-$1x10^{-6}$	3
10	$1x10^{-8}$-$1x10^{-7}$	4

4. **דיון והערות נוספות**

4.1 <u>רמות "עומס סיכון"</u>

מבלי להיכנס במישרין לנושא "הסיכון הקביל" (המתייחס, במדינות שונות, לסיכון מקרי מוות בלבד), ניתן בכל זאת להשליך מערכי סיכון אינדיבידואלי קביל במדינות שונות (כגון בריטניה והולנד) לערכים אקויולנטיים של PAC3. הואיל ובמקרה הגרוע, ערכי PAC3 "משיקים" לערכי LD1 וערך סיכון אינדיבידואלי מרבי קביל נע בתחום 10^{-5}-10^{-6}/שנה, אזי ברור שערכי PAC3 המקבילים עשויים לנוע בסביבות פי מאה בהשוואה לתחום הנ"ל. בנוסף, הואיל וסיכונים אינדיבידואליים בתחום 10^{-7}-10^{-8}/שנה נחשבים זניחים לכל דבר ועניין, הרי ששיקול דומה של פקטור כמאה ניתן להיעשות עבור ערכי PAC3. שיקולים אלו עמדו, בין היתר, בבסיס המידרג המפורט בסעיף 2.3 (ו) לעיל (כאשר ברור שלרמה העליונה עשוי להיות טווח נוסף בשיעור פקטור 2). וכל זאת, כמובן בנוסף לשיקולי "ערכי הקצה" שנקבעו עבור סקר הסיכונים המצרפי.

4.2 <u>משמעויות התוצאות</u>

(א) מודגש שוב, שהערכות הסיכונים ותוצאותיהן מתמקדות בערכי PAC3, שכשלעצמם, אינם מייצגים סיכונים למקרי מוות (בוודאות לא סיכונים משמעותיים) ומהווים, במדיניות מרחקי ההפרדה של המשרד להגנת הסביבה, ערכים מרביים מותרים לצורך קביעת מרחקי הפרדה ב"מצב קיים".

(ב) כאמור לעיל, המשמעות העיקרית של התוצאות היא יצירת סדרי עדיפויות לבחינת הסיכונים ולניהול סיכונים במפעלים. לדוגמא, אם אזור מסוים מצוי ברמה עליונה של "עומס סיכון" יהיה צורך

(1) לבחון ולאתר איזה מפעל או מפעלים, דהיינו איזה/אלו מרכז(י) סיכון "אחראים" לפרקציה משמעותית של "עומס הסיכון" באזור (את זאת ניתן יהיה לאבחן בקלות בעזרת המתודולוגיה הפרטנית שפורטה בפרק א' ובפרק זה);

(2) לאתר, בתוך "מרכזי הסיכון" ה"בעייתיים" את מוקדי הסיכון הרלוונטיים (גם זאת, בעזרת המתודולוגיה);

(3) לבחון באורח פרטני, האם במוקדי הסיכון המדוברים אכן ננקטו אמצעי המיגון ההנדסיים והנוהליים המקובלים בעולם (ובהנחת קיומם נקבעו ההסתברויות המפורטות בטבלה 1), או שמא ראוי להוסיף עליהם, על מנת להפחית את הסיכונים מהם;

(4) ראה גם סעיף 4.3 (ב) להלן

(5) להכליל את התהליך הנ"ל במסגרת "ניהול סיכונים במתקנים נייחים" בהתאם להנחיות הניתנות ע"י המשרד להגנת הסביבה.

<u>**הערת עידכון**</u>: סעיפים רבים בדוח המסכם, דנים גם בכפולות של 5 ו-10 ערכי PAC3, הנגזרים ישירות מערכי PAC3 (בסיוע ובאמצעות חשובי פיזור פרטניים). חישוביהם הרלוונטיים והצגתם ע"ג מפות במערכות GIS בוצעו במהלך העבודה שכן הם מהווים מעין **מדדי סיכון הסתברותיים אופרטיביים** (ובמילים אחרות

"ערכי קצה") עבור תהליכי ניהול והפחתת סיכונים, העשויים להיות מוכתבים למפעלים מסוימים בהסתמך, בין היתר, על סקרי סיכונים מצרפיים.

4.3 <u>פרמטרים</u>

(א) כמקובל בהערכות סיכונים ערכי הפרמטרים שהובאו בחשבון בפרק א' ובפרק זה של המתודולוגיה הם מחמירים (לדוגמא, בפרק זה, אמנם הובאו בחשבון שכיחויות נשיבת הרוח (ראה טבלה 2), אך הונח, שבכל כיוון של נשיבת הרוח, מהירות הרוח היא נמוכה ומחמירה).

(ב) <u>ההחמרות עשויות להילקח בחשבון - ואף ראוי שתילקחנה בחשבון - בביצוע התהליכים המפורטים בסעיף 4.2 (ב) (1)-(3) לעיל,</u> אם וכאשר יהיה צורך לבצעם

4.4 <u>הסתברויות לתרחישים</u>

(א) הגם שההסתברויות לתרחישים, כמפורט בטבלה 1, מבוססות על ספרות מקצועית אמינה ועובדו ע"י גופים מקצועיים בעלי מוניטין רבים בתחום זה – ברור שמדובר בהערכות כלליות – מושכלות ככל שתהיינה. התלות החזקה של ההסתברויות בסוג המיכל, למשל, בתנאי סביבה ועוד מותירה פתח נרחב לשיקולים ולבחינות מעמיקות אד הוק, אם וכאשר מתברר שלערך ההסתברותי שנבחר, השפעה מכרעת על חציית ספי בטיחות בקרב רצפטור ציבורי זה או אחר. במקרה כזה (ראה לדוגמא גם סעיף 4.2 (ב) (3) לעיל) – בחינה עשויה לגלות החמרה שלא לצורך (או הקלה שלא לצורך!) בייחוס הסתברות לאירוע תקרית מסויימת.

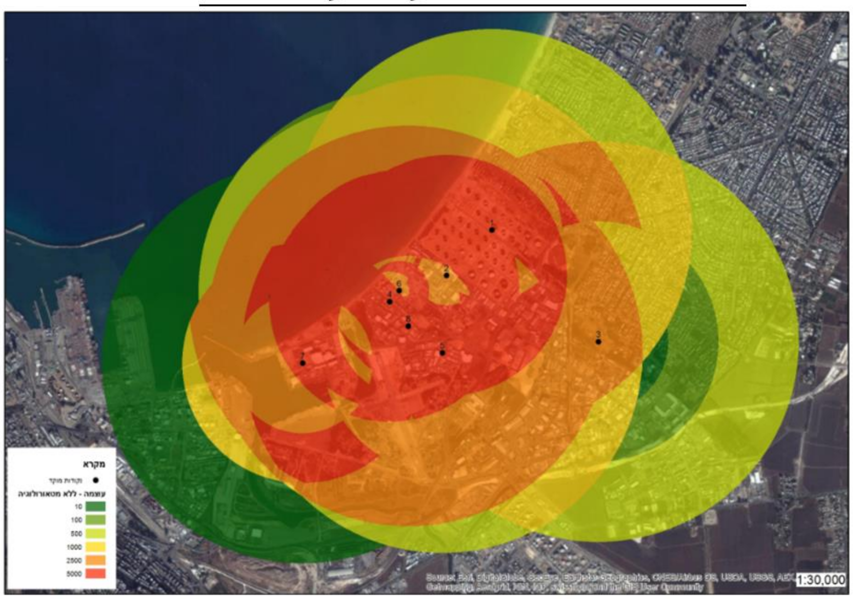
(ב) במקרים מסויימים (טבלה 1, תרחישים 11,12) היה צורך להעריך הסתברויות מותנות לאירועים מסוג UVCE ו – flash fire (עבור שפך למאצרה, או פיזור גז דליק/נפיץ משבר צינור, חור וכיו"ב). בחינת הספרות הרלוונטית (עם הבדלים לא מבוטלים בין סימוכין שונים) מביאה להנחת פילוג ההסתברות המותנית לשליש (UVCE), שליש (flash fire) ושליש – אי הצתה עקב אי פגישת ניצוץ וכיו"ב בתחומי UEL-LEL. במקרה אחר – תרחיש 10 (pool fire) הובאה בחשבון הסתברות של כ -0.1 עבור הצתת שפך במאצרה (בהסתמך על נתונים הולנדיים).

<u>ציור 2</u>

<u>מתחם ג'</u>

<u>ציור 3 (דוגמא)</u>

<u>מפת רדיוסים עם עוצמות</u>



<u>ציור 4 (דוגמא)</u>

<u>מפה כוללת מטאורולוגיה</u>