



מפקדת פיקוד העורף

מרכז מידע ארצי לחומרים מסוכנים

סרגל הערכת טווחי הרס-

מנקודת הפיצוץ

הוראה שילוש

בלמ"ס

אדר אי תשנ"ה

כל המוסר תוכן מסמך זה כולו או מקצתו לידיעת אנשים שאינם מוסמכים לכך - עובר על חוקי המדינה. כל המוצא מסמך זה נדרש למסרו לתחנה הקרובה של משטרת ישראל או המשטרה הצבאית.

פברואר 95





פיקוד העורף

צבא הגנה לישראל

מרכז מידע ארצי
לחומרים מסוכנים

סרגל הערכת טווחי הרס -

מנקודת הפיצוץ

הוראות שימוש

ט.ל. 08 - 239238/40

בלמ"ס

ד.צ. 02673

ינואר 95

תשנ"ה

בלמ"ס

צבא	ההגנה לישראל
מרכז	מידע ארצי
לחומרים	מסוכנים
ד.צ.	2673
טלפון:	08-239238/240
פקס-	08-239228
מב-70	PS3[2560]
22	ינואר 1995

הנדון: סרגל טווחי הרס.

1. מצ"ב חוברת הוראות שימוש בסרגל טווחי הרס.
2. מוצר זה הינו פרי מחקר שנערך במרכז חמ"ס בפקוד העורף.
3. מנחה צוות הפיתוח - הח"מ.
מרכז צוות הפיתוח - רס"ן הדס בן-דב.
צוות הפיתוח - פרופ' וגנר.
דר' לרנר
ו- MS דורון שורץ.
4. צוות הביקורת לסרגל כלל את חברי ועדת חומרים מסוכנים בפקוד העורף.
5. לשימושכם.

נ ב ח
שארל גיא, סא"ל

מפקד המרכז

סרגל הערכת טווחי הרס
מנקודת הפיצוץ

תוכן העניינים:

מס' העמוד	שם הפרק	הפרק
1 - 2	מבוא	א'
	- רקע	
	- הצורך המבצעי	
3 - 5	הערכת סיכונים למשתמש	ב'
	- כללי	
	- שלבים בביצוע הערכת	
	סיכונים	
	- פירוט השלבים	
6	בבליוגרפיה - מקורות	ג'
	נספחים	ד'
7	- נספח א' - חישוב יעילות הפיצוץ.	
8 - 10	- נספח ב' - דוגמת חישוב יחידת סיכון לתערובות חומרים נפיצים	
11 - 12	- נספח ג' - טבלת יחידות סיכון	

לישראל הגנה צבא
ארצי מידע מרכז
מסוכנים לחומרים
02673 ד.צ.
08-239240/77/12 טלפון:
08-239228 פקס:
PS4[1524] הנ-13(1)
1994 אוגוסט 21

סרגל הערכת טווחי הרס - מנקודת הפיצוץ

פרק א': מבוא

רקע

1. א. חומרים נפיצים מצויים בתעשייה הצבאית, בחוות דלק וגפ"מ, במחצבות בתעשיות ובמפעלים.
ב. חומרים אלו קיימים לעתים לא הרחק ובטווחים בהן צפויה סכנה לאוכלוסייה אזרחית.
2. פגיעה במצבורי חומרים נפיצים עלולה להגרם כתוצאה מ-:
א. פעילות פח"ע.
ב. התהפכות משאית\מיכלית.
ג. מצב חרום.
ד. תקלה במתקן\מפעל תעשייתי.
ה. שריפה בקרב מצבור חומר נפיץ.
3. בהתבסס על הערכת סיכונים יוחלט על נקיטת הצעדים האפשריים הבאים:
א. מתן הנחיות לאוכלוסייה האזרחית לגבי הפגיעה האפשרית.
ב. מתן הנחיות לכוחות הפועלים בשטח.

הצורך המבצעי

4. הפגיעה במצבורי חומרים נפיצים, עלולה לגרום לנזק במספר אופנים עיקריים:
א. גל הדף.
ב. גל הלם.
ג. גל יניקה.

- ד. קרינת חום.
- ה. רסיסים.
5. כדי לקבל אומדן לסיכונים/נזקים לסביבה בלט החוסר באמצעי שיאפשר למפקד התקרית בשטח לקבל הערכה מהו הנזק העלול להגרם לסביבה.
6. כפועל יוצא מכך היה צורך בפיתוח סרגל "טווחי הרס", המאפשר להעריך את טווח ההרס העלול להגרם כתוצאה מפיצוץ אפשרי של החומר.
7. טווחי ההרס משתנים עפ"י רמות הרס שונות (או רמות על-לחץ) כדלקמן:
- א. הרס כבד - הרס למבנים שלא ניתן לשיקום. סכנה לבני אדם בתוך מבנים ומחוצה להם. (5 PSI).
- ב. הרס מבנים מוגבל - הרס הניתן לשיקום. סכנה לבני אדם בתוך המבנים, סכנה לפגיעה באוזניים לבני אדם מחוץ למבנים. (1.5 PSI).
- ג. נזק כבד לשמשות - שבר חלונות כבד. (0.7 PSI).
- ד. נזק מוגבל לשמשות - שבר של 10% מהשמשות. (0.3 PSI).
8. קבלת נתונים אלו בעת אירוע תאפשר למפקד התקרית הערכות נכונה וטיפול נכון הן במתן הנחיות לטיפול בארוע והן באוכלוסיה.

כללי

1. הערכת סיכונים נועדה להעריך את טווחי הסכנה וגודל השטח, בו קיימת סכנת הרס, עקב פיצוץ של חומרים דליקים ונפיצים.
 2. בהתבסס על הערכת הסיכונים יוחלט על נקיטת האמצעים הנאים:
 - א. מתן הנחיות לאוכלוסיה האזרחית לגבי הפגיעה האפשרית, והטיפול בה.
 - ב. מתן הנחיות לכוחות הפועלים בשטח, שעלול להפגע.
 3. השטח הפגיע במקרה כזה הינו גדול מאוד, אך מחולק לרמות הרס, עפ"י קרבתו למקום הארוע:
 - א. הרס כבד.
 - ב. הרס מוגבל.
 - ג. נזק כבד לשמשות.
 - ד. נזק מוגבל לשמשות.
- שלבים בביצוע הערכת סיכונים

4. הערכת סיכונים תבוצע לפי השלבים הבאים:
 - א. זיהוי החומר ואיתורו בטבלת יחידות סיכון.
 - ב. הערכת כמות החומר שעלולה להשתחרר בפיצוץ.
 - ג. הערכת טווח הסכנה ומידת ההרס.

5. פירוט השלבים

- א. זיהוי החומר ואיתורו בטבלת יחידות סיכון - (נספח ג')
 - 1) לכל חומר בטבלת יחידות סיכון, נקבעה יחידת סיכון אחת בק"ג - HU.
 - לדוגמא: יחידת סיכון אחת של מתאן - 7 קג'.
 - יחידת סיכון אחת של מימן - 3 קג'.
- 2) לצורך חישוב טווחי הסיכון התקבלה כבסיס לחישוב "יחידת סיכון" של חומר.

(3) HU - יחידת סיכון הינה כמות החומר בק"ג המתפוצצת ללא הפסדים וגורמת להרס כבד למבנים בשטח של 500 מ"ר או ברדיוס של 12.62 מ'.

(4) דרך חישוב יחידת סיכון:

לפי הפיתוח שנעשה, מתקבל הרס כבד למבנים ברדיוס של 12.62 מ', כאשר משתחררת "יחידת סיכון" אחת המחושבת כדלקמן:
(א) עבור חומרים אורגניים דליקים - נפיצים (אם יחידת הסיכון אינה מופיעה בטבלה ניתן להעריך את יחידת הסיכון לכ - 7 ק"ג לחומר פחמימני).

חישוב זה נכון גם עבור פראוקסידים אורגניים (קבוצה 5.2).

$$HU = \frac{3.54 \cdot 10^8}{H_C}$$

H_C - חום השריפה של החומר ב - J/Kg.

HU - יחידת סיכון של החומר ב Kg.

(ב) עבור חומרים נפיצים והודפים:

$$HU = \frac{3.54 \cdot 10^8}{H_C \cdot E_{ff}} \cdot 0.05$$

$$E_{ff} = \frac{H_{ex}}{H_c}$$

H_{ex} = חום פיצוץ של חומר הנפץ ב - J/Kg.

אם חום הפיצוץ אינו ידוע עבור חומר נפץ מסוים ראה נספח א'.

לתערובות של חומרי נפץ או הדף ראה נספח ב'.

ב. קביעת טווחי ההרס

1) קביעת טווח הסכנה תעשה בפועל עפ"י הסרגל.

הבא את שנתת יחידות הסיכון של החומר בסיכון התפוצצות (הסקלה המסתובבת) שמצאת בטבלה או שחישבת לפי סעיף 4 א) או 4 ב) המצויין לעיל אל שנתת כמות החומר שבסכנה (סקלה חיצונית).

טווחי סיכון ההרס, במטרים, מתקבלים בחלון שבמחוג המסתובב לפי ארבעת המעגלים של רמות ההרס.

2) חישוב ללא הסרגל:

א. חשב מספר יחידות הסיכון

לפי:

$$H_n = \frac{Q}{HU}$$

Q = כמות החומר שבסכנת פיצוץ (ק"ג).

HU = יחידת סיכון לחומר (ק"ג).

ב. חשב טווח הרס במטרים.

$$R \text{ (הרס כבד)} = 0.03 (7.45 \cdot 10^7 \cdot H_n)^{1/3}$$

$$R \text{ (הרס מוגבל)} = 0.06 (7.45 \cdot 10^7 \cdot H_n)^{1/3}$$

$$R \text{ (נזק כבד לשמשות)} = 0.15 (7.45 \cdot 10^7 \cdot H_n)^{1/3}$$

$$R \text{ (נזק מוגבל לשמשות)} = 0.40 (7.45 \cdot 10^7 \cdot H_n)^{1/3}$$

פרק ג': בבליוגרפיה - מקורות

1. Handbook of Chemistry and Physics - 53rd edition / C.R.C.
2. Loss Prevention in the Process Industries / F. Lees
3. מדריך לסיכון ולמיגון בליסטיים / זר' אלי רצון
4. סרגל מטאורולוגיה והערכת סיכונים - דו"ח פיתוח / מרכז חמ"ס
5. Explosive Chemicals : A Ruler for Hazard Evaluation / H.D. Wagner
6. Model For Rapid Calculation of Hazard Units (uvce) / H. D. Wagner
7. Unconfined Vapor Cloud Explosion / Dr. Keith Gugan
8. The Whazan Theory Manual / Sep. 1986
9. Unconfined Vapor Cloud Explosion / V. C. Marshall
10. כימיה כללית ואנאורגנית / פרופ' ב. קירזון
11. PHAST - Theory manual
12. V.C Marshall Chemical engineering june 14, 1982
13. V.C Marshall "Major Chemical Hazards" Ellis Horwood LTD 1987
PG 296 , 300 - 303.
14. Ibid page 256
15. Hirschfelder, J.O. and sherman J.
"Simple Calculation of Thermochemical Properties for use in
Ballistics" ORSO report No. 1300 March 5, 1943
16. Kirk, Othmer "Encyclopedia of Chemical Technology" see
Explosives
17. ד"ר אלי שטרן
הערכת סיכונים לתקריות ב"ת במתקני חומרים דליקים ונפיצים - נוסחאות
לחישובים מהירים 30 דצמבר 1992.
18. National Fire Protection Association , Fire Protection guide On
Hazardous Materials, 8th ed.

פרק ד': נספחים

נספח א': חישוב יעילות הפיצוץ - Eff

לצורך חישוב Eff (יעילות הפיצוץ) לחומר נפץ שאינו בטבלת יחידות סיכון יש צורך בנוסחה הכימית של חומר הנפץ.
א. חשב משקל מולקולרי של החומר:

$$\text{משקל מולקולרי} = \text{מספר פחמנים} * 12 + \text{מספר חנקנים} * 14 + \text{מספר חמצנים} * 16 + \text{מספר מימנים} * 1 + (\text{מספר יסוד אחר}) * (\text{משקל אטומי של אותו יסוד}).$$

ב. חשב אחוז משקלי של פחמן, מימן וחמצן;

$$\text{אחוז משקלי פחמן} = \frac{\text{מספר פחמנים} * 12 * 100}{\text{משקל מולקולרי}}$$

$$\text{אחוז משקלי מימן} = \frac{\text{מספר המימנים} * 1 * 100}{\text{משקל מולקולרי}}$$

$$\text{אחוז משקלי חמצן} = \frac{\text{מספר החמצנים} * 16 * 100}{\text{משקל מולקולרי}}$$

ג. חשב "אחוז מולרי חמצן" של החומר

$$100 * \frac{\frac{\text{אחוז חמצן משקלי}}{16}}{\frac{\text{אחוז פחמן משקלי}}{6} + \frac{\text{אחוז מימן משקלי}}{2}} = \text{אחוז מולרי חמצן}$$

ד. חשב Eff:

$$\text{Eff} = 0.087 - (\text{אחוז מולרי חמצן}) * 9.75 * 10^{-3}$$

משוואה זו נכונה לחומרים שבהם אחוז מולרי חמצן הוא מעל 30%.
דוגמת חישוב ראה בנספח ב'.

דוגמת חישוב יחידת סיכון לתערובות חומרים נפיצים או הודפים:

להלן שיטת החישוב לדוגמא האחרונה בטבלה 1, דהיינו, חומר הודף המכיל באחוזים משקליים 88% ניטרוצלולוזה (ברמת ניטרציה של 12.9%N) 10% ניטרוגליצרין ו - 2% דיבוטילפּתאלאט, חוס השריפה של כל המרכיבים האלו נמצא בספרות (15, 16) וניתן לחשב הערך המשוקלל:

$$(1) 0.1 * Hc_{NG} + 0.88 * Hc_{NC} + 0.02 * Hc_{DBP} = Hc$$

בהצבת ערכי Hc:

$$0.1 * 8.09 * 10^6 + 0.88 * 7.91 * 10^6 + 0.02 * 3.09 * 10^7 = 8.39 * 10^6 J/kg$$

חישוב אחוז החמצן המולרי יבוצע בשלבים הבאים:

א. חישוב אחוז פחמן, חמצן, חנקן, ומימן בכל אחד מהמרכיבים.

ב. חישוב אחוז משוקלל בשביל חומר הודף.

ג. חישוב אחוז החמצן המולרי לפי משוואה 2:

$$[(2)] \%O_2 \text{ balance} = \frac{\frac{\%O}{16} * 100}{\frac{\%C}{12} + \frac{\%H}{1}} = \frac{\text{אחוז מולרי חמצן}}{\text{חמצן}}$$

דוגמא:

א. חישוב אחוז פחמן, חמצן, חנקן ומימן במרכיבים:

Nitroglycerin	$C_3H_5N_3O_9$	MW = 227
Nitrocellulose	$C_6H_3.5N_{2.5}O_9$	MW = 270.5
DBP	$C_{16}H_{22}O_4$	MW = 278

לניטרוגליצירין:

$$\%C = \frac{3 * 12 * 100}{227} = 15.86$$

$$\%H = \frac{5 * 100}{227} = 2.20$$

$$\%N = \frac{3 * 14 * 100}{227} = 5.18$$

$$\%O = \frac{9 * 16 * 100}{227} = 63.44$$

תוצאות החישובים לשאר המרכיבים נתונות בטבלה 2.

ב. חישוב אחוז משוקלל לחומר הודף:

$$\%C = 0.1 * \%C_{NG} + 0.88 * \%C_{NC} + 0.02 * \%C_{DBP}$$

$$\%C = 0.1 * 15.86 + 0.88 * 26.62 + 0.02 * 69.06 = 26.39$$

וכן מחשבים גם $\%H$, $\%N$, ו- $\%O$, ראה תוצאות בטבלה 2.

ג. חישוב אחוז חמצן משוקלל:

ממשוואה (2) ולכן:

$$\frac{58.86/16 * 100}{26.39 + 1.51} = 71.4\%$$

6 2

במשוואה (3) יש לנו:

$$(3) \text{Eff} = 9.75 * 10^{-3} * (\text{אחוז מולרי חמצן}) - 0.087$$

$$\text{Eff} = 9.75 * 10^{-3} * (71.4) - 0.087 = 0.61$$

ולחישוב יחידת הסיכון:

$$HU = \frac{3.54 * 10^8}{8.39 * 10^6 * 0.61}$$

0.05

לכן יחידת סיכון לחומר:

$$HU = 3.45 \text{ ק"ג}$$

טבלה 1: חישוב יחידת סיכון

חומר	Eff	H_C (J/Kg)	יחידת סיכון (ק"ג)
Propane	0.05	$4.7 * 10^7$	7.5
TNT	0.27	$1.57 * 10^7$	4.2
RDX	0.60	$9.51 * 10^6$	3.1
Nitroglycerine	0.92	$8.09 * 10^6$	2.4
20% TNT 80%NH ₄ NO ₃	(א) 0.90	(ב) $5.17 * 10^6$	3.8
Propellant 88%NC 10P1%NG 28%DBP	(א) 0.610	(ב) $8.39 * 10^6$	3.5

(א) מחושב לפי משוואה (3)

(ב) ערך משוקלל בין המרכיבים

טבלה 2: אחוזי פחמן, חמצן, חנקן, מימן

חומר	%O	%N	%H	%C
NG	63.44	18.5	2.20	15.86
NC	59.14	12.9	1.29	26.62
DBP	23.02	0	7.91	69.06
10%NG 88%NC 2%DBP	58.86	1.32	1.51	26.39

נספח ג' : טבלת יחידות סיכון.

טבלת יחידת סיכון לפיצוץ חומרים דליקים נפיצים

מס"ד	שם החומר	מס' או"מ	מס' חמ"ס	יחידת סיכון [Kg]
.1	אצטילן	1001	500	7
.2	בוטאן	1011	503	8
.3	ציס - בוטן - 2	1012	504	8
.4	1 - בוטן	1012	505	8
.5	פחמן חד חמצני	1016	*173	35
.6	אוקסאלוניטריל, מונזל	1026	199	13
.7	דימתילאמין	1032	221	10
.8	אתאן, זחוס	1035	522	7
.9	אתילאמין	1036	243	10
.10	אתילכלוריד	1037	244	19
.11	אתילן	1038	523	8
.12	מתיל אתיל אתר	1039	547	11
.13	מימן, זחוס	1049	0	3
.14	איזובוטילן	1055	537	8
.15	מתיל אמין, אנהידרי	1061	0	12
.16	מתיל כלוריד	1063	546	28
.17	מתאן תיול	1064	320	14
.18	תערובת פחמימנים	1071	0	13
.19	גפ"מ	1075	0	8

7 פחמימנים (ATC)

מס"ד	שם החומר	מס' או"מ	מס' חמ"ס	יחידת סיכון [KG]
.20	פרופילן	1077	557	8
.21	ויניל כלוריד	1086	425	19
.22	אתילן דחוס	1962	524	8
.23	גזים פחמימנים, דחוסים	1964	0	8
.24	גזים פחמימנים, מונזלים	1965	0	8
.25	מימן מונזל בקרור	1966	534	3
.26	מתאן או גז טבעי	1971	0	7
.27	פרופאן	1978	556	8
.28	מימן ומתאן, תערובות	2034	0	6
.29	פחמן דו חמצני ומימן	2600	0	20
.30	אתילן אוקסיד	1040	53	13
.31	וניל מתיל אתר, מיוצב	1087	578	11
.32	וניל פלואוריד, מיוצב	1860	575	66
.33	דאוטוריום	1957	513	3
.34	אתן מונזל	1961	0	8
.35	איזובוטאן	1969	536	8
.36	מתאן	1971	543	7
.37	גז טיבעי	1971	532	7
.38	די מתיל פרופאן (נאופנטאן)	2044	519	8
.39	פרופאדיאן, מיוצב	2200	0	8
.40	אתיל אצטילן, מיוצב	2452	0	7

מס"ד	שם החומר	מס' או"מ	מס' חמ"ס	יחידת סיכון [KG]
.41	בוטדיאן	1010	502	8
.42	ציקלופרופאן	1027	512	7
.43	דיפלואורואתן	1030	0	19
.44	די מתיל אמין יבש	1032	221	9
.45	די מתיל אתר	1033	518	11
.46	אתילן אוקסיד עם פחמן דו חמצני	1041	0	13
.47	מתיל אצטילן+פרופאדיאן	1060	* 559	8
.48	טטרא פלאורו אתילן, מיוצב	1081	567	42
.49	טרי מתיל אמין	1083	419	9
.50	T.N.T	209	571	4
.51	RDX	118	818	3
.52	ניטרוגליצרין	143	827	2
.53	ציקלוקסאנון פראוקסיד	3104	627	11
.54	"	3105	626	11
.55	"	3106	697	11