

חוות דעת מומחה

שם המומחה: דר' ישראל ברזלי ;
מענו: ששת הימים 24, ירושלים.

אני הח"מ, ישראל ברזלי, נושא ת.ז. מס' 5056536, נתבקשתי על ידי שלומית ולנסי לחוות דעתי בקשר לעתירה המוגשת כנגד אישורו של תנ"ס יבשתי 2# וכנגד מתן היתר מס' 6095 על ידי רשות הגז, חיפה.

אני הח"מ, יועץ סביבתי ואני מגיש חוות דעת זו במקום עדות בבית המשפט.
אני מצהיר בזאת כי ידוע לי היטב, שלעניין הוראת החוק הפלילי בדבר עדות שקר בשבועה בבית משפט, דין חוות דעת זו כשהיא חתומה על ידי כדן שבועה שנתתי בבית משפט.

אלה פרטי השכלתי

1963- תואר ראשון (B.Sc.) בכימיה, האוניברסיטה העברית, ירושלים ;
1965 – תואר שני (M.Sc.) בהצטיינות בכימיה אורגנית, האוניברסיטה העברית, ירושלים ;
1972 – תואר שלישי (Ph.D.) בכימיה ביולוגית, האוניברסיטה העברית, ירושלים ;
1972-1974 – עמית מחקר, פוסטדוקטורט אצל: Prof. H.G. Khorana, M.I.T, MA, USA.

אלה פרטי ניסיוני

1974-1978 – עמית מחקר במחלקה לכימיה ביולוגית, האוניברסיטה העברית, ירושלים ;
1978-1979 – כימאי ראשי, כצ"ט תעשיות, קרית-מלאכי ;
1979-1985 – מנהל מחלקת ביוכימיה, מקור כימיקלים, ירושלים ;
1985-1989 – מנהל מדעי, ביוכור, ירושלים ;
1989 – יועץ בנושאי כימיה וביוטכנולוגיה ;
1989-2001 – מנהל האגף לחומרים מסוכנים, המשרד לאיכות הסביבה, ירושלים ;
1990-1993 – חבר דירקטוריון, החברה לשירותי איכות הסביבה בע"מ ;
2000-2010 – חבר המועצה וחבר המנהלה של המוסד לבטיחות ולגיהות.
2001 עד היום – יועץ סביבתי בנושאי חומרים מסוכנים, נושאי סביבה וכימיה לממשלה, לחברות ולציבור.
מורה מבחן בטכניון בחיפה (2002-2004) באוניברסיטת חיפה (2003-2005) ובאוניברסיטת בן-גוריון (2002-2005) ;
מרצה בקביעות במוסד לבטיחות ולגיהות ;
מרצה בקביעות במכללת מישלב.

להלן חוות דעתי:

1. במסגרת הליכי הרישוי להקמת מערך אספקת הגז הטבעי מקידוח לווייתן הובא לעיוני המסמך "תנ"ס יבשתי 2" (להלן – "התנ"ס") שהוכן במסגרת תמ"א 37/ח' שעוסקת במערכת הולכת הגז הטבעי מקידוחים בים התיכון, ולענייננו מקידוח "לווייתן", שהוכן על ידי חברה בשם אמפיביו בע"מ. חוות דעתי מתייחסת בעיקר לנספח 6.7 שמהווה סיכום ממצאי סקר סיכונים למערכת הנסקרת בתנ"ס.

2. התקן לצנרת הגז יובא לישראל כתרגום של תקן הולנדי ישן:

"Systems Requirements for Steel Pipeline Transportation" (NEN 3650)
(תוך השמטת חלקים ממנו ש"אינם מתאימים למדינת ישראל"), בדמות תקן ישראלי – תנ"י 5664 – ועל ידי חקיקת צו הגז (בטיחות ורישוי) (מיתקנים להולכת גז טבעי), תשנ"ז-1997 המפנה לתקן ההולנדי (שהוא מעולה בכל האמור בהקפדה על טיב ההקמה ותחזוקת הצנרת אך מקל ביותר בכל האמור לקביעת מרחקי הפרדה בין צנרת גז טבעי תת-קרקעית לאוכלוסיה). כל אלה מובילים לעובדה שבתהליכי התכנון הספציפיים לתמ"א 37/ח' (ולתמ"א 37 כולה) לא בוצעה כלל בדיקת סיכונים מתוואי צנרת הגז וטבלת מרחקי ההפרדה מהצנרת מסתמכת בלעדית על התקן הישראלי, קרי "התקן ההולנדי", וכל זאת מבלי לבצע בדיקה מעמיקה וחשובים הנדרשים גם לפי התקן ההולנדי העכשווי עצמו וזאת עוד מבלי להתייחס לתקינה וההנחיות הבינלאומיות לגבי צנרת גז טבעי. התנ"ס מתעלם גם מהעובדה שבפרוודור הצנרת העתידי לא מתוכנן לזרום רק גז טבעי בצינור בודד, אלא המדובר במסדרון צנרת צפוף המכיל מספר צינורות ומספר חומרים. במסגרת אימוץ התקן ההולנדי לגז טבעי, אימצה מדינת ישראל את המדיניות ההולנדית (שהיא המקלה ביותר מכל מדינות העולם) לביצוע הערכות סיכונים שמבוססת כולה על המתודה ההסתברותית ולכן אנו "מגלים" שנספח 6.7 לתנ"ס הוא סיכום תמציתי של ממצאי סקר סיכונים הסתברותי שאת פרטיו לא הצלחנו לאתר. גם בהנחה שכל ממצאי סקר סיכונים זה הם מדויקים, אין להתעלם מעמדתו של המשרד המופקד על שמירת בריאות הציבור והסביבה מפני מפגעים ומטרדים – המשרד להגנת הסביבה (להלן – "המשרד") על המתודה ההסתברותית. אביא שתי מובאות קצרות ממסמך בחתימתו של מנכ"ל המשרד להגנ"ס שכותרתו "המנכ"ל המשרד להגנת הסביבה: סיכום תוצאות סקר סיכונים להקמת מערכת אספקת הגז הטבעי מקידוח לווייתן" (להלן – "חוזה המנכ"ל"). מסמך זה מהווה את הבסיס למדיניותו של המשרד להגנת הסביבה בכל האמור בקביעת מרחקי הפרדה בין מקורות סיכון נייחים לאוכלוסיה ולסביבה:

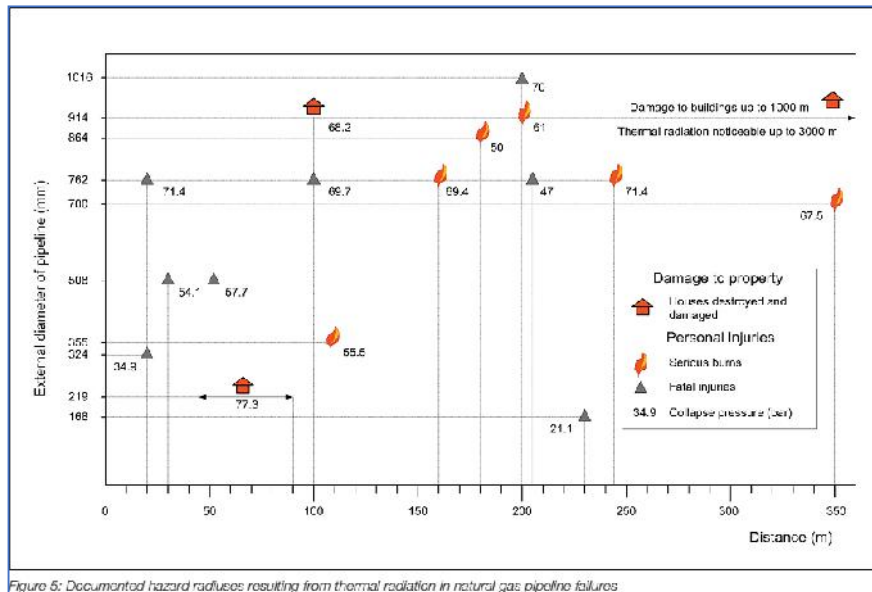
"...המשרד להגנת הסביבה יבצע סקר סיכונים להקמת מערכת אספקת הגז הטבעי מקידוח לווייתן, על-פי המנכ"ל המשרד להגנת הסביבה: סיכום תוצאות סקר סיכונים להקמת מערכת אספקת הגז הטבעי מקידוח לווייתן (להלן – "חוזה המנכ"ל"). מסמך זה מהווה את הבסיס למדיניותו של המשרד להגנת הסביבה בכל האמור בקביעת מרחקי הפרדה בין מקורות סיכון נייחים לאוכלוסיה ולסביבה:

"...ועוד נקבע בחוזה המנכ"ל:

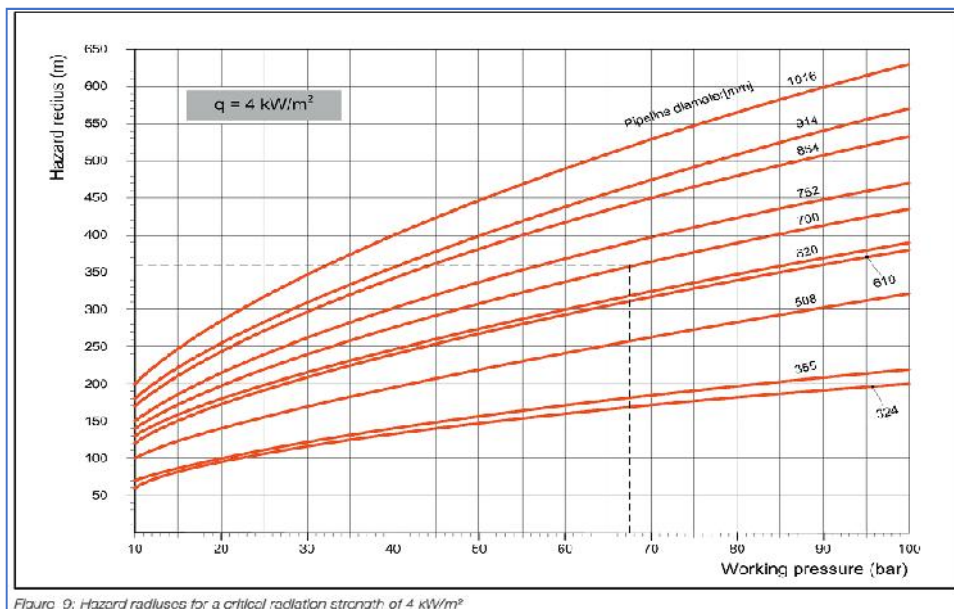
"המנכ"ל המשרד להגנת הסביבה: סיכום תוצאות סקר סיכונים להקמת מערכת אספקת הגז הטבעי מקידוח לווייתן"

המשרד להגנת הסביבה יבצע סקר סיכונים להקמת מערכת אספקת הגז הטבעי מקידוח לווייתן, על-פי המנכ"ל המשרד להגנת הסביבה: סיכום תוצאות סקר סיכונים להקמת מערכת אספקת הגז הטבעי מקידוח לווייתן (להלן – "חוזה המנכ"ל"). מסמך זה מהווה את הבסיס למדיניותו של המשרד להגנת הסביבה בכל האמור בקביעת מרחקי הפרדה בין מקורות סיכון נייחים לאוכלוסיה ולסביבה:

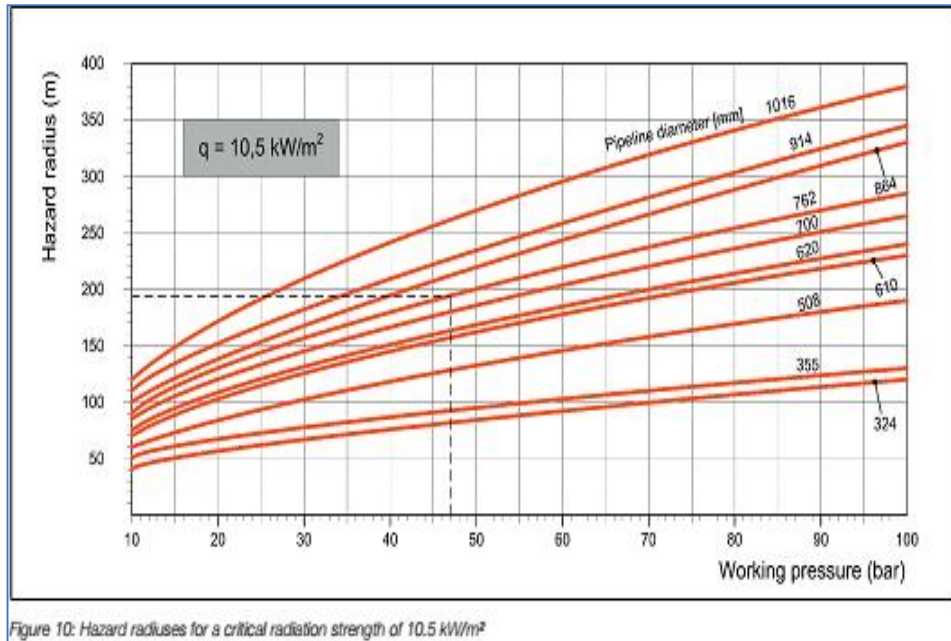
4.1 להלן תרשים של תוצאות אמת מאירועים מהמחקר הגרמני ובו ניתן לראות כי קיימת התאמה ברורה בין קוטר צנרת הגז, קצב מסת הזרימה, לחץ הקריסה וטווח הסיכון (להשוואה אצלנו קוטר הצינור $32'' = 813 \text{ מ"מ}$ והלחץ 80 אטמ" – הגבוה מבין כל האירועים המוצגים):



4.2 להלן הגרף לגבי הקרינה התרמית (שטף החום) של 4 kW/m^2 , הנמצאת הרבה מעל שטף המינימלי של 1.6 kW/m^2 , המורגש ע"י אנשים לאחר כ-20 שניות חשיפה לקרינת החום [בהצבת הנתונים הישראליים רדיוס הסיכון יהיה (באקסטרפולציה) כ-450 מטר! יצוין כי לאורך תוואי הצנרת המוצע קיימים רצפטורים ציבוריים, לרבות בתי מגורים, בטווח פחות מכך ולא בוצעה כל בחינה להפחתת רמת הסיכון):



4.3 להלן הגרף לגבי הקרינה התרמית (שטף החום) של 10.5 kW/m^2 , שהוא תחילת גרימת הרס וכשל ציוד [בהצבת הנתונים הישראליים רדיוס הסיכון יהיה כ-270 מטר! (להשוואה – התקן הישראלי קובע 45 מטר):



חשוב לזכור ולהדגיש כי כאן לא מדובר באימוץ מודלים תיאורטיים מכיוון שכל המידע מבוסס על נתונים מאירועי אמת שקרו במהלך השנים ולכן זהו מקור המידע האמין ביותר שניתן להעלות על הדעת.

5. גם בריטניה, שאימצה את המתודולוגיה ההסתברותית לחישוב טווחי הפרדה של מקורות סיכון, קובעת שהתקן ההולנדי אינו מספק:

Individual and society risk posed by pipelines מסמך האיחוד האירופי (2006) שכותרתו: ומביא נתונים מעניינים ממסמך שפרסם ה-HSE בשנת 1995 ובו נקבעו בין היתר "מרחקים ממוחשבים ממרכז קו צנרת לסיכון אישי שמוות בשיעור של 1×10^{-6} לשנה":

Table 2-4 Distances from the centre line of a pipeline to an individual risk of death of 1×10^{-6} per year (HSE 1995)

Pipeline	Distance to 1×10^{-6} per year
Natural gas, $\varnothing$ = 6-inch 70 bar	60 m
Natural gas, $\varnothing$ = 42-inch diameter 70 bar pipeline	230 m
Natural gas, small diameter low pressure	Risk level not exceeded
Gasoline	30 m
Ethylene	200 / 260 m
Ammonia	530 m
Spiked crude	100 m
NGL	180 m

NGL – Natural Gas Liquids = Condensate

ניתן לקבוע על סמך טבלה זו שהמרחק לרמת סיכון קבילה, בנתונים הישראליים של קוטר צינור 32" ולחץ של 80 אטמ', על פי השיטה הסתברותית בבריטניה יהיה לפחות 160 מטר. ואגב, המרחק לאותה רמת סיכון הסתברותית לצנרת הקונדנסט יהיה 180 מטר – נקודה שנחזור אליה בהמשך.

בריטניה קובעת כי "חלקים גדולים משרטוט הסיכון החברתי (*society risk*) חורגים באופן ברור מהגבולות המומלצים בתקן ההולנדי VROM (2005) וכי זה בעיקר נכון עבור צנרת גז טבעי שעובר בשטחי מגורים." ועוד קובע המחקר הבריטי כללית ש"הסיכונים מצנרת המבוטאים בערכי הסיכון האישי והחברתי הם משמעותיים לפחות לגבי ערכי הסיכון של מתקנים יבשתיים, והם חורגים מאמות המידה לסיכון שמוצעים על ידי הולנד."

6.

בארצות הברית ובקנדה התמונה היא דומה : בארה"ב (שבה צנרת הולכת גז טבעי ענקית באורך של יותר מ- 500,000 ק"מ) נקבעו מגוון רח של דרישות בטיחותיות מינימאליות לצנרות גז. לאחר הגדרת אזורי רגישות שונים (Classes 1, 2, 3, 4, כשהרגיש בהם הוא 4, קובעת החקיקה ב- 49 CFR 192.903 שמרחק ברירת המחדל לתכנון אזורים מכל צד של מרכז צנרת ההולכה הוא 200 מ' (660 רגל). כשמתכננים אזור לצנרת הולכת גז טבעי צריך להשתמש במודל להערכת פוטנציאל רדיוס הפגיעה/ההשפעה על אנשים ורכוש [Potential Impact Radius (PIR) model], אשר מופיע בהנחיות ניהול לצנרת בתקנות הפדראליות הנ"ל. צריך לזכור כי PIR model מבוסס על גישה פשוטה ומניעתית לקביעת גודל השטח שחשוף לפוטנציאל של השפעה הרסנית לגבי תרחיש בו צינור גז לחץ גבוה ייקרע ויוצת, כאשר הסיכון העיקרי מתרחשים כאלו הוא קרינת החום מהאש הנמשכת עד דעיכתה עם גמר דליפה/זרימה של חומר הבעירה.

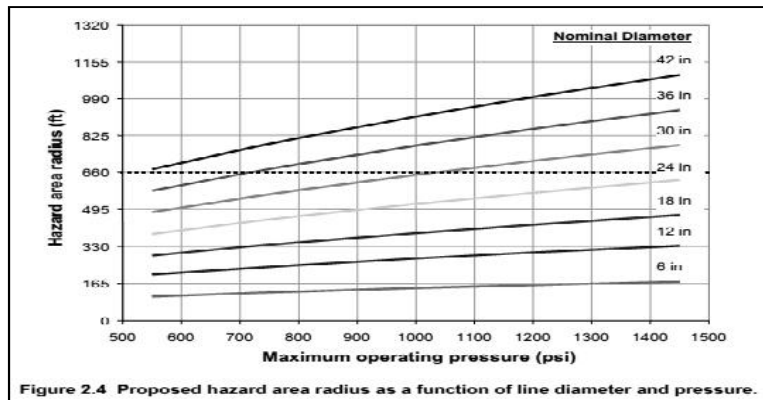
The term PIR means the radius of a circle within which the potential failure of a pipeline could have significant impact on people or property. The PIR is determined by the following formula.	
$R = 0.69(pd^2)^{1/2} \quad (2.1)$	
where	
R	is the radius of a circular area in ft surrounding the point of failure
p	is the maximum allowable operating pressure (MAOP) in the pipeline segment in pounds per square inch
d	is the nominal diameter of the pipeline in inches.
A potential impact circle is a circle of radius equal to the PIR.	

הטבלה הבאה מציגה את חישוב התקן האמריקאי למרחקי הסיכון הבסיסים מצנרת גז טבעי בהתאם לקוטר הצנרת ולחץ הגז :

Pipeline MAOP (psig)	Pipeline Diameter (inches)								
	6	8	10	12	16	24	30	36	42
	PIR or Planning Area Distance from Pipeline Centerline (in feet)								
200	59	78	98	117	156	234	293	351	410
400	83	110	138	166	221	331	414	497	580
600	101	135	169	203	270	406	507	608	710
800	117	156	195	234	312	468	585	703	820
1000	131	175	218	262	349	524	655	786	916
1200	143	191	239	287	382	574	717	860	1004
1400	155	207	258	310	413	620	775	929	1084

ואצלנו : קוטר הצינור 32" ; 80 אטמ' = 1176 psi ; כ- 760ft = 230 מטר.

התמונה בקנדה (שגם בה רשת ענפה של צנרת הולכת גז טבעי) דומה; להלן התוצאות בגרף מתוך דו"ח קנדי משנת 2000:



7. לאור כל זאת מודגש ברחבי העולם הצורך בביצוע סקר סיכונים לצנרת הולכת גז, ובמיוחד בעלת קוטר גדול ובלחצי עבודה גבוהים [בדרך כלל מעל ל- 800 מ"מ (31.5")]. כך מוגדר ומחויב וכך נהוג לבצע על מנת לעמוד בסטנדרט תפיסת הבטיחות המקובלת בעולם. עורכי התנ"ס התעלמו מכך לחלוטין וזאת למרות שהמדינה הסכימה בתשובתה לבג"ץ 7737/14 (פסקה 189) כי מאחר ואין מדובר בצנרת מוטמנת של גז בלבד, יהיה מקום בשלב התנ"ס להפנות לתקן רלוואנטי ולא בהכרח לצו הגז (בטיחות ורישוי) וכנגזרת ממנו לתקן ההולנדי.

באשר לתקן ההולנדי, ראשית יוער שהוא המקל ביותר מכל התקנים האחרים הקיימים ושנית אפילו הולנד ערכה רביזיה בנושא ואימצה את מדיניות האיחוד האירופי בהיבט זה. כאמור תקן זה ממילא מתייחס לגז בלבד ולא לחומרים נפוצים ומסוכנים נוספים, כדוגמת הקונדנסט.

8. גם אם נקבל את הגישה הישראלית בקשר לצנרת גז לא ניתן להתעלם מהסתירה הפנימית הבסיסית שכרוכה בה. כאמור, מבוססת החקיקה הישראלית על התקן ההולנדי שבו כל נושא הערכת הסיכונים מצנרת טמונה מבוסס על המתודה ההסתברותית. בנוסף, לימוד התקן מראה כי חישובי ההסתברות לאירוע, ומכאן לרמת הסיכון האישי והחברתי, מתבצע אך ורק על צינור הולכה בודד. אין בו התייחסות לנתוני הצינור וזרימת הגז והוא קובע כך חד משמעית את טווח הסיכון במרחק של 45 מטרים בלבד. אבל, מכיוון שאנו עוסקים בהסתברויות ובסטטיסטיקה איננו יכולים להתעלם מהעובדה שהצנרת הנסקרת בתנ"ס אינה יתומה: נלווה אליה גם צינור בקוטר 6" שיוליך את החומר הידוע בשם "קונדנסט" (Condensate); חומר זה נקרא גם בשם "נוזלי גז טבעי"–NGL (Natural Gas Liquids). מכיוון שלא הצלחתי למצוא נתונים מדויקים באשר להרכבו של הקונדנסט ממאגר לווייתן, וגם לא ממאגר תמר, ניתן להניח שהחומר מורכב ממה שנקרא "קונדנסט קל" ו"קונדנסט כבד" (שעשיר בארומטיים כבדים) שידועים כמכילים:

* פחמימנים אליפטיים: בעיקר C_2-C_{12} אבל גם גבוהים יותר (בתהליך עיבודו מפחיתים את תכולת מרכיבי הגזים C_2-C_4 ו- CO_2);

* פחמימנים ארומטיים: BTEX, אתיל בנזן וכבדים יותר (רב טבעיים);

* ציקלופהקסן ונפטנים (Naphthens) אחרים;

* עקבות מתכות כבדות.

לפי המידע שמפרסמים הזכיינים, הקונדנסט הישראלי אינו מכיל מימן גפרי (H_2S), מרקפטנים ויסודות רדיואקטיביים.

על פי נתוני הזכיינים תכולת ה-BTEX בקונדנסט תמר היא: בנזן 0.3%, טולואן 0.4%, קסילן 1.6% אתיל-בנזן 0.6%. תכולת הארסן והכספית קטנה מ- 0.1 מ"ג/ק"ג.

הערכתם היא שבקונדנסט לווייתן יש כ- 4% BTEX, ארסן פחות מ- 0.1 מ"ג/ק"ג, כספית כ- 12PPB; נקודת ההבזקה אינה עולה על $15^\circ C$.

כאן מתעוררת בעיה עקרונית שנובעת לדעתי מטעות של עורכי הערכת הסיכונים של תמ"א 37/ח' שעליה אתעכב להלן.

15. בהערכת הסיכונים מחושב המרחק הנדרש מרצפטורים ציבוריים (ס' 8, ע' 14). לשם כך חושבו פרמטרים שונים – סוג הזרימה, ספיקת הגז היוצא מהוונט וגובה האלומה היוצאת מהארובה. גובה האלומה אליו הגיעו עורכי תמ"א 37/ח' הוא כ- 230 מטר (כנראה על בסיס צפיפות המתאן בהשוואה לצפיפות האוויר). ומכאן הם מסיקים שהעילוי הוא כ- 230 מ' + גובה הארובה/וונט = אפקטיבית הוא כ- 240 מ'.

זוהי הנחה שגויה ולפני הדיון התיאורטי כמה תמונות מאירועי דליפת גז טבעי בלחץ
Gas leak closes roads for repairs; Augusta, Georgia, 8.10.10 גבוה :



Natural gas well leak affects four villages at Konaban – India; 17.6.11



Gas leak at the Elgin Well head platform, 25.3.12



Wyoming Natural Gas Blowout, 25.4.12



Aurora Colorado natural-gas leak; 29.5.13



.16

17. בכל האירועים שהצגנו לעיל, אנו רואים באופן ברור ביותר כי ענן הגז המשתחרר, לרבות בלחץ גבוה ביותר כמו באסדת **Elgin** או מבארות ההפקה, מגיע גם לפני הקרקע בתנועה ורטיקלית. הגז הטבעי (מתאן) קל מהאוויר ולכאורה הוא אמור להיסחף עם כוח העילוי רק כלפי מעלה. זוהי גם הנחתו של מסמך הערכת הסיכונים ועל כך הוא מבסס את חישוביו.

.18

הוזה אומר, המודל שעומד בבסיסה של הערכת הסיכונים אינו משקף את התהליך המורכב שקורה עם שחרור הגז מהארובה. ננסה להבהיר את הדברים:

קודם כל תופעה פיזיקלית פשוטה ביותר – המתן הוא גז "שקוף" חסר צבע; בכל התמונות (ס' 15) אנו רואים את ענני הגז. במסמך הערכת הסיכונים אין כל התייחסות לכך ולעובדה שהגז הפורץ מצנרת או ממעבה האדמה, אינו מתנהג בדיוק כפי שמצפים מגז שהוא קל מהאוויר. כל זאת מכיוון שהערכת הסיכונים עוסקת רק בכוח העילוי של הגז, מתבססת רק על העובדה שהמתאן קל מהאוויר, ושזהו שחרור שיתרום רק כלפי מעלה (עד לגובה של 230 מטר) ולכן הוא לא יפגוש לעולם מקור הצתה על הקרקע או בקרבתה. הבעיה היא שלא כך פועלת הפיזיקה: הערכת הסיכונים מתעלמת מתופעות שמוכרות היטב לכל סטודנט במדעי הזרימה (למשל באווירונאוטיקה).

.19

.20

הוריוזנטלי חזק שגורם לשקיעתו והתפזרותו קרוב לפני הקרקע. תנועתו המהירה של ענן הגז שמשתחרר מהארובה לאטמוספירה, גורמת לערבוליות רבת עצמה בעיקר בשוליו, שידועה כגורמת לתנועה רוחבית של ענן הגז. אפקטים אלה גורמים ללכידת גושי אוויר (שמכיל כידוע גם אדי מים) בזרם הגז וליצירת תערובת קרה מאד של גז מתן עם אוויר ואירוסול שנוצר מאדי המים. גם תערובת זו כבדה מהאוויר שמסביבה והיא מביאה לכך שחלק מענן הגז המשתחרר נוטה להישאר סמוך לקרקע. כלומר, ענן הגז הדליק המשתחרר מהנשב עלול בהחלט לפגוש מקורות הצתה (או פיצוץ) בתוך ומחוץ לתחום תחנת ההגפה. הענן יתפשט אופקית בגלל המומנטום האופקי הגבוה ורק לאחר שיתחמם הוא יחל להתרומם ולהתפזר עד שריכוזו יגיע לרמה נמוכה מ- LEL 60%. נוכחות חדר חשמל, ומבנים נוספים, ב- DVS עלולה ליצור שובלים (Wakes) שנוטים לגרור את הזרימה מטה, כלפי הקרקע, וליצור כיסים בהם מצטבר ריכוז גבוה של הגז. כלומר רמת הסיכון לפיצוץ או דליקה תהיה יותר גבוהה משמעותית בהשוואה לשטח פתוח.

21. חיזוק לאמור לעיל מצוי בדוגמה הבאה: כאשר פתח הצינור הוא ורטיקלי, זרימת הגז תהיה גם היא ורטיקלית כשבשלב הראשון לא מורגש כלל כוח העילוי, כמודגם כלהלן בפרסום של חברת Agave Energy Company חברה שעוסקת בצנרת אספקת גז טבעי שבסיסה במדינת ניו-מקסיקו בארה"ב שמדגימה כי במקרה שהשחרור הוא ורטיקלי לא מובחנת כל השפעה של כוח העילוי בשלבי השחרור המוקדמים:



דוגמה קיצונית (ואני מודע היטב להבדלים בין הגז הדחוס לבין הגז המונזל בלחץ) לפיזור ענן קר מאד של מתן, מוצגת בתמונה הבאה שמראה התפשטות של ענן גז מתן כתוצאה מפליטה ממכל גז טבעי מונזל (LNG) (בטמפרטורה של -161.6°C) שמתנהג עם שחרורו כגז כבד מהאוויר לכל דבר, כולל המעבר מעל למכשול:



Experiments to contain a dispersing natural gas cloud with a physical barrier. (*Falcon LNG vapor barrier experiments, Nevada Test Site 1987*).



DOE's Burro experiments with LNG vapor dispersion, where Rapid Phase Transition shows explosive behavior. From: *Kernagan, James and Franklin, Toni, ENI, Sustainable Development Briefing at the NGO Forum in Dili, June 2007*.

מקובלים.

24.6 סקר הסיכונים שצורף לתמ"א/37 ח' ובעקבותיו גם נספח 6.7 לתנ"ס מעריך את מרחקי ההפרדה מנשבים (Vents) שנמצאים בכל תחנת הגפה. חישובים אלה מתבססים על עקרונות פיסיקליים מוטעים ולכן הם אינם משקפים את רמת הסיכון האמיתית שנובעת מנשבים אלה. חישוב על פי המתודולוגיה של המשרד יוכיח טענה זו.

24.7 לכן אני משוכנע שסקר הסיכונים שצורף לתנ"ס של מקטעי צנרת הגז הטבעי אינו משקף את רמת הסיכון הפוטנציאלי הנובע ממנו וכן אינו בוחן כלל את הסכנה הטמונה מצנרת הקונדנסט.

ועל כך באתי על החתום



ד"ר ישראל ברזלי

תאריך : 10.6.18

נספח

כמה אירועי צנרת הולכת גז טבעי בעולם

1. לשם הדגמת חומרת האימוץ העיוור של התקן ההולנדי הישן, אביא מספר דוגמאות של אירועי צנרת הולכה של גז טבעי שקרו בעולם. מבין מאות בחרתי במספר מצומצם של אירועים שהשלכותיהם חורגות במידה ניכרת מטווח ההפרדה שנקבע בתקן ההולנדי ובחיקה הישראלית ושלגביהם מצוי מידע מספק בספרות. חשוב לציין שכאן אין עיסוק בתיאוריות אלא בתוצאות מוכחות וקשות בשטח. חלק מהם אירעו זמן קצר לאחר ביקורת שבוצעה לפני מועד הפיצוץ על פי דרישת הרשויות או תכתיבי התקנים. כל האמור אינו עוסק כלל בגז טבעי מונזל (LNG). המקורות למידע המוצג בפרק זה מגוונים וכוללים בעיקר את פרסומי ה- HSA הבריטי והאיחוד האירופי, מאגר המידע *ENSAD* של מכון המחקר השווייצרי (Paul Scherrer Institute) *PSI*, פרסומי מכון המחקר הגרמני *BAM* (Federal Institute for Materials Research and Testing) וכן מידע מהאינטרנט.

TAEGU CITY, S. KOREA, 28.4.95

2. בשעה 07:52 גרם פיצוץ רב-עוצמה של גז טבעי, באתר בניית רכבת תחתית בעיר השלישית בגודלה במדינה, למות 110 אנשים (בניהם 60 תלמידים בדרכם לבתי הספר), לפציעת מאות אנשים, להרס של 195 בנים ו-133 מכוניות. גובה האש הגיע ל-45 מטר בטווח של 275 מטר. הולכי רגל בשטח היו אפופים באש בעוד שרחוקים יותר הוטחו לרצפה. רסיסים לוחטים פגעו באנשים עד למרחק של **800 מטר**. סיבת הפיצוץ לא הובהרה עד היום: על פי גרסה אחת הצינור נפגע במהלך העבודה בשטח בעוד שהאחרת טוענת שדליפה קיימת בצינור הוצתה על ידי מקור הצתה באזור. ידוע כי יום לפני האירוע התלוננו אזרחים כמה פעמים, בפני החברה שבנתה בשטח, על ריח גז אך זו התעלמה מהתלונות.



CARLSBAD, NEW MEXICO, 19.8.2000

3. **מכתש גדול (L 26m X W 14m X D 6m)** נוצר כתוצאה מפיצוץ צינור הולכת גז טבעי (קו 1103), בקוטר 30", טמון בעומק של 4.6 מ' – לקראת יציאתו מהקרקע לחציית נהר Pecos על גשר סמוך. לחץ התפעול בזמן האירוע היה **47 באר**. הפיצוץ אירע בשעה 05:26 והשריפה עוד 55 דקות ובמהלכם נהרגו 12 בני משפחה מורחבת שערכו פיקניק, מתחת לגשר שתמך בצינור, על גדת הנהר במרחק של **205 מ'** ממוקד האירוע; סיבות המוות: כוויות חום קשות, הרעלת CO ושאיפת עשן. שלושת כלי רכבם וכל ציוד הפיקניק נהרסו כליל והצמחיה על גדות הנהר נשרפה. גובה הלהבה היה כ-150 מ' והיא נראתה עד טווח של 32 ק"מ. שניים משלושת השברים של הצינור הועפו למרחק של **71 ו-87 מטר** לכיוון הנהר כשאחד מהם פגע בכבלים שתמכו ב-2 גשרי צנרת; שני הצינורות נחתו על הקרקע בשתי גדות הנהר אך לא דלפו. האירוע נגרם כתוצאה מנזקי קורוזיה פנימית בחלק של הצינור בו יכלו להצטבר נוזלים שהתעבו מהגז הטבעי, לרבות מים בריכוז של עד 10%. דוגמאות של תוצרי הקורוזיה הכילו רמות גבוהות של חידקים יוצרי חומצות שהפחיתה את עוביו ב-72%. וועדת החקירה הממשלתית שבדקה את האירוע קבעה כי: "מיקום הפיצוץ נגרם כנראה על ידי צירוף של מיקרואורגניזמים ושל אי נקיונות כמו לחות, כלורידים, חמצן, פחמן דו-חמצני ומימן גפרי (H₂S) בתוך הצינור. קורוזיה זו היא שהביאה לקריסת הצינור, לדליפת

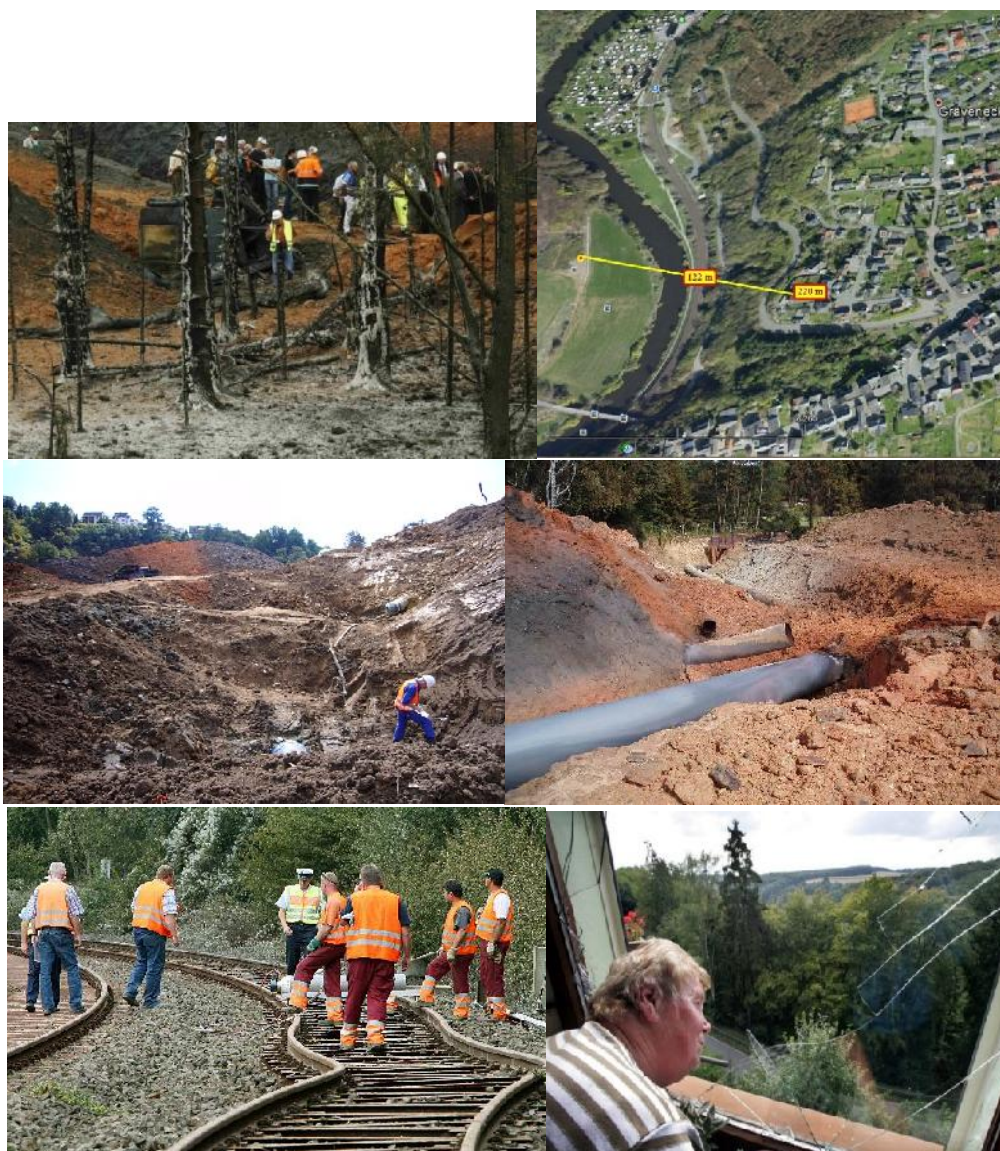
GRÄVENECK- HESSEN, WEINBACH, GERMANY 28.8.07

צינור הולכת גז, בקוטר **60 ס"מ (23.62")** ובלחץ עבודה של **100 באר**, התבקע והתפוצץ במרחק של כ- **250 מטר** מביתו הקיצוניים של הכפר **Ggräveneck** שנמצא מעבר לנהר **Lahn**. הלהבות הגיעו לגובה של 50 מטר ולאורך של 100 מטרים והאש הגיעה לטמפרטורה של $1,000^{\circ}\text{C}$. שטח ברדיוס של 150 מ' ממוקד האירוע נשרף לרבות הקרקע. נזקים ליער היו עד לרדיוס של 300 מטר. האירוע הושווה בדיווחים שונים לתרחיש אחרי התפרצות הר געש. האש השתוללה במשך שעה למרות שזרימת הגז נותקה לאחר 10 דקות.

הגז דלף מהצינור ובשלב ראשון התלקח; לאחר מכן הצינור התבקע ולהבת הגז שהתפוצץ והתלקח התפרצה לכיוון הכפר כשהיא מדלגת על הנהר. גל ההדף והחום העצום עיוותו דלתות חניה, ניפצו זגוגיות חלונות והתיכו וילונות בכפר שבתיו הקיצוניים נמצאים כאמור במרחק של **250 מטר** ממוקד הפיצוץ.

במקום נמנו 16 נפגעי חרדה ואובדן שמיעה. מסילת הברזל, במרחק של כ- 122 מ' מעברו השני של הנהר, ניזוקה לאורך 100 מטרים כמו גם נזקים לעצים, למתקן לטיפול בשפכים ולצנרת ביוב עשויה מ- PVC ולמבנים רבים.

הגורם לאירוע היו כנראה עבודות להנחת צינור גז חדש בסמוך לצינור הקיים, בשילוב עם משקעים רבים ועליית פני המים בנהר, שהביאו לתזוזות קרקע. הדבר גרם לשחיקה ולבקיעת ריתוכים של הצינור הקיים.



APPOMATTOX, VA, USA 14.9.08

.6

צינור גז טבעי, בקוטר 30" ובלחץ עבודה של **789psi (54.4 באר)**, התבקע ליד תחנת שאיבה של גז בבוקר יום ראשון, בשעה 07:44. ההתבקעות הותירה די זמן (כדקה) ל-23 משפחות להתפנות מבתיהם, לפני שהתפוצצות נוספת שלחה כדור אש בגובה של מעל ל-90 מטר לאוויר, שהרס שני בתים ופצע 5 אנשים. הפיצוץ וכדור האש הצית שטח בקוטר **343 מטר**. ההתבקעות הראשונה העיפה קטע צינור באורך 9 מטר וסלעים ושבירים אחרים על גגות בתים סמוכים והותירה **מכתש ברוחב 10.4 מטר ובעומק 4.6 מטר**. הפיצוץ נגרם כתוצאה מקורוזיה בצינור שלא נתגלתה על ידי המכשירים בבדיקה שנערכה שלושה חודשים לפני האירוע.



CLEBURNE, TEXAS, USA 7.6.10

.7

בשעה 15:00 התפוצץ צינור הולכת גז טבעי, בקוטר 36" בלחץ עבודה 65.5 באר, בחווה חקלאית ליד העיירה Cleburne, שנמצאת באזור רווי בבארות ובצנרת גז טבעי בטקסס, ארה"ב. באירוע נהרג אדם אחד ושמונה נפגעי כוויות שנמלטו מאזור האירוע הובהלו לבתי חולים, כולם עובדי חברה שהציבה עמודי חשמל בקו חדש שנבנה באזור עבור חברת החשמל המקומית. העובד שנהרג נהג במשאית שקדחה כלונסאות בקרקע שתשמשה כבסיס לעמודי החשמל. הצינור שהתפוצץ נפגע על ידי כלי החפירה ושטף הגז שנפלט יצר כדור אש ברדיוס של **350 מטר** שחרך שטח של למעלה מ-**200 דונם** ונראה ממרחק של עשרות קילומטרים. עצמת הפיצוץ ניתקה והטילה את מרכיב המקדח של המשאית, ששוקל למעלה מ-900 ק"ג, למרחק של **76 מטר** ממוקד האירוע והטילה את המשאית עצמה במהופך. גופת ההרוג נמצאה במרחק של למעלה מ-**180 מטר** ממקום הפיצוץ. החום שנפלט הכריח את הכבאים להישאר במרחק של **800 מטר** מהמוקד עד שהגז פסק מלזרום והם לא היו מסוגלים להתיז מים על הלהבות. **למרות שהקו היה מצויד בשסתומי סגירה אוטומטיים האש כבתה רק שעתיים לאחר ההתפוצצות**. בחקירה היו חילופי האשמות בקשר לאיכות סימון הקו בשטח והאם הודיע הקבלן לרשויות על כוונתו

לעבוד במקום והאם קיבל אישור לכך. יש לשים לב לצינור הגז המבוקע לאורך מטרים רבים.



שילוב צילומי אוויר

של מקום הפיצוץ מראה את הצינור המבוקע (במרכז); את השרידים המפזרים של משאית הקידוח (למטה) ואת המקדח הגדול ששימש כנראה בזמן הפיצוץ (למעלה).

SAN BRUNO, CALIFORNIA, USA 9.9.10

.8

מעט לאחר השעה 18:00 פרצה שריפת ענק כתוצאה מהתבקעות צינור הולכת גז טבעי בקוטר 30" (76 ס"מ) בפרבר מגורים ליד שדה התעופה של סן-פרנציסקו. הפיצוץ היה כה עז עד שבתחנות סיסמולוגיות הוא נרשם כרעידת אדמה בדרגה 1.1. תשעה אנשים נהרגו ו-57 הובהלו לבתי חולים. 38 בתים נהרסו עד היסוד, 9 נוספים נפגעו קשה ועוד למעלה ממאה ניזוקו במידה פחותה מהאש, שהגיעה לגובה של 90 מטר, שהשתוללה בשטח של למעלה מ-60 דונם. הכבאים השתלטו על הדליקות הרבות בשטח רק למחרת. עדי ראייה תיארו את האזור לאחר השריפה כעיר רפאים עם מכוניות מותכות לצד הכביש ושאריות בתים, שחלקם נותרו רק עם הארובה עומדת. בסך הכל פונו 315 בתים מיושביהם. ועדת חקירה קבעה שהסיבה לאירוע הייתה בעיה במרכז הבקרה של החברה שגרמה לכשל שסתום שפיקח על הלחץ בצינור. השסתום עבר למצב פתוח מלא מהמצב של פתיחה חלקית והדבר גרם לעליית הלחץ מעל לרמת הלחץ המקסימלית המותרת של הצינור (MAOP) [27 באר לעומת 25.8 באר], לפריצת גז ולפיצוץ שבא בעקבותיה. הצינור הונח

ב-1956 והיה מוגן קתודית. על פי רישומי החברה הצינור היה ללא תפרים אבל במקטע הצינור שכשל היו תפרי הלחמה, כמה מהם פגומים.

דו"ח של ה-NTSB (National Transportation Safety Board) מותח ביקורת קשה ביותר על התנהלות החברה. כאמור לעיל, עקב בעיות במרכז הבקרה במרחק של 64 ק"מ מזירת האירוע עבר שסתום בקרת הלחץ של הצינור למצב פתוח מלא דבר שגרם להזרמה מוגברת של גז לצינור. הלחץ בצינור עלה ל-27 באר. החברה טוענת שבכך היא לא חרגה מה-MAOP שהיה לטענתה 27.6 באר. ה-NTSB לא סיכם זאת אך קבע כי לאור המידע המוטעה לגבי סוג הצינור לא ניתן היה כנראה לקבוע מהו הלחץ המרבי המותר בצינור בנסיבות אלה.

עליית הלחץ בצינור גרמה לביקוע ההלחמות הפגומות באותו מקטע של הצינור ולהתפרצות כמויות גז שהתלקח לעמוד אש ענקי.

עובדי החברה הגיעו במהירות לזירת האירוע אבל לא היו מוסמכים לתפעל את שסתומי קו הצנרת ולכן עברו 95 דקות עד לניתוק אספקת הגז לצינור המבוקע.

משיקולי עלות/תועלת החליטה החברה ב-2006 שלא להתקין שסתומי סגירה אוטומטיים ברבים מקווי ההולכה שלה בטענה שהם לא יוסיפו בטיחות לצינור או ימנעו נזק לרכוש מכיוון שהנזק כבר ייגרם לפני שלסגירה האוטומטית תהיה השפעה. הרשויות לא הסכימו עם טענה זו והסתפקו בכך.



9. בנוסף לאירועים שתוארו לעיל נביא נתונים שהופיעו בפרסום של ה-*HSE* הבריטי משנת 2002, הכוללים סיכום של 17 אירועים שאירעו בארה"ב ובקנדה בשנות הששים עד שנות התשעים של המאה הקודמת. נציין כי פרסומים דומים מופיעים בדוח המחקר הגרמני *BAM* משנת 2009 ובמסמכים נוספים של האיחוד האירופי. ואלה האירועים ומקורות המידע שמופיעים בפרסום הנ"ל:

Bealeton, Virginia	NTSB/PAR-75-02	09/06/74
Beaumont, Kentucky	NTSB/PAR-87-01	27/04/85
Cartwright, Louisiana	NTSB/PAR-77-01	09/08/76
Edison, New Jersey	NTSB/PAR-95-01	23/03/94
Farmington, New Mexico	NTSB/PAR-75-03	15/03/74
Houston, Texas	NTSB/PAR-71-01	09/09/69
Hudson, Iowa	NTSB/PAR-83-02	04/11/82
Ignace, Ontario	TSBCanada, AppF	10/03/85
Jackson, Louisiana	NTSB/PAR-86-01SUM	25/11/84
Lancaster, Kentucky	NTSB/PAR-87-01	21/02/86
Latchford, Ontario	TSBC/P94H0036	23/07/94
Lowther, Ontario	TSBCanada, AppE	20/08/85
Maple Creek, Saskatchewan	TSBC/P94H0003	15/02/94
Monroe, Louisiana	NTSB/PAR-75-01	02/03/74
Natchitoches, Louisiana	Docket CP65-267	04/03/65
Potter, Ontario	TSBCanada, AppA	15/07/92
Rapid City, Manitoba	TSBC/P95H0036	29/07/95

בטבלה להלן מופיעים עיקרי הממצאים הרלבנטיים לענייננו :

השטח שנשרף (מ ²)	רוחב השטח השרוף (מ')	אורך השטח השרוף (מ')	לחץ (באר)	קוטר (")	האירוע
20,800	125	213	50.5	30	Bealeton
29,700	152	213	69.7	30	Beaumont
46,000	*242	*242	54.1	20	Cartwright
104,000	270	425	68.2	36	Edison
6,500	182	182	32.9	12.76	Farmington
9,000	47 E, 52 W	91 N	55.5	14	Houston
—	*124	*124	57.7	20	Hudson
23,000	*171	*171	66.5	36	Ignace
38,200	110	442	71.4	30	Jackson
60,000	324	335	69.4	30	Lancaster
47,000	*244	*244	68.95	36	Latchford
48,600	*249	*249	67.89	36	Lowther
85,000	*329	*329	83.22	42	Maple Creek
40,500	*227	*227	56	30	Monroe
55,850	150	318	54.6	24	Natchitoches
162,000	200	300	69.07	36	Potter
196,200	200	400	60.68	42	Rapid City

* בהנחה של שטח שריפה עגול

10. משורת אירועים אלה עולות המסקנות הבאות :

- * בכל האירועים, פרט לאחד, היה הלחץ בצנרת נמוך משמעותית מזה המתוכנן בתנ"ס (80 באר).
 - * ברוב המוחלט של האירועים לא פחת אורך השטח שנשרף (שמייצג במסמך ערך של כ- 25Kw/m²) מ- 200 מטר והוא הגיע עד לאורך של יותר מ- 400 מטר.
 - * ברוב המוחלט של האירועים לא פחת רוחב השטח שנשרף מ- 100 מטר והוא הגיע עד לרוחב של יותר מ- 300 מטר.
 - * ברוב המוחלט של האירועים לא פחת השטח שנשרף מגודל של 20 דונם והוא הגיע עד לשטח של כמעט 200 דונם.
 - * ועל כן המסקנה הלוגית והמקצועית שלא ניתן להימנע ממנה היא שטווח הפרדה של 45 מטר מקו צנרת הולכה ראשי שקוטרו 32" שמוליך גז טבעי בלחץ של 80 באר הוא תלוש מהמציאות ואינו משקף כלל את הסיכון האמיתי שירבץ על ראשם של תושבי האזור.
- הדבר נכון על אחת כמה וכמה עבור קו שמכיל צנורות נוספים.**
- מוסדות התכנון בישראל חייבים לשקול את הנושא שנית מכיוון שמבחינה מקצועית (ואפילו באמות מידה הסתברותיות) התקן שקבעו אינו עומד במבחן המציאות והוא עלול להביא לתוצאות קשות לתושבי האזור.