

הערכת סיכונים תמ"א 37 ח השגות ושאלות

כתב: אבי ברילנט

מהנדס מחקר חבר בכיר בארגון ה-IEEE

עמותת GAS-OUT

כללי

- דו"ח סקר סיכונים תמ"א 37 חי מתאריך אוקטובר 2013
- הדו"ח מנתח מרחקי בטיחות מארובת נישוב VENT
- הדו"ח מצטט את התקן IGEM/SR/25 ות"י 5664 ועוד
- כלי סימולציה
 - תוכנת WHAZAN לחישוב ספיקה
 - תוכנת AJ-Design קלקולטור לחישוב עילוי עננת הגז
 - תוכנת ALOHA לחישוב גודל ענן
- נרשמו תנאי סביבה מקלים בדו"ח
- בוצעו חישובי נגדיים שלנו בכלים זמינים שבהם נעזר הדו"ח

תוצאות

□ חישוב עילוי בשחרור מנשב (עמ 17 בדו"ח)

■ שקפים 11-14

| פרמטר | מהירות רוח [m/s] | תוצאת הדו"ח [m] | חישוב שלנו [m] | יחס דו"ח לחישוב | גובה נשב אפקטיבי [m] |
|-------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------------|
| עילוי | 1.5 | 228.57 | 228.57 | 1:1 | 240 |
| עילוי | 3 | לא נבדק | 114.28 | 2:1 | 124 |
| עילוי | 5 | לא נבדק | 68.57 | 3.35:1 | 78 |
| עילוי | 10 | לא נבדק | 34.3 | 6.7:1 | 43 |
| עילוי | 15 | לא נבדק | 22.86 | 10:1 | 32 |

□ מרחק הפרדה לכוויות (עמ 19 בדו"ח. אין כלל התייחסות בתקן

הישראלי ולכן גם בדו"ח הסיכונים. בשיקולי בטיחות בארה"ב יש חשיבות לכך)

■ 270 m כנגד 45m ו 110m (שקף לפי אקסטרפולציה לינארית 20)

תנאי סביבה בדו"ח סיכום

□ החישוב משתמש בטמפרטורת איחסון Storage 20 צלזיוס וטמפרטורת סביבה 10 צלזיוס.

■ האם הצינור מבודד? מהיכן הפרש 10 מעלות בלילה בין צינור לאוויר

□ החישוב משתמש בנתוני רוח שקטה ביותר 1.5 מטר לשנייה

■ מדוע לא נבדקו מקרי אמת של 3, 5, 10 ו 15 מטרים לשנייה

■ משפיע ישירות על עילוי הגז מן הנשב

■ משפיע על המהירות להגיע לגבולות הצתה עליון ותחתון

□ משפיע כמובן על מסת החומר, ככל הנראה נמוכה יותר מאשר במהירות נמוכה במצב יציב אך השאלה כמה ומה הנזק? זה לא חושב)

□ המלצה: לפנות למומחה בינלאומי בתחום ולחשב סיכונים

בכלים נומריים מדויקים, מקרי קיצון ותנאי סביבה שונים

ותרחישים שונים בכדי לקבל תמונה אמיתית ומאוזנת

תהליך החישוב בדו"ח

□ נעזר בשלושה כלי חישוב מיושנים ולא מדויקים לפי חו"ד מקצועיות

- שלב ראשון תוכנת WHAZAN משמשת בחישוב ספיקה ומהירות פליטה בהתאם לנתוני לחץ וקוטר צינור
- שלב שני תוכנת AJ-Design (שהנה זמינה מן האינטרנט ואנו עשינו בה חישוב נגדי) לצורך חישוב עילוי הגז כתלות במהירות הרוח, קוטר צינור ומהירות פליטה. מניח אדיאבטה
- שלב שלישי תוכנת ALOHA מחשב גבול דליקות עליון ותחתון על פני הקרקע. נעשה שימוש במודל גז קל לפי נתונים ונסיון מהנדסי רשות הגז
- שלב רביעי טווח סיכון לפיצוץ מודל פקע"ר המבוסס על משוואות Frank Lees

מקורות שבהן נעזר הדו"ח

- תקן בריטי IGEM/SR/25 מהדורה 2010 מרחק לציוד מוגן פצילות
- ת"י 5664 חלק 1 ו 2 (NEM 3650 -1,2) (לקביעת קווי בניין)
- סרגל הערכת טווחי הרס מנקודת פיצוץ מרכז מידע ארצי לחומרים מסוכנים 16 ביולי 1999
- מסמך חוזר מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה מדיניות מרחקי הפרדה במקורות סיכון נייחים יוני 2011
- הדו"ח לא מתייחס לפגיעה באדם וכוויות קרינה כפי שאנו חישבנו דבר שמשפיע על טווח בטחון זאת מאחר והתקן הישראלי מתעלם מכך בניגוד לתקנים אמריקאיים
- הדו"ח לא מציג את הגרפים שהנו מצטט ומונע מן התושבים נגישות לחומר חשוב לגבי תקן אנגלי

מקורות שבהן נעזר הדו"ח

- Perry's Chemical Engineer's Hand Book 6th edition , McGraw-Hill Co 1984
- "Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures "Federal Emergency Management Agency U.S Dept of Transportation and US Environmental Protection Agency, 1989 <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/10003MK5.pdf> provides ref 2a, 2b, 2c
- "Risk management program guidelines for offsite consequence analysis" US EPA publication EPA-550-B-99-009 April eqD-1 section D.2.3, equation D-7 section D.6 App D <http://www.epa.gov/osweroe1/docs/chem/oca-apds.pdf>
- Method for the calculation of physical effects due to releases of hazardous substances (Liquid and gases) CPR 14E 3rd Ed 2nd revised print, The Netherlands Organization of Applied Scientific Research, the Hague, 2005. Equations 2.22 and 2.25 page 2.68

נספחים

- תנאי סביבה השגות חישוב WHAZAN
- עילוי תוכנת AJ-Design
- חישוב עילוי תוכנת AJ-Design לרוח במהירויות של 3, 5, 10, 15 מלי"ש
- חישוב גודל ענן תוכנת ALOHA
- אמינות כלי סימולציה
- דוחות בשיטת אנליזה נומרית נפחים סופיים
- גובה נשב אפקטיבי
- מרחקי הפרדה קרינת חום

תנאי סביבה השגות חישוב WHAZAN

נתונים שנעשה בהם שימוש

- טמפרטורת אחסון 20 מעלות צלזיוס 293 קלווין
- מהירות רוח ממוצעת 1.5 מטרים לשנייה
- לחץ 110 בר
- הפסדים בנחיר 5 (שאלה מנין נתון זה? מה הסמך? מה היחידות שלו האם מספר טהור?)

השגות

- טמפרטורת אחסון הנה תלויה מזג אוויר ובקיץ עלולה להיות גבוהה יותר מאשר 20 מעלות צלזיוס
- מדוע טמפ האחסון כאן 20 צלזיוס שונה מהחישוב ב aloha שלם נלקח 10 צלזיוס אין יחידות סתירה פיזיקאלית בנתונים?
- מהירות רוח 1.5 מטר לשנייה (מל"ש)!! בחוף הים עלולה להיות גבוהה יותר במשבים
 - 3 מל"ש / 5 מל"ש / 10 מל"ש / 15 מל"ש
- אופי זרימה צריך להיות טורבולנטי ולא למינרי משפיע על פיזור וגובה העננה

אפקט

- קצב פליטה (פלט התוכנית שימש כ input data עבור החישוב ב AJ-Design)
- מהירות (פלט התוכנית שימש כ input data עבור החישוב ב AJ-Design)
- שאלה: מה ההשפעה במקרה זה ומדוע לא נבחנו תרחישי קצה שונים לניתוח WORST CASE SCENARIO?

עילוי תוכנת AJ-Design

ניתן להשתמש בתוכנה באופן חופשי באתר יש פרק לתורת הזרימה

http://www.ajdesigner.com/index_fluid_mechanics.php

http://www.ajdesigner.com/phpdispersion/effective_stack_height_equation_superadiabatic.php

נתונים שנעשו בהם שימוש

- מהירות רוח 1.5 מטרים לשנייה
- קוטר צינור 10 אינטש
- מהירות פליטה 389 מטרים לשנייה
- קצב פליטת חום מן הצינור 0 ניוטון מטר לשנייה (אדיאבטה)

השגות לגבי חישוב עילוי

- מדוע לא נבדקו מהירויות נוספות? 3 מל"ש / 5 מל"ש / 10 מל"ש / 15 מל"ש
- מדוע לא נלקחה בחשבון תחלופת חום מדוע מניחים אדיאבטה? המערכת אינה מבודדת, דופן הצינור מתקרר יש נחיר ויש התפשטות (דומה לשחרור CO2 מבלון סיפולוקס שבו רואים קיפאון ליד הנחיר לכן יש מעבר חום).
- שיקולי חישובים של זרימה בכלל לא חישב מספרי ריינולדס לאימות השערתו לגבי שחרור מצינור
- תוכנה זמינה ברשת לא תמיד מדויקת
- נעשו חישובים שלנו בכלי למהירויות רוח ובאותם נתונים אחרים שהוזנו לכלי כבדו"ח

חישוב עילוי תוכנת AJ-Design

- בצענו חישוב נוסף בעזרת הכלי שהדו"ח נעזר בו בעמוד 17
- תוצאה עבור מהירות 3 מטר לשנייה שאר הנתונים כבדו"ח
- תוצאה עילוי לגובה 114.28 מטר פי 2 יותר נמוך מן הרשום

בדו"ח !!

Atmospheric Dispersion Equation Formulas Calculator
Air Pollution Control - Stacks

Solving for plume rise for superadiabatic conditions.

$$\Delta h = 3.47 \frac{V_s d}{u} + 5.15 \frac{\sqrt{Q_h}}{u}$$

Inputs:

| | | |
|--|-----|---------------------|
| stack gas exit speed (V _s) | 389 | meter/second |
| stack diameter (d) | 10 | inch |
| average wind speed (u) | 3 | meter/second |
| stack heat emission rate (Q _h) | 0 | newton-meter/second |

Conversions:

| | | |
|--|-------------------------|----------------------|
| stack gas exit speed (V _s) | = 389 meter/second | = 389 meter/second |
| stack diameter (d) | = 10 inch | = 0.254 meter |
| average wind speed (u) | = 3 meter/second | = 3 meter/second |
| stack heat emission rate (Q _h) | = 0 newton-meter/second | = 0 kilojoule/second |

Solution:

plume rise (Δh) = 114.28560666667 meter

חישוב עילוי תוכנת AJ-Design

- בצענו חישוב נוסף בעזרת הכלי שהדו"ח נעזר בו בעמוד 17
- תוצאה עבור מהירות 5 מטר לשנייה שאר הנתונים כבדו"ח
- תוצאה עילוי לגובה 68.57 מטר פי 3.35 יותר נמוך מן

הרשום בדו"ח !!

Atmospheric Dispersion Equation Formulas Calculator

Air Pollution Control - Stacks

Solving for plume rise for superadiabatic conditions.

$$\Delta h = 3.47 \frac{V_s d}{u} + 5.15 \frac{\sqrt{Q_h}}{u}$$

Inputs:

| | | |
|------------------------------------|-----|---------------------|
| stack gas exit speed (V_s) | 389 | meter/second |
| stack diameter (d) | 10 | inch |
| average wind speed (u) | 5 | meter/second |
| stack heat emission rate (Q_h) | 0 | newton-meter/second |

Calculate



Conversions:

| | | | | |
|------------------------------------|-------|---------------------|---------|------------------|
| stack gas exit speed (V_s) | = 389 | meter/second | = 389 | meter/second |
| stack diameter (d) | = 10 | inch | = 0.254 | meter |
| average wind speed (u) | = 5 | meter/second | = 5 | meter/second |
| stack heat emission rate (Q_h) | = 0 | newton-meter/second | = 0 | kilojoule/second |

Solution:

plume rise (Δh) = 68.571364 meter

AJ-Design עילוי תוכנת

בצענו חישוב נוסף בעזרת הכלי שהדו"ח נעזר בו בעמוד 17

תוצאה עבור מהירות 10 מטר לשנייה שאר הנתונים כבדו"ח

תוצאה עילוי לגובה 34.3 מטר פי 6.7 יותר נמוך מן הרשום

!! בדו"ח

Atmospheric Dispersion Equation Formulas Calculator

Air Pollution Control - Stacks

Solving for plume rise for superadiabatic conditions.

$$\Delta h = 3.47 \frac{V_s d}{u} + 5.15 \frac{\sqrt{Q_h}}{u}$$

Inputs:

| | | |
|------------------------------------|-----|---------------------|
| stack gas exit speed (V_s) | 389 | meter/second |
| stack diameter (d) | 10 | inch |
| average wind speed (u) | 10 | meter/second |
| stack heat emission rate (Q_h) | 0 | newton-meter/second |

Calculate



Conversions:

| | | |
|------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| stack gas exit speed (V_s) | = 389 meter/second | = 389 meter/second |
| stack diameter (d) | = 10 inch | = 0.254 meter |
| average wind speed (u) | = 10 meter/second | = 10 meter/second |
| stack heat emission rate (Q_h) | = 0 newton-meter/second | = 0 kilojoule/second |

Solution:

plume rise (Δh) = 34.285682 meter

חישוב עילוי תוכנת AJ-Design

- בצענו חישוב נוסף בעזרת הכלי שהדו"ח נעזר בו בעמוד 17
- תוצאה עבור מהירות 15 מטר לשנייה שאר הנתונים כבדו"ח

□ תוצאה עילוי לגובה 22.86 מטר פי 10 יותר נמוך מן הרשום

בדו"ח !!

Atmospheric Dispersion Equation Formulas Calculator
Air Pollution Control - Stacks

Solving for plume rise for superadiabatic conditions.

$$\Delta h = 3.47 \frac{V_s d}{u} + 5.15 \frac{\sqrt{Q_h}}{u}$$

Inputs:

| | | |
|------------------------------------|-----|---------------------|
| stack gas exit speed (V_s) | 389 | meter/second |
| stack diameter (d) | 10 | inch |
| average wind speed (u) | 15 | meter/second |
| stack heat emission rate (Q_h) | 0 | newton-meter/second |

Calculate

Conversions:

| | | |
|------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| stack gas exit speed (V_s) | = 389 meter/second | = 389 meter/second |
| stack diameter (d) | = 10 inch | = 0.254 meter |
| average wind speed (u) | = 15 meter/second | = 15 meter/second |
| stack heat emission rate (Q_h) | = 0 newton-meter/second | = 0 kilojoule/second |

Solution:

plume rise (Δh) = 22.857121333333 meter

חישוב גודל ענן תוכנת ALOHA

נתונים לחישוב:

- מהירות רוח 1.5 מטרים לשנייה

- טמפרטורת אוויר **10 מעלות** צלזיוס 283 קלווין (מדוע שונה מטמפ איחסון של 20 צלזיוס? בעיה פיזיקאלית קשה של אי רציפות תנאי שפה!)

- לחות יחסית 50%

- גובה אינוורסיה 300 מטר

- קצב שחרור 487.5 ק"ג לשנייה

- הערה: אינוורסית קרקע היא תופעה אקלימית שבה שכבת האוויר הקרובה לקרקע קרה יותר משכבת האוויר שמעליה

- גובה מקור 240 מטר

- משך שיחרור שעה

השגות לחישוב

- מהירות רוח יש לבדוק תרחיש רוח נוספים 3 מל"ש / 5 מל"ש / 10 מל"ש / 15 מל"ש

- מדוע חושב לתנאי לילה ותנאים קרים במיוחד

- מדוע לא נבחנו מקרי WORST CASE לתנאי יום קיץ עם רוח

- מהיכן ההסקה שהזרימה למינרית החישוב אידאלי לכאורה ללא רוח!

אמינות כלי סימולציה

- בדו"ח של Dynea Ireland Limited Standard Operating Procedure
 - קישור http://www.epa.ie/licences/lic_eDMS/090151b28011a4cb.pdf
- הערות על אמינות כלי סימולציה רלוונטי לדו"ח סקר סיכונים:
 - WHAZAN: is an older and simpler package consisting of a series of stand-alone models
 - הערה: תוכנת WHAZAN מיושנת פותחה על ידי חברת טכניקה ב 1988
 - ALOHA'S results can be unreliable when the following conditions exist:
 - (a) Very low wind speeds
 - (b) Very stable atmospheric conditions
 - (c) Wind shifts and terrain steering effects
 - (d) Concentration patchiness, particularly near the source

אמינות כלי סימולציה וחישוב

- החישוב נעשה עם כלים לא מן המדוייקים ביותר שיכולים לגרום טעוט מודלים מוגבלים שמצמצמים את היכולת לחשב מקרי קיצון
 - כלי אחד עליו נסמך החישוב הנו כלי אינטרנטי
- תנאי הסביבה לא ממצים מקרים של תרחישי מזג אוויר שונים והסתברויות להצתה
- החישוב מניח זרימה למינרית וקירובים שלא ניתנו להם צידוקים פיזיקאליים
 - יחס לחצים 1:110
 - התפשטות ספונטאנית תיצור קירור הנחיר בצינור , התהליך כבר אינו אדיאבטי.
 - החיכוך עם האוויר והיציאה מן הצינור ומשב רוח אינם מאפשרים זרימה למינרית כפי שהונח נדרשת הוכחה
 - לא חושבו מספרי ריינולדס או פרמטרים שקולים אחרים להגדיר את אופי הזרימה (למינרי? טורבולנטי) ולהצדיקה המונח לא מוזכר בדו"ח כלל

דוחות בשיטת אנליזה נומרית נפחים סופיים

□ כאשר דנים בשיחרור מצינור ורטיקלי קיימים שני אזורים

■ איזור בו הגז המשוחרר הוא בלחץ גבוה

■ איזור בו יש שוויון לחצים

□ כלי חישוב והנחות חישוב בדו"ח הסיכונים

■ כלי הסימולציה בהם נעשה שימוש אינם נומריים ולא מראים את האיזור הגרדיאנט של הזרימה

■ כלי החישוב בדו"ח לא יכולים לחזות את פיזור הגז ויצירת הענן

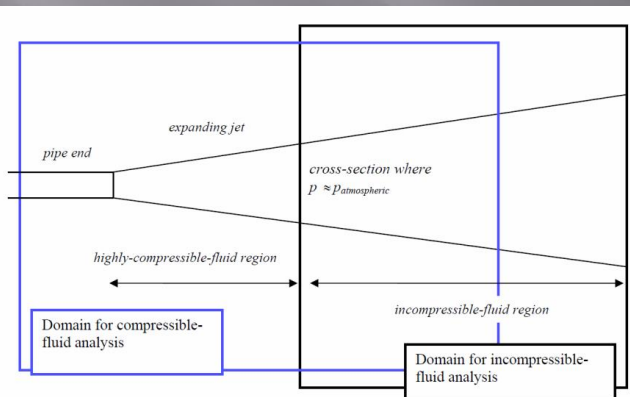
■ כלי החישוב בדו"ח לא מתחשבים בחיכוך עם האוויר ופיזור החומר

■ מוגבלים למהירות רוח ותנאי שטח

■ שיקולים לא ברורים בתורת הזרימה

□ מקובל לבצע חישובים מורכבים מעין אלו

בשיטת הנפחים הסופיים CFD



גובה נשב אפקטיבי

□ בדו"ח סקר סיכונים עם 19 מוצגת מסקנה של גובה נשב (Vent) אפקטיבי לשחרור מבוקר של גז

- גובה צינור 10 מטר
- קוטר צינור 10 אינטש
- לחץ בצינור Ata 110
- רוח 1.5 מ"ש
- טמ"פ סביבה 10 צלזיוס אחסון 20 צלזיוס (??)
- מסקנה של הדו"ח: 10 מטר צינור ועוד 230 מטר עילוי ישיר של הגז מהווים צינור שקול של 240 מטר ושם ייווצר הענן

□ בעיות בחישוב

- לא תתכן טמפרטורת סביבה נמוכה ב10 מעלות מטמפרטורת אחסון
- ירידה של 10 מעלות בטמפ אחסון מעלה את הצפיפות ולכן תשפיע על מספרי ועוד פרמטרים פיזיקאליים
- אופי הזרימה בהנחת היסוד למינרי (מה הצידוק הפיזיקלי מתורת הזרימה להנחה)
- העדר רוח בחישוב בכדי ליצור תנאי עילוי אידיאליים אינם מציאותיים הרוח תשפיע על הזרימה וזו תהייה טורבולנטית והעילוי יהיה שונה וכן פיזור שיגרור גבולות הצתה שונים מן ההנחות
- יש מגבלה בכלי הסימולציה שנעשה בהם שימוש ויש כלים מתאימים יותר לאנליזות מסוג זה

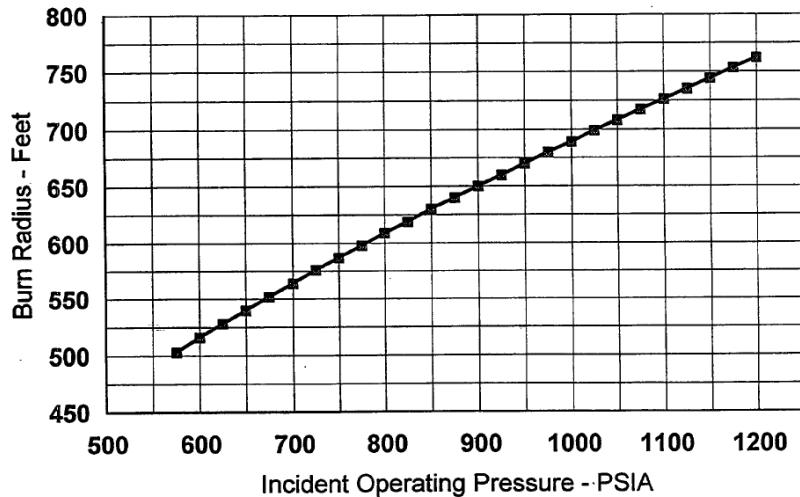
מרחקי הפרדה קרינת חום

□ תנאי ראשון למרחק הפרדה הוא טווח כוויות

■ שיערוך הטווח על ידי אקסטרפולצייה לינארית

■ מקור הגרף: Journal of Pipeline Safety Autumn 1999 Safe Separation Distances from Natural Gas Transmission Pipeline

FIG. 2. Burn Radius Chart



■ $110\text{atm} = 1617\text{psi}$

■ $\text{Slope} = 0.466\text{feet/psi}$

■ $b=131.66\text{feet}$

■ $R=884\text{feet}=270\text{m}$

■ התקן מגדיר את שטף ההספק

$5\text{kW/m}^2 = 1585\text{BTU/hr}\cdot\text{ft}^2$

■ מסקנה קווי בניין במרחק 45 מטר מתחנת הגפה קטן פי 6 ממרחק

מסוכן לכוויות על פי התקן סתירה לרשום בסעיף א עמ' 19 בדו"ח.

פגיעה בצינור בקרקע וקריעתו תיצור מצב זה