



# מנהרות רכבת

## הנחיות לתכנון מנהרות רכבת

### נוסעים, משא וחומרים מסוכנים

#### היסטורית העדכונים

חתימה	גרסה	תאריך	אישר	כתב וערך
	1	18.07.17	חגי שגב – מנהל אגף הנדסת בטיחות ומידע	ליטל אברגיל – אחראית תחום מידע וסטטיסטיקה
	2	30.10.17	חגי שגב – מנהל אגף הנדסת בטיחות ומידע	ליטל אברגיל – אחראית תחום מידע וסטטיסטיקה



**תוכן עניינים**

3	כללי	1
3	תקנות, תקנים, תנאים רלוונטיים ותנאים מקדימים	2
4	תכנון המנהרה בהתאם לנושאי ת"י 5435	3
5	תכנון המנהרה בהתאם לנושאי ת"י 5826 חלק 2	4
6	הנחיות לתכנון מנהרות חומרים מסוכנים	5
6	כללי	5.1
6	הגנה מבנית מפני דליקות	5.2
6	מערכות גילוי וכיבוי	5.3
7	אורור	5.4
7	ניקוז ושפכים	5.5
7	מכלי אחסון בסביבת המנהרה	5.6
8	תחנות שירות בסביבת המנהרה	5.7
9	עמידות אש של מבנה מנהרה המיועד להובלת חומרים מסוכנים	5.8
9	מערכות ניקוז	5.9
10	הנחיות כלליות נוספות	6
11	נספחים	7
11	מסמכים ישימים	8



## 1. כללי

- א. מסמך זה מהווה מסמך מנחה בסיסי לתכנון מנהרות נוסעים, משא וחומ"ס (חומרים מסוכנים) של רכבת ישראל **בהיבטי בטיחות בלבד**.
- ב. כלל ההנחיות לתכנון מנהרות נוסעים ומשא יילקחו מתוך ת"י 5435 ו - ת"י 5826 חלק 2. הנחיות הנוגעות בהיבטים ספציפיים של חומרים מסוכנים מופיעות חלקית בתקנים אלו ופורטו בצירוף הנחיות מחייבות נוספות במסמך זה. (ראה סעיף 5).
- ג. כלל ההנחיות המופיעות בתקנים הנ"ל מתייחסות למנהרות שאורכן גדול מ - 100 מטר.
- ד. מסמך זה, מחייב את יועצי הבטיחות והמתכננים בפרויקטים לתכנון מנהרות חדשות והרחבה או שדרוג מנהרות קיימות.
- ה. **מסמך מנחה זה, אינו בא לגרוע מתקנות ותקנים קיימים והוראות נציב כבאות והצלה וכל הוראה מחייבת אחרת אלא להוסיף או לחדד עליהם.**
- ו. **המתכנן מטעם רכבת ישראל נדרש לוודא ולאשר כי כל פרוגרמה רכבתית עליה הוא נסמך כמסמך ישים, הינה בגרסתה העדכנית נכון ליום התכנון.**
- ז. על יועץ הבטיחות ללמוד את הפרויקט ולהשלים / להרחיב את הנחיות בטיחות במנהרות במידת הצורך.
- ח. **אין מסמך מנחה זה, משחרר את יועץ הבטיחות או המתכננים השונים מחובה לעמוד בכל דרישות החוקים, התקנות והתקנים הרלוונטיים ומהאחריות המקצועית.**
- ט. ההנחיות שלהלן דנות בנושאי בטיחות/ אמצעי בטיחות בשטח מנהרות בלבד.
- י. ההנחיות שלהלן אינן דנות בנושאי בטיחות בעבודה, לרבות לעובדים, קבלנים, קבלני משנה ועובדיהם, מבקרים וצד ג' כלשהו, בין במהלך הבנייה/ההקמה ובין לאחר השלמת הפרויקט.

## 2. תקנות, תקנים, תנאים רלוונטיים ותנאים מקדימים

- א. תקנות התכנון והבניה.
- ב. תקן ישראלי 5435 "מערכות תחבורה ציבורית מסילתיות בנתיב קבוע – דרישות בטיחות אש", המבוסס על התקן האמריקאי NFPA 130 **שנת 2000**.
- ג. ת"י 5826 חלק 2 – "מנהור: יסודות התכנון של מנהרות רכבת".
- ד. תקנים ישראליים רלוונטיים בבטיחות אש.
- ה. הוראות נציב כבאות והצלה.
- ו. תקנים אמריקאים ותקנים אירופאיים רלבנטיים (כמפורט ברשימת הנספחים).
- ז. קריטריונים לתכנון CFD – דו"ח תנאי סף.



### 3. תכנון המנהרה בהתאם לנושאי ת"י 5435

להלן פירוט נושאי התקן העיקריים הרלוונטיים בהתאם לפרקים השונים כמופיע בת"י 5435. על מתכנן המנהרה לגשת לת"י 5435 ולמהדורת השינויים והתוספות העדכנית ביותר לפירוט מלא של הסעיפים.

#### 3.1 תחנות:

- 3.1.1 חומרי בנייה ;
- 3.1.2 חיצוץ והפרדת אש – מדרגות, חללי שירות, דלתות ופתחים, הפרדת אש ;
- 3.1.3 דרישות למערכת מתזים אוטומטית ;
- 3.1.4 דרישות תיול ;
- 3.1.5 אמצעי יציאה ;
- 3.1.6 מספר היציאות והקיבולת שלהן – מסלולי יציאה, דלתות ושערים ;
- 3.1.7 מדרגות נעות, רציפים, פרוזדורים, שערי תשלום דמי נסיעה ;
- 3.1.8 בטיחות אש – מע' איתות להגנה, תקשורת חרום, מערכות זקפים וזרנוקים, מטפי כיבוי אש מטלטלים ;
- 3.1.9 שחרור עשן.

#### 3.2 נתיבי הרכבות (תת – קרקעי):

- 3.2.1 שלטי אזהרה והכוונה ;
- 3.2.2 טלפון חירום ;
- 3.2.3 תאורת חירום ;
- 3.2.4 תחנת אור כחול ;
- 3.2.5 חומרי בנייה – צינורות תת מימיים ;
- 3.2.6 דרישות תיול ;
- 3.2.7 פרטי יציאת חירום – דלתות, מכסים של פתחי יציאה, תאורת חירום ; נגישות כוחות חירום והצלה
- 3.2.8 הנעה חשמלית ;
- 3.2.9 יציאות לנוסעים ;
- 3.2.10 הגנה – גלאי חום ועשן, מע' זקפים וזרנוקים, מטפי כיבוי אש מטלטלים ;
- 3.2.11 חדירה של נוזלים דליקים ובעירים ;
- 3.2.12 תחנות שירות ;
- 3.2.13 אוורור ;

#### 3.3 מערכת אוורור חירום

- 3.3.1 מפוחי אוורור חירום ;



3.3.2 התקנים ;

3.3.3 הפעלה/בקרה של מערכות אוורור חירום ;

3.3.4 חשמל ותיוול ;

#### 3.4 תקשורת

3.4.1 תקשורת רדיו ;

3.4.2 טלפון – טלפונים נישאים וקווים ;

3.4.3 מערכת כריזה ;

3.4.4 רמקולים חשמליים מטלטלים ;

#### **4. תכנון המנהרה בהתאם לנושאי ת"י 5826 חלק 2**

התקן מגדיר דרישות לתכנון התוואי, המיסעה, הכניסות למנהרה ("פורטלים"), התשתיות, הבטיחות ועמידות האש. על מתכנן המנהרה לגשת לת"י 5826 חלק 2 ולמהדורת השינויים והתוספות העדכנית (במידה ויש) ביותר לפירוט מלא של הסעיפים.

##### 4.1 עקרונות כללים :

4.1.1 צמד מנהרות חד-מסילתיות או מנהרה דו מסילתית ;

4.1.2 התוואי ;

4.1.3 תשתיות כבלים, תקשורת אלחוטית ומיגון בטחוני ;

4.1.4 הגנה מפני דלקות ואסונות – אזורים בטוחים, דרכי מילוט, מנהרת גישה לשעת חירום,

הספקת מי כיבוי, הגנה מבנית מפני דליקות, אינטגרציה בין מערכת האש לשאר המערכות ;

4.1.5 פתחי כניסה ("פורטלים") של מנהרות ;

##### 4.2 הנחיות נוספות :

4.2.1 עבודה מתחת למתקני מסילת הברזל ;

4.2.2 סטייה מדרישות התקן ;

4.2.3 מוצרים וציוד לבנייה ;

4.2.4 התמחות מקצועית ;

##### 4.3 חתכים טיפוסיים לרוחב :

4.3.1 שטח החתך של המנהרה וההשפעות האווירודינמיות ;



## 5. הנחיות לתכנון מנהרות חומרים מסוכנים

### 5.1 כללי

- 5.1.1 יש לאסור מעבר רכבות חומ"ס עם רכבות נוסעים באותה מנהרה בו זמנית.
- 5.1.2 נדרש להכין תיק מידע מקוון עבור כל רכבת חומ"ס, כך שבמידת הצורך יהיה ניתן להעבירו במידית לכל רשויות החירום, כולל לכב"ה.
- 5.1.3 יש לתכנן את מערכת האיתות וחלוקת קטעי האיתות באופן שימנע כניסת רכבת עוקבת למנהרה בה ארע אירוע חומ"ס.
- 5.1.4 אין להתקין מסוטים בתוך המנהרה. כל מקרה אשר מחייב התקנה כזו, מחויב בקבלת אישור פרטני מול אגף הנדסת בטיחות.
- 5.1.5 חובה להתקין מערכת HOT BOX לפני הכניסות למנהרה שאורכה גדול מ- 5 ק"מ בהתאם ל - Safety in railway tunnels - SRT TSI.

### 5.2 הגנה מבנית מפני דליקות

- 5.2.1 עמידות הבטון (הדיפון) של המנהרה תקבע בהתאם לדרישות הבאות:
- 5.2.1.1 עמידות האש של אלמנטי הבניין – בהתאם לתקן ישראלי ת"י 2391 חלק 1 (2003).
- 5.2.1.2 שיטת המדידה – בהתאם לתקן הישראלי ת"י 931 חלק 1.1 (הזהה לתקן הבין-לאומי ISO 834-1) עקומת הטמפרטורה עם הזמן תהיה כמפורט בסעיף 6.1.1 ציור 7 שם, שכותרו: *Standard time/temperature curve*. עקומה זו, הנמשכת 6 שעות ועד טמפרטורה של 1200 מ"צ, תיושם לרכבות משא המשנעות חומ"ס לפי עקומת RWS שפותחה בהולנד.

### 5.3 מערכות גילוי וכיבוי

- 5.3.1 יש לוודא התקנת אמצעי גילוי וכיבוי אש בשטח המנהרה בהתאם להנחיות יועץ בטיחות אש.
- 5.3.2 נדרש להוסיף גלאים לגילוי גזים מסוימים ו/או אווירה נפיצה LEL, לצורך גילוי ואיתור אירועי חומ"ס ודליפה בעת מעבר רכבת חומ"ס וטרם כניסת רכבת נוסעים לאותה מנהרה. על הגלאים להיות מחוברים למערכת בקרה אשר תתריע מידית בעת קבלת אינדיקציה ותחייב לשקול עצירת תנועת הרכבות באזור המנוטר.



## 5.4 אורור

- 5.4.1 יש לוודא התקנת אמצעי אורור לאורך המנהרה בהתאם להנחיות יועץ אורור.
- 5.4.2 פירי מפוחים או אורור המשמשים לאורור מנהרות הרכבת התת-קרקעית לא יסתיימו במפלס הקרקע בכביש כלשהו.

## 5.5 ניקוז ושפכים

- 5.5.1 יש להתקין מערכת ניקוז ואיגום לרבות בור קליטה לאיגום עבור שפכי חומ"ס ומי כיבוי אש.
- 5.5.2 יש לוודא כי רצפת המנהרה תהיה בנויה בשיפועים מתאימים שיאפשרו זרימת השפכים למערכת הניקוז.
- 5.5.3 יש לבנות מערכת הניקוז כך שמשך הגעת השפכים למערכת הניקוז יהיה מינימאלי.
- 5.5.4 משטחי נסיעת הרכבת במנהרה עליהם ישונעו חומרים מסוכנים יהיו בנויים, מתוחזקים ומטופלים באופן שימנע חלחול שפך לקרקע.

## 5.6 מכלי אחסון בסביבת המנהרה

הסעיפים הבאים מפרטים הנחיות כלליות עבור מכלים. על המתכנן לוודא כי לא קיימים מכלים קרקעיים או תת-קרקעיים בשטח הנדרש. במידה וכן, יש לוודא עמידה בהנחיות הבאות:

- 5.6.1 מכלי אחסון אטמוספריים קרקעיים:
- 5.6.1.1 מכלי אחסון אטמוספריים קרקעיים והצנרת שלהם, המשמים לאחסון, לטיפול או לתהליך עיבוד של כל המכלים המכילים חומרים דליקים או בעירים, לא יותקנו ישירות מעל מבנה תת קרקעי או בטווח אופקי של עד 25 רגל (7.6 מ') מהקיר החיצוני של מבנה תת-קרקעי כזה, אלא אם הותקנו בהם מערכות מאושרות לגילוי דליפות.
- 5.6.2 מכלי אחסון תת-קרקעיים:
- 5.6.2.1 מכלי אחסון תת-קרקעיים והצנרת שלהם, המיועדים לכל המכלים המכילים חומרים דליקים או בעירים, לא יותקנו ישירות מעל למבנה תת-קרקעי או בטווח אופקי של עד 25 רגל (7.6 מ') מהקיר החיצון של מבנה תת קרקעי כזה.
- 5.6.2.2 המכלים המוטמנים באדמה והצנרת שלהם יתאימו לדרישות התקן הישראלי ת"י 4571 חלק 1.
- 5.6.2.3 מכלי אחסון תת-קרקעיים והצנרת שלהם לנוזלים דליקים Class 1 או לנוזלים בעירים Class 2 או Class 3, הנמצאים בשטח שנמצא בטווח אופקי שבין 25 רגל (7.6 מ') לבין 100 רגל (30.5 מ') מהקיר החיצון של מבנה תת-קרקעי, ומכלים וצנרת באותו טווח אופקי,



והנמצאים בטווח אנכי של 2 רגל (0.61 מ') מתחת לנקודה הנמוכה ביותר של חפירה של מבנה תת-קרקעי, ייבנו ויותקנו באחת השיטות שלהלן:

5.6.2.3.1 המכלים יהי בנויים מקירות כפולים. המכלים יותקנו עם מערכת אוטומטית מאושרת לגילוי דליפות. המכלים יותקנו עם מערכת מאושרת להגנה מפני שיתוך (קורוזיה).

ההתקנה, התחזוקה והבחינה יתאימו לדרישות המוגדרות של הרשות המוסמכת;

5.6.2.3.2 המכלים יותקנו בתוך קמרון מבטון מזוין יצוק באתר, גדול מספיק להחזיק ולהגן על כל תכולת המכל. המכל יהיה מוקף כולו בלא פחות מאשר 24 אינץ' (610 מ"מ) של

חומר אינרטי (אדיש), כבוש היטב (Well tamped), ולא משתך, הנמצא בתוך הקמרון.

תכן המעטפת יכול שיהיה מאושרת לניטור ובדיקה של דליפות. מכסה הקמרון יתוכן

וייבנה לעמוד בעומסי הקרקע הצפויים ולא יהיה פחות מאשר 6 אינץ' (152.4 מ"מ) של

בטון מזוין. הקמרון, המכל והצנרת יוגנו מפני שיתוך (קורוזיה).

5.6.3 כל המכלים, הקמרונים והציוד שלהם המשמשים לאחסון נוזלים דליקים Class 1 ונוזלים

בעירים Class 2/3, יתאימו לחומרים המאוחסנים ויתאימו לדרישות התקן NFPA30.

Flammable and Combustible Liquids Code

## 5.7 תחנות שירות בסביבת המנהרה

5.7.1 תחנות שירות המחלקות נוזלים דליקים Class 1 ונוזלים בעירים Class 2 ו – 3 ואשר

ממוקמות באזורים שבטווח אופקי של עד 100 רגל (30.5 מ') מהקיר החיצוני של המבנה

התת-קרקעי, יידרשו להתאים לדרישות ארבעת הסעיפים הבאים: (5.7.1.1-5.7.1.4)

5.7.1.1 המשטח סביב חדרי המשאבות ידורג או ינוקז באופן שיסיט נוזלות (גלישות) אפשריות

מסבכת האוורור ברכבת התחתית או מכנסיות או יציאות לרכבת התחתית.

5.7.1.2 ניקוזים רציפים נאותים החוצים חניות, כבישים, או שפת מדרכה בגובה של לפחות 150

מ"מ, יפרידו בין מבני תחנות שירות למבנה סמוך של הרכבת התחתית.

5.7.1.3 לא יורשה כל קשר (כמו אוורור או ניקוז) של מכלי אחסון כלשהם של נוזלים דליקים Class

1 ונוזלים בעירים Class 2 ו – 3, והצנרת שלהם, לבין מבנים תת-קרקעיים של התחבורה

הציבורית בנתיב קבוע.

5.7.1.4 משאבות חלוקה של נוזלים דליקים Class 1, ונוזלים בעירים Class 2 ו – 3 לא ימוקמו

בטווח הקטן מאשר 25 רגל (7.6 מ') מפני המשאבה לצד הקרוב ביותר של סבכת אוורור של

הרכבת התחתית או לכניסה לרכבת התחתית או יציאה ממנה.





## 5.8<sup>1</sup> עמידות אש של מבנה מנהרה המיועד להובלת חומרים מסוכנים

- 5.8.1 על חומרי המבנה לעמוד ברישות עמידות אש בהתאם ל:
- 5.8.1.1 ISO 834 - עקומת אש המתמשכת מקסימום – 4 שעות.
- 5.8.1.2 עקומת פחמימנים – המתמשכת מקסימום – 2 שעות.
- 5.8.2 תקרה מוכנסת או קיר פנימי המפריד צינורות אוורור, חובה כי יהיה עמיד לאש – 4 שעות.
- 5.8.3 חדרים טכניים המכילים תחנות אוורור מיוחדות, תחנות אספקת חשמל, תקשורת ואיתות – חובה כי יהיו עמידים לאש – 4 שעות.

## 5.9<sup>2</sup> מערכות ניקוז

### מערכת ניקוז עבור מנהרות שאורכן גדול מ – 5 ק"מ המיועדות להובלה של חומרים

#### מסוכנים

- 5.9.1 על מערכת הניקוז לקלוט זרימה מינימלית של 100 ליטר לשנייה.
- 5.9.2 על מערכת הניקוז להיות מסוגלת לאסוף לפחות 80 m<sup>3</sup> של חומרים מסוכנים (באגן השימור).
- 5.9.3 על התעלה לאורך המסילה להיות מחוברת כל 50 מטר לאגן השימור התת קרקעי הקרוב.
- 5.9.4 נדרש להתקין סיפון בחיבורים הנ"ל על מנת לעצור התלקחות טרם השתחררות הזרמים לאגן השימור.

<sup>1</sup> נלקח מתוך הנחיות הרגולציה הצרפתית *Instruction technique 98 300*

<sup>2</sup> נלקח מתוך הנחיות הרגולציה הצרפתית *Instruction technique 98 300*



## 6 הנחיות כלליות נוספות

- 6.1 כביש גישה לפתחי המנהרות: מומלץ על קיום כבישי גישה תקינים לפתחי המנהרות על מנת ליעל תהליכים של פינוי וחילוץ במקרה של אירוע חירום.
- 6.2 כניסת רכבי חירום אפשרית אך ורק על מיסעות בטון, כאשר אורך המנהרה הינו 1000 מ' ויותר.
- 6.3 אזורי התכנסות בפתחי המנהרה: בהינתן האפשרות, יוקצה אזור ייעודי לרכבי כיבוי והצלה בפתחי המנהרות בשטח מקורב של כ-500 מ"ר. אופן תכנון שטח הכינוס יבוצע עם הרשויות המתאימות. במידה ויש צורך, יש להקים בנוסף משטח לנחיתת מסוקים.
- 6.4 מנהרה תהיה כפולה או אחודה בהתאם למפורט להלן:
- 6.4.1 מנהרה באורך של עד 760 מטרים – תהיה מנהרה כפולה או אחודה לפי החלטת היזם.
- 6.4.2 מנהרה באורך שמעל ל-760 מטרים – תהיה מנהרה כפולה, או מנהרה אחודה רק באישור הכבאות וההצלה.
- 6.4.3 מנהרה באורך שמעל 2000 מטרים – תהיה אך ורק מנהרה כפולה, או מנהרה אחודה כאשר במקביל לה קיימת מנהרה המאפשרת גישה לרכבי חירום ולמילוט.
- 6.4.4 עבור רכבות נוסעים בלבד - למרות האמור לעיל מקטע מנהרת רכבת כבדה הנמצא בתחום תחנת הרכבת (מסימנור כניסה ועד לסימנור יציאה) ולרבות קטעי המעבר מתצורת מנהרה כפולה למנהרה אחודה – עד לאורך מקסימלי של 3.5 ק"מ - יוכל להוות מנהרה אחודה.
- 6.5 תתאפשר תנועה של רכבי חרום הנוסעים על גלגלים על גבי המיסעות בגובה פני פס המסילה למעט במקרים הבאים:
- 6.5.1 במנהרה אחודה, עם מיסעות חצץ, שאורכה עד 1000 מטרים.
- 6.5.2 במנהרות כפולות שאורכן עד 500 מטרים.
- 6.5.3 במנהרה כפולה או אחודה של רכבת מקומית (רכבת קלה) שבה קיימת גישה לתוך המנהרה מן החוץ, לכוחות חירום, באמצעות תחנה או פורטל כל 1000 מ' או פחות.
- 6.5.4 במנהרה אחודה שאורכה מעל ל-1000 מטרים, כאשר במקביל לה קיימת מנהרה המאפשרת גישה לרכבי חירום ולמילוט. המעברים בין מנהרת הרכבת למנהרה המקבילה יתאימו למתואר בהגדרת מנהרה כפולה (סעיף 3.3.65) ולדרישות סעיפים 6.3.1.5-6.3.1.6. ברוויזיה לתקן ת"י 5435.
- לעניין סעיף 6 בלבד, אורך המנהרה יחושב החל מקצה תחום התחנה, כאשר בתחנה תת-קרקעית תחום התחנה יחשב מסימנור כניסה עד סימנור יציאה.



## 7 נספחים

7.1 קריטריונים לתכנון CFD – דו"ח תנאי סף (18/04/2012).

.*Overbuild of Amtrak right-of-way design policy – Amtrak* 7.2

<C:\Users\lital-ag\Desktop\AMTRAK Overbuild Design Policy EP4006 Rev4.pdf>

## 8 מסמכים ישימים

8.1 ת"י 5435 – "מערכות תחבורה ציבוריות מסילתיות בנתיב קבוע – דרישות בטיחות אש".

8.2 ת"י 5826 חלק 2 – "מנהור: יסודות התכנון של מנהרות רכבת".



**קריטריונים לתכנון CFD - דוח תנאי סף**

18/04/2012

1. כללי:

a. **תיאור הפרויקט**

b. **מטרת הסימולציה**

מציאת הקונפיגורציה המאפשרת שחרור עשן עם תנאי הישרדות לנמלטים בהתאם לתקן NFPA 130, 2010 נספח B.

c. **קריטריונים לבדיקה ומיקום הבדיקות במסגרת הסימולציה**

i. **Tenability Condition בהתאם לתקן NFPA 130, 2010**

1. גובה שכבת העשן מעל מפלס המילוט יהיה לא פחות מ-2 מ' (2.5 מ' מטעמי דיוק מודל - תוספת של 25%).

2. ריכוז CO מקסימאלי של 2000ppm בשניות הראשונות, לא יותר מ-1150ppm בממוצע ב-6 הדקות הראשונות לחשיפה, לא יותר מ-450ppm בממוצע ב-15 הדקות הראשונות לחשיפה, לא יותר מ-250ppm בממוצע ב-30 הדקות הראשונות לחשיפה וממוצע שלא יעלה על 50ppm מ-30 דקות ואילך.

3. **ראות** מינימאלית שתאפשר להבחין בשלט המואר ב 10 מ' ממרחק של 10 מטר, ובדלתות וקירות ממרחק של 10 מטר.

4. **טמפ'** - **טמפרטורה** מקסימאלית של 60 מע' צלסיוס למשך השניות הראשונות, לא יותר מ 49 מע' צלסיוס בממוצע ב-6 הדקות הראשונות לחשיפה ומגמת ירידה בטמפרטורה מ-6 דק' ואילך.



## 5. טמפרטורה -

Table B.2.1.1 Maximum Exposure Time

<u>Exposure Temperature</u>		<u>Without Incapacitation (min.)</u>
°C	°F	
80	176	3.8
75	167	4.7
70	158	6.0
65	149	7.7
60	140	10.1
55	131	13.6
50	122	18.8
45	113	26.9
40	104	40.2

איור 1 זמן חשיפה תרמית מקסימאלית

.ii מיקום המדידות

1. מדידות נקודתיות של מהירות, ראות, טמפרטורה ו CO, לאורך דרכי המילוט יבוצעו כל 10 מ' רק במנהרה השריפה, בגובה 2.5 מ' מעל מפלס נתיב המילוט ובהיקף המנהרה באזור השריפה.
2. מדידה בחתך (Slice files) -
  - a. ראות - לאורך דרכי המילוט במרכז הנתיב, 0.5 מ' מקירות המנהרה.
  - b. טמפרטורה - מדידה לרוחב מוקד האש למשך 1800 שניות.
  - c. ראות- מדידה לאורך מרכז המנהרה.
  - d. מדידה לאורך ורוחב פתחי שחרור העשן.
  - e. מהירות, ראות, טמפ' ו CO- בגובה 2 ו 2.5 מ' מעל מפלס נתיבי המילוט.



2. מודל האש:

נתוני בעירה

הערות	מרכז המנהרה	מיקום
	בקרון שמיד לאחר הקטר	מוקד האש
	52 MW	עצמת הבעירה מקסימאלית
	ראה טבלת התפתחות שריפה ע"פ Amtrak	אופיין הבעירה
לפי SFPE HANDBOOK 2007 2002	0.1	co yield
לפי 2007 AMTRAK	0.165	Soot Yield

תהליך התפתחות שריפה במנהרה בודדת (מסילה אחת):

TIME	HEAT RELEASE RATE	HEAT RELEASE RATE
Seconds	MW	MBtu/hr
0	0	0
180	5	17.060
600	5	17.060
780	10	34.120
1200	10	34.120
1380	31	106.200
> 1380	31	106.200

תהליך התפתחות שריפה במנהרה אחודה (שתי מסילות, רכבת בכל מסילה בחפיפה):



TIME	HEAT RELEASE RATE	HEAT RELEASE RATE
Seconds	MW	MBtu/hr
0	0	0
180	5	17.060
600	5	17.060
780	10	34.120
1200	10	34.120
1560	52	177.476
> 1560	52	177.476

3. מתאר האירוע:

הערה	פעולה	תזמון(שניות)	
	אש פורצת בקרון שמיד לאחר הקטר	t = 0	.1
תחילת פינוי קרון מנוסעים	דלתות קרון נפתחות החוצה בכל הקרונות	t=60	.2
	חלונות קרון נפרצים מהחום	temp = 400°C	.3
	האש מתפשטת ל 2 קרונות סמוכים באותה הרכבת ולשתי קרונות חופפים ברכבת מקבילה		.4
			.5

4. תנאים כללים ל-FDS:

- a. גודל תא בקרה לחישוב: 25 ס"מ, 50 ס"מ, 100 ס"מ (תבוצע השוואת גודל תאים על תרחיש אחד למציאת גודל התא האופטימלי לחישוב במנהרה שבא השריפה).
- b. CFL - ברירת מחדל - (חישוב אוטומטי)
- c. vN לא רלוונטי
- d. Time Step - ברירת מחדל - (אוטומטי)



e. **Baroclinic Vortice** בהתאם למימדי המודל אין הצדקה לכלול את ה BAROCLINIC מכיוון שהערבול הנוצר מכוחות העילוי הוא הדומיננטי וניתן להזניח את הערבול הנוצר מאי התאמת הגרדינטים של הלחץ והצפיפות.

f. **Extinction coefficient**  $10000 \text{ m}^2/\text{kg}$

g. **Visibility factor** - 10 לשלטים מוארים על הקיר.

h. **תנאים בזמן 0 - Steady State**

i. **Ambient temperature** - 25 מעלות צלזיוס.