

חשמל 2017 Electricity

The 18th International Annual Convention of the Society
of Electrical and Electronics Engineers in Israel

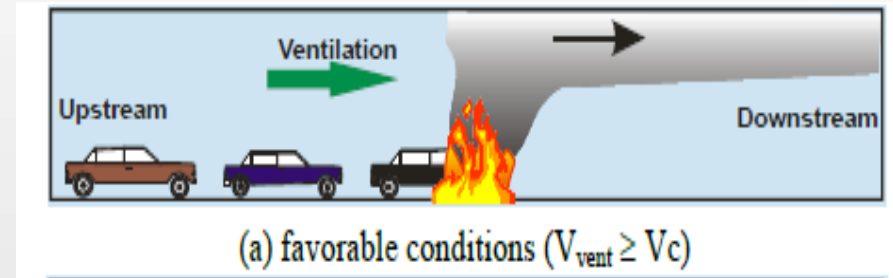
עקרונות אזור ובקרת שליטה בעשן במנהרות רכב ורכבת חשמלית

אנטולי ליפשיץ – אלקטרה M&E

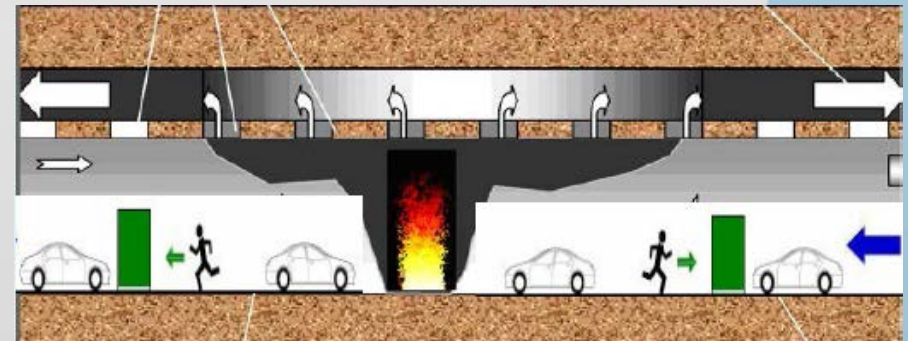
1. אפשרויות שחרור עשן במנהרות רכב בזמני אירוע
2. מערכת אוורור ושחרור עשן במנהרות רכב – מדריד - **M30**
3. אוורור ופינוי עשן באירוע אש/ עשן במנהרות רכבת 1-3A
4. סיכומים המלצות

שתי אפשרויות שחרור עשן במנהרות רכב בזמני אירוע

אפשרות אוורור "אורכי" – בנוי
על קונספט מהירות קריטית



הוצאת עשן ממקום אירוע –
קונספט שמירה על ריבוד עשן



קונספט אוורור "אורכי"

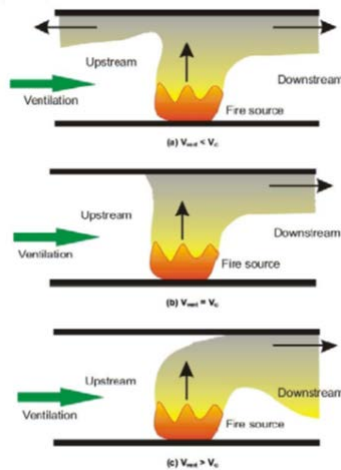
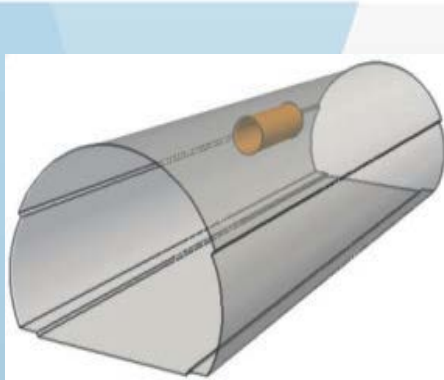


Figure 4. Influence of longitudinal air velocity (V_{vent}) on smoke progress in the fire zone (V_c = critical velocity)

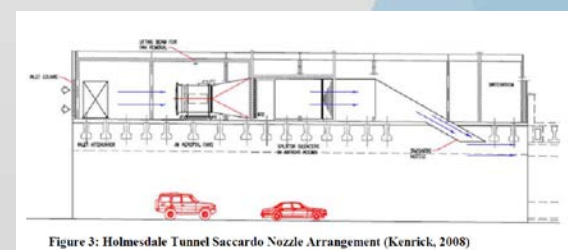
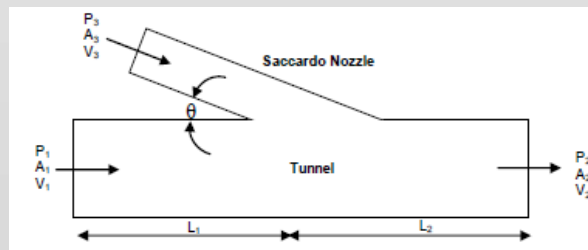
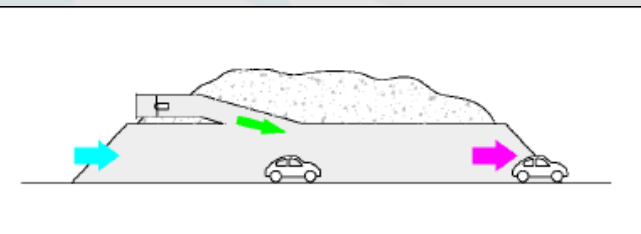
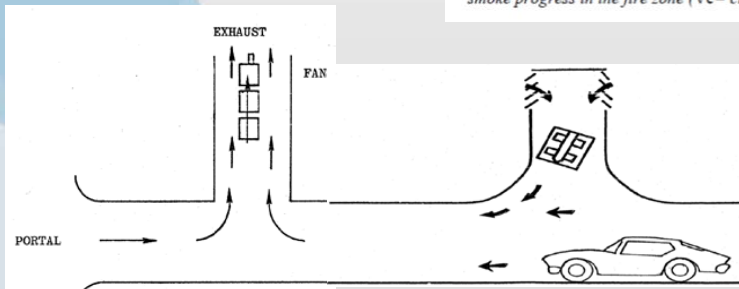
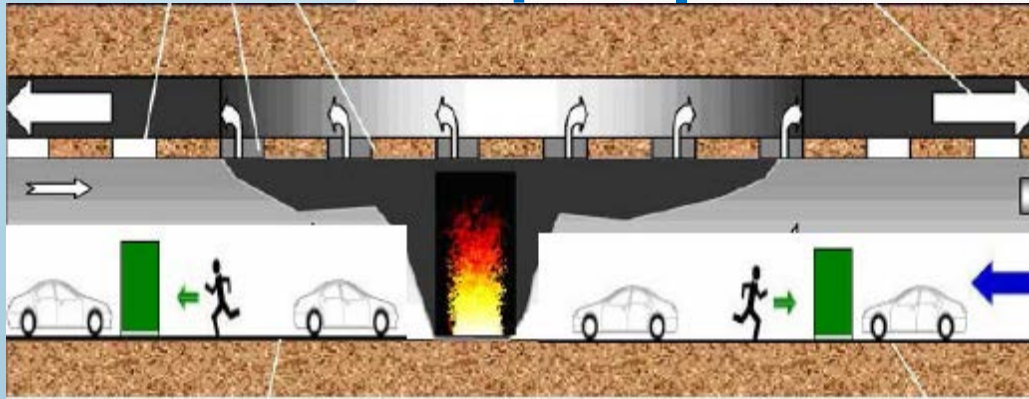


Figure 3: Holmesdale Tunnel Saccardo Nozzle Arrangement (Kenrick, 2008)

אוורור "אורכי" יכול להיות מבוצע על ידי:

- ❖ פעולה מפוחים ראשים לפי "אפקט Coanda" - אינדוקציה
- ❖ מפוחי ג'ט מורכבים בתוך המנהרה
- ❖ התקנה מפוחי אספקת אויר למנהרה בהתאם ל-"Saccardo" - מפוחי אספקת אויר מורכבים מחוץ למנהרה ומספקים אויר למנהרה לפי זווית מחושבת - בהתאם לפרמטרים של המנהרה ואפקט הנדרש.
- ❖ שילוב של אספקה והוצאת אויר בנקודות ביניים.

קונספט יניקה / הוצאת עשן ממקום האירוע

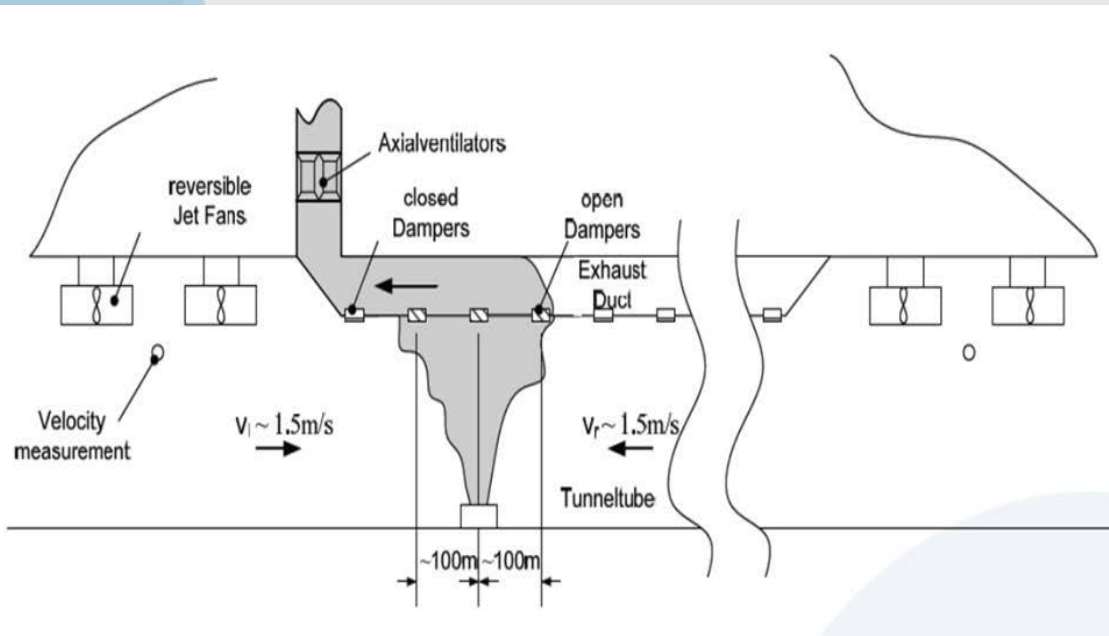


פתרון שחרור עשן
במקום האש על ידי
שמירה על ריבוד עשן
שלם, מאפשר לשמור
אוויר יותר נקי לנשימה.
פינוי העשן מבוצע מעל
שכבת העשן לשני צדי
שמעל מקור האש.

קונספט יניקה / הוצאת עשן ממקום האירוע

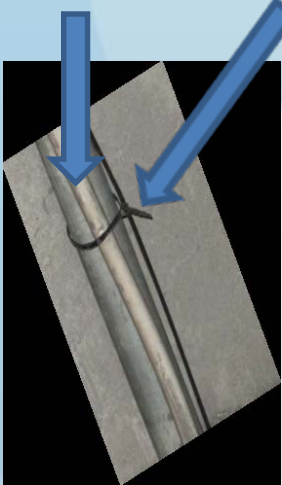
שחרור עשן מהמקום האש

- ❖ חל על מנהרות חד-כיווניות , דו-כיווניות או צפופות.
- ❖ מושג על ידי יניקה אזורית ממקור האש.
- ❖ בדרך כלל דורש התקנה תעלות אוורור – מערכת פליטה, המאפשרת לוקליזציה של גזים חמים, עשן ושחרור מעבר למיקום האש באמצעות מערכת תעלות פליטה ומפוחי פליטה לטמפרטורה גבוהה.

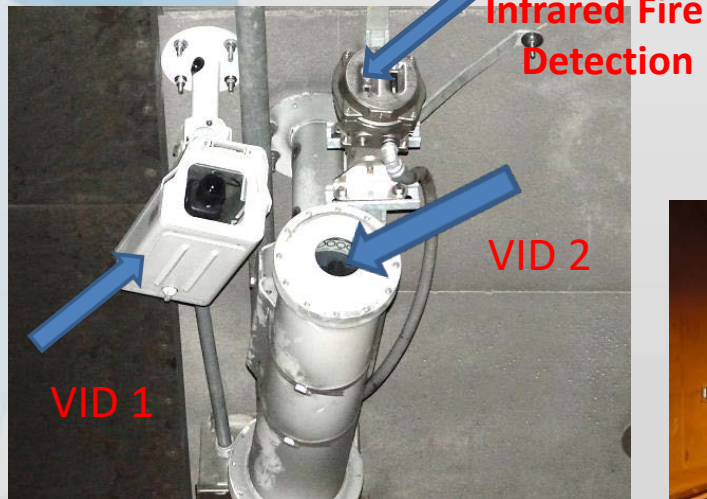


מנהרה - גילוי אש ומערכות אזהרה

סיב אופטי
LHD-Type 1



סיב אופטי
LHD-Type 2



❖ מערכת זיהוי תמונות וידאו (VID).

❖ גילוי אש וגילוי עשן.

❖ שתי מצלמות מותקנות, מחוברות במקביל, במרחק של 120 רגל מאזור מסוכן במנהרה.

❖ מערכת וידאו אינפרה-אדום:

- שני גלאים, הראשון – במרחק של 120 רגל לפני האזור, השני – במרחק של 30 רגל אחרי אזור אש האפשרי.

- המצלמות פונות זו אל זו ועל אזור אש האפשרי. גלאי איתור חום.

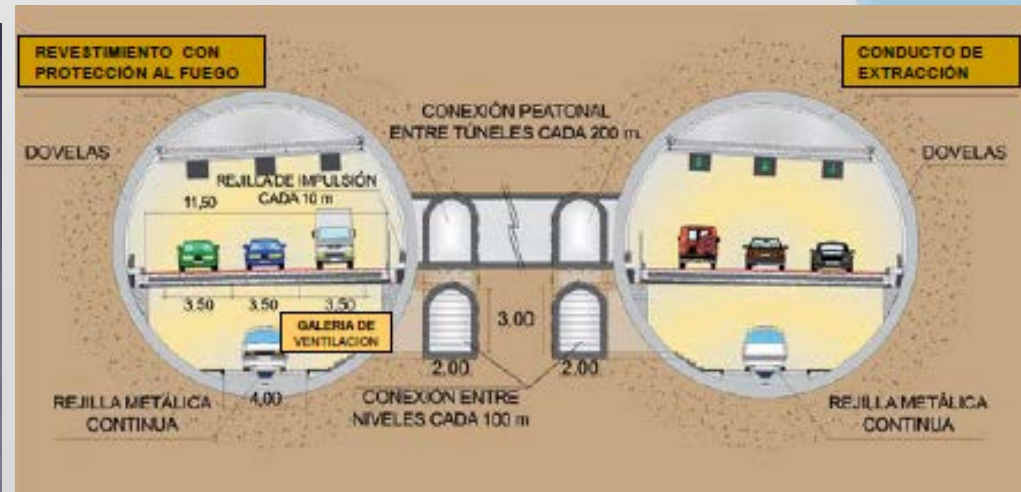
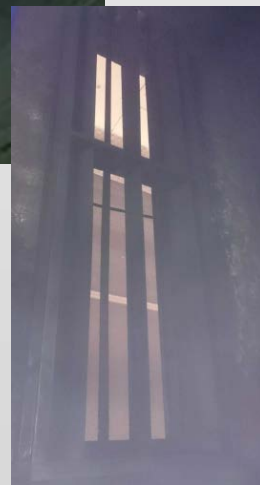
❖ סיבים אופטיים עם דיווח על עליית טמפרטורה $+5, +10, +15^{\circ}\text{C}$ מעל טמפרטורה רגילה במנהרה.

❖ גילוי חום לינארי עם חיישני טמפרטורה.



מערכות המרכיבות את המנהרה M30 במדריד

בשנת 2007 במדריד פותחה השיטה של שילוב מלא של כבישים עיליים ומנהרות. מנהרות M30 - אחד הפרויקטים הגדולים בעיר מדריד, כולל את שיפוץ הכביש הישן ובנייה מעל 47 ק"מ של מנהרות. כל מתקני M30 מפוקחים ומבוקרים ממרכז הבקרה.



מערכות המרכיבות את המנהרה M30 מדריד



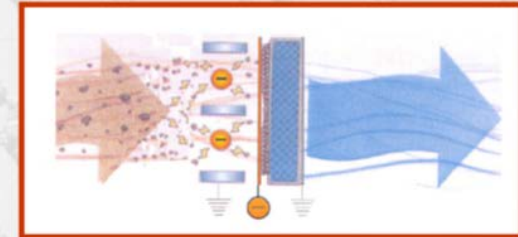
מערכת אוורור וסינון מנהרות M30, מדריד

מערכת אוורור וסינון מנהרות M30 כוללת:

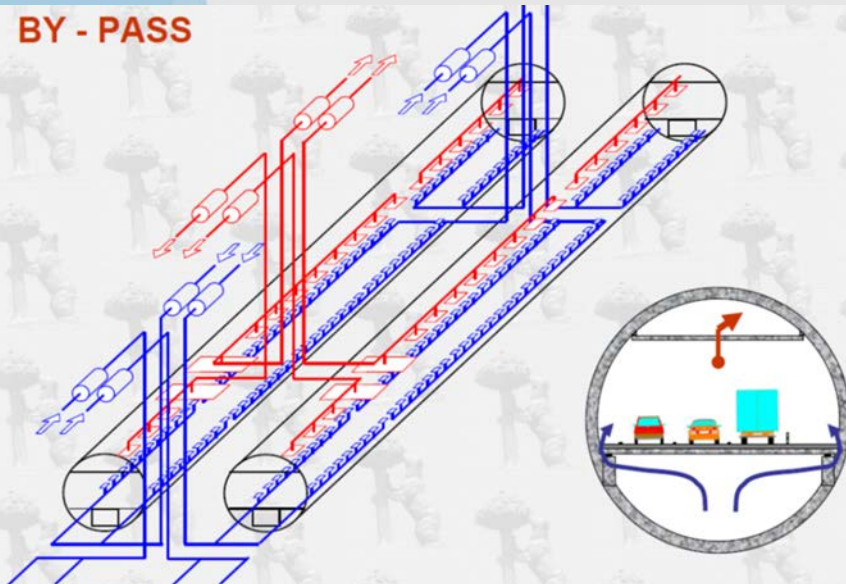
- ❖ 165 מפוחים צירים בהספק של 160-630 KW.
- ❖ 270 מפוחים ביציאות חרום בהספק של 15-22KW.
- ❖ 470 JET FANS.
- ❖ 26 תחנות סינון החלקיקים.
- ❖ 4 תחנות עבור גזים NO_2 .
- ❖ בקרת האוורור מבוצעת באמצעות גלאים של CO ו- NO_x , ממוקמים כל 300 מ', וגם על ידי מדי זרימת אויר, ממוקמים כל 100 מ'.

SISTEMA DE VENTILACIÓN Y FILTRADO

- 165 VENTILADORES AXIALES DE GRAN POTENCIA
160 a 630 Kw
- 270 VENTILADORES DE APOYO A LA EXTRACCIÓN
15 a 22 Kw
- 470 JET FANS
- 26 ESTACIONES DE FILTRADO DE PARTICULAS
- 4 ESTACIONES DE FILTRADO DE NO_2



BY - PASS



מנהרות M30 - פעולת מערכות אוורור ושחרור עשן

■ אסטרטגיה למערכת פינוי עשן

- ❖ אזור האוורור שבו ממוקמת האש נקבע על - ידי גלאי החום הליניארי או מערכת אוטומטי לאיתור תקריות.
- ❖ במהלך שלב הפינוי, עשן משתחרר על ידי מפוחי פליטה הממוקמים באותו אזור.
- ❖ בשלב פינוי, מפוחי הניקה לא משנים כיוון - כדי להפחית את התפוררות הבלתי רצוי של עשן.
- ❖ לאחר יציאת אנשים מהמנהרה עם אירוע אש/עשן, צוות מוסמך במרכז הבקרה יכול לשנות את אסטרטגיה פינוי עשן – ממצב שעשן נמשך דרך המנהרה עם כיוון התנועה, באמצעות Jet Fans ומפוחים צירים גדולים.
- אסטרטגיה זו מאפשרת ללוחמי האש להתקרב לאש מצד אחד.
- ❖ אם האש ממוקמת בתוך ענף או מעבר מילוט, שחרור עשן יבוצע ע"י Jet Fans בפתרון "אורכי".
- יניקת עשן יהיה עם כיוון התנועה, ואנשים יפונו בכיוון ההפוך.

■ ניהול אוורור

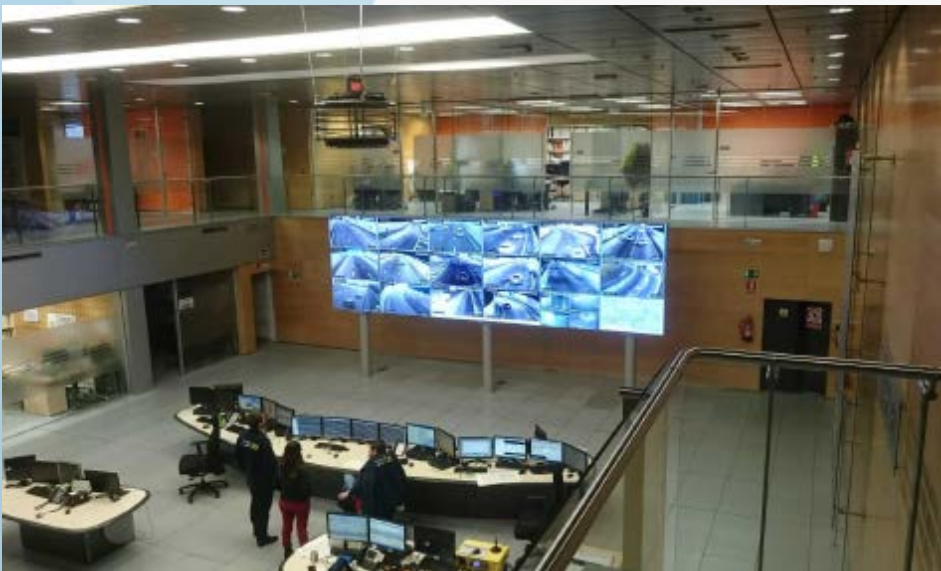
- ❖ בפעולה רגילה, מערכת האוורור פועלת באופן אוטומטי, בהתאם לנתונים מחיישנים של תעבורה ותנועה.
- ❖ מערכת אוורור החירום מופעלת ומופסקת באופן אוטומטית או ידנית. נהלים מוכנים לכל מצב. קיימים 149 גיליונות של פרוטוקול חירום שנותנים מענה תקריות בכל קטע של כל מערכת במנהרה M30.

מרכז בקרה ראשי, מנהרות M30, מדריד

הפרויקט כולל את כל הנדרש, החל מבנייה של מרכז בקרת האבטחה הראשי, כולל ציוד בקרת החומרה ו- **SICE SIDERA** - תוכנה אינטגרלית שליטה מצב במנהרה - יישום תוכנה עבור מרכז בקרה ראשי ואת מרכז הגיבוי ממוקם באזור של מרכז מדריד – במבנה הממשלה המקומית. המערכת **SICE** שולטת על יתר מ- 400,000 התראות: מערכות אבטחה, מערכות אלקטרומכניות, תנועה, תקשורת, תאורה, **SICE** עיצובים.

מערכות עבור המנהרות:

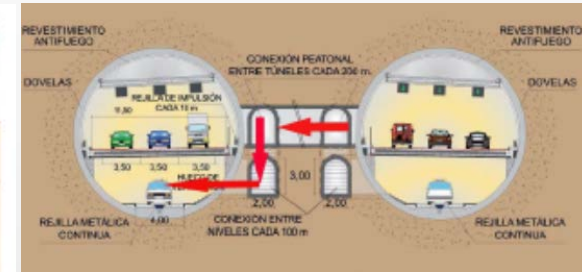
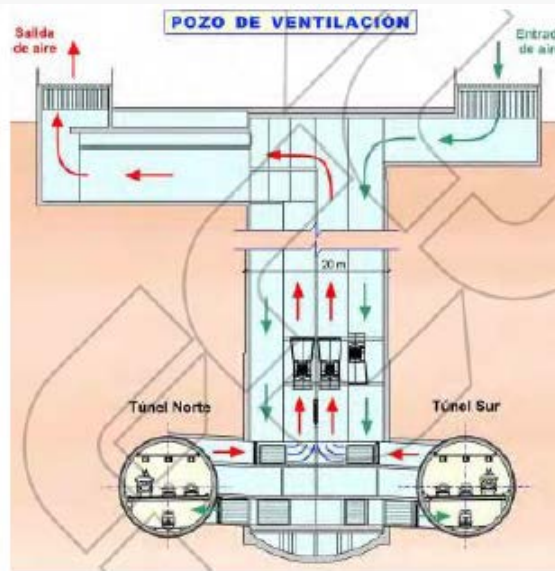
- ❖ טבעת סיבים אופטיים ותת-טבעת עם רשת תקשורת איטרנט ו- WDM.
- ❖ מערכת שליטה מרחוק על מצב במנהרה.
- ❖ בקרת גישה, חדרי טכניים ומערכת IP SOS.
- ❖ מערכות כריזה.
- ❖ מערכת בקרה מהירות.
- ❖ מערכת תקשורת רדיו עבור המנהרות.
- ❖ מערכת גילוי אש לינארית.
- ❖ מערכת בקרת תאורה DALI.



תוכנה אינטגרלית שליטה מצב במנהרה - SICE SIDERA



פעולה מערכות אוורור ושחרור עשן במנהרות M30, מדריד



הנחיות למפקח אירוע במצב אש/ עשן במנהרות M30, מדריד

❖ להגיב בזמן כדי להציל חיים.

❖ הפעלת מערכות בטיחות אש, כגון אוורור מנהרה, בהתאם לתוכנית התגובה למצב חירום.

❖ אסור לפזר עשן לכיוון המפונים. אספקת אויר חיצוני (דיחוס) ישיר לעזרת בפינוי.

❖ אין לשנות את מצב יניקת עשן/דיחוס הנבחר לפי פרוגרמה בטיחות ללא הנחיות ממפקד האירוע (ראש צוות כבאים), במיוחד במהלך שלב הפינוי דרך דרכי מילוט.

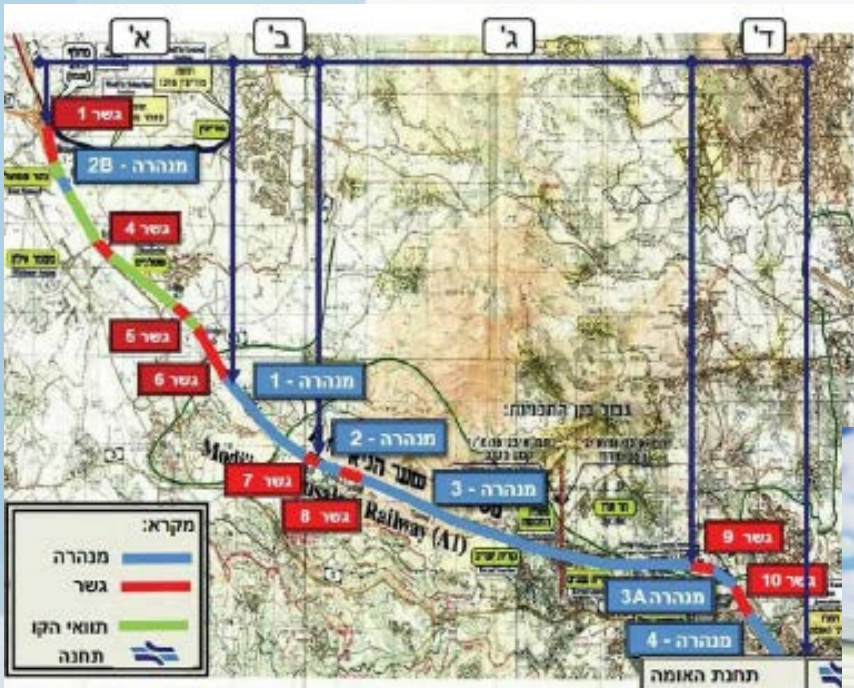
❖ שינוי במצב אוורור, כגון היפוך כיוון של מפוחי שחרור עשן או זרימת אוויר במהלך אירוע שריפה, יכול להפיץ עשן לאורך המנהרה.

❖ חשוב לדעת, שאוורור יתר (פעולת מפוחי שחרור עשן במהירויות יותר גבוהות מהנדרש) עלול ללבות את האש ועשוי להרוס ריבוד העשן.

➤ הכשרה תקופתית של מפעילי המנהרות, המגיבים הראשונים, ואת האינטראקציות שלהם הוא חיוני עבור תגובה מוצלחת.

➤ סימולטורים הדרכה הם כלים שימושיים עבור אימונים לניהול עשן בזמן אירוע.

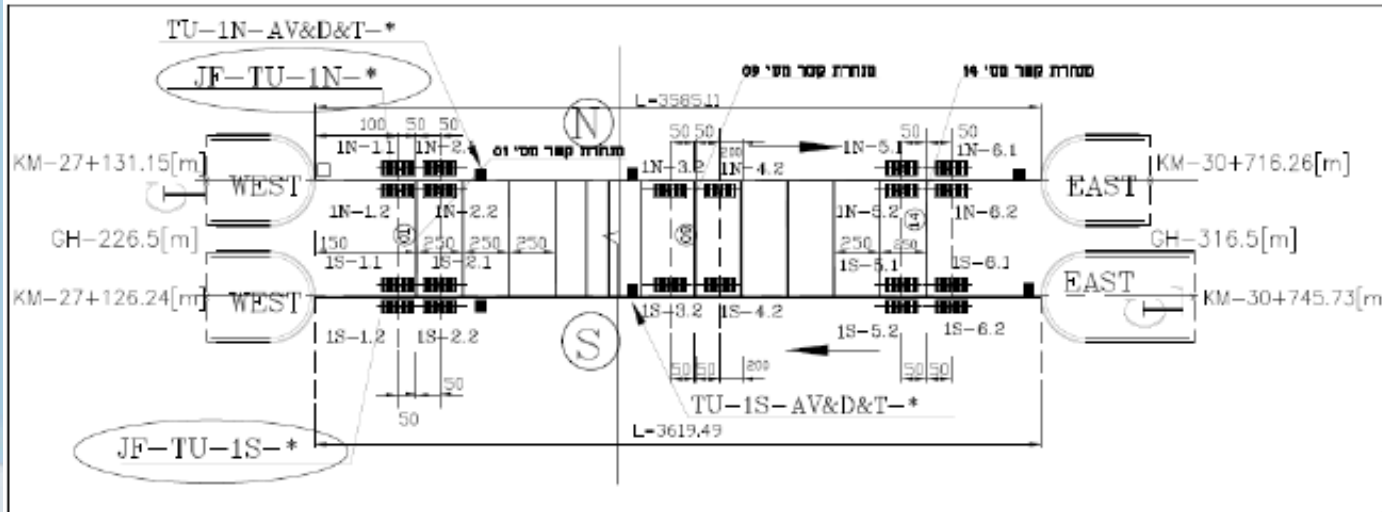
אוורור ופינוי עשן באירוע אש/ עשן במנהרות רכבת 1-3A



1 סכמה התקנת מפוחי JET FANS במנהרה

SCHEMATIC DIAGRAM VENTILATION OF TUNNEL NO.1

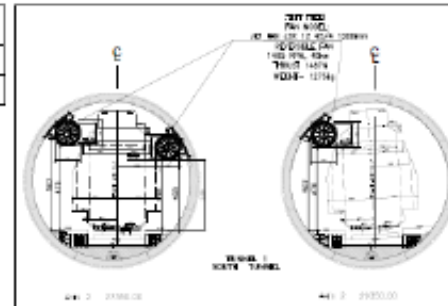
TU1



FAN NO	TYPE	DIAMETER (cm)	RPM	THRUST N	KW	FLOW RATE m³/sec	OUTLET VELOCITY m/sec	NOTE
JF_TU_01_N_01+6.2	JR-12/45/4	1200	1465	1487	45	38.2	33.8	REVERSIBLE FAN- 20 BLENDERS
JF_TU_01_S_01+6.2								

■ JF-AV&D-T-BH=AIR VELOCITY ANEMOMETER AND DIRECTION & TEMPERATURE -(U.E.=+2.00m)

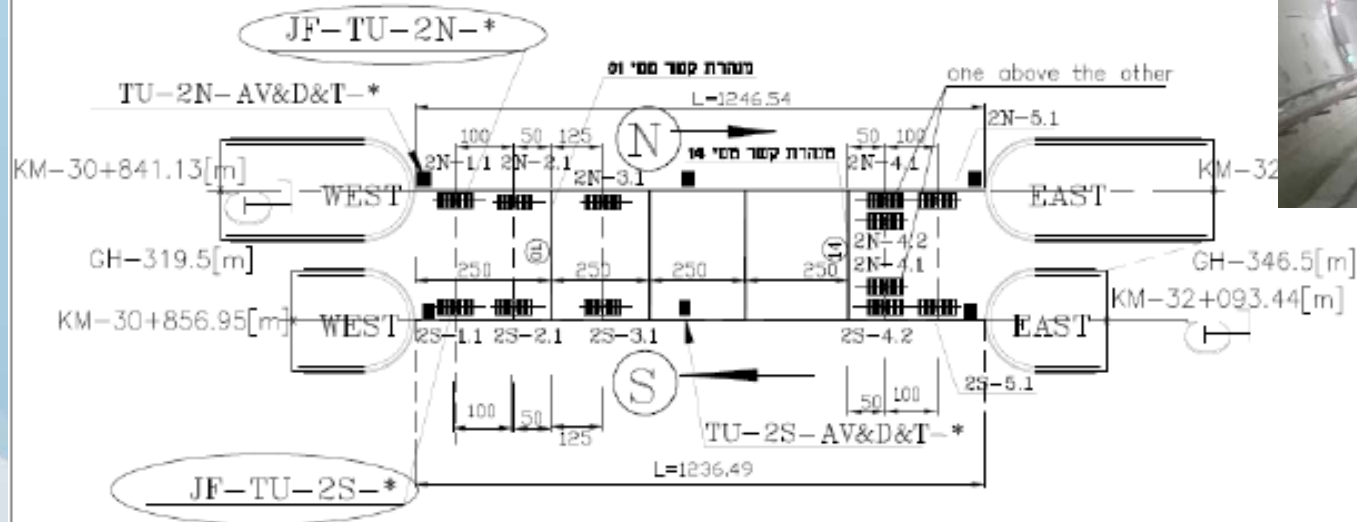
NORTH TUNNEL LENGTH- 3585.12 M
SOUTH TUNNEL LENGTH- 3619.49 M
TOTAL NO. OF FANS BOTH TUNNELS- 18+4



סכמה התקנת מפוחי JET FANS במנהרה 2

SCHEMATIC DIAGRAM VENTILATION OF TUNNEL NO. 2

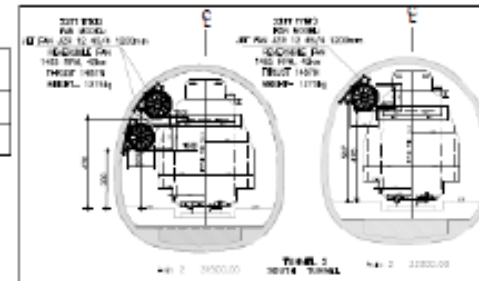
TU2



FAN NO	TYPE	DIAMETER (cm)	RPM	THRUST N	KW	FLOW RATE m³/sec	OUTLET VELOCITY m/sec	NOTE
JF_TU_02_N_01+05.1	DR-12/45/4	1200	1465	1487	45	38.2	33.8	REVERSIBLE FAN-20 SILENCERS
JF_TU_02_S_01+05.1								

■ TU-AV/AD-T+GH-AIR VELOCITY ANEMOMETER AND DIRECTION & TEMPERATURE -(U.L.-+2.50m)

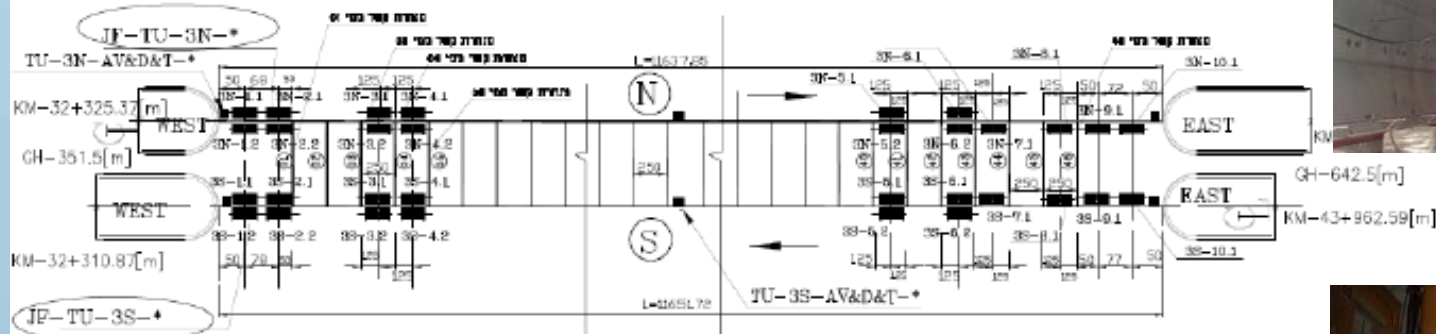
NORTH TUNNEL LENGHT- 1246.54 m
SOUTH TUNNEL LENGHT- 1236.49 m
TOTAL NO. OF FANS BOTH TUNNELS- 8+4



סכמה התקנת מפוחי JET FANS במנהרה 3

SCHEMATIC DIAGRAM VENTILATION OF TUNNEL NO. 3

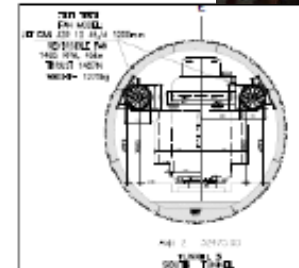
TU3



FAN NO	TYPE	DIAMETER (cm)	RPM	THRUST N	KW	FLOW RATE m ³ /sec	OUTLET VELOCITY m/sec	NOTE
FF_WU_03_N_01+010.1	JZR-12/45/4	1200	1465	1487	45	38.2	33.8	REVERSIBLE FAN- 2D SILENCERS
FF_WU_03_S_01+010.1								

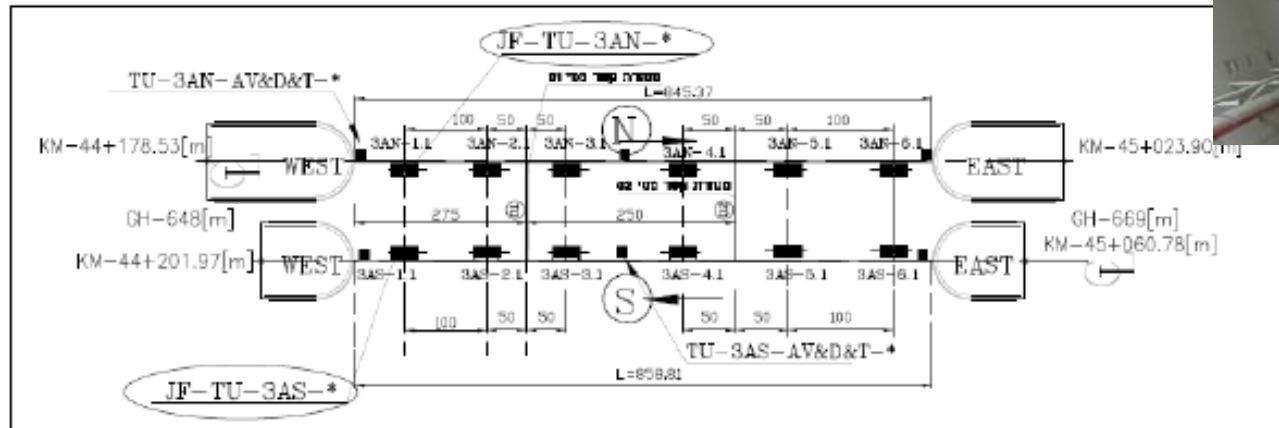
■ T_g-AV/AD-T+RH-AIR VELOCITY ANEMOMETER AND DIRECTION & TEMPERATURE.-(U.K.+2.50m)

NORTH TUNNEL LENGHT-	11637.85 M
SOUTH TUNNEL LENGHT-	11651.72 M
TOTAL NO. OF FANS BOTH TUNNELS-	28+4



סכמה התקנת מפוחי JET FANS במנהרה 3A

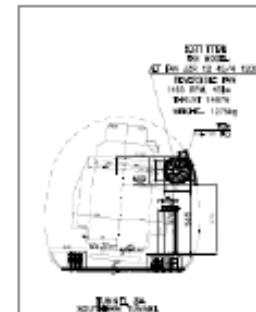
SCHEMATIC DIAGRAM VENTILATION OF TUNNEL NO. 3A
TU3A



FAN NO	TYPE	DIAMETER (cm)	RPM	THRUST N	KW	FLOW RATE m³/sec	OUTLET VELOCITY m/sec	NOTE
JF_TU_03A_N_01+06.1	JZR-12/45/4	1200	1465	1487	45	38.2	33.8	REVERSIBLE FAN-20 SILENCERS
JF_TU_03A_S_01+06.1								

■ T4-AV/AD-T+RH-AIR VELOCITY ANEMOMETER AND DIRECTION & TEMPERATURE.-(U.K.→+2.60m)

NORTH TUNNEL LENGHT- 845.37 M
SOUTH TUNNEL LENGHT- 858.81 M
TOTAL NO. OF FANS BOTH TUNNELS- 8+4



מצבי הפעולה אוורור / שחרור עשן במנהרות 1-3A

Table 1: The selected fans per each tunnel for longitudinal jet fans systems

Tunnel Name	T1	T 2	T3	T3A	Total
Tunnel length [m]	3,585	1,265	11,628	845	
Number of fans JZR12-45/4	10	6	16	6	
Working fans per tunnel [Units]	8	4	14	4	
Electric Power working per tunnel[KW] in same time	360	180	630	180	
Required fans including 2 spare for tunnel [Units]	10	6	16	6	
Required fans including 2 spare for both tunnels[Units]	20	12	32	12	76
Electric Power Required for both tunnels[KW]	900	540	1440	540	3420

❖ אוורור המנהרה ייעשה באופן טבעי עקב הפרש הגובה במנהרות בין המערב לבין המזרח אשר מייצר אפקט תרמי עקב עליה או ירידת טמפרטורה פנימית וחיצונית של המנהרה בהתאם לעונה וטמפרטורת קירות המנהרה.

❖ במהלך פעולה רגילה של הרכבת, המנהרות יאווררו באופן טבעי על ידי אפקט הבוכנה שנוצר על ידי הרכבת תוך כדי תנועה לאורך המנהרה, האוויר ישוחרר באופן טבעי דרך המנהרה.

❖ במקרה של שריפה, כבירת מחדל, **JET FANS** יפעלו באופן אוטומטי על ידי מערכת גילוי אש/עשן בהתאם לכיוון נסיעת הרכבת במנהרה.

❖ במקרה של שריפה במנהרה, כוחות הכיבוי יכולים להשתלט על פעולת **JET FANS** באמצעות לוחות בקרת הכיבוי בכל אחד מהמעברים. פאנל כבאים מיידע את הכבאים על המיקום של המערכת הכוללת, ומאפשר להם לעקוף את מערכת בקרה כיבוי אש ולהפסיק או להפעיל את **JET FANS** בהתאם להחלטה של כבאי. במהלך האירוע אין לכבות את מערכת פינוי עשן או להגדיר אותה מחדש עד להערכת סיכונים וההשלכות המלאות של פעולות אלה לציבור ולכוח כבאים.

פינוי עשן באירוע אש/ עשן במנהרות רכבת 1-3A

1. במצב אירוע אש/עשן בעצירת הרכבת באחד ממנהרות 1-3A דרומה או צפונה, צוות הרכבת מורה לנוסעים לצאת מהרכבת ולהמשיך לכיוון מנהרות מילוט. העשן זורם לכיוון תנועת הרכבת והנוסעים מפונים לכיוון הנגדי.
2. סיבים אופטיים מזהים את עלית הטמפרטורה ומפוחי שחרור עשן נכנסים לפעולה בהתאם לתכנית פינוי עשן בהתייחסות לכיוון נסיעה הרכבת במנהרה.
3. מפוחי שחרור עשן במנהרה בוערת יפעלו בהשהיה של 5 שניות בין כל מפוח ו"ידחפו" את העשן לכיוון נסיעת הרכבת במנהרה.
- (a) גילוי אש במנהרה על ידי כבל סיב אופטי (על ידי שינוי טמפרטורה) באמצעות מערכת אזעקת אש, מפעילים את מפוחי שחרור עשן במנהרה לכיוון נסיעת הרכבת, המפוחים הקרובים לדלת המילוט, יופעלו כדי להרחיק את הלהבות ממסדרון המילוט. **JET FANS** שנמצאים מעל או קרוב למקום אירוע האש לא יופעלו וישמשו ליתירות.
4. **JET FANS** במנהרה הנקייה מופעלים בכיוון נגדי למפוחים במנהרה עם אירוע כדי ליצור על לחץ במנהרה הנקייה, ומניעת מי עשן להיכנס למנהרות המחוברות, המשמשות לפינוי. לאחר 180 שניות, מספר **JET FANS** המופעלים במנהרה הנקייה מצטמצמים ל- 2 מפוחים. שני מפוחים אלה מספיקים כדי לשמור על מהירות האוויר של 1 מטר/ שנייה במנהרה נקייה, ולמנוע חדירת עשן דרך המנהרה המחוברות בין המנהרה הנקייה למקרה.



תודה על ההקשבה

