

מנהור: מנהרות לרכב - תפעול - אספקת חשמל

Tunneling: Road tunnels - Operations - Electricity supply

*מסמך זה הוא הצעה בלבד
לביקורת ציבורית*

תקן זה הוכן על ידי ועדת המומחים 830201 – אספקת חשמל במנהרות לתחבורה, בהרכב זה:
אופיר ברגר (יו"ר), דוד ברהום, עמית גולדמן, גבריאל לוי, שרון נעים, אמנון שוסטק

כמו כן תרמו להכנת התקן חנוך גל, אדם וולסקי, גיל שועה, Benno Ring, Markus Thewes ו-Goetz Vollmann.

תקן זה אושר על ידי הוועדה הטכנית 8302 – מערכות למנהרות לתחבורה, בהרכב זה:

- | | |
|--------------------------|---|
| - נטלי אבן, מלכיאל חגיבי | - איגוד לשכות המסחר |
| - לירון גבע, ירמי לימור | - התאחדות התעשיינים בישראל |
| - יעל גואל, יהודה רודל | - מהנדסים/אדריכלים/טכנולוגים |
| - נחום הנדלסמן | - מכון התקנים הישראלי – אתר התעשייה |
| - פיליפ פראן | - משרד התחבורה והבטיחות בדרכים |
| - חיים תמס | - נציבות הכבאות וההצלה |
| - אריק אבוטבול (ס' יו"ר) | - נתיבי ישראל – החברה הלאומית לתשתיות לתחבורה |
| - גבריאל לוי | - בע"מ |
| | - רשות ההסתדרות לצרכנות |

יצחק אקרמן ריכז את עבודת הכנת התקן.

התחבורה

מילות מפתח:

מנהור, מנהרות, אספקת חשמל, מערכות כוח חשמלי, מערכות אל-פסק, הארקה, הגנה מפני ברקים.

Descriptors:

tunneling, tunnels, electricity supply, electric power systems, uninterruptible power systems, earthing, lightning protection.

עדכניות התקן

התקנים הישראליים עומדים לבדיקה מזמן לזמן, ולפחות אחת לחמש שנים, כדי להתאימם להתפתחות המדע והטכנולוגיה. המשתמשים בתקנים יוודאו שבידיהם המהדורה המעודכנת של התקן על גיליונות התיקון שלו. מסמך המתפרסם ברשומות כגיליון תיקון, יכול להיות גיליון תיקון נפרד או תיקון המשולב בתקן.

תוקף התקן

תקן ישראלי על עדכוניו נכנס לתוקף החל ממועד פרסומו ברשומות. יש לבדוק אם התקן רשמי או אם חלקים ממנו רשמיים. תקן רשמי או גיליון תיקון רשמי (במלואם או בחלקם) נכנסים לתוקף 60 יום מפרסום ההודעה ברשומות, אלא אם בהודעה נקבע מועד מאוחר יותר לכניסה לתוקף.



סימון בתו תקן

כל המייצר מוצר, המתאים לדרישות התקנים הישראליים החלים עליו, רשאי, לפי היתר ממכון התקנים הישראלי, לסמנו בתו תקן:

זכויות יוצרים

© אין לצלם, להעתיק או לפרסם, בכל אמצעי שהוא, תקן זה או קטעים ממנו, ללא רשות מראש ובכתב ממכון התקנים הישראלי.

הקדמה

תקן זה מבוסס על הנחיות רשות הכבישים הפדרלית הגרמנית, RABT משנת 2016, סעיפים 9.2 ו-4.9.

תקן זה הוא חלק בסדרת תקנים הדנים במערכות למנהרות לרכב.

חלקי הסדרה הם אלה:

ת"י 5827 חלק 1.2	- מנהור: מנהרות לרכב – תפעול – אספקת חשמל
ת"י 5827 חלק 8.2	- מנהור: מנהרות לרכב – תפעול – מערכות תקשורת
ת"י 5827 חלק 9.2	- מנהור: מנהרות לרכב – תפעול – מערכות גילוי אש
ת"י 5827 חלק 10.2	- מנהור: מנהרות לרכב – תפעול – מערכות מעקב
ת"י 5827 חלק 11.2	- מנהור: מנהרות לרכב – תפעול – מרכז בקרה כללית
ת"י 5827 חלק 12.21	- מנהור: מנהרות לרכב – תפעול – מדריך לתאורה של מנהרות רכב ושל מעברים תחתיים לרכב
ת"י 5827 חלק 12.22	- מנהור: מנהרות לרכב – תפעול – תאורת חירום במנהרות רכב

1. חלות התקן

תקן זה קובע את הדרישות לתכן, לתכנון ולפריסה של מרכיבי מערכת אספקת החשמל במנהרות לרכב, כך שתושג אספקת חשמל קבועה לכל מערכות הבטיחות הטכניות. נוסף על כך התקן מציין הנחות בסיסיות שהמתכנן נדרש להביא בחשבון בעת תכנון מערכת אספקת חשמל בחירום.

2. אזכורים נורמטיביים

תקנים ומסמכים המוזכרים בתקן זה (תקנים ומסמכים לא מתוארכים - מהדורתם האחרונה היא הקובעת):

תקנים ישראליים

ת"י 1173 חלק 1	- מערכת הגנה מפני ברקים למבנים ולמתקנים: מערכת הגנה חיצונית
ת"י 5827 חלק 12.21	- מנהור: מנהרות לרכב – תפעול – מדריך לתאורה של מנהרות רכב ושל מעברים תחתיים לרכב
ת"י 50541 חלק 1	- שנאי חלוקה תלת-מופעיים מטיפוס יבש לתדר 50 הרץ, בעלי הספק מ-100 קו"א עד 3150 קו"א, לשימוש עבור ציוד במתח שאינו גדול מ-36 ק"ו: יעילות אנרגטית וסימון
ת"י 61439 (כל החלקים)	- לוחות מיתוג ובקרה למתח נמוך

חוקים, תקנות ומסמכים ישראליים

חוק החשמל, התשי"ד-1954, על תקנותיו ועדכוניהם

תקנים בין-לאומיים

IEC 62271 (all parts)¹ - High-voltage switchgear and controlgear

¹ תקן הישראלי ת"י 62271 חלק 20.9 אימץ כלשונו, למעט שינויים ותוספות המצוינים בו, חלק 209 בלבד של סדרת התקנים הבין-לאומיים IEC 62271.

- IEC 62305 (all parts) - Protection against lightning
- IEC 60364-4-44 - Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances

3. אספקת חשמל

3.1 כללי

אספקת האנרגייה לציוד התפעול ולציוד הבטיחות שמשתמשים בהם במנהרה תאפשר את הפעילות הרציפה של הציוד ללא הפרעות או שיבושים. כדי לאפשר זאת וכדי להבטיח רמה גבוהה של אמינות האספקה, תתוכנן אספקת החשמל בהתאם לדרישות התנועה במנהרה ולדרישות בטיחות המשתמשים במנהרה.

ככל שהדבר אפשרי, תמוקם מערכת אספקת החשמל בקרבת אזורי העומס. בשלבי התכנון והתכן יובאו בחשבון ההיבטים המפורטים להלן תוך התייעצות עם מפעיל רשת החשמל:

- (א) תיאום חיבור החשמל לרשת הארצית;
 - (ב) סוג הזינה הנדרשת (כגון מתח גבוה או נמוך);
 - (ג) הסידור במרחב של לוחות החשמל המקומיים ומאפייניהם.
- היבטים אלה יובאו בחשבון בהתייחסות לניהול ההתקנים ולתחזוקתם, וכמו כן בנוגע לגבול השטח ולדרישות התחזוקה של המתקן.

3.2 חיבור מרכזי או/וגם מקור זינה חשמלי למנהרה

סוג הזינה תלוי בגודל החיבור הנדרש כמוגדר בתכן המנהרה.
סוג הזינה ייקבע בהסכמה עם מפעיל רשת החשמל.
בטבלה 1 מוגדרות הדרישות למקורות הזינה עבור מנהרה לרכב.

טבלה 1 - דרישות אספקת חשמל

אורך המנהרה			מקור הזינה
יותר מ-1000 מ' עם אורור מאולץ	עד 1000 מ' עם אורור מאולץ	עד 1000 מ' ללא אורור מאולץ	
לא רלוונטי	✓	✓	חיבור יחיד מרשת החשמל
✓	לא נדרש	לא נדרש	שני חיבורים מרשת החשמל משני שנאים שונים
N	N+1	N	מספר מחוללי הגיבוי
N – מספר המחוללים הדרושים לעומס לפי התכן.			

הערה:

שני שנאים שונים מתחנת משנה אחת נחשבים שני מקורות זינה שונים. מתחי האספקה השונים יהיו בהתאם לכללי האספקה של ספק החשמל.

3.3 מערכות למתח גבוה

יש להשתמש בלוחות מיתוג עמידים בקשת (arc-proof) שהורכבו במפעל לפי סדרת התקנים הבין-לאומיים IEC 62271¹, להזנת מתקני חשמל.

המתקן יתאים בגודל החיבור ובנתוני השנאים לעומסים בפועל ובהתאם למקדם הבו-זמניות (simultaneity factor) ומקדם השימוש (demand factor). היתירות בציווד המתח הגבוה ובשנאים תיקבע בהתאם למספר חיבורי החשמל במתח גבוה ובהתאם לשיטת ההזנה לציווד שבמנהרה.

שנאים המותקנים בתוך המנהרה יהיו שנאים יבשים המצוידים בחיישני טמפרטורה (PT100), יהיו מטיפוס דל הפסדים מאוד (very low losses) כמפורט בתקן הישראלי ת"י 50541 חלק 1 (AoAk) ויותקנו בחדרים מופרדי אש וממוזגי אוויר עם רמת יתירות בהתאם לתכן.

שנאים המותקנים מחוץ למנהרה או בפתחי המנהרה יהיו שנאי שמן בכפוף למגבלות הבטיחות שייקבעו בתכן, יהיו מצוידים ביחידת בקרה מסוג DGPT (Detection Gas, Pressure, Temperature) - חיישני גז, לחץ וטמפרטורה) ויהיו מטיפוס דל הפסדים מאוד (very low losses) כמפורט בת"י 50541 (AoAk). החיוויים מהשנאים יועברו אל לוחות הגנות שנאי לצורך התרעות וניתוקים במתח גבוה. כל החיוויים המתקבלים במערכת אספקת החשמל במתח הגבוה יועברו אל מרכז התפעול ויוצגו במערכת הבקרה של המנהרה.

3.4 מערכות למתח נמוך

לוחות מיתוג למתח נמוך נדרשים לצרכנים עבור החלוקה, המיתוג ומדידת החשמל. לוחות המיתוג ימוקמו בהתאם לאזורים השונים במנהרה עבור צרכני החשמל שבכל אזור. אספקת הכוח תיפרס כרשת TN-S. לוחות המיתוג יעמדו בדרישות התקן הישראלי ת"י 61439 על חלקיו הרלוונטיים. מיקומי לוחות המיתוג יתאימו למפל המתח ולתאימות (selectivity) מלוחות המיתוג למתח נמוך עד למשתמש הקצה בהתאם לדרישות חוק החשמל, התשי"ד-1954, על תקנותיו ועדכוניהם. מעגלי המיתוג יכללו אפשרות לקבלת סטטוס המעגלים ואפשרות שליטה ממרכז הבקרה (שו"ב) בהתאם לתכן החשמל של המנהרה. עומסי החשמל יהיו כמפורט להלן, לפי התנאים המקומיים (אורך הכבל, הספק הצרכן):

(א) מחוברים ישירות ללוחות הראשיים; או

(ב) מחוברים דרך לוחות משנה נוספים.

לוחות המיתוג במנהרה ימוקמו בחדרי חשמל ייעודיים העומדים בדרישות חוק החשמל, התשי"ד-1954, על תקנותיו ועדכוניהם. עם זאת, בהתאם לתכן המנהרה, ניתן למקם את לוחות המיתוג בגומחות מוגנות אש.

האספקה ללוחות המשנה תתוכנן כך, שבמקרה של תקלה יהיה כשל בקטע מנהרה שאינו גדול מ-150 מ'. אם נעשה שימוש במתנעים רכים, בממירי תדרים או במערכות אל-פסק (UPS - Uninterruptible Power Supply), או אם נעשה שימוש ברכיבים אלקטרוניים אחרים העשויים להשפיע על ההרמוניות ברשת, תיעשה בדיקת עיוות גל הסינוס באמצעות מדידת אנרגייה, ובהתאם לתוצאותיה ייעשו בקרה וויסות כדי לוודא יציבות של הרשת.

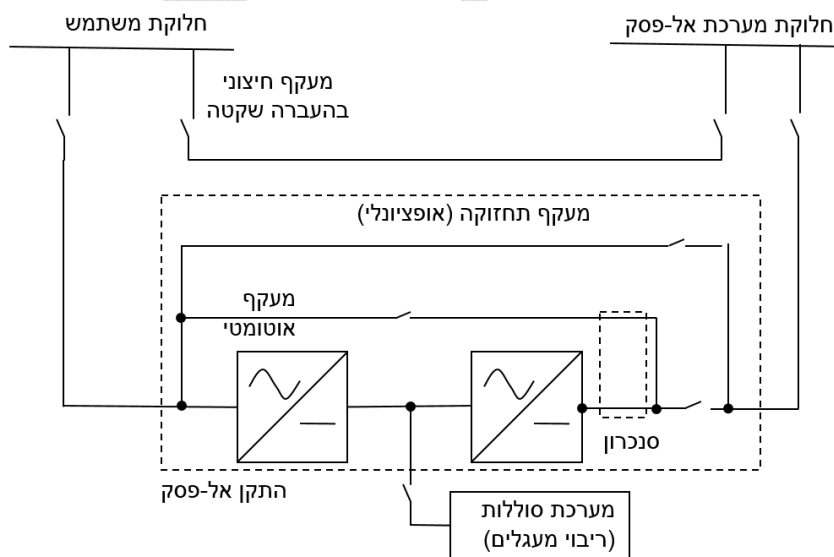
3.5 מערכת לתיקון מקדם הספק (כופל הספק)

רצוי שכל ההתקנים המחוברים יהיו בעלי תיקון עצמי של מקדם הספק 0.92 לפחות. אם מקדם ההספק קטן מ-0.92, נדרש לבצע תיקון של מקדם ההספק המרכזי. התכנון של מערכת מקדם ההספק יתבסס על תוצאות מדידת אנרגייה לאחר שהתקנת לוחות המיתוג למתח נמוך הסתיימה. ערכי הקבלים יתאימו לתכן המערכת.

3.6 מערכת אספקת חשמל לגיבוי (אל-פסק)

במקרה של כשל חשמלי תישמר רציפות אספקת הכוח לצרכנים שייקבעו בתכן מערכת האספקה באמצעות מערכת של ממיר סטטי וסוללה (מערכת אל-פסק סטטית) בעלת הזנה כפולה מקוונת (ON-LINE). מידות מערכת האל-פסק יביאו בחשבון את דרישות הביצועים של כל ההתקנים הרלוונטיים לבטיחות במקרה של כשל חשמלי. יובא בחשבון זמן פעולה של 5 דקות לפחות עבור המערכות והציוד המפורטים להלן:

- (א) התקן הכוונה (אלמנטים לסימון המאירים מעצמם);
 - (ב) ציוד תקשורת הכולל ציוד רדיו, ציוד חוּזי, מערכת רמקולים, ציוד לטלפון חירום;
 - (ג) מערכת לגילוי אש;
 - (ד) התקני מדידה רלוונטיים לבטיחות;
 - (ה) מערכות לניהול התנועה בתוך המנהרה ובדרכי הגישה למנהרה, הנחוצות להשבתת המנהרה (כגון שלטים, מחסומים, מצלמות);
 - (ו) מערכות יישור לבקרה ולאוטומציה;
 - (ז) מערכת בזק (Telecommunication);
 - (ח) תאורת לילה של הכביש (ראו בתקן הישראלי ת"י 5827 חלק 12.21).
- סימון נתיב המילוט, אורות התמצאות, מסגרות תאורה סביב יציאות החירום, אורות מהבהבים, שלטי מילוט ותאורת חירום, תאורת נתיבי המילוט, תאורת החדרים הטכניים (לפחות מנורה אחת לכל חדר) – זמן הגיבוי הנדרש הוא 90 דקות.
- מערכות שאינן מוזנות בחשמל ממערכת אל-פסק הן מערכות אוורור, מערכות תאורת יום של הכביש ומערכות שאיבה.
- נוסף על מעגל המעקף הפנימי של מערכות אל-פסק, יותקן בלוחות המיתוג למתח נמוך מעגלי מעקף ידני חיצוני בפיקוד בהעברה שקטה, כך שיהיה אפשר לנתק את מערכת האל-פסק לחלוטין (ראו ציור 1) לצורך פעולות תחזוקה.



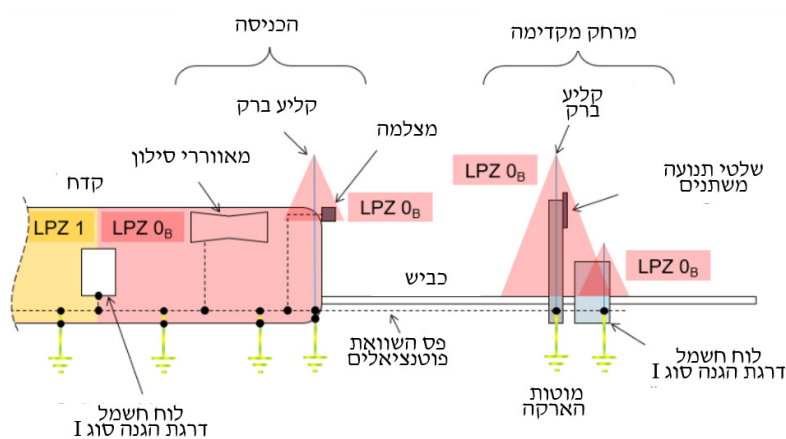
ציור 1 - דיאגרמה סכמטית של מתגים ומעגלים למעקף חיצוני של מערכת האל-פסק

4.1 כללי

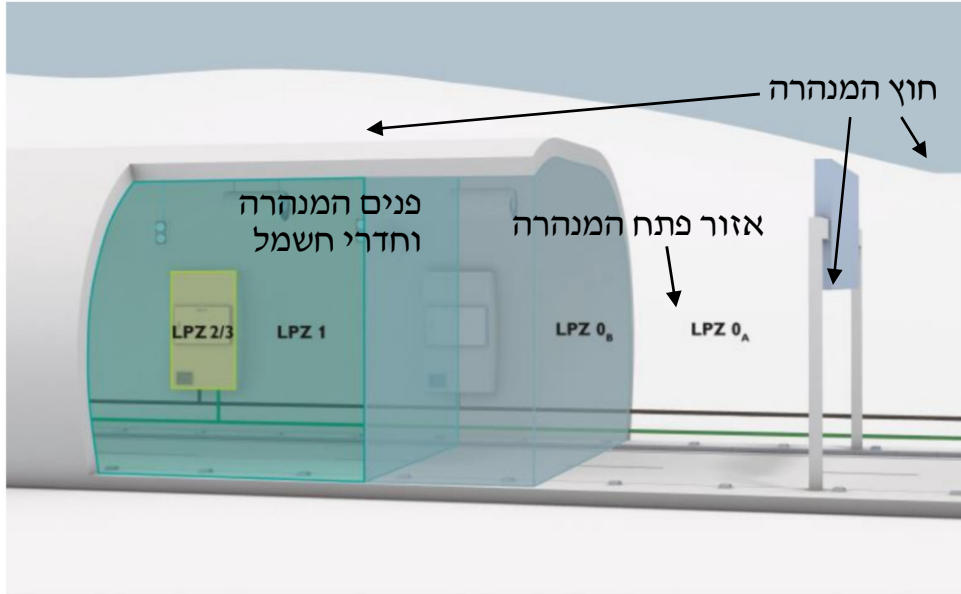
ההתייחסות המיוחדת למנהרות בנושא זה נובעת מהעובדה, שלעיתים המנהרה ממוקמת באזור הררי או/וגם אזור בעל התנגדות קרקע גבוהה כך שלא ניתן לפזר את הנחשול החשמלי באופן יעיל לפוטנציאל האדמה.
ברק הפוגע בקרבת המנהרה או באלמנט מתכתי המחובר למנהרה, עלול להגיע למערכות בתוך המנהרה.

4.2 דרישות

- 4.2.1 הארקות המתקן יהיו לפי חוק החשמל, התשי"ד-1954, על תקנותיו ועדכוניהם.
- 4.2.2 יסופקו הגנה מתאימה מפני מתח-יתר והגנה מתאימה מפני נחשולי ברקים לפי התקן הישראלי ת"י 1173 חלק 1 עבור כל רכיבי המערכת, לרבות גבולות המנהרה.
- 4.2.3 תיעשה הערכת סיכונים לפי ת"י 1173 חלק 1, ובעקבותיה ייקבעו האמצעים שיש לנקוט להגנה אפקטיבית מפני ברקים. עבור מבנה תפעולי מעל פני השטח תתוכנן הגנה לפי ת"י 1173 חלק 1.
- 4.2.4 מערכת פיזור הזרמים הנובעים מפגיעות ברק (ישירות ועקיפות) תתוכנן בהקפדה, כך שציוד חשמלי לא ייפגע ושהכוחות האלקטרומגנטיים לא יפגמו בבטון או במערכות אחרות.
- 4.2.5 אזורי ההגנה מפני ברקים (LPZ - Lightning Protection Zone) וההגנה מפני מתח-יתר עבור הציוד (LPZ 2/LPZ 3) יתוכננו לפי התקן הבין-לאומי IEC 62305 על כל חלקיו ויובאו בחשבון בשלב מוקדם של התכנון המבני (ראו ציורים 2, 3 ו-4).
- 4.2.6 תכנון אזורי ההגנה מפני ברקים (LPZ) יאפשר הרחבה והוספת מיגון עתידיים. מרכז התפעול, הבניינים הנלווים והמנהרה ייחשבו כאותו אזור הגנה מפני ברקים.
- 4.2.7 יש להביא בחשבון אמצעי הגנה מתאימים לכל האלמנטים המתכתיים, כגון שנאים, לוחות חלוקה, מכשור, ואף למשטחי הליכה ולאמצעי תמיכה העשויים לבוא במגע ישיר עם גוף האדם (כגון צנרת מתכת, סולמות, מוטות בטיחות, פתחים).
- 4.2.8 מיגון מתאים לציוד השונה LPZ 2/LPZ 3 וציוד רגיש יתוכנן לפי IEC 60364-4-44 או לפי תקן שקיל.
- 4.2.9 דרישות האזורים בשלב מוקדם של התכן, ותינתן תשומת לב לרכיבים במעברים, בחדרי אנרגייה, במרכז בקרה וכדומה.

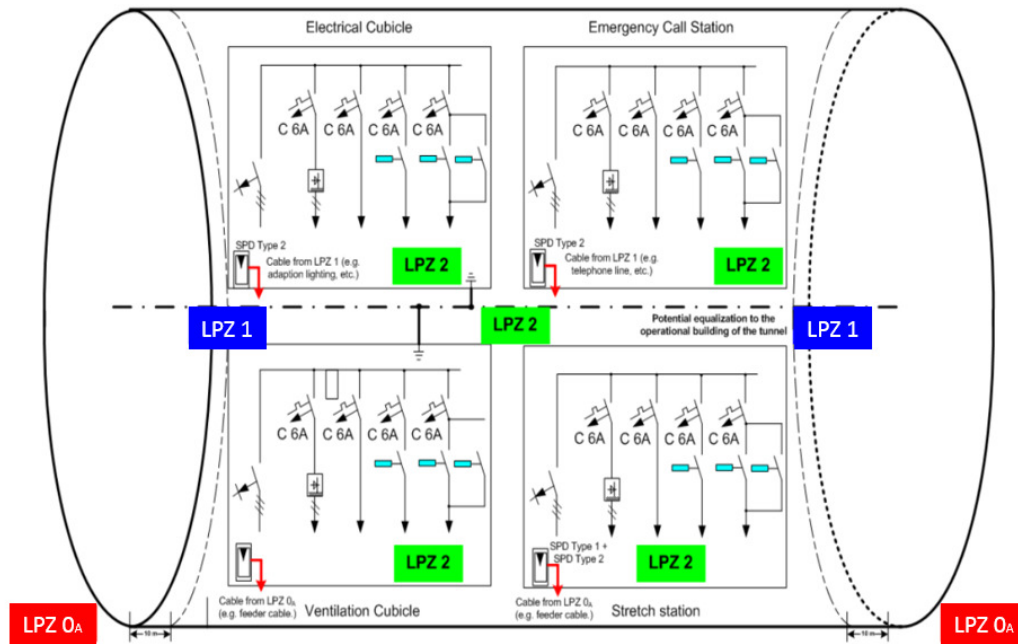


ציור 2 - דיאגרמה כללית לתיאור חלוקת אזורי ההגנה מפני ברקים



ציור 3 - תיאור חלוקת אזורי ההגנה מפני ברקים, לרבות התייחסות ללוחות החשמל

קדח המנהרה



ציור 4 - תיאור חלוקת אזורי ההגנה מפני ברקים בתוך מנהרה

4.3 אופן התקנה של אמצעי ההגנה מפני ברקים

אופן ההתקנה של המוליכים השונים (בעזרת כיפופים, תומכים או מהדקים) יהיה לפי התקן הבין-לאומי IEC 62305.