



מפרט כללי להצבה ואחזקה של רמזורים

פרק 7: כרטיס הגלאי האלקטרומגנטי
והלולאות

מבוסס על תקנים ומפרטים בינלאומיים

מהדורה 1.1

אייר תשפ"ו – אפריל 2026

הוועדה הבין-משרדית להתקני תנועה ובטיחות
במינוי המנהל הכללי של משרד התחבורה

מפרט כללי להצבה ואחזקה של רמזורים

פרק 7: כרטיס גלאי אלקטרומגנטי ולולאות –

מהדורה 1.1 – אפריל 2026

הוכן על ידי: שמואל צירקל ויובל בלום

בליווי: ישעיהו רונן

בליווי הוועדה הבין-משרדית לבחינת התקני תנועה ובטיחות, במינוי מנכ"ל משרד התחבורה והבטיחות בדרכים.

הרכב הוועדה:

- | | | |
|--|---|--|
| - אינג' אלה פונאמרב | - | אגף בכיר תכנון תחבורתי, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים – יו"ר הוועדה |
| - אינג' בוריס רוזנברג, גב' רויטל לוי (מ"מ) | - | חב' "נתיבי ישראל" בע"מ |
| - ד"ר אדי בנדיט, אינג' אורנה מוזס (מ"מ) | - | חב' "חוצה ישראל" בע"מ |
| - אינג' נועם יהלום | - | חב' "דרך ארץ" בע"מ |
| - אינג' רביבה אנוקוב | - | חב' "נתיבי היובל" בע"מ |
| - אינג' אריק פולונסקי, אינג' טל לוי | - | חב' "נתיבי איילון" בע"מ |
| - אינג' ראיד קבלאן | - | חב' "דרך הצפון" בע"מ |
| - אינג' עינת פלדמן | - | חב' "נת"ע" בע"מ |
| - סנ"צ אינג' שלמה לוז, | - | |
| רפ"ק אינג' אנטולי מדניקוב (מ"מ) | - | אגף התנועה, משטרת ישראל |
| - אינג' גיא שכטר | - | מהנדס אחזקה ראשי, רכבת ישראל |
| - אינג' רחלי בורד-עדן | - | משרד הביטחון |
| - אינג' רן מצקין | - | אגף התנועה, עיריית ת"א |
| - אינג' טל חובב | - | עיריית חולון |
| - אינג' דמיטרי שנדיבין | - | עיריית אשדוד |
| - אינג' ודים קוזלוב | - | עיריית ראשון לציון |
| - אינג' צבי דקל | - | עיריית ירושלים |
| - אינג' אורית מרץ | - | עיריית חיפה |
| - אינג' יותם לוי | - | כביש 6 צפון |
| - אינג' טופז פלד | - | הרלב"ד |
| - פרופ' שלום הקרט, ד"ר בני פרישר, | - | |
| ד"ר ויקטוריה גיטלמן, אינג' אדריאן קוטרש | - | |
| אינג' יובל בלום, ד"ר קרולין מטר, | - | |
| אינג' ישעיהו רונן | - | יועצים מקצועיים לוועדה |
| - אינג' סול לוקסנבורג | - | חב' 'אשד' |
| - גב' תמי קובינסון | - | חב' 'אשד', מרכזת הוועדה |

הנדון: מפרט כללי להצבה ואחזקה של רמזורים,

פרק 7: כרטיס הגלאי האלקטרומגנטי והלולאות

תכנון והפעלה של רמזורים המופעלים ע"י התנועה נסמך על מידע שוטף בזמן אמת, ביחס לביקושים בנתיבי ההתקרבות אל הצומת. מידע זה מתקבל באמצעות **גלאים אלקטרומגנטיים** העושים שימוש בלולאות המוטמנות במיסעה כאמצעי חישה, לגילוי כלי-רכב. טכנולוגיה זו קיימת ונפוצה בארץ ובעולם, כבר מעל 60 שנה, בגלל האמינות, הדיוק, העמידות הפיסית, וכמעט ללא השפעה של מזג אוויר, תנאי סביבה, תנאי ראות, וכיו, בהשוואה לטכנולוגיות אחרות.

אנו עדים לניסיונות שונים להכניס לשימוש טכנולוגיות נוספות, בעיקר של **מצלמות וידאו**, אך הליך זה טרם הבשיל לכלל שימוש שוטף.

פרק 7 במפרט הכללי להצבה ואחזקה של רמזורים מגדיר את הדרישות מן הציוד לגילוי והלולאה, המיועדים להתקנה במסגרת התקנות רמזורים, עבור גילוי כלי-רכב.

הפרק מתבסס על הניסיון המצטבר בישראל, כמו גם משלב דרישות של 4 מסמכי מפרטים ותקנים בעולם.

הפרק כולל את הדרישות ל**כרטיס הגלאי** האלקטרומגנטי, שיאושר לשימוש בארץ, כאשר הדרישות ל**לולאה** מפורטות בנספחים לפרק זה.

כאמור, כלולים בפרק 7 שני **נספחים מחייבים**, ועל רשויות התימור המקומיות לפעול ע"פ הדרישות המפורטות בהם, כדלקמן:

- נספח א': "קווים מנחים להתקנת לולאות גלאים",
- נספח ב': "פירוט הבדיקות הנדרשות בעת הפעלת הגלאי באתר התקנתו".

פרק זה מחליף את המסמך: "מפרט כללי להצבה ואחזקה של רמזורים, פרק 7 – נספחים, נספח 7.4 ב': אפיון בדיקות גלאים, ונספח 7.4 ג': אפיון מבנה אתר הבדיקה של גלאים", משרד התחבורה, נובמבר 2009.

אני מקווה כי הדבר ישפר עוד את רמת הרימזור בישראל.

בברכה
ולדימיר סימון
המפקח הארצי על התעבורה



תוכן עניינים

1	הקדמה	1
2	7.1 תכולת ההנחיות במסמך	2
2	7.1.1 תכולת המפרט	2
3	7.1.2 מסמכים ישימים	3
4	7.1.3 הגדרות	4
9	7.1.4 הליך הבדיקה והאישור של כרטיס גלאי אלקטרומגנטי	9
10	7.1.5 הדרישות ממגיש הבקשה לאישור כרטיס גלאי אלקטרומגנטי חדש:	10
10	7.1.6 תכולת הבקשה לאישור כרטיס גלאי אלקטרומגנטי חדש:	10
12	7.2 הדרישות המכניות והפיזיות	12
12	7.2.1 דרישות ליצור	12
12	7.2.2 מידות כלליות	12
12	7.2.3 כיתוב וסימון	12
12	7.2.4 תיעוד ומידע נוסף	12
15	7.3 דרישות חשמליות	15
15	7.3.1 דרישות חשמליות ותנאי סביבה לתחום פעולה תקינה	15
16	7.3.2 הגנות ובטיחות חשמלית	16
16	7.3.3 תאימות אלקטרומגנטית	16
17	7.3.4 חיוויים חזותיים	17
17	7.3.5 מתגים ואמצעי כיוון וכיול ומחברים	17
18	7.3.6 דרישות זמינות ואמינות	18
19	7.4 הגדרת ביצועים תפעוליים	19
19	7.4.1 דרישות ביצועים בסיסיות	19
19	7.4.2 תחום ההשראות	19
20	7.4.3 ערך עירור מזערי	20
20	7.4.4 ערך ניחות מרבי לעירור	20
20	7.4.5 כיוון רגישות	20
20	7.4.6 זמן תגובה	20
20	7.4.7 זמן הכיבוי	20
21	7.4.8 משך ההתאוששות	21
21	7.4.9 פרמטרים של משך נוכחות	21
22	7.4.10 משך השתקה	22
22	7.4.11 הפעלת אות יציאה במשטר עבודה כגלאי מעבר (פולס)	22
22	7.4.12 מאפייני יציאות	22
23	7.4.13 פיצוי אוטומטי על סחיפה	23
23	7.4.14 חזרה לפעולה עם חידוש אספקת מתח או לאחר הפרעות למתח מסופק	23
23	7.4.15 התאוששות מהגדלת השראות	23
23	7.4.16 מצבי תקלה	23
24	7.4.17 הגנות מנחשול חשמלי והפרעות חשמליות	24
25	7.4.18 תחום תנאי הסביבה התפעוליים	25
25	7.4.19 הידוד (ערב דיבור) - Cross Talk	25
25	7.4.20 דלף חשמלי לאדמה	25
25	7.4.21 פעולת הגלאי בסביבת מתע"נ	25
26	7.5 דרישות נוספות למודול גלאים משולבים בבקר הרמזור	26
26	7.5.1 דרישות כלליות וקונפיגורציה כללית למערכת המשולבת	26
26	7.5.2 דרישות תפקודיות	26
29	7.5.3 ממשק משתמש	29
30	7.5.4 זיהוי אלקטרוני	30
31	7.5.5 ערוץ לביצוע אבחון (דיאגנוסטיקה)	31

7.6	סיכום דרישות טכניות ותפקודיות לגלאי	32
7.6.1	טבלת דרישות עבור הצהרה עצמית ולבדיקות	32
7.6.2	המסמכים הטכניים הנדרשים להגשה	38
	נספח א' - קווים מנחים להתקנת לולאות גלאים (נספח מחייב)	40
	נספח ב' - בדיקות מומלצות בעת הפעלת הגלאי באתר התקנתו (נספח מחייב)	63
	נספח ג' - גיאומטריה ותצורות אפשריות ללולאה (נספח למידע)	69
	נספח ד' - לולאות בתצורות מיוחדות והתקנתן לרכב דל מתכת ומתע"נ (נספח למידע)	76
	נספח ה' - הסבר לאופן ביצוע חישובי השראות לגלאים (נספח למידע)	80

בקרת מהדורות

מספר	מועד פרסום	
1	דצמבר 2024	מהדורה חדשה.
1.1	אפריל 2026	- עודכן סעיף "הקדמה", בהתייחס לסקר מסמכים בינלאומיים. - עודכן סעיף 7.1.3.31, בהתייחס לסיווג מתחי החשמל - הגדרת "מתח נמוך מאד". - עודכן סעיף 7.3.2.1, בהתייחס לדרישות חשמל - "מתח נמוך מאד" ע"פ חוק החשמל. - עודכן סעיף 7.3.2.2 – נרשם 60V במקום 70V. - עודכן סעיף 7.6.2 - המסמכים הטכניים הנדרשים להגשה - Required Technical Documents. - תיקונים קלים ותיקוני לשון וניסוח לאורך כל המסמך.

הקדמה

גלאים אלקטרומגנטיים העושים שימוש בגלאי לולאה במיסעה כאמצעי חישה, הינם טכנולוגיה קיימת ונפוצה בשימוש, בגרסאות יישום שונות בארץ ובעולם, עוד החל משנות השישים של המאה הקודמת. גלאים אלו הינם כיום הטכנולוגיה הנפוצה ביותר בישראל ובעולם לצרכי גילוי כלי רכב. הסיבות המרכזיות לכך הן כי ביחס לשיטות וטכנולוגיות גילוי אחרות, טכנולוגיה זו מתאפיינת באמינות ודיוק גילוי גבוה יחסית, בחסינות פיזית משמעותית, וכמעט ללא השפעה של תנאי מזג אוויר, תנאי סביבה, תנאי ראות וכד'.

מפרט זה מגדיר את הדרישות מציד גילוי והלולאה, המיועדים בעיקר להתקנה במסגרת התקנות רמזורים, **עבור כלי רכב בלבד, ולא עבור תחבורה מסילתית**.

המפרט מתבסס על הניסיון הקיים בישראל, ועל סקר מקיף וניתוח של ניסיון ודרישות במסמכים בינלאומיים, כגון:

- מפרט ביצועים בריטי לציד תת-קרקעי לגילוי רכב TR 2512 A – 2014,
- תקן אוסטרלי לגלאי כלי רכב AS 2703 – דצמבר 2008,
- תקן אמריקאי לציד בקרת תנועה NEMA TS 2-2003
- מדריך אמריקאי לגלאי תנועה, **FHWA-HRT-06-139**, אוקטובר 2006.

המפרט מתייחס בעיקרו לציד אלקטרוני המשמש לבקרת תנועה ברמזורים ולמערכות ספירת תנועת כלי רכב. הציד אליו מתייחס המפרט עושה שימוש בלולאות השראיות המותקנות בתוך המיסעה כאמצעי חישה, על מנת לשמש את מערכת הגילוי של כלי הרכב. במידה רבה מאפייני איכות ואמינות הגילוי, ובכללם החסינות בפני השפעות שונות, נקבעים על ידי תצורת הלולאה, איכות מרכיביה ואופן התקנתה. לכן בנוסף לדרישות לציד האלקטרוני, יפורטו במפרט זה הדרישות בנוגע לכבלי הלולאה, ואופן התקנת הלולאה ותצורתה.

הדרישות המפורטות בסעיף 7.4 במפרט זה, נוסחו כך שניתן יהיה להתייחס בנפרד לגלאי רכב עצמם (הציד האלקטרוני) לעומת התקנים נכללים, המשמשים את מערכת הגילוי בכללותה (כדוגמת הלולאה, החיבור לבקר הרמזור וכיו"ב).

דרישות פרטניות להתקנת לולאות גלאים ובדיקתן מובאות בנספחים למסמך:

- **נספח א'** כולל קווים מנחים להתקנת לולאות גלאים.
- **נספח ב'** כולל את פירוט הבדיקות הנדרשות בעת הפעלת הגלאי באתר התקנתו.

נספחים א' ו- ב' אינם חלק מתהליך האישור של כרטיס הגלאי האלקטרומגנטי.

ההנחיות במפרט זה מתייחסות למספר סוגי גלאים וצידם הכוללים:

- גלאי רכב אשר הינם גלאים המשולבים בבקר הרמזור,
- גלאים חד ו/או רב ערוצים עצמאיים / נפרדים, הניתנים להתקנה נפרדת במכלול / מארז כרטיסים נפרד בארון הבקר, או לכל צורך אחר לבקרת תנועה.

בכל מקום במפרט או בנספחיו בו מופיעה המילה "**הנחיה**" - משמעותה דרישת מפרט מחייבת, ואילו בכל מקום בו מופיעה המילה "**לידיעה**" משמעותה היא מידע לא מחייב, הניתן כסיוע להנחיות במפרט ואינו מחייב.

סעיפים 7.1-7.6 בגוף המסמך כוללים דרישות מפורטות המחייבות לצורך אישור כרטיס הגלאי האלקטרומגנטי.

נספחים א' ו- ב' כוללים דרישות מפורטות המחייבות לעניין התקנת לולאות גלאים.

נספחים ג-ה כוללים מידע עזר לידיעה. מידע זה אינו חלק מתהליך אישור כרטיס הגלאי האלקטרומגנטי, ואינו מהווה הנחייה מחייבת.

סעיף 7.6 - סיכום דרישות טכניות ותפקודיות לגלאי - מובא באנגלית, שכן הוא מיועד ליצרן המקורי של הגלאי ולמעבדה המוכרת, שברוב המקרים אינם דוברים עברית.

מהדורה 1.1 זו מבטלת ומחליפה את מהדורה 1.0.

7.1 תכולת ההנחיות במסמך

7.1.1 תכולת המפרט

מפרט זה מגדיר את דרישות התכנון, הבניה, היצור והביצועים הנדרשים מגלאי רכב אלקטרומוגנטיים מבוססי לולאה. ניתן לתכנן גלאים אלו לפעול גם עבור גילוי רכב תאומי – BRT.

סוגי הגלאים הכלולים במפרט זה הם:

- **גלאי עצמאי, הניתן להתקנה נפרדת בארון נפרד - Stand-Alone Detector**
- **גלאי עצמאי, הניתן להתקנה נפרדת במכלול / מארז כרטיסים נפרד בארון בקר הרמזור, ואינו משולב בבקר הרמזור**
Non-Integrated Detector Installed in a Traffic Signal Controller (TSC) Rack
- **גלאי רכב המותקן בבקר הרמזור כיחידה משולבת, המכונה גלאי משולב בבקר הרמזור**
Integrated Detector in a Traffic Signal Controller (TSC)

בנוסף, המפרט מתאר את העקרונות המנחים להתקנת גלאי לולאה במיסעות, ואופן ביצוע חישובים שונים המהווים מדדים כמותיים לבקרת האיכות של התקנת הלולאות ואמינותן.

הערה: ראו פירוט בסעיף 7.6 בהתייחס למסמכים ואסמכתאות הנדרשים להגשה במסגרת ההליך לאישור עמידת הגלאי בתנאים ע"פ מפרט זה.

7.1.2 מסמכים ישימים

להלן פירוט התקנים (ישראליים ובינלאומיים) הישימים לעמידה בדרישות מפרט זה:

מס'	מסמך	תיאור המסמך
1	ת"י 60529 מחליף את EN 60529	Specification for degrees of protection by enclosures (IP Code)
2	ת"י 62368-1 מחליף את EN 60950-1	Audio/video, information and communication technology equipment: safety requirements
3	סדרת ת"י 61008 מחליף את סדרת EN 61008	מפסקי מגן הפועלים בזרם שיורי (זרם דלף) ללא שילוב הגנה מפני זרם יתר, המיועדים לשימוש ביתי ולשימושים דומים: דרישות כלליות
4	סדרת ת"י 61009 מחליף את סדרת EN 61009	מפסקי מגן הפועלים בזרם שיורי (זרם דלף) בשילוב הגנה מפני זרם יתר (מפסקי מגן משולבים), המיועדים לשימוש ביתי ולשימושים דומים: דרישות כלליות
5	ת"י 9001 מחליף את EN ISO 9001:2008	התקן מגדיר דרישות למערכת ניהול איכות
6	חוק החשמל ותקנותיו, ובפרט תקנות החשמל (מתקני חשמל לתמרורי הוריה [רמזורים] במתח שאינו עולה על מתח נמוך) התשס"א – 2001	
7	ANSI/NEMA TS1, Part 15	Defines traffic-signaling equipment used to facilitate and expedite the safe movement of vehicular and pedestrian traffic
8	DIN 41612 Type B	Standard specify connectors, board-to-board connector
9	TS EN 50293 – Road Traffic Signal Systems TS EN 61000-6-1 to TS EN 61000-6-4	Electromagnetic Compatibility - Road Traffic Signal Systems Electromagnetic Compatibility (EMC) - Immunity requirements applies to electrical and electronic equipment intended for use in residential, commercial, public and light industrial environment
10	ETSI EN 300 220-1 ETSI EN 300 330-1	Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Short Range Devices (SRD); Radio equipment in the frequency range 9 kHz to 25 MHz and inductive loop systems in the frequency range 9 kHz to 30 MHz Part 2: Harmonized EN under article 3.2 of the R&TTE Directive

7.1.3 הגדרות

לצרכי מפרט זה ההגדרות בהמשך תקפות.

7.1.3.1	עירור (Actuation)	שינוי (ניחות / הפחתה) בערך ההשראות המחוברת להדקי המבואות ביחידת הגלאי, אשר נגרמת בדרך כלל ע"י תנועה או נוכחות של כלי רכב מעל לולאת הגלאי (באזור הגילוי).
7.1.3.2	קצב גילוי (Counting Rate)	מספר העירורים הרציפים לשנייה הניתנים לגילוי נפרד ע"י יחידת גלאי.
7.1.3.3	אזור גילוי (Detection Zone)	שדה ההשפעה המשוך ללולאת הגלאי, אשר נוכחות כלי רכב בתחומו תגרום לעירור הגלאי. הערה: היחס שבין תחום אזור הגילוי לבין גודל הלולאה מותנה במספר משתנים וביניהם: צורת הלולאה, סוג כלי הרכב הנדרש לגילוי, ו/או הימצאות רשת מתכתית לחיזוק מבנה המיסעה ו/או אדני מסילה מתכתיים בסמיכות קרובה ללולאה. כהנחיה יש לשמור טווח הגדול מ-20 ס"מ בין קצות הלולאה לבין אדני המתכת של המסילה.
7.1.3.4	כבל מוביל (Feeder Cable)	הכבל המחובר בין הכרטיס האלקטרוני של יחידת הגלאי לבין הלולאה/ות במיסעה המשמשות אותה לצורך הגילוי. כהנחיה, נדרש כי כבל זה יהיה בעל זוג גידים בשטח חתך של לפחות 14 AWG שזור, כאשר הגידים יהיו מפותלים ב-20 פיתולים למטר לפחות ובעל מעטה מסוכך.
7.1.3.5	כבל לולאה (Loop Cable)	פתיל כבל בעל גיד חשמלי אחד המשמש לליפוף הסליל של הלולאה. כהנחיה, כבל זה יהיה בעל שטח חתך של לפחות 16 AWG, מומלץ להשתמש בכבל בעל שטח חתך של 14 AWG.
7.1.3.6	זנב הלולאה (Feeder Loop Tail)	מפגש פתיל גיד הכניסה לסליל הלולאה עם פתיל גיד היציאה מסליל הלולאה, אשר מיועד לחיבור סליל הלולאה אל הכבל המוביל. כהנחיה, יש לשזור / לפתל זוג גידים זה ב-20 פיתולים למטר לפחות, וכן מומלץ להקפיד כי אורכו המרבי של זנב הלולאה לא יעלה על 15 מטר.
7.1.3.7	גלאי עצמאי (Stand-Alone Detector)	יחידת גלאי אחת או יותר המחוברת ונכללת בתוך מארז נפרד (הכולל מארז כרטיסי גלאי וספק כוח נפרד), המיועד לשמש את צרכי מעגלי הגילוי. יחידת הגלאי לא מיועדת להתקנה במסד כרטיסים.
7.1.3.8	השראות תחילית (Initial Inductance)	ערך ההשראות המשוך ללולאת הגלאי כאשר אין כלי רכב נוכח בתחום אזור הגילוי של הלולאה. ערך ההשראות מבוסס ביחידות השראות "מיקרו-הנרי" (μH). לידיעה: בד"כ טווח תחום ההשראות של לולאות גלאי המיועדות לגילוי כלי רכב יהיה לפחות בתחום 50 עד μH 1,000.

7.1.3.9	גלאי משולב (Integrated Detector)	יחידת גלאי כלי-רכב המשולב בבקר הרמזור, ומופעל כאחת מהפעילויות המוכללות בתוך יחידות מכלול מסד בקר הרמזור.
7.1.3.10	גלאי לא משולב (Non-Integrated Detector)	יחידת גלאי כלי-רכב המותקנת במכלול מסד נפרד ממסד בקר הרמזור, המשולב בפעולות בבקר הרמזור באמצעות אותות דיסקרטיים ליציאה מהגלאי וכניסה לבקר. הגלאי מופעל באמצעות יישום חומרה ותוכנה עצמאית בכרטיס הגלאי, ללא חיבור תקשורת נתונים אל בקר הרמזור בו הוא מותקן.
7.1.3.11	הידוד (ערב דיבור) Interaction (Crosstalk)	הפרעה הנובעת ממתח המושרה לתוך מבואות כרטיס הגלאי (בד"כ דרך הלולאה), הנגרמת כתוצאה מפעילות יחידות גלאי אחרות (כדוגמת ערוצי גלאי אחרים) בסביבתו. מתח זה נוצר בד"כ מהשראות הדדית בין סלילי גלאי המחוברים ליחידות גלאי נפרדות.
7.1.3.12	גלאי פולס מתוזמן מעבר (Limited Presence Detector)	משטר פעולה במסגרתו הגלאי יוצר אות יציאה בעל משך זמן מוגבל, כאשר רכב נוכח בתחום אזור הגילוי של הלולאה המחוברת ליחידת גלאי.
7.1.3.13	לולאת גלאי (Loop)	סליל הכולל ליפוף אחד או יותר של גיד מוליך חשמלי, המותקן בחריץ מתחת לפני המיסעה, וממיר את נוכחות הרכב על הלולאה לשינוי בהשראות בכניסה לגלאי (מתמר השראי).
7.1.3.14	תפוסה (Occupancy)	היחס שבין משך זמן תקופת העירור של הגלאי לבין הזמן הכללי הנמדד, בד"כ מבוטא באחוזים.
7.1.3.15	יציאה (Output)	המצב החשמלי בין מהדקי המוצאים של יחידת הגלאי המציין את מצב גילוי נוכחות כלי רכב (ראו סעיף 7.4.12).
7.1.3.16	משך השתקה (Paralysis Time)	משך הזמן החולף מהפסקת אות היציאה של יחידת הגלאי (כתוצאה מנוכחות של כלי רכב שגרם לעירורה בתחום אזור הגילוי), ועד שיחידת הגלאי יכולה ליצור עירור נוסף של אות היציאה, עקב כניסת כלי רכב נוסף לתחום אזור הגילוי.
7.1.3.17	גלאי פולס מעבר (Passage Pulse Detector)	משטר פעולה במסגרתו יחידת גלאי יוצרת פולס (דופק) יציאה קצר, עבור עירור שנוצר ע"י כלי רכב הנמצא או חולף בתחום אזור הגילוי. משך הפולס אינו תלוי בסוג הרכב או במהירות נסיעתו בתחום הגילוי.
7.1.3.18	גלאי נוכחות / דרישה (Presence Detector)	משטר פעולה במסגרתו יחידת גלאי מפיקה אות יציאה <u>רציף</u> , למשך הזמן אשר בו כלי רכב נוכח באזור הגילוי. בדרך כלל ייעשה שימוש בגלאי באופן זה על מנת להפעיל מופע רמזור אשר פעולתו מותנית בקיום כלי רכב באזור הגילוי. הערה: אין משמעות הגדרה זו שאות היציאה יכול להיות דרוך לזמן בלתי מוגבל.
7.1.3.19	גלאי הארכה (Extension Detector)	סוג של תפקוד גלאי נוכחות / דרישה, המפיק אות יציאה רציף למשך הזמן בו כלי רכב חולף באזור הגילוי. בדרך כלל ייעשה שימוש בגלאי באופן זה על מנת להאריך או לקצר את משך הירוק של מופע רמזור אשר פעולתו מותנית בקיום כלי רכב באזור הגילוי.

משך הזמן של אות יציאה במצב עירור רציף / מצב דרוך (כאשר כלי רכב נמצא כנוכח באזור הגילוי).	משך נוכחות (Presence Time)	7.1.3.20
הגדרת היחס שבין עכבה השראית לבין ההתנגדות הטורית במעגל מתנד אלקטרוני, בתחום תדירות מיועד לחישובו / בדיקתו. זהו פרמטר חסר-ממדים המגדיר את מידת הריסון של מתנד הרמוני מרוסן. ככל שמקדם האיכות גדול יותר, המתנד מרוסן פחות, ומתנווד במשך מחזורי תנודה רבים יותר. מעגל תהודה חשמלי בעל מקדם Q גדול - מתאים לשמש כמקלט (כדוגמת גלאי אלקטרומגנטי על בסיס לולאה לרכב), משום שהוא מסנן / מעביר פס תדרים סלקטיבי יחסית, וכך נמנעים בין היתר גילויי שווא שאינם בתדר הגלאי עצמו.	מקדם טיב השראי (Q-Factor)	7.1.3.21
לידיעה: מעשית, ההתנגדות הטורית מהווה מרכיב טפילי במעגל מתנד. ככל שיוקטן ערך ההתנגדות הטורית במעגל (בין היתר ע"י שימוש בכבל מוביל בעל שטח חתך גדול יותר) כך יגדל / ישתפר באופן מעשי מקדם הטיב.		
יחידת גלאי אחת או יותר הנכללת על כרטיס מעגל חשמלי מודפס, המתוכננת ומיוצרת במטרה להיות מורכבת ביחד עם מכלולי כרטיסים אחרים במסד כרטיסי בקר הרמזור בתוך ארון הבקר.	גלאי מובנה במכלול בקר רמזור (Rack-Mounted Detector)	7.1.3.22
משך הזמן בין סיום שינוי השראות במבואות הגלאי שגרם להפעלת אות חשמלי ביציאה, ועד תחילתו של שינוי השראות נוסף (הבא) במבואות הגלאי, שיגרם להפעלה נוספת של אות חשמלי ביציאה.	משך התאוששות (Recovery Time)	7.1.3.23
משך השיהוי בין התרחשות השינוי בהשראות במבואות הגלאי (הגדול מהסף הנדרש להפעלת אות חשמלי ביציאה) לבין מועד הפעלת האות החשמלי ביציאה בפועל.	זמן תגובה Response Time (Turn-On Time)	7.1.3.24
השינוי המזערי (ניחות / הפחתה) בהשראות הגלאי (הנמדדת בהדקי מבואות הגלאי) אשר יגרום להדלקת אות חשמלי ביציאה. בדרך כלל גודל זה מוגדר כשינוי באחוזים ביחס להשראות התחילית.	רגישות (Sensitivity)	7.1.3.25
מרכיב במכלול הגלאי אשר ממיר את שינוי ההשראות בלולאת גלאי לאות חשמלי המיוצג ע"י יציאה. לעיתים מכונה גם יחידת גלאי (Sensor Unit).	ערוץ גלאי Sensor Channel	7.1.3.26
מערכת תחבורה ציבורית עתירת נוסעים דוגמת רכבת קלה או תאו"מ (תעבורת אוטובוסים מהירה). המערכת מיועדת לספק קיבולת נסיעה גבוהה במהירות משופרת, ונוסעת לאורך תוואי עם תשתית העדפה לתחבורה ציבורית.	מתע"נ (Light Rai/BRT)	7.1.3.27
משך השיהוי בין סיום קרות השינוי בהשראות בהדקי הכניסה לגלאי (אשר גרם ליציאה ביחידת גלאי להידלק למצב דרוך) לבין כיבוי היציאה בפועל.	משך כיבוי (לגלאי נוכחות) (Turn-off time)	7.1.3.28
ראו הגדרת זמן תגובה 7.4.6.	משך זמן הדלקה (Turn-on time)	7.1.3.29

7.1.3.30	גלאי לכלי רכב (Vehicle loop detector)	התקן ציוד אלקטרוני חשמלי המשמש לגילוי כלי רכב העוברים או נוכחים ע"ג לולאת גלאי, כך שהלולאה ממוקמת מתחת לשפת המיסעה. מלבד הלולאה כולל ההתקן יחידת גלאי, ספק כוח וכלל הכבלים המשמשים לחיבור המרכיבים הנ"ל בכללותם.
7.1.3.31	סיווג מתחי חשמל (Voltage Classification)	סיווג מתח חשמלי ייקבע ע"פ חוק החשמל ותקנות תהר"מ. במסגרת הסיווג ייחשב "מתח נמוך מאד" (ELV) כ- "מתח שאינו עולה על 24 וולט בזרם חילופין, או 60 וולט בזרם ישר בין שני מוליכים כלשהם באותה שיטת אספקה".
7.1.3.32	רעש לבן (White Noise)	רעש חשמלי בעל עוצמה קבועה, בתחום משרעת תדר קבועה.
7.1.3.33	סליל השראה / משרן (Inductor)	רכיב חשמלי מאופיין בהשראות בולטת. המשרן הוא רכיב בעל יכולת לאגור זרם (לעומת קבל שאוגר מטען חשמלי), תוך הגדלת השדה המגנטי האגור בו. צורתו הקלאסית היא גליל מחומר כלשהו ("ליבה", במקרה שלנו לולאת גלאי היא סליל המלופף סביב ליבת אספלט) עליו מלופף תיל חשמלי בצורת סליל, ומכאן שמו. סימנו החשמלי הוא  , ויחידת המידה לערכי ההשראות (L) הינה הנרי (H) אשר היא יחידה גדולה מאד. לשם המחשה, בד"כ ערכי השראות סלילי לולאות גלאי לרכב יהיו בעלי השראות בתחום μH .
7.1.3.34	קבל (Capacitor)	רכיב חשמלי בעל יכולת לאגור מטען חשמלי ולפרוק אותו. קבל אידיאלי מוגדר על ידי תכונה בודדת - קיבול. סימונו החשמלי הוא  וערך הקיבול שלו (C) נמדד ביחידות פאראד (F). פאראד היא יחידה גדולה מאוד - לשם המחשה, למוליך בגודל של כדור הארץ יהיה קיבול מסדר גודל של 0.7 מילי-פאראד. לכן משתמשים לרוב ביחידות קטנות יותר דוגמת pF פיקו-פאראד או μF מיקרו-פאראד.
7.1.3.35	נגד (Resistor)	רכיב חשמלי סביל שתכונתו העיקרית היא התנגדות חשמלית. את ההתנגדות החשמלית מודדים ביחידות אוהם (Ω), ונהוג לסמנה באות R. סימונו החשמלי הוא בד"כ  . בדרך כלל לכל סוג של מוליך חשמלי (כדוגמת כבלי מוליכי הלולאה) תהיה רמה מסוימת של התנגדות חשמלית. ההתנגדות תלויה, בין היתר, בחומר ממנו עשוי המוליך (לנחושת התנגדות נמוכה יחסית). ושטח החתך של המוליך (ככל שהחתך יהיה גדול יתר כך בד"כ תקטן ההתנגדות).
7.1.3.36	השראות טפילית (Parasitic Inductance)	ערך ההשראות המשוך ללולאת הגלאי, המתווסף לערך ההשראות התחילית, עקב השראות נוספת הנוצרת בתוך הכבל המוביל ובזנב הלולאה. השראות זו היא טפילית בתוך סך ההשראות, כפי שהיא מוצגת ליחידת הגלאי במבואות כניסת הלולאה לכרטיס, שכן אינה משמשת לגילוי כלי הרכב. בפועל השראות זו מקטינה את רגישות הלולאה לגילוי כלי רכב, ביחס בין גודל ההשראות הטפילית לבין גודל ההשראות התחילית של הלולאה (שאינה כוללת את זנב הלולאה והכבל המוביל).

לידיעה: בהנחה שעושים שימוש בכבלים בעלי שטח חתך מוליך של 14 AWG, הכבל המוביל וזנב הלולאה מוסיפים השראות של כ- $0.72 \mu\text{H}$ לכל מטר אורך. ככלל, מומלץ שערך ההשראות הטפילית לא יהיה יותר מ- $1/3$ מערך ההשראות התחילית.

7.1.3.37 **קיבול טפילי**
(Parasitic Capacity)

ערך הקיבוליות המשוך ללולאת גלאי, הנוצר עקב השדות החשמליים הנוצרים בקרבת הלולאה למול המיסעה, וכן בתוך הכבל המוביל וזנב הלולאה. ערך זה מבוטא בד"כ ביחידות "מיקרו-פארד" (μF). מאחר שלולאת הגלאי משמשת כמרכיב במתנד, הבנוי ככלל מחיבור מקביל בין סליל (הלולאה) לבין הקבל (כרטיס יחידת הגלאי), הרי שקיבול זה מתווסף לערך הקיבול ביחידת הגלאי ומשנה את תדר המתנד כולו. חשוב לזכור כי ככל שיהיה תדר המתנד הנ"ל קרוב לתדר התהודה הטבעי של הלולאה, כך ייווצר מצב בו ערך ההשראות הכללי שיוצג במבואות כניסת הלולאה לכרטיס הגלאי יהיה קטן יותר (עד אפס בתדר התהודה הטבעי), וע"י כך תיפגע משמעותית רגישות הגילוי בלולאה.

לידיעה: ככלל יש לשאוף למצב בו ערך הקיבול הטפילי יהיה קטן וזניח ככל האפשר. להשגת מטרה זו משמש חומר האיטום של חריץ הלולאה. חומר האיטום משנה את המקדם הדיאלקטרי של בידוד כבל הלולאה להקטנת הקיבול, לעומת מצב בו כבל הלולאה טבול במים בחורף בחריץ ללא איטום, ובכך חשיבותו הרבה. כמו כן יש חשיבות לשימוש בכבל מוביל בעל ממדי קיבוליות טבעית נמוכה ככל האפשר.

7.1.4 הליך הבדיקה והאישור של כרטיס גלאי אלקטרוני

היצרן המקורי של הגלאי האלקטרוני יגיש הצהרה עצמית, לתאימות ברמת סעיף-סעיף, על עמידת ההתקן בדרישות מפרט זה. ההצהרה העצמית תהיה תוך שימוש בטופס ההצהרה / בדיקה הכלול, וההנחיות המצורפות אליו, בסעיף 7.6 להלן. מודגש שההצהרה העצמית של היצרן נדרשת גם אם ההתקן נבדק ע"י "מעבדה מוכרת".

7.1.4.1 **אישור גלאי משולב בבקר רמזור (Integrated Detector):** מאחר שהגלאי משולב בבקר הרמזור, הליך האישור שלו יהיה בהתאם לדרישות הליך אישור בקר רמזור, וכחלק מהליך זה. ראו דרישות מפורטות במפרט כללי להצבה ואחזקה של רמזורים, פרק 6: בקר הרמזור, מהדורה עדכנית ביותר, ובפרט סעיף 6.2 בו – הליך הבדיקה והאישור של בקר רמזור.

הדרישות הפרטניות לגלאי משולב מפורטות במפרט זה ומסוכמות בטבלה בסעיף 7.6 להלן. כחלק מבדיקת בקר הרמזור והגלאי המשולב בו ע"י המעבדה המוכרת, המעבדה תגיש גם דוח בדיקה מלא, על עמידת הגלאי המשולב בדרישות מפרט זה (המפרט הכללי להצבה ואחזקה של רמזורים, פרק 7: כרטיס הגלאי האלקטרוני ולולאות). דוח הבדיקה יהיה תוך שימוש בטופס ההצהרה / הבדיקה הכלול, וההנחיות המצורפות אליו, בסעיף 7.6 להלן.

התקן מסוג זה שיאושר לשימוש בארץ יהיה חייב לכלול את כל המרכיבים המקוריים שנכללו בהתקן, בדגם המקורי שנבדק ואושר, והאישור יינתן לדגם המקורי כפי שמוגדר ע"י היצרן.

7.1.4.2 **אישור גלאי עצמאי (Stand-Alone Detector) או גלאי שאינו משולב (Non-Integrated Detector):** המותקן במכלול מסד התקנת כרטיסים חיצוניים בבקר רמזור: האישור יינתן למוצר שעשוי לכלול מרכיבים ממקורות שונים. המוצר השלם ייבדק ויאושר באחת משתי החלופות האפשריות הבאות, ע"פ בחירת מגיש הבקשה לאישור:

- **חלופה 1: ע"י "המעבדה המוכרת",** ע"פ הגדרתה בנוהל הוועדה הבין-משרדית להתקני תנועה ובטיחות, במהדורתו העדכנית ביותר. המעבדה המוכרת תגיש דוח בדיקה מלא, על עמידת ההתקן בדרישות מפרט זה. דוח הבדיקה יהיה תוך שימוש בטופס ההצהרה / הבדיקה הכלול, וההנחיות המצורפות אליו, בסעיף 7.6 להלן.

- **חלופה 2: על בסיס בדיקה והצהרה עצמית של היצרן המקורי,** תוך שימוש בטופס ההצהרה המצורף, וההנחיות המצורפות אליו, בסעיף 7.6 להלן.

האישור יינתן לדגם כפי שמוגדר ע"י הספק, ובהתאמה למפרט משרד התחבורה. האישור יכלול פירוט של כל המכללים של הגלאי.

התקן מסוג זה שיאושר לשימוש בארץ יהיה חייב לכלול את כל המרכיבים שנכללו בהתקן (ובכללם מסד התקנת הגלאים, ספק כוח ומערכת החיבורים) שנבדק ואושר, והאישור יינתן לדגם הגלאי הנ"ל.

במקרה זה הבדיקה תכלול בדיקה של אישורי אבטחת איכות ליצרן של כל מכלול המיוצר בנפרד ע"פ ISO 9001:2015, וכן בדיקת אישורי אבטחת איכות לגורם המשלב בין המכלולים כמוצר שלם, ע"פ ISO 9001:2015.

7.1.4.3 **שינוי של התצורה המאושרת:** עבור כל סוג גלאי, מפרט הגלאי יאושר בתצורה מסוימת, על כל מרכיביו. אסור יהיה לשנות את המרכיבים שאושרו וכן אסור לשנות את המפרט. היצרן / ספק יידרש להצהיר על כך. כל שינוי באחד המרכיבים שהוגשו במסגרת הבקשה לאישור, כדוגמת (אך לא מוגבל לכך): גרסת תוכנה, עדכוני קושחה (תוכנה ו/או חומרה), מודולים צד ג', ממשקי תקשורת, ידרוש הגשת בקשה חדשה לאישור הגלאי מחדש.

7.1.4.4 **בדיקת אב הטיפוס:** רכיבי אב-טיפוס הגלאי ייבדקו ע"י "המעבדה המוכרת", הן חומרה והן תוכנה, תוך ציון מספרי גרסאות, ויהיו בסיס לאישור וועדת ההתקנים של אב הטיפוס.

הבדיקה של "המעבדה המוכרת" צריכה להתייחס לכל סעיף ממוספר במפרט - כשורה בדוח הבדיקה, ולציין Pass / Fail, וכן לציין ערכים מספריים ככל שרלוונטי לדרישה. ראו הנחיות מפורטות לאופן הבדיקה ותיעודה בסעיף 7.6.1.

7.1.4.5 הגנת סייבר לגלאי:

- עבור גלאי משולב (Integrated Detector) **בבקר רמזור:** יחולו דרישות הגנת סייבר עבור בקר רמזור, כולל הגלאי המשולב בו כמקשה אחת, כמפורט במפרט כללי להצבה ואחזקה של רמזורים, פרק 6: בקר הרמזור, ובכלל זה **נספח H** בו – הגנת סייבר לבקר רמזור, במהדורתם העדכנית ביותר. מודגש שגלאי משולב לא יאושר בנפרד, אלא כחלק מאישור בקר רמזור.

- עבור גלאי עצמאי (Stand-Alone Detector) או גלאי שאינו משולב (Non-Integrated Detector) המותקן במכלול מסד התקנת כרטיסים חיצוניים בבקר רמזור: אין דרישות הגנת סייבר ייעודיות.

7.1.5 הדרישות ממגיש הבקשה לאישור כרטיס גלאי אלקטרומגנטי חדש:

הספק מגיש הבקשה לאישור כרטיס גלאי אלקטרומגנטי חדש צריך להיות בעל אישור עמידה בתקן אבטחת איכות ISO 9001:2015.

7.1.6 תכולת הבקשה לאישור כרטיס גלאי אלקטרומגנטי חדש:

על הספק להגיש בקשה לאישור גלאי חדש, ולכלול בה את כל המסמכים המפורטים להלן:

- א. כל המסמכים הנדרשים בנוהל הוועדה העדכני ביותר.
- ב. המסמכים הטכניים המוגדרים ב-"קובץ הטכני" - Technical File Pack, המצורף **בסעיף 7.6 להלן**.
- ג. אישור עמידה בתקן אבטחת איכות ISO 9001:2015.
- ד. מסמך התחייבות לתמיכה טכנית ואספקת חלקי חילוף של היצרן המקורי לגלאי לפי סוג חלופת האישור שנבחר, לתקופה של **10 שנים לפחות** ממועד מתן האישור הראשון.
- ה. תיעוד הגלאי, כפי שמפורט בסעיף 7.2.40 להלן, לרבות התיעוד הנדרש עבור הגנת סייבר כמפורט **בסעיף 7.1.4.5**, וכן כל המסמכים הנוספים הנדרשים במפרט זה.

7.1.6.1 על הספק להצהיר על חלופת התצורה של הגלאי המוגש לאישור, ולפרט: יצרן ודגם לכל רכיב הנכלל בבקשה לאישור, גרסת מערכת הפעלה, גרסת תוכנת הגלאי. הגלאי המוגש לאישור חייב לכלול את כל המרכיבים (חומרה ותוכנה) הנדרשים לעמידה בדרישות מפרט זה.

7.1.6.2 בנוסף, הספק רשאי לפרט מרכיבים נוספים, בציון גרסת תוכנה, מודולים צד ג' (תוך פירוט לכל מודול), ממשקי תקשורת, וכו'. אם פירט הספק מרכיבים נוספים, אישורם יינתן בכפוף לבדיקתם באופן משולב עם הגלאי, ע"פ דרישות מפרט זה.

7.1.6.3 הבדיקה של "המעבדה המוכרת" או של הספק תהיה עבור התצורה המוגשת לאישור, ותוודא שתצורה זו עומדת בדרישות הבטיחות, החקיקה, התקנות וההנחיות התקפות בישראל, על פי כל דין.

7.1.6.4 תהליך אישור התקנת כרטיס גלאי אלקטרומגנטי באתר (לאחר השלמת אישור גלאי חדש), יכלול 2 שלבים:

- א. עבור כל התקנת כרטיס גלאי באתר נדרשת רשות התימרור המקומית (רת"מ) לוודא כי יחידת הגלאי המיועדת להתקנה, על כל מרכיביה, היא מדגם הנמצא ברשימת ההתקנים המאושרים של "הוועדה" / משרד התחבורה.
- ב. בטרם הפעלת יחידת גלאי באתר, עם השלמת התקנת כלל מרכיבי הרמזור באתר, תערוך רת"מ בדיקה מפורטת של ההתקנה באתר, ותכלול את הבדיקות המפורטות ב**נספח ב' של פרק 7**, יחד עם האמור במפרט הכללי להצבה ואחזקה של רמזורים, פרק 14: נוהל בדיקה להפעלת רמזור.

7.2 הדרישות המכניות והפיזיות

7.2.1 דרישות ליצור

החומרים והתצורה של יחידת הגלאי, הכוללים את המארז של יחידת גלאי עצמאי, יבטיחו חוזק מכאני ויכולת עמידות, אשר יאפשרו את פעולתה המלאה של יחידת הגלאי בכל תנאי הסביבה והפעילות אשר ניתן לצפותם בשימוש רגיל. כל החומרים אשר מהם תהיה עשויה יחידת הגלאי יהיו עמידים-שיתוך ו/או יהיו חומרים אשר נעשה בהם טיפול מתאים על מנת למנוע שיתוך. המארז של יחידת הגלאי יהיה ללא קצוות חדים ובליטות חדות.

7.2.2 מידות כלליות

7.2.2.1 יחידת גלאי עצמאי (Stand-Alone Detector)

המידות החיצוניות המרביות של המארז ליחידת גלאי עצמאי (לא כולל התקן שקע החיבורים והחיווט) תהיינה:

- א. גובה: 180 מ"מ. (המידה מתייחסת לפנל קדמי)
- ב. רוחב: 65 מ"מ. (המידה מתייחסת לפנל קדמי)
- ג. עומק: 260 מ"מ.

שטח הפנל קדמי עבור יחידת גלאי בעלת ערוץ גלאי אחד לא יהיה גדול מ-1,000 ממ"ר.

7.2.2.2 יחידת גלאי מותקן במכלול מסד כרטיסים (Non-Integrated Detector)

הממדים עבור יחידת גלאי המיועדת להתקנה במסד להתקנת כרטיסים Rack-mounted, יהיו בהתאמה לנדרש באחת מהחלופות הבאות:

- א. ANSI/NEMA TS1, Part 15 ; או
- ב. פורמט Eurocard במידות של 160 מ"מ X 100 מ"מ, הכולל מחבר ע"פ תקן DIN 41612 Type B.

7.2.2.3 יחידת גלאי משולב בבקר הרמזור (Integrated Detector)

מידות הגובה, הרוחב ועומק של יחידת הגלאי המשולב תהיינה בהתאם לנדרש להתקנתה במשולב במסד הכרטיסים הקיים בבקר הרמזור, במסגרתו יחידת הגלאי משולבת.

7.2.3 כיתוב וסימון

המרכיב העיקרי ביחידת הגלאי יהיה מסומן בכיתוב עמיד וקריא, אשר יכלול את פרטי המידע כלהלן:

- א. שם וסימן מסחרי או סימן מוצר של יצרן יחידת הגלאי, או של הספק האחראי לבקשת האישור ליחידת הגלאי (במקרה של OEM).
- ב. בכל מקרה אשר בו היצרן או הספק (האינטגרטור) מספקים יותר מדגם אחד של אותו סוג של יחידת גלאי, יחידת הגלאי תכלול סימון של הדגם ומספר קטלוגי שלו ו/או סימונים אחרים אשר יאפשרו זיהוי ברור של הדגם של יחידת הגלאי.
- ג. אופן הסימון והכיתוב יתאימו לסטנדרטים בין לאומיים מוכרים בנושא.
- ד. כל מודול תוסף (plug-in module) המשוך ליחידת הגלאי יכלול את הסימונים לעיל, בתוספת מספר סידורי ייחודי הניתן לשיוך לדגם יחידת הגלאי.

7.2.4 תיעוד ומידע נוסף

היצרן או הספק מגיש הבקשה לאישור יחידת הגלאי יספק עבור כל גלאי את כל המידע הנדרש, על מנת לאפשר את התקנת הגלאי, כיוונונו וכיוולו ע"י הלקוח, ובחינתו ואישורו ע"י **הוועדה הבין-משרדית להתקני תנועה ובטיחות** (להלן: "**הוועדה**"). כמו כן היצרן או הספק יספק ויעמיד לרשות הלקוח והוועדה את כל התיעוד והמידע הנוגעים לאופן ביצוע תחזוקה ותיקונים ביחידת הגלאי. תיעוד יחידת הגלאי יכלול מפרט טכני כמפורט להלן לכל מרכיבי הגלאי, כולל ציוד, חומרה ותוכנה.

7.2.4.1 תכולת התיעוד

התיעוד יהיה בשפה העברית או אנגלית.

כל תיעוד יהיה מודפס באמצעות קובץ מחשב ויכלול: עדכונים כנדרש. כל השרטוטים יהיו ברמה המקובלת בתעשייה, לא יתקבלו שרטוטים ביד חופשית.

התיעוד יכלול תיאור דרך פעולה בלוי איורים, דיאגרמת מלבנים, סקיצות, תרשימים ותוכניות, חומרה ותוכנה, ויכלול את הפירוט הבא לפחות:

- תיאור ותכונות
- הוראות הפעלה
- הוראות התקנה לגלאי וללולאות
- הוראות אחזקה ותיקון
- הוראות בדיקה
- תוכניות ושרטוטי המעגלים
- רשימת חלקים
- פרוטוקולי תקשורת (API), אופן היישום של הקודים ואופן השימוש בהם (ככל שרלוונטי)
- אבחון פנימי של הגלאי, כולל LOG תקלות ואירועים הניתן לשליפה באמצעות התקשורת (מקוון ולא מקוון), ומשמעות ההודעות.

7.2.4.2 ספר המפעיל

יכלול את כל תיאורי הפעולות הניתנות לביצוע ברכיבי הגלאי.

7.2.4.3 תיאור תפקודי (פונקציונאלי)

התיעוד יכלול תיאור של הציוד ודרך פעולתו מלווה בדיאגרמת מלבנים כנדרש. ההסברים יכללו התייחסות והפניה לתיאורי רכיבים אחרים במידת הנדרש.

7.2.4.4 דרך הפעולה

התיעוד יכלול הסבר פעולה בסדר הגיוני של כל המעגלים החשמליים והאלקטרוניים ברכיב המתואר. במידת הצורך יעשה שימוש בסכמות, צורות גלים, וכו'. הסברים מפורטים יינתנו למעגלים שאינם סטנדרטיים בתעשייה.

7.2.4.5 אופן ההתקנה

התיעוד יכלול תיאור דרך התקנת הגלאי על מרכיביו, ובכללם אופן ודרישות להתקנת הלולאות. תצורף רשימת הכלים והמכשירים הנדרשים לצורך ההתקנה. יצוינו ערכים למדידה בשלב ההתקנה.

7.2.4.6 אחזקה מונעת ומתוכננת

התיעוד יכלול תיאור ופירוט דרישות יצרן הציוד המקורי לעניין פעולות האחזקה המונעת, תדירותה, כלים דרושים לצורך ביצוע התחזוקה וערכי מדידות.

7.2.4.7 רשימת החלקים

רשימת כל החלקים ברכיב הנדון כולל תיאור מפורט והפניה למיקומם ברכיב.

7.2.4.8 תיעוד מרכיבים אופציונאליים

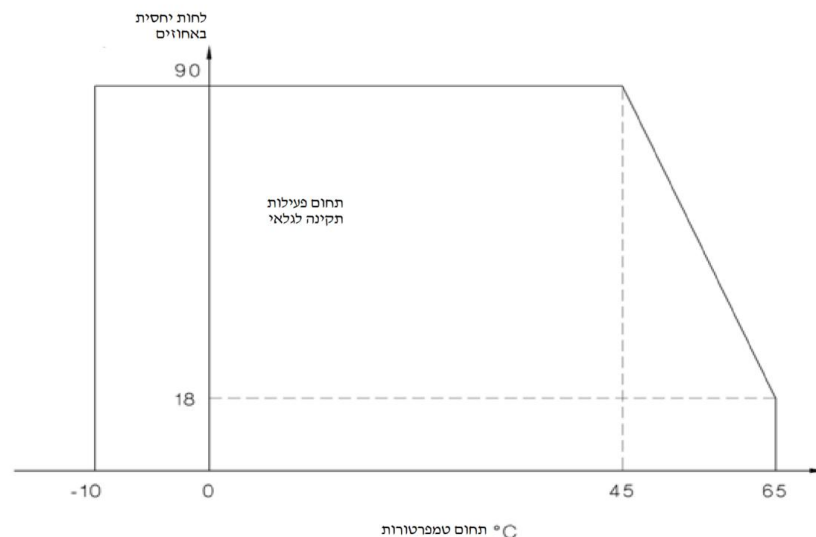
התיעוד יכלול היכן שרלוונטי פירוט אופציות נוספות שניתן ליישמן או להשתמש בהן בעתיד, וכן פירוט אפשרויות הרחבה מובנות או תוספות שניתן למזגן בגלאי.

7.3 דרישות חשמליות

7.3.1 דרישות חשמליות ותנאי סביבה לתחום פעולה תקינה

הציוד המסופק יהיה בעל יכולת לפעול באופן תקין בהינתן התנאים כמפורט להלן:

- א. מתח הזנה בתחום הגבולות $-15\% / +10\%$ 230 V AC r.m.s. ותדר רשת בתחום הגבולות $50\text{ Hz} \pm 2\%$.
- ב. מתח הזנה ELV AC בתחום הגבולות $-10\% / +13\%$ 24 V AC r.m.s. ותדר רשת בתחום הגבולות $50\text{ Hz} \pm 4\%$.
- ג. מתח הזנה ELV DC בתחום הגבולות $-20\% / +20\%$ 24 V DC .
- ד. טמפרטורת סביבה בתחום (-10°C) ועד (45°C) .
- ה. לחות יחסית בתחום של 0 עד 90% לפחות, ללא עיבוי.
- ו. קצב שינוי טמפרטורה רציף בתחום של עד 15°C כולל בין התחום המזערי עד התחום המרבי, בהתאם לתנאים כמתואר באיור 3.1.



איור 3.1 טווח טמפרטורות ולחות יחסית בו יחידת הגלאי אמורה לפעול בתקינות מלאה

הערה: ראו הגדרות נוספות בסעיף 7.4.18.

7.3.1.1 יחידת גלאי עצמאי (Stand-Alone Detector)

ספק הכוח המיועד לשמש להזנת הגלאי יהיה מתאים לחיבור למתח 230 V AC r.m.s. ותדר רשת 50 Hz , מוארק לחיבור אל מגע ההארקה של מקור האספקה.

ספק הכוח המיועד לשמש להזנת יחידת גלאי המותקן במסד כרטיסים יאפשר הזנת הגלאי באחת מהחלופות שלהלן:

- א. מתח הזנה ELV AC בתחום הגבולות $-10\% / +13\%$ 24 V AC r.m.s. ותדר רשת בתחום הגבולות $50\text{ Hz} \pm 4\%$.
- ב. מתח הזנה ELV DC בתחום הגבולות $-20\% / +20\%$ 24 V DC .

7.3.1.2 יחידת גלאי מותקן במכלול מסד כרטיסים (Non-Integrated Detector)

כמוגדר בסעיף 7.3.1.1.

כמו כן, ספק הכוח יתאים לנדרש ב- ANSI/NEMA TS1, Part 15 עבור כרטיס גלאי בפורמט מסוג Eurocard.

7.3.1.3 יחידת גלאי משולב בבקר רמזורים (Integrated Detector)

מתח האספקה המיועד להזנת יחידת גלאי משולב יהיה בתחום מתח נמוך מאד (ELV). יחידת הגלאי תקבל את הזנת המתח שלה מהתקן בקר הרמזור הכולל בתוכו את יחידת הגלאי, ע"י חיבור ישיר של יחידת הגלאי, באמצעות מחבר מתאים ללוח האם של בקר הרמזור המיועד להזנת כל כרטיסי בקר הרמזור.

7.3.2 הגנות ובטיחות חשמלית

7.3.2.1 יחידת הגלאי נדרשת לעמוד באופן מלא בכל דרישות הבטיחות החשמלית, כפי שנדרש בחוק החשמל ותקנותיו, ובפרט תקנות החשמל (מתקני חשמל לתמרורי הוריה [רמזורים] התשס"א – 2001), (תהר"מ), עבור מתח שאינו עולה על "מתח נמוך מאד". ע"פ חוק החשמל, ייחשב "מתח נמוך מאד" (ELV) כ- "מתח שאינו עולה על 24 וולט בזרם חילופין, או 60 וולט בזרם ישר בין שני מוליכים כלשהם באותה שיטת אספקה".

עבור הגלאי המשולב בבקר רמזור, ראו דרישות נוספות במפרט כללי להצבה ואחזקה של רמזורים, פרק 6: בקר הרמזור.

7.3.2.2 המתח שיופעל / יימדד במהלך פעולת יחידת הגלאי על גבי מוליכי הכבל המוביל, לא יעלה על מתח נמוך מאד (ELV כהגדרתו בחוק החשמל), ולא יעלה בכל מקרה על 60 וולט. יסופק בידוד חשמלי מלא בין מתח ההזנה לבין הדקי החיבור של הכניסות ללולאה בכרטיס הגלאי, באמצעות שנאי מבודד.

7.3.2.3 הגלאי ו/או הלולאה יכילו הגנות, ולא יינזקו באופן כלשהו בעת חיבור כבלים תוך כדי פעולת יחידת הגלאי, תחת מתח הזנה מחובר (למעט כבל ההזנה החשמלית), בנסיבות הבאות:

- א. מצב קצר בכבלי החיבור ללולאה או אותות יציאה,
- ב. מצב ניתוק או חיבור כבלי אותות יציאה,
- ג. מצב ניתוק או חיבור הלולאה.

7.3.2.4 בגלאי המשולב בבקר רמזורים, מבואות חיבור הלולאה יהיו מבודדים גלונית לעומת כל החיבורים החשמליים בין יחידת הגלאי לבין בקר הרמזור המכיל את יחידת הגלאי המשולב. הבידוד הגלוני יעמוד במתח שיאי מרבי של 3.0 KV בכל קוטביות, לפרק זמן בלתי מוגבל. יכולת בידוד זו תיושם באמצעות רכיב אלקטרוני יחיד לכל ערוץ, אשר יותקן בקצות המעגל החשמלי עליו הוא מיועד להגן. לצורך בדיקת תכונה זו, על מנת לוודא את קיום הדרישה, כל מגני תופעות המעבר (transient suppressors) המחוברים ישירות לאדמה (הארקה) יוסרו וינותקו בטרם ביצוע הבדיקה.

7.3.3 תאימות אלקטרומגנטית

על התאימות האלקטרומגנטית, הנדרשת ליישום על ידי יחידת הגלאי בתנאי פעילות רגילים, יעמדו בדרישות החלקים הרלבנטיים בסדרת תקני EN 50293, EN 61000.

על התאימות האלקטרומגנטית לעמוד גם בדרישות תקן ETSI EN 300 220-1 (לעניין ERM) – בהתייחס למכשיר שידור לטווח קצר (SRD) בתדרים המותאמים לגלאי רכב בתחום של 9kHz עד 30 MHz.

כמו כן, על התאימות האלקטרומגנטית לעמוד גם בדרישות תקן ETSI EN 300 330-1, במסגרתו התדרים מסווגים להתקני אנטנה-משדר (כדוגמת לולאת גלאי) לפי סיווגי Class. התחום המותר לתדרים בתחום פעולת ערוצי גלאי הינו Class 2 או Class 3.

7.3.4 חיוויים חזותיים

יחידת הגלאי תכיל לכל הפחות חיווי חזותי אחד, המתייחס לקיום אות יציאה בעת עירור הגלאי המחובר ליציאה זו. יחידת גלאי בעלת מספר ערוצים תכיל חיוויים מסוג זה, בנפרד לכל ערוץ יחידת גילוי הנכלל בה. הדרישות מן החיווי החזותי:

- א. ימוקם בחזית הגלאי כך שייראה למשתמש באופן גלוי בעת ביצוע שירות או בדיקות.
- ב. יהיה מבוסס על התקן דפ"א (דיודה פולטת אור = LED) בעוצמה שתאפשר לראותו באור יום בקרינת שמש ישירה, או התקן מתאים אחר בעל תכונות אופטיות ואורך חיים זהה.
- ג. יפלוט אור למשך כל תקופת היות היציאה הרלבנטית דרוכה (Turned-on).

הערה: ניתן לכלול בתצוגת הגלאי, חיוויים נוספים המבוססים על מסך LCD, אולם יודגש כי חיוויים אלו לא יהוו תחליף לחיווי הייעודי לקיום אות היציאה כמפורט לעיל.

7.3.5 מתגים ואמצעי כיוון וכיול ומחברים

7.3.5.1 כללי

כל המתגים והאמצעים שישמשו לטובת כיוון וכיול יחידת הגלאי ע"י עובדי הקבלן והלקוח יהיו:

- א. מיושמים במספר צעדים מובחנים של פעולות כוון, אשר יהיו מסומנים בכיתוב ברור קריא ובר-קיימא.
- ב. ניתנים לאבחנה ברורה בהקשר לסוג פעולתם המיועדת.
- ג. ממוקמים בחזית הלוח הקדמי של מילואת יחידת הגלאי, במקום שיאפשר פעולת מיתוג וכיוון באופן ישיר, ללא צורך בהוצאת יחידת הגלאי ו/או כלים כלשהם לביצוע פעולות אלו.

7.3.5.2 בקרת רגישות

יחידת הגלאי תכיל התקן חיצוני או פנימי (מתג), אשר יאפשר כיוון ידני של רגישות הגילוי של יחידת הגלאי, כמפורט בסעיף 7.4.5. התקן זה יהיה בהתקנה גלויה בחזית לוח המילואה הקדמית של יחידת הגלאי עצמאי, או לוח כרטיס הגלאי במקרה של גלאים המשולבים במארז מסד כרטיסים או בבקר הרמזור.

7.3.5.3 בחירת משטר פעולת הגלאי

יחידת הגלאי תכיל התקן חיצוני או פנימי (מתג), אשר יאפשר קביעת משטר / אופן הפעולה של ערוץ הגילוי של יחידת הגלאי. מתג זה יאפשר בחירה בהתאם לדגם הגלאי המאושר, של סוג משטר העבודה: בין פעולה כגלאי נוכחות, כגלאי פולס מעבר, או כגלאי פולס מתוזמן. התקן זה יהיה בהתקנה גלויה בחזית לוח המילואה הקדמית של יחידת הגלאי העצמאי, או לוח כרטיס הגלאי במקרה של גלאים המשולבים במארז מסד כרטיסים או בבקר הרמזור.

7.3.5.4 בקרת תדר העבודה לגלאי

יחידת הגלאי תכיל התקן חיצוני או פנימי (מתג), אשר יאפשר כיוון ידני של תדר הגילוי של יחידת הגלאי כמפורט בסעיף 7.4.2. התקן זה יהיה בהתקנה גלויה בחזית לוח המילואה הקדמית של יחידת הגלאי עצמאי, או לוח כרטיס הגלאי במקרה של גלאים המשולבים במארז מסד כרטיסים או בבקר הרמזור.

7.3.5.5 בקרת משך נוכחות קבועה מרבי

יחידת הגלאי תכיל התקן חיצוני או פנימי (מתג), אשר יאפשר כיוון ידני של משך זמן הנוכחות הקבועה המרבי על לולאת הגלאי של יחידת הגלאי כמפורט בסעיף 7.4.9. התקן זה יהיה בהתקנה גלויה בחזית לוח המילואה הקדמית של יחידת הגלאי עצמאי, או לוח כרטיס הגלאי במקרה של גלאים המשולבים במארז מסד כרטיסים או בבקר הרמזור.

7.3.5.6 התקן אחזור או איפוס (Re-Set) ידני

יחידת הגלאי תכיל התקן חיצוני (מתג) זמין, לטובת איחזור פעולת הגלאי לכל ערוץ גילוי נכלל.

7.3.5.7 מחברים

כל המחברים ליחידות הגלאי יהיו לפי הוראות ANSI/NEMA TS1, Part 15, או לכרטיסים בפורמט Eurocard ע"פ DIN 41612 Type B. המחברים יחוברו לפי הוראות היצרן, ע"פ מידע שיסופק במסגרת התייעוד.

7.3.6 דרישות זמינות ואמינות

יחידת הגלאי, ובכללה ספק הכוח המיועד להפעלתה, וכל האביזרים הנדרשים ליישומה, יהיו מתוכננים ומיוצרים לאמינות מחושבת של 95% לפחות, לביצוע של לפחות 10,000,000 פעולות גילוי של כלי רכב מכל סוג, כאשר הזמן הממוצע בין תקלות (MTBF) לא יפחת מ-40,000 שעות. בכל מקרה בו ייעשה שימוש בממסר אלקטרו-מכאני לטובת אות יציאה, הממסר יהיה בדרוג של 10,000,000 פעולות להפעלת אות יציאה, כמתואר בסעיף 7.4.12.2.

למטרות סעיף זה, תקלה תוגדר כאי מסירת אות יציאה כאשר עירור הגלאי קיים (רכב באזור הגילוי), או לחילופין אות יציאה קיים בהיעדר עירור לגלאי.

7.4 הגדרת ביצועים תפעוליים

7.4.1 דרישות ביצועים בסיסיות

הדרישות המוגדרות לביצועים תפעוליים מבוססות על מגוון רחב של ערכי השראות בלולאות גלאים, בשילוב עם כבלים מובילים באורכים שונים, אשר עשויים לעיתים להגיע בישראל עד 200 מטר אורך ואף יותר מכך. ההשראות בלולאה תלויה בגודל הלולאה, מספר הליפופים, איגוד מספר לולאות יחדיו לכניסת גלאי אחת (בחיבור בטור או במקביל), אורך זנב הלולאה, אורך הכבל המוביל, ותנאים סביבתיים (כדוגמת קיום רשתות מתכת או אדני מסילה בסביבת הגלאי). הערכים המוגדרים מבוססים על כלי רכב הנכנסים לתחום אזור הגילוי **במהירויות שבין 5 קמ"ש לבין 130 קמ"ש, או אופניים במהירות שבין 5 קמ"ש לבין 32 קמ"ש**, כאשר אזור הגילוי בנתיב יחיד הינו **באורך שבין 1 מטר לבין 15 מטר** ביחס לציר כיוון הנסיעה של כלי הרכב.

כפועל יוצא, דרישות הביצועים הבסיסיות הן:

- עירור הגלאי יתרחש כאשר כל סוג כלי רכב הנכנס לתחום אזור הגילוי מכסה לפחות 50% מאורך אזור הגילוי בהתאם לכיוון הנסיעה, בכל תחום המהירויות כמוגדר לעיל.
- האפיצות (tolerance) המרבית לנקודת התחלת העירור, בעת כיסוי תחום אזור הגילוי כאמור, בכל טווח המהירויות המוגדר לעיל, לא תעלה על 0.5 מטר (לדוגמא 7.5 ± 0.5 מ' עבור אורך אזור גילוי של 15 מ').
- תחום אזור הגילוי לא יעלה על 20 ס"מ מעבר לתחום חריצת הגלאי.

עבור יחידות גלאי הכוללות יותר מערוץ גילוי יחיד, הביצועים הנדרשים מיחידת גלאי יהיו ישימים ותקפים עבור כל אחד מהערוצים הנכללים ביחידת הגלאי, ללא תלות זה בזה, וכאשר כל ערוצי הגלאי פועלים באופן נורמלי במקביל.

הערה: ראו פירוט מבדקים מתאימים ואופן ביצועם לביצועי הגלאי עצמו ביחס לדרישות המסוכמות בסעיף 7.6, וכן פירוט המתייחס לבדיקות מומלצות בעת הפעלת הגלאי באתר שבו הוא מותקן - **בנספח ב'**.

7.4.2 תחום ההשראות

יחידת הגלאי תפעל ותכוונן עצמה לפעולה מלאה ורגילה בהתאם לדרישות מפרט זה, כאשר ההשראות המחוברת להדקי הכניסה ביחידת הגלאי תהיה בתחום של **50μH עד 1,000μH** לפחות, כאשר מקדם הטיב (**Q-factor**) של החיבור ההשראי יהיה בתחום של:

- 5 עד 50 בתדר הנמוך מ-60 KHz.
- 3 עד 50 בתדר הגבוה מ-60 KHz.

הערה: כפי שיוסבר בהמשך, תחום ההשראות המומלץ ללולאות צריך להיות **בטווח שבין 80μH ל-250μH**. עבור הלולאות בטווח ההשראות המוגדר לעיל, תדר הפעולה של יחידת הגלאי יהיה בטווח תדרים שבין 30 KHz לבין 120 KHz.

כאשר משתנים תנאי הסביבה אשר להם השפעה על השראות הגלאי, הגלאי יכיל מנגנון כיול עצמי להתאמה של ערכי השראות הלולאה, תדר העבודה והרגישות הנדרשת למצב החדש. הגלאי יגיע למצב פעולה מלאה בהתאם לא יאחר מ-5 שניות ממועד חיבורו למתח ההזנה ו/או מעת ביצוע כל שינוי / עדכון / כיול באחד מהערכים הללו.

הנחיה: הגלאי יכיל אפשרות לקביעת תדר הגלאי בתחומים המוגדרים מראש (כגון בתחומים: בין 30-44KHz, בין 45-64KHz, בין 65-84KHz, בין 85-120KHz). ניתן יהיה לקבוע את תדר העבודה עבור כל ערוץ גילוי בנפרד באמצעות מתגים זעירים מתאימים שיותקנו באופן נגיש בלוח חזית הגלאי או ע"ג גוף כרטיס הגלאי עצמו. לחילופין, ניתן לקבוע את הערך באמצעות חיבור למחשב חיצוני, ואז הערך יישמר בזיכרון בלתי נדיף.

7.4.3 ערך עירור מזערי

כאשר מחוברת ליחידת הגלאי לולאה בעלת השראות תחילית בתחום המפורט בסעיף 4.2 לעיל, יחידת הגלאי תהיה מסוגלת להגיב (כעירור) לכל ניחות (attenuation) בערך ההשראות אשר הינו שווה או גדול מ-0.01% לעומת ערך ההשראות התחילי, ולהפעיל אות יציאה כתוצאה מכך. כאשר ערך ההשראות יחזור לערך התחילי, העירור יופסק, ויופסק גם אות היציאה.

לידיעה: בהנחה שעושים שימוש בלולאה סטנדרטית באורך 1.8 מטר וברוחב 1.8 מטר, ע"פ תקן NEMA, גודלי הניחות הצפויים ביחס להשראות התחילית לפי הדרגות הבאות הם:

- א. ניחות של 0.12% הנוצר ע"י אופנוע קטן באזור הגילוי.
- ב. ניחות של 0.32% הנוצר ע"י אופנוע גדול באזור הגילוי.
- ג. ניחות של 3.2% הנוצר ע"י כלי רכב בעל 4 גלגלים באזור הגילוי.
- ד. ניחות של 5.4% הנוצר ע"י משאית וכלי רכב גדול באזור הגילוי.

הערה: תחום ניחות ההשראות שצפוי להיווצר ע"י אופניים או אופנוע דל מתכת יהיה בין 0.007% לבין 0.012%.

7.4.4 ערך ניחות מרבי לעירור

כאשר מחוברת ליחידת הגלאי לולאה בעלת השראות תחילית בתחום המפורט בסעיף 4.2 לעיל, כל ניחות בהשראות אשר יהיה נמוך מ-10% ביחס לגודל ההשראות התחילית, יגרום לעירור ביחידת הגלאי ולהפעלת אות היציאה. כאשר יחזור ערך ההשראות התחילית לערכו המקורי, יופסק העירור ואות היציאה יופסק. כאשר הניחות בהשראות יהיה גבוה מ-10%, ייחשב עירור זה כתקלה.

7.4.5 כיוון רגישות

יחידת הגלאי תאפשר כיוון רגישות ליחידת הגלאי לפחות בחמש הדרגות הבאות: 0.01%, 0.05%, 0.1%, 0.2% ו-0.5%. אפיונות מותרת לכל תחומי הרגישות הנ"ל תהיה בערכים: 0%, +, - 10%.

הנחיה: הגלאי יאפשר קביעת רגישות הגלאי. ניתן יהיה לקבוע את הרגישות עבור כל ערוץ גילוי בנפרד באמצעות מתגים זעירים (dip switches) שיותקנו באופן נגיש בלוח חזית הגלאי או ע"ג גוף כרטיס הגלאי עצמו. לחילופין, ניתן לקבוע את ערך הרגישות באמצעות חיבור למחשב חיצוני. הערך יישמר בזיכרון בלתי נדיף.

7.4.6 זמן תגובה

זמן התגובה המרבי לעירור בכל יחידת / ערוץ גלאי יהיה 100 ms (מאה מילי שניות), בכל דרגת רגישות.

דרישה זו מבוססת על ההנחה כי בגלאי רב-ערוצי ערוצי הגילוי אינם פועלים יחדיו בו זמנית, וכי הגלאי מבצע סריקה לכל ערוץ בנפרד, ברצף זה אחר זה, על מנת למנוע הידוד בין הערוצים. לפיכך זמן התגובה לעירור תלוי בדרך כלל בתדירות סריקת הערוצים, ובמספר הסריקות המזערי בעלות ניחות העולה על סף הרגישות. העירור יתבסס על ממוצע ערכי הניחות שנמדדו, אשר עולה על ערך הסף של הרגישות לביצוע עירור, ע"פ הגדרת היצרן.

7.4.7 זמן הכיבוי

כאשר הרכב יוצא מאזור הגילוי, ומסתיים העירור, זמן הכיבוי של אות העירור יהיה זהה לזמן התגובה הנדרש לטובת הפעלת העירור ובתחום אפיונות של ± 25 ms.

7.4.8 משך ההתאוששות

משך ההתאוששות לגלאי במשטר עבודה ע"פ נוכחות ו/או לגלאי פולס מתוזמן מעבר - לא יעבור 100 ms (מאה מילי שניות). אם בגלאי מותקנת מערכת למניעת נעילה עצמית, משך ההתאוששות המרבי יהיה 1 שניה.

7.4.9 פרמטרים של משך נוכחות

7.4.9.1 כלי רכב עומד (יציב לא בתנועה)

כאשר כלי רכב עומד באזור הגילוי, אות היציאה של גלאי במשטר עבודה של גלאי נוכחות, יימשך ברציפות לפחות למשך דקה אחת (1), בכל מקרה של שינוי רציף בהשראות (אשר אמור לגרום לעירור הגלאי), כאשר שינוי ניחות קטן או שווה ל-0.12% מערך ההשראות התחילית.

בכל מקרה של שינוי רציף בהשראות (ניחות אשר אמור לגרום לעירור הגלאי) בגודל שינוי הגדול מ-0.12% מערך ההשראות התחילית, אות היציאה ימשך באופן רציף 5 דקות לפחות (הסבר: כאשר השינוי גדול מ-0.12%, ההנחה היא שהודאות שרכב אכן עומד גדולה יותר, ולא מדובר בהפרעה, ולכן אות היציאה המציין רכב עומד הינו ארוך יותר).

במקרה של גלאי בעל מנגנון המאפשר הגדרה של משך נוכחות רציפה מרבי עד כיוול מחדש (בכל אחד מהמקרים של שינוי ההשראות שתוארו לעיל), המשך המרבי של אות היציאה הרציף יהיה קטן מ-10 דקות. לאחר כיבוי אות היציאה, בהנחה שההשראות נותרה ללא שינוי גם לאחר כיבוי אות היציאה, הגלאי יכיל עצמו אוטומטית מחדש על מנת להתעלם משינוי זה בהשראות (כלומר יכוון את ההשראות לערך החדש). ע"י כך יהיה מוכן להמשך פעולת זיהוי עירור רגילה, בכך שיגיב לשינוי בערך ההשראות שיחול ביחס לערך המעודכן, הכול בכפוף לדרישה למשך ההתאוששות המפורט בסעיף 7.4.8 לעיל.

7.4.9.2 תנועה איטית ו/או מצב גודש

כאשר יש תנועת כלי רכב איטית באזור הגילוי, או בכל מקרה אחר בו במשך תקופת קיום אות היציאה, תתקיים תנודת השראות של 2% מערך השינוי ההשראי הבסיסי (שגרם לעירור אות היציאה), בקצב הגדול מ-8 שינויים במשך דקה. החיווי לנוכחות כלי הרכב יימשך באופן רציף למשך כל הזמן בו תנודתיות ההשראות ממשיכה להתקיים.

במקרה הנ"ל הגלאי יספק אות יציאה בהתאם לאחת החלופות הבאות:

- א. יפעיל אות יציאה רציף ומתמשך,
- ב. יפעיל אות יציאה למשך שלא יפחת מ-300 ms עבור כל כלי רכב חולף בתחום אזור הגילוי (אשר יזוהה ע"י ניחות / ירידה רגעית בהשראות בגודל שלא יפחת מ-2% מערך שינוי ההשראות שגרם לעירור). בנוסף, עבור כל אינטרוול זמן של דקה אחת, יהיה מצב אות היציאה דלוק (בעירור) למשך לפחות 95% מהזמן (במילים אחרות, סכום משכי אותות היציאה הכולל יהיה גדול מ-57 שניות לכל דקה של קיום שינוי השראות במתאר כזה).

הערה: התנאים והדרישות המתוארים לעיל תקפים לתנועה איטית של תור / הצטברות כלי רכב בנתיב הנסיעה (במהירות העולה על 4 קמ"ש בערך), כך שחזית כלי רכב אחת נכנסת לאזור הגילוי בטרם עזב זנב הרכב הקודם את תחום אזור הגילוי.

7.4.10 משך השתקה

משך זמן ההשתקה לגלאי במשטר עבודה של גלאי פולס מעבר או גלאי הארכה - יהיה בתחום שבין 0.5 שני ובין 2 שניות לכל היותר.

הערה: נושא זה תקף בעיקר למצב בו מחוברת לערוץ הגלאי יותר מלולאה אחת, כאשר היה עירור של ערוץ הגילוי ע"י נוכחות כלי רכב על לולאה אחת, ותוך כדי כך נכנס רכב אחר ללולאה מקבילה סמוכה, המחוברת לאותו ערוץ (ראו גם סעיף 0 הגדרות).

7.4.11 הפעלת אות יציאה במשטר עבודה כגלאי מעבר (פולס)

במצב בו ערוץ הגלאי מופעל במשטר עבודה כגלאי פולס מעבר, וישנו מצב עירור לגלאי, יהיה משך אות היציאה (הפולס הנוצר) בתחום שבין 100 ms ובין 150 ms. פולס אות היציאה יחל מיידית בתחילת העירור בכפוף לתנאים המפורטים בסעיף 7.4.6 לעיל.

7.4.12 מאפייני יציאות

7.4.12.1 סוגי יציאות הנדרשות ליחידת גלאי

יחידת הגלאי נדרשת לספק יציאה לכל ערוץ גלאי ע"פ המאפיינים המפורטים באחד הסעיפים הבאים.

7.4.12.2 יציאת מתג מבוסס ממסר

בכל מקרה בו יחידת הגלאי עושה שימוש בממסר כאמצעי מיתוג לאות יציאה, מעגלי היציאה יתוכננו כך שמגע הממסר יהיה "פתוח" כאשר לא יהיה אות יציאה פעיל (אין עירור), ויהיה "סגור" כאשר ישנו עירור ואות היציאה נדרש להיות פעיל.

בנוסף, מגע הממסר יהיה במצב "סגור" כאשר הגלאי כבוי (לא מקבל מתח לפעולה), וכאשר הגלאי אינו מחובר ללולאת גילוי, או כאשר ערוץ הגלאי במצב תקלה מכל סוג ובכללה מצב של לולאה מנותקת / קרועה.

במצב של אי הפעלת היציאה (מצב "פתוח") תהיה העכבה בין הדקי חיבורי היציאה של הגלאי בערך של לפחות 100 K Ω בתדרים של עד 50 Hz.

מעגלי היציאה יאפשרו חיבור ופעולה תקינה של אספקת מתח חיצונית למגעי הממסר, העומדת בתחום מתח נמוך מאוד (ELV), ראו סעיף 7.1.3-0 הגדרות.

למגעי היציאה תהיה יכולת למתג זרם הפעלה שלא יפחת מ-100 mA r.m.s. לא תידרש התאמה כלשהי, כאשר נעשה שימוש במתח חילופין AV או מתח ישר DC לפעולת המיתוג ע"י היציאה.

מעגלי היציאה יהיו מבודדים חשמלית מכל רכיב אחר ביחידת הגלאי וכן מחיבור האדמה. הבידוד בין מהדקי ממסר היציאה לבין שאר מרכיבי הגלאי כנ"ל, או המארז שלו, יהיו מסוגלים לעמוד בבדיקת בידוד במתח גבוה, כמוגדר בהוראות חוק החשמל, במתח בדיקה של לפחות 1000 V r.m.s.

7.4.12.3 יציאת מתג מבוסס רכיבי מצב מוצק (טרנזיסטור וכד')

בכל מקרה בו יחידת הגלאי תכלול מתג אות יציאה המבוסס על טכנולוגיה של רכיב אלקטרוני מצב מוצק, חיווי היציאה יתבסס על נפילת מתח בין הדקי המוצא של הגלאי. בכל מקרה בו לא יהיה עירור של יציאת הגלאי, המתח בין ההדקים לא יעלה על 500 mV. כאשר ייווצר מצב עירור של אות היציאה, ההתנגדות הפנימית שבין הדקי היציאה לא תפחת מ-100 K Ω .

מעגלי היציאה יכילו אך ורק רכיבים אלקטרוניים של מצב מוצק בעלי יכולת פעולה במצב של מעגל חשמלי פתוח, במתחים של עד 30V + ביחס למתח בהדק המשותף. יכולת המיתוג של מעגלי יציאה אלו תאפשר זרם הפעלה לרכיב חיצוני של לפחות 20 mA.

זמן המיתוג המרבי של רכיב מיתוג היציאה לא יעלה על $200\mu\text{S}$, כפי שיימדד בתחום שבין 10% עד 90% במיתוג מתח או זרם אות היציאה.

7.4.13 פיצוי אוטומטי על סחיפה

הגלאי יכולת פיצוי אוטומטית, ופעולה רציפה ותקינה ללא הפרעה, בכל אחד מהמצבים להלן:

- א. סחיפה בהשראות בין הדקי הכניסות לגלאי בשיעור של $\pm 0.002\%$ בתוך תחום ההשראות, כמוגדר בסעיף 7.4.2 לעיל.
- ב. סחיפה במקדם האיכות Q-Factor בין הדקי הכניסות לגלאי בשיעור של $\pm 0.02\%$ ביחס לתחום ההשראות, כמוגדר לעניין זה בסעיף 7.4.2 לעיל.
- ג. בכל שינוי בתנאי ההפעלה לגלאי כפי המוגדר בסעיף 7.4.18 בהמשך.
- ד. בכל דלף לאדמה / הארקה כמוגדר בסעיף 7.4.20 בהמשך.

7.4.14 חזרה לפעולה עם חידוש אספקת מתח או לאחר הפרעות למתח מסופק

ייתכנו מקרים של חזרה לפעולה בעת חידוש הזנת מתח להפעלת הגלאי, כאשר הופסקה פעילות הגלאי, עקב הפסקת חשמל ו/או בכל מקרה בו הייתה הפרעה חריגה בהזנת מתח החשמל לפעולת הגלאי, במשך תקופה ארוכה, ו/או בתחום הגדול מזה המוגדר בסעיף 7.4.18 לאפיוצות נדרשת לשינויים במתחי ההזנה.

במקרים אלה, בעת חידוש המתח, יחזור הגלאי באופן אוטומטי לפעולה מלאה ורגילה בתוך 5 שניות, ולא יותר מ- 10 שניות ממועד חיבור המתח התקין.

7.4.15 התאוששות מהגדלת השראות

בכל מקרה בו מסיבה כלשהי תהיה הגדלה בערכי השראות בהדקי הכניסה לגלאי, יבצע הגלאי מיידיית כיוול מחדש לערך מוגדל זה, ויעבור לפעולה ע"פ ההשראות העדכנית בהשראות תחילית.

הערה: כדוגמא, מצב כזה עשוי להיווצר כאשר הגלאי חוזר לפעולה בנסיבות המתוארות בסעיף 7.4.14 לעיל, תוך כדי נוכחות כלי רכב בתחום אזור הגילוי של הלולאה, ואז כאשר כלי הרכב יוצא מאזור הגילוי – כתוצאה מכך ייערך כיוול עצמי לגלאי.

7.4.16 מצבי תקלה

במצב המוגדר כתקלה, יפעיל הגלאי את אות היציאה (במקרה של מתג יציאה מסוג ממסר יהיה המגע "סגור", או במקרה של מתג יציאה מסוג מצב מוצק יהיה מצב של +ve), ואם יש מתח הזנה אזי יפעיל את הדפ"א לסימון היציאה באופן רציף כל עוד התקלה נמשכת.

כמצב תקלה יחשבו כל המצבים המתוארים כלהלן:

- א. נתק בין הדקי הכניסה לגלאי לבין הלולאה (לולאה לא מחוברת לגלאי), שימשך לפחות לתקופה של 30 ms בתוך אינטרוול זמן של 5 שניות לכל היותר.
- ב. קצר (0Ω התנגדות) בין הדקי הכניסה של חיבור הלולאה לגלאי, שימשך לפחות לתקופה של 30 ms בתוך אינטרוול זמן של 5 שניות לכל היותר.
- ג. אין הזנת חשמל לספק הכוח להפעלת הגלאי, או כל תקלה בו המונעת הזנה לגלאי, או מצב כלשהו של הפרעה בהזנת הגלאי, בתוך אינטרוול זמן של 5 שניות לכל היותר. עם חידוש הזנת חשמל תקינה, יחזור הגלאי לתפעול תקין, תוך משך התאוששות כמוגדר בסעיף 7.4.14 לעיל.
- ד. בכל מקרה בו ההתנגדות בין אחד מהדקי הכניסה לגלאי לבין האדמה תהיה קטנה מהערך המוגדר בסעיף 7.4.20.
- ה. במצבים בהם יהיה בעת פעולה רגילה של הגלאי שינוי בהשראות הנמדדת בין הדקי הכניסה לגלאי בערך הגבוה ב-20% לעומת ההשראות התחילית (אשר על פיה בוצע הכיוול האוטומטי של הגלאי בתחילת פעולה או בהתאוששות - ראו סעיף 7.4.14 לעיל).
- ו. בכל מקרה בו ההשראות התחילית המחוברת להדקי הכניסה תהיה שונה מטווח תחום ההשראות המותר לפעילות הגלאי לפי הגדרות היצרן, וכמוגדר כתחום מזערי בסעיף 7.4.2 לעיל.

הנחיה: כל המצבים שתוארו לעיל לא יגרמו לנזק כלשהו לכרטיס / יחידת הגלאי. בכל מקרה בו יחידת גלאי כוללת מספר ערוצים, אם יתקיים מצב התקלה בערוץ אחד, הדבר לא ישפיע על פעולתם הרגילה של הערוצים האחרים.

7.4.17 הגנות מנחשול חשמלי והפרעות חשמליות

יחידת הגלאי תכלול הגנה נגד נזקים שעשויים לנבוע מנחשולי חשמל ו/או תופעות מעבר חשמליות המושרות / משפיעות אל תוך מהדקי הכניסה של חיבור הלולאה, מהדקי חיבור אות היציאה או דרך מקור הזנת המתח.

7.4.17.1 עמידות להפרעות חשמליות

יחידת הגלאי תכלול סיכוך והגנה אלקטרומגנטית מתאימה לתנאים בהם יכולה יחידת הגלאי להיות מותקנת (בתוך ארון בקר הרמזור, בקרבת יחידות גלאים אחרות, או רכיבים אחרים בבקר הרמזור), כך שיחידת הגלאי תפעל ללא דופי וללא השפעה כלשהי בגין קירבה זו. נא ראו לעניין זה הגדרות במפרט כללי להצבה ואחזקה של רמזורים, פרק 6: בקר הרמזור, נספח A-2, או מהדורה עדכנית יותר, המתייחס לתקן האירופי EN 50566:2018.

יחידת הגלאי תהיה מסוגלת לפעול באופן תקין בנוכחות רעש חשמלי מושרה דרך מהדקי כניסות הגלאי (חיבור הלולאה). יחידת הגלאי תפעל באופן תקין בנוכחות רעש המופיע כתדר אלקטרומגנטי (electromagnetic frequency) המושרה בטור, יחד עם השראות חיצונית בתחום הערכים, כמוגדר בסעיף 7.4.2 בסיווגים המוגדרים להלן:

- א. דפקים / פולסים לתקופה של $4\mu s$, בשיא משרעת של $2.5 V$, המוגדרים כ- $50 mV r.m.s$ בתחום תדר של $3 kHz$ הסובב את התדר המרכזי של פעולת הגלאי, כפי שנקבע באופן ידני או בכיול אוטומטי, ע"פ השראות הלולאה המחוברת לגלאי. קצב ההופעה של הפולסים הללו יהיה בתחום של אחת ל- 0.5 שניה, עד אחת ל- 2 שניות.
- ב. בתנאים הזוהים לאמור בסעיף א' לעיל, אולם עם שיא משרעת של $0.5 V$ או $10 mV r.m.s$ בתחום תדר של $3 kHz$ הסובב את התדר המרכזי של פעולת הגלאי, כפי שנקבע באופן ידני או בכיול אוטומטי ע"פ השראות הלולאה המחוברת לגלאי, קצב ההופעה של הפולסים הללו יהיה בתחום של 10 עד 100 פולסים לשנייה.
- ג. במצב של רעש לבן במתח - $0.33 mV r.m.s$ בתחום תדר של $3 kHz$, הסובב את התדר המרכזי של פעולת הגלאי, כפי שנקבע באופן ידני או בכיול אוטומטי ע"פ השראות הלולאה המחוברת לגלאי. [הסבר: משמעות ההגדרה $r.m.s$ הינה כי המשרעת הממוצעת הרגעית של הרעש תהיה $1.0 mV$, ותתקיים רק למשך תקופה של 0.3% מהזמן של הרעש. מכאן נובעת ההגדרה היחסית של $0.33 mV$].
- ד. במצב שכיח של רעשים מושרים הנובעים מכבלי חשמל של אותות בעלי משרעת מתח שיאית של $72 mV$ הנמדדת בהדקי הכניסה של חיבור הלולאה לגלאי.
- ה. במצב של שונות אותות חיצוניים המושרים, בעלי משרעת מתח שיאית של $60 mV$ המושרה לכבלי הלולאה של הגלאי.

יחידת הגלאי לא תינזק באופן כלשהו במהלך חשיפה לנחשולי חשמל הנובעים מתופעות מעבר חשמליות בעלות שיא מתח של $\pm 1,000 V$, אשר ימשכו לתקופה של $1 ms$, ואשר ירכבו מעל מתח ההזנה לספק הכוח של הגלאי.

7.4.18 תחום תנאי הסביבה התפעוליים

הציוד המסופק יהיה בעל יכולת לפעול באופן תקין ורציף בהינתן התנאים כמפורט להלן:

- א. מתח הזנה בתחום הגבולות $-15\% / +10\%$ 230 V AC r.m.s., ותדר הרשת בתחום 50 Hz $\pm 2\%$, אם חלופה זו היא המיושמת להזנת הגלאי.
- ב. מתח הזנה ELV AC בתחום הגבולות $-10\% / +13\%$ 24 V AC r.m.s., ותדר הרשת בתחום 50 Hz $\pm 4\%$, אם חלופה זו היא המיושמת להזנת הגלאי.
- ג. מתח הזנה ELV DC בתחום הגבולות $-20\% / +20\%$ 24 V DC, אם חלופה זו היא המיושמת להזנת הגלאי.
- ד. בתחום טמפרטורת סביבה 10°C ועד 45°C .
- ה. בתחום לחות יחסית של 0 עד 90% לפחות ללא עיבוי.
- ו. בתחום קצב שינוי טמפרטורה של 1 מעלה לדקה, בין הטמפרטורה המזערית למרבית.

7.4.19 הידוד (ערב דיבור) - Cross Talk

מתחי הידוד / ערב דיבור (e.m.f) המושרים סדרתית יחד עם השראות חיצונית בתחום של עד 0.5% מהמתחים הנמדדים בהדקי המבוא של חיבור הלולאה לגלאי, בכל תדירות אשר הינה בתחום התדירויות המופעלות באותו ערוץ גלאי בעת ההידוד, אינם אמורים לגרום לתקלה כלשהי בפעילות התקינה של הגלאי. בנוסף הגלאי יכלול מתג כיוול שיאפשר קביעת ערך סף שונה (למניעת הפרעה של מתחי הידוד), בטווח מתחים מושרים בין 0.5% עד 5%, מהמתח הנמדד בהדקי המבוא לחיבור הלולאה לגלאי. בעת הפעלת הכיוול, הגלאי ימשיך בתנאים אלו לפעול בפעולה רגילה ע"פ כל הדרישות במפרט זה.

7.4.20 דלף חשמלי לאדמה

בהינתן כי ההשראות המחוברות לכרטיס הגלאי נמצאות בטווח תחום ההשראות הנדרש לגלאי ע"פ הוראות היצרן, או לפחות ע"פ הנדרש בסעיף 7.4.2 לעיל, בכל מקרה בו אחד מהדקי החיבור של הלולאה לגלאי יהיה בעל חיבור לאדמה שיאופיין כהתנגדות חיצונית בערך שלא יפחת מ-20 K Ω , הגלאי ימשיך בפעילות רגילה ותקינה במצב זה. אם תפחת ההתנגדות מתחת לערך האמור, יכריז הגלאי על מצב תקלה (ראו הגדרות בסעיף 7.4.16 לעיל).

7.4.21 פעולת הגלאי בסביבת מתע"נ

גלאי כלי-רכב המותקן בסמוך לקווי מתע"נ (רכבת קלה או תאו"מ) נדרש לעבוד בסביבת זו, המבוססת על הפעלה חשמלית. סביבה זו היא עתירת רעשים והפרעות חשמליות, אשר בעיקרן ייווצרו במהלך בלימה או האצה של כלי רכב אלו. תופעות אלו גורמות לעיתים לגלאים לבצע הפעלה רציפה של אות יציאה מלאכותי גם לאחר עזיבת המתע"נ את אזור הגילוי. הגלאי נדרש להיות חסין לתופעות מסוג זה.

7.5 דרישות נוספות למודול גלאים משולבים בבקר הרמזור

7.5.1 דרישות כלליות וקונפיגורציה כללית למערכת המשולבת

הגלאי המשולב (Integrated Detector in a TSC) יהיה מותאם לדגם ו/או לדגמי בקר/י רמזור המאושר/ים לשימוש בישראל, שכן במסגרת בדיקת הגלאי לאישורו לשימוש בישראל תידרש הוכחת תאימות ותפקוד משולבים של הגלאי יחד עם בקר הרמזור.

מבקש האישור יציין במפורש את דגם הבקר אשר אליו מותאם הגלאי המשולב המוצע, ובמסגרתו יופעל. מבקש האישור יציג בפני הוועדה לשביעות רצונה את הפעולה המשולבת בין כרטיס הגלאי המשולב המוצע לבין דגם בקר הרמזור אשר עבורו מותאם הגלאי המשולב.

אישור כרטיס גלאי משולב שיינתן ע"י הוועדה יהיה מוגבל לשימוש אף ורק בשילוב עם דגם בקר הרמזור אשר הגלאי המשולב נבדק בפועל במסגרתו כמכלול. לא יותר (לא יאושר) השימוש בגלאי המשולב המוצע שלא כמכלול משולב במסגרת בקר הרמזור האמור.

הגלאי המשולב יהיה מבוסס על מכלול כרטיס מודפס משולב, המיועד להתקנה ולחיבור מובנה לתוך מכלול מסד הבקר הרמזור המארח. כרטיס הגלאי יאפשר כתובת פנייה ישירה ובקרת הכרטיס באופן מלא ע"י בקר הרמזור המארח (hosting TSC).

מעגלי הגלאי המשולב יכולים לכלול מרכיבים משולבים נוספים, כדוגמת מערך כניסות לאותות חיצוניים, אמצעי בקרה ואמצעי תצוגה. לדוגמה מערכת כניסות חיצוניות המיועדת לקבל אותות מלחצני הולכי רגל או מגלאי רדאר חיצוניים המותקנים על עמודי הרמזור.

כל מעגלי הכניסות החיצוניים המשולבים בכרטיס הגלאי המשולב יעמדו בדרישות עבור מעגלי כניסות מסוג זה, כמפורט במפרט בקר רמזור (פרק 6 : בקר הרמזור).

הגלאי המשולב יכול את כל האביזרים, המחברים, והכבילה הנדרשים לצורך שילובו וחיבורו בבקר הרמזור המארח, אשר אינם נכללים באביזרים המסופקים בבקר הרמזור עצמו באופן שגרתי.

7.5.2 דרישות תפקודיות

7.5.2.1 כללי

הגלאי המשולב יאפשר יישום 4, 8, 12 או 16 ערוצי גילוי לכל כרטיס המיועד לחיבור בבקר ברמזור המארח. מיספור הערוצים להגדרת כתובת השימוש יהיה רציף.

כל דרישות הביצועים התפעוליים המפורטות בסעיף 7.4 לעיל, תהיינה תקפות גם לגבי הגלאי המשולב, למעט הדרישות בסעיף 7.4.12. דרישות אלה לא תפורטנה מחדש בסעיף זה.

7.5.2.2 סריקת ערוצי הגילוי

לכל ערוצי הגילוי בגלאי המשולב תתבצע סריקה ברצף, על מנת למנוע הידוד בין ערוצי הגלאי המשולב (הנמצאים על אותו כרטיס).

כרטיס הגלאי המשולב יכול מודול המאפשר העברת אות סינכרון לגלאים משולבים נוספים המותקנים על גבי אותו בקר רמזור מארח. וזאת לצורך מניעת הידוד בין ערוצי גלאי שונים הפועלים על גבי כרטיסי גלאי נפרדים המחוברים לאותו בקר רמזור מארח.

אות הסינכרון יקבע את מועד תחילת הסריקה של ערוץ מס' 1 בכל כרטיסי הגלאי המשולב המחוברים לאותו בקר רמזור מארח. סריקת הערוצים האחרים על גבי אותו כרטיס תתבצע בסדר רציף כאמור לעיל.

הערה: אות סינכרון זה לא ימנע הידוד בין ערוצי גלאי בעלי מיספור מקביל, של כרטיסי גלאי משולב נפרדים.

7.5.2.3 סוגי תפקוד הגלאי

לכל אחד מערוצי הגלאי של כרטיס הגלאי המשולב תהיה אפשרות להגדרת תיפקוד נפרדת באמצעות תיכנות, שתאפשר הגדרתו לפעולה כגלאי נוכחות או כגלאי פולס מעבר בעל הגדרת זמן מעבר.

7.5.2.4 פרמטרים להגדרת תצורה

הפרמטרים להגדרת התצורה (קונפיגורציה) עבור כל ערוץ גלאי בכרטיס גלאי משולב יינתנו להגדרה נפרדת, באמצעות תיכנות לכל ערוץ גלאי בנפרד.

המשתמש יוכל לתכנת את משתני התצורה הבאים לפחות:

- א. סוג פעולת הגלאי (כערוץ גלאי נוכחות או גלאי פולס)
- ב. כיוון דרגת הרגישות
- ג. משך זמן הנוכחות הנדרש להכרזה על גילוי, במקרה שהערוץ מוגדר כגלאי פולס בעל משך מעבר מוגדר.

מעגלי הגלאי המשולב יכילו זיכרון בלתי נדיף כדוגמת EEPROM או זיכרון FLASH, על מנת לשמר את פרמטרי הקונפיגורציה כפי שהוגדרו ע"י המשתמש.

מכלול הפרמטרים של התצורה, יכיל זיהוי של מספר הצומת המבוקר ע"י בקר הרמזור המארח. מספר זה יימסר לכרטיס הגלאי המשולב ע"י בקר הרמזור המארח. מכלול הפרמטרים של התצורה יהיה מוגן בקובץ זיכרון הכולל בדיקת סכום (checksum).

מכלול הפרמטרים של התצורה יהיה נתון לבקרה ושימוש ע"י המעבד המרכזי של בקר הרמזור המארח. אולם לאחר הגדרת פרמטרים אלה, יתפקד המעבד המקומי של כל כרטיס גלאי משולב באופן בלתי תלוי במעבד המרכזי של בקר הרמזור המארח.

המודול של הגלאי המשולב יאפשר יישום ערכי ברירת מחדל לפרמטרים של התצורה, באמצעות קריאתם מהזיכרון הבלתי נדיף, או באמצעות שינוי מצב מפסקים זעירים (dip switches) על גבי כרטיס הגלאי המשולב עבור כל ערוץ בנפרד.

כרטיס הגלאי המשולב ישתמש בהגדרות ברירת מחדל אלה, בכל מקרה בו הגדרות אחרות אשר הוכנסו לזיכרון הכרטיס יסתברו כבלתי תואמות ו/או ישימות מסיבה כלשהיא.

הערה: כרטיס הגלאי המשולב אינו מחויב לכלול אמצעים פיזיים (מפסקים זעירים) לכיול דרגת הרגישות כפי שמוגדר בסעיף 7.3.5.2. הגדרת הרגישות ניתנת לביצוע באמצעות הגדרה בתוכנה.

7.5.2.5 מפסקים ומכוונים לבקרת ערוצי הגילוי

כרטיס הגלאי המשולב יכיל מפסק תלת-מצבי נפרד עבור כל ערוץ גילוי. מפסק תלת-מצבי זה יאפשר עבור כל ערוץ בחירת אחד מהמצבים הבאים:

- א. פעולה רגילה לאותו ערוץ
- ב. אילוץ עוקף גילוי, אשר יגרום להפעלה רציפה של אות היציאה (יש גילוי) עבור אותו ערוץ
- ג. אילוץ עוקף גילוי, אשר יגרום לכיבוי רציף של אות היציאה עבור אותו ערוץ גילוי.

כאשר כרטיס הגלאי המשולב מכיל שילוב של כניסות חיצוניות, הגלאי המשולב יכול, עבור כל אחת מהכניסות החיצוניות, מפסק תלת-מצבי. המפסק יתפעל את מצב האותות כמפורט לעיל עבור ערוצי גילוי.

המפסקים התלת-מצביים (עבור כל ערוצי הגילוי) יותקנו בעמודה אחת או בשתי עמודות אנכיות על גבי הפאנל הקדמי של כרטיס הגלאי המשולב. המפסקים ימוספרו באופן רציף מלמעלה למטה. במקרה שתהיינה שתי עמודות של מפסקים תלת-מצביים, המיספור יבוצע באופן רציף משמאל לימין.

אותות החיווי לסימון מצב הגילוי, כמוגדר בסעיף 7.3.4, יותקנו בסמוך לכל מפסק תלת מצבי (עבור כל ערוץ) המותקן על גבי הפאנל הקדמי של הגלאי המשולב. המכוונים יהיו מותאמים למפסק הסמוך להם.

7.5.2.6 ניטור

כרטיס הגלאי המשולב ו/או מערכת התצוגה של בקר הרמזור המארח יאפשרו הצגה וניטור של כל הפרמטרים המוגדרים עבור כל ערוץ גלאי, כמפורט בסעיף 7.5.3.2 בהמשך.

פרמטרים אלה יהיו נגישים למשתמש באמצעות ממשק המשתמש המיועד לכך על גבי בקר הרמזור המארח.

7.5.2.7 בקרת פעולת ערוצי הגילוי

הגלאי המשולב יאפשר לבקר הרמזור המארח להגדיר את מצב הפעולה של כל ערוץ גילוי וכניסה, כמתואר בסעיף 7.5.2.5 לעיל. הגדרה זו תהיה זמינה לצפייה ולהגדרה למשתמש בבקר הרמזור המארח, באמצעות מילואת ממשק המשתמש של בקר הרמזורים המארח.

7.5.2.8 כיוון מחדש לערוצי הגלאי

כל כרטיס גלאי משולב יכול על גבי הפאנל הקדמי מפסק רגעי אשר יאפשר (בלחיצה עליו) איפוס וכיוול מחדש של כל ערוצי הגלאי המוכללים בכרטיס.

מודול הגלאי המשולב יאפשר קבלת פקודות בקרה מבקר הרמזור המארח, אשר יבצעו בין היתר איפוס והחזרה לערכי ברירת מחדל וכיוון וכיוול מחדש לכל ערוצי הגילוי. ערוצי הגילוי יהיו ניתנים להעברה לפעולת איפוס וכיוון מחדש ע"י פעולה ידנית, באמצעות ממשק המשתמש של בקר הרמזור המארח. ערוצי הגילוי יהיו ניתנים לשליטה והגדרות מצב פעולה, באמצעות ממשק תקשורת ישירות ממערכת הבקרה המרכזית אשר אליה מחובר הבקר המארח.

7.5.2.9 יומן אירועים

במודול הגלאי המשולב תיכלל יכולת מימוש של יומן אירועים (Event Log). יומן האירועים יכול רישום אירועים כדוגמת מצבי כשל, או פעילות בלתי סדירה / בלתי תקינה, או תקלה בערוץ גילוי או במכלול הגלאי המשולב. רישום האירוע יכלול את מועד האירוע, סוג אי-הסדירות (קוד האירוע), וערוץ הגילוי בו נתגלתה אי-הסדירות. יומן אירועים זה יהיה נגיש לצפייה ולתשאול מתוך מילואת ממשק המשתמש של בקר הרמזורים המארח, וכן ע"י מערכת בקרת רמזורים מרכזית, באמצעות ממשק תקשורת ישירות ממנה אל הבקר המארח.

הגלאי המשולב יאפשר אחסון בזיכרון בלתי-נדיף של רישומי יומן מסוג זה, אשר יאפשר ניתוח של מצבי הכשל שנרשמו. הגלאי המשולב יאפשר רישומם של לפחות 20 אירועים, עבור כל ערוץ גילוי המוכלל בכרטיס הגלאי המשולב. האחסון ביומן האירועים יהיה בשיטת FIFO.

איחסון ערכי יומן האירועים יתבצע בכרטיס הגלאי המשולב, או לחילופין בזיכרון בלתי-נדיף בזיכרון בקר הרמזור המארח.

7.5.3 ממשק משתמש

7.5.3.1 הצגה ושינוי פרמטרים של הקונפיגורציה

הפרמטרים של הגלאי המשולב יהיו זמינים לשינוי באמצעות מילואת ממשק המשתמש של בקר הרמזור המארח. רשימת הפרמטרים תכלול את:

- א. כל ערכי ברירת המחדל של פרמטרי הקונפיגורציה.
- ב. כל פרמטרי הקונפיגורציה הנמצאים בשימוש נוכחי.

הערכים של פרמטרי הקונפיגורציה הנמצאים בשימוש נוכחי יהיו ברי שינוי באמצעות מילואת ממשק המשתמש של הבקר המארח.

7.5.3.2 הצגת פרמטרי פעולה

כל הפרמטרים המיועדים להגדרת אופן הפעולה של כל ערוץ גילוי המוכלל בכרטיס גלאי משולב יהיו נגישים לשינוי ולצפייה באמצעות מילואת ממשק המשתמש של בקר הרמזור המארח. רשימת פרמטרי הפעולה עבור כל ערוץ גילוי תכלול לפחות את הבאים:

- א. המצב הנוכחי של היציאה (אות גילוי), כולל הצגת האות במצב העקיפה, אם נבחר מהמפסק התלת-מצבי.
- ב. המצב הנוכחי של אות יציאה (אות גילוי), ללא הצגת מצב העקיפה שנבחר במפסק התלת מצבי.
- ג. תדר הפעולה של ערוץ הגלאי הנבחר לתצוגה / לשינוי.
- ד. השראות הלולאה המחוברת לערוץ הנבחר לתצוגה.
- ה. יחס שינוי ההשראות הרגעי בעת הגילוי ($\Delta L/L$).
- ו. הערך השיאי שנמדד ליחס שינוי ההשראות ($\Delta L/L$), בפעם האחרונה שבה היה גילוי אשר גרם לעירור אות היציאה לערוץ הנבחר לתצוגה.
- ז. ערך מקדם הטיב (Q) או ערך תואם אחר לקביעת טיב.
- ח. ערך רציף של ספירת מונה הגילויים מאז האיפוס האחרון של המונה.

אם כרטיס הגלאי המשולב מכיל מעגלים ותמיכה לקבלת אותות כניסה חיצוניים, עבור כל ערוץ כניסה מסוג זה, מילואת ממשק המשתמש בבקר הרמזור המארח תציג את הפרמטרים הבאים:

- א. המצב הנוכחי של אות הכניסה, כולל הצגת האות במצב העקיפה, אם נבחר מהמפסק התלת-מצבי.
- ב. המצב הנוכחי של אות הכניסה, ללא הצגת מצב העקיפה שנבחר במפסק התלת-מצבי.

7.5.3.3 כיוון מחדש של ערוצי הגלאי

מילואת הבקרה וממשק המשתמש בבקר הרמזור המארח תאפשר ביצוע איפוס והחזרה לערכי ברירת מחדל וכיוון מחדש לכל אחד מערוצי הגילוי בנפרד, או לכל ערוצי הגילוי גם יחד.

7.5.3.4 הפעלת זמזום לערוץ גלאי

אם מתאפשר בבקר הרמזור להפעיל זמזום לציון מצבי פעולה שונים, מילואת ממשק המשתמש בבקר הרמזור המארח תאפשר למשתמש אמצעי מתאים להגדיר הפעלת זמזום (beeper) או הפסקתו. פעולת הזמזום תהיה לפי אופן העבודה שנקבע לערוץ בגלאי המשולב, אשר אליו החליט המשתמש לשייך את הפעלת הזמזום. אות הזמזום יהיה ניתן להגדרה כאות רציף או אות מקוטע או מופסק לחלוטין.

7.5.3.5 הצגה או איפוס יומן אירועים

מילואת הבקרה וממשק המשתמש בבקר הרמזור המארח יאפשרו להציג את ערכי יומן האירועים עבור כל גלאי משולב המוגדר ככלול בו. המשתמש יוכל למחוק / לאפס את יומן האירועים עבור כל מודול בקר משולב המוגדר. יומן אירועים שנמחק ע"י משתמש יתחיל לצבור אירועים מחדש החל ממועד ביצוע המחיקה / האיפוס.

7.5.3.6 הצגת זיהוי אלקטרוני

ממשק המשתמש בבקר הרמזור מארח יאפשר להציג את פרמטרי הזיהוי האלקטרוני של כל מודול גלאי משולב המוגדר ככלול בו, ע"פ הגדרות הזיהוי כמפורט בסעיף 7.5.4 בהמשך.

7.5.4 זיהוי אלקטרוני

7.5.4.1 כללי

מודול הגלאי המשולב יכלול פרמטרי זיהוי אלקטרוני, תוך שילוב פרטי המידע הבאים:

- א. הסוג או מספר המודל / דגם של הגלאי המשולב, וכן של גרסת החומרה של המכלול האלקטרוני של כרטיס הגלאי המשולב.
- ב. מספר סידרתי ייחודי של המכלול האלקטרוני הפיזי.
- ג. מספר גרסת הקושחה (firmware) של מכלול האלקטרוני בכרטיס הגלאי המשולב.

המידע הנ"ל יסופק בשתי תצורות נפרדות, על מנת לאפשר הצגת הזיהוי האלקטרוני על גבי מילואת ממשק המשתמש של מסופון הבדיקה לגלאי, וכן גם על מנת לאפשר שליחתו למערכת הבקרה המרכזית המחוברת לבקר הרמזור. התצורות הנדרשות הן:

- א. מחרוזת טקסט המכילה את הנתונים הנ"ל
- ב. מידע מקוצר ע"י שימוש בפורמט קידוד מספרי המייצג את המידע.

7.5.4.2 שם דגם או מספר המודל וגרסת החומרה

הטקסט עבור הסוג / הדגם / מספר המודל יהיה מחרוזת תווי ASCII, שתהיה מחרוזת בעלת סימן סיומת ריקה (null-terminated string), ותכיל עד 20 תווים לכלל המחרוזת, כולל סימן הסיומת. לדוגמא: "DET-D316-E316-V" המייצגת סוג ומספר דגם פרטני לגלאי המשולב.

7.5.4.3 מספר סידרה

התצורה של הטקסט עבור מספר הסידרה יהיה: YYYY-MM-XXXXXX.

השדות יכללו את המידע הבא:

- א. שנת היצור
- ב. חודש היצור
- ג. מספר סידורי רציף ייחודי המציין את סדרת היצור.

בתצורה המספרית עבור מספר סידרה יהיה מספר סידרתי של 24 ביט, כדוגמת "0000316".

7.5.4.4 גרסת הקושחה

הטקסט עבור גרסת הקושחה יהיה מחרוזת תווי ASCII, שתהיה מחרוזת בעלת סימן סיומת ריקה (null-terminated string), ותכיל עד 20 תווים לכלל המחרוזת, כולל סימן הסיומת. לדוגמא: "YYYY-MM-DD-VV.vv", אשר תייצג מספר סימון גרסה המתאים למותקן ע"ג מודול הגלאי המשולב.

השדות יכילו את המידע הבא:

- א. שנת הכרזת / עדכון הגרסה
- ב. חודש הכרזת / עדכון הגרסה
- ג. יום שיחרור / עדכון הגרסה
- ד. מספר גרסה ראשי / מוביל.
- ה. מספר תת-גרסה / מספר משני.

7.5.4.5 דגם או מספר מודל וגרסת חומרה

בתצורה המספרית עבור הסוג / דגם / מספר המודל יהיה מספר של 16 ביט, כדוגמת "8316", המייצג סוג ומספר דגם פרטני לגלאי המשולב.

בתצורה המספרית עבור גרסת קושחה יהיה מספר סידרתי של 16 ביט, כדוגמת "0216", המייצג מספר גרסת קושחה פרטני לגלאי המשולב.

7.5.5 ערוץ לביצוע אבחון (דיאגנוסטיקה)

רצוי כי עבור מכלול גלאי משולב, המודול יכלול ערוץ תקשורת ייעודי עבור ביצוע איבחון (דיאגנוסטיקה), על מנת לאפשר ביצוע מבדקים פנימיים, ניטור ובחינת תפקוד ערוצי הגלאי בזמן אמיתי.

ערוץ התקשורת מיועד לשמש בקישור אינטגרלי וישיר למודול הגלאי המשולב, ולפעול ישירות על הגלאי, ולא להיות תלוי בפעילות בקר הרמזר המארח.

מטרת ערוץ הבדיקות הינה לאפשר בדיקה מפורטת, שתאפשר לאבחן במדויק סיבות לתקלות ותפקוד לקוי של ערוצי הגלאי. בפרט, מטרת ערוץ הבדיקות לאפשר בדיקות כאלו בשלבי התקנת מודול הגלאי המשולב ו/או התקנה וחיבור של הלולאות לכרטיס הגלאי המשולב.

7.6 סיכום דרישות טכניות ותפקודיות לגלאי

7.6 Technical and Functional Requirements for Electromagnetic Detector

7.6.1 טבלת דרישות עבור הצהרה עצמית ולבדיקות

7.6.1 Table of Requirements for Self-Declaration and Testing

For the purpose of testing and approval of Electromagnetic Detector by The Committee, the Manufacturer of the Electromagnetic Detector shall fill out the following **Table of Requirements**, and declare the compliance of the Electromagnetic Detector that is provided for approval, with these requirements. The requirements are fully described in this Specification (Sections 7.1-7.5 above).

The Manufacturer of the Electromagnetic Detector shall declare in Column (c) of each line of the Table: Fully Compliant / Compliant with Comments / Non-Compliant. Then, the Manufacturer shall sign each page of the Table (signature and stamp).

In case that the Electromagnetic Detector is tested by a "Recognized Laboratory", the Laboratory shall **ALSO** fill out the **Table of Requirements**, and shall indicate in Column (c) of each line of the Table: Fully Compliant / Compliant with Comments / Non-Compliant. Then, "Recognized Laboratory" shall sign each page of the Table (signature and stamp).

Notes:

- The Manufacturer's Self-Declaration is required in any case, regardless if the Detector is tested by a "Recognized Laboratory".
- The Table of Requirements below presents only the titles of the various clauses of the Specification. However, The Manufacturer's Declaration and Laboratory's Confirmation shall refer to the full requirements written in these clauses, in Sections 7.1-7.5 above.

Table of Requirements for Electromagnetic Detector

No. of Clause	Title	Manufacturer Confirmation	Laboratory Testing	Comments
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
7.1	Scope of Guidelines			
7.1.1	Scope of Specification			
7.1.2	Applicable Documents			
7.1.3	Terms and Definitions			
7.1.4	Testing and Approval Procedure for the Electromagnetic Detector Card			
7.1.4.1	Approval of Integrated Detector in a Traffic Signal Controller			
7.1.4.2	Approval of Stand-Alone Detector or Non-Integrated Detector Installed in a TSC Rack			
7.1.4.3	Modification of Approved Configuration			
7.1.4.4	Prototype Model Testing			
7.1.4.5	Detector Cyber Security			
7.1.5	The Requirements from an Applicant for a New Electromagnetic Detector			
7.1.6	The Content of the Application for Approval of a New Electromagnetic Detector			
7.2	Mechanical and Physical Requirements			
7.2.1	Manufacturing Requirements			
7.2.2	General Dimensions			
7.2.2.1	Stand-Alone Detector			
7.2.2.2	Non-Integrated Detector Installed in a TSC Rack			
7.2.2.3	An Integrated Detector in a TSC			
7.2.3	Marking and Labeling			
7.2.4	Documentation and Additional Information			
7.2.4.1 to 7.2.4.9	Documentation Content (including sub-clauses 7.2.4.2 to 7.2.4.9)			

7.3	Electrical Requirements			
7.3.1	Electrical Requirements and Environmental Conditions for Normal Operation			
7.3.1.1	Stand-Alone Detector			
7.3.1.2	Non-Integrated Detector (Installed in a TSC Card Rack Assembly)			
7.3.1.3	Integrated Detector (in a TSC)			
7.3.2	Protections and Electrical Safety (including sub-clauses)			
7.3.3	Electromagnetic Compatibility			
7.3.4	Visual Indicators			
7.3.5	Switches, Tuning and Calibration Means, and Connectors			
7.3.5.1	General			
7.3.5.2	Sensitivity Control			
7.3.5.3	Selection of Detector Operation Mode			
7.3.5.4	Control of Detector Working Frequency			
7.3.5.5	Control of Maximum Continuous Presence Duration			
7.3.5.6	Manual Re-Set Device			
7.3.5.7	Connectors			
7.3.6	Availability and Reliability Requirements			
7.4	Operational Performance			
7.4.1	Basic Performance Requirements			
7.4.2	Inductance Range			
7.4.3	Minimal Actuation Value			
7.4.4	Maximal Attenuation for Actuation			
7.4.5	Sensitivity Tuning			
7.4.6	Response Time			
7.4.7	Turning-Off Time			
7.4.8	Recovery Time			
7.4.9	Presence Time Parameters			
7.4.9.1	Stationary Vehicle			
7.4.9.2	Slow Moving Traffic and/or Congestion			
7.4.10	Paralysis Time			

7.4.11	Output Signal Actuation in Presence Mode of Operation			
7.4.12	Output Characteristics			
7.4.12.1	Required Output Types for the Detector Unit			
7.4.12.2	Switch Output based on Relay			
7.4.12.3	Switch Output based on Solid-State Components			
7.4.13	Automatic Compensation for Drift			
7.4.14	Re-Start Operation following Recovery from Voltage Supply or Voltage Disturbance			
7.4.15	Recovery from Inductance Increase			
7.4.16	Failure Modes			
7.4.17	Protection from Electrical Spikes and Disturbance			
7.4.17.1	Resistance to Electrical Disturbance			
7.4.18	Operational Environmental Conditions			
7.4.19	Cross-Talk			
7.4.20	Electrical Leakage to Earth			
7.4.21	Detector Operation Adjacent to LRT or BRT			
7.5	Additional Requirement for Integrated Detector in a TSC			
7.5.1	General Requirements and General Configuration for the Integrated System			
7.5.2	Functional Requirements			
7.5.2.1	General			
7.5.2.2	Detector Channel Scanning			
7.5.2.3	Types of Detector Functionality			
7.5.2.4	Configuration Parameters			
7.5.2.5	Switches and Indicators for Detection Channel Control			
7.5.2.6	Monitoring			
7.5.2.7	Detection Channel Operation Control			
7.5.2.8	Detector Channels Re-Calibration			
7.5.2.9	Event Log			

7.5.3	User Interface			
7.5.3.1	Configuration Parameters Presentation and Changing			
7.5.3.2	Display of Operation Parameters			
7.5.3.3	Re-Tuning of Detector Channels			
7.5.3.4	Beeper Activation for a Detection Channel			
7.5.3.5	Event Log Re-Setting or Display			
7.5.3.6	Electronic Identification Presentation			
7.5.4	Electronic Identification			
7.5.4.1	General			
7.5.4.2	Model Name or Number and Hardware Version			
7.5.4.3	Serial Number			
7.5.4.4	Firmware Version			
7.5.4.5	Model Name or Number and Hardware Version			
7.5.5	Channel for Performing Diagnostics			
7.6	Technical and Functional Requirements for Electromagnetic Detector			
7.6.1	Table of Requirements for Self-Declaration and Testing			
7.6.2	Required Technical Documents for Submission: Confirmation of the Manufacturer (always), and the Recognized Laboratory (as relevant), that all the required documents detailed in this Specification, and in particular in Section 7.6, have been reviewed, are appropriate, and are submitted as part of this application.			

Comprehensive Manufacturer's and Supplier's Declaration

(to be completed by the Manufacturer's of the Electromagnetic Detector authorized signatory)

I, _____, [full name], authorized signatory of _____ [the Manufacturer], declare and confirm that the Electromagnetic Detector for which an approval is requested, complies with the Requirements, as detailed in Sections 7.1-7.5 above, and confirm compliance as stated within the Table of Requirements for Electromagnetic Detector above, and with the Submitted Technical Documents attached to it.

I also declare and confirm that the Manufacturer will support the Electromagnetic Detector for which an approval is requested continuously, as long as the approval is valid, and will allocate the required resources for firmware and software version updates, as part of keeping the validity of the approval of the Inter-Ministerial Committee.

**Signature of the
authorized signatory of
the Manufacturer**

Date

**Signature of the
authorized signatory of
the Israeli Supplier**

Date

7.6.2 המסמכים הטכניים הנדרשים להגשה

7.6.2 Required Technical Documents for Submission

This Clause defines the necessary Technical Documents which must be reviewed by **The Manufacturer (always)**, and then by an appropriate “**Recognized Laboratory**” (as relevant), as relevant to the alternative of approval, as part of the Electromagnetic Detector approval process, in accordance with this Specification (see Clause 7.1.4).

Note that both **The Manufacturer** and **The Recognized Laboratory** must confirm and sign in the Table in Section 7.6.1, that all the required documents detailed below have been reviewed and submitted as part of this application.

These Technical Documents must be submitted as part of the Request for Approval of the Electromagnetic Detector.

No.	Item	Description
1	Technical File Overview Document	A summary document outlining the product, specifying the requirements of this Specification and other relevant Specifications, that the product has been designed to comply with, together with a detailed table of contents for the submitted technical documents. Where copies of external certificates or documents are referred to, these may be included within the technical overview document, or supplied separately as part of the submitted technical documents.
2	QA Accreditation Certificate(s)	A copy of the Quality Management Registration Certificates for the organization applying for the Electromagnetic Detector approval.
3	A Functional Design Description of the Product	A reference to the overall System Design Documentation for the product (by document part number and issue).
4	Product Part Numbers	A list of top-level assembly part numbers and their issue states, including all firmware / software part numbers and issues.
5	Test Procedures and Results	A reference to all test schedules and test result documents (by document part numbers and issue).
6	Statement of Compliance	A clause-by-clause statement of compliance against the requirements of this Specification and other relevant Specifications, confirming compliance and/or listing caveats or deviations, as detailed in The Table of Requirements in Section 7.6.1.

7	EMC Test Results	A reference to EMC test performance requirements. Copies of the results of EMC testing undertaken by an appropriately qualified independent approved test house must be included in the submitted technical documents.
8	Environmental Test Results	A reference to Environmental tests performance requirements. Copies of the results of the Environmental testing undertaken by an appropriately qualified independent approved test house must be included in the sbmitted technical documents.
9	Radio Agency test results	A reference to Radio Agency tests performance requirements. Copies of the results of Radio Agency testing undertaken by an appropriately qualified independent approved test house must be included in the submitted technical documents .

נספח א' - קווים מנחים להתקנת לולאות גלאים (נספח מחייב)

א) תיאור כללי

גלאים אלקטרומגנטיים העושים שימוש בגלאי לולאה במיסעה הינם כיום הטכנולוגיה הפופולרית ביותר אשר נעשה בה שימוש בישראל לגילוי כלי רכב. הלולאה במיסעה, שהינה סליל השראות, משמשת כאמצעי החישה הבסיסי בטכנולוגיה זו. בהשוואה לשיטות וטכנולוגיות גילוי אחרות, טכנולוגיה זו מתאפיינת בחסינות פיזית משמעותית, וכמעט שאינה מושפעת מתנאי מזג אוויר, תנאי סביבה, תנאי ראות, וכו'.

למרות זאת, על פי הניסיון היישומי בישראל, מתגלים לעיתים קרובות ליקויים ובעיות לא מבוטלות בתפקוד גלאים מסוג זה בשטח, בפרט באמינות ואיכות הגילוי.

הליקויים נובעים במקרים רבים מחוסר היכרות והקפדה מצד הגורמים העוסקים בנושא (מתכנני התנועה, מפקחים וצוותי הקבלנים המתקנים) בתחומים שונים כלהלן:

1. היבטים טכנולוגיים מקצועיים מתחום תורת החשמל הנוגעים להתקנות לולאות גלאים (כדוגמת השפעה על איכות ורגישות הגילוי של גודל לולאות, אורכי כבל מוליך, חיבור לולאות יחד לאותו ערוץ גילוי ואופן ביצוע החיבור, וכו').
2. היבטים הנוגעים לסוגי החומרים הנדרשים לשימוש לטובת התקנת לולאות (כדוגמת סוגי כבלים, חומרי איטום, מחברים וכו'').
3. היבטים הנוגעים לאופן ההתקנה (כדוגמת אופן החריצה, מספר הליפופים, אופן הנחת הכבלים, פיתולי כבלי לולאה, אופן החיבור וכו'), תוך ביצוע מוקפד של בקרת איכות ואבטחת איכות מתאימה המיועדת להשגת תוצאה מיטבית של הגילוי.

מטרת ההנחיות בפרק זה, הינה מתן כללים עקרוניים ברורים ופשוטים להבנה, לצורך יישום ובקרת הבטחת איכות מתאימה מצד כל הגורמים העוסקים בנושא, גם ללא צורך בידע מפורט בתורת החשמל. ההנחיות יספקו הסבר עקרוני ותמציתי לשיטות פשוטות ומעשיות, לתועלת שבהנחה ולסיבותיה, וכן לשיטות ביצוע, חישובים ומדידות שונות, המבוססות על שיטות הערכה מקורבות ופשוטות יחסית. יודגש כי התיאורים במפרט זה אינם באים במקום ביצוע חישובים מדויקים באופן מקצועי ו/או מתן תיאור תיאורטי מקצועי מפורט. לצורך זה מומלץ לקרוא לעיין בספרות מקצועית בתחום ששימש כאחד המקורות למפרט, כדוגמת: FHWA-HRT-06-139 Traffic Detector Handbook.

כאמור, ההנחיות המפורטות בהמשך מיועדות לשמש בסיס עקרוני ליישומי התקנת לולאות גלאים המיועדים לפעולה בתחומים המפורטים להלן:

1. **צמתים מרומזרים** - זיהוי כללי ופרטני של כלי רכב ומתע"נ לצורכי תפעול תוכניות רמזורים ותזמונים, כדוגמת: זיהוי נוכחות לטובת דרישת הפעלת מופע, זיהוי חליפה / מעבר לטובת הארכה / קיצור ירוק, זיהוי כיווניות נסיעה, ספירת כלי רכב, זיהוי ומדידת תפוסה.
2. **מנהרות וחניונים** - זיהוי כללי ופרטני של כלי רכב לצורכי בקרת תפעול מחסומים, זיהוי אירועי עומס מסוגים שונים, זיהוי כיווני נסיעה, ספירת כלי רכב, זיהוי תפוסה, זיהוי מקומות חניה פנויים, וכו'.
3. **שערים מסוגים שונים** - זיהוי כללי ופרטני של כלי רכב לצורכי בקרת תפעול שערים ומחסומים, זיהוי כיווני נסיעה וכד'.

מתוך כוונה לאפשר יישומי הלולאות ע"פ הנחיות אלה, המפרט מניח כי התנאים המפורטים במפרט זה בסעיפים 7.3, 7.4 לעיל מתקיימים ביחידות הגלאי המחוברות ללולאות, וכמפורט באופן עקרוני כלהלן:

1. כרטיס יחידת הגלאי הינו כרטיס אלקטרוני המבוסס על יע"מ מסוג מיקרו-מעבד.
2. יחידת הגלאי הינה בעלת יכולת הפעלה של אות יציאה סטטי וקבוע בעת עירור.
3. רגישות מרבית להשראות לטובת עירור הגלאי היא לפחות $0.02\% (\Delta L/L_0)$.
4. אפשרות להפעלת גלאי רב-ערוצי המכיל מספר ערוצי גילוי.
5. כל ערוץ גלאי יוכל לפעול בתחום השראות רחב בתחום $50\mu H - 1000\mu H$.
6. הגלאי מכיל יכולת פיצוי אוטומטי לשינויי טמפרטורה ותנאי סביבה.
7. הגלאי בעל יכולת כיוול וכיווןן עצמי אוטומטי לנושאי שינויי השראות.

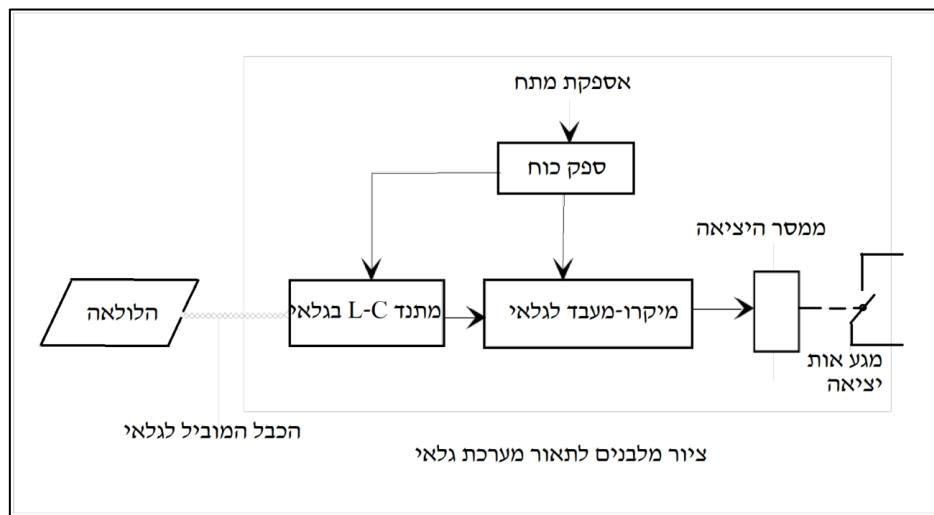
יודגש כי המאפיינים שתוארו לעיל הינם אך ורק מאפיינים עקרוניים. בעת היישום יש לבדוק באופן פרטני את המאפיינים הייחודיים לכל דגם גלאי, כמפורט בדפי המידע של היצרן המתייחסים לאותו דגם.

ב) רקע והסבר עקרוני למשטר פעולת גלאי

הלולאה הינה מרכיב ההשראות (סליל) המהווה חלק מתוך מתנד L-C (סליל-קבל). ההשראות של הלולאה ביחד עם הקיבול הפנימי ביחידת הגלאי יוצרים יחד את ההיגב התנדתי של מעגל המתנד, שיבוא לידי ביטוי בתדר התחילי Fo, היחסי לגודל ההשראות התחילית של סליל הלולאה.

בחלק מדגמי הגלאים הקיימים בשוק ניתן בפועל לשנות את ערכי הקיבול של הקבל הפנימי, ע"י מתג חיצוני או מגשר במעגל המודפס, כך שהיגב התדר של הגלאי עשוי להשתנות בהתאם. גלאים מדגמים אחרים יכולים לבצע כיוול לערכים נדרשים באמצעות ממשק לתוכנת הגלאי ליישום תדירויות תנודה שונות.

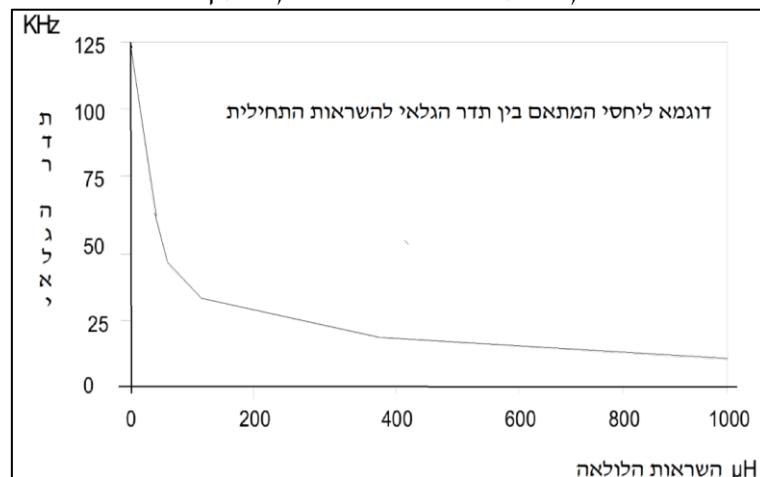
האיור להלן מציג תיאור עקרוני של מבנה מערכת הגלאי, והקשרים העקרוניים בין המודולים השונים המשתתפים בהליך מקצה עד קצה.



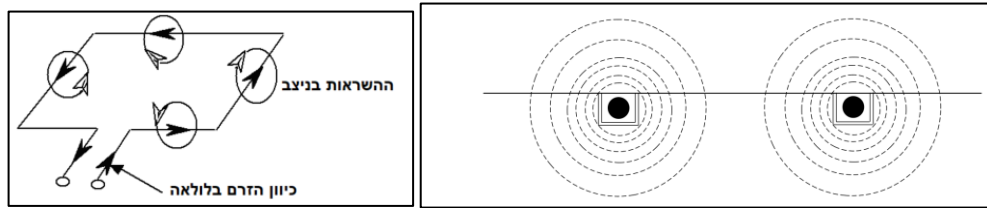
לכל סוגי לולאת גלאי מתקיים הכלל הבא: **ככל שההשראות התחילית של הלולאה גבוהה יותר כך יקטן התדר התחילי של הגלאי, וככל שהתדר קטן כך עשויה להיות הקטנה מסוימת ברגישות הגלאי.** תחום ההשראות בו מתקיים שינוי תדר גדול יחסית הינו בין $20\mu\text{H}$ לבין $400\mu\text{H}$. תחום זה משפר את רגישות הגלאי. ראו התרשים להלן, המדגים את יחסי המתאם בין ההשראות לבין התדר.

משמעות הדברים כי הרגישות המיטבית תושג באמצעות היקף לולאות קטן ככל האפשר מבחינת תחום הגילוי הנדרש, וטווח ההשראות הסביר המומלץ ללולאות צריך להיות בתחום שבין $80\mu\text{H}$ לבין $250\mu\text{H}$.

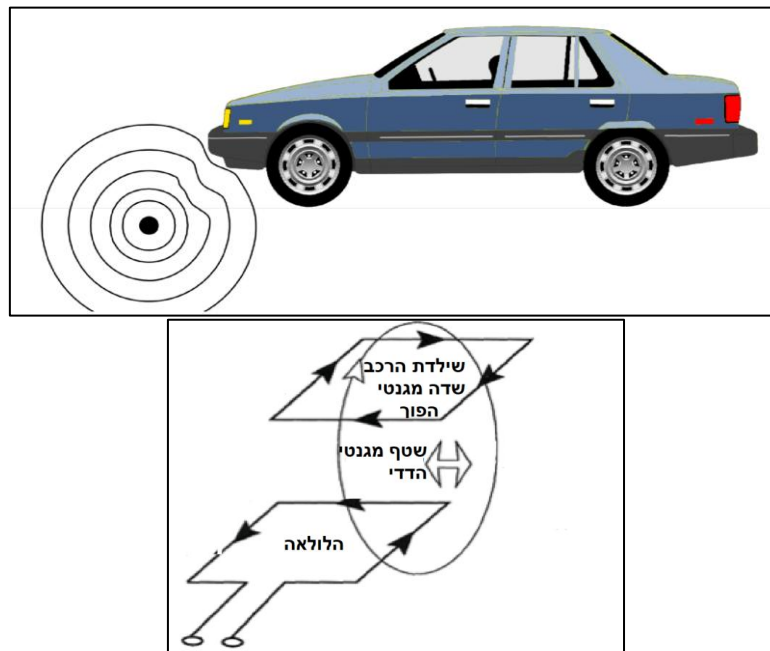
בהמשך יוצגו תחשיבי ההשפעה על ההשראות התחילית ועל רגישות הלולאה והגלאי של הגודל הפיזי / ההיקף של לולאת הגלאי, מספר הליפופים בלולאה, ואורך הכבל המוביל.



על מנת להסביר את אופן הפעולה, יש לראות קודם את מבנה פיזור השטף המגנטי המתחולל בכבלי הלולאה, כאשר לא נוכח כלי רכב בתחום אזור הגילוי. שטף החילופין האלקטרומגנטי נוצר סביב כבלי הלולאה כתוצאה מזרם החילופין בתדר התנודה התחילי שנקבע, הזרם בהם והמוזן מהרכיבים האלקטרוניים ביחידת הגלאי.



כאשר נוצר השטף האלקטרומגנטי, קווי השטף נסגרים בינם לבין עצמם בתוואי הקצר ביותר האפשרי.



כאשר נכנס כלי רכב בנסיעה לתוך אזור הגילוי של תחום השראות הלולאה, נוצרת השראות אלקטרומגנטית בתוך השלדה המתכתית של כלי הרכב. השדה האלקטרומגנטי ההשראות, שנוצר כתוצאה מזרם החילופין בלולאה, משרה בפועל זרמים (הקרויים זרמי אדי - Eddy Current) בשלדה, אשר בעקבותיהם נוצר בשלדה שדה אלקטרומגנטי המתנגד / הפוך בכיוונו - לעומת השדה המגנטי שהלולאה יצרה. כתוצאה מכך, נוצר מצב בו קווי השטף המגנטי של הלולאה אינם נסגרים בנתיב הקצר יותר, כפי שניתן לראות באיור למעלה.

ככל שכלי הרכב מתקדם בנסיעה בתחום הלולאה, ההשראות נעשית קטנה יותר. ככל שאורך / גודל השדה המגנטי המתנגד לה מתארך / גדל בסביבתה, כתוצאה מתנועת כלי הרכב, השראות הלולאה קטנה באופן יחסי ולכן עולה התדר במתנד הגלאי בהתאם. תוכנת המעבד המרכזי בגלאי מזהה שינוי זה בתדירות המתנד, המהווה בסיס לעירור אות היציאה בגלאי. ניתן לראות דוגמה לשינוי זה באיור להלן.



הערה: כל סוג כלי רכב יגרום למאפייני שינוי שטף השראות שונים, וזוהי למעשה החתימה המגנטית של סוגו.

ככל שערך השינוי בתדר גדול יותר מערך הסף שנקבע בגלאי כערך מזערי לעירור היציאה, יפעיל המעבד המרכזי (יע"מ / CPU) את ממסר היציאה בגלאי. הפעלת ממסר זה תסגור את המגע ליצירת האות כלפי בקר הרמזור (אות המציין נוכחות כלי רכב על הגלאי). ערך הסף לעירור הגלאי נקבע ע"פ סף ערך הרגישות כפי שכויל לשימוות באותו ערוץ גילוי, כך שככל שהרגישות גבוהה יותר כן סף השינוי הנדרש לעירור קטן יותר, ולהיפך. רצוי שלא להגדיר את סף הרגישות בגלאי לרגישות גבוהה אם אין בכך צורך, רצוי להגדיר את הרגישות שתהיה מותאמת לתנאים השכיחים עבור מיקום הלולאה, על מנת להימנע מגילויי סרק.

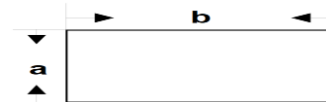
לעניין זה של גילויי סרק חשוב לזכור, כי שינויים איטיים בהשראות ובתדר הגלאי ייווצרו גם כתוצאה משינוי תנאי סביבה (כדוגמת שינויי טמפרטורה, שינויי לחות ומליחות בסביבת הלולאה). למרות שיחידות הגלאי מכילות מנגנון פיצוי אוטומטי לכך, רצוי בכל זאת לכייל את רגישות הגלאי כך שיימנע מגילויי סרק כתוצאה מגורמים אלה.

ג) הנחיות לחישוב השראות מקדם טיב לולאה וכמות ליפופים נדרשת ביחס לגודלה

בדרך כלל, במרבית תחומי היישום בישראל, לולאות הגלאים מתוכננות בצורה של פוליון מלבני או ריבועי. כפועל יוצא, מספר הליפופים הנדרשים ליישום בחריץ הלולאה בפוליון מסוג זה יהיה ביחס להיקף הלולאה / סך אורך צלעות הפוליון. מספר הליפופים הנדרשים צריך להיות תלוי גם באורך הכבל המוביל בין הלולאה לבין יחידת הגלאי.

מספר הליפופים ומידות היקף חריץ הלולאה קובעים למעשה את ההשראות התחילית של הלולאה. ללולאה בפוליון מלבני ניתן להעריך בקירוב סביר את גודל ההשראות ע"פ נוסחת הקירוב הבאה:

$$(L)_{loop} = K \times (2xa + 2xb) \mu H$$



כאשר המקדם K יחושב בנוסחה זו לפי הטבלה כלהלן (b, a הם אורכי צלעות המלבן במטרים):

מספר הליפופים	מקדם K כ- $\mu H / m$
1	1.64
2	4.92
3	9.84
4	16.4
5	24.6

לדוגמא, כאשר ממדי הלולאה הם 2×2.5 מ', ויש 3 ליפופים, אזי השראות הלולאה היא:
 $9.84 \times (2 \times 2 + 2 \times 2.5) = 88.56 \mu H$

בנוסף לכך, יש לחשב גם את השראות הכבל המוביל וזנב הלולאה, אשר מהווים השראות טפילית הנוספת להשראות התחילית בעת חיבור הלולאה ליחידת הגלאי. השראות זו גדלה ביחס לאורך הכבל המוביל.

בקירוב סביר, תהיה השראות הכבל המוביל (בהנחה שהוא כבל מפותל בעל סיכוך) בשטח חתך של 1.31 ממ"ר בערך של $0.79 \mu H / meter$, ואילו בחתך של 2.08 ממ"ר תהיה ההשראות בערך של: $0.64 \mu H / meter$.

לכן השראות זנב הלולאה ו/או הכבל המוביל תהיה:

$$L_{feeder} = (0.64) \mu H \times (\text{אורך הכבל המוביל במטר})$$

הנחיה: ככלל, רצוי מאד להתקין את הלולאות כך שההשראות הטפילית תהיה קטנה ככל האפשר. כלומר, אורך הכבל המוביל לבקר הרמזור / ליחידת הגלאי יהיה קצר ככל האפשר, מומלץ מאד שהשראות הכבל המוביל (שהיא השראות טפילית) תהיה פחות מ- $\frac{1}{2}$ מערך ההשראות התחילית.

בהנחה כי תחום ההשראות למערכת לולאה המחוברת לגלאי (השראות הלולאה או מספר לולאות המחוברות ביניהן בטור או במקביל + השראות הכבל המוביל) יהיה בתחום $50 \mu H - 1000 \mu H$, מספר הליפופים המרבי שיונח בחריץ לולאה יהיה 6 ליפופים.

אם עומק החרץ בו מותקנים מוליכי הלולאה יהיה גדול מ-50 מ"מ, מומלץ (למעט במקרה של לולאות בעלות השראות מוכפלת מדגמי ג', ד', ה', שיפורטו בנספח ג' - גיאומטריה ותצורות אפשריות ללולאה) להוסיף ליפוף נוסף ללולאה על מספר הליפופים המומלץ לפי ההנחיות בטבלה להלן:

מספר הליפופים	היקף חריץ הלולאה במטרים
2	15-25
3	6-15
4	5-6
5	4-5

בהנחה שהלולאה ריבועית במידות 2x2 מ', מספר הליפופים המומלץ ביחס לאורך הכבל המוביל יהיה:

מספר הליפופים	אורך הכבל המוביל במטרים
3	קטן מ-75
4	75-115
5	115-160
6	גדול מ-160

דרישות תקנים בין לאומיים כדוגמת ETSI EN 300 330-1, הנוגעים לנושאי תאימות אלקטרומגנטית למכשירים המשדרים בטווח קצר, מסווגים התקני אנטנה-משדר (כדוגמת לולאת גלאי) לפי סיווגי Class. התחום המותר לתדרים בתחום פעולת ערוצי גלאי הינו Class 2 או Class 3. ראו סעיף 7.3.3 לעיל.

לפי ההגדרות בתקן הנ"ל התחום המותר לשימוש בדירוגים אלו הינו: שטח הלולאה במ"ר (A) מוכפל במספר הליפופים (N), וצריך להיות קטן או שווה ל-60 מ"ר, לכן: $(N) \cdot x(A) \geq 60_{m^2}$, ויכול להיות Class 2 או Class 3, כמוגדר להלן:

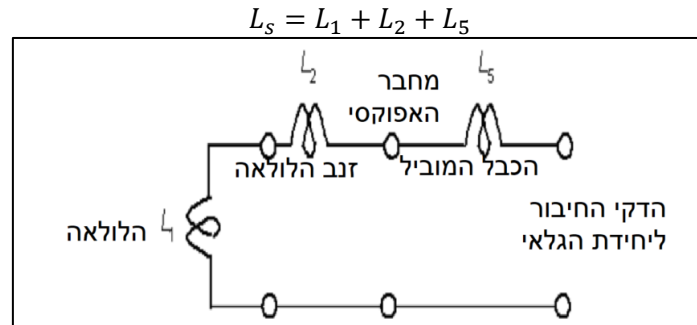
Class 3		Class 2	
$30_{m^2} <$	שטח הלולאה (A)	30_m	אורך ו/או רוחב מרבי
$60_{m^2} \geq$		$30_{m^2} >$	שטח הלולאה (A)
1	מספר הליפופים (N)	$1 \leq$	מספר הליפופים (N)

לכן על מנת לעמוד בדרישות תקן התאימות האלקטרומגנטית באופן מיטבי, מספר הליפופים בלולאה צריך להיות תלוי בשטח הלולאה לפי המומלץ בטבלה בהמשך, אשר מבחינה מעשית היא תואמת למדי את ההנחיות למספר הליפופים הנדרשים בטבלאות לעיל. לפיכך מומלץ ליישם את הלולאות בהתאם לתקן כלהלן:

השראות הלולאה ב-pH	מספר הליפופים בלולאה	שטח הלולאה במ"ר	Class לפי תקן ETSI EN 300 330-1
100-300	6	$(1 - 3)_{m^2}$	Class 2
80-260	5	$(3 - 5)_{m^2}$	
160-320	4	$(5 - 10)_{m^2}$	
180-280	3	$(10 - 15)_{m^2}$	
80-180	2	$(15 - 30)_{m^2}$	
40-100	1	$(30 - 60)_{m^2}$	Class 3

הערה: תשומת לב הקורא מופנית למידע נוסף בנספח ה', הכולל נוסחאות וחישובים מפורטים יותר להשראות, מקדם טיב וחישובי רגישות גילוי ללולאות, הכוללים דוגמאות חישוב וטבלאות עזר שונות.

ככלל ההשראות הכוללת בעת חיבור הלולאה ליחידת הגלאי תהיה סכום כל ההשראות שחשבו כמפורט לעיל.



מקדם הטיב Q הינו היחס שבין העכבה ההשראתית לבין ההתנגדות הטורית במעגל מתנד אלקטרוני, בתחום התדירות המיועד לפעולתו. זהו פרמטר חסר ממדים המגדיר את מידת הריסון של מתנד הרמוני מרוסן.

ככל שמקדם האיכות גדול יותר, המתנד מרוסן פחות ומתנווד במשך מחזורי תנודה רבים יותר. מעגל תהודה חשמלי בעל מקדם Q גדול מתאים לשמש כמקלט (כדוגמת גלאי אלקטרומגנטי על בסיס לולאה לרכב), משום שהוא מסנן פס תדרים סלקטיבי יחסית, וכך נמנעים בין היתר גילויי שווא שאינם בתדר הגלאי עצמו.

$$Q = \frac{2\pi f x L_s}{R_s}$$

Q – מקדם הטיב Quality Factor

π – קבוע 3.14159

f – התדר שנוצר בגלאי עם לולאה בהשראות התחילית הנתונה, ביחידות הרץ Hz

L_s – ההשראות התחילית של הלולאה, בתוספת ההשראות של הכבל המוביל, ביחידות מיקרו-הנרי μH

R_s – ההתנגדות הטורית של כבלי הלולאה ומוליכי הכבל המוביל, בערכי אוהם Ω .

ניתן להבין מנוסחת החישוב הנ"ל כי ההתנגדות הטורית מהווה מרכיב טפילי במעגל מתנד. על כן, **ככל שיוקטן ערך ההתנגדות הטורית במעגל (R_s), כך יגדל / ישתפר באופן מעשי מקדם הטיב ואיתו תגדל רגישות לולאת הגלאי.** הקטנת ההתנגדות הטורית במעגל תיעשה, בין היתר, ע"י הקטנת היקף הלולאה (זהו יתרון נוסף לשימוש בלולאות בעלות היקף קטן יחסית), וכן ע"י שימוש בכבל לולאה ובכבל מוביל בעלי שטח חתך מוליך גדול יותר, אשר להם התנגדות קטנה יותר (כפי שנראה בסעיף ט' בהמשך נספח זה).

לצרכי חישובים יישומיים, ראו את הנוסחאות ואופן ביצוע החישוב המפורט למקדם הטיב, כולל דוגמאות חישוב, וכמו כן חישובי קיבוליות טפילית כללית בלולאה ובכבל המוביל, **בנספח ה'.**

הנחיה: ככלל, ערכי הסף הנדרשים להתנגדות R_s ולמקדם טיב Q יהיו כדלקמן:

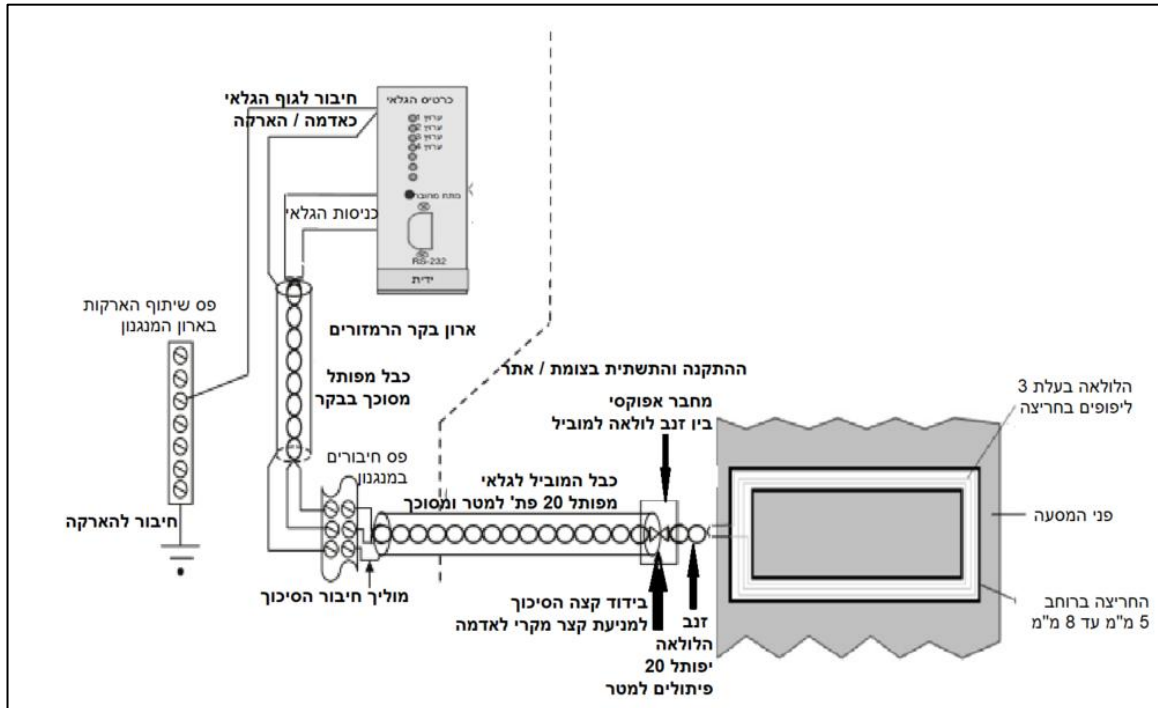
- ההתנגדות המרבית הנמדדת של כבל הלולאה בלבד, בין הדקי זנב הלולאה, **לא תעלה על 3Ω** .
- ההתנגדות הנמדדת בין הדקי החיבור של הכבל המוליך ליחידת הגלאי, כאשר הלולאה מחוברת אליו, **לא תעלה על 5Ω** .
- בתדר בדיקה של 1Khz, 10Khz ו-100Khz, מקדם הטיב Q הנמדד בין הדקי זנב הלולאה לפני חיבורה לכבל המוביל **יהיה גדול מ-30** בכל אחד מתדרי הבדיקה.
- בתדר בדיקה של 1Khz, 10Khz ו-100Khz מקדם הטיב Q הנמדד בין הדקי הכבל המוביל המיועדים לחיבור ליחידת הגלאי, כאשר הלולאה מחוברת אליו, **יהיה גדול מ-5**, בכל אחד מתדרי הבדיקה.
- אם יימצאו הבדלים בין מדידות אלו לבין הערך המחושב לאותה לולאה בהבדל העולה על $\pm 10\%$, יש לתחקר את הסיבה לכך ולתקנה בטרם יציקת האיטום (בדרך כלל נובע מטעות במספר הליפופים או חיבור בלתי תקין או שימוש בכבל שאנו תקני כנדרש).

ד) התקנת הלולאה

על מנת להניח את כבלי הלולאה בתוך המיסעה, נדרשת חריצת האספלט באמצעות מסור יהלום. החריץ צריך להיות ברוחב 5-8 מ"מ ובעומק 40-70 מ"מ, (40 מ"מ יהיה העומק המזערי ל-3 ליפופים ואילו 50 מ"מ יהיה העומק המזערי ל-5 עד 6 ליפופים).

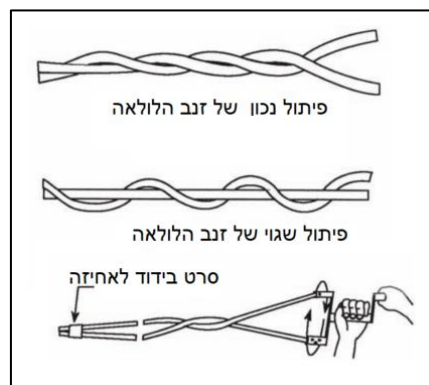
לאחר ביצוע החריצה, השלב הבא הנדרש הינו ניקוי יסודי של החריץ באמצעות מים / קיטור בלחץ גבוה, וייבוש מלא של החריץ לאחר הניקוי. לאחר היבוש ניתן להתקין את כבל הלולאה עצמו. מודגש כי אין להתקין את כבל הלולאה בחריץ המכיל עדיין לחות מהניקוי.

עבור כבל הלולאה יש להשתמש בכבל לולאה תקני בעל מוליך עשוי נחושת, כדוגמת הכבלים כמפורט בסעיף ט' בהמשך. ראו איור להלן, הכולל תרשים חיבורים עקרוני, הנוגע לאופן חיבור כל הכבלים עם השלמה של התקנת כבלי הלולאה בחריצת המיסעה שהוכנה.

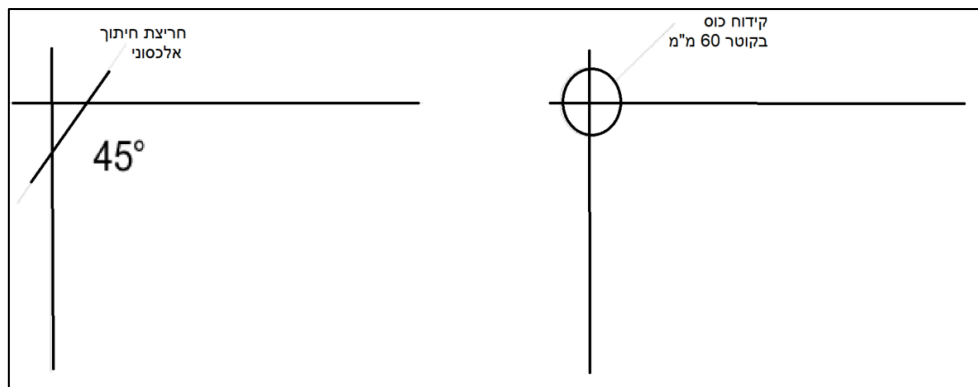


הנחיה: ככל שיעשה שימוש לאיטום הלולאה בחומר איטום המיושמים בחום, יש להקפיד להשתמש בכבל מוליך לולאה העמיד בטמפרטורות גבוהות. ראו הנחיות לחומרי איטום בסעיף ה' בהמשך נספח זה.

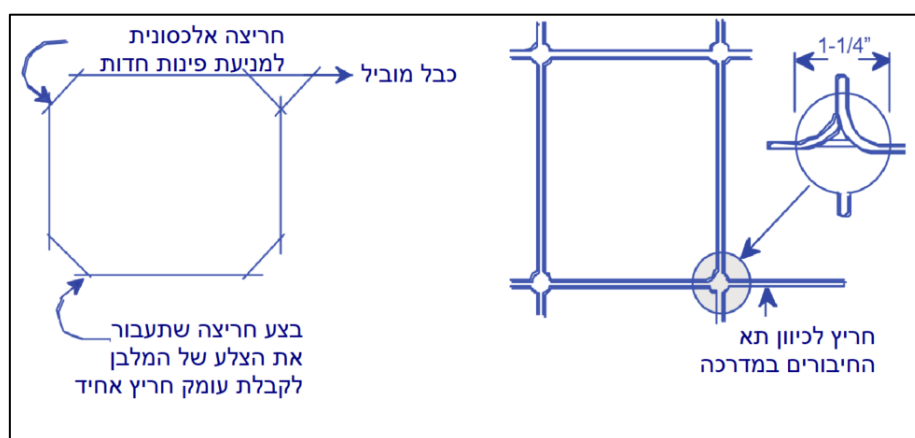
כמו כן, האורך המרבי לזנב הלולאה (פתילי הכבלים של מוליך הלולאה ביציאה מהפוליון לכיוון ה מחבר במדרכה) יהיה, **במידת האפשר, באורך מרבי של 15 מטר**. הפתילים יונחו בחריץ המיועד לחיבורם לבריקת החיבור במדרכה הקרובה, כך שהם **מפותלים לפחות ב-20 עד 50 פיתולים למטר אורך** (יש להקפיד מאד על ביצוע פיתול נכון, כמתואר באיור להלן).



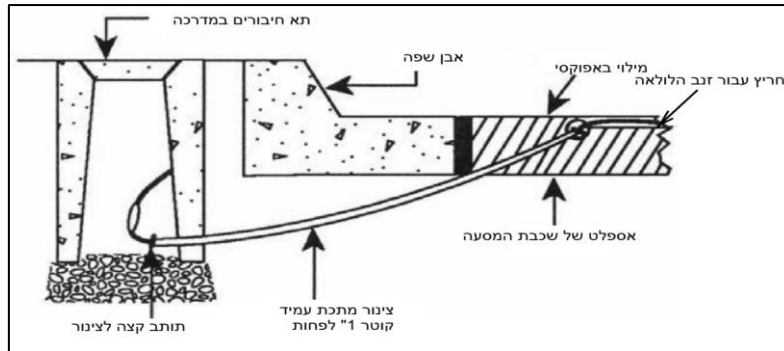
עבור לולאות הנמצאות באזורים בהם אין תנועה רבה, כדוגמת שערים או מתחת למחסומים, מומלץ לקטום את פינות חריץ הלולאה באמצעות חריץ אלכסוני בזווית 45° , על מנת למנוע יצירת לחצי גזירה על כבלי הלולאה ועל הבידודים בפינות הלולאה. בתוך חריצי קטימה אלו יעברו מוליכי הלולאה. חריצי האלכסון יחרגו מתוואי צלעות הלולאה, כך שעומק חריצת הקטימה יהיה דומה לעומק חריצי צלעות הלולאה.



בלולאות הנמצאות בדרכים, בסביבת צמתים מרומזרים או דרכים מהירות, ומיועדות ליישומים בהם התנועה רבה, עדיף ומומלץ מאד (בניגוד למקובל כיום בישראל) לבצע פינות לולאה מעוגלות. הפינות המעוגלות יבוצעו ע"י קידוח בפינות הלולאה באמצעות מקדח כוס בקוטר שבין 40 מ"מ לבין 60 מ"מ. שיטה זו, יחד עם חומר איטום בעל גמישות מספקת, מצמצמת מאד את הסיכוי לשבירת קצות חריץ הלולאה עקב חולשת המיסעה בקצוות הקטומים, ועקב לחצים של כלי רכב חולפים. שיטה זו ממזערת את הפגיעה בכבלי מוליך הלולאה, תוך מתן גמישות מסוימת לכבלי הלולאה בפינות, מול תנועת האספלט בלחצים (ראו האיורים בסעיף זה).

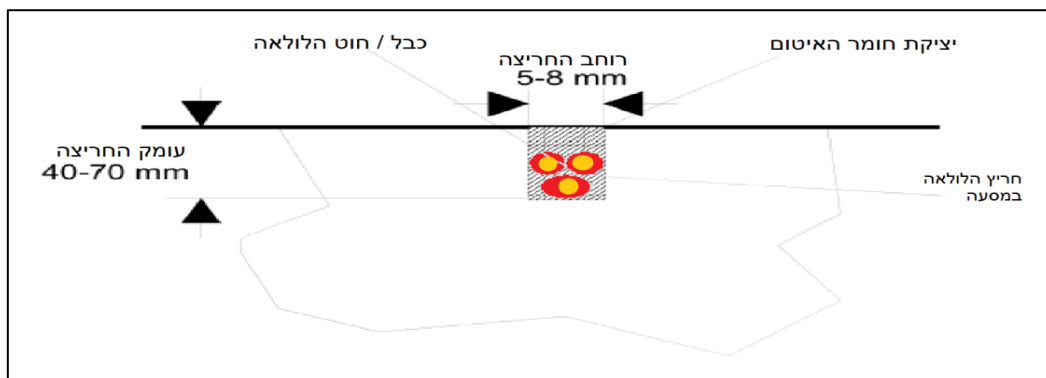


יש להקפיד על הכנת תשתית מתאימה להעברת כבלי זנב הלולאה אל בריכת החיבורים הקרובה הנמצאת במדרכה בסמוך ללולאה, אשר בתוכה יבוצע חיבור זנב הלולאה לכבל המוביל. החיבור יבוצע באמצעות מחבר אפוקסי אטום למים. **אין לבצע חריצה בתוך אבן השפה להעברת זנב הלולאה - תקלות רבות בגלאים אירעו בשל לחצי הגזירה על כבלי זנב הלולאה שנבעו מתנועת אבני השפה. ראו פרט עקרוני לחיבור זה באיור להלן.**



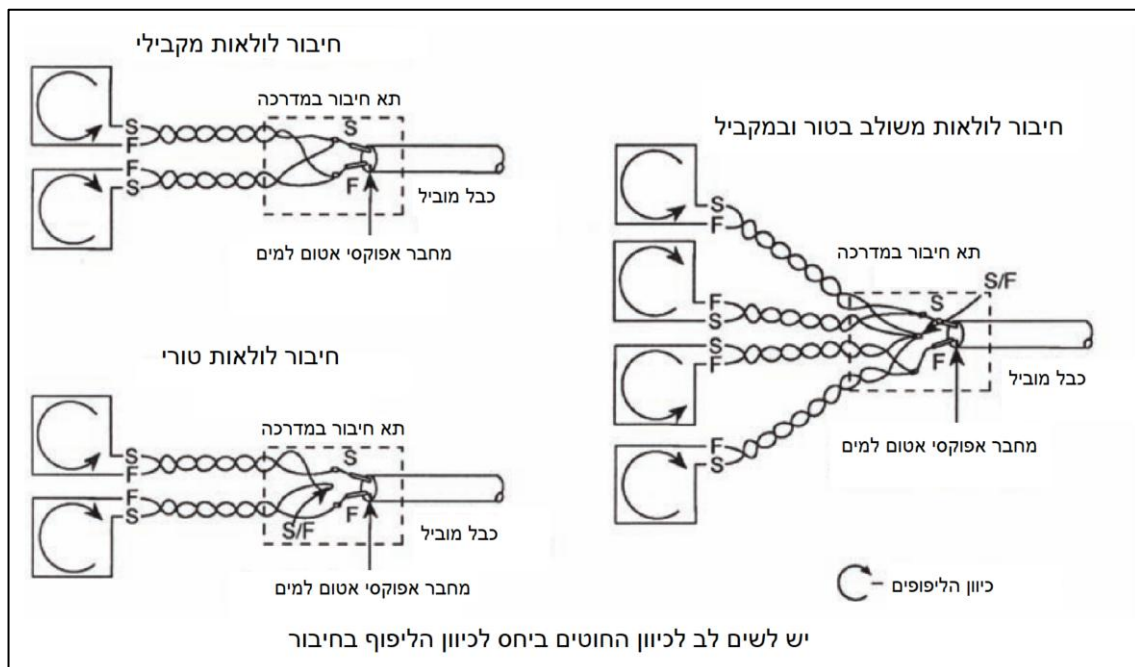
לפני היישום ובמהלך הביצוע של לולאות גלאים יש להקפיד על מספר נקודות חשובות כלהלן:

1. התכסית האספלטית של המיסעה צריכה להיות רציפה, שלמה, וללא שברים וסדקים. במקרה של תכסית המכילה סדקים יש לבצע בחריץ טיפול מיוחד, ע"פ מפרטי סלילה וריבוד תקפים. מסמך זה אינו מפרט באשר להתקנת לולאות במיסעות בטון.
2. יש חובה לבצע חריצה הכוללת קטימת קצוות אלכסונית או קידוח כוס בקצוות.
3. כאשר מניחים את כבלי הלולאה בחריץ, יש לתת תשומת לב מיוחדת למעבר החוטים בפינות ובקצוות, למניעת פגיעה בבידוד.
4. כבל הלולאה, זנב הלולאה והכבל המוביל חייבים להיות שלמים ומבודדים באופן שלם ומלא לכל אורכם, ויש להניחם בחריץ ללא פגם כלשהו בבידוד.
5. אסור לאפשר לכבל הלולאה לבלוט מעבר לשפת החריץ, על מנת למנוע פגיעה בבידוד ושחיקה לכבל. כאשר מניחים את הכבל בחריץ, בטרם ביצוע יציקת האיטום, מומלץ לקבע את הכבל לתחתית החריץ באמצעות כפיסי עץ מתאימים במרווחים של 1 מ' ביניהם, אשר ימנעו את התרוממות הכבלים עקב הצפה במהלך האיטום. הכפיסים יוסרו זה אחר זה במהלך ביצוע יציקת האיטום.
6. חריץ הלולאה צריך להיות נקי ויבש לפני ביצוע יציקת האיטום, ללא אבק וללא רסיסי אבן או זכוכית, העלולים לפגום את בידוד כבלי הלולאה וזנב הלולאה בעת תנועות המיסעה בלחץ כלי הרכב הנעים בדרך.
7. התנגדות, השראות ומקדם טיב הלולאה צריכים להימדד בתדר בדיקה של 1Khz, 10Khz ו-100Khz, בטרם ביצוע יציקת האיטום, ע"י מד השראות מתאים מדגם **UMI-T UT-610** או שווה תכונות. אם יימצאו הבדלים בין מדידות אלו לבין הערך המחושב לאותה לולאה בשיעור העולה על $\pm 20\%$, יש לתחקר את הסיבה לכך ולתקנה בטרם יציקת האיטום. בדרך כלל נובע הדבר מטעות במספר הליפופים, או צורת ליפוף לא נכונה, או חיבור בלתי תקין, או שימוש בכבל שאינו תיקני כנדרש.
8. ראו גם הנחיות בסעיף ג) לעיל.



9. לאחר ביצוע יציקת האיטום, יש לבדוק את התנגדות הבידוד של הלולאה במתח מזערי של 500V עד מתח מרבי של 1,000V. על מנת לבצע בדיקה זו יש להשתמש במודד מסוג AEMC 1026 Digital Megohmmeter, או שווה תכונות. מדידת התנגדות הבידוד של הלולאה לאדמה / הארקה צריכה להראות ערך של לפחות כ- $1\text{ M}\Omega$ למשך פרק זמן רציף של 5 דקות.

10. ככלל, על מנת לקבל את הרגישות המיטבית מיחידה הגלאי, מומלץ שלא לחבר ליחידת הגילוי מספר לולאות יחד (כפי מקובל ליישום באתרים רבים בישראל כיום, מסיבות רבות, וביניהן חיסכון כלכלי). חיבור מספר לולאות יחדיו פוגע משמעותית ברגישות הגילוי של הלולאה, ולעיתים מפחית את רגישות הגילוי למעלה מ-50%. **אולם אם בכל זאת נוצר הצורך בחיבור מספר לולאות יחדיו לאותו ערוץ גלאי, מומלץ ועדיף לחברן בחיבור טורי ביניהן, היוצר במרבית המקרים פגיעה קטנה יותר ברגישות הגילוי, לעומת חיבור לולאות במקביל.** כאשר מבצעים חיבור מספר לולאות לערוץ גילוי יחיד, יש להקפיד מאד על כיוונית החיבורים בין הלולאות, כמפורט בתרשים להלן. טעויות באופן ביצוע החיבור לעומת המפורט כאן עשויות לגרום לירידה משמעותית מאד בביצועי הגילוי, עד כדי אי גילוי כלל. פירוט נוסף ודוגמאות ביחס לתחשיבי רגישות לולאה והשפעת ריבוי לולאות על הרגישות – ראו **בנספח ה'** – הסבר לאופן ביצוע חישובי השראות לגלאים.

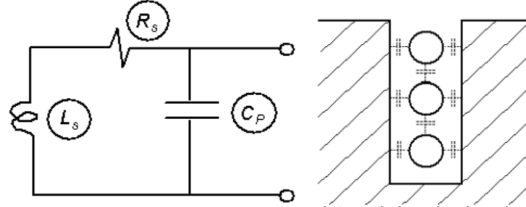


11. במקרים בהם מספר לולאות מיועדות להגיע ולהתחבר לכבלים המובילים באמצעות אותה בריכת חיבורים במדרכה הסמוכה אליהן (בין אם בחיבור לכבל מוביל משותף או לכבלי מובילים נפרדים), יש להקפיד שלא להעביר את כבל זנב הלולאה לבריכה תוך שימוש בחרוץ משותף או צינור העברה משותף.

יש להקפיד כי המרווח בין חריצי זנב הלולאה השונים לא יפחת מ-10 ס"מ זה מזה. בנוסף יש להקפיד ככל האפשר כי אורכו המרבי של זנב הלולאה לא יחרוג מ-15 מ'. פירוט נוסף בנושא בסעיף ו' בהמשך נספח זה.

ה) חומר האיטום ויציקת איטום החריץ

קיימות שתי מטרות עיקריות לביצוע האיטום. המטרה הראשונה והחשובה הינה מטרה חשמלית / אלקטרונית, שכן האיטום, והבידוד באמצעותו, מייצר באופן מעשי הפחתה מרבית של הקיבול הטפילי הנוצר סביב כבלי הלולאה, בינם לבין עצמם, ובינם לבין תווך המיסעה הנמצא בסביבתם ומקיף אותם. זאת ע"י הקטנת מקדם הבידוד הדיאלקטרי בין מוליך הלולאה לבין סביבתו. הקיבול הטפילי מושפע ביחס ישר למקדם הבידוד הדיאלקטרי של חומר האיטום.



האיור למעלה מציג את הקיבול הנוצר בכבלי הלולאה אשר מונחים בחריץ, ואת המעגל החשמלי שנוצר המייצג מצב זה. ככל שחומר האיטום יהיה היגרסקופי (סופח לחות) ו/או חומר האיטום לא יכסה את החריץ במלואו (עם פתחים וחריצים בהם יכולים להיכנס מים או לחות לסביבת כבלי הלולאה), יגדל הקיבול, ועקב כך תגדל גם העכבה ההשראתית התחילית הייצוגית של הלולאה (בגלל המקדם הדיאלקטרי הגבוה של מים). חשוב לזכור כי כבל לולאה הטבול במים, או נמצא בסביבה לחה, ייצור קיבול גדול יותר יחסית, ובאמצעות קיבול זה יגדיל בפועל את ההשראות של הלולאה אשר תוצג ליחידת הגלאי. כתוצאה מכך תושפע הרגישות של יחידת הגלאי.

המטרה השנייה של האיטום הינה מכאנית וחשמלית יחד. האיטום מיועד להגן על כבלי לולאת הגלאי מקריעה / ניתוק, מפגיעת איכול המוליכים או הבידוד של מליחות או מזהמים שונים הקיימים במיסעה, מניעת פגיעה בכבלי הלולאה עקב התרוממותם מתוך החריץ, ומניעת חדירת גופי זרים הקיימים במיסעה (כדוגמת מסמרים בריגים אבנים ושברי זכוכית העשויים לפגוע בבידוד כבלי הלולאה ואף לקרוע אותם). חומר האיטום מייצר גמישות המאפשרת עיוותים (דפורמציה) ותזוזות בתכסית המיסעה בטמפרטורות שונות בחום או בקור, או לחצים הנובעים מתנועת כלי רכב על המיסעה מבלי לגרום לשברים וסדקים.

לכן שני הפרמטרים העיקריים של חומר האיטום הנדרש עבור לולאות גלאים הם: (1) סוג החומר עצמו (2) ושיטת יישומו בחריצי הלולאה, כפי שיפורט בהמשך. סוג החומר צריך להתאים להגנות הנדרשות, כפי שפורטו לעיל, יחד עם היותו בעל יכולת הצמדה / הדבקה גבוהה לסביבת תכסית המיסעה (בישראל בד"כ אספלטית), ויכולת אלסטית טובה להתכווצות והתרחבות. יחד עם זאת, החומר נדרש להיות בעל יכולת התגבשות / השלמת ייבוש מהירה, כולל יכולת יישום החומר בסביבה לחה - נושאים בעלי חשיבות למשך התקופה בה נדרש לסגור את הכביש לאחר השלמת חריצת הגלאים.

בהתייחס למצב הקיים במדינת ישראל, חומרי האיטום שיפורטו להלן מיועדים בעיקר ליישום במיסעות אספלטיות. חלופות נוספות שניתן ליישם במיסעות בטון, ניתן למצוא במסמך FHWA-HRT-06-139 Traffic Detector Handbook. את סוגי חומרי האיטום שבהם נעשה שימוש במיסעות אספלטיות, ניתן לחלק באופן כללי לפי שיטת יישום החומר לקבוצות החומרים הבאות:

1. חומרי יישום קר:

- אמולסיות ביטומניות (Liquid asphalt (emulsion)
- אמולסיות ביטומניות מועשרות בפולימרים (Polymer-modified liquid asphalt)
- חומרים סילקוניים המתפלסים מעצמם (Self-leveling silicone).

2. חומרי יישום חם - מקבוצת החומרים הבטומנים התרמו-פלסטיים, כדוגמת:

- ביטומן (Asphalt cement)
- ביטומן מועשר בסיבים (PVC coal tar - Fiberized asphalt)
- ביטומן מגופר (Asphalt rubber)
- תערובות שונות של ביטומן מגופר עם צמיגות נמוכה (Low-modulus rubberized asphalt).

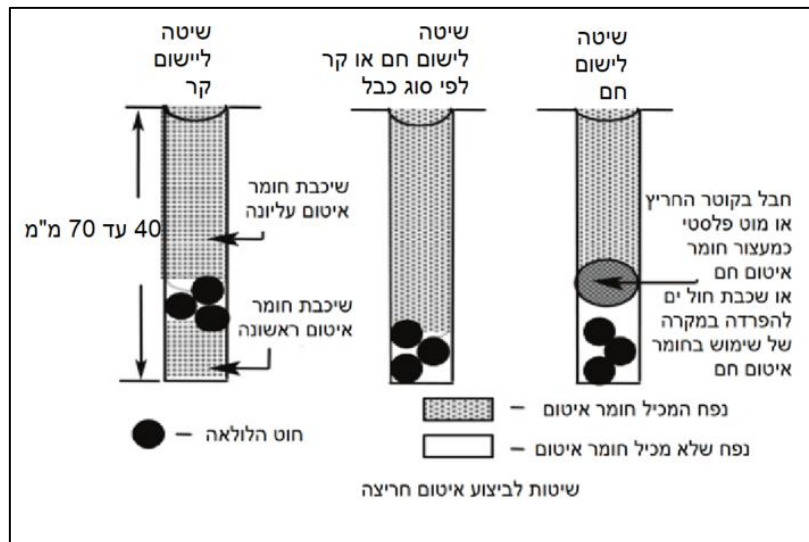
בטבלה להלן מוצגת השוואה של תכונות אופייניות של סוגי חומרי איטום שונים המתאימים ליישום במיסעות אספלטיות:

סוג חומר האיטום							תכונות החומר
סיליקון נוזלי	ביטומן מגופר בצמיגות נמוכה	ביטומן מגופר	אמולסיה ביטומנית מועשרת בפולימרים	ביטומן עם סיבים	ביטומן חם	אמולסיה ביטומנית	
**			*			*	זמן הכנה קצר
	**	**	*	**	**	*	מהיר וקל ליישום
*	**	**		**	**		זמן אשפחה קצר
*	*	*	*	*	**	**	אדהזיה למיסעה
**	**	*	*				עמיד להתרככות לאחר גמר אשפחה
**	**	*	*				גמישות החומר
**	*	*	*				אלסטיות
**	*						עמידות להתניינות ובליה
	*	*					עמידות לשחיקה

*	תכונה ישימה
**	תכונה בעלת יתרון

למרות האמור לעיל, למעט אם נדרש במפורש אחרת, החומר שבו יעשה שימוש לצורך איטום החריצים יהיה **ביטומן מגופר** מיושם בחום, שבו טמפרטורת היישום לא עולה על כ- 160 מעלות צלסיוס.

האיור להלן מראה שיטות שונות לביצוע האיטום, כתלות בסוג כבל הלולאה, ויכולות מעטה הבידוד של כבלי הלולאה לעמוד בטמפרטורות גבוהות (דבר המהווה תנאי הכרחי במקרה של שימוש בחומרים של יישום חם). כדוגמא, יישום ביטומן חם עלול להביא את הטמפרטורה בחריץ הלולאה להיות מעל לכ- 260° צלזיוס. חומרים ביטומניים אחרים, כמו ביטומן מגופר, יכולים לאפשר יישום בטמפרטורות נמוכות יותר.



ה.1 יציקת חומר איטום ביישום קר

בחלק מהמקרים, נעשה שימוש בחומרי איטום על בסיס דו רכיבי. הרכב חומרים מסוג זה אמור להישאר בעל צמיגיות ואלסטיות קבועה לאחר ביצוע היציקה, כך שחומר היציקה לא נעשה פריך גם בסביבה קרה ובטמפרטורות נמוכות. ביישום במיסעות אספלטיות, יש לבדוק בטרם היישום שתכונות החומר מתאימות ליישום באותן מיסעות.

יש למלא את היציקה בחריץ הלולאה, ללא הצפת הלולאה, כך שתימנע גלישת חומר איטום למיסעה. רצוי לסיים את יציקת חומר המילוי כך שישאר מרווח של 5 מ"מ בין גובה המילוי לבין שפת המיסעה. בחומרים מסוימים קיימת התרחבות מסוימת של החומר בהליך ההתגבשות וההתייצבות, לכן נדרש המרווח הנ"ל.

יש להקפיד להשתמש בכמות חומר המתאימה למילוי חריצת הלולאה לפי הנדרש (יצרנים מסוימים מאפשרים חישוב של כמות החומר הנדרשת לפי אורך החריץ).

ה.2 יציקת חומר איטום ביישום חם

כאשר משתמשים בחומר איטום ליציקה חמה, יש להקפיד על אותן הנחיות כפי שתוארו לעיל עבור יציקה קרה.

יודגש כי בעת שימוש בחומרים ליציקה חמה, יש להשתמש בכבל לולאה בעל מוליך העשוי סגסוגת נחושת בלבד, בעל בידוד עמיד לטמפרטורות היישום הצפויות, עם מקדם ביטחון של לפחות 40 מעלות צלסיוס.

בכל מקרה בו כבל הלולאה אינו בעל בידוד המתאים לשימוש בטמפרטורות גבוהות, נדרש אחרי הנחת כבל הלולאה בחריץ למלא את החריץ בחול זכוכית (חול-ים) בעובי של 1 ס"מ על כבלי הלולאה על מנת להגן עליהם מהחום, ומעל החול יש להניח פרופיל גיבוי עמיד בחום בקוטר השווה לרוחב החריץ בתוספת 20%. זאת, לכל אורך החריץ. רק לאחר השלמת שלבים אלו יש לבצע את יציקת

חומר האיטום החם. פתרון זה ישים רק במקרים שבהם גובה האיטום המתקבל לאחר התקנת פרופיל הגיבוי הינו 1.5 ס"מ לפחות עד לפני המיסעה.

ו) כבל הלולאה, זנב הלולאה והכבל המוביל

אחת הסיבות המרכזיות לתקלות בגלאים או בעיות ברגישות הגילוי היא במקרים רבים סוג כבל הלולאה שבשימוש, וכן אי יישום נכון של כבל זנב הלולאה ו/או הכבל המוביל.

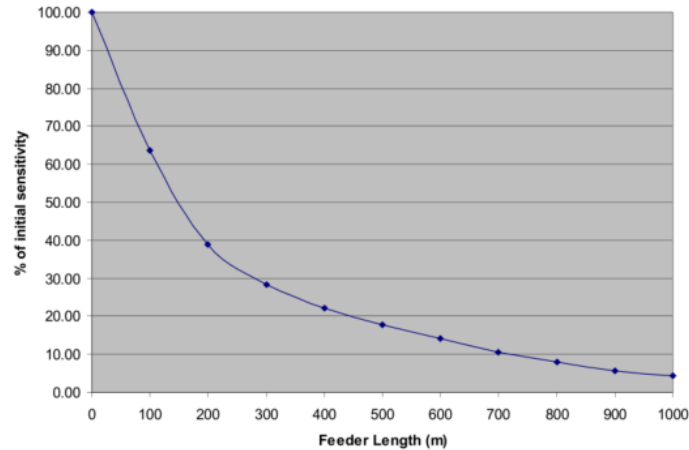
במהלך ביצוע העבודות ליישום לולאות הגלאים יש לתת תשומת לב מיוחדת לנושאים המפורטים כלהלן:

1. כבל הלולאה צריך להיות מוליך בקוטר 2.0-1.3 מ"מ (כלומר בין 16 AWG לבין 12 AWG). מומלץ להשתמש בכבל לולאה בקוטר 1.6 מ"מ (14 AWG) הכולל מוליך מסגסוגת נחושת רב-סיבי (Stranded) של לפחות 30 סיבים בקוטר 0.25 מ"מ, בעל בידוד פנימי מסוג גומי אתילן פרו פילן (EPR) בעובי 0.8 מ"מ, ובידוד חיצוני מסוג פוליכלורפן (PCP) בעובי 1.4 מ"מ, המיועד לעמוד בטמפרטורה מרבית של 85 °C, והתנגדות של 0.0082Ω עד 0.009Ω למטר אורך (במקרים של שימוש בחומר איטום חם רצוי להשתמש בכבל בעל בידוד המתאים לטמפרטורות העולות על 260 °C).
2. פתילי כבל זנב הלולאה צריכים להיות מפותלים בפיתול תקין, כמפורט בסעיף ד' לעיל בנספח זה, עם 20 עד 50 פיתולים למטר.
3. אורכם של זוג פתילי זנב הלולאה צריך להיות קצר ככל האפשר, ולכל היותר 15 מטר אורך.
4. הכבל המוביל יהיה בעל זוג פתילים יחיד מפותל, 20 עד 50 פיתולים למטר (תלוי בדגם הכבל), כאשר הקוטר של כל מוליך לא יהיה קטן מ-1.6 מ"מ (14 AWG). זוג פתילי המוליך בכבל יהיו עטויים יחדיו ברשת / מעטה סיכוך מוליך חשמלי. בכבלים מסוג זה אין חשיבות בד"כ לעמידות הבידוד בטמפרטורות גבוהות, אולם יש לשאוף כי הכבל המוליך יהיה בעל התנגדות נמוכה של המוליכים, ככל שהכבל המוביל ארוך יותר. כדוגמא, ראו הבדלים בהתנגדויות בין כבלים בעלי קוטר שונה, בטבלה להלן:

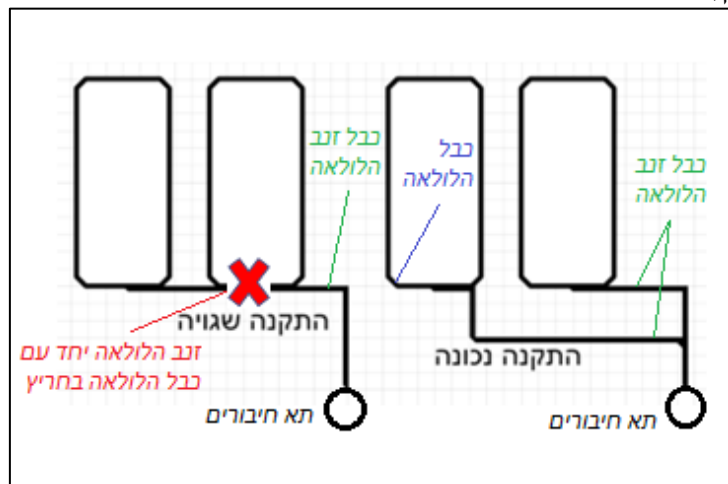
יצרן וסוג הכבל	מיועד ל-	קוטר במ"מ	(AWG)	התנגדות למטר אורך (אוהם / מטר)
BELDEN 8718	כבל מוביל	2.05	12	0.0062
BELDEN 8720	כבל מוביל	1.63	14	0.0095
BELDEN 8719	כבל מוביל	1.29	16	0.0148

5. רצוי מאד שאורך הכבל המוביל יהיה קצר ככל האפשר. יש להתקין את הכבל המוביל בתוואי התשתית בדרך הקצרה ביותר האפשרית בין הלולאה לבין ארון בקר הרמזור (שכן השראותו הינה השראות טפילית, שאינה משתתפת בהליך הגילוי, ומורידה באופן יחסי את רגישות הלולאה). כפי שניתן לראות בגרף בעמוד הבא, לאורך הכבל המוביל יחד עם זנב הלולאה יש השפעה מהותית על רגישות הלולאה של הגלאי. לכן, ככלל אצבע, רצוי לשמור על יחס של 2 ל-1 לכל הפחות, בין השראות הלולאה לבין השראות הכבל המוביל. ככל שהכבל המוביל ארוך יותר, יש לפצות על כך בהגדלת השראות הלולאה, ע"י הגדלת מספר הליפופים בלולאה (כמובן במגבלת תחום ההשראות היעיל כפי שהוסבר לעיל).

6. החיבור בין הפתילים של מוליכי זנב הלולאה יבוצע בתא מדרכה הקרוב ביותר ללולאה, באמצעות מהדקים מתאימים אשר יאטמו באמצעות מחבר אפוקסי אטום למים. יש להקפיד על אי פרימת הפיתולים בעת ביצוע החיבור ויציקת האפוקסי למחבר.



7. פתילי הכבל המוביל יחוברו במגע מלא למהדקים המתאימים בארון בקר הרמזור, ואילו מוליך הסיכוך של הכבל המוביל יחובר להארקה בארון הבקר. יש להקפיד שצידו השני של מוליך הסיכוך יימצא מבודד לחלוטין בתוך המחבר האפוקסי, ללא מגע וזליגה כלשהם לאדמה.
8. יש להקפיד שלא להעביר כבל מוביל בסמוך ובמקביל לכבלי חשמל של מעגלים חשמליים אחרים. יש להקפיד על קיום מרחק מזערי של 10 ס"מ בין הכבל המוביל לבין כבלי מעגלים חשמליים העוברים במקביל אליו.
9. יש להקפיד על הרחקת כבלים מובילים של לולאות המיועדות לחיבור לערוצים שונים / נפרדים של יחידות גלאי ו/או יחידות גילוי שונות, במידת האפשר תוך שמירה על מרווח של 10 ס"מ בין הכבלים.
10. אין להניח בשום אופן את פתילי זנב הלולאה של לולאות סמוכות בתוך אותו חריץ חיבור המיועד לחיבור הלולאה לתא המדרכה (בו יבוצע חיבורו לכבל המוביל). אין לעשות זאת גם במקרה בו הלולאות הסמוכות יחוברו בסופו של דבר לאותו ערוץ של יחידת הגילוי (ראו איור להלן).



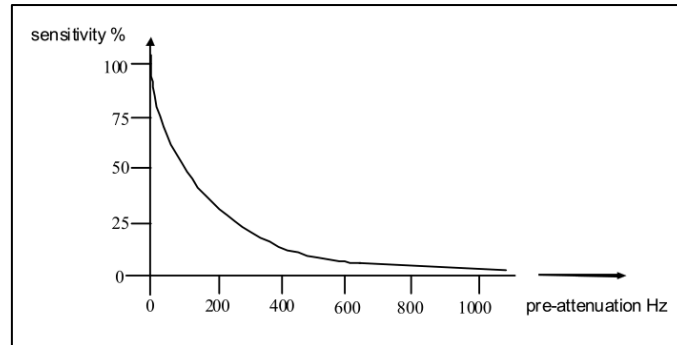
11. יש להקפיד לשמור על שלמות הכבל המוביל, ללא פגיעה כלשהי בכבל או בבידודו לכל אורכו.

לסיכום: כפי שהוסבר בסעיף ג) לעיל, רצוי כי ההתנגדות הטורית (באווה) של הכבל המוביל בתוספת כבל הלולאה לא תהיה גבוהה מדי ביחס להשראות הלולאה, שכן הדבר פוגע ברגישות הלולאה ועמידותה לרעשים חשמליים סביבתיים. חישובים וטבלאות מידע נוספות לנושא - ראו **בנספח ה'**. ככלל, ככל שההתנגדות הטורית (הטפילית) גבוהה יותר, כך יש צורך בהשראות גדולה יותר של הלולאה, ומכאן תדר העבודה של הגלאי יקטן, על כל ההשלכות שיש לכך על הרגישות.

ז) התקנות באזורים בעלי מאפיינים מיוחדים

1.1 חריצת גלאים בסביבה הכוללת חיזוקי רשתות זיון קונסטרוקציה

רשתות זיון קונסטרוקטביות (עשויות מפלדה או ברזל) הנפוצות בד"כ ביציקות בטון בגשרים מתחת למיסעה, יגרמו לירידה ברגישות הגילוי בלולאת הגלאי. רגישות הלולאה תפחת ככל שקטן המרחק בין צלעות הלולאה לבין צלעות רשת הזיון המשיקות / מקבילות להן. שיפוע הגרף באיור מראה בקירוב את השפעת הקטנת הרגישות ביחס לגידול בניחות השראות הלולאה הנוצר מהקירבה לרשת הברזלית, כפי שיבוא לידי ביטוי בשינוי התדר של הגלאי.



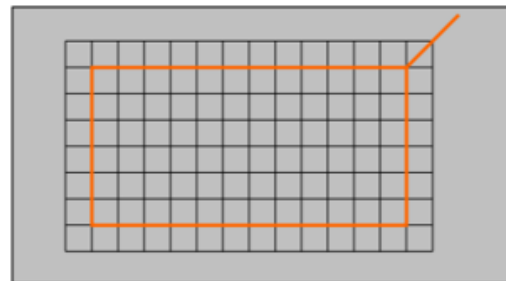
רגישות של 100% מייצגת מצב בו אין ניחות כלשהו מהפרעה הנוצרת עקב רשת ברזל כלשהי. באזורים בהם נדרש במיוחד גילוי של משאיות, הפרעות ניחות אלו חייבות להילקח בחשבון עקב הגובה הגדול יחסית של תחתית השלדה של המשאיות ביחס לפני המיסעה.

באיורים להלן, בשני התרשימים הימניים הלולאה צמודה אנכית לרשת הזיון, בעוד שבתרשים השמאלי התחתון צלעות הלולאה מרוחקות מצלעות רשת הזיון בכ- 5 ס"מ אנכית.

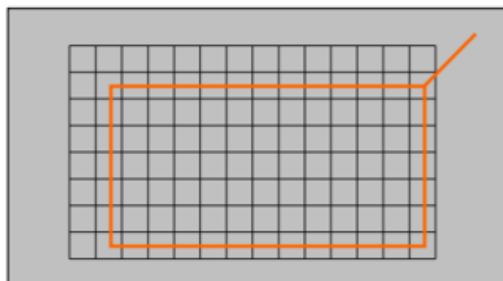
ניתן לראות כי ככל שהלולאה רחוקה יותר מרשת הזיון, וככל שצלעות הרשת אינן מקבילות לצלעות הלולאה כך משתפרת הרגישות, ושינוי ההשראות שנוצר ע"י רשת הזיון יקטן.



$\Delta L/L$ -4.5% ללא רשת זיון

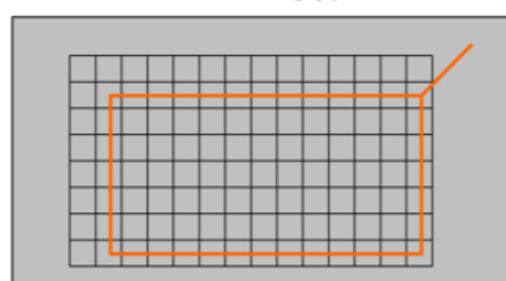


$\Delta L/L$ -0.90% כאשר הלולאה צמודה ומקבילה לרשת הזיון
80% ניחות האות / אובדן בעוצמת שינוי



כאשר הלולאה מותקנת 5 ס"מ מעל לרשת הזיון ולא מקבילה לו

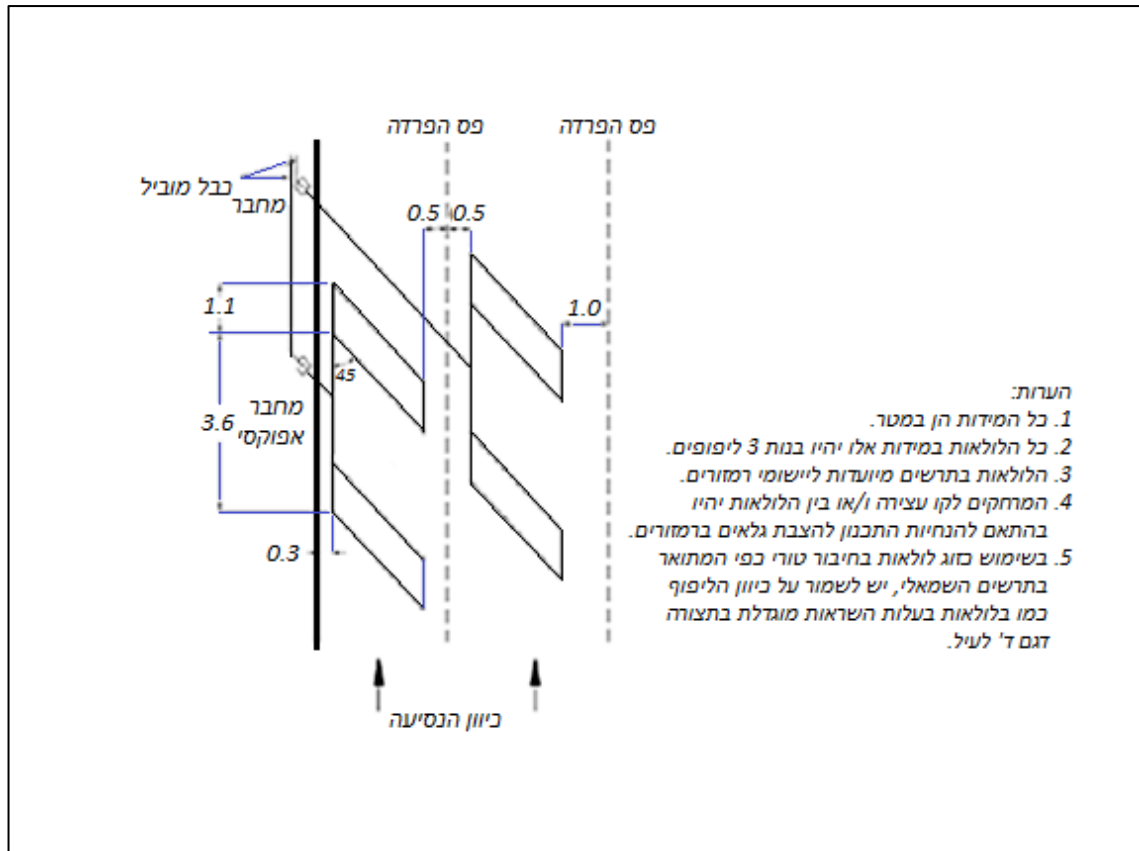
$\Delta L/L$ -2.30% ניחות האות 48%



כאשר הלולאה צמודה לרשת הזיון ולא מקבילה לו

$\Delta L/L$ -1.50% ניחות האות 66%

באזורים בעל הפרעות מסוג זה רצוי להשתמש בלולאות מדגם ו' או דגם ז' (כמתואר בנספח ג'), על מנת למזער את השפעת ההפרעה. זאת מאחר שהמבנה האלכסוני בד"כ אינו מקביל לצלעות רשת הזיון, וע"כ שטח השקת צלעות הלולאה לצלעות רשת הזיון קטן יותר מאשר בלולאה מלבנית.



בכל מקרה בו יש הסתברות לקיום רשת ברזלית מסוג זה בשטח התקנת הלולאה, רצוי לערוך בדיקת ניחות במקום, בטרם קביעה סופית של מקום החריץ. זאת על מנת לבצע את החריץ במקום בו הניחות הנוצר ע"י הרשת הברזלית הוא הקטן ביותר. הבדיקה מתבצעת ע"י ביצוע שתי מדידות:

מדידה ראשונה של ההשראות של לולאה זמנית בגודל הדומה למתוכנן, במקום בו יש רשת ברזלית. הלולאה הזמנית מבוצעת ע"י ליפוף החוטים ע"י המיסעה ללא חריצה, והדבקתם באמצעות סרט הדבקה למקום למשך ביצוע המדידה, כדוגמת הצילום מתחת.



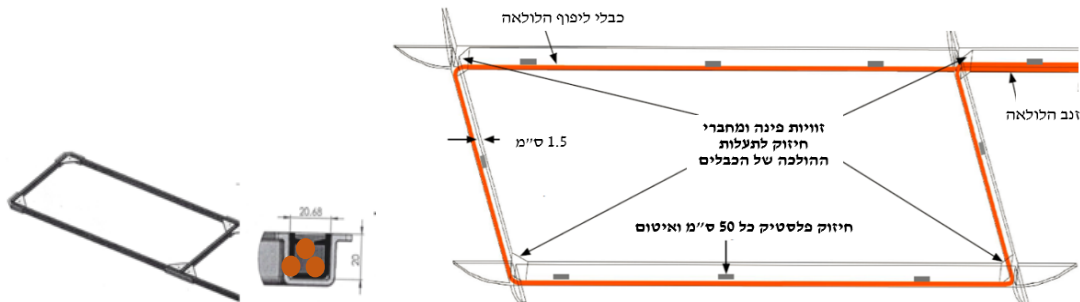
מדידה שנייה על אותה הלולאה כאשר היא מותקנת במקום חסר השפעת רשת כזו, ולאחר מכן השוואה של שתי המדידות.

היחס בין המדידות (לפי גרף התדר בסעיף ב' לעיל) יראה את רמת הניחות שתיווצר והירידה ברגישות (לחישוב הניחות ברגישות במצב זה ראו גם הנחיות FHWA Traffic Detector (Handbook: Third Edition—Volume II

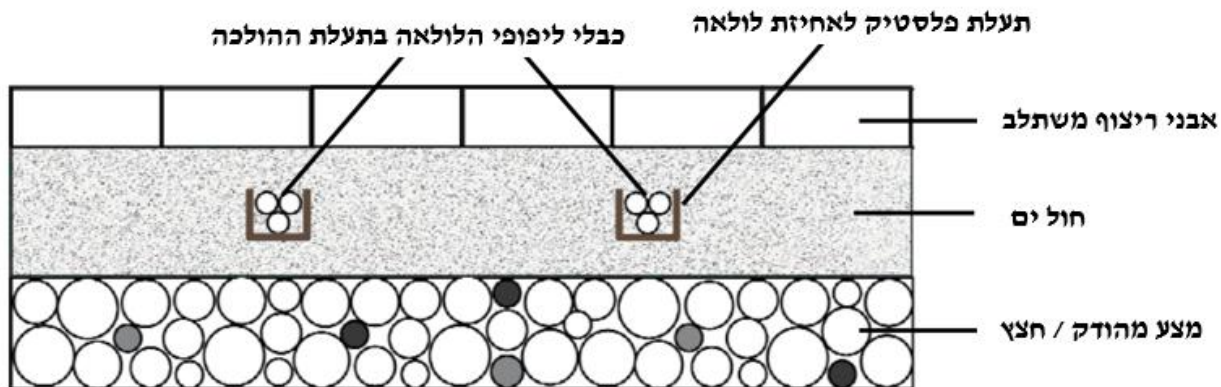
2.2 לולאות המונחות מתחת לאבני ריצוף משתלבות

במקרים בהם יש צורך לבצע לולאות מתחת למיסעות בעלות תכסית של אבני ריצוף משתלבות, יש לעשות שימוש בלולאות מוכנות מראש, בדומה ללולאות המיועדות להנחה במסילות רכבת קלה, כפי שפורט לעיל. אם נעשה שימוש בלולאות בעלות שטח גדול, רצוי להוסיף מחברי חיזוק משולשים בין צלעות הלולאה על מנת למנוע היפרדות תעלות כבלי הלולאה בעת תזוזות קרקע מתחת לחול הים העוטף את הלולאה. את כבלי ליפוף הלולאה יש להניח בתוך תעלת פלסטיק קשיח, המשמשת להתקנת כבלי חשמל, במידות חיצוניות 2.0 ס"מ X 2.0 ס"מ. לאחר הנחת כבלי ליפוף הלולאה בתוך תעלת ההולכה (במספר הליפופים הנדרש לפי גודל ועומק הלולאה כמפורט בסעיף ב), יש לאטום את הכבלים בתוך תעלת ההולכה בחומר איטום מסוג מתאים.

דוגמא ליישום זה מוצגת באיור להלן:

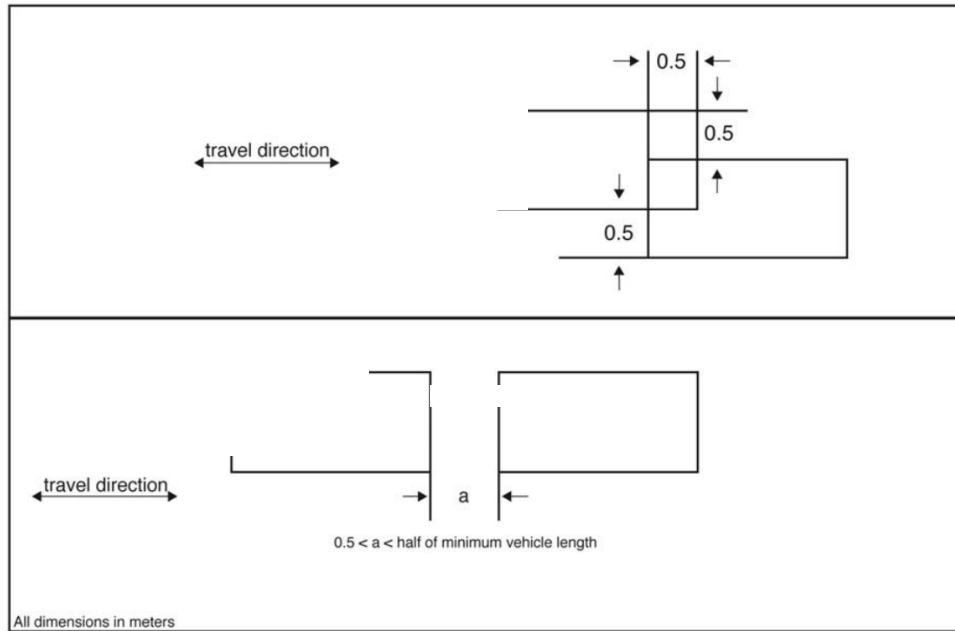


יש להניח את הלולאה בתוך מצע חול הים, מתחת לאבני הריצוף המשתלב, בעומק שלא יעלה על 3 עד 5 ס"מ, מתחת לפני החלק התחתון של אבני הריצוף המשתלב.



3.2 הנחת לולאות המיועדות לגילוי כיוון

יש לתכנן יישום לולאות המיועדות לשמש ל גילוי כיוון, ספירה, סיווג ע"פ אורך ומהירות, באופן שתהיינה קרובות זו לזו, כך שכלי הרכב יהיה נוכח בנסיעה על 2 הלולאות גם יחד. המרחק המרבי בין הלולאות a יהיה שווה למחצית אורך רכב ממוצע. במקרה כזה ניתן להניח את הלולאות כך שחלק משטחן יהיה חופף זו לזו, ראו איור להלן:

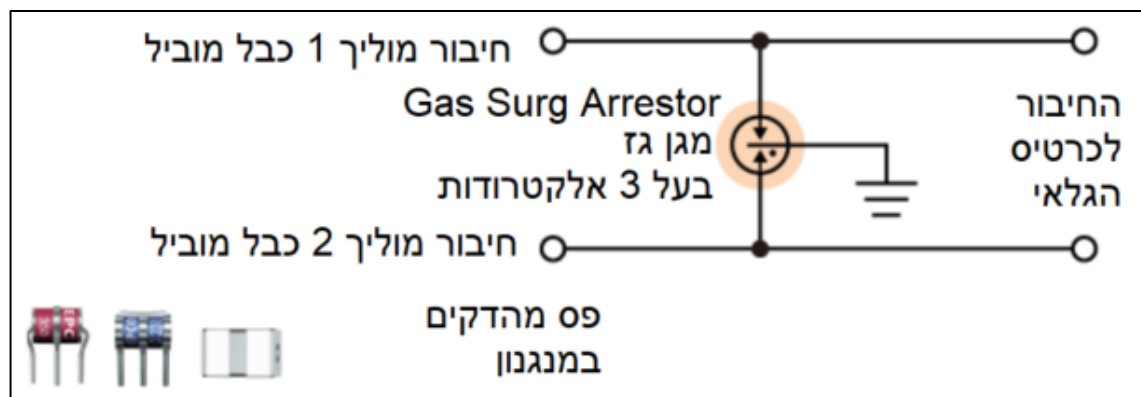
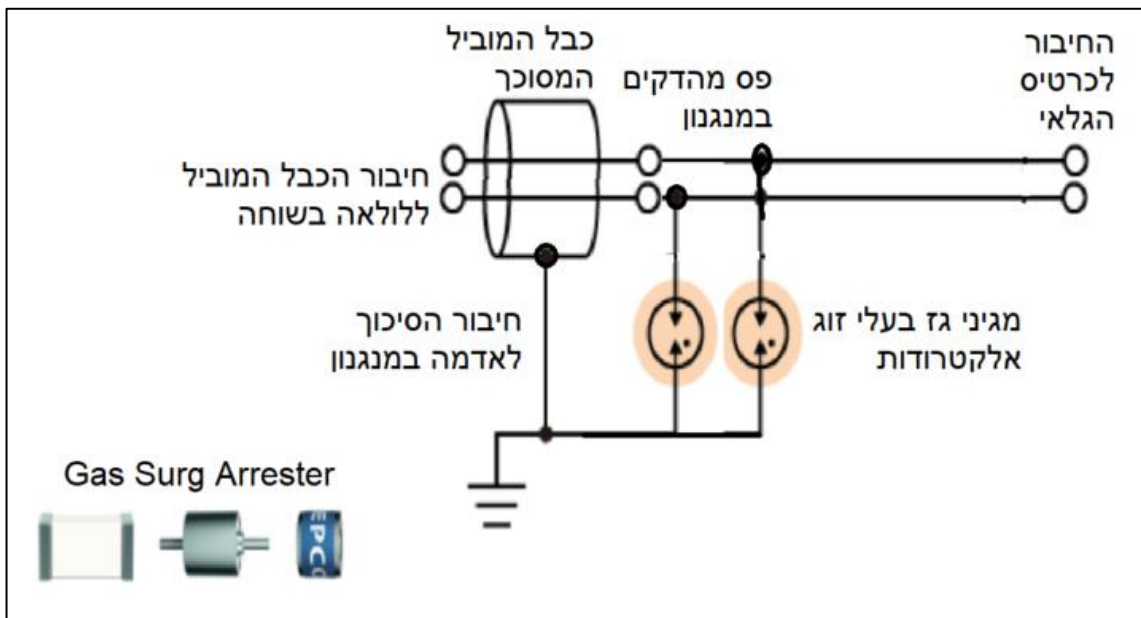


ח) הנחיות עקרוניות בנוגע להגנות מתחי-יתר

בנוסף להגנות נגד מתחי-יתר, תופעות מעבר חשמליות, והגנות נגד פגיעת ברקים הנדרשות ביחידת הגלאי (ראו הדרישות בנושא בסעיף 7.4.17 וכן בסעיף 7.4.18 לעיל), מומלץ מאד להגן על חיבור הכבל המוביל בקרבת ארון בקר הרמזור. הכבל המוביל מחובר בד"כ לפס מהדקים בתחתית ארון בקר הרמזור, ובסמיכות לסד כרטיסי בקר הרמזור עצמו, שם מומלצת התקנת הגנה זו.

פעולה תקינה של לולאת הגלאי מהווה, מעצם יישומה, מצד אחד סוג של אנטנה המאפשרת חדירת ברקים ותופעות חשמליות חריגות לבקר, ומצד שני אין אפשרות לחבר אליה רכיבים חשמליים בעלי מרכיבי תכונות השראותיות ו/או קיבוליות. על כן, נדרשת הגנה המבוססת על טכנולוגיה שאינה כוללת מרכיבים אלו, וכן מהווה הגנה נוספת נדרשת נגד מתחי-יתר, תופעות מעבר חשמליות חריגות, והגנות נגד פגיעת ברק. ההגנה ניתנת למימוש באמצעות התקני כליא-ברק על בסיס קו שיחרור גז (Gas Surge Arrester), אשר יותקנו בקרבת מהדקי הכניסה של מוליכי הכבל המוביל בארון בקר הרמזור.

בחלק מבקר הרמזור המאושרים לשימוש כיום בישראל מותקנת הגנה זו כחלק אינטגרלי מהארון. אם הגנה זו אינה קיימת, מומלץ מאד ליישמה בארון. באיורים הבאים ניתן לראות אופן חיבור והתקנה אופייניים לסוגי רכיבים שונים מסוג כזה, המיועדים ליישום מומלץ בארון הבקר.



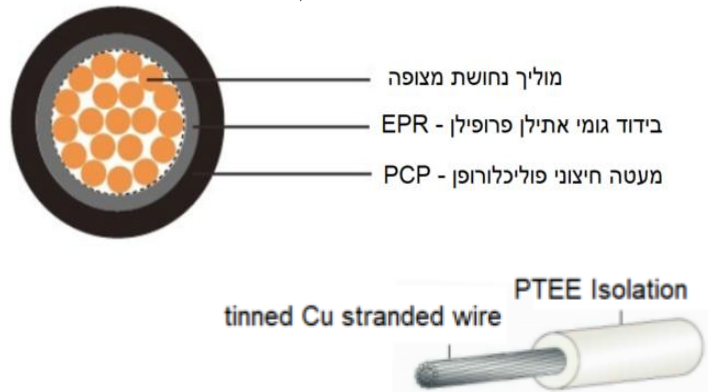
ט) מפרט נדרש לכבל לולאה וכבל מוביל

ט.1 כבל לולאה

כבל המיועד ליצירת לולאת גלאי השראי יעמוד בדרישות המפרט האנגלי TR2029, ויהיה בעל מוליכים מסגסוגת נחושת מצופה בדיל רב-סיבי (multistranded) גמיש. הכבל יהיה בעל מעטה בידוד חיצוני מסוג PTFE המסוגל לעמוד בטמפרטורות גבוהות של כ- 260°C , המתאים להתקנה בה ייעשה שימוש בחומרי איטום חמים כדוגמת ביטומן נוזלי.

על הכבל לעמוד בדרישות התקנים הבאים: BS EN60332 1-2, BS6500, IEC60811, TR2029.

מבנה הכבל יהיה בהתאם לאיור להלן:



- הכבל המוליך יהיה עשוי מסגסוגת נחושת מצופה בדיל נטול עופרת, התואם לתקן Class 5-ב IEC60228.
- הכבל המוליך יהיה רב-סיבי (multi-stranded), לפחות 30 סיבים בקוטר 0.25 מ"מ עבור שטח חתך של 1.5 מ"מ², ולפחות 50 סיבים בקוטר 0.25 מ"מ עבור שטח חתך של 2.5 מ"מ². מעטה בידוד כפול:
- 1. הכבל יהיה בעל בידוד פנימי מסוג גומי אתילן פרופילן (EPR), GP1, 85°C תואם ל-BS 7655, בעובי 0.8 מ"מ.
- 2. הכבל יהיה בעל מעטה בידוד חיצוני מסוג פוליכלורופן (PCP), GP1, 85°C תואם לדרישות ב-BS 7655 לעמידה בעומסי עבודה כבדים, עמיד לפגיעת שמנים ודלקים כולל עיכוב בעירה, בעובי 1.4 מ"מ.
- לכבל תהיה יכולת כיפוף ברדיוס של $5 \times \varnothing$ (5 קטרים).
- לכבל תהיה יכולת עמידות בטמפרטורה של $+90^{\circ}\text{C}$.
- לכבל תהיה יכולת עמידה במתחים: 450/750 וולט.
- הכבל יהיה בעל יכולת עיכוב בעירה בהתאם לדרישות תקן BS EN60332 1-2.
- למוליך הכבל בשטח חתך של 1.5 מ"מ² תהיה התנגדות של $13.1 \Omega / \text{Km}$ לקילומטר בטמפרטורה של 20°C .
- למוליך הכבל בשטח חתך של 2.5 מ"מ² תהיה התנגדות של $8.2 \Omega / \text{Km}$ לקילומטר בטמפרטורה של 20°C .

לחילופין, במקום עמידה במפרט האנגלי TR2029, הכבל יעמוד בדרישות הבאות:

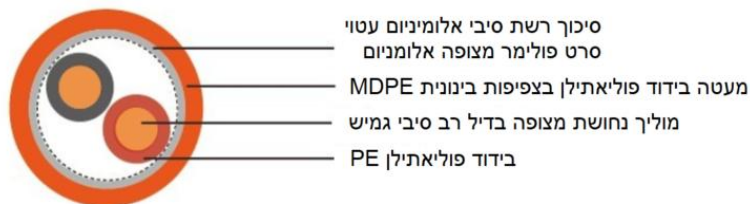
- כבל המיועד לטמפרטורות נמוכות יותר יכול להיות בעל מעטה בידוד כפול מסוג פוליכלורפן (PCP). הכבל צריך להיות מתוכנן כחסין לעבודה בסביבה בה הוא עלול להיפגע, וכן מתאים להתקנה אשר בה ייעשה שימוש בחומרי איטום שאינם חמים.
- עבור כבל לולאה המיועד להתקנה כאשר יש שימוש בחומרי איטום חמים, הכבל יכול שיהיה בעל מעטה בידוד חיצוני יחיד מסוג טפולון פוליפלון דינון (PTFE), תואם דרישות DIN-VDE label "5Y", המיועד לעמוד בטמפרטורות של עד 260°C , תואם לדרישות ב-BS 7655 לעמידה בעומסי עבודה כבדים, עמיד לפגיעת שמנים ודלקים כולל עיכוב בעירה, לפחות בעובי 1.4 מ"מ.

ט.2 כבל מוביל

כבל המיועד לשמש ככבל מוביל (Feeder Cable) לחיבור לולאת הגלאי אל יחידת הגלאי, יהיה תואם להנחיות TR2031. הכבל המוביל יהיה כבל המיועד בד"כ ליישומי תקשורת, בעל זוג מוליכים מפותלים מסגסוגת נחושת מצופה בדיל רב-סיבי (multi-stranded) גמיש ומסוכך, בעל מעטה בידוד חיצוני מסוג פוליאיתילן בעל צפיפות בינונית (MDPE), המיועד להתקנה בצינורות התשתית התת-קרקעית (שמיועדים לחיבור הכבלים החשמליים לארון בקר הרמזור).

עלך נכבל לעמוד בדרישות התקנים כלהלן: IEC 60708, BS6500, TR2031.

מבנה הכבל יהיה בהתאם לאיור מטה:



- המוליכים בכבל יהיו עשויים סגסוגת נחושת מצופה בדיל נטול עופרת, בהתאמה לתקן IEC60228 ב-Class 5.
- זוג המוליכים בכבל יהיו רב סיבים (multi-stranded), לפחות 30 סיבים בקוטר 0.25 מ"מ עבור שטח חתך של 1.5 מ"מ², ולפחות 50 סיבים בקוטר 0.25 מ"מ עבור שטח חתך של 2.5 מ"מ².
- כל מוליך בכבל יהיה בעל בידוד פוליאיתילן (PE), תואם ל-IEC 60708 בעובי 0.7 מ"מ.
- זוג המוליכים בכבל יהיו מפותלים - 20 עד 50 פיתולים למטר.
- זוג המוליכים בכבל יהיו נתונים במעטה סיכוך העשוי מרשת סיבי מוליך אלומיניום, העטופה בסרט העשוי מפולימר מצופה אלומיניום לכל אורכם, התואם לדרישות IEC 60708.
- הכבל יהיה בעל מעטה בידוד חיצוני מסוג פוליאיתילן, בעל צפיפות בינונית (MDPE), התואם לדרישות IEC 60708, בעובי 1.4 מ"מ.
- לכבל תהיה יכולת כיפוף ברדיוס של $8 \times \varnothing$.
- לכבל תהיה יכולת עמידות בטמפרטורה של $+70^{\circ}\text{C}$.
- לכבל תהיה יכולת עמידה במתחים: 600 וולט.
- הכבל יהיה בעל התנגדות בידוד הגדולה מ- $1500\text{M}\Omega \times \text{km}$.
- למוליך הכבל בשטח חתך של 1.5 מ"מ² תהיה התנגדות של $12.1\Omega / \text{Km}$ לקילומטר בטמפרטורה של 20°C .
- למוליך הכבל בשטח חתך של 2.5 מ"מ² תהיה התנגדות של $7.41\Omega / \text{Km}$ לקילומטר בטמפרטורה של 20°C .
- לכבל תהיה השראות בחיבורו כלולאה סגורה בערך של $630\mu\text{H}/\text{km}$.
- לכבל תהיה קיבוליות בערך קטן מ- $75\text{pF}/\text{m}$ למוליכים בשטח חתך של 1.5 מ"מ².
- לכבל תהיה קיבוליות בערך קטן מ- $52\text{pF}/\text{m}$ למוליכים בשטח חתך של 2.5 מ"מ².

נספח ב' - בדיקות מומלצות בעת הפעלת הגלאי באתר התקנתו (נספח מחייב) לביצוע ע"י רשות התימור המקומית באתר

נספח זה כולל את הגדרת הבדיקות שתבוצענה ע"י נציגי רתמ"ק באתר, במועד התקנת גלאים
במתקני רמזורים.

א. בדיקות מקדימות טרם התקנת הלולאה:

1. יש לוודא כי כרטיס הגלאי בו נעשה שימוש באתר הינו מדגם מאושר עדכני למועד
ההתקנה ע"י הועדה הבין-משרדית להתקני תנועה ובטיחות.
2. יש לוודא כי הכבל המוביל, המחבר בין לולאת הגלאי לבין כרטיס הגלאי, יהיה בהתאם
לנדרש בסעיף ט.2 **בנספח א'**, כאשר שטח חתך המוליכים בכבל זה יתאים לאורך הכבל
כמפורט בהנחיות לעיל.
3. יש לוודא כי כבל הלולאה יהיה בהתאם לנדרש בסעיף ט.1 ו-ט.2 **בנספח א'0**.
4. יש לוודא כי תצורת ומידות החריץ עבור הלולאה (כולל רוחב החריץ ועומקו), הינם
בהתאם לנדרש בתוכנית הרמזור ובהתאם למספר הליפופים הנדרש להתקנת הלולאות,
בהתאם לתצורתן וגודלן.
5. יש לוודא כי הוכנה תשתית מתאימה לחיבור לולאת הגלאי לכבל המוביל, בהתאם
להוראות סעיף ד' **בנספח א'**, ובהתאם להנחיות הרלוונטיות במפרט כללי להצבה ואחזקה
של רמזורים, פרק 1: תשתיות למערכת רמזור בצומת.
6. יש לוודא כי חומר האיטום המיועד לאיטום חריץ הלולאה, מתאים לדרישות ע"פ מפרט
זה וכי חריץ הלולאה נקי מחצץ או גרגירים חדים ויבש, בטרם הנחת כבל הלולאה בחריץ.
7. יש לוודא כי מהדקי החיבור לכבל הלולאה בבקר, מחוברים ליחידות הגנה נגד מתחי יתר
והפרעות חשמליות כמפורט בסעיף ח' **בנספח א'**.

ב. בדיקות מקדימות שתבוצענה לאחר השלחת הכבל המוביל והנחת כבלי הלולאה - בטרם ביצוע איטום חריץ הלולאה ובטרם חיבורם:

1. בטרם תחילת הבדיקה יש לחבר את סיכוך הכבל המוביל להארקה בבקר הרמזור.
2. בטרם החיבור בין הכבל המוביל לבין כבלי לולאת הרמזור, יש לערוך בדיקה של התנגדות
הכבל המוביל. לצורך כך, יש לקצר את קצוות הכבל המוביל בצד המיועד לחיבור הכבל
ללולאה, ולמדוד את התנגדות הכבל בין קצוות מוליכי הכבל המוביל בצד החיבור לבקר.
התוצאה הרצויה צריכה להיות בערך של $1.4\Omega \pm 20\%$ ל-100 מטר אורך כבל (תוצאת
המדדה לאחר הקצר צריכה להיות מחולקת ב-2, מאחר שיש זוג גידים בכבל, וההתנגדות
נמדדת על שני הגידים בטור). תוצאה זו יש לרשום בטבלת הבדיקה המצורפת בהמשך
נספח זה.
3. יש לערוך בדיקת בידוד מובילי הכבל המוליך לאדמה ע"י חיבור מכשיר מגר במתח של
500 וולט בין קצוות מוליכי הכבל המוביל לבין האדמה. התוצאה הנדרשת צריכה להיות
גדולה מ-100M Ω . תוצאת בדיקה זו יש לרשום בטבלת הבדיקה בהמשך.
4. יש לנתק את הקצר בקצה הכבל המוביל ואז לערוך בדיקת בידוד מובילי הכבל המוליך
לבין עצמם ע"י חיבור מכשיר מגר במתח של 500 וולט בין קצוות מוליכי הכבל המוביל
לבין עצמם. התוצאה הנדרשת צריכה להיות גדולה מ-1 M Ω . תוצאת בדיקה זו יש לרשום
בטבלת הבדיקה המצורפת בהמשך נספח זה.

5. יש לערוך בדיקה של התנגדות כבל הלולאה בין קצוות החיבור המיועדים לחיבור לכבל המוביל. ההתנגדות הרצויה צריכה להיות בתחום 0.3Ω עד 9Ω . תוצאה זו יש לרשום בטבלת הבדיקה המצורפת בהמשך נספח זה.
6. יש לערוך בדיקת בידוד מובילי הכבל הלולאה לאדמה ע"י חיבור מכשיר מגר במתח של 500 וולט בין קצוות מוליכי הכבל המוביל לבין האדמה. התוצאה הנדרשת צריכה להיות גדולה מ- $100M\Omega$, בדיוק של $\pm 10\%$. תוצאת בדיקה זו יש לרשום בטבלת הבדיקה המצורפת בהמשך נספח זה.
7. באמצעות מד השראות, יש לבדוק את השראות הלולאה בטרם חיבורה לכבל המוביל, יש לוודא כי השראות הלולאה הנמדדת מתאימה להשראות המחושבת בהתאם לתצורת הלולאה ומידותיה, באמצעות השוואה לתוצאה שתתקבל מחישוב ההשראות על פי ההנחיות במפרט זה בסעיף ג) **בנספח א'**, **ובנספח ה'**, ובהפרש שלא יעלה על $\pm 20\%$. תוצאה זו יש לרשום בטבלת הבדיקה המצורפת בהמשך נספח זה.
8. יש לבצע חיבור זמני בין כבלי זנב הלולאה לבין הכבל המוביל, ואז לחבר מד השראות לקצוות הכבל המוביל בצד הבקר ולבצע מדידת השראות נוספת. ההשראות שתתקבל צריכה להיות שווה לערך ההשראות של הלולאה, בתוספת של כ- $7\mu H$ עבור כל מטר אורך של כבל מוביל. ההשראות הנמדדת צריכה להיות משווה להשראות הכוללת המחושבת, ע"פ ההנחיות במפרט זה בסעיף ג) **בנספח א'**, **ובנספח ה'**, ובהפרש שלא יעלה על $\pm 20\%$. תוצאה זו יש לרשום בטבלת הבדיקה המצורפת בהמשך נספח זה.
9. באמצעות מד השראות יש לערוך בדיקת מקדם טיב (Q) בתדרים של מתחת ל-60KHz ומעליהם, התוצאה האופיינית הצפויה צריכה להיות בערך $Q \leq 3$. ככל שהתוצאה גבוהה יותר באופן משמעותי, הדבר מצביע על בעיה בהתקנת הלולאה. התוצאה הנמדדת צריכה להירשם בטבלת הבדיקה המצורפת בהמשך נספח זה.

ג. עם השלמת איטום חריץ הלולאה וחיבור הכבל המוביל בהלחמה לכבל זנב הלולאה, ואיטומו במחבר אפוקסי מתאים, יש לבצע את הבדיקות הבאות:

1. יש לערוך בדיקה של התנגדות של כבל הלולאה יחד עם הכבל המוביל בין קצוות החיבור המיועדים לחיבור הכבל המוביל לבקר. ההתנגדות הכוללת צריכה להיות מתאימה לסה"כ ההתנגדות כפי שנמדדה עבור הכבל המוביל ועבור הלולאה בבדיקות הקודמות באפיון של $\pm 10\%$. תוצאה זו יש לרשום בטבלת הבדיקה המצורפת בהמשך נספח זה.
2. יש לבצע בדיקה לחיבור מד השראות לקצוות הכבל המוביל בצד הבקר, ולבצע מדידת השראות נוספת. ההשראות שתתקבל צריכה להיות שווה לערך השראות הלולאה, בתוספת של כ- $7\mu H$ עבור כל מטר אורך של כבל מוביל. ההשראות הנמדדת צריכה להיות משווה להשראות הכוללת המחושבת ע"פ ההנחיות במפרט זה בסעיף ג) **בנספח א'**, **ובנספח ה'**, ובהפרש שלא יעלה על $\pm 20\%$. תוצאה זו יש לרשום בטבלת הבדיקה המצורפת בהמשך נספח זה.
3. באמצעות מד השראות יש לערוך בדיקת מקדם טיב (Q) בתדרים של מתחת ל-60KHz ומעליהם. התוצאה האופיינית הצפויה צריכה להיות בערך $Q \leq 3$. ככל שהתוצאה גבוהה יותר באופן משמעותי, הדבר מצביע על בעיה בהתקנת הלולאה. התוצאה הנמדדת צריכה להירשם בטבלת הבדיקה המצורפת בהמשך נספח זה.
4. יש לחבר את הכבל המוביל למהדקי הגלאי בבקר ולהפעיל את הגלאי. לאחר שהגלאי הגיע למצב פעולה, יש להביא כלי רכב לאזור תחום הגילוי במהירות של כ-5 קמ"ש, ולוודא כי כלי הרכב נעצר כאשר כלי הרכב מכסה כ-50% מאורך אזור הגילוי בכיוון הנסיעה, וישנו עירור של דרישת ערוץ הגלאי המחובר ללולאה הנבדקת, ללא השפעה כלשהיא על ערוצי גילוי נוספים. אם מצב זה לא מתקיים, יש לבצע כיוול של רגישות הגלאי והתדר שלו עד לקבלת התוצאה הרצויה.

5. לאחר קבלת אות העירור, יש להוריד את כלי הרכב מאזור הגילוי עד למרחק של כ-30 ס"מ מקצה הלולאה. במצב זה, אמור הגלאי להראות הפסקת עירור גילוי. אם מצב זה לא מתקיים, יש לבצע כיוול רגישות נוסף עד לקבלת התוצאה הרצויה, הן לסעיף 4 והן לסעיף זה.
6. בגלאים המיועדים לגילוי רכב דל-מתכת, יש לבצע את הבדיקות בסעיף 4 ו-5 לעיל באמצעות שימוש באופנוע או באופניים בעלי חישוק גלגל מתכתי בקוטר של 26 אינץ', כאשר הבדיקה תתבצע למהירות נסיעה מעל הלולאה של כ-5 קמ"ש, ועד ל-32 קמ"ש לכל היותר.
7. עם השלמת הבדיקות על גבי הגלאי, יש לוודא כי אותות הגלאי מגיעים לבקר הרמזור, ומתבצע תיפקוד מתאים של תוכנית הרמזור בהתאם לעירור המתקבל מאותות הגלאים.

ד. בדיקות תקופתיות במהלך תקופת האחזקה:

1. יש לבדוק חזותית את מצב חריץ הגלאי ואיטומו, ולוודא כי חריץ שלם ללא פגיעות והאיטום מכסה היטב את כבל לולאת הגלאי.
2. יש לבצע בדיקה חוזרת תקופתית לכל לולאת גלאי (מומלץ אחת לחצי שנה) של הבדיקות המפורטות בסעיף ג' ס"ק 1-5 לעיל, ולהשוות בין תוצאות מדידות אלה לבין התוצאות שנתקבלו במועד ביצוע הבדיקות עם השלמת התקנת הגלאי. אם יימצא שוני מהותי בין התוצאות הנמדדות במהלך תקופת האחזקה לבין המדידה בתום ההתקנה, הנושא מצביע על ליקוי כלשהוא בלולאה או בכרטיס הגלאי, ויש לתקנו.
3. את תוצאות המבדקים, כמפורט בסעיף 2 לעיל, יש לתעד בטופס בדיקה מתאים כמפורט בטבלה המצורפת בהמשך נספח זה (ללא מילוי הסעיפים בטבלה הנוגעים לבדיקות טרם חיבור), על מנת שניתן יהיה לעקוב אחר תקינות הגלאים לאורך זמן.

ה. להלן מצורף טופס המפרט את הבדיקות והתוצאות של בדיקת גלאי, לרבות כרטיס גלאי ולולאות, ע"י רשות התימור המקומית באתר:

מיקום אתר ההתקנה	יצרן וסוג דגם הגלאי המותקן	מועד ההתקנה
מועד הבדיקה	שם מבצע הבדיקה	שם הקבלן

טופס א' - בדיקה מקדימה כללית טרם התקנת הלולאות:

סד'	נושא נבדק	פירוט: דגם / סוג / כמות ערוצים / יצרן	אישור או מועד תוקף
1	דגם הגלאי בעל אישור עדכני למועד ההתקנה מן הוועדה הבין משרדית למועד ההתקנה		
2	סוג הכבל המוביל מתאים לנדרש בסעיף ט.2 בנספח א'		
3	סוג כבל לולאת הגלאי מתאים לנדרש בסעיף ט.1 בנספח א'		
4	חיבור מהדקי כבל הלולאה בבקר הרמזור ליחידות הגנה נגד מתחי יתר והפרעות חשמליות.		
5	סוג חומר האיטום ללולאה מתאים לדרישות המפרט בהתאם ליישום הלולאה		
6	הוכנה תשתית מתאימה לכבל המוביל, וחיבור זנב הלולאה לכבל המוביל, ע"פ הפרטים בסעיף ד) בנספח א' , וכן במפרט הכללי להתקנה ואחזקה רמזורים, פרק 1.		
7	עבור גלאי מס' 1- תצורה ומידות החריץ ללולאה בהתאם לתוכניות הסדר התנועה.	אישור מתכנן	
8	עבור גלאי מס' 2- תצורה ומידות החריץ ללולאה בהתאם לתוכניות הסדר התנועה.	אישור מתכנן	
9	עבור גלאי מס' 3- תצורה ומידות החריץ ללולאה בהתאם לתוכניות הסדר התנועה.	אישור מתכנן	
10	כני"ל לכל הלולאות באתר	אישור מתכנן	

טופס ב' - בדיקות מקדימות טרם חיבור כבלי הלולאה והמוביל: לטופס יש לצרף תשריט הכולל את מיקום הלולאה / לולאות הנבדקות עבור אותו ערוץ, וכן את תשריט התוואי של תשתיות הכבל המוביל ללולאה. טופס זה יש למלא עבור הלולאה / לולאות המחוברות לכל ערוץ גלאי בנפרד:

שם הצומת:		מופע:	שם ערוץ גלאי:	תפקוד E/D:
סד'	הבדיקה	מידות / אורך / ליפופים	תוצאה צפויה/רצויה	תוצאה נמדדת
1	התנגדות כבל מוביל		אורך $0.014\Omega \times$	
2	בידוד חשמלי בין מוליכי הכבל המוביל לבין האדמה	-----	גדול מ- $100M\Omega$ $\pm 10\%$	
3	בידוד חשמלי בין מוליכי הכבל המוביל לבין עצמם	-----	גדול מ- $1M\Omega$	

שם הצומת:		מופע:	שם ערוץ גלאי:	תפקוד E/D:
סד'	הבדיקה	מידות / אורך / ליפופים	תוצאה צפויה/רצויה	תוצאה נמדדת
4	התנגדות כבל הלולאה אחרי הנחתו וליפוף הלולאה בחריץ	אורך היקף החריץ במטר ומספר הליפופים	מ-0.3Ω לבין 0.9Ω	
5	בידוד חשמלי בין כבלי הלולאה לבין אדמה	-----	גדול מ- 100MΩ ± 10%	
6	השראות הלולאה טרם חיבורה לכבל מוביל (החישוב הנדרש מתואר בנספח ה')	אורך היקף החריץ במטר ומספר הליפופים	חישוב ע"פ הוראות המפרט עם אפיצות 20% ±	
7	השראות הלולאה יחד עם הכבל המוביל (החישוב הנדרש מתואר בנספח ה')	אורך הכבל המוביל במטר, תצורת הלולאה מידותיה ומספר הליפופים	השראות לולאה מחושבת כנ"ל + אורך הכבל המוביל 7μH X למטר עם אפיצות של 20% ±	
8	בדיקת מקדם טיב (Q) בתדרים מעל ל-60KHz (החישוב הנדרש מתואר בנספח ה')	-----	5 ≤ Q באפיצות עד ± 30%	
9	בדיקת מקדם טיב (Q) בתדרים מתחת ל-60KHz (החישוב הנדרש מתואר בנספח ה')	-----	3 ≤ Q באפיצות עד ± 40%	

טופס ג' - לבדיקות משלימות בסיום ההתקנה: לטופס יש לצרף את ממצאי הבדיקות המפורטות בטופס ב' והצטרפות שנדרשו עבורו. בטרם מילוי הטופס, יש לבצע כשלב מקדים למילוי הטופס, בדיקת איכות מלאה של התקנת הפרטים הפיזיים של הגלאי, הלולאה ואיטומה, התשתית והכבילה. **טופס זה יש למלא עבור הלולאה / לולאות המחוברות לכל ערוץ גלאי בנפרד:**

שם הצומת:		מופע:	שם ערוץ גלאי:	תפקוד E/D:
סד'	הבדיקה	מידות / אורך / ליפופים	תוצאה צפויה/רצויה	תוצאה נמדדת
1	התנגדות כבל הלולאה יחד עם הכבל המוביל לפני חיבורם לבקר	אורך היקף החריץ במטר ומספר הליפופים + אורך הכבל המוביל	מ-0.3Ω עד 9Ω בתוספת 0.014Ω למטר אורך מוביל	
2	בידוד חשמלי בין כבלי הלולאה המחוברים לכבל המוביל לאדמה, יימדד בין פתילי הכבל המוביל לאדמה טרם חיבורם לבקר	-----	גדול מ- 100MΩ ± 10%	
3	השראות הלולאה יחד עם הכבל המוביל (לחישוב הרצוי (החישוב הנדרש מתואר בנספח ה')	אורך הכבל המוביל במטר, תצורת הלולאה, מידותיה, ומספר הליפופים	השראות לולאה מחושבת כנ"ל + אורך הכבל המוביל 7μH X למטר ± 20%	
4	בדיקת מקדם טיב (Q) בתדרים מעל ל-60KHz (החישוב הנדרש מתואר בנספח ה')	-----	5 ≤ Q עם אפיצות עד ± 30%	

5	בדיקת מקדם טיב (Q) בתדרים מתחת ל-60KHz (החישוב הנדרש מתואר בנספח ה')	-----	$Q \leq 3$ עם אפיצות עד $\pm 40\%$	
6	זיהוי כלי רכב על הלולאה בתחום של 50% מאורך תחום הגילוי של הלולאה, ע"י הצבת כלי רכב, או ע"י הצבת מדמה בתצורת סליל רבוע במידות חיצוניות של 1X1 מ' בעל 6 ליפופים, בכבל בעל שטח חתך של 1.5 ממ"ר המונח ע"ג פלטת עץ של 20 מ"מ.		זיהוי כלי הרכב והפעלת אות דרישה בגלאי תוך 1/10 שניה לכל המאוחר	
7	הפסקת זיהוי כלי רכב על הלולאה בתחום של 30 ס"מ מקצה החריץ / תחום הגילוי של הלולאה, ע"י הצבת כלי רכב שהיה על הלולאה (שלגביו היה עירור רציף בגלאי) בנקודה זו תוך נסיעה איטית (כ-5 קמ"ש), תוך שמירה על עירור רציף עד הגעה לנקודה זו, או לחילופין ע"י גרירה איטית והצבת המדמה (בתצורה שפורטה לעיל) למקום של כ-30 ס"מ מקצה החריץ באותם תנאי עירור.		הפסקת זיהוי כלי הרכב וכיבוי אות דרישה בגלאי תוך 1/10 שניה לכל המאוחר	תקין / לא תקין
8	זיהוי כלי רכב דל מתכת על הלולאה בתחום של 50% מאורך תחום הגילוי של הלולאה, ע"י הצבת אופנוע בעל חישוקי מתכת, או ע"י הצבת מדמה בתצורת חישוק מתכת של גלגל אופנים בקוטר 26" המחובר בניצב לפלטת עץ.		זיהוי כלי הרכב והפעלת אות דרישה בגלאי תוך 1/10 שניה לכל המאוחר	תקין / לא תקין
9	הפסקת זיהוי כלי רכב דל- מתכת על הלולאה בתחום של 30 ס"מ מקצה החריץ / תחום הגילוי של הלולאה, ע"י הצבת אופנוע שהיה על הלולאה (שלגביו היה עירור רציף בגלאי) בנקודה זו תוך נסיעה איטית (כ-5 קמ"ש), תוך שמירה על עירור רציף עד הגעה לנקודה זו או לחילופין ע"י גרירה איטית והצבת המדמה, בתצורת חישוק מתכת של גלגל אופנים בקוטר 26" המחובר בניצב לפלטת עץ, ע"י גרירה איטית והצבת המדמה (בתצורה שפורטה לעיל) למקום של כ-30 ס"מ מקצה החריץ באותם תנאי עירור.		הפסקת זיהוי כלי הרכב וכיבוי אות דרישה בגלאי תוך 1/10 שניה לכל המאוחר	תקין / לא תקין
10	אותות הגלאי מגיעים לבקר הרמזור ומתבצע תיפקוד מתאים של תוכנית הרמזור בהתאם לעירור המתקבל		תפקוד תוכנית הרמזור בהתאם לאותות הגלאי	תקין / לא תקין

נספח ג' - גיאומטריה ותצורות אפשריות ללולאה (נספח למידע)

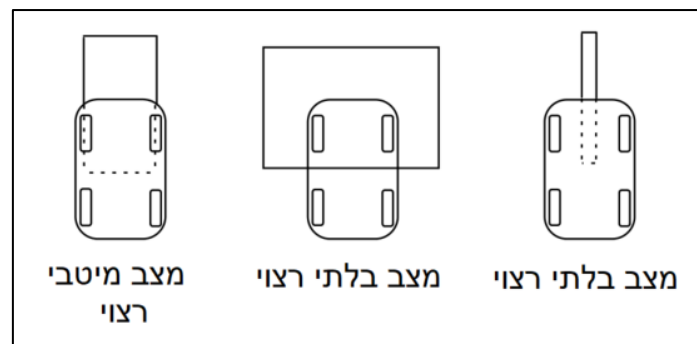
כפי שפורט לעיל, במרבית תחומי היישום בישראל לולאות הגלאים הן בעלות צורת פוליגון מלבני או ריבועי. אולם (כפי שנראה בהמשך) ישנן תצורות גאומטריות נוספות אפשריות אשר בחלקן הן בעלות יתרונות מסוימים ביישומים שונים לצרכי בקרת רמזורים. יודגש כי כתלות בתכונות היישום הנדרש מבחינת הנדסת התנועה, לתצורת הלולאה ישנה השפעה מהותית על ההשראות של הלולאה, וגם על התכונות האלקטרומגנטיות של הלולאה. לכן חשוב לקחתם בחשבון בעת תכנון היישום וקביעת תצורת הלולאה.

תצורת הלולאה חייבת להיות מותאמת לצרכים התנועתיים הנדרשים במקום ולאופן יישומה. כך למשל, לצרכי תפעול במסגרת תוכנית רמזורים, התקנת לולאה באורך של 5 מטר וברוחב של 20 ס"מ היא תצורה מאד בלתי רצויה (עקב האורך הקטן מדי של צלע הרוחב של הלולאה מתחת לשלדת כלי הרכב).

רוחב הלולאה המיטבי צריך להיות מותאם ככל האפשר לרוחב כלי הרכב אותו יחידת הגלאי נדרשת לגלות. הרגישות המיטבית והמרבית ללולאה תושג כאשר רוחב כלי הרכב הוא מעט גדול יותר מאשר רוחב הלולאה (כפי המוצג באיור למטה).

חשוב להבין כי ההיגב ההשראתי המשמעותי / המיטבי בלולאה נוצר, כאשר שילדת כלי הרכב הנדרש לגילוי נמצאת מעל צלעות פוליגון הלולאה, תוך מצב שבו הצלעות היוצרות את ההיגב ההשראתי מול השלדה הן ארוכות ככל האפשר.

הערה: אחת מטעויות התכנון הנפוצות ברמזורים בישראל הינה תכנון לולאה לרוחב של מספר נתיבים, לעיתים 2 עד 3 נתיבים בלולאה יחידה. רצוי להימנע ככל האפשר מיישום תצורת לולאה באופן זה.



השפעות שליליות נוספות הנוגעות לתצורת הלולאות, נובעות מהתקנה סמוכה מדי של לולאות בין נתיבים סמוכים. יש לשמור על מרחק מזערי של 1 מ' עד 1.5 מ' בין לולאות סמוכות (כתלות במידות הלולאה ובעיקר באורך הצלעות המקבילות בין הלולאות). שמירה על טווח הפרדה זה יפחית משמעותית את תופעת ההידוד של התדירויות (crosstalk) בין הלולאות לבין עצמן.

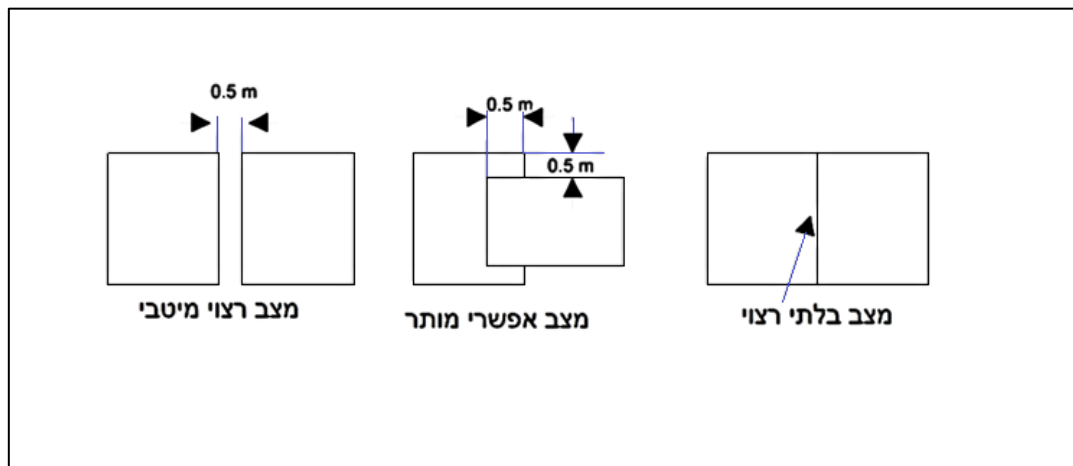
חשוב להבין, כי ליחידות גלאי הפועלות במשולב כערוצי גילוי בתוך כרטיס גלאי אחד, יש בד"כ מנגנוני הגנה נגד תופעת הידוד בין ערוצי הגלאי באותו הכרטיס. מנגנוני ההגנה נכללים בתוכנה ובחומרה של כרטיס הגלאי. אולם כאשר הלולאות מחוברות לכרטיסי יחידות גלאי נפרדים, מנגנון זה אינו מתקיים.

דרישות המרחק בין הלולאות הן כדלקמן:

- בדרך כלל, בעת תכנון תצורת הגלאים ע"י מהנדס התנועה, לא ידוע מראש אופן החיבור והחלוקה לכרטיסי גלאי אשר יותקן בבקר הרמזור בשלב היישום. לכן ככלל, נדרש ורצוי לשמור על מרווח הפרדה של 1.0-1.5 מ' בין הלולאות (ראו בשרטוט להלן).

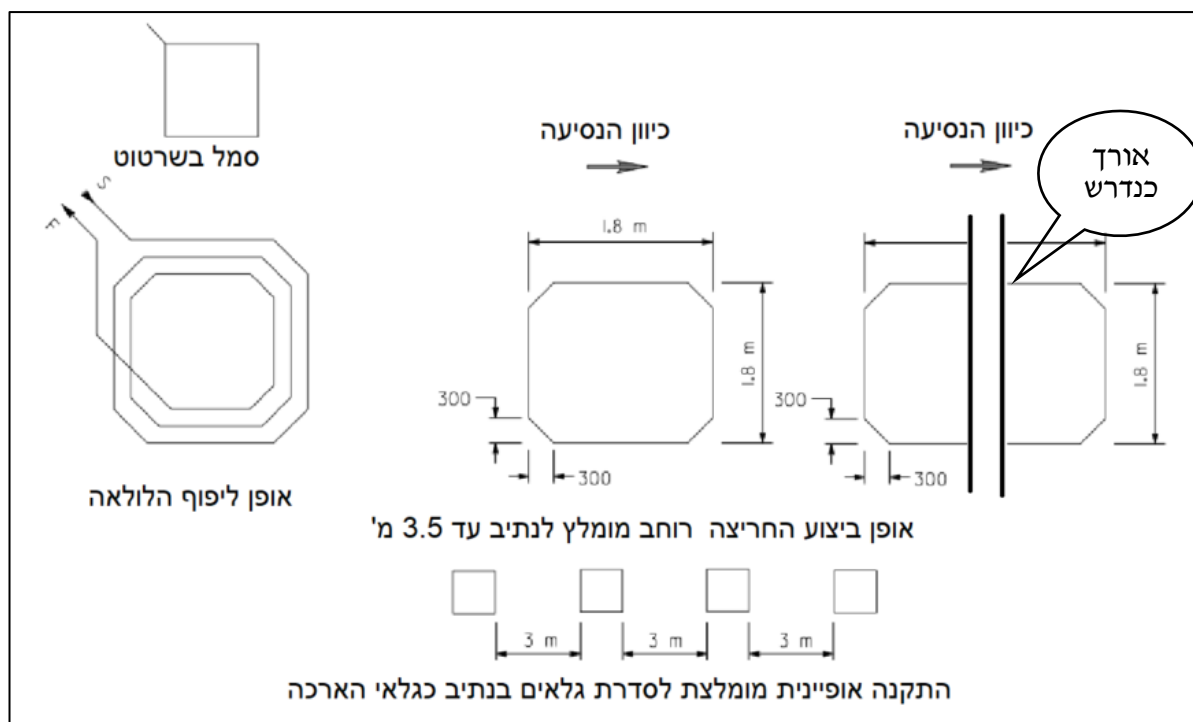


- אם לעומת זאת ידוע בוודאות שהלולאות תחוברנה כערוצי גילוי בתוך כרטיס גלאי אחד, ניתן להתקין את הלולאות בסמיכות גדולה יותר, תוך שמירת מרווח קטן יחסית ביניהן, ללא בעיית הידוד. על כן, יש לשמור על מרווח מזערי של 0.5 מ' בין צלעות מקבילות של לולאות סמוכות.
- אם יש צורך בכך, ניתן אפילו להתקין לולאות המחוברות לערוצים שונים באותו כרטיס גלאי כך שהשטח ביניהן חופף בצורה מסוימת (ראו איור להלן).

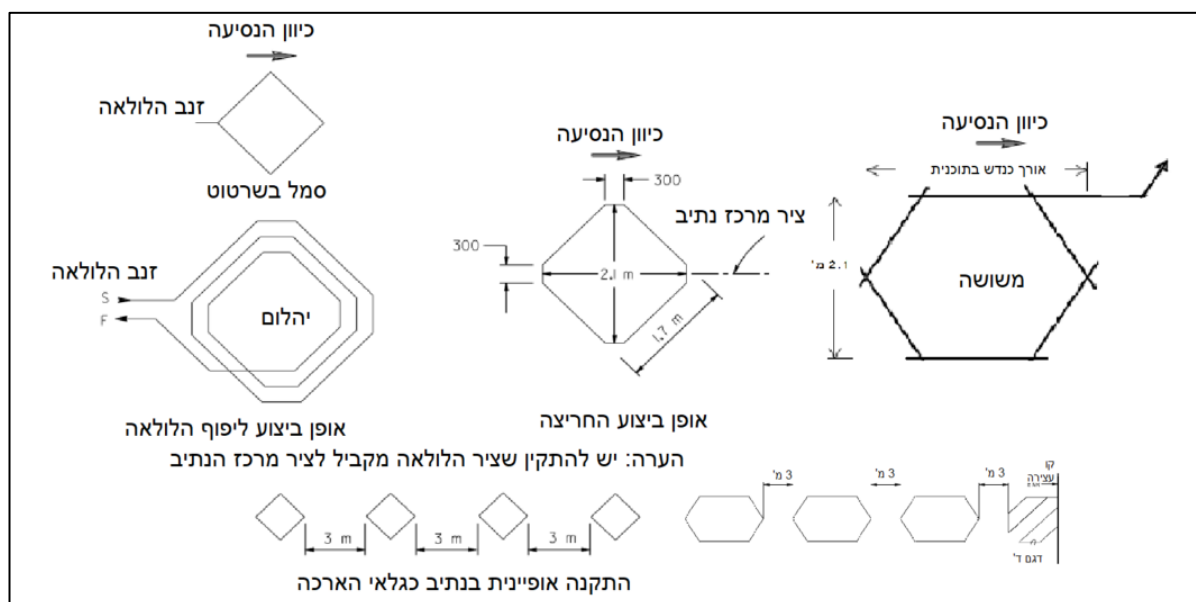


ישנן תצורות גאומטריות רבות נוספות ללולאות גלאים הניתנות ליישום, כדוגמת תצורת T או תצורת Y או תצורת טרפז ארוך. יש גם תצורות אחרות, אשר להן יתרונות מסוימים ביישומים שונים לצרכי בקרת רמזורים, כפי שיתואר עבור כל דגם בהמשך. בשונה מלולאות מלבניות, לחישוב ההשראות עבור לולאות בעלות השראות מוכפלת כדוגמת לולאה דגם ג', ד', ה', יש ליישם נוסחת חישוב השראות ייעודית אשר תפורט עם טבלאות עזר של השראות מחושבות בנספח ה' בהמשך.

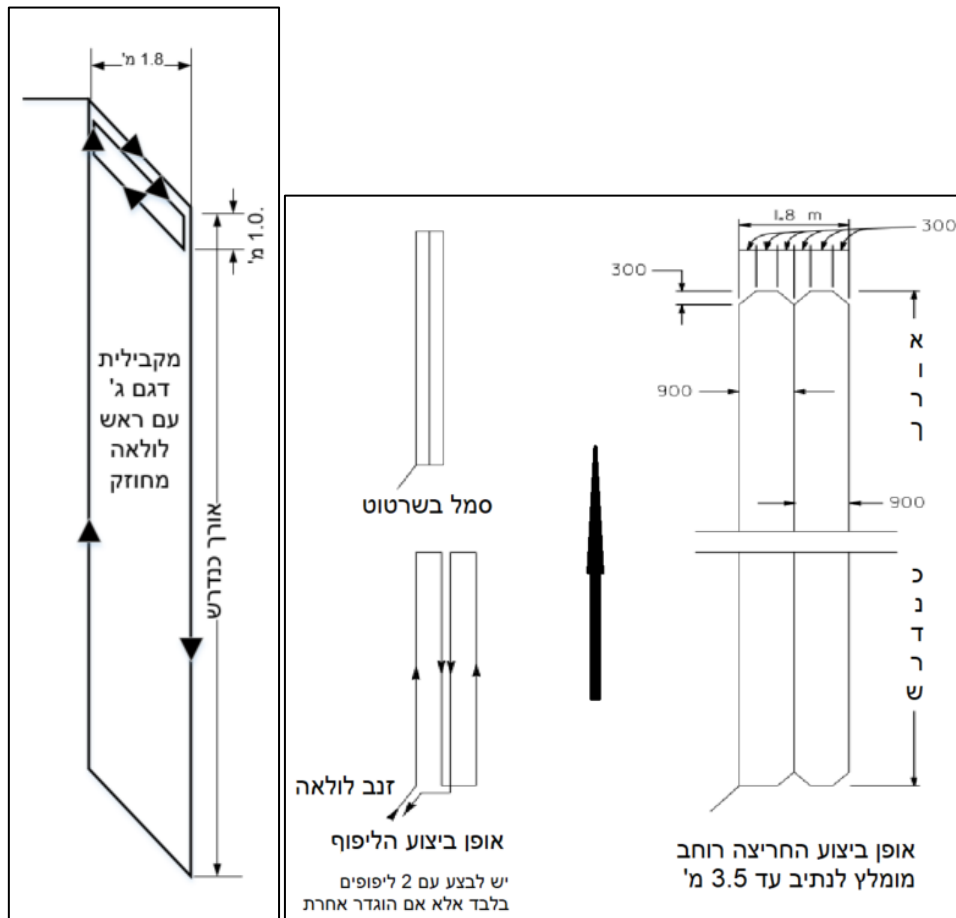
תצורה דגם א': פוליגון ריבועי או מלבני. עד כה הייתה זו התצורה המקובלת בד"כ ליישום בישראל.



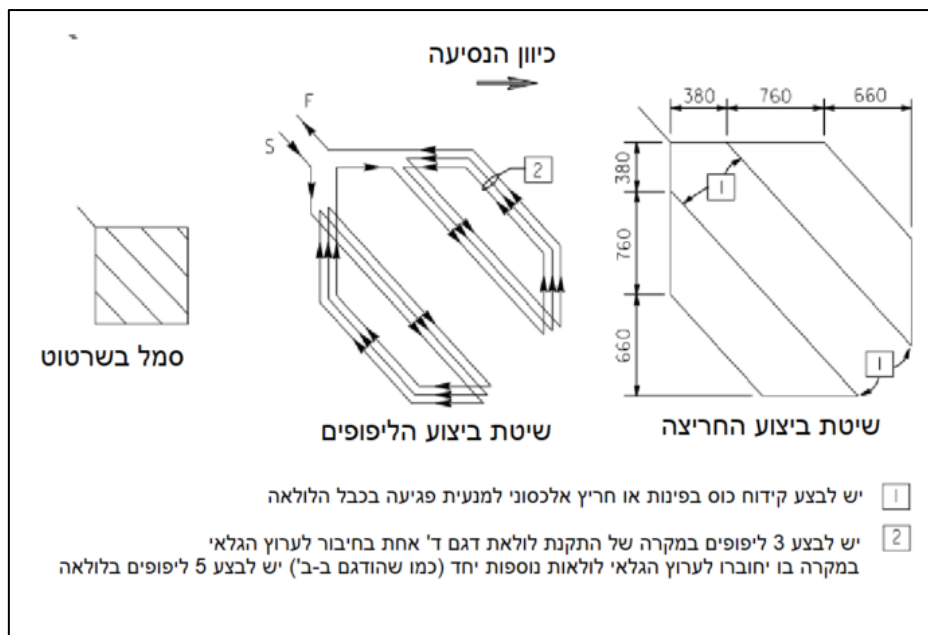
תצורה דגם ב': פוליגון מעוין (בתצורת יהלום) או משושה (ניתן ליישום גם בתצורת 8 כחיבור כלולאה אחת). תצורה זו מגדילה את אורך הצלעות הנמצאות בו זמנית מתחת לשלדת הרכב החולף.



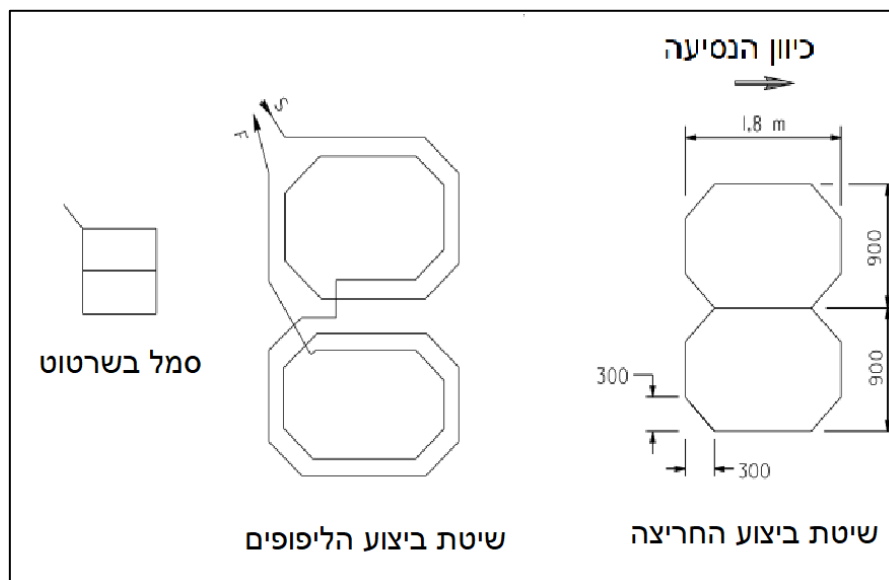
תצורה דגם ג': מלבן ארוך מוכפל לנתיב, בעל השראות מוכפלת לגילוי מוגבר. לתצורה זו יתרון לצרכי גילוי של כלי רכב ארוכים כדוגמת משאיות הנושאות טריילר, אוטובוסים, וכיו"ב.



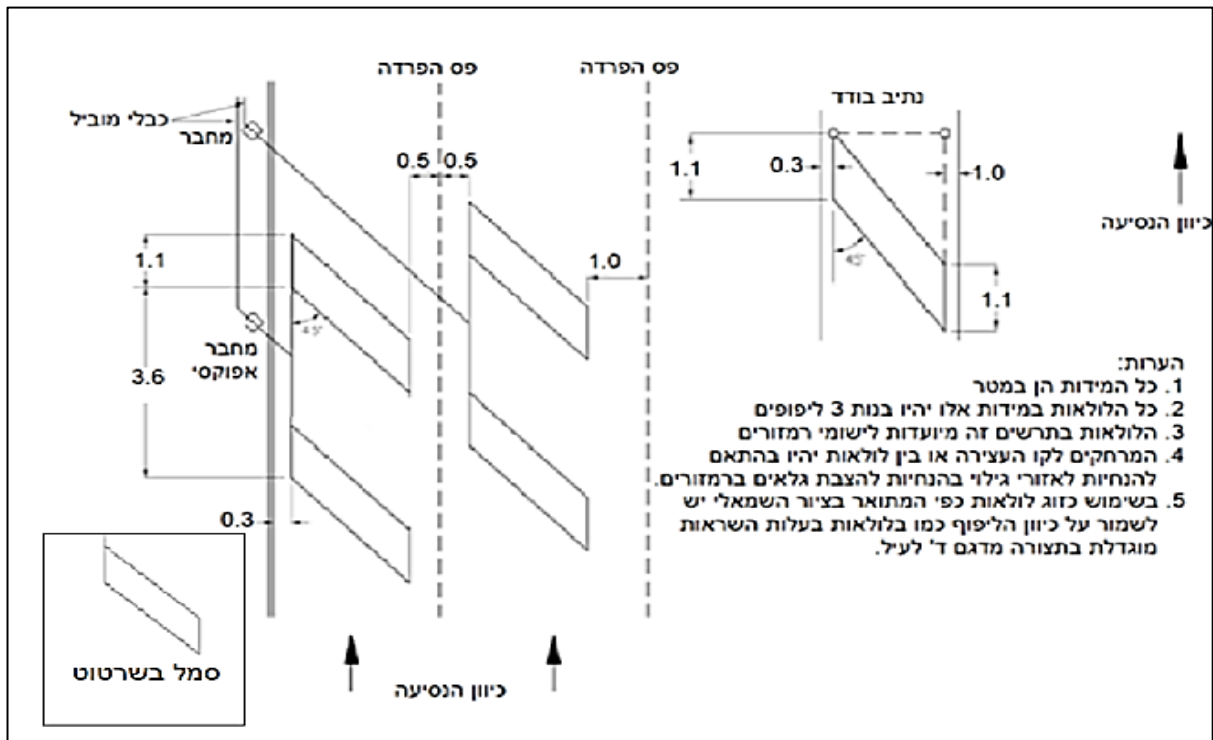
תצורה דגם ד': זוג טרפזים מקבילים בחיבור משותף, לגילוי רכב דל-מתכת ואופניים, בעל השראות מוכפלת ומוגברת. תצורה זו מגדילה את מספר ואורך הצלעות הנמצאות בו זמנית מתחת לשלדת האופנוע.



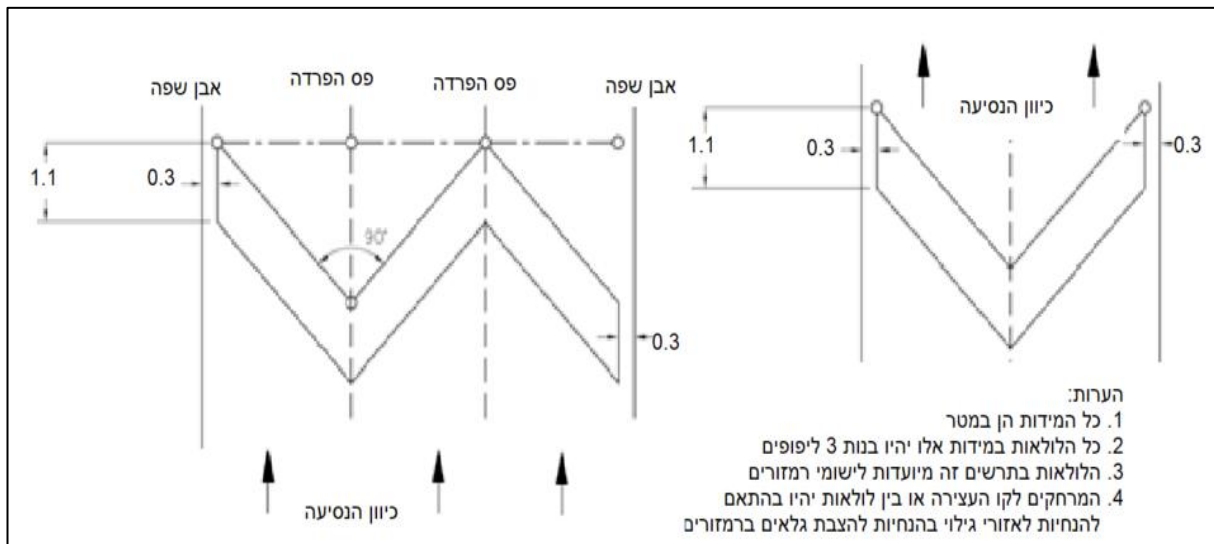
תצורה דגם ה': ריבוע הבנוי מזוג מלבנים מקבילים בחיבור משותף לגילוי רכב דל-מתכת, בעל השראות מוכפלת ומוגברת. תצורה זו מגדילה את מספר ואורך הצלעות הנמצאות בו זמנית מתחת לשלדת האופנוע.



תצורה דגם ו': מקבילית או זוג מקביליות בחיבור משותף, עבור סביבת רשתות מתכת תת"ק, או לביצוע לולאות הארכה או דרישה עבור רכב דל-מתכת.



תצורה דגם ז': תצורת שבירה זוויתית כדוגמת תצורת V או CHEVRON, כגלאי לכל סוג שימוש, או לביצוע לולאות הארכה או דרישה עבור רכב דל-מתכת.



לסיכום: על מנת לקבל גילוי מיטבי, תצורת הלולאה הנדרשת ליישום היא התצורה אשר תיצור שילוב מיטבי בין מספר כללים ועקרונות מומלצים יחדיו, כמפורט להלן:

א. יש לבחון מה אזור הגילוי הנדרש לטובת תפקוד מיטבי של תוכנית הרמזור ע"פ שיקולי הנדסת התנועה. כאשר יש צורך באזור גילוי ארוך יחסית (בכיוון ציר הנסיעה) בנתיב, ככלל, מומלץ להעדיף יישום מספר לולאות קצרות, זו אחר זו בציר הנסיעה (תוך שימוש ביכולת יישום קצובות הארכה בבקר הרמזור), על פני לולאה ארוכה אחת ארוכה מאד, שתשתרע על כל אזור הגילוי בנתיב.

ב. עבור כל אחת מהתצורות הנדרשות ליישום, הלולאה אינה צריכה להיות צרה מדי ו/או קטנה מדי, שכן ההשפעה תהיה הקטנת אמינות הגילוי, ביחס לאזור הגילוי. בעת קביעת אורך הלולאה יש לקחת בחשבון צרכים סותרים, למשל את הצורך בגילוי כלי רכב כבדים (כדוגמת משאיות), אשר להם מרווח גחון גדול יחסית מהמיסעה, ועבורם נדרשת לולאה ארוכה יותר, לעומת הצורך בגילוי משטחי שילדה קטנים יחסית (כדוגמת אופנועים או אופניים), אשר עבורם נדרשת לולאה קטנה יותר, ומרובת צלעות, כפי שפורט לעיל וכן פורט בנספח ד'.

ג. במהלך תקופת נוכחות הרכב באזור הגילוי (בגלאי דרישה), או במשך מרבית תקופת החליפה של כלי הרכב באזור הגילוי, יכסה כלי הרכב אורך גדול ככל האפשר של צלעות הלולאה.

ד. במקרה של צורך באזור גילוי המכסה חתך של מספר נתיבים, עדיף, לטובת רגישות גילוי מיטבית, להשתמש בלולאות נפרדות לכל נתיב המחוברות לערוצי גילוי נפרדים (ללא חיבור בין מספר לולאות בטור או במקביל לערוץ גילוי יחיד). אם יש צורך משיקולים שונים (בד"כ חוסר תשתיות או חיסכון) בחיבור מספר לולאות לערוץ גילוי יחיד משותף, שיטת החיבור המיטבית המומלצת (לטובת רגישות הגילוי) תהיה חיבור טורי. בעת שימוש בלולאה אחת לכיסוי מספר נתיבים, עדיף להשתמש בתצורת לולאה אשר תשמור על השראות בתחום הנמוך יחסית, ובתצורה בה אורך צלעות מרבי נחתך מתחת לשלדת כלי הרכב, כדוגמת תצורות דגם ב' או דגם ז' לעיל.

לדוגמא: לולאה מלבנית אחת מדגם א' על אזור גילוי לרוחב של 2 נתיבים, בעל מידת אורך (בכיוון הנסיעה) 3 מטר ורוחב של 6.5 מטר, בעלת 3 ליפופים, תיצור השראות של כ- μH 187. לעומתה לולאה אחת מדגם ז' על אותו אזור גילוי תיצור השראות של כ- μH 190. יוצא ששתיהן תיצורנה השראות דומה, אולם אורך הצלעות אשר נוכחות במרבית תקופת הגילוי מתחת לשלדת כלי הרכב בכל נתיב בנפרד, יהיה גדול משמעותית בתצורה מדגם ז' לעומת בתצורה מדגם א'.

ה. השראות הלולאה (או שילוב קבוצת לולאות בחיבור משותף לערוץ גילוי יחיד) רצוי שתהיה בתחום הדינאמי של היחס בין ההשראות לתדר (כלומר בתחום שבין μH 400-50), המאפשר רגישות מיטבית של הלולאה. נושא זה, בין שאר ההמלצות לעיל, מצביע על עדיפות לכיוון יישום לולאות בעלות מידות צלעות אורך ורוחב קטנות יחסית, אל מול לולאות בעלות צלעות ארוכות. לכך יש גם יתרון נוסף והוא פגיעה מזערית בשלמות המיסעה ועמידותה עקב החריצה.

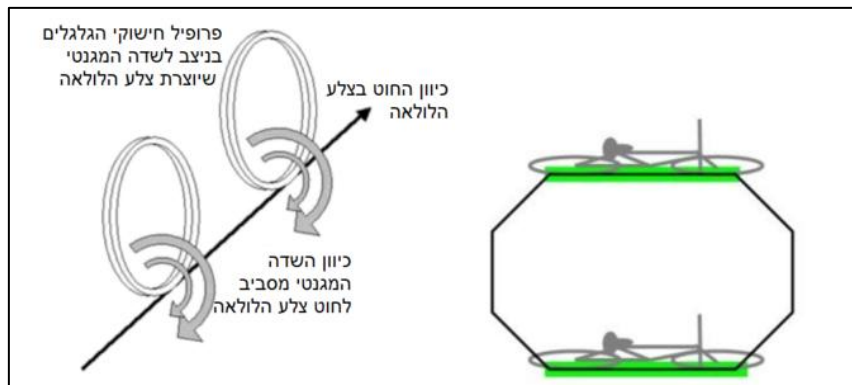
ו. מומלץ שהשראות הכבל המוביל (שהיא השראות טפילית) תהיה פחות מ- $\frac{1}{2}$ מערך ההשראות התחילית של הלולאה (או שילוב קבוצת לולאות בחיבור משותף לערוץ גילוי יחיד).

ככלל: הניחות שייווצר בהשראות לולאה עבור כלי רכב פרטיים (מכונית נוסעים) הוא בדרך כלל גדול פי 3 יותר מהניחות בהשראות הלולאה שייווצר ע"י משאית בעלת מרווח גחון גבוה (כדוגמת משאיות סמי-טריילר או פול-טריילר). תכנון אורך הלולאה צריך לקחת בחשבון את אפשרות הפסקת העירור עקב מרווח בין גורר לבין נגרר, במקרים של יישומים המחייבים גילוי משאיות בעלות נגרר כרכב יחיד.

נספח ד' - לולאות בתצורות מיוחדות והתקנתן לרכב דל מתכת ומתע"נ (נספח למידע)

1. יישומי גלאים לגילוי כלי רכב דו-גלגליים (דל-מתכת ואופניים)

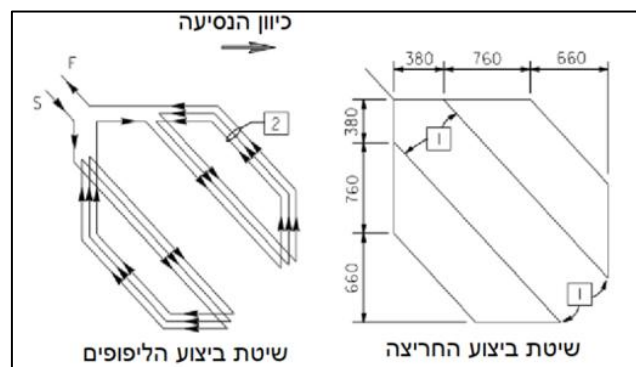
כלי רכב דו-גלגליים (אופנוע או אופניים) יוצרים בדרך כלל ניחות השראות קטן מאוד, אשר במרבית היישומים גדול אך במעט מסך תחום הרגישות התחתון (הרגיש ביותר) של יחידת הגלאי. תאורטית, הגילוי המיטבי לכלי רכב דו-גלגלי היה מתרחש לו כלי הרכב היה נוסע בדיוק מעל אחת מצלעות הלולאה, כפי שמוצג באיור להלן:



כמוכן שבמציאות אין דרך להבטיח נוכחות רכב דו-גלגלי מעל אחת מצלעות הלולאה. כמו כן במרבית המקרים של נוכחות רכב דו-גלגלי מעל אזור הגילוי - שינוי ההשראות הנוצר על ידו יהיה קטן מסף השינוי הנדרש לטובת גילוי ביחידת הגלאי. לכן רצוי לתכנן את חריצת לולאות הגילוי המיועדות לגילוי כלי רכב מסוג זה ככל האפשר בזווית של 45° ביחס לציר כיוון הנסיעה בנתיב. דבר זה יגרום להגברת הרגישות של הגילוי (ע"י יצירת מצב בו אורך צלעות מרבי של הלולאה נחתך ע"י חישוקי האופניים וע"י שלדת המנוע).



ע"פ מחקרים שונים שנעשו בארה"ב לעניין זיהוי כלי רכב דלי מתכת דו-גלגליים, נמצא כי התצורה המיטבית לזיהוי כלי רכב מסוג זה היא תצורה **דגם ד'** (כפי שתואר ב**נספח ג'** לעיל). תצורה זו מאפשרת אורך מרבי של צלעות שלולאה הנחתכות בציר נסיעת כלי הרכב הדו-גלגלי, וכן גודל ההשראות מיטבי ומוגבר עקב שיטת הליפוף. מסיבות אלו מוגברת משמעותית רגישות הגילוי של הלולאה. כן מומלץ גם סימון מתאים של אזור הגילוי ע"ג המיסעה בסמל המציין רכב דו-גלגלי.



המחקרים בנדון ממליצים לייחד לולאת גילוי מסוג זה כלולאה יחידה המחוברת לערוץ גילוי ייעודי לה (ללא חיבור לולאות נוספות לאותו ערוץ יחידת גלאי). אם נדרש חיבור לולאות נוספות, מומלץ להגדיל את מספר הליפופים בלולאה ל-5 ליפופים (לעומת 3 ליפופים ללולאה בחיבור לולאה בודדת).

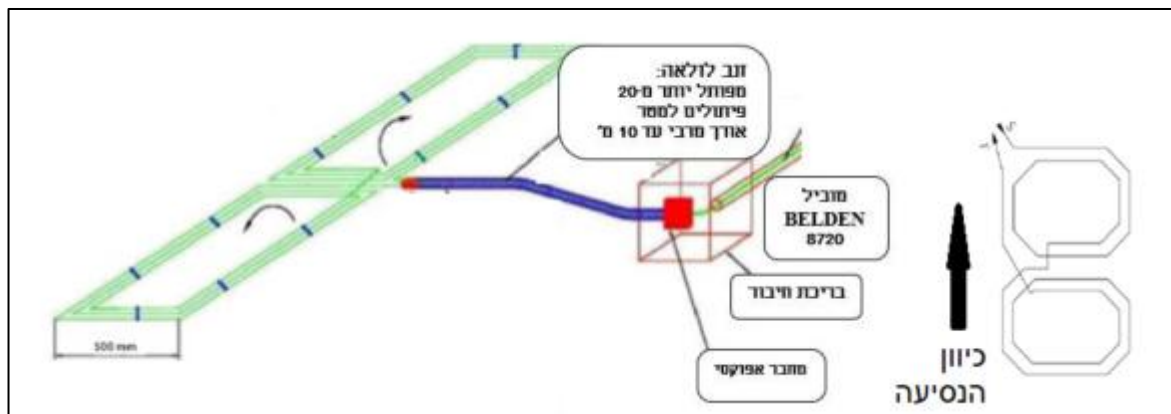
חשוב לזכור כי קשה מאד עד בלתי אפשרי ליישם גילוי כלי רכב דו-גלגליים ודלי מתכת באזורי מיסעה בעלי רשתות חיזוק מתכתיות מתחת לחרץ הלולאה. כללית, בכל יישום מסוג זה מומלץ לבצע אבחון מוקדם בטרם החריצה, באמצעות שימוש בלולאה זמנית בתצורת החרץ המתוכננת. במהלך האבחון יש למדוד את ההשראות ושינוי ההשראות הנוצרים, למול כלי רכב דל מתכת דו-גלגלי מדגמי, שיעמוד במתחמים שונים בשטח אזור הגילוי.

2. יישום לולאות גלאים בתחום מסילת רכבת קלה

מודגש בזה כי על אף שציוד גלאי העדפה בתחום מסילות אינו נכלל ברשימת ההתקנים המאושרים ע"י הוועדה הבין-משרדית, כאשר גלאי ההעדפה בתחום מסילת הרכבת הקלה מבוסס על טכנולוגיה של גלאי לולאה, הרי שיש לבצע התקנת לולאות אלה ע"פ הדרישות המפורטות להלן.

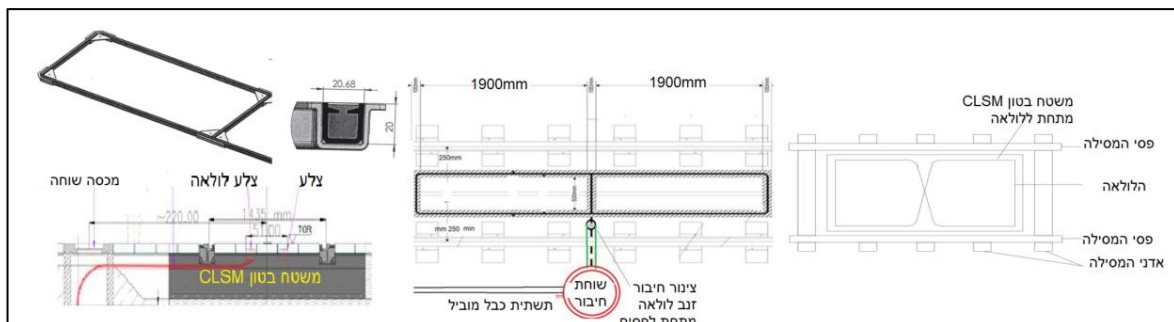
על מנת לגלות רכבות (וגם כלי רכב) הנעים ע"ג מסילה, לולאת הגילוי צריכה להיות מונחת בין זוג פסי המסילה המונחים ע"ג אדני המסילה. המרחק המזערי בין צלעות הלולאה המקבילות לפסי המתכת של המסילה צריך להיות 20-25 ס"מ.

תצורת הלולאה המונחת במסילה נדרש להיות "תצורת שמונה" (כדוגמת **דגם ה'**), על מנת לפצות ולבצע תיקוני רעשים בתוך מעגלי יחידת הגלאי. הרעשים נובעים, בין היתר, ממתחי הפרעות של זרמים בפסי המסילה במהלך תנועת הקרונות באזור הגילוי. ליפוף הלולאה צריך להיות כמפורט עבור **דגם ה'**, הכולל 4 ליפופים. ראו האיור להלן.



על מנת לאפשר ייצוב מרבי ללולאה, נדרש כי מבנה הלולאה יהיה עשוי מלולאה מיוצרת / מוכנה מראש, בעלת נקודות חיבור לתבריג, אשר יאפשר את חיבור הלולאה בתבריג לבסיס הבטון שעליו מונחים אדני המסילה (ראו איורים של פרטי התקנה אופייניים להלן).

כל שינוי מיקום של הלולאה הנובע מרעידות ע"ג הפסים עקב נסיעת הרכבת עשוי לגרום להפרעות בגילוי.



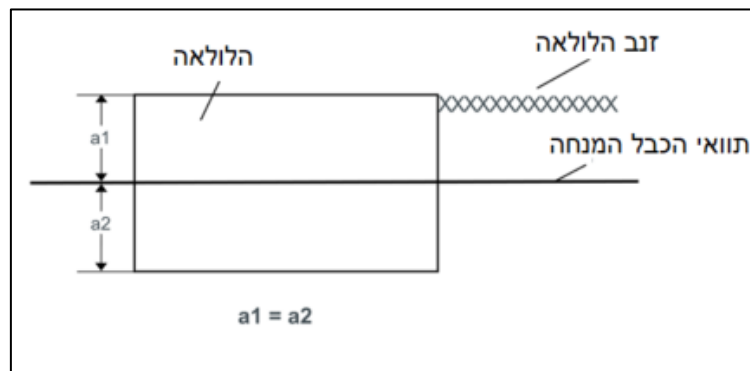
לעיתים ובמקרים מסוימים, עקב גבהים משתנים של תחתית שילדת הקרון (למשל עקב שינוי בעומס נוסעים), עשוי להיות מצב בו הגילוי האלקטרומגנטי של ערוץ הגלאי יתמצא בעיקרו בגילוי צירי הגלגלים של הקרון ולא בגילוי הקרון עצמו. נושא זה חייב להילקח בחשבון בעת תכנון אופן השימוש הלוגי / תפקודי במידע אות הגלאי המחובר ללולאה בתוכנית הרמזור.

מלבד האמור לעיל, על מנת לקבל תוצאה מיטבית, יש להקפיד על עמידה בדרישות הבאות:

- כבל הלולאה יתאים לנדרש בהנחיות בסעיף ט.1 **בנספח א'**, וזנב הלולאה יהיה קרוב ככל האפשר לנקודת חיבורו לכבל המוביל (המרחק המרבי המותר הוא 10 מטר).
- כבל זנב הלולאה יהיה בעל 20 פיתולים תקינים לכל מטר אורך.
- האורך המרבי של הכבל המוביל של הלולאה לחיבור לערוץ הגלאי יהיה 160 מטר, וייעשה שימוש בכבל מוביל בחתך 2.5 מ"מ"ר לפחות, אשר הוא מפותל ומסוכך כמוגדר בסעיף ט.2 **בנספח א'**.

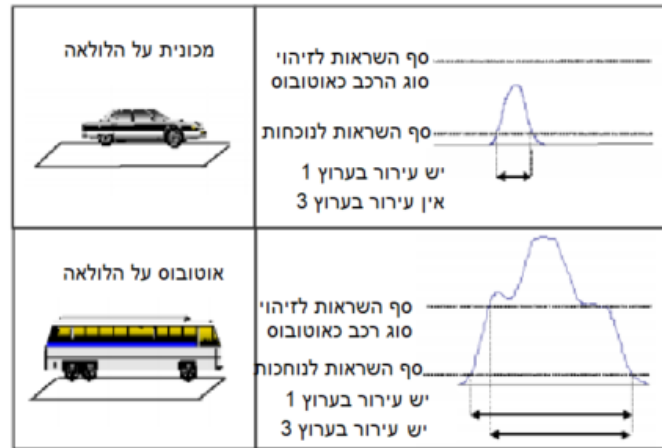
3. לולאות גלאים המיועדים ליישום עבור מתע"נ מונחה כבל אוטומטי

לעיתים נעשה שימוש במערכות מתע"נ בעלות הנחיה אוטומטית. ההנחיה מתבצעת באמצעות כבל מגע המונח במיסעה, ורכב מתע"נ המכיל זרוע העוקבת אחר מהלך הכבל, ועל פיו מנחה את כיוון הנסיעה. כאשר יש צורך בהנחת גלאי בתוואי כזה, יש להניח את לולאת הגלאי במקביל לכבל המנחה את נסיעת המתע"נ, במרחק סימטרי לחלוטין משני צידי הכבל המנחה (ע"י כך מנטרלים את השפעת מתחי ההפעלה המושרים ללולאה). יש להקפיד שלא להניח את זנב הלולאה בתוך חריץ הכבל המנחה, ויש להתקין את זנב הלולאה ככל האפשר במקביל לכבל המנחה. ראו האיור להלן.



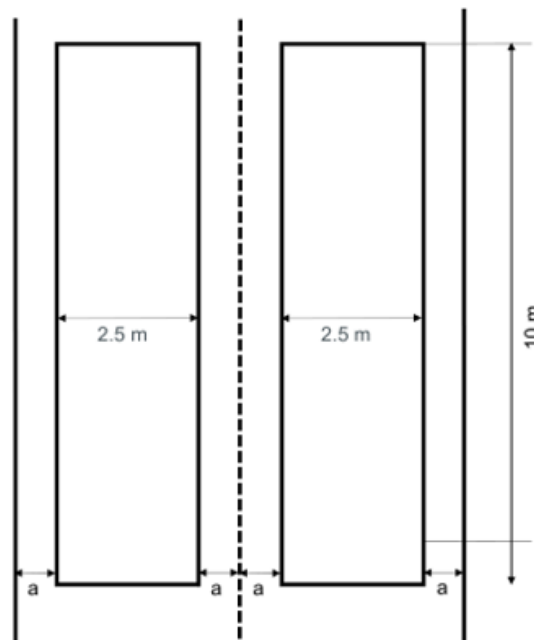
4. לולאות גלאים לגילוי אוטובוסים

לעיתים נעשה שימוש בגלאים המיועדים לזיהוי אוטובוסים, באמצעות משדר אלקטרומגנטי המותקן על האוטובוס, במשולב עם זיהוי נוכחות אלקטרומגנטית של האוטובוס. הזיהוי האלקטרומגנטי מתבצע באמצעות לולאה, או גלאים בעלי יכולת גילוי נוכחות אוטובוס על פי זיהוי מעבר דרגות סף השראות, כדוגמת חתימה אלקטרו-מגנטית. ראו דוגמה לכיול ספי חתימה מגנטית באיור להלן. על פי הוראות היצרנים של גלאים כאלו, הלולאה לזיהוי אוטובוס / מתע"נ (כדוגמת מטרונית) צריכה להיות בד"כ בעלת השראות $150 \mu\text{H}$ בקירוב, באורך של 10 מטר ורוחב מרבי של 2.5 מטר בעלת 2 ליפופים בלבד.



השימוש בלולאה ארוכה מסייע לגלאי להבחין באוטובוס לעומת כלי רכב פרטי. במצב של שימוש בלולאות בעלות שטח גילוי קטן (כגון: 2.0×2.0 מטר), עשוי להיות מצב שבו הגלאי יזהה חתימה מגנטית של כלי רכב פרטיים כאוטובוס, ולעומת זאת יזהה את החתימה המגנטית של אוטובוס ככלי רכב דל-מתכת, מאחר שתחתית השלדה של האוטובוס גבוהה יחסית.

זיהוי אוטובוסים בערוצי הגלאי מושפע מהפרעות אלקטרומגנטיות הנוצרות עקב נוכחות כל השלדה מעל אזור הגילוי. על מנת לקבל זיהוי אמין, רצוי שלא להתקין לולאות גלאים המיועדות לזיהוי מסוג זה בתחום אזור המכיל נוכחות בו-זמנית של כלי רכב רבים אחרים (למשל בקרבת קו העצירה בצומת). זאת מאחר שכלי רכב הנוסעים בצפיפות גבוהה עשויים לעיתים ליצור חתימה מגנטית הדומה לחתימה מגנטית של אוטובוס בגלל קרבתם זה לזה.



מומלץ להתקין את הלולאות לגילוי מתע"נ בכל נתיב בנפרד, במדויק במרכזו, כך שהמרחק המזערי ביניהן הוא 1.0 מטר. יש לחבר כל לולאה לערוץ גילוי נפרד.

נספח ה' - הסבר לאופן ביצוע חישובי השראות לגלאים (נספח למידע)

הנוסחה לחישוב השראות ללולאה
(המתייחסת לגלאי בצורת מלבן)

$$L_{loop} = 0.2 \times P \times N^2 \times \ln(D \div a) \mu H$$

כאשר:

P = אורך היקף הלולאה במטרים.

N = מספר הליפופים בלולאה.

$\ln$ = לוגריתם טיבעי.

D = המרחק בין הצלעות הארוכות של צידי הלולאה במטרים.

a = הרדיוס האפקטיבי של כבל הלולאה ביחס לכמות ליפופים במטרים (כבל 16 AWG ו-16 AWG)
(14)

כבל לולאה 16 AWG		כבל לולאה 14 AWG כגון: 35614		משתנה a עבור
במ"מ	במטר	במ"מ	במטר	
0.7	0.0007	1.2	0.0012	a ל-1 ליפופים
2.5	0.0025	4.8	0.0048	a ל-2 ליפופים
3.0	0.0030	6.0	0.0060	a ל-3 ליפופים
3.5	0.0035	7.2	0.0072	a ל-4 ליפופים

חישוב השראות לזנב הלולאה:

זנב הלולאה, בהנחה שהוא מפותל (20 פיתולים למטר) בחתך של 16 AWG, יהיה בעל השראות של $0.79 \mu H/meter$, ואילו בחתך של 14 AWG, כדוגמת כבל נדרש מדגם BELDEN 35614, יהיה בעל השראות של $0.64 \mu H/meter$.

לכן השראות זנב הלולאה תהיה: $L_{tail} = (0.64) \mu H \times (\text{אורך זנב הלולאה במטר})$

חישוב השראות לכבל המוביל ללולאה:

הכבל המוביל ללולאה, בהנחה שהוא כבל מפותל בעל סיכוך בחתך של 16 AWG, יהיה בעל השראות של $0.79 \mu H/meter$, ואילו בחתך של 14 AWG, כדוגמת כבל נדרש מדגם BELDEN 8720, יהיה בעל השראות של $0.64 \mu H/meter$.

לכן השראות זנב הלולאה תהיה: $L_{feeder} = (0.64) \mu H \times (\text{אורך זנב הלולאה במטר})$

חישוב סה"כ ההשראות הכללית:

בהנחה שיש לנו גלאי בצורת 8 (עבור גלאי העדפה, אשר למעשה הוא 2 גלאים מלבניים מחוברים בטור), ההשראות הכללת תהיה: $L_{system} = (L_{loop1} + L_{loop2} + L_{tail} + L_{feeder}) \mu H$

הערה חשובה: כאשר יש זוג לולאות מחובר יחד (כדוגמת גלאי המסילה), לא יהיה הערך הכללי המדוד בגלאי בפועל שונה ביותר מ-10% ביחס לערך המחושב. סטיה הגדולה מערך זה מצביעה על כמות ליפופים שונה, או סוג כבלים שאינו בהתאם לנדרש ומחייבת בדיקה של המפקח.

דוגמת חישוב השראות:

בהנחה שיש זוג גלאים מלבניים בחיבור טורי ביניהם, כאשר כל פוליון / מלבן הגלאי הבודד הוא במידות אורך 2 מ' ורוחב 0.5 מ', בעל 4 ליפופים, בעל זנב לולאה של 10 מ' וכבל מוביל באורך 180 מ', וכבל הלולאה והכבל המוביל הוא בחתך של 14 AWG, יהיה החישוב כמפורט בהמשך.

השראות לולאה בודדת:

$$\begin{aligned} L_{loop} &= 0.2 \times (2 + 0.5 + 2 + 0.5) \times 4^2 \times \ln(0.5 \div 0.0072) \mu H \\ L_{loop} &= 0.2 \times 6 \times 16 \times \ln(69.444) \mu H \\ L_{loop} &= 19.2 \times 4.2 \mu H \\ L_{loop} &= 81.4 \mu H \end{aligned}$$

השראות זוג הלולאות של גלאי בחיבור טורי ביניהן תהיה:

$$\begin{aligned} L_{Ploop} &= (81.4 + 81.4) \mu H \\ L_{Ploop} &= 162.8 \mu H \end{aligned}$$

השראות זנב הלולאה:

$$\begin{aligned} L_{Tail} &= 10 \times (0.64) \mu H \\ L_{Tail} &= 6.4 \mu H \end{aligned}$$

השראות כבל מוביל ללולאה:

$$\begin{aligned} L_{feeder} &= 180 \times (0.64) \mu H \\ L_{feeder} &= 115.2 \mu H \end{aligned}$$

ההשראות הכללית תהיה:

$$\begin{aligned} L_{system} &= (81.4 + 81.4 + 6.4 + 115.2) \mu H \\ L_{system} &= 284.4 \mu H \end{aligned}$$

חישוב מקדם טיב (איכות הלולאה) Q-Factor כולל דוגמאות חישוב

דוגמת החישובים בסעיף זה הינה בהנחה שיש זוג גלאים מלבניים בחיבור טורי ביניהם, כאשר כל פוליון / מלבן הגלאי היחיד הוא במידות אורך 2 מ' ורוחב 0.5 מ', בעל 4 ליפופים, בעל זנב לולאה של 10 מ' וכבל מוביל באורך 180 מ', וכבל הלולאה והכבל המוביל הוא בחתך של 14 AWG, וכי כל החישובים יבוצעו ע"פ תדר יחוס של 10KHz.

חישוב הקיבול של המערכת:

ראשית כשלב ראשון יש לבצע את חישוב הקיבול C_p ביחידות פרד (F) של המערכת (הלולאה בתוספת הכבל המוביל) לפי הנוסחה הבאה:

$$C_p = \frac{1}{\omega_0^2 L_{system}}$$

כאשר:

$$\begin{aligned} \omega_0 &= \text{התדר ברדיאנים} = 2\pi f = 10KHz \text{ לפי תדר של } \\ L_{system} &= 284.4 \mu H = \text{השראות מערכת כללית ראו בחישובי ההשראות לעיל} \end{aligned}$$

לפיכך קיבול המערכת יהיה:

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{1}{(2 \times 3.14159 \times 10 \times 10^3)^2 \times (284.4 \times 10^{-6})} \\ C_p &= 8.906 \times 10^{-7} F \end{aligned}$$

חישוב מקדם הטיב Q -Factor טרום חיבור המערכת לכרטיס הגלאי בארון

לאחר חישוב הקיבול, יש לבצע את חישוב מקדם הטיב Q -Factor של מערכת הלולאה טרום חיבורה למערכת הגלאי האלקטרוני (הלולאה בתוספת הכבל המוביל), לפני תיקון מקדם הטיב עקב חיבור גלאי עצמו (יבוצע בהמשך), אשר יקרא Q_0 לפי הנוסחה הבאה:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{1}{R_s^2} \times \frac{L_{system}}{C_p}}$$

ולפיכך מקדם הטיב המחושב למערכת יהיה:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{284.4 \times 10^{-6}}{(4.26472)^2 \times (8.906 \times 10^{-7})}} = 4.1901$$

כאשר:

R_s = ההתנגדות הכללית (עכבת מערכת) מחושבת עבור תדר של 10KHz לפי אורך כבל לולאה + אורך הכבל המוביל. חשוב לזכור כי בחישוב ההתנגדות יש לחשב את אורך הכבל המוביל כפול 2, מאחר שיש 2 גידים לכבל, לכן בהנחה שיש 180 מטר של כבל מוביל, תהיה ההתנגדות למטר (לכבל $2 \times 180 \times 0.009965 = 3.5874 \Omega$ (14 AWG). לכן לכבל המוביל תהיה התנגדות של 0.009965Ω . ואילו לכבל הלולאה כולל זנב הלולאה תהיה התנגדות של 0.67762Ω $60 \times 0.009965 = 0.67762 \Omega$. סה"כ ההתנגדות הכללית תהיה 4.26472Ω .

הערה: המשתנים האחרים L_{system} ו- C_p מוגדרים בתאורים לעיל.

הבהרה חשובה: משמעות הדברים היא כי ככל שיעשה שימוש בכבל מוביל בעל התנגדות נמוכה יותר (כדוגמת כבל 12 AWG), נקבל מקדם טיב משופר!!! שימו לב, כי דרישת הסף הינה למקדם טיב גדול מ-5, אשר ניתן לקבלו בתנאי מרחק ואורך זהים, ע"י שימוש בכבל מוביל של 12AWG.

חישוב תוספת למקדם הטיב ע"י חיבור לכרטיס הגלאי (Q_p)

מתוך הנחה כי הכרטיס האלקטרוני מוסיף נגד מקביל ($shunt$) R_p בערך של $1,000 \Omega$, יהיה ערכו של מקדם הטיב Q_p מחושב לפי הנוסחה כלהלן:

$$Q_p = \omega_0 \times C_p \times R_p = (2\pi \times 10 \times 10^3) \times (8.906 \times 10^{-7}) \times 1000 = 55.958$$

חישוב מקדם הטיב הכולל למערכת Q_{system} אחרי החיבור לכרטיס הגלאי

לפי תוצאות החישובים הקודמים שנערכו, מקדם הטיב הכולל למערכת Q_{system} יבוצע ע"פ הנוסחה הבאה:

$$Q_{system} = \frac{Q_p \times Q_0}{Q_p + Q_0} = \frac{55.958 \times 4.1901}{55.958 + 4.1901} = 4.1899$$