

מסמך ד'

מכרז ממוכן (מקוון) מס' 5/26

לאספקת מידע ושירותים לניטור, ספירות ובקרת תנועה באמצעות מערכות טכנולוגיות

טיוטת תוכנית הניסוי

מצורפת להלן תכנית ניסוי רמזורים אדפטיביים כפי שאושרה ע"י ועדת הניסויים של משרד התחבורה באוקטובר 2025.

כאמור בסעיף 1.2.6 לחוברת תנאי המכרז, בכוונת נתיבי איילון לפרסם, בנוסף למכרז זה, קול קורא (כהגדרתו בחוברת תנאי המכרז) לצורך השתתפות בניסוי הנ"ל. בהמשך לאמור בסעיף 1.2.6.2 לחוברת תנאי המכרז מובהר כי המציע הזוכה במכרז לא יורשה לזכות בקול הקורא, לא יהיה רשאי להעניק לנתיבי איילון את השירותים נשוא הקול הקורא ובפרט לא יורשה להשתתף בניסוי ולכן מבלי שהדבר יהווה מצג ו/או התחייבות כלשהי של נתיבי איילון, ולצורך התרשמות בלבד מוצגת להלן טיוטת תכנית הניסוי הכפופה לשינויים לעיון בצירוף הדגשים הבאים:

- מטרת הניסוי היא בחינה מעשית של הפתרונות הטכנולוגיים עבור רמזור אדפטיבי, בהיבטי יכולות ושימויות, תוך שמירה על מעטפת בטיחותית מלאה.
- בצמתים המרומזרים שבהם יתקיים הניסוי עובדת כיום תכנית רמזור עם תמונות, תרשים זרימה "סדרתי" ותכניות זמנים מוגדרות. במסגרת הניסוי, למערכת האדפטיבית לא יותר לעשות שימוש בתרשים הזרימה ובתכניות הללו. כמו כן, הניסוי לא יעסוק כלל ביכולות של מיתוג בין תכניות זמנים (קיימות או חדשות). תכניות הזמנים הקיימות כיום בצמתים ישמשו למקרים של סיום/ הפסקת הניסוי וחזרה למצב קיים.
- המערכת האדפטיבית תידרש לתת פתרון מלא מקצה לקצה לעבודת הרמזור ולעבוד כמערכת עצמאית בזמן אמת, בהלימה לדרישות החוק לתחום הגנת הפרטיות וללא תלות בגלאי לולאה השראתיים.
- יובהר כי ייתכן ובמתווה הסופי של הניסוי ייערכו שינויים.

תוכנית ניסוי

תכנית ניסוי – רמזור מותאם-תנועה (אדפטיבי)

אדפטיבי

27.7.2025

<u>עמוד</u>	<u>תוכן עניינים</u>
3	רשימת מבצעי הניסוי
4	1. הרקע לניסוי
5	2. הגדרות
6	3. מטרת הניסוי
6	4. תועלות בטיחותיות, תנועתיות, אשר צפויות מיישום טכנולוגיית רמזור אדפטיבי
6	5. יעדי הניסוי
7	6. מערך הניסוי
8	7. הערכת סיכונים/ הפסדים פוטנציאליים מהיישום המוצע בניסוי, ואופן הבחינה שלהם
9	8. תוכנית בטיחות
10	9. תיאור מהלך הניסוי
12	10. תקופת ביצוע הניסוי
12	11. ניטור ובקרה
13	12. הגדרת הנתונים שיאספו ומדדי הניסוי
16	13. בקרת זמן אמת לניסוי
18	14. רשימת אמצעים ומשאבים נדרשים
19	15. מתודולוגיה למדידה
19	16. אישורים וסמכויות
20	17. משתתפים
21	18. נספח א'
22	20. נספח ב'

יזם הניסוי : חברת נתיבי איילון

- טל אלימלך, רא"ג ניסויים ומערכות תחבורה חדשנות, חטיבת הטכנולוגיות והחדשנות, נתיבי איילון
- נוי שלום, מנהלת תחום טכנולוגיות ליבה, נתיבי איילון

מנהלי הניסוי :

- אינג' ניר אייל, מנהל הניסוי
- אינג' שועאע זועבי, אקסלנס תחבורה חכמה, מנהל הניסוי

אקסלנס

תכנית ניסוי – רמזור מותאם-תנועה (אדפטיבי)

יולי 2025

1. הרקע לניסוי
 - 1.1 רמזורים מופעלי-תנועה קיימים בישראל כבר שנים רבות. המצב הקיים מתבסס על טכנולוגיה בסיסית של גלאים אלקטרו-מגנטיים המותקנים במיסעה ומזהים נוכחות של רכב (ובמקרה של רק"ל / מטרונית, גם זיהוי הרכב) ובחלק מהצמתים גם לחצני דרישה להולכי רגל.
 - 1.2 בשנים האחרונות התפתחו בעולם טכנולוגיות חדשניות לניהול אדפטיבי של רמזורים, הן בתחום הגלאים (וידאו, מכ"מ) והן בתחום אסטרטגיות תפעול הרמזור (התאמות בתוכנית רמזור פעילה, שינוי תוכנית רמזור פעילה או תוכנית פעולה גמישה).
 - 1.3 חטיבת חדשנות ותחבורה חכמה ואגף תכנון תחבורתי במשרד התחבורה מבצעים הסדרה של הליכי הניסוי לבחינת טכנולוגיות אלו.
 - 1.4 כחלק מאותה הסדרה, חברת נתיבי איילון מקדמת ביצוע של ניסוי שטח לבחינת הטכנולוגיות הרלוונטיות במרחב האורבני.
 - 1.5 רמזור אדפטיבי, אשר פועל בעזרת אותן טכנולוגיות מתקדמות, מתאים את פעילותו ותזמון המופעים שבו, באופן משתנה, מותאם ודינמי, על סמך הביקוש בפועל, זאת בהתאם לנתוני זמן אמת בצומת, בהתחשב באילוצי בטיחות מקובלים (זמן בין ירוקים, זמן ירוק מינימלי וכו') ותוך יישום מדיניות שמוגדרת מפעם לפעם. הרמזור האדפטיבי מאפשר שינוי לוגיקה והתערבות בתהליך קבלת ההחלטות במחזור בהתאם לסד האילוצים שהוגדר לו.
 - 1.6 הרמזור האדפטיבי מורכב מחומרה ותוכנה כאחד. הוא מתווכר לגלאי תנועה, מסוג אחד או יותר, שמטרתם לספק מידע עשיר על נתוני הצומת כמו תנועת משתמשי הדרך ודרישות נסועה והלוכה, עליהם הוא מסתמך בתהליך ניתוח "חכם" שתוצאותיו מקסום השירות למשתמשי הדרך בהתאם למדיניות השירות שנקבעה.
 - 1.7 הרמזור האדפטיבי ידע, לדוגמה, לזהות בזמן אמת עומס בנתיב או כיוון מסוים, ועל מנת לשחררו, ידע לתת בהתאמה משך ירוק ארוך יותר, ככל שהדבר מתאפשר בזרוע היציאה מהצומת. בדרך זו, זמן העיכוב בנתיב אמור להתקצר ובאופן כללי הרמזור יעבוד באופן יעיל יותר.
 - 1.8 ברמזור אדפטיבי ניתן להכניס מדיניות העדפה שנקבעת מבעוד מועד, כך שהרמזור יפעל באופן משתנה ומותאם מדיניות וביקוש בזמן אמת, הכוללת התייחסות למשתמשי דרך שונים.
 - 1.9 ניסוי השטח שתבצע חברת נתיבי איילון יחד עם הספקים, יהיה חלק מתהליך למידה, בחינה והכרות עם כל פתרון טכנולוגי מוצע באופן אינדיבידואלי וייבדק באופן ממוקד. הניסוי יתווה תשתית אמפירית לצורך קבלת החלטות, בין היתר בנוגע לרכש מסחרי בראייה כלל ארצית של הרמזור האדפטיבי, לאור שקלול התרומה המבצעית (ייעול הנסועה/הלוכה בצומת), עלויות התקנה ותפעול לאורך זמן, וחיוניות הצומת במרחב הכולל.
 - 1.10 בנוסף, במסגרת תהליך בניית ואישור תוכנית הניסוי יינתן מענה לאתגרים רגולטוריים הקשורים ביישום טכנולוגיית רמזור אדפטיבי.

2. הגדרות

- 2.1 רמזור אדפטיבי – רמזור חכם מגיב-תנועה, אשר מבצע מיתוג מותאם (אדפטציה) למופעי הירוק בצומת בהתאם למדיניות / גבולות הגזרה שנקבעו לו ועל בסיס הביקוש בזמן אמת.
- 2.2 גלאים / חיישנים – אמצעים לזיהוי הימצאות משתמשי דרך (רכבים והולכי רגל) במקום מוגדר וסיווגם בכדי להעביר מידע זה, בזמן אמת, לבקר הרמזור ו/או למערכת הבקרה.
- 2.3 בקר רמזור – התקן בקרת רמזור מקומי המותקן סמוך לצומת, מחובר לכל אביזרי הרמזור ואחראי על הפעלתו ועל יישום אילוצי בטיחות סטנדרטיים, הכלול ברשימת בקרי הרמזור המאושרים לשימוש בישראל, ע"י הוועדה להתקני תנועה ובטיחות של משרד התחבורה.
- 2.4 נפח תנועה - כמות הרכבים אשר עוברת קטע כביש נתון, במשך תקופת זמן מוגדרת.
- 2.5 קיבולת - כמות הרכבים המקסימאלית אשר קטע כביש יכול להעביר במהירות המותרת בנפח רוויה ביחידת זמן מוגדרת.
- 2.6 מהירות נסיעה ממוצעת - מהירות נסיעה ממוצעת, בין מוצא ויעד, לכל כלי הרכב אשר עברו, במשך תקופת זמן מוגדרת.
- 2.7 זמן נסיעה ממוצע – זמן הנסיעה, בין מוצא ויעד, לכל כלי הרכב אשר עברו במשך תקופת זמן מוגדרת.
- 2.8 "מצב אפס" – המצב התנועתי שהיה קיים בצומת לפני הניסוי, במועדים וזמנים זהים (ימים / שעות).
- 2.9 הפתרון המוצע / הפתרון הטכנולוגי – המענה הטכנולוגי המלא לרמזור אדפטיבי שהציע ספק.
- 2.10 המערכת האדפטיבית - מימוש הפתרון הטכנולוגי
- 2.11 מרחב הניסוי – 4 צמתים בעיר אשדוד, על פי סעיף אתר הניסוי להלן.
- 2.12 מופע רמזור – תנועה או צירוף תנועות מאותו כיוון התקרבות, המופעלים באמצעות סדרת פנסים נפרדת.
- 2.13 מדדי הניסוי – סט של מאפייני תנועה שימדדו במהלך הניסוי ושדרכם ינותח שיפור הביצועים כתוצאה מיישום הרמזור האדפטיבי.
- 2.14 פוליגון הניסוי – שטח מתוחם הכולל בתוכו את אתר הניסוי והגישות אליו.
- 2.15 מרכז הבקרה: מרכז ניהול תנועה של עיריית אשדוד.
- 2.16 בקר הניסוי: עובד של חברת נתיבי איילון או מי מטעמה, אשר יישב במרכז הבקרה של עיריית אשדוד, ויבצע תצפיות על אתר הניסוי, באמצעות מצלמות התנועה ומערכות בקרה.
- 2.17 מקטע – קטע דרך בגישה לצומת שלגביו מבוצעת בקרת תנועה בניסוי.
- 2.17.1 לגבי רכבים:
- ככלל, לכל כיוון תנועה עם מופע נפרד בצומת יוגדר מקטע נפרד. לדוגמא, בזרוע שיש בה מופע נפרד לתנועה ישר, מופע נפרד לתנועה ימינה ומופע נפרד לתנועה שמאלה יוגדרו 3 מקטעים נפרדים למדידת נפחי תנועה וזמני נסיעה. עבור מופעים משותפים, למשל ימינה וישר באותו מופע, יימדדו שני מקטעים נפרדים.
- אורך המקטע יהיה מיד לאחר הצומת שלפני (במעלה הזרם) עד לסיום מעבר הצומת.
- 2.17.2 לגבי הולכי רגל:
- "מקטע רגלי" הוא כל מעבר חציה מרומזר.

3. מטרת הניסוי

בחינה מעשית של הפתרונות הטכנולוגיים עבור רמזור אדפטיבי, בהיבטי יכולות (ביצועים והתאמה למדיניות תיעודף), יתרונות, ישימות ומגבלות, תוך שמירה על מעטפת בטיחותית מלאה וכל זה כיריית פתיחה להטמעה ומימוש פתרונות טכנולוגיים מתקדמים ברמזורים בארץ.

4. תועלות בטיחותיות, תנועתיות או אחרות, אשר צפויות מיישום טכנולוגיית רמזור אדפטיבי

- 4.1 ניצול אופטימאלי של זמני ירוק - התאמת חלוקת הירוק לביקוש הקיים של כלי רכב והולכי רגל ולקיבולת בפועל.
- 4.2 קיצור זמני נסיעה וחצייה של צמתים מרומזרים.
- 4.3 יישום טכנולוגיות חדשות לביצוע אופטימיזציה ברמזורים בזמן אמת, שמאפשרות גמישות בתכנון והפעלה וניהול בזמן אמת של רמזורים.
- 4.4 הבנת המשמעויות ליישום מערכות אדפטיביות בצומת/צמתים בהיבטי עלות התקנה, עלות שוטפת, אחזקה, ואמינות תפעולית לאורך זמן.
- 4.5 זיהוי פערי רגולציה קיימים להתקנה ולהפעלה של מערכות רמזור אדפטיבי.
- 4.6 הערכת יכולות יישום הפתרון המוצע, בהיבטי העבודה המשותפת של הספקים עם קבלן הרמזור, אחראי התשתיות, יכולות חיבור, הטמעה והתאמת מערכות.

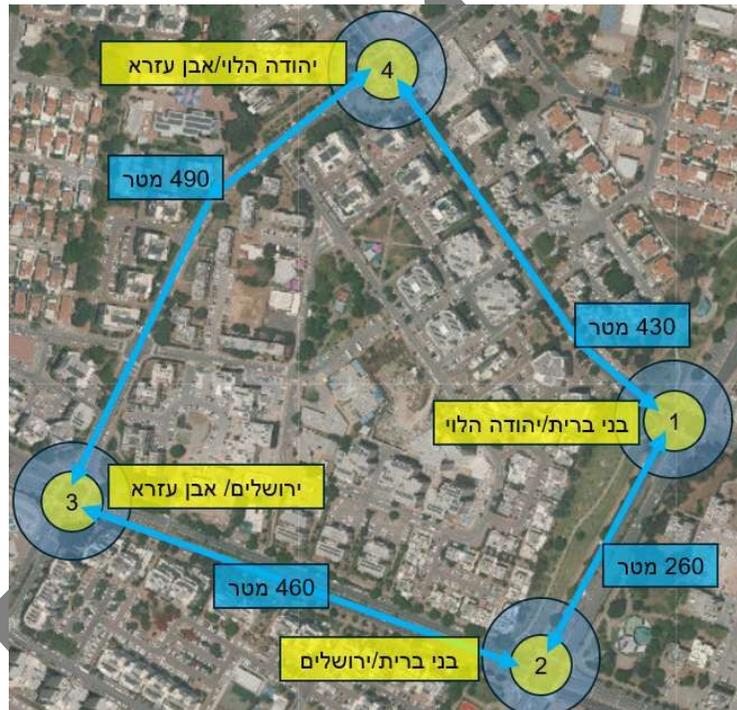
5. יעדי הניסוי

- 5.1 מדידת שיפור מדדי התנועה בפולגון הניסוי, כתוצאה מיישום טכנולוגיות מתקדמות לניהול רמזורים אדפטיביים במספר צמתים שכנים.
 - 5.1.1 תוצאה רצויה: שיפור של 5% לפחות במדדי הניסוי (כמפורט בסעיף 12.1 להלן) בתקופת ההפעלה של הרמזור האדפטיבי ביחס ל"מצב האפס", בתנאי ביקוש דומים.
 - 5.1.2 תוצאה מספקת: שימוש בכלי טכנולוגי מתקדם לניהול תנועה מבלי ליצור פגיעה ברמת השירות של הצומת ובמדדי התנועה שינוטרו, בהשוואה ל"מצב האפס" ובתנאי ביקוש דומים.
- 5.2 הערכה איכותנית של יכולות יישום הפתרון המוצע, בהיבטי העבודה המשותפת של הספקים עם קבלן הרמזור, אחראי התשתיות, יכולות חיבור, הטמעה והתאמת מערכות.
- 5.3 הבנת המשמעויות ליישום מערכות אדפטיביות בצומת בהיבטי עלות התקנה, עלות שוטפת, אחזקה, ואמינות תפעולית לאורך זמן.
- 5.4 זיהוי פערי רגולציה קיימים להתקנות ולהפעלות מערכות כאלה ברמה ארצית (למשל התאמות נדרשות בהנחיות לתכנון רמזור).
- 5.5 בנוסף, לאור העובדה שניסוי לימודי שכזה לא מתבצע בכל יום, נשאף לתת דעתנו למגוון נקודות נוספות שקשורות ביישום יכולות מתקדמות, כדוגמת: יכולות גילוי חדשניות, הפעלת זמן מחזור רמזור משתנים, סדר מופעים משתנה, וכד'.

6. מערך הניסוי

6.1 לצורך ביצוע הניסוי נבחר אתר הכולל ארבעה צמתים מרומזרים בעיר אשדוד. אתר הניסוי תחום בין הרחובות, בני ברית, יהודה הלוי, אבן עזרא וירושלים, בהתאם לתרשים להלן.

- צומת 1 – בני ברית, יהודה הלוי
- צומת 2 – בני ברית/ירושלים
- צומת 3 – ירושלים/ אבן עזרא
- צומת 4 – יהודה הלוי/אבן עזרא



6.2 מאפייני אתר הניסוי

- 6.2.1 המרחקים בין הצמתים עומדים בין 250 מטר עד 500 מטר בהתאם למסומן בתרשים.
- 6.2.2 אתר הניסוי נמצא בתוך אזור מגורים, כמעט ללא מסחר ותעסוקה.
- 6.2.3 במהלך תצפיות על ארבעת הצמתים, אשר נערכו ביום 25.3.2025, לא נצפו עומסים כבדים ונראה כי בכל שעות היום הביקוש הכולל בצמתים אינו עולה על הקיבולת (מצב רוויה נמוך מהקיבולת).
- 6.2.4 על פי תצפיות אשר נערכות באתר הניסוי, קיים ירוק עודף ברוב התנועות.
- 6.2.5 בחלק אחר של התנועות נצפו עומסי תנועה.
- 6.2.6 נצפו הולכי רגל לאורך הצמתים.

- 6.2.7 התנועה על רחוב בני ברית (צפון-דרום) עמוסה הרבה יותר מהתנועה לאורך רחוב אבן עזרא. נראה כי התנועה צפונה על ציר בני ברית משמשת לתנועה חוצה עיר (יציאה וכניסה אל העיר).
- 6.2.8 התנועה יחסית זורמת, עם מעט הפרעות תנועה, כמו: תורים לא מתפנים, חסימת צמתים, חסימת נתיבים, עצירה זמנית על מעברי חצייה וכדומה.
- 6.3 צמתי הניסוי
- 6.3.1 כל הצמתים של הניסוי כוללים ארבע פאות.
- 6.3.2 אין בצמתי אתר הניסוי נת"צים או שבילי אופניים.
- 6.4 ביצוע ניתוח סיכונים מלא לניסוי (Risk Mitigation) למתן מעטפת בטיחות מלאה.
- 6.5 השמת תוכנית הבטיחות להתמודדות עם הסיכונים בניסוי כנגזרת מניתוח הסיכונים.
- 6.6 תקופה מקדימה (עבודה כמערכת צל לרמזור פעיל):
- 6.6.1 הקמת מערך הבקרה (כולל חיבור למרכז ניהול תנועה של אשדוד, ככל שיידרש) וביצוע מדידות וניטור הצומת להגדרת "מצב אפס".
- 6.6.2 התקנת המערכת האדפטיבית ו"למידת" מאפייני התנועה באתר הניסוי על ידה למשך זמן שיוגדר מראש.
- 6.6.3 כיול המערכת האדפטיבית וכיול הגלאים.
- 6.7 תקופת ניסוי (הספק "מנהל" את פעולת בקר הרמזור): הפעלת המערכת האדפטיבית תוך ניטור אתר הניסוי באמצעות מערך הבקרה.
- 6.8 בחינת המערכת האדפטיבית תבוצע לכל טכנולוגיה בנפרד, למשך אותם קבועי זמן ובאותו מרחב ניסוי (כלומר, חזרה על שלבים 6.4-6.6 עבור כל מערכת אדפטיבית בנפרד). ניטור המדדים, מדידתם ועיבודם יבוצעו באופן זהה לכלל הפתרונות המוצעים.
- 6.9 תבוצע השוואה כמותית של מאפייני התנועה כפי שיימדדו באתר הניסוי, בין כל אחת מהמערכות האדפטיביות בנפרד אל מול "מצב האפס" שנמדד עבור אותה תקופת הפעלה.
7. הערכת סיכונים / הפסדים פוטנציאליים משילוב טכנולוגיית רמזור מגיב-תנועה, ואופן הבחינה שלהם
- 7.1 תקלות במערכת האדפטיבית
- 7.1.1 הפסד פוטנציאלי - תקלות ברכיבי המערכת האדפטיבית עלולות לפגוע בתפקוד התקין של הרמזורים.
- 7.1.2 במסגרת הניסוי תיבחן השכיחות של תקלות במערכת האדפטיבית.
- 7.1.3 בנוסף, תיבחן היכולת לזהות תקלות במערכת האדפטיבית ולחזור למוד פעולה לא-אדפטיבי
- 7.1.4 שלביות הניסוי (צומת בודד לפני הפעלה במספר צמתים) נועדה לזהות בעיות מסוג זה מוקדם ולמנוע התקדמות בניסוי עם טכנולוגיות שאינן בשלות.

- 7.2 פגיעה ביעילות הצומת
- 7.2.1 הפסד פוטנציאלי - שילוב רמזור אדפטיבי המבוסס על אלגוריתם לא איכותי עלול להביא לפגיעה ביעילות הצומת, במקום לשיפור.
- 7.2.2 מדדי הניסוי נועדו לבחון את הנושא.

8. תוכנית בטיחות

- 8.1 תוכנית הבטיחות בניסוי מבוססת על העקרונות הבאים:
- 8.1.1 עמידה בהגדרת האילוצים והתנאים המזעריים להפעלת רמזורים אדפטיביים, כגון זמנים בין-ירוקים, זמני ירוק מזעריים, זמן המתנה מרבי (כלל האילוצים מפורטים בנספח א').
- 8.1.2 עבודה דרך בקר הרמזור הקיים והשענות על מטריצת בין ירוקים שאושרה ונצרכה בבקר.
- 8.1.3 בקרת זמן אמת לזיהוי מצבים בטיחותיים (כמפורט בסעיף 13 להלן) ווידוא קיום יכולת מעשית ל"החזרת מצב לקדמותו" ככל שיידרש.
- 8.1.4 הקצאת עמדה ייעודית לבקרת הניסוי במרכז הבקרה באשדוד, והכשרת 'בקרים' ייעודיים אשר יאיישו אותה במהלך תקופת הניסוי. הכנת מערכי זיהוי אירועים ותגובה במקרה אירוע.
- 8.1.5 מימוש הניסוי באופן מדורג – "מהקל אל הכבד".
- 8.1.6 הנסיינים שיורשו להשתתף בניסוי נדרשים לעמוד בתנאי הבסיס הבאים:
- 8.1.6.1 המציע בעל ניסיון במתן שירותי תכנון, התקנה, והפעלה של "מערכת אדפטיבית" אחת לפחות, עבור גורם חיצוני כלשהו, שביצועה הושלם, בישראל או בחו"ל, לאחר 1.1.2020.
- 8.1.6.2 פתרון הרמזור האדפטיבי המוצע במסגרת ניסוי זה, הינו פתרון מלא מקצה לקצה.
- 8.1.6.3 המציע, או קבלן המשנה המוצע מטעמו, הוא שפיתח את הטכנולוגיה המוצעת.
- 8.1.6.4 המערכת המוצעת עומדת בחוק הגנת הפרטיות.
- 8.2 שלביות הניסוי:
- 8.2.1 שלב ההכנות לניסוי:
- 8.2.1.1 הקמת מערך בקרה לניהול הניסוי (כמופיע בסעיף 13).
- 8.2.1.2 התקנת חיישני המערכת האדפטיבית כחיישני צל בצומת.
- 8.2.1.3 כיוול החיישנים ולמידת הצומת – תהליך כיוול החיישנים ותהליך למידת התנועה ע"י המערכת האדפטיבית באתר הניסוי באם נדרש.
- 8.2.2 שלב הפעלת הניסוי בצומת בודד: בחינת תקינות הרמזור האדפטיבי בצומת אחד (מתוך מרחב הניסוי), במשך שבוע (שבוע 1 כמפורט בהמשך).
- 8.2.3 שלב הפעלת הניסוי במרחב של מספר צמתים (שבועות 2-5 כמפורט בהמשך).
- 8.2.4 יישום הניסוי בפועל יבוצע באופן הדרגתי, מהקל אל הכבד, בהיבטי שעות העומס במרחב הניסוי.

- 8.2.4.1 שלב א' - הפעלה ראשונית בשעות שפל ביקושים (כפי שמקובל בעולם התחבורה ויתוקף למול הרשות המקומית). הפעלה זו תכלול בדיקה מקיפה של המערכת לרבות הנושאים הבאים המהווים תנאים מצטברים למעבר לשלב הבא:
- i. אי נפילת בקר הרמזור ויציבות המערכת.
 - ii. תקינות מלאה של חיישני המערכת האדפטיבית.
 - iii. פעילות ללא אירועים של אי זיהוי רכבים על קו העצירה.
- 8.2.4.2 שלב ב' - הפעלת המערכת האדפטיבית בשעות בהן מצב העומס בצומת בינוני והמשך בדיקה של המערכת, בדומה לשלבים שצויינו לעיל (בשלב א').
- 8.2.4.3 שלב ג' - הפעלת המערכת האדפטיבית באופן שוטף.
- 8.2.5 למען הסר ספק, כל תהליך השלבויות בניסוי כפוף לנספח ניתוח הסיכונים וטבלאות מקרים ותגובות.
- 8.2.6 ניתן יהיה לפטור ספק טכנולוגי מסוים משלבים שונים בתהליך, על בסיס הוכחת ביצוע של בדיקות דומות במסגרת תוכנית הניסוי של משרד התחבורה בנוגע לרמזורים מותאמי תנועה שהוזכרה לעיל בסעיף 1.
- 8.3 חיבור המערכת האדפטיבית לבקר הרמזור יעשה בהתאם להגדרות הסייבר של גורמי המקצוע הרלוונטיים.
- 8.4 ניתוח סיכונים מצורף בנספח ב'. במסמך מפורטים סוגים שונים של תקלות ואירועים, חומרה, אופן זיהוי, אחראי זיהוי וסדר הפעולות שיש לבצע.
9. תיאור מהלך הניסוי
- 9.1 הניסוי יבוצע במספר סבבים, בהתאם לכמות הספקים שייבחנו בניסוי. כל סבב יימשך מספר שבועות, כמפורט להלן. בהמשך מופיע פירוט לגבי כל אחד מהשלבים.
- 9.2 לוח טנטטיבי לסבב ניסוי, בשבועות:
- 9.2.1 תקופה **מקדימה** (עבודה כמערכת צל לרמזור פעיל):
- 9.2.1.1 שבוע א – התקנה של מערכת הספק לטובת הניסוי ותחילת כיוול. וידוא פעילות תקינה של הרמזור הקיים והקמת מערך הבקרה במרחב הניסוי (יבוצע בסבב הראשון).
 - 9.2.1.2 שבוע ב – המשך כיוול המערכות במרחב הניסוי. (ככל ויידרש)
 - 9.2.1.3 שבוע ג – המשך כיוול ע"י הספק; במקביל - מדידת "מצב אפס" תנועת במרחב הניסוי.
- 9.2.2 תקופת **ניסוי** (הספק "מנהל" את בקר הרמזור):
- 9.2.2.1 שבוע 1 – הפעלה בצומת בודד תו"כ ניטור התנועה במרחב אך ללא מדידה איכותית של תוצרי המערכת האדפטיבית, באופן מדורג כמפורט בסעיף 8.2.4. בסוף השבוע – שער של בטיחות ובקרה להחלטה האם ניתן להתקדם עם המערכת האדפטיבית שבניסוי.

- 9.2.2.2 שבוע 2 – הפעלה ברשת (בכלל מרחב הניסוי), תו"כ ניטור התנועה במרחב אך ללא מדידה איכותית של תוצרי המערכת האדפטיבית ("שבוע חסדי").
- 9.2.2.3 שבועות 3+4 – הפעלה ברשת, תו"כ איסוף מדדי הניסוי ומדדי האיכות.
- 9.2.2.4 שבוע 5 – **אופציונלי** - הפעלה ברשת תחת שינוי מדיניות, עם מדידה.
- * מטרת הבחינה בשבוע זה, ככל שתתקיים, הינה לבדוק את יכולת המערכת הטכנולוגית להתמודד עם שינוי מוכתב במדיניות ניהול הרמזור.
- 9.3 חזרה על סעיפים 9.2.1-9.2.2 עבור כל ספק נוסף.
- 9.4 תנאי מקדים לפני תחילת סבב ניסוי – קבלת אישור כתוב / הצהרה מהספק בדבר הטמעת אילוצי התכנון, כפי שמופיעים בנספח א', בלוגיקת האלגוריתם שלו.
- 9.5 התקנת המערכת האדפטיבית (שבוע 1) – בשלב זה תותקן המערכת האדפטיבית ע"י הספק, וכן יותאמו כל התשתיות הרלוונטיות, יותקנו החיישנים לאיסוף מידע, וכל אמצעי נוסף שיידרש, בהתאם לתוכנית הניסוי של הספק שאושרה. שלבי ההתקנה:
- 9.5.1 התקנת מערכות החיישנים כמערכות צל בצומת (הן אלו שיסופקו ע"י נתיבי איילון, והן כאלו שיבחר הספק להוסיף בעצמו), בחינת שפיות וכיול לחיישנים.
- 9.5.2 חיבור החיישנים לבקר הרמזור (או למחשב הרמזור האדפטיבי) באופן שיקבע הספק (ישירות אל הבקר או דרך מחשב צד שיחובר לבקר הרמזור).
- 9.5.3 בדיקת חשמל ותקשורת – ייבדק כי האמצעים מחוברים באופן תקין ובהתאם לחוק ותקנותיו.
- 9.5.4 בדיקת רמזור אדפטיבי – הספק יאשר שהמערכות עובדות לצורך פעילות תקינה של המערכת האדפטיבית, ויספק על כך אישור בכתב.
- 9.5.5 הדגמת הפתרון של החזרת המצב לקדמותו במידה ויתגלו עומסי תנועה חריגים.
- 9.6 כיול מערכות (שבוע א-ג) – טרם תחילת הניסוי, הספק יוכל לבצע כיול למערכותיו, ככל שיראה לנכון, לקראת הפעלה של הרמזור האדפטיבי. בכדי לשמור על אחיזות מול כל הספקים, הכיול יימשך עד 3 שבועות.
- 9.7 סקר לפני ("מצב אפסי") (שבוע 3)
- 9.7.1 ביצוע סקר תנועה ע"י נתיבי איילון, לניטור מדדי "מצב האפס" במרחב הניסוי בהתאם לתוכניות הרמזור הקיימות.
- 9.7.2 בסקר יאספו נתונים שיאפשרו למדוד נתוני זמן נסיעה, מהירות נסיעה, נפחי תנועה ופרמטרים נוספים ככל שיעלו.
- 9.7.3 סקר "מצב אפס" יבוצע מחדש לפני כל הפעלה של אחד מהפתרונות הטכנולוגיים נשוא ניסוי זה ונתוני הביצוע של כל מערכת טכנולוגית יושוו אל מול "מצב האפס" שנמדד לפני תקופת ההפעלה הרלוונטית.
- 9.7.4 הדרכת בקרי הניסוי על המערכת, כולל טיפול בתקלות אפשריות, תופעות שמשקפות תקלה, פעולות נדרשות (יודגש שבכל רגע יכול הבקר **לאחר תיאום מול מנהל הניסוי** לעצור את הניסוי על ידי נטרול המערכת וחזרה לתפעול רגיל). הדרכה זו תושלם במהלך תקופת כיול המערכת.

- 9.7.5 הטמעת הפתרון הטכנולוגי בצמתים.
- 9.8 ניסוי שטח (שבוע 5-1) – השתתפות בניסוי שטח בזמן אמת אשר יימשך כ 5 שבועות, ויכלול:
- 9.8.1 הפעלת המערכת האדפטיבית באתר הניסוי.
 - 9.8.2 מעקב ובקרת זמן אמת ע"י הספק ומנהלי הניסוי – לצורך עמידה בתכנית הבטיחות ויעדי הניסוי.
 - 9.8.3 איסוף וניתוח נתונים, מעקב ובקרה ע"י נתיבי איילון.
- 9.9 החזרת מצב לקדמותו ברמזור וניתוק מערכות הספק – יתבצע ע"י הספק מיד עם סיום הניסוי, או בכל מקרה בו תורה על כך נתיבי איילון.
10. תקופת ביצוע הניסוי:
- 10.1 מימוש הניסוי ובחינת ספקי הטכנולוגיה האדפטיבית יתבצע בתצורה של "השוואת נתונים לפני / אחרי".
 - 10.2 בכדי לקבל תמונת מצב מקיפה יבוצע ניתוח נתונים של חלקי יממה שונים – עומס בוקר, עומס ערב, שפל, לילה – בכמות מצטברת של 12-14 שעות איסוף נתונים.
 - 10.3 איסוף הנתונים של כל שלב, יבוצע בימי חול (א-ה), כאשר "מצב האפס" יימדד במשך שבוע ואילו תקופת המדידה של הניסוי תמשך שבועיים וזאת בכדי לספק כמות דגימות שתספקנה לביצוע ניתוח סטטיסטי ראוי לחלקי היממה השונים.
11. ניטור ובקרה
- 11.1 לאורך כל שלבי הניסוי, תבצע נתיבי איילון את המעקב, הניטור והבקרה לניסוי.
 - 11.2 יש להפריד בין ניטור מדדי הניסוי לבין בקרה על ניהול הניסוי.
 - 11.2.1 תהליך הניטור יכלול את איסוף כלל המידע הרלוונטי בהתאם למדדי הניסוי, כפי שמוגדרים בסעיף 12 – הגדרת הנתונים שיאספו והמדדים הנבחנים בניסוי. ככלל, תהליך עיבוד הנתונים יכול להתבצע גם בזמן אחר.
 - 11.2.2 תהליך הבקרה לעומת זאת, המפורט בסעיף 13 – בקרת זמן אמת לניסוי, יבוצע בזמן אמת. במקרה של חריגה מהותית מהליך הניסוי או במקרים ואירועים המתוארים בטבלאות ניתוח הסיכונים בתוכנית הבטיחות, תוכל נתיבי איילון לעצור את הניסוי באופן מיד. בהתאם, יצטרך הספק לאפשר מנגנון עצמאי לניתוק הרמזור האדפטיבי והחזרת המערכות לקדמותן באופן מדי.
 - 11.3 נתיבי איילון תהיה רשאית לבקש מהספק נתונים, תיעוד ומידע שאסף הספק באופן עצמאי, בכל שלב בניסוי ובזמן הניסוי.

12. הגדרת הנתונים שיאספו ומדדי הניסוי

12.1 מדדי הצלחה

- 12.1.1 לניסוי 3 מדדי הצלחה - מדד נפח תנועה, מדד זמן מעבר כ"ר, מדד זמן המתנת הולכי רגל.
- 12.1.2 סעיפים 12.3-12.5 להלן מפרטים את אופן איסוף הנתונים הנדרשים לבחינת המדדים כנ"ל.
- 12.1.3 כאמור, מטרת הניסוי הינה **ללמוד** את יכולות המערכות האדפטיביות השונות בעזרת ניסוי מעשי בשטח. יחד עם זאת, ככל שהמערכת האדפטיבית תצליח לשמור על הנפח העובר בצומת מבלי לפגוע בזמן המעבר בצומת ובזמן המתנת ה"ר, הדבר יחשב כהצלחה.

- 12.2 מתוך הרצון להפיק את המירב מביצוע ניסוי מורכב ויקר שכזה, יאסף **מידע תנועתי נוסף** (סעיף 12.6), מעבר למדדי ההצלחה. מידע זה יאסף לטובת הערכה איכותנית של הפתרונות הטכנולוגיים השונים אך הוא אינו מהווה חלק ממדדי ההצלחה של הניסוי.

12.3 מדד נפח תנועה

12.3.1 השימוש במדד זה יפוצל לשנים.

הממד	הפרמטר שאותו מודדים	שיטת מדידה	הערות
נפח ביקושים	מספר רכבים שעברו בכניסה למרחב הניסוי בחלון זמן מוגדר.	ספירות תנועה. ככלל, הספירות יבוצעו ביחידות זמן של 15 דקות כל פעם.	מדד זה ישמש כ מדד ייחוס (reference) לשם ויודא השוואה נכונה בין נפחי התנועה ב"מצב אפס" ובמהלך הניסוי.
נפח עובר בצומת	מספר רכבים שעברו בכל מקטע בנפרד (וכן בסך הכולל) בחלון זמן מוגדר.	כנ"ל. בדיקה השוואתית של כמות הרכבים שעברו בכל מקטע (לפני/אחרי) אך גם בסך הכולל, מתוך הבנה שיתכן שהאלגוריתם יצליח להעביר כמות גדולה יותר של רכבים בעקבות חלוקת זמני ירוק דינאמית ואופטימאלית.	מדד זה הינו מדד הצלחה .

12.3.2 שיטת האיסוף:

- א. ככלל, שימוש בספירות תנועה שיבוצעו בעזרת צילום וידאו כמקובל ובהתאם לספקי מכרז מסגרת 5/21 של נת"א.
- ב. אופציה נוספת לביצוע – שימוש בספקי טכנולוגיית וידאו אנליטיקה בדומה לאלו שנבחנו במסגרת מכרז המצלמות של נת"א בעלי יכולות כנדרש.

12.3.3 הבהרות בנוגע למדד זה:

- א. בשלבים שבהם מרחב הניסוי הוא צומת בודד, תבוצע מדידה של נפח ביקושים ושל נפח עובר בצומת בכל מקטע של הצומת בנפרד.
- ב. בשלבים שבהם מרחב הניסוי הוא יותר מצומת אחד, נתוני הנפחים יחושבו:
 - i. נפח ביקושים = סך כל נפחי הביקוש שימדדו בצירי הגישה לצמתים המרכיבים את אתר הניסוי.
 - ii. נפח עובר במרחב = סך כל הנפחים שיעברו בצמתי אתר הניסוי.

12.4 מדד זמן מעבר כלי רכב במקטע מוגדר

12.4.1 זמן מעבר כלי רכב במקטע מוגדר מעיד, מטבע הדברים, על מידת העומס במקטע. ככל שהמקטע עמוס יותר זמן המעבר יתארך ולהפך.

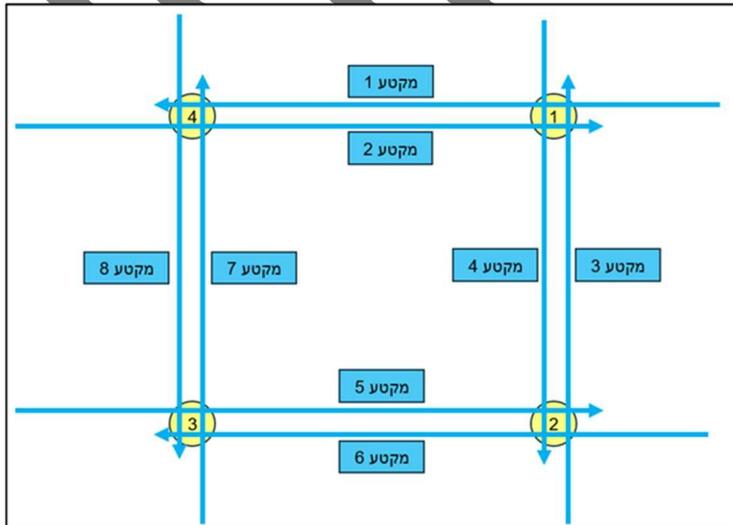
הערות	שיטת מדידה	הפרמטר שאותו מודדים
מדד זה הינו מדד הצלחה והנתונים שיאספו במסגרתו ישמשו לניתוח מדדים נוספים.	מדידת זמן מכניסה של רכב לכל מקטע דרך ועד יציאתו ממקטע הדרך.	זמן חציית מקטע דרך מוגדר.

12.4.2 שיטת האיסוף:

- א. שימוש באמצעים טכנולוגיים, כדוגמת גלאי בלוטוס ו/או וידאו אנליטיקה, לשם זיהוי חד-ערכי של כלי רכב בכניסתו ויציאתו מהמקטע שהוגדר.
- ב. לצורך חישוב המדד לא נדרש לנטר את כלל כלי הרכב, ניתן להסתפק במדידה מדגמית של אחוז מסוים מתוך הרכבים בכל חלון זמן.

12.4.3 הבהרות בנוגע למדד זה:

- א. מדד זמן מעבר רכבים במקטע = זמן ממוצע של חציית המקטע בחלון זמן A כפול נפח התנועה באותו מקטע בחלון זמן A.
- ב. מדד זמן מעבר רכבים כולל בצומת = סכום של "מדד זמן מעבר מקטע" של כל המקטעים בצומת, בחלון זמן A.
- ג. במסגרת הגדרת המדיניות ניתן יהיה להגדיר תיעדוף שונה (כלומר, משקל שונה) לכל זרוע / מקטע. במצב זה, המדד הכולל לא יהווה סכום פשוט של הזמנים של כל המקטעים, אלא הזמן של כל מקטע כפול משקל המקטע.
- ד. בעת מדידת זמן מעבר באתר הניסוי של יותר מצומת אחד:
 - i. המדידה תיעשה אל מול מקטעים מוגדרים ועיקריים במרחב הניסוי, כדוגמת הנראה בתרשים להלן,



ii. המדד המרחבי יהיה סכום כלל זמני המעבר באותם מקטעים מוגדרים.

12.5 מדד זמן המתנת הולכי רגל

12.5.1 ההתייחסות אל הולכי הרגל חשובה לניסוי המדובר הן כחלק מהגדרות המדיניות והן כחלק

ממדדי הביצוע והערכת איכות הפתרון של ספקי הטכנולוגיה האדפטיבית.

12.5.2 הפרמטר בו נבקש לעשות שימוש במסגרת מדד זה הוא **מספר הולכי הרגל בהמתנה**.

הערות	כיצד תבוצע המדידה	הפרמטר שאותו מודדים
הספירה תבוצע כל X שניות	ספירת כמות הולכי הרגל בכלל מעברי החציה שבצומת בקבועי זמן קצרים ומוגדרים מראש.	מספר הולכי רגל בהמתנה

12.5.3 שיטת האיסוף:

שימוש באמצעים טכנולוגיים לניטור וספירת הולכי רגל, כדוגמת וידאו אנליטיקה.

12.5.4 הבהרות בנוגע למדד זה:

א. מדד זמן ההמתנה יחושב על פי חלונות הזמן שבהם יזוהו הולכי רגל בהמתנה (X שניות)

כפול כמות הולכי הרגל בהמתנה. למשל: ככל שזוהו 3 ה"ר אשר המתינו לירוק במעבר החציה במשך 5 שניות, הרי שזמן ההמתנה הכולל יחושב כ-15 שניות.

ב. בנוסף, על סמך המדידה הנ"ל, ניתן יהיה לחשב את המספר המרבי של הולכי הרגל הממתנים ואת זמן הממתנה המרבי.

ג. במסגרת הניסוי יוגדר מראש אופן ההתייחסות למעברי חציה. ככלל, יתאפשר דילוג על ירוק להולכי רגל במעבר חציה מסוים כאשר אין בו הולכי רגל שממתנים (מקביל ללחצן דרישה של הולכי רגל בטכנולוגיה הקיימת). עבור מעברי חציה ספציפיים, ייתכן שיוגדר, בתיאום עם הרשות המקומית, שנדרש לתת אור ירוק בכל מחזור גם כאשר אין דרישה.

12.6 מידע תנועתי נוסף שיימדד כמידע תומך לניסוי:

12.6.1 איכות הטיפול בחצייה רציפה של הולכי רגל

12.6.1.1 במסגרת הניסוי תיבחן איכות המענה שניתן לחצייה רציפה של הולכי רגל במעברי חציה שיוגדרו כ"גל ירוק להולכי רגל" (כמוגדר בנספח א').

12.6.1.2 בצמתים שבהם יוגדרו מעברי חציה כ"גל ירוק להולכי רגל" יחושב הפרמטר

"מספר הולכי רגל בהמתנה באמצע גל ירוק":

הערות	שיטת מדידה	המדד
"המתנה באמצע גל ירוק" = הולכי רגל שנעצרו ע"ג אי התנועה שבין חלקי מעבר החציה בשל התחלפות הרמזור "השני" לאדום	פרמטר זה יחושב מתוך הפרמטר "מספר הולכי רגל בהמתנה", תוך התחשבות רק בהולכי רגל שממתנים במעברי חציה שהוגדרו באמצע גל ירוק.	מספר הולכי רגל בהמתנה במפרדה באמצע גל ירוק

12.6.1.3 שיטת האיסוף :

מדד זה לא דורש איסוף ייעודי, הוא יחושב על בסיס הנתונים שנאספים לטובת מדד "זמן המתנת הולכי רגל".

12.6.2 כמות חציות הולכי רגל באור אדום

המדידה תיערך, לכל מעבר חצייה, משני הצדדים, ותכלול זיהוי ודאי של אור הרמזור כנגד חצייה בפועל. עבור כל הולך רגל אשר חצה במעבר חצייה יש לאמת את צבע הרמזור בעת התחלת החצייה (ירוק או אדום).
שיטת איסוף : ידני באתר הניסוי או צילום ופענוח במשרד.
איפה : כל מעברי החצייה אשר באתר הניסוי.

12.6.3 כמות מצבי "צומת לא פנוי"

מצב של "צומת לא פנוי" (חסימת צומת) יוגדר כזמן שבו זרוע מסוימת מקבלת אור ירוק אבל התנועה שבה לא יכולה לחצות את הצומת מכיוון שיש רכבים שטרם פינו את שטח הצומת.
ניתן לבצע את המדידה באופן ידני על ידי סוקר באתר הניסוי או הקלטה של התנועה בצומת ופענוח נתונים במשרד.
המדידה תערך לכל צומת מצמתי מרחב הניסוי.
שיטת איסוף : ידני באתר הניסוי או צילום ופענוח אחר.

13. בקרת זמן אמת לניסוי

- 13.1 נוכח היקף החדשנות בניסוי המדובר, נדרש לבצע בקרה צמודה שתאפשר לנטר בזמן אמת את השפעות מערכות הניסוי על משתמשי הדרך במרחב הניסוי וזאת בכדי למנוע היווצרות של כאוס תחבורתי ו/או סיכון למשתמשי הדרך.
- 13.2 לאורך כל שלבי הניסוי, תבצע נתיבי איילון בקרה בזמן אמת לניסוי.
- 13.3 בקרת הניסוי תבוצע מחדר הבקרה של עיריית אשדוד.
- 13.4 חדר הבקרה יאויש בכל זמן הפעילות של הניסוי ע"י בקר מטעם אחראי הניסוי של נת"א וע"י מפעיל (אחד או יותר) מטעם הספק של המערכת האדפטיבית הנבדקת בעמדות ייעודיות שתוקצנה לניסוי.
- 13.5 חדר הבקרה יכיל את האמצעים שיאפשרו לבצע בקרה בזמן אמת על:
- 13.5.1 מצב התנועה (רכבים + הולכי רגל) בשטח הניסוי.
 - 13.5.2 תקינות פעולת הרמזורים המחוברים לניסוי.
 - 13.5.3 תקינות פעולת המערכת האדפטיבית של הספק.

13.6 בקרת הניסוי תבוצע באופן הבא, ותכלול:

13.6.1 בקרה בזמן אמת על מצב התנועה:

13.6.1.1 מטרה: לזהות בזמן אמת התפתחות של מצב תנועה שעלול לגרום לעומס

תחבורתי חריג או לסכן את משתמשי הדרך.

13.6.1.2 שיטת הבקרה: יוגדרו 4 מדדי בקרה שינטרו ע"י מערך בקרה:

i. **אורך תור** חריג של מכוניות באחד הצמתים באזור הניסוי – כמדד בקרה לעומס תחבורתי חריג.

ב"שלב אפס" תבוצע מדידה של אורך התור השכיח שנמדד בשגרה, בכל מקטע, בחלוקה של ימים וחלונות זמן. יחסית אליו יוגדר (בתיאום עם רשות התמרור המקומית) מהו ואורך התור המירבי המאושר בשלב הניסוי.

ii. **זמן אדום** ממושך למופע מסוים למרות שקיים ביקוש של רכב / הולך רגל באותו המקטע – כמדד בקרה למצב העלול לסכן את משתמשי הדרך (מתוך הנחה שמשמש דרך שממתין זמן ארוך עלול להתפרץ לצומת באדום).

זמן אדום מירבי מאושר, בהינתן ביקוש, יוגדר (בתיאום עם רשות התמרור המקומית) על בסיס תוכנית הרמזור של "מצב אפס", בחלוקה של ימים וחלונות זמן.

iii. **חסימת צמתים** חריגה (בכמות), מצב אשר ינוטר ע"י הבקר האנושי במרכז הבקרה.

iv. **כמות ה"ר בהמתנה לחציה** – כמדד בקרה לעומס חריג של הולכי הרגל, אשר עשוי להוביל לגלישתם לכביש תו"כ סיכון עצמי.

בזיהוי חריגה מאחד ממדדי הבקרה, הבקר האנושי יושב בחדר הבקרה, יבצע פעולות לטיפול במצב, כמוגדר בנספח הבטיחות.

13.6.2 בקרת בזמן אמת על תקינות פעולת הרמזורים:

13.6.2.1 מטרה: לזהות בזמן אמת תקלות בפעולת הרמזורים או בבקר הרמזורים באזור הניסוי.

13.6.2.2 שיטת הבקרה:

בקרת תקינות פעולת הרמזורים ובקר הרמזור בחדר הבקרה תתבסס על בקרת הרמזורים במערכת פלקון. אלגוריתם הרמזור האדפטיבי יפעל במקביל או דרך מערכת בקרת רמזורים.

13.6.2.3 דרישות מערכת בקרת הרמזורים (פלקון):

נדרש להתריע במצבים שבהם יש תקלה בפעולת רמזור (לא מגיב / אובדן תקשורת / תקלת חשמל וכו') או בפעולת בקר הרמזור או בפקודות "לא חוקיות" מצד האלגוריתם (כדוגמת חריגה ממטריצה).

13.6.3 בקרה בזמן אמת על פעולת המערכת האדפטיבית :

13.6.3.1 מטרה : לאפשר בקרה בזמן אמת על פעולת מערכת הבקרה האדפטיבית (המערכת של הספק).

13.6.3.2 שיטת הבקרה :

הספק יידרש לספק יכולת חיווי שתותקן במרכז הבקרה ותאפשר לנטר בזמן אמת את תקינות פעולת המערכת האדפטיבית, כולל התרעה על תקלות.

13.7 הגורם האנושי המבקר את הניסוי מחדר הבקרה (הבקר), יתורגל בקריאה נכונה של תצוגת הבקרה של המערכת, אופן מימוש "החזרת מצב לקדמותו", ושליטה בנוהל "מקרים ותגובות" כתנאי לביצוע הניסוי.

13.8 גלאי הלואה, ככל שמותקנים בצמתים, יישארו מחוברים לבקר הרמזור לטובת מציאות של החזרת מצב לקדמותו. ככל שיוחלט על ביצוע הנ"ל, בהתאם לטבלת ניהול הסיכונים, גלאים אלו יידרשו לטובת תפקוד הצומת.

13.9 במקרה של חריגה מהותית מהליך הניסוי או במקרים ואירועים המתוארים בטבלאות ניתוח הסיכונים בתוכנית הבטיחות, יפעל אחראי הניסוי מטעם נתיבי אילון, בשיתוף עם נציגי רשות התמרון המקומית, לעצירת הניסוי והחזרת המצב לקדמותו באופן מידי.

13.10 החזרת המצב לקדמותו מתייחסת לנטרול השפעת הבקרה האדפטיבית והפעלת תוכנית/ות הרמזור המאושרת/ות.

14. רשימת אמצעים ומשאבים נדרשים

14.1 תשתיות

14.1.1 מטעם נתיבי איילון :

14.1.1.1 עמדת שליטה ובקרה יעודית לניסוי הכוללת :

- i. תמונה ממצלמות תנועה רלוונטיות לצמתי הניסוי.
 - ii. תצוגה / התראות של מערכת בקרת הרמזורים (כמפורט בסעיף 13.6.2), כולל יכולת שליטה מרחוק בתוכנית הרמזור בבקר ואפשרות להחזרה של תוכנית הרמזור המקורית תוך ניתוק המערכת הנבדקת.
 - iii. תשתית חשמל – אספקת חשמל למענה הטכנולוגי המותקן במרחב הניסוי.
 - iv. תשתית תקשורת – לחיבור המערכת הטכנולוגית לבקר הרמזור.
- 14.1.1.2 התקנת מצלמות אשר ישמשו כחיישניים עבור מערכות הספק והניטור.

14.1.2 מטעם הספק :

- 14.1.2.1 יכולת חיווי על מצב המערכת האדפטיבית (כמפורט בסעיף 13.6.3).
- 14.1.2.2 במידה וירצה הספק להוסיף תשתיות על אלו שניתנו מטעם נתיבי איילון, יוכל לבקש זאת בהליך מסודר ובכתב אל מול מנהל הניסוי טרם פריסת המערכת שלו ותחילת הניסוי.

- 14.2 משאבי כח אדם
- 14.2.1 מטעם נתיבי איילון:
- 14.2.1.1 מנהלי הניסוי – עמם יוכלו הספקים לעמוד בהתקשרות בעת הניסוי.
- 14.2.1.2 בקר ייעודי שיאייש את עמדת הבקרה על הניסוי.
- 14.2.2 מטעם הספק:
- 14.2.2.1 גורם אחראי ניסוי – עמו ניתן ליצור קשר מצד נתיבי איילון 24/7.
- 14.2.2.2 גורם מלווה שיהיה נוכח במרכז הבקרה והשליטה על הניסוי לכל משך ביצוע הניסוי בפועל.
- 14.2.2.3 צוות תיקון תקלות – עבור מענה מידי לפתרון תקלות. כמו כן, יינתנו מענים מותאמים לוחות זמנים ופעולות לביצוע במקרים הנכללים בתוכנית הבטיחות.
- 14.3 רשימת ציוד
- 14.3.1 מטעם נתיבי איילון:
- 14.3.1.1 מצלמות לשימוש כחיישנים למערכת.
- 14.3.1.2 מצלמות לניטור ובקרת אתר הניסוי.
- 14.3.2 מטעם הספק:
- 14.3.2.1 חיישנים נוספים – ניתן יהיה להרחיב את היקף החיישנים בצומת, על ידי התקנת חיישנים דומים או שונים במרחב הניסוי, וזאת בעת אישור התוכנית או לאחר קבלת אישור ממנהל הניסוי. החיישנים הנוספים שיבחר הספק להתקין, ירכשו על ידו ויהיו תחת אחריותו.
- 15 מתודולוגית למדידה
- 15.1 בתחילת תקופת הפעילות יבצע הספק בדיקה שהמערכת פעילה ומסונכרנת.
- 15.2 איסוף המידע ע"פ הקריטריונים ואופן המדידה, יבוצע בזמנים מוגדרים.
- 15.3 עם סיום הניסוי, תתבצע השוואת הנתונים שהתקבלו בין "מצב האפס" כפי שנמדד לפני הפעלת הרמזור האדפטיבי לבין תקופת הניסוי, עבור כל ספק בנפרד. המידע יסוכם ע"י נתיבי איילון בדו"ח ייעודי.
- 16 אישורים וסמכויות
- 16.1 חברת נתיבי איילון אחראית על ביצוע הניסוי לכלל הספקים.
- 16.2 עיריית אשדוד, הינה רשות התמרור המקומית והניסוי מבוצע בתיאום מלא מולה ובאישורה. העירייה תאפשר גישה למערכת ניהול הרמזורים ושליטה מרחוק על תפקוד המנגנון. בנוסף וככל שיידרש, סוגיות אשר דורשות היוועצות משטרה בהתאם לתקנות יוצגו בפני הגורמים הרלוונטיים.

16.3 קבלן הרמזורים – אחראי על תפקוד הרמזורים וביצוע ממשק מול ספקי המערכת. יש להדגיש כי בקר הרמזור לא יוחלף, והוא ימשיך לתפקד תוך ממשק חיצוני למול המערכת האדפטיבית אשר תספק מידע והנחיות לביצוע.

16.4 ספק המערכת האדפטיבית- אחראי על התקנת המערכת האדפטיבית אשר תספק מידע, בזמן אמת לבקר הרמזור, לשם ניהול פעילות הרמזורים.

17. משתתפים

17.1 נתיבי איילון – ניהול הניסוי על כל שלביו לרבות העמדת תשתית, הובלת הניסוי, ליווי ובקרת הניסוי, ניתוח תוצאות הניסוי וגיבוש דו"ח סיכום.

17.2 עיריית אשדוד – בתחומה יתנהל הניסוי.

17.3 משרד התחבורה – מתן היתרים רגולטוריים לקיום הניסוי.

17.4 ספקי הטכנולוגיות האדפטיביות הנבחרות.

אישור

נספח א' - הגדרת אילוצים ומדיניות לרמזורים מגיבי-תנועה

1. כחלק מהרצון לאפשר לספקי הטכנולוגיות האדפטיביות להביא לידי ביטוי את יכולותיהם בתצורה האופטימאלית האפשרית מחד, ומנגד הצורך לספק מעטפת בטיחותית ראויה לכלל משתמשי הדרך, נדרש להגדיר גבולות הגזרה שבתוכם ועל-פיהם יופעל האלגוריתם האדפטיבי.
2. נספח זה מפרט את האילוצים והתנאים המזעריים אשר יגדירו את אותם גבולות גזרה ואשר מהם לא ניתן לחרוג במסגרת הניסוי.

מס'	הפרמטר	אילוצים / תנאים מזעריים
1	זמנים בין-ירוקים	ע"פ מטריצת בין ירוקים אשר צרובה במנגנון והיא הבסיס לעבודה. ככל ומסיבה כלשהי נדרש עדכון למטריצה, אז הוא יהיה בהתאם להנחיות מת"ח התקפות באותו זמן.
2	זמני ירוק מזעריים למופעים	זמני ירוק מזעריים למופע, כפי שמוגדרים בתוכנית הרמזור הקיימת ישמשו בסיס לעבודה. ככל ומסיבה כלשהי נדרש עדכון לני"ל, הוא יהיה בהתאם להנחיות מת"ח התקפות באותו זמן, בתיאום מול הרשות המקומית ונתיבי איילון, וללא סתירה מההגדרות הרלוונטיות בתוכנית הניסוי.
3	זמן אדום מרבי בקיום דרישה (זמן המתנה מרבי)	זמן המתנה מרבי למופע לא יעלה על הקטן בין : [150 שניות, משך מחזור קיים בצומת * 1.5] הערות: 3. הגדרת זמן אדום מרבי היא רק בקיום דרישה. המדידה מתחילה ממועד גילוי הדרישה. 4. משך מחזור קיים בצומת- ע"פ התכנית אשר היתה עובדת בצומת באותו זמן במצב הקיים (ללא ניסוי). לדוגמא- אם ב 30: 12 בצהריים על המערכת האדפטיבית להחליט מהו זמן האדום המירבי למופע מסוים אז נסתכל על התכנית שהייתה עובדת באותו זמן ללא הניסוי- נגיד 90 שניות- אז זה זמן המחזור שישמש לחישוב המדובר.
4	פסיחה על מופעים	לא ניתן לפסוח על מופע (רכב או הו"ר) שיש בו דרישה. תקלה בגילוי למופע מסוים תביא לדרישה קבועה.
5	מהבהב מותנה	מופעים בהם יש מהבהב מותנה להולכי רגל- יינתן ירוק להולכי רגל יחד עם תנועת הרכבים, גם בהיעדר דרישה להולכי רגל. כלומר- בכל פעם שיינתן אותו מופע כלי רכב, יינתן גם מופע הולכי הרגל כולל מהבהב מותנה. תפעול המהבהב ותזמון פתיחת המופעים יהיה ע"פ הנחיות מת"ח התקפות באותו זמן. אולם, במידה ויש הולך רגל אך אין דרישה למופע כלי הרכב הסמוך, יהיה ניתן להפעיל את מופע הולכי הרגל בלבד ללא הפעלת מופע כלי הרכב וללא המהבהב. כל הני"ל כפוף לבחינת המצב הקיים בצומת מבחינה זו ע"י הרשות המקומית ונתיבי איילון.

נספח ב' - מתווה לניתוח הסיכונים – רמזור אדפטיבי

1. החדשנות האינהרנטית במערכות שאותן בכוונתנו לבחון והעובדה כי בכוונתנו לבחון אותן בסביבת אמת (בניגוד לבחינה בשטח סטרילי), יוצרות אתגר בטיחותי משמעותי בניהול הניסוי.
2. ניתוח סיכונים לניסוי (Risk Mitigation) הינו מתודולוגיה מקובלת ליישום כחלק מתהליך צמצום סיכונים בהערכות לביצוע ניסוי במערכות מורכבות. לפיכך, עלינו לבנות מעגלי אבטחה שיתנו מענה מספק לא רק לסיכונים אותם ניתן לצפות מראש אלא גם לאלו שאינם נהירים לנו בשלב זה.
3. בהתאם לבקרת הניסוי כפי שמוגדרת בסעיף 13 לתוכנית הניסוי, להלן סדר הפעולות שינקטו בכדי למנוע סיכוני בטיחות.

i. בקרת מצב התנועה

אירוע	אופן זיהוי	אחראי זיהוי	פעולות לביצוע
01	שיבושי תנועה שנגרמים בשל רמזור אדפטיבי לא יעיל	קבלת אינדיקציה בחדר הבקרה המצביעה על רמת שירות נמוכה, כגון אורך תור חריג, זמן אדום ממושך למרות שקיים ביקוש, חסימת צמתים חריגה. *סף רמת השירות והפרמטרים ייקבע בשיתוף הרשות המקומית.	<ol style="list-style-type: none"> 1. עדכון מידי של מנהל הניסוי. 2. ניתוח משמעויות תפעולי ותנועתי ובחינת פעולות תגובה והתמודדות עם רמת השירות הנמוכה שהתקבלה. 3. במידת הצורך, הפסקת פעילות הרמזור האדפטיבי, והחזרת מצב לקדמותו. 4. תחקור האירוע וקבלת החלטה על המשך.

ii. בקרת תקינות הרמזורים

אירוע	אופן זיהוי	אחראי זיהוי	פעולות לביצוע
01	תקלה בפעולת הרמזור ו/או בתקינות החומרה (בקר, פנסים, וכד')	מערכת הפלקון / המוקד העירוני	<ol style="list-style-type: none"> 1. עדכון מידי של מנהל הניסוי. 2. ניתוח משמעויות תפעולי ותנועתי ובחינת פעולות תגובה והתמודדות. 3. במידת הצורך, הפסקת הניסוי (בשל חוסר יכולת להעריך ביצועי מערכת).

iii. בקרת תפקוד המערכת האדפטיבית

תקלה	אופן זיהוי	אחראי זיהוי	פעולות לביצוע
01	תקלה באחד מרכיבי המערכת המשפיעה על תפקוד המערכת האדפטיבית	התראה במערכת הספק / זיהוי על ידי הבקר האנושי	הספק / בקר הניסוי
02	תקלת תקשורת (בזרימת המידע בין רכיבי המערכת)	התראה במערכת הספק	הספק
03	תקלת סייבר	התראה במערכת הספק	הספק

1. עדכון מידי של מנהל הניסוי.
2. ניתוח משמעויות תפעולי ותנועתי
3. במידת הצורך, הפסקת פעילות הרמזור האדפטיבי והחזרת מצב לקדמותו, עד תיקון התקלה.

כניל

1. עדכון מידי של מנהל הניסוי.
2. ניתוח משמעויות תפעולי ותנועתי.
3. במידת הצורך, הפסקת פעילות הרמזור האדפטיבי והחזרת מצב לקדמותו, עד תיקון התקלה.
4. המשך עבודה לפי נהלי התמודדות עם תקלת סייבר כפי שמוגדרים במרכז ניהול התנועה.