



**הפקולטה למדעי החברה
בית הספר למדיניות ציבורית
תכנית מנהיגות במדיניות ציבורית - מחזור א'**

נייר מדיניות בנושא :

נתיבי איילון - מקצרים לך את זמן הנסיעה הביתה

שם הלקוח : רו"ח איתמר בן מאיר, מנכ"ל נתיבי איילון

16.07.2019

המרצה: פרופ' מומי דהן

המתרגלת: גב' ענבר גיטי

מגישים: מיכאל וייסבך ת.ז. 011285962

הילה ברקי, ת.ז. 038984829

מס' מילים 3,447

3	1. תמצית המנהלים
4	2. רקע
8	3. הגדרת הבעיה
12	4. חלופות
14	5. הערכת חלופות
18	6. המלצת מדיניות
20	7. ביבליוגרפיה
	נספחים
21	8. נספח 1- מאפייני הלקוח
22	9. נספח 2- לוחות
	לוח 1- טבלת מהירות באיילון דרום
	לוח 2 – טבלת קריטריונים שעל פיהם ישפטו החלופות, משקלם וחשיבותם
	לוח 3 – מטריצת חלופות/קריטריונים במונחים טבעיים
	לוח 4 - מטריצת חלופות/קריטריונים במונחים בני השוואה
	לוח 5- ניתוח רגישות
	לוח 6- ניתוח ישימות פוליטית
24	10. נספח 3- חישוב זמן הנסיעה העודף בכניסה לכביש
25	11. נספח 4- חישוב ערך שעה וקביעת המקדם לחישוב ערך שעה עפ"י נוהל פר"ת
27	12. נספח 5- כבישים נוספים בארץ בהם מתקיימת תופעה דומה של צוואר בקבוק
29	13. נספח 6- הסבר לאופן החישוב של צמצום זמן הנסיעה בעבור חלופות 2 ו 3

1. תמצית מנהלים

נתיבי איילון לכיוון דרום, מצירי התנועה העמוסים ביותר בישראל, בלב מטרופולין ת"א- יפו, סובלים מתנועה איטית ובלתי סדירה בימי חול בין השעות 14 עד 20, בין מחלף רוקח למחלף לה גווארדיה, ובכך נפגעת רווחת 37,800 כלי רכב הנוסעים על הכביש. בממוצע זמן הנסיעה העודף עומד על 13.9 דק' לכלי רכב ואומדן הנזק הכספי למשק בשל אובדן זמן הנסיעה (ללא השפעות חיצוניות) הוא כ-75 מיליון ₪ בשנה. השילוב בין מספר כלי הרכב למבנה כביש 20 (5 נתיבים) המתפצל לשני כבישים: כביש 1 (3 נתיבים) וכביש 20 (2 נתיבים), בנקודה שבין מחלף לה - גווארדיה למחלף קיבוץ גלויות, יוצר צוואר בקבוק בכביש 20, לאחר הפיצול, הגורם להאטה המתוארת לעיל. שינוי הקצאת הנתיבים הקיימים, בין כביש 1 (2 נתיבים במקום 3) לכביש 20 (3 נתיבים במקום 2) ממחלף לה גווארדיה ועד לעלייה לגשר חיל השריון, יביא לצמצום מלא של האטת כלי הרכב. הצעתנו מהווה חלון הזדמנויות לבחינת תוכנית "הנתיבים המהירים" ושילוב ביניהן.

2. רקע

נתיבי איילון (כביש 20) הינו עורק התחבורה המרכזי בישראל בהיותו ציר התנועה העיקרי והחשוב במטרופולין תל אביב יפו- מרכז הכלכלה, התרבות, התעסוקה והעסקים של ישראל. בקטע המרכזי של הכביש עוברים 750,000 כלי רכב ביום והוא אחד מצירי התנועה העמוסים ביותר בישראל. הוא מחבר את כל הכבישים הבין עירוניים שמגיעים לתל אביב מצפון, דרום ומזרח.

בעבודתנו זו נתמקד בתנועה בנתיבי איילון מצפון לדרום, קטע כביש ממחלף רוקח עד מחלף לה-גוארדיה, שהינה איטית ובלתי סדירה בימי חול בין השעות 14 עד 20, ובשל כך נפגעת רווחת המשתמשים בקטע כביש זה.

2.1 הערכת היקף הפגיעה

א. אורך קטע הכביש הנו 5.1 ק"מ.

ב. מספר כלי הרכב - בטווח הזמנים לעיל, מספר כלי הרכב הממוצע עומד על כ-6,300 כלי רכב לשעה. להלן טבלה השוואתית בנושא מספר כלי הרכב הממוצע לשעה.

לוח 1 - ממוצע כלי רכב בשעה - השוואה בין 2 תקופות 2004-2007 לעומת 2014-2017

הנתונים מייצגים ממוצע של חודש בכל שנה, בימי חול בלבד בין השעות 14-20.

מקטע	רוקח- הלכה*	ארלוזורוב- השלום	השלום-לה גוארדיה	ממוצע מקטעים
ממוצע 2004-2007	6,667	7,650	7,876	7,398
ממוצע 2014-2017	5,484	6,072	7,380	6,312
הפרש	-1,183	-1,578	-496	-908
הפרש ב-%	-18%	-21%	-6%	-13%

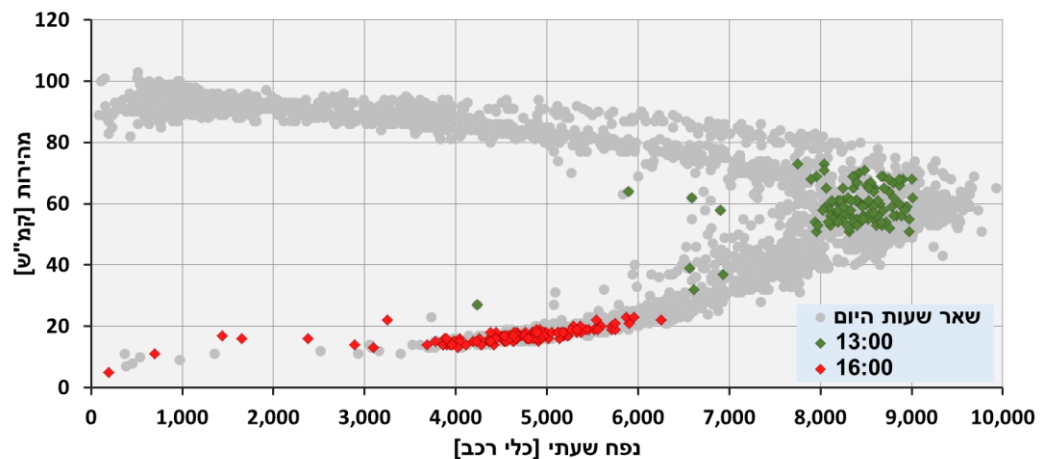
מקור: אתר הלמ"ס, מידע ע"פ אזור גאוגרפי, ספירת תנועה.
* חסרות המדידות של שנת 2004 ו 2017 בנתונים

מהנתונים עולה תמונה מעניינת, של ירידה בהיקף כלי הרכב בשנים האחרונות לעומת היקף כלי הרכב מלפני עשור. מנתיבי איילון נמסר כי בשנת 2005 נפתחו מחלפי דב-הוז ויוספטל אשר נמצאים בהמשך איילון דרום והם הגדילו משמעותית את הביקוש לכביש. כמו גם פתיחת כביש 431 בשנת 2009, המתחבר לקצה של איילון דרום ועובר דרך יישובי השפלה, כביש 1 ועד למודיעין.

ירידה זו מוסברת ע"י תופעה המכונה "קריסת הקיבולת": עפ"י בדיקה שנערכה ע"י המרכז לתכנון תחבורה (מתת) והוצגה בכנס השנתי ה-39 של האגודה הישראלית למחקר בתחבורה¹ (חזות, 2019) בחודש 04/2019 נמצא כי, מניתוח תצפיות בימי חול בחודש 05/2017, קיימת ירידה משמעותית של נפחי התנועה בשעות העומס, כפי שמודגם בתרשים 1 להלן:

תרשים 1 – עקומת נפח מול מהירות באיילון דרום 05/2017 מקטע ארלוזורוב - השלום

ימי חול בין ה-7-21/05/2017



מקור: מצגת "קריסת יכולת העברת תנועה בתנאי "פקק" – הכנס השנתי של האגודה הישראלית למחקר בתחבורה 04/2019. אסף חזות, מתת.

מתוך תרשים זה אנו למדים כי בשעות שאינן שעות שיא, עומס קיבולת הכביש עומד על 8,000-10,000 כלי רכב בשעה והמהירות על כ-60 קמ"ש כאשר נתון זה מייצג את מקסימום הקיבולת של הכביש. עם התגברות הביקושים והעומס (שעה 16:00) המהירות יורדת וכמות כלי הרכב שהכביש יכול להעביר יורדת גם היא ונעה בין 5,000-6,000 בשעה. ג. אומדן האטה – בניתוח המהירויות במקטעים אלו, אשר בוצעה בחודש 01/2019 ע"י מתת (חזות, 2019), על ימי חול בין השעות 14-20 בעזרת Google Maps (API) for work, נמצא כי המהירות הממוצעת שנמדדה לאורך המקטעים הללו עמדה על 18 קמ"ש².

² ראה נספח 2- לוח 1

לוח 2 – אומדן ההאטה

אורך המקטע	מהירות תקינה	מהירות ממוצעת במקטע	זמן נסיעה במהירות תקינה	זמן נסיעה במהירות הממוצעת	זמן הנסיעה העודף
5.1 ק"מ	90.0 קמ"ש	18.3 קמ"ש	3.4 דק'	16.7 דק'	13.3 דק'

לצורך חישוב מלוא אומדן ההאטה יש לחשב גם את זמן ההמתנה העודף של כלי הרכב בכניסה לכביש. מצאנו שזמן זה עומד על 0.6 דק'³. סה"כ אומדן ההאטה לכלי רכב עומד על 13.9 דקות המורכבים מ- 13.3 דק', זמן נסיעה עודף על הכביש, ומ- 0.6 דק' זמן המתנה עודף בכניסה לכביש.

ד. מקדם המילוי – מספר הנוסעים ברכב עומד על ממוצע של 1.2 נוסעים (טרכטנברג, 2018) בכל כלי רכב.

ה. היקף שעות האדם המבוזבזות – מחושב באמצעות המכפלה:

מספר השעות הפקוקות * מספר כלי הרכב בשעה * אומדן ההאטה לכלי רכב * מקדם המילוי לשם חישוב היקף השעות השנתי נכפיל ב-20 (מספר ימי עבודה ממוצע בחודש) ונכפיל ב-12 כסך חודשי השנה.

לוח 3 - היקף השעות המבוזבזות

סך השעות הפקוקות ביום (14-20)	מספר כלי רכב לשעה בכביש	אומדן האטה לכל רכב (במונחי שעות- 13.9/60)	מקדם המילוי לכל רכב	היקף שעות אדם מבוזבזות ליום	היקף שעות אדם מבוזבזות לשנה
6	6,300	0.232	1.2	10,508	2,522,016

ה. תמחור כספי של היקף השעות המבוזבזות –

ע"פ נוהל פר"ת של משרד התחבורה⁴ ביחס לשנת 2018 ערך שעת עבודה עומד על 83.4 ₪ לשעה⁵.

³ ראה נספח 3

⁴ משרד התחבורה, נוהל פר"ת 2012

⁵ ראה נספח 4

לוח 4 – עלות השעות המבוזבות

היקף שעות מבוזבות לשנה – 2,522,016

ערך שעה – 83.4 ₪

מטרת הנסיעה	התפלגות מטרת הנסיעה	מקדם לערך שעת עבודה	עלות השעות המבוזבות
מהעבודה	80%	30%	50,450,408 ₪
אחרות	10%	20%	4,204,201 ₪
בעבודה	10%	100%	21,021,003 ₪
סה"כ עלות מבוזבות לשנה			75,675,612 ₪

2.2 מאפייני הנפגעים כתוצאה מ"הפקק" – הנהגים החוזרים הביתה בסוף יום העבודה ומתגוררים בישובים שנמצאים דרומית לת"א (ממשיכים על כביש 20): יפו, בת-ים, חולון, ראש"צ, יבנה ואשדוד וגם נהגים הנוסעים לכיוון ירושלים על כביש 1.

3. הגדרת הבעיה

3.1 הגדרת הבעיה: השילוב בין מספר כלי הרכב למבנה כביש 20 (5 נתיבים) המתפצל לשני כבישים: כביש 1 (3 נתיבים) וכביש 20 (2 נתיבים), בנקודה שבין מחלף לה -גווארדיה למחלף קיבוץ גלויות, יוצר צוואר בקבוק בכביש 20 לאחר הפיצול הגורם להאטת התנועה ולעומס כבד לכל משתמשי הדרך עד לפיצול.

3.2 מיפוי הבעיה: עד מחלף לה - גווארדיה קיימים 4 נתיבי נסיעה על הכביש. במחלף לה-גווארדיה, כ-700 מטר לפני נקודת הפיצול, מתווסף נתיב חמישי לכביש כמתואר לעיל. בכביש 1 - באזור מחלף קיבוץ גלויות נרשמת מהירות של 90 קמ"ש⁶, בעוד שבכביש 20 – עם העלייה לגשר חיל השריון, כ-700 מטר אחרי נקודת הפיצול, הכביש הופך מדו נתיבי לתלת נתיבי ורק אז התנועה משתחררת.

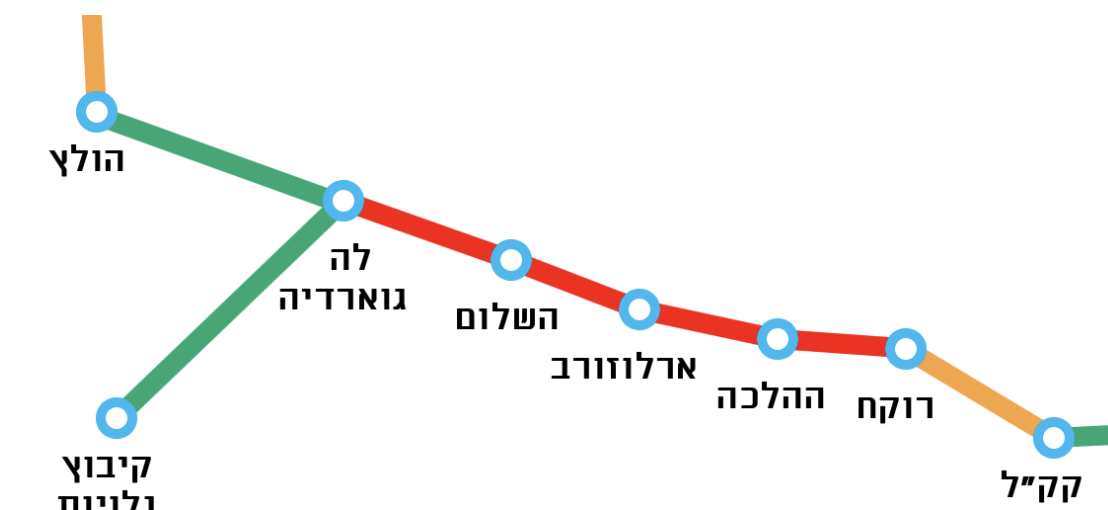
במידת התנועה לאורך זמן, בקטע כביש זה בשעות העומס, נמצא כי התנועה עמוסה, איטית ובלתי סדירה עד לנקודת הפיצול בין כביש 1 לכביש 20. מפת עומסי התנועה באתר נתיבי איילון מלמדת על תמונת עומסים החוזרת על עצמה מדי יום בשעות העומס, כפי שמודגמת בתרשים 2.

תרשים 2 - מצב התנועה בנתיבי איילון לכיוון דרום – יום א 3.3 17:07

צהוב – עמוס (קק"ל-רוקח)

אדום – פקוק (רוקח-לה גווארדיה)

ירוק –זורם (לה גווארדיה-הולץ)



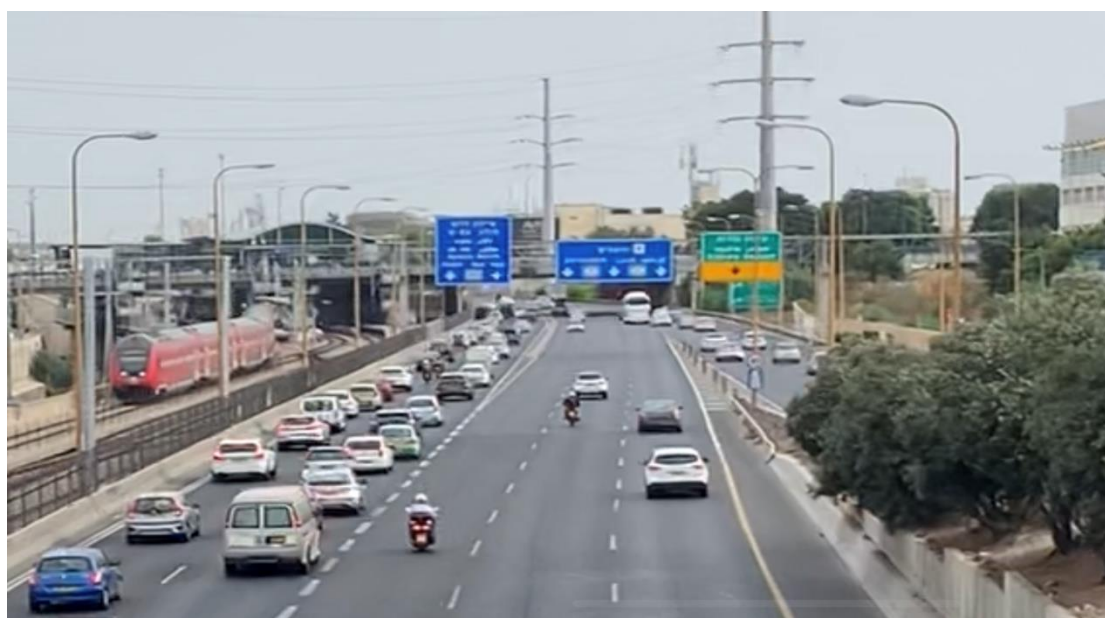
מקור: אתר האינטרנט של חברת נתיבי איילון

⁶ ראה נספח 2-לוח 1

הגדרת צוואר בקבוק – "הוא המשאב או גורם הייצור המאלץ (או מגביל), במערכת בעלת אילוץ פנימי. למשאב זה קיבולת (יכולת ייצור) קטנה מזו הנדרשת, כך שהוא אינו מסוגל לבצע את כל המשימות המוטלות עליו, ומגביל את ביצועיה הכוללים של המערכת. התפוקה הכוללת של מערכת זו תהיה שווה לתפוקת משאב צוואר הבקבוק".⁷ דהיינו, יכולת ההעברה של רכבים על הכביש (קיבולת) תהיה הקיבולת בנקודת צוואר הבקבוק.

3.3 תימוכין אמפירי – לצורך ההוכחה כי בנקודה זו נוצר צוואר בקבוק ביצענו 3 מדידות במועדים שונים בימי חול בשעות אחה"צ בין החודשים 02/2019-06/2019. צילמנו את התנועה בעומדנו על גשר לה-גווארדיה עם הפנים דרומה ובצענו ספירה של כלי הרכב הממשיכים על כביש 1 לעומת כלי הרכב הממשיכים על כביש 20.

תרשים 3 – צילום הממחיש את נקודת הצפית ממנה בוצעה ספירת כלי הרכב



לוח 5 ממצאי תצפית ספירת כלי הרכב

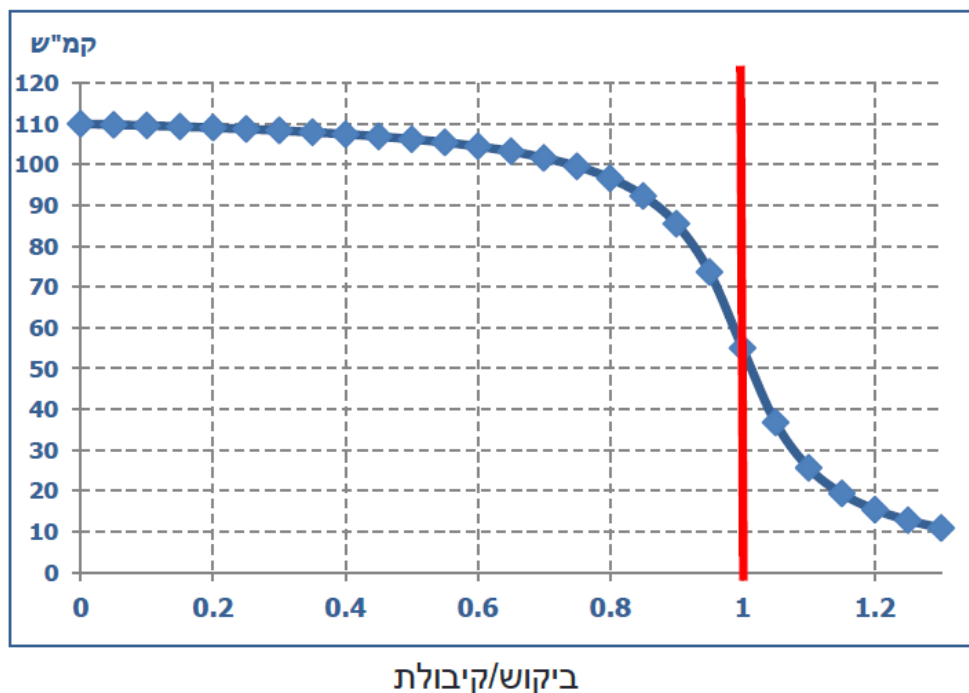
הנתונים מייצגים ממוצע של 2 דקות ספירת כלי רכב ב-3 מועדים שונים (סה"כ 6 דקות שנספרו)

כביש 20 (2 נתיבים)	כביש 1 (3 נתיבים)	
63	37	מספר כלי רכב ממוצע לדקה
3,780	2,200	מספר כלי רכב ממוצע לשעה
32	12	כלי רכב לדקה לנתיב

⁷ ויקיפדיה 2019

מספר כלי הרכב הממשיכים על כביש 1, ותופסים 3 מתוך 5 הנתיבים, עומד על כ-2,200 כלי רכב בשעה. מן האמור נלמד כי לא קיימת מגבלת היצע לממשיכים על כביש 1 ומספר כלי הרכב שעוברים מייצג גם את הביקוש לכביש. אנו מסיקים מכך כי הביקוש הנותר, כולו מיועד לכביש 20. לצורך אמידת היקף הביקוש הנותר נפעל עפ"י המתודולוגיה של פרופ' טרכטנברג (טרכטנברג, 2018), אותה ביצע על נתיבי איילון, לפיה ניתן לאמוד את היקף הביקוש לכביש באופן הבא:

תרשים 4 – יחס קיבולת לעומת ביקוש בתלות במהירות הנסיעה



הקיבולת, לממשיכים על כביש 20 לאחר נקודת הפיצול, היא בעצם אותם שני נתיבים הנוצרים באזור נקודת הפיצול.

קיבולת נתיב בכביש – קיבולת נתיב בכביש עומדת על כ-2,250 כלי רכב לשעה. נתון זה נמסר לנו בפגישה עם מהנדסי התנועה של נתיבי איילון, וניתן להסיקו מתוך תרשים 1.

הקיבולת של שני הנתיבים עומדת על כ-4,500 כלי רכב בשעה והיא בעצם הקיבולת האפקטיבית של הכביש כולו, בנטרול הקיבולת הנדרשת לממשיכי כביש 1 (כנתיב). ניתן לדמות את המצב לכביש בעל 3 נתיבים שהופך לכביש בעל 2 נתיבים (בנקודת הפיצול). כפי שראינו מהירות הנסיעה יורדת ל-18 קמ"ש.

בהתאם לתרשים 4 היחס בין הביקוש לקיבולת עומד על כ-1.2 מכאן שהביקוש לכביש עומד על $5,400 = 1.2 * 4,500$ כלי רכב בשעה. גם התצפיות שלנו הדגימו את התופעה של קריסת הקיבולת לפיה על 2 הנתיבים, בשעות העומס, עברו 3,780 כלי רכב לשעה בעוד שהקיבולת עומדת על 4,500 כלי רכב לשעה. נתונים אלו מוכיחים כי נוצר צוואר בקבוק בכביש. די במבט חטוף בתמונה שבתרשים 3 או בסרטונים שצילמנו המדגימים את התופעה הבולטת לעין.

ודוק, סך הביקושים לכביש 20 עומדים על: $2,200$ (כביש 1) + $5,400$ (כביש 20) = $7,600$ כאשר קיבולת של 4 נתיבים עומדת על כ-9,000 כלי רכב לשעה, קרי, נוצר מצב שאינו יעיל- סך הביקושים נמוך מקיבולת הכביש ולא גבוה ממנו כפי שמקובל לחשוב ביחס לאיילון דרום. העומס נוצר בשל צוואר הבקבוק המדובר ועודף הביקוש להמשך הנסיעה על כביש 20 ביחס להיצע הנתיבים לכביש 20 בנקודת הפיצול. תופעה דומה מתקיימת בכבישים נוספים בארץ.⁸ לפי מידע שהתקבל במהלך פגישה עם נתיבי איילון לעניין שיעור הביקושים בין כביש 1 לכביש 20, למדנו שבתחילת שנות ה-2000, עת פתיחת גשר חיל השריון, אז בעצם נוצר הפיצול לשני הכבישים, אומדן הביקושים היה 60% לכביש 1 ו 40% לכביש 20.

לוח 6 – סיכום ממצאי הביקושים לכבישים

ביקושים לכביש (כלי רב לשעה)	התפלגות ביקושים לכבישים	ביקושים לכבישים לפי נתיבי איילון בעת פתיחת גשר חיל השריון	
כביש 1	29%	60%	2,200
כביש 20	71%	40%	5,400
סה"כ	100%	100%	7,600

מאז פתיחת הכביש שיעור הביקושים לכביש 20 גדל עד מאוד, כפי שהצגנו בפרק הקודם. חרף האמור, לשיטת נציגי נתיבי איילון כפי שהוצגה בפגישה המשותפת, הבעיה לא טמונה בנקודות ספציפיות בכביש אלא בכביש כולו כמכלול ביחס למספר כלי הרכב שעושים בו שימוש. כלומר, נתיבי איילון מייחסים חשיבות מועטה לצוואר הבקבוק שנוצר בעקבות הפיצול בכביש ולא תופסים אותו, כמונו, כשורש הבעיה. דבר זה בא לידי ביטוי גם בתוכניות "הנתיבים המהירים" אליה נתייחס בהמשך.

⁸ ראה פירוט בנספח 5.

4. חלופות

החלופות לפתרון אותן נציג עומדת בהלימה לבעיה אותה הגדרנו ונוגעות במבנה התשתיות הקיים והיקף הביקושים לכביש.

4.1 חלופה 1 - מחשבים מסלול מחדש

אנו מציעים לשנות את הקצאת הנתיבים בין כביש 1 לכביש 20 עד נקודת הפיצול לאחר מחלף לה גווארדיה באופן הבא :

לכביש 1 - יוקצו 2 נתיבים במקום 3

לכביש 20 – יוקצו 3 נתיבים במקום 2 והם כולם יעלו על גשר חיל השריון

סה"כ מספר הנתיבים בכביש לא ישתנה אלא יעשה שינוי בהקצאת מספר הנתיבים לכל כיוון.

תרשים 5 - השינוי המוצע בחלופה 1 – מחשבים מסלול מחדש



תשתית הכביש הקיימת מאפשרת הקצאת נתיב נוסף לכביש 20 מכביש 1, כיוון שעל הגשר קיימים 3 נתיבים.

יחד עם זאת, עפ"י נתיבי איילון, לשם העלאת 3 נתיבים על הגשר, פעולה המתוכננת לביצוע במסגרת פרויקט "הנתיבים המהירים", יש צורך בחיזוק נקודת החיבור בין כביש 20 לגשר.

לא נמסר לנו מהחברה לוח הזמנים הנדרש לביצועה, אולם משיחות שבצענו עם מהנדסים אנו מעריכים אותו בכ-3 חודשי עבודה לכל היותר. חלופה זו מטפלת באופן ישיר בצוואר הבקבוק שנוצר עם הפיצול בכביש בכך שמרחיבה אותו מ-2 ל-3 נתיבים.

4.2 חלופה 2 - "מסירים מחיצות"

אנו מציעים להסיר את המחיצה הפיזית העשויה פלסטיק אחרי נקודת הפיצול, שאורכה כ-700 מטר, ובכך להרחיק את נקודת הפיצול ולקצר את אורך "צוואר הבקבוק".

תרשים 6 - השינוי המוצע בחלופה 2 – מסירים מחיצות



ניתן לבצע את הפעולה בקלות יחסית ובזמן קצר מאד (ימים). חלופה זו גם היא מנסה לטפל בבעיית צוואר הבקבוק שהוגדרה על ידינו.

4.3 חלופה 3 - חכמים על הפקקים

אנו מציעים לווסת את מספר כלי הרכב על כביש 20 באמצעות רמזורים "חכמים" בכניסות לכביש, ובכך להפחית את מספר כלי הרכב המצויים על הכביש בכל רגע נתון.

נמסר לנו מנתיבי איילון כי קיימת תוכנית לבחון רמזורים חכמים בכניסה לאיילון, ומתכוון פיילוט עתידי, לא נמסרו לנו פרטים בנושא. מדובר במערכות ניטור תנועה (שברובן קיימות כבר היום) ותוכנת ניתוח נתונים בזמן אמת שתהיה מחוברת למנגנון ההפעלה של הרמזורים. כמו כן יש צורך בתוספת רמזורים בכניסות לכביש.

5. הערכת החלופות

לצורך הערכת שלושת החלופות נגדיר תחילה את הקריטריונים שעל פיהם נשפוט את החלופות.

לוח 7 – קריטריונים שעל פיהם ישפטו החלופות, ומשקלם המוצע

קריטריון	חשיבות הקריטריון (משקל מוצע)
צמצום האטת כלי הרכב – צמצום "הפקק"	40%
עלות כספית ישירה	20%
גרימת האטה לכלי רכב אחרים	20%
ישימות פוליטית	10%
ישימות טכנית	5%
השפעות משניות	5%

פרוט מלא של הקריטריונים וההנמקה לבחירתם וחשיבותם מובא בנספח 2 לוח 2.

סך התועלת (צמצום האטה) יבחן למול סך העלות (הכספית וההאטה לכלי רכב אחרים) ולכן אלו הם הקריטריונים החשובים וכל אחד מהם קיבל 40% משקל בהחלטה בסך הכולל.

5.1 הערכת השפעת החלופות על צמצום האטת כלי הרכב

אנו מעריכים כי חלופה 1 – מחשבים מסלול מחדש, תביא לצמצום מלא של האטת התנועה כלומר, תשחרר באופן מלא את הפקק ותצמצם את זמן הנסיעה ב-13.9 דק' אותן אמדנו כזמן הנסיעה העודף. בהתבסס על תרשים 4, על מנת שמהירות הנסיעה על הכביש תעמוד על 90 קמ"ש יחס הביקוש/קיבולת צריך לעמוד על כ-0.85. הביקוש לכל נוסעי הכביש על פני 4 נתיבים (לפני נקודת הפיצול), כפי שחישבנו לעיל עומד על 7,600 כלי רכב בשעה וקיבולת הכביש על 9,000 כלי רכב לשעה. היחס ביניהם עומד על 0.84 כלומר מהירות הנסיעה תעמוד על 90 קמ"ש בקטע כביש זה. עם הגיענו לנקודת הפיצול יחס הביקוש/קיבולת לממשיכים על כביש 1 יעמוד על 2,200/4,500 (קיבולת של 2 נתיבים) כלומר 0.49 שמשמעותו נסיעה במהירות 110 קמ"ש. יחס הביקוש/קיבולת ביחס לממשיכים על כביש 20 יעמוד על 5,400/6,750 כלומר 0.8 שמשמעותו מהירות נסיעה בין 90-100 קמ"ש.

יישום החלופה מביא למצב שבנקודת הפיצול לא רק שלא תהיה האטה אלא אף הטבה לעומת המצב על הכביש שיהיה בפני עצמו מצוין. כלומר, החלופה משחררת את צוואר הבקבוק באופן מלא.

אנו מעריכים כי חלופה 2 - מורידים מחיצות, תביא לצמצום של כ-45 שניות בלבד ממוצע זמן הנסיעה.

אנו מעריכים כי חלופה 3 – חכמים על הפקקים, תביא לצמצום של 1.5 דקות ממוצע זמן הנסיעה, כך שזמן הנסיעה על הכביש יתקצר ב-9.6 דק' בניכוי זמן ההמתנה בכניסה לכביש שיתארך ב-8.2 דק'.

5.2 הערכת עלות יישום החלופות

אנו מעריכים את עלות יישום חלופה 1 בכ-5 מיליון ₪. עיקר העלות נוגעת לחיזוק נקודת החיבור בין כביש 20 לגשר חיל השריון. לא נמסרה לנו עלות מחברת נתיבי איילון, אולם משיחות עם מהנדס בתחום אנו משערים שזו העלות.

לגבי חלופה 2 עלותה מזערית ועומדת על כ-250 אלף ₪, כל שנדרש הוא להסיר את המחיצה ולצבוע מחדש את קו ההפרדה בין הנתיבים.

בנוגע לחלופה 3 מתוך הערכה שלנו וסקירת פרויקטים דומים בעולם עלות הקמת המערכת עומדת על כ-50 מיליון ₪ ועוד כ-1 מיליון ש"ח מדי שנה לתחזוקת המערכת.

5.3 הערכת האטה שתיגרם לכלי רכב אחרים

בנוגע לחלופה 1 – החשש העיקרי נובע מצוואר בקבוק חדש שיכול להיגרם לממשיכים לנסוע על כביש 1 שקיבולת תרד ל-2 נתיבים במקום 3 בשעות הבוקר.

מבדיקה שערכנו בתחילת חודש 07/2019 ע"י צילום הכביש וספירת מכוניות בשעה 8:30 ביום חול מצאנו כי הביקוש לכביש 1 עומד על 3,600 כלי רכב ביחס לקיבולת מתוכננת של 4,500 כלי רכב בשעה, יחס של 0.8 שמשמעותו מהירות נסיעה בין 90-100 קמ"ש ולממשיכי הנסיעה על כביש 20 הביקוש עומד על 2,760 כלי רכב ביחס לקיבולת מתוכננת של 6,750 כלומר מהירות נסיעה של 110 קמ"ש. המסקנה היא ברורה, לא תגרם האטה.

יישום חלופה 2 - לא תביא לפגיעה כלשהי בזמני הנסיעה של כלי רכב אחרים.

באשר לחלופה 3 - בהכרח תגרם פגיעה בכלי רכב הנמצאים בעיר, ושאינם מעוניינים לעלות על נתיבי איילון דרום. אין ביכולתנו להעריך פגיעה זו במדויק אך יש לקחת אותה בחשבון.

⁹ ראה נספח 6 – פירוט ההסבר לצמצום האטה בחלופות 2 ו-3.

5.4 הערכת הישימות הפוליטית

כל שלושת החלופות הינן בתחום סמכותו של מנכ"ל נתיבי איילון. חלופה 1 מאופיינת בכך שהיא מציגה פתרון משמעותי לבעיה גדולה וארוכת שנים בעלות זניחה ביחס לתועלת.

יחד עם זאת, קיים קושי ביישום החלופה ביחד עם תוכנית "הנתיבים המהירים", כפי שהיא מתוכננת כיום, ונדרשות התאמות בתוכנית, שידנו בהמשך.

משבר הפקקים בישראל בכלל ובנתיבי איילון בפרט, בשילוב הפעלת לחץ של ראשי רשויות סמוכות יכול לקדם את הסיכוי ליישום החלופה.

לגבי חלופה 2 אנו מזהים קושי הנובע מניסיון עבר. המחיצה הגמישה, הקיימת כיום, לא היתה בתחילה אך בגלל שנהגים ניסו להשתלב סמוך לנקודת הפיצול הדבר גרם לתאונות פח, וייתכן וניסיון העבר יעורר התנגדות ביישום חלופה זו.

אנו מעריכים כי דווקא יישום חלופה 3 הינו בעל ישימות פוליטית גבוהה יחסית וזאת משם שבימים אלו מתכננת החברה פיילוט לבחינת רמזורים חכמים בשנת 2020, כך שבמובן זה החלופה כבר נמצאת על סדר יומה של חברת נתיבי איילון. יחד עם זאת, ראש העיר ת"א עשוי להתנגד עקב ההשפעות החיצוניות שיש ליישום החלופה.

5.5 הערכת הישימות הטכנית

אנו מעריכים כי חלופה 1 וחלופה 2 הינן בעלות ישימות טכנית גבוהה. לגבי חלופה 3 יישומה מורכב יותר מבחינה טכנית, טרם נוסתה בארץ.

5.6 הערכת השפעות משניות

לחלופה 1 אין השפעות משניות שליליות. לחלופה 2 קיימות השפעות משניות של הגדלת הסיכוי לתאונות פח, כפי שהיה טרם ביצוע ההפרדה, כך לטענת נתיבי איילון. לחברה אין נתונים מספריים לגבי היקף התאונות כיוון שמדובר בתאונות פח בלבד.

לחלופה 3 קיימות השפעות משניות של הגדלת זיהום האוויר והרעש בתוך הערים הצמודות (רמת גן ות"א) שם ישהו המכוניות בהמתנה לכניסה לכביש. קשה לנו לאמוד השפעות אלו, אך יש להתחשב בהן ביישום חלופה זו.

5.7 ניסיון קודם ביישום חלופות דומות

חלופה 1- היצרות כבישים מביאה לתופעת צוואר בקבוק. כיום, משרד התחבורה למד כי ניתן לפתור את התופעה באמצעות הכשרת שוליים לטובת נתיב נסיעה שלישי. ניסיונו של משרד התחבורה מלמד כי הכשרת נתיבים קיימים כנתיבי נסיעה מביאה לצמצום משמעותי של עומסי התנועה בכל קטעי הדרך שהוכשרו.

חלופה 3- הטמעת רמזורים חכמים הופכת לנפוצה יותר בקרב ערים בעולם בהן וינה, ניו-יורק, טורונטו, פיטסבורג, סיאטל. בערים אלה נרשמה ירידה של עד 40% בזמני הנסיעה.

5.8 ניתוח רגישות

לצורך בחינת עמידות חלופה מס' 1, שקיבלה את הניקוד הגבוה ביותר בצורה משמעותית ביחס לשאר החלופות כמפורט בנספח 2¹⁰, בצענו ניתוח רגישות במסגרתו: הקטנו את אפקט צמצום האטה; העלנו את העלות הכספית הישירה; והקטנו את הישימות הפוליטית. גם לאחר שינויים אלו חלופה 1 קיבלה את הניקוד הגבוה ביותר¹¹.

¹⁰ ראה נספח 2, לוחות 2 ו-3.

¹¹ ראה נספח 2, לוח 4- תוצאות ניתוח הרגישות.

6. המלצת המדיניות

לאחר בחינת כל החלופות אנו ממליצים על חלופה מס' 1 – מחשבים מסלול מחדש. חלופה זו מביאה לפתרון מלא של האטת כלי הרכב – הפקק, על ידי ביטול צוואר הבקבוק אשר נמצא כגורם להאטה כולה. פתרון זה עושה שימוש בתשתית הקיימת ולא מצריך סלילת נתיבים חדשים או השקעת משאבים משמעותית וניתן ליישום בטווח זמן קצר. בנוסף יישום החלופה לא גורם להאטה אצל משתמשי הדרך האחרים.

יצוין כי קיימת תוכנית מאושרת המתעתדת לצאת לפועל בשנים הקרובות – תוכנית "הנתיבים המהירים" (להלן: "הפרויקט"). במסגרת הפרויקט מתוכננת הוספת נתיב נסיעה ייעודי בעבור תחבורה ציבורית, שאטלים, תחבורה שיתופית וכביש אגרה במידה ויתאפשר. מתוכננת סלילת נתיב מהיר לכל אורך נתיבי איילון בשני הכיוונים מנתניה בצפון עד ראשלי"צ בדרום, והקמת כ-24 אלף אלפי מקומות חנייה בחניונים ייעודיים. עפ"י הפרסום באתר החברה הנתיבים יתווספו לנתיבי הנסיעה כיום ולא יילקחו מתוך נתיבים קיימים. בפועל, ומתוך עיון בתוכנית המפורטת של הפרויקט אשר הועברה אלינו ע"י החברה, עולה כי בקטע הכביש ממחלף לה- גווארדיה עד גשר חיל השריון ועל גשר חיל השריון הנתיב המהיר יילקח מתוך הנתיבים הקיימים. כך שבעצם ייגרע נתיב נסיעה פתוח לעומת המצב כיום בחלק זה של הכביש.

תרשים 7 – הדגמת הנתיב המהיר



לפי הפרויקט לאחר מחלף לה גווארדיה הקצאת הנתיבים מתוכננת באופן הבא:

כביש 1 – 2 נתיבים במקום 3 כיום.

כביש 20 – 2 נתיבים ללא כל שינוי.

נתיב מהיר - נתיב אחד.

לגשר חיל השריון מתוכננת העלאת 3 נתיבים במקום 2 כיום: 2 נתיבים רגילים מימין והנתיב המהיר משמאל, קרי, הנתיב השלישי שקיים על הגשר כיום יגרע משימוש כלל הנהגים. לדברי נציגי החברה, לא ניתן, בשל אילוצי תשתית, להוסיף נתיב נסיעה נוסף על הגשר.

אנו מוצאים כי התוכנית הקיימת מתאימה לחלופה המוצעת באופן בו מתווסף נתיב עלייה נוסף לגשר ותכנון הקצאת הנתיבים לכביש 1.

יחד עם זאת הפיכת הנתיב החמישי על הכביש באזור צוואר הבקבוק לנתיב מהיר שממשיך גם על הגשר על חשבון הנתיבים הקיימים עומד בסתירה לחלופה המוצעת.

אנו סבורים כי לאור עודף הביקוש הרב שמצאנו ביחס לממשיכים לנסוע בכביש 20, הנתיב המהיר לא יסיט את הביקוש מכביש 20 כיום לנתיב המהיר בצורה משמעותית כיוון שהקיבולת שלו מוגבלת (1,000-1,500 כלי רכב בשעה) בגלל המחויבות למהירות מרבית על הנתיב כפי שנמסר ע"י החברה. בנוסף, על הנתיב המהיר ייסעו רכבים הממשיכים לנסוע גם על כביש 1 וגם על כביש 20 עד לעלייה לגשר חיל השריון (שם מתפצל הנתיב המהיר) ואנו גם מעריכים כי צפוי גידול בביקוש לכביש עם פתיחת הנתיב המהיר.

יש לזכור כי גריעת נתיבים במסגרת הפרויקט עשויה לעורר התנגדות עזה לפרויקט כולו.

יחד עם זאת, ה"התנגשות" בין החלופה המומלצת לתוכנית הקיימת יוצרת חלון הזדמנויות לבחון את הסוגייה ולשקול את הבאות:

1. בשלב ראשון עד להקמת הנתיב המהיר בכביש החלופה המוצעת תיושם במלואה.
 2. יישום החלופה המוצעת לצד הפרויקט. דהיינו, מוצע להוסיף נתיב לצורך הנתיב המהיר ממחלף לה - גוארדיה עד לגשר חיל השריון ונתיב נוסף על גשר חיל השריון לשימוש הנתיב המהיר.
 3. במידה והמלצה 2 לעיל לא ניתנת ליישום, אנו ממליצים ליישם את החלופה המוצעת על חשבון הנתיב המהיר ממחלף לה גוארדיה עד גשר חיל השריון ועל גשר חיל השריון עד סופו.
- כלומר, אנו מציעים לסיים את הנתיב המהיר במחלף לה גוארדיה ולחדשו לאחר הירידה מגשר חיל השריון. דרך זו תביא לצמצום הפקק לנוסעי כביש 20 שאינם משתמשים בנתיב המהיר ולא תפגע, או תיפגע באופן מינורי, בכלי הרכב שעל הנתיב המהיר. מתווה זה יביא לשימוש אופטימלי בהיצע הנתיבים הקיימים. במידה ויתברר כי הביקוש גדול משמעותית מההיצע ונגרמת האטה רבה עד כדי פקק, ניתן יהיה להשלים את הקצאת הנתיב המהיר בקטע הדרך כפי שתואר לעיל בהתאם לתוכנית הפרויקט הקיימת.

מקורות

1. אסף חזות, קריסת יכולת העברת התנועה בתנאי "פקק" - תיאור התופעה ודרכי ההתמודדות, הכנס השנתי ה-39 של האגודה הישראלית למחקר תחבורה, אפריל 2019.
2. פרופ' מנואל טרכטנברג ושותפים, להתיר "הפקק את הגורדי": מתווה תחבורתי לטווח הקצר, מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית, בדגש על עמ' 7 ועמ' 9, ספטמבר 2018.
3. משרד התחבורה, נוהל פר"ת 2012, הנחיות לבדיקת כדאיות פרויקטים תחבורתיים, דצמבר 2012.
- 4.

אתרי אינטרנט

5. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, מחולל ספירות תנועה, <https://www.cbs.gov.il/he/Statistics/Pages>
6. <https://www.ayalonhw.co.il/>
7. ויקיפדיה, <https://he.wikipedia.org/wiki/>, (ינואר 2019)
8. משרד התחבורה, הודעת דוברות, חולץ הפקקים של השר כץ: https://www.gov.il/he/Departments/news/dover_12_08_2018 (אוגוסט 2018)

עיתונות

9. TheMarker, אבי בר אלי, גבר על 55 מתמודדים: איתמר בן מאיר ימונה למנכ"ל נתיבי איילון, 10.07.2017, 15:45.
10. מגזין G, רנן נצר, האיש שאחראי על הפקק של המדינה: נטשו את הפרייבט, 23.03.2018, 16:24.

תיאור הלקוח

שם הלקוח: רוי"ח איתמר בן מאיר

תפקיד: מנכ"ל נתיבי איילון

משאבי הלקוח: רוי"ח איתמר בן מאיר מונה למנכ"ל נתיבי איילון ביולי 2017 בהכרעת "פה אחד" בוועדת איתור שמונתה. עם כניסתו לתפקיד חברת נתיבי איילון עברה לבעלות מלאה של המדינה ומאז השתנה דירוג החברה מ-6 ל-8 בדירוג החברות הממשלתיות.

יעוד החברה הורחב וכיום היא החברה אחראית על ביצוע תכניות אב ופרויקטים תחבורתיים במרחב העירוני בכל הארץ. פרויקט הדגל של החברה כיום הוא סלילת הנתיבים המהירים בכניסה לגוש דן. החברה מופקדת על הקמת תכניות אב לתחבורה בתכנון לטווח הארוך. על פניו משרד התחבורה סומך ידיו על מנכ"ל החברה, תימוכין לכך מצויים בפרויקטים הנרחבים שהוטלו עליה לבצע בהנהגתו. החברה מובילה בחדשנות ופועלת למען חיזוק התחבורה הציבורית, תחבורה חכמה ותחבורה שיתופית. בין היתר הקימה אתר ניסויים להטמעת טכנולוגיות תחבורה חדשניות. ניכר כי קיימת תנופת עשייה בפעילות החברה, מספר העובדים בה התרחב כמו גם מגוון הפרויקטים. לחברה פרופיל תקשורתי חיובי גבוה בהיותה אחראית על האזורים העירוניים והמטרופוליניים בארץ בדגש על פתרונות תחבורה ציבוריים

ערכיו של הלקוח: גישתו של רוי"ח בן מאיר פתוחה לשינויים וחידושים והוא, בהיותו רואה חשבון בעד שקיפות ולקידת אחריות והתבססות על נתונים ומספרים לצורך קבלת החלטות מושכלת. האינטרסים של הלקוח: בלב העשייה עומד הרצון להטיב עם משתמשי הדרך ולהקל על עומסי התנועה. אינטרס מרכזי בולט הוא פיתוח התחבורה הציבורית על חשבון הפרטית תוך מטרה לייצור חלופות מחד ולצמצם ביקושים לכלי רכב מנגד.

הערכה מסכמת: בסמכותו של רוי"ח בן מאיר ליישם כל אחת מהחלופות המוצעות בהיותן נקודתיות, מבוססות על תשתיות קיימות וברות שילוב עם תוכניות עתידיות המיטיבות עם כלל משתמשי הדרך.

- נספח 2 -

לוח 1 – טבלת מהירויות כפי שנאספה ע"י מת"ת 01/2019

ימי חול בלבד.

שעות יום											מחלק	אורך במטרים
21	20	19	18	17	16	15	14	13	12			
106	101	98	91	92	97	99	99	90	95	214	מחלק קק"ל	
105	102	101	91	92	99	96	97	91	95	202		
104	96	86	66	71	71	66	81	83	92	203		
103	96	89	66	66	69	62	80	83	93	206		
103	94	88	63	67	67	65	75	81	91	202		
102	93	88	64	66	65	66	74	81	93	207		
96	88	66	44	41	36	38	62	74	83	204		
98	89	62	41	37	34	31	56	73	80	203		
98	86	61	40	38	31	31	58	75	82	205		
96	81	51	34	29	20	21	52	67	76	201		
93	71	39	26	20	12	13	41	57	67	200	מחלק רוקח	
91	66	32	19	15	8	11	34	50	66	201		
86	56	22	12	9	8	9	25	42	60	202		
87	57	20	11	9	8	9	24	42	58	200		
87	53	20	11	9	8	9	24	42	58	203		
87	56	20	11	9	10	9	24	42	59	204		
83	49	18	9	8	8	9	23	43	56	203		
81	49	18	9	8	8	9	23	43	56	201	מחלק ההלכה	
82	49	18	9	8	8	9	23	42	56	204		
86	48	18	10	9	8	10	23	43	55	202		
76	46	19	11	10	10	11	25	46	53	202		
77	43	19	11	10	10	11	25	46	53	200		
77	44	19	11	10	10	11	25	46	53	227		
80	45	21	12	11	11	12	28	51	57	202		
82	46	22	14	12	12	14	33	60	62	204		
80	46	22	14	13	13	14	34	61	66	203		
83	47	24	16	15	14	16	36	70	75	203		
82	47	26	16	15	15	16	35	68	77	204	מחלק השלום	
85	47	26	16	15	15	17	34	69	78	201		
82	45	28	19	18	18	20	36	65	76	202		
79	44	28	20	19	19	21	36	64	74	203		
82	44	27	21	19	19	21	36	65	75	200		
82	44	28	22	21	20	23	37	65	77	201	מחלק יצחק שדה	
80	43	29	23	22	22	24	38	65	77	203		
83	44	32	26	25	25	27	40	64	77	205		
76	43	32	28	27	26	29	40	61	74	203	מחלק לה גוורדיה	
83	50	42	36	36	35	39	48	67	79	201		
83	62	55	53	55	53	56	60	71	81	205		
84	62	56	54	54	54	58	62	73	80	198		
87	67	64	62	63	64	65	69	76	82	204		
90	79	78	79	79	80	81	80	84	88	204		
91	86	81	83	83	83	87	89	92	92	205		
92	89	82	85	85	87	90	90	91	91	203	מחלק קיבוץ גלילות	

סיכום טבלת המהירויות

ממוצע מהירות 14-20	שעת הנסיעה						
	19:00	18:00	17:00	16:00	15:00	14:00	
18 קמ"ש	24 קמ"ש	15 קמ"ש	14 קמ"ש	13 קמ"ש	14 קמ"ש	30 קמ"ש	מהירות ממוצעת רוקח-לה גוורדיה

לוח 2 – קריטריונים שעל פיהם ישפטו החלופות, משקלם וחשיבותם

קריטריון	חשיבות הקריטריון (משקל מוצע)	הנמקה לבחירת הקריטריון וחשיבותו
צמצום האטת כלי הרכב – צמצום "הפקק"	40%	זהו הקריטריון החשוב ביותר לבחינת כל חלופה. וביסודו עומדת השאלה האם החלופה משיגה את מטרתה ומצמצמת את הפקק. ולכן מקבלת משקל גבוה בהחלטה איזו חלופה עדיפה.
עלות כספית ישירה	20%	זהו קריטריון מרכזי בבואנו להעריך האם התועלת ביישום החלופה גבוהה מהעלות הכרוכה ביישומה. באופן יחסי המשקל המוצע לעלות הוא נמוך כיוון שמראש כל החלופות שנבחרו עושות שימוש בעיקר בתשתיות קיימות.
גירמת האטה לכלי רכב אחרים	20%	משבחנו לבחון חלופות שעושות שינוי על גבי תשתית קיימת, חשוב לבחון האם השינוי שנעשה בייעוד התשתית יגרום להאטה לכלי רכב אחרים המשתמשים בכביש או בכבישים אחרים.
ישימות פוליטית	10%	כל חלופה, טובה ככל שתהיה, נדרש להחליט ולגרום ליישומה ע"י מקבלי ההחלטות. בכל החלטת מדיניות ישימות פוליטית הנה נקודה חשובה. ניתן לה משקל משמעותי של 10%.
ישימות טכנית	5%	לאחר שנבחרת חלופה טובה ויעילה וגם כאשר יש נוכחות לקדם את יישומה, חשוב לבחון כי ניתן ליישמה בשטח מבחינה טכנולוגית, תשתיתית וכדו'.
השפעות משניות	5%	מדובר בסל של השפעות חיצוניות שלא נכללות בעלות הכספית שאנו אומדים ובגרימת האטה לכלי רכב אחרים. כגון: זיהום אויר, העלאת הסתברות לתאונות דרכים ועוד.

לוח 3 – מטריצת חלופות/קריטריונים במונחים טבעיים

קריטריון	משקל	חלופה 1 מחשבים מסלול מחדש	חלופה 2 מסירים מחיצות	חלופה 3 חכמים על הפקקים
צמצום האטת כלי רכב	40%	צמצום מלא של ההאטה – 13.9 דק'	צמצום של 45 שניות מההאטה	צמצום של 1.5 דק' מההאטה
עלות כספית ישירה	20%	5 מיליון ₪	250 אלפי ₪	50 מיליון ₪ + 1 מיליון ₪ לשנה
גרימת האטה לכלי רכב אחרים	20%	לא תיגרם האטה	לא תיגרם האטה	תיגרם האטה לכלי רכב אחרים
ישימות פוליטית	10%	בינונית	בינונית	גבוהה
ישימות טכנית	5%	גבוהה	גבוהה	בינונית
השפעות משניות	5%	אין	העלאת הסתברות לתאונות דרכים	הגברת זיהום אוויר ורעש

לוח 4 - מטריצת חלופות/קריטריונים במונחים בני השוואה
מקראה: 1-נמוך, 5-גבוה

קריטריון	משקל	חלופה 1 מחשבים מסלול מחדש	חלופה 2 מסירים מחיצות	חלופה 3 חכמים על הפקקים
צמצום האטת כלי רכב	40%	5	1	1.5
עלות כספית ישירה	20%	4.5	5	2
גרימת האטה לכלי רכב אחרים	20%	5	5	3.5
ישימות פוליטית	10%	3.2	3	4.6
ישימות טכנית	5%	5	5	3
השפעות משניות	5%	5	3	3
סה"כ		4.9	3.4	2.6

לוח 5 – ניתוח רגישות
מקראה: 1-נמוך, 5-גבוה

קריטריון	משקל	חלופה 1 מחשבים מסלול מחדש	חלופה 2 מסירים מחיצות	חלופה 3 חכמים על הפקקים
צמצום האטת כלי רכב	40%	3	1	1.5
עלות כספית ישירה	20%	4	5	2
גרימת האטה לכלי רכב אחרים	20%	5	5	3.5
ישימות פוליטית	10%	2	3	4
ישימות טכנית	5%	5	5	3
השפעות משניות	5%	5	3	3
סה"כ		3.9	3.4	2.5

לוח 6 – ניתוח ישימות פוליטית
מקראה : 1-מתנגד, 5-תומך

בעלי עניין	משקל	חלופה 1 מחשבים מסלול מחדש	חלופה 2 מסירים מחיצות	חלופה 3 חכמים על הפקקים
נתיבי איילון	40%	2.5	2	5
משרד התחבורה	20%	3	3	5
ציבור הנהגים	20%	4	5	4
ראשי ערים סמוכות	10%	5	3	3
עמותות ומכוני מחקר	5%	3	2	4
סה"כ		3.2	3.0	4.6

חישוב זמן הנסיעה העודף בכניסה לכביש

לצורך חישוב זמן זה נשתמש בזמן הנסיעה העודף שנוצר בין מחלף קק"ל למחלף רוקח בקילומטר שלפני מחלף רוקח, שם מתחילה ההאטה. נניח שזמן זה מייצג את זמן ההאטה בכניסה לכביש בכל הכניסות (אע"פ שמי שנכנס ל"פקק" בנקודה זו יש לו עדיפות מסוימת בכניסה לפקק כיוון שהוא כבר נמצא על נתיבי אילון).

בהתאם לטבלת המהירויות (נספח 2 לוח 1) מהירות הנסיעה בממוצע במקטע זה בשעות אלו עומדת על 65 קמ"ש.

לוח 1 – אומדן זמן המתנה עודף בכניסה ל"פקק"

אורך המקטע	מהירות תקינה	מהירות ממוצעת במקטע	זמן נסיעה במהירות תקינה	זמן נסיעה במהירות הממוצעת	זמן הנסיעה העודף
1.02 ק"מ	90.0 קמ"ש	47.9 קמ"ש	0.7 דק'	1.3 דק'	0.6 דק'

חישוב ערך שעה וקביעת המקדם לחישוב ערך שעה עפ"י נוהל פר"ת

ע"פ נוהל פר"ת של משרד התחבורה, עלות שעת עבודה ממוצעת, כולל עלויות מעסיק, עמדה בשנת 2012 על 70.4 ₪ לשעה וזאת ע"פ השכר הממוצע במשק. ביחס לשנת 2018 השכר הממוצע במשק עלה בין התקופות ב- 18.4% וערך השעה לצורך החישוב עומד על 83.4 ₪ לשעה.

נוהל פר"ת מסווג את נסיעות כלי הרכב לשלושה סוגים:

1. נסיעות בעבודה – ערך שעת נסיעה בעבודה עומד על 100% מערך השעה כלומר 83.4 ₪ לשעה.
2. נסיעות מ/אל העבודה - ערך שעת נסיעה מ/אל העבודה עומד על 30% מערך השעה כלומר 25 ₪ לשעה.

3. נסיעות אחרות - ערך שעת נסיעה אחרת עומד על 20% מערך השעה כלומר 16.7 ₪ לשעה.
אנו מניחים שמטרת הנסיעה של מרבית הנוסעים בכלי הרכב בשעות אלו היא חזרה הביתה מהעבודה – 80%, 10% נוספים נוסעים בעבודה ו-10% הותרים נוסעים למטרות אחרות.

כבישים נוספים בארץ בהם מתקיימת תופעה דומה של צוואר בקבוק

כביש 1 מזרחה – בשעות הבוקר לנוסעים בכביש זה לכיוון צומת הגבעה הצרפתית מתחיל פקק תנועה לפני מנהרת הארזים, אשר משתחרר כמות עשרות מטרים ביציאה מהמנהרה (לממשיכים על כביש 1) זאת בשל כלי רכב רבים היורדים מהכביש לאחר המנהרה לכיוון הר חוצבים וכביש בגין כאשר עבור כלי רכב אלו יש נתיב אחד לירידה מהכביש והביקוש הוא גבוה הרבה יותר. הגבר גורם לפקק לכל כלי הרכב הנוסעים על כביש 1.

כביש 6 דרומה – לפני מנהרת בן שמן, מספר הנתיבים בכביש יורד מ-4 ל-3, בשעות הבוקר העמוסות נרשם פקק בגלל צוואר הבקבוק שנוצר בכביש.

הסבר לאופן החישוב של צמצום זמן הנסיעה בעבור חלופות 2 ו 3

חלופה 2 - מורידים מחיצות תביא לצמצום של כ-45 שניות בלבד ממוצע זמן הנסיעה. הערכה זו מבוססת על כך שלאורך צוואר הבקבוק מהירות הנסיעה עומדת על 35 קמ"ש (חישבנו זאת מתוך בחינה של עקומות הנפח של הכביש כפי שמופיעה בתרשים 1 ביודענו את הקיבולת המקסימלית ואת היקף התנועה על קטע זה של הכביש). קיצור צוואר הבקבוק יקצר את זמן הנסיעה בתוך צוואר הבקבוק וישפיע על זמן ההמתנה בפקק באותו הזמן שיתקצר זמן הנסיעה בתוך צוואר הבקבוק. קיצור זמן הנסיעה הינו ביחס למהירות נסיעה של 90 קמ"ש בקטע דרך זה שאורכו 700 מטר.

חלופה 3 – חכמים על הפקקים תביא לצמצום של 1.5 דקות ממוצע זמן הנסיעה. יישום החלופה יביא מחד לצמצום זמן הנסיעה על הכביש והגדלת המספר הממוצע של כלי הרכב שעוברים בו בשעה, ומנגד להארכת הזמן עד הכניסה לכביש. להלן תחשיב הזמנים:

לוח 1 – השפעת הצבת הרמזורים על זמן ההמתנה העודף בכניסה לכביש

זמן המתנה ממוצע לכלי רכב במצב החדש *	מספר כלי רכב שיוצאים מהכביש בדקה	מספר כלי רכב ממתנים ברמזור	מספר כלי רכב על הכביש	יחס ביקוש/קיבולת	ביקוש לכל כביש לאחר הצבת הרמזור	שיעור הקטנת הביקוש (ע"י רמזור חכם)	קיבולת אפקטיבית לכל כביש בצוואר הבקבוק	ביקוש לכל כביש	
8.2	32	264	1,936	0.29	1,936	12%	6,750	2,200	כביש 1
8.2	79	648	4,752	1.06	4,752	12%	4,500	5,400	כביש 20
8.2 דק'	111	912	6,688						סה"כ

* זמן ההמתנה חושב ביחס בין מספר כלי הרכב הממתנים להיכנס לבין מספר כלי הרכב היוצאים מהכביש בדקה.

זמן ההמתנה העודף לכל כלי רכב בכניסה לכביש יעמוד על 8.2 דק' בממוצע (חלק מכלי הרכב לא ימתינו כלל, אלה שמגיעים על נתיבי איילון מכיוון צפון, ואחרים ימתינו יותר מ-8.2 דק'). לפי יחס הביקוש/קיבולת שחושב עבור אלו הממשיכים על כביש 20 (1.06) ושימוש בתרשים 4 אנו מניחים כי מהירות הנסיעה לאחר הצבת הרמזורים תעלה לכ-40 קמ"ש.

לוח 2 – השפעת הצבת הרמזורים על קיצור זמן הנסיעה על הכביש

המקטע אורך	מהירות לאחר הצבת רמזורים חכמים	מהירות ממוצעת במקטע לפני הצבת רמזורים חכמים	זמן נסיעה עם רמזורים בכניסות לכביש	זמן נסיעה ללא רמזורים בכניסות לכביש	החיסכון עקב הצבת הרמזורים בדקות	חיסכון בזמן המתנה לכביש עקב הצבת הרמזורים	סה"כ חיסכון עקב הצבת הרמזורים
5.1	40.0	18.3	7.7 דק'	16.7 דק'	9.0 דק'	0.6 דק'	9.6 דק'

מכאן שסך החיסכון בזמן עומד על 9.6 דק' פחות 8.2 כלומר 1.5 דקות. בבואנו לחשב את הנתון ביצענו מבחני רגישות לגבי שיעור הרכבים האופטימלי מבחינת הביקוש, וזו התוצאה המיטבית. אחת הסיבות להשפעה היחסית המצומצמת של הרמזורים החכמים נובעת מכך שאין יכולת להבחין בין כלי רכב הממשיכים לנסוע על כביש 1 וכביש 20, כאשר הצורך ברמזורים נועד להפחית את הביקוש לממשיכים על כביש 20 בלבד ובפועל הרמזורים פועלים על כלי הרכב בשני הכבישים ומייצרים מצב של עודף כלי רכב הנעצרים ברמזורים.