



המרכז לחקר בטיחות בדרכים
Road Safety Research Center



המכון לחקר התחבורה
הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
Technion - Israel Institute of Technology
Transportation Research Institute

אפיון הצרכים והפתרונות לשילוב אמצעי תחבורה

חלופיים במרחב העירוני

דו"ח מסכם

צוות המחקר: פרופ' שלום הקרט, ד"ר ויקטוריה גיטלמן, אינג' רובי כרמל, גב' אנה קורצ'טוב, מר מייקל סעיד, גב' שרית חן, מר מוחמד גנאים, פרופ' שלמה בכור

המחקר הוזמן ע"י משרד התחבורה והבטיחות בדרכים -
יחידת המדען הראשי



משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים

ינואר 2018, חיפה

הבעת תודה

מחקר זה בוצע על-פי הזמנת משרד התחבורה והבטיחות בדרכים – יחידת המדען הראשי ד"ר שי סופר.
צוות המחקר מודה למר **זאב שדמי** – ראש תחום מחקר ופיתוח טכנולוגי, יחידת המדען הראשי, משרד התחבורה, על הליווי הצמוד של ביצוע המחקר, ההתעניינות בממצאיו וההערות המועילות.

תודה לכל הגופים שסייעו באיסוף הנתונים למחקר:

חברת שירן סקרים ומחקרים – על ביצוע ספירות תנועה ותצפיות התנהגות של כלי הרכב החלופיים בצמתים;

חברת טרפישרף ומר יובל שרף – על ביצוע צילומי וידאו של כלי הרכב החלופיים באתרים עירוניים;

חברת נתיבי איילון ומר לאוניד חיפיץ – על מסירת נתוני סקר הרגלי הנסיעה לצורכי הניתוחים במחקר.

תודה מיוחדת למשתתפי הסדנא שהתקיימה במשרדי חברת מת"ל, תל-אביב, ביום 26.12.17, ובה הוצגו ממצאי המחקר ונדונו פתרונות לשילוב אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני.

תקציר מנהלים

1. נושא ושיטת המחקר

אמצעי תחבורה חלופיים וביניהם: אופניים חשמליים, גלגיוע (קורקינט חשמלי), קלנועית, רכינוע (סגווי) - מיועדים לשיפור הניידות של המשתמש היחיד. הם מתאימים לנסיעות קצרות בשטח עירוני, ולהם מיוחסים יתרונות של שיפור הנגישות, הפחתת הצפיפות בדרכים ובמקומות החנייה, צמצום בצריכת האנרגיה ובפליטת גזי החממה, והטבות בריאותיות. עם זאת, המרחב העירוני אינו ערוך לקליטה של האמצעים החדשים. האמצעים החלופיים נוסעים בהסדרים שנבנו עבור משתמשי דרך אחרים ולא תמיד בהתאם לכללים שנקבעו בחוק; מצב זה גורם להיווצרות קונפליקטים בין המשתמשים השונים ולעליה בהפיגעות. לפי הערכות שונות, השימוש בכלי התחבורה החלופיים עולה בשנים האחרונות, הן בארץ והן בעולם. לכן, קיים צורך בבחינת המצב הקיים ובהתאמת פתרונות לשילוב אמצעי תחבורה אלה במרחב העירוני.

במחקר זה נאספו ונתחו נתונים אמפיריים במטרה להעריך את היקפי השימוש באמצעי התחבורה החלופיים, בערים בישראל, ולאפיין את התנהגויותיהם. כפועל יוצא מהבחינה ומאפיין המצב ניתן לזהות את הצרכים ולדון בפתרונות האפשריים לשילוב אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני. המחקר התמקד בסוגי אמצעים אלה: אופניים חשמליים, גלגיוע, קלנועית, רכינוע. בנוסף, במחקר נכללו קטנועים עם נפח מנוע קטן (בעיקר, בפן ההתנהגויות הקשורות לשימוש בהסדרים להולכי רגל בעיר) ורכב מנועי זעיר (בעיקר, בפן הניסיון הבינלאומי כי כלי תחבורה זה טרם נמצא בשימוש בישראל).

ברקע למחקר נערך סקר ספרות בינלאומית בו סוכם החוקים והתקנות, ממצאי המחקרים והידע ההנדסי, לגבי מאפייני המשתמשים באמצעים החלופיים, התנהגותם והסדרי תשתית הנדרשים לנסיעתם (ראה פרק 1.2 ונספח א'). איסוף הנתונים במחקר נערך במספר אופנים, כולל: ספירות תנועת כלי הרכב החלופיים (ואחרים) ב-50 צמתים עירוניים מייצגים; תיעוד מאפיינים של משתמשי סוגי הרכב החלופיים; מדידה של מהירויות הרכיבה של אופניים חשמליים ורגלים, בקטעי רחובות עירוניים; תצפיות שטח, באמצעות צילומי וידאו, במטרה לאפיין את דפוס ההתנהגויות של האמצעים החלופיים, בהסדרים השונים; אפיין מסלולי הרכיבה באופניים, בערים. בהמשך, נדונו פתרונות תשתית אפשריים לשילוב אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני.

2. ממצאים עיקריים – המצב בישראל

א. היקפי התנועה של אמצעי תחבורה חלופיים

בעקבות בחינת היקפי התנועה של האמצעים החלופיים ב-50 צמתים עירוניים מייצגים¹, נמצא כלהלן:

* במהלך שעות יום פעילות, המספרים השעתיים הממוצעים של האופניים החשמליים שעוברים בצומת היו 47-49 בצמתים מרומזרים ו-23 במעגלי תנועה. המספרים הממוצעים של יתר סוגי האמצעים היו נמוכים: 1-3 קלנועיות, 1-2 קורקינטים ופחות מרכינוע 1, בשעה, בכל סוגי האתרים. בצמתים מרומזרים על עורקי תנועה, נצפו בשעה עד

¹ הסקר כלל 10 מעגלי תנועה, 10 צמתים מרומזרים על עורקי תנועה ו-30 צמתים מרומזרים על רחוב מאסף, שנבחרו ב-9 ערים. בכל צומת הספירה נערכה במשך 6 שעות.

71 אופניים חשמליים בכביש ועד 81 אופניים חשמליים במדרכות; בצמתים מרומזרים על רחובות מאספים - עד 76 אופניים חשמליים בכביש ועד 87 אופניים חשמליים במדרכות. מספר הקלנועיות שעברו בצומת מרומזר על רחוב מאסף או במעגל תנועה היה עד 10 בשעה. כמו כן, היקפי התנועה של האופניים החשמליים היו דומים להיקפם של אופניים רגילים.

* בכל סוגי האתרים, מספרי האופניים החשמליים והאופניים הרגילים **בכביש** היו נמוכים לעומת מספר כלי הרכב שעברו בצומת בשעה: היחס הממוצע של 0.5%-0.6% עבור אופניים רגילים, 0.7%-1.3% עבור אופניים חשמליים. מאידך, נוכחותם של האופניים, מכל סוג, היתה משמעותית יותר **במדרכות** כאשר לעומת הולכי הרגל שעברו בצומת הם היוו כ-2% במעגלי תנועה, 6%-8% בצמתים על עורקי תנועה וכ-4% בצמתים ברחובות מאספים.

* לפי האומדנים הממוצעים, יותר אופניים חשמליים יבחרו לנסוע בכביש במעגל תנועה וברחוב המאסף, כאשר בעורק יותר רוכבים יעדיפו לנסוע במדרכה. כמו כן, יותר קלנועיות נצפו במעגלי תנועה מאשר בצמתים מרומזרים. העדפות אלה משקפות נטיה לבחירה "בטוחה יותר" בין תנאי תנועה שונים.

* בכל סוגי האתרים, נוכחותם של קטנועים במדרכות היתה זניחה לעומת הולכי הרגל: היחס הממוצע של 0.2%-0.3%. נוכחותם של קטנועים היתה משמעותית יותר בכביש: 5%-7%, בממוצע, לעומת מספר כלי הרכב העוברים בצומת.

בניתוח מתאמי הקורלציה בין נוכחות סוגי הרכב השונים בצומת ובמודלים ליבוי נוכחותם של סוגי הרכב החלופיים נמצא כי האופניים הרגילים, האופניים החשמליים, סך סוגי הרכב החלופיים והקטנועים מגיעים לאותם האתרים בעיר כמו כלי רכב מנועים והולכי הרגל. הקלנועיות מגיעות לאותם האתרים כמו הולכי הרגל, כאשר כמות הקלנועיות יורדת באתרים עם נפחי תנועה גבוהים יותר של כלי הרכב. סה"כ, סוגי התחבורה החלופיים מגיעים **לאותם מוקדי המשיכה בעיר כמו הולכי הרגל**. כמו כן, רוב סוגי התחבורה החלופיים (פרט לקלנועיות) עוברים יותר באתרים **עם נפחי תנועה גבוהים יותר של כלי הרכב**. באתרים עם נפחי תנועה גבוהים יותר של כלי הרכב, האופניים החשמליים נוטים לנסוע יותר במדרכות.

ב. מאפייני המשתמשים באמצעים החלופיים

על-פי הנתונים שנאספו ב-50 הצמתים המייצגים:

* בקרב המשתמשים באופניים החשמליים ובקורקינטים, ילדים עד גיל 18 היוו **כשליש** (31%-32%), כאשר רוב המשתמשים (52%-53%) היו **מבוגרים צעירים בני 19-34**; 15% היו בני 35-64, 1% בני הגיל שלישי (+65). ממצאים אלה דומים לממצאי המחקרים באירופה בהם דווח כי רוב המשתמשים באופניים החשמליים הם מבוגרים צעירים (פרט להולנד בה המעבר לשימוש באופניים החשמליים אופייני בעיקר לבני הגיל השלישי).

* משתמשי הרכינועים היו דומים מבחינת קבוצות הגיל למשתמשי האופניים החשמליים והקורקינטים. קבוצות הגיל של משתמשי הקלנועיות, כצפוי, היו שונות, כאשר הרוב היוו בני +65.

* בכל סוגי האמצעים נצפו בעיקר **גברים** (84%-78%). בתוך כלי התחבורה, המשתמש היה לרוב **לבד** ולא הסייע מישהו (96%-90%), פרט לקלנועיות בהן ב-10% מהמקרים היו שני נוסעים.

* רוב המשתמשים באופניים החשמליים, הקורקינטים והרכינעים (92%-88%) היו **בלי קסדות**. (אומנם, החוק בישראל מחייב שימוש בקסדה לרוכבי האופניים החשמליים עד גיל 18 ולרוכבי הקורקינטים, ולא מחייב קסדה לרוכבי הרכינעים. עם זאת, לפי הספרות המחקרית, אי-חבישת קסדה מהווה גורם סיכון לרוכבים).

באופן דומה, בניית צילומי הוידאו של התנהגויות סוגי הרכב החלופיים באזורי צמתים עמוסים בתל-אביב (מבוגרים בלבד, בעיקר רוכבי האופניים החשמליים) נמצא כי מרבית הרוכבים שנצפו (86%) היו בני 19-34, 12% - בני 35-64, ו-3% בני 65+. רוב משתמשי האמצעים (79%) היו גברים ונסעו לבד (98%); 99% היו ללא קסדה. מאפיינים דומים של רוכבי האופניים החשמליים נצפו גם במסגרת מדידת מהירויות הרכיבה בקטעי רחובות.

ג. מהירויות הרכיבה באופניים החשמליים לעומת הרגילים

מדידות המהירות של אופניים חשמליים ורגילים נערכו ב-6 קטעי רחובות במרכז הארץ. נמדדו מהירויות הרכיבה באמצע קטע רחוב (מאסף או עורק תנועה), בקרב רוכבים מבוגרים בלבד. נמצא כי מהירויות הרכיבה באופניים החשמליים היו גבוהות יותר מאשר באופניים הרגילים, עם פערים של 4-7 קמ"ש במהירות הממוצעת, באתרים השונים. עבור האופניים החשמליים נצפו מהירויות ממוצעות בגובה של 14 קמ"ש ו-19-20 קמ"ש. לא ניתן להצביע על נטייה למהירויות גבוהות יותר בחתך דרך דו-מסלולי לעומת החד-מסלולי, או ברחוב ללא מסחר לעומת עם מסחר.

לאחר פיקוח על יתר מאפייני הרכיבה, מהירות הרכיבה באופניים החשמליים היתה גבוהה יותר ב-4.7 קמ"ש, בממוצע, לעומת אופניים רגילים. מהירות הרכיבה היתה נמוכה יותר במדרכה/שביל אופניים לעומת כביש, ב-4.1 קמ"ש, בממוצע.

ד. התנהגויות רוכבי האמצעים, בהסדרים השונים

לגבי מיקום הרכיבה של האמצעים החלופיים בצמתים עירוניים נמצא כי:

* מחצית מרוכבי האופניים החשמליים והקורקינטים וקרוב למחצית מרוכבי הקלנועיות נכנסו לצומת **על הכביש** ולא על מדרכה. בזמן חצית הצומת, פחות ממחצית הרוכבים נסעו על הכביש, כאשר כמחציתם נסעו במדרכות ו-9%-6% נוספים חצו גם בכביש וגם במדרכות. כלומר, למשתמשי האמצעים החלופיים ישנה נטייה לנסוע בהסדרים לכלי רכב ולהולכי הרגל, לפי שיקולי הנוחות שלהם.

* העובדה שעד מחצית הקלנועיות הגיעו לצומת על הכביש ועברו את הצומת בכביש מהווה סיבה לדאגה מכיוון שכלי תחבורה זה נועד לנסיעה על מדרכה ולכן, משתמשיו מסכנים את עצמם בעת הנסיעה בכביש. בקרב רוכבי הרכינע, כשליש נכנסו לצומת על הכביש וקרוב חצו את הצומת על הכביש. גם אמצעי זה מיועד למדרכה ולכן, נסיעתו על כביש מהווה גורם סיכון.

במהלך איסוף הנתונים על מהירויות הרכיבה באופניים בקטעי הרחובות נמצא כי:

* מרבית הרוכבים, בשני סוגי האופניים, נצפו על הכביש, אם כי היה שוני בבחירת מיקום הרכיבה בכביש לעומת מדרכה באתרים השונים.

* באתרים עם שביל אופניים מוסדר נצפו אחוזים נמוכים יותר של הרוכבים (בשני סוגי האופניים) על הכביש, כאשר בין 40% עד 60% רכבו על השביל; עדיין, אחוז מסוים מהרוכבים (20%-40%) נצפה על מדרכות.

בניתוח צילומי הוידאו של התנהגויות סוגי הרכב החלופיים (בעיקר האופניים החשמליים) באזורי צמתים עמוסים בתל-אביב² נמצא כלהלן:

* בנסיעה בקטע רחוב, כאשר קיים שביל אופניים מוסדר, חלק ניכר מרוכבי האופניים החשמליים (75%) בוחרים לנסוע בשביל ובכך מורידים את רמת הסיכון באינטראקציה עם משתמשי דרך אחרים. רוכבי האופניים החשמליים לרוב מהירים יותר מהולכי הרגל אך נוסעים במהירות דומה ליתר רוכבי האופניים. בעת הנסיעה במדרכה או בשביל לאופניים, הם לרוב שומרים על מיקומם בשביל או במדרכה ולא יורדים לכביש תוך כדי הנסיעה. בנסיעה בשביל או במדרכה, ב-6%-5% מהמקרים נצפה קונפליקט באינטראקציה עם הולכי הרגל; ככלל, לא נצפו קונפליקטים באינטראקציה עם רוכבי אופניים אחרים. ניכר כי נסיעת האופניים החשמליים בשבילי אופניים מוסדרים הינה הפתרון הרצוי לשילובם ברחוב העירוני.

* בעת הנסיעה בקטע רחוב בכביש, רוב רוכבי האופניים החשמליים בחרו בנתיב הימני (כנדרש לפי החוק). עם זאת, הרכיבה בכביש הייתה מזוהה עם סיכון מוגבר כי בחלק ניכר מהמקרים הרוכב היה בתנועה רבה של כלי הרכב ומהירות רכיבתו הייתה איטית יותר לעומת כלי הרכב. בנוסף, בנסיעה בכביש, הרוכבים נוטים יותר לשנות את מיקומם, כאשר חלקם עלו למדרכה תוך כדי הנסיעה. ב-6%-5% מהמקרים נצפה קונפליקט בין הרוכב וכלי רכב ממונע בזמן הנסיעה בקטע, כאשר השלכותיו של הקונפליקט עשויות להיות חמורות. מכאן, נסיעת סוגי הרכב החלופיים בכביש כרוכה בסיכון גבוה יותר לעומת הנסיעה במדרכה או בשביל, מבחינת הן תנאי התנועה והן התנהגויות הרוכבים עצמם.

* בעת חצית צומת, יותר רוכבי האופניים החשמליים בוחרים לנסוע במעברי החציה מאשר בכביש ביחד עם כלי הרכב. בעת השימוש במעברים, 19% מהרוכבים חצו באדום. כמו כן, 16% השתמשו בשטח המעבר לירידה והמשך הנסיעה בכביש. ב-30% ממצבי האינטראקציה עם הולכי הרגל במעבר, הרוכב עקף את הולכי הרגל החוצים ונסע יותר מהר מהם. עם זאת, אירועי הקונפליקטים, בשטח המעבר, לא היו נפוצים והיוו 2%-3% בלבד.

* בעת חצית הצומת בכביש, ביחד עם כלי הרכב, ב-20% מהמקרים הרוכבים עברו באדום. בנוסף, ב-10% מהמקרים הרוכב נסע נגד כיוון התנועה בצומת, וב-13% מהמקרים הרוכב עלה למדרכה תוך כדי חציית הצומת. בעת החציה בכביש, ב-5% מהמקרים נצפה קונפליקט בין הרוכב וכלי הרכב בשטח הצומת.

סה"כ, רוכבים החוצים בכביש מבצעים יותר התנהגויות מסוכנות לעומת אלה החוצים במעבר. היווצרות קונפליקטים בין רוכבי סוגי הרכב החלופיים ומשתמשי דרך אחרים נוטה להיות גבוהה יותר בעת השימוש בהסדרים להולכי הרגל. עם זאת, הקונפליקטים עם כלי הרכב שנוצרים בעת הנסיעה בכביש, מתאפיינים

² 10 אזורים מוגדרים, כולל: ליד צמתים מרומזרים ברחובות ראשיים מופרדים, ליד צמתים ברחובות מאספים חד-מסלוליים וליד צמתים ברחובות עם שדרות מרכזיות רחבות; רוכבים מבוגרים בלבד.

בפוטנציאל לחומרה גבוהה יותר של ההשלכות. מכאן, הפתרון הרצוי בטיחותית למעבר סוגי הרכב החלופיים בצומת הינו הסדרת מעברי חציה ייעודיים לרוכבי האופניים.

בנוסף, בניתוח תצפיות התנהגות של קטנועים באזורי צמתים ברח' אבן גבירול, תל-אביב, נמצא כי שימוש בהסדרים להולכי הרגל ע"י הקטנועים לא היה נפוץ ונצפה ב-1.2% מהמקרים בלבד. ההתנהגויות הנפוצות יותר של השימוש בהסדרים להולכי הרגל ע"י הקטנועים קשורות לחניה על מדרכה, כאשר הקטנוע נוסע על המדרכה לצורך עליה לחניה או ירידה מהחניה. מכאן, מציאת פתרון חניה לקטנועים תמנע את הצורך ברוב הנסיעות של רוכבי קטנוע על המדרכה.

ה. מסלולי הרכיבה באופניים בעיר

בסקר הרגלי נסיעה 2014 נאספו מסלולי הרכיבה באופניים³ ב-13 ערים, כאשר 53% מהנסיעות באופניים בוצעו בערים תל-אביב והרצליה. 73% מהרוכבים היו גברים, הגיל הממוצע של הרוכב היה 29 שנים, 27% מהרוכבים היו מעל גיל 40. סה"כ, אוכלוסיית הרוכבים היתה צעירה יותר לעומת משתמשי הרכב הפרטי, עם אחוז נשים נמוך יותר.

בניתוח מסלולי הרכיבה באופניים נמצא כלהלן:

* האורך הממוצע של מסלולי הרכיבה היה **1.8 ק"מ** בכל המדגם. האורך המרבי של מסלולי הרכיבה הגיע ל-14.9 ק"מ בהרצליה ול-20.3 ק"מ בתל-אביב. אורך רכיבה ממוצע היה **קצר יותר** בישראל בהשוואה עם דיווחי המחקרים ממדינות אירופה, ארה"ב וסין. סיבות אפשריות לכך נמצאות בהיעדר תשתית ייעודית לרכיבה באופניים, בהכללת בני הנוער במדגם הסקר בישראל ואולי, בטופוגרפיה של מטרופולין תל-אביב אשר צפופה יותר ולכן, מייצרת מרחקי נסיעה קצרים יותר. מטרות הנסיעה באופניים היו דומות לרכב הפרטי, אם כי, עם אחוז גבוה יותר של נסיעות ללימודים.

* זמן נסיעה ממוצע באופניים, לכל המטרות יחד, היה **10.8 דקות**. זמן נסיעה ממוצע למטרת עבודה היה כ-13 דקות.

* המהירות הממוצעת בנסיעות האופניים במדגם היתה **11 קמ"ש**. נמצא **קשר ישיר** בין מרחק ומהירות הרכיבה, בדומה לממצאים מחו"ל. כמו כן, לפי התוצאות של מודל רגרסיה, מהירות הנסיעה באופניים גדלה בקטעים ארוכים יותר, אצל גברים רוכבים לעומת נשים רוכבות, אצל בני 16-50 לעומת קבוצות הגיל האחרות, בנסיעה במסלולים או בנתיבים המיועדים לאופניים ובנסיעות לעבודה/לימודים (יוממים) לעומת שאר המטרות. מאידך, מהירות הנסיעה היתה נמוכה יותר בקטעים עם תנועה עמוסה אשר מסוכנים לרכיבה באופניים.

* המודלים לבחירת מסלול הרכיבה הראו כי בחירת מסלול הרכיבה המועדף מתחשבת באורך המסלול (עם העדפה טבעית למסלול קצר יותר). עם זאת, הרוכב מוכן לנסוע במסלול ארוך יותר מאשר במסלול הקצר ביותר תמורת **שימוש בשבילי האופניים** או כדי להימנע מנסיעה בקטעים עם רמת מתח גבוהה. כמו כן, קיימת העדפה

³ אופניים מכל הסוגים, בעיקר הרגילים. סה"כ 454 נסיעות, ע"י 165 רוכבים.

למסלולי הרכיבה בקטעים עם צפיפות גבוהה יותר של בתים בצדי הדרך ובמסלולים עם קטעים ארוכים יותר ללא הפרעה לרכיבה.

ו. בחינת פתרונות תשתית לשילוב האמצעים החלופיים ברחובות

על-פי תקנות התעבורה בישראל, בהסדרי תשתית להולכי רגל מותרת נסיעה של קלנועית ורכינע שמהירותם מוגבלת ל-12-13 קמ"ש. באופן דומה, הסדרי תשתית לאופניים מותרים לשימוש על-ידי אופניים חשמליים תקינים בהם המנוע מפסיק את פעולתו במהירות של 25 קמ"ש ועל-ידי גלגינוע שמהירותו מוגבלת ל-25 קמ"ש. כאשר המהירות המירבית המותרת של אמצעי תחבורה חלופי עולה על 25 קמ"ש עליו להשתמש בתשתית המיועדת לכלי רכב מנועים, כמו בדוגמא של קטנוע או רכב מנועי זעיר.

לצורך שילוב נכון של אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני ושיפור הבטיחות, נדרש לקדם יישום של ההנחיות לתכנון רחובות בערים (2009) - לתנועת הולכי הרגל ולתנועת רוכבי האופניים. בתכנון רחובות חדשים, ניתן לשלב תנועת של סוגי הרכב החלופיים, ביחד עם תנועת הולכי הרגל, רוכבי האופניים וכלי הרכב, וזאת, על-ידי הסדרת רצועת שטח יעודית הנדרשת לתנועה של כל סוג משתמש ברחוב. עם זאת, להרחבת הרצועות הנדרשות לתנועת הולכי הרגל ורוכבי האופניים, אשר אמורות להכיל גם את סוגי הרכב החלופיים, דרוש שטח רחב יותר - תוספת רוחב זכות הדרך.

ברחובות הקיימים, ישנה מגבלה של רוחב זכות הדרך אשר מקשה על שילוב אמצעי התחבורה החלופיים. קידום השימוש בסוגי הרכב החלופיים אמור לתרום למטרת העל של יצירת חלופת ניידות לרכב הפרטי. עם זאת, הוא אינו יכול להתבצע על חשבון ההליכה ברגל או הרכיבה באופניים אשר אף הן תואמות את מטרת העל. לכן, לקידום השימוש בסוגי הרכב החלופיים ניתן לשקול מגבלות לתנועת הרכב המנועי, לדוגמא, ע"י הצרה של נתיבי התנועה, ויתור על נתיב תנועה אחד, ויתור על רצועת חנייה, וכד'.

הדוגמאות מראות שהרחוב המקומי, ככלל, יאפשר שילוב של סוגי הרכב החלופיים, במצב הקיים או בתוספת מרכיבי מיתון תנועה. זאת במיוחד אם יורחב השימוש באיזורי מיתון תנועה עם הגבלת מהירות נסיעה של 30 קמ"ש. במקרים כאלה גם לא יהיה צורך לדאוג לתשתית נפרדת לכל סוגי הרכב. לעומת זאת, עבור הרחובות המאספים (המשרתים היום בעיקר את תנועת הרכב המנועי) יידרשו שינויים בחתך הרחוב, באמצעות הצרת המיסעה, צמצום מספר נתיבי הנסיעה וכד', למען הרחבת מדרכות והוספת שבילי האופניים.

3. מסקנות המחקר

- השימוש באמצעי התחבורה החלופיים ובעיקר, באופניים החשמליים, עולה בישראל, כאשר כבר היום היקפי התנועה של סוגי הרכב החלופיים בעיר אינם זניחים. האמצעים החלופיים מגיעים לאותם מוקדי המשיכה בעיר כמו הולכי הרגל וכלי הרכב ומכאן, הם משמשים לאותם יעדי הנסיעות כמו יתר אמצעי התחבורה בעיר.
- רוב משתמשי האופניים החשמליים, הקורקינטים והרכינע הם מבוגרים צעירים בני 19-34, ורוב משתמשי הקלנועיות הם בני 65+, בדומה למגמות שדווחו בחו"ל. להבדיל ממדינות אחרות, כשליש מרוכבי האופניים

החשמליים בישראל הם בני נוער **עד גיל 18**, ומצב זה מחייב טיפול מיוחד של הרשויות, באמצעות הדרכה, הסברה ואכיפה.

- רוב משתמשי האמצעים החלופיים נצפו **בלי קסדות**. החוק בישראל מחייב שימוש בקסדה לרוכבי האופניים החשמליים עד גיל 18 ולרוכבי הקורקינטים ולכן, מדובר בתופעה של אי-צייתנות לחוק אשר דורשת טיפול של רשויות האכיפה.

- כמצופה, מהירויות הרכיבה באופניים החשמליים גבוהות יותר מאשר באופניים הרגילים. עם זאת, הפערים שנמדדו במהירות הממוצעת לא היו גבוהים וסה"כ, **לא זוהתה** תופעה משמעותית של מהירויות נסיעה חריגות בקרב רוכבי האופניים החשמליים.

- כמחצית מרוכבי האמצעים החלופיים נצפו בכביש, אחרים במדרכות, כאשר שימוש בתשתיות להולכי הרגל גובר בצמתים. מצב זה נובע **מהיעדר הסדרים ברורים** לנסיעה של האמצעים החלופיים. באתרים עם נפחי תנועה גבוהים יותר של כלי הרכב, משתמשי האמצעים החלופיים נוטים לנסוע יותר במדרכות, ובכך מפעילים את **שיקול הדעת** כדי להימנע ממצבים מסוכנים בתנועה. בנוסף, הקלנועית והרכינע מיועדים לנסיעה במדרכה ולכן, נסיעתם בכביש מהווה **גורם סיכון** שאותו צריך למנוע.

- כאשר קיים שביל אופניים מוסדר, חלק ניכר מרוכבי האופניים החשמליים בוחרים לנסוע בשביל ובכך מורידים את רמת הסיכון באינטראקציה עם הולכי הרגל. מאידך, הנסיעה בכביש כרוכה בסיכון גבוה יותר לעומת הנסיעה במדרכה או בשביל, מבחינת הן תנאי התנועה והן התנהגויות הרוכבים עצמם. מכאן, הסדרת **שבילי אופניים מוסדרים** הינה הפתרון הרצוי לשילובם של סוגי הרכב החלופיים בחתך הרחוב. באופן דומה, הפתרון הרצוי בטיחותית למעבר סוגי הרכב החלופיים בצומת הינו הסדרת **מעברי חציה ייעודיים** לרוכבי האופניים.

- במחקר **לא זוהתה** תופעה משמעותית של שימוש בהסדרים להולכי רגל על-יד הקטנועים. יש להניח שמציאת פתרון חניה לקטנועים תמנע את הצורך ברוב הנסיעות של רוכבי קטנוע על המדרכה. למניעת שימוש במעברי החציה ע"י קטנועים נדרשת אכיפה של חוקי התנועה.

4. המלצות המחקר

1. למען שילובם של אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני ושיפור בטיחותם של כלל משתמשי הרחובות, מומלץ להגביר יישום של הסדרי תשתית נפרדים לתנועת הולכי הרגל ולתנועת רוכבי האופניים, בעיר. יצירת הפרדה טובה יותר בין המדרכות, שבילי האופניים ונתיבי הנסיעה, בהתאם להנחיות (2009), תביא לשילוב אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני, בצורה בטוחה יותר.

2. בעדכון ההנחיות לתכנון רחובות בערים מומלץ לקבוע שיקולים כדי להיערך לשילוב של סוגי הרכב החלופיים. בתכנון רחובות חדשים מומלץ לשים דגש על הרחבת מדרכות והסדרת נתיבים ושבילים לרכיבה. כמו כן, יש מקום לפיתוח חתך מועדף חדש לרחוב המאסף שיאפשר שילוב בטיחותי של סוגי הרכב החלופיים.

3. בעדכון ההנחיות, מומלץ להוסיף פתרונות להסדרים לאופניים בצמתים. בהקשר זה מומלץ להסתמך על הניסיון הבינלאומי ולקדם פתרונות בטיחותיים למעבר רוכבי האופניים בכל סוגי הצמתים: המרומזרים, הלא-מרומזרים ומעגלי תנועה.

4. בהתייחס לרחובות קיימים, בין הפתרונות המועדפים לשילוב בטיחותי של אמצעי התחבורה החלופיים מומלץ לקדם: הרחבת מדרכות והוספת שבילים לרכיבה, על חשבון צמצום השטח המיועד לרכב מנועי, באמצעות הצרת מיסעה, צמצום מספר נתיבי הנסיעה וכד'. כמו כן, מומלץ לקדם יישום של אמצעי מיתון תנועה ברחובות המקומיים והמאספים למען שיפור רמת הבטיחות של כל משתמשי הרחוב.

5. במקביל להסדרת התשתיות מומלץ להגביר אכיפה של תקנות התעבורה לגבי יעודי השימוש בסוגי תשתית שונים: המדרכה לקלנועית ולרכינע, שבילי אופניים לאופניים חשמליים תקינים ולגלגיוע, וכביש לקטנועים ולכלי הרכב. כמו כן, מומלץ לפתח תכניות הסברה וחינוך בנושא לציבור משתמשי הדרך.

6. מומלץ להגביר אכיפה של חבישת קסדות על-ידי רוכבי האופניים החשמליים עד גיל 18 ורוכבי הקורקינט החשמלי. כמו כן, מומלץ להכין תכניות הסברה וחינוך לציבור המשתמשים באמצעים.

תוכן עניינים

14	1. מבוא
14	1.1. נושא המחקר
16	1.2. ממצאי הספרות הבינלאומית
16	1.2.1. האופניים החשמליים
19	1.2.2. הקורקינט החשמלי
20	1.2.3. רכינוע
21	1.2.4. קלנועית
22	1.2.5. קטנוע
23	1.2.6. רכב מנועי זעיר
24	2. סקר שטח לאפיון היקפי התנועה של אמצעי תחבורה חלופיים, בערים בישראל
24	2.1. שיטת ביצוע הסקר וניתוח הנתונים
24	2.1.1. בחירת האתרים לסקר
25	2.1.2. שיטת הסקר
28	2.1.3. ניתוח נתוני הסקר
29	2.2. הממצאים והמשמעויות
30	2.2.1. נוכחותם של סוגי הרכב החלופיים בסוגי אתרים שונים
33	2.2.2. בחינת הקשר בין נוכחות סוגי תחבורה שונים בצומת, בעזרת מתאמים סטטיסטיים
36	2.2.3. פיתוח מודלים לניבוי תנועות של כלי הרכב החלופיים בצומת
43	2.2.4. השוואה בין רמת ההיפגעות בתאונות של רוכבי האופניים החשמליים ורוכבי הקורקינט החשמלי
44	2.2.5. פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים
54	3. מהירויות רכיבה של אופניים חשמליים ורגילים, בקטעי רחובות
54	3.1. שיטת מדידה ועיבוד הנתונים
55	3.2. הממצאים
55	3.2.1. מדדים של מהירויות הרכיבה ומאפייני הרוכבים
57	3.2.2. מודלים מסבירים למהירויות האופניים והתנהגויות הרוכבים
61	3.2.3. סיכום
62	4. אפיון דפוסי התנהגויות של אמצעי תחבורה חלופיים בתנועה העירונית
62	4.1. שיטת איסוף ועיבוד הנתונים
63	4.2. התנהגויות כלי הרכב החלופיים באזורי צמתים בתל-אביב
63	4.2.1. מאפיינים של משתמשי האמצעים החלופיים
67	4.2.2. התנהגויות טיפוסיות בנסיעה בקטעי רחובות ובחצית צומת
79	4.3. מדגם נוסף: התנהגויות רוכבי אופניים חשמליים ברחוב אבן גבירול
81	4.4. מדגם נוסף: התנהגויות קטנועים בהסדרים להולכי הרגל ברחוב אבן גבירול

82	4.5. סיכום
85	5. אפיון נסיעות באופניים וניתוח מסלולי רכיבה באופניים, על סמך סקר הרגלי נסיעה 2014
85	5.1. מקור הנתונים וסטטיסטיקה תיאורית של הנסיעות באופניים
87	5.2. אפיון הנסיעות באופניים
90	5.3. ניתוחי בחירה של מסלולי הרכיבה
95	5.4. סיכום
97	6. בחינת פתרונות תשתית אפשריים לשילוב אמצעי תחבורה חלופיים ברחובות עירוניים
97	6.1. כללי
98	6.2. ריכוז מידע מהנחיות לתכנון כרקע לשילוב תנועת סוגי הרכב החלופיים
102	6.3. פתרונות תשתית אפשריים לשילוב תנועת כלי הרכב החלופיים ברחובות עירוניים
108	7. סיכום ומסקנות המחקר
108	7.1. כללי
108	7.2. ממצאים עיקריים
114	7.3. מסקנות והמלצות
117	מראי מקום
123	נספח א'. סקר ספרות בינלאומית
123	א.1. אופניים חשמליים
123	א.1.1. הגדרה ותקנות
126	א.1.2. המגמות בשימוש
130	א.1.3. התנהגויות, תפיסות ובעיות הקשורות לשימוש באופניים החשמליים
134	א.1.4. הסדרי תשתית מוצעים לשילוב אופניים חשמליים במרחב העירוני
135	א.2. הקורקינט החשמלי (גלגנוע)
135	א.2.1. הגדרה ותקנות
137	א.2.2. התנהגויות, תפיסות ובעיות הקשורות לשימוש בקורקינט חשמלי
139	א.2.3. הסדרי תשתית מוצעים לשילוב קורקינט חשמלי במרחב העירוני
139	א.3. רכינוע
139	א.3.1. הגדרה ותקנות
140	א.3.2. המגמות בשימוש
140	א.3.3. התנהגויות, תפיסות ובעיות הקשורות לשימוש ברכינוע
145	א.3.4. הסדרי תשתית מוצעים לשילוב רכינוע במרחב העירוני
146	א.4. קלנועית
146	א.4.1. הגדרה ותקנות
149	א.4.2. המגמות בשימוש ומאפייני אוכלוסית המשתמשים

- א.4.3. התנהגויות, תפיסות ובעיות הקשורות לשימוש בקלנועית 150
- א.4.4. הסדרי תשתית מוצעים לשילוב קלנועית במרחב העירוני 151
- א.5. קטנועים 152
- א.5.1. הגדרה ותקנות 152
- א.5.2. התנהגויות ובעיות הקשורות לשימוש בקטנועים 153
- א.6. רכב מנועי זעיר 154
- א.6.1. הגדרה ותקנות 154
- א.6.2. המגמות בשימוש 155
- א.6.3. היבטים נוספים בשימוש ברכב חשמלי זעיר 156
- נספח ב'. סקר שטח: נתוני תנועה לפי אתרי התצפיות 157**
- נספח ג'. סקר שטח: פרטי משתמשים בסוגי הרכב החלופיים, לפי אתרי התצפיות 165**
- נספח ד'. מפות עם קטעי רחובות לביצוע מדידות מהירות 174**
- נספח ה'. פירוט מתמטי ליצירת סט מסלולים לרכיבה 177**
- נספח ו'. דוגמא לניתוח מסלולי רכיבה במטרופולין תל-אביב 179**
- נספח ז'. סדנת מומחים 180**

1. מבוא

1.1. נושא המחקר

אמצעי תחבורה חלופיים הם כלי תחבורה לסוגיהם השונים, המיועדים לשיפור הניידות של המשתמש היחיד, וביניהם: אופניים חשמליים, קלנועית, רכינוע (segway), קורקינט חשמלי. לעתים בקבוצה זו נכללים גם קטנועים ואופנועים בנפחי מנוע קטנים ורכב מנועי זעיר (quadricycle). כלי תחבורה אלה מהווים "חלופה" לרכב מנועי רגיל, כאשר הם מציעים מגוון אפשרויות לשיפור הניידות של הולך הרגל או רוכב האופניים, במרחב העירוני. השם המקביל ל-"אמצעי תחבורה חלופיים" הינו "אמצעי ניידות אישיים" (personal mobility devices) כפי שהוצע, לדוגמא, ע"י Litman and Blair (2010). בתקנות התעבורה ובצו יבוא חופשי בישראל, קיימת התייחסות לסוגי רכב מיוחדים וביניהם: אופניים חשמליים, קורקינט חשמלי, קלנועית, רכינוע, רכב תפעולי.

אמצעי התחבורה החלופיים מיועדים בעיקר לנסיעות קצרות בשטח עירוני, כאשר להם מיוחסים יתרונות של שיפור הנגישות, הפחתת הצפיפות בכבישים ובמקומות החנייה, צמצום בצריכת האנרגיה ובפליטת גזי החממה, והטבות בריאותיות. לדוגמא, השימוש באופניים הרגילים תלוי ביכולת הפיסית של הרוכב ובנכונותו לספק את האנרגיה הדרושה כדי להגיע ליעדו. לעומת זאת, האופניים החשמליים מסייעים לרוכב באמצעות מתן כוח על-ידי מנוע והקטנת המאמץ הפיסי ולכן, הם מזוהים עם הפוטנציאל להרחיב את התפקיד שיש לאופניים הרגילים בתחבורה העירונית (Rose, 2012). אכן, בסקר שנערך בארה"ב דווח כי האופניים החשמליים מאפשרים לרוכב בתדירות גבוהה יותר מאופניים רגילים, למרחקים ארוכים יותר ולסחוב מטען גדול יותר (MacArthur et al, 2014).

כמו כן, אמצעי התחבורה החלופיים כגון: קלנועית ואופניים חשמליים, מזוהים עם שיפור פוטנציאל הניידות והעצמאות התנועתית עבור אוכלוסיית הקשישים (Litman and Blair, 2010), דבר התורם לשיפור איכות החיים של אוכלוסייה זו. לאור תופעת הזדקנות האוכלוסייה ההולכת וגדלה בעולם המערבי ובישראל, יש לצפות כי חשיבות סוגיה זו - שימוש באמצעי תחבורה חלופיים, תגדל בעתיד. לפי הערכות באנגליה ובקנדה (Blais et al., 2011; Musselwhite, 2012), קיים גידול בשימוש בקלנועיות בקרב אנשים מבוגרים שהפסיקו לנהוג, אשר משקף את הצורך באמצעי הניידות כדי למלא את צרכיהם בתחבורה היומיומית.

לפי דיווחים שונים, השימוש בכלי התחבורה החלופיים עולה בשנים האחרונות, הן בארץ והן בעולם. מבין אמצעי התחבורה החלופיים, תשומת לב מיוחדת נדרשת היום לאופניים חשמליים, עקב קצב הגידול המהיר של שימוש באמצעים אלה והשלכותיו על התנועה בעיר.

כיום, אמצעי התחבורה החלופיים נעים ברחובות העירוניים, ביחד עם משתמשי דרך אחרים: הולכי רגל, רוכבי אופניים, רכב מנועי, כאשר הם נבדלים בגודל ו/או במהירויות נסיעתם. במדינות רבות, בתקנות התעבורה לא נקבעו סיווג ודרישות לכלי-רכב כאלה, כאשר רובם אינם מחייבים הכשרה כלשהי לשימוש בהם. עם זאת, עולות השאלות בנוגע להסדרי תשתית המתאימים לנסיעה בסוגי התחבורה החלופיים, כאשר ניכר שהנוסעים בהם, בדומה לרוכבי האופניים, אינם מוגנים בעת התנגשות עם רכב מנועי.

מאידך, אמצעי התחבורה החלופיים יוצרים בעיות כגון: גודש במסלולי נסיעתם וסיכון למשתמשים האחרים. הנתח של אמצעי התחבורה האישיים עולה, מהירותם של חלק מהם גבוהה בהשוואה עם הליכה/ רכיבה רגילה, וכתוצאה מכך, יש גידול בקונפליקטים בין האמצעים השונים שנעים באותו המרחב. לדוגמא, לפי Litman and Blair (2010) הופעת הרכינע והלובי שעשה היצרן שלו, כדי להתיר את השימוש בו על המדרכות, הגביר את החשש שאמצעי התחבורה האישיים יסכנו את משתמשי המדרכות האחרים (הולכי רגל, רוכבי אופניים). כתוצאה, גברה ההתעניינות בנושאים כגון: היכן יש להשתמש בכלי תחבורה אלו ואילו חוקים חלים עליהם. מתכנני התחבורה והרשויות נדרשים להחליט כיצד יתנהלו מתקני התחבורה המיועדים לתנועה הלא מנועית, כולל היכן ומתי הסוגים השונים של אמצעי התחבורה יהיו מותרים, אילו חוקים יחולו על כל אחד, וכיצד יש להציגם ולאוכפם.

ב-"הנחיות לתכנון רחובות עירוניים" שפורסמו בישראל (הנחיות, 2009), ישנה התייחסות לתנועה של רכב מנועי, הולכי הרגל ורוכבי האופניים, כאשר כלי תחבורה חלופיים נשארו מחוץ לתמונה. מיקומם של חלק מאמצעי התחבורה החלופיים מוגדר בתקנות התעבורה. עם זאת, נוכחותם לא נלקחת בחשבון בתכנון הסדרי התנועה בעיר. בנוסף, בהתנהגויות של אמצעי התחבורה החלופיים ברחוב קיימת התעלמות מתקנות התעבורה, כאשר, לדוגמא, הקלנועית נוסעת בשטח המיסעה (במקום על המדרכה) או אופניים חשמליים דוהרים במהירות גבוהה על מדרכה. אם במקרה של קלנועית, היא יוצרת הפרעה לתנועה ומסכנת בעיקר את עצמה, הרי במקרה של האופניים החשמליים הם מסכנים גם את הולכי הרגל. היעדר הסדרים מתאימים לאמצעים החלופיים ו/או ההתנהגויות הלא בטוחות של אמצעים אלה פוגעים במרקם החיים העירוניים ובתחושת הביטחון של משתמשי דרך אחרים ובמיוחד, באוכלוסיות החלשות (ילדים, קשישים, אנשים עם מוגבלויות).

ביחד עם הצרכים העולים מהשטח, קיים מחסור בנתונים אמפיריים לאפיון השימוש באמצעים החלופיים והתנהגותם בתנועה. לכן, נערך המחקר הנוכחי אשר מוקדש לתיעוד ובחינה של המצב הקיים, בערים בישראל, במטרה להעריך את היקפי השימוש באמצעי התחבורה החלופיים ולאפיין את התנהגויותיהם. כפועל יוצא מהבחינה ואיפיון המצב ניתן לזהות את הצרכים ולדון בפתרונות האפשריים לשילוב אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני. לתיעוד ובחינה של המצב הקיים בשטח, במחקר שימשו מספר שיטות של איסוף ועיבוד הנתונים, אשר נועדו ליצור תמונה מקיפה של רמות השימוש באמצעים השונים ולאפיין את אוכלוסיות המשתמשים. כמו כן, הושם דגש על אינטראקציות בין אמצעי התחבורה החלופיים ומשתמשי דרך אחרים, בהסדרי תנועה שונים בעיר, במטרה לזהות פתרונות תשתית הנדרשים לשילוב בטיחותי של אמצעי התחבורה החלופיים.

בביצוע המחקר היו מספר מרכיבים כמפורט להלן:

א. סקר ספרות בינלאומית בו סוכמו החוקים והתקנות, ממצאי מחקרים והידע ההנדסי מן העולם, לגבי מאפייני אוכלוסיות משתמשי האמצעים החלופיים, התנהגותם וכו', וכמו כן, הסדרי תשתית המוצעים לשילובם במרחב העירוני. ממצאים מסקר הספרות מובאים בנספח א', סיכום הממצאים מוצג בפרק 1.2.

ב. סקר שטח לאפיון היקפי התנועה של אמצעי התחבורה החלופיים בערים בישראל אשר כלל ספירות תנועת כלי רכב חלופיים ואחרים ב-50 צמתים עירוניים מייצגים, הפקת אומדנים מסכמים והתאמת מודלים לניבוי היקפי

תנועתם של סוגי הרכב החלופיים. בנוסף, נאסף ונתח מידע על מאפיינים של משתמשי סוגי הרכב החלופיים. ממצאים מניתוחים אלה מובאים בפרק 2.

ג. מדידות של מהירויות הרכיבה באופניים החשמליים והרגילים, בקטעי רחובות עירוניים. פרק 3 מציג ממצאים מבחינה השוואתית של מהירויות הרכיבה בשני סוגי האמצעים.

ד. תצפיות שטח, באמצעות צילומי וידאו, במטרה לתעד ולאפיין את דפוס ההתנהגויות של אמצעי תחבורה חלופיים, בתנועה העירונית, בדגש על האינטראקציות בין אמצעי התחבורה החלופיים ומשתמשי דרך אחרים. ממצאי התצפיות מובאים בפרק 4.

ה. ניתוח נתוני סקר הרגלי נסיעה 2014 במטרה לזהות מאפיינים משפיעים על בחירת מסלולי הרכיבה באופניים, בערים. ממצאים מניתוח זה מוצגים בפרק 5.

ו. בחינת פתרונות תשתית אפשריים לשילוב אמצעי תחבורה חלופיים ברחובות העירוניים. הפתרונות האפשריים נדונו בסדנא שנערכה עם מומחי תחבורה. ממצאים משלב זה של המחקר מובאים בפרק 6.

פרק 7 של הדו"ח מביא סיכום לממצאי המחקר, עם מסקנות והמלצות.

1.2. ממצאי הספרות הבינלאומית

סקר הספרות הבינלאומית שנערך במחקר מוצג בנספח א'. הסקר מביא את סיכום הידע שהצטבר בעולם, לגבי שימוש באמצעי התחבורה החלופיים, בהתייחס לסוגיות כגון: החוקים והתקנות שמסדירים את השימוש באמצעים; המגמות בשימוש ומאפייני אוכלוסיות המשתמשים; התנהגויות ותפיסות של משתמשי האמצעים החלופיים; הסדרי תשתית המוצעים לשילובם במרחב העירוני. סקר הספרות מביא פרטים לגבי אמצעי תחבורה חלופיים מהסוגים הבאים: אופניים חשמליים, קורקינט חשמלי, רכינוע, קלנועית, קטנוע (רכב דו-גלגלי עם מנוע קטן)⁴, רכב מנועי זעיר. להלן סיכום לממצאי הספרות.

1.2.1. האופניים החשמליים

האופניים החשמליים הם אופניים בעלי שני גלגלים המורכבים זה אחר זה ומותקן בהם מנוע עזר חשמלי (איור 1.1). הסיוע החשמלי לרוכב בהנעת האופניים מקטין את המאמץ הפיסי הנדרש ולכן, לאופניים החשמליים מייחסים פוטנציאל להרחיב את התפקיד שיש לאופניים הרגילים בתחבורה העירונית (Rose, 2012). אכן, המחקרים מראים שתדירות ומרחקי הנסיעות המבוצעות באופניים החשמליים עולים בהשוואה לאופניים הרגילים וכי האופניים החשמליים מחליפים, לעיתים קרובות, את הנסיעות ברכב הפרטי (Cherry and Cervero, 2007; Fyhri and Fearnley, 2015). בנוסף, האופניים החשמליים משמשים אנשים שאינם רוכבים על אופניים רגילים בגלל מגבלות פיזיות שונות (MacArthur et al., 2014).

⁴ ככלל, הקטנועים אינם שייכים לקבוצת סוגי הרכב החלופיים. עם זאת, בערים בארץ, הם לעיתים נצפו על הסדרים להולכי רגל. לכן, על-פי בקשת מזמין העבודה, הקטנועים נכללו במסגרת מחקר זה.



איור 1.1. דוגמא לאופניים החשמליים.

במדינות רבות עולה השימוש באופניים החשמליים, כאשר ישנן מדינות, כמו ארה"ב ואוסטריה, בהן המכירות הכפילו ואף שילשו את עצמן במהלך השנים האחרונות (Dozza et al., 2013; Fishman and Cherry, 2016).

בדומה לאופניים רגילים, כדי לרכב על האופניים החשמליים, אין צורך ברישיון נהיגה וברישיון רכב ואין חובת ביטוח. התקנות בעולם בנושא האופניים החשמליים, לרב נוגעות בהגבלות על ההספק המרבי של המנוע ועל המהירות המרבית המותרת לנסיעה, כאשר מעל למהירות זו המנוע צריך להפסיק את פעולתו (Rose, 2012). במדינות מסוימות, כמו בריטניה וישראל, קיימת הגבלת גיל לרכיבה על אופניים חשמליים.

לפי התקנות, מותר לרכב על האופניים החשמליים באותם המקומות בהם מותר לרכב על אופניים רגילים, כלומר, על השבילים המוסדרים לאופניים וכאשר אין שבילי אופניים, על הכביש.

מהמחקרים שבחנו מאפיינים של הרוכבים בעולם נמצא כי המשתמשים באופניים החשמליים הם לרב גברים, בגיל 30 ומעלה, בעלי הכנסה והשכלה גבוהות יותר בהשוואה לרוכבים על אופניים רגילים (Johnson and Rose, 2014; Popovich et al., 2013).

באופן שונה מהקיים בעולם, בישראל, שיעור גבוה של בני הנוער רוכבים על האופניים החשמליים, חלקם צעירים מגיל 16 שהוא הגיל המותר לפי החוק לרכיבה על אופניים חשמליים. מדיווחי התקשורת עולה כי ברחובות הערים, בעיקר במרכז הארץ, הרוכבים הצעירים רוכבים באופן פזיז, תוך התעלמות מחוקי התעבורה, חלקם רוכב במהירות על המדרכות ומפריע בכך לתנועת הולכי-הרגל. רוכבים אלה מסכנים גם את עצמם וגם את משתמשי הדרך האחרים.

תכונותיהם הייחודיות של האופניים החשמליים, כלומר משקלם הגבוה יותר והמהירות הגבוהה אליה הם מסוגלים להגיע ביחס לאופניים רגילים, יחד עם העלייה בהיקף השימוש, הביאו, בשנים האחרונות, לביצוע מחקרים שבחנו את התנהגותם של הרוכבים על סוג זה של אופניים ואת ההשלכות הבטיחותיות של המאפיינים הייחודיים שלהם. לעומת התכונות הייחודיות האלה, המראה של דגמים מסוימים של האופניים החשמליים דומה לזה של אופניים רגילים, ולמשתמשי דרך אחרים קשה להבדיל ויזואלית בין שני סוגי האופניים. כתוצאה מכך, לפעמים נוצרים קונפליקטים בין רוכבי האופניים החשמליים לבין הולכי הרגל או כלי הרכב שלא מעריכים נכונה את מהירות התקרבותם (Popovich et al., 2014; Dozza et al., 2015).

המחקרים שבוצעו עד כה הראו שרוכבי האופניים החשמליים, לרוב, נוסעים מהר יותר בהשוואה לרוכבי האופניים הרגילים, אם כי, פערי המהירויות אינם גדולים. המחקרים מארה"ב ואירופה הראו התנהגויות זהירות יותר של רוכבי האופניים החשמליים, כמו חבישת קסדת מגן, ציות לתמרורים ורכיבה זהירה יותר בשבילים המשותפים, ללא הבדל ניכר בהשוואה לרוכבי האופניים הרגילים (Dcaramuzza et al., 2015; Langford et al., 2015; MacArthur et al., 2014). לעומת זאת, המחקרים שנערכו בסין, הראו התנהגויות מפרות חוק ומסכנות, כמו הרכבת אדם נוסף על האופניים ומעבר באור אדום, בקרב רוכבי האופניים החשמליים (Du et al., 2013; Yang et al., 2015).

מהמחקרים עולה כי הסיכוי של רוכבי האופניים החשמליים להיות מעורבים בקונפליקטים עם משתמשי דרך אחרים גבוה יותר בהשוואה לאופניים רגילים וכי הסיכוי למעורבות בקונפליקט עולה בצמתים, בקרבה למעברי חצייה ועם העלייה במהירות הרכיבה (Dozza et al., 2015; Petzoldt et al., 2016). כמו כן, הסיכוי של רוכבי האופניים החשמליים להיפצע או להיהרג בתאונה גבוה יותר בהשוואה לרוכבי האופניים הרגילים (Cherry and Cervero, 2007; Schepers et al., 2014).

בישראל, בשנים האחרונות, חלה עליה ניכרת במספר הנפגעים כתוצאה מתאונות עם מעורבות אופניים חשמליים וקורקינטים חשמליים, כאשר חלק מהנפגעים בתאונות אלה הם הולכי רגל. אחוז גבוה מהנפגעים בקרב הרוכבים הם ילדים ובני-נוער (מכון גרטנר, 2014, 2015).

אמצעי ההתערבות שהוצעו בספרות המחקרית להפחתת הסיכון להתרחשות התאונות עם האופניים החשמליים וחומרת תוצאתן הם: הגברת הנראות של האופניים החשמליים והבלטת השוני כך שניתן יהיה להבחין בינם לבין האופניים הרגילים (Dozza et al., 2015); עידוד לשימוש בקסדות בקרב הרוכבים (Papoutsis et al., 2014); שיפור טכנולוגי שיפחית את משקל האופניים ויביא לשליטה טובה יותר של הרוכב על האופניים ולהקטנת האנרגייה המשתחררת בזמן התאונה; ניהול מהירות כך שנסיעת האופניים החשמליים תוגבל למהירות של אופניים רגילים; הגבלות על גיל הרוכב; התניית הרכיבה בהכשרה מתאימה; שיפור תשתית של שבילי האופניים כדי לצמצם קונפליקטים בין משתמשי הדרך (Rose, 2012).

שיפורי התשתית עבור רוכבי האופניים החשמליים המומלצים בספרות הם: הגברת תאורת הרחובות כדי לאפשר ראות טובה יותר בהמשך הדרך; תכנון שבילי אופניים רחבים יותר, עם עקומות ברדיוסים גדולים יותר, כדי לאפשר אינטראקציה בטוחה יותר עם משתמשי דרך אחרים (Dozza et al., 2015).

בישראל, הקמת תשתית שבילי האופניים נמצאת בתחילתה ולכן מרבית שבילי האופניים נקטעים בצמתים, ללא הסדרה של מעברי חצייה ייעודיים לאופניים, מה שמוביל, לעיתים קרובות, לכך שרוכבי האופניים חוצים ברכיבה את מעברי החצייה המיועדים להולכי רגל, בניגוד לחוק. יצירת הפרדה טובה יותר בין המדרכות, נתיבי הנסיעה ושבילי האופניים, בהתאם להנחיות (2009), והקפדה על אכיפת חוקי התנועה בהתייחס לאופניים החשמליים, יביאו לשילוב האופניים החשמליים במרחב העירוני, בצורה בטוחה יותר.

1.2.2. הקורקינט החשמלי

הקורקינט החשמלי (גלגיוע) הוא קורקינט עם מנוע חשמלי ומצבר (איור 1.2). לפי התקן הישראלי, הספקו המרבי הוא עד 250 וואט, מהירותו המרבית אינה עולה על 25 קמ"ש, המנוע מופעל באמצעות מצערת יד והוא מפסיק את פעולתו כאשר מופעלים הבלמים. המבנה של הקורקינט החשמלי דומה לזה של קורקינט רגיל אך כתוצאה מהתוספת של המנוע והמצבר, הוא כבד יותר ומהיר יותר.



איור 1.2. דוגמה לקורקינט חשמלי.

כדי לרכב על קורקינט חשמלי, אין צורך ברישיון נהיגה וברישיון רכב ואין חובת ביטוח. בין המדינות השונות, אין אחדות בנושא התקנות הנוגעות לקורקינטים חשמליים (Lavalley, 2004). בישראל ובמדינות נוספות, לדוגמה בלגיה, קורקינטים חשמליים צריכים לנסוע על שבילי האופניים ואם אין שבילים, אז על הכביש, כאשר הנסיעה על המדרכות אסורה. לעומת זאת, במדינת וושינגטון בארה"ב, מותר לקורקינטים החשמליים לנסוע גם על מדרכות. קיימות מדינות, כמו ישראל ומספר מדינות בארה"ב, המחייבות חבישת קסדה. קיימות מדינות וביניהן ישראל ובלגיה, שבהן יש הגבלת גיל לנסיעה על קורקינט חשמלי.

השימוש בקורקינט החשמלי מאפיין אנשים צעירים, לרוב למטרות פנאי ולביצוע נסיעות קצרות הקרובות למקום המגורים (Lavalley, 2004). לכן, גם רב הנפגעים בתאונות עם הקורקינט הם ילדים ובני-נוער הנפגעים בסביבה הקרובה למקום מגוריהם, לעיתים קרובות כתוצאה מאיבוד שליטה על הקורקינט ונפילה (Griffin et al., 2008; Marcy and Rutherford, 2005).

בספרות, נמצאו מחקרים בודדים שבחנו התנהגויות או היפגעות בעת הנסיעה בקורקינט. בארה"ב נמצא כי לפגיעות בקורקינט ממונע יש סיכוי פי 3.5 גבוה יותר להיות חמורות בהשוואה לפגיעות בקורקינט רגיל (Griffin et al., 2008).

לשיפור הבטיחות, מומלץ בספרות לחייב חבישת קסדה ולהגביל את השימוש בקורקינטים לאזורים המיועדים להולכי-רגל ולכבישים עם נפחי תנועה נמוכים (Lavalley, 2004).

במידה ונשקל עידוד השימוש בקורקינטים החשמליים בתור כלי תחבורה, נדרש להסדיר שבילי אופניים בהתאם להנחיות (2009) ולהשקיע באכיפת חוקי התנועה בנוגע לקורקינטים החשמליים. כמו כן, באזורים המשותפים עם הולכי רגל, יש צורך לבחון את ההשלכות הבטיחותיות של החלטה כזו.

1.2.3. רכינוע

הרכינוע הוא כלי תחבורה המיועד לנוסע אחד, בעל זוג גלגלים המחוברים בציר אחד המונע באמצעות מנוע חשמלי (איור 1.3). ההיגוי, העצירה והייצוב שלו נעשים באמצעות הטיית הגוף ומערכת ייצוב חשמלית. לפי תקנות התעבורה, רוחבו הכולל של הרכינוע אינו עולה על 90 ס"מ והמהירות המרבית אינה עולה על 13 קמ"ש.



איור 1.3. דוגמא לרכינוע.

כדי לרכב על רכינוע, אין צורך ברישיון נהיגה וברישיון רכב ואין חובת ביטוח. בין המדינות השונות, אין אחידות בנושא התקנות הנוגעות לרכינוע. ברב המדינות בארה"ב מותר להשתמש ברכינוע על מדרכות, שבילי אופניים וכבישים מסויימים (Lavalley, 2004). בישראל, מותר לרכינוע לנוע על המדרכות וחל איסור לנוע על כבישים פרט למספר מקרים: לשם חצייה; בתחום מושב או קיבוץ; אם אין לצד הכביש מדרכה, לא ניתן לנוע על מדרכה מפאת מידותיה, מצבה או מכשולים המצויים עליה; אם לא ניתן בנסיעה לעלות על מדרכה או לרדת ממנה.

הרכינוע משמש בעיקר לנסיעה באזורים סגורים (לדוגמא: אזורי תעשייה וקמפוסים של אוניברסיטאות), נסיעה למרחקים קצרים ולמטרות פנאי (Darmochwal and Topp, 2006; Xu et al., 2016a).

ממספר מחקרים עולה כי השימוש ברכינוע על מדרכות ואזורים המיועדים להולכי-רגל אינו מסכן באופן משמעותי את הולכי הרגל ורוכבי הרכינועים, ולכן יש לאפשר את נסיעתם על תשתיות עירוניות המיועדות להולכי-רגל (Castonguay and Binwa, 2006; Miller et al., 2010). יחד עם זאת, באזורים צפופים, ייתכן והרכינועים לא יוכלו לנוע באופן בטוח ולכן כדאי להגביל את השימוש ברכינועים (Castonguay and Binwa, 2006; Liu and Parthasarathy, 2003). שבילי האופניים נמצאו גם כמתאימים לנסיעת הרכינועים (Darmochwal and Topp, 2006; Schoon et al., 2007), כאשר מאפייני תכנון התשתיות שנמצאו כמתאימים לאופניים נמצאו מתאימים גם לרכינועים (Landis et al., 2004).

המחקרים הראו שההיפגעות בתאונות עם רכינועים אינה שכיחה, כאשר ברב המקרים מדובר בפציעות קלות יחסית (Darmochwal and Topp, 2006; Roider et al., 2016). יחד עם זאת, מדווח כי קיימת עלייה בתאונות ובמספר הנפגעים כתוצאה מהשימוש ברכינועים (Rodier et al., 2016; Xu et al., 2016b).

מבין ההמלצות לשיפור בטיחותם של רוכבי הרכינועים ומשתמשי דרך אחרים הנמצאים באותו המרחב, היו: עידוד ואף חיוב חבישת קסדות בקרב משתמשי הרכינועים (Xu et al., 2016b); חיוב המשתמשים לעבור הדרכה

מתאימה; קביעת הגיל המינימלי לשימוש ברכינעים (16 או יותר); הגבלת נסיעות הרכינעים בתנועת הולכי רגל באזורים צפופים (Schoon et al., 2007).

1.2.4 קלנועית

הקלנועית היא כלי תחבורה חשמלי עם 3 או 4 גלגלים, בעל רצפה וכידון (איור 1.4). הקלנועית נוסעת במהירות איטית והיא מיועדת לנסיעה על מדרכה. בין אמצעי תחבורה ממונעים אישיים שונים, קלנועית היא האמצעי המתאים ביותר לצורכי האוכלוסייה המבוגרת ולאנשים בעלי מוגבלות בהליכה (Musselwhite, 2011; Blais et al., 2012; NRMA, 2012; Jancey et al., 2013).



איור 1.4. דוגמא לקלנועית.

כדי לנהוג בקלנועית, ברוב המדינות אין צורך ברישיון רכב וברישיון נהיגה, ואין חובת ביטוח. במדינות מסוימות (כגון: אנגליה), נדרש רישום של קלנועית ברשויות. במספר מדינות (כגון: ישראל, הולנד) קיימת הגבלת גיל הנהיגה בקלנועית - מעל 16 שנים. ברוב המדינות, החקיקה מאפשרת לאדם מבוגר שרישיון הנהיגה שלו נשלל עקב בעיות בריאות, להשתמש בקלנועית לצורכי הניידות.

מותר לנסוע בקלנועית על מדרכות ועל שבילים המיועדים להולכי רגל. אילו המדרכות ושבילי הולכי הרגל היו סלולים על-פי הנחיות התכנון מבחינת הרוחב, היעדר מכשולים, שיפועים והנמכות ליד מעברי החצייה, ניתן היה לנסוע בקלנועית על מדרכות ושבילי הולכי הרגל, בכל העיר. בפועל, במקומות רבים, מצב המדרכות ומעברי החצייה אינו תואם את הנחיות התכנון. כתוצאה, הנסיעה בקלנועית על מדרכה/שביל הולכי רגל אינה אפשרית ולכן, למען רצף הנסיעה הקלנועית נאלצת לרדת לכביש.

מהמחקרים במדינות המפותחות עולה שהשימוש בקלנועיות על-ידי הקשישים עדיין נמוך, אולם ישנם נתונים המצביעים על מגמת עליה בשימוש בכלי תחבורה זה (Musselwhite, 2011; Thoreau, 2015).

לפי מחקרים אחדים, הקלנועית משמשת בעיקר את האנשים המבוגרים יותר בקרב הקשישים, בני 75+ (Steyn and Chan, 2008; Edwards and McCluskey, 2010; Karmarkar et al., 2011). עם זאת, בסקרים שנערכו בבריטניה ואוסטרליה נמצא שגילם של למעלה ממחצית משתמשי הקלנועיות היה פחות מ-65 שנה (Barton et al., 2014; NRMA, 2012).

המידע על תאונות והיפגעות נוסעי הקלנועיות בעולם מועט יחסית. עם זאת, בעיקר באוסטרליה, דווח על מספר הרגים ונפגעים של נוסעי הקלנועיות, מה שמניע את הרשויות ואנשי בריאות הציבור להצביע על כיווני הפעילות

לצמצום היפגעות הקשישים נוסעי הקלנועיות. אמצעי ההתערבות בנושא כוללים: התאמת הקלנועיות לצורכי המשתמש בה; תרגול והדרכה של משתמשי הקלנועיות; הגברת מודעות נהג הקלנועיות למצבו התפקודי; שיפור תשתיות לצורכי תנועת הקלנועיות; הקפדת נהג הקלנועיות על כללי הזהירות בעת נסיעתו בעיר (Cassell et al., 2006; Commonwealth of Australia, 2010).

רב מקרי ההיפגעות של נוסעי הקלנועיות שדווחו בספרות קשורים לבעיות תשתיות, נפילות, היתקלות במכשולים במדרכות/שבילי הליכה, כאשר חלקם היחסי של המקרים בהם היתה התנגשות עם רכב מנועי בכביש נמוך או אינו ידוע. נראה שדווקא נסיעת הקלנועיות בתנועה המעורבת בכביש צריכה להוות את הנושא העיקרי לדאגה עקב היעדר ההגנה הפיזית של משתמשי הקלנועיות ומצבם הנחות לעומת כלי-רכב אחרים. על-פי התצפיות שנערכו בישראל מסתמן (גיטלמן ואחרים, 2014) כי לנקיטת כללי הזהירות על-ידי משתמשי הקלנועיות אשר נוטים לא לבחור לנסיעה כבישים עם מהירות גבוהה, ישנו תפקיד במניעת התאונות בין קלנועיות וכלי הרכב. עם זאת, בישראל כבר דווח על נפגעים והרוגים בתאונות דרכים עם קלנועיות (למ"ס, 2015), דבר המצביע על החשש שהתממש.

בישראל, נצפו משתמשי הקלנועיות המתמרנים בנסיעתם בין מדרכות ושטח הכביש, לעיתים תוך הפרת חוקי התנועה, כאשר נוכחותם והתנהגותם גורמת להיווצרות קונפליקטים עם כלי-הרכב (גיטלמן ואחרים, 2014). הסדרה נאותה של המדרכות בהתאם להנחיות (2009), תאפשר נסיעה בקלנועיות על המדרכות ותמנע את מצבי הסיכון. המגמה הגוברת של שימוש בקלנועיות על-ידי האוכלוסייה המבוגרת במדינות המתקדמות, לרבות ישראל, מחדדת את הצורך בנקיטת הצעדים והאמצעים להסדרת נושא השימוש בקלנועיות ברשת המדרכות והכבישים הקיימים בעיר.

1.2.5 קטנוע

קטנוע הוא רכב דו-גלגלי ממונע עם גלגלים קטנים והספק מנוע נמוך יחסית (איור 1.5). להבדיל מאופנועים, רוכבים על הקטנוע בתנוחת ישיבה עם הרגלים לפנים על המשטח המיועד לכך.

על הקטנוע חלים חוקי התנועה של רכב מנועי רגיל, כולל איסור נסיעה על מדרכות ושבילי האופניים. למרות זאת, בערים השונות בארץ, בעיקר במטרופולין תל-אביב, מדווח על קטנועים החונים על המדרכות כתוצאה ממצוקת החנייה בעיר והנוסעים עליהן, כדי לקצר את הדרך או להגיע עד לפתח של יעד. בהתנהגות זו קיימת הפרעה לתנועת הולכי-הרגל ועליה בסיכון להיפגעותם.

בסקר שנערך בתל-אביב, דווח על ההפרעות הרבות של הקטנועים במרחב הפעילות של הולכי הרגל ולכן, על מנת לשפר את מעמד הולכי-הרגל במרחב הציבורי בעיר, הומלץ להסדיר בעיר מקומות חניה נוספים לקטנועים, לסמן את אזורי החניה לקטנועים ולערוך מסע הסברה בנושא איסור חנייה על המדרכה.



איור 1.5. דוגמא לקטנוע.

1.2.6. רכב מנועי זעיר

רכב מנועי זעיר (quadricycle) הוא בעל 4 גלגלים, במשקל נמוך ומנוע קטן, המיועד להסעת 1-2 נוסעים כולל נהג, או מטען קטן (איור 1.6). הדרישות לכלי רכב אלו מוגדרות בתקנות האיחוד האירופי כגון: EU Regulation EU Directive 2002/24/EC, 168/2013.



איור 1.6. דוגמא לרכב מנועי זעיר (מקור: Frost & Sullivan, 2011).

ברב מדינות העולם, כלי תחבורה אלו משתמשים בנתיבים המיועדים לכלל כלי הרכב. במידה ויש להם מגבלת מהירות, אסורה עליהם נסיעה בדרכים הבין-עירוניות המופרדות והמהירות.

בשנים האחרונות, עולה השימוש בכלי-רכב אלו, בעיקר בערים האירופאיות, כאשר המדינות המובילות באירופה בתפוצת כלי-רכב זעירים הם: גרמניה, אנגליה, צרפת וספרד (Shankar, 2011).

בספרות המחקרית, עולה סוגיית הסיכון הבטיחותי להולכי-הרגל ולרוכבי האופניים כתוצאה מכך שנסיעתם של כלי-הרכב החשמליים שקטה יותר בהשוואה לכלי-רכב רגילים, ולכן, למשתמשי הדרך קשה יותר לשמוע אותם מתקרבים (Cocron and Krems, 2013; Sandberg et al., 2010). בהקשר למכונת החשמלית הזעירה, במחקר שנערך בצרפת נמצא שנהגים ברכבים הזעירים נדרשו להסתכל ביתר תשומת לב על הולכי-הרגל ורוכבי האופניים, על מנת למנוע את מצבי הסיכון בדרך (Labeye et al., 2016).

על-פי תקנות התעבורה בישראל, ניתן ליבא שני סוגי רכב מנועי זעיר, המתאימים לתקינה האירופית:

- L7e-A2 המיועד להובלת נוסעים, עם 2 מושבים;

- L7e-CU המיועד להובלת סחורות, עם 2 מושבים ומשטח העמסה פתוח.

שני סוגי הרכב מיועדים לנסיעה בדרך עירונית בלבד. כלי רכב מסוג זה טרם יובאו ארצה באופן מסחרי, ולכן, לא ניתן לפגוש אותם בדרכים.

2. סקר שטח לאפיון היקפי התנועה של אמצעי תחבורה חלופיים, בערים בישראל

2.1. שיטת ביצוע הסקר וניתוח הנתונים

לאפיון היקפי התנועה של אופניים חשמליים ואמצעים חלופיים אחרים, בערים בישראל, נערך סקר שטח. הסקר בוצע במתכונת של ספירות תנועה, בצמתים עירוניים מייצגים. להלן תיאור הקווים המנחים לביצוע הסקר, לרבות השיקולים ששימשו לבחירת אתרי התצפיות, שיטת הסקר ואופן ניתוח הנתונים.

2.1.1. בחירת האתרים לסקר

בתור אתרי הסקר נבחרו הצמתים המרכזיים בערים עם פוטנציאל גבוה לצפות בסוגי הרכב החלופיים. בעקבות סיורי השטח שנערכו בערים השונות בישראל נמצא כי פוטנציאל גבוה יותר לפגוש את סוגי הרכב החלופיים קיים בערים מישוריות, צפופות יותר וברמה כלכלית-חברתית בינונית-גבוהה. על מנת ליצור מסגרת מקיפה לביצוע הסקר, בחירת הערים לסקר נערכה על סמך קובץ הישובים של הלמ"ס (2014) שמתוכו נגזרו ישובים עם יותר מ-50,000 תושבים; רשימה זו כללה 30 ישובים. ברשימה זו אנו התמקדנו בישובים מהסוגים הבאים:

* ישוב יהודי או מעורב,

* מאשכול כלכלי-חברתי 5-8 (בינוני-גבוה),

* בעיקר ממחוזות המרכז ותל-אביב (4-5) וגם ממחוז חיפה (3).

בנוסף, היה רצוי שמקבץ הערים הנבחרות לסקר יהווה שילוב של ערים בגודל שונה, וכן, מהאשכולות השונים של הרמה הכלכלית-חברתית שנבחרה (בטווח של 5-8). לסיווג גודל עיר שימשו שלוש קטגוריות שהן: עד 100 אלף תושבים, 100-200 אלף תושבים, מעל 200 אלף תושבים.

בהתחשב בשיקולים לעיל לביצוע ספירות התנועה בצמתים נבחרו 8 ערים בתוספת אזור הקריות, כמוצג בטבלה 2.1. (העיר חיפה לא נבחרה לביצוע הסקר בשל היותה עיר הררית וגם הפוטנציאל נמוך יחסית לפגוש בתוכה את סוגי הרכב החלופיים, כפי שנצפה בסיורי השטח). ניתן להבחין שהישובים שנבחרו לסקר מהווים מגוון מייצג מבחינת גודל עיר, האשכול הכלכלי-חברתי והאזור הגיאוגרפי. בנוסף, בקרב הישובים שנבחרו ישנה שונות מסוימת מבחינת חלקם היחסי של בני הנוער באוכלוסיית הישוב; פרמטר זה חשוב מכיוון שבני הנוער מהווים חלק ניכר מהמשתמשים באופניים החשמליים בישראל.

בהתחשב בהסדרים הטיפוסיים של הצמתים העירוניים במרכזי ערים ובקרבת מוקדי המשיכה, הוחלט כי ספירות התנועה תיערכנה ב-3 סוגי צמתים שהם:

(1) מעגל תנועה,

(2) צומת מרומזר הממוקם על עורק תנועתי,

(3) צומת מרומזר הממוקם על רחוב מאסף, בקרבת מוקדי משיכה עירוניים.

החתך הדו-מסלולי, עם יותר מנתיב נסיעה אחד לכיוון ומפרדה בנויה, אופייני לעורקי תנועה ולמרכזי ערים בישראל. לכן, הוחלט שבבחירת הצמתים לסקר הן עורק התנועה והן הרחוב המאסף יהיו מסוג דרך דו-מסלולית.

על-פי המאפיינים שנקבעו ובעקבות סיורי שטח מוקדמים, רשימת הצמתים לביצוע הסקר הוגדרה כמוצג בטבלה 2.2. טבלה 2.3 מביאה סיכום של מספרי האתרים בסקר, לפי ערים. הסקר נערך סה"כ ב-50 צמתים, כולל: 10 מעגלי תנועה, 10 צמתים מרומזרים על עורקי תנועה ו-30 צמתים מרומזרים על רחוב מאסף עם פעילות מסחרית ומוקדי משיכה. איור 2.1 מביא דוגמאות לסוגי הצמתים שנבחרו לביצוע הסקר.

טבלה 2.1. רשימת הישובים שנבחרו לביצוע ספירות תנועה של סוגי הרכב החלופיים, בצמתים

הישוב	מחוז	דת היישוב (1 - יהודי, 4 - מעורב)	סך אוכלוסיית הישוב*	גובה לעומת פני הים	מדד כלכלי- חברתי - אשכול**	אחוז בני 10-14 באוכלוסייה*	אחוז בני 15-19 באוכלוסייה*
תל אביב -יפו	תל אביב	4	426138	17	8	4.7	4.1
פתח תקווה	המרכז	1	225356	31	6	7.1	6.0
נתניה	המרכז	1	202428	28	5	6.7	6.1
רמת גן	תל אביב	1	150917	37	7	5.3	5.0
בת ים	תל אביב	1	128498	23	5	5.2	5.0
כפר סבא	המרכז	1	94156	52	8	6.3	6.0
חדרה	חיפה	1	86774	19	5	6.9	6.5
רעננה	המרכז	1	70206	48	8	7.2	7.1
קריית (קריית מוצקין, קריית ביאליק, קריית ים)	חיפה	1	117567	6-12	5-6	5.1-5.8	5.1-5.4

* בסוף שנת 2014 **קיים מ-1 עד 10, כאשר "1" הנמוך ביותר

2.1.2 שיטת הסקר

מטרת הסקר הינה בהערכת היקפי השימוש באופניים החשמליים ובאמצעי תחבורה חלופיים אחרים, בצמתים עירוניים. ההתנהגויות הנבחנות בסקר הן:

- (1) **ספירת סוגי הרכב החלופיים:** מספר רוכבי האופניים החשמליים/ משתמשי אמצעים אחרים, המגיעים לצומת מכל כיוון (ספירה רציפה);
- (2) **ספירות רקע:** כלי רכב, הולכי רגל, רוכבי אופניים רגילים וקטנועים המגיעים לצומת מכל כיוון (ספירה מדגמית).
- (2) **מאפיינים של משתמשי סוגי הרכב החלופיים:** גיל, מגדר, שימוש בקסדה, מיקום רכיבה וכו'.

הסקר נערך בין השעות 8-20, בימי חול. בכל אתר, התצפיות בוצעו במשך 6 שעות (בוקר-צהריים או צהריים-ערב, לסירוגין), ע"י שני תצפיתנים. סוגי הרכב החלופיים המתועדים בסקר הם: אופניים חשמליים, קורקינט חשמלי, קלנועית ורכינע. עבור כלי תחבורה אלה נערכה ספירה רציפה במשך 6 שעות התצפיות ובנוסף, נערך רישום פרטים של משתמשי סוגי הרכב החלופיים, בהיקף המרבי שניתן להספיק מבלי לפגוע בספירה הרציפה.

בנוסף לספירה ולאפיון של סוגי הרכב הייעודיים, בכל אתר, בוצעו ספירות הרקע של כלי הרכב, הולכי הרגל, רוכבי אופניים רגילים וקטנועים העוברים בצומת. ספירות הרקע נערכו עבור סוגי תחבורה אלה מכל כיוון הכניסה לצומת, מדי 10 דקות. ספירות הרקע נדרשו על מנת לאפשר הערכות של חלקם היחסי של סוגי הרכב החלופיים בתנועה.

עבור האופניים החשמליים, האופניים הרגילים והקטנועים נערכו ספירות נפרדות של הכמויות הנכנסות לצומת בכביש ובמדרכות. סקר התצפיות בוצע בחודשים ספטמבר-נובמבר 2016.

טבלה 2.2. רשימת הצמתים שנבחרו לביצוע הסקר - ספירות תנועה

מס' אתר	עיר	כתובת צומת	סוג צומת	הערות נוספות
1	קרית ים	משה שרת-בן צבי	מעגל	ליד מרכז מסחרי
2	קרית חיים	אח"י אילת-חומה ומגדל	מעגל	רחוב מסחרי
3	חדרה	רוטשילד-הרבט סמואל	מעגל	רחוב מסחרי
4	חדרה	אחד העם-הלל יפה	מעגל	רחוב מסחרי
5	נתניה	סמילנסקי-רמז	מעגל	רחוב מסחרי
6	נתניה	טום לנטוס-קלאוזנר	מעגל	ליד מרכז מסחרי אלון
7	תל-אביב	אחימאיר-רקנאטי	מעגל	ליד מרכז אלרם
8	בת ים	יוספטל-בן גוריון	מעגל	ליד מרכז מסחרי
9	רמת גן	תובל-היצירה	מעגל	רחוב מסחרי
10	פתח-תקווה	רוטשילד-ז'בוטינסקי	מעגל	ליד שוק
11	קרית ביאליק	רבין-כביש 4 (דרך עכו)	מרומזר על עורק תנועה	ליד קריין
12	קרית ים	שד' ירושלים-משה שרת	מרומזר על עורק תנועה	ליד מרכז מסחרי
13	נתניה	שד' בן גוריון-זלמן שז"ר	מרומזר על עורק תנועה	ליד קניון עיר ימים
14	תל-אביב	דרך נמיר-לבנון/עגנון	מרומזר על עורק תנועה	
15	תל-אביב	דרך נמיר-ארלוזורוב	מרומזר על עורק תנועה	
16	תל-אביב	יגאל אלון-יצחק שדה	מרומזר על עורק תנועה	רחוב מסחרי
17	תל-אביב	לה גרדיה-משה דיין	מרומזר על עורק תנועה	ליד מרכז מסחרי
18	תל-אביב	שלונסקי-פנחס רוזן	מרומזר על עורק תנועה	
19	תל-אביב	בני אפרים-קק"ל	מרומזר על עורק תנועה	
20	רמת גן	ז'בוטינסקי-אבא הילל	מרומזר על עורק תנועה	ליד מוקדי משיכה
21	חדרה	ויצמן-הלל יפה	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
22	חדרה	ויצמן-הגיבורים	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
23	חדרה	הרבט סמואל-רמב"ם	מרומזר על רחוב מאסף	ליד מסחר
24	נתניה	הרצל-פתח תקווה	מרומזר על רחוב מאסף	ליד קניון השרון
25	נתניה	הרצל-שדרות בנימין	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
26	נתניה	הרצל-סמילנסקי	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
27	רעננה	אחוזת-קרן היסוד	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
28	רעננה	אחוזת-בר אילן	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
29	רעננה	אחוזת-דרך ירושלים	מרומזר על רחוב מאסף	ליד מוקדי משיכה
30	רעננה	אחוזת-משה דיין	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
31	רעננה	אחוזת-חפץ חיים	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
32	כפר סבא	ויצמן-כצנלסון	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
33	כפר סבא	ויצמן-רוטשילד	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
34	כפר סבא	טשרניחובסקי-וייצמן	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
35	תל-אביב	ברודצקי-אינשטין	מרומזר על רחוב מאסף	ליד קניון רמת אביב
36	תל-אביב	אבן גבירול-ז'בוטינסקי	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
37	תל-אביב	אבן גבירול-מלכי ישראל	מרומזר על רחוב מאסף	ליד מרכז קניות גן העיר
38	תל-אביב	אבן גבירול-שאל המלך	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
39	תל-אביב	פנקס-וייצמן	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
40	תל-אביב	ויצמן-ארלוזורוב	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
41	בת ים	יוספטל-כצנלסון	מרומזר על רחוב מאסף	ליד קניון
42	בת ים	העצמאות-רוטשילד	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
43	רמת גן	ז'בוטינסקי-ביאליק	מרומזר על רחוב מאסף	ליד קניון
44	רמת גן	יצחק מודעי-מנחם בגין	מרומזר על רחוב מאסף	רחוב מסחרי
45	רמת גן	סירקין-ארלוזורוב	מרומזר על רחוב מאסף	ליד מוקדי משיכה
46	פתח-תקווה	ז'בוטינסקי-יצחק שדה	מרומזר על רחוב מאסף	ליד מסחר
47	פתח-תקווה	קפלן-אבי אורן	מרומזר על רחוב מאסף	ליד מוקדי משיכה
48	פתח-תקווה	חיים עוזר-ההסתדרות	מרומזר על רחוב מאסף	ליד מוקדי משיכה
49	פתח-תקווה	רוטשילד-ההסתדרות	מרומזר על רחוב מאסף	ליד מוקדי משיכה
50	פתח-תקווה	חיים עוזר-שטמפפר	מרומזר על רחוב מאסף	ליד מוקדי משיכה

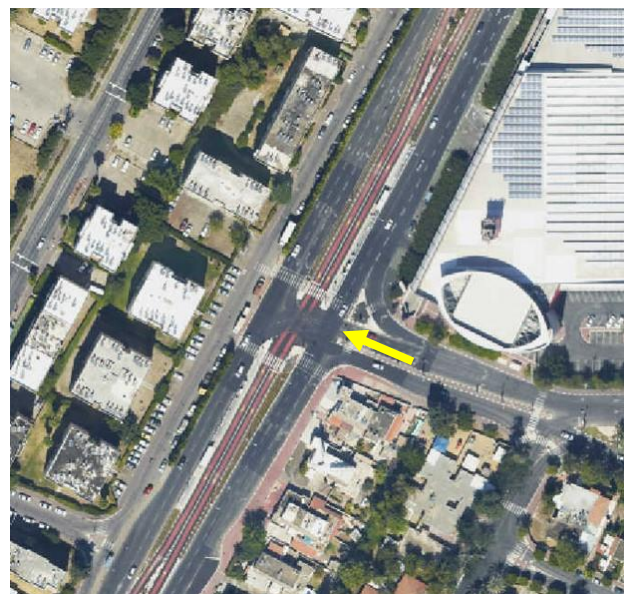
טבלה 2.3. סיכום למספר אתרי התצפיות בסקר, לפי ערים

עיר	מעגלי תנועה	צמת מרומזר על עורק תנועה	צמת מרומזר על רחוב מאסף	סה"כ
תל אביב -יפו	1	6	6	13
פתח תקווה	1	--	5	6
נתניה	2	1	3	6
רמת גן	1	1	3	5
בת ים	1	--	2	3
כפר סבא	--	--	3	3
חדרה	2	--	3	5
רעננה	--	--	5	5
קריות	2	2	--	4
סה"כ	10	10	30	50



(1) מעגל תנועה: קריית ים, משה שרת-בן צבי

איור 2.1. דוגמאות לסוגי צמתים שנבחרו לביצוע הסקר.



(2) צומת מרומזר על עורק תנועת: קריית ביאליק, דרך עכו (כביש 4) - רבין



(3) צומת מרומזר על רחוב מאסף: חדרה, ויצמן-הלל יפה

איור 2.1. דוגמאות לסוגי צמתים שנבחרו לביצוע הסקר (המשך).

2.1.3. ניתוח נתוני הסקר

ניתוח נתוני הסקר נערך לפי מספר שלבים כמתואר להלן.

(1) הפקת סטטיסטיקה פרטנית לכל אתר: לכל אתר, נערך סיכום ספירות של סוגי הרכב החלופיים, עם הפקת אומדן ממוצע שעותי וסטיות תקן, לכל אמצעי. כמו כן, לכל אתר, חושבו אומדנים ממוצעים (וסטיות תקן) של ספירות הרקע – מספר כלי הרכב, הולכי הרגל, האופניים הרגילים והקטנועים הנכנסים לצומת, בכל זרוע, וסה"כ בכל הזרועות ביחד.

בעקבות הצלבה של ספירות הרקע וספירות סוגי הרכב החלופיים, חושבו אומדנים יחסיים לאפיון היקפי התנועה של סוגי הרכב המיוחדים (אופניים חשמליים, אופניים רגילים וקטנועים) לעומת כלי הרכב בכביש והולכי הרגל במדרכות. לכל אתר, חושבו אומדנים יחסיים כלהלן:

- * יחס האופניים הרגילים שנכנסו בכביש לסה"כ כלי רכב בכביש,
- * יחס האופניים הרגילים שנכנסו במדרכות לסה"כ הולכי רגל,
- * יחס האופניים החשמליים שנכנסו בכביש לסה"כ כלי רכב בכביש,
- * יחס האופניים החשמליים שנכנסו במדרכות לסה"כ הולכי רגל,
- * יחס הקטנועים שנכנסו בכביש לסה"כ כלי רכב בכביש,
- * יחס הקטנועים שנכנסו במדרכות לסה"כ הולכי רגל.

(2) **השוואה בין סוגי האתרים:** עבור 3 סוגי הצמתים בסקר (מעגל תנועה, צומת מרומזר על עורק, צומת מרומזר על רחוב מאסף) התקבלו אומדנים שעתיים ממוצעים של אמצעי התחבורה השונים שעוברים בצומת ושל נוכחות סוגי הרכב החלופיים לעומת היקפי כלי הרכב והולכי הרגל. רמות הנוכחות של סוגי הרכב החלופיים הושוּוּ בין שלושת סוגי האתרים, בעזרת מבחן-z לפרופורציות.

(3) **בדיקת הקשר בין נוכחות סוגי התחבורה השונים בצומת, באמצעות חישוב מתאמים סטטיסטיים:** נערכה בדיקה סטטיסטית של הקשר בין נוכחות סוגי תחבורה שונים בצומת. השאלה שנבדקה היא: "האם קיים מתאם בין מספר הולכי הרגל/האופניים הרגילים/כלי הרכב המנועים העוברים בצומת לבין מספר כלי הרכב החלופיים באותו הצומת?" להערכת רמת הקשר ומובהקותו חושבו מקדמי קורלציה פירסון (Pearson correlation coefficients), בתוכנת SAS. החישובים נערכו עבור כל אתרי התצפיות ביחד ועבור כל סוג אתר לחוד.

(4) **פיתוח מודלים לניבוי תנועת כלי הרכב החלופיים בצומת.** (ראה פירוט בסעיף 2.2.3).

(5) **השוואה בין רמת ההיפגעות בתאונות של משתמשי האופניים החשמליים וקורקינט חשמלי:** על סמך ממצאי הסקר הנוכחי ונתוני הלמ"ס על נפגעים בתאונות דרכים, נערכה בחינה השוואתית של רמת ההיפגעות בתאונות של משתמשי האופניים החשמליים לעומת משתמשי הקורקינט החשמלי.

(6) **בחינת פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים:** נערך עיבוד מסכם של פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים שנצפו בצמתים, עם הפקת התפלגויות מסכמות. הניתוח נערך בשני אופנים: עבור כל אתרי התצפיות ביחד ועבור כל סוג אתר לחוד. הממצאים אפשרו לאפיין את הפרופילים הטיפוסיים של משתמשי האמצעים השונים, תוך כדי בחינת הדמיון והשוני בין המשתמשים בסוגי האתרים השונים.

2.2. הממצאים והמשמעויות

נספח ב' מציג את נתוני התנועה בכל אחד מאתרי התצפיות - האומדנים השעתיים הממוצעים (וסטיות התקן) של סוגי תחבורה שונים בצומת. בנוסף, לכל אתר מוצגים האומדנים היחסיים של אופניים רגילים, אופניים חשמליים וקטנועים, בתנועה השעתית. (עבור קלנועיות, קורקינטים ורכינעים לא חושבו האומדנים היחסיים עקב מיעוט סוגי תחבורה אלה בתנועה בצומת.)

2.2.1. נוכחותם של סוגי הרכב החלופיים בסוגי אתרים שונים

טבלה 2.4 מביאה סיכום לנתוני הסקר - אומדנים שעתיים ממוצעים של סוגי הרכב החלופיים ושל אמצעי התחבורה השונים שעוברים בצומת, לפי סוגי האתרים. איור 2.2 מציג את אומדני היחס בין האופניים החשמליים, האופניים הרגילים והקטנועים לבין מספר כלי הרכב ומספר הולכי הרגל שעוברים בצומת, בשעה. טבלה 2.5 מציגה ממצאים מהבדיקה הסטטיסטית של ההבדלים בין סוגי האתרים, מבחינת נוכחותם של האופניים החשמליים, האופניים הרגילים וקטנועים. הממצאים מראים כי:

* המספרים השעתיים הממוצעים של האופניים החשמליים גבוהים יותר בצמתים מרומזרים (47-49 בשעה) ונמוכים יותר במעגלים (23 בשעה), בעוד המספרים של יתר סוגי האמצעים נמוכים (3-1 קלנועיות בשעה, 2-1 קורקינטים בשעה) או זניחים (פחות מסגווי 1 בשעה), בכל סוגי האתרים. על פני אתרי התצפיות קיים פיזור במספרים הללו (אשר בא לידי ביטוי בסטיות התקן הגדולות לעומת ערכי הממוצעים).

* יותר קלנועיות ניתן לפגוש במעגלי תנועה מאשר בצמתים מרומזרים. יותר אופניים חשמליים יבחרו לנסוע בכביש במעגל תנועה וברחוב המאסף, כאשר בעורק יותר רוכבים יעדיפו לנסוע במדרכה. סביר להניח כי העדפות אלה משקפות נטיה לבחירה "בטוחה יותר" בין תנאי תנועה שונים.

טבלה 2.4. סיכום לנתוני הסקר, לפי סוגי האתרים

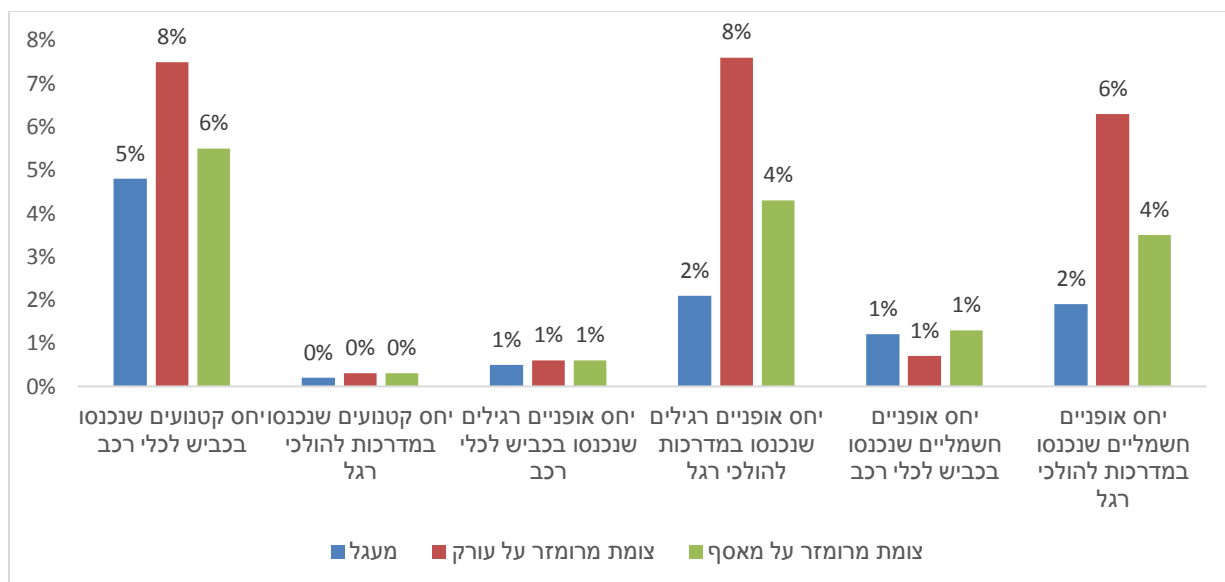
א - מספר שעתיים ממוצע של סוגי הרכב החלופיים שנצפו באתר

סוג צומת (מספר אתרי תצפיות)	אומדן	אופניים חשמליים - בכביש	אופניים חשמליים - במדרכות	קלנועית - בכביש ובמדרכה	קורקינט חשמלי - בכביש ובמדרכה	סגווי - בכביש ובמדרכה
מעגל (10)	ממוצע שעתיים	15.0	8.1	2.7	0.9	0.2
	סטיות תקן	11.8	7.0	3.9	1.2	0.4
	ערך מרבי	29	17	11	2	0
מרומזר על עורק תנועה (10)	ממוצע שעתיים	21.5	26.7	1.2	2.3	0.3
	סטיות תקן	33.0	30.3	1.6	2.4	0.4
	ערך מרבי	71	81	4	4	1
מרומזר על רחוב מאסף (30)	ממוצע שעתיים	24.9	22.2	2.0	2.2	0.4
	סטיות תקן	22.6	24.7	2.7	3.1	0.8
	ערך מרבי	76	87	10	9	1

ב - מספר שעתיים ממוצע של סוגי תחבורה שונים שנכנסו לצומת

סוג צומת	סה"כ כלי רכב מנועים שנכנסו בכביש*	קטנועים - נכנסו בכביש	קטנועים - נכנסו במדרכות/ מעברי חציה	אופניים רגילים - נכנסו בכביש	אופניים רגילים - נכנסו במדרכות	הולכי רגל - נכנסו במעברי חציה בצומת
מעגל	1294	63	1	6	9	431
מרומזר על עורק תנועה	3302	246	1	20	32	426
מרומזר על רחוב מאסף	1943	107	2	13	28	635

* ללא קטנועים



איור 2.2. הצגה ויזואלית של אומדני היחס בין האופניים החשמליים, האופניים הרגילים והקטנועים לבין מספרי כלי הרכב והולכי הרגל שנסכסו לצומת, לפי סוג אתר.

טבלה 2.5. אומדני היחס בין האופניים החשמליים, האופניים הרגילים והקטנועים לבין מספרי כלי הרכב והולכי הרגל בצומת, לפי סוג אתר

סוג צומת	יחס קטנועים שנסכסו בכביש לסה"כ כלי רכב	יחס קטנועים שנסכסו במדרכות להולכי רגל	יחס אופניים רגילים שנסכסו בכביש לסה"כ כלי רכב	יחס אופניים רגילים שנסכסו במדרכות להולכי רגל	יחס אופניים חשמליים שנסכסו בכביש לסה"כ כלי רכב	יחס אופניים חשמליים שנסכסו במדרכות להולכי רגל
א - האומדנים הממוצעים						
1 מעגל	4.8%	0.2%	0.5%	2.1%	1.2%	1.9%
2 מרומזר על עורק תנועה	7.5%	0.3%	0.6%	7.6%	0.7%	6.3%
3 מרומזר על רחוב מאסף	5.5%	0.3%	0.6%	4.3%	1.3%	3.5%
ב – בדיקת הבדלים בין סוגי האתרים						
1 לעומת 2	Z	-24.39	-2.35	-3.09	-28.50	14.43
2	ר.מ.	*0.00	0.06	**0.01	*0.00	*0.00
1 לעומת 3	Z	-7.13	-2.40	-4.64	-16.33	-1.73
3	ר.מ.	*0.00	**0.05	*0.00	*0.00	0.23
2 לעומת 3	Z	29.11	0.48	-2.09	21.66	-21.93
3	ר.מ.	*0.00	0.95	0.10	*0.00	*0.00

הערות: (1) ר.מ. - רמת מובהקות לאחר תיקון בונפרוני להשוואות מרובות; (2) הבדל מובהק עם $p < 0.01$, $p < 0.05$

* בכל סוגי האתרים, מספרי האופניים החשמליים והאופניים הרגילים בכביש זניחים לעומת מספר כלי הרכב (היחס של 0.5%-0.6% עבור אופניים רגילים, 0.7%-1.3% עבור אופניים חשמליים). עם זאת, נוכחות האופניים החשמליים בכביש גבוהה כפי שניים לעומת נוכחותם של אופניים רגילים – במעגלי תנועה ובצמתים ברחובות מאספים, כאשר בעורקי תנועה אין הבדל מעשי בין נוכחותם של שני סוגי האופניים.

* נוכחותם של האופניים משמעותית יותר לעומת הולכי הרגל במדרכות כאשר היא מהווה כ-2% במעגלי תנועה, 6%-8% בצמתים בעורקי תנועה וכ-4% בצמתים ברחובות המאספים. בכל סוגי האתרים, נוכחותם של אופניים רגילים גבוהה יותר לעומת האופניים החשמליים.

* נוכחותם של קטנועים זניחה לעומת הולכי הרגל במדרכות, בכל סוגי האתרים (יחס ממוצע של 0.2%-0.3%). נוכחותם משמעותית יותר בכביש: היחס בין הקטנועים לכלי הרכב העוברים בצומת נמצא בטווח של 5%-7%.

* נוכחותם של כל סוגי האמצעים (אופניים חשמליים, אופניים רגילים וקטנועים), הן בכביש והן במדרכות, לרוב, נמוכה יותר במעגל לעומת צמתים מרומזרים.

מבחינת נתוני האתרים בנספח ב', עולה כי:

- **במעגלי תנועה**, נצפו בשעה עד 17 אופניים רגילים בכביש, עד 32 אופניים רגילים במדרכות, עד 29 אופניים חשמליים בכביש, עד 17 אופניים חשמליים במדרכות, עד 11 קלנועיות בכביש ובמדרכות ביחד. מספרים גבוהים יחסית⁵ של אופניים חשמליים בכביש נצפו באתרים בחדרה, נתניה, רמת גן ופתח-תקווה; מספרים גבוהים יחסית של אופניים חשמליים במדרכות – בחדרה, נתניה ותל-אביב; מספרים גבוהים יחסית של קלנועיות – בקרית ים, חדרה ונתניה. באתר אחד (תובל-היצירה ברמת גן) נצפה מספר גבוה של קטנועים שנסעו על הסדרים להולכי רגל. אתר זה מאופיין גם במספר גבוה מאוד של קטנועים בכביש.

- **בצמתים מרומזרים על עורקים**, נצפו בשעה עד 86 אופניים רגילים בכביש, עד 90 אופניים רגילים במדרכות, עד 71 אופניים חשמליים בכביש, עד 81 אופניים חשמליים במדרכות. באתרים מסוג זה נצפו מעט קלנועיות - עד 4 בשעה (באתר אחד בתל-אביב). לעומת זאת, 3-4 קורקינטים בשעה נצפו במספר אתרים בתל-אביב.

בצמתים מסוג זה בקריות ובנתניה נצפו מספרים נמוכים של אופניים רגילים וחשמליים. לעומת זאת, ב-5 אתרים בתל-אביב (מתוך שישה) ובאתר ברמת גן נצפו מספרים גבוהים של אופניים חשמליים בכביש או במדרכה, לרוב ביחד עם מספרים גבוהים של אופניים רגילים. מספרים גבוהים יחסית של קטנועים בהסדרים להולכי רגל (3-4 בשעה) נצפו במספר אתרים בתל-אביב ורמת גן (בצמתים אלה עברו מספרים גבוהים של קטנועים גם בכביש).

- **בצמתים מרומזרים על רחובות מאספים**, נצפו בשעה עד 155 אופניים רגילים בכביש, עד 153 אופניים רגילים במדרכות, עד 76 אופניים חשמליים בכביש, עד 87 אופניים חשמליים במדרכות. באתרים מסוג זה נצפו יותר קלנועיות לעומת העורקים - עד 10 בשעה, כאשר מספרים גבוהים יחסית של קלנועיות נצפו במספר אתרים בנתניה (4-10 בשעה), בכפר סבא (3-4 בשעה), בחדרה ותל-אביב (3 בשעה), בבתי-ים (3-5 בשעה). כמו כן, באתרים אלה נצפו יותר קורקינטים חשמליים מאשר בעורקים, בעיקר בתל-אביב (בכל הצמתים בתל-אביב נצפו 3-9 קורקינטים בממוצע בשעה) וגם בנתניה ורמת גן (2-3 בשעה).

כמעט בכל הצמתים מסוג זה (פרט לאתר אחד בחדרה) נצפו הן האופניים הרגילים והן האופניים החשמליים. במספר צמתים בערים נתניה, רעננה, בת ים, רמת גן, פתח תקווה נצפו מספרים גבוהים יחסית של אופניים חשמליים בכביש ו/או במדרכה. בכל הצמתים בתל-אביב נצפו מספרים גבוהים של שני סוגי האופניים. ערכי השיא

⁵ מעל ממוצע בין האתרים

של אופניים רגילים במדרכה נצפו בצמתים ברחוב אבן גבירול; ערכי השיא של אופניים רגילים בכביש (וגם במדרכה) – בצמת פנקס-וייצמן בתל-אביב; ערכי השיא של אופניים חשמליים בכביש – בצמתים אבן גבירול-שאל המלך, וייצמן-ארלזורוב; ערכי השיא של אופניים חשמליים במדרכה - בצמתים אבן גבירול-ז'בוטינסקי, אבן גבירול-שאל המלך.

מספרים גבוהים יחסית של קטנועים בהסדרים להולכי רגל (6-8 בשעה) נצפו בצמתים מסוימים בחדרה, נתניה, תל-אביב, רמת גן; ערך שיא נצפה בצמת אחוזה-דרך ירושלים ברעננה, עם 17 קטנועים בממוצע בשעה שעברו בהסדרים להולכי רגל. (להבדיל מהממצאים בסוגי האתרים הקודמים, הצמתים המרומזרים על רחובות מאספים עם ריבוי קטנועים בהסדרים להולכי רגל לא בהכרח מתאפיינים במספרים גבוהים יותר של קטנועים בכביש).

2.2.2. בחינת הקשר בין נוכחות סוגי תחבורה שונים בצומת, בעזרת מתאמים סטטיסטיים

לבחינת רמת הקשר בין נוכחות סוגי תחבורה שונים בצומת חושבו מקדמי קורלציית פירסון. (בחישוב מקדמי הקורלציה שימשו האומדנים השעתיים לפי סוגי התחבורה שנכנסו לצומת, בכביש ובמדרכה ביחד). טבלה 2.6 מציגה את מקדמי הקורלציה (ורמת מובהקותם) בין סוגי התחבורה השונים שחושבו על כל אתרי התצפיות ביחד; טבלה 2.7, א'-ג', מציגה תוצאות דומות עבור כל אחד מסוגי הצמתים לחוד. ניתן להבחין כי סה"כ, בכלל המדגם של הצמתים העירוניים:

- נמצא קשר מובהק וישיר ($p < 0.01$) בין נפחי התנועה של רכב מנועי לבין המספרים של אופניים רגילים, אופניים חשמליים, קטנועים וקורקינטים, וקשר הפוך מובהק ($p < 0.05$) עם נוכחות הקלנועיות. בין כלי הרכב לבין סך אמצעי התחבורה החלופיים (אופניים חשמליים + קורקינט + קלנועית + רכינע) נמצא קשר ישיר ומובהק ($p < 0.01$), עם מקדם קורלציה בינוני (0.42).

- נמצא קשר ישיר ומובהק בין מספר הולכי הרגל לבין מספר הקלנועיות בצומת ($r = 0.44, p < 0.01$) וקשר ישיר אך חלש יותר ($r = 0.25-0.26, p < 0.1$) בין מספר הולכי הרגל לבין מספר האופניים החשמליים ומספר הקטנועים. כמו כן, בין מספר הולכי הרגל לבין סך אמצעי התחבורה החלופיים (אופניים חשמליים + קורקינט + קלנועית + רכינע) נמצא קשר ישיר ומובהק ($p < 0.05$), אך עם מקדם קורלציה לא גבוה (0.29).

טבלה 2.6. מקדמי הקורלציה* בין מספרים של סוגי תחבורה שונים בצומת, על סמך כלל האתרים בסקר (N=50)

סוג אמצעי	הולכי רגל	אופניים רגילים	אופניים חשמליים	קלנועית	קורקינט	קטנוע	סך האמצעים החלופיים**
כלי רכב	-0.056	0.399	0.446	-0.362	0.379	0.577	0.417
p-value	0.699	0.004	0.001	0.010	0.007	<.0001	0.003
הולכי רגל		0.059	0.260	0.444	0.165	0.248	0.289
p-value	0.686	0.068	0.001	0.001	0.251	0.082	0.042
אופניים רגילים			0.623	-0.146	0.742	0.572	0.628
p-value			<.0001	0.312	<.0001	<.0001	<.0001
אופניים חשמליים				-0.019	0.842	0.668	0.997
p-value				0.896	<.0001	<.0001	<.0001
קלנועית					-0.081	-0.248	0.053
p-value					0.575	0.083	0.716
קורקינט						0.529	0.856
p-value						<.0001	<.0001
קטנוע							0.644
p-value							<.0001

* Pearson correlation coefficients ** אופניים חשמליים + קורקינט + קלנועית + רכינע

טבלה 2.7. מקדמי הקורלציה* בין מספרים של סוגי תחבורה שונים בצומת, במדגמים לפי סוגי הצמתים

א – מעגלי תנועה (N=10)

סוג אמצעי	הולכי רגל	אופניים רגילים	אופניים חשמליים	קלנועית	קורקינט	קטנוע	סך האמצעים החלופיים**
כלי רכב	-0.546	-0.290	-0.306	-0.784	0.283	0.245	-0.434
p-value	0.103	0.416	0.389	0.007	0.428	0.495	0.210
הולכי רגל		0.536	0.628	0.537	0.382	0.252	0.667
p-value		0.110	0.052	0.109	0.277	0.483	0.035
אופניים רגילים			-0.007	0.090	0.134	0.313	0.022
p-value			0.984	0.805	0.713	0.379	0.952
אופניים חשמליים				0.513	0.654	0.364	0.980
p-value				0.130	0.040	0.302	<.0001
קלנועית					-0.077	-0.373	0.670
p-value					0.833	0.288	0.034
קורקינט						0.805	0.565
p-value						0.005	0.089
קטנוע							0.242
p-value							0.501

ב – צמתים מרומזרים על עורקים (N=10)

סוג אמצעי	הולכי רגל	אופניים רגילים	אופניים חשמליים	קלנועית	קורקינט	קטנוע	סך האמצעים החלופיים**
כלי רכב	0.167	0.444	0.602	-0.490	0.752	0.316	0.592
p-value	0.645	0.199	0.065	0.150	0.012	0.374	0.072
הולכי רגל		0.619	0.345	-0.145	0.210	0.521	0.334
p-value		0.057	0.329	0.690	0.561	0.123	0.345
אופניים רגילים			0.787	-0.087	0.785	0.900	0.785
p-value			0.007	0.810	0.007	0.000	0.007
אופניים חשמליים				0.126	0.879	0.786	0.999
p-value				0.728	0.001	0.007	<.0001
קלנועית					-0.061	-0.058	0.155
p-value					0.868	0.874	0.668
קורקינט						0.658	0.884
p-value						0.039	0.001
קטנוע							0.778
p-value							0.008

ג – צמתים מרומזרים על רחובות מאספים (N=30)

סוג אמצעי	הולכי רגל	אופניים רגילים	אופניים חשמליים	קלנועית	קורקינט	קטנוע	סך האמצעים החלופיים**
כלי רכב	-0.039	0.401	0.410	-0.201	0.351	0.509	0.395
p-value	0.836	0.028	0.025	0.286	0.058	0.004	0.031
הולכי רגל		-0.083	0.179	0.610	0.119	0.316	0.217
p-value		0.661	0.345	0.000	0.533	0.089	0.250
אופניים רגילים			0.571	-0.149	0.735	0.523	0.582
p-value			0.001	0.431	<.0001	0.003	0.001
אופניים חשמליים				-0.048	0.861	0.755	0.997
p-value				0.803	<.0001	<.0001	<.0001
קלנועית					-0.046	-0.251	0.022
p-value					0.811	0.180	0.908
קורקינט						0.665	0.880
p-value						<.0001	<.0001
קטנוע							0.737
p-value							<.0001

* Pearson correlation coefficients ** אופניים חשמליים + קורקינט + קלנועית + רכינע

- נמצא קשר ישיר ומובהק בין המספרים של אופניים רגילים לבין המספרים של אופניים חשמליים, קורקינטים, קטנועים וסך אמצעי התחבורה החלופיים ($p < 0.001$), עם מקדמי קורלציה גבוהים יחסית, בטווח 0.57-0.74.

- בנוסף, בקרב סוגי הרכב החלופיים נמצאו קורלציות גבוהות בין אופניים חשמליים לבין קורקינטים וקטנועים, בין קורקינט וקטנוע וכמו כן, בין כל אחד מאמצעים אלה לבין סך סוגי הרכב החלופיים ($p < 0.001$), עם מקדמי קורלציה גבוהים יחסית, בטווח 0.53-0.86. (בין מספר האופניים החשמליים וסך אמצעי התחבורה החלופיים, הן במדגם זה והן במדגמים האחרים לפי סוגי הצמתים, נמצא מקדם קורלציה ברמה של 0.980-0.999. משמעות הדבר שסך אמצעי התחבורה החלופיים מבטא בעיקר את מספר האופניים החשמליים).

בנוסף, במדגם של מעגלי תנועה, נמצא קשר הפוך מובהק ($r = -0.78, p < 0.01$) בין מספר כלי רכב מנועיים לבין נוכחות הקלנועיות. כמו כן, נמצא קשר ישיר ומובהק ($r = 0.63-0.67, p < 0.05$) בין מספר הולכי רגל במעגל לבין מספר אופניים חשמליים וסך אמצעי תחבורה חלופיים. בנוסף, קיים קשר ישיר ומובהק בין מספר אופניים חשמליים לקורקינטים ($r = 0.65, p < 0.05$) ובין קורקינט לקטנוע ($r = 0.80, p < 0.01$).

במדגם של צמתים מרומזרים על עורקים, נמצא קשר ישיר ומובהק או קרוב למובהק ($p < 0.08$) בין נפחי התנועה של רכב מנועי לבין המספרים של אופניים חשמליים, קורקינטים וסך אמצעי תחבורה חלופיים, עם מקדמי קורלציה גבוהים (0.59-0.75). עבור הולכי הרגל, נמצא קשר ישיר וקרוב למובהק עם מספרים של אופניים רגילים בלבד. עבור אופניים רגילים, התקבל קשר ישיר ומובהק ($r = 0.79, p < 0.01$) עם מספרים של אופניים חשמליים, קורקינטים, קטנועים וסך כלי רכב חלופיים. בנוסף, נמצאו קורלציות גבוהות בין אופניים חשמליים לבין קורקינטים וקטנועים, בין קורקינט וקטנוע וכן, בין כל אחד מאמצעים אלה לבין סך סוגי הרכב החלופיים.

במדגם של צמתים מרומזרים על רחובות מאספים, נמצא קשר ישיר ומובהק או קרוב למובהק ($p < 0.06$) בין נפחי התנועה של רכב מנועי לבין מספריהם של אופניים רגילים, אופניים חשמליים, קורקינטים, קטנועים וסך אמצעי תחבורה חלופיים, עם מקדמי קורלציה בינוניים (0.35-0.51). עבור הולכי הרגל, נמצא קשר ישיר ומובהק עם מספר הקלנועיות ($r = 0.61, p < 0.001$). עבור האופניים הרגילים, התקבל קשר ישיר ומובהק ($r = 0.52-0.73, p < 0.01$) עם מספריהם של אופניים חשמליים, קורקינטים, קטנועים וסך כלי רכב חלופיים. כמו כן, נמצאו קורלציות גבוהות בין אופניים חשמליים לבין קורקינטים וקטנועים, בין קורקינט וקטנוע וכן, בין כל אחד מאמצעים אלה לבין סך סוגי הרכב החלופיים.

לסיכום, בניתוח מתאמי הקורלציה נמצא שסוגי הרכב החלופיים - אופניים חשמליים, קורקינטים וקטנועים, מגיעים לאותם האתרים ברשת כמו כלי רכב מנועים רגילים, כאשר מספרם עולה עם עליה בנפח התנועה בכביש (בכלל האתרים ביחד, וגם לחוד בצמתים מרומזרים על עורקי תנועה ועל רחובות מאספים). לעומת זאת, כמות הקלנועיות יורדת עם עליה בנפח התנועה בכביש (בכלל האתרים) וקשר הפוך זה חזק יותר במעגלי תנועה.

למספר הולכי הרגל העוברים בצומת נמצא קשר ישיר עם מספר הקלנועיות (בכלל האתרים ובצמתים על רחובות מאספים) וכן, קשר ישיר ומובהק עם מספר האופניים החשמליים וסך אמצעי התחבורה החלופיים (בכלל האתרים ובמעגלים). מכאן, סוגי התחבורה החלופיים מגיעים לאותם מוקדי המשיכה בעיר כמו הולכי הרגל.

בנוסף, בכלל האתרים בסקר ובצמתים מרומזרים, מספר האופניים הרגילים נמצא בקורלציה גבוהה יותר (לעומת כלי רכב או הולכי רגל) עם כל סוגי הרכב החלופיים פרט לקלנועית ולכן, הוא עשוי להתאים יותר לניבוי נוכחותם של סוגי הרכב החלופיים בצומת.

2.2.3. פיתוח מודלים לניבוי תנועות של כלי הרכב החלופיים בצומת

השיטה

כאמור, במחקר נאספו נתונים על נפחי תנועה של כלי רכב שונים ב-50 צמתים עירוניים, בפרקי זמן מוגדרים, בימי חול. על סמך הנתונים, לכל אתר, הופקו אומדנים שעתיים של מספר אמצעי התחבורה השונים העוברים בצומת כולל: כלי רכב מנועים; הולכי רגל; קטנועים בדרך; קטנועים במדרכות; אופניים רגילים בדרך, אופניים רגילים במדרכות; אופניים חשמליים בדרך, אופניים חשמליים במדרכות; קלנועיות (בדרך ובמדרכות ביחד) וסך כלי רכב חלופיים שעברו בצומת (אופניים חשמליים + קלנועיות + קורקינטים + רכינועים). מכאן, התקבל מדגם של 50 תצפיות, כאשר כל תצפית כוללת מספרים של סוגי הרכב השונים שעוברים בצומת, בשעה. כמו כן, האתרים (צמתים) מתחלקים לשלושה סוגים: מעגל, צומת מרומזר על עורק, צומת מרומזר על רחוב מאסף. על סמך מדגם זה פותחו מודלים לניבוי תנועת כלי הרכב החלופיים בצומת עירוני. טבלה 2.8 מציגה סטטיסטיקה תיאורית של משתני המדגם – ממוצע וסטית התקן של נפח התנועה השעתי באתר אחד.

טבלה 2.8. סטטיסטיקה תיאורית של משתני המדגם – נפח תנועה שעתי בצומת

שם משתנה	משמעות המשתנה	ממוצע	סטית תקן
Veh	סה"כ כלי רכב מנועים שנכנסו לצומת	2087.8	934.7
mtc_r	מספר קטנועים שנכנסו בכביש	125.6	131.4
mtc_s	מספר קטנועים שנכנסו במדרכות/מעברי חציה	1.5	3.0
Mtc	קטנועים סה"כ	127.1	132.1
bcl_r	מספר אופניים רגילים שנכנסו בכביש	12.7	24.7
bcl_s	מספר אופניים רגילים שנכנסו במדרכות	25.0	33.2
Bcl	אופניים רגילים סה"כ	37.6	49.8
Ped	סה"כ הולכי רגל שנכנסו לצומת	550.7	439.6
Ebcl_r	מספר אופניים חשמליים שנכנסו בכביש	22.2	18.8
Ebcl_s	מספר אופניים חשמליים שנכנסו במדרכות	20.3	18.4
Ebcl	אופניים חשמליים סה"כ	42.5	27.6
Msct	מספר קלנועיות	1.9	2.3
Sct	מספר קורקינטים	1.7	2.2
Sgw	מספר רכינועים	0.1	0.2
AltM	סך כלי הרכב החלופיים (אופניים חשמליים + קלנועיות + קורקינט + רכינוע)	46.3	29.7

בניתוח, פותחו מודלים לניבוי המספר השעתי בצומת של כלי הרכב הבאים:

- (1) סה"כ אופניים רגילים
- (2) סה"כ אופניים חשמליים
- (3) אופניים חשמליים בכביש
- (4) אופניים חשמליים במדרכות
- (5) קלנועיות
- (6) סה"כ קטנועים
- (7) סך כלי הרכב החלופיים.

בתור המשתנים המסבירים בכל אחד מהמודלים נבדקו: סה"כ כלי רכב מנועים, סה"כ הולכי רגל, סוג אתר. בנוסף, במודלים 2-7 בתור המשתנה המסביר נבדק גם מספר האופניים הרגילים בצומת.

כל המשתנים (פרט לסוג אתר) הם רציפים, לכן להתאמת המודלים שימשה רגרסיה לינארית. עם זאת, ברגרסיה הלינארית נדרשת התפלגות נורמלית של הנתונים, בעוד צורת ההתפלגות של כל אחד מהמשתנים במחקר לא עמדה בדרישה זו. לכן, בוצעה טרנספורמציה לוגריתמית של ערכי הנפחים אשר יצרה התאמה להתפלגות נורמלית. לבדיקת ההתאמה ל-"נורמליות" של התפלגויות הנתונים נערכו מבחני Shapiro-Wilk (Peng, 2004).

בפיתוח המודלים היו שני שלבים. תחילה, הותאמו מודלים מלאים של רגרסיה לינארית (Cohen et al, 2013), בתוכנה R 3.3.2 באמצעות פונקציית LM. פותחו שתי גרסאות של המודלים: עם 3 משתנים מסבירים (סוג אתר, נפח כלי רכב, סה"כ הולכי רגל) ועם 4 משתנים מסבירים (בתוספת נפח אופניים רגילים). בכל אחד מהמודלים ההנחות הדרושות לרגרסיה לינארית התקיימו. טיב התאמת המודל נמדד ע"י אחוז שונות מוסברת (כאשר ערך גבוה יותר של האומדן מצביע על התאמה טובה יותר) וע"י מבחן פישר (כאשר רמת מובהקות גבוהה יותר מצביעה על התאמה טובה יותר).

בשלב הבא של הניתוח, הרצנו רגרסיה לינארית בצעדים, בתוכנת SAS 9.4, בעזרת פרוצדורה *proc reg* עם בחירת מודל בשני הכיוונים (*stepwise*). גם בשלב זה לבחינת טיב התאמת המודל שימש אחוז השונות המוסברת ורמת מובהקות של המודל. בסיכום המודלים, לבחינת השפעת המשתנים המסבירים על הערך המנובא (נפח תנועה של אופניים חשמליים וכד') שימשו מקדמים מובהקים בלבד.

הממצאים

טבלה 2.9 מסכמת את פרמטרי המודלים של השלב הראשון שהותאמו עם כל המשתנים המסבירים. מוצגים שתי קבוצות של המודלים: 7 מודלים לניבוי המספר השעתי של סוגי הרכב החלופיים תוך כדי שימוש ב-3 משתנים מסבירים (סוג אתר, נפח כלי רכב, מספר הולכי הרגל), ו-6 מודלים נוספים לניבוי המספר השעתי של סוגי הרכב החלופיים תוך כדי שימוש ב-4 משתנים מסבירים (כמו קודם, בתוספת נפח אופניים רגילים). בטבלה 2.9 ניתן לראות כי:

- המשתנה "סוג אתר" לא יצא מובהק באף מודל ומכאן, אינו שימושי לניבוי תנועת כלי רכב חלופיים בצומת.
- תוספת "נפח אופניים רגילים" בתור משתנה מסביר שיפרה את טיב הניבוי של מספר אופניים חשמליים, סה"כ קטנועים וסך כלי הרכב החלופיים בצומת (קשר ישיר), כאשר עבור מספר הקלנועיות משתנה זה אינו משפיע.
- לניבוי סך האופניים הרגילים נמצאה השפעה של מספר הולכי הרגל בלבד (קשר ישיר).
- לניבוי סך האופניים החשמליים בצומת נמצאה השפעה של נפח כלי הרכב ומספר הולכי הרגל (בהיעדר מידע על אופניים רגילים), כאשר במודל השני נמצאה השפעה מובהקת של מספר האופניים הרגילים בלבד, ללא השפעה מובהקת של נפח כלי הרכב או הולכי הרגל (קשר ישיר בכל המקרים).
- עבור מספר האופניים החשמליים בכביש, המנבא העקבי (בשני המודלים) הוא מספר הולכי הרגל בצומת (קשר ישיר), בתוספת מספר האופניים הרגילים (במודל השני). עבור מספר האופניים החשמליים במדרכות, המנבא העקבי (בשני המודלים) הוא נפח כלי הרכב (קשר ישיר), בתוספת מספר האופניים הרגילים (במודל השני).

טבלה 2.9. פרמטרי המודלים המסבירים שהותאמו בשלב הראשון

א - מודלים לניבוי מספר כלי הרכב החלופיים תוך כדי שימוש ב-3 משתנים מסבירים

רמת מובהקות של המודל	R^2 adjusted	סה"כ הולכי רגל#	נפח כלי רכב#	סוג צומת "מרומזר על רחוב מאסף" לעומת "מעגל"	סוג צומת "מרומזר על עורק" לעומת "מעגל"	מודל - משתנה מוסבר#
0.0095	0.19	0.44**	0.85	0.18	0.08	(1) סה"כ אופניים רגילים
0.0005	0.30	0.26**	0.58*	0.07	0.39	(2) סה"כ אופניים חשמליים
0.0041	0.22	0.53***	-0.11	0.20	0.34	(3) אופניים חשמליים בכביש
0.0005	0.29	0.03	1.05**	0.02	0.46	(4) אופניים חשמליים במדרכות
0.0001	0.35	0.32***	-0.89***	0.43	0.07	(5) קלנועיות
< 0.0001	0.48	0.36**	1.64***	-0.25	0.16-	(6) סה"כ קטנועים
0.0006	0.29	0.29**	0.51	0.09	0.39	(7) סך כלי רכב חלופיים

ב - מודלים לניבוי מספר כלי הרכב החלופיים תוך כדי שימוש ב-4 משתנים מסבירים

רמת מובהקות של המודל	R^2 adjusted	נפח אופניים רגילים#	סה"כ הולכי רגל#	נפח כלי רכב#	סוג צומת "מרומזר על רחוב מאסף" לעומת "מעגל"	סוג צומת "מרומזר על עורק" לעומת "מעגל"	מודל - משתנה מוסבר#
< 0.0001	0.46	0.28***	0.14	0.34	0.02	0.37	(2) סה"כ אופניים חשמליים
0.0005	0.32	0.33**	0.38**	-0.38	0.15	0.31	(3) אופניים חשמליים בכביש
0.0001	0.36	0.24*	-0.07	0.85*	-0.02	0.44	(4) אופניים חשמליים במדרכות
0.0001	0.36	0.10-	0.37***	-0.80**	0.45	0.08	(5) קלנועיות
< 0.0001	0.58	0.32**	0.22	1.36***	-0.31	0.19-	(6) סה"כ קטנועים
< 0.0001	0.46	0.28***	0.16	0.26	0.04	0.37	(7) סך כלי רכב חלופיים

לוגריתם של נפח תנועה שעת. מובהקות המשתנים: ***<0.001 **<0.01 *<0.05

- מספר הקלנועיות בצומת עולה עם עליה בסך הולכי הרגל ויורד עם עליה בנפח כלי הרכב בצומת (בשני המודלים).

- מספר הקטנועים עולה עם עליה בנפח כלי הרכב בצומת (בשני המודלים).

- לניבוי סך כלי הרכב החלופיים בצומת נמצאה השפעה של מספר הולכי הרגל (בהיעדר מידע על אופניים רגילים), כאשר בנוכחות מידע על אופניים רגילים נמצאה השפעה מובהקת של מספר האופניים הרגילים בלבד (קשר ישיר בין המשתנים, בשני המקרים).

בשלב השני של התאמת המודלים, הופעלה רגרסיה לינארית בצעדים, עם בחירת המשתנים, והתקבלו מודלים לניבוי מספר כלי הרכב החלופיים בצומת, כמוצג בטבלה 2.10. מהממצאים בטבלה 2.10 עולה כי:

- לניבוי מספר האופניים הרגילים בצומת משמשים נפח כלי הרכב המנועים ומספר הולכי הרגל; מספר האופניים בצומת עולה עם עליה בשני המנבאים כאשר ההשפעה של נפח כלי הרכב חזקה יותר.

- מספר האופניים החשמליים בכביש עולה עם עליה במספר הולכי הרגל ובמספר האופניים הרגילים (עם השפעה חזקה יותר של נפח הולכי הרגל); מספר האופניים החשמליים במדרכות עולה עם עליה בנפח כלי הרכב ובמספר האופניים הרגילים (עם השפעה חזקה יותר של נפח כלי הרכב). עם זאת, עבור סך האופניים החשמליים בצומת נשארה השפעה בעיקר של סך האופניים הרגילים, כאשר השפעתם של נפח כלי הרכב והולכי הרגל נחלשה.

- לניבוי מספר הקלנועיות בצומת נמצאה השפעה ישירה של מספר הולכי הרגל והשפעה הפוכה של נפח כלי הרכב, כאשר השפעת נפח כלי הרכב חזקה יותר.

- עבור מספר הקטנועים בצומת נמצאה השפעה של כל המשתנים (נפח כלי הרכב, מספר הולכי הרגל, מספר האופניים הרגילים), כאשר השפעת נפח כלי הרכב חזקה יותר.

- לניבוי סך כלי הרכב החלופיים בצומת (אופניים חשמליים + קלנועית + קורקינט + רכינע) נמצאה השפעה של מספר האופניים הרגילים ושל מספר הולכי הרגל בצומת, כאשר השפעתם של האופניים הרגילים חזקה יותר.

טבלה 2.10. פרמטרי המודלים המסבירים לניבוי מספר כלי הרכב החלופיים בצומת שהותאמו בשלב השני

רמת מובהקות של המודל	R ² adjusted	נפח אופניים רגילים #	סה"כ הולכי רגל #	נפח כלי רכב #	קבוע (intercept)	משתנה מוסבר #
0.0011	0.22	--	0.44**	0.94**	-6.74*	(1) סה"כ אופניים רגילים
$bcl = \exp[-6.74 + 0.94 * \log(veh) + 0.44 * \log(ped)]$						
< 0.0001	0.41	0.28***	0.17*	0.32	0.76-	(2) סה"כ אופניים חשמליים
$Ebcl = \exp[-0.76 + 0.32 * \log(veh) + 0.17 * \log(ped) + 0.28 * \log(bcl)]$						
< 0.0001	0.32	0.28*	0.43**	--	-0.72	(3) אופניים חשמליים בכביש
$Ebcl_r = \exp[-0.72 + 0.43 * \log(ped) + 0.28 * \log(bcl)]$						
< 0.0001	0.33	0.23*	--	0.81**	-4.16*	(4) אופניים חשמליים במדרכות
$Ebcl_s = \exp[-4.16 + 0.81 * \log(veh) + 0.23 * \log(bcl)]$						
< 0.0001	0.35	-	0.31***	-0.66***	3.64*	(5) מספר קלנועיות
$Msct = \exp[3.64 - 0.66 * \log(veh) + 0.31 * \log(ped)]$						
< 0.0001	0.59	0.32**	0.21*	1.21***	-6.99***	(6) סה"כ קטנועים
$mtc = \exp[-6.99 + 1.21 * \log(veh) + 0.21 * \log(ped) + 0.32 * \log(bcl)]$						
< 0.0001	0.41	0.33***	0.17*	--	1.61**	(7) סך כלי רכב חלופיים
$Altm = \exp[1.61 + 0.17 * \log(ped) + 0.33 * \log(bcl)]$						

לוגריתם של נפח תנועה שעת. מובהקות המשתנים: ***<0.001 **<0.05 *<0.01

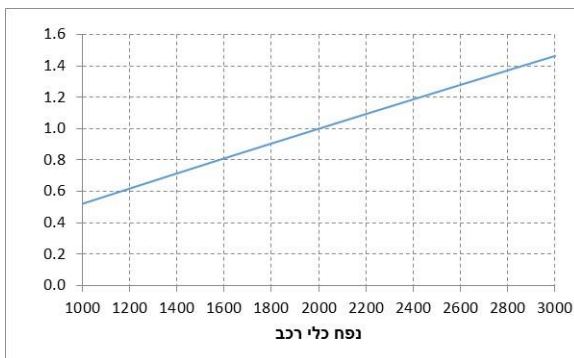
לסיכום המודלים ניתן להסיק כי האופניים הרגילים, האופניים החשמליים, סך סוגי הרכב החלופיים והקטנועים מגיעים לאותם האתרים בעיר כמו כלי הרכב המנועים והולכי הרגל. הקלנועיות מגיעות לאותם האתרים כמו הולכי הרגל, כאשר כמות הקלנועיות יורדת באתרים עם נפחי תנועה גבוהים יותר של כלי הרכב. סה"כ, סוגי התחבורה החלופיים מגיעים לאותם מוקדי המשיכה בעיר כמו הולכי הרגל. כמו כן, רוב סוגי התחבורה החלופיים (פרט

לקלנועיות) עוברים יותר באתרים עם נפחי תנועה גבוהים יותר של כלי הרכב. באתרים עם נפחי תנועה גבוהים יותר של כלי הרכב, האופניים החשמליים נוטים לנסוע יותר במדרכות.

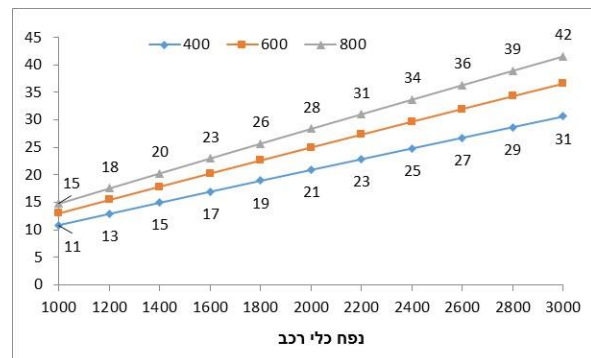
להלן מספר דוגמאות לשימוש במודלים שהותאמו במחקר לניבוי נפחי התנועה של כלי הרכב החלופיים בצומת עירוני (יש לזכור שכל האומדנים במודלים הם מספר שעותי ממוצע ביום חול).

איורים 2.3-2.7 מציגים הערכות של מספר כלי הרכב החלופיים, מהסוגים השונים, שיהיו בצומת. בכל איור מוצגים: (א) המספר הצפוי של כלי הרכב המוערכים: אופניים רגילים, אופניים חשמליים, קלנועיות, סך כלי הרכב החלופיים, כתלות בנפח כלי הרכב או במספר הולכי הרגל בצומת ובהתאם לרמות השונות של מספר הולכי הרגל או מספר האופניים הרגילים בצומת; (ב) השינוי היחסי (כופל) במספר כלי הרכב המוערכים בצומת כתלות בשינוי בנפח התנועה או במספר הולכי הרגל בצומת.

ניתן לראות, לדוגמא, כי המספר הצפוי של האופניים הרגילים בצומת בשעה יהיה בין 11-15 בנוכחות 1000 כלי הרכב, בין 21-28 בנוכחות 2000 כלי הרכב, בין 31-42 בנוכחות 3000 כלי הרכב (וכאשר בצומת עוברים בין 400 עד 800 הולכי הרגל). באופן דומה, המספר של האופניים החשמליים בכביש יהיה 11-15 כאשר בצומת עוברים 200 הולכי הרגל, 16-22 כאשר בצומת עוברים 500 הולכי הרגל, 27-30 כאשר בצומת עוברים 800 הולכי הרגל (ובתנאי שבצומת עוברים בין 20-60 אופניים רגילים). כמו כן, המספר של האופניים החשמליים שנכנסים במדרכות יהיה בין 8-11 בנוכחות 1000 כלי הרכב, בין 15-19 בנוכחות 2000 כלי הרכב, בין 20-26 בנוכחות 3000 כלי הרכב (וכאשר בצומת עוברים בין 20-60 אופניים רגילים).

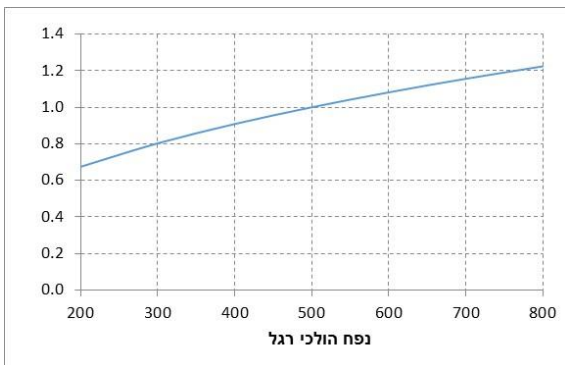


ב - השינוי היחסי (כופל) במספר של האופניים הרגילים כתלות בשינוי בנפח התנועה (לעומת 2000 כלי הרכב)

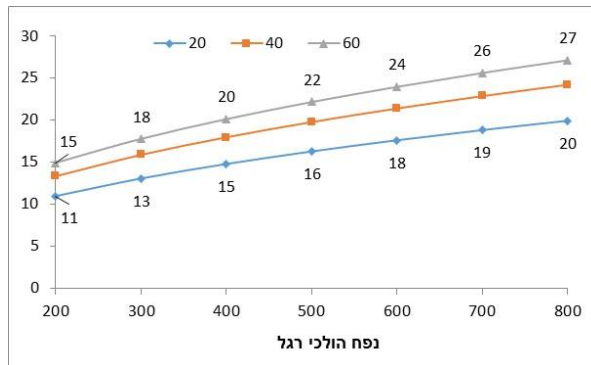


א - המספר הצפוי של האופניים הרגילים כתלות בנפח כלי הרכב ובהתאם לרמות השונות של מספר הולכי הרגל

איור 2.3. הערכת המספר השעתי של האופניים הרגילים שייכנסו לצומת.

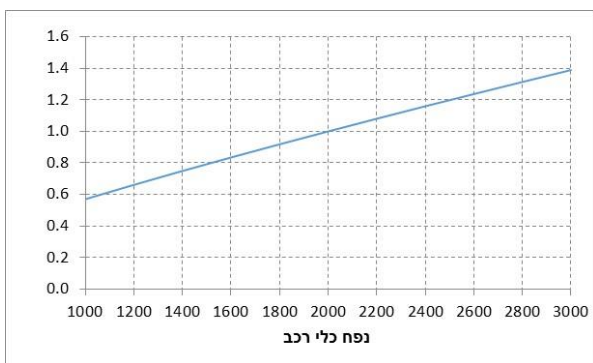


ב - השינוי היחסי (כופל) במספר האופניים החשמליים בכביש כתלות בשינוי בנפח הולכי הרגל (לעומת 500 הולכי הרגל)

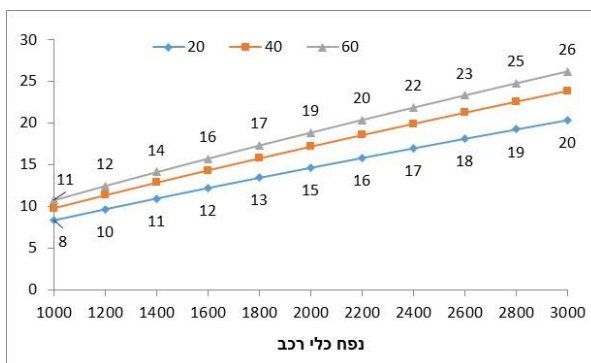


א - המספר הצפוי של האופניים החשמליים בכביש כתלות בנפח הולכי הרגל ובהתאם לרמות השונות של האופניים הרגילים

איור 2.4. הערכת המספר השעתי של האופניים החשמליים שייכנסו לצומת בכביש.

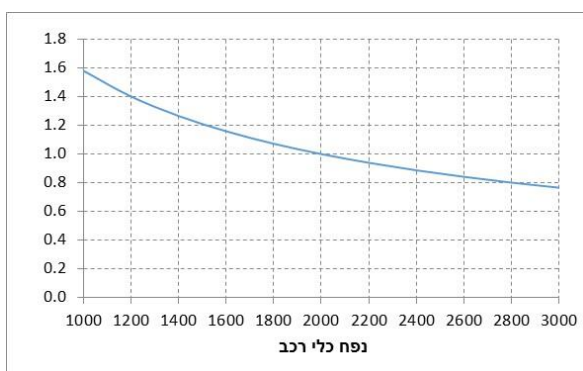


ב - השינוי היחסי (כופל) במספר האופניים החשמליים במדרכות כתלות בשינוי בנפח התנועה (לעומת 2000 כלי הרכב)

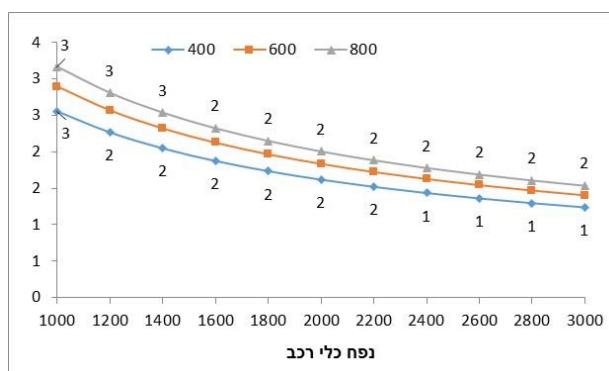


א - המספר הצפוי של האופניים החשמליים במדרכות כתלות בנפח כלי הרכב ובהתאם לרמות השונות של האופניים הרגילים

איור 2.5. הערכת המספר השעתי של האופניים החשמליים שייכנסו לצומת במדרכות.

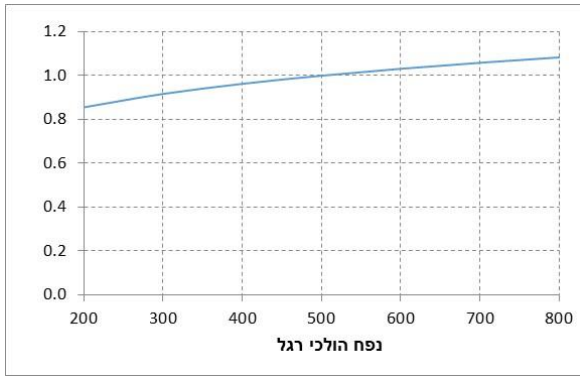


ב - השינוי היחסי (כופל) במספר הקלנועיות בצומת כתלות בשינוי בנפח התנועה (לעומת 2000 כלי הרכב)

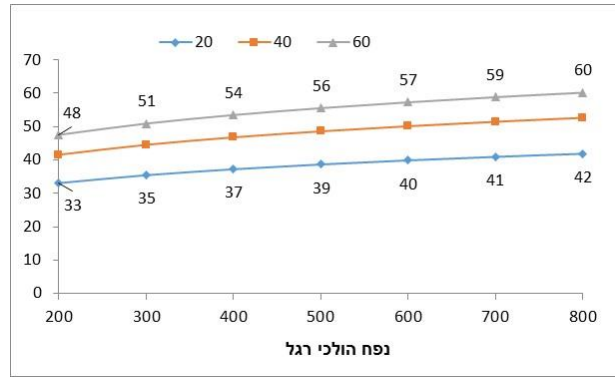


א - המספר הצפוי של קלנועיות כתלות בנפח כלי הרכב ובהתאם לרמות השונות של מספר הולכי הרגל, בצומת

איור 2.6. הערכת המספר השעתי של קלנועיות שייכנסו לצומת.



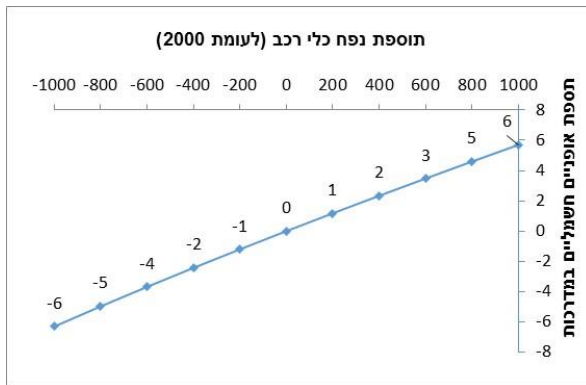
ב - השינוי היחסי (כופל) במספר סך כלי הרכב החלופיים בצומת כתלות בשינוי בנפח הולכי הרגל (לעומת 500 הולכי הרגל)



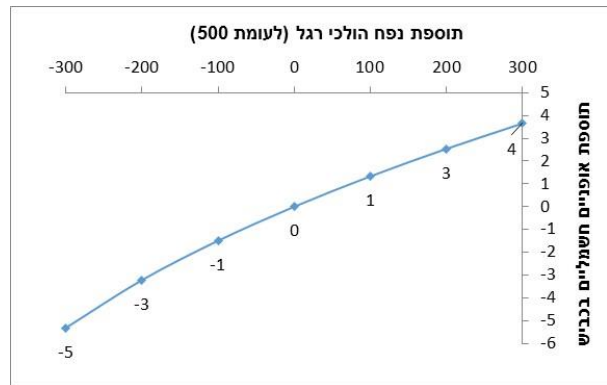
א - המספר הצפוי של סך כלי הרכב החלופיים בצומת כתלות בנפח הולכי הרגל ובהתאם לרמות השונות של האופניים הרגילים

איור 2.7. הערכת המספר השעתי של סך כלי הרכב החלופיים שייכנסו לצומת.

בנוסף, איור 2.8 ממחיש את המשמעות הכמותית של השינויים בנוכחות של כלי הרכב השונים בצומת: השינוי הצפוי במספר האופניים החשמליים בכביש, עם כל תוספת או ירידה של 100 הולכי הרגל שעוברים בצומת, והשינוי הצפוי במספר האופניים החשמליים במדרכות, עם כל תוספת או ירידה של 200 כלי הרכב שנכנסים לצומת. ניתן להבחין כי התוספת/ירידה של 100 הולכי הרגל קשורה לתוספת/ירידה של 1 חוכב בכביש, בעוד השינוי בגודל של 200 הולכי הרגל מביא לתוספת/ירידה של 3 חוכבים וכד'. כמו כן, התוספת/ירידה של 200 כלי הרכב בצומת קשורה לתוספת/ירידה של 1 חוכב במדרכה.



ב - תוספת האופניים החשמליים במדרכות, בעקבות תוספת/ירידה במספר כלי הרכב בצומת, לעומת 2000 כלי הרכב*



א - תוספת האופניים החשמליים בכביש, בעקבות תוספת/ירידה במספר הולכי הרגל בצומת, לעומת 500 הולכי הרגל*

* בנוכחות 20 אופניים רגילים, בשעה

איור 2.8. המחשת השינוי הכמותי במספר האופניים החשמליים שייכנסו לצומת כתלות בשינוי במספר הולכי הרגל או במספר כלי הרכב בצומת (מספרים שעתיים).

2.2.4. השוואה בין רמת ההיפגעות בתאונות של רוכבי האופניים החשמליים ורוכבי הקורקינט החשמלי

על סמך נתוני הסקר התקבלו אומדנים שעתיים לנוכחות האופניים החשמליים והקורקינט החשמלי בצומת עירוני (ראה טבלה 2.4 לעיל). המספרים השעתיים הם: בין 23-49 אופניים חשמליים, בין 1-2 קורקינטים חשמליים, בצומת. אומדנים אלה משקפים את רמות החשיפה של שני סוגי התחבורה במרחב העירוני.

על-פי פרסום הלמ"ס (למ"ס, 2016ב), בשנת 2015 בישראל:

- לפי דיווחי המשטרה, אירעו 1,065 תאונות שבהן היו מעורבים אופניים חשמליים (257 תאונות מסוג ת"ד והשאר "כללי עם נפגעים"). בתאונות אלו נפגעו 1,174 בני אדם, לרבות הרוג אחד, 60 נפגעים קשה ו-1,113 נפגעים קל. בתאונות בהן היו מעורבים קורקינטים חשמליים, נפגעו בשנה זו 46 בני אדם ב-41 תאונות (7 תאונות מסוג ת"ד והשאר מסוג "כללי עם נפגעים") מהם: 4 נפצעו קשה ו-42 נפצעו קל.

- בבתי החולים, אושפזו 299 נפגעים בעקבות תאונות דרכים שבהן היו מעורבים אופניים חשמליים שלא דווחו למשטרה. על-פי המדד הרפואי ISS, 22 בני אדם מבין הנפגעים שלא דווחו למשטרה היו פצועים קשה, 67 פצועים בינוני ו-210 פצועים קל. באופן דומה, בעקבות תאונות דרכים שבהן היו מעורבים קורקינטים חשמליים ושלא דווחו למשטרה, אושפזו בבתי חולים 19 נפגעים. על-פי המדד הרפואי, 3 בני אדם מבין נפגעים אלה היו פצועים בינוני ו-16 פצועים קל.

טבלה 2.11 מציגה נתונים משני המקורות (הלמ"ס והמחקר הנוכחי) ומביאה השוואה בין רמות חומרת ההיפגעות בתאונות עם האופניים החשמליים והקורקינט החשמלי והן, השוואה בין רמות הסיכון של שני אמצעי התחבורה. הממצאים מראים כי רמת חומרת ההיפגעות בתאונות גבוהה יותר לקורקינט החשמלי לעומת האופניים החשמליים, לפי נתוני המשטרה, בעוד היא גבוהה יותר לאופניים החשמליים לפי המקרים שנמצאו בבתי החולים בלבד. מכאן, לא ניתן להסיק איזה משני האמצעים גורם לחומרת פגיעה גבוהה יותר. כמו כן, חישובי רמות הסיכון לתאונות - היחס בין מספר הנפגעים בתאונות לאומדן החשיפה של האמצעי, מראים *רמות סיכון קרובות* לשני סוגי האמצעי. מכאן, על-פי הנתונים הזמינים, **לא נמצאו הבדלים מהותיים** בין המעורבות בתאונות ורמות הסיכון להיפגעות בתאונות של המשתמשים בשני סוגי האמצעים.

טבלה 2.11. נתוני תאונות דרכים*, החשיפה ורמות הסיכון בתאונות עם שני סוגי האמצעים: האופניים החשמליים והקורקינט החשמלי

דיווח בתי חולים שלא נכלל במשטרה			דיווח המשטרה						סוג אמצעי
% פצועים קשה או בינוני	מתוכם: פצועים קשה בינוני	מתוכם: לפי ISS	מאושפזים בבתי חולים	% הרוגים או פצועים קשה	מתוכם: הרוגים + פצועים קשה	סה"כ נפגעים בתאונות (I)	מתוכם: ת"ד	סה"כ תאונות	
29.8%	67	22	299	5.2%	61	1174	257	1065	אופניים חשמליים
15.8%	3	0	19	8.7%	4	46	7	41	קורקינט חשמלי

סוג אמצעי	אומדן חשיפה (ממוצע שעותי בצומת**, E)	רמת סיכון (I חלקי E): לפי חשיפה נמוכה	רמת סיכון (I חלקי E): לפי חשיפה גבוהה
אופניים חשמליים	23-49	51.0	24.0
קורקינט חשמלי	1-2	46.0	23.0

* בשנת 2015 ** לפי ספירות התנועה במחקר זה

2.2.5. פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים

במסגרת התצפיות בצמתים נערך תיעוד של פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים – אופניים חשמליים, קורקינט חשמלי, קלנועית, רכינוע. נספח ג' מביא סיכום של פרטי המשתמשים, לפי אתרי התצפיות.

טבלה 2.12 ואיורים 2.9, א'-ב', מציגים פילוגים מסכמים של פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים, בכל אתרי התצפיות ביחד. ניתן לראות כי הפרופילים הטיפוסיים של משתמשי האמצעים היו כלהלן:

(א) קבוצות גיל:

- בקרב משתמשים באופניים החשמליים ובקורקינטים, ילדים עד גיל 18 היוו כשליש (31%-32%), כאשר רוב המשתמשים (52%-53%) היו **מבוגרים צעירים בני 19-34**. בנוסף, 15% מהמשתמשים היו בני 35-64, כאשר שימוש באמצעים אלה בקרב בני הגיל שלישי (+65) היה נדיר, 1% מהנצפים. ממצאים אלה דומים חלקם לממצאי המחקרים באירופה בהם דווח כי רוב המשתמשים באופניים החשמליים הם מבוגרים צעירים (לדוגמא, בשוויץ) ולא דומים למגמה שדווחה בהולנד, שם האנשים הזקנים עוברים לשימוש באופניים החשמליים במקום הרגילים. בנוסף, בצומת עירוני בארץ, כשליש מרכבי האופניים החשמליים הם בני הנוער, בניגוד לדעה הרווחת לפיה רוב המשתמשים באמצעים אלה הם בני הנוער.

- משתמשי הרכינעים דומים מבחינת קבוצות הגיל למשתמשי האופניים החשמליים והקורקינטים, כאשר כשליש מהם היו ילדים, הרוב – מבוגרים צעירים (19-34), קבוצה משמעותית נוספת - בני 35-64 ומיעוט בני +65. (סה"כ, מדובר במדגם קטן, 32 רוכבים בלבד).

- קבוצות הגיל של משתמשי הקלנועיות, כצפוי, שונות, כאשר הרוב (51%) הם בני +65, קבוצה גדולה נוספת – בני 35-64 ומעט ילדים ומבוגרים צעירים.

(ב) מגדר: בכל סוגי האמצעים משתמשים בעיקר **גברים** (78%-84%), כאשר חלקם של גברים/בנים גבוה יותר בקרב רוכבי האופניים החשמליים והקורקינטים.

(ג) הרכב רכיבה: בכל סוגי האמצעים המשתמש היה **לבד** ולא בקבוצה (97%-100%) וגם בכלי התחבורה הוא היה בעיקר **לבד** ולא הסיע מישהו (90%-96%). בקרב משתמשי הקלנועיות נצפו כ-10% מקרים בהם בקלנועית היו שני נוסעים.

(ד) מיקום נסיעה של אמצעי התחבורה: מחצית מרכבי האופניים החשמליים והקורקינטים וקרוב למחצית מרכבי הקלנועיות נכנסו לצומת על הכביש ולא על מדרכה. עם זאת, לחציית הצומת, פחות ממחצית המשתמשים באמצעי תחבורה אלה נסעו על הכביש בלבד, כאשר כמחציתם נסעו במדרכות ועוד 9%-6% נוספים חצו גם בכביש וגם במדרכות. כלומר, למשתמשי האמצעים החלופיים ישנה נטיה לנסוע בהסדרים לכלי הרכב ולהולכי הרגל, לפי שיקולי הנוחות שלהם.

העובדה ש-48% ממשתמשי הקלנועיות הגיעו לצומת על הכביש ו-43% עברו את הצומת בכביש בלבד מהווה סיבה לדאגה מכיוון שכלי תחבורה זה נועד לנסיעה על מדרכה ולכן, משתמשיו מסכנים את עצמם בעת הנסיעה בכביש.

בקרב רוכבי הרכינע, היו פחות מקרים של כניסה לצומת על הכביש (34%) ופחות מקרים של חצית הצומת על הכביש בלבד (25%) לעומת סוגי האמצעים האחרים. עם זאת, אמצעי זה מיועד למדרכה ולכן, נסיעתו על הכביש מהווה גורם סיכון.

(ה) שימוש בקסדה: רוב המשתמשים באופניים החשמליים, הקורקינטים והרכינעים (88%-92%) היו בלי קסדות. אומנם, החוק בישראל מחייב שימוש בקסדה לרוכבי האופניים החשמליים עד גיל 18 בלבד, כן מחייב קסדה לרוכבי הקורקינטים ולא מחייב קסדה לרוכבי הרכינעים. עם זאת, לפי הספרות המחקרית אי-חבישת קסדה מהווה גורם סיכון לרוכבים.

טבלה 2.13 ואיורים 2.10, א'-ג', מציגים פילוגים של פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים, לפי סוגי צמתים. ניתן להבחין כי:

(א) בקרב רוכבי האופניים החשמליים:

- חלקם היחסי של בני הנוער היה נמוך יותר במעגלי תנועה ובצמתים על עורקי תנועה (26%-27%) וגבוה יותר בצמתים על רחובות מאספים (36%). בצמתים על עורקי תנועה היו הבדלים מהותיים מבחינת הגיל ומגדר המשתמשים לעומת סוגי הצמתים האחרים, כאשר החלק הארי מהמשתמשים (65%) היו מבוגרים צעירים בני 19-34 וגם חלקן היחסי של נשים היה גבוה יותר (25%).

- בכל סוגי הצמתים, רוב הרוכבים היו לבד ולא בקבוצה, ולא הסיעו מישהו.

- במעגלי תנועה לעומת שני הסוגים של הצמתים המרומזרים היה שוני מבחינת מיקום הרכיבה, כאשר 64% מהרוכבים נכנסו לצומת על הכביש ו-60% חצו את הצומת בכביש בלבד. מאידך, בצמתים הממוקמים על עורקי תנועה, חלק גבוה יותר מהרוכבים השתמשו בהסדרים להולכי רגל, כאשר 56% נכנסו לצומת על המדרכות, 56% חצו את הצומת במעברים להולכי רגל ועוד 11% שילבו בחציית הצומת בין הכביש והמעברים. כלומר, בחירת הרוכבים של מיקום הנסיעה בצומת משקפת העדפה (מודעת או אינטואיטיבית) להסדרים בטוחים יותר.

- בצמתים על עורקי תנועה נצפה אחוז גבוה יותר של רוכבים עם קסדות. ייתכן שגם ממצא זה מצביע על מודעות מסוימת לסכנות הנשקפות לרוכבים בעת נסיעתם בתנועה סואנת של כלי הרכב (זאת, למרות החלק הגבוה של קבוצות הגיל שלא מחויבות לחבישת קסדה לפי החוק).

(ב) בקרב רוכבי הקורקינטים החשמליים:

- חלקם היחסי של בני הנוער היה כשליש בכל סוגי הצמתים. בדומה לשימוש באופניים החשמליים, בצמתים על עורקי תנועה חלק ניכר מהמשתמשים (63%) היו מבוגרים צעירים בני 19-34.

- בכל סוגי הצמתים, מרבית הרוכבים היו גברים, שרכבו לבד ולא בקבוצה ולא הסיעו מישהו.

- בדומה לשימוש באופניים החשמליים, במעגלי תנועה לעומת שני הסוגים של הצמתים המרומזרים היה שוני מבחינת מיקום הרכיבה, כאשר 67% מהרוכבים נכנסו לצומת על הכביש ו-64% חצו את הצומת בכביש בלבד. מאידך, בצמתים הממוקמים על עורקי תנועה, חלק גבוה יותר מהרוכבים השתמשו בהסדרים להולכי רגל, כאשר 59% נכנסו לצומת במדרכות, 58% חצו צמתים במעברים להולכי רגל ועוד 13% שילבו בין הכביש והמעברים,

בחציית הצומת. גם במקרה של רוכבי הקורקינטים, בחירת הרוכבים של מיקום הנסיעה בצומת משקפת העדפה להסדרים בטוחים יותר.

- בדומה לממצאים לאופניים החשמליים, בצמתים על עורקי תנועה נצפה אחוז גבוה יותר של רוכבי הקורקינטים עם קסדות לעומת מעגלים וצמתים על רחובות מאספים. ייתכן שגם ממצא זה מצביע על מודעות מסוימת לסכנות הנשקפות לרוכבים בעת נסיעתם בתנועה סואנת של כלי הרכב.

(ג) בקרב משתמשי הקלנועיות:

- במעגלי תנועה ובצמתים על עורקים, רוב הנוסעים (61%-54%) היו בני 65+, בצמתים על רחובות מאספים, 46% זוהו כבני 65+. בכל האתרים, קבוצה גדולה שניה (42%-33%) זוהתה כבני 35-64, כאשר משתמשים צעירים יותר היוו בין 6% עד 12%. בהתחשב בכך שגיל המשתמש נקבע ויזואלית, כאשר ההבדל בין בן פחות מ-65 לבין בן יותר מ-65 לעיתים אינו חד, סביר להניח שרוב משתמשי הקלנועיות היו אנשים מבוגרים, מעל גיל 60.

- בכל סוגי האתרים, רוב המשתמשים (80%-77%) היו גברים.

- לרוב, נצפו קלנועיות בודדות. בכ-10% מהמקרים, בכל סוגי האתרים, בקלנועית היו שני נוסעים.

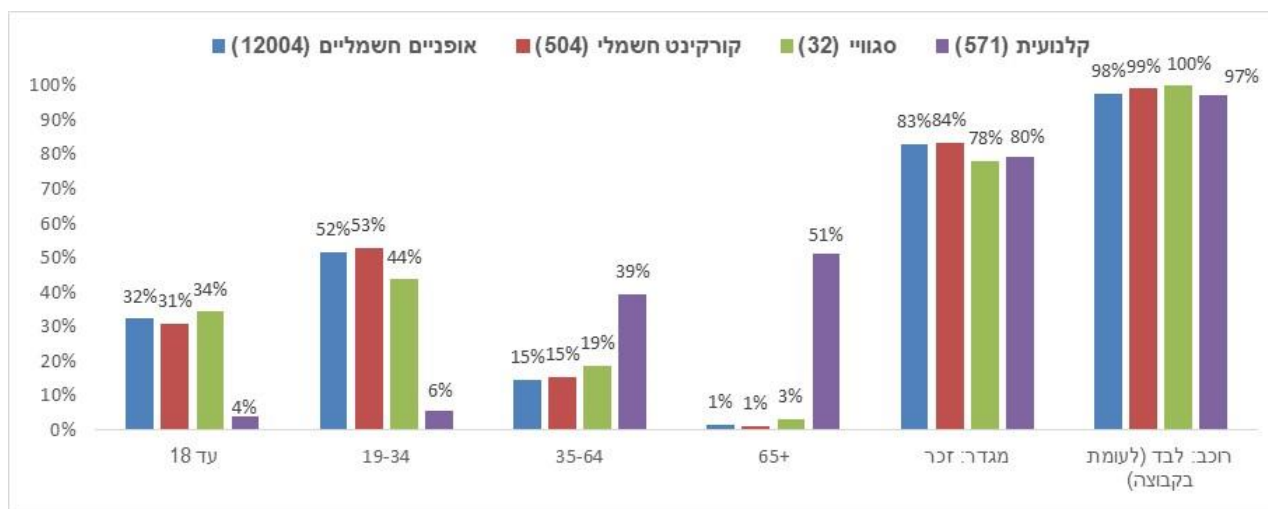
- במעגלי תנועה ובצמתים על עורקים, רוב הקלנועיות (57%-53%) נכנסו לצומת על הכביש, כאשר בצמתים מרומזרים על רחובות מאספים, הרוב (57%) נכנסו במדרכות. בחציית הצומת, בכל סוגי האתרים מעל מחצית הקלנועיות השתמשו במעברי החציה להולכי הרגל, באופן מלא או חלקי. חלקן של הקלנועיות שחצו בכביש בלבד היה נמוך יותר בצמתים על רחובות מאספים לעומת סוגי הצמתים האחרים אך אינו זניח (39%). מכאן, חלק משמעותי מנוסעי הקלנועיות, בייחוד במעגלי תנועה ובצמתים מרומזרים על עורקי תנועה, משתמשים לנסיעה בכביש ובכך מעלים את הסיכון לתאונות.

רוב הרכיזים (25 מתוך 32) נצפו בצמתים על רחובות מאספים, לכן לא נערך ניתוח נפרד של מאפייניהם לפי סוגי הצמתים.

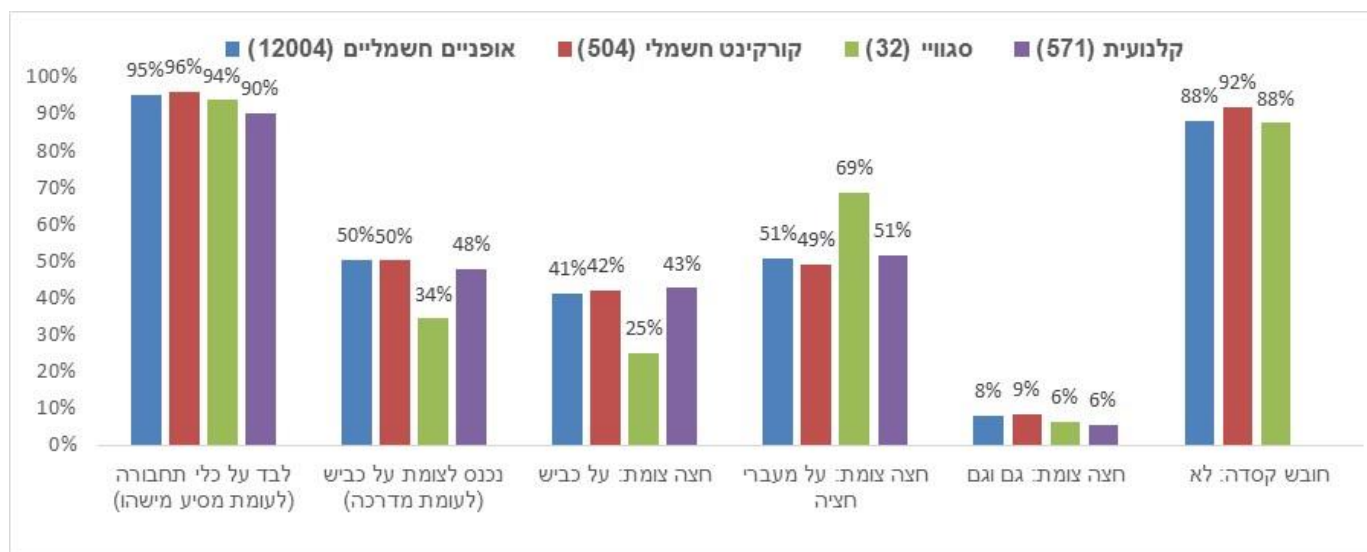
טבלה 2.12. פילוגים מסכמים של פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים, סה"כ בכל אתרי התצפיות

סוג אמצעי	N	מדד	קבוצת גיל				מגדר		רוכב לבד / בקבוצה		לבד על כלי תחבורה / עם או מסיע מישהו	
			עד 18	19-34	35-64	65+	זכר	נקבה	לבד	בקבוצה של רוכבים		
אופניים חשמליים	12004	מס' %	3881	6193	1759	170	9981	2023	11740	264	11415	589
			32.3%	51.6%	14.7%	1.4%	83.1%	16.9%	97.8%	2.2%	95.1%	4.9%
קורקינט חשמלי	504	מס' %	156	266	77	5	421	83	500	4	484	20
			31.0%	52.8%	15.3%	1.0%	83.5%	16.5%	99.2%	0.8%	96.0%	4.0%
סגויי	32	מס' %	11	14	6	1	25	7	32	0	30	2
			34.4%	43.8%	18.8%	3.1%	78.1%	21.9%	100.0%	0.0%	93.8%	6.3%
קלנועית	571	מס' %	23	32	224	292	454	117	555	16	516	55
			4.0%	5.6%	39.2%	51.1%	79.5%	20.5%	97.2%	2.8%	90.4%	9.6%

סוג אמצעי	נכנס לצומת על כביש / מדרכה		חצה צומת			חובש קסדה	
	על כביש	על מדרכה	על מעברי חציה	על כביש	גם וגם	לא	כן
אופניים חשמליים	6034	5969	6081	4933	965	10572	1402
	50.3%	49.7%	50.7%	41.1%	8.0%	88.1%	11.7%
קורקינט חשמלי	253	251	247	212	43	463	38
	50.2%	49.8%	49.0%	42.1%	8.5%	91.9%	7.5%
סגויי	11	21	22	8	2	28	4
	34.4%	65.6%	68.8%	25.0%	6.3%	87.5%	12.5%
קלנועית	273	298	294	244	32	559	12
	47.8%	52.2%	51.5%	42.7%	5.6%	97.9%	2.1%



א – מאפייני גיל ומגדר הרכב, והרכב הרכיבה



ב – קיום נוסע נוסף, מיקום הרכיבה בצומת, וחבישת קסדה

איור 2.9. הצגה ויזואלית של פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים, סה"כ בסקר (בסוגריים – גודל המדגם).

טבלה 2.13. פילוגים מסכמים של פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים, לפי סוג צומת

א – רוכבי אופניים חשמליים

חובש קסדה		חצה צומת				נכנס לצומת על כביש / מדרכה		לבד על כלי תחבורה / עם או מסיע מישהו		רוכב לבד / בקבוצה		מגדר		קבוצת גיל				מדד	N	סוג צומת
כן	לא	גם וגם	על מעברי חציה	על כביש	על מדרכה	על כביש	מסיע מישהו	לבד	בקבוצה של רוכבים	לבד	נקבה	זכר	65+	35-64	19-34	עד 18				
72	1277	68	465	805	482	867	51	1298	16	1333	118	1231	22	274	691	362	מס' %	1349	מעגל	
5.3%	94.7%	5.0%	34.5%	59.7%	35.7%	64.3%	3.8%	96.2%	1.2%	98.8%	8.7%	91.3%	1.6%	20.3%	51.2%	26.8%				
562	2283	310	1604	931	1596	1249	83	2762	56	2789	701	2144	6	249	1861	729	מס' %	2845	מרומזר על עורק תנועה	
19.8%	80.2%	10.9%	56.4%	32.7%	56.1%	43.9%	2.9%	97.1%	2.0%	98.0%	24.6%	75.4%	0.2%	8.8%	65.4%	25.6%				
768	7012	587	4012	3197	3891	3918	455	7355	192	7618	1204	6606	142	1236	3641	2790	מס' %	7810	מרומזר על רחוב מאסף	
9.8%	89.8%	7.5%	51.4%	40.9%	49.8%	50.2%	5.8%	94.2%	2.5%	97.5%	15.4%	84.6%	1.8%	15.8%	46.6%	35.7%				

ב – רוכבי קורקינטים חשמליים

חובש קסדה		חצה צומת				נכנס לצומת על כביש / מדרכה		לבד על כלי תחבורה / עם או מסיע מישהו		רוכב לבד / בקבוצה		מגדר		קבוצת גיל				מדד	N	סוג צומת
כן	לא	גם וגם	על מעברי חציה	על כביש	על מדרכה	על כביש	מסיע מישהו	לבד	בקבוצה של רוכבים	לבד	נקבה	זכר	65+	35-64	19-34	עד 18				
2	37	0	13	25	13	26	1	38	0	39	4	35	1	5	19	14	מס' %	39	מעגל	
5.1%	94.9%	0.0%	33.3%	64.1%	33.3%	66.7%	2.6%	97.4%	0.0%	100.0%	10.3%	89.7%	2.6%	12.8%	48.7%	35.9%				
18	100	15	69	34	70	48	4	114	2	116	22	96	0	5	74	39	מס' %	118	מרומזר על עורק תנועה	
15.3%	84.7%	12.7%	58.5%	28.8%	59.3%	40.7%	3.4%	96.6%	1.7%	98.3%	18.6%	81.4%	0.0%	4.2%	62.7%	33.1%				
18	326	28	165	153	168	179	15	332	2	345	57	290	4	67	173	103	מס' %	347	מרומזר על רחוב מאסף	
5.2%	93.9%	8.1%	47.6%	44.1%	48.4%	51.6%	4.3%	95.7%	0.6%	99.4%	16.4%	83.6%	1.2%	19.3%	49.9%	29.7%				

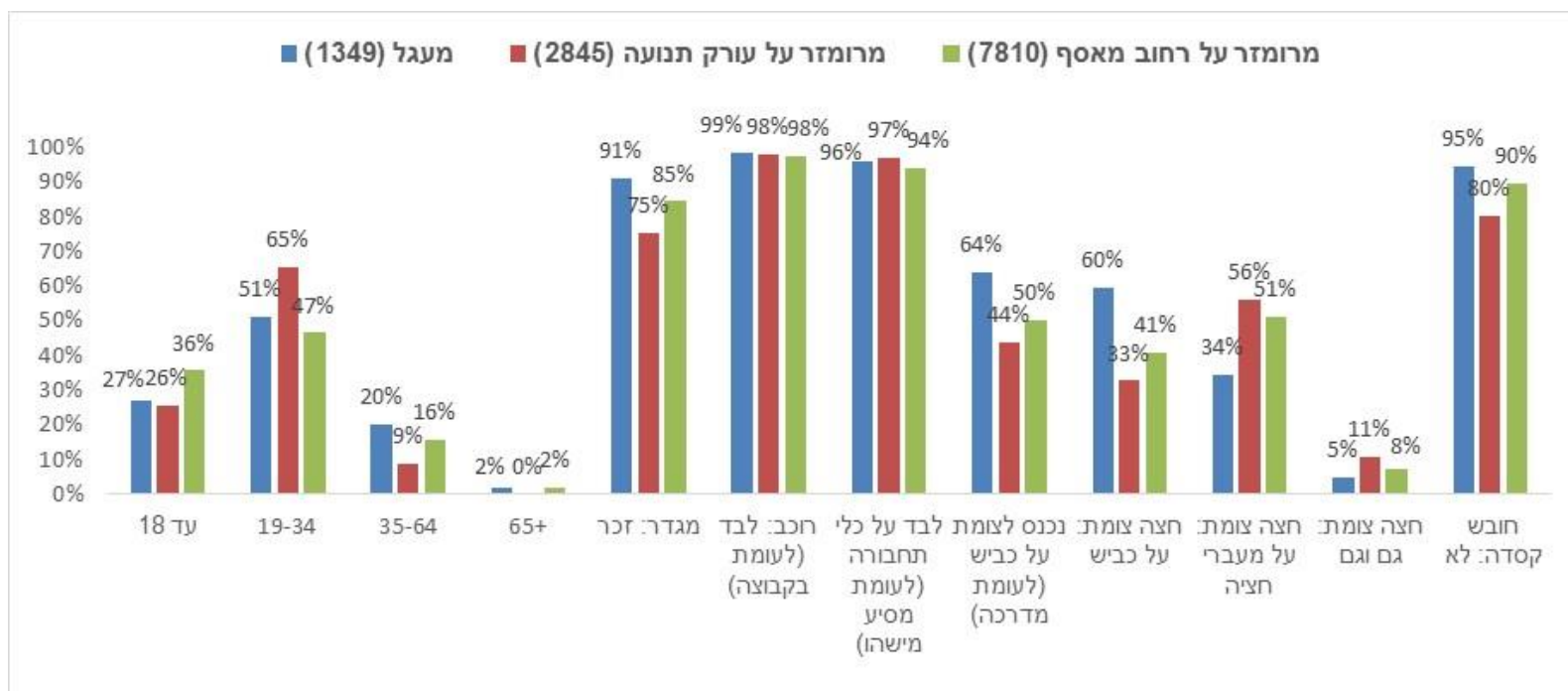
טבלה 2.13. (המשך)

ג – משתמשי קלנועיות

חובש קסדה	חצה צומת				נכנס לצומת על כביש / מדרכה		לבד על כלי תחבורה / עם או מסיע מישהו		רוכב לבד / בקבוצה		מגדר		קבוצת גיל				מדד	N	סוג צומת
	כא	גם וגם	על מעברי חציה	על כביש	על מדרכה	על כביש	מסיע מישהו	לבד	בבקבוצה של הרוכבים	לבד	נקבה	זכר	65+	35-64	19-34	עד 18			
2	156	8	74	76	74	84	15	143	3	155	31	127	97	52	3	6	מס' %	158	מעגל
1.3%	98.7%	5.1%	46.8%	48.1%	46.8%	53.2%	9.5%	90.5%	1.9%	98.1%	19.6%	80.4%	61.4%	32.9%	1.9%	3.8%	%		
5	65	6	31	33	30	40	8	62	2	68	16	54	38	28	4	0	מס' %	70	מרומזר על עורק תנועה
7.1%	92.9%	8.6%	44.3%	47.1%	42.9%	57.1%	11.4%	88.6%	2.9%	97.1%	22.9%	77.1%	54.3%	40.0%	5.7%	0.0%	%		
5	338	18	189	135	194	149	32	311	11	332	70	273	157	144	25	17	מס' %	343	מרומזר על רחוב מאסף
1.5%	98.5%	5.2%	55.1%	39.4%	56.6%	43.4%	9.3%	90.7%	3.2%	96.8%	20.4%	79.6%	45.8%	42.0%	7.3%	5.0%	%		

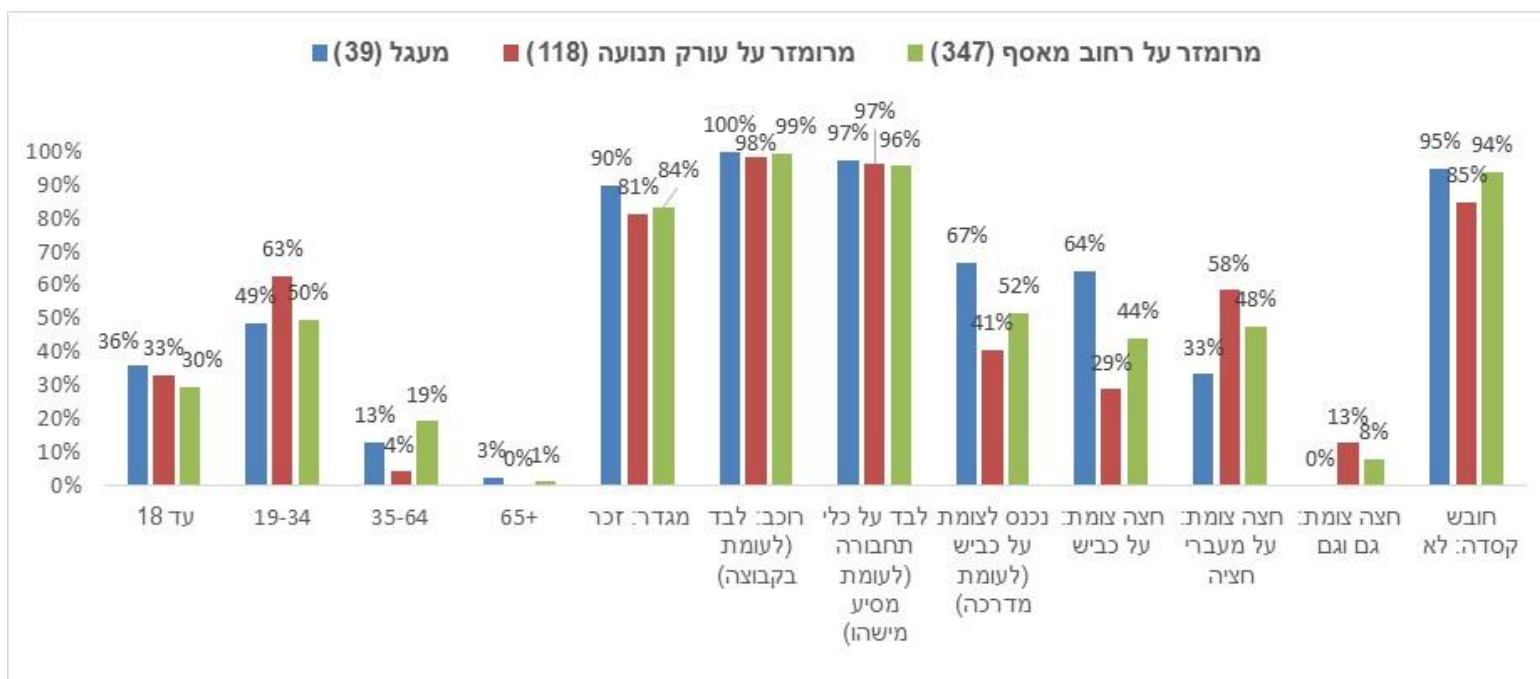
ד – רוכבי רכינועים

חובש קסדה	חצה צומת				נכנס לצומת על כביש / מדרכה		לבד על כלי תחבורה / עם או מסיע מישהו		רוכב לבד / בקבוצה		מגדר		קבוצת גיל				מדד	N	סוג צומת
	כא	גם וגם	על מעברי חציה	על כביש	על מדרכה	על כביש	מסיע מישהו	לבד	בבקבוצה של הרוכבים	לבד	נקבה	זכר	65+	35-64	19-34	עד 18			
0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	מס' %	1	מעגל
0%	100%	0%	100%	0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	%		
1	5	1	4	1	2	4	0	6	0	6	2	4	0	0	4	2	מס' %	6	מרומזר על עורק תנועה
16.7%	83.3%	17%	67%	17%	33%	67%	0%	100%	0%	100%	33%	67%	0%	0%	67%	33%	%		
3	22	1	17	7	18	7	1	24	0	25	5	20	1	6	10	8	מס' %	25	מרומזר על רחוב מאסף
12%	88%	4%	68%	28%	72%	28%	4%	96%	0%	100%	20%	80%	4%	24%	40%	32%	%		



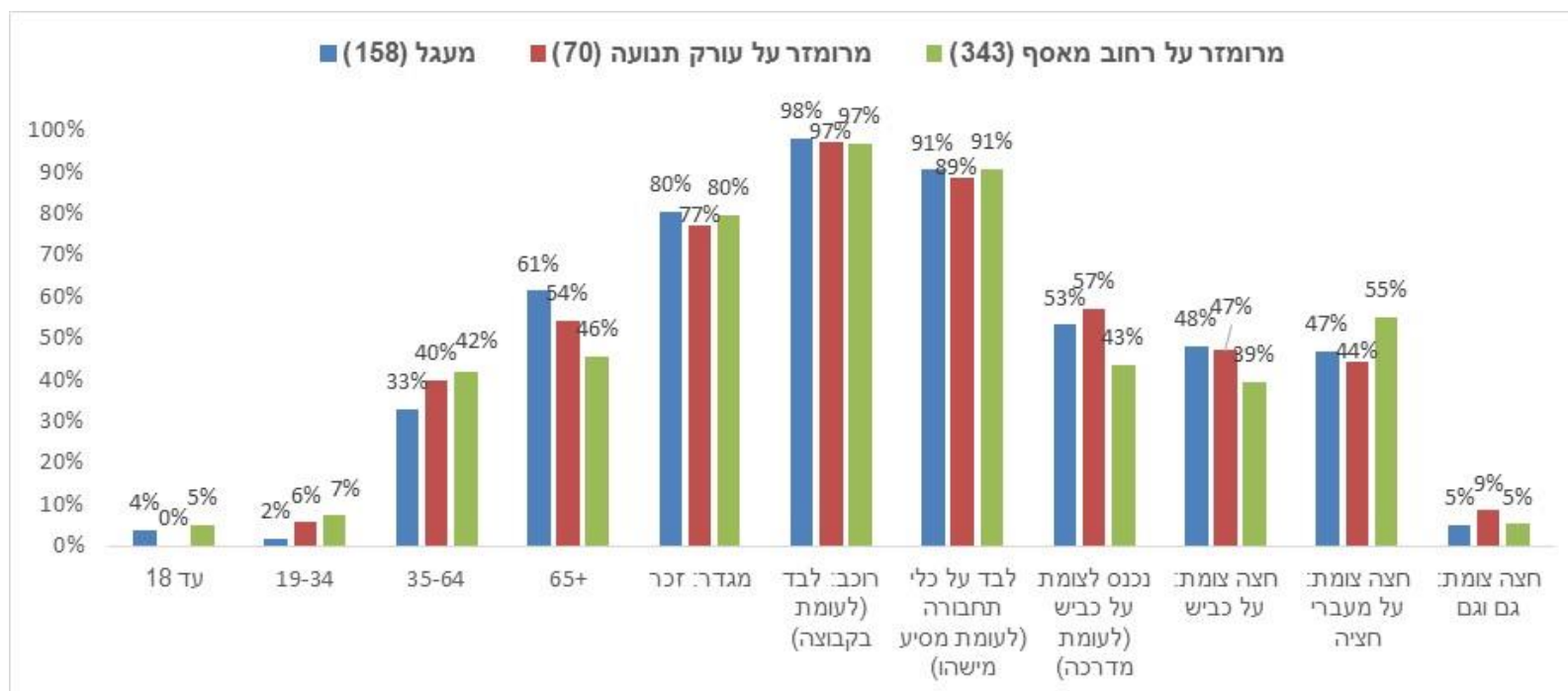
א – רוכבי אופניים חשמליים

איור 2.10. הצגה ויזואלית של פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים, לפי סוגי צמתים.



ב – רוכבי קורקינטים חשמליים

איור 2.10. הצגה ויזואלית של פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים, לפי סוגי צמתים (המשך).



ג – משתמשי קלנועיות

איור 2.10. הצגה ויזואלית של פרטי המשתמשים בסוגי הרכב החלופיים, לפי סוגי צמתים (המשך).

3. מהירויות רכיבה של אופניים חשמליים ורגילים, בקטעי רחובות

3.1. שיטת מדידה ועיבוד הנתונים

נושא מהירויות הרכיבה נדון בספרות בהקשר לשימוש באופניים חשמליים. לכן, במסגרת המחקר הוחלט לבצע מדידות של מהירויות הרכיבה באופניים חשמליים בארץ, תוך כדי השוואתן עם מהירויות הרכיבה באופניים רגילים.

מדידות המהירות של אופניים חשמליים ורגילים נערכו ב-6 קטעי רחובות שנבחרו בערים במרכז הארץ (באותן הערים בהן נערכו ספירות תנועה בצמתים). קטעי רחובות לביצוע המדידות נבחרו ממספר סוגים שמייצגים רחובות טיפוסיים בעיר. רחובות אלה מהווים שילוב של רחובות מאספים ועורקי תנועה, עם חתך דו-מסלולי וחד-מסלולי, עם וללא שביל מוסדר לרכיבה באופניים. טבלה 3.1 מציגה רשימה של אתרי המדידות. בנספח ד' מוצגות מפות של האתרים.

טבלה 3.1. רשימת אתרים לביצוע מדידות מהירות של אופניים

סוג רחוב	קוד אתר	עיר	רחוב	בין צומת	ל-צומת
מאסף חד-מסלולי	A	רמת גן	תובל	היצירה	ביאליק
עורק דו-מסלולי עם מסחר בלי שביל אופניים	B	רמת גן	דרך מנחם בגין	יעקב דורי	היצירה
מאסף דו-מסלולי עם מסחר ושביל אופניים	C	תל אביב-יפו	אבן גבירול	בלוך	הדסה
עורק דו-מסלולי ללא מסחר עם שביל אופניים	D	תל אביב-יפו	פנקס	וייצמן	ברנדייס
מאסף דו-מסלולי ללא מסחר בלי שביל אופניים	E	תל אביב-יפו	וייצמן	פנקס	ה' באיר
מאסף חד-מסלולי	F	תל אביב-יפו	ברודצקי	רדינג	גרובמן

המהירויות נמדדו באמצעות אקדח לייזר המאפשר למדוד מהירות נסיעה נקודתית. המחקר מתמקד ברוכבים מבוגרים, לכן לא נמדדו מהירויות הרכיבה של ילדים ובני נוער (שנראו מתחת לגיל 18). המדידות נערכו באמצע קטע רחוב, רחוק מהצמתים. המהירות נמדדה רק כאשר אין הפרעות לרוכב, כגון: מרכיב אדם נוסף, נושא מטען גדול, מלווה אדם הולך וכד'. זמני המדידה היו בימי חול, א'-ה', בין השעות 8-17. עבור כל מדידה נערך רישום בדף תצפית, לרבות פרטי הרוכב.

בכל אתר, נקבע למדוד מהירויות של כ-30 רוכבים, מהם לפחות 15 רוכבי אופניים חשמליים ולפחות 10 רוכבי אופניים רגילים. מדידות בהתאם לכללים אלה נערכו בנובמבר 2016. עם זאת, במסגרת עיבוד הנתונים, התעוררו שאלות בנוגע למהירויות הרוכבים שנמדדו באתר B והן, בנוגע למאפייני הרוכבים (מיקום רכיבה) באתרים C-D. לכן, באתרים B, C, D נערכו מדידות נוספות של מהירויות הרוכבים, מתוכם כ-20 רוכבי אופניים חשמליים וכ-20 רוכבי אופניים רגילים, בכל אתר; מדגם שני של המדידות נאסף במרץ 2017. לעיבוד מסכם של נתוני המדידות שימשו שני המדגמים ביחד. סה"כ, נאספו מהירויות של 349 רוכבים, מתוכם 229 רוכבי אופניים חשמליים ו-120 רוכבי אופניים רגילים.

עיבוד הנתונים כלל הפקת מדדים מסכמים למהירויות הרכיבה ולמאפייני הרוכבים, בכל סוג אתר, עבור רוכבי האופניים החשמליים ורוכבי האופניים הרגילים. לאפיון מהירויות הרכיבה שימשו מדדים של מהירות ממוצעת, סטיית תקן וערך מרבי של מהירות. לבחינת הבדלים בין מהירויות הרכיבה הממוצעות בשתי קבוצות הרוכבים שימש מבחן T (ההבדל נחשב למובהק עם $p < 0.05$). מאפיינים אחרים של שתי קבוצות הרוכבים כללו פילוחים לפי

קבוצות גיל, מגדר, חבישת קסדה, הרכב רכיבה ומיקום הרכיבה. בנוסף, הותאמו מודלים סטטיסטיים לזיהוי משתנים משפיעים על מהירויות הרכיבה ועל מספר התנהגויות הרוכבים כגון: שימוש בקסדה, בחירת מיקום הרכיבה.

3.2. הממצאים

3.2.1. מדדים של מהירויות הרכיבה ומאפייני הרוכבים

טבלה 3.2 מציגה מדדים מסכמים של מהירויות הרכיבה ושל מאפייני הרוכבים, באופניים החשמליים והרגילים, בכל אתר. איור 3.1 מציג השוואה בין מהירויות הרכיבה הממוצעות של רוכבי האופניים החשמליים והרגילים. ניתן לראות כי:

- בדומה למדווח בספרות (Schleinitz et al, 2016; Petzoldt et al, 2016; Langford et al, 2015), מהירויות הרכיבה באופניים החשמליים היו גבוהות יותר מאשר באופניים הרגילים. במחקר זה נמדדו פערים של 4-7 קמ"ש במהירות הממוצעת של האופניים החשמליים לעומת הרגילים⁶. בכל האתרים, נמצא הבדל מובהק ($p < 0.05$) בין מהירויות הנסיעה של שני סוגי האופניים.

- רמות המהירות לא היו אחידות בסוגי אתרים שונים. עבור האופניים החשמליים נצפו מהירויות ממוצעות בגובה של 14 קמ"ש (ברחובות תובל ו-ויצמן, אתרים A, E) ושל 19-20 קמ"ש (ביתר האתרים). עם זאת, לא ניתן להצביע על נטייה למהירויות גבוהות יותר בחתך הדו-מסלולי לעומת החד-מסלולי, או ברחוב ללא מסחר לעומת עם מסחר. בשני אתרים עם שבילי האופניים (D,C), נצפו מהירויות גבוהות יותר מאשר ברחוב ללא שביל אופניים (אתר E) אך דומות לרחוב אחר ללא שביל (אתר B). מגמות דומות בגובה מהירות הרכיבה (לפי סוגי אתרים) היו גם בקרב אופניים רגילים.

- רוב הרוכבים בשני סוגי האופניים היו גברים, פרט למקרים של אופניים רגילים ברחובות פנקס וברודצקי בתל-אביב, שם נצפו יותר רוכבות. בכל סוגי האתרים, רוב הרוכבים בשני סוגי האופניים היו צעירים בני 19-34. בשני אתרים בתל-אביב (פנקס, ויצמן) נצפו רוכבי אופניים בני +65, על שני סוגי האופניים.

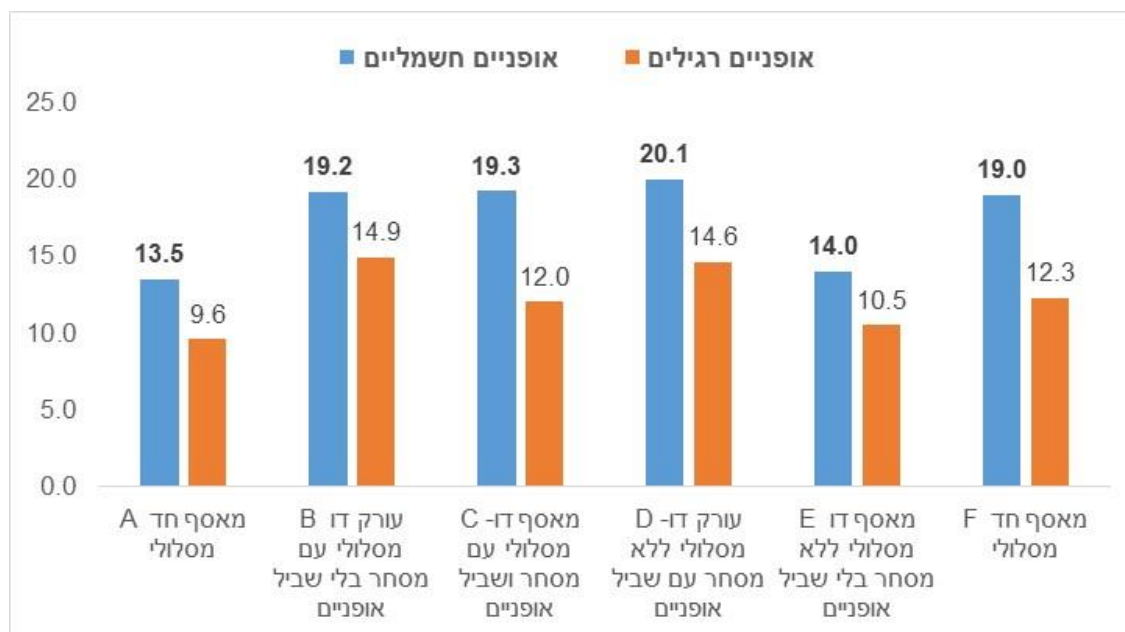
- רוב הרוכבים בשני סוגי האופניים נצפו בלי קסדות. עם זאת, בקרב רוכבי האופניים הרגילים, לכאורה, הסתמנה נטייה לשימוש גבוה יותר בקסדות. רוב המשתמשים בשני סוגי האופניים נצפו לבד וכאשר הם רכבו בנוכחות משתמשי דרך אחרים, בכביש או במדרכה (פרט לאתר ברח' פנקס שם מחצית הרוכבים נצפו לבד).

- הבחירה במיקום הרכיבה היתה שונה באתרים השונים, ללא קשר בולט לסוג חתך רחוב (חד-מסלולי לעומת דו-מסלולי) אך עם קשר אפשרי לסוג אזור (או עיר). לדוגמא, בשני האתרים ברמת גן (רחובות A, B עם חתכים שונים), מרבית הרוכבים, בשני סוגי האופניים, נצפו על הכביש, בעוד שבשני אתרים אחרים ללא שביל אופניים, בתל-אביב, אחוז הרוכבים בכביש היה נמוך יותר באופן משמעותי, כאשר מחצית או יותר מהרוכבים נצפו על מדרכה.

⁶ בספרות – בגרמניה, ארה"ב, דווחו פערים קטנים יותר, של 2-3 קמ"ש, אך שם מדובר במהירות ממוצעת בנסיעה בקטע, כאשר במחקר הנוכחי מדובר במהירות נקודתית, בזרימה חופשית.

טבלה 3.2. מדדים מסכמים של מהירויות הרכיבה ומאפייני הרוכבים, באופניים חשמליים ורגילים, לפי אתר

רמת מובהקות להבדל בין מהירויות - p	% מצבים כאשר יש משתמשי דרך אחרים ליד הרוכב	% רוכב בשביל	% רוכב על מדרכה	% רוכב בכביש	% רוכב בודד	% חובש קסדה	% בני +65	% בני 35-64	% בני 19-34	% זכר	מהירות, קמ"ש מרבית, קמ"ש	סטית, קמ"ש	מהירות ממוצעת, קמ"ש	N	סוג אופניים	סוג רחוב
0.0476	100%	אין שביל	23%	77%	100%	10%	0%	6%	94%	84%	25	6.8	13.5	31	אופניים חשמליים	A מאסוף חד מסלולי
	100%		20%	80%	100%	10%	0%	10%	90%	80%	16	4.5	9.6	10	אופניים רגילים	
0.0039	84%	אין שביל	18%	82%	98%	12%	0%	18%	82%	82%	41	7.4	19.2	49	אופניים חשמליים	B עורק דו מסלולי עם מסחר בלי שביל אופניים
	68%		16%	84%	100%	10%	0%	32%	68%	77%	26	5.4	14.9	31	אופניים רגילים	
<0.0001	100%	38%	32%	30%	100%	3%	0%	3%	97%	68%	28	5.5	19.3	37	אופניים חשמליים	C מאסוף דו-מסלולי
	90%	55%	42%	3%	100%	6%	0%	23%	77%	65%	25	4.4	12.0	31	אופניים רגילים	עם מסחר ושביל אופניים
<0.0001	52%	58%	17%	25%	88%	2%	2%	13%	85%	87%	29	4.6	20.1	52	אופניים חשמליים	D עורק דו-מסלולי
	43%	61%	29%	11%	93%	11%	4%	21%	75%	29%	21	4.5	14.6	28	אופניים רגילים	ללא מסחר עם שביל אופניים
0.0034	100%	אין שביל	47%	53%	100%	7%	7%	17%	77%	73%	21	3.8	14.0	30	אופניים חשמליים	E מאסוף דו מסלולי
	100%		50%	50%	100%	30%	20%	10%	70%	60%	15	2.6	10.5	10	אופניים רגילים	ללא מסחר בלי שביל אופניים
0.0003	100%	אין שביל	43%	57%	100%	17%	0%	23%	77%	73%	33	5.5	19.0	30	אופניים חשמליים	F מאסוף חד מסלולי
	100%		100%	0%	100%	30%	0%	40%	60%	40%	20	3.8	12.3	10	אופניים רגילים	



איור 3.1. מהירויות נסיעה ממוצעות (קמ"ש) של רוכבי אופניים חשמליים ורגילים, לפי אתרים.

- לפי הממצאים באתרים C, D (עם שבילי האופניים), נוכחות שבילי האופניים מקטינה את אחוז הרוכבים בכביש אך לא מביאה לשימוש בלעדי בשבילי האופניים על-ידי הרוכבים. בשני אתרים אלה, נצפו אחוזים נמוכים יותר של הרוכבים, משני הסוגים, על הכביש, כאשר בין 40% עד 60% רכבו **על השביל**; עם זאת, אחוז מסוים מהרוכבים (40%-20%) נצפו על מדרכות.

3.2.2. מודלים מסבירים למהירויות האופניים והתנהגויות הרוכבים

על סמך המדגם הכולל של המדידות (N=349 רוכבים) הותאמו מודלים סטטיסטיים לזיהוי משתנים משפיעים על מהירויות הרכיבה ועל מספר התנהגויות הרוכבים, וביניהן: שימוש בקסדה, בחירת מיקום הרכיבה - בכביש (באתרים ללא שביל אופניים, A, B, E, F), בחירת מיקום הרכיבה - בשביל (באתרים עם שבילי אופניים, C-D).

המודל לניבוי מהירות הרכיבה הותאם בעזרת רגרסיה לינארית בצעדים, כאשר בתור המשתנים המסבירים נבדקו: סוג אופניים (חשמליים לעומת רגילים), סוג אתר (5 סוגים, כאשר אתרים A, F אחדו לסוג אחד, חד-מסלולי), מגדר הרוכב, קבוצת גיל (צעירים בני 19-34 לעומת בני +35), מיקום רכיבה (כביש לעומת שביל/מדרכה). יתר המודלים - לניבוי שימוש בקסדה ומיקום הרכיבה, נבנו בעזרת רגרסיה לוגיסטית. במודלים אלה, בתור המשתנים המסבירים נבדקו: סוג אופניים, סוג אתר, מגדר הרוכב וקבוצת גילו.

טבלה 3.3 מציגה מודל מסביר לניבוי מהירות הרכיבה ברחוב עירוני. לפי המודל, על מהירות הרכיבה משפיעים שלושה מאפיינים מובהקים ($p < 0.001$): סוג אתר, מיקום רכיבה וסוג האופניים. עבור המגדר וקבוצת הגיל של הרוכב לא נמצאה השפעה מובהקת על מהירות הרכיבה. המודל מראה כי מהירות הרכיבה עולה באתרים מסוג B, C, D (עורק דו-מסלולי עם מסחר בלי שביל, מאסף דו-מסלולי עם מסחר ושביל, עורק דו-מסלולי ללא מסחר עם שביל, בהתאמה) לעומת אתרים A, F (מאסף חד-מסלולי). כמו כן, מהירות הרכיבה נמוכה יותר באתר מסוג E (מאסף דו-מסלולי ללא מסחר וללא שביל).

לפי המודל, מהירות הרכיבה נמוכה יותר באופניים רגילים לעומת חשמליים, ב-4.7 קמ"ש, בממוצע, ומהירות הרכיבה נמוכה יותר במדרכה/שביל לעומת כביש, ב-4.1 קמ"ש, בממוצע. הבדלים אלה משקפים השפעה של כל אחד מהמאפיינים המובהקים, בפקוח על יתר מאפייני הרכיבה. כפי שכבר צוין לעיל, פערי המהירות בין שני סוגי האופניים גבוהים יותר בישראל לעומת המדווה בספרות (כאשר קיים שוני באופן המדידה). לגבי השפעת מיקום הרכיבה, Schleinitz et al (2016) דיווחו על מהירויות גבוהות יותר בעת הרכיבה בכביש לעומת במדרכה (בדומה לממצאי המחקר הנוכחי) אך גם דיווחו על מהירויות דומות בכביש ובהסדרים לאופניים (להבדיל מממצאי מחקר זה).

טבלה 3.3. מודל מסביר לניבוי מהירות הרכיבה ברחוב עירוני

Coefficients	Estimate	Std. Error	t-value	Pr(> t)
(Intercept)	17.68	0.67	26.38	0.000
sug_atar B	2.41	0.86	2.79	0.006
sug_atar C	3.80	0.93	4.10	0.000
sug_atar D	5.44	0.89	6.10	0.000
sug_atar E	-1.41	1.03	-1.37	0.172
mikum_rehiva: midraha_shvil	-4.09	0.68	-6.01	0.000
sug_ofanaim: ragil	-4.70	0.61	-7.65	0.000

Adjusted R-squared: 0.2944; F-statistic: p-value<0.001

טבלה 3.4 מציגה מודל מסביר לניבוי שימוש בקסדה בזמן הרכיבה. במודל זה יש שני מאפיינים משפיעים מובהקים ($p < 0.1$): סוג אתר וסוג אופניים, כאשר השפעה של קבוצת גיל ומגדר אינה מובהקת. ההסתברות לשימוש בקסדה גבוהה יותר עבור רוכבי אופניים רגילים (לעומת חשמליים) וגם גבוהה יותר בעת הרכיבה באתרים החד-מסלוליים לעומת הדו-מסלוליים. הסיכוי לפגוש רוכב מבוגר עם קסדה נמוך במיוחד באתרים מסוג D-C (עם שבילי אופניים – רח' אבן גבירול, רח' פנקס).

טבלה 3.4. מודל מסביר לניבוי שימוש בקסדה בזמן הרכיבה

Coefficients	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z)
(Intercept)	-2.11	0.50	-4.24	0.000
sug_atar B	-0.41	0.49	-0.83	0.407
sug_atar C	-1.42	0.69	-2.07	0.038
sug_atar D	-1.22	0.62	-1.98	0.048
sug_atar E	-0.18	0.59	-0.31	0.756
sug_ofanaim: ragil	0.67	0.40	1.69	0.091
migdar: zahar	0.04	0.43	0.09	0.928
gil: 35+	0.42	0.44	0.96	0.340

Null deviance: 212.92 on 343 DF; Residual deviance: 201.51 on 336 DF; AIC: 217.51

איור 3.2 מציג את השינוי היחסי בסיכוי לפגוש רוכב עם קסדה בתלות במשתנים המסבירים שנמצאו מובהקים במודל; השינוי היחסי בסיכוי מתייחס לערך הנבחן של המאפיין לעומת ערך הבסיס שלו (*Odds ratio*) במודל רגרסיה לוגיסטית). לפי איור 3.2, הסיכוי לרכיבה עם קסדה יורד פי שלושה-ארבעה באתרים עם שביל אופניים (סוגי C, D) ויורד פי 1.2-1.5 ביתר האתרים הדו-מסלוליים (ללא שבילי אופניים), לעומת הרוכבים שנצפו ברחובות החד-מסלוליים. עם זאת, לפי נתוני התצפיות (ראה טבלה 3.2 לעיל), שימוש בקסדה לא היה אחיד באתרים החד-מסלוליים (A, F), כך שהתנהגות זו תלויה כפי הנראה באתר עצמו ולא בסוג חתך רחוב. לפי איור 3.2, הסיכוי לחבישת קסדה גבוה כפי שניים עבור הרוכב באופניים רגילים לעומת חשמליים.



איור 3.2. שינוי יחסי בסיכוי לחבישת קסדה ע"י רוכב בתלות במשתנים המסבירים שנמצאו מובהקים במודל.

טבלה 3.5 מציגה מודל מסביר לבחירת מיקום הרכיבה במדרכה (לעומת כביש), ברחובות ללא שבילי האופניים. במודל זה יש שלושה מאפיינים משפיעים מובהקים: סוג אתר ($p < 0.001$), קבוצת גיל ($p < 0.05$) ומגדר הרוכב ($p < 0.1$), כאשר לסוג האופניים (חשמליים או רגילים) לא נמצאה השפעה מובהקת על בחירת מיקום הרכיבה. לפי המודל, הסיכוי לפגוש רוכב במדרכה יורד בעורק דו-מסלולי עם מסחר (דרך מנחם בגין ברמת גן) לעומת רחוב חד-מסלולי ועולה במאסף דו-מסלולי ללא מסחר (רח' ויצמן בתל-אביב). כמו כן, **פחות גברים** ירכבו במדרכה (לעומת רוכבות). מאידך, **יותר בני 35+** ירכבו במדרכה לעומת רוכבים צעירים יותר (בני 19-35) שיעדיפו לרכב בכביש.

איור 3.3 מציג את השינוי היחסי בסיכוי לרכיבה במדרכה בתלות במשתנים המסבירים שנמצאו מובהקים במודל זה (*Odds ratio*). הסיכוי לרכיבה במדרכה נמוך פי שניים עבור גברים וגבוה פי 2.6 עבור בני 35+. הסיכוי לרכיבה במדרכה נמוך פי 3.4 באתר B (עם מסחר) וגבוה פי 1.3 באתר E (ללא מסחר) לעומת האתרים החד-מסלוליים. עם זאת, הנטייה לרכב בכביש לא היתה אחידה באתרים החד-מסלוליים (ראה טבלה 3.2 לעיל). מכאן, גם בהתנהגות זו משתקפת, כפי הנראה, השפעתו של אתר מסוים בו נערכו המדידות ולא השפעה של סוג אתר.

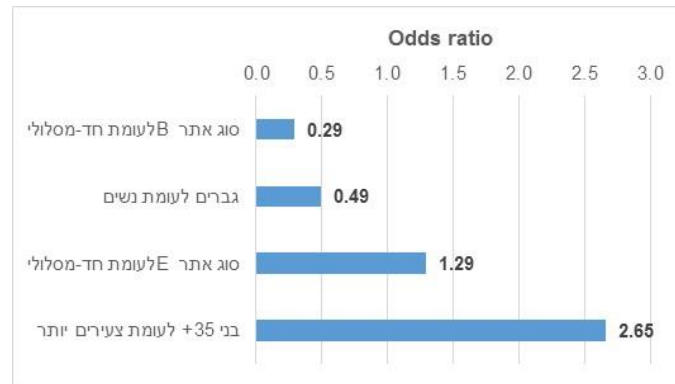
טבלה 3.6 מציגה מודל מסביר לבחירת מיקום הרכיבה בשביל (לעומת מדרכה או כביש), ברחובות עם שבילי האופניים. במודל זה יש שלושה מאפיינים משפיעים מובהקים: סוג אתר, קבוצת גיל ($p < 0.05$) וסוג האופניים ($p < 0.1$), כאשר למגדר הרוכב לא נמצאה השפעה מובהקת על בחירת מיקום הרכיבה. לפי המודל, הסיכוי לפגוש רוכב בשביל האופניים עולה באתר D (רח' פנקס, ללא מסחר) לעומת אתר C (רח' אבן גבירול, עם מסחר); עולה עבור **האופניים הרגילים** לעומת החשמליים ויורד עבור בני 35+.

איור 3.4 מציג את השינוי היחסי בסיכוי לרכיבה בשביל בתלות במשתנים המסבירים שנמצאו מובהקים במודל זה (*Odds ratio*). לפי איור זה, הסיכוי לרכיבה בשביל גבוה פי שניים באתר D ועבור האופניים הרגילים, כאשר הוא נמוך פי 3.4 עבור רוכבים מבוגרים יותר (בני 35+) לעומת רוכבים צעירים יותר.

טבלה 3.5. מודל מסביר לבחירת מיקום הרכיבה במדרכה (לעומת כביש) ברחובות ללא שבילי האופניים

Coefficients	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.17	0.38	-0.44	0.664
sug_atar B	-1.24	0.40	-3.14	0.002
sug_atar E	0.25	0.41	0.61	0.539
sug_ofanaim: ragil	0.29	0.36	0.81	0.417
migdar: zahar	-0.71	0.37	-1.91	0.056
gil: 35+	0.98	0.39	2.48	0.013

Null deviance: 246.15 on 195 DF; Residual deviance: 219.94 on 190 DF; AIC: 231.94

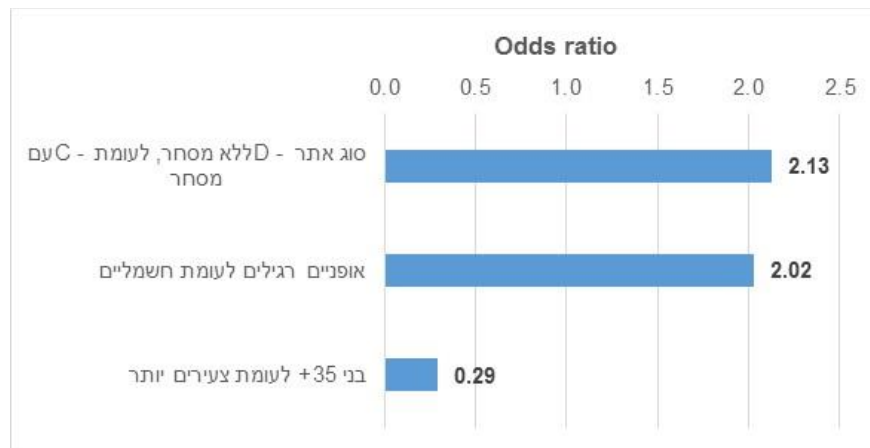


איור 3.3. שינוי יחסי בסיכוי לרכיבה במדרכה (לעומת כביש) בתלות במשתנים המסבירים שנמצאו מובהקים במודל עבור אתרים ללא שבילי האופניים.

טבלה 3.6. מודל מסביר לבחירת מיקום הרכיבה בשביל (לעומת כביש או מדרכה), ברחובות עם שבילי האופניים

Coefficients	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.46	0.43	-1.07	0.283
sug_atar: D	0.76	0.35	2.14	0.032
sug_ofanaim: ragil	0.71	0.39	1.79	0.073
migdar: zahar	0.15	0.39	0.38	0.705
gil: 35+	-1.22	0.51	-2.41	0.016

Null deviance: 203.23 on 146 DF; Residual deviance: 192.51 on 142 DF; AIC: 2020.51



איור 3.4. שינוי יחסי בסיכוי לרכיבה בשביל (לעומת כביש/מדרכה) בתלות במשתנים המסבירים שנמצאו מובהקים במודל עבור אתרים עם שבילי האופניים.

3.2.3. סיכום

הממצאים העיקריים מניתוח מהירויות הרכיבה והתנהגויות רוכבי האופניים (ברחובות מאספים ובעורקי תנועה עירוניים) הם כלהלן:

* מהירויות הרכיבה באופניים החשמליים גבוהות יותר מאשר באופניים רגילים, עם פערים של 4-7 קמ"ש במהירות הממוצעת, באתרים השונים. רמות המהירות לא היו אחידות בסוגי אתרים שונים. עבור האופניים החשמליים נצפו מהירויות ממוצעות בגובה של 14 קמ"ש ושל 19-20 קמ"ש. לא ניתן להצביע על נטייה למהירויות גבוהות יותר בחתך הדו-מסלולי לעומת החד-מסלולי, או ברחוב ללא מסחר לעומת עם מסחר.

* לאחר פיקוח על יתר מאפייני הרכיבה, מהירות הרכיבה באופניים הרגילים נמוכה יותר לעומת מהירות הרכיבה באופניים החשמליים, ב-4.7 קמ"ש, בממוצע. מהירות הרכיבה נמוכה יותר במדרכה/שביל לעומת כביש, ב-4.1 קמ"ש, בממוצע.

* רוב הרוכבים בשני סוגי האופניים נצפו בלי קסדות. הסיכוי לחבישת קסדה גבוה כפי שניים עבור הרכב באופניים רגילים לעומת החשמליים.

* מרבית הרוכבים, בשני סוגי האופניים, נצפו על הכביש, אם כי היה שוני בבחירת מיקום הרכיבה בכביש לעומת מדרכה באתרים השונים. בבחירת מיקום הרכיבה משתקפת, כפי הנראה, השפעתם של תנאי אתר מסוים בו נערכו המדידות ולא השפעה של סוג אתר.

* באתרים ללא שבילי אופניים מוסדרים, הסיכוי לרכיבה במדרכה נמוך כפי שניים עבור גברים לעומת נשים וגבוה פי 2.6 עבור בני +35 לעומת רוכבים צעירים יותר.

* קיום שביל אופניים מוסדר מקטין את מספרי האופניים הרוכבים בכביש. באתרים עם השבילים נצפו אחוזים נמוכים יותר של הרוכבים, בשני סוגי האופניים, על הכביש, כאשר בין 40% עד 60% רכבו על השביל, ואחוז מסוים מהרוכבים (20%-40%) נצפו על מדרכות. הסיכוי לרכיבה בשביל גבוה כפי שניים עבור האופניים הרגילים לעומת חשמליים ונמוך פי 3.4 עבור רוכבים מבוגרים יותר (בני +35) לעומת רוכבים צעירים יותר.

4. אפיון דפוסי ההתנהגויות של אמצעי תחבורה חלופיים בתנועה העירונית

4.1. שיטת איסוף ועיבוד הנתונים

על מנת לתעד התנהגויות של אמצעי תחבורה חלופיים בתנועה העירונית, נערכו תצפיות שטח באמצעות צילומי וידאו. כלי רכב חלופיים לתיעוד באמצעות הצילומים הם: אופניים חשמליים, קורקינט חשמלי, רכינוע, קלנועית. כמו כן, בתייעוד נכללה התנהגות קטנועים, במידה והם נסעו על הסדרים המיועדים להולכי הרגל או לרוכבי האופניים כגון: מדרכה, שביל אופניים, מעבר חצייה להולכי רגל.

מכיוון שאמצעי תחבורה אלה מופיעים ברחוב באופן לא סדיר, הצבת מצלמה סטטית לביצוע הצילומים לא תהיה יעילה. לכן, התצפיות נערכו בשיטה דינאמית, כאשר הצופה שניצב באתר הפעיל מצלמה בעת הופעת אמצעי התחבורה הרצוי. הצופה שניצב ליד צומת, כאשר הבחין בכלי רכב חלופי הנוסע לכיוון הצומת, צילם אותו בהתקרבות לצומת בזרוע אחת, בעת חציית הצומת ובעת התרחקות מהצומת בזרוע אחרת של הצומת (במידה ותנאי הנראות באתר אפשרו זאת). בנוסף לכלי הרכב החלופי, הסרט היה צריך לכלול גם את מראה הרחוב ואת משתמשי הדרך האחרים בסביבת כלי הרכב החלופי.

הצילומים של משתמשי כלי הרכב החלופיים כללו **מבוגרים מעל גיל 18** (הצופים קיבלו הוראה לא לצלם בני נוער על אופניים חשמליים כי נושא זה נבחן במחקר אחר). כמו כן, נדרשו בעיקר סרטים בהם כלי הרכב החלופיים נמצאים **באינטראקציה** עם משתמשי דרך אחרים – כלי רכב, הולכי רגל ורוכבי אופניים. כלומר, הצופים קיבלו הוראה לא לצלם סרט כאשר רוכב האופניים החשמליים או קלנועית נמצאים לבד ברחוב. הצילומים נערכו בין השעות 9-16, דהיינו בשעות אור שבהן יש פעילות של כלי רכב והולכי הרגל ברחוב. (הצילומים נערכו בחורף, בחודשים דצמבר-ינואר).

צילומי הוידאו נערכו בסמוך לצמתים שנקבעו מראש. לצילומי התנהגות נבחרו רחובות וצמתים **בתל-אביב**, מסוגים שונים, בהם יש תנועה רבה של כלי הרכב והולכי הרגל וגם שימוש ע"י כלי הרכב החלופיים. אתרי הצילומים נבחרו משלושה סוגים: (א) אזורים ליד צמתים מרומזרים ברחובות ראשיים מופרדים, (ב) אזורים ליד צמתים ברחובות מאספים חד-מסלוליים, (ג) אזורים ליד צמתים ברחובות עם שדרות מרכזיות רחבות. הצילומים בוצעו ב-10 אתרים בתל-אביב כמפורט להלן:

(א) אזורים ליד צמתים מרומזרים ברחובות ראשיים דו-מסלוליים:

1. צומת רחוב אבן גבירול/ בלוך/ שד' בן גוריון (ליד עיריית תל אביב).
2. צומת ויצמן/ שד' דוד המלך.
3. צומת ויצמן / פינקס.
4. צומת דרך נמיר/ לבנון/ עגנון.

(ב) אזורים ליד צמתים ברחובות מאספים חד-מסלוליים:

1. צומת בוגרשוב/ פנסקר.
2. צומת הרצל/ לילנבלום.

3. צומת פרישמון/ ריינס

(ג) אזורים ליד צמתים ברחובות עם שדרות מרכזיות:

1. צומת שד' רוטשילד/ החשמונאים.
2. צומת שד' נורדאו/ סוקולוב.
3. צומת שד' בן גוריון/ שלמה המלך/ הדסה.

איור 4.1 מציג תמונות של אתרי הצילומים. בשיטה שתוארה לעיל צולמו כ-400 סרטים עם התנהגויות של אמצעי תחבורה חלופיים. לאחר בדיקה וסינון הסרטים (הסרת סרטים קצרים, סרטים עם אמצעי תחבורה לא מתאימים וכו'), לקידוד וניתוח במחקר נשאר 381 סרטים, באורך ואיכות הנדרשים.

הצילומים קודדו ע"י צוות המחקר על מנת לאפיין את תנאי הדרך והתנועה בעת נסיעת האמצעי וחצית צומת, ואת אופן האינטראקציה שלו עם משתמשי דרך אחרים. תוצאות הקידוד נותחו כמותית על מנת לאפיין דפוסי תנועה והתנהגויות של האמצעים, כתלות בהסדרי תשתית שונים, וכמו כן, כדי לזהות מצבי אינטראקציה נפוצים ומצבים מסוכנים (קונפליקטים). בנוסף, נערכו מבחנים סטטיסטיים כדי לבדוק השפעה של מאפייני תשתית שונים על התנהגויות של אמצעי התחבורה החלופיים. לבדיקה החד-פרמטרית שימש מבחן פירסון, לצורך בדיקה רב-פרמטרית של התנהגויות נבחרות הותאמו מודלי רגרסיה לוגיסטית. סיכום ממצאים מניתוחי הסרטים שצולמו במחקר מוצג בסעיף 4.2.

בנוסף, בידי צוות המחקר היו סרטים עם צילומי וידאו מרח' אבן גבירול בתל-אביב המאפשרים תיעוד התנהגויות של אמצעי תחבורה שונים בקטעים ובצמתים. רח' אבן גבירול הינו ציר עירוני עתיר תנועה, עם חתך דו-מסלולי ומפרדה בנויה. ברחוב זה קיים נתיב תחבורה ציבורית (נת"צ) ימני בכל כיוון נסיעה בדרך ומדרכות רחבות עם שבילי אופניים מסומנים. הרחוב מתאפיין בעומס תנועת כלי רכב ובפעילות רבה של הולכי הרגל ורוכבי האופניים, לרבות רוכבי האופניים החשמליים. כמו כן, ברחוב מתקיימת תנועה ניכרת של אופנועים. לכן, הוחלט לבצע דגימה של תצפיות ברחוב זה על מנת לרכז ולנתח נתונים על התנהגויות רוכבי האופניים החשמליים וקטנועים, כאשר הקטנועים נצפו על הסדרים להולכי הרגל. ממצאים מבדיקת התנהגויות אלה מובאים בסעיפים 4.3-4.4.

4.2. התנהגויות כלי הרכב החלופיים באזורי צמתים בתל-אביב

4.2.1. מאפיינים של משתמשי האמצעים החלופיים

כאמור, מדגם התצפיות כלל 381 כלי רכב חלופיים אשר נצפו ב-10 אזורים בתל-אביב. טבלה 4.1 מציגה סיכום של מאפייני המשתמשים באמצעי התחבורה החלופיים, לפי האתרים. מרבית כלי הרכב החלופיים שנצפו (88%) היו אופניים חשמליים, 8% - קורקינטים חשמליים, כאשר יתר אמצעי התחבורה (קלנועית, רכינוע, קטנוע על הסדרים להולכי רגל) היו נדירים והיוו 1%-2% מהמדגם. מכאן, ההתנהגויות המתוארות בהמשך מתייחסות בעיקר לאופניים חשמליים וקורקינטים.

(א) אזורים ליד צמתים מרומזרים ברחובות ראשיים דו-מסלוליים

1. צומת רחוב אבן גבירול - בלוך - שד' בן גוריון



2. צומת ויצמן - שד' דוד המלך



3. צומת ויצמן - פינקס



4. צומת דרך נמיר - לבנון - עגנון

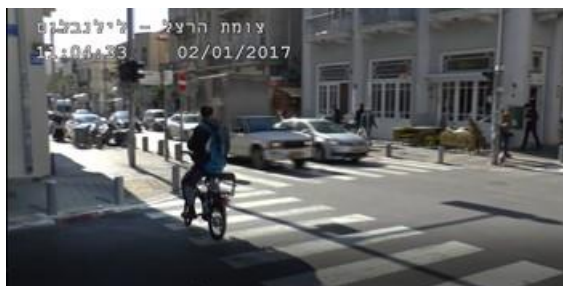


(ב) אזורים ליד צמתים ברחובות החד-מסלוליים

1. צומת בוגרשוב - פנסקר



2. צומת הרצל - לילנבלום



3. צומת פרישמן - ריינס



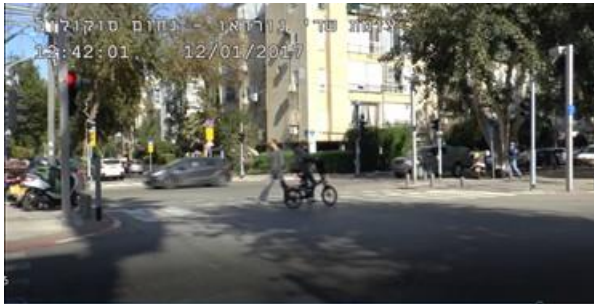
איור 4.1. תמונות של צמתים בתל-אביב בהם בוצעו צילומי התנהגויות של כלי הרכב החלופיים.

(ג) אזורים ליד צמתים ברחובות עם שדרות מרכזיות

1. צומת שד' רוטשילד - החשמונאים



2. צומת שד' נורדאו - סוקולוב



3. צומת שד' בן גוריון - שלמה המלך - הדסה



איור 4.1 (המשך).

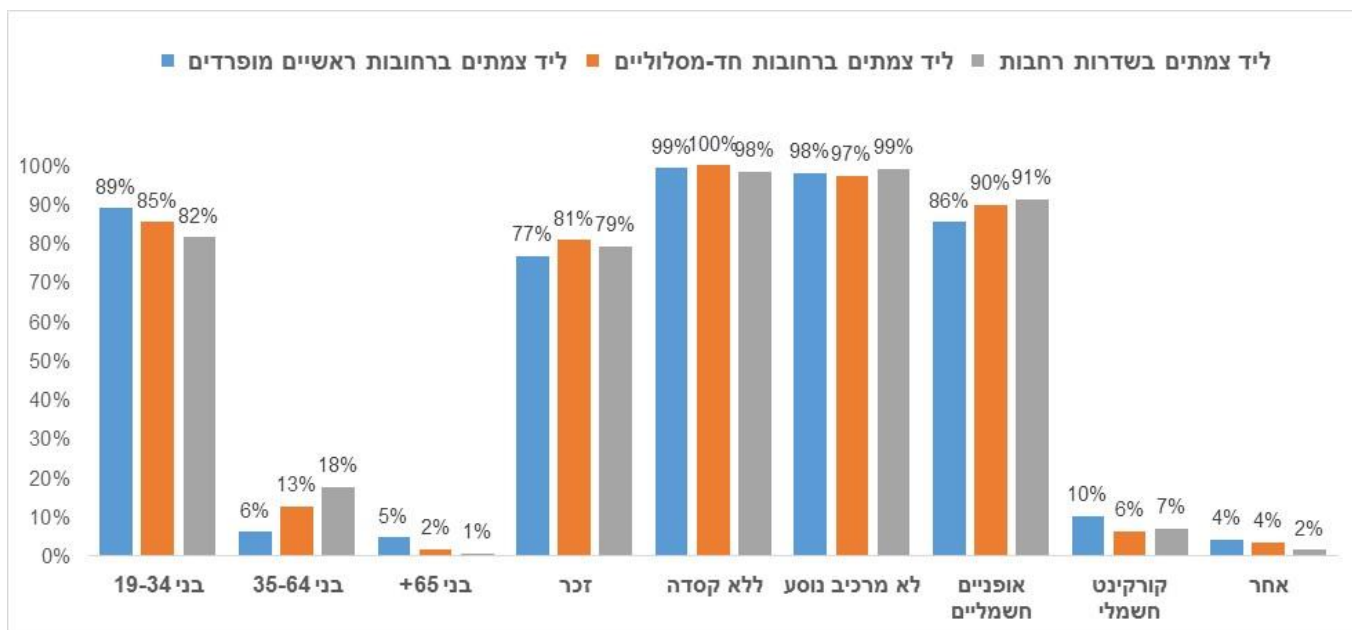
מרבית הרוכבים שנצפו (86%) היו בני 19-34, 12% - בני 35-64, ו-3% בני 65+. רוב משתמשי האמצעים (79%) היו גברים ונסעו לבד (98%); 99% היו ללא קסדה. מאפיינים דומים של משתמשי כלי הרכב החלופיים נמצאו גם קודם, בניתוח נתוני ספירות תנועה בצמתים ומהירויות רוכבי האופניים בקטעי רחובות (ראה פרקים 2-3).

חלוקת הסרטים לפי סוגי הרחובות היתה כלהלן: 146 סרטים (38%) צולמו ברחובות ראשיים מופרדים, 110 סרטים (29%) - ברחובות החד-מסלוליים, 125 סרטים (33%) - ברחובות עם שדרות מרכזיות. איור 4.2 מציג השוואה בין מאפייני הרוכבים בסוגי הרכב החלופיים, לפי שלושת סוגי האתרים. ניתן להבחין כי מאפייני הרוכבים בסוגי האתרים השונים היו דומים. בין סוגי האתרים לא נמצא הבדל סטטיסטי במגדר הרוכב, חבישת קסדה, הרכבת נוסע או חלוקת השימוש בין אמצעי התחבורה השונים. הבדל מובהק ($p < 0.05$) נמצא בין קבוצות הגיל של משתמשי האמצעים, כאשר ברחובות עם השדרות הרחבות נצפה אחוז גבוה יותר של הרוכבים בגילי הביניים (בני 35-64). עם זאת, ההבדל אינו מהותי במשמעותו כי בכל סוגי האתרים, רוב משתמשי האמצעים החלופיים, 82%-89%, היו צעירים, בני 19-34.

טבלה 4.1. מאפייני משתמשים באמצעי התחבורה החלופיים, לפי אתרי הצילומים

מס' אתר*	שם אתר – צומת רחובות	סוג רחוב ראשי באתר			קבוצת גיל של הרוכב			מגדר הרוכב		חובש קסדה		מרכיב נוסע		סוג הכלי				קטנוע
		רחוב מופרד	רחוב חד מסלולי	שדרה	צעיר 19-34	מבוגר 35-64	זקן +65	זכר	נקבה	לא	כן	לא	כן	חשמליים	אופניים חשמליים	קורקינט חשמלי	קלנועית	
1	אבן גבירול - בלוך - בן גוריון	46	0	0	40	4	2	34	12	46	0	44	2	35	7	2	1	0
		%	0%	0%	87%	9%	4%	74%	26%	100%	0%	96%	4%	76%	15%	0%	2%	0%
2	בוגרשוב - פינסקר	19	0	19	16	3	0	14	5	19	0	19	0	17	2	0	0	0
		%	0%	100%	84%	16%	0%	74%	26%	100%	0%	100%	0%	89%	11%	0%	0%	0%
3	הרצל ללינבלום	41	0	41	36	3	2	36	5	41	0	41	0	34	5	2	0	0
		%	0%	100%	88%	7%	5%	88%	12%	100%	0%	100%	0%	83%	12%	0%	0%	0%
4	וייצמן - שד דוד המלך	22	0	0	15	3	4	20	2	21	1	21	1	18	2	0	0	0
		%	0%	0%	68%	14%	18%	91%	9%	95%	5%	95%	5%	82%	9%	0%	0%	0%
5	נמיר - שי עגנון - חיים לבנון	32	0	0	30	1	1	23	9	32	0	32	0	29	2	0	0	0
		%	0%	0%	94%	3%	3%	72%	28%	100%	0%	100%	0%	91%	6%	0%	0%	0%
6	פנקס - ויצמן	46	0	0	45	1	0	35	11	46	0	46	0	42	4	0	0	0
		%	0%	0%	98%	2%	0%	76%	24%	100%	0%	100%	0%	91%	9%	0%	0%	0%
7	פרישמן - ריינס	50	0	50	42	8	0	39	11	50	0	47	3	48	0	2	0	0
		%	0%	100%	84%	16%	0%	78%	22%	100%	0%	94%	6%	96%	0%	4%	0%	0%
8	בן גוריון - הדסה	42	0	0	34	7	1	31	11	42	0	42	0	40	2	0	0	0
		%	0%	0%	81%	17%	2%	74%	26%	100%	0%	100%	0%	95%	5%	0%	0%	0%
9	שדרות נורדאו - סוקולוב	27	0	0	21	6	0	21	6	25	2	25	0	25	1	0	0	1
		%	0%	0%	78%	22%	0%	78%	22%	93%	7%	93%	0%	93%	4%	0%	0%	4%
10	רוטשילד - החשמונים	56	0	0	47	9	0	47	9	56	0	56	1	49	6	0	0	1
		%	0%	0%	84%	16%	0%	84%	16%	98%	2%	98%	2%	88%	11%	0%	0%	2%
		381	125	110	326	45	10	300	81	378	3	374	7	337	31	7	3	2
	סה"כ	%	33%	29%	86%	12%	3%	79%	21%	99%	1%	98%	2%	88%	8%	2%	1%	1%

*הערה לטבלאות 4.1-4.5 בפרק זה: האתרים 1,4,5,6 הם צמתים ברחובות ראשיים מופרדים; האתרים 2,3,7 - צמתים ברחובות החד-מסלוליים; האתרים 8,9,10 - צמתים ברחובות עם שדרות מרכזיות רחבות.



איור 4.2. השוואה בין מאפייני הרוכבים בסוגי הרכב החלופיים, לפי סוגי האתרים.

4.2.2. התנהגויות טיפוסיות בניסיעה בקטעי רחובות ובחציית צומת

בעקבות קידוד הסרטים, התקבלו מדגמים של התנהגויות הרוכבים באמצעים החלופיים, עבור המקרים הבאים:

A הרוכב נוסע בקטע רחוב לפני צומת, $N=304$;

B הרוכב עובר במעברי חציה בצומת, $N=237$;

C הרוכב עובר בצומת בכביש, ביחד עם כלי הרכב, $N=105$;

D הרוכב נוסע בקטע רחוב אחרי הצומת, $N=363$.

להלן פירוט התנהגויות הרוכבים, בכל אחד מהמקרים.

(1) הרוכב נוסע בקטע רחוב לפני הצומת

טבלה 4.2 מציגה פירוט של התנהגויות הרוכבים בניסיעה בקטע רחוב, בהתקרבות לצומת. הממצאים מראים כי:

- מבחינת מיקום נסיעה של הרוכבים עלה כי סה"כ, על פני כל האתרים, 29% בחרו לנסוע על מדרכה, 35% על שביל אופניים, 36% - על כביש, כאשר בכביש רוב הרוכבים העדיפו את הנתיב הימני. במספר אתרים (1, 6, 8, 10), חלק ניכר או רוב הרוכבים נצפו באתר עם שביל לרוכבי אופניים. כאשר באתר היה שביל אופניים מוסדר, רוב הרוכבים בחרו לרכב **על השביל**: סה"כ 46% מהרוכבים נצפו באתר עם שביל, מתוכם 75% בחרו לרכב על השביל (10% על המדרכה, 15% על הכביש). להשוואה: באתרים ללא שבילי אופניים, 46% מהרוכבים נסעו במדרכה, 54% - בכביש.

- בעת הנסיעה בכביש, רוב הרוכבים (61%) נצפו **בתנועה רבה** של כלי הרכב, כאשר במחצית המקרים מהירות הרוכב היתה **איטית יותר** לעומת כלי הרכב. אחוז המקרים עם תנועה רבה של כלי הרכב היה, כצפוי, גבוה יותר ברחובות הראשיים (מעל 80%); גם אחוז המקרים בהם הרוכב היה איטי יותר לעומת יתר כלי הרכב היה גבוה

יותר ברחובות הראשיים (79%) ובכלל ברחובות הדו-מסלוליים לעומת החד-מסלוליים (69% לעומת 23%) (הבדלים מובהקים, עם $p < 0.001$).

- בעת הנסיעה בכביש, רוב הרוכבים לא שינו את מיקומם בכביש ולא עלו למדרכה תוך כדי הנסיעה, אם כי, 17% מהרוכבים כן עלו למדרכה ו-11% כן שינו את מיקומם בכביש תוך כדי הנסיעה. ב-5% מהמקרים נצפה **קונפליקט** בין הרוכב וכלי רכב בזמן הנסיעה בקטע.

- בעת הנסיעה במדרכה או בשביל לאופניים, בחלק ניכר מהמקרים לא היתה תנועה של הולכי רגל במדרכה או היתה תנועה מועטה. גם תנועה של אופניים אחרים לא היתה כלל או היתה מועטה, במרבית המקרים שנצפו. עם זאת, בחלק לא מבוטל מהמקרים, הרוכב באמצעי החלופי עבר ליד הולך רגל או ליד רוכב אופניים אחר (38% ו-29%, בהתאמה). אם היו הולכי רגל באתר, ברוב המקרים הרוכב נסע **מהר יותר מהולכי הרגל**. אם היו אופניים אחרים באתר, ברוב המקרים מהירות הרוכב היתה דומה לאחרים. בעת הנסיעה במדרכה או בשביל לאופניים, ברוב המקרים, הרוכב לא שינה את מיקומו במדרכה או בשביל ולא ירד לכביש תוך כדי הנסיעה. ב-5% מהמקרים נצפה **קונפליקט** בין הרוכב והולך רגל בזמן הנסיעה במדרכה. לא נצפו קונפליקטים באינטראקציה עם אופניים אחרים.

(2) B הרוכב עובר במעברי חציה בצומת

טבלה 4.3 מציגה פירוט של התנהגויות הרוכבים שעברו במעברי חציה בצומת. הממצאים מראים כי:

- מבין הרוכבים שנצפו במעברי חציה בצמתים ($N=237$), כמחצית נצפו כעוברים במעבר חציה אחד, 31% עברו בשני מעברים ו-20% בשלושה מעברים או יותר, באותו הצומת. מבין מקרי החציה שנצפו, ב-55% מדובר במעבר מרומזר להולכי רגל בלבד, ב-35% - במעבר מרומזר משותף להולכי רגל ולאופניים, ביתר המקרים היו מעברים לא מרומזרים (בעיקר להולכי רגל).

- ב-19% מהמקרים הרוכב **חצה באדום** במעבר מרומזר. בקרוב למחצית מהמקרים הרוכב לא עצר או האט לקראת המעבר. ברוב המקרים, הרוכב חצה במעבר למדרכה או אי-תנועה ממול, ב-16% מהמקרים הרוכב **ירד לכביש** בשטח מעבר החציה. במודל שהותאם לחצייה באדום נמצאה השפעה מובהקת של סוג אתר, כאשר בצמתים **ברחובות החד-מסלוליים** וברחובות עם שדרות מרכזיות רחבות הסיכוי לחציה באדום היה גבוה פי 2-3 לעומת הצמתים ברחובות ראשיים מופרדים. כמו כן, עבור סוגי אתרים אלה, נמצא גם סיכוי גבוה יותר להמשך הנסיעה בכביש (הרוכב יורד לכביש בעת החציה במעבר); הסיכוי להמשך הנסיעה בכביש עולה גם כאשר הרוכב חוצה שני מעברים באותו הצומת במקום אחד.

- במחצית המקרים בעת חציית הרוכב היו הולכי רגל במעבר. ברוב מקרים כאלה, הרוכב נסע לאט במקביל להולכי הרגל החוצים. עם זאת, ב-30% ממצבי האינטראקציה עם הולכי הרגל, הרוכב **עקף את הולכי הרגל החוצים** ונסע מהר יותר מהם. ב-3% מהמקרים נצפה **קונפליקט** בין הרוכב והולך רגל חוצה במעבר. כמו כן, ב-2% מהמקרים נצפה **קונפליקט** בין הרוכב וכלי רכב בשטח המעבר.

טבלה 4.2. התנהגויות הרוכבים בנסיעה בקטע רחוב לפני צומת (A)

מס' אתר	שם אתר	סוג דרך		האם קיים שביל לרוכבי אופניים		מיקום נסיעה של הרוכב															
		חד- מסלולי	דו- מסלולי	לא	כן	מדרכה	בכביש בנתיב ימני	בכביש בנתיב שמאלי (אם רב נתיב)	בכביש נגד הכיוון	בכביש באמצע	בשביל אופניים: רוכב עם הכיוון המותר	בשביל אופניים: רוכב נגד הכיוון המותר									
1	אבן גבירול - בלוך - בן גוריון	1	43	2	42	6	6	2	0	13	17	2%	98%	5%	14%	14%	5%	0%	0%	30%	39%
2	בוגרשוב - פינסקר	11	0	11	0	7	0	0	0	0	0	100%	0%	64%	0%	36%	0%	0%	0%	0%	0%
3	הרצל ללינבלום	36	0	36	0	9	25	1	0	0	0	100%	0%	25%	3%	3%	0%	0%	0%	0%	0%
4	וייצמן - שד דוד המלך	15	12	3	0	9	5	1	0	0	0	100%	80%	60%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5	נמיר- שי עגנון - חיים לבנון	26	21	5	4	11	11	1	4	3	0	100%	85%	42%	4%	0%	0%	0%	12%	0%	0%
6	פנקס - ויצמן	41	41	0	19	16	11	1	19	13	0	100%	54%	39%	2%	0%	0%	0%	32%	0%	0%
7	פרישמן - ריינס	35	0	35	0	16	13	1	0	0	0	100%	0%	46%	3%	6%	9%	0%	0%	0%	0%
8	בן גוריון - הדסה	37	9	28	23	1	8	4	23	22	1	76%	24%	22%	11%	3%	0%	0%	59%	3%	1
9	שדרות מרדאן - סוקולוב	22	16	6	17	9	5	1	5	7	0	27%	73%	23%	5%	0%	0%	0%	32%	0%	0
10	רוטשילד - החשמונאים	37	37	0	36	1	5	0	1	30	0	100%	0%	3%	0%	3%	0%	0%	81%	0%	0
	סה"כ	304	179	125	141	85	89	12	141	88	18	41%	59%	28%	4%	3%	1%	29%	6%	6%	6%

טבלה 4.2. (המשך) A - הרכב נוסע בכביש

מס' אתר	שם אתר	תנועת כלי רכב ליד הרכב			מהירות הרכב לעומת יתר כלי רכב				האם הרכב משנה את מיקומו בנתיב בכביש תוך כדי הנסיעה		האם הרכב עולה למדרכה תוך כדי הנסיעה		האם נצפה קונפליקט בין הרכב והולך רגל בזמן הנסיעה**		לא רלוונטי
		אין	מועטה	רבה	אין כלי רכב	דומה	איטי יותר	מהיר יותר	לא	כן	לא	כן	לא		
1	אבן גבירול - בלוך - בן גוריון	0	5	3	0	6	1	7	1	7	1	7	2	0	6
		0%	63%	38%	0%	75%	13%	88%	13%	88%	13%	88%	25%	0%	75%
2	בוגרשוב - פינסקר	3	3	5	3	0	5	7	4	7	4	7	0	0	11
		27%	27%	45%	27%	0%	45%	64%	36%	64%	36%	64%	0%	0%	100%
3	הרצל ללינבלום	2	2	7	2	3	2	10	1	9	2	9	2	0	11
		18%	18%	64%	18%	27%	18%	91%	9%	91%	18%	82%	18%	0%	100%
4	וייצמן - שד דוד המלך	0	1	9	0	0	1	8	2	9	1	9	0	0	10
		0%	10%	90%	0%	0%	10%	80%	20%	90%	10%	90%	0%	0%	100%
5	נמיר- שי עגנון - חיים לבנון	1	2	9	0	1	0	12	0	11	0	12	0	0	12
		8%	17%	75%	0%	8%	0%	100%	0%	92%	0%	100%	0%	0%	100%
6	פנקס - ויצמן	2	0	15	2	0	0	17	0	15	0	12	1	0	16
		12%	0%	88%	12%	0%	0%	100%	0%	88%	0%	71%	6%	0%	94%
7	פרישמן - ריינס	4	7	11	4	4	7	18	4	7	7	20	3	1	21
		18%	32%	50%	18%	18%	32%	82%	18%	82%	32%	91%	14%	5%	95%
8	בן גוריון - הדסה	2	1	3	2	3	0	6	0	1	3	3	0	0	6
		33%	17%	50%	33%	50%	0%	100%	0%	17%	50%	50%	0%	0%	100%
9	שדרות מרדא - סוקולוב	4	2	4	4	5	1	10	0	0	5	10	0	0	10
		40%	20%	40%	40%	50%	10%	100%	0%	0%	50%	100%	0%	0%	100%
10	רוטשילד- החשמנאים	0	1	1	0	1	0	2	0	1	1	2	0	0	2
		0%	50%	50%	0%	50%	0%	100%	0%	50%	50%	100%	0%	0%	100%
	סה"כ	18	24	67	17	23	17	97	12	97	17	91	5	4	105
		17%	22%	61%	16%	21%	16%	89%	11%	89%	16%	83%	5%	4%	96%

* קונפליקט=בלימת חירום/שניו כיוון הנסיעה ** קונפליקט=בלימת חירום/עצירה, שניו כיוון רכיבה/הליכה

טבלה 4.2. (המשך) A - הרכב נוסע במדרכה או בשביל לאופניים

מס' אתר ^א	תנועת הולכי רגל			תנועת אופניים אחרים			שינה מיקום תוך כדי הנסיעה - עבר בין שביל למדרכה	האם הרכב ירד לכביש תוך כדי הנסיעה	נסע מהר יותר מהולכי רגל #		נסע מהר יותר מאופניים רגילים #		מהירותו לעומת אופניים חשמליים אחרים #			האם נצפה קונפליקט בין הרכב והולך רגל בזמן הנסיעה* #	
	אין	מועטה	רבה	אין	מועטה	רבה			לא	כן	לא	כן	לא	נסע מהר יותר	נסע אטי יותר	דומה	לא
1	36	6	10	25	11	0	28	35	6	25	7	1	9	0	34	2	1
	%	17%	28%	69%	31%	0%	78%	97%	17%	69%	19%	3%	25%	0%	94%	6%	
3	25	7	5	20	5	0	25	24	0	19	1	2	2	0	20	5	3
	%	28%	20%	80%	20%	0%	100%	96%	0%	76%	4%	8%	8%	0%	80%	20%	
4	5	1	0	5	0	0	5	5	3	1	0	0	0	5	0	4	
	%	20%	0%	80%	0%	0%	100%	100%	60%	20%	0%	0%	0%	100%	0%		
5	14	5	0	8	6	0	14	14	1	8	3	4	4	11	0	5	
	%	36%	0%	64%	43%	0%	100%	100%	7%	57%	21%	21%	29%	0%	79%		0%
6	24	21	2	18	5	1	24	24	1	2	0	6	0	23	0	6	
	%	88%	4%	8%	21%	4%	100%	100%	4%	8%	0%	0%	25%	96%	0%		
7	13	5	3	10	3	0	13	13	5	7	1	2	2	8	1	7	
	%	38%	23%	77%	23%	0%	100%	100%	38%	54%	8%	8%	15%	62%	8%		
8	31	27	0	21	7	3	28	29	1	3	1	10	1	30	1	8	
	%	87%	0%	68%	23%	10%	94%	94%	3%	10%	3%	3%	32%	97%	3%		
9	12	7	1	10	2	0	12	12	1	4	0	2	2	12	0	9	
	%	58%	8%	83%	17%	0%	100%	100%	8%	33%	0%	8%	17%	100%	0%		
10	35	32	1	15	13	7	35	35	0	2	10	11	11	34	1	10	
	%	91%	3%	43%	37%	20%	100%	100%	0%	6%	29%	3%	31%	97%	3%		
סה"כ	195	111	22	132	52	11	184	191	18	71	23	10	46	177	10	סה"כ	
	%	57%	11%	68%	27%	6%	94%	98%	9%	36%	12%	5%	24%	91%	5%		

* קונפליקט=בלמת חירום/עצירה, שניו כיוון רכיבה/הליכה. # יתר המקרים "לא רלוונטי". ^באתר 2 לא היו תצפיות מסוג זה.

טבלה 4.3. התנהגויות רוכבי האמצעים החלופיים שעברו במעברי חציה בצומת (B)

מס' אתר	שם אתר	מספר מעברים				
		6	4	3	2	1
1	אבן גבירול - בלוח - בן גוריון	0	1	12	6	18
		0%	3%	32%	16%	49%
2	בוגרשוב - פינסקר	0	0	0	0	4
		0%	0%	0%	0%	100%
3	הרצל ללינבלום	0	0	0	3	24
		0%	0%	0%	11%	89%
4	וייצמן - שד דוד המלך	0	0	0	3	4
		0%	0%	0%	43%	57%
5	נמיר- שי עגנון - חיים לבנון	2	1	12	1	1
		12%	6%	71%	6%	6%
6	פנקס - ויצמן	0	1	11	11	1
		0%	4%	46%	46%	4%
7	פרישמן - ריינס	0	0	0	1	21
		0%	0%	0%	5%	95%
8	בן גוריון - הדסה	0	0	0	6	25
		0%	0%	0%	19%	81%
9	שדרות נורדאו - סוקולוב	0	0	0	1	14
		0%	0%	0%	7%	93%
10	רוטשילד- החשמונאים	0	0	0	3	50
		0%	0%	0%	6%	94%
סה"כ		2	3	35	35	162
		1%	1%	15%	15%	68%

מס' מעבר חציה	סוג מעבר חציה				האם הרוכב חצה באדום #		האם עצה/האט לקראת המעבר		מה עשה הרוכב במעבר חציה			היו הולכי רגל חוצים במעבר		מה עשה הרוכב באינטראקציה עם הולכי רגל חוצים #		היה קונפליקט בין הרוכב והולכי רגל חוצים*		היה קונפליקט בין הרוכב וכלי רכב #		
	לא	לא	לא	לא	כן	לא	כן	לא	כן	לא	כן	לא	כן	לא	כן	לא	כן	לא		
מעבר חציה 1	237	29	0	115	93	139	52	18	106	131	106	18	52	139	39%	49%	0%	12%	237	7
מעבר חציה 2	74	4	0	55	15	59	9	1	38	36	38	1	9	59	20%	74%	0%	5%	74	0
מעבר חציה 3	39	2	4	22	11	26	7	0	16	23	16	0	7	26	28%	56%	10%	5%	39	0
סה"כ	359	39	4	196	120	229	68	19	160	199	160	19	68	229	33%	55%	1%	11%	359	7

* קונפליקט=בלימת חירום/עצירה, שינוי כיוון רכיבה/הליכה. # יתר המקרים "לא רלוונטי".

(3) C הרכב באמצעי החלופי עובר בצומת בכביש, ביחד עם כלי הרכב

טבלה 4.4 מציגה פירוט של התנהגויות הרוכבים שעברו בצומת בכביש כמו כלי הרכב. הממצאים מראים כי:

- רוב המקרים (91%) נצפו בצומת מרומזר. ברוב המקרים (69%) הרכב נסע ישר, ב-27% פנה ימינה. ב-70% מהמקרים היו כלי רכב בצומת.
- ב-20% מהמקרים הרכב **עבר באדום** בצומת. במודל לניבוי החצייה באדום בצומת נמצאה השפעה מובהקת של מגדר הרכב, כאשר הסיכוי לחצייה באדום גבוה משמעותית (מעל פי שישה) בקרב גברים לעומת נשים.
- ב-56% מהמקרים הרכב לא שינה את קצב הרכיבה שלו בזמן המעבר בצומת. ב-10% מהמקרים הרכב נסע **נגד כיוון התנועה** בצומת; ב-13% מהמקרים - הרכב **עלה למדרכה** תוך כדי חציית הצומת. ב-5% מהמקרים נצפה **קונפליקט** בין הרכב וכלי רכב בשטח הצומת.

(4) D הרכב באמצעי החלופי נוסע בקטע רחוב אחרי הצומת

טבלה 4.5 מציגה פירוט של התנהגויות הרוכבים שנסעו בקטע רחוב אחרי הצומת. הממצאים מראים כי:

- מבחינת מיקום הנסיעה של הרוכבים אחרי הצומת, 29% בחרו לנסוע על מדרכה, 34% - על שביל אופניים, 37% - על כביש, כאשר בכביש רוב הרוכבים נסעו בנתיב הימני. באתרים עם נוכחות שביל אופניים מוסדר רוב הרוכבים בחרו לרכב **על השביל**: סה"כ 44% מהרוכבים נצפו באתר עם שביל, מתוכם 76% בחרו לרכב על השביל.
- בעת הנסיעה בכביש, חלק ניכר מהרוכבים (40%) נצפו **בתנועה רבה** של כלי הרכב; ב-37% מהמקרים מהירות הרכב היתה **איטית יותר** לעומת כלי הרכב. כצפוי, אחוז גבוה יותר של המקרים עם מהירות איטית יותר של הרוכבים היה בדרך דו-מסלולית לעומת החד-מסלולית ובאתרים שברחובות הראשיים לעומת אתרים אחרים (הבדלים מובהקים).
- בעת הנסיעה בכביש, רוב הרוכבים לא שינו את מיקומם בכביש (אם כי, 17% כן שינו את מיקומם בכביש תוך כדי הנסיעה). בקטע רחוב אחרי הצומת, אף רוכב לא עלה למדרכה תוך כדי הנסיעה. ב-6% מהמקרים נצפה **קונפליקט** בין הרכב וכלי רכב בזמן הנסיעה בקטע.
- בעת הנסיעה במדרכה או בשביל לאופניים, בחלק ניכר מהמקרים לא היתה תנועה של הולכי רגל במדרכה או היתה תנועה מועטה. גם תנועת אופניים אחרים לא היתה כלל או היתה מועטה, במרבית המקרים שנצפו. עם זאת, בחלק לא מבוטל מהמקרים, הרכב באופניים החשמליים עבר ליד הולך רגל או ליד רוכב אופניים אחר (48% ו-22%, בהתאמה). אם היו הולכי רגל באתר, ברוב המקרים הרכב נסע **מהר יותר מהולכי הרגל**. אם היו אופניים אחרים באתר, ברוב המקרים מהירות הרכב היתה דומה לאחרים. בעת הנסיעה במדרכה או בשביל לאופניים, ברוב המקרים, הרכב לא שינה את מיקומו במדרכה או בשביל ולא ירד לכביש תוך כדי הנסיעה. ב-6% מהמקרים נצפה **קונפליקט** בין הרכב והולך רגל בזמן הנסיעה במדרכה. לא נצפו קונפליקטים באינטראקציה עם אופניים אחרים.

טבלה 4.4. התנהגויות הרוכבים שעברו בצומת בכביש, כמו כלי הרכב (C)

התנהגות הרוכב בזמן המעבר בצומת			הרוכב חצה באדום				היו כלי רכב בצומת				הרוכב			סוג בקרה בכיוון נסיעה של הרוכב		שם אתר	מס' אתר	
לא שינה את קצב הרכיבה בזמן המעבר בצומת	עצר ואז פנה	האט לפני הכניסה לצומת	לא רלוונטי	NA	כן	לא	גם וגם	כן היו כלי רכב בכיווני נסיעה נוספים	כן היו כלי רכב בכיוון נסיעה של הרוכב בלבד	לא	נסע ישר	פונה ימינה	פונה שמאלה	בלי רמזור	עם רמזור			
5	1	0	0	0	1	5	0	0	5	1	3	2	1	0	6	6	אבן גבירול - בלור - בן גוריון	1
83%	17%	0%	0%	0%	17%	83%	0%	0%	83%	17%	50%	33%	17%	0%	100%	%		
4	5	1	0	3	2	5	7	1	0	2	6	4	0	0	10	10	בוגרשוב - פינסקר	2
40%	50%	10%	0%	30%	20%	50%	70%	10%	0%	20%	60%	40%	0%	0%	100%	%		
6	1	1	0	0	0	8	0	1	7	0	7	0	1	0	8	8	הרצל ללינבלום	3
75%	13%	13%	0%	0%	0%	100%	0%	13%	88%	0%	88%	0%	13%	0%	100%	%		
8	1	1	0	1	3	6	8	0	1	1	5	4	1	0	10	10	וייצמן - שד דוד המלך	4
80%	10%	10%	0%	10%	30%	60%	80%	0%	10%	10%	50%	40%	10%	0%	100%	%		
8	1	1	8	0	1	1	0	0	0	10	1	8	1	8	2	10	נמיר - שי עגנון - חיים לבנון	5
80%	10%	10%	80%	0%	10%	10%	0%	0%	0%	100%	10%	80%	10%	80%	20%	%		
5	12	2	1	1	2	15	0	0	16	3	16	3	0	1	18	19	פנקס - ויצמן	6
26%	63%	11%	5%	5%	11%	79%	0%	0%	84%	16%	84%	16%	0%	5%	95%	%		
7	14	0	0	4	7	10	1	2	15	3	20	1	0	0	21	21	פרישמן - ריינס	7
33%	67%	0%	0%	19%	33%	48%	5%	10%	71%	14%	95%	5%	0%	0%	100%	%		
5	1	1	0	5	0	2	0	1	1	5	1	5	1	0	7	7	בן גוריון - הדסה	8
71%	14%	14%	0%	71%	0%	29%	0%	14%	14%	71%	14%	71%	14%	0%	100%	%		
10	2	0	0	3	5	4	0	2	4	6	12	0	0	0	12	12	שדרות נורדאו - סוקולוב	9
83%	17%	0%	0%	25%	42%	33%	0%	17%	33%	50%	100%	0%	0%	0%	100%	%		
1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	1	1	1	0	0	2	2	רוטשילד - החשמלאים	10
50%	50%	0%	0%	0%	0%	100%	50%	0%	0%	50%	50%	50%	0%	0%	100%	%		
59	39	7	9	17	21	58	17	7	49	32	72	28	5	9	96	105	סה"כ	
56%	37%	7%	9%	16%	20%	55%	16%	7%	47%	30%	69%	27%	5%	9%	91%	%		

טבלה 4.4. (המשך) C - הרוכב באמצעי החלופי עובר בצומת בכביש, ביחד עם כלי הרכב

מס' אתר	הרוכב נסע נגד כיוון התנועה בצומת		הרוכב עולה למדרכה תוך כדי חציית הצומת		היה קונפליקט עם כלי רכב בעת המעבר בצומת (בלימת רכב או הסטה כדי למנוע התנגשות)		הרוכב עבר בצומת ליד רכב כבד (משאית, אוטובוס)		היה קונפליקט בין הרוכב והולכי רגל חוצים בצומת (בלימת חירום/עצירה, שינוי כיוון רכיבה/הליכה)	
	כן	לא	כן	לא	כן	לא	כן	לא	כן	לא
1	0	6	1	5	0	6	1	5	0	6
	0%	100%	17%	83%	0%	100%	17%	83%	0%	100%
2	0	10	0	10	0	10	1	9	3	7
	0%	100%	0%	100%	0%	100%	10%	90%	30%	70%
3	0	8	1	7	3	5	0	8	1	7
	0%	100%	13%	88%	38%	63%	0%	100%	13%	88%
4	0	10	0	10	0	10	4	6	0	10
	0%	100%	0%	100%	0%	100%	40%	60%	0%	100%
5	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10
	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
6	0	19	0	19	0	19	0	19	0	19
	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
7	0	21	4	17	1	20	1	20	4	17
	0%	100%	19%	81%	5%	95%	5%	95%	19%	81%
8	0	7	0	7	0	7	1	6	2	5
	0%	100%	0%	100%	0%	100%	14%	86%	29%	71%
9	0	12	1	11	1	11	5	7	0	12
	0%	100%	8%	92%	8%	92%	42%	58%	0%	100%
10	0	2	0	2	0	2	1	1	1	1
	0%	100%	0%	100%	0%	100%	50%	50%	50%	50%
סה"כ	0	105	7	98	5	100	14	91	11	94
	0%	100%	7%	93%	5%	95%	13%	87%	10%	90%

טבלה 4.5. התנהגויות הרוכבים באמצעים החלופיים בנסיעה בקטע רחוב אחרי הצומת (D)

מס' אתר	שם אתר	סוג דרך		האם קיים שביל לרוכבי אופניים		מיקום נסיעה של הרוכב						
		חד- מסלולי	דו- מסלולי	לא	כן	מדרכה	בכביש בנתיב ימני	בכביש בנתיב שמאלי (אם רב נתיבי)	בכביש נגד הכיוון	בכביש באמצע	שביל אופניים: רוכב עם הכיוון המותר	שביל אופניים: רוכב נגד הכיוון המותר
1	אבן גבירול - בלוך - בן גוריון	2	43	4	41	3	7	1	0	0	10	24
		4%	96%	9%	91%	7%	16%	2%	0%	0%	22%	53%
2	בוגרשוב - פינסקר	18	0	18	0	7	9	0	2	0	0	0
		100%	0%	100%	0%	39%	50%	0%	11%	0%	0%	0%
3	הרצל ללינבלום	39	0	39	0	23	11	4	1	0	0	0
		100%	0%	100%	0%	59%	28%	10%	3%	0%	0%	0%
4	וייצמן - שד דוד המלך	22	11	11	22	14	7	1	0	0	0	0
		50%	50%	100%	0%	64%	32%	5%	0%	0%	0%	0%
5	נמיר- שי עגנון - חיים לבנון	28	4	24	21	12	9	1	0	0	6	0
		14%	86%	75%	25%	43%	32%	4%	0%	0%	21%	0%
6	פנקס - ויצמן	40	0	40	14	6	23	0	1	0	9	1
		0%	100%	65%	35%	15%	58%	0%	3%	0%	23%	3%
7	פרישמן - ריינס	48	2	46	48	22	14	3	6	3	0	0
		96%	4%	100%	0%	46%	29%	6%	13%	6%	0%	0%
8	בן גוריון - הדסה	42	6	36	28	9	8	1	2	0	16	6
		86%	14%	67%	21%	19%	19%	2%	5%	0%	38%	14%
9	שדרות מרדאו - סוקולוב	26	4	22	22	7	8	1	1	0	9	0
		15%	85%	15%	85%	27%	31%	4%	4%	0%	35%	0%
10	רוטשילד- החשמונאים	55	7	48	48	4	10	0	0	0	41	0
		13%	87%	13%	87%	7%	18%	0%	0%	0%	75%	0%
		363	167	196	160	107	106	12	13	3	91	31
	סה"כ	46%	54%	56%	44%	29%	29%	3%	4%	1%	25%	9%

טבלה 4.5. (המשך) D - הרכב נוסע בכביש בקטע רחוב אחרי הצומת

מס' אתר	שם אתר	תנועת כלי רכב ליד הרכב			מהירות הרכב לעומת יתר כלי רכב				הרכב משנה את מיקומו בנתיב בכביש תוך כדי הנסיעה		הרכב עולה למדרכה תוך כדי הנסיעה		נצפה קונפליקט בין הרכב וכלי רכב בזמן הנסיעה *	
		אין	מועטה	רבה	אין כלי רכב	דומה	איטי יותר	מהיר יותר	לא	כן	לא	כן	לא	
1	אבן גבירול - בלורן - בן גוריון	8	2	5	1	4	1	2	6	2	0	8	7	1
		%	25%	63%	13%	50%	13%	25%	75%	25%	0%	100%	88%	13%
2	בוגרשוב - פינסקר	11	6	0	5	2	1	2	8	3	0	11	11	0
		%	55%	0%	45%	18%	9%	18%	73%	27%	0%	100%	100%	0%
3	הרצל ללינבלום	16	2	0	14	2	7	5	7	9	0	16	10	6
		%	13%	0%	88%	13%	44%	31%	44%	56%	0%	100%	63%	38%
4	וייצמן - שדוד המלך	8	2	1	5	0	6	0	2	1	8	8	0	0
		%	25%	13%	63%	0%	75%	0%	88%	13%	0%	100%	100%	0%
5	נמיר - שי עגנון - חיים לבנון	10	0	10	0	9	1	0	4	6	0	10	10	0
		%	0%	100%	0%	90%	10%	0%	40%	60%	0%	100%	100%	0%
6	פנקס - ויצמן	24	8	1	15	2	14	0	24	0	0	24	24	0
		%	33%	4%	63%	8%	58%	0%	100%	0%	0%	100%	100%	0%
7	פרישמן - ריינס	26	8	10	8	3	11	4	24	2	0	26	25	1
		%	31%	38%	31%	12%	42%	15%	92%	8%	0%	100%	96%	4%
8	בן גוריון - הדסה	11	6	3	2	1	4	0	11	0	0	11	11	0
		%	55%	27%	18%	9%	36%	0%	100%	0%	0%	100%	100%	0%
9	שדרות - מורדאו - סוקולוב	10	6	3	1	1	2	1	10	0	0	10	10	0
		%	60%	30%	10%	10%	20%	10%	100%	0%	0%	100%	100%	0%
10	רוטשילד - החשמלאים	10	7	0	3	0	3	0	10	0	0	10	10	0
		%	70%	0%	30%	0%	30%	0%	100%	0%	0%	100%	100%	0%
		134	47	33	54	24	50	13	111	23	0	134	126	8
		%	35%	25%	40%	18%	37%	10%	83%	17%	0%	100%	94%	6%

* קונפליקט=בלימת חירום/שינוי כיוון הנסיעה

טבלה 4.5. (המשך) D - הרוכב נוסע במדרכה או בשביל אופניים בקטע רחוב אחרי הצומת

מס' אתר	תנועת הולכי רגל			תנועת אופניים אחרים			הנסיעה - עבר בין שני מיקומי תוך כדי הרכיבה		הרוכב ירד לכביש תוך כדי הנסיעה		נסע מהר יותר מהולכי רגל #		נסע מהר יותר מאופניים רגילים #		מהירותו לעומת אופניים חשמליים אחרים #			נצפה קונפליקט בין הרוכב והולך רגל בזמן הנסיעה* #	
	אין	מועטה	רבה	אין	מועטה	רבה	כן	לא	כן	לא	כן	לא	כן	לא	נסע יותר	נסע יותר	דומה	לא	כן
1	37	4	30	29	8	0	28	9	37	0	6	28	1	1	10	0	0	36	1
	%	11%	81%	78%	22%	0%	76%	24%	100%	0%	16%	76%	3%	3%	27%	0%	0%	97%	3%
2	7	0	7	7	0	0	7	0	7	0	0	7	0	0	0	0	0	7	0
	%	0%	100%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
3	23	5	14	20	3	0	23	0	23	0	0	18	0	1	2	0	0	21	2
	%	22%	61%	87%	13%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	78%	0%	4%	9%	0%	0%	91%	9%
4	14	0	14	14	0	0	14	0	14	0	9	5	0	0	0	0	0	14	0
	%	0%	100%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	64%	36%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
5	18	12	1	16	2	0	17	1	18	0	1	5	1	1	2	0	0	17	0
	%	67%	6%	89%	11%	0%	94%	6%	100%	0%	0%	28%	6%	6%	11%	0%	0%	94%	0%
6	16	13	0	14	2	0	16	0	16	0	0	3	0	0	1	1	0	15	1
	%	81%	0%	88%	13%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	19%	0%	0%	6%	6%	0%	94%	6%
7	22	6	8	19	3	0	22	0	19	0	3	15	5	0	3	0	0	11	7
	%	27%	36%	86%	14%	0%	100%	0%	86%	14%	0%	68%	23%	0%	14%	5%	14%	50%	32%
8	31	21	8	21	4	6	31	0	31	6	1	9	1	1	10	0	0	30	1
	%	68%	26%	68%	13%	19%	100%	0%	100%	19%	0%	29%	3%	3%	32%	0%	0%	97%	3%
9	16	10	5	13	3	0	16	0	16	0	0	5	0	0	3	0	0	16	0
	%	63%	31%	81%	19%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	31%	0%	0%	19%	0%	0%	100%	0%
10	45	32	11	22	16	7	45	0	41	4	4	11	0	12	21	1	0	44	1
	%	71%	24%	49%	36%	16%	100%	0%	91%	9%	0%	24%	0%	27%	47%	2%	0%	98%	2%
סה"כ	229	103	98	175	41	13	219	10	222	7	7	106	22	16	52	2	0	211	13
	%	45%	43%	76%	18%	6%	96%	4%	97%	3%	10%	46%	3%	7%	23%	1%	0%	92%	6%

* קונפליקט=בלימת חירום/עצירה, שינוי כיוון רכיבה/הליכה # יתר המקרים "לא רלוונטי".

סה"כ, ההתנהגויות של כלי הרכב החלופיים (לרוב, רוכבי האופניים החשמליים) בקטע אחרי הצומת היו דומות להתנהגויות שנצפו בקטע לפני הצומת.

קונפליקטים

הקונפליקט מזהה באינטראקציה בין שני משתמשי הדרך כאשר מתרחשת בלימת חירום/עצירה או שינוי כיוון רכיבה/הליכה/נסיעה של אחד משני הצדדים המעורבים באינטראקציה, כדי למנוע התנגשות. בקרב 381 התצפיות של סוגי הרכב החלופיים נספרו סה"כ 61 קונפליקטים עם משתמשי דרך אחרים. בחלק מהסרטים נצפה יותר מקונפליקט אחד בנסיעה של האמצעי החלופי (סה"כ, בנסיעה לפני הצומת, במעבר בצומת ובנסיעה אחרי הצומת). שיעור הקונפליקטים שנצפו בסרטים (16%) גבוה יחסית לתצפיות מסוג זה.

טבלה 4.6 מציגה סיכום לספירת קונפליקטים לפי סוגי האתרים. ניתן לראות כי שיעור גבוה יותר של הקונפליקטים נצפה באינטראקציות בין סוגי הרכב החלופיים ויתר משתמשי הדרך באזורים ליד צמתים **ברחובות החד-מסלוליים**. רוב הקונפליקטים היו עם הולכי הרגל. מספר קונפליקטים עם כלי הרכב היה נמוך יותר אך רובם היו עם פוטנציאל לחומרה גבוהה יותר של התנגשות.

טבלה 4.6. ספירת קונפליקטים בקרב תצפיות התנהגות ליד צמתים

סוג אתר	מספר תצפיות (סרטים)	מספר סרטים עם קונפליקטים	אחוז סרטים עם קונפליקטים	מספר קונפליקטים שנצפו	שיעור קונפליקטים
ליד צמתים ברחובות ראשיים מופרדים	146	12	8%	18	12%
ליד צמתים ברחובות חד-מסלוליים	110	26	24%	34	31%
ליד צמתים בשדרות רחבות	125	7	6%	9	7%
סה"כ	381	45	12%	61	16%

4.3. מדגם נוסף: התנהגויות רוכבי אופניים חשמליים ברחוב אבן גבירול

בשל ייחודיות ההסדרים ברח' אבן גבירול – קיום נת"צ ימני בדרך וקיום שבילי אופניים במדרכות, הוחלט לבחון התנהגויות של רוכבי אופניים חשמליים ברחוב זה. הרחוב משמש כאחד מצירי התנועה בעיר תל-אביב וגם מתאפיין בתנועה רבה של הולכי הרגל ורוכבי האופניים. צילומי הוידאו ברחוב זה נערכו במסגרת ניסוי של שילוב תנועת אופנועים בנת"צים.

על סמך אחד הסרטים שצולם בקטע רחוב זה בחודש פברואר 2016⁷, נלקח וקודד מדגם התנהגויות של רוכבי האופניים החשמליים. המדגם כלל 50 מקרים של נסיעת רוכבי האופניים החשמליים במדרכה או בשביל אופניים שנצפו בצילום של שעתיים בשעות הבוקר (בין 8-10) ובנוסף, את כל המקרים של נסיעת הרוכבים בכביש שנצפו ב-7 שעות צילום באתר זה (סה"כ 27 מקרים של נסיעה בכביש). סה"כ נבחן מדגם של 77 מקרים עם רכיבה באופניים החשמליים בקטע רח' אבן גבירול. איור 4.3 מציג תמונות של קטע הרחוב. הקטע כולל נת"צ ימני ושביל אופניים במדרכה. כמו כן, בקטע הצילום נכללה תחנת אוטובוס (תחנה בלי מפרץ).

⁷ צילום קטע רח' אבן גבירול ז'בוטינסקי-פנקס לכיוון צפון, כתובת אבן גבירול 148, תאריך 1.2.16 (שלב לפני שילוב נסיעת אופנועים בנת"צים).



סרט גיבוי שצולם מהמפרדה. דגימת התנהגויות של רוכבי אופניים חשמליים בוצעה מתוך סרט זה. בעיגול אדום מסומן רוכב אופניים על השביל

איור 4.3. תמונות של קטע רח' אבן גבירול, ז'בוטינסקי-פנקס לכיוון צפון, בו נאסף מדגם תצפיות של רוכבי אופניים חשמליים.

להלן ממצאים מניתוח מדגם תצפיות זה.

* מבין 77 רוכבי האופניים החשמליים שנצפו ברחוב, 64% היו בני 16-24, 35% בני 25-34 ומקרה 1 של רוכב מבוגר יותר. כלומר, כל רוכבי האופניים במדגם היו צעירים.

* בקרב הרוכבים שנסעו בכביש (27=N): 23 (85%) נסעו **בנת"צ**; 11 רוכבים (41%) **שינו את מיקומם בכביש** תוך כדי הנסיעה בקטע; במקרה אחד הרוכב עלה למדרכה. רוב המקרים לא היו בעומס תנועה (56% בתנועה נוסעת, 22% ללא כלי רכב ליד הרוכב). ב-7 מקרים (26%) מהירות הרוכב היתה **איטית יותר** לעומת תנועת כלי הרכב. במקרה אחד נצפה קונפליקט בין הרוכב וכלי רכב (אוטובוס). הקונפליקט אירע בנתיב לכלל כלי הרכב, לא בנת"צ, והוא סווג כ-"זהירות מניעתית". הקונפליקט קרה בעת תמרון החלפת נתיב ע"י הרוכב.

* בקרב הרוכבים שלא נסעו בכביש (50=N): 42 (84%) נצפו **על שביל האופניים** ורק 16% נסעו על מדרכה. מרבית הרוכבים (62%) נסעו על שביל האופניים עם הכיוון המיועד של השביל, כאשר 36% נסעו נגד כיוון הנסיעה של השביל. רוב הרוכבים לא שינו את מיקום נסיעתם תוך כדי הנסיעה. רוב הרוכבים נסעו **מהר יותר מהולכי הרגל** אך לא היו מהירים יותר מאופניים רגילים (אם נצפו אופניים רגילים). במדגם זה נצפו 2

קונפליקטים: אחד עם הולך רגל, שני עם רוכב אופניים רגילים. שני הקונפליקטים קרו בעת רכיבה בשביל האופניים וסווגו כ-"זהירות מניעתית".

לסיכום, רוב רוכבי האופניים החשמליים שנצפו בקטע רחוב אבן גבירול בחרו לנסוע בשביל אופניים מוסדר ולא במדרכה או בכביש. בעת הנסיעה בשביל או במדרכה, הרוכבים (באופניים החשמליים) נסעו מהר יותר מקצב ההליכה של הולכי הרגל, כאשר מהירותם, לרוב, היתה דומה למהירות של יתר הרוכבים. בעת הנסיעה בכביש רוב הרוכבים (באופניים החשמליים) בחרו בנתיב הימני ביותר – נת"צ. הרכיבה בכביש הייתה מזוהה עם התנהגויות מסוכנות כגון: שינוי של מיקום הרכיבה תוך כדי הנסיעה בקטע, בחלק ניכר מהמקרים, ונסיעה איטית יותר של הרוכב לעומת יתר כלי הרכב.

4.4 מדגם נוסף: התנהגויות קטנועים בהסדרים להולכי הרגל ברחוב אבן גבירול

בידי צוות המחקר היו סרטים שנתקבלו מהמצלמות של מרכז בקרת הרמזורים של עיריית תל-אביב-יפו, במסגרת הניסוי של שילוב אופנועים בנת"צים. בסרטים אלה תועדו התנהגויות של כלי רכב בצמתים ובקטעים בסמוך לצמתים. מתוך הסרטים, לצורך מחקר זה, קודדו התנהגויות של רוכבי הקטנועים שנסעו על הסדרים להולכי הרגל - מדרכות ומעברי החצייה. הצמתים והסרטים שנכללו במדגם הם:

1. צומת אבן גבירול - יהודה המכבי. יום צילום: 1.6.16. שעות צילום: 7:00-9:30, 14:00-19:00.
2. צומת אבן גבירול - רבין (מלכי ישראל). יום צילום: 2.6.16. שעות צילום: 7:00-9:20, 14:00-17:30.
3. צומת אבן גבירול - ז'בוטינסקי. יום צילום: 1.6.16. שעות צילום: 7:00-10:00, 14:12-19:00.

כל הסרטים עם תיעוד הצמתים ברח' אבן גבירול היו מהתקופה בזמן הניסוי של שילוב אופנועים בנת"צים. ההתנהגויות של רוכבי הקטנועים שתועדו לצורך מחקר זה (שימוש בהסדרים להולכי הרגל) כללו 4 סוגים, כמפורט להלן:

1. **עליה לחניה.** התנהגות זו כוללת: עליית קטנוע מהכביש למדרכה, נסיעתו על מדרכה וחניית הקטנוע על המדרכה.
2. **ירידה מחניה.** התנהגות זו כוללת: נסיעת קטנוע על מדרכה, ממקום החניה שלו שעל המדרכה, ירידה לכביש והמשך נסיעה על הכביש.
3. **חצייה במעבר חצייה.** התנהגות זו כוללת: נסיעת קטנוע על מדרכה, חציית מעבר החצייה והמשך נסיעה על מדרכה.
4. **פנייה אסורה.** התנהגות זו כוללת: נסיעת קטנוע על כביש, עלייה על מעבר החצייה וחזרה לכביש כדי לבצע פנייה אסורה בצומת.

איור 4.4 מציג דוגמאות לשימוש במעבר החצייה בצומת ע"י קטנוע.



איור 4.4. דוגמאות לקטנועים החוצים במעבר החצייה בצומת ברח' אבן גבירול בתל-אביב.

טבלה 4.7 מביאה סיכום להתנהגויות של רוכבי הקטנועים שהוגדרו לעיל אשר נצפו בשלושת הצמתים. ברקע נערכה ספירה של סה"כ רוכבי הקטנועים שעברו בכל צומת בשעות הצילום. ניתן לראות כי ההתנהגויות הנפוצות יותר של שימוש בהסדרים להולכי הרגל ע"י הקטנועים קשורות לחניה על מדרכה, כאשר הקטנוע נוסע על המדרכה לצורך עליה לחניה או ירידה מהחניה. המקרים של שימוש במעברי החצייה לצורך חצית צומת או ביצוע פניה – נדירים יותר. סה"כ, שיעור ההתנהגויות הנבחנות של רוכבי הקטנועים היה בטווח 0.9%-1.6%, בכל הצמתים. ממוצע שיעור ההתנהגויות המסוכנות של קטנועים (שימוש בהסדרים להולכי הרגל) הינו 1.2%.

טבלה 4.7. סיכום להתנהגויות רוכבי הקטנועים – שימוש בהסדרים להולכי הרגל, בצמתים

צומת	משך הסרט (H:MM)	1. עליה לחניה	2. ירידה מחניה	3. חציה במעבר חציה	4. פנייה אסורה	סה"כ התנהגויות מסוכנות	סה"כ מספר קטנועים שנצפו, בשני הכיוונים	שיעור התנהגויות מסוכנות בקרב קטנועים
אבן גבירול - יהודה המכבי	7:30	4	6	1	2	13	1,160	1.12%
אבן גבירול - רבין	5:50	2	7	0	1	10	1,147	0.87%
אבן גבירול - ז'בוטינסקי	7:48	6	12	3	1	22	1,403	1.57%
סה"כ	--	12	25	4	4	45	3,710	1.21%

כמו כן, יש לציין כי בכל התצפיות בהם קטנוע נסע על מדרכות או על מעברי החצייה מהירות נסיעתו הייתה איטית ולא עלתה על מהירות הנסיעה של אופניים חשמליים.

4.5. סיכום

בעקבות ניתוח נתוני הסרטים עם התנהגויות סוגי הרכב החלופיים (בעיקר, רוכבי האופניים החשמליים) באזורי צמתים עמוסים בתל-אביב (ובקטע רחוב אבן גבירול) נמצא כי מרבית הרוכבים שנצפו היו צעירים בני 19-34, גברים, שנסעו לבד ולא חבשו קסדה. מאפיינים דומים של משתמשי כלי הרכב החלופיים נמצאו גם במאגרי מידע נוספים במחקר - בספירות תנועה בצמתים ובמידת מהירויות הרכיבה בקטעי רחובות.

הממצאים הראו כי בנוכחות שביל אופניים מוסדר, חלק ניכר מרוכבי האופניים החשמליים (75%) בוחרים לנסוע בשביל ובכך מורידים את רמת הסיכון באינטראקציה עם משתמשי דרך אחרים. רוכבי האופניים החשמליים לרוב מהירים יותר מהולכי הרגל אך נוסעים במהירות דומה ליתר רוכבי האופניים. בעת הנסיעה במדרכה או בשביל לאופניים, הם לרוב שומרים על מיקומם בשביל או במדרכה ולא יורדים לכביש תוך כדי הנסיעה. בעת נסיעתו של הרוכב בשביל או במדרכה, ב-6%-5% מהמקרים נצפה קונפליקט באינטראקציה עם הולכי הרגל; ככלל, לא נצפו קונפליקטים באינטראקציה עם רוכבי אופניים אחרים. ניכר כי נסיעת סוגי הרכב החלופיים **בשבילי אופניים מוסדרים** הינה הפתרון הרצוי לשילובם בחתך הדרך.

בעת הנסיעה בכביש, רוב רוכבי האופניים החשמליים בחרו בנתיב הימני (כנדרש לפי החוק). עם זאת, הרכיבה בכביש הייתה מזוהה עם סיכון מוגבר כי בחלק ניכר מהמקרים הרוכב היה בתנועה רבה של כלי הרכב ומהירות רכיבתו הייתה איטית יותר לעומת כלי הרכב. אחוז המקרים בהם הרוכב היה איטי יותר לעומת יתר כלי הרכב היה גבוה יותר ברחובות הראשיים ובכלל ברחובות הדו-מסלוליים לעומת החד-מסלוליים. בנוסף, בנסיעה בכביש, הרוכבים נוטים יותר לשנות את מיקומם, כאשר חלקם (כגון, 17% בנסיעה לפני הצומת) עלו למדרכה תוך כדי הנסיעה. ב-6%-5% מהמקרים נצפה קונפליקט בין הרוכב וכלי רכב ממונע בזמן הנסיעה בקטע, כאשר ההשלכות של קונפליקט כזה עשויות להיות חמורות. מכאן, נסיעת סוגי הרכב החלופיים בכביש כרוכה בסיכון גבוה יותר לעומת הנסיעה במדרכה או בשביל, מבחינת הן תנאי התנועה והן התנהגויות הרוכבים עצמם.

בעת חציית צומת, יותר רוכבי האופניים החשמליים בוחרים לנסוע במעברי החצייה מאשר בכביש ביחד עם כלי הרכב. בעת השימוש במעברים, 19% מהרוכבים חצו באדום. כמו כן, 16% השתמשו בשטח המעבר לירידה והמשך הנסיעה בכביש. ב-30% ממצבי האינטראקציה עם הולכי הרגל במעבר, הרוכב עקף את הולכי הרגל החוצים ונסע יותר מהר מהם. עם זאת, אירועי הקונפליקטים בין הרוכב והולך הרגל החוצה או בין הרוכב וכלי הרכב, בשטח המעבר, לא היו נפוצים והיוו 2%-3% בלבד.

בעת חציית הצומת בכביש, ביחד עם כלי הרכב, ב-20% מהמקרים הרוכבים עברו באדום. בנוסף, ב-10% מהמקרים הרוכב נסע נגד כיוון התנועה בצומת, וב-13% מהמקרים הרוכב עלה למדרכה תוך כדי חציית הצומת. בעת החצייה בכביש, ב-5% מהמקרים נצפה קונפליקט בין הרוכב וכלי הרכב בשטח הצומת.

סה"כ, בחצייה במעבר או בשטח הצומת, כ-20% מרוכבי האופניים החשמליים חוצים באדום. עם זאת, רוכבים החוצים בכביש מבצעים יותר התנהגויות מסוכנות לעומת אלה החוצים במעבר. היווצרות הקונפליקטים בין רוכבי סוגי הרכב החלופיים ומשתמשי דרך אחרים נוטה להיות גבוהה יותר בעת השימוש בהסדרים להולכי הרגל. עם זאת, הקונפליקטים עם כלי הרכב שנוצרים בעת הנסיעה בכביש, מתאפיינים בפוטנציאל לחומרה גבוהה יותר של ההשלכות. מכאן, הפתרון הרצוי בטיחותית למעבר סוגי הרכב החלופיים בצומת הינו הסדרת **מעברי חצייה יעודיים** לרוכבי האופניים.

שיעור ההתנהגויות המסוכנות של קטנועים - שימוש בהסדרים להולכי הרגל באזורי צמתים (ברח' אבן גבירול), היה 1.2%. ההתנהגויות הנפוצות יותר של שימוש בהסדרים להולכי הרגל ע"י הקטנועים קשורות לחניה על

מדרכה, כאשר הקטנוע נוסע על המדרכה לצורך עליה לחניה או ירידה מהחניה. מכאן, מציאת פתרון חניה לקטנועים תמנע את הצורך ברוב הנסיעות של רוכבי קטנוע על המדרכה.

למניעת שימוש במעברי החציה להולכי הרגל ע"י הקטנועים נדרשת אכיפה של חוקי התנועה, אם כי, אירועים כאלה היו נדירים יחסית.

5. אפיון נסיעות באופניים וניתוח מסלולי רכיבה באופניים, על סמך סקר הרגלי נסיעה

2014⁸

5.1. מקור הנתונים וסטטיסטיקה תיאורית של הנסיעות באופניים

שלב זה במחקר הוקדש לאפיון מסלולי הרכיבה של אופניים בערים. האפיון ובחינת מסלולי הרכיבה התבססו על נתוני סקר הרגלי נסיעה 2014 בו אחד מאמצעי התחבורה היה "אופניים", ללא חלוקה לאופניים רגילים וחשמליים. לכן, הממצאים בפרק זה מתייחסים לאופניים בכלל.

סקר הרגלי הנסיעה בוצע בין נובמבר 2013 עד יוני 2014, ב-14 ערים במטרופולין תל-אביב ובקרבתו, ובו נאספו נתוני הנסיעות של כ-2,900 משקי בית. בסקר היו שני שלבים. בשלב הראשון, נערכו ביקורי בית (לגיוס המשתתפים) ונאסף מידע כללי על משקי הבית ובני המשפחות המבוגרים (מעל גיל 14); בני המשפחות קיבלו מכשירי GPS לתיעוד מסלולי הנסיעה שלהם, בימי חול. בשלב השני, המראיין חזר למשפחות כדי לאסוף את המידע ממכשירי ה-GPS ולמלא שאלון נוסף בנוגע לנסיעות שתועדו באמצעות המכשירים. מדגם הסקר כלל מידע על 2,896 משקי בית ו-8,515 בני המשפחות שביצעו 12,731 סיורים (בהליכה) ו-23,222 נסיעות. מתוך כלל הנסיעות של משתתפי הסקר, כ-35% בוצעו ברכב פרטי כנהג, 14.7% ברכב פרטי כנוסע, 35.4% בהליכה, 7.1% באוטובוס, 1.7% באופניים, 1.6% באופנוע.

מכשירי ה-GPS רשמו את מיקום הנוסע כל 3 שניות, בממוצע, כך שקובץ הנתונים הגולמי כלל מעל ל-45 מיליון קריאות מיקום. זיהוי מסלולי הרכיבה נערך באמצעות הצבת נתוני ה-GPS על גבי מפות ערים. לאחר בדיקות לוגיות של הנתונים והסרת תצפיות עם טעות מצטברת במיקום, נותרו 151,392 נקודות מיקום המתייחסות למעל 600 נסיעות באופניים.

טבלה 5.1 מציגה סיכום לנתונים של מסלולי הרכיבה שנמצאו בסקר; טבלה 5.2 מציגה סיכום למספרי המסלולים שנאספו ונתוני אורך של מסלולי הרכיבה, לפי ערים; טבלה 5.3 מביאה פילוגים של מאפייני הרוכבים שנאספו בסקר, לפי ערים. איור 5.1 מביא הצגה ויזואלית לאורכים הממוצעים של מסלולי הרכיבה, לפי ערים.

לפי הנתונים, המסלולים עם אורך הגיוני (454 נסיעות, ע"י 165 רוכבים) נאספו ב-13 ערים, כאשר 53% מהנסיעות באופניים בוצעו בערים תל-אביב והרצליה. סה"כ, 73% מהרוכבים היו גברים, הגיל הממוצע של הרוכב היה 29 שנים, 27% מהרוכבים היו מעל גיל 40 (7% נשים מעל גיל 40). מאפיינים אלה שונים מהסטטיסטיקה של הנוסעים ברכב הפרטי שנאספו באותו הסקר כאשר בקרב משתמשי הרכב הפרטי היו 61% גברים, הגיל הממוצע היה 47, 63% היו מעל גיל 40 (23% נשים מעל גיל 40). ההפרש בגילי המשתמשים באופניים לעומת הרכב הפרטי נובע מזה שרישיון רכב מונפק רק למי שמלאו לו 17 שנים, וכמו כן, מזה שאופניים נמצאים יותר בשימוש ע"י אוכלוסייה צעירה. ניכר כי היחס של נשים מעל גיל 40 הנוסעות באופניים נמוך בהרבה מחלקן באוכלוסייה בכלל ובאוכלוסייה הנוסעת ברכב הפרטי, בפרט. ממצאים דומים, המצביעים על אוכלוסיית רוכבי

⁸ ממצאים המוצגים בפרק זה ובעיקר בסעיפים 5.2-5.3, מתבססים על ניתוחי הנתונים שנערכו ע"י מר מוחמד גנאים, במסגרת עבודת הדוקטורט שלו, בהנחיית פרופ' שלמה בכור.

אופניים צעירה יותר ועל שיעור קטן יחסית של נשים רוכבות, דווחו גם ע"י Plaut (2005) בהתייחס לאוכלוסיית רוכבי האופניים בארה"ב.

אורך ממוצע של מסלולי הרכיבה היה 1-2 ק"מ ברוב הערים, עם ממוצע 1.8 ק"מ בכל המדגם. אורך ממוצע גדול יותר נמדד בהרצליה – 2.6 ק"מ, ובאשדוד – 4.4 ק"מ. אורך מרבי של מסלולי הרכיבה הגיע ל-14.9 ק"מ בהרצליה ו-20.3 ק"מ בתל-אביב. במדגם שנאסף היו בממוצע 2.8 נסיעות לרוכב.

הגיל הממוצע של הרוכבים היה בין 19 שנה (בהרצליה) עד 40 (בחולון); 35 שנה בתל-אביב ו-29 שנה בכלל המדגם. אחוז גבוה יותר של נשים רוכבות (33%) נצפה בתל-אביב, כאשר בכלל המדגם אחוז נשים היה 27%. 75% מהרוכבים היו מהמגזר החילוני, 10% מהמגזר הדתי, 11% מהמגזר החרדי, כאשר אחוז של המגזר הערבי היה נמוך – 2% (סה"כ 3 רוכבים בתל-אביב-יפו).

טבלה 5.1. סיכום לנתונים של מסלולי הרכיבה בסקר 2014

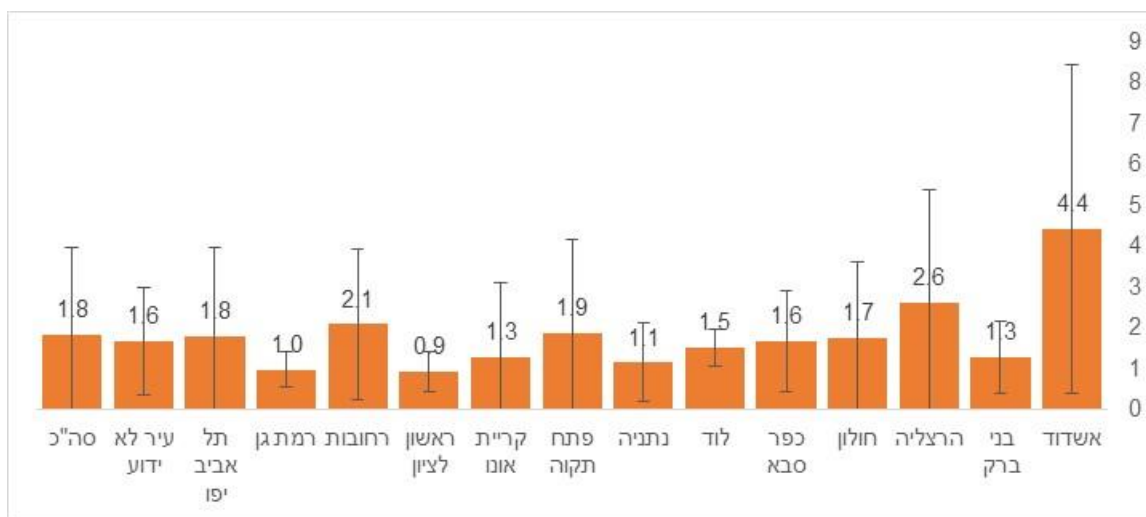
מספר	מאפיין
617	סה"כ מסלולים שנאספו בסקר
117	מתוכם: מסלולים עם אורך ארוך מדי ולא הגיוני
46	מסלולים עם אורך מסלול 0
454	מסלולים עם אורך הגיוני
13	מס' ערים עם נתונים על מסלולי הרכיבה
165	מס' רוכבים שעבורם נאספו הנתונים
73%	% גברים בקרב הרוכבים
28.9	גיל ממוצע של הרוכבים
27%	% רוכבים מעל גיל 40
7%	% נשים רוכבות מעל גיל 40

טבלה 5.2. סיכום למספרי המסלולים שנאספו בסקר ונתוני אורך של מסלולי הרכיבה, ק"מ, לפי ערים

ממוצע נסיעות לרוכב	מס' רוכבים	מקסימום	מינימום	סטית תקן	אורך ממוצע	מס' מסלולים	עיר
2.0	6	14.6	0.4	4.0	4.4	12	אשדוד
2.8	12	3.4	0.3	0.9	1.3	33	בני ברק
2.6	21	14.9	0.01	2.8	2.6	55	הרצליה
2.4	10	6.6	0.04	1.8	1.7	24	חולון
2.4	8	5.3	0.6	1.2	1.6	19	כפר סבא
3.0	1	2	1.1	0.5	1.5	3	לוד
2.3	15	3.8	0.1	1.0	1.1	35	נתניה
2.6	9	8.8	0.04	2.3	1.9	23	פתח תקוה
4.2	6	7	0.08	1.8	1.3	25	קריית אונו
2.0	2	1.3	0.4	0.5	0.9	4	ראשון לציון
2.0	11	9.3	0.3	1.8	2.1	22	רחובות
1.8	4	1.6	0.4	0.4	1.0	7	רמת גן
3.3	57	20.3	0.09	2.1	1.8	186	תל אביב יפו
2.0	3	3.4	0.3	1.3	1.6	6	עיר לא ידועה
2.8	165	20.3	0.01	2.1	1.8	454	סה"כ

טבלה 5.3. פילוגים של מאפייני הרוכבים שנאספו בסקר, לפי ערים

עיר	N	מס' גברים	מספר נשים	גיל ממוצע	רוכבים מעל גיל 40	רוכבות מעל גיל 40	חילוני	דתי	חרדי	ערבי	אחר
אשדוד	6	6	0	30.0	2	0	5	1	0	0	0
בני ברק	12	12	0	22.7	2	0	1	0	10	0	1
הרצליה	21	17	4	19.4	3	0	20	1	0	0	0
חולון	10	10	0	40.0	5	0	10	0	0	0	0
כפר סבא	8	4	4	26.3	1	1	8	0	0	0	0
לוד	1	0	1	32.0	0	0	0	1	0	0	0
נתניה	15	12	3	25.0	2	0	4	5	6	0	0
פתח תקוה	9	6	3	26.4	3	2	9	0	0	0	0
קריית אונו	6	2	4	28.2	2	1	4	2	0	0	0
ראשון לציון	2	2	0	26.0	1	0	2	0	0	0	0
רחובות	11	6	5	21.3	0	0	9	2	0	0	0
רמת גן	4	3	1	27.8	2	0	2	0	0	0	2
תל אביב יפו	57	38	19	34.8	20	6	47	5	2	3	0
לא ידוע	3	2	1	33.7	1	1	-	-	-	-	-
סה"כ	165	120	45	28.9	44	11	121	17	18	3	3
%	100%	73%	27%	--	27%	7%	75%	10%	11%	2%	2%

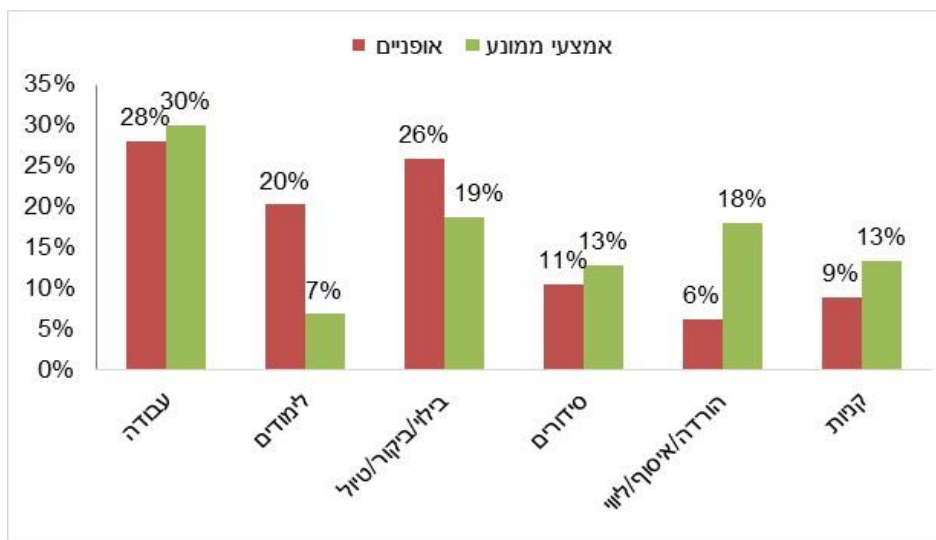


איוור 5.1. ממוצע (±סטית תקון), ק"מ, של אורך מסלולי הרכיבה, לפי ערים.

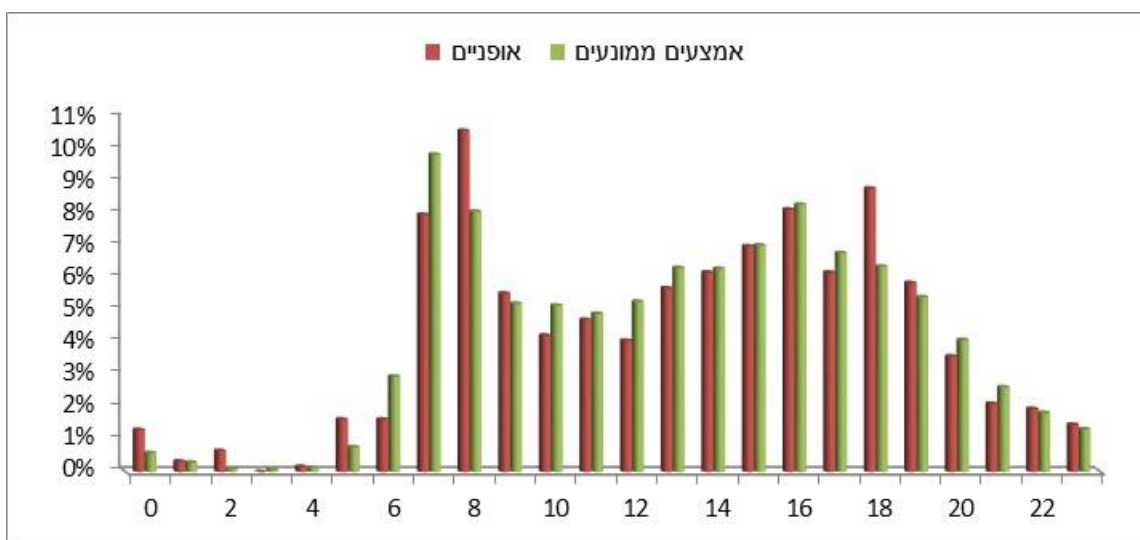
5.2. אפיון הנסיעות באופניים

נתוני הסקר אפשרו להשוות בין מטרות הנסיעה של המשתתפים שנסעו באופניים לאלו שנסעו באמצעי תחבורה אחר – איוור 5.2. בהקשר זה, לא נמצאו הבדלים מהותיים בין המשתמשים ברכב מנועי לעומת רוכבים, פרט לאחוז גבוה יותר של נסיעות ללימודים בקרב רוכבי האופניים.

דימיון ניכר נמצא גם בהתפלגות שעת התחלת הנסיעה לפי אמצעי: אופניים לעומת רכב מנועי – איוור 5.3. בדומה לממצאים של מחקרים אחרים (כגון: Dill, 2009), בשעת התחלת הנסיעה של אופניים יש שני שיאים: בשעות הבוקר (7.30-8.30) ובשעות אחה"צ (16.00-17.00), כאשר השיא הראשון ברובו הוא מנסיעות עם מטרת עבודה או לימודים והשיא השני מנסיעות במטרת קניות או בית.



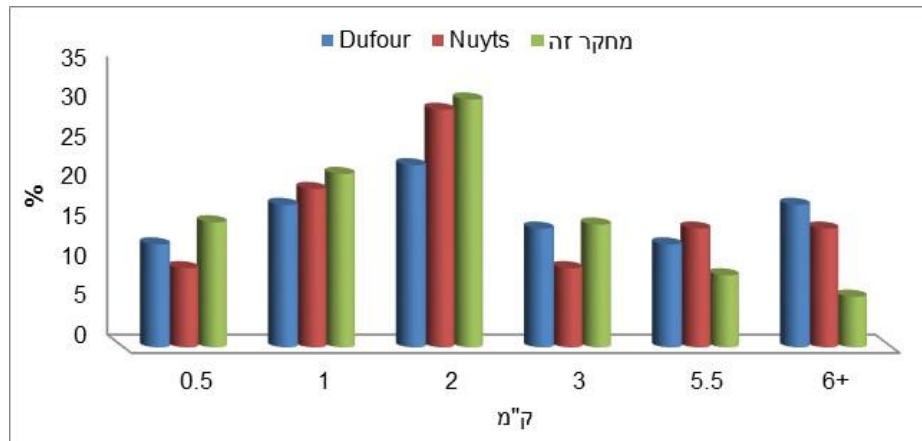
איור 5.2. התפלגות הנסיעות לפי מטרה, בקרב רוכבי אופניים לעומת המשתמשים ברכב מנועי.



איור 5.3. התפלגות שעת התחלת הנסיעה לפי אמצעי: אופניים לעומת רכב מנועי.

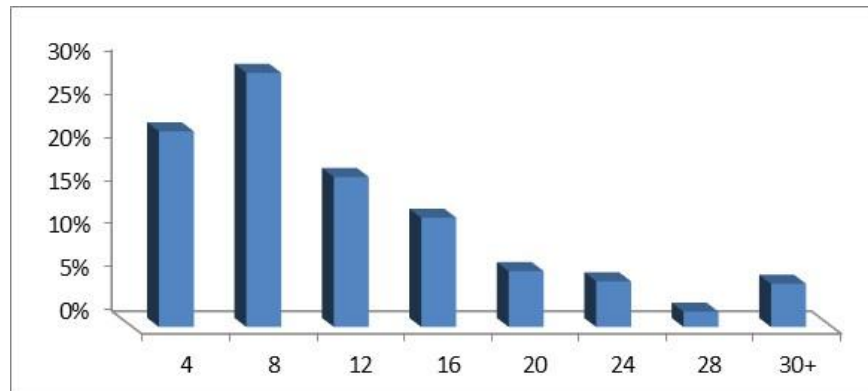
איור 5.4 מציג התפלגות של מרחקי הנסיעה באופניים שנמדדו בסקר זה והשוואה עם מרחקי הנסיעה שדווחו במחקרים אחרים: Dufour (2010) ו-Nuyts & Van Hout (2007). המרחק הממוצע בסקר הנוכחי הינו כ-2 ק"מ. ניתן לראות שבכל המחקרים באיור 5.4 מרבית הנסיעות באופניים היו קצרות, עד 2 ק"מ. אולם, בסקר הנוכחי אחוז נסיעות ארוכות (מעל 6 ק"מ) היה קטן יחסית למחקרים האחרים. ממצא זה קשור כפי הנראה לשתי סיבות: אחת, כי המחקרים האחרים התייחסו לאוכלוסייה בוגרת בלבד כאשר בסקר הנוכחי נכללו גם נסיעות של בני נוער; שתיים, כי רשת שבילי האופניים מפותחת יותר במדינות האחרות (באירופה). אורך רכיבה ממוצע **קצר יותר** נמצא בישראל גם בהשוואה עם מחקרים נוספים שנערכו בארה"ב ובסין (Cherry & He, 2009; Hood et al, 2011; Wayfo, 2012). סיבה אפשרית נוספת להבדל זה יכולה להיות קשורה למזג האוויר, כאשר החום הגבוה (בארץ) עשוי להקשות על רוכבי האופניים ולהעיק על נוחות הנסיעה. כמו כן, ניתן לייחס זאת לטופוגרפיה של מטרופולין תל

אביב, כאשר מטרופולין תל אביב הינו בעל שטח קטן יחסית ומכאן מרחקי נסיעה קטנים יותר בהשוואה עם מדינות אחרות.



איור 5.4. התפלגות מרחקי הנסיעה באופניים בסקר בארץ לעומת מחקרים אחרים.

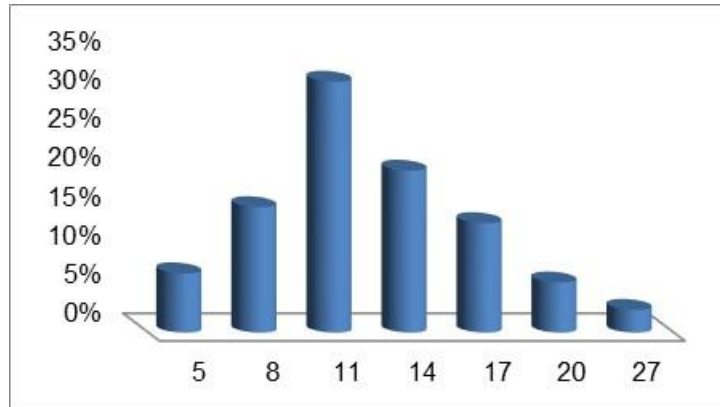
איור 5.5 מציג את התפלגות זמני הנסיעה באופניים שהתקבל במדגם. זמן נסיעה ממוצע באופניים, לכל המטרות יחד, היה **10.8 דקות**. זמן הנסיעה הממוצע עבור מטרת "טיול/אימון" היה הגבוה ביותר, כ-20 דקות, כאשר זמן הנסיעה ללימודים/קניות היה הנמוך ביותר, כ-5 דקות. זמן נסיעה ממוצע למטרת עבודה היה כ-13 דקות.



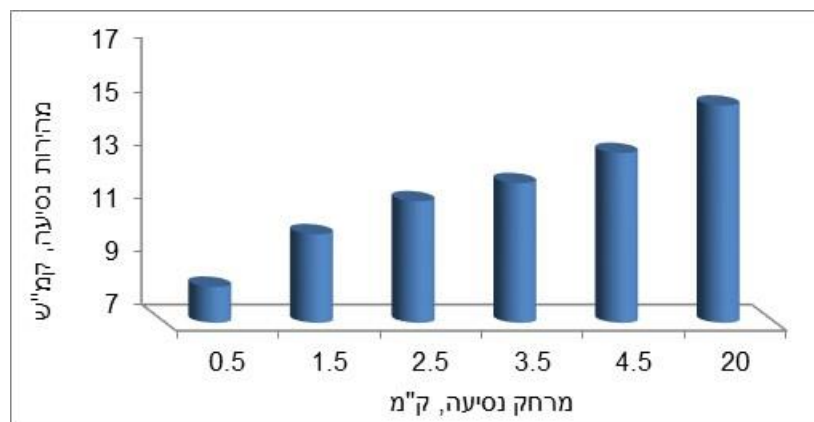
איור 5.5. התפלגות זמני הנסיעה באופניים במדגם הסקר, דקות.

איור 5.6 מציג את התפלגות מהירות הנסיעה באופניים שהתקבלה במדגם הסקר. המהירות הממוצעת בנסיעות אופניים במדגם הינה **11 קמ"ש**. במחקר של Cherry & He (2009) שנערך בשנגהאי שבסין, התקבלה מהירות ממוצעת דומה, של 10.9 קמ"ש.

נתוני הסקר אפשרו לבחון גם קשר בין מרחק הנסיעה ומהירות הנסיעה – איור 5.7. נמצא **קשר ישיר** בין שני הפרמטרים: ככל שמרחק הנסיעה גדול יותר, המהירות הממוצעת גבוהה יותר. גם El-Geneidy et al (2007) מצאו מגמה דומה בקשר בין מרחק ומהירות הרכיבה ודיווחו כי כל ק"מ נוסף לנסיעה באופניים מגדיל את המהירות ב-0.5 קמ"ש. במחקר הנוכחי, כל ק"מ נוסף של נסיעה באופניים מעלה את המהירות הממוצעת כמעט ב-0.7 קמ"ש.



איור 5.6. התפלגות מהירות הנסיעה באופניים במדגם הסקר, קמ"ש.



איור 5.7. מהירות הנסיעה לפי מרחק הנסיעה באופניים, על סמך נתוני הסקר.

5.3. ניתוחי בחירה של מסלולי הרכיבה

על נתוני הסקר נערכו ניתוחים נוספים, על מנת ללמוד לגבי העדפות בבחירת מסלולי הנסיעה ע"י רוכבי האופניים ברשת הדרכים העירונית.

ברקע חשוב לציין כי מחקרים שונים שנערכו בעשור האחרון בהקשר למסלולי אופניים ניסו לכמת את ההעדפות של המשתמשים דרך איסוף נתונים על העדפות של הפרט. במחקרים אלה, לרוב, שימשו שיטות המבוססות על איסוף נתונים על-פי העדפות מוצהרות (SP – Stated Preference) או העדפות נגלות (RP – Revealed Preferences)⁹. היתרון בסקרי ה-SP הוא השליטה בחלופות שמוצגות לנשאלים, אולם יתרון זה מגלם גם חיסרון: בפועל, ברשת עירונית קיימים הרבה מאוד מסלולים אפשריים, וקשה להציג לנשאל סט חלופות מייצג. לעומת זאת, סקרי ה-RP אוספים מידע אודות המסלול הנבחר, ללא מידע מספק על מסלולים חלופיים.

על מנת ללמוד על העדפות הרוכבים בבחירת מסלולי הרכיבה, נדרשת בנייה של סט חלופות אפשריות בנוסף למסלול הנצפה. בספרות, קיימות שיטות שונות למציאת סט מסלולים וביניהן: שיטת המסלול הקצר ביותר (k-shortest path), שיטת הסימולציה, שיטת ה"תוויות" (labeling), שיטת "הסתעף וחסום" (Branch and Bound).

⁹ ראה: Hood et al., 2011; Menghini et al., 2010; Halldórsdóttir et al., 2014.

רוב המחקרים שקיימים בספרות התמקדו בשיטות ליצירת סט של מסלולים עבור הרכב הפרטי או התחבורה הציבורית, כאשר חלק קטן יחסית התמקד ביצירת סט של מסלולים עבור האופניים. להלן מספר דוגמאות.

במחקר של (Menghini et al (2010 שנערך בציריך, נעשה שימוש בשיטת האלימינציה שהיא שיטה הדומה לשיטת המסלול הקצר ביותר. במחקר של (Broach et al (2011 שנערך בפורטלנד, נעשה שימוש בשיטות שונות ליצירת המסלולים כגון שיטת ה"תוויות", המסלול הקצר ביותר וסימולציה. עם זאת, במחקרים אלה התוצאות במונחים של "כיסוי" לא היו טובות: רק 25% מהמסלולים שנצרו שחזרו את המסלול הנצפה בפועל. אחת הסיבות לכך יכולה להיות בפירוט הרשת, שכללה את כל הכבישים עבור כלי רכב פרטיים ולא כללה מעברים צרים ושבילים שמשמשים אופציה רק לרכב האופניים. סיבה אפשרית נוספת היא שהשיטות שפותחו לרכב פרטי (על-פי קריטריון מינימיזציה של מרחק בלבד) לא דווקא מתאימות לאופניים.

במחקר של (Broach et al (2011 נאספו תצפיות באמצעות GPS על 164 רוכבי אופניים ב-1449 נסיעות. החוקרים מצאו שרוכבי האופניים בוחרים במסלול שארוך בכ-11% בממוצע מהמסלול הקצר ביותר, כאשר אחוז המסלולים על תשתיות אופניים (שבילים ונתיבים ייעודיים) היה גדול בהרבה מהיחס של תשתיות אלה ברשת הכללית. המסקנה של המחקר היתה כי רוכבי האופניים מעדיפים להשתמש בתשתיות יעודיות לאופניים גם אם זה יוצר מרחק רכיבה ארוך יותר. החוקרים בדקו את המשתנים המשפיעים על בחירת המסלולים, ומצאו שמאפייני דרך, כגון שיפוע, מספר פניות ונפח תנועה במסלול, יכולים גם הם להשפיע על בחירת המסלול (בנוסף לאורך המסלול).

במחקר של (Hood et al (2011 שנערך בסן פרנסיסקו, נעשה שימוש בשיטת הסימולציה ליצירת סט המסלולים. להבדיל מהמחקרים הקודמים, החוקרים הוסיפו לפונקציית המחיר משתנים אחרים כמו אזורי פשע, תאורה ומזג אוויר. אולם, בדומה למחקרים לעיל, אחוזי הכיסוי של המסלולים בפועל היו נמוכים (כ-30%).

במחקר של (Halldórsdóttir et al (2014 שנערך בקופנהגן, נעשה שימוש בפונקציות עלות שכללו שימושי קרקע, נתיב אופניים וסוג כביש. החוקרים הוסיפו מרכיב אקראי לערכים אלה לקבלת סט המסלולים המייצגים. תוצאות הכיסוי היו טובות (70%).

יש לציין כי במחקרים הנ"ל, המדגם של הרוכבים התייחס לקבוצות אוכלוסייה ספציפיות (בעיקר, סטודנטים באוניברסיטה) ולא ייצג את כלל האוכלוסייה. לעומת זאת, לסקר הרגלי נסיעה (במחקר הנוכחי) ניתן לייחס יתרון של מדגם אקראי שמייצג את אוכלוסיית הערים שנדגמו. המחקר הנוכחי מתייחס לאנשים שנצפו בנסיעה באופניים כאמצעי נסיעה, וכולל מגוון אנשים מכל הגילים.

במחקר זה הותאמו מודלים לזיהוי מאפיינים משפיעים על בחירת מסלולי הנסיעה ע"י הרוכבים. בנייתו זה נדרשו שני שלבים: (א) יצירת סט של מסלולים מגוונים לבחירה (באמצעות מודלים בהמשך), כאשר סט המסלולים צריך להבטיח "כיסוי" גבוה של מסלולי הרכיבה שנבחרו בפועל; (ב) אמידת מודלים לבחירת מסלולי הרכיבה, באמצעות מספר שיטות (לבדיקת יציבות הממצאים).

מקור רשת הדרכים לניתוח הנוכחי הוא הרשת של חברת "מפה", ממנה נגזרו ערים של מטרופולין תל-אביב. הרשת כוללת 92,670 קודקודים ו-127,053 קשתות לא מכוונות, באורך כולל של 8,384 ק"מ. מהרשת

ההתחלתית הושמטו כ-2% מהדרכים עם רמת מתח גבוהה מאוד ושהנטיעה באופניים אסורה בהם על-פי חוק (כגון, דרך נתיבי איילון). הרשת במחקר זה גדולה פי יותר מעשרה מהרשתות שנבחנו במחקרים האחרים, כאשר מדובר בשטח קטן יותר אך מספר נקודות וקטעים גדול יותר.

שבילי אופניים מהווים 3.8% מאורך הרשת של העיר תל-אביב, לעומת 0.8%, בממוצע, ביתר הערים. במסלולים שנצפו במדגם, כ-10% מאורך המסלולים היו על תשתית של שבילי אופניים בתל-אביב לעומת 3% בשאר הערים.

ניתן להסיק מנתונים אלה שרוכבי האופניים העדיפו לנסוע בשבילי האופניים. אולם, עדיין, פחות מ-10% מהנסיעות באופניים היו על שבילים אלו. סיבה אפשרית היא אי-הקישוריות בין הקטעים, וחלקם הקטן מאוד ברשת הדרכים מה שגורר הגדלה רבה באורך המסלול בכדי להשתמש ברשת שבילי האופניים. להשוואה ניתן לציין כי בעיר פורטלנד, ארה"ב, התשתית היעדית לאופניים מהווה 10% בלבד מהרשת התחבורתית, כאשר 52% מהנסיעות באופניים מתבצעות על תשתית זו (Dill, 2009). הוספת קטע נוסף של שביל אופניים תורמת לשיפור בקישוריות של רשת שבילי האופניים ומקטינה את אורך המסלול לנסוע שישתמש בה. המחקרים בעולם הראו כי הוספת אחוז אחד ברשת תשתיות האופניים מביאה להעלאה רבה יותר מאחוז אחד בנסיעות המשתמשים ברשת (תועלת שולית גדלה).

בניתוח הנוכחי, ליצירת סט של מסלולי הרכיבה (לכל זוג מוצא-יעד) שימשו שלוש שיטות: שיטת הסימולציה, שיטת הקנסות (penalty), ושיטת האלימינציה, כמתואר להלן:

* **בשיטת הסימולציה** משנים את זמן הנסיעה בכל קטע על-פי התפלגות נתונה (לוג-נורמאלית). לכל מסלול חדש מבוצעת בדיקה של השוני שלו לעומת שאר המסלולים שיוצרו עד כה. במידה והמסלול "דומה" (80%) למסלול שכבר נוצר, הוא לא מתווסף לסט.

* **בשיטת הקנסות** מוצאים ראשית את המסלול הקצר ביותר. בכל הקטעים של המסלול הקצר מכפילים את זמן הנסיעה במקדם מסוים הגדול מ-1 (1.1 בניתוח הנוכחי), ואז שוב מוצאים את המסלול הקצר. חוזרים על פעולה זו עד למציאת k מסלולים דרושים, כאשר אנו קובעים מלכתחילה את גודל הסט k (5 במחקר זה).

* **בשיטת האלימינציה**, בדומה לשיטת הקנסות, ההרצה הראשונה היא למצוא את המסלול הקצר ביותר. לאחר מכן מוחקים מהרשת את הקטע הראשון במסלול שנוצר, ושוב מוצאים את המסלול הקצר חדש. כמובן יש לבדוק שהמסלול החדש שנוצר שונה מהמסלולים שיוצרו עד כה מעל לסף מסוים. חוזרים על התהליך לאחר מחיקת הקטע השני במסלול הראשון, ושוב מציאת מסלול קצר ובדיקה האם המסלול קיים בסט. התהליך מסתיים לאחר מחיקת x קטעים מהמסלול הראשון שנבחר או עד שמגיעים ל- k מסלולים דרושים (10 במחקר הנוכחי).

נספח ה' מציג פירוט מתמטי ליצירת סט המסלולים. שלוש השיטות הורצו במקביל על הרשת. לאחר הסרת המסלולים עם שיעור חפיפה נמוך (פחות מ-80% לעומת המסלול בפועל), לכל זוג מוצא-יעד נבחרו 20 מסלולים לאמידת המודלים. סט זה סיפק 72% של "כיסוי" המסלולים שנצפו בפועל. (נספח ה' מציג קשר ויזואלי בין סף שיעור החפיפה ביצירת המסלולים לבין רמת הכיסוי של מסלולי הרכיבה בפועל שמושגת ע"י סט המסלולים שנוצר).

להתאמת המודלים לבחירת מסלולי הרכיבה שימשו שלוש שיטות: מודל MNL (multinomial logit), אשר אינו מתחשב בחפיפה בין מסלולים, ושני מודלים שלוקחים בחשבון חפיפה בין מסלולים: path-size logit, C-logit (PSL).

כל מודל בחירה בדידה דורש חלופה נבחרת, כאשר בתור החלופה הנבחרת מקובל לבחור במסלול ה"דומה ביותר" למסלול שנצפה בפועל. במחקר זה נוסו שתי שיטות לבחירת מסלול "דומה": לפי חפיפה מקסימלית כמקובל בספרות (*standard overlap*), ולפי מדד אחר שפותח לצורך מציאת המסלול הדומה ביותר למסלול שנצפה בפועל מסט המסלולים שנוצר (*proposed overlap*). (פירוט מתמטי לשני המדדים מוצג בנספח ה').
סה"כ, נאמדו 6 מודלים שונים (3 מבני מודל כפול 2 שיטות לקביעת המסלול הנבחר). טבלה 5.4 מפרטת את המשתנים המסבירים ששימשו בהתאמת המודלים.

טבלה 5.4. הגדרת משתנים מסבירים במודלים לבחירת מסלול רכיבה מועדף

שם משתנה במודל	משמעות המשתנה
Total Route Length (km)	אורך המסלול
Route Length in Category A (km)	קטגוריה A – אורך שבילי אופניים
Route Length in Category C (km)	קטגוריה C – כבישים מסוכנים לרכיבי אופניים (עם רמת מתח גבוהה)
Average link length (m)	ממוצע אורך הקטעים בין הצמתים, מחושב: הממוצע = אורך המסלול/מספר צמתים
Dwelling units/m	מספר בתים ליד הכביש למטר אורך
Age dummy variable	משתנה אינטראקציה: 1 - קבוצת גיל בין 16-50 מוכפל באורך כבישים, 0 - אחר

מהירות נסיעה באופניים יכולה לשמש כמשתנה מסביר במודל בחירת המסלול. לכן, על סמך התצפיות במדגם הסקר נאמד מודל רגרסיה ליניארית לניבוי מהירות נסיעה באופניים – טבלה 5.5.

טבלה 5.5. מודל לניבוי מהירות אופניים ברשת (bicycle speed model), קמ"ש

Variable	Coefficient	t Stat
Intercept (km/h)	8.8	15.7
Distance (km)	3.0	7.3
Bicycle lane dummy variable (1=yes)	1.3	4.2
Dangerous roads for cyclists dummy variable (1=yes)	-2.1	-3.1
Male dummy variable (1=yes)	1.6	2.4
Age between 16-50 dummy variable (1=yes)	1.3	5.1
Commuter trip dummy variable (1=yes)	1.1	4.2

לפי תוצאות הרגרסיה, מהירות הנסיעה באופניים גדלה בקטעים ארוכים יותר¹⁰. כמו כן, מהירות רכיבה גבוהה יותר מיוחסת לגברים לעומת נשים, לבני 16-50 לעומת קבוצות הגיל האחרות, לנסיעה במסלולים או בנתיבים המיועדים לאופניים ולנסיעות לעבודה/לימודים (יוממים) לעומת שאר המטרות. מאידך, מהירות הנסיעה נמוכה יותר בקטעים עם תנועה עמוסה אשר מסוכנים לרכיבה באופניים.

¹⁰ האורך הממוצע של קטע (link) במטרופולין תל-אביב הינו 0.1 ק"מ, עקב נוכחות גבוהה של פניות לרחובות מקומיים וצמתים.

טבלה 5.6 מציגה תוצאות מכיול מודלים לבחירת מסלולים מועדפים לרכיבה באופניים. לפי התוצאות בטבלה 5.6, המודלים שפותחו בשיטת ה-PSL או ה-C-Logit משמעותיים יותר ברמה הסטטיסטית. הסיבה לשיפור בתוצאות נובעת מהעובדה שמודלים אלה לוקחים בחשבון חפיפה בין מסלולים, לעומת מודל ה-MNL שאינו מתחשב במרכיב זה. בנוסף, המודלים שכוילו על סמך המסלול שנבחר לפי המדד שפותח במחקר (*proposed overlap*) מובהקים יותר לעומת המודלים שפותחו על סמך המסלול שנבחר לפי המדד הרגיל (*standard overlap*). ההסבר לכך הוא שהמדד שפותח במחקר מתחשב במשתנים נוספים לחפיפה בין מסלולים לעומת משתנה בודד (מרחק).

טבלה 5.6. המודלים לבחירת מסלולים מועדפים לרכיבה באופניים
א – המודלים עם מדד *standard overlap* לקביעת המסלול המועדף

Variable	MNL		PSL		C-Logit	
	Coeff.	t-stat	Coeff.	t-stat	Coeff.	t-stat
Total Route Length (km)	-5.48	-5.0	-6.01	-4.0	-7.78	-4.6
Route Length in Category A (km)	0.98	1.7	2.02	1.68	2.74	1.82
Route Length in Category C (km)	-1.04	-0.8	-0.2	-0.5	-0.53	-1.4
Average link length (m)	0.02	1.6	0.0293	1.64	0.037	1.5
Dwelling units / m	0.9	3.0	1.88	2.27	1.91	2.0
Age dummy variable	0.3	1.1	0.446	1.98	0.47	1.7
PS factor			1.03	3.77		
C-Logit factor					-0.471	-2.5
Hit-ratio	27%		40%		41%	
Likelihood Ratio	73		141		134	
Rho-bar squared	0.121		0.138		0.136	

ב – המודלים עם מדד *proposed overlap* לקביעת המסלול המועדף

Variable	MNL		PSL		C-Logit	
	Coeff.	t-stat	Coeff.	t-stat	Coeff.	t-stat
Total Route Length (km)	-5.93	-5.2	-6.81	-4	-8.34	-4.73
Route Length in Category A (km)	1.73	1.95	2.75	4.7	3.34	1.9
Route Length in Category C (km)	-2.5	-0.94	-3.2	-3.7	-3.53	-1.97
Average link length (m)	0.067	1.77	0.047	3.11	0.051	1.91
Dwelling units / m	1.29	3.3	1.69	3.27	1.71	2.07
Age dummy variable	0.68	1.68	0.55	2.21	0.6	3.07
PS factor			1.16	3.81		
C-Logit factor					-0.29	-2.9
Hit-ratio	28%		49%		46%	
Likelihood Ratio	109		214		178	
Rho-bar squared	0.121		0.138		0.136	

המודלים מראים כי המשתנים המשפיעים על בחירת מסלול הרכיבה הם: אורך המסלול, אורך שבילי אופניים בתוך המסלול, אורך קטעים מסוכנים לרכיבה (עם רמת מתח גבוהה) בתוך המסלול, אורך ממוצע של קטע נסיעה, ונוכחות בתים בצדי הדרך. בחירת מסלול הרכיבה המועדף מתחשבת באורך המסלול (עם העדפה טבעית למסלול קצר יותר). עם זאת, הרכיב מוכן לנסוע במסלול ארוך יותר מאשר במסלול הקצר ביותר תמורת **שימוש בשבילי האופניים** או כדי להימנע מנסיעה בקטעים עם רמת מתח גבוהה. כמו כן, קיימת העדפה למסלולי רכיבה בקטעים עם צפיפות גבוהה יותר של בתים בצדי הדרך וכן, במסלולים עם קטעים ארוכים יותר ללא הפרעה לרכיבה.

השפעת מאפיינים אלה היתה עקבית בכל המודלים שכוילו (ראה טבלה 5.6). בנוסף, על מנת לבחון את רגישות הפרמטרים, כוילו מודלים נוספים לפי סט מסלולים בגודל משתנה. לדוגמה, לאחר שנבחרו באופן אקראי 10 מסלולים מ-20 המסלולים שיוצרו בשיטות השונות, רוב הפרמטרים שנבחנו במודלים לא השתנו. כמו כן, לאחר שנבחרו מסלולים רק משתי שיטות, רוב הפרמטרים במודלים השתנו בפחות מ-20%. לכן, היה ניתן להסיק כי שיטות ניתוח שונות בבחירת המסלולים ובהתאמת המודלים וגם גודל סט המסלולים לא השפיעו בצורה ניכרת על מהות התוצאות, אשר היו יציבות על פני כל ההערכות.

לסיכום, בניתוח הנוכחי, סט המסלולים שנוצר עם עד 20 מסלולים לכל מוצא-יעד השיג כיסוי גבוה של מסלולי הרכיבה בפועל, בהשוואה עם ממצאים שדווחו בספרות. תוצאה זאת הושגה הודות לשימוש ברשת דרכים מפורטת, לרבות הכללת שבילי האופניים והסרת קטעים אסורים לנסיעה באופניים, ושימוש בשיטות מגוונות ליצירת סט המסלולים והתאמת המודלים.

תוצאות עמידת המודלים לבחירת מסלולי הרכיבה¹¹ מראות כי רוכב האופניים מוכן לנסוע ב-67% יותר מהמסלול הקצר ביותר תמורת שימוש בשבילי האופניים, ולנסוע יותר ב-47% מהמסלול הקצר ביותר כדי למנוע רכיבה בכביש עם רמת מתח גבוהה.

נספח ו' מציג דוגמה ליצירת סט המסלולים האפשריים לרכיבה בין מוצא ליעד בעיר תל-אביב. בהמשך, מוצגת דוגמה לשני מסלולים שוויו תועלת שנמצאו בניתוח: המסלול הכחול – הקצר ביותר (באורך 1650 מטר, מרחק נסיעה על שבילי אופניים 0) והמסלול השחור (באורך 2070 מטר, עם מחצית מרחק נסיעה על שבילי אופניים).

5.4. סיכום

בניתוח מסלולי הרכיבה באופניים, על סמך נתוני סקר הרגלי נסיעה 2014 התקבלו ממצאים עיקריים כלהלן:
* מסלולי הרכיבה באופניים נאספו ב-13 ערים, כאשר 53% מהנסיעות באופניים בוצעו בערים תל-אביב והרצליה. סה"כ, 73% מהרוכבים היו גברים, הגיל הממוצע של הרוכב היה 29 שנים, 27% מהרוכבים היו מעל גיל 40. ניכר כי אוכלוסיית הרוכבים צעירה יותר לעומת משתמשי הרכב הפרטי, עם אחוז נשים נמוך יותר.

* האורך הממוצע של מסלולי הרכיבה היה 1-2 ק"מ ברוב הערים, עם ממוצע **1.8 ק"מ** בכל המדגם. אורך ממוצע גדול יותר נמדד בהרצליה – 2.6 ק"מ, ובאשדוד – 4.4 ק"מ. אורך מרבי של מסלולי הרכיבה הגיע ל-14.9 ק"מ בהרצליה ו-20.3 ק"מ בתל-אביב. אורך הרכיבה הממוצע היה **קצר יותר** בישראל בהשוואה עם דיווחי מחקרים ממדינות אירופה, ארה"ב וסין. סיבות אפשריות לכך נמצאות בהיעדר תשתית ייעודית לרכיבה באופניים, בהכללת בני הנוער במדגם הסקר בישראל ואולי, בטופוגרפיה של מטרופולין תל-אביב אשר צפופה יותר ולכן, מייצרת מרחקי נסיעה קצרים יותר.

* מטרות הנסיעה באופניים היו דומות לרכב הפרטי, אם כי, עם אחוז גבוה יותר של נסיעות ללימודים. בשתי אוכלוסיות הנוסעים ניכרים שיא בוקר ושיא ערב, בשעות התחלת הנסיעות.

¹¹ בהתייחס לאורך נסיעה ממוצעת של 1 ק"מ

* זמן הנסיעה הממוצע באופניים, לכל המטרות יחד, היה **10.8 דקות**. זמן הנסיעה הממוצע למטרת עבודה היה כ-13 דקות.

* המהירות הממוצעת בנסיעות האופניים במדגם היתה **11 קמ"ש**. נמצא **קשר ישיר** בין מרחק ומהירות הרכיבה, בדומה לממצאים מחו"ל. כמו כן, לפי תוצאות מודל רגרסיה, מהירות הנסיעה באופניים גדלה בקטעים ארוכים יותר; אצל גברים רוכבים לעומת נשים רוכבות, אצל בני 16-50 לעומת קבוצות הגיל האחרות, בנסיעה במסלולים או בנתיבים המיועדים לאופניים ובנסיעות לעבודה/לימודים (יוממים) לעומת שאר המטרות. מאידך, מהירות הנסיעה נמוכה יותר בקטעים עם תנועה עמוסה אשר מסוכנים לרכיבה באופניים.

* המודלים לבחירת מסלול הרכיבה הראו כי בחירת מסלול הרכיבה המועדף מתחשבת באורך המסלול (עם העדפה טבעית למסלול קצר יותר). עם זאת, הרוכב מוכן לנסוע במסלול ארוך יותר מאשר במסלול הקצר ביותר תמורת **שימוש בשבילי האופניים** או כדי להימנע מנסיעה בקטעים עם רמת מתח גבוהה. כמו כן, קיימת העדפה למסלולי רכיבה בקטעים עם צפיפות גבוהה יותר של בתים בצדי הדרך וכן, במסלולים עם קטעים ארוכים יותר ללא הפרעה לרכיבה.

6. בחינת פתרונות תשתית אפשריים לשילוב אמצעי תחבורה חלופיים ברחובות

עירוניים

6.1. כללי

סקר הספרות שנערך במחקר הראה כי שימוש בכלי התחבורה החלופיים עולה בשנים האחרונות, הן בארץ והן בעולם. כיום, אמצעי התחבורה החלופיים נעים ברחובות העירוניים, ביחד עם משתמשי דרך אחרים: הולכי רגל, רוכבי אופניים, רכב מנועי, כאשר הם נבדלים בגודל ו/או במהירויות נסיעתם. מיקומם של חלק מאמצעי התחבורה החלופיים מוגדר בתקנות התעבורה בישראל. עם זאת, נוכחותם לא נלקחת בחשבון בתכנון הסדרי התנועה בעיר. ב-"הנחיות לתכנון רחובות עירוניים" שפורסמו בישראל (הנחיות, 2009) אין התייחסות לכלי התחבורה החלופיים.

במדינות המפותחות וגם בישראל ההנחיות לתכנון רחובות בערים מתייחסות לתשתית עבור שלושת סוגי התנועה בלבד: הולכי רגל, כלי רכב, רוכבי אופניים. בספרות אין המלצות לסלילת תשתית נוספת עבור סוגי התחבורה החלופיים. הגישה המקובלת לשילוב האמצעים החדשים במרחב העירוני הינה באמצעות קביעת מגבלות למהירות המירבית המותרת לנסיעתם או להפעלת המנוע של האמצעים וכתוצאה מכך, הגדרה באלו משלושת יעודי התשתית (להולכי רגל, לאופניים או למכוניות) מותר לנהג (מפעיל) האמצעי החלופי להשתמש. במדינות המפותחות וגם בישראל, קיימת חקיקה (תקנות התעבורה) המתייחסת למגבלות המוטלות על כלי הרכב החלופיים.

על-פי תקנות התעבורה בישראל, התשתית להולכי רגל מתאימה גם לכלי הרכב החלופיים שמהירותם מוגבלת ל-12-13 קמ"ש, דהיינו לקלנועית ולרכינע. כמו כן, התשתית לאופניים מתאימה בנוסף לאופניים, גם לאופניים חשמליים תקינים בהם המנוע מפסיק את פעולתו במהירות של 25 קמ"ש ולגלגיוע שמהירותו המירבית מוגבלת ל-25 קמ"ש. כאשר המהירות המירבית המותרת של אמצעי התחבורה עולה על 25 קמ"ש עליו להשתמש בתשתית המיועדת למכוניות, כמו בדוגמא של קטנוע או רכב מנועי זעיר. טבלה 6.1 מציגה סיכום בנושא זה – מגבלת המהירות לפי תקנות התעבורה בישראל והשימוש המיועד בסוגי התשתיות, עבור כלי הרכב החלופיים שנבחנו במחקר הנוכחי.

טבלה 6.1. מגבלות המהירות והשימוש המיועד בסוגי התשתיות עבור כלי הרכב החלופיים, בישראל

מס'	סוג אמצעי חלופי	מהירות מרבית לנסיעה, קמ"ש	סוגי תשתית לשימוש
1	אופניים חשמליים	הפסקת פעילות המנוע ב-25 קמ"ש	לאופניים: שבילי/נתיבי אופניים יעודיים, אחרת: תשתיות לכלי רכב
2	גלגיוע	25	לאופניים: כנ"ל
3	רכינע	13	להולכי רגל
4	קלנועית	12	להולכי רגל
5	קטנוע	לא מוגבל	לכלי רכב
6	רכב מנועי זעיר	לא מוגבל	לכלי רכב

רוב כלי הרכב החלופיים (פרט לקטנוע ורכב מנועי זעיר) ישתמשו בתשתיות המיועדות לאופניים או להולכי הרגל, ולכן יש צורך לתכנן תשתיות אלו באופן שיתאים גם לצרכי כלי הרכב החלופיים. בספרות הבינלאומית נמצאו מספר

המלצות לשיפור תשתיות להולכי רגל ולאופניים כדי לשפר בטיחות של כלי הרכב החלופיים המשתמשים בתשתיות אלו.

לדוגמה, במחקר של Dozza et al (2015), צוין כי תאורת רחוב חשובה יותר עבור רוכבי האופניים החשמליים בהשוואה לאופניים רגילים: עקב מהירותם הגבוהה יותר ומשקל האופניים הגדול יותר, רוכבי האופניים החשמליים נדרשים לראות מרחק רב יותר קדימה כדי לתכנן נכון את נסיעתם ולאפשר זמן מספיק לעצירה בעת הצורך. מסיבה זו גם נוכחות של כלי-רכב חונה בנתיב האופניים מהווה איום גדול יותר לאופניים החשמליים בהשוואה לאופניים רגילים. לכן, יש להגביר אמצעים למניעת כלי-רכב החונים בנתיבים המיועדים לאופניים. כמו כן, מוצע לשקול תכנון שבילי אופניים רחבים יותר, עם עקומות ברדיוסים גדולים יותר, כדי לאפשר אינטראקציה בטוחה יותר עם משתמשי דרך פגיעים אחרים. לפי Rose (2011), ניתן להפחית את הסיכון להתרחשות תאונות עם אופניים חשמליים באמצעות שיפור תשתית של שבילי האופניים, תוך כדי צמצום קונפליקטים בין משתמשי דרך שונים. לפי המחקר נערך בהולנד (Methorst et al., 2011), למען שיפור הבטיחות, יש להבטיח כי שימוש בשבילי האופניים יהיה עבור אמצעי התחבורה שמהירות נסיעתם אינה עולה על 25 קמ"ש (בהולנד, נמצאו בעיות בטיחות רבות עקב השימוש המשותף בהסדרים המיועדים לרכיבה על-ידי אופניים ו-"קטנועים קלים").

לפי Lavallée (2004), מדרכה המתאימה להולכי רגל נחשבת כמתאימה גם לנסיעה ברכינע. אם מעודדים שימוש בקלנועית, נדרשת תשתית מתאימה לנסיעתה. על-פי Whelan et al (2006), נוכחות הקלנועיות מאתגרת את מתכנני הדרכים ומומחי הבטיחות. הסביבה העירונית מתאימה באופן חלקי בלבד לנסיעת הקלנועיות. ההסדרים להולכי הרגל בנויים מחומרים שונים ובשיפועים שונים, שאינם מתאימים לקלנועיות ובנוסף, רחבם לעיתים צר מידי. מצב זה מאלץ את משתמשי הקלנועית לנסוע על הכביש, דבר המהווה חלופה מסוכנת עבורם, במיוחד לאור העובדה כי רוב משתמשי הקלנועיות הם קשישים.

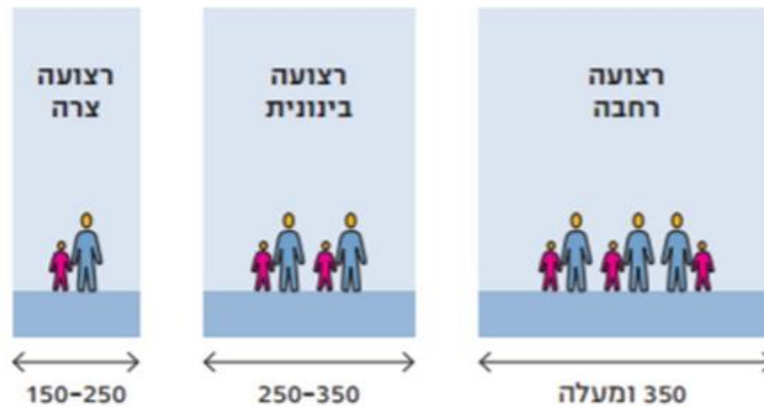
מכאן שלצורך שילוב נכון של אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני ושיפור הבטיחות, נדרש לקדם יישום נאות של ההנחיות לתכנון רחובות בערים - עבור תנועת הולכי הרגל ורוכבי האופניים. בהמשך הפרק מוצג ריכוז מידע מהנחיות התכנון הקיימות אשר מראה כי פתרונות תשתית מסוימים או שינוי קל בדרישות עשויים לקדם את שילובם של אמצעי התחבורה החלופיים. כמו כן, מובאות דוגמאות לפתרונות תשתית אפשריים – חלופות שינוי בהסדרי הרחובות הקיימים, שיאפשרו שילוב של אמצעי התחבורה החלופיים, ללא פגיעה בצרכים של המשתמשים האחרים.

6.2. ריכוז מידע מהנחיות לתכנון כרקע לשילוב תנועת סוגי הרכב החלופיים

א. תשתיות להולכי רגל

כדי לשפר את בטיחותם של כלי הרכב החלופיים המשתמשים בתשתיות להולכי רגל, מומלץ לקדם את יישום ההנחיות לתכנון רחובות בערים – תנועת הולכי רגל (2009). לפי ההנחיות, המדרכה הינה חלק מהרחוב המיועד לתנועה ולפעילות של הולכי הרגל. במטרה לצמצם קונפליקטים בין מרכיבי המדרכה ולשם ההתאמה המרבית של המדרכה לייעודה, תתוכנן המדרכה כתצרוף של שלושה מרחבים בעלי תפקידים נפרדים: רצועת ההליכה, רצועת העזר ורצועת הדופן, כאשר רצועת ההליכה הינה החלק המיועד בלעדית לתנועת הולכי-הרגל לאורך הרחוב. רחוב

רצועת ההליכה נקבע בהתאם לעוצמת תנועת הולכי הרגל ברחוב (איור 6.1), כאשר הרחב המומלץ המינימלי הינו בין 150-250 ס"מ והרחב המזערי המוחלט – 130 ס"מ.



איור 6.1. דרישות לרוחב רצועת ההליכה במדרכה, לפי הנחיות (2009).

במידה והמדרכות ברחובות הערים יעמדו בדרישות הללו, גם קלנועיות ורכינעים יוכלו לנסוע יחד עם הולכי הרגל על המדרכות, ללא הפרעה להולכי הרגל. עם זאת, בהתייחס לרוחב המזערי של רצועת ההליכה קיים צורך בתיקון. על מנת שכל משתמשי המדרכה יוכלו להימצא בה דרושה התאמה של רוחב המדרכה המזערי לתוספת של כלי הרכב החלופיים. כיוון שקלנועית היא הרחבה מבין האמצעים החלופיים המיועדים לשימוש במדרכה יש לתכנן את התוספת לפי מידותיה. על מנת שהקלנועית תוכל לנסוע במדרכה ביחד עם תנועת הולכי הרגל, יש צורך בהרחבת רצועת ההליכה ב-100 ס"מ לפחות (ע"פ תקנות התעבורה, רוחב הקלנועית לא יעלה על 1.0 מטר). מכאן, רוחב רצועת ההליכה המזערי צריך להיות: $130 \text{ ס"מ} + 100 \text{ ס"מ} = 230 \text{ ס"מ}$.

כלומר, באותם הרחובות בהם מתקיימת תנועה של סוגי הרכב החלופיים המיועדים למדרכות, ובעיקר של קלנועיות, רוחב רצועת ההליכה צריך להתחיל מ-2.3 מ'.

כידוע המצב בפועל הינו חמור יותר, כאשר ברחובות רבים המדרכות הקיימות אינן תואמות את הנחיות התכנון, ולכן, הולכי הרגל והמשתמשים בסוגי הרכב החלופיים נעים בצפיפות על המדרכות הצרות, תוך התחככות זה עם זה. לעתים קרובות, הם נאלצים לרדת לשטח הכביש המיועד לכלי הרכב המנועים ובכך, מסכנים את עצמם.

ב. תשתיות לאופניים

כדי לשפר את בטיחותם של כלי הרכב החלופיים המיועדים לשימוש בתשתיות לאופניים, מומלץ לקדם את יישום ההנחיות לתכנון רחובות בערים – תנועת האופניים (2009). לפי ההנחיות, נפחי התנועה המנועית ברחוב ומהירות הייעוד, מכתיבים את רמת הפרדה בין האופניים לבין כלי הרכב האחרים. סוגי הפרדה האפשריים הם:

- א. רמת הפרדה א' - תנועת האופניים משולבת עם התנועה המנועית (אין הפרדה).
- ב. רמת הפרדה ב' - נתיב אופניים בצמוד לנתיב התנועה המנועית, עם או בלי חנייה (הפרדה מזערית, בעיקר באמצעות קיווקו).

ג. רמת הפרדה ג' - שביל אופניים (קיימת הפרדה פיזית או מרחבית בין רצועת התנועה של האופניים לבין נתיבי התנועה המנועית).

בעקבות בחינת ההגדרות של סוג רחוב עירוני, טבלה 6.2 מציגה הצלבה בין סוג הרחוב לבין רמת הפרדה לתנועת האופניים הנדרשת ברחוב.

טבלה 6.2. תיאום רמת הפרדה של תנועת האופניים לסוג רחוב עירוני

סוג רחוב	רמת הפרדה א'	רמת הפרדה ב'	רמת הפרדה ג'
מקומי	בכל המקרים	-	-
מאסף	1. כאשר נפח התנועה קטן מ-7,500 יר"מ ביממה למסלול ומהירות הייעוד עד 30 קמ"ש. 2. כאשר נפח התנועה קטן מ-2500 יר"מ ביממה למסלול ומהירות הייעוד בין 30 ל-50 קמ"ש.	כאשר נפח התנועה בין 2,500 ל-10,000 יר"מ ביממה ומהירות הייעוד בין 30 ל-50 קמ"ש.	בשאר המקרים (כאשר מהירות הייעוד 70 קמ"ש)
עורקי	-	-	בכל המקרים

לגבי מידות הרחוב של נתיבי האופניים, ההנחיות קובעות כלהלן:

- ברמת הפרדה ב', הרחוב המומלץ של נתיב האופניים הינו 1.5 מ', הרחוב המזערי – 1.2 מ' (במקרים חריגים – 1.0 מ').

- ברמת הפרדה ג', הרחוב המומלץ של השביל החד-סטרי מתחיל מ-1.5 מ', של השביל הדו-סטרי – מ-2.5 מ'. (הרחוב המזערי מתחיל מ-1.5 מ' ו-2.0 מ', בהתאמה). בנוסף, נדרשת הסדרה של הפרדה פיזית בין שביל האופניים לתנועת הרכב, ברחוב של 0.5 מ' לפחות. איור 6.2 מציג דוגמא להסדר עם שביל אופניים חד-סטרי הממוקם בין מדרכה לבין נתיב חניה, ברח' משה דיין בתל-אביב.



איור 6.2. דוגמא לשביל אופניים חד-סטרי בין מדרכה לחניה.

הדרישות הנ"ל צריכות להילקח בחשבון בעת שילוב תנועת סוגי הרכב החלופיים – האופניים החשמליים וקורקינטים חשמליים, ברחובות העירוניים. בנוסף, כדי לשפר את מצב הבטיחות של כלי הרכב החלופיים המשתמשים בתשתיות לאופניים ושל תנועת האופניים בכלל, מומלץ לשקול קידום של הסדרי תנועה נוספים אשר טרם נכללו בהנחיות (2009).

החוסר העיקרי בהנחיות הקיימות הם הסדרים לאופניים בצמתים של רחובות מאספיים עתירי תנועה עם שבילי האופניים שהיו מאפשרים לרוכבי האופניים לבצע את הפניות בצומת מבלי לקטוע את שבילי האופניים לפני הצומת. כיום, היעדר ההסדרים מאלץ את רוכבי האופניים לחצות את הצומת יחד עם כלל תנועת כלי הרכב. צמתים מסוג זה לרב מרומזרים.

לשם הסדרת פניות רוכבי האופניים בצומת, במדינות המפותחות קיימים פתרונות כלהלן:

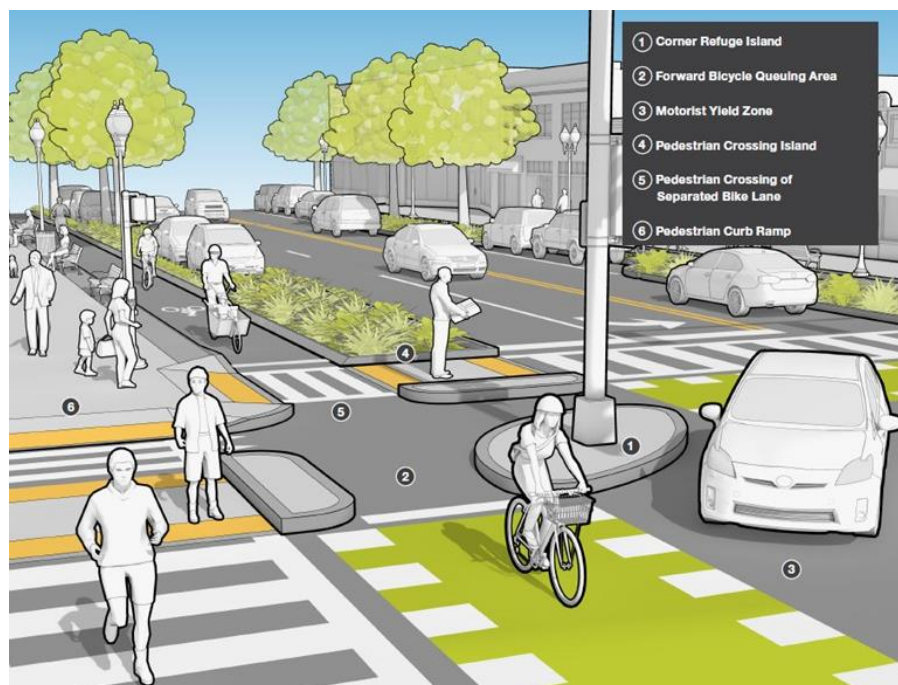
- מבליטים את שטחי הצומת בהם רוכבי האופניים צריכים לנוע ולהמתין, באמצעות צביעת האספלט בצבע ייחודי.
- בצמתים מרומזרים, מסדירים קו עצירה אחורי לכלי רכב מנועיים כשלפניו מסדירים שטח המתנה לאופניים (bike box). כמו כן, מסדירים נתיב לאופניים המאפשר לרוכבים להסתגל לפני כלי הרכב הממתינים באדום, אל שטח ההמתנה לאופניים.
- מתקינים פנסי רמזור המיועדים לרוכבי האופניים עם ירוק מקדים לירוק לכלי הרכב באותה גישה.
- בצמתים מרומזרים עם הסדרים של נתיבים או שבילים לאופניים החוצים את הצומת לא מאפשרים פניות חופשיות ימינה לכלי הרכב.
- בצמתים לא מרומזרים ובמעגלי תנועה, מיישמים הסדר לפיו לכלי הרכב בכל גישה לצומת יש שני מקומות נפרדים למתן זכות קדימה: האחד הוא מקום העצירה למתן זכות קדימה לאופניים והשני הוא מקום העצירה למתן זכות קדימה לכלי רכב.
- איור 6.3 מביא דוגמא להסדרת צומת מרומזר בין רחובות עם שבילי אופניים חד-סיטריים בצידי הרחוב. רוכבי האופניים יכולים לבצע בצומת את כל הפניות ללא צורך להתמזג בתנועת כלי הרכב. מקור האיור הוא ספר הנחיות לתכנון שבילי אופניים מופרדים במדינת מסצ'וסטס, ארה"ב¹². באופן דומה, בהנחיות לתכנון שבילי אופניים מאנגליה, ניתן למצוא פרטים מומלצים להסדרים בצמתים לא מרומזרים, מעגלי תנועה וצמתים מרומזרים, ברחובות עם שבילי אופניים חד-סיטריים בצידי הרחוב¹³.

¹² אתר אינטרנט:

<https://www.massdot.state.ma.us/highway/DoingBusinessWithUs/ManualsPublicationsForms/SeparatedBikeLanePlanningDesignGuide.aspx>

¹³ אתר אינטרנט:

http://www.sustrans.org.uk/sites/default/files/file_content_type/sustrans_handbook_for_cycle-friendly_design_11_04_14.pdf



איור 6.3. פרטים מומלצים להסדרת צומת מרומזר בין רחובות עם שבילי אופניים חד-סיטריים בצידי הרחוב, מתוך הנחיות במדינת מסצ'וסטס, ארה"ב.

6.3. פתרונות תשתית אפשריים לשילוב תנועת כלי הרכב החלופיים ברחובות עירוניים

א. הרחובות המתוכננים

בהתבסס על דרישות ההנחיות לתכנון רחובות בערים (הנחיות, 2009), נבנו מספר דוגמאות לחתכי הרחובות המאפשרים שילוב של תנועת כלי הרכב החלופיים. באיור 6.4 מוצגים החתכים המוצעים לרחובות המתוכננים, לפי סוגי הרחובות ורמות התנועה ברחוב, כאשר מידות חתך הרחוב נקבעו בהתאם להנחיות (2009), וחלוקת חתך הרחוב בין השימושים השונים מבוצעת תוך כדי התחשבות בצרכים של סוגי הרכב החלופיים. בין היתר, רצועת ההליכה תהיה ברוחב הגדול מ-2.3 מ' על מנת לאפשר לסוגי הרכב החלופיים (קלמעיית, רכינע) להשתמש במדרכה. לגבי התשתית לאופניים מובא ציון של רמת הפרדה הנדרשת בהתאם לתנאי התנועה ברחוב.

הדוגמאות ממחישות כי ברחוב עירוני, מהסוגים השונים, ניתן לשלב תנועות של סוגי הרכב החלופיים, ביחד עם תנועות הולכי הרגל, רוכבי האופניים וכלי הרכב, וזאת, על-ידי הסדרת רצועת שטח הנדרשת לתנועה של כל סוג משתמש ברחוב. עם זאת, להרחבת הרצועות הנדרשות לתנועת הולכי הרגל ורוכבי האופניים, אשר אמורות להכיל גם את סוגי הרכב החלופיים, דרוש שטח רחב יותר - תוספת רוחב זכות הדרך (לעומת המצב שלא מתחשב בשילוב של סוגי הרכב החלופיים).

רחוב מקומי, עם תנועה בינונית של הולכי רגל:

- תשתית להולכי רגל: רוחב מדרכה 3.8 מ', לרבות רצועת הליכה 2.5 מ', רצועת עזר 0.8 מ', רצועת דופן 0.5 מ'.
- תשתית לאופניים: תכנון לרמה א', הרוכבים ייסעו בכביש.



רחוב מקומי, עם תנועה רבה של הולכי רגל:

- תשתית להולכי רגל: רוחב מדרכה 4.8 מ', לרבות רצועת הליכה 3.5 מ', רצועת עזר 0.8 מ', רצועת דופן 0.5 מ'.
- תשתית לאופניים: תכנון לרמה א', הרוכבים ייסעו בכביש.



רחוב מאסף, עם תנועה בינונית של הולכי רגל, נפח תנועה הקטן מ-7,500 יר"מ ביממה ומהירות הייעוד 30 קמ"ש:

- תשתית להולכי רגל: רוחב מדרכה 3.8 מ', רצועת הליכה 2.5 מ', רצועת עזר 0.8 מ', רצועת דופן 0.5 מ'.
- תשתית לאופניים: תכנון לרמה א', הרוכבים ייסעו בכביש.



רחוב מאסף, עם תנועה רבה של הולכי רגל, בין 2,500 ל-10,000 יר"מ ביממה ומהירות הייעוד בין 30 ל-50 קמ"ש:

- תשתית להולכי רגל: רוחב מדרכה 4.8 מ', לרבות רצועת הליכה 3.5 מ', רצועת עזר 0.8 מ', רצועת דופן 0.5 מ'.
- תשתית לאופניים: תכנון לרמה ב' (שביל אופניים מופרד בסימון בלבד).



רחוב עורקי, עם תנועה בינונית של הולכי רגל ונפח התנועה מעל 10,000 יר"מ ביממה:

- תשתית להולכי רגל: רוחב מדרכה 3.8 מ', לרבות רצועת הליכה 2.5 מ', רצועת עזר 0.8 מ', רצועת דופן 0.5 מ'.
- תשתית לאופניים: תכנון לרמה ג' (שביל אופניים מופרד פיזית).



באיור 6.4. דוגמאות לחתכים של רחובות חדשים, לפי הנחיות (2009), המאפשרים שילוב של תנועת כלי הרכב החלופיים.

ב. הרחובות הקיימים

ברחובות הקיימים, ישנה מגבלה של רוחב זכות הדרך אשר מקשה על שילוב אמצעי התחבורה החלופיים. היום, הגישה לתכנון המרחב העירוני מקדמת שימוש בהליכה ברגל, ברכיבה על אופניים ובתחבורה הציבורית, כאשר מטרת העל הן צמצום תנועת הרכב הפרטי ברחובות העיר, שיפור איכות החיים, קידום תחבורה בת-קיימא וכד'.

קידום השימוש בסוגי הרכב החלופיים אמור לתרום למטרת העל של יצירת חלופת ניידות לרכב הפרטי. עם זאת, הוא אינו יכול להתבצע על חשבון ההליכה ברגל או הרכיבה באופניים אשר אף הן תואמות את מטרת העל של הפיתוח העירוני. כמו כן, הקצאת הרצועה לתנועת האופניים אינה יכולה להיגזר מתוך המרחב המיועד לפעילות הולכי הרגל אשר, ככלל, צריכה להישמר ברחוב. מאידך, ניתן לשקול מגבלות לתנועת הרכב הפרטי.

כפי שהוסבר לעיל, לשילוב אמצעי התחבורה החלופיים ברחוב הקיים נדרשת, למעשה, הרחבה של התשתיות להולכי רגל (אשר במקרים רבים קיימים ברחוב חסר), והסדרת התשתיות לאופניים (אשר חסרים ברחובות רבים). לכן, לצורך שילוב סוגי הרכב החלופיים ברחוב הקיים נדרשת בחינה כוללת של אופן תפקוד הרחוב, הגדרת "דיוקן הרחוב" המיועד וההתחשבות ברמות ההפרדה הנדרשות בין התנועות של המשתמשים השונים (לפי ההנחיות הקיימות). בהתאם לעדיפויות שצוינו לעיל, במסגרת תכנון של תנועת סוגי הרכב החלופיים ברחוב קיים, ניתן לבחון שימוש בפתרונות הבאים:

- הצרה של נתיבי התנועה המנועית (ההנחיות לתכנון רחובות בערים מאפשרות לצמצם את רוחב הנתיבים).

- ויתור על נתיב תנועה לרכב מנועי (במידה ופתרון זה מתבקש לצורך חלוקת מרחב הרחוב בצורה מאוזנת יותר. יש לציין שבספרות הבטיחותית, הפתרון של רחוב דו-מסלולי עם נתיב נסיעה אחד לכיוון מזהה עם רמת בטיחות טובה יותר).

- ויתור על רצועת חנייה או על חלק מהחנייה ברחוב (לפי ההנחיות הקיימות, החנייה היא מרכיב חשוב הנדרש בכל רחוב. אולם, ניתן לשקול ויתור על חלק מהחנייה ברחוב, לטובת משתמשי הרחוב הנוספים).

- ביצוע חפיפה בין רצועת החנייה לבין רצועת השירות (ברחובות שבהם קיימת בשולי המדרכה רצועה המשמשת כרצועת שירות, כגון שדרת עצים, עמודי תשתיות וכד'), ניתן ליצור חפיפה בין רצועת החנייה לבין רצועת השירות).

- הצרה של רצועת הליכה (ניתן ליישם כאשר ברחוב קיימת רצועת הליכה רחבה והקטנתה לא תחרוג מדרישות ההנחיות לתנועת הולכי-הרגל).

להלן מספר דוגמאות של רחובות קיימים, בליווי פתרונות אפשריים לשילוב אמצעי התחבורה החלופיים בחתך הרחוב.

(1) רחוב מקומי

איור 6.5 מציג דוגמא לרחוב מקומי – רח' הרב מ. נורוק בנתניה. במצב הקיים זהו רחוב חד-מסלולי עם נתיב נסיעה אחד לכל כיוון, ברוחב 3.25 מ', ושתי מדרכות ברוחב 2 מ'. תשתית לאופניים: ברחוב המקומי נדרשת רמת הפרדה א', דהיינו תנועת האופניים משולבת עם התנועה המנועית. תשתית להולכי רגל: רחוב המדרכות הקיימות מאפשר את תנועת הולכי הרגל והמעבר של קלנועית ורכינע.

מכאן, ההסדר הקיים ברחוב המקומי מאפשר שילוב של תנועת כלי הרכב החלופיים.

חתך מצב קיים:



אור 6.5. דוגמא לרחוב מקומי.

(2) רחוב מאסף

איור 6.6, א', מציג דוגמא לרחוב מאסף – רח' יהושע טהון בנתניה. במצב הקיים זהו רחוב דו-מסלולי, עם שני נתיבי נסיעה לכל כיוון, ברוחב 3.25 מ', מפרדה ברוחב 2 מ' עם עצי דקלים, שתי מדרכות ברוחב 2.5 מ' ושתי רצועות חניה ברוחב 2 מ'. המפרדה אינה ניתנת להצרה עקב קיום העצים. החניה ככלל נדרשת ברחוב המאסף. תשתית לאופניים: לא קיימת, נדרשת ברמת הפרדה ב' (רצועת סימון). תשתית להולכי רגל: המדרכות רחבות והמאפשרות שילוב של קלנועית או רכינוע.

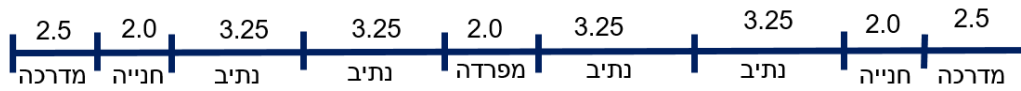
איור 6.6, ב', מציג מספר חלופות לשילוב רצועת הרכיבה באופניים שתאפשר נסיעה גם של סוגי הרכב החלופיים. הפתרונות האפשריים הם: הוספת שביל לאופניים והרחבת מדרכה על חשבון ויתור על רצועת החניה (חלופה א'); הצרת נתיבי הנסיעה והצרת מדרכה למען הוספת שביל אופניים (צר) בין מדרכה וחניה (חלופה ב'); ויתור על נתיב נסיעה אחד בצד אחד של הרחוב למען יצירת שביל אופניים דו-סטרי והרחבת מדרכה (חלופה ג'). בכל חלופה יש חסרונות ולכן, בחירת החלופה המועדפת צריכה להתבצע בעקבות בחינה כוללת של תפקיד הרחוב וסוגי התנועה הקיימים והצפויים בו.

(3) עורק תנועה

איור 6.7, א', מציג דוגמא לעורק תנועה – רח' הרב ניסנבאום בבת ים. במצב הקיים זהו רחוב דו-מסלולי, עם שני נתיבי נסיעה לכל כיוון, ברוחב 3.5 מ', מפרדה רחבה ברוחב 5 מ' ושתי מדרכות ברוחב 3 מ'. תשתית לאופניים: לא קיימת, נדרשת ברמת הפרדה ג' (הפרדה פיזית מהתנועה המנועית). תשתית להולכי רגל: המדרכות רחבות והמאפשרות שילוב של קלנועית או רכינוע.

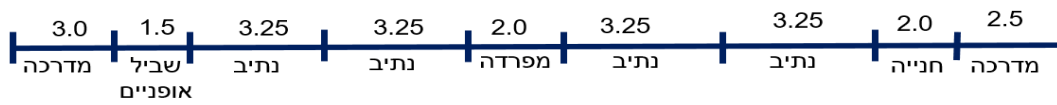
איור 6.7, ב', מציג חלופה לשילוב הסדר לרכיבה באופניים אשר יתאים גם לנסיעה של סוגי הרכב החלופיים: על חשבון הצרת המפרדה ניתן להסדיר שביל אופניים דו-כיווני בסמוך למדרכה. לחלופין, ניתן להסדיר שביל אופניים דו-כיווני בשטח המפרדה.

חתך מצב קיים:



א

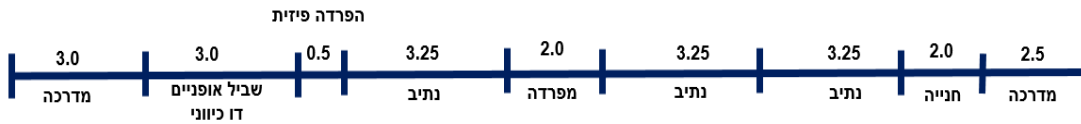
חלופה א':



חלופה ב':



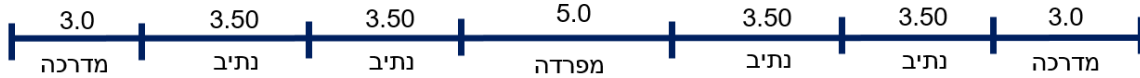
חלופה ג':



ב

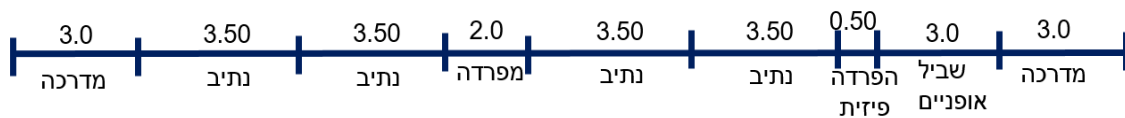
איור 6.6. דוגמא לרחוב מאסף: חתך קיים (א) וחלופות ליצירת רצועת רכיבה באופניים, למען שילוב סוגי הרכב החלופיים (ב).

חתך מצב קיים:



א

חלופה:



ב

איור 6.7. דוגמא לעורק תנועה: חתך קיים (א) וחלופה ליצירת שביל אופניים דו-כיווני (ב).

ג. סדנת מומחים

ממצאי המחקר והפתרונות האפשריים לחלוקת חתך הרחוב לצורך שילוב אמצעי התחבורה החלופיים נדונו בסדנת מומחי תחבורה שנערכה ביום 26.12.17. הסדנה התקיימה במשרדי מת"ל ובה השתתפו נציגי משרד התחבורה ומהנדסי תנועה. נספח ז' מציג את מסמכי הסדנא: סדר יום, רשימת המשתתפים ורישום הסוגיות העיקריות שהועלו בדיונים.

בדיונים צוין כי רמת השימוש בסוגי הרכב החלופיים עולה בערים בארץ, כאשר כבר היום הן היקף התופעה של סוגי הרכב החלופיים והן ריבוי המצבים המסוכנים שנצפו בתנועה מצביעים על הצורך בהתערבות ובהסדרת הנשוא. ניכר שהן בעדכון ההנחיות לתכנון רחובות בערים והן בהתייחס לרחובות הקיימים, יש מקום לקביעת שיקולים כדי להיערך ל"קליטה" בטוחה של סוגי הרכב החלופיים. בהקשר זה, ברחובות החדשים יש לשים דגש על הרחבת מדרכות והסדרת שבילים לרכיבה. ברחובות הקיימים, בין הפתרונות המועדפים ניתן לציין:

* מיתון תנועה, באמצעות הצרת מיסעה, צמצום מספר נתיבי נסיעה, הרחבת מדרכות, הוספת שבילי אופניים וכו';

* קביעת חתך מועדף חדש לרחוב המאסף בעיר אשר יאפשר שילוב בטוח של סוגי הרכב החלופיים.

7. סיכום ומסקנות המחקר

7.1. כללי

אמצעי התחבורה החלופיים הם כלי תחבורה לסוגיהם השונים, המיועדים לשיפור הניידות של המשתמש היחיד. כלי תחבורה אלה מהווים "חלופה" לרכב מנועי רגיל, כאשר הם מציעים את מגוון האפשרויות לשיפור הניידות, במרחב העירוני, בהשוואה עם הליכה ברגל או רכיבה באופניים רגילים. אמצעי התחבורה החלופיים מיועדים בעיקר לנסיעות קצרות בשטח עירוני, כאשר להם מיוחסים יתרונות של שיפור הנגישות, הפחתת הצפיפות בדרכים ובמקומות החנייה, צמצום בצריכת האנרגיה ובפליטת גזי החממה, והטבות בריאותיות. עם זאת, המרחב העירוני אינו ערוך לקליטה של האמצעים החדשים. האמצעים החלופיים נוסעים בהסדרים שנבנו עבור משתמשי דרך אחרים ולא תמיד בהתאם לכללים שנקבעו בחוק; מצב זה גורם להיווצרות קונפליקטים בין המשתמשים השונים ולעליה בהיפגעות. לפי הערכות שונות, השימוש בכלי התחבורה החלופיים עולה בשנים האחרונות, הן בארץ והן בעולם. לכן, קיים צורך בבחינת צרכים ובהתאמת פתרונות לשילוב אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני.

במחקר זה נאספו ונתחו נתונים אמפיריים במטרה להעריך את היקפי השימוש באמצעי התחבורה החלופיים, בערים בישראל, ולאפיין את התנהגויותיהם. המחקר התמקד בסוגי אמצעים אלה: אופניים חשמליים, קורקינט חשמלי, קלנועית, רכינוע. בנוסף, במחקר נכללו קטנועים עם נפח מנוע קטן (בעיקר, בפן ההתנהגויות הקשורות לשימוש בהסדרים להולכי רגל בעיר) ורכב מנועי זעיר (בעיקר, ברמה של ממצאי הספרות כי כלי תחבורה זה טרם נמצא בשימוש בישראל). איסוף הנתונים במחקר נערך במספר אופנים, כולל: ספירות תנועת כלי הרכב החלופיים (ואחרים) ב-50 צמתים עירוניים מייצגים; תיעוד מאפיינים של משתמשי סוגי הרכב החלופיים; מדידה של מהירויות הרכיבה של אופניים חשמליים ורגילים, בקטעי רחובות עירוניים; תצפיות שטח, באמצעות צילומי וידאו, במטרה לאפיין את דפוס ההתנהגויות של אמצעי התחבורה החלופיים, בהסדרים השונים; אפיון מסלולי הרכיבה באופניים, בערים. בנוסף, נדונו פתרונות תשתית אפשריים לשילוב אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני.

7.2. ממצאים עיקריים

א. היקפי התנועה של אמצעי תחבורה חלופיים

בעקבות בחינת היקפי התנועה של האמצעים החלופיים בצמתים עירוניים מייצגים, נמצא כלהלן:

* במהלך שעות יום פעילות, המספרים השעתיים הממוצעים של האופניים החשמליים שעוברים באמת עירוני הם 47-49 בצמתים מרומזרים ו-23 במעגלי תנועה. המספרים הממוצעים של יתר סוגי האמצעים נמוכים: 1-3 קלנועיות, 1-2 קורקינטים ופחות מרכינע 1, בשעה, בכל סוגי האתרים. על פני האתרים קיים פיזור רחב במספרים הללו. לדוגמא, בצמתים מרומזרים על עורקי תנועה, נצפו בשעה עד 71 אופניים חשמליים בכביש ועד 81 אופניים חשמליים במדרכות; בצמתים מרומזרים על רחובות מאספים - עד 76 אופניים חשמליים בכביש ועד 87 אופניים חשמליים במדרכות; באתרים מסוג זה נצפו יותר קלנועיות לעומת העורקים - עד 10 בשעה. כמו כן, הנתונים הראו כי, כללית, כמות האופניים החשמליים שנצפו בשטח היתה דומה לכמות האופניים הרגילים.

* בכל סוגי האתרים, מספרי האופניים החשמליים והאופניים הרגילים **בכביש** היו זניחים לעומת מספר כלי הרכב: היחס הממוצע של 0.5%-0.6% עבור האופניים הרגילים, 0.7%-1.3% עבור האופניים החשמליים. עם זאת, נוכחות האופניים החשמליים בכביש היתה גבוהה כפי שניים לעומת נוכחותם של האופניים הרגילים – במעגלי תנועה ובצמתים ברחובות המאספים, כאשר בעורקי תנועה אין הבדל בין נוכחותם של שני סוגי האופניים. מאידך, נוכחותם של האופניים, מכל סוג, משמעותית יותר לעומת מספר הולכי הרגל העוברים **במדרכות** כאשר היא מהווה כ-2% במעגלי תנועה, 6%-8% בצמתים בעורקי תנועה וכ-4% בצמתים ברחובות המאספים. בכל סוגי האתרים, נוכחותם של האופניים הרגילים במדרכות היתה גבוהה יותר לעומת האופניים החשמליים.

* לפי האומדנים הממוצעים, יותר קלנועיות עוברות במעגלי תנועה מאשר בצמתים מרומזרים. יותר אופניים חשמליים יבחרו לנסוע בכביש במעגל תנועה וברחוב המאסף, כאשר בעורק יותר רוכבים יעדיפו לנסוע במדרכה. סביר להניח כי העדפות אלה משקפות נטיה לבחירה "בטוחה יותר" בין תנאי תנועה שונים.

* בכל סוגי האתרים, נוכחותם של קטנועים במדרכות היתה זניחה לעומת הולכי הרגל: היחס הממוצע של 0.2%-0.3%. נוכחותם של קטנועים היתה משמעותית יותר בכביש: 5%-7%, בממוצע, לעומת מספר כלי הרכב העוברים בצומת.

בניתוח מתאמי הקורלציה בין נוכחות סוגי הרכב השונים בצומת נמצא כי סוגי הרכב החלופיים - אופניים חשמליים, קורקינטים וקטנועים, מגיעים לאותם האתרים ברשת כמו כלי רכב מנועים רגילים, כאשר מספרם עולה עם עליה בנפח התנועה בכביש (בכל האתרים ביחד, וגם לחוד בכל סוג של צומת מרומזר). לעומת זאת, כמות הקלנועיות יורדת עם עליה בנפח התנועה בכביש וקשר הפוך זה חזק יותר במעגלי תנועה. כמו כן, למספר הולכי הרגל העוברים בצומת נמצא קשר ישיר עם מספר הקלנועיות (בכלל האתרים ובצמתים על רחובות מאספים) וכן, קשר ישיר ומובהק עם מספר האופניים החשמליים וסך אמצעי התחבורה החלופיים (בכלל האתרים ובמעגלי תנועה). בכלל האתרים בסקר ובצמתים מרומזרים, מספר האופניים הרגילים נמצא בקורלציה גבוהה יותר (לעומת כלי רכב או הולכי הרגל) עם כל סוגי הרכב החלופיים פרט לקלנועיות.

על סמך המודלים שהותאמו במחקר לניבוי נוכחותם של סוגי הרכב החלופיים בצומת היה ניתן להסיק כי האופניים הרגילים, האופניים החשמליים, סך סוגי הרכב החלופיים והקטנועים מגיעים לאותם האתרים בעיר כמו כלי רכב מנועים והולכי הרגל. הקלנועיות מגיעות לאותם האתרים כמו הולכי הרגל, כאשר כמות הקלנועיות יורדת באתרים עם נפחי תנועה גבוהים יותר של כלי הרכב. סה"כ, סוגי התחבורה החלופיים מגיעים **לאותם מוקדי המשיכה בעיר כמו הולכי הרגל**. כמו כן, רוב סוגי התחבורה החלופיים (פרט לקלנועיות) עוברים יותר באתרים **עם נפחי תנועה גבוהים יותר של כלי הרכב**. באתרים עם נפחי תנועה גבוהים יותר של כלי הרכב, האופניים החשמליים נוטים לנסוע יותר במדרכות.

ב. מאפייני המשתמשים באמצעים החלופיים

על-פי הנתונים שנאספו בצמתים, המאפיינים הטיפוסיים של משתמשי האמצעים היו כלהלן:

* בקרב המשתמשים באופניים החשמליים ובקורקינטים, ילדים עד גיל 18 היוו כשליש (31%-32%), כאשר רוב המשתמשים (52%-53%) היו **מבוגרים צעירים בני 19-34**. בנוסף, 15% מהמשתמשים היו בני 35-64, כאשר

שימוש באמצעים אלה בקרב בני הגיל שלישי (+65) היה נדיר, 1% מהנצפים. ממצאים אלה דומים לממצאי המחקרים באירופה בהם דווח כי רוב המשתמשים באופניים החשמליים הם מבוגרים צעירים (פרט להולנד בה המעבר לשימוש באופניים החשמליים אופייני בעיקר לבני הגיל השלישי). מאידך, בניגוד לדעה הרווחת לפיה רוב המשתמשים באופניים החשמליים בארץ הם בני הנוער, ספירות התנועה בצמתים הראו שמעל שני שלישי מהרוכבים הם מבוגרים.

* משתמשי הרכינעים דומים מבחינת קבוצת הגיל למשתמשי האופניים החשמליים והקורקינטיים, כאשר כשליש מהם היו ילדים, הרוב – מבוגרים צעירים (19-34), קבוצה משמעותית נוספת – בני 35-64 ומיעוט בני 65+.

* קבוצת הגיל של משתמשי הקלנועיות, כצפוי, שונות, כאשר הרוב (51%) הם בני 65+, קבוצה גדולה נוספת – בני 35-64 ומעט אנשים צעירים יותר.

* בכל סוגי האמצעים משתמשים בעיקר **גברים** (78%-84%), כאשר חלקם של גברים/בנים גבוה יותר בקרב רוכבי האופניים החשמליים והקורקינטיים.

* בכל סוגי האמצעים המשתמש ככלל נסע לבד ולא בקבוצה (97%-100%) וגם בכלי התחבורה הוא היה בעיקר **לבד** ולא הסיע מישהו (90%-96%). בקרב משתמשי הקלנועיות נצפו כ-10% מקרים בהם בקלנועית היו שני נוסעים.

* רוב המשתמשים באופניים החשמליים, הקורקינטיים והרכינעים (88%-92%) היו **בלי קסדות**. אומנם, החוק בישראל מחייב שימוש בקסדה לרוכבי האופניים החשמליים עד גיל 18 בלבד ולרוכבי הקורקינטיים, ולא מחייב קסדה לרוכבי הרכינעים. עם זאת, לפי הספרות המחקרית, אי-חבישת קסדה מהווה גורם סיכון לרוכבים.

בנוסף, בניתוח צילומי הוידאו של התנהגויות סוגי הרכב החלופיים באזורי צמתים עמוסים בתל-אביב (מבוגרים בלבד, בעיקר רוכבי האופניים החשמליים) נמצא כי מרבית הרוכבים שנצפו (86%) היו בני 19-34, 12% - בני 35-64, ו-3% בלבד בני 65+. רוב משתמשי האמצעים (79%) היו גברים ונסעו לבד (98%); 99% היו ללא קסדה. מאפיינים דומים של רוכבי האופניים החשמליים נצפו גם במסגרת מדידת מהירויות הרכיבה בקטעי רחובות.

ג. מהירויות הרכיבה באופניים החשמליים

מניתוח מהירויות הרכיבה בקטעי רחובות מאספים ועורקי תנועה עירוניים עלו ממצאים כלהלן¹⁴:

* מהירויות הרכיבה באופניים החשמליים גבוהות יותר מאשר באופניים הרגילים, עם פערים של 4-7 קמ"ש במהירות הממוצעת, באתרים השונים. עבור האופניים החשמליים נצפו מהירויות ממוצעות בגובה של 14 קמ"ש ו-19-20 קמ"ש. לא ניתן להצביע על נטייה למהירויות גבוהות יותר בחתך הדו-מסלולי לעומת החד-מסלולי, או ברחוב ללא מסחר לעומת עם מסחר.

¹⁴ רוכבים מבוגרים בלבד

* לאחר פיקוח על יתר מאפייני הרכיבה, מהירות הרכיבה באופניים החשמליים גבוהה יותר לעומת האופניים הרגילים, ב-4.7 קמ"ש, בממוצע. מהירות הרכיבה נמוכה יותר במדרכה/שביל לעומת כביש, ב-4.1 קמ"ש, בממוצע.

ד. התנהגויות רוכבי האמצעים, בהסדרים השונים

לגבי מיקום הרכיבה של האמצעים החלופיים בצמתים עירוניים נמצא כי:

* מחצית מרוכבי האופניים החשמליים והקורקינטים וקרוב למחצית מרוכבי הקלנועיות נכנסו לצומת **על הכביש** ולא על מדרכה. עם זאת, לחצית הצומת, פחות ממחצית הרוכבים נסעו על הכביש, כאשר כמחציתם נסעו במדרכות ועוד 9%-6% נוספים חצו גם בכביש וגם במדרכות. כלומר, למשתמשי האמצעים החלופיים ישנה נטיה לנסוע בהסדרים לכלי רכב ולהולכי הרגל, לפי שיקולי הנוחות שלהם.

* העובדה ש-48% ממשתמשי הקלנועיות הגיעו לצומת על הכביש ו-43% עברו את הצומת בכביש מהווה סיבה לדאגה מכיוון שכלי תחבורה זה נועד לנסיעה על מדרכה ולכן, משתמשיו מסכנים את עצמם בעת הנסיעה בכביש.

* בקרב רוכבי הרכינע, היו פחות מקרים של כניסה לצומת על הכביש (34%) וחציית הצומת על הכביש (25%) לעומת האמצעים האחרים. עם זאת, אמצעי זה מיועד למדרכה ולכן, נסיעתו על כביש מהווה גורם סיכון.

במהלך איסוף מהירויות הרכיבה באופניים החשמליים והרגילים¹⁵ בקטעי רחובות נמצא כי:

* מרבית הרוכבים, בשני סוגי האופניים, נצפו **על הכביש**, אם כי היה שוני בבחירת מיקום הרכיבה בכביש לעומת מדרכה באתרים השונים. בבחירת מיקום הרכיבה משתקפת, כפי הנראה, השפעתם של תנאי אתר מסוים בו נערכו המדידות ולא השפעה של סוג אתר.

* באתרים ללא שבילי אופניים מוסדרים, הסיכוי לרכיבה במדרכה היה גבוה יותר מפי שניים עבור בני 35+ לעומת רוכבים צעירים יותר.

* באתרים עם שבילי אופניים מוסדר נצפו אחוזים נמוכים יותר של הרוכבים (בשני סוגי האופניים) על הכביש, כאשר בין 40% עד 60% רכבו על השביל; עדיין, אחוז מסוים מהרוכבים (20%-40%) נצפה על מדרכות. הסיכוי לרכיבה בשביל (לעומת כביש או מדרכה) נמצא גבוה כפי שניים עבור האופניים הרגילים לעומת החשמליים ונמוך יותר מפי שלושה עבור רוכבים מבוגרים יותר (בני 35+) לעומת הצעירים יותר.

בניתוח צילומי הוידאו של התנהגויות סוגי הרכב החלופיים (בעיקר האופניים החשמליים) באזורי צמתים עמוסים בתל-אביב¹⁶ נמצא כלהלן:

* בנסיעה בקטע רחוב, כאשר קיים שביל אופניים מוסדר, חלק ניכר מרוכבי האופניים החשמליים (75%) בוחרים לנסוע בשביל ובכך מורידים את רמת הסיכון באינטראקציה עם משתמשי דרך אחרים. רוכבי האופניים החשמליים לרוב מהירים יותר מהולכי הרגל אך נוסעים במהירות דומה ליתר רוכבי האופניים. בעת הנסיעה במדרכה או בשביל לאופניים, הם לרוב שומרים על מיקומם בשביל או במדרכה ולא יורדים לכביש תוך כדי הנסיעה. בנסיעה

¹⁵ רוכבים מבוגרים בלבד

¹⁶ כנ"ל

בשביל או במדרכה, ב-6%-5% מהמקרים נצפה קונפליקט באינטראקציה עם הולכי הרגל; ככלל, לא נצפו קונפליקטים באינטראקציה עם רוכבי אופניים אחרים. ניכר כי נסיעת האופניים החשמליים בשבילי אופניים מוסדרים הינה הפתרון הרצוי לשילובם ברחוב העירוני.

* בעת הנסיעה בקטע רחוב בכביש, רוב רוכבי האופניים החשמליים בחרו בנתיב הימני (כנדרש לפי החוק). עם זאת, הרכיבה בכביש הייתה מזוהה עם סיכון מוגבר כי בחלק ניכר מהמקרים הרוכב היה בתנועה רבה של כלי הרכב ומהירות רכיבתו הייתה איטית יותר לעומת כלי הרכב (במיוחד, ברחובות הראשיים ובכלל ברחובות הדו-מסלוליים לעומת החד-מסלוליים). בנוסף, בנסיעה בכביש, הרוכבים נוטים יותר לשנות את מיקומם, כאשר חלקם (כגון, 17% בנסיעה לפני הצומת) עלו למדרכה תוך כדי הנסיעה. ב-6%-5% מהמקרים נצפה קונפליקט בין הרוכב וכלי רכב ממונע בזמן הנסיעה בקטע, כאשר השלכותיו של הקונפליקט עשויות להיות חמורות. מכאן, נסיעת סוגי הרכב החלופיים בכביש כרוכה בסיכון גבוה יותר לעומת הנסיעה במדרכה או בשביל, מבחינת הן תנאי התנועה והן התנהגויות הרוכבים עצמם.

* בעת חציית צומת, יותר רוכבי אופניים חשמליים בוחרים לנסוע במעברי החצייה מאשר בכביש ביחד עם כלי הרכב. בעת השימוש במעברים, 19% מהרוכבים חצו באדום. כמו כן, 16% השתמשו בשטח המעבר לירידה והמשך הנסיעה בכביש. ב-30% ממצבי האינטראקציה עם הולכי הרגל במעבר, הרוכב עקף את הולכי הרגל החוצים ונסע יותר מהר מהם. עם זאת, אירועי הקונפליקטים, בשטח המעבר, לא היו נפוצים והיוו 2%-3% בלבד.

* בעת חציית הצומת בכביש, ביחד עם כלי הרכב, ב-20% מהמקרים הרוכבים עברו באדום. בנוסף, ב-10% מהמקרים הרוכב נסע נגד כיוון התנועה בצומת, וב-13% מהמקרים הרוכב עלה למדרכה תוך כדי חציית הצומת. בעת החצייה בכביש, ב-5% מהמקרים נצפה קונפליקט בין הרוכב וכלי הרכב בשטח הצומת.

* סה"כ, בחצייה במעבר או בשטח הצומת, כ-20% מרוכבי האופניים החשמליים חוצים באדום. עם זאת, רוכבים החוצים בכביש מבצעים יותר התנהגויות מסוכנות לעומת אלה החוצים במעבר. היווצרות קונפליקטים בין רוכבי סוגי הרכב החלופיים ומשתמשי דרך אחרים נוטה להיות גבוהה יותר בעת השימוש בהסדרים להולכי רגל. עם זאת, הקונפליקטים עם כלי הרכב שנוצרים בעת הנסיעה בכביש, מתאפיינים בפוטנציאל לחומרה גבוהה יותר של ההשלכות. מכאן, הפתרון הרצוי בטיחותית למעבר סוגי הרכב החלופיים בצומת הינו הסדרת מעברי חציה ייעודיים לרוכבי האופניים.

בנוסף, בניתוח תצפיות התנהגות של קטנועים באזורי צמתים ברח' אבן גבירול, תל-אביב, נמצא כי שימוש בהסדרים להולכי רגל ע"י הקטנועים לא היה נפוץ ונצפה ב-1.2% מהמקרים בלבד. ההתנהגויות הנפוצות יותר של השימוש בהסדרים להולכי רגל ע"י הקטנועים קשורות לחניה על מדרכה, כאשר הקטנוע נוסע על המדרכה לצורך עליה לחניה או ירידה מהחניה. מכאן, מציאת פתרון חניה לקטנועים תמנע את הצורך ברוב הנסיעות של רוכבי קטנוע על המדרכה. למניעת שימוש במעברי החציה ע"י הקטנועים נדרשת אכיפה של חוקי התנועה.

ה. מסלולי רכיבה באופניים בעיר

בסקר הרגלי נסיעה 2014 נאספו מסלולי הרכיבה באופניים¹⁷ ב-13 ערים, כאשר 53% מהנסיעות באופניים בוצעו בערים תל-אביב והרצליה. סה"כ, 73% מהרוכבים היו גברים, הגיל הממוצע של הרוכב היה 29 שנים, 27% מהרוכבים היו מעל גיל 40. סה"כ, אוכלוסיית הרוכבים היתה צעירה יותר לעומת משתמשי הרכב הפרטי, עם אחוז נשים נמוך יותר.

בניתוח מסלולי הרכיבה באופניים נמצא כלהלן:

* האורך הממוצע של מסלולי הרכיבה היה 1-2 ק"מ ברוב הערים, עם ממוצע **1.8 ק"מ** בכל המדגם. האורך המרבי של מסלולי הרכיבה הגיע ל-14.9 ק"מ בהרצליה ו-20.3 ק"מ בתל-אביב. אורך רכיבה ממוצע היה **קצר יותר** בישראל בהשוואה עם דיווחי המחקרים ממדינות אירופה, ארה"ב וסין. סיבות אפשריות לכך נמצאות בהיעדר תשתית ייעודית לרכיבה באופניים, בהכללת בני הנוער במדגם הסקר בישראל ואולי, בטופוגרפיה של מטרופולין תל-אביב אשר צפופה יותר ולכן, מייצרת מרחקי נסיעה קצרים יותר. מטרות הנסיעה באופניים היו דומות לרכב הפרטי, אם כי, עם אחוז גבוה יותר של נסיעות ללימודים.

* זמן נסיעה ממוצע באופניים, לכל המטרות יחד, היה **10.8 דקות**. זמן נסיעה ממוצע למטרת עבודה היה כ-13 דקות.

* המהירות הממוצעת בנסיעות האופניים במדגם היתה **11 קמ"ש**. נמצא **קשר ישיר** בין מרחק ומהירות הרכיבה, בדומה לממצאים מחו"ל. כמו כן, לפי התוצאות של מודל רגרסיה, מהירות הנסיעה באופניים גדלה בקטעים ארוכים יותר, אצל גברים רוכבים לעומת נשים רוכבות, אצל בני 16-50 לעומת קבוצות הגיל האחרות, בנסיעה במסלולים או בנתיבים המיועדים לאופניים ובנסיעות לעבודה/לימודים (יוממים) לעומת שאר המטרות. מאידך, מהירות הנסיעה היתה נמוכה יותר בקטעים עם תנועה עמוסה אשר מסוכנים לרכיבה באופניים.

* המודלים לבחירת מסלול הרכיבה הראו כי בחירת מסלול הרכיבה המועדף מתחשבת באורך המסלול (עם העדפה טבעית למסלול קצר יותר). עם זאת, הרוכב מוכן לנסוע במסלול ארוך יותר מאשר במסלול הקצר ביותר תמורת **שימוש בשבילי האופניים** או כדי להימנע מנסיעה בקטעים עם רמת מתח גבוהה. כמו כן, קיימת העדפה למסלולי הרכיבה בקטעים עם צפיפות גבוהה יותר של בתים בצדי הדרך ובמסלולים עם קטעים ארוכים יותר ללא הפרעה לרכיבה.

ו. בחינת פתרונות תשתית לשילוב האמצעים החלופיים ברחובות

על-פי תקנות התעבורה בישראל, בהסדרי תשתית להולכי רגל מותרת נסיעה של קלנועית ורכיבוע שמהירותם מוגבלת ל-12-13 קמ"ש. באופן דומה, הסדרי תשתית לאופניים מותרים לשימוש על-ידי אופניים חשמליים תקינים בהם המנוע מפסיק את פעולתו במהירות של 25 קמ"ש ועל-ידי גלגיוע שמהירותו מוגבלת ל-25 קמ"ש. כאשר המהירות המירבית המותרת של אמצעי תחבורה חלופי עולה על 25 קמ"ש עליו להשתמש בתשתית המיועדת לכלי רכב מנועים, כמו בדוגמא של קטנוע או רכב מנועי זעיר.

¹⁷ אופניים מכל הסוגים, בעיקר הרגילים. סה"כ 454 נסיעות, ע"י 165 רוכבים.

לצורך שילוב נכון של אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני ושיפור הבטיחות, נדרש לקדם יישום של ההנחיות העדכניות לתכנון רחובות בערים (הנחיות, 2009) - עבור תנועת הולכי הרגל ורוכבי האופניים. בתכנון רחובות חדשים, ניתן לשלב תנועות של סוגי הרכב החלופיים, ביחד עם תנועות הולכי הרגל, רוכבי האופניים וכלי הרכב, וזאת, על-ידי הסדרת רצועת שטח ייעודית הנדרשת לתנועה של כל סוג משתמש ברחוב. עם זאת, להרחבת הרצועות הנדרשות לתנועת הולכי הרגל ורוכבי האופניים, אשר אמורות להכיל גם את סוגי הרכב החלופיים, דרוש שטח רחב יותר - תוספת רחב זכות הדרך.

ברחובות הקיימים, ישנה מגבלה של רחב זכות הדרך אשר מקשה על שילוב אמצעי התחבורה החלופיים. קידום השימוש בסוגי הרכב החלופיים אמור לתרום למטרת העל של יצירת חלופת ניידות לרכב הפרטי. עם זאת, הוא אינו יכול להתבצע על חשבון ההליכה ברגל או הרכיבה באופניים אשר אף הן תואמות את מטרת העל. לכן, לקידום השימוש בסוגי הרכב החלופיים ניתן לשקול מגבלות לתנועת הרכב הממועי, לדוגמא, ע"י הצרה של נתיבי התנועה, ויתור על נתיב תנועה אחד, ויתור על רצועת חנייה, וכד'.

הדוגמאות מראות שהרחוב המקומי, ככלל, יאפשר שילוב של סוגי הרכב החלופיים, במצב הקיים או בתוספת מרכיבי מיתון תנועה. לעומת זאת, עבור הרחובות המאספים (המשרתים היום בעיקר את תנועת הרכב הממועי) יידרשו שינויים בחתך הרחוב, באמצעות הצרת המיסעה, צמצום מספר נתיבי הנסיעה וכד', למען הרחבת מדרכות והוספת שבילי האופניים.

7.3. מסקנות והמלצות

א. מסקנות

על סמך ממצאי המחקר מתבקשות מסקנות כלהלן:

- השימוש באמצעי התחבורה החלופיים ובעיקר, באופניים החשמליים, עולה בישראל, כאשר כבר היום היקפי התנועה של סוגי הרכב החלופיים בעיר אינם זניחים. האמצעים החלופיים מגיעים לאותם מוקדי המשיכה בעיר כמו הולכי הרגל. כמו כן, היקפי התנועה של רוב סוגי האמצעים (פרט לקלנועית) נמצאים בקשר ישיר עם נפחי התנועה של כלי הרכב. מכאן, האמצעים החלופיים משמשים לאותם יעדי הנסיעות כמו יתר אמצעי התחבורה בעיר.
- רוב משתמשי האופניים החשמליים (וגם של קורקינטים ורכינע) הם מבוגרים צעירים בני 19-34, כאשר רוב משתמשי הקלנועיות הם בני 65+; ממצאים אלה דומים למגמות שדווחו בחו"ל. בנוסף, להבדיל ממדינות אחרות, כשליש מרוכבי האופניים החשמליים בישראל הם בני נוער עד גיל 18, ומצב זה מחייב טיפול מיוחד של הרשויות, באמצעות הדרכה, הסברה ואכיפה.
- רוב משתמשי האמצעים החלופיים נצפו בלי קסדות. החוק בישראל מחייב שימוש בקסדה לרוכבי האופניים החשמליים עד גיל 18 ולרוכבי הקורקינטים ולכן, מדובר בתופעה של אי-ציות לחוק אשר דורשת טיפול של רשויות האכיפה.

- כמצופה, מהירויות הרכיבה באופניים החשמליים גבוהות יותר מאשר באופניים הרגילים. עם זאת, הפערים שנמדדו במהירות הממוצעת לא היו גבוהים וסה"כ, לא זוהתה תופעה משמעותית של מהירויות נסיעה חריגות בקרב רוכבי האופניים החשמליים.

- כמחצית מרוכבי האמצעים החלופיים נצפו בכביש, האחרים במדרכות, כאשר שימוש בתשתיות הולכי הרגל גובר בצמתים. מצב זה נובע מהיעדר הסדרים ברורים לנסיעה של האמצעים החלופיים. כמו כן, באתרים עם נפחי תנועה גבוהים יותר של כלי הרכב, רוכבי האופניים החשמליים נוטים לנסוע יותר במדרכות, בעוד משתמשי הקלנועיות נמנעים מלהגיע לאתרים העמוסים. ממצאים אלה מצביעים על הפעלת שיקול דעת של משתמשי האמצעים החלופיים כדי להימנע ממצבים מסוכנים בתנועה. בנוסף, הקלנועיות והרכינע מיועדים לנסיעה במדרכה ולכן, נסיעתם בכביש מהווה גורם סיכון.

- בנסיעה בקטע רחוב, כאשר קיים שביל אופניים מוסדר, חלק ניכר מרוכבי האופניים החשמליים בוחרים לנסוע בשביל ובכך מורידים את רמת הסיכון באינטראקציה עם הולכי הרגל. מאידך, הנסיעה בכביש כרוכה בסיכון גבוה יותר לעומת הנסיעה במדרכה או בשביל, מבחינת הן תנאי התנועה והן התנהגויות הרוכבים עצמם. מכאן, הסדרת שבילי אופניים מוסדרים הינה הפתרון הרצוי לשילובם של סוגי הרכב החלופיים בחתך הרחוב. באופן דומה, הפתרון הרצוי בטיחותית למעבר סוגי הרכב החלופיים בצומת הינו הסדרת מעברי חציה ייעודיים לרוכבי האופניים.

- במחקר לא זוהתה תופעה משמעותית של שימוש בהסדרים להולכי רגל על-יד הקטנועים. יש להניח שמציאת פתרון חניה לקטנועים תמנע את הצורך ברוב הנסיעות של רוכבי קטנוע על המדרכה. למניעת שימוש במעברי החציה ע"י הקטנועים נדרשת אכיפה של חוקי התנועה.

ב. המלצות

על סמך ממצאי המחקר מתבקשות המלצות כלהלן:

1. למען שילובם של אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני ושיפור בטיחותם של כלל משתמשי הרחובות, מומלץ להגביר יישום של הסדרי תשתית נפרדים לתנועת הולכי הרגל ולתנועת רוכבי האופניים, בעיר. יצירת הפרדה טובה יותר בין המדרכות, שבילי האופניים ונתיבי הנסיעה, בהתאם להנחיות (2009), תביא לשילוב אמצעי התחבורה החלופיים במרחב העירוני, בצורה בטוחה יותר.

2. בעדכון ההנחיות לתכנון רחובות בערים מומלץ לקבוע שיקולים כדי להיערך לשילוב של סוגי הרכב החלופיים. בתכנון רחובות חדשים מומלץ לשים דגש על הרחבת מדרכות והסדרת נתיבים ושבילים לרכיבה. כמו כן, יש מקום לפיתוח חתך מועדף חדש לרחוב המאספ שיאפשר שילוב בטיחותי של סוגי הרכב החלופיים.

3. בעדכון ההנחיות, מומלץ להוסיף פתרונות להסדרים לאופניים בצמתים. בהקשר זה מומלץ להסתמך על הניסיון הבינלאומי ולקדם פתרונות בטיחותיים למעבר רוכבי האופניים בכל סוגי הצמתים: המרומזרים, הלא-מרומזרים ומעגלי תנועה.

4. בהתייחס לרחובות קיימים, בין הפתרונות המועדפים לשילוב בטיחותי של אמצעי התחבורה החלופיים מומלץ לקדם: הרחבת מדרכות והוספת שבילים לרכיבה, על חשבון צמצום השטח המיועד לרכב מנועי, באמצעות הצרת מיסעה, צמצום מספר נתיבי הנסיעה וכד'. כמו כן, מומלץ לקדם יישום של אמצעי מיתון תנועה ברחובות המקומיים והמאספים למען שיפור רמת הבטיחות של כל משתמשי הרחוב.

5. במקביל להסדרת התשתיות מומלץ להגביר אכיפה של תקנות התעבורה לגבי ייעודי השימוש בסוגי תשתית שונים: המדרכה לקלנועית ולרכינע, שבילי אופניים לאופניים חשמליים תקינים ולגלגיוע, וכביש לקטנועים ולכלי הרכב. כמו כן, מומלץ לפתח תכניות הסברה וחינוך בנושא לציבור משתמשי הדרך.

6. מומלץ להגביר אכיפה של חבישת קסדות על-ידי רוכבי האופניים החשמליים עד גיל 18 ורוכבי הקורקינט החשמלי. כמו כן, מומלץ להכין תכניות הסברה וחינוך לציבור המשתמשים באמצעים.

מראי מקום

פרסומים בעברית:

גיטלמן ו., כרמל ר., פיסחוב פ., בכור ש. (2014) בדיקת היתכנות של שימוש בסוגי רכב חלופיים (קלנועיות) לצורכי בטיחות וניידות של אוכלוסיית הקשישים בישראל. דו"ח מחקר S/58/2014, מרכז רן נאור לחקר הבטיחות בדרכים, הטכניון.

הרוש י. (2012). קטנועים משתוללים על המדרכה, והתושבים בלחץ. פורסם ב- 11/12/2012, mynet המקומי שלי. אתר אינטרנט: <http://www.mynet.co.il/articles/0,7340,L-4317832,00.html>

הנחיות (2009). הנחיות לתכנון רחובות בערים. משרד התחבורה והבטיחות בדרכים ומשרד השיכון.

טל ר., וביד ע. (2011). סקר מדגמי בנושא מפגעים וחסמים במרחב הציבורי בעיר - 2011. תחבורה היום ומחר והחברה להגנת הטבע. אתר אינטרנט: <http://transportation.org.il/he/node/1004>

כספי ר. (2012). כל הדברים שתרצו לדעת על קלנועית. מאמר מיום 6/2/2012. אתר אינטרנט: www.articles.co.il

כספי א. (2016). רוכבי האופניים החשמליים בתל אביב-יפו: מאפייני הרוכבים והתנהגות הנסיעה במרחב העירוני. חיבור על מחקר לשם מילוי חלקי של הדרישות לקבלת תואר מגיסטר בתכנון ערים ואזורים, הטכניון.

ליאל ד. (2014). בלי תאוריה או רישיון. צעירים דוהרים על אופניים חשמליים. פורסם ב- 30/9/2014, חדשות 2. אתר אינטרנט: <http://www.sustainability.org.il/home/bike-news/electric-bicycles-off-the-sidewalk-0914>

למ"ס (2015). תאונות דרכים עם נפגעים 2014. חלק א': סיכומים כלליים. פרסום 1611, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, ירושלים.

למ"ס (2016). כלי-רכב מנועיים 2015. פרסום 1641, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, ירושלים.

למ"ס (2016). תאונות דרכים עם נפגעים 2015. חלק א': סיכומים כלליים. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, ירושלים.

מורגנשטרן ד. (2016). אופניים חשמליים: אסון תחבורתי או פתרון אורבני? פורסם ב- 13/3/2016, סטטוס – כתב עת לחשיבה ניהולית ואסטרטגית. אתר אינטרנט: Status.co.il

מכון גרטנר (2014). היפגעות מאופניים וקורקינט חשמליים. אתר אינטרנט:

http://www.gertnerinst.org.il/health_policy/trauma/trauma_research/706.htm

מכון גרטנר (2015). נייר עמדה של המרכז הלאומי לחקר טראומה ורפואה דחופה בנושא היפגעות מאופניים וקורקינטים חשמליים. עלייה חדה בפצועים שאושפזו עקב היפגעות מאופניים וקורקינט חשמליים. אתר אינטרנט:

http://www.gertnerinst.org.il/health_policy/trauma/trauma_publications/trauma_publications_reports/

סולומון ד. (2015). אופנועים משתוללים במרכז הכרמל שבחיפה. פורסם ב- 9/3/2015, mynet המקומי שלי. אתר אינטרנט: <http://www.mynet.co.il/articles/0,7340,L-4634426,00.html>

סימנס א. (2013). קלנועית לגיל הזהב- מה חשוב? קבלו את המיטב! מאמר מיום 30/4/2013. אתר אינטרנט: www.articles.co.il

עיריית תל-אביב-יפו (2014). פרוטוקול ועדת תחבורה, בינוי ותשתיות - בנושא בטיחות הולכי הרגל – 14.12.2014. אתר אינטרנט: <http://meitallehavi.com/wp-content/uploads/2015/05/14.12.pdf>

פלך מ. (2012). הדור הבא של התחבורה. מאמר מיום 5.6.12. אתר אינטרנט: www.articles.co.il

צו יבוא חופשי (2011). אופניים חשמליים וקורקינטים חשמליים. אתר אינטרנט:

<http://www.sustainability.org.il/home/bike-news/regulation-electric-bicycles-Israel-2011>

קין ל., עיאש ל. (2014). מי אוכף את התקנות החדשות לאופניים החשמליים? פורסם ב- 30/9/2014, חדשות 10. אתר אינטרנט: <http://www.sustainability.org.il/home/bike-news/electric-bicycles-off-the-sidewalk-0914>

אתרי אינטרנט בעברית:

אפיקים רכב חשמלי (2016). אתר האינטרנט של החברה. www.kalnoit.com

גלינוע נוסח התקנות (2016). אתר האינטרנט: knesset.gov.il/committees/heb/material/data/kalkala2016-03-09.docx

קלנועית. אתר אינטרנט: www.he.wikipedia.org/wiki

משרד התחבורה (2017). רישוי ופיקוח, רכב, דרישות חובה לאופנועים: רכב דו/תלת/ארבע גלגלי המיוצרים על פי התקינה של מדינות האיחוד האירופי. אתר אינטרנט:

http://he.mot.gov.il/index.php?option=com_content&view=article&id=3464:ww-ofanoa-2017&catid=102:rechev-drishot-tkanim-c&Itemid=157

תקנות התעבורה (2016). אתר האינטרנט: https://www.nevo.co.il/law_html/Law01/p230_011

פרסומים באנגלית:

Astegiano, P., Tampere, C.M.J., Beckx, C. (2015). A preliminary analysis over the factors related with the possession of an electric bike. *Transportation Research Procedia*, 10, 393-402.

Barton, C., Holmes, J., Jacobs C. (2014). Mobility scooters: a market study, Research Institute for Consumer Affairs (Rica).

Blais D., Rutenberg U., Suen L. (2012). Mobility scooters for an ageing society. 13th International Conference on 'Mobility and Transport for Elderly and Disabled Persons' TRANSED 2012, New Delhi, India.

Brandt A., Iwarsson S. & Stahle A. (2004). Older people's use of powered wheelchairs for activity and participation. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 36, 70-77.

Broach, J., Gliebe, J., & Dill, J. (2011). Bicycle route choice model developed using revealed preference GPS data. *Proceedings of the Transportation Research Board 90th Annual Meeting, Compendium of Papers*.

Burrow, A. (2013). EU Regulation on the Approval of L-Category Vehicles. *International Vehicle Standards*.

Cassell, E. and Clapperton, A. (2006). Consumer product-related injury (2): injury related to the use of motorised mobility scooters. *Hazard*, 62, 1-12.

Castonguay, S. and Binwa, P. (2006). Pilot project for evaluating the segway HT motorized personal transportation device in real conditions. *Centre for Electric Vehicle Experimentation in Quebec (CEVEQ)*.

Cherry, C. and Cervero, R. (2007). Use characteristics and mode choice behavior of electric bike users in China. *Transport Policy*, 14 (3), 247-257.

Cherry, C. R., & He, M. (2009). Alternative methods of measuring operating speed of electric and traditional bikes in China-implications for travel demand models. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*.

Cherry, C.R., Yang, H., Jones, L.R., He, M. (2016). Dynamics of electric bike ownership and use in Kunming, China. *Transport Policy*, 45, 127-135.

Cocron, P. and Krems, J.F. (2013). Driver perceptions of the safety implications of quiet electric vehicle. *Accident Analysis and Prevention*, 58, 122-131.

Cohen, J. et al. (2013). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences*. Routledge.

Commonwealth of Australia (2010). Help cut mobility scooter accidents. Australian Competition and Consumer Commission. www.accc.gov.au

Darmochwal, A. and Topp, H.H. (2006). Segway im öffentlichen Verkehrsraum. Im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen BAST. Technische Universität Kaiserslautern

Dill, J. (2009). Bicycling for transportation and health: the role of infrastructure. *Journal of Public Health Policy*, S95-S110.

Dozza, M., Mackenzie, M., Werneke, J. (2013). e-BikeSAFE: A naturalistic cycling study to understand how electrical bicycles change cycling behaviour and influence safety. In International cycling safety conference. 20–21 November 2013, Helmond, Netherland.

- Dozza, M., and Werneke, J. (2014). Introducing naturalistic cycling data: What factors influence bicyclists' safety in the real world? *Transportation Research Part F*, 24, 83–91.
- Dozza, M., Piccinini, G.F.B., Werneke, J. (2015). Using naturalistic data to assess e-cyclist behavior. *Transportation Research Part F*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2015.04.003>.
- Du W., Yang J., Powis B., Zheng X., Ozanne-Smith J., Bilston L., Wu M. (2013). Understanding on-road practices of electric bike riders: An observational study in a developed city of China. *Accident Analysis and Prevention*, 59, 319-326.
- Dufour, D. (2010). PRESTO Cycling Policy Guide: cycling infrastructure. Intelligent Energy Europe.
- Edwards K. and McCluskey A. (2010). A survey of adult power wheelchair and scooter users. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 5(6), 411-419.
- El-Geneidy, A. M., Krizek, K. J., & Iacono, M. (2007). Predicting bicycle travel speeds along different facilities using GPS data: a proof of concept model. *Proceedings of the 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Compendium of Papers*.
- Engelmoer, W. (2012). The E-bike: opportunities for Commuter Traffic. The potential of using electric bicycles and scooters in commuting traffic in relation to the accessibility and quality of the local environment of a compact Dutch city. Master Thesis Energy and Environment Sciences. University of Groningen.
- Fishman, E. and Cherry, C. (2016). E-bikes in the mainstream: reviewing a decade of research. *Transport Reviews*, 36:1, 72-91.
- Fyhri, A. and Fearnley, N. (2015). Effects of e-bikes on bicycle use and mode share. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 36, 45-52.
- Gitelman, V., Pesahov, F., Carmel, R., Chen, S. (2016). The use of mobility scooters by the elderly - a feasibility study in Israel. *Transportation Research Procedia*, 14, 2324-2333.
- Griffin, R., Parks, C.T., Rue, L.W. 3rd, McGwin, G. (2008). Comparison of severe injuries between powered and non-powered scooters among children aged 2 to 12 in the United States, *Ambulatory Pediatrics*, 8(6), 379-382.
- Hakamies-Blomqvist L. (2003). Ageing Europe: the challenges and opportunities for transport safety. European Transport Safety Council.
- Halldórsdóttir, K., Rieser-Schussler, N., Axhausen, K. W., Nielsen, O. A., & Prato, C. G. (2014). Efficiency of choice set generation methods for bicycle routes. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 14(4), 332-348.
- Hanna, R. (2009). Incidence of pedestrians and bicyclist crashes by hybrid electric passenger vehicles: National Center for Statistical Analysis Technical Report. DOT HS811 204. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC.
- Hood, J., Sall, E., & Charlton, B. (2011). A GPS-based bicycle route choice model for San Francisco, California. *Transportation Letters*, 3(1), 63-75.
- Hu, F., LV, D., Zhu, J., Fang, J. (2014). Related risk factors for injury severity of e-bike and bicycle crashes in Hefei. *Traffic Injury Prevention*, 15:3, 319-323.
- Hurst, D. and Gartner, J. (2013) Electric bicycles global market opportunities, barriers, technology issues, and demand forecasts for e-Bicycles, pedal-assist bicycles and e-bicycle batteries and motors. Navigant Consulting, Inc. <http://www.navigantresearch.com>
- Jancey, J., Cooper, L., Howat, P., Meuleners, L., Sleet, D., Baldwin, G. (2013). Pedestrian and motorized mobility scooter safety of older people. *Traffic Injury Prevention*, 14:6, 647-653.
- Johnson, M. and Rose, G. (2013). Electric bikes-cycling in the New World City: an investigation of Australian electric bicycle owners and the decision making process for purchase. *Proceedings of*

Australasian Transport Research Forum 2013, 2-4 October 2013, Brisbane, Australia.
<http://www.patrec.org/atrf.aspx>

Karmarkar, A. M., Dicianno, B. E., Cooper, R., Collins, D. M., Matthews, A. K., Koontz, A., Teodorski, E. E. and Cooper, R. A. (2011). Demographic profile of older adults using wheeled mobility devices. SAGE - Hindawi Access to Research. Journal of Aging Research, Article ID 560358. Doi:10.4061/2011/560358.

Kitching, F.A. Ozanne-Smith, J., Gibson, K., Clapperton, A., Cassell, E. (2015). Deaths of older Australian related to their use of motorized mobility scooters. International Journal of Injury Control and Safety Promotion. <http://dx.doi.org/10.1080/17457300.2015.1047857>

Labeye, E., Hugot, M., Brusque, C., Regan, M.A. (2016). The electric vehicle: A new driving experience involving specific skills and rules. Transportation Research Part F, 37, 27-40.

Landis, B.W., Petritsch, T.A., Huang, H.F., Do, A.H. (2004). Characteristics of Emerging Road and Trail Users and Their Safety. Transportation Research Record 1878, 131-139.

Langford, B.C., Chen, J., Cherry, C.R. (2015). Risky riding: Naturalistic methods comparing safety behavior from conventional bicycle riders and electric bike riders. Accident Analysis and Prevention, 82, 220-226.

Lavallee, P. (2004). Pilot Project for Evaluating Motorized Personal Transportation Devices: Segways and Electric Scooters. Centre for Electric Vehicle Experimentation in Quebec (CEVEQ).

Levin, L., Ulleberg, P., Siren, A. and Hjorthol, R. (2012). Measures to enhance mobility among older people in Scandinavia. Raport VTI 749A, Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI).

Litman, T. and Blair, R. (2010). Managing personal mobility devices (PMDs) on non-motorized facilities. Victoria Transport Policy Institute.

Liu, R.R. and Parthasarathy, R. (2003). Urban Street: Is There Room for Segway Human Transporter (HT)? Paper presented at the Second Urban Street Symposium, July 2003, Anaheim, California.

MacArthur, J., Dill, J., Person, M. (2014). E-Bikes in the North America: Results from an online survey. 93rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

Marcy, N. and Rutherford, G. (2005). Powered Scooter Special Study 7/1/03-6/30/04. Consumer Product Safety Commission, USA.

Mats, R., Edwards, S., Grebert, J., Leal, A.G., Santiago dos Santos, A., Palacin, R. (2015). D4.1 Best Practice in Clean Vehicle Deployment. VIAJEO PLUS - International Coordination for Implementation of Innovative and Efficient Urban Mobility Solutions.

Menghini, G., Carrasco, N., Shussler, N., & Axhausen, K. (2009). Route choice of cyclists in Zurich: GPS-based discrete choice models. Institute for Transport Planning and Systems.

Methorst, R., Schepers, J.P., Vermeulen, W. (2011). Snorfiets op het fietspad. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart DVS, Delft.

Miller, S., Kennedy, J., Molino, J., Emo, A., Rousseau, G., Tan, C., Do, A. (2010). Operating Characteristics of the Segway Human Transporter. Publication FHWA-HRT-10-025. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration

Morris, J., Pattinson, W., Fell, E. and Slattery, M. (2006). Aging, toward a transport policy response. Institute of Transport Studies, Monash University, Social Research in Transport (SORT) Clearinghouse.

Musselwhite, C. (2011). Successfully giving up driving for older people. The International Longevity Centre - UK (ILC-UK); Centre for Transport and Society at the University of the West of England, Bristol.

NRMA (2012). Mobility scooter usage and safety survey report. A collaborative project involving the Australian Competition and Consumer Commission, NRMA Motoring & Services, CHOICE, EnableNSW and Flinders University.

Nuyts, E., & Van Hout, K. (2007). Bicycle or car? The potential for cycling in Flanders. Regional University College of Limburg.

- OECD (2001). Ageing and Transport, Mobility needs and safety issues. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- Papoutsis, S., Martinolli, L., Braun, C.B., Exadaktylos, A.K. (2014). E-Bike Injuries: experience from an urban emergency department – a retrospective study from Switzerland. Hindawi Publishing Corporation, Emergency Medicine International, Article ID 850236. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/850236>.
- Peng, G. (2004). Testing normality of data using SAS. Paper PO04, Proceedings of PharmaSUG. pdfs.semanticscholar.org
- Petzoldt, T., Schleinitz, K., Heilmann, S., Gehlert, T. (2016). Traffic conflicts and their factors when riding conventional vs. electric bicycles. Transportation Research Part F (2016). <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2016.06.010>.
- Plaut, P. O. (2005). Non-motorized commuting in the US. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 10(5), 347-356.
- Popovich, N., Gordon, E., Shao, Z., Xing, Y., Wang, Y., Handy, S. (2014). Experiences of electric bicycle users in the Sacramento, California area. Travel Behaviour and Society, 1, 37-44.
- Roider, D., Busch, C., Spitaler, R., Hertz, H. (2016). Segway related injuries in Vienna: report from the Lorenz Bohler Trauma Centre. European Journal Trauma Emergency Surgery, 42, 203-205. DOI: 10.1007/s00068-015-0532-x.
- Rose, G. (2012). E-bikes and urban transportation: emerging issues and unresolved questions. Transportation, 39, 81-96. DOI 10.1007/s11116-011-9328-y.
- Sandberg, U., Goubert, L., Mioduszewski, P. (2010). Are vehicles driven in electric mode so quiet that they need acoustic warning signals? Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010, 23-27 August 2010, Sydney, Australia.
- Scaramuzza, G., Uhr, A., Neimann, S. (2015). E-Bikes im Strassenverkehr – Sicherheitsanalyse. Bfu-report nr. 72, chapter 4 (in English), bfu-Beratungsstelle fur Unfallverhutung.
- Schaefer, P.K., Schmidt, k., Knese, D. (2014). Acceptance of electric vehicles and new mobility behavior: the example of Rhine-Main region. In: Hulsmann, M. and Fornahl, D. (eds.). Evolutionary Paths Towards the Mobility Patterns of the Future, Lecture Notes in Mobility. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI:10.1007/978-3-642-37558-3_19.
- Schepers, J. P., Fishman, E., den Hertog, P., Klein Wolt, K., Schwab, A. L. (2014), The safety of electrically assisted bicycles compared to classic bicycles. Accident Analysis and Prevention, 73, 174-180.
- Schhoon, C.C., Houtenbos, M., Mesken, J., Kars, V. (2007). Road safety consequences of allowing the Segway on public roads (in Dutch). SWOV.
- Schleinitz, K., Petzoldt, T., Franke-Bartholdt, L., Krems, J., Gehlert, T. (2016). The German Naturalistic Cycling Study – Comparing cycling speed of riders of different e-bikes and conventional bicycles. Safety Science. dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.07.027
- Shankar, V. (2011). Microcars, mega promises - Overview of European microcar market. Frost & Sullivan. <http://www.slideshare.net/FrostandSullivan/microcars-mega-promises-overview-of-european-microcar-market>.
- SMMT (2015). New car registrations grow steadily as ultra-low emission vehicles surge past 10k mark. Posted at 4 June 2015. <http://www.smm.co.uk/2015/06/new-car-registrations-grow-steadily-as-ultra-low-emission-vehicles-surge-past-10k-mark/>. Accessed on: 18 July 2016.
- Steyn, P. V. and Chan, S. (2008). Mobility scooter research project. University of the Fraser Valley, Center for Education & Research on Aging, Canada.
- Suen, S. I. and Sen, L. (2004). Mobility options for seniors. In: Transportation in an Aging Society: A Decade of Experience. Transportation Research Board, Washington, DC.

SWOV (2014). Moped and light-moped riders. SWOV Factsheet. Institute for Road Safety Research, The Hague.

SWOV (2016). Pedelecs and speed pedelecs. SWOV Factsheet. Institute for Road Safety Research, The Hague.

Thoreau, R. (2015). The impact of mobility scooters on their users. Does their usage help or hinder? A state of the art review. *Journal of Transport & Health*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jth.2015.03.005>

Wayfo, K. (2012) Walking and bicycling in the United States. *TR News* 280.

Weber, T., Scaramuzza, G., Schmitt, K.U. (2014). Evaluation of e-bike accidents in Switzerland. *Accident Analysis and Prevention*, 73, 47-52.

Whelan, M., Langford, J., Oxley, J., Koppel, S. and Charlton, J. (2006). The elderly and mobility: A review of the literature. Monash University Accident Research Centre, Report No 255.

Wu, C., Yao, L. and Zhang, K. (2012). The red-light running behaviour of electric bike riders and cyclists at urban intersections in China: an observational study. *Accident Analysis and Prevention*, 49, 186-192.

Xu, J., Shang, S., Yu, G., Qi, H., Wang, Y., Xu, S. (2016). Are electric self-balancing scooters safe in vehicle crash accidents? *Accident Analysis and Prevention*, 87, 102-116.

Xu, J., Shang, S., Qi, H., Yu, G., Wang, Y., Chen, P. (2016). Simulative investigation on head injuries of electric self-balancing scooter riders subject to ground impact. *Accident Analysis and Prevention*, 89, 128-141.

Yang, X., Huan, M., Abdel-Aty, M., Peng, Y., Gao, Z. (2015). A hazard-based duration model for analyzing crossing behavior of cyclists and electric bike riders at signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 74, 33-41.

Yao, L. and Wu, C. (2012). Traffic safety for electric bike riders in China. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2314(1), 49-56.

Yi-Ching, L. and Wen-Hsien, H. (2013). The study of EV data collection and analysis based on Taiwan i-EV pilot project. EVS27 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium. Barcelona, Spain, November 17-20, 2013.

[אתרי אינטרנט באנגלית:](#)

Regulation (EU) No 168/2013 of the European Parliament and of the Council of 15 January 2013.

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:060:0052:0128:EN>:

<http://qbcycle.co.il/product> (accessed July 2016)

<http://oldgov.gov.il/firstgov/TopNav/Situations/SPopulationsGuides/SPSafeDriving/SPTwoWheeledVehicle/SPTMotorcycle/> (accessed July 2016)

Segway. Internet site: <http://www.segway.com/support/regulatory-information> (accessed June 16)

www.gov.uk/ (accessed June 2016)

www.transport.wa.gov.au/ (accessed June 2016)

נספח א'. סקר ספרות בינלאומית

א.1. אופניים חשמליים

א.1.1. הגדרה ותקנות

אופניים חשמליים הם אופניים בעלי שני גלגלים המורכבים זה אחר זה ומותקן בהם מנוע עזר חשמלי (צו יבוא חופשי לפרט 871190302, 2011). האופניים החשמליים בנויים משלוש קבוצות רכיבים שהן: חלקי האופניים, המנוע והמצבר. השילובים של חלקים אלו מופיעים בתצורות רבות ושונות. קיימים דגמים בהם המנוע מופעל באמצעות כפתור או מצערת והכוח מסופק מבלי להפעיל את הדוושות (powered bicycle) וכן, דגמים בהם הכוח מסופק רק כאשר הרוכב מדווש (power assisted bicycle) (Rose, 2012).

האופניים החשמליים, כפי שאנו מכירים אותם היום, התפתחו ביפן במהלך שנות ה-80 במטרה להקל על אנשים מבוגרים את השימוש באופניים (MacArthur et al., 2014). הרכיבה על אופניים רגילים תלויה ביכולת הפיזית של הרוכב לרכב ובנכונותו לספק את האנרגיה הדרושה כדי להגיע ליעדו. הסיוע החשמלי לרוכב בהנעת האופניים יכול להרחיב את התפקיד של האופניים בתחבורה העירונית (Rose, 2012).

קיים טווח רחב של דגמי אופניים חשמליים, החל מסגנון הדומה יותר לאופניים רגילים ועד לסגנון הדומה יותר לקטנועים, כפי שמוצג באיור א.1. באירופה וצפון אמריקה, הסגנון השכיח של אופניים חשמליים הוא מסוג "a", בסין נפוצים כל הסגנונות המתוארים באיור א.1.

בהולנד, את כלי הרכב הדו-גלגליים המונעים באמצעות מנוע חשמלי המוזן ממצבר, מחלקים למספר סוגים והם (SWOV, 2016): (1) *pedelec* (pedal electric cycle) הנקרא גם *regular pedelec* - אופניים בעלי דוושות ("פדלים"), בהם המנוע מסייע לרוכב עד המהירות של 25 קמ"ש והספק המנוע מוגבל ל-1,000 ווט; (2) *speed pedelec* - אופניים בעלי דוושות ("פדלים"), בהם המנוע מסייע לרוכב עד המהירות של 45 קמ"ש; (3) *electric bicycles* - כלי רכב דו-גלגליים, שנעים ללא צורך בהפעלת דוושות. בתקינה האירופאית הם נקראים " *light moped*" אם מהירותם המירבית היא 25 קמ"ש; אם מהירותם המירבית היא בין 25 לבין 45 קמ"ש הם נקראים " *moped*". יצוין כי, במחקר הנוכחי, המונח של "אופניים חשמליים" (או "אופניים חשמליים תיקניים") מתייחס לסוג *pedelec* לפי ההגדרה של SWOV (2016).

איור א.2 מציג את הסוג הנפוץ של אופניים חשמליים בישראל המתאפיין בגלגלים קטנים יחסית, בגודל 20 אינץ'. על איור א.2 מסומנים שני החלקים העיקריים המאפשרים להבדיל ויזואלית בין אופניים חשמליים ואופניים רגילים: המצבר והמנוע. איור א.3 מציג סוגים נוספים של אופניים חשמליים שניתן לפגוש בערים בישראל.



איור א.1. מגוון סגנונות של אופניים חשמליים בעולם (מקור: Fishman and Cherry, 2016).



איור א.2. אופניים חשמליים מהסוג הנפוץ בישראל (מקור: <http://qbicycle.co.il/product>).



איור א.3. סוגים נוספים של אופניים חשמליים שנפוצים בערים בישראל.

בישראל, על-פי תקנות התעבורה (2016), האופניים מוגדרים כאופניים חשמליים תקינים כאשר יש בהם מנוע חשמלי ומתקיימים בהם התנאים הבאים:

1. ההספק המרבי של המנוע אינו עולה על 250 וואט;
2. המנוע החשמלי מופעל באמצעות דוושות האופניים;
3. כוח המנוע יורד עם העלייה במהירות האופניים ומפסיק את פעולתו כאשר מהירות האופניים עולה על 25 קמ"ש;
4. מותקן בהם: (א) צופר או פעמון, (ב) פנס קדמי בעל תאורה לבנה, (ג) פנס אחורי בעל תאורה אדומה, (ד) מחזיר אור צהוב על דוושות האופניים, (ה) מחזיר אור מאחור.

דרישות התקן: אם האופניים נרכשו לפני ה-1 ביולי, 2014, הם צריכים לעמוד בדרישות התקן האירופאי EN15194 ומשקלם הכולל אינו עולה על 30 ק"ג. בנוסף, לא מורכבת בהם מצערת המאפשרת שליטה רציפה בהספק המנוע באמצעות היד.

אם הם נרכשו ב-1 ביולי, 2014, או לאחר מכן, הם צריכים לעמוד בדרישות תקן ישראלי ת"י 15194 "אופניים עם מנוע עזר חשמלי - דרישות בטיחות ושיטות בדיקה". מורכבת בהם מצערת המאפשרת שליטה רציפה בהספק המנוע באמצעות היד, המפסיקה את פעולתה במהירות העולה על 6 קמ"ש.

למי מותר לנסוע: על-פי תקנת תעבורה 39 ט"ז, "לא ינהג אדם באופניים שבהם מותקן מנוע עזר או יחזיק בהם בבעלותו, אלא אם כן מלאו לו שש עשרה שנים או יותר".

תקנה זו נכנסה לתוקף לאחרונה בתאריך 18.5.2016. לפני כן, מותר היה לאדם שמלאו לו 14 שנים לרכב על אופניים שמותקן בהם מנוע עזר בשבילי אופניים בלבד, ולאדם שמלאו לו 16 - גם על כבישים.

דרישה לרישיון רכב ולרישיון נהיגה: על-פי תקנות התעבורה, אין צורך ברישיון נהיגה או ברישיון רכב כדי לרכב על אופניים חשמליים.

היכן מותר לנסוע: ההיתרים והאיסורים זהים לאלה של אופניים רגילים. קיים איסור נסיעה על מדרכות או על חלק מהדרך המיועד להולכי-רגל בלבד. מותר להולך רגל להסיע אופניים על המדרכה אם אין בכך הפרעה להולכי רגל (תקנת תעבורה 129א').

קיים איסור נסיעה על מעבר חצייה להולכי רגל אלא במעבר חצייה לרכבי אופניים המסומן בתמרור 812. אולם מותר להולך רגל להסיע אופניים במעבר חציה לצורך חציית כביש (תקנת תעבורה 129ז').

בנוסף, כאשר הוקצה בדרך שביל מיוחד לאופניים וסומן בתמרור מתאים, לא ירכב רוכב אופניים בכל חלק אחר של הדרך, אלא באותו שביל (תקנת תעבורה 129ב').

שימוש בקסדה: על-פי פקודת תעבורה 65 ג (א), "לא ירכב אדם על אופניים, ולא ירכיב אדם אחר, אלא אם כן הם חובשים קסדת מגן העומדת בדרישות שקבע שר התחבורה והבטיחות בדרכים, הקשורה ברצועה שתמנע את נפילתה בשעת הנסיעה, ואולם חובת חבישת קסדת מגן כאמור לא תחול על בגיר בדרך עירונית כהגדרתה לפי פקודה זו אלא בעת פעילות ספורטיבית בעיקרה". המשמעות היא שבאזור עירוני חלה חובת חבישת קסדה על רוכבי אופניים עד גיל 18.

הרכבת אדם נוסף על האופניים: על-פי תקנת תעבורה 124, מותר להרכיב אדם נוסף על האופניים רק אם הם בנויים לכך כלומר, יש להם יותר ממושב אחד. בנוסף, מותר להרכיב ילד שטרם מלאו לו 8 שנים על אופניים המצוידים במושב נפרד המבטיח את שלום הילד המורכב עליהם. מי שטרם מלאו לו 14 שנה, לא ירכיב אדם אחר על אופניים.

בעולם, התקנות בנושא אופניים חשמליים לרוב נוגעות בהגבלות ההספק המרבי של המנוע והמהירות המרבית שהאופניים יכולים להגיע אליה באמצעות המנוע (Rose, 2012). טבלה א.1 מציגה השוואה בין תקנות של מספר מדינות. ניתן לראות את השוני בין המדינות, כאשר, למשל, ביחס להגבלת ההספק המרבי של המנוע, ארה"ב היא המתירנית ביותר ואוסטרליה המחמירה ביותר; בסין, אין הגבלה כזו כלל אך המהירות המרבית מוגבלת ל-20 קמ"ש.

כדי להכיר באופניים החשמליים כ-"אופניים", באיחוד האירופי מוגדרים תנאים אלה: הספק המנוע מוגבל ל-250 וואט, מהירות הנסיעה - עד 25 קמ"ש וחובת הדיווש. אופניים העומדים בדרישות אלה אינם דורשים רישוי, ביטוח ורישיון רכב והם יכולים לנוע בשבילי האופניים ובכבישים, בדומה לאופניים הרגילים. לעומת זאת, כלי-רכב החורגים מהדרישות הללו, ישתייכו לקטגוריה של קטנועים/אופנועים, עם חובת רישוי וביטוח, בהתאם.

טבלה א.1. תקנות בנושא האופניים החשמליים במדינות השונות (מקור: Rose, 2012).

Country	Power limit	E-PB allowed?	E-PAB allowed?	Max. speed under power assistance	Other conditions and comments
USA	750 W	Yes	Yes	32 kph	Operable pedals required
Canada	500 W	Yes	Yes	32 kph	Power assistance only above 3 kph
EU	250 W	No	Yes	25 kph	Power assistance only when pedaling
Japan	250 W	No	Yes	24 kph	Max assistance at 15 kph declining to zero above 24 kph
China	-	Yes	Yes	20 kph	Little evidence of enforcement
Australia	200 W	Yes	Yes	Not specified	Operable pedals required. Power (electric or IC) must be auxiliary, not the main source of power

הערות לטבלה א.1: E-PB - הכוח של המנוע מסופק באמצעות כפתור, ללא הצורך להפעיל את הדוושות. E-PAB - הכוח מסופק רק כאשר הרכב מדווש.

בבריטניה, דרישות החוק בכל הנושאים הקשורים לרכיבה על האופניים החשמליים דומות לדרישות בישראל, להוציא את הגיל המינימלי המותר לרכיבה (14 שנים, בבריטניה). בדומה לישראל, לאופניים צריכות להיות דושות, המנוע מסייע לנסיעה עד למהירות 25 קמ"ש בלבד וההספק המרבי של המנוע הוא 250 וואט. בנוסף, אין צורך ברישיון רכב וברישיון נהיגה. מותר לרכב בכל מקום בו מותר לרכב על אופניים רגילים. בדומה לחוקים

בישראל, אסור לרוכבי האופניים לחצות ברכיבה מעברי חצייה המיועדים למשתמשי דרך אחרים (הולכי-רגל ורוכבי סוסים). מותר להם לחצות רק מעברי חצייה מרומזרים עם פנסים המיועדים לרוכבי האופניים וכאלה המשותפים להולכי-רגל ורוכבי האופניים (מקור: אתר ממשלת בריטניה¹⁸).

במדינת מערב אוסטרליה, לרוכב האופניים אסור לחצות דרכים ברכיבה במעברי חצייה המיועדים לילדים, הולכי רגל או מקומות מסומנים לחצייה רגלית. רוכב המבקש לחצות בנקודות אלה חייב לרדת מהאופניים ולחצות בהליכה. במעברי חצייה מרומזרים המשותפים להולכי רגל ולרוכבי האופניים, עם פנסי רמזור מיוחדים לרוכבי האופניים, מותר לרכב בחצייה בזמן האות הירוק (מקור: אתר ממשלת מערב אוסטרליה¹⁹).

א.1.2. המגמות בשימוש

לפי הערכות (Rose, 2012), המכירות העולמיות של האופניים החשמליים עמדו על 24 מיליון יחידות בשנת 2010, 90% מתוכם בסין ו-5% במקומות אחרים באסיה (הודו, יפן, טיוואן ודרום-מזרח אסיה). המכירות הגבוהות בסין משויכות לאיסור על קטנועים וקורקינטים הממונעים בבנזין. באירופה, מספרם של האופניים החשמליים עולה במהירות, כאשר גרמניה והולנד הן שתי המדינות המובילות בשוק, עם 44% ו-21% בהתאמה, מסך כל המכירות של האופניים החשמליים באירופה (Fishman and Cherry, 2016). במדינות אחרות, למשל באוסטריה, המכירות הכפילו את עצמן בשנת 2012 לעומת שנת 2010; בשוויץ, המכירות עלו ב-50% ובאיטליה וצרפת ב-20%, בשנים אלה (Dozza et al, 2013a).

המכירות העולמיות של האופניים החשמליים צפויות לעמוד על 47.6 מיליון יחידות עד שנת 2018 (MacArthur et al., 2014). בטבלה א.2 מוצגות הערכות של מכירות האופניים החשמליים בעולם בשנים 2011-2015, ובטבלה 1.3 - מכירות של האופניים החשמליים באיחוד האירופאי ובשווייץ בשנת 2012.

Hurst and Gartner (2013) מציגים תחזית לגידול בצי האופניים החשמליים בקבוצות של מדינות בעולם עד לשנת 2020 (איור א.4).

על-פי הכתבה של מורגנשטיין (2016), בשנת 2013 יובאו לישראל 32,851 זוגות אופניים חשמליים, בשנת 2014 נוספו 72,602 זוגות, ושנת 2015 נסגרה בתוספת של 100,000 זוגות. כלומר, סך-הכל נמכרו כ-200,000 זוגות בשלוש שנים.

על-פי נתוני היבוא של האופניים החשמליים שהתקבלו מרשות המיסים ועובדו על-ידי מת"ל, בסוף שנת 2015 היו בשימוש ברחבי הארץ כ-150,000 זוגות של אופניים חשמליים. הנתונים והערכת הפחת מופיעים בטבלה א.4.

טבלה א.2. הערכות עולמיות של מכירות האופניים החשמליים (מקור: Fishman and Cherry, 2016)

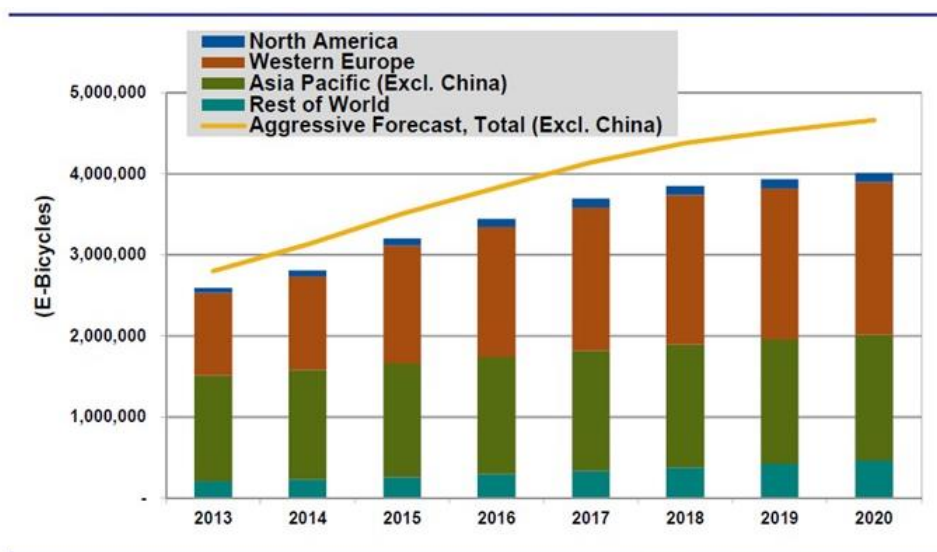
	2011	2012	2013	2014	2015
China	31 000 000	29 000 000	31 600 000	34 200 000	36 800 000
India	79 000	29 000	39 000	40 000	70 000
Japan	409 000	385 000	400 000	420 000	440 000
Europe	1 234 500	1 483 000	1 759 000	2 016 000	2 318 000
Taiwan	33 500	31 000	33 500	36 000	39 500
SE Asia	50 000	65 000	75 000	80 000	90 000
USA	80 000	100 000	200 000	250 000	300 000
Total	32 886 000	31 093 000	34 106 500	37 042 000	40 057 500

¹⁸ <https://www.gov.uk/>

¹⁹ <https://www.transport.wa.gov.au/>

טבלה א.3. מכירות האופניים החשמליים במדינות האיחוד האירופאי ובשווייץ, בשנת 2012 (מקור: Fishman and Cherry, 2016)

Country	E-bike sales	Country share (%)	Population ^a	E-bike sales per 1000 people	Total bike sales (all types)	E-bike percentage of total bike sales (%)
The Netherlands	175 000	21	16 779 575	10.4	1 035 000	16.9
Switzerland	50 000	–	8 039 060	6.2	330 313	15.1
Denmark	30 000	4	5 602 628	5.4	550 000	5.5
Austria	45 000	5	8 451 860	5.3	410 000	10.9
Germany	380 000	45	82 020 578	4.6	3 966 000	9.6
Belgium	25 000	3	11 161 642	2.2	450 000	5.6
Luxembourg	1000	0	537 039	1.9	10 000	10.0
Sweden	11 000	1	9 555 893	1.2	555 000	1.9
Czech Republic	10 000	1	10 516 125	1.0	350 000	2.9
Slovenia	2000	0	2 058 821	1.0	250 000	0.8
Finland	5000	1	5 426 674	0.9	330 000	1.5
Italy	46 000	5	59 685 227	0.8	1 606 000	2.9
France	46 000	5	65 633 194	0.7	2 835 000	1.6
Lithuania	2000	0	2 971 905	0.7	115 000	1.7
Spain	30 000	4	46 704 308	0.6	780 000	3.9
Great Britain	30 000	4	63 896 071	0.5	3 600 000	0.8
Ireland	2000	0	4 591 087	0.4	95 000	2.1
Slovakia	2000	0	5 410 836	0.4	300 000	0.7
Poland	5000	1	38 533 299	0.1	992 000	0.5
Greece	1000	0	11 062 508	0.1	320 000	0.3
EU 27	854 000	100	492 448 575	1.7	18 879 313	4.2



(Source: Navigant Research)

איור א.4. מכירות האופניים החשמליים בעולם לפי אזור ותחזית עד לשנת 2020 (מקור: Hurst and Gartner, 2013).

טבלה א.4. יבוא אופניים חשמליים לישראל ואומדן השימוש אחרי פחת²⁰

שנה	יבוא	גידול	סה"כ לפני פחת	פחת (אומדן)	אומדן על הכביש
2010	1,239		1,239	0%	1,239
2011	5,276	326%	6,515	5%	6,453
2012	9,634	83%	16,149	10%	15,498
2013	32,851	241%	49,000	15%	46,578
2014	72,602	121%	121,602	20%	111,802
2015	63,673	-12%	185,275	25%	154,875

על-פי אותם הנתונים, בשנת 2015 יבוא לישראל כ-8 זוגות אופניים חשמליים לכל 1,000 תושבים. להשוואה, על-פי SWOV (2016), בהולנד בשנת 2015, נמכרו כ-17 זוגות אופניים חשמליים לכל 1,000 תושבים.

בישראל, בשנים האחרונות, השימוש באופניים כאמצעי תחבורה נמצא בעליה. העיר המובילה בפיתוח תשתית שבילי האופניים ובשימוש באופניים על-ידי תושביה היא תל-אביב. מהשוואה בין ספירות האופניים שערכה עיריית תל-אביב ב-39 ההצמטים מרכזיים, נמצא כי בין השנים 2012 ו-2014, נצפה גידול של 26% בתנועת האופניים²¹. כמו כן, נמצא כי ב-12 הצמטים המרכזיים בהם נערכו ספירות בשנת 2014 ובשנת 2016, תוך שנתיים נצפה גידול של 50% בתנועת האופניים²². בשני המקרים תנועת האופניים כללה גם אופניים חשמליים וגם אופניים רגילים.

המחקרים מצביעים על כך שהשימוש באופניים החשמליים מעלה את התדירות ואת מרחקי הנסיעות. בסין, Cherry and Certero (2007), דיווחו על **מרחקים ארוכים יותר** של נסיעות המבוצעות עם אופניים חשמליים בהשוואה לאופניים רגילים. במחקר שנערך בנורווגיה (Fyhri and Fearnley, 2015), ניתנו אופניים חשמליים באופן אקראי ל-66 אנשים אשר השתמשו בהם לפרק זמן מוגבל. במחקר נמצא כי כמות הנסיעות על אופניים בקרב המשתתפים עלתה במוצע, מ-0.9 ל-1.4 ליום, המרחקים עלו מ-4.8 ק"מ ל-10.3 ק"מ והחלק היחסי של אופניים מתוך כלל אמצעי התחבורה עלה מ-28% ל-48%. המחקר כלל קבוצת ביקורת של 160 רוכבים על אופניים רגילים. בקרב קבוצה זו לא נצפתה עלייה בתדירות ומרחק הנסיעות.

בישראל, במחוזות תל-אביב והמרכז, בנובמבר 2015, נערך סקר הרגלי נסיעה של רוכבי האופניים בפילוח בין אופניים רגילים ואופניים חשמליים²³. באיור א.5 מוצג הקשר בין מרחק הנסיעה לבין אחוז השימוש בכל אמצעי תחבורה. ניכר כי אורך הנסיעה הממוצעת באופניים החשמליים גדול יותר מאורך הנסיעה באופניים הרגילים.

בסקר עמדות שנערך בארה"ב דווח כי האופניים החשמליים מאפשרים לרכב בתדירות גבוהה יותר מהאופניים הרגילים, למרחקים ארוכים יותר ולסחוב מטען גדול יותר. בנוסף, נמצא כי האופניים החשמליים משמשים אנשים שאינם רוכבים על אופניים רגילים עקב המוגבלויות הפיזיות או מרחק גדול מהיעד (MacArthur et al., 2014).

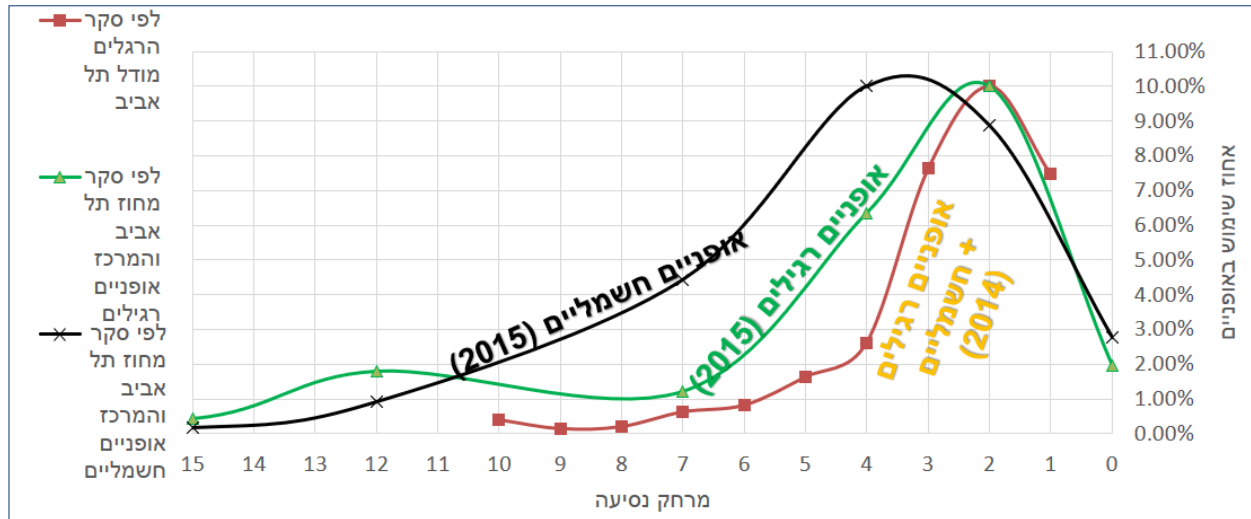
במחקר שנערך בהולנד ומטרתו היתה למצוא גורמים המשפיעים על השימוש והבעלות של אופניים חשמליים בקרב יוממים, נמצאו ששה גורמים (Engelmoer, 2012): (1) היכרות עם אדם שבבעלותו יש אופניים חשמליים - כאשר לחברים או קרובים יש אופניים חשמליים, קיימת סבירות גבוהה יותר שאדם ירכוש אופניים בעצמו; (2) גיל - ככל שאדם מבוגר יותר, הסבירות שירכוש אופניים חשמליים עולה; (3) מרחק הנסיעה - ככל שהמרחק גדול יותר, הסבירות לרכוש אופניים חשמליים עולה; (4) המצב הבריאותי - ככל שאדם בריא יותר, הסבירות כי ירכוש אופניים חשמליים קטנה יותר; (5) מגדר - נשים רכשות אופניים חשמליים יותר מגברים; (6) אורח חיים אקטיבי - אנשים המנהלים אורח חיים פחות אקטיבי הם בעלי סבירות נמוכה יותר לרכוש אופניים חשמליים.

²⁰ מקור הנתונים: רשות המיסים, יוני 2016. עיבודים ואומדן פחות - מת"ל.

²¹ מקור הנתונים: מת"ל, ספירות אופניים, עיריית תל-אביב (2014)

²² מקור הנתונים: מת"ל, ספירות אופניים, עיריית תל-אביב (2016)

²³ מקור הנתונים: מת"ל, מצגת אופנידן - מתודולוגיה לאמידת ביקושים.



איור 5. הקשר בין מרחק הנסיעה לבין אחוז השימוש באופניים הרגילים ובאופניים החשמליים.

מחקרים מארה"ב ואוסטרליה מראים שאחד המניעים העיקריים לרכישת האופניים החשמליים הוא **להחליף את הרכב הפרטי** (Johnson and Rose, 2013; MacArthur et al., 2014). לעומת זאת, במחקר שנערך בעיר גנט בבלגיה (Astegiano et al., 2015), נמצא שהאופניים החשמליים מחליפים בעיקר את האופניים הרגילים בניסעות לעבודה וללימודים וגם בשעות הפנאי.

בסין, נחקר שימוש באופניים החשמליים בעיר Kunming (Cherry et al., 2016). על-פי הערכה, במטרופולין זה נרכשו, בשנת 2012, יותר ממיליון זוגות של אופניים חשמליים. במחקר, נערך סקר שבחן דפוסי נסיעה של משתמשים באופניים החשמליים בשנים 2006, 2008, 2010 ו-2012. בחלק הראשון, הסקר כלל יומן נסיעות בו תיעדו רוכבים מידע לגבי: נקודת מוצא ויעד, מטרת הנסיעה, זמן הנסיעה ועוד, במטרה לזהות את המרחק שהמשתמשים נסעו. בחלק השני, נשאלו המשתתפים שאלות הקשורות במטרה לשמה נרכשו האופניים החשמליים, שאלות דמוגרפיות, שאלות שבחנו תפיסות ומניעים לשימוש באופניים החשמליים. סה"כ נאספו בסקר 2,216 שאלונים. במחקר נמצא כי רב הנסיעות בכל ארבע השנים שנבדקו (61%-68%) היו לעבודה ובחזרה. בנוסף, נמצא כי מרחקי הנסיעה גדלו עם השנים. בשנת 2006, המרחק הממוצע לנסיעה היה 7.5 ק"מ, והוא גדל ל-8.5 ק"מ בשנת 2008, ול-11.5 ק"מ ב-2010 ו-2012. בדומה לממצאים מארה"ב ואוסטרליה, אחת ממסקנות המחקר היתה שהאופניים החשמליים מחליפים את הנסיעות העירוניות במכונית.

בישראל, כספי (2016) ערך מחקר שהתבסס על השאלונים שמילאו יותר ממאה רוכבי אופניים חשמליים מבוגרים - מעל גיל 18, מתל-אביב. במחקר זה נמצא שחמישית מהנסיעות באופניים החשמליים מחליפות את הנסיעות ברכב ושליש מהנסיעות באופניים החשמליים מחליפות את הנסיעות בתחבורה הציבורית.

מספר מחקרים בחנו את **המאפיינים הדמוגרפיים של הרוכבים על האופניים החשמליים**.

בסין, Cherry and Cervero (2007) בחנו רוכבים על אופניים רגילים ואופניים חשמליים ומצאו כי המשתמשים באופניים החשמליים היו בעלי השכלה והכנסה גבוהות יותר באופן משמעותי מהמשתמשים באופניים הרגילים. מחקר נוסף בסין (Cherry et al., 2016) מצא שהגיל הממוצע של הרוכבים שהשתתפו בסקר היה 32 ושיעור הנשים והגברים במדגם היה דומה, עם מעט יותר גברים.

באוסטרליה, Johnson and Rose (2013), ערכו סקר אינטרנט בקרב 529 אנשים שבעלותם אופניים חשמליים. רב המשתתפים בסקר (71%) היו גברים, שיעור שנחשב לגבוה בהשוואה לשיעור היחסי של גברים בקרב רוכבי אופניים רגילים. קרוב ל-57% מהמשתתפים היו בגילאי 41-60 ו-20% היו מעל לגיל 60. למעלה משני שלישי מהמשתתפים בסקר עבדו במשרה מלאה. בדומה לממצאים מהסקר שנערך על-ידי Cherry and Cervero (2007) בסין, רמת ההשכלה וההכנסה של המשתתפים היתה גבוהה יחסית.

בשווייץ, לפי Scaramuzza et al. (2015), בשנת 2014 הגיל הממוצע של אנשים שבעלותם האופניים החשמליים היה 53.5.

מאפיינים דמוגרפיים דומים נמצאו גם בקרב רוכבים על אופניים חשמליים בארה"ב וקנדה. בסקר אינטרנט שנערך בקרב 553 אנשים (MacArthur et al., 2014), רב המשיבים היו גברים (85%), 71% היו בגיל 45 ומעלה ו-90% היו בעלי השכלה גבוהה. שיעור גבוה מאוד (94% מהמשתתפים) רכבו על אופניים רגילים לפני שעברו לאופניים חשמליים. בנוסף, נשאלו המשתתפים שאלות הקשורות במצבם הבריאותי. קרוב ל-60% השיבו שמצבם הבריאותי טוב או מצוין. כשליש השיבו שמצבם הבריאותי מקשה עליהם לרכב על אופניים רגילים. בעיות בריאותיות שכיחות שנמצאו היו: בעיות ברכיים, דלקת מפרקים, אסטמה וכאבי גב.

באופן דומה, במחקר של Popovich et al (2014) שנערך בסקרמנטו נמצא שרוכבי האופניים החשמליים הם מבוגרים יותר, משכילים יותר ובעלי הכנסה גבוהה יותר בהשוואה לכלל האוכלוסייה בקליפורניה, ארה"ב.

א.3.1. התנהגויות, תפיסות ובעיות הקשורות לשימוש באופניים החשמליים

מחקרים מהשנים האחרונות, בחנו את התנהגותם של הרוכבים באופניים החשמליים בהקשר לבטיחות.

במחקר שנערך בסקרמנטו, ארה"ב, רואינו 27 רוכבי אופניים חשמליים אשר נשאלו על היבטים שונים של השימוש בכלי תחבורה זה (Popovich et al, 2014). רבים מהרוכבים ציינו שלמרות המהירות והתאוצה הגבוהות של האופניים החשמליים, הם חשים לא בטוחים באינטראקציות שלהם עם כלי-רכב בכביש, במקומות מסוימים. חלקם ציינו כי, בגלל הסיכון, הם מעדיפים, לעיתים, להשתמש בתשתיות של הולכי רגל. רוכבים אחרים ציינו כי הם חוששים מרכיבה במקומות בהם נוסעים אופניים רגילים והולכים הולכי רגל וכי תפעול האופניים החשמליים במהירות מרבית, לעיתים גבוהה מ-30 מייל לשעה, יכול להוות סיכון למשתמשי דרך אחרים, במיוחד בדרכים צפופות.

אחת הסוגיות המדאיות שצוינה במחקר היא הקושי להבדיל ויזואלית בין אופניים חשמליים לרגילים. מאחר וקטנועים ואופנועים שונים ויזואלית מאופניים, נהגי כלי-רכב יכולים לזהותם ולצפות את מהירותם בהתאם. לעומתם, האופניים החשמליים נראים במקרים רבים כמו אופניים רגילים ונהגי מכוניות יכולים שלא להעריך נכון את מהירותם וכתוצאה, "לחתוך" את מסלול נסיעתם. לקושי להבדיל בין האופניים החשמליים לאופניים רגילים, ייתכנו גם השלכות בהקשר להולכי רגל, אם, לדוגמה, בתשתיות המשותפות להולכי רגל ולאופניים ובעת חצייה, הם יחשבו לא נכון את המהירות בה מתקרב אליהם הרוכב (Popovich et al, 2014).

בסקר בו השתתפו 553 רוכבים מארה"ב וקנדה (MacArthur et al., 2014), המשתתפים נשאלו באיזו תדירות הם עוצרים בכל המקומות בהם יש תמרור "עצור" כאשר הם רוכבים על אופניים חשמליים. למעלה ממחצית המשתתפים השיבו שהם עוצרים "תמיד" כאשר הם רוכבים על אופניים חשמליים לעומת 25% על אופניים רגילים. לעומת זאת, כאשר הם נשאלו האם "המהירות הגבוהה ביותר אליה הם מגיעים והמהירות הממוצעת שלהם על האופניים החשמליים גבוהה יותר ממהירויות אלה על אופניים רגילים", הרב המכריע של המשתתפים השיב כי הם מסכימים או מאוד מסכימים עם טענה זו.

מחקר שנערך בגרמניה (Schleinitz et al., 2016) מדד והשווה מהירויות של שלושה סוגים של אופניים בתנאי "רכיבה טבעית": אופניים רגילים, אופניים מסוג "pedelec" (המנוע מספק כח עד למהירות של 25 קמ"ש ומפסיק את פעולתו כאשר המהירות עוברת את המהירות הזו) ואופניים חשמליים מסוג "S-pedelec" (המנוע מפסיק את פעולתו כאשר המהירות עולה על 45 קמ"ש). המחקר כלל 90 משתתפים (30 רכבו על אופניים רגילים, 50 על אופניים חשמליים מסוג pedelec ו-10 על אופניים מהסוג S-pedelec) שרכבו על אופניים שצוידו במערכת לאיסוף וניתוח נתונים. במשך 4 שבועות המחקר, נאספו נתונים על 17,000 ק"מ בקירוב, של נסיעה.

במחקר נמצא הבדל מובהק במהירות הממוצעת בין שלושת סוגי האופניים שנבחנו. המשתתפים שרכבו על אופניים מסוג pedelec נסעו, בממוצע, 2 קמ"ש מהר יותר מהרוכבים באופניים הרגילים. המהירות הממוצעת של הרוכבים על אופניים מסוג S-pedelec היתה ב-9 קמ"ש גבוהה יותר מהמהירות של הרוכבים על אופניים רגילים. מגמה דומה נמצאה גם בבחינת מהירויות הרכיבה בזרימה חופשית ורכיבה בעליות וירידות. המהירויות הגבוהות ביותר שנצפו, עבור שלושת סוגי האופניים, היו הן בכבישים והן בתשתיות המיועדות לאופניים. הרוכבים בגיל 65 ומעלה נסעו במהירויות נמוכות יותר מהרוכבים הצעירים. החוקרים מציינים שלא ניתן לדעת האם המהירויות הגבוהות יותר ברכיבה על אופניים חשמליים בהשוואה לאופניים רגילים מעלים את הסיכון למעורבות בתאונה, אך מניחים שתוצאות התאונה שתרחש יהיו חמורות יותר. במחקר נמצא גם שרוכבי האופניים מסוג S-pedelec נסעו, בניגוד לחוק בגרמניה, על המסלולים לאופניים, ובמהירויות גבוהות יחסית, דבר המעלה את הפוטנציאל להיווצרות קונפליקטים.

מחקר נוסף בגרמניה בחן האם הסיכוי של רוכבי האופניים החשמליים להיות מעורבים בקונפליקט או בתאונה גבוה יותר בהשוואה לרוכבי אופניים רגילים (Petzoldt et al., 2016). במחקר השתתפו 80 רוכבים שהאופניים האישיים שלהם צוידו לצורך המחקר במערכת לאיסוף נתונים שכללה שתי מצלמות וחיישן מהירות. 31 משתתפים רכבו על אופניים רגילים ו-49 על אופניים חשמליים, במשך ארבעה שבועות. ממצאי המחקר הראו שלא קיים הבדל במעורבות הכללית בקונפליקטים בין שני סוגי האופניים, למעט בצמתים. בצמתים נמצא כי הסיכוי של רוכב על האופניים החשמליים להיות מעורב בקונפליקט גבוה יותר פי 2 בהשוואה לרוכב על אופניים רגילים. נמצא גם שהמהירות שקדמה להתרחשות הקונפליקט הייתה גבוהה יותר בקרב הרוכבים על אופניים חשמליים בהשוואה לאופניים רגילים וכך גם מהירות הנסיעה הממוצעת שלהם.

מחקר נוסף בתנאי "רכיבה טבעית", נערך באוניברסיטת טנסי, ארה"ב, על-ידי Langford et al. (2015). המחקר השווה התנהגויות של רוכבי אופניים רגילים להתנהגויות של רוכבי אופניים חשמליים, בארבעה מצבים: (1) רכיבה בכיוון הנסיעה בקטע כביש; (2) מהירות רכיבה בקטע כביש ובשבילי האופניים; (3) עצירה בצמתים הלא מרומזרים; (4) עצירה בצמתים המרומזרים.

במחקר נכללו ששה זוגות של אופניים רגילים ו-14 זוגות של אופניים חשמליים שהושאלו ל-100 משתמשים, בעיקר סטודנטים (לרב בגילאים עד 21). במשך השנתיים בהן נערך המחקר, היו שימושים באופניים, בשני שליש מהמקרים היו אלה אופניים חשמליים. במחקר נמצא שהרוכבים על האופניים החשמליים מתנהגים באופן דומה לרוכבים על אופניים רגילים, כאשר שני סוגי הרוכבים נסעו בניגוד לכיוון התנועה בקטע כביש בכ-45% מהמקרים. בהקשר למהירות, רוכבי האופניים החשמליים נסעו במהירות הממוצעת הגבוהה ב-3 קמ"ש מרוכבי האופניים הרגילים בעת הנסיעה בכביש, דהיינו במהירויות של 13.3 קמ"ש ו-10.4 קמ"ש, בהתאמה. לעומת זאת, בשבילים המשותפים, רוכבי האופניים החשמליים רכבו במהירות נמוכה יותר (11 קמ"ש) בהשוואה לרוכבי האופניים הרגילים (12.6 קמ"ש). שני סוגי הרוכבים לא עצרו בצמתים עם תמרור "עצור" ובצמתים המרומזרים באור אדום, בשיעור דומה (גובה השיעור היה תלוי באופן גזירת הנתונים לניתוח). החוקרים הסיקו שבקרב אוכלוסיית המשתמשים עם מאפיינים דומים, התנהגותם של רוכבי האופניים החשמליים קרובה לזו של רוכבי האופניים הרגילים (Langford et al., 2015).

בסין, במחקר שנערך בעיר Suzhou, נערכו תצפיות של רוכבי האופניים החשמליים במטרה לבחון התנהגויות של הרוכבים והמאפיינים המשפיעים על ההתנהגויות. התצפיות נערכו ב-14 צמתים, במשך 7 ימים, במהלכם נצפו 18,150 רוכבי אופניים חשמליים. הממצאים הצביעו על מגוון עבירות תנועה שנצפו בקרב הרוכבים, כאשר כ-27% מהרוכבים הפרו לפחות חוק אחד. ההפרות השכיחות ביותר היו הסעת נוסעים (12.4% מהרוכבים), הובלת מטען חורג בגודלו (6.4%), מעבר באור אדום (4.8%) ורכיבה בניגוד לכיוון הנסיעה (3.4%). גברים נטו להפר את החוק יותר בהשוואה לנשים. בנוסף, רק 9% מהרוכבים חבשו קסדה. החוקרים מציינים שחבישת קסדה אינה בגדר חובה בסין אך מאחר והקסדה מפחיתה את חומרת הפגיעות של הרוכבים על כלי-רכב דו-גלגליים מהירים כאשר הם מעורבים בתאונות, יש חשש מההשלכות הבטיחותיות של אי-חבישת קסדות ע"י רוכבי האופניים החשמליים (Du et al., 2013).

בשווייץ, לעומת זאת, לפי Dcaramuzza et al. (2015), שיעור חבישת קסדות בקרב רוכבי האופניים החשמליים גבוה יותר בהשוואה לרוכבי האופניים הרגילים, 69% לעומת 43%, בהתאמה.

מחקר נוסף מסין, בחן עבירות של מעבר באור אדום בקרב רוכבי האופניים החשמליים ואופניים רגילים, בשלושה צמתים בבייג'ינג (Wu et al., 2012). במחקר נצפו 451 רוכבים, 222 על אופניים חשמליים ו-229 על אופניים רגילים. נמצא ש-56% מהרוכבים, משני הסוגים, חצו את הצמתים באור אדום. משתנה הגיל התקשר באופן מובהק עם המעבר באור אדום, כאשר הרוכבים הצעירים (בגיל הצעיר מ-30) והרוכבים בקבוצת הגיל 30-50 עברו באור אדום בשיעור גבוה יותר מרוכבים מבוגרים יותר. ההסתברות למעבר באור אדום עלתה כאשר הרוכב היה לבדו, כאשר פחות רוכבים המתונו להתחלפות הרמזור לירוק, וכאשר רוכבים אחרים חצו באור אדום. בבחינת ההבדל בין הרוכבים משני סוגי האופניים, נמצא כי יותר רוכבים באופניים החשמליים חצו את הצומת באור אדום בהשוואה לרוכבים באופניים הרגילים, 62% לעומת 50%, בהתאמה. יחד עם זאת, בפקוח על המשתנים האחרים, ההבדל לא נמצא מובהק.

החוקרים הבחינו בשלושה דפוסים התנהגות של הרוכבים. הדפוס הראשון כלל רוכבים שאינם מפרים את החוק ואינם חוצים באור אדום. הדפוס השני כלל רוכבים המתעלמים מהרמזור וחוצים את הצומת באור אדום. הדפוס השלישי כלל רוכבים שתחילה ממתנים שהאור ברמזור יתחלף לירוק, אך לאחר המתנה של משך זמן מסוים, מאבדים את סבלנותם ומחכים להפוגה בזרם התנועה כדי לחצות באור אדום. במחקר נמצא שפחות רוכבים על האופניים החשמליים משתייכים לדפוס ההתנהגות הראשון בהשוואה לרוכבים על אופניים רגילים, 37% לעומת

49%, בהתאמה. לעומת זאת, יותר רוכבים על האופניים החשמליים משתייכים לדפוס ההתנהגות השני והשלישי, רוכבים שכן חוצים את הצומת באור אדום, 35% לעומת 28%-28% לעומת 23%, בהתאמה (Wu et al., 2012).

ממצאים דומים נמצאו במחקר נוסף שנערך בבטיחות, בו נצפו 1,178 רוכבים על אופניים חשמליים ו-1,144 רוכבים על אופניים רגילים, בששה צמתים מרומזרים בעיר (Yang et al., 2015). במחקר זה נמצא ששיעור רוכבי האופניים החשמליים שעברו באור אדום היה גבוה משיעור רוכבים על האופניים הרגילים שחצו באור אדום, 67% לעומת 55%, בהתאמה. המחקר מצא גם שרוכבי האופניים החשמליים ממתנים פחות להתחלפות הרמזור לירוק מרוכבי האופניים הרגילים והם מושפעים יותר מרוכבים אחרים החוצים באדום. אחת ממסקנות המחקר היתה שיש לנקוט באמצעי התערבות וחינוך רבים יותר, לבטיחות בדרכים, בקרב רוכבי האופניים החשמליים בהשוואה לרוכבי האופניים הרגילים.

אחד ההסברים האפשריים להתנהגות של המעבר באור אדום, לפי Fishman and Cherry (2016) הוא, שלאופניים החשמליים יש מאפייני ביצוע המפתים את הרוכבים לקחת יותר סיכונים בצמתים. מחקר נוסף (Yao and Wu, 2012) חקר התנהגות של הרוכבים בהקשר להיסטוריית התאונות ומצא שלרוכבי האופניים החשמליים שגרמו לתאונות, יש סיכוי גבוה יותר מהרוכבים האחרים לבצע טעויות, לרכב באופן אימפולסיבי ואגרסיבי, ולהפר את החוק.

בסקר שערכו MacArthur et al. (2014), המשתתפים התבקשו להסכים או לא להסכים עם ההצהרה "אני מרגיש בטוח יותר ברכיבה על אופניים חשמליים מאשר על אופניים רגילים". כ-60% מהמשיבים הסכימו או מאוד הסכימו עם הצהרה זו. 34% מהמשתתפים השיבו כי עברו תאונות דרכים עם האופניים החשמליים, כאשר בתיאור התאונה, המשיבים ציינו בעיות הקשורות במהירות הגבוהה יותר או במשקל הגדול יותר של האופניים החשמליים, טעויות רוכבים וקונפליקטים עם משתמשי דרך אחרים. יחד עם זאת, 42% השיבו כי האופניים החשמליים סייעו להם למנוע תאונה. כאשר נשאלו כיצד, המשתתפים השיבו כי היציאה המהירה יותר מצמתים, עמידה בקצב התנועה המנועית ואיזון טוב יותר במהירויות גבוהות, סייעו להם.

במחקר שנערך בשוודיה, נאספו נתונים על רכיבה באופניים חשמליים בתנאי "רכיבה טבעית" בעיר גטבורג (Dozza et al., 2015). האופניים היו בשימוש של 12 רוכבים (ששה גברים ושש נשים), בגילי 22-50, שבועיים אצל כל אחד, במהלך אוגוסט-נובמבר 2013. סה"כ נאספו נתונים על כ-1,500 ק"מ רכיבה.

בקרב הצילומים במהלך המחקר זוהו 88 "אירועים קריטיים", מתוכם 4 אירועים שהוגדרו כתאונה, בה הרוכב התנגש בעצם כלשהו ואיבד את יציבותו על האופניים, יתר האירועים הוגדרו כאירועים של "כמעט תאונה". מבין האירועים, נצפו 31% קונפליקטים עם הולכי-רגל, 29% עם כלי-רכב, 18% עם אופניים אחרים, 6% עם בעל-חיים, כאשר 9% מהאירועים התרחשו בגלל בעיות תשתית, ללא מעורבות של משתמש דרך אחר. ב-7% מהאירועים לא היתה סיבה ברורה להתרחשותו, למשל, מקרים בהם הרוכב טען שהחשיכה גרמה למצב המסוכן, אך מאחר והחשיכה היתה במשך כל זמן רכיבתו, החשיכה לא הוגדרה כסיבה לאירוע. במחקר נמצא שהסיכון להתרחשות "אירוע קריטי" עולה בקרבת נקודות החצייה (כגון: צמתים), כאשר כלי-רכב חונה על נתיב המיועד לשימוש אופניים ועם עלייה במהירות הרכיבה.

בנוסף, במחקר נערכה השוואה עם הנתונים של מחקר קודם אשר אפיין תנאי "רכיבה טבעית" של אופניים רגילים באותה העיר (Dozza and Werneke, 2014). נמצא שהמהירות הממוצעת של רוכבי האופניים החשמליים גבוהה יותר בהשוואה לאופניים רגילים, 17 לעומת 13 קמ"ש, בהתאמה, ומספר האירועים הקריטיים שנצפו היה גבוה יותר, 88 לעומת 63.

מספר מחקרים בחנו את היפגעותם של רוכבי האופניים החשמליים. המחקר ההולנדי אסף נתונים על הרוכבים, מעל גיל 16, אשר נפגעו בתאונות אופניים, רגילים וחשמליים ועל הרוכבים שלא נפגעו בתאונות (Schepers et al., 2014). המחקר מצא כי, לאחר פיקוח על משתני הגיל, מגדר ומידת השימוש באופניים, הסיכוי של רוכבי האופניים החשמליים להיות מעורבים בתאונה שדורשת טיפול רפואי, גבוה יותר ביחס לרוכבי האופניים הרגילים.

לפי הנתונים שנאספו בשני מחוזות בסין, שיעור הקטלניות של האופניים החשמליים גבוה יותר מאותו השיעור עבור האופניים הרגילים: 0.023 לעומת 0.013 הרוגים למיליון ק"מ-רכב, בהתאמה (Cherry and Cervero, 2007). ממצא זה תואם גם ממצאים מאוחרים יותר ממחקר שנערך בעיר Hefei (Hu et al., 2014) ובו נאספו נתונים על 205 רוכבים שאושפזו כתוצאה מתאונות אופניים, בשנים 2009 עד 2011. במחקר נמצא כי 33% מהרוכבים על האופניים החשמליים שאושפזו סבלו מפגיעות חמורות בהשוואה ל-17% מהרוכבים על האופניים הרגילים שאושפזו.

בשווייץ, שני מחקרים בחנו היפגעות של רוכבי האופניים החשמליים. במחקר של Papoutsi et al. (2014), נבדקו מאפיינים של רוכבי האופניים החשמליים שנפגעו בתאונות במשך תקופה של שנה וחצי (2012-2013) וטופלו במחלקת המיון של אחד מבתי החולים בעיר ברן. המאפיינים שנבדקו היו: גיל הרוכב (לבית החולים מגיעים רק אנשים מעל לגיל 16), מגדר, זמן התאונה, עונת השנה, סיבת התאונה, סוג ותוצאת הפגיעה. במהלך התקופה, 23 רוכבי אופניים חשמליים טופלו במחלקת המיון, 70% גברים ו-30% נשים; 18 מתוכם היו מעל לגיל 40. רב התאונות התרחשו בשעות הבוקר ואחר-צהריים. רב התאונות היו תאונות מסוג תאונה עצמית (14 מקרים), 5 מקרים כתוצאה מהסתבכות במסילת הרכבת החשמלית ו-4 בהתנגשות עם כלי-רכב. 14 מטופלים אושפזו בבית החולים להמשך טיפול, מתוכם 6 נותחו. הפגיעות הדומיננטיות היו פגיעות צוואר וראש. מכאן מציינים החוקרים את החשיבות שיש לשימוש בקסדות בקרב הרוכבים (אם כי, המחקר לא בדק האם הרוכבים חבשו קסדות).

במחקר אחר שנערך בשווייץ, נבחנו 504 תאונות עם אופניים חשמליים, בשנים 2011-2012, אשר הושו עם 871 תאונות עם אופניים רגילים. מאפייני הרוכבים שהיו מעורבים בתאונות ומאפייני התאונות עצמן נבחנו באזורים משלוש רמות: בכל המדינה, בסביבה הבין-עירונית במחוז ציריך ובעיר ציריך (Weber et al., 2014). במחקר נמצא שבשלושת האזורים, רב הרוכבים על האופניים החשמליים שהיו מעורבים בתאונות השתייכו לקבוצות גיל 40-65 ו-14-22 (הגיל המינימלי לרכיבה על אופניים חשמליים בשווייץ הוא 14). בקרב הרוכבים על אופניים רגילים, רב הרוכבים שהיו מעורבים בתאונות, ברמת המדינה, היו בגילי 40-65 ובסביבה הבין-עירונית, בקבוצות הגיל 40-65 ו-14-22, בדומה למעורבים בתאונות בקרב רוכבי האופניים החשמליים. לעומת זאת, בתוך העיר ציריך, רב הרוכבים בקרב רוכבי האופניים הרגילים שהיו מעורבים בתאונות השתייכו לקבוצת גיל 23-39.

לבחינת סוגי התאונות, התאונות שיוכו לארבעה סוגים: תאונות עצמיות, תאונות חצייה, תאונות בעת פניות ותאונות אחרות. נמצא כי בקרב רוכבי האופניים החשמליים בכל המדינה ובסביבה הבין-עירונית, רב התאונות היו מסוג תאונה עצמית, כאשר בקרב רוכבי האופניים הרגילים הסוגים המובילים היו תאונות חצייה, בכל המדינה, ותאונות חצייה ותאונות עצמיות, בסביבה הבין-עירונית. בתוך העיר, רב התאונות בקרב רוכבי האופניים החשמליים היו מסוג תאונות אחרות, כאשר בקרב רוכבי האופניים הרגילים בלטו תאונות חצייה.

במחקר נבחן גם שיעור השימוש בקסדות. בקרב רוכבי האופניים החשמליים נמצא כי בכל המדינה ובסביבה הבין-עירונית, רב הרוכבים שנפגעו בתאונה חבשו קסדות. לעומת זאת, בעיר ציריך עצמה, פחות רוכבים שהיו מעורבים בתאונה חבשו קסדות. בכל אזורי הניתוח, רוכבי האופניים הרגילים שהיו מעורבים בתאונות, חבשו קסדות בשיעור נמוך מזה של הרוכבים על האופניים החשמליים (Weber et al., 2014). ממצאים אלה תומכים בהבדל בשיעור השימוש בקסדות הקיים בשווייץ בקרב רוכבי האופניים הרגילים בהשוואה לרוכבי האופניים החשמליים שנמצא ע"י Scaramuzza et al (2015): 43% לעומת 69%, בהתאמה.

במחקר Weber et al (2014) נבחנו גם חומרת התאונות, עבור קבוצת גיל 40-65. ההבדלים בחומרת הפגיעה בין רוכבי האופניים הרגילים לרוכבי האופניים החשמליים לא נמצאו מובהקים. בכל המדינה, רב הנפגעים היו באורח קל: 57% בקרב רוכבי האופניים החשמליים ו-64% בקרב רוכבי האופניים הרגילים. כמו כן, 36% מרוכבי האופניים החשמליים ו-26% מרוכבי האופניים הרגילים נפגעו באורח קשה.

בישראל, ברחובות הערים, ניתן לראות רוכבים על האופניים החשמליים בכל מקום, כולל על מדרכות, תוך כדי סיכון עצמם ומשתמשי דרך אחרים. עדויות לכך ניתן למצוא בדיווחי התקשורת, כגון: "אין אחד שלא נתקל בהם על המדרכות, במעברי החצייה ובין המכוניות הנוסעות. רוכבים צעירים שנוסעים במהירות על אופניים חשמליים" (קינן, עיאש, 2014); "תושבי ערי המרכז, בעיקר, מכירים כבר היטב את סכנת האופניים החשמליים. הסכנה גדלה כשבני נוער נוסעים עליהם לבילויים בלילה, לעתים שיכורים, ומתעלמים מחוקי התנועה בכביש או על המדרכה" (ליאל, 2014). גם מורגנשטיין (2016) כתב שמרבית הרוכבים על האופניים החשמליים הם ילדים ובני-נוער הרוכבים על מדרכות הערים, בניגוד לתקנות התעבורה, תוך הפקעת זכות הדרך מהולכי הרגל, החלשים מהם; רכיבתם נועזת, בלתי זהירה, ללא חבישת קסדת מגן.

לפי דיווח מכון גרטנר (2014), ההיפגעות מאופניים וקורקינט חשמליים נמצאת בעלייה דרסטית בישראל. בנייתו נתוני רישום הטרואמה הלאומי נמצא כי בשנת 2013 נצפתה עלייה של 360% במספר הפצועים שאושפזו עקב פציעות שמקורן בתאונות עם אופניים וקורקינט חשמליים לעומת שנת 2012, פי 10 משנת 2010 ופי 46 משנת 2009.

מנייר עמדה של מכון גרטנר (2015) עולה כי ישנה עלייה של פי 3.4 ברבעון הראשון של שנת 2015 לעומת הרבעון המקביל בשנת 2014 במספר המאושפזים עקב תאונות בהן היו מעורבים אופניים חשמליים או קורקינט חשמלי. מבין הפצועים שאושפזו ברבעון הראשון של שנת 2015, כ-10% היו עם פציעות אנושות וקשות כאשר

אחד מהם נפטר במהלך האשפוז ו-23% אושפזו ליותר משבוע; 14% מהנפגעים הם הולכי-רגל. כמו כן, כ-40% מהמאושפזים הם בקבוצת גיל עד 14 שנים; מרבית ההיפגעות מתרחשות בחודשים יולי-אוקטובר, בתקופה של חופש וחגי תחילת השנה. מהתפלגות הגילאים של כלל המאושפזים כתוצאה מהיפגעות מאופניים וקורקינט חשמליים בשנים 2008-2014, עולה כי כמחצית מהנפגעים הם ילדים עד גיל 17, כאשר קבוצת הגיל 10-14 מהווה את קבוצת הגיל השכיחה ביותר של המאושפזים.

א.1.4. הסדרי תשתית מוצעים לשילוב אופניים חשמליים במרחב העירוני

במקורות ספרות שונים, ההתייחסות לפתרונות תשתית לשילוב נכון של אופניים חשמליים במרחב העירוני אינה נפוצה. באופן כללי, גם רשימת הפתרונות לשיפור בטיחות של רוכבי האופניים החשמליים ומשתמשי דרך אחרים שנמצאים במגע איתם, לוקה בחסר.

במחקר של Dozza et al (2015), אשר בחן תנאי "רכיבה טבעית" של האופניים החשמליים בשוודיה, ניתנו מספר הצעות בנושא התשתית והתערבויות נוספות לשיפור בטיחות של רוכבי האופניים החשמליים. אחת התלונות בקרב רוכבי האופניים החשמליים שנמצאו במחקר היתה כי תאורת הרחוב אינה מספיקה להם לראות טובה. צוין כי תאורת הרחוב חשובה יותר עבור רוכבי האופניים החשמליים בהשוואה לרוכבי האופניים הרגילים. מהסיבה שמהירות רכיבתם גבוהה יותר ומשקל האופניים גדול יותר, הם נדרשים לראות מרחק רב יותר קדימה כדי לתכנן נכון את נסיעתם וכדי לאפשר זמן מספיק לעצירה בעת הצורך. מסיבה זו גם נוכחות של כלי-רכב חונה בנתיב האופניים מהווה איום גדול יותר לאופניים החשמליים בהשוואה לאופניים רגילים. לכן, יש להגביר אמצעים למניעת כלי-רכב החונים בנתיבים המיועדים לאופניים.

כמו כן, החוקרים ממליצים לתכנן שבילי אופניים רחבים יותר, עם עקומות ברדיוסים גדולים יותר, כדי לאפשר אינטראקציה בטוחה יותר עם משתמשי דרך פגיעים אחרים.

בנוסף, במחקר נצפו קונפליקטים בין האופניים החשמליים וכלי-רכב במעברי חצייה לא מרומזרים לאופניים, כפי הנראה בשל הערכה שגויה על-ידי הנהגים את מהירותם של האופניים. במצבים של קונפליקטים בין האופניים החשמליים לבין הולכי הרגל, הסיבה העיקרית לקונפליקטים היתה שהולך הרגל לא ציפה שהאופניים החשמליים יחלו לחצות את שביל האופניים מבלי לבדוק שהוא פנוי.

האופניים החשמליים (באירופה) נראים כמו אופניים רגילים, למרות שביצועיהם שונים. לכן, כדי לשפר את הבטיחות, מומלץ להפוך את האופניים החשמליים לבלוטים ושונים מהאופניים הרגילים על-ידי מאפייני צבע ו/או קול, או לחייב את רוכבי האופניים החשמליים לנסוע באורות דולקים כל הזמן (Dozza et al., 2015). בנוסף, מומלץ להגביר את מודעותם של הולכי הרגל לתכונותיהם של האופניים החשמליים.

באמצעות טכנולוגיה של תקשורת אלחוטית אפשר לסייע לרכיבה בטוחה יותר על האופניים החשמליים. באמצעות כוח הסוללה ניתן להפעיל טכנולוגיות של תחבורה תבונית (ITS) שתאפשר תקשורת דו-כיוונית בין אופניים וכלי-רכב אחרים לצורך יישומים בסביבה השיתופית. לדוגמא, כאשר כלי-רכב חונים בנתיב האופניים, ישודר אות אשר יזהיר את רוכב האופניים על הימצאות המכשול בדרכו. יישומים שיתופיים כאלה טרם נבדקו, והאפקטיביות שלהם תלויה גם במידת ההטמעה של הטכנולוגיה (Dozza et al., 2015).

לפי Rose (2011), ניתן להפחית את הסיכון להתרחשות תאונות האופניים החשמליים ואת חומרתן באמצעות:

- שיפור טכנולוגי שיפחית את משקל המצבר - שינוי זה יפחית את המשקל הכולל של האופניים, מה שיביא לשיפור בשליטת הרוכב בהם ויקטין את אנרגיית התנועה המשתחררת בעת התאונה;
- שיפור תשתית של שבילי האופניים כדי לצמצם קונפליקטים בין משתמשי דרך שונים;
- ניהול מהירות כך שנסיעת האופניים החשמליים תוגבל למהירות של אופניים רגילים;
- הגבלות על גיל הרוכב;
- התניית הרכיבה בהכשרה מתאימה.

בישראל, כמו במדינות האיחוד האירופאי, ההתייחסות לאופנים החשמליים התקניים מבחינת הסדרת התשתית זרה להתייחסות לאופניים הרגילים. הסדרת תשתיות הדרכים והרחובות המתאימה לאופניים רגילים, תתאים גם לאופניים החשמליים. לפי תקנות התעבורה (2016), אין הבדל ברגולציה לגבי שימוש בתשתית בין האופניים

החשמליים לבין האופניים ללא מנוע חשמלי. האופניים צריכים לנסוע בצד הימין של הדרך. במידה וקיים נתיב ייעודי או שביל ייעודי לאופניים הם צריכים לנסוע עליו.

במחקר של כספי (2016) נמצא שהגורם המגביל ביותר את השימוש באופניים החשמליים בישראל הוא המחסור בתשתיות לאופניים כגון: שבילים נוחים ובטוחים לרכיבה ומתקני חנייה מאובטחים. שבילי האופניים הקיימים בתל אביב, מספקים לרוכבי האופניים אפשרות לנסיעה נוחה, מהירה ובטוחה, ללא קונפליקטים עם משתמשי דרך אחרים. לפי מסלולי הרכיבה הנפוצים שנמצאו במחקר, רוכבי האופניים החשמליים נוטים לנסוע בשבילי האופניים, ואף לבחור את מסלולי הנסיעה בהתאם לשבילים הקיימים. בהיעדר שבילים הם נאלצים לנסוע על הכביש ולהסתכן בפגיעה, או לנסוע על מדרכות לאט יותר, לסכן את הולכי הרגל ולהסתכן בקבלת קנסות. העדר מתקני חנייה בטוחים מעלה בקרבם חשש לגניבות ומפחית את השימוש באופניים החשמליים.

יש להניח כי שילוב האופניים החשמליים במרחב העירוני מבלי לפגוע בבטיחות משתמשי הדרך האחרים אפשרי בתנאים אלה:

* יצירת הפרדה בין מדרכות, נתיבים או שבילי האופניים ושטח הכבישים, ברחובות המאספים, באמצעות הפתרונות המפורטים בהנחיות החדשות לתכנון רחובות בערים (הנחיות, 2009);

* הקפדה על אכיפת חוקי התנועה כגון: הגבלת הפעלת המנוע של האופניים החשמליים כתלות במהירות, ואיסור נסיעה באופניים מכל הסוגים על מדרכות.

תקנות התעבורה מחייבות את רוכבי האופניים לנסוע בכבישים ולא על מדרכות, או בשבילים המיועדים לאופניים. מכאן אסור לרוכבי האופניים לחצות ברכיבה את מעבר החצייה המיועד להולכי הרגל. על-פי ההנחיות (2009), כאשר קיים שביל האופניים במקביל למדרכה ולנתיבי כלי-רכב, והוא חוצה רחוב בצומת, יש להסדיר מעבר חצייה לרוכבי האופניים במקביל למעבר החצייה להולכי הרגל, כמוצג באיור א.6. עם זאת, פתרון זה טרם מיושם ברוב הצמתים בארץ.

כללית, הקמת תשתית שבילי האופניים בישראל נמצאת בשלב הראשוני. קיימת התחלה של הסדרת שבילי האופניים ברחובות המאספים בתל-אביב ובמספר ערים נוספות, אשר לרוב נקטעים בצמתים ובעיקר בצמתים המרומזרים, שבהם לא מוסדרים מעברי חצייה לרוכבי האופניים. רוכבי האופניים המשתמש בשבילי האופניים, כשהוא מגיע לצומת ללא מעבר החצייה לאופניים, צריך, על-פי תקנות התעבורה, לרדת מהאופניים ולחצות את הצומת בהליכה, או לרדת בקצה שביל האופניים לכביש, ולחצות את הצומת בנסיעה ככלי-רכב. לרוב, רוכבי האופניים אינם מבצעים זאת ובכך יוצרים מצבים מסוכנים במעברי החצייה.

א.2. הקורקינט החשמלי (גלגינוע)

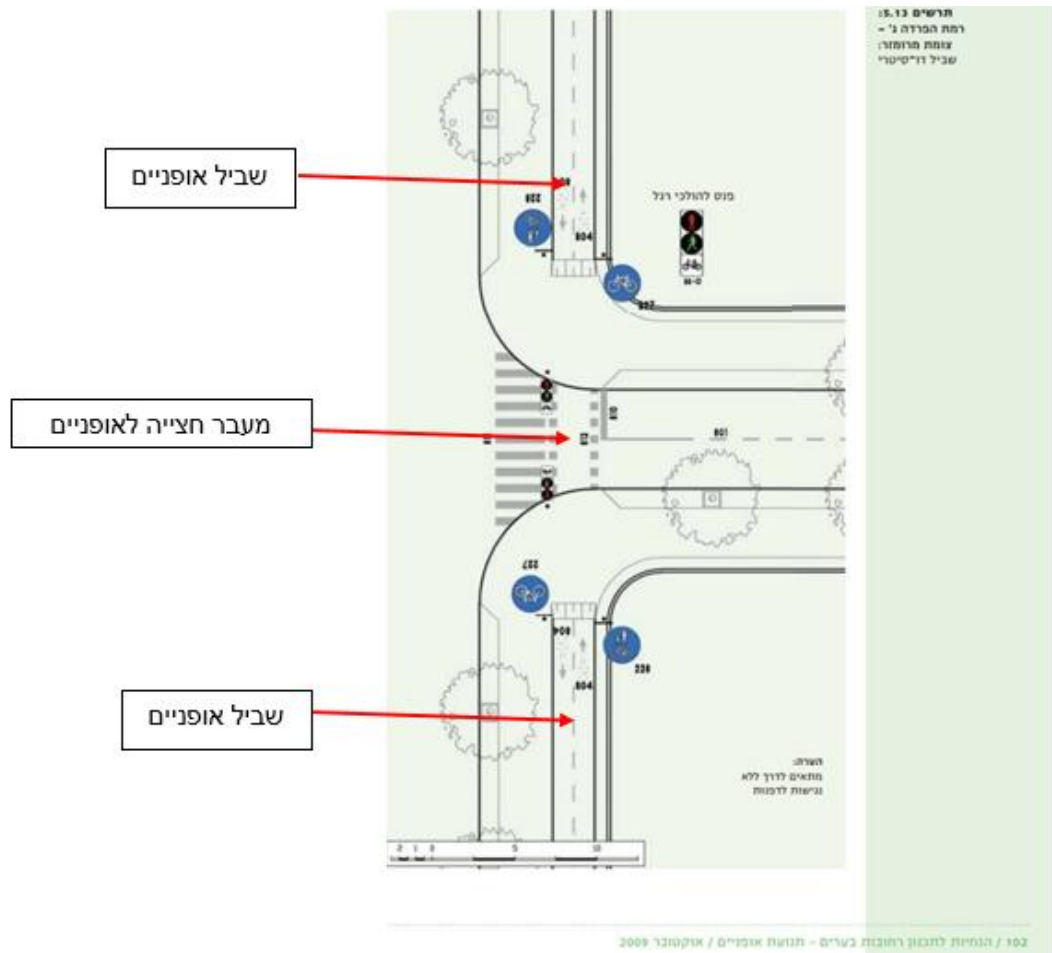
א.2.1. הגדרה ותקנות

הקורקינטים מוגדרים לרב ככלי-רכב בעלי שני גלגלים קטנים, מהירות נמוכה, בעלי אמצעי בלימה ולעיתים בעלי מושב. הקורקינטים החשמליים הם בעלי מנוע חשמלי ומצבר (Marcy and Rutherford, 2005). איור א.7 מציג דגמים שונים של קורקינטים חשמליים.

במרץ 2016 אושרו בכנסת תקנות התעבורה הנוגעות לקורקינט חשמלי (גלגינוע). בתקנה 1 בפרק ההגדרות, הגלגינוע מוגדר כהתקן דו-גלגלי או תלת-גלגלי שמותקן בו מנוע חשמלי והוא עומד בתקן ישראלי 6230 "גלגינוע (קורקינט חשמלי)".

דרישות התקן: בשנת 2014 פורסם התקן הישראלי שמספרו 6230. על פי התקן:

1. הספקו המרבי של המנוע אינו עולה על 250 וואט.
2. המנוע מופעל באמצעות מצערת יד.
3. המנוע מפסיק את פעולתו כאשר מופעלים הבלמים.
4. מהירותו המרבית אינה עולה על 25 קמ"ש.
5. משקלו העצמי של ההתקן אינה עולה על 30 ק"ג.



איור א.6. מעבר חצייה לרוכבי האופניים במקביל למעבר החצייה להולכי הרגל (מקור: הנחיות, 2009).



איור א.7. דגמים שונים של קורקינטים חשמליים (מקור: Marcy and Rutherford, 2005).
 למי מותר לנסוע: על-פי תקנת תעבורה 122 א', מותר לאדם לנסוע בגלינוע, רק אם מלאו לו שש עשרה שנים.
 דרישה לרישיון רכב ולרישיון נהיגה: על-פי תקנת תעבורה 39 יח', לא קיימת דרישה לרישיון רכב ולרישיון נהיגה.
 היכן מותר לנסוע: על-פי תקנה 122 א', אדם ירכב על גלינוע בשביל מיוחד או נתיב מיוחד שהוקצו לתנועת אופניים וסומנו בתמרור. כאשר אין שביל אופניים, מותר לרכב בכביש. בנוסף, מותר להולך רגל להסיע גלינוע על המדרכה אם אין בכך הפרעה להולכי הרגל.
 שימוש בקסדה: על-פי תקנת תעבורה 122 ב', נדרש רוכב הגלינוע לחבוש קסדה.

שימוש באפוד זוהר: על-פי תקנת תעבורה 122 ב', נדרש רוכב הגלגיוע ללבוש אפוד זוהר כאשר הוא רוכב בחושך.

הרכבת אדם נוסף: על-פי תקנת תעבורה 122 ב', אסור לרוכב הגלגיוע להרכיב אדם נוסף.

בפרוייקט של CEVEQ (יוסבר בהמשך) נסקרה הרגולציה הקשורה לקורקינט חשמלי בקנדה, ארה"ב, אוסטרליה ומדינות באירופה (Lavallee, 2004). מהסקירה עולה כי לא קיימת אחידות בחקיקה בין המדינות השונות. בקנדה יש פרויבניציות שאוסרות על נסיעה בקורקינט חשמלי על מדרכות, יש פרויבניציות האוסרות על נסיעה ברחוב, ויש מדינות המחייבות נסיעה בקורקינט חשמלי עם מחזירי אור.

בארצות הברית, החוקים משתנים ממדינה למדינה. רוב המדינות אינן מאפשרות שימוש בקורקינטים חשמליים לנסיעה בכבישים ציבוריים. לעומת זאת, במדינת וושינגטון, הקורקינטים החשמליים רשאים לנסוע על כבישים ומדרכות. במספר מדינות החוק דורש שימוש בציוד בטיחות, כגון קסדות, או הגנה נוספת, כמו מגני ברכיים ומגני מרפקים.

חלק ממדינות אירופה ואוסטרליה אימצו הוראות הנוגעות לשימוש בקורקינטים החשמליים כדי להסדיר את אי הודאות לגבי מעמדו של כלי תחבורה זה וכדי ליצור איזון בין כל משתמשי הרחוב. לדוגמא, בבלגיה החוק מחייב את משתמשי הקורקינט החשמלי להיות מעל גיל 16 ולרכב בשבילי האופניים. כאשר אין נתיב אופניים, הם צריכים לנסוע בצד הימני של הכביש. השימוש בקורקינט החשמלי על מדרכה אסור.

א.2.2. התנהגויות, תפיסות ובעיות הקשורות לשימוש בקורקינט חשמלי

הקורקינטים הממונעים החלו להופיע בשוק של צפון-אמריקה בשנות ה-90 המוקדמות (Lavallee, 2004). לא נמצאו בספרות הערכות לגבי היקפי השימוש בקורקינטים החשמליים בעולם ובארץ.

במרכז CEVEQ (Centre for Electric Vehicle Experimentation in Quebec), בקנדה, בוצע פרוייקט שמטרתו הייתה לבחון רכינועים וקורקינטים חשמליים מבחינת מספר נושאים כגון: הארגונומיה, הערכות טכניות והערכות תפעוליות (Lavallee, 2004). בין מטרת הפרוייקט היו:

- מציאת מסגרת חוקית, זיהוי פרמטרים ליצירת תקינה ודרישות בטיחותיות לאמצעי תחבורה ממונעים אישיים;
- הערכת היבטים הקשורים בהדרכה ושימוש בטיחותי באמצעים במסגרת ניסוי בסביבה מוגדרת (הסגורה לניסוי);
- בחינת שימושים פוטנציאליים לאמצעים ומגבלות על השימוש בהם;
- קידום שימוש באמצעי תחבורה ידידותיים לסביבה באזורים עירוניים.

במסגרת המחקר, נתנו ל-40 משתתפים לרכב על קורקינט חשמלי במסלול סגור המיועד לניסוי. המסלול כלל מכשולים ומגוון של סוגי משטחים לנסיעה. המשתתפים עברו הדרכה על השימוש באמצעי במשך שעה ולאחר מכן ניתן להם לרכב על הקורקינט במשך 30 דקות. לאחר ההתנסות הם התבקשו למלא שאלונים. השאלונים כללו שאלות בנושאים בטיחותיים, מאפייני המשתמשים והיישום הפוטנציאלי של האמצעי.

המחקר מצא שלמשתתפים היה קל יותר ללמוד כיצד לרכב על קורקינט חשמלי בהשוואה לרכינע. בנוסף, כל המשתתפים השיבו שהמידע שהם קיבלו במסגרת ההדרכה היה רלוונטי אך למרות זאת, 30 מתוך 40 המשתתפים חשבו שההדרכה לא היתה הכרחית כדי לדעת כיצד להשתמש בקורקינט.

15% מהמשתתפים חששו לרכב על קורקינט חשמלי לפני הניסוי אך החשש חלף כאשר הם בפועל רכבו על הקורקינט. 73% מהמשתתפים השיבו שהתמרונים על הקורקינט החשמלי קלים לביצוע. יחד עם זאת, כאשר המשתתפים התבקשו לעקוף מכשולים, לנסוע על מגוון של סוגי משטחים ולהניח אובייקטים תוך כדי הנסיעה, רק 53% השיבו כי התמרונים על הקורקינט החשמלי קלים לביצוע.

כאשר נשאלו המשתתפים שאלות הקשורות בתקינה, 70% מהמשיבים הדגישו שחבישת קסדות בקרב רוכבי הקורקינטים החשמליים צריכה להיות מוגדרת כחובה ושיש צורך להגדיר גיל מינימום לרכיבה על קורקינט חשמלי; 53% ציינו שגיל המינימום צריך להיות 12 ו-28% השיבו שגיל המינימום צריך להיות 14. רק 17% מהמשתתפים סברו כי יש צורך בהדרכה פורמלית ו-15% מהמשיבים סברו כי יש צורך ברישיון נהיגה מיוחד לרכיבה על קורקינטים חשמליים.

בנושא הפוטנציאל לשימוש בקורקינטים החשמליים, 53% מהמשיבים ענו כי השימוש העיקרי בקורקינט החשמלי הוא למטרות פנאי ו-38% טענו שהקורקינט שימושי לנסיעות קצרות הקרובות לבית. רק 20% מהמשיבים סברו שהקורקינט החשמלי מתאים לנסיעות לעבודה.

החוקרים סיכמו שהשימוש בקורקינט מאפיין אנשים צעירים בעיקר למטרות פנאי וכמו כן, הנסיעה בקורקינט החשמלי בטוחה במסלול ייעודי בסביבה סגורה אך יש לבחון את האמצעים בתנאים אמיתיים. בניסוי המשך הוחלט לבחון רק רכינועים (Lavallee, 2004).

בחיפוש במאגרי מידע שונים (כגון: google scholar, scopus, TRIS) לא נמצאו מחקרים שחקרו את מאפייני השימוש או היפגעות בקורקינטים החשמליים. נמצאו מעט מקורות שבחנו קורקינטים ממונעים, הכוונה לקורקינטים חשמליים ולכאלה שממונעים בבנזין.

בקנדה, לפי הדו"ח של CEVEQ (Lavallee, 2004), הנפגעים כתוצאה מרכיבה על הקורקינטים הלא ממונעים הם בדרך-כלל ילדים בגילאי 8 עד 13 (76%), כשני-שליש בנים ושליש בנות, וקרוב למחצית מהנפגעים נפגעים בשעות אחר-הצהריים. לרב, התאונות מתרחשות באזורים שאינם מוגדרים ככביש (67%) ולמעלה משליש קרוב לבית. ברב המקרים הסיבה לפגיעה היא איבוד שליטה על הקורקינט.

בארה"ב, לפי ארגון ה-CPSC (U.S. Consumer Product Safety Commission), 10,015 מקרי היפגעות עם קורקינטים ממונעים שטופלו בחדרי מיון, דווחו במשך שנה, בין יולי 2003 ליוני 2004. שני-שליש מהנפגעים היו ילדים מתחת לגיל 15. 20% מהמקרים נגרמו כתוצאה מכשל בקורקינט עצמו (לדוגמא: בלם לא פעל או חלק חד בקורקינט גרם לחתך של המשתמש), 36% מהמקרים נגרמו כתוצאה מתפעול לקוי של המשתמש (לדוגמא: איבוד שליטה ונפילה מהקורקינט) וב-35% מהמקרים, תרמו לאירוע גורמים סביבתיים (לדוגמא: בור או מהמורה בדרך). למעלה ממחצית הנפגעים לא חבשו קסדות (Marcy and Rutherford, 2005). לשיפור הבטיחות, הארגון ממליץ על חבישת קסדות ועל הגבלת השימוש בקורקינטים לאזורים המיועדים להולכי-רגל ולכבישים עם נפחי תנועה נמוכים (Lavallee, 2004).

מחקר מארה"ב בחן את ההבדלים בין מאפייני הפגיעות של נפגעי קורקינטים ממונעים (בחשמל או מנוע בנזין) בהשוואה לרגילים, בעקבות עליה בהיפגעות רוכבים על הקורקינטים משני הסוגים בארה"ב החל משנת 2000 (Griffin et al., 2008). המחקר ניתח נתונים של נפגעים בגילאים 2-12, שהגיעו לחדרי המיון בין השנים 2002 ו-2006, מתוך מאגר המידע הלאומי האוסף נתונים על נפגעים המגיעים לחדרי מיון כתוצאה מהיפגעות ממוצרים הקיימים בשוק.

בשנים שנבדקו נמצאו 484 מקרי היפגעות עם קורקינטים ממונעים ו-6,118 מקרים של היפגעות עם קורקינטים רגילים (המייצגים, לפי ההערכות, 15,750 מקרים של פניות לחדרי המיון כתוצאה מהיפגעות עם קורקינטים ממונעים ו-185,000 מקרים עם קורקינטים רגילים, ברמה הלאומית). החוקרים מציינים כי המבנה של קורקינטים ממונעים דומה לזה של קורקינטים רגילים אך כתוצאה מהתוספת של המנוע (או המנוע החשמלי והסוללה), הם כבדים יותר ומהירים יותר.

המחקר מצא כי הפגיעות כתוצאה משימוש בקורקינט הממונע מתרחשות בתדירות גבוהה יותר בקרב רוכבים בני 10-12 בהשוואה לפגיעות בקרב משתמשי הקורקינטים הרגילים המאפיינות יותר משתמשים בני 4-6. בהקשר למיקום הפגיעות, רב הפגיעות משימוש בקורקינטים משני הסוגים מתרחשות בשטח הבית (92% מהפגיעות עם קורקינטים ממונעים ו-86% מהפגיעות עם קורקינטים רגילים). בשטח בית-הספר ובמגרשי ספורט, מתרחשות 4.4% מהפגיעות בקורקינטים ממונעים ו-10.5% מהפגיעות בקורקינטים רגילים.

במחקר נמצא קשר בין סוג הקורקינט לאזור הפגיעה בגוף, כאשר הגפיים התחתונות נפגעות יותר בהיפגעות עם קורקינט ממונע בהשוואה לקורקינט רגיל (28% לעומת 22%), וכתפיים והגפיים העליונות נפגעות פחות בהיפגעות עם קורקינט ממונע (33%) בהשוואה להיפגעות עם קורקינט רגיל (41%). שיעור פגיעות הראש והצוואר דומה בהיפגעות בשני סוגי הקורקינטים. השיעור היחסי של המקרים בהם הנפגע סבל מזעזוע מוח היה כמעט פי שניים גבוה יותר בהיפגעות עם הקורקינט הממונע בהשוואה להיפגעות עם קורקינט רגיל (31% ו-17% בהתאמה). בנוסף, נמצא כי לפגיעות עם הקורקינט הממונע יש סיכוי פי 3.5 גבוה יותר להיות חמורות בהשוואה לפגיעות עם קורקינט רגיל, גם לאחר ניכוי ההשפעות של גיל, מגדר ומיקום הפגיעה (Griffin et al., 2008).

כפי שצוין לעיל בפרק 2.3, לפי הנתונים של מכון גרטנר (2014, 2015), ההיפגעות מאופיינים וקורקינטים חשמליים בישראל נמצאת במגמת עליה. רוב המאושפזים בעקבות תאונות אלה הם ילדים עד גיל 17, כאשר קבוצת גיל 10-14 היא השכיחה ביותר.

א.2.3. הסדרי תשתית מוצעים לשילוב קורקינט חשמלי במרחב העירוני

בישראל, על-פי תקנות התעבורה (2016), המהירות המרבית של גלגיוע תיקני זהה למהירות המרבית שבה המנוע מסייע לרכב האופניים החשמליים התקניים; לשניהם המהירות המרבית היא 25 קמ"ש. מכאן הסדרת תשתיות הדרכים והרחובות למען האופניים מתאימה גם לקורקינט חשמלי תקני.

ניתן להניח כי יצירת הפרדה בין מדרכות, נתיבים ושבילי האופניים ושטח הכבישים, על-פי הנחיות (2009), ביחד עם אכיפת חוקי התנועה כגון: הגבלת הספק המנוע של הקורקינט החשמלי, הגבלת מהירות נסיעתו, ואיסור נסיעה בקורקינט החשמלי על מדרכות, יביאו לשילוב בטיחותי של אמצעי זה במרחב העירוני, מבלי לפגוע בבטיחות כל משתמשי דרך אחרים - הולכי רגל, רוכבי אופניים וכלי רכב.

א.3. רכינוע

א.3.1. הגדרה ותקנות

הרכינוע יוצר על-ידי חברת Segway Inc בניו-המפשייר, ארה"ב, ויצא לשוק לראשונה בשם segway בשנת 2001 (Roider et al., 2016).

הרכינוע הוא כלי תחבורה המיועד לאדם אחד, בעל שני גלגלים ומנועים חשמליים. הכלי מייצב את עצמו באופן רציף ונע לכיוון אליו מתכופף הנהג. הוא יכול להגיע למהירות של 20 קמ"ש (Lavallee, 2004). איור א.8 מציג רכינוע מדגם HT.

על-פי תקנות התעבורה בפרק ההגדרות, הרכינוע הוא רכב מנועי בעל זוג גלגלים המחוברים בציר אחד המונע באמצעות מנוע חשמלי ומתקיימים בו התנאים הבאים:

1. רוחבו הכולל אינו עולה על 90 ס"מ;
2. ההיגוי, העצירה והייצוב שלו נעשים באמצעות הטיית הגוף ומערכת ייצוב ג'ירוסקופית, חשמלית;
3. הוא מיועד לנסוע אחד בלבד;
4. מהירותו המרבית המתוכננת בידי היצרן אינה עולה על 13 קמ"ש;
5. משקלו העצמי אינו עולה על 60 ק"ג;
6. משקלו הכולל המותר אינו עולה על 160 ק"ג;
7. הוא קיבל אישור ממעבדה מוסמכת לכך שהוא עומד בדרישות טכניות המפורטות בנוהל לגבי: (א) יציבות; (ב) נראות; (ג) מניעת החלקה.



איור א.8. רכינוע מדגם HT סדרה P (מקור: Lavallee, 2004).

התקן: לא קיים בישראל תקן בנושא.

למי מותר לנסוע: על-פי תקנת תעבורה 39 י"ד, מותר לאדם לנסוע ברכינוע, רק אם מלאו לו שש עשרה שנים.

דרישה לרישיון רכב ולרישיון נהיגה: על-פי תקנות תעבורה 39 י"ב, 39 י"ג, קיים פטור מדרישה לרישיון רכב ולרישיון נהיגה.

היכן מותר לנסוע: לרכינע מותר לנוע על המדרכה. על-פי תקנת תעבורה 39 ט"ו, חל איסור לנסוע על כבישים פרט למספר מקרים: לשם חצייה; בתחום מושב או קיבוץ; אם אין לצד הכביש מדרכה, לא ניתן לנסוע על מדרכה מפאת מידותיה, מצבה או מכשולים המצויים עליה; אם לא ניתן בנסיעה לעלות על מדרכה או לרדת ממנה.

מהירות נסיעה מרבית: על-פי תקנת תעבורה 39 ט"ו, 13 קמ"ש. האחריות להתקין על הרכינע מגבילי מהירות, שימנעו נסיעה מעבר למהירות זו חלה על היצרן.

שימוש בקסדה: בתקנות התעבורה לא קיימת דרישה לחבישת קסדה בנסיעה על רכינע.

הרכבת אדם נוסף: על-פי ההגדרה הכלי, הוא מיועד להסעת אדם אחד.

בארה"ב ובקנדה לא קיימת חקיקה אחידה לגבי השימוש בכלי תחבורה זה. ב-45 מדינות בארה"ב ובמחוז קולומביה בקנדה מותר לפי החוק להשתמש ברכינע על מדרכות, שבילי אופניים, וכן בכבישים מסוימים. החוקים שונים ממדינה למדינה, כאשר ההיתר לנוע על מדרכות ניתן על-ידי כל רשות מקומית על-פי שיקוליה, ואינו אחיד במדינות השונות בארה"ב ואף לא בערים השונות באותה מדינה. בנוסף, קיימת אפשרות לרשויות המקומיות לחוקק חוקים המגבילים את השימוש ברכינע במקומות הציבוריים, כגון מדרחוב במרכז עיר (מתוך אתר האינטרנט של חברת Segway).

באירופה, מותר בתשע מדינות לרכב על רכינע במרחב הציבורי. בספרד ובהולנד מותר לנוע בו במהירות הליכה. בהונגריה, פורטוגל, יוון, צרפת וצ'כיה, השימוש ברכינע הוסדר באמצעות צו ממשלתי המתיר לנסוע ברכינע במהירות הליכה, על מדרכות. באיטליה, מותר לנסוע ברכינע גם בשבילי האופניים. באוסטריה, הרכינע נחשב כסוג של אופניים ומותר לנסוע בו במקומות בהם מותר לכלל האופניים לנסוע. בגרמניה לרכינע אסור לנסוע בשטח ציבורי (Darmochwal and Topp, 2006).

א.3.2. המגמות בשימוש

לא נמצאו בספרות הערכות לגבי היקף השימוש ברכינעים בארץ ובעולם, למעט בדו"ח של הרשות הפדרלית לכבישים בארה"ב (FHWA) שבו צוין שבשנת 2006, היו בארה"ב כ-23,000 רכינעים בשימוש (Miller et al., 2010).

לפי Xu et al (2016a), השימוש ברכינעים הולך וגדל לנסיעות למרחקים קצרים ובתוך אזורים סגורים כמו מפעלים וקמפוסים של אוניברסיטאות.

לפי Darmochwal and Topp (2006), באירופה ישנה עלייה בשימוש ברכינעים, כאשר בדרך-כלל ניתן לראות אותם בשדות תעופה ואזורי תעשייה. בצרפת, איטליה ואוסטריה, הרכינעים משמשים בעיקר למטרות תיור והשכרה לצורך השלמת שרשרת הנסיעה.

א.3.3. התנהגויות, תפיסות ובעיות הקשורות לשימוש ברכינע

בקנדה, הפרוייקט של CEVEQ (Lavallee, 2004) בחן רכינעים וקורקינטים חשמליים²⁴. במחקר, צוינו מספר מחקרים שנערכו בעולם, רובם מארה"ב, שבחנו שימושים של רכינעים. לדוגמה, בסיאטל ערכו ניסוי בו נתנו לאנשים שתפקידם לקרוא מונים של מד-מים לנסוע לקריאות המונה עם הרכינע. הניסוי נערך מאוקטובר עד דצמבר 2002. במהלך התקופה, נערכו קרוב ל-200 נסיעות לאזורי מסחר ולאזורי מגורים. תוצאות המחקר הראו שרכינעים הפחיתו את המגבלות הפיזיות (הליכה ונשיאת מטען כבד) והשלכות של מאמץ פיסי (כמו עייפות וחולי) של המשתתפים (Lavallee, 2004).

בדו"ח המחקר סוכם שלרכינע יש יתרונות כמו צמצום מגבלות פיזיות והגברת ניידות של אנשים. כמו כן, רכינעים יכולים להתאים למגוון שימושים כגון: סיורים משטרתיים, סיוע בשרותי תחזוקה, חלוקת דואר, השכרה באזורי פנאי ותיירות, פתרון לאנשים עם מוגבלות תנועתית ועוד.

במסגרת המחקר (Lavallee, 2004), נתנו ל-49 משתתפים לנסוע על רכינע במסלול סגור המיועד לניסוי. המסלול כלל מכשולים ומגוון של סוגי משטחים לנסיעה. המשתתפים עברו הדרכה תאורטית ומעשית על השימוש ברכינע במשך ארבע שעות ולאחר מכן ניתן להם לנסוע עם האמצעי במשך 30 דקות. לאחר ההתנסות הם התבקשו למלא שאלונים. השאלונים כללו שאלות בנושאים בטיחותיים ושאלות על מאפייני המשתמשים והיישום הפוטנציאלי של האמצעי. איור א.9 מציג את המשתתפים בניסוי הנוסעים על פני שטח שונים.

²⁴ראו לעיל לגבי הפרוייקט ומטרותיו.



איור 9. א. נסיעה על משטח גבשושי (מימין) ועלייה על המפה (משמאל), בניסוי של CEVEQ (מקור: Lavallee, 2004).

המחקר מצא שלמשתתפים היה קשה יותר ללמוד כיצד לנסוע על רכינוע בהשוואה לקורקינט חשמלי. רב המשתתפים (94%) השיבו שמשך ההדרכה (ארבע שעות) מתאימה ללמידה כיצד להשתמש ברכינוע. יחד עם זאת, 14% מהמשתתפים ענו שאינם מרגישים שהם מוכנים לנסוע ברכינוע בסביבה רגילה (לעומת הסביבה הסגורה של הניסוי) גם לאחר ההדרכה.

44% מהמשתתפים חששו לנסוע ברכינוע לפני השימוש (לעומת 15% בלבד על הקורקינט החשמלי) אך החשש חלף כאשר הם נסעו בפועל. 80% מהמשתתפים השיבו שהתמרונים על הרכינוע קלים לביצוע. יחד עם זאת, כאשר המשתתפים התבקשו לבצע פניות או לעלות ולרדת מרמפות, רק 68% השיבו כי התמרונים על הרכינוע קלים לביצוע. התמרון הקשה ביותר לביצוע שנמצא בקרב המשתתפים הוא לעקוף מכשולים, אך יחד עם זאת, 55% מהמשתתפים השיבו כי הם חשו בטוחים לבצע זאת. רב המשתתפים חשו בטוחים בעת הנסיעה על הרכינוע.

בנושא התקינה לרכינועים, 70% מהמשיבים ציינו שרצוי לדרוש הדרכה בטיחותית מוסמכת (על-ידי גורם ממשלתי) לשימוש ברכינוע ו- 57% השיבו כי יש לחייב חבישת קסדות בקרב חוכבי הרכינועים. 22% מהמשתתפים סברו שיש צורך ברישיון נהיגה כדי לרכב על רכינועים. 65% מהמשתתפים סברו שיש להגביל את גיל המינימום לנסיעה ברכינועים ל- 14.

בנושא הפוטנציאל לשימוש באמצעי זה, 67% מהמשיבים הסכימו עם הטענה ש"הרכינוע הוא אמצעי הנותן מענה לצרכי נייודות בסביבה העירונית", 43% אמרו שהרכינוע הוא "שיטה מהפכנית לנסיעה". חמישית מהמשתתפים טענו כי הרכינוע שימושי במיוחד לאנשים עם נייודות מוגבלת. דעות נוספות של המשתתפים לגבי השימושים האפשריים היו: יוממות לעבודה, מטרות פנאי, לעשות סידורים ונסיעות בתוך השכונה. קרוב למחצית מהמשתתפים במחקר אמרו כי הם מוכנים להחליף את הנהיגה ברכב לרכיבה על רכינוע, למרחקים הקצרים מ-3 ק"מ. החוקרים סיכמו כי דעות המשתתפים מצביעים על מגוון רחב של שימושים פוטנציאליים לרכינוע (Lavallee, 2004).

לאחר הניסוי הוחלט לערוך מחקר נוסף שיבחן את השימוש ברכינוע בתנאי שטח אמיתיים. מחקר זה נערך בין הקיץ לסתיו של 2005 וסוכם בדו"ח נוסף של CEVEQ, על-ידי Castonguay and Binwa (2006).

מטרות מחקר ההמשך היו:

- לבחון את האינטראקציות בין הרכינועים להולכי הרגל ולבחון כיצד משתמשי הדרך השונים מקבלים את הרכינוע;
- לבחון האם הרכינוע הוא אמצעי בטיחותי באזורים עירוניים;
- לבחון את ההשפעות של תנאי הסביבה - צמתים, תנאי תאורה שונים (לילה ויום), תנאי מזג אוויר שונים (רוח, גשם, קור) ועוד - על השימוש ברכינועים.

המחקר כלל 143 משתתפים בגילאי 16 ומעלה, שנסעו יותר מ- 9,000 ק"מ בשלוש ערים בקנדה.

לאחר הדרכה תאורטית ומעשית, המשתתפים נסעו באזורים שהוגדרו על-ידי החוקרים כמיועדים להולכי-רגל: מדרכות, שבילי אופניים ושוליים של כבישים (ללא מדרכות) עם הגבלת מהירות של 50 קמ"ש או פחות. במקרה של כבישים ללא מדרכות בהם המשתתפים נסעו על הרכינעים בשוליים, הם נדרשו לנוע כמו הולכי-רגל, כלומר, בניגוד לכיוון התנועה, בשונה מהנדרש לפי החוק מרכבי האופניים. איור א.10 מציג את המשתתפים במחקר הנוסעים על שביל האופניים.



איור א.10. משתתפים במחקר של CEVEQ הנוסעים בשביל האופניים (מקור: Castonguay and Binwa, 2006).

במחקר, נאספו נתונים בשלוש דרכים: (1) בסיומו של כל שבוע, מילאו המשתתפים שאלון שבו תארו את חוויתם מהנסיעה ברכינע. בנוסף, הם מילאו דו"ח שבו הם היו צריכים לדווח האם התרחשו אירועים כמו אבדן שליטה או נפילות מהרכינע; (2) נערכו ראיונות עם הולכי-רגל, רוכבי אופניים ונהגים שהיו להם אינטראקציות עם נוסעי הרכינעים שהשתתפו במחקר; (2) שאלון הועבר גם למשטרה של כל עיר שהשתתפה במחקר, לתיאור אירועים ו/או תלונות שהוגשו בקשר לנסיעות הרכינעים.

במחקר התקבלו 128 שאלונים ו-16 דו"חות של אירועים אשר מילאו המשתתפים, 3 דו"חות שמולאו על-ידי הרשויות ו-360 ראיונות עם משתמשי דרך אחרים שהיו להם אינטראקציות עם משתתפי הניסוי.

מתוך השאלונים שמילאו המשתתפים עולים הממצאים הבאים:

- 42% מהמשתתפים חשו שהיתה להם שליטה מלאה על תפעול הרכינע;
- מבין 20 פעולות עליהם נשאלו המשתתפים, עלייה וירידה מהמדרכות ונסיעה לאורכן היו הפעולות שערערו את תחושת ביטחונם לעיתים קרובות;
- 50% מהמשתתפים ציינו שבזמן האינטראקציות שהיו להם עם הולכי-רגל, מהירות הרכינע היתה הגורם המסכן העיקרי, 40% ציינו שהגורם העיקרי המסכן היה הסקרנות של הולכי-הרגל;
- סקרנות של רוכבי האופניים היתה גורם הסיכון העיקרי באינטראקציות עם רוכבי האופניים;
- סקרנות וחוסר ראיות של נהגים היו לפי דעות המשתתפים גורמי הסיכון העיקריים באינטראקציות עם כלי-רכב;
- מבין הגורמים הסביבתיים (כגון: גשם, רוח, גבשושיות על המיסעה ועוד), המשתתפים ציינו כגורמים הבעייתיים ביותר סדקים ומהמורות במדרכות; רב הנסיעות על הרכינע נעשו במהלך היום ובשעות הערב ורק לעיתים רחוקות בלילה. הקושי העיקרי שהמשתתפים ציינו בנסיעה על שוליים של כבישים בשעות הערב היה נראותם עבור הנהגים.

במהלך המחקר, המשתתפים דיווחו על 16 אירועים עם הרכינע, כאשר כולם התרחשו בתנאי מזג אוויר סבירים ואחד מהאירועים התרחש על מיסעה רטובה. 11 אירועים גרמו לפציעות קלות, לא היו פציעות שדרשו אשפוז. רב הפציעות הסתכמו בחתכים וחבורות, כאשר באחת מהן הנוסע קיבל מכה בראש אך הוא לא נפגע כי חבש קסדה. לא התרחשו אירועים בהם נפגעו משתמשי דרך אחרים. ב-6 מקרים הסיבה להתרחשות האירוע היתה חוסר ניסיון של הרוכב במהלך הימים הראשונים של המחקר (לדוגמא בעת ביצוע פנייה), שלושה אירועים נגרמו כתוצאה מחוסר תשומת לב (לדוגמא, כאשר הרוכב לא הבחין באבן על המדרכה או בעיקול) וחמישה אירועים נגרמו מסיבות אחרות.

המשטרה לא דיווחה על אירועים חריגים או תלונות שהתקבלו על-ידי משתמשי הדרך במקומות בהם נערך המחקר. יחד עם זאת, צויין על-ידי הגורמים המשטרתיים כי המדרכות הם מקום רגיש לשימוש ברכינעים וכי יש צורך להדריך את המשתמשים ולידע את הציבור בנושא.

מהראיונות עם משתמשי הדרך האחרים עולים הממצאים הבאים:

- במחקר רואיינו 299 הולכי רגל שהיו להם אינטראקציות עם משתתפי המחקר, מתוכם 290 פגשו אותם על המדרכה;
- 12% מהולכי הרגל שרואיינו אמרו שסטו מדרכם כתוצאה מהמפגש עם הרכינע;
- 38% סברו כי רכינעים מסוכנים יותר בהשוואה להולכי-רגל בתנועה על המדרכות;
- 12.6% מהמרואיינים סברו שהרכינע נוסע מהר מדי;
- 40% סברו שהמדרכות אינן מקום מתאים לתנועת הרכינע. 70% סברו כי המקום המתאים לנסיעת רכינעים הוא שולי הכביש;
- יחד עם זאת, לא היו כמעט מקרים בהם המרואיינים טענו שהיו במצב מסוכן במפגש עם הרכינע (פחות מ-1% מהמרואיינים);
- 36 נהגים רואיינו במחקר, כאשר באינטראקציה עם הרכינעים לא היו מקרים בהם רכינע נכנס למסלול הנסיעה של כלי-הרכב. 14% מהמרואיינים אמרו שרכינע מסוכן יותר מהולך-רגל בצמתים, 19% טענו שרכינע מסוכן יותר בהשוואה להולך-רגל בשולי הכביש;
- 17 רוכבי אופניים רואיינו ו-7 משתמשי דרך אחרים (למשל, נוסע בכסא גלגלים). אף אחד מהמרואיינים לא חווה קונפליקט עם הרכינע. 88% מהמרואיינים סברו ששבילי אופניים הם מקום מתאים לנסיעת רכינע, כ-60% סברו שמדרכות ולמעלה מ-70% סברו ששולי הכביש הוא מקום מתאים לתנועת הרכינע.

בנושא הרגולציה, כשני-שליש מהמשתתפים במחקר, כולל נוסעי הרכינעים ומשתמשי דרך אחרים שרואיינו, סבורים שהדרכה על השימוש ברכינע צריכה להיות מוגדרת כחובה לפי חוק; למעלה מ-70% סברו שיש צורך לחייב את השימוש בקסדות בקרב נוסעי הרכינעים; 53% התנגדו להגדרת מהירות מרבית לנסיעת רכינעים על המדרכות לעומת 47% שסברו שיש להגביל את המהירות, רובם אמרו שהמהירות המקסימלית צריכה להיות 10 קמ"ש ואחרים אמרו שיותר; למעלה מ-80% סברו שיש לאסור נסיעה על רכינע בלילה; 86% סברו שיש להגביל לפי גיל את השימוש ברכינעים, הרב סברו שהגיל המינימלי צריך להיות 16.

כדי לבחון את פוטנציאל השימוש ברכינעים, נשאלו המשתתפים מספר שאלות לגבי דעותיהם על הרכינע ככלי-רכב חלופי. מתשובותיהם עולה כי 81% מהמשתתפים מתייחסים לרכינע כאמצעי תחבורה משלים לאמצעי תחבורה אחרים, 19% לא מחשיבים את הרכינע כאמצעי תחבורה משלים. עבור כמחצית מהמשתתפים, הרכינע הוא אמצעי תחבורה משלים לאופניים, עבור 51% הרכינע מהווה אמצעי תחבורה משלים להליכה ברגל, 19% לרכבת ו-16% למוניות. 72% מהמשתתפים מעוניינים לנסוע עם הרכינע בשבילי אופניים ו-50% על מדרכות, 74% מעוניינים להשתמש ברכינע בתוך מרחב פרטי או תעשייתי ו-80% בתוך מרכזי קניות. 83% מהמשתתפים סבורים שהרכינע מתאים לשימוש תעשייתי, 75% לשימוש אישי וכמחצית סבורים שהוא מתאים לשימוש המשטרה. 65% מהמשתתפים חושבים שהרכינע שימושי לטיולים קצרים בשכונה ו-55% סבורים שהרכינע שימושי עבור נסיעות לעבודה.

הדו"ח מסכם מספר המלצות לשימוש ברכינעים (Castonguay and Binwa, 2006):

- בהתחשב בכך שלא היו השפעות שליליות משמעותיות כתוצאה מהנסיעות של הרכינעים, למעט פוטנציאל להוות מטרד למשתמשי דרך אחרים על המדרכות, יש לאפשר את נסיעת הרכינעים על תשתיות עירוניות המיועדות להולכי-רגל בכפוף לתקנות שייקבעו.
- על הרשויות להגביל את השימוש ברכינעים באזורי תנועה או בזמנים בעייתיים.
- יש להנחות את הרשויות באילו צעדים לנקוט כדי לעודד תנועה בטוחה של כלי-רכב חלופיים.

- יש לערוך מסע הסברה כדי להרגיע את ציבור הולכי-הרגל בקשר לנסיעה של רכינועים על המדרכות וכדי לקדם את היתרונות הסביבתיים מהשימוש בהם.
- יש לדאוג שהמידע בקשר לחוקי הנסיעה על הרכינועים יהיה נגיש.

בארה"ב, Liu and Parthasarathy (2003), ערכו מחקר בו הם בחנו, על סמך הערכת מצב של הרחובות העירוניים בארה"ב, מהו הפוטנציאל להתרחשות קונפליקטים כאשר מאפשרים לרכינועים לנסוע על המדרכות ברחובות עירוניים. החוקרים סיכמו שבאזורים עירוניים צפופים, ייתכן ורכינועים לא יוכלו לנוע על מדרכות עמוסות באופן בטוח. לעומת זאת, המדרכות באזורים פרבריים יוכלו לאפשר תנועה בטוחה של רכינועים. בנוסף, כדי לקדם שימוש ברכינועים ואמצעי תחבורה לא ממונעים אחרים, רצוי ליצור נתיב נסיעה נפרד לכלי-רכב לא ממונעים ליד רחובות עירוניים.

בארה"ב, נערך מחקר בהזמנת ה-FHWA שבחן את התנהגותם של משתמשי הרכינע ואת הביצועים שלהם בתנאים שונים (Miller et al., 2010). מטרת המחקר היתה לענות על השאלות הבאות:

- מה המהירות האופיינית לרכיבה ברכינע?
- כאשר רוכבי הרכינע מתקרבים למכשולים, עד כמה מהירותם גבוהה?
- באיזה אופן מאיצים משתמשי הרכינע?
- מהו משך הזמן הנדרש בשביל לעצור?
- עד כמה רוכבי הרכינע מתקרבים למכשולים?
- האם עצירות חירום דומות לעצירות מתוכננות?
- האם רוכבים ללא ניסיון נוסעים באופן שונה מרוכבים מנוסים?

המחקר בוצע בשני שלבים, כאשר השלב הראשון העריך את מהירות הנסיעה ומרחקי העצירה של המשתמשי המנוסים בתנאי עצירה מתוכננים ולא מתוכננים, בעוד השלב השני העריך את המהירות ומרחק ההתקרבות מסביב למכשולים של משתמשי חדשים ומשתמשי מנוסים, ביחד. בשלב הראשון, השתתפו שבעה משתמשי רכינע שהתבקשו לנסוע עם הרכינע בשטח מוגדר למטרת הניסוי. בשלב השני השתתפו 10 משתמשי רכינע מנוסים ו-10 חדשים.

במחקר נמצא שמהירות הנסיעה הממוצעת של המשתתפים המנוסים היתה 12.4 קמ"ש על מדרכות ו-18 קמ"ש באזורים פתוחים. מהירות ההתקרבות הממוצעת של המשתתפים (המנוסים והחדשים) למכשולים היתה כ-7 קמ"ש, כאשר המשתמשי המנוסים עברו את המכשולים במהירות גבוהה יותר, של כ-3 קמ"ש בממוצע, בהשוואה למשתמשי החדשים.

המשתתפים עברו על-פני הולכי-רגל במהירות נסיעה ממוצעת של כ-8 קמ"ש ומרחק ממוצע של כ-92 ס"מ. בנוסף, הם עברו מכשולים שונים במהירות נמוכה בכמעט 1 קמ"ש בממוצע ומרחק קצר יותר בכ-45 ס"מ בנסיעה על מדרכות צרות בהשוואה למדרכות רחבות. כאשר המשתתפים נאלצו לעצור עצירות חירום, זמן העצירה הממוצע היה 2.3 שניות ומרחק העצירה 4.4 מטרים.

החוקרים הסיקו מהממצאים שהתקבלו במחקר כי המשתמשי המנוסים מסוגלים לעצור כראוי גם בעת עצירות מתוכננות וגם בעת עצירות חירום. כמו כן, משתמשי מנוסים וחדשים מסוגלים לעקוף בהצלחה מכשולים על מדרכות (Miller et al., 2010).

באירופה, שני מחקרים בחנו את השימוש ברכינע. בהולנד, המחקר של SWOV ניסה להעריך את ההשלכות הבטיחותיות של השימוש ברכינע בדרכים הציבוריות (Schoon et al., 2007). מהחישובים שנערכו במחקר החוקרים הסיקו שיש לצפות לעלייה בסיכון להיפגע במידה ויאפשרו לרכינע לנוע באזורים של הולכי-רגל. לעומת זאת, לא צפויה עלייה בסיכון הבטיחותי אם הרכינע ינוע במסלולים המיועדים לרכיבת אופניים וברחובות. בנוסף, נמצא כי הסיכון להיפגעות של משתמשי הרכינע דומה לזה של רוכב האופניים.

המחקר הציג מספר המלצות לשימוש ברכינע: יש צורך לחייב בחוק את משתמשי הרכינע לעבור הדרכה; יש צורך לקבוע בחוק גיל מינימלי לשימוש ברכינע (16 או 18); הרכינע צריך להיות מצויד בפעמון, אורות ומחזירי אור; מומלץ לדרוש ביטוח על-פי חוק אחריות רכב מנועי לצד ג'; אין צורך לפי המלצות המחקר לחייב בחוק את השימוש בקסדות (בהולנד לא קיימת חובת חבישת קסדה לרוכבי האופניים), וזאת להבדיל ממחקרים אחרים שכן

המליצו לחייב בחוק את השימוש בקסדות בקרב משתמשי הרכינעים. בנוסף, המחקר ממליץ שבמידה ויותר לרוכבי הרכינעים לנוע במסלולי האופניים ובכבישים, משתמשי הרכינע צריכים לקבל מעמד של נהגים ולא של הולכי-רגל, כלומר, על רוכבי הרכינע לתת זכות קדימה להולכי-רגל במעברי חצייה. לגבי נסיעת הרכינע באזורים הומי אדם המיועדים להולכי-רגל, מומלץ לאפשר לרשויות המקומיות להגביל את נסיעת הרכינעים באזורים כאלו.

במחקר הגרמני (Darmochwal and Topp, 2006), 11 משתתפים נסעו על 6 רכינעים במשך שלושה חדשים, בתנאים האמיתיים, כאשר המשתתפים היו שוטרים ועובדי המדינה. הנסיעות תועדו באמצעות מצלמות וידאו וראיונות נערכו עם המשתתפים. במהלך המחקר התרחשו מספר אירועים קלים כמו נפילות או נגיעה בקירות ודלתות, בעת מעבר באזורים צרים. במחקר נמצא כי כבישים ואזורים עם הגבלת המהירות של 30 קמ"ש אינם מתאימים לנסיעת רכינעים. לעומת זאת, מסלולי האופניים ואזורים המיועדים להולכי-רגל מתאימים לנסיעת הרכינעים. בנוסף, המשתתפים סברו כי הרכינע מתקבל באופן חיובי על-ידי משתמשי הדרך האחרים.

מספר מחקרים מהשנה האחרונה בחנו את נושא ההיפגעות של משתמשי הרכינעים. Xu et al (2016b) מציינים שהדאגה לבטיחות משתמשי הרכינעים עולה בגלל העלייה בתאונות החמורות בקרב המשתמשים והעובדה כי הם נחשבים למשתמשי דרך פגיעים.

Rodier et al (2016) מדווחים כי בשנים האחרונות, יש עלייה בשימוש ברכינעים, למטרות תיור בעיר וינה. בעקבות העליה בשימוש בעיר, יש גם עליה במספר הנפגעים והפניות לבתי החולים. החוקרים בחנו נתונים של נפגעים שהגיעו לאחד ממרכזי הטראומה בעיר כדי לאתר נפגעים כתוצאה משימוש ברכינעים, בתקופה של שלוש שנים, מינואר 2010 עד דצמבר 2012. נמצאו 86 נפגעים בשנים אלה כתוצאה משימוש ברכינעים. הגיל החציוני שלהם היה 38 (הטווח בין 14 ל-80), רובם גברים. הפציעות השכיחות ביותר היו חבלות ושבירים. 13 נפגעים היו זקוקים לאשפוז ומתוכם 7 היו זקוקים לניתוח. החוקרים מציינים ששיעור פגיעות הראש החמורות נמצא נמוך, כפי הנראה כתוצאה מכך שמפעילי הסוירים מספקים קסדות ללקוחות שלהם. בנוסף, נאמר כי חברת Segway Inc ממליצה שהגיל המינימלי לשימוש ברכינע יהיה 15 וייתכן והסיבה לכך היא שנדרש משקל מינימלי של 45 ק"ג כדי לרכב על רכינע. בניגוד להוראות החברה, מפעילי סוירי הרכינעים בעיר קבעו גיל מינימלי של 12 שנים. החוקרים ממליצים שמפעילי הסוירים יספקו הוראות בטיחותיות וצידוד מגן (מגני ברכיים ומרפקים, בנוסף לקסדות) לאנשים שהשימוש ברכינע אינו מוכר להם.

Xu et al (2016b), ביצעו מחקר שמטרתו לבחון פגיעות ראש של משתמשי רכינעים במהלך התנגשות משנית, כאשר הכוונה להשפעה של התנגשות הראש בקרקע בעקבות התרחשות תאונה. החוקרים ערכו תרחישים וירטואליים של התנגשויות רכינעים עם כלי-רכב בשילוב עם מודלים. תנאי ההתנגשות, כגון: מהירות כלי-הרכב בעת ההתנגשות, מהירות הנסיעה של הרכינע, זווית הפגיעה, גובה הנפגע ועוד, סווגו ונתחו במחקר מבחינת השפעתם על הפגיעות. תוצאות המחקר הראו כי הסיכון לפגיעה מוחית בקרב משתמשי הרכינעים עולה עם עלייה במהירות הנסיעה של הרכב הפוגע ובמהירות הנסיעה של הרכינע. החוקרים סיכמו שיש לעודד חבישת קסדות בקרב משתמשי הרכינעים ולשפר את בטיחותם בכבישים הציבוריים.

במאמר אחר, Xu et al (2016a), סוכם שהסיכון לפגיעת ראש חמורה בקרב רוכבי הרכינעים אינו גדול יותר בהשוואה לפגיעה בקרב הולכי-רגל, כאשר תנאי הפגיעה זהים.

3.4.א. הסדרי תשתית מוצעים לשילוב רכינע במרחב העירוני

במחקר של Landis et al (2004) שבוצע בארה"ב, נערכו בדיקות של אמצעי תחבורה שונים בנסיעה על משטח אספלט על מנת למצוא את המידות הנחוצות לתכנון השבילים שיתאימו לאמצעי תחבורה אלו. בטבלה א.5 מוצגים מאפייני תכנון התשתית הנדרשים לרכינע בהשוואה לערכים הנדרשים עבור האופניים. נמצא שאין הבדלים גדולים במאפייני התכנון, לכן ניתן להתיר את נסיעת הרכינעים בשבילים המיועדים לאופניים. על-פי Lavallée (2004), מותר לנוע ברכינע על מדרכות ברב מדינות ארה"ב, כאשר מדרכה המתאימה להולכי רגל נחשבת כמתאימה גם לנסיעה ברכינע.

בישראל, על-פי תקנות התעבורה (2016), המהירות המרבית המותרת לרכינע היא 13 קמ"ש וזאת בשונה ממדינות אחרות בהן מהירותו המרבית מגיעה ל-20 קמ"ש. בנוסף, מותר לנוע עם הרכינע על מדרכות ולא על כבישים, בדומה להולכי-הרגל. יש להניח כי הסדרה נאותה של מדרכות על-פי ההנחיות לתכנון רחובות בערים (2009), דהיינו ברוחב מזערי העולה על מטר, עם פני מדרכה ללא בורות ומהמורות, ללא מכשולים ועם שיפועים מתונים במקומות חציית הכבישים, תאפשר נסיעה ברכינע על מדרכות בהתאם לתקנות.

טבלה א.5. ערכים של מאפני תכנון תשתיות לרכינע בהשוואה לאופניים (מקור: Landis et al, 2004).

CHARACTERISTIC	SEGWAY (MIN-MAX VALUES)	AASHTO (BICYCLE) VALUE
Eye height (cm)	175–204	140
Length (cm)	56	180
Width (cm)	64	120
Acceleration rate from 0 to 12.2 m (m/sec ²)	0.29–0.36	0.46–0.92
Acceleration rate from 12.2 to 24.4 m (m/sec ²)	0.49–0.98	0.46–0.92
Acceleration rate from 24.4 to 36.6 m (m/sec ²)	0.05–0.12	0.46–0.92
Acceleration rate from 36.6 to 48.8 m (m/sec ²)	0.03–0.95	0.46–0.92
Time to travel 12.2 m (sec)	4.1–4.6	5.2
Time to travel 24.4 m (sec)	6.6–7.8	9.8
Time to travel 36.6 m (sec)	8.7–11.1	11.4
Time to travel 48.8 m (sec)	10.9–14.7	12.8
Speed (km/h)	14–18	30
Perception-reaction time (sec)	0.6–2.0	1.5
Sweep width (m)	0.9–1.7	1.0
Three-point turn (cm)	97–102	300

1 cm = 0.39 inches

1 m = 3.28 ft

1 km = 0.621 mi

א.4. קלנועית

א.4.1. הגדרה ותקנות

מתוך אתרי האינטרנט בעברית הכוללים את הערך "קלנועית" כגון: ויקיפדיה, מאמרים של פלך (2012), סימנס (2013), כספי (2012), עולה שקלנועית היא כלי תחבורה חשמלי עם 3 או 4 גלגלים, בעל רצפה (בניגוד לתלת-אופן ממונע) ובעל כידון. הקלנועית משמשת כסיוע לאנשים מוגבלי תנועה, הן בתוך מבנים והן מחוצה להם. הקלנועית נעשית פופולרית לאחרונה ככלי תחבורה בעיר, בעיקר עבור האנשים המבוגרים (הקשישים).

קיימים דגמים רבים של קלנועיות השונים זה מזה במאפיינים כגון: מספר מושבים - 1 או 2, כוח המנוע - גדול או קטן, טווח הנסיעה - גדול או קטן, עם או בלי גגון, מתקפלות או גדולות. באיור א.11 מוצגים מגוון דגמים של קלנועיות, לדוגמא, מתוצרת חברת "אפיקים רכב חשמלי", אשר שונים זה מזה בייעודם, בגודלם, במשקלם, במספר הגלגלים, בגודל הגלגל, ובכמות המושבים.

בשנת 2006, בישראל, תוקנו תקנות התעבורה המתייחסות לקלנועית. על-פי תקנות התעבורה בפרק ההגדרות, הקלנועית היא כלי-רכב מנועי בעל שלושה או ארבעה גלגלים המונע באמצעות מנוע חשמלי שנתקיימו בו התנאים הבאים:

1. רוחבו הכולל אינו עולה על מטר אחד;
2. ההיגוי שבו נעשה באמצעות כידון או מוט היגוי בלבד;
3. הוא מיועד לנוסע אחד או שניים בלבד;
4. מהירות נסיעתו המרבית המתוכננת על-ידי יצרניו אינה עולה על 12 קמ"ש;
5. הוא עומד בדרישות תקן ישראלי ת"י 1279 חלק 2 "כיסאות גלגלים: כיסאות גלגלים מונעים חשמלית, קלנועיות והמטענים שלהם";
6. הוא עומד בדרישות טכניות נוספות המפורטות בנהל.



איור א.11. מגוון דגמי הקלנועיות (מקור: אפיקים רכב חשמלי, 2013).

התקן: בנוגע לאמצעי זה קיים תקן ישראלי שמספרו 1279 חלק 2.

למי מותר לנסוע: על-פי תקנת תעבורה 39 י"ד, מותר לנסוע בקלנועית לכל אדם שמלאו לו שש עשרה שנים (למעט נכים שמותר להם לנסוע בקלנועית בגיל צעיר יותר), מצבו הגופני והנפשי מאפשרים לו להפעילה בבטחה, והוא בקיא בהפעלתה.

דרישה לרישיון רכב ולרישיון נהיגה: על-פי תקנות תעבורה 39 ח', 39 ט', קיים פטור מדרישה לרישיון רכב ולרישיון נהיגה.

היכן מותר לנסוע: על-פי תקנת תעבורה 39 ט"ו, חל איסור לקלנועיות לנסוע על כבישים פרט למספר מקרים: לשם חצייה; בתחום מושב או קיבוץ; אם אין לצד הכביש מדרכה, לא ניתן לנסוע על מדרכה מפאת מידותיה, מצבה או מכשולים המצויים עליה; לא ניתן בנסיעה לעלות על מדרכה או לרדת ממנה.

מהירות נסיעה מרבית: על-פי תקנת תעבורה 39 י"א, המהירות המרבית המותרת לנסיעת קלנועית היא 12 קמ"ש.

מבין אמצעי התחבורה החלופיים, הקלנועית נמצאה כאמצעי ניידות מתאים לאוכלוסייה המבוגרת (Musselwhite, 2013; Jancey et al., 2013; Blais et al., 2012; NRMA, 2012). ברקע לנושא ניתן לציין כי מחקרים רבים הצביעו על כך שאורח חיים אקטיבי, לרבות אפשרויות ניידות זמינות, חיוני לאיכות החיים של אנשים מבוגרים, כאשר הוא משפיע על מצבם הבריאותי ותוחלת החיים (Levin et al., 2012; Whelan et al., 2011; Musselwhite, 2011; al., 2006). עבור אנשים מבוגרים, האפשרות לנהוג מייצגת לא רק את האפשרות לניידות, אלא גם מסמלת חופש, עצמאות ואפשרות שליטה על החיים. אובדן האפשרות לנהוג נחשב לאבדה גדולה בקרב אנשים מבוגרים במובן החברתי. למבוגרים רבים הפסקת הנהיגה גורמת לדיכאון, להגברת תחושת הבדידות ולצמצום הפעילות מחוץ לבית (Musselwhite, 2011). בנוסף, לפחות לחלק מהמבוגרים, אשר עוברים הידרדרות בריאותית ו/או הנמצאים במצב מוגבלות תפקודית אשר גרמה לשינוי באפשרותם לנהוג, נמנעת הנגישות לאמצעי תחבורה נוספים כגון: הליכה או נסיעה באופניים.

בהתחשב בירידת היכולת של האנשים הקשישים לשמש כנהגים של כלי-רכב רגילים, מחד, ומגבלותיהם הפיזיות לצורכי הליכה ממושכת או רכיבה על אופניים, מאידך, במדינות שונות בעולם נשקלות האפשרויות של שימוש על-ידי קשישים בכלי-רכב חלופיים כגון: קלנועית, תלת-אופן, אופניים חשמליים וכד' (Suen and Sen, 2004; Whelan et al., 2006; Litman and Blair, 2010). קבוצת עבודה בינלאומית בנושאים הקשורים לצורכי התחבורה והבטיחות של האוכלוסייה המבוגרת - OECD (2001), הכירה ביתרונות אמצעי תחבורה חלופיים וציינה כי סוגי רכב אלה מיועדים בעיקר לנסיעות קצרות בשטח עירוני, כגון לקניות, אתרי בילוי, צרכים חברתיים וכד'.

על-פי מחקר אוטרלי של Whelan et al (2006), הגדלת השימוש בקלנועיות ובכיסאות הגלגלים הממונעים לצורכי האוכלוסייה המבוגרת דורשת הסדרת חקיקה אשר תבטיח שכלי הרכב המאושרים למכירה יענו לדרישות התכנון. צוין כי ברוב המדינות אין דרישה לרישיון נהיגה בקלנועית אשר נחשבת כהתקן של הולכי רגל.

Morris et al (2006) מציינים שבמדינת ויקטוריה שבאוסטרליה, על-פי החוק, עבור מספר סוגי קלנועיות חשמליות מותר לנסוע בשבילי הולכי רגל ובדרכים בהן המהירות המותרת אינה עולה על 50 קמ"ש. ניתן לנסוע בקלנועית בתנאי שכוח המנוע שלה אינו עולה על 200 וואט ומהירות הנסיעה המרבית אינה עולה על 10 קמ"ש.

על-פי Suen and Sen (2004), בארה"ב כיסא גלגלים ממונע נע במהירות 2-3 מייל לשעה לטווח של מספר מיילים, בעוד שקלנועית עם 3 או 4 גלגלים הגדולה מכיסא הגלגלים, נעה במהירות עד 4 מייל לשעה ולטווח של 10-20 מייל. לעומת זאת, באנגליה, לקלנועית מותר לנוע במהירות של 8 מייל לשעה על כביש ו-4 מייל לשעה על מדרכה, כאשר לקלנועיות יש פנס ואמצעי איתות לפנייה. מספרם של משתמשי הקלנועיות לנסיעה על כבישים אינו רב, כאשר הם לא מעורבים בתנועה על הדרכים הרגילות. כאשר בעיר קיימת רשת שבילי אופניים בטוחה, משתמשי כיסאות הגלגלים וקלנועיות יכולים לנוע ברשת זו במשותף עם אחרים.

Steyn and Chan (2008) ערכו מחקר מקיף במטרה לפתח סט של המלצות והנחיות שימשו בסיס להקמה מסגרת מתאימה לקביעת מדיניות ותוכניות החינוך בתחום השימוש בקלנועיות. במחקר נותחו היבטים שונים של השימוש בקלנועיות במונחים של דפוסי השימוש ובעיות בטיחות נלוות, פערי הרגולציה, קשיי השימוש מנקודת המבט של משתמשי הקלנועיות ועמדות של בעלי עניין אחרים. בין היתר, במחקר רוכזו נתונים בנושאי החקיקה הקשורים לקלנועיות, ממספר מדינות, כמפורט להלן.

אנגליה: במדינה זו, מוגדרים שני סוגים של קלנועיות, סוג 2 וסוג 3. סוג 2 מוגדר ככלי תחבורה לנכים, אשר צריך לציית לחוקי הולכי רגל, נוסע על מדרכות וחוצה כבישים במעברי חצייה; מהירותו המרבית הינה 6.4 קמ"ש. לשימוש באמצעי זה אין צורך ברישיון נהיגה וברישיון רכב.

סוג 3 מוגדר כרכב, ככלל צריך לציית לחוקי הנסיעה של אופניים, פרט לכך שמותר לנוע בו על מדרכות במהירות עד 6.4 קמ"ש. סוג 3 צריך לנוע בכביש במהירות עד 12.9 קמ"ש, והוא צריך להיות מצויד בפנס ובמראות. בתנועה על כביש הוא צריך לנסוע עם אור צהוב מהבהב. לכלי זה דרוש רישום רכב, אך אינו נושא לוחיות זיהוי ואינו דורש רישיון נהיגה.

דנמרק: קלנועית מוגדרת ככלי-רכב. על הקלנועית חלים חוקי התנועה החלים על אופניים, למעט האפשרות לנוע על מדרכות במהירות המותרת לסביבה. אין הגבלת מהירות מרבית אך יש להתאים את המהירות לסביבה. אין צורך ברישיון נהיגה, ברישיון רכב ובביטוח.

הולנד: אין הגדרת סיווג לקלנועיות. לקלנועית מותר לנוע על מדרכות, שבילי אופניים ודרכים. אין הגבלת מהירות מרבית. עם זאת, קיימת הגבלת גיל - מותר לנסוע בקלנועית החל מ-16 שנים, וכן, מומלץ להסדיר ביטוח צד ג'.

צרפת: הקלנועית מוגדרת ככלי-רכב ממונע. קיימים שני סוגים של קלנועיות, הסוג האיטי והסוג המהיר. עבור הסוג האיטי, מותר לנוע במהירות עד 6 קמ"ש, מותר לנוע על דרכים בצד הימני, לא נדרש ביטוח. עבור הסוג המהיר, המהירות המרבית נעה בין 6 ל-45 קמ"ש והוא כפוף לחוקי התנועה החלים על אופנועים וקטנועים, לרבות הדרישה לביטוח.

אוסטרליה (מדינת Queensland): אם האמצעי מוגדר כ-"כיסא גלגלים ממונע", מתייחסים אליו כאל הולך רגל, כאשר המהירות המרבית המותרת לנסיעה היא 10 קמ"ש; מותר לנסוע בו על מדרכות או בצד הדרך כאשר אין מדרכה; אין צורך ברישיון נהיגה, אם כי נדרש רישיון רכב, המוענק ללא עלות. כמו כן, לנהג הקלנועית נדרש אישור מרופא, ורק הוא רשאי לנהוג באמצעי. מאידך, הקלנועיות שמהירותן המרבית עולה על 10 קמ"ש מוגדרות ככלי-רכב, כאשר עבורן נדרש רישיון נהיגה ורישיון רכב.

ניו זילנד: במדינה זו קיימת הגדרה של "כלי-רכב לניידות". הנהג בו צריך לציית לחוקי התנועה, כאשר הוא נע כמו הולך רגל על מדרכה, או בצד הדרך כשאין מדרכה. אסור שמהירותו של כלי זה על המדרכה תסכן אנשים אחרים. במקרה של תאונה חייב הנהג לעצור, לסייע לנפגע ולהודיע על התאונה למשטרה תוך 24 שעות. נהגי הקלנועיות מזהרים שיענשו אם יפרו את חוקי התנועה. לדוגמא, נהג שנסע במהירות מסוכנת צפוי לקנס של \$1000; נהג שיגרום לתאונת פציעה או תאונה קטלנית ויורשע ברשלנות או נהיגה לא מתחשבת, צפוי לקנס עד \$4500 או 3 חודשי מאסר.

קנדה (קולומביה הבריטית): הקלנועית מוגדרת ככלי-רכב עם כוח מנוע מוגבל אשר נדרש לציית לחוקי התנועה. כלי זה נע כמו הולך רגל על המדרכה או בצד הדרך כשאין מדרכה, וחוצה כבישים רק במעברי חצייה. לאמצעי זה אין הגבלת מהירות, אך הוא צריך לנוע במהירות של יתר תנועת הולכי הרגל. לשימוש בקלנועית אין צורך ברישיון נהיגה, רישיון רכב וביטוח.

לפי Blais et al (2012), הספרות מראה פערים בחקיקה וברגולציה בנוגע לקלנועיות. בקנדה, השימוש בקלנועיות נמצא בפיקוח הרשות המקומית (אשר אחראית על תשתיות תחבורה), כאשר ברמה של מחוז או מדינה אין חקיקה בנושא מכיוון שקלנועיות אינה נחשבת לכלי-רכב. בכל רמות הניהול: הרשות המקומית, המחוז והמדינה - חסרות תקנות ברורות בנוגע לקלנועיות וגם תכניות פעילות לשיפור התשתיות למען שימוש בטוח בקלנועיות. פיתוח תוכניות כאלה צריך להתחיל מהגדרה ברורה של קלנועיות ומהקמת בסיס הנתונים בנושא.

א.2.4. המגמות בשימוש ומאפייני אוכלוסית המשתמשים

Musselwhite (2011) מצוין שקיים גידול בשימוש בקלנועיות בקרב אנשים מבוגרים אשר הפסיקו לנהוג. לפי הערכות, בבריטניה, יש למעלה מ-300,000 משתמשי קלנועיות והגידול במכירות של קלנועיות מוערך כ-5% לשנה (Barton et al., 2014). בארה"ב, דווח כי בשנת 2008, 291,000 אנשים השתמשו בקלנועיות (Jacey et al., 2013). לפי Thoreau (2015), ניתן לראות ברחובות שימוש הולך וגדל בקלנועיות, כאשר, בין היתר, תורם לכך השיפור בעיצוב ובתדמית של הקלנועיות.

Blais et al (2012) מקנדה טוענים כי השימוש הגדל בקלנועיות משקף את הצורך הדחוף באמצעי ניידות לאנשים המבוגרים כדי למלא את צרכיהם בתחבורה היומיומית. הם חוזים עליה ניכרת בשימוש בקלנועיות בעשורים הבאים, כאשר דור ה-"baby boomer" יגיע לגיל הפרישה.

בישראל, בשנים האחרונות, השימוש בקלנועיות באזורים העירוניים עולה, כאשר הקלנועיות נצפות על מדרכות, בכבישים ובצמתים של מרכזי ערים ושכונות מגורים (גיטלמן ואחרים, 2014).

מחקרים שונים בחנו מאפיינים של משתמשי הקלנועיות ומצאו שמשתמשי הקלנועיות בדרך-כלל מתגוררים לבד (ללא בן/בת זוג), בבתים הפרטיים, דירות או דיור מוגן וגילם הממוצע הוא 75-81. בעיות הבריאות שמשתמשי קלנועיות לרב מדווחים עליהם הם בעיות לב וקשיים בהליכה (Steyn and Chan, 2008; Edwards and McCluskey, 2010; Karmarkar et al., 2011).

Edwards and McCluskey (2010) חקרו אוכלוסייה של משתמשי כיסאות גלגלים וקלנועיות, בניו סאות' וולס, אוסטרליה. שאלון מפורט הופץ, בדרכים שונות, למשתמשי האמצעים; לסקר התקבלו 202 תשובות, מתוך 74% היו של משתמשי הקלנועיות. טווח הגילאים של משתמשי הקלנועיות היה 72-84, עם ממוצע - 81. בין הסיבות לרכישת האמצעים, 61% ציינו בעיות בהליכה, 35% - חוסר יכולת ללכת, 26% - הפסקת הנהיגה ברכב (היה ניתן לתת יותר מתשובה אחת). בין הפעילויות העיקריות לשימוש באמצעים צוינו: ביצוע קניות (79%), סידורים רפואיים (57%), פעילות חברתית (45%), יציאה מהבית ללא מטרה (45%), ביקור משפחה/חברים (38%). רוב המשתתפים הסכימו כי אמצעי הניידות שיפרו את רמת העצמאות ואת איכות החיים שלהם; תרמו לעלייה במספר היציאות מהבית ונעשו חשופים עברום. בין המכשולים לשימוש באמצעים צוינו מחסומים סביבתיים כגון: מדרגות והפרשי גובה במפלסים המונעים נגישות של אמצעים על גלגלים.

במחקר של Steyn and Chan (2008), נאסף מידע על משתמשי קלנועיות באזור Fraster Valley במחוז קולומביה הבריטית, בקנדה. על-פי הערכה, באזור זה נמצאים 241 משתמשי קלנועיות, כאשר שיעור בעלי מגבלות בניידות ושיעור המשתמשים בקלנועיות עולה עם העלייה בגיל. במחקר נערכו ראיונות עומק עם 53 משתמשי הקלנועיות. נמצא כי 77% ממשתמשי הקלנועיות מתגוררים באזור עירוני, קרוב למרכז עיר, כאשר 17% מתגוררים בפרברים ו-6% באזור כפרי בחוות קטנות. בנוסף, 65% ממשתמשי הקלנועיות דיווחו כי הם מתגוררים לבד, 31% גרים עם בני זוג, היתר - עם ילדים או חברים. ממצאים דומים היו גם במחקר של Brandt et al (2004), בו נמצא כי 69% ממשתמשי הקלנועיות מתגוררים לבד. Steyn and Chan (2008) דיווחו כי בהשוואה עם האוכלוסייה הכללית של בני 65+, בקנדה, בקרב משתמשי הקלנועיות קיים ייצוג גבוה יותר של אנשים בודדים (שאינם נשואים). מרבית המשיבים בסקר הקנדי (87%) ציינו כי הסיבה העיקרית לשימוש בקלנועיות היא בעיות רפואיות הקשורות ליכולת ההליכה וכי הרצון להיות עצמאי בשילוב עם היכולת לנוע בקהילה (להיות נייד) היה הגורם העיקרי בהחלטתם לרכוש קלנועיות.

Barton et al (2014) ערכו סקר בקרב 480 משתמשי הקלנועיות בבריטניה, כדי לבחון את מאפייני המשתמשים. בשונה מהמחקרים שהוזכרו לעיל, בסקר זה נמצא ש-53% מהמשתתפים הם בגילאים שעד 65. כלומר, המשתמשים צעירים יחסית. ממצאים דומים התקבלו גם בסקר האוסטרלי שכלל מדגם של 2,406 אנשים; בסקר זה נמצא שלמעלה ממחצית משתמשי הקלנועיות הם מתחת לגיל 60 (NRMA, 2012).

הסקר מבריטניה מצא גם שמשתתפים רבים תלויים בקלנועיות לצרכי הניידות שלהם, כאשר 74% ציינו כי הם לא היו מבצעים את אותן הנסיעות שהם מבצעים כיום לולא היתה להם הקלנועיות. כמעט כל המשתתפים השיבו שיש

להם מגבלות בתנועה. מבין השימושים העיקריים לקלנועית היו: ביצוע קניות, ביקור באתרים מקומיים (כמו קולנוע ומוזאונים), נסיעה למקומות מרוחקים יותר (כמו טיולי יום וביקור באזור כפרי) וביקור קרובים וחברים. הסיבה הכי פחות שכיחה לשימוש בקלנועית, שנמצאה בסקר, היתה נסיעות למקום העבודה (Barton et al., 2014).

בישראל, בסקר עמדות שבוצע על-ידי גיטלמן ואחרים (2014) בקרב בני 65+ נמצא כי בני 70-84 תמכו יותר בשימוש בקלנועית לעומת בני גילים צעירים יותר. כמו כן, נטים לתמוך יותר בשימוש בקלנועית קשישים המדווחים על בעיות בריאות או קושי פיסי, אך מאידך, תומכים יותר בשימוש בקלנועית אותם אנשים העוסקים בפעילות גופנית או בהליכה בתדירות גבוהה יותר (ולאו דווקא כאלה שלא עוסקים כלל בפעילות גופנית). מבחינת הרגלי הניידות, נטים יותר לתמוך בשימוש בקלנועית אנשים שנוהגים פחות ברכב וכאלה שאין להם רישיון נהיגה ו/או רכב פרטי צמוד הנמצא ברשותם, אך יחד עם זאת, אינם זקוקים לנסיעות לעיתים קרובות מאוד.

א.4.3. התנהגויות, תפיסות ובעיות הקשורות לשימוש בקלנועית

מחקר שנערך באוסטרליה עסק בשינויים במדיניות התחבורה בעקבות תופעת הזדקנות האוכלוסייה (Morris et al., 2006). במחקר, הושם דגש על פתרונות תחבורה עבור אותם האנשים המבוגרים שאינם יכולים להמשיך לנהוג. לגבי הקלנועיות (הנקראות במחקר scooters/ electric gophers), מוזכר שעבור חלק מהאנשים הקשישים, הקלנועיות האיטיות זו הדרך המועדפת לנסיעה אך קיימות מספר בעיות הקשורות לשימוש בקלנועית, וביניהן:

(1) מיעוט מידע זמין מהגורמים הבלתי-תלויים על הדגמים השונים של קלנועיות שהיה יכול לסייע ברכישת אמצעי זה (זאת, בניגוד למצב באנגליה בה קיים מרכז ניידות עם אתר אינטרנט, המיועד למתן מידע זה).

(2) היעדר שיטת לימוד ואימון לנסיעה בטוחה בכלי-רכב אלו.

(3) מחסור בתשתיות המיועדות לנסיעה בקלנועית, לרבות שבילים, אתרי חנייה, ונקודות הטענת המצברים במקומות ציבוריים.

תשתיות הדרכים העירוניות הקיימות אינן מתאימות לשימוש נרחב בקלנועיות, כאשר המדרכות, לעיתים קרובות, צרות מדי, לא רציפות או אחידות ולכן מגבילות את תנועת הקלנועית. ליקויי תשתית כוללים מחסור ברמפות לתנועה בין הכביש למדרכה, תשתיות להולכי-רגל צרות מכדי להכיל הולכי-רגל ביחד עם קלנועיות, מכשולים שלא מאפשרים מעבר של הקלנועית על המדרכה, ריהוט רחוב או שילוט הממוקם באופן שמקשה על תנועת הקלנועית או חוסם את שדה הראייה של הנוסע ביחס לכלי-רכב מתקרבים (Whelan et al., 2006). ליקויים בתשתיות מאלצים את משתמשי הקלנועיות לנסוע על הכבישים ובכך להפריע לזרימת התנועה של-כלי הרכב ולהוות סיכון בטיחותי (Gitelman et al., 2016).

הקלנועיות מספקות הגנה מוגבלת לנוסעיהן. כלי-רכב אלה נמצאים בעמדה נחותה מבחינה בטיחותית בעת נסיעתם בתנועה המעורבת, במיוחד עם מהירות גבוהה (Whelan et al., 2006). Edwards and McCluskey (2010) מציינים כי בטיחות של משתמשי כיסאות גלגלים וקלנועיות מהווה נושא לדאגה של המשתמשים, הרשויות ואנשי בריאות הציבור. מבין משתמשי כיסאות הגלגלים והקלנועיות שהשתתפו בסקר במחקר זה (בניו סאות' ולס באוסטרליה), 21% דיווחו על מעורבותם בתאונה בשנה האחרונה, כאשר בין נסיבות התאונה הנפוצות היו התנגשות בדלת או קיר, התהפכות, פגיעה על-ידי רכב או התנגשות במכשולים. עם זאת, רק במספר קטן מהמקרים הנפגעים נדרשו להתאשפז.

המידע המחקרי על מעורבותם בתאונות דרכים של קלנועיות אינו רב (גיטלמן ואחרים, 2014). Cassell et al. (2006) דיווחו על 6 מקרי תמותה ו-151 מקרי היפגעות של משתמשי קלנועיות שנרשמו במשך חמש שנים, במדינת ויקטוריה, אוסטרליה. במקרי היפגעות אלה נדרש טיפול בבתי חולים. החוקרים מציינים שעקב חוסרים במערכת רישום פגיעות בבתי החולים, מספר מקרי ההיפגעות של משתמשי הקלנועיות כנראה גבוה פי חמישה לעומת המדווח. כמו כן, במקרי היפגעות אלה נמצאה עליה לאורך זמן. כל מקרי התמותה של משתמשי הקלנועיות ומחצית ממקרי הטיפול בבתי החולים נגרמו על-ידי נפילות. יתר מקרי הפגיעה היו קשורים להתנגשויות במכשולים על שבילי הנסיעה (שיחים, עצים, קירות), התנגשויות עם כלי-רכב והתהפכויות עקב מהמורות במשטחי הנסיעה או שיפועים. התנגשויות עם כלי-רכב היוו 11% ממקרי ההיפגעות של משתמשי הקלנועיות, רובם התרחשו בשבילי הולכי רגל/מעברי חציה.

לפי Commonwealth of Australia (2010), לפחות 62 אנשים מבוגרים (בטווח גילאי 60-90) נהרגו באוסטרליה בעקבות תאונות התנגשות או נפילה מקלנועית, כאשר מאות אנשים מבוגרים פונים מדי שנה לבתי

החולים עקב פגיעות גוף בעקבות איבוד שליטה על האמצעי או נפילה ממנו. נטען כי חלק ניכר מתאונות אלה מתרחשות ברשת הדרכים (כולל שבילים להולכי רגל). מניעת תאונות כאלה מחייבת מגוון מאמצים הקשורים להתאמת קלנועית לצורכי המשתמש בה, תרגול שליטה על האמצעי, מודעות המשתמש ליכולותיו התפקודיות, הקפדה על כללי הזהירות בעת הנסיעה על קלנועית ושיפור התשתיות.

לפי מחקר אוסטרלי נוסף, בשנים 2000-2011 היו 77 הרוגים מתאונות עם קלנועית של מבוגרים מעל גיל 60 (Kitching et al., 2015), רובם בגילאי 80 ויותר (74%) ורובם גברים. ברב המקרים (88%) הנוסעים נהרגו כתוצאה מהתנגשות עם כלי-רכב ממונע או נפילה מהקלנועית, אחוז גבוה מהמקרים (39%) אירע בעת חציית הכביש.

במחקר משתמשי הקלנועיות בבריטניה (Barton et al., 2014), 21% מהמשיבים ציינו שהם עברו תאונה או תקרית שגרמה להם להרגיש לא בטוחים עם הקלנועית. ברב המקרים דובר על התהפכות של הקלנועית. כגורמים לחוסר יציבות של הקלנועית, המשתתפים ציינו מדרכות מחוספסות או משופעות ופני שטח בעייתיים. מרבית האירועים שדווחו התרחשו בעת נסיעה על המדרכה ולא על הכביש (רב הנסיעות שביצעו המשתתפים היו על המדרכה). כמו כן, דווח על מקרי תאונות וכמעט תאונות שהתרחשו בין קלנועית והולכי-רגל, כלי-רכב או אופניים, אך לא היו מקרים חמורים. למרות האירועים שדווחו, רב המשתתפים היו בעלי גישה חיובית מאוד כלפי השימוש בקלנועית וטענו שהיא מקנה להם עצמאות ואפשרויות לחיי חברה, ומצמצמת בדידות.

במחקר גיטלמן ואחרים (2014), נערכו תצפיות שטח על מנת לתעד את התנהגויות הקלנועיות והאינטראקציה שלהן עם משתמשי דרך אחרים, בתנועה העירונית בארץ. צילומי הקלנועיות נערכו ב-15 ערים, באמצעות מצלמת וידאו. סך-הכל נצבר מדגם של 55 סרטים עם תנועת קלנועיות, כאשר בכל סרטי הצילום ביחד היו 77 מקרים עם נסיעת קלנועית בקטע ו-48 מקרים בהם הקלנועית חצתה צומת או מעבר חצייה.

המחקר מצא כי משתמשי הקלנועיות נזהרים בבחירת מסלולי נסיעתם בכבישים בעיר, תוך כדי העדפה אינטואיטיבית לתנאים עם תנועה מועטה ואיטית של כלי הרכב, כאשר מצב זה, ככל הנראה, תורם למניעת תאונות דרכים עם מעורבות קלנועיות. מאידך, משתמשי הקלנועית מתמרנים בנסיעתם בין מדרכות ושטח הכביש, לעיתים תוך הפרת חוקי התנועה, כאשר נוכחותם והתנהגותם גורמת להיווצרות קונפליקטים עם כלי-הרכב אשר, בנסיבות מסוימות, עשויים להפוך לתאונה. המחקר סיכם כי יש מקום לנקיטת צעדים ואמצעים להסדרת נושא השימוש בקלנועיות ברשת המדרכות והכבישים בעיר. תשומת לב לנושא זה נדרשת לאור המגמה הגוברת של שימוש בקלנועיות על-ידי האוכלוסייה המבוגרת במדינות המתקדמות, לרבות בישראל, אשר מתרחשת על רקע הגידול בחלקם היחסי של הקשישים במבנה האוכלוסייה והתרומה החיובית של אמצעי ניידות זה לשיפור איכות החיים של אוכלוסיית הקשישים.

לאחרונה, הלמ"ס החלה לפרסם נתונים על היפגעות רוכבי קלנועית בתאונות הדרכים. דווחו כי בשנת 2014 בתאונות דרכים בישראל נפגעו 34 רוכבי קלנועיות, מתוכם 3 נהרגו ו-11 נפצעו באורח קשה (למ"ס, 2015). נתונים אלה מצביעים על הסיכון שהתממש.

א.4.4. הסדרי תשתית מוצעים לשילוב קלנועית במרחב העירוני

אם מעודדים שימוש בקלנועית, נדרשת תשתית מתאימה לנסיעתה. על-פי Whelan et al (2006), נוכחות הקלנועית מאתגרת את מתכנני הדרכים ומומחי הבטיחות בשני היבטים:

1. הסביבה העירונית מתאימה באופן חלקי בלבד לנסיעת הקלנועיות. שבילי הולכי הרגל בנויים מחומרים שונים ובשיפועים שונים, שאינם מתאימים לקלנועיות ובנוסף, רוחבם לעיתים צר מידי. מצב זה יוצר בעיה בקרב הולכי הרגל ומאלץ את משתמשי הקלנועית לנסוע על הכביש, דבר המהווה חלופה מסוכנת עבורם.
2. אנשים מבוגרים רבים שאינם כשירים לנהוג ברכב, יכולים לבחור בשימוש בקלנועית כאמצעי תחבורה עיקרי. הדבר מדאיג, כי למשתמשי קלנועית רבים אין את היכולת להפעיל את הקלנועית בצורה בטוחה, במיוחד כאשר הם נוסעים בנתיבי התנועה הממועית.

רוב תשתיות הדרכים הקיימות, אפילו באזורים העירוניים, אינן מספיקות לשימוש נרחב בקלנועיות. הקשיים הנפוצים הם:

- במקומות בהם קיימים מעברים להולכי רגל, חוסר המשכיות או פני שטח רכים מהווים מכשול לניידות הקלנועיות. נדרשות רמפות בשיפוע במעבר מפני הדרך אל שביל הולכי הרגל כדי להתגבר על המדרגה שנוצרת ליד אבני השפה.

- איי מפלט להולכי רגל ומעברי חצייה להולכי רגל, לעיתים קרובות אינם ברוב המתאים לקלנועיות. הדבר גורם לקלנועיות להמתין בתחום נתיבי הנסיעה.
- היעדר מעברים מתאימים לקלנועיות גורם למצבים מסוכנים ולחסימות תנועה.
- מיקום לא נכון של ריהוט הרחוב והשלטים גורם לקשיים כגון: חסימת ראות לתנועה המתקרבת.

במחקר של Morris et al (2006), באוסטרליה, צוינו מספר בעיות הקשורות לתשתיות כגון: חוסר במקומות חנייה לקלנועיות, חוסר בשבילים ובמעברים עבור ומצאי מוגבל במקומות הציבוריים לאפשרות הטענת המצברים.

Landis et al (2004) סיכמו ערכים לתכנון שיש להשתמש בהם לצורך תכנון התשתיות עבור אמצעי ניידות חדשים כגון: סקייטים, קורקינט, אופני יד, אופני תנדם, תלת-אופן למבוגרים, כיסא גלגלים ידני, כיסא גלגלים ממונע, קלנועית ועוד. עקב השונות הרבה בקרב אמצעים אלה ערכי התכנון של המאפיינים נקבעו על סמך אומדני האחוזון ה-85. נמצא שערכי התכנון המקובלים עבור האופניים לא תמיד מתאימים למאפיינים של אמצעי הניידות החדשים. המאפיינים שעבורם נבחנו ערכי התכנון הם: רוחב, קוטר לפניה אופקית, מרחק ראות לעצירה, אורך שינוי השיפוע ב-10%, רוחב אי-המפלט, זמן פינוי בחצייה ברמזור, זמן ירוק מזערי ברמזור. בטבלה א.6 מתוארים ערכי התכנון של המאפיינים השונים עבור אופניים והולכי הרגל, וכן, ההמלצות לשינוי בעקבות הבחינה של אמצעי הניידות החדשים.

טבלה א.6. ערכי המאפיינים לתכנון התשתיות לאופניים ולהולכי הרגל והמלצות לשינוי עבור אמצעי הניידות החדשים. מקור: Landis et al (2004).

DESIGN FEATURE	AASHTO DESIGN VALUE (FOR BICYCLISTS)	POTENTIAL DESIGN USER	PERFORMANCE VALUE (85 TH PERCENTILE)
Sweep width	1.2 m	Inline skaters	1.5 m
Horizontal alignment	27 m	Recumbent bicyclists	26.8 m
Stopping sight distance (wet pavement)	38.7 m	Recumbent bicyclists	32.7 m
Vertical alignment—crest	49.8 m	Recumbent bicyclists	46.7 m
Refuge islands	2.5 m	Bicyclists with trailers	3.0 m
Signal clearance intervals	7.5 sec for a distance of 24.4 m	Kick scooters	10.6 sec for a distance of 24.4 m
Minimum green times	12.8 sec for a distance of 24.4 m	Hand cyclists	17.9 sec for a distance of 24.4 m
Pedestrian clearance intervals	20.0 sec for a distance of 24.4 m	Manual wheelchairs	15.4 sec for a distance of 24.4 m

בישראל, בהתאם לתקנות התעבורה (2016), המהירות המרבית של קלנועית היא 12 קמ"ש. לקלנועית מותר לנוע על מדרכות ולא על כבישים, בדומה להולכי הרגל. יש לצפות כי הסדרה נאותה של המדרכות בעיר, על-פי הנחיות (2009), לרבות קיום הרוחב המזערי הנדרש של המדרכות (מעל 1 מ'), פני המדרכה ללא בורות ומהמורות, ללא מכשולים ועם שיפועים מתונים במקומות חציית הכבישים, תאפשר נסיעה בקלנועית על המדרכות בהתאם לתקנות.

א.5. קטנועים

א.5.1. הגדרה ותקנות

קטנוע הוא רכב דו-גלגלי ממונע עם גלגלים קטנים והספק מנוע נמוך. רוכבים עליו בתנוחת ישיבה עם הרגלים לפני על משטח המיועד לכך (איור א.12).



איור א.12. קטנוע (מקור: Burrows, 2013).

החוק מתייחס באופן דומה לכל הסוגים של הרכב הדו-גלגלי הממונע, ומבחין ביניהם על-פי הספק המנוע. ההבדל בין הקטנוע ואופנוע הוא בעיקר במבנה הרכב, גודל המנוע ותנוחת הרכיבה, כאשר על הקטנוע יושבים עם הרגליים המונחות לפניו על משטח המיועד לכך ועל האופנוע "רוכבים" כשהרגליים לצדי הרכב.

קטנוע מתאפיין בגלגלים קטנים ובהספק מנוע נמוך יותר (בדרך כלל 50, 100, 125 או 250 סמ"ק), אם כי בשנים האחרונות גדל נפח המנוע של הקטנועים ובשוק מוצעים "קטנועי מנהלים" בנפח של 400 ו-500 סמ"ק או יותר. בדרך כלל, התמסורת (תיבת ההילוכים) בקטנוע היא אוטומטית והוא משמש בעיקר לתנועה בתוך העיר. לאופנוע יש גלגלים גדולים, מנוע חזק יותר בנפח של 350 עד 1,000 סמ"ק ומעלה, והתמסורת ידנית, בדרך כלל. האופנוע מסוגל להגיע למהירויות גבוהות מאד ומשמש לנהיגה בעיר, מחוץ לעיר ובשטח (מתוך: פורטל השרותים והמידע הממשלתי oldgov).

הפרלמנט האירופי קבע מספר הגדרות לכלי-רכב דו-גלגליים ממונעים (EU regulation EU 168/2013). אחת הקטגוריות היא **L1e**, הכוללת קטנועים עם נפח בעירה פנימית עד 50 סמ"ק והמהירות המרבית של 45 קמ"ש. בקטנועים החשמליים, ההספק המרבי בקטגוריה זו הוא 4,000 וואט.

לפי תקנת תעבורה 176, אופנועים בעלי מנוע קטן, עד 14.6 כוח סוס ועד הספק של 11 קילוואט, מוגדרים בארץ כרכב מנועי. נדרש עבורם רישיון רכב וכדי לנהוג בהם נדרש רישיון נהיגה.

היכן מותר לנסוע: בכל הכבישים. חלים על כלי-רכב זה כל חוקי התנועה החלים על רכב מנועי רגיל, כולל איסור נסיעה על מדרכות ועל שבילי האופניים.

למי מותר לנסוע: נדרש רישיון נהיגה בדרגה A2. ניתן לקבל רישיון כזה בגיל מינימאלי של 16 שנים. זואי הקלה ביחס לגיל המינימאלי לקבלת רישיון נהיגה לרכב נוסעים שהוא 16 שנים ו-9 חדשים.

במדינות רבות בעולם קיימות הגדרות לאופנועים בעלי מנועים קטנים ומהירות נסיעה נמוכה. בחלק מהמדינות נדרש רישיון נהיגה על כלי-רכב אלו שניתן להשיגו בגיל צעיר יותר בהשוואה לגיל הנדרש לרישיון רכב נוסעים, והנסיעה של כלי-רכב אלו מותרת על נתיבים ושבילים המיועדים לנסיעת האופניים.

א.5.2. התנהגויות ובעיות הקשורות לשימוש בקטנועים

לפי נתוני הלמ"ס, מספר האופנועים בישראל הגיע בסוף שנת 2015 ל-127,500, עלייה של 2.8% משנת 2014 ועליה של 65% ביחס למספר האופנועים בשנת 2000 (למ"ס, 2016). עם זאת, חלקם היחסי של אופנועים קטנים, עם הספק מנוע עד 50 סמ"ק, ירד בצי האופנועים בישראל מ-9,000 בשנת 2013 ל-5,430 בשנת 2015 (מ-7.4% ל-4.3% מסך האופנועים הרשומים).

בתל-אביב וערים נוספות בישראל קיימים דיווחים על קטנועים החונים או הרוכבים על המדרכות ובכך מסכנים את הולכי-הרגל הנעים עליהן. בתקשורת התפרסמו מספר דיווחים בנושא. למשל, בכתבה שהתפרסמה ב-"mynet" המקומי שלי" באשדוד, צוין כי רוכבי הקטנועים העובדים כשליחים בחנויות שבכיר המג'יק ברובע י"ב באשדוד רוכבים על המדרכה במהירות ומסכנים את חייהם של התושבים. לטענת התושבים, כמעט בכל רגע נתון מקצרים רוכבי הקטנועים את הדרך ונוסעים על המדרכה (הרוש, 2012). ב-"mynet" המקומי שלי" בחיפה, נכתב שרוכבי האופנועים נוהגים בפראות ברחובות הכרמל ומסכנים את עצמם ואת הציבור. "תושבים מדווחים על נסיעות באור אדום, נסיעות על מדרכות ועל מעברי חצייה ועל נסיעה מסוכנת" (סולומון, 2015). לפי הכתבה הסיבה להתרחבות התופעה נובעת מהעבודה כי בציר מוריה בחיפה התווספו בשנים האחרונות עשרות אופנועים, חלקם הגדול

שייכים לחברות שליחים של פיצריות ומסעדות. השליחים, שמתוגמלים לפי מספר המשלוחים, ממהרים להגיע ליעדם ולא אחת מוכנים לעבור לשם כך על חוקי התנועה.

בתל-אביב, בשל מצוקת החנייה, קטנועים לעיתים קרובות חונים על המדרכות. בפרוטוקול ועדת תחבורה, בינוי ותשתיות בנושא בטיחות הולכי-הרגל של עיריית תל-אביב-יפו (31 דצמבר 2014) מצוינת בעיית החנייה והרכיבה של קטנועים על המדרכות בעיר.

"החברה להגנת הטבע" בשיתוף עם ארגון "תחבורה היום ומחר" ערכה סקר מדגמי שבדק את מעמד הולכי-הרגל במרחב הציבורי של תל-אביב. מטרת הסקר הייתה לזהות ולמפות את המפגעים והחסמים ברחובות אשר מהווים מכשול להליכה ברגל. מתוצאות הסקר עולה כי חניית קטנועים על המדרכות היא המפגע המשמעותי ביותר להולכי-רגל והיא מהווה 58% מכלל המפגעים (טל ורביד, 2011). איור א.13 מציג, מתוך הסקר, תמונת קטנוע החונה על המדרכה באופן החוסם את המעבר. המלצות הסקר בנושא הן לדאוג להסדרת מקומות החניה לקטנועים, למשל, על-ידי המרת מקומות החניה של כלי רכב לחניית הקטנועים, לסמן את אזורי החניה לקטנועים ולערוך מסע הסברה בנושא איסור החנייה על המדרכה.



איור א.13. קטנוע החונה על המדרכה והחוסם את המעבר, בתל-אביב (מקור: טל ורביד, 2011)

במסגרת הניסוי של משרד התחבורה שהחל בפברואר 2016, הותר לאופנועים לנסוע במספר נתיבי תחבורה ציבורית בתל-אביב. במחקר המלווה לניסוי, נבחנת התנהגותם של רוכבי האופנועים. מתוך פענוח של סרטי הוידאו במחקר, ניתן להבחין בתנועה של קטנועים על המדרכות, בקטנועים החונים על המדרכות ובכאלה החוצים בנסיעה את מעברי החצייה להולכי רגל. איור 4.4 בפרק 4 בתוך הדו"ח מביא דוגמאות לקטנועים החוצים במעבר חציה בצומת ברח' אבן גבירול בתל-אביב (מתוך סרטי הוידאו שצולמו בניסוי).

בהולנד, קיימים דיווחים מעיריות של ערים גדולות ומאיגוד רוכבי האופניים על בעיות הבטיחות בהן מעורבים "קטנועים קלים" (light moped) במסלולים המיועדים לרכיבת האופניים (SWOV, 2014). לקטנועים הקלים בהולנד, מותר לפי החוק, לנסוע במהירות של עד 25 קמ"ש ולכן, הם רשאים לנוע על מסלולים המיועדים לאופניים. בפועל הם, לעיתים קרובות, נעים במהירות גבוהה מזו המותרת בחוק. לפי המדידות שנערכו על-ידי איגוד רוכבי האופניים נמצא שהם נעים גם במהירות של 35-40 קמ"ש. המדידות מאמסטרדם הראו ש-94% מהקטנועים הקלים נוסעים במהירות העולה על 25 קמ"ש. באחד המסלולים, נמדדה המהירות הממוצעת של 37 קמ"ש, כאשר המהירות הגבוהה ביותר שתועדה הייתה 59 קמ"ש. בעקבות הבעיה, נערך מחקר (Methorst et al., 2011) שבחן את התופעה. המחקר מצא שהמהירות הממוצעת של הקטנועים הייתה 34 קמ"ש, כאשר 20% נסעו במהירות הגבוהה אפילו מ-40 קמ"ש. המחקר העריך שכ-50 הרוגים ופצועים קשה, במוצע לשנה, נגרמים כתוצאה מתאונות בין רוכבי האופניים לרוכבי הקטנועים הקלים, חלקם מתרחשים על שבילי האופניים.

א.6. רכב מנועי זעיר

א.6.1. הגדרה ותקנות

רכב מנועי זעיר (quadricycle) הוא בעל 4 גלגלים, במשקל נמוך ומנוע קטן, המיועד להסעת 1-2 נוסעים כולל נהג, או מטען קטן (EU Regulation 168/2013). באיור א.14 מוצגות דוגמאות לרכב מנועי זעיר.



איור א.14. דוגמאות לרכב מנועי זעיר (מקור: Frost & Sullivan, 2011, ואחרים).

בעבר, רכב מנועי זעיר (microcar), הוגדר באופן שונה במדינות השונות. היום, על-פי הדירקטיבה האירופית (EU Directive 2002/24/EC), קיימות הגדרות למספר סוגי רכב עם מנועים זעירים.

קיימות שתי הגדרות לרכב זעיר עם 4 גלגלים (quadricycle):

(1) **L6e** - הנקרא *light quadricycle*. לכלי-רכב זה 4 גלגלים; מהירות נסיעה מרבית של 45 קמ"ש; משקל עד 425 ק"ג; נפח מנוע בעירה פנימית עד 50 סמ"ק. עבור סוג L6e-A נקבע הספק מרבי של מנוע 4,000 וואט, ועבור סוג L6e-B הספק מרבי של מנוע 6,000 וואט. כדי לנהוג בכלי-רכב כזה במדינות האיחוד האירופי, נדרש רישיון נהיגה. עבור מגבלת משקל הרכב של 350 ק"ג ניתן לקבל רישיון נהיגה אירופאי מסוג AM החל מגיל 16. עבור נהיגה ללא מגבלת המשקל, ניתן לקבל רישיון נהיגה אירופאי מסוג B1 החל מגיל 17.

(2) **L7e** - הנקרא *heavy quadricycle*. לכלי-רכב זה 4 גלגלים; אין מגבלת תכנון למהירות; המשקל הנקי של רכב להובלת נוסעים - 400 ק"ג לא כולל מצבר; המשקל הנקי של רכב להובלת סחורות - 550 ק"ג לא כולל מצבר; לנהיגה ברכב זה נדרש רישיון נהיגה. עבור רכב עם מגבלת המשקל של 550 ק"ג ניתן לקבל רישיון נהיגה אירופאי מסוג B או B1 החל מגיל 17.

ברב מדינות העולם, כלי תחבורה אלו משתמשים בנתיבים המיועדים לכלל כלי הרכב. במידה ויש להם מגבלת מהירות אסורה עליהם נסיעה בדרכים בין-עירוניות מופרדות ומהירות.

בישראל, הדרישות ליבוא רכב מנועי זעיר מתבססות על הדרישות לרכב דו-תלת-/ארבע-גלגלי המיוצר על-פי התקינה של מדינות האיחוד האירופי (2017). על-פי תקנות התעבורה בישראל, ניתן ליבא שני סוגי רכב מנועי זעיר:

- L7e-A2 המיועד להובלת נוסעים, עם 2 מושבים.

- L7e-CU המיועד להובלת סחורות, עם 2 מושבים ומשטח העמסה פתוח.

שני סוגי הרכב מיועדים לנסיעה בדרך עירונית בלבד. כלי רכב מסוג זה טרם יובאו ארצה באופן מסחרי, ולכן, לא ניתן לפגוש אותם בדרכים.

א.6.2. המגמות בשימוש

בשנים האחרונות, עולה השימוש במכוניות חשמליות נטענות (Rosenquist et al., 2015).

בבריטניה, לפי איגוד יצרני וסוחרי הרכב (Society of Motor Manufacturers and Traders - SMMT), בחמשת החודשים הראשונים של שנת 2015, נרשמו 11,842 כלי-רכב חשמליים והיברידיים מסוג ULEV (ultra-low emission vehicles), לעומת 2,838 בתקופה המקבילה בשנת 2014. כמו כן, כיום מדובר בלמעלה מ-20 דגמים הקיימים בשוק של כלי רכב אלה בהשוואה ל-6 דגמים בשנת 2011 (Mats et al., 2015; SMMT, 2015).

חברת Frost & Sullivan מבצעת מחקר שבוחן היבטים שונים של שוק הרכב הזעיר האירופאי (quadricycle and Sub-A-Segment)²⁵. המחקר צפוי להסתיים במהלך שנת 2017. לפי הערכות של המחקר, עד לשנת 2017 יושקו כ-36 דגמים של כלי-רכב זעירים וכ-280,000 יחידות של כלי-רכב מסוג זה. קרוב ל-100% מכלי הרכב מסוג L6e ו-L7e יהיו חשמליים.

המדינות המובילות באירופה בתפוצת כלי-רכב זעירים הם: גרמניה, אנגליה, צרפת וספרד. עשר הערים האירופאיות המובילות בעידוד השימוש בכלי-רכב אלו הן: לונדון, פריס, ברלין, מדריד, ברמינגהם, קלן, מנצ'סטר, המבורג, מינכן ואוסלו. במספר ערים מעודדים שימוש בכלי-רכב אלו, כולל הקצאת תאי חנייה עם תשתית לטעינה חשמלית (Shankar, 2011).

א.3.6. היבטים נוספים בשימוש ברכב חשמלי זעיר

בחיפוש במאגרי המידע המקובלים כגון: Google Scholar, Scopus, TRIS, לא נמצאו מאמרים או דו"חות מחקרים בנושאי ה-quadricycle ורכבים מנועיים זעירים. נמצאו מספר מחקרים על מכוניות חשמליות בכלל (לא בהכרח זעירות) וכלי-רכב היברידיים.

המחקרים מראים שהמכוניות החשמליות מתאימות במיוחד לנסיעות לעבודה ולטווחים של עד 100 ק"מ (Yi- (Ching and Wen-Hsein, 2013; Mats et al., 2015; Schaefer et al., 2014).

בהקשר לבטיחות בדרכים, עולה בספרות המחקרית סוגיית הסיכון הבטיחותי להולכי-הרגל ולרוכבי האופניים כתוצאה מכך שנסיעתם של כלי-הרכב החשמליים שקטה יותר בהשוואה לכלי-רכב רגילים, ולכן, למשתמשי הדרך קשה יותר לשמוע אותם מתקרבים. הבעיה חמורה יותר עבור משתמשי הדרך עם ליקויי ראייה המסתמכים יותר על חוש השמיעה (Cocron and Krems, 2013; Sandberg et al., 2010).

במחקר של Hanna (2009) בארה"ב, הושווה שיעורי התאונות עם מעורבות כלי-רכב חשמליים היברידיים לשיעורי התאונות עם כלי-רכב רגילים (עם מנועי שריפה). עבור התאונות עם מעורבות הולכי-הרגל, נמצא ששיעור התאונות בהן היו מעורבים כלי-רכב חשמליים היה גבוה יותר משיעור התאונות עם כלי-רכב רגילים. בהתבסס על החישובים הסטטיסטיים עבור 12 מדינות בארה"ב, לכלי-רכב חשמליים נמצא סיכוי פי שניים גבוה יותר להיות מעורבים בתאונות הולכי-רגל ביחס לכלי-רכב רגילים, בעת ביצוע תמרונים כגון: האטה ועצירה, נסיעה אחורנית, כניסה ויציאה מחנייה. Cocron and Krems (2013) מציינים שתמרונים אלה מתבצעים במהירות נסיעה נמוכה, כך שבהם קיים הבדל מרבי מבחינת עוצמת הרעש בין שני סוגי כלי-הרכב. ממצאים דומים התקבלו גם עבור התאונות עם מעורבות רוכבי האופניים, כאשר שיעור התאונות היה גבוה יותר עבור כלי-רכב חשמליים בהשוואה לכלי-רכב רגילים, בעת ביצוע תמרונים במהירויות הנמוכות.

ממצאים דומים דווחו גם מבריטניה. לעומת זאת, בממצאים מהולנד לא נמצא קשר סטטיסטי לשיעור תאונות גבוה יותר בין כלי-רכב חשמליים להולכי-רגל ורוכבי האופניים בהשוואה לכלי-רכב רגילים (Cocron and Krems, 2013).

במחקר שנערך בצרפת על-ידי המכון IFSTTAR נתנו ל-36 נהגים לנסוע במכונית מסוג MINI E במשך 6 חדשים. זוהי מכונית חשמלית שפותחה ע"י חברת BMW, עם 2 מושבים, הנטענת באמצעות סוללה, כאשר בממוצע הסוללה מספיקה לנסיעה של עד 160 ק"מ. המחקר בחן את ההתנהגות המדווחת של המשתתפים באמצעות שאלונים (לפני ואחרי ההתנסות) ויומני הנסיעות. ממצאי המחקר הראו שכדי לנהוג ברכב החשמלי יש צורך לעבור שלב של לימוד על מנת לרכוש את הידע והמיומנות הנדרשים כדי לתפעל כלי-רכב מסוג זה. כדי לתכנן את הנסיעה, על הנהגים לקחת בחשבון את הטווח המוגבל של הנסיעה (עד שיש לטעון שוב את הסוללה) ולכן, התנהגותם משתנה ביחס לכלי-רכב רגילים. כתוצאה, הנהגים מבצעים נסיעות קצרות יותר ודחופות יותר. בנוסף, משתתפי המחקר דיווחו כי בהתנהגותם הם היו צריכים להתחשב בכך שהם נוהגים בכלי-רכב שקט. המשתתפים זיהו מצבים מסוכנים הדומים לאלה שנמצאו במחקר של Cocron and Krems (2013) וכדי להימנע מאירועים מסוכנים הם הסתכלו בתשומת לב יתרה על הולכי-הרגל ורוכבי האופניים (Labeye et al., 2016).

²⁵רכב חרום זעיר עם מהירות מרבית של 75-150 קמ"ש.

נספח ב'. סקר שטח: נתוני תנועה לפי אתרי התצפיות

מספר אתר	עיר	שם הצומת	סוג צומת	סכום	סה"כ כלי רכב מנועים שנכנסו בכביש (ללא קטנועים)	קטנועים - בכביש	קטנועים - נכנסו במדרכות / מעברי חציה	אופניים - רגילים בכביש	אופניים - רגילים - נכנסו במדרכות	הולכי רגל - נכנסו במעברי חציה	אופניים חשמליים - בכביש	אופניים חשמליים - נכנסו במדרכות
1	קריית ים	שדרות משה שרת-יצחק בן צבי	מעגל	סכום	5625	75	0	39	192	3249	39	45
				ממוצע שעותי	938	13	0	7	32	542	7	
				סטית תקן שעתית	73	4	0	3	6	83	4	
2	קריית חיים	אח"י אילת-חומה ומגדל	מעגל	סכום	6735	168	0	21	33	864	14	11
				ממוצע שעותי	1684	42	0	5	8	216	2	
				סטית תקן שעתית	303	9	0	2	4	46	3	
3	חדרה	שדרות רוטשילד-הרברט סמואל	מעגל	סכום	3757	125	5	21	45	3900	142	72
				ממוצע שעותי	626	21	1	4	8	650	24	
				סטית תקן שעתית	142	9	1	3	6	175	7	
4	חדרה	אחד העם-הלל יפה	מעגל	סכום	7251	108	3	24	33	2565	53	56
				ממוצע שעותי	1209	18	1	4	6	428	9	
				סטית תקן שעתית	81	5	1	3	3	82	9	
5	נתניה	סמילונסקי-דוד רמז	מעגל	סכום	7035	276	0	42	54	5226	171	46
				ממוצע שעותי	1173	46	0	7	9	871	29	
				סטית תקן שעתית	169	9	0	3	5	102	8	
6	נתניה	שדרות טום לנטוס-פרופסור יוסף קלאוזנר	מעגל	סכום	11829	210	0	0	12	270	46	102
				ממוצע שעותי	1972	35	0	0	2	45	8	
				סטית תקן שעתית	415	9	0	0	1	11	5	
7	תל אביב	אבא אחימאיר-רקנאטי	מעגל	סכום	10134	360	0	18	57	1647	32	75
				ממוצע שעותי	1689	60	0	3	10	275	5	
				סטית תקן שעתית	94	10	0	2	3	34	3	
8	בת ים	יוספטל-דרך בן גוריון	מעגל	סכום	6354	387	0	18	21	921	87	22
				ממוצע שעותי	1059	65	0	3	4	154	15	
				סטית תקן שעתית	107	9	0	2	2	19	5	
9	רמת גן	תובל-היצירה	מעגל	סכום	9039	1482	33	102	66	4131	169	34
				ממוצע שעותי	1507	247	6	17	11	689	28	
				סטית תקן שעתית	146	43	2	7	3	182	13	
10	פתח תקווה	רוטשילד-דרך זאב ז'בוטינסקי	מעגל	סכום	7302	441	9	87	18	2223	149	23
				ממוצע שעותי	1217	74	2	15	3	371	25	
				סטית תקן שעתית	91	15	2	7	2	61	8	
11	קרית ביאליק	דרך רבין-כביש 4 (דרך עכו)	מרומזר על עורק תנועה	סכום	13611	120	0	9	42	1845	16	41
				ממוצע שעותי	2269	20	0	2	7	308	3	
				סטית תקן שעתית	330	5	0	2	3	39	1	
12	קרית ים	שדרות ירושלים-שדרות משה	מרומזר על עורק	סכום	9582	99	12	12	45	1080	39	45
				ממוצע שעותי	1597	17	2	2	8	180	7	

6	3	24	3	1	2	4	213	סטית תקן שעתית	תנועה	שרת		
46	19	2148	24	0	0	399	20565	סכום	מרומזר	שדרות בן גוריון- זלמן שז"ר	נתניה	13
8	3	358	4	0	0	67	3428	ממוצע שעות	על עורק			
5	1	60	2	0	0	11	303	סטית תקן שעתית	תנועה			
488	66	1125	249	42	0	1419	30369	סכום	מרומזר	נמיר-חיים לבנון/ש"י עגנון	תל אביב	14
81	11	188	42	7	0	237	5062	ממוצע שעות	על עורק			
48	10	38	7	3	0	30	600	סטית תקן שעתית	תנועה			
282	105	5355	537	180	12	1992	27339	סכום	מרומזר	נמיר-ארלזורוב	תל אביב	15
47	18	893	90	30	2	332	4557	ממוצע שעות	על עורק			
14	14	122	18	12	1	36	345	סטית תקן שעתית	תנועה			
77	424	1902	450	261	24	3909	19074	סכום	מרומזר	יגאל אלון-יצחק שדה	תל אביב	16
13	71	317	75	44	4	652	3179	ממוצע שעות	על עורק			
5	45	50	14	7	2	44	267	סטית תקן שעתית	תנועה			
74	340	2508	177	132	15	1578	16035	סכום	מרומזר	לה גוארדיה -דרך משה דיין	תל אביב	17
12	57	418	30	22	3	263	2673	ממוצע שעות	על עורק			
4	63	74	7	8	2	33	337	סטית תקן שעתית	תנועה			
87	33	336	66	15	0	978	19002	סכום	מרומזר	אברהם שלונסקי-פנחס רוזן	תל אביב	18
15	6	56	11	3	0	163	3167	ממוצע שעות	על עורק			
10	4	15	4	2	0	22	312	סטית תקן שעתית	תנועה			
246	39	1098	282	15	0	1179	22917	סכום	מרומזר	בני אפרים- שדרות קרן קיימת לישראל	תל אביב	19
41	7	183	47	3	0	197	3820	ממוצע שעות	על עורק			
40	7	93	18	2	0	23	370	סטית תקן שעתית	תנועה			
214	207	8172	69	513	15	3105	19629	סכום	מרומזר	דרך זאב ז'בוטינסקי-דרך אבא הלל	רמת גן	20
36	35	1362	12	86	3	518	3272	ממוצע שעות	על עורק			
9	9	185	5	23	3	65	282	סטית תקן שעתית	תנועה			
88	85	1095	90	3	0	183	10605	סכום	מרומזר	הנשיא וייצמן- הלל יפה	חדרה	21
15	14	183	15	1	0	31	1768	ממוצע שעות	על רחוב			
10	3	53	5	1	0	11	204	סטית תקן שעתית	מאסף			
100	73	2934	159	9	45	258	11259	סכום	מרומזר	הנשיא וייצמן- הגיבורים	חדרה	22
17	12	489	27	2	8	43	1877	ממוצע שעות	על רחוב			
6	4	57	5	1	3	10	228	סטית תקן שעתית	מאסף			
87	113	1806	0	0	0	204	9033	סכום	מרומזר	הרב רט סמואל- רמב"ם	חדרה	23
15	19	301	0	0	0	34	1506	ממוצע שעות	על רחוב			
18	9	76	0	0	0	7	118	סטית תקן שעתית	מאסף			
289	138	6297	36	21	0	714	18216	סכום	מרומזר	הרצל-פתח תקווה	נתניה	24
48	23	1050	6	4	0	119	3036	ממוצע שעות	על רחוב			
17	9	126	3	2	0	28	292	סטית תקן שעתית	מאסף			
71	159	10809	144	105	33	564	10821	סכום	מרומזר	הרצל-שדרות בנימין	נתניה	25
12	27	1802	24	18	6	94	1804	ממוצע שעות	על רחוב			
7	9	219	6	7	3	15	116	סטית תקן שעתית	מאסף			
51	222	11454	63	78	9	279	6048	סכום	מרומזר	הרצל-סמילנסקי	נתניה	26
9	37	1909	11	13	2	47	1008	ממוצע שעות	על רחוב			
5	11	355	8	4	1	8	54	סטית תקן שעתית	מאסף			

165	107	2069	66	75	0	131	9666	סכום	מרומזר	אחוזת-קרן היסוד	רעננה	27
28	18	345	11	13	0	22	1611	ממוצע שעתי	על רחוב			
15	9	40	3	7	0	7	132	סטית תקן שעיתית	מאסף			
128	57	2628	75	33	9	237	8976	סכום	מרומזר	אחוזת-בר אילן	רעננה	28
21	10	438	13	6	2	40	1496	ממוצע שעתי	על רחוב			
6	5	125	5	4	2	8	197	סטית תקן שעיתית	מאסף			
233	15	1512	72	12	99	471	17406	סכום	מרומזר	אחוזת-דרך ירושלים	רעננה	29
39	3	252	12	2	17	79	2901	ממוצע שעתי	על רחוב			
29	1	23	5	1	8	13	336	סטית תקן שעיתית	מאסף			
75	111	465	111	30	0	201	7278	סכום	מרומזר	אחוזת-משה דיין	רעננה	30
13	19	78	19	5	0	34	1213	ממוצע שעתי	על רחוב			
15	11	17	7	2	0	10	208	סטית תקן שעיתית	מאסף			
171	33	633	42	42	6	120	6984	סכום	מרומזר	אחוזת-חפץ חיים	רעננה	31
29	6	106	7	7	1	20	1164	ממוצע שעתי	על רחוב			
21	3	18	5	3	1	5	227	סטית תקן שעיתית	מאסף			
100	58	3714	18	57	0	123	11826	סכום	מרומזר	ויצמן-ברל כצנלסון	כפר סבא	32
17	10	619	3	10	0	21	1971	ממוצע שעתי	על רחוב			
8	6	76	2	3	0	8	146	סטית תקן שעיתית	מאסף			
84	44	6177	33	45	6	285	9963	סכום	מרומזר	ויצמן-רוטשילד	כפר סבא	33
14	7	1030	6	8	1	48	1661	ממוצע שעתי	על רחוב			
7	2	100	3	4	1	9	144	סטית תקן שעיתית	מאסף			
65	8	525	12	12	0	222	14460	סכום	מרומזר	טשרניחובסקי- ויצמן	כפר סבא	34
11	1	88	2	2	0	37	2410	ממוצע שעתי	על רחוב			
7	1	26	2	1	0	9	263	סטית תקן שעיתית	מאסף			
203	33	2661	366	62	0	493	10363	סכום	מרומזר	ברודצקי- איינשטיין	תל אביב	35
34	6	444	61	10	0	82	1727	ממוצע שעתי	על רחוב			
28	2	58	17	5	0	9	130	סטית תקן שעיתית	מאסף			
520	92	2745	918	42	12	1089	15999	סכום	מרומזר	אבן גבירול -ל'בוטינסקי	תל אביב	36
87	15	458	153	7	2	182	2667	ממוצע שעתי	על רחוב			
75	12	67	32	4	1	26	323	סטית תקן שעיתית	מאסף			
119	242	2679	498	114	33	1440	13587	סכום	מרומזר	אבן גבירול-מלכי ישראל	תל אביב	37
20	40	447	83	19	6	240	2265	ממוצע שעתי	על רחוב			
14	14	61	22	6	3	37	311	סטית תקן שעיתית	מאסף			
347	458	3687	570	75	15	1551	13383	סכום	מרומזר	אבן גבירול- שדרות שאול המלך	תל אביב	38
58	76	615	95	13	3	259	2231	ממוצע שעתי	על רחוב			
26	52	99	23	5	2	32	254	סטית תקן שעיתית	מאסף			
182	265	1986	741	930	0	1368	17781	סכום	מרומזר	פנקס-וייצמן	תל אביב	39
30	44	331	124	155	0	228	2964	ממוצע שעתי	על רחוב			
17	18	31	26	44	0	41	421	סטית תקן שעיתית	מאסף			
172	434	3531	225	63	6	1077	13167	סכום	מרומזר	וייצמן-ארלוזורוב	תל אביב	40
29	72	589	38	11	1	180	2195	ממוצע שעתי	על רחוב			
12	11	56	7	4	1	26	253	סטית תקן שעיתית	מאסף			
50	187	3938	12	52	4	740	19644	סכום	מרומזר	יוספטל-כצנלסון	בת ים	41

8	31	656	2	9	1	123	3274	ממוצע שעות	על רחוב				
5	18	125	2	4	1	20	485	סטית תקן שעתית	מאסף				
42	170	6171	36	0	0	414	6495	סכום	מרומזר	שדרות			
7	28	1029	6	0	0	69	1083	ממוצע שעות	על רחוב	העצמות-	בת ים	42	
2	12	160	5	0	0	17	83	סטית תקן שעתית	מאסף	רוטשילד			
186	216	9420	60	57	0	1968	15672	סכום	מרומזר	דרך זאב			
31	36	1570	10	10	0	328	2612	ממוצע שעות	על רחוב	ז'בוטינסקי-	רמת גן	43	
16	10	176	4	4	0	44	247	סטית תקן שעתית	מאסף	ביאליק			
69	255	6105	201	96	0	1311	12858	סכום	מרומזר	יצחק מודעי-דרך			
12	43	1018	34	16	0	219	2143	ממוצע שעות	על רחוב	מנחם בגין	רמת גן	44	
7	20	169	11	6	0	22	296	סטית תקן שעתית	מאסף				
140	309	5625	108	42	48	1443	9123	סכום	מרומזר	ביאליק-			
23	52	938	18	7	8	241	1521	ממוצע שעות	על רחוב	ארלוזורוב	רמת גן	45	
9	17	102	7	3	4	34	151	סטית תקן שעתית	מאסף				
55	121	1029	9	18	0	429	10560	סכום	מרומזר	דרך זאב			
9	20	172	2	3	0	72	1760	ממוצע שעות	על רחוב	ז'בוטינסקי	פתח תקווה	46	
5	7	30	1	3	0	13	179	סטית תקן שעתית	מאסף	-יצחק שדה			
63	45	180	42	12	0	258	9300	סכום	מרומזר				
11	8	30	7	2	0	43	1550	ממוצע שעות	על רחוב	קפלן-אבי אורן	פתח תקווה	47	
5	4	22	3	1	0	10	235	סטית תקן שעתית	מאסף				
96	128	3843	81	45	0	441	10242	סכום	מרומזר	חיים עוזר-			
16	21	641	14	8	0	74	1707	ממוצע שעות	על רחוב	ההסתדרות	פתח תקווה	48	
9	13	77	5	4	0	12	98	סטית תקן שעתית	מאסף				
15	124	3663	45	66	3	579	9480	סכום	מרומזר	רוטשילד-			
3	21	611	8	11	1	97	1580	ממוצע שעות	על רחוב	ההסתדרות	פתח תקווה	49	
3	6	94	3	4	1	17	79	סטית תקן שעתית	מאסף				
38	173	4830	129	48	0	594	9612	סכום	מרומזר				
6	29	805	22	8	0	99	1602	ממוצע שעות	על רחוב	חיים עוזר-יהושע	פתח תקווה	50	
4	12	94	5	3	0	14	122	סטית תקן שעתית	מאסף	שטמפפר			

המשך:

מספר אתר	קלנועית - בכביש ובמדרכה	קורקינט חשמלי - בכביש ובמדרכה	סגוויי - בכביש ובמדרכה	יחס קטנועים לסה"כ כלי רכב	יחס קטנועים לסה"כ הולכי רגל	יחס אופניים רגילים בכביש לסה"כ כלי רכב	יחס אופניים רגילים שנונסו במדרכות לסה"כ הולכי רגל	יחס אופניים שנונסו בכביש לסה"כ כלי רכב	יחס אופניים שנונסו במדרכות לסה"כ הולכי רגל
1	26	0	0	1.3%	0.0%	0.7%	5.9%	0.7%	1.4%
	4	0	0						
	4	-	-						
2	0	1	0	2.5%	0.0%	0.3%	3.8%	0.3%	1.3%
	0	0	0						
	-	0	-						
3	65	5	0	3.3%	0.1%	0.6%	1.2%	1.8%	

						0	1	11		
						-	1	4		
2.2%	0.7%	1.3%	0.3%	0.1%	1.5%	0	0	11	4	
						0	0	2		
						-	-	2		
0.9%	2.4%	1.0%	0.6%	0.0%	3.9%	0	6	27	5	
						0	1	5		
						-	1	3		
37.8%	0.4%	4.4%	0.0%	0.0%	1.8%	1	5	6	6	
						0	1	1		
						0	1	1		
4.6%	0.3%	3.5%	0.2%	0.0%	3.6%	0	7	2	7	
						0	1	0		
						-	1	1		
2.4%	1.4%	2.3%	0.3%	0.0%	6.1%	0	1	5	8	
						0	0	1		
						-	0	1		
0.8%	1.9%	1.6%	1.1%	0.8%	16.4%	0	13	1	9	
						0	2	0		
						-	2	0		
1.0%	2.0%	0.8%	1.2%	0.4%	6.0%	0	4	19	10	
						0	1	3		
						-	1	3		
2.2%	0.1%	2.3%	0.1%	0.0%	0.9%	0	0	11	11	
						0	0	2		
						-	-	1		
4.2%	0.4%	4.2%	0.1%	1.1%	1.0%	0	1	11	12	
						0	0	2		
						-	0	2		
2.1%	0.1%	1.1%	0.0%	0.0%	1.9%	0	1	1	13	
						0	0	0		
						-	0	0		
43.4%	0.2%	22.1%	0.1%	0.0%	4.7%	1	22	5	14	
						0	4	1		
						0	2	2		
5.3%	0.4%	10.0%	0.7%	0.2%	7.3%	3	24	2	15	
						1	4	0		
						1	3	1		
4.0%	2.2%	23.7%	1.4%	1.3%	20.5%	1	20	8	16	
						0	3	1		
						0	3	2		
3.0%	2.1%	7.1%	0.8%	0.6%	9.8%	1	15	26	17	
						0	3	4		

						0	2	2	
25.9%	0.2%	19.6%	0.1%	0.0%	5.1%	0	8	1	18
						0	1	0	
						-	1	0	
22.4%	0.2%	25.7%	0.1%	0.0%	5.1%	0	19	4	19
						0	3	1	
						-	3	1	
2.6%	1.1%	0.8%	2.6%	0.2%	15.8%	0	12	3	20
						0	2	1	
						-	2	1	
8.0%	0.8%	8.2%	0.0%	0.0%	1.7%	0	2	19	21
						0	0	3	
						-	1	2	
3.4%	0.6%	5.4%	0.1%	1.5%	2.3%	0	2	20	22
						0	0	3	
						-	1	2	
4.8%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	0	0	11	23
						0	0	2	
						-	-	2	
4.6%	0.8%	0.6%	0.1%	0.0%	3.9%	1	9	28	24
						0	2	5	
						0	1	2	
0.7%	1.5%	1.3%	1.0%	0.3%	5.2%	0	13	23	25
						0	2	4	
						-	1	2	
0.4%	3.7%	0.6%	1.3%	0.1%	4.6%	1	17	60	26
						0	3	10	
						0	2	5	
8.0%	1.1%	3.2%	0.8%	0.0%	1.4%	1	1	5	27
						0	0	1	
						0	0	0	
4.9%	0.6%	2.9%	0.4%	0.3%	2.6%	0	1	8	28
						0	0	1	
						-	0	1	
15.4%	0.1%	4.8%	0.1%	6.5%	2.7%	0	0	4	29
						0	0	1	
						-	-	1	
16.1%	1.5%	23.9%	0.4%	0.0%	2.8%	0	0	3	30
						0	0	1	
						-	-	1	
27.0%	0.5%	6.6%	0.6%	0.9%	1.7%	0	1	4	31
						0	0	1	
						-	0	1	

2.7%	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%	1.0%	0	7	18	32
						0	1	3	
						-	1	3	
1.4%	0.4%	0.5%	0.5%	0.1%	2.9%	0	6	26	33
						0	1	4	
						-	1	3	
12.4%	0.1%	2.3%	0.1%	0.0%	1.5%	0	6	5	34
						0	1	1	
						-	1	1	
7.6%	0.3%	13.8%	0.6%	0.0%	4.8%	2	18	2	35
						0	3	0	
						1	4	1	
18.9%	0.6%	33.4%	0.3%	0.4%	6.8%	8	41	18	36
						1	7	3	
						2	3	3	
4.4%	1.8%	18.6%	0.8%	1.2%	10.6%	2	31	3	37
						0	5	1	
						1	1	1	
9.4%	3.4%	15.5%	0.6%	0.4%	11.6%	6	51	8	38
						1	9	1	
						2	3	2	
9.2%	1.5%	37.3%	5.2%	0.0%	7.7%	0	40	4	39
						0	7	1	
						-	5	1	
4.9%	3.3%	6.4%	0.5%	0.2%	8.2%	0	51	3	40
						0	9	1	
						-	5	1	
1.3%	1.0%	0.3%	0.3%	0.1%	3.8%	0	3	15	41
						0	1	3	
						-	1	2	
0.7%	2.6%	0.6%	0.0%	0.0%	6.4%	0	6	30	42
						0	1	5	
						-	1	4	
2.0%	1.4%	0.6%	0.4%	0.0%	12.6%	0	9	2	43
						0	2	0	
						-	1	1	
1.1%	2.0%	3.3%	0.7%	0.0%	10.2%	1	19	1	44
						0	3	0	
						0	2	0	
2.5%	3.4%	1.9%	0.5%	0.9%	15.8%	1	14	11	45
						0	2	2	
						0	3	2	
5.3%	1.1%	0.9%	0.2%	0.0%	4.1%	1	4	5	46

						0	1	1	
						0	1	1	
35.0%	0.5%	23.3%	0.1%	0.0%	2.8%	0	2	0	47
						0	0	0	
						-	1	0	
2.5%	1.2%	2.1%	0.4%	0.0%	4.3%	0	2	10	48
						0	0	2	
						-	1	2	
0.4%	1.3%	1.2%	0.7%	0.1%	6.1%	0	1	7	49
						0	0	1	
						-	0	1	
0.8%	1.8%	2.7%	0.5%	0.0%	6.2%	1	6	2	50
						0	1	0	
						0	1	1	

נספח ג'. סקר שטח: פרטי משתמשים בסוגי הרכב החלופיים, לפי אתרי התצפיות

מספר אתר	עיר	שם הזומת	סוג אומת	Z	קבוצת גיל				מגדר		רוכב לבד / בקבוצה	לבד על כלי תחבורה או מסיע מישור		נכנס לצומת על כביש / מדרכה		חצה צומת			חובש קסדה						
					עד 18	19-34	35-64	65+	זכר	נקבה		לבד	בתאגיד של רוכבים	לבד	מסיע מישור	על כביש	על מדרכה	על כביש	על מעברי חציה	גם וגם	לא	כן			
1	קריית ים	שדרות משה שרת- יצחק בן צבי	מעגל	84	23	33	23	5	79	5	5	78	6	82	2	39	45	37	46	1	84	0			
				26	2	0	15	17	9	26	6	20	5	21	4	21	1	21	1	26	0				
				0																					
				0																					
2	קריית חיים	אח"י אילת-חומה ומגדל	מעגל	25	12	10	3	0	23	2	2	23	2	23	2	14	11	14	11	0	24	1			
				0																					
				1																					
				0																					
3	חדרה	שדרות רוטשילד- הרב רבי סמואל	מעגל	213	40	93	73	7	205	8	3	210	3	210	3	141	72	136	70	7	210	3			
				65	0	1	48	56	9	65	0	64	1	38	27	35	29	1	29	1	65	0			
				3	1	0	1	3	0	3	0	3	0	2	1	3	0	0	1	3	0	3	0		
				0																					
4	חדרה	אחד העם-הלל יפה	מעגל	94	18	31	44	1	90	4	2	92	2	89	5	38	56	38	56	0	94	0			
				8	0	0	5	8	0	8	0	8	0	4	4	4	4	4	4	0	8	0			
				0																					
				0																					
5	נתניה	סמילנסקי-דוד רמז	מעגל	214	66	92	50	6	195	19	0	214	0	201	13	169	45	151	34	24	201	13			
				27	2	1	18	19	8	25	2	21	6	18	9	15	6	6	6	25	2				
				6	4	0	0	4	2	6	0	6	0	6	0	6	0	0	0	1	6	0			
				0																					

1	82	6	46	31	45	38	6	77	12	71	5	78	0	25	22	36	83	אופניים חשמליים	מרומזר על עורק תמונה	לישיה-טרת שטש טרדש	קרתים	12		
1.2%	98.8%	7.2%	55.4%	37.3%	54.2%	45.8%	7.2%	92.8%	14%	85.5%	6.0%	94.0%	0.0%	30.1%	26.5%	43.4%	11	קלנעית						
0	11	0	10	1	8	3	2	9	0	11	1	10	10	0	1	0	0	1	קורקינט חשמלי					
0.0%	100%	0.0%	90.9%	9.1%	72.7%	27.3%	18%	81.8%	0.0%	100%	9.1%	90.9%	90.9%	0.0%	9.1%	0.0%	1	1	סגויי					
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0						
0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0	0						
4	60	15	33	16	46	18	2	62	0	64	7	57	1	15	15	33	64	אופניים חשמליים	מרומזר על עורק תמונה	וי-דיש בן דרדור זלק	מנינה	13		
6.3%	93.8%	23.4%	51.6%	25.0%	71.9%	28.1%	3.1%	96.9%	0.0%	100%	10.9%	89.1%	1.6%	23.4%	23.4%	51.6%	0	קלנעית						
0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	קורקינט חשמלי					
0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0	0	סגויי					
132	419	12	487	52	488	63	4	547	8	543	213	338	0	26	394	131	553	אופניים חשמליים	מרומזר על עורק תמונה	מי-ר-חיים לבנון/ישי גמון	תל אביב	14		
23.9%	75.8%	2.2%	88.1%	9.4%	88.2%	11.4%	0.7%	98.9%	1.4%	98.2%	38.5%	61.1%	0.0%	4.7%	71.2%	23.7%	5	קלנעית						
1	4	0	4	1	4	1	0	5	0	5	0	5	2	3	0	0	20	20	קורקינט חשמלי					
20.0%	80.0%	0.0%	80.0%	20.0%	80.0%	20.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%	2	20	סגויי					
2	18	0	18	2	18	2	1	19	0	20	4	16	0	0	7	13	1	1	קורקינט חשמלי					
10.0%	90.0%	0.0%	90.0%	10.0%	90.0%	10.0%	5.0%	95.0%	0.0%	100%	20.0%	80.0%	0.0%	0.0%	35.0%	65.0%	0	0	1					
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0						
0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	1	1	סגויי					
71	315	21	307	58	282	104	8	378	6	380	74	312	0	49	323	14	387	אופניים חשמליים	מרומזר על עורק תמונה	מני-אולחורוב	תל אביב	15		
18.3%	81.4%	5.4%	79.3%	15.0%	72.9%	26.9%	2.1%	97.7%	1.6%	98.2%	19.1%	80.6%	0.0%	12.7%	83.5%	3.6%	2	קלנעית						
0	2	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	2	1	1	0	0	24	24	קורקינט חשמלי					
0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	6	24	סגויי					
6	18	0	17	7	14	10	1	23	0	24	1	23	0	2	21	1	0	0	קורקינט חשמלי					
25.0%	75.0%	0.0%	70.8%	29.2%	58.3%	41.7%	4.2%	95.8%	0.0%	100%	4.2%	95.8%	0.0%	8.3%	87.5%	4.2%	0	0	קורקינט חשמלי					
0	3	0	2	1	1	2	0	3	0	3	0	3	0	0	3	0	3	3	סגויי					
0.0%	100%	0.0%	66.7%	33.3%	33.3%	66.7%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	0	0						
134	367	96	91	314	77	424	3	498	7	494	96	405	0	24	442	35	501	אופניים חשמליים	מרומזר על עורק תמונה	יגאל אילון-יצחק שדה	תל אביב	16		
26.7%	73.3%	19.2%	18.2%	62.7%	15.4%	84.6%	0.6%	99.4%	1.4%	98.6%	19.2%	80.8%	0.0%	4.8%	88.2%	7.0%	8	קלנעית						
2	6	3	0	5	1	7	0	8	1	7	3	5	2	5	1	0	20	20	קורקינט חשמלי					
25.0%	75.0%	37.5%	0.0%	62.5%	12.5%	87.5%	0.0%	100%	12%	87.5%	37.5%	62.5%	25.0%	62.5%	12.5%	0.0%	1	1	קורקינט חשמלי					
4	16	6	1	13	1	19	0	20	0	20	1	19	0	0	20	0	0	0	קורקינט חשמלי					
20.0%	80.0%	30.0%	5.0%	65.0%	5.0%	95.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	5.0%	95.0%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	1	1	סגויי					
1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0						
100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	100%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	100	0.0%	44	44	אופניים חשמליים	מרומזר על עורק תמונה	לה גווארדיה	תל אביב	17
10.7%	86.2%	22.8%	21.1%	53.0%	17.9%	78.9%	5.6%	91.3%	2.7%	94.2%	24.7%	72.2%	0.2%	5.8%	43.6%	47.2%	26	קלנעית		לדה גווארדיה דרר משה דרר				
2	24	0	7	19	7	19	0	26	0	26	7	19	12	13	1	0	15	15	קורקינט חשמלי					
7.7%	92.3%	0.0%	26.9%	73.1%	26.9%	73.1%	0.0%	100%	0.0%	100%	26.9%	73.1%	46.2%	50.0%	3.8%	0.0%	1	1	סגויי					
1	14	2	5	8	5	10	0	15	1	14	3	12	0	2	11	2	0	0	קורקינט חשמלי					
6.7%	93.3%	13.3%	33.3%	53.3%	33.3%	66.7%	0.0%	100%	6.7%	93.3%	20.0%	80.0%	0.0%	13.3%	73.3%	13.3%	1	1	קורקינט חשמלי					
0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	סגויי					
0.0%	100%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	100%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0	0						

30	88	0	87	31	87	31	4	114	3	115	25	93	0	12	57	49	118	אופניים חשמליים	ממוצע על עורך תנועה	אברהם שליוסקי- פנתוס חזון	תל אביב	18	
25.4%	74.6%	0.0%	73.7%	26.3%	73.7%	26.3%	3.4%	96.6%	2.5%	97.5%	21.2%	78.8%	0.0%	10.2%	48.3%	41.5%	1	קלנועית					
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	8	קורקינט חשמלי				
0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	5	סגוויי					
1	7	0	7	1	7	1	0	8	1	7	3	5	0	0	3	5	0	0					
12.5%	87.5%	0.0%	87.5%	12.5%	87.5%	12.5%	0.0%	100%	12%	87.5%	37.5%	62.5%	0.0%	0.0%	37.5%	62.5%	0						
																	0						
70	215	59	216	10	246	39	20	265	1	284	70	215	0	22	68	195	285	אופניים חשמליים	ממוצע על עורך תנועה	בני אפרים-שדרות קרן קיימת לישראל	תל אביב	19	
24.6%	75.4%	20.7%	75.8%	3.5%	86.3%	13.7%	7.0%	93.0%	0.4%	99.6%	24.6%	75.4%	0.0%	7.7%	23.9%	68.4%	3	קלנועית					
0	3	0	3	0	3	0	0	3	0	3	2	1	0	2	1	0	0	18	קורקינט חשמלי				
0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	66.7%	33.3%	0.0%	66.7%	33.3%	0.0%	15	סגוויי					
1	17	7	11	0	15	3	2	16	0	18	9	9	0	0	3	15	0						
5.6%	94.4%	38.9%	61.1%	0.0%	83.3%	16.7%	11%	88.9%	0.0%	100%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	16.7%	83.3%	0						
																	0						
74	326	0	210	190	210	190	9	391	8	392	96	304	0	43	335	22	400	אופניים חשמליים	ממוצע על עורך תנועה	דוד זאב ז'בוטינסקי-דוד אבאטל	רמת גן	20	
18.5%	81.5%	0.0%	52.5%	47.5%	52.5%	47.5%	2.3%	97.8%	2.0%	98.0%	24.0%	76.0%	0.0%	10.8%	83.8%	5.5%	3	קלנועית					
0	3	0	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	2	1	0	0	11	קורקינט חשמלי				
0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	66.7%	33.3%	0.0%	2	סגוויי					
3	8	0	9	2	9	2	0	11	0	11	0	11	0	0	9	2	0						
27.3%	72.7%	0.0%	81.8%	18.2%	81.8%	18.2%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	81.8%	18.2%	0						
																	0						
0	171	20	86	65	88	83	14	157	0	171	3	168	7	27	75	62	171	אופניים חשמליים	ממוצע על רחוב מאסף	הנשיא יו"אצמון-הלל יפה	חדרה	21	
0.0%	100%	11.7%	50.3%	38.0%	51.5%	48.5%	8.2%	91.8%	0.0%	100%	1.8%	98.2%	4.1%	15.8%	43.9%	36.3%	19	קלנועית					
0	19	1	12	6	13	6	1	18	0	19	6	13	12	6	1	0	0	2	קורקינט חשמלי				
0.0%	100%	5.3%	63.2%	31.6%	68.4%	31.6%	5.3%	94.7%	0.0%	100%	31.6%	68.4%	63.2%	31.6%	5.3%	0.0%	0	סגוויי					
0	2	0	1	1	1	1	0	2	0	2	0	2	0	1	1	0	0						
0.0%	100%	0.0%	50.0%	50.0%	50.0%	50.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0						
																	0						
6	165	20	105	47	100	72	10	162	0	172	2	170	7	36	45	84	173	אופניים חשמליים	ממוצע על רחוב מאסף	הנשיא יו"אצמון-הגיבורים	חדרה	22	
3.5%	95.4%	11.6%	60.7%	27.2%	57.8%	41.6%	5.8%	93.6%	0.0%	99.4%	1.2%	98.3%	4.0%	20.8%	26.0%	48.6%	18	קלנועית					
0	18	1	13	4	12	6	1	17	0	18	3	15	10	6	1	1	0	2	קורקינט חשמלי				
0.0%	100%	5.6%	72.2%	22.2%	66.7%	33.3%	5.6%	94.4%	0.0%	100%	16.7%	83.3%	55.6%	33.3%	5.6%	5.6%	0	סגוויי					
0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0						
0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0						
																	0						
4	195	0	92	107	87	112	15	184	3	196	4	195	0	25	54	120	199	אופניים חשמליים	ממוצע על רחוב מאסף	הרב רב סמואל-רמב"ם	חדרה	23	
2.0%	98.0%	0.0%	46.2%	53.8%	43.7%	56.3%	7.5%	92.5%	1.5%	98.5%	2.0%	98.0%	0.0%	12.6%	27.1%	60.3%	10	קלנועית					
0	10	0	4	6	3	7	0	10	0	10	0	10	0	8	1	1	0	0	קורקינט חשמלי				
0.0%	100%	0.0%	40.0%	60.0%	30.0%	70.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	80.0%	10.0%	10.0%	0	סגוויי					
																	0						
12	360	30	288	54	285	87	40	332	17	355	11	361	7	72	120	173	372	אופניים חשמליים	ממוצע על רחוב מאסף	הראל-פנתוס	נתניה	24	
3.2%	96.8%	8.1%	77.4%	14.5%	76.6%	23.4%	11%	89.2%	4.6%	95.4%	3.0%	97.0%	1.9%	19.4%	32.3%	46.5%	27	קלנועית					
0	27	2	18	7	20	7	1	26	0	27	3	24	18	7	1	1	0						
0.0%	100%	7.4%	66.7%	25.9%	74.1%	25.9%	3.7%	96.3%	0.0%	100%	11.1%	88.9%	66.7%	25.9%	3.7%	3.7%	0						

0	8	0	4	4	4	4	0	8	0	8	0	8	0	2	2	4	8	קורקינט חשמלי					
0.0%	100%	0.0%	50.0%	50.0%	50.0%	50.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	25.0%	25.0%	50.0%							
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	סגויי				
0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%							
2	216	7	71	138	70	148	31	187	1	217	15	203	2	15	72	129	218	אופניים חשמליים	ממוזר על רחוב מאסף	הראל-ישדרות בנימין	נתניה	25	
0.9%	99.1%	3.2%	32.6%	63.3%	32.1%	67.9%	14%	85.8%	0.5%	99.5%	6.9%	93.1%	0.9%	6.9%	33.0%	59.2%							
0	23	1	12	10	12	11	5	18	1	22	1	22	7	14	1	1	23	קלנועית					
0.0%	100%	4.3%	52.2%	43.5%	52.2%	47.8%	22%	78.3%	4.3%	95.7%	4.3%	95.7%	30.4%	60.9%	4.3%	4.3%							
0	12	0	3	9	3	9	0	12	0	12	0	12	2	0	0	10	12	קורקינט חשמלי					
0.0%	100%	0.0%	25.0%	75.0%	25.0%	75.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	16.7%	0.0%	0.0%	83.3%							
																	0	סגויי					
5	251	7	56	193	44	212	12	244	7	249	18	238	7	65	108	76	256	אופניים חשמליים	ממוזר על רחוב מאסף	הראל-סמילנסקי	נתניה	26	
2.0%	98.0%	2.7%	21.9%	75.4%	17.2%	82.8%	4.7%	95.3%	2.7%	97.3%	7.0%	93.0%	2.7%	25.4%	42.2%	29.7%							
1	54	1	25	28	27	28	9	46	4	51	6	49	30	19	4	2	55	קלנועית					
1.8%	98.2%	1.8%	45.5%	50.9%	49.1%	50.9%	16%	83.6%	7.3%	92.7%	10.9%	89.1%	54.5%	34.5%	7.3%	3.6%							
0	16	0	5	11	4	12	0	16	0	16	0	16	0	2	8	6	16	קורקינט חשמלי					
0.0%	100%	0.0%	31.3%	68.8%	25.0%	75.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	12.5%	50.0%	37.5%							
0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	סגויי				
0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	100%							
56	215	20	172	79	165	106	24	247	18	253	48	223	10	48	92	121	271	אופניים חשמליים	ממוזר על רחוב מאסף	אחוזת-קרן היסוד	רעננה	27	
20.7%	79.3%	7.4%	63.5%	29.2%	60.9%	39.1%	8.9%	91.1%	6.6%	93.4%	17.7%	82.3%	3.7%	17.7%	33.9%	44.6%							
0	5	0	2	3	2	3	0	5	2	3	0	5	4	0	0	1	5	קלנועית					
0.0%	100%	0.0%	40.0%	60.0%	40.0%	60.0%	0.0%	100%	40%	60.0%	0.0%	100%	80.0%	0.0%	0.0%	20.0%							
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	קורקינט חשמלי				
0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	100%							
1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	סגויי				
100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%							
10	171	10	126	45	128	53	8	173	3	178	22	159	0	58	59	64	181	אופניים חשמליים	ממוזר על רחוב מאסף	אילן	רעננה	28	
5.5%	94.5%	5.5%	69.6%	24.9%	70.7%	29.3%	4.4%	95.6%	1.7%	98.3%	12.2%	87.8%	0.0%	32.0%	32.6%	35.4%							
0	7	0	5	2	5	2	0	7	0	7	2	5	5	2	0	0	7	קלנועית					
0.0%	100%	0.0%	71.4%	28.6%	71.4%	28.6%	0.0%	100%	0.0%	100%	28.6%	71.4%	71.4%	28.6%	0.0%	0.0%							
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	קורקינט חשמלי				
0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%							
																	0	סגויי					
112	134	0	233	13	233	13	6	240	4	242	47	199	0	9	115	122	247	אופניים חשמליים	ממוזר על רחוב מאסף	אחוזת-דרך יושלים	רעננה	29	
45.3%	54.3%	0.0%	94.3%	5.3%	94.3%	5.3%	2.4%	97.2%	1.6%	98.0%	19.0%	80.6%	0.0%	3.6%	46.6%	49.4%							
1	3	0	4	0	4	0	0	4	0	4	1	3	1	2	0	1	4	קלנועית					
25.0%	75.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	25.0%	75.0%	25.0%	50.0%	0.0%	25.0%							
																	0	קורקינט חשמלי					
																	0	סגויי					
52	137	25	135	29	78	111	7	182	0	189	35	154	0	5	30	154	189	אופניים חשמליים	ממוזר על רחוב מאסף	אחוזת-משה דיין	רעננה	30	
27.5%	72.5%	13.2%	71.4%	15.3%	41.3%	58.7%	3.7%	96.3%	0.0%	100%	18.5%	81.5%	0.0%	2.6%	15.9%	81.5%							
1	2	0	2	1	0	3	0	3	0	3	0	3	0	1	0	2	3	קלנועית					
33.3%	66.7%	0.0%	66.7%	33.3%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	33.3%	0.0%	66.7%							
																	0	קורקינט חשמלי					
																	0	סגויי					

17	186	2	172	29	171	32	14	189	13	190	31	172	1	17	56	129	203	אופניים חשמליים	מרוצרת על רחוב מאסף	ח.טי.ס-הפני-הפני-הפני	תענוה	31
8.4%	91.6%	1.0%	84.7%	14.3%	84.2%	15.8%	6.9%	93.1%	6.4%	93.6%	15.3%	84.7%	0.5%	8.4%	27.6%	63.5%	4	קלנועית				
0	4	0	1	3	1	3	0	4	0	4	0	4	3	0	0	1	1	1				
0.0%	100%	0.0%	25.0%	75.0%	25.0%	75.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	75.0%	0.0%	0.0%	25.0%	1	קורקינט חשמלי				
0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0				
0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0	סגוויי				
16	140	3	110	38	100	57	17	140	8	149	30	127	2	24	55	75	157	אופניים חשמליים	מרוצרת על רחוב מאסף	וסלגוליון-ברל-אנליו	כפר סבא	32
10.2%	89.2%	1.9%	70.1%	24.2%	63.7%	36.3%	11%	89.2%	5.1%	94.9%	19.1%	80.9%	1.3%	15.3%	35.0%	47.8%	18	קלנועית				
1	17	2	10	6	9	9	0	18	0	18	0	18	7	8	2	1	6	1				
5.6%	94.4%	11.1%	55.6%	33.3%	50.0%	50.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	38.9%	44.4%	11.1%	5.6%	6	קורקינט חשמלי				
2	4	1	4	1	1	5	0	6	0	6	1	5	0	3	3	0	0	0				
33.3%	66.7%	16.7%	66.7%	16.7%	16.7%	83.3%	0.0%	100%	0.0%	100%	16.7%	83.3%	0.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0	סגוויי				
2	126	10	82	35	84	44	2	126	0	128	25	103	1	11	83	33	128	אופניים חשמליים	מרוצרת על רחוב מאסף	ח.טי.ס-הפני-הפני-הפני	כפר סבא	33
1.6%	98.4%	7.8%	64.1%	27.3%	65.6%	34.4%	1.6%	98.4%	0.0%	100%	19.5%	80.5%	0.8%	8.6%	64.8%	25.8%	26	קלנועית				
0	26	0	25	1	24	2	1	25	0	26	15	11	10	14	2	0	6	1				
0.0%	100%	0.0%	96.2%	3.8%	92.3%	7.7%	3.8%	96.2%	0.0%	100%	57.7%	42.3%	38.5%	53.8%	7.7%	0.0%	6	קורקינט חשמלי				
1	5	0	5	1	5	1	0	6	0	6	0	6	0	1	4	1	0	0				
16.7%	83.3%	0.0%	83.3%	16.7%	83.3%	16.7%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	16.7%	66.7%	16.7%	0	סגוויי				
4	67	3	66	2	65	6	2	69	0	71	9	62	0	9	15	47	73	אופניים חשמליים	מרוצרת על רחוב מאסף	ח.טי.ס-הפני-הפני-הפני	כפר סבא	34
5.5%	91.8%	4.1%	90.4%	2.7%	89.0%	8.2%	2.7%	94.5%	0.0%	97.3%	12.3%	84.9%	0.0%	12.3%	20.5%	64.4%	5	קלנועית				
0	5	2	2	1	2	3	0	5	0	5	1	4	4	1	0	0	6	1				
0.0%	100%	40.0%	40.0%	20.0%	40.0%	60.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	20.0%	80.0%	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%	6	קורקינט חשמלי				
1	5	2	4	0	5	1	0	6	0	6	0	6	0	1	0	5	0	0				
16.7%	83.3%	33.3%	66.7%	0.0%	83.3%	16.7%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	16.7%	0.0%	83.3%	0	סגוויי				
34	200	19	193	22	203	31	25	209	1	233	67	167	4	26	70	134	235	אופניים חשמליים	מרוצרת על רחוב מאסף	ח.טי.ס-הפני-הפני-הפני	תל אביב	35
14.5%	85.1%	8.1%	82.1%	9.4%	86.4%	13.2%	11%	88.9%	0.4%	99.1%	28.5%	71.1%	1.7%	11.1%	29.8%	57.0%	2	קלנועית				
0	2	1	1	0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	16	1				
0.0%	100%	50.0%	50.0%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	18	קורקינט חשמלי				
0	18	2	15	1	17	1	1	17	0	18	8	10	0	1	1	16	2	1				
0.0%	100%	11.1%	83.3%	5.6%	94.4%	5.6%	5.6%	94.4%	0.0%	100%	44.4%	55.6%	0.0%	5.6%	5.6%	88.9%	2	סגוויי				
1	1	0	2	0	2	0	0	2	0	2	1	1	0	1	0	1	1	1				
50.0%	50.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	50.0%	50.0%	0.0%	50.0%	0.0%	50.0%	612	אופניים חשמליים	מרוצרת על רחוב מאסף	ח.טי.ס-הפני-הפני-הפני	תל אביב	36
42	543	0	517	92	520	92	20	592	23	589	137	475	0	14	336	262	18	קלנועית				
6.9%	88.7%	0.0%	84.5%	15.0%	85.0%	15.0%	3.3%	96.7%	3.8%	96.2%	22.4%	77.6%	0.0%	2.3%	54.9%	42.8%	41	קורקינט חשמלי				
0	18	0	13	5	13	5	1	17	1	17	1	17	5	8	2	3	0	0				
0.0%	100%	0.0%	72.2%	27.8%	72.2%	27.8%	5.6%	94.4%	5.6%	94.4%	5.6%	94.4%	27.8%	44.4%	11.1%	16.7%	2	סגוויי				
2	36	0	32	8	33	8	1	40	0	41	6	35	0	1	21	19	8	1				
4.9%	87.8%	0.0%	78.0%	19.5%	80.5%	19.5%	2.4%	97.6%	0.0%	100%	14.6%	85.4%	0.0%	2.4%	51.2%	46.3%	41	קורקינט חשמלי				
0	8	0	6	2	6	2	1	7	0	8	1	7	0	0	3	5	0	0				
0.0%	100%	0.0%	75.0%	25.0%	75.0%	25.0%	12%	87.5%	0.0%	100%	12.5%	87.5%	0.0%	0.0%	37.5%	62.5%	8	סגוויי				
79	281	51	170	139	119	241	17	343	14	346	87	273	0	78	232	50	360	אופניים חשמליים	מרוצרת על רחוב מאסף	ח.טי.ס-הפני-הפני-הפני	תל אביב	37
21.9%	78.1%	14.2%	47.2%	38.6%	33.1%	66.9%	4.7%	95.3%	3.9%	96.1%	24.2%	75.8%	0.0%	21.7%	64.4%	13.9%	3	קלנועית				
1	2	1	2	0	2	1	2	1	1	2	0	3	1	0	2	0	0	0				
33.3%	66.7%	33.3%	66.7%	0.0%	66.7%	33.3%	67%	33.3%	33%	66.7%	0.0%	100%	33.3%	0.0%	66.7%	0.0%	0	0				

38	238	57	57	162	69	207	2	275	5	272	30	247	10	99	158	10	278	אופניים חשמליים	מרוצת על רחוב מאסף	רמת גן	44																		
13.7%	85.6%	20.5%	20.5%	58.3%	24.8%	74.5%	0.7%	98.9%	1.8%	97.8%	10.8%	88.8%	3.6%	35.6%	56.8%	3.6%	1	קלנועית	יצחק מודיע-דרר מנחם בגין																				
0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	17	קורקינט חשמלי																					
4	13	2	5	10	6	11	0	17	0	17	2	15	1	5	10	1	1	קלנועית																					
23.5%	76.5%	11.8%	29.4%	58.8%	35.3%	64.7%	0.0%	100%	0.0%	100%	11.8%	88.2%	5.9%	29.4%	58.8%	5.9%	1	סגוויי																					
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	413	אופניים חשמליים																					
0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	11	קלנועית	ביאליק-ארלוזורוב	רמת גן	45																		
13	400	14	127	272	140	273	14	399	6	407	82	331	1	53	283	76	13	קורקינט חשמלי																					
3.1%	96.9%	3.4%	30.8%	65.9%	33.9%	66.1%	3.4%	96.6%	1.5%	98.5%	19.9%	80.1%	0.2%	12.8%	68.5%	18.4%	1	סגוויי																					
0	11	0	8	3	11	0	1	10	0	11	7	4	5	3	3	0	169	אופניים חשמליים																					
0.0%	100%	0.0%	72.7%	27.3%	100%	0.0%	9.1%	90.9%	0.0%	100%	63.6%	36.4%	45.5%	27.3%	27.3%	0.0%	5	קלנועית																					
0	13	2	7	4	9	4	0	13	0	13	2	11	0	3	8	2	3	קורקינט חשמלי																					
0.0%	100%	15.4%	53.8%	30.8%	69.2%	30.8%	0.0%	100%	0.0%	100%	15.4%	84.6%	0.0%	23.1%	61.5%	15.4%	1	סגוויי																					
0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	17	אופניים חשמליים																					
17	151	15	50	103	55	113	5	163	5	163	8	160	7	42	47	72	5	קלנועית	דרר זאב ז'בוטינסקי יצחק שדר	הולקט טרנס	46																		
10.1%	89.3%	8.9%	29.6%	60.9%	32.5%	66.9%	3.0%	96.4%	3.0%	96.4%	4.7%	94.7%	4.1%	24.9%	27.8%	42.6%	3	קורקינט חשמלי																					
0	5	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	4	1	0	0	1	1	קלנועית																				
0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	80.0%	20.0%	0.0%	0.0%	1	1	קורקינט חשמלי																				
0	3	1	0	2	0	3	0	3	0	3	0	3	0	1	1	1	1	1	קלנועית																				
0.0%	100%	33.3%	0.0%	66.7%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	1	1	קורקינט חשמלי																				
1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	106	אופניים חשמליים																					
100%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0	0	קלנועית	אורן קפלן-אבי אורן	הולקט טרנס	47																	
0	106	16	46	44	63	43	2	104	1	105	6	100	0	9	27	70	2	קורקינט חשמלי																					
0.0%	100%	15.1%	43.4%	41.5%	59.4%	40.6%	1.9%	98.1%	0.9%	99.1%	5.7%	94.3%	0.0%	8.5%	25.5%	66.0%	0	0	קלנועית																				
																	0	0	קלנועית																				
0	2	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0	2	2	2	קורקינט חשמלי																				
0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0	0	קלנועית																				
																	11	211	7	81	134	74	148	25	197	13	209	20	202	6	38	52	126	222	אופניים חשמליים				
5.0%	95.0%	3.2%	36.5%	60.4%	33.3%	66.7%	11%	88.7%	5.9%	94.1%	9.0%	91.0%	2.7%	17.1%	23.4%	56.8%	10	קלנועית	ז'בים עזרי-ההסתדרות	הולקט טרנס	48																		
0	10	0	3	7	2	8	2	8	0	10	3	7	8	1	1	0	2	2	קורקינט חשמלי																				
0.0%	100%	0.0%	30.0%	70.0%	20.0%	80.0%	20%	80.0%	0.0%	100%	30.0%	70.0%	80.0%	10.0%	10.0%	0.0%	2	2	קלנועית																				
0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0	2	0	0	קלנועית																				
0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0	0	קלנועית																				
																	16	123	5	30	104	15	124	4	135	3	136	14	125	1	14	52	72	139	אופניים חשמליים				
11.5%	88.5%	3.6%	21.6%	74.8%	10.8%	89.2%	2.9%	97.1%	2.2%	97.8%	10.1%	89.9%	0.7%	10.1%	37.4%	51.8%	7	קלנועית	רוטשילד-ההסתדרות	הולקט טרנס	49																		
0	7	0	2	5	1	6	1	6	1	6	2	5	5	1	1	0	1	1	קורקינט חשמלי																				
0.0%	100%	0.0%	28.6%	71.4%	14.3%	85.7%	14%	85.7%	14%	85.7%	28.6%	71.4%	71.4%	14.3%	14.3%	0.0%	1	1	קלנועית																				
0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	קלנועית																				
0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0	0	קלנועית																				
																	6	197	6	50	147	36	167	15	188	13	190	15	188	0	25	97	81	203	אופניים חשמליים	על רחוב מאסף			
3.0%	97.0%	3.0%	24.6%	72.4%	17.7%	82.3%	7.4%	92.6%	6.4%	93.6%	7.4%	92.6%	0.0%	12.3%	47.8%	39.9%	2	קלנועית	עזרי-השועי-מאסף	פנתון תקווה	50																		
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	קלנועית																				
0.0%	50.0%	0.0%	50.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	50.0%	50.0%	50.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	2	2	קלנועית																				

0	5	0	1	4	0	5	1	4	0	5	0	5	0	0	2	3	5	קורקינט חשמלי				
0.0%	100%	0.0%	20.0%	80.0%	0.0%	100%	20%	80.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	40.0%	60.0%						
0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	סגויי				
0.0%	100%	0.0%	0.0%	100%	100%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%					

נספח ד'. מפות עם קטעי רחובות לביצוע מדידות מהירות

A מאסף חד-מסלולי: רמת גן, רחוב תובל בין צומת עם רחוב היצירה לבין צומת עם רחוב ביאליק



B עורק דו-מסלולי עם מסחר בלי שביל אופניים: רמת גן, דרך מנחם בגין בין צומת עם רחוב דורי לבין צומת עם רחוב היצירה



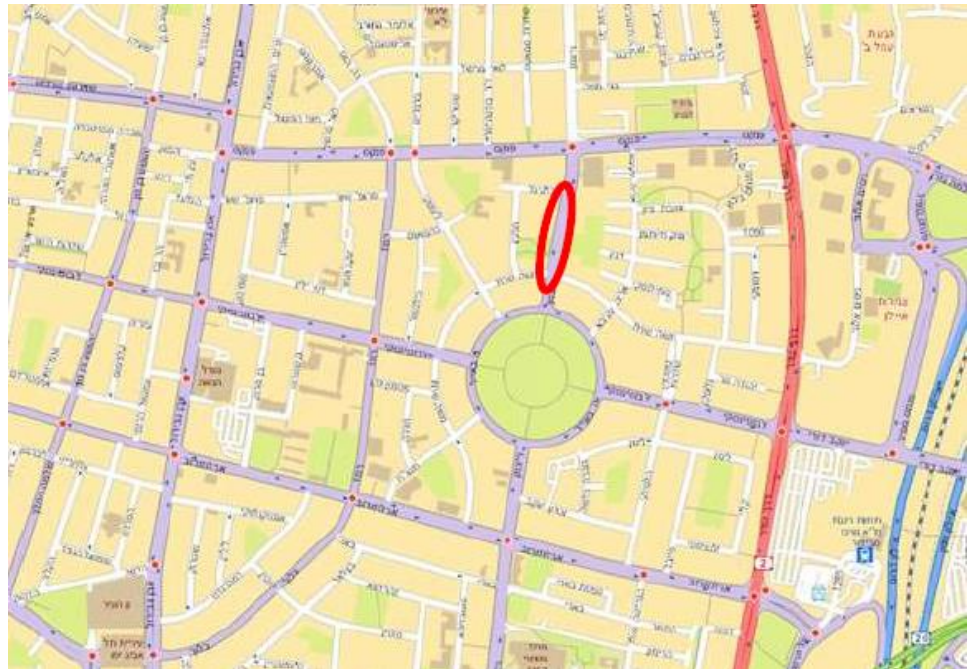
C מאסף דו-מסלולי עם מסחר ושביל אופניים: תל אביב, רחוב אבן גבירול בין צומת עם רחוב בלור לבין צומת עם רחוב הדסה.



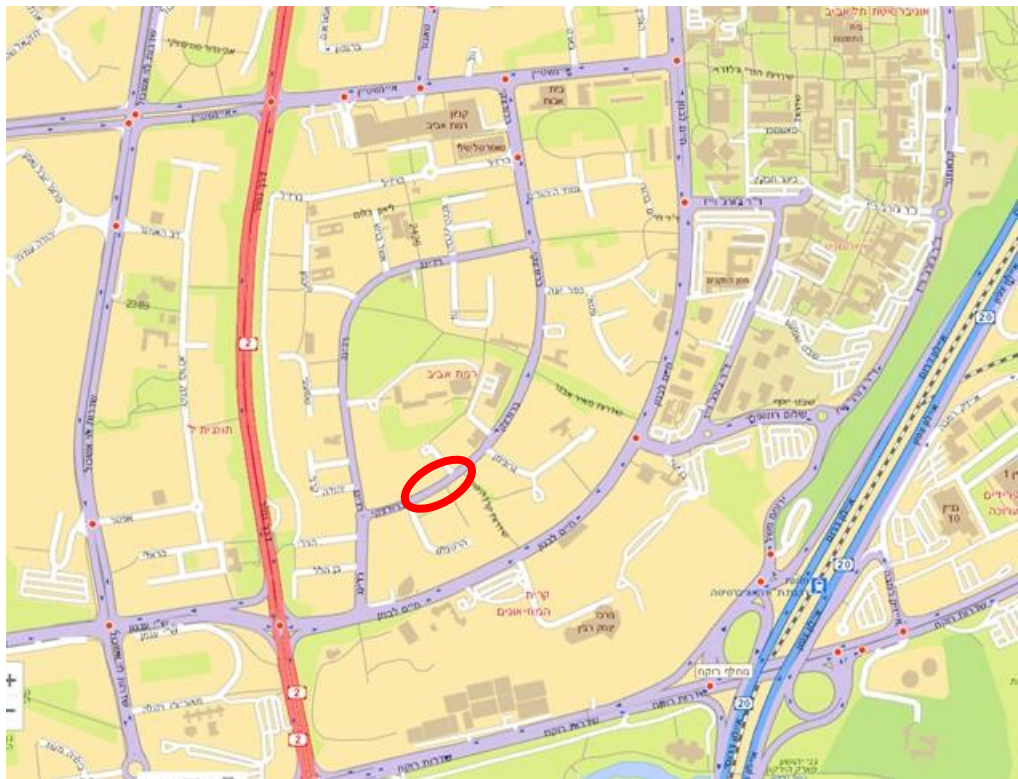
D עורק דו-מסלולי ללא מסחר עם שביל אופניים: תל אביב, רחוב פנקס בין צומת עם רחוב ויצמן לבין צומת עם רחוב ברנדיס



E מאסף דו-מסלולי ללא מסחר בלי שביל אופניים: תל אביב, רח' ויצמן בין צומת עם רחוב פנקס לבין צומת עם רחוב ה' באייר (כנר המדינה)



F מאסף חד-מסלולי: תל אביב, רחוב ברודצקי בין צומת עם רחוב רידינג לבין צומת עם רחוב גרונימן



נספח ה'. פירוט מתמטי ליצירת סט מסלולים לרכיבה

Choice Set Composition

The objective of the choice set formation is the maximization of the coverage of the collected routes and the consequent composition of choice sets behaviorally consistent with the observed behavior. Choice sets may correspond to path sets generated by single methods with good performance indexes, or to the combination of path sets produced by different methods with poor individual performances.

The coverage measures the percentage of observations for which a path generation technique reproduces the actual behavior according to a certain overlap threshold, which expresses the degree of similarity between generated and collected routes.

$$\max_r \sum_{n=1}^N I(O_{nr} \geq \delta) \quad (1)$$

where $I(\bullet)$ is the coverage function, equal to one when its argument is true and zero otherwise, O_{nr} is the overlap measure for technique r and observation n , δ is the overlap threshold.

$$O_{nr} = \frac{L_{nr}}{L_n} \quad (2)$$

where L_{nr} is the overlapping length between generated and observed routes, L_n is the length of the observed path for driver n .

The index of behavioral consistency compares a path generation method to the ideal algorithm that would replicate link-by-link all the routes reported in the survey, with a 100% resulting coverage for a 100% overlap threshold.

$$CI_r = \frac{\sum_{n=1}^N O_{nr,max}}{N \cdot O_{max}} \quad (3)$$

where CI_r is the consistency index of algorithm r , $O_{nr,max}$ is the maximum overlap measure obtained with the paths generated by algorithm r for the observed choice of each driver n , O_{max} is the 100% overlap over all the N observations for the ideal algorithm.

The overlap measure indicated in Equations (2) and (3) accounts for the physical common path length. For bicycle route choice, it is important to account also for other path characteristics, such as the overlap in specific bikeways or other dedicated places. Therefore, a generalization of the overlap measure is proposed in the following equation:

$$\max_{i=1,n} \sum_{n=1}^n \alpha * \left(1 - \left| \frac{M_{nki} - M_{nk}}{\max(M_{nk}, M_{nki})} \right| \right) + (1 - \alpha) * O_{ni} \quad (4)$$

where M_{nki} represents the measure of characteristic k for route in the choice set of the n observation. O_{ni} is the overlap measure of the route i in the n observation

and $1 \geq \alpha \geq 0$

This study estimates models using the “standard overlap” measure (equation 3) and the “proposed overlap” measure (equation 4).

Choice Set Generation

A total of 20 routes were generated for each observation between origin and destination. The first quality test for the choice set routes is the coverage. Figure 1 below shows the results of the coverage for different overlap thresholds.

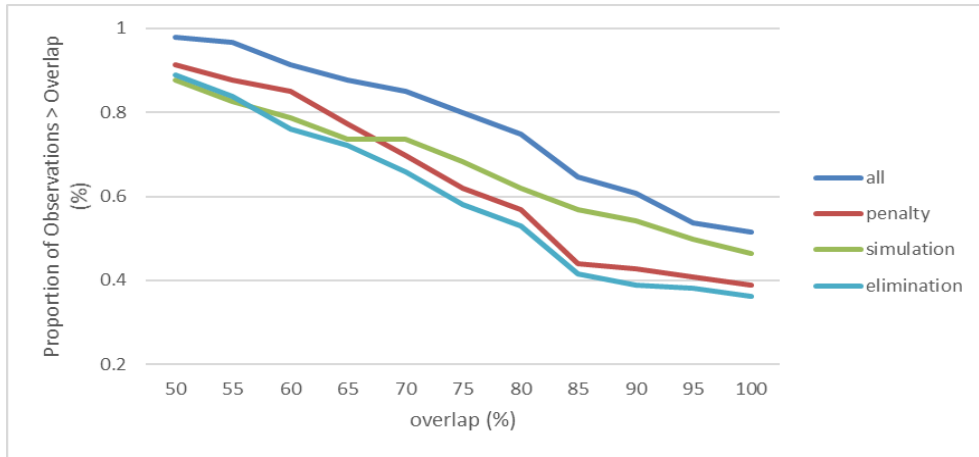
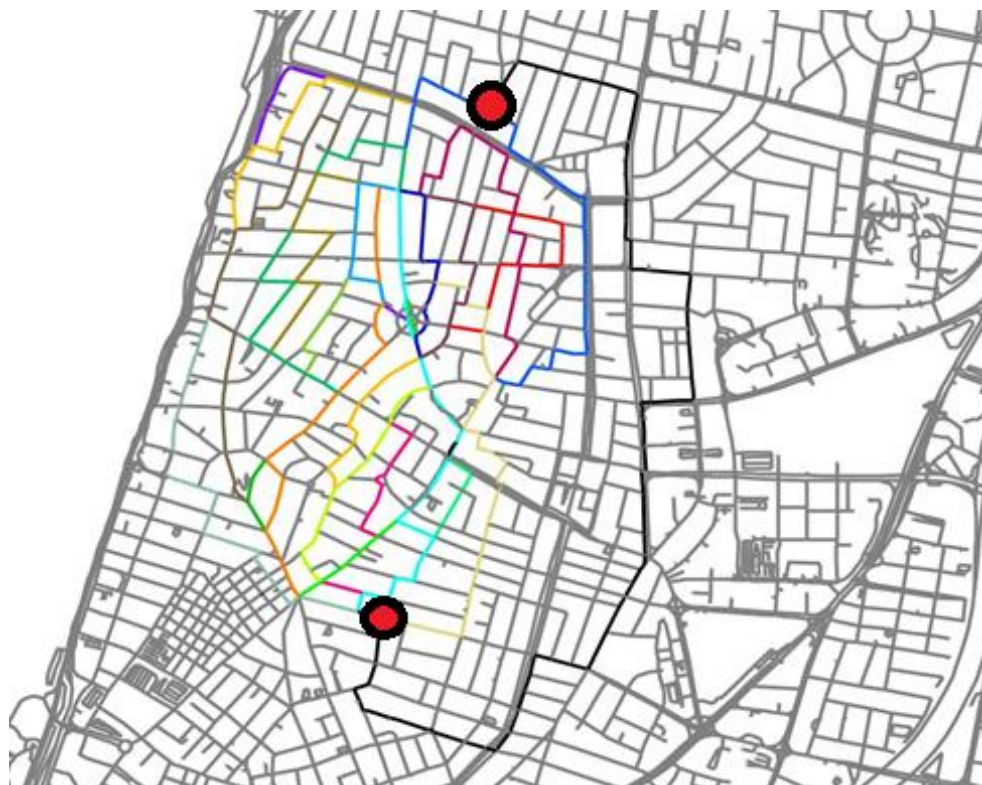


Figure 1 Coverage distribution for different overlap thresholds

The overall coverage for the three methods together, for an overlap threshold of 80% of the route length, is 72%. If a strict threshold of 100% overlap is imposed, the coverage drops to 56%.

נספח ו'. דוגמא לניתוח מסלולי רכיבה במטרופולין תל-אביב

דוגמא הממחישה את מספר המסלולים האפשריים ברשתות גדולות בין מוצא ליעד:



דוגמא לשני מסלולים שווי תועלת:



נספח ז'. סדנת מומחים

סדר יום לסדנא:



סדנא 26.12.17



אפיון התנהגויות של אמצעי תחבורה חלופיים ובחינת פתרונות לשילובם במרחב העירוני

סדר יום	הצגת המשתתפים ומטרות הסדנא
9:00-9:10	הצגת רקע לדיון: ממצאי המחקר של אמצעי תחבורה חלופיים
9:10-10:30	* תקנות התעבורה והספרות הבינלאומית (25 ד')
	* התנהגויות של אמצעי תחבורה חלופיים בערים בישראל (40 ד')
	* פתרונות לדוגמא לשילוב תנועות של אמצעי תחבורה חלופיים ברחובות עירוניים (15 ד')
10:30-11:45	דיון מקצועי במשמעויות של ממצאי המחקר, תובנות לתכנון תנועה ודרכים, פתרונות אפשריים
11:45-12:00	סיכום לתובנות הסדנא

רשימת המשתתפים בסדנא:

שם החברה	איש קשר	אי-מייל
1 מת"ל - מנהלת תכנון תחבורתי לישראל בע"מ	ערן מלמוד	eran@emtplanning.com
2 משרד התחבורה	שלומי צובטור	ceoboters@mot.gov.il
3 מת"ל - מנהלת תכנון תחבורתי לישראל בע"מ	ד"ר בני פרישר	frischer@bezeqint.net
4 משרד התחבורה	טופז פלד	peledt@mot.gov.il
5 משרד התחבורה	חן כהן	cohench@mot.gov.il
6 משרד התחבורה	זאב שדמי	shadmiz@mot.gov.il
7 חברת נתיבי איילון בע"מ	גלעד שרון	gilads@ayalohw.co.il
8 המכון לחקר התחבורה	שלום הקרט	hakkert@technion.ac.il
9 משרד קרני	רובי כרמל	roby@karni-eng.co.il
10 המכון לחקר התחבורה	ויקטוריה גיטלמן	trivica@technion.ac.il
11 המכון לחקר התחבורה	מייקל סעיד	s.michael@technion.ac.il

להלן הסוגיות שעלו במהלך הדיונים בסדנא:

(1) בנושאי הרגולציה:

* בצוות הרגולציה של סוגי רכב חלופיים שהוקם לאחרונה (במשרד התחבורה) הוחלט על חלוקת האמצעים לשתי קבוצות: המיועדים לנסיעה בכביש (במיסעה) או בשבילים לאופניים, והמיועדים לנסיעה במדרכה/הסדרים להולכי רגל. באופן זה, הוגדרה מסגרת אחידה לסיווג של כלל כלי הרכב המיוחדים, לרבות החדשים שיגיעו וטרם נמצאים בתקנות. עבור האמצעים המיועדים לנסיעה במדרכה הוצעה הגבלת מהירות של 8 קמ"ש.

* ברחוב משולב או באזור שמוכרז כ"אזור תפעולי", שהם אזורים בהם חלה הגבלת מהירות כללית, יכול להתקיים שימוש משותף בכל סוגי הרכב החלופיים.

* לגבי האופניים החשמליים צוין כי בדיקת ההתאמה לתקן מבוצעת בעת ייבוא האופניים לישראל. עם זאת, ניתן לבצע שינויים בחנות, בעת מכירת האופניים. לדוגמא, ניתן לנטרל את מגבלת המהירות או את הצורך בדיווש. לנושא זה נדרשת אכיפה.

* בישראל אין הגדרה ל"קטנוע" (בדומה ל-*moped* באירופה). ההבדל (לעומת האופנועים) נקבע לפי אופן הישיבה וגודל המנוע.

* המונח "רכב זעיר" בארץ מטעה כי מדובר בקבוצת אמצעי התחבורה של רכב דו-גלגלי ממונע (L7 באירופה).

* האם המונח של "רכב מנועי" כולל גם הנעה חשמלית?

(2) בנושאי התנהגויות של כלי רכב חלופיים בעיר והצרכים בתכנון:

* התצפיות הצביעו על כ-50 יחידות של סוגי רכב חלופיים שעוברים בצומת עירוני, בממוצע, בשעה. ההיקף של אופניים חשמליים ורגילים ביחד שעוברים בכביש מגיע לכ-2%, בממוצע, ביחס לנפח תנועת כלי הרכב בצומת, בעוד שמספר האופניים החשמליים שעוברים במדרכות מהווה בין 6%-2% ביחס להולכי הרגל שנכנסים לצומת (בתוספת מספר דומה של אופניים רגילים שגם נצפו על מדרכות).

* המספרים של כלי הרכב החלופיים שנמדדו בצמתים תואמים את ההערכות הקיימות. בתכנון של הסדרים לאופניים מדובר בקיבולת של 100 יחידות אופניים בשעה ובמהירות תכן של 25 קמ"ש אשר מתאימים לשמש כסף עליון להתייחסות (עם מקדם בטחון מסוים).

* התצפיות מראות כי הרכיבה במדרכה בטוחה יותר לרוכב האופניים מאשר הרכיבה בכביש.

* קידום שבילי האופניים הינו הפתרון המועדף מכל הבחינות (גם ניידות וגם בטיחות).

* האם ניתן לאפשר לרשות המקומית להחליט לגבי מיקום הנסיעה של סוגי רכב חלופיים שונים?

* ברחובות המקומיים וברחובות המאספים עם נפחי תנועה נמוכים, הפתרונות של מיתון תנועה יאפשרו שימוש משותף בשטח המיסעה ע"י כלי רכב מנועים וכלי רכב חלופיים, מבלי לפגוע בבטיחות.

* בהנחיות לתכנון בעתיד של הסדרי תנועה בערים יש לתת את הדעת לקליטה של סוגי הרכב החלופיים כי השימוש באמצעים אלה בתנועה העירונית צפוי לגדול.

* בתכנון הרחובות העירוניים בעתיד, יש להתחשב בנוכחות קלנועיות, בתנאים מסוימים. משמעות הדבר היא לתכנן מדרכות רחבות יותר שיאפשרו את תנועת הולכי הרגל ותנועת הקלנועיות במשולב. נושא זה חשוב במיוחד באיזורים בהם ניתן לצפות לתנועה מוגברת של כלי רכב זה.

* ברחובות הקיימים המקומיים ניתן לשאוף לשינוי חתך הרחוב לטובת הולכי הרגל ותנועה בטוחה של סוגי הרכב החלופיים על חשבון תנועת הרכב המנועי. ניתן לעשות זאת, במסגרת זכויות הדרך הקיימת, ע"י יישום אמצעי מיתון תנועה, הצרת נתיבי הנסיעה והרחבת מדרכות. שינוי חתך הרחוב יאפשר קליטה בטוחה של סוגי הרכב החלופיים.

* ברחוב מאסף קיים, להוספת הסדרים לטובת סוגי הרכב החלופיים והסדרים לאופניים בכלל, יידרש ויתור על הרכיבים הקיימים כגון: נתיב חניה, מפרדה רחבה עם עצים ו/או נתיב נסיעה אחד. נתיב נסיעה אחד לכיוון, ברחוב המאסף, עשוי לשרת מספר מטרות בטיחותיות וביניהן: מיתון מהירויות הנסיעה של רכב ממונע, צמצום תנועה עוברת, הוספת שבילי רכיבה, הרחבת מדרכות לטובת הולכי הרגל וכלי רכב חלופיים המיועדים לנסיעה במדרכות. במקרים בהם נפחי התנועה מצדיקים זאת ניתן לחשוב על הוספת נתיבים בצמתים.

* יתכן ובהתייחס לרחובות המאספים הקיימים בערים בארץ המדיניות, בעתיד הקרוב, צריכה להיות העדפה להסדרת שבילי האופניים ובצמצום נתיבי הנסיעה לכלי רכב מנועים.

* יש מקום לקידום ההסדרים ב-"מרחב הציבורי", עם הטלת יותר מגבלות על הרכב המנועי והרחבת ההסדרים לטובת ההליכה ברגל, הרכיבה באופניים והשימוש בכלי הרכב החלופיים.

* ניתן לשקול יישומיות של הסדרי תנועה שהתגבשו בהולנד כגון: חתך הרחוב עם נתיב 1 לרכב מנועי, נתיב 1 לתח"צ, שביל אופניים דו-סטרי ומדרכות.

* בעדכון ההנחיות לתכנון רחובות בערים יש לתת מקום לסוגי הרכב החלופיים, במדרכות ובשבילי האופניים.

* לגבי רוחב המפרדה, הנושא דורש בדיקה. הרוחב המינימלי של 2 מ' נקבע לפי שיקול רוחב אי-המפרדה להמתנה בטוחה של הולכי הרגל בעת חצית הדרך.

לסיכום, השימוש בסוגי הרכב החלופיים עולה בערים בארץ, כאשר כבר היום הן היקף התופעה של סוגי הרכב החלופיים והן ריבוי המצבים המסוכנים שנצפו בתנועה מצביעים על הצורך בהתערבות ובהסדרת הנושא. ניכר שהן בעדכון ההנחיות לתכנון רחובות בערים והן בהתייחס לרחובות הקיימים, יש מקום לקביעת שיקולים כדי להיערך ל"קליטה" בטוחה של סוגי הרכב החלופיים.

ברחובות החדשים יש לשים דגש על הרחבת מדרכות והסדרת שבילים לרכיבה.

ברחובות הקיימים, בין הפתרונות המועדפים ניתן לציין:

- מיתון תנועה, בין היתר, באמצעות הצרת המיסעה, צמצום מספר נתיבי הנסיעה, הרחבת מדרכות, הוספת שבילי אופניים וכו';

- קביעת חתך מועדף חדש לרחוב המאסף בעיר אשר יאפשר קליטה בטוחה של סוגי הרכב החלופיים.