

## תכנון מעברי חצייה עתירי ביקוש

### במסגרת פעילות נ.ת.ע. – נתיבי תחבורה עירוניים

אנאיס ווג'חוביץ', מיכל מילר, הראל דמתי, חגית ברנר ויעל ויטנברג<sup>1</sup>

#### 1. מבוא

בעשורים האחרונים מסתמנת תפנית בחשיבה התכנונית של הרחובות בערים. במסגרת החשיבה המודרנית נשקלים צורכיהם של הולכי הרגל ולא רק של כלי הרכב המנועיים, כפי שהיה מקובל בעבר. לאחר עשרות שנים בהן שלט הרכב בעיצוב הרחוב העירוני, הובן כי יש מקום להתחשב בנוכחותו של האדם כמשתמש ברחוב וכי תכנון הרחוב לרכבים, פרטיים וציבוריים, אינו מתאים להולכי הרגל. לכן, נחוץ תכנון פרטיקולרי אשר יתמקד בהולכי הרגל ויגרום להם לתחושה נעימה ובטוחה במרחב.

הקמתה המתוכננת של הרכבת הקלה במטרופולין ת"א תשנה בצורה מהותית את הולכת הנוסעים בתחבורה ציבורית במטרופולין ת"א ואת מערכת היחסים בין הולכי רגל לתנועה המוטורית. במסגרת תכנון "הקו האדום" של הרק"ל בתל-אביב עלתה הבעיה של ריכוזי הולכי רגל על מעברי חצייה, בסביבת התחנות, במיוחד בתחנות התת-קרקעיות. ההנחיות הקיימות למעברי חצייה לא נתנו מענה לבעיה ונולד הצורך בהכנת הנחיות למעברי חצייה עתירי ביקוש, אשר יוכלו להעביר בבטחה ובנוחות את הנוסעים הרבים היורדים מן הרכבת הקלה או עולים עליה. צורך זה מתיישב עם המגמה התכנונית הבינלאומית, שבמסגרתה מושקע מאמץ בפיתוח כלים להערכת רמת השירות של הולכי רגל, בדומה לשיטות הקיימות לתחבורה מוטורית.

המאמר עוסק בשני מרכיבים חדשניים יחסית:

- תכנון מעבר חצייה עתיר ביקוש, על כל המרכיבים הנדרשים לו.
- חישוב מספר המגיעים לתחנה, מתוך נתוני המודל לחישוב נסיעות.

#### 2. מעבר חצייה עתיר ביקוש - הגדרה ורמת שירות

##### 2.1 הגדרה

מעברי חצייה עתירי ביקוש ממוקמים בדרך כלל בסמיכות לשימושי קרקע המחוללים תנועה ניכרת ונפחים גדולים של הולכי רגל. מטרת ההנחיות היא לפתח כלי עזר למהנדסים, מתכננים ומקבלי החלטות לצורך איתור, תכנון ובדיקה של מעברי חצייה עתירי ביקוש. במסגרת זו הוגדרו מעברי החצייה עתירי הביקוש,

<sup>1</sup> צוות הכותבים מורכב ממתכננות תחבורה ומהנדס תנועה בחברת פרלשטיין גלית. אנאיס ווג'חוביץ' בעלת M.A במדיניות ציבורית מאוניברסיטת ת"א, מיכל מילר בעלת תואר M.Sc במסלול לתכנון ערים ואזורים בטכניון, הראל דמתי בעל תואר B.Sc בהנדסה אזרחית מהטכניון, חגית ברנר בעלת תואר M.A בחוג לגיאוגרפיה בהתמחות בתכנון ערים ואזורים באוניברסיטה העברית ויעל ויטנברג היא בעלת תואר M.A בחוג למתמטיקה בחקר ביצועים באוניברסיטת ת"א ומנהלת מחלקת תכנון תחבורה בפרלשטיין גלית – נ.ת.ע.

העבודה התבצעה עבור משרד התחבורה באחריותו של אינג' אילן קליגר מ-PGL, בניהול ד"ר סתונית שמואלי לזר ממסילות ובמסגרת אגף תחבורה בנת"ע שבניהול אינג' בני שליט"א

נקבעו קריטריונים ומדדים לבדיקת רמת שירות פרטנית וכוללנית במעברי חצייה מסוג זה, והוצגו קווים מנחים לתכנונם.

לצורך הגדרת מעבר חצייה עתיר ביקוש הוחלט לבחור בקריטריון כמותי ולאחר סף כניסה המשפיע על תפקודו של מעבר החצייה. בהסתמך על ניתוח ספירות תנועה של הולכי רגל הוגדר "מעבר חצייה עתיר ביקוש", כ-מעבר חצייה שיש בו ביקוש של למעלה מ-600 הולכי רגל בשעה אחת ביום רגיל בשני הכיוונים.

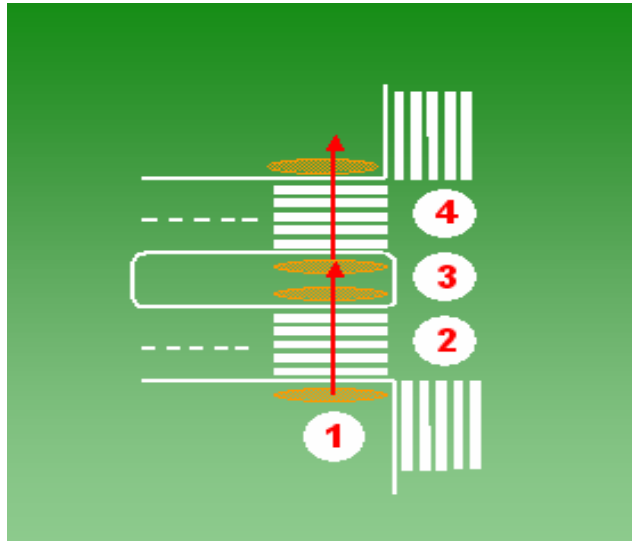
## 2.2. מדדים לרמת שירות

הערכת רמת השירות של מעברי חצייה מתבצעת על מנת להבטיח נוחות נאותה ובטיחות גבוהה להולכי הרגל. המדדים לבדיקת רמת שירות במעברי חצייה עתירי ביקוש פותחו לצורך ניתוח המצב הקיים או המתוכנן של מעבר החצייה.

לצורך מדידת רמת השירות במעברי חצייה עתירי ביקוש ייבדקו באופן פרטני, כל אחד מהמרכיבים המשתתפים "בחוויית החצייה". בהקשר זה זהו ארבעה מהלכים מרכזיים אותם מבצעים הולכי רגל במהלך החצייה, כמוצג באיור 1:

1. המתנה בפינה.
2. חציית מקטע לאי תנועה.
3. המתנה באי תנועה.
4. חציית המקטע השני.

איור 1. המהלכים המרכיבים את חוויית החצייה



שלושה משתנים מרכזיים נבחרו לצורך מדידת רמת שירות במעברי חצייה עתירי ביקוש: **זמן ירוק**, **עיכוב וצפיפות**. לצורך בדיקת המשתנים הוגדרו חמישה קריטריונים (כמוצג בלוח 1). הקריטריונים מסווגים בהתאם לסוג התשתית, שאת רמת השירות שלה מעוניינים לבדוק: מעבר חצייה, פינה, אי תנועה משולש ומפרדה.

**לוח 1. משתנים וקריטריונים למדידת רמת שירות**

משתנים	קריטריונים	תשתית
זמן ירוק	מקדם עומס (זמן ירוק)	מעבר חצייה
עיכוב	עיכוב ממוצע	מעבר חצייה
צפיפות	צפיפות בפינה	פינה
	צפיפות באי תנועה משולש/ רציף רק"ל (תחנה עלית)	אי תנועה משולש/ רציף רק"ל (תחנה עלית)
	צפיפות במפרדה	מפרדה

לאחר הגדרת הקריטריונים הותאמו לכל אחד מהם מדדי רמת שירות, המאפשרים לבחון כל אחד מהם באופן כמותי. חשוב להדגיש שקריטריונים אלה בודקים היבטים ספציפיים של מהלך החצייה, ועל מנת להתרשם מרמת השירות בזרוע או בצומת כולה יש להשתמש בבדיקה הכוללנית המוצגת בהמשך.

**2.3. הקריטריונים והמדדים**

**מקדם עומס<sup>2</sup>**

היחס בין משך הזמן הדרוש לקבוצה הממתינה לחצייה לחצות בבטחה את מעבר החצייה לבין משך האור הירוק הניתן בפועל לחצייה. המדד שהותאם עבורו בודק האם משך האור הירוק הניתן מתיר לקבוצה הראשונה שממתינה לחצות, או שגם מי שאינו חלק מהקבוצה יוכל לחצות.

**עיכוב ממוצע**

משך הזמן הממוצע שהולך רגל החוצה מתעכב לפני החצייה, כפונקציה של אורך המחזור ואורך האור האדום עבור הולכי הרגל באותו מקטע<sup>3</sup>. רמת השירות משתנה בהתאם לגודל הקבוצה, כך שעל פי עקרון של צדק חלוקתי קבוצות גדולות יאלצו להמתין פחות מקבוצות קטנות יותר.

**צפיפות בפינה**

השטח הזמין להולך הרגל באזורי ההמתנה לחצייה, כאשר הצפיפות נמדדת ביחידות של הולכי רגל למטר מרובע.

הצפיפות בפינה מבטאת את הצפיפות הדינמית הנדרשת בפינה כך שהולכי הרגל יוכלו לנוע ללא צורך בהזזת הממתינים, והממתינים יוכלו להמתין בנוחיות, ברמה הפיזית והרגשית כאחד. המדד שהותאם לקריטריון זה בודק את המרחב העומד לרשות החוצים ביחידות הנקראות זמן מרחב (Time-Space)<sup>4</sup>.

**צפיפות באי תנועה משולש/ רציף רק"ל (תחנה עלית)**

הצפיפות הדינמית הנדרשת באי תנועה משולש/ רציף רק"ל (בדומה לצפיפות בפינה<sup>2</sup>), כך שהולכי הרגל יוכלו לנוע ללא צורך בהזזת הממתינים, והממתינים יוכלו להמתין בנוחיות, ברמה הפיזית והרגשית כאחד.

<sup>2</sup> Virkler, M., Elayadath, S. and Saranathan, G. 1995. Transportation Research Record 1495

<sup>3</sup> Highway Capacity Manual (HCM). 2000. Transportation Research Board 2000

<sup>4</sup> Highway Capacity Manual (HCM). 2000. Transportation Research Board 2000

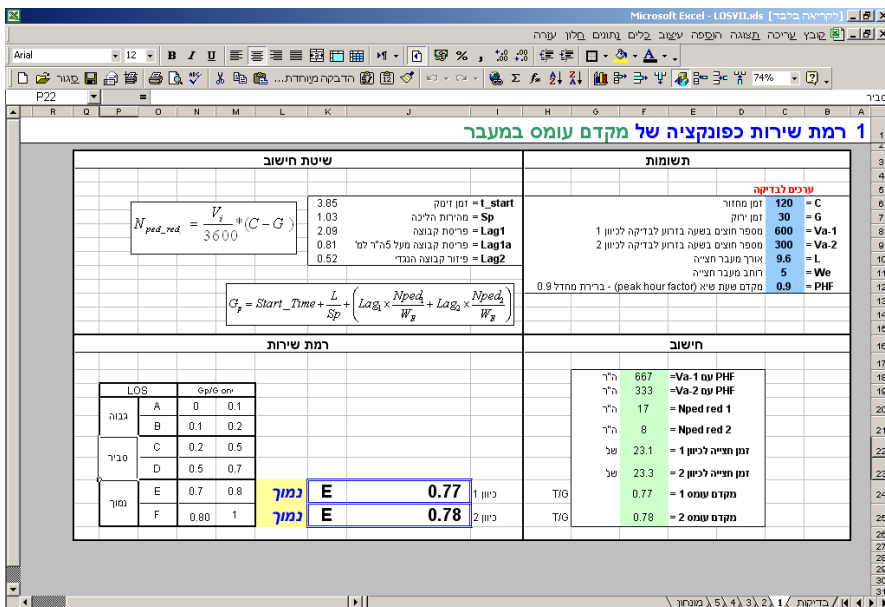
**צפיפות במפרדה**

הצפיפות הסטטית הנדרשת באי תנועה רגיל. הולכי הרגל הממתינים יוכלו לנוע באופן מוגבל, כאשר תחושת אי הנוחות הנגרמת, ברמה הרגשית והפיזית כאחד, היא נסבלת.

**2.4. כלי לחישוב רמת שירות**

לצורך מדידת רמת שירות במעברי חצייה עתירי ביקוש פותחה תוכנית Excel, המורכבת מקובץ ובו שבעה גיליונות. שני גיליונות הינם תיאוריים ואינפורמטיביים ושישה גיליונות הינם גיליונות חישוביים. הגיליון הראשון ששמו "בדיקות" מציג טבלה המסכמת את המשתנים הנבדקים, הקריטריונים לבדיקתם ואת סוג התשתית שבה מתבצעת הבדיקה. בגיליונות הנותרים מחושבים ששת המשתנים המרכיבים את רמת השירות: מקדם עומס, עיכוב ממוצע, צפיפות בפינה, צפיפות באי תנועה משולש, צפיפות במפרדה וצפיפות ברציף. הגיליונות החישוביים מחולקים לארבעה רביעים, כמוצג באיור 2. הרביע הראשון מציג את התשומות ונתוני הקלט שעל המשתמש להזין (העמודה הצבועה בכחול), הרביע השני את הנוסחאות בהן עושה התוכנית שימוש (שיטת החישוב), הרביע השלישי את תהליך החישוב והרביע הרביעי את טבלת רמת השירות הכללית ואת רמת השירות המתקבלת עבור כל מקרה פרטי.

**איור 2. גיליון חישוב - דוגמא**

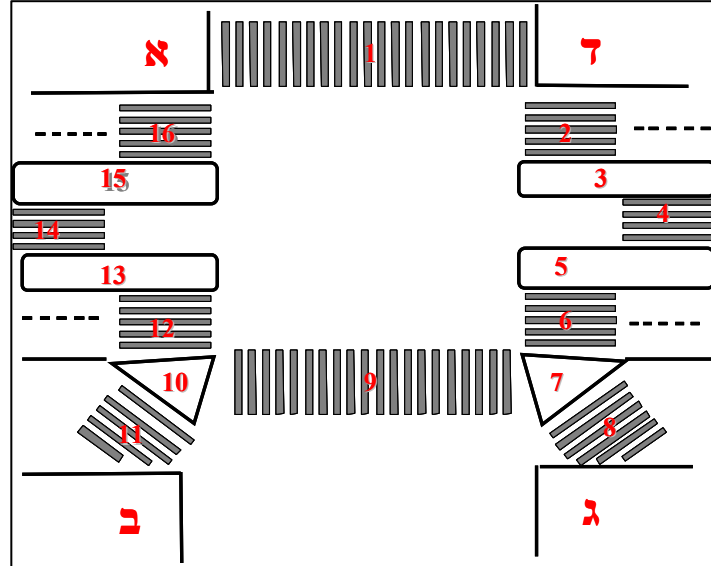


**2.5. בדיקה של רמת שירות כוללת**

בנוסף לבדיקה הפרטנית של רמת השירות פותח כלי נוסף המשמש לבדיקה כוללת. בדיקה כוללת של רמת השירות מתבצעת באמצעות מדידת זמני החצייה, מפינה לפינה, כמוצג באיור 3. זמן החצייה כולל עיכובים הנובעים מאמצעי הבקרה (רמזורים), נפחי תנועת הולכי הרגל ומשך ההליכה על מפרדות. רמת השירות הכוללת נקבעת בעזרת היחס שבין זמן החצייה הכולל מפינה לפינה (כולל עיכובים) חלקי זמן ההליכה מפינה לפינה בקו ישר וללא הפרעות (המחושב לפי מהירות הליכה אופיינית של 1.03 מ' לשנייה). תוצר הבדיקה הינה מטריצה המתארת את זמני החצייה השונים בין כל פינות הצומת.

<sup>5</sup> Highway Capacity Manual (HCM). 2000. Transportation Research Board 2000

איור 3. זמני חצייה מפינה לפינה – צומת לדוגמא



### 3. תכנון מעברי חצייה עתירי ביקוש

תהליך התכנון של צומת דורש תיאום ואיזון בין המשתמשים השונים (כלי הרכב והולכי הרגל)<sup>6</sup>. תהליך התכנון מתחיל בבדיקת רמת השירות של הולכי הרגל ולאחר שזו נמצאת תקינה נבדקת גם רמת השירות של כלי הרכב. אם רמת השירות של הולכי הרגל ו/או כלי הרכב אינה תקינה מתבצע תהליך איטרטיבי במהלכו יש לשנות את מאפייני התנועה כדי לשפר את רמת השירות הן להולכי הרגל והן לכלי הרכב, ולחזור על הבדיקה עד לקבלת רמת שירות נאותה. מדרגות השינוי של מעברי החצייה הן החל מהגדלת רוחב המעבר, דרך תכנון מעבר X ועד הפרדה מפלסית בין הולכי הרגל לכלי הרכב. בפתרון האחרון נשתמש רק במקרים חריגים.

#### 3.1. קווים מנחים לתכנון מעברי חצייה עתירי ביקוש

לצורך תכנון מעברי חצייה עתירי ביקוש הוגדרו מספר קווים מנחים המיועדים לשמש כבסיס לקביעת ערכים ראשוניים וערכי מינימום לצורך תחילת תהליך התכנון:

- **רוחב מעבר החצייה לפי נפח הולכי רגל ו-g/C (יחס ירוק למחזור)** – נקבע כי רוחב מעבר חצייה מינימלי הוא 5 מטר והוא ינוע בין 5-8 מטר בהתחשב בנפח הולכי הרגל, g/C ומס' נתיבי החצייה.

<sup>6</sup> Quality/Level of Service Handbook. State of Florida, Department of Transportation. 2002

▪ **שטח המתנה במפרדה** - שטח ההמתנה במפרדה משמש לקליטת הולכי הרגל המבצעים חצייה בשלבים. במצב בו לא ניתן מספיק שטח עלולה להתרחש גלישה של הולכי רגל סביב המפרדה המסכנת את בטיחות החוצים. נקבע כי רוחב המפרדה המינימלי לא יקטן מ-2.5 מ', והוא ינוע בין 2.5-4.5 מטר בהתחשב במס' הולכי הרגל לשעת שיא (בשני הכיוונים) ובשטח ההמתנה במפרדה (מ"ר).

▪ **אזור המתנה בפניה** - אזור ההמתנה בפניה משמש לתנועות שונות של הולכי רגל (חוצים, ממתנינים לחצייה, עוברים בפניה, נכנסים ויוצאים משימושים בפניה). רוחב הפניה המינימלי בניצב לאזור ההמתנה הנקי ממכשולים יהיה 3 מטרים.

▪ **תצורת מעבר החצייה** - לתצורת מעבר החצייה השפעה על משך זמן החצייה ועל חשיפתו של הולך הרגל לקונפליקט עם כלי הרכב. נבחנו חמישה סוגי מעברים:

- מעבר חצייה ניצב ללא קטע הליכה המקביל לתנועת כלי הרכב,
- מעבר חצייה מדורג,
- מעבר חצייה אלכסוני עם קטע הליכה המקביל לתנועת כלי הרכב ("Z"),
- מעבר חצייה "X" במפלס הדרך ו..
- מעבר חצייה שלא במפלס הדרך – מנהרה או גשר.

מעבר החצייה המומלץ ביותר לשימוש הוא מעבר חצייה ניצב ללא קטע הליכה המקביל לתנועת כלי הרכב, מאחר ומשך החצייה ומשך הימצאות הולך הרגל על המיסעה קצר. לעומת זאת, לא מומלץ לתכנן מעבר שאינו במפלס הדרך, אלא כברירת מחדל, לאחר בחינה ופסילה של כל האפשרויות האחרות.

▪ **פניות ימינה של כלי רכב<sup>7</sup>** - פנייה ימינה של כלי רכב במשולב עם חציית הולכי רגל יכולה להוות בעייה בגלל הקונפליקט עם הולכי הרגל. כדי לצמצם את הקונפליקט ניתן להשתמש במספר פתרונות:

- פנייה ימינה במופע רמזורים נפרד,
- פנייה ימינה חופשית,
- פנייה ימינה ברמזור מנתיב המשלב פנייה ימינה עם נסיעה ישר,
- פנייה ימינה מנתיב נפרד ברמזור המשלב נסיעה ישר וימינה ו
- פנייה ימינה **בפאזה נפרדת מתנועת הולכי רגל**.

הפתרון המומלץ ביותר הוא של פנייה ימינה במופע רמזורים נפרד. פתרון זה מונע לחלוטין את הקונפליקט בין כלי הרכב להולכי הרגל. כלל חשוב נוסף בתכנון פניות ימינה הוא שיהיה שדה ראייה נקי ממכשולים לכלי הרכב לאורכו ולרוחבו של כל מעבר החצייה.

משרד התחבורה יוציא בקרוב את חוברת ההנחיות לתכנון מעברי חצייה עתירי ביקוש, כולל הנחיות לשימוש בתוכנה.

<sup>7</sup> Portland Pedestrian Design Guide, City of Portland Office of Transportation Engineering and Development Pedestrian Transportation Program. June 1998

## 4. חישוב מספר החוצים

### 4.1. מודל נ.ת.ע.

המודל התחבורתי של נ.ת.ע. הינו מודל לחיזוי הביקוש לנסיעות באמצעי תחבורה שונים בשנות יעד שונות. המודל בנוי מסדרה של תת מודלים לחישוב מספר הנסיעות במטרופולין תל אביב, התפלגות הנסיעות במרחב הגיאוגרפי, בחירת אמצעי הנסיעה ובחירת תוואי הנסיעה. המודל נבנה לצורכי תכנון הרכבת הקלה בתל אביב וככזה הוא כולל ניתוח של תנועות הולכי הרגל על פני רשת הדרכים ובכניסות והיציאות מתחנות הרכבת. תוכנות אלה מאפשרות להשתמש במודל התחבורתי על מנת ליצור את נתוני הקלט הדרושים לניתוח תנועות הולכי הרגל בצמתים ובמעברי חצייה בקרבת תחנות הרכבת הקלה, ולחישוב רמת השירות במעברי החצייה.

### 4.2. תחנת קרליבך

תחנת קרליבך נבחרה לצורך בחינת הכלי לבדיקת רמת שירות במעברי חצייה עתירי ביקוש ולהמחשת מתודולוגית הניתוח של תנועות הולכי הרגל במעברי החצייה בקרבת תחנות הרכבת הקלה. תחנת קרליבך היא אחת התחנות המתוכננות במסגרת הקו האדום, ונחשבת כתחנת מפתח. התחנה חולשת על צומת של ארבעה רחובות מרכזיים בת"א, שד' בגין, קרליבך, לינקולן ויצחק שדה, ומשמשת גם כתחנת מעבר לקו הירוק. בסביבת התחנה מתוכננים 8 מעברי חצייה עיליים מרומזרים. תחנת קרליבך הינה תחנה תת קרקעית, ועל פי התוכניות מתוכננות שתי יציאות להולכי רגל (בלינקולן פינת בגין וביצחק שדה פינת בגין), כמוצג באיור 6.

### 4.3. מתודולוגיה לחישוב מספר החוצים

מספר החוצים במעברי החצייה בקרבת תחנת קרליבך חושב על פי מספר מרכיבים:

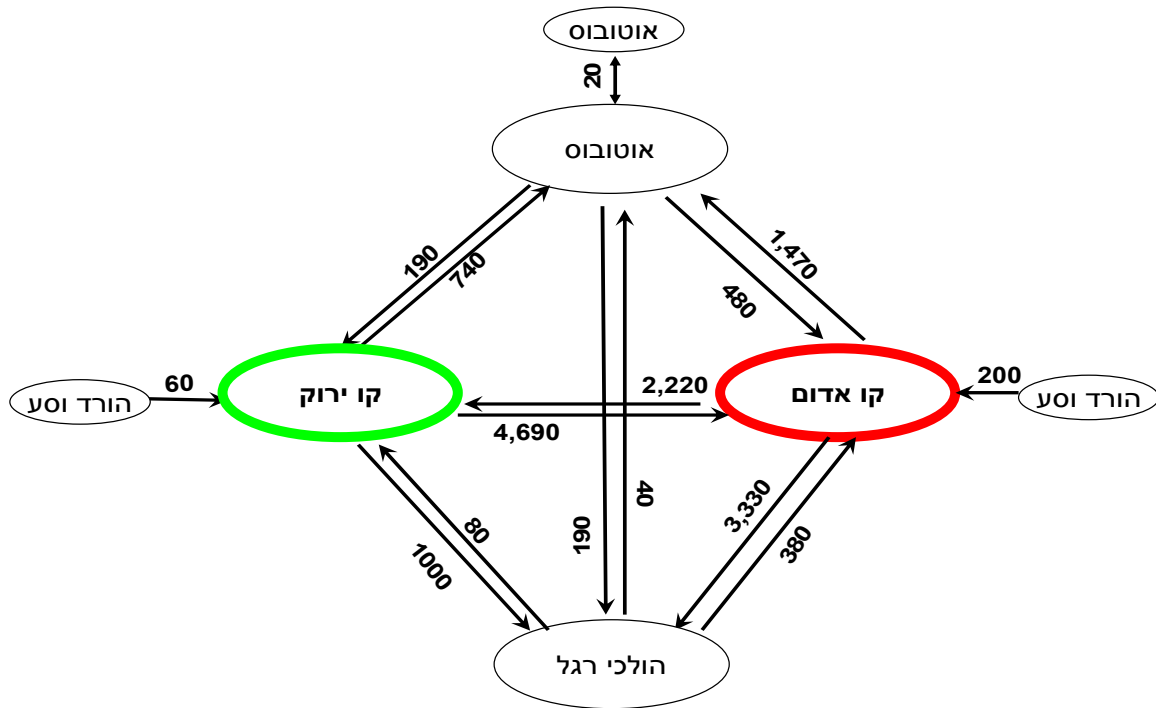
- הגעות ופיזור ברגל לתחנת הקו האדום והירוק
- הגעות ופיזור באוטובוס לתחנת הקו האדום והירוק
- הגעות ופיזור ב"הורד וסע" לתחנת הקו האדום והירוק
- מעבר בין אוטובוס לאוטובוס במתחם התחנה
- הגעות ופיזור ברגל מאוטובוסים במתחם התחנה

הניתוח לא כלל תנועות מקומיות של הולכי רגל שאינן קשורות לרק"ל או לאוטובוס. עדיין לא פיתחנו שיטה לאומדן הנפח של הולכי רגל ברקע.

הקלט לניתוח מעבר הולכי רגל בתחנת קרליבך, התבסס על טבלאות מוצא-יעד של הולכי רגל, מכל אזור תנועה אל תחנת הרק"ל ומתחנת הרק"ל אל כל אזור תנועה. הקלט לניתוח מעבר אוטובוסים בתחנת קרליבך התבסס על טבלאות מוצא-יעד באוטובוס, מכל אזור תנועה אל תחנת הרק"ל ומתחנת הרק"ל אל כל אזור תנועה. כמו כן התבסס הקלט על נתוני רשת אוטובוסים והקווים העוברים בהן, ועל תרשים תחנות אוטובוס בקרבת הצומת. הקלט לניתוח הגעות ופיזור מאזורי התנועה הסמוכים לתחנת קרליבך אל תחנות האוטובוס התבסס על מיפוי עוצמת אזורי תנועה הסמוכים לתחנה לפי יצירות ומשיכות.

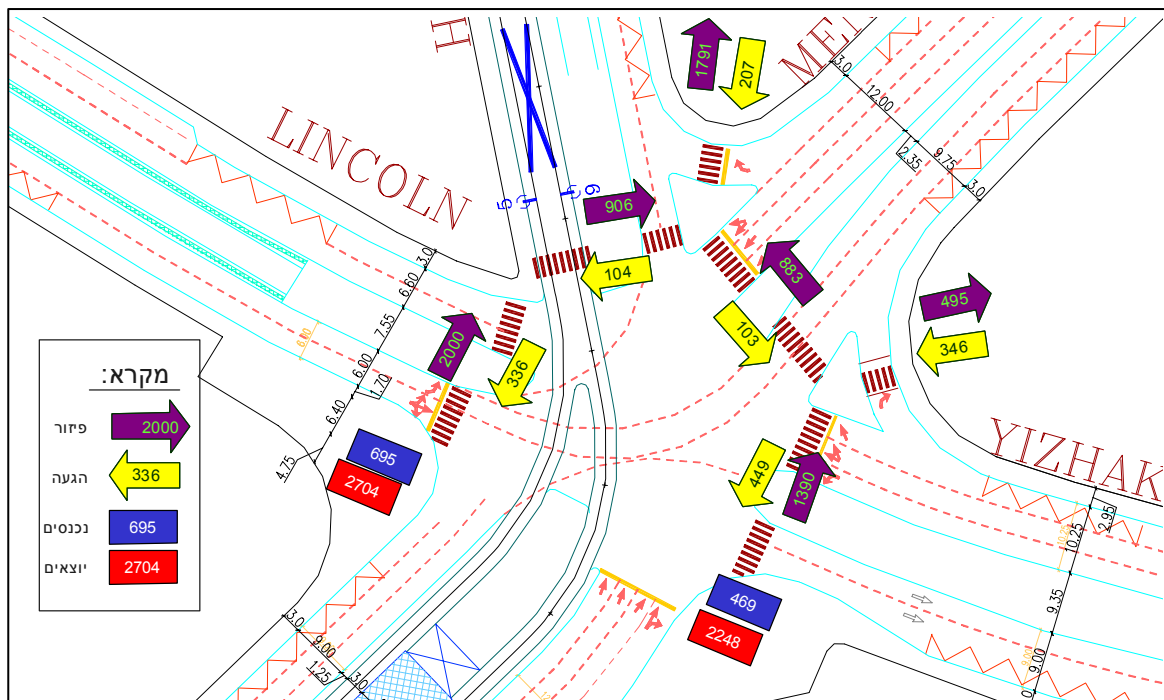
איור 4 מציג את מעברי הנוסעים החזויים בתחנת קרליבך בשנת 2020.

איור 4. מעברי נוסעים בתחנת קרליבך, 2020



איור 5 מתאר את התוצר הסופי של חישוב מספר החוצים.

איור 5. נפחי תנועת הולכי רגל – תחנת קרליבך





## 5. דוגמא לבדיקת רמת שירות במעברי חצייה – תחנת קרליבך

### 5.1. נתוני הרקע והנחות לבדיקה

- תוכניות גיאומטריות של התחנה – שימשו כתשומות לחישוב שטחי המתנה, מרחקי חצייה ושטח המעברים.
- תחזית נפח תנועת הולכי הרגל בתחנה על פי אמצעי הגעה ולפי כיוונים.
- נתוני סימולציית רמזורים – שימשו לקביעת זמן ירוק.

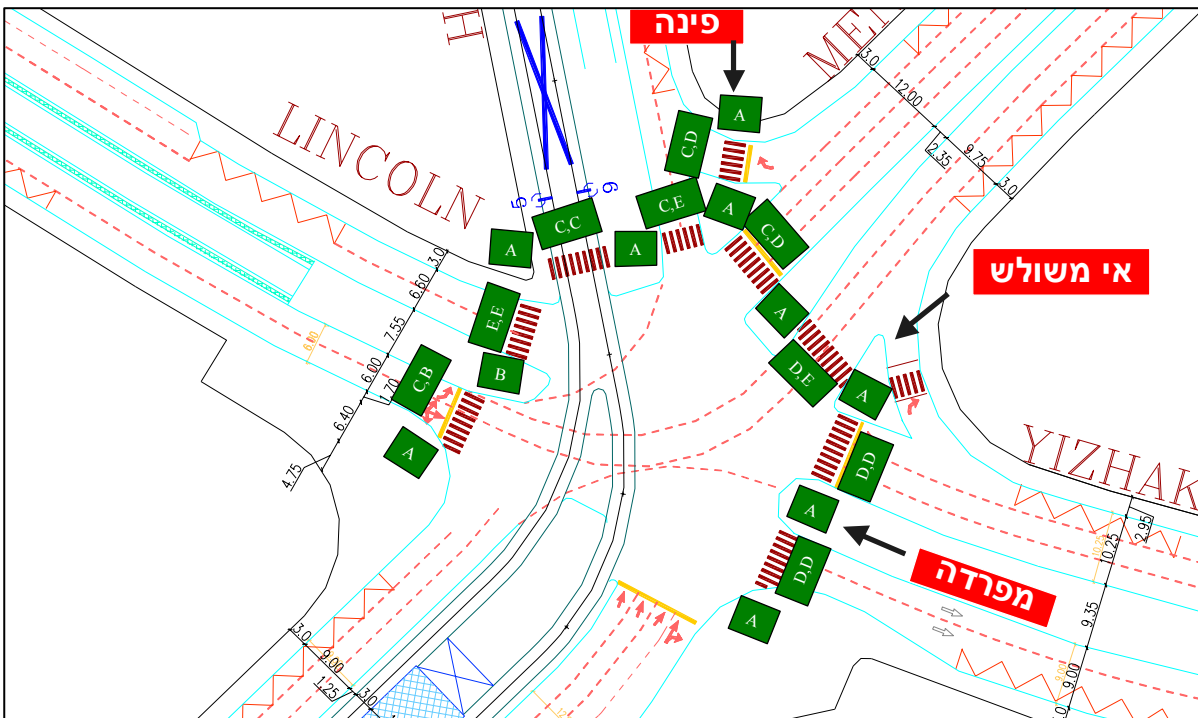
בנוסף, נדרשו מספר הנחות עבודה לצורך בדיקת רמת השירות בתחנה:

- רוחב מעבר חצייה מינימלי – 5 מטר
- נפח תנועת רקע בפינה זהה לנפח החוצים המינימלי בפינה
- שטח תפוס בפינה ובאי משולש – 20% מכלל השטח
- שטח תפוס באי רגיל – 10% מכלל השטח

הנתונים הוזנו לתוכנית ה- Excel המשמשת ככלי עזר לבדיקת רמת השירות במעברי החצייה עתירי הביקוש, ובאזור 6 מוצגות רמות השירות שהתקבלו בכל אחד ממעברי החצייה.

יש לציין, כי במעברי החצייה שבהם נמצא כי רמת השירות להולכי הרגל נמוכה מ-D בוצעו איטרציות נוספות לצורך שיפור רמת השירות במעבר, על ידי שינוי ממדים גיאומטריים (רוחב המעבר, שטחי המתנה).

איור 6. רמות שירות – תחנת קרליבך<sup>8</sup>



<sup>8</sup> במקומות בהם מצויינות שתי רמות שירות מיוחסת השמאלית למקדם עומס והימנית לעיכוב הממוצע.

## פתרונות אפשריים לצומת

במקרים בהם מתקבלת רמת שירות נמוכה ישנם מספר פתרונות אפשריים באמצעותם ניתן לשפר את רמת השירות, עבור כל אחד מהמשתנים:

פתרונות להעלאת רמת השירות	הקריטריון לשיפור
1. הארכת משך הזמן הירוק 2. קיצור מרחק החצייה 3. הרחבת רוחב המעבר	מקדם עומס
1. הקטנת זמן המחזור 2. הארכת משך הירוק	עיכוב ממוצע
1. הגדלת שטח הפינה: (א) ע"י סילוק מכשולים (ב) ע"י הרחבת מעבר החצייה 2. קיצור זמן המחזור 3. הארכת משך הירוק	צפיפות בפינה
1. הגדלת שטח האי תנועה נטו 2. הקטנת זמן המחזור 3. הארכת משך הזמן של האור הירוק	צפיפות באי תנועה משולש/רציף רק"ל
1. הקטנת משך המילוי 2. הרחבת המפרדה 3. הרחבת מעבר החצייה	צפיפות במפרדה

## 6. סיכום

בעשורים האחרונים מסתמנת תפנית בחשיבה התכנונית, כאשר במסגרת החשיבה המודרנית נשקלים צורכיהם של הולכי הרגל ולא רק של כלי הרכב המנועיים, כפי שהיה מקובל בעבר. תכנון מעברי חצייה עתירי ביקוש מתיישב עם המגמה התכנונית הבינלאומית, שבמסגרתה מושקע מאמץ בתכנון פרטיקולרי עבור הולכי הרגל. עבודה זו מהווה נדבך נוסף בשינוי התפישה הכללי שלו אנו עדים המתמקד בהולכי הרגל ובצורכיהם הייחודיים.

מעברי חצייה עתירי ביקוש ממוקמים בדרך כלל בסמיכות לשימושי קרקע המחוללים תנועה ניכרת ונפחים גדולים של הולכי הרגל. מטרת ההנחיות לתכנון מעברי חצייה עתירי ביקוש היא לפתח כלי עזר למהנדסים, מתכננים ומקבלי החלטות לצורך איתור, תכנון ובדיקה של מעברי חצייה מסוג זה. במסגרת זו הוגדרו מעברי החצייה עתירי הביקוש, נקבעו קריטריונים ומדדים לבדיקת רמת שירות פרטנית וכוללנית והוצגו קווים מנחים לתכנונם. בנוסף, הוצג המודל התחבורתי של נ.ת.ע., שבעזרתו ניתן ליצור את נתוני הקלט הדרושים לניתוח תנועות הולכי הרגל.

חדשנותה של עבודה זו טמון בשימוש בכלים, ששימשו בעבר אך ורק לניתוח של תחבורה מוטורית, בקונטקסט של הולכי הרגל, ובפיתוח כלים ייחודיים להערכת רמת השירות במעברי חצייה עתירי ביקוש.

## 7. מקורות

Highway Capacity Manual. 2000. Transportation Research Board 2000

Portland Pedestrian Design Guide, City of Portland Office of Transportation Engineering and Development Pedestrian Transportation Program. June 1998

Quality/Level of Service Handbook. State of Florida, Department of Transportation. 2002

Virkler, M., Elayadath, S. and Saranathan, G. 1995. Transportation Research Record 1495