



מדינת ישראל

פיתוח התחבורה הציבורית

תכנית אסטרטגית לפיתוח מערכת תחבורה
ציבורית עתירת נוסעים
במטרופולין תל-אביב

דו"ח מסכם

2016



משרד האוצר



משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים



מדינת ישראל

פיתוח התחבורה הציבורית

תכנית אסטרטגית לפיתוח מערכת תחבורה
ציבורית עתירת נוסעים
במטרופולין תל-אביב

דו"ח מסכם

2016



משרד האוצר



משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים

תוכן עניינים

6	1. הרקע לתוכנית
6	1.1 מבוא
8	1.2 התכנית האסטרטגית לפיתוח התחבורה הציבורית
10	1.3 מטרות העבודה
11	1.4 מתודולוגיה כללית
14	2. סקירה עולמית
14	2.1 מבוא
14	2.2 בחינה סטטיסטית
22	3. קביעת יעדים אסטרטגיים
22	3.1 הגדרה של אזורים וטבעות
22	3.1.1 המע"ר
24	3.2 יעדי הפיתוח האסטרטגיים
26	3.3 המודלים התחבורתיים
26	3.3.1 מודל sketch-planning (SKP)
26	3.3.2 מודל תל אביב
28	4. סקירת תכניות קיימות ובחינת פערים
28	4.1 סקירת תכניות קיימות
28	4.1.1 תמ"א 4/א/23
29	4.1.2 תכניות רכבת ישראל
30	4.1.3 נתיבים מהירים
30	4.1.4 נתיבי העדפה לתחבורה ציבורית
32	4.2 הפערים ביעדים האסטרטגיים
32	4.2.1 פערי כיסוי
36	4.2.2 פערי נגישות
38	4.2.3 פערי קיבולת
40	4.2.4 פערי פיצול
41	4.2.5 שילוביות
41	4.3 סיכום ניתוח התוכנית הקיימת
42	5. תחזית וניתוח ביקושים
42	5.1 מבוא
43	5.2 תחזיות אוכלוסייה למטרופולין
44	5.3 תחזיות התעסוקה
47	5.4 הביקוש לנסיעות
50	6. תפיסות לפיתוח הרשת
50	6.1 תפיסה כללית
51	6.2 אפיון מערכת עתירת נוסעים במטרופולין
53	6.3 גישות לפיתוח הרשת האורבנית
53	6.3.1 פיתוח תפיסה רדיאלית מעגלית
58	6.3.2 תפיסות נוספות
59	6.4 הרשת האזורית והפרברית
62	7. חלופות לרשת האורבנית
62	7.1 תהליך פיתוח החלופות
63	7.2 חלופות הבסיס
64	7.3 חלופות לבחינה
64	7.3.1 חלופה רדיאלית מעגלית (M5)
64	7.3.2 חלופה מטרו מצומצמת (M100)
64	7.3.3 חלופות משולבות
69	7.4 סיכום החלופות לפיתוח הרשת
70	8. ניתוח והערכת החלופות
70	8.1 מסגרת ההערכה
70	8.2 ניתוח תפקודי ועמידה ביעדים האסטרטגיים
70	8.2.1 עמידה ביעדים האסטרטגיים
71	8.2.2 ניתוח תפקודי - כיסוי
71	8.2.3 ניתוח תפקודי – נגישות וזמן נסיעה
75	8.2.4 ניתוח תפקודי - קיבולת
77	8.2.5 ניתוח תפקודי - פיצול
78	8.2.6 ניתוח תפקודי - שילוביות
79	8.3 ניתוח כלכלי
79	8.3.1 מתודולוגיה
79	8.3.2 אומדן עלויות
80	8.3.3 יתרונות לגודל ורשת
80	8.3.4 המודל התחבורתי
80	8.3.5 המודל הכלכלי
85	8.3.6 ניתוח כלכלי
88	8.4 ניתוח רב משתנים MCA
88	8.4.1 מסגרת הערכה
91	8.4.2 תוצאות הניתוח ובדיקות רגישות
94	8.5 חוות דעת EGIS וחלופות נוספות
96	9. מסקנות והמלצות

ועדת היגוי

משרד התחבורה והבטיחות בדרכים	משרד האוצר
קן טרנר - משנה למנכ"ל וסמנכ"ל תשתיות ותיאום, מאיר חן - מנהל, הרשות הארצית לתחבורה ציבורית, עירית שפרבר - ראש אגף תכנון משה אמסלם - מנהל אגף בכיר רכבות דרור גנון - מנהל אגף בכיר תחבורה ציבורית טופז פלד-שטינברג - מתכנת מחוז מרכז טליה כהן - מנהלת אגף תקציבי פיתוח, תשתיות ותיאום איתן טי - מנהל תחום תקציבי פיתוח, תשתיות ותיאום	אהוד אדירי - סגן הממונה על התקציבים אשר דולב - רכז תחבורה ציבורית, אגף תקציבים אלון מסר - רכז תחבורה ציבורית, אגף תקציבים מורן מזור - רפרנט תחבורה ציבורית, אגף תקציבים
מינהל התכנון	חברת נת"ע
נעמי אנג'ל - מתכנתת מחוז ת"א דניאלה פוסק - מתכנתת מחוז מרכז שירה גלייטמן - מחוז מרכז רינת קרן - מחוז ת"א יוסי גמליאלי - יועץ למנהל התכנון איריס קשמן - מחוז ת"א רות רז שמולביץ' - מחוז ת"א ליטל ידין - ות"ל יקי פרלשטיין - יועץ לות"ל	יהודה בר און - מנכ"ל שי יפתח - משנה למנכ"ל ניר קוגל - סמנכ"ל תכנון ד"ר יותם ברלך
רכבת ישראל	
אילי טויבר - אג"ס	ראובן קוגן - סמנכ"ל פיתוח משה וייס - ממונה תכנון מוקדם ואסטרטגי

חברי צוות התכנון
ניר שרב אינג' מרכוס סיינוק פרופ' יורם שיפטן ד"ר דורון בלשה אינג' דורון מגיד אדר' שמואל שילה ד"ר משה הרפז פרופ' יוסי ברכמן יצחק גלבר, PGL חנה ג'ואן חבושה ד"ר רוברט אסחאק סמי אדרי, א.ב. פלאן נדב צין

תודה מיוחדת:

לצוות מודל ת"א – לרותי אמיר, פרופ' שלמה בכור, לאוניד חייפץ ומיכאל סורני על עבודתם המקצועית והמסורה.
לצוות התחזיות - לאורלי הכהן, שוקי כהן וצוותם, לחברת Egis על ההרתמות להכנת חוות הדעת המקצועית, לחברות PGL וגל מערכות תחבורה על הסיוע המקצועי בהכנת החומרים והנתונים.

1. הרקע לתוכנית

1.1 מבוא

מטרופולין תל אביב מהווה את הכרך האורבני הגדול בישראל, מנתניה ועד אשדוד ובמזרח עד מודיעין. כיום מתגוררים במטרופולין כ-3.7 מיליון תושבים (ביניהם כ-400,000 הגרים בגלעין הפנימי) המהווים 43% מאוכלוסיית ישראל. אוכלוסיית המטרופולין צפויה להגיע לכ-5.2 מיליון עד שנת 2040. במטרופולין תל אביב ממוקמים כ-50% מכלל מקומות העבודה בישראל. מרכז העסקים הראשי של המטרופולין (המע"ר) מרכז 13% מהתעסוקה וקיימים במטרופולין מרכזי תעסוקה משנה חשובים נוספים.

מטרופולין תל אביב משתרע על פני שטח של כ-1,500 קמ"ר עם אורך של כ-60 ק"מ מדרום לצפון ורוחב של עד 30 ק"מ. המטרופולין מונה מעל ל-200 ישובים, אך רוב האוכלוסייה מתגוררת ב-34 עיריות ובהן 10 עיריות שאוכלוסייתן מעל ל-100 אלף תושבים. הישובים במטרופולין מייצרים רצף אורבני בין כפר סבא בצפון לרחובות בדרום. מחוץ לאזור זה, המטרופולין כולל בטבעת החיצונית דפוס של התישבות כפרית עם מוקדים עירוניים.

מטרופולין תל אביב נחשב למטרופולין גדול יחסית בקנה מידה עולמי. תפקודו תלוי במידה רבה בקיום של מערכת תחבורה יעילה, שתאפשר נגישות מהירה בין חלקי המטרופולין, אך יחד עם זאת שתשרת את צורכי התושבים ברמה המקומית. מצב התחבורה כיום במטרופולין תל אביב אינו טוב. יש תלות מופרזת ברכב הפרטי ושימוש נמוך בתחבורה הציבורית בכל אזורי המטרופולין - כ-80% מנסיעות נעשות באמצעות הרכב פרטי. רשת הכבישים במטרופולין מפותחת יחסית, אך סובלת מרמות גודש גבוהות, במיוחד בשעות שיא. התחבורה הציבורית מבוססת ברובה על אוטובוסים - עם יעילות נמוכה, חוסר קיבולת, ומהירויות נמוכות. השימוש ברכבת עלה בשנים האחרונות אך עדיין יותר מ-90% מהנסיעות בתחבורה הציבורית נעשות באוטובוסים.

במצב הקיים, האוכלוסייה והתעסוקה במטרופולין מייצרות ומושכות כ-6 מיליון נסיעות ביום, שהן כמחצית מכלל הנסיעות המתבצעות בישראל. מתוכן, רק 1.2 מיליון נסיעות מתבצעות בתחבורה ציבורית. ההערכה היא שעד שנת 2040, מספר הנסיעות ביום עשוי להגיע לכ-9 מיליון. גידול זה יצריך שדרוג משמעותי של מערכות התחבורה במטרופולין, בד ובד עם מעבר לשימוש בתחבורה הציבורית.

התכניות הנוכחיות למערכת התחבורה הציבורית במטרופולין תל אביב, מתבססת על התכנית למערכת עתירת נוסעים (תמ"א 4/23), אשר הוכנה בשנת 2010. בתכנית זו נקבעה רשת מתע"ן עם פירוט לקווים.

אולם, ע"פ תחזיות התחבורה, תכנית זו עשויה לתת מענה לחלק קטן מהנסיעות בלבד, כמוצג בטבלה 1 להלן, המציגה את מאפייני מטרופולין תל אביב וזאת בהשוואה לערים מדריד וברלין. שני מטרופולינים אלו שמשו בעבודה זו כערי מבחן (לצד ערים אחרות כפי שיוצג בהמשך). כאשר גודלם כיום דומה לגודל הצפוי של תל אביב בשנת 2040. בטווח 25-35 שנים אוכלוסיית המטרופולין צפויה לגדול לכ 5-6 מיליון תושבים, וליצר כ-10-9 מיליון נסיעות ביום. תוספת של כ-4 מיליון נסיעות ביום, תוך המשך ההתבססות על רכב פרטי כאמצעי הנסיעה העיקרי, פשוט אינו אפשרי. **הפתרון לנגישות והניידות במטרופולין ברמת שרות נאותה, חייב להתבסס על שינוי מהותי בהרגלי הנסיעה ובהשקעות במערכת התחבורה הציבורית לצורך תמיכה בהמשך הפיתוח של המטרופולין.**

לפי היעדים האסטרטגיים שקבעה הממשלה, התכנית במטרופולין ת"א מיועדת להסיע כ 4-3.5 מיליון נוסעים בתחבורה הציבורית ביום. לשם השוואה, מדריד, המונה כ-5.3 מיליון תושבים, השקיעה במערכת תחבורה ציבורית ענפה המורכבת מ-12 קווי מטר, 10 קווי רכבת פרברית ו-2 קווי רק"ל המסיעים כ 5 מיליון נוסעים ביום, המהווים כ 50% מסך הנסיעות במטרופולין.

לפי רמת פיצול הנסיעות הקיימת בערי המבחן, והצורך להגיע לרמת נגישות, מספר הנסיעות במערכת התחבורה הציבורית צריך להיות בסביבות 3.5 מיליון נסיעות ביום עד שנת 2040. כדי להשיג זאת, רשת התחבורה הציבורית בתל אביב צריכה שינוי משמעותי והשקעה כספית גדולה. הרשת צריכה להתבסס על אמצעים יותר מהירים עם קיבולת יותר גבוהה. בהינתן אחוז המועסקים הגבוה במטרופולין ובמע"ר בפרט, דרושה רשת תח"צ היכולה לענות על הביקושים ההולכים וגדלים של המטרופולין. הטבלה מראה כי התכנית הנוכחית נופלת ביכולתה להשיג את מספר הנסיעות הנדרש. כדי לספק שירות תחבורה ציבורית טוב בשנת 2040, נדרש איפא, שדרוג התכנית הנוכחית.

עבודה זו עסקה בפיתוח ובחינה של חלופות לשדרוג מערכת התחבורה הציבורית במטרופולין תל אביב, מעבר לקיים בתכנית תמ"א 4/23 הנוכחית. העבודה בוצעה כשלב המשכי ל"תכנית האסטרטגית לפיתוח התחבורה הציבורית", שנערכה ע"י משרד התחבורה ומשרד האוצר, והמוצגת בקצרה בסעיף הבא. **המסמך להלן בוחן את התכנית הנוכחית ביחס ליעדים האסטרטגיים, ומציג את התכנית המורחבת הנדרשת למערכת תחבורה עתירת נוסעים במטרופולין ת"א, אשר תאפשר את הנגישות, הניידות והמשך הפיתוח והגידול של המטרופולין הגדול בישראל.**

טבלה 1. מאפייני מטרופולין תל אביב בהשוואה לערים באירופה

	מטרופולין תל אביב	מטרופולין תל אביב	מטרופולין תל אביב	מטרופולין תל אביב	מטרופולין ברלין
	2014	2040	2040	2013	2013
אוכלוסיה (מיליון)	3.7	5.2	5.2	5.3	4.5
<u>נסיעות נוסע</u> (מיליון ליום)	<u>6.0</u>	<u>9.0</u>	<u>9.0</u>	<u>9.9</u>	<u>7.7</u>
ברכב פרטי	4.8	6.7	5.4	5.0	4.2
בתחבורה ציבורית	1.2	2.3	3.6	4.9	3.5
<u>בתחבורה ציבורית</u> (%)	<u>20%</u>	<u>26%</u>	<u>40%</u>	<u>50%</u>	<u>46%</u>
היצע קווי מתע"ן	LRT/BRT	5+2	?	3	9
	Metro	-	?	12	10
	Suburban Rail	5	?	10	15

1.2. התכנית האסטרטגית לפיתוח התחבורה הציבורית

בעשור האחרון הממשלה ערכה שינוי מהותי במדיניות התחבורה הציבורית. הממשלה החלה ביישום של מערכות עתירת נוסעים במטרופולינים, הקימה קווי רכבת חדשים, תקציבי הפיתוח של התחבורה הציבורית עלו משמעותית, ובוצעו מהלכי מדיניות חשובים כמו התחרות בתחבורה הציבורית, מדיניות תעריפים חדשה, שינוי מיסוי בתחום הרכב, רה ארגון התחבורה הציבורית בגוש דן, הכנסת טכנולוגיות כרטוס ומידע והגדלת רמת השרות.

למרות הפעולות לעיל, הקידום של מערכות עתירת נוסעים היה עד כה איטי מאוד, ונראה כי ישראל עדיין נמצאת בפיגור משמעותי אחרי המדינות המפותחות, הן בתחום הקמת תשתיות לתחבורה ציבורית והן בתחום המדיניות.

על רקע זה, ערכו משרד התחבורה ומשרד האוצר בשנת 2012 "תוכנית אסטרטגית לפיתוח התחבורה הציבורית"¹, במטרה לבחון האם התכניות העתידיות לפיתוח התחבורה הציבורית עולים בקנה אחד עם הכוונים הנוכחים.

בין השאר, ממצאי העבודה כללו:

- **ההשקעה המצטברת בתשתית התחבורה הציבורית במטרופולינים בישראל נמוכה מאוד ונאמדת בכ- 1,500 יורו לתושב בממוצע**, לעומת ממוצע של כ-10 אלף יורו במטרופולינים המערביים (פי 7).
 - תרגום הפער בהשקעה בתחבורה הציבורית בישראל לתושב, לעומת ערים אחרות בעולם מעלה **כי נדרשת השקעה של כ 250-200 מיליארד ₪ לצורך הדבקת הפער בתשתית התחבורה הציבורית לעולם המערבי**.
 - **רמת השרות בתחבורה הציבורית** – בהשוואה עולמית, היקף ק"מ רכב בתח"צ מטרופולינית לתושב לשנה הינו פחות ממחצית מהמקובל בעולם המפותח.
 - **זכות דרך בלעדית לתחבורה הציבורית** – אורך מסלולי תחבורה ציבורית בזכות דרך בלעדית לתושב במטרופולינים בישראל הינו בטווח 25-100 מ' לתושב, לעומת כ-150-200 מ' לתושב במרבית המטרופולינים בעולם עם תחבורה ציבורית מפותחת.
 - **המהירות הממוצעת של התחבורה הציבורית** במטרופולינים בישראל הינה נמוכה ועמדה על כ-16 קמ"ש, בהשוואה למהירות ממוצעת של כ-25 קמ"ש בערים במדינות המפותחות שבהן אמצעים מגוונים עם זכות דרך בלעדית.
 - **התוצאה של חוסר ההשקעה בתשתית התחבורה הציבורית ורמת השרות הנמוכה הינה היקף שימוש נמוך מאוד בתחבורה הציבורית**. מספר העליות לתושב לשנה במטרופולינים בישראל הינו בטווח 100-130 עליות לתושב לשנה, לעומת טווח של 200-300 במטרופולינים במדינות המפותחות.
 - **פיצול הנסיעות** לפי אמצעי נסיעה במטרופולינים בישראל ירד לכ-23%-20 בלבד בתחבורה ציבורית. **רמה זו נמוכה משמעותית ממטרופולינים אחרים בעולם המפותח** שהשקיעו במערכות הסעה עתירות נוסעים, בהם אחוז השימוש בתחבורה ציבורית הינו בתחום בין 30% ל-50%. במטרופולינים האלו **פועלים מגוון רחב של אמצעי תחבורה ציבורית בזכות דרך בלעדית** כגון רכבת קלה, רכבת תחתית ורכבת פרברית, בנוסף לאוטובוסים, ובמקביל מופעלת מדיניות חניה מגבילה. אחוז הנסיעות בתחבורה הציבורית לעבודה (מפקד 2008) ירד ל 21%, כאשר חלקה של הרכבת הוא 0.7%. הסעות מהוות כ-10% מהנסיעות לעבודה.
 - **רשת התחבורה הציבורית בישראל חסרה גיוון באמצעי הנסיעה, היררכיה ברורה, זכות דרך בלעדית ורמת שילוביות בין האמצעים השונים**. רכבת ישראל מפעילה שרות מעורב של קוים בינעירוניים ופרבריים ותוכניות הפיתוח שלה ממשיכות ומנציחות את התפיסה המעורבת, ואינה נותנת מענה הולם לביקושים הקיימים והעתידיים, במיוחד בשרות הבינעירוני.
- במסגרת** העבודה הוגדרה סדרת יעדים אסטרטגיים אינדיקטיביים, שאפשרו להצביע על רמת הפיתוח של התחבורה הציבורית המטרופולינית בישראל **בהשוואה למטרופולינים בעולם בהם מערכות תחבורה ציבורית מפותחות**. **טבלה 2 להלן מציגה באמצעות היעדים את הפער המהותי של רמת פיתוח במצב הקיים**.

טבלה 2. סכום מדדים אינדיקטיביים במטרופולינים – מצב קיים 2010

מדד	ירושלים	תל-אביב	חיפה	באר שבע	ממוצע במטרופולינים מפותחים בעולם
ק"מ רכב תח"צ לתושב לשנה	34	45	35	25	100 Vkm/hab
מהירות ממוצעת רשת תח"צ	16	17	19	52	25 km/h
מספר עליות לתחבורה הציבורית לתושב לשנה	103	111	107	67	250 Br/hab
רמת פיצול: אחוז נסיעות בתח"צ	23%	24%	24%	39%	40% PT Share
סך השקעה מצטברת בתשתית תח"צ בש"ח לתושב	2,642	7,629	6,680	1,251	50,000 NIS/hab
אורך תשתית בלעדית תח"צ מ' ל-1000 תושב	25	69	102	118	150 hab 1000/m

הערה: הנתונים בטבלה מתייחסים לכל אמצעי התחבורה הציבורית לרבות המסילות של רכבת ישראל העוברות במטרופולינים. היעד משקף את הממוצע במטרופולינים מתקדמים בעולם.

1 פתוח התחבורה הציבורית - תכנית אסטרטגית, משרד האוצר ומשרד התחבורה, 2012.

1.3. מטרת העבודה

מטרת עבודה זו היתה לבחון את התכנית הנוכחית לפיתוח מערכת התחבורה הציבורית במטרופולין תל אביב ביחס ליעדים שנקבעו ב-”תוכנית אסטרטגית לפיתוח התחבורה הציבורית”, ולקבוע את האמצעים הדרושים ליצירת רשת תחבורה ציבורית אינטגרטיבית שעומדת ביעדים אלה.

התכנית תציע רשת בעלת רמת גבוהה ואטרקטיבית לצומת הרכב הפרטי, שתאפשר למטרופולין להתפתח בצורה שיוונית ולענות בצורה יעילה לצורכי התחבורה.

העבודה נעשתה בניהולה והנחייתה של ועדת פורום הסעת המונים, המייצגת את משרד התחבורה, משרד האוצר, משרד הפנים, חברת נת”ע ורכבת ישראל.

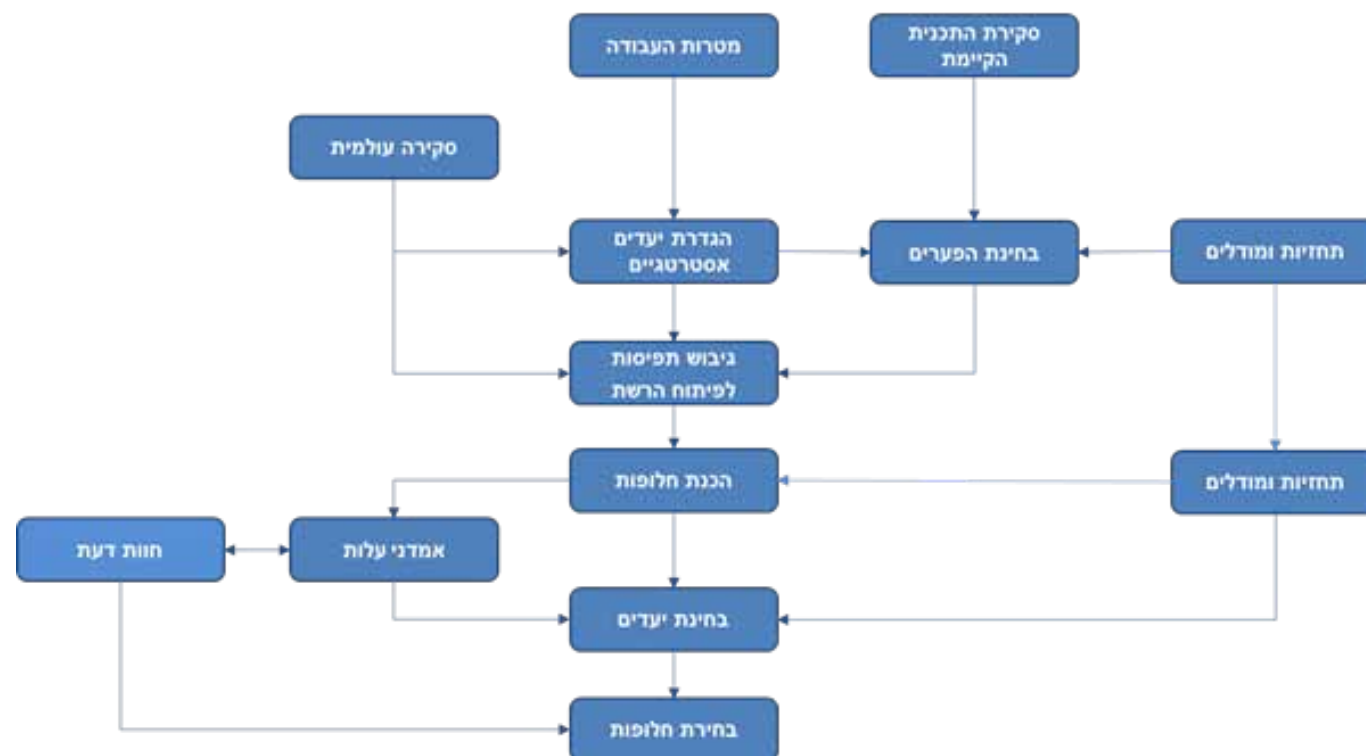
1.4. מתודולוגיה כללית

תהליך העבודה התבסס על מספר שלבים שתחילתם היה בחינת התכנית הקיימת לצומת הנסיון העולמי וקביעת מדדי ביצועים שונים. בהמשך, פותח תהליך שיטתי להכנה, שיפור ועידון חלופות, הערכת תפקודן, סינון חלופות פחות מתאימות וקביעת החלופות שכדאי לקדם בכל שלב. תרשים זרימה של התהליך מוצג בתרשים 1.

שלבי העבודה כללו:

- **סקירת התכניות הקיימות לפיתוח מערכת התחבורה הציבורית במטרופולין תל אביב** ריכוז של תכניות מערכת עתירת נוסעים הנוכחית ועבודות קודמות, תכניות רכבת ישראל, תכנית הנתיבים המהירים וכו’.
 - **סקירת מערכות תחבורה ציבורית מטרופוליניות:** נערכה סקירה של מערכות תחבורה ציבורית במטרופולינים מפותחים בעולם. מטרת הסקירה הייתה לתאר את הדפוסים ורמות הפיתוח המקובלים של מערכות תחבורה ציבורית במטרופולינים בסדר גודל של תל אביב ואת רמת תפקודם. בין השאר, נסקרו סוגי המערכות, תמהיל אמצעי התחבורה הציבורית, היקף השרות והתשתית לפי גודל וצפיפות, מדדים של כיסוי, אחוז שימוש בתחבורה הציבורית, נגישות ושילוביות של הרשתות. הסקירה שימשה כלי תומך לקביעה של יעדים ומדדים לבחינת התכנית הקיימת והחלופות המוצעות.
 - **הגדרה של יעדים אסטרטגיים לתכנית.** קביעת היעדים התבססה על העבודה המקדימה שבוצע ב-”תוכנית אסטרטגית לפיתוח התחבורה הציבורית”, אשר הותאמה למטרופולין תל אביב תוך התייחסות לממצאים של ניתוח ערים בעולם. היעדים האינדיקטיביים כוללים סט מדדים כמותיים, המתייחסים לשלושה היבטים עיקריים: רמת השירות, רמת השימוש בתחבורה הציבורית ורמת ההשקעה במערכת.
 - **ניתוח פערים בין התכניות הקיימות ליעדי הפיתוח האסטרטגיים.** בשלב זה נבחנה תמ”א 4/א/23 ביחס לרמת עמידתה ביעדים שהוגדרו בשלב הקודם. בנוסף, בוצע ניתוח מרחבי ברמה יותר מפורטת עבור מספר מדדים עיקריים, כולל: כיסוי, נגישות, עמידה בקיבולת, פיצול הנסיעות ושילוביות.
 - **ניתוח דפוסי ביקושים:** כשלב מקדים לפיתוח החלופות, בוצע ניתוח של דפוסי הביקוש ע”פ התחזיות שכלל:
 - ניתוח ביקוש וקווי מטרה המצביע על סף כניסה למתע”ן,
 - ניתוח רשת עכביש לזיהוי פרודורים חזקים
 - וניתוח הצבה חופשית לבחינת צירי נסיעה מועדפים.
 - **גיבוש תפיסות לפיתוח ההרשת:** שלב בחינת הפערים הוביל לצורך לשקול שלוש גישות שונות לפיתוח רשת המתע”ן, כולל:
 - **תכנון מחדש** - מכיוון שניתוח הפערים הראה פערים משמעותיים, הוחלט לנסות פיתוח של רשת על בסיס תכנון מחדש המבוסס על רשת קווי מטר.
 - **השלמה לתכנית קיימת** - ע”פ גישה זו, נעשה ניסיון לבצע תוספות ושיפורים בתכנית הנוכחית בכדי להגיע ליעדים, עם התערבות מינימאלית האפשרית במבנה הרשת וללא ביטול קו מתוכנן.
 - **תכנון משולב** - תכנון רשת משולבת הנובע מהרצון לשמור על התוכנית הקיימת עד כמה שניתן ולהוסיף קווי מטר כדי להגיע ליעדים האסטרטגיים.
- בנוסף לאבחנה בין התפיסות לעיל לפיתוח הרשת, זוהה הצורך לחלק את מערכת התחבורה ציבורית לפי שלוש רמות:
- **רשת אורבנית:** משרתת את הרצף האורבני של העיר תל אביב וערים במרחק של פחות מ-20 ק”מ ממנה, המהווים רצף בנוי וצפוף יחסית.
 - **רשתות אזורית:** מתייחסות למרחבים האזוריים בצפון, במזרח ובדרום, המאופיינים על ידי עיר מרכזית – נתניה בצפון, אשדוד בדרום, ומודיעין במזרח, ודפוסי התיישבות מוקדיים וכפריים.
 - **רשת פרברית:** מחברת את הרשתות האזוריות לרשת האורבנית, ומספקת את הנסיעות למרחקים ארוכים יותר, בעיקר על ידי רכבות פרבריות.
 - **פיתוח חלופות:** בשלב הראשון נבחנו מספר חלופות לרשת הפרברית והרשתות האזוריות. לאחר מכן נקבעה רשת רקע לשרות זה והתהליך התמקד בפיתוח חלופות לרשת האורבנית. פיתוח הרשת האורבנית בוצע לפי שלוש הגישות שצוינו לעיל (תכנון מחדש, השלמות ורשת משולבת). לצורך התכנון מחדש נבחנו תפיסות שונות לפיתוח הרשת (כגון רשת עכביש, או מבוססת מרכזי תחבורה). בשלב זה החלופות נבחנו במודל Sketch Plan. מודל זה מהווה מודל גס המאפשר ניתוח ראשוני של החלופות בצורה

תרשים 1. תהליך העבודה



מהירה, ללא שימוש במודל פיצול ובהתבסס על "תחזית יעדים". המדדים העיקריים שנבחנו כללו מדדי נגישות, נצילות הרשת, נפחים בקטעים, וביצוע הקווים. תהליך פיתוח החלופות היה תהליך הדרגתי של אפיון ושיפור חלופות ע"פ כל אחת מהתפיסות לפיתוח הרשת.

• **בחירת החלופות:** בשלב זה נבחנו החלופות הנבחרות מהשלב הקודם בצורה יותר מעמיקה ובהתבסס על ניתוח זה נמשך תהליך שיפור החלופות. שלב זה התבסס על הרצה מלאה של מודל ת"א, כולל קידוד מלא של הרשתות והפעלת מודל פיצול. הרצת המודל בוצעה לשנת היעד 2040 ובוצעו הרצות רגישות לתרחישים שונים ולשנת יעד 2060. הניתוחים התחבורתיים והתפקודיים נערכו בעיקר לתקופות השיא וגם ליתר שעות היום לצורך בדיקת תפקוד הרשת. ההצבות מתבססות על תחזיות אוכלוסיה ומועסקים שנערכו על ידי נת"ע בשילוב משרד הפנים והלמ"ס. הניתוח כלל:

- עמידה ביעדים אסטרטגיים
- ניתוח תחבורתי
- ניתוח כלכלי
- תהליך הבחינה נעשה בשיטת דרוג רב משתנים MCA
- **הכנת אמדני עלות וחווות דעת שנייה:** האומדן בוצע על ידי חברת Egis מצרפת, שנשכרה על ידי הממשלה לצורך הערכת העלויות של החלופות וחווות דעת נוספת לחלופות שגובשו במהלך העבודה. הסיבה לפנייה לחברה זרה, הייתה הרצון לקבל ייעוץ מחברה בין לאומית בעלת ניסיון בטכנולוגיות שנשקלו, שעבורם טרם נצבר ניסיון מעשי בישראל.
- **בחירת החלופות לקידום והמלצות התכנית:** תהליך הערכת החלופות היה הדרגתי, כאשר בכל שלב נופו מספר חלופות וקודמו חלופות אחרות לשלב הגמר והערכה סופית. בכל שלב שמשו כלי הניתוח כלי תומך החלטות, כאשר כל החלופות נדונו בצוות ההיגוי והתקבלו החלטות על קידום חלופות בראייה כוללת. בהתאם לניתוח, סוכמו המלצות על תוכניות.

2. סקירה עולמית

2.1 מבוא

על מנת לבחון את כיווני הפיתוח הרצויים לרשת התחבורה הציבורית במטרופולין תל אביב, נסקרו מערכות התחבורה הציבורית בערים עם אוכלוסיה מעל ל-2 מיליון תושבים ברחבי העולם, עם התמקדות במדינות המפותחות. הסקירה כללה מספר מרכיבים:

- השוואה סטטיסטית של מבנה מערכת התחבורה הציבורית באזורי מטרופולין בעולם.
- השוואת תל אביב למספר "ערי מבחן" נבחרות, עם אוכלוסייה בין 2-5 מיליון תושבים, כולל תיאור יותר מפורט של מבנה הרשת, סוגי אמצעים ומספר קווים.
- מאפייני השימוש בתחבורה הציבורית כגון פיצול הנסיעות, מהירות ממוצעת וכיסוי המערכת.

2.2 בחינה סטטיסטית

לצורך בחינת סוגי מערכות התחבורה הציבורית המשרתים אזורי מטרופולין בעולם, נסקרו בסיסי נתונים ממספר מקורות², כדי להכין רשימה של אזורי מטרופולין שמעל ל-1 מיליון תושבים. לכל אזור נבדק האם הוא משורת עם מערכת מתע"ן, סוג המערכת, מספר הקווים וארכם ושיוך הערים לפי מדינות, ליבשת ולרמת פיתוח כלכלי של המדינה ע"פ הגדרות ה-IMF.

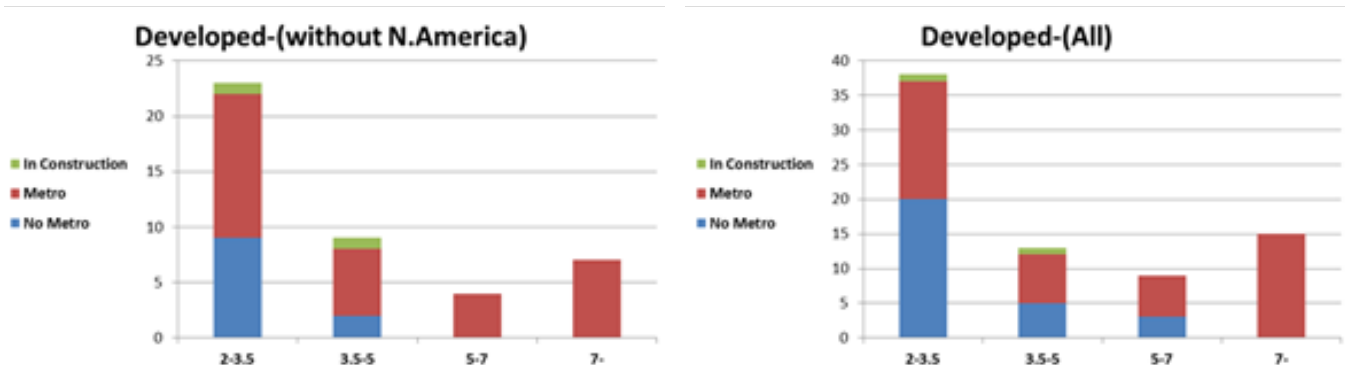
בסה"כ נאסף מידע אודות 539 אזורי מטרופולין מעל ל-1 מיליון תושבים, מתוכם 75 ענו לקריטריון של הימצאות במדינה מפותחת ואוכלוסייה מעל ל-2 מיליון תושבים. ניתוח הנתונים התמקד בהמצאות של מערכות רכבת תחתית (מטרו) באזורים אלה, כמוצג בתרשים 2 ותרשים 3 ביחס לגודל העיר.

נמצא כי ברוב הערים החל מסדר גודל של כ-5 מיליון תושבים, קיימת מערכת הכוללת מטרו - להוציא מספר ערים בארצות הברית שבהן תלות גבוהה ברכב הפרטי. בקבוצת הערים בין 3-5 מיליון, נמצא כי ברוב הערים קיים מטרו, כאשר רוב זה הוא מוחלט ללא התחשבות בערים בצפון אמריקה. בכמחצית מן הערים בין 2 עד 3.5 מיליון תושבים קיימות גם מערכות הכוללות רשת מטרו.

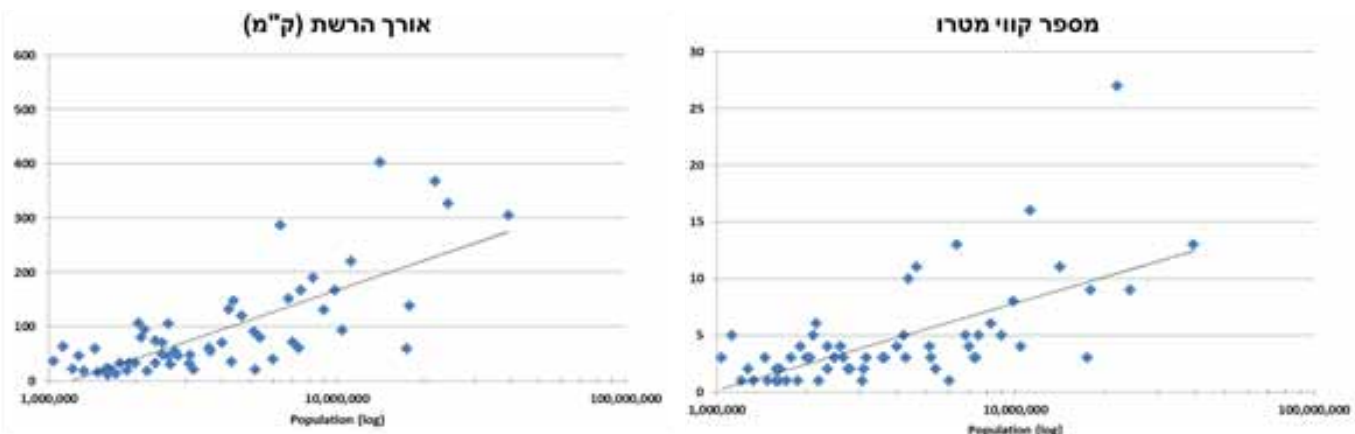
ניתן לראות שקיים קשר בין גודל האוכלוסיה לבין מספר קווי המטרו ואורך הרשת. בערים בין 3-5 מיליון תושבים המצב השכיח הוא 3-5 קווי מטרו. מתוך הסקירה, נמצא כי ערים רבות במדינות המפותחות ממשיכות להרחיב את הרשתות ולבנות קווי מטרו נוספים.

יש לציין כי בעולם פותחו מערכות מתע"ן רבי קיבולת מבוססי BRT (בדרום אמריקה ומזרח אסיה). מערכות אלה לא נסקרו היות ובהערכה ראשונית זכויות הדרך בתל אביב לא יוכלו לתמוך בטכנולוגיה זו.

תרשים 2. ערים עם מטרו, לפי גודל אוכלוסיה (במיליונים)



תרשים 3. מספר קווים ואורך הרשת ביחס לאוכלוסייה ברשתות מטרו במדינות מפותחות



² מקורות הסקירה:

Planning And Design For Sustainable Urban Mobility, UN-Habitat, 2013
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_metro_systems
<http://mic-ro.com/metro/table.htm>
 International Monetary Fund's World Economic Outlook Report, April 2010
<http://www.citypopulation.de>

הערים שבקבוצה הושאו למצב בתל אביב, כפי שמוצג בטבלה 3, הכוללת ציון האוכלוסייה, הצפיפות הממוצעת וחלקו של הגלעין (העיר המרכזית של המטרופולין) מאזור המטרופולין. מטבלה זו ניתן לראות שמבין המטרופולינים שנבחרו, תל אביב היא בעלת צפיפות גבוהה יחסית.

טבלה 3. השוואת תל אביב לערי המבחן

מטרופולין	אזור מטרופוליני			גלעין		
	אוכלוסייה (מיליון)	שטח (אלפי קמ"ר)	צפיפות* (לקמ"ר)	אוכלוסייה (מיליון)	שטח (אלפי קמ"ר)	צפיפות* (לקמ"ר)
ליון	1.3	0.5	2,520	0.5	0.05	10,021
בריסל	2.1	2.2	971	1.1	0.16	6,907
אמסטרדם	2.4	1.8	1,295	0.8	0.17	4,880
פרנקפורט	2.2	2.5	904	0.7	0.25	2,720
ברלין	4.5	5.3	849	3.5	0.89	3,928
מדריד	5.3	1.9	2,727	3.2	0.61	5,314
תל אביב	3.5	1.5	2,276	0.4	0.05	7,885

* צפיפות ברוטו

טבלה 4 מציגה את סוגי האמצעים במערכת התחבורה הציבורית בכל אחת מערי המבחן, כולל מספר הקווים ואורך הרשת, וזאת ליד תיאור מערכת התחבורה הציבורית של תל אביב ע"פ התכניות הקיימות. בתל אביב כיום מערכת התחבורה הציבורית מאוד לא מפותחת ביחס לשאר המטרופולינים, והיא כוללת רק שרות רכבת פרברית. ע"פ התכניות הנוכחיות (תל אביב 2040), המערכת העתידית תכלול רשת רק"ל ו-BRT כאשר בשאר ערי המבחן שלד המערכת מתבססת על רשת קווי מטר.

בכל ערי המבחן שנסקרו, סוגי התחבורה הציבורית מתפקדים כרשת משולבת יחד עם קווי האוטובוסים.

טבלה 4. סוגי מערכות תחבורה ציבורית בערי המבחן

מטרופולין	BRT		רק"ל *		מטרו		פרברי	
	קוויים	ק"מ	קוויים	ק"מ	קוויים	ק"מ	קוויים	ק"מ
ליון			6	76	4	32	**	**
בריסל			8	94	4	40	6	350
אמסטרדם	1	40	1	9	4	43	15	**
פרנקפורט			8	68	9	65	10	303
ברלין			9	124	10	151	15	327
מדריד			3	35	12	293	10	400
תל אביב 2040	4	75	1	129	-	-	4	140

* לא כולל שרות טראם
** נתון לא ידוע

2.3. השוואה לערי מבחן

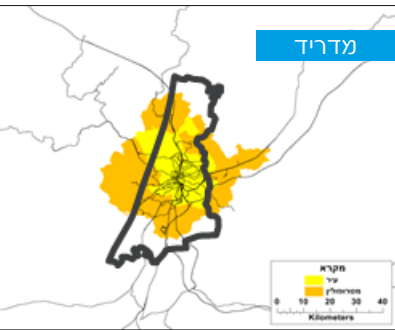
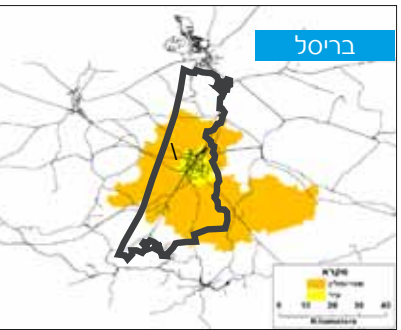
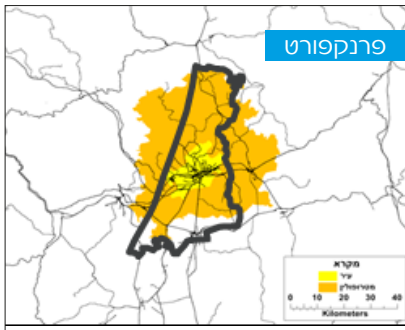
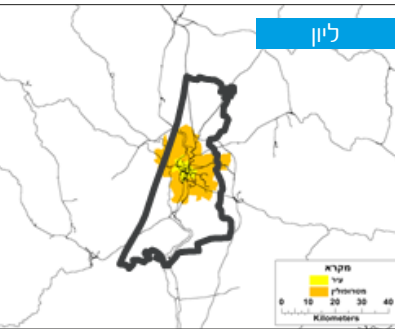
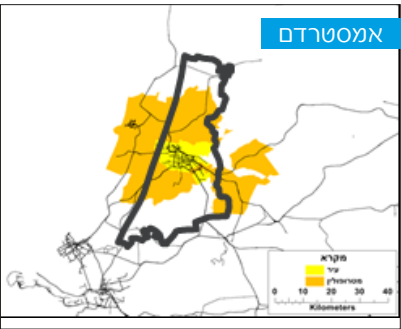
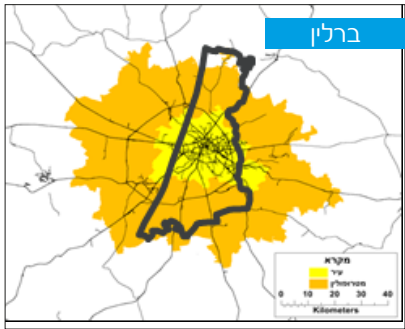
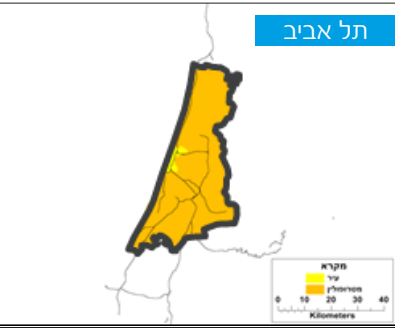
כדי ללמוד יותר מקרוב ולאפשר השוואה בין מערכות, נבחרה קבוצת ערים שכללה מספר מטרופולינים שונים, עבורם רוכזו נתונים מפורטים לגבי גודל (שטח ואוכלוסיה), חלקו של הגלעין ומבנה רשת התחבורה הציבורית. תיאור הרשתות שסוקרו כלל היררכייה של הרשת, סוגי טכנולוגיות בשימוש ומספר קווים לפי טכנולוגיה. מיפוי רשתות איפשר גם בחינה השוואתית לגבי כיסוי הרשת וצורתה.

קבוצת הערים שנבחרו כללה 3 ערים בינוניות (מטרופולין עד 2 מיליון) ו-3 ערים גדולות (אך לא מגה-ערים, מטרופולין ~5 מיליון). ערי המבחן כללו את הערים הבאות (ראה מפה 1 המציגה את כל הערים בקנ"מ אחיד, על גבי תוואי מערכת התחבורה הציבורית):

- 1. ליון, צרפת
- 2. בריסל, בלגיה
- 3. אמסטרדם, הולנד
- 4. פרנקפורט, גרמניה
- 5. ברלין, גרמניה
- 6. מדריד, ספרד

מפה 1. השוואה ערי המבחן למטרופולין תל אביב

מקרא:
עיר מרכזית
אזור מטרופוליני
מסילות (בכל הטכנולוגיות)



מבין הערים שנסקרו ניתן לראות דוגמאות רבות של ערים בהן משולבת מערכת מטרו עם מערכת רק"ל. נתונים נוספים על ערים בעלות מערכות משולבות ניתן לראות בטבלה 5. מערכות הרק"ל בערים אלו כוללות קווים מסוגים שונים מבחינת קיבולת ומהירות, בחלקם קווי טראם. ניתן לראות כי בערים אלה, קווי הרק"ל מסייעים חלק משמעותי של הנסיעות, אך רשת המטרו מסיעה יותר נסיעות גם באופן אבסולוטי וגם ביחס לאורך הרשת.

טבלה 5. השוואת ערים עם מערכות מטרו ורק"ל משולבות

מטרופולין	מטרופולין	גלעין	אוכלוסייה			מטרו			רק"ל (כולל טראם)		
			מ"מ	ק"מ	קוויים	ק"מ	קוויים	נסיעות*	ק"מ	קוויים	נסיעות*
ליון	1.3	0.5	4	32.5	198	6	84.9	82.5	6	84.9	82.5
פראג	1.25		3	62	589	21	143	324	21	143	324
בריסל	1.1	0.18	4+3**	39.9	138	17	138.9	123.5	17	138.9	123.5
ברסלונה	3.4	1.6	8	102.6	376	6	29.2	24.5	6	29.2	24.5
ברלין	3.38		10	151.7	507.3	15	332	402	15	332	402
מילן	5.2	1.3	4	100	287.5	17	***	***	17	***	***

* מיליון נוסעים לשנה
** 3 קווים pre-metro
*** נתון לא ידוע
מקור: Egis n°D

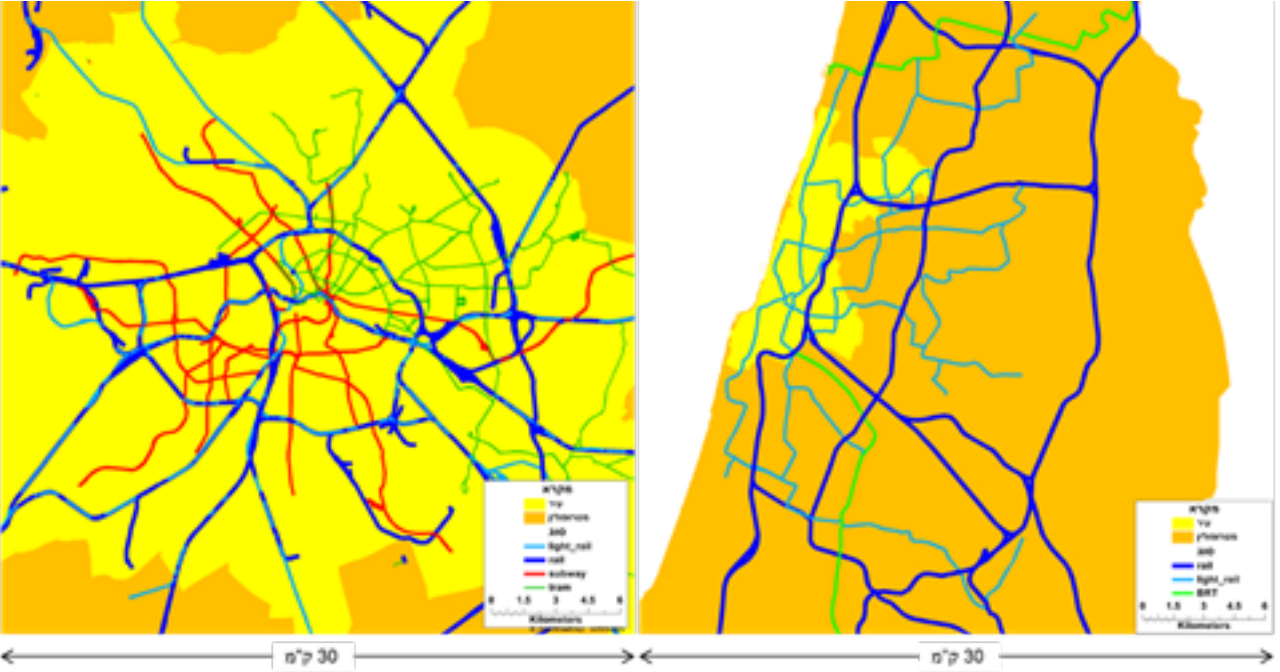
מבחינה פיזית, למטרופולין תל אביב מאפיינים ייחודיים המקשים על השוואה לערים אחרות. אחת התכונות שמבדילות אותה היא הצורה הארוכה (עם רוחב קטן) והיותה צמודה לים. כדי להשוות בין מערכת המתע"ן בתל אביב לבין מטרופולינים אחרים, נסקרה תפרוסת רשת המתע"ן במספר מטרופולינים הצמודים לחוף ים, בדומה לתל אביב, כמוצג במפה 4. כדי להתרשם מצורת הרשת, המפות סובבו באופן שהחוף יופיע במערב, בדומה לתל אביב.

כפי שניתן לראות, לערים אלה ישנה רשת מטרו רדיאלית שמביאה אנשים למרכז (שהוא קרוב לחוף). ברוב הערים יש קו מטרו במקביל לחוף, והקווים הרדיאליים נאלצים "לחזור" החוצה או מסתיימים במרכז. כך מתקבלים לעיתים קווים בצורת פרסה (U) או בצורת "ל" (L).

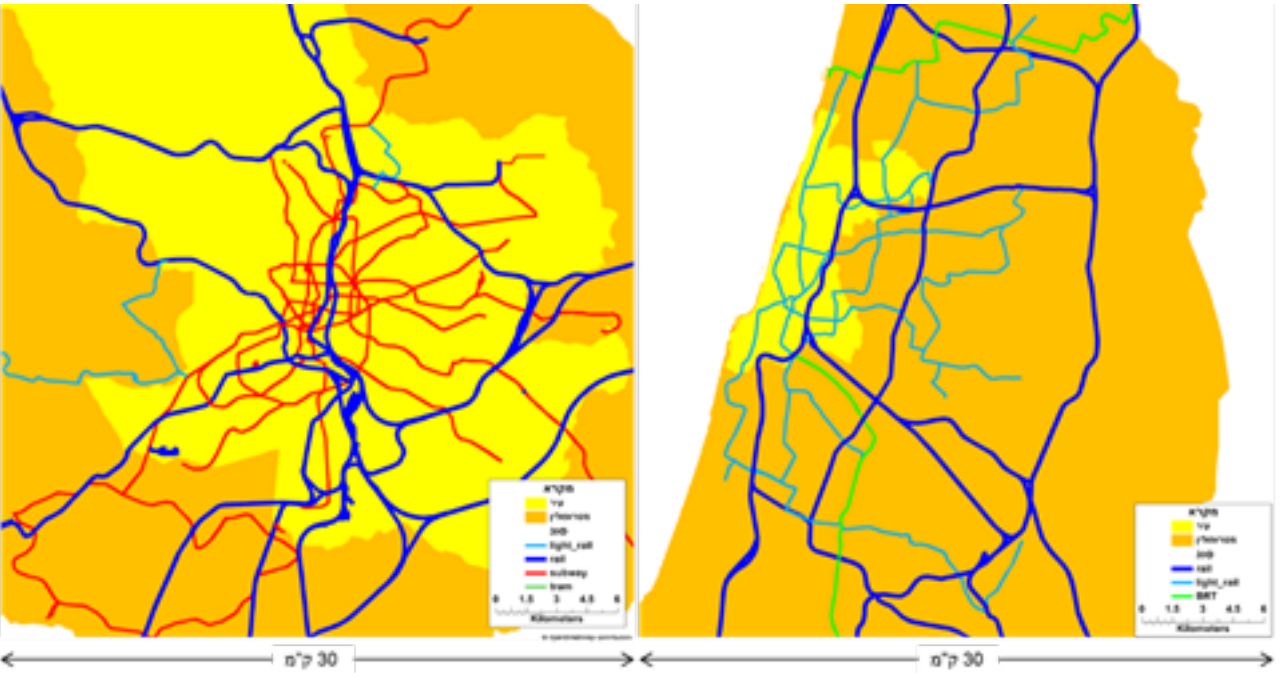
לבסוף, כדי לעמוד יותר מקרוב על צפיפות רשת המתע"ן ביחס לשטח העיר והשרות למרכז, מופו הערים ברדיוס של 15-20 ק"מ מהמרכז, בחלון שרוחבו 30 ק"מ, ליד מפת מערכת המתע"ן המתוכננת בתל אביב ע"פ תמ"א 4/23. מפה 2 ומפה 3 מציגות דוגמא למיפוי זה המשווה את תל אביב בשנת 2040 עם מערכת התחבורה העכשווית של הערים ברלין ומדריד, שאוכלוסייתם כ-5 מיליון תושבים, בדומה לתחזיות עבור מטרופולין תל אביב בשנה זו.

ניתן לראות כי בכל הערים למערכת הרכבת (בצבע כחול כהה) חדירה עד מרכז העיר אך בעוד ב-2 ערי המבחן מערכת המטרו מספקת כיסוי אזורי למרחקים של 10-15 ק"מ מהמרכז, בתכנית לתל אביב הכיסוי ניתן על ידי רשת קווי רק"ל, בצפיפות נמוכה יותר.

מפה 2. תל אביב - ברלין



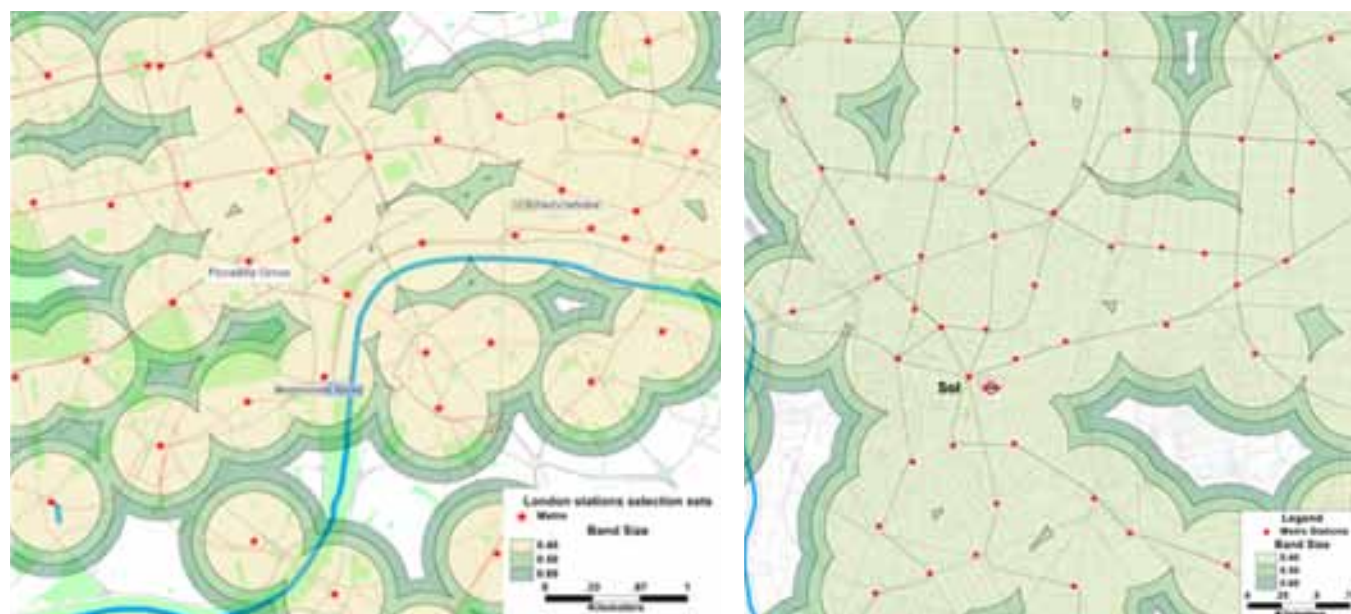
מפה 3. תל אביב - מדריד





מאפיין נוסף שנבחן היה רמת הכיסוי של רשת המתע"ן במע"ר. הכיסוי נבחן באופן חזותי על ידי שרטוט טבעות חופפות מהתחנות, כמוצג במפה 5 עבור הערים מדריד ולונדון. ניתן לראות, כי בערים אלה כמעט כל מרכז העיר מכוסה ברשת המתע"ן במרחק של עד 600 מ' ואף פחות, מתחנת מתע"ן.

מפה 5. כיסוי (400 מ'/500 מ'/600 מ') המרכז במדריד (מימין) ולונדון (משמאל)



מפה 4. מפות רשת מתע"ן במטרופוליס צמודי חוף

ברצלונה



שיקגו



טורונטו



בואנוס איירס



3. קביעת יעדים אסטרטגיים

3.1 הגדרה של אזורים וטבעות

עבודה זו מתייחסת להגדרת מרחב המטרופולין של הלמ"ס (הערה: הלמ"ס ביצע לאחרונה עדכון גבולות המטרופולין, עם שינויים קלים בגזרה הדרומית). כמו כן, אומצה הגדרת הלמ"ס לחלוקת המטרופולין לגלעין ולשלוש טבעות:

- הגלעין:** כולל את העיר תל אביב-יפו שהיא העיר המרכזית של המטרופולין והגדולה מבחינת גודל אוכלוסייה. בגלעין קיים ריכוז מוקדי תעסוקה ומקודי ציבור ברמה המטרופולינית.
- הטבעת הפנימית:** מקיפה את הגלעין וכוללת את שאר הישובים הכלולים במחוז תל אביב. (חולון, בת ים, רמת גן, בני ברק, אור יהודה, הרצליה)
- הטבעת התיכונה:** הטבעת התיכונה המקיפה את הטבעת הפנימית ומאופיינת ע"י יישובים אשר ברובם בעלי אופי עירוני. הערים ראשון לציון, פתח תקווה, כפר סבא, רעננה, רחובות, לוד ורמלה נמצאים בטבעת זו. בנוסף, יש בטבעת זו מספר יישובים כפריים.
- הטבעת החיצונית:** מאופיינת בהתישבות לא רציפה עם ריבוי אזורים פתוחים וחקלאיים, ונשענת על שלושה יישובים עירוניים גדולים - נתניה, אשדוד ומדיעין, המהווים מרכז ליישובים קטנים יותר, בעלי אופי עירוני או כפרי.

כל אחת מהטבעות מחולקת לגזרה צפונית, דרומית ומזרחית. חלוקה זו מגדירה 10 אזורים נפרדים.

על פי הלמ"ס, יש במטרופולין ת"א 254 יישובים. מתוכם, 64 הם יישובים "עירוניים" (אוכלוסייה למעלה מ-2000 נפש) ו-190 יישובים "כפריים". הטבעת החיצונית מרכזת את המספר הגדול ביותר של יישובים, כולל, 10 עיריות, 15 מועצות מקומיות ו-170 יישובים כפריים.

לצורך ניתוח אזור המטרופולין, בוצעה חלוקה נוספת ברמת פירוט גבוהה יותר. חלוקה זו מבוססת על 56 תת אזורים. חלוקה זו כוללת גם את ה-"שערים", המציניים את הכבישים והמסילות העיקריים המחברים בין המטרופולין לשאר המדינה.

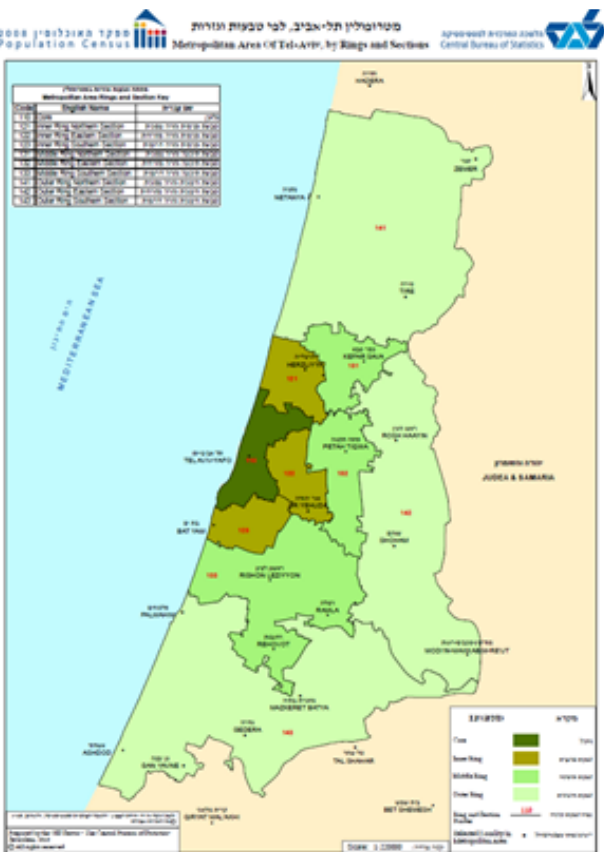
מפה 6 מציגה את חלוקת מרחב המטרופולין לטבעות וגזרות ולאזורי ניתוח.

3.1.1 המע"ר

מפה 7 להלן מציגה את תחום מרכז העסקים הראשי (המע"ר) של המטרופולין, אשר הוגדר בתמ"מ 5. המע"ר משתרע משני צידי נתיבי איילון, החל ממיתחם הבורסה בצפון ועד לאזור תחנת רכבת ההגנה בדרום ונמשך מערבה לאורך שד' בגין עד לאזור העסקים ברחוב אלנבי במרכז תל אביב. המע"ר הוגדר בתמ"מ כאזור מיוחד הכולל ציפוף ובנייה לגובה. בנוסף, המע"ר הוגדר כאזור מוטה תחבורה ציבורית, המשורת הן על ידי שרותי רכבת בין עירונית ופרברית והן ע"י מערכת המתע"ן.

מפה 6. מרחב מטרופולין תל אביב – חלוקה לאזורים

חלוקה לטבעות וגזרות



חלוקת ל-56 תת אזורים



מפה 7: תחום מע"ר המטרופולין ע"פ תמ"מ 5





יעד פיצול הנסיעות הכללי נקבע ל-40% שימוש בתחבורה ציבורית. היעד פורט לרמה של מוצא-יעד בהתאם לחלוקה לטבעות המטרופולין. היעדים בין כל טבעת לטבעת נקבעו על פי בחינה של פיצול בערים עם שימוש טוב בתח"צ באירופה. טבלה 8 להלן מציגה את פיצול הנסיעות בתח"צ ברמה של טבעות בשתי ערים באירופה (מדריד ופריז) ואת יעדי הפיצול המפורטים לטבעות במטרופולין תל אביב. ניתן לראות כי על מנת להגיע ליעד הפיצול הממוצע ברמה המטרופולינית, דרושה רמת פיצול יותר גבוהה בנסיעות לגלעין.

טבלה 8. יעדי פיצול לתכנית ברמת טבעת והשוואה לפיצול בערים מפותחות

מדריד				
מ / ל	גלעין/ פנימית	תיכונה	חיצונית	סה"כ
גלעין/ פנימית	74%	71%	60%	70%
תיכונה	71%	49%	41%	54%
חיצונית	60%	41%	27%	34%
סה"כ	70%	54%	34%	51%

פריז				
מ / ל	גלעין/ פנימית	תיכונה	חיצונית	סה"כ
גלעין/ פנימית	65%	58%	68%	64%
תיכונה	58%	22%	25%	30%
חיצונית	68%	25%	11%	16%
סה"כ	64%	30%	16%	32%

יעדי פיצול מפורטים				
מ / ל	גלעין/ פנימית	תיכונה	חיצונית	סה"כ
גלעין/ פנימית	60%	50%	45%	57%
תיכונה	50%	35%	25%	37%
חיצונית	45%	25%	25%	27%
סה"כ	57%	37%	27%	41.6%

יעד מטרופוליני: 40%

3.2 יעדי הפיתוח האסטרטגיים

במסגרת "התכנית האסטרטגית לפיתוח התחבורה הציבורית"³, גובשה סדרה של יעדים אסטרטגיים לפיתוח מערכת התחבורה הציבורית. היעדים נקבעו על בסיס ניתוח השוואתי של מטרופולינים בעולם, בהם מערכות תחבורה ציבורית מפותחות. המדדים משקפים תמונה כוללת אינדיקטיבית של שרותי התחבורה הציבורית משלושה היבטים שונים: היצע ורמת שרות, היקף השימוש בתחבורה הציבורית ורמת ההשקעה המצטברת במלאי תשתיות התחבורה הציבורית.

טבלה 6 להלן מציגה את היעדים האסטרטגיים לשרות התחבורה הציבורית במטרופולין.

טבלה 6. יעדים לפיתוח אסטרטגי של התחבורה הציבורית במטרופולין

קטגוריה	מדד	יעד
רמת שרות	ק"מ רכב תח"צ לתושב לשנה	100 ק"מ רכב תח"צ לתושב
	מהירות ממוצעת רשת תח"צ	25 קמ"ש
רמת שמוש	מספר עליות לתחבורה הציבורית לתושב לשנה	250 עליות לתושב לשנה
	רמת פיצול: אחוז נסיעות בתח"צ	40% נסיעות בתחבורה ציבורית
רמת השקעה	סך השקעה מצטברת בתשתית תח"צ בש"ח לתושב	50,000 ש"ח לתושב
	אורך תשתית בלעדית תח"צ ל-1,000 תושב	150 מטר תשתית בלעדית ל-1,000 תושב

על מנת להשיג את היעדים האינדיקטיביים ברמה המטרופולינית, דרושה פריסה אזורית רחבה של שרותי התחבורה הציבורית. מסיבה זאת, הוגדרו שלושה פרמטרים תכנוניים הנותנים ביטוי לפריסת שרותי התחבורה הציבורית ברמה האזורית: כיסוי, מהירות ופיצול.

שלושת הפרמטרים פורטו כיעדים ברמה של טבעות, כאשר היעדים הינם גבוהים יותר ככל שמתקרבים למרכז המטרופולין. הפירוט לפי טבעות נותן ביטוי לתפרוסת המשתנה של שימושי הקרקע וצפיפות הבנייה המאפיינת אזורי המטרופולין בעולם.

יעדי הכיסוי והמהירות מהווים פרמטרים חשובים מבחינת המשתמש ואטרקטיביות התחבורה הציבורית עבורו. טבלה 7 מציגה יעדי הכיסוי ומהירות לפי טבעת.

טבלה 7. יעדי כסוי ומהירות מסחרית

	גלעין וטבעת פנימית	טבעת תיכונה	טבעת חיצונית
% אוכלוסייה ומועסקים במרחק של 300 מ' לתחנת מתע"ן	40-45%	30-40%	10-15%
אוכלוסייה ומועסקים במרחק של 600 מ' לתחנת מתע"ן	70-80%	60-70%	30-40%
מהירות מסחרית למרכז העיר (קמ"ש)	25	30	60-80

3 תכנית אסטרטגית לפיתוח התחבורה הציבורית, משרד התחבורה ומשרד האוצר, 2012.

3.3 המודלים התחבורתיים

3.3.1 מודל *SKP sketch-planning*

כשלב ראשון להכנה והערכה של החלופות נעשה שימוש במודל *SKP sketch planning*. מודל ה-SKP הוא מודל תחבורתי מהיר ופשוט אשר מטרתו הייתה להיות כלי עזר לבחינה ראשונית של חלופות. קלט המודל היה מטריצת נסיעות בתחבורה ציבורית לפי יעד הפיצול. מטריצה זו הוכנה על ידי קליטת תחזית נסיעות אדם של מודל תל אביב לשנת 2040 והכפלתה ביעד הפיצול השל התכנית (40% בממוצע).

החלופות השונות במודל קודדו על רשת הדרכים המתוכננת, ברמה של תוואים ותחנות. קידוד זה כלל את קווי הרכבת, קווי המתע"ן ומרכזי מעבר. במסגרת העבודה כילו פונקציות למהירות הנסיעה באמצעי המתע"ן בתלות במרחק הנסיעה בין תחנות. כיול הפונקציות בוצע ממקורות שונים, כולל נתוני אמת מתוך מפעילי מערכות שהתקבלו מסקירה באינטרנט, ומדידת זמני נסיעה ומרחקים בין תחנות באמצעות Google Transit. קידוד הקווים בוצע בכל חלופה ע"פ הגדרה ראשונית של הקו וסוג הטכנולוגיה, שלפיה נקבע יעד למרחק הממוצע בין תחנות הקו.

על גבי רשת זו, בוצעה הצבה מהירה של All-or-Nothing כאשר רשת הדרכים שימשה כרשת האוטובוסים. במודל הוכנסו קנסות מעבר בין הקווים שכוילו על בסיס הרצת רשת הבסיס והשוואתה למודל תל אביב. תוצאות המודל כללו נפחי נוסעים וזמני נסיעה בין אזורים, באמצעותם חושב סט מדדים עבור כל חלופה.

3.3.2 מודל תל אביב

בשלב השני של בחינת החלופות נעשה שימוש במודל התחבורתי של מטרופולין תל אביב. מודל זה הינו הרבה יותר מורכב ממודל ה-SKP, בין השאר עקב התייחסות פרטנית לרשת לפי פריסת קווי השרות והכללת מודל לחיזוי פיצול הנסיעות בין אמצעי התחבורה.

מודל תל אביב הוקם על ידי משרד התחבורה ומתוחזק על ידי צוות המודל בחברת נתיבי איילון. המודל הינו מודל לחיזוי הביקוש לתחבורה המבוסס על גישה לא מצרפית, אשר מסבירה את פעילויות הפרט ואת הנסיעות הנובעות מביצוע פעילויות אלה. המודל מניח שהנסיעות השונות אשר מתחילות בבית הפרט ומסתיימות בביתו מהוות סיור, כאשר נסיעה מייצגת עצירה בסיור לצורך ביצוע פעילות. במסגרת זו, הפרט מקבל החלטות מרובות המיוצגות על ידי מודלי משנה, כולל בחירת יעדים, שעות יציאה, עצירות ביניים ואמצעי נסיעה, כאשר קיימת תלות הדדית בין החלטות אלה לבחירה הכוללת של מבנה הסיור היומי. המודל ניזון מנתוני קלט הכוללים תחזיות אוכלוסייה ומועסקים ורשתות התחבורה, וכולל גם מודל משנה לחיזוי רמת הזמינות לרכב פרטי במשך הבית.

המודל נועד לחזות את הנסיעות באמצעים המנועיים ביום ממוצע, עבור תרחיש מסוים המוגדר על ידי תחזית אוכלוסייה ושימושי קרקע ("תחזית אורבנית") ורשת תחבורה בראייה רב-אמצעית. האמצעים במודל כוללים את הרכב הפרטי, אוטובוס ואמצעי הסעת המונים: רכבת, מטר, רק"ל ו-BRT.

עקב מורכבות המודל, הרצתו דורשת השקעה רבה וזמן רב, ולכן השימוש במודל תל אביב בוצע עבור החלופות שנבחרו להמשך פיתוח והערכה. במסגרת העבודה הועברו למודל רשתות קווי המתע"ן כפי שפותחו תחילה במסגרת מודל ה-SKP.

מודל ת"א מספק תוצאות ופרמטרים שונים בנוסף לאלה המתקבלים בפלט של מודל SKP, אשר באמצעותם הוכנו המדדים להערכה ובחירת חלופות של התכנית, כולל הכנת הקלט לבדיקות כלכליות.

צוות המודל הכין תחזיות בסיס, הכוללות תחזיות אורבניות ורשתות תחבורה חזויות לפי שנות יעד שונות (2020, 2030 ו-2040). הכנת התחזיות האורבניות מתבצעת בתהליך מורכב הלוקח בחשבון תחזיות דמוגרפיות ומגמות הגירה, נתונים על תכניות בינוי מתוכננות, מצב סטטוטורי, מדיניות תכנונית ועוד. רשת התחבורה החזויה לשנות היעד השונות, כוללת פרויקטים לפיתוח מערכת התחבורה המוסכמים לפי רמת היתכנות, ציפיות מימוש ותכניות תקצוב של הממשלה.

במסגרת העבודה נעשה שימוש בתרחיש הבסיס של המודל לשנת 2040. יחד עם זאת, בשל מורכבות הפרויקט הנוכחי (מתע"ן ברמת המטרופולין), היקפו ועלותו, נבחנו בנוסף לתרחיש הבסיס הקיים במודל מספר תרחישים נוספים, הנותנים ביטוי לחלק מהנחות המודל שזוהו כהנחות קריטיות במסגרת תהליך קבלת ההחלטות של הפרויקט.

המודל עודכן על ידי צוות המודל, כדי לאפשר ניתוח של רשת מתע"ן הכוללת גם רק"ל וגם מטר, וזאת על ידי שינוי הפרמטרים המייצגים את האטרקטיביות היחסית ביניהם. הסיבה לכך הייתה כי פרמטרים אלה לא נכללו בגרסה הבסיסית של המודל, היות ותכנית תמ"א/23/4 לא כללה רכבת תחתית.

התרחישים שנבדקו כללו:

א. **תרחיש 2040 עם מדיניות חניה:** כולל את התחזית האורבנית הבסיסית עם עדכון של ההנחות לגבי מאפייני חניה המשפיעים על בחירת אמצעי הנסיעה. ההנחות החדשות התבססו על מחקר השוואתי בין לאומי על מחיר חניה וסקר מחירי חניה במע"ר.

ב. **תרחיש עם הקטנה של 10% ברמת המינוע:** ע"פ ממצאי מחקרים שונים נמצא שרמת המינוע מושפעת מקיומה של מערכת עתירת נוסעים מפותחת. תרחיש זה נעשה כבדיקת רגישות.

ג. **תרחיש עם מספר מוגבר של מועסקים במע"ר:** תרחיש עם תוספת של 30% מועסקים במע"ר לעומת תרחיש הבסיס, שנקבע בעקבות ניתוח של מגמות הגידול במע"ר וניתוח השוואתי לערים עם מערכות הסעת הונים מפותחות. תרחיש זה נעשה כבדיקת רגישות.

ד. **תרחיש 2060:** הפרויקט הוא פרויקט לטווח ארוך ומשך חיים מעל ל-40 שנה, ועל כן סוכם לבצע בדיקה לטווח ארוך יותר. לצורך התרחיש הוכנה תחזית אורבנית זמנית לשנה זו כמתואר בהמשך.

הרצות המודל בוצעו על ידי נת"ע וצוות פיתוח ותחזוקה של המודל בחברת נתיבי איילון. במסגרת העבודה נעשה שימוש בגרסה 3.1 של המודל.

4. סקירת תכניות קיימות ונחיות פערים

4.1. סקירת תכניות קיימות

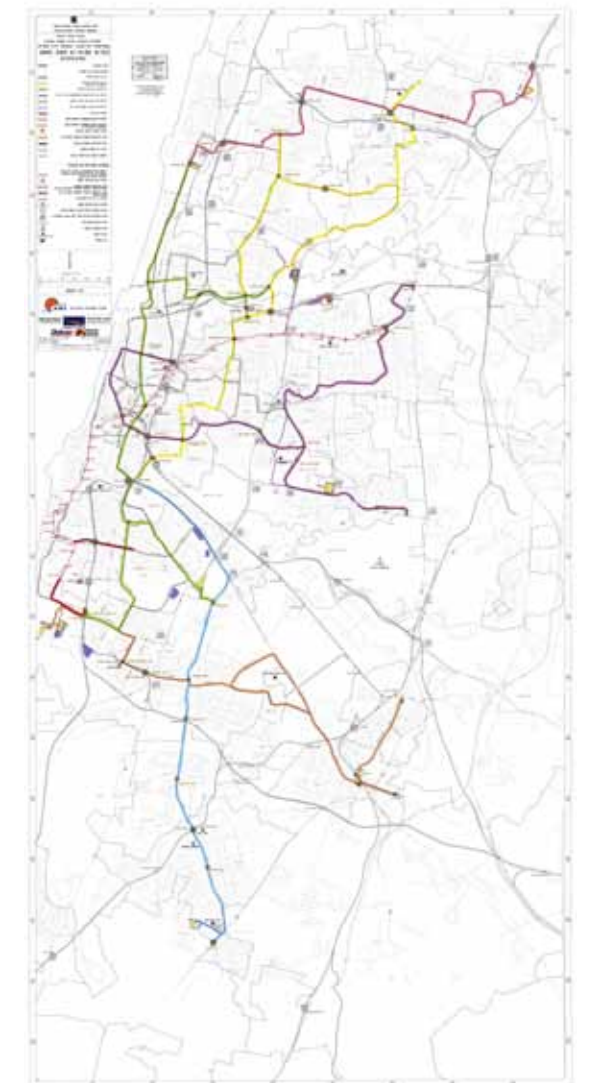
התכניות הנוכחיות לפיתוח התחבורה הציבורית במטרופולין תל אביב ברמה האזורית, כוללות ארבעה מרכיבים: תכנית המתע"ן, שרותי הרכבת, תכנית הנתיבים המהירים ותכנית לצירי העדפה לאוטובוסים. תכניות אלה מתוארות בקצרה להלן.

4.1.1. תמ"א 4/א/23

תמ"א 4/א/23 אושרה בשנת 1998 ומטרתה היתה לשמר תוואים שונים אשר הוצעו בכמה חלופות לקווי מתע"ן עתידיים. בתכנית לא נקבעו קווים ספציפיים וזאת במטרה לספק אופציות לפיתוח הרשת בעתיד. בהמשך לתכנית זו, הוקמה חברת נת"ע, חברה ממשלתית שנועדה לקדם את התכנית.

בשנת 2007 הוכנה בנת"ע "תוכנית אב לרשת תחבורה עתירת נוסעים (מתע"ן)" במטרופולין תל אביב, אשר נועדה לפרט ולעדכן את תמ"א 4/א/23. בתכנית האב נקבעה רשת מתע"ן עם פירוט לקווים, וכמו כן סומנו תוואים להורדה מהתמ"א. כתוצאה מתכנית האב, אושר בשנת 2010 השינוי תמ"א 4/א/23, אשר סימן את התוואים עבור 7 קווי מתע"ן (אדום, ירוק, צהוב, סגול, חום, כחול וורוד - ראה מפה 8). בתמ"א לא נקבעה טכנולוגיית הסעה, אך היא כוונה להקמת חלק מהקווים כרכבות קלות וחלק כמערכות תאו"ם (BRT). בתמ"א מפורטים קווי המתע"ן, תחנות ראשיות ואתרי תחזוקה.

מפה 8. תכנית תמ"א 4/א/23



4.1.2. תכניות רכבת ישראל

הרובד השני של מערכת עתירת הנוסעים במטרופולין כולל את שרותי הרכבת, אשר באחריות רכבת ישראל. פריסת שרותי הרכבת מבוססת על תוואים שעוגנו במסגרת תמ"א 23, המוצגים במפה 9. על גבי תוואים אלה מסופק שרות ברמה ארצית וברמה פרברית.

רכבת ישראל ומשרד התחבורה בוחנים במקביל לעבודה זו את התוכנית לפיתוח רשת הרכבות לשנת 2040, כולל תשתית המסילות ופריסת קווי השרות ומרכיבים תפעוליים נוספים. בתכנית זו נבחנות שתי גישות לפריסת השרות:

- גישה מעורבת, הכוללת קווים יותר ארוכים המספקים שירות הן לנסיעות אזוריות והן לנסיעות בין עירוניות, בשילוב קווים פרבריים.
- גישה היררכית שבה יש הפרדה יותר ברורה בין השירות האזורי והשירות הבין-עירוני. גישה זו מאופיינת בהפרדה תפקודית של השרות, עם קווים קצרים יותר, יחד עם ביצוע יותר מעברים.

מפה 9. פיתוח תשתית מסילתית לרכבת במרכז המטרופולין



4.1.3 נתיבים מהירים

מנהלת הנתיבים המהירים בחברת נתיבי איילון מקדמת תכניות להוספת נתיבים מהירים בכבישים המהירים של המטרופולין. הנתיבים יפעלו בדומה לנתיב המהיר הקיים כיום בין מחלף שפירים למחלף קיבוץ גלילות, דהיינו נתיב לתח"צ בו יוכלו כלי רכב פרטיים לנסוע תמורת תשלום אגרה. בכניסות לנתיבים המהירים יוקמו חניוני "חנה וסע".

התכנון הוא להקים נתיבים מהירים בנתיבי איילון (כביש 20), מראשל"צ ועד שפיים לשני הכיוונים. כמו כן יוקם נתיב מהיר נוסף על כביש 5, ממחלף קסם עד מחלף גלילות (ראה מפה 10).

מפה 10. תכנית הנתיבים המהירים



4.1.4 נתיבי העדפה לתחבורה ציבורית

עקב הבנת הדחיפות והצורך לשיפור מצב התחבורה הציבורית בטווח הקצר, משרד התחבורה מקדם פרויקט למתן העדפה לאוטובוסים במטרופולין תל אביב שנמצא כעת בהכנה. מטרת הפרויקט היא לשפר את רמת השירות של התחבורה הציבורית באזור תל אביב מבחינת אמינות, מהירות, תדירות, נוחות ונגישות באמצעות הגדלת מספר הרחובות והכבישים עם נתיבי העדפה לאוטובוסים.

התכנית מקודמת על ידי חברת נתיבי איילון ברחובות העירוניים ועל ידי נת"י בדרכים הבין-עירוניות, והיא כוללת רשת ענפה של צירי העדפה עירוניים ומטרופוליניים ליישום תוך פחות מ-5 שנים, כמוצג במפה 11.

מפה 11. נתיבי תחבורה ציבורית במטרופולין



4.2 הפערים ביעדים האסטרטגיים

במסגרת ה"תכנית האסטרטגית לפיתוח התחבורה הציבורית" נבחנו התכניות הקיימות במטרופולין תל אביב, כפי שמוצג בטבלה 9. הניתוח הראה כי התכנית אינה עומדת ביעדים האידיקטיביים האסטרטגיים בכל הרמות.

טבלה 9. סכום מדדים אינדיקטיביים – מצב קיים ותחזית 2030 לתכנית תמ"א 4/א/23

מדד	תל אביב מצב קיים	תל אביב תכנית אב 2030	יעד
ק"מ רכב תח"צ לתושב לשנה	45	41	100 ק"מ רכב תח"צ לתושב
מהירות ממוצעת רשת תח"צ	17	19	25 קמ"ש
מספר עליות לתחבורה הציבורית לתושב לשנה	111	195	250 עליות לתושב לשנה
רמת פיצול: אחוז נסיעות בתח"צ	20%	24%	40% נסיעות בתחבורה ציבורית
סך השקעה מצטברת בתשתית תח"צ בש"ח לתושב	7,629	22,263	50,000 ש"ח לתושב
אורך תשתית בלעדית תח"צ ל-1,000 תושב	69	124	150 מטר תשתית בלעדית ל-1,000 תושב

כדי לנתח את הפערים שזוהו ביעדים האינדיקטיביים, בוצעה בדיקה יותר פרטנית לפי חמישה מאפיינים של השרות:

- **כיסוי:** באיזו מידה התכנית מגיעה ליעדים האסטרטגיים לכיסוי השרות.
- **נגישות:** באיזו מידה התכנית מספקת זמני נסיעה בהתאמה ליעדים האסטרטגיים למהירות.
- **פיצול:** באיזה מידה התכנית יכולה לספק את יעדי נספר הנסיעות והפיצול של התכנית.
- **קיבולת:** באיזה מידה התכנית בעלת קיבולת מספקת.
- **שילוביות:** רמת החיבוריות בין אמצעי התחבורה הציבורית.

בדיקת מאפייני השרות בוצעה באמצעות נתונים למטרופולין תל אביב של מודל תל אביב לשנת 2040, תוך כדי שימוש במודל SKP לבדיקות של כיסוי, מהירות וקיבולת.

4.2.1 פערי כיסוי

רמת הכיסוי של התוכנית הקיימת נבנתה על ידי חישוב אמדן של כמות האוכלוסייה ומקומות העבודה במרחק של 300 מ' ו-600 מ' מתחנות המתע"ן והרכבת, כמוצג במפה 12. ריכוז התוצאות לפי טבעות מוצג בטבלה 10, בה מצויינים גם יעדי התכנית.

מתוך הטבלה ניתן לראות כי הכיסוי של התוכנית הנוכחית לא מגיע ליעדי הכיסוי האסטרטגיים. בגלעין ובטבעת הפנימית הכיסוי גבוה יחסית (אם כי עדיין נמוך מהיעדים), אך רמת הכיסוי יורדת משמעותית בטבעת התיכונה. תכנית המתע"ן הקיימת כלל לא מספקת שרות בטבעת החיצונית, ולכן רמת הכיסוי בטבעת זו מתבססת על תחנות הרכבת בעלות כיסוי נמוך מאוד.

מפה 12. כיסוי של הרשת במרחק של 300 מ' ו-600 מ' מחנות המטע"ן



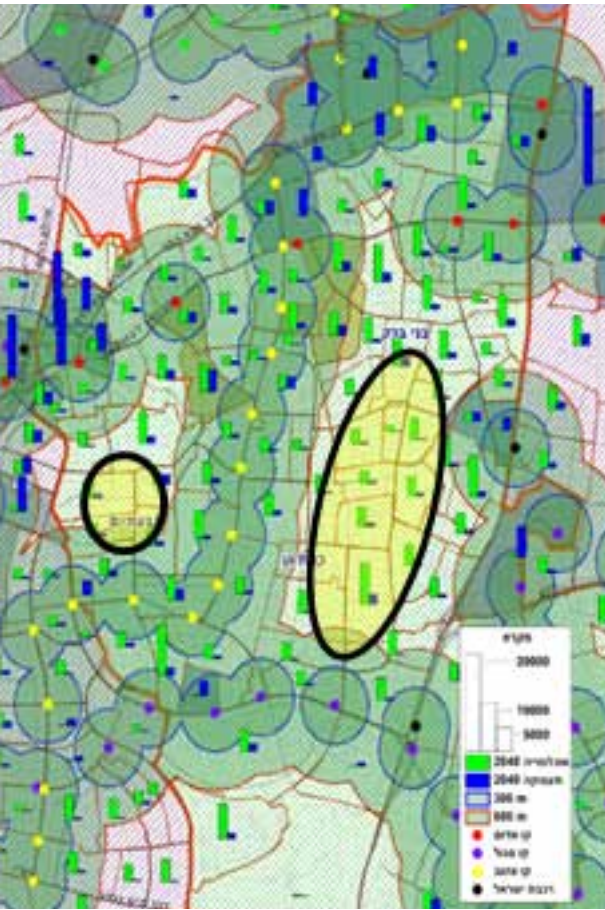
טבלה 10. רמת כיסוי ופערי כיסוי של התוכנית הקיימת לפי טבעות אוכלוסייה

	כיסוי 300 מ'		כיסוי 600 מ'	
	% כיסוי	יעד	% כיסוי	יעד
גלעין וטבעת פנימית	30%	40-45%	66%	70-80%
טבעת תיכונה	19%	30-40%	44%	60-70%
טבעת חיצונית	1%	10-15%	2%	30-40%
סה"כ	16%	-	36%	-

	כיסוי 300 מ'		כיסוי 600 מ'	
	% כיסוי	יעד	% כיסוי	יעד
גלעין וטבעת פנימית	42%	40-45%	79%	70-80%
טבעת תיכונה	23%	30-40%	50%	60-70%
טבעת חיצונית	2%	10-15%	7%	30-40%
סה"כ	25%	-	50%	-

ניתוח פרטני יותר הצביע על האזורים עם חוסר כיסוי, כמוצג בדוגמא בתרשים 5 להלן. ניתוח זה הובא בחשבון בעת הכנת חלופות לשיפור התכנית הקיימת.

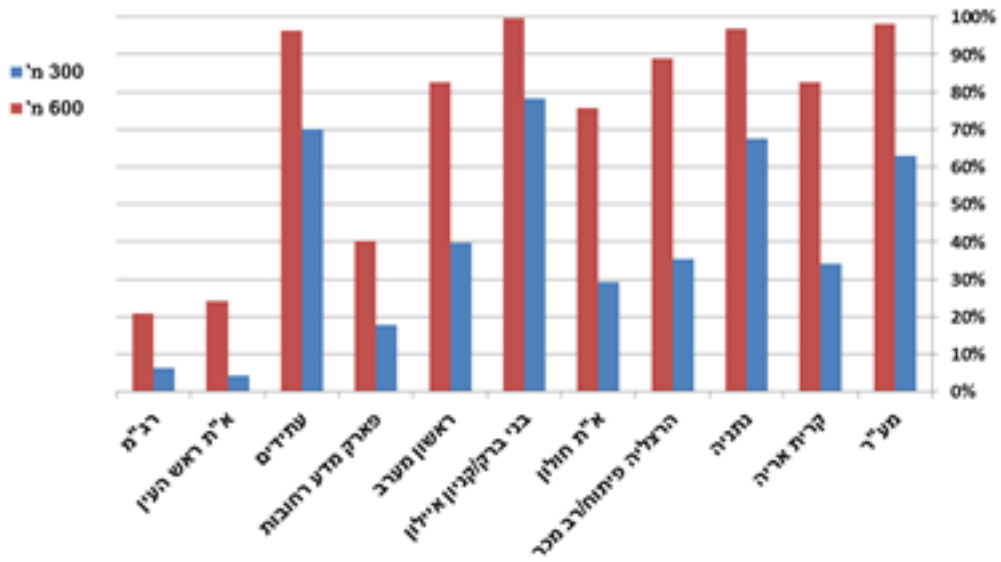
תרשים 5. כיסוי לפי גזרה: פנימית מזרחית (מערב לכביש 4)



מתוך טבלה 10 ניתן לראות כי באופן כללי, רמת הכיסוי לתעסוקה גבוהה מרמת הכיסוי למגורים, וזאת מפני שמקומות העבודה מרוכזים בחלקם במוקדים המקבלים שרות מתוואי המתע"ן. מסיבה זאת, נערכה בדיקה פרטנית ברמת מוקדי התעסוקה, כמוצג בתרשים 4 ובטבלה 11 להלן.

ברוב המוקדים הראשיים קיימת רמה גבוהה של כיסוי במרחק 600 מ'. לדוגמא, במוקדי תעסוקה במע"ר, בבני ברק בעתידים ובנתניה, יש כיסוי קרוב ל-100%. עם זאת, רמת הכיסוי יורדת מאוד בחלק מהמוקדים ברמה של 300 מ'. חלק מהמוקדים לא משורתיים ע"י המתע"ן, כולל א"ת ראש העין ורג"מ, יש כיסוי מאוד נמוך של פחות מ-25% במרחק 600 מ' מתחנת מתע"ן.

תרשים 4. כיסוי למוקדי תעסוקה



טבלה 11. כיסוי למוקדי תעסוקה

מוקדי תעסוקה (ראשיים)	מועסקים 2040	כיסוי 300 מ'		כיסוי 600 מ'	
		מועסקים בכיסוי	% כיסוי	מועסקים בכיסוי	% כיסוי
מע"ר	265,675	167,276	63%	261,071	98%
קרית אריה	76,813	26,173	34%	63,413	83%
נתניה	56,901	38,459	68%	55,141	97%
הרצליה פיתוח/רב מנר	38,027	13,469	35%	33,794	89%
א"ת חולון	37,714	11,027	29%	28,525	76%
בני ברק/קניון איילון	30,332	23,749	78%	30,203	100%
ראשון מערב	30,329	12,026	40%	25,053	83%
פארק מדע רחובות	27,470	4,910	18%	11,052	40%
עתידים	26,762	18,730	70%	25,758	96%
א"ת ראש העין	10,166	432	4%	2,463	24%
רג"מ	7,871	505	6%	1,631	21%
סה"כ	608,061	316,757	52%	538,104	88%



מפה 14. זמן נסיעה מדלת לדלת מכל האזורים לקריה- תכנית הקיימת



4.2.2 פערי נגישות

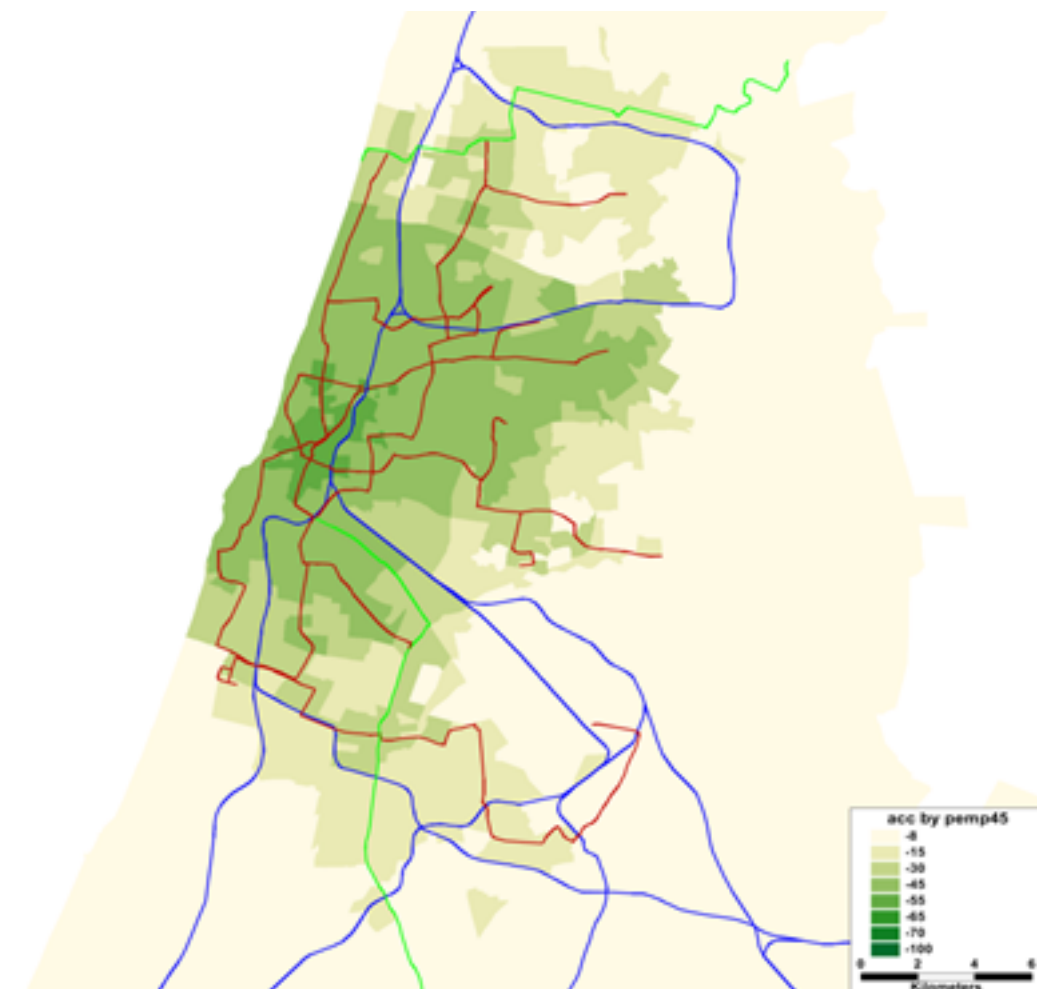
בחינת הנגישות משלימה את בחינת הכיסוי, כאשר הנגישות בוחנת את פוטנציאל ההגעה ליעדים המושפע ממספר גורמים, כולל הכיסוי, השירות והמהירות. בחינת הנגישות בוצע באמצעות מודל ה-SKP ברמה של אזורי תנועה.

מדד הנגישות העיקרי שחושב הוא מדד הנגישות לעבודה כמוצג במפה 13 להלן. מפה זו מציגה בכל אזור את אחוז מקומות העבודה שניתן להגיע אליהם ב-45 דק' בתחבורה ציבורית. באופן טבעי, רמת הנגישות הגבוהה ביותר מתקבלת במרכז, עקב ריכוז מקומות העבודה במע"ר. ניתן לראות כי בטבעת התיכונה רמת הנגישות לא אחידה: בעוד שבפתח תקווה הנגישות יחסית גבוהה, היא יורדת משמעותית מהרצליה לכוון רעננה וכפר סבא, ומראש"צ לכל הגזרה הדרום-מזרחית (רמלה, לוד, רחובות).

בדיקה נוספת כללה מיפוי זמני נסיעה מדלת לדלת מכל אזור לאזורים נבחרים. דוגמא מוצגת במפה 14, המציגה את זמני הנסיעה מכל אזור לאזור "הקריה". גם כאן ניתן לראות כי זמני הנסיעה מהטבעת התיכונה גבוהים.

המסקנות העיקריות מבדיקת הנגישות היא שהתוכנית הקיימת נותנת נגישות מקומית ולא מטרופולינית, עם מחסור נגישות היקפית ומחסור נגישות מהטבעת התיכונה למרכז.

מפה 13. אחוז נגישות לתעסוקה ב 45 דקות



4.2.3 פערי קיבולת

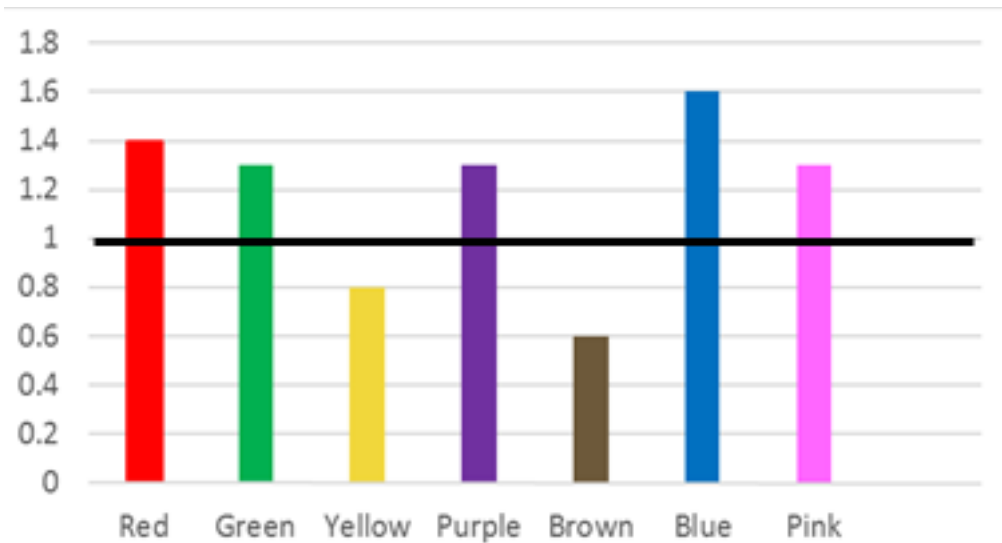
פערי הקיבולת בתכנית הנוכחית נבחנו בשלב זה באמצעות מודל SKP, המבוסס על ביקושים לפי יעדי התכנית. מפה 15 להלן מציגה את הנפחים בקווי מתע"ן בשעת שיא.

מדד העומס בקווים נבחן באמצעות היחס בין נפח הנוסעים בקטע השיא לקיבולת הקו (V/C). לצורך זה נבחן כל קו מתע"ן לפי טכנולוגיית ההסעה. כפי שרואים בתרשים 6 להלן, נמצא כי הביקוש בקווים העיקריים בתוכנית הקיימת (הקו האדום, הירוק והסגול) נמצא מעל הקיבולת בקטע השיא. ניתוח מורחב יותר של הקיבולת נערך בשלב הניתוח עם מודל ת"א ויוצג בפרק 8.

מפה 15. נפחים במערכות מתע"ן (על פי המודל SKP)



תרשים 6. יחס בין נפח לקיבולת לפי קו בתוכנית הקיים



המשמעות של התכנית הקיימת באה לידי ביטוי גם בתחזיות התנועה בכבישים, המראה כי בשנת 2040 גם לאחר הקמת מערכת המתע"ן בתכנית הנוכחית, בכבישים רבים קיימת רמת גודש גבוהה מאוד. מפה 16 להלן מציגה נפחי התנועה בכבישים בשנת 2040 עם התוכנית הקיימת ע"פ תחזיות מודל תל אביב לשעת שיא בוקר. כפי שרואים, לחלק גדול מהכבישים העיקריים צפוי יחס נפח/קיבולת גבוה מ-1.

מפה 16. יחס ה V/C בכבישים ב-2040



4.2.4 פערי פיצול

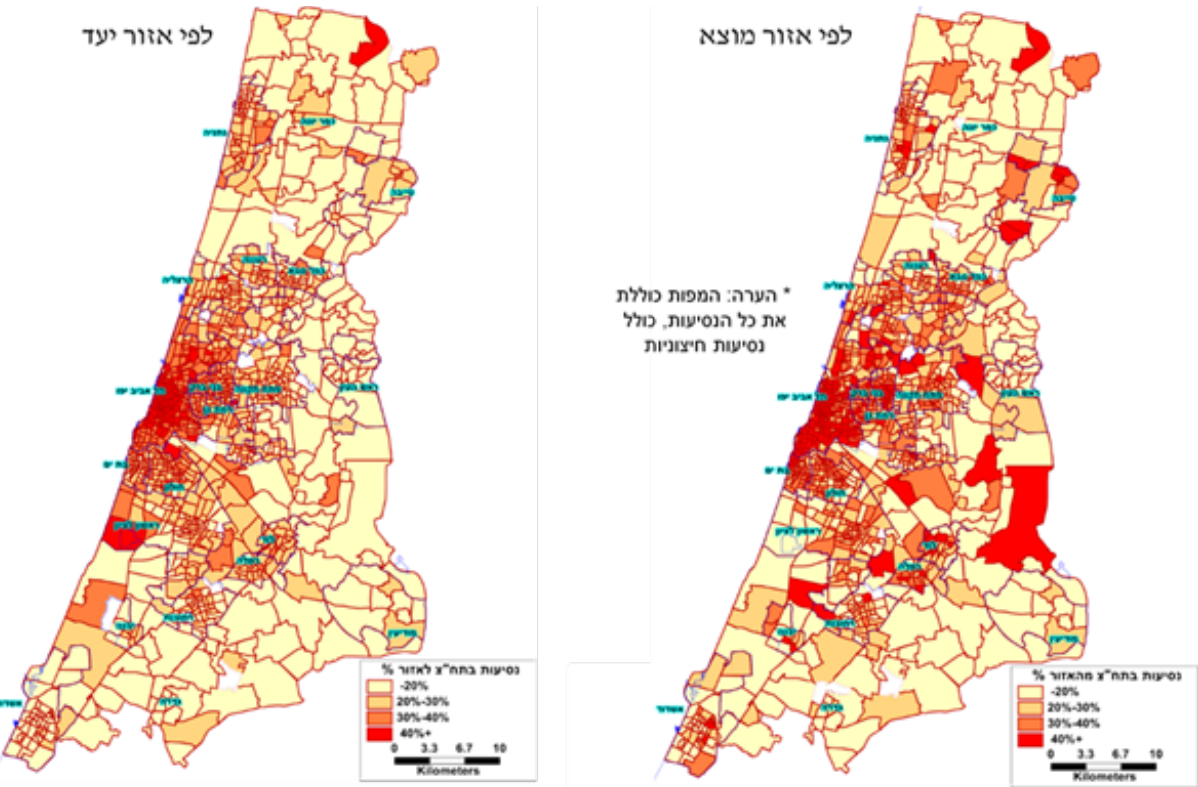
טבלה 12 להלן מראה את ההפרשים בין יעדי הפיצול לפי טבעות לבין פיצול הנסיעות בתכנית הנוכחית ע"פ תחזיות מודל תל אביב. כפי שניתן לראות, התוכנית לא מגיעה ליעדי הפיצול בין כל טבעת לכל טבעת. פער הפיצול הגדול ביותר הינו לנסיעות לגלעין ולטבעת הפנימית.

טבלה 12. הפרש מיעד פיצול (כל היום)

Total	חיצונית	תיכונה	פנימית	f
-27%	-29%	-25%	-27%	פנימית
-16%	-10%	-14%	-25%	תיכונה
-10%	-7%	-10%	-30%	חיצונית
-18%	-10%	-16%	-27%	Total

מפה 17 להלן מציגה רמת השימוש בתחבורה הציבורית בתכנית הנוכחית ברמה של אזורי תנועה. רוב האזורים לא מגיעים ליעד השימוש בתח"צ. יצוין כי השגת יעדי הפיצול מחייבת ניצול הקשר בין רמת הפיצול לרמת הנגישות לכל אזור – אזורים עם נגישות טובה יכולים להגיע לרמת שימוש גבוהה בתח"צ.

מפה 17. אחוז שימוש בתח"צ לפי אזור מוצא ויעד



4.2.5 שילוביות

אחד האמצעים החשובים להגדלת השימוש בתחבורה הציבורית היא היכולת של הנוסע לנצל את אמצעי התחבורה הציבורית השונים כרשת משולבת, באופן שמכלול הקווים והאמצעים יספקו רמת כיסוי ומהירות גבוהים יותר וזאת על ידי שימוש במעבר בין קווים ואמצעי נסיעה.

אולם, בכדי להשיג זאת, דרושה רמת אינטגרציה גבוהה בין האמצעים, בשאיפה להפוך את המעבר לקל ונח ככל הניתן. רמת השילוביות הינו אחד המאפיינים החשובים שזוהו בסקירה העולמית של מטרופולינים עם מערכות תחבורה מפותחות. רמת השילוביות תלויה במגוון גורמים, כולל מידע, תעריפים וכרטיסים ושילוב פיזי של שירות, הבאה לידי ביטוי במספר מאפיינים:

- מעבר במתחם תחבורה מוגדר, מסודר ונקי
- מרחק הליכה קצר ומספר חציות מצומצם
- מעבר קומות
- קיום של בדיקות בטחונות.

במסגרת בחינת הפערים בוצעה רק בדיקה כללית של רמת השילוביות בין אמצעי הנסיעה, על ידי בחינת הקרבה בין תחנות הרכבת לקווי מתע"ן. נמצא כי בתכניות הקיימות, רק חלק קטן מתחנות הרכבת מתחברות למערכת מתע"ן, כמוצג בטבלה 13.

טבלה 13. רמת השילוביות בתכנית הנוכחית

מס' תחנות רכבת	מחבורות למתע"ן	אחוז
37	14	38%

4.3 סיכום ניתוח התוכנית הקיימת

הניתוחים לעיל הצביעו על פערים משמעותיים בין התכנית הנוכחית לבין היעדים שנקבעו בתכנית האסטרטגית של התחבורה הציבורית. התכנית הקיימת מספקת נגישות טובה לנסיעות באזור הטבעת המרכזית אבל חסרה בה נגישות מטרופולינית שתחבר את כל האזור האורבני, כמקובל ברשתות תחבורה ציבורית במטרופולינים במדינות המפותחות. לערים כפר סבא, רעננה, ראשון לציון רחובות רמלה ולוד לא קיים שרות מהיר ישיר של קו מתע"ן למרכז המטרופולין.

הפערים בין התכנית ליעדים מתבטאים במספר היבטים:

- אחוז שימוש נמוך בתחבורה ציבורית
- כיסוי אוכלוסיה ותעסוקה נמוך בטבעת השנייה והשלישית.
- נגישות נמוכה ומהירות לא מספקת מהטבעת התיכונה למרכז
- מחסור בנגישות היקפית.

כמו כן, נמצאה שילוביות נמוכה עם קווי הרכבת ומחסור בהזדמנויות מעבר שיספקו נגישות היקפית ברמה מספקת. שרות היקפי כזה הינו קריטי כדי ליצר מבנה של רשת שיאפשר את החיבורים בין הערים באזור האורבני ויהווה מענה הולם לביקושים הכבדים לאורך כביש 4. בטבעת החיצונית לא תוכננו מערכות מתע"ן, שיתנו מענה לצרכים המקומיים יחד עם הזנה יעילה לשרותי הרכבת.

בתכנית הקיימת, מוצעים מעט מדי קווי מתע"ן בהשוואה לרשתות תחבורה ציבורית בערים מפותחות בגודל דומה. נמצא חוסר קיבולת בקווי הרק"ל וגם בחלק מקווי הרכבת הפרברית. מתוך הבחינה משתמע כי הרשת הנוכחית יכולה לשרת 2.5-2 מיליון נוסעים ביום, אך היא קצרה מלנייד את היעד של 4 מיליון נוסעים ביום, ומשאירה את המטרופולין ב-2040 ברמה של גודש גם במערכת התחבורה הציבורית וגם ברשת הכבישים.

5. תחזית וניתוח ביקושים

5.1 מבוא

תחזיות האוכלוסייה והמועסקים הקיימות כיום למטרופולין הינן לטווח של 25 שנה – שנת היעד 2040. יחד עם זאת, משך היישום של מערכת תחבורה ציבורית עתירת נוסעים הוא ארוך יחסית ובהתחשב ברמת ההשקעה, הרי המערכת צריכה לשמש למשך תקופת שרות ארוכה.

בהנחה שמערכת עתירת נוסעים תתחיל לפעול באופן מלא בעשור שלפני 2040, הרי היא צריכה להתאים ולהניב תועלות לתקופת יעד ארוכה יותר משנת היעד של התחזיות הנוכחיות (ראה תרשים 7). מסיבה זאת, נקבעו שתי תקופות יעד לבחינת התכנית: שנת יעד - 2040, עבורה קיימות תחזיות אוכלוסייה ומועסקים, ושנת יעד נוספת ארוכה יותר - 2060. בהיעדר תחזיות פורמליות לשנה זו, הוכנה לצורך העבודה הנוכחית תחזית זמנית, שתספק לבחינת רגישות לגבי מידת התאמת החלופות לטווחי זמן ארוכים יותר.

תחזית 2060 נגזרה מתוך הנחות לגבי קצב גידול האוכלוסייה, כאשר ברור כי רמת הוודאות של תחזיות יורדת ככל ששנת היעד מתרחקת. בהתחשב במשך ההשקעה ותקופת השרות של מערכת עתירת נוסעים, הרי שיש צורך להמשיך ולעדכן את התחזיות למטרופולין על מנת שהן יהיו מדויקות ונכונות יותר.

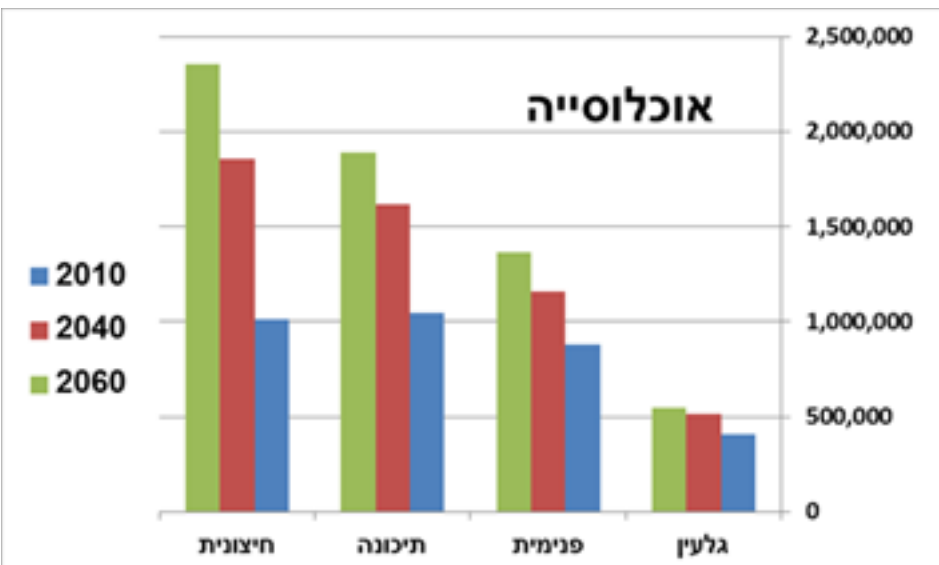
5.2 תחזיות אוכלוסייה למטרופולין

תחזיות האוכלוסייה אשר שימשו כקלט למודל התבססו על התחזיות המשמשות את מודל תל אביב. יש לציין כי במהלך העבודה בוצעו עדכונים לתחזית לשנת 2040, וזאת לאחר התייעצות עם צוות המודל וקבלת משוב מנציגי מחוז תל אביב ומחוז המרכז במנהל התכנון. בניית התחזית לשנת 2060 נעשתה כאמור בהליך זמני ומהיר אשר בשלב זה הספיק לצורכי העבודה הנוכחית.

בשנת 2010, שהיא שנת בסיס של המודל, מנתה אוכלוסיית המטרופולין 3.35 מיליון נפש. ע"פ נתוני הלמ"ס, האוכלוסייה בשנת 2014 הייתה 3.7 מיליון. ע"פ התחזיות האחרונות של המודל, בשנת 2040 האוכלוסייה תגיע לכ-5.2 מיליון נפש (גידול של 54% בהשוואה ל-2010) ובתחזית הזמנית שהוכנה לשנת 2060 היא תגיע ל-6.2 מיליון נפש (גידול של 84% בהשוואה ל-2010).

ברמת הטבעות, הגידול המשמעותי ביותר צפוי בטבעות התיכונה והחיצונית, כפי שניתן לראות בתרשים 8. הערים הגדולות במטרופולין נשארות תל אביב, ראשון לציון, פתח תקווה, נתניה ואשדוד. בשנת 2040 יהיו 7 ישובים עם אוכלוסייה מעל ל-200,000 תושבים לעומת 4 כיום ובשנת 2060 יהיו 5 ישובים עם אוכלוסייה שמעל ל-300,000 תושבים לעומת 1 כיום - ראה טבלה 14 בהמשך.

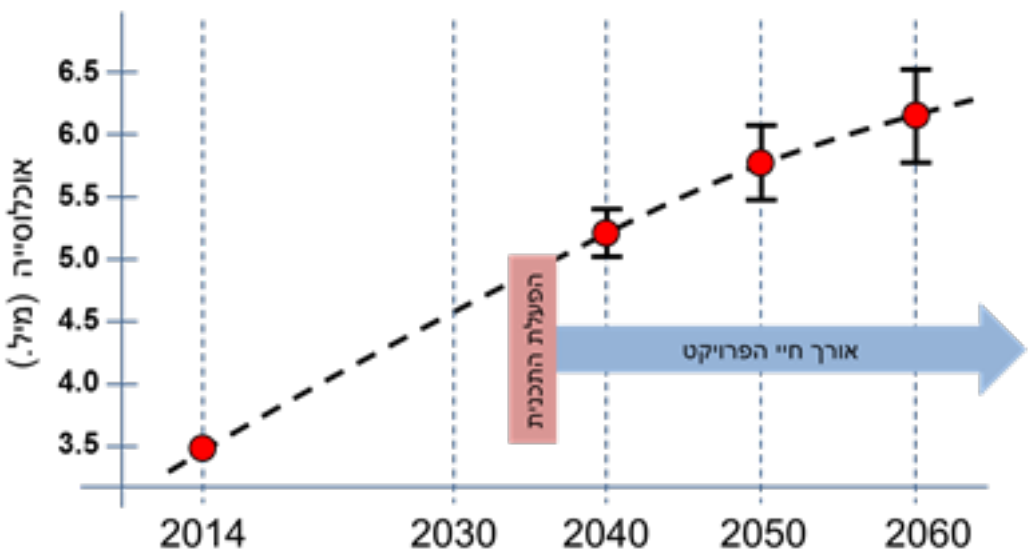
תרשים 8. תחזיות אוכלוסייה ברמה טבעית



טבלה 14. רשימת הערים הגדולות במטרופולין לפי תחזיות

	ישוב	2010	2040	2060
1	תל אביב-יפו	404,320	516,302	550,000
2	ראשון לציון	230,943	325,961	400,000
3	פתח תקווה	211,352	331,327	340,612
4	נתניה	186,724	277,154	329,989
5	אשדוד	210,545	282,821	320,000
6	מודיעין	76,467	234,093	280,000
7	חולון	181,492	233,745	259,615
8	רמת גן	146,275	182,949	224,054
9	בני ברק	158,885	167,616	190,000
10	רחובות	115,598	165,283	180,000

תרשים 7. קביעת שנות היעד לבחינת התכנית

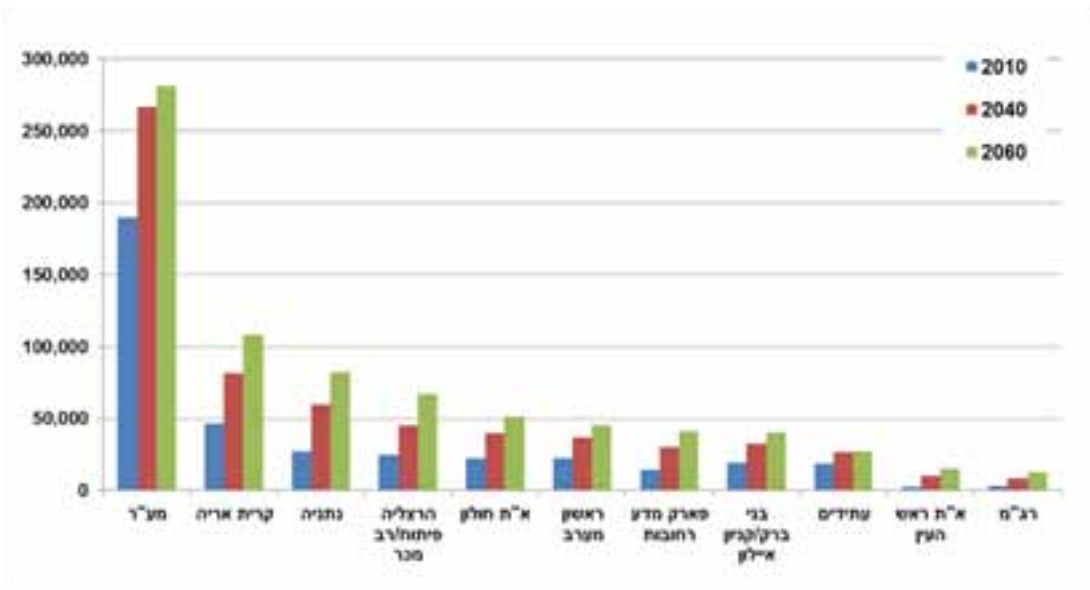


בשנת 2010 מספר המועסקים במע"ר היה כ-13% מסך ההמועסקים במטרופולין. כפי ניתן לראות בטבלה 16, ע"פ התחזיות משקל המע"ר יורד ל-11% בשנת 2040 ול-10% בשנת 2060, ירידה של 3% לעומת 2010. למרות שחלקו היחסי מכלל התעסוקה מצטמצם, המע"ר נשאר מוקד התעסוקה הגדול ביותר, כפי שמוצג בתרשים 10, המציג את התחזיות למרכזי התעסוקה המצויינים בתכנון המתאר המחוזיות.

טבלה 16. מאפייני המע"ר

	2010	2040	2060
מועסקים	190,124	266,629	281,063
אוכלוסייה	34,568	48,478	51,102
% מהמטרופולין	13%	11%	10%

תרשים 10. תחזיות מועסקים מע"ר ומוקדים ראשיים



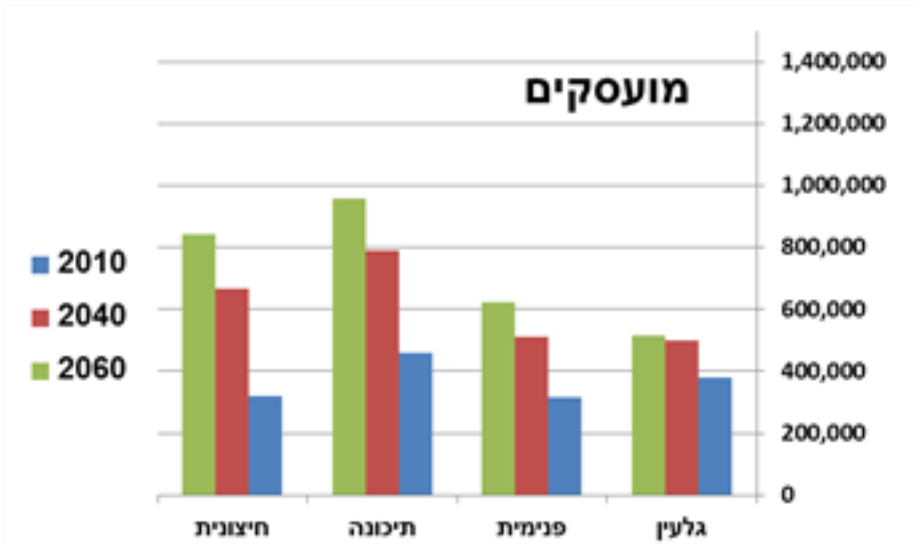
בחינה יותר פרטנית לגבי פוטנציאל הבינוי וקצב ההתפתחות של תעסוקה בגלעין ובמע"ר בפרט, הראתה כי המגמות מצביעות על סיכויים יותר גדולים למימוש הפוטנציאל התכנוני לעומת ההנחות של תחזיות המודל (ראה תרשים 11). מסיבה זאת, הוחלט להכין תרחיש מועסקים נוסף לשנת 2040 ו-2060, המבוסס על תחזיות מועסקים עם מע"ר מוגבר, כמוצג בטבלה 17.

5.3 תחזיות התעסוקה

בדומה לתחזיות האוכלוסייה, תחזיות המועסקים התקבלו על בסיס התחזיות הקיימות במודל תל אביב, עם עדכונים לאחר התייעצות עם מנהל התכנון.

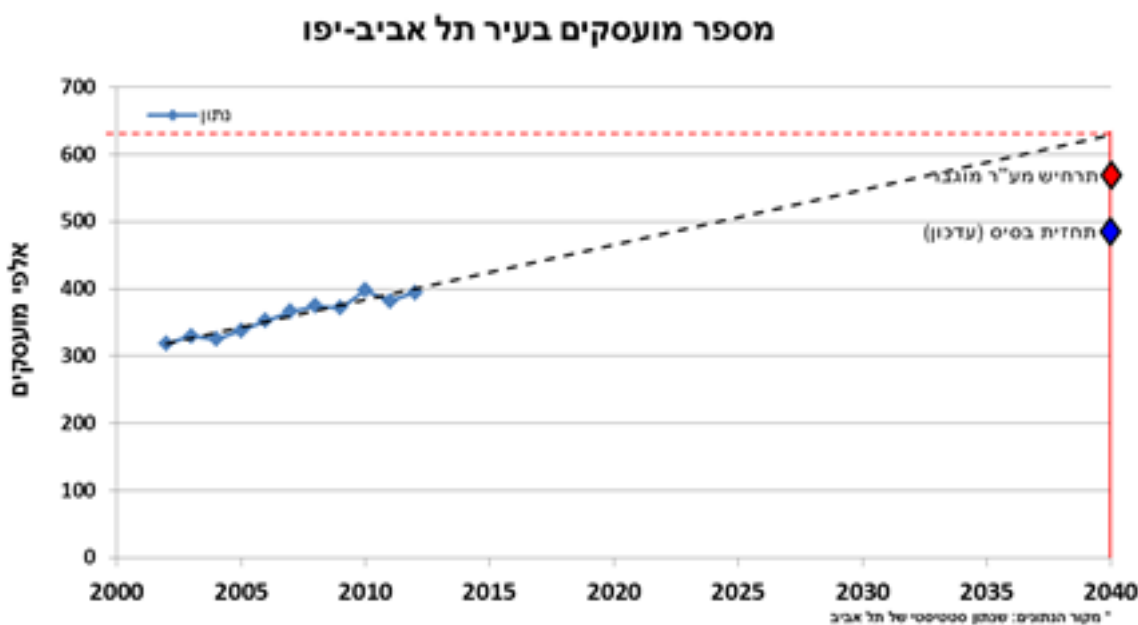
בשנת 2010, מספר המועסקים במטרופולין נאמד בכ-1.5 מיליון. על-פי התחזיות, בשנת 2040 יהיו במטרופולין 2.5 מיליון מועסקים (גידול של כ-67%) ובשנת 2060 קרוב ל-3 מיליון מועסקים (גידול של כ-99% בהשוואה ל-2010). כמו בתחזיות האוכלוסייה, חל גידול משמעותי מאוד של המועסקים בטבעות התיכונה והחיצונית (ראה תרשים 9). טבלה 15 מרכזת את נתוני תחזיות אוכלוסייה ומועסקים.

תרשים 9. תחזיות מועסקים ברמה טבעית



טבלה 15. סיכום תחזית אוכלוסייה ומועסקים לשנת 2040 ו-2060, מחולק לטבעות

טבעות	אוכלוסייה			מועסקים		
	2010	2040	2060	2010	2040	2060
גלעין	404,320	516,302	550,000	380,683	499,116	516,757
פנימית	881,036	1,160,592	1,366,159	316,570	511,122	621,366
תיכונה	1,048,020	1,616,594	1,889,809	457,725	789,555	957,463
חיצונית	1,014,266	1,857,177	2,354,626	319,784	668,324	843,994
סה"כ	3,347,642	5,150,665	6,160,594	1,474,763	2,468,117	2,939,581
התפלגות	אוכלוסייה			מועסקים		
	2010	2040	2060	2010	2040	2060
טבעות	12%	10%	9%	26%	20%	18%
גלעין	26%	23%	22%	21%	21%	21%
פנימית	31%	31%	31%	31%	32%	33%
תיכונה	30%	36%	38%	22%	27%	29%
חיצונית	100%	100%	100%	100%	100%	100%
סה"כ						



	2010	2040	2040	2060	2060
	-	תחזית בסיס	מע"ר מוגבר	תחזית בסיס	מע"ר מוגבר
מועסקים	190,124	266,629	343,783	281,063	360,972
צפיפות	34,568	48,478	62,506	51,102	65,631
% מהמטרופולין	13%	11%	14%	10%	12%
תוספת לבסיס			77,154		79,909

5.4 הביקוש לנסיעות

על מנת לתכנן ולהעריך את החלופות, בוצע ניתוח רחב של הביקושים לנסיעות כפי שהתקבלו מתחזיות מודל תל אביב. הניתוח בוצע לפי תחזיות הבסיס של המודל לשנת 2040, עבור שעת שיא בוקר, והתבסס על מיפוי נסיעות אדם, כלומר ללא התחשבות בשלב זה בפיצול בין אמצעי הנסיעה.

ניתוח הביקושים בוצע במספר שיטות:

א. **קווי מטרה מוצא יעד:** ניתוח זה מתבסס על חלוקת המטרופולין לאזורי על ומיפוי מטריצת הביקושים לפי קווי זרימה בין צמדי אזורי מוצא ויעד (קווי מטרה). המיפוי התבצע לצורך זיהוי פריסת הנסיעות ליעדים עיקריים וקווי המטרה לפי דירוגים למספר נסיעות. במפה 18 להלן ניתן לראות דוגמא של קווי המטרה, כולל מפת הביקושים העיקריים (לפי 90 של 5,000 נסיעות אדם) ופריסת הנסיעות לעיר תל אביב. כמצופה, קיימים קשרים חזקים לגלעין אך גם מתבלטים מספר קשרים היקפיים שהם לא בעל אופי רדיאלי.

ב. **רשת עכביש:** ניתוח רשת עכביש מיועד לזיהוי פרודדורים ביקוש עיקריים. בניתוח כל אזור מחובר לשכניו בקו דימויני ישיר, ללא קשר לצורת הרשת. על רשת דימוינית זו מבוצעת הצבה "הכל או לא כלום", באופן שמתקבלים הביקושים המצטברים לאורך הקווים. תוצאות ההצבה מוצגות במפה 19 להלן.

ג. **הצבה חופשית:** הצבה חופשית הינה הצבה בה הנסיעות יכולות לנוע במסלול מינימאלי ברשת הדרכים. ניתוח ההצבה החופשית בוצע באצעות רשת הדרכים של 2040 כפי שמקודדת במודל תל אביב. לכל קטע ברשת ניתנה מהירות בסיס בהתאם לסיווג הכביש (בין 20 קמ"ש לדרכים מקומיות ועד 70 קמ"ש בדרכים המהירות). בשונה מהניתוחים לעיל, ההצבה החופשית בוצעה ברמה של 1200 אזורי תנועה. בעזרת ניתוח זה ניתן לזהות את הפרודדורים העיקריים בפריסה מאולצת לפי תוואי הכבישים ברשת, וזאת לעומת פריסה לא מאולצת בניתוח רשת עכביש. תוצאות ההצבה החופשית מוצגות במפה 19.

הניתוחים לעיל הצביעו על מספר חוסרים בתכנית המתע"ן הנוכחית. בעיקר זוהו מספר פרודדורים בעלי ביקוש גבוה, אשר אינם משורתים על ידי קווי התכנית. אלה כוללים את הפרודדורים הרדיאליים מרחובות-ראשון לציון-חולון-תל אביב, פרודדור השרון-צפון ת"א-מרכז ת"א ופרודדור איילון/נמיר. מכיוון פתח תקווה נמצא כי בנוסף לפרודדור המשורת על ידי הקו האדום, קיימים ביקושים מדרום פתח תקווה-רמת גן-בני ברק-ת"א. כמו כן נמצא כי דרוש לבחון את התפקוד של פרודדור היקפי לאורך או בקרבת כביש 4.

מפה 18. מפות ביקושים לפי קווי מטרה

ביקושים עיקריים



המפה מראה את הפרוזדורים החזקים בין אזורים (עם נפחים מעל 2,500) המצביעים על סף כניסה למתע"ן. מהמפה ניתן לזהות פרוזדורי ביקושים חזקים לכוון הגלעין מהגזרה הדרומית (רחובות-ראשון לציון-חולון), מהגזרה המזרחית (ציר נוסף מפתח תקווה דרך רמת גן) ומהגזרה הצפונית (הרצליה-רמת השרון-צפון המטרופולין). כמו כן, ניתן לראות מספר קווי מטרה חזקים שהם לא רדיאליים.

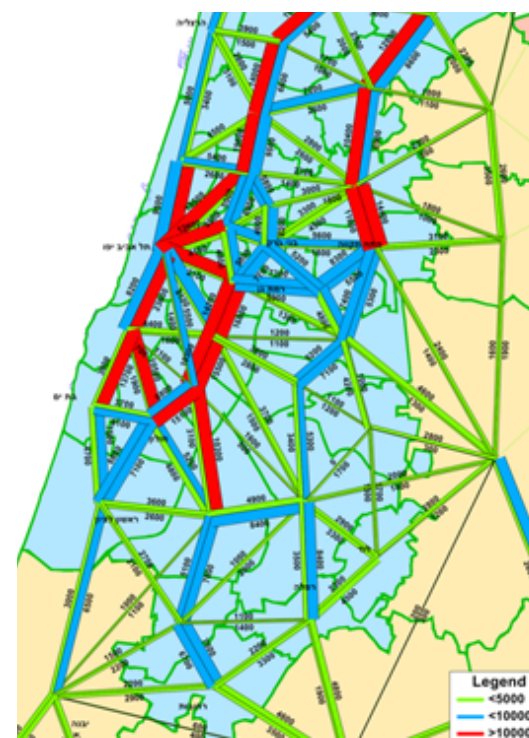
מהמטרופולין למע"ר (פרוזדור איילון)



המפה מראה את המשיכה הרדיאלית למע"ר (עם נפחים מעל 100). ניתן לראות משיכה רדיאלית מכל חלקי המטרופולין וביקושים חזקים מהטבעת הפנימית והתיכונה.

מפה 19. מפות הצבה לפי רשת עכביש והצבה חופשית

רשת עכביש



פרוזדורים רדיאליים בולטים:

- רעננה-הרצליה-רמת השרון-תל אביב
- בת ים-יפא-תל אביב
- ראשל"צ-חולון-תל אביב
- פתח תקווה-רמת גן-תל אביב

פרוזדורים היקפיים בולטים:

- כפר סבא-הוד השרון-פתח תקווה
- ראשון לציון-רמת גן-בת ים

הצבה חופשית



צירי נסיעה בולטים:

- חולון-תל אביב (ד' בגין)
- רמת השרון-תל אביב (בני אפרים-ד' נמיר)
- ראשון לציון-אזור-תל אביב (כב' 44)
- כביש 4
- תל אביב-בת ים-רמת גן-פתח תקווה

6. תפיסות לפיתוח הרשת

6.1 תפיסה כללית

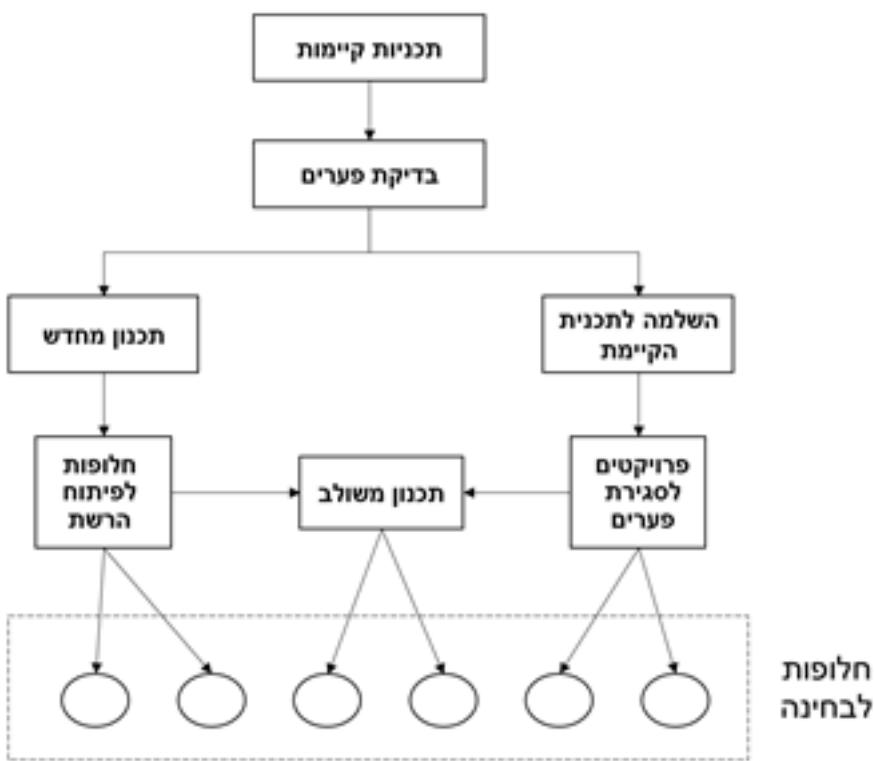
זיהוי הפערים הביא למסקנה שבכדי להשיג את היעדים האסטרטגיים, יידרשו שינויים משמעותיים לתכנית תמ"א 4/23. בשלב זה הועלו שתי שאלות עקרוניות לגבי הכוונים לפיתוח חלופות לבחינה:

- האם ניתן לשפר את ביצועי התכנית הנוכחית רק על ידי הוספת פרויקטים חדשים, כאלה שיביאו לסגירת הפערים שנתגלו?
- האם יש צורך בשינוי מבני ומעמיק יותר של התפיסה לפיתוח רשת המתע"ן, ובפרט האם נדרשים במטרופולין תל אביב קווי מטרומקובל במטרופולינים בסדר גודל דומה בעולם, ושגם עלו בתכניות היסטוריות בתל אביב?

היות ומתן תשובה לשאלות אלה היה בכל מקרה מחייב הוכחה, סוכם לקדם פיתוח ובחינת חלופות לפי שלוש גישות שונות (ראה תרשים 12):

- תכנון מחדש:** הוחלט לנסות פיתוח של רשת על בסיס תכנון מחדש המבוסס על רשת קווי מטר.
- השלמה לתכנית הקיימת:** ניסיון לבצע תוספות ושיפורים בתכנית הנוכחית בכדי להגיע ליעדים, עם התערבות מינימאלית האפשרית באותה תפיסת רשת וללא ביטול קו מתוכנן.
- תכנון משולב:** תכנון רשת משולבת הנובע מהרצון לשמור על התוכנית הקיימת עד כמה שניתן ולהוסיף קווי מטר כדי להגיע ליעדים האסטרטגיים.

תרשים 12. גישות לפיתוח החלופות



6.2 אפיון מערכת עתירת נוסעים במטרופולין

בדומה למטרופולינים רבים בעולם, מטרופולין תל אביב מתאפיין בשני דפוסים עיקריים של פיתוח:

א. הגלעין, הטבעת הפנימית והתיכונה מהווים במידה רבה רצף בנוי, המשתרע לרדיוס של 15-20 ק"מ מהמרכז. אזור זה כונה בתכנית הנוכחית ה"אזור האורבני".

ב. הטבעת החיצונית, הנמצאת מעבר ומסביב ל"אזור האורבני", מאופיינת בשילוב של אזורים עירוניים וכפריים ללא רצף בנוי. בטבעת החיצונית ניתן לזהות 3 עוגנים עיקריים: נתניה בצפון, אשדוד בדרום ומודיעין במזרח, המהווים כל אחד מרכז אזורי ליישובים שמסביבם.

שני דפוסים הפיתוח משפיעים על הפריסה של מערכת המתע"ן במטרופולין תל אביב, זאת מפני שלא ניתן לספק רשת קווי מתע"ן ברמת שרות סבירה בדפוס הפיתוח של הטבעת החיצונית, הן מבחינת רמת הכיסוי, יעדי המהירות ותפעול קווי המתע"ן. יצוין כי גם בתכנית האב למתע"ן שממנה נגזרה תמ"א 4/23 ניתן ביטוי וכיסוי לאזור האורבני בלבד.

מסיבה זאת, רשת המתע"ן במטרופולין חולקה ל-3 רמות (ראה תרשים 13):

א. הרשת האורבנית: מכסה את האזור האורבני באמצעות רשת קווי מתע"ן בטכנולוגיות של מטר, רק"ל או BRT, בצפיפות גבוהה יחסית הנותנת מענה לנסיעות לגלעין ולמוקדים הראשיים ובין רובעים באזור האורבני, ובנוסף, משתלבת ומזינה את הרכבת הפרברית והארצית.

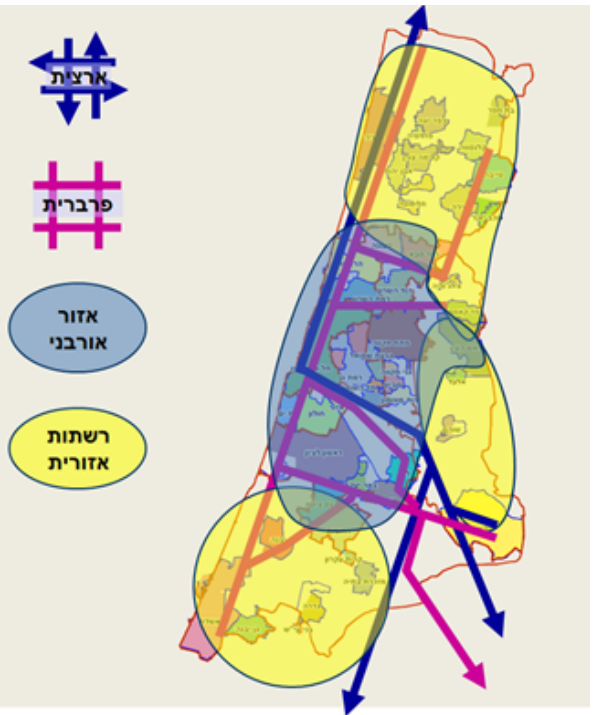
ב. רשתות אזוריות: נותנות מענה לשלושת האזורים בטבעת החיצונית, תוך דגש לנגישות לעיר העוגן ולחיבוריות לרשת האורבנית ולשרותי הרכבת.

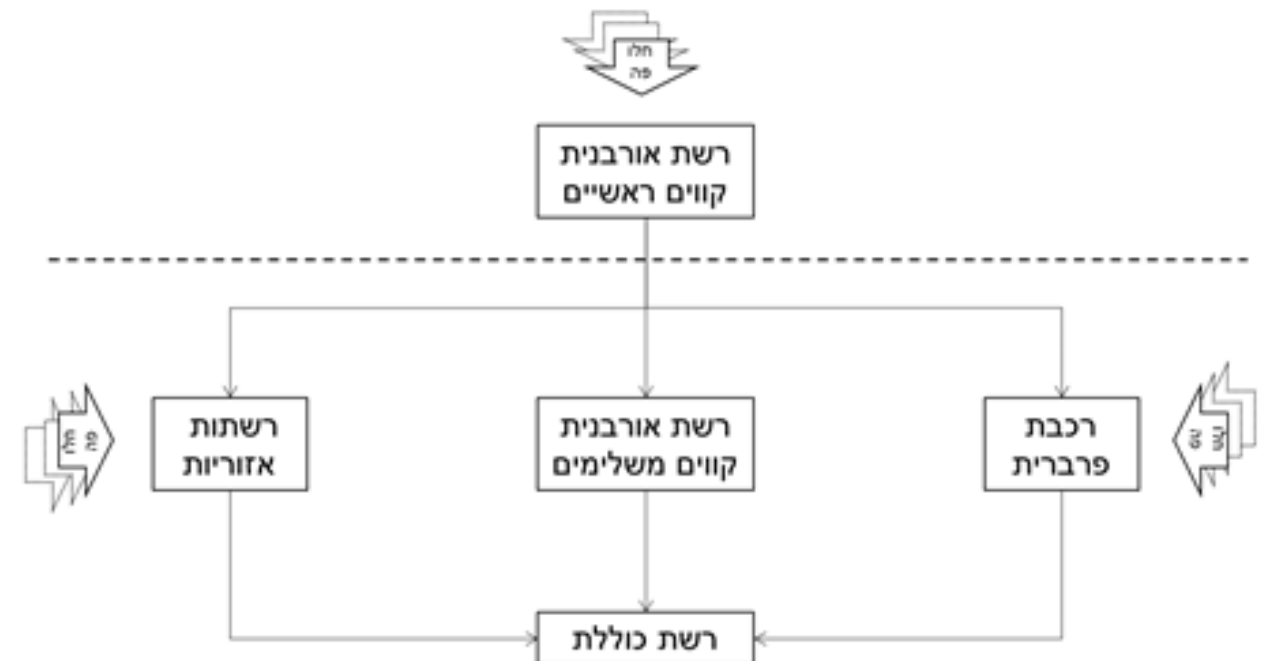
ג. שרותי רכבת: נועדו לאפשר נסיעה מהירה למרחקים ארוכים יותר בין הטבעת החיצונית לפנימית וליעדים בין עירוניים. שרותי הרכבת כוללים קווי רכבת פרברית, המספקים שרות פנימי במטרופולין וקווים בין עירוניים.

היות והאזור האורבני הינו האזור המרכזי והצפוף ביותר במטרופולין, הוחלט בשלב ראשון להתמקד באזור זה ולפתח חלופות לרשת מתע"ן ראשית עבורו. על מנת לאפשר קבלה של תמונה כוללת של ביקושי הנסיעות, נערך ניתוח ותכנון ראשוני של רשתות הרכבת והרשת האזורית, במטרה לקבוע חלופה מסויימת שתשתמש כרשת רקע לתכנון האזור האורבני (ראה בהמשך פרק זה).

לאחר החלטה עקרונית על חלופת הרשת האורבנית, קיים הצורך להמשיך בפיתוח הרשתות האזוריות ורשתות הרכבת וכן שרותי תחבורה נוספים באזור האורבני (ראה תרשים 14).

תרשים 13. חלוקה היררכית של שרותי המתע"ן במטרופולין תל אביב





6.3 גישות לפיתוח הרשת האורבנית

לאחר סיכום הגישות לפיתוח החלופות, התכנון התחלק בין הכנת חלופות להוספת פרויקטים לתכנית הקיימת, לבין הכנת חלופות בגישת התכנון מחדש. סעיף זה מתאר את התפיסות לחלופות במסגרת גישה זו.

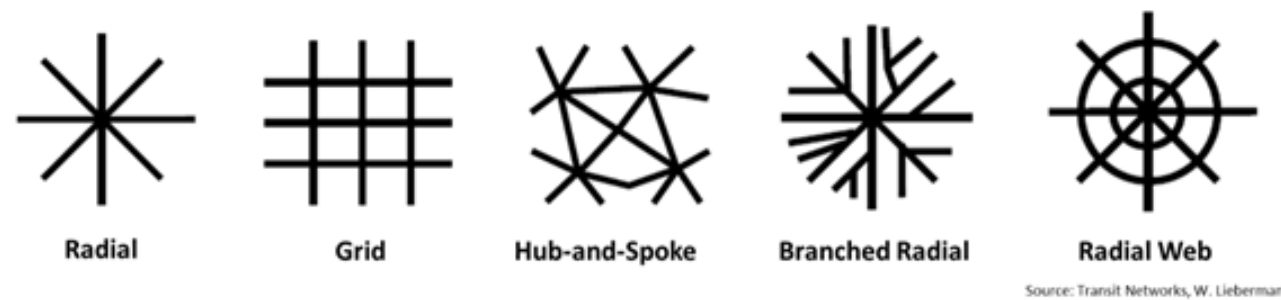
הרשת האורבנית נועדה לספק את החלק הארי של הנסיעות בתחבורה הציבורית במטרופולין, ולכן דרושה באזור זה רשת צפופה של קווי מתע"ן, המספקת כיסוי רחב לכל האזור, מביאה במהירות את הנוסעים למוקדי הפעילות השונים, ומשלבת את כל אמצעי התח"צ ברשת משולבת ע"י מעברים קלים בין הקווים והאמצעים השונים.

קיימות מספר צורות לפריסת רשת קווי מתע"ן, כמוצג בתרשים 15. בכל הרשתות מסופק כיסוי אזורי, והשוני מתקבל מרמת הקישוריות בין הקווים. קווי הרשת יספקו שירות ישיר לחלק מהנסיעות והזדמנויות המעבר יאפשרו נסיעה מהמוצאים וליעדים הבלתי מחוברים. צורות הרשת משתנות לפי רמת הכיסוי, מספר ואורך הקווים ומספר הזדמנויות המעבר. מידת ההתאמה תהיה תלויה בגורמים רבים, לרבות פריסת הפעילויות השונות באזור.

במסגרת העבודה נבחר לבחון שתי צורות לפיתוח חלופת רשת ע"פ הגישה של "תכנון מחדש", שנראה כי הן נותנות ביטוי לרצון לספק את רמת הכיסוי והמהירות שנקבע ביעדים, יחד עם רמת קישוריות גבוהה. שתי הצורות שנבחנו כללו:

1. **רשת רדיאלית-מעגלית (Radial Web):** בצורה זו המרכז הוא דומיננטי ומשורת על ידי צירי נסיעה רדיאליים. נוסף לשירות זה, קווים מעגליים המחברים את הקווים הרדיאליים לכדי רשת בעלת כיסוי אזורי.
2. **רשת מוטית מרכזים (Hub-and-Spoke):** בצורת רשת זו מספר מוקדים מרכזיים מהווים מרכזי תחבורה, וקשרים ביניהם יוצרים רשת המספקת כיסוי אזורי. חיבור הצירים, עשוי ליצור מרכזי משנה המשמשים כמרכזי מעבר.

תרשים 15. סוגי רשתות תחבורה ציבורית



6.3.1 פיתוח תפיסה רדיאלית מעגלית

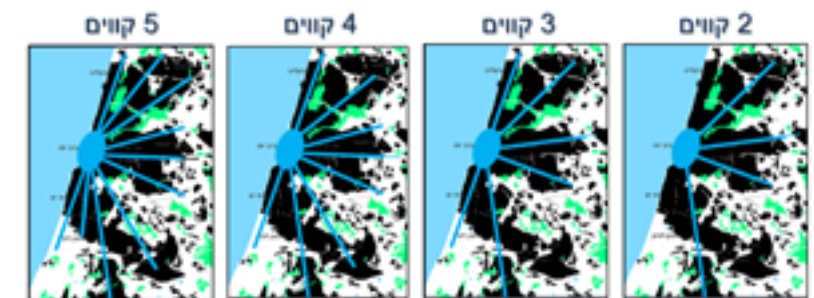
רשת בצורה "רדיאלית-מעגלית" (Radial-Web), מבוססת על מוקד ביקושים דומיננטי, הממוקם במרכז האזור. המצב של מרכז דומיננטי מאפיין מספר רב של אזורי מטרופולין, אשר באופן היסטורי התפתחו מסביב למרכז פעילות מסויים. עם השנים, בד ובד עם גידול האוכלוסייה של האזור והיווצרות הרצף האורבני, המרכז הלך והתמחה לכדי מרכז פעילות עיסקי (המע"ר) ופעילויות יצרניות יותר התמקמו במרכזי משנה במרחב המטרופולין. באזורי מטרופולין בסדר גודל של תל אביב, המרכז כולל את המע"ר האזורי, ובנוסף, פעילויות שלהם סף כניסה גבוה יחסית (כמו בנקאות). המרכז מהווה לעיתים מושב שלטוני של הרשויות האזוריות - במקרה של תל אביב - מטות ומחוזות של משרדי הממשלה.

אמנם חלקו של המע"ר במספר המועסקים במטרופולין קטן יחסית (במקרה של תל אביב התחזית היא שהמע"ר יכלול 10% מכלל המועסקים בלבד), אך הוא מהווה מוקד עצום ביחס למרכזי המשנה האחרים, מה שהופך אותו למוקד הדומיננטי מבחינה תחבורתית (ראה תרשים 10). המרכז האזורי מהווה מרכז תחבורתי, בשל היווצרות טבעית של hub של שירותי תחבורה. בחלופה "רדיאלית-מעגלית", למרכז צריך להיות מספיק ביקוש בכדי להוות "מסה קריטית" המספקת סף כניסה למערכות עתירות נוסעים.

כיסוי הרשת מבחינה מרחבית מתקבל מפריסת הצירים הרדיאליים ביחד עם קווי טבעת המחברים ביניהם. רמת הכיסוי תלויה לפיכך, במספר הצירים הרדיאליים ובמספר הטבעות, כמוצג באופן עקרוני במפה 20. החיבורים בין הקווים הרדיאליים במרכז, נוסף לחיבורים בין הקווים הרדיאליים לקווים הטבעתיים, מספקים הזדמנות למעבר. ככל שהרשת יותר צפופה, חלק גדול יותר מהאוכלוסייה יכול להגיע ממוצא ליעד עם לא יותר ממעבר אחד בין הקווים.

מפה 20. חלופות לרשת "רדיאלית-מעגלית"

הקווים הרדיאליים



הקווים טבעתיים



היעילות של רשת רדיאלית-מעגלית תלויה במתן מהירות נסיעה גבוהה בלתי תלויה במצבי גודש בדרכים. מסיבה זאת, מבנה זה מתאים לטכנולוגיית מטרו בהפרדה מלאה, המאפשרת צפיפות תחנות סבירה (כל כ-1 ק"מ) עם מהירויות מסחריות ממוצעות של כ-30 קמ"ש ומעברים נוחים יחסית. בפיתוח התפיסה ניתן דגש על כיסוי אחיד ככל הניתן, וזאת על פני פריסת קווים לפי ביקושים וספי כניסה, לדוגמה מתוך דיאגרמת "רשת עכביש" שהוצגה בפרק ניתוח הביקושים. השאיפה הייתה להתקרב ככל הניתן ליעדים האסטרטגיים של התכנית ולהתגבר על בעיות של חוסר אחידות בשרות כפי שעלה מניתוח הפערים.

פיתוח חלופה בסיסית ע"פ התפיסה רדיאלית-טבעתית למטרופולין תל אביב בוצע ע"פ הכללים הבאים:

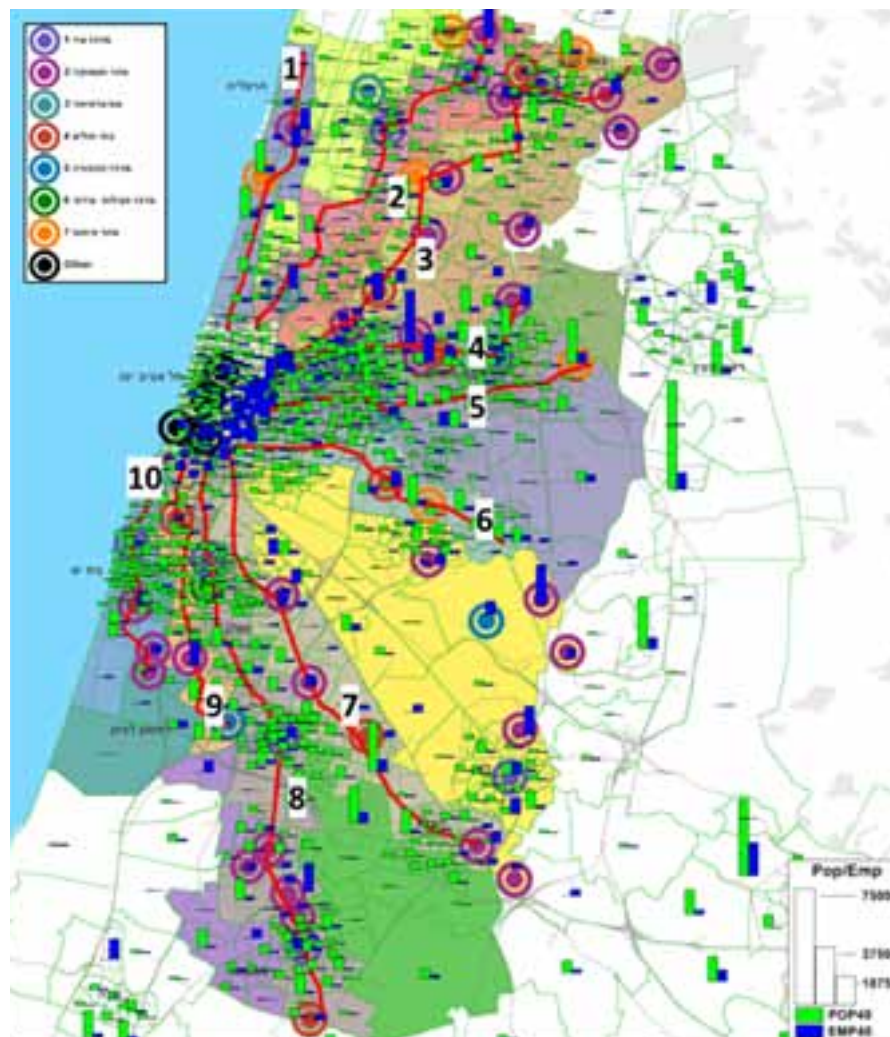
- הקווים הרדיאליים (חוצי מרכז): קצוות בגבול האזור האורבני, נסיעה ישירה יחסית לכוון המרכז, מעבר באזורים צפופים מרובי ביקושים ובעוגנים, במידת האפשר שימוש בזכויות דרך קיימות או מתוכננות, החיבורים במרכז נעשים תוך שיקולים של כיסוי וקישוריות, מעברים ואיזון הקווים.
- הקווים הטבעתיים: ריווח אחיד, חיבור לקווים הרדיאליים, מעבר בעוגנים.

בדומה לרשתות מטרו בעולם, המרחק הממוצע בין התחנות הינו כ-1 ק"מ. ככל שהקווים מתקרבים למרכז המטרופולין המרווח בין תחנות קטן במקצת, על מנת לספק כיסוי טוב יותר.

בכדי לספק כיסוי טוב לאזור האורבני, הוגדרו פרוזדורים בין מרכז המטרופולין לקצה האזור האורבני, בהם יעברו הקווים, כאשר כל שני פרוזדורים יתחברו ביניהם במרכז ליצירת קו. הפרוזדורים נותנים כיסוי אחיד וקיים ביניהם ריווח אחיד. הריווח מושפע מהימצאות של חייצים ירוקים ושטחים פתוחים (כגון פארק הירקון, פארק איילון ונתב"ג). הפרוזדורים עוברים בסמיכות למוקדי פעילות ועוברים כגון מוקדי תעסוקה, מסחר, בתי חולים ועוד, וכן באזורי מגורים עם צפיפות גדולה. בבחירת המוקדים נלקחו בחשבון מתחמי פיתוח עתידיים. היכן שניתן, הפרוזדורים הועברו על פרוזדורים קיימים בתמ"א 4/23.

תוצאת התהליך הייתה פריסת 10 פרוזדורים רדיאליים כמוצג במפה 21. עשרת הפרוזדורים מייצרים 5 קווים חוצי מרכז. צירים אלה מספקים כיסוי לקרוב ל-70% מהאוכלוסייה ו-75% מהתעסוקה של האזור האורבני במרחק של עד 600 מ' מציר הפרוזדור.

מפה 21. פריסת צירים רדיאליים

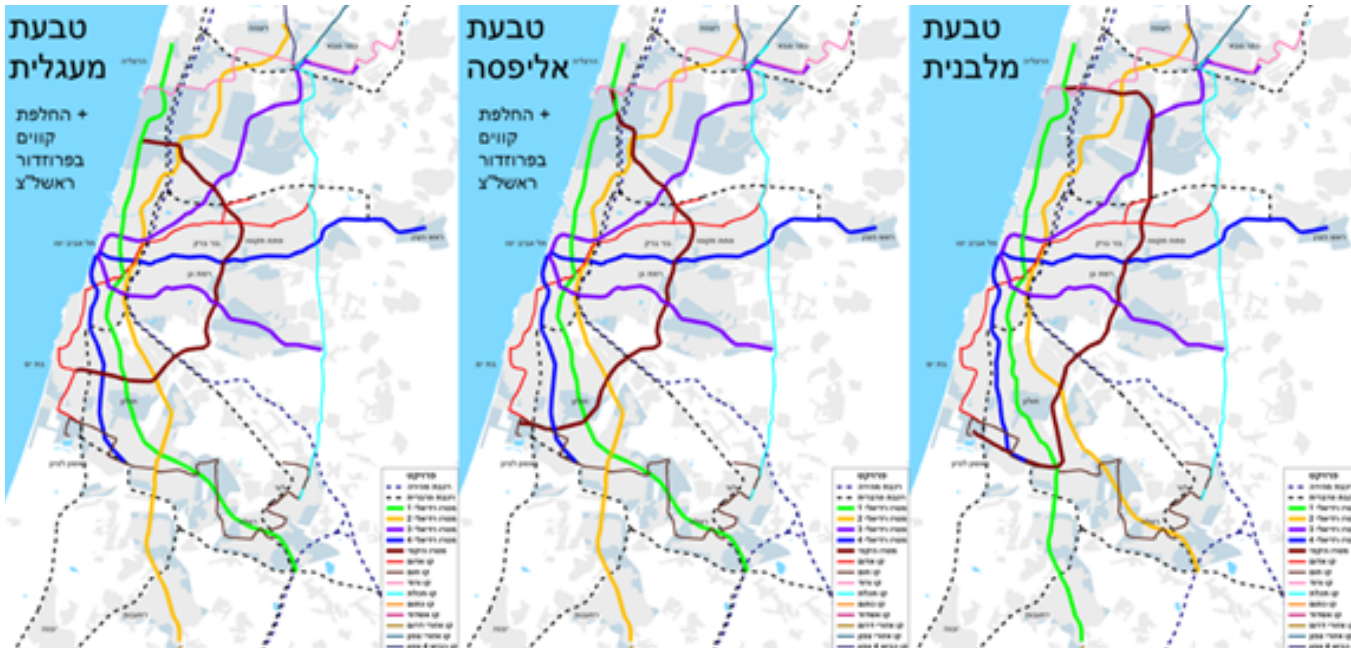


תפקיד הקווים הטבעתיים (או חצי מעגליים) הינו ליצור את מבנה הרשת. קו טבעתי מספק תוספת כיסוי ומאפשר להגיע ליעדים אחרים אשר לא במרכז המטרופולין. כמו בפרוזדורים הרדיאליים, קיימת אפשרות למספר משתנה של קווים טבעתיים.

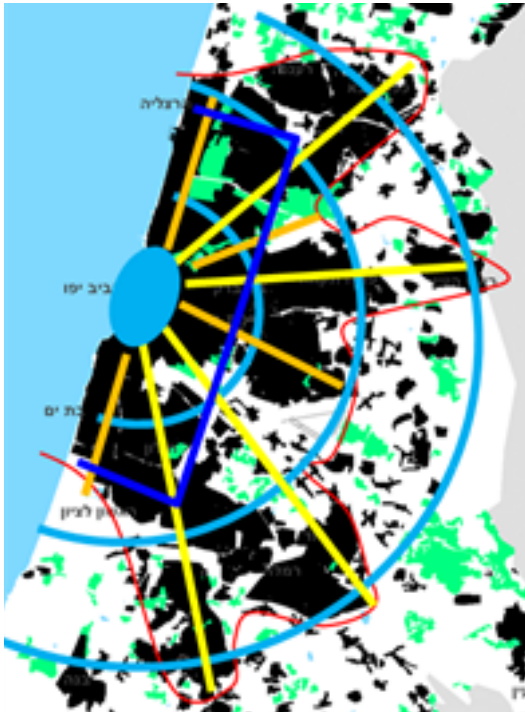
קווים טבעתיים הם בד"כ יקרים ורצוי לצמצם את מספרם ביחס לקווים הרדיאליים. ניתוח ראשוני הראה כי ריווח אחיד מביא ל-3 טבעות במרחק של כ-6 ק"מ ביניהם (ראה מפה 22). שתי הטבעות החיצוניות פחות יעילות היות ויש להן רמת כיסוי מצומצמת והם עוברים באזורים בעלי צפיפות נמוכה יחסית, ועל כן הוחלט לא לקדם אותם. נותרה הטבעת הראשונה העוטפת את המרכז בין בת ים בדרום, כביש 4 במזרח ואזור ציר הנופש בצפון. חלופה שנייה שנשקלה הייתה טבעת גדולה יותר שהיא יותר מלבנית, אשר הגדילה את הכיסוי עד הרצליה בצפון וראשל"צ בדרום.



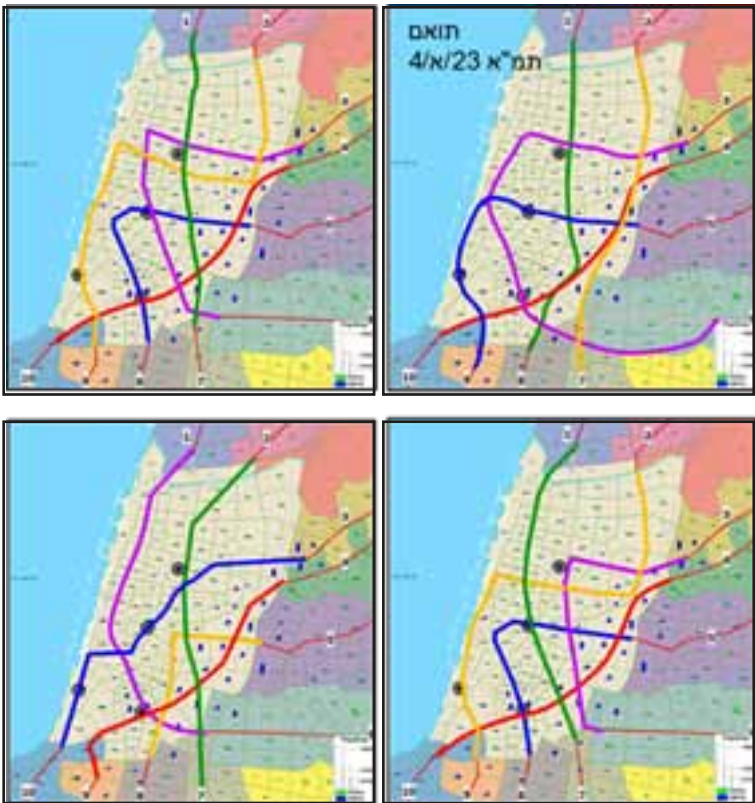
ציירת רשת מתע"ן אשר מתחברת לרשת הרכבת ומאפשרת מעברים קלים ומהירים בין קווי המתע"ן



מפה 22. ניתוח קווים טבעתיים - ניתוח ראשוני



מפה 24. אפשרויות לחיבור הפרוזדורים הרדיאליים במרכז



לצורך בחירת סוג הטבעת, נוסו מספר אפשרויות שנבחנו באמצעות מודל SKP, כמוצג במפה 23. צמצום הטבעת הביא גם להצלבת שני צירים ראדיאליים מכון דרום מזרח, בכדי לקצר את המעבר מכון ראשון לציון לאזור כביש 4, שהוא בעל ביקושים גבוהים יותר. הניתוח הראה העדפה לטבעת המעגלית, היות והיא מחברת טוב יותר את הקווים הרדיאליים ומרכזי הביקוש, משרתת יותר אוכלוסייה והקו יותר קצר. לפיכך, הוחלט לקדם את פיתוח החלופות לפי טבעת זו.

המרכיב האחרון לבניית רשת רדיאלית-מעגלית, כולל את חיבור הפרוזדורים הרדיאליים לכדי קווים חוצי מרכז, בשאיפה להימנע מקווים טרמינליים במרכז ויצירת הזדמנויות למעבר בין הקווים. לאופן חיבור הפרוזדורים הרדיאליים השפעה על הכיסוי במרכז, על הקישוריות ומספר המעברים, על יעילות ואיזון הקווים וכן השפעה על הפיתוח העירוני של המרכז.

קיים מספר רב של אפשרויות חיבור, כמוצג במפה 24. בנוסף להשפעות שנמנו לעיל, קביעת החיבורים תלויה גם באילוצים פיזיים לגבי התוויית הקווים ורדיוסי פנייה ואפשרויות למיקום התחנות. היות וניתוח זה הינו מעבר לרמת התכנון בשלב זה של העבודה, סוכם שפיתוח החלופות יתבסס על חיבור דומה לתוואים המוסכמים במרכז במסגרת תמ"א/4/23 (שמאלי עליון במפה 24). בחינה מפורטת של חיבור הקווים במרכז צריכה להעשות במסגרת בדיקת ישימות של התכנית בשלבי התכנון מתקדמים יותר.

התפיסה רדיאלית-מעגלית נבחרה כבסיס להכנת חלופות ע"פ הגישה של תכנון מחדש. חלופות לפי תפיסה זו עשויות לספק:

- כיסוי רחב לכל האזור האורבני
- אפשרות להגיע במהירות לכל היעדים מכל האזור האורבני, כלומר עד הטבעת התיכונה.
- אפשרות להגיע לכל היעדים עם לא יותר ממעבר אחד עבור רוב הנסיעות.

6.3.2 תפיסות נוספות

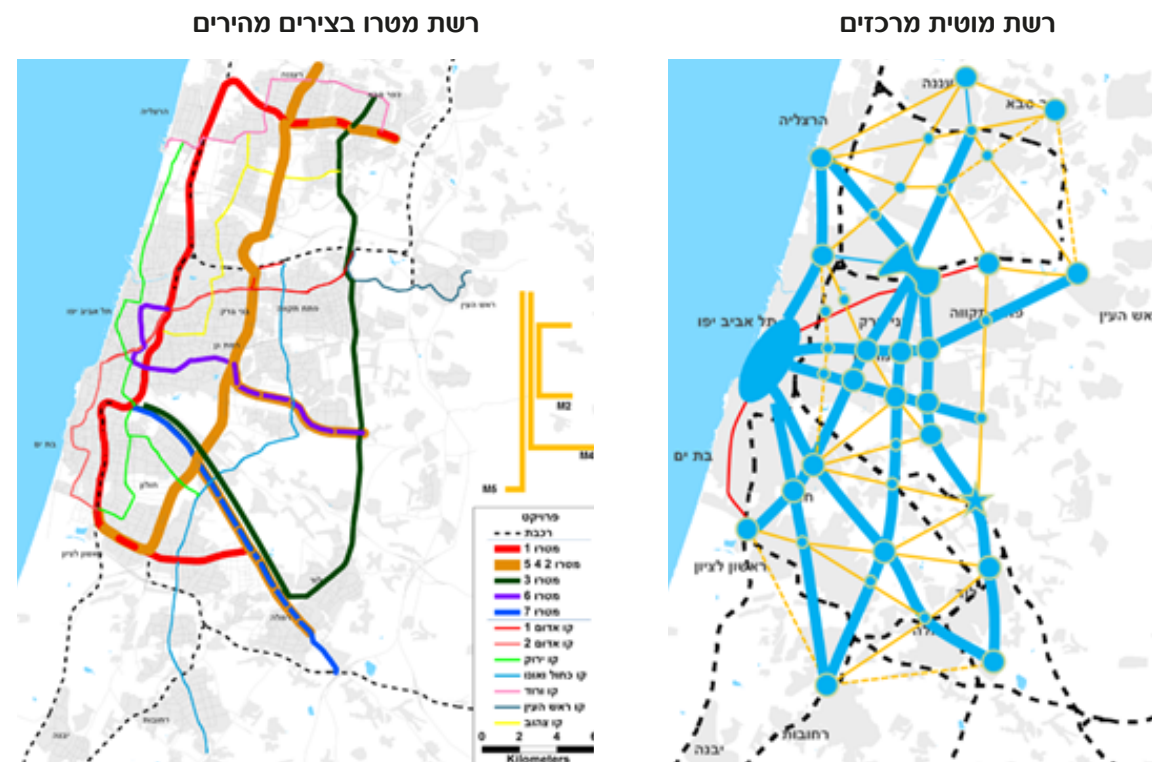
בנוסף לתפיסה רדיאלית מעגלית, נוסו שתי תפיסות נוספות לפריסת הרשת ע"פ גישת התכנון מחדש. תפיסה אחת התבססה על רשת מוטית מרכזים שהזכרה לעיל, והשנייה על יצירת רשת מטרו בצירים מהירים, המנצלת תוואים של כבישים ושל רכבת ישראל ליצירת רשת המטרו.

רשת לפי תפיסה מוטית מרכזים התבססה על העקרונות הבאים: המרכזים ימוקמו בסמוך לאזורי תעסוקה או מחוללי נסיעות גדולים; המרכזים יתחברו ביניהם באופן שיסופק מקסימום כיסוי לאוכלוסייה; הקשתות המחברות תצומצמנה משיקולי חפיפה או חוסר ביקוש; חציית קשתות יוצרת מרכז חדש, אשר יוסט למרכז הפעילות הקרוב, והגדרת היררכית קווים לפי רמת החיבוריות של המרכזים.

העקרונות של תפיסת רשת מטרו בצירים מהירים כללו: זכויות דרך מופרדות בפרוודורים ראשיים המבוססים על פרוזדורי הרכבת וכבישים ראשיים; חדירה תת קרקעית למרכזי ערים בטבעת התיכונה והשלמת שרות באמצעות קווי BRT / LRT מזינים.

בשלב זה פותחו מספר רשתות ע"פ תפיסות לעיל כמוצג במפה 25. בבדיקות ראשוניות בעזרת מודל ה-SKP, שתי התפיסות נמצאו כנחותות במספר מאפיינים ביחס לתפיסה הרדיאלית-מעגלית. נמצא כי תפיסת רשת מטרו בצירים מהירים מבצעת פריסת קווי מטרו בצירים שזמינים יותר אך בעלי צפיפות אוכלוסיה נמוכה יותר, לא פרוסה במרכזי הביקוש ואינה יוצרת רשת מספיק רדיאלית לאזורי הביקוש הכבדים יותר. ברשת מרובת מוקדים, ריבוי פרוזדורים מחייב פיזור של הקווים ותדירויות שהוא פחות יעיל, הרשת מחייבת הרבה מעברים ועלולה להיות יקרה מדי. מסיבות אלה, סוכם לא לקדם תפיסות אלה בהמשך פיתוח החלופות.

מפה 25. רשתות ע"פ תפיסת מוטית מרכזים ורשת מטרו בצירים מהירים



6.4 הרשת האזורית והפרברית

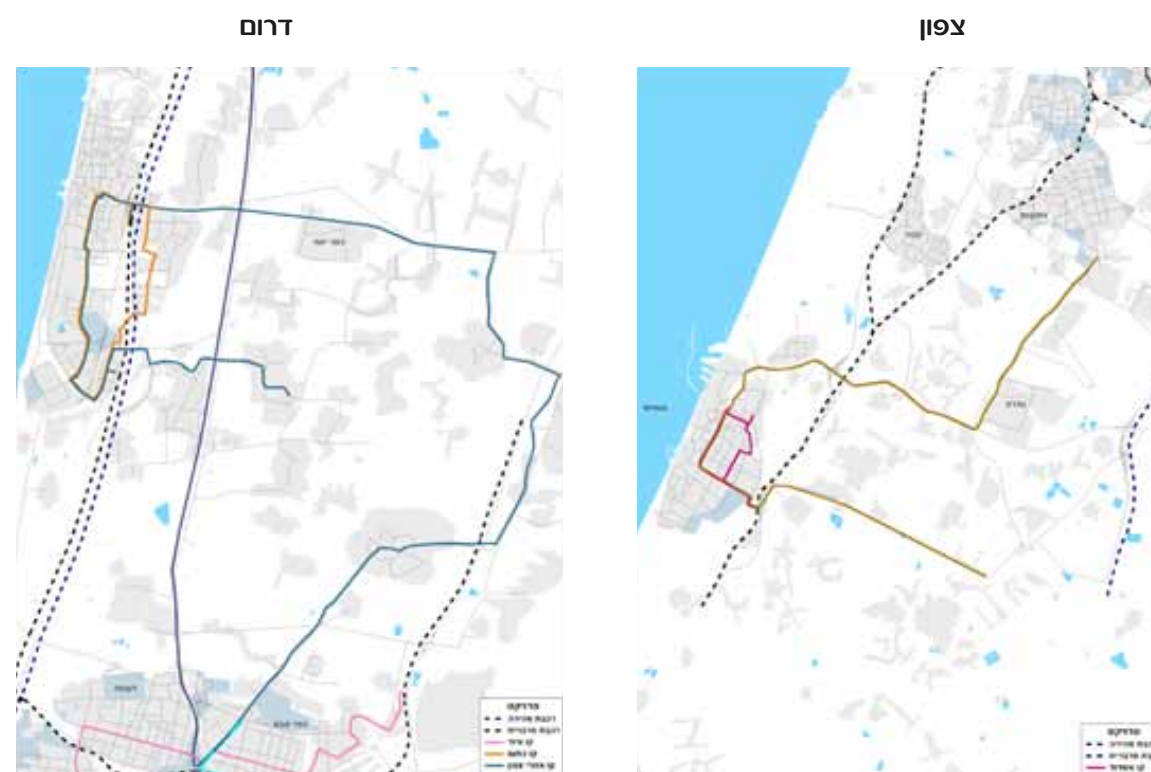
סעיף זה מתאר את רשת הרקע ששימשה לבחינת החלופות של האזור האורבני, כולל הרשתות האזוריות ושרותי הרכבת.

ע"פ תפיסת תכנית זו, הוגדרו שלושה אזורים בטבעת החיצונית במטרופולין, כאשר כל אחד מהם יתוכנן בנפרד כדי לספק פתרונות תחבורה ציבורית בהתאמה ליעדים האסטרטגיים. שלושת האזורים כוללים את אזור הצפון, הדרום והמזרח, כאשר בכל אזור עיר עוגן מרכזית: נתניה בצפון, אשדוד בדרום ומודיעין במזרח. יצוין שלאזורים אלו זיקה גם לישובים הסמוכים שמחוץ לתחום המטרופולין.

בשלב זה בוצע תכנון ראשוני שכלל את אזור הצפוני והדרומי, **כאשר בהמשך התכנית יש לחזור על התכנון בפירוט לאחר בחירת הרשת לאזור האורבני**. בשני האזורים השרות התבסס על פריסת קווי תאו"ם (BRT) אזורי, שישמשו לנסיעות בתוך האזור ולעיר המרכזית שלו וישתלבו במערך שרותי הרכבת והרשת האורבנית (ראה מפה 26). הרשתות האזוריות כללו:

- אזור צפון:** הרשת מורכבת ממערך קווי BRT עירוניים ובינעירוניים. בעיר העוגן נתניה נכללה מערכת BRT עירונית עפ"י תכנית נת"ע (הקו הכתום). בנוסף, קיימים עוד שני קווי BRT אזוריים. הראשון הוא קו חצי מעגלי, המתחיל מקדימה-צורן, עובר בנתניה וממשיך דרך כביש 57 לטייבה וטירה, כביש 55 ומסתיים בצומת רעננה. הקו השני מתחיל בכפר ויתקין ומגיע לצומת רעננה, דרך כביש 4. הקווים מתחברים לתחנות הרכבת לרשת האורבנית בצומת רעננה.
- אזור דרום:** הרשת האזורית בדרום מורכבת גם היא מקווי BRT עירוניים ובינעירוניים. באשדוד נכלל קו BRT העירוני המתוכנן, העובר בצירים המרכזיים בעיר. ה-BRT האזורי מתחיל בקריית מלאכי ומגיע לגן יבנה ולאשדוד, ממשיך צפונה בדרך 40 לגדרה ומסתיים בצומת ביל"ו. הרשת מתחברת לתחנות הרכבת ולרשת האורבנית בצומת ביל"ו.

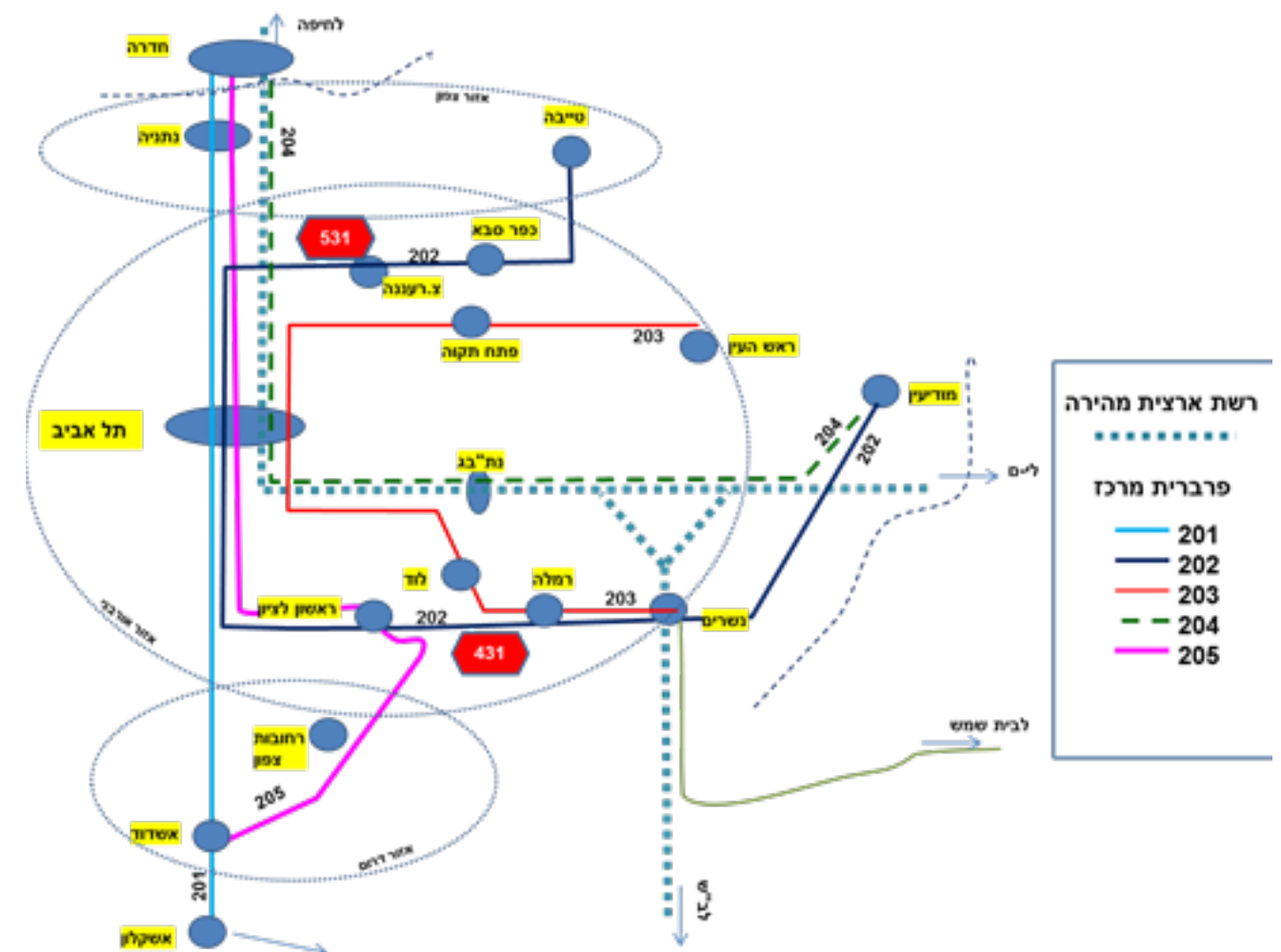
מפה 26. רשתות אזוריות ראשוניות



רכבת ישראל ומשרד התחבורה בוחנים במקביל לעבודה זו את התוכנית לפיתוח רשת הרכבת לשנת 2040, כולל תשתית המסילות, פריסת קווי השרות ומרכיבים תפעוליים נוספים. בשלב זה, אומצה אחת מרשתות הרכבת שהועלו בתכנית אסטרטגית ראשונית של הרכבת הכוללת קווים בין עירוניים מהירים ורשת קווים פרבריים, כמוצג באופן סכימטי בתרשים 16. הרשת משתמשת בתוואים ע"פ תמ"א 23 וכוללת:

- **קווים ארציים:** מחברים את האזור במהירות גבוהה ליעדים מחוץ למטרופולין. קווי הרשת הארצית נוסעים במהירות של 250 קמ"ש ויש להם מספר מצומצם של תחנות.
- **הרכבת הפרברית:** מספקת שרות לטבעת החיצונית והתיכונה ומאפשרת נסיעה מהירה למע"ר וכן לנסיעות ארוכות במטרופולין. הרשת הפרברית נועדה לספק שירות מהיר לנוסעים יותר רחוקים ממרכז המטרופולין וסקווי הרשת האורבנית לא מגיעים אליהם.
- בשלבים הבאים של בחינת הישימות, נדרש לבצע עדכון של רשת הרכבת הפרברית ובחינה של השילוביות עם מערכת המתע"ן.

תרשים 16. פריסה בסיסית של שרותי הרכבת



7. חלופות לרשת האורבנית

7.1 תהליך פיתוח החלופות

לאחר גיבוש התפיסה לפיתוח החלופות, נערך תהליך הדרגתי ושיטתי של הכנת החלופות אשר כלל בכל שלב בחינה והערכה, בחירת חלופות מועדפות ושדרוגם לשלב הבא. התהליך לווה על ידי ועדת ההיגוי של הפרויקט, אשר היו שותפים להחלטה על בחירת החלופות לקידום בכל שלב.

בשלב הראשונים ההערכה בוצעה באמצעות מודל ה-SKP ורשימה מצומצמת של תבחינים. מאוחר יותר, כאשר סט החלופות התחיל להצטמצם, נעשה שימוש במודל תל אביב ורשימה יותר גדולה של תבחינים. בשלב זה, הערכת החלופות כללה גם הכנת אומדן עלויות ובדיקה כלכלית של התכנית.

בפרק זה מתואר בקצרה תהליך פיתוח החלופות, ולאחר מכן מתוארות החלופות שנבחרו לבחינה מעמיקה. תהליך ההערכה עצמו מוצג בפרק הבא. בכל החלופות סוכם לכלול את הקו האדום של הרכבת הקלה. ניתן לחלק את תהליך פיתוח החלופות לשלושה שלבים:

א. השלב הראשון כלל בדיקת התפיסות: בשלב זה הוכנו שתי חלופות משודרגות של תכניות נת"ע שכונו חלופות A5 ו-A6. חלופות אלה הוכנו על ידי צוות נת"ע וכללו תוספת קווי LRT ו-BRT. בשלב זה גם פותחו מספר חלופות ראשוניות של החלופה הרדיאלית-מעגלית, על בסיס 3 ו-5 קווי מטרו (M3 ו-M5), וכן נעשו נסיונות לקבוע את מספר הקווים הטבעתיים וצורתם. חלופת 3 קווי מטרו כללה את קווי ה-LRT האדום והירוק והיתה החלופה הראשונה ע"פ הגישה המשולבת. בשלב זה נבחנה וננטשה התפיסה של רשת מטרו בצירים מהירים.

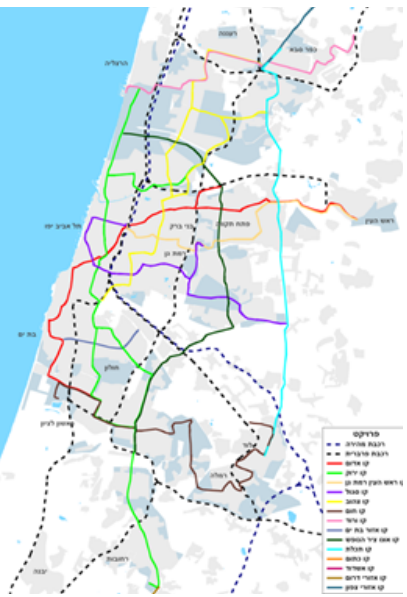
ב. בשלב השני קודמה החלופה של שיפורים לתכנית הקיימת והוכנה חלופה A7 מתוך מסקנות ההערכה של חלופות A5 ו-A6. בשלב זה המשיך פיתוח החלופות על בסיס רשת מטרו שלמה עם שימוש ב-5 קווי מטרו. פותח מגוון של חלופות משולבות עם 2, 3 ו-4 קווי מטרו, שכונו חלופות "C". בחלק מהחלופות נכלל קו מטרו בעל גזע משותף במע"ר ופיצול לזרועות. בשלב זה נעשה נסיון לבנות חלופה מבוססת מרכזי משנה, אך החלופה לא קודמה כי בהערכה ראשונית נראה כי היא מורכבת ובעלת עלות גבוהה מאוד. בשלב זה הוצעה חלופת מטרו מוגבלת, שתכליתיה לשדרג את התכנית בעלות המקבילה של חלופת A7 אך על בסיס רשת משולבת מטרו מצומצמת. החלופה כונתה M100, כי בהערכה ראשונית היה מדובר בתקציב של כ-100 מיליארד ₪.

ג. השלב שלישי היה השלב האחרון של התהליך. עד כה פיתוח והערכת החלופות בוצע באמצעות מודל SKP. בשלב זה נבחרו החלופות המבטיחות ביותר לבחינה מפורטת, כולל הכנת אומדני עלות והרצה במודל תל אביב. החלופות שנבחרו כללו את חלופת M100, חלופות מטרו M5 והחלופות משולבות C2 ו-C3 על בסיס 2 ו-3 קווי מטרו בהתאמה.

מפה 27 להלן, מציגה מספר חלופות לדוגמא שלא קודמו לשלב הסופי. בסעיף הבא מתוארות החלופות שהועברו לתהליך ההערכה המפורט, המתואר בפרק הבא.

מפה 27. דוגמאות של חלופות שלא עברו לשלב הסופי

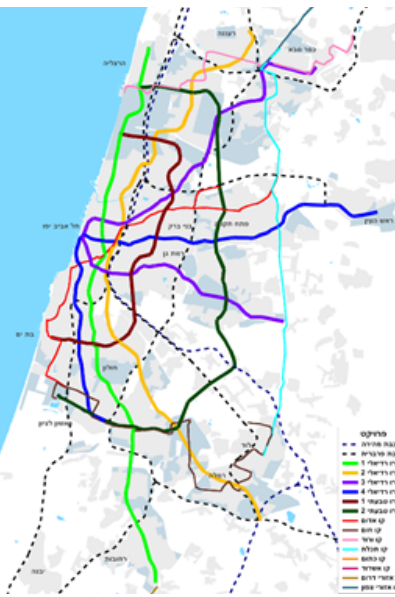
חלופה 6: A7 קווי LRT ו-4 קווי BRT



חלופה 4: C4 קווי מטרו, 2 BRT ו-3 LRT



חלופה 6: M52 קווי מטרו, 2 טבעות, 2 BRT ו-2 LRT



7.2 חלופות הבסיס

כחלופות בסיס נבחר להכין שני תרחישים שישמשו להשוואה ולצרכים של הבדיקות הכלכליות:

א. **חלופת "do nothing"**: בחלופת זו אין רשת מתע"ן כלל. זוהי חלופה אשר קיים בה קו מתע"ן אחד בלבד - הקו האדום. חלופה זו נבנתה כדי לבדוק מה יקרה אם נשאיר את המצב הקיים ולא נבנה רשת מתע"ן, אלא רק את הקו האדום המתבצע כיום. חלופה זו קבלה את הסימן A0.

ב. **חלופת "business as usual"**: חלופה זו מבוססת על התכנית הקיימת על פי תמ"א 4/א/23, וכוללת רשת קווי רק"ל ו-BRT. קווי הרק"ל הינם הקווים האדום, הירוק, הסגול, הצהוב והחום. קווי ה-BRT הם הקו הורוד והקו הכחול. חלופה זו קבלה את הסימן A4.

בשתי החלופות נכללה רשת רכבת פרברית מינימלית, הכוללת את הרשת הקיימת כיום עם הוספת מסילות בדרך 431 ובדרך 531. בחלופות אלה לא נכללו הקווים של הרשת האזורית.

מפה 28. חלופות בסיס

חלופת בסיס A0



חלופת בסיס A4



מפה 30. חלופת M100

פריסת הקווים

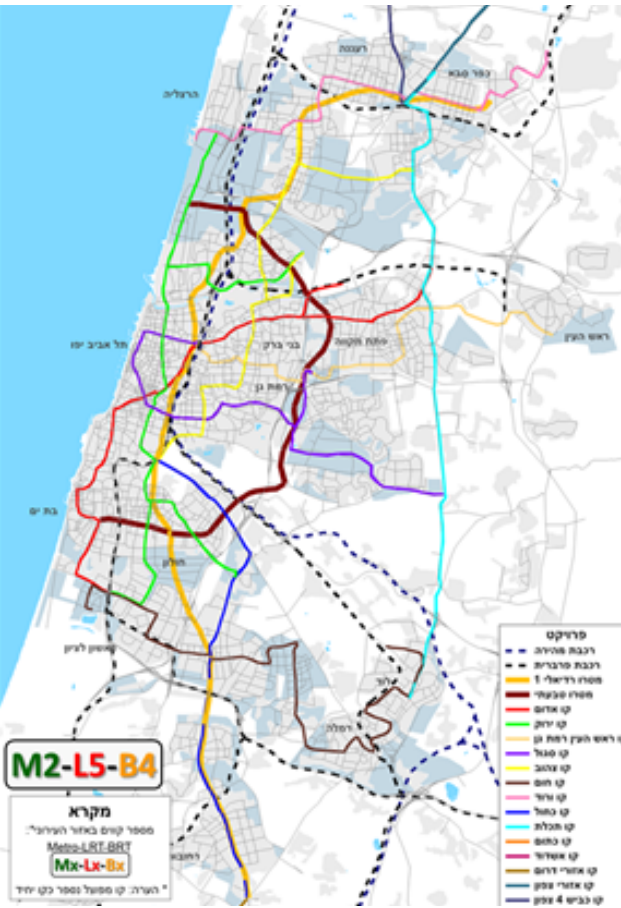


פריסה טכנולוגית



מפה 31. חלופה משולבת C2

פריסת הקווים



פריסה טכנולוגית



מאפייני חלופת M100

	טכנולוגיה	אורך (ק"מ)	תחנות מס'	זמן (דק')	מרחק בין תחנות (מ')	מהירות (קמ"ש)	תדירות (דק')
מטרו רדיאלי 1	מטרו	29	30	51	980	34	3
מטרו רדיאלי 2	מטרו	27	30	50	920	33	5
מטרו טבעתי	מטרו	25	24	42	1030	35	6
קו האדום	רק"ל+	29	41	61	700	28	9
קו הירוק	BRT	11	18	29	590	22	5
קו החום	BRT	30	44	79	680	23	5
קו הורוד	BRT	21	37	60	580	21	4
קו הכחול	BRT	21	39	62	550	21	4
קו הצהוב	BRT	5	10	15	520	21	5
קו התכלת	BRT	29	35	68	830	25	4

מאפייני חלופת C2

	טכנולוגיה	אורך (ק"מ)	תחנות מס'	זמן (דק')	מרחק בין תחנות (מ')	מהירות (קמ"ש)	תדירות (דק')
מטרו רדיאלי	מטרו	46	45	79	1020	35	3
מטרו טבעתי	מטרו	25	24	42	1030	35	5
קו האדום	רק"ל+	29	41	61	700	28	11
קו הירוק	רק"ל+	36	60	84	600	26	17
קו ראש העין רמת גן	רק"ל	20	26	41	780	30	6
קו הסגול	רק"ל	24	37	55	650	26	4
קו הצהוב	רק"ל	27	53	70	510	23	10
קו החום	BRT	30	44	79	680	23	4
קו הורוד	BRT	21	37	60	580	21	4
קו הכחול	BRT	21	39	62	550	21	5
קו התכלת	BRT	29	35	68	830	25	4

פריסת הקווים



פריסה טכנולוגית



מאפייני חלופת C3

מטרו רדיאליז1	מטרו	מטרו טבעתי	קו האדום	קו הירוק	קו החום	קו הורוד	קו התכלת	קו הצהוב	קו התכלת
מטרו רדיאליז1	מטרו	מטרו טבעתי	קו האדום	קו הירוק	קו החום	קו הורוד	קו התכלת	קו הצהוב	קו התכלת
מטרו רדיאליז1	מטרו	מטרו טבעתי	קו האדום	קו הירוק	קו החום	קו הורוד	קו התכלת	קו הצהוב	קו התכלת
מטרו רדיאליז1	מטרו	מטרו טבעתי	קו האדום	קו הירוק	קו החום	קו הורוד	קו התכלת	קו הצהוב	קו התכלת
מטרו רדיאליז1	מטרו	מטרו טבעתי	קו האדום	קו הירוק	קו החום	קו הורוד	קו התכלת	קו הצהוב	קו התכלת
מטרו רדיאליז1	מטרו	מטרו טבעתי	קו האדום	קו הירוק	קו החום	קו הורוד	קו התכלת	קו הצהוב	קו התכלת
מטרו רדיאליז1	מטרו	מטרו טבעתי	קו האדום	קו הירוק	קו החום	קו הורוד	קו התכלת	קו הצהוב	קו התכלת
מטרו רדיאליז1	מטרו	מטרו טבעתי	קו האדום	קו הירוק	קו החום	קו הורוד	קו התכלת	קו הצהוב	קו התכלת
מטרו רדיאליז1	מטרו	מטרו טבעתי	קו האדום	קו הירוק	קו החום	קו הורוד	קו התכלת	קו הצהוב	קו התכלת
מטרו רדיאליז1	מטרו	מטרו טבעתי	קו האדום	קו הירוק	קו החום	קו הורוד	קו התכלת	קו הצהוב	קו התכלת

סיכום החלופות לפיתוח הרשת

תהליך פיתוח הרשת האורבנית היה תהליך הדרגתי, במהלכו תוכננו חלופות, נבחנו ושופרו לפני בחינות מעמיקות נוספות. במהלך התהליך הוכנו מעל לעשרים חלופות שונות. בכל החלופות קיים הקו האדום, אשר בביצועו כעת.

כזכור, הפיתוח התבסס על שלוש גישות שונות: שיפורים לתכנית הקיימת, חלופות לפי תכנית חדשה עם קווי מטרו וחלופות משולבות הכוללות מרכיבים של התכנית הקיימת בתוספת קווי מטרו.

בגישת התכנית הקיימת פותחה חלופה משודרגת (A7), המבוססת על התכנית הקיימת עם הוספת קווי רק"ל ו-BRT נוספים. חלופה זו נפסלה במהלך סינון החלופות לשלב הסופי.

בגישת חלופות מטרו רדיאלית-מעגלית נבחנו מספר חלופות ונבחר לקדם לשלב הסופי:

- חלופה עם 5 קווי מטרו (M5).
- חלופת מטרו מצומצמת (M100), המהווה חלופה עם קווים קצרים בעלות הקמה נמוכה יחסית לתכנית המלאה.
- בגישת החלופות המשולבות נבחנו מספר רב של אפשרויות, מתוכם קודמו שתי חלופות לשלב הסופי:
- חלופה עם שני קווי מטרו (C2) שבהן נשמרת כל התכנית הנוכחית ומוצעת הוספה של שני קווי מטרו (קו צפון-דרום וקו המעגלי).
- חלופות עם שלושה קווי מטרו (C3) המשלבות אותם עם חלק מקווי התכנית הנוכחית. בחלופה זו קו המטרו צפון-דרום הינו קו עם גזע משותף במרכז תל אביב ו-4 זרועות.

8. ניתוח והערכת החלופות

8.1 מסגרת ההערכה

בהמשך לבחינת היעדים האסטרטגיים, נבחנו החלופות בבחינה מפורטת יותר בהתאם למספר מאפיינים תחבורתיים, כולל: כיסוי, נגישות, קיבולת, פיצול הנסיעות ושילוביות. (הערה: כיסוי, נגישות ופיצול הם גם חלק מהיעדים האסטרטגיים).

8.2.2 ניתוח תפקודי - כיסוי

כמו בשלבים המקדימים, גם בשלב הזה נבדקה רמת הכיסוי שהחלופות מספקות. בשלב זה הכיסוי נמדד לפי כמות האוכלוסייה ומקומות העבודה הנמצאים במרחק של 300 מ' ו-600 מ' מתחנת מתע"ן באזור האורבאני.

תוצאות הבדיקה מוצגות בטבלה 19. חלופה C2 הינה בעלת הכיסוי הגבוה ביותר. חלופות C3 ו M5 כיסוי העומד ביעדים ואילו M100 ו A4 כיסוי נמוך יחסית לחלופות המפותחות יותר.

טבלה 19. סיכום כיסוי אוכלוסיה ומועסקים

חלופה	אוכלוסייה		תעסוקה	
	300 מ'	600 מ'	300 מ'	600 מ'
A4	25%	56%	34%	66%
C2	31%	67%	39%	75%
C3	24%	61%	33%	71%
M5	25%	63%	36%	73%
M100	24%	58%	31%	67%

8.2.3 ניתוח תפקודי – נגישות וזמן נסיעה

ניתוח הנגישות נותן ביטוי ליעדי מהירות הנסיעה ביעדים האסטרטגיים. מדד הנגישות בו נעשה שימוש היה אחוז מכלל מקומות העבודה שהאוכלוסיה באזור מסויים יכולה להגיע אליהם תוך 60 דקות. הזמן הינו זמן מדלת לדלת.

מדד הנגישות חושב עבור כל אזור תנועה ומופה עבור האזור האורבני כפי שמוצג במפה 33. בחינה של פריסת הנגישות הראתה כי בכל החלופות רמת הנגישות משתפרת באופן משמעותי לעומת חלופת הבסיס, בעיקר נגישות בטבעת התיכונה. בחלופות המטרו ניתן לראות שיפור נוסף לאורך הפרוודורים, כאשר הקו הטבעתי משחק תפקיד מרכזי בשיפור הנגישות האזורית.

מדדי נגישות ממוצעים מתוך ניתוח זה שימשו גם לצורך ניתוח ה-MCA בהמשך.

לאחר בחירת החלופות לבחינה בשלב הסופי והרצתן במודל תל אביב, בוצע ניתוח מקיף של החלופות על בסיס תוצאות המודל. הניתוח נועד לבחור מבין החלופות את החלופה או החלופות לקידום תכנית אסטרטגית לפיתוח התחבורה הציבורית במטרופולין תל אביב.

הניתוח כלל שלושה חלקים:

א. בדיקת היעדים האסטרטגיים וניתוח תפקודי: בשלב זה נבדקה מחדש מידת ההשגה של היעדים האסטרטגיים על ידי החלופות ובוצע ניתוח שלהן עפ"י מדדי תפקוד תחבורתיים שונים.

ב. ניתוח כלכלי: בשלב זה נערכו אמדני העלויות הכוללות של החלופות ונאמדו התועלות של כל חלופה, כדי לחשב מספר מדדים אודות מידת הכדאיות הכלכלית.

ג. ניתוח MCA: השלב האחרון מביא בחשבון את הגורמים לעיל למסגרת של ניתוח רב משתנים, הלוקח בחשבון מדדי ביצוע נוספים, שנגזרו מרשימת מטרות ויעדים של התכנית.

8.2 ניתוח תפקודי ועמידה ביעדים האסטרטגיים

8.2.1 עמידה ביעדים האסטרטגיים

החלופות נבחנו בהתאם למידת עמידתם ביעדים האסטרטגיים כמוצג בטבלה 18 להלן.

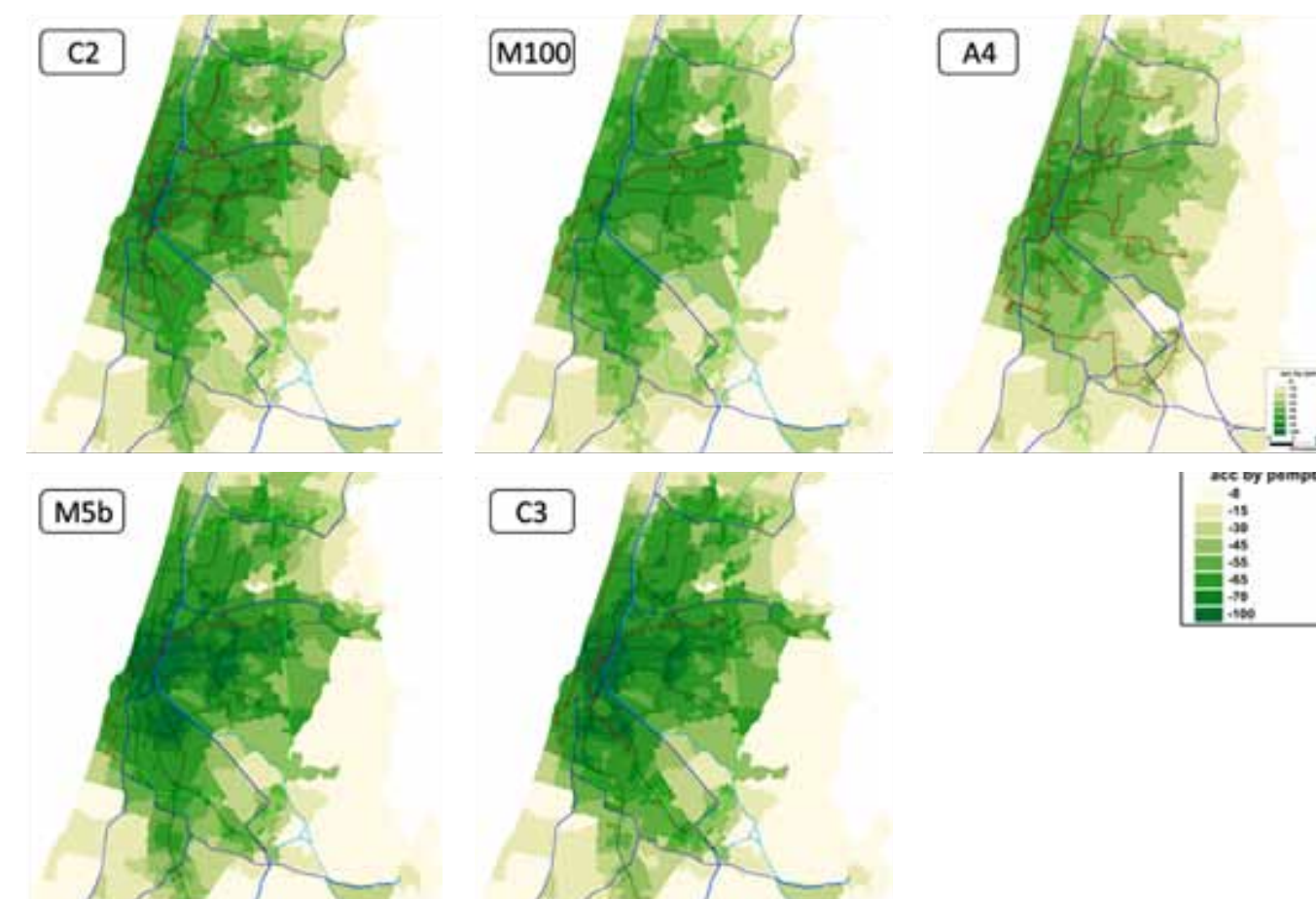
כפי שניתן לראות, חלופות M5 ו-C3 משיגות את הביצועים הגבוהים ביותר ביחס ליעדים האסטרטגיים: מספר הנסיעות בתחבורה הציבורית לתושב הינו גבוה מהיעד של 250 עליות לשנה, אחוז השימוש בתחבורה הציבורית קרוב ליעד (37-38%) ויעדי הכיסוי והנגישות בתחום היעדים שנקבעו. בשתי החלופות ישנה פרישה של רשת קווי מטרו מפותחת בעלת מהירות ממוצעת של כ 35 קמ"ש, המאפשרת לעמוד ביעדי המהירות והנגישות.

לחלופה M100 ביצועי כיסוי ונגישות נמוכים יחסית ליעדים. החלופה משפרת את מדד הנגישות לעומת התכנית הקיימת A4 בשל המהירות של קווי המטרו, אך היא לא מגדילה את הכיסוי. לחלופה C2 כיסוי גבוה של קווי רק"ל, אך הנגישות המטרופוליטנית נמוכה בשל כיסוי לא מספק של קווי מטרו מהירים, שמאפשרים להגיע ליעד המהירות של התכנית.

טבלה 18. בדיקת החלופות מול היעדים האסטרטגיים

2040 base								
	Objective	Target	Tel Aviv 2015	A4 2040	M100 2040	C2 2040	C3 2040	M5 2040
LOS	PT Vkm per capita	100 Vkm/apita	45	77	82	81	83	76
	PT average speed	25 Km/h	16	18	23	23	23	24
	Accessibility	60% 60 minutes	30%	39%	49%	52%	57%	58%
	Coverage	60% 600 m.	4%	56%	58%	67%	61%	63%
Usage	PT boardings per capita per year	250 Br/capita	110	177	263	269	275	307
	Percent of PT trips	40% PT Share	20%	26%	35%	36%	37%	38%
Investment	Investment in PT per capita	50,000 IS/Capita	7,600	15,400	28,100	31,100	39,200	44,700
	Length of reserved PT routes per 1000 poeple	150 m/1000 people	69	85	132	148	142	144

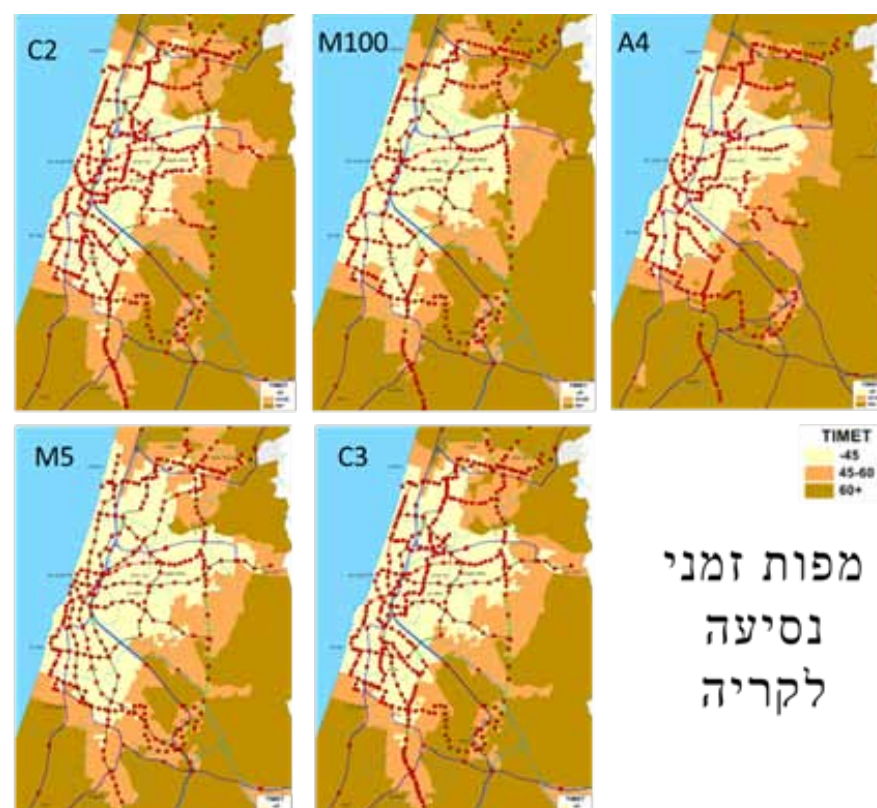
מפה 33. מפת מדד הנגישות לפי אזור



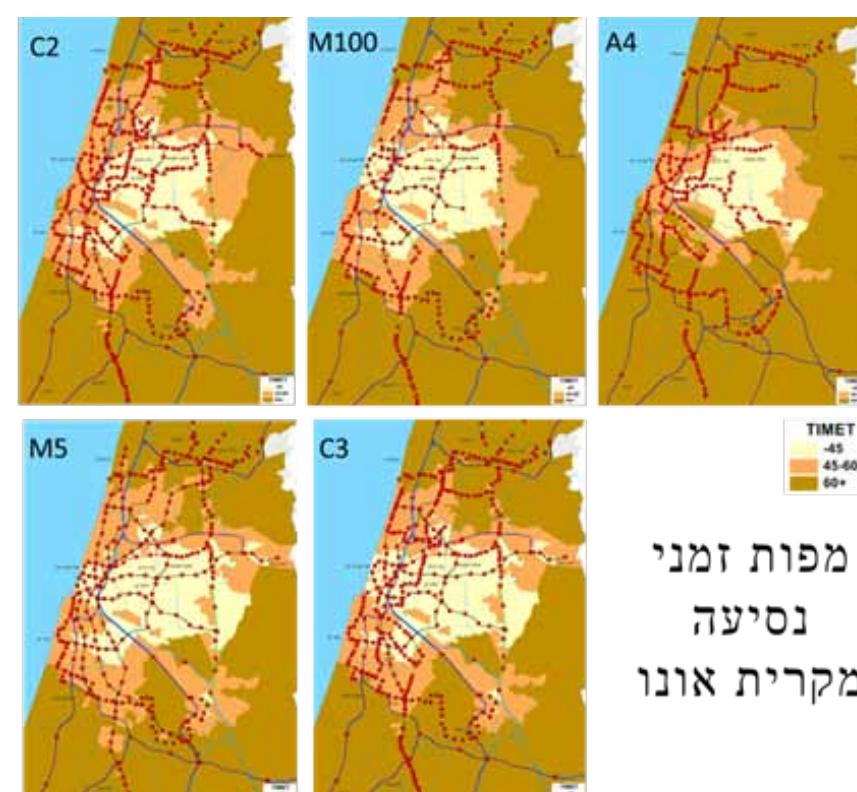
בנוסף למדד הנגישות, נבחנו מפות של זמני נסיעה מ/אל מוקדים נבחרים באזור הארבעי, כולל מוקדים במע"ר ומוקדים חוץ מע"רים. דוגמאות למפות אלה מובאות במפה 34 ובמפה 35.

במפות ניתן לראות את טווח ההגעה בתחבורה ציבורית מ/אל המוקד בחלופות השלב הסופי, בטווח נסיעה של עד 45 דק' ועד 60 דק' בתחבורה ציבורית. ניתן לראות כי בכל חלופות התכנית הטווח גדל. חלופות C3 ו M5 משפרות את זמן הנסיעה למע"ר ולאזורי התעסוקה העיקריים המטרופולין בצורה הטובה ביותר והן מספקות רמת נגישות גבוהה ושיוויונית יותר מהטבעת השנייה, בתחום 45-60 דקות.

מפה 34. זמני נסיעה מ/אל למוקדים נבחרים -הקרייה וקרית אונו

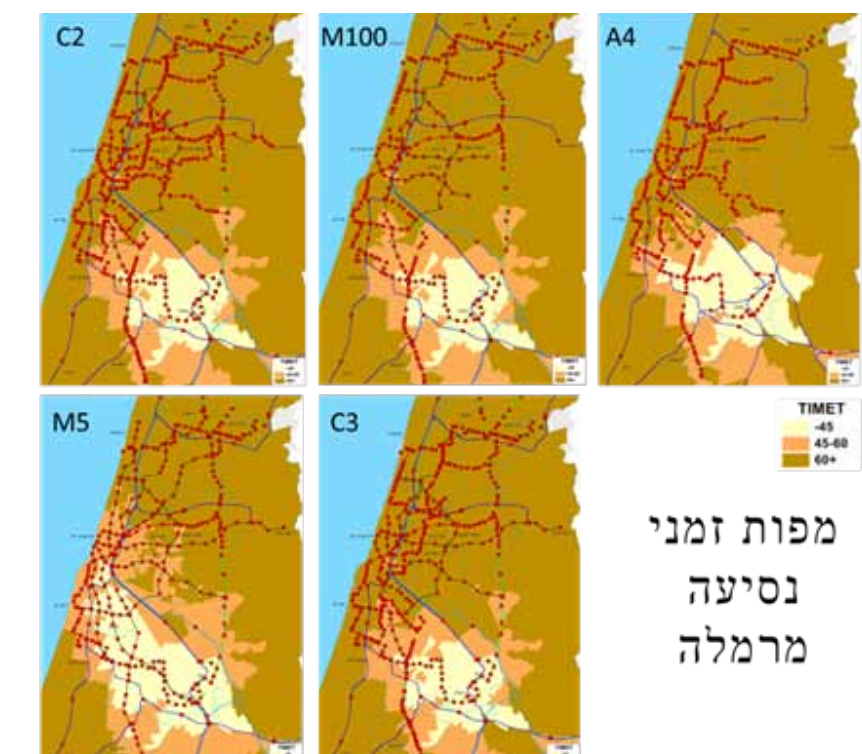
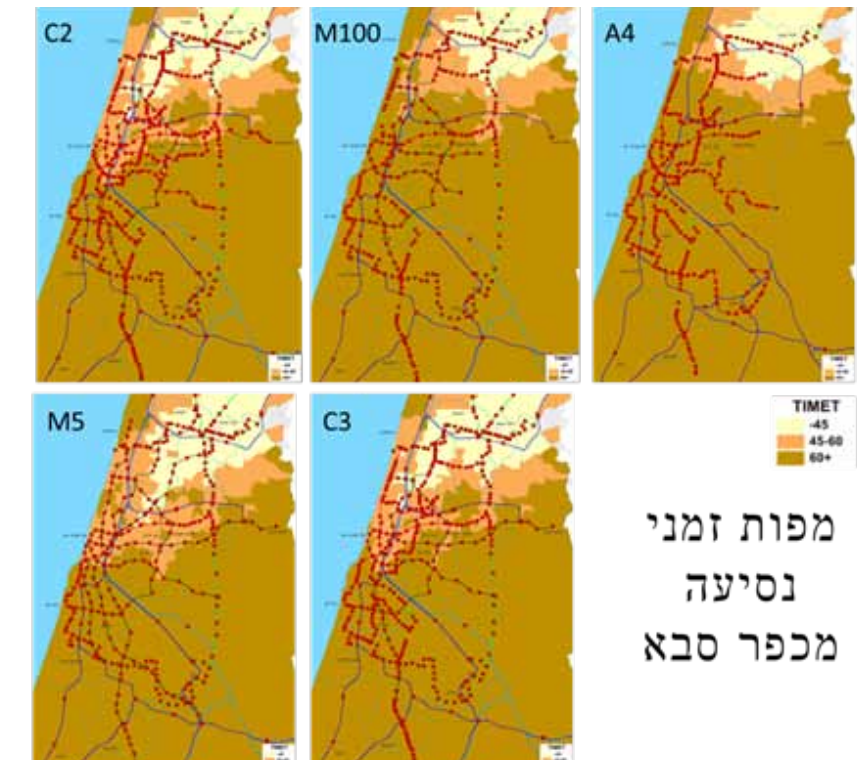


מפות זמני
נסיעה
לקרייה



מפות זמני
נסיעה
מקרית אונו

מפה 35. זמני נסיעה מ/אל למוקדים נבחרים -כפר סבא ורמלה



8.2.4 ניתוח תפקודי - קיבולת

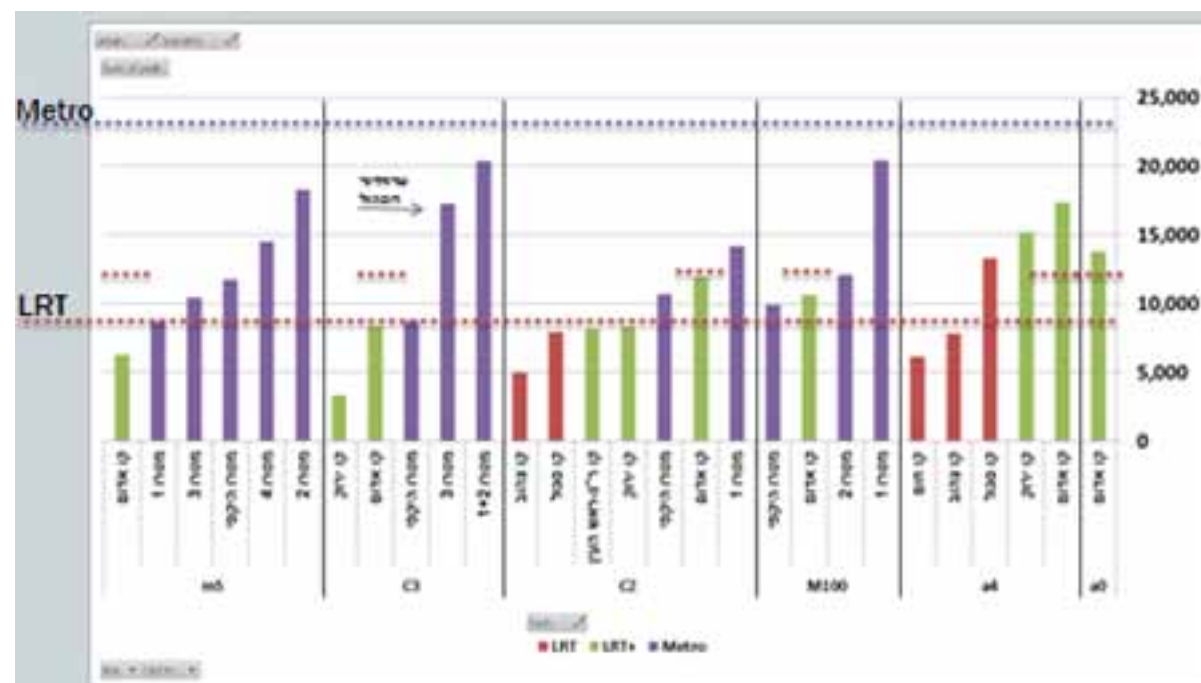
ניתוח קיבולת הקווים התבסס על בדיקת נפח הנוסעים בקטע שיא בקו ביחס לקיבולת ע"פ סוג הטכנולוגיה, כמוצג בטבלה 20. טכנולוגיית מטרו מספקת את הקיבולת הגבוהה ביותר המתקבלת משילוב של קיבולת רכב גבוהה יחד עם תדירות מאוד גבוהה. הונח כי קו רק"ל עם קטע תת-קרקעי משמעותי (בדומה לקו האדום), יהיה בעל קיבולת גבוהה מרק"ל רגיל. עבור קווים עם שלוחות, מדד הקיבולת הינו לפי הגזע.

טבלה 20. קיבולות אמצעי מתע"ן לחישוב מדד הקיבולת

מקס' נוסעים לשעה לכוון	קיבולת רכב	תדירות (רכב לשעה)	טכנולוגיה
3,600	150	24	BRT
9,000	450	20	LRT
13,500	450	30	LRT (קטע תת-קרקעי)
1,800	60	30	BRT פרברי
24,000	800	30	METRO
20,000	1,000	20	RAIL

בתרשים 17 מוצג הנפח בקטע השיא לפי תוצאות המודל עבור קווי המטרו והרק"ל בחלופות. ניתן לראות שבתכנית הקיימת רוב הקווים אינם עומדים בקיבולת. שאר החלופות עומדות בקיבולת וישנם בהם יש עודף קיבולת, במיוחד בחלופת המטרו המלאה M5.

תרשים 17. נפחי קטע שיא מתע"ן (ע"פ תוצאות מודל ת"א – שעת שיא בוקר)



8.2.5 ניתוח תפקודי - פיצול

ניתוח הפיצול מבוסס על תוצאות ההרצות במודל תל אביב. רמת הפיצול נבדקה לשעת שיא בוקר ולכל היום. רמת הפיצול חושבה ברמה של טבעות המטרופולין וגם נסיעות מחוץ למטרופולין והשווה ליעדי התכנית, כמוצג בטבלה 21. בטבלה זו, הנתונים בשורה והעמודה המציינים את הטבעת הפנימית כוללים גם את הגלעין.

כפי שניתן לראות, חלופת M5 מגיעה באופן הקרוב ביותר ליעד הפיצול, ולחלופת A4 הפערים המשמעותיים ביותר מהיעדים. בכל החלופות מתקבל פער לעומת היעדים בין הטבעת החיצונית לפנימית ולגלעין, המצביע על צורך בהמשך פיתוח של רכבת הפרברים והרשתות האזוריות.

טבלה 21. מדד הפיצול

יעדי פיצול מפורטים				
הפרש מיעד פיצול				
A0				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				
הפרש מיעד פיצול				

8.2.6 ניתוח תפקודי - שילוביות

השילוביות בין האמצעים נבדקה בדומה לבחינה שבוצעה בבדיקת הפערים, כלומר על ידי בחינת הסמיכות בין תחנות הרשת האורבנית לתחנות רכבת, באופן שתתאפשר היתכנות בסיסית לשילוביות הפיזית בין האמצעים. בכל חלופות התכנית קיים שיפור משמעותי לעומת מצב הבסיס, בין השאר כי הרשת יותר צפופה בטבעת התיכונה וקו המטרו הטבעתי יוצר הזדמנויות נוספות לשילוביות. אין הבדל גדול בשילוביות בין חלופות M5 ו-C2, C3.

טבלה 22. שילוביות תחנות רכבת ומתע"ן

חלופה	מס' תחנות רכבת	מחבורות למתע"ן	אחוז
a4	37	14	38%
m100	54	34	63%
C2	54	37	69%
C3	54	36	67%
M5	54	37	69%

מפה 37. שילוביות רכבת ומתע"ן

תכנית קיימת



חלופת M5



8.3 ניתוח כלכלי

8.3.1 מתודולוגיה

המחקר הכלכלי במסגרת תכנית פיתוח התחבורה הציבורית בגוש דן מיועד לסייע בעיצוב וניתוח חלופות התכנית ולהעריך את השפעות ותועלות התכנית ולקבוע את כדאיותן היחסית למשק של החלופות. במסגרת המחקר הכלכלי אמדנו את ההשפעות הישירות והחיצוניות ואת היתרונות לגודל ולרשת של תכנית הפיתוח.

המחקר הכלכלי הינו חלק מתהליך הערכה רחב יותר של החלופות לתכנית מערכת תחבורה עתירת נוסעים במטרופולין ת"א.

המתודולוגיה הכלכלית כוללת את המרכיבים להלן:

- א. אומדן עלויות
- ב. יתרונות לגודל ולרשת
- ג. פיתוח מודל כלכלי לבחינה של חלופות התכנית
- ד. ניתוח כלכלי

8.3.2 אומדן עלויות

אומדני העלויות נערכו לכל חלופה באופן פרטני על ידי חברת Egis שנשכרה על ידי הממשלה לצורך הערכת העלויות וחוות דעת נוספת על התוכנית. פרטי החלופות כללו את תאור הקווים, הטכנולוגיה (Metro, LRT, BRT, Rail), מסלולים ותחנות, תדירויות, מהירויות וכו'.

עלויות ההקמה, התפעול והתחזוקה של קווי המתע"ן (מטרו, רק"ל ו BRT) נאמדו על ידי חברת Egis, בהתבסס על מודלים וכלים שפותחו על ידי החברה למערכות מתע"ן על בסיס הניסיון בצרפת ובעולם, ובהתאמה למחירים בישראל. עלויות ההקמה (Capital Costs) כוללות עלויות תשתית ומסילות, מנהרות, תחנות, רכבים (ציוד נייד), המתקנים הנדרשים להפעלת הקווים, סקרים ובדיקות מקדימות ועלויות בלתי צפויות. עלויות ההקמה הוערכו בהתאם לחלוקה למרכיבי עלות של המערכת על פי המלצות ממשלת צרפת. העלויות של קווי המטרו נערכו בהנחה שכל הקווים הינם תת קרקעיים (מנהרה יחידה) לכל אורכם (בתכנון המפורט, יתכן וחלק מהקטעים של קווי המטרו יהיו במפלס הקרקע או עיליים, שהינם זולים משמעותית). עלויות התפעול והתחזוקה כוללים שכר עבודה, אנרגיה, חומרים, פחת ועלויות חידוש ציוד ותחזוקה.

בטבלה 23 מוצגים אומדני עלויות ההקמה של החלופות. העלויות כוללות את כל קווי המתע"ן (רכבות, מטרו, רק"ל ו BRT) למצט קווים בהקמה, בהם הקו האדום.

טבלה 23. אומדני סך עלויות הקמה של החלופות

Billion IS, 2015 prices, Single Tunneling incl. VAT

Estimated Capital Costs	M100	C2	C3	M5
Capital Cost - Single Tunneling				
Rail	6	6	6	6
LRT	0	28	8	0
Metro	79	67	131	167
BRT	6.9	5.9	4.6	4.6
Total Cost - (Billion IS)	93	108	149	178

טבלה 24. אומדני סך עלויות התפעול והתחזוקה השנתיות של החלופות

Million NIS, 2015 prices, incl. VAT

Estimated Capital Costs	M100	C2	C3	M5
OM cost				
LRT	0	1,529	298	0
Metro	1,830	1,906	2,324	3,655
BRT	823	731	548	553
Total Cost - (Billion IS)	2,652	4,166	3,170	4,209

ראה הרחבה בנספח א': דוח אגיס להערכת העלות המפורטת.

8.3.3 יתרונות לגודל ורשת

במובן הכלכלי, יתרונות לגודל ולרשת במערכות עתירות נוסעים יכולים להתבטא כדלקמן:

- **חיסכון בעלויות** – יתרונות לגודל באים לידי ביטוי בירידה בעלות הממוצעת לנוסע שמשמעותה ליעילות כלכלית גבוהה יותר במערכות עתירות נוסעים. גורמי היתרונות לגודל הם הוזלה של מרכיבים המשמשים מספר קווים כמו מסופים, מרכזי תחזוקה וכו'. יתרונות לגודל מתבטאים גם ביכולת לחסוך בעלויות ציוד נייד עקב רזרבה נמוכה יותר שנדרשת לשריין לצורך תפעול תקין, וכן ירידה בעלויות ביטוח, שמירת אינפורמציה, הוצאת מכרזים וכו'. יתרונות נוספים בתחום העלויות יכולים להתבטא בהפחתת עלויות עקב צבירת ניסיון ומומחיות בהקמה, תפעול ותחזוקה;

- **יתרונות לרשת** – המשמעות העיקרית של יתרונות לרשת מתבטאת בכך שכל מקטע או קודקוד נוסף ברשת (עד למיצוי מסויים) מאפשר הרבה חיבורים חדשים. מבחינת הנוסע הדבר מאפשר יותר נגישות, יותר אפשרויות בחירת מסלולים, חיבוריות ויתר ואמינות. ליתרונות אלו יש כמובן תועלת כלכלית למשתמש למשל בירידה בכמות הזמן הממוצעת בהגעה מנקודה לנקודה. במצב של קיום יתרונות לרשת, התועלת מקו חדש נוסף (או מקטע נוסף) תהיה גבוהה מסכום התועלות של המקטע וחלקי הרשת בנפרד.

יתרונות לגודל ויתרונות לרשת אינם מקיימים ללא גבול, אלא מתמצים בהיקף מסוים של גודל המערכת.. ברמה מסוימת תחל תפוקה שולית פוחתת של המערכת החל מקיבולת נוסעים מסוימת, בהתאם למאפייני העיר.

בעבודה להלן היתרונות לרשת מתמצים בהערכות הביקוש של המודל התחבורתי על פני רשת התחבורה הציבורית המוצעת. יש לציין כי למודל התחבורתי מגבלה לגבי יכולת ליצר יתרונות לרשת של תכנית המובססת על טכנולוגיות חדשות שאינן בשימוש במצב הקיים, בשל ההטייה הטבעית בתהליך כיול המודל למצב קיים. ניתוח יתרונות לגודל ולרשת לא נעשה באופן מפורש לכל חלופה. מומלץ לבצע ניתוח כזה לתכנית במסגרת בדיקות הפיזיביליות ובדיקות המימון.

8.3.4 המודל התחבורתי

תחזיות הביקוש נערכו באמצעות מודל תל אביב לשנות היעד 2040 ו-2060, ועבור מספר תרחישים ולמספר תקופות יום.

ההצבות מתבססות על תחזיות אוכלוסיה ומועסקים, ונערכו על ידי נת"ע בשילוב משרד הפנים והלמ"ס בשנת 2013 ועודכנו במסגרת פיתוח מודל ת"א ודרישות התכנית במהלך שנת 2015.

החלופות שנבחנו במסגרת ההערכה הכלכלית הן כדלקמן:

- **חלופת A0** - קו אדום – חלופה הכוללת בשנת 2040 את הקו אדום במתכונת הנוכחית, רשת רכבת על פי תכנית קיימת ורשת אוטובוסים מותאמת.
- **חלופה A4** - תכנית אב/תמ"א 4/א/23 –כוללת את רשת קווי תכנית אב נת"ע (המונה 7 קווי מתע"ן), רשת רכבת על פי תכנית קיימת ורשת אוטובוסים מותאמת.
- **חלופות התכנית** – חלופות לפיתוח רשת התחבורה הציבורית במטרופולין ת"א:

« **חלופות מטרו רדיאלית מעגלית: M5** - משפחה של חלופות המבוססת על מערך של 5 קווי מטרו רדיאלי היקפי, רשת רכבת היררכית (בינעירונית ופרברית) ורשתות אזוריות.

« **חלופה מטרו מצומצמת: M100** - הינה תכנית המבוססת על מערכת מטרו מרכזית בפריסה מצומצמת ובהיקף השקעה נמוך יחסית למערכת המטרו המלאה, כמודל M5 למשל.

« **חלופות משולבות: C2-C3** – משפחה של חלופות המשלבות רשת חלקית של קווי LRT במתכונת התכנית הקיימת עם רשת קווי מטרו בגוש האורבני, רשת רכבת היררכית (בינעירונית ופרברית) ורשתות אזוריות.

כל התועלות במודל חושבו ביחס לחלופת A0 שהינה חלופות הבסיס.

התחזיות נערכו למספר תקופות יום ורוכזו לסה"כ יומי לצורך אמידת המודלים הכלכליים. הניתוחים התחבורתיים והתפקודיים נערכו בעיקר לתקופות השיא אך גם ליתר שעות היום לצורך בדיקת תפקוד הרשת.

8.3.5 המודל הכלכלי

ניתוח עלות/תועלת (CBA) נערך לארבע חלופות התכנית. התועלות הכלכליות כללו חיסכון בזמן נוסעים, חיסכון בעלויות תפעול רכב פרטי ותחבורה ציבורית, חיסכון בחניה, עלויות הון, שיפור באמינות, השפעות סביבתיות ובטיחותיות, ערך מאופציה של תחבורה ציבורית והשפעות על פיתח אורבני-כלכלי. התועלות חושבו לשנת יעד להקמה מלאה של המערכת (20 שנה). תחזיות הביקוש לנסיעות במודל התחבורתי התבססו על תחזית אוכלוסייה של 5.2 מיליון תושבים לשנת 2040, כאשר נעשה ניתוח גם עבור תחזית אוכלוסייה של 6.2 מיליון תושבים המייצגת תחזית לטווח ארוך יותר (2050-2060).

תועלות הפרויקט

התועלות וההשפעות חושבו בהתאם להנחיות נוהל פר"ת 2012, כדלקמן:

- **תועלות ישירות:**

« **הפחתה בגודש וחיסכון בזמן** – באמצעות המודל התחבורתי אמדנו את השינוי בשעות נוסעים ברשת הכבישים והתחבורה הציבורית, בעקבות ההשקעה בכל חלופה ומעבר נוסעים מהרכב הפרטי לתחבורה הציבורית.

« **השפעה על עלויות תפעול כלי רכב**- אומדן החיסכון בעלויות תפעול כלי רכב ברשת הדרכים.

« **החיסכון בחניה והון רכב** – אמדנו את היקף הנוסעים הנוספים שהרכבת יכולה להביא אל מרכז העיר בשעת שיא, והחיסכון במקומות חניה הנגזר מאי הגעת רכב פרטי, בהתאם לתרחיש שנבדק. כמו כן, המודל העריך את היקף החיסכון בהון רכב כתוצאה מהקמת מערכת תחבורה ציבורית מפותחת במטרופולין.

« **תועלת משיפור באמינות** – מערכות עתירות נוסעים הנוסעות בנתיבים בעלי זכויות דרך בלעדיות מאפשרות לנוסעים לתכנן טוב יותר את זמן הנסיעה וההגעה גם באזורים צפופים וגדושים מאוד. בכך מתבטא יתרון מהותי של מערכות מופרדות פיזית לחלוטין כגון רכבת פרברית או מטרו, אך גם שיפורים מהותיים במערכות של רכבות קלות ו BRT הנוסעות במסלול בלעדי עם העדפה חלקית בצמתיים. השיפור ממודל מתבטא בהקטנה של סטיית התקן של זמן הנסיעה.

- **תועלות עקיפות:**

« **החיסכון בהשפעות חיצוניות של רעש וזיהום אוויר** – תועלת זו נאמדה באמצעות חישוב השינוי בנוסעה של הרכב הפרטי והאוטובוסים, וחישוב ההשפעה של פליטות באמצעות מקדמי פליטה של המשרד לאיכות הסביבה וערך הפליטה בסביבה פתוחה ובסביבה מטרופולינית, בהתאם לשינוי בנוסעה.

« **אומדן החיסכון בעלות תאונות דרכים** – בנוהל פר"ת 2012 טרם נכללה מתודולוגיה להערכה של השפעות בטיחות במערכת עירונית מורכבת. לפיכך, ערכנו אומדן אינדיקטיבי של השינוי בעלות תאונות על בסיס עלות ממוצעת של תאונות דרכים לק"מ רכב פרטי ואוטובוס ואומדן השינוי בנוסעה בתרחישי הבדיקה.

« **ערך האופציה** - קיום האופציה לשימוש בתחבורה ציבורית, מהווה תועלת לאוכלוסייה היכולה להשתמש, אף אם בפועל אינה משתמשת, כפוף להנחות בדבר הנכונות לשלם. תועלת זו יכולה לנבוע מהאופציה להשתמש במצבים מיוחדים בהם הרכב לא זמין, האופציה להשתמש בעתיד, וקיום השרות כך שלאנשים אחרים תהיה יותר נגישות אל הפרט. שרותי תחבורה ציבורית יכולים לספק 'רשת ביטחון' המוערכת כאופציה אפילו בעיני נוסעים המעדיפים לנסוע ברכב הפרטי. יתרה מכך, הנוסעים בתחבורה ציבורית עשויים להיות מוכנים לשלם מחיר גבוה יותר, על מנת לשמר את האופציה לשימוש עתידי בתחבורה ציבורית. אומדן ערך האופציה לרשת התחבורה הציבורית המתוכננת בגוש דן נערך על בסיס סקר נכונות לשלם שנערך במסגרת נוהל פר"ת.

- **התועלת מפיתוח אורבני/כלכלי:** פרויקט תחבורתי המיועד לשרת אזור אורבני, צפוי לשפר את מידת הנגישות למוקדי הפעילות העירוניים (מוקדים כלכליים, ציבוריים, תרבותיים וכיו"ב), וכך להגדיל את מספר הנהנים מנגישות לאותם מוקדים עירוניים הן מבחינה מספר הנהנים מהשיפור בנגישות, והן מבחינת הפיזור הגיאוגרפי של המשתמשים. העלייה במידת הנגישות לאותם מוקדים אורבניים תביא לעליה בביקוש לקרקע באזור – אך יתכן על חשבון ירידה בביקושים באזורים אחרים. השפעה נוספת של השיפור בנגישות תהיה על התעסוקה. שיפור בנגישות יאפשר לעובדים להגיע למרכז התעסוקתי ממקומות רחוקים יותר. שינוי משמעותי נוסף שיכול להתקיים הוא גידול במספר מקומות עבודה עקב מעבר פירמות בגלל הנגישות הנוחה. לריכוז פעילות כלכלית ותרבותית במוקד משותף. יתרונות אפשריים נוספים נובעים משיפורים בפריון ומאגלומרציה אורבנית שמשמעותה עידוד ריכוז פעילויות במרכז עירוני. שיטת האגלומרציה אומדת את התועלת האורבנית באמצעות חישוב הגידול בפריון. הקשר בין תחבורה ופתוח כלכלי ושילובו בבדיקת הכדאיות הינו אחד הנושאים המרכזיים השנויים במחלוקת בקרב החוקרים בעולם. הנושאים במחלוקת הם: א. חשבונאות כפולה - האם אכן קימת השפעה חיצונית חיובית או שהיתרונות הכלכליים לעיל הם ביטוי לשיפורי הנגישות שכבר נימדדו בסעיף חסכון בזמן המשתמשים; ב. אמידה נכונה של היקף התועלות החיצוניות; ג. תוצאות אמפיריות סותרות המדווחות בספרות המחקרים.

משרד התחבורה הבריטי מציין שלושה מקורות להשפעות כלכליות רחבות, מעבר לתועלות הישירות של הפרויקט (חיסכון בזמן):

דולר (להרחבת סידרת אג"ח קימת) ל-30 שנה בתשואה של 4.181%. אם נאמץ גישה זאת נוכל לראות בתשואות אלו את טווח עלות גיוס ההון של המדינה שנע לפיכך בין כ- 2.8% לבין 4.2%. אחוז זה נופל משמעותית משער הנכיון הנוכחי של 7%.

ה. עלות חבילת המימון לפרויקט ספציפי

ניתן לטעון שלכל פרויקט ציבורי חבילת מימון משלו ושעלות מימונה מהווה את שער הנכיון הראוי. בעיקר הדבר אמור בפרויקטים ציבוריים בהם ישנו מרכיב מימוני פרטי למשל בפרויקטים של שיתוף הסקטור הפרטי. הבעיה המרכזית באימוץ גישה זו היא שלצורך יישומה חיבים לדעת מהי חבילת המימון – ומכאן מהו שער הנכיון – לפני שניתן לבצע מאזן עלות תועלת של כדאיות הפרויקט, אינפורמציה שלכשלעצמה משפיעה על האפשרות לבנות חבילת מימון בעלות נתונה. בעיה נוספת היא ריבוי שערי הנכיון שיתקבלו כך שאפילו פרויקטים זהים במהותם יתכן ויהוונו בשערי נכיון שונים.

מדדי הכדאיות

ערך נוכחי נקי - ענ"ב (Net Present Value - NPV) - מדד כדאיות המתאר את התרומה נטו של הפרויקט באמצעות חישוב סך התועלות המהוונות הנובעות למשק מביצוע הפרויקט, פחות סך העלויות המהוונות למשק מביצוע הפרויקט, לאורך כל משך החיים הכלכלי של הפרויקט, בערך נוכחי. כלומר, כל העלויות והתועלות מהוונות לערך נוכחי, לנקודת הייחוס - זמן אפס t=0 (שנה ראשונה). מדד זה אפקטיבי תחת ההנחה שהתקציב להשקעות הוא בלתי מוגבל (בשער הריבית השנתי להוון כפי שנקבע). מדד ערך נוכחי נקי:

$$NPV(r,n)=\sum_{t=0}^n\frac{B_t-C_t}{(1+r)^t}$$

כאשר:

r = שער הריבית להיוון, שנתי

n = תקופת הבדיקה הכלכלית בשנים

Bt = ערך כספי של התועלות בשנה ה- t

Ct = ערך כספי של העלויות בשנה ה- t

קריטריון ההחלטה: הפרויקט כדאי אם NPV(r,n)>0 .

ככל שערכו של NPV(r,n) גבוה יותר, עולה מידת הכדאיות של הפרויקט.

« **אגלומרציה**: תועלת כלכלית הנובעת מהגדלת נגישות למרכזים עם יתרונות לגודל.

« **תחרות לא משוכללת (הקטנת חסמי שוק)**: הגדלת מרחב הבחירה בשוק בו המחרים לא בהכרח משקפים את העלות השולית.

« **השפעה על שוק העבודה**: הגדלת היעילות בהקצאה יעילה יותר של כח העבודה בין מעסיקים לעובדים, עקב הגדלת מרחב הבחירה.

ישנן שיטות רבות להערכות מאקרו כלכליות של פיתוח אזורי/כלכלי בספרות וגם חילוקי דעות רבים באשר למרכיבי ההשפעה, היקף ההשפעה והמתודולוגיה.

התועלת שחישבנו במסגרת ההערכה הכלכלית של החלופות הינה חלקית ומתייחסת רק להשפעת הפרויקט התחבורתי על אגלומרציה. המתודולוגיה אינה מתיימרת לכלול את כלל ההשפעות החיצוניות הנובעות מפרויקטים תחבורתיים כגון השפעות של תחרות לא משוכללת, השפעה על שוק העבודה, עלייה בהיקף התיירות, שיפור באיכות שעות הפנאי, עלייה בהיקף המסחר וכיו"ב.

תזרים התועלות

בניית תזרים ההשקעות והתועלות תלוי במרכיבים רבים וביניהם היקף התקציב המושקע בכל שנה, זמינות הפרויקטים, קצב התקדמות ההקמה, שלביות ההקמה וכו'. ישנן אפשרויות רבות לקביעה של שלביות הקמה בכל חלופה, אשר צריכה להביא בחשבון שיקולים של זמינות, התפתחויות אורבניות וכדאיות של חלקי המערכת השונים לרבות יחסי השלמה בין חלקי המערכת. הערכה כזו אינה יכולה להתבצע במסגרת עבודה זו, ולפיכך לצורך הערכה של תזרים התועלות הונחו הנחות מפשטות שמטרתן יצירה של הליך הקמה סינטי של השקעה אחידה במשך 20 שנה. במקביל, לאחר תקופת הקמה ראשונית בת 5 שנים, נפתח הפרויקט הראשון ומתקבלות התועלות ממנו והן גדלות בקצב קבוע עד להשלמת ההמערכת בתום 20 שנה. קצב הגידול של התועלות אחרי 20 שנה נקבע על פי התחזיות לשנות היעד הרחוקות יותר 2050 ו 2060 (כאשר היקף האוכלוסיה במטרופולין הוא 6.2 מיליון תושבים).

שער ההיוון

בספרות המחקרית בנושא זה ניתן לזהות מספר גישות לקביעת שער הנכיון (שער ההיוון) הראוי בפרויקטים ציבורים כגון תשתית תחבורתית. להלן תיאור קצר של כל גישה.

א. שער ריבית בהשקעות במגזר הפרטי

ההנחה בבסיס גישה זו היא שמרבית המקורות להשקעות ציבוריות באות ממיסוי על משקי הבית ופירמות, שללא המיסוי היו משקיעות מקורות אלו בתשואה המקובלת בסקטור הפרטי. לכן, אנו מצפים שהתשואה האלטרנטיבית בהשקעות ציבוריות, לפחות לא תפול מתשואת ההשקעה האלטרנטיבית שניתן לקבל בסקטור הפרטי. תשואה זו מהווה לכן את שער ההיוון הראוי. הבעיה העיקרית בגישה זאת היא צורך לזהות ולבחור שער תשואה (או שער ריבית) מייצג מתוך מגוון השערים הקיימים בשוק הפרטי.

ב. שער ריבית משוקלל בין צריכה והשקעה בסקטור הפרטי

גישה זו דומה במהותה לגישה הקודמת למצט ההבחנה ששקל שנלקח כמס ממשקי הבית בפועל היה משמש הן להשקעה והן לתצרוכת (למשל לקיחת משכנתא). הטענה לכן ששער הנכיון הראוי בפרויקטים ציבוריים חייב להיות ממוצע משוקלל של תצרוכת והשקעה (מנוכה ממס) כאשר המשקלות הן הנטיות השוליות של תצרוכת ושל השקעה. גם בישום גישה זאת קיימת הבעיה של זיהוי ובחירת שערי הריבית הרלוונטיים הקיימים בשוק. בעיה נוספת היא שחלק לא מבוטל ממשקי הבית בפועל לא חוסכים, ולכן לא משקיעים, וכל הכנסתם מופנית לצריכה שבה שערי הריבית גבוהים יחסית.

ג. שער נכיון חברתי (העברות בין-דוריות)

גישה שונה לחלוטין מבוססת על הטענה שהתועלות מפרויקטים ציבורים יתקבלו על פני הרבה שנים (למשל 40-30 שנה בפרויקטים תחבורתיים) ולכן יטיבו בעיקר עם הדור הבא. שער הנכיון הראוי לכן צריך לשקף את השיעור מהמקורות הנוכחיים שיופנו לתועלת הדור הבא כך שמצבו (רווחתו) של הדור הבא יהיה לפחות כמו זה של הדור הנוכחי. את רווחתו של הדור הנוכחי ניתן למדוד במונחי הכנסה לנפש. לפיכך שער הנכיון הראוי ישקף את שיעור המקורות הנוכחיים שיש להפנות להשקעה ציבורית כך שההכנסה לנפש בדור הבא תהיה לפחות כמו זה של הדור הנוכחי (בהתחשב בשינויים דמוגרפיים ואחרים). למרות שפותחו מספר מודלים לאמידת שער ההיוון החברתי, קיימים קשיים בכימות כל אותם משתנים עתידיים המשפיעים על רווחת הדורות הבאים (כגון גורמי צמיחה, שינויים טכנולוגיים ושיפור הון אנושי).

ד. עלות גיוס מקורות למשק

הטענה בבסיס גישה זו ששער ההיוון הראוי צריך לשקף את עלות גיוס מקורות ההון למשק, וששוקי ההון הבינלאומיים מתמחרים נכון עלות זאת הכוללת פרמיות סיכון בגין מצבו של המשק וכושרו להחזיר הלוואות. מה ניתן ללמוד מהשימוש בגישה זו על שער הנכיון הראוי? במארס 2016 ביצעה הממשלה שתי הנפקות דולריות בשוק הבינלאומי: 1 מילארד ל-10 שנים בתשואה של 2.875% ו-500 מיליון

8.3.6 ניתוח כלכלי

התועלות הישירות והעקיפות של חלופות התכנית למשק הלאומי נאמדו בכ- 12-16 מיליארד ₪ לשנה לאחר הקמה מלאה של המערכת (20 שנה). אומדן התועלת של חלופה C2 הינה הנמוכה ביותר (12 מיליארד ₪) ואילו חלופה M5 הינה הגבוה ביותר (16 מיליארד ₪). כ-75% מהתועלות הינן תועלות ישירות. מרכיבי התועלת העיקריים הינן חיסכון בזמן נוסעים (40-45%), שיפור באמינות זמן הנסיעה (14-17%) ופיתוח אורבני/כלכלי (12-15%). חלופות M5 ו-C3 הן בעלות החיסכון הגבוה ביותר בזמן הנוסעים ואמינות זמן הנסיעה בשל כיסוי גבוה יותר של קווי מטרו.

טבלה 25. אומדן תועלות שנתיות לפי חלופות

CBA - Summary Table		M100	C2	C3	M5
Billion NIS	units				
Economic Benefits					
Direct					
Operating Costs	layer 1	3.3	3.7	4.0	3.6
Time Savings	layer 1	5.3	4.6	5.7	7.1
Parking + Capital Savings	layer 1	2.0	2.1	2.1	2.2
Reliability	layer 1	1.5	1.6	1.8	2.0
Total direct benefits		12.2	12.1	13.6	14.9
Indirect					
Environment	layer 2	0.3	0.3	0.3	0.4
Safety	layer 2	1.0	1.2	1.2	1.3
Urban Development	layer 2	1.8	1.8	1.8	2.0
Option Value	layer 2	0.1	0.1	0.1	0.1
Total indirect benefits		3.2	3.4	3.5	3.8
Total Annual Benefits		15.4	15.5	17.1	18.8

טבלה 26 מציגה את המדדים הכלכליים של חלופות התכנית בשיעור היוון של 4% ו 7%. הניתוח הכלכלי מראה שחלופות M5 ו C3, שנמצאו הטובות ביותר בעמידה ביעדים האסטרטגיים, הינן כדאיות כלכלית ובעלות ערך נוכחי נקי גבוה של 98 ו- 93 מיליארד ₪ בהתאמה. שתי החלופות משיגות גם יחס עלות תועלת של 1.7 ו 1.8 בהתאמה. חלופה M100 הינה בעלת מדד יחס B/C הגבוה ביותר וגם מדד NPV הגבוה ביותר והינה, על כן, היעילה ביותר מנקודת המבט הכלכלית.

בדיקת רגישות נערכה עבור שער היוון של 7%. ניתוח הרגישות הראה שכל החלופות כדאיות גם בהיוון עם 7% ריבית , כאשר לכולן ביצועי יחס B/C גבוהים מ 1.3.

יחס תועלת- עלות (Benefit-Cost Ratio) - מדד כדאיות המתאר את היחס בין הערך הנוכחי של תועלות הפרויקט (המונה) לערך הנוכחי של עלויות הפרויקט (המכנה). יחס עלות תועלת מכונה לעיתים גם בשם מדד הרווחיות (Profitability Index) ומובנותו האינטואיטיבית למקבלי החלטות היות והוא משקף את התועלת המתקבלת באופן יחסי לכל שקל המושקע בפרויקט. מדד זה הינו מדד יחסי המסייע בבחירת פרויקטים לביצוע במגבלת תקציב: ככלל, התועלת מתקציב נתון תהיה מקסימלית, אם התקציב ינוצל לביצוע פרויקטים להם יחס תועלת עלות גדול יותר. עם זאת, ההשוואה בין פרויקטים שונים בהיקף ההשקעה במונחי יחס עלות/תועלת צריכה להיעשות במשנה זהירות.

$$B / C(r,n) = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

קריטריון ההחלטה: הפרויקט כדאי אם >1 B/C(r,n). ככל שערכו של (B/C(r,n) גדול יותר, עולה מידת הכדאיות של הפרויקט.

שיעור התשואה (Return Rate) – המדד מבטא את שיעור התשואה הכולל של הפרויקט על ההשקעה הכוללת המהוונת.

$$\frac{NPV(CF)(r,n)}{PV(C)(r,n)} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} = B / C(r,n) - 1$$

טבלה 26. ריכוז מדדי כדאיות כלכלית

	Billion NIS, 2015 economic prices			
	M100	C2	C3	M5
4%				
NPV (4%,40 years)	109	87	93	98
B/C ratio	2.4	1.9	1.8	1.7
Return Rate	143%	88%	83%	71%
7%				
NPV (7%,40 years)	45	31	29	28
B/C ratio	1.9	1.5	1.4	1.3
Return Rate	86%	47%	37%	29%

טבלה 28. ריכוז מדדי כדאיות כלכלית- בדיקת רגישות לתוספת עלות תפעול ותחזוקה בשיעור 50%

	Billion NIS, 2015 economic prices			
	M100	C2	C3	M5
4%				
NPV (4%,40 years)	97	67	78	78
B/C ratio	2.1	1.6	1.6	1.5
Return Rate	109%	57%	61%	49%

אומדן התועלת השנתית המינימלית הנדרשת להצדקת כדאיות הפרויקט – אמדנו את ההיקף של התועלת השנתית, לאחר הפעלה מלאה של המערכת, הנדרשת לצורך כיסוי עלויות ההשקעה, התפעול והתחזוקה של מערכת המתע"ן בכל חלופה. טבלה 29 להלן מראה שהטעות המינימלית הנדרשת בחלופה C3 הינה כ 9.4 מיליארד ש, המהווה כ 70% מסך התועלות שנאמדו לפרויקט. ניתוח זה מאשש את רמת הודאות בכדאיות של התכנית ומדגיש את הכדאיות הכלכלית הגבוהה במיוחד של חלופה M100.

טבלה 29. בחינה של התועלת המינימלית הנדרשת לכיסוי

A n n u a l Benefit Billion NIS	Alternative			
	M100	C2	C3	M5
Benefits calculated:				
Direct benefits	12.2	12.1	13.6	14.9
Indirect benefits	3.2	3.4	3.5	3.8
Total benefits	15.4	15.5	17.1	18.8
Minimal benefits needed	6.3	8.2	9.4	11.5
% of direct benefits	52%	68%	69%	77%

החלופות נבדקו גם במספר בדיקות רגישות כמפורט להלן:

אומדן כדאיות הכולל תועלות ישירות בלבד – בחינת רגישות זו בוחנת האם החלופות כדאיות על סמך התועלות הישירות בלב, מה שמצביע על רמת ביטחון גבוהה יותר באשר לכדאיות הפרויקט. בטבלה 27 להלן תוצאות בדיקת הרגישות המראות כי כל החלופות כדאיות גם כאשר התועלות העקיפות אינן נכללות באומדן הכדאיות.

טבלה 27. ריכוז מדדי כדאיות כלכלית- תועלות ישירות בלבד

	Billion NIS, 2015 economic prices			
	M100	C2	C3	M5
4%				
NPV (4%,40 years)	70	46	51	52
B/C ratio	1.9	1.5	1.5	1.4
Return Rate	92%	46%	45%	38%

אומדן כדאיות הכולל הגדלה של עלויות התפעול והתחזוקה של מערכת המתע"ן ב 50% – עלויות התפעול של מערכות המתע"ן מניחות הנחות של יעילות ויתרונות לגודל. לצורך בחינת רגישות התוצאות בחנו תרחיש של גידול בעלויות התפעול והתחזוקה. בטבלה 28 להלן תוצאות בדיקת הרגישות המראות כי רמת הכדאיות של החלופות נותרת גבוהה.

8.4 ניתוח רב משתנים MCA

8.4.1 מסגרת הערכה

לסיכום הערכת החלופות, נערך ניתוח רב משתני (MCA) בהתאם ליעדים ומדדים שונים, ששוקללו באמצעות משקלות שנקבעו על ידי ועדת פורום הסעת המונים. חשוב לציין ולהדגיש כי הועדה התייחסה לדרוג ה-MCA והניתוחים האחרים אשר הוצגו לעיל, ככלים תומכי החלטה.

הועדה קבעה ארבעה תחומים או מטרות על לניתוח ה-MCA:

- **תחבורה:** שימוש בתחבורה הציבורית, מהירות ממוצעת בתחבורה הציבורית, מדדי ביצוע, נגישות ושוויון חברתי.
- **כלכלה:** יחס תועלת/עלות (B/C), עלות למשתמש תחבורה ציבורית, אחוז כיסוי הוצאות תפעול, פיתוח אורבני-כלכלי.
- **איכות חיים וסביבה:** כיסוי אוכלוסייה במרחק הליכה מתחנת מתע"ן, אמינות המערכת, התאמת המערכת למוקדי פעילות, מספר מעברים ממוצע במערכת התחבורה הציבורית, בטיחות וסביבה.
- **ישימות:** מדדי ישימות לתכנון והקמה של המערכת.

עבור כל אחד מהתחומים הוגדרו רשימת קריטריונים ומדדים כמתואר להלן.

תחבורה

אחוז נסיעות בתחבורה הציבורית: המדד בוחן את היקף השימוש הממוצע היומי בתחבורה הציבורית מסך הנסיעות הממונעות במטרופולין.

מהירות הנסיעה בתחבורה הציבורית: המדד בוחן את המהירות הממוצעת של התחבורה הציבורית. חישוב המדד לוקח בחשבון את הנסועה של כל אמצעי תחבורה ציבורית והמהירות הממוצעת שלו במערכת.

נגישות אוכלוסייה ב-60 דקות: במדד זה נבדק אחוז מקומות העבודה שהאוכלוסייה באזור האורבני יכולה להגיע אליהם תוך 60 דקות. הזמן הינו זמן מדלת לדלת (כולל זמני המתנה ומעברים).

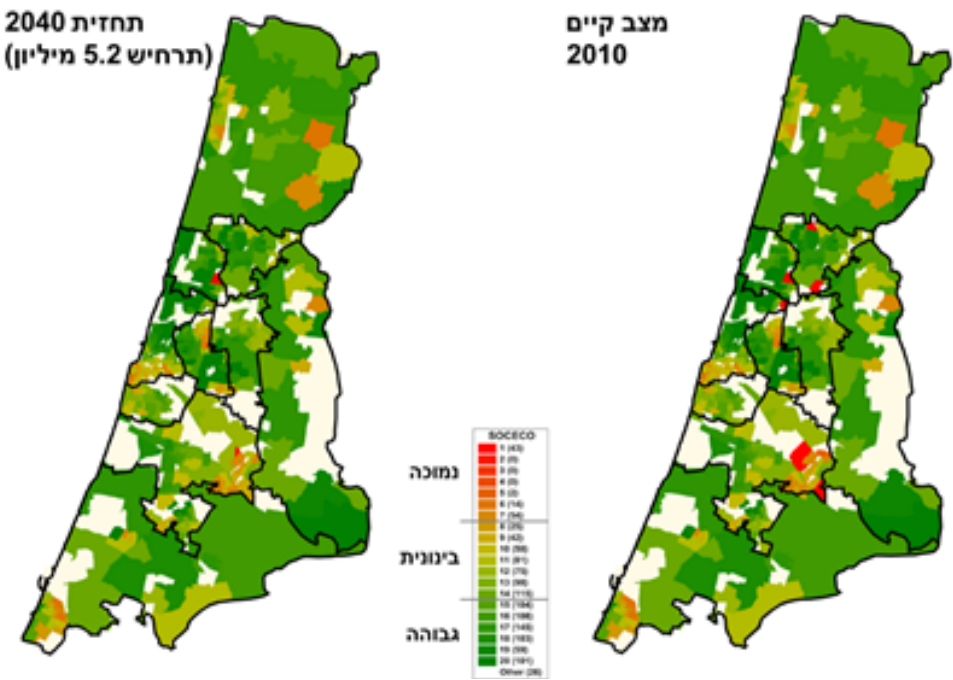
נגישות ל-10 מוקדי תעסוקה עד 45 דקות: במדד זה נבדקה הנגישות למע"ר ולעשרת מוקדי התעסוקה הגדולים במטרופולין. המדד בוחן את אחוז האוכלוסייה באזור האורבני היכול להגיע למוקדים בתוך 45 דקות. עשרת מוקדי התעסוקה נקבעו לפי מספר המועסקים בתחזית לשנת 2040 (ראה בטבלה 30).

טבלה 30. מוקדי התעסוקה הגדולים- שנת 2040

מועסקים ב-2040	אזור תעסוקה	
49,798	אזור תעשייה קריית אריה-פ"ת	1
37,714	אזור תעשייה חולון	2
30,332	אזור תעשייה בני ברק/קניון א"לון	3
30,329	מב"ת ראשון לציון (ראש"צ מערב)	4
29,984	אזור תעשייה הרצליה פיתוח/רב מכר	5
27,470	פארק המדע רחובות	6
26,762	קריית עתידים	7
22,017	פארק תעשייה רעננה צפון	8
20,918	אזור תעשייה רמלה	9
18,735	אזור תעשייה סגולה. פ"ת	10

נגישות אוכלוסייה ברמה סוציו-כלכלית נמוכה: מדד זה מיועד לבחון את רמת השוויוניות של התכנית. המדד בודק את רמת הנגישות של האוכלוסייה החלשה, לפי המדד החברתי-כלכלי של הלמ"ס, למקומות התעסוקה בטווח 45 דקות.

מפה 38. מיפוי אשכולות חברתיים-כלכליים במטרופולין



כלכלה

עלות הקמה לנוסע בתחבורה הציבורית: המדד מחשב את עלות הקמת מערכת התחבורה הציבורית חלקי מספר הנוסעים בתחבורה הציבורית. המדד בוחן את יעילות המערכת במונחים של עלות התשומות ליחידת תפוקה.

תועלת שנתית למשק: המדד מייצג את היקף התועלת הכלכלית השנתית של המערכת המלאה בכל חלופה. התועלת כוללת את התועלות הישירות והתועלות העקיפות של המערכת.

שיעור כיסוי הוצאות מנוסעים: המדד משווה את עלויות התפעול של מערכת התחבורה הציבורית לעומת הפדיון מהנוסעים.

אומדן B/C לשנת היעד: חישוב יחס תועלת לעלות לשנת היעד של הפעלה מלאה של הפרויקט.

כמות נוסעים בתחבורה ציבורית למע"ר בשעת שיא: המדד מבטא את יכולת התוכנית להגדיל את קיבולת הנסיעות והאגלומרציה של המרכז העירוני בשעת שיא בוקר.

איכות חיים וסביבה

כיסוי אוכלוסייה במרחק 600 מ' מתחנת מתע"ן: מדד כיסוי האוכלוסייה מחשב את היקף האוכלוסייה בכל אזור במרחק 600 מ' מתחנת מתע"ן ומיצג את רמת הזמינות של רשת הסעת ההמונים.

מספר מעברים ממוצע לנסיעה: המדד מחשב את מספר המעברים הממוצע שנוסע בתחבורה הציבורית מבצע בנסיעה. המעברים כוללים מעברים בין כל אמצעי התחבורה הציבורית: רכבות, אוטובוסים, רק"ל ומטרו.

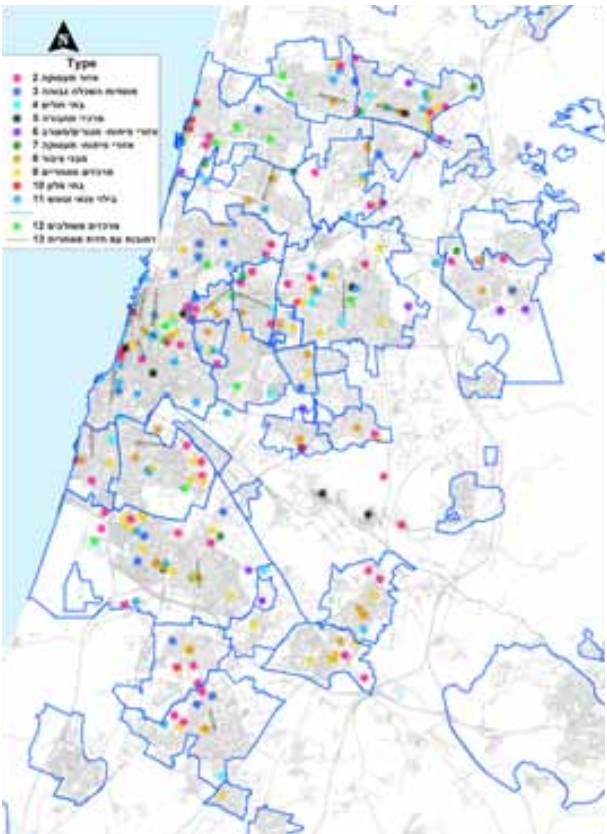
דרוג אמינות לפי אורך דרך: הדרוג מבטא את רמת האמינות של מערכת התחבורה הציבורית בכל חלופה, על פי ציון אמינות שניתן לטכנולוגיות הסעה ותמהיל החלופה מבחינה זו.

מדד התאמה למוקדי פעילות נבחרים באזור האורבני: באזור האורבני נבחרו מוקדי פעילות לפי קטגוריות שונות, כולל: אזורי תעסוקה, קמפוסים אקדמיים, בתי חולים, מרכזי תחבורה, שכונות מגורים/אזורי תעסוקה בפיתוח, מבני ציבור, מרכזים מסחריים, ריכוזי מלונות, מרכזי פנאי, רחובות בעלי חזית מסחרית ומרכזים מעורבים, המשלבים מספר מוקדי פעילות. מוקדי הפעילות מוצגים במפה

39. המוקדים דורגו לשלוש רמות פעילות (גדול, בינוני וקטן).

במדד זה כל חלופה מקבלת ציון על פי קירבת תחנות המתע"ן שלה למוקדי הפעילות. תחנה אשר נמצאת בקרבה של עד 600 מ' מהמוקד תקבל ציון בהתאם לדירוג המוקד. תחנה אשר נמצאת במרחק של 600-1,000 מ' מהמוקד קיבלה ציון של חצי מדירוג המוקד. הציון של כל חלופה מהווה הסכום של הנקודות. לאחר שכל הנקודות סוכמו, כל חלופה קיבלה ציון יחסית לסכום המקסימלי האפשרי.

מפה 39. מוקדי פעילות נבחרים



הפחתת נסיעות רכב פרטי: המדד בוחן את היקף הירידה בנסועה הצפוי בגין הקמת מערכת התחבורה הציבורית המשופרת. היקף ההפחתה נמדד בהשוואה לחלופת הבסיס (A0).

ישימות

בשלב זה של התכנון לא קיימים אמדנים מדויקים מספיק בכדי לקבוע את רמת הזמינות והישימות של החלופות. מסיבה זו סוכם להעריך את רמת הזמינות של החלופות על ידי דרוג יחסי של חברי הפורום וזאת משתי נקודות מבט שונות.

זמינות תכנונית: מיצגת את מורכבות החלופה מבחינה הנדסית, פינאית, הפרעות בזמן עבודות וכד'. המדד נקבע לפי דירוג החלופות על ידי חברי הועדה, בהתאם לרמה בה הם מעריכים את זמינות התכנית. המדד משקף את ממוצע הדירוגים של חברי הועדה.

זמינות ציבורית: מיצגת את היכולת לקדם את החלופה בתהליכים סטטוטוריים, כולל אישור מקבלי החלטות. הזמינות הציבורית דורגה על ידי חברי הועדה בהתאם לרמה בה הם מעריכים את זמינות התכנית. המדד משקף את ממוצע הדירוגים של חברי הועדה.

8.4.2 תוצאות הניתוח ובדיקות רגישות

ניתוח ה MCA קבע ציון לכל חלופה מתוך 100 נקודות אפשריות. בהמשך להגדרת רשימת המדדים, חברי הפורום נתנו את המשקל לשקלול ניקוד החלופות. המשקלות היו בסיס לניתוח, עליו בוצעו ניתוחי רגישות כמתואר בהמשך. המשקלות הבסיסיים למטרות העל כללו:

- **תחבורה:** 40%
- **כלכלה:** 30%
- **איכות חיים וסביבה:** 20%
- **ישימות:** 10%

משקלות משנה חילקו את המשקל של מטרת העל בין המדדים. תוצאות הניתוח מפורטות בטבלה 31.

ניתח רגישות נערך עם שינוי של המשקלות של כל קטגוריה. כל חלופה נוקדה ב-3 תרחישים: תרחיש בסיס לשנת 2040, תרחיש 2040 עם מספר מועסקים גבוה יותר במע"ר ותרחיש 2060 עם מע"ר מורחב. תוצאות הניקוד של החלופות תחת שלושת התרחישים מוצג בטבלה 32.

על ידי שינוי המשקלות של הקריטריונים, אפשר להגיע לניתוח ששם דגש יותר גדול באחד ההיבטים. המשקלות שונו כדי להגיע לניתוח מוטה כלכלה וישימות וניתוח מוטה ישימות, כמוצג בטבלה 33.

חלופות M5 ו-C3 קיבלו את הניקוד הגבוה ביותר בתרחיש הבסיס לשנת 2040. בעוד חלופה M5 מדורגת גבוה יותר בתרחישים האינטנסיביים יותר (2040 עם מע"ר מורחב ו 2060), חלופה C3 הינה בעלת הניקוד הגבוה ביותר בתרחישי הרגישות המוטים יותר לכלכלה וישימות. **התוצאות מראות כי חלופה C3 עם 3 קווי מטרו הינה טובה בטווח של 25 שנים והינה בעלת מדד הישימות הגבוהה ביותר.** חלופה M100 קיבלה ציון גבוה בדירוג הכלכלי, אבל מדורגת נמוך בקטגוריות תחבורה ואיכות חיים, היות והכיסוי שלה וההשפעה הכוללת שלה על תחבורה ונגישות הינה נמוכה מהחלופות המפותחות יותר C3 ו-M5. חלופה C2 מדורגת בין M100 ל-C3.

טבלה 31. ניתוח רב משתנים MCA

לוח 2 דרג המדדים									
ייעדים	משקל	ייעדים ל"תכנית"	מדרג	משקל	m100	A4	C3	C2	M6
תחבורתי	40%	1. שינוי צמיחה	10	28%	40%	0.82	0.88	0.78	0.81
		2. מרחק המסלול	8	16%	30%	0.22	0.61	0.64	0.66
		3. מרחק המסלול	8	30%	80%	0.28	0.84	0.74	0.88
		4. מרחק המסלול	8	20%	40%	0.23	0.82	0.84	0.88
		5. מרחק המסלול	6	30%	80%	0.28	0.47	0.48	0.88
כלכלי	30%	6. יעילות הפעולה הכלכלית	4	3%	7%	1.00	0.87	0.80	0.88
		7. תועלת שנתית למשק (מיליארד ש"ח לשנת היעד)	8	8%	26%	0.00	0.38	0.31	0.44
		8. שיעור ימי העבודה ממוצעים	3	3%	1.2%	0.35	0.38	0.31	0.40
		9. אומדן B/C לשנת היעד	12	1%	2.6%	1.00	1.00	1.00	0.84
		10. נכונות מסתנים בחוץ "צ'לנג'ר בשקט שיא בוקר (אלפים)	3	30%	160%	0.28	0.28	0.27	0.28
איכות חיים וסביבה	20%	11. מרחק	8	40%	70%	0.62	0.80	0.81	0.71
		12. מספר מקרים ממוצעים לציבור	1	1.3%	2.2%	0.46	0.24	0.30	0.30
		13. מרחק אמצעי לפי אורך דרך "פיקוד של אמצעי"	3	3%	0.8%	0.27	0.88	0.81	0.84
		14. מרחק התאמה למוקד "פעילות נבחרים באזור הדרום"	6	0.8%	0.6%	0.82	0.70	0.82	0.78
		15. מרחק ממוצעים למוקד	6	10%	26%	0.48	0.66	0.88	0.76
ישימות	10%	16. מרחק תכנונית	6	0%	1%	0.74	0.68	0.66	0.68
		17. מרחק ציבורית	6	0%	1%	0.64	0.67	0.83	0.77
71 70 68 61 48 100									

טבלה 32. סיכום ניתוח רב משתני (MCA)

בסיס 2040						
weight	A4	m100	C2	C3	M5	יעד
40%	34	59	65	78	83	תחבורתי
30%	60	65	62	57	53	כלכלי
20%	49	61	78	74	78	איכות חיים
10%	64	57	59	68	61	ישימות
	48	61	66	70	71	סה"כ
מוטה כלכלה וישימות						
weight	A4	m100	C2	C3	M5	יעד
30%	34	59	65	78	83	תחבורתי
40%	60	65	62	57	53	כלכלי
10%	49	61	78	74	78	איכות חיים
20%	64	57	59	68	61	ישימות
100%	52	61	64	67	66	סה"כ
מוטה ישימות						
weight	A4	m100	C2	C3	M5	יעד
30%	34	59	65	78	83	תחבורתי
30%	60	65	62	57	53	כלכלי
10%	49	61	78	74	78	איכות חיים
30%	64	57	59	68	61	ישימות
100%	52	60	63	68	67	סה"כ

טבלה 33. סיכום ניתוח רב משתני (MCA) – בדיקת תרחישים

בסיס						
תרחיש	A4	m100	C2	C3	M5	Scenario
בסיס 2040	48	61	66	70	71	2040
מע"ר מורחב 2040	49	62	68	71	73	2040 CBD
2060	48	63	68	71	74	2060
מוטה כלכלה וישימות						
Scenario	A4	m100	C2	C3	M5	Scenario
בסיס 2040	52	61	64	67	66	2040
מע"ר מורחב 2040	53	62	65	69	68	2040 CBD
2060	53	64	67	69	71	2060
מוטה ישימות						
Scenario	A4	m100	C2	C3	M5	Scenario
בסיס 2040	52	60	63	68	67	2040
מע"ר מורחב 2040	53	61	65	70	69	2040 CBD
2060	53	62	66	70	70	2060



8.5 חוות דעת EGIS וחלופות נוספות

חברת EGIS מצרפת הינה מומחית בינלאומית בתחום תכנון מערכות עתירות נוסעים. הממשלה הזמינה מחברת EGIS חוות דעת שנייה על החלופות הסופיות. החברה התבקשה גם לבצע אומדן של עלויות ההקמה, התפעול והתחזוקה ולהתייחס למספר נושאים תכנוניים כגון מערכות משולבות של קווי מטרו ורק"ל, שילוביות אמצעים טכנולוגיות חדשות ועתידיות וכו' (ראה דו"ח החברה המלא בנספח א').

חברת EGIS סקרה את העקרונות לתכנון רשת מתע"ן והמאפיינים של הטכנולוגיות השונות. כמו כן נבחנו סוגיות טכניות פרטניות, כולל השפעות של התוואי האנכי וכריית מנהרות, השפעות על פיצול הנסיעות והצורך בשילוביות ומערכות תומכות, דוגמאות לרשתות המשלבות מספר טכנולוגיות הסעה, ומבט על טכנולוגיות חדשניות.

ניתוח חברת EGIS מצא כי החלופות המוצעות מתאימות לפיתוח רשת מתע"ן למטרופולין תל אביב. EGIS בצעה דירוג עצמאי של החלופות על בסיס קריטריונים מקובלים. החברה פיתחה מסגרת הערכה להשוואת החלופות ובצעה ניתוח כמותי ואיכותי של התכנית. הקריטריונים שנכנסו למסגרת ההערכה כללו:

- קריטריוני ביקוש (פיצול ונפחים)
- קריטריונים עירוניים (ההשפעות של הפיתוח ושילוביות)
- קריטריוני היתכנות (alignment, availability of right of way, מיקום depot, עלויות)
- קריטריוני תחבורה ציבורית (גמישות תפעולית, קיבולת, מהירויות).

סיכום טבלת ההערכה מוצג בתרשים 18.

תרשים 18. דירוג החלופות ע"י חברת EGIS

Table 51 Overall evaluation

Importance → Criteria → Alternative ↓	Slight Demand	Slight Urban	High Feasibility	High Public Transport	Overall
A4					
M100					
C2					
C3					
M5					

המלצות הדוח של Egis דומות למסקנות הניתוח שהוצג בפרק זה. הדו"ח ממליץ על מערכת משולבת כדוגמת חלופה C3, שנמצאה כטובה ביותר בדירוג ובניתוח. בהתבסס על ההמלצות EGIS פותחו סדרת חלופות נוספות המבוססות על C3 (3+ קווי מטרו).

9. מסקנות והמלצות

עבודה זו מתארת את התכנית המורחבת למערכת תחבורה עתירת נוסעים במטרופולין ת"א. התכנית עומדת ביעדים האסטרטגיים שקבעה הממשלה ותאפשר את הנגישות, הניידות והמשך הפיתוח והגידול של המטרופולין הגדול בישראל ותרומתו למשק, לחברה ולכלכלת ישראל.

המסקנות העיקריות של התכנית הינן:

- התכנית הקיימת, A4, מספקת נגישות טובה לנסיעות קצרות באזור הטבעת המרכזית אבל חסרה בה נגישות מטרופוליטנית שתחבר את כל האזור האורבני. לערים כפר סבא, רעננה, ראשון לציון רחובות רמלה ולוד יש נגישות מקומית ללא שרות ישיר של קו מתע"ן לתל אביב ומרכז המטרופולין. הקיבולת של הקווים האדום, הירוק והסגול בתכנית אינה מספיקה לעמוד בתחזיות הביקוש לשנת 2040 ללא תגבור של קווים נוספים. מספר פרוזדורים בעלי ביקושים כבדים מאוד (רדיאלים והיקפיים) אינם משורתיים על ידי התכנית ונדרש להרחיב את התכנית בהיקף משמעותי כדי לעמוד ביעדים האסטרטגיים.

- כל החלופות של התכנית המורחבת החדשה** הינם בעלי נגישות וכיסוי משופרים ועומדים טוב יותר ביעדים האסטרטגיים, אך בהשקעה גבוהה יותר.

- חלופה M100 מבוססת על רשת של 3 קווי מטרופולין בתצורה יעילה וזולה המשולבת עם קווי BRT והינה בעלת הביצועים הטובים ביותר במדדים הכלכליים. לעומת זאת, החלופה אינה מספקת כיסוי ונגישות מספקים לעמידה ביעדי התכנית וכתוצאה מכך גם מספר הנוסעים החזוי בה אינו עומד ביעדים. בחלופה 2 C2 קווי מטרופולין המשלימים רשת של קווי LRT המבוססת על התכנית הקיימת. חלופה C2 בעלת מבנה רשת מורכב המספק כיסוי טוב אך המחסור בכיסוי של קווי מטרופולין נוספים מתבטא במהירויות נמוכות יותר ונגישות ואינטגרציה נמוכים. **מסקנות העבודה הן שחלופות M100 ו C2 אינן עומדות ביעדים האסטרטגיים בצורה מספקת.**

- התכניות C3 ו M5 הינן בעלות רשת מטרופולין מפותחת, ושתיהן קיבלו את הציונים הגבוהים ביותר בניתוח ה MCA. חלופה C3 משלבת קווי רק"ל מהתכנית הקיימת ולפיכך **עלות הקמתה נמוכה יותר, היא בעלת ישימות גבוהה יותר ותייצר תועלות מהר יותר.**

- המסקנה העיקרית היא שהתכנית דורשת **לפחות 3 קווי מטרופולין נוספים** כדי לספק את רמת השרות, הנגישות, הכיסוי והקיבולת הנדרשים כדי להגיע ליעדים האסטרטגיים והניידות במטרופולין ת"א, **בדומה לרוב הערים המפותחות הגדולות בעולם.**

התכנית צריכה להתבסס על הפתרונות הטובים ביותר במסגרת הטכנולוגיות הקיימות לטווח 25 השנים הקרובות. לאור פיתוח טכנולוגיות חדשות בתחום התחבורה (כגון רכבים אוטונומיים, SkyTrain וכו'), **התכנית צריכה לשמור על גמישות ויכולת לאמץ טכנולוגיות חדשות** ושינויים בהרגלי הנסיעה בעתיד.

כדי לעמוד ביעדים, פרוזדורי המטרופולין הנדרשים להיכלל בתכנית הינם:

- קו צפון-דרום (כתום)** – המחבר את רחובות, רמלה, לוד, ראשון לציון, חולון בדרום עם תל אביב במרכז, ועם הרצליה כפר סבא ורעננה בצפון. מספר חלופות ושלוחות של הקו נבחנו בתכנית.

- קו מזרח-מערב (ירוק כהה או סגול משולב)** – מספק שרות לראש העין, למרכז ודרום פתח תקוה, רמת גן, בני ברק ות"א. מספר חלופות של קו זה נבחנו בתכנית.

- קו טבעת (קו בורדו)** – מספק שרות היקפי לא רדיאלי המחבר את דרום המטרופולין עם מזרח וצפון, ומייצר למעשה מבנה רשת רדיאלי-היקפי יעיל. קו הטבעת (למעשה חצי טבעת) נמצא הכרחי ליצירת מבנה הרשת בתכנית, ונבחנו לו מספר חלופות משנה, כאשר החלופה המופיעה בתכנית נמצאה כיעילה ביותר.

במסגרת התכנית נבחנו משפחה של תתי חלופות במתכונת חלופה C3 בהן 3+ קווי מטרופולין המשלבות קווים מהתכנית הקיימת, עומדות ביעדים האסטרטגיים ומספקות נגישות וניידות תחבורתית מעולה. **תכנית משולבת של קווי רק"ל מהתכנית הקיימת** וקווי מטרופולין במתכונת המומלצת של חלופות C3 **תאפשר לממשלה להתחיל בבנייה של המערכת באופן מיידי ולקבל תועלות מהמערכת, במקביל לקידום התכנית המפורטת של קווי המטרופולין החדשים, שבנייתם תוכל להתחיל בעוד מספר שנים.**

המלצה זו הודגשה גם בחוות הדעת שהתקבלה על התכנית מחברת Egis. חוות הדעת של Egis המליצה על שלושה קווי מטרופולין ברשת משולבת עם קווי הרק"ל האדום והירוק. (מצורף כנספח לדו"ח).

תתי החלופות של חלופה C3 הכוללות 3+ קווי מטרופולין המומלצות להמשך קידום הינן:

- חלופה C3H** - הינה חלופה משולבת המבוססת על 3+ קווי מטרופולין המרכיבים את השלד המרכזי של רשת המתע"ן. **קווי הרק"ל כוללים רק את הקו האדום (שהקמתו החלה), הקו הירוק והקו הסגול.** קווי המטרופולין כוללים קו מטרופולין צפון - דרום עם שתי שלוחות ארוכות בצפון ושתי שלוחות בדרום בעלות גזע משותף לאורך פרוזדור נמיר-איילון, **קו מטרופולין מזרח - מערב** מראש העין, פתח תקוה ורמת גן לת"א, **וקו מטרופולין טבעתי** (חצי טבעת) המחבר את כל הקווים ומייצר מבנה רשת רדיאלי היקפי. כל הקווים הרדיאליים מתחילים בקצה האורבני בטבעת השנייה, עוברים דרך המרכז המטרופוליטני וממשיכים לקצה האורבני לאחת הערים, כך שכל ערי הטבעת השנייה משורטות על ידי קו מתע"ן רדיאלי. הקו הטבעתי מספק שרות לא רדיאלי לדרום, מזרח וצפון האזור האורבני. הגזע המשותף של הקו צפון-דרום (כתום) מאפשר להגיע ליעדי הנגישות בטבעת השנייה תוך יצירה של מערכת יעילה יותר מבחינת רמת ההשקעה וניצול פרוזדור יחיד לאורך נמיר-האיילון. התכנית כוללת גם **3 קווי BRT המספקים שרות אזורי** (ורוד, תכלת וחום).

- חלופה C4** - הינה חלופה משולבת נוספת מאותה המשפחה המבוססת על 4 קווי מטרופולין המרכיבים את השלד המרכזי של רשת המתע"ן במשולב עם שלושת **קווי הרק"ל האדום, הירוק והסגול.** לתכנית C4 יתרון **בפריסה רחבה של קווים ותחנות במרכז תל אביב** (ישנן מספר חלופות משנה של פריסת השרות במרכז ת"א וחיבור בין זרועות המטרופולין). בחלופה C4 יש 4 קווי מטרופולין שפריסתם במתווה שונה המהווה אלטרנטיבה לחלופת 3 קווי מטרופולין בחלופה C3H. **בחלופה זו קווי המטרופולין פועלים בצורה קלאסית יותר של קו מטרופולין ללא שלוחות וללא קטעים משותפים.**

בטבלה להלן מוצג סיכום של האומדנים הכלכליים ומדדי ביצוע נבחרים של החלופות המומלצות להמשך קידום. החלופות C3H ו-C4 הינן בטווח עלויות דומה לחלופה C3 כ-150 מיליארד ₪ והן מקנות נגישות וכיסוי גבוהים מאוד. החלופות מוצגות במפה 40.

התכנית כדאית כלכלית וניתן להתחיל בביצועה בטווח קצר ולהקדים את התועלות של מערכת המתע"ן החדשה. הערך הנוכחי הנקי של התכנית הוא כ 80-90 מיליארד ₪, יחס תועלת - עלות של כ – 1.8, בשער ריבית של 4% וכ- 1.4 בשער ריבית של 7%.

טבלה 34. סיכום מדדי החלופות המומלצות להמשך קידום C3H ו-C4

Costs are in Billion IS, 2015 prices, Single Tunneling incl. VAT						
		C3	M5	C3H	C4	
units						
Capital Costs, Single tunneling	Billion IS	149	178	146	156	עלויות הקמה
NPV (4%,40 years)	Billion IS	93	98	83	82	ערך נוכחי נקי
B/C ratio	ratio	1.8	1.7	1.8	1.7	יחס תועלת/עלות
Daily transit trips	pass/day	3.3	3.4	3.2	3.2	מספר נוסעים בתח"צ ביום
Percent of transit trip share	%	37%	38%	36%	37%	אחוז נסיעות בתח"צ
Accessibility within 60 minutes	%	57%	58%	57%	57%	נגישות אוכלוסייה בתוך 60 דקות
Population coverage 600 m from stations	%	61%	63%	66%	67%	כיסוי אוכלוסייה במרחק 600 מ' מתחנות מתע"ן
Activity coherence Index	index	0.84	0.85	0.86	0.87	מדד התאמה למוקדי פעילות
Accessibility = percent of population that reach destinations within 60 minutes						

התכנית האסטרטגית קבעה את קונספט רשת מערכת עתירת הנוסעים והמרכיבים ההכרחיים בה.

שלבי התכנון הבאים כוללים:

- תכנון ישימות ותכנון מפורט** – תכנון זה יועד לקבוע את התצורה הסופית של הרשת והקווים, לרבות הפרוזדורים בהם יעברו, פריסת הקווים במע"ר, מיקום התחנות וכו'. התכנון יהווה בסיס לעדכון תמ"א 4/א/23. תכנון הישימות יכלול בחינה של תוואיים תת קרקעיים ועיליים, רמת האוטומציה של מערכת המטרופולין, מעבר במנהרה יחידה או כפולה וכו'.

- תכנון מורחב של הרשתות **האזוריות** והטמעה של התכנית לרשת הרכבת הפרברית.

- תכנית שילוביות** – תכנית זו נועדה לוודא שכל מערכות התחבורה הציבורית, הקווים והתחנות משולבים בדרך שתספק מעברים קלים ותשרת את לקוחות התחבורה הציבורית בדרך הטובה ביותר. דגש מיוחד יושם על שילוביות בין אמצעים (כגון רק"ל למטרופולין או רכבת למטרופולין) ושילוביות עם רשת האוטובוסים ותכנית פיתוח רשת צירי ההעדפה ונתיבים מהירים במטרופולין.

