

כסלו תשפ"ד  
נובמבר 2023



# הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין עירוניות, צמתים ומחלפים

2

תכנן גיאומטרי של צמתים  
מהדורה שנייה



# צוות המחברים

הנדסת תנועה ודרכים, עריכת ההנחיות:



אמי מתום מהנדסים ויועצים בע"מ

ד"ר רעות סעדיה

ד"ר שי בסן

ד"ר בני פרישר

ניהול הצוות:

גב' תמר דרייפוס

## פתח דבר למהדורה השנייה

כרך זה הינו הכרך השני בסדרה בת שלושה כרכים, אשר מרכזים את ההנחיות בנושא תכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות – הכרך מתמקד בתכנון של צמתים. בהנחיות שלפניכם נקבעו קריטריונים מנחים לתכן הצמתים על כל מרכיביהם בהתאם לסיווג הדרך ולאופייה, במטרה להשיג אחידות בתכנון באמצעות קריטריונים אלה, תוך התחשבות בכך, שהשיקול הכלכלי-הנדסי והשיקולים התנועתיים משתלבים בתהליך התכנון של הצומת ומרכיביו, וכן הכרחי לשלב את הקריטריונים הבטיחותיים והסביבתיים.

המהדורה הראשונה מינואר 2022 הכילה עדכון מקיף להנחיות לצמתים שפורסמו לאחרונה בשנת 2000. עדכונים אלה שיקפו את הידע הרב שנצבר מאז בעולם ובישראל, ואת המשובים הרבים שהתקבלו ע"י גורמי התכנון ורשויות התמרון בעקבות יישום אינטנסיבי של ההנחיות הקודמות. הכרך הנוכחי מתבסס גם על עקרונות התכן המעודכנים לדרכים בין-עירוניות כפי שפורסמו לפני מספר שנים בכרך הראשון בסדרה – דרכים בין-עירוניות (2012, 2018). כרך זה משתלב עם כרך המחלפים שפורסם לפני כארבע שנים, יעודכן כעת בהתאמה, וישמש גם לתכן הצמתים במחלפי-גישה אשר כוללים בתוכם גם צמתים.

המהדורה השנייה שמתפרסמת כעת כוללת פרק חדש ומעודכן על מעגלי תנועה בדרכים הבין-עירוניות, שמחליף את הפרק שנכלל בהנחיות לצמתים משנת 2000, ומצורף בסוף ההנחיות כפרק 11. בעקבות הכנת הפרק, בוצעה עריכה מחודשת לכל שאר הפרקים, לצורך שילוב התאמות והפניות לפרק החדש, ולעדכונים בהתאם להערות המשתמשים למהדורה מינואר 2022.

בכרך הנוכחי נכללו עדכונים בעקבות חידושים בפרסומים מקבילים אחרים, כגון עדכונים בלוח התמרונים ובהנחיות להצבת תמרונים, הנחיות לתימרון ושילוט, מסמך HCM 2000 מתורגם לעברית, המהדורה החדשה של ההנחיות לתנועת אופניים וה"ר, ההנחיות להעדפה לתחבורה ציבורית, תמ"א 42 שמיועדת להשתלב כפרק התנועה בתמ"א 1, הנחיות להתקני בטיחות, תקנות והנחיות לנגישות, ועוד.

העבודה על שתי המהדורות לוותה ע"י ועדת היגוי נרחבת. ההנחיות מבוססות כאמור על שילוב הידע התיאורטי והניסיון הרב שנצבר בארץ עם ניסיונם של אחרים, כפי שהוא משתקף בהנחיות ממדינות שונות. בכרך זה מופיעים לראשונה בישראל נושאים חדשים בהנחיות לצמתים, כגון תשתית לאופניים, תחבורה ציבורית וה"ר, גישה חדשה למרחקי ראות, וכד'.

בהכנת ההנחיות הושקע מאמץ רב במטרה להפכן לכלי עזר לליווי שוטף בתהליך התכנון והתכן. המבחן המעשי של ההנחיות יהיה בהפעלתן הלכה למעשה, והן אינן מחליפות את שיקול הדעת של המתכנן ורשות התמרון בהתאם לאילוצים של כל פרויקט.

ברצוננו להודות לצוות המחקרים ולחברי ועדת ההיגוי על המאמץ הרב שהשקיעו בליווי ההנחיות. אנו משוכנעים שהנחיות אלו יהיו לתועלת רבה, נודה אם תמשיכו להביא לידיעת צוות ההיגוי את הערותיכם והצעותיכם השונות בהתאם לניסיון שיצטבר במהלך השימוש בהנחיות אלו, לצורך שיפור והפיכת ההנחיות לכלי תכנוני יעיל יותר. בברכה,

ניסים פרץ  
מנכ"ל "נתיבי ישראל"  
החברה הלאומית לתשתיות ותחבורה בע"מ



## ועדת היגוי לפרקים 1-10

מר שי קדם	– משרד התחבורה – יו"ר
אינג' ברק כראדי	– משרד התחבורה – מ"מ יו"ר
אינג' דני מוקסאי	– נתיבי ישראל
אינג' אלה פונאמרב	– משרד התחבורה
אינג' סימון בג'אלי	– נתיבי ישראל
אינג' קובי ברטוב	– נתיבי ישראל
אינג' אלכס בוכמן	– נתיבי ישראל
אינג' טופז פלד	– משרד התחבורה / הרלב"ד
אינג' אלכס ויאזמנסקי	– חוצה ישראל
אינג' ישעיהו רונן	– יועץ למשרד התחבורה
ד"ר דורון בלשה	– יועץ למשרד התחבורה
רפ"ק אינג' אנטולי מדניקוב	– אגף התנועה, משטרת ישראל
אינג' אדולפו וורוביוף	– וי.אס. הנדסה
אינג' בר גלברט	– חסון-ירושלמי
אינג' רובי כרמל	– ש.קרני תנועה ותחבורה
אינג' דורון מגיד	– ש.קרני תנועה ותחבורה

### בהשתתפות חלקית:

אינג' מור נובוסלסקי	– הרלב"ד
אינג' גליה אידלסון	– נתיבי ישראל
אינג' ולריה מוסאייב	– משרד התחבורה
אינג' אריק פולונסקי	– יפה נוף
אינג' פרנצ'סקה לביא	– נתיבי איילון
אינג' אדי קוטרוש	– מ.ע.צ.מ.ה.
אינג' אבי שרייבר	– דגש הנדסה

## בקרת מהדורות

מהדורה	מועד פרסום	עדכונים
ראשונה	ינואר 2022	עדכון כולל, כתיבה ועריכה חדשים להחלפת המהדורה משנת 2000.
שניה	נובמבר 2023	הוספת פרק חדש – 11 – מעגלי תנועה; עדכון כל הסעיפים הרלוונטיים בפרקים השונים להפניות לפרק מעגלי התנועה; עדכונים והבהרות בטקסט, בתרשימים ובטבלאות לפי תקו"ה 12.2022, ובהתאם להערות שהתקבלו בוועדת ההיגוי; הוספת רשימת המקורות.

# תוכן עניינים

<b>1-1</b> .....	<b>פרק 1: מבוא</b>	
1-1.....	1.1 כללי	
1-1.....	1.2 מטרות	
1-2.....	1.3 הסיבה לעדכון ההנחיות	
1-4.....	1.4 מבנה ההנחיות	
1-6.....	1.5 תחולת ההנחיות	
<b>2-1</b> .....	<b>פרק 2: הגדרות, מושגים, שיקולים ועקרונות בתכן צמתים</b>	
2-1.....	2.1 הצומת – הגדרה ותפקידים	
2-1.....	2.1.1 מבוא	
2-2.....	2.1.2 הגדרת צומת בתקנות התעבורה ומשמעותה בהנחיות	
2-2.....	2.1.3 הגדרות נוספות בהנחיות לתחומי טיפול בצומת	
2-5.....	2.2 מושגים בסיסיים בתכן צמתים	
2-5.....	2.2.1 הגדרת המושגים הבסיסיים	
2-5.....	2.2.2 התנועות בצומת	
2-8.....	2.2.3 ניגודים בצומת	
2-10.....	2.2.4 סיווג צמתים לפי רמת הבקרה והניתוב	
2-12.....	2.3 הגדרת סוגים בסיסיים של צמתים	
2-12.....	2.3.1 הסתעפות (צומת תלת-זרועי)	
2-13.....	2.3.2 הצטלבות (צומת ארבע-זרועי)	
2-14.....	2.3.3 צומת רב-זרועי	
2-14.....	2.3.4 מעגל תנועה (צומת סיבובי, roundabout)	
2-14.....	2.3.5 צומת מדורג (הנקרא בתמרורים 119-120 "צמתי קמץ")	
2-16.....	2.3.6 צומת מפוצל	
2-17.....	2.4 עקרונות ושיקולים מנחים בתכן צמתים	
2-17.....	2.4.1 עקרונות ושיקולים מנחים	
2-20.....	2.4.2 ריכוז השיקולים לקביעת הצומת המתאים	
2-21.....	2.5 תהליך התכנון	
2-21.....	2.5.1 שלבי התכנון	
2-22.....	2.5.2 נתוני האתר	
2-23.....	2.5.3 נתוני תנועה	
2-26.....	2.5.4 התפתחות הצומת	
2-27.....	2.5.5 גורמי אנוש	

2-28.....	בחירת החלופה המועדפת	2.5.6	
2-28.....	סוגי הרכב לתכן		2.6
2-28.....	בחירת כלי-הרכב לתכן	2.6.1	
2-29.....	כלי-רכב חריגים לתכן	2.6.2	
2-39.....	רמת השירות לתכן	2.6.3	
2-39.....	בקרת גישות		2.7
<b>3-1.....</b>	<b>פרק 3: סוגים וצורות של צמתים.....</b>		
3-1.....	התאמת הצומת ברשת וצורתו ביחס לתוואי		3.1
3-1.....	כללי	3.1.1	
3-1.....	מידרג מפגשי הדרכים	3.1.2	
3-3.....	בחירת סוג הצומת המתאים	3.1.3	
3-4.....	השפעת הכיוון הראשי (העיקרי) על צורת הצומת	3.1.4	
3-6.....	שיקולים גיאומטריים בתכנון הצומת		3.2
3-6.....	מיקום הצומת בתוואי האופקי	3.2.1	
3-6.....	מיקום הצומת בתוואי האנכי	3.2.2	
3-10.....	עקרונות תכן לרימזור צמתים		3.3
3-10.....	מטרות הרימזור וייעוד ההנחיות	3.3.1	
3-12.....	בדיקות בשלב התכנון המוקדם	3.3.2	
3-12.....	הכנות לרימזור	3.3.3	
3-13.....	רמות הבקרה והניתוב	3.3.4	
3-13.....	מרחקי-ראות	3.3.5	
3-13.....	פניות ימינה ותפניות דרך	3.3.6	
3-14.....	הסתעפויות – צמתי קמץ (שלוש זרועות: T)		3.4
3-14.....	כללי	3.4.1	
3-14.....	צורת ההסתעפות	3.4.2	
3-15.....	הסתעפויות לא מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	3.4.3	
3-16.....	הסתעפויות מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	3.4.4	
3-16.....	הסתעפויות בפניות ימניות בלבד ("ימינה-ימינה")	3.4.5	
3-18.....	דוגמאות	3.4.6	
3-18.....	צומת הצטלבות (ארבע זרועי, צמתי +, X)		3.5
3-18.....	כללי	3.5.1	
3-21.....	הצטלבויות לא מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	3.5.2	
3-22.....	הצטלבויות מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	3.5.3	
3-22.....	דוגמאות	3.5.4	
3-24.....	צומת רב-זרועי		3.6
3-26.....	צמתים מדורגים (staggered intersections)		3.7

3-26.....	הגדרה וצורות.....	3.7.1	
3-27.....	מאפיינים בטיחותיים (ביחס להצטלבות).....	3.7.2	
3-28.....	מאפיינים תפעוליים.....	3.7.3	
3-30.....	השיקולים לבחירת צורת הדירוג.....	3.7.4	
3-31.....	תכן מרכיבי הצומת המדורג.....	3.7.5	
3-33.....	דוגמאות.....	3.7.6	
3-34.....	צמתים מפוצלים (split intersections).....	3.8	
3-34.....	הגדרה.....	3.8.1	
3-37.....	מטרה ומאפיינים.....	3.8.2	
3-38.....	יתרונות וחסרונות.....	3.8.3	
3-39.....	סוגי הפיצול.....	3.8.4	
3-41.....	עקרונות התכן.....	3.8.5	
3-43.....	התמצאות בצומת מפוצל.....	3.8.6	
3-46.....	דוגמאות.....	3.8.7	
3-50.....	נספח 3 א': תצורות מיוחדות של צמתים מרומזרים.....		
<b>4-1.....</b>	<b>פרק 4: מרחקי ראות בצמתים.....</b>		
4-1.....	כללי.....	4.1	
4-2.....	מרחקי-הראות בהתקרבות לצומת.....	4.2	
4-2.....	מבוא.....	4.2.1	
4-3.....	מרחק ראות מזערי לעצירה בצומת.....	4.2.2	
4-4.....	מרחק ראות להחלטה בצומת.....	4.2.3	
4-6.....	יישום ערכי התכן של מרחקי-הראות בהתקרבות לצומת.....	4.2.4	
4-10.....	יישום מרחקי-הראות והגובה בתוואי האופקי והאנכי.....	4.2.5	
4-11.....	משולשי-הראות בצמתים.....	4.3	
4-11.....	מבוא והנחות יסוד.....	4.3.1	
4-14.....	חישוב צלעות משולשי הראות: מקרים טיפוסיים.....	4.3.2	
4-22.....	חישוב אורך צלע משולש הראות בדרך העיקרית בשיטת הפערים הקריטיים.....	4.3.3	
4-25.....	קביעת אורך צלע משולש הראות בדרך המשנית (L2).....	4.3.4	
4-26.....	יישום משולשי הראות.....	4.3.5	
4-27.....	משולשי ראות בצמתים מרומזרים.....	4.3.6	
4-29.....	מגבלות להצבת עצמים בתחום משולשי הראות.....	4.3.7	
<b>5-1.....</b>	<b>פרק 5: ניתוב בצומת ואיי תנועה: עקרונות.....</b>		
5-1.....	מבוא.....	5.1	
5-1.....	הניתוב בצומת.....	5.1.1	
5-2.....	איי התנועה בצומת.....	5.1.2	

5-2.....	נתיבים המשכיים ונתיבי-עזר באזור הצומת: עקרונות	5.2
5-2.....	5.2.1 כללי	
5-3.....	5.2.2 ניתוב בהסתעפויות לא מרומזרות	
5-3.....	5.2.3 ניתוב בצמתים מרומזרים	
5-6.....	5.2.4 הוספת נתיבים המשכיים בזרועות צומת מרומזר	
5-9.....	5.3 נתיבים ייעודיים (האטה) לפניות ימינה ושמאלה – יעדים והצדקים	5.3
5-9.....	5.3.1 אי-תנועה משולש ונתיבים ייעודיים לפנייה ימינה: יעדים והצדקים	
5-10.....	5.3.2 נתיבים ייעודיים לפנייה שמאלה: יעדים והצדקים	
5-12.....	5.3.3 דירוג הנתיבים הייעודיים לפניות ימינה ושמאלה	
5-13.....	5.4 נתיבי-עזר לאחר הפניות ימינה ושמאלה – יעדים והצדקים	5.4
8-13.....	5.4.1 נתיב האצה אחרי פנייה ימינה: יעדים והצדקים	
5-14.....	5.4.2 נתיב השתלבות אחרי פנייה שמאלה: יעדים והצדקים	
5-15.....	5.5 התקנת איי-תנועה – סוגים, שיקולים ויעדים	5.5
5-15.....	5.5.1 מטרות ההתקנה ותהליך התכנון	
5-16.....	5.5.2 סיווג איי-תנועה	
5-17.....	5.6 אבני-שפה	5.6
<b>6-1.....</b>	<b>פרק 6: תכן פניות ימינה</b>	
6-1.....	6.1 מבוא	
6-2.....	6.2 פנייה ימינה ללא אי-תנועה	
6-5.....	6.3 פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש	
6-5.....	6.3.1 כללי	
6-8.....	6.3.2 קביעת האורך הנדרש לנתיב ייעודי להאטה ואחסנה לפנייה ימינה	
6-11.....	6.3.3 צורות הנתיב לפנייה ימינה	
6-11.....	6.3.4 תכן גיאומטרי לנתיב ייעודי להאטה ואחסנה לפנייה – נתיב מקביל	
6-12.....	6.3.5 תכן גיאומטרי לנתיב ייעודי לפנייה – נתיב אלכסוני	
6-14.....	6.3.6 נתיב ייעודי מקוצר לאחסנה לפנייה ימינה	
6-14.....	6.3.7 תפניות דרך מהירות	
6-15.....	6.4 נתיבי האצה אחרי פנייה ימינה	6.4
6-15.....	6.4.1 שיקולי תכנון לנתיב האצה מלא לעומת מקוצר	
6-15.....	6.4.2 נתיב האצה מלא	
6-18.....	6.4.3 נתיב האצה מקוצר	
6-18.....	6.5 איים משולשים	6.5
6-18.....	6.5.1 הצדקים להתקנה	
6-20.....	6.5.2 מידות האי המשולש	
6-21.....	6.5.3 תכן גיאומטרי של אי-הכוונה משולש	

<b>7-1</b> .....	<b>פרק 7: תכן פניות שמאלה</b>	
7-1.....	מבוא	7.1
7-1.....	תכן גיאומטרי לפניות שמאלה	7.2
7-1.....	7.2.1 רדיוסים מזעריים לפניות שמאלה	
7-2.....	7.2.2 רוחב הכניסות והיציאות בפניות שמאלה	
7-3.....	7.2.3 פניות שמאלה בו-זמניות (מנוגדות)	
7-3.....	7.2.4 פניות שמאלה מרובות נתיבים (מקבילות)	
7-5.....	7.3 נתיבים ייעודיים לפנייה שמאלה	7.3
7-5.....	7.3.1 כללי – מרכיבי הנתיב	
7-11.....	7.3.2 תכן גיאומטרי לנתיב ייעודי לפני שמאלה	
7-12.....	7.3.3 אורך ההאטה	
7-12.....	7.3.4 אורך האחסנה בהסתעפויות לא מרומזרות	
7-15.....	7.3.5 אורך האחסנה בצמתים מרומזרים	
7-19.....	7.3.6 אופן יצירת הנתיב לפנייה שמאלה	
7-23.....	7.3.7 נתיב השתלבות לאחר פנייה שמאלה (הסתעפות לא מרומזרת)	
7-24.....	7.4 אי הפרדה מאורך "טיפה" ושטח הפרדה	7.4
7-24.....	7.4.1 הצדקים להתקנה	
7-28.....	7.4.2 תכן גיאומטרי של איי-טיפה	
7-32.....	7.4.3 הפתח בשטח המפרדה המרכזית בצומת (המדיאן, median)	
<b>8-1</b> .....	<b>פרק 8: התואי האופקי, התואי האנכי ורומים בצומת</b>	
8-1.....	8.1 מבוא	
8-1.....	8.2 שיפוע אורכי בזרועות הצומת	
8-1.....	8.2.1 כללי	
8-2.....	8.2.2 שיפועים מרביים	
8-3.....	8.2.3 שיפועים מזעריים	
8-3.....	8.2.4 המרווח החופשי (גבריט)	
8-3.....	8.3 עקומים אופקיים בצמתים	
8-5.....	8.4 עקומים אנכיים בצמתים	8.4
8-5.....	8.4.1 עקום אנכי קמור	
8-7.....	8.4.2 עקום אנכי קעור	
8-8.....	8.5 תכן רומים: שיטות	
8-8.....	8.5.1 מבוא	
8-8.....	8.5.2 הגדרת תחום הרומים לצומת ושיטות התכן	
8-9.....	8.5.3 שיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך העיקרית	
8-11.....	8.5.4 התאמת הרומים כשהצומת בעקום אופקי	
8-13.....	8.5.5 שיטת המישור בהצטלבות	

8-13.....	שיטת המישור בהסתעפות	8.5.6
8-14.....	השיפוע השקול המרבי בתחום הצומת	8.5.7
8-15.....	שיטת הנקודה הגבוהה בין דרכים במדרג דומה (High point method)	8.5.8
8-18.....	מעברי שיפועים בזרועות הצומת	8.6
8-20.....	הסדרי ניקוז	8.7

**פרק 9: תנועת אופניים בצמתים**

9-1.....	מבוא	9.1
9-1.....	כללי	9.1.1
9-2.....	עקרונות התכן לאופניים בדרכים בין-עירוניות	9.1.2
9-2.....	שילוב שבילי אופניים בצמתים בין-עירוניים	9.2
9-2.....	עקרונות לשילוב בצמתים	9.2.1
9-3.....	אופן חציית אופניים בצמתים	9.2.2
9-5.....	פרטי הפיתוח באזור הצומת	9.2.3
9-6.....	מעברים מתנועת אופניים בקטע לתנועתם בצומת	9.3
9-6.....	מבוא	9.3.1
9-6.....	פתרונות למעבר שביל אופניים בין-עירוני (הפרדה ג')	9.3.2
	פתרונות למעבר נתיב אופניים בין-עירוני (הפרדה ב'),	9.3.3
9-7.....	דרכים חד-מסלוליות במהירות ייעוד 50-70 קמ"ש) מקטע לצומת	

**פרק 10: תחבורה ציבורית והולכי-רגל בצמתים**

10-1.....	תחנות אוטובוס בצומת	10.1
10-1.....	העקרונות המוצגים בפרק זה	10.1.1
10-2.....	שיקולים למיקום התחנות באזור הצומת	10.1.2
10-2.....	סוגי תחנות האוטובוס בצומת ושיקולים בתכנון	10.1.3
10-13.....	פרטי התכן הגיאומטרי של מפרץ התחנה ותחנה בנתיב ההאצה	10.1.4
10-14.....	תחנות בצמתים מדורגים	10.1.5
10-20.....	הולכי-רגל בצמתים	10.2
10-20.....	נגישות ובטיחות הולכי-רגל בצומת	10.2.1
10-21.....	חציית הולכי-רגל	10.2.2
10-24.....	נספח 10א': הצעה להגדרת אינטנסיביות פעילות תח"צ בתחנות בין עירוניות	
10-26.....	נספח 10ב': ראות להולכי-רגל בהסתעפויות לא מרומזרות	

**פרק 11: מעגלי תנועה**

11-1.....	הגדרה ומאפיינים	11.1
11-1.....	יתרונות וחסרונות	11.2
11-3.....	תנאים לתכנון	11.3
11-6.....	מרכיבי התכנון	11.4

11-10.....	צורה ומידות של אי התנועה המרכזי והמסלול הסיבובי	11.5
11-12.....	הסטת תנועה	11.6
11-18.....	ריסון מהירות בגישות	11.7
11-21.....	תכן כניסות ויציאות	11.8
11-24.....	הפרדה בין זרועות	11.9
11-25.....	מרחקי ראות	11.10
11-31.....	עטרה	11.11
11-33.....	עקום אנכי ושיפוע אורכי	11.12
11-34.....	נתיבי פנייה בלעדיים	11.13
11-36.....	מעגלי תנועה ב"תצורת עצם" (Dog Bone)	11.14
11-37.....	שילוב הולכי-רגל ורוכבי אופניים במעגלי תנועה	11.15
11-38.....	שילוב תחבורה ציבורית	11.16
11-38.....	סימון ושילוט במעגלי תנועה דו-נתיביים	11.17

## רשימת תרשימים

2-3.....	תיאור המושגים הבסיסיים בתכן צמתים כפי שמוגדרים בהנחיות	תרשים 2.1:
2-6.....	הגדרת זווית הצומת	תרשים 2.2:
2-7.....	סוגי התנועות בצומת היוצרות ניגודים	תרשים 2.3:
2-8.....	נקודות הניגוד בין מכוניות בהצטלבות בת 4 זרועות (סה"כ 32 נקודות ניגוד)	תרשים 2.4:
2-9.....	נקודות הניגוד בין מכוניות בהסתעפות בת 3 זרועות (סה"כ 9 נקודות ניגוד)	תרשים 2.5:
2-9.....	נקודות הניגוד בין מכוניות במעגל תנועה חד-נתיבי	תרשים 2.6:
	השוואת נקודות הניגוד בין מכוניות ובינן לבין הולכי-רגל בהצטלבות	תרשים 2.7:
2-10.....	בת 4 זרועות ובמעגל תנועה	
2-13.....	צורות שונות של צומת תלת-זרועי (כהגדרתו הגיאומטרית)	תרשים 2.8:
2-14.....	צורות שונות של צומת ארבע-זרועי (הצטלבות)	תרשים 2.9:
2-14.....	מעגל תנועה (צומת סיבובי)	תרשים 2.10:
2-15.....	שתי צורות הדירוג של צומת מדורג	תרשים 2.11:
2-16.....	שתי צורות של צומת מפוצל	תרשים 2.12:
2-23.....	דוגמה של מטריצת התנועות בצומת וסכמות התעבורה הנלוות	תרשים 2.13:
2-29.....	תרשים עיקבה לרכב פרטי ומסחרי קל (P)	תרשים 2.14:
2-30.....	תרשים עיקבה לרכב שירות (SV)	תרשים 2.15:
2-31.....	תרשים עיקבה למשאית (SU)	תרשים 2.16:
2-32.....	תרשים עיקבה לאוטובוס (BUS)	תרשים 2.17:
2-33.....	תרשים עיקבה לאוטובוס מפרקי רגיל (A-BUS)	תרשים 2.18:
2-34.....	תרשים עיקבה לאוטובוס מפרקי ארוך – תאו"מ (BRT)	תרשים 2.19:
2-35.....	תרשים עיקבה לרכב משא מורכב (WB-12 SEMI)	תרשים 2.20:
2-36.....	תרשים עיקבה לרכב משא מורכב ארוך (WB-15 SEMI)	תרשים 2.21:
2-37.....	תרשים עיקבה לרכב משא מחובר (WB-15 FULL)	תרשים 2.22:
3-5.....	שינוי צורת הסתעפות (צומת קמץ) לשם התאמתה לסיווג הדרכים	תרשים 3.1:
3-6.....	שינוי צורת הצטלבות לצמתי קמץ לשם התאמתה לסיווג הדרכים	תרשים 3.2:
3-6.....	שינוי צורת הסתעפות לשם התאמתה לנפחי הפניות	תרשים 3.3:
3-7.....	אפשרויות לשיפור זווית החיתוך בהסתעפות צומת בעקום אופקי	תרשים 3.4:
3-10.....	שינוי מיקום צומת המצוי בפסגת עקום אנכי קמור	תרשים 3.5:
	תרשים זרימה לתכן המרכיבים הגיאומטריים	תרשים 3.6:
3-17.....	והתפעוליים – צמתים מרומזרים ולא-מרומזרים	

תרשים 3.7:	הסתעפות לא-מרומזרת, ללא ניתוב (בקרה בלבד), בין שתי דרכים מקומיות חד-מסלוליות..... 3-19
תרשים 3.8:	הסתעפות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בנוי בין דרכים חד-מסלוליות, אפשרות לפנייה מהדרך המסתיימת עם או בלי אי משולש..... 3-20
תרשים 3.9:	הסתעפות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בנוי, הדרך ההמשכית דו-מסלולית.... 3-21
תרשים 3.10:	הצטלבות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בנוי בין דרכים חד-מסלוליות במדרג נמוך – אפשרות לפנייה מהדרך המשנית עם או בלי אי משולש..... 3-23
תרשים 3.11:	הצטלבות מרומזרת בדרך עיקרית מחולקת..... 3-24
תרשים 3.12:	פתרונות לצמתים מורכבים..... 3-25
תרשים 3.13:	נקודות הניגוד בין מכוניות בשתי הצורות של הצומת המדורג..... 3-28
תרשים 3.14:	שימוש בצומת מדורג כתחליף להצטלבות בזווית חדה..... 3-29
תרשים 3.15:	צמתים מדורגים לא מרומזרים – צורות עקרוניות של דירוג ימני ודירוג שמאלי בין דרכים בסיווג נמוך..... 3-34
תרשים 3.16:	צומת מדורג – דירוג ימני לא מרומזר בין דרכים דו-נתיביות, שאחת מהן בסיווג גבוה..... 3-35
תרשים 3.17:	צומת מדורג מרומזר – דירוג שמאלי בין דרך דו-מסלולית לדרך חד-מסלולית..... 3-36
תרשים 3.18:	תיאור סכימתי של הפיכת הצטלבות לצומת מפוצל..... 3-38
תרשים 3.19:	פיצול הדרך ההמשכית בהסתעפות T..... 3-40
תרשים 3.20:	פיצול הדרך המסתיימת בהסתעפות T..... 3-40
תרשים 3.21:	פיצול צומת מסוג יהלום (כשלב לפני מחלף)..... 3-41
תרשים 3.22:	המקדם $K_p$ להגדלת הממוצע של אורך האחסנה (ST) לפי תהליך פואסון ולפי אחוז כישלון..... 3-43
תרשים 3.23:	דוגמא של הסתעפות בה פוצלה הזרוע המסתיימת..... 3-47
תרשים 3.24:	שתי דוגמאות לצמתים מפוצלים מסוג יהלום..... 3-48
תרשים 3.25:	דוגמא לצומת בפיצול מרובע..... 3-49
תרשים נ.1:	Displaced Left-Turn Intersection..... 3-51
תרשים נ.2:	Median U-Turn Intersection..... 3-52
תרשים נ.3:	Quadrant Roadway Intersection..... 3-53
תרשים 4.1:	בחירת מרחק ראות מתאים לסיווג הדרך ולסוג הצומת בתהליך התכנון..... 4-7
תרשים 4.2:	דוגמאות ליישום של אזורי מרחק ראות להחלטה במבואות צומת ומוצאי צומת ליישום מרחק ראות להחלטה מותאם לצומת (הסתעפות לא מרומזרת)..... 4-8
תרשים 4.3:	שדה הראייה הדרוש בהתקרבות לצומת בעקום אופקי..... 4-10
תרשים 4.4 א':	משולשי הראות בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית ממצב האט בדרך המשנית, תמרור 'האט תן זכות קדימה' (301), נתיב משותף לפניית ימינה ושמאלה מהדרך המשנית..... 4-16

תרשים 4.4 ב':	משולשי הראות לפנייה שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית ממצב 'האט' בדרך המשנית, תמרור 301, הפנייה ימינה חופשית	4-17
תרשים 4.5 א':	משולשי הראות בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית ממצב עצירה בדרך המשנית עם תמרור 'עצור' (302), נתיב משותף לפניית ימינה ושמאלה מהדרך המשנית	4-18
תרשים 4.5 ב':	משולשי הראות לפנייה שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית ממצב עצירה עם תמרור עצור (302), הפנייה ימינה חופשית	4-19
תרשים 4.6:	משולשי הראות לפנייה חד-שלבית שמאלה מהדרך המשנית ממצב עצירה או מהירות מופחתת עד כדי עצירה, בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית דו-מסלולית, הפנייה ימינה חופשית	4-20
תרשים 4.7:	משולשי הראות לפנייה שמאלה מהדרך העיקרית בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית דו-מסלולית	4-21
תרשים 4.8:	משולשי הראות בהצטלבות בדרך עיקרית דו-מסלולית (עם מפרדה רחבה) ממצב עצירה לחצייה מהדרך המשנית בתמרור חד-שלבי (תמרור עצור, 302) בצומת מרומזר	4-28
תרשים 5.1:	אפשרויות הניתוב בהסתעפות לא מרומזרת	5-4
תרשים 5.2:	דוגמא עקרונית לניתוב ציר ראשי וציר משני בהסתעפות לא מרומזרת	5-5
תרשים 5.3 א':	תרשים סכימתי לאופן הפחתת נתיב המשכי במוצאי הצומת	5-7
תרשים 5.3 ב':	אופן הוספת והפחתת נתיב המשכי בהסתעפות מרומזרת	5-8
תרשים 5.4:	סוגי אבני השפה המיועדים לשימוש בצמתים (על-פי ת"י 19)	5-19
תרשים 6.1:	אפשרויות לתכן שפת המיסעה לפנייה ניצבת ימינה ברדיוס מזערי ללא אי-תנועה	6-4
תרשים 6.2:	מרכיבי העקום המורכב – סימטרי (compound curve)	6-5
תרשים 6.3 א':	תכן אופייני לפנייה ימינה עם אי-תנועה, בזווית ניצבת	6-7
תרשים 6.3 ב':	דוגמא לפנייה מרומזרת ימינה עם שני נתיבי פנייה	6-7
תרשים 6.4 א':	עקרונות התכן הגיאומטרי לנתיב האטה מקביל ייעודי לפנייה ימינה	6-10
תרשים 6.4 ב':	עקרונות התכן הגיאומטרי לנתיב האטה לוכסני ייעודי לפנייה ימינה בציר הראשי (העיקרי) בהסתעפות לא מרומזרת	6-11
תרשים 6.5:	הסדרת הלוכסן בנתיב מיוחד (לוכסני) לפנייה ימינה באמצעות עקומים סימטריים מנוגדי כיוון ( $V_{d} \geq 80$ קמ"ש)	6-13
תרשים 6.6:	פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש ואורך אחסנה מזערי	6-14
תרשים 6.7:	נתיב האצה מלא מהפנייה ימינה לדרך דו-מסלולית עם לוכסן מקביל (הסתעפות לא מרומזרת)	6-17

6-18.....	נתיב האצה מקוצר (לוכסני) מהפנייה ימינה, צומת מרומזר	תרשים 6.8:
6-21.....	פרטי התכן של אי משולש (בינוני)	תרשים 6.9:
6-22.....	דוגמא לשימוש באיים לניתוב בהסתעפות מרומזרת	תרשים 6.10:
7-2.....	רוחב הפניות ורדיוסי התכן לפניות שמאלה	תרשים 7.1:
	המרווח הדרוש בין פניות מרומזרות שמאלה בנתיב אחד	תרשים 7.2:
7-4.....	הפועלות בו-זמנית (מנוגדות) בהצטלבות מרומזרת	תרשים 7.2:
	(הגדלה) המרווח הדרוש בין פניות מרומזרות שמאלה בנתיב אחד	
7-5.....	הפועלות בו-זמנית (מנוגדות) בהצטלבות מרומזרת	תרשים 7.3 א':
	המרווח הדרוש בין פניות מנוגדות שמאלה בהצטלבות מרומזרת,	
7-6.....	עם פנייה שמאלה משני נתיבים באחת הזרועות	תרשים 7.3 ב':
	תכן אופייני של שתי פניות שמאלה מרומזרות מהציר העיקרי,	
7-7.....	ושתי פניות ימינה מרומזרות מהציר המשני	
7-8.....	דוגמא לתכן צומת מרומזר עם שלושה נתיבים לפניות מקבילות שמאלה	תרשים 7.3 ג':
	(פירוט לזרוע צפונית) דוגמא לתכן צומת מרומזר עם שלושה נתיבים	תרשים 7.3 ד':
7-9.....	לפנייה שמאלה בפניות מקבילות	
7-10.....	נתיב ייעודי לפנייה שמאלה מדרך עיקרית דו-מסלולית	תרשים 7.4:
7-11.....	הסדרת הלוכסן בנתיב הייעודי לפנייה שמאלה	תרשים 7.5:
	מספר כלי-הרכב לאחסנה (n) בנתיב ייעודי לפנייה שמאלה	תרשים 7.6:
7-14.....	בציר העיקרי בהסתעפות לא מרומזרת	
7-16.....	המצבים האפשריים בנתיבי המתנה לפניות בצמתים מרומזרים	תרשים 7.7:
7-17.....	גרף לחישוב ההסתברות לאורך התור בנתיב הייעודי לפנייה מרומזרת	תרשים 7.8:
	יצירת נתיב ייעודי לפנייה שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת בציר העיקרי	תרשים 7.9:
7-20.....	בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לשני הצדדים	תרשים 7.9 א':
	(הגדלה) יצירת נתיב ייעודי לפנייה שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת	
7-21.....	בציר העיקרי בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לשני הצדדים	תרשים 7.9 ב':
	(הגדלה למרכז הצומת) יצירת נתיב ייעודי לפנייה שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת	
7-22.....	בציר העיקרי בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לשני הצדדים	תרשים 7.10:
	תיאור סכימתי להרחבה הצידה של הציר העיקרי בהסתעפות לא מרומזרת של	
7-23.....	דרך דו-נתיבית מקומית	
	נתיב השתלבות לפנייה שמאלה בציר העיקרי בדרך דו-מסלולית,	תרשים 7.11 א':
7-25.....	בהסתעפות לא מרומזרת	
	(הגדלה) נתיב לפנייה שמאלה בציר העיקרי בדרך דו-מסלולית	תרשים 7.11 ב':
7-26.....	בהסתעפות לא מרומזרת	
	נתיב לפנייה שמאלה בציר העיקרי בדרך דו-מסלולית	תרשים 7.11 ג':
7-26.....	בהסתעפות לא מרומזרת, אורך השתלבות 90 מ' להאצה	
7-28.....	פרטי התכן של אי משולש (בינוני) בצד אי הפרדה	תרשים 7.12:

7-29..	תיאור כללי של אי מאורך ("טיפה") בזרוע המשנית (דוגמא לצומת לא מרומזר)	תרשים 7.13:
7-30.....	הארכת האי מסוג טיפה לפני צומת בעקום אנכי	תרשים 7.14:
7-31.....	אופן התכן הגיאומטרי של אי מאורך ("טיפה")	תרשים 7.15:
8-1.....	תצוגה גרפית של האורך המזערי לעקום אנכי קמור בצמתים,	
8-6.....	לפי מרחק-ראות לעצירה	
8-2.....	תצוגה גרפית של האורך המזערי לעקום אנכי קמור בצמתים,	תרשים 8.2:
8-6.....	לפי מרחק-ראות להחלטה מותאם לצומת	
8-10.....	דוגמא סכמתית לתכן צומת בשיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך העיקרית	תרשים 8.3:
8-12.....	התאמת השיפועים בדרכים כשהצומת בעקום אופקי	תרשים 8.4:
8-14.....	דוגמא סכמתית לתכן צומת בשיטת המישור	תרשים 8.5:
8-15.....	מישור מצומצם בהסתעפות T	תרשים 8.6:
8-16.....	דוגמא של התאמת השיפוע לרוחב בצומת במפגש דרכים ראשיות	תרשים 8.7:
8-16.....	(או במדרג זהה) בשיטת הנקודה הגבוהה	
8-17.....	חתכים לרוחב ורומים בשתי דרכים במדרג זהה בתכנון הצומת	תרשים 8.8:
8-17.....	בשיטת הנקודה הגבוהה	
9-1.....	סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי דו-מסלולי	תרשים 9.1:
9-8.....	עם תחנת אוטובוס ללא מפרץ, בהמשך התוואי בקטע הדרך	
9-1 א'.....	הגדלה של סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי	תרשים 9.1 א':
9-9.....	דו-מסלולי עם תחנת אוטובוס ללא מפרץ, בהמשך התוואי בקטע הדרך	
9-2.....	סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי דו-מסלולי	תרשים 9.2:
9-10.....	עם תחנת אוטובוס במפרץ, במעבר מחוץ לאזור המפלט בקטע דרך	
9-10.....	אל תחום הצומת	
9-2 א'.....	הגדלה (1) של סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי	תרשים 9.2 א':
9-11.....	דו-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ, במעבר מחוץ לאזור המפלט	
9-11.....	בקטע דרך אל תחום הצומת	
9-2 ב'.....	הגדלה (2) של סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי	תרשים 9.2 ב':
9-12.....	דו-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ, במעבר מחוץ לאזור המפלט	
9-12.....	בקטע דרך אל תחום הצומת	
9-2 ג'.....	הגדלה (3) של סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי	תרשים 9.2 ג':
9-13.....	דו-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ, במעבר מחוץ לאזור המפלט	
9-13.....	בקטע דרך אל תחום הצומת	
9-3.....	סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי דו-מסלולי	תרשים 9.3:
9-14.....	עם תחנת אוטובוס במפרץ, חציית אופניים נפרדת בציר העיקרי	
9-14.....	וחיבור לשביל אופניים בזרוע המשנית	

9-15.....	העיקרי וחיבור לשביל אופניים בזרוע המשנית.....	9.3 א':	הגדלה של סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי דו-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ, חציית אופניים נפרדת בציר
9-16.....	סכימת נתיב אופניים בהסתעפות לא מרומזרת בציר עיקרי בין-עירוני	9.4:	חד-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ ומעברי חצייה (אזור מבונה)
9-17.....	סכימת נתיב אופניים בהסתעפות לא מרומזרת בציר עיקרי בין-עירוני	9.4 א':	הגדלה של סכימת נתיב אופניים בהסתעפות לא מרומזרת בציר עיקרי בין-עירוני חד-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ ומעברי חצייה (אזור מבונה)
9-18.....	הגדלת אזור מעבר ממדרכה באזור המבונה לשול של סכימת נתיב אופניים בהסתעפות לא מרומזרת בציר עיקרי בין-עירוני	9.4 ב':	חד-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ ומעברי חצייה (אזור מבונה)
10-5.....	חנות אוטובוס משולבות בהסתעפות לא מרומזרת, דרך עיקרית חד-מסלולית	10.1:	הגדלה של תחנות אוטובוס משולבות בהסתעפות לא מרומזרת, דרך עיקרית חד-מסלולית
10-6.....	תחנות אוטובוס משולבות בהסתעפות מרומזרת, דרך עיקרית דו-מסלולית	10.2:	דוגמה לתחנה במפרץ אחרי פנייה מרומזרת ימינה
10-7.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	10.3:	הגדלה של דוגמה לתחנה במפרץ אחרי פנייה מרומזרת ימינה
10-8.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	10.3 א':	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
10-9.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	10.4:	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
10-11.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	10.5:	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
10-16.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	10.5 א':	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
10-17.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	10.6:	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
10-18.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	10.6 א':	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
10-19.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	10.7:	סימון מעברי-חצייה בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך חד-מסלולית (50-70 קמ"ש מהירות מותרת, בשטח בנוי)
10-22.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	10.7 א':	הגדלה של סימון מעברי-חצייה בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך חד-מסלולית (50-70 קמ"ש מהירות מותרת, בשטח בנוי)
10-23.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	11.1:	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
11-4.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	11.2:	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
11-5.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	11.3:	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
11-7.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	11.4:	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
11-8.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	11.5:	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
11-13.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	11.6:	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
11-14.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	11.7:	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
11-15.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה	11.8:	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה
11-16.....	דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה		

- 11-18..... תרשים 11.9: דוגמא להתוויית שלושת הרדיוסים של ההסטה
- 11-10: דוגמא לריסון מהירות בגישה למעגל תנועה חד-נתיבי
- 11-19..... עם זכויות דרך מצומצמות
- 11-11: דוגמא לריסון מהירות בגישה למעגל תנועה דו-נתיבי
- 11-20..... עם זכויות דרך מצומצמות
- 11-12: דוגמא לריסון מהירות בגישה למעגל תנועה חד-נתיבי עם זכויות דרך נדיבות
- 11-13: דוגמא לריסון מהירות בגישה למעגל תנועה דו-נתיבי עם זכויות דרך נדיבות
- 11-14: התוויית זוויות הכניסה למעגל תנועה
- 11-25: דוגמא למעגל תנועה עם שתי כניסות במרחק קטן מ-20 מ'
- 11-16: דוגמא טובה ודוגמא לא מומלצת לתכן יציאה
- 11-26..... דו-נתיבית אחרי כניסה דו-נתיבית
- 11-17: הקשר בין הקוטר החיצוני של מעגל התנועה לרדיוס הכניסה ולרדיוס והיציאה
- 11-18: מרחק ראות לעצירה למעבר החצייה/מקום חצייה בכניסה למעגל
- 11-19: ראות לעצירה למעבר החצייה/מקום חצייה ביציאה מהמעגל
- 11-20: מרחק ראות לעצירה בנסיעה במעגל
- 11-21: מרחקי ראות של משולשי הראות בצומת בכניסה למעגל
- 11-22: מרחקי ראות של משולשי הראות מופחתים בצומת כניסה למעגל תנועה במחלף יהלום
- 11-33.....
- 11-23: דוגמא לנתיב פנייה בלעדי ימינה במעגל תנועה דו-נתיבי
- 11-24: דוגמא למעגל תנועה חד-נתיבי עם שני נתיבים בלעדיים לפניית ימינה
- 11-25: מחלף יהלום עם מעגל תנועה ב"תצורת עצם"
- 11-26: הסדרת מעברי חצייה עם מפרדה במעגל תנועה
- 11-27: דוגמא למעגל תנועה דו-נתיבי עם קטעי מסלול מעגלי חד-נתיביים
- 11-39: תרשימים לחישוב חיכוך ורדיוס הסטה בהתאם למהירות עבור מעגלי תנועה, מתוך "הנחיות לתכנון מעגלי תנועה", משהת"ח, 2005
- 11-40.....

## רשימת טבלאות

2-12.....	הגדרת אופי הצומת לפי אופני הבקרה והניתוב.	טבלה 2.1:
2-18.....	מרחקים מזעריים מומלצים בין צמתים לפי סוג הדרך.	טבלה 2.2:
2-20.....	ריכוז הגורמים המשפיעים על תכנון הצומת.	טבלה 2.3:
2-38.....	סוגי כלי-רכב לתכן בישראל ומאפייניהם הגאומטריים.	טבלה 2.4:
	מידרג מפגשים בדרכים בין-עירוניות והממשק עם עורק עירוני	טבלה 3.1:
3-3.....	ורחוב מאסף בשלבי הפיתוח הסופי.	טבלה 3.2:
3-27.....	השוואת נקודות הניגוד בין מכוניות בהצטלבות ובצומת מדורג.	טבלה 3.3:
3-31.....	השוואת מאפייני צורות הדירוג בצומת מדורג.	טבלה 4.1:
4-4.....	ערכי תכן למרחק ראות מזערי לעצירה בצמתים, עבור שיפועים שונים.	טבלה 4.2:
4.6.....	ערכי תכן למרחק הראות להחלטה בצומת.	טבלה 4.3:
	ערכי הפערים הקריטיים לתנועות היוצאות מהזרוע המשנית	טבלה 4.4:
4-15.....	אל הדרך העיקרית לקביעת L1 בהסתעפות לא מרומזרת.	טבלה 4.5:
4-25.....	ערכי הפערים הקריטיים לפנייה שמאלה מהדרך העיקרית (בהנחת עצירה).	טבלה 4.6:
4-26.....	מרחקי-הראות המתקבלים מערכי הפערים הקריטיים.	טבלה 5.1:
5-7.....	אורך מזערי לנתיב ההמשכי במוצאי צומת מרומזר עד לתחילת סגירתו בלוקסן.	טבלה 5.2:
	הצדקים להתקנת אי-תנועה משולש ונתיב ייעודי	טבלה 5.3:
5-10.....	לפנייה ימינה בהסתעפויות לא מרומזרות.	טבלה 5.4:
	הצדקים להתקנת אי-תנועה משולש ונתיב ייעודי	טבלה 5.5:
5-11.....	לפנייה ימינה בצמתים מרומזרים.	טבלה 5.6:
5-12.....	הצדקים לנתיב ייעודי לפנייה שמאלה בהסתעפויות לא מרומזרות.	טבלה 6.1:
5-12.....	הצדקים לנתיב ייעודי לפנייה שמאלה בצמתים מרומזרים.	טבלה 6.2:
5-18.....	הצבת אבני שפה בצמתים.	טבלה 6.3:
6-3.....	אפשרויות לתכן שפות המיסעה לפנייה ימינה ללא אי-תנועה.	טבלה 6.4:
	האורך (L) הדרוש להאטה בנתיב לפנייה ימינה בצמתים,	טבלה 6.5:
6-9.....	בשיפועים הקטנים מ-2.5%.	טבלה 6.6:
6-9.....	מקדמי תיקון לחישוב אורך קטע ההאטה בשיפועים גדולים.	טבלה 6.7:
6-9.....	היסט הלוקסן בכניסה לפנייה ימינה בנתיב אלכסוני מהציר הראשי (העיקרי),	טבלה 6.8:
6-12.....	ורדיוס עקומים מנוגדי כיוון בתכנון הלוקסן.	

טבלה 6.5:	האורך הדרוש להאצה (L) בנתיב האצה מלא לאחר פנייה ימינה בצומת (במישור).....	6-16
טבלה 7.1:	האורך הדרוש להאטה בנתיב לפנייה שמאלה בצמתים, בשיפועים אורכיים הקטנים מ-3%.....	7-12
טבלה 7.2:	מספר כלי-הרכב לאחסנה בנתיב הייעודי לפנייה שמאלה בציר העיקרי בהסתעפות לא מרומזרת.....	7-13
טבלה 7.3:	המרת אורך האחסנה הנדרש למטרים, בהתאם למספר כלי-הרכב הממתינים.....	7-15
טבלה 7.4:	המרת אורך האחסנה הנדרש למטרים, בהתאם למספר כלי-הרכב המירבי למחזור.....	7-18
טבלה 7.5:	הצדק של אי הפרדה מאורך בנוי בהסתעפויות לא מרומזרות בין דרכים חד-מסלוליות.....	7-27
טבלה 8.1:	קריטריונים לתכן שיפועים לאורך בזרועות הצומת.....	8-3
טבלה 8.2:	רדיוסים מזעריים לקיום צומת בעקום אופקי.....	8-4
טבלה 8.3:	רדיוסים מזעריים לתכן עקום אנכי קמור וקעור בצמתים.....	8-7
טבלה 8.4:	מקדמי התיקון $\delta_w(n)$ ל- $\Delta_n$ לחישוב אורך מעבר השיפועים עד תחום שטח הצומת עבור החתכים הטיפוסיים לדרך דו-מסלולית ( $n > 1$ ) במבואות הצומת.....	8-19
טבלה 8.5:	הפרש שיפוע מרבי מותר ( $\Delta_n$ ) בין ציר הדרך וקצות המיסעה בתלות במהירות התכן בצמתים.....	8-20
טבלה 10.1:	התאמת סוג התחנה לעוצמת התחבורה הציבורית.....	10-12
טבלה 10.2:	מידות לתכנון תחנות אוטובוס בצומת בין-עירוני.....	10-13
טבלה 10.3:	הצעה להגדרת אינטנסיביות התחבורה הציבורית בתחנות אוטובוס בין עירוניות.....	10-25
טבלה 10.4:	הפער הקריטי הנדרש להולכי-רגל לחציית זרוע בצומת לא מרומזר.....	10-26
טבלה 10.5:	מרחקי הראות הדרושים להולכי-הרגל לחציית זרוע בצומת לא מרומזר.....	10-27
טבלה 10.6:	איור 18-13 מתוך HCM מתורגם (2005).....	10-28
טבלה 11.1:	יתרונות של מעגל תנועה ביחס לצמתים אחרים.....	11-2
טבלה 11.2:	חסרונות של מעגל תנועה ביחס לצמתים אחרים.....	11-3
טבלה 11.3:	תחום נפחי התנועה לתכנון בית"ן בשעות-שיא ביציאה המצדיק נתיב יציאה אחד או שניים.....	11-5
טבלה 11.4:	מדריך לבחירת רדיוס אי מעגלי.....	11-10
טבלה 11.5:	מידות לרוחב המסלול המעגלי לפי רכבי התכן.....	11-12
טבלה 11.6:	מהירות ייעוד ורדיוס הסטה מרבי מתאים על פי סוגי מעגלי התנועה.....	11-14
טבלה 11.7:	רוחבי כניסה ויציאה מזעריים במעגלי תנועה חד-נתיביים.....	11-22
טבלה 11.8:	רוחבי כניסה ויציאה מזעריים במעגלי תנועה דו-נתיביים.....	11-23

- טבלה 11.9: מרחק ראות במעגל תנועה על פי רדיוס הנסיעה.....11-28
- טבלה 11.10: מרחקי ראות נדרשים  $d_1$  ו- $d_2$  במשולשי הראות, לצורך חישוב מרחקי ראות בגישות למעגל תנועה ולנסיעה במעגל, כתלות במהירות הנסיעה וברדיוס הנסיעה.....11-30

## פרק 1: מבוא

### תוכן עניינים

1-1.....	כללי	1.1
1-1.....	מטרות	1.2
1-2.....	הסיבות לעדכון ההנחיות	1.3
1-4.....	מבנה ההנחיות	1.4
1-6.....	תחולת ההנחיות	1.5

## פרק 1: מבוא

### 1.1 כללי

כרך זה, המהווה חלק מהעדכון הכולל של הנחיות נת"י לתכן גיאומטרי, מכיל הנחיות לתכן גיאומטרי של צמתים בדרכים בין-עירוניות, ולתכן מרכיביהם השונים. כרך זה מתבסס על העדכון של כרך 1 – תכן גיאומטרי של דרכים, שעודכן ופורסם בשתי מהדורות – ב-2012 וב-2018, וכן מתואם עם כרך 3 – מחלפים, שפורסם במרשתת למתכננים ב-2018, ומתעדכן במקביל לכרך זה.

התשתית התחבורתית הבין-עירונית היא בעלת חשיבות ראשונה במעלה בקיום הפעילות הכלכלית והחברתית במשק. הקצב המהיר של עליית רמת המינוע ושל הפיתוח המשקי, מחייבים תכנון נאות של תשתית זו, כך שתענה הן לצורכי הניידות והנגישות, הנוחות, בטיחות המשתמשים בדרך, ויעילות התפעול השוטף, והן לדרישות סביבתיות ולשמירה על עקרונות כלכליים. ההנחיות המובאות להלן נבנו כך, שימלאו במידת האפשר את הדרישות הללו.

מרבית הניגודים בין המשתמשים השונים (ה"ר, אופניים, מכוניות) ברשת הדרכים הבין-עירונית מרוכזים בצמתים, וכן מרבית העיכובים לתנועה השוטפת. יחד עם זאת, צמתים הם מרכיב הכרחי בתפקוד של רשת תחבורתית מתקדמת ויעילה ובהבטחת הקישוריות, והשפעתם רבה על רמת הבטיחות, קיצור זמני הנסיעה, הקטנת העיכובים והעלאת רמת-השירות של המשתמשים בדרך, ועל קיבולת הרשת כולה.

הצורך בהנחיות לתכן צמתים נובע מהמורכבות הגיאומטרית שלהם, וממגוון סוגי הצמתים האפשריים. אומנם, בשל מגוון התנאים המשפיעים על תכן הצומת, אין כמעט שני צמתים זהים לחלוטין, אולם ניתן לשייך כל צומת לתצורה העקרונית ולשיקולי התכן המתאימים לו ביותר.

הנחיות אלו מבוססות על ההנחיות המעודכנות ביותר ממדינות בהן קיימות הנחיות מסוג זה, ועל המחקרים החדשים ביותר בארץ ובעולם, אשר עסקו בנושאים המובאים בהן. הסטנדרטים שאומצו בהנחיות אלו, מבוססים על ניתוח קריטריונים המתאימים לתנאי הארץ ולמדיניות התכנון העדכנית, ועל הניסיון שנצבר בארץ מאז הוצאת המהדורה הקודמת בשנת 2000.

### 1.2 מטרות

מטרתן העיקרית של הנחיות בנושא תכן דרכים היא השגת אחידות בתכנון באמצעות קביעת ערכים מנחים. ההנחיות מציגות בפני המתכנן את האפשרויות העומדות בפניו. יחד עם זאת, אין ההנחיות מיועדות להגביל את מחשבות המתכנן, אלא להגדיר לו מסגרת מחד, ולהרחיב את אופקיו מאידך, כדי לסייע בידיו להתמודד עם בעיות שאינן סטנדרטיות.

מטרת ההנחיות לתכן צמתים היא ליצור למתכנן מסגרת מנחה בתחומים הבאים:  
א. מסגרת לקיום תהליך תכנון מסודר, שבעזרתו ניתן יהיה לשחזר את התהליך ולעמוד על ההחלטות שהתקבלו על-ידי המתכנן לאורך שלבי התכנון השונים.

- ב. מסגרת להבחנה ולבחירה בין סוגי הצמתים – מתוך הבנה שצומת מסוים המתאים למפגש דרכים אחד, יכול להתאים פחות למפגש דרכים אחר לאורך אותו ציר.
- ג. יצירת מערכת מומלצת של עקרונות ופרטי תכן של מרכיבי הצומת, אשר יתאימו ליצירת הצומת הכולל לפי התפישה התכנונית שהתגבשה.
- ד. התאמת תכנון הצומת להולכי-הרגל, לצרכי התחבורה הציבורית והיקפה, לרבות מרחקי הליכה ומעברים (Transfers) בין אמצעים, ולשילוב תנועת אופניים.

מאחר שגם מחלפים רבים כוללים בתוכם צמתים, מותאמים העקרונות ופרטי התכן בכרך זה להשלמת המידע המוצג בכרך המוקדש למחלפים, מהדורת 2018, ולעדכונה שמתבצע במקביל לכרך הצמתים. בכרך המחלפים, ששילב גם את עקרונות התכן הגיאומטרי למפרידנים/מחלפונים זעירים מ-2005, נכללו שיקולי התכן לצומת המהווה שלב-ביניים למחלף, או לשדרוג צומת למחלף, ולשילוב צמתים חדשים במחלפי-גישה ובמחלפונים זעירים. בסוגיות מסוימות פורטו התייחסויות ממוקדות לצמתים המהווים חלק ממחלף.

### 1.3 הסיבות לעדכון ההנחיות

הכנת שלושת הכרכים הראשונים של מערכת ה-"הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות, צמתים ומחלפים" של מע"צ התבצעה בין השנים 1992-2000, כאשר כרכי הצמתים והמחלפים התפרסמו לראשונה בשנת 2000.

לקראת סוף 1999 התפרסם מסמך "מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית למדינת ישראל" של משרד התחבורה, ומהדורה שנייה מעודכנת יצאה ב-2008. לאור זאת, מדיניות התכן הכוללת כפי שהתבטאה בשלושת הכרכים הראשונים בהנחיות מע"צ, לרבות הצמתים, עדיין לא יכלה לשקף או לבטא חלק מהעקרונות אותם קבע משרד התחבורה בשנת 1999, ועידן ב-2008.

בשל משך הזמן הממושך שנדרש להכנת מערכת הנחיות, בכל מדינה שהיא, המקורות הזרים העדכניים לתקופתם, עליהן התבססה הכנת הכרכים 1-3 של ההנחיות האמורות, היו עד המחצית הראשונה של שנות ה-90. עקב כך, גם המקורות הזרים גובשו בארצותיהם בטרם התבססה בהם תפיסת "תכנון בר-קיימא" ותפיסת "תכנון רגיש-מיקום" (Context-Sensitive-Design – CSD), אשר החלו להתפתח באירופה, בארה"ב, באוסטרליה וכיוצ"ב רק ממש לקראת סוף המאה ה-20, וכן בטרם אימוץ סופי של התפישות הבטיחותיות והסביבתיות המתקדמות של המאה ה-21. חלק מעקרונות התכנון החדשים מצאו כבר את ביטויים בתכנית "ישראל 2000", בתמ"א 31 ו-35, בתמ"מ 21-3 ובמסמך המדיניות של משרד התחבורה לעיל, וכן בתמ"א 42 שהיתה בהכנה במקביל להנחיות שלפניכם, ותשולב לבסוף כתיקון 1 לתמ"א 1. בשני העשורים האחרונים, יצאו לאור מהדורות חדשות של הנחיות לתכן צמתים בכל המדינות המתקדמות עליהן התבססו ההנחיות הקודמות (ארה"ב, קנדה, צרפת, אנגליה, אירלנד, ספרד, גרמניה, אוסטרליה, ניו-זילנד, PIARC), ועודכנו בהן רבים מקריטריוני התכן הבסיסיים.

גם בסוגיות המדיניות הבסיסית של מערך ההנחיות נדרשה חשיבה מחודשת, מהסיבות העיקריות הבאות:

- א. במהלך 2010 התפרסמו מסמכי הנחיות חדשים של משרד התחבורה, המתייחסים לסוגיות עקרוניות של תכנון הרשת הבין-עירונית:
- (1) "הנחיות לקביעת מהירויות ברשת הדרכים" – הנחיות הקובעות מדיניות למהירויות הייעוד והתכן ברשת העירונית והבין-עירונית.
- (2) "תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות" – הנחיות המשלבות את השפעת השיקולים הסביבתיים והאורבניים על תכן הדרכים הבין-עירוני.
- שני מסמכים אלה חוברו ע"י צוותים בראשות "אמי-מתום" ובתיאום עם הנחיות מע"צ החדשות.
- ב. בשנת 2011 פורסם "ספר הצמתים" במסגרת מערך חדש של הנחיות לתכנון רחובות בערים, עודכן ב-2020, וחלק מהעקרונות התכנוניים שהוצגו בו, נדרש לאמץ גם בצמתים בין-עירוניים. במסגרת זו עודכנו גם ספרי ההנחיות לתנועת הולכי-רגל, לתנועת אופניים ולתנועת רכב מנועי, שלכולם השלכות גם על תכנון צמתים בין-עירוניים.
- ג. הן אופן חישוב רמת-השירות והקיבולת בהנחיות מ-2000, והן רמות-השירות שנבחרו לתכן, התבססו על מתודות שהתיישנו מאז: הכרך הקודם התבסס על HCM מ-1997, שעבר מאז שינוי יסודי, היות שהמדיניות לחישוב רמות-שירות עברה מבסיס היחס נפח/קיבולת, לבסיס צפיפויות. בנוסף לכך, פורסמה ב-2005 ע"י משרד התחבורה מהדורה "ישראלית" של HCM 2000, מתורגמת ומכויילת לתנאי ישראל. לכן לא נדרש עוד עיסוק נפרד בנושאים אלה במסגרת כרך הצמתים, אלא הפנייה למסמך הקיים או לעדכוניו, אם יהיו.
- ד. בדומה לכך, כבר לא היה צורך גם בפרקים כגון מפגשי מסילה-דרך, לאור הוצאת הנחיות נפרדות ע"י משרד התחבורה, וכן בפרק ההתחברויות, ששימש בסיס לתמ"א 18 שהתפרסמה מאז במספר עדכונים, ולפרק 13 'התחברויות למתקני תשתית' בכרך 1 מ-2018.
- ה. ההנחיות הקודמות הוכנו לפני כינונה של הוועדה הבין-משרדית לאישור התקני תנועה ובטיחות, ולכן לא כללו את הקריטריונים הבטיחותיים, שנקבעו במסגרת ההנחיות שהוועדה מפיצה לבחירה ולהצבה של התקני בטיחות, אשר מעניקות כלים נוספים לתכנון בטיחותי של מרכיבי התוואי, ומחייבות את שילובן בכל שלבי התכנון.
- ו. בהנחיות הקודמות לא שולבו עדיין התייחסויות להסדרי העדפה לתחבורה ציבורית, אשר נסקרו מאז בהרחבה בהנחיות של משרד התחבורה ב-2 העשורים האחרונים. הסדרים אלה מהווים מרכיב חשוב במדיניות התחבורתית הנוכחית. בדומה לכרכים 1 ו-3, שולבו גם בכרך זה פתרונות עבור תחנות תח"צ בצמתים, והתאמתם לצרכי הולכי-הרגל.
- ז. בהנחיות הקודמות לא היתה עדיין התייחסויות להסדרים לתנועת אופניים, אשר התפתחו בהנחיות של משרד התחבורה רק במאה ה-21. בדומה לכרכים 1 ו-3, שולבו גם בכרך זה העקרונות של ההנחיות לתנועת אופניים, שהתפרסמו במסגרת מערך ההנחיות לתכנון רחובות בערים ב-2009, והתעדכנו ב-2020, בהתאמה לרשת הבין-עירונית, עבור אזורים שהאופניים משמשים לצרכי יוממות, עם התאמות לאופי התנועה ברשת הבין-עירונית, אשר יפורטו בכרך זה.

ח. מאז פרסום ההנחיות הקודמות, התפרסמה מערכת של תקנים ותקנות בנושאי נגישות, ומדריך של נת"י, המשפיעים על מאפייני התכנון הרלוונטיים להולכי-רגל, בעיקר בנושא התכנון למשתמשי התח"צ.

ט. בכרך הראשון, לתכן גיאומטרי של דרכים, אשר נכתב מחדש ב-2012 ועודכן פעם נוספת ב-2018, השתנו קריטריונים גיאומטריים רבים, שחייבו שינויים בכרך הצמתים.

י. מאז 2010 התפרסמו מהדורה חדשה ומספר עדכונים ללוח התמרורים ולהנחיות להצבת תמרורים, וכן לתכנון שילוט ב-2016, אשר חייבו שינויים כגון אופן הסימון בכבישים, המתבטא בתוכניות ובפרטים.

יא. במקביל להנחיות אלו, מצויה בהכנה מהדורה מעודכנת של הנחיות לתכנון רמזורים, וההשלכות על התכן הגיאומטרי תואמו בין הצוותים.

יב. בתקופה שחלפה מהוצאת המהדורה הראשונה, ההנחיות לצמתים היו בשימוש אינטנסיבי אצל המתכננים והרשויות, ונצבר ניסיון רב בתכנון צמתים חדשים ובשדרוג צמתים קיימים. במקביל, הונהגה בישראל מתודה של תסקירי בטיחות לפרוייקטים מהותיים, והלקחים הוטמעו בהנחיות.

כאמור, ההנחיות החדשות מתבססות על ההנחיות המעודכנות ביותר ממדינות בהן קיימות הנחיות מסוג זה, ועל המחקרים החדשים ביותר בארץ ובעולם, אשר עסקו בנושאים המובאים בהן, תוך התאמה לניתוח קריטריונים המתאימים לתנאי הארץ, ועל הניסיון התכנוני שנצבר בארץ.

## 1.4 מבנה ההנחיות

כך זה של ההנחיות מורכב מארבעה חלקים עיקריים:

החלק הראשון (פרקים 2 ו-3), כולל הגדרות ומושגים עיקריים בתכן צמתים, עיקרי תהליך התכן של צמתים, פרוט הסוגים השונים והתצורות העקרוניות של צמתים ברשת הבין-עירונית, השיקולים המנחים וההצדקים בתהליך התכן ובבחירת הצומת המתאים.

החלק השני (פרק 4) שנכתב מחדש ברובו, עוסק בקריטריוני הראות עם התאמה לכרך 1 (דרכים) ולהנחיות לתכנון רחובות בערים, גם מבחינת המתודולוגיה (מודל פער קריטי), וגם מבחינת התאמת ערכי התכן לתנאים השונים.

החלק השלישי (פרקים 5 עד 7), החלק מרכז את נושאי התכן הקשורים לתכן הפניות בצומת, ומחולק באופן שונה לעומת הכרך הקודם: סוגי התנועות בצמתים ואופן הניתוב הנדרש, בעיקר בצמתים בלתי מרומזרים עם הפניות למרומזרים; תכן הפניות ימינה ושמאלה – עקומים ורדיוסים לפניות; נתיבי עזר (האצה והאטה); איי תנועה משולשים ומפרדות.

החלק הרביעי (פרק 8), מאחד את פרקים 8 ו-9 מהכרך הקודם, ועוסק בתכן התוואי האופקי והאנכי בצומת – עקומים אופקיים ואנכיים, שיפועים ושיטות לתכנון רומים.

החלק החמישי (פרקים 9 ו-10), מפרט התייחסות למשתמשי-דרך נוספים שקיבלו חשיבות רבה בשנים האחרונות – עקרונות לשילוב תחבורה ציבורית בצמתים, ופתרונות להולכי-רגל ולאופניים. מיספור הפרקים מקביל לפרקים המקבילים בכרכים 1 ו-3.

החלק השישי (פרק 11), עוסק בצמתים המתוכננים כמעגלי תנועה. פרק זה נכתב בנפרד ע"י צוות אחר ממשרד קרני מהנדסים, אך בוועדת היגוי משותפת, היות שהפרק נועד לשילוב בכרך הנוכחי. הפרק מפרט את המקרים בהם מעגל תנועה הוא פתרון אפשרי לצומת בדרך בין-עירונית, ואת עקרונות התכן עבורו, בהתאמה לכלל עקרונות התכן בכרך.

**גירסה ראשונה של כרך זה פורסמה בינואר 2022 ללא פרק 11. בגירסה הנוכחית נוסף פרק 11, וכל הפרקים נערכו מחדש בהתאם להתאמות ולהפניות הנדרשות עקב הוספת פרק מעגלי התנועה.**

אופי ההנחיות הוא יישומי, כאשר כל פרק כולל: רקע כללי; הגדרת המושגים והמונחים; הסבר תמציתי של השיקולים וההנחות שביסודן של ההנחיות שבפרק; הצדקים, המלצות והנחיות לתכן; טבלאות לערכי תכן ושרטוטים מתאימים.

תהליך התכן של צמתים מחייב שילוב ההנחיות מהפרקים השונים למקשה אחת. להלן פרוט הפרקים המרכיבים את ההנחיות:

**פרק 1 – מבוא (הפרק הנוכחי).**

**פרק 2 – הגדרות ומושגים כלליים בתכן צמתים:** הגדרות ומושגים בסיסיים; סיווג בסיסי של צמתים; שיקולים מנחים ועקרונות, תהליך התכן, סוגי הרכב לתכן.

**פרק 3 – סוגים וצורות של צמתים:** קביעת סוג הצומת המתאים, צורתו ומיקומו בתוואי; שיקולים גיאומטריים במיקום הצומת; עקרונות תכן לרימזור; הסתעפויות, הצטלבויות וצומת רב-זרועי.

**פרק 4 – מרחקי ראות בצמתים:** מרחקי-הראות בהתקרבות לצומת – לעצירה ולהחלטה מותאם לצומת; ערכי-התכן של הגובה; משולשי-הראות בצמתים לאורך שתי הדרכים – יישום והגבלות.

**פרק 5 – ניתוב בצומת ואיי תנועה – עקרונות:** ניתוב בצומת ואיי תנועה; נתיבים המשכיים ונתיבי-עזר באזור הצומת; נתיבים ייעודיים לפניות ימינה ושמאלה; נתיבי עזר לאחר הפניות ימינה ושמאלה; שיקולים ויעדים בהתקנת איי תנועה; אבני-שפה.

**פרק 6 – תכן פניות ימינה:** פנייה ימינה ללא אי-תנועה; פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש; נתיבי האצה אחרי פנייה ימינה; איים משולשים.

**פרק 7 – תכן פניות שמאלה:** תכן גיאומטרי לפניות שמאלה; נתיבים ייעודיים לפנייה שמאלה בנתיב יחיד או בשניים; אי-הפרדה מאורך ("טיפה") ושטח ההפרדה;

**פרק 8 – התוואי האופקי, התוואי האנכי ורומים בצומת:** שיפוע אורכי בזרועות הצומת; עקומים אנכיים ואופקיים בצמתים; שיטות לתכן רומים; מעברי שיפועים וניקוז.

**פרק 9 – תנועת אופניים בצמתים:** עקרונות לתנועת אופניים בצמתים בין-עירוניים; מעברים מתנועה בקטע לתנועה בצומת, ואופן השתלבותם בהסדרים בצומת.

**פרק 10 – תחבורה ציבורית והולכי-רגל בצמתים:** מתודולוגיה ותכנון לאופן השילוב של תחנות תחבורה ציבורית ומערכי ההליכה המתחייבים בתחומי צמתים – סוגי התחנות לקווים השונים ואופן מיקומן; תכנון להולכי-רגל – נגישות, בטיחות ואופן החצייה.

**פרק 11 – מעגלי תנועה:** הגדרה ומאפיינים; יתרונות וחסרונות; תנאים ומרכיבים לתכנון של האי המעגלי המרכזי, הגישות, הכניסות והיציאות; אי התנועה המרכזי והמסלול הסיבובי; מרחקי ראות, תוואי אופקי ואנכי, נתיבי פנייה בלעדיים, מעגלים ב'תצורת עצם', שילוב ה"ר, אופניים ותח"צ; עקרונות שילוט. המרכיבים מתייחסים הן למעגל חד-נתיבי והן לדו-נתיבי.

## 1.5 תחולת ההנחיות

ההנחיות תיכנסנה לתוקף מיד עם פרסומן. הנחיות אלה נועדו בראש וראשונה לתכן צמתים חדשים, ויש ליישמן גם כאשר מתכננים שיפורים בצמתים קיימים. ההנחיות מקיפות את המקרים השכיחים והצפויים בתכן צמתים, אולם ייתכנו מצבים חריגים ואילוצים אשר יחייבו חריגה מן ההמלצות שבהנחיות. חריגות אלה יבוצעו רק לפי הנחיות מיוחדות של הגורם המוסמך ברשות המזמינה.

חשוב להדגיש, שההנחיות מציינות בדרכ-כלל ערכים **מזעריים** (מינימליים) או ערכים **מרבניים** (מקסימליים) לתכן המרכיבים השונים, ואין לראות בכך המלצה למתכנן להיצמד לערכים קיצוניים אלה. יש לשאוף תמיד לתכנון מאוזן המשתמש בערכים המיטביים לתנאים הנתונים. על המתכנן לבדוק היטב את כל החלופות האפשריות. מצד שני יש לזכור, כי הנחיות אינן מסוגלות לצפות את כל התנאים האפשריים, ולכן הן בגדר המלצות, ואינן מהוות תקן או חוק.

מבנה ההנחיות מאפשר עדכון מעת לעת לפי הצורך, בהתאם לניסיון הנרכש עם הזמן ובהתאם למדיניות הנקבעת על-ידי נתיבי ישראל ומשרד התחבורה, והמהדורה העדכנית של ההנחיות היא המחייבת את המתכנן.

## פרק 2: הגדרות, מושגים, שיקולים ועקרונות בתכן צמתים

### תוכן עניינים

<b>2-1</b> .....	<b>הצומת – הגדרה ותפקידים</b>	<b>2.1</b>
2-1.....	מבוא	2.1.1
2-2.....	הגדרת צומת בתקנות התעבורה ומשמעותה בהנחיות	2.1.2
2-2.....	הגדרות נוספות בהנחיות לתחומי טיפול בצומת	2.1.3
<b>2-5</b> .....	<b>מושגים בסיסיים בתכן צמתים</b>	<b>2.2</b>
2-5.....	הגדרת המושגים הבסיסיים	2.2.1
2-5.....	התנועות בצומת	2.2.2
2-8.....	ניגודים בצומת	2.2.3
2-11.....	סיווג צמתים לפי רמת הבקרה והניתוב	2.2.4
<b>2-11</b> .....	<b>הגדרת סוגים בסיסיים של צמתים</b>	<b>2.3</b>
2-12.....	הסתעפות (צומת תלת-זרועי)	2.3.1
2-13.....	הצטלבות (צומת ארבע-זרועי)	2.3.2
2-13.....	צומת רב-זרועי	2.3.3
2-14.....	מעגל תנועה (צומת סיבובי, roundabout)	2.3.4
2-15.....	צומת מדורג (הנקרא בתמרורים 119-120 "צמתי קמץ")	2.3.5
2-16.....	צומת מפוצל	2.3.6
<b>2-16</b> .....	<b>עקרונות ושיקולים מנחים בתכן צמתים</b>	<b>2.4</b>
2-16.....	עקרונות ושיקולים מנחים	2.4.1
2-20.....	ריכוז השיקולים לקביעת הצומת המתאים	2.4.2
<b>2-20</b> .....	<b>תהליך התכנון</b>	<b>2.5</b>
2-20.....	שלבי התכנון	2.5.1
2-21.....	נתוני האתר	2.5.2
2-22.....	נתוני תנועה	2.5.3
2-25.....	התפתחות הצומת	2.5.4
2-26.....	גורמי אנוש	2.5.5
2-27.....	בחירת החלופה המועדפת	2.5.6
<b>2-27</b> .....	<b>סוגי הרכב לתכן</b>	<b>2.6</b>
2-27.....	בחירת כלי-הרכב לתכן	2.6.1
2-28.....	כלי-רכב חריגים לתכן	2.6.2
2-38.....	רמת השירות לתכן	2.6.3
<b>2-38</b> .....	<b>בקרת גישות</b>	<b>2.7</b>

## פרק 2: הגדרות, מושגים, שיקולים ועקרונות בתכן צמתים

### 2.1 הצומת – הגדרה ותפקידים

#### 2.1.1 מבוא

צומת הוא שטח המפגש הפיזי של שתי דרכים לפחות במפלס אחד. צמתים הינם מרכיב חשוב ביותר במערכת הדרכים, בהיותם המוקדים המאפשרים לרשת הדרכים למלא את תפקידי הנגישות שלה. מיקום הצמתים והתכן שלהם משפיעים במידה רבה על יעילותה ועל בטיחותה של מערכת הדרכים, על מהירות הנסיעה, על קיבולת רשת הדרכים, על השירות בתחבורה הציבורית, ועל עלות התפעול של מערכת התחבורה המנועית. תפקודה המוצלח של רשת הדרכים תלוי, במידה רבה, באופן התכנון והתפעול של הצמתים, מאחר שהם גורמים למרבית העיכובים החלים ברשת (מקובל להניח שכשני-שליש מכלל העיכובים לתנועה נגרמים בצמתים במפלס אחד). בנוסף לכך, צמתים מהווים נקודת-תורפה בטיחותיות בגלל ניגודים (קונפליקטים) במפלס אחד (מבחינת תאונות, גם לנוסעי הרכב המנועי וגם לשאר משתמשי הדרך – רוכבי אופניים, הולכי-רגל וכד').

הצומת מהווה נקודת מוקד של מערכת הדרכים הנפגשות מחמש בחינות:

**א. נגישות:** בצמתים מתפלגת התנועה לכיוונים השונים לפי יעדי הנסיעה, ובאמצעות הצומת מגיעים משתמשי הדרך אל יעדיהם. הצומת הינו נקודת החלטה עבור משתמשי הדרך ומשמש, יחד עם זאת, כציון דרך להתמצאות במערכת.

**ב. בטיחות:** בצומת נפגשות זרימות תנועה מנוגדות, ומתבצעים תמרונים שונים ושינויי מהירות על-ידי הנהגים, לבחירת כיוון הנסיעה. גורמים אלה יכולים להביא להתנגשויות באזור הצומת, ולכן חשיפת כלי-הרכב ומשתמשי הדרך לתאונה גדולה יותר בתחום הצומת מאשר ביתר המקומות במערכת הדרכים.

**ג. קיבולת ורמת שירות:** בגלל שזרימות התנועה השונות נחתכות בצומת, ובגלל ריבוי הפניות, הופך הצומת ל"צוואר הבקבוק" העיקרי של מערכת הדרכים. מכאן נובע כי קיבולת המעבר של כיווני התנועה השונים בתוך הצומת, היא שקובעת את הקיבולת המעשית בכל אחד מצירי הגישה.

**ד. רכב מנועי:** במערכת הדרכים הבין-עירונית, הרכב המנועי מהווה את המרכיב הדומיננטי ביותר בין משתמשי הדרך בצומת. הרכב התנועה והתנהגות הנהגים ביחס לתכנון הצומת הם מרכיבים משמעותיים בזרימת התנועה והבטיחות בצומת.

**ה. תחבורה ציבורית (תח"צ) והולכי-רגל (ה"ר):** באזור הצומת ממוקמות בד"כ תחנות אוטובוס, וכן ייתכנו נתיבי העדפה לתחבורה ציבורית וממשקים עם תחבורה מסילתית סמוכה. יש להבטיח מסלולי הליכה בטוחים להולכי-הרגל להגעה לתחנות, אפשרות בטוחה למעבר בין קווים, רוחב מדרכה מספיק באזור התחנות, ועמדות להמתנה בטוחה לתחבורה הציבורית (ראו פרק 10 – "תחבורה ציבורית").

ו. **תנועת אופניים:** במידה שמתוכן מעבר תנועת אופניים בצומת, יש לתכנן את הצומת ומעברי החצייה בו גם למעברי חצייה לתנועת אופניים, במיוחד כשהצומת מרומזר. (ראו פרק 9 – "תנועת אופניים").

### 2.1.2 הגדרת צומת בתקנות התעבורה ומשמעותה בהנחיות

"צומת" מוגדר בתקנה 1 לתקנות התעבורה (ת"ת) באופן הבא: "צומת – השטח המתהווה על-ידי פגישתם של שני כבישים או יותר והמוגבל על-ידי קווי שפות הכבישים או אבני השפה של אותם כבישים או על-ידי הארכתם המדומה;

צומת אינו כולל –

(1) התמזגות כבישים בדרך מהירה;

(2) שטח המתהווה על-ידי פגישה של כביש עם כניסה ויציאה לחצרים, או עם דרך גישה לבית, למגרש חניה, לתחנת דלק או למפעל, אלא אם סומן אחרת בתמרור;

(3) התמזגות בכביש חד-סיטרי שבו שני נתיבים או יותר באותו כיוון נסיעה ושלפניה הוצב תמרור 123."

לפי הגדרה זו שבתקנות התעבורה, התחברות של דרך לחצרים או לשימושי קרקע סמוכים, (2) לעיל, אינה מהווה צומת. הגדרה זו נועדה למנוע, מבחינת המחוקק, את הצורך להחיל על התחברויות אלו את כל הסדרי התנועה, התימרור והחוקים התקפים בצומת, כגון איסורי עקיפה, ביטול תוקפם של תמרורי הוריה, הצורך בהצבת תמרורי אזהרה ומודיעין וכיו"ב.

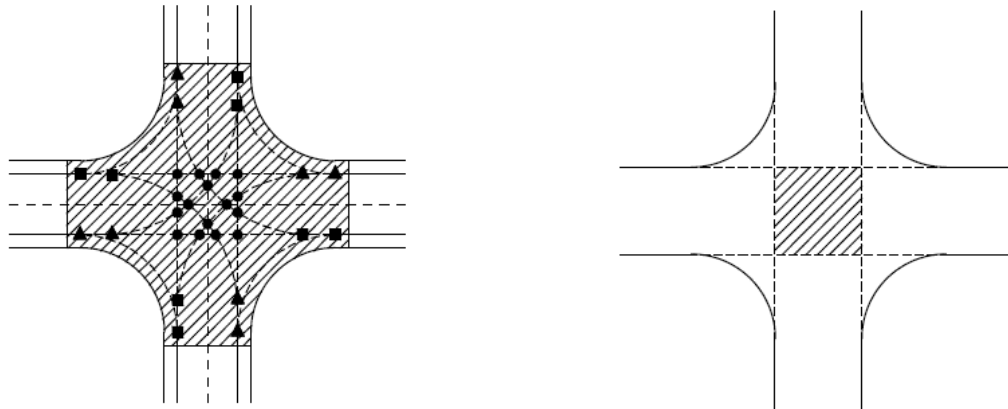
מאידך, מבחינת המתכנן, חלק מהמאפיינים ההנדסיים-תנועתיים וההפרעות הנגרמות בהתחברויות אלו, דומים למתרחש בצמתים. לאור זאת, יש להתאים את שיקולי התכן והמרכיבים הפיזיים, הגיאומטריים והתנועתיים המוצגים בהנחיות אלו, לאותן התחברויות אל הדרך של "מבני שירות" הממוקמים לצידיה, כהגדרתם בתמ"א 3, או "מתקני תשתית" כהגדרתם בתמ"א 42 (אשר תיכלל לבסוף כפרק התעבורה החדש בתמ"א 1, ואשר טופלו בפרק 13 בכרך 1 להנחיות אלו), ושל "תחנות תדלוק" כהגדרתן בתמ"א 18.

### 2.1.3 הגדרות נוספות בהנחיות לתחומי טיפול בצומת

א. **שטח הצומת:** שטח הצומת, כפי שהוא מוגדר בתקנות התעבורה (סעיף 2.1.2 לעיל) הוא השטח המצומצם "המוגבל על-ידי קווי שפות הכבישים... או על-ידי הארכתם המדומה".

הגדרה זו הינה מצומצמת ביותר מבחינת השטח הפיזי הנתחם בצומת על-פיה (כמתואר ב-(א) בתרשים 2.1), ומיועדת למעשה, לקביעת השטח בו חלים על עוברי הדרך דיני התעבורה המיוחדים לצומת. באופן מעשי, התחום בצומת המתאפיין על-ידי קיומם של ניגודים (כמוגדר בסעיף 2.2.3 להלן) גדול בהרבה מאשר המוגדר כשטח, ולכן נוספה בהנחיות הגדרת תחום הצומת:

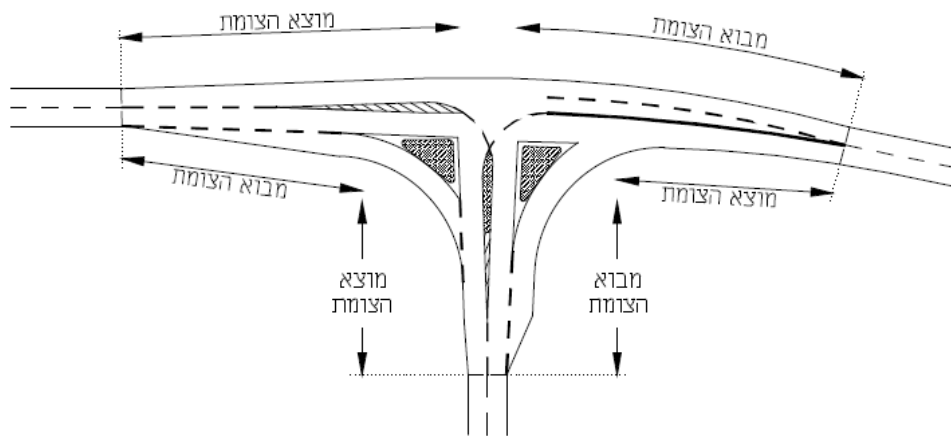
ב. **תחום הצומת:** השטח הכולל לפחות את כל נקודות הניגוד בכבישים הנפגשים, כמתואר ב-(ב) בתרשים 2.1.



נקודות ניגוד ( ראה תרשים 2.4 ) - ▲ ● ■ -

(ב) תחום הצומת כהגדרתו בהנחיות

(א) שטח הצומת כמוגדר בתקנות התעבורה

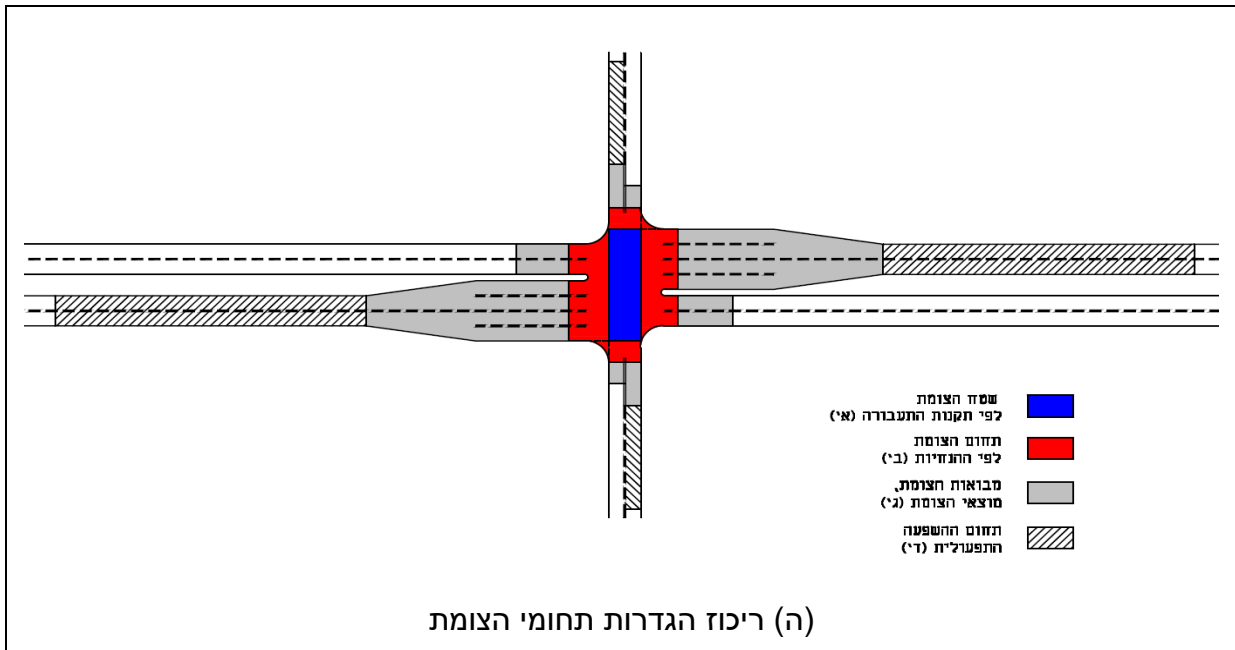


(ג) מבואות ומוצאי הצומת כהגדרתם בהנחיות



(ד) תחום ההשפעה התפעולית של הצומת כהגדרתו בהנחיות

**תרשים 2.1:** תיאור המושגים הבסיסיים בתכן צמתים כפי שמוגדרים בהנחיות



(ה) ריכוז הגדרות תחומי הצומת

**תרשים 2.1 (המשך):** תיאור המושגים הבסיסיים בתכן צמתים כפי שמוגדרים בהנחיות

מעבר לכך, מבחינת התכנון ההנדסי והתפעול התנועתי, יש צורך להתחשב גם בזרועות הצומת ובתנועות בו במרחק גדול יותר לאורך זרועות הצומת, ובחיבורם לצומת באופן מאוזן תנועתי. לאור זאת, ההתייחסות לצומת בהנחיות אלו תכלול גם את הקטעים הסמוכים לצומת של הדרכים הנפגשות בו, בהתאם להגדרות להלן:

**ג. מבואות ומוצאי הצומת (ג) (בתרשים 2.1):** אותם קטעי הכבישים בזרועות השונות לקראת הצומת וביציאה מהצומת, בהם חלים שינויים גיאומטריים ותפעוליים עקב קיום הצומת, כגון שינויים ברוחב הכביש, בנייתוב (לרבות נתיבי האטה והאצה), בתמרור ובסימון, בשיפועים לאורך או לרוחב וכדומה. (המבוא לצומת מכיוון תנועה מסוים הוא המוצא לתנועה מהכיוון הנגדי).

**ד. תחום ההשפעה התפעולית של הצומת (ד) (בתרשים 2.1):** אזור נרחב עוד יותר ממבואות הצומת, הכולל את כל המרכיבים התנועתיים הנדרשים לתפעול הצומת מכל כיווני ההתקרבות – שילוט ההדרכה, הניתוב על הכביש, אורכי האחסנה הנדרשים, וכן מיקום גלאים בהתקרבות לצמתים מרומזרים. אזור ההשפעה התפעולית כולל גם את כל התחום הנכלל במרחקי הראות הנדרשים בצומת ובסביבתו, כמפורט בפרק 4 המוקדש לנושא הראות. במקרה של נתיב-עזר המחבר בין צמתים עוקבים, ייקבע גבול התכנון בין צומת לצומת ע"י רשות התכנון.

ריכוז כל ההגדרות מופיע ב-(ה) בתרשים 2.1.

## 2.2 מושגים בסיסיים בתכן צמתיים

### 2.2.1 הגדרת המושגים הבסיסיים

להלן הגדרות של מספר מושגים בסיסיים בתכן צמתיים, בהתאם לשימוש שייעשה בהם בהנחיות אלו:

**א. בקרה:** הגבלות לתנועות בצומת וקביעת זכות הקדימה בין כיווני התנועה הנפגשים בצומת, לרבות האמצעים המתוכננים למימוש קביעה זו (תימרון, רימזור, סימון).

**ב. ניתוב (channelization):** הסדרה והכוונה של התנועות השונות בצומת על ידי נתיבים מיוחדים לפניות, נתיבי-עזר, ואיי-תנועה בנויים או צבועים, לשם התימרון המיטבי בצומת ומזעור הניגודים בין המשתמשים השונים. הניתוב בצומת יתבצע בהתאם לסוג הבקרה הנדרש (טבלה 2.1), וסוג הצומת כתוצאה מהמידרג (טבלה 3.1), תוך התחשבות בהצדקים לנתיבי העדפה לתח"צ ולנתיבי-עזר בצומת (פרק 5), ולהצבת איי-תנועה (פרקים 5-7).

**ג. זווית הצומת:** הזווית בין שני הכבישים המרכיבים את הצומת; נמדדת עם כיוון השעון מהכביש שנקבע כראשי / עיקרי (בעל הסיווג הגבוה, או שלתנועה בו מוענקת זכות הקדימה בצומת) לכביש המשני (בעל הסיווג הנחות, או שהתנועה בו חייבת במתן זכות קדימה). הגדרה זו יוצרת הבחנה בין צומת בזווית חדה לבין צומת בזווית קהה, כמתואר בתרשים 2.2. (יש להבדיל בין זווית הצומת לפי הגדרה זו לבין זוויות הפנייה כהגדרתן בהמשך ההנחיות: זווית הצומת קובעת את זוויות החיתוך של זרימות התנועה בתוך הצומת – בצומת בעל זווית חדה נחתכות תנועות ומבוצעות פניות גם בזווית חדה וגם בזווית קהה – וכך גם בצומת בעל זווית קהה – אלא אם כן שני הכבישים המרכיבים את הצומת הוסדרו כחד-סיטריים).

**ד. זרועות הצומת:** כל כניסה של דרך אל תחום הצומת מכיוון כלשהו מהווה זרוע של הצומת (דהיינו: דרך הנכנסת מצידו האחד של הצומת ויוצאת מצידו השני, יוצרת שתי זרועות). צומת הוא בעל שלוש זרועות לפחות.

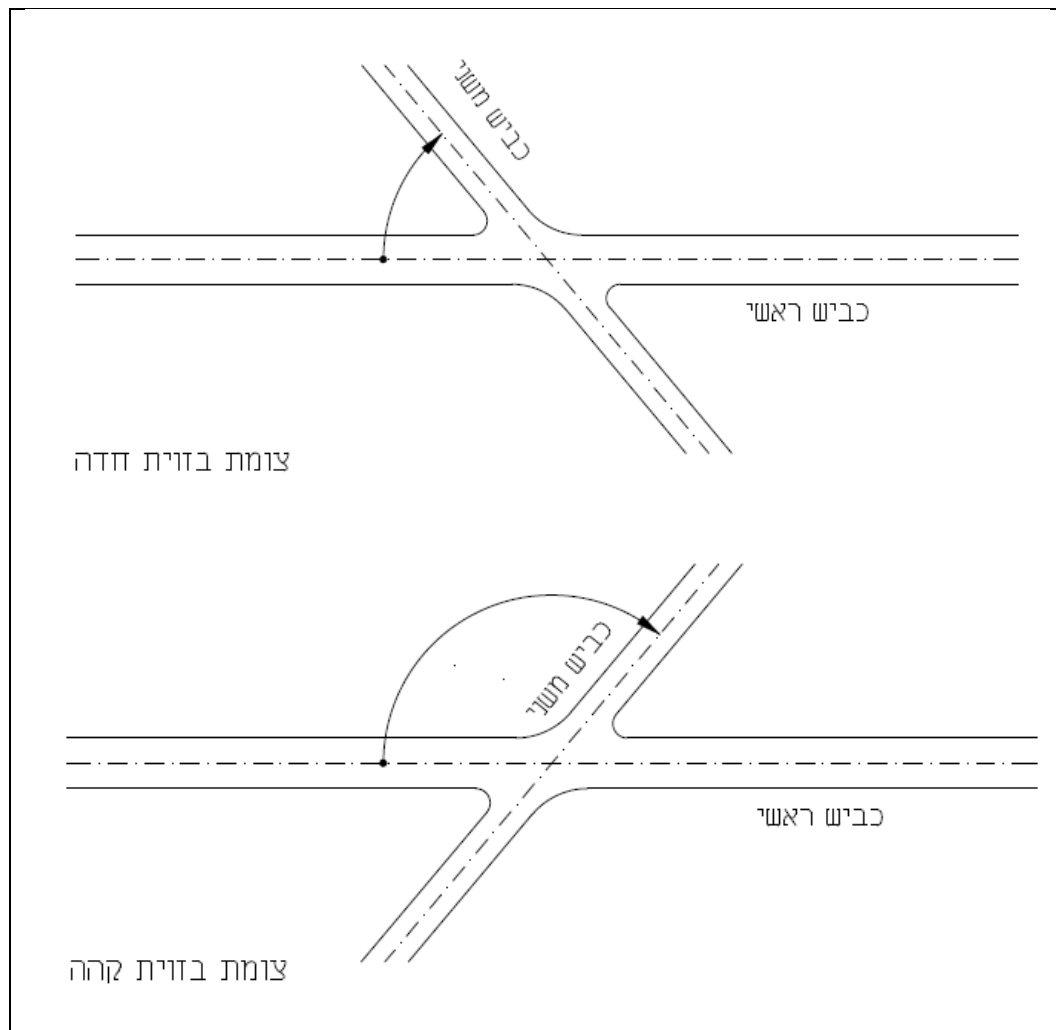
### 2.2.2 התנועות בצומת

בניגוד לקטעי דרך ללא צמתיים, בהם כלי-הרכב נעים במקביל לציר הנתיב, עם חריגה רק לצורך עקיפות, הרי שבצמתיים ובזרועותיהם מרוכזות כל הסטיות המבוצעות מנתיב הנסיעה לצורך פניות והחלפת נתיבים. סוגי התנועות בצמתיים, היוצרות ניגודים המתוארים בתרשים 2.3, הם:

**א. היחתכות:** הצטלבות מסלולי נסיעתם של כלי-רכב, אשר נכנסים לצומת מכיוונים שונים ויוצאים לכיוונים שונים.

**ב. היפרדות (diverge):** התנתקות מסלולי נסיעתם של כלי-רכב עוקבים, הנכנסים לצומת מכיוון משותף ויוצאים לכיוונים שונים.

**ג. התמזגות (merge):** השתלבות מסלולי נסיעתם של כלי-רכב הנכנסים לצומת מכיוונים שונים, ויוצאים עוקבים לאותו כיוון.

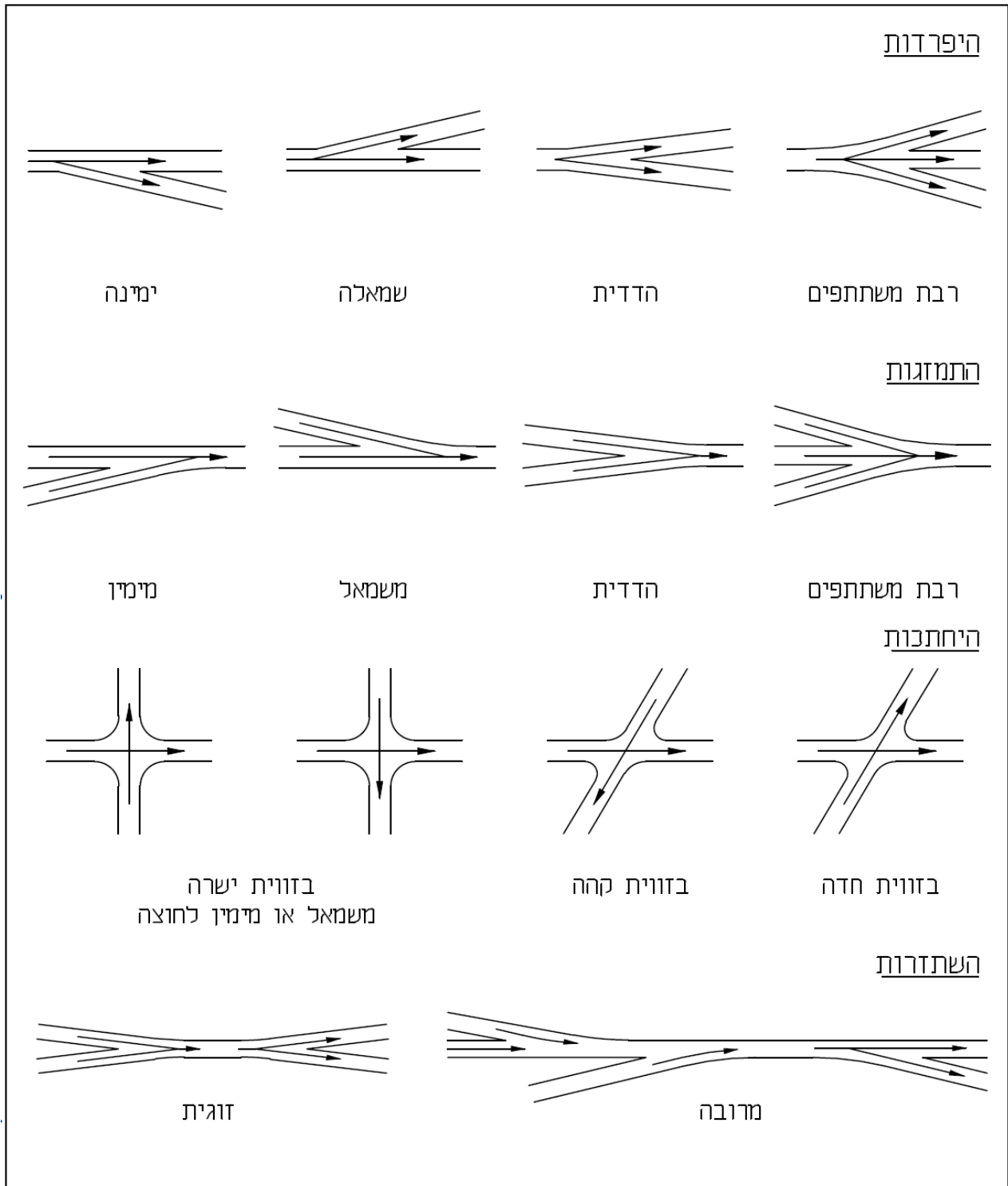


## תרשים 2.2: הגדרת זווית הצומת

ד. **השתזרות (weave):** התמזגות והיפרדות של כלי-רכב עוקבים, המגיעים מכיוונים שונים ויוצאים לכיוונים שונים, כחלק מתהליך בחירת הנתיב המתאים להמשך הנסיעה. כל אחת מתנועות אלו ניתן לסווג כזוגית או כמרובה, בהתאם למספר תת-התנועות השונות האפשריות בתוכה. את שלוש התנועות הראשונות ניתן לסווג גם לפי כיוון, כמתואר בתרשים 2.3.

במעגל תנועה (צומת סיבובי) הניגודים מורכבים למעשה מהתמזגות והיפרדות בכל כניסה או יציאה, כאשר אופן התמרון שונה באופיו, בשל התנועה המעגלית נגד כיוון השעון, וזכות הקדימה לנמצא במעגל (התנועה משמאל). במעגל דו-נתיבי ייתכנו השתזרויות לאורך המעגל – ראו פרק 11.

סעיף 2.2.3 להלן מפרט על ניגודים בצמתים.



**תרשים 2.3:** סוגי התנועות בצומת היוצרות ניגודים

### 2.2.3 ניגודים בצומת

הניגוד (קונפליקט) הינו מצב של קירבה בין תנועות כלי-רכב שונים, היוצר הפרעה עד כדי סכנת התנגשות. נקודת המפגש בין מסלולי הנסיעה של התנועות השונות היא נקודת הניגוד. סוג הניגוד נקבע בהתאם לסוג התנועה היוצרת אותו, כמוגדר בסעיף 2.2.2 לעיל, דהיינו:

א. ניגוד של היפרדות;

ב. ניגוד של התמזגות;

ג. ניגוד של היחטכות.

השתזרות גורמת לשילוב של ניגוד התמזגות עם ניגוד היפרדות.

כל הניגודים הללו מתקיימים בתחומי צמתים ובקרבתם, והם המאפיינים את הצמתים ביחס לשאר מערכת הדרכים, וגורמים להקטנת קיבולת הזרימה ולהגדלת הסיכון לתנועה בהם. כל אחד משלושת סוגי הניגוד עלול לגרום לסוג תאונות אופייני:

א. תאונות "פנים-צד" – תאונות מסוג זה נגרמות בדרך-כלל על-ידי ניגוד של היחטכות;

ב. תאונות "צד-צד" – תאונות מסוג זה נגרמות בדרך-כלל על-ידי ניגוד של התמזגות;

ג. תאונות "פנים-אחור" – תאונות מסוג זה נגרמות לעיתים על-ידי ניגוד של היפרדות.

מספרם של הניגודים המתרחשים בצומת מושפע מהגורמים הבאים:

א. מספר זרועות הצומת;

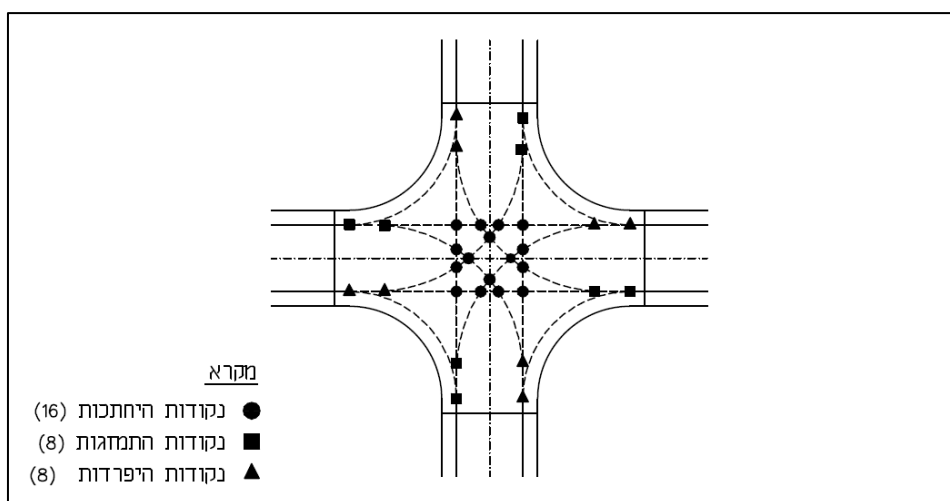
ב. מספר הנתיבים בכל זרוע;

ד. התנועות המותרות;

ה. מידת ההכוונה והניתוב;

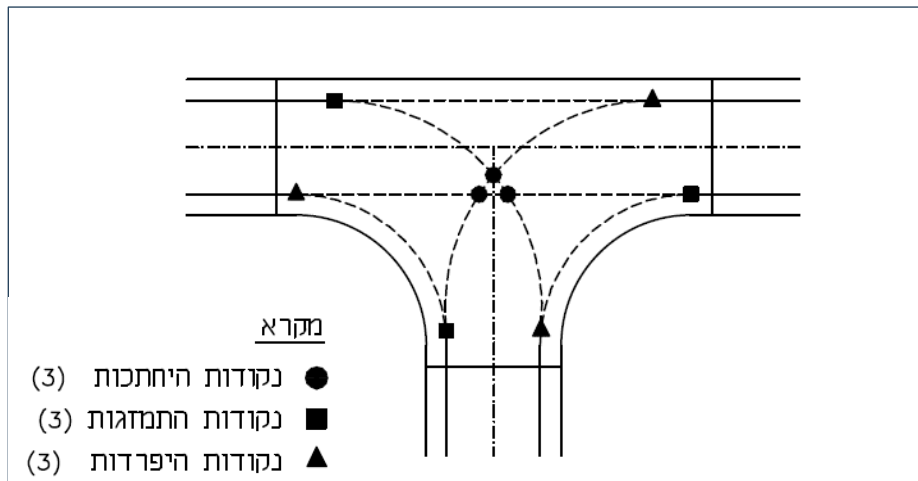
ו. סוג הבקרה.

באופן בסיסי, בצומת בעל 4 זרועות (הצטלבות) בו כל הפניות מותרות, יש בין מכוניות 32 נקודות ניגוד לפחות, כמתואר בתרשים 2.4, מהן: 16 נקודות היחטכות; 8 נקודות התמזגות; 8 נקודות היפרדות.



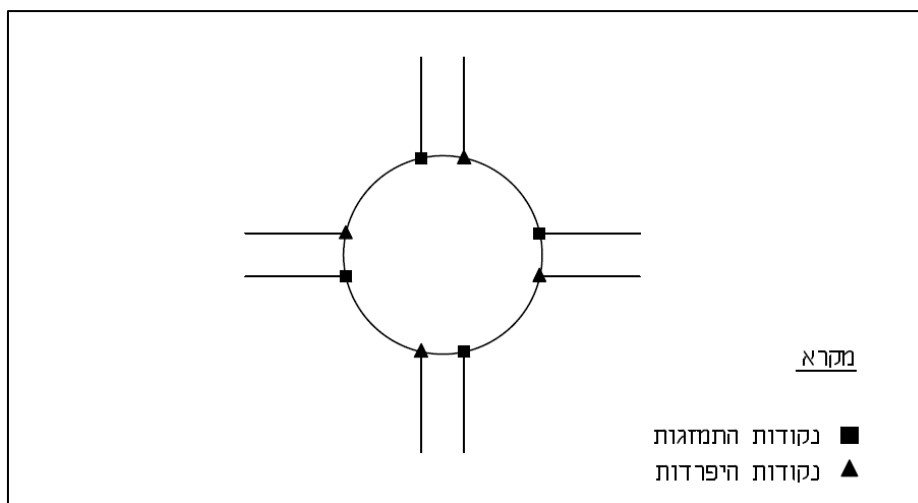
**תרשים 2.4:** נקודות הניגוד בין מכוניות בהצטלבות בת 4 זרועות (סה"כ 32 נקודות ניגוד)

בצומת בעל 3 זרועות (הסתעפות), בו כל הפניות מותרות, קיימות בין מכוניות 9 נקודות ניגוד לפחות, כמתואר בתרשים 2.5, מהן: 3 נקודות היחתכות; 3 נקודות התמזגות; 3 נקודות היפרדות. כלומר, הפחתת זרוע אחת בצומת מקטינה את מספרן הכולל של נקודות הניגוד לכרבע ממספרן הקודם, כאשר ההפחתה המשמעותית ביותר היא במספרן של נקודות ההיחתכות, שהן בעלות פוטנציאל הסיכון הגבוה ביותר.



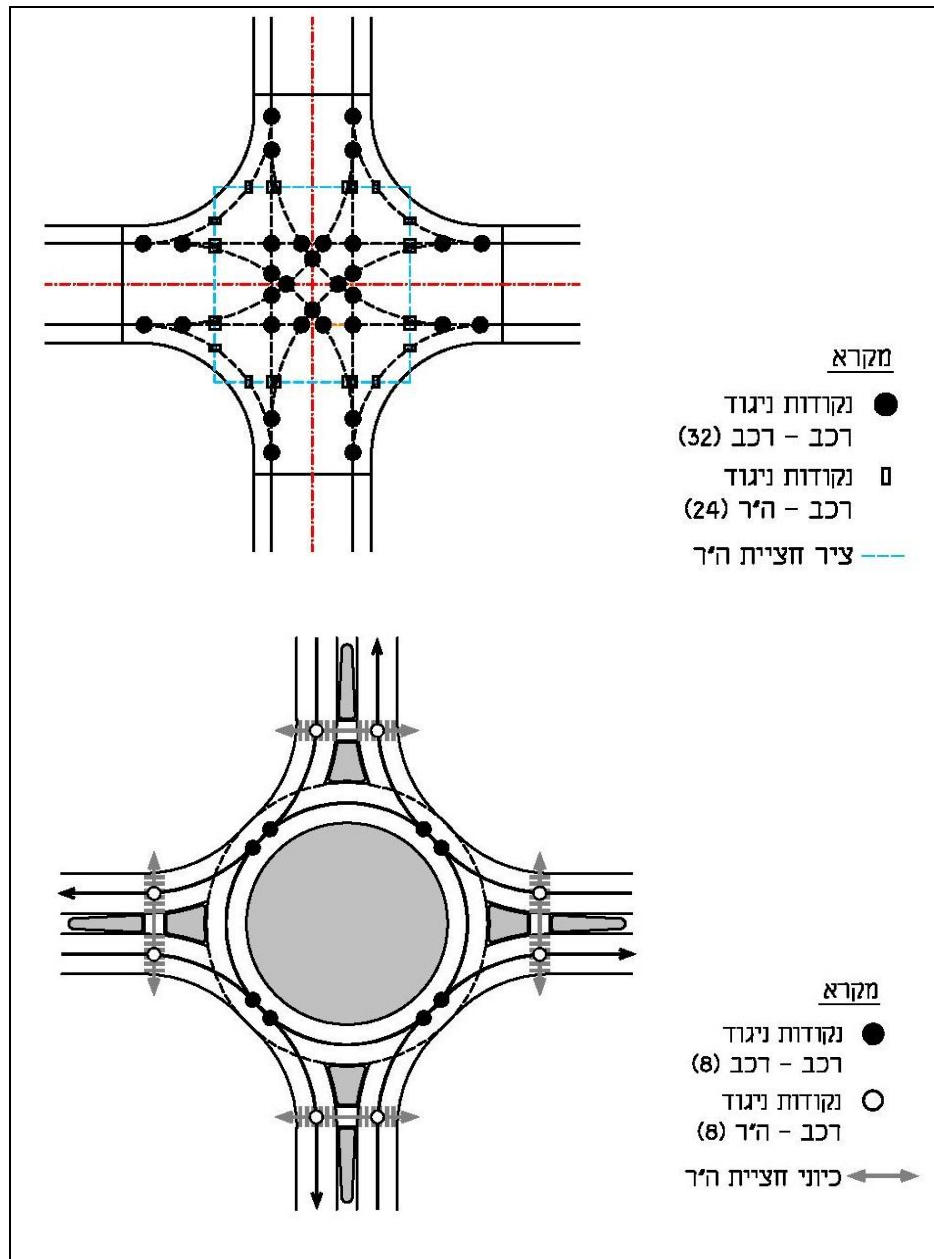
**תרשים 2.5:** נקודות הניגוד בין מכוניות בהסתעפות בת 3 זרועות (סה"כ 9 נקודות ניגוד)

במעגל תנועה חד-נתיבי טיפוסי בעל ארבע זרועות יש בין מכוניות 8 נקודות ניגוד, מהן: 4 נקודות התמזגות, 4 נקודות היפרדות. כמות הניגודים במעגל התנועה משתנה בהתאם למספר הזרועות הנפגשות. הפיכת צומת רגיל בעל ארבע זרועות למעגל תנועה חד-נתיבי מקטינה את הניגודים לארבע נקודות התמזגות וארבע נקודות היפרדות בלבד, כמתואר בתרשים 2.6.



**תרשים 2.6:** נקודות הניגוד בין מכוניות במעגל תנועה חד-נתיבי

בנוסף לכלל האמור לעיל לגבי ניגודים בין מכוניות, קיימים בצומת גם ניגודים בין לבין הולכי-רגל במעברי החצייה ובשאר המקומות בהם מתרחשת חציית הולכי-רגל, כמתואר בתרשים 2.7 לצומת רגיל ולמעגל תנועה. בנוסף, אם יש הסדר לתנועת אופניים, גם הוא מוסיף נקודות ניגוד בין המכוניות ובין הולכי-הרגל לבין האופניים. ככלל, פעילות הולכי-רגל בצמתים בין-עירוניים פחותה לעומת צמתים עירוניים, ומרוכזת בגישות ליישובים ולשימושי-קרקע, ובמוקדי פעילות תח"צ – ראו פירוט בפרק 10 להלן.



**תרשים 2.7:** השוואת נקודות הניגוד בין מכוניות ובין לבין הולכי-רגל בהצטלבות בת 4 זרועות ובמעגל תנועה

## 2.2.4 סיווג צמתים לפי רמת הבקרה והניתוב

בנוסף לסיווג הצומת לפי מספר הזרועות, כמפורט בסעיף 2.3 להלן, נעשה בהנחיות אלו שימוש גם באיפיון צמתים לפי רמת הבקרה והניתוב בהם, תוך שימוש בהגדרות של סעיף 2.2.1 לעיל, באופן הבא:

### א. סיווג לפי רמת הבקרה:

- 1) **צמתים לא מתומררים** – הצמתים ברמה הנמוכה ביותר מבחינת הסדרי התנועה, בהם אין בקרה על-ידי תמרורים או רמזורים, וזכות הקדימה בצומת נקבעת לפי חוקי התנועה (לא סביר שיתוכנן בדרכים בין-עירוניות).
  - 2) **צמתים מבוקרים על-ידי תמרורים** – התמרורים המוצבים בזרועות הצומת, הם הקובעים את הסדרי התנועה וזכות הקדימה בצומת. צומת לא מרומזר ומעגל תנועה נכללים בקטגוריה זו.
  - 3) **צמתים מבוקרים על-ידי רמזורים (מרומזרים)** – רמזורים הינם סוג הבקרה המשוכלל ביותר, וקובעים באופן מרבי את הסדרי התנועה בצומת, באמצעות הפרדה בין הזמנים המוקצבים לתנועות השונות, למניעה מוחלטת של ניגודי היחטכות.
- ברשת הבין-עירונית אין לתכנן צמתים לא מתומררים (בהם זכות הקדימה בצומת נקבעת רק לפי חוקי התנועה).

### ב. סיווג לפי רמת הניתוב:

- 1) **ללא ניתוב** – צומת ללא שימוש בחיצי ניתוב על-פני הדרך, בו יתכנו איי-תנועה צבועים אך לא בנויים.
- 2) **ניתוב חלקי** – הניתוב נעשה על-ידי סימון בצבע של נתיבי נסיעה, מעברי חצייה, קווי עצירה וכו', וכן בנייה של חלק מהאזורים האסורים לתנועה (איי-תנועה). סימון איים בצבע בלבד אינו מספק מפלט בטיחותי לרכב או לה"ר.
- 3) **ניתוב מלא** – כל סימוני הדרך הינם מלאים, ובכל האזורים האסורים לתנועה יש איי-תנועה בנויים בשילוב אפשרות לצביעה נוספת. היות שכל צומת בין-עירוני מתוכנן עם תאורה, יש עדיפות לניתוב עם איי-תנועה בנויים.

ייתכנו רמות שונות של ניתוב בזרועות אחרות של אותו צומת, למשל: ניתוב חלקי בדרך המשנית וניתוב מלא בדרך העיקרית, כמפורט בסעיף ג. להלן. דוגמאות לניתוב חלקי ומלא מופיעות בפרק 3.

### ג. שילוב הסיווגים לאיפיון הצומת:

ניתן לשלב את הסיווג לפי בקרה עם הסיווג לפי הניתוב, לקבלת איפיון מפורט יותר של הצומת. בטבלה 2.1 מופיעות ההגדרות לאופי הצומת לפי השילוב בין רמות הבקרה והניתוב (בסדר מורכבות הנדסית יורד).

## 2.3 הגדרת סוגים בסיסיים של צמתים

הסוג הבסיסי של הצומת מתקבל ממספר הזרועות של הצומת: צומת תלת-זרועי ייקרא הסתעפות, וצומת ארבע-זרועי ייקרא הצטלבות. הגדרות הצמתים המופיעות להלן מאפיינות את הצומת מבחינה גיאומטרית, ואינן בהכרח חופפות את הניסוח בתקנות התעבורה:

## טבלה 2.1: הגדרת אופי הצומת לפי אופני הבקרה והניתוב

זרוע משנית		זרוע עיקרית		הגדרת הצומת
ניתוב	בקרה	ניתוב	בקרה	
מלא	רימזור	מלא	רימזור	צומת מרומזר
מלא	תימרור	מלא	תימרור	מנותב מלא (מ.מ.)
חלקי או מלא	תימרור	מלא או חלקי	תימרור	מנותב חלקית (מ.ח.)
ללא ניתוב	תימרור	ללא ניתוב	תימרור	מתומרר ולא מנותב (ב.מ.)
ללא ניתוב	ללא תימרור	ללא ניתוב	ללא תימרור	לא מתומרר

הערה: הסבר להגדרות השונות לרמות הבקרה והניתוב, ראו בסעיפים 2.2.1 ו-2.2.4 לעיל.

### 2.3.1 הסתעפות (צומת תלת-זרועי)

היררכית הדרכים הנפוצה בחיבור זה היא דרך משנית המסתיימת בצומת עם דרך עיקרית המשכית בסיווג גבוה יותר. קיימות שלוש צורות גיאומטריות עיקריות של הסתעפויות, המתוארות בתרשים 2.8:

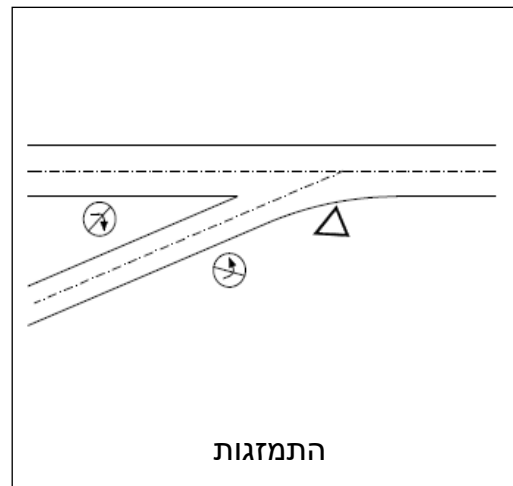
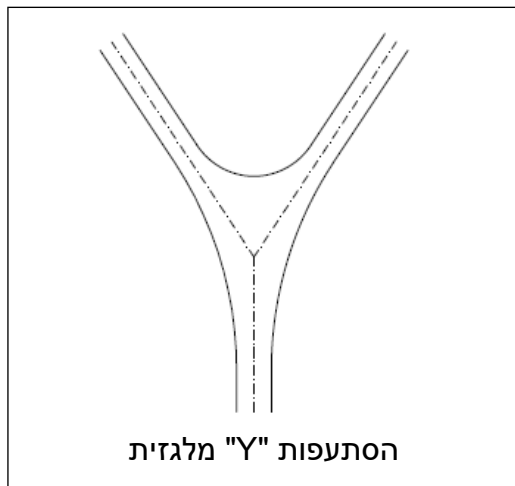
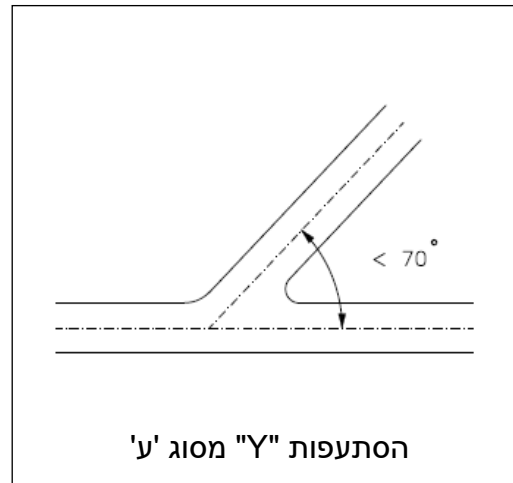
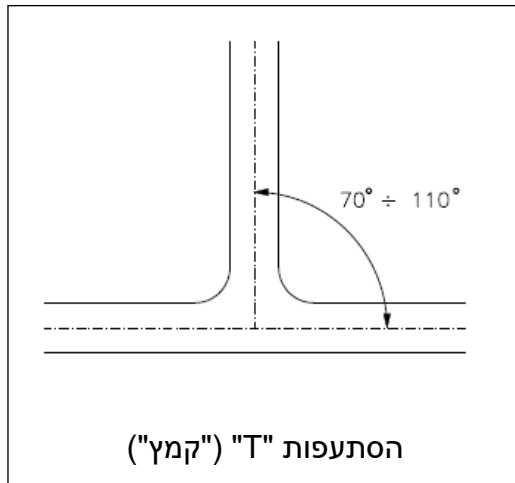
(א) הסתעפות 'קמץ' ('T'): כאשר שתי זרועות של הצומת הן המשכיות, והזרוע השלישית נפגשת איתם בזווית ניצבת או כמעט ניצבת (בין  $70^{\circ}$  ל- $110^{\circ}$ ).

(ב) הסתעפות 'Y' ('מלגז', 'ע' או 'ץ'): כאשר הזווית שבין שתי זרועות קטנה מ- $70^{\circ}$  או גדולה מ- $110^{\circ}$ . כאשר אחת הדרכים המשכיות, ההסתעפות היא בצורת 'ע' או 'ץ', וכאשר אין אף זרוע המשכית, ההסתעפות היא בצורת מלגז.

(ג) התמזגות: צורה מיוחדת של הסתעפות, בה זרוע שאינה המשכית נפגשת עם הדרך המשכית בזווית קהה מאוד (כהגדרתה בסעיף 2.2.1 לעיל). ההתמזגות מאפשרת למגיעים מהכביש המשני כניסה והשתלבות בנתיב הימני של הכביש העיקרי, תוך כדי תנועה, ומונעת פניות שמאלה מהכביש המשני לעיקרי, וימינה מהכביש העיקרי למשני. התמזגויות מאפיינות במיוחד אזורי מחלפים. מבחינת תקנות התעבורה, התמזגות בדרך מהירה או בכביש חד-סיטרי איננה צומת, אך מבחינה תכנונית יש לה מרכיבים משותפים רבים עם צמתים.

כמו כן, ישנם מקרים בהם התנועות בהסתעפות יהיו מוגבלות כך שתתאפשרנה הפניות הימניות בלבד. צורה זו משמשת למקרים בהם יש רצון להגביל את הנגישות לדרך המשנית ולא לאפשר את כל הפניות. מקרה זה, "הסתעפות בפניות ימניות", יפורט בסעיף 3.4.5 להלן.

לפירוט מרכיבי ההסתעפות, ראו סעיף 3.4 בהמשך ההנחיות.



**תרשים 2.8:** צורות שונות של צומת תלת-זרועי (כהגדרתו הגיאומטרית)

**2.3.2 הצטלבות (צומת ארבע-זרועי)**

שתי הצורות הגיאומטריות הבסיסיות של הצטלבות מתוארות בתרשים 2.9:

(א) הצטלבות ניצבת ('צלב' או 'X'): בה נפגשות שתי דרכים המשכיות כך שכל הזוויות בין זרועות סמוכות הן ניצבות או קרובות לניצבות, בזווית שנעה בין  $70^\circ$  ל- $110^\circ$ .

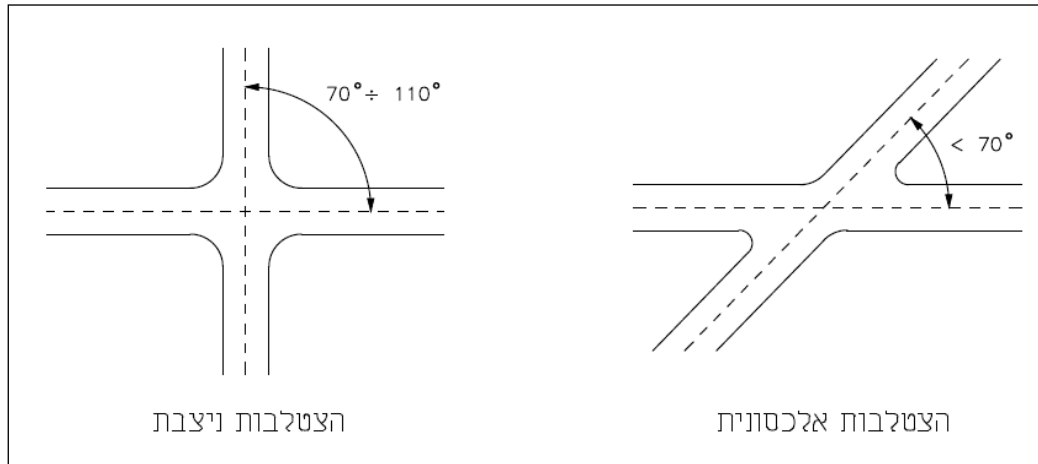
(ב) הצטלבות אלכסונית: בה נפגשות שתי דרכים המשכיות כך, שכל הזוויות בין זרועות סמוכות קטנות מ- $70^\circ$  או גדולות מ- $110^\circ$ .

לפירוט מרכיבי הצטלבות, ראו סעיף 3.5 בהמשך ההנחיות.

**2.3.3 צומת רב-זרועי**

הגדרה לכל צומת בו נפגשות חמש זרועות או יותר. צומת מורכב ולא מיועד לתכנון רגיל, ויש לבחון חלופות לתכנון הסדרי התנועה במקרים אלה (ראו סעיף 3.6 להלן).

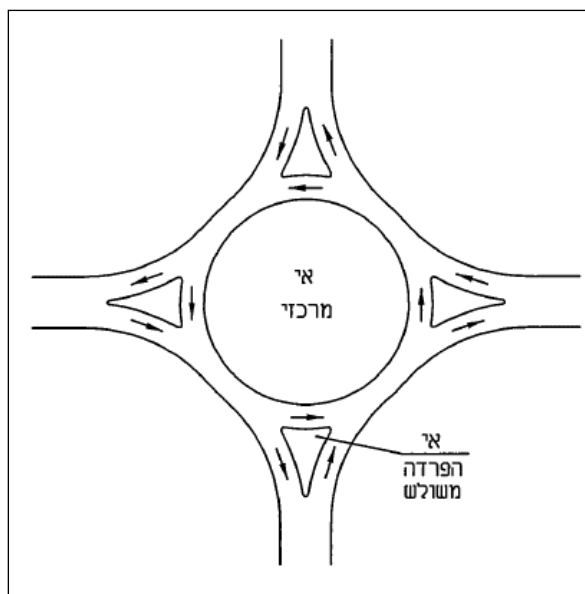
קיימים גם סוגים אחרים של צמתים הכוללים הסדרי תנועה חלופיים להסתעפויות והצטלבויות, כמפורט בסעיפים הבאים.



**תרשים 2.9:** צורות שונות של צומת ארבע-זרועי (הצטלבות)

### 2.3.4 מעגל תנועה (צומת סיבובי, roundabout)

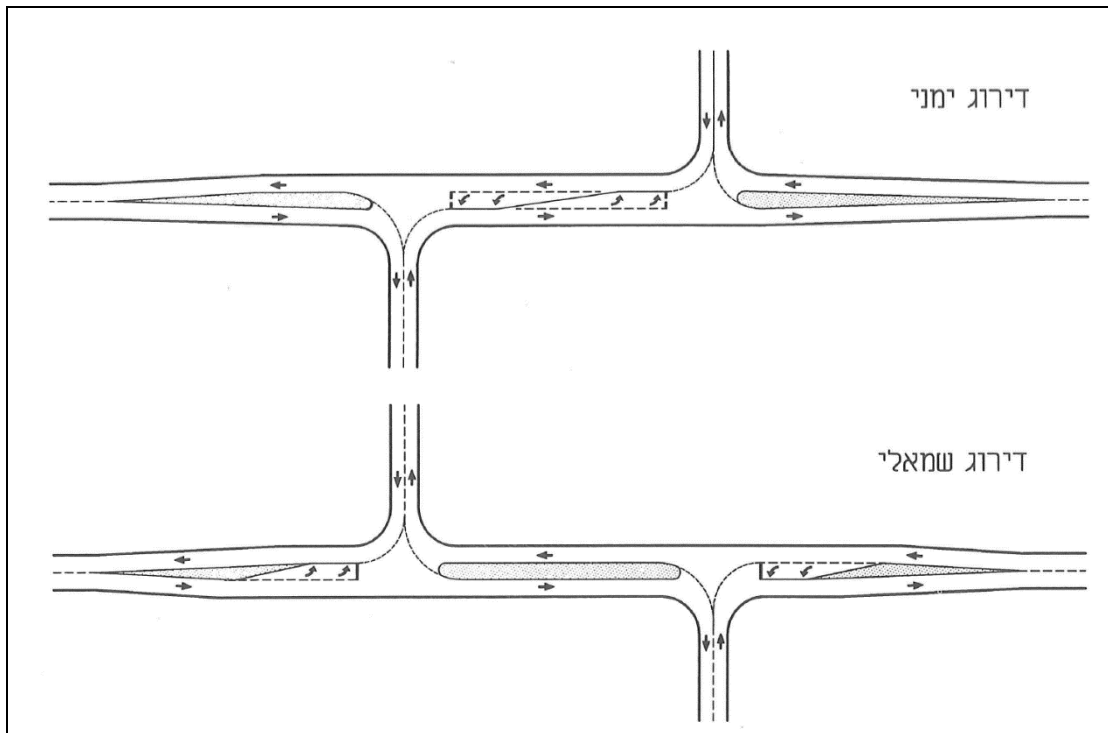
צומת בו הזרועות הנפגשות אינן מצטלבות בנקודה משותפת אחת, אלא מתחברות למסלול סיבובי בצורת עקום סגור מסביב לאי-תנועה מרכזי. התנועה מסביב לאי המרכזי חד-סיטרית כנגד כיוון השעון (תרשים 2.10). למעשה, מעגל תנועה (צומת סיבובי) מורכב ממספר הסתעפויות 'T' בהתאם למספר הזרועות, ללא ניגודים של היחטכות. הסתעפות של כל זרוע עם האי המרכזי במעגל התנועה מכילה תמרון התמזגות ותמרון היפרדות. סוג צומת זה יכול להתאים כחלופה בהסתעפויות, הצטלבויות, ובצמתים בעלי מבנה גיאומטרי לא שגרתי. להגדרות ומאפיינים למעגלי תנועה, ראו פרק 11 בסוף הכרך.



**תרשים 2.10:** מעגל תנועה (צומת סיבובי)

### 2.3.5 צומת מדורג (הנקרא בתמרורים 119-120 "צמתי קמץ")

נוצר משתי הסתעפויות (צמתי קמץ) סמוכות לכיוונים מנוגדים, כתחליף להצטלבות (צומת +), כך שהקשר בין זרועות הדרכים המשניות מחייב מעבר לאורך הדרך העיקרית, ולפיכך נמנע מפגש של ארבע הזרועות בנקודה אחת, כך שאחת משתי הדרכים (בד"כ המשנית) מאבדת את ההמשכיות הגיאומטרית שלה, ושתי זרועותיה נפגשות עם הדרך השנייה, שנותרה המשכית, בשתי הסתעפויות 'T' לכיוונים מנוגדים שהורחקו זו מזו, כמתואר בתרשים 2.11. חציית הכביש העיקרי מחייבת את כלי-הרכב הנעים בכביש המשני לפנות לכביש העיקרי ולהשתלב בתנועה שבו, ולפנות פעם נוספת, בכיוון הנגדי, להמשך נסיעתם בכביש המשני. שתי ההסתעפויות הסמוכות מאפשרות ביחד את ביצוע כל כיווני התנועה כמו בהצטלבות רגילה. כלי-רכב הממשיכים ישר בכביש העיקרי, חייבים לעבור דרך שתי הסתעפויות קמץ במקום לעבור בהצטלבות אחת. בקטע שבין ההסתעפויות בכביש העיקרי, נעות גם התנועה העוברת בכביש העיקרי, וגם התנועה החוצה מהכביש המשני.



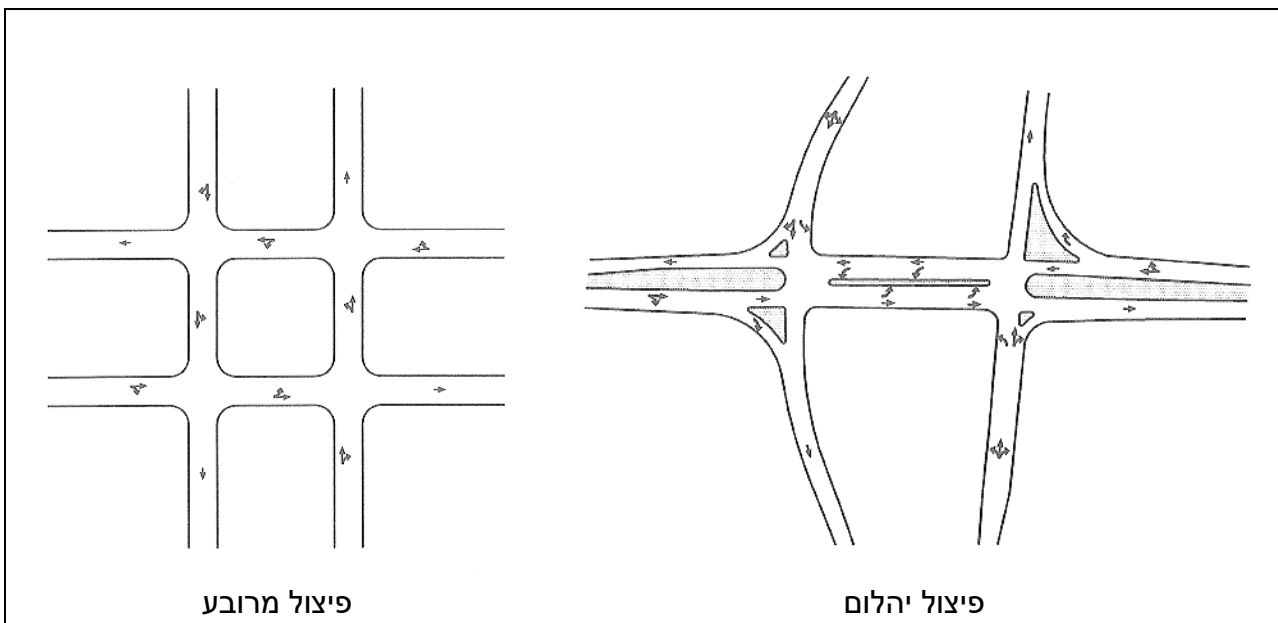
**תרשים 2.11:** שתי צורות הדירוג של צומת מדורג

הצומת נקרא "דירוג שמאלי" (המכונה גם 'ל', בתמרור 120 "שמאלה ולאחר מכן ימינה") או "דירוג ימני" (המכונה גם 'ר', הפוכה, בתמרור 119 "ימינה ולאחר מכן שמאלה"), כמתואר בתרשים 2.11, בהתאם לצד של ההסתעפות הראשונה בה נתקלים הנוסעים בדרך המשכית, שהוא גם כיוון הפנייה הראשונה מהדרך המפוצלת הדרושה לחציית הדרך המשכית. מבחינה פונקציונלית, הצומת המדורג מחליף הצטלבות, ולכן, למרות שמבחינת התקנות צומת מדורג נחשב לשתי הסתעפויות נפרדות, הרי שמבחינה תכנונית ותפעולית חובה להתייחס למכלול כולו כאל צומת אחד.

לפירוט מרכיבי הצומת המדורג, ראו סעיף 3.7 בהמשך ההנחיות. דוגמאות של צמתים מדורגים מרומזרים מובאות בסעיף 10.1.5.

### 2.3.6 צומת מפוצל

סוג מיוחד של צומת המיועד להעלאת קיבולת צמתים מרומזרים בדרכים דו-מסלולית עמוסות, וכן כפתרון זמני בצמתים המיועדים להקמת מחלף (תרשים 2.12). הפיצול מתקבל על-ידי הרחקת שני המסלולים של אחת מהדרכים זה מזה ("פיצול יהלום"), או של שתיהן ("פיצול מרובע"), כך שמתקבלות שתיים או ארבע הצטלבויות סמוכות, שבכל אחת מהן עד ארבע זרועות, וכל צמתי-משנה אלה מהווים מכלול תפעולי אחד. פתרון זה יתוכנן לצורך שיפור הקיבולת בהצטלבויות בלבד. לפירוט מרכיבי הצומת המפוצל, ראו סעיף 3.8 בהמשך ההנחיות.



**תרשים 2.12:** שתי צורות של צומת מפוצל

## 2.4 עקרונות ושיקולים מנחים בתכנון צמתים

### 2.4.1 עקרונות ושיקולים מנחים

השיקולים העיקריים המנחים את המתכנן בעת גישתו לתכנון הגיאומטרי של הצומת ושל הסדרי התנועה בו, קשורים בחמשת התחומים הבאים:

א. התאמת הצומת לתפקידו במדרג מערכת הדרכים, הן מבחינת תפקידי הקישוריות והנגישות, והן מבחינת זרימת התנועה, והקיבולת.

ב. התאמת הצומת לסוגים השונים של כלי-הרכב המרכיבים את התנועה העוברת בו, למידותיהם ולתכונותיהם (לדוגמא: משאיות ואוטובוסים).

ג. התאמת הצומת מבחינת הבהירות לכללי הנדסת-אנוש, המבוססים על תכונות משתמשי הדרך ובפרט הנהגים, המהווים את מירב מקבלי ההחלטות בצמתים אלה.

ד. שמירה על כללי בטיחות ומניעת תאונות.

ה. התאמת הצומת לצרכי התחבורה הציבורית, מעבר ה"ר, ותנועת אופניים.

ו. היבטים כלכליים והנדסת ערך – עלות סלילת הצומת מורכבת מעלות הקרקע, עלות הבנייה, עלות התפעול ועלות האחזקה. עלות זו צריכה להיות שקולה כנגד התועלת הנובעת משיפור הנגישות, מהקטנת העיכובים ומהעלאת רמת הבטיחות עקב בניית הצומת או ביצוע שיפורים בו, וחשיבות מעבר תח"צ.

מהשיקולים המפורטים לעיל נובעת שורה של עקרונות תכן, כמפורט להלן. אופן יישומם בתהליך התכן מפורט בפרקים הבאים של ההנחיות:

**א. שמירה על מרחק מזערי בין צמתים:** המרחק בין צמתים צריך להיקבע תוך התחשבות בהבטחת הנגישות לשימושי קרקע מחד, ומניעת נהיגה מאולצת בעקבות ריבוי הצמתים, מאידך. כמו-כן, צריך המרחק בין צמתים לעלות בקנה אחד עם מהירות התכן, ועם מאפייני המידרג של הדרכים השונות. יחד עם זאת, אין לצמצם את מספר הצמתים בלי לוודא שעומס הפניות בצמתים הנותרים אינו הופך בלתי-ישים, או שגורם לנהגים לבצע תנועות בלתי רצויות או אסורות, או שמסלול הנסיעה אינו מתארך במידה רבה. במקרים מסוימים, כאשר הצמתים קרובים מאוד זה לזה ואין אפשרות אחרת, יש לפתח אותם כמכלול אחד.

בדרך ראשית או אזורית המרחק המזערי בין צמתים עוקבים בהמשך הדרך, או בין צומת לבין רמפת מחלף בהמשך הדרך, יעלה על 400 מטר. מרחק זה נובע משיקולי מרחק ראות להחלטה והצבת תמרורי הדרכה. בנוסף, כאשר אין מיחלוף מלא של התוואי, המרחק מקצה לוכסן היציאה של רמפת מחלף עד לצומת הקרוב לאורך הדרך ייקבע לפי מרחקי הראות להחלטה הנדרשים למהירות התכן. בקטע דרך ראשית או אזורית דו-נתיביות, הצמתים מגבילים את אפשרויות העקיפה: מרחק ראות לעקיפה מלאה למהירויות תכן 80-90 קמ"ש עולה על 500 מטר בהתאם לטבלה 4.8 בפרק 4 בכרך 1, והמרחק המזערי לעקיפה דחוקה למהירויות אלו הוא כ-300 מטר לפי טבלה 4.9 בכרך 1. לפיכך יש להתחשב בשיקולי צמצום אפשרויות העקיפה לאורך הציר, ככל שיתרבו הצמתים שהמרחקים ביניהם אינם עומדים בערכים המזעריים.

לאורך דרך מקומית ודרך גישה דלות-תנועה, ניתן לאפשר מרחק מזערי של 150 מטר בין צמתים.

המרחקים המומלצים נתונים בטבלה 2.2.

**ב. קביעת מדרג הדרכים ושמירת הכיוון הראשי (העיקרי):** כאשר הדרכים הנפגשות שונות בסיווג, תובטח המשכיות טבעית וישירה של הציר שנקבע כראשי (עיקרי) בתוך הצומת. דבר זה יבהיר בהתקרבות לצומת את חובת מתן זכות הקדימה, ויצמצם את הפרעות למרבית כלי-הרכב בצומת (פירוט בפרקים 3,5 להלן).

ג. **חד-משמעיות ההוראות לנהג:** על הצומת להיות מוסדר בצורה המסייעת לפישוט תגובת הנהג, והמאפשרת לו לקבל החלטה יחידה ללא צורך באפשרויות מורכבות. עקרון חד-המשמעיות יכול להיות מושג באמצעות הסדרי ניתוב ותימרור ברורים ומתאימים (פירוט בפרקים 3,5,6,7 להלן).

**טבלה 2.2:** מרחקים מזעריים מומלצים בין צמתים לפי סוג הדרך

מרחק בין צמתים	סוג הדרך
400 מ': - בין צמתים עוקבים; - בין צומת ליציאה לרמפת מחלף; - בין קצה לוכסן יציאה לרמפה לצומת הבא.	ראשית ואזורית דו-מסלוליות
500 מ' לעקיפה מלאה; 300 מ' לעקיפה דחוקה.	ראשית ואזורית חד-מסלוליות (מהירות תכן 80-90 קמ"ש)
150 מ'.	מקומית וגישה

ד. **אחידות ההסדרים:** התכן של הצמתים יהיה אחיד ועקבי, עד כמה שאפשר. מניעת הסדרים חריגים מאפשרת לנהג להכיר בקלות את הצומת שלפניו, ומגבירה את כושר התמצאותו בהסדרי התנועה המתוכננים (פירוט בפרקים 3,5,6,7 להלן).

ה. **צמצום שטח הצומת:** שטח הצומת יצומצם עד כמה שניתן מבלי לפגוע בקיבולת ובצרכי התחבורה הציבורית, וזאת על-מנת להקטין את זמן פינויו של שטח היווצרות הניגודים. בעת המעבר בצומת ישנו תמיד אזור בלתי נמנע, בו הנהג נמצא בנקודת הניגוד וחשוף להתנגשויות. זמן הפינוי של אזור זה ניתן לצמצום על-ידי הקטנת ממדי השטח בו נוצר הניגוד, ותכן שיאפשר לנהג להגדיל את מהירותו לצורך הפינוי (פירוט בפרקים 3,5,6,7 להלן).

ו. **התאמה למצב עתידי:** במקרה שביצוע הצומת ייעשה בשלבים, יש לבדוק בעת התכן של כל אחד משלבי הביניים, איך יוכל להשתלב בשלב הפיתוח הסופי של הצומת, ושלא יבוצעו בשלבי הביניים צעדים שיקשו על ביצוע הפיתוח המלא של הצומת בעתיד. כמו-כן, יש לדאוג להסדרי העברת התנועה בצומת במהלך העבודה, במקרה שחלק מהשלבים יבוצעו תוך-כדי קיום התנועה בצומת (פירוט בפרק 3 להלן).

ז. **הבטחת הראות:** יש לתכנן את הצומת כך שיתקיימו בו מרחקי-ראות, המאפשרים לנהג המתקרב לצומת להבחין ב-

- (1) קיומו של הצומת.
  - (2) צורת הצומת והסדרי התנועה בו.
  - (3) מיקומם ותנועתם של כלי-הרכב האחרים.
  - (4) המשך מסלול נסיעתו מעבר לצומת.
- סוגיות הראות השונות בצמתים מפורטות בפרק 4.

**ח. מיקום הצומת בתוואי האופקי והאנכי:** רכיב חשוב בהבטחת הראות והבטיחות בצומת ובמבואותיו הינו התאמה של התוואים האופקי והאנכי למיקום הצומת במרחב. יש להקפיד על זווית מפגש הדרכים כך שלא יתגלו בעיות ראות בגלל זוויות חדות או קהות מדי. יש להימנע ממיקום הצומת בתוך עקום אופקי, וזאת בייחוד בזרוע העיקרית בהסתעפות (3 זרועות). במיוחד יש להימנע ממיקום הצומת בצידו הפנימי של העקום (בטן העקום), בה ישנה הגבהה צידית. פירוט בנושאי מיקום הצומת בתוואי האופקי ובתוואי האנכי מובא בפרקים 3 ו-8 להלן.

כמו כן, יש להימנע ממיקום צמתים בעקום אנכי קמור, וכן להימנע משיפועים אורכיים משמעותיים בזרועות הצומת (נושא התוואי האנכי בצמתים, רומים ותכנון השיפועים מפורט בפרק 8).

**ט. התאמה לסוגי הרכב:** תכן הצומת ומרכיביו לסוגי כלי-הרכב הנבחרים צריך לאפשר תנועה שוטפת של כל סוגי כלי-הרכב הצפויים בו, מבלי להפריע לתנועות האחרות. יחד עם זאת, התכנון יאפשר, במקרים יוצאי-דופן, תנועת כלי-רכב חריגים אשר עלולים להיקלע לצומת לעתים רחוקות, תוך גרימת הפרעה מסוימת (פירוט בסעיף 2.6 להלן ובפרקים 6,7 בהמשך ההנחיות).

**י. שמירה על איזון והמשכיות הנתיבים:** הצמתים מהווים את צוואר הבקבוק העיקרי של מערכת הכבישים מבחינת הקיבולת, ולכן סגירת נתיבים לפני הצומת או בסמוך מדי אחריה, תקטין את כושר ההעברה. הקטנת מספר הנתיבים עלולה גם לגרום להפרעה כתוצאה מחוסר מקום לביצוע פעולה של התמזגות, דבר אשר יגרום להקטנת תשומת לבו של הנהג לניגודים (קונפליקטים) האחרים המצויים באזור הצומת. מצד שני, אין להוסיף בתחום צומת שאינו מרומזר נתיבים המשכיים, לצד הקיימים (הסדרי ניתוב מפורטים בפרקים 5-6).

**יא. הבטחת הקיבולת ורמות השירות:** יש להבטיח את כושר ההעברה של הצומת במשך כל תקופת היעד לתכן. אם הצומת מבוצע בשלבים, יש להבטיח התאמה בין נפחי התנועה לבין כושר ההעברה של הצומת בכל אחד מהשלבים, באמצעות מספר הנתיבים הדרוש והסדרי התנועה, ובאופן שתישמר הגמישות לתכנון עתידי. נושא הקיבולת מפורט בפרק 17 – קיבולת צמתים לא מרומזרים, ב-HCM 2000 שתורגם וכייל לצרכי ישראל (משה"ת 2005). לקיבולת צמתים מרומזרים, ראו הנחיות לתכנון רמזורים במהדורתן המעודכנת.

**יב. הבלטת נקודות הניגוד:** נקודות הניגוד בצומת יובלטו וירוכזו בשטח ברור, כדי לאפשר לנהגים להגיב באופן מבוקר ושקול. התנועות המתנגדות יופגשו ויופרדו במקומות מוגדרים ובולטים לעין הנהג, כך שיוכל לצפות את כיוון חציית נתיב תנועתו על-ידי תנועות נוגדות (פירוט בפרקים 3,5,6,7,8 להלן).

**יג. התאמה להולכי-רגל (ולרוכבי אופניים):** תכן הצומת צריך להתחשב בקיומה של תנועת הולכי-רגל (ורוכבי אופניים), אם צפויה כזו באזור הצומת (פירוט בפרקים 9, 10).

**יד. טיפול בתחבורה ציבורית, בתחנות הסעה ובנוסעים:** בצמתים נפגשים קווי אוטובוסים וקיים מעבר נוסעים בין תחנות הקווים השונים. תכן הצומת צריך להתחשב בפעילות זו. את התחנות יש לאתר במקומות, אשר מצד אחד קרובים לצומת ככל הניתן, ומצד שני מהווים הפרעה מזערית לתנועה השוטפת, ובטוחים למשתמשים. יש להתחשב בפעילות הולכי-הרגל הנוצרת בצומת עקב קיום התחנות (פירוט בפרק 10).

## 2.4.2 ריכוז השיקולים לקביעת הצומת המתאים

השיקולים העומדים בפני המתכנן בבואו לקבוע את הצורה המתאימה ביותר לצומת חדש או לשיפור צומת קיים מושפעים מגורמים שחלקם קבועים מראש (בשל המצב הקיים בשטח, הסטטוטורי והתנועתי), וחלקם יכול להיקבע על ידי המתכנן. טבלה 2.3 מסכמת את יכולת ההשפעה של המתכנן על התכנון.

**טבלה 2.3:** ריכוז הגורמים המשפיעים על תכנון הצומת

גורמים הנקבעים על ידי המתכנן	גורמים קבועים מראש
המיקום הפיזי המדויק של הצומת.	המיקום העקרוני של הצומת וחשיבותו ברשת הדרכים (ראשי, משני, גישה).
זווית הצומת.	מספר הזרועות האמורות להיפגש בצומת.
שיטת הבקרה בצומת (תמרורים, רמזורים).	חתך הרוחב האופייני של הזרועות הנפגשות בצומת (מספר המסלולים והנתיבים).
הסדרי תנועה (איים, ניתוב, היתרים ואיסורים) וקיבולת התנועות.	נפחי התנועה התכנוניים, המגיעים לצומת מהזרועות השונות, כולל הרכב התנועה ומאפייני כלי-הרכב, ורמות השירות הדרושות.
מיקום הניגודים (קונפליקטים) ואופיים בין כלי-רכב שונים, בין כלי-רכב להולכי-רגל, ובין אופניים לכלי רכב.	כיוון התנועות הראשיות (נפחי הפניות).
שיפועים לאורך ולרוחב בצומת ובזרועותיו. מרכיבי התוואי האופקי (עקומים, הרחבות, מעברי שיפועים, פניות חופשיות ימינה).	שימושי קרקע לצידי הדרך, וזכויות בנייה עתידיות.
מרכיבי התוואי האנכי (עקומים אנכיים, חתכי השפות).	המאפיינים הטופוגרפיים באזור הצומת.
השפעת הצומת המתוכנן על הצמתים הסמוכים מהיבט תנועתי-מערכתי.	המבנה והצורה של צמתים סמוכים, והמרחק מהם.
מסלולי הולכי-הרגל ומיקום תחנות אוטובוס והסעה.	רמת פעילות הולכי-רגל וקיום שבילים. קיום תחבורה ציבורית ותחנות הסעה.
ההשפעה הסביבתית, לרבות ההשפעה התנועתית.	קיום תנועת אופניים המיועדת לעבור דרך הצומת המתוכנן.
התאמת התכנון לאפשרויות פיתוח עתידי, ולביצוע בשלבים.	תקופת היעד לתכן ושלבי ביצוע.
ניקוז ותאורה. עלויות הביצוע.	עלויות הקרקע וזמינותה.

## 2.5 תהליך התכנון

### 2.5.1 שלבי התכנון

תהליך התכנון של הצומת הוא למעשה תהליך החלטה מורכב החייב להתבצע בשלבים. חלוקת התהליך לשלבים היא לרוב כלהלן:

- א. תכנון סטטוטורי וראשוני – לקביעת מטרות התכנון ולאיסוף נתוני הרקע ובחינת חלופות ראשוניות.
- ב. תכנון מוקדם – סגירת עקרונות התכנון וקביעת התכולות.
- ג. תכנון מפורט – תכנון מפורט של המרכיבים בהתאם לתכולות שנסגרו בתכנון המוקדם.

במסגרת קביעת מטרות התכנון מוגדר האם הצומת הוא שיפור (או שידרוג) לצומת קיים, או צומת חדש ברשת דרכים קיימת, כתוצאה מסלילת דרך חדשה, ומה תפקודו הדרוש מבחינת מאפייני הנגישות והניידות ברשת, כולל הכנת פרוגרמה בסיסית לצומת. בשלב התכנון הראשוני על המתכנן לאסוף נתונים על המצב הקיים בשטח הפרויקט, והתכניות הסטטוטוריות בתחום הפרויקט, מערכת התחבורה הקיימת והעתידיה, נתוני התנועה הקיימים והחזויים, ושאר נתוני הפרויקט כולל מערכות התשתית הקיימות בשטח, ולהכין חלופות בסיסיות לתכנון. בדיקת החלופות השונות יכולה גם להצביע על הצורך להכניס שינויים במבואות הצומת, וכן במערכת הדרכים והצמתים הסמוכים. רק לאחר ניתוח החלופות והשוואתן מבחינה תנועתית, בטיחותית וכלכלית, יוכלו המתכנן ורשות התכנון לבחור בחלופה המועדפת. בתכנון המוקדם נבחנת היתכנות ושימויות החלופה הנבחרת מבחינת הפתרונות האפשריים בצומת. בחינה זו תהווה בסיס לתכנון המפורט של הצומת. יש לציין, כי שלביות תהליך התכנון כפי מפורט לעיל הינה אופיינית ועקרונית בלבד, אך היקפו המעשי של כל שלב בתהליך תלוי במאפייני הצומת, בסיווג ובחשיבותו במערכת. לפירוט נוסף יש לפנות למגדירי המשימות למתכננים של נתיבי ישראל ושאר התאגידים.

## 2.5.2 נתוני האתר

נתוני האתר הדרושים הם:

- א. **טופוגרפיה:** מדידה מפורטת של הטופוגרפיה באזור הצומת, לרבות רומים. המדידה דרושה לצורך בדיקת מיקומים אפשריים לצומת, שיפועים לאורך הדרכים הנפגשות, קביעת שיטת התכן של קווי רום בצומת ומיקום עקומים אנכיים במידת הצורך, בדיקת מרחקי-ראות ומגבלות הראות עקב תנאי השטח.
- ב. **שימושי קרקע וזכויות דרך באזור הצומת:** מתכנית המתאר המחוזית והמקומית, וכן מתכנית בניין עיר ותוכניות אב לאזור הצומת (במידה שקיימות), או מתכנית מפורטת אחרת, יש להוציא נתונים על שימושי הקרקע הקיימים והמתוכננים באזור הצומת ועל פיתוח האזור, בעיקר ביחס לדרכים מתוכננות ותוספת מוקדי פעילות אשר ישפיעו על התפתחות התנועה באזור הצומת. תכנית המתאר הארצית לדרכים (תמ"א 3) מגדירה את רוחב "הרצועה לתכנון" העומדת לרשות המתכנן בשלב התכן הראשוני (מוחלף במונח "הרצועה ההנדסית" בתמ"א 42 שנכללה בתמ"א 1 בה תיכלל כפרק התחבורה). בצומת המצויין בתכנית המתאר כעתיד להפוך למחלף, יש לבדוק את שימושי הקרקע הקיימים והמתוכננים ברדיוס של 150 מטר ממפגש צירי הדרכים, גם אם בשלב הראשון יתוכנן צומת חד-מפלסי בלבד.
- ג. **מבנים, תשתיות, ועצמים באזור הצומת:** יש להכין מיפוי מפורט של כל המרכיבים הפיזיים הקיימים באזור הצומת ובגישות אליו: מבנים, קירות תומכים, עצים, עמודים, וכל נתוני המשק העל-קרקעי והתת-קרקעי (מתקני חשמל, טלפון, כבלים, מים, ביוב, ניקוז וכיו"ב). במקרה של ביצוע שינויים

בצומת קיים, יש לכלול במיפוי את כל פרטי הצומת במצב הקיים, כגון: אי-תנועה, מדרכות, מעברי חצייה, מפרצי אוטובוס, שיפועים לאורך ולרוחב, מיקום רמזורים וכד'. המיפוי המפורט צריך לכלול את כל מבואות הצומת, כהגדרתם בסעיף 2.2.1 לעיל.

**ד. סיווג וצורתן של הדרכים הנפגשות:** תכינת הצומת, החל משלביה הראשונים, צריכה להביא בחשבון את אופיין וצורתן של הדרכים הנפגשות, כפי שהן מתוכננות להתפתח במהלך תקופת היעד אליה מתכננים, כדי שניתן יהיה בעתיד להתאים את התכנון של הצומת להתפתחויות ההנדסיות הצפויות בכל אחת מן הדרכים הנפגשות (סיווג הדרכים נקבע לפי סעיף 2.1 בכרך 1 של ההנחיות, ואילו חתך הרוחב האופייני שלהן נקבע לפי פרק 3 באותו כרך). בנוסף לכך, ישמש סיווג הדרכים הנפגשות לבחירת הצורה הבסיסית של הצומת (כמפורט בפרק 3 להלן).

### 2.5.3 נתוני תנועה

את נתוני התנועה הדרושים בתהליך התכנון ניתן לחלק לפי נתונים לגבי נפחי תנועה בזרועות הצומת, מטריצת הפניות, הרכב התנועה, מהירויות הגישה, תאונות, תחבורה ציבורית ומשתמשים אחרים. להלן פירוט הנתונים הדרושים בכל סעיף:

#### א. נפחי תנועה בזרועות הצומת – ספירה וחיזוי

נפחי התנועה לתכן בזרועות הצומת נקבעים בעזרת ספירות תנועה (בדרכים קיימות) וחיזוי תנועה (בדרכים קיימות ומתוכננות). הנפחים החזויים ייקבעו בעזרת מודלים להצבת נסיעות על הרשת הרלוונטית, ו/או הנחות גידול תנועה.

נתוני התנועה הדרושים הם (בהתאם להגדרת המונחים התנועתיים בסעיף 8.1.3 בכרך 1 של ההנחיות):  
(1) הנפח היומי בממוצע שנתי (AADT), כאשר ניתן להסתפק בנפח התנועה האופייני במשך 16 השעות העמוסות ביממה. כמו-כן, יש צורך בספירות התנועה במשך 8 השעות העמוסות ביממה במשך יום מייצג, לשם קביעת ההצדק לרימזור (בהתאם להנחיות לתכנון רמזורים במהדורה המעודכנת).

(2) הנפח השעתי לתכן (DHV).

(3) היחס בין הנפח השעתי לנפח היומי (K).

(4) מקדם שעת השיא (PHF), המבוסס על 15 הדקות העמוסות ביותר בשעת השיא.

מאחר שבדרכים המובילות אל הצומת מבוצעים חישובי קיבולת ורמת שירות למשך תקופת היעד לתכן (15-20 שנה), יש לשלב בתכנון הצומת את ספירות התנועה עם חיזוי גידול התנועה וההצבות לתקופה המקבילה. חיזוי התנועה בא ללמד, האם צפוי גידול בכמות התנועה או שינוי בפילוג התנועה בצומת. שינויים אלה עשויים לנבוע מהסיבות הבאות:

(1) גידול התנועה במערכת כולה כתוצאה מעלייה בשיעור הבעלות על כלי-הרכב ושימוש בהם (שינויים בפיצול הנסיעות).

(2) שינויים בשימושי הקרקע באזור (פיתוח ובינוי בסביבת הצומת), ושינויים בפילוג הנסיעות בין האזורים.

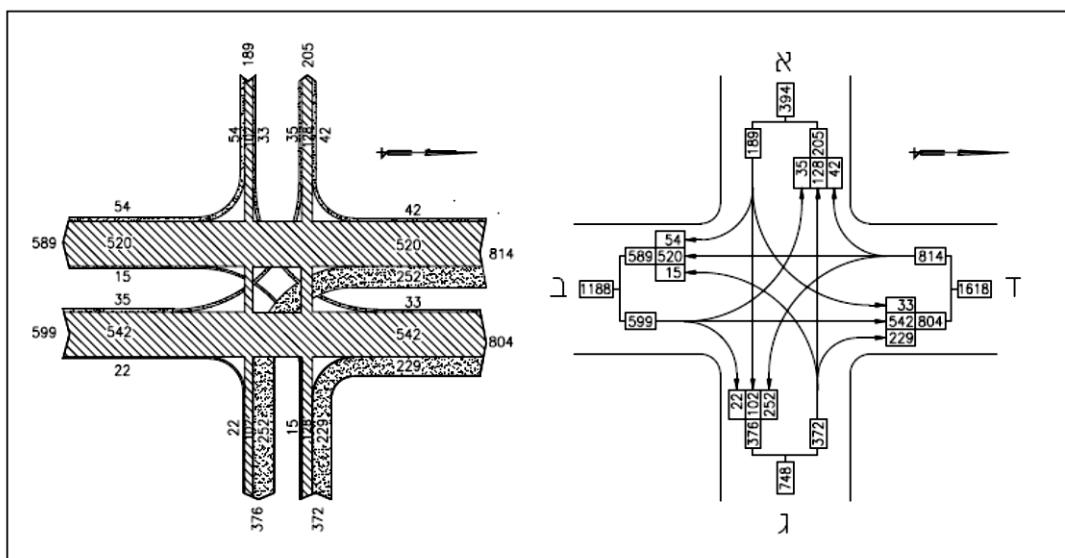
(3) שינויים בנפחי התנועה העוברת את הצומת (תוספת/הפחתה) עקב סלילת דרכים חדשות ושיפורים בדרכים קיימות המובילות אליה (שינויים בהצבת הנסיעות).

מטרת תכן הצומת היא לאפשר לו לתפקד במהלך כל תקופת התכן עד לשנת היעד, כפי שתוגדר לצומת ולזרועותיו. לאור זאת, השינויים הצפויים תוך 4-5 שנים, חייבים להיכלל בשלב הראשון של תכנון הצומת. שינויים העתידים להתרחש במשך 15 השנים שלאחר מכן, יילקחו בחשבון לצורך שמירת זכויות הדרך להבטחת אפשרויות פיתוח עתידי.

### ב. מטריצת התנועות בצומת

במטריצת התנועות בצומת גלומה כל האינפורמציה לגבי נפחי התנועה בכל כיווני הפנייה האפשריים או המותרים בצומת. במטריצה, אשר עשויה להיות מלווה בסכימת התעבורה, כדוגמת תרשים 2.13, מוצגים נפחי התנועה מכל זרוע לכל זרוע בצומת, וכן סה"כ נפחי התנועה היוצאים ונכנסים לכל זרוע. את הסכימה והמטריצה ניתן לערוך עבור כל שעות הספירה, עבור שעת השיא או עבור כל פרק זמן אחר, בהתאם לצורך. כמו-כן, ניתן להראות במטריצה את ההתפלגות לסוגי כלי-רכב.

מזרוע / לזרוע	א	ב	ג	ד	סה"כ לזרוע
א	/	35	128	42	205
ב	54	/	15	520	589
ג	102	22	/	252	376
ד	33	542	229	/	804
סה"כ מזרוע	189	599	372	814	1974



**תרשים 2.13:** דוגמה של מטריצת התנועות בצומת וסכמות התעבורה הנלוות

בדומה לנפחי התנועה בזרועות הצומת, גם בנפחי התנועה של הפניות יש להתחשב בהתאם לחיזוי הגידול במהלך תקופת היעד. כאשר לא צפוי שינוי יחסי בפיתוח שימושי הקרקע באזור המשפיע על הצומת, ניתן לבסס את הגידול בנפחי הפניות על הגידול החזוי בתנועה בזרועות המתאימות. כאשר צפוי פיתוח אשר ישפיע באופן מיוחד על פניות מסוימות, יש לחזות את נפחי פניות אלו באופן נפרד.

מטריצת התנועות דרושה לצורך בחירות סוג הצומת וצורתו (הסתעפות/הצטלבות/מעגל תנועה), בחירת אמצעי הבקרה של הצומת (לא מרומזר, מעגל תנועה, מרומזר), קביעת הכיוון הראשי/עיקרי, קביעת הסדרי התנועה בצומת, חישובי עיכובים ורמות שירות, הצדקים לפניות חופשיות ולנתיבי פנייה מיוחדים, חישוב אורכי אחסנה, תכנון רמזורים וכד'.

### ג. הרכב התנועה

במקביל להכנת מטריצת התנועות בצומת, יש לחזות גם את החלק היחסי שיהוו בתנועות אלו כלי-הרכב הכבדים (אוטובוסים, משאיות רגילות, מורכבות ומחוברות). סוג כלי-הרכב לתכן עבור המרכיבים הגיאומטריים ייקבע לפי הרכב התנועה, בשילוב עם סיווג הדרכים הנפגשות. תכן הצומת והסדרי התנועה בו צריכים לאפשר תנועה שוטפת של כלי-רכב כבדים במסלולים המיועדים להם, מבלי לגרום לסיכון או להפרעה בלתי הכרחיים לכלי-הרכב האחרים.

התכן עבור כלי-רכב גדולים מתבטא ברוחב הנתיבים, ברדיוסי הפניות ובהרחבות הדרושות, באורכי אחסנה, וכן בחישובי קיבולת ורמות שירות, בצמתים מרומזרים ולא מרומזרים, באמצעות מקדמי הית"נ (יחידת תנועה, לשעבר "יר"מ"). לפירוט על סוג הרכב לתכן ראו סעיף 2.6.

### ד. מהירויות הגישה לצומת

מרכיבים גיאומטריים רבים בצומת תלויים במהירות התכן של הדרכים הנפגשות או במהירויות הנסיעה הצפויות בהן, כגון:

- בדרך העיקרית: מרחקי הראות נקבעים לפי מהירות גבוהה – בדרך-כלל מהירות התכן של הדרך. את מהירות התכן יש לקבוע לפי סיווג הדרך ורמת הרגישות שלה, כמפורט בסעיף 2.2 "מהירות התכן ומהירות הייעוד" ובטבלה 2.4, בכרך 1 של ההנחיות.
- בדרך המשנית: מרחקי הראות ואמצעי הבקרה נקבעים לפי מהירות התכן בדרך זו, ולפי מהירות ההתקרבות אל הצומת, כאשר נדרשת האטה או עצירה לפני הכניסה לצומת.
- הרדיוסים בצמתים, בעיקר בתפניות דרך לפנייה חופשית ימינה, נקבעים לפי המהירויות המשתנות תוך-כדי האטה לקראת הפנייה, כאשר בהתקרבות אל העקום מניחים מהירות מופחתת.
- נתיבי האצה והאטה מתוכננים לפי מהירות גבוהה – בדרך-כלל מהירות התכן בדרך העיקרית או מהירות מופחתת (מהירות ממשית) המבוססת עליה.

### ה. תאונות

במקרה של תכנון שינויים בצומת קיים, יש לאסוף נתונים לגבי מספר תאונות הדרכים וסוגיהן, במשך שלוש השנים האחרונות לפחות. נתונים אלה ניתן להשיג מפרסומי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. אם מספר התאונות בתקופה זו גדול, יש לחקור את סיבתן. ניתוח גורמי התאונה יכול להצביע על בעיות תכנוניות שאינן נראות לעין ממבט ראשון, כמו: ראות בלתי מספיקה, מהירות התקרבות לצומת הגבוהה

מן המשוער, סינוור הנהג על-ידי השמש, חוסר תאורה, הכוונה בלתי מספקת (ניתוב לא מתאים), בקרה בלתי מתאימה וכיו"ב. מספר התאונות דרוש גם בבדיקת ההצדקים לרימזור (כמפורט בהנחיות לתכנון רמזורים במהדורה המעודכנת).

#### ו. תחבורה ציבורית

הנתונים הדרושים הם לגבי קווי האוטובוסים העוברים דרך הצומת: סוגי האוטובוסים ומידותיהם, מיקום התחנות, מסלולי הקווים, תדירויות השירות, הביקוש לשירותים, קיום מסופים סמוכים ומידת הצורך בהסדרי העדפה לתחבורה ציבורית באמצעים גיאומטריים או תפעוליים. כמו כן יש לבחון אם קיים ממשק עם תחנות רכבת סמוכות.

אם הצומת קיים ומתוכנן לשדרוג, יש למפות בצורה מפורטת את התחבורה הציבורית במצב קיים. עבור צומת חדש יש להכין תחזיות של פעילות תח"צ צפויה בצומת, הן מבחינת תנועה עוברת של קווי תח"צ והן מבחינת היקף פעילות הנוסעים בצומת (עולים ויורדים בכל תחנה), ופירוט הקווים הצפויים לעצור בצומת. לפירוט ודוגמאות ראו סעיף 3.3'ה' בכרך 3 (מחלפים) בהנחיות אלו, ובפרק 10 להלן.

#### ז. פעילות הולכי-רגל ורוכבי אופניים

בצמתים בין-עירוניים, פעילות הולכי-רגל נפוצה פחות מאשר בצמתים עירוניים. היא מתרכזת בעיקר בצמתים עם דרכים מקומיות ועם דרכי-גישה. בנוסף לכך, קיימת פעילות הולכי-רגל הנובעת ממעבר בין תחנות תחבורה ציבורית, הממוקמות מעברים שונים של הצומת. **בדרכים בין-עירוניות, מעברי חצייה הולכי-רגל יהיו רק בצמתים (בצמתים מרומזרים חובה לכלול בשיקולי התכנון – ראו פרק 10).** לצורך הערכת ההצדקים למעברי החצייה וקביעת מיקומם, יש לאסוף נתונים על מספר הולכי-הרגל החוצים את הזרועות השונות של הצומת. ספירות תנועת הולכי-הרגל יבוצעו בשעות שיא ויכללו בדיקה של כיווני ההליכה ומיקום החצייה.

אם האזור מאופיין על-ידי פעילות רבה של רוכבי-אופניים, יש לציין בנפרד את מסלולי נסיעתם והיקף פעילותם, ולתכנן מעברי חצייה לאופניים בצמוד למעברי חצייה לה"ר לצורך המשכיות מסלול תנועת האופניים אחרי הצומת. לפירוט בסוגיות אלו ראו פרקים 9 ו-10 להלן.

### 2.5.4 התפתחות הצומת

כפי שהוזכר בסעיפים הקודמים, נתוני הרקע לתכנון צריכים לכלול את התחזיות להתפתחות הצומת לאורך כל תקופת התכן:

**א. שלביות תכנון ופיתוח – התפתחויות שיגרמו לשינויים עקרוניים במבנה הצומת:** שינוי במיקום הצומת עקב שינויים בתוואי הזרועות, שינוי בסיווג הדרכים הנפגשות בצומת שידרוש שינוי בצורה הבסיסית של הצומת, סלילת צירים עוקפים שיקטינו את חשיבות הצומת במערכת הדרכים.

**ב. שיפורי מרכיבים גיאומטריים ותפעוליים – שינויים שיתחייבו במהלך תקופת היעד עם ההתפתחות** בנפחי התנועה, לצורך שיפור הקיבולת ורמת השירות של הצומת, או עקב שיפורים בזרועות הצומת, ואינם משנים את המבנה הבסיסי של ההסתעפות או ההצטלבות. הכוונה בשיפור מרכיבים גיאומטריים ותפעוליים הינה: תוספת נתיבים, פניות חופשיות, נתיבי האצה והאטה וכיו"ב.

ג. **הכנות לרימזור ובקרת תנועה** – ההצדק לרימזור נקבע לפי נפחי תנועה ולפי שיקולים נוספים (בטיחותיים). לפירוט ההצדקים להצבת רמזורים – ראו הנחיות לתכנון רמזורים במהדורה המעודכנת. גם בצמתים בהם אין הצדק לרימזור ביום פתיחתם לתנועה, עשוי להיווצר הצדק כזה במהלך תקופת היעד. לכן, יש להתייחס כבר בתכן הראשוני להחלטות עתידיות לגבי רימזור, מאחר שישנם מספר מרכיבים בצומת, שתכנונם באופן התחלתי (כך שהצומת יתפקד היטב ללא רימזור), עשוי להפחית את יעילותם לאחר התקנת הרימזור.

בצמתים בהם צפויה התקנת רמזורים במהלך תקופת היעד, יש לשקול את הכנת התשתית לרימזור כבר בשלב הראשוני לסלילת הצומת, ובעיקר התשתית הת-קרקעית (שוחות, מובילים, בסיסי העמודים ומנגנוני הבקרה וכד').

ד. **בחינת אפשרות הפיכת צומת למעגל תנועה** – בין אם בעקבות הוספת זרוע רביעית להסתעפות לא מרומזרת, או כשלב ביניים בין צומת לא מרומזר לבין מרומזר, למספר שנים, כהכנה לשלבויות פיתוח.

ה. **הפיכת הצטלבות מרומזרת לצומת מדורג מרומזר**, מהשיקולים המפורטים בסעיף 3.7.

ו. **תכנון תאורה, תשתיות, ונוף** – בכל הצמתים החדשים יש לבצע תכנון תאורה, תיאום ותכנון תשתיות כולל תשתיות רמזורים, ותכנון נופי, וכן להתייחס לכלל המרכיבים הפיזיים של התכנון. כל אלו יתוכננו ע"י אנשי מקצוע בהתאם לתחום הנדרש (ראו את מגדירי המשימות של נתיבי ישראל בנושא זה).

## 2.5.5 גורמי אנוש

בתכנון הכללי של הצומת ובתכן פרטיו יש להביא בחשבון את נתוני וגורמי האנוש, המתייחסים לתכונות האופייניות של כלל משתמשי הדרך:

א. נטייה להתמדה בהתנהגות לפי הרגלים קבועים.

ב. נטייה לעבור במסלולים "טבעיים".

ג. בלבול והארכת זמן תגובה בעת הפתעה.

ד. מגבלות מרחב הראייה של הנהג, וסלקטיביות יכולת המיקוד במרחב הנתון. ככל שהנהג נאלץ לסקור פרטים מחוץ לזווית הראייה הנוחה, גדל הסיכוי שלא יבחין בהם או שיטעה בהערכה.

ה. לנהג קצב נתון של קליטת מידע. ככל שקצב הזרמת המידע הנחוץ לנהג המתקרב לצומת עולה על קצב הקליטה שלו, הופכת הנהיגה למאולצת והסיכון לתאונה גדל. יכולת הנהג לקליטת המידע עולה, אם הוא מבין מאליו את אופן הסדר הצומת, מאחר שאז ביכולתו להתרכז במיקומם ובתנועתם של כלי-הרכב האחרים ובמניעת ניגודים.

לאור מאפייני התנהגות אלה, עקרונות התכן המפורטים בפרק זה מיועדים להקל על הנהג בתחומים הבאים:

א. הנהג מודע בעוד-מועד לקיום הצומת, ולנוכחות כלי-רכב בקרבתו ובתוכו.

ב. לנהג מוצגת אחידות וחד-משמעיות בפתרון הצומת באמצעים גיאומטריים, המקטין את ההיזקקות לתימרוך.

ג. לנהג ניתן מרחב מספיק עבור זמן תגובה, ומרווח מספיק בין הצורך בהחלטות עוקבות.

ד. התמצאות הנהג בצומת קלה, והמשך מסלול נסיעתו ברור.

## 2.5.6 בחירת החלופה המועדפת

החלופה הנבחרת לצומת תישקל לפי הקריטריונים הבאים:

- תאימות – לסביבה ולתנאי האתר.
- ישימות – אפשרויות הביצוע והסלילה.
- פרטי תכן – התכן גיאומטרי המועדף.
- קיבולת – ההתאמה לדרישות התנועה, ורמת השירות המתקבלת עבור הנפח לתכן.
- מאפייני תפעול – פשטות התימרון והסדרי התנועה הדרושים, הבטיחות והנוחיות למשתמשים בדרך (נהגים, הולכי-רגל, אופניים).
- צרכי התחבורה הציבורית ותנועת אופניים.
- אפשרויות הפיתוח בשלבים, לרבות מיחלופ עתידי.
- שיקולים כלכליים.
- אפשרויות ודרישות הרימזור והבקרה.
- ההפרעות הנגרמות לתנועה במהלך העבודה.

ראו סעיף 3.1.3 בהמשך ההנחיות לפירוט השיקולים בבחירת סוג הצומת המתאים.

## 2.6 סוגי הרכב לתכן

### 2.6.1 בחירת כלי-הרכב לתכן

ככלי-הרכב הטיפוסיים לתכן צמתים נבחרים אותם כלי-רכב אשר מגבלותיהם בפניות מחייבות התחשבות במהלך התכן המפורט, מתוך הרכב התנועה האופייני בדרכים המובילות לצמתים אלה, דהיינו: כלי-הרכב לתכן הגיאומטריה של הצומת הם בעלי רדיוסי הפנייה המזעריים הגדולים ביותר, או הנזקקים להרחבה המרבית של הנתיב בפניות ובתפניות דרך, כדי להימנע מחריגה מתוך הנתיב שלהם, ומבליטה לנתיב המיועד לתנועה בכיוון הנגדי, או מפגיעה בהתקנים הקיימים בצומת. בנוסף, יש להתחשב גם בכלי-הרכב בעלי האורך המרבי, הצפויים לעבור בצומת באופן שוטף, וזאת לצורך תכנון אורכי האחסנה הדרושים בפניות שמאלה, וקביעת ההרחבה בתפניות דרך.

בהרכב התנועה הסדירה בדרכים בין-עירוניות אין לרוב הבדלים משמעותיים בין הצמתים. ההרכב האופייני כולל: כלי-רכב פרטיים ומסחריים קלים, אוטובוסים (לרבות מפרקיים באזורים מטרופוליניים או בצירי תאו"מ), רכב משא (רגיל, מורכב ומחובר) ואופנועים.

תכן המרכיבים הגיאומטריים בצמתים בין-עירוניים ייבדק לתמרון נוח של סוגי כלי-הרכב הבאים:

- א. אוטובוסים רגילים מדגם בין-עירוני (ומפרקיים כאשר רלוונטי, כמפורט בסעיף 5.4.2 בכרך 1).
- ב. רכב משא מורכב (WB-12).
- ג. רכב משא מחובר (WB-15) עד אורך 18.75 מ', ובהתאם לתקנות התעבורה.

לכל אחד מסוגי כלי-הרכב תנאים קריטיים אחרים, אשר משפיעים בצורה שונה על מרכיבי התכן, כמפורט בפרקים 6 ו-7 להלן. בדרכים בין-עירוניות צפוי כי הרכב התנועה יכלול לפחות 10-15% כלי-רכב כבדים, מתוכם 3% משאיות מורכבות/מחבורות בנפח התנועה, לכן במרבית המקרים יידרש לתכנן את המרכיבים הגיאומטריים של הצומת לפי סוגי כלי-הרכב המפורטים לעיל:

האוטובוס הרגיל בלבד ישמש כרכב היחיד לתכן רק בצמתים של דרכי-גישה או דרכים מקומיות עם דרכים אזוריות או עם דרכים מקומיות אחרות, כאשר כל הדרכים חד-מסלוליות ואינן מובילות לאתר המושך תנועה סדירה של משאיות מורכבות או מחבורות (כגון מפעל או מחצבה), ובהעדר אחוז משמעותי של משאיות מחבורות/מורכבות (3% לפחות) בזרם התנועה. במקרה זה יש לוודא, כי המאפיינים הגיאומטריים של הצומת מאפשרים מעבר אקראי של רכב משא מורכב או מחובר, תוך הפרעה מזערית לתנועה (אפשרת גלישה לנתיב הנגדי או לשטחים צבועים בעת הפנייה), ובלי לפגוע באמצעי הבקרה והניתוב הבנויים בצומת. יש לציין, כי תכן עבור אוטובוס בין-עירוני מאפשר מעבר של המשאית הרגילה (SU) הגדולה ביותר המותרת בישראל (בעלת סרן אחורי כפול ואורך של 12 מטר). למשאית זו רדיוס פנייה דומה לאוטובוס, אך בלט קדמי ואחורי קצרים יותר.

בצירי העדפה לתח"צ, הצפויים בעיקר באזורים מטרופולינים, תיתכן תנועה משמעותית של אוטובוסים מפרקיים, ויש להתחשב במאפייניהם הייחודיים ככלי-רכב נוסף לתכן.

במעגלי תנועה, בשל מאפייניהם הגיאומטריים הייחודיים, עשויות להידרש התאמות בסוגיות הרכב לתכן, ובמפורט לרכב מורכב ארוך (WB-15), כמפורט בסעיפים 11.4-11.5.

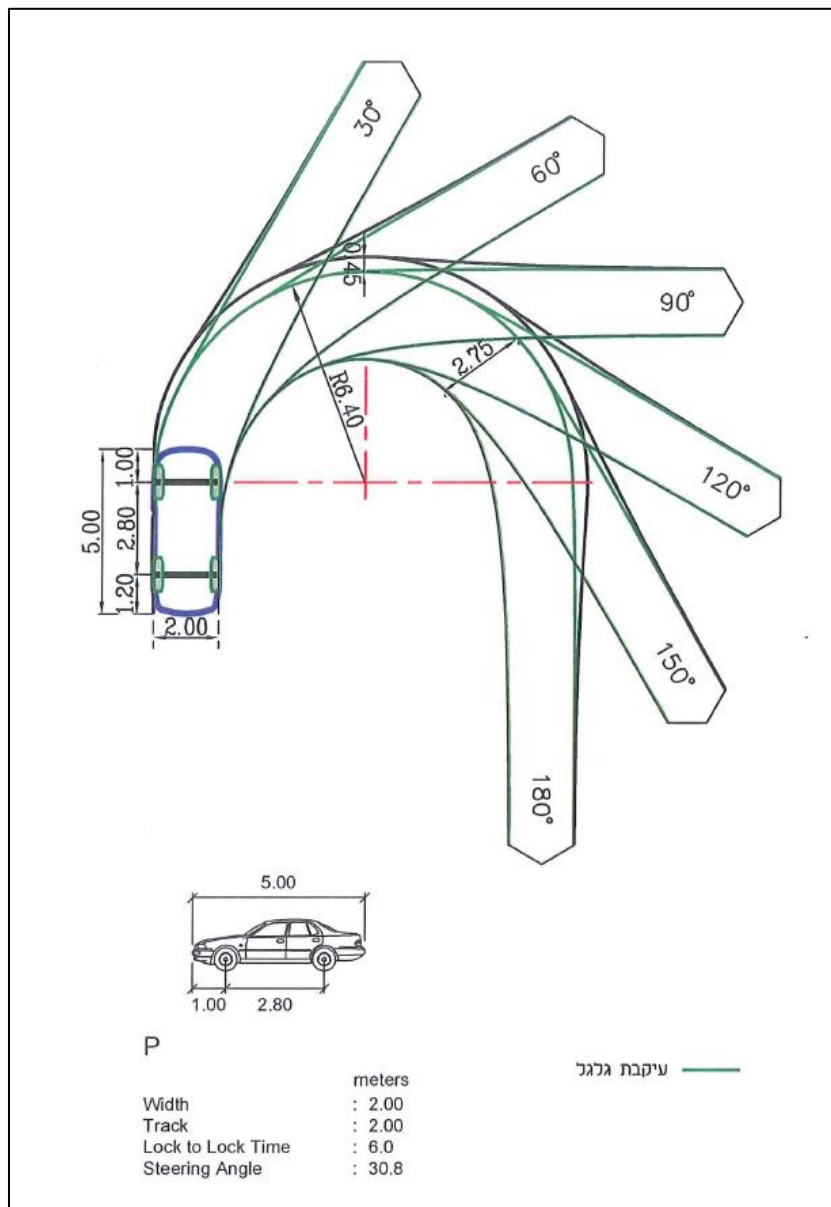
המאפיינים החשובים של כלי-הרכב לתכן מרוכזים בטבלה 2.4, ותרשימי העיקבה האופייניים המבוססים עליהם מוצגים בתרשימים 2.22-2.14. המידות המרביות של כלי-הרכב בטבלה זו מבוססים על תקנות מס' 313 ו-377 לתקנות התעבורה, בניסוחן המעודכן, וכפי שהמידות מופיעות גם בהנחיות לתכנון רחובות בערים. תשומת לב המתכנן מופנית לכך, שמידי פעם עשויים לחול שינויים ועדכונים במידות המצוינות בתקנות התעבורה, וכתוצאה מכך עשויים להשתנות מרכיבי תכן קריטיים מסוימים. הנחיות אלו אינן כוללות כלי-רכב החורגים במידותיהם מהמצויין בטבלה 2.4 (כגון: כלי-רכב חקלאיים, מובילי מטען חורג, מובילי טנקים, וכד'), ואלה אינם מובאים בחשבון לצורכי תכן באופן סטנדרטי, כי אינם מורשים לנוע ללא הסדר מיוחד לליווי, ותנועתם היא בכמויות מזעריות. בפרק 11 מוזכר כאמור תכנון לרכב מורכב ארוך כגון WB-15 ומובילי טנקים במעגלי תנועה, שם הגיאומטריה עלולה להגביל את תנועתם.

## 2.6.2 כלי-רכב חריגים לתכן

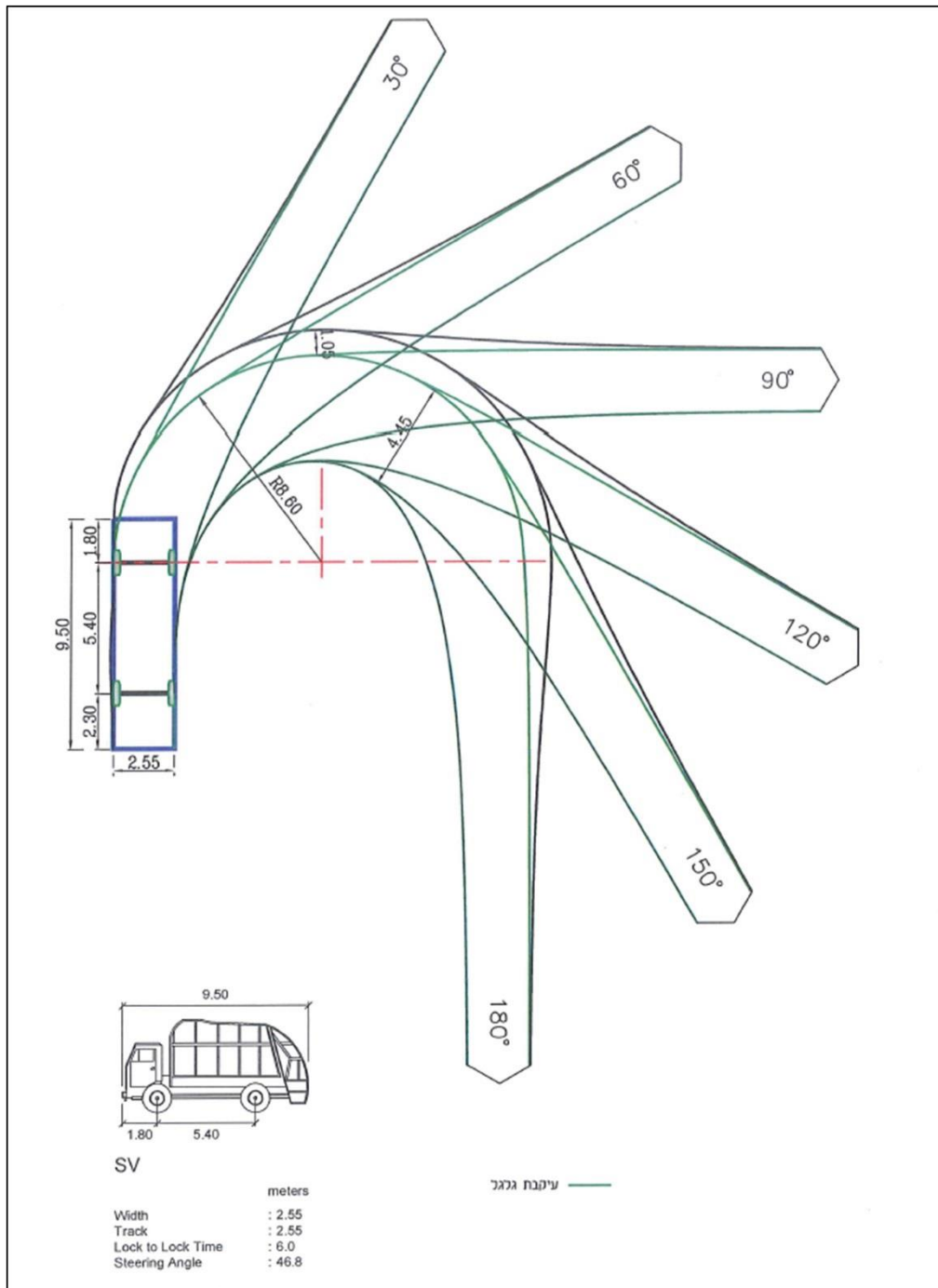
בצירים מוגדרים בהם צפויה תנועה של כלי-רכב חריגים כגון מוביל טנקים, יש לבדוק מלכתחילה את צירי נסיעתם, ובהתאם לכך לתכנן את הפניות אותן הם נדרשים לבצע בצמתים בהתאם לצורך. יש לבדוק שהגיאומטריה של הצומת מאפשרת לכלי-הרכב לבצע את הפניות, לכל הפחות במעבר אקראי (עם אפשרות גלישה לנתיב הנגדי בעת הפניה), בלי לגרום נזק למתקני הבקרה והניתוב הקיימים. במקרים מיוחדים, אפשר לתכנן מעבר כלי-רכב חריגים כגון מוביל טנקים תוך הפרעה מבוקרת לתנועה, חסימת צירים ומסלולים, שימוש במסלול הנגדי וכד', תוך התחשבות בעובדה שכלי-הרכב תופס למעשה חלק ניכר מרוחב הדרך. בפרוגרמה לתכנון הדרך יש להגדיר באילו מקרים כלי-רכב חריג לתכנון יידרש לעבור

בצומת. כלי-הרכב החריג המוגדר יוכל לעבור בצומת במהירות מוגבלת בלבד ובפניות המוגדרות. טבלה 3.1 ותרשים 3.1 בהנחיות לתכנון מחנות צה"ל (2001) מציגים את המאפיינים הגיאומטריים של מוביל טנקים אופייני ושאר כלי-הרכב הנמצאים בשימוש תדיר בצירי צה"ל. ראו גם התייחסות למעגלי תנועה בפרק 11.

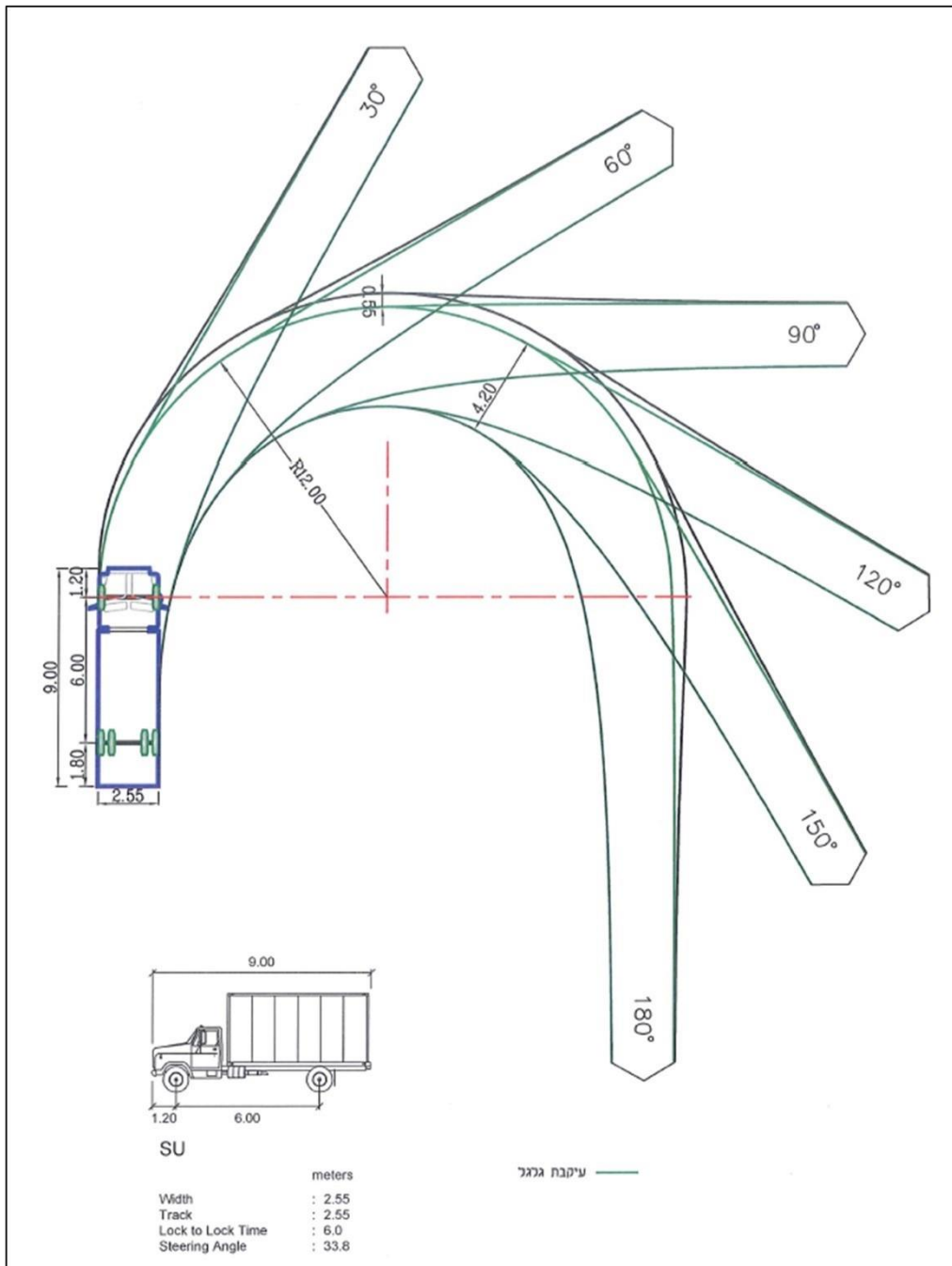
תשומת לב מיוחדת נדרשת למימד הגובה הנדרש למעבר מתחת או מעל לדרכים או למסילות, כמפורט בסעיף 6.2 בכרך 1 של הנחיות אלו, מהדורת 2018.



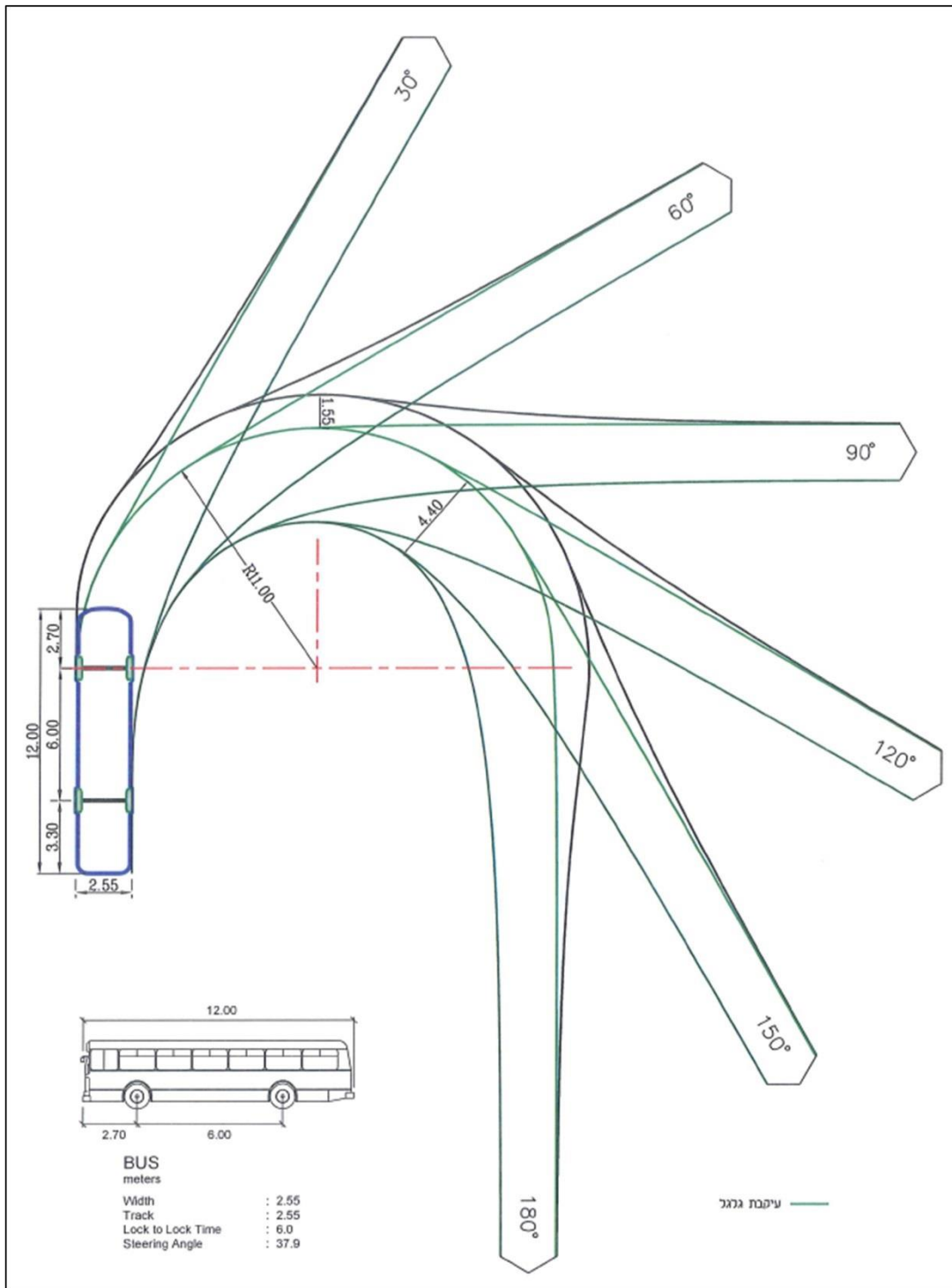
**תרשים 2.14:** תרשים עיקבה לרכב פרטי ומסחרי קל (P)



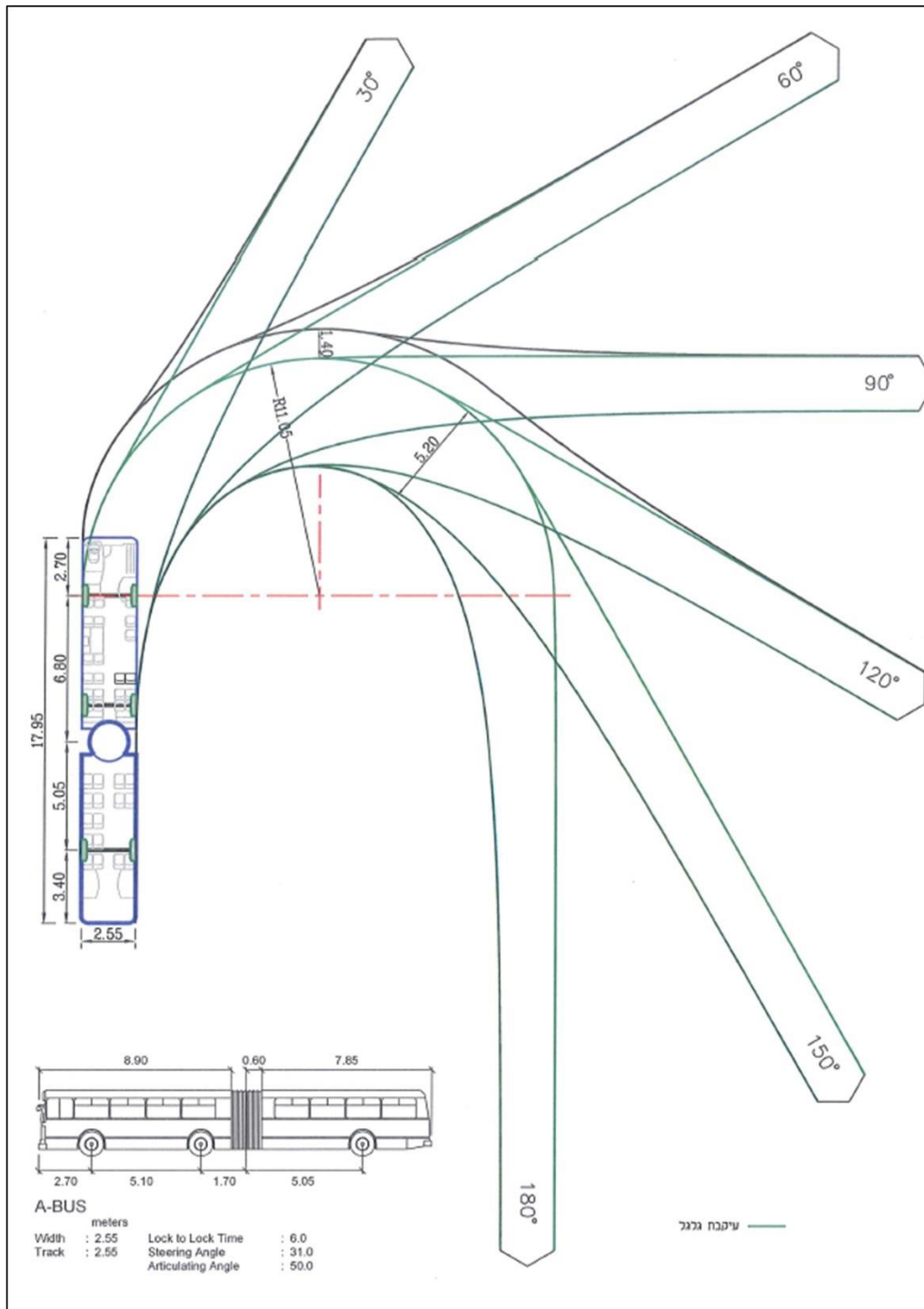
**תרשים 2.15:** תרשים עיקבה לרכב שירות (SV)



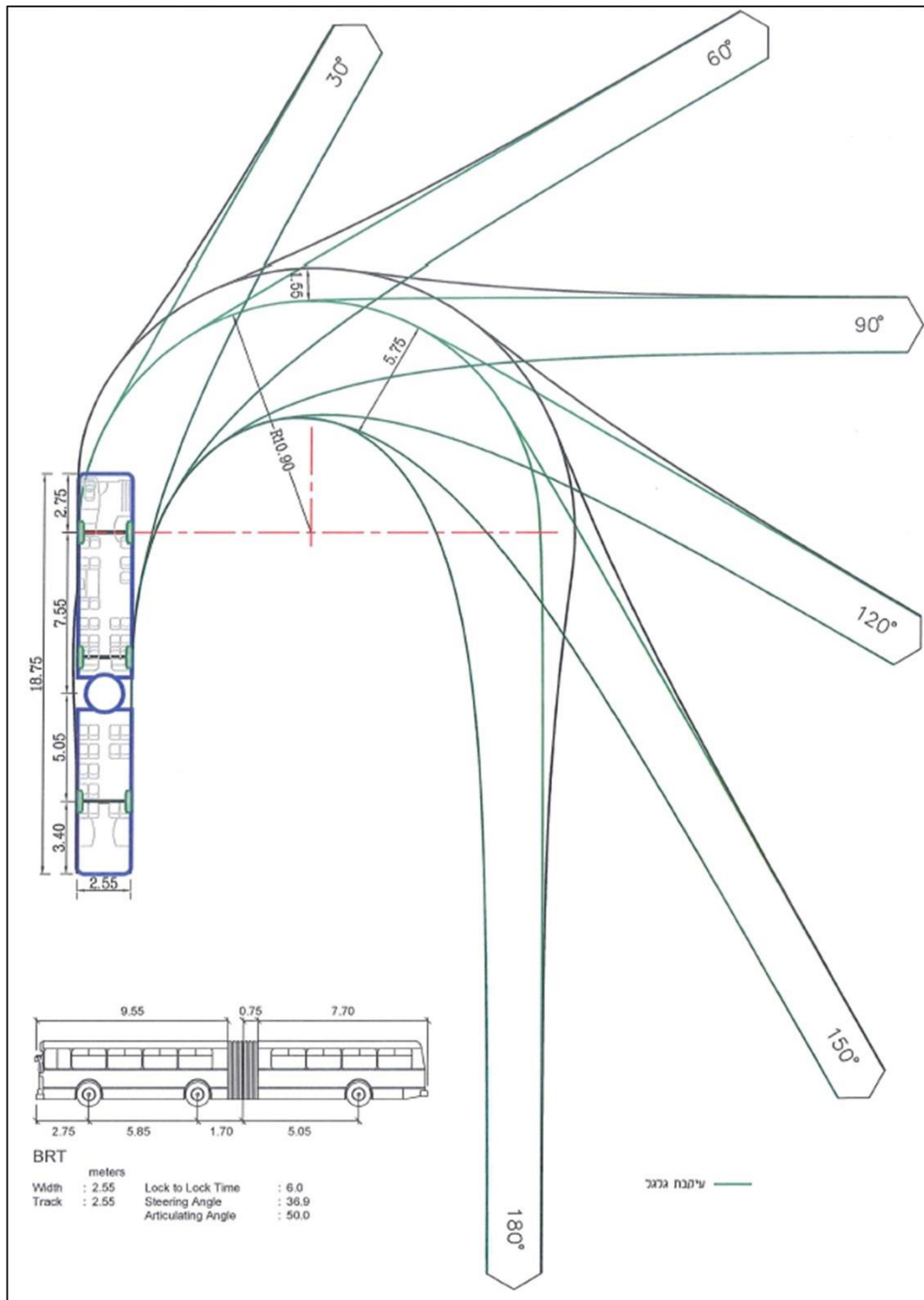
**תרשים 2.16:** תרשים עיקבה למשאית (SU)



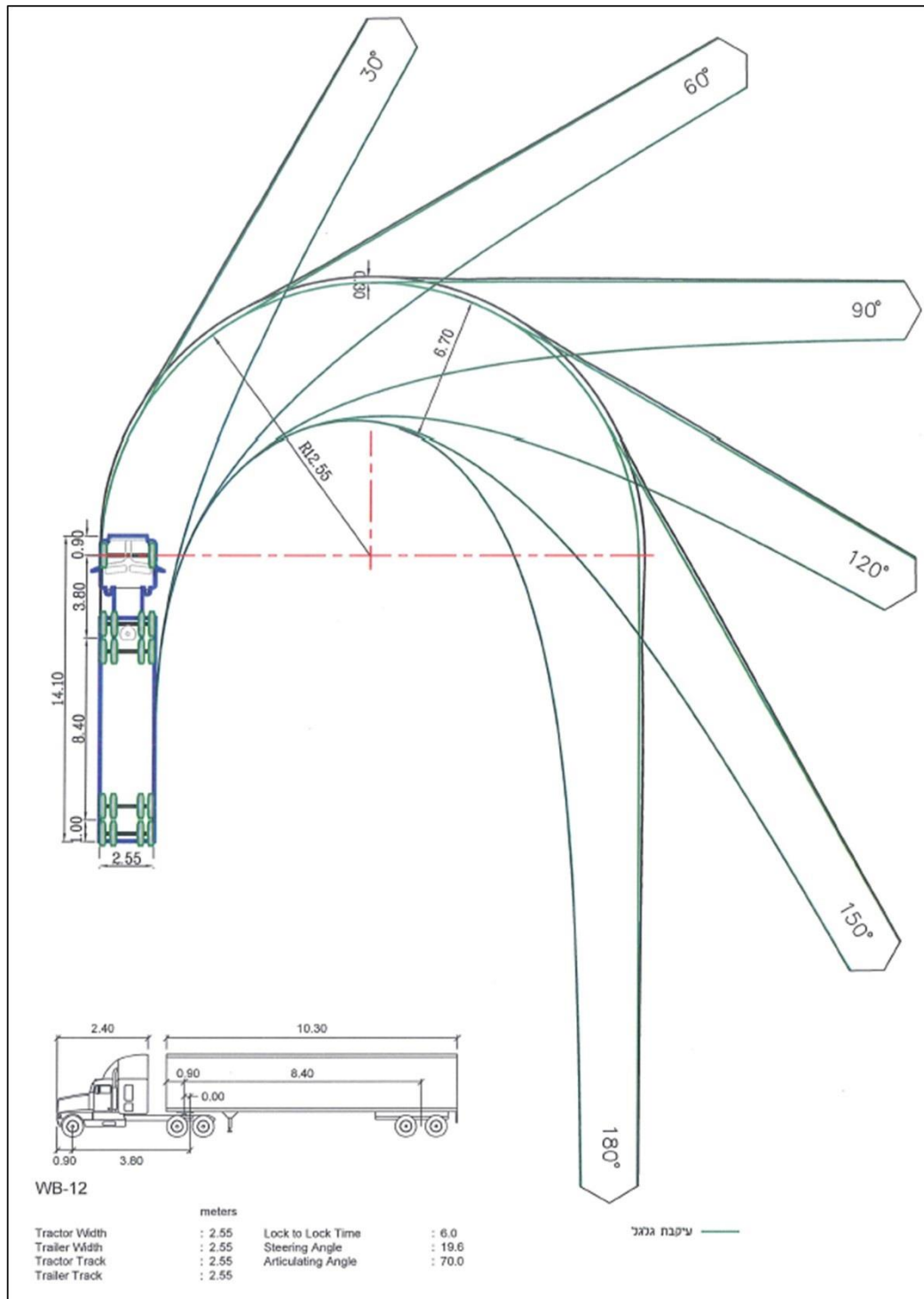
**תרשים 2.17:** תרשים עיקבה לאוטובוס (BUS)



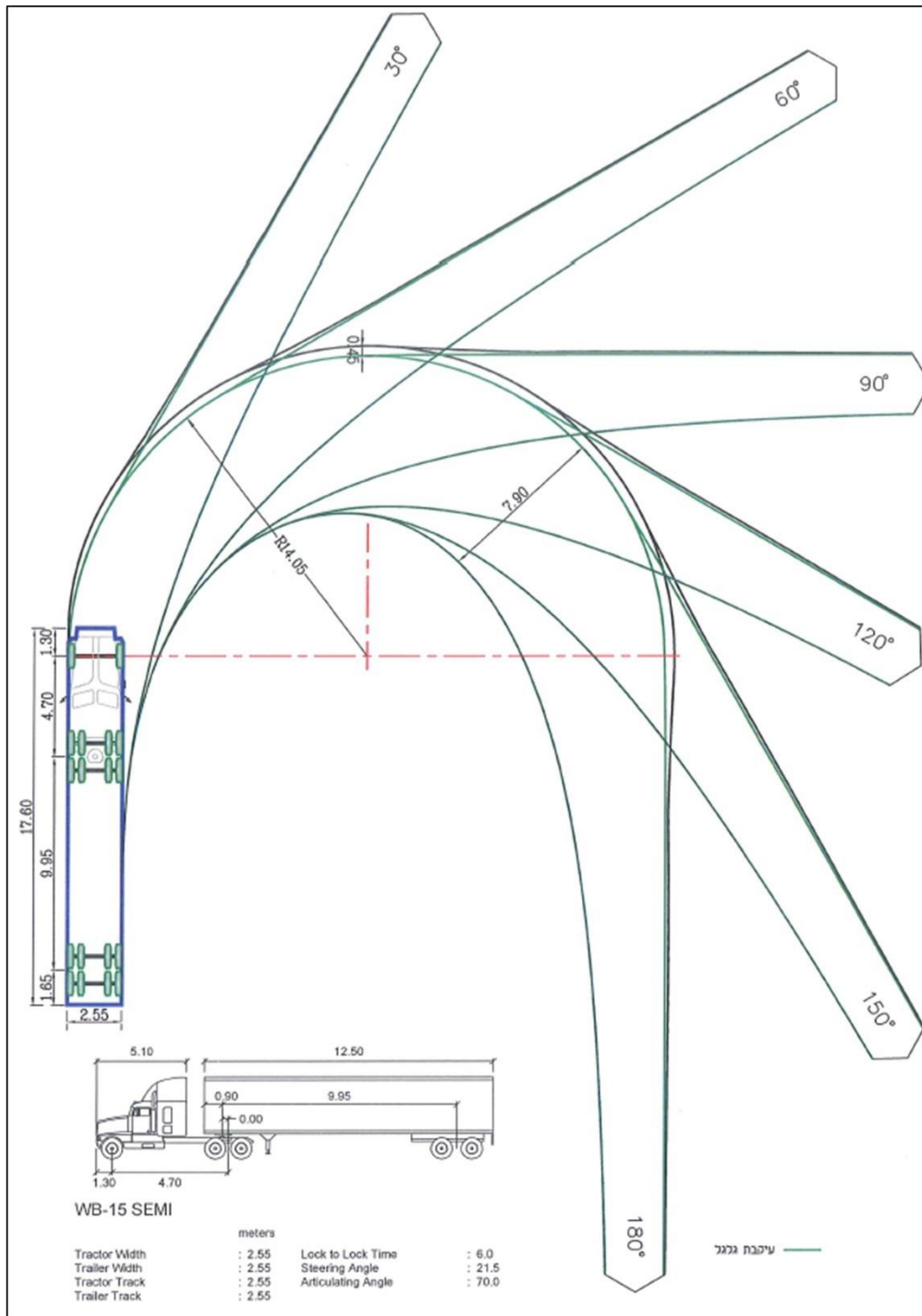
**תרשים 2.18:** תרשים עיקבה לאוטובוס מפרקי רגיל (A-BUS)



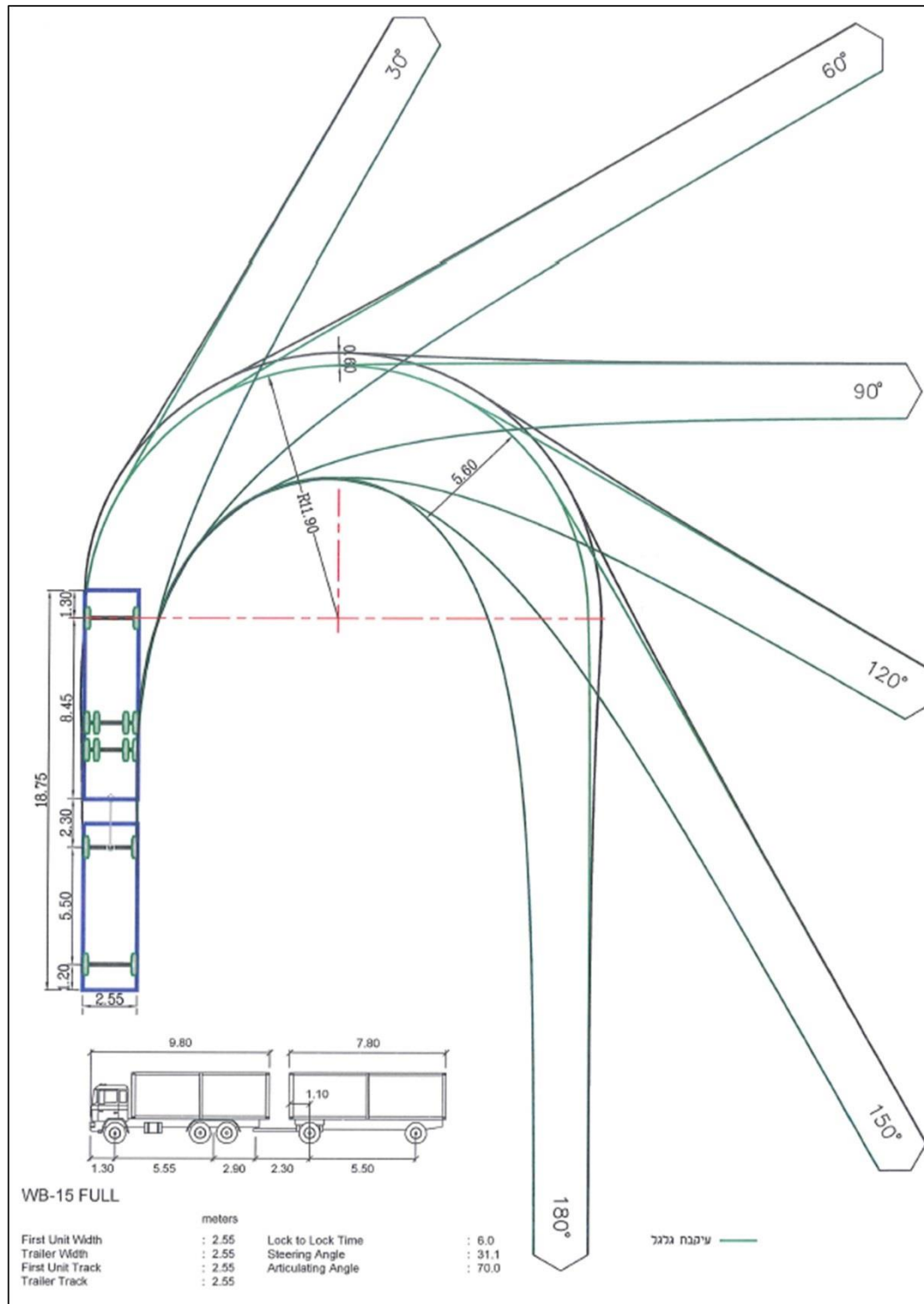
**תרשים 2.19:** תרשים עיקבה לאוטובוס מפרקי ארוך – תאו"מ (BRT)



**תרשים 2.20:** תרשים עיקבה לרכב משא מורכב (WB-12 SEMI)



**תרשים 2.21:** תרשים עיקבה לרכב משא מורכב ארוך (WB-15 SEMI)



**תרשים 2.22:** תרשים עיקבה לרכב משא מחובר (WB-15 FULL)

**טבלה 2.4: סוגי כלי-רכב לתכן בישראל ומאפייניהם הגאומטריים (מ')<sup>(1)</sup>**

סוג רכב	אורך כללי	רוחב כללי	רוחב סרנים מרבי	שלוחה אורך קדמית	שלוחה אורך אחורית	רדיוס סיבוב חיצוני מרבי	רדיוס סיבוב פנימי מזערי
פרטי ומסחרי קל (P)	5.00	2.00	2.80	1.00	1.20	6.85	3.65
רכב שירות (SV)	9.50	2.55	5.40	1.80	2.30	9.65	3.80
משאית עירונית (SU)	9.00	2.55	6.00	1.20	1.80	<sup>(2)</sup> 12.55	7.70
אוטובוס (BUS) <sup>(4)</sup>	<sup>(5)</sup> 12.00	2.55	6.00	2.70	3.30	<sup>(2)</sup> 12.55	<sup>(5)</sup> 5.30
אוטובוס מפרקי רגיל (A-BUS)	17.95	2.55	5.10	2.70	3.40	<sup>(2)</sup> 12.45	<sup>(5)</sup> 5.30
אוטובוס מפרקי ארוך (BRT)	<sup>(2)</sup> 18.75	2.55	5.85	2.75	3.40	<sup>(2)</sup> 12.45	<sup>(5)</sup> 5.30
רכב משא מורכב (WB-12-SEMI)	<sup>(3)</sup> 14.10	2.55	8.40	0.90	1.00	<sup>(2)</sup> 12.85	<sup>(5)</sup> 5.30
רכב משא מורכב ארוך, תא נהג עילי (WB-15-SEMI)	<sup>(3)</sup> 17.60	2.55	9.95	1.30	1.65	<sup>(2)</sup> 14.50	<sup>(5)</sup> 5.30
רכב משא מחובר (WB-15-FULL)	<sup>(4)</sup> 18.75	2.55	5.55	1.30	1.20	<sup>(2)</sup> 12.50	<sup>(5)</sup> 5.30

- (1) מבוסס על הנחיות לתכנון רחובות בערים – תכנון רכב מנועי (10/2020). ראו סעיף 2.6.2 ביחס לשינויים שעשויים לחול במידות.
- (2) רדיוס סיבוב חיצוני מרבי לפי תקנות התעבורה: 12.50 מטר. רכבים חורגים: SU (חריגה מזערית), BUS (חריגה מזערית), WB-12, WB-15 מורכב ארוך (חריגה גדולה).
- (3) אורכו של הנתמך לא יעלה על 12.0 מטר מפין הגרירה.
- (4) אורכו של הגורר או הגרור לא יעלה על 12.0 מטר.
- (5) לפי תקנות התעבורה הרדיוס הפנימי לא יפחת מ-5.30 מטר כאשר הרדיוס החיצוני 12.50 מטר.

### 2.6.3 רמת השירות לתכן

רמת השירות לתכן בצומת הינה בהתאם לסיווג הדרך העיקרית בה (טבלה 8.1 כרך 1).

## 2.7 בקרת גישות

השיקולים לקביעת המדרג (ההיררכיה) של המפגש בין הדרכים, המיקום המתאים לצומת והמרחק מצמתים סמוכים, תלויים ביחס שבין הניידות לנגישות. יחס זה, אשר מאפיין כל אחד מסוגי הדרכים, מתואר על ידי "בקרת הגישות" בטבלה 2.5 בסעיף 2.3.2 – "סיווג דרכים בין-עירוניות", בכרך 1 של ההנחיות (משה"ת, נתיבי ישראל, 2018).

רמת בקרת הגישות באותה דרך מבטאת את הגבלת זכויות הציבור להתחבר לדרך מהקרקע הגובלת עימה. סיווג הדרך קובע את רמת בקרת הגישות אליה, ולכן מכתוב את אופי הצמתים בדרך ואת

תדירותם. ככל שמיקומה של הדרך גבוה יותר במידרג, תהיה תדירות הצמתים קטנה יותר, ולכן המרחק המזערי הדרוש בין צמתים, יגדל. קיימות שלוש רמות של בקרת גישות, כמוגדר להלן (מצוין גם בסעיף 2.3.1א' – כרך 1):

**א. בקרת גישות מלאה:** מתן העדפה מוחלטת לתנועה העוברת באמצעות חיבור הדרך לדרכים נבחרות בלבד, אך ורק באמצעות מחלפים, ללא צמתים במפלס אחד וללא כל חיבורים לקרקע גובלת. אם בקרת הגישות הינה מלאה עבור דרך מסוימת, הדרך נקראת "מסוייגת גישה לחלוטין" (full access control), כלומר דרך ממוחלפת במלואה.

**ב. בקרת גישות חלקית:** מתן העדפה יחסית לתנועה העוברת. חלק מהדרכים החוצות מתחברות במחלפים, ויש מספר מוגבל ומבוקר של צמתים במפלס אחד והתחברויות לקרקע גובלת. דרך עם בקרת גישות חלקית נקראת מסוייגת גישה באופן חלקי (partial access control), כלומר דרך ממוחלפת בחלקה.

**ג. בקרת גישות מצומצמת:** העדפת הנגישות על-פני הניידות. כל הצמתים במפלס אחד, ושימושי הקרקע הסמוכים מתחברים ישירות לדרך. עם זאת, מיקום ההתחברויות ואופן חיבורן נקבע משיקולי בטיחות ותכן גיאומטרי ותנועתי, ומכאן הכינוי "בקרה מצומצמת".

רמות בקרת הגישות בדרכים הבין-עירוניות, כפי שנקבעו בפרק "סיווג דרכים" בכרך 1 של הנחיות אלו (טבלה 2.5 בפרק 2), הן:

- א. דרכים מהירות – בקרת גישות מלאה (דרכים אלו הינן מסוייגות-גישה לחלוטין).
- ב. דרכים מעויירות מהירות – בקרת גישות מלאה (דרכים מסוייגות-גישה לחלוטין).
- ג. דרכים ראשיות – בקרת גישות מלאה או חלקית.
- ד. דרכים אזוריות – בקרת גישות חלקית בדרכים דו-מסלוליות ומצומצמת בדרכים חד-מסלוליות.
- ה. דרכים מקומיות וגישה – בקרת גישות מצומצמת.

## פרק 3: סוגים וצורות של צמתים

### תוכן עניינים

<b>3-1</b> .....	<b>התאמת הצומת ברשת וצורתו ביחס לתוואי</b>	<b>3.1</b>
3-1.....	כללי	3.1.1
3-1.....	מידרג מפגשי הדרכים	3.1.2
3-2.....	בחירת סוג הצומת המתאים	3.1.3
3-4.....	השפעת הכיוון הראשי (העיקרי) על צורת הצומת	3.1.4
<b>3-6</b> .....	<b>שיקולים גיאומטריים בתכנון הצומת</b>	<b>3.2</b>
3-6.....	מיקום הצומת בתוואי האופקי	3.2.1
3-8.....	מיקום הצומת בתוואי האנכי	3.2.2
<b>3-9</b> .....	<b>עקרונות תכן לרימזור צמתים</b>	<b>3.3</b>
3-9.....	מטרות הרימזור וייעוד ההנחיות	3.3.1
3-12.....	בדיקות בשלב התכנון המוקדם	3.3.2
3-12.....	הכנות לרימזור	3.3.3
3-13.....	רמות הבקרה והניתוב	3.3.4
3-13.....	מרחקי-ראות	3.3.5
3-13.....	פניות ימינה ותפניות דרך	3.3.6
<b>3-14</b> .....	<b>הסתעפויות – צמתי קמץ (שלוש זרועות: T)</b>	<b>3.4</b>
3-14.....	כללי	3.4.1
3-14.....	צורת ההסתעפות	3.4.2
3-15.....	הסתעפויות לא מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	3.4.3
3-16.....	הסתעפויות מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	3.4.4
3-16.....	הסתעפויות בפניות ימניות בלבד ("ימינה-ימינה")	3.4.5
3-18.....	דוגמאות	3.4.6
<b>3-18</b> .....	<b>צומת הצטלבות (ארבע זרועי, צמתי +, X)</b>	<b>3.5</b>
3-18.....	כללי	3.5.1
3-21.....	הצטלבויות לא מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	3.5.2
3-22.....	הצטלבויות מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	3.5.3
3-22.....	דוגמאות	3.5.4

<b>3-24</b> .....	<b>צומת רב-זרועי</b>	<b>3.6</b>
<b>3-26</b> .....	<b>צמתים מדורגים (staggered intersections)</b>	<b>3.7</b>
3-26.....	הגדרה וצורות	3.7.1
3-27.....	מאפיינים בטיחותיים (ביחס להצטלבות)	3.7.2
3-28.....	מאפיינים תפעוליים	3.7.3
3-30.....	השיקולים לבחירת צורת הדירוג	3.7.4
3-31.....	תכן מרכיבי הצומת המדורג	3.7.5
3-33.....	דוגמאות	3.7.6
<b>3-37</b> .....	<b>צמתים מפוצלים (split intersections)</b>	<b>3.8</b>
3-37.....	הגדרה	3.8.1
3-37.....	מטרה ומאפיינים	3.8.2
3-39.....	יתרונות וחסרונות	3.8.3
3-39.....	סוגי הפיצול	3.8.4
3-41.....	עקרונות התכן	3.8.5
3-44.....	התמצאות בצומת מפוצל	3.8.6
3-46.....	דוגמאות	3.8.7
<b>3-50</b> .....	<b>נספח 3 א': תצורות מיוחדות של צמתים מרומזרים</b>	

## פרק 3: סוגים וצורות של צמתים

### 3.1 התאמת הצומת ברשת וצורתו ביחס לתוואי

#### 3.1.1 כללי

- הגורמים המרכזיים אשר מתייבמים את סוג הצומת ואת הצורה הכללית הם:
- מספר הזרועות הנפגשות בצומת.
  - מידרג הדרכים הנפגשות וקביעת הכיוון הראשי (העיקרי) בצומת.
  - נפחי התנועה המגיעים מהכיוונים השונים.
  - טופוגרפיה.
  - זווית המפגש בין הזרועות
  - צורת הבקרה הרצויה בצומת.
  - צורתו וגודלו של השטח הניתן לניצול בחלופות השונות.

בעת בחירת תצורת הצומת, על המתכנן לשקול ולבדוק את כל החלופות האפשריות לצורך בחירה של צורת הצומת בהתאם לשיקולים המופיעים שבסעיף 2.4, למרכיבי תהליך התכנון המתוארים בסעיף 2.5, ולהנחיות המפורטות להלן בסעיף זה.

#### 3.1.2 מידרג מפגשי הדרכים

יחס המידרג בין הדרכים הנפגשות בצומת מתווה את סיווג המפגש במידרג המפגשים, ועל-ידי-כך נקבעת למעשה חשיבות הצומת במערכת. רמת הצומת במידרג משפיעה על צורתו המועדפת ועל רמת היישום של אמצעי הבקרה והניתוב בו, בהתאם להגדרתם בסעיף 2.2.4 לעיל.

טבלה 3.1 מפרטת את מידרג מפגשי הדרכים והצמתים בשטח בין-עירוני בהתאם לסיווג הדרכים הנפגשות, כתוצאה מרמת בקרת הגישות בהן (הנובעת מהסיווג), וחתך הרחב האופייני שלהן. סוג המפגש בין דרכים שונות, כפי שהוא מופיע בטבלה 3.1 בשלב הסופי – מחלף, מחלפון זעיר, צומת מרומזר, צומת מנותב מלא, צומת מנותב חלקי, מיפרד – נקבע בהתאם לעקרונות המנחים את הכנת תכנית המתאר הארצית לדרכים (בהתאם לשלב הפיתוח החזוי לסוף תקופת היעד לתכנן).

חלוקת הצמתים לפי טבלה 3.1 הינה עקרונית, ומייצגת מקרים כלליים ואופייניים. קיומו של פתרון מסוים בטבלה אינו שולל אפשרויות אחרות (למעט בדרך מהירה, בה הבחירה היא רק בין מחלף למיפרד). בתהליך התכנון מעורבים גורמים שונים שעשויים להשפיע על היבטים שונים של הבקרה ושל הניתוב (היקף ואופן ביצוע). סיווג זה איננו שולל, למשל, רימזור צומת בין דרכים אזוריות חד-מסלוליות, אם מתקיימים ההצדקים לרימזור (ראו הנחיות מעודכנות לתכנון רמזורים).

הסדרי הניתוב ואיי-התנועה הנדרשים (מאורכים ומשולשים) ייקבעו בכל זרוע בצומת בהתייחס לנפחי הפניות ולהרכבי התנועה, כמפורט בפרקים המוקדשים להסדרי הניתוב בהנחיות אלו (פרקים 5-7),

והתכן הסופי ייקבע על-ידי המתכנן בהתאם למצב הייחודי של הצומת המתוכנן. הטבלאות מציגות את הדרישות המזעריות, והמתכנן נדרש לבדוק באופן מפורט את שלבי ההתפתחות הצפויים בכל צומת לגופו, כגון: האם נדרש מחלף בשלב הפיתוח הסופי, גם בצמתים בהם אינו מופיע בטבלה 3.1.

סוג מיוחד של צומת מנותב מלא הוא מעגל תנועה, ששולב בטבלה 3.1, ומאפייניו מפורטים בפרק 11 בהנחיות.

חיבור דרכים חקלאיות לצמתים בין-עירוניים יתבצע רק בסמוך למפגש דרכים בסיווג נמוך, ולדרך בסיווג הנמוך ביותר מביניהן. אופן פתרון החיבור יתבסס על התחברויות למתקני תשתית (ראו סעיף 2.1.2 לעיל, ופרק 13 בכרך 1).

### 3.1.3 בחירת סוג הצומת המתאים

הסוגים הבסיסיים של הצמתים פורטו בסעיף 2.3 לעיל. לצורך תכנון הסתעפויות והצטלבויות סטנדרטיות, יש לבחון את עקרונות התכן והמרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים של הסתעפויות מרומזרות ובלתי מרומזרות המפורטים בסעיף 3.4 בפרק זה, ואת עקרונות התכן והמרכיבים של הצטלבויות (לרוב מרומזרות) המפורטים בסעיף 3.5. סוגיות עקרוניות הקשורות לרימזור הצומת מפורטות בסעיף 3.3, וההצדקים לרימזור צמתים מפורטים בהנחיות לתכנון רמזורים (מהדורה מעודכנת בהכנה).

מספר נקודות הניגוד בהצטלבות הוא גדול יחסית להסתעפות, והסיכון היחסי בהצטלבות גדול יותר, בייחוד בצומת לא-מרומזר (ראו סעיף 2.2.3 – ניגודים בצומת). משיקולי בטיחות, אם לא קיים הצדק לרימזור הצטלבויות בדרכים בין-עירוניות, מומלץ לבחון חלופות תכנון נוספות לצומת, כגון מעגל תנועה, צומת מדורג, הגבלות התנועות בצומת, ועוד.

ככלל, פתרון של מעגל תנועה הופך ניגודים של היחטכות לפעולות השתזרות. ניתן לבחון מעגלי תנועה כחלופה בהסתעפויות (צומת תלת-זרועי), הצטלבויות (צומת ארבע-זרועי), ובצומת בגיאומטריה יוצאת דופן.. לכן מעגלי תנועה הם גם פתרון אפשרי לצומת בעל שטח גדול, או למבנה שאינו מאפשר פתרון גיאומטרי מקובל, כגון: הסתעפות מלגזית, הצטלבות בזווית שאינה ניצבת, או הצטלבות שלא תרומזר. מעגל תנועה הינו גם פתרון מתאים להבלטת הצומת ולהאטת התנועה בכניסה מדרך בין-עירונית לשטח עירוני.

כאשר הצטלבות מרומזרת אינה מסוגלת לעמוד בנפחי התנועה, ניתן לבחון פתרון של צומת מפוצל לצורך שיפור הקיבולת, לרוב כשלב זמני מקדים להקמת מחלף. הפיצול מאפשר חלוקת נפח התנועה למספר הצטלבויות מרומזרות סמוכות.

בהמשך פרק זה יוצגו עקרונות לבחינת החלופות והתכנון הגיאומטרי של הצומת (3.1.4, 3.2), ועקרונות התכן לרימזור צמתים (סעיף 3.3), ולאחריהם יוצגו הסוגים העיקריים של הצמתים המקובלים ברשת הדרכים. תחת סוגי הצמתים יפורטו ההבדלים בתהליך התכן בין צומת לא-מרומזר לצומת מרומזר מאותו סוג. כמו-כן, יוצגו דוגמאות עקרוניות לסוגי הצמתים.

### טבלה 3.1: מידרג מפגשים בדרכים בין-עירוניות והממשק עם עורק עירוני

ורחוב מאסף בשלבי הפיתוח הסופי

				<b>מהירה</b> ↓	<b>סוג הדרך<sup>(1)</sup></b>
			<b>מעויירת</b> <b>מהירה</b> ↓	מחלף מערכת	<b>מהירה</b>
		<b>ראשית<sup>(4)</sup></b> <sup>(6)</sup> <sup>(7)</sup> ↓	מחלף מערכת	מחלף מערכת	<b>מעויירת</b> <b>מהירה</b>
	<b>אזורית</b> ↓	מחלף גישה	מחלף מערכת או מחלף גישה	מחלף מערכת או מחלף גישה	<b>ראשית<sup>(4)</sup></b> <sup>(6)</sup>
<b>מקומית</b> ↓	מחלף-גישה <sup>(3)</sup> <sup>(8)</sup> , מחלפון זעיר או צומת (מרומזר, מ.מ., מעגל)	מחלף-גישה <sup>(3)</sup> או מחלפון זעיר <sup>(5)</sup> או צומת (מרומזר) או הסתעפות בפניות ימניות (מ.מ.)	מחלף גישה <sup>(5)</sup> או מיפרד	מחלף גישה או מיפרד <sup>(3)</sup> <sup>(5)</sup>	<b>אזורית</b>
	צומת (מ.מ.), מ.ח., מ.ב.מ., (מעגל)	מחלפון זעיר <sup>(5)</sup> או הסתעפות בפניות ימניות (מ.מ.) או דרך שירות	מיפרד או דרך שירות	מיפרד או דרך שירות	<b>מקומית וגישה</b> <b>ליישוב</b>
	צומת (מרומזר, מ.מ., מ.ח., מעגל)	מחלף גישה <sup>(3)</sup> או צומת (מרומזר, מעגל)	מחלף גישה <sup>(3)</sup> או מיפרד	מיפרד	<b>עורק עירוני</b>
	צומת (מ.מ.), (מ.ח., מעגל)	צומת (מרומזר, מ.מ., מעגל)	מיפרד	מיפרד	<b>רחוב מאסף</b>

- (1) מאפייני סיווג הדרכים – ראו בסעיף 2.1.3 בכרך 1.
- (2) סוג הצומת: מרומזר, מנותב מלא (מ.מ.), מנותב חלקית (מ.ח.), מתומרר בלתי מנותב (מ.ב.מ.), לא מתומרר (ל.מ.), מעגל תנועה (מעגל) (טבלה 2.1). לשיקולי ניתוב והתקנת איי-תנועה ראו פרק 5.
- (3) הקמת המחלף בהתאם להצדקים המפורטים בסעיפים 3.1.3 ו-3.1.4 בכרך 3 (מחלפים).
- (4) דרך ראשית בטבלה זו היא תמיד דו-מסלולית בשלב הסופי.
- (5) ראו סעיף 3.1.5 בכרך 3 בנושא שיקולים מערכתיים למחלפון זעיר בדרך ראשית דו-מסלולית.
- (6) מפגש דרך ראשית – דרך ראשית יהיה מחלף גישה בשלב סופי, אם כי ייתכן צומת מרומזר בשלב ביניים.
- (7) במפגש דרך ראשית חד-מסלולית קיימת, אפשרי מעגל תנועה במפגש עם דרך דומה או דרכים במדרג נמוך יותר.
- (8) אם שתי הדרכים האזוריות דו-מסלוליות בשלב סופי.

להלן סוגי הצמתים המפורטים בפרק זה:

- א. הסתעפויות (סעיף 3.4);
- ב. הצטלבויות (סעיף 3.5);
- ג. צומת רב זרועי (סעיף 3.6);
- ד. צמתים מדורגים (סעיף 3.7);
- ה. צמתים מפוצלים (סעיף 3.8);
- ו. צורות מיוחדות של צמתים מרומזרים (נספח);
- ז. מעגלי תנועה מפורטים כאמור בנפרד בפרק 11.

התרשימים בפרק הנוכחי הינם סכימטיים, להבהרת הטקסט ולהתרשמות.

### 3.1.4 השפעת הכיוון הראשי (העיקרי) על צורת הצומת

צורת הצומת תיקבע כך, שתבטא את המידרג התפקודי של הדרכים הנפגשות באמצעות הצורה הגיאומטרית. השאיפה היא, שהכיוון הראשי יקבל המשכיות טבעית בתוך הצומת, וזאת במטרה להדגיש בעזרת ההסדרים הגיאומטריים את התנועות אשר חייבות במתן זכות הקדימה. קביעת הכיוון הראשי בצומת תעשה לפי סיווג הדרכים, ורק במקרים נדירים לפי נפחי התנועה, בהתאמה לשיקולים שהוזכרו בסעיף 2.4 (שיקולים מנחים ועקרונות בתכן צמתים). מטרת כללים אלה היא:

- א. להבהיר לנהג את מבנה רשת הדרכים על-מנת לאפשר לו התמצאות טובה.
- ב. לקבוע אופן התנהגות עקבי לאורך הציר הראשי.
- ג. לכוון את הנהגים לשימוש נכון ברשת הדרכים, ולמנוע גידול בנפחי התנועה בכבישים שאינם מתאימים להעברת נפחים אלה.

כאשר הצורה הגיאומטרית של הצומת אינה משקפת את סיווג הדרכים, את התנועות העיקריות או את הסדרי התנועה המומלצים, מומלץ לשנות את צורת הצומת, כמתואר בתרשימים 3.1-3.3:

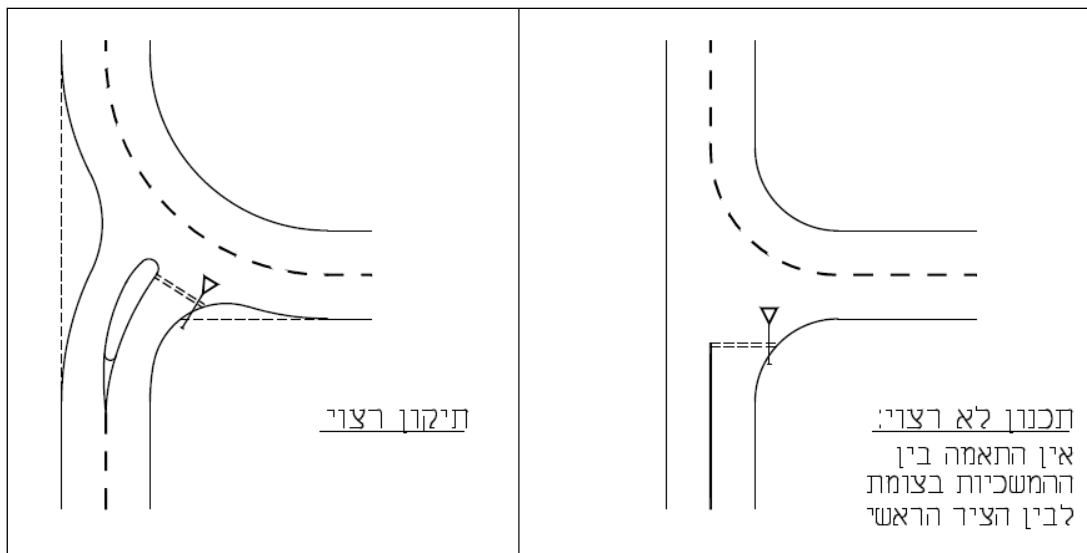
א. בתרשים 3.1 מוצג מצב בו הצורה המקורית של ההסתעפות אינה מתאימה לסיווג הזרועות הנפגשות – הדרך בעלת הסיווג הגבוה אינה מקבלת את המשכיות הטבעית. מבנה הצומת והסדרי הניתוב בו אינם מדגישים למתקרב לצומת מהכיוון המשני, את חובת ההאטה ומתן זכות הקדימה. התיקון המומלץ הוא באמצעות הגדלת הרדיוס בציר הראשי, כך שיראה בתואי כתפנית דרך למהירות גבוהה, ופיתול תואי הזרוע המשנית לפני חיבורה לדרך העיקרית, בזווית ניצבת ככל האפשר, וקיום מרחק ראות לעצירה בגישה לצומת.

ב. בתרשים 3.2 קיימת סתירה דומה למוצג בתרשים 3.1, כאשר הצורה המקורית של ההצטלבות אינה מתאימה להמשכיות הכיוון הראשי. מקרה זה קשה יותר לפתרון, בגלל ריבוי הזרועות. מאחר שהמגמה היא להמעיט בחיבורים לציר הראשי, הרי שיש לבחור בין ניתוק אחת מהזרועות המשניות לבין האפשרות המוצגת בתרשים 3.2 – חיבורה לזרוע המשנית האחרת במרחק מסוים מהצומת, שיאפשר את הסדרי התנועה ומרחקי הראות הנדרשים לשני הצמתים. ההחלטה לגבי הפתרון המועדף תלויה בנפחי התנועה בזרועות המשניות, בקיום צירים חלופיים לאחת מהן וכד'. לחילופין, ניתן להפוך את הצומת למעגל תנועה, בהתאם לעקרונות תכנון מעגלי תנועה בין-עירוניים.

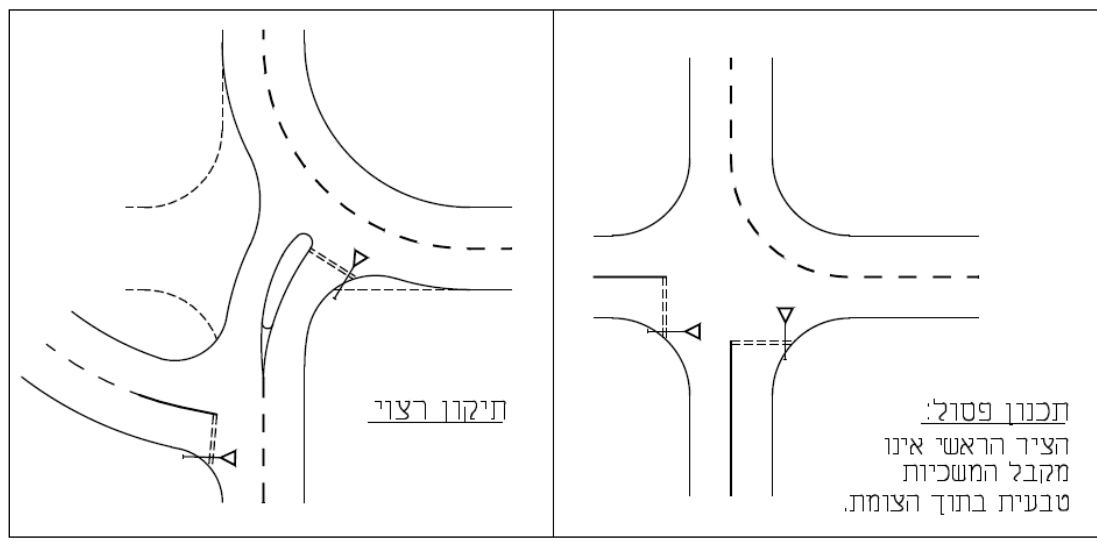
ג. בתרשים 3.3 מוצג המקרה בו שתי הדרכים הנפגשות הן מאותו סיווג, אך צורת הצומת אינה תואמת את התפלגות נפחי הפניות בצומת. במקרה זה מומלץ לשנות את המבנה הגיאומטרי של הצומת, כדי להקטין את העיכוב הכולל בצומת, על-ידי כך, שהתנועות העיקריות תוכלנה לעבור בתנועה רצופה ללא עיכוב, ואילו התנועות בעלות הנפחים הקטנים יותר יעוכבו לצורך מתן זכות הקדימה, או עקב פניות ברדיוסים הקטנים יותר.

ד. כאשר אין התאמה בין סיווג הדרכים בצומת לבין התנועות העיקריות (הנפחים הפונים מהדרך העיקרית למשנית גדולים מהנפחים הממשיכים בדרך העיקרית), יש לבחון מהו הסיווג העתידי של הדרכים בהתאם לתכנית המתאר לסוף תקופת היעד לתכן, ומהם השינויים הצפויים במטריצת הפניות בצומת במהלך תקופה זו. אם צפויים שינויים בסיווג הדרכים או בפילוג הפניות, ניתן לתכנן צומת זמני בו הציר הראשי יותאם לפילוג הקיים, כאשר בעתיד, עם שינוי הפילוג בצומת והתאמתו לסיווג, יבוצע ההסדר הגיאומטרי הסופי בצומת.

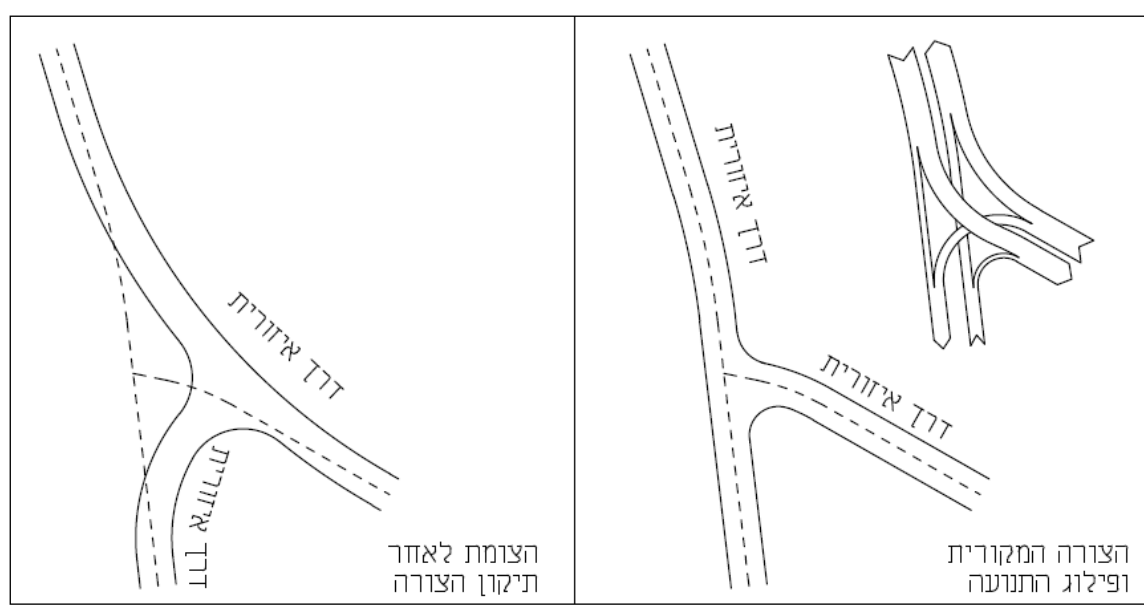
ה. היקף השינויים הנדרשים למעבר מהמצב הזמני למצב הסופי תלוי במשך תקופת התפקוד החזויה שלו: אם השינוי חזוי תוך מספר שנים קטן, או שהסתירה בין הנפחים לסיווג אינה גדולה, ניתן לשקול ביצוע הצומת במתכונתו הסופית לפי הדירוג המתוכנן, ובניגוד לפילוג הקיים. במצב הסופי של הצומת, מומלץ תמיד להתאים את צורת הצומת ואת ההסדרים הגיאומטריים והתפעוליים בהתאם להעדפת התנועה הממשיכה בדרך העיקרית, גם אם אינה בעלת הנפח המכריע. זאת בהתאם לשיקולים המנחים בסעיף 2.4 (פרק 2). פתרון העיכובים הגדולים בכיוון המשני יבוצע בעזרת אמצעי בקרה כגון קציבת המופע הירוק ברמזור או תוספת נתיבים לקראת הצומת.



**תרשים 3.1:** שינוי צורת הסתעפות (צומת קמץ) לשם התאמתה לסיווג הדרכים



**תרשים 3.2:** שינוי צורת הצטלבות לצמתי קמץ לשם התאמתה לסיווג הדרכים



**תרשים 3.3:** שינוי צורת הסתעפות לשם התאמתה לנפחי הפניות

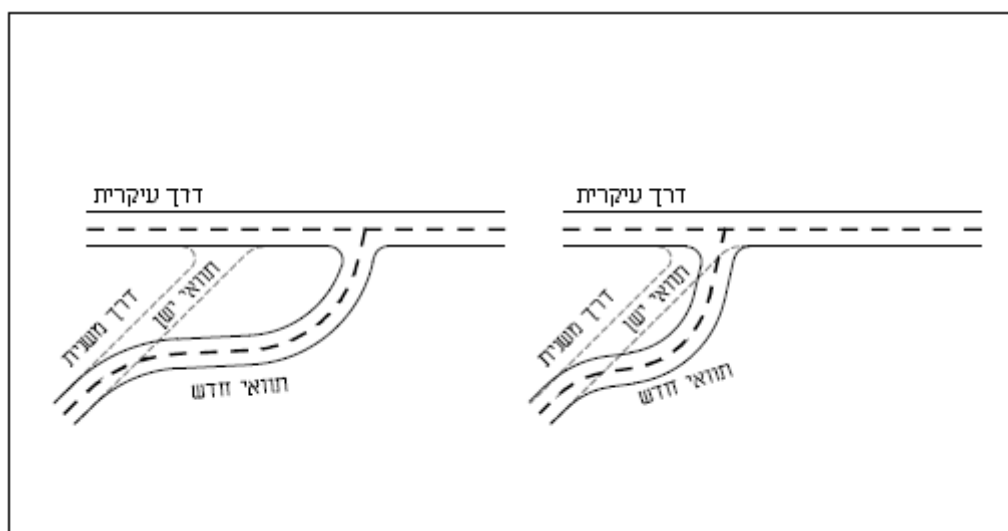
## 3.2 שיקולים גיאומטריים בתכנון הצומת

### 3.2.1 מיקום הצומת בתוואי האופקי

#### א. זווית החיתוך

זווית הצומת, כהגדרתה בסעיף 2.2.1 ג', היא אחד הקריטריונים החשובים לתכן הנכון של הצומת. הזווית המומלצת ביותר עבור צמתים היא 90°. הסיכון (מספר התאונות יחסית למספר כלי-הרכב בצומת) בזווית זאת הוא קטן יותר מאשר בזוויות האחרות.

- הסיבות לעדיפות הברורה של זווית החיתוך הישרה הן:
- (1) בזווית ישרה, שטח הניגוד קטן יותר מאשר בכל זווית אחרת.
  - (2) זמן הפינוי של נקודת הניגוד הקריטית על-ידי הרכב, הוא קטן יותר בזווית ישרה מאשר בזוויות האחרות.
  - (3) בזוויות שונות מ-90°, מרחב הראות של הנהג מוגבל. פרטים המצויים בזווית קטנה מרוחקים הצידה מזווית הראיה הנוחה לו, ומגדילים את הסיכון לאי-הבחנה בהם.
  - (4) חובת מתן זכות הקדימה ברורה יותר ומוגדרת יותר ככל שהזווית קרובה יותר לזווית הישרה. כאשר הזווית קטנה, מאבדת חובת מתן זכות קדימה את חד-משמעיותה, שכן חיתוך בזוויות קטנות נתפס לעיתים על-ידי הנהג כהתמזגות. למרות שהזווית המומלצת היא בת 90°, סטיות קלות מזווית זו אינן משפיעות בצורה חמורה על הראות ועל הבטיחות. צמתים בעלי זווית קטנה מ-70° נחשבים לצמתים בעלי גיאומטריה מורכבת ונזקקים לפתרונות מיוחדים.
- בתרשים 3.4 מוצגות שתי אפשרויות לשיפור זווית החיתוך בהסתעפות, כאשר הבחירה ביניהן תהיה לפי זמינות השטחים בסביבת הצומת.



**תרשים 3.4:** אפשרויות לשיפור זווית החיתוך בהסתעפות צומת בעקום אופקי

### ב. צומת בעקום אופקי

- מיקום הצומת בעקום אופקי בעל רדיוס קטן יוצר בעיות גיאומטריות, תנועתיות ובטיחותיות, במיוחד כאשר העקום האופקי הוא על הציר הראשי. הסיבות לכך שמיקום הצומת אינו מומלץ בעקום אופקי הן:
- (1) תכנון הגיאומטריה של הצומת (נתיבי-עזר, פניות וכו') מורכב כאשר הצומת נמצא בעקום אופקי.
  - (2) הראות בצומת אינה תקינה, וקשה מאוד להבטיח את משולשי ומרחקי הראות הדרושים.
  - (3) הצורך בהגבהה רוחבית מחייב תכן מורכב לרומים ולמעברי השיפועים בצומת, שמשליך על הנדסת הערך/עלות הפתרון.

לכן, יש להימנע ממיקום הצומת בתוך העקום האופקי ככל הניתן, ובמיוחד יש להימנע ממיקום הצומת בצידו הפנימי של העקום (בטן העקום). ככל שלא ניתן להימנע מצומת בגב עקום אופקי תצורת הצומת תהיה הסתעפות בלבד. פרק 8 מפרט שיקולי תוואי אופקי בצמתים.

במקרים מסויימים, תכנון מעגל תנועה עשוי להוות פתרון לצומת בעקום אופקי, או לחוסר עקביות במדרג הדרכים.

### 3.2.2 מיקום הצומת בתוואי האנכי

קביעת מיקום הצומת לאורך הדרך תלויה במידה רבה בטופוגרפיה של סביבת הצומת. בהסתמך על המפה הטופוגרפית, הכוללת מלבד הנתונים על מבנה הקרקע גם את כל המכשולים הקיימים באזור הצומת, יש לבדוק באם מיקום הצומת עונה לדרישות התכן הבסיסיות:

(1) הבחנה בקיומו של הצומת ובצורתו.

(2) התמצאות הנהג בצומת.

(3) קיום משולשי הראות הנחוצים בצומת.

ייתכן קושי מסוים בבדיקת התאמתו של מיקום הצומת לדרישות התכנון, הנובע מן ההבדל בין אופן ראיית הצומת על-ידי המתכנן (במבט על) לבין אופן ראיית הצומת על-ידי הנהג (תוך כדי נסיעתו בדרך). מסיבה זאת נעזרים בצמתים מסובכים בכלי תכנון תלת-מימדי.

על המתכנן לבדוק את החתך לאורך הכבישים הנפגשים בצומת, המורכב משיפועים לאורך וכן מעקומים אנכיים קעורים וקמורים. זאת, במטרה לוודא שתנאי הטופוגרפיה עומדים במבחן קריטריוני הראות (קריטריונים אלה מפורטים בפרק 4 להלן, והשלכות על התוואי האנכי בפרק 8).

השיקולים לקביעת הצומת בתוואי האנכי:

#### א. מיקום הצומת בעקומים אנכיים

(1) עקום אנכי קעור – המיקום המועדף לצומת משיקולי ראות הוא בתחום עקום אנכי קעור. בעקום הקעור הצומת על כל פרטיו, נראה לנהג מרחוק. גם לא קיימת בעיית מרחק ראות בחשיכה, היות שצומת בין-עירוני תמיד מואר, ולכן רדיוס העקום הקעור נקבע משיקולי נוחות (סעיף 8.4.2). הניקוז בעקום קעור מחייב בדיקה לפני קבלת ההחלטה על מיקום הצומת.

(2) עקום אנכי קמור – יש להימנע ממיקום צומת בתוך התחום של עקום אנכי קמור – דהיינו ב"פסגת" הדרכים. כלל זה חל ביתר חומרה על הציר הראשי. יש לשנות את מיקומו של הצומת ביחס לעקום, כמתואר בתרשים 3.5. במקרים בהם אין כל אפשרות להימנע ממיקום הצומת בתחום העקום האנכי הקמור, יש להתאים את הרדיוס לערכים הניתנים בפרק 8 – התוואי האנכי, בהנחיות אלה. במקרים קיצוניים בהם דרוש צומת בציר הראשי דווקא בתחום העקום האנכי הקמור, ולא ניתן להשיג את הרדיוסים כנדרש בפרק 8, חייב המתכנן לפתור את הניגודים ולשקול את האיסורים לתנועה או ההגבלות הבאות:

(א) החיבורים יהיו בפניות ימינה בלבד, ובתנאי שתחילת היציאה לפנייה ימינה תבוצע לפני העקום האנכי.

(ב) הגבלת המהירות.

(ג) הקטנת אורך העקום האנכי לצורך הוצאת הצומת מחוץ לתחום העקום.

בשום מקרה, אין למקם צומת כאשר בשתי הדרכים קיים עקום אנכי קמור באזור המפגש. פרק 8 מפרט את ערכי התכן לתוואי האנכי בצמתים.

## ב. השיפועים לאורך

מרכיב נוסף בחתך לאורך של הכבישים הנפגשים בצומת, שיש להתייחס אליו לצורך בחינת מיקום

הצומת, הוא השיפוע לאורך. לשיפוע אורכי גדול מדי באזור הצומת התופעות הבלתי רצויות הבאות:

(1) הנהיגה בשיפוע גדול מאולצת, בין בירידה ובין בעליה, התימרונים קשים (בייחוד לרכב כבד ולאוטובוסים), ואין הנהג חופשי די הצורך להגיב כראוי לבעיות המיוחדות של הצומת.

(2) בגישה מבוקרת אל הצומת (בין אם על-ידי תמרור ובין אם על-ידי רמזור), הנהג מתקשה בהמתנה ובזינוק כאשר הוא נמצא בעלייה בשיפוע גדול לפני הצומת.

(3) השיפוע מקטין את כושר הבלימה בירידה, דבר המגדיל את הסכנה לתאונה, במיוחד בכניסה לצומת.

(4) רכב המבצע פנייה מכיוון הירידה ימינה או שמאלה, או הפונה מימין לשמאל אל כיוון העלייה, נמצא בשיפוע צידי הפוך. במיוחד מסוכנת הפנייה בירידה, עד-כדי סכנת התהפכות.

(5) הזיהום עקב פליטת גזים והרעש גדולים יותר.

בהתחשב בהשפעות הבלתי רצויות של השיפוע האורכי, יש להגבילו במבואות הצומת לערכים המצוינים בפרק 8.

אם נמצא כי הקריטריונים המפורטים בסעיפים א' וב' אינם מתקיימים, עומדות בפני המתכנן האפשרויות הבאות:

(1) שינוי רום הכבישים באזור הצומת כדי להתאים את החתך האורכי לדרישות התכן האנכי, לרבות הראות.

(2) איסורים והגבלות אשר יענו עניינית לבעיות הטופוגרפיה ויקיימו את דרישות הראות.

(3) העתקת מיקום הצומת למקום מתאים יותר לדרישות התכן האנכי.

(4) ביטול הצומת.

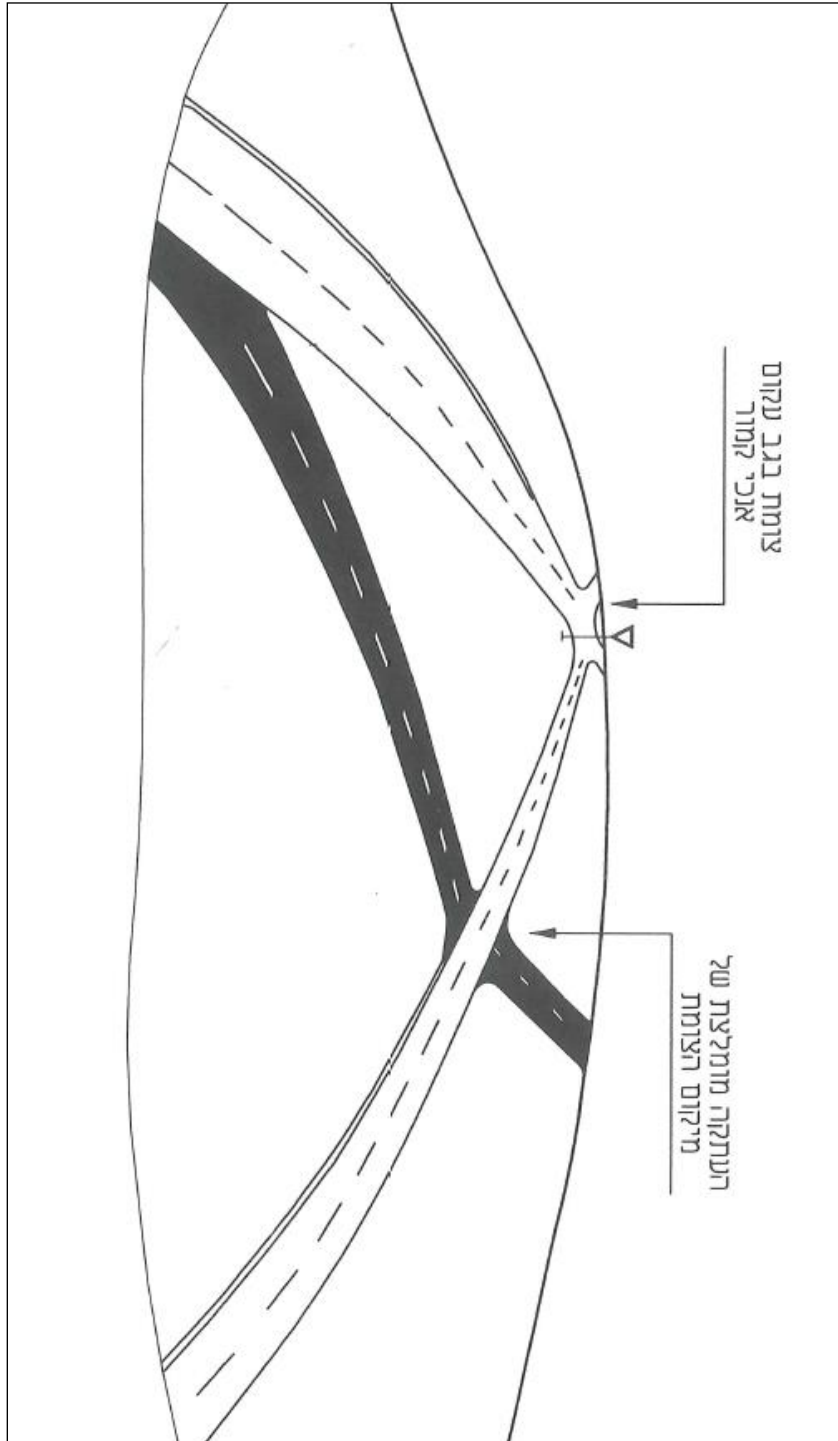
## 3.3 עקרונות תכן לרימזור צמתים

### 3.3.1 מטרות הרימזור וייעוד ההנחיות

הרימזור נועד לאפשר זרימת תנועה יעילה ובטוחה ככל האפשר במערכת הדרכים, על-ידי הפרדת זמנים בין התנועות הנוגדות בצומת. כדי למלא ייעוד זה, על הרימזור להשיג את המטרות הבאות:

א. שיפור זרימת התנועה על-ידי צמצום זמני עיכוב, לניצול מיטבי של קיבולת המערכת, ולהבטחת רציפות הזרימה לאורך הדרך העיקרית בצומת.

ב. שיפור הבטיחות על-ידי הקטנת ההסתברות לתאונות בנקודות הניגוד, הפחתת חומרתן של התאונות בצומת, והגנת הולכי-הרגל והאופניים בחציית הכביש.



**תרשים 3.5:** שינוי מיקום צומת המצוי בפסגת עקום אנכי קמור

ההנחיות הנוכחיות הינן הנחיות לתכן הגיאומטרי של הצמתים, ואינן עוסקות בהצדקים להתקנת רמזורים, המפורטים ב"הנחיות לתכנון רמזורים" של המפקח על התעבורה במהדורתן המעודכנת. כמו-כן, אין ההנחיות לתכן גיאומטרי מפרטות את העקרונות להצבת רמזורים, לתכנונם ולתפעולם – גם כל אלה מפורטים באותן הנחיות.

ההבדלים העקרוניים בין צמתים לא מרומזרים וצמתים מרומזרים:

- ניתוב (פרק 5): בהסתעפויות לא מרומזרות, לא יתוכננו יותר מנתיב ייעודי אחד בפניות ימינה ושמאלה, בעוד שניתן להוסיף נתיבים לפניות כאשר הצומת מרומזר. כמו כן, בהסתעפויות לא מרומזרות, יתוכנן לרוב נתיב השתלבות לפנייה שמאלה מהמשני, אשר אינו נדרש בצמתים מרומזרים.

- רוחב נתיבים (פרק 5): בהסתעפויות לא מרומזרות לא תתבצע הצרה של נתיבי התנועות הישרות, בעוד שבצמתים מרומזרים ניתן להצר מעט את נתיבי התנועה ישר לצורך הוספת נתיבים.

- מעברי חצייה (פרקים 9 ו-10): בצמתים מרומזרים יוגדרו תמיד מעברי החצייה. בהסתעפויות לא מרומזרות יש לבחון את כל נושא החציות בעיקרי ובמשני בהתאם למפורט בסעיף 10.2.2.

מיקום תחנות אוטובוס (פרק 10): מיקום תחנות אוטובוס בצמתים יהיה בהתאם לאפשרויות החצייה של הולכי-הרגל, ראו פירוט בפרק 10 ובסעיף 10.2.2.

פירוט נוסף להבדלים בין שני סוגי הצמתים מובא בטבלה בפרק הגיאומטריה בהנחיות לתכנון רמזורים במהדורתן המעודכנת.

התכנון האופטימלי של צומת מרומזר הוא תהליך אינטראקטיבי משולב, המבוסס על היזון חוזר בין תכנון הרמזור לבין התכן הגיאומטרי. תפעול יעיל של צומת מרומזר תלוי במספר רב של גורמים, אותם ניתן לחלק למספר קבוצות עיקריות:

א. נתוני התנועה בצומת – נפחי התנועה בכיוונים השונים, סוגי כלי-הרכב בכל כיוון וכו', נפחי התנועה של שאר משתמשי הדרך בצומת (הולכי-רגל, אופניים).

ב. מערך הדרכים והסדרי תנועה כלליים – סיווג הדרכים המצטלבות, כיווני נסיעה מותרים, מיקום תחנות אוטובוסים, פעילות הולכי-רגל ותנועת אופניים המתוכננת לעבור בצומת, ומיקום מעברי חצייה לתנועה הלא-מנועית.

ג. צורת פעולת הרמזור – רמזור בודד או כחלק מגל ירוק או מערכת בקרה, רמזור מופעל בתוכנית קבועה, או רמזור המופעל בחלקו או במלואו על-ידי התנועה (באמצעות גלאים).

ד. תכנון הרמזור – שלבי התפעול, משך המחזור, משך המופעים השונים, סוגי גלאים ומיקומם וכו'.

ה. יישום העדפה לתחבורה ציבורית לסוגיה.

כל אלה מתואמים, כאמור, בהיזון חוזר עם הגיאומטריה של הצומת – רוחב הדרכים, מספר הנתיבים בכל גישה ורוחבם, רדיוסי סיבוב, שיפועים וכו'.

בפרק זה יוצגו המשמעויות הגיאומטריות המתחייבות מן ההחלטה על תפעול צומת כמרומזר, ואופן השילוב של כל המרכיבים כמוצג בפרקים 2, 10-4, לקבלת צורת הצומת המרומזר לסוגיו השונים, תוך הדגשת ההסדרים הגיאומטריים המייחדים צומת מרומזר מצומת שאינו מרומזר.

### 3.3.2 בדיקות בשלב התכנון המוקדם

במסגרת בדיקת ההצדקים לרימזור בשלב התכן המוקדם, יש לבדוק אם אמנם מוצו כל האפשרויות הגיאומטריות והתפעוליות האחרות להסדרת התנועה, הניתנות לבצוע. בין האמצעים הללו:

- א. פתיחת שדות ראייה.
  - ב. הסדרי תנועה באמצעות בקרת תמרורים.
  - ג. הוספתם, הרחבתם ו/או סימונם של נתיבי תנועה, ייעוד נתיבים מיוחדים לפניות שמאלה, ומתן פניות ימינה עם אי-תנועה.
  - ד. התקנת איי-הכוונה, איי-הפרדה ו/או איי-מקלט (המתנה) להולכי-רגל.
  - ה. סימון מעברי-חצייה והכוונת מסלולי הליכת הולכי-הרגל אליהם.
  - ו. העתקת תחנות אוטובוסים ותחנות הסעה.
  - ז. הקטנת מספר הניגודים בצומת על-ידי איסור פניות (כאשר יש להן תחליף בסמיכות לצומת המתוכנן).
- בנוסף, קיימות אפשרויות הכרוכות בשינוי צורתו הבסיסית של הצומת כדי להתאים את צורתו לסיווג הדרכים, לעדיפות לתנועות העיקריות או לשיקולים בטיחותיים, כמפורט בסעיף 3.1.3 בהנחיות אלו. לדוגמא, בין האפשרויות לביטול הצטלבות שאינה מרומזרת, קיימות האפשרויות להסבתה לצומת מדורג (בדרכים חד-מסלוליות) או למעגל תנועה.

### 3.3.3 הכנות לרימזור

בצומת בו יש צורך ברימזור, יש לבצע, כהכנה לתכן הגיאומטרי המפורט, תכנון ראשוני של הרמזור, וחישובים כלליים הדרושים לקביעת מאפייני התכן הגיאומטרי, כגון מספר הנתיבים הדרוש לתנועה ישר ולפניות, ואורכי אחסנה.

גם בצמתים בהם אין הצדק לרימזור ביום פתיחתם לתנועה, עשוי להיווצר הצדק כזה במהלך תקופת היעד. במקרה זה, יש לשקול את הכנת התשתית לרימזור כבר בשלב הראשוני לסלילת הצומת, ובעיקר התשתית התת-קרקעית (שוחות, מובילים, בסיסי העמודים ומנגנוני הבקרה וכד'). ניתן גם להכין את צורת הצומת עבור השלב הסופי, כאשר שטחים שאין להם שימוש לפני הרימזור יובלעו בעזרת איים צבועים ובנויים. עם זאת, ישנם מספר מרכיבים בצומת, שמתוכננים באופן התחלתי כך שהצומת יתפקד היטב בנפחי תנועה נמוכים ללא רימזור, אולם תכנון זה עשוי להפחית את יעילותם לאחר התקנת הרימזור, לדוגמא:

- מפרדה רחבה בצומת בלתי מרומזר, מסייעת בהפחתת הפערים הדרושים לחצייה ולפנייה שמאלה בכך, שהיא מאפשרת המתנה וחציית כל מסלול לחוד. היא מהווה גם שמורה לתוספת נתיבים הדרושים ברימזור, ולכן יש לתכנן כך שתוספת הנתיבים (לפנייה שמאלה בעיקר) לאחר הרימזור תבוצע על חשבון המפרדה. מצד שני, היא מאריכה את משך החצייה הדרוש בצומת מרומזר.
- הגדלת רדיוסי הפנייה שמאלה משפרת את תפקודו של צומת לא מרומזר, אך יוצרת קושי במיקום הרמזורים ובתכנון מתאים להולכי-רגל. בצמתים מרומזרים יועדפו רדיוסים קטנים יחסית לפניות שמאלה, או הארכת האיים ויצירת נתיבים נפרדים לפנייה, ולכן יידרשו שינויים במיקום איי-תנועה ואבני שפה עם רימזור הצומת.

- בצומת בלתי מרומזר נשמר מספר הנתיבים המשכיים שבזרועות הצומת, ופניות ימינה או פניות שמאלה מבוצעות מנתיב יחיד. בצמתים מרומזרים נהוג להגדיל את מספר הנתיבים, לעיתים על-חשבון רוחב הנתיבים והשוליים, וייתכן יותר מנתיב אחד לפנייה (מרומזרת) ימינה או שמאלה, ולכן יש לדאוג כבר בשלב הראשון לשמירת השטחים לתוספות הדרושות (ראו גם טבלה 3.1 ופרק 5).

בכל מקרה, כאשר הרימזור צפוי תוך חמש עד עשר שנים מסלילת הצומת, מומלץ לתכנן את הצומת כך, שההמרה תבוצע בעיקר בעזרת הזזת איי-תנועה ואבני שפה. אם הצומת המרומזר עתיד להתפתח למחלף גישה, מומלץ לשלב את מיקום הרימזור בתכנון העתידי של הרמפות, כדי להכין את הצומת לעתיד.

### 3.3.4 רמות הבקרה והניתוב

צומת מרומזר הוא צומת בעל רמת הבקרה הגבוהה ביותר, כהגדרתה בסעיף 2.2.4. בהתאם לכך יהיה הצומת המרומזר תמיד בעל ניתוב מלא בכל הזרועות, כמפורט בטבלה 2.1. בצומת מרומזר יהיו כל איי התנועה בצומת בנויים, בשילוב סימני צבע. בכל הזרועות החד-מסלוליות יהיו איי-טיפה בנויים במרכז הזרוע, ומומלצים גם איים משולשים לפניות ימינה, כמפורט בסעיפים 3.4, 3.5 להלן. האיים הבנויים מיועדים להגן על הולכי-הרגל הממתינים לאור הירוק, ולאפשר התקנת עמודי הרמזורים ושאר התמרורים הדרושים. לאיי-טיפה בכל הזרועות רוחב מזערי של 2.0 מטר, להגנת הולכי-הרגל הממתינים. ראו פירוט ביחס לאיי-תנועה בפרקים 5-7 להלן.

כל הסדרי התנועה בצומת המרומזר יבוצעו כך, שיתאפשר תפקודו של הצומת כלא-מרומזר בעת תקלה ברמזורים, כולל בדיקת מרחקי הראות.

### 3.3.5 מרחקי-ראות

בהתקרבות לצומת מרומזר, על הנהג להבחין בקיומו של הרמזור ולראות את הוראותיו ואת הסדרי הניתוב בצומת ממרחק המתאים למרחק-הראות להחלטה (מותאם לצומת) בכל זרוע, בהתאם למהירות התכן שלה. בנוסף לכך, יש לקבוע בכל הכיוונים המשניים בצומת מרומזר הסדרי זכות-קדימה באמצעות תמרורי תן זכות קדימה (301) (או עצור (302)), למקרה של תקלה במתן האותות, או במקרה של מעבר להבהוב צהוב. בהתאם לכך, משולשי-הראות חייבים להתקיים בזרועות המשניות, בדומה לצומת בעל בקרת תמרורים מלאה, ולפי סוגי משולשי הראות השונים המפורטים בפרק 4.

### 3.3.6 פניות ימינה ותפניות דרך

תפניות דרך לפניות חופשיות ימינה תהיינה חד-נתיביות בלבד. רק כאשר התפנית מרומזרת במופע מיוחד, ניתן לתכננה גם כדו-נתיבית. תפנית דו-נתיבית תבוצע רק לתוך דרך דו-מסלולית. פרטי התכן לפניות ימניות מפורטים בפרק 6.

מומלץ, שפניות ימינה אשר אינן מצריכות מופע נפרד ויכולות להתבצע מנתיב יחיד, תהיינה פניות חופשיות מהוראת הרמזור, עם אי משולש בנוי ונתיב-עזר לפני הפנייה, כדי להקטין את העיכוב הכולל בצומת, לייעל את הפינוי מכל הזרועות ולקצר את זמן המחזור. שפות הכביש לפניות החופשיות ימינה

יתוכננו כמפורט בפרק 6 (בסעיף פנייה ימינה עם אי-תנועה) והאי המשולש יתוכנן כמפורט בפרק 6 (סעיף 6.5 איים משולשים). עם זאת, היות שהפנייה החופשית מקשה על חציית הולכי-רגל ואופניים, באותם צמתים בהם צפויה פעילות ערה שלהם יש לבדוק האם עדיפה פנייה מרומזרת, בהתאם למפורט בהנחיות לתכנון רמזורים במהדורתן המעודכנת.

בצמתים מרומזרים ללא פניות חופשיות ימינה, מומלץ השימוש ברדיוסים מזעריים, המאפשר מיקום נכון של הרמזורים, התמרורים ומעברי הולכי-הרגל ותנועת אופניים. במקרה זה, יבוצע התכן כמפורט בפרק 6 בסעיף פנייה ימינה ללא אי-תנועה (סעיף 6.2).

שאר ההנחיות ביחס לניתוב בצמתים מרומזרים מפורטות בפרק 5 (סעיף 5.2.3 ניתוב בצמתים מרומזרים).

## 3.4 הסתעפויות – צמתי קמץ (שלוש זרועות: T)

### 3.4.1 כללי

צומת הקמץ או ההסתעפות הוא צומת בעל שלוש זרועות בלבד. בשל המספר הקטן יותר של נקודות הניגוד השונות בהסתעפות (כמתואר בסעיף 2.2.3), רמת הבטיחות היחסית בהסתעפות גבוהה מאשר בהצטלבות.

יתרונה של הסתעפות בהדגשת המידרג התפקודי של הדרכים הנפגשות, ובמתן המשכיות לכיוון הראשי (העיקרי), ולכן צורת ההסתעפות צריכה לשקף את סיווג הדרכים כך, שהדרך בעלת הסיווג הגבוה תהיה המשכית. כאשר הצורה הגיאומטרית של הצומת אינה משקפת את סיווג הדרכים, או את התנועות העיקריות כשהדרכים בסיווג שווה, או את הסדרי התנועה המומלצים, מומלץ לשנות את צורת הצומת, כמתואר בסעיף 3.1.4 ובתרשימים 3.1, 3.2.

### 3.4.2 צורת ההסתעפות

הצורה הפשוטה והמומלצת ביותר של הסתעפות היא צורת הקמץ הניצבת (T), כאשר הזווית בין הזרועות היא 90°. הסיכון (מספר התאונות יחסית למספר כלי-הרכב בצומת) בזווית זאת הוא קטן יותר מאשר בזוויות האחרות (ראו סעיף 2.2.1). כאשר הזווית בין הזרועות אינה ניצבת, מומלץ לשקול את הטיית הזרוע שאינה המשכית באזור מבואות הצומת, לקבלת זווית חיתוך ניצבת, כמתואר בתרשימים 3.4.

כאשר זווית בת 90° אינה ניתנת לביצוע, אפשרי השימוש בזוויות שבין 70° ל-110°. בזוויות אלו המידרג של הגישות לצומת עדיין ברור, והסטייה מהזווית הישרה אינה משפיעה בצורה חמורה על הראות ועל הבטיחות. צמתים בעלי זווית קטנה מ-70° נחשבים לצמתים בעלי גיאומטריה קשה, ונזקקים לפתרונות מיוחדים. כאשר הזווית הולכת וקטנה, מאבדת חובת מתן זכות הקדימה את חד-משמעויותה, שכן חיתוך בזוויות קטנות נתפס לעיתים על-ידי הנהג כהתמזגות. צורות ההסתעפות הבאות אינן מיועדות לשימוש:

- **הסתעפות "Y" מלגזית** (תרשים 2.8) – אין להפגיש דרכים בצורה זו, מאחר שבהסתעפות זו קשה להבטיח תנאי ראות הדדיים בין כלי-הרכב המגיעים מכל אחת משתי הזרועות המצויות בזווית חדה

ביניהן. הזרוע הסמוכה מצויה מחוץ לשדה הראייה הטבעי של הנהג, וכל מכשול סמוך לדרך מסתיר שטח ניכר. בנוסף לכך, לא מודגש בצומת זה הכיוון הראשי, ושטח הצומת המתקבל הוא גדול ומחייב שימוש ניכר באמצעי ניתוב.

- **הסתעפויות "ז" מסוג "ע" או "ץ" (תרשים 2.8)** – גם הסתעפויות אלו אינן מומלצות לתכנון, למרות שהכיוון הראשי בהן ברור. בשני סוגי ההסתעפות, אחת מהפניות שמאלה היא בזווית חדה, אשר קשה לביצוע, ודורשת שימוש ברדיוסים קטנים ובהרחבות גדולות. עקב כך, יצירת הניתוב הנדרש לצורך הכוונת הנהג בפנייה והקטנת שטח הצומת, היא קשה. בנוסף לכך, עבור נהג המגיע מהדרך המשנית, אחת מזרועות הדרך העיקרית מצויה מחוץ לשדה הראייה הטבעי שלו.

### 3.4.3 הסתעפויות לא מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים

הסתעפות (3 זרועות) שאינה מרומזרת, אפשרית רק כאשר הציר המשני הוא חד-מסלולי. במקרים בהם הציר המשני דו-מסלולי בחתך הטיפוסי של קטע הדרך, נפחי התכן האופייניים צפויים לעבור את ההצדקים להצבת רמזורים, ולכן ההסתעפות תהיה מרומזרת, כמפורט בסעיף 3.5 להלן.

כמו כן, הסתעפות שבה הציר העיקרי הינו דו-מסלולי (לפי טבלה 3.1, אפשרי כאשר הדרך העיקרית הינה אזורית דו-מסלולית) לא תתוכנן כלא מרומזרת בכל מקרה בו ייתכן שהולכי-רגל ידרשו לבצע חצייה של הדרך העיקרית, כגון מיקום תחנת אוטובוס בצד ה"רחוק" (מול הזרוע המשנית), או שימושי קרקע נוספים אשר מושכים תנועת הולכי-רגל. זאת כיוון שהפערים הנדרשים לחציית הדרך העיקרית גדולים מאוד, ומהירויות כלי-הרכב בדרך הדו-מסלולית אינן מאפשרות קבלת פערים בטיחותית על ידי הולכי-הרגל. על כן, צמתים לא מרומזרים כאלה יתוכננו רק במקרים הבאים:

- כאשר מתוכננים בצומת פתרונות הפרדה מפלסית לחציית הולכי-הרגל בדרך העיקרית לצורך נגישות לתחנת האוטובוס בצד ה"רחוק".
- כאשר לא מתוכננת בצומת תחנת אוטובוס בצד ה"רחוק", וכן לא קיימים שימושי קרקע אחרים אשר עלולים ליצור חציית הולכי-רגל בדרך העיקרית.

במקרים בהם לא ניתן ליישם פתרונות אלה יש לשקול תצורה חלופית לצומת. לפירוט בנושא זה ראו סעיף 10.2.2.

בהסתעפות בלתי מרומזרת, ארבעת סוגי ההסתעפויות הם לפי רמות הניתוב והבקרה המפורטות בטבלה 2.1: הסתעפות מנותבת מלאה; הסתעפות מנותבת חלקית; הסתעפות מתומזרת ובלתי מנותבת; הסתעפות בלתי מתומזרת.

הקביעה העקרונית של סוג ההסתעפות במידרג נקבעת בהתאם לסוג הדרכים הנפגשות, כמפורט בטבלה 3.1. מתוכן, אין לתכנן הסתעפות הבלתי-מתומזרת, אלא רק רק בהסתעפות בין שתי דרכים מקומיות בעלות תנועה דלילה וראות טובה מכל כיווני הגישה.

התכן הגיאומטרי המפורט של מרכיבי ההסתעפות ושילובם, ייעשה לפי הכלל של הדגשת המידרג בין הזרועות. דהיינו: ההסדר הגיאומטרי של ההסתעפות צריך לאפשר לרכב הנכנס לצומת מהכיוון הראשי (העיקרי), לצאת ממנו בקלות ובנוחות לכל הכיוונים, ולעומת זאת, צריך ההסדר לשמש כגורם לבקרה

ולהאטה של רכב הנכנס לצומת מהכיוון המשני (מהזרוע הניצבת). בתרשים הזרימה בתרשים 3.6, מתואר תהליך התכן העקרוני המשלב את המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים בצמתים, לרבות התייחסות להסתעפות שאינה מרומזרת.

#### 3.4.4 הסתעפויות מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים

הסתעפות מרומזרת בין-עירונית היא תמיד מנותבת מלאה, כאשר כל איי התנועה בנויים, כל הפניות ימינה עם אי-תנועה משולש, ובכל הזרועות החד-מסלוליות אי טיפה בנוי. עם קבלת ההחלטה על רימזור ההסתעפות, יש לבצע בחינה מקדמית ובחינה תפעולית של הרמזור (זמן מחזור וחלוקתו למופעים השונים) בהתאם להנחיות לתכנון רמזורים במהדורה המעודכנת, כהכנה לתכן הגיאומטרי המפורט, לקבלת הנתונים הנגזרים, כגון מספר הנתיבים הדרוש, אורכי האחסנה החזויים וכיו"ב. בתרשים הזרימה בתרשים 3.6, מתואר תהליך התכן העקרוני המשלב את המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים בצמתים, לרבות התייחסות להסתעפות מרומזרת.

#### 3.4.5 הסתעפויות בפניות ימניות בלבד ("ימינה-ימינה")

מדובר למעשה על הסתעפות שהפניות בה מוגבלות, ואינן כוללות את הפניות שמאלה מהדרך העיקרית ומהמשנית. מומלץ כי ההסתעפויות הללו תהיינה בצורת קמץ, והן תהיינה לא מרומזרות.

מבחינת תימרוך, בצד ההסתעפות בו קיימים החיבורים יוצב תמרור צומת קמץ (115), וחלים דיני התעבורה של צומת. אם אין מפרדה סגורה מול ההסתעפות, יש לסמן בציר העיקרי איסור עקיפה (803). לפיכך, ההתייחסות הגיאומטרית לצומת בפרק זה אינה בהכרח זהה להגדרה בתקנות.

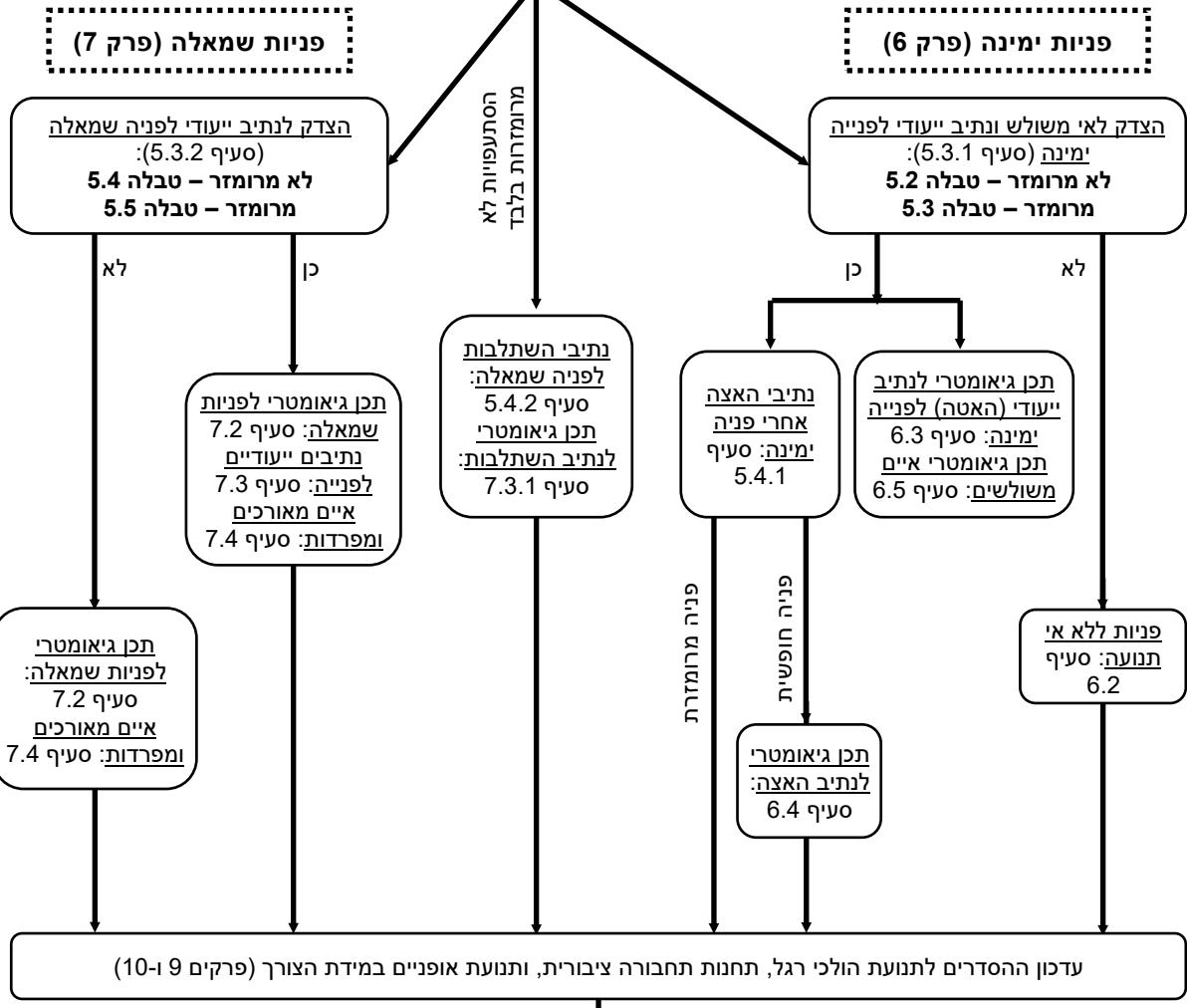
במקרה שבו ישנה הצטלבות אשר הזרועות המשניות בה משני צידי הדרך מחוברות בשני צמתים עם פניות ימניות בלבד, ההתייחסות אליהן בהנחיות תהיה כשתי הסתעפויות נפרדות, כיוון שאין אפשרות מעבר בין הזרועות המשניות, ורבים מהניגודים המתקיימים בהצטלבויות מתבטלים בתצורה זו (אלא אם מדובר על שלב ביניים לתכנון צומת מלא).

כמו כן, ייתכן שהסתעפויות עם פניות ימניות בלבד יופיעו כחלק מתכנון מחלפונים זעירים בחיבור לדרך העיקרית. במקרים אלה, כל עוד קיימים צמתים נוספים בדרך העיקרית, עקרונות התכן בחיבורים אלה יהיו דומים לעקרונות התכן בתכנון צמתים בין-עירוניים בסעיף הסתעפויות (סעיף 3.4) (סיווג דרך ראשית, אזרית, או מקומית, ראו כרך 1 בהנחיות). במידה והדרך העיקרית מסווגת כמהירה או מעויירת מהירה, יתוכננו חיבורים אלה לפי ההנחיות למחלפים (כרך 3 של הנחיות אלו). בכל מקרה של חיבור למחלף, התימרוך יהיה לפי הנחיות לשילוט מחלפים וללא הגדרת צומת – ראו "הנחיות לתכנון שילוט בדרכים בין-עירוניות". במקרים אחרים של הסתעפויות בפניות ימניות בלבד, כגון התחברויות למבני שירות, יש לדון עם רשויות התכנון במאפייני החיבור ובצורך לכלול בתכנון עקרונות ושקולים הנדסיים המאפיינים צמתים לפי הנחיות אלו (ראו גם סעיף 2.1.2 לעיל).

1. איפיון הצומת בהתאם למספר הזרועות הנפגשות (הסתעפות/הצטלבות) וקביעת סוג הצומת לתכנון בהתאם למדרג הדרכים הנפגשות (טבלה 3.1), והצדק לרימזור.
2. קביעת צורת הצומת, מיקומו והתווית הזרועות (סעיפים 3.1, 3.2 ופרק 8), כולל התאמה למרחקי ראות בהתקרבות לצומת (סעיף 4.2).
3. התאמה עקרונית לשיקולי הולכי רגל (10.1), תחבורה ציבורית (10.2), ובמידת הצורך לתנועת אופניים (פרק 9).

קביעת מערך הניתוב בצומת (פרק 5)

עקרונות ניתוב צומת לא מרומזר (הסתעפויות בלבד): סעיף 5.2.2  
 עקרונות ניתוב צומת מרומזר (הסתעפויות והצטלבויות): סעיף 5.2.3



**תרשים 3.6:** תרשים זרימה לתכן המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים – צמתים מרומזרים ולא-מרומזרים

### 3.4.6 דוגמאות

בתרשימים 3.7-3.9 מובאות מספר דוגמאות ליישום העקרונות המפורטים בסעיפים 3.4.1-3.4.3 לעיל לקבלת הצורה הסופית של הסתעפויות לא מרומזרות. לדוגמאות נוספות להסתעפויות מרומזרות ושאינן מרומזרות, ראו פרקים 6, 7, 9, 10 וכן "הנחיות לתכנון רמזורים". למעגלי תנועה, ראו סעיף 11.4 ותרשים 11.3.

**א. בתרשים 3.7** מוצגת הסתעפות מתומזרת (בקרה בלבד) ללא ניתוב: הסתעפות זו מתאימה רק למפגש בין שתי דרכים דו-נתיביות, ששתיהן מקומיות, או שאחת מהן אזורית בעלת מהירות תכן נמוכה. בהסתעפות זו אין הצדקים לאי-תנועה לפנייה ימינה ולנתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה, והפניות מתוכננות למהירות מזערית (סעיף 6.2 – פנייה ימינה ללא אי-תנועה).

**ב. בתרשים 3.8** מוצגת הסתעפות המהווה אפשרות מקבילה להסתעפות שבתרשים 3.7, אלא שההגנה על הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה מהדרך ההמשכית היא בעזרת אי בנוי. הסתעפות זו מתאימה לאזורים מבונים או מרובי צמתים, הכוללים פעילות תח"צ והולכי-רגל, ולכן נדרשת בניית האיים. מוצגות שתי אפשרויות לפנייה ימינה מהדרך המסתיימת – עם/בלי אי-תנועה משולש. הבחירה ביניהן בהתאם לסיווג הדרך המסתיימת ובהתאם לנפחי הפנייה, רמות השירות והעיכובים בה, כמפורט בסעיף 6.3 (פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש).

**ג. בתרשים 3.9** מוצגת הסתעפות אופיינית בה הדרך ההמשכית דו-מסלולית. בהסתעפות זו נדרש תמיד ניתוב מלא בכל הזרועות. הניתוב יהיה עם אי-הפרדה בנוי. כאשר הזרוע המסתיימת (הדרך המשנית) אינה דרך מקומית או דרך גישה, תהיה הפנייה ממנה ימינה חופשית ומופרדת על-ידי אי-תנועה, פנייה אשר מחייבת מתן נתיב האצה בדרך ההמשכית. הסתעפות זו מוצגת עם נתיב-השתלבות במפרדה לפנייה שמאלה מהדרך המסתיימת לדרך המשכית, אשר ייתן במקרים מיוחדים, בהתאם להצדקים שבסעיף 6.6 (נתיב האצה לאחר פנייה שמאלה).

במקרים מאולצים של תכנון הסתעפויות לא מרומזרות, כאשר סיווג הדרכים הנפגשות הינו במידרג נמוך, זכות הדרך מוגבלת, ללא תחנות אוטובוס, וללא צפי להולכי-רגל חוצים, ניתן לשקול ניתוב ללא מפרדה בנויה בדרך העיקרית.

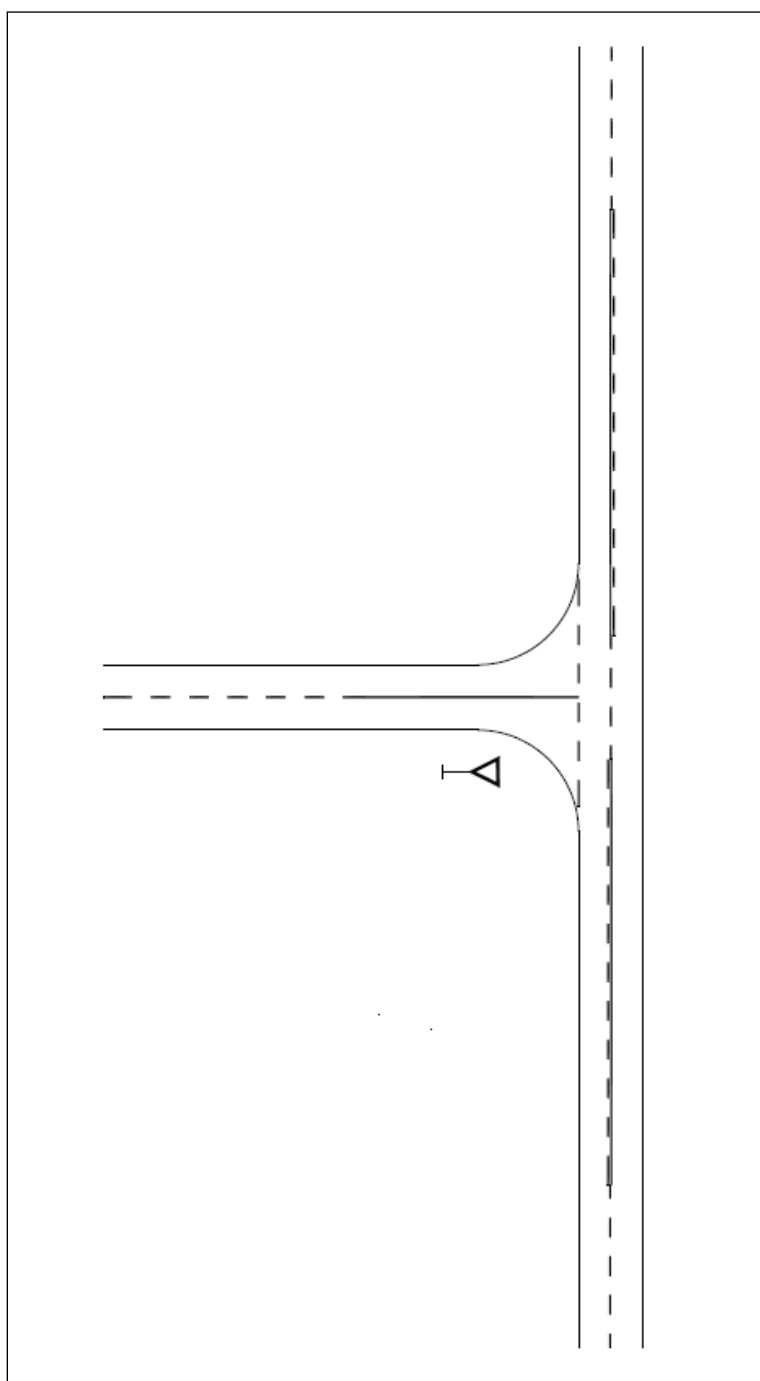
יש לציין, כי הדוגמאות לעיל אינן כוללות עדיין מרכיבים המתייחסים לתחבורה ציבורית ולהולכי-רגל ולתנועת אופניים, אשר יפורטו, כפי שהוזכר, בצירוף דוגמאות ייחודיות, בפרקים 9, 10 בהמשך ההנחיות.

## 3.5 צומת הצטלבות (ארבע זרועי, צמתי +, x)

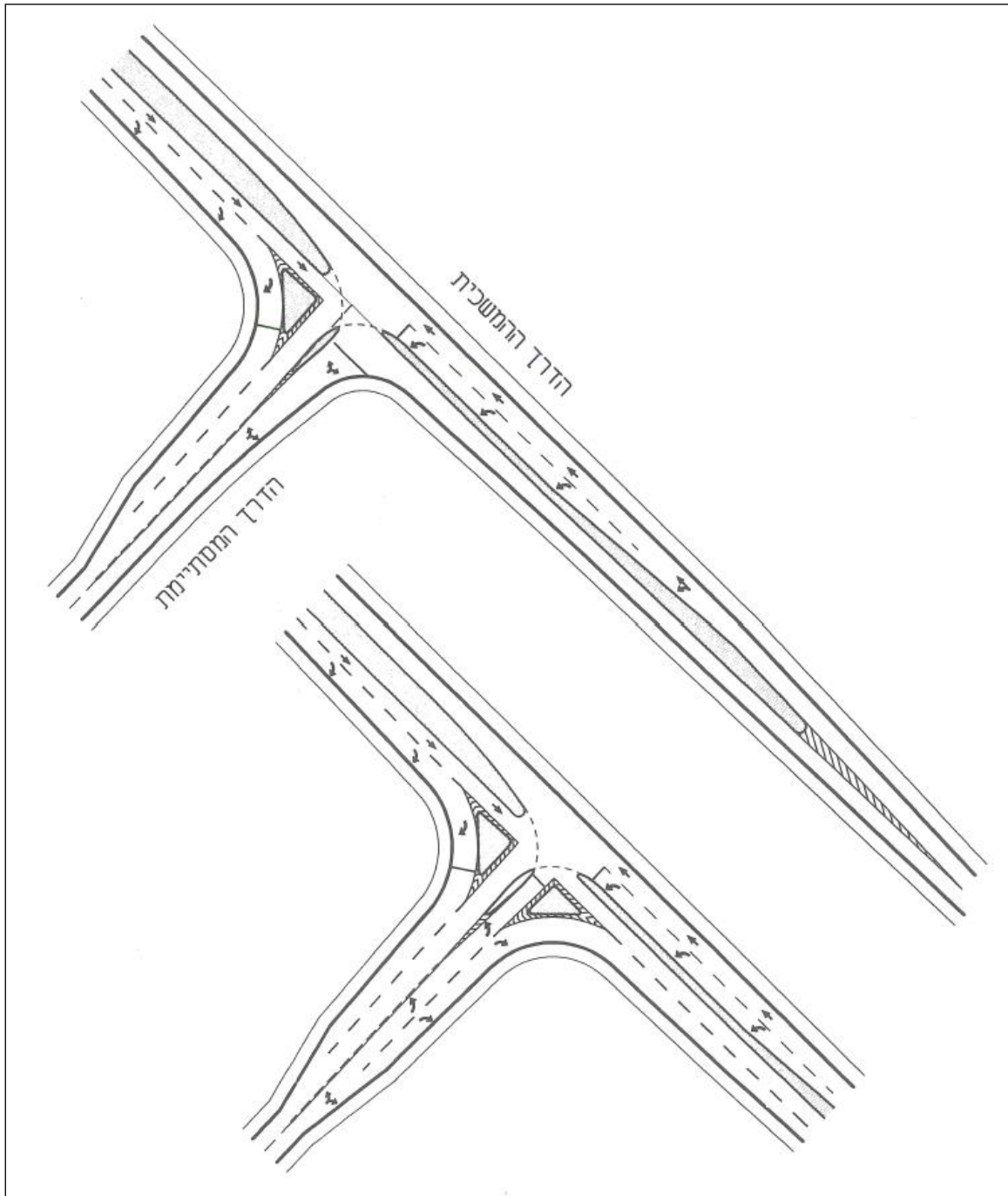
### 3.5.1 כללי

הצטלבות היא צומת בעל ארבע זרועות. מספר נקודות הניגוד בהצטלבות גדול יחסית להסתעפות, והסיכון היחסי גדול יותר, בעיקר ללא רמזור.

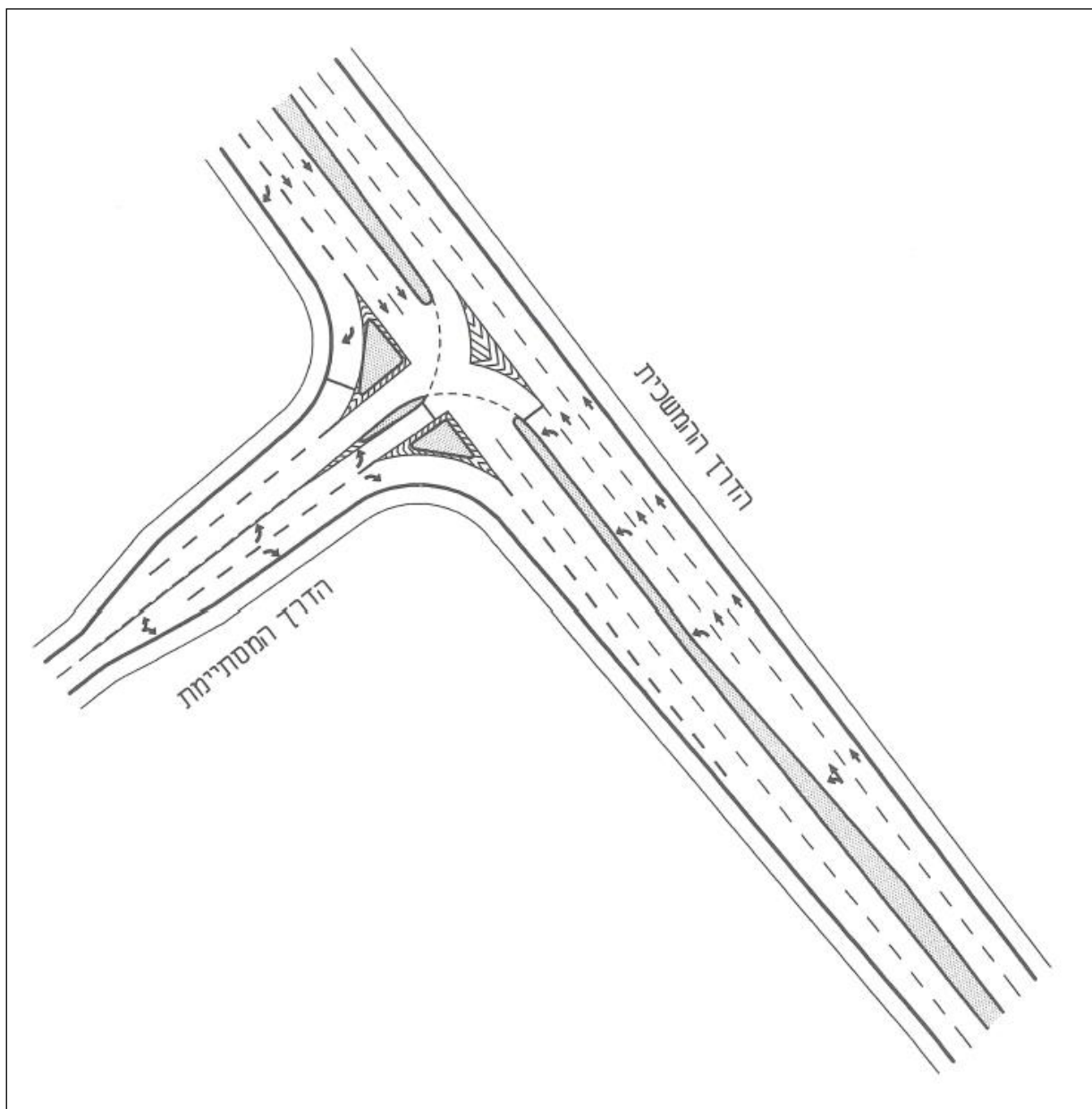
**צומת בין-עירוני בצורת הצטלבות לא מרומזרת אינו רצוי**, בגלל ריבוי הניגודים אשר אינם מנוהלים על ידי בקרת רמזור. על כן, יש לבדוק חלופות נוספות לצורת הצומת, כגון מעגל תנועה כמפורט בפרק 11, צומת מדורג, או הגבלת התנועות בצומת, בהתאם לשיקולים שפורטו בסעיף 3.1.3 לעיל. כאמור לעיל, הצטלבות לא מרומזרת אינה מומלצת, ויש לבחון חלופות במקרים אלה.



**תרשים 3.7:** הסתעפות לא-מרומזרת, ללא ניתוב (בקרה בלבד), בין שתי דרכים מקומיות חד-מסלוליות



**תרשים 3.8:** הסתעפות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בנוי בין דרכים חד-מסלוליות, אפשרות לפנייה מהדרך המסתיימת עם או בלי אי משולש



**תרשים 3.9:** הסתעפות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בנוי, הדרך המשכית דו-מסלולית

### 3.5.2 הצטלבויות לא מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים

כאמור לעיל, הצטלבות לא מרומזרת אינה רצויה לתכנון, ויש לבחון חלופות במקרים אלה. הצטלבות לא מרומזרת תהיה בעלת בקרת תמרורים מלאה והסדרי ניתוב מלאים, כך שלנהג יהיו ברורים כל תמרונים הפניות בגישה לצומת, ונקודות הניגוד בין התנועות יהיו מוגדרות היטב. התכן הגיאומטרי המפורט של מרכיבי ההצטלבות ושילובם יעשה לפי הכלל של הדגשת המידרג בין הכיוונים, דהיינו: ההסדר הגיאומטרי של הצומת צריך לאפשר לרכב הנכנס לצומת מהכיוון העיקרי לצאת

ממנו בקלות ובנוחות לכל הכיוונים, ולעומת-זאת, צריך ההסדר לשמש כגורם לבקרה ולהאטה של רכב הנכנס לצומת מהכיוון המשני.

יישומם של עקרונות התכן בתהליך התכן המפורט של זרועות הצירים בהצטלבות לא מרומזרת (כאמור, מקרים חריגים בלבד, ורק בדרכים חד-מסלוליות במדרג נמוך), מפורט בתרשים 3.6 לעיל.

### 3.5.3 הצטלבויות מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים

ככלל, הצטלבויות תהיינה מרומזרות, ולכן מנותבות באופן מלא, כאשר כל אי התנועה בנויים. תהליך התכן של הצטלבות מרומזרת מתואר בתרשים הזרימה בתרשים 3.11. התהליך יהיה דומה למפורט בסעיף 3.4.4 ביחס להסתעפות מרומזרת, כאשר בחינה מקדמית, בחינה תפעולית ותכנון ראשוני של הרימזור יבוצע כהכנה לתכן הגיאומטרי המפורט. עקרונות התכן לרימזור צמתים הופיעו בסעיף 3.3. והכללים לחישוב מספר הנתיבים לחציית הצומת מהזרועות השונות מפורטים בפרק 5 (ניתוב בצמתים מרומזרים).

יישומם של עקרונות התכן בתהליך התכן המפורט של זרועות הצירים בהצטלבות מרומזרת מפורט בתרשים 3.6 לעיל.

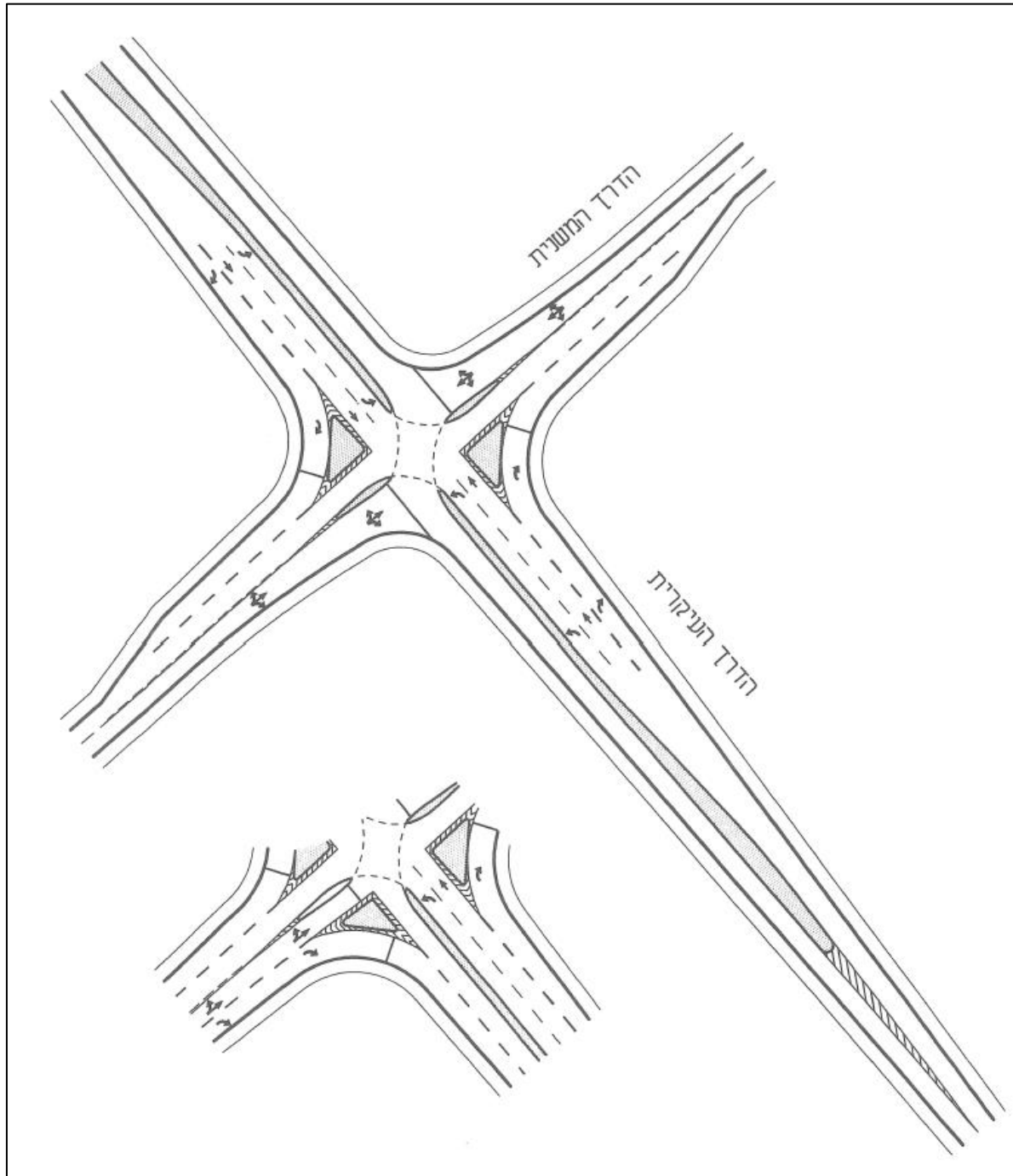
### 3.5.4 דוגמאות

בתרשימים 3.10-3.11 מובאות שתי דוגמאות ליישום העקרונות המפורטים בסעיפים 3.5.2 ו-3.5.3 לעיל, כאשר תרשים 3.10 מציג הצטלבות לא מרומזרת (כאמור, ליישום במקרים מיוחדים בלבד), ותרשים 3.11 מציג הצטלבות מרומזרת:

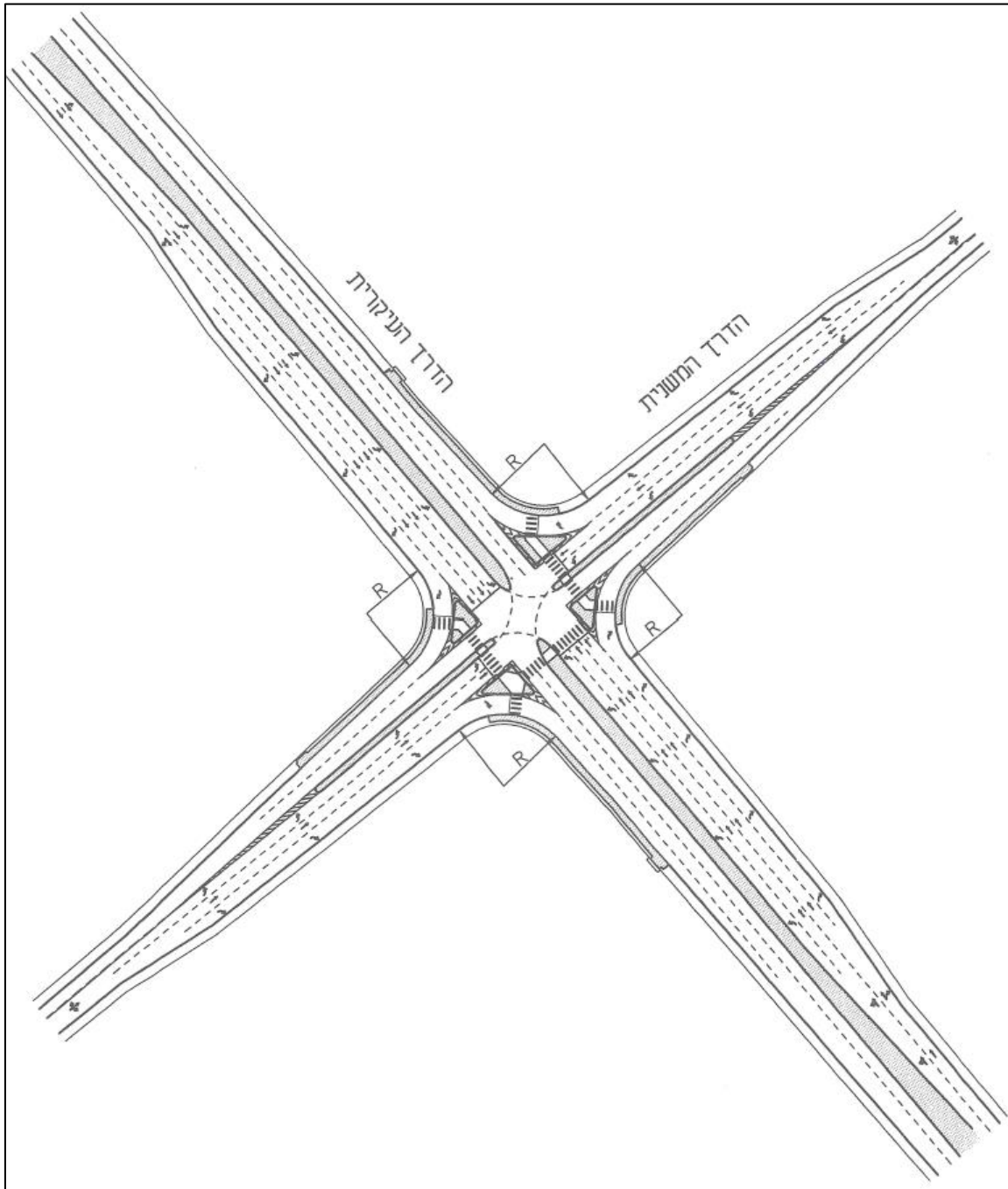
**א. בתרשים 3.10** מוצגת הצטלבות לא מרומזרת בעלת ניתוב מלא בין דרכים חד-מסלוליות. בהצטלבות זו הדרך העיקרית היא ראשית או אזורית, בהן יש הצדק לנתיבים מיוחדים לפניית ימינה שמאלה. ההגנה על הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה מהדרך העיקרית היא בעזרת אי-הפרדה בנוי. מוצגות שתי אפשרויות לפנייה ימינה מהדרך המשנית – עם/בלי אי-תנועה משולש. הבחירה בהתאם לנפחי הפנייה, רמות השירות והעיכובים בדרך המשנית. בדומה זו לא מוצגים נתיבי השתלבות בדרך העיקרית לפונים שמאלה מהמשנית, המקובלים בצמתים לא מרומזרים. אי התנועה בנויים מיועדים להצבת תמרורים, אך אינם מהווים מפלט להולכי-רגל. אם יש צפי לפעילות תח"צ ולחציית הולכי-רגל, יש לתכנן לפי פרק 10. הצטלבות כזו ניתן לרמזר ללא שינויים גיאומטריים מהותיים.

**ב. תרשים 3.11** מציג הצטלבות מרומזרת אופיינית בדרך עיקרית מחולקת (דו-מסלולית), בה כל האיים בנויים, כל הפניות ימינה הן עם אי משולש, ולכל הפניות שמאלה נתיב מיוחד. בהצטלבות זו נשמר מספר הנתיבים המשכיים בשתי הדרכים ללא שינוי, ומבוצעות הרחבות רק לצורך תוספת נתיב-העזר לפניות הפניות החופשיות ימינה לדרך העיקרית מחייבות מתן נתיב-האצה בדרך זו.

לכללים מפורטים ביחס למיקום תחנות האוטובוסים, ראו סעיף 10.1 (פרק 10) בהמשך ההנחיות.



**תרשים 3.10:** הצטלבות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בנוי בין דרכים חד-מסלוליות במדרג נמוך – אפשרות לפנייה מהדרך המשנית עם או בלי אי משולש



**תרשים 3.11:** הצטלבות מרומזרת בדרך עיקרית מחולקת

### 3.6 צומת רב-זרועי

- מספר נקודות הניגוד בצומת בעל יותר מ-4 זרועות בו כל התנועות מותרות, הוא כה גדול, שאין פתרון גיאומטרי מקובל לצומת, מבלי לנקוט באחד מהאמצעים לשיפור הבטיחות, כדלקמן:
- (1) ביטול חיבורה של אחת הזרועות לצומת.
  - (2) ביטול פניות שמאליות מסוימות בעלות עוצמת תעבורה קטנה.

(3) קביעת חד-סיטריות בחלק מזרועות הצומת.

(4) תכנון הצומת כמעגל תנועה.

(5) יצירת מערך צמתים הכולל הסתעפויות והצטלבויות.

(6) בחינת הצדק לפתרון דו-מפלסי (הנחיות למחלפים).

תרשים 3.12 מציג אפשרויות לפתרונות בצמתים מורכבים רבי זרועות, היוצרים מערך של הסתעפויות והצטלבויות בהן עקרונות התכן פשוטים וברורים יותר, ומופיעים בהנחיות אלו (סעיפים 3.4, 3.5). התצורה המתאימה תלויה בהגדרת הכיוון הראשי (העיקרי), בו תינתן עדיפות להמשכיות התנועה (ראו גם סעיף 3.1.4).

פישוט סכימת צומת מורכב (כתלות בכיוון ראשי)				סכימה צומת מורכב (לא רצוי)
1a	1b	1c	1d	1
2a	2b	2c	2d	2
3a	3b	3c		3
4a	4b	4c		4

**תרשים 3.12:** פתרונות לצמתים מורכבים (MOW, TANROADS, & NPRA, 2011)

## 3.7 צמתים מדורגים (staggered intersections)

### 3.7.1 הגדרה וצורות

צומת מדורג הינו צומת בין שתי דרכים, כאשר זרועות הדרך המשנית אינן נמצאות בהמשך רציף, אלא בשתי הסתעפויות קמץ לכיוונים מנוגדים, במרחק מסוים ביניהן לאורך הדרך העיקרית, שנותרת המשכית, כמתואר בתרשים 2.10. כלי-רכב הנעים בזרועות המשניות לשם חציית הדרך העיקרית, חייבים לפנות לדרך העיקרית ולהשתלב בתנועה שבה, ולפנות פעם נוספת (בכיוון הפוך) להמשך נסיעתם בדרך המשנית. שתי ההסתעפויות הסמוכות מאפשרות ביחד את ביצוע כל כיווני התנועה כמו בצומת "צלב" רגיל. כלי-רכב הנעים ישר בדרך העיקרית עוברים דרך שתי הסתעפויות T במקום לעבור בהצטלבות אחת. בקטע הדרך העיקרית שבין ההסתעפויות, התנועה הממשיכה בדרך המשנית מתווספת לתנועה העוברת בדרך העיקרית.

קיימות שתי צורות של צומת מדורג – דירוג שמאלי או דירוג ימני, שתוארו בתרשים 2.11:

א. **דירוג שמאלי**, בו רכב הנע ישר בדרך העיקרית (ההמשכית) חולף תחילה על-פני ההסתעפות לשמאל, ולאחר מכן על-פני ההסתעפות לימין. הרכב החוצה מהדרך המשנית, פונה שמאלה לדרך העיקרית, ואחר-כך ימינה להמשך נסיעתו בדרך המשנית.

ב. **דירוג ימני**, בו רכב הנע ישר בדרך העיקרית חולף תחילה על-פני הסתעפות לימין, ולאחר מכן על-פני הסתעפות לשמאל. הרכב החוצה מהדרך המשנית פונה ימינה לדרך העיקרית, ואחר-כך שמאלה להמשך נסיעתו בדרך המשנית.

כאשר המרחק בין ההסתעפויות עולה על 250 מטר ונפחי הפניות מהדרך המשנית אינם גבוהים, הן מתפקדות בדרך-כלל כהסתעפויות נפרדות (ולא כצומת מדורג).

#### א. היבטים תפקודיים

לא כל שתי הסתעפויות שכנות מהוות בהכרח צומת מדורג: בצומת מדורג יש קשר תפקודי בין הזרועות – יש תנועה הממשיכה בין שתי הזרועות של הדרך המשנית, תוך תנועה בדרך העיקרית בקטע שבין הזרועות. כאשר קיימת תנועה מקרית מועטה בין הזרועות היוצאות מהדרך המשנית, כתוצאה מהעדר זיקה תחבורתית בין הפעילויות הקיימות משני צידי הדרך העיקרית, למשל, בין דרך גישה לישוב חקלאי ודרך גישה למחנה צבאי, ללא זיקה תנועתית ביניהן – הצומת אינו נחשב לצומת מדורג, ותכנונו יבוצע כהסתעפויות נפרדות, משיקולים ספציפיים של תנאים פיזיים, שימושי קרקע ובעלויות הקיימים באזור הצומת.

#### ב. היבטים תכנוניים וסטטוטוריים

הפיכת הצטלבות לצומת מדורג דורשת שינוי בזכויות הדרך, וקובעת במידה מסוימת את שימושי הקרקע האפשריים במרחב מפגש הדרכים. קביעת זכויות הדרך מראש בתצורה של צומת מדורג, מקבעת את תצורת הצומת ומגבילה את אפשרויות השדרוג שלו בעתיד. בכל חלופה של צומת מדורג יש לשקול גם את השלכות התכנוניות והסטטוטוריות של תצורת הצומת.

### 3.7.2 מאפיינים בטיחותיים (ביחס להצטלבות)

כאשר אין הצדק לרמזור, לצומת המדורג יתרון גדול ביחס להצטלבות מבחינה בטיחותית (כמפורט להלן). עם זאת, כאשר עשוי להיות הצדק עתידי לרמזור במפגש הדרכים, ייתכן שיהיה צורך בעתיד לרמזור את הצומת המדורג. במסגרת מחקר שהתבצע בארץ נמצא, כי מורכבות הרימזור בצמתים מדורגים עלולה לפגוע בבטיחות מפגש הדרכים (מחקר לוי-שטרק לרלב"ד, 2018), ויש לבחון האם יש עדיפות לצומת המדורג על ההצטלבות כאשר נדרש רימזור הצומת. על כן, במקרים בהם שתי הדרכים הנפגשות הן במידרג נמוך יחסית, אך ייתכן בעתיד הצדק לרימזור, מומלץ לבחון גם מעגל תנועה כחלופה למפגש הדרכים בשלב שבו אין הצדק לרימזור. במקרים בהם לא צפוי הצדק עתידי לרמזור, וישנו הבדל משמעותי במידרג בין הדרך העיקרית לבין הזרועות המשניות, ישנם יתרונות בטיחותיים לדירוג הצומת ביחס להצטלבות, כלהלן:

#### יתרונות בטיחותיים לצומת מדורג לא מרומזר (ביחס להצטלבות לא מרומזרת)

1) בעקבות הרכבתו משתי הסתעפויות, קיימת בצומת המדורג הפחתה ניכרת במספר הכולל של נקודות הניגוד לעומת הצטלבות, כאשר ההפחתה המשמעותית ביותר היא במספר נקודות ההיחתכות, כמפורט בטבלה 3.2. מספר נקודות ההיחתכות עבור כלי-רכב הממשיכים ישר, בשתי הדרכים, פוחת מ-4 ל-2. כתוצאה מכך, הבטיחות היחסית בצומת מדורג טובה לעומת הצטלבות בעלת נפחי תנועה מקבילים. נקודות הניגוד לסוגיהן השונים בשתי הצורות של הצומת המדורג, מתוארות בתרשים 3.13. נקודות הניגוד בין מכוניות בהצטלבות מתוארות בתרשים 2.4 (פרק 2).

#### טבלה 3.2: השוואת נקודות הניגוד בין מכוניות בהצטלבות ובצומת מדורג

סוג הצומת	נקודות היחתכות	נקודות התמזגות	נקודות היפרדות	סה"כ נקודות ניגוד
הצטלבות	16	8	8	32
צומת מדורג (דירוג שמאלי או ימני)	6	6	6	18

2) בנוסף להקטנת מספר נקודות הניגוד, הן מורחקות זו מזו, ולכן מקלות על תהליך קבלת ההחלטות של הנהגים בצומת ועל העומס המוטל עליהם.

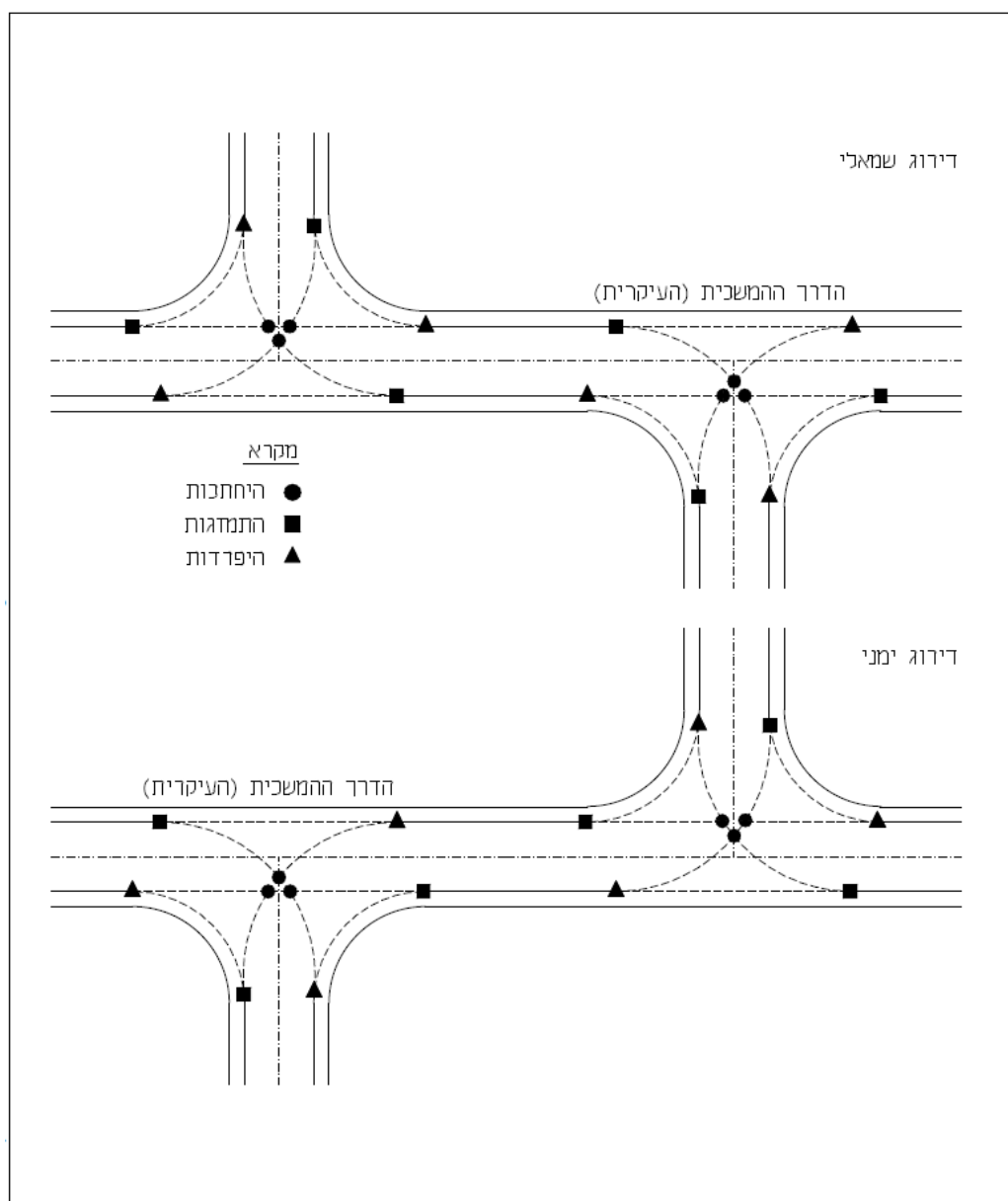
3) צומת מדורג לא מרומזר משפר משמעותית את הבטיחות לכלי-רכב הפונים שמאלה מהזרועות המשניות, אשר נדרשים להתחשב במספר קטן יותר של תנועות מתנגדות ביחס להצטלבות לא מרומזרת.

4) יתרון בטיחותי נוסף של הצומת המדורג, המשותף לו ולהסתעפויות, הוא הדגשת המידרג התפקודי של הדרכים הנפגשות, והבהרת חובת ההאטה ומתן זכות הקדימה לנהג המתקרב לצומת מהכיוון המשני.

5) צומת מדורג מתאים במיוחד לשיפור הצטלבות בזווית חדה, לצורך שיפור התמרונים בצומת ושיקולי הראות, כמתואר בתרשים 3.14.

### 3.7.3 מאפיינים תפעוליים

בצומת מדורג לא מרומזר, מאפייני התפעול דומים למעשה לשתיה הסתעפויות לא מרומזרות. עם זאת, בשל המרחק המוגבל בין הצמתים, ישנן השלכות נוספות על תפעול וקיבולת כלל הצומת, כלהלן:



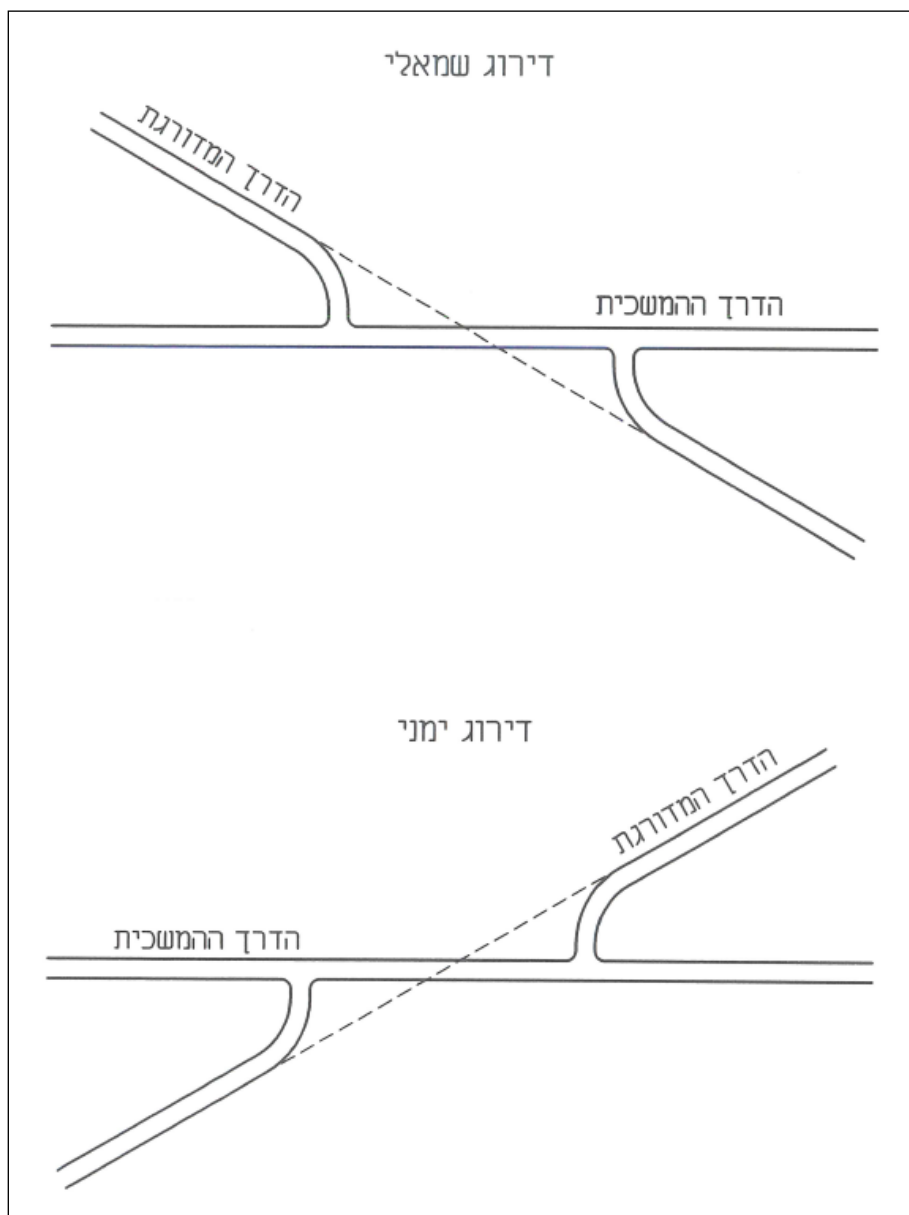
**תרשים 3.13:** נקודות הניגוד בין מכוניות בשתי הצורות של הצומת המדורג

**א. יתרונות תפעוליים לצומת המדורג (ביחס להצטלבות)**

- (1) צומת מדורג לא מרומזר מגדיל את הקיבולת של התנועה החוצה מהדרך המשנית, ומקטין את העיכובים בזרועות המשניות, בעיקר בדירוג ימני.
- (2) לעומת הצטלבות מרומזרת, הדירוג יוצר שתי הסתעפויות, שכל אחת מהן פועלת בשלושה מופעים בלבד למחזור. כאשר תכנית הרמזור מתואמת כהלכה או משותפת לשתי ההסתעפויות, מתווספת קיבולת לצומת תוך הקטנת זמן המחזור.

**ב. חסרונות תפעוליים לצומת המדורג (ביחס להצטלבות), בעיקר בצומת לא-מרומזר**

- (1) הקטע שבין ההסתעפויות מצמצם את אפשרויות העקיפה של הנוסעים בדרך העיקרית.



**תרשים 3.14:** שימוש בצומת מדורג כתחליף להצטלבות בזווית חדה

2) בקטע שבין ההסתעפויות, מתווסף נפח החוצים מהדרך המשנית לנפח העובר בדרך העיקרית. נפח זה מורכב מכלי-רכב המבצעים פעולות האצה והאטה, ועשויים לגרום לעיכובים לתנועה בדרך העיקרית. ההפרעות גדלות ככל שעולה הנפח בדרך העיקרית או הנפח החוצה מהדרך המשנית.

3) המרחק בין שתי ההסתעפויות לא תמיד מספיק למתן האורך המלא הדרוש לנתיבי-העזר לפניות ימינה ושמאלה ולאחסנה הדרושה, ולכן חלק מההאצה וההאטה עלולים להתבצע בנתיבי התנועה העוברת בדרך העיקרית.

4) הצומת המדורג מאריך מעט את מרחק זמן הנסיעה של התנועה הממשיכה ישר בדרך המשנית, ומוסיף לעלויות התפעול.

5) הצומת המדורג מקשה על מיקום תחנות אוטובוס (בין ההסתעפויות) ומעבר נוסעים ביניהן, ומאריך את מרחקי ההליכה של הולכי-הרגל.

#### ג. צומת מדורג מרומזר

מעברי חצייה לרוחב הדרך העיקרית, ישולבו בצומת מדורג מרומזר בלבד (צומת מדורג בדרך עיקרית במדרג גבוה יהיה בד"כ מרומזר – סעיף 10.1.5).

### 3.7.4 השיקולים לבחירת צורת הדירוג

בין שתי צורות הדירוג האפשריות – ימנית או שמאלית – יש הבדלים, בעיקר מבחינה תפעולית, כמפורט בטבלה 3.3 המציגה את היתרונות של דירוג ימני ודירוג שמאלי (יתרונות הדירוג שמאלי מהווים חסרונות לדירוג ימני ולהיפך). כאשר תנאי השטח מאפשרים את ביצוע שתי צורות הדירוג, יש לבחור את הצורה המועדפת לפי מידת התאמתה לתנאים הייחודיים ולפי המפורט בטבלה זו. הדירוג הימני הוא היעיל יותר מבחינה תפעולית, במיוחד כאשר הצומת מרומזר. עם זאת, מגבלתו הגדולה של הדירוג הימני היא בכך, שהקטע בין ההסתעפויות משמש לאחסנת הפונים שמאלה מהדרך העיקרית למשנית, וצריך להכיל גם את החוצים מהדרך המשנית. כתוצאה מהאמור לעיל, הדירוג הימני יועדף על השמאלי משיקולי תפעול וקיבולת, בעיקר כאשר המרחק בין ההסתעפויות מאפשר את האורך הדרוש של הנתיבים לאחסנת הפונים שמאלה. מגבלת האחסנה קיימת הן בצומת המדורג המרומזר והן בצומת המדורג הבלתי-מרומזר.

### טבלה 3.3: השוואת מאפייני צורות הדירוג בצומת מדורג

מאפיין	דירוג ימני	דירוג שמאלי
נתיבי אחסנה לפניות שמאלה מהדרך העיקרית	מאלץ הרחבה של המיסעה בדרך העיקרית בין ההסתעפויות	ההרחבה מתבצעת מחוץ לקטע המשותף ואין אחסון בין הצמתים
השפעת המרחק בין הצמתים	מרחק קצר מדי פוגע באורך נתיבי האחסנה לפניות שמאלה מהדרך העיקרית, ועלול לגרום לחסימת הדרך העיקרית ע"י כלי-הרכב המשתלבים (חסרון תפעולי)	השפעה אפשרית על תיאום הגל הירוק
רמת שירות לפניות שמאלה מהדרך העיקרית	העיכוב הממוצע גדל בגלל תוספת נפח התנועה החוצה בדרך המשנית	הקיבולת קטנה בגלל תוספת נפחי התנועה המשנית הראשונה לתנועה המתנגדת ממול
עיכוב לתנועות מהכביש המשני	מקטין את העיכוב	
קיבולת לתנועות החוצות מהכביש המשני	מגדיל את הקיבולת	

### 3.7.5 תכן מרכיבי הצומת המדורג

#### א. הזרועות המשניות

עקרונות התכן של זרועות הצומת הם בהתאם לתהליך התכן של הזרוע המשנית בהסתעפות, המתואר בסעיף 3.4 ובתרשים 3.6 (תרשים זרימה לצמתים).

בצומת המדורג רצוי לתכנן ניתוב ובקרה מלאים. בשתי הזרועות המשניות מומלץ אי מרכזי מאורך מסוג טיפה. עקרונות נוספים הם:

- בדירוג ימני לא מרומזר, התנועות מהמשני יצאו מנתיב משותף, ללא פנייה חופשית ימינה, בגלל הצורך של החוצים את הדרך העיקרית לפנות שמאלה מיד לאחר מכן.
- בדירוג ימני מרומזר, הפניות ימינה מהזרועות המשניות יהיו מרומזרות ולא חופשיות, ויופעלו בתיאום עם הפניות שמאלה למשנית בהסתעפות השנייה.
- בדירוג מרומזר, פניות מרומזרות ימינה ושמאלה מהזרועות המשניות יכולות להתבצע ביותר מנתיב אחד, בתנאי שאותה פנייה מבוצעת לדרך מחולקת שבה לפחות אותו מספר נתיבים במסלול.
- בדירוג שמאלי, מומלץ לתכנן נתיבים לפנייה חופשית ימינה מהזרועות המשניות (אל מחוץ להסתעפויות).

#### ב. הדרך העיקרית

תכן הדרך העיקרית הממשיכה בצומת המדורג ייעשה לפי העיקרון של צמצום ההפרעות לתנועה בדרך זו ככל הניתן, מעבר להפרעה הנגרמת עקב דירוג ההסתעפויות. לכן, דרושים בדרך העיקרית נתיבי-עזר לפניות שמאלה וימינה:

- בדירוג ימני – יותקנו נתיבים מיוחדים להאטה ולפניות ימינה (מחוץ לקטע שבין הסתעפויות הצומת המדורג), ונתיבים מיוחדים להאטה ולפניות שמאלה (בקטע שבין הסתעפויות).
- בדירוג שמאלי – יותקנו נתיבים מיוחדים להאטה ולפניות שמאלה (מחוץ לקטע שבין הסתעפויות), ונתיבים מיוחדים להאטה ולפנייה ימינה (בין הסתעפויות). כאשר הדרך המשכית מחולקת, יותקנו נתיבי האצה לפניות ימינה מהזרועות המשניות לדרך העיקרית (מחוץ לקטע שבין הסתעפויות). (תרשים 3.17).

שאר פרטי התכן הם כמפורט לגבי הזרוע העיקרית של הסתעפות, בסעיף 3.4 לעיל.

### **ג. המרחק בין הסתעפויות והקטע ביניהן**

לאורכו של הקטע שבין הסתעפויות הנגדיות יש השפעה על אופן התפעול של הצמתים:

- בדירוג השמאלי, אין דרישות לאחסנה בין הסתעפויות. בצומת מדורג לא מרומזר על דרך עיקרית חד-מסלולית, ניתן להסתפק במרחק של 60-80 מטר בין הסתעפויות. כאשר הדרך העיקרית דו-מסלולית (כלומר הדירוג מרומזר), מתבצעות בקטע שבין הסתעפויות יותר פעולות השתזרות, ולכן יש להאריך קטע זה ל-100-120 מטר. במקביל, יש לבחון את מרחקי הצבת פנסי הרמזור בהתאם להנחיות לתכנון רמזורים במהדורה המעודכנת.
- בדירוג הימני, הקטע בין הסתעפויות משמש לאחסנת הפונים שמאלה. האורך המומלץ של הנתיב לפנייה שמאלה הוא סיכום אורך האחסנה ואורך ההאטה, בהתאם לפרטי התכן המפורטים בסעיף 7.3. אורך האחסנה הדרוש נקבע בהתאם לתרשימים 7.6 (הסתעפות לא מרומזרת) ו-7.8 (צמתים מרומזרים), כאשר הנפח הפונה הכולל הוא סכומם של הנפחים הפונים שמאלה מהכיוון הראשי ושל החוצים מהכיוון המשני. אורך ההאטה נקבע לפי טבלה 7.1 (אורך הדרוש להאטה בנתיב לפנייה שמאלה) בהתאם למהירות התכן של הדרך העיקרית. כאשר אין מקום למתן שני הנתיבים לפנייה שמאלה לכיוונים הנגדיים ברצף הם יינתנו במקביל (בחפיפה) – שתי האפשרויות מתוארות בתרשים 3.15. בדירוג ימני מרומזר, הפניות ימינה מהמשני לעיקרי תהינה מרומזרות, כיוון שלא ניתן לאפשר האצה או השתזרות חופשית בין הסתעפויות (סעיף 3.7.5 א').

מתחילת תהליך התכנון של צמתים מדורגים יש להתחשב בתנועת הולכי-הרגל ובמיקום תחנות האוטובוס – להרחבה ראו פרק 10.

כאמור, כאשר המרחק בין הסתעפויות עולה על 250 מטר ונפחי הפניות מהדרכים המשניות אינם גבוהים, הן מתפקדות בדרך-כלל כהסתעפויות נפרדות. כדאי לציין, כי אחת ההסתעפויות או אפילו שתיהן יכולות להיות מתוכננות כמעגלי תנועה – ראו תרשימים 5-21 – 5-27 ב-"הנחיות לתכנון שילוט בדרכים בין-עירוניות" של מת"ח ונת"י במהדורתן המעודכנת.

### **ד. תימרור ושילוט**

מערך התימרור והשילוט הנדרש בשני סוגי הצמתים המדורגים, מתואר בסעיף 5.4 "צמתים מדורגים" ב-"הנחיות לתכנון שילוט בדרכים בין-עירוניות, מהדורה 2016" של מת"ח ונת"י.

### 3.7.6 דוגמאות

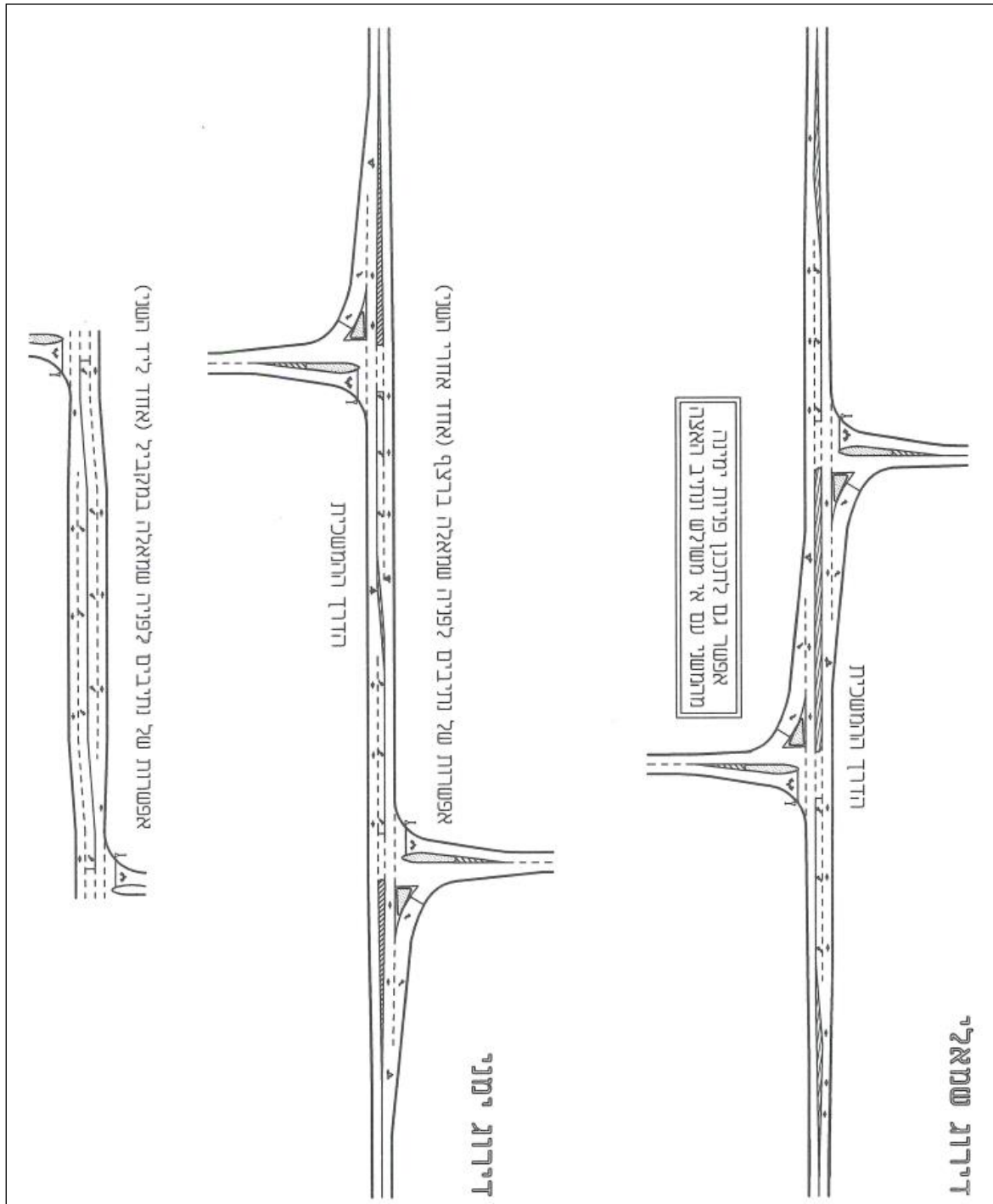
בתרשימים 3.15-3.17 מובאות דוגמאות ליישום העקרונות המפורטים בסעיפים 3.7.1-3.7.5 לעיל, לקבלת הצורה הסופית של הצומת המדורג (עדיין ללא התייחסות למעברי חצייה ולתח"צ, שתינתן בפרק 10):

א. בתרשים 3.15 מוצגות שתי הצורות העקרוניות של צומת מדורג לא מרומזר בין דרכים חד-מסלוליות בסיווג נמוך: כאשר נפחי התנועה בדירוג השמאלי נמוכים, אין הצדקים לנתיבים מיוחדים לפנייה ימינה מהדרך המשנית. רצויים נתיבים מיוחדים לפניות ימינה מהדרך העיקרית. נתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה מהדרך העיקרית יינתנו תמיד. בדירוג הימני בתרשים מוצגות שתי האפשרויות למתן הנתיבים לפנייה שמאלה בקטע שבין ההסתעפויות – ברצף או במקביל (בחפיפה). הבחירה בין האפשרויות תיעשה בהתאם למרחק שבין ההסתעפויות ולאורך האחסנה הדרוש (סעיף 3.7.5 א'). ההגנה על הנתיבים לפנייה שמאלה במקרים המוצגים מועדפת באמצעות איים בנויים, או אי צבוע ברוחב 0.50 מטר, וסמנים מחזירי אור, אם אין מקום לאיים בנויים.

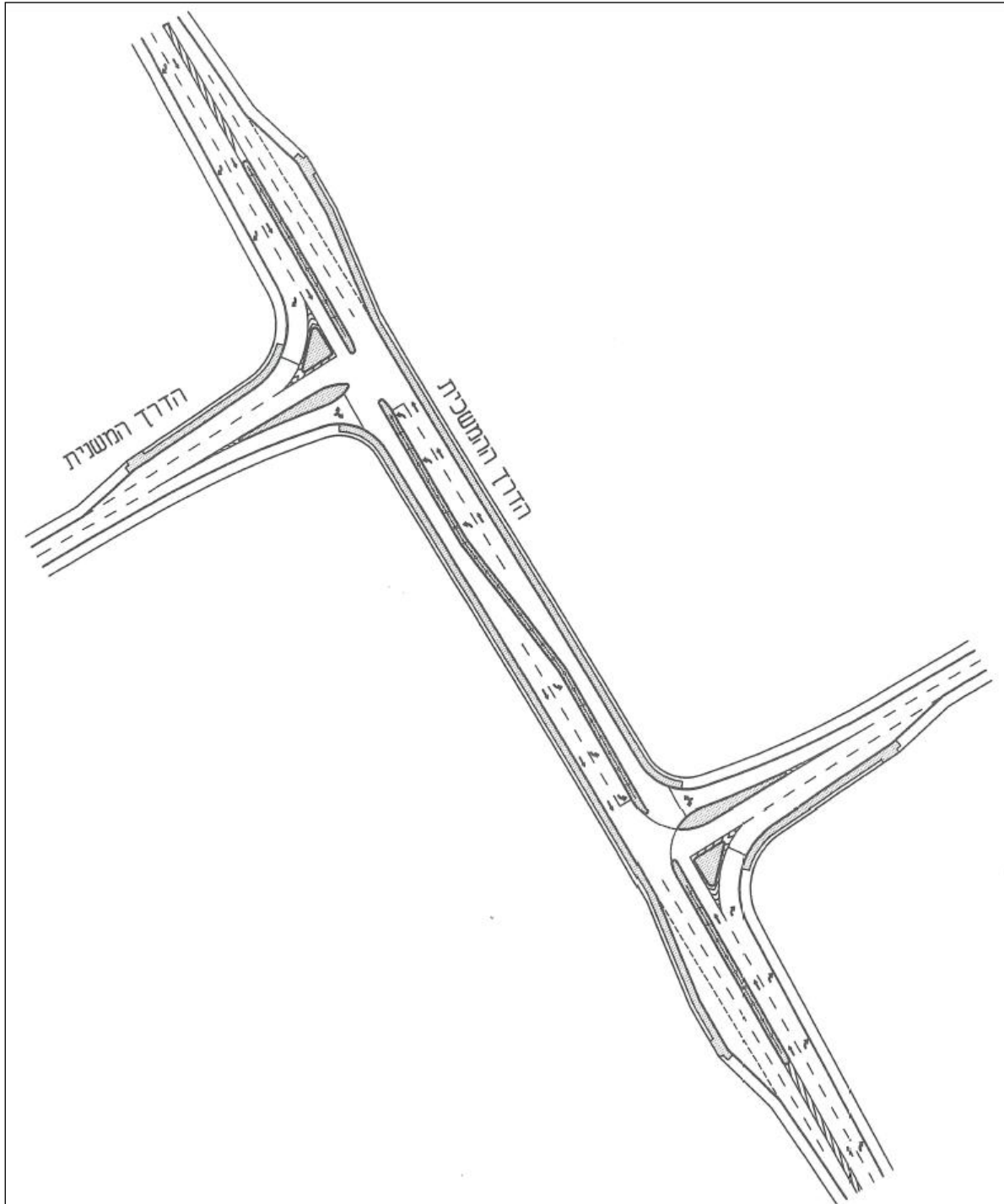
ב. בתרשים 3.16 מוצג דירוג ימני לא מרומזר בין דרכים חד-מסלוליות, כאשר הדרך המשנית היא בעלת סיווג גבוה. במקרה זה יש איים משולשים ונתיבי האטה לפנייה ימינה מהדרך המשנית. ההגנה על הנתיבים לפנייה שמאלה הוא באמצעות אי בנוי ברוחב 2.0 מטר.

ג. בתרשים 3.17 מוצג דירוג שמאלי מרומזר בין דרך דו-מסלולית לדרך חד-מסלולית בסיווג גבוה. צומת זה מתוכנן לצמצום הפרעות בדרך הדו-מסלולית, כך שכל הפניות ימינה הן באמצעות איי-תנועה ונתיבי האטה (בין ההסתעפויות), והכניסה לדרך הדו-מסלולית היא בנתיב האצה אחרי הפנייה ימינה (מחוץ להסתעפויות). בדרך הדו-מסלולית יש נתיבי האטה גם לפניות ימינה (בין ההסתעפויות: סעיף 6.4.3) וגם לפניות שמאלה (מחוץ להסתעפויות כנתיב האטה + אחסנה: סעיף 6.3.3-6.3.5).

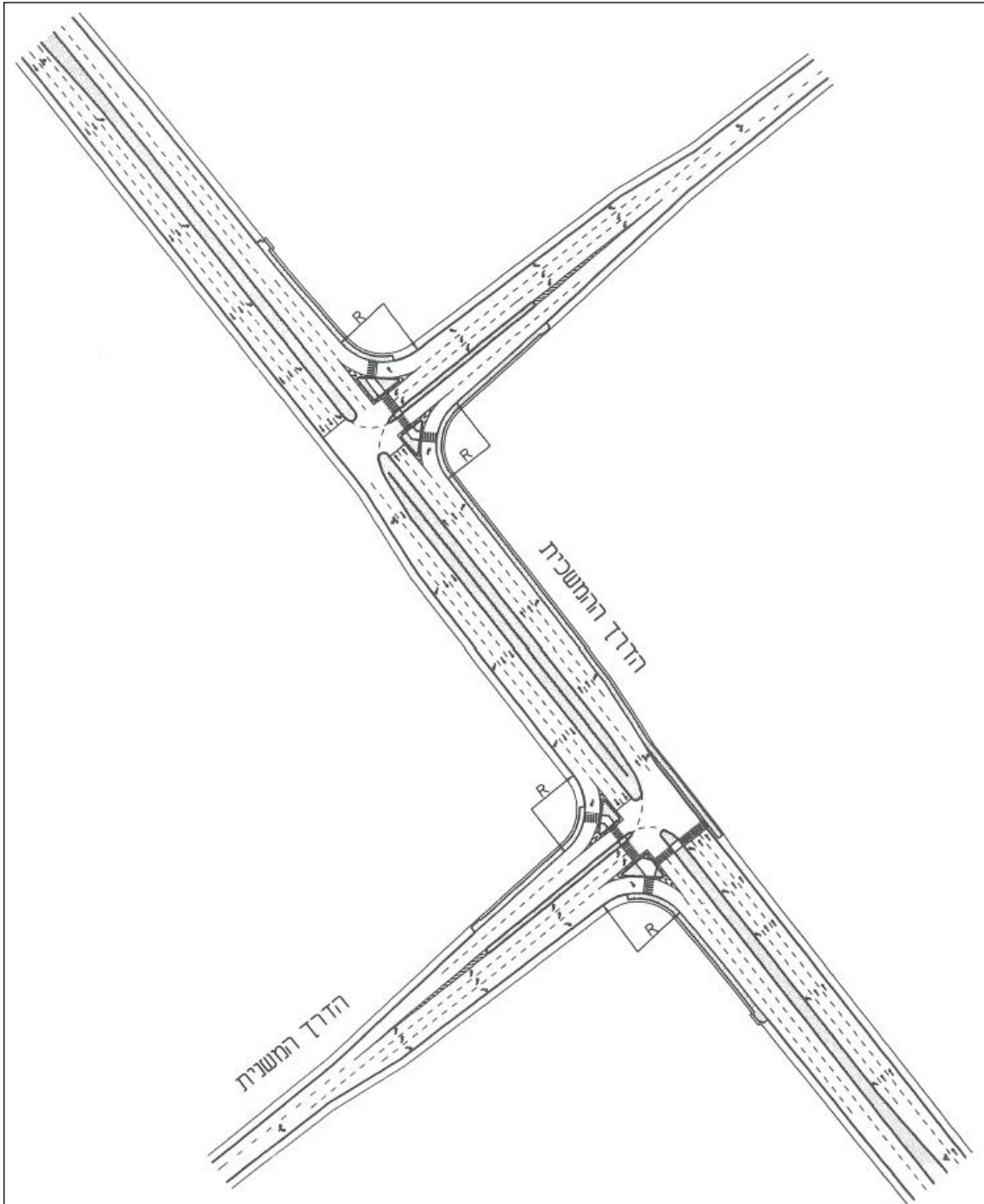
ד. תרשימים מפורטים של צמתים מדורגים מרומזרים, ימני ושמאלי, בשילוב תחנות אוטובוס, מוצגים בפרק 10 (תרשימים 10.5, 10.6).



**תרשים 3.15:** צמתים מדורגים לא מרומזרים – צורות עקרוניות של דירוג ימני ודירוג שמאלי בין דרכים בסיווג נמוך



**תרשים 3.16:** צומת מדורג – דירוג ימני לא מרומזר בין דרכים דו-נתיביות, שאחת מהן בסיווג גבוה



**תרשים 3.17:** צומת מדורג מרומזר – דירוג שמאלי בין דרך דו-מסלולית לדרך חד-מסלולית

## 3.8 צמתים מפוצלים (split intersections)

### 3.8.1 הגדרה

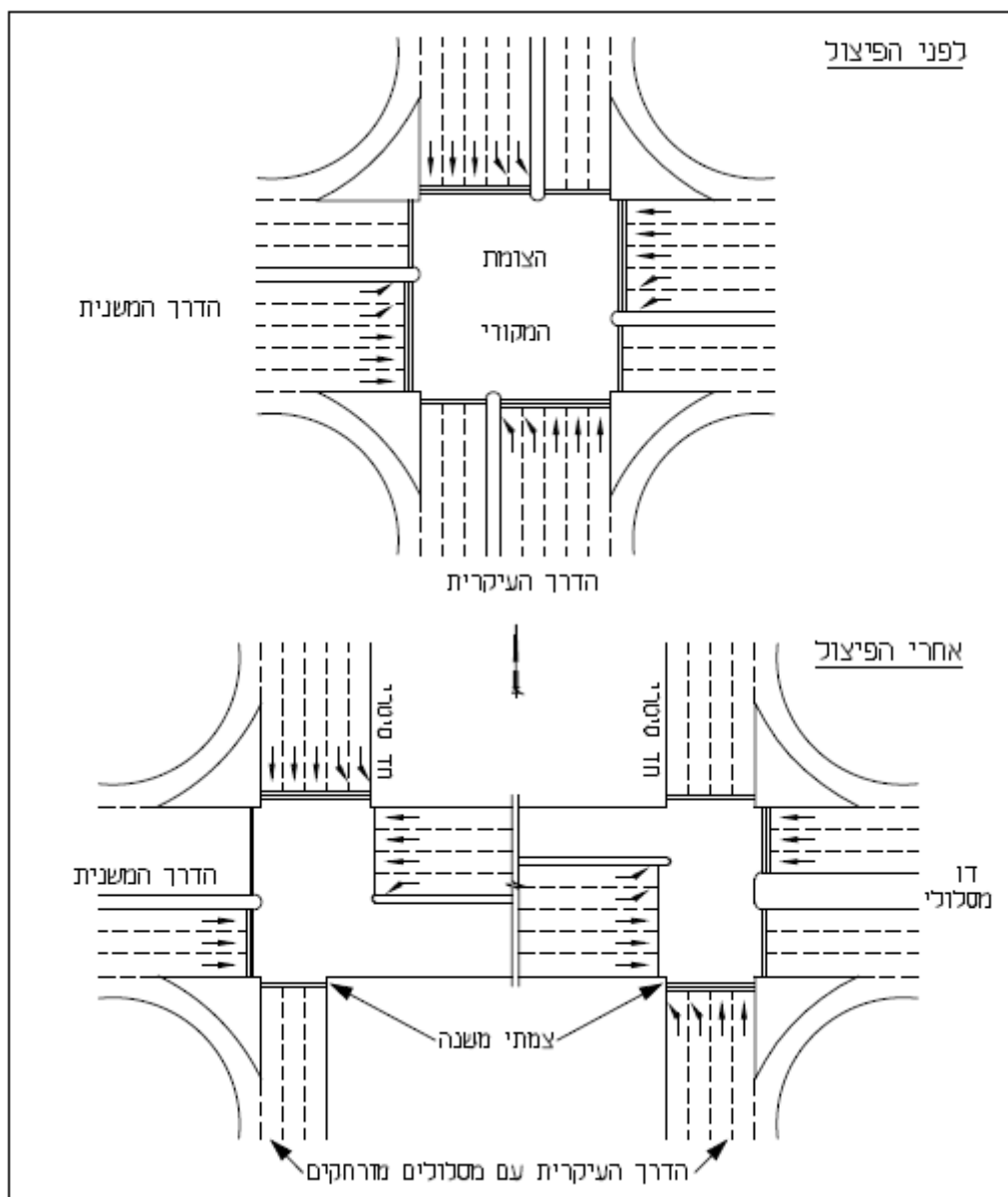
צומת מפוצל (תרשים 2.11) הוא גירסה מיוחדת של צומת מרומזר, המיועדת להעלאת הקיבולת של צמתים עמוסים, בעיקר בדרכים דו-מסלוליות, בדרך-כלל כפתרון ביניים לפני הקמת מחלף. הפיצול מתקבל על-ידי הרחקת שני המסלולים של אחת מהדרכים הנפגשות או של שתיהן זה מזה. בהתאם לסוג הפיצול בצומת, מתקבלים שניים או ארבעה צמתי-משנה סמוכים, במרחקים בסדר-גודל של עשרות מטרים ביניהם. בשל הסדרי החד-סיטריות המתקבלים, מספר כיווני הנסיעה האפשריים בכל אחד מצמתי-המשנה קטן מזה שבצומת המקורי. בכל אחד מצמתי-המשנה מותקן רמזור, כאשר כל הרמזורים מופעלים על-ידי מנגנון משותף, כך שכל צמתי-המשנה מהווים מכלול תכנוני ותפעולי אחד. כל כלי-הרכב הפונים שמאלה משתי הדרכים הנפגשות, יעברו דרך שני צמתי-משנה מרומזרים לפחות.

כמו-כן, כלי-הרכב הממשיכים ישר יעברו דרך שני צמתי-משנה, באחת מהדרכים לפחות, וזאת בהתאם לצורת הפיצול. בתרשים 3.18 מובא תיאור סכמתי של פיצול אחת הדרכים בהצטלבות, לקבלת הצומת המפוצל. קיימים מספר סוגי פיצול, כמפורט בסעיף 3.8.4 להלן.

### 3.8.2 מטרה ומאפיינים

הצומת המפוצל מיועד בעיקר כפתרון זמני להעלאת הקיבולת בצמתים מרומזרים עמוסים, בהם מוצו כל השיפורים הגיאומטריים והתפעוליים האפשריים האחרים, ונשקל בהם מיחלוף הצומת. פיצול הצומת המרומזר מהווה, מבחינה כלכלית ותפעולית, שלב-ביניים לפני בניית המחלף. הצומת המפוצל צריך לענות למטרות הבאות:

- א. **פתרון הבעיה המיידית:** לענות על צרכי הקיבולת בצומת ולאפשר את דחיית הקמת המחלף.
- ב. **יישום מיידית:** התבססות על תכניות סטטוטוריות זמינות למחלף עתידי, ויכולת להתמודד עם המטרדים שבתחום תכניות אלה.
- ג. **דחיית ההשקעה הגדולה:** ההשקעה המיידית תהיה קטנה בצורה משמעותית מההשקעה הנדרשת לפתרון הקבע (כמו מחלף), ולפיכך מוצדקת וכדאית לאורך תוחלת החיים הצפויה של הפרוייקט.
- ד. **התאמת הפתרון הזמני לתכנון הסופי:** יש לוודא שהפתרון הזמני יהיה חלק אינטגרלי מפתרון הקבע העתידי, כך שלא יפריע ליישומו המיטבי, ולא תהיינה הפרעות משמעותיות לתנועה במהלך ביצועו.
- ה. **פתרון מערכתי:** פיצול מספר צמתים לאורך ציר מסוים, יכול לגרום להגדלת קיבולת המערכת ולמנוע העתקת הבעיה מנקודה אחת לרעותה.



**תרשים 3.18:** תיאור סכימתי של הפיכת הצטלבות לצומת מפוצל

פיצול הצומת מגדיל את זמן הירוק האפקטיבי עקב צמצום מספר המופעים, ועקב הקטנת זמני הפינוי עבור כל אחד מצמתי-המשנה ביחס לצומת המקורי (וכתוצאה מכך הקטנת הזמן האבוד). בנוסף, ניתן להקצות מספר גדול יותר של נתיבים מיוחדים לפניות שמאלה, ולהקטין את הזמן הירוק הדרוש לפינוי תנועה זו. כך ניתן להקצות זמן ירוק נוסף לתנועות אחרות או, לחילופין, להקטין את זמן המחזור. לכן, כאשר כמות כלי-הרכב הפונים שמאלה בצומת גדולה, מתקבל שיפור יחסי משמעותי יותר בקיבולת הצומת המפוצל בהשוואה לצומת רגיל. השיפור בפועל תלוי באחוז הפניות שמאלה ובמרחק בין הצמתים.

### 3.8.3 יתרונות וחסרונות

#### א. יתרונות הצומת המפוצל

- הגדלת הקיבולת של הצומת הקיים, ועל-ידי-כך דחיית הקמת מחלף למועד מאוחר יותר.
- הקטנת העיכובים הנגרמים לנהגים ושיפור ברמת השירות.
- השקעות כספיות נמוכות בהשוואה להקמת מחלף.
- מתן אפשרות להקמת המחלף בהמשך, והקטנת ההפרעות הצפויות לתנועה במהלך ביצועו.

#### ב. חסרונות הצומת המפוצל

- הגדלת שטח הצומת הכולל, וזאת עקב המרחק שבין הצמתים, העשוי להגיע לעשרות מטרים.
- התמצאות הנהגים בצומת המפוצל קשה יותר, בגלל שאחוז ניכר מהמשתמשים בצומת עוברים דרך שניים או ארבעה צמתים במקום אחד. התייחסות מפורטת לכך ראו בסעיף 3.8.5 להלן.
- הצורך לעבור בשני צמתים עלול לגרום לעצירה נוספת לחלק מהתנועות, אך בעזרת תיאום הגל ירוק בין הצמתים המרומזרים, ניתן להקטין את העיכובים הללו ואת סך כל העיכובים בצומת המפוצל בהשוואה לצומת המקורי.
- הצומת המפוצל רגיש מאוד לשיבושים בפעולת הרמזור, וסתימת הקטע המרכזי גורמת לסתימת הצומת. הרמזור בצומת המפוצל לא ניתן להפעלה ידנית.

### 3.8.4 סוגי הפיצול

ישנם מספר סוגי פיצול עקרוניים:

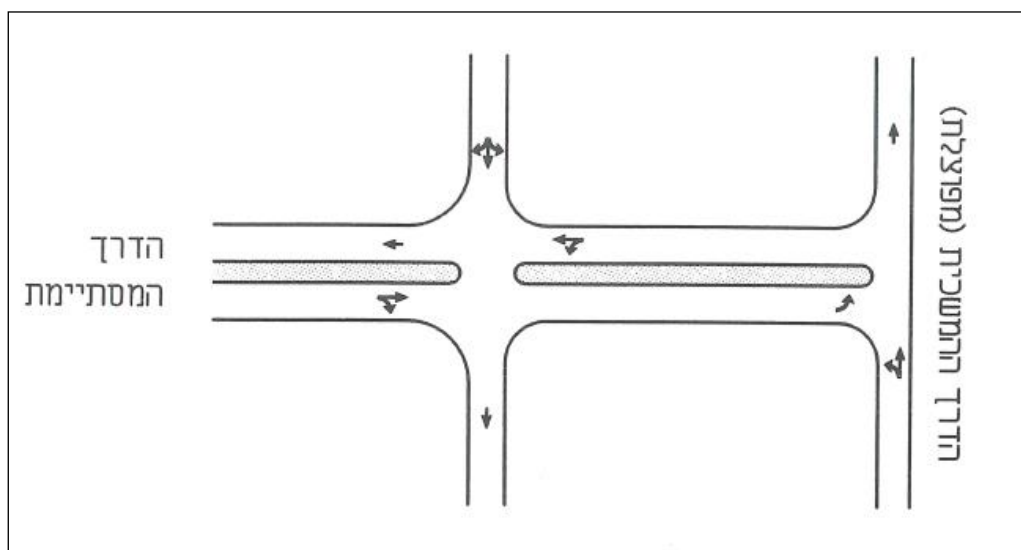
#### א. פיצול הסתעפות – יש שתי אפשרויות לפיצול הסתעפיות T:

- 1) פיצול הדרך ההמשכית, כמתואר בתרשים 3.19.
  - 2) פיצול הדרך המסתיימת, כמתואר בתרשים 3.20.
- הבחירה ביניהן היא בעיקר לפי דרישות ואפשרויות האחסנה של הפנייה שמאלה מהזרוע ההמשכית לזרוע הניצבת:

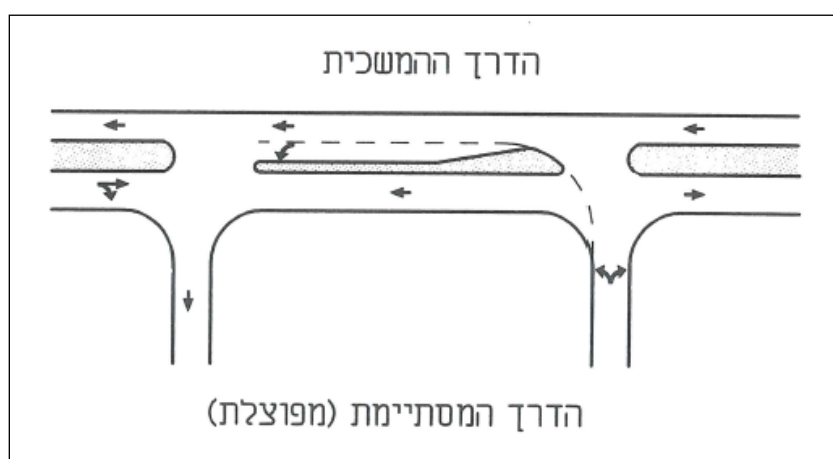
- כאשר פנייה זו חזקה ויש צורך באורך אחסנה גדול יותר, עדיף לפצל את הדרך ההמשכית.
- כאשר פנייה זו חלשה, ניתן לבצע פיצול מסלולי הזרוע המסתיימת.

#### ב. פיצול יהלום – תרשים 3.21 – פיצול של הצטלבות, כך שאחת משתי הדרכים מופרדת לשני כבישים

חד-סיטריים נפרדים, כדוגמת הרמפות המשמשות לציאה במחלף "יהלום". פיצול זה הוא יעיל, מאחר שהוא מאפשר תפעול הרמזורים לפינוי מהיר של התנועה הנכנסת לקטע האמצעי, ולכן הוא הנפוץ ביותר. אם הצומת מיועד למיחלף, תפוצל הדרך שתמוחלף במצב הסופי (במפלס שונה), כך שזרועות הפיצול ישמשו לאחר מכן כרמפות המחלף – ראו סעיף 4.6 בכרך 3. אחרת, יש יתרון לפיצול הדרך שנפחי הפונים שמאלה ממנה הם הגבוהים יותר.



**תרשים 3.19:** פיצול הדרך המשכית בהסתעפות T

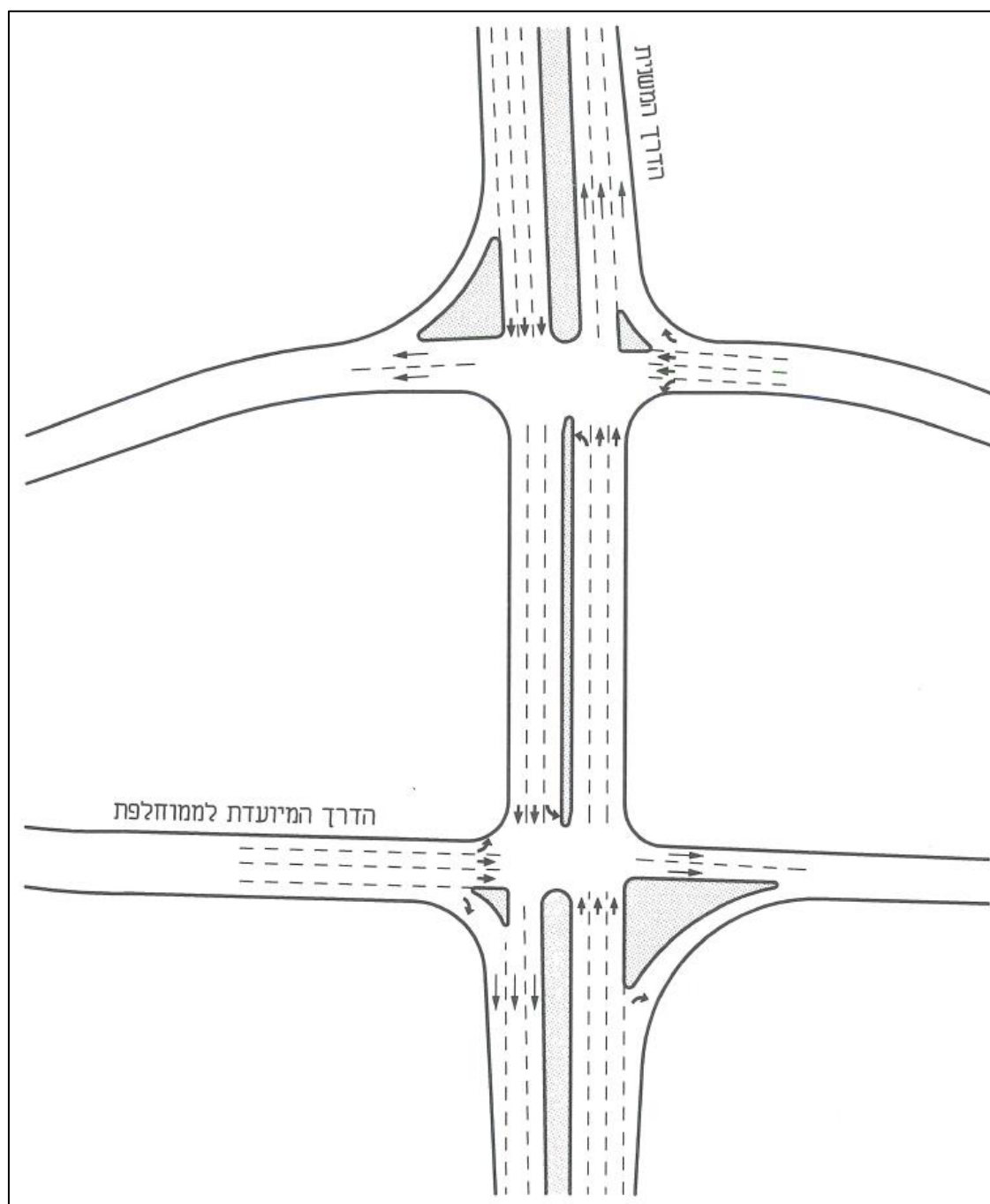


**תרשים 3.20:** פיצול הדרך המסתיימת בהסתעפות T

ג. **פיצול מרובע** – פיצול של הצטלבות, כך ששתי הדרכים מופרדות לכבישים חד-סיטריים נפרדים. מבוצע כאשר פיצול אחת הדרכים בלבד אינו פותר את בעיות הקיבולת והתורים (בעיקר עקב פניות עמוסות שמאלה). בשיטה זו נוצרים 4 צמתי-משנה חד-סיטריים, שכל אחד פועל ב-2 מופעים בלבד, כמתואר בתרשים 2.11 בפרק הקודם. הסדר זה מפחית בהרבה את "הנפח הקובע" הכללי לצומת מרומזר בפיצול מרובע, כך שמתקבלים אורכי מחזורים בסדר גודל של 50-70 שניות, במקום זמני מחזור מרביים של 150 שניות, שהיו מתחייבים עבור הצטלבות באותם נפחים. עקב הירידה החדה באורך המחזור הדרוש, ניתן להסתפק באורך אחסנה קטן יותר עבור הפניות שמאלה, ומתקבלת "קובייה" פנימית בעלת צלעות באורך של 60-70 מטר בלבד.

### 3.8.5 עקרונות התכן

בתהליך התכן של הצומת המפוצל, יש לשלב את התכן הגיאומטרי והתפעולי (הרימזור) זה בזה החל משלבי התכנון הראשוניים, לרבות השוואת החלופות, בשל ההשפעה הגדולה של המאפיינים הגיאומטריים (צורת הפיצול, מספר הנתיבים, אורך האחסנה) על התפעול השוטף של הצומת.



**תרשים 3.21:** פיצול צומת מסוג יהלום (כשלב לפני מחלף)

## א. בחירת מאפייני הפיצול

בשלב זה ייקבעו בין השאר: הצורה, הכיוון, המרחק בין הצמתים ומספר הנתיבים. הצורה קובעת את מספר המופעים בפועל, והכיוון משפיע על יכולת האחסנה של הפונים שמאלה, בקטע בין הצמתים. בחירת הצורה יכולה להיעשות בדרגות שונות של חופש החלטה, אשר נגזר מאילוצים שונים, כגון: זמינות קרקע, שלבי הביצוע והמצב ממנו הם נגזרים (למשל: התאמה למחלף עתידי) ועלות הביצוע (כולל פינויים וכו').

אם האילוצים הקיימים מכתביים צורה אחת ובמידות מוגדרות, ניתן לחשב את אורך המחזור המרבי לתפעול – וממנו להסיק על הקיבולת הכללית המתאפשרת ממבנה זה – ולהשוותה לקיבולת הנדרשת.

## ב. קטע האחסנה

הקטע שבין הצמתים מיועד ליצירת מקום אחסנה עבור אותן הפניות שמאלה שאינן זוכות ל"גל ירוק". ככל שמקום האחסנה יהיה גדול יותר וניתן יהיה לאחסן שם יותר כלי-רכב – הדבר יאפשר הפעלת הרמזור במחזורים ארוכים יותר, שפירושם קיבולת גבוהה יותר. פיצולים פועלים בדרך-כלל במחזורים קצרים יחסית, ואורך האחסנה משמש כמחסום היחידי להגדלת המחזור במידת הצורך, בהתאם לנוסחה 3.1:

$$[3.1] \quad ST_{\min} = \frac{VOL \cdot C_{\max} \cdot I}{3,600 \cdot K_p}$$

כאשר:

$ST_{\min}$  – אורך אחסנה מזערי (מטר);

$VOL$  – נפח התנועה המאוחסנת לנתיב (בית"ן לשעה לנתיב);

$I$  – אורך ממוצע של רכב בתור (מטר), בהנחה 6.0 מטר לרכב פרטי;

$K_p$  – מקדם ביטחון להגדלת הממוצע לפי אחוז כישלון בהנחת תהליך פואסון (תרשים 3.22);

$C_{\max}$  – משך המחזור המקסימלי האפשרי (בשניות);

אורך קטע האחסנה הוא פשרה בין שני אינטרסים מנוגדים:

- להגדיל את המרחק על-מנת ליצור אורך אחסנה גדול ככל האפשר עבור הפניות שמאלה.
- להקטין את המרחק, כדי לחסוך בזמן הדרוש לצורך יצירת גל ירוק בין שני הצמתים עבור הרכב האחרון הנכנס לצומת הראשון בכוון הראשי.

יש להפריד את התנועה המיועדת לאחסנה מיתר התנועות המתקרבות, עוד לפני הצומת הראשון, באמצעות יצירת נתיבים ייעודיים והדרכה מתאימה. ראו סעיף 3.8.6 להלן.

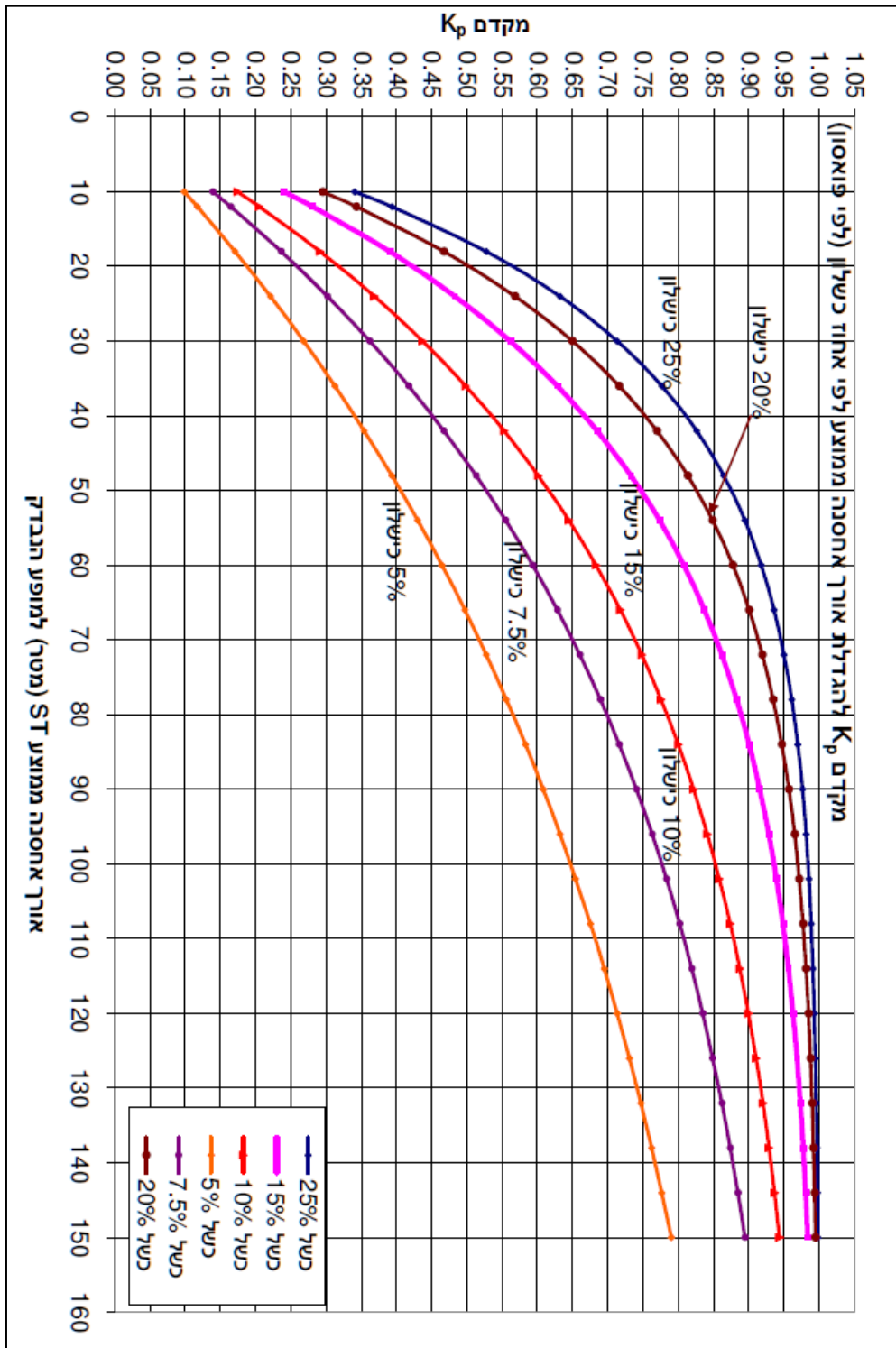
מספר הנתיבים באחסנה יהיה זהה או גדול ממספר הנתיבים המזינים.

## ג. התיאום

התיאום בין כל שני צמתי-משנה עוקבים חייב להתקיים בשני נושאים:

(1) תיאום זמנים (או גל ירוק) על-מנת שרכב הנכנס לקטע בין שני הצמתים, לפחות בכיוון הראשי, יוכל לעבור גם בצומת השני בלי לעצור.

(2) תיאום קיבולת, כך שהקטע בין הצמתים לא ייסתם. לשם זה יש לחשב בקפדנות את המאזן בין סה"כ הרכב הנכנס לקטע הנ"ל, ובין סה"כ הרכב היוצא ממנו, על-מנת למנוע סתימה.



**תרשים 3.22:** המקדם  $K_p$  להגדלת הממוצע של אורך האחסנה (ST) לפי תהליך פואסון ולפי אחוז כישלון

#### ד. תכן מרכיבים נוספים

בצומת מפוצל, רצוי שכל הפניות ימינה תהיינה חופשיות. השטח הגדול של הצומת מאפשר בדרך-כלל לתכנן חלק מהפניות ימינה כתפניות לפנייה מהירה. פרטי התכן הגיאומטרי של מרכיבי הצומת יהיו כמפורט בסעיף 3.5 לעיל. הסבר מפורט לגבי שילוב התכן והתפעול בצומת, והנחיות לתפעול הרימזור, ראו ב"פיצול צמתים מרומזרים", של המפקח על התעבורה (משה"ת 1987).

את מרכיבי הצומת המתוכננים כבר כהכנה לשלב המחלף יש לתכנן בהתאם להנחיות שבכרך 3 – "מחלפים" (2019).

#### 3.8.6 התמצאות בצומת מפוצל

פיצול הצומת וסדר המופעים ברמזור גורמים לקשיי התמצאות לנהגים העוברים את הצומת, בעיקר לנהגים המתכוונים לפנות שמאלה: בפיצול המרובע (תרשים 3.25), נהגים אלה עוברים קודם את צומת-המשנה הראשון בתנועה ישרה, ופונים שמאלה בצומת-המשנה השני. יחד עם זאת, כבר לפני הצומת הראשון מאוחסנים הפונים שמאלה בצד השמאלי של המסלול. בפיצול היהלום (תרשים 3.24), הנהגים בדרך שפוצלה פונים שמאלה בצומת הראשון, ועוצרים ברמזור נוסף לשם חציית המסלול השני. לכן נדרש מערך שילוט הדרכה מורכב, שיכוון את הנהג היטב וימנע ממנו לבצע טעויות הנובעות מהתמצאות לקויה.

למרות ששטחו הכולל של הצומת המפוצל גדול מזה של צומת רגיל, הוא אינו מאפשר תיקון טעויות בתחומו כאשר קיימת הפרדה פיזית בין התנועות (ישר ושמאלה) בצומת. לכן מומלץ כאמור להנחות את הנהגים באמצעות שילוט ותימרוך לבחירת המשך מסלול נסיעתם במרחק רב ככל האפשר לפני הצומת – המרחק המומלץ הוא כ-200 עד 300 מטר לפני הצומת הראשון – המרחק נקבע לפי מיקום מוצע של שילוט הדרכה לקראת צומת מפוצל (סעיף ב'). משבחר הנהג מסלול מסויים, ניטלת ממנו זכות-הבחירה בהמשך, וכל צעדיו מוכתבים לו מראש על-ידי המתכנן, באמצעות שילוב בין הגיאומטריה, הסימון, השילוט והרמזורים. מערכת ההדרכה הנדרשת לצורך הקלת התמצאותו של הנהג בצומת המפוצל כוללת, בנוסף לתמרוך וסימון על פני המיסעה, את הרכיבים הבאים: הפרדת כיוונים, שילוט עילי לקראת צומת מפוצל, עמודים ופנסים לרמזורים. בנוסף, המאפיינים הייחודיים של הצומת משפיעה גם על הפתרונות להולכי-רגל ולתח"צ, כמפורט להלן.

#### א. הפרדת כיוונים

אחד האמצעים החשובים הנדרשים בפתרון הצומת המפוצל הוא ההפרדה הפיזית בין הכיוונים השונים על-ידי איי-תנועה בנויים ארוכים, אשר מנתבים את התנועות השונות בצורה הברורה והחד-משמעית ביותר לכיוונים הנכונים, המותאמים לתכנון הצומת המפוצל. יש להביא בחשבון, שהפרדה זו מונעת מעבר נהגים ממסלול למסלול לצורך תיקון טעויות. ההפרדה מבוצעת על-ידי אי בנוי ברוחב 2 מ' לפחות אם לא מצריך מעבר ה"ר, 3 מ' אם מצריך מעבר ה"ר (סעיף 10.2.1). המפרדה הפיזית מורכבת משני חלקים: קטע אחד בין שני צמתי-המשנה, וקטע אחר באזור ההתקרבות לצומת-המשנה הראשון, כמפורט בתרשימים 3.23-3.25. בצומת מפוצל מרובע (תרשים 3.25) מתוכננת הפרדה פיזית בין התנועות ישר לתנועות המיועדות לפנייה שמאלה (באותו כיוון נסיעה). כנ"ל בדוגמה המוצגת בתרשים 3.23 (הסתעפות עם פיצול הזרוע המסתיימת).

## ב. שילוט הדרכה לקראת צומת מפוצל

תפקידו של השילוט בצומת מפוצל אינו רק לכוון נהג לעבר יעדו, אלא גם להנחותו לנתיב מסוים, שהוא הנתיב הדרוש לצורך תנועה נכונה ליעד המבוקש. מערכת הדרכה שכזו מחייבת ביצוע שילוט עילי בנוסף לשילוט הקונבנציונלי, המוצב בשולי הדרכים. בגלל מורכבות השילוט בצומת כזה, ובגלל שכל אחד מהם מתוכנן לגופו, אין סעיף כללי עבורם ב-" הנחיות לתכנון שילוט בדרכים בין-עירוניות, מהדורה 2016" כמו שיש לצמתים המדורגים. תפקידו של השילוט בצומת כזה הוא גם להעיר את תשומת-ליבו של הנהג – מוקדם ככל האפשר – שהצומת המפוצל שונה מהצומת הרגיל, וכי הפנייה השמאלית, אותה התרגל לבצע בצומת הראשון (והיחיד), תבוצע בשני שלבים, לכן ייתכנו פתרונות ייחודיים כגון תמרורי 629 "הפנייה שמאלה בצומת השני". מערך שילוט עקרוני כולל:

- 1) 500 מ' לפני הצומת הראשון יוצב שלט הכוונה מקדים (601), שיכלול פיקטוגרמת חיצים של מערך הצמתים. שלט זה מספק התראה ראשונית לנהג בהתקרבו לנקודות החלטה ראשיות, מכין את הנהג על ידי זיהוי הצומת, ולכן נושא את שם הצומת והמרחק אליו.
- 2) במרחקים של 350 ו-250 מ' לפני הצומת הראשון, יוצבו שלטי הכוונה והחלטה (604), שיציגו בפני הנהג את האפשרויות בנקודות ההחלטה. בנוסף, שלט ניתוב (613) מלא, יוצב במרחק של כ-250 מטר מהצומת, ויציג את מערך פריסת הנתיבים לקראת הצומת הראשון, כדי לאפשר לנהג למקם עצמו בעוד מועד בנתיב הנכון. השלט מוצב בתחילת ההרחבה של המסלול, בקטע שבו יש עדיין מעט נתיבים, והמעבר מנתיב לנתיב יכול להתבצע בקלות.
- 3) שני שלטי החלטה נוספים (604), יוצבו במרחק של כ-150 מטר מהצומת בחתך רחב יותר של מסלול הגישה (בכל צד של המסלול), שלט ההחלטה חוזר על המידע בשלט הכוונה (או על חלק ממנו), בנקודה האחרונה ממנה הנהג עדיין יכול לבצע את התמרון הדרוש לביצוע פנייה בצומת או יציאה.
- 4) גשר של תמרורים מוארים ומחזירי-אור, המוצב בסמוך לצומת והנראה למרחק, ומדגיש לנהג את הכיוון היחיד האפשרי להמשך תנועתו מהנתיב בו הוא נמצא.
- 5) בנקודות הפנייה עצמן בצמתים יוצבו מורי דרך (617), ובין הצמתים יחזרו שלטי 604 ו-613, בהתאם למרחק ולמספר הנתיבים בקטע שבין הצמתים.

## ג. עמודים ופנסים לרמזורים

כאשר המרחק בין קווי העצירה קטן מ-100 מטר, ניתן לשקול את ביטול הרמזור החוזר, בהתאם להנחיות לתכנון רמזורים במהדורה המעודכנת. מבנה הצומת המפוצל מאפשר במקרים רבים להסתפק בסדרת פנסים אחת לכל תנועה. במקרים אלה, יש להבליט ולהדגיש את הפנסים הקרובים של הצומת הראשון בכיוון הנסיעה (שוטים וכו'), תוך הצנעה מסוימת של פנסי הצומת השני על עמודים נמוכים.

ההסדר של הצנעת פנסי הצומת השני על עמודים נמוכים יתריע לנהגים המתקרבים על התקרבות לרמזור (במיוחד במהירויות הגבוהות). לפנסים של הצומת השני (בכיוון הנסיעה) חשיבות קטנה יותר, היות והתנועות הראשיות יעברו בו בגלל ירוק ממילא, והתנועות המשניות יעצרו בו, תוך התקרבות במהירות נמוכה במהלך נסיעה בשיירה.

#### ד. מעברי-חצייה ותחנות אוטובוסים

תכנון הצומת המפוצל רגיש ביותר לעיכובים ולהפרעות, ומחייב בחירה מוקדמת של מסלול הנסיעה, ולכן המגמה היא לצמצם, במידת האפשר, פעילות הולכי-רגל ותח"צ בתחום הצומת המפוצל, לבטל את מפרצי האוטובוסים ומעברי-החצייה בקטע המרכזי שבין שני הצמתים, ולרכז את תחנות האוטובוס לפני הכניסה או אחרי היציאה מהצומת המפוצל (תרשים 3.24 עליון).

פיצול הצומת מקצר את מעברי-החצייה, ומאפשר חצייה מהירה ובטוחה של הזרועות בצומת.

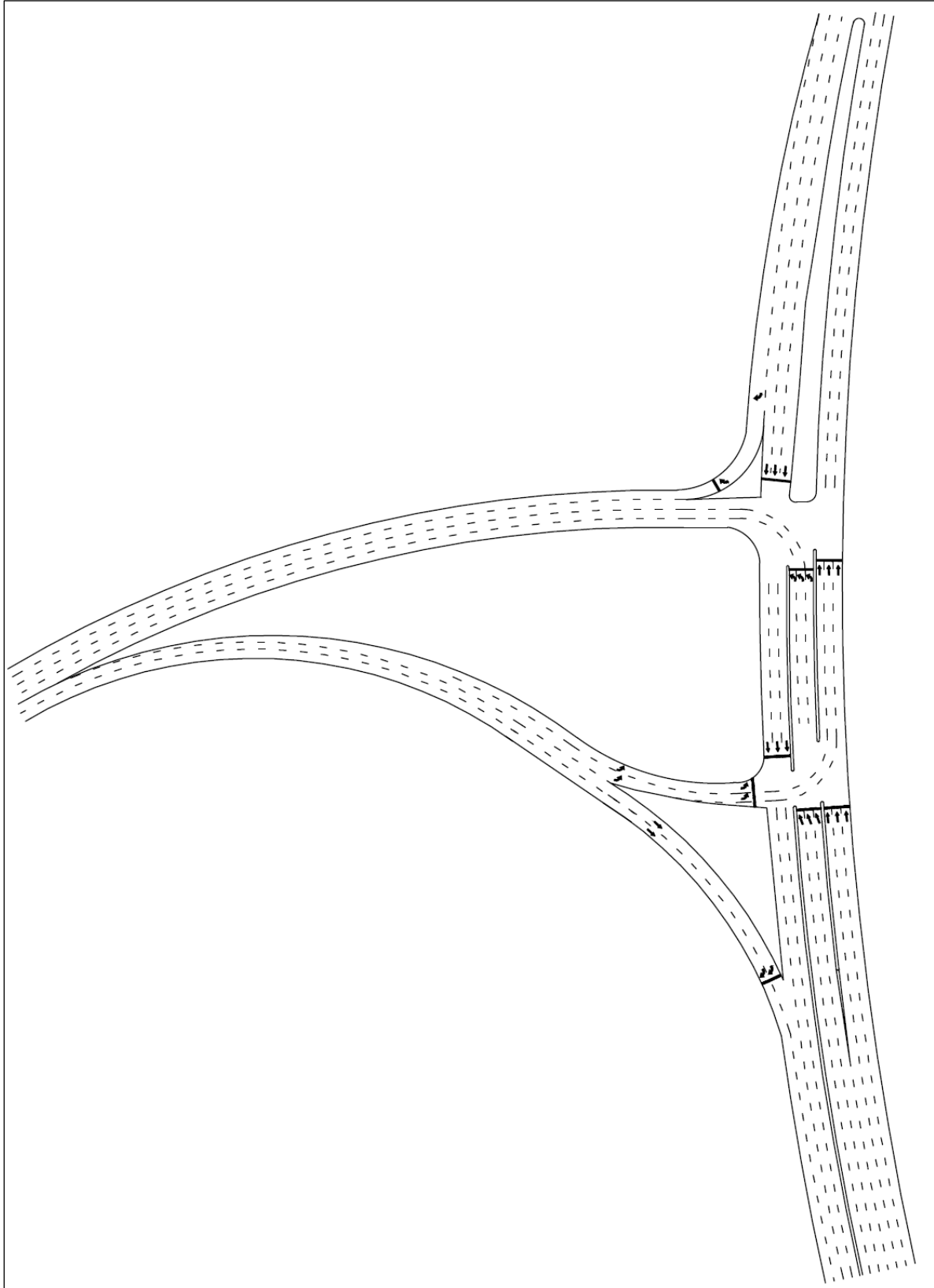
#### 3.8.7 דוגמאות

בתרשימים 3.23 – 3.25 מוצגות דוגמאות של מספר צמתים מפוצלים:

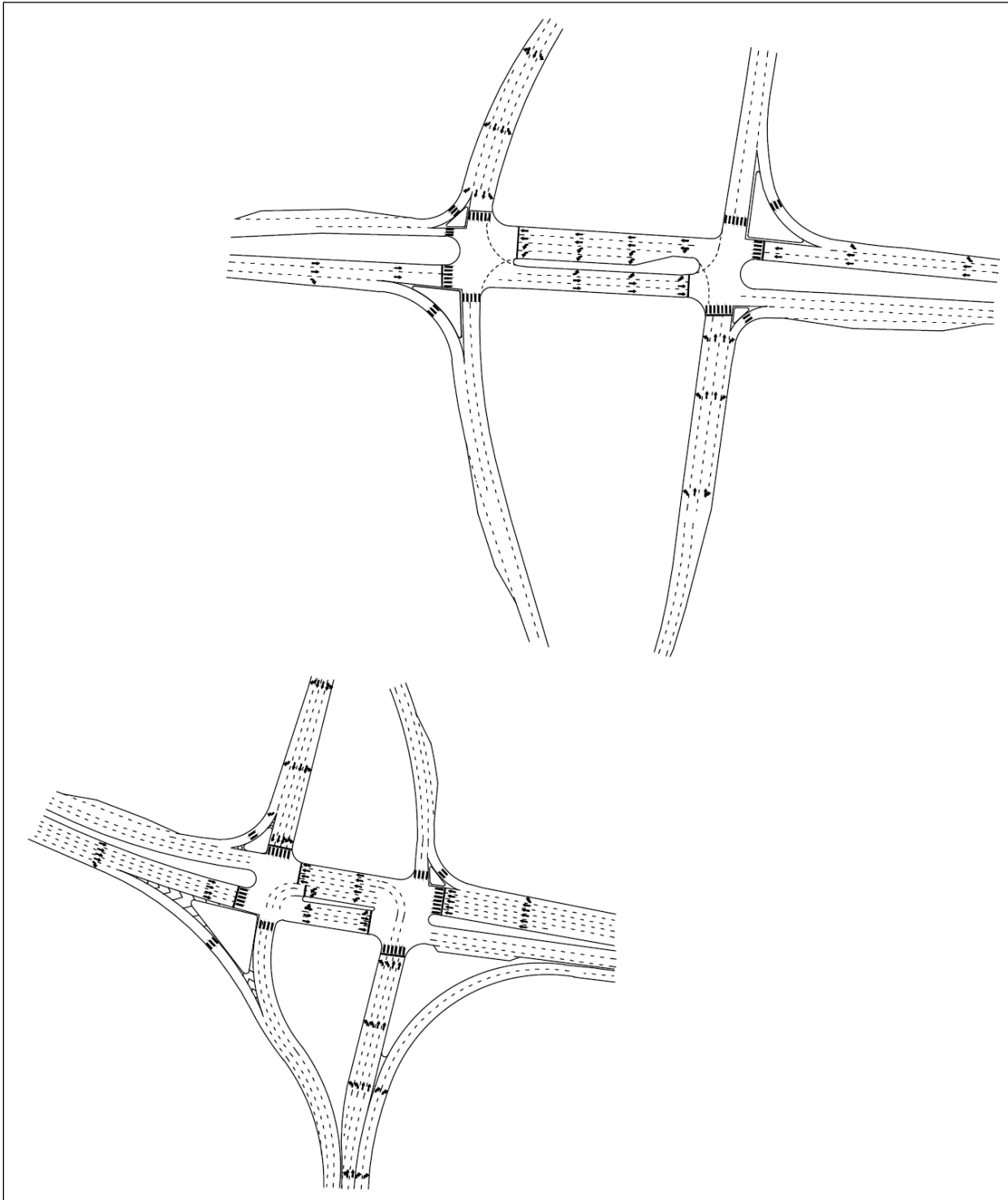
**א. פיצול הזרוע המסתיימת בהסתעפות:** בתרשים 3.23 מוצגת הסתעפות בה פוצלה הזרוע המסתיימת: בהסתעפות זו, נפחי הפניות שמאלה משתי הדרכים הם גבוהים מאוד, והמרחק בין שתי הסתעפויות-המשנה בדרך ההמשכית הוא קצר מכדי לשמש לאחסנה. לכן, מבוצעת אחסנת הפונים שמאלה מהדרך ההמשכית עוד לפני ההסתעפות הראשונה בכיוון הנסיעה, כאשר הנתיבים המשמשים לאחסנת הפונים שמאלה מופרדים פיזית מהנתיבים המיועדים לממשיכים ישר על-ידי איי-תנועה בנויים ארוכים, והמופעים ישר ושמאלה משותפים. לפניות ימינה יועדפו תפניות דרך לפנייה מהירה כהכנה לרמפות במיחלוף הצומת, כאשר פניות עמוסות יכולות להיות דו-נתיביות רק אם הן מרומזרות. תפנית לא מרומזרת מחייבת תוספת נתיב-עזר (נתיב האצה) בדרך ההמשכית, בדומה למחלפים, ולפי ההצדקים בפרקים 5-7 – ראו הנחיות בכרך 3, פרק 6 (מחברי כניסה). הגידול בקיבולת בצומת זה נובע מהקטנת מספר המופעים הקובעים מ-3 ל-2, והקטנת השטח של כל אחת מהסתעפויות המשנה.

**ב. פיצול יהלום:** בתרשים 3.24 מוצגות שתי דוגמאות של פיצול הצטלבות מסוג יהלום, בין שתי דרכים דו-מסלוליות, כאשר הפיצול נעשה כהכנה להקמת מחלף עתידי. בשני הצמתים משמש הקטע שבין צמת-המשנה לאחסנת הפונים שמאלה, כאשר לפניות העמוסות מוקצים שני נתיבים. הפניות העמוסות ימינה מבוצעות באמצעות תפניות-דרך לפנייה מהירה (תרשים 3.24 תחתון), ושאר הפניות ימינה תהיינה עם אי-תנועה ונתיב מיוחד. בתרשים זה מסומנים מפרצים לתחנות אוטובוס מחוץ לתחום הצומת המפוצל.

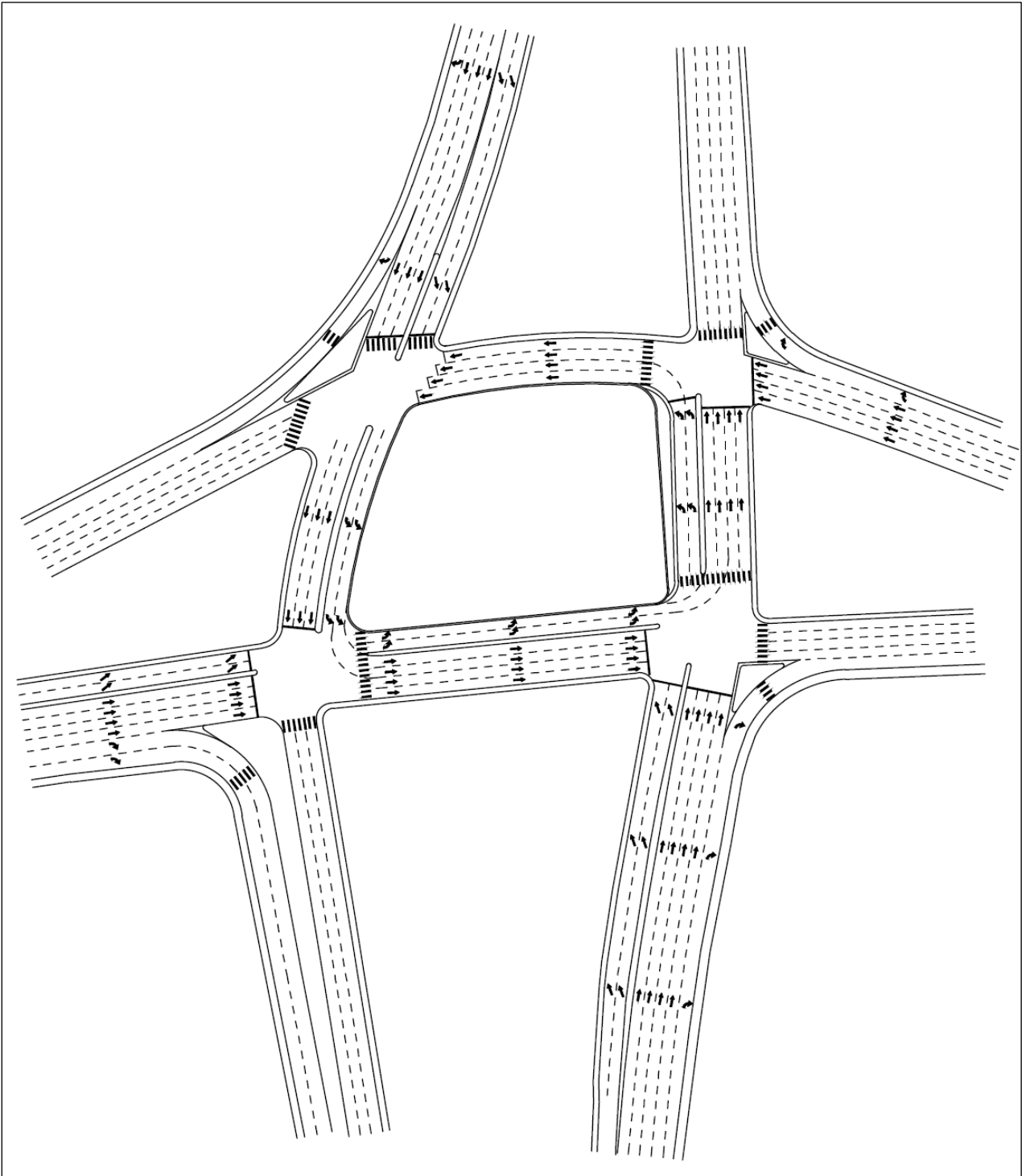
**ג. פיצול מרובע:** בתרשים 3.25 מוצג פיצול מרובע של הצטלבות בין שתי דרכים דו-מסלוליות, כהכנה למחלף שבו הדרך העיקרית תעבור כמשוקעת במרכז הצומת. במקרה זה נדרש הפיצול עקב נפחי התנועה הגבוהים של הפניות שמאלה מכל הכיוונים, וכל זרועות הריבוע המרכזי משמשות לאחסנת הממשיכים ישר והפונים שמאלה. בכיוונים מהם הפניות שמאלה חזקות, יש הפרדה פיזית בין הנתיבים המיועדים לפנייה שמאלה לבין הנתיבים המיועדים להמשך ישר, וההפרדה מתחילה עוד בתחום המיועד לאחסנה לפני צומת-המשנה הראשון (מסומן בחיצים אלכסוניים לקראת הפניות שמאלה).



**תרשים 3.23:** דוגמא של הסתעפות בה פוצלה הזרוע המסתיימת



**תרשים 3.24:** שתי דוגמאות לצמתים מפוצלים מסוג יהלום



**תרשים 3.25:** דוגמא לצומת בפיצול מרובע

## נספח 3 א': תצורות מיוחדות של צמתים מרומזרים

מסקר הספרות שהתבצע להנחיות אלה נמצא, כי במקורות שונים בעולם מוצעים לשימוש המתכננים צמתים מיוחדים שהם צמתים מרומזרים. ייחודיות צמתים אלה היא בנייתוב התנועות כך שהפניות שמאלה אינן מהווה חסם מרכזי ברימזור הצומת, והן יכולות להתבצע מול מספר קטן יותר של תנועות מתנגדות לעומת התצורות המקובלות. מוצגים מספר תרשימים לדוגמאות לנייתוב התנועה במספר צמתים מיוחדים, מתוך המדריך האמריקאי לצמתים אלטרנטיביים (FHWA, 2010):

תרשים 1: Displaced Left Turn Intersection (DLT): התנועה שמאלה מוסטת מעבר לתנועה הנגדית ממול ע"י רימזור מקדים, וכך יכולה להתנהל במקביל לתנועות הישרות.

תרשים 2: Median U-Turn Intersection (MUT): התנועה שמאלה מהמשני מתבצעת ע"י פנייה ימינה מהציר המשני אל העיקרי, וביצוע פניית פרסה לאחר מכן לצורך הצטרפות לתנועות הישרות בראשי. תמרונים דומים נהוגים בארץ ע"י שימוש במעגל תנועה בסמוך לצמתים מרומזרים בהם לא ניתנות הפניות שמאלה.

תרשים 3: Quadrant Roadway Intersection (QR): הפניות שמאלה מתבצעות בעזרת לולאה נוספת, המתחברת לשני צמתים מרומזרים סמוכים לצומת המרכזי בו מתייתרות פניות אלה.

הרחבה בנושא תצורות מיוחדות של צמתים מרומזרים מופיעה בפרסום

Hughes W., Jagannathan R., Sengupta D. and Hummer J. (2010) **Alternative Intersections/ Interchanges: Informational Report** (AIIR) FHWA-HRT-09-060, US DOT, Federal Highway Administration

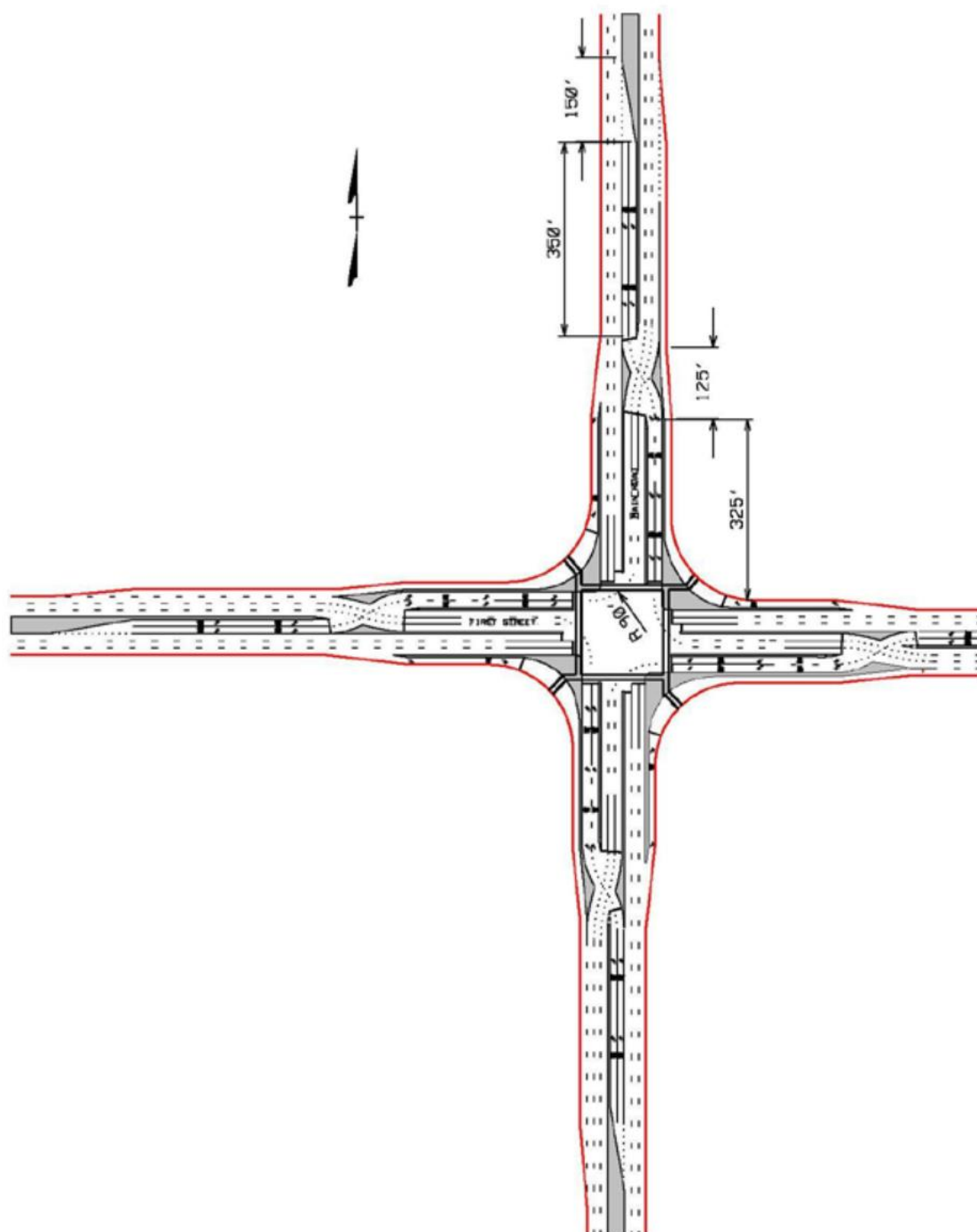
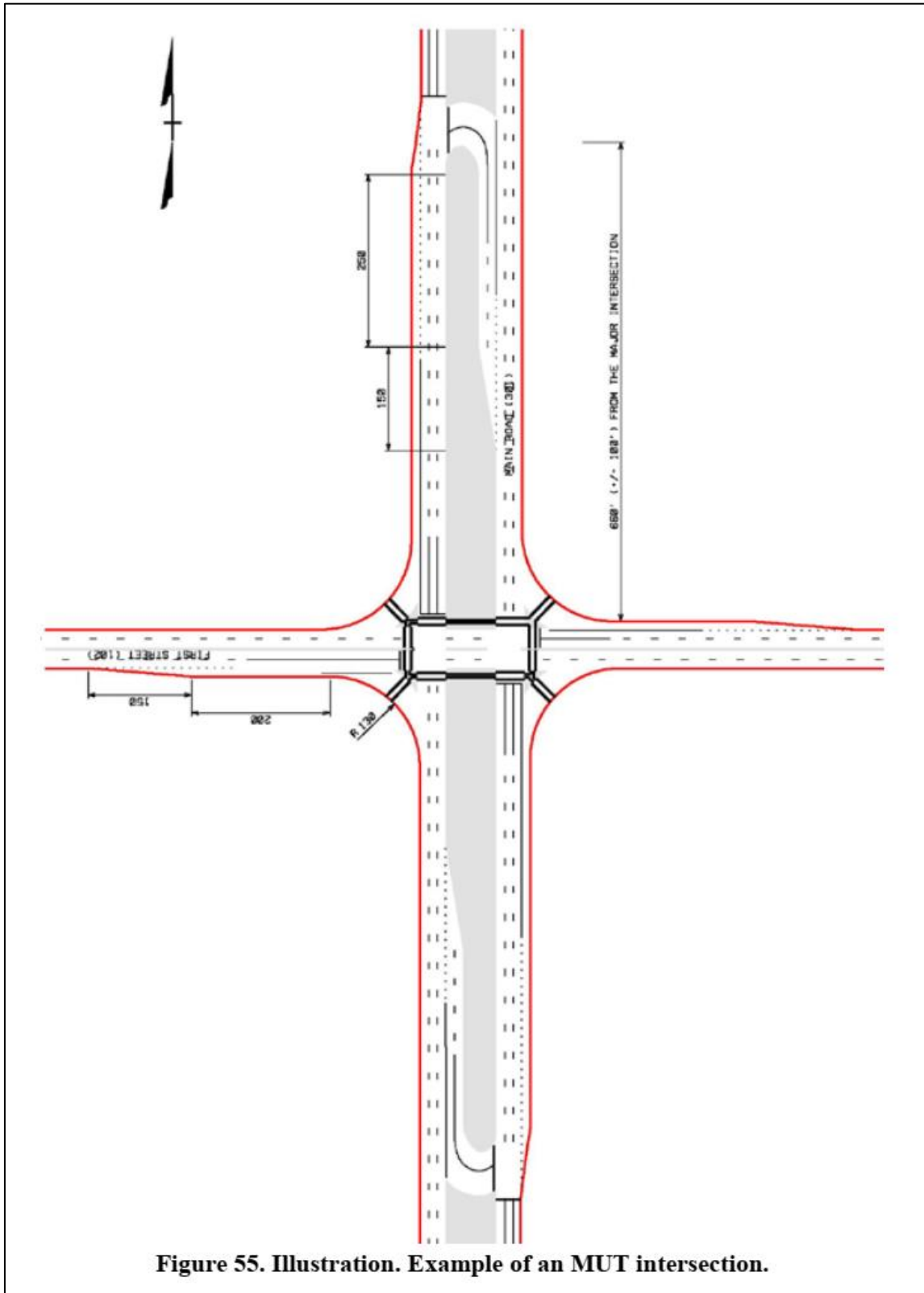
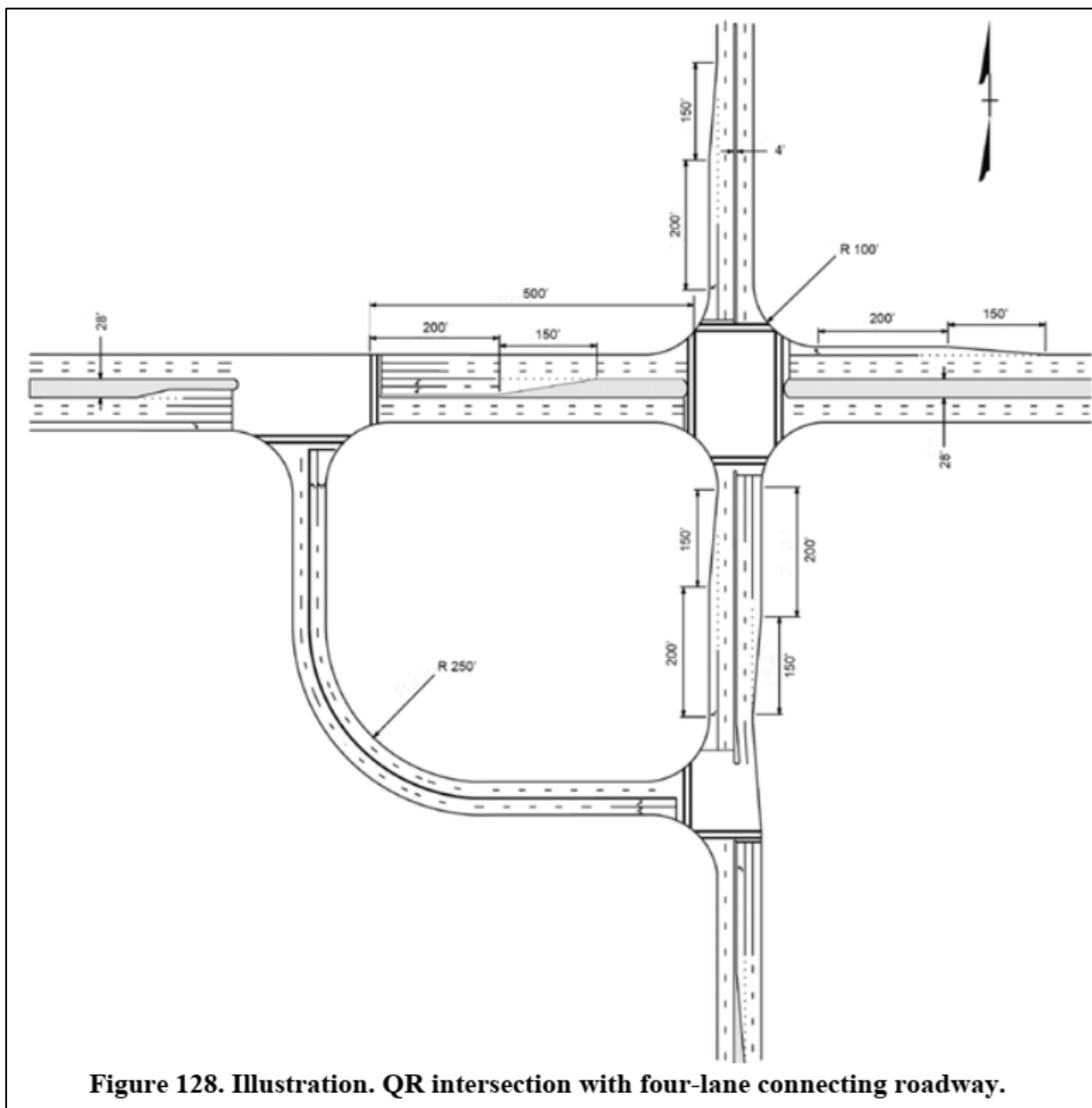


Figure 8. Illustration. Typical full DLT intersection plan view with DLTs on all approaches.

**תרשים נ.3.1:** Displaced Left-Turn Intersection



תרשים נ.3.2: Median U-Turn Intersection



תרשים נ.3.3: Quadrant Roadway Intersection

## פרק 4: מרחקי-ראות בצמתים

### תוכן עניינים

4-1.....	כללי	4.1
4-2.....	מרחקי-הראות בהתקרבות לצומת	4.2
4-2.....	מבוא	4.2.1
4-3.....	מרחק ראות מזערי לעצירה בצומת	4.2.2
4-4.....	מרחק ראות להחלטה בצומת	4.2.3
4-6.....	יישום ערכי התכן של מרחקי-הראות בהתקרבות לצומת	4.2.4
4-10.....	יישום מרחקי-הראות והגובה בתוואי האופקי והאנכי	4.2.5
4-11.....	משולשי-הראות בצמתים	4.3
4-11.....	מבוא והנחות יסוד	4.3.1
4-14.....	חישוב צלעות משולשי הראות: מקרים טיפוסיים	4.3.2
4-22.....	חישוב אורך צלע משולש הראות בדרך העיקרית בשיטת הפערים הקריטיים	4.3.3
4-25.....	קביעת אורך צלע משולש הראות בדרך המשנית ( $L_2$ )	4.3.4
4-26.....	יישום משולשי הראות	4.3.5
4-27.....	משולשי ראות בצמתים מרומזרים	4.3.6
4-29.....	מגבלות להצבת עצמים בתחום משולשי הראות	4.3.7

## פרק 4: מרחקי-ראות בצמתים

### 4.1 כללי

הראות היא פרמטר חשוב ביותר בתכן הצומת, עקב ריבוי האפשרויות לניגודים בצומת, והסיכון הגלום בהם. הקטנת ההסתברות להתרחשות ניגודים בין כלי-הרכב אפשרית באמצעות תכן נאות של מרחקי-ראות השונים הדרושים בצומת, והתאמתם להסדרי הבקרה והניתוב המתוכננים. המתכנן צריך להבטיח קיום מרחקי-הראות המתאים בכל נקודה בצומת ובמבואותיו, כך שיתאפשר לנהג להבחין במתרחש בצומת, לקבל את ההחלטה לגבי התמרון המתחייב, ולבצע את התמרון בבטחה. מרחקי-הראות בצומת צריכים לאפשר לנהג המתקרב לצומת להבחין בדברים הבאים:

- א. קיומו של הצומת, לרבות שילוט והכוונה מוקדמת.
- ב. צורת הצומת והסדרי התנועה בו.
- ג. מיקומם ותנועתם של כלי-הרכב האחרים, של הולכי-רגל ורוכבי אופניים, וכן של תחנות אוטובוסים והסעה, הנמצאים בו או בקרבתו.
- ד. המשך מסלול נסיעתו מעבר לצומת.

קיום הדרישות הללו משפיע הן על תכן התוואי של זרועות הדרכים הנפגשות, במבואות הצומת ובמוצאי הצומת (סעיף 4.2), והן על משולשי-הראות הדרושים בתחומי הצומת ובמבואותיו (סעיף 4.3). לאפשרות למתן מרחקי-הראות הדרושים יש השפעה על קביעת צורת הצומת ועל אמצעי הבקרה והסדרי זכות-הקדימה בו. כמו כן, על מנת לאפשר לנהגים להיכנס לצומת בבטחה ולהשלים את הפעולה המתוכננת (פנייה/חצייה), יש לוודא קיומם של משולשי ראות אשר מגדירים את מרחב הראות הנדרש בין כלי-הרכב בזרועות הצומת השונות. בשטח התחום ע"י משולשי הראות הנדרשים בצומת יש להימנע מחסימות ומהסתרות ע"י עצמים כגון בניינים, צמחיה, עצים, וכו', על מנת שנהגים בתנועות מתנגדות יוכלו להבחין זה בזה ולהתאים את אופן נסיעתם מבעוד מועד.

מודגש, כי פרק זה אינו עוסק בהצדקים להצבת תמרורים או רמזורים – אשר מופיעים בתקנות והנחיות להצבת תמרורים (משהת"ח, המהדורה המעודכנת 2022), ובהנחיות לרמזורים שבהכנה במקביל להנחיות לצמתים. המשך הפרק מפרט את האפשרויות להבטחת סוגי הראות המתחייבים עבור הסדרי הבקרה שנקבעו בצמתים: בצומת לא מרומזר, כך שהראות תאפשר בטיחות מרבית ותפעול נאות של הצומת; בצומת מרומזר, יש לתכנן את מרחקי-הראות למקרה בו הרמזור אינו פועל, והסדרי זכות-הקדימה במקרה זה נקבעים על-פי התימרון המוצב בתנועות ובזרועות המשניות בצומת.

ככלל, בכל צומת בין-עירוני תותקן תאורה. לפיכך, מרחקי-הראות וקווי הראות הנסקרים בפרק זה מותאמים הן לתנאי הראות ביום, והן לתנאי הראות בלילה בהנחה שהצומת מואר, ואז פנסי הרכב משמשים בעיקר להבחנה בקיום הרכב ממרחק. לכן, בתכן התוואי האנכי בצומת ובזרועותיו, רדיוס עקום אנכי קעור ייקבע לפי קריטריון הנוחות, תחת ההנחה שהראות בלילה אינה מסתמכת בלעדית על פנסי הרכב (ראו פרק 8 סעיף 8.4.2).

ההנחיות בסעיף 4.2 להלן מסתמכות על הסוגים השונים של מרחקי-הראות (מרחק ראות לעצירה, מרחק ראות להחלטה מותאם לצומת, ומרחק ראות מלא להחלטה). הכללים לחישוב מרחקי-הראות שזיהם לקטעים, הוסברו בפרק 4 – "מרחקי-ראות" בכרך 1 של הנחיות אלה (משה"ת, נת"י 2018), כך שסעיף 4.2 מתמקד בהתאמת הכללים והנחות החישוב למאפיינים הייחודיים לשימוש בתכן ראות בצמתים בדרכים בין-עירוניות.

המתודולוגיה לחישוב צלעות משולשי הראות בצומת מבוססת על מודלים של קבלת הפער הקריטי (critical gap) ע"י הרכב הפונה בצומת או ע"י רכב החוצה את הצומת, כמפורט בסעיף 4.3 בהמשך הפרק.

למרחקי ראות במעגלי תנועה, ראו סעיף 11.10 בפרק 11 בסוף ההנחיות.

## 4.2 מרחקי-הראות בהתקרבות לצומת

### 4.2.1 מבוא

מרחקי-הראות בזרועות הצומת, בכיוון ההתקרבות אל הצומת, חייבים לאפשר לנהג המתקרב לצומת עצירה בטוחה, במידת הצורך, לפני היכנסו לשטח הניגודים בצומת. העצירה נדרשת הן בזרועות המשניות, הן בפניות מהזרועות העיקריות אם הסדרי הבקרה מכיוון ההגעה ונפח התנועות המתנגדות מחייבים זאת, והן לממשיכים ישר בזרועות העיקריות (להם זכות הקדימה), אם הנהג מבחין ממרחק שנתיבו חסום למעבר.

לנהג המתקרב לצומת בזרוע המשנית, מרחקי-הראות צריכים לאפשר הבחנה בקיומו של הצומת, בצורך להפחית את מהירותו עד כדי עצירה או פנייה במהירות מבוקרת, ובהסדרי התנועה והניתוב בזרוע בה הוא נמצא, כדי למקם את עצמו בנתיב המיועד לפעילות אותה הוא מעוניין לבצע.

כאשר מתוכננת תוספת נתיבים או פתיחת נתיבי-עזר לקראת הצומת, דרוש לנהגים מרחק ראות להחלטה המותאם לצומת לצורך הבחנה בתמרורים וקבלת החלטות יזומות (שינויי כיוון, מעבר נתיב). בכל מקרה שבו הנהגים נדרשים לבצע תמרון מורכב או לא צפוי (מקרה חריג להחלטת רשות התכנון), נדרש מרחק ראות מלא להחלטה (לפירוט ראו סעיף 4.2.3 להלן).

לקיום הדרישות המפורטות לעיל מתחייב לפיכך במרבית הצמתים בדרך בין-עירונית תכן של שני מרחקי-ראות בגישות לצומת: מרחק ראות מזערי לעצירה, ומרחק ראות להחלטה המותאם לצומת.

בסעיף הנוכחי מותאמים הפרמטרים של המודלים של מרחקי-הראות לקטע, הנסקרים בכרך 1, ליישום בצמתים בדרך בין-עירונית.

סעיף 4.2.2 דן באופן החישוב של מרחק הראות לעצירה בצמתים, וסעיף 4.2.3 מציג את אופן החישוב של מרחק-הראות להחלטה המותאם לצומת לאחר עדכון הפרמטרים של מרחק הראות המלא להחלטה. לאחר מכן, סעיף 4.2.4 מציג את השיקולים בקביעת יישום מרחקי-הראות, לרבות מקרים ייחודיים בהם ניתן ליישם מהירות התקרבות (30, 40 קמ"ש) הנמוכה ממהירות התכן.

סעיף 4.2.5 מתייחס ליישום מרחקי-הראות בתוואי האופקי והאנכי, לרבות גובה עיני הנהג וגובה העצם.

## 4.2.2 מרחק ראות מזערי לעצירה בצומת

### א. הגדרת מרחק-הראות

מרחק-הראות לעצירה הוא מרחק הנסיעה הנמדד לאורך זרוע הגישה, אשר חייב להיראות לעיני נהג הנוסע במהירות התכן. הגדרתו, יישומו ואופן החישוב פורטו בסעיף 4.2 בכרך 1 של ההנחיות. לנוחות המשתמש, יוצגו כאן בתמציתיות עקרונות ואופן החישוב, והשינויים המתחייבים מיישום מרחק ראות זה לצמתים לעומת קטעי דרך.

### ב. עקרונות החישוב

עקרונות החישוב בצומת דומים לעקרונות החישוב בדרך, בשינויים מסוימים, כמפורט:

- (1) מהירות הנסיעה בזרוע בהתקרבות לצומת לצורך חישוב מרחק הראות, שווה ברוב המקרים למהירות התכן של אותה זרוע (ללא שינוי). לפירוט ראו סעיף 4.2.4 ג' ותרשים 4.1.
- (2) תאוצת בלימה משוקללת של מכונית נוסעים המתאימה למיסעה אספלטית רטובה, היא לפי מהירות התכן (ללא שינוי).
- (3) בהתקרבות לצומת, הנהג דרוך יותר מאשר בקטעים פנויים, ולכן זמן החישה-תגובה מתקצר מ-2.5 שניות ל-2.0 שניות.

### ג. הנוסחה לחישוב וערכי תכן

מרחק הראות המזערי לעצירה בצמתים ללא שיפוע ניכר לאורך, מחושב לפי הנוסחה שלהלן:

$$[4.1] \quad S_D = \frac{2.0}{3.6} \cdot V_D + \frac{V_D^2}{2 \cdot 3.6^2 \cdot a} = 0.555V_D + \frac{V_D^2}{25.92 \cdot a}$$

כאשר:

- $S_D$  – מרחק הראות המזערי לעצירה (מטר);
- $V_D$  – מהירות התכן בזרוע הצומת (קמ"ש);
- $a$  – תאוצת מכונית נוסעים (מטר/שנייה<sup>2</sup>), השקולה למקדם החיכוך מוכפל בתאוצת הכובד;
- 3.6 – מקדם להתאמת יחידות, מקמ"ש למטר/שנייה.

ערכי התכן למרחק ראות מזערי לעצירה בצמתים מוצגים בטבלה 4.1. מרחקים אלה קצרים במעט מהמרחקים שלא בצומת, כיוון שזמן החישה-תגובה לתכן בצמתים קצר יותר מאשר בקטעים.

### ד. השפעת השיפוע על מרחק-הראות לעצירה בצומת

מרחק-הראות הדרוש כאשר הדרך בשיפוע אורכי, מחושב בנוסחה 4.2:

$$[4.2] \quad S_D = \frac{2.0}{3.6} \cdot V_D + \frac{V_D^2}{2 \cdot 3.6^2 \cdot (a \pm g \cdot 0.01 \cdot i)} = 0.555V_D + \frac{V_D^2}{25.92 \cdot (a \pm 0.1 \cdot i)}$$

כאשר כל הסימונים הם בהתאם לנוסחה 4.1, ו- $i$  הוא השיפוע האורכי של הדרך, באחוזים (חיובי בעלייה ושלילי בירידה).

יש להשתמש בנוסחה 4.2 בכל מקרה בו השיפוע האורכי עולה על 3%. בטבלה 4.1 מוצגים ערכי התכן למספר שיפועים אופייניים. לערכי ביניים, שאינם מופיעים בטבלה, יש לערוך אינטרפולציה ליניארית.

#### טבלה 4.1: ערכי תכן למרחק ראות מזערי לעצירה בצמתים, עבור שיפועים שונים

מרחק ראות לעצירה לקראת הצומת (מ')					מקדם החיכוך	תאוצה (m/s <sup>2</sup> )	מהירות התכן <sup>(1)</sup> (קמ"ש)
ירידה <sup>(2)</sup>		עלייה <sup>(2)</sup>		קטע מישורי עד 3%			
6-8%	4-5%	6-8%	4-5%				
35	35	35	35	35	0.43	4.19	30
<sup>(4)</sup> 40-45	40	<sup>(3)</sup> 35-40	40	40	0.43	4.19	40
<sup>(4)</sup> 55-60	55	50	50	55	0.43	4.19	50
75	70	65	65	70	0.43	4.19	60
100	95	<sup>(3)</sup> 80-85	85	90	0.40	3.96	70
<sup>(5)</sup> 125	120	<sup>(5)</sup> 105	105	115	0.38	3.76	80
<sup>(5)</sup> 155	150	<sup>(5)</sup> 130	130	140	0.36	3.57	90
<sup>(5)</sup> 195	185	<sup>(5)</sup> 155	160	170	0.35	3.41	100

- 1) למהירויות 30 ו-40 זו מהירות ההתקרבות – ראו סעיף 4.2.4 ד'.
- 2) ראו סעיף 8.2.2 וטבלה 8.1 בפרק 8 לגבי השיפוע המרבי לאורך בזרועות הצומת לפי מהירויות התכן.
- 3) בטווח זה, הערך הנמוך מתאים לשיפוע לאורך בעלייה של 8%.
- 4) בטווח זה, הערך הגבוה מתאים לשיפוע לאורך בירידה של 8%.
- 5) ערכים שבסוגריים מייצגים ערכים של שיפוע לאורך שאינם מומלצים במהירויות אלה לפי פרק 8. מעל 6% יש לבצע חישוב נפרד של מרחק הראות לעצירה הנדרש בהתאמה לשיפוע לאורך (ראו סעיף 4.2.3 ד').

### 4.2.3 מרחק ראות להחלטה בצומת

#### א. הגדרת מרחק-הראות להחלטה

מרחק-הראות לעצירה, שהוא המזערי הדרוש לכל אורך הדרך, אינו מספיק בהתקרבות לצומת, אם נדרשים תמרונים נוספים פרט לעצירה. הנהג מצפה למרחק ראות גדול יותר, התואם את טווח הראייה הממוקד שלו. מרחק ראות זה הוא מרחק-הראות להחלטה (Decision Sight Distance), אשר מאפשר לנהג להתכונן ולבצע מבעוד מועד ובבטחה את כל התימרונים הדרושים לנהיגה לקראת המעבר בצומת ואחריו, כגון האצה, האטה, שינוי נתיב, פניות וכד'. המקרים בהם יש צורך ביישום מרחק הראות להחלטה המותאם לצומת ומרחק ראות מלא להחלטה יפורטו בסעיף 4.2.4 ב'.

## ב. עקרונות החישוב וערכי תכן למרחק ראות מלא להחלטה (Decision Sight Distance)

עקרונות החישוב, הפרמטרים התכנוניים וערכי התכן מובאים בכרך 1 פרק 4 סעיף 4.3 (טבלה 4.7).

## ג. עקרונות החישוב וערכי תכן למרחק הראות להחלטה המותאם לצומת

### (Intersection Decision Sight Distance)

למרחק הראות להחלטה שלושה מרכיבים:

- 1) מרחק הנסיעה במשך קדם-התמרון; קדם-התמרון הוא סכום הזמנים הדרוש לנהג לאבחנה במידע, לחישה ולזיהוי, ובהמשך להחלטה ולבדיקת האפשרות לביצועה.
- 2) מרחק הנסיעה במשך הבלימה ממהירות הזרימה לפני התמרון למהירות התמרון;
- 3) מרחק הנסיעה במשך התמרון; זמן התמרון הוא משך הזמן הדרוש לביצוע מלא של התמרון במהלך הנסיעה כגון: מעבר נתיב לקראת הצומת.

מודל מרחק הראות להחלטה אומץ מפרק 4 בכרך 1 בשינויים המותאמים לצומת, ומוצג להלן. למרחק הראות להחלטה המותאם לצומת (Intersection Decision Sight Distance) ייושמו פרמטרים תכנוניים מופחתים, המותאמים למאפייני הנהיגה בהתקרבות לצומת: מהירות ההתקרבות מופחתת ממהירות התכן למהירות הממשית, בהנחה שהנהג מפחית מהירות נסיעה בהתקרבות לצומת, בהתחשב בשילוט ובתימרון המקדימים לפני הצומת.

משך קדם-התימרון מופחת לעומת קטע, בגלל שתמרונים הנהג בצומת יזומים. זאת, להבדיל ממרחק ראות מלא להחלטה המובא בכרך 1 של ההנחיות, ומיושם לקטעי דרך ולמחלפים. מרחק ראות מלא להחלטה יכול להיות מיושם בצמתים למצבי נהיגה מורכבים המצריכים ביצוע תימרון בעקבות החלטה לא יזומה של הנהג.

מרחק הראות להחלטה המותאם לצומת יחושב לפי הנוסחה שלהלן על בסיס שלושת מרכיביו בהתאמה:

$$[4.3] \quad S_{IDC} = \frac{4.5}{3.6} \cdot V_a + \frac{V_D^2 - V_M^2}{2 \cdot 3.6^2 \cdot a} + \frac{T_M}{3.6} \cdot V_M = 1.25 \cdot V_a + \frac{V_D^2 - V_M^2}{25.92 \cdot a} + \frac{T_M}{3.6} \cdot V_M$$

כאשר:

- $S_{IDC}$  – מרחק ראות להחלטה מותאם לצומת [Intersection Decision Sight Distance] (מטר);
- $V_a$  – מהירות ממשית (כ-85% ממהירות התכן);
- $a$  – תאוצת הבלימה (מטר/שנייה<sup>2</sup>);
- $T_M$  – משך התמרון (שניות);
- $V_M$  – מהירות הנסיעה במהלך ביצוע התמרון (קמ"ש).

- הערך המייצג למשך קדם-התמרון מורכב מ-2.0 שניות למשך אבחנה, ו-2.5 שניות להחלטה ובחירה בתמרון יזום (במקום 3.5 שניות בתמרון לא יזום) – סה"כ 4.5 שניות.
- מהירויות התמרון ומשך התמרון (4.0-4.5 שניות) נקבעו בהתאם למהירות הממשית.
- תאוצות הבלימה הינן התאוצות המומלצות לחישוב מרחק הראות לעצירה.

טבלה 4.2 מציגה את ערכי התכן של מרחק הראות להחלטה המותאם לצומת.

#### טבלה 4.2: ערכי תכן למרחק הראות להחלטה בצומת

100	90	80	70	60	50	40	30	מהירות התכן* (קמ"ש)
85	77	70	63	51	42	35	28	מהירות ממשית (V <sub>a</sub> ) (קמ"ש)
55	50	50	43	36	31	28	25	מהירות תמרון (V <sub>m</sub> ) (קמ"ש)
215	190	170	150	120	100	85	70	מרחק-הראות להחלטה מותאם לצומת (מ')

\* מהירויות 30 ו-40 קמ"ש הן מהירויות ההתקרבות – ראו סעיף 4.2.4 ד'.

#### 4.2.4 יישום ערכי התכן של מרחקי-הראות בהתקרבות לצומת

יישום ערכי התכן של מרחקי-הראות בהתקרבות לצומת נגזר מתוך ההנחות ההתנהגותיות על מהירות הנהגים בנסיעתם לאורך הדרכים עד לזיהוי קיום הצומת ומאפייניו, והתאמת ההתנהגות ומהירות הנסיעה לנדרש מהנהג לפי הרכיבים המוצבים לפניו. מכאן חשובה לעין ערוך יכולת הנהג להבחין ולקלוט את מרכיבי הצומת מבעוד מועד, להבין מה אמצעי הבקרה המוצבים, מה מדרג הזרועות, ולמי ניתנת זכות הקדימה בצומת.

##### א. יישום מרחק ראות לעצירה

משיקולי בטיחות, על מרחק-הראות לעצירה להתקיים תמיד בגישה לצומת מכל אחת מזרועות הצומת, בהתאם למהירות התכן של הדרך אשר הזרוע האמורה היא חלק ממנה. כמו-כן, צריך מרחק ראות זה להתקיים בכל מרכיב של הצומת המתוכנן לפי שיקולים דינמיים (כגון תפנית דרך לפנייה חופשית ימינה), בהתאם למהירות התכן של אותו מרכיב.

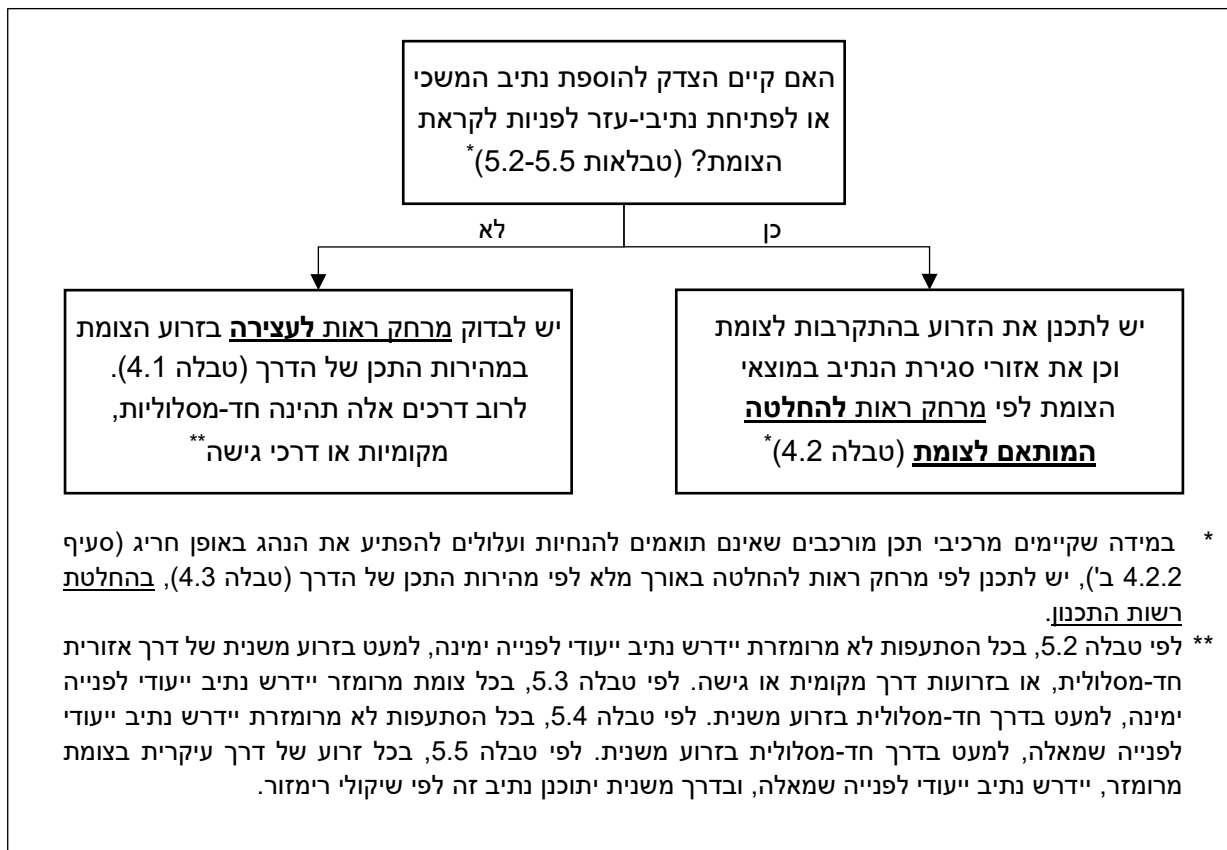
מרחק ראות לעצירה (להבדיל ממרחק ראות להחלטה מותאם לצומת) ייושם בהתקרבות לצומת כאשר אין תוספת נתיבים לעומת מספר הנתיבים הבסיסי בקטע הדרך המוביל לצומת (תרשים 4.1).

תמרוני האזהרה וההדרכה המעידים על קיום הצומת מצויים עדיין בקטע דרך, ולכן גם שם יש לספק מרחקי-ראות לעצירה בכל הזרועות ובכל הצמתים, לפי מהירות התכן של הדרך (לפי מרחקי-ראות לעצירה בקטע דרך, כרך 1 פרק 4).

##### ב. יישום מרחקי-הראות להחלטה: מרחק המותאם לצומת ומרחק מלא

מרחק-הראות להחלטה דרוש כאמור לנהג, כאשר עליו לקלוט ממרחק שינויים גיאומטריים ותפעוליים בתוואי, תמרונים לסוגיהם השונים, וכן כאשר עומד בפניו הצורך לבחור בין מספר אפשרויות, כגון: בחירת כיוון הנסיעה מעבר לצומת, בחירת הנתיב הנכון ותמרון המעבר לנתיב הדרוש. לאור הניגודים המתקיימים בצמתים, מומלץ לספק לקראת כל צומת מרחקי-ראות ארוכים יותר מאשר מרחקי-הראות המזעריים לעצירה. זאת כיוון שכל שמרחק הראות ארוך יותר, התכנון מאפשר לנהגים להתכונן מראש לתמרון הנדרש בזרוע הצומת, ולקחת בחשבון סיכונים אפשריים לאורך הזרוע.

1) מרחק הראות להחלטה המותאם לצומת מוגדר בכרך זה לצורך תמרון הנהגים בהתקרבות לצומת כאשר מתוכננת תוספת נתיבים לפניות או פתיחת נתיב-עזר לקראת הצומת (תרשים 4.1).

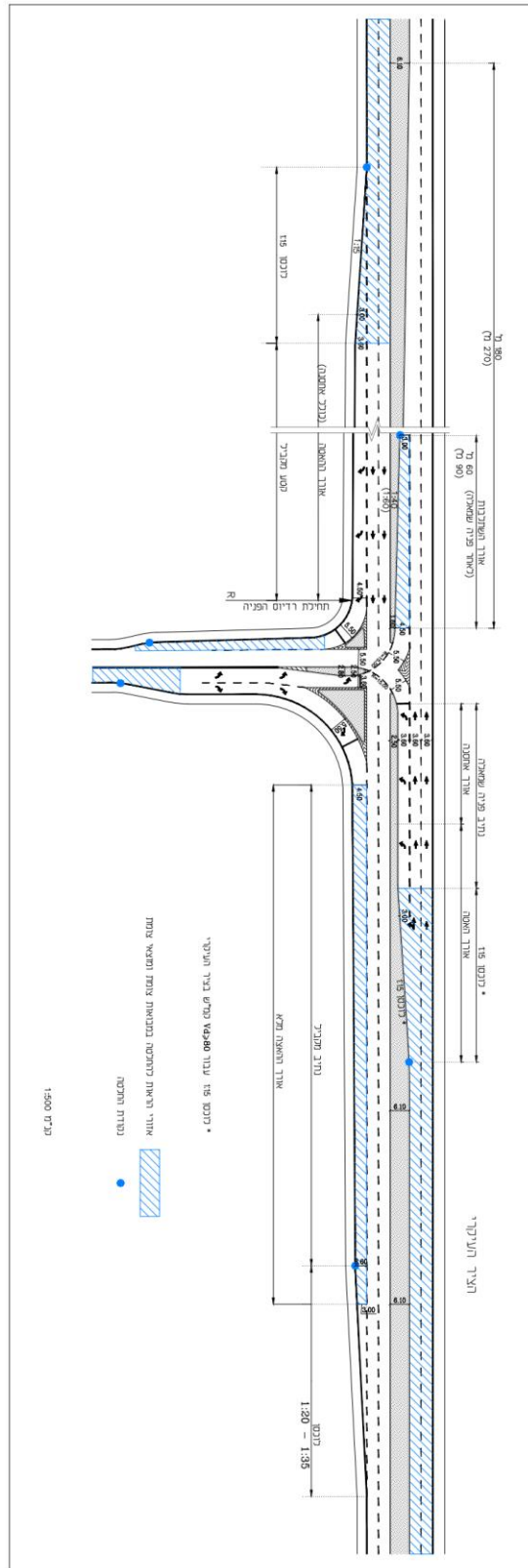


#### **תרשים 4.1:** בחירת מרחק ראות מתאים לסיווג הדרך ולסוג הצומת בתהליך התכנון

מרחק זה מיועד לתנועות הנדרשות לבצע מעבר נתיבים לצורך ביצוע פניות ימינה ושמאלה בצומת באמצעות נתיבי-העזר לפניות (ראו פרקים 5-7). אזורי פתיחת וסגירת נתיבי-עזר יוגדרו כאזורים בהם נדרש שיתקיים מרחק ראות להחלטה המותאם לצומת, וזאת תחת ההנחות שתוארו בסעיף 4.2.3 ב' לעיל. בהתקרבות לנתיבים הייעודיים לפניות ימינה ושמאלה (האטה), אזור ההחלטה מוגדר כאזור ההתקרבות לפתיחת הנתיב (מרחק ראות להחלטה לזיהוי פתיחת הנתיב), ועד סיום הלוכסן והגעה לרוחב הנתיב המלא, שם הרכב כבר מצוי בהאטה לאחר יישום ההחלטה. ביציאה מהצומת, לאורך נתיבי האצה (ימינה) או השתלבות (שמאלה), אזור ההחלטה מוגדר כאורך הנתיב המלא, מסוף קשת הפנייה, ועד סיום ניתוב 808 ברוב 2.7 מ' בנתיב העזר.

מרחק הראות להחלטה המותאם לצומת ייושם בכל אזורי ההחלטה בהם מתבצע זיהוי של השינוי בנייתוב בזרוע הצומת, כמפורט לעיל. תרשים 4.2 מציג דוגמא ליישום מרחק ראות להחלטה מותאם לצומת במבואות צומת ובמוצאי צומת (ראו גם סעיף ג' להלן).

**הערה:** תוספת נתיבים לפניות שמאלה או ימינה נדרשת לרוב בציר העיקרי, בדרכים בסיווג גבוה (דו-מסלוליות, וחד-מסלוליות ראשיות ואזוריות), בצמתים מרומזרים, ובמקרים נוספים בהתאם לשיקולים תפעוליים (ראו פרק 5 טבלאות 5.2-5.5 להצדקים להוספת נתיבים ייעודיים לפניות). ככלל, בצמתים אלה צפויים אי-תנועה בנויים לקראת הצומת, המסייעים בזיהוי פתיחת נתיבי-העזר (ראו שיקולים להצבת אי-תנועה בפרק 5). בצמתים מרומזרים תיתכן גם הוספת נתיבים לתנועות ישר; מרחק הראות להחלטה המותאם לצומת מכסה גם את המקרים האלה (הוספת נתיבים במבואות הצומת).



**תרשים 4.2:** דוגמאות ליישום של אזורי מרחק ראות להחלטה במבואות צומת ומוצאי צומת ליישום מרחק ראות להחלטה מותאם לצומת (הסתעפות לא מרומזרת)

2) **מרחק ראות להחלטה באורך מלא** (כפי שמוגדר בכרך 1 פרק 4 ובכרך 3 טבלה 5.15) נדרש כאשר על הנהגים להגיע להחלטה בקרבת הצומת בגלל שינויים גיאומטריים ותנועתיים שאינם צפויים, או בגלל מורכבות חזותית או תכנונית, שעלולה להוביל לתמרון לא צפוי ומייד עקב קבלת החלטה שלא ניתן היה לחזותה מראש ע"י תמרון ושילוט מקדים לצומת. מרחק זה כולל בחישובו, המפורט בכרך 1 פרק 4, גם את עיבוד המידע הנדרש וגם את התמרון אותו יידרשו הנהגים לבצע. יישום מרחק ראות להחלטה מלא בהתקרבות לצומת הינו בעל השלכות סטטוטוריות, ולכן מצריך אישור רשות התכנון, כאשר כל פרוייקט ייבחן לגופו.

#### ג. עקביות תכנון ביציאה מהצומת:

ביציאה מהצומת, כאשר מתוכננת סגירה של נתיבי-עזר (כגון נתיבי האצה, ונתיבי השתלבות לפנייה שמאלה, ראו פרקים 5-7 בכרך זה), יש ליישם **מרחק ראות להחלטה המותאם לצומת**. לצורך עקביות התכנון והתווית ציר הדרך, תכן תוואי המסלול בו נסגרים נתיבי-העזר במוצא הצומת יותאם לרוב לתכן תוואי המסלול בכיוון הנגדי (במבואות הצומת) בו קיימת פתיחת נתיבי-העזר (ימינה או שמאלה) לקראת הצומת, שכן פתיחת הנתיבים לקראת הצומת תהווה לרוב את האילוץ הקובע בתכנון. לאחר סיום סגירת הנתיבים במוצאי הצומת וחזרה למספר הנתיבים הבסיסי, יש ליישם **מרחק ראות לעצירה לפי קטע דרך** (כרך 1 פרק 4).

#### ד. קביעת מהירות ההתקרבות לצומת לצורך חישוב מרחק הראות

ברוב המקרים, מהירות ההתקרבות לצומת לקראת מבואות הצומת תיקבע כמהירות התכן של הדרך. במקרים ייחודיים, אם בזרוע המשנית מתוכננים מרכיבים תנועתיים וגיאומטריים הגורמים להפחתה משמעותית וברורה של מהירות התכן לקראת הצומת, ניתן לקבוע מהירות התקרבות מקומית נמוכה יותר ממהירות התכן בזרוע משנית בהתקרבות לצומת (30, 40 קמ"ש):

1) כאשר התוואי האופקי יוצר מיתון תנועה, ומחייב את הנהגים למהירויות נסיעה נמוכות יותר מאשר מהירות התכן בדרך.

2) בצמתי רמפות מחלפים (40 קמ"ש מזערי) או רמפות מחלפונים זעירים (30 קמ"ש מזערי).

3) לקראת מעגלי תנועה.

יש להפעיל שיקול דעת כאשר מיושמת הפחתה זו של מהירות ההתקרבות לצומת בזרועות הדרך **העיקרית**, שכן הנהגים אינם מצפים לה, ולכן אין לבצעה בדרך ראשית.

#### ה. מרחקי-הצבת תימרון ושילוט מקדימים

לפי תקו"ה 2022, מרחק ההצבה של תמרורי האזהרה על קיום צומת (משולשים מסדרת 100), יהיה 90 מ' לפני הצומת בדרך חד-מסלולית ו-100 מ' בדרך דו-מסלולית, ואילו שלטי החלטה מוקדמים (שלטי הדרכה מסדרת 600) יוצבו במרחקים שבין 80 ל-500 מ' מציר הדרך החוצה בצומת, בהתאם ל-"הנחיות לתכנון שילוט בדרכים בין-עירוניות", 2016.

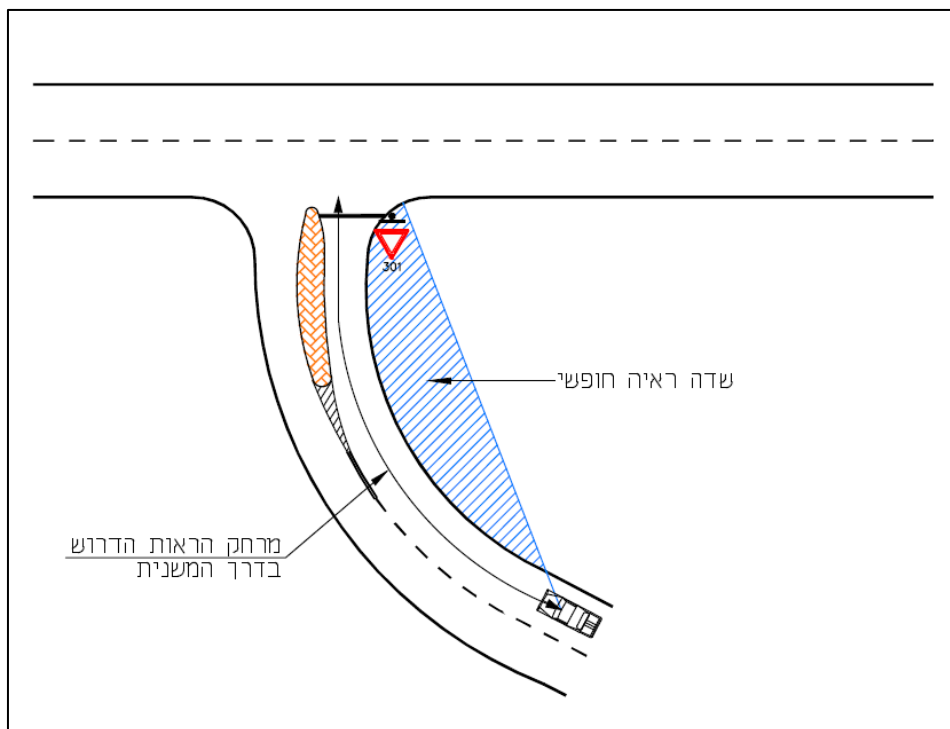
תרשים 4.1 מציג את תהליך הבחירה במרחק הראות המתאים לכל זרוע בצומת. כאשר מתוכננים שלבי-ביניים, יש ליישם תהליך זה בהתייחס לשלב התכנון הסופי של הצומת, כדי לא לגרור שינויים בחתך לאורך בשלב הסופי.

## 4.2.5 יישום מרחקי-הראות והגובה בתוואי האופקי והאנכי

התוואי האופקי והאנכי בזרועות הדרכים הנפגשות בצומת יתוכננו כך, שיתקיימו מרחקי-הראות לעצירה, או להחלטה מותאם לצומת, או מלא להחלטה במקרים מורכבים, כפי שפורט בסעיף 4.2.4 לעיל ובתרשים 4.1.

### עקום אופקי

כאשר זרוע כלשהי של הצומת מצויה בעקום אופקי, כמתואר בתרשים 4.3, יש לבדוק בחלקו הפנימי של העקום את קיום שדה-הראייה המבטיח את מרחק-הראות הדרוש לאורך הדרך. שדה ראייה זה הכרחי כדי לאפשר לנהג המתקרב לצומת מהעקום האופקי להבחין במיקום הצומת ובהסדרי הבקרה בו (תימרון, רימזור, ניתוב) בעוד מועד, ממרחק שיאפשר לו לנקוט בפעולה המתחייבת מהסדר הבקרה בצומת. אופן החישוב של קו-הראות בעקום אופקי מוסבר בסעיף 5.6 בכרך 1 (משה"ת 2018). אם שדה הראייה אינו פנוי כנדרש, יש לנקוט באמצעים לאזהרה מוקדמת ולהפחתת מהירות ההתקרבות אל הצומת, כך שתתאים לשדה הראייה הקיים – ראו הרחבה ביחס לעצמים במרחב הצומת בסעיף 4.3.7 בסוף הפרק.



### תרשים 4.3: שדה הראייה הדרוש בהתקרבות לצומת בעקום אופקי

### גובה עיני נהג וגובה עצם בקצוות מרחק הראות

מרחקי-הראות בהתקרבות לצומת וביציאה מהצומת ייבחנו עבור גובה עיני נהג של 1.05 מטר וגובה עצם (object height) של 0.15 מטר מפני הכביש (בהתאם לקריטריונים המפורטים בסעיף 4.6 בכרך 1). גובה עצם זה של 0.15 מטר מיועד להבחנה בגובה אבן שפה (מפרדה או מדרכה) באזור הצומת. תשומת לב

מיוחדת דרושה במקרה בו ההתקרבות לצומת מצויה בעקום אנכי, כמפורט בפרק 8 בהמשך ההנחיות. ההנחה היא כי קיום מרחק ראות זה לרכב פרטי, יבטיח גם את קיומו עבור גובה העין של אוטובוסים ומשאיות).

## 4.3 משולשי-הראות בצמתים

### 4.3.1 מבוא והנחות יסוד

#### א. תמרורי 301, 302

בכל צומת בין דרכים בין-עירוניות יש להסדיר את זכות-הקדימה באמצעות תמרורים המוצבים בחלק מזרועות הצומת. תמרורים אלה קובעים מה הכיוונים העיקריים / המועדפים (להם ניתנת זכות-הקדימה), ומה הכיוונים המשניים, שכלי-הרכב המגיעים מהם חייבים במתן זכות קדימה לכיוונים המועדפים. את חובת מתן זכות-הקדימה בצמתים שאינם מעגליים, ניתן להסדיר באמצעות אחד משני התמרורים:

- **301** – תן זכות קדימה לתנועה בדרך החוצה שלפניך.

- **302** – עצור ותן זכות קדימה לתנועה בדרך החוצה שלפניך.

שני התמרורים זהים מבחינת חובת מתן זכות-הקדימה, וההבדל ביניהם הוא בכך, שתמרור 302 מחייב עצירה מוחלטת (לפני קו העצירה) לפני הכניסה לצומת, בעוד שתמרור 301 מאפשר כניסה לצומת לצורך חצייה או פנייה תוך נסיעה איטית, ללא חובת עצירה, אם הפער בתנועות העדיפות מאפשר זאת. במקרה שנהג עצר לפני הכניסה לצומת מזרוע בה מוצב תמרור 301, הופכות דרישות הראות זהות לדרישות בקיום תמרור 302 (כפי שנכתב בפרק 2, בצמתים בין-עירוניים אין לתכנן את ניהול התנועה ללא תמרורים בכלל).

כלומר, ישנם למעשה שני מאפיינים מרכזיים של התרחישים לפיהם מוגדרים משולשי הראות בצומת בזרוע המשנית ובשאר התנועות המשניות: המאפיין הראשון הוא השפעת הוראות התמרור על התנהגות הנהג – בהצבת תמרור 301, הנהג יכול או להמשיך בנסיעתו אל תוך הצומת תוך כדי האטה בלבד, או לעצור לפני הכניסה לצומת. לכן, כאשר מוצב תמרור 301, יש לוודא קיום משולשי ראות לשני התרחישים – האטה בלבד, ועצירה. בהצבת תמרור 302 יחושבו משולשי ראות לעצירה בלבד.

המתודולוגיה המוצגת בסעיף זה מבוססת על משולשי הראות הנדרשים בהסתעפויות לא מרומזרות. עם זאת, גם בצמתים מרומזרים נדרשת בתקו"ה תמיד הצבת תמרורים בדרך המשנית למתן זכות קדימה למקרים בהם הרמזור מהבהב בצהוב או שאינו פועל כלל. סעיף 4.3.6 עוסק במשולשי הראות הנדרשים בצמתים מרומזרים (ראו הערה להלן). הפרק הנוכחי אינו עוסק במשולשי הראות הנדרשים במעגלי תנועה, ואלה יתוארו בסעיף 11.10 בפרק הייעודי להנחיות עבורם (פרק 11).

במתודולוגיה המוצגת בסעיף זה הונח, שהפער הקריטי ליציאה מהדרך המשנית, זהה למצבי עצירה ותן זכות קדימה, כמפורט להלן.

## ב. פניות הנהג בתימרון:

המאפיין השני הוא מטרת הנהג בתימרון – ימינה, שמאלה או חצייה. התנועות המתאפשרות בצומת ביציאה מהדרך המשנית, וכן בפניות שמאלה מהדרך העיקרית, משפיעות על חישוב משולשי הראות לכל תנועה בהתאם לתמרון הנדרש.

הערה: בהנחיות שנכתבו עד סוף המאה ה-20, משולשי הראות בצמתים התבססו על מרחקי-הראות לעצירה בזרועות השונות, לפי הנחות על התנהגות הנהג בקרבת הצומת, כולל מהירות ההתקרבות, קצב ההאטה וקצב ההאצה. עם זאת, בעשורים האחרונים התקבלה בהנחיות בעולם ובישראל מתודולוגיה חדשה שנמצאה כאמינה ומעשית יותר לחיזוי התנהגות הנהגים בפועל בצמתים (AASHTO 2011, 2018; TAC 2017), ההנחיות לתכנון רחובות בערים מ-2011 ו-2020, ההנחיות לתכנון מחלפים (כרך 3 מ-2018). מתודולוגיה זו מכונה שיטת הפערים הקריטיים.

בהתאם לעדכונים שהתבצעו בהנחיות רבות ברחבי העולם ובהנחיות לצמתים עירוניים בישראל, עודכנו גם ההנחיות הנוכחיות, כך שחישוב משולשי הראות בצמתים מבוסס על ניתוח התפלגויות של פערים מתקבלים ונדחים על ידי הנהג הממתין לכניסה לצומת, וזאת בהתבסס על מחקרים עצמאיים של התנהגות נהגים (NCHRP 383, Hardwood et al. 2000, Davis and Swenson 2004, NCHRP 600, פרישר, פולוס, קראוס 1991).

יצוין כי ערכי הפערים הקריטיים לצרכי חישובי מרחק הראות בצמתים הם בדרך כלל גבוהים יותר מערכי הפערים הקריטיים לחישובי קיבולת (המבוססים על ערכים ממוצעים), מאחר שבחישוב מרחקי-הראות יש לייצג אחוזון גבוה יותר של נהגים משיקולי בטיחות, ולכן ערכי הפער הקריטי הנדרש גבוהים יותר.

במקרים של עצירה לפני תחילת התמרון, אין הבדלים משמעותיים מבחינת יישום המודל במקורות השונים, וניתן להניח אחידות בפערים הקריטיים הנדרשים לתכנון ממצב עצירה בתמרוני השונים. לעומת זאת, בהנחה של האטה בלבד ללא עצירה, נמצא שמקורות שונים הניחו מהירויות התקרבות שונות ונקודות החלטה שונות במרחקן מהצומת, ולפי הנחות אלו נדרש להפחית או להוסיף לפער הקריטי ביחס לפער מעצירה. בפועל, ניתן להניח שהנהג המאט ואינו חייב לעצור, מתאים את התנהגותו בהתקרבות לצומת למשולשי הראות העומדים לרשותו בזרוע המשנית. לכן, לצורך פשטות שיטת החישוב, הונח להלן כי ניתן להשתמש בפערים הקריטיים המקובלים לתנועות בזרוע המשנית ממצב עצירה, גם כפערים הקריטיים הנדרשים ממצב "האט" בלבד. מכאן מתקבל שההבדל היחיד בין משולשי הראות הנדרשים בהצבת תמרוני 301 ו-302 הוא המרחק הנדרש על הזרוע המשנית לצורך בניית משולש הראות (סעיף 4.3.4 – צלע משולש הראות  $L_2$  בזרוע המשנית).

לפיכך, משולשי הראות הנדרשים בתנועות המשניות בכל צומת מוגדרים בהתאם לניתוב הפניות הנדרש בצומת (ראו פרק 5):

א. פניות ימינה מהדרך המשנית בהסתעפויות לא מרומזרות: בהסתעפויות לא מרומזרות אשר מתוכננות לפי עקרונות הניתוב המפורטים בפרק 5 להלן, בדיקת משולשי הראות לפנייה שמאלה מספיקה גם לתמרון הפנייה ימינה מהזרוע המשנית. זאת, מאחר שלפי ההצדקים להפרדת הפניות, בצמתים בין-עירוניים רבים, הפנייה ימינה תופרד על ידי אי-תנועה משולש, ולכן יידרש לבחון את משולשי הראות לפנייה שמאלה בלבד (סעיף ג'), ופניות ימינה ללא אי משולש יתוכננו בד"כ רק בהסתעפויות לא מרומזרות במדרג נמוך, עם דרך עיקרית חד-מסלולית, וכאשר בזרוע המשנית מתוכנן נתיב משותף לפניות ימינה ושמאלה. לפיכך, מרחקי הראות הנדרשים לאורך הדרך העיקרית לצורך תמרון הפנייה ימינה ללא אי-תנועה משולש, זהים למרחקים לצורך חציית הנתיב הקרוב בפנייה שמאלה מהזרוע המשנית, כך שמשולשי הראות הנדרשים מהזרוע המשנית אל הנתיב הקרוב, מתלכדים עבור שתי הפניות במקרה של נתיב משותף.

ב. פניות חופשיות ימינה מהדרך המשנית: בתמרון של פנייה חופשית ימינה עם אי-תנועה משולש, לא נדרשת בדיקת משולשי הראות בצומת לפני פנייה זו, כל עוד הפנייה מתוכננת כמפורט בהמשך

ההנחיות (פרק 6 מפרט את התכן הגיאומטרי הנדרש לפניות חופשיות ימינה, כולל רדיוס הפנייה ואורך נתיב ההאצה הנדרש). זאת, תחת ההנחות הבאות:

1) נקודת הניגוד בפנייה זו היא השתלבות כלי-הרכב היוצא מהפנייה אל תוך נתיב ההאצה, עם תנועת כלי-הרכב בנתיב הקרוב של הדרך העיקרית, הנמצא משמאל לרכב הפונה. השתלבות זו מתבצעת באמצעות בחינת התנועה במראות האמצע והצד, וכאשר מתקיימים כל מרחקי-הראות הנדרשים (לעצירה ו/או להחלטה) לאורך הדרך העיקרית בהתקרבות לצומת (סעיף 4.2), כולל תכנון התוואי האנכי (פרק 8), מרחקים אלה מספקים את הראות הנדרשת לצורך השתלבות בטוחה מנתיב ההאצה אל הדרך העיקרית, וזאת בתנאי שהצבת עצמים בצומת מתבצעת לפי סעיף 4.3.7.

2) הרחבת הזרוע בהתקרבות לצומת, המתקבלת מתוך רדיוסי הפניות בהתקרבות לצומת, מאפשרת לנהג הנמצא בתחילת הפנייה ימינה מהזרוע המשנית לזהות אוטובוסים וכלי-רכב אחרים המתקרבים לצומת אשר צפויים להיכנס לנתיב ההאצה בתחילתו לצורך הגעה לתחנת האוטובוס המשולבת בנתיב (ראו פרק 10 להלן), וזאת כל עוד הוא מוגן ע"י האי המשולש.

ג. פניות שמאלה מהדרך המשנית לעיקרית: בהסתעפויות שאינן מרומזרות, בהן הדרך העיקרית היא דו-מסלולית, ניתן להסתפק בבדיקת משולשי ראות לפנייה שמאלה ממצב עצירה בלבד. כאשר הדרך העיקרית היא דו-מסלולית, התמרון בפנייה שמאלה מהדרך המשנית צפוי להתבצע מעצירה, לאור ריבוי הניגודים שעל הנהגים להימנע מהם ביציאתם מהזרוע. לרוב, תמרון הפנייה שמאלה בהאטה ללא עצירה ביציאה מזרוע משנית של הסתעפות לא מרומזרת (בהתאם להנחות המפורטות שפורט בתחילת הסעיף), יתאפשר בפועל רק כאשר הדרך העיקרית היא חד-מסלולית.

ד. פנייה שמאלה מהדרך העיקרית למשנית: בדרך העיקרית, יחושב משולש הראות לרכב הפונה שמאלה אל הדרך המשנית בהנחת פנייה ממצב עצירה בלבד (זכות הקדימה ניתנת בהתאם לתקנות התעבורה רק לכלי-הרכב בדרך העיקרית אשר בניגוד עם תנועה זו, ולכן לפי תקו"ה 2022 לא נדרש תמרון, אלא אם מתחייב 302). זאת, מאחר שגם ללא עצירה מוחלטת, הנהג הפונה יקבל החלטה במהירות מופחתת, כך שהפער הנדרש למהירות איטית כבר נכלל בפער במצב עצירה מבחינת מרחק הראות הנדרש. בנוסף, כיוון שהתמרון לפני הפנייה מתבצע בדרך העיקרית, מיקום הרכב הינו במקביל לציר ולא בניצב, ולכן אינו משפיע על צלעות משולש הראות הנדרש כפי שמשפיעה התנהגות הנהג בזרוע המשנית.

ה. מפגשים עם הולכי-רגל ורוכבי אופניים: סוגיות הראות והשפעתן על התכנון במפגש כלי-רכב עם הולכי-רגל ורוכבי אופניים מתוארות בפרקים 9-10, ובפרט בנספח 10 ב'. למעט מקרים חריגים, הנחיות התכן הגיאומטרי לשילוב תנועת הולכי-רגל ואופניים בצומת כמפורט בפרקים אלה מתחשבות מראש באופן ניהול נקודות הניגוד בצומת, ולכן לא יידרשו התייחסויות מיוחדות לסוגיה זו. הקפדה על המגבלות להצבת עצמים המפורטות בסעיף 4.3.7 תשרת גם את צרכי הולכי-הרגל והאופניים מבחינת הראות בצומת. באזורים בעלי מאפיינים עירוניים ומטרופולינים יש להתייחס להנחיות לתכנון רחובות בערים (2020).

הערה לתמרורי 301/302: ההנחיות שלפניכם אינן עוסקות בהצדקים להצבת כל אחד משני התמרורים, המצויים בחלק 3 של תקו"ה 2022. בהתאם להמלצות בתקו"ה, בהסתעפויות לא מרומזרות רצוי להשתמש בזרועות המשניות (במידה שתנאי הראות בדרך מאפשרים זאת) בתמרור 301 (האט ותן זכות קדימה), ולאפשר תנועה ללא עצירה מוחלטת בזרוע המשנית. רק כאשר הראות אינה מאפשרת זאת, כמפורט הן בתקו"ה והן בסעיף 4.3.2 להלן, יש להשתמש בתמרור 302, המחייב עצירה. ההנחיות עוסקות במרחקי-הראות הדרושים לתפעול יעיל ובטיחותי של הצומת עבור כל אחד מהתמרורים הנ"ל. עם זאת, היות שגם בצמתים מרומזרים נדרשים תמרורים לתנועות המשניות, ההנחה בסעיפים להלן היא כי בצמתים מרומזרים, יוצבו במקרים רבים בזרועות המשניות תמרורי 302, למצב שבו הרמזור אינו פועל כהלכה.

### 4.3.2 חישוב צלעות משולשי הראות: מקרים טיפוסיים

- משולשי הראות מהדרך המשנית מורכבים משלוש צלעות, כאשר אורכן של שתיים מהן ( $L_1$ ,  $L_2$ ), המקבילות לצירי הדרכים) מגדיר את אורכה של הצלע השלישית (היתר של המשולש), כלהלן:
- אורך הצלע בזרוע הדרך המשנית ( $L_2$ ): הצלע תיבנה מקו העצירה במקביל לציר הדרך המשנית, והיא מייצגת את מיקום הרכב המגיע מהזרוע המשנית בעת קבלת ההחלטה לפני כניסתו לצומת.
  - אורך הצלע בזרוע דרך העיקרית ( $L_1$ ): הצלע תיבנה ממרכז הרכב הממתין ובמקביל לציר בדרך העיקרית, והיא מייצגת את מיקום הרכב בתנועה בדרך העיקרית, המתנגד לתנועת הרכב הנמצא בדרך המשנית (הרכב המיועד לבצע תמרון פנייה או חצייה), ונמצא משמאלו או מימינו.
  - לכסן הראות: היתר במשולש המחבר בין שתי צלעות המשולש המוגדרות לעיל, ותוחם אותן ליצירת משולש הראות.
  - עבור הפנייה שמאלה מהדרך העיקרית, האורך  $L_2$  נמדד לאורך הזרוע בדרך העיקרית (ממנה מבוצעת הפנייה), בהתאם לנתיב הנבדק.

### **מקרים טיפוסיים לבחינת משולשי הראות בצמתים בין דרכים בין-עירוניות**

התרשימים להלן הינם עקרוניים, ומיועדים להצגת מרכיבי משולשי הראות. תרשימים מפורטים יותר עם פרטים גיאומטריים הכוללים מפרדה מרכזית, איי הפרדה מאורכים, איים משולשים, נתיבי האצה והאטה, מובאים בפרקים 5,6,7,9,10. הפערים הקריטיים המוצגים בתרשימים מיועדים לרכב פרטי, אך יש לבצע את בדיקות משולשי הראות בצומת גם לרכב כבד, לפי הערכים המפורטים בהמשך בטבלה 4.3 למשאית/אוטובוס, ולפי גובה עין הנהג בכלי-הרכב הכבד (סעיף 4.3.5 א').

**מקרה 1א':** משולשי הראות בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית ממצב האט בדרך המשנית (תמרור תן זכות קדימה 301), עם נתיב משותף לפניות ימינה ושמאלה מהדרך המשנית: **תרשים 4.4 א'.**

**מקרה 1ב':** משולשי הראות לפנייה שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית ממצב האט בדרך המשנית (תמרור האט ותן זכות קדימה, 301), כאשר הפנייה ימינה חופשית: **תרשים 4.4 ב'.**

**טבלה 4.3:** ערכי הפערים הקריטיים (שנ') לתנועות היוצאות מהזרוע המשנית אל הדרך העיקרית לקביעת  $L_1$  בהסתעפות לא מרומזרת<sup>(1)</sup>

דרך עיקרית חד-מסלולית (נתיב לכיוון)				
משולשי ראות לפנייה שמאלה		משולש ראות לפנייה ימינה (A)		סוג רכב
ראות לימין: לפנייה שמאלה (B)	ראות לשמאל: לחצייה לפנייה שמאלה (A)	עם אי משולש פנייה חופשית ימינה)	ללא אי משולש	
7.5 האט (מקרים א'1, ב'1) עצור (מקרים א'2, ב'2)	6.5 האט (מקרים א'1 <sup>2</sup> , ב'1) עצור (מקרים א'2 <sup>2</sup> , ב'2)	אין צורך לבדוק (מקרים א'1, ב'2)	6.5 האט (מקרה א'1 <sup>2</sup> ) עצור (מקרה א'2 <sup>2</sup> )	פרטי
9.5	8.5	אין צורך לבדוק	8.5	משאית/אוטובוס
דרך עיקרית דו-מסלולית (שני נתיבים לכיוון) <sup>(5)</sup> (מעצירה או בהנחת עצירה: מקרה 3)				
משולשי ראות לפנייה שמאלה		משולש ראות לפנייה ימינה (A)		סוג רכב
ראות לימין: לפנייה שמאלה (B)	ראות לשמאל: לחציית המסלול הקרוב לפנייה שמאלה (A, A1)	עם אי משולש פנייה חופשית ימינה)	ללא אי משולש	
8.0 <sup>(4)</sup>	6.5 מהנתיב הקרוב (A) 7.0 מהנתיב הרחוק (A1)	אין צורך לבדוק	(3)	פרטי
10.2 <sup>(4)</sup>	8.5 מהנתיב הקרוב 9.2 מהנתיב הרחוק	אין צורך לבדוק	(3)	משאית/אוטובוס

**הערות לטבלה:**

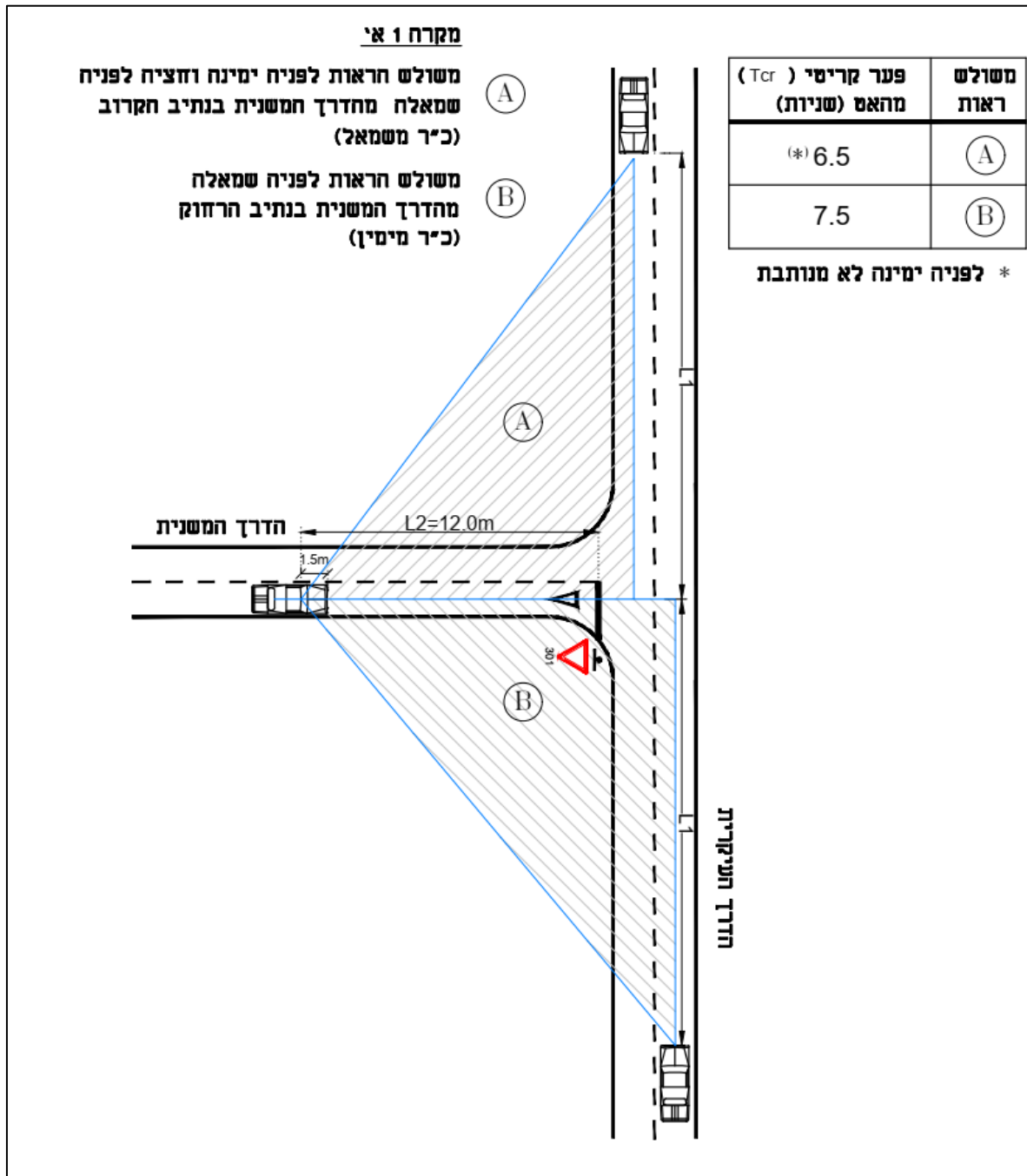
- הפערים מותאמים עד לשיפועים לאורך הזרועות המקובלים בהנחיות אלה לפי פרק 8 (עד 6%).
- במקרים א'1, א'2, הפערים לתמרון הפנייה ימינה ולחציית הנתיב הקרוב לפנייה שמאלה הם זהים ולכן משולשי הראות הנדרשים לשמאל בנתיב הקרוב (A) זהים גם כן.
- הסתעפות עם דרך עיקרית דו-מסלולית ללא פנייה חופשית ימינה מהזרוע המשנית אינה סבירה.
- פער זה מחושב תחת הנחת עצירה או כמעט עצירה, עם תוספת של נתיב לחציית דרך דו-מסלולית (מסלול קרוב) בהשוואה לפערים הבסיסיים לפנייה שמאלה מעצירה לפי 2018 AASHTO.
- הסתעפות לא מרומזרת בדרך זו תתוכנן רק כאשר לא מתוכננת חציית הולכי רגל בציר העיקרי (ראו סעיף 3.4.3).

**מקרה א'2:** משולשי הראות בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית ממצב עצירה בדרך המשנית (תמרור עצור, 302), עם נתיב משותף לפניית ימינה ושמאלה מהדרך המשנית: **תרשים 4.5 א'.**

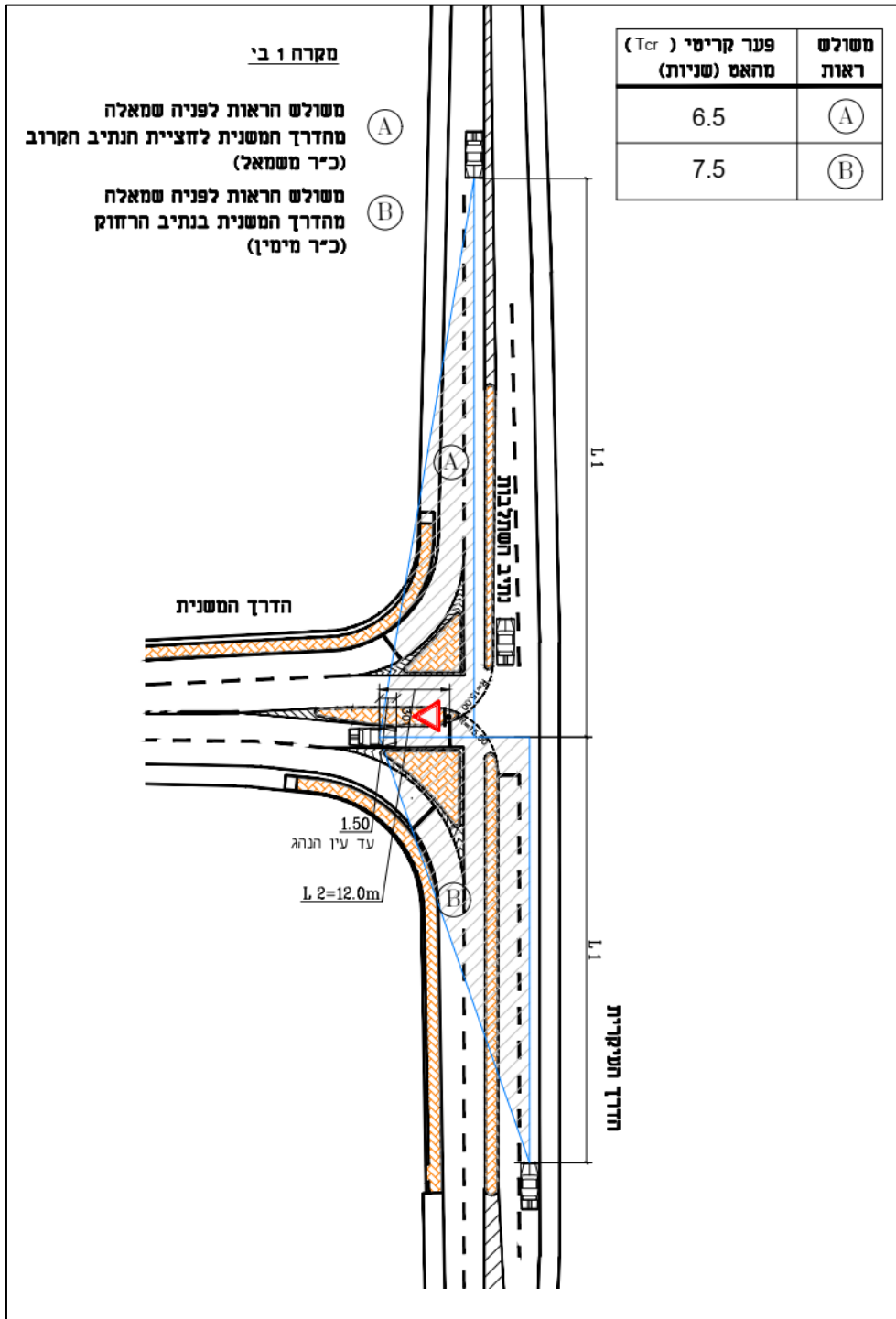
**מקרה ב'2:** משולשי הראות לפנייה שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית ממצב עצירה בדרך המשנית (תמרור עצור, 302), כאשר הפנייה ימינה חופשית: **תרשים 4.5 ב'.**

**מקרה 3:** משולשי הראות לפנייה חד-שלבית שמאלה מהדרך המשנית ממצב עצירה או מהירות מופחתת עד כדי עצירה, בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית דו-מסלולית, כאשר הפנייה ימינה חופשית: **תרשים 4.6.**

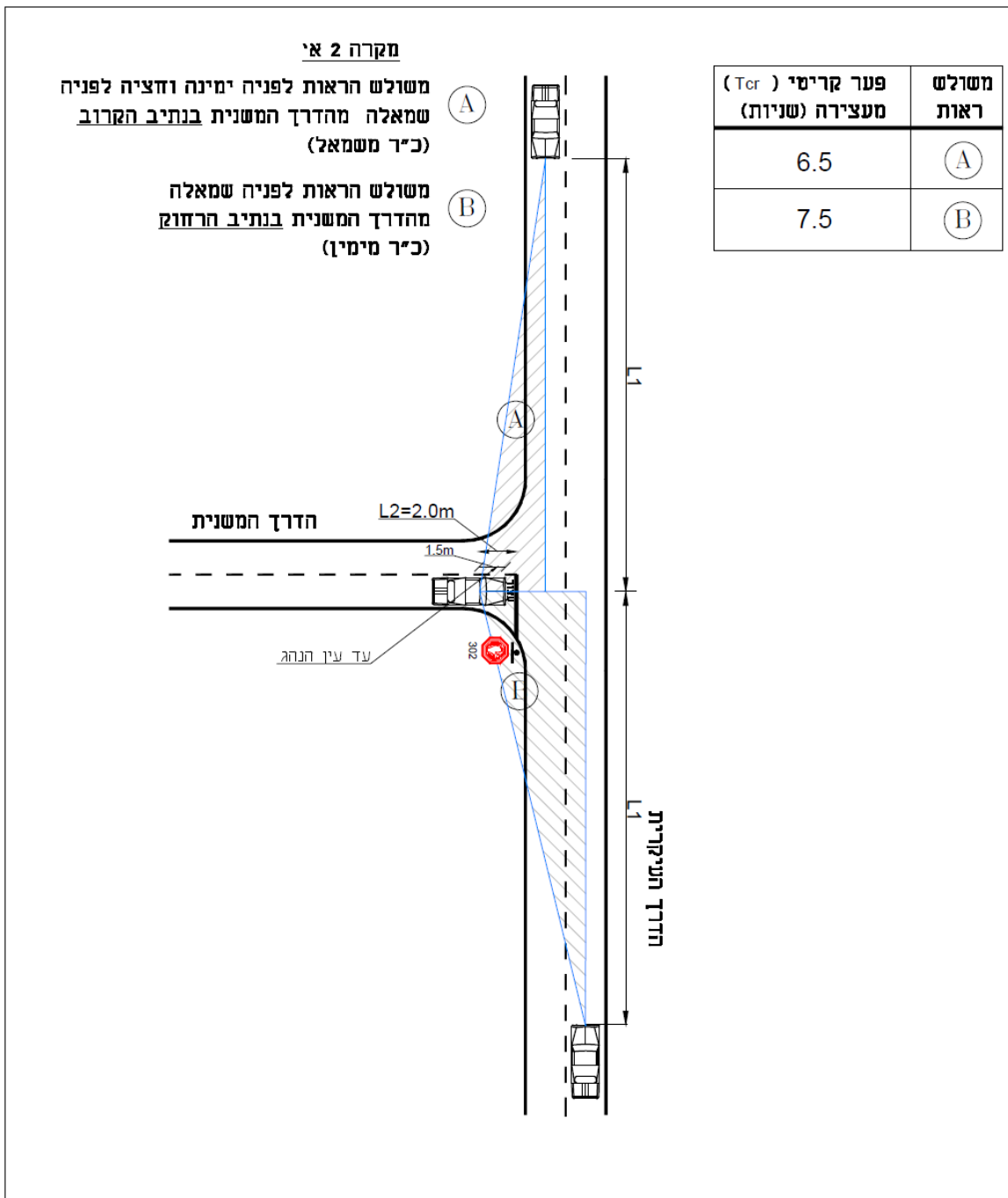
מקרה 4: משולשי הראות לפנייה שמאלה מהדרך העיקרית בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית דו-מסלולית: תרשים 4.7.



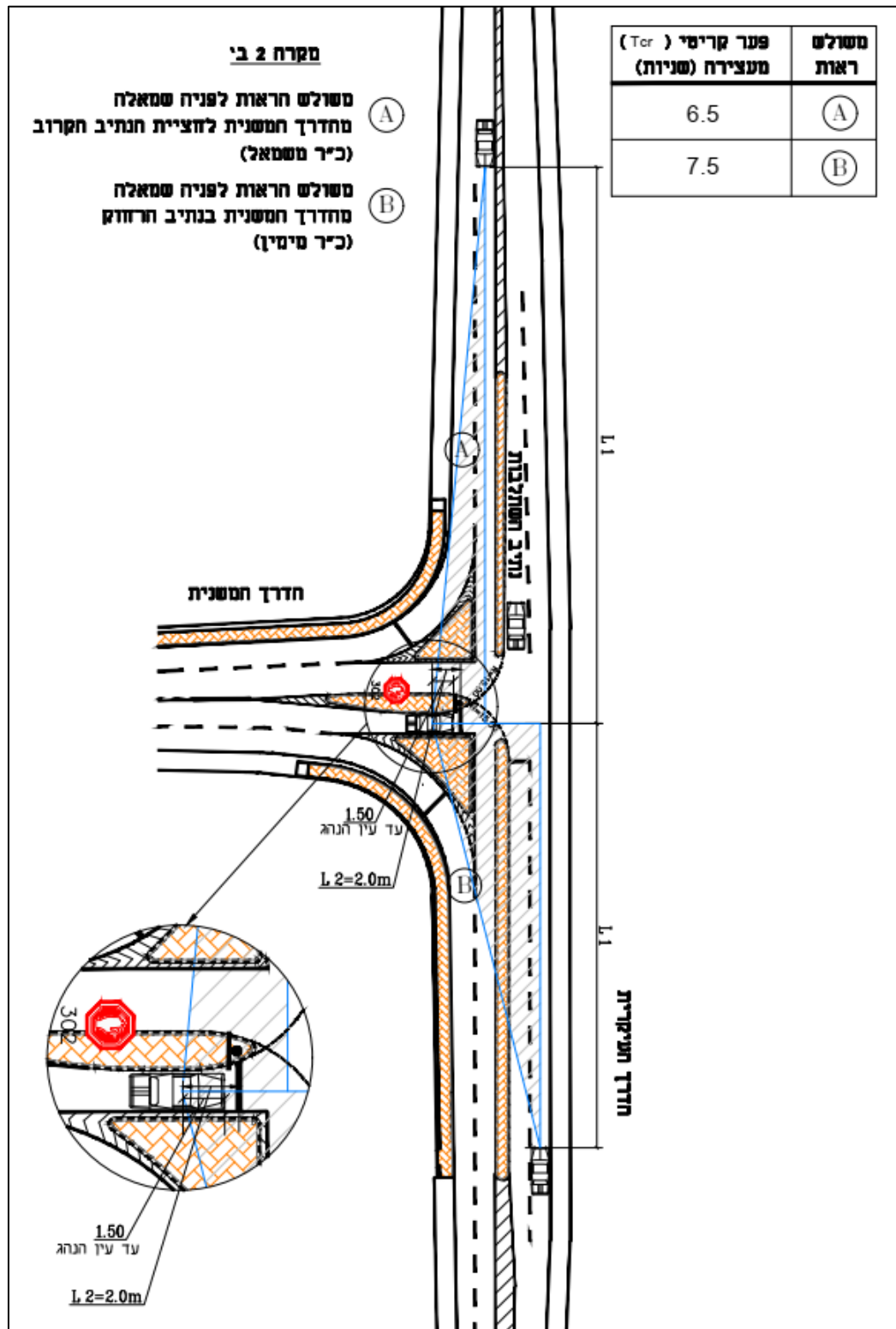
**תרשים 4.4 א':** משולשי הראות בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית ממצב האט בדרך המשנית, תמרור 'האט תן זכות קדימה' (301), נתיב משותף לפניית ימינה ושמאלה מהדרך המשנית



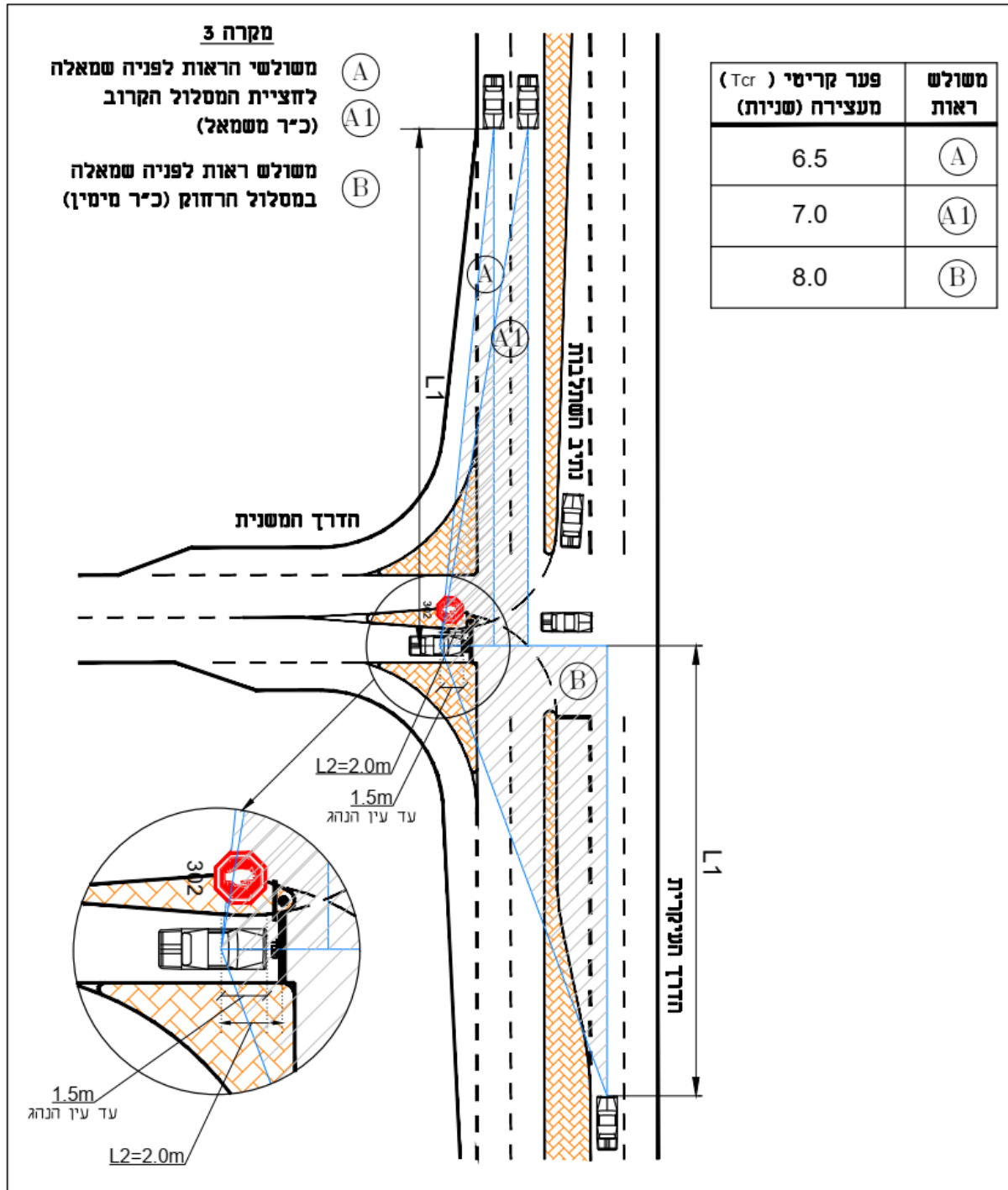
**תרשים 4.4 ב':** משולשי הראות לפניו שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית ממצב 'האט' בדרך המשנית, תמרוור 301, הפניה ימינה חופשית



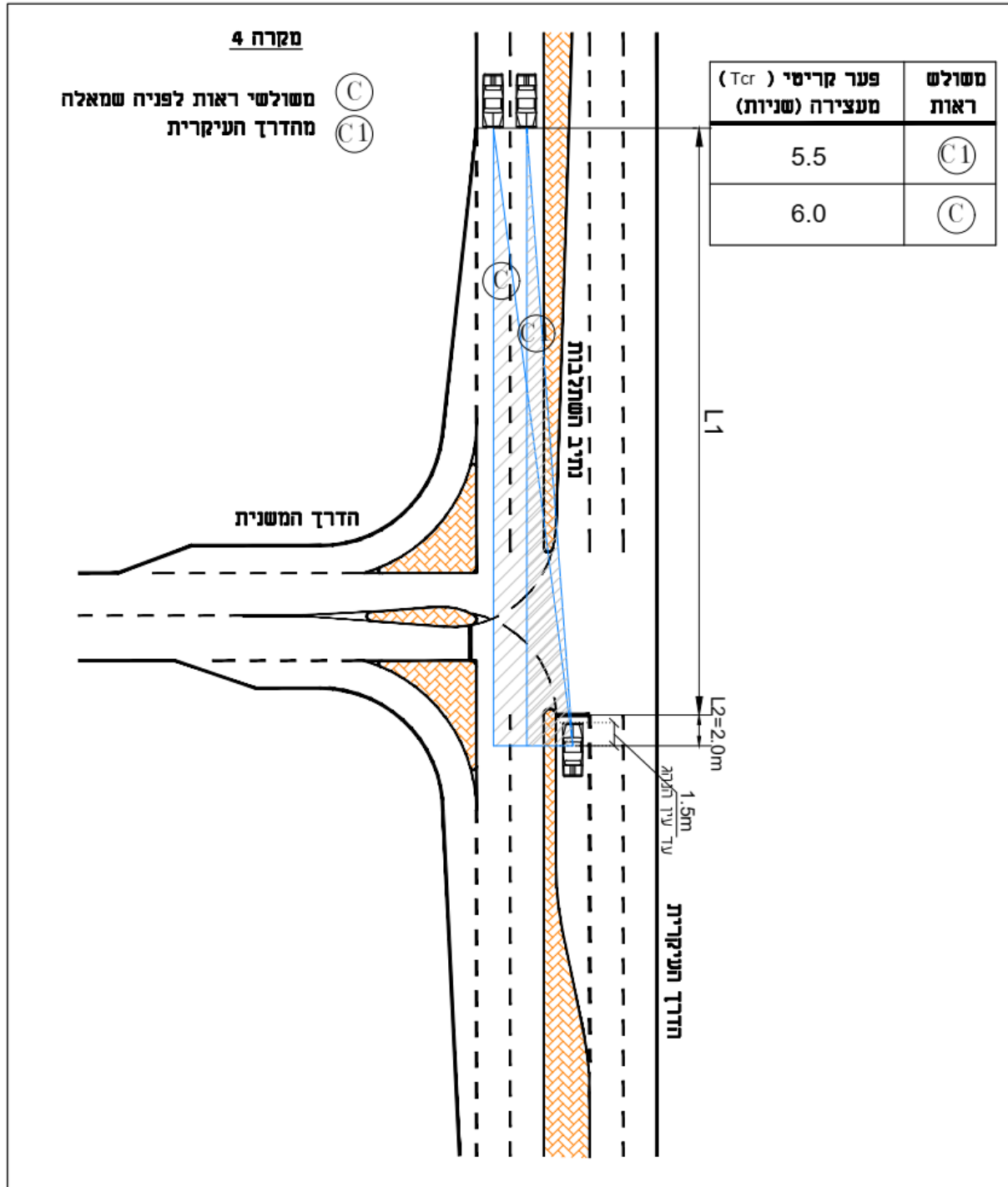
**תרשים 4.5 א':** משולשי הראות בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית ממצב עצירה בדרך המשנית עם תמרור 'עצור' (302), נתיב משותף לפני ימין ושמאלה מהדרך המשנית



**תרשים 4.5 ב':** משולשי הראות לפניו שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית ממצב עצירה בדרך המשנית עם תמרור עצור (302), הפנייה ימינה חופשית



**תרשים 4.6:** משולשי הראות לפנייה חד-שלבית שמאלה מהדרך המשנית ממצב עצירה או מהירות מופחתת עד כדי עצירה, בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית דו-מסלולית, הפנייה ימינה חופשית



**תרשים 4.7:** משולשי הראות לפנייה שמאלה מהדרך העיקרית בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית דו-מסלולית

במקרה 4 (תרשים 4.7), רכב הממתין לפנייה שמאלה מהדרך העיקרית (בנתיב ייעודי לפנייה שמאלה מהדרך העיקרית, ראו פרקים 5 ו-7) צריך לראות את התנועה המתקרבת מולו בדרך העיקרית וממשיכה ישר, במרחק שיספיק לו לחצות את הנתיבים המיועדים לתנועה זו, ולפנות אותם בעוד מועד. המרחק לאורך הדרך העיקרית ( $L_1$ ) נמדד במרכז כל נתיב לתנועה המתנגדת, כמתואר בתרשים 4.7, המציג את משולשי הראות הנדרשים. ברוב הצמתים בדיקת משולשי ראות לפי משולשים A ו-B בלבד תכלול גם את תנאי הראות הנדרשים במשולשי A1 ו-C1 (ראו גם סעיף 4.3.6 לצמתים מרומזרים) לנתיבים החיצוניים, אלא במקרים בהם קיים עקום אופקי בצומת.

הערכים המפורטים בתרשימים 4.4-4.7 מתאימים למקרים הטיפוסיים של הסתעפויות לא מרומזרות המתוכננות לפי העקרונות המפורטים בפרקים 5-7. המתודולוגיה לקביעת ערכי הפערים הקריטיים למשולשי הראות ולחישוב מרחקי-הראות הנדרשים למשולשי הראות מפורטת בסעיף 4.3.3.

סעיף 4.3.6 מפרט את מאפייני משולשי הראות הנדרשים לצמתים מרומזרים, בעיקר לתרחיש בו הרמזור אינו פועל.

### 4.3.3 חישוב אורך צלע משולש הראות בדרך העיקרית ( $L_1$ ) בשיטת הפערים הקריטיים

כפי שהוסבר במבוא (4.3.1), חישוב אורך צלע משולש הראות בדרך העיקרית מתבצע לפי שיטת הפערים הקריטיים. אורך זה תלוי למעשה במהירות לחישוב בדרך העיקרית, ובפער הנדרש לנהג הממתין לתמרן שהוא מעוניין לבצע, כלומר פנייה ימינה, שמאלה או חצייה. אופן החישוב אינו מניח האטה של הרכב בדרך העיקרית, אלא לוקח בחשבון את מהירות התכן כמהירות הרכב בדרך העיקרית. לפיכך, אורך צלע משולש הראות בדרך העיקרית ( $L_1$ ) תלוי במהירות התכן בדרך העיקרית, ובערך הפער הקריטי הנדרש לנהג לפי סוג משולש הראות בתמרן הנדרש. נוסחה 4.3 מציגה את חישוב צלע משולש הראות בדרך העיקרית בשיטת הפערים הקריטיים.

$$[4.3] \quad L_1 = SD = \frac{1}{3.6} \cdot (V_{d(major)} \cdot t_g)$$

כאשר:

- $L_1$  – מרחק הראות לצלע משולש הראות בדרך העיקרית.
- $V_{d(major)}$  – מהירות התכן בדרך העיקרית.
- $t_g$  – הפער הקריטי לרכב בזרוע המשנית (או לפנייה שמאלה מהדרך העיקרית) לפי סוג מקרה משולש הראות.

#### **א. הנחות מודל הפער הקריטי:**

מידות משולשי הראות מבוססות בעיקר על משך התגובה של הנהג בציר המשני, ועל הפער המזערי הנדרש לו (הפער הקריטי) כדי לפנות או לחצות. פער זה מבטא למעשה את המרחק בו יש להבחין ברכב בדרך המועדפת (הדרך העיקרית) מנקודת החיתוך של שתי תנועות הרכב ביחס לציר המשני. ההנחות מבוססות על הנחיות לתכנון רחובות בערים – תנועה בצמתים (משה"ת 2020).

## ב. מהירויות, תאוצות ותאטות:

במתודולוגיה המעודכנת למשולשי ראות, הנחות הבסיס למשולשי ראות מהזרוע המשנית הן כלהלן:

1. מהירות כלי-הרכב בדרך העיקרית היא מהירות התכן.
2. במקרה של 'האט ותן זכות קדימה' (תמרור 301), נהג הרכב בזרוע המשנית מגיע לנקודת החלטה על הזרוע המשנית במהירות של כ-15 קמ"ש, ללא תלות במהירות התכן בדרך זו. במקרה זה, הנהג בזרוע המשנית מאיט את מהירותו בתאוצה נוחה של 1.5 מ/שנייה<sup>2</sup> עד למהירות בנקודת החלטה זו, שם יבחן את התנועה ויחליט האם לבלום בתאוצת בלימה לעצירה של 3.4 מ/שנייה<sup>2</sup>, או להמשיך ולהיכנס לצומת תוך כדי התאמת מהירותו לביצוע והשלמת התמרון.
3. בכל המקרים (עם עצירה וללא עצירה), הנהג ברכב הפונה משלים את פנייתו במהירות של עד כ-15 קמ"ש, ולאחר מכן משלים את השתלבותו בכביש בתאוצה של 1.2 מ/שנייה<sup>2</sup>.

## ג. זמני התגובה ומרווח הבטיחות של הנהגים:

1. לנהג בזרוע המשנית נדרשות 1.5 שניות על מנת לקבל החלטה אם להיכנס לצומת ממצב "האט", או לעצור. זמן זה כלול בפערים הקריטיים הנדרשים בפרק זה.
2. לאחר עצירה, לנהג בזרוע המשנית נדרשות 2.0 שניות לצורך קבלת החלטה וזינוק לצורך ביצוע תמרון (פנייה ימינה או שמאלה או חצייה) בפער קריטי מתאים. זמן זה כלול בפערים הקריטיים הנדרשים בפרק זה.
3. לנהג בדרך העיקרית נדרש זמן תגובה של 2.0 שניות כדי שלא להתקרב יתר על המידה לרכב המגיע מהזרוע המשנית, ואז יאט בתאוצה נוחה של 1.5 מ/שנייה<sup>2</sup>, עד לפער בטיחותי של 2.0 שניות בין כלי-הרכב. הנחה זו מאפשרת את השתלבות כלי-הרכב מנתיב ההאצה של הפנייה החופשית ימינה לתוך התנועה על הדרך העיקרית.

## ד. פערים קריטיים ושלבי החצייה (דרך חד-מסלולית ודו-מסלולית, ממצב עצירה או האט ותן זכות קדימה):

1) בפניות ימינה מהדרך המשנית, ללא אי-תנועה משולש, הפער הקריטי הנדרש בפנייה ימינה זהה לפער הקריטי הנדרש לביצוע הפנייה שמאלה מהזרוע המשנית. לכן, בהינתן שתי התנועות מהזרוע המשנית, משולשי הראות לפנייה שמאלה מספקים גם לצורך ביצוע הפנייה ימינה. פניות חופשיות ימינה אינן דורשות בדיקה נפרדת של משולשי ראות (ראו סעיף 4.3.1 ב'). הסתעפויות בהן מתוכננות פניות ימינה בלבד, יתוכננו עם פניות חופשיות ימינה ונתיבי האצה בהתאם לפרק 6 להלן, לכן גם בהן לא נדרשת בדיקה נפרדת של משולשי ראות (אם כי יש לוודא כי ניתנים כל מרחקי-הראות הנדרשים לאורך הדרך העיקרית, ראו סעיף 4.2 וטבלה 4.2: מרחקי-הראות להחלטה המותאמים לצומת במהירויות התכן השונות חופפים למרחקים לאורך הדרך העיקרית המאפשרים פער של כ-7.5 שניות באותן מהירויות תכן).

2) בפניות שמאלה מהדרך המשנית, בהסתעפויות לא מרומזרות יש לתכנן נתיב השתלבות לאורך הדרך העיקרית (ראו פרקים 5 ו-7). ערך הפערים מתחשב בכך שהתמרון החד-שלבי מתבצע באמצעות נתיב ההשתלבות, ולא ישירות לנתיבי התנועה במסלול הרחוק. בהסתעפות עם דרך דו-מסלולית, הפער הקריטי גדל ב-0.5 שנייה לרכב פרטי (וערכים מותאמים לרכב כבד) לכל נתיב המתרחק

מהזרוע המשנית, בשל תוספת הנתיבים בדרך העיקרית. ככלל, משולשי הראות בפניות אלו יתוכננו כתמרון חד-שלבי לנהג הפונה שמאלה מהזרוע המשנית: כלומר, נדרשת קבלת הפערים הקריטיים משמאל ומימין (ברציפות) כדי לאפשר מעבר רציף תוך חציית המסלול הקרוב והשתלבות בנתיב הנסיעה במסלול הרחוק לאחר ביצוע הפנייה שמאלה, ללא עצירה בנתיב ההשתלבות לפנייה שמאלה. נתיב ההשתלבות מיועד למעשה לעצירות חירום בלבד, ולהגנה על כלי-הרכב במקרים שבהם לא התקבל בפועל הפער הנדרש להשתלבות. במקרים חריגים ייתכן מצב שיתקבל תמרון דו-שלבי, כאשר הנהג למעשה לא מצליח לבצע תמרון חד-שלבי, ונתיב ההשתלבות מאפשר בכך הגנה והשתלבות בטוחה יותר בזרם התנועה.

תמרון חצייה תוך מתן זכות קדימה צפוי להתקבל בהצטלבויות מרומזרות בלבד, במקרים שהרמזור אינו תקין. סעיף 4.3.6 להלן עוסק במקרים אלה עם ההתאמות הנדרשות לחישוב משולשי ראות בצמתים מרומזרים. במקרים חריגים בהם מתאפשרת חציית הצטלבות לא מרומזרת (לא מקובלת בהנחיות אלה), הקפדה על משולשי הראות הנדרשים לפניות ימינה ושמאלה תאפשר לרוב גם את ביצוע פעולת החצייה ללא בדיקות נוספות של משולשי ראות (בהנחת דרך עיקרית חד-מסלולית בלבד עם נתיב לכיוון).

#### ה. טבלאות לקביעת הפערים הקריטיים למצבים שונים בצמתים:

טבלה 4.3 מציגה את ערכי הפערים הקריטיים ( $t_g$ ) לפנייה מהזרוע המשנית לתוך דרך חד-מסלולית ודו-מסלולית בהתאם למצבי הניתוב והתמרון השונים (מקרים 1-3, תרשימים 4.4-4.6). כפי שצוין בסעיף 4.3.1, ההנחה היא כי ניתן להשתמש בפערים הקריטיים המקובלים לתנועות בזרוע המשנית ממצב עצירה (תמרון 302 או 301), גם כפערים הקריטיים הנדרשים ממצב "האט" בלבד (לבדיקה בהצבת תמרון 301 בלבד). גודל משולש הראות בזרוע המשנית למעשה משתנה רק כתוצאה מאורך הצלע  $L_2$  בזרוע המשנית (סעיף 4.3.4).

כמו כן, ניתן לראות שהערכים הנדרשים לפנייה ימינה ללא אי משולש זהים לפערים הנדרשים לחציית המסלול הקרוב לקראת הפנייה שמאלה מהזרוע המשנית (A). בפנייה שמאלה מהזרוע המשנית מפורטים הערכים לכל משולש ראות (A ו-B). רכב כבד

כאשר רכב התכן הינו רכב כבד (משאית או אוטובוס), הפער הקריטי הבסיסי הדרוש להשלמת השתלבותו בצומת ארוך יותר ב-2.0 שניות, בגלל ההאצה הדרושה להשלמת התנועה. עם זאת, גובה העין של נהגי הרכב הכבד (1.8 מ' לאוטובוס ו-2.4 מ' למשאית) מאפשר להם ראות משופרת ביחס למשולש-הראות שתוכנן עבור רכב פרטי.

בכל המקרים, יש לבדוק את משולשי הראות גם לרכב פרטי וגם לרכב כבד, כאשר החישוב לרכב כבד יתבצע תחת הנחה של האטה עד כדי עצירה בזרוע המשנית.

#### תוספת נתיב נחצה

באופן עקרוני, יש להוסיף לפערים הקריטיים לחישוב הצלע הארוכה של משולשי הראות מהדרך המשנית 0.5 שניות לכל נתיב נוסף הנחצה מעבר לראשון כשרכב התכן הוא רכב פרטי, ו-0.7 שניות לכל נתיב נוסף במסלול הקרוב כאשר רכב התכן הוא משאית/אוטובוס (רכב כבד), ו-1 שניה במסלול הרחוק (מעבר

למפרדה). עם זאת, הערכים המוצגים בטבלה 4.3 מכילים את כל התוספות הנדרשות למקרי התכנון הסטנדרטיים התואמים לעקרונות הניתוב המוצגים בפרק 5 להסתעפות לא מרומזרות.

טבלה 4.4 מציגה את ערכי הפערים הקריטיים לפנייה שמאלה מהדרך העיקרית, כאשר עבור תמרון פנייה שמאלה מהציר העיקרי לציר המשני ממצב עצירה נוספה 1 שנייה למשאית או לאוטובוס, ותוספת לחציות כפי שנכתב לעיל.

טבלה 4.5 מציגה את מרחקי-הראות (מ') לפי ערכי הפערים הקריטיים השונים, בהתאם למהירויות התכן בדרך העיקרית. טבלה זו מתאימה לפערים הקריטיים המפורטים בטבלאות 4.3-4.4, בהתאם למאפייני הצומת לתכן, סוג הרכב לתכן, וסוג התמרון הנדרש.

#### 4.3.4 קביעת אורך צלע משולש הראות בדרך המשנית (L<sub>2</sub>)

הערכים של אורך צלע משולש הראות בדרך המשנית (L<sub>2</sub>) מוגדרים לפי התמרון המוצב בכניסה לצומת מהזרוע המשנית, כלהלן:

א. בהצבת תמרון 'עצור' (302), או תחת הנחת עצירה: אורך צלע משולש הראות בזרוע המשנית (L<sub>2</sub>) יהיה 2.0 מ' מקו העצירה בזרוע המשנית. מרחק זה כולל את ההנחה שחזית הרכב נמצאת במרחק של כ-0.5 מ' מקו העצירה, ובתוספת מרחק של 1.5 מ' נוספים מחזית הרכב עד לעין הנהג. קו העצירה ימוקם לכל הפחות במרחק 0.5 מ' מאבן השפה הפנימית ביותר של איי התנועה הבנויים – לרוב המפרדה או האי המאורך ("טיפה").

ב. בהצבת תמרון 'האט ותן זכות קדימה' (301): אורך צלע משולש הראות בזרוע המשנית (L<sub>2</sub>) יהיה 12.0 מ' מקו העצירה בזרוע המשנית. מרחק זה כולל את אותן הנחות בהצבת תמרון 302, עם תוספת של 10 מ' לנקודת ההחלטה של הנהג המאפשרת לו גם להיכנס לצומת בהאטה בלבד ללא חובת עצירה. משולש ראות ממרחק של 12 מ' בצלע המשנית ייבחן לרכב פרטי בלבד, מתוך ההנחה שרכב כבד מאיט עד כדי עצירה בהגעתו לצומת מהזרוע המשנית.

#### טבלה 4.4: ערכי הפערים הקריטיים (שניות) לפנייה שמאלה מהדרך העיקרית (בהנחת עצירה\*)

סוג רכב	בנתיב הקרוב	בנתיב הרחוק (דרך עיקרית דו-מסלולית)**
רכב פרטי	5.5	6.0
משאית/אוטובוס	6.5	7.5

\* ראו הסבר לחישוב הפער ממצב עצירה גם בהצבת תמרון 301 בזרוע העיקרית בסעיף 4.3.1 ד'.  
\*\* לפער הקריטי לחישוב משולש הראות בפנייה שמאלה מהדרך העיקרית, נוספו 0.5 שניות לכל נתיב נוסף שנחצה (כגון בדרך עיקרית דו-מסלולית) בנוסף לנתיב הקרוב למקרה של רכב פרטי, ו-1.0 שניות לכל נתיב נוסף שנחצה במקרה שרכב התכן הוא משאית/אוטובוס.

**טבלה 4.5: מרחקי-הראות (מ') המתקבלים מערכי הפערים הקריטיים**

ערכי הפערים הקריטיים (שניות) למשולשי הראות הנדרשים											מהירות התכן בדרך העיקרית (קמ"ש) לצורך חישוב L <sub>1</sub>
10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	
90	85	80	75	70	65	65	60	55	50	45	30
115	110	105	100	95	90	85	80	70	65	60	40
145	140	130	125	120	110	105	95	90	85	75	50
175	165	160	150	140	135	125	115	110	100	90	60
205	195	185	175	165	155	145	135	125	115	105	70
235	220	210	200	190	180	165	155	145	135	120	80
265	250	240	225	215	200	190	175	165	150	140	90
290	280	265	250	235	220	210	195	180	165	155	100

**4.3.5 יישום משולשי הראות**

א. גבהים בצומת: את משולשי-הראות בצומת יש לבנות לכל התרחישים המתאפשרים בצומת (לצורך מתן זכות קדימה: האט או עצור). עבור רכב פרטי, גובה עין הנהג 1.05 מ' וגובה העצם 1.05 מטר (כדי לראות את הגזרה העליונה של מכונית פרטית מתקרבת ולא רק את קצה הגג, "גובה גזרה", כמוסבר בפרק 4 כרך 1). גבהים זהים אלה מבטיחים גם ראות הדדית בין שני הנהגים, ומאפשרים גם את הראות ואת ההבחנה לרוכבי דו-גלגלי. עבור רכב כבד, גובה עין הנהג יהיה 2.40 מ'. 1.80 מ' לגובה עין נהג אוטובוס ישמש לבדיקה בהסדרי העדפה לתח"צ. סעיף 4.3.7 מפרט את העצמים האסורים להצבה בתחום משולשי הראות בצומת.

ב. יישום המשולשים בצומת: במרבית ההסתעפויות הלא מרומזרות, בדיקת משולשי הראות לפנייה שמאלה מאפשרת גם את קיום הפניות ימינה ללא בדיקות נוספות. כאשר הדרך העיקרית מחולקת (דו-מסלולית), יש לבחון את משולשי הראות בו-זמנית גם למסלול הקרוב וגם לרחוק, תחת ההנחה שגם כאשר יש מפרדה התמרון הוא חד-שלבי, ויש לתכנן את המפרדה כך שרכב יכול לתמרן את הפנייה שמאלה ממצב עצירה בזרוע המשנית דרך נתיב ההשתלבות לפנייה שמאלה במסלול הרחוק ועד השתלבותו בתנועה בדרך העיקרית, ללא עצירה במרכז הדרך העיקרית (ראו פירוט בסעיף 4.3.2, מקרה 3, תרשים 4.6 וטבלה 4.3).

ג. חציית הולכי-רגל ורכבי אופניים בצומת: בהסתעפויות לא מרומזרות, יסומנו מעברי חצייה בצומת מבונה, או יסופקו מקומות חצייה בלבד לפי המדיניות המפורטת בפרקים 9 (אופניים) ו-10 (תח"צ והולכי-רגל). בצמתים מרומזרים, בהם יסומנו מעברי חצייה בזרועות הצומת, משולשי הראות נדרשים רק כאשר הרמזור אינו פועל, ויבדק מצב עצירה בלבד, לפי מרחק 2 מ' ממיקום קו העצירה בהתאם לסימון מעברי החצייה בצומת. ההתייחסות לחציית הולכי-רגל ורכבי אופניים במעגלי תנועה מופיעה בפרק 11 הייעודי למעגלי תנועה.

ד. זווית הצומת: הערכים בטבלאות שלעיל מתאימים לצמתים בהם זווית הצומת אינה קטנה מ-75 מעלות. בזוויות קטנות יותר, ייתכנו עיוותים במשולשי הראות והבדלים בין תוואי הראות לתוואי הדרכים, שיקשו על הראות ההדדית.

### 4.3.6 משולשי ראות בצמתים מרומזרים

משולשי הראות בצמתים מרומזרים דומים בעיקרם למשולשי הראות בהסתעפויות לא מרומזרות, מבחינת המתודולוגיה הנדרשת לקבלת הפערים בצומת במקרים בהם הרמזור אינו מתפקד. עם זאת, הגיאומטריה בצמתים אלה שונה מהבחינות הבאות:

- **תנועת החצייה מהמשני** המתאפשרת בהצטלבויות מרומזרות, בדרך כלל אינה מתוכננת בצמתים לא מרומזרים, כיוון שהצטלבויות לא מרומזרות אינן מקובלות בהנחיות אלה. על כן, נדרש להתייחס בנפרד לתנועת החצייה בהצטלבויות מרומזרות.

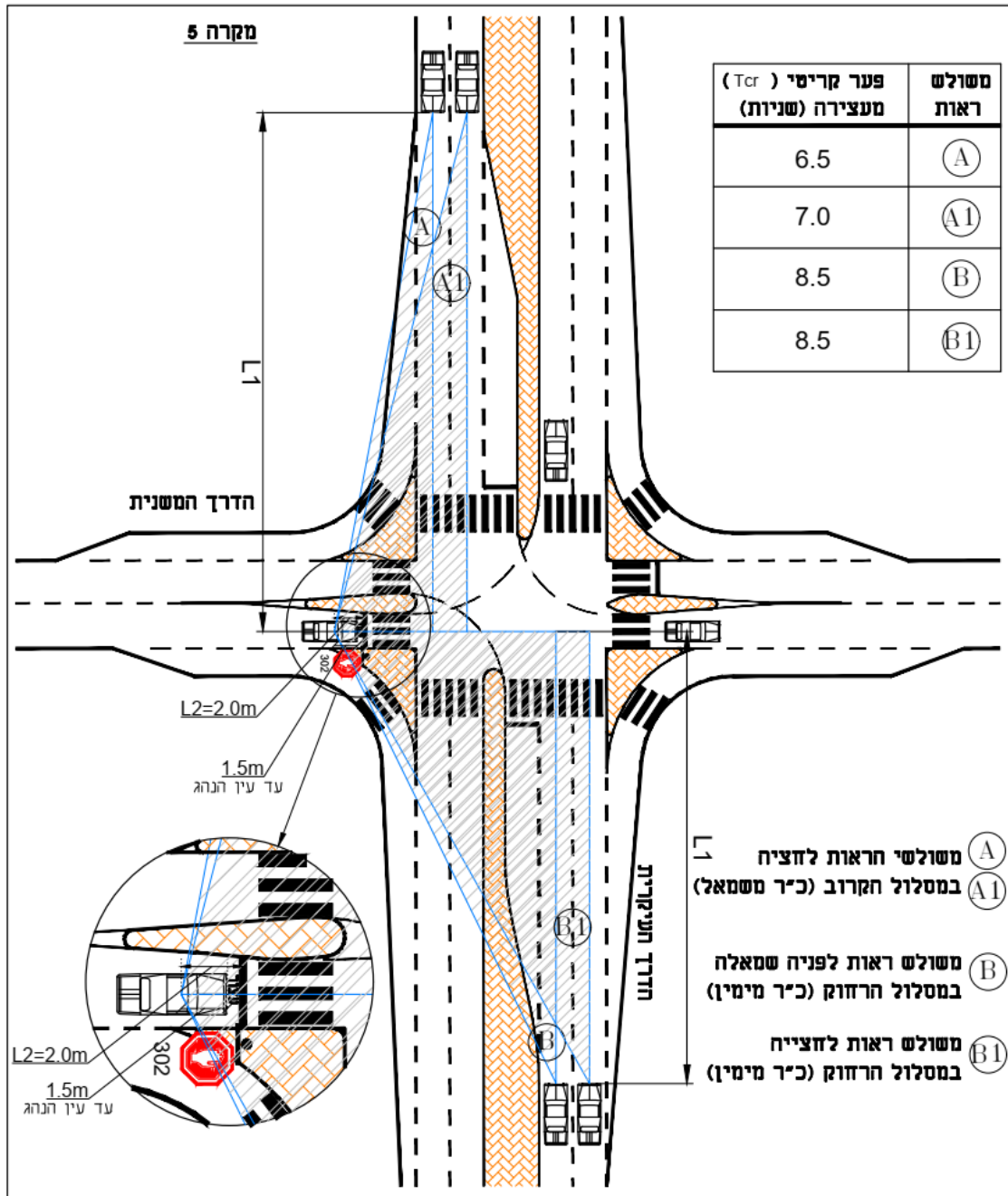
- ככלל, **נתיב השתלבות בזרוע העיקרית לפנייה שמאלה מהזרוע המשנית** כמתואר בתרשים 4.6, יתוכנן בהסתעפויות לא מרומזרות בלבד. נתיב השתלבות זה אינו נכלל בתכן הגיאומטרי כאשר ההסתעפות מתוכננת כמרומזרת, או בהצטלבויות מרומזרות.

- **שטח הצומת בצמתים המרומזרים וכמות הנתיבים לחצייה** צפויים להיות גדולים משמעותית בהשוואה לצמתים לא מרומזרים, הן בשל הוספת נתיבי-עזר לתנועות ישר, והן בשל האפשרות לריבוי נתיבים לפניית שמאלה. תוספות נתיבים אלה אינן מתאפשרות כשהצומת אינו מרומזר.

בצמתים מרומזרים, בחינת משולשי הראות תתבצע למצב עצירה בלבד, ללא קשר לתמרור המוצב, מתוך ההנחה שכאשר הרמזור לא פועל, במרבית המקרים יוצבו תמרורי 302, וכן צפוי שהנהגים יזהרו יותר בכניסתם לצומת. ההתייחסות לתמרונים הפניות תהיה כלהלן:

א. בפניות ימינה: ככלל, פניות ימינה בצמתים מרומזרים יתוכננו כפנייה ימינה חופשית (ראו פרק 5). על כן, לא נדרש לבצע בדיקת ראות נפרדת לפנייה החופשית ימינה, כל עוד מתקיימים המרחקים הנדרשים לראות לאורך הדרך העיקרית (סעיף 4.3.1 ב', וסעיף 4.3.3). במקרים של פניות מרומזרות ימינה או ללא אי-תנועה משולש, יש לבצע בדיקת משולש ראות לפנייה ימינה לפי הערכים הקריטיים המפורטים לפניית אלו בהסתעפויות לא מרומזרות (סעיף 4.3.3).

ב. בפניות שמאלה ובתמרון החצייה: במקרים בהם תפקוד הרמזור אינו תקין, יש לאפשר ככל הניתן את התנועות הללו כתמרון חד-שלבי. דוגמא למשולשי ראות בהצטלבות מרומזרת ניתן לראות במקרה טיפוסי 5, המוצג בתרשים 4.8, כלהלן:



**תרשים 4.8:** משולשי הראות בהצטלבות בדרך עיקרית דו-מסלולית (עם מפרדה רחבה) ממצב עצירה לחצייה מהדרך המשנית בתמרון חד-שלבי (תמרון עצור, 302) בצומת מרומזר

ג. **מקרה 5:** משולשי ראות לחצייה ולפנייה שמאלה מהזרועות המשניות בהצטלבות מרומזרת עם דרך עיקרית דו-מסלולית, ממצב עצירה (תמרון 302): תרשים 4.8.

במקרה 5, המובא בחלק זה כדוגמה בלבד, הצומת המרומזר כולל שני נתיבים לתנועות ישר ונתיב ייעודי אחד לפנייה שמאלה בזרועות העיקריות. בזרועות המשניות קיים נתיב משותף לחצייה ולפנייה

שמאלה. כל הפניות ימינה הן חופשיות עם אי-תנועה משולש. לפי תרשים זה, משולשים A, A1 ייבחנו בדומה להסתעפויות לא מרומזרות. במסלול הרחוק, ערך הפער הקריטי של משולש B משמש הן לפנייה שמאלה ללא נתיב השתלבות והן לתנועת החצייה, ומשולש B1 משמש לתנועת החצייה כאשר מתוכננת הצטלבות מרומזרת. בבדיקת משולשי ראות לרכב כבד יש להוסיף 2.0 שניות לכל פער בסיסי, ו-0.7 שניות לכל תוספת נתיב במסלול הקרוב, ו-1 שניה ברחוק, בדומה לערכים המפורטים למקרה 3 בטבלה 4.3. מרחקי-ראות לפערים אלה מפורטים בטבלה 4.5 בסעיף 4.3.3.

עם זאת, מעבר לפער מסוים (הנגזר מגודל הצומת), לא סביר שיתאפשר לספק משולשי ראות המתאימים לתמרון חד-שלבי מהזרועות המשניות. במקרים אלה, ההגנה על הפנייה תתבצע באמצעות רוחב המפרדה שיהיה כ-3.0 מ' לפחות באזור החצייה, ואף מעבר לכך (ראו פרק 10), בתוספת רוחב הנתיב הייעודי לפנייה שמאלה (לרוב 3.60 מ'). כאשר גודל הצומת אינו מאפשר לספק משולשי ראות לתמרון חד-שלבי, משולשי הראות מהזרוע המשנית ייבחנו תמיד רק למסלול הקרוב, מתוך ההנחה שהתמרון ממרכז המפרדה יתבצע על בסיס מרחק הראות הניתן בזרוע העיקרית (לפי סעיף 4.2) בהתאם למהירות התכן שלה. יש לציין כי מקרים אלה מיועדים אך ורק למצב שבו הרמזורים אינם מתפקדים, ולכן מדובר על שימוש במשולשי הראות הללו רק עד שיוצבו הסדרים חליפיים להסדרת התנועה בצומת או עד שתתחדש פעולת הרמזור.

ד. צמתים מרומזרים מורכבים: בצמתים מרומזרים מורכבים ועמוסי תנועה בשעות השיא, כגון דרך עיקרית בשלשה נתיבים לכיוון ומעלה, או יותר מנתיב פנייה אחד, סביר להניח שבעת תקלה, הצומת לא יתפקד בשעות גודש ללא הכוונת משטרה, ולכן תאוריית השימוש בפערים הקריטיים להבטחת משולשי הראות לא תהיה מעשית בשטח. עם זאת, בשעות שפל עדיין ייתכן שהצומת לא יזכה להכוונה ידנית, לכן יש לשאוף ככל האפשר לקיים מרחקי-ראות שיאפשרו לתנועות המשניות את ביצוע הפניות בהתאם להוראת התמרורים.

ה. השפעת מעברי החצייה על אורך הצלע בזרוע המשנית (L<sub>2</sub>): ראו סעיף 4.3.5 ג'.

### 4.3.7 מגבלות להצבת עצמים בתחום משולשי הראות

מרחב הראות מכל זרוע בצומת הוא איחוד של עד ארבעה משולשי ראות, בהתאם למספר הזרועות ולמשטר הבקרה, כמפורט בסעיפים הקודמים. כל אחד מהמשולשים מהווה את התחום הפנוי הנדרש לנהג המגיע מכיוון משני, כדי לראות את הרכב הנמצא מימינו, משמאלו או בציר התנועה שמולו, בהתאם לתנועה שמתבצעת.

מסיבה זו חלות בתחום משולשי הראות הגבלות להצבת עצמים, שבמסגרתן מצמצמים ככל שניתן את כמות המטרדים שגורמים לחסימת מרחב הראות. **ככלל, לא יוצבו באזור מרחב הראות עצמים הגבוהים מ-80 ס"מ, למעט תמרורים חיוניים ועמודי רמזור, אשר הכרחיים לצורך הסדרי התנועה בצומת, ומוצבים על עמודים שעוביים אינו נחשב כמפגע במסגרת מרחב הראות.**

בתחום משולשי הראות לא יוצבו עמודי חשמל ותשתיות עיליות אחרות; ריהוט רחוב כגון סככות אוטובוס; שיחים העלולים לגדול מעל גובה 80 ס"מ ועצים; שלטים שונים, לרבות שלטים תנועתיים (למעט תמרורים חיוניים כגון מורי-דרך ועמודי רמזורים); גדרות ה"ר, מתרסים אקוסטיים וכד' שגובהם עולה על 80 ס"מ. להתייחסות רחבה יותר בנושא הצבת מעקות ושאר התקני בטיחות הכרחיים, כך שגובהם לא יעלה על 80 ס"מ מעל הכביש או המפרדה – ראו פתרונות למעקות בטיחות בקרבת צמתים בין-עירוניים, וכן סעיף 5.5.4 "התקנת מעקות במפרדה באזור הצומת" ב-"הנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות בטיחות קבועים בדרכים בין-עירוניות, מהדורה שלישית, אפריל 2020" של משרד התחבורה. פירוט נוסף למגבלות לעצמים בתחום הצומת מובא ב"ספר הצמתים" "הנחיות לתכנון רחובות בערים, 2020, סעיף 5.10.11.

## פרק 5: ניתוב בצומת ואיי תנועה: עקרונות

### תוכן עניינים

<b>5-1</b> .....	<b>מבוא</b>	<b>5.1</b>
5-1.....	הניתוב בצומת.	5.1.1
5-2.....	איי התנועה בצומת.	5.1.2
<b>5-2</b> .....	<b>נתיבים המשכיים ונתיבי-עזר באזור הצומת: עקרונות</b>	<b>5.2</b>
5-2.....	כללי	5.2.1
5-3.....	ניתוב בהסתעפויות לא מרומזרות.	5.2.2
5-3.....	ניתוב בצמתים מרומזרים	5.2.3
5-6.....	הוספת נתיבים המשכיים בזרועות צומת מרומזר.	5.2.4
<b>5-9</b> .....	<b>נתיבים ייעודיים (האטה) לפניות ימינה ושמאלה – יעדים והצדקים</b>	<b>5.3</b>
5-9.....	אי-תנועה משולש ונתיבים ייעודיים לפנייה ימינה: יעדים והצדקים	5.3.1
5-10.....	נתיבים ייעודיים לפנייה שמאלה: יעדים והצדקים	5.3.2
5-12.....	דירוג הנתיבים הייעודיים לפניות ימינה ושמאלה	5.3.3
<b>5-13</b> .....	<b>נתיבי-עזר לאחר הפניות ימינה ושמאלה – יעדים והצדקים</b>	<b>5.4</b>
5-13.....	נתיב האצה אחרי פנייה ימינה: יעדים והצדקים	5.4.1
5-14.....	נתיב השתלבות אחרי פנייה שמאלה: יעדים והצדקים	5.4.2
<b>5-15</b> .....	<b>התקנת איי-תנועה – סוגים, שיקולים ויעדים</b>	<b>5.5</b>
5-15.....	מטרות ההתקנה ותהליך התכנון	5.5.1
5-16.....	סיווג איי-תנועה	5.5.2
<b>5-17</b> .....	<b>אבני-שפה</b>	<b>5.6</b>

## פרק 5: ניתוב בצומת ואיי תנועה: עקרונות

### 5.1 מבוא

#### 5.1.1 הניתוב בצומת

לניתוב בצומת השפעה ישירה על קיבולת הצומת ועל בטיחות התנועה בו: התכנון הנכון צריך ליישב את הסתירה בין הרצון לספק קיבולת על ידי הגדלת מספר הנתיבים, לבין הרצון לספק בטיחות על ידי צמצום שטח הניגוד (ולכן מספר הנתיבים) בתחום הצומת.

**הנתיבים ההמשכיים** בצומת הם הנתיבים הבסיסיים המיועדים לנסיעה ישר, והם בעלי המשך רציף בתוך הצומת. **נתיבי-העזר** הם נתיבים המתווספים לכביש באזור הצומת, מעבר למספר הבסיסי של הנתיבים ההמשכיים העוברים באותו כביש, ומיועדים לשרת את התנועות הפונות. מטרתם של נתיבי-העזר היא להוציא מן הנתיבים ההמשכיים את אותן התנועות הפונות, אשר עקב האטות או האצות יוצרות ניגודי היפרדות והתמזגות עם התנועה הממשיכה ישר, ובדרך זו לצמצם את מספר הניגודים בצומת, ולהפחית את ההפרעות לתנועה הממשיכה ישר. נתיבי-העזר משמשים כאמור לפעולות הפנייה המצריכות שינוי מהירות, דהיינו ההאטה לפני הפנייה וההאצה אחרי הפנייה, וכן לאחסנת כלי-הרכב הפונים בעת ההמתנה לביצוע הפנייה (בעיקר לפנייה שמאלה).

לנתיבי-העזר השפעה ניכרת על שיפור רמת התפעול ורמת הבטיחות של הצומת, בהקטנת העיכובים לתנועות שאינן פונות, בהעלאת רמת-השירות של הפניות, ובהקטנת הסיכון לתאונות מסוג פנים-אחור ופנים-צד.

סעיף 5.2 מפרט את העקרונות לקביעת הנתיבים ההמשכיים והנוספים באזור הצומת, סעיף 5.3 מפרט יעדים והצדקים להתקנת נתיבים ייעודיים לפניות (לפני הצומת), וסעיף 5.4 מפרט הצדקים לנתיבי-האצה לפניות (אחרי הצומת). עקרונות הניתוב במעגלי תנועה מפורטים בפרק 11.

לפני תכן הנתיבים ההמשכיים ונתיבי-העזר יש לבדוק את ההצדקים לרימזור הצומת, בהתאם להנחיות לתכנון רמזורים של משרד התחבורה (במהדורתן המעודכנת). הכללים למתן נתיבי-העזר ופרטי התכן הגיאומטרי שלהם מתבססים על ההחלטה אם הצומת מרומזר או לא מרומזר, כמפורט בסעיף 5.2 להלן. בהנחיות אלו, ההתייחסות לצמתים שאינם מרומזרים תהיה **להסתעפויות** לא מרומזרות בלבד ולא להצטלבויות, בהתאם לעקרונות שפורטו בסעיף 3.5 לעיל.

ההצדקים המוצגים בפרק זה ופרטי התכן שפורטו בפרקים 6 ו-7 להלן, מיועדים הן לתכן צמתים בדרכים חדשות, והן לצמתים חדשים ולשיפורים בצמתים בדרכים קיימות, בהתאם לשיקולי התכן ולסיווג הדרכים הנפגשות, כפי שפורט בסעיף 3.1 לעיל בהנחיות אלו. שיפורים בצמתים קיימים יבוססו גם על נתונים ופרמטרים תפעוליים ובטיחותיים שנמדדו בפועל.

בעת תכנון הצומת יש לדאוג להמשכיות הנתיבים בזרועות הצומת השונות, לייחד כל נתיב לתנועות המיועדות לו, ולבצע את השינויים המתחייבים (תוספת או הפחתת נתיבים) בצורה הדרגתית. יש לזכור

גם, כי תוספת נתיבי-העזר מגדילה את שטח הצומת הכולל ואת עלות ביצועו. בנוסף, הגדלת שטח הצומת מאריכה את מרחקי ההליכה ואורכי החצייה. על כן, יש לדאוג להסדרי חצייה להולכי-רגל בצמתים בהם צפויה פעילות זו, במסגרת הסדרי הניתוב הכולל (ראו פרק 10 בהמשך ההנחיות. לשילוב אופניים, ראו פרק 9).

עקרון נוסף חשוב שיש לשמור עליו בתכן הניתוב הוא אחידות ההסדרים: יש לשאוף ליישום הסדרים עקביים בצמתים סמוכים לאורך ציר המתוכנן כהמשכי, כדי להקל על התמצאותו של הנהג ועל אפשרויות קבלת החלטות שלו.

## 5.1.2 אי התנועה בצומת

אי-התנועה מוגדר כשטח המפריד בין נתיבי הנסיעה בצומת, לצורך בקרת תנועתם והכוונתם של כלי-הרכב, הולכי-הרגל, ורוכבי האופניים. אי-תנועה מהווים את אחד האמצעים העיקריים לניתוב ולהכוונת התנועה בצומת, והשימוש בהם נעשה הן משיקולים בטיחותיים והן משיקולים תפעוליים. תכן אי-התנועה בהנחיות משולב בתכן העקומים והפניות ימינה ושמאלה (פרקים 6 ו-7), ובתכן הנתיבים ההמשכיים ונתיבי-העזר (הפרק הנוכחי ופרקים 6 ו-7).

- סעיף 5.5 בפרק זה סוקר את סוגי האיים השונים המקובלים בצמתים בין דרכים בין-עירוניות:
- איים משולשים לפניות ימינה (פירוט גם בפרק 6).
  - איים מאורכים להפרדה מקומית במרכז דרכים חד-מסלוליות (פירוט גם בפרק 7).
- אבני שפה בצומת יהיו בהתאם לתקן ישראל מספר 19 (סעיף 5.6).

## 5.2 נתיבים המשכיים ונתיבי-עזר באזור הצומת: עקרונות

### 5.2.1 כללי

הבסיס לקביעת הניתוב בזרועות הצומת הוא מספר הנתיבים המשכיים, כהגדרתם בסעיף 5.1.1 לעיל. **מספר הנתיבים המשכיים בתוך הצומת לא יפחת ממספר הנתיבים הקיים בקטע הכביש לפני הצומת** (כדי למנוע ניגודי התמזגות לקראת הצומת).

בהסתעפות לא מרומזרת, השיקול הבטיחותי מכתוב למתכנן לא להוסיף נתיבים המשכיים מעבר לאלה המומלצים על-פי ההנחיות – ראו להלן סעיף 5.2.2.

בצומת מרומזרת יהיה צורך במקרים רבים להוסיף נתיבים לתנועות השונות, כדי להבטיח את הקיבולת הנדרשת – ראו להלן סעיף 5.2.3.

נתיב העדפה לתחבורה ציבורית – אם קיים בחלק מהזרועות נתיב העדפה לתחבורה ציבורית (נת"צ) בגישה לצומת, יש להתייחס אליו כנתיב המשכי נוסף בצומת, אך הוא אינו נכלל במספר הנתיבים הבסיסי. להתייחסות בנושא נר"תים ראו "הנחיות לתכנון נר"ת" (2019).

## 5.2.2 ניתוב בהסתעפויות לא מרומזרות

כאמור, ההנחיות להלן מתייחסות בפירוט להסתעפויות לא מרומזרות בלבד – הצטלבות לא מרומזרת אינה מקובלת כיום, ויש לבחון חלופות לתצורת הצומת כמפורט בסעיף 3.5.1 [צומת הצטלבות – כללי]. בתרשים 5.1 מוצגות כל האפשרויות הסכימתיות לניתוב הזרועות בהסתעפות לא מרומזרת, בהתאם לעקרונות המוצגים בפרק זה. התרשים מתייחס להסתעפות בין ציר ראשי/עיקרי חד-מסלולי או דו-מסלולי, לציר משני חד-מסלולי (כאשר גם הציר המשני דו-מסלולי, צפוי שהצומת יהיה מרומזר לפי הצדק נפחי התנועה, ראו בהנחיות המעודכנות לרמזורים). בחתך רוחב מיוחד/לא סטנדרטי, כגון 1+1 או נתיבי עקיפה המתוארים בפרק 3 בכרך 1, יש לחזור לקראת הצומת לחתך הרגיל של הדרך, כפי שנקבע שם, כדי לא להרבות בהסדרים שאינם מוכרים לנהגים ולהולכי-הרגל.

- **בציר הראשי**, מספר הנתיבים הממשיכים ישר בצומת יהיה שווה למספר הנתיבים הבסיסיים בקטע הכביש לפני מבואות הצומת, ונתיבים ייעודיים לפניות ימינה או שמאלה יינתנו בכל פעם שקיים ההצדק לכך (ראו סעיפים 5.3.1, 5.3.2).
  - **בציר המשני**, אין לתכנן יותר מנתיב אחד במקביל בקו העצירה, וזאת בכדי למנוע מכלי-הרכב שבקו העצירה להסתיר זה לזה את שדה הראייה לאחד הצדדים, הדרוש למתן זכות הקדימה לציר הראשי. לפיכך יתוכנן נתיב משותף לפניות ימינה ושמאלה. אלא אם יש הצדק לנתיב ייעודי לפנייה ימינה לפי ההצדקים שבסעיף 5.3.1, או לנתיב ייעודי לפנייה שמאלה לפי ההצדקים שבסעיף 5.3.2, יתוכנן בציר המשני 2 נתיבים נפרדים, כך שהפנייה ימינה תתוכנן עם אי-תנועה משולש, כדי למנוע את ההסתרה המתוארת לעיל.
  - לחישובי אורכי תור, עיכוב ורמת-השירות בזרועות הצומת לצורך שיקולים תפעוליים, ראו פרק 17 ב- "HCM 2000 מתורגם ומותאם לתנאי ישראל, 2005".
  - רוחב הנתיבים המשכיים בקטע הישר בתחומי צומת לא מרומזר, לא יפחת מרוחב הנתיבים בזרוע הכביש לפני הצומת. רוחב הנתיב בדרך בין-עירונית נתון בפרק 3 בכרך 1 של הנחיות אלה.
- בתרשים 5.2 מוצגת דוגמה עקרונית לניתוב בהתאם לטבלה בהסתעפות שאינה מרומזרת, בין ציר ראשי דו-מסלולי (עם שני נתיבים בסיסיים לכיוון), לבין ציר משני חד-מסלולי דו-נתיבי.

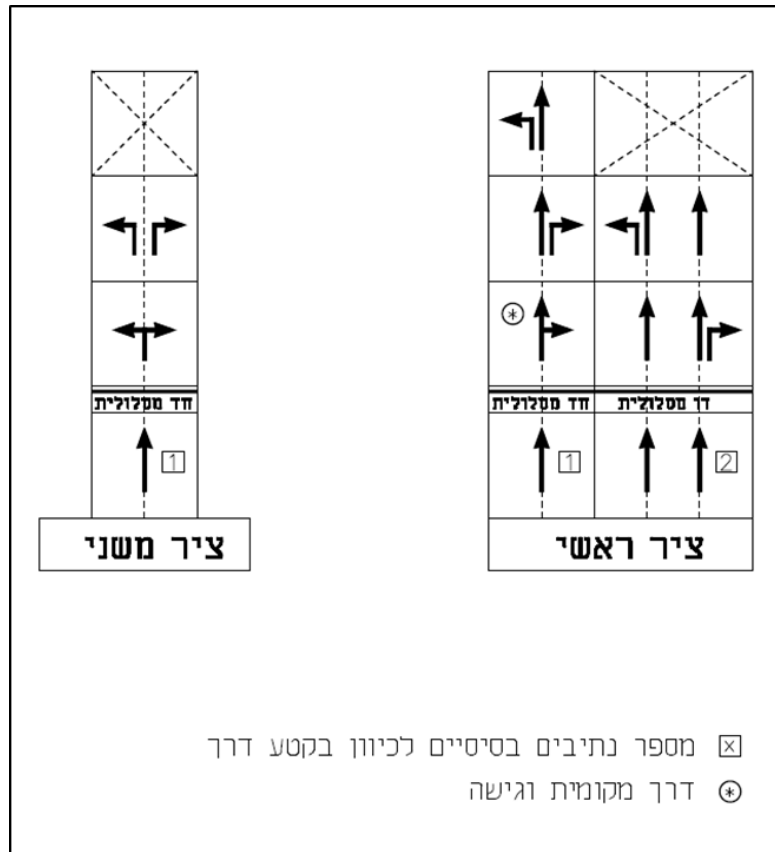
## 5.2.3 ניתוב בצמתים מרומזרים

לקביעת הניתוב בצומת מרומזר השפעה מכרעת על תכן הרמזור ותפעולו, ולכן, קביעת הניתוב היא חלק בלתי נפרד מתכנון הרמזור. בהתאם לצורך העולה מבדיקות העיכוב, רמות-השירות והתורים (ראו פרק 16 ב- "HCM 2000 מתורגם ומותאם לתנאי ישראל, 2005" והנחיות לתכנון רמזורים במהדורתן המעודכנת), ניתן להגדיל את מספר הנתיבים להמשך ישר במבואות הצומת המרומזר, ולהוסיף נתיבים ייעודיים לפניות ימינה ושמאלה. הפרדת התנועות בזרועות הצומת נדרשת גם במקרים בהם התור מתנועה אחת עלול לחסום את הגישה לתנועה אחרת (ראו תרשים 7.7).

על אף שהגדלת מספר הנתיבים בגישה לצומת מעלה את קיבולת הצומת לרכב מנועי, אין להגדיל את מספר הנתיבים מעבר למספר מסוים:

בדרך דו-מסלולית, עם חתך דרך בסיסי של שני נתיבים לכיוון, אין להרחיב את הגישה לצומת מרומזר מעבר לשלושה נתיבים לנסיעה ישר ומעבר לשלושה נתיבים לפנייה שמאלה, כאשר החלופה הרחבה ביותר לרוב תהיה תוצאה של הסדרי העדפה לתח"צ בצומת.

בדרך חד-מסלולית (נתיב לכיוון), אין להגדיל את מספר הנתיבים המיועדים לתנועה הממשיכה ישר בצומת המרומזר מעבר לשניים, וכן ניתן להוסיף נתיב ייעודי אחד לפנייה שמאלה (אך לא מעבר לכך), ונתיב-עזר לפנייה ימינה.



**תרשים 5.1:** אפשרויות הניתוב בהסתעפות לא מרומזרת



המגבלות לעיל נובעות בעיקרן משיקולי בטיחות, עקב הגידול בזמן הבין-ירוקים, והארכת מעברי החצייה הפוגעת במשתמשי הדרך החוצים (בצמתים מרומזרים), וכן קושי של התמזגות התנועה בהמשך הדרך בחזרה לחתך הטיפוסי. רצוי להסתפק במספר קטן ככל האפשר של נתיבים במבואות הצומת, בגלל אי-הנוחות בנהיגה וקשיי התמצאות בצמתים בעלי שטח גדול, והגדלת מספר נקודות הניגוד. עם זאת, מקובל כי בצומת בין-עירוני יינתן משקל רב בניתוב הצומת המרומזר לצרכי הרכב המנועי (פירוט בהנחיות לתכנון רמזורים במהדורתן המעודכנת). במקרים בהם קיימים נתיבים בצומת, יש לבחון את השיקולים הרלוונטיים לניתוב הצומת המרומזר בהתאם, ובהתחשב בצרכי הולכי הרגל בצומת (פרק 10).

הערה: הנחיות אלו (לצמתים) אינן עוסקות במקרים המיוחדים של נתיבי העדפה (נתיבים) ושל נתיבים מתחלפים בצמתים.

#### 5.2.4 הוספת נתיבים המשכיים בזרועות צומת מרומזר

**בכל מקרה של הוספת נתיב המשכי לתנועה ישר לקראת הצומת המרומזר או הפחתתו אחריה, הנתיב שייקטע או יתווסף עקב השינוי יהיה הנתיב הימני ביותר (כמתואר בתרשימים 5.3 א', 5.3 ב'), כדי לא לקטוע נתיבים המיועדים לתנועת כלי-הרכב בנתיבים השמאליים (מלבד ניתוב במעגלי תנועה, ראו פרק 11). יש לוודא כי הוספת או הפחתת הנתיב הנוסף, לפני או אחרי הצומת, אינה מתבצעת בסמוך לנקודות ניגוד נוספות, כגון פתיחת או סגירת נתיבי פנייה (נתיב ייעודי לפנייה ימינה או נתיב האצה אחרי פנייה ימינה), או בקרבת תחנות אוטובוס.**

האורך בו ממשיכים הנתיבים הנוספים לתנועה ישר במוצאי הצומת (לאחר הצומת) מעלה את הקיבולת של תנועה זו על ידי השימוש בקטע הנתיב במוצאי הצומת, ועד להשתלבותם בנתיבים הבסיסיים. כמו כן, קביעת האורך ביחס לנתיב ההאצה לאותה זרוע, מסייעת בהרחקה של נקודות הניגוד, שהן סגירת נתיב ההאצה הסמוך (נתיב ההאצה לפנייה החופשית ימינה הנמצא מימינו) לעומת סגירת הנתיב המשכי הנוסף ביציאה מהצומת. לכן, המרחקים המזעריים להמשך הנתיב אחרי הצומת תלויים בסמיכות לנתיב ההאצה לאחר הפנייה ימינה המשתלבת באותו קטע דרך.

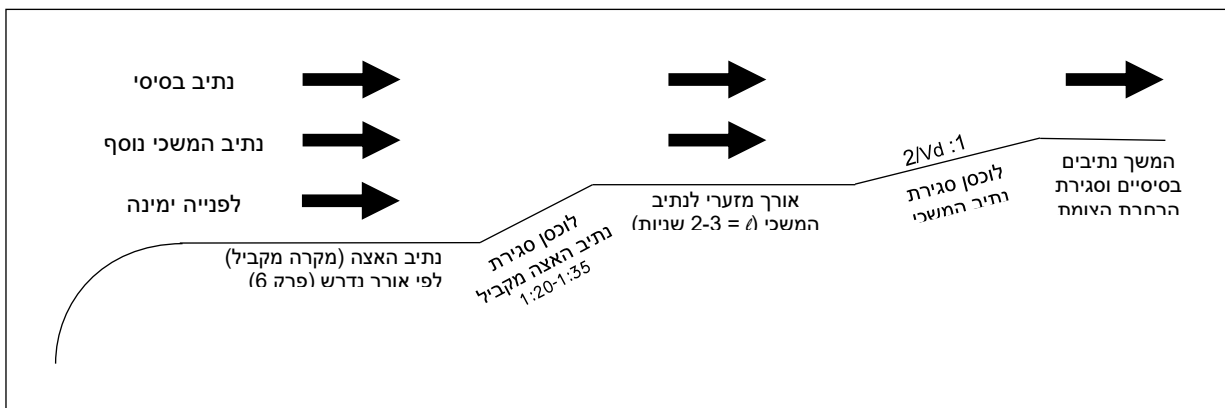
טבלה 5.1 מפרטת את האורך המזערי הנדרש לנתיב המשכי ברוחבו המלא ביציאה מהצומת, עד לתחילת סגירתו על ידי לוכסן. אורך זה ייקבע לפי מספר שניות הנסיעה במהירויות התכן, ולפי סמיכות הנתיב המשכי לנתיב האצה ביציאה מהצומת. תרשים 5.3 א' מציג סכימתית אופן הפחתת נתיב ביציאה מהצטלבות מרומזרת, ותרשים 5.3 ב' מציג הסתעפות מרומזרת עם הוספות והפחתות נתיב במבואות ובמוצאי הצומת, בהתאמה.

ההרחבה לצורך תוספת הנתיבים לפני הצומת תבוצע באופן דומה, אם כי מקום ביצוע תלוי גם באורך האחסנה הנדרש בצומת לתנועות הממשיכות ישר, אותו יש לבחון לפי תחזיות התנועה לפרויקט, ובהתאם לתכנון הרמזור. באופן זה נשמרת המשכיות הנתיבים לאחר הצומת, כדי לקלוט את זרימת התנועה היוצאת, ולאפשר את ביצוע ההתמזגויות הנדרשות לאחר הצומת בתמרון נוח לנהג. הציריות מפתיעות ושינויים חריגים בחתך הדרך עלולים לפגוע בעקביות התכנון בשל התמרונים הנדרשים לכלי הרכב. לכן, אין לבצע הצרת נתיבים בצמתים ויש לשמור על החתך הרגיל לרוחב גם באזור הצומת.

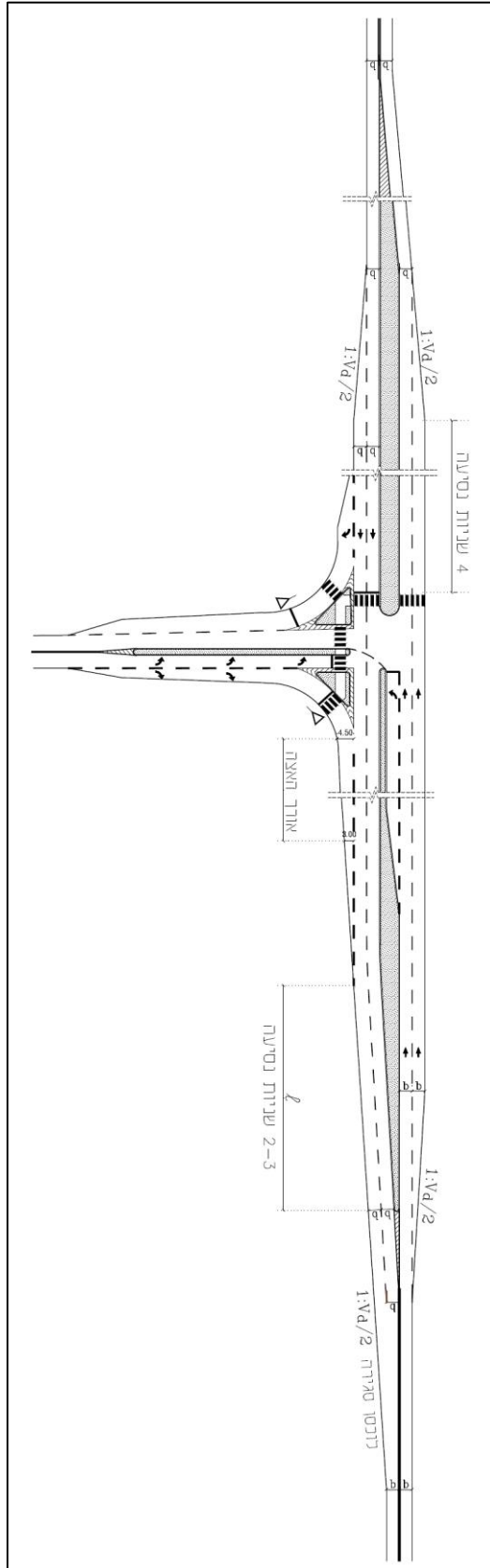
**טבלה 5.1:** אורך מזערי לנתיב ההמשכי במוצאי צומת מרומזר עד לתחילת סגירתו בלוכסן (מ')

היסט הלוכסן בסגירת הנתיב (1:V <sub>d</sub> /2)	ל – אורך מזערי לנתיב ההמשכי במוצאי הצומת לפני תחילת לוכסן הסגירה (מ')			מהירות תכן בציר ההמשכי (קמ"ש) <sup>(1)</sup>
	ללא נתיב האצה (4 שניות נסיעה) <sup>(4)</sup>	אחרי נתיב האצה מקוצר (3 שניות נסיעה) <sup>(3)</sup>	אחרי נתיב האצה באורך מלא (2 שניות נסיעה) <sup>(2)</sup>	
1:40	90	65	45	80
1:45	100	75	50	90
1:50	110	85	55	100

- (1) במקרים של הצדק לרימזור בדרכים במדרג נמוך במהירויות תכן של 60 ו-70 קמ"ש, יש להשתמש בערכים של 80 קמ"ש.
- (2) כאשר לאחר פנייה חופשית ימינה ניתן נתיב האצה באורך מלא (ראו פרק 6 סעיף 6.4.2) בסמוך לנתיב ההמשכי המיועד לסגירה, יוקצה מרחק של 2 שניות נסיעה לפחות מנקודת סוף הלוכסן של נתיב האצה מימנו, עד לתחילת השינוי הבא.
- (3) כאשר לאחר פנייה חופשית ימינה ניתן נתיב האצה מקוצר (ראו פרק 6 סעיף 6.4.3), יוקצה מרחק נסיעה של 3 שניות מנקודת סוף הלוכסן של נתיב האצה מימנו, עד לתחילת השינוי הבא.
- (4) בהסתעפות מרומזרת בדרך ההמשכית (בצד שבו אין נתיב האצה סמוך), או במקרים חריגים בהם הפנייה ימינה אינה מתוכננת עם אי-תנועה משולש ונתיב האצה, יש לוודא כי אורך הנתיב ההמשכי לפני סגירתו מאפשר נסיעה של 4 שניות לפחות ביציאה מהצומת במהירות התכן, ורק לאחריו יתחיל הלוכסן המיועד לסגירת הנתיב ההמשכי.



**תרשים 5.3א':** תרשים סכימתי לאופן הפחתת נתיב המשכי במוצאי הצומת



**תרשים 5.3ב':** אופן הוספת והפחתת נתיב המשכי בהסתעפות מרומזרת

## 5.3 נתיבים ייעודיים (האטה) לפניות ימינה ושמאלה – יעדים והצדקים

### 5.3.1 אי-תנועה משולש ונתיבים ייעודיים לפנייה ימינה: יעדים והצדקים

התקנת נתיב ייעודי לפנייה ימינה עם אי-תנועה משולש נעשית הן משיקולים בטיחותיים והן משיקולים תפעוליים:

- הקטנת מספר ניגודי ההפרדות של הפונים ימינה עם כלי-הרכב הממשיכים ישר, ומתן אפשרות ליצירת הפרש בטיחותי בין מהירויותיהם, באמצעות מתן אורך ייעודי להאטה בנתיב נפרד לכלי-הרכב הפונים ימינה.
  - הקטנת ההפרעה לכלי-הרכב הממשיכים ישר, והגדלת הקיבולת לתנועה זו.
  - שיפור ההתמצאות של הנהג בצומת.
  - מתן אורך אחסנה לכלי-הרכב הפונים ימינה, ללא הפרעה לשאר התנועות.
  - בצמתים מרומזרים ובציר משני לא מרומזר – שחרור הפונים ימינה מהעיכוב בתור של הממתינים להמשיך ישר (בהסתעפות לא מרומזרת, הממתינים לפנייה שמאלה מהמשני).
  - הפרדה בין קווי העצירה של נתיבים סמוכים, לשיפור הראות (ראו גם סעיף 5.2.2).
- בצמתים בין-עירוניים, בכל מקרה שבו, משיקולים תפעוליים או משיקולי תכנון אחרים, מתוכנן נתיב ייעודי לפנייה ימינה, יש לתכנן את הפנייה גם עם אי-תנועה משולש. כמו כן, יש להתקין אי מאורך – "טיפה", או מפרדה לצד אי-תנועה משולש (ראו סעיף 5.5.1).

▪ **הסתעפויות לא מרומזרות:** טבלה 5.2 מפרטת את ההצדקים להתקנת אי-תנועה משולש ונתיב ייעודי בפנייה ימינה בצמתים אלה. כל ההצדקים מותאמים לסיווג הדרך ממנה פונים.

#### ▪ **בצמתים מרומזרים:**

- **בציר הראשי** יתוכנן תמיד נתיב ייעודי לפנייה ימינה עם אי-תנועה משולש (הערה: כאשר הדרך שבציר הראשי היא במדרג נמוך, כגון דרכים אזוריות ומקומיות חד-מסלוליות, לא צפוי בהכרח הצדק לרימזור הצומת).
- **בציר המשני** הפניות החופשיות ימינה יתוכננו עם אי משולש, כדי למנוע בלבול פנסים בין הנהגים, וכן לצורך הפרדת התנועות למניעת חסימת ראות בין כלי-הרכב הממתינים במקביל, בעת תקלה ברמזור. נתיב ייעודי באורך מלא לפני הפנייה יתוכנן בדרכים במדרג גבוה. בדרכים אזוריות ומקומיות חד-מסלוליות, ניתן לתכנן נתיב ייעודי לפנייה ימינה באורך מלא או נתיב ייעודי מקוצר, לפי שיקולים תפעוליים של אורך תור ועיכוב בכלל התנועות בזרוע. אין לוותר על האי המשולש בפנייה ימינה בציר המשני של צומת מרומזר אלא במקרים חריגים, כגון שיקולי חצייה של ה"ר באזורים מיושבים.
- **פניות מרומזרות ימינה** יתוכננו עם אי-תנועה משולש ונתיב ייעודי לפנייה לפי אותם שיקולים שלעיל. פנייה מרומזרת ימינה עם יותר מנתיב פנייה אחד, תתוכנן רק בתנאי שמספר הנתיבים במסלול אליו פונים אינו קטן ממספר הנתיבים הפונים ברמזור, כפי שמוצג בדוגמא בפרק 6.3 תרשים 6.3 ב'. (תכנון של יותר משני נתיבי פנייה מרומזרים ימינה הוא נדיר).

## טבלה 5.2: הצדקים להתקנת אי-תנועה משולש ונתיב ייעודי לפנייה ימינה בהסתעפויות לא מרומזרות

סיווג הדרך ממנה פונים				הציר בצומת
מקומית וגישה	אזורית חד-מסלולית	אזורית דו-מסלולית	ראשית <sup>(1)</sup>	
לפי שיקולים תפעוליים <sup>(3)</sup> ותכנון לה"ר ותח"צ <sup>(8)</sup>	אי-תנועה משולש ונתיב ייעודי לפנייה	אי-תנועה משולש ונתיב ייעודי לפנייה <sup>(6)</sup>	אי-תנועה משולש ונתיב ייעודי לפנייה <sup>(6)</sup>	ראשי (עיקרי)
לפי שיקולים תפעוליים <sup>(3)</sup> ותכנון לה"ר ותח"צ <sup>(8)</sup>	אי-תנועה משולש, נתיב ייעודי לפי שיקולים תפעוליים <sup>(3)</sup> ותכנון לה"ר ותח"צ <sup>(8)</sup>	לא רלוונטי <sup>(4)</sup>	לא רלוונטי <sup>(4)</sup>	משני <sup>(2)</sup>

- 1) דרך ראשית צפויה בהסתעפות לא מרומזרת רק כציר עיקרי ולא כציר משני. דרך ראשית בטבלה זו היא דו-מסלולית, או חד-מסלולית בשלב ביניים (ראו סעיף 2.3.3 בכרך 1).
- 2) זרוע המוגדרת כעירונית תהיה תמיד המשנית במפגש עם דרך בין-עירונית בציר העיקרי.
- 3) שיקולים תפעוליים של אורך תור או עיכוב (בשניות, ברמת שירות הנמוכה מ-D), כמפורט ב-HCM 2000 מתורגם ומותאם לתנאי ישראל, 2005, פרק 17). בציר המשני, יש לבחון גם את התור המצטבר של כלל התנועות בזרוע.
- 4) כאשר גם הציר המשני דו-מסלולי, צפוי להתקיים הצדק לרימזור הצומת (ראו טבלה 3.1).
- 5) ראו סעיף 5.2.2 לגבי הפרדת כיווני הנסיעה בציר המשני משיקולי ראות.
- 6) הסתעפויות לא מרומזרות עם דרך עיקרית דו-מסלולית יתוכננו רק כאשר לא צפויה חציית הולכי רגל בדרך העיקרית, ראו סעיף 3.4.3 וכן 10.2.2.
- 7) כאשר הפנייה מתבצעת לדרך עיקרית דו-מסלולית, יש לתכנן פנייה חופשית ימינה לצורך האצת כלי-הרכב.
- 8) במקרים בהם יש תדירות גבוהה של חציות הולכי רגל את הזרוע המשנית, עדיף להפריד את חציית התנועות ימינה ושמאלה במשני. בנוסף, אם קיימת תדירות גבוהה של אוטובוסים הפונים ימינה, הפרדת התנועות תקטין את זמני ההמתנה של האוטובוסים בפנייתם אל הדרך העיקרית.

טבלה 5.3 מפרטת את ההצדקים להתקנת אי-תנועה משולש ונתיב ייעודי בפנייה ימינה בצמתים מרומזרים. כל ההצדקים מותאמים לסיווג הדרך ממנה פונים.

- **צמתים מדורגים מרומזרים:** בדירוג ימני מרומזר, לא יתאפשר לתכנן פניות חופשיות ימינה מהזרוע המשנית, בגלל הקרבה בין ההסתעפויות, והפניות ימינה מהמשני יהיו מרומזרות. בדירוג שמאלי, המרחק בין הצמתים לא תמיד יאפשר נתיב ייעודי באורך מספיק להאטת כלי-הרכב על הציר הראשי (לפי קריטריונים בפרק 6) לפני הפנייה ימינה מהראשי למשני. פרטי התכן של פניות אלו מופיעים בפרק 6, תרשימים מפורטים של צמתים מדורגים מרומזרים מופיעים בפרק 10 (תרשימים 10.5, 10.6).

### 5.3.2 נתיבים ייעודיים לפנייה שמאלה: יעדים והצדקים

הנתיבים הייעודיים לפנייה שמאלה משמשים את כלי-הרכב המתכוונים לפנות שמאלה, בטרם היכנסם לצומת.

א. **בציר הראשי** הנתיבים מאפשרים לכלי-הרכב הפונים שמאלה, להאט מחוץ לנתיב הנסיעה של הממשיכים ישר, ומבטיחים את אחסונם במרכז הכביש, מימין למפרדה, בעת ההמתנה לפער מתאים

בתנועה ממול. הנתיבים מאפשרים זרימה בלתי מופרעת של התנועה הממשיכה ישר, ומפחיתים את הסיכון לתאונות "חזית-אחור" בצומת. סיכון זה גדול במיוחד בדרכים דו-מסלוליות, בהן ההאטה לצורך הפנייה נעשית מתוך הנתיב השמאלי ("המהיר"), בכיוון הנסיעה ישר בציר הראשי. השיקול הבטיחותי קיים גם בצמתים לא מרומזרים וגם בצמתים מרומזרים, לצורך הגנה על כלי-הרכב הפונים שמאלה בעת תקלה ברמזור.

### **טבלה 5.3:** הצדקים להתקנת אי-תנועה משולש ונתיב ייעודי לפנייה ימינה בצמתים מרומזרים

סיווג הדרך ממנה פונים			הציר בצומת
מקומית וגישה	אזורית חד-מסלולית	אזורית דו-מסלולית ראשית <sup>(1)</sup>	
אי-תנועה משולש ונתיב ייעודי לפנייה <sup>(3)</sup>		אי-תנועה משולש ונתיב ייעודי לפנייה	ראשי (עיקרי)
אי-תנועה משולש, נתיב ייעודי לפי שיקולים תפעוליים <sup>(3)(4)</sup>			משני <sup>(2)</sup>

- (1) דרך ראשית צפויה בצומת מרומזר רק כציר עיקרי ולא כציר משני. דרך ראשית בטבלה זו היא דו-מסלולית, או חד-מסלולית בשלב ביניים (ראו סעיף 2.3.3 בכרך 1). במפגש של שתי דרכים ראשיות, צומת מרומזר יתוכנן רק כשלב ביניים, ויש לתכנן בשלב הסופי מחלף גישה (ראו טבלה 3.1 בפרק 3 בהנחיות אלה).
- (2) זרוע המוגדרת כעירונית תהיה תמיד המשנית במפגש עם דרך בין-עירונית בציר העיקרי.
- (3) לפי ההנחיות לתכנון רמזורים במהדורה המעודכנת, ופרק 16 ב-"HCM 2000 מתורגם ומותאם לתנאי ישראל, 2005", לשיקולי אורך תור ועיכוב לכלל התנועות בזרוע.
- (4) ראו סעיף 5.2.2 לגבי הפרדת כיווני הנסיעה בציר המשני משיקולי ראות כשהרמזור תקול.

### **משיקול בטיחותי זה, יותקנו נתיבים ייעודיים לפנייה שמאלה בציר הראשי בכל הצמתים הבין-עירוניים, מרומזרים ולא מרומזרים.**

ב. **בציר המשני:** בהסתעפות לא מרומזרת, כל המתקרבים חייבים להאט, ולכן הניתוב בזרוע המשנית יתוכנן משיקולים בטיחותיים ותפעוליים, לרבות תכנון לתח"צ וה"ר כמפורט בפרק 10.

בצומת מרומזר, הנתיב לפנייה שמאלה משמש בעיקר לאחסנת תור הממתינים לפנייה, ויותקן בהתאם לשיקולים תכנוניים, בטיחותיים ותפעוליים במשולב עם שאר התנועות בזרוע. בדרכים דו-מסלוליות בזרוע המשנית מומלץ לתכנן לפחות נתיב ייעודי אחד לפנייה שמאלה לצורך גמישות בתכנית הרמזור.

השיקולים להתקנת נתיב ייעודי לפנייה שמאלה מסוכמים בטבלה 5.4 להסתעפויות לא מרומזרות, ובטבלה 5.5 לצמתים מרומזרים.

לפניות מרומזרות שמאלה ניתן להקצות מספר נתיבים הגדול מאחד, אך זאת בתנאי שמספר הנתיבים במסלול אליו פונים אינו קטן ממספר הנתיבים בפנייה. לפירוט בנושא תכן פניות אלה, ראו סעיף 7.2.4 (פניות שמאלה מרובות נתיבים – פרק 7) בהמשך ההנחיות.

### טבלה 5.4: הצדקים לנתיב ייעודי לפנייה שמאלה בהסתעפויות לא מרומזרות

סיווג הדרך ממנה פונים				הציר בצומת
מקומית וגישה	אזורית חד-מסלולית	אזורית דו-מסלולית	ראשית <sup>(1)</sup>	
כן	כן	כן <sup>(5)</sup>	כן <sup>(5)</sup>	ראשי (עיקרי)
משיקולים תפעוליים <sup>(2)</sup>	משיקולים תפעוליים <sup>(2)</sup>	לא רלוונטי <sup>(3)</sup>	לא רלוונטי <sup>(3)</sup>	משני <sup>(4)</sup>

- דרך ראשית צפויה בצומת לא מרומזר רק כציר עיקרי ולא כציר משני. דרך ראשית בטבלה זו היא דו-מסלולית, או חד-מסלולית בשלב ביניים (ראו סעיף 2.3.3 בכרך 1). במפגש שתי דרכים ראשיות יש לתכנן מחלף גישה (ראו טבלה 3.1 בפרק 3 בהנחיות אלה).
- בהתחשב בשיקולים תפעוליים של אורך תור, עיכוב ורמת שירות לכלל התנועות בזרוע משנית של צומת לא מרומזר כמפורט בפרק 17 ב-"HCM 2000 מתורגם ומותאם לתנאי ישראל, 2005", ובשילוב עם השיקולים לפנייה ימינה בטבלה 5.2.
- כאשר הציר המשני דו-מסלולי, צפוי להתקיים הצדק לרימזור הצומת (ראו טבלה 3.1).
- זרוע המוגדרת כעירונית תהיה תמיד המשנית במפגש עם דרך בין-עירונית בציר העיקרי.
- הסתעפויות לא מרומזרות עם דרך עיקרית דו-מסלולית יתוכננו רק כאשר לא צפויה חציית הולכי רגל בדרך העיקרית, ראו סעיף 3.4.3 וכן 10.2.2.

### טבלה 5.5: הצדקים לנתיב ייעודי לפנייה שמאלה בצמתים מרומזרים

סיווג הדרך ממנה פונים				הציר בצומת
מקומית וגישה	אזורית חד-מסלולית	אזורית דו-מסלולית	ראשית <sup>(1)</sup>	
כן			כן	ראשי (עיקרי)
לפי שיקולים תפעוליים לזרוע ובתכנית הרמזור <sup>(2)</sup>				משני <sup>(3)</sup>

- דרך ראשית בטבלה זו היא דו-מסלולית, או חד-מסלולית רק כשלב ביניים (ראו סעיף 2.3.3 בכרך 1). במפגש שתי דרכים ראשיות יתוכנן צומת מרומזר רק כשלב ביניים, ויש לתכנן בשלב הסופי מחלף גישה (ראו טבלה 3.1 בפרק 3 בהנחיות אלה).
- לפי ההנחיות לתכנון רמזורים במהדורה מעודכנת, ופרק 16 ב-"HCM 2000 מתורגם ומותאם לתנאי ישראל, 2005", לשיקולי אורך תור ועיכוב לכלל התנועות בזרוע, ובשילוב עם השיקולים לפנייה ימינה בטבלה 5.2. משיקולי תפעול הרמזור, ייתכן נתיב משותף להמשך ישר ולפנייה שמאלה, גם כאשר מתוכנן יותר מנתיב אחד לפנייה שמאלה. בדרכים דו-מסלוליות בזרוע המשנית מומלץ לתכנן לפחות נתיב ייעודי אחד לפנייה שמאלה לצורך גמישות בתכנית הרמזור.
- זרוע המוגדרת כעירונית תהיה תמיד המשנית במפגש עם דרך בין-עירונית בציר העיקרי.

### 5.3.3 דירוג הנתיבים הייעודיים לפנייות ימינה ושמאלה

כדי לא להקשות על התמצאות הנהג בעקבות הרחבה פתאומית של המיסעה בהתקרבות לצומת, יש לדרג ככל האפשר את נקודות ההתחלה של הלוכסנים לנתיבים הייעודיים לפנייות ימינה ושמאלה באופן, שלוכסן הכניסה לנתיב הקצר יותר יתחיל רק מנקודת הסיום של לוכסן הכניסה לנתיב הארוך יותר, כך שלא ייפתחו שני לוכסנים במקביל זה מול זה.

פרטי התכן של הנתיבים הייעודיים לפנייה ימינה (אורך הנתיב ומרכיביו) מפורטים בפרק 6, ופרטי התכן של הנתיבים הייעודיים לפנייה שמאלה מפורטים בפרק 7.

## 5.4 נתיבי-עזר לאחר הפניות ימינה ושמאלה – יעדים והצדקים

### 5.4.1 נתיב האצה אחרי פנייה ימינה: יעדים והצדקים

השימוש בנתיב האצה אחרי הפנייה ימינה מיועד ליציאה מפניות חופשיות ימינה עם אי-תנועה משולש, לצורך השתלבות בזרם התנועה הסמוך. נתיב האצה יעיל במיוחד כאשר הנפח הפונה גדול, וכאשר ללא נתיב האצה עלול להיווצר תור ארוך שעלול לגלוש גם לנתיב הסמוך לנתיב הייעודי לפנייה, בדרך ממנה כלי-הרכב פונים. ככלל, יועדפו נתיבי האצה באורך מלא, כאשר במקרים מסויימים ניתן לתכנן נתיב האצה מקוצר בלבד להשתלבות הפנייה החופשית ימינה, לפי השיקולים המפורטים להלן:

#### א. בהסתעפויות לא מרומזרות:

אחרי פניות חופשיות ימינה לתוך הציר הגבוה במידרג (הציר הראשי), אם הוא דו-מסלולי, יתוכנן נתיב האצה באורך מלא (צמתים אלה יתוכננו רק כאשר לא צפויה חציית הולכי רגל בדרך הראשית, ראו סעיף 3.4.3 וכן 10.2.2).

יש לתכנן נתיב האצה מלא בפנייה ימינה בהסתעפות אל ציר ראשי שהינו דרך מחולקת הממוחלפת במלואה או בחלקה (כגון בהתחברות ימין-ימין או מרמפה של מחלפון זעיר). במקרה זה, הפניות צפויות לשרת נפחי תנועה גבוהים גם בציר הראשי וגם במשני, ועל התכנון לאפשר לכלי הרכב הפונים להשתלב באופן בטיחותי בתנועה בציר הראשי.

כמו-כן, יש לתכנן נתיב האצה מלא בפנייה ימינה בהסתעפות אל ציר ראשי כאשר נפח התנועה כולל אחוז גבוה של רכב כבד (מעל 10%), כך שבציר הראשי יש פוטנציאל של נסיעה בשיירות (בנתיב הימני) המקשה על קבלת פערים בזרם התנועה.

ניתן לשקול תכנון נתיב האצה מקוצר אחרי הפנייה ימינה במקרים הבאים:

- א) מהירויות התכן בציר הראשי נמוכות (כגון בדרכים חד-מסלוליות במדרג נמוך);
  - ב) הציר הראשי הפך לדו-מסלולי משיקולי בטיחות ולא משיקולי נפח תנועה (מקרים חריגים בלבד);
  - ג) שימושי הקרקע בציר המשני אינם צפויים ליצור נפחי תנועה משמעותיים בפנייה ימינה (פחות מ-120 יר"מ בשעת השיא), ורמת השירות בציר הראשי היא רמת-שירות C ומעלה (כלומר A עד C), ולכן זרימת התנועה מאפשרת קבלת פערים סבירים לצורך השתלבות הפונים.
- כאשר שתי הדרכים חד-מסלוליות, השיקולים לגבי יישום נתיב האצה מקוצר בלבד לאחר פנייה ימינה לתוך הציר הראשי, יהיו דומים לשיקולים הרלוונטיים לציר ראשי דו-מסלולי כפי שפורט לעיל.

#### ב. בצמתים מרומזרים:

בפניות חופשיות ימינה לתוך ציר ראשי דו-מסלולי, יש לתכנן נתיב האצה מלא, לצורך שיפור הבטיחות ואפשרות השתלבות כלי-הרכב הפונים בנתיב המשכי. זאת, במיוחד במקרים הבאים, בהם בגלל אופי הצומת עלול להיווצר קושי בהשתלבות כלי-הרכב הפונים לציר הראשי, גם כאשר הצומת מרומזר:

- א. בפנייה לזרוע ראשית בה רוב הזמן הירוק בתכנית הרמזור יוקצה לתנועות ישר בציר הראשי. מקרה זה רלוונטי במיוחד בשעות השפל, בצמתים בהם הפניות שמאלה משתי הדרכים מופעלות ע"י גלאים, ובמיוחד בצמתים בהם קיימת העדפה לתחבורה ציבורית.

ב. במקרים בהם הפנייה החופשית ימינה משרתת נפחי פנייה משמעותיים (מעל 500 יר"מ בשעת השיא), או שהנפח בפניה החופשית ימינה גדול מנפח התנועות המתנגדות שניתן לנסוע בצילן, כך שכלי רכב פונים נאלצים להשתלב בנתיב הסמוך בזמן הירוק של התנועה ישר בציר הראשי. במקרים אלה, תכנון נתיב האצה מלא שומר על קיבולת הפנייה ועל בטיחות הנהגים המשתלבים בתנועה בציר הראשי, וכן מונע הצטברות ממתנים בציר המשני.

כמו כן, יש להתחשב גם במיקומן של תחנות אוטובוס על גבי נתיב האצה: תדירות גבוהה של עצירת אוטובוסים בתחנה הממוקמת על גבי נתיב האצה, וכן נפח גדול של הולכי רגל החוצים את הפנייה, עלולים לגרום לעיכובים של כלי-הרכב הפונים, ויש להתאים לכך את התכנון (ראו פרק 10).

ניתן לשקול נתיב האצה מקוצר בצמתים מרומזרים, אם ניתן להניח שמובטחות הפסקות בין התנועות, כך שכלי-הרכב הפונים ימינה יכולים להשתלב בצילן (לרוב יתקיים בהצטלבויות מרומזרות). ניתן לבחון את אפשרות הנסיעה בצל תנועות אחרות בצומת במסגרת בדיקות הקיבולת ותכנון עקרוני של תכנית הרמזור.

ציר ראשי חד-מסלולי שאינו מורחב בצומת מרומזר לדו-מסלולי, הוא נדיר, ולכן אינו מטופל כאן.

ציר משני חד-מסלולי מרומזר: בהצטלבות, ניתן לתכנן נתיב האצה מקוצר לפונים שמאלה מהציר הראשי למשני; בהסתעפות, תכנון נתיב האצה מקוצר לפי פרטי התכן לתחנת אוטובוס מספק את הצורך בהשתלבות כלי הרכב הפונים מהציר הראשי למשני (ראו סעיף 6.4).

בצמתים מדורגים, בדירוג לימין, לא יתוכננו נתיבי האצה בציר הראשי לפניות ימינה מהמשני, כיוון שאלה תהינה מרומזרות, ראו סעיף 5.3.1 להרחבה.

בפניות מרומזרות ימינה בהן הרכב עוצר ונוסע בהתאם לתכנית הרמזור, אין צורך בנתיבי האצה לאחר הפנייה, אבל יש לתכנן את השתלבות הפנייה בציר הראשי כך שבמקרה של תקלה ברמזור, התנועה בפניות אלו תתנהל לפי התמרור המוצב בפנייה – 301 או 302.

לפרטי התכן לפניות חופשיות ימינה עם נתיב האצה מלא או מקוצר, ראו פרק 6.

#### 5.4.2 נתיב השתלבות אחרי פנייה שמאלה: יעדים והצדקים

נתיב זה מצוי בצידו השמאלי של המסלול בדרך העיקרית בצומת, צמוד למפרדה, ומשמש להגנת כלי-הרכב היוצאים מהדרך המשנית ונכנסים לדרך העיקרית תוך פנייה שמאלה. נתיב זה יתוכנן בכל ההסתעפויות שאינן מרומזרות, מתוך השיקולים הבאים:

- כאשר הדרך בציר העיקרי היא ראשית או אזורית דו-מסלוליות, נתיב זה מספק מקלט להגנת הרכב הפונה שמאלה, ומאפשר את השתלבותו בתנועה, מבלי לגרום סיכון או הפרעה לרכב המגיע מימינו במהירות נסיעה גבוהה (בנתיב המשכי לתנועה ישר בציר העיקרי, בהתאם למהירויות התכן בדרכים אלה). הסתעפויות לא מרומזרות עם דרך עיקרית דו-מסלולית יתוכננו רק כאשר לא צפויה חציית הולכי רגל בדרך העיקרית, ראו סעיף 3.4.3 וכן 10.2.2.

▪ כאשר הדרך בציר העיקרי היא חד-מסלולית, צפוי כי הפנייה שמאלה אל דרכים אלו תתבצע על ידי פעולה חד-שלבית רציפה של חציית הנתיב הקרוב בציר העיקרי והשתלבות בנתיב הרחוק (ראו הרחבה בסעיף 4.3 – משולשי ראות בצמתים). נתיב ההשתלבות לפנייה שמאלה מאפשר השתלבות בטוחה מהציר המשני אל התנועה בדרך העיקרית, ובמיוחד כאשר קיימים נפחי תנועה גבוהים, הן בציר העיקרי והן בפנייה שמאלה מהציר המשני.

בהתקנת נתיב השתלבות לפנייה שמאלה מהציר המשני לראשי, יש להקפיד על התקנת איי-תנועה בנויים בדרך העיקרית בצומת, לצורך הדגשת הניתוב וההגנה על כלי-הרכב, וכן מניעת שימוש בנתיב זה לביצוע עקיפות בצומת. במקרים חריגים בהם לא מותקנים איי-תנועה בנויים בדרך העיקרית (ראו פרק 2 סעיף 2.2.4 וכן סעיף 5.5.2 בפרק זה), כלומר ניתוב חלקי, לא יותקנו נתיבי השתלבות לפנייה שמאלה.

בצמתים מרומזרים אין צורך בנתיב השתלבות לפנייה שמאלה לציר הראשי, כיוון שהתנועה מבוקרת ונעשית לפי מופעי הרמזור, ללא צורך בקבלת פערים לצורך השתלבות בתנועה הפונה לאורך הציר הראשי.

האורך הנדרש לנתיב השתלבות לאחר פנייה שמאלה ושאר פרטי התכן מפורטים בפרק 7, סעיף 7.3.7.

## 5.5 התקנת איי-תנועה – סוגים, שיקולים ויעדים

### 5.5.1 מטרות ההתקנה ותהליך התכנון

איי-תנועה מותקנים בצומת כדי למלא את המטרות הבאות:

- א. הכוונת התנועה והגדרת נתיבי הנסיעה של כלי-הרכב בצומת.
- ב. הפרדת התנועות המתנגדות והרחקתן זו מזו, כך שלא תיפגשנה יותר משתי תנועות מתנגדות בנקודה אחת.
- ג. סיוע להתמצאות הנהג בצומת, ולזיהוי המשכיות מסלולו.
- ד. בקרת זווית המפגש בין התנועות המתנגדות, כך שתנועות היחטכות תהיינה בזווית ניצבת, ואילו תנועות של התמזגות והיפרדות תהיינה בזוויות קטנות.
- ה. צמצום שטח הצומת למעבר תנועת כלי-רכב, והקטנת השטחים בהם נוצרים ניגודים (לרבות שמירת שטחים המיועדים להרחבה בעתיד).
- ו. בקרת הכניסות לצומת והדגשת חובת מתן זכות-הקדימה לתנועות המועדפות.
- ז. הדגשת הסדרים מיוחדים בצומת (חד-סיטריות, איסורי פנייה וכד').
- ח. הגנת הולכי-הרגל, הקצאת מקום המתנה מוגן, וקיצור אורך החצייה שלהם.
- ט. אחסנתם באופן מוגן של כלי-הרכב הממתינים לביצוע פנייה או חצייה.
- י. מתן מקום להצבת עמודים לאמצעי הבקרה (תמרורים, רימזור) ולתאורה.
- יא. בקרת מהירויות המעבר בצומת (בשילוב עם אמצעים גיאומטריים נוספים).
- יב. שיפור חזות הצומת.

איי-תנועה בצומת נקבעים בשילוב עם הרדיוסים בצומת ונתיבי-העזר. הקו המנחה בהצבת איי-תנועה הוא להקל על הנהגים בצומת, באמצעות העמדתם בפני בחירה בין שתי אפשרויות מוגדרות בלבד, בכל

פעם. יחד עם זאת, יש להימנע מעודף איים, אשר עשוי לגרום לבלבול הנהגים וקשיי תימרון (בעיקר לרכב כבד).

השימוש באיי-תנועה בזרועות הצומת הוא המאפיין את הצמתים המוגדרים "מנותב מלא" ו"מנותב חלקית", כהגדרתם בטבלה 2.1 בהנחיות אלה ובסעיף 2.2.4.ב..

**בצמתים מרומזרים הניתוב יהיה תמיד מלא**, דהיינו, אי-הפרדה מאורך או שטח הפרדה במרכזן של כל זרועות הצומת, ואיים משולשים למתן פניות חופשיות ימינה. האיים בצומת מרומזר יהיו בנויים עם אפשרות לצביעה נוספת של ניתוב על-פני הכביש.

**בהסתעפויות לא מרומזרות**, יותקנו ברוב המקרים איי-תנועה בנויים לצורך מתן מפלט להולכי הרגל החוצים.

תהליך התכנון של איי-תנועה מורכב מהשיקולים הבאים:

- א. בחירת סוג האי (סעיף 5.5.2) ובחינת ההצדק לשימוש בו, כולל תנועות הולכי-רגל ורוכבי-אופניים.
- ב. מיקום האי ביחס לנתיבי התנועה הסמוכים, והסדרי התנועה המתחייבים.
- ג. קביעת צורת האי, מבנהו ומידותיו.
- ד. תכן פרטי האי עצמו.

שיקולים אלה תלויים בחשיבות ובמורכבות הצומת, בסוג הדרכים הנפגשות, בזוויות שבין כיווני הנסיעה, במהירויות ובכיווני הפניות, בזמינות הקרקע, ובהסדרי בטיחות ותפעול לכלי-הרכב המנועי, להולכי-הרגל, ולרוכבי אופניים.

## 5.5.2 סיווג איי-תנועה

השיטות המקובלות לסיווג איי-תנועה הן על-פי: תפקוד, צורה גיאומטרית ומיקום, ואופן התקנה, כמפורט להלן:

### א. תפקוד

1) **איי ניתוב והכוונה** (channelizing/directional islands) – מיועדים להבדלה בין כיווני המשך נסיעתם של כלי-הרכב הבאים מאותה זרוע, והכוונת הנהג לנתיב הנכון לשם המשך נסיעתו. איים אלה מוקמים על-חשבון שטחים בלתי מנוצלים בצומת, שאינם אמורים לשמש לנסיעה. בדרך-כלל מתוכננים איים אלה כדי להפריד את התנועה הפונה ימינה מהתנועה העוברת (איים משולשים, סעיף 6.5).

2) **איי הפרדה** (divisional/splitter islands) – מיועדים להפריד בין זרמי תנועה הנוסעים לאותו כיוון או בכיוונים מנוגדים. לאיים אלה יתרון גדול בעיקר בבקרה של פניות שמאלה (איים מאורכים או בשמם הנפוץ "איי טיפה", ומפרדות, פרק 7).

3) **איי מפלט** (refuge islands) – מיועדים להגנה על הולכי-רגל ורוכבי אופניים חוצים, ועל כלי-רכב הממתינים לביצוע פנייה שמאלה או החוצים דרך דו-מסלולית בהצטלבות מרומזרת. ברוב המקרים יתוכננו איי ניתוב והכוונה ואיי הפרדה כך שיתפקדו גם כאיי מפלט (ראו גם פרק 10).

## ב. צורה גיאומטרית ומיקום

- 1) **אי משולש** (triangular/corner island) – המיועד לניתוב כלי-רכב בפניות ימינה ולמפלט להולכי-רגל.
  - 2) **אי מאורב** ("טיפה", longitudinal) – במרכז דרך חד-מסלולית; מיועד להפרדה ולמפלט לכלי-רכב, ולמפלט להולכי-רגל.
  - 3) **מפרדה** ("מדיאן", median) – במרכז דרך מחולקת; באזור הצומת המפרדה נקטעת, ומעוצבת כך שתסייע בנייתוב, ותספק מקומות אחסון ומפלט לכלי-הרכב הפונים והחוצים.
- תכנון אי תנועה משולש ביציאה מהזרוע המשנית מחייב גם תכנון אי מאורב (טיפה) לאורך אותה זרוע (ראו פרק 6 תרשים 6.3 א'), אך ניתן לתכנן אי מאורב בזרוע המשנית ללא אי משולש כאשר התנועות מהזרוע המשנית משתמשות בנתיב משותף.**

## ג. אופן התקנה

- 1) **אי בנוי** התחום באבני-שפה, בשילוב אפשרות לצביעה נוספת במידת הצורך.
- 2) **אי צבוע** במפלט פני הכביש.

**איי-התנועה יהיו בנויים בכל צומת בו הם משמשים כאיי מפלט להולכי-רגל, או למיקום תמרורים ועצמים קשיחים אחרים, או למניעת תנועות אסורות.** כמו-כן, נדרש האי הבנוי כאשר יש צורך בהכוונה ברורה עקב הסדר גיאומטרי חריג בצומת. האיים הבנויים הם האיים היעילים והברורים ביותר מבחינת הכוונת התנועה, והם מהווים את המפלט הבטוח ביותר. עם זאת, איי-תנועה בנויים מהווים מכשול בדרך, ולכן יש להבליטם על-ידי תאורה וסימון, ולוודא כי הם נראים היטב ברמת התאורה המתוכננת בצומת.

במקרים מיוחדים ניתן להתקין איי-תנועה בנויים (אבן שפה בנויה) שאופי הפיתוח בתוכם הינו נופי (מצע מהודק או צמחייה נמוכה). איים בנויים עם פיתוח נופי יינתנו בעיקר בתפניות דרך ארוכות, היוצרות שטח גדול שאינו מנוצל ברובו, וכאשר לא צפויה תנועת הולכי-רגל בקרבתם.

במקרים מאולצים של הסתעפויות לא מרומזרות, בדרכים חד-מסלוליות במדרג נמוך (מקומיות ועם דרכי גישה), כאשר מספר הצמתים בדרך מצומצם, זכות הדרך מוגבלת, ללא תחנות אוטובוס וללא צפי להולכי רגל חוצים, ניתן לשקול ניתוב בצבע ללא מפרדה בנויה בדרך הראשית; כך נהגים בדרך הראשית לא יופתעו בהצבת מכשולים בנויים לאחר קטעי נסיעה ארוכים ללא הפרעה (ראו תרשים 3.15 מדורג לא מרומזר).

## 5.6 אבני-שפה

אבני-השפה בצומת יהיו בהתאם לדרישות ת"י 19, במהדורתו המעודכנת. סוגי אבני-השפה המיועדות לשימוש בצמתים לפי תקן זה מתוארים בתרשים 5.4. גובה מדרגת אבני השפה יהיה 15 ס"מ מפני הכביש, למעט מעברי-חצייה, שם גובהה יהיה 0 ס"מ (אבן שפה במפלט הכביש), בהתאם לתקנות הנגישות.

אבני השפה המשופעות תותקנה במפרדה ובאיים משולשים, למעט בצידי מעברי-חצייה, היכן שמשמש האי גם כמפלט להולכי הרגל, שם תהיינה ניצבות. עם זאת, יש להתקין אבני שפה משופעות גם באיי-

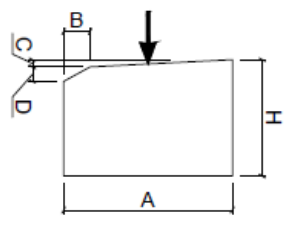
תנועה מאורכים מסוג "טיפה". אבני השפה לאורך מדרכות תהיינה ניצבות. אבני שפה ניצבות יוצבו גם בגב תחנות אוטובוס המוצבות במפרדה (תחנות אי – ראו הנחיות לתא"ם, משהת"ח, 2018). טבלה 5.6 מפרטת את סוג אבני השפה במקרים השונים.

במעגלי תנועה תהיה בעטרה אבן שפה בגובה 7 ס"מ – ראו סעיף 11.11.

**טבלה 5.6: הצבת אבני שפה בצמתים**

סוג אבן השפה	מיקום ההצבה
משופעת, למעט בצידי מעברי החצייה	מפרדה
משופעת, למעט בצידי מעברי החצייה	איי תנועה משולשים
ניצבת	איי תנועה מאורכים
ניצבת	בצידי מעברי חצייה
ניצבת	לאורך מדרכות
אבן שפה במפלס הכביש	במעברי החצייה

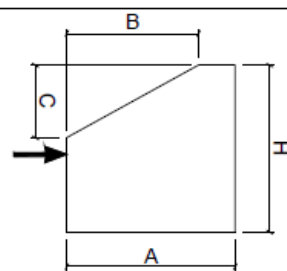
**טבלה 4 - אבני שפה מונמכות (מין 1.4.1.4)**

המידות הנומינליות והסמיות המקסימליות המותרות (מ"מ)						מתאר האבן (א)	כינוי האבן לפי ייעודה ולפי המתאר שלה
אורך (ב) האבן	H	D	C	B	A		
500±10 1000±10	150±5	20±2	10±2	36±2	230±3		1.4.1.4

**הערות לטבלה:**

(א) ראש החץ מראה את כיוון ההעמסה של האבן, בבדיקת העמידות בכפיפה (ראו סעיף 3.4.3 בת"י 19)  
(ב) בהתאם לדרישת המזמין ניתן לייצר אבן עם עקמומיות לאורכה.  
רדיוס העקמומיות יתאים לדרישת המזמין.

**טבלה 2 - אבני שפה לאיי תנועה (מין 1.4.1.2)**

המידות הנומינליות והסמיות המקסימליות המותרות (מ"מ)					מתאר האבן (א)	כינוי האבן לפי ייעודה ולפי המתאר שלה
אורך (ב) האבן	H	C	B	A		
250±10 500±10 1000±10	230±5	100±5	180±3	230±3		1.4.1.2

**הערות לטבלה:**

(א) ראש החץ מראה את כיוון ההעמסה של האבן, בבדיקת העמידות בכפיפה (ראו סעיף 3.4.3 בת"י 19)  
(ב) בהתאם לדרישת המזמין ניתן לייצר אבן עם עקמומיות לאורכה.  
רדיוס העקמומיות יתאים לדרישת המזמין.

**תרשים 5.4: סוגי אבני השפה המיועדים לשימוש בצמתים (על-פי ת"י 19)**

## פרק 6: תכן פניות ימינה

### תוכן עניינים

6-1.....	מבוא	6.1
6-2.....	פנייה ימינה ללא אי-תנועה	6.2
6-5.....	פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש	6.3
6-5.....	6.3.1 כללי	
6-8.....	6.3.2 קביעת האורך הנדרש לנתיב ייעודי להאטה ואחסנה לפנייה ימינה	
6-11.....	6.3.3 צורות הנתיב לפנייה ימינה	
6-11.....	6.3.4 תכן גיאומטרי לנתיב ייעודי להאטה ואחסנה לפנייה – נתיב מקביל	
6-12.....	6.3.5 תכן גיאומטרי לנתיב ייעודי לפנייה – נתיב אלכסוני	
6-14.....	6.3.6 נתיב ייעודי מקוצר לאחסנה לפנייה ימינה	
6-14.....	6.3.7 תפניות דרך מהירות	
6-15.....	6.4 נתיבי האצה אחרי פנייה ימינה	
6-15.....	6.4.1 שיקולי תכנון לנתיב האצה מלא לעומת מקוצר	
6-15.....	6.4.2 נתיב האצה מלא	
6-18.....	6.4.3 נתיב האצה מקוצר	
6-18.....	6.5 איים משולשים	
6-18.....	6.5.1 הצדקים להתקנה	
6-20.....	6.5.2 מידות האי המשולש	
6-20.....	6.5.3 תכן גיאומטרי של אי-הכוונה משולש	

## פרק 6: תכן פניות ימינה

### 6.1 מבוא

מאפייני התכן לפניות ימינה בצומת תלויים בהחלטה לגבי סוג הפנייה: פנייה ימינה ללא אי-תנועה, פנייה ימינה עם אי-תנועה, תפנית דרך מהירה (פנייה מהירה ימינה).

בפרק 5 פורטו ההצדקים להתקנת אי-תנועה ונתיבי עזר, הקובעים את צורת הפנייה הבסיסית בצומת, ממנה נגזרים רדיוסי הפניות המתאימים והניתוב הנדרש לפני הפנייה ואחריה. שפות המיסעה בפניות ימינה הן בין המרכיבים הגיאומטריים החשובים בתכן המפורט של הצומת, כיוון שלקביעת צורת השפה ולגודל הרדיוס בפניות משקל רב בתפקוד הנאות של הצומת. על כן, תכנון שפות המיסעה בפנייה ימינה תלוי בסוג הצומת, בסיווג ובמדרג הדרכים הנפגשות, בניתוב הצומת ובדרישה להצבת אי תנועה, בסוג הרכב לתכן בפניות (לרבות החריגים, אם יש), בזווית הצומת ובזוויות המתקבלות בין כיווני הנסיעה, במהירות התכן לפנייה, בזמינות הקרקע, ובהסדרי בטיחות לכלי-הרכב ולהולכי-רגל, כמפורט להלן:

**א. סוג הצומת ומדרג הכבישים הנפגשים בו** – תכנון הפנייה צריך להתחשב בסוג הצומת ובמדרג היחסי של הכבישים הנפגשים בו, בהתאם לעקרונות המפורטים בפרק 5 (סעיף 5.3.1, טבלאות 5.2 ו-5.3.1, וסעיף 5.4.1).

**ב. מהירות הפנייה וסוג הרכב לתכן בפנייה הנדונה** – רדיוס הפנייה צריך להתאים לסוג הרכב לתכן כפי שנקבע לצומת (ראו סעיף 2.6 בהנחיות – סוגי הרכב לתכן), ולאפשר לרכב לתכן לבצע את הפנייה בנוחות (ללא חדירה לנתיב אחר). יחד עם זאת, יש לתכנן כך שכלי-רכב מורכבים גדולים יותר (כגון מובילי טנקים וצמ"ה), אם חזויים בצומת במקרים חריגים, יוכלו לבצע את הפנייה, גם אם יצטרכו לשם כך לגלוש לנתיב נוסף (ראו סעיף 2.6.2). עם זאת, מהירות התכן בפנייה נקבעת לפי הרכב הנפוץ בנפח התנועה (רכב פרטי), ולא לפי המהירות הצפויה של רכב התכן.

**ג. אי תנועה, רדיוסים, זווית הפנייה, ומהירות הפנייה** – בפניות ימינה בהן נדרש אי-תנועה משולש, נדרשים למעשה רדיוסי פניות גדולים יותר, המאפשרים פנייה במהירות גבוהה מהמעברית, לשם שיפור תפעול הצומת והגדלת קיבולת הפניות. רדיוסים גדולים מתקבלים גם בפניות עם זוויות הגדולות מ-90° באופן משמעותי. ככלל, פנייה עם רדיוס גדול מהמעברית מחייבת אי-תנועה משולש, כיוון שהשימוש ברדיוס שמעל למעברית עבור כלי-רכב גדולים מגדיל את שטח המיסעה בצומת, ולכן מאריך את מרחקי-החצייה של הולכי-הרגל. מכאן, פנייה ימינה שבה לא מתוכנן אי-תנועה משולש, תתוכנן ברדיוס שפה מזערי. קביעת הרדיוס בפניות בצמתים נעשית עבור שפת המיסעה הפנימית (הרדיוס הפנימי לכיוון מרכז הקשת בעיקבת הרכב), ולא עבור ציר הדרך. (זאת, בדומה לרמפות ולא לעקומים אופקיים בתוואי הדרך).

**ד. הסדרי בטיחות למשתמשים** – בפניות עם אי תנועה משולשים, ובכל מקרה אחר בו הרדיוסים לפניות גדלים, שטח הצומת גדל אף הוא, ומתארך זמן המעבר בו לכלי-רכב ולהולכי-רגל. יש למצוא את האיזון בין הדרישה התפעולית לזרימת התנועה בצומת, ובין הצורך לצמצום שטח הצומת, המקטין את מרחקי הפינוי וזמני הפינוי, ומקצר את מרחקי החצייה ולהולכי-הרגל. יש לקחת בחשבון בתכנון

הפניות גם שילוב של תחבורה ציבורית (ראו פרק 10), וכן מסלולים לאופניים, במידה שקיימים (ראו פרק 9).

לפי ההצדקים המפורטים בפרק 5, בצמתים בין-עירוניים תיתכנה התצורות הבאות של פנייה ימינה בצומת:

א. **פנייה ימינה ללא אי-תנועה (סעיף 6.2):** פנייה זו תתוכנן ללא נתיב ייעודי לפני הפנייה, וללא נתיב האצה אחריה.

ב. **פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש (סעיף 6.3):** פנייה זו תתוכנן עם נתיב האטה באורך מלא (סעיפים 6.3.2-6.3.4) או נתיב האטה מקוצר (סעיף 6.3.5) לפני הפנייה, ועם נתיב האצה (אחרי הפנייה ימינה) באורך מלא (סעיף 6.3.2) או נתיב האצה מקוצר (סעיף 6.3.5). עקרונות התכנון לתפניות דרך מהירות (סעיף 6.3.6) מיועדים למקרים בהם נדרש לתכנן פניות ימינה עם אי-תנועה משולש במהירות תכן מעל המזערית, כהכנה למחלף.

המשך הפרק כולל גם תכנון איים משולשים (סעיף 6.4).

לפניות נפרדות ימינה במעגלי תנועה, ראו סעיף 11.13 בפרק 11 בהנחיות, העוסק במעגלי תנועה.

## 6.2 פנייה ימינה ללא אי-תנועה

פנייה ימינה ללא אי-תנועה מתוכננת ברדיוס שפה מזערי, ומיועדת לפנייה במהירות שאינה עולה על 15 קמ"ש. בדרכים בין-עירוניות, צורת תכן זו מיועדת לדרכים במדרג נמוך בלבד, וכאשר התנאים הבאים מתקיימים, כולם או בחלקם: המהירויות נמוכות, הקרקע בלתי זמינה, נפחי הפנייה נמוכים, חלקו של הרכב הכבד קטן, הדרך המשנית בסיווג נמוך, וכן ישנו ניסיון למנוע כניסה מהירה אל הדרך המצטלבת. תכן זה מיועד רק לפניות בהן אין הצדק לשימוש באי משולש (ראו סעיף 5.3.1).

הצורות הבסיסיות האפשריות של שפת המיסעה מוצגות בתרשים 6.1:

- א. עקום מעגלי בעל רדיוס יחיד.
- ב. עקום המורכב מרדיוס יחיד הנשען על שני לוכסנים (tapers).
- ג. עקום מורכב תלת-מרכזי סימטרי.
- ד. עקום מורכב תלת-מרכזי בלתי סימטרי.

הרדיוס המזערי של שפת המיסעה והבחירה באחת מאפשרויות התכן נעשים בהנחות הבאות:

- א. הרכב לתכן יכול לבצע את הפנייה ללא פלישה לנתיב הנגדי (ראו סעיף 2.6).
- ב. בתחילת הפנייה ובסופה, המרחק בין גלגלי הרכב לתכן לבין שפת המיסעה (שול או אבן-שפה) יהיה 0.5 מטר לפחות, ובשום נקודה לא יתקרב הרכב לשפת המיסעה למרחק הקטן מ-0.2 מטר.
- ג. העקום המותאם של שפת הכביש מייעל וממזער את השימוש בשטח הצומת.

שימוש ברדיוס מעל למזערי גורם להגדלת שטח הצומת, ולקשיים במיקום קו העצירה ובאפשרויות החצייה להולכי-רגל, ולכן אין לבצעו אם לא נדרש (למעט צרכים ייעודיים לרכב גדול יותר).

יש להימנע ככל האפשר מזוויות בין זרועות צומת שקטנות מ-70° או שגדולות מ-110°, שכן אלו מחייבות אמצעים גיאומטריים לשינוי הזווית, כמפורט בסעיף 3.2.1 א' לעיל. סוגי הרכב לתכן בצמתים של דרכים

בין-עירוניות הם אוטובוסים, רכב משא מורכב WB-12 ורכב משא מחובר WB-15 (שדורשים עיקבה דומה), בהתאם למפורט בסעיף 2.6 בהנחיות אלו. בטבלה 6.1 מוצגות האפשרויות השונות לקביעת הרדיוס המזערי עבור שני סוגי הרכב לתכן, כתלות בזווית הפנייה בצומת. עבור פנייה ברדיוס מזערי לאוטובוס ניתן להסתפק בעקומים בעלי רדיוס אחד. עבור רכב גדול יותר, יש להשתמש או בעקומים מורכבים בעלי שלושה מרכזים (עקום תלת-מרכזי), המאפשרים פנייה תוך היצמדות לשפת הכביש, ומניעת פלישת הרכב לנתיב הסמוך, או בעקום יחיד הנשען על לוכסן, תוך היסט מרכז המעגל, כמפורט בטבלה 6.1.

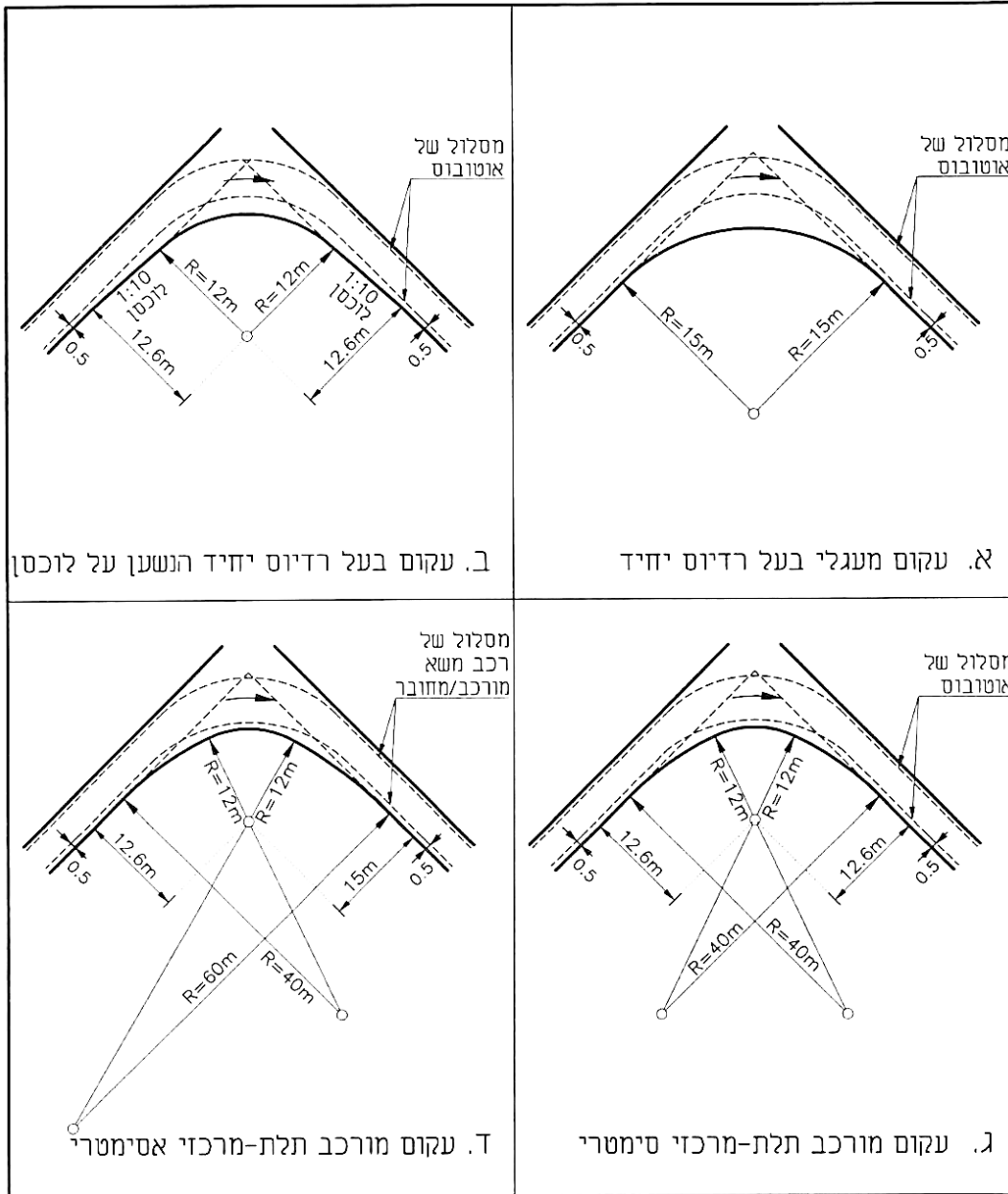
**טבלה 6.1:** אפשרויות לתכן שפות המיסעה לפנייה ימינה ללא אי-תנועה (מ')

עקום מורכב בלתי סימטרי		עקום מורכב סימטרי		עקום מעגלי הנשען על לוכסנים			עקום מעגלי ברדיוס יחיד רדיוס	סוג רכב לתכן**	זווית הפנייה*
היסט	רדיוסים	היסט	רדיוסים	היסט	היסט לוכסן	רדיוס			
-	-	0.6	40-14-40	0.6	1:10	13.5	20.0	אוטובוס	75°
0.6-3.0	50-15-70	1.8	45-15-45	0.9	1:15	20.0	-	מורכב/מחובר	
-	-	0.6	40-12-40	0.6	1:10	12.0	15.0	אוטובוס	90°
0.6-3.0	40-12-60	1.8	55-12-55	1.2	1:15	18.0	-	מורכב/מחובר	
-	-	1.0	30-10-30	0.9	1:10	11.0	13.0	אוטובוס	105°
0.6-3.0	50-12-65	2.4	55-14-55	1.2	1:15	17.0	-	מורכב/מחובר	

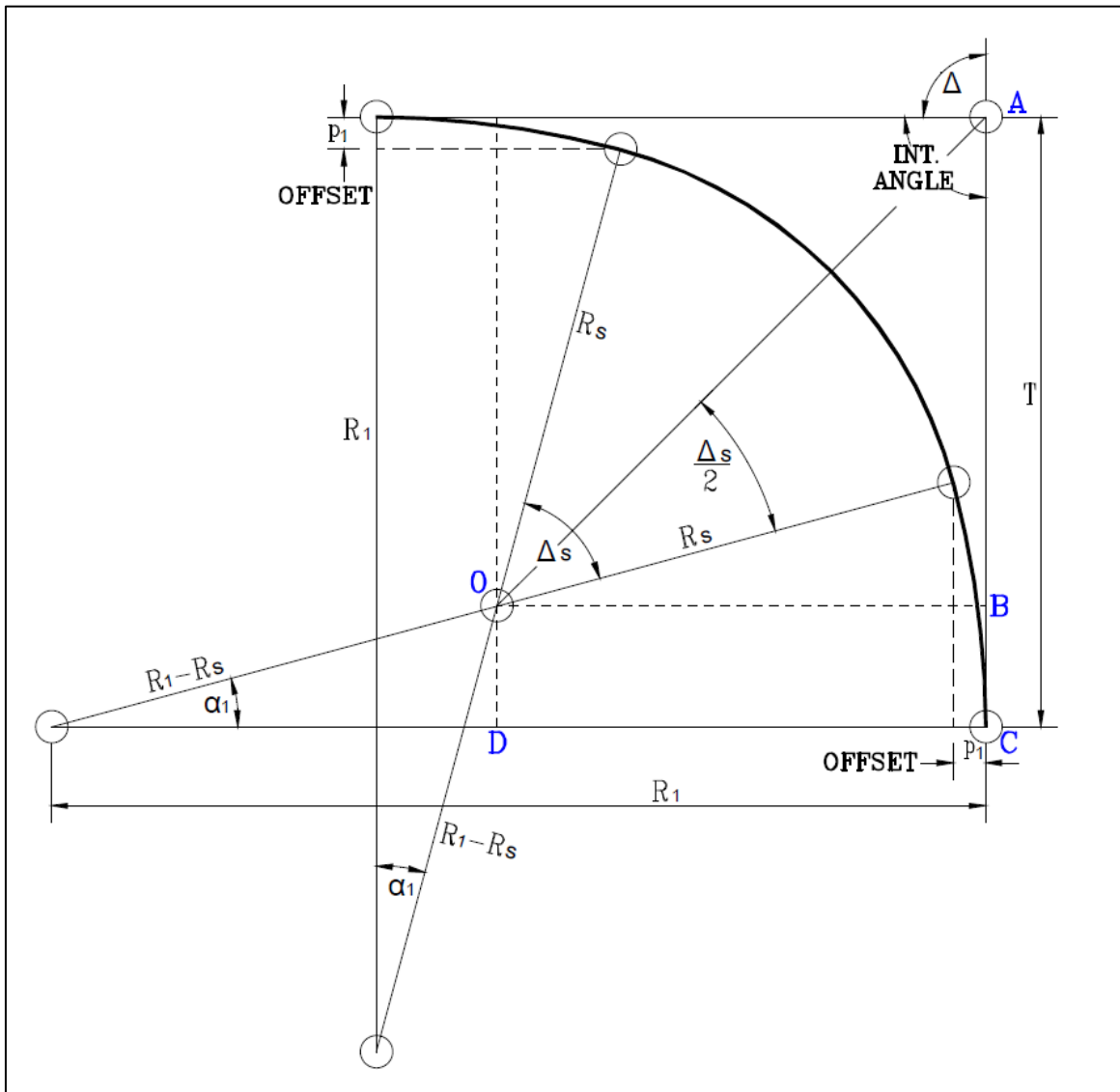
\* הזוויות המרכזיות בין שני הרדיוסים החיצוניים של קשת הפנייה. לזוויות שונות מהמצוין יש לבדוק לפי תרשימי העיקבה של הרכב לתכן. כפי שמצוין בטקסט, זוויות מתחת 70° או מעל 110° אינן רצויות.  
 \*\* פירוט על סוגי הרכב לתכן, השיקולים בקביעתם, ומידותיהם נמצא בסעיף 2.6 בהנחיות.

באפשרויות התכן בטבלה מבחינים בין שני סוגים של עקומים מורכבים תלת-מרכזיים: עקומים סימטריים (בעלי שני רדיוסים חיצוניים שווים ורדיוס קטן יותר באמצע), ועקומים בלתי-סימטריים (אסימטריים, בעלי שני רדיוסים חיצוניים שונים ורדיוס קטן באמצע). העקום הבלתי-סימטרי הוא המתאים ביותר ליצירת צורת שפת-דרך המתאימה לסיבוב המזערי של רכב מורכב, כך ששטח האספלט הבלתי מנוצל יהיה מזערי. לשם בניית עקום מורכב יש לציין, פרט לגודל הרדיוסים, את ההיסטים ( $\rho$ ) של מרכז העקום האמצעי ביחס למשיקי העקומים החיצוניים (שהם זהים בעקום סימטרי ושונים בעקום בלתי-סימטרי) – ראו תרשים 6.1. מרכיבי העקום המורכב (סימטרי) מפורטים בתרשים 6.2.

אם זווית הפנייה קטנה מ-90°, דרושים בדרך-כלל רדיוסים יותר גדולים, והשימוש בעקומים מורכבים מומלץ פחות. כפי שנכתב לעיל, רצוי להימנע מזוויות שונות מ-90° באופן משמעותי, הן משיקולים בטיחותיים בשל מגבלות הראות (ראו סעיף בפרק 4), והן כיוון שתכנון פניות אלה דורש שטחי אספלט גדולים.



**תרשים 6.1:** אפשרויות לתכן שפת המיסעה לפנייה ניצבת ימינה ברדיוס מזערי ללא אי-תנועה



**תרשים 6.2:** מרכיבי העקום המורכב – סימטרי (compound curve)

בזרוע שבמרכזה מוכנס אי-טיפה ללא אי-משולש, יבוצעו הפניות ימינה מזרוע זו ואליה על קשת הנשענת על לוכסנים, כדי לאפשר את הרחבת הזרוע לשם הכנסת אי-הטיפה, בהתאם לפרטי-התכן בפרק 7 בהנחיות.

### 6.3 פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש

#### 6.3.1 כללי

בצמתים בין דרכים בין-עירוניות, יידרש במקרים רבים לתכנן פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש (ראו הצדקים בפרק 5). הגדלת רדיוס שפת המיסעה מעל למזערי בפנייה והתקנת אי משולש, מאפשרים את הפרדת הפנייה ימינה משאר נתיבי התנועה, ומאפשרים לכלי-הרכב לתכן (אוטובוס/רכב כבד) לבצע את

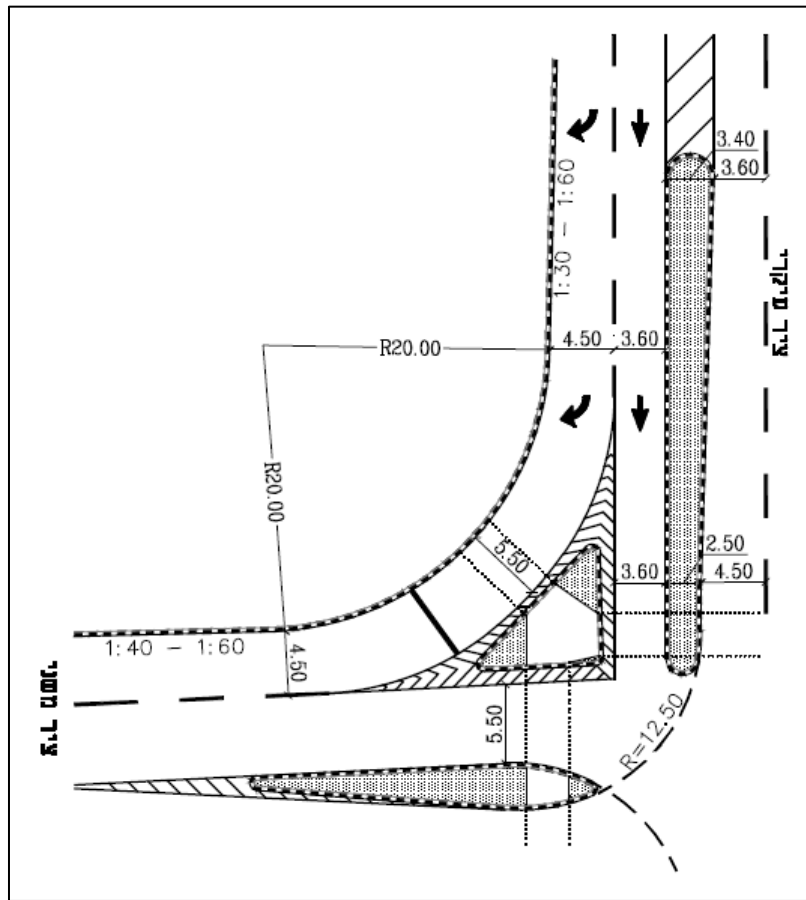
הפנייה במהירות 15-20 קמ"ש, מבלי לפלוש לנתיבים הסמוכים בכניסה לפנייה או ביציאה ממנה. רדיוס שפת המיסעה גדול דיו כדי לאפשר לכלי-הרכב הפרטיים להגיע בעת הפנייה למהירויות של עד 25 קמ"ש – מהירות התכן המוגדרת לפניות אלה לרכב פרטי (למעט תפניות דרך מהירות, ראו סעיף 6.3.6).

פניות ימינה עם אי-תנועה משולש מיועדות לצמתים המתוכננים למעבר של כל סוגי הרכב לתכן כפי שהוגדרו; בפנייה מסוג זה, רכב התכן הגדול ביותר המאלץ את פרטי התכן לצורך תמרונו, מבחינת רדיוס הפנייה והמרחק בין אבני השפה, הוא רכב משא מורכב ארוך (WB-15 semi), שהוא רכב שלמעשה חורג מהמגבלות הרגילות של רדיוס-פניות, ולא יהיה רכב-התכן בכל צומת (למעט מקרים במעגלי תנועה המפורטים בפרק 11). רכב התכן המקובל הגדול ביותר הנפוץ בדרכים הבין-עירוניות הוא WB-15 המחובר (full trailer). **הצורה הגיאומטרית של שפת המיסעה בפנייה ימינה עם אי-תנועה משולש תהייה עקום מעגלי ברדיוס יחיד, הנשען על שני לוכסנים בשני קצותיו.** הכניסה והיציאה בפנייה יבוצעו תמיד מנתיבי-עזר שרוחבם גדל בקרבת אי-התנועה. במקרים שבהם לא נדרש נתיב עזר באורך מלא, ניתן לתכנן נתיב פנייה מקוצר (סעיף 6.3.5 – נתיב האטה ואחסנה מקוצר, וסעיף 6.4.3 – נתיב האצה מקוצר).

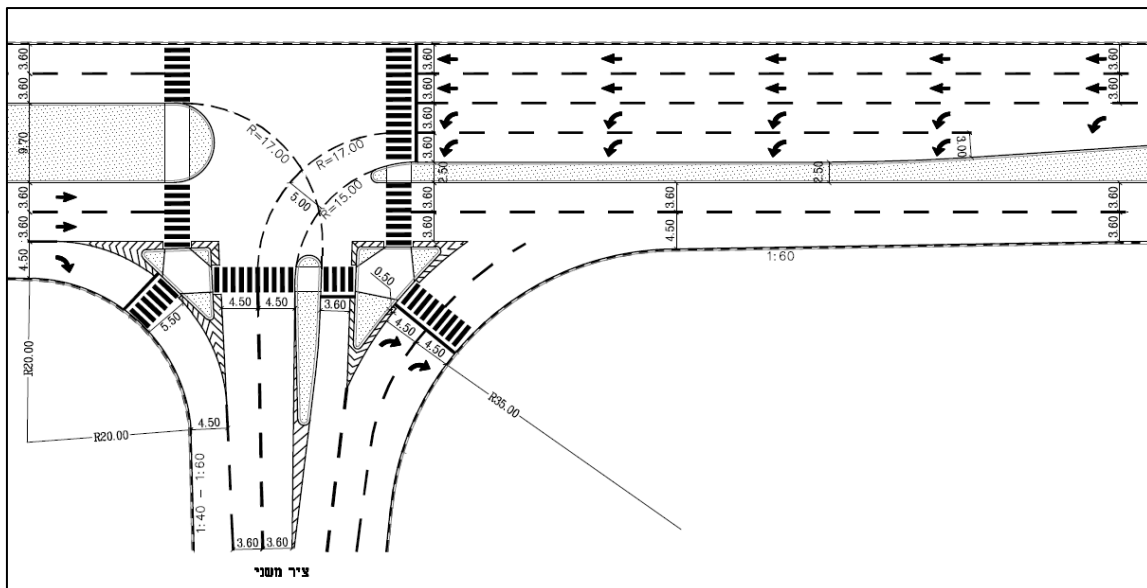
בתרשים 6.3 א' מובאת דוגמא לתכן אופייני של פנייה ימינה עם אי-משולש.

נתוני תכן אופייניים לפנייה זו הם:

- **שיעורי היסטים אופייניים ללכסן הפנייה בחיבור בין רדיוס הפנייה לנתיבי העזר (תרשים 6.3 א'):**
  - 1:30 – 1:60 בכניסה לרדיוס הפנייה, בחיבור לנתיב הייעודי (המשמש להאטה ולאחסנה).
  - 1:40 – 1:60 ביציאה מרדיוס הפנייה, בחיבור לנתיב ההאצה.
- השיעור המדויק ייקבע בהתאם לאורך הדרוש לנתיב האטה לפנייה ימינה ולצורתו בסעיפים 6.3.2-6.3.6, כמפורט בסעיף הבא – נתיבי האצה אחרי פנייה ימינה (6.4).
- **ערך מזערי לרדיוס הפנייה:** 20 מטר בזוויות  $90^\circ - 105^\circ$ .  
27 מטר בזווית  $75^\circ$ .
- בצמתים מרומזרים רצוי להגדיל את הרדיוס בפניות ניצבות ( $90^\circ$ ) ל-25 מטר, במידה שהגיאומטריה של הצומת מאפשרת.
- **רוחב הפנייה בסמוך לאי:** 6.0 מטר, מתוכם 5.5 מטר רוחב הכביש, ו-0.5 מטר צבוע (815). רוחב מופחת יתאפשר רק במקומות בהם לא צפוי מעבר של רכב התכן המאלץ את פרטי הפנייה (WB-15 semi – מורכב ארוך).  
נקודות ההשקה של שפת הקשת המעגלית הפנימית ללכסנים יהיו במקום בו רוחב נתיב הפנייה הגיע ל-4.5 מטר, כמתואר בתרשים 6.3 א'. דוגמא לפנייה מרומזרת ימינה עם שני נתיבי פנייה מוצגת בתרשים 6.3 ב'.



**תרשים 6.3 א':** תכן אופייני לפנייה ימינה עם אי-תנועה, בזווית ניצבת



**תרשים 6.3 ב':** דוגמא לפנייה מרומזרת ימינה עם שני נתיבי פנייה

## 6.3.2 קביעת האורך הנדרש לנתיב ייעודי להאטה ואחסנה לפנייה ימינה

לפי ההצדקים שהוצגו בפרק 5 (סעיף 5.2.2, וסעיף 5.3.1), אין לתכנן נתיב ייעודי לפנייה ימינה באורך מלא ללא אי-תנועה משולש, משיקולי ראות. תפקידו העיקרי של הנתיב הייעודי לפנייה ימינה הוא להאט את כלי-הרכב הפונים ימינה מחוץ לנתיב הנסיעה של הממשיכים ישר, ולאפשר להם כניסה לפנייה ימינה עם אי-תנועה במהירות המיועדת (20-15 קמ"ש לרכב כבד, 25 קמ"ש לרכב פרטי, ראו סעיף 6.3.1). לכן, יחושב אורך הנתיב כנתיב האטה. בנוסף, בנתיב ייעודי לפנייה ימינה המרומזר ברמזור מיוחד לפנייה זו, יחושב גם אורך הנתיב כנתיב אחסנה לתור הממתנים לאור הירוק בפנייה, כאשר אורך הנתיב הכולל ייקבע כסכום אורכי ההאטה והאחסנה.

כאשר הדרך עוברת בעקום אופקי, יש להימנע ככל הניתן מהתקנת נתיבי האטה לפנייה ימינה בחלקו הפנימי של העקום, בגלל הקושי בזיהוי מיקום היציאה בתנאי ראות גרועים, ובגלל החשש בהטעיית נהגים לגבי המשך התוואי (בעקום ימינה), או בשל הצורך ביציאה בצורת עקום 'S' (בעקום שמאלה).

אורך הנתיב הייעודי לפנייה ימינה מבוסס על האורך הדרוש להאטה, ובתוספת קטע אחסנה הנדרש לפנייה מרומזרת ימינה, כמפורט להלן:

**א. אורך ההאטה:** האורך הדרוש להאטה במישור מובא בטבלה 6.2. חישוב הערכים בטבלה זו מבוסס על ההנחות הבאות:

- 1) בכניסה לנתיב הייעודי לפנייה ימינה, הנהג נוסע במהירות ממשית, המהווה 85% ממהירות התכן בדרך ממנה פונים.
- 2) הנהג פונה בפנייה החופשית ימינה במהירות תכן של 25 קמ"ש (לפי הרכב הנפוץ בנפח התנועה, רכב פרטי).
- 3) ערך ההאטה הממוצע הוא 2.0 מ/שנ<sup>2</sup>.
- 4) ההאטה מתחילה במקום שבו רוחב הנתיב לפנייה הוא 3.0 מטר.
- 5) האורך המומלץ להאטה מכיל גם את אורך התמרון הנדרש למעבר בין הנתיבים<sup>1</sup>.
- 6) במקרים בהם נתונים שיפועים משמעותיים לאורך, יש לבצע תיקון לאורך ההאטה לפי טבלה 6.3. השיפוע המרבי לאורך נתיב ההאטה הוא 6% (בהתאם לפרק 8).
- 7) לרכב כבד, המהווה חלק קטן מנפח התנועה, נדרש אורך האטה גבוה יותר (תאטה ממוצעת נמוכה יותר), אולם העלייה בגובה עיני הנהג עד כ-2.4 מ' למשאית (לעומת 1.05 מ' ברכב פרטי) מחפה על כך, וכן צפוי כי מלכתחילה יגיע לפנייה במהירות נמוכה יותר.

<sup>1</sup> לפי השיטה האוסטרלית (Austroads, Part 4A, 2017), האורך הנדרש לתמרון מחושב לפי קצב תמרון צידי של 1.5 מטר לשנייה לצורך מעבר נתיבים, לפי מהירות התכן של הדרך ממנה יוצא הנהג, ולפי רוחב הנתיב הייעודי לפנייה זו. לפי חישוב, אורך מזערי מוחלט לנתיב ייעודי לפנייה ימינה הוא 35 מטר לצורך ביצוע התמרון במהירות 50 קמ"ש. במהירויות גבוהות יותר, האורך הנדרש להאטה לרוב יהיה ארוך יותר מהאורך הנדרש לתמרון.

**טבלה 6.2:** האורך (L) הדרוש להאטה בנתיב לפנייה ימינה בצמתים, בשיפועים הקטנים מ-2.5% (מ')

מהירות התכן בפנייה ימינה (קמ"ש)		מהירות התכן בדרך ממנה מגיע הנהג (קמ"ש)
25 קמ"ש	עצירה**	
24	36	* 50
38	50	60
57	69	70
82	95	80
102	114	90
127	139	100

\* מהירות תכן זו רלוונטית בחיבורים לרחובות עירוניים או בחיבורים לרמפות המסתיימות בצמתים.  
 \*\* לפני מעבר חצייה או קו עצירה לרמזור

**טבלה 6.3:** מקדמי תיקון לחישוב אורך קטע ההאטה בשיפועים גדולים

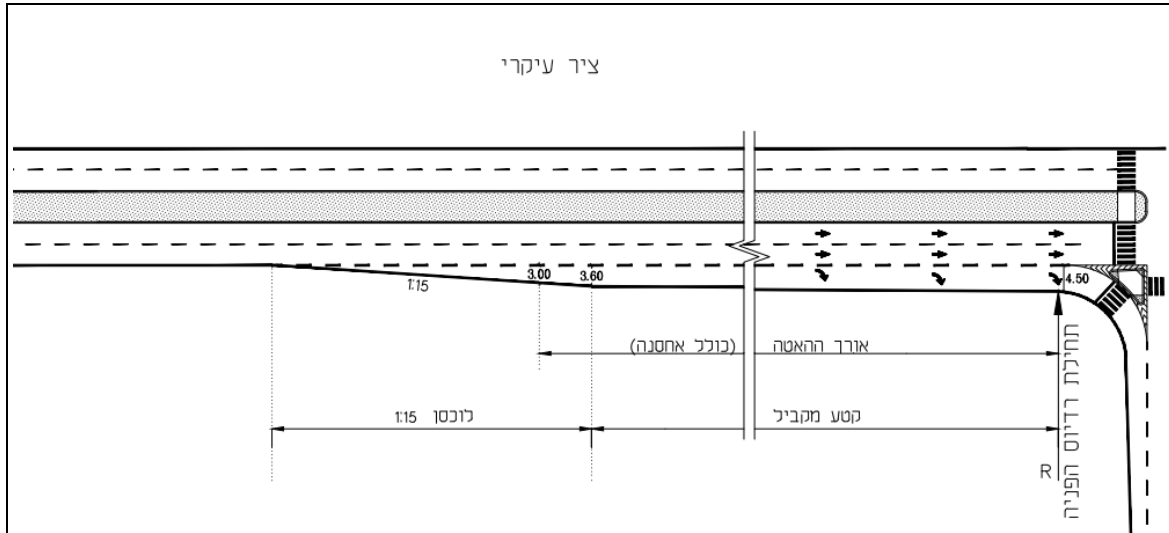
מקדם הכפלת המרחק מטבלה מס' 6.2		שיפוע לאורך ההאטה
ירידה	עלייה	
1.20	0.90	2.5-4.4%
1.35	0.80	4.5-6.0%

שיפועים עד 4.5% יחושבו לפי 4%, שיפועים מעל 4.5% יחושבו לפי 5%.

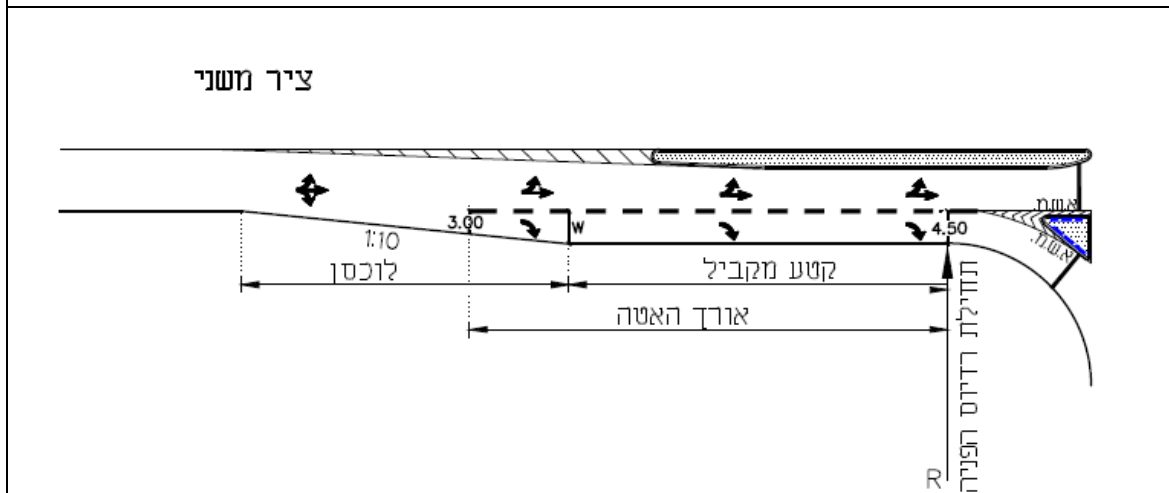
ב. **אורך האחסנה בפניות מרומזרות:** יש לחשב את אורך האחסנה בנתיבי ההמתנה לפניות מרומזרות, כמפורט בהנחיות לתכנון רמזורים בגרסתן המעודכנת. אורך האחסנה יחושב לפי המפורט בסעיף 7.3.5 בפרק 7 בנושא אורך האחסנה לפניות מרומזרות שמאלה, לפי מצבי החסימה המתוארים, אך בהתאמה למצבי חסימה בין כלי-הרכב הפונים ימינה לכלי הרכב הממשיכים ישר או פונים שמאלה.

ג. **חישוב האורך הכולל:** בדומה למשוואת מרחק הראות לעצירה בכרך 1, להאטה של 2 מ/שנ<sup>2</sup>, ההנחה היא כי ההאטה בבלימה מתחילה מהמהירות הממשית, המהווה כ-85% ממהירות התכן. אורך קטע ההאטה מחושב החל מהנקודה בה רוחב נתיב ההאטה המתקבל מלוכסן פתיחת הנתיב הוא 3.0 מטר (בשתי צורות הנתיב), כמתואר בתרשימים 6.4 א', 6.4 ב'. כאשר הפנייה מרומזרת, או שקיים מעבר חצייה, יש לחשב את אורך ההאטה מטבלה 6.2 לפי האטה לעצירה, להוסיף את אורך האחסנה הדרוש, ולוודא שסכום האורכים הדרוש לאחסנה ולהאטה עד לעצירה, מתקיים לאורך

הנתיב לפנייה ימינה, החל מהנקודה בה רוחב המעבר בקטע האלכסוני 3.0 מטר ועד לקו העצירה בפנייה (תרשים 6.4ב').



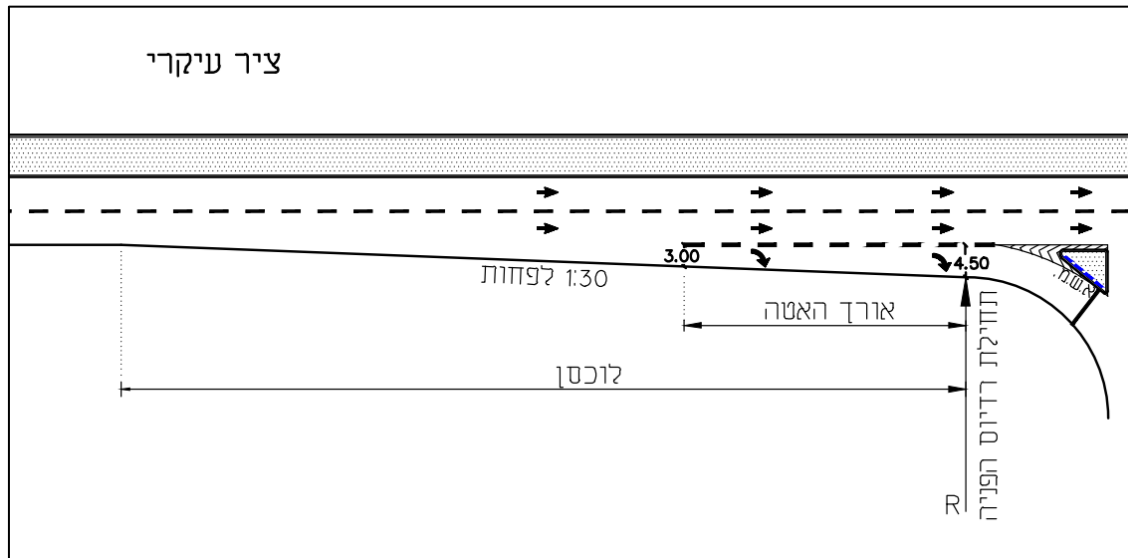
נתיב מקביל להאטה לפנייה ימינה בציר הראשי (העיקרי) בצומת מרומזר



א.ש.מ. - אבן שפה מונמכת      W - רוחב הנתיב המקביל בקצה הלזכסן

נתיב מקביל להאטה לפנייה ימינה בציר המשני בהסתעפות לא מרומזרת

**תרשים 6.4 א':** עקרונות התכן הגיאומטרי לנתיב האטה מקביל ייעודי לפנייה ימינה



**תרשים 6.4 ב':** עקרונות התכן הגיאומטרי לנתיב האטה לוכסני ייעודי לפנייה ימינה בציר הראשי (העיקרי) בהסתעפות לא מרומזרת

### 6.3.3 צורות הנתיב לפנייה ימינה

לאחר קביעת האורך הנדרש לנתיב הייעודי לפנייה, יש לקבוע את צורת הנתיב. לנתיבי האטה ימינה שתי צורות גיאומטריות אפשריות:

- **נתיב מקביל** – יהיה בשימוש בשני מקרים: בפנייה ימינה מהציר הראשי (העיקרי) בצומת מרומזר, לצורך מניעת חסימת הפנייה ימינה על-ידי תור הממתינים לחציית הצומת, ובפנייה ימינה מהציר המשני, בכל הצמתים (מרומזרים ולא מרומזרים). הנתיב המקביל מאפשר שחרור של הפונים ימינה ללא הפרעה מהתור לתנועות ישר או שמאלה, ולכן תועדף הצורה המקבילה.
  - **נתיב לוכסני** – יהיה בשימוש בציר הראשי (העיקרי) בצמתים לא מרומזרים, כגון הסתעפות בפניות ימניות, כיוון שהוא מתאים יותר למסלול התימרון הטבעי לנהגים ביציאה מבחינת ביצוע הפנייה ומעבר הנתיבים. עם זאת, ניתן לשקול תכנון של נתיב מקביל גם בצמתים אלה, אם צפוי נפח תנועה רב בנתיב הפנייה, או אילוצים תנועתיים נוספים.
- עקרונות התכן הגיאומטרי לנתיבי הפנייה מתוארים בתרשים 6.4 א' לנתיב האטה מקביל ייעודי לפנייה ימינה, ובתרשים 6.4 ב' לנתיב האטה לוכסני ייעודי לפנייה ימינה.

### 6.3.4 תכן גיאומטרי לנתיב ייעודי להאטה ואחסנה לפנייה – נתיב מקביל

הנתיב המקביל יתחיל ברחב הרגיל של נתיב בגישה לצומת מאותו כיוון (W), ויתרחב בלכוסן מתון עד לרחב 4.5 מטר בסוף ההאטה, בנקודת ההשקה עם רדיוס הפנייה (תרשימים 6.4 א'-ב'). אורך ההאטה בנתיב זה יימדד החל מהנקודה שבה רוחב הנתיב המתקבל מפתיחת הלכוסן הינו 3.0 מטר לפחות, ועד לנקודת ההשקה עם תחילת רדיוס הפנייה. לדוגמא, בנתיב מקביל בפנייה לא מרומזרת מהציר המשני, יכלול אורך ההאטה כשישית מאורך לוכסן הכניסה המתוכנן בהיסט של 1:10 (החל מרחב נתיב של 3.0 מטר, בהנחה שרוחב הנתיב W הוא 3.60 מטר). יתרת ההאטה בנתיב זה תבוצע בקטע המקביל, עד

לתחילתה של הפנייה. בפניות מרומזרות ימינה יש להוסיף לאורך זה גם את אורך האחסנה (ראו סעיף 6.3.2 וכן סעיף 7.3.5 בפרק 7) כמוצג בתרשים 6.4 א' עליון.

**היסט הלוכסן בפתיחת הנתיב** יהיה כלהלן: **בציר הראשי (העיקרי)**: השיעור המזערי להיסט לוכסן נתיב ההאטה ימינה יהיה 1:10 במהירויות תכן עד 70 קמ"ש, ו-1:15 במהירויות תכן של 80 קמ"ש ומעלה; **בציר המשני**: השיעור המזערי להיסט לוכסן נתיב ההאטה בפתיחת הנתיב המקביל הוא 1:10, למעט בדרך משנית דו-מסלולית בהצטלבות מרומזרת, בה תכנון הלוכסן יהיה לפי מהירות התכן בדומה למפורט למעלה. אורך הלוכסן ייקבע מתוך שיעור ההיסט שלו, ויחושב לפי W, רוחב הנתיב המקביל לפנייה ימינה (רוחב זה יהיה שווה לרוחב הנתיב בגישה לצומת מאותו כיוון: 3.60 מטר בדוגמאות).

**היסט לוכסן עזר קצר בחיבור לרדיוס הפנייה** יהיה 1:30-1:60 (ראו סעיף 6.3.1 ותרשים 6.3 א'). בכל תכנון יש לשמור על אורך ההאטה נדרש (טבלה 6.2).

### 6.3.5 תכן גיאומטרי לנתיב ייעודי לפנייה – נתיב אלכסוני

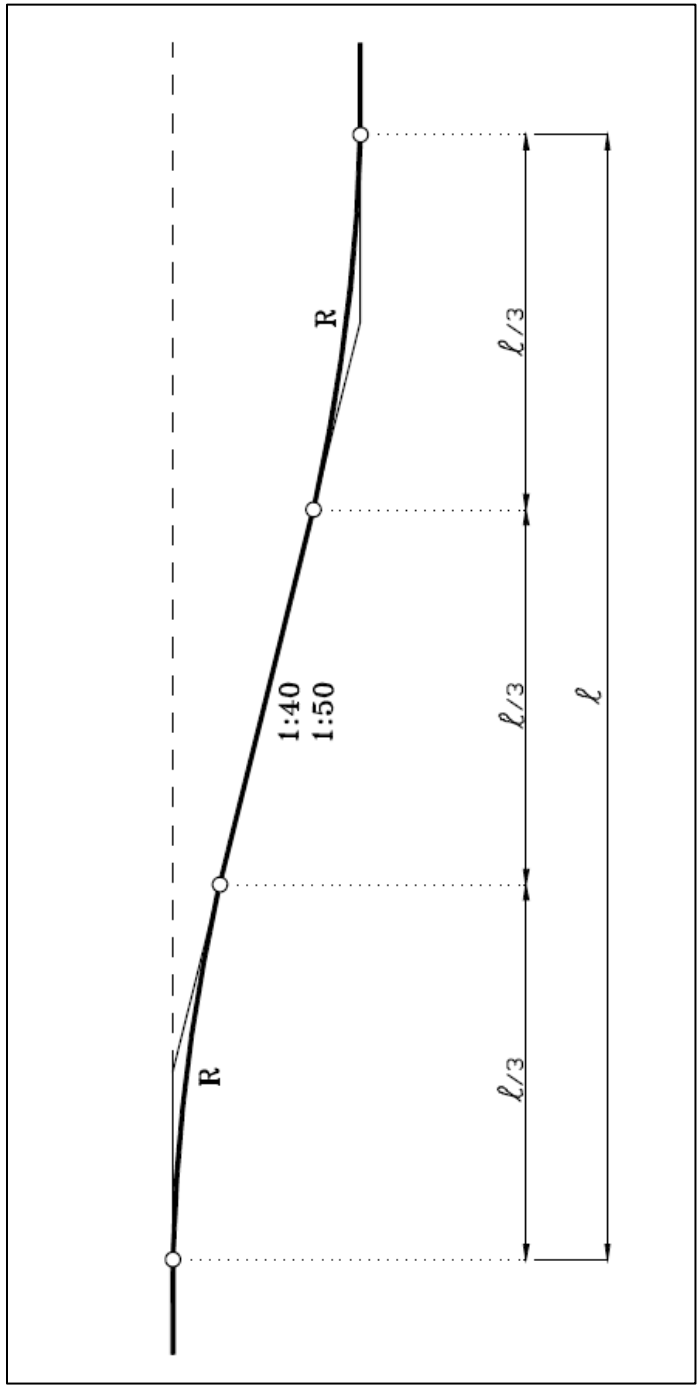
צורה זו תהיה בשימוש בציר הראשי (העיקרי) בצמתים לא מרומזרים. בנתיב אלכסוני יהיה שיעור היסט הלוכסן 1:30 במהירות תכן של 60 קמ"ש, ו-1:40 במהירות תכן של 70 קמ"ש (תרשים 6.4 ב').

במהירויות תכן ( $V_d$ ) של 80 קמ"ש ומעלה, נדרש תכן הגישה לפנייה עם עקומים סימטריים מנוגדים לצורך התווית התנועה בתמרן (תרשים 6.5), ומתן אורך האטה מספק: לדוגמא, ל-80 קמ"ש נדרש שיעור היסט של 1:40 עם עקומים סימטריים מנוגדי כיוון. שאר הלוכסנים הנדרשים מפורטים בטבלה 6.4.

### טבלה 6.4: היסט הלוכסן בכניסה לפנייה ימינה בנתיב אלכסוני מהציר הראשי (העיקרי),

ורדיוס עקומים מנוגדי כיוון בתכנון הלוכסן

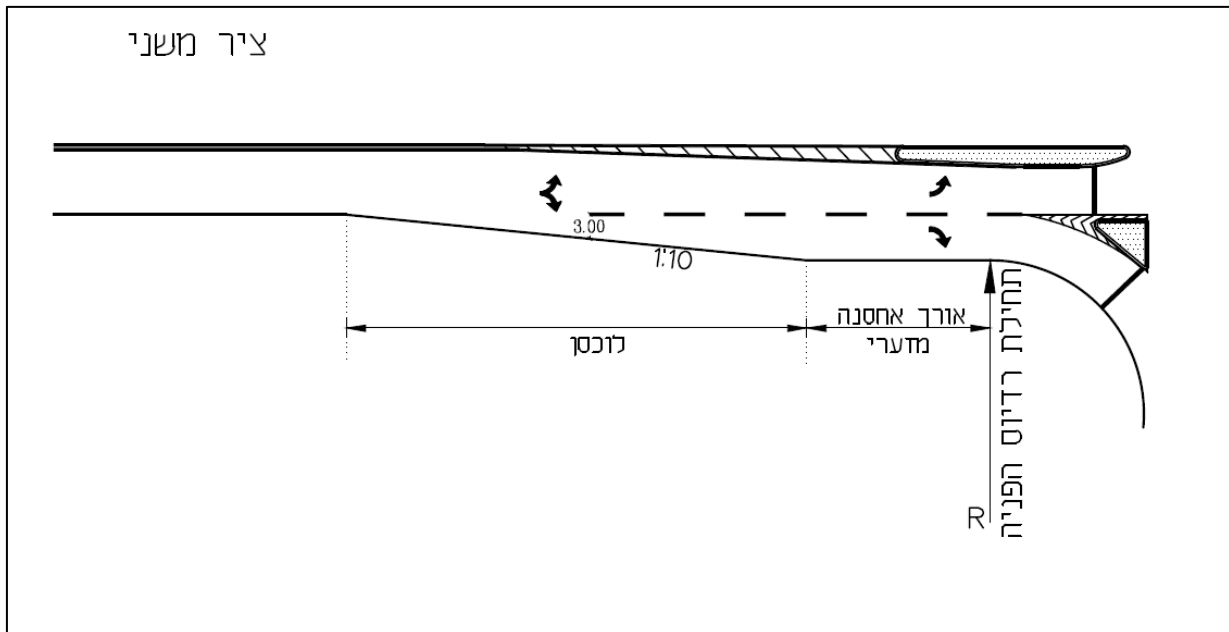
רדיוס עקומים מנוגדי כיוון (מ')	שיעור ההיסט	מהירות התכן בציר הראשי (העיקרי) (קמ"ש)
–	1:30	עד 60
–	1:40	70
250	1:40	80
350	1:50	90
450	1:60	100



**תרשים 6.5:** הסדרת הלוכסן בנתיב מיוחד (לוכסני) לפנייה ימינה באמצעות עקומים סימטריים מנוגדי כיוון ( $V_d \geq 80$  קמ"ש)

### 6.3.6 נתיב ייעודי מקוצר לאחסנה לפנייה ימינה

- בפניות ימינה עם אי-תנועה משולש שבהן לא נדרש נתיב ייעודי מלא לפנייה ימינה (ראו טבלאות 5.2, 5.3), מומלץ לספק אורך אחסנה מזערי של 20 מטר (לפי אוטובוס ורכב פרטי, או רכב מורכב אחד). תרשים 6.6 מציג פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש ואורך אחסנה מזערי (נתיב מקביל קצר). כמו כן, יש לבצע את ההרחבה שלפני הפנייה לפי העקרונות הבאים:
- יש לבצע בדיקה בתוכנה ייעודית (AUTOTURN או שווה ערך) לתמרון הרכב לתכן בפנייה (רכב כבד), כאשר מהירותו מוגדרת כ-15-20 קמ"ש.
  - יש לוודא כי בתמרון הרכב לתכן בפנייה לא מתקיימת חריגה לנתיבים הסמוכים, בכניסה או ביציאה לנתיב.
  - יש לבחון תכנון העקום של הפנייה כעקום מורכב תלת-מרכזי במקום שימוש ברדיוס יחיד ולוכסנים, כך שיתקבל תמרון מיטבי וללא שימוש עודף באספלט והרחבת המיסעה מעבר לנדרש – ראו תרשים 6.1.



**תרשים 6.6:** פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש ואורך אחסנה מזערי

### 6.3.7 תפניות דרך מהירות

ככלל, תפניות דרך מהירות ימינה נועדו לאפשר נהיגה בלתי מופרעת ככל האפשר לכלי-הרכב הפונים, ולהפחתת ניגודי ההיפרדות לפני הצומת, בין כלי-הרכב הפונים ימינה לבין הממשיכים ישר. תפנית דרך מהירה מאופיינת במהירות נסיעה הגבוהה מן המהירויות המקובלות בפניות הבסיסיות עם אי-תנועה משולש (25 קמ"ש, ראו סעיף 6.3.1). הפרדת התפנית מן הנתיבים המשכיים נעשית באמצעות אי-תנועה משולש אשר מידותיו תלויות במהירות הפנייה, והן גדולות מן המידות של אי-התנועה הדרוש לתכן הפנייה הסטנדרטית עם אי-תנועה משולש. בתכנון תפניות דרך מהירות יש לשקול גם שיקולים דינמיים

ובטיחותיים של שיווי משקל בעקום, בתלות במהירות התכן לפנייה, בדומה לחישוב בעקומים אופקיים ברמפות מחלפים.

תפניות דרך מהירות בצמתים, יתוכננו לרוב כשלב ביניים להקמת מחלף. לפיכך, תכנון תפניות דרך לפנייה מהירה יהיה בהתאם לעקרונות לתכנון רמפות בסעיפים 5.3-5.7 בכרך 3, ולטבלאות המצויות שם. עם זאת, כאשר מתוכנן מחלף בשלב הסופי, יש להבחין בשלבי התכנון לתפנית הדרך בין איי התנועה והאפים הנדרשים בצמתים, לעומת הדרישות בתכן מחלפים בשלב הסופי (ראו סעיף 6.3 בכרך 3).

ניתן לאפשר פניות מהירות גם במקרים של דרישה לקיבולת גבוהה יותר בפנייה ימינה, וכן כאשר זרועות הצומת אינן נפגשות בזווית ישרה, ומתאפשרת התקנה נוחה של תפנית דרך לפנייה ימינה מבחינת זכויות הדרך. אין לתכנן תפנית דרך מהירה כאשר תכנון הצומת כולל נתיבי העדפה לתחבורה ציבורית, וכן כאשר צפוייה תנועה רבה של רוכבי אופניים והולכי רגל בצומת, ברביע בו מתוכננת התפנית.

## 6.4 נתיבי האצה אחרי פנייה ימינה

### 6.4.1 שיקולי תכנון לנתיב האצה מלא לעומת מקוצר

נתיבי האצה לפנייה ימינה מסייעים לכלי הרכב היוצאים מהפנייה החופשית ימינה להאיץ ולהשתלב בתנועה המקבילה אליהם בנתיב הסמוך משמאל. בפרק 5 הוצגו הצדקים ועקרונות לשני סוגים של נתיבי האצה – נתיב האצה באורך מלא, ונתיב האצה מקוצר. מתן אורך מלא להאצה מאפשר השתלבות בטוחה ונוחה יותר של כלי-הרכב בזרם התנועה, אך עם זאת לעיתים ניתן להסתפק בנתיב האצה מקוצר, בהתאם לשיקולי התכנון המפורטים בסעיף 5.4.1. הסעיפים הבאים מפרטים את פרטי התכן לשני סוגי נתיבי האצה אחרי פנייה ימינה, כאשר נתיב האצה מלא יתוכנן כמקביל (סעיף 6.4.2), בעוד נתיב האצה מקוצר יתוכנן כלוכסני (סעיף 6.4.3).

### 6.4.2 נתיב האצה מלא

#### א. אורך נתיב האצה מלא

לפי ההצדקים המופיעים בפרק 5, הדרכים בהן יידרש לתכנן נתיבי האצה מלאים לאחר הפנייה ימינה מאופיינות כדרכים דו-מסלוליות עם נפחי תנועה גבוהים. לפי כרך 1 של ההנחיות (טבלה 2.4), מהירויות התכן בדרכים הללו, דהיינו דרך דו-מסלולית שאינה מהירה ואינה ממוחלפת במלואה, הן בטווח של 80-100 קמ"ש (בהתאם לטופוגרפיה/דרגת הרגישות), כאשר ברובן מהירות התכן בציר העיקרי הדו-מסלולי צפויה להיות 100 קמ"ש. לפי מהירות תכן זו, האורך המלא הדרוש להאצה במישור, החל מסיום ביצוע הפנייה ועד הנקודה בה רוחב הנתיב הינו 3.0 מטר, ייקבע כ-210 מטר, על בסיס ההנחות הבאות:

- הרכב נכנס לנתיב האצה תוך יציאה מהפנייה החופשית ימינה במהירות התכן בפנייה – 25 קמ"ש.
- ההאצה בנתיב האצה מבוצעת בתאוצה ממוצעת של כ-1.2 מ/שנ<sup>2</sup> עד למהירויות ההשתלבות בזרם התנועה (המהירות הממשית), המהווה 85% ממהירות התכן של הדרך. ההשתלבות בציר הראשי (העיקרי) לקראת סוף נתיב האצה מבוצעת בלוכסן סגירה, המתחיל בנקודה בה רוחב נתיב האצה

3.6 מטר. נתיב ההאצה מסתיים בפועל לאחר תחילת הסגירה בלונסן, כאשר רוחב הנתיב הצטמצם ל-3.0 מטר (תרשים 6.7).

- מהירויות תכן נמוכות מ-100 קמ"ש תהינה לרוב באזורים בהם קיימת טופוגרפיה גבעית או הררית, או בצירים חד-מסלוליים שמצדיקים נתיב האצה מלא, אך ניתן להפחית את אורך ההאצה הנדרש: למהירות תכן 90 קמ"ש בציר הראשי (העיקרי) נדרש אורך האצה מלא של 170 מטר; למהירות תכן 80 קמ"ש בציר הראשי (העיקרי) נדרש אורך האצה מלא של 140 מטר (בקטע מישורי); למהירות תכן 70 קמ"ש (חד-מסלולי הררי) נדרש אורך של כ-100 מטר – ראו טבלה 6.5.
- יש להתחשב גם בשיפוע לאורך (הגדלת אורך ההאצה בעלייה והפחתת אורך ההאצה בירידה): בעלייה בשיפועים העולים על 4% נדרש נתיב האצה ארוך יותר מאשר במישור. לפי מקדם הגדלה של 1.5 (לפי ההנחיות למחלפים, כרך 3), נדרש אורך של כ-320 מטר להאצה בעלייה באורך מלא.

**טבלה 6.5:** האורך הדרוש להאצה (L) בנתיב האצה מלא לאחר פנייה ימינה בצומת (במישור)

אורך האצה ממהירות 25 קמ"ש ('מ)	מהירות התכן בציר בו מאיצים (קמ"ש)
100	*70
140	80
170	90
210	100

\* חד-מסלולי באזור הררי

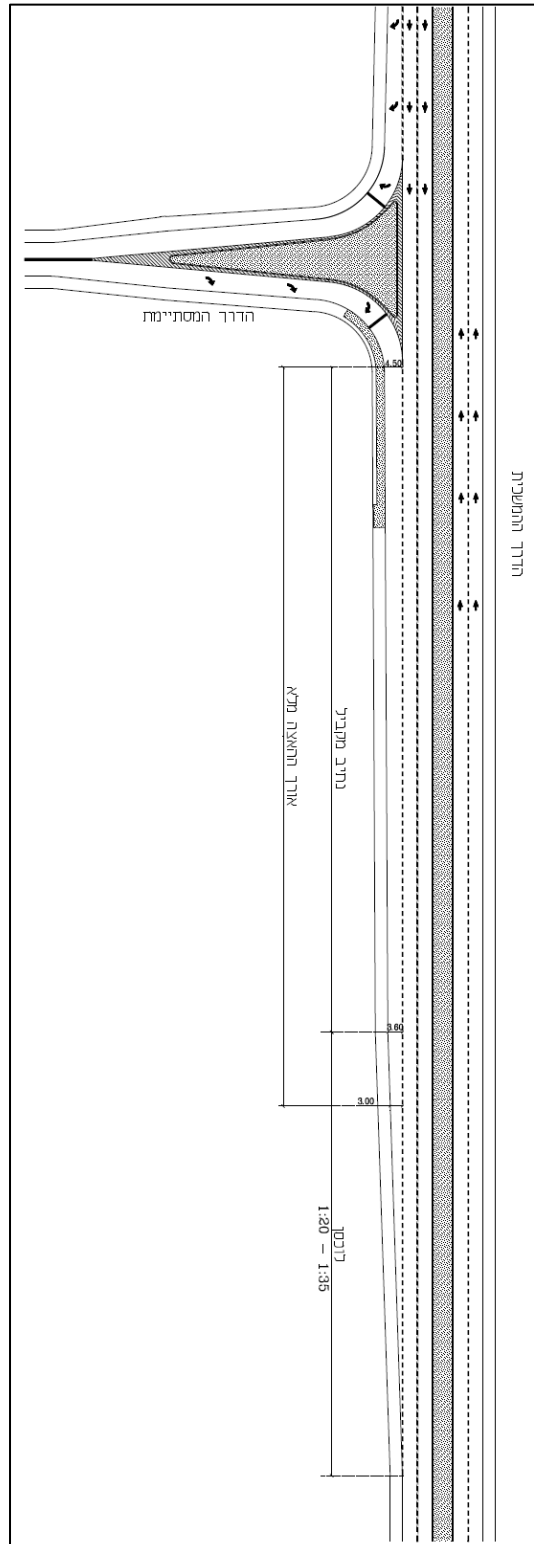
בשיפועים בירידה, לא מומלץ לקצר את נתיב ההאצה, בגלל ההאצה וקשיי הבלימה של התנועה בציר הראשי (העיקרי).

בכל מקרה, נתיב האצה באורך של מתחת ל-140 מטר לא ייחשב לנתיב האצה באורך מלא. השיפוע האורכי המרבי בנתיב האצה (מלא או מקוצר) הוא 6% (ראו פרק 8).

### ב. תכנון נתיב האצה מלא: נתיב האצה מקביל

נתיב האצה באורך מלא יתוכנן כנתיב מקביל, באופן הבא:

הקטע המקביל יתוכנן החל מרוחב נתיב של 4.5 מטר (בסוף הפנייה ימינה) ועד לרוחב נתיב נסיעה 3.6 מטר (בדרך כלל). בסוף הקטע המקביל (רוחב נתיב 3.6 מטר), יותווה לונסן סגירה של הקטע המקביל בשיעור היסט של 1:20-1:35, בהתאם לאילוצי התכן ולזכויות הדרך. אורך ההאצה נמדד מסוף הפנייה (רוחב נתיב 4.5 מטר), ועד הנקודה בה רוחב הנתיב האצה מצטמצם ל-3.0 מטר (כלומר לאחר תחילת לונסן הסגירה של הנתיב המקביל). דוגמא טיפוסית של נתיב האצה מלא מובאת בתרשים 6.7.



**תרשים 6.7:** נתיב האצה מלא מהפניה ימינה לדרך דו-מסלולית עם לוכסן מקביל (הסתעפות לא מרומזרת)

הנקודה בה מתחיל נתיב ההאצה בסוף רדיוס הפנייה (רוחב נתיב 4.5 מטר) צריכה להשיק לרדיוס הפנייה. ניתן להיעזר בעקום מעבר או בלוכסן עזר קצר בשיעור היסט 1:60-1:40 (תרשים 6.3א').

### 6.4.3 נתיב האצה מקוצר

**אורך נתיב האצה מקוצר (לוכסני)**

בתכנון נתיב האצה מקוצר (תרשים 6.8), מאפייני התכן הגיאומטרי מוגדרים כך שמתקבל אורך האצה של 90-105 מטר, החל מסוף הפנייה ועד רוחב נתיב האצה של 3.0 מטר. אורך האצה זה כולל למעשה גם את תחנת האוטובוס על הנתיב, במידה וזו נדרשת (ראו פרק 10). נתיבי האצה המקצים אורך האצה קטן מ-90 מטר אינם מומלצים, ויתוכנו במקרים חריגים בלבד. התווית נתיב האצה מקוצר (לוכסני) היא חד-ערכית לפי שיעור ההיסט של הלוכסן, ללא צורך ביישום מקדמי הגדלה בעלייה ומקדמי הפחתה בירידה.

### **תכנון נתיב ההאצה הלוכסני המקוצר**

נתיב האצה מקוצר יתוכן כנתיב לוכסני, בשיעור היסט של 1:60-1:70 החל מרוחב נתיב 4.5 מטר ועד רוחב נתיב 3.0 מטר. הלוכסן ממשיך עד סגירה לנתיב הבסיסי הימני בציר הראשי (העיקרי). אורך ההאצה הנגזר ישירות משיעור היסט הלוכסן (1:60-1:70) הינו כאמור 90-105 מטר. הנקודה בה מתחיל נתיב ההאצה בסוף רדיוס הפנייה (רוחב נתיב 4.5 מטר) צריכה להשיק לרדיוס הפנייה. ניתן להיעזר בעקום מעבר או בלוכסן עזר קצר בשיעור היסט 1:60-1:40 (תרשים 6.3א').

## 6.5 **איים משולשים**

### 6.5.1 הצדקים להתקנה

איים משולשים המותקנים בפניות ימינה משמשים להכוונת התנועה ולשיפור ההתמצאות בצומת. כפי שמתואר בפרק 5, השימוש באי-המשולש נועד למקרים הבאים:

- א. למניעת הסתרה של תנועות בנתיבים נפרדים היוצאות מהזרוע המשנית (סעיף 5.2.2).
- ב. להקטנת שטח הצומת, בכל פנייה המתוכננת למהירות שמעל למזערית, בהתאם להצדקים המפורטים בפרק 5 לפנייה ימינה עם אי-תנועה משולש (טבלה 5.2 סעיף 5.3.1).
- ג. לצורך מפלט להולכי-רגל חוצים; האי מקצר את המרחק שעליהם לחצות בבת-אחת, ומאפשר את מיקומם של תמרורים ורמזורים (סעיף 5.5.2 א'3').

בזרוע דו-סיטרית חד-מסלולית אליה נכנסים בעזרת אי-משולש לפנייה ימינה, חובה להתקין אי מאורך בציר הכביש, במקביל ל"צל" של האי המשולש (צלע AB בתרשים 6.9), כך שהאי המאורך בולט מעבר לצלע המשולש (ציר משני, תרשים 6.9), בכיוון ההתקרבות אל האיים מהדרך הדו-סיטרית (ראו גם תרשים 6.10 בסוף הפרק). כמו-כן, יכול האי המאורך (בציר המשני) להופיע ללא אי משולש באותה זרוע (ראו סעיף 7.4.1 בפרק 7 להלן). אין לתכנן אי משולש ללא אי מאורך (או טיפה) בציר הכביש בנתיב שלצידו, כדי שלנהגים תהיה הפרדה ברורה בין תנועות בכיוונים נגדיים.



## 6.5.2 מידות האי המשולש

האי המשולש ימוקם ויתוכנן בשילוב עם התכן המפורט של שפות המיסעה ורוחב הפנייה, כמפורט בסעיף 6.3.1.

### שטח האי המשולש

השטח המזערי של אי משולש **בנוי** הוא 10 מ"ר. בצמתים קיימים בהם נדרש אי משולש ואין אפשרות להשיג שטח של 10 מ"ר ניתן לרדת עד לשטח של 9 מ"ר כמינימום מוחלט.

### אורך צלעות אי המשולש

האורך המזערי של צלעות האי המשולש הינו 4.0 מטר. במידה שנדרש מקום לחצייה בתחום האי המשולש, אורך כל צלע לא יהיה קטן מרוחב מקום החצייה בתוספת מזערית של 0.5 מטר מכל צד של מקום החצייה. כאשר בתחום האי המשולש מתוכננת תנועת אופניים (כלומר מתוכננים מעברי חצייה לאופניים 812 לצידיו, בנוסף למעברי חצייה לה"ר), יש להרחיב את שטח האי המשולש ולהאריך את צלעותיו כך שיכלול גם את רצועת התנועה לאופניים בתוספת מזערית של 0.5 מטר מכל צד של מקום החצייה (לאופניים והולכי רגל), כמפורט בפרקים 9 ו-10.

קיימים שלושה סוגי איים, לפי גודלם:

א. קטן – בגודל המזערי.

ב. בינוני.

ג. גדול – בעל אורך צלע של 30 מטר לפחות (בעיקר בפניות מהירות ימינה ואפשרי גם בפניות ימינה – ימינה בצומת לא מרומזר).

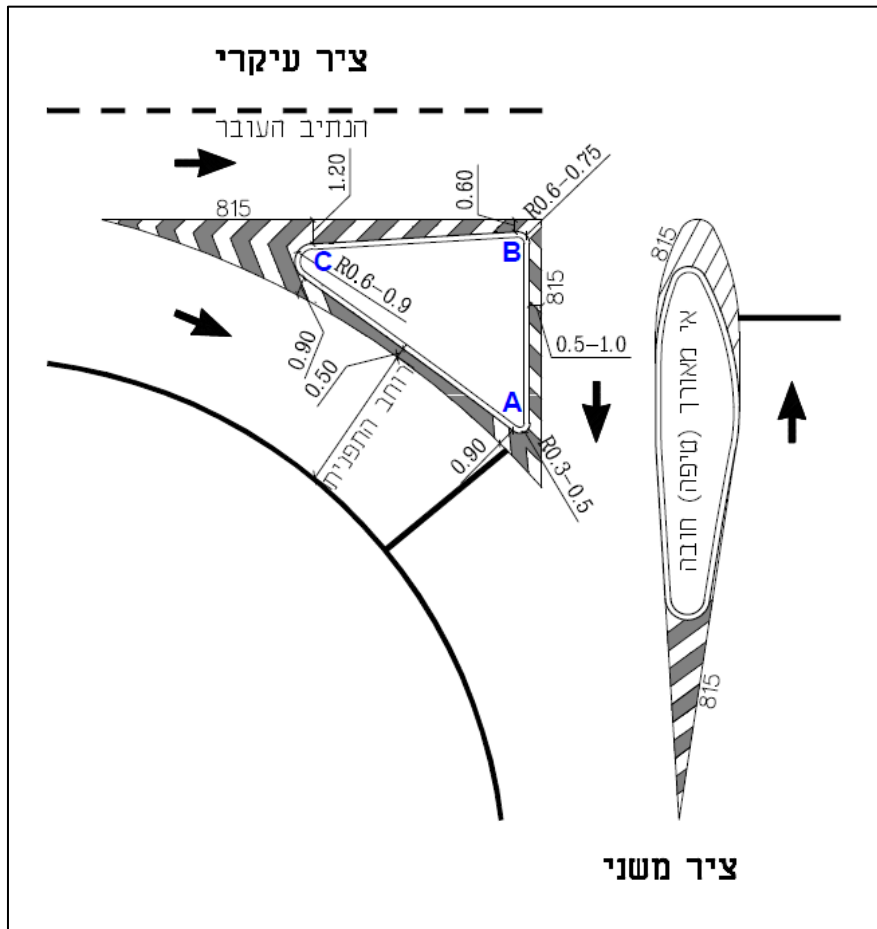
את האי הגדול ניתן לתכנן בפיתוח נופי (מצע מהודק או צמחיה נמוכה). שאר האיים המשולשים בנויים תמיד. צומת עם דרך בין-עירונית (כולל מבואות הצומת ומוצאי הצומת) יהיה תמיד מואר לצורך הבחנה באיים הבנויים בשעות הלילה.

## 6.5.3 תכן גיאומטרי של אי-הכוונה משולש

אי-הכוונה משולש בנוי, ימוקם כשקצהו מצוי בנסיגה של 0.6 מטר לפחות מקווי המשך שפות המיסעה של הדרכים הנפגשות, כמתואר בתרשים 6.9. הנסיגה מיועדת לאפשר תמרון של כלי-רכב חריגים, ולהגן על כלי-רכב הממשיכים ישר מפני פגיעה באבני השפה. שאר השטח בין האי הבנוי לבין נתיבי הנסיעה ימולא בסימון צבע 815 כמתואר בתרשים 6.9, בהתאם למפורט בהנחיות משרד התחבורה לאופן הצבת התמרורים.

### פינות האי המשולש

פינותיו של האי הקטן (גודל מזערי) תהיינה מעוגלות ברדיוס של 0.5 מטר לפחות. פינות האי הבינוני תעוגלנה ברדיוסים שונים: 0.6-0.9 מטר ו-0.6-0.75 מטר בפינות הסמוכות לציר הראשי (העיקרי), ו-0.3-0.5 מטר בפינה הסמוכה לציר המשני, כמתואר בתרשים 6.9.

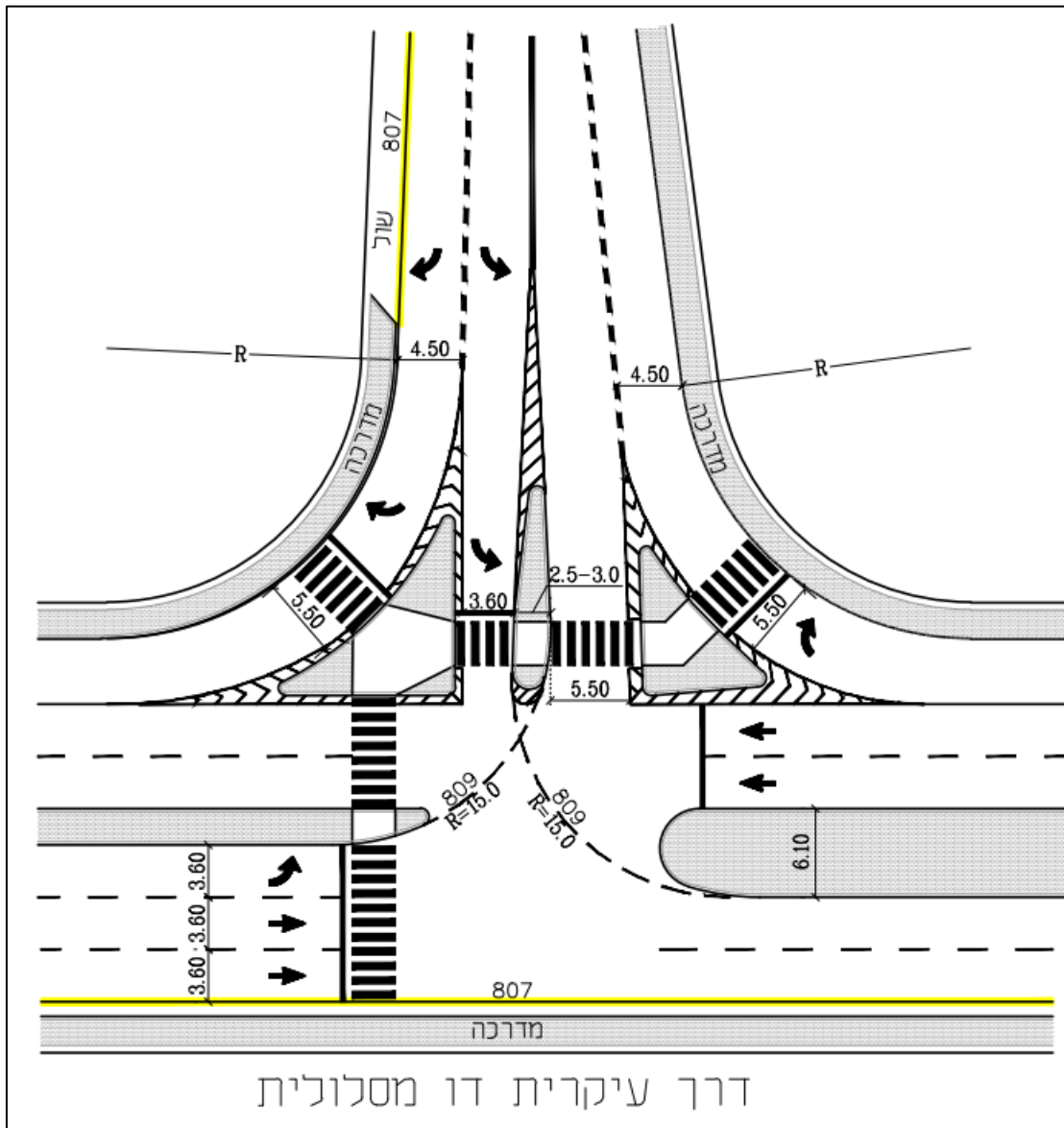


**תרשים 6.9:** פרטי התכן של אי משולש (בינוני)

באי בינוני יהיה קצה האי המכוון לנקודת ההפרדה בין התנועות ישר וימינה מהציר הראשי (נקודה C בתרשים 6.9) מרוחק משפת הנתיב הממשיך ישר בשיעור של 1.2 מטר, כך שהמשולש יהיה מרוחק יותר ביחס לנתיב הסמוך, וזאת כדי לאפשר לנהג המתקרב מרווח ביטחון מאבן השפה של האי המשולש ולפיכך להימנע מפגיעת הרכב באבני השפה. תרשים 6.10 מציג דוגמא לשימוש באיי תנועה בהסתעפות מרומזרת.

#### מגבלות למיקום עמודים ותמרורים

יש להימנע במידת האפשר מהתקנת עמודים בשטח מעבר ה"ר ותנועת אופניים באי המשולש. הצבת עמודי התמרורים המנחים תהיה במרווח של 1.5 מטר לפחות מהקצה הבנוי של האי. פירוט בנושאי גובה אבן השפה מובא בפרק 5 סעיף 5.6.



**תרשים 6.10:** דוגמא לשימוש באיים לניתוב בהסתעפות מרומזרת

## פרק 7: תכן פניות שמאלה

### תוכן עניינים

7-1.....	מבוא	7.1
7-1.....	תכן גיאומטרי לפניות שמאלה	7.2
7-1.....	רדיוסים מזעריים לפניות שמאלה	7.2.1
7-2.....	רוחב הכניסות והיציאות בפניות שמאלה	7.2.2
7-3.....	פניות שמאלה בו-זמניות (מנוגדות)	7.2.3
7-3.....	פניות שמאלה מרובות נתיבים (מקבילות)	7.2.4
7-5.....	נתיבים ייעודיים לפנייה שמאלה	7.3
7-5.....	כללי – מרכיבי הנתיב	7.3.1
7-11.....	תכן גיאומטרי לנתיב ייעודי לפני שמאלה	7.3.2
7-12.....	אורך ההאטה	7.3.3
7-12.....	אורך האחסנה בהסתעפויות לא מרומזרות	7.3.4
7-15.....	אורך האחסנה בצמתים מרומזרים	7.3.5
7-19.....	אופן יצירת הנתיב לפנייה שמאלה	7.3.6
7-23.....	נתיב השתלבות לאחר פנייה שמאלה (הסתעפות לא מרומזרת)	7.3.7
7-24.....	אי הפרדה מאורך ("טיפה") ושטח הפרדה	7.4
7-24.....	הצדקים להתקנה	7.4.1
7-28.....	תכן גיאומטרי של איי-טיפה	7.4.2
7-32.....	הפתח בשטח המפרדה המרכזית בצומת (המדיאן, median)	7.4.3

## פרק 7: תכן פניות שמאלה

### 7.1 מבוא

מאפייני התכן לפניות שמאלה בצומת דומים בהיבטים העקרוניים למאפייני התכן לפניות ימינה – היות שגם בהם נדרשים לעיתים נתיבים ייעודיים לפני הפנייה שמאלה, ונתיבי האצה והשתלבות בזרוע אליה פונים, בהתאם להצדקים המפורטים בפרק 5. עם זאת, שלא כמו בפניות ימינה, בפניות שמאלה רדיוס הפנייה ועיקבת רכב התכן המבצע את הפנייה משפיעים בעיקר על התווית איי התנועה והמפרדות במרכז הצומת, ולא על אופן ביצוע הפנייה עצמה. הפניות שמאלה הן בעלות השפעה רבה על תפקוד הצומת, בגלל ריבוי נקודות הניגוד עם תנועות אחרות, המגבילות את תנועת כלי-הרכב הפונים שמאלה, הן מבחינה בטיחותית והן מבחינת רמת השירות ואורך התור המתקבל בצומת. על כן, לניתוב הפנייה ולתכנון איי התנועה משקל רב בתפקוד הנאות של הצומת, ויש להתחשב בסוג הצומת ובמדרג הכבישים בו, וכן בסוג הרכב לתכן בפנייה, בעת תכנון הצומת (ראו עקרונות א' וב' המופיעים בפרק 6 סעיף 6.1).

### 7.2 תכן גיאומטרי לפניות שמאלה

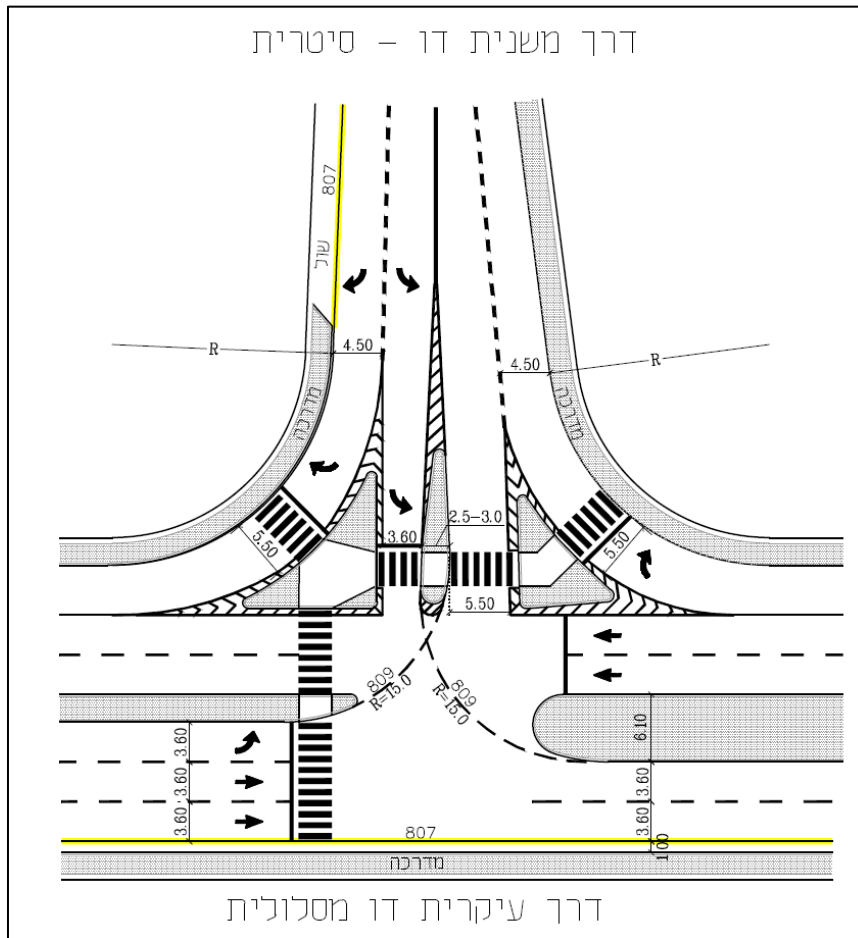
#### 7.2.1 רדיוסים מזעריים לפניות שמאלה

הניתוב ואיי התנועה במרכז הצומת מתבססים על הרדיוסים המתוכננים לתמרון הפניות שמאלה בצומת. רדיוסים אלה נמדדים בחלק הפנימי של תמרון הפנייה. הרדיוסים לפניות שמאלה דומים לרדיוסים שנקבעו עבור הפניות ימינה בהתאם לסוגי הרכב לתכן (ראו פרק 2 ופרק 6).

במרבית הצמתים הבין-עירוניים, רדיוס התכן המזערי לפניות שמאלה הוא 15.0 מטר לפחות. רדיוס זה מאפשר פנייה במהירות של כ-15 קמ"ש לאוטובוס (לרבות מפרקי) ולרכב מורכב (Wb-12), ובמהירות נמוכה יותר (כ-10 קמ"ש) לרכב מורכב או מחובר גדול יותר (Wb-15).

למרות זאת, בפניות שמאלה אל דרך מקומית ודרך גישה ומהן, הרדיוס המזערי לפניות שמאלה יהיה 12.5 מטר (בהנחה של מיעוט כלי-רכב כבדים בפניות). בנוסף, ניתן להפחית את הרדיוס המזערי ל-12.5 מטר כאשר הצומת בממדים קטנים, ושימוש ברדיוס 15.0 מטר דוחק לאחור את אי הטיפה בזרוע המשנית ואת המיפרדה בזרוע בדרך העיקרית. עם זאת, 15.0 מטר יהיה הרדיוס המזערי לפניות שמאלה אל כל דרך מקומית או גישה אשר מובילה לאתר המושך תנועה סדירה של כלי-רכב כבדים מורכבים או מחוברים.

באופן מעשי, צורת הנסיעה של כלי-הרכב הארוכים בעת הפנייה דומה לעקום מורכב, כאשר איי-ההפרדה משמשים להכוונה בתחילת הפנייה ובסופה. רדיוס של 15.0 מטר מאפשר פנייה נוחה לכל סוגי כלי-הרכב לתכן, אך ברדיוס של 12.5 מטר נדרשים כלי-הרכב הארוכים לבצע עקום בצורת "S", תוך כדי ניצול הרוחב הגדול העומד לרשותם בתחום הצומת בעת ביצוע הפנייה. תרשים 7.1 מציג את רדיוסי התכן המקובלים לפניות שמאלה בין זרועות ניצבות.



**תרשים 7.1:** רוחב הפניות ורדיוסי התכן לפניות שמאלה

**7.2.2 רוחב הכניסות והיציאות בפניות שמאלה**

**בכניסה לפנייה (תחילת התמרון):**

רוחב הנתיב בו מתחילה הפנייה יהיה רוחב נתיב מלא (3.6 מטר). כאשר מתוכנן נתיב יחיד בין אבני שפה, יתווסף לרוחב זה שטח צבוע נוסף ברוחב עד 1.0 מטר, המאפשר את ביצוע הפנייה ללא פגיעה באבני השפה.

**ביציאה מהפנייה (סיום התמרון):**

▪ **בפנייה מהציר העיקרי אל המשני:**

- בהינתן נתיב אחד בין אבני שפה, יש לאפשר רוחב של 6.0 מטר לפחות בין אבני השפה בסיום תמרון הפנייה, הכולל נתיב ברוחב 5.5 מטר והשלמה באמצעות סימון צבע (815).
- בהינתן יותר מנתיב אחד בין אבני שפה, רוחב היציאה בסיום הפנייה, בכניסה לזרוע המשנית, יהיה 4.5 מטר לפחות בכל נתיב פנייה, על מנת לאפשר את תמרון כלי-הרכב הכבדים ללא חריגה לנתיבים סמוכים.

#### ▪ בפנייה מהציר המשני אל העיקרי:

- בהינתן שני נתיבי פנייה שמאלה או יותר, יש להקצות 4.5 מטר בסיום הפנייה בכל נתיב (9 מטר לפחות בין אבני שפה).

- בהינתן נתיב פנייה שמאלה יחיד:

- בהסתעפות לא מרומזרת יש להקצות 4.5 מטר בכניסה לנתיב ההאצה (ההשתלבות) לפנייה שמאלה (סעיף 7.3.7 תרשימים 7.9, 7.11).
- בצומת מרומזר ניתן לסיים את הפנייה שמאלה ברוחב נתיב סטנדרטי (3.6 מטר), כאשר קיימים שני נתיבים או יותר בין אבני השפה ביציאה מהצומת בציר העיקרי (כיוון שהתנועה ישר בציר העיקרי מתנגדת לפנייה שמאלה מהמשני).

יש לבצע בדיקות תמרון לפניות שמאלה לפי כלי-הרכב לתכן, במקרים הבאים: כאשר מתוכננת הפחתה מהפרמטרים שלעיל, כאשר הצומת אינו בזווית ניצבת, כשקיימים אילוצי ניתוב בזרועות המשניות, וכו'.

בכל התמרונים אין לעלות על שטחים בהם צפויה המתנה של הולכי-רגל ורוכבי אופניים.

#### 7.2.3 פניות שמאלה בו-זמניות (מנוגדות)

פניות שמאלה מנוגדות הן פניות שמאלה המבוצעות זו מול זו משתי זרועות נגדיות בצומת, כאשר הצומת מרומזר, ושתי הפניות שמאלה מתבצעות בו-זמנית (באותו שלב ברמזור).

כאשר שתי הפניות שמאלה מתוכננות כמנוגדות באותו שלב ברמזור, יש לוודא קיום מרווח מזערי של 9.0 מטר בין הרדיוסים הפנימיים של שתי הפניות, עבור רדיוסי פנייה מזעריים (15.0 מטר), כמתואר בתרשים 7.2, כדי לאפשר פנייה של אוטובוס מול אוטובוס.

יש לסמן את נתיבי הפנייה לכל אורכם בעזרת קווי הדרכה לפנייה (809), כדי להקל על הנהגים הפונים לשמור על מסלול נסיעתם במהלך הפנייה, כמתואר בתרשים 7.2.

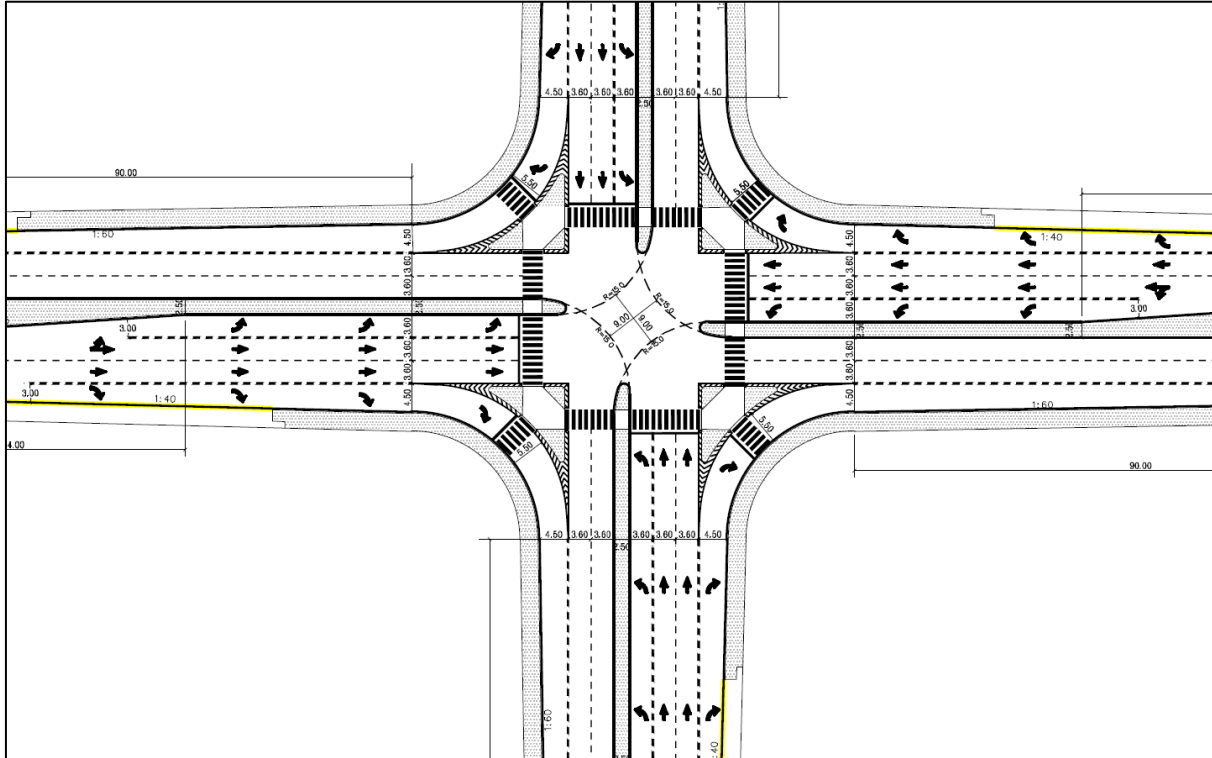
#### 7.2.4 פניות שמאלה מרובות נתיבים (מקבילות)

פניות מקבילות שמאלה הן פניות שמאלה המבוצעות ביחד משני נתיבים של אותה זרוע, ויתוכננו בצמתים מרומזרים בלבד. ניתן לבצע רק בתנאי שמספר הנתיבים במסלול אליו נכנסים, אינו קטן ממספר הנתיבים הפונים, וכך שרוחב הנתיבים במסלול אליו פונים יהיה לפחות 4.5 מטר בכל נתיב.

בין כל שני קווים של רדיוסים פנימיים לפניות שמאלה מקבילות מאותו כיוון נדרש מרחק מזערי של 5.0 מטר (תרשימים 7.3 א' וב'). הרוחב הזה נדרש בעיקר באזור לב הצומת ולקראת החדירה לזרוע אליה פונים כלי הרכב. בפניות שמאלה המבוצעות ממספר נתיבים הגדול מאחד, יש לוודא כאמור שרוחב היציאה בסיום הפנייה יהיה 4.5 מטר לפחות בכל נתיב פנייה (סעיף 7.2.3, תרשימים 7.3 א' וב').

יש לסמן את נתיבי הפנייה לכל אורכם בעזרת קווי הדרכה לפנייה (809), כדי להקל על הנהגים הפונים לשמור על מסלול נסיעתם במהלך הפנייה, כמתואר בתרשים 7.2.

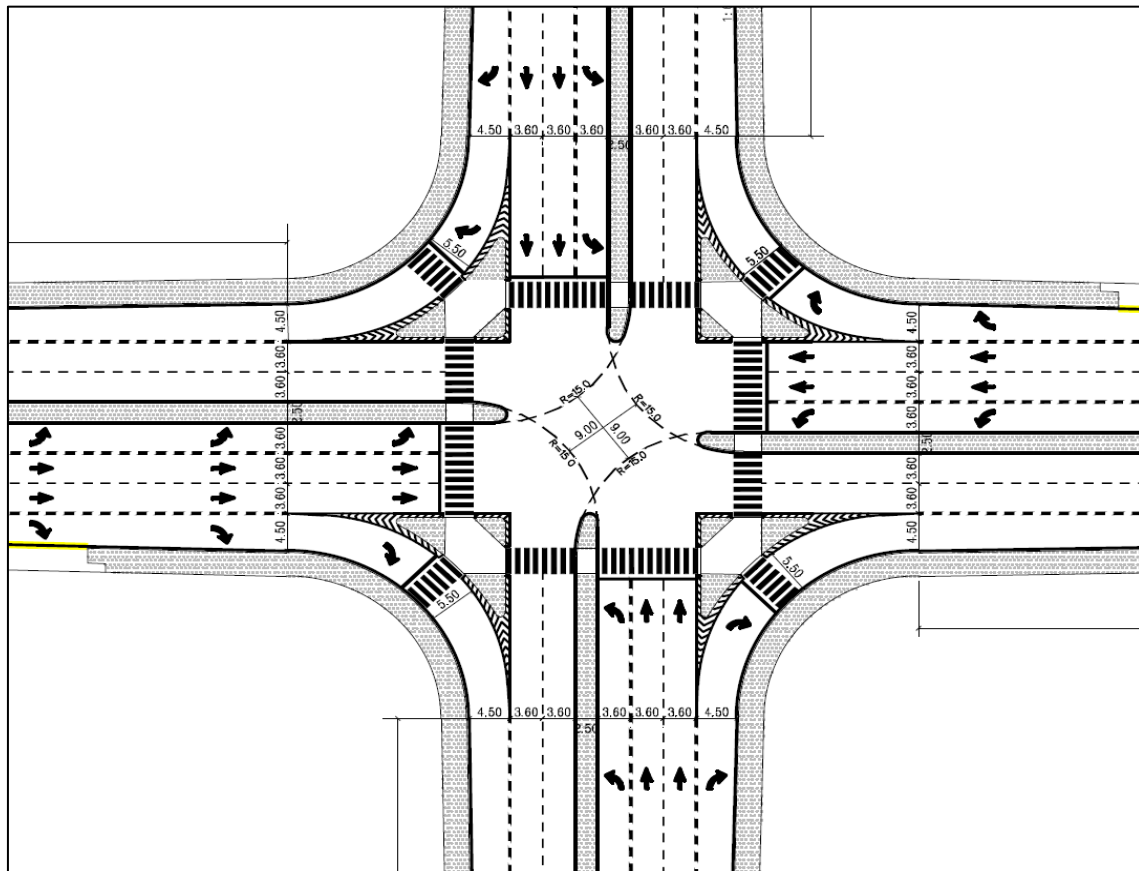
כאשר מסיבות תכנוניות, כגון גודל או זווית הצומת, נדרשים רדיוסים גדולים מהנדרש לפניות מקבילות שמאלה לפי סעיף 7.2.1 ( $R > 15.0$  מ'), ניתן לבחון את צימצום המרחק בין קווי הרדיוסים (לפחות מ-5 מטר), ובלבד ששני אוטובוסים יכולים לעבור במקביל בקשת (באמצעות בחינת העיקבה על ידי תוכנות לפניות רכב).



**תרשים 7.2:** המרווח הדרוש בין פניות מרומזרות שמאלה בנתיב אחד הפועלות בו-זמנית (מנוגדות) בהצטלבות מרומזרת

לא יתוכננו פניות שמאלה מקבילות (דו-נתיביות) משני כיוונים מנוגדים בהצטלבות מרומזרת, שנוסעות ביחד. תכנון זה מאלץ צומת ששטחו הכולל גדול מאוד, ועלול גם לבלבל נהגים בזמן תמרונים הפניות. ניתן לתכנן פנייה דו-נתיבית מול פנייה בנתיב יחיד כפניות שמאלה מנוגדות (תרשים 7.3 א').

אם מתוכננים בצומת המרומזר שלושה נתיבים לפניות מקבילות שמאלה, יש לבחון את אפשרויות הניתוב בסיום תמרון הפניות, כך שלא תיפגע המשכיות הנתיבים לתנועות ישר בדרך אליה מבצעים את הפניות. כדוגמה בלבד, ניתן לקבוע את רוחב שני הנתיבים הימניים מבין השלושה ל-4.5 מטר (לפחות) בסיום הפנייה, ורוחב הנתיב השמאלי הפנימי יוכל להיות 3.6 מטר בתוספת צבע ברוחב 0.5 מטר, תוך הנחה



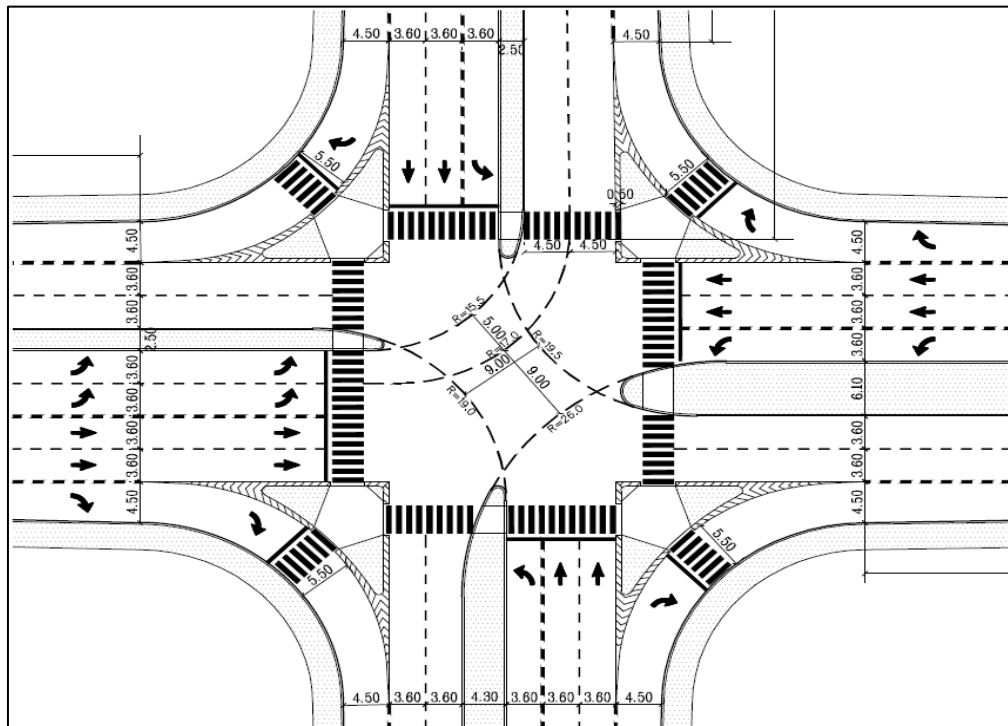
**תרשים 7.2: (הגדלה) המרווח הדרוש בין פניות מרומזרות שמאלה בנתיב אחד הפועלות בו-זמנית (מנוגדות) בהצטלבות מרומזרת**

שהוא מיועד לרכב פרטי בלבד (מתוך ההנחה התכנונית שיהיו לכל היותר שני אוטובוסים, או משאית ואוטובוס + רכב פרטי אחד בשלוש הפניות המקבילות שמאלה). תרשים 7.3 ג' מציג דוגמא לניתוב זה. כאשר מתוכננת תנועת כלי-רכב כבדים גם בנתיבים הפנימיים, יש להתחשב בכך בניתוב הצומת וברוחב הנתיב בסיום תמרון הפניות.

## 7.3 נתיבים ייעודיים לפנייה שמאלה

### 7.3.1 כללי – מרכיבי הניתוב

לפי ההצדקים להתקנת נתיבים ייעודיים לפנייה שמאלה המפורטים בפרק 5 (סעיף 5.3.2, טבלה 5.4), בציר העיקרי בצומת יתוקנו תמיד נתיבים ייעודיים לפניות שמאלה מהכיוון העיקרי, גם בהסתעפויות לא מרומזרות, וגם בצמתים מרומזרים.



**תרשים 7.3 א':** המרווח הדרוש בין פניות מנוגדות שמאלה בהצטלבות מרומזרת, עם פנייה שמאלה משני נתיבים באחת הזרועות

▪ **בציר המשני:**

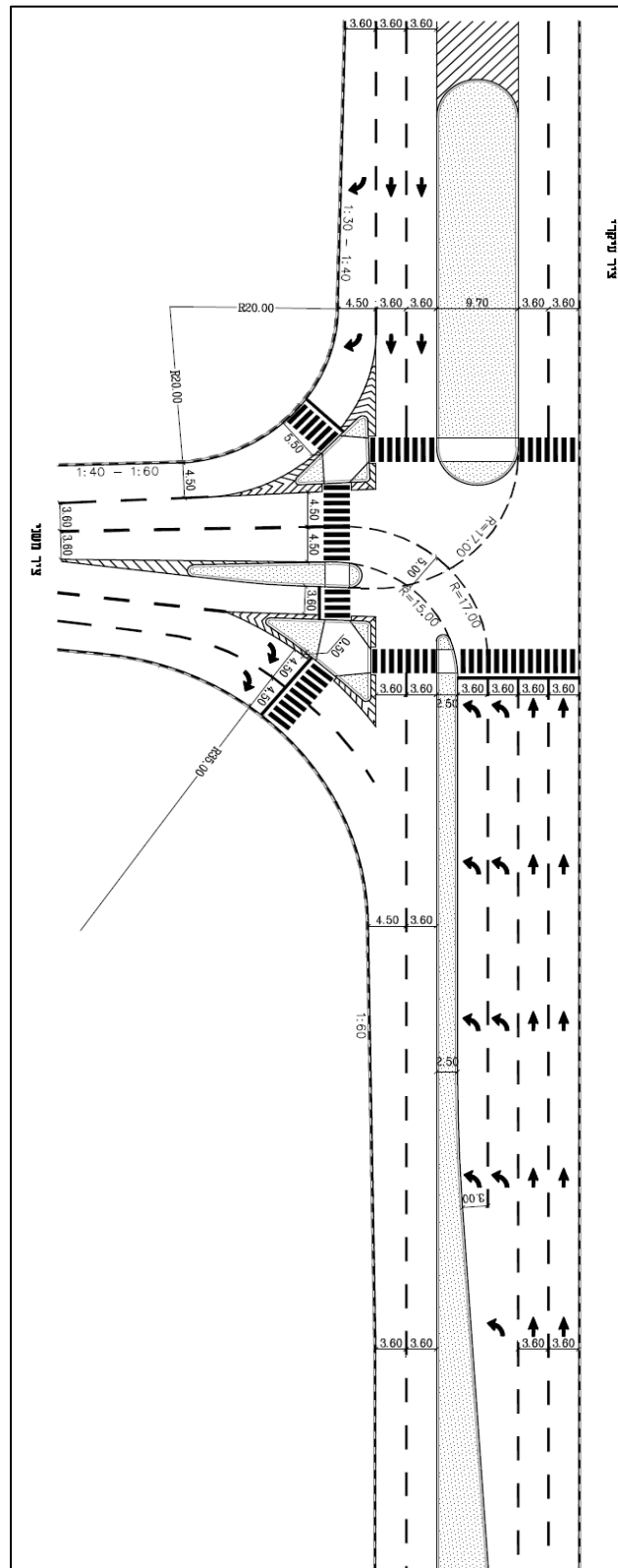
- בצמתים מרומזרים יותקנו נתיבים ייעודיים לפניות שמאלה לפי שיקולים תפעוליים בתכנית הרמזור.
- בהסתעפויות לא מרומזרות, הנתיב הייעודי לפנייה שמאלה יתוכנן כהמשכו של הנתיב הבסיסי בציר המשני. אם יש צורך בהפרדת הנתיבים, הפנייה ימינה תופרד בהתאם לשיקולים תפעוליים או בטיחותיים עבור הפרדת הנתיבים (ראו סעיף 5.3.2), עקב שיקולי ראות בקו העצירה בזרוע המשנית של הסתעפות לא מרומזרת (ראו סעיף 5.2.2). בכל מקרה, לא יתוכנן יותר מנתיב אחד לפנייה שמאלה בזרועות הסתעפות לא מרומזרת.

לפניות מרומזרות שמאלה מכל הזרועות ניתן להקצות מספר נתיבים הגדול מאחד, אך רק בתנאי שמספר הנתיבים במסלול אליו פונים אינו קטן ממספר הנתיבים בפנייה (ראו גם סעיף 7.2.4 לעיל).

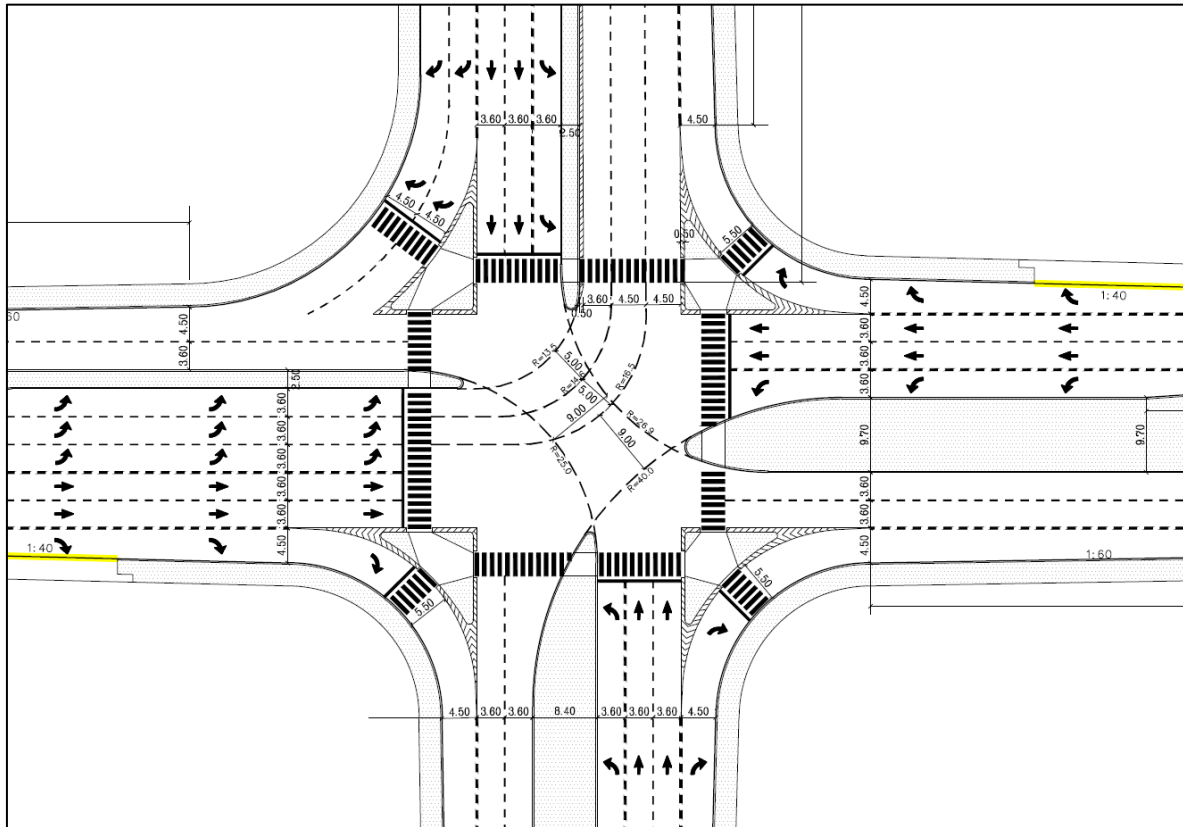
הנתיב הייעודי לפנייה שמאלה מורכב משני מרכיבים גיאומטריים עיקריים, כמפורט בתרשים 7.4: לוכסן, המשמש לכניסת הרכב לנתיב המיוחד, וקטע מקביל, המשמש כנתיב להאטה, ולאחסנת טור כלי-הרכב הממתנים לפנייה שמאלה. אורכו הכולל של הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה מורכב מסכום שני האורכים הבאים (כמתואר בתרשים 7.4):

**א. בציר העיקרי (מרומזר ולא מרומזר), ובציר משני דו-מסלולי מרומזר:**

- 1) אורך קטע ההאטה, המחושב כמפורט בסעיף 7.3.3.
- 2) אורך קטע האחסנה, המחושב כמפורט בסעיפים 7.3.4 (אחסנה בהסתעפות לא מרומזרת), ו- 7.3.5 (אחסנה בצמתים מרומזרים).



**תרשים 7.3 ב':** תכן אופייני של שתי פניות שמאלה מרומזרות מהציר העיקרי, ושתי פניות ימינה מרומזרות מהציר המשני

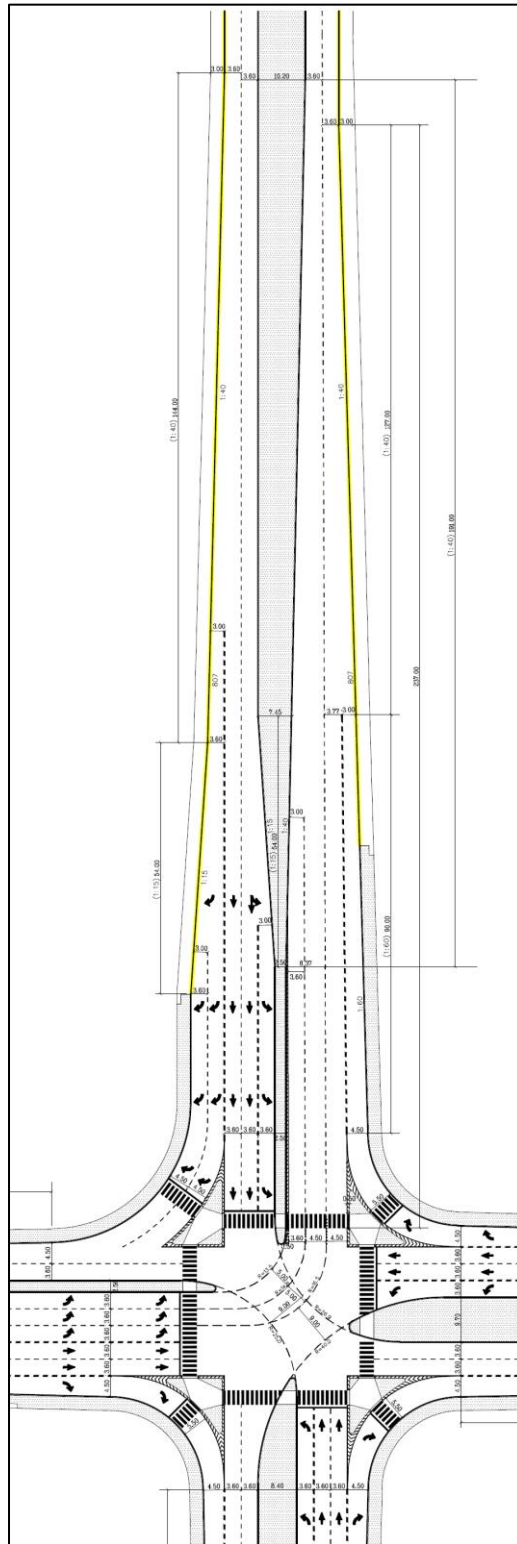


**תרשים 7.3 ג': דוגמא לתכן צומת מרומזר עם שלושה נתיבים לפניות מקבילות שמאלה**

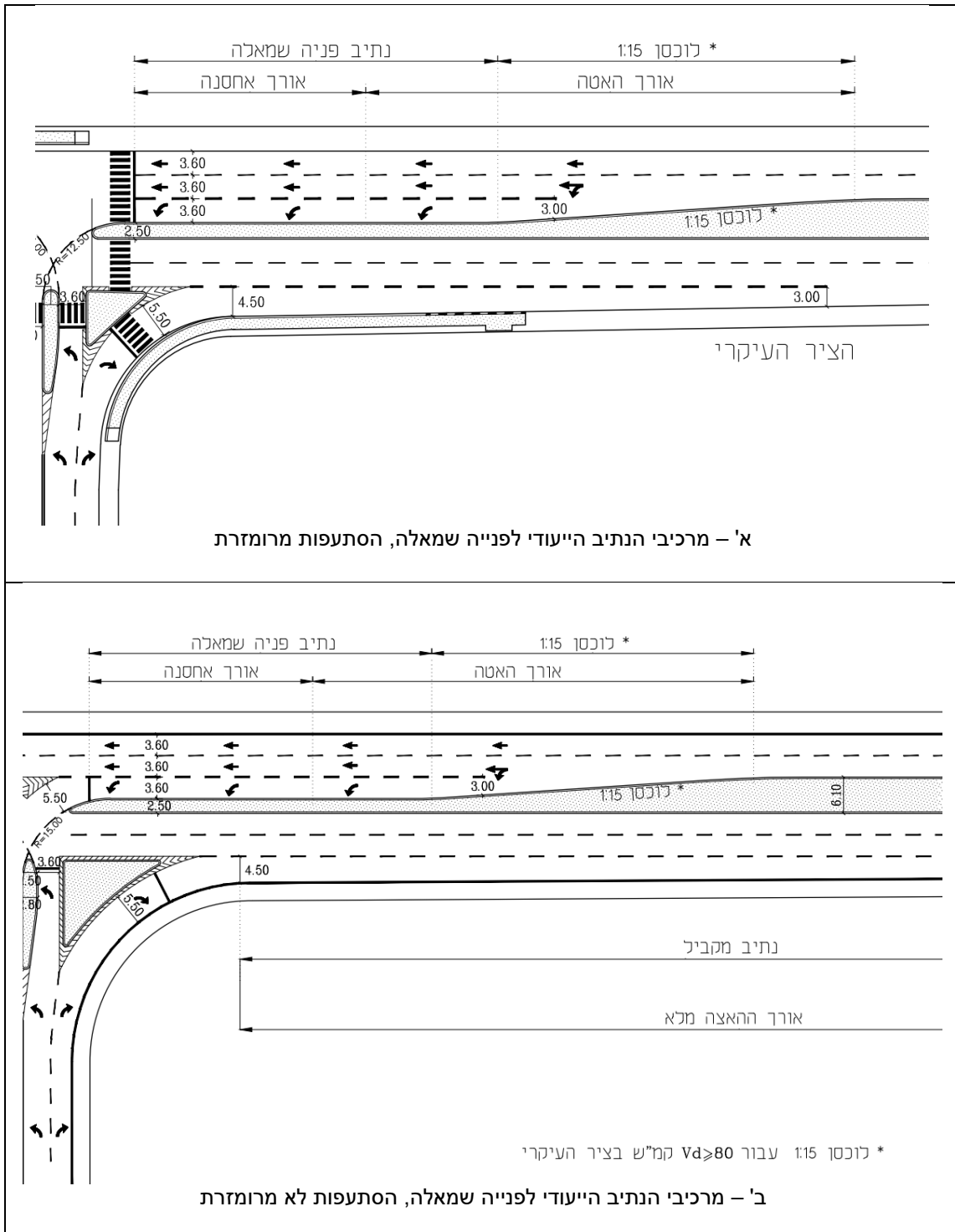
סכום האורכים בסעיפים 1 ו-2 כולל את הלוכסן והקטע המקביל, ולכן אורך הקטע המקביל הוא סכום שני המרכיבים, פחות אורך הלוכסן המחושב לפי שיעור ההיסט, כמפורט בסעיף 7.3.2. ברוב המקרים, אורך האחסנה הנדרש לתכנון אורך הקטע המקביל יהיה מלא רק בשעות השיא, ובשאר הזמן לא ינוצל במלואו. לכן, ניתן להניח שחלק מההאטה תתבצע פעמים רבות גם על חשבון החלק המיועד לאחסנה. עם זאת, אין לחשב אחסנה לאורך הלוכסן, ולכן יש לוודא כי אורך הקטע הדרוש לאחסנה לא יעלה על אורך הקטע המקביל המתוכנן.

**ב. בציר המשני (חד-מסלולי מרומזר בלבד):**

- 1) אורך הלוכסן המלא, המחושב כמפורט בסעיף 7.3.2.
- 2) אורך הקטע המקביל ברוחב W המשמש לאחסנה, המחושב כמפורט בסעיף 7.3.5.



**תרשים 7.3 ד': (פירוט לזרוע צפונית) דוגמא לתכן צומת מרומזר עם שלושה נתיבים לפנייה שמאלה בפניות מקבילות**



**תרשים 7.4:** נתיב ייעודי לפנייה שמאלה מדרך עיקרית דו-מסלולית

במקרה זה (ציר משני) אין צורך להתחשב בהאטת כלי רכב, תחת ההנחה שכל כלי-הרכב המתקרבים בציר המשני מאיטים בכל מקרה בהתקרבות לצומת, כיוון שרוב הזמן בתכנית הרמזור מוקצה לתנועה בציר העיקרי, וההתקרבות היא במרבית הזמן לרמזור אדום (או לעצירה כשהרמזור לא פועל). לוכסן לאורך הציר המשני יותקן בצמתים מרומזרים בלבד, כאשר נדרש להוסיף נתיבים בציר המשני.

### 7.3.2 תכן גיאומטרי לנתיב ייעודי לפני שמאלה

#### א. היסט הלוכסן:

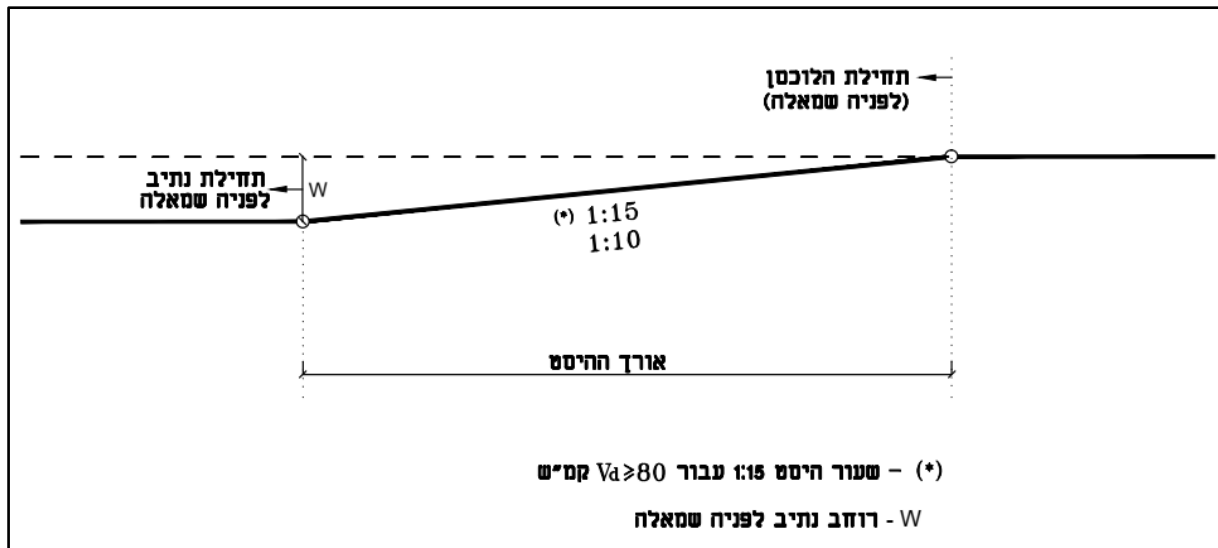
השיעור המזערי להיסט לוכסן הנתיב הייעודי לפני שמאלה יהיה 1:10 במהירויות תכן עד 70 קמ"ש, ו-1:15 במהירויות תכן של 80 קמ"ש ומעלה.

(1) בציר העיקרי (מרומזר ולא מרומזר) ובציר משני דו-מסלולי (מרומזר), יחושב שיעור ההיסט לפי מהירות התכן.

(2) בציר משני חד-מסלולי (מרומזר בלבד), שיעור ההיסט יהיה 1:10, תחת ההנחה שכלי הרכב מאיטים בכל מקרה לקראת הצומת. בציר המשני בהסתעפות לא מרומזרת הנתיב לפני שמאלה מתפתח כיחיד מנתיב הגישה, כיוון שאין לתכנן יותר מנתיב אחד בקו העצירה, משיקולי ראות (ראו סעיף 5.2.2 לגבי שיקולי ראות בציר המשני).

אורך הלוכסן ייקבע מתוך שיעור ההיסט שלו, ויחושב לפי  $w$ , רוחב הנתיב המקביל לפני שמאלה, השווה לרוחב הרגיל של נתיב בגישה לצומת מאותו כיוון, כמתואר בתרשים 7.5.

ב. צורת הלוכסן תותאם למסלול הנסיעה של הנהגים בנתיב המיועד לפני שמאלה, בעזרת החלקה מקומית באמצעות עקומים.



תרשים 7.5: הסדרת הלוכסן בנתיב הייעודי לפני שמאלה

### 7.3.3 אורך ההאטה

האורך הדרוש להאטה לפני הפנייה שמאלה מחושב כך שיאפשר לנהג הפונה לעצור בסוף התור הממתין לפנייה שמאלה, ומופיע בטבלה 7.1 לשיפועים לאורך עד 3%. ההנחות לחישוב אורך ההאטה פורטו בסעיף 6.3.2. מקדמי תיקון לשיפוע לאורך יחושבו לפי טבלה 6.3 בפרק 6.

#### **טבלה 7.1:** האורך (L) הדרוש להאטה בנתיב לפנייה שמאלה בצמתים,

בשיפועים אורכיים הקטנים מ-3%

אורך נדרש להאטה עד לעצירה (מ')	מהירות התכן בדרך העיקרית ממנה פונה הנהג (קמ"ש)
35	*50
50	60
70	70
95	80
115	90
140	100

\* מהירות תכן זו רלוונטית בחיבורים לרחובות עירוניים, או בחיבורים לרמפות המסתיימות בצמתים.

### 7.3.4 אורך האחסנה בהסתעפויות לא מרומזרות

אורך האחסנה בנתיב הייעודי לפנייה שמאלה בציר העיקרי של הסתעפויות לא מרומזרות נקבע לפי מספר ואורך כלי-הרכב הממתינים, ולפי הרכב התנועה הצפוי. אורך האחסנה בקטע המקביל יחושב בהתאם לדרישה לאחסן את התור המצטבר של כלי-הרכב הממתינים לפנייה שמאלה מהעיקרי למשני. מספר כלי-הרכב לאחסנה תלוי בנפח הפונה ובנפח המתנגד, ונקבע לפי תרשים 7.6 (מעובד מ-AASHTO 2018).

מודל האחסנה לפי AASHTO 2018 מבוסס על ההנחות הבאות:

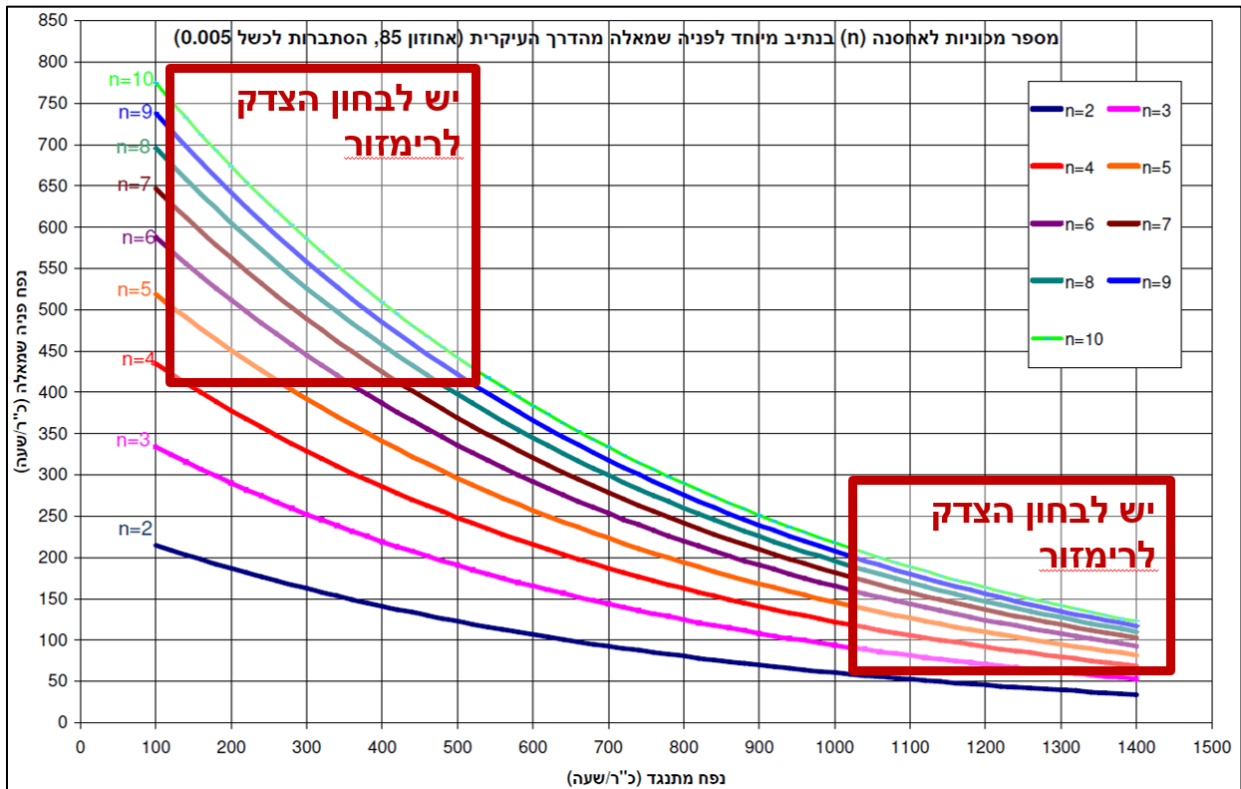
- הפער המתקבל בפנייה (6.25 ש' פער קריטי ו-2.5 ש' פער עקיבה) מתקבל על ידי 85% מהנהגים. מודלים אלה מופיעים גם ב-HCM 2000, ועליהם מתבססת השיטה לחישוב רמת שירות ואורך תור בצומת. פערים דומים משמשים לחישוב משולשי ראות מפנייה שמאלה מהציר העיקרי.
  - ההסתברות לכישלון באורך האחסנה הנדרש היא 0.005.
- טבלה 7.2 מציגה את מספר כלי-הרכב לאחסנה בנתיב הייעודי לפנייה שמאלה בהתאם למודל האחסנה שהוצג בתרשים 7.6.

**טבלה 7.2:** מספר כלי-הרכב לאחסנה (n) בנתיב הייעודי לפנייה שמאלה  
בציר העיקרי בהסתעפות לא מרומזרת\*

נפח בנתיב הפנייה שמאלה מהדרך העיקרית (כ"ר לשעה)							
400	350	300	250	200	150	100	
5	4	4	3	3	2	2	200
5	4	4	3	3	2	2	250
6	5	4	3	3	2	2	300
6	5	4	4	3	2	2	350
7	6	5	4	3	3	2	400
8	6	5	4	3	3	2	450
9	7	6	5	4	3	2	500
10	8	6	5	4	3	2	550
12	9	7	5	4	3	2	600
14	10	8	6	4	3	3	650
17	12	9	6	5	4	3	700
23	14	10	7	5	4	3	750
33	18	11	8	6	4	3	800
	24	14	9	6	4	3	850
	35	17	10	7	5	3	900
		22	12	8	5	3	950
		33	15	9	6	4	1000
			19	10	6	4	1050
			26	12	7	4	1100
				15	8	5	1150
				19	9	5	1200

קלאמטה היזמיה לפניה שמאלה  
(טאמ/נ"כ)  
ספס התנועה לדרך היזמיה זרקה (טאמ/נ"כ)

\*בתאים המודגשים, יש לבחון הצדק לרימזור כיוון שמספר כלי-הרכב לאחסנה גדול מ-10



**תרשים 7.6:** מספר כלי-הרכב לאחסנה (n) בנתיב ייעודי לפנייה שמאלה בציר העיקרי בהסתעפות לא מרומזרת

במסגרת הנחיות אלו, ההתייחסות לצמתים לא מרומזרים כוללת כאמור הסתעפויות בלבד, ובהן תוכנן בציר המשני פנייה חופשית ימינה כאשר נדרש להפריד את הפניות, משיקולי ראות בקו העצירה בציר המשני (ראו סעיף 5.2.2 לגבי שיקולי הראות, וסעיף 5.3.2 לגבי הצדקים להפרדת הפניות).

טבלה 7.3 ממירה את מספר כלי-הרכב (n) הצפויים להמתין בנתיב הייעודי, לאורך האחסנה הנדרש במטרים, בהנחה של 15% רכב כבד, ולפי חישוב של 6 מטר לרכב פרטי ו-13 מטר למשאית ואוטובוס בין-עירוני (מידות אלה מותאמות לאורך סוגי הרכב הנפוצים, בתוספת של מרווח של 1 מטר בין כלי-הרכב). כמות כלי-הרכב הכבדים עוגלה כלפי מעלה במסגרת חישוב האורך הנדרש.

אורכו של קטע האחסנה בציר העיקרי בהסתעפות לא מרומזרת לא יפחת מ-20 מטר (לאחסנת רכב פרטי ואוטובוס).

### טבלה 7.3: המרת אורך האחסנה הנדרש למטרים, בהתאם למספר כלי-הרכב הממתינים

מספר כלי-הרכב הממתינים (n) <sup>(1,2)</sup>	אורך נדרש לאחסנה (מ', בהנחה של 15% רכב כבד)
2	20
3	25
4	31
5	37
6	43
7	56
8	62
9	68
10	74

1. מעל 5 כ"ר, יש להוסיף 7 מ' לאורך האחסנה באזורים בהם צפוי אחוז חריג של רכב כבד (25%), או לחשב בנפרד.
2. מעל 10 כ"ר ממתינים בנתיב, מומלץ לבחון הצדק לרימזור הצומת.

### 7.3.5 אורך האחסנה בצמתים מרומזרים

**בצמתים מרומזרים**, יש לחשב את אורך האחסנה בנתיבי ההמתנה לתנועות השונות, כמפורט בהנחיות לתכנון רמזורים של משרד התחבורה (גרסה מעודכנת), בשני המקרים:

- (1) מספר המכוניות המרבי למחזור, הצפוי להמתין לפנייה האמורה (ימינה או שמאלה).
- (2) מספר המכוניות המרבי למחזור, הצפוי להמתין לנסיעה ישר.

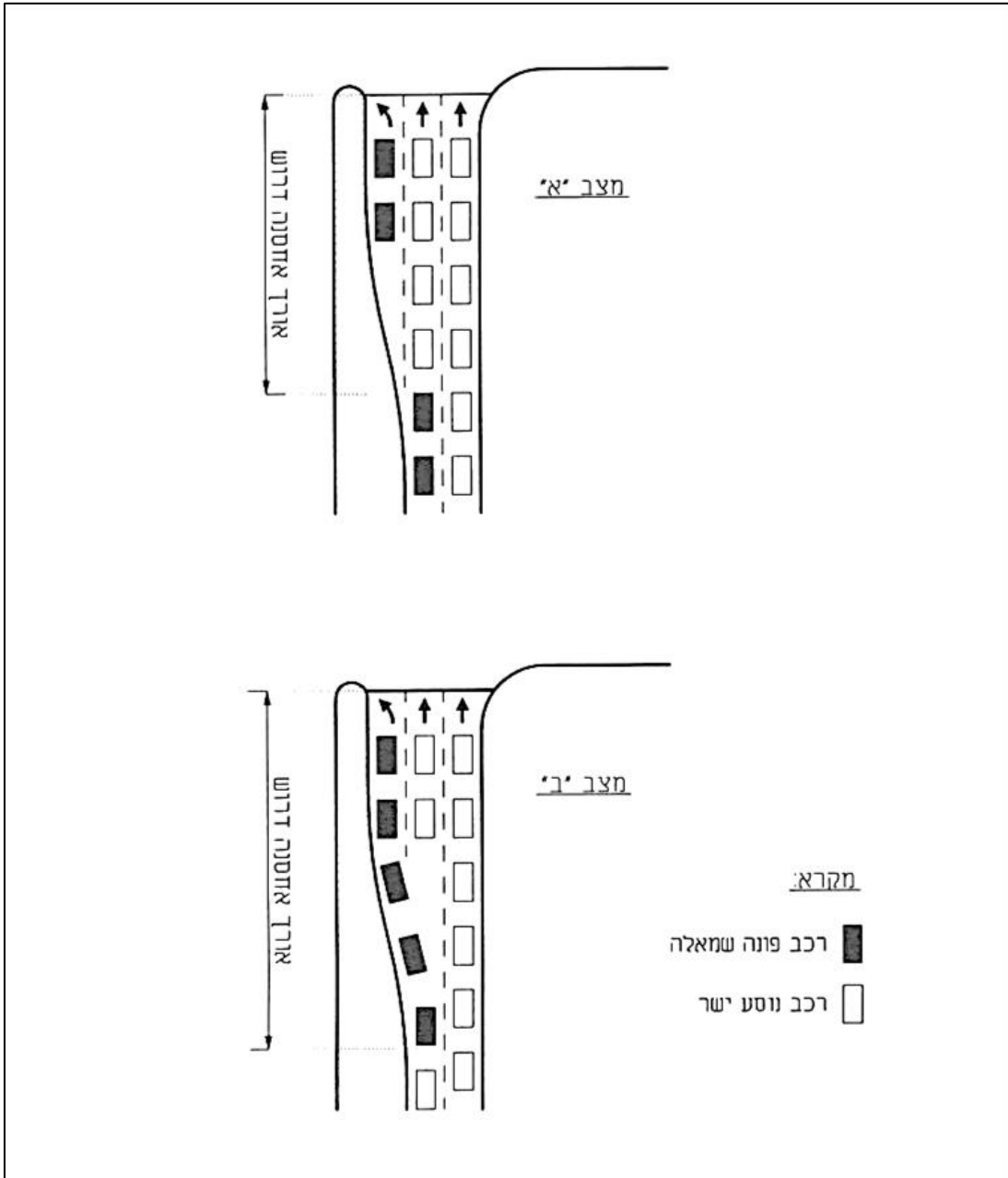
החישוב הכפול נועד למנוע שני מצבים, כמתואר בתרשים 7.7:

**מצב א:** אורך הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה מספיק לקלוט את כל נפח התנועה הפונה, אולם עקב אורכו של תור המכוניות המתכוננות לנסוע ישר – אין באפשרותו של הרכב הפונה להגיע לנתיבו, והמופע לפנייה שמאלה לא ינוצל.

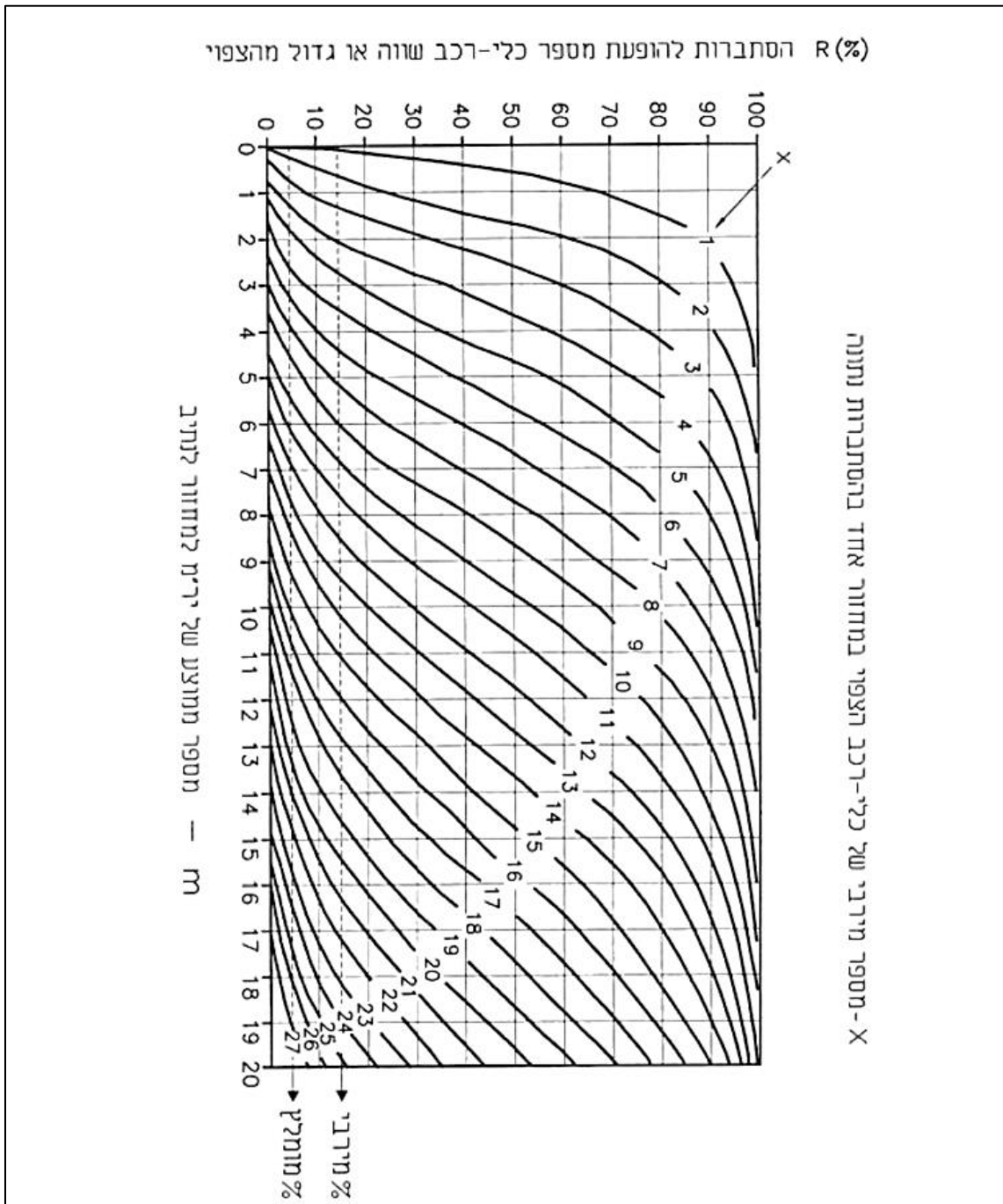
**מצב ב:** אורך הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה קטן מכדי לקלוט את כל נפח התנועה הפונה. עקב כך, נאלצות המכוניות הנוספות להמתין בנתיב המיועד לנסיעה ישר. דבר זה מונע ניצול של הנתיב לנסיעה ישר בצומת, ומסוכן לרכב המתקרב ומעוניין להמשיך ישר.

חישוב אורך הנתיב לכל אחד מהמקרים יעשה לפי הגרף בתרשים 7.8, המבוסס על מודל "פואסון". הגרף מציג את המספר המרבי של כלי-רכב הצפוי למחזור (בהנחת אחוז לכישלון), בתלות במספר הממוצע של מכוניות למחזור (למקרה זה מומלץ להשתמש באחוז כישלון של 5% בתכנון בין עירוני). בעזרת הגרף ניתן לחשב את אורך האחסנה הגדול ביותר עבור שני המצבים א' ו-ב' לעיל לפי מספר מירבי של כלי-רכב למחזור (X) המתקבל מהגרף.

טבלה 7.4 ממירה את מספר כלי-הרכב המירבי למחזור (X) לאורך האחסנה הנדרש במטרים, בהנחה של 15% רכב כבד, ולפי חישוב של 6 מטר לרכב פרטי ו-13 מטר למשאית ואוטובוס (מידות אלה מותאמות לאורך רכב התכן בתוספת של מרווח של 1 מטר בין כלי-הרכב). כמות כלי-הרכב הכבדים עוגלה כלפי מעלה במסגרת חישוב האורך הנדרש.



**תרשים 7.7:** המצבים האפשריים בנתיבי המתנה לפניות בצמתים מרומזרים (מתוך ההנחיות לרמזורים, גרסה מעודכנת)



**תרשים 7.8:** גרף לחישוב ההסתברות לאורך התור בנתיב הייעודי לפנייה מרומזרת (הנחיות לרמזורים, גרסה מעודכנת)

בכל מקרה, אורכו של קטע האחסנה בנתיב הייעודי לפנייה שמאלה בצומת מרומזר לא יפחת מ-20 מטר (לאחסנת רכב פרטי ואוטובוס).

**טבלה 7.4:** המרת אורך האחסנה הנדרש למטרים, בהתאם למספר כלי-הרכב המירבי למחזור

מספר כלי-הרכב המרבי למחזור (X) <sup>(1,2)</sup>	אורך נדרש לאחסנה (מ', בהנחה של 15% רכב כבד)
2	20
3	25
4	31
5	37
6	43
7	56
8	62
9	68
10	74
11	80
12	86
13	92
14	105
15	111
16	117
17	123
18	129
19	135
20	141

1. מעל 5 כ"ר, יש להוסיף 7 מ' לאורך האחסנה באזורים בהם צפוי אחוז חריג של רכב כבד (25%), או לחשב בנפרד. מעל 15 כ"ר, יש להוסיף 14 מ' באזורים בהם צפוי אחוז חריג של רכב כבד (25%), או לחשב בנפרד.
2. מעל 10 כ"ר ממתנים בנתיב, מומלץ לשקול הוספת נתיב נוסף לפנייה שמאלה, כך שאורך האחסנה יתחלק בין נתיבי הפנייה.

## 7.3.6 אופן יצירת הנתיב לפנייה שמאלה

יצירת הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה צריכה להתבצע כך, שתספק הגנה לכלי-הרכב הפונים מפני התנועות המתנגדות, ותאפשר לפונים המתנה בטוחה לפער המתאים לפנייה. בתכנון הראשוני של הצומת, לצורך התחשבות ברוחב המפרדה בזרועות הצומת ובהתקרבות לצומת, יילקחו בחשבון בחישוב רוחב הנתיבים הנדרשים לפנייה שמאלה, ורוחב אי-התנועה הנדרש למעבר הולכי-רגל בצומת. לדוגמא, אם בצומת מרומזר בזרוע שממנה מתוכננת פנייה שמאלה מהציר העיקרי למשני מתקיימת גם חציית הולכי-רגל, יידרשו 3.60 מטר לרוחב נתיב הפנייה, ועוד 2.50 מטר להמתנת הולכי-רגל על האי, או 3 מטר להמתנת אופניים אם מתוכננת, כלומר רוחב מפרדה מזערי של כ-6 מטר. כמו כן, יש להתחשב בהתקנת עצמים נוספים כגון עמודי תאורה ורמזורים, מעקות בטיחות, סופגי אנרגיה, קולטנים, בהתאם להנחיות הועדה הבין משרדית להתקני תנועה ובטיחות.

**א. בדרך דו-מסלולית**, מבוצע הנתיב על-חשבון המפרדה, כאשר בזרועות הצומת מתבצעת הרחבה של הדרך לצורך קבלת הרוחב הנדרש. תיאור סכימתי של פנייה שמאלה בהסתעפות מדרך דו-מסלולית הוצג בתרשים 7.4 (א' להסתעפות מרומזרת, ב' להסתעפות לא מרומזרת), ובתרשימים 7.2, 7.3 להצטלבויות מרומזרות.

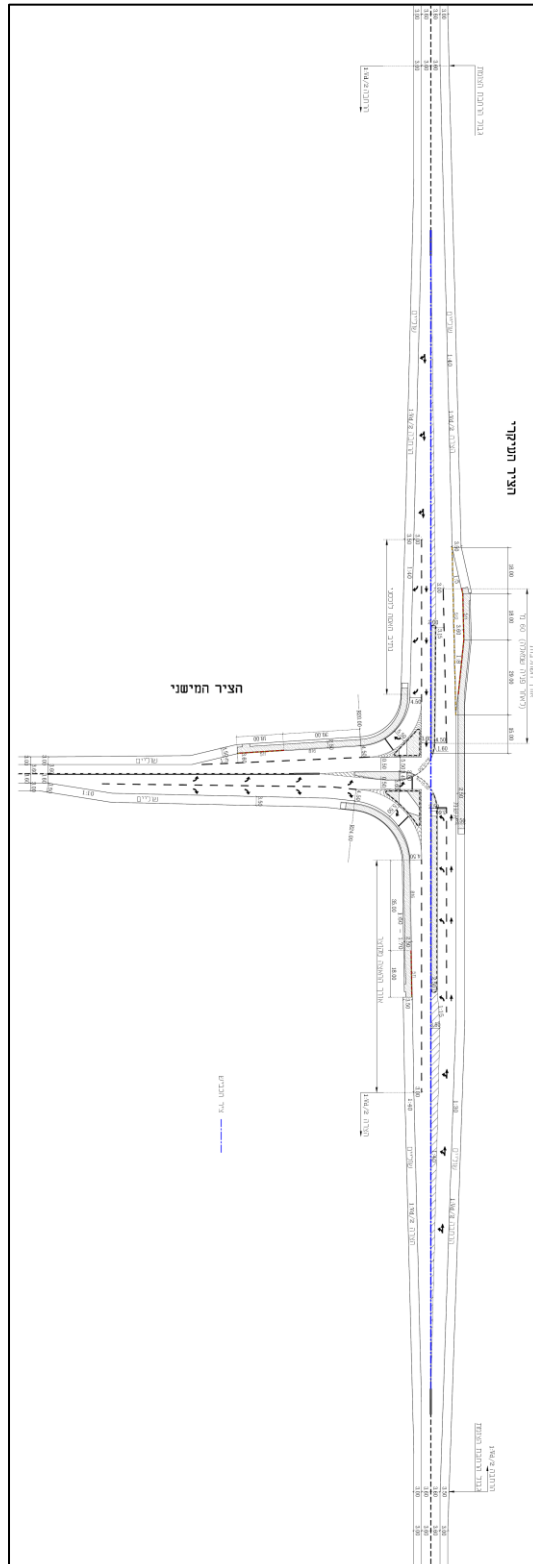
**ב. בציר העיקרי בדרך דו-נתיבית (חד-מסלולית)**, נוצר הנתיב לפנייה שמאלה בעזרת הרחבה הדרגתית של הדרך משני עברי הצומת, בשיעור של  $1 \div V_d/2$ , כאשר  $V_d$  היא מהירות התכן של הדרך, בקמ"ש. ההרחבות במבואות הצומת וההיצריות במוצאיו מבוצעות לאורך הציר העיקרי, תוך יצירת איי הפרדה מאורכים (בנויים), והתאמות לאורכי ההאצה וההאטה הנדרשים (תרשים 7.9).

**ג. בציר המשני בדרך דו-נתיבית (חד-מסלולית)**, בהסתעפות, שימוש בשיעור היסט בלוקסן של 1:10 בציר המשני יהיה רק לצורך הרחבת הנתיב הייעודי לפנייה חופשית ימינה, כך שלקראת הצומת לאורך הדרך המשנית יהיה נתיב אחד לפנייה ימינה חופשית (עם אי משולש), ונתיב לפנייה שמאלה (תרשים 7.9). בהצטלבות מרומזרת בציר המשני, שיעור היסט הלוקסן 1:10 נועד גם לפתיחת הנתיב לפנייה שמאלה בנוסף לנתיב נסיעה ישר (סעיף 7.3.2 א'2), ובנוסף שיעור היסט לוקסן 1:10 לצורך פתיחת נתיב לפנייה חופשית ימינה (בדומה להסתעפות).

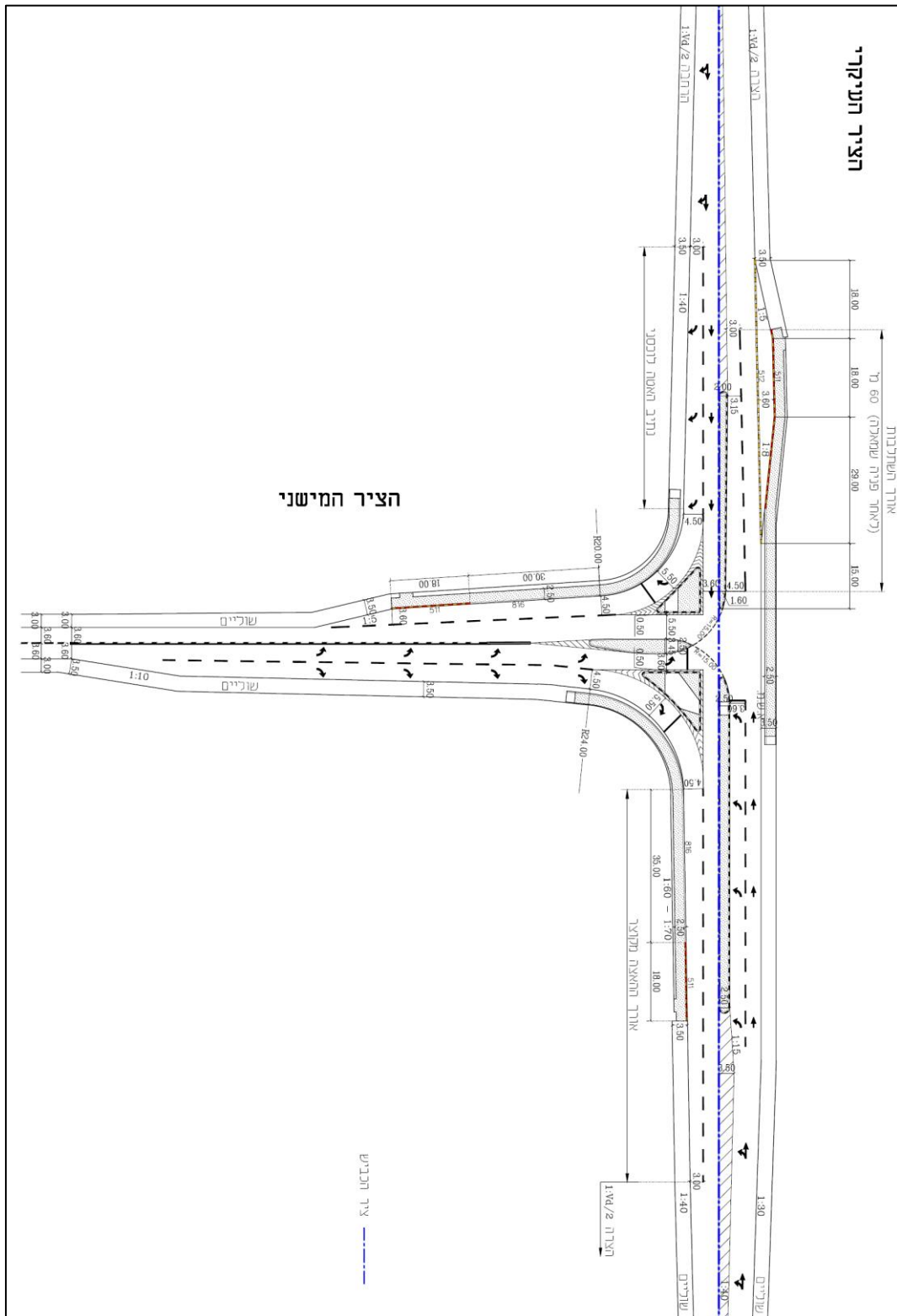
**ד. בציר המשני בדרכים במידרג נמוך** (מקומיות וגישה) בהסתעפות לא מרומזרת, אין צורך בהרחבה כאשר מתוכנן נתיב אחד משותף לפנייות ימינה ושמאלה.

תרשים 7.9 מציג נתיב ייעודי לפנייה שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת בציר העיקרי בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לשני הצדדים.

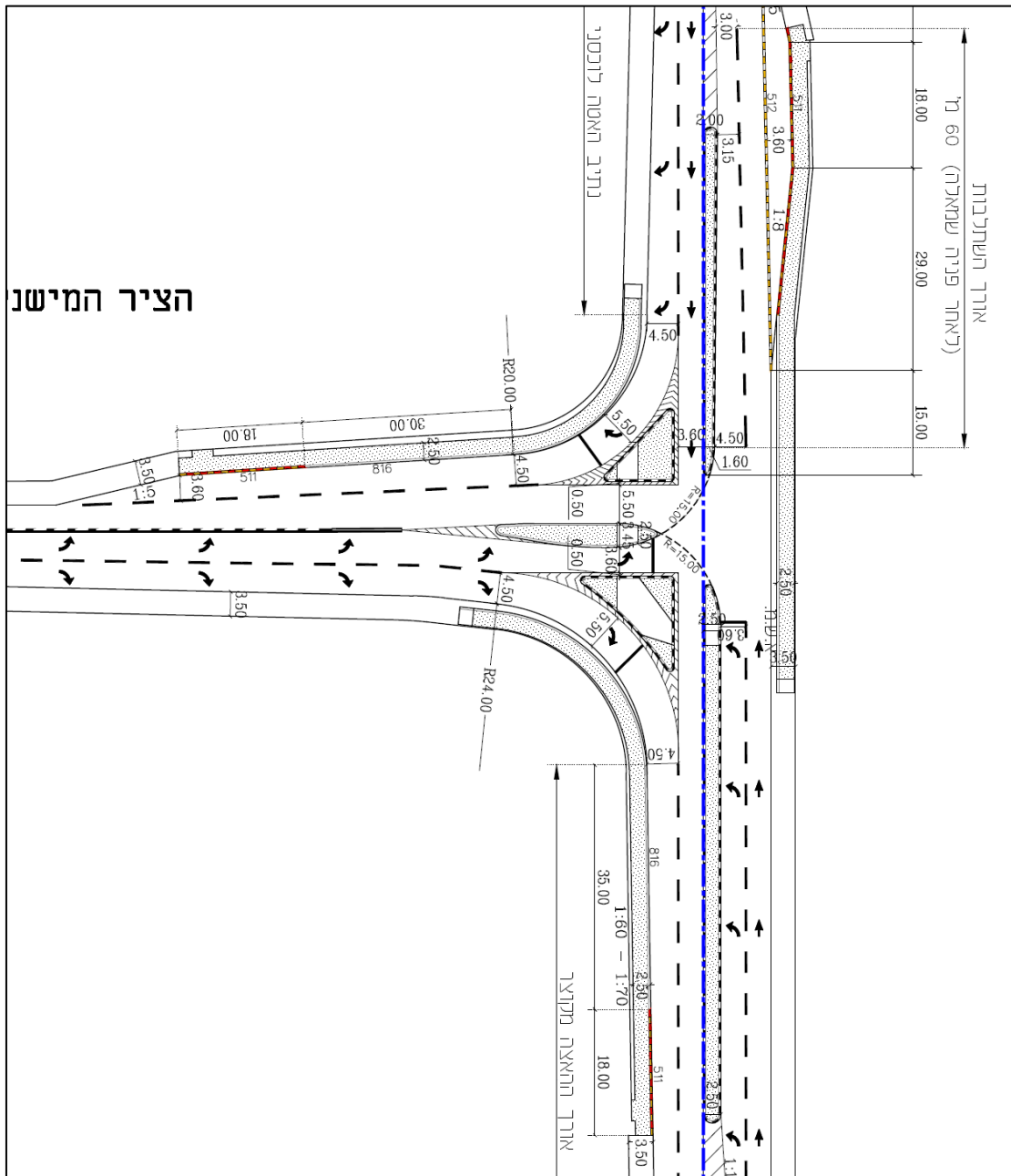
בדרכים מקומיות וגישה, ללא אי טיפה בציר המשני, ניתן לתכנן את ההרחבה בציר העיקרי (ההמשכי), לצדדים, כמתואר בתרשים 7.10.



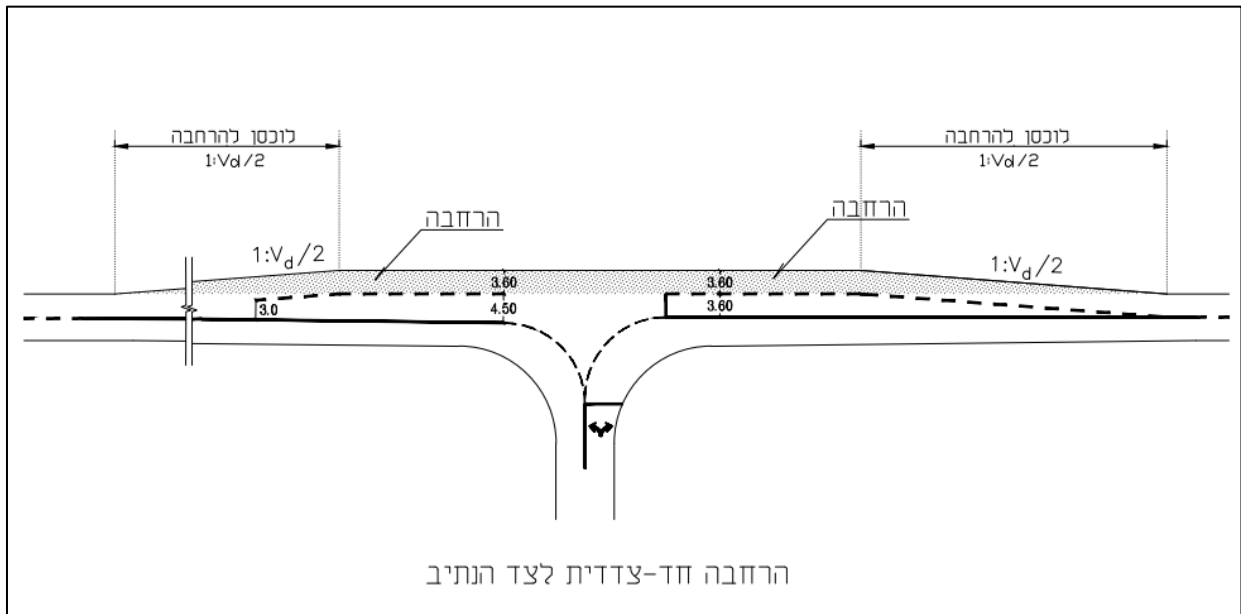
**תרשים 7.9:** יצירת נתיב ייעודי לפנייה שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת בציר העיקרי  
בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לשני הצדדים



**תרשים 7.9 א': (הגדלה) יצירת נתיב ייעודי לפנייה שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת בציר העיקרי בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לשני הצדדים**



**תרשים 7.9 ב': (הגדלה למרכז הצומת) יצירת נתיב ייעודי לפנייה שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת בציר העיקרי בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לשני הצדדים**



**תרשים 7.10:** תיאור סכימתי להרחבה הצידה של הציר העיקרי בהסתעפות לא מרומזרת של דרך דו-נתיבית מקומית

### 7.3.7 נתיב השתלבות לאחר פנייה שמאלה (הסתעפות לא מרומזרת)

נתיב זה מצוי בצידו השמאלי של המסלול, צמוד למפרדה, ויוקן בהסתעפיות בלתי מרומזרות, עם דרך עיקרית דו-מסלולית או חד-מסלולית ראשית או אזורית, עם איי הפרדה בנויים. הנתיב מיועד לרכב היוצא מהדרך המשנית ונכנס לדרך העיקרית תוך פנייה שמאלה. נתיב זה מאפשר לרכב הפונה מקלט תוך המתנה לפער מתאים להשתלבות בתנועה, בלי לגרום הפרעה לרכב הבא מימין.

נתיב זה מחייב התמזגות משמאל לימין, ועלול להיות מנוצל לעקיפה בציר הראשי מיד לאחר הצומת, לכן יש להשתמש בו רק כאשר מתקיימים ההצדקים שהופיעו בפרק 5 (סעיף 5.4.2), וכן מתוכננים בצומת איי-תנועה בנויים. בתמרון זה, רכב יוצא מהכביש המשני ומחכה לפער קריטי ממצב עצירה או האט. נתיב זה מקל על הנהג הפונה את הצורך לחפש בו-זמנית פער למסלול הקרוב (משמאלו) ולמסלול הרחוק (מימין), ומאפשר לבצע את התמרון בבטחה בשני חלקים. מאחר שההנחה היא שללא פערים קריטיים מספיקים הנהג לא יתחיל בתמרון, אזי פעולת התמרון היא השתלבות (התמזגות) משמאל לימין, ולא בהכרח האצה מלאה.

ערכי התכן נקבעו תחת ההנחה שכלי הרכב הפונה מגיע לתחילת נתיב השתלבות (לאחר תמרון הפנייה שמאלה מהכביש המשני) במהירות של 15 קמ"ש, בה מתבצע גם תמרון הפנייה.

**כברירת מחדל**, נתיב השתלבות יתוכנן לאורך 60 מטר בציר עיקרי חד-מסלולי או דו-מסלולי עד לרוחב נתיב של 3.0 מטר, כמפורט בתרשים 7.11א'.

בהשתלבות לתוך **דרך דו-מסלולית**: שיעור היסט 1:40 (אורך עד לסגירה – 180 מטר).  
בהשתלבות לתוך **דרך חד-מסלולית**: שיעור היסט בהתאם לגיאומטריית הנתיבים.

בדרך דו-מסלולית יישקל להאריך את הלוכסן לשיעור היסט של 1:60 מסיבות של נפח תנועה משמעותי, כאשר בציר העיקרי עדיין אין הצדק לרימזור: במקרה זה אורך נתיב ההשתלבות: 90 מטר (אורך סגירה 270 מטר). בשיעור היסט 1:60 ניתן לקצר את אורך הסגירה (מ-270 מטר ל-180 מטר), כך שלאחר 90 מטר של נתיב השתלבות, יוקטן שיעור ההיסט ל-1:30 לסגירת רוחב 3 מ', כמתואר בתרשים 7.11 ג'.

**רוחב הנתיב** בתחילת נתיב ההשתלבות (לאחר חציית המסלול הראשון) יתוכנן ל-4.5 מטר.

בדרך עיקרית חד-מסלולית, רוחב המפרדה המזערי מימין לציר המשני הינו 2.50 מטר לצורך חציית ה"ר. רוחב המפרדה משמאל לציר המשני 1.60 מטר (בצד זה לא תתאפשר חצייה לה"ר, כיוון שאין לתכנן חצייה יחד עם נתיב ההשתלבות לפנייה שמאלה). בתצורה זו, הולכי-רגל ורוכבי האופניים יוכלו כאמור לחצות מימין לכביש המשני, בזמן שכלי-רכב פונים שמאלה מהציר המשני לציר העיקרי ומשתלבים לציר העיקרי בעזרת נתיב ההשתלבות. רוחב המפרדה המלא מעבר לתחומי הצומת יהיה כ-6 מטר (תרשים 7.9).

לפתרונות לחציית אופניים והולכי רגל בצמתים, ראו פרקים 9 ו-10.

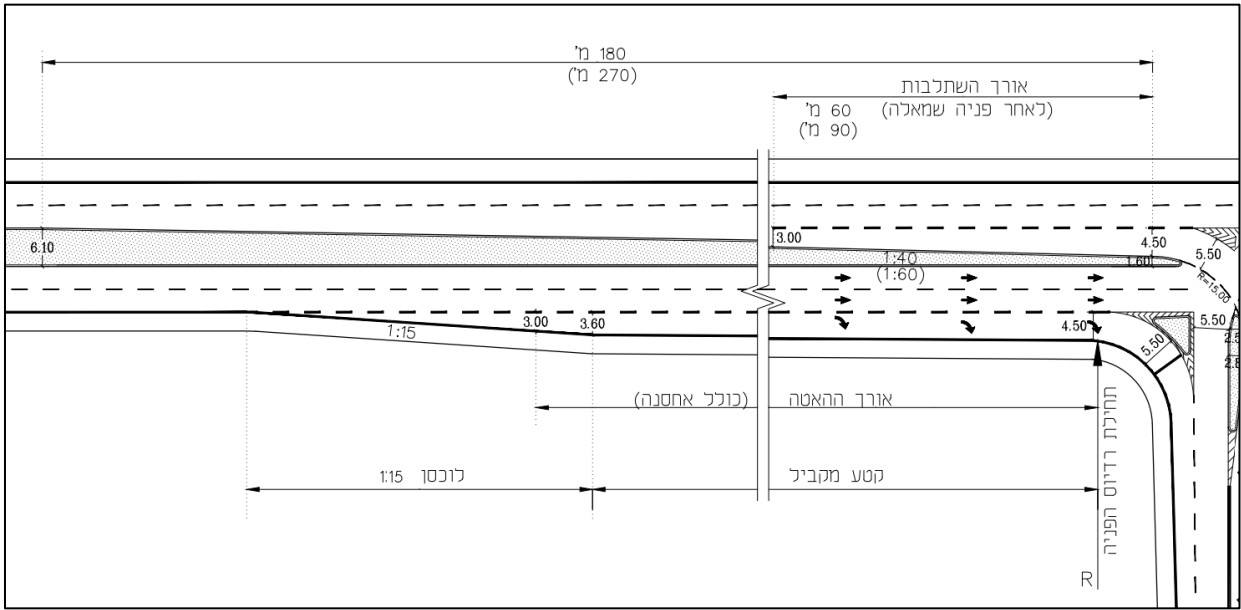
## 7.4 אי הפרדה מאורך ("טיפה") ושטח הפרדה

### 7.4.1 הצדקים להתקנה

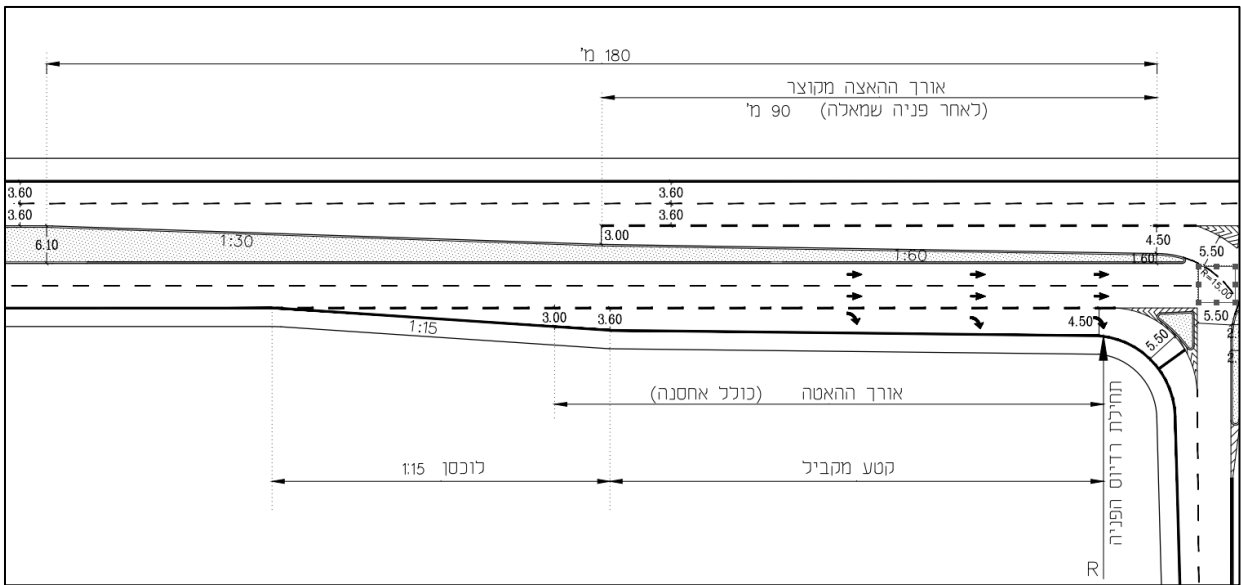
האי המאורך מותקן בהתקרבות לצומת, במרכז הזרוע של דרך חד-מסלולית דו-נתיבית. אי זה משמש להפרדה בין תנועות נגדיות, להגנה על הממתינים לפנייה שמאלה, לבקרת הכניסה לצומת מהזרוע המשנית, להבלטת קיומו של הצומת, להאטת מהירות ההתקרבות אליו, לצמצום המרחב הלא מוגן בצומת, ולקיצור המרחקים הנדרשים לחצייה רציפה.

בטבלה 7.5 מובאים הצדקים למתן אי-הפרדה מאורך בנוי (לרוב בצורת טיפה) בזרועות המחברות דרכים דו-נתיביות (חד-מסלוליות) בהסתעפות לא מרומזרת. בזרועות צמתים המחברים דרכים דו-מסלוליות, ההפרדה מתבצעת באמצעות הרחבת המפרדה בצומת, כמפורט בסעיף 7.4.3 להלן.





**תרשים 7.11 ב':** (הגדלה) נתיב לפנייה שמאלה בציר העיקרי בדרך דו-מסלולית בהסתעפות לא מרומזרת



**תרשים 7.11 ג':** נתיב לפנייה שמאלה בציר העיקרי בדרך דו-מסלולית בהסתעפות לא מרומזרת, אורך השתלבות 90 מ' להאצה

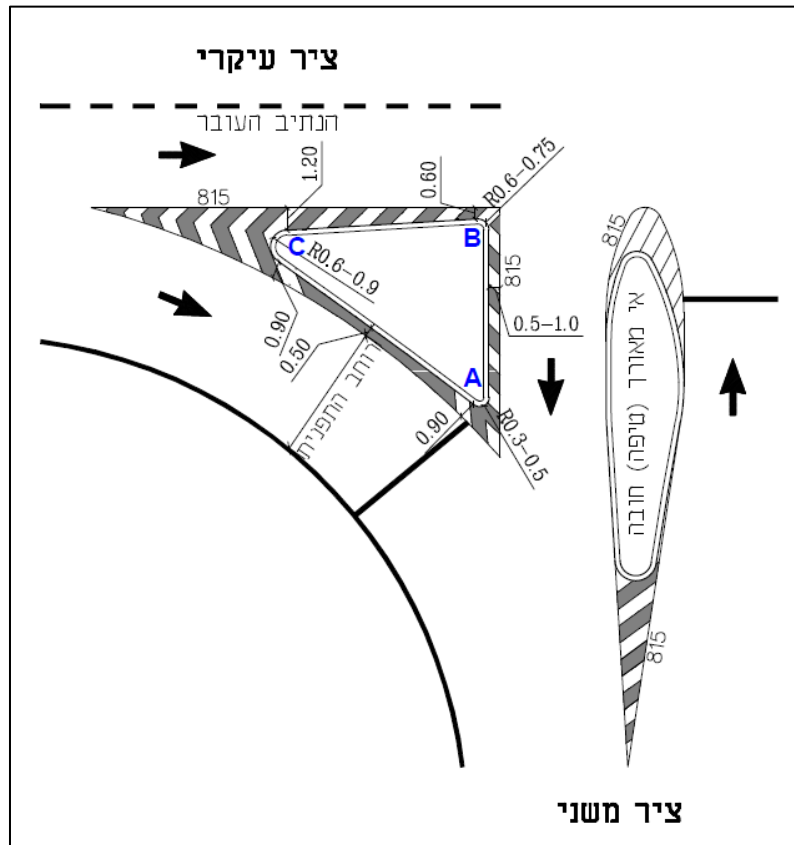
**טבלה 7.5:** הצדק של אי הפרדה מאורך בנוי בהסתעפויות לא מרומזרות בין דרכים חד-מסלוליות

הדרך החד-מסלולית ממנה פונים			הציר בצומת
מקומית וגישה	אזורית	ראשית <sup>(1)</sup>	
אי הפרדה מאורך	אי הפרדה מאורך	אי הפרדה מאורך	עיקרי
לא מתחייב אי הפרדה מאורך (אי טיפה) <sup>(3)</sup>	אי הפרדה מאורך (אי טיפה) <sup>(3)</sup>	לא רלוונטי <sup>(1)</sup>	משני <sup>(2)</sup>

- (1) דרך ראשית צפויה בהסתעפות לא מרומזרת רק כציר עיקרי ולא כציר משני. דרך ראשית בטבלה זו היא חד-מסלולית בשלב ביניים לפני הפיכתה לדרך דו-מסלולית (ראו סעיף 2.3.3 בכרך 1).
- (2) זרוע המוגדרת כעירונית תהיה תמיד המשנית במפגש עם דרך בין-עירונית בציר העיקרי.
- (3) אי טיפה הינו מקרה פרטי של אי הפרדה מאורך.

בנוסף להצדקים בטבלה 7.5, יש לשמור על הכללים הבאים:

- א. בצומת מרומזר יינתן תמיד אי הפרדה מאורך בכל זרוע דו-סטריט, כולל חד-מסלולית.
  - ב. אי-הפרדה מאורך יינתן תמיד (בהסתעפות לא מרומזרת ובכל צומת מרומזר) במרכז של זרוע דו-סטריט חד-מסלולית בציר המשני, הנפגשת בציר העיקרי עם דרך דו-מסלולית עם מפרדה מרכזית (מדיאן), להשלמת ההכוונה הניתנת לנהג הפונה מהדרך המחולקת על-ידי המפרדה.
  - ג. איים מאורכים יינתנו בכל צומת בה זווית המפגש בין הזרועות שונה משמעותית מזווית ישרה (סטייה של יותר מ-15 מעלות), כדי להקטין את שטחי הניגוד ולהבהיר לנהגים את מסלולי הפנייה.
  - ד. בציר משני עם זרוע דו-סטריט חד-מסלולית אליה נכנסים בעזרת אי-משולש לפנייה ימינה מהציר העיקרי, יותקן תמיד אי הפרדה מאורך (טיפה) בציר הכביש (סעיפים 5.5.2 ב', 6.5.1), במקביל ל"צל" של האי-המשולש (צלע AB בתרשים 7.12), כך שהאי המאורך יבלוט אחורה לתוך הזרוע המשנית מעבר לצלע המשולש, בכיוון ההתקרבות אל האיים מהציר המשני. ניתן לתכנן את האי המאורך גם ללא אי משולש באותה זרוע.
- איי-הטיפה יהיו בנויים בשילוב סימוני צבע (815), בכל הצמתים, תחת ההנחה שכל הצמתים הבין-עירוניים מוארים תמיד.
- בהסתעפות לא מרומזרת בין דרכים מקומיות, לא תמיד יתוכנן אי-תנועה משולש בפנייה ימינה מהציר העיקרי למשני (ראו פרק 5 סעיף 5.3.1 טבלה 5.2). במקרים אלה, אין חובת התקנה של אי הפרדה מאורך בציר המשני.



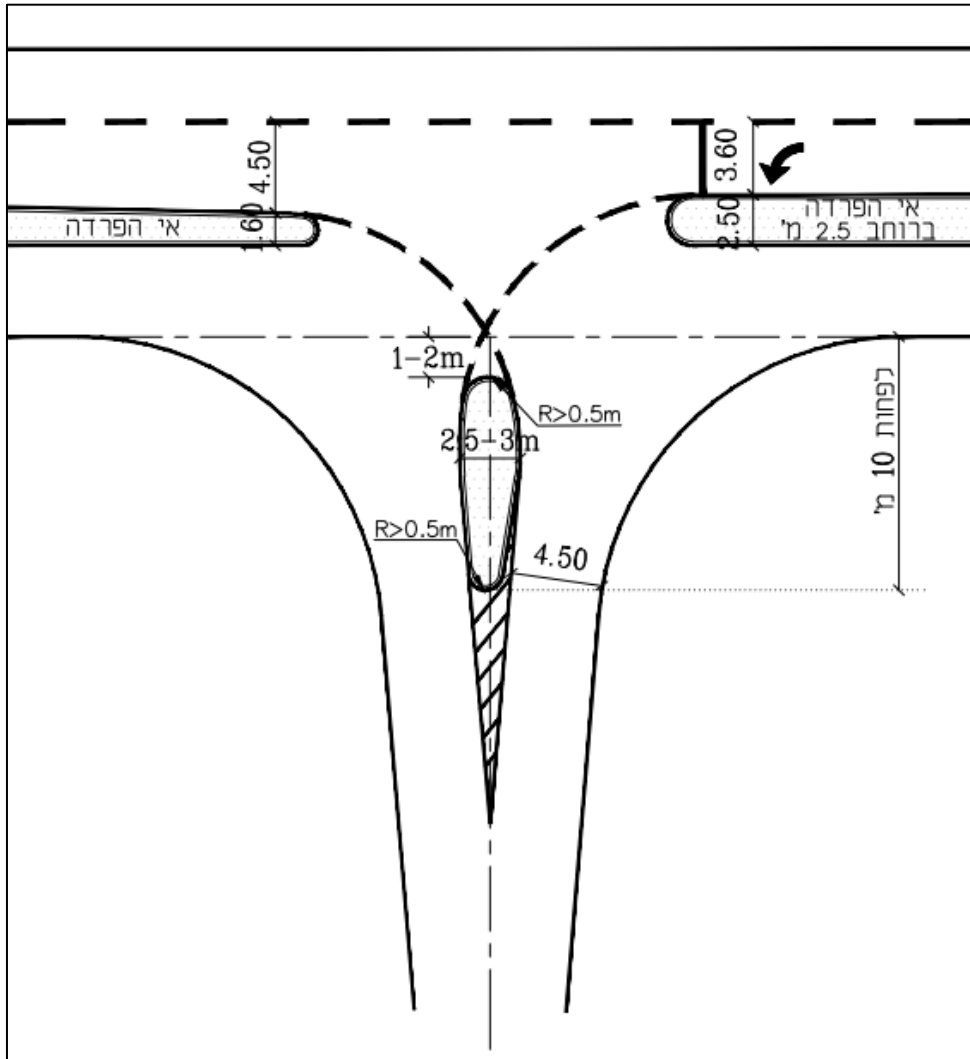
**תרשים 7.12:** פרטי התכן של אי משולש (בינוני) בצד אי הפרדה

#### 7.4.2 תכן גיאומטרי של אי-טיפה

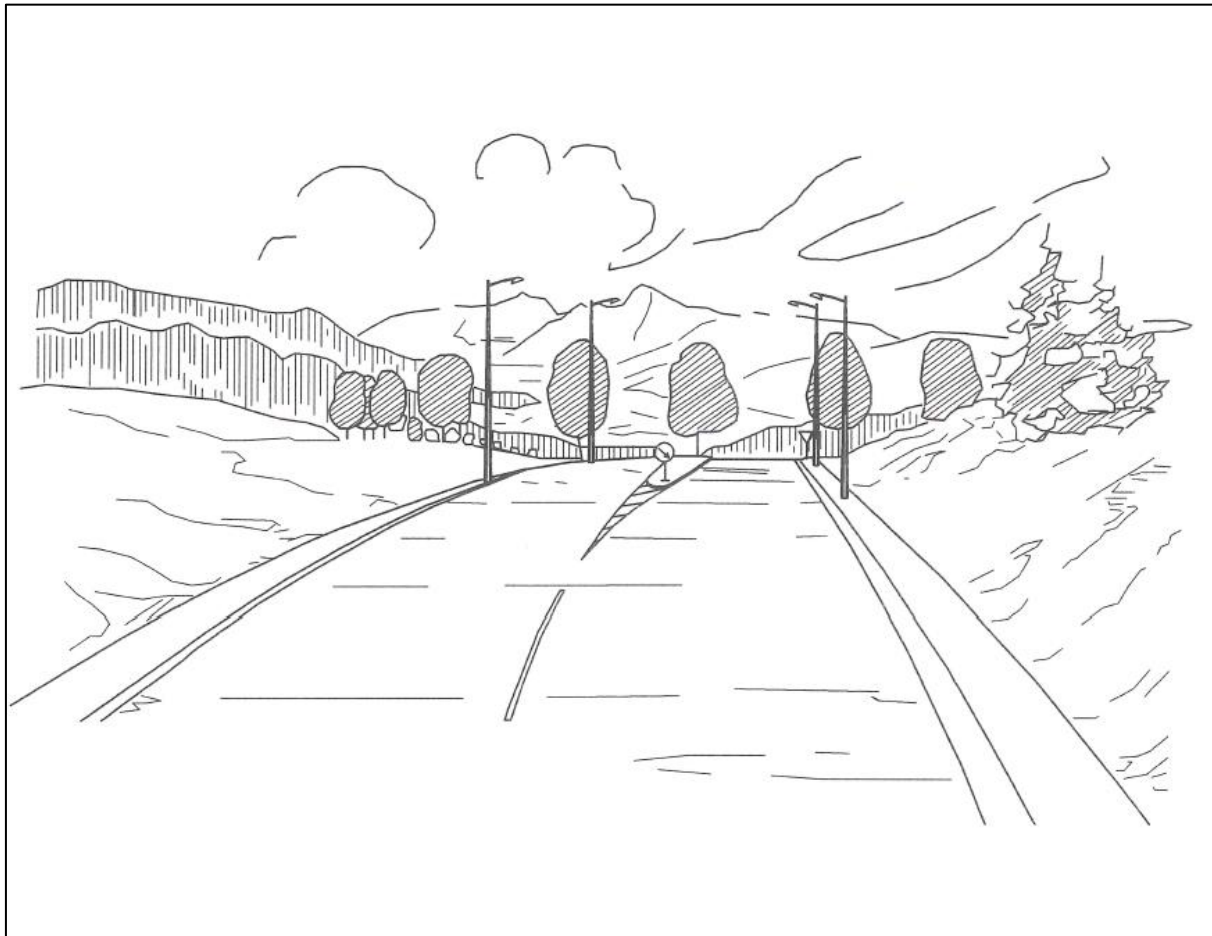
אי טיפה הוא מקרה פרטי של אי הפרדה מאורך. התנאים הכלליים המכתיבים את צורתו הגיאומטרית של אי-הטיפה המאורך הם:

- מבנה האי צריך לאפשר לכלי-הרכב לתכן לעבור מימינו, מבלי לפלוש לנתיב השכן או לעלות על אבני השפה. לכן השטח הצבוע הסמוך לאי ינתן בנוסף לרוחב הנתיב הנדרש (3.60 מטר).
- אם האי המאורך (הטיפה) משמש כמפלט להולכי-רגל, או להצבת עמודי תאורה ורמזור, יהיה רוחבו המזערי 2.5 מטר. למפלט לאופניים, אם מתוכנן, נדרש רוחב של 3.0 מטר.
- בציר משני עם דרך דו-נתיבית (חד-מסלולית) יהיה רוחבו המרכי של האי המאורך 3.0 מטר, למניעת הסטות בציר המשני, אלא אם נדרש רוחב גדול יותר מתוך התכן הגיאומטרי המפורט.
- בציר המשני, מרחק החוד הקדמי של האי המאורך יהיה בהסגה של לפחות 1.0 מטר מקו המשך הקצה הימני של נתיב הנסיעה בדרך העיקרית, אך הסגה זו לא תעלה על 2.0 מטר (ראו תרשים 7.13), וזאת בכדי לקרב עד כמה שניתן את קו העצירה בציר המשני לצומת.
- האורך הרצוי של האי המאורך (כשאינו משמש ליצירת נתיב לפנייה שמאלה), נקבע כתלות במהירות ההתקרבות אל הצומת, החל מ-10 מטר במהירות 50 קמ"ש ועד 50 מטר במהירות 80 קמ"ש. היות שהאי המאורך צריך להיראות לנהג לפחות ממרחק הראות לעצירה, יש למשוך את קצה האי מעבר לעקום אנכי או מחוץ לעקום אופקי אם האי אינו בולט די צרכו, כמתואר בתרשים 7.14.

1. הרדיוס המזערי של קצוות האי הבנוי לא יקטן מ-0.5 מטר.
2. בהתקרבות לאי הבנוי יסומן "אף צבוע" שיתרחב לכיוון האי הבנוי ויגן עליו, כמתואר בתרשימים 7.12, 7.13 ו-7.15. בכיוון ההתקרבות לאי יש להצר את האי הבנוי לפי תרשימים 7.15 הערה 7.



**תרשימים 7.13:** תיאור כללי של אי מאורך ("טיפה") בזרוע המשנית (דוגמא לצומת לא מרומזר)



### **תרשים 7.14: הארכת האי מסוג טיפה לפני צומת בעקום אנכי**

בתרשים 7.15 מובא התכן הגיאומטרי של האי המאורך (טיפה), המשמש להכוונה או כמקלט להולכי-הרגל ורוכבי אופניים.

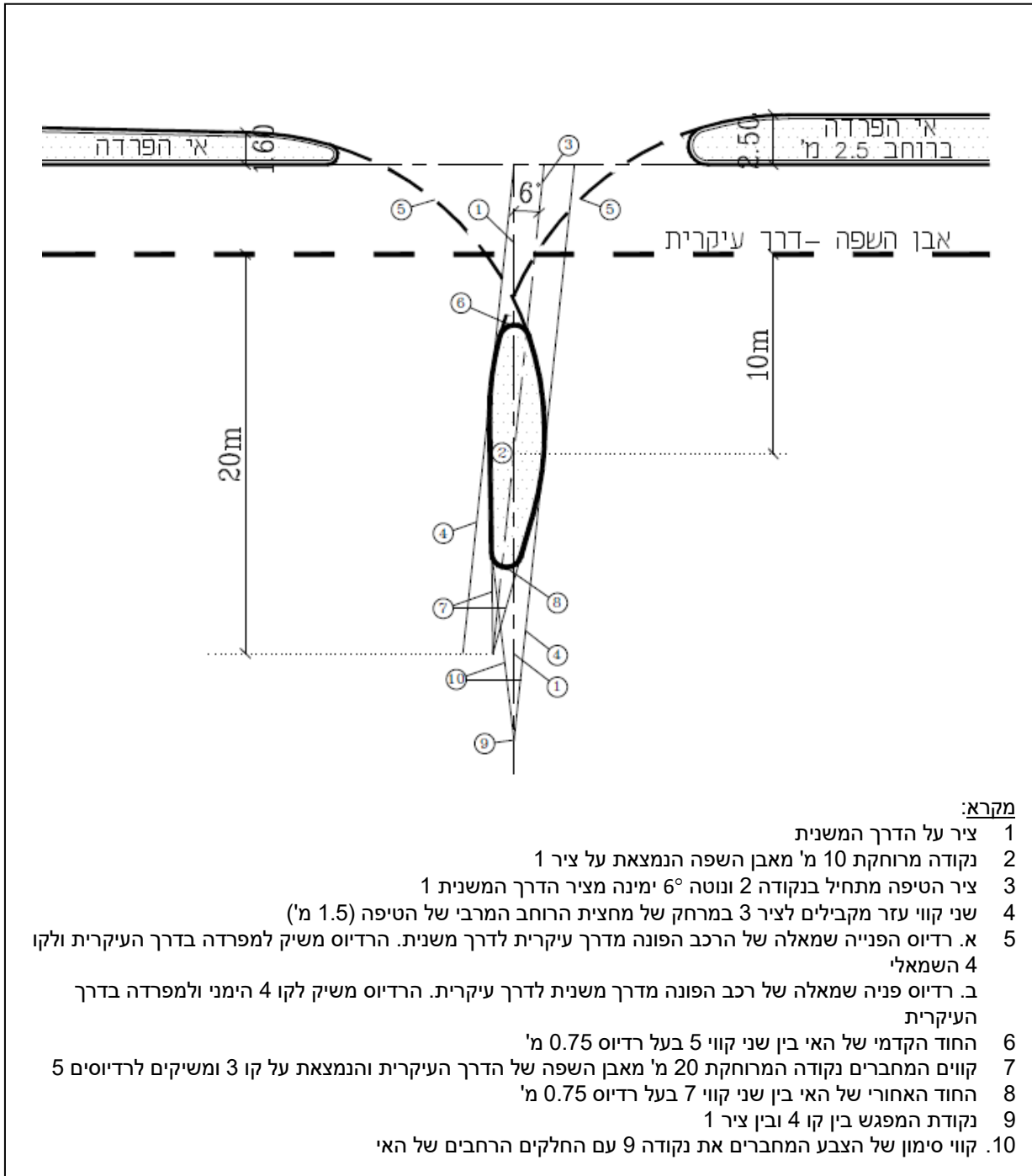
#### **מרחקי ראות בהתקרבות לאיים בנויים**

בתכן המפורט של האיים בצומת ובעיקר של האי המפריד, יש לזכור כי עליהם להיראות לעיני הנהג המתקרב במרחקים הבאים (ראו פרק 4):

- בציר העיקרי – למרחק הראות להחלטה המותאם לצומת למהירות התכן;
- בציר המשני – למרחק השווה למרחק הראות לעצירה למהירות התכן, אם אין הגדלה במספר הנתיבים (צומת לא מרומזר), ולמרחק ראות להחלטה מותאם לצומת אם יש הגדלה במספר הנתיבים לקראת הצומת (צומת מרומזר).

בצומת בעקום אופקי יש לבדוק את קו הראות לקצה האי. רצוי להימנע מתכנון צומת בעקום אופקי כאשר ניתן לתכנן את הצומת בתוואי קטע ישר (ראו סעיף ה. לעיל).

כאשר הצומת בעקום אנכי קמור, יש להאריך את קצה אי-הפרדה המאורך אל מחוץ לעקום האנכי, כך שיהווה לנהג רמז חזותי למיקומו הסמוך של הצומת בתחומי העקום, כמתואר בתרשים 7.14 (ראו סעיף ה. לעיל).



**תרשים 7.15:** אופן התכן הגיאומטרי של אי מאורך ("טיפה")

### 7.4.3 הפתח בשטח המפרדה המרכזית בצומת (המדיאן, median)

בדרכים דו-מסלוליות המחולקות באמצעות מפרדה מרכזית, נוצר באזור הצומת פתח במפרדה המרכזית לטובת תמרוני הפניות שמאלה בצומת. כמו כן, המפרדה המרכזית משמשת ליצירת הנתיבים הייעודים לפניות שמאלה, וכן ליצירת נתיב ההשתלבות לפנייה שמאלה בהסתעפות לא מרומזרת (תרשימי 7.11). ברירת המחדל לנהג הפונה שמאלה מהציר המשני בהסתעפות לא מרומזרת, הינה למצוא פער קריטי מתואם בשני כיווני הנסיעה בציר העיקרי, ולבצע את התמרון של הפנייה שמאלה וההשתלבות לציר העיקרי כתמרון חד-שלבי.

למרות זאת, אי-ההפרדה בהסתעפיות לא מרומזרות משמש להתקנת מקום מפלט להמתנה של כלי-רכב הפונים שמאלה בנתיב בלעדי (נתיב השתלבות), לסייע בהכוונתן של הפניות בתחילתן ובסופן, ולהקטין את האורך שצריך לפנותו, על-ידי מתן אפשרות לרכב הפונה שמאלה לבצע את הפעולה בשני שלבים – חציית המסלול הקרוב, לפנייה למסלול הרחוק, שביניהם באפשרות הנהג להמתין בין השלבים בחסות שטח ההפרדה לפער הדרוש להשתלבות אחרי הפנייה שמאלה.

תכן קצות אי-ההפרדה ("ה"אף", "bullet nose median") מתבסס על רדיוסי התכן של הפניות שמאלה, שפורטו בסעיף 7.2.1 לעיל.

המפרדה המרכזית (median) באזור הסמוך לצומת תהיה בנויה בכל הצמתים (מרומזר ולא מרומזר). רוחבה וצורתה יתקבלו כתוצאה מהתקנת הנתיבים המיוחדים לפנייה שמאלה בשטח ההפרדה, כמפורט בסעיפים 7.2, 7.3.

היות שרוחב המפרדה המזערי הדרוש בדרכים דו-מסלוליות בקטע בין צמתים סמוכים או לקראת הצומת הוא כ-6 מטר לפחות ללא תאורה, להעמדת עמודי התאורה נדרשת תוספת רוחב (ראו כרך 1 פרק 3 – החתך לרוחב). לאחר הפחתת הרוחב הדרוש של הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה מרוחב המפרדה הכולל, נותר רוחב הפרדה של 2.50 מטר לפחות אם אין עמודי תאורה. במידה שיש צורך למקם במפרדה עמודי תאורה (בתחום אורך הנתיב הייעודי לפנייה שמאלה), יש לפנות להנחיות הוועדה הבין-משרדית לעמודים סלחניים, כדי לקבוע האם ניתן להתקין עמודים סלחניים או שנדרשים עמודים רגילים. אם נדרשים עמודים רגילים, אז נדרשת הגנה במעקות בטיחות עד קרוב ככל האפשר לתחום הצומת. לגבי תכנון התקני בטיחות בסמיכות לצומת, ראו הנחיות הוועדה למעקות בטיחות ולסופגי אנרגיה בדרכים בין-עירוניות. אין למקם עמודי תאורה בתחום מקום חצייה מתוכנן להולכי רגל.

## פרק 8: התוואי האופקי, התוואי האנכי ורומים בצומת

### תוכן עניינים

8-1.....	מבוא	8.1
8-1.....	שיפוע אורכי בזרועות הצומת	8.2
8-1.....	8.2.1 כללי	8.2.1
8-2.....	8.2.2 שיפועים מרביים	8.2.2
8-3.....	8.2.3 שיפועים מזעריים	8.2.3
8-3.....	8.2.4 המרווח החופשי (גבריט)	8.2.4
8-3.....	8.3 עקומים אופקיים בצמתים	8.3
8-4.....	8.4 עקומים אנכיים בצמתים	8.4
8-4.....	8.4.1 עקום אנכי קמור	8.4.1
8-7.....	8.4.2 עקום אנכי קעור	8.4.2
8-8.....	8.5 תכן רומים: שיטות	8.5
8-8.....	8.5.1 מבוא	8.5.1
8-8.....	8.5.2 הגדרת תחום הרומים לצומת ושיטות התכן	8.5.2
8-9.....	8.5.3 שיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך העיקרית	8.5.3
8-11.....	8.5.4 התאמת הרומים כשהצומת בעקום אופקי	8.5.4
8-13.....	8.5.5 שיטת המישור בהצטלבות	8.5.5
8-13.....	8.5.6 שיטת המישור בהסתעפות	8.5.6
8-13.....	8.5.7 השיפוע השקול המרבי בתחום הצומת	8.5.7
8-15.....	8.5.8 שיטת הנקודה הגבוהה בין דרכים במדרג דומה (High point method)	8.5.8
8-18.....	8.6 מעברי שיפועים בזרועות הצומת	8.6
8-20.....	8.7 הסדרי ניקוז	8.7

## פרק 8: התוואי האופקי, התוואי האנכי ורומים בצומת

### 8.1 מבוא

להתוויית הזרועות בצומת השפעה רבה על מאפייני התפעול והבטיחות של הצומת: התוואי האופקי משפיע כאשר מתקבלות זוויות חיתוך משמעותיות בצמתים, וכן כאשר מיקום הצומת נמצא בקרבת עקום אופקי אשר מגביל את הראות בצומת. עקומים אופקיים עלולים להקשות גם על חיבור זרועות הצומת כאשר קיימת הגבהה צידית. התוואי האנכי משפיע כאשר שיעור השיפוע לאורך זרועות הצומת מקשה על ביצועיהם של כלי-הרכב, הן בעת האטה ובלימה והן בעת האצה. בנוסף, מקשה השיפוע לאורך על ביצוע תמרוני פנייה בניצב לכיוון השיפוע. כאשר השינוי בשיפוע לאורך באזור הצומת מתבטא בקיומו של עקום אנכי קמור, הוא גורם למגבלות ראות באזור הצומת, ועשוי לגרום לקשיים באבחנה בקיומו של הצומת.

#### שילוב תוואי אנכי ואופקי בצומת

יש להימנע משילוב של עקומים אנכיים ואופקיים בצומת, בגלל מגבלות הראות בשילוב זה (ראו פרק 7 בכרך 1 להרחבה בנושא). השיקולים המפורטים לעיל מכתיבים, כבר בשלב התכן המוקדם, מגבלות לגבי האפשרויות למיקום הצומת בהתחשב במאפייני התוואי האופקי והאנכי, כמפורט בסעיף 3.2 בהנחיות (שיקולים גיאומטריים בתכנון הצומת). יש להימנע, ככל האפשר, מקביעת הצומת בעקום אופקי, במפגש זרועות בזוויות שונות משמעותית מ-90 מעלות, במקום בו נדרשים שיפועים גדולים בזרועות הצומת, או בעקום אנכי קמור. במקרים בהם לא ניתן להימנע מכך, יש לפעול בהתאם לכללי התכן המפורטים בסעיפים הבאים (וכן בפרק 7 סעיף 7.4.2 תרשים 7.14). במקרים מיוחדים, מעגל תנועה עשוי להוות פתרון למגבלות בתוואי שאינן מאפשרות פתרון אחר, כמפורט בפרק 11 בסוף הכרך.

בהמשך הפרק מפורטים השלבים בתהליך התכן לרומים בצמתים המושפעים מהתוואי האופקי והאנכי בצומת: הגדרת שטח הצומת לצורך תכנון הרומים; השיטות לתכן הרומים בשטח הצומת; המרכיבים ואופן הביצוע הייחודיים לכל שיטה; תכן מעברי שיפועים ועקומים אנכיים בזרועות הצומת; קביעת החתכים, הרומים והפרטים האופייניים במישור הצומת ובקרבתו; מיקום קולטני המים המתחייב משיטת התכן; והנחיות עקרוניות להסדרי ניקוז.

תכנון מעברי השיפועים בתפניות דרך מהירות יהיה בהתאם לפרק 5 (סעיף 5.5.3) בכרך 3 (מחלפים). נושא תפניות דרך מהירות נסקר בקצרה גם בכרך הנוכחי בפרק 6 (סעיף 6.3.7).

### 8.2 שיפוע אורכי בזרועות הצומת

#### 8.2.1 כללי

לשיפוע אורכי גדול בתחום הצומת ובמבואות הצומת, ההשפעות השליליות הבאות:  
א. הנהיגה בשיפוע גדול מאולצת, בין בירידה ובין בעלייה; התימרונים קשים יותר, ואין הנהג חופשי די הצורך להגיב כראוי לבעיות המיוחדות של הצומת.

- ב. בגישה מבוקרת אל הצומת (בין אם על-ידי תמרור האט או עצור ובין אם על-ידי רמזור), הנהג מתקשה בהמתנה ובזינוק, כאשר הוא נמצא בעלייה בשיפוע גדול לפני הצומת.
- ג. השיפוע מקטין את כושר הבלימה בירידה, דבר המגדיל את הסכנה לתאונה, במיוחד בכניסה לצומת.
- ד. רכב המגיע בירידה ופונה ימינה או שמאלה, או רכב הפונה שמאלה או ימינה לתוך ירידה, נמצא בשיפוע צידי הפוך, וקיימת סכנת התהפכות.
- ה. בצומת עם שיפועים גדולים לאורך, מתקבלת השפעה על איכות הסביבה כתוצאה מזיהום עקב פליטת גזים, וכן עלייה ברעש בשל אופי התמרונים המאולצים בצומת.
- ו. שיפוע אורכי גדול גורם להגברת זרימת המים לאורך הדרך לעומת הזרימה לרוחבה, מקשה על הניקוז, ומגדיל את כמויות המים הנכנסות לצומת.
- בהתחשב בהשפעות שליליות אלו, יש להגביל את השיפועים לאורך זרועות הצומת ובמבואותיו לערכים המפורטים בסעיף 8.2.2.
- לכללים ביחס לתוואי האנכי במעגלי תנועה – ראו סעיף 11.12 בפרק 11 בסוף הכרך.

## 8.2.2 שיפועים מרביים

השיפוע המרבי לאורך בזרועות הצומת תלוי בסיווג הדרך, במאפיינים הטופוגרפיים, בנפח התנועה, במהירות התכן של הזרועות בהן אין חובת עצירה או האטה, ובמדרג הדרכים הנפגשות בצומת. מהירות התכן בדרכים נקבעת בהתאם לסיווג הדרך ורמת הרגישות (טופוגרפיה), כמפורט בטבלה 2.4 בכרך 1 של הנחיות אלו, ולכן ניתן להציג את השיפוע המרבי לאורך כתלות במהירות התכן ובמידרג הדרכים בצומת בלבד, כמפורט בטבלה 8.1 להלן. באופן כללי, השיפועים המרביים באזור הצומת יוגבלו לערכים שבין 3% ל-6%, ויהיו נמוכים מן השיפועים המרביים בקטע דרך.

להלן הכללים לקביעת מהירויות הגישה לתכנון באזור הצומת, שישימשו לכל המרכיבים הגיאומטריים בפרק זה:

- א. בכל הזרועות בציר העיקרי – מהירות התכן.
- ב. בציר המשני בהצטלבות מרומזרת – מהירות התכן.
- ג. בציר המשני בכל שאר המקרים – 40 קמ"ש בדרך אזורית ומעלה, 30 קמ"ש בדרך מקומית וגישה. (במעגלי תנועה יחול ריסון מהירויות בגישות, כמפורט בסעיף 11.7 בפרק 11 בסוף הכרך).

את השיפוע לאורך זרועות הצומת ובקרבתו יש לשמור ללא שינוי, לפחות עד למרחק המזערי הנדרש לפי טבלה 8.1. מרחק זה מבטא כ-3 שניות נסיעה במהירות התכן. כמו כן, השיפוע המרבי לאורך חל גם על משיקי העקומים האנכיים בכניסה לזרועות הצומת.

כאשר השיפוע בזרועות הצומת עולה על 3.0%, יש להתחשב בהשפעה על מרחקי-הראות לעצירה ולהחלטה, כמפורט בטבלה 4.1 ובסעיפים 4.2.2-4.2.4 בהנחיות אלו, וכן בשינויים המתחייבים באורך נתיבי ההאטה וההאצה, כמפורט בסעיף 6.3.2 טבלאות 6.2, 6.3, ובסעיף 6.5.2, 6.5.3 בהנחיות.

כאשר לאורך אחת מזרועות הצומת השיפוע ניכר, יש לבדוק את השילוב עם השיפועים לרוחב, אשר יוצר הגבהה הפוכה לחלק מהפונים – ראו פירוט בסעיף 8.5.7 להלן.

### טבלה 8.1: קריטריונים לתכן שיפועים לאורך בזרועות הצומת

מרחק מזערי נדרש מהצומת בשיפוע המרבי לאורך (מ')	שיפוע מרבי לאורך**	מהירות הגישה לתכנון (קמ"ש)*
85	4%	100
75	4%	90
70	4%	80
60	6%	70
50	6%	60
40	6%	50 (רמפה או רחוב עירוני)
30	6%	30-40 (זרוע משנית בהסתעפות)

\* כמפורט בסעיף 8.2.2

\*\* ניתן להתגמש בשיפוע המרבי לאורך באזורים הרריים בהם קיימת מגבלת טופוגרפיה.

### 8.2.3 שיפועים מזעריים

השיפוע המזערי לאורך זרועות הצומת נקבע משיקולי ניקוז והוא 0.5%. השיפוע השקול המרבי בצומת (ניצב לקווי הגובה) לא יפחת מ-1%. יש להקפיד על סילוק המים מתחומי הצומת במידת האפשר, ולמנוע כניסתם לצומת של מים שמקורם מחוץ לצומת. ראו פירוט בהמשך הפרק בסעיף 8.7 – הסדרי ניקוז.

### 8.2.4 המרווח החופשי (גבריט)

בתכן התוואי האנכי בצמתים יש לשמור בגשרים ובמעברים את מרווחי הגובה החופשי (גבריט), בהתאם לכרך 1 פרק 6 סעיף 6.2 (המרווח האנכי).

### 8.3 עקומים אופקיים בצמתים

בסעיף 3.2.1 נסקרו ההשפעות של זווית החיתוך המתקבלת במפגש הזרועות הצומת, כאשר הזוויות המומלצת היא 90 מעלות מהשיקולים שהוסברו – צמצום שטחי הניגוד וזמני הפינוי בצומת, שיפור הראות בין משתמשי הדרך בזרועות הצומת השונות, והבהרה של מדרג הדרכים בצומת. על כן מומלץ לשפר את זווית החיתוך בצומת ולקרבה ככל הניתן ל-90 מעלות.

כמו כן, מפורטים בסעיף זה השיקולים שבגינם יש להימנע ממיקום צומת בקרבת עקום אופקי – מורכבות הניתוב והוספת נתיבי הפניות, מגבלות הראות המתקבלות, והקושי בחיבור הזרועות לעקום אופקי עם הגבהה צידית. מגבלות הראות מחריפות עוד יותר כאשר הדרך המשנית מתחברת בחלקו הפנימי של העקום האופקי (בטן העקום). למקרים בהם אין ברירה אלא לתכנן צומת בעקום אופקי, יש לבחון את

ההגבהה הצידיית הנדרשת לעקום האופקי, והאם השיפוע הנדרש לאורך מתאים לסיווג הדרך המשנית (ראו גם סעיף 8.5.4 תכנון הרומים בצומת בעקום אופקי).

טבלה 8.2 מפרטת את הערכים המזעריים לרדיוס העקום אופקי בדרך שניתן, בהעדר חלופה אחרת, לתכנן בתחומו צומת.

**טבלה 8.2: רדיוסים מזעריים לקיום צומת בעקום אופקי**

רדיוס מזערי (מ') ללא הגבהה, בקימור רוחבי רגיל <sup>(2)</sup>	רדיוס מזערי (מ') בהגבהה אחידה של 2%	רדיוס מזערי (מ') בהגבהה מרבית <sup>(1)</sup>	מהירות התכן (קמ"ש)
1400	550	200 (6%)	60
1900	770	300 (6%)	70
2500	1100	550 (4%)	80
3100	1400	700 (4%)	90
3800	1800	900 (4%)	100

- (1) הגבהה צידית מרבית בצומת נקבעה לפי שיפוע מרבי לאורך המתאים למהירות תכן בדרך המשנית השקולה למהירות התכן בדרך העיקרית, בהתאם לטבלה 8.1: 6% עד מהירות 70 קמ"ש, 4% במהירויות תכן 100-80 קמ"ש. כאשר מהירות התכן בדרך המשנית נמוכה יותר ממהירות התכן בדרך העיקרית, ניתן לחשב את הרדיוס המתאים לערך ההגבהה השקול לשיפוע המרבי לאורך בדרך המשנית, בהתאם לפרק 5 בכרך 1.
- (2) הערכים לקוחים מטבלה 5.4 בכרך 1.

הערכים בטבלה 8.2 נקבעו לפי ההנחות הבאות:

- מהירות התכן של העקום האופקי היא מהירות התכן של הדרך העיקרית, כיוון שצומת בעקום אופקי יתוכנן כהסתעפות בלבד.
- על ההגבהה הצידיית המתקבלת בקרבת הצומת להתלכד בקירוב עם השיפוע לאורך של הזרוע המשנית. לפיכך, יש להגביל את ההגבהה הצידיית המתקבלת לפי השיפוע המרבי לאורך של הדרך המשנית, שתהיה במדרג זהה או נמוך מהמדרג של הדרך העיקרית.
- בכל תכנון שאינו לפי הערכים המופיעים בטבלה 8.2, יש לבצע את החישובים לפי ההנחות המפורטות לעיל, ולבחון גם את ההשלכות על מרחק הראות הצידי בצומת (ראו פרק 4).

## 8.4 עקומים אנכיים בצמתים

### 8.4.1 עקום אנכי קמור

#### א. שיקולי בטיחות

על-פי האמור בסעיף 3.1.5 (מיקום הצומת בתוואי האנכי) בהנחיות אלו, יש להימנע ממיקום צומת בתחום עקום אנכי קמור. במקרים בהם אין אפשרות להימנע מכך, יש לדאוג לכך, שהגבלת מרחקי-הראות

הנובעת מקיומו של העקום האנכי לא תפגע בתפקודו של הצומת ובבטיחותו, ולא תמנע מהנהג המתקרב לצומת להבחין בקיומו של הצומת, בהמשך מסלול נסיעתו, ובהימצאותם של כלי-רכב אחרים בו, ממרחק שיאפשר לו את קבלת ההחלטות המתאימות ואת נקיטת הצעדים הדרושים לביצוען.

מרחקי-הראות הדרושים בצומת וערכי התכן שלהם מפורטים בהרחבה בפרק 4 – "מרחקי-ראות" בהנחיות אלו. בהתאם למפורט בפרק, יהיו מרחקי-הראות לפיהם יתוכננו העקומים האנכיים, כדלקמן:

**(1) מרחק-ראות להחלטה** – ברוב הצמתים יידרש מרחק ראות להחלטה המותאם לצומת, בכל מקרה שבו יש הוספה או הפחתה של נתיבי עזר, ובמקרים מיוחדים יידרש מרחק ראות מלא להחלטה (ראו סעיף 4.2.4 ב' להרחבה בנושא).

**(2) מרחק-ראות לעצירה** – נדרש בכל מקרה בו לא נדרש מרחק ראות להחלטה המותאם לצומת לפי סעיף 1, ראו גם פרק 4.

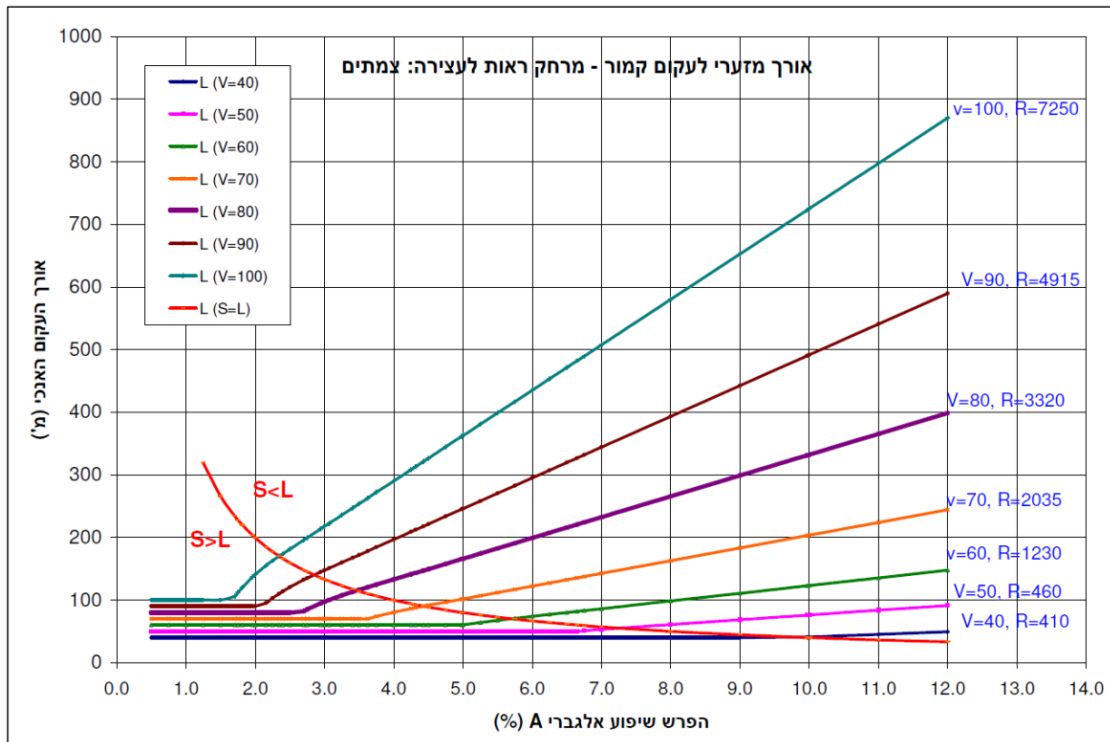
ראו פירוט והרחבה לדרישות פרק 4 בסעיפים 4.2.2-4.2.4 בהנחיות אלו. יישומם של מרחקים אלה בתכן עקום אנכי קמור לאורך זרועות הצומת ייעשה עבור גובה עיני נהג של 1.05 מטר וגובה עצם של 0.15 מטר לצורך אבחנה באבני השפה לקראת הצומת. תכן העקומים האנכיים הקמורים למרחקי-ראות אלה יבוצע בהתאם לתהליך התכן (מתודולוגיה ונוסחאות חישוב) כמפורט בסעיף 6.4.2 בכרך 1 של הנחיות אלו. בהתאם לכך יהיו רדיוסי העקומים האנכיים הקמורים כמפורט בטבלה 8.3.

## **ב. שיקולים נוספים – חזות ונוחות**

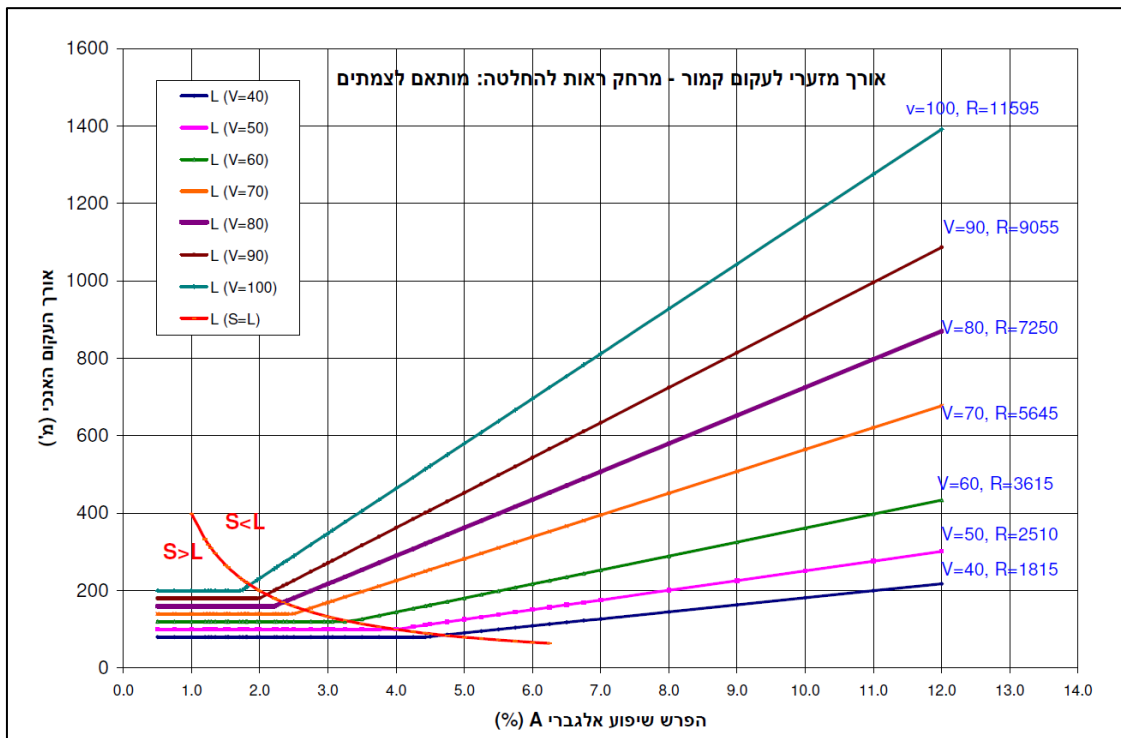
בנוסף לשיקולי הראות, על העקום לעמוד בשיקולי התכן של חזות התוואי ונוחות הנסיעה הקובעים אורך מזערי, כמפורט בסעיף 6.4.2 (ב', ג') בכרך 1 של הנחיות אלו. שיקול הנוחות הוא הקובע בעקומים קעורים, מתוך ההנחה שהצמתים מוארים. שיקול החזות קובע אורך מזערי לעקומים אנכיים, קמורים וקעורים, לפי מהירות התכן ולפי הצורך בראות לעצירה או להחלטה. בהפרשי שיפוע קטנים, ערכים אלה מהווים חסם תחתון לאורך העקום. אורכי העקומים המתקבלים למהירויות התכן המקובלות בצמתים מוצגים בתרשימים 8.1 ו-8.2. כמו-כן, כאשר הצומת מצוי בעקום אנכי קעור המורכב משיפועים אורכיים הקטנים מ-0.4%, דרושה תשומת לב מיוחדת לפתרון הניקוז בצומת, במיוחד כאשר הוא תחום באבני שפה (כמפורט בהנחיות ניקוז של נתיבי ישראל).

## **ג. קיום משולשי הראות בצומת**

בנוסף לשיקולים הבטיחותיים שהוזכרו בסעיף א. לעיל, יש לבדוק שהעקום האנכי מאפשר את קיומם של מרחקי הראות לאורך הדרך הניצבת, המהווים מרכיב במשולשי הראות הדרושים לרכב שעצר לפני חצייה או פנייה בכל זרועות הצומת, כמפורט בסעיף 4.3 בפרק 4. החישוב יבוצע לפי רדיוס העקום, ובהתאם



**תרשים 8.1:** תצוגה גרפית של האורך המזערי לעקום אנכי קמור בצמתים, לפי מרחק-ראות לעצירה



**תרשים 8.2:** תצוגה גרפית של האורך המזערי לעקום אנכי קמור בצמתים, לפי מרחק-ראות להחלטה מותאם לצומת

**טבלה 8.3: רדיוסים מזעריים לתכן עקום אנכי קמור וקעור בצמתים (מ')**

עקום אנכי קעור לעצירה ולהחלטה <sup>(2)</sup>	עקום אנכי קמור <sup>(1)</sup>		מהירות התכן (קמ"ש) <sup>(3)</sup>
	להחלטה <sup>(4)</sup>	לעצירה	
410	1815	410	40
645	2510	760	50
930	3615	1230	60
1260	5650	2035	70
1650	7250	3320	80
2085	9050	4915	90
2575	11600	7250	100

- (1) רדיוס מזערי לעקום אנכי קמור נקבע לפי שיקולי בטיחות, ולפי מרחקי ראות לעצירה בצמתים.
- (2) רדיוס מזערי לעקום אנכי קעור נקבע לפי קריטריון נוחות (תחת ההנחה של צומת מואר).
- (3) מהירות התכן או הגישה בזרוע או ברמפה, ולא בהכרח מהירות התכן לדרך בקטע.
- (4) הערכים המפורטים בטבלה מחושבים למקרה של מרחק ראות להחלטה המותאם לצומת. במקרים מורכבים עם צורך במרחק ראות מלא להחלטה (לפי סעיף 4.2.4 ב'), יש לחשב לפי הנוסחאות המדויקות.
- (5) הרדיוסים מתאימים לרכב נוסעים למקרה של  $S_0 \leq L$  ולמשיקים הפוכי כיוון. כאשר  $S_0 > L$  או שהמשיקים באותו כיוון, יש לחשב לפי הנוסחאות המדויקות.
- (6) בכל אורך המתוכנן לעקום אנכי, יש לוודא שהאורך עומד בשיקולי החזות כמפורט בפרק 6 סעיף 6.4.2 ג' בכרך 1.

לנוסחאות המפורטות בסעיף 6.4.2 בכרך 1 של הנחיות אלו, עבור גובה עין של 1.05 מטר וגובה אחיד של 1.05 מטר מפני הכביש, להבטחת ראות הדדית בין שני הנהגים (סעיף 4.3.5). כמו-כן, יש לוודא שהעקום האנכי אינו מונע את ההבחנה בתמרורים, רמזורים וכיו"ב מהמרחק הדרוש, בהתאם לסוג הפעולה הנדרשת מהנהג.

### 8.4.2 עקום אנכי קעור

ככלל, עקום אנכי קעור משפר את האבחנה בקיומו של הצומת ובהסדרי התנועה בו. בנוסף לכך, בשל הדרישה לתאורה בכל צומת בין-עירוני, התכן של עקום קעור לפי מרחק ההארה של פנסי החזית של הרכב אינו קריטי כמקובל בכביש פתוח. לפיכך, יתוכנן העקום הקעור בצומת משיקולי נוחות וחזות התוואי, כמפורט בסעיף 6.4.3 (ב', ג') בכרך 1 של הנחיות אלו. בצמתים יש להקפיד במיוחד על דרישות ניקוז בתכנון הרדיוס הקעור בצמתים, כמפורט בכרך 1 סעיף 6.4.3 ד'.

## 8.5 תכן רומים: שיטות

### 8.5.1 מבוא

בצמתים, יש צורך בתכן מפורט ומדוקדק של הרומים באזור המפגש בין הזרועות השונות, במטרה ליצור באזור הצומת משטח רציף ללא שבירות במיסעה. שיפועי האורך והרוחב של כל אחת מהדרכים יוצרים בצומת משטחים מרחביים, המהווים את צורת פני הדרך. בגלל חיבור המשטחים המתקבל בצומת, יש צורך בשינוי חלק מהשיפועים לאורך ולרוחב המשטחים, כדי ליצור התאמה בין השיפוע לאורך ציר דרך אחת, לבין השיפוע לרוחבה של הדרך השנייה. ההתאמה בקרבת הצומת מבוצעת על-ידי שינויים בערכם ואף בכיוונם של חלק מהשיפועים לאורך ולרוחב הדרכים הנפגשות. כתוצאה מכך, מתחייבים שינויים גיאומטריים בקרבת הצומת, כדוגמת מעברי שיפועים, ולעיתים אף עקומים אנכיים בחלק מזרועות הצומת.

עם זאת, פתרון הבעיה מנקודת ראות גיאומטרית בלבד, אינו תמיד הפתרון המעשי. שיקולי התכן של הפתרון נקבעים על-ידי מספר גורמים:

- א. סיווג הדרכים הנפגשות והבדלי המדרג בין הזרועות הנפגשות, לרבות רמפות מחלפים (ראו כרך 3).
- ב. נוחות ובטיחות הנסיעה בזרועות ובפניות השונות.
- ג. שיקולי ביצוע הרומים בפני המיסעה, והשיפועים לאורך ולרוחב.
- ד. הרחקה מהירה של מי הגשם מאזור הצומת.
- ה. צורה נעימה ונאה לעין של משטח הצומת ושפות הכביש.

### 8.5.2 הגדרת תחום הרומים לצומת ושיטות התכן

הגדרת "תחום הרומים לצומת" להלן ייחודית לתכן הרומים בצומת (הגדרה זו שונה מההגדרות של שטח הצומת, תחום הצומת, והגדרות נוספות שהוגדרו בסעיף 2.1.3 בהנחיות אלו):  
**"תחום הרומים לצומת" הוא השטח הפיזי הנתחם על-ידי כל זרועות הדרכים הנפגשות בצומת, כאשר בכל זרוע המישור נמשך לפחות עד נקודת ההשקה הרחוקה ביותר ממפגש צירי הדרכים, של העקומות בשפות משטח הצומת – ראו בתרשימים 8.3, 8.5.**

העקרונות לתכן הרומים במיסעה בתחום הצומת בין שתי דרכים נועדו להבטיח את חד-משמעיות הפתרון הגיאומטרי. שלוש שיטות התכן שיתוארו בפרק הן:

- א. **שיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך העיקרית**, בה השיפוע הרגיל לרוחב הדרך העיקרית נשמר גם בתחומי הצומת, וההתאמות מתבצעות בזרועות המשניות (סעיף 8.5.3).
- ב. **שיטת המישור**, בה כל תחום הצומת הופך למישור אחד (סעיף 8.5.5). ניתן לבצע שיטה זו באופן חלקי במקרה של הסתעפות (סעיף 8.5.6).
- ג. **שיטת הנקודה הגבוהה**, בה שיפועי הדרכים ממותנים ומתואמים כך שתתקבל נקודה גבוהה משותפת במרכז הצומת (סעיף 8.5.8).

**שיטת שמירת השיפוע** לרוחב מומלצת כאשר קיים הבדל משמעותי בסיווג הדרכים הנפגשות בצומת, ורצוי לשמור על המאפיינים הגיאומטריים של הדרך העיקרית מביניהן. **שיטת המישור** מיועדת לצומת

בין שתי דרכים בסיווג דומה, בעיקר כאשר נדרשת נוחות לתנועה במהירויות גבוהות (כגון, בצומת מרומזר בין שתי דרכים בסיווג גבוה ודומה), וניתן לפתור את מרחקי הניקוז הארוכים יותר האופייניים לשיטה זו. גם **שיטת הנקודה הגבוהה** מתאימה יותר לדרכים בסיווג גבוה ודומה. כל השיטות מוסברות במפורט בהמשך הסעיף.

### 8.5.3 שיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך העיקרית

בשיטה זו ניתן לשמור על השיפוע הקיים לרוחב הדרך העיקרית לכל אורכה, כדי להימנע מהצורך לשנות את השיפוע לאורך השפות של דרך זו, ממעברי שיפועים בה, ומההפרעות הכרוכות בהם לנוחות הנהיגה ולניקוז, כמתואר בתרשים 8.3. שמירת השיפועים לרוחב בדרך העיקרית נמשכת לתוך הדרך המשנית, לשני הכיוונים, לפחות עד לגבול תחום הרומים בצומת, כהגדרתו בסעיף 8.5.2 לעיל. חישוב השיפועים במישורים הנוצרים בצומת ייעשה כמפורט להלן:

א. **כאשר הדרכים מצטלבות בזווית שאינה ישרה**, יש לחשב את השיפועים האורכיים לשני הכיוונים המנוגדים בציר הדרך המשנית,  $g_2$  ו- $g_3$ , בתחום הצומת ובקרבתו, לפי נוסחאות 8.1, 8.2 (ראו תרשים 8.3):

$$[8.1] \quad g_2 = g_1 \cos \alpha_1 + g'_1 \sin \alpha_1$$

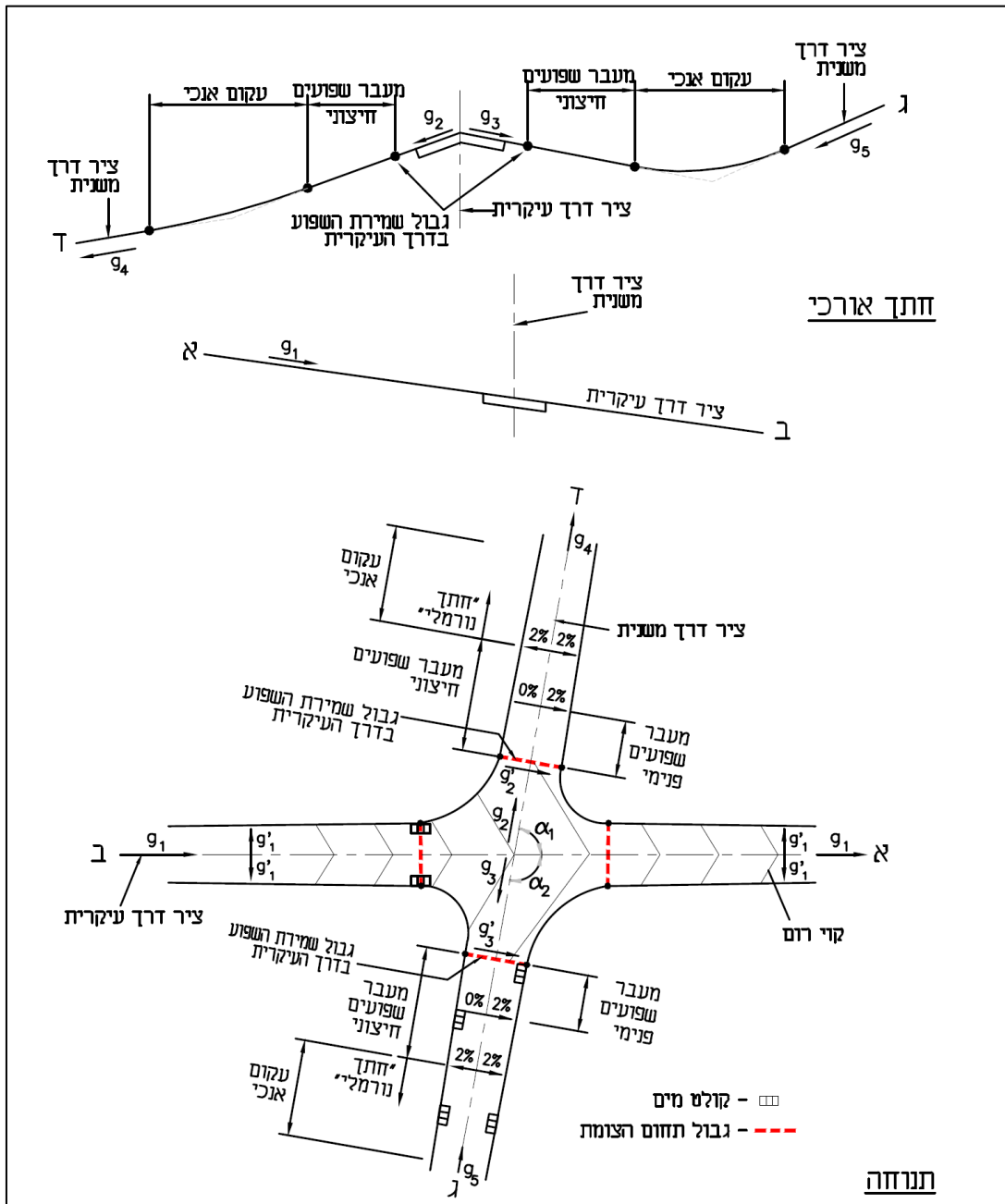
$$[8.2] \quad g_3 = g_1 \cos \alpha_2 + g'_1 \sin \alpha_2$$

**השיפועים לרוחב הדרך המשנית בתחום הצומת**,  $g'_2$  ו- $g'_3$ , יחושבו לפי נוסחאות 8.3, 8.4 (ראו תרשים 8.3):

$$[8.3] \quad g'_2 = \frac{g_1 - g_2 \cos \alpha_1}{\sin \alpha_1}$$

$$[8.4] \quad g'_3 = \frac{g_1 - g_3 \cos \alpha_2}{\sin \alpha_2}$$

- כאשר:  $g_1$  – השיפוע הקבוע לאורך הדרך העיקרית.
- $g'_1$  – השיפוע הנורמלי לרוחב הדרך העיקרית.
- $g_2, g_3$  – השיפועים המתקבלים מנוסחאות 8.1 ו-8.2 לאורך הדרך המשנית, בתחום מישור הצומת, משני צידי ציר הדרך העיקרית.
- $g'_2, g'_3$  – השיפועים המתקבלים מנוסחאות 8.3 ו-8.4 לרוחב הדרך המשנית, בתחום מישור הצומת, משני צידי הדרך העיקרית.
- $\alpha_1, \alpha_2$  – הזוויות בין וקטורי שיפועי צירי הדרכים, בתחום מישור הצומת, משני צידי הדרך העיקרית בכיוון הירידה (כיווני הירידה של  $g_2, g_3$  נקבעים על-ידי היחס בין הזוויות בין הדרכים לבין זווית קווי הגובה בדרך העיקרית).
- $g_4, g_5$  – (מופיעים בתרשים ולא בנוסחאות): השיפועים לאורך זרועות הדרך המשנית מעבר לתחום השפעת הצומת.



**תרשים 8.3:** דוגמא סכמתית לתכן צומת בשיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך העיקרית

ב. כאשר הדרכים מצטלבות בזווית ישרה, השיפוע האורכי של ציר הדרך המשנית בתחום הצומת (g<sub>2</sub>), החל מנקודת החיתוך עם ציר הדרך העיקרית ועד לקצה תחום הצומת, יהא שווה בערכו ובכיוונו לשיפוע לרוחב של הדרך העיקרית (g'<sub>1</sub>) (כלומר, כאשר  $\alpha_1 = \alpha_2 = 90^\circ$ , מתקיים  $g'_2 = g'_3 = g_1, g_2 = g_3 = g'_1$ ).  
 כאשר חתך הרוחב בדרך העיקרית הוא נורמלי, מתקבלים בתחום הצומת שני מישורים משופעים בכיוונים נגדיים, הנפגשים בקו הקמר של הדרך העיקרית. שיטת תכן זו מחייבת, בכל אחת מזרועות הדרך

המשנית, הן מעבר שיפועים והן עקום אנכי, בגלל שהשיפועים לאורך ציר הדרך המשנית בתחום הצומת ( $g_2$  ו- $g_3$  מנוסחאות 8.1, 8.2) שונים מהשיפועים לאורך דרך זו במרחק מהצומת ( $g_4$  ו- $g_5$  בתרשים 8.3).

תכן החתך לאורך בדרך המשנית מתבצע כדלהלן:

א. קביעת השיפוע הנדרש לאורך בציר הדרך המשנית, החל מנקודת מפגש הצירים ועד לעקום האנכי הנדרש לצורך שינוי השיפוע ( $g_2, g_3$ ), וחישוב השיפוע הניצב לציר הדרך המשנית ( $g'_2, g'_3$ ), בעזרת הנוסחאות שפורטו לעיל.

ב. תכן מעברי השיפועים בשפה הפנימית ובשפה החיצונית בדרך המשנית משני צידיה, במעבר משיפוע צידי חד-צדדי בגבול תחום הצומת לשיפוע דו-צדדי רגיל, דהיינו ל"חתך נורמלי", לפי העקרונות המפורטים בסעיף 8.6 בהמשך.

ג. קביעת אורך העקום האנכי בדרך המשנית (ראו סעיף 8.4), ומיקומו ביחס למעבר השיפועים. קיימות שלוש אפשרויות למיקום היחסי ביניהם:

1) סמוך לתחום הצומת יתוכנן מעבר השיפועים משיפוע חד-צדדי לשיפוע דו-צדדי תקין, ובהמשך הדרך המשנית יתוכנן העקום האנכי בין השיפועים השונים לאורך. באפשרות זו נשמרים שיפועי הרוחב הדו-צדדיים התקינים לכל אורך העקום האנכי (תרשים 8.3).

2) סמוך לצומת מתוכנן העקום האנכי, ולאחריו יתוכנן מעבר השיפועים. באפשרות זו נשמר השיפוע החד-צדדי לכל אורך העקום האנכי.

3) איחוד האורכים של העקום האנכי ומעבר השיפועים, ומיקומם בחפיפה הדדית על-פי האורך הגדול מבין שני האורכים.

האפשרות הראשונה היא המועדפת והמתוארת בתרשים 8.3, ובה נשמרים שיפועי הרוחב הדו-צדדיים (הנורמליים) התקינים לכל אורך העקום האנכי, ומתקיימת סימטריות של שתי שפות העקום האנכי לגבי ציר הדרך, וכן פתרון הרחקת המים טוב יותר לאורך הזרוע המשנית. גם באפשרות השנייה, נשמרת צורתו של העקום האנכי במקביל לכל רוחב הדרך, דהיינו בציר ובשפות, ובאפשרות השלישית נשמרת צורת העקום האנכי רק בציר הדרך, ומתעוותת בכל אחת מהשפות. יתרונה של אפשרות זו שהיא יחסית קצרה יותר. לרוב מומלץ השימוש באפשרות 1, ואפשרויות 2 ו-3 לעיל יבוצעו במקרים מיוחדים, בהתאם לתנאים הייחודיים.

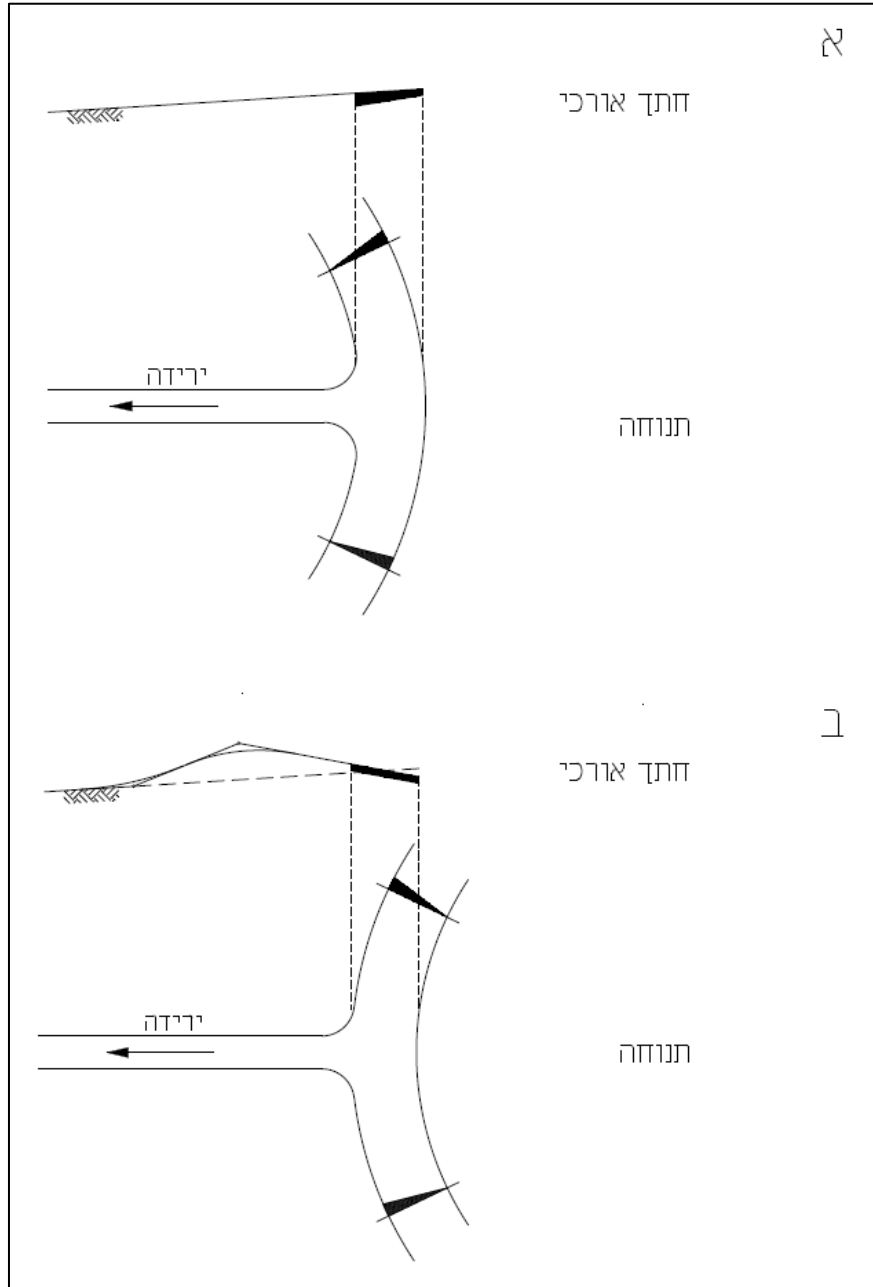
תכן העקומים האנכיים הנוצרים בזרועות הצומת מבוצע כמפורט בסעיף 8.4 לעיל בהנחיות אלו.

#### 8.5.4 התאמת הרומים כשהצומת בעקום אופקי

כאשר הצומת מצוי בתחום עקום אופקי באחת הדרכים, ושיטת התכן משמרת את השיפוע לרוחב דרך זו (ההגבהה הצידיית הנדרשת לעקום האופקי), יש צורך בהתאמת השיפוע לאורך הדרך השנייה, כדי שישתווה לשיפוע הדרוש לרוחב העקום האופקי בתחומי הצומת. בתרשים 8.4 מוצגים שני המקרים האפשריים:

א. כאשר השיפוע לאורך הדרך הישרה הינו בכיוון ההגבהה בעקום האופקי שבדרך השנייה, מבוצעת ההתאמה בחתך לאורך הדרך הישרה, כמתואר בחלק א' של התרשים.

ב. רצוי להימנע מהמקרה בו השיפוע לאורך הדרך הישרה מנוגד לכיוון ההגבהה בעקום האופקי, כמתואר בחלק ב' של תרשים 8.4. במקרה כזה, יש צורך בהתאמה של תוואי הדרך הישרה בעזרת שני עקומים אנכיים מנוגדים, שיתחילו במרחק מספיק מהצומת, כמתחייב מקריטריוני התכן בסעיפים 8.2-8.4.



**תרשים 8.4:** התאמת השיפועים בדרכים כשהצומת בעקום אופקי

לפיכך, ניתן לראות שבעקום אופקי, טבעי יותר לחבר דרך הנמצאת בירידה מהצומת לחלק הפנימי של העקום (תרשים 8.4 א'), ודרך הנמצאת בעלייה מהצומת לחלק החיצוני של העקום.

### 8.5.5 שיטת המישור בהצטלבות

בתכן צומת על-פי שיטת המישור, כמתואר בתרשים 8.5, הופך כל תחום הצומת למישור אחד, המוגדר גיאומטריית על-ידי צירי שתי הדרכים (הזרועות), המובילות אל הצומת. דהיינו: כל השיפועים במישור הצומת נקבעים על-ידי השיפועים לאורך שתי הדרכים הנפגשות. עקב כך, משתנים השיפועים לרוחב כל זרועות הצומת בגבולות "תחום הרומים בצומת", כמוגדר לעיל:

א. **כאשר הדרכים אינן ניצבות**, מחושבים השיפועים לרוחב הדרכים לפי נוסחאות 8.5, 8.6 (ראו תרשים 8.5):

$$[8.5] \quad g'_1 = \frac{g_2 - g_1 \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad \text{השיפוע לרוחב הדרך הראשונה (דרך א')}$$

$$[8.6] \quad g'_2 = \frac{g_1 - g_2 \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad \text{השיפוע לרוחב הדרך השנייה (דרך ב')}$$

- $g_1$ : כאשר: השיפוע (הקבוע) לאורך הדרך הראשונה.
- $g'_1$ : השיפוע המתקבל לרוחב הדרך הראשונה, בתחום מישור הצומת.
- $g_2$ : השיפוע (הקבוע) לאורך הדרך השנייה.
- $g'_2$ : השיפוע המתקבל לרוחב הדרך השנייה, בתחום מישור הצומת.
- $\alpha$ : הזווית בין וקטורי שיפועי צירי הדרכים בכיוון הירידה.

ב. **כאשר הדרכים ניצבות**, השיפוע לרוחב כל אחת מהדרכים שווה בערכו ובכיוונו לשיפוע לאורך הדרך הניצבת לה. (כלומר כאשר  $\alpha=90^\circ$ ,  $g'_1=g_2$ ,  $g'_2=g_1$ ).

שיטת תכינה זו מחייבת ביצוע מעברי שיפועים בכל זרועות הצומת, שיבוצעו כמפורט בסעיף 8.6 להלן.

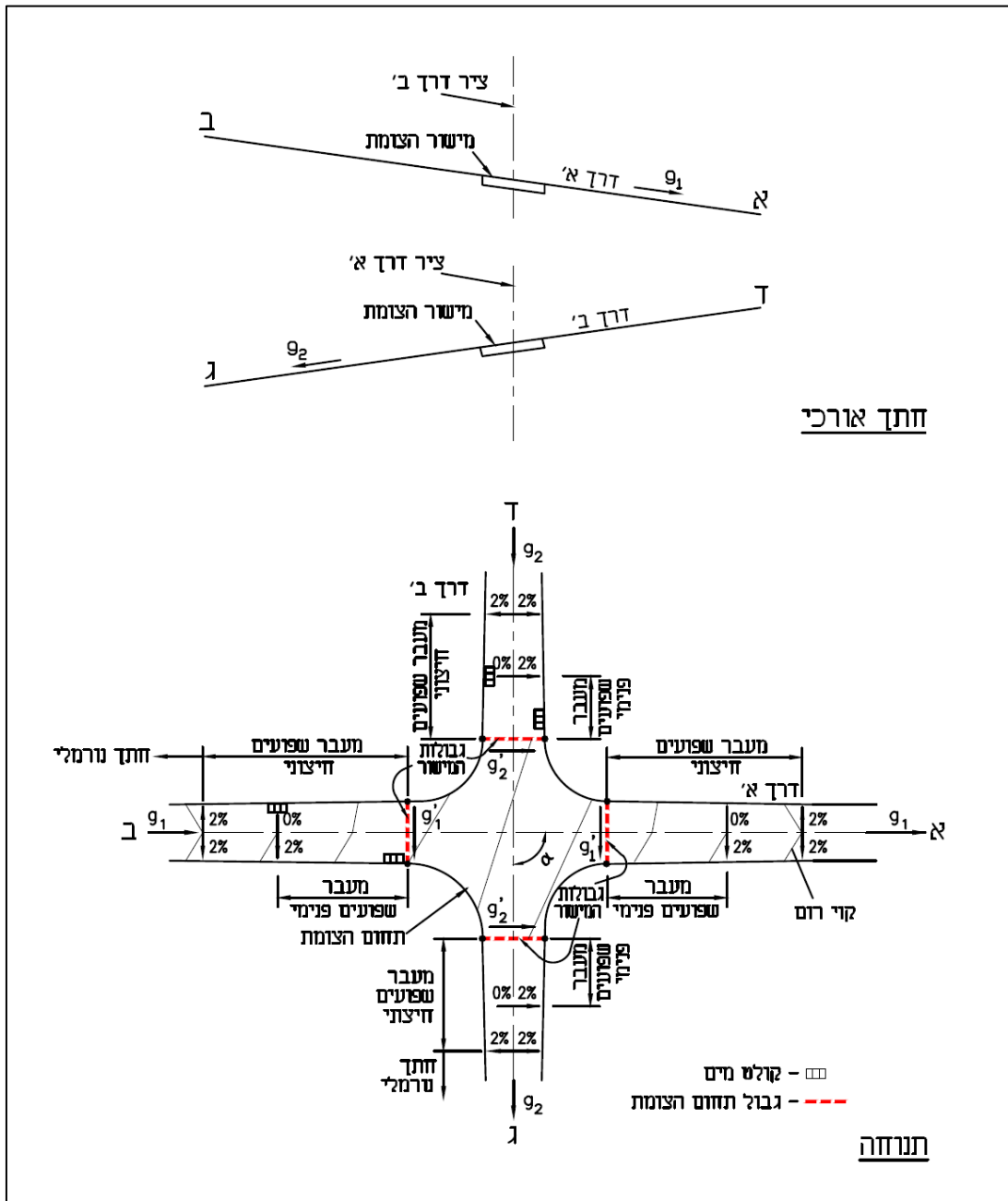
### 8.5.6 שיטת המישור בהסתעפות

**כאשר שתי הדרכים נפגשות בצומת בצורת הסתעפות T**, יכול מישור הצומת להצטמצם לצד אחד בלבד של הדרך העיקרית (בחיבור לדרך המשנית), כמתואר בתרשים 8.6. צמצום שטח המישור אפשרי, בתנאי שהפרש האלגברי הנוצר בקימור ציר הדרך הנמשכת ("שבר"), בין השיפוע לרוחב הדרך הראשונה תחום המישור המצומצם ( $g'_1$ ) לבין השיפוע הרוחבי הרגיל שלה בנתיב השני (2%), לא יעלה על 0.08 (8%) במהירות תכן 30 קמ"ש, ו-0.06 (6%) במהירות תכן 40-50 קמ"ש. אם הפרש עולה על השיעור המרבי, תבוצע שיטת המישור על פני כל תחום הצומת.

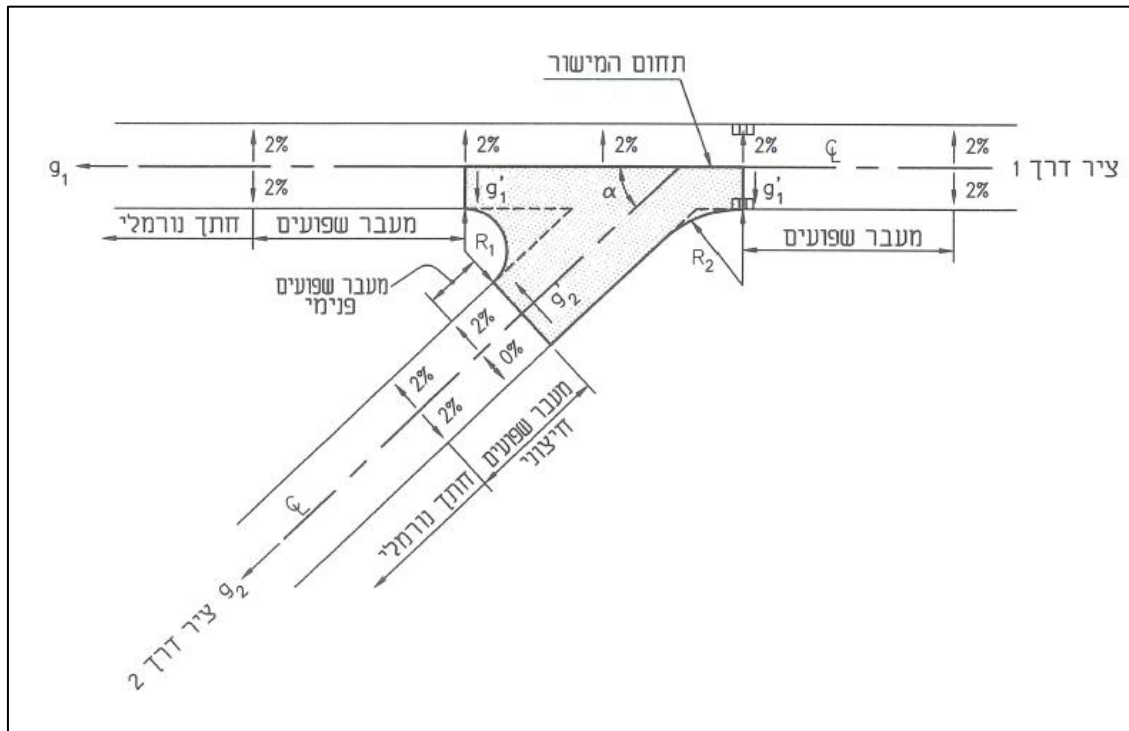
### 8.5.7 השיפוע השקול המרבי בתחום הצומת

השיפוע השקול המרבי בצומת משפיע על קשיי הנהיגה בצומת וכן על הניקוז בצומת.  $g_{\max}$ , השיפוע השקול המרבי בתחום הצומת בכיוון הניצב לקווי הרום, הוא:

$$[8.7] \quad g_{\max} = \sqrt{g_1^2 + g_2^2} \quad \text{כאשר הדרכים ניצבות}$$



**תרשים 8.5:** דוגמה סכמתית לתכן צומת בשיטת המישור



**תרשים 8.6:** מישור מצומצם בהסתעפות T

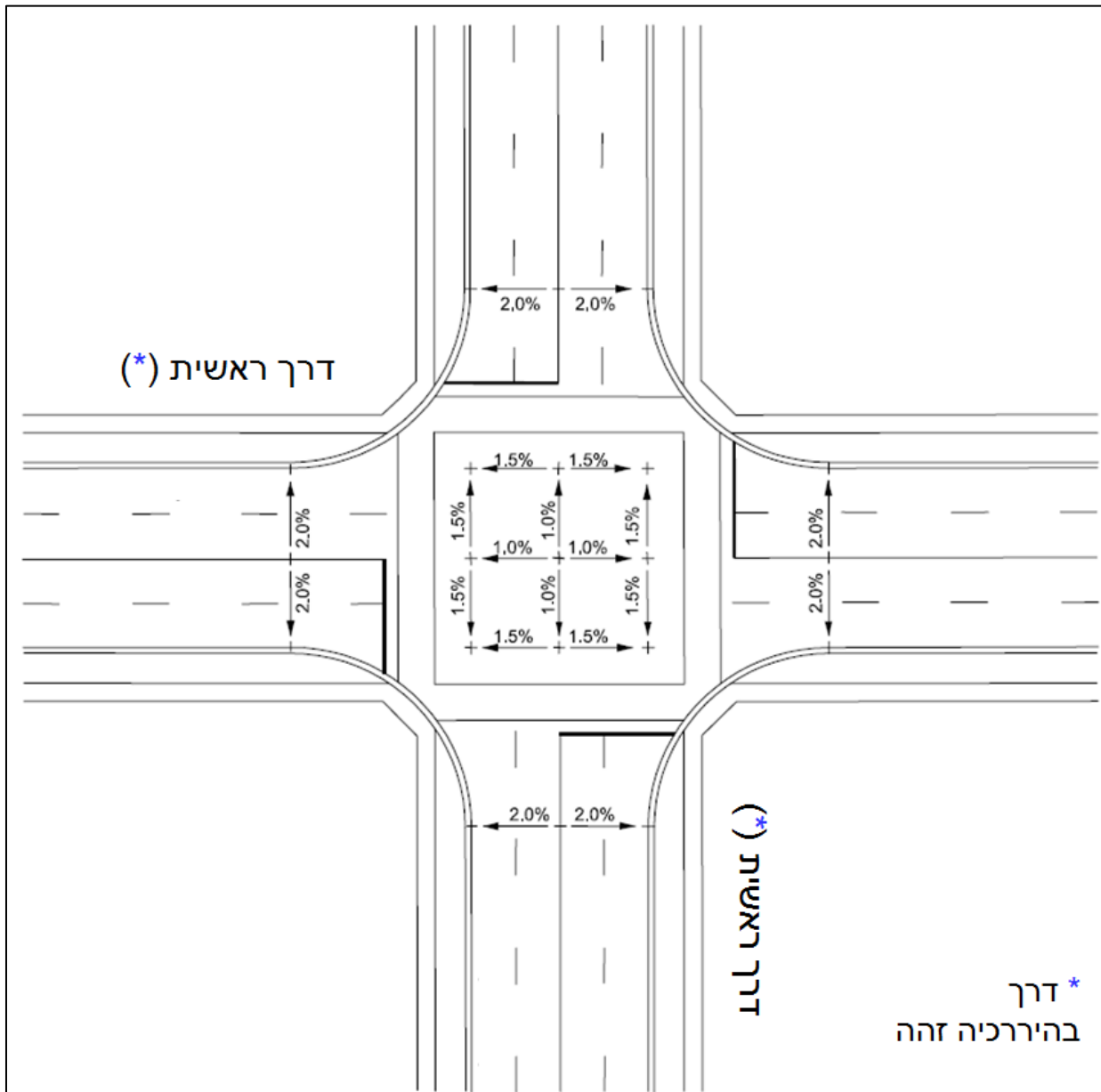
[8.8] 
$$g_{\max} = \frac{\sqrt{g_1^2 + g_2^2 - 2g_1g_2 \cos \alpha}}{\sin \alpha}$$
 כאשר הדרכים אינן ניצבות:

כאשר  $g_1$  ו- $g_2$  הם השיפועים לאורך צירי הדרכים היוצרות את המישור, ו- $\alpha$  היא הזווית בין כיווני הירידה של וקטורי השיפועים לאורך הצירים.

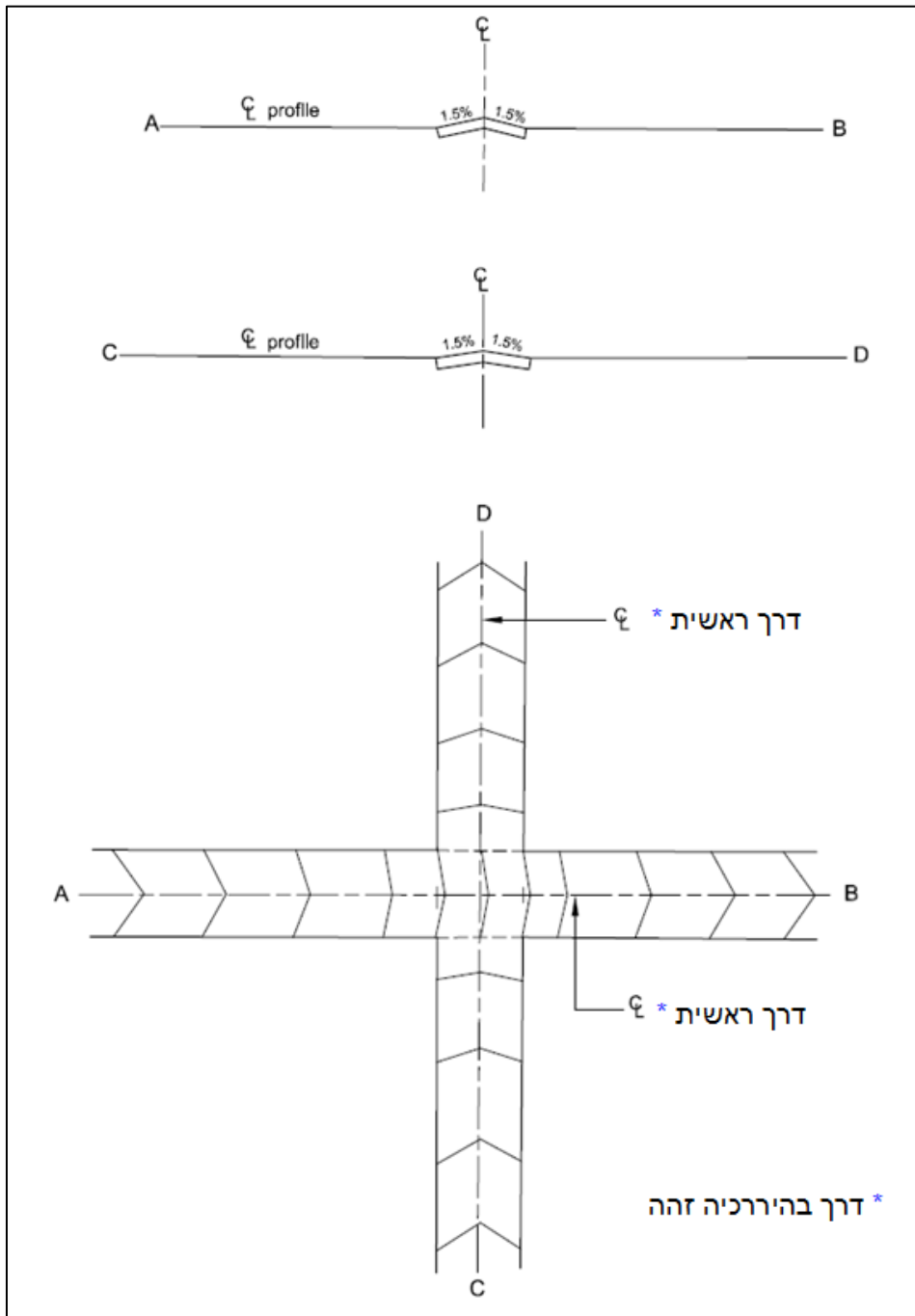
עקב קשיי הנהיגה לפונים בצומת, ובעיקר לפונים בהגבהה הפוכה, רצוי להגביל את ערכו של  $g_{\max}$  בצומת לערכים המרביים המצוינים בטבלה 8.1 בהנחיות עבור הדרך בעלת הסיווג הגבוה מבין השתיים, בתוספת אחוז אחד.

**8.5.8 שיטת הנקודה הגבוהה בין דרכים במדרג דומה (High point method)**

כאשר המפגש בצומת מתבצע בין שתי דרכים במידרג דומה, ניתן לבצע שינויים מקבילים ברומים של כל זרועות הדרכים לקראת הצומת. בשיטה זו, השיפוע הרחבי של שתי הדרכים מותאם לשיפועי רוחב בטווח של 0.5%-2.0% בשני צידי הדרך, על מנת לאפשר נסיעה חלקה של כלי הרכב בתוך הצומת. ניתן לראות את השיפועים הרחביים הנדרשים לתכנון זה בתרשים 8.7, וכן את החתכים לרוחב של הדרך לפי קווי הגובה (רומים) בתרשים 8.8. התרשימים עקרוניים וסכימטיים ללא קנ"מ (מקור TAC – ATC 1999, 2017). ניתן לבצע התאמה של השיפועים לרוחב בתחום 0.5%-2.0% בתנאי השיפועים לרוחב בתחום הצומת זהים לאורך שתי הדרכים הנפגשות (תרשים 8.7), וניתן לאפשר תנועת רכב נוחה במעבר דרך הצומת.



**תרשים 8.7:** דוגמא של התאמת השיפוע לרוחב בצומת במפגש דרכים ראשיות (או במדרג זהה) בשיטת הנקודה הגבוהה (מבוסס על TAC 1999, 2017)



**תרשים 8.8:** חתכים לרוחב ורומים בשתי דרכים במדרג זהה בתכנון הצומת בשיטת הנקודה הגבוהה (מבוסס על 2017, 1999 TAC)

## 8.6 מעברי שיפועים בזרועות הצומת

ביצוע מעבר השיפועים הנדרש בזרועות הצומת צריך להתאים לשיקולי נוחות ובטיחות הנסיעה ולשמירת חזות המיסעה. מעבר השיפועים יבוצע באופן הדרגתי, מהחתך הרחב הדו-צדדי הרגיל בזרועות הצומת, אל החתך המשופע לצד אחד בגבול תחום הצומת.

מעברי השיפועים נדרשים:

- א. בשיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך העיקרית – בזרועות הדרך המשנית בלבד.
- ב. בשיטת המישור – בכל זרועות הצומת המתחברות למישור המשותף.
- ג. בשיטת הנקודה הגבוהה: בכל זרועות הצומת.

כל מעברי השיפועים יבוצעו על-ידי סיבוב המיסעה סביב ציר הכביש. שפת הכביש הינה קצה הנתיב הימני לכיוון הנסיעה (כמפורט בהגדרות  $d_R$ ). תכן מעברי שיפועים מוסבר באופן מפורט בסעיף 5.3 בכרך 1 של הנחיות אלו. הקריטריון הקובע את אורך מעברי השיפועים הוא הקצב המרבי בו ניתן לסובב את המיסעה סביב הציר האורכי של מעבר השיפועים, המבוטא באמצעות השיעור המרבי של שינוי שיפוע שפות הכביש ביחס לציר  $(\Delta_n)$ , הנתון בטבלה 8.5.

המהירויות לתכנון מעברי השיפועים תהיינה בהתאם לסוג הצומת ולזרוע, בהתאם להנחיות בסעיף 8.2.2 לעיל לגבי השיפועים המרביים לאורך.

בכל קטע מעבר שיפועים יש צד ארוך, המכונה גם "חיצוני" (בו משתנה גם כיוון השיפוע לרוחב), וצד קצר, המכונה גם "פנימי" (בו משתנה רק שיעור השיפוע לרוחב), כמתואר בתרשימים 8.3, 8.5, 8.6. יש למקם את מעבר השיפועים מחוץ לתחום הצומת, וכן לבחון את השפעת נתיבי-העזר הנדרשים בצומת על תכנון מעברי השיפועים, כולל מיקום שוחות הקליטה ופתרונות הניקוז. האורך המזערי של מעברי השיפועים (L) מחושב לפי הנוסחאות:

$$[8.9] \quad L = \frac{(W \cdot n) \cdot (g'_i + 2\%)}{\Delta_n(\%)} \quad \text{הצד הארוך (החיצוני):}$$

$$[8.10] \quad L = \frac{(W \cdot n) \cdot |g'_i - 2\%|}{\Delta_n(\%)} \quad \text{הצד הקצר (הפנימי):}$$

כאשר: L – האורך המזערי למעבר השיפועים (מ')

W – רוחב נתיב הנסיעה, בדר"כ רוחב סטנדרטי 3.6 מטר

n – מספר הנתיבים המחושב בין ציר הסיבוב לבין שפת הסיבוב:

בזרוע דרך-דו-נתיבית:  $n=1$  כאשר ציר הסיבוב סימטרי, אחרת יחושב כמו בדו-מסלולית להלן

בזרוע דרך-מסלולית: הערך n מחושב ככפולה של רוחב הנתיב W (ערך n המתקבל לא חייב להיות מספר שלם, היות שזה לא בהכרח זהה למספר נתיבי הנסיעה לכיוון), כמוצג בנוסחה שלהלן;  $n=d_R/W$

- $d_R$  – המרחק מציר הסיבוב לשפת הסיבוב (מטר). ציר הסיבוב הינו בדרך כלל ציר הדרך (מרכז המיסעה בדרך דו-נתיבית ומרכז המפרדה בדרך מחולקת). שפת הסיבוב הינה קצה הנתיב הימני
- $g'_i$  – השיפוע לרוחב בזרוע הצומת בתחום הצומת באחוזים (מסומן בתרשימים 8.3, 8.5 כ- $g'_1, g'_2, g'_3$ )
- 2% – השיפוע הנורמלי לרוחב בחתך הרגיל בזרוע הצומת (%)
- $\Delta_n$  – ההפרש המרבי של שיפוע השפה ביחס לציר הדרך (%), מטבלה 8.5

לפירוט עקרונות הגדרות ומרכיבים של חישוב מעבר השיפועים, ראו כרך 1 פרק 5 סעיף 5.3.

בכרך 1 פרק 5 מוצגים הפרמטרים לחישוב מעבר השיפועים בדרכים דו-מסלוליות בהתאם לרוחב המפרדה. טבלה 8.4 להלן מציגה את המרחקים מציר הסיבוב ( $d_R$ ), מספר הנתיבים המשוקלל מציר הסיבוב ( $n$ ), ומקדמי התיקון לקיצור מעבר השיפועים ( $\delta_w(n)$ ) כתלות ברוחב המפרדה, בהנחה שציר הסיבוב ממוקם במרכז המפרדה, ורוחב הנתיב הינו 3.6 מטר. ערכי התכן בטבלה נלקחו מערכי התכן המוצגים בכרך 1 (טבלה 5.7 פרק 5) לחתך דרך דו-מסלולית עם מפרדה צרה, ולחתך דרך דו-מסלולית עם מפרדה רחבה (הכוללת עמודי תאורה).

טבלה 8.5 מציגה את ערכי  $\Delta_n$  (%) בין ציר הדרך וקצות המיסעה (קצה הנתיב הימני) בצמתים כתלות במהירות התכן, לדרך דו-נתיבית (חד-מסלולית), ולדרכים דו-מסלוליות עם מפרדה צרה או רחבה. ערכי התכן בטבלה זו מאומצים מערכי כרך 1 (טבלה 5.6 פרק 5).

### **טבלה 8.4:** מקדמי התיקון $\delta_w(n)$ ל- $\Delta_n$ לחישוב אורך מעבר השיפועים עד תחום שטח הצומת

עבור החתכים הטיפוסיים לדרך דו-מסלולית ( $n > 1$ ) במבואות הצומת

מקדם תיקון $\Delta_n$ -ל- $\delta_w(n)$	מספר נתיבים משוקלל $^*(n)$	מרחק מציר הסיבוב (אמצע המפרדה) $d_R$ (מ') <sup>*</sup>	רוחב מפרדה (מ')	חתך דרך דו-מסלולית
0.705	2.444	8.8	3.2	ארבע-נתיבית, מפרדה צרה (חתך כדוגמת תרשים 3.1 בכרך 1)
0.691	2.611	9.4	4.4	ארבע-נתיבית, מפרדה רחבה (חתך כדוגמת תרשים 3.3 בכרך 1)

\* מקדם תיקון  $\delta_w(n)$ : פרוט בכרך 1 סעיף 5.3.2.

**טבלה 8.5:** הפרש שיפוע מרבי מותר ( $\Delta_n$ ) בין ציר הדרך וקצות המיסעה בתלות במהירות התכן (%) בצמתים

מהירות התכן (קמ"ש)*								סוג דרך
100	90	80	70	60	50	40	30	
0.43	0.46	0.50	0.56	0.64	0.67	0.70	0.75	דו-נתיבית (וערך בסיסי לחישוב $\delta_w$ )
0.610	0.653	0.710	0.795	–	–	–	–	ארבע-נתיבית, מפרדה צרה (חתך כדוגמת תרשים 3.1 בכרך 1)
0.622	0.665	0.723	0.810	–	–	–	–	ארבע-נתיבית, מפרדה רחבה (חתך כדוגמת תרשים 3.3 בכרך 1)

\* לפי מהירות התכן, למעט בזרועות המשניות בהסתעפויות, שיתוכנו לפי מהירות התקרבות של 40 קמ"ש בדרך ראשית או אזורית, ו-30 קמ"ש בדרך מקומית.

## 8.7 הסדרי ניקוז

הסדרי ניקוז המים באזור הצומת נעשים בהתאמה לתכן הרומים ומעברי השיפועים. בצמתים בהם יש אבני-שפה, מדרכות ואיי-תנועה בנויים, קיימת זרימת מים על-פני הכביש לאורך השפוט. כאשר יש אבני-שפה בתחום מעברי השיפועים, עשויה להיות זרימת מים לרוחב הכביש, באזור השינוי, בכיוון השיפוע לרוחב בזרוע. לפיכך, באזורי צמתים בהם קיימים מכשולים לזרימת המים לשולי הדרך, יש למקם התקני תפיסות מים (קולטנים או מגלשים) לפי העקרונות הבאים, כמתואר בתרשימים 8.3, 8.5, 8.6:

- א. קולטנים ימוקמו ליד אבן השפה לפני הכניסה לתחום הצומת, כך שלא יזרמו לצומת מים שמקורם מחוץ לה. אין למקם פתחי-ניקוז ליד אבן השפה בקשתות ברדיוסים קטנים.
  - ב. במעברי השיפועים, הקולטנים ימוקמו בשפה החיצונית בצד בו משתנה כיוון השיפוע לרוחב הדרך (מעבר שיפועים חיצוני), כדי למנוע ככל הניתן זרימת מים לרוחב המיסעה, כמוצג בתרשימים 8.3, 8.5.
  - ג. בצמתים המתוכננים לפי שיטת שמירת השיפוע לרוחב בציר העיקרי, ימוקמו קולטנים בתחתית העקום האנכי הקעור שבקרבת הצומת (זרוע ג' בתרשים 8.3), כאשר הוא תחום באבני שפה או במכשולים אחרים לזרימת המים.
  - ד. יש להרחיק את שוחות הקליטה ממעברי החצייה, כך שהמים יקלטו לפחות מטר לפני הגעתם למעבר החצייה. ככלל, תכנון הניקוז ייעשה במשולב עם תכניות התימרור והסדרי התנועה, להבטחת ההבחנה בסימון ובניתוב, ולבדיקת השפעת הסדרי הניקוז על כלל משתמשי הצומת.
- לפרוט נוסף בנושא הניקוז, ראו הנחיות לתכנון ניקוז של נתיבי ישראל (בגירסה מעודכנת).

## פרק 9: תנועת אופניים בצמתים

### תוכן עניינים

9-1	מבוא	9.1
9-1	כללי	9.1.1
9-2	עקרונות התכן לאופניים בדרכים בין-עירוניות	9.1.2
9-2	שילוב שבילי אופניים בצמתים בין-עירוניים	9.2
9-2	עקרונות לשילוב בצמתים	9.2.1
9-3	אופן חציית אופניים בצמתים	9.2.2
9-5	פרטי הפיתוח באזור הצומת	9.2.3
9-6	מעברים מתנועת אופניים בקטע לתנועתם בצומת	9.3
9-6	מבוא	9.3.1
9-6	פתרונות למעבר שביל אופניים בין-עירוני (הפרדה ג')	9.3.2
	פתרונות למעבר נתיב אופניים בין-עירוני (הפרדה ב')	9.3.3
9-7	דרכים חד-מסלוליות במהירות ייעוד 50-70 קמ"ש) מקטע לצומת	

## פרק 9: תנועת אופניים בצמתים

### 9.1 מבוא

#### 9.1.1 כללי

כיום מקודמות תוכניות לשילוב שבילי אופניים גם במרחב הבין-עירוני, כחלק ממדיניות העברת משתמשי הדרך לאמצעי תחבורה אישיים ונגישים יותר, שאינם תלויים רק ברכב הפרטי. במסגרת מדיניות זו, הוכנה על ידי חברת נתיבי ישראל "תכנית אב לשבילי אופניים ליוממות בדרכים בינעירוניות" (ירון עברון הנדסה, 2018), המפרטת עקרונות תכן ומתודולוגיה לקביעת סדר העדיפויות לפיתוח שבילי אופניים ברשת הדרכים הבין-עירונית. פרק 9 בכרך 1 בהנחיות אלו לתכן גיאומטרי של דרכים, מתאר את מאפייני תנועת האופניים בקטעי דרך, ובפרק 9 בכרך 3 (מחלפים), מתואר אופן שילוב תנועת האופניים בסביבות מחלפים. הפרק שלפניכם עוסק בשילוב תנועת האופניים בצמתים הבין-עירוניים, בדגש על שתי סוגיות עיקריות: (1) הפתרון התנועתי לשילוב רצועות האופניים בצומת, כולל מתן אפשרויות חצייה משותפות או נפרדות עם הולכי-רגל, ו-2) אופן המעבר מהחתך הטיפוסי בקטע דרך לחתך המותאם לצומת.

חלק מהמאפיינים של תנועת האופניים בצמתים הבין-עירוניים דומים במהותם למאפייני התכנון בתחום העירוני, כיוון שעיקר התכנון בצומת מתמקד בניהול הניגודים בין התנועות השונות, ובמתן נגישות לזרועות השונות של הצומת. בדומה לצמתים עירוניים, גם במרבית הצמתים הבין-עירוניים יתוכננו, לפחות בחלק מהזרועות, מדרכות בקרבת הצומת, לצורך מתן נגישות ובטיחות לתנועת הולכי-הרגל אל תחנות האוטובוס (ראו פרק 10). על כן, הפרק להלן מתבסס בעיקר על ספר ההנחיות "תנועת אופניים" מתוך ההנחיות לתכנון רחובות בערים (משהת"ח, 2020), עם עדכונים והסתייגויות בכל הקשור למאפיינים הייחודיים של הצמתים ברשת הדרכים הבין-עירונית לעומת העירונית, כגון: חתך נתיב אופניים בגירסה הבין-עירונית, מיקום שביל האופניים יחסית לשול, מהירויות הרכב, הנפחים של משתמשי הדרך השונים, התקני הבטיחות, וכו'. ראו גם "מדריך למתכנן – היבטי נגישות והנגשה בתכנון מבני דרך, מחלפים וקטעי דרך", נת"י, 2018.

בכל תכנון תשתית לאופניים בצמתים בין-עירוניים, יש להתחשב במיקום הצומת ברשת התשתיות לאופניים. שביל האופניים יתוכנן לרוב לאורך הדרך העיקרית. אופן מעבר תנועת האופניים בצומת אל הזרועות המשניות תלוי בקיום תשתיות לאופניים בהמשך אותן הזרועות, וכן בקיום שימושי קרקע אחרים בהמשך הזרוע, כגון כניסה ליישוב כפרי.

קיים קושי ביצירת המשכיות רציפה לתשתיות האופניים בין שביל המשכי לשביל ניצב לו, וזאת במיוחד בצמתים מרומזרים שבהם שבילי האופניים דו-סיטריים בצד אחד של הדרך. לכן, יש לשקול את מדרג השבילים בזרועות הצומת כחלק מההחלטה על רציפות תנועת האופניים בצומת. בחלק מהמקרים, יידרשו רוכבי האופניים לבצע את המעבר בין השבילים דרך תשתיות הולכי-הרגל (מדרכות ומעברי חצייה), ובייחוד במעבר בין שבילי אופניים ניצבים, לדוגמה מדרך עיקרית לדרך חוצה או לדרך משנית.

התרשימים המוצגים בפרק זה מציגים דוגמאות סכמתיות בלבד לשילוב שבילי אופניים בצמתים בין-עירוניים. ייתכנו מקרים נוספים שבהם יהיה צורך לשלב בין המאפיינים המוצגים, או לבחון פתרונות אחרים. בכל מקרה של תכנון שביל אופניים, יש לבחון את התכנון בהתאם לעקרונות המפורטים בפרק זה.

לפתרונות לתנועת אופניים במעגלי תנועה, ראו סעיף 11.15 בפרק 11 בסוף הכרך.

## 9.1.2 עקרונות התכנון לאופניים בדרכים בין-עירוניות

פרק 9 בכרך 1 התייחס לשילוב תנועת האופניים בקטעי דרך. לפי כרך 1, מהירויות התכנון לאופניים בשטח בין-עירוני מוגדרות כ-30 קמ"ש במישור, ועד 50 קמ"ש בשיפועי ירידה לאורך של 4% ומעלה. סיווג תנועת האופניים בקטעי הדרך הינו לפי רמות הפרדה, כאשר רמת הפרדה א' (ללא הפרדה) אינה מותרת בדרך בין-עירונית. במרבית המקרים ברשת הדרכים הבין-עירונית, יתוכננו שבילי אופניים דו-סיטריים בהפרדה ג' – הפרדה פיזית או מרחבית מהכביש, ובפרט בדרכים חד-מסלוליות עם נפח גבוה או מהירויות תכן גבוהות, ובדרכים דו-מסלוליות. במקרים מסוימים, בדרכים חד-מסלוליות עם נפחי תנועה נמוכים ומהירות ייעוד/מותרת של 50-70 קמ"ש, ניתן לשקול תכנון של תנועת אופניים לפי הפרדה ב' בהתאם לתצורה המתאימה לדרך בין-עירונית – נתיבי אופניים על המיסעה מעבר לשול (תרשים 9.2 בכרך 1).

כאשר לאורך הדרך קיימות מדרכות – לרוב בגישות ליישובים או באזורים מטרופולינים, תנועת האופניים תתוכנן ככלל לפי הפרדה ג', בשל אופי החיבור בין אזורים בין-עירוניים לאזורים עירוניים. שבילי האופניים יתוכננו במידת האפשר בצד הרחוק של המדרכה, כך שהמדרכה תהווה חייץ בין הכביש לבין רוכבי האופניים (ראו סעיף 9.4.1 ג' בכרך 1 להרחבה בנושא). במקרים מסוימים, ניתן גם לתכנן את תנועת האופניים לפי הפרדה ב' (נתיב אופניים מעבר לשול כמתואר לעיל), במידה שהאזור המתוכנן מתאים להצדק לנתיב אופניים בדרך בין-עירונית חד-מסלולית (כרך 1 תרשים 9.2), וכן לשיקולי התכנון המפורטים לרמת הפרדה זו בהנחיות העירוניות.

## 9.2 **שילוב שבילי אופניים בצמתים בין-עירוניים**

### 9.2.1 עקרונות לשילוב בצמתים

בפרק 10 סעיף 10.2 יתוארו עקרונות ניהול תנועת הולכי-הרגל בצומת, בדגש על אופן חצייתם בסוגי הצמתים השונים. חציית האופניים בצמתים בין-עירוניים מתנהלת באופן דומה ומשיקולים דומים, כמפורט להלן:

- רוכבי האופניים הם משתמשי דרך פגיעים, בדומה להולכי-הרגל.
- תנועת האופניים מתנהלת במהירויות גבוהות יותר מאשר תנועת הולכי-הרגל.

משמעות מאפיינים אלה היא, שרוכבי האופניים עלולים להגיע לאזור החצייה ולאזור הניגוד עם התנועה המנועית במהירות גבוהה הרבה יותר מאשר הולכי-הרגל, ולהפגיע את הנהגים. כאשר ניגוד זה אינו מנוהל ע"י רמזור, הן רוכבי האופניים והן הנהגים נדרשים לקבל החלטות אשר תלויות ביכולתם לראות

זה את זה, לשפוט את מרחקי הנסיעה והבלימה, ולנהוג בהתאם להבנתם את הסדרי זכות הקדימה בצומת. בדרכים מחוץ לעיר, כלי-הרכב נוסעים במהירויות גבוהות יותר, מרחקי הראות הנדרשים ארוכים יותר, וכן חומרת הפגיעה במקרה של תאונה גבוהה יותר.

באזור הצומת, המהירויות הצפויות לאופניים תהיינה נמוכות יותר ממהירויות האופניים בשבילי האופניים לאורך קטעי הדרך, אם בשל הרדיוסים הנדרשים בשבילים בגישה לצומת, ואם בשל הצורך של רוכבי האופניים במתן זכות קדימה ובקבלת פערים לקראת החציות (בהסתעפויות לא מרומזרות), או בזיהוי פנסי הרמזור (בצמתים מרומזרים). לכן, התכנון יתבסס על ההנחה שמהירות התכן לאופניים (או בקירוב מהירות הרכיבה הטיפוסית של אופניים) בגישה לצמתים לא תעלה על 25 קמ"ש. במהירות זו, מרחק הראות לעצירה לרכב אינו עולה על 30 מ' (גם במיסעה רטובה).

לצורך צמצום אזורי הניגודים בצמתים וריכוז פעילות משתמשי הדרך הפגיעים, לא יתוכננו חציות אופניים בנפרד מתכנון אזורי החצייה הכולכי-הרגל בצמתים. חציית אופניים בצמתים תתוכנן תמיד בסמוך למעברי החצייה הכולכי-הרגל. בנוסף, כיוון שבאזור הצומת ישולבו בדרך-כלל מדרכות ואי-תנועה בנויים לטובת תנועת הכולכי-הרגל, וכן בשל הסיכון המוגבר בצמתים בשל ריבוי נקודות הניגוד, תנועת האופניים בצמתים בין-עירוניים תהיה בהפרדה ג' בלבד, כך שגם נתיבי אופניים בשול ייפכו לשבילי אופניים בהפרדה ג' באזור הצומת – האופניים יחצו במעברי חצייה בלבד, בין אם כמעבר חצייה לאופניים או משותף עם הכולכי-הרגל, בהתאם למתואר בסעיפים הבאים. סעיף 9.3 דן באופן המעבר של רצועות האופניים מקטעי הדרך לאזור הצמתים.

## 9.2.2 אופן חציית אופניים בצמתים

בכל צומת הכולל תנועת הכולכי-רגל ומדרכות, תנאי מקדים לסימון מעבר חצייה נפרד לאופניים יהיה סימון מעברי החצייה הכולכי-הרגל. בצומת לא מרומזר, כאשר מתוכנן להולכי-הרגל מקום חצייה בלבד, ללא סימון ותימור, הסדר זה יהיה משותף לאופניים ולהולכי-הרגל. במקומות בהם קיימת תשתית ייעודית לרוכבי אופניים, ובפרט במקומות בהם מתוכננים מעברי חצייה נפרדים לאופניים, יש להבטיח במפרדה המרכזית רוחב מזערי של 2.80 מ', הכולל את מרווחי הבטיחות הגדולים יותר לאופניים הממתינים מהתנועה הבין-עירונית, המתבצעת במהירויות גבוהות יותר ביחס לתנועה העירונית. יש לוודא שרוחב זה מתקיים בתחום המיועד להמתנה במפרדה בכל הצמתים בהם מתוכננת תשתית הכוללת אופניים. צמתים בין-עירוניים בהם קיימת תנועת אופניים בלבד ללא תנועת הכולכי-רגל, מהווים מקרה חריג, ויטופלו בכל מקרה לגופו, בהתחשב בשיקולים המפורטים בפרק זה.

### א. בהסתעפויות לא מרומזרות:

1) חציית הדרך המשנית: לרוחב הדרך המשנית תתוכנן חצייה נפרדת לאופניים לצורך רציפות שביל אופניים המשכי בדרך העיקרית. במקרים אלה, יש לסמן בסמיכות לחציית האופניים את מעברי החצייה הכולכי-הרגל.

בנתיבים אליהם מגיעה תנועה מהדרך העיקרית העלולה להגיע במהירויות גבוהות, יש להרחיק את חציית האופניים אל מאחורי חציית הכולכי-הרגל. לכן, חציית האופניים בהסתעפויות לא מרומזרות תהיה לרוב בחלק הפנימי של הזרוע המשנית, ביחס לחציית הכולכי-הרגל. זאת מתוך ההנחה שבזרוע

המשנית, כלי-הרכב המגיעים מאיטים לקראת הצומת לצורך מתן זכות קדימה לכלי-הרכב בדרך העיקרית. סימון שביל האופניים בחלק הפנימי של הזרוע המשנית יהיה בדומה למסומן בתרשים 9.1 בהסתעפות מרומזרת.

(2) **חציית הדרך העיקרית:** לפי סעיף 10.2 בפרק הבא, בהסתעפויות שאינן מרומזרות, לא יסומנו בדרך-כלל מעברי חצייה להולכי-רגל בחציית הדרך העיקרית. במקרים אלה, לא תסומן גם חצייה נפרדת לאופניים, מאותם שיקולי בטיחות (ראו סעיף 9.2.1 לעיל, וכן סעיף 10.2 לשיקולים הרלוונטיים לחציית הולכי-רגל). בצמתים בהם מתוכנן מקום חצייה בלבד ללא סימון מעבר החצייה (811), מקום זה ישמש גם את רוכבי האופניים, כך שרוכבי אופניים יתנהגו במתכונת הולך-רגל בזמן החצייה. בצמתים שבהם אין לאפשר חציית הולכי-רגל בדרך העיקרית, אין לאפשר גם חצייה של תנועת אופניים, ויש לבחון פתרונות חלופיים לפי העקרונות המפורטים בסעיף 10.2.

עם זאת, באזור מבונה, בהסתעפויות לא מרומזרות בדרכים עיקריות חד-מסלוליות, במהירות תכן שאינה גבוהה מ-80 קמ"ש (מהירות מותרת שאינה עולה על 70 קמ"ש), אם יסומנו מעברי חצייה להולכי-רגל גם בדרך העיקרית (ראו סעיף 10.2), ניתן לשקול סימון חצייה נפרדת לאופניים בהתאם לתנאים הבאים:

- בהסתעפות המתוכננת מתקיימים כל תנאי הראות הנדרשים בצומת, כולל מתן מרחקי ראות בין רוכבי האופניים לבין כלי-הרכב שבתנועות המתנגדות לחצייה.
- ההסתעפות נמצאת בשטח מבונה, כאשר לפניו ואחריו קיימים צמתים או תוואי גיאומטרי/טופוגרפיה שאינם מעודדים פיתוח מהירויות מופרזות בדרך העיקרית.
- הסדרי זכות הקדימה בהסתעפות ברורים מכל הזרועות, לכל המשתמשים, ומעוגנים בתקנות התעבורה.
- החצייה נדרשת לצורך מתן רציפות בין שבילי האופניים, לרוב בין שביל אופניים בדרך העיקרית לשביל אופניים בדרך המשנית.
- יתוכננו איים בנויים במרכז שני הכבישים להגנה על החוצים, בהתאם להמלצות בספר הולכי-הרגל בהנחיות לתכנון רחובות (2020), וברוחב המתאים להמתנת אופניים (ראו רוחב מפרדה נדרש בתחילת סעיף זה).

בשאר המקרים, חציית האופניים תתבצע כך שרוכבי אופניים יתנהגו במתכונת הולך-רגל בזמן החצייה.

#### **ב. במעגלי תנועה**

חציות האופניים יתוכננו לפי סעיף 11.15 בפרק 11 בסוף הכרך, או לפי ההנחיות לתכנון רחובות בערים, פרק 5 בספר "תנועת אופניים" (משהת"ח, 2020).

#### **ג. בצמתים מרומזרים:**

חציות האופניים יתוכננו לפי העקרונות שבהנחיות לתכנון רחובות בערים, פרק 5 בספר "תנועת אופניים" (משהת"ח, 2020), וכן לפי ההנחיות לתכנון רחובות (בהכנה). עם זאת, בצמתים בין-עירוניים מרומזרים, תתוכנן חציית הצומת עבור שבילי האופניים כמעברי חצייה לאופניים בלבד (רמזורי 720-721 עם שני פנסים), ולא באמצעות רמזורי 727-729 עם שלושה פנסים, וזאת לשם הפרדה בין רוכבי האופניים לבין כלי-הרכב הנוסעים במהירויות גבוהות בדרכים בין-עירוניות, ובשל הקושי החזוי להבחין ברמזורי 727-729 מהמרחק הנדרש.

במפגש שבילי אופניים דו-סיטריים בשתי הדרכים בצומת מרומזר, לרוב לא יהיה ניתן לספק מעבר חצייה מרומזר לאופניים בכל זרועות הצומת. לכן, בחציות אופניים בהצטלבויות מרומזרות עם שתי דרכים במדרג גבוה, תנועת אופניים תעבור בצומת כמעבר חצייה לאופניים, בהתאם לתוואי שביל האופניים במבואות ובמוצאי הצומת. בשאר הזרועות (דרכן לא עובר תוואי שביל האופניים), ניתן לתכנן מעברי חצייה מרומזרים משותפים עם הולכי-הרגל ומורחבים בהתאם לצורך (4-5 מ').

#### ד. מפלס רצועת אופניים בתחום הצומת

בתחום הצומת, מפלס שביל אופניים בין-עירוני יהיה כמפלס השול או המדרכה אליו הוא סמוך, בהתאם לפתרון החציות בצומת. בתחום איי התנועה, מפלס שביל האופניים יהיה כמפלס המעבר להולכי-רגל.

#### ה. מעברים תחתיים

בצמתים בהם יש ביקוש לחציית הכביש ע"י הולכי-רגל ואופניים ולא ניתן לאפשר חצייה במפלס הצומת, יתוכננו מעברים תחתיים משותפים, בהתאם לעקרונות ולפרטים ב"מדריך למתכנן – היבטי נגישות והנגשה בתכנון מבני דרך, מחלפים וקטעי דרך" (נת"י, 2018).

### 9.2.3 פרטי הפיתוח באזור הצומת

כאשר מדובר על שבילי אופניים בצומת בודד, או כאשר לא צפוי ריבוי הולכי-רגל במדרכות, ובשונה מהמלצות התכנון באזורים עירוניים, הפרדת שבילי האופניים מהולכי-הרגל באזור הצומת תהיה חזותית, ע"י פרטי פיתוח, וכן ע"י הגוונה ירוקה באזורי הניגוד, לפי ההנחיות בספר "תנועת אופניים" בהנחיות לתכנון רחובות בערים (2020), ולפי המפרט להגוונה ירוקה של הועדה להתקני תנועה ובטיחות. לא תידרש הפרדה פיזית אופקית או אנכית בין שביל האופניים לבין הולכי-הרגל. הבדלה באמצעות פרטי הפיתוח, הגוונת השביל, ושינוי מפלס שביל האופניים עם אבן שפה מונמכת (ראו גם סעיף 9.3), מדגישים ומתריעים בפני רוכבי האופניים על כניסתם לאזורי הניגוד בצומת. עם זאת, באזורים עירוניים או במעבר הדרך באזור בנוי, מומלץ לבצע הפרדה פיזית בין שביל האופניים והמדרכות, כמפורט בהנחיות לתכנון רחובות בערים.

באזורי הממשק בין תחום בין-עירוני לתחום עירוני, יש לבצע תיאום של החתכים הטיפוסיים בזרועות הצומת, כולל רוחב שביל האופניים, מיקומו בחתך הדרך, אופי ההפרדה מהולכי-הרגל, ומיקום אזורי המעבר מחתך טיפוסי בין-עירוני בצומת לחתך טיפוסי עירוני בזרועות בהן יש ממשק עם אזור עירוני. מעברים אלה יתרחשו לרוב בזרוע המשנית של צומת בין-עירוני באזור הפיכת הדרך לעירונית, ויש להרחיקם ככל הניתן משאר אזורי הניגוד בצומת. במידה וקיימים שימושי קרקע לאורך הזרוע המשנית, יש להתחשב בהם בתכנון אזור המעבר ובאופן הפיכת השביל מבין-עירוני לעירוני, או להיפך. הגוונת שביל האופניים לאורך המדרכה תימשך כל עוד אין הפרדה אופקית או אנכית מהולכי-הרגל, דהיינו עד תחילת ההפרדה המתוכננת בחתך הטיפוסי העירוני בהתאם להנחיות לתכנון רחובות בערים.

בצמתים בין-עירוניים בהם צפוי נפח גבוה של רוכבי אופניים והולכי-רגל (לדוגמא, ראו פרק 10 בנושא אינטנסיביות תחבורה ציבורית, המעודדת פעילות הולכי-רגל בצומת וכן תחנות מרובות פעילות), יש לבחון את פרטי התכנון בהתאם לנפחי תנועות האופניים והולכי-הרגל בדומה להנחיות התכנון העירוניות,

כמפורט בהנחיות לתכנון רחובות בערים, ספרים "תנועת אופניים" ו"תנועת הולכי-רגל" (2020). כמו כן, כאשר הצומת הבין-עירוני מהווה חלק ממערכת מטרופולינית גדולה יותר, פרטי הפיתוח של שבילי האופניים יתוכננו לפי תשתית האופניים במערכת המטרופולינית.

## 9.3 מעברים מתנועת אופניים בקטע לתנועתם בצומת

### 9.3.1 מבוא

המעברים מהחתך הטיפוסי בקטע הדרך למתכונת תנועת האופניים בצומת, תלויים במיקום תשתית האופניים בחתך הטיפוסי של הדרך, כדלקמן: (1) שביל אופניים (על פתרונויות השונים, להלן) או נתיב אופניים; בקטע דרך במבואות ומוצאי הצומת; (2) האם מעבר תשתית האופניים חופף למעברי חצייה להולכי-רגל, או שאין מעברי חצייה.

המעברים של תשתית האופניים מקטע דרך (החתך הטיפוסי) לאזור הצומת, תלויים בפתרון המוצע לשביל האופניים בחתך הטיפוסי. סוגי החתך הטיפוסי שממנו עוברים לצומת כמפורט בכרך 1 הינם:

- מעבר משביל אופניים, הפרדה ג' – שביל החופף לרוחב הפעיל של מעקה הבטיחות (אם מיושם), או מעבר לתעלת ניקוז, או מחוץ לאזור המפלט (כרך 1 סעיף 9.5.2).
- מעבר מנתיב אופניים בין-עירוני, הפרדה ב' – נתיב על המיסעה מעבר לשול, בדרכים חד-מסלוליות עם נפח תנועה נמוך ומהירויות יעוד נמוכות (כרך 1 סעיף 9.5.1).

כמו כן, בתכנון המעבר יש לבחון את מיקום תחנות האוטובוס, התקני הבטיחות הנדרשים בצומת, ותשתיות נוספות בסביבת הצומת, כגון תעלות ניקוז.

### 9.3.2 פתרונות למעבר שביל אופניים בין-עירוני (הפרדה ג') מקטע לצומת

החתכים הטיפוסיים המתאימים להפרדה ג' – שביל אופניים, מפורטים בסעיף 9.5.2 ובתשימים 9.5 ו-9.6 בכרך 1. שבילי האופניים יהיו לרוב דו-סיטריים, אך יכולים להיות גם חד-סיטריים, בהתאם לתכנון מערך השבילים באזור.

בהתקרבות שביל האופניים לאזור הצומת, יוצמד השביל לשול הימני, ויעבור בצמוד למדרכה לאחר מכן. העלייה של שביל האופניים למדרכה תתבצע דרך אבן שפה מונמכת בסמוך למדרכה, כך ששביל האופניים יוכל להמשיך במפלס המדרכה או במפלס אחר.

ההפרדה תתבצע ע"י פרטי פיתוח והגוונה בלבד, כיוון שבצמתים בין-עירוניים לא צפויים הולכי-רגל רבים באזור הצומת. עם זאת, בצמתים בעלי אופי עירוני או מטרופוליני, בהם צפויים נפחים גבוהים של הולכי-רגל, יש לתכנן את פרטי שביל האופניים באזור הצומת בהתאם להנחיות העירוניות (ראו סעיף 9.2.3 לעיל להרחבה בנושא).

9.1 תרשים מציג סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי דו-מסלולי בחפיפה עם הרוחב הפעיל, כאשר השביל עובר בצד הקרוב לדרך המשנית, וחוצה אותה במקביל למעברי החצייה להולכי-הרגל, כפי שהוסבר בסעיף 9.2.2. הרוחב המומלץ של שביל האופניים 3.5 מ', בתוספת 0.2 מ' מרווח ממעקה הבטיחות.

תרשימים 9.2 ו-9.3 מציגים סכימת שביל אופניים בצד הרחוק מהדרך המשנית, בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי דו-מסלולי: התוויית שביל האופניים מחוץ לאזור המיפלט (L) לפי חתך טיפוס בקטע דרך אל תחום הצומת (בהיסט 1:6). בתרשים 9.2 בציר המשני אין תשתית לאופניים, לכן לא תוכננה חציית הציר העיקרי לאופניים, והם יחצו כהולכי-רגל. בתרשים 9.3 יש תשתית לאופניים בציר המשני, ולכן מתוכנן גם מעבר לחציית הדרך העיקרית.

מעברי האופניים בסמיכות לתחנות האוטובוס יטופלו בהתאם למפורט בסעיף 5.7 "מפגש בין אופניים לתחנות אוטובוס" בספר תנועת האופניים (2020). במעבר שביל האופניים בגב תחנת האוטובוס אין צורך במעקה הפרדה להולכי-רגל בגב התחנה.

בכל אזור הצומת, המדרכה מהווה חיץ בין התנועה המנועית לבין שביל האופניים. כאשר מסתיימת המדרכה המיועדת לגישה לתחנת האוטובוס, יש להחזיר את השביל לחתך הטיפוסי שבו קיימת הפרדה פיזית או מרחבית בין שביל האופניים לבין התנועה המנועית, על מנת לוודא ששביל האופניים נשאר בהפרדה ג' לאורך כל הצומת, ואינו חשוף לכניסה ספונטנית של כלי-רכב. התרשימים מדגישים את הצורך בהפרדה זו לאחר סיום מדרכת תחנת האוטובוס ולפני החזרה לחתך הטיפוסי.

### 9.3.3 פתרונות למעבר נתיב אופניים בין-עירוני (הפרדה ב', דרכים חד-מסלוליות במהירות ייעוד 50-70 קמ"ש) מקטע לצומת

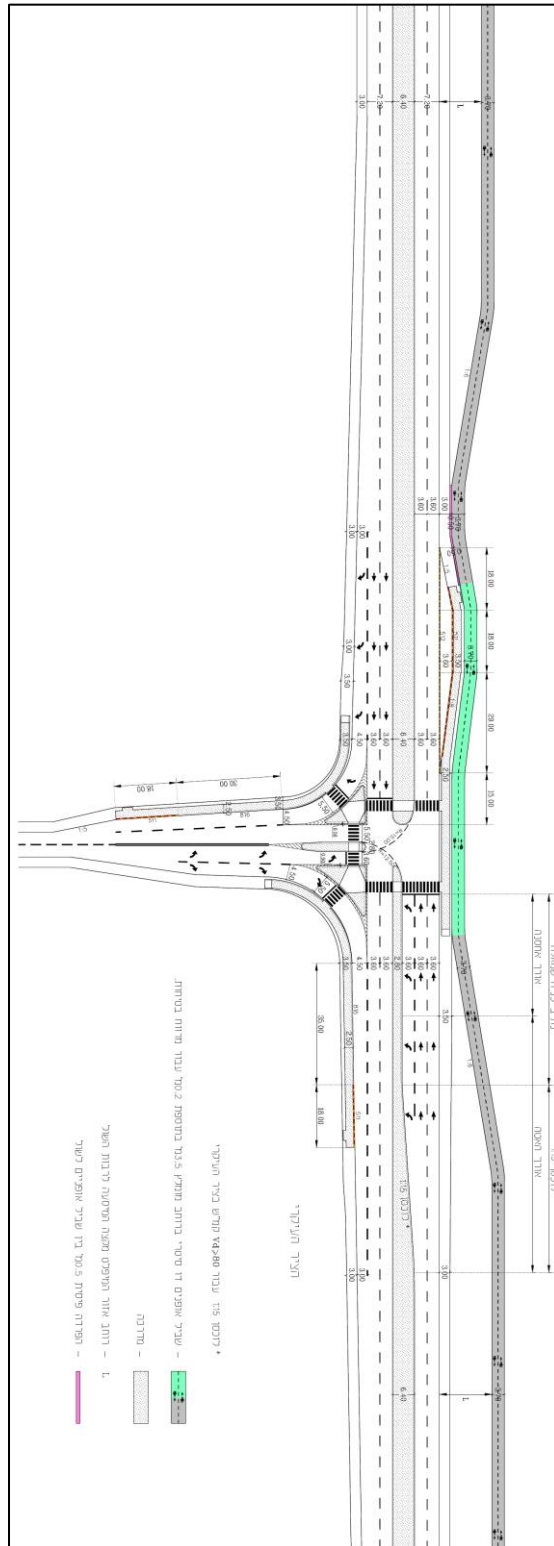
מאפייני החתכים הטיפוסיים המתאימים להפרדה ב' – נתיב אופניים (בגרסתו הבין-עירונית), מפורטים בסעיף 9.5.1 ובתרשימים 9.3-9.4 ו-9.7-9.8 בכרך 1. בחתכים אלה, רוחב נתיב האופניים הנמצא מעבר לשול 1.5-2.0 מ', כלומר משמאל למעקה הבטיחות (אם זה נדרש). בנוסף נדרש עוד מרווח בטיחות של 0.2 מ' מנתיב האופניים למכשולים נמוכים הסמוכים מימינו, כגון מעקה הבטיחות.

באזור הצומת, נתיב האופניים ממשיך דרך אבן שפה מונמכת בסמוך למדרכה.

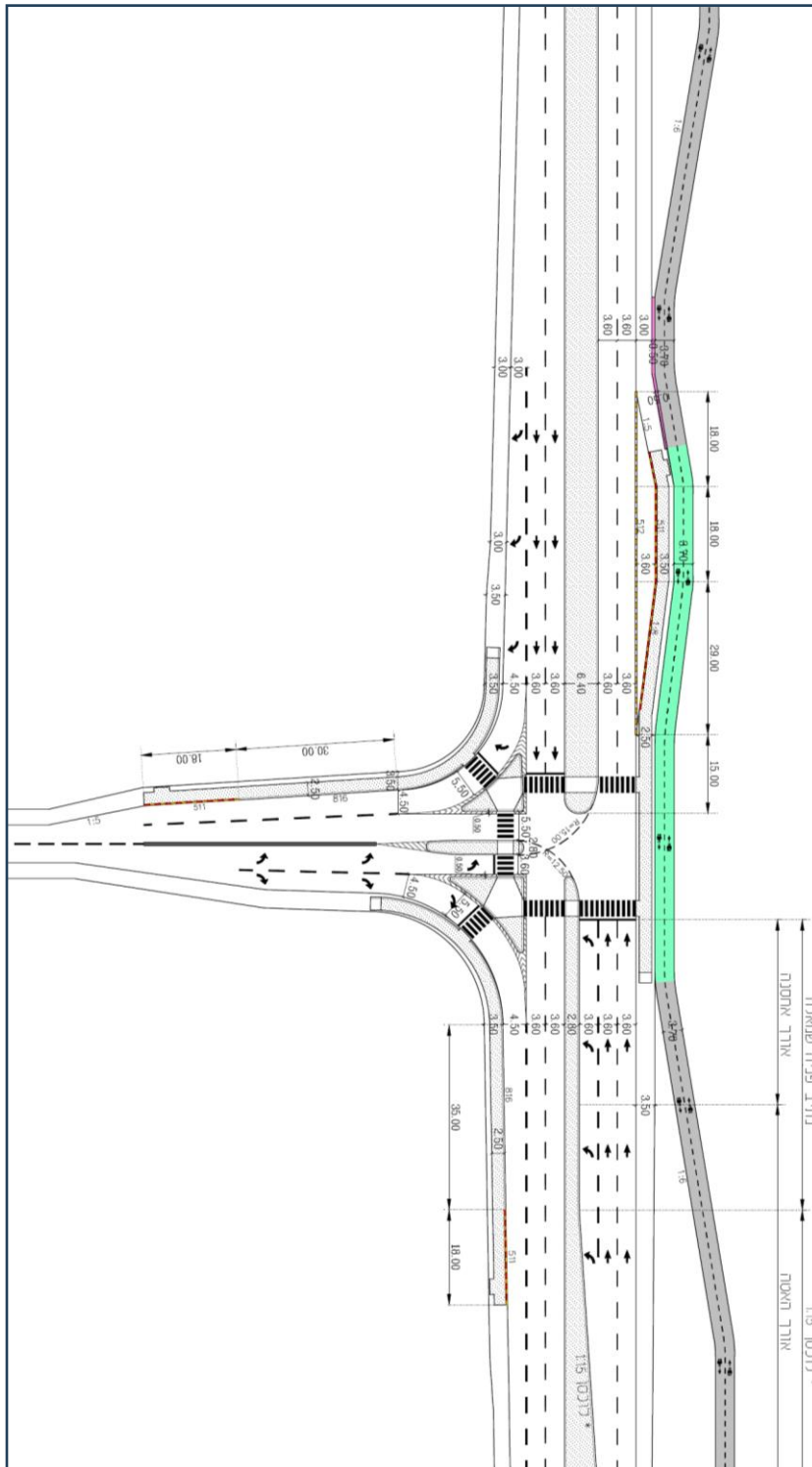
תרשים 9.4 מציג סכימת נתיב אופניים בין-עירוני בהסתעפות לא מרומזרת בציר עיקרי חד-מסלולי מבונה, עם תחנת אוטובוס במפרץ ומעברי חצייה. בדוגמא זו לא מתוכננת חציית אופניים נפרדת בדרך העיקרית (בהתאם לעקרונות המפורטים בסעיף 9.2.2), כיוון שאין תשתית לאופניים בדרך המשנית. מעבר החצייה להולכי-רגל בציר העיקרי הורחב ל-4.0 מ' לשימוש משותף עם רוכבי האופניים (רוכבי אופניים חוצים במתכונת הולכי-רגל). ההגוונה לאורך שביל האופניים נמשכת כל עוד שביל האופניים מקביל למדרכות (בהנחת אזור באופי עירוני או בנוי בצומת), ועד סיום אזור הרחבת הצומת במקום בו מתקיימת חזרה לחתך הטיפוסי של הדרך ומסתיימות המדרכות.



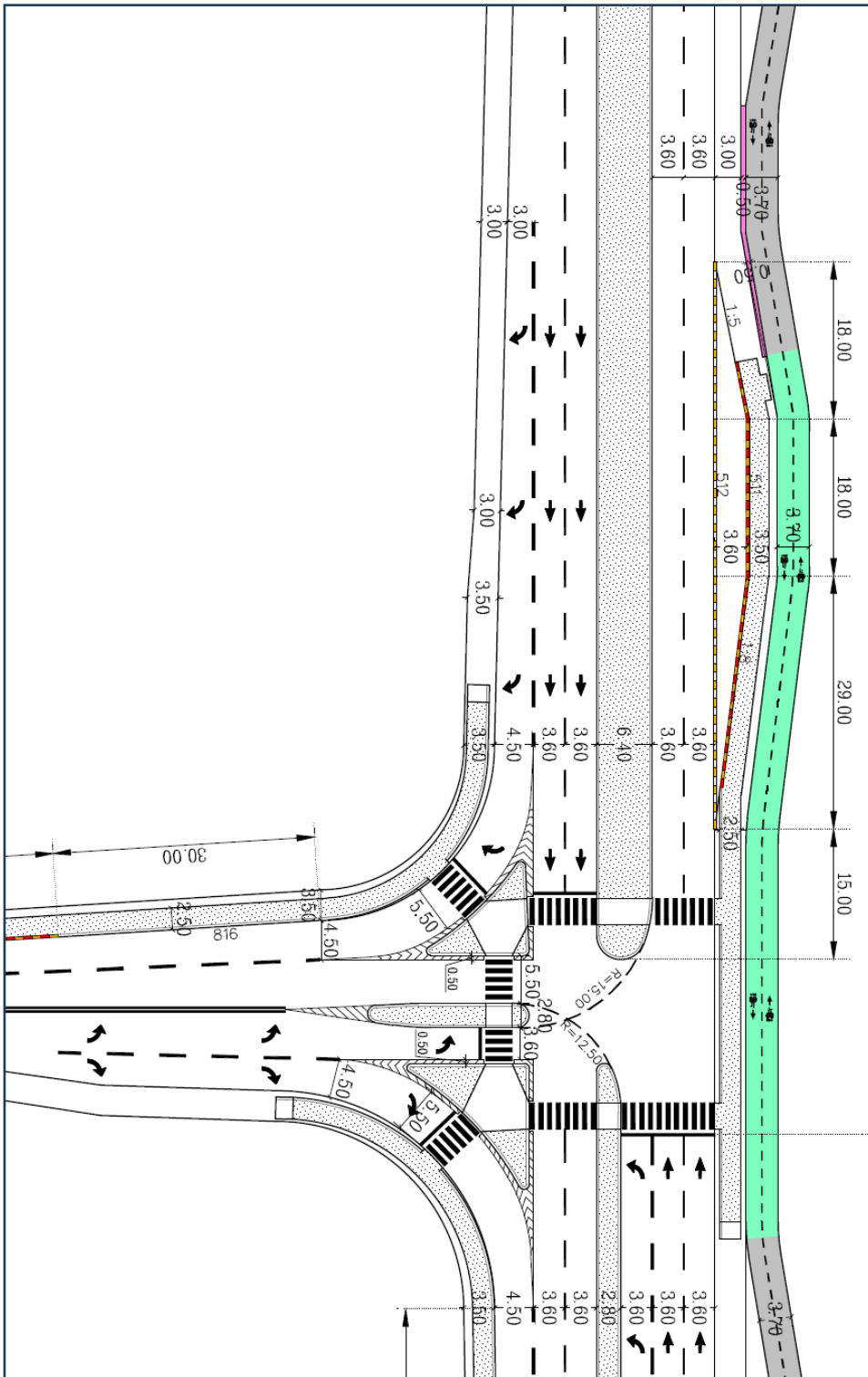




**תרשים 9.2:** סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי דו-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ, במעבר מחוץ לאזור המפלט בקטע דרך אל תחום הצומת



**תרשים 9.2 א': הגדלה (1) של סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי דו-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ, במעבר מחוץ לאזור המפלט בקטע דרך אל תחום הצומת**

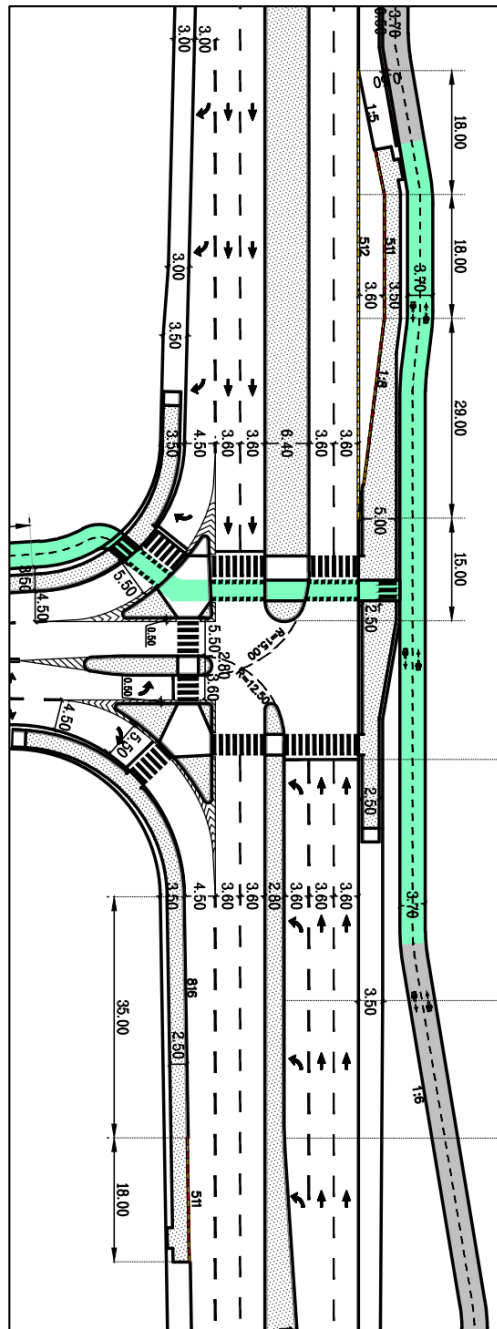


**תרשים 9.2 ב': הגדלה (2) של סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי דו-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ, במעבר מחוץ לאזור המפלט בקטע דרך אל תחום הצומת**



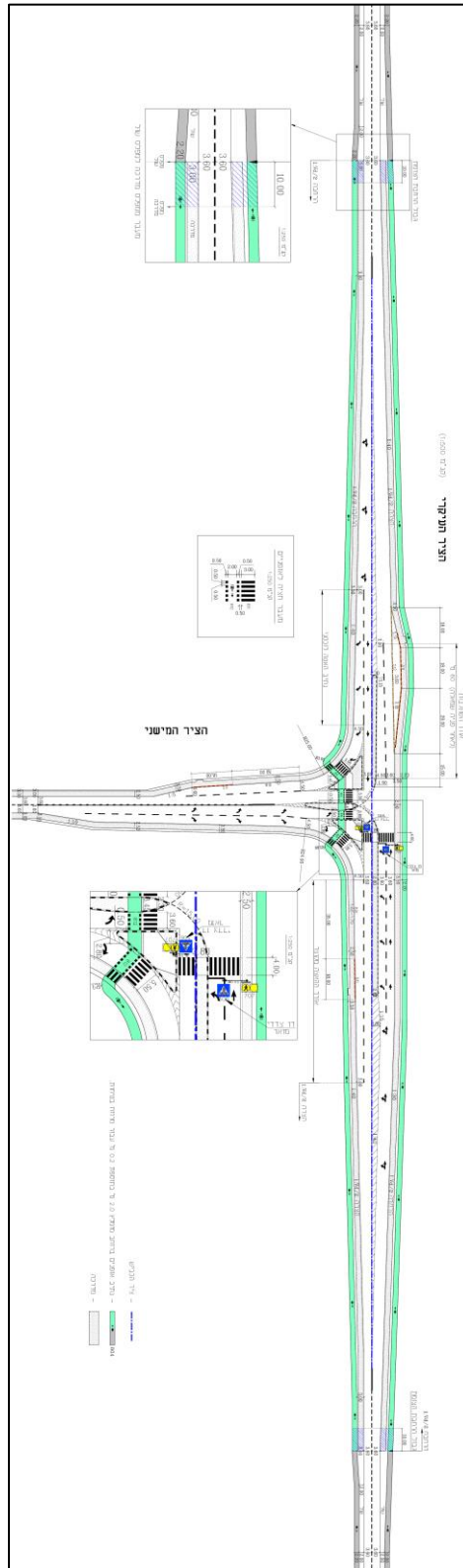
**תרשים 9.2 ג': הגדלה (3) של סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי דו-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ, במעבר מחוץ לאזור המפלט בקטע דרך אל תחום הצומת**





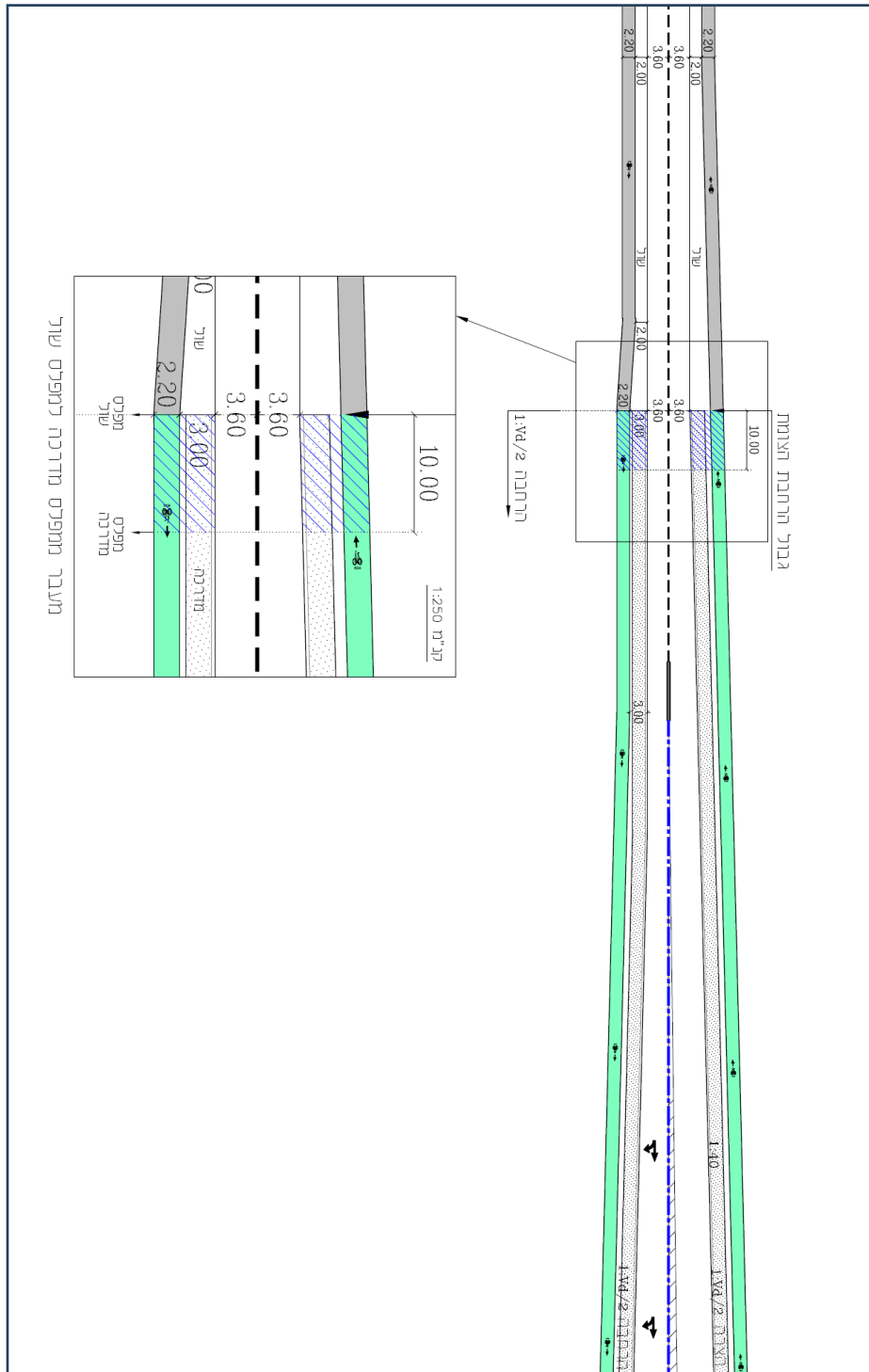
**תרשים 9.3 א': הגדלה של סכימת שביל אופניים בהסתעפות מרומזרת בציר עיקרי דו-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ, חציית אופניים נפרדת בציר העיקרי וחיבור לשביל אופניים בזרוע המשנית**

כאשר ההסתעפות הלא מרומזרת מתוכננת ללא מעברי חצייה כלל, נתיב האופניים ייקטע לפני הזרוע המשנית, כך שישוּם שטח משותף של מדרכה ושביל אופניים (228), המוביל למקום חצייה משותף להולכי-רגל ואופניים המודגש בפרטי פיתוח בלבד. חציית האופניים את הזרוע המשנית תהיה במקביל להולכי-הרגל.



**תרשים 9.4:** סכימת נתיב אופניים בהסתעפות לא מרומזרת בציר עיקרי בין-עירוני חד-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ ומעברי חצייה (אזור מבונה)





**תרשים 9.4 ב': הגדלת אזור מעבר ממדרגה באזור המבונה לשול של סכימת נתיב אופניים בהסתעפות לא מרומזרת בציר עיקרי בין-עירוני חד-מסלולי עם תחנת אוטובוס במפרץ ומעברי חצייה (אזור מבונה)**

## פרק 10: תחבורה ציבורית והולכי-רגל בצמתים

### תוכן עניינים

10.1	תחנות אוטובוס בצומת	10-1
10.1.1	העקרונות המוצגים בפרק זה	10-1
10.1.2	שיקולים למיקום התחנות באזור הצומת	10-2
10.1.3	סוגי תחנות האוטובוס בצומת ושיקולים בתכנון	10-2
10.1.4	פרטי התכן הגיאומטרי של מפרץ התחנה ותחנה בנתב ההאצה	10-13
10.1.5	תחנות בצמתים מדורגים	10-14
10.2	הולכי-רגל בצמתים	10-20
10.2.1	נגישות ובטיחות הולכי-רגל בצומת	10-20
10.2.2	חציית הולכי-רגל	10-21
נספח 10א'	הצעה להגדרת אינטנסיביות פעילות תח"צ בתחנות בין עירוניות	10-25
נספח 10ב'	ראות להולכי-רגל בהסתעפויות לא מרומזרות	10-26

## פרק 10: תחבורה ציבורית והולכי-רגל בצמתים

### 10.1 תחנות אוטובוס בצומת

#### 10.1.1 העקרונות המוצגים בפרק זה

בדרכים בין-עירוניות שאינן מהירות, תחנות האוטובוסים מרוכזות בדרך-כלל בקרבת צמתים עם דרכים אחרות, עם דרכי-גישה ועם התחברויות לשימושי-קרקע המהווים מוקדי משיכה. מיקום זה מאפשר לרכז באזור הצומת את ריכוז המעברים בין אמצעי התחבורה השונים, ואת פעילות הולכי-הרגל הנלווית אליהם. התחנות בקטעי-דרך יתוכננו לפי פרק 10 בכרך 1 (2018), ותחנות האוטובוס בדרכים ממחלפות ובתחומי מחלפים, יתוכננו בהתאם לפרק 10 של כרך 3 (2018).

נחיצות תחנות האוטובוסים ומספר העמדות הנדרש בכל תחנה, ייקבעו בתיאום עם הרשות לתח"צ והמפקחים על התעבורה, בהתאם למערך מסלולי הקווים העוברים בצומת ולרישיונות הקווים. מאפייני שירות התחבורה הציבורית באוטובוסים באזור הבין-עירוני מפורטים ב"הנחיות לתכנון ותפעול שירות תחבורה ציבורית באוטובוסים" (משהת"ח, 2016). כאשר קיימת פעילות רבה של אוטובוסים בצירי הדרכים הנפגשות, יש לבחון הצדק להסדר העדפה לתחבורה הציבורית לפי אותן ההנחיות. כמו כן, כאשר הצומת משמש כמוקד לפעילות רבה של תח"צ, לתחילת קווים וסיימם, וכיו"ב, יש לבחון את הצורך במסוף מיוחד לתח"צ בקרבת הצומת (בהתחברות מזרוע הצומת), שישמש לריכוז המעברים בין הקווים (ראו פירוט בסעיף 10.2.5 בכרך 3: "תחנות מסוג 4 – ריכוז תחנות מעבר"). פתרון זה יתוכנן לכל צומת לגופו.

כרכים 1 ו-3 של הנחיות אלו מציגים גם עקרונות להסדרי העדפה לתחבורה ציבורית בקטעי דרך ובמחלפים. הפתרונות בצמתים שיוצגו בפרק להלן מיועדים בעיקר לצמתים עם הסדרי תנועה רגילים, הפתרונות הגיאומטריים להסדרי התנועה ולתכנון התחנות להסדרי ההעדפה השונים לתח"צ (נת"צ, מת"צ, נר"ת) לא נכללים בפרק זה, וזאת בשל מורכבותם הרבה והשילוב עם העדפה בניהול התנועה. הסדרים אלה נגזרים מתוך ההנחיות הייעודיות של מת"ח, כגון חלק ב' של "הנחיות לתכנון נתיבים לתחבורה ציבורית" של האגף לתכנון תחבורתי מ-1998, "הנחיות לתכנון נתיבים לתעבורת אוטובוסים מהירה (תאו"מ – BRT)" – מהדורה שניה (2018), "הנחיות לתכנון נר"ת – נתיבים לרכב רב-תפוסה" (2019). צמתים עם הסדרי העדפה לתח"צ יהיו בדרך כלל מרומזרים ומרובי נתיבים – לפירוט בנושא זה ראו "כללים מנחים לשילוב מערכות הסעת המונים ברמזורים", 2008, והנחיות לרמזורים (בהכנה).

שילוב צרכי התחבורה הציבורית בתכנון הצומת, בשילוב עם הפתרונות לתנועת הולכי-רגל שמיקום התחנות מייצר, יהיה אחד מהשיקולים החשובים בתהליך תכנון הצומת ובבחירת סוג הפתרון ההנדסי, כפי שפורט בפרקים 2 ו-3 לעיל, ולכן תכנון צרכי התחבורה הציבורית צריך להשתלב כבר בשלבי התכנון המוקדמים של הצומת.

לשילוב תחבורה ציבורית והולכי רגל במעגלי תנועה, ראו סעיפים 11.15-11.16 בפרק 11 בסוף הכרך.

## 10.1.2 שיקולים למיקום התחנות באזור הצומת

בצמתים בין-עירוניים, תחנות אוטובוס ללא הסדרי העדפה בקרבת הצומת עדיף למקם אחרי הצומת בכיוון נסיעתו של הרכב, זאת מתוך השיקולים הבאים:

א. **השפעה על בטיחות הולכי הרגל:** מיקום התחנה אחרי הצומת מאפשר קירבה גדולה יותר למעברי החצייה בצומת, לעומת מיקומה לפני הצומת, שמוגבל באפשרויות הפיתרון אם נדרשים נתיבי עזר ונתיבי פנייה נפרדים ימינה לקראת הצומת. כאשר התחנה ממוקמת אחרי הצומת, האוטובוס אינו מסתיר לנהגים שמאחוריו את מעבר החצייה בדרך העיקרית, ואת התנועה בנתיב הסמוך, ואין הפרעה או הסתרה בין האוטובוס לבין החוצים.

ב. **הפרעה לתנועה:** עצירת האוטובוס בתחנה ותמרוני הכניסה והיציאה אינה מפריעים לשאר התנועות בזרוע ההמשכית. כמו כן, בצומת מרומזר, האוטובוס יכול להשתלב בחזרה בצומת בצל שלבי הרמזור.

ג. **שיקולי ראות:** מיקום התחנה אחרי הצומת מונע הסתרה של תמרורים ורמזורים לקראת הצומת, ואינו מפריע למשולשי הראות הנדרשים לתנועה היוצאת שמאלה מהזרוע המשנית.

ד. **שיקולי תפעול:** ניתן לתכנן תחנה משותפת לכל הקווים המגיעים מזרועות שונות וממשיכים לאותו כיוון.

בתחנות רגילות ללא הסדרי העדפה, אפשר למקם, במקרים יוצאים מן הכלל, תחנות אוטובוסים לפני הצומת, וזאת בעיקר בגלל מהלך קווי האוטובוסים והקשר ביניהם. תחנה לפני הצומת נועדה למקרה בו עיקר מעבר הנוסעים הוא לתחנה בזרוע הניצבת באותו צד, מבלי שיחצו את הצומת. בכל תכנון צומת, יש להתחשב במיקום התחנות הנדרשות בכל כיווני הנסיעה, ובמאפייניהן התפעוליים והגיאומטריים. כאשר לא ניתן לספק את צרכי התחבורה הציבורית ומשתמשיה, יש לבחון חלופות תכנון לצומת.

## 10.1.3 סוגי תחנות האוטובוס בצומת ושיקולים בתכנון

בתכנון תחנות אוטובוס בצמתים בין-עירוניים, יש להתחשב בכמות המתוכננת של האוטובוסים המעלים ומורידים נוסעים בזרועות הצומת. בצמתים אלה, רבים מהקווים הם לשירות בין-עירוני ואזורי, ורבים מהאוטובוסים מגיעים ממהירויות נסיעה גבוהות בדרך העיקרית. כמו כן, זמני הקליטה ממושכים יותר בגלל שהאוטובוסים הבין-עירוניים מועטי דלתות ואינם נמוכי-רצפה, ובשל הצורך להעלות ולהוריד מטען מהאוטובוס או להכניסו לתא המטען התחתון. על כן, **הנחיות אלו מתייחסות לשני סיווגים עיקריים של תחנות – תחנות רגילות, ותחנות מרובות פעילות תח"צ.**

הגדרת התחנות כתחנות אוטובוס רגילות או כתחנות מרובות פעילות תחבורה ציבורית תתבצע בהתאם להנחיות משרד התחבורה התקפות בעת התכנון, כגון סעיפים 3.4.1.3 ו-3.4.1.4 ב"הנחיות לתכנון ותפעול שירות תחבורה ציבורית באוטובוסים" (משהת"ח, 2016) – ראו נספח 10א' להגדרת רמת הפעילות בתחנות.

ניתן גם לבחון את מספר העמדות בתחנה, כאשר נדרש לתכנן שתי עמדות או יותר משיקולי קיבולת, לפי מסמך הטיטה "הנחיות להכנת פרוגרמות למתקני תשתית לתפעול תחבורה ציבורית באוטובוסים"

(משהת"ח, 2021). אפיון התחנות הוא בדומה לכרך 3 העוסק במחלפים (טבלה 10.2 בכרך 3), כאשר תחנה רגילה מוגדרת באינטנסיביות נמוכה עד בינונית, ותחנה מרובת פעילות תח"צ מאופיינת באינטנסיביות גבוהה. בנוסף, יש לבחון את אופי הפעילות בתחנות הנמצאות בקרבת מוקדי פעילות רבה של תחבורה ציבורית, כגון תחנות מרכזיות, תחנות רכבת או מתח"מים, וכן מוסדות חינוך, בתי חולים, בסיסי צה"ל, ועוד, שכן במוקדים אלה צפויה התקבצות של יציאות אוטובוסים בשעות השיא, וכן פעילות נוסעים משמעותית בתחנות. הצעה להגדרות אינטנסיביות לפעילות תח"צ בתחנות בין עירוניות מצורפת בנספח 10א'.

### **סוגי תחנות אוטובוס בצומת**

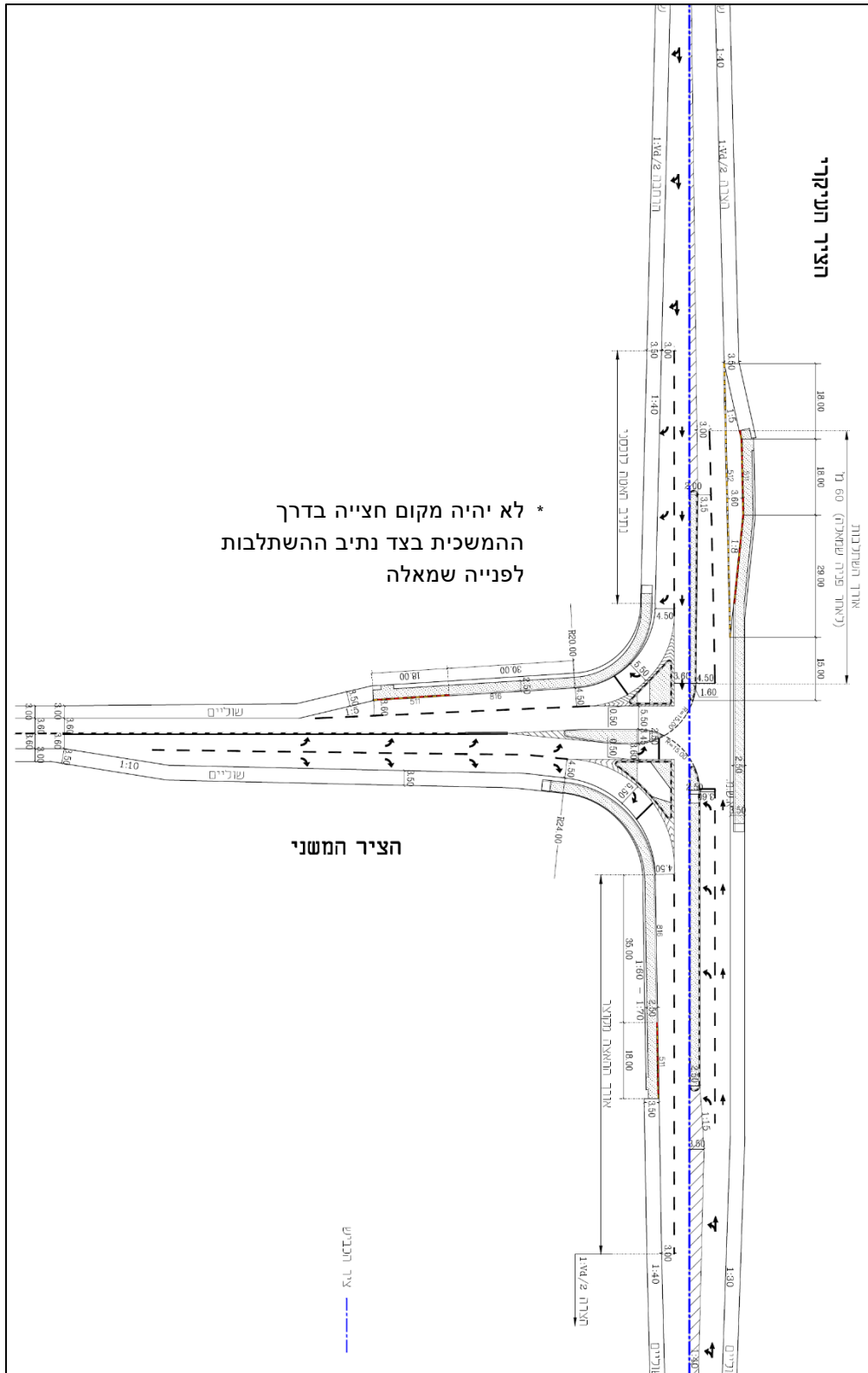
לצורך תפעול מיטבי של התחנה, בטיחות הנוסעים, ושמירה על זרימת התנועה והבטיחות של התנועה המנועית בצומת, הוגדרו בכרכי ההנחיות סוגים שונים של תחנות, לפי התאמתן לצרכי התחבורה הציבורית ולמרכיבי הצומת. תחנה מסוג 1 מתאימה לכל התחנות. תחנה מסוג 2 מתאימה לתחנות רגילות בלבד, עם אינטנסיביות נמוכה עד בינונית של תחבורה ציבורית. תחנות מסוגים 3-5 מהוות חלופות תכנון לתחנות אוטובוס מרובות פעילות (אינטנסיביות גבוהה), אם תחנה מסוג 1 אינה מתאפשרת בגלל הצורך בהפרדת הפנייה ימינה (ראו פרק 5 סעיף 5.3.1). תיאור סוגי התחנות בצמתים מפורט להלן ומרוכז בטבלה 10.1:

1) **סוג 1: תחנת מפרץ בצמוד לנתיב המשכי, ללא איי תנועה וללא נתיבי עזר:** תחנות אלו יתוכננו בסמוך לנתיב המשכי של הצומת. תכן גיאומטרי לתחנה יהיה לפי סעיף 10.1.4 וטבלה 10.2. תרשימים 10.1-10.2 מציגים תחנה זו בצד הרחוק של ההסתעפות, לאורך הדרך העיקרית, אחרי הפנייה שמאלה מהזרוע המשנית.

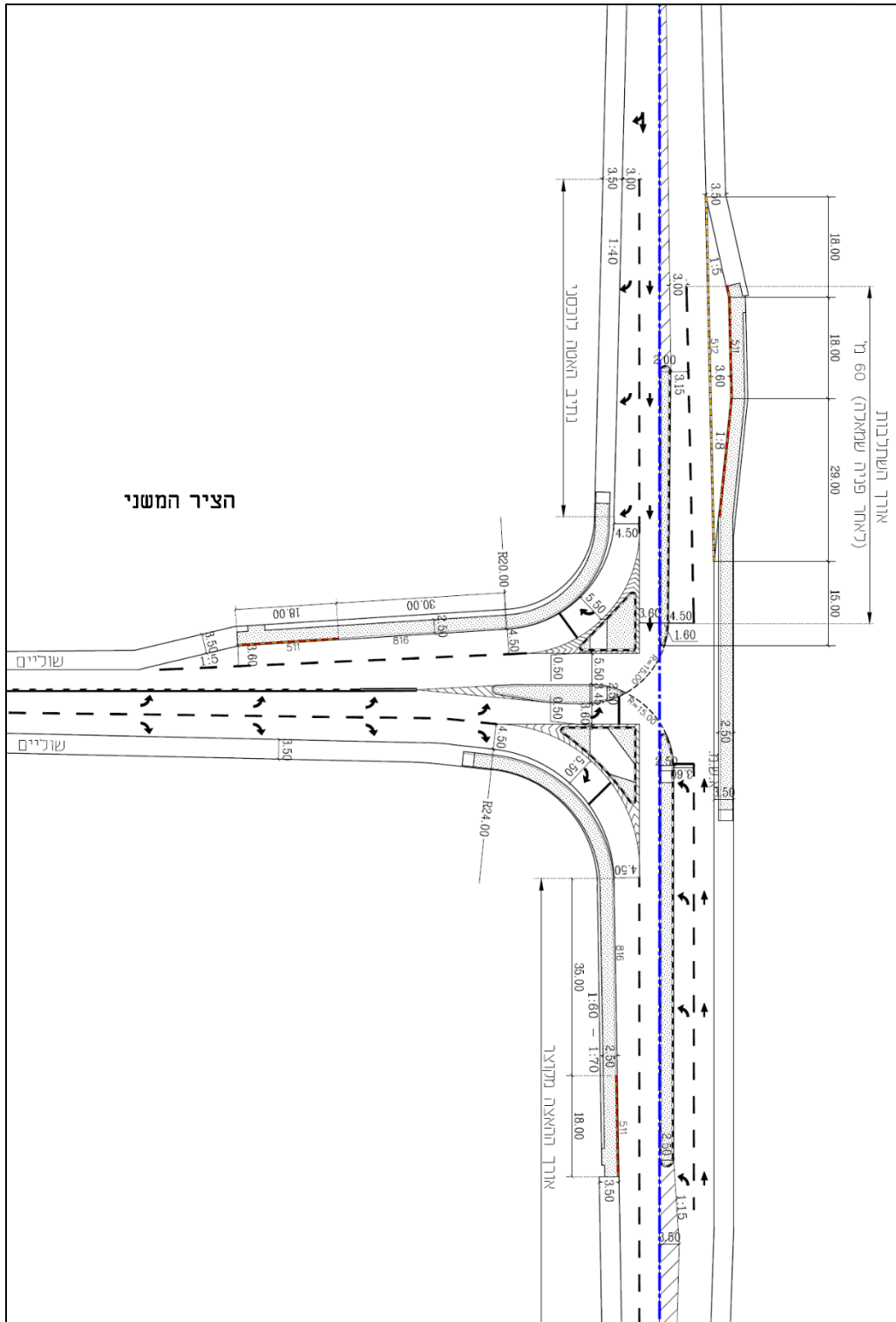
א. **בהסתעפות, בדרך העיקרית, בצד "הרחוק" מהזרוע המשנית,** התחנה תמוקם במפרץ כמתואר בתרשימים 10.1-10.2 בהתאם לסוג ההסתעפות:

- **בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית חד-מסלולית,** לוכסן הכניסה של התחנה יתחיל במרחק של 15 מטר מקצה האף של האי הבנוי במרכז הדרך העיקרית. זאת, לצורך הפרדת נקודות הניגוד בין אזור הכניסה לתחנה ובין שאר הניגודים בצומת. תכנון זה מאפשר גם לאוטובוס הפונה שמאלה מהדרך המשנית להיכנס למפרץ התחנה. חציית הולכי-הרגל בצמתים אלה מתוארת בסעיף 10.2.
- **בהסתעפות מרומזרת,** ניתן להסתפק במרחק מזערי של 5-15 מטר מקצה האף של האי הבנוי במרכז הדרך העיקרית; התנועות בצומת מתבצעות לפי בקרת הרמזור, וצמצום מרחק התחנה מהצומת מצמצם גם את מרחקי ההליכה, ובמיוחד כאשר מתוכנן מעבר חצייה הולכי-רגל רק בזרוע הרחוקה ממיקום התחנה בדרך העיקרית. כאשר מתוכנן מעבר חצייה מרומזר בזרוע העיקרית בה מוצבת התחנה, המעבר יתוכנן בתוך המרחק בין קצה האי הבנוי לבין תחילת לוכסן המפרץ לטובת קיצור מרחקי ההליכה של הולכי הרגל, כמתואר בתרשימים 10.2.

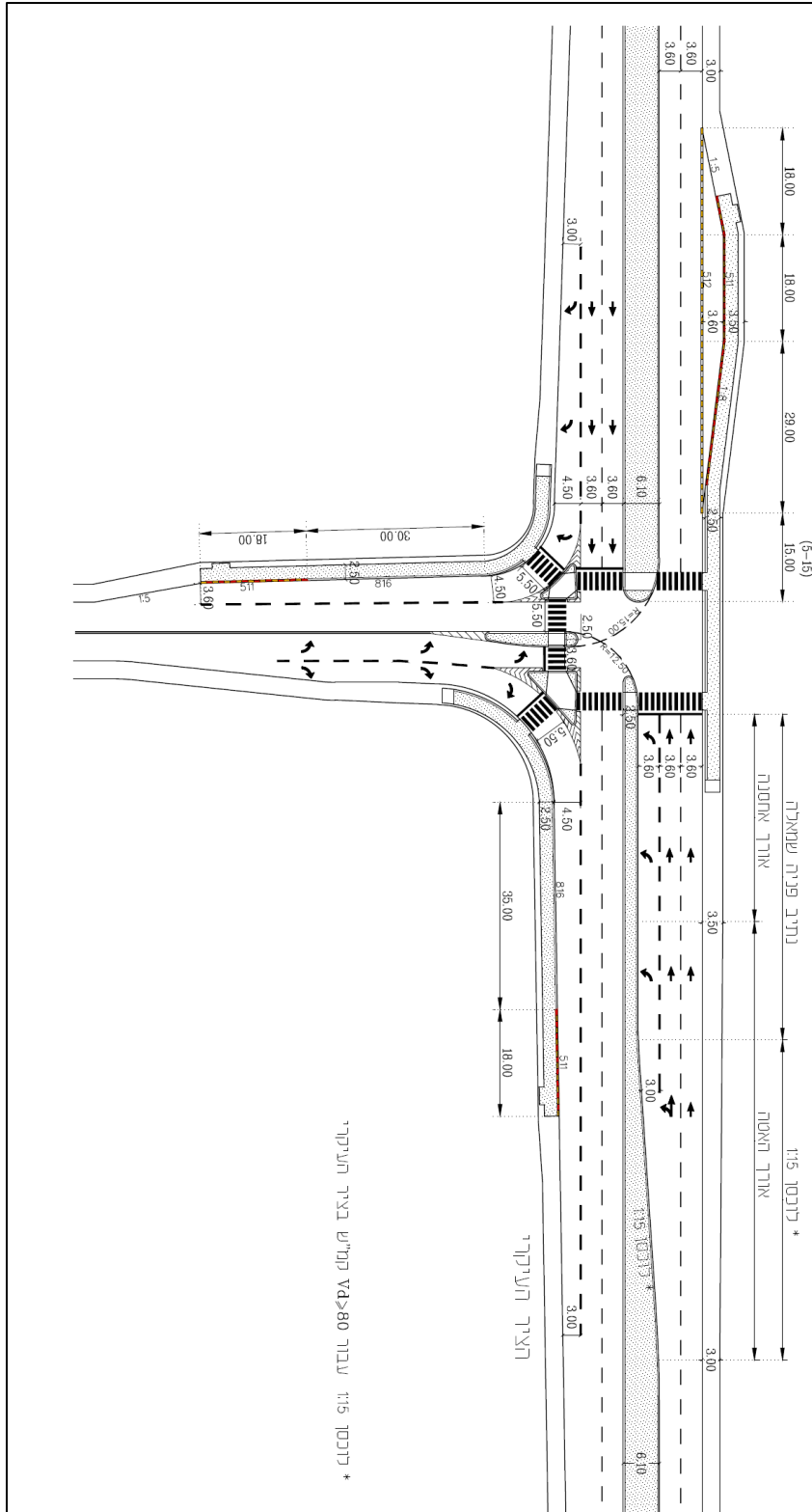
- בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך עיקרית דו-מסלולית **לא תמוקם תחנת אוטובוס בצד ה"רחוק"**, אלא אם מתוכנן מעבר הולכי-רגל לתחנה במפלס נפרד, ללא חציית הולכי-רגל במפלס הדרך העיקרית (ראו סעיף 10.2.2).
- ב. **בהסתעפות, בדרך העיקרית, בצד ה"קרוב" לזרוע המשנית**, התחנה תתוכנן בדרך-כלל לאורך נתיב ההאצה מהפנייה החופשית ימינה מהדרך המשנית (סוג 2 להלן). התחנה תתוכנן במפרץ רק במקרים הבאים:
- כאשר הפניות ימינה ושמאלה מהדרך המשנית מתבצעת מנתיב משותף, ללא נתיב האצה וללא אי-תנועה משולש (צפוי בדרכים משניות במדרג נמוך בלבד). במקרה זה, יש להרחיק את לוכסן הכניסה לתחנה כ-5 מטר מקצה הקשת בפנייה, על מנת לספק מרחב לחציית הולכי-הרגל את הדרך העיקרית. לפי ההצדקים המתוארים בפרק 5, מקרים כאלה יתרחשו רק כאשר הדרך המשנית במדרג נמוך, ואין הצדק תפעולי לתכנון הפנייה ימינה באי תנועה משולש (בשאר המקרים חציית הולכי-הרגל תהיה מתוך אי-התנועה המשולש).
- כאשר הפנייה ימינה מהמשנית מרומזרת, התחנה במפרץ (תרשים 10.3, סוג 3).
- ג. **בזרוע המשנית**, התחנה ביציאה מהצומת לא תתוכנן בדרך-כלל כתחנת מפרץ, שכן היציאה מהדרך העיקרית למשנית תתוכנן במרבית המקרים באמצעות פנייה חופשית ימינה, המשלבת תכנון נתיב האצה מהפנייה אל הזרוע המשנית (ראו פרק 5 סעיף 5.3.1) – תרשימים 10.1, 10.2.
- ד. **בהצטלבויות מרומזרות** הפניות ימינה יתוכננו כחופשיות או כמרומזרות, אשר משפיעות על החלופות בתכנון התחנות בכל זרועות הצומת (ראו סוגי תחנות 2-5).
- ה. לתחנות המתאימות אחרי **מעגלי תנועה**, ראו פרק 11.
- בכל המקרים, תחנות במפרץ מתאימות לתכנון תחנות אוטובוס מרובות פעילות, כיוון שעצירת האוטובוסים במפרץ אינה מהווה הפרעה לתנועה בצומת. עם זאת, יש להבטיח כי כמות העמדות בתחנות מתאימה לפעילות האוטובוסים בתחנה; עיכוב כניסת האוטובוסים למפרץ (אם כל העמדות תפוסות ע"י אוטובוסים), גורם לאוטובוס הממתין לחסום את נתיבי הנסיעה המשכיים ומהווה סיכון בטיחותי.
- (2) **סוג 2: תחנה על נתיב האצה (ביציאה מפנייה חופשית ימינה):** כאשר מתוכננת פנייה חופשית ימינה עם אי-תנועה משולש, תשולב התחנה בנתיב ההאצה שלאחר הפנייה. לאור הפרעה לתפקוד נתיב ההאצה, תחנה זו אינה מתאימה לתחנות מרובות פעילות, ויש לשלבה בתכנון תחנות באינטנסיביות נמוכה, או כאשר האינטנסיביות בינונית (קרובה ל-15 עצירות), אך נפח התנועה בפניה החופשית ימינה נמוך ואינו צפוי להתעכב בשל עצירות האוטובוסים בתחנה.



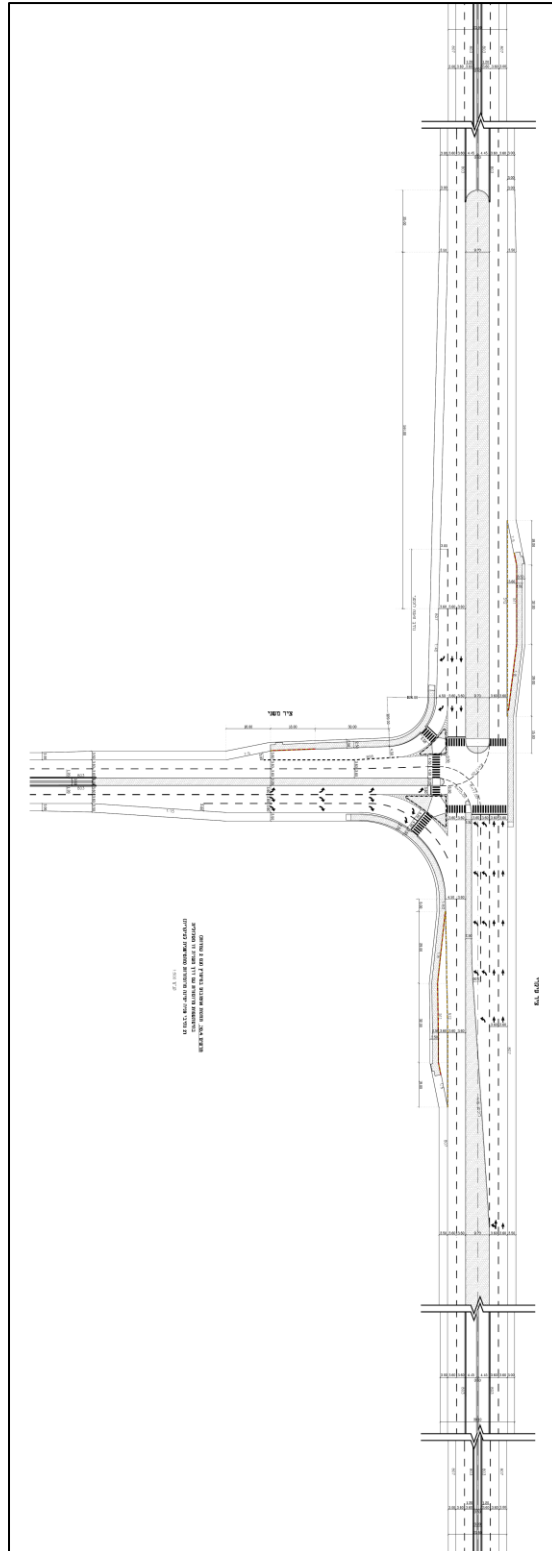
**תרשים 10.1:** תחנות אוטובוס משולבות בהסתעפות לא מרומזרת, דרך עיקרית חד-מסלולית, מקום חצייה בדרך המשנית



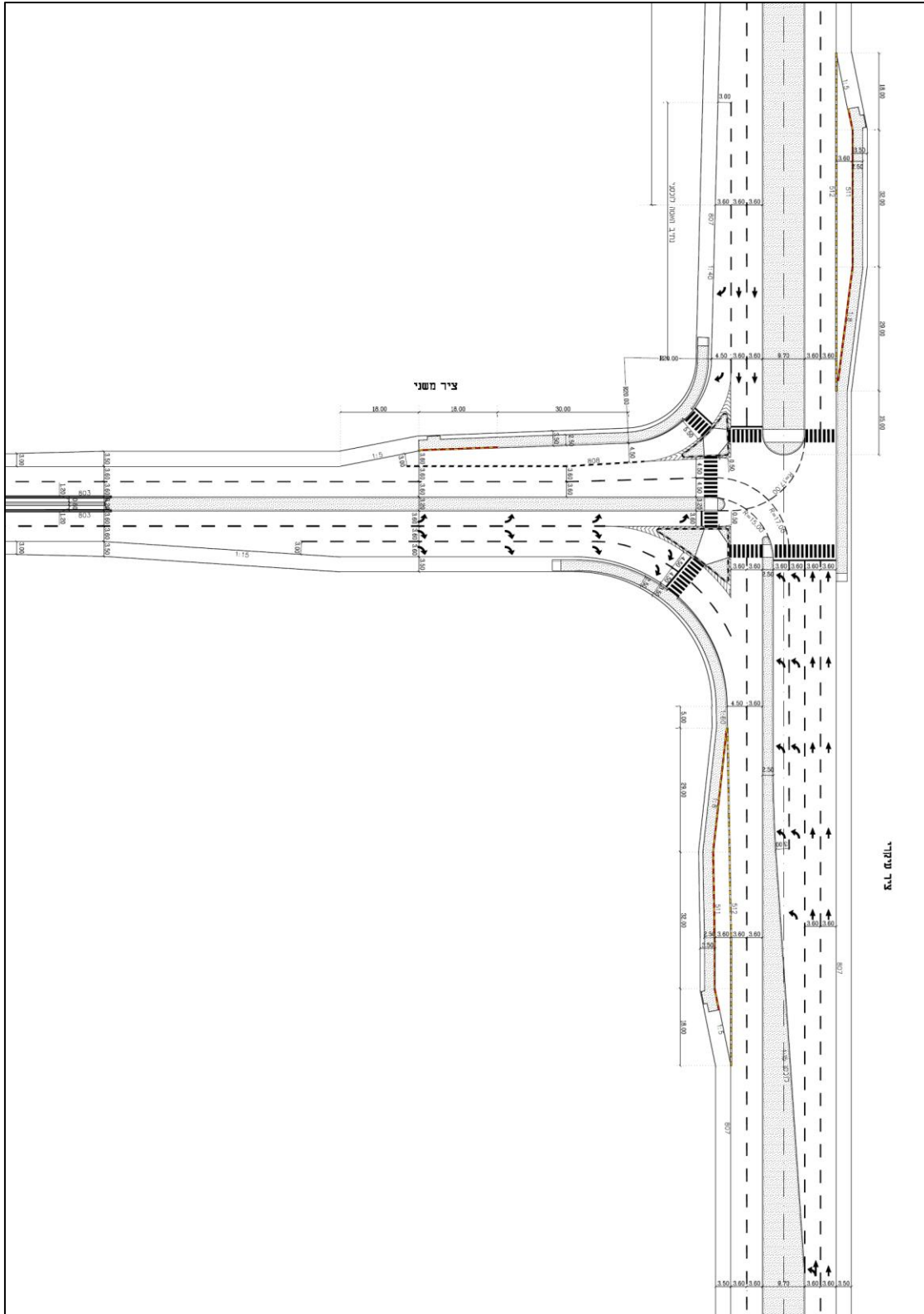
**תרשים 10.1 א': הגדלה של תחנות אוטובוס משולבות בהסתעפות לא מרומזרת, דרך עיקרית חד-מסלולית**



**תרשים 10.2:** תחנות אוטובוס משולבות בהסתעפות מרומזרת, דרך עיקרית דו-מסלולית



**תרשים 10.3:** דוגמה לתחנה במפרץ אחרי פנייה מרומזרת ימינה



**תרשים 10.3 א': הגדלה של דוגמה לתחנה במפרץ אחרי פנייה מרומזרת ימינה**

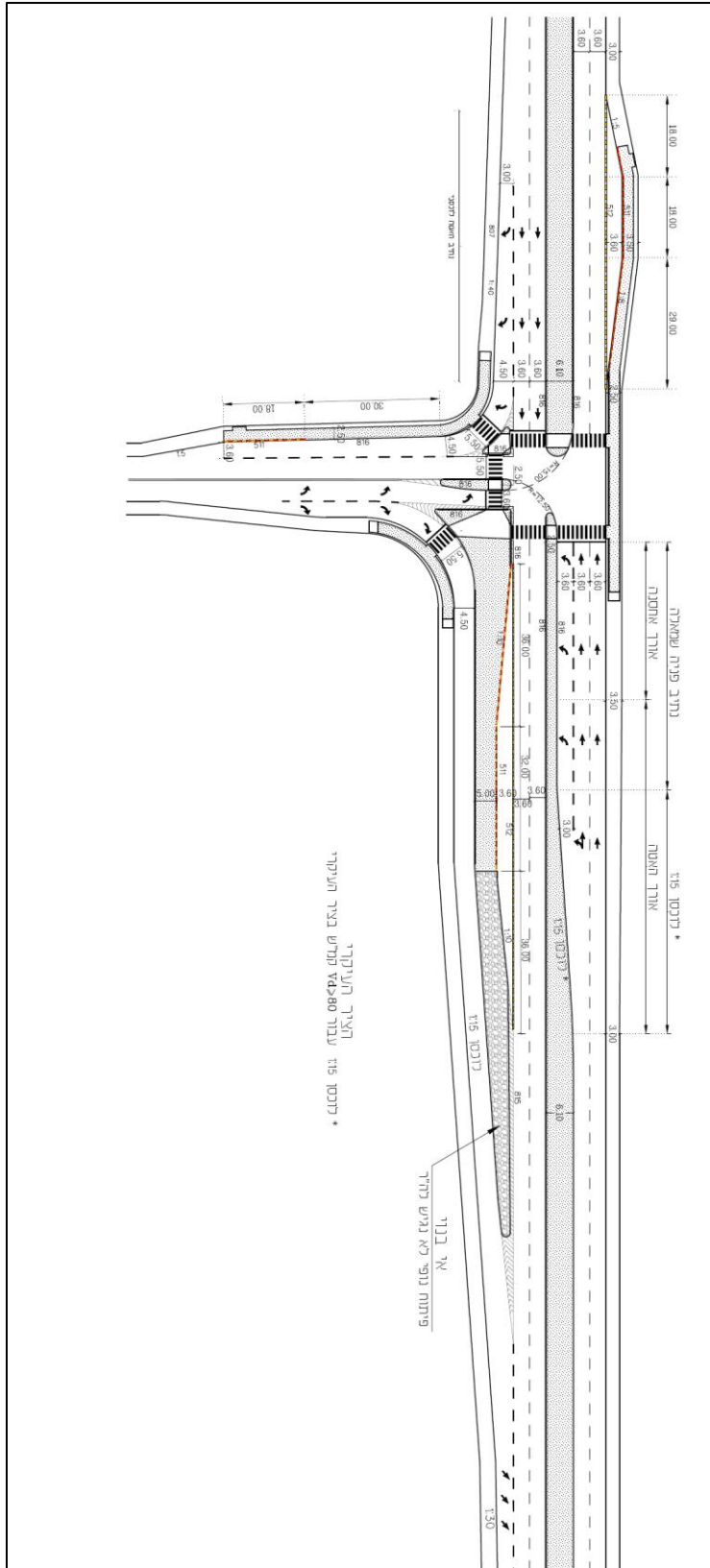
א. **בדרך העיקרית:** בנתיב האצה שלאורך הדרך העיקרית, תחילת האזור המיועד לעצירת האוטובוס יהיה במרחק של 35.0 מטר מקצה הקשת של רדיוס הפנייה מהדרך המשנית, כדי לאפשר לאוטובוס המגיע מעבר לצומת בנתיבים ההמשכיים להיכנס לתחנה, כמתואר בתרשימים 10.1-10.2. במקרים בהם נדרשת חציית הולכי-הרגל, זו תתוכנן בין א"י התנועה הבנויים בצומת (תרשים 10.2).

ב. **בדרך המשנית:** בהסתעפויות, כאשר מתוכננת תחנה בנתיב האצה שלאורך הדרך המשנית, ניתן לקצר את המרחק מקצה הקשת לכ-30.0 מטר, שכן התימונים מבוצעים ממהירויות נמוכות יותר ומפניות בלבד (תרשימים 10.1-10.2). תחנות על נתיב האצה בציר משני בהצטלבות מרומזרת יתוכננו במרחק 35 מטר מקצה קשת רדיוס הפנייה (סעיף א').

3) סוג 3: תחנה אחרי פנייה מרומזרת ימינה: אפשרות זו מהווה חלופה לתחנה על נתיב האצה (סוג 2), כאשר נפח התנועה בפנייה ימינה גבוה, ונדרש לתכנן בכיוון זה תחנה רבת פעילות תח"צ. רימזור הפנייה מיתר את הצורך בנתיב האצה לפנייה ימינה, ומאפשר ניהול של נקודת הניגוד בין כלי-הרכב הפונים לאוטובוסים הפועלים בתחנה. בהתאם לאפשרויות הניתוב בצומת, תתוכנן התחנה שאחרי הפנייה המרומזרת ימינה לפי מאפייני התכן בתחנה מסוג 1 (תחנה במפרץ ללא נתיב האצה), ראו דוגמא בתרשים 10.3.

4) סוג 4: תחנה במפרץ על אי-תנועה משולש מוארך, עם פנייה חופשית ימינה מאזור הצומת: תחנה מסוג 4 מהווה חלופה לתחנה על נתיב האצה (סוג 2), כאשר נפח התנועה בפנייה ימינה גבוה, ונדרש לתכנן בכיוון זה תחנה רבת פעילות תח"צ. עם זאת, **מיקום התחנה לאורך האי המשולש מאפשר כניסה לתחנה רק לאוטובוסים הממשיכים ישר בכיוון זה, ללא אפשרות שימוש לאוטובוסים הפונים ימינה בפניות החופשית שבגב התחנה.** לצורך שילוב התנועה מהזרוע המשנית בתחנה, ניתן לאפשר את הפנייה ימינה לתחבורה הציבורית יחד עם התנועה הפונה שמאלה, אך יש לבחון זאת יחד עם ההשלכות על תכנית הרמזור ועל בטיחות הולכי-הרגל החוצים. תחנה מסוג זה תתוכנן עם שתי עמדות לפחות, כדי לצמצם את הסיכון להצטברות של אוטובוסים שתחסום נתיב המשכי בדרך העיקרית. התחנה תתוכנן לפי עקרונות תחנה מסוג 1, אך עם לוכסני כניסה ויציאה בשיעור 1:10 לכל הפחות (ראו כרך 1 תרשים 10.6 – מפרץ לתחנת אוטובוס בדרך דו-מסלולית לא ממוחלפת עם נת"צ ימני), כדי להקל על כניסת ויציאת האוטובוסים בדרך המשכית (לרוב דרך עיקרית במהירויות תכן גבוהות), ולמנוע הפרעה לתנועה ישר בנתיבים ההמשכיים (דוגמא בתרשים 10.4). במקרה זה, הארכת הלוכסנים אינה פוגעת בנגישות הולכי-הרגל לתחנה, כיוון שאלה מגיעים מכיוון הפנייה החופשית בגב התחנה אל התחנה.

5) סוג 5: מסוף תחבורה ציבורית במרחב הצומת: יש לבחון חלופה זו כאשר אינטנסיביות התחבורה הציבורית גבוהה מאד, ורבים המעברים בין אמצעי התחבורה השונים (ראו כרך 3 פרק 10). ההתחברות לתחנה מסוג זה תהיה מזרוע הצומת (תתוכנן גיאומטרית כחיבור נפרד).



**תרשים 10.4:** דוגמה לתחנה במפרץ על אי משולש מוארך בפנייה חופשית ימינה

ככלל, בתחנות מרובות פעילות תח"צ, יועדפו תחנות מסוג 1 (מפרץ בצד הרחוק בהסתעפות), 3 (רימזור הפנייה ימינה) או 4 (תחנה במפרץ על אי משולש מוארך). באינטנסיביות גבוהה של פעילות התח"צ, תישקל גם תחנה מסוג 5 (מסוף).

**תחנה במפרץ מימין לנתיב האצה אינה רצויה.** פתרון גיאומטרי של תחנה במפרץ מימין לנתיב האצה של הפנייה החופשית ימינה, אינו מיטיב עם התנועה בצומת: מחד, תמרון האוטובוסים אל מפרץ התחנה מהדרך העיקרית מורכב יותר ומאלץ הרחקה של התחנה מהצומת, ומאידך, הרחקה זו מאריכה את מרחקי ההליכה מהתחנה למעברי החצייה בצומת. חלופה זו תיבחן רק בעדיפות נמוכה יותר, וכאשר שימושי הקרקע המהווים יעד לתחנה מורחקים גם הם מהצומת.

תחנה בהסתעפות בפניות ימניות בלבד ('ימין-ימין')

כאשר מתוכננת הסתעפות בפניות ימניות בלבד, פרטי התכן יהיו בהתאם למאפייני הדרך העיקרית, כמתואר בפרק 3 סעיף 3.4.5. טבלה 10.1 מרכזת את סוגי התחנות והתאמתן לפעילות התחבורה הציבורית (אינטנסיביות) ולשאר מאפייני הצומת.

**טבלה 10.1: התאמת סוג התחנה לעוצמת התחבורה הציבורית**

אינטנסיביות התחבורה הציבורית בתחנה		סוג תחנה
<u>תחנה מרובת פעילות:</u> אינטנסיביות גבוהה	<u>תחנה רגילה:</u> אינטנסיביות נמוכה עד בינונית	
✓	✓	1. תחנה במפרץ הצמוד לנתיב המשכי (לרוב בצד הרחוק בהסתעפות, תרשימים 10.1, 10.2)
X	*✓	2. תחנה על נתיב האצה (ביציאה מפנייה חופשית ימינה, תרשימים 10.1, 10.2)
✓	✓	3. תחנה במפרץ אחרי פנייה מרומזרת ימינה (תרשים 10.3)
✓	X	4. תחנה במפרץ על אי-תנועה משולש מוארך (פנייה חופשית ימינה בגב התחנה**, תרשים 10.4)
✓	X	5. מסוף תח"צ בקרבת הצומת (התחברות מזרוע הצומת)

\* לא מתאים כאשר הפעילות בתחנה קרובה לתחנת מרובת פעילות (ראו נספח א'10, אינטנסיביות בינונית), ונפחי התנועה גבוהים בפנייה החופשית ימינה (מעל 500 כ"ר לשעה בפנייה החופשית, ראו פרק 5 סעיף 5.4.1), ויש לשקול חלופות לתחנה מסוג 3 ו-4.

\*\* יש לבחון את הצורך בהגעת אוטובוסים לתחנה מהפנייה החופשית ימינה (מהזרוע המשנית).

## 10.1.4 פרטי התכן הגיאומטרי של מפרץ התחנה ותחנה בנתיב ההאצה

טבלה 10.2 מפרטת את המרכיבים הבסיסיים לתחנות מסוג 1 ו-2, עליהן מתבסס התכן של כל התחנות שפורטו בסעיף הקודם. למפרץ תחנה מסוג 1 שלושה מרכיבים גיאומטריים: לוכסן כניסה, קטע מקביל ולוכסן היציאה. לתחנה מסוג 2 – תחנה על נתיב ההאצה, שני מרכיבים גיאומטריים: אורך לפני הכניסה לתחנה, ואורך התחנה עצמה (סימון 511). שאר מרכיבי התכן הגיאומטרי של תחנות על נתיב ההאצה מוגדרים לפי מרכיבי התכן של נתיב ההאצה (פרק 6 סעיף 6.4).

רוחב החלק המקביל של מפרץ התחנה (סוג 1) יהיה 3.60 מטר. רוחב החלק המקביל של תחנה על נתיב ההאצה (סוג 2) לא יפחת מ-3.6 מטר לכל אורכו, ויוגדר בהתאם לתכן נתיב ההאצה (ראו פרק 6).

אורך הקטע המקביל של תחנת האוטובוס לעמדה יחידה, לא יקטן מ-18 מטר לאוטובוס רגיל (לאוטובוס מפרקי יש לתכנן קטע ישר ארוך יותר של 25 מטר, ראו תקו"ה, 2020). אורך גדול יותר, אם דרוש, ייקבע לפי מספר העמדות הנדרש בתחנה, ראו "הנחיות לתכנון ותפעול שירות תחבורה ציבורית באוטובוסים" (משהת"ח, 2016), או "הנחיות להכנת פרוגרמות למתקני תשתית לתפעול תחבורה ציבורית באוטובוסים" (משהת"ח, 2022).

סימון אזור התחנה יהיה בהתאם להנחיות להצבת תמרורים (משהת"ח 2022).

### טבלה 10.2: מידות לתכנון תחנות אוטובוס בצומת בין-עירוני

בנתיב האצה אחרי פנייה ימינה (תחנה מסוג 2)		במפרץ (תחנה מסוג 1)			מספר עמדות	
מרווחים נוספים		היסט אלכסונים		אורך אזור עצירה מקביל		
היסט ביציאה מהתחנה	מרחק לפני כניסה לתחנה	אורך אזור עצירה מקביל	יציאה מהתחנה			כניסה לתחנה
1:5 (18 מ')	35 מ'*	18 מ'	1:5 (18 מ')	1:8 (29 מ')	18 מ'*	1
1:5 (18 מ')	35 מ'*	32 מ'*** (12-8-12)	1:5 (18 מ')	1:8 (29 מ')	32 מ' (12-8-12 מ')	2

המידות מתוך תקו"ה 2020.

\* 25 מ' במקרה של אוטובוס מפרקי

\*\* נמדד אחרי סיום הקשת הפנימית של הפנייה החופשית ימינה, ברוחב נתיב 4.5 מ'. בזרוע משנית בהסתעפות ניתן לקצר ל-30 מ'.

\*\*\* יש לבחון חלופות לתכנון 2 עמדות בנתיב האצה אחרי פנייה חופשית ימינה, ראו סעיף 10.1.3, תחנה מסוג 2.

יש לקחת בחשבון גם פיתוח עתידי, תיגבור קווים קיימים, תוספת קווים והחלפת אוטובוסים רגילים באוטובוסים מפרקיים. אם בתחנה אין מספיק מקום לכל האוטובוסים אשר עוצרים בתחנה בו-זמנית, נוצרים שיבושים לזרימת התנועה, בגלל האוטובוסים הנוספים העוצרים בלוכסן הכניסה לתחנה. מצב זה מקשה גם על הנוסעים הממתנים. לכן, בתחנה מסוג 1 יש לקבוע את אורך המפרץ לאוטובוסים כפונקציה

של מספר העמדות הנדרשות בתחנה, ובתחנה מסוג 2 יש לבחון חלופות לתכנון התחנה (סעיף 10.1.3, טבלה 10.1).

### **תחנת הסעה משולבת בתחנת אוטובוס**

במקרים מיוחדים בהם צפויות עצירות להעלאת והורדת נוסעים בסמוך לתחנות, כגון מקרים של 'הבא-וסע', יש לשקול הקצאת מקום ייעודי לעצירות אלו בתכנון מערך התחנות בצומת. במקרה של מפרץ הסעה בהמשך לתחנה, כמתואר בתקו"ה 2020, האורך המקביל הנדרש לרכיב זה יהיה בהתאם לכלי הרכב הצפויים לבצע עצירות אלו, ורצוי לשלב זאת בתחנה מסוג 1 ולא בתחנות מסוג 2 (לאורך נתיב ההאצה). יש להסדיר תימרוך מתאים לתחום המותר להעלאת והורדת נוסעים בתחנה משולבת בהתבסס על הנחיות להצבת תמרורים (תקוה, משה"ת 2020). תרשים 10.11 בכרך 1 מציג דוגמא לשילוב רכיב זה במפרץ הסעה מופרד בדרך דו-מסלולית.

בתחנות עם תדירות גבוהה של העלאת והורדת נוסעים, כגון בשילוב של שירות שאטלים, יש לבחון חלופות ייעודיות לשילוב מרכיב זה בצומת (לדוגמא: שילוב במסוף תח"צ: תחנה מסוג 5).

בכל התחום בו קיימות תחנות אוטובוס ושירותים נוספים של תחבורה ציבורית, ייסללו מדרכות להולכי-רגל כמתואר ב"מדריך למתכנן – היבטי נגישות והנגשה בתכנון מבני דרך, מחלפים, וקטעי דרך" (נתיבי ישראל 2018), וכן לפי סעיף 10.2 להלן. המדרכות יוליכו מהתחנות אל הצומת ועד למעברי החצייה (או מקומות החצייה), או עד לנקודות הצרות ביותר בהן יכולים הולכי-הרגל לחצות, וכן בין כל התחנות, כמתואר בתרשים 10.3.

### **10.1.5 תחנות בצמתים מדורגים**

#### **א. שיקולים למיקום תחנות בציר ההמשכי**

בצמתים מדורגים קיים קושי במיקום תחנות אוטובוס: כאשר הצמתים קרובים, רצוי לא לתכנן תחנות בקטע האמצעי – בשני סוגי הדירוג, בשל החסרונות הבאים: כאשר הצמתים קרובים, תחנה שתמוקם אחרי הצומת הראשון תהווה בפועל גם תחנה לפני הצומת השני (ראו סעיף 10.1.2 להרחבה בנושא מיקום תחנות בצומת). בנוסף, בדירוג שמאלי, מיקום זה גורם לתחנת האוטובוס להיות לפני הצומת השני, במיקום בו יידרש לרוב להוסיף נתיבי עזר לקראת הפנייה החופשית ימינה לזרוע המשנית. בדירוג ימני, מיקום זה עלול להקשות על קווים הנדרשים לעצור בתחנה ולאחר מכן לפנות שמאלה לדרך המשנית. מיקום התחנות בין הצמתים לאורך הדרך העיקרית עלול גם לגרום לניסיונות של הולכי-רגל לבצע חצייה בין התחנות שלא במעבר חצייה, ועלול לחייב גדר הולכי-רגל במפרדה בין הצמתים.

עם זאת, שיקול טובתם של הולכי-הרגל מחייב לא להרחיק את התחנות יתר על המידה, ולאפשר מרחקי הליכה סבירים ככל האפשר בין התחנות. לכן, בצמתים מדורגים עם פעילות תח"צ, יתאפשרו מרחקים של 130-200 מטר בין צירי הדרכים, המתאימים למרחקי הליכה של 250-300 מטר בין התחנות הרחוקות ביותר. באופן כללי, דירוג שמאלי מאפשר קרבה גדולה יותר בין צירי הדרכים, בהשוואה לדירוג הימני, כיוון שלא נדרשים בו נתיבי אחסנה בקטע המרכזי (ראו גם סעיף 3.7).

בדירוג ימני, הפניות ימינה מהזרועות המשניות יתוכננו מתוך נתיב משותף (בהסתעפויות לא מרומזרות) או כפניות ימינה מרומזרות (בהסתעפויות מרומזרות). במרחק עד 200 מטר יש לתכנן את התחנות לאורך הדרך העיקרית במפרצים (סוג 1) אחרי הצמתים, כמתואר בתרשימים 10.5, 10.7.

בדירוג שמאלי, התחנות לאורך הדרך העיקרית ימוקמו אחרי הצמתים על נתיבי ההאצה של הפניות החופשיות ימינה מהזרועות המשניות (סוג 2, תרשים 10.6), או במפרצים כאשר לא מתוכנן נתיב האצה (סוג 1), כאשר המרחק בין הצמתים אינו עולה על 200 מטר.

בצמתים בהם המרחק בין צירי הדרכים המשניות עולה על 200 מטר, ייבחנו פתרונות מיוחדים בצומת בהתאם לצרכי התחבורה הציבורית, בכל פרויקט לגופו, על מנת שלא יהיו מרחקי הליכה גדולים מדי בין התחנות. במסגרת צמתים אלה ניתן לשקול גם תחנות בקטע המרכזי, כולל מעבר הולכי-רגל במפלס אחר, אשר משפר את נגישות הולכי-הרגל בחציית הדרך העיקרית ומונע חציות לא מוסדרות בין צמתי הדירוג. בדירוג ימני, יש לבחון את תמרון האוטובוסים מהתחנות על הדרך העיקרית אל הפנייה שמאלה לדרך המשנית, אם פנייה זו נדרשת במסגרת תכנון הקווים; מספר הנתיבים גדול יותר בקטע המרכזי ייקשה על תמרון זה ועלול ליצור בעיות בטיחותיות בצומת. בדירוג שמאלי, יש לוודא כי מיקום התחנה בקטע המרכזי אינו פוגע בתנועת כלי הרכב המאטים לקראת הפניה ימינה לדרך המשנית.

**במרחקים מעל 250 מטר ההסתעפויות נחשבות כנפרדות** – ראו פרק 3 סעיף 3.7.1. במצב זה, וכאשר יש סיבה תפעולית חיונית לפי צרכי מסלולי הקווים ומעברי הנוסעים, ניתן לאפשר תכנון תחנות אוטובוס בקטע האמצעי.

בצמתים מדורגים המהווים חלק ממחלף, תכנון מרחקי ההליכה יהיה בהתאם לפרק 10 (תח"צ) בכרך 3.

### **ב. תחנות אוטובוס בזרוע המשנית**

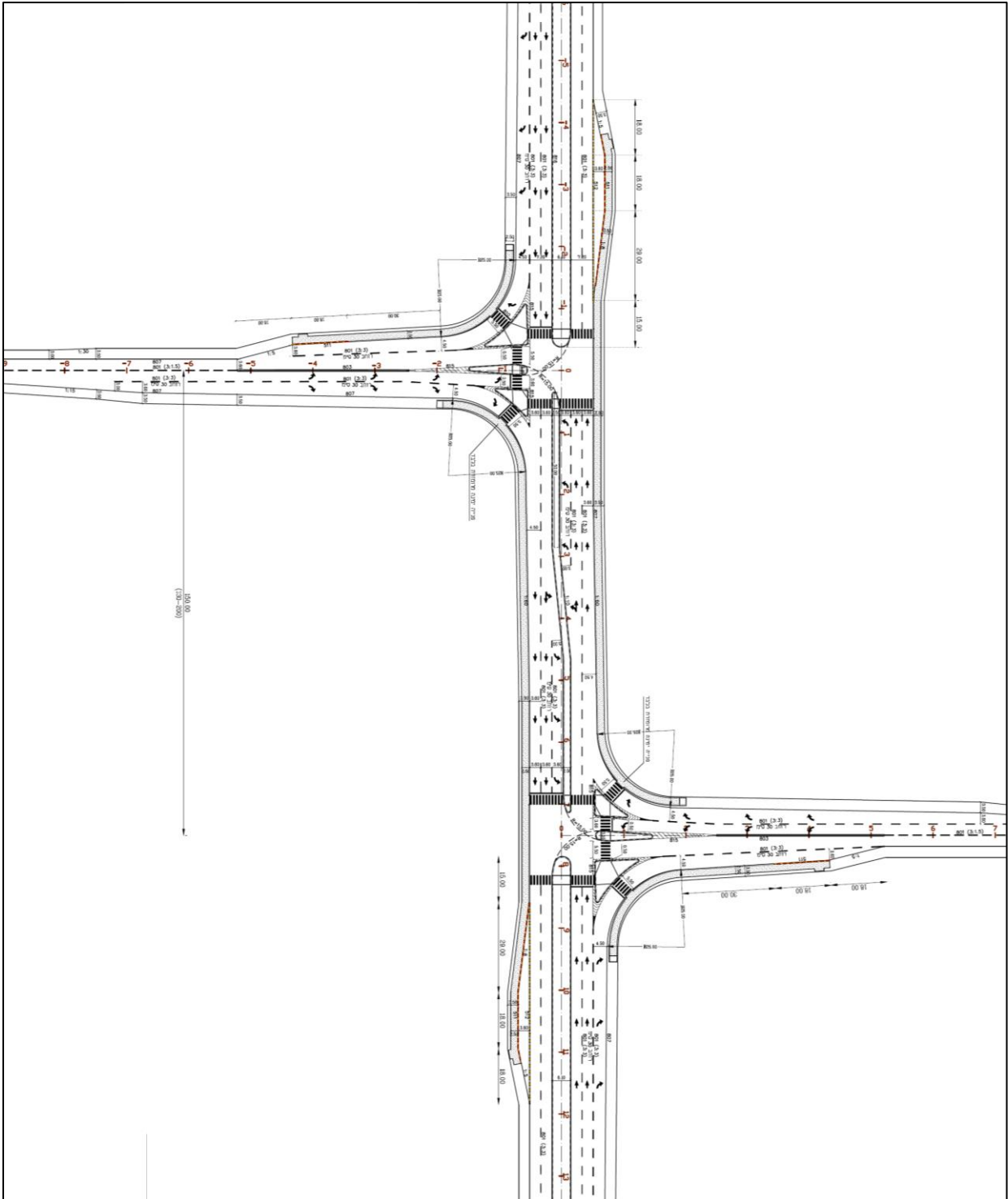
ניתן למקם תחנות גם בזרועות המשניות של הצומת המדורג, עבור הקווים הפונים לדרך המשנית. כאשר האוטובוס פונה להסתעפות הראשונה (ימינה בדירוג ימני, ושמאלה בדירוג שמאלי), הוא אינו נדרש לעבור את הקטע האמצעי שבין הצמתים. המיקום המדויק בצמתים מדורגים ייקבע לפי שיקול הנדסי מפורט במהלך תכן מערך הצומת כולו, ולפי תפעול הקווים בזרועות הצומת.

בדירוג ימני, התנועה נכנסת לזרועות המשניות בזרימה אקראית, ולכן ניתן למקם תחנה על נתיב ההאצה (סוג 2). בדירוג שמאלי מרומזר, הפניות לזרועות המשניות מגיעות ב-3 'מקבצים' בכל מחזור, ולכן התחנה צריכה להיות במפרץ (סוג 3).

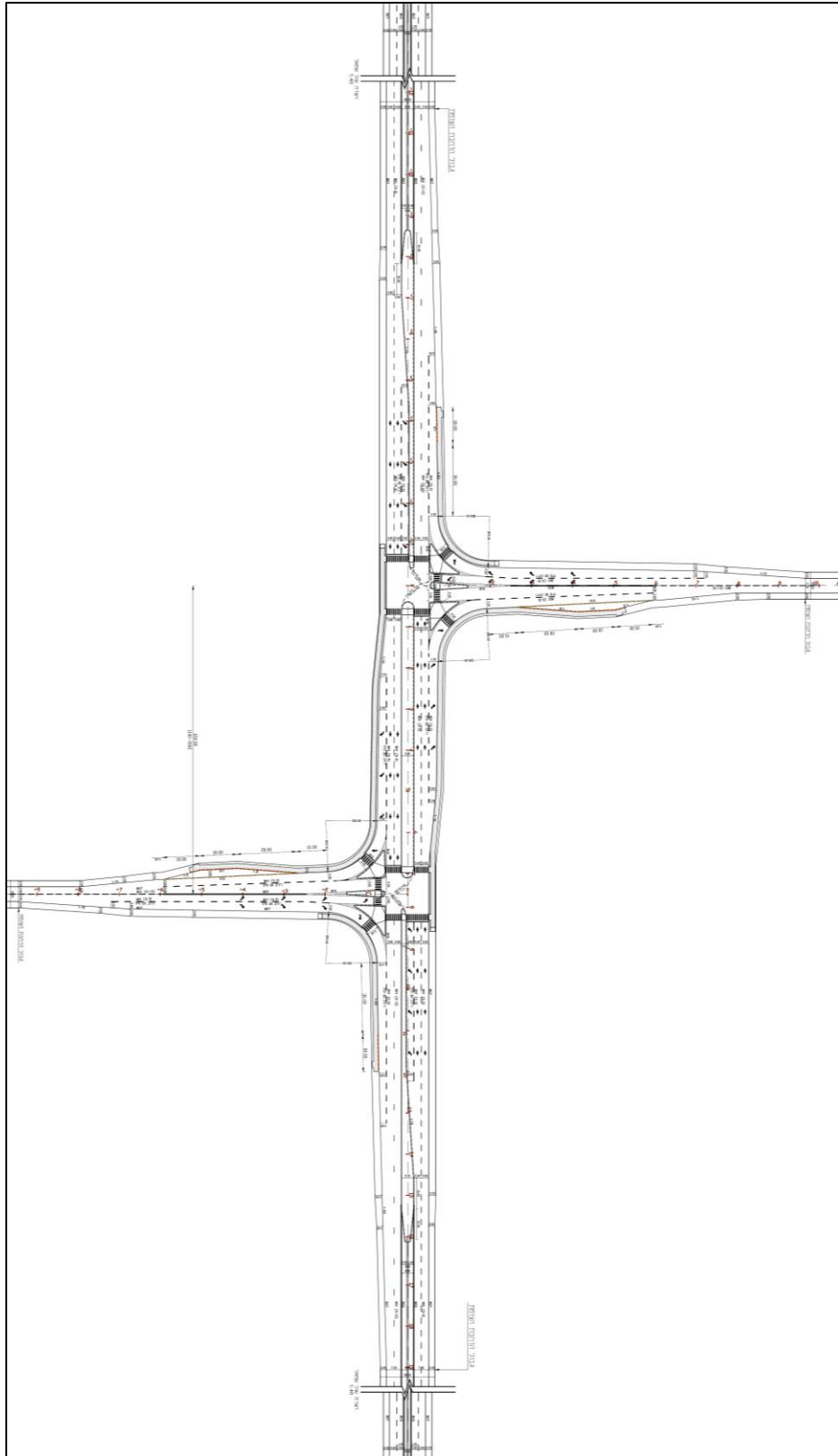
מעברי-החצייה לרוחב הדרך העיקרית ישולבו בתכנון צמתים מדורגים מרומזרים (דוגמאות בתרשימים 10.5, 10.6), ובהתאם לעקרונות של סעיף 10.2 להלן. יש להבטיח באזור התחנות אי-הפרדה מרכזי בנוי, שישמש כמפלט להולכי-רגל חוצים. (צומת מדורג בין-עירוני כשאחת הדרכים לפחות במדרג גבוה, יהיה לרוב צומת מרומזר).



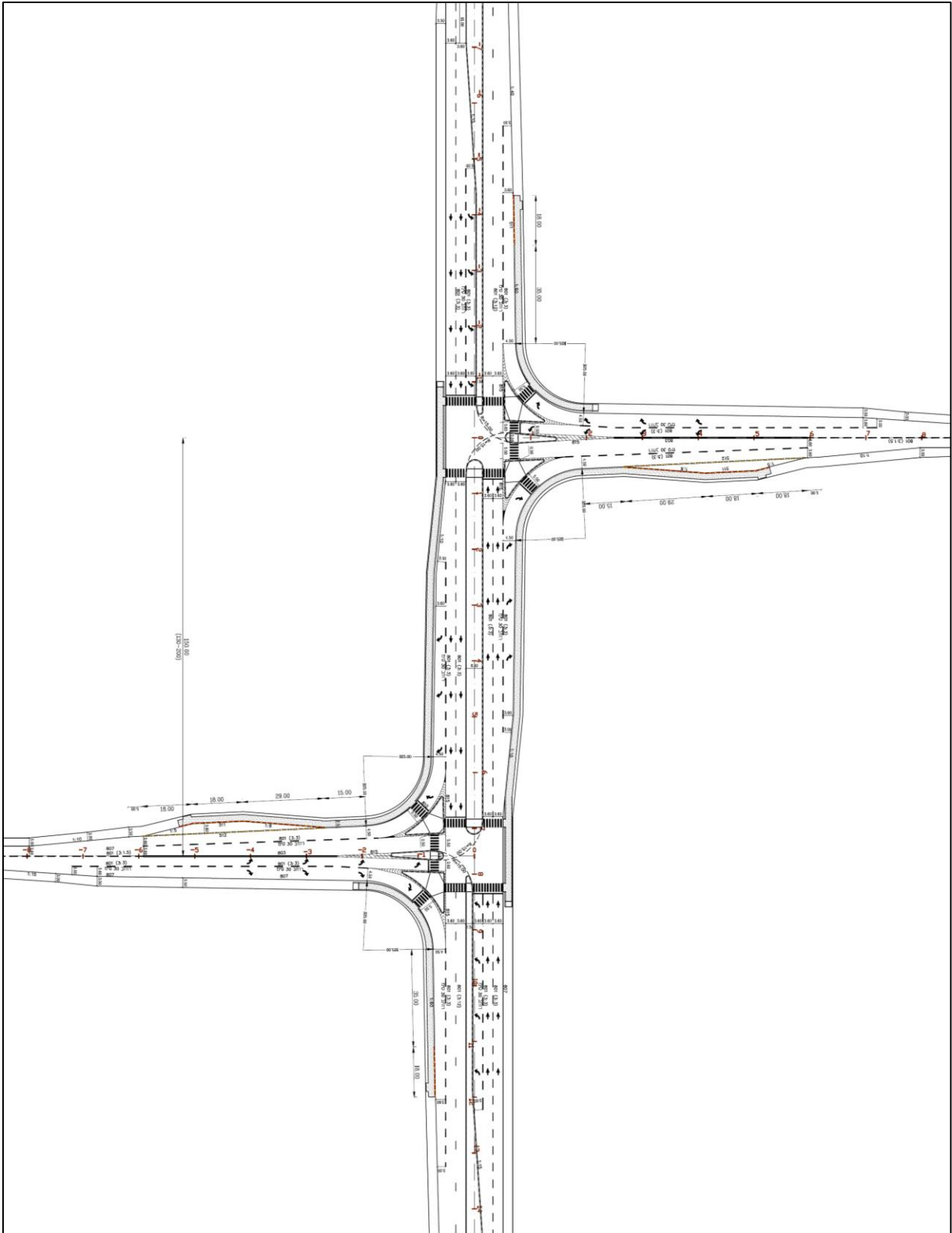
**תרשים 10.5:** דוגמא של מיקום תחנות אוטובוס בצומת מדורג ימני מרומז



**תרשים 10.5 א': הגדלה של דוגמא של מיקום תחנות אוטובוס בצומת מדורג ימני מרומזר**



**תרשים 10.6:** דוגמא של מיקום תחנות אוטובוס בצומת מדורג שמאלי מרומזר



**תרשים 10.6 א': הגדלה של דוגמא של מיקום תחנות אוטובוס בצומת מדורג שמאלי מרומזר**

## 10.2 הולכי-רגל בצמתים

### 10.2.1 נגישות ובטיחות הולכי-רגל בצומת

בצמתים בין-עירוניים צפויה נוכחות של הולכי-רגל בהינתן אחד או יותר מהמאפיינים הבאים:

- קיימות בצומת או בסמיכות אליו תשתיות לתחבורה ציבורית כגון תחנות אוטובוס ו/או תחנות רכבת.
- בקרבת הצומת קיימים שימושי קרקע המהווים מוקדי משיכה ועניין, כגון מרכזים מסחריים, מוסדות חינוך, בסיסי צה"ל, בתי חולים, אזורי בילוי ונופש, פארקים ציבוריים ועוד.
- הצומת ממוקם בשולי האזור העירוני בקרבה לאזורי מגורים או תעסוקה.

כפי שתואר בסעיף 10.1, כאשר קיימים מוקדי משיכה בצומת או שהצומת סמוך לאזור מגורים/תעסוקה, יוצבו בצומת תחנות אוטובוס שימשו את הנוסעים בתחבורה ציבורית למוקדים אלה. מכאן שבצמתים רבים יהיה צורך בתשתיות להולכי-רגל במרחב הצומת.

היות שהנגשה מחייבת עפ"י החוק, והדרישות מפורטות בת"י 1918 חלק 2, ה"מדריך למתכנן – היבטי נגישות והנגשה בתכנון מבני דרך, מחלפים וקטעי דרך" (נתיבי ישראל, 2018) מפרט את הדרישות השונות שיש להתחשב בהן בתכנון הבין-עירוני לצורך מתן נגישות לתנועת הולכי-רגל, כולל מרחקי הליכה, שיפועים לאורך, ואמצעים לקיצור מרחקי הליכה. ההנחיות לתכנון "תנועת הולכי-רגל" מתוך הנחיות לתכנון רחובות בערים (משהת"ח, 2020), מגדירות את תפקידן של המדרכה ורצועות ההליכה לפי עוצמת תנועת הולכי-הרגל. העקרונות המופיעים להלן נגזרים מתוך העקרונות המפורטים במקורות אלה.

רוחב מדרכה בצומת: לאור המהירויות הגבוהות בצמתים בין-עירוניים, הרוחב המזערי למדרכות בצומת המשמשות לתנועת הולכי-רגל יהיה 2.0 מטר. הצבת עצמים בודדים במדרכה המתוכננת ברוחב המזערי מחייבת עמידה בתקן הנגישות. יש לתכנן מדרכות רחבות יותר באזורי תחנות אוטובוס, וכן באזורים שבהם צפויה תנועה בינונית או רבה של הולכי-רגל (לפרטי תכנון המדרכות, וכן לאופן שילוב התחנות והסככות במדרכות, ראו פרק 4 "המדרכה" מתוך ספר ההנחיות לתנועת הולכי-רגל בהנחיות לתכנון רחובות בערים, משהת"ח, 2020).

רוחב לתנועת הולכי-רגל באיי התנועה: באיי התנועה ובמפרדות בצומת, הרוחב במקום הצר ביותר באזור תנועת הולכי-הרגל לא יפחת מ-2.5 מטר, כדי להגן על הולכי-הרגל מכלי הרכב שצפויים לנסוע במהירויות גבוהות באזור הצומת. בתכנון סטטוטורי ותכנון מוקדם יש לשמור על רצועה ברוחב 3.0 מטר במפרדה, אשר תאפשר רוחב מזערי של 2.5 מטר באזור חציית ה"ר ו-2.8 מטר לאופניים, גם לאחר התאמת רדיוסי הפניות שמאלה לעקבת הרכב לתכן בצומת (ראו גם פרק 7). איי-תנועה המשמשים כמפלט להולכי-הרגל יהיו תמיד בנויים (ראו גם פרק 5).

## 10.2.2 חציית הולכי-רגל

בדרכים בין-עירוניות ירוכזו המקומות המיועדים לחציית הולכי-רגל בצמתים בלבד. חציות אלו ימוקמו במסלולי ההליכה העיקריים של הולכי-הרגל, ויתוכננו כך, שיהוו בולטים לעין הנהגים המתקרבים ויאפשרו מרחקי-ראות בטוחים להולכי-הרגל, אך לא יפריעו להסדרי התנועה האחרים בצומת. ההצדקים למתן מעברי-חצייה, ואופן מיקומם, תכנונם ושילובם בהסדרים בצומת, יהיו כמפורט בהנחיות משהת"ח לתכנון תנועת הולכי-רגל (2020).

בעבר, נמצא כי סימון החציות עם מעבר חצייה (811) בדרכים שבהן קיימות מהירויות גבוהות של כלי-הרכב, גרם לתאונות קשות בין כלי-הרכב להולכי-הרגל. על כן, בדרכים במהירויות גבוהות סומנו מעברי-חצייה בצמתים מרומזרים בלבד.

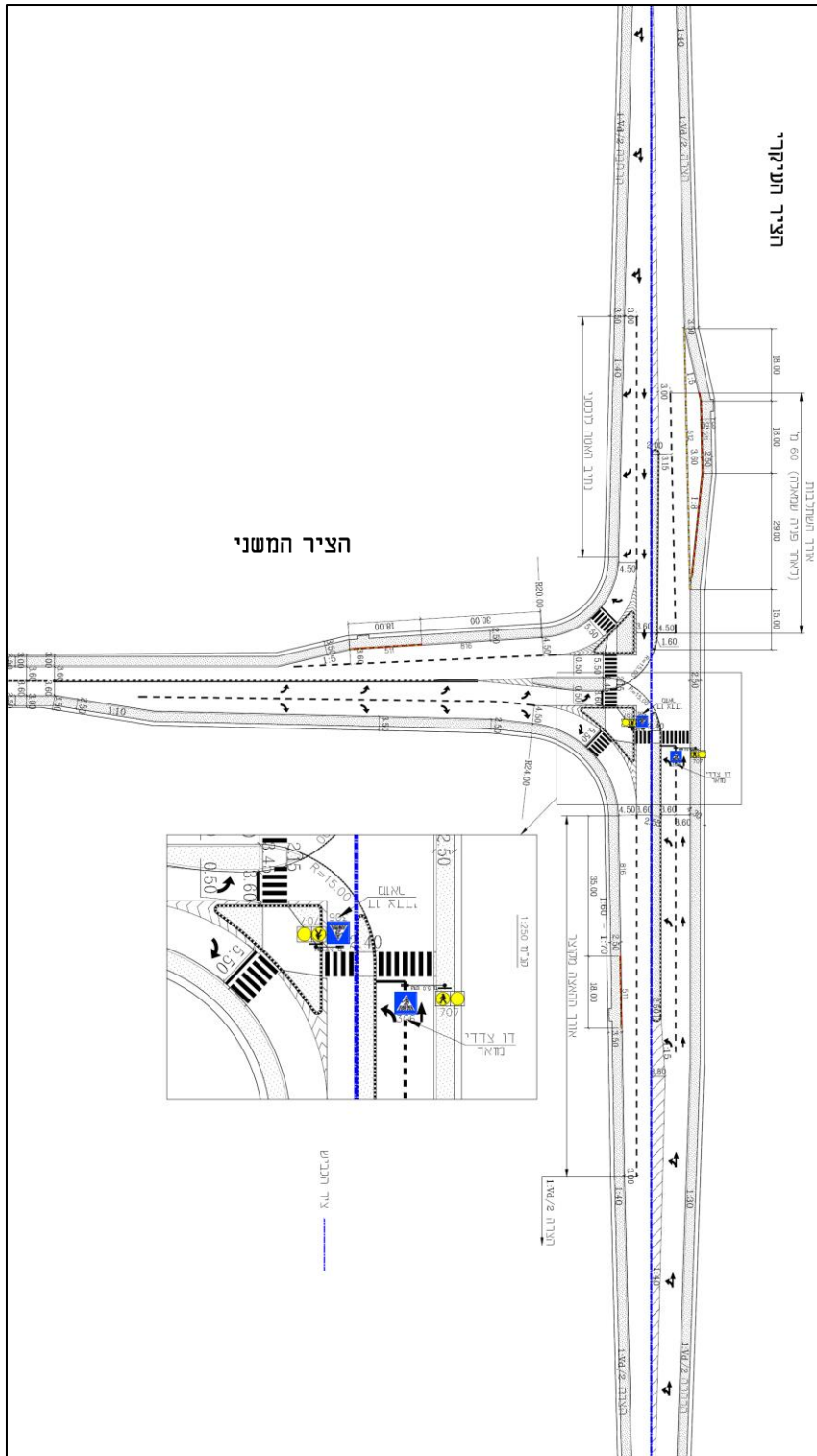
חציות הולכי-הרגל בצמתים הבין-עירוניים תהינה כלהלן:

### א. בהסתעפויות לא מרומזרות

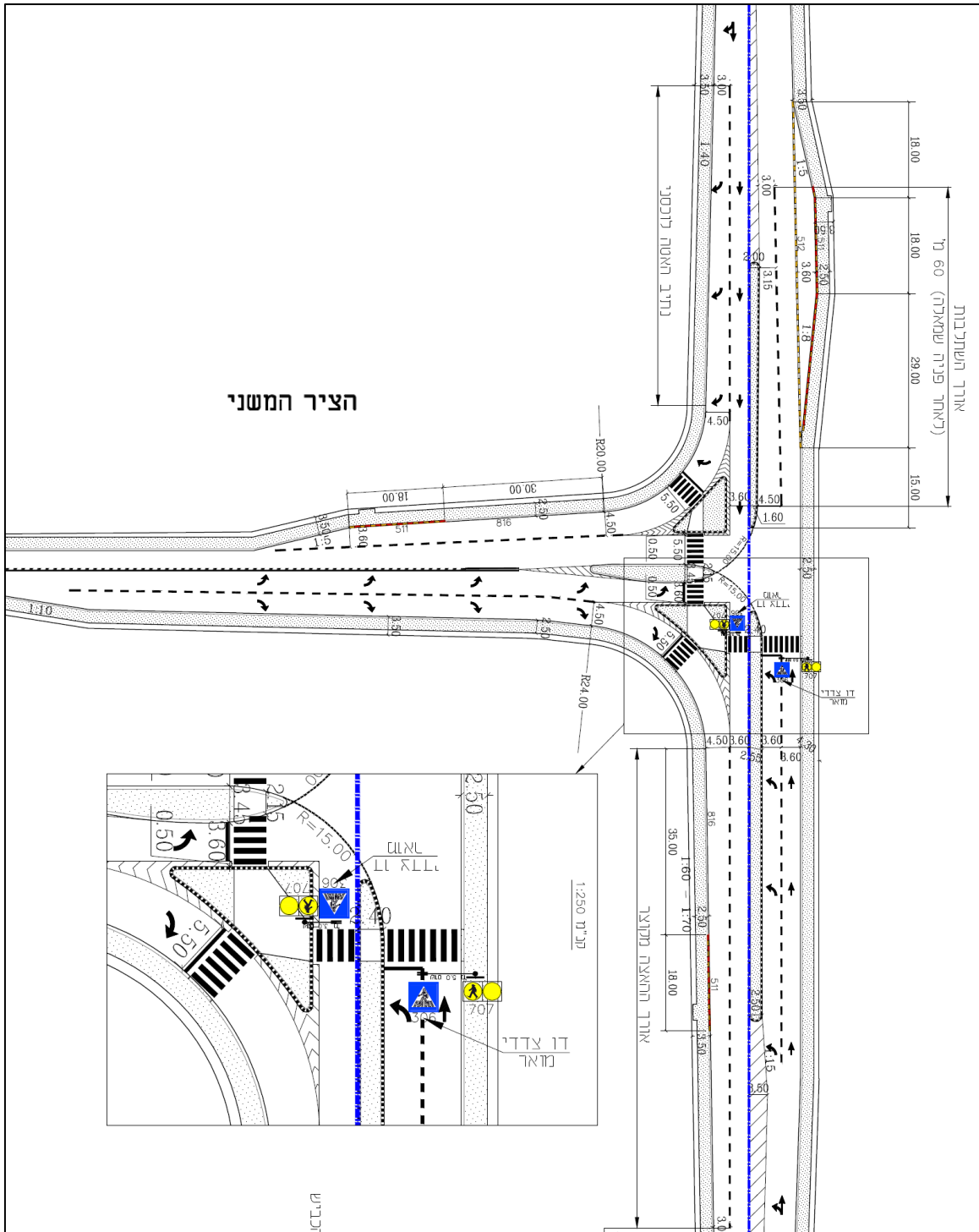
- בדרכים עיקריות חד-מסלוליות, למהירות תכן עד 80 קמ"ש (מהירות מותרת עד 70 קמ"ש), באזור עירוני המתומרר בתמרור 424, יתוכננו מעברי-החצייה בהתאם להנחיות לתכנון רחובות בערים (2020). גם כאשר הדרך עוברת בשטח בנוי שבו צפויות חציות רבות של דרך זו (ללא הצבת תמרור 424), יסומנו מעברי-חצייה המאפשרים להולכי-הרגל להגיע מכל פינה במרחב הצומת לכל פינה אחרת בו. במעברים אלה יש להתקין תמרורי 306 מוארים בשילוב פנסים מהבהבים (707) עם דמות הולכי-רגל המותקנים על אותה זרוע (ראו תרשים 10.7). כאשר הדרך אינה עוברת בשטח בנוי, לא יסומנו מעברי-החצייה, ויוקנו מקומות חצייה עם נגישות בלבד.

- בדרכים עיקריות חד-מסלוליות קיימות (או דרך ראשית בשלב ביניים) בהן מהירות התכן 90 קמ"ש (מהירות מותרת 80 קמ"ש), יש לבחון פתרונות חלופיים להסתעפות לא מרומזרת, כגון רימזור הצומת או מעגל תנועה, כמתואר בפרק 11, משיקולי בטיחות בדומה להסתעפויות לא מרומזרות עם דרך דו-מסלולית. במקרים בהם לא ניתן לרמזר את הצומת או לתכנן מעגל תנועה, ניתן לתכנן מקומות חצייה בלבד לרוחב הדרך העיקרית ללא סימון מעבר חצייה, בשל המהירויות הגבוהות של התנועה החולפת. במקרים אלה יש להקפיד על איי תנועה בנויים לאורך הדרך העיקרית שישמשו כמפלט להולכי הרגל. כמו כן, בצמתים אלה תהיה הקפדה על מרחקי הראות הנדרשים לאורך הדרך העיקרית, וכן עקרונות הצבת העצמים במרחב הצומת (סעיף 4.3.7), על מנת לספק ראות מיטבית בין הולכי-הרגל החוצים והתנועה בדרך העיקרית (ראו נספח 10ב').

**הסתעפויות עם דרך עיקרית דו-מסלולית לא יתוכננו כלא מרומזרות כאשר צפויה חצייה של הולכי-רגל בדרך העיקרית.** זאת כיוון שהפערים הנדרשים לחצייה בטיחותית של הדרך הדו-מסלולית גדולים מאוד (בין 8-10 שניות במסלול הרחוק, בחציית שלושה נתיבים). פערים אלה דורשים זיהוי של כלי-הרכב המתקרבים במרחק רב מאוד, בשל מהירויות הנסיעה הגבוהות בדרך העיקרית. בכך, מהירויות כלי-הרכב בדרך הדו-מסלולית אינן מאפשרות קבלת פערים בטיחותית על ידי הולכי-הרגל, וכל טעות בשיקול



**תרשים 10.7:** סימון מעברי-חצייה בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך חד-מסלולית (50-70 קמ"ש מהירות מותרת, בשטח בנוי)



**תרשים 10.7 א': הגדלה של סימון מעברי-חצייה בהסתעפות לא מרומזרת עם דרך חד-מסלולית (-50 קמ"ש מהירות מותרת, בשטח בנוי)**

הדעת של הולכי-הרגל הינה קריטית לבטיחות החצייה. **כאשר נדרשת תחנה בצד הרחוק, יש לבחון חלופות לצומת זה, כגון רימזור הצומת, מעגל תנועה או הפרדה מפלסית לה"ר ואופניים.** (רק אם אין בצד הרחוק תחנת אוטובוס או שימוש קרקע שעלול למשוך הולכי-רגל, ניתן לתכנן הסתעפות לא-מרומזרת בדרך דו-מסלולית, כמתואר בתרשים 5.2).

- **חציית הולכי-הרגל בדרך המשנית בהסתעפות לא מרומזרת** תתוכנן בהתאם לתכנון חציית הולכי-הרגל בדרך העיקרית. במקרים של תנועת אופניים, ראו פרק 9.

**ב. במעגלי תנועה:** החצייה תתוכנן בהתאם לסעיף 11.15 בפרק 11 – מעגלי תנועה.

**ג. בצמתים מרומזרים:** יש להסדיר מערך של מעברי-חצייה מרומזרים, המאפשרים להולכי-הרגל להגיע מכל פינה במרחב הצומת לכל פינה אחרת בו, ומשולב עם כלל הסדרי תיפעול הרמזור. יש לבחון את כמות הולכי-הרגל הצפויה בצומת ואת תכנית הרמזור ונפחי התנועה בזרועות, לשם קבלת החלטות לגבי תכנון מעבר-חצייה אחד או שני מעברי-חצייה לרוחב הדרך העיקרית.

מעקות בטיחות להולכי-רגל יותקנו במקומות בהם רוצים למנוע ירידת הולכי-רגל לכביש, בעיקר באי-הפרדה בנוי במרכז דרך מחולקת (דו-מסלולית), למניעת חצייה של הולכי-רגל בקרבת הצומת, והפנייתם למעברי-החצייה. הצבת גדרות שימנעו מהולכי-הרגל לחצות על גבי המפרדות ואי-התנועה תתבצע בהתאם לסעיף 7.4 בספר ההנחיות לתנועת הולכי-רגל בהנחיות לתכנון רחובות בערים (משהת"ח, 2020), ותוך בדיקת משולשי הראות בצומת, בהתאם למוסבר בסעיף 4.3.7 לעיל בהנחיות.

#### אורך החציות

מרחקי ההליכה בחציות יהיה בהתאם לניתוב הצומת (ראו פרק 5). בצומת מרומזר, חציות תהינה עד חמישה נתיבים בלבד – שלושה ישר ושניים שמאלה. חציית שישה נתיבים בצומת מרומזר תתאפשר רק אם הנתיב הנוסף הינו נת"צ. להתייחסות לחציית נר"תים לפנות להנחיות הרלוונטיות לעניין זה.

#### ראות ונראות להולכי-רגל בצמתים

כיוון שבהנחיות אלו חציות לא מרומזרות של הולכי-רגל תהינה בדרכים חד-מסלוליות בלבד, הפער הנדרש לצורך קבלת הפערים בחצייה נמוך יחסית (טבלה 10.4 – נספח 10ב'). האורך הנדרש לזיהוי כלי-הרכב לקבלת פערים אלה, מתלכד עם מרחק הראות לעצירה הנדרש במהירויות התכן לאורך הדרך העיקרית (טבלה 4.1). כמו כן, גובה העצם שעל הולכי-הרגל לזהות (1.05 מטר) גבוה מגובה העצם שעל הנהג לזהות (0.15 מטר), ולכן בדיקת מרחקי הראות לעצירה לאורך הדרך העיקרית מאפשרת גם זיהוי כלי רכב וקבלת פערים על ידי הולכי-הרגל החוצים. להרחבה בסוגיה זו (ראות להולכי-רגל בהסתעפויות לא מרומזרות) ראו נספח 10ב'.

## נספח 10א': הצעה להגדרת אינטנסיביות פעילות תח"צ בתחנות בין עירוניות

במטרה לאתר תחנות שבהן צפויה פעילות רבה של תחבורה ציבורית, מצרפת הצעת ההנחיות להגדרת אינטנסיביות פעילות התחבורה הציבורית בתחנות אוטובוס בין-עירוניות, לצורך החלטה על מספר העמדות הנדרש ועל אופי התחנה לתכנון (תחנה רגילה לעומת תחנה מרובת פעילות תח"צ). טבלה 10.3 מפרטת את הצעת הנחיות אלו להגדרת אינטנסיביות פעילות התחבורה הציבורית בתחנות אוטובוס בין עירוניות.

### טבלה 10.3: הצעה להגדרת אינטנסיביות התחבורה הציבורית בתחנות אוטובוס בין עירוניות

מספר עמדות נדרש <sup>(2)</sup>	מספר עצירות אוטובוסים אפשריות בשעת שיא <sup>(1)</sup>	אינטנסיביות פעילות התחבורה הציבורית בתחנה
0	0	ללא
1	1-9	נמוכה
1	10-14 <sup>(3)</sup>	בינונית
+2	15 ויותר <sup>(4)</sup>	גבוהה

- 1) כמות פוטנציאלית של עצירות אוטובוסים לטובת הורדה והעלאה של נוסעים, בהתאם לרישיון הקווים ולייעוד התחנות.
- 2) לניתוח מדויק יותר של מספר עמדות בתחנה לפי מאפייני הקווים, ראו "הנחיות לתכנון מקבצי תחנות אוטובוס" (2003), וכן אפיון תחנות אוטובוס ב-"הנחיות לתכנון ותפעול שירות תחבורה ציבורית באוטובוסים" (משהת"ח, 2016).
- 3) כאשר התחנה משרתת תחנת רכבת, מוסדות חינוך, בתי חולים, בסיסי צה"ל, ועוד, ייתכן שיהיה צורך ב-2 עמדות גם כאשר מספר האוטובוסים העוצרים נמוך מ-15 לשעה. תחנה זו מוגדרת כתחנת אוטובוס עם מספר רב של נוסעים עולים, אם התחנה צפויה לעמוד בקריטריון של 200 נוסעים עולים ביום ("הנחיות לתכנון ותפעול שירות תחבורה ציבורית באוטובוסים", משהת"ח, 2016, ובטבלה 10.2 בכרך 3 – מחלפים). במקרים אלה יש להגדיר את עוצמת התחבורה הציבורית בתחנה כגבוהה, גם כאשר מספר האוטובוסים העוצרים בשעת השיא נמוך מ-15 בשעה.
- 4) מעל 15 עצירות אוטובוסים בשעה האינטנסיביות גבוהה ולכן לרוב דורשת שתי עמדות או יותר, ראו "הנחיות לתכנון מקבצי תחנות אוטובוס" (משהת"ח, 2003), וכן אפיון תחנות אוטובוס ב"הנחיות לתכנון ותפעול ושירות תחבורה ציבורית באוטובוסים" (משהת"ח, 2016). במקרה זה צפויה תנועה רבה של אוטובוסים בקטע, ולכן מומלץ לבחון האם בתכנון הציר המגיע לצומת נבדק הצדק להסדר העדפה לתחבורה ציבורית, בהתאם לאותן הנחיות. במקרים של הסדרי העדפה לתחבורה ציבורית, תכן התחנות יותאם להנחיות המתאימות להסדרי העדפה לתחבורה ציבורית, במפורט בסעיף 10.1.1.

## נספח 10ב': ראות להולכי-רגל בהסתעפויות לא מרומזרות

אפשרות החצייה של הולכי-הרגל תלויה רבות בסוג הבקרה בצומת. בעוד שבצמתים מרומזרים חציית הולכי-רגל מתבצעים לפי תכנית הרמזור, בצמתים לא מרומזרים החצייה מתבצעת לפי קבלת פערים של הולכי-הרגל בזרם התנועה המתנגדת. לכן, יש לוודא שהולכי-הרגל מסוגלים לראות את כלי-הרכב המתנגדים לחצייתם. ניתן לחשב את הפער הקריטי לפי מהירות ההליכה ביחס למרחק הנדרש לחצייה, כאשר הערך המקובל לשימוש הוא מהירות הליכה של 1.2 מ'/שנ' (AUSTROADS 4A, 2021). טבלה 10.4 מציגה את הפערים הקריטיים הנדרשים לחצייה לפי אורך החצייה.

**טבלה 10.4:** הפער הקריטי הנדרש להולכי-רגל לחציית זרוע בצומת לא מרומזר

מספר הנתיבים	אורך החצייה (מ')	פער קריטי נדרש, שניות (לפי 1.2 מ'/שנ')
נתיב אחד*	4.5	4
2 נתיבים	7.2	6
3 נתיבים	10.8	9

\* בנתיב היוצא מהצומת בזרוע המשנית, בו ייתכן מרחק גדול יותר בין אבני השפה, התנועה המתנגדת מגיעה במהירות 15 קמ"ש בהסתעפות לא מרומזרת, ולכן הבדיקה מתמקדת בנתיב שבו כלי הרכב בזרוע המשנית מגיעים לצומת.

לפי פערים אלה ניתן לחשב את מרחק הראות הנדרש בין הולכי-הרגל וכלי הרכב המתנגדים. את מרחק הראות הזה יש לספק בכל נתיבי התנועה המתנגדת, בהתאם לעקרונות שהוצגו בפרק 4.

$$S = T_c \cdot \frac{V}{3.6}$$

$T_c$  – הפער הקריטי הנדרש, שניות.

$V$  – מהירות התכן בתנועה המתנגדת (קמ"ש).

טבלה 10.5 מציגה את מרחקי-הראות הדרושים להולכי-הרגל כדי לחצות בבטחה מקום-חצייה לא מרומזר.

גובה העצם לתכנון למרחקי הראות האלה יהיה 1.05 מטר, הן לגובה עיני הולכי-הרגל והן לגובה הרכב אותו הולך-הרגל צריך לראות. גבהים אלה מאפשרים גם הבחנה ברכב דו-גלגלי, ושילוב מרחקי ראות אלה עם מרחקי-הראות השונים בצומת שפורטו בפרק 4, יבטיחו שהנהג יראה את הולך-הרגל במרחק מספיק כדי לעצור במידת הצורך. כמו כן, גובה העצם שעל הולך-הרגל לזהות (1.05 מטר) גובה מגובה העצם שעל הנהג לזהות (0.15 מטר), ולכן בפערים נמוכים לחציית הולכי הרגל, בדיקת מרחקי הראות לעצירה לאורך הדרך העיקרית מאפשרת גם זיהוי כלי רכב וקבלת פערים על ידי הולכי-הרגל החוצים. על מרחק הראות לעצירה להתקיים בכל מקרה בו מתוכנן מקום חצייה שאינו מרומזר (מתומר או לא מתומר) לרוחב הדרך העיקרית.

**טבלה 10.5: מרחקי הראות (מ') הדרושים להולכי-הרגל לחציית זרוע בצומת לא מרומזר**

מהירות התכן בדרך העיקרית, בקמ"ש (V)					פער קריטי Tc לחצייה (שנ')
100	90	80	70	60	
110	100	90	80	65	4
165	150	135	115	100	6
250	225	200	175	150	9

במהירויות תכן גבוהות בדרך עיקרית דו-מסלולית (פערים של 6 או 9 שניות, במהירות תכן 80 קמ"ש ומעלה), מתקבלים מרחקים ארוכים יותר ממרחק הראות לעצירה הנדרש בדרך העיקרית (טבלה 4.1). במרחקים גדולים (מעל 150 מטר), לא סביר שהולך-הרגל יצליח לזהות את כלי-הרכב המתקרב ו/או את מהירותו על מנת לקבל החלטה מושכלת בחציית הדרך. לכן, הנחיות אלו מגבילות תכנון של הסתעפויות לא מרומזרות עם דרך עיקרית דו-מסלולית אך ורק למקרים בהם לא מתוכננת חציית הולכי-רגל בדרך העיקרית (ראו סעיף 10.2.2). בהסתעפויות חד-מסלוליות לא מרומזרות, הפערים הנדרשים לחציית הולכי-הרגל את הדרך העיקרית נמוכים (עד 6 שניות), ומרחקי הראות לעצירה הנדרשים לכלי-הרכב לאורך הדרך העיקרית מספקים גם את הדרישה לקבלת פערים לצורך חציית הולכי-הרגל בדרך העיקרית. בזרוע המשנית בהסתעפות לא מרומזרת, כלי הרכב המתקרבים מאיטים לקראת הצומת, ומרחקי-הראות לעצירה המוגדרים בפרק 4 מספקים גם את הצורך של הולך-הרגל בקבלת הפערים.

לפי מודל הגעה פואסוני המיועד להערכת העיכוב לקבלת פערים מתאימים לחציית הולכי הרגל, המבוסס על חישוב ההסתברות P לזמינות פער (עקרונות תכן להנדסת תחבורה, דורון בלשה, 1976, וכן בהנחיות לרמזורים מהדורה מעודכנת – טיוטא), כאשר בדרך העיקרית צפויים מעל 700 כלי רכב לכיוון בשעת שיא, יתכן שהעיכוב להולך-הרגל בחציית דרך עיקרית דו-מסלולית יעלה על 30 שניות לצורך קבלת פער מתאים לחצייה (לפי פער קריטי של 9 שניות בחציית שלושה נתיבים). לפי איור 13-18 במדריך ה-HCM המתורגם (2005) המוצג בטבלה 10.6 להלן, המתנה של 30 שניות בצומת לא מרומזר (גבול רמת שירות E) מעלה את הסבירות להתנהגות מסוכנת. לפיכך, אין לתכנן חציית הולכי רגל בציר העיקרי בהסתעפות לא-מרומזרת עם דרך עיקרית דו-מסלולית.

**טבלה 10.6: איור 13-18 מתוך HCM מתורגם (2005)**

איור 13-18. קריטריוני רמת שירות להולכי רגל בצמתים לא מרומזרים

רמת שירות	עיכוב ממוצע להולך רגל (שניות)	סבירות להתנהגות מסתכנת <sup>a</sup>
A	$5 >$	נמוכה
B	$10 - 5 <$	
C	$20 - 10 <$	בינונית
D	$30 - 20 <$	
E	$45 - 30 <$	גבוהה
F	$45 <$	גבוהה מאוד

הערה:

a. סבירות לקבלת פערים קצרים.

## פרק 11: מעגלי תנועה

### תוכן עניינים

11-1.....	הגדרה ומאפיינים	11.1
11-1.....	יתרונות וחסרונות	11.2
11-3.....	תנאים לתכנון	11.3
11-6.....	מרכיבי התכנון	11.4
11-10.....	צורה ומידות של אי התנועה המרכזי והמסלול הסיבובי	11.5
11-12.....	הסטת תנועה	11.6
11-18.....	ריסון מהירות בגישות	11.7
11-21.....	תכן כניסות ויציאות	11.8
11-24.....	הפרדה בין זרועות	11.9
11-25.....	מרחקי ראות	11.10
11-31.....	עטרה	11.11
11-33.....	עקום אנכי ושיפוע אורכי	11.12
11-34.....	נתיבי פנייה בלעדיים	11.13
11-36.....	מעגלי תנועה ב"תצורת עצם" (Dog Bone)	11.14
11-37.....	שילוב הולכי-רגל ורוכבי אופניים במעגלי תנועה	11.15
11-38.....	שילוב תחבורה ציבורית	11.16
11-38.....	סימון ושילוט במעגלי תנועה דו-נתיביים	11.17

## צוות המחברים לפרק זה



אינג' דורון מגיד  
אינג' רובי כרמל

### ועדת היגוי

מר שי קדם	– משרד התחבורה – יו"ר
אינג' ברק כראדי	– משרד התחבורה – מ"מ יו"ר
אינג' דני מוקסאי	– נתיבי ישראל
אינג' אלה פונאמרב	– משרד התחבורה
אינג' סימון בג'אלי	– נתיבי ישראל
אינג' קובי ברטוב	– נתיבי ישראל
אינג' אלכס בוכמן	– נתיבי ישראל
אינג' טופז פלד	– הרלב"ד
אינג' אלכס ויאזמנסקי	– חוצה ישראל
אינג' ישעיהו רונן	– מינהלת אשד
ד"ר דורון בלשה	– יועץ למשרד התחבורה
רפ"ק אינג' אנטולי מדניקוב	– אגף התנועה, משטרת ישראל
אינג' אדולפו וורוביוף	– וי.אס. הנדסה
אינג' בר גלברט	– חסון-ירושלמי
ד"ר בני פרישר	– מינהלת אשד
ד"ר רעות סעדיה	– אמי-מתום מהנדסים ויועצים
ד"ר שי בסן	– אמי-מתום מהנדסים ויועצים

### בהשתתפות חלקית:

אינג' מור נובוסלסקי	– הרלב"ד
אינג' ז'אנה רובינשטיין	– נתיבי ישראל
אינג' תמר בארט-טריגלו	– נתיבי איילון
אינג' טלאל חסן	– משרד התחבורה

## פרק 11: מעגלי תנועה

### 11.1 הגדרה ומאפיינים

מעגל תנועה (roundabout) הינו צומת שבו נפגשים הכבישים המובילים אליו במיסעה סביב אי-תנועה מעגלי, שהתנועה סובבת סביבו.

המאפיינים הגיאומטריים והתנועתיים של מעגל התנועה:

- במרכזו של הצומת נמצא אי-תנועה בעל צורה גיאומטרית סגורה (לרוב מעגל).
- התנועה מתבצעת מסביב לאי-התנועה המרכזי בכיוון המנוגד לכיוון השעון.

במעגל התנועה, זכות הקדימה ניתנת תמיד לתנועה הנעה בתוך המסלול הסיבובי.

א. כל זרוע יוצרת הסתעפות נפרדת עם המסלול הסיבובי.

ב. בהסתעפויות מתבצעות פניות ימינה בלבד.

זרועות מעגל התנועה יכולות להיות דו-סטריות עם כניסה למעגל ויציאה מהמעגל, ויכולות להיות חד-סטריות עם כניסה בלבד או יציאה בלבד.

מעגל תנועה יכול להיות חד-נתיבי עם נתיב אחד בכל הכניסות, היציאות ובמסלול הסיבובי, ויכול להיות דו-נתיבי עם שני נתיבים בחלק מהכניסות או בכולן, בחלק מהיציאות או בכולן, בחלק מהמסלול הסיבובי או בכולו.

מעגלי תנועה הינם פתרון אפשרי כאשר מידרג הדרכים הנפגשות מקיים תנאים כמפורט בסעיף 3.1.2 ובטבלה 3.1 בפרק 3 בכרך זה.

מעגל תנועה עשוי להוות תחליף אפשרי לצמתי הסתעפויות והצטלבויות לא מרומזרים, לצמתי מרומזרים, לצמתי מרובי זרועות, לצמתי במחלפי גישה ובמחלפונים זעירים, כמפורט בטבלה 3.1.

מעגל תנועה יכול להוות פתרון למחלף גישה מסוג מחלף סיבובי (rotary interchange): למעגל תנועה במחלף סיבובי אי מרכזי אליפטי גדול, הנמצא במפלס שונה מהדרך העיקרית, ומסדיר את כל התנועות בין רמפות המחלף לבין הדרך המשנית. סוג מחלף זה מתואר בכרך 3 (תכן גיאומטרי של מחלפים), סעיף 4.7.

### 11.2 יתרונות וחסרונות

למעגלי תנועה יתרונות וחסרונות ייחודיים. בטבלה 11.1 מרוכזים יתרונות מעגל התנועה בהשוואה לצמתי אחרים. יתרונות אלו הם כלליים, ומאפיינים את מעגלי התנועה ביחס לשאר סוגי הצמתיים. בכל צומת מתוכנן, יש לבדוק את תקפות היתרונות והחסרונות באותו אתר, בהתאם לתנאים הייחודיים לו. בחלק מהמאפיינים, ישנם הבדלים ביתרונות ובחסרונות בין מעגל תנועה חד-נתיבי לבין מעגל תנועה דו-נתיבי.

**טבלה 11.1: יתרונות של מעגל תנועה ביחס לצמתיים אחרים**

מאפיינים	מעגל תנועה דו-נתיבי	מעגל תנועה חד-נתיבי	פירוט
<b>בטיחות</b>			
מהווה אמצעי למיתון מהירות	✓	✓	
מקטין את מספר התאונות ואת חומרת תאונות רכב	✓	✓	בהשוואה לצומת לא מרומזר ולצומת מרומזר
מקטין את מספר התאונות ואת חומרת תאונות הולכי-רגל	X	✓	מרומזר
<b>תנועה</b>			
מקטין את העיכובים בזרועות המשניות ומקל את היציאה מזרועות אלו	✓	✓	בהשוואה לצומת לא מרומזר
מתאים לצמתיים עם נפחי תנועה גדולים בפניות שמאלה ובחציה בדרך המשנית	✓	✓	
מאפשר פניות פרסה נוחות	✓	✓	
יכול לשמש להבלטת מעבר בין קטעי דרך עם מאפיינים שונים, כגון בין דרך עירונית לבין דרך בין-עירונית	✓	✓	
פתרון לצמתיים עם יותר מ-4 זרועות, ולצמתיים בהם הכיוון העיקרי לא ממשיך ישר	✓	✓	
<b>סביבה</b>			
יוצר נקודות ציון להתמצאות	✓	✓	
חוסך בעלות הקמה, תפעול ואחזקה	✓	✓	בהשוואה לצומת מרומזר
מפחית זיהום סביבתי	✓	✓	

בטבלה 11.2 מפורטים חסרונות מעגל התנועה בהשוואה לצמתיים אחרים. חסרונות אלו הם כלליים, ומאפיינים את מעגלי התנועה ביחס לשאר סוגי הצמתיים. בכל צומת מתוכנן, יש לבדוק את תקפות החסרונות באותו אתר, בהתאם לתנאים הייחודיים לו.

### טבלה 11.2: חסרונות של מעגל תנועה ביחס לצמתים אחרים

מאפיינים	מעגל תנועה חד-נתיבי	מעגל תנועה דו-נתיבי	פירוט
תנועה			
משווה את העדיפות בין הכיוונים <sup>(1)</sup> . מפחית את הקיבולת בדרך העיקרית <sup>(2)</sup>	✓	✓ <sup>(1)</sup> X <sup>(2)</sup>	במעגל תנועה דו-נתיבי חלקי, קיבולת הגישות הדו-נתיביות גדולה מקיבולת הגישות החד-נתיביות
אינו מאפשר התאמה לביקושים כמו צומת מרומזר	✓	✓	
סביבה			
דורש שטח גדול	✓	✓	בהשוואה לצומת לא מרומזר ולצומת מרומזר

## 11.3 תנאים לתכנון

מעגלי תנועה בין-עירוניים מתאימים למפגשים בדרכים בהם מהירות הייעוד אינה עולה על 80 קמ"ש. אם מתכננים מעגל תנועה בדרך עם מהירות ייעוד גדולה מ-80 קמ"ש, יש להסדיר בגישה למעגל התנועה אמצעי ריסון מהירות כמתואר בסעיף 11.7. על פי טבלה 3.1 בפרק 3 לעיל, מעגלי תנועה בין-עירוניים יכולים להתאים למפגשים בין דרכים מהסוגים: אזורית, מקומית, גישה ליישוב, מפגשים של עורק עירוני ורחוב מאסף עם דרך בין-עירונית אזורית ומקומית; במחלף גישה מסוג מחלף סיבובי; בצמתי מחלפי גישה ובמחלפונים זעירים.

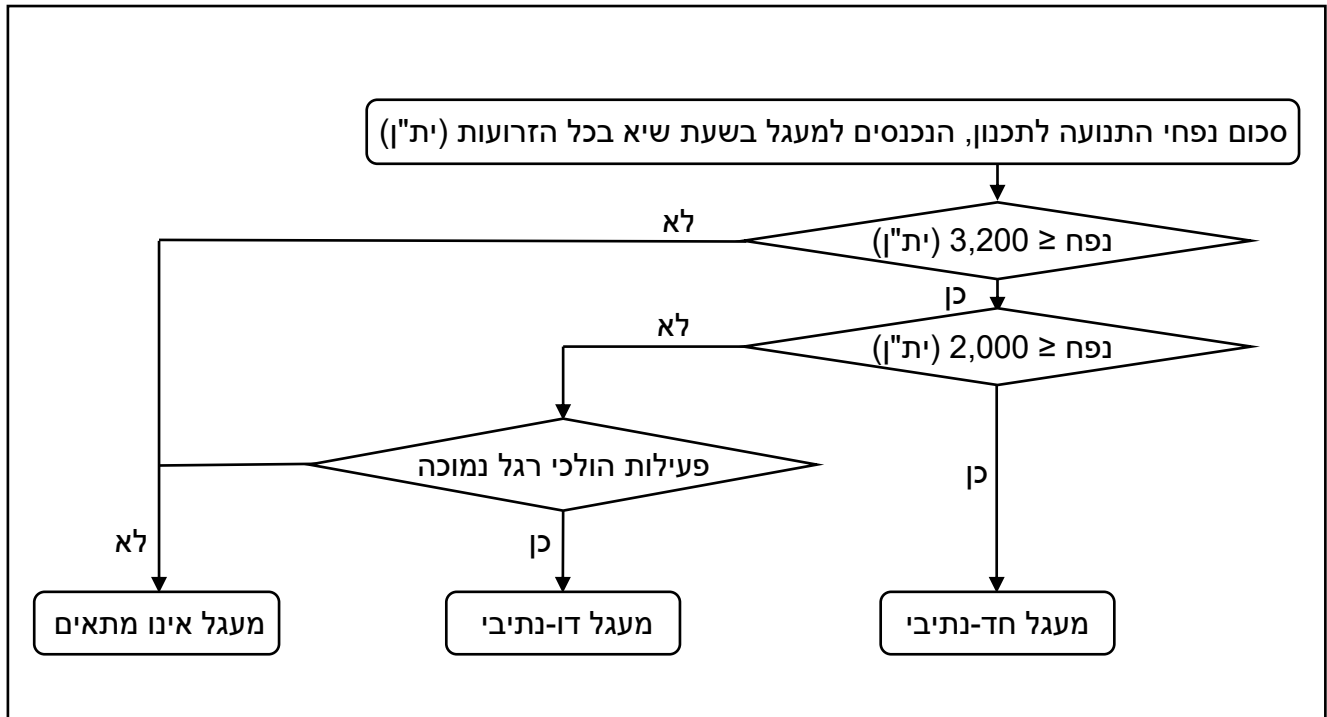
### א. נפחי תנועה אופייניים:

בחישוב קיבולת כוללת של מעגל תנועה, דהיינו סך כל נפח הכניסות, מתייחסים לכל זרוע בנפרד, שמושפעת מהיחס בין הנפח הנכנס לנפח הסובב, שלו זכות הקדימה. לביצוע הערכה מדויקת נדרשים נתונים מפורטים של פיצול התנועה לכל כיווני הפנייה בכל זרועות הצומת. לצורך הערכה ראשונית ניתן להניח, לפי המקור לתרשימים 11.2, 11.3, שקיבולת יומית (סך כל נפחי הנכנסים) למעגל תנועה חד-נתיבי מוגבלת ל-25,000 ית"ן, קיבולת לשעת-שיא ל-2,000 ית"ן/שעה; קיבולת יומית למעגל תנועה דו-נתיבי מוגבלת ל-40,000 ית"ן, קיבולת לשעת-שיא ל-3,200 ית"ן/שעה.

לניתוח מפורט, ראו פרק 4 (מאפייני קיבולת ותפעול) בהנחיות לתכנון מעגלי תנועה, משהת"ח, 2005.

מעגל תנועה דו-נתיבי אינו מתאים לצמתים עם ביקושים גדולים לחציית הולכי-רגל, כמפורט בהמשך.

תרשים 11.1 מציג תרשים זרימה לבחינת התאמת/אי התאמת מעגל התנועה וסוגו כפתרון לצומת.



**תרשים 11.1:** תרשים זרימה לבחינת התאמת/אי התאמת סוג מעגל התנועה לצומת

**ב. מספר נתיבים במעגל תנועה בין-עירוני רב-נתיבי:**

צריך להגביל את מספר הנתיבים במעגל התנועה (נתיבי הכניסה, נתיבים במסלול הסיבובי ונתיבי היציאה), למספר המזערי המאפשר את הקיבולת הנדרשת לתנועה החזויה. הסיבה לכך היא ששיעור התאונות עולה עם העלייה במספר הנתיבים במעגל התנועה. מספר הנתיבים המרבי במסלול הסיבובי הוא שניים.

ניתן להסדיר מעגל תנועה חד-נתיבי שיתאים לנפחי תנועה חזויים לתקופה של 10-15 שנה, אשר ישודרג למעגל תנועה דו-נתיבי לאחר תקופה זאת. במקרה כזה רצוי לתכנן את מעגל התנועה החד-נתיבי כך שהסבתו למעגל תנועה דו-נתיבי תיעשה באמצעות הקטנת האי המעגלי והצרת מפרדות בגישות למעגל, ללא צורך בשינוי מערכות הניקוז והמדרכות בהיקף מעגל התנועה ובצידי הגישות למעגל.

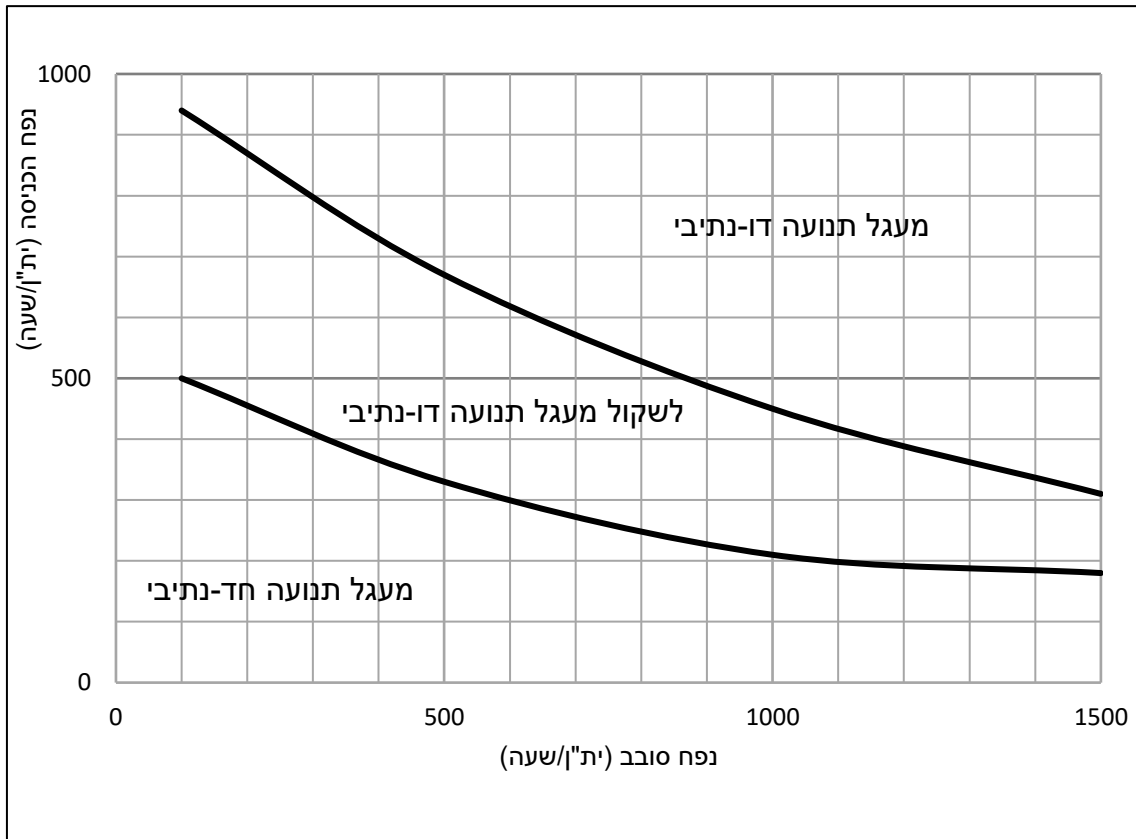
יש להתחשב בכך שכניסות ויציאות דו-נתיביות אינן מתאימות לזרועות עם ביקוש גבוה לחציית הולכי-רגל.

**ג. נתיב אחד או שניים בכניסות ובמעגל:**

מספר הנתיבים בכל כניסה, נקבע על פי נפח כלי-רכב בית"ן (יחידות תנועה – המונח שהחליף את יר"ם) לשעת-השיא המשמשת לתכנון, בכניסה ובמסלול המעגלי. בתרשים 11.2 מוצג תחום שילוב נפחי התנועה בשעות-שיא לתכנון, בכניסה ובמסלול הסובב, לקביעת הצדק לנתיב כניסה אחד או לשניים. בין גבולות התחומים קיים תחום לשיקול דעת.

**ד. נתיב אחד או שניים ביציאות:**

מספר הנתיבים בכל יציאה, נקבע על פי נפח כלי-רכב לשעת-השיא המשמשת לתכנון, ביציאה. בטבלה 11.3 נתון תחום נפחי התנועה ביחידות של ית"ן בשעת-השיא לתכנון ביציאה, המצדיק נתיב יציאה אחד או שניים. בין גבולות התחומים קיים תחום לשיקול דעת.



**תרשים 11.2:** תחום שילוב נפחי התנועה בית"ן בשעות-שיא לתכנון,

בכניסה ובמסלול הסובב להצדקת מס' נתיבי כניסה

מקור לתרשים ולטבלה: Road Geometric Design Manual (2011), Co-operation between the Ministry of Works the Tanzania National Roads Agency and the Norwegian Public Roads Administration

**טבלה 11.3:** תחום נפחי התנועה לתכנון בית"ן בשעות-שיא ביציאה

המצדיק נתיב יציאה אחד או שניים

מספר נתיבי יציאה	נפח תנועה יוצא (ית"ן/שעה)
אחד	< 750
לשקול שניים	750 – 1,050
שניים	1,050 – 1,500

## ה. מספר נתיבים בקטעי המסלול המעגלי במעגל תנועה דו-נתיבי:

- יכול להיות אחד או שניים, על פי יחס הביקושים בין הכניסות לבין היציאות – דוגמא לתכן גיאומטרי בתרשים 11.27 בסוף הפרק. לפני הכניסות למעגל יוצב שילוט הכוונה לנתיבים (613), שיסייע לנהגים לבחור את נתיב הנסיעה שלו במעגל – ראו דוגמאות בפרק העוסק במעגלי תנועה בהנחיות לשילוט הדרכה בצמתים בין-עירוניים (2023).
  - יש להגביל את מספר קטעי מעגל התנועה הדו-נתיביים למספר המזערי המאפשר את קיבולת מעגל התנועה הנדרשת.
  - בקטע מסלול במעגל העוקב לכניסה דו-נתיבית, נדרש מסלול דו-נתיבי, אלא אם לפי נפחי התנועה, הנתיב הימני משולט לפנייה ימינה בלבד.
  - בקטע מסלול במעגל העוקב ליציאה דו-נתיבית, ניתן להסדיר קטע מסלול מעגלי עם נתיב בודד, בתנאי שהכניסה שלפניה היא חד-נתיבית.
  - אסור שמספר נתיבי היציאה יהיה גדול ממספר הנתיבים המסתובבים בקטע שלפני היציאה.
- להגדלת קיבולת מעגלי תנועה חד-נתיביים ודו-נתיביים, ניתן להסדיר נתיבים לפנייה ימינה שאינם עוברים במסלול מעגל התנועה ('בננות'). לפני החלטה להסדרת מעגל תנועה דו-נתיבי, מומלץ לבחון חלופות מעגלי תנועה עם נתיבי פנייה ימינה שאינם עוברים במסלול מעגל התנועה ('בננה'). פירוט בסעיף 11.13.

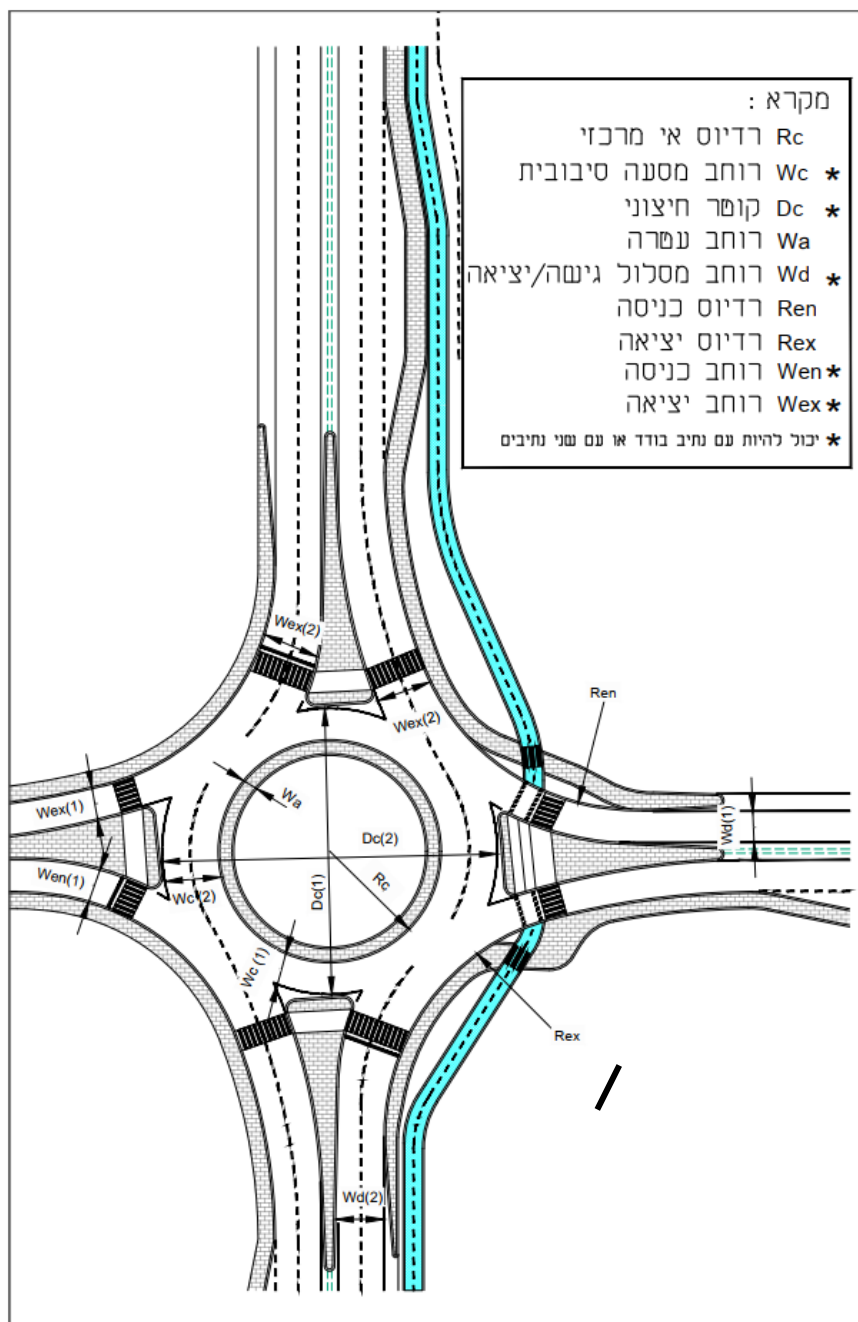
## 11.4 מרכיבי התכנון

בתרשים 11.3 מתואר מעגל תנועה, ופרטיו הגיאומטריים. התכן הגיאומטרי של מעגל התנועה כולל:

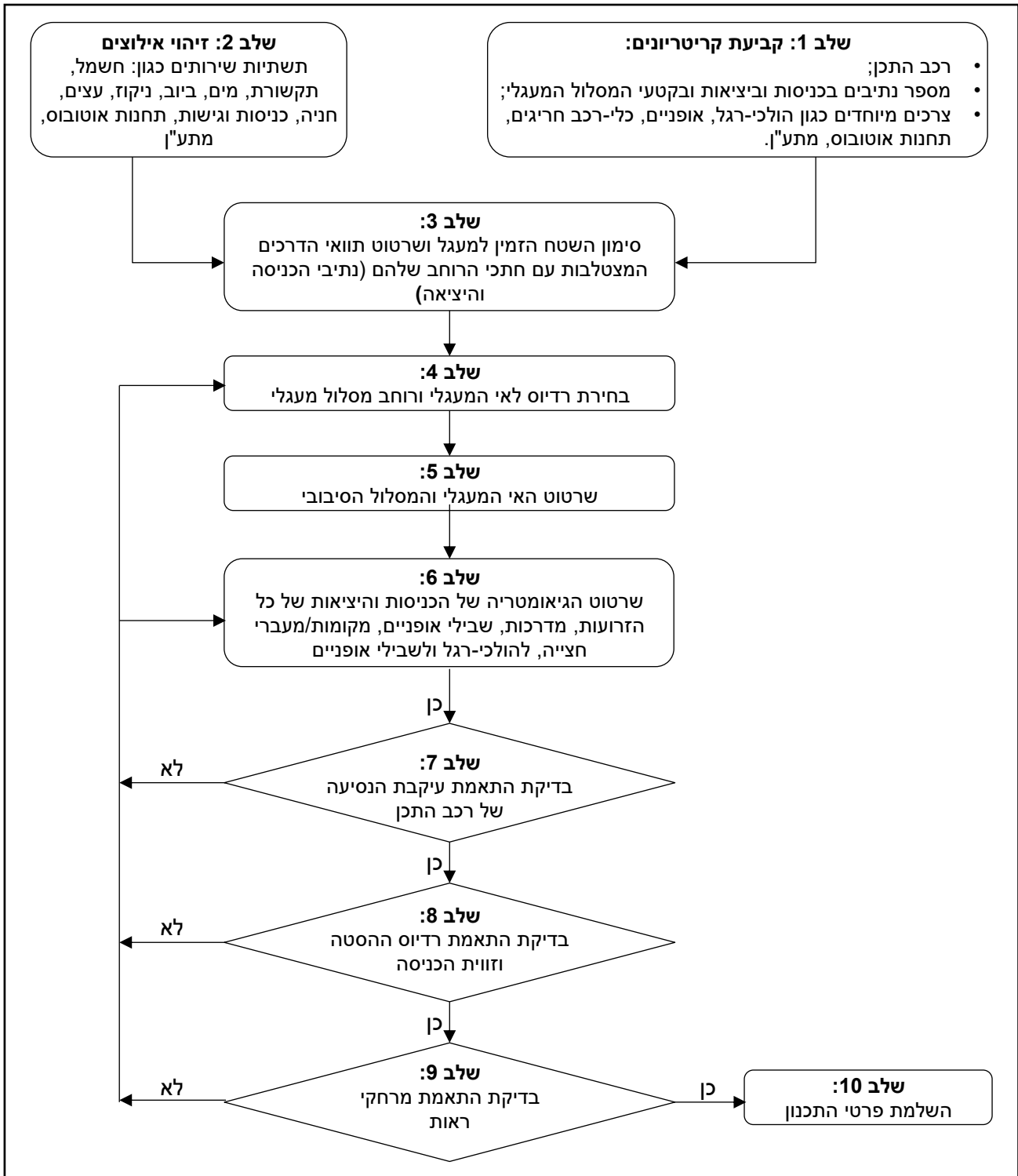
- **רדיוס האי המרכזי  $R_c$** : רדיוס אבן השפה של האי המרכזי. אם קיימת עטרה, הרדיוס כולל את רוחב העטרה. אם האי המרכזי מורכב מעקומים שאינם מעגל, רדיוסים שונים מתארים בקירוב את קטעי העקום.
- **רוחב המיסעה הסיבובית  $W_c$** : רוחב המיסעה המקיפה את האי המעגלי – נתיב אחד או שני נתיבים בקטעי מעגל תנועה ובכל המעגל. רוחב זה אינו כולל את העטרה.
- **קוטר חיצוני במעגל תנועה  $D_c$** : קוטר המיסעה המקיפה את האי המעגלי – נתיב אחד או שני נתיבים בקטעי מעגל תנועה ובכל המעגל. הקוטר אינו כולל את המדרכות סביב למעגל.
- **רוחב העטרה  $W_a$** : נמדד מרדיוס האי המרכזי כלפי מרכז המעגל.
- **רוחב מסלול בדרך הגישה  $W_d$** : רוחב המסלול בדרך הגישה/היציאה למעגל התנועה – נתיב אחד או שני נתיבים.
- **רוחב הכניסה  $W_{en}$** : רוחב בגישות, כולל הרחבה עקב רדיוס בזרועות מעגל התנועה – נתיב אחד או שני נתיבים.
- **רוחב היציאה  $W_{ex}$** : רוחב ביציאות, כולל הרחבה עקב רדיוס בזרועות מעגל התנועה – נתיב אחד או שני נתיבים.
- **רדיוס שפה בכניסה  $R_{en}$** : רדיוס אבן השפה מימין לכניסה (ביחס לכיוון הנסיעה).
- **רדיוס שפה ביציאה  $R_{ex}$** : רדיוס אבן השפה מימין לכניסה (ביחס לכיוון הנסיעה).

### שלבי התכנון גיאומטרי:

תרשים זרימה 11.4 מתאר את תהליך התכנון של מעגל תנועה. בתהליך תכנון מעגל תנועה נדרש הליך של ניסוי וטעייה – מספר הליכי ניסוי וטעייה תלוי באופי האתר. לדוגמה, תכנון מעגל תנועה חד-נתיבי בצומת דרכים מקומיות עשוי להיות פשוט יחסית, ולדרוש מספר מועט של הליכי ניסוי וטעייה. בצומת בין שתי דרכים אזוריות, יידרש בדרך כלל ניתוח תנועה מפורט, ועשויים להידרש מספר הליכי ניסוי וטעייה, כדי לבסס את התכנון הגיאומטרי המיטבי.



**תרשים 11.3:** מעגל תנועה עם הגדרת פרטיו הגיאומטריים



**תרשים 11.4:** תרשים זרימה לתיאור תהליך התכנון של מעגל תנועה

## שלב 1 – קביעת קריטריונים:

**רכב התכן:** על פי סעיף 2.6 בתחילת כרך ההנחיות, האוטובוס הרגיל ישמש כרכב הגדול לתכן בצמתים של דרכי גישה או דרכים מקומיות עם דרכים אזוריות או מקומיות אחרות, כאשר כל הדרכים חד-מסלוליות ואינן מובילות לאתר המושך תנועה סדירה של משאיות מורכבות או מחוברות (כגון מפעל או מחצבה), ובהעדר אחוז משמעותי של משאיות מחוברות/מורכבות (3% לפחות) בזרם התנועה. במקרה זה יש לוודא, כי המאפיינים הגיאומטריים של הצומת מאפשרים מעבר אקראי של רכב משא מורכב או מחובר, תוך הפרעה מזערית לתנועה (אפשרית עלייה על העטרה), ובלי לפגוע באמצעי הבקרה והניתוב הבנויים בצומת.

במעבר במעגלי תנועה, בהבדל מצמתים אחרים, כל כלי-הרכב מבצעים תמרוני פנייה ברדיוסים קטנים. מבין רכבי התכן המוגדרים בפרק 2 בהנחיות, הרכב הדורש את השטח הגדול ביותר בתמרון ברדיוסים קטנים, הוא רכב המשא המורכב (SEMI). במעגל תנועה בו ימצא כי תכנון לאוטובוסים אינו מספיק, יש לתכנן את הגיאומטריה למעבר של רכב משא מורכב, WB-12 SEMI, ללא שימוש בעטרה. רכבים מורכבים או מחוברים גדולים יותר במעבר אקראי, יעשו שימוש בעטרה. אם נדרש מעבר שגרתי במעגל התנועה על ידי רכב מוביל טנקים או מובילים גדולים אחרים, יש לתכנן את הגיאומטריה על פי רכב משא מורכב ארוך, WB-15 SEMI, ללא שימוש בעטרה (אם כי רכבים שחורגים גם מגודל זה כן ישתמשו בעטרה). תכנון העטרה יהיה על פי סעיף 11.13. את מפת הדרכים בהן נדרש לתכנן למעבר מטענים חורגים, ניתן להוריד מאתר האינטרנט של חברת נתיבי ישראל, בקובץ "מעבר מטענים חורגים – מפה" בקישור: <https://www.iroads.co.il/media/7665/מעבר-מטענים-חורגים-מפה.jpg>

**מספר נתיבים בכניסות, ביציאות ובקטעי המסלול המעגלי (סעיף 11.3):** יש להתחשב גם בצרכים מיוחדים כגון הולכי-רגל, אופניים, תחנות אוטובוס, מתע"ן (מערכות תחבורה עתירות נוסעים).

**שלב 2 – זיהוי אילוצים:** תשתיות שירותים כגון חשמל, תקשורת, מים, ביוב, ניקוז, עצים, חניה, כניסות וגישות.

**שלב 3 – סימון השטח** הזמין למעגל התנועה בהתאם לזכות הדרך, ושרטוט תוואי הדרכים המצטלבות עם חתכי הרוחב שלהם (נתיבי הכניסה והיציאה) בעזרת מיזוג שלבים 1 ו-2.

**שלב 4 – בחירת רדיוס** ראשוני לאי המעגלי ורוחב המסלול המעגלי (טבלה 11.4). בהליך הניסוי והטעיה, יש לשנות את הרדיוס למידה שלא תהיה קטנה מהמידה המזערית ולא גדולה מהמידה המרבית, ולהתאים את רוחב המסלול המעגלי המתאים על פי רכב התכן (סעיף 11.5).

**שלב 5 – שרטוט** האי המעגלי והמסלול הסיבובי.

**שלב 6 – שרטוט** הגיאומטריה של הכניסות והיציאות של כל הזרועות, מדרכות, שבילי אופניים, מקומות חצייה/מעברי חצייה להולכי-רגל ולשבילי אופניים.

**שלב 7 – האם עיקבת** הנסיעה של רכב התכן במהירות 15 קמ"ש משביעת רצון (מעבר עם מרווחי ביטחון של 0.3 מטר)? במידה ולא, יש לחזור לצעדים 6 או 4-6.

**שלב 8 – האם רדיוס ההסטה מספיק קטן (סעיף 11.6)?** האם זווית הכניסה משביעת רצון (סעיף 11.8)? במידה ולא, יש לחזור לצעדים 6-7 או 4-7.

**שלב 9 – האם מרחקי הראות משביעי רצון (סעיף 11.10)?** במידה ולא, יש לחזור לצעדים 6-8 או 4-8.

**שלב 10 – השלמת פרטי תכנון.**

**טבלה 11.4: מדריך לבחירת רדיוס אי מעגלי (מ')**

מגל תנועה דו-נתיבי	מגל תנועה חד-נתיבי	סוג מעגל
45	35	מהירות מעבר מרבית רצויה (קמ"ש)
26	30	רדיוס מרבי
16	20*/12	רדיוס ראשוני
12	8	רדיוס מזערי**

\* רדיוס ראשוני 20 מ', אם מעוניינים בהשארות אופציה להסדרת מעגל תנועה דו-נתיבי באמצעות הקטנת האי המעגלי.

\*\* ברדיוס קטן מרדיוס ראשוני, לא לכל רכב תכן ניתן לתכנן מעגל תנועה העונה לדרישות ריסון המהירות.

## 11.5 צורה ומידות של אי התנועה המרכזי והמסלול הסיבובי

רצוי שאי התנועה המרכזי של מעגל התנועה יהיה בצורת מעגל. במידת הצורך, ניתן להסדיר את האי המרכזי של מעגל התנועה בצורות שונות ממעגל, כגון אליפסה או צורה גיאומטרית סגורה אחרת.

טבלה 11.4 משמשת לבחירת מידת רדיוס האי המעגלי. יש להשתמש בערכים הראשוניים המופיעים בטבלה 11.4 כנקודת התחלה בתהליך התכנון.

### הנחות לתכנון אי-תנועה מעגלי על פי מידות טבלה 11.4:

- למעגל התנועה 4 זרועות.
- זוויות ניצבות בין צירי הזרועות סמוכות.
- צירי הדרכים הנפגשות במעגל תנועה מצטלבות במרכז האי המעגלי.
- במעגל תנועה דו-נתיבי, לפחות חלק מהכניסות, חלק מהמסלול המעגלי, וחלק מהיציאות בעלות שני נתיבים.
- עיקבת רכב התכן לא חורגת מהמיסעה.

כאשר הנחות אלו אינן מתקיימות, ניתן לחרוג ממידות המדריך לבחירת רדיוס אי מעגלי בטבלה 11.4. לדוגמא, במעגל תנועה חד-נתיבי ובמעגל תנועה דו-נתיבי עם צורת לא שגרתית למפגש הזרועות, ניתן לחרוג מהרדיוסים המרביים שבטבלה.

אם אחד מהתנאים לא מתקיים, נדרש לתכנן את מידת האי המרכזי בהתאם לתנאי האתר.

### יהיה צורך להגדיל את רדיוס האי המרכזי כדי לאפשר את התנאים הבאים:

- מעגל התנועה בצומת בו צורה לא שגרתית של מפגש זרועות.
- הזווית בין זרועות סמוכות שונה משמעותית (יותר או פחות) מזווית ישרה.
- התכנון נדרש לרכב תכן גדול כגון רכב מורכב/מחובר ארוך WB-15 SEMI או חורג.

### בתנאים מאולצים ניתן להפחית את ערכי המינימום המופיעים בטבלה 11.4 על מנת לאפשר ביצוע מעגל תנועה:

- למעגל תנועה 3 זרועות.
- העטרה משמשת לנסיעה של רכב התכן.
- רכב התכן קטן מרכב מורכב WB-12 SEMI.

### רוחב המסלול המעגלי:

רוחב המסלול המעגלי תלוי במספר הנתיבים במסלול המעגלי, בעיקבת רכב התכן, ובמרווח שמעבר לרוחב הכולל של רכב התכן, בעת תנועה במעגל התנועה.

מעגל תנועה חד-נתיבי: רוחב המסלול המעגלי מתאים לתנועת רכב התכן עם מרווח של 0.3 מטר מכל צד, (ביחד 0.6 מטר).

מעגל תנועה דו-נתיבי: רוחב המסלול המעגלי מתאים לתנועת רכב התכן בנתיב הפנימי, במקביל לרכב פרטי בנתיב החיצוני הצמוד לאי המעגלי, יחד עם שלושה מרווחים של 0.3 מטר (ביחד 0.9 מטר). הסיבה לכך: מכיוון שיש הכוונה בכניסה למעגל תנועה דו-נתיבי באיזה נתיב לנסוע לפי היציאה המתוכננת, צריך לקחת את השילוב של רכב גדול (אוטובוס או משא בהתאם לרכב התכן) בנתיב הפנימי, עם רכב פרטי בנתיב החיצוני, המצב הסביר הדורש את הרוחב הגדול ביותר.

בטבלה 11.5 מובא רוחב המסלול המעגלי במעגלי תנועה חד-נתיביים ומעגלי תנועה דו-נתיביים.

במקרה של מעגל תנועה דו-נתיבי באתר עם נפחי תנועה גבוהים של רכב משא, יש לשקול רוחב מסלול מעגלי לרכב משא (במקום רכב פרטי) ליד אוטובוס.

במקרה של מעגל תנועה דו-נתיבי הסמוך למוקדי משיכה למשאיות מורכבות גדולות כגון נמלי ים, מחצבות, אזורי תעשייה כבדה או מחנות צה"ל עם רכב קרבי, יש לשקול לתכנן מסלול מעגלי לשני כלי-רכב לתכן מסוג רכב מורכב (SEMI), שאחד מהם ארוך WB-15 SEMI (עם שימוש בעטרה במעבר לא שגרתית, ללא שימוש בעטרה במעבר שגרתית). תכנון כזה יבטיח גם מעבר רכב מחובר באורך החוקי המלא (18.75 מ').

במקרים בהם נבחרים רכבי תכן שונים מרכבי התכן בטבלה 11.5 (כגון מוביל טנקים), יש לקבוע את רוחב המסלול על פי תרשימי עיקבה של רכבי תכן אלו, בתוספת מרווחי ביטחון.

במקרים בהם מתכננים את המסלול המעגלי עבור שני רכבי תכן גדולים, רדיוס האי המרכזי יהיה גדול ממידת הערך הראשוני שבטבלה 11.4.

**טבלה 11.5:** מידות לרוחב המסלול המעגלי לפי רכבי התכן (מ')

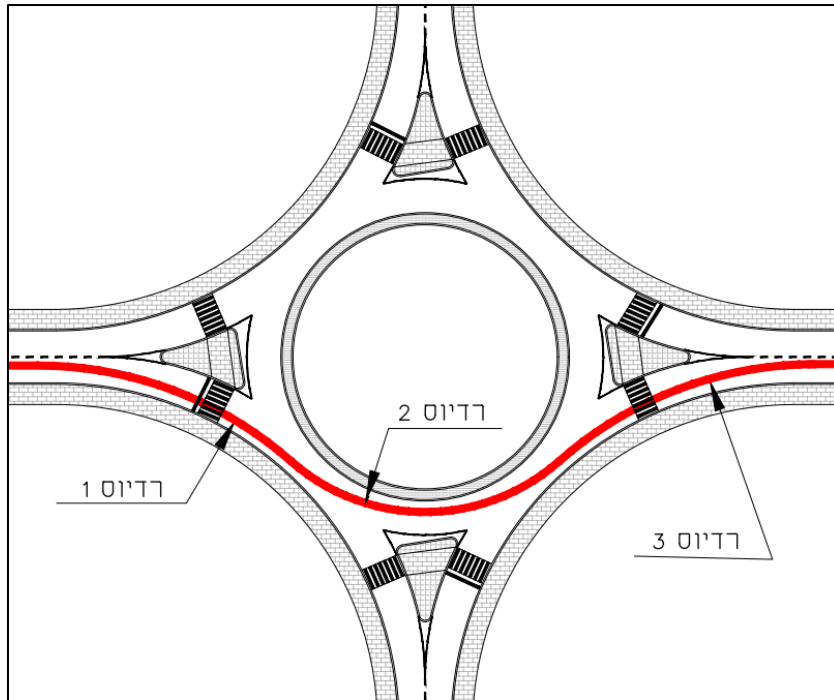
רוחב מסלול מעגלי במעגל תנועה חד-נתיבי			רוחב מסלול מעגלי במעגל תנועה דו-נתיבי			רדיוס אי מעגלי מרכזי (מ')
רכב מורכב ארוך WB-15 SEMI במקביל לרכב P	רכב מורכב WB-12 SEMI במקביל לרכב P	אוטובוס B במקביל לרכב P	רכב מורכב ארוך WB-15 SEMI	רכב מורכב WB-12 SEMI	אוטובוס B	
-	-	-	7.5	6.6	6	8
-	-	-	6.9	6.1	5.7	10
10.0	9.3	8.9	6.4	5.7	5.3	12
9.7	9.0	8.7	6.1	5.4	5.1	14
9.4	8.8	8.5	5.8	5.2	4.9	16
9.1	8.6	8.3	5.5	5.0	4.7	18
8.9	8.4	8.1	5.3	4.8	4.5	20
8.8	8.3	8.0	5.1	4.7	4.4	22
8.6	8.1	7.9	5.0	4.5	4.3	24
8.4	7.9	7.9	4.8	4.3	4.3	26
-	-	-	4.8	4.3	4.3	28
-	-	-	4.8	4.3	4.3	30

## 11.6 הסטת תנועה

מהירות מעבר נמוכה היא מרכיב חשוב בבטיחות מעגל התנועה. הבקרה על מהירות זאת מושגת באמצעות הסטת תוואי התנועה. תכנון הסטת התנועה במעגל התנועה נוצר משילוב הגורמים הבאים: רדיוס האי המעגלי ורוחב המסלול המעגלי. בכניסה: רדיוס אבני השפה משני הצדדים, רוחב הכניסה, זווית הכניסה. ביציאה: רדיוס אבני השפה משני הצדדים, רוחב היציאה.

תכנון נכון של הסטת תנועה, מאלץ כלי-רכב בכל התנועות שחוצות את הצומת בו מותקן מעגל תנועה בנסיעה "ישר", לבצע נסיעה הכוללת שלושה רדיוסים הפוכים: רדיוס ראשון ימינה בכניסה, רדיוס שני שמאלה בנסיעה במסלול המעגלי, רדיוס שלישי ימינה ביציאה.

תרשים 11.5 מתאר הסטת תנועה המתקבלת באמצעות השילוב בין רדיוס הכניסה, רדיוס האי המעגלי, ורדיוס היציאה. רדיוס ההסטה הוא הרדיוס הקטן מ-3 הרדיוסים (1, 2, 3 בתרשימים הבאים), כמפורט ב'שיטה להתוויית הרדיוסים' להלן.



**תרשים 11.5:** קו מעבר במעגל תנועה בנסיעה "ישר" בשלושה קטעי רדיוסים הפוכים

**א. שיפוע צידי (הגבהה)**

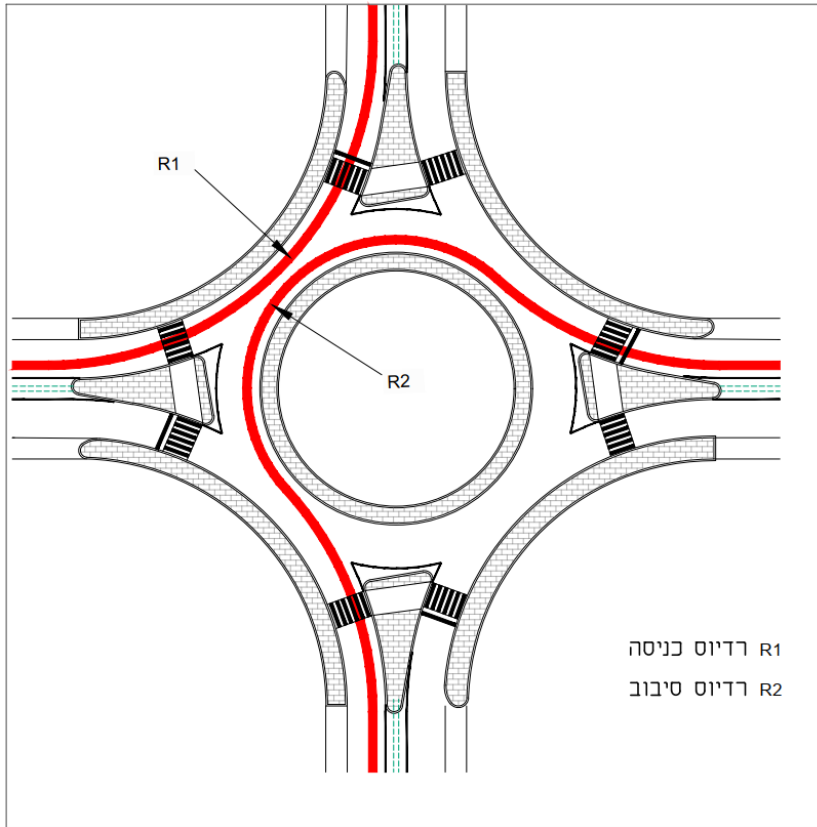
בחלקים מקטעי המסלול המעגלי, כלי-רכב נוסעים גם בעקום אופקי ימני וגם בעקום אופקי שמאלי. בתרשים 11.6 מתואר קטע בו קיימת נסיעה ברדיוס אופקי ימני  $R_1$ , וברדיוס אופקי שמאלי  $R_2$ . בדרך-כלל, השיפוע לרוחב במעגל התנועה יהיה לכיוון החיצוני מהמעגל, משיקולי ניקוז. במקרה כזה, למסתובבים סביב המעגל יהיה שיפוע צידי הפוך. (עם זאת, כאשר בציר החוצה את המעגל קיים שיפוע גדול לאורך, זה עשוי להשפיע גם על כיווני השיפועים לרוחב במעגל – ראו להלן "שיפוע צידי באזור הררי" וסעיף 11.12). משיקולי ניקוז, מומלץ לתכנן שיפועים צידיים שאינם פחותים מ-2%. מצד שני, בגלל נסיעה בהגבהה צידית הפוכה, מומלץ להגביל את מידת ההגבהה הצידית ל-2%. לכן, באזורים מישוריים, מומלץ לתכנן את המסלול המעגלי בשיפועים צידיים של 2%. כתוצאה מכך, מעבר במעגל התנועה ברצף העקומים מתבצעת ברדיוסים עם שיפוע צד שנע בתחום שבין שיפוע צד חיובי 2% לבין שיפוע צד שלילי (הפוך) של 2% (-). כדי למנוע נסיעה במהירויות גבוהות בהסטה, רצוי לתכנן את רדיוס ההסטה המרבי המתאים לשיפוע צידי של 2%. במקרה של נסיעה בהסטה בשיפוע צידי הפוך, נהגים לבחור בנסיעה במהירות פחותה יותר ממהירות המעבר בשיפוע צידי של 2%, כדי להימנע מחוסר נוחות.

בסוף הפרק מובאים כנספח שני תרשימים שנקחו מתוך "הנחיות לתכנון מעגלי תנועה" מ'הסדרה הירוקה' של מת"ח מ-2005. בתרשימים אלה מוצג ערך החיכוך הצידי למהירויות המעבר במעגל, וכתוצאה מכך, רדיוס ההסטה המתקבל עבור חישוב לשיפוע צידי חיובי או שלילי של 2%.

**שיפוע צידי באזור הררי**

באזור הררי, אין אפשרות לשמור על שיפוע צידי של בתחום שבין 2% (+) לבין 2% (-) (הפוך), וניתן להגדיל את שיפוע המיסעה במסלול הסיבובי עד ל-6%. כאשר חורגים משיפוע צידי של 2%, יש להקטין

את מהירות המעבר, באמצעות הקטנת הרדיוסים המרביים של ההסטה. הדבר מקטין סיכון לתאונות התהפכות עקב נסיעה מהירה ברדיוס עם שיפוע צד הפוך גדול מ-2% (-) – ראו גם סעיף 11.12.



**תרשים 11.6:** קטע מעגלי שבו נוסעים כלי-רכב גם ברדיוס  $R_1$  ימינה וגם ברדיוס  $R_2$  שמאלה

**ב. מהירות ורדיוס הסטה**

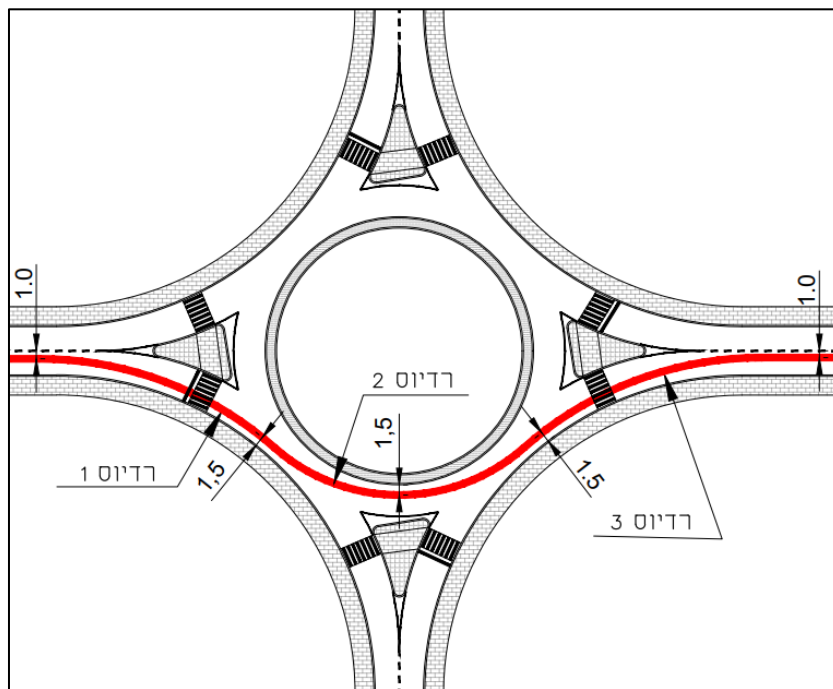
רדיוס ההסטה המרבי הנדרש בסוגי מעגלי תנועה שונים נבחר על פי מהירות הייעוד במעבר במעגל התנועה. טבלה 11.6 מביאה את מהירות הייעוד ורדיוס ההסטה המרבי המתאים על פי סוגי מעגלי התנועה.

**טבלה 11.6:** מהירות ייעוד ורדיוס הסטה מרבי מתאים על פי סוגי מעגלי התנועה

סוג מעגל	מהירות ייעוד (קמ"ש)	רדיוס הסטה מרבי (מ') בשיפוע צד רגיל של -2%	רדיוס הסטה מרבי (מ') בשיפוע צד רגיל של +2%
בין-עירוני חד-נתיבי	35	45	38
בין-עירוני דו-נתיבי	45	95	68

### ג. תכנון ההסטה במעגל

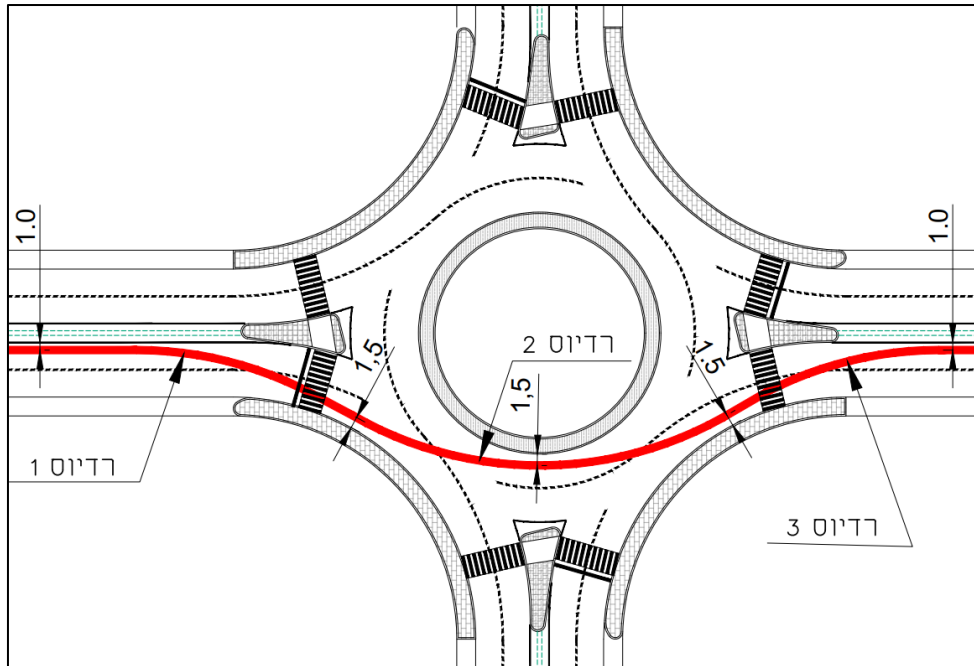
תכנון מעגל התנועה כולל כאמור את רדיוס האי המעגלי ורוחב המסלול המעגלי. בכניסה: רדיוס אבני השפה משני הצדדים, רוחב, זווית הכניסה. ביציאה: רדיוס אבני השפה משני הצדדים, רוחב היציאה. לאחר השלמת תכנון המעגל, יש לבחון את קווי הנסיעה של כלי-הרכב, מכל הכניסות לכל היציאות. מניחים שנהג ברכב נוסעים ינסה לעבור את מעגל התנועה בנסיעה לאורך קשתות ברדיוסים הגדולים ביותר האפשריים בתחום המיסעה, בקרבת אבני השפה וסימוני הצבע על פני הדרך. במעגל תנועה דו-נתיבי מניחים שכדי לעבור את מעגל התנועה במהירות מרבית כאשר מעגל התנועה פנוי, נהג ברכב נוסעים לא ייסע רק באחד משני הנתיבים, ימני או שמאלי, אלא יבצע מעברים בין נתיבים. מציאת מידות הרדיוסים של הקשתות (ההסטה), נעשית על גבי תכנית תנוחת המעגל. מניחים שהמרחק המזערי של ציר מרכז הרכב מאבני השפה במעגל הוא 1.5 מטר, והמרחק המזערי של ציר מרכז הרכב מסימוני קווי הנתיב או המפרדה בקטע הישר, הוא 1.0 מטר. בתרשים 11.7 מוצג מעבר להמשך ישר המורכב משלוש קשתות ברדיוסים הפוכים במעגל תנועה חד-נתיבי. בתרשים 11.8 מוצג מעבר להמשך ישר המורכב משלוש קשתות ברדיוסים הפוכים במעגל תנועה דו-נתיבי. (המפרדה הבנויה בתרשים 11.8 היא מקומית לצומת ולא המשכית לזרוע, ולכן המרחק 1.0 מ' ולא 1.5).



**תרשים 11.7:** התווית מעבר "ישר" במעגל תנועה חד-נתיבי

### ד. השיטה להתוויית הרדיוסים:

להלן פירוט השיטה להתוויית הרדיוסים לשלוש הקשתות של ההסטה במעבר "ישר" של מעגל תנועה נתון, המהווה קירוב לקו נסיעת כלי-רכב במהירות הגבוהה ביותר:



**תרשים 11.8:** התווית מעבר "ישר" במעגל תנועה דו-נתיבי

### שלב 0: תכנית מעגל התנועה הנבדק

משרטטים את קו פני אבן השפה של האי המעגלי, המדרכות בהיקף המעגל, אי התנועה/מפרדות בגישות למעגל.

### שלב 1: התווית רדיוס 2 בכיוון שמאלה במסלול המעגלי

משרטטים שלושה רדיוסים במרחק 1.5 מטר מאבני השפה על שטח המיסעה:

- מרדיוס אבני השפה של המדרכה מימין לכניסה למעגל,
- מרדיוס אבני השפה של האי המרכזי,
- מרדיוס אבני השפה של המדרכה מימין ליציאה מהמעגל.

מתווים רדיוס משיק לשלושת הרדיוסים הנ"ל (קיים רדיוס אחד ויחיד כזה).

- הרדיוס שהתקבל הוא רדיוס הקשת השנייה, מתוך שלוש הקשתות במעבר "ישר".
- נקודות ההשקה בשני קצות הקשת השנייה (רדיוס 2) הן גם נקודות ההשקה של הקשת הראשונה בכניסה למעגל תנועה (רדיוס 1) ושל הקשת השלישית ביציאה ממעגל התנועה (רדיוס 3).
- מסמנים את מרכז מעגל התנועה של הקשת השנייה, לצורך המשך התווית הקשת הראשונה והקשת השלישית.

### שלב 2: התווית הקשת הראשונה בכיוון ימינה בכניסה למעגל

מעבירים ישר בין מרכז המעגל של הקשת השנייה (רדיוס 2) לבין נקודת ההשקה של הקשת השנייה עם הקשת ראשונה.

בנקודת ההשקה של הקשת השנייה והקשת הראשונה מעלים אנך לרדיוס הקשת השנייה לכיוון הכניסה למעגל.

משרטטים ישר המקביל למפרדה או לקו הנתיב בכניסה למעגל תנועה בשטח נתיב הכניסה.  
- אם קיימת מפרדה בנויה המשכית, מרחק המקביל הוא 1.5 מטר. אם ההפרדה בצבע בלבד, או בנויה רק בצומת, מרחק המקביל מקו הנתיב 1.0 מטר. (מבוסס על איור 2.2 ב"הנחיות לתכנון מעגלי תנועה", 2005).

- האנך והישר המקביל נחתכים.

מודדים מרחק בין נקודת ההשקה של הקשת השנייה והקשת הראשונה, לבין נקודת החיתוך של האנך והישר המקביל.

מסמנים נקודה על הישר המקביל, במרחק שנמדד מנקודת החיתוך בין האנך והישר המקביל, לכיוון הכניסה.

מעלים אנך מהנקודה המסומנת על הישר המקביל.

- חיתוך האנך מהנקודה המסומנת עם הישר בין מרכז המעגל של הקשת השנייה (רדיוס 2) לבין נקודת ההשקה של הקשת השנייה עם הקשת ראשונה, הוא מרכז המעגל של הקשת הראשונה (רדיוס 1).

### **שלב 3: התווית הרדיוס השלישי בכיוון ימינה במסלול המעגלי**

מעבירים ישר בין מרכז המעגל של הקשת השנייה (רדיוס 2) לבין נקודת ההשקה של הקשת השנייה עם הקשת השלישית.

בנקודת ההשקה של הקשת השנייה והקשת השלישית מעלים אנך לרדיוס הקשת השנייה לכיוון היציאה מהמעגל.

משרטטים ישר מקביל למפרדה או לקו הנתיב ביציאה ממעגל התנועה בשטח נתיב הכניסה.

- כאמור לעיל, אם קיימת מפרדה בנויה, מרחק המקביל הוא 1.5 מטר. אם ההפרדה בצבע בלבד, מרחק המקביל מקו הנתיב 1.0 מטר.

- האנך והישר המקביל נחתכים.

מודדים מרחק בין נקודת ההשקה של הקשת השנייה והקשת השלישית, לבין נקודת החיתוך של האנך והישר המקביל.

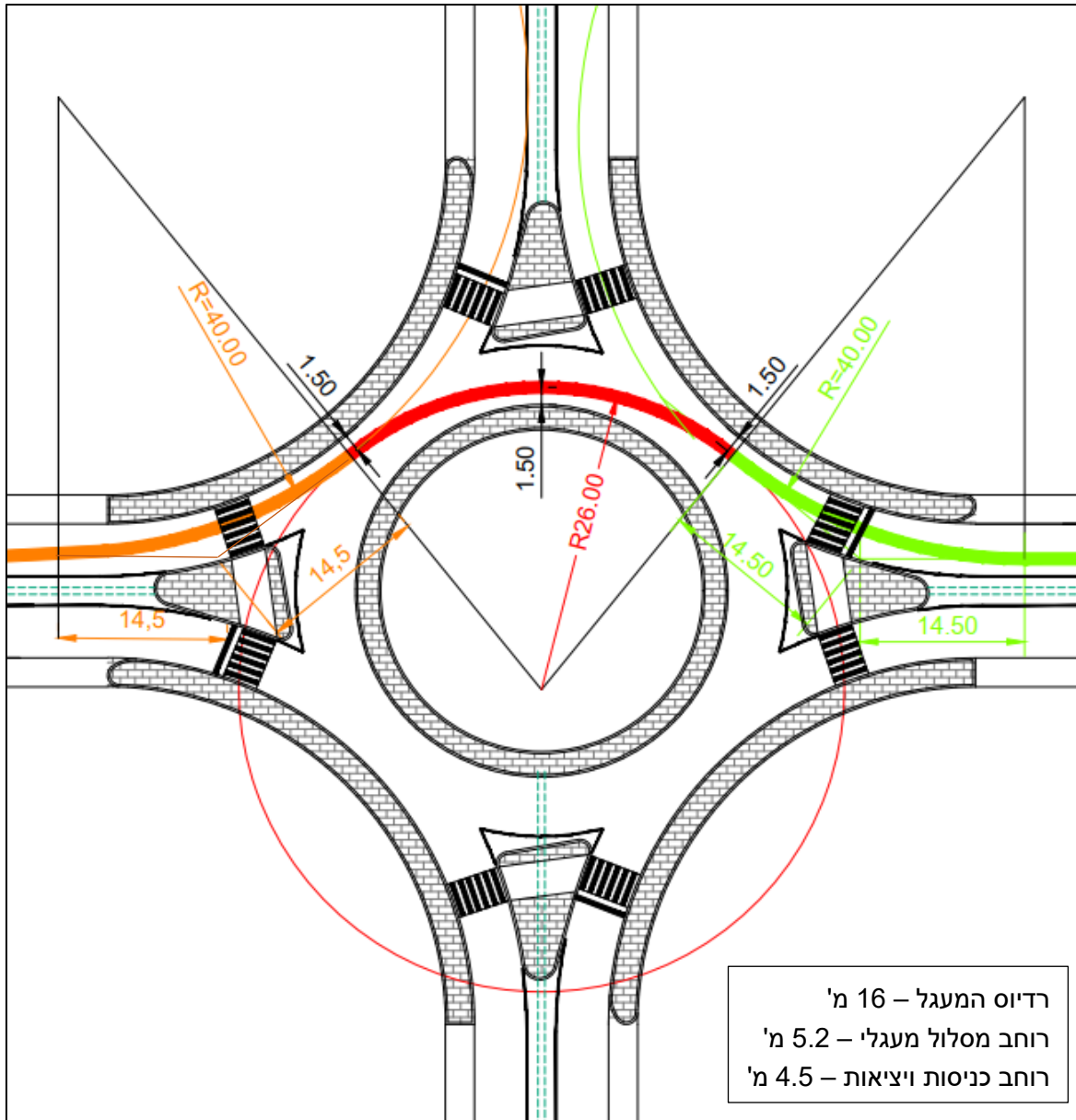
מסמנים נקודה על הישר המקביל, במרחק שנמדד מנקודת החיתוך בין האנך והישר המקביל, לכיוון היציאה.

מעלים אנך מהנקודה המסומנת על הישר המקביל.

- חיתוך האנך מהנקודה המסומנת עם הישר בין מרכז המעגל של הקשת השנייה (רדיוס 2) לבין נקודת ההשקה של הקשת השנייה עם הקשת השלישית, הוא מרכז המעגל של הקשת השלישית (רדיוס 3).

### **רדיוס הסטה: הקטן מבין שלושת הרדיוסים**

בתרשים 11.9 מוצגת דוגמה סכימתית למעגל תנועה ברדיוס 16 מטר, רוחב מסלול מעגלי 5.2 מטר, רוחב כניסות ויציאות 4.5 מטר. מתקבל רדיוס הסטה מזערי ברדיוס השני, של 26 מטר.



**תרשים 11.9:** דוגמא להתוויית שלושת הרדיוסים של ההסטה:

שלב 0 – שחור, שלב 1 – אדום, שלב 2 – ירוק, שלב 3 – כתום

רדיוס ההסטה הוא 26 מ', המתאים למהירות 30 קמ"ש על פי טבלה 11.6

## 11.7 ריסון מהירות בגישות

בגישה למעגלי תנועה בדרכים עם מהירות יעוד גבוהה מ-80 קמ"ש, נדרש לרסן את מהירות הנסיעה בגישה למעגל. אחת השיטות היא שימוש בעקומות הפוכות. השיטה יעילה גם בדרכים חד-מסלוליות דו-נתיביות בהן המהירות המרבית המותרת היא 90 קמ"ש, וגם בדרכים דו-מסלוליות עם שני נתיבים לכיוון בהן המהירות המרבית המותרת היא 90 קמ"ש. (בדרכים חד-מסלוליות, מהירות מרבית 90 קמ"ש זו

מהירות יוצאת-דופן, ומיועדת למקרים כמתואר בסעיף 4.5 ב-"הנחיות לקביעת מהירויות ברשת הדרכים", 2010, ובהערות לטבלאות 2.3, 2.4 בכרך 1 לתכן גיאומטרי של דרכים, (2018).

לא רצוי ליישם את השיטה בשיפועים לאורך העולים על 3%.

נדרשת ראות של העקומים ההפוכים לעיני הנהג המתקרב למעגל.

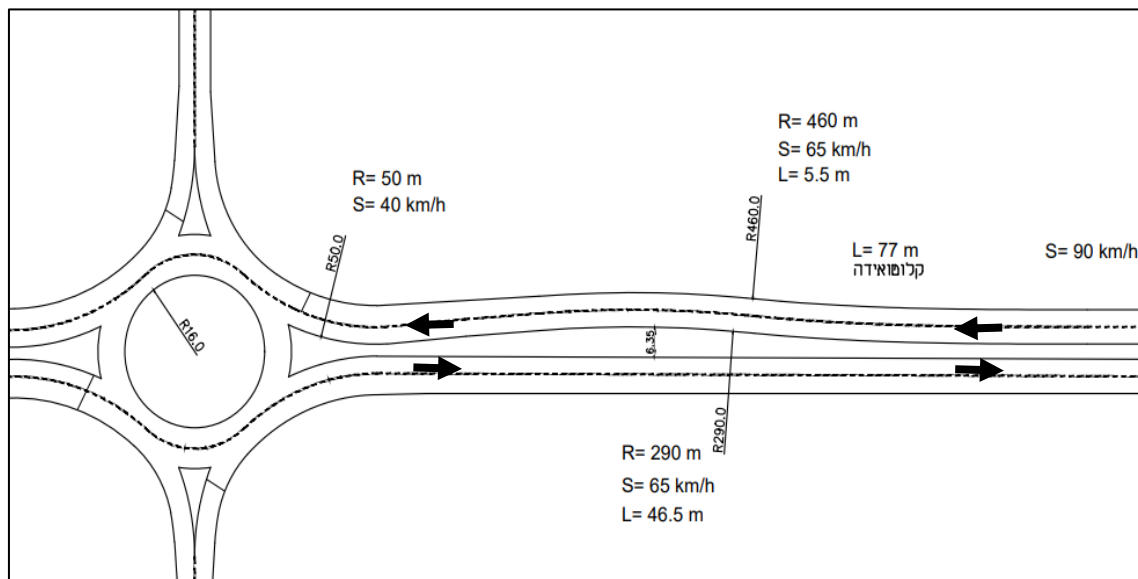
בכל עקומה, יש להגביל את הפחתת המהירות בין המהירות לפני הכניסה לעקומה לבין המהירות בעקומה, להפרש מהירויות מרבי של 30 קמ"ש.

השיפוע לרוחב הכביש בקטעים ישרים יהיה 2.0%-2.5% על פי סעיף 3.5 בכרך 1 של ההנחיות. השיפוע הצידי וכיוונו נשמרים לאורך שלושת הרדיוסים ההפוכים. מכאן יוצא שהשיפוע הצידי ברדיוס השני הוא הפוך לכיוון הפנייה.

בתרשימים 11.10-11.13 יש דוגמאות לתכנון עקומות הפוכות בגישה למעגלי תנועה חד-נתיביים בדרכים בין-עירוניות חד-ודו-מסלוליות עם מהירות מרבית מותרת של עד 90 קמ"ש, עם מעבר הדרגתי ממהירות 90 קמ"ש ל-65 קמ"ש, לפני הכניסה למעגל.

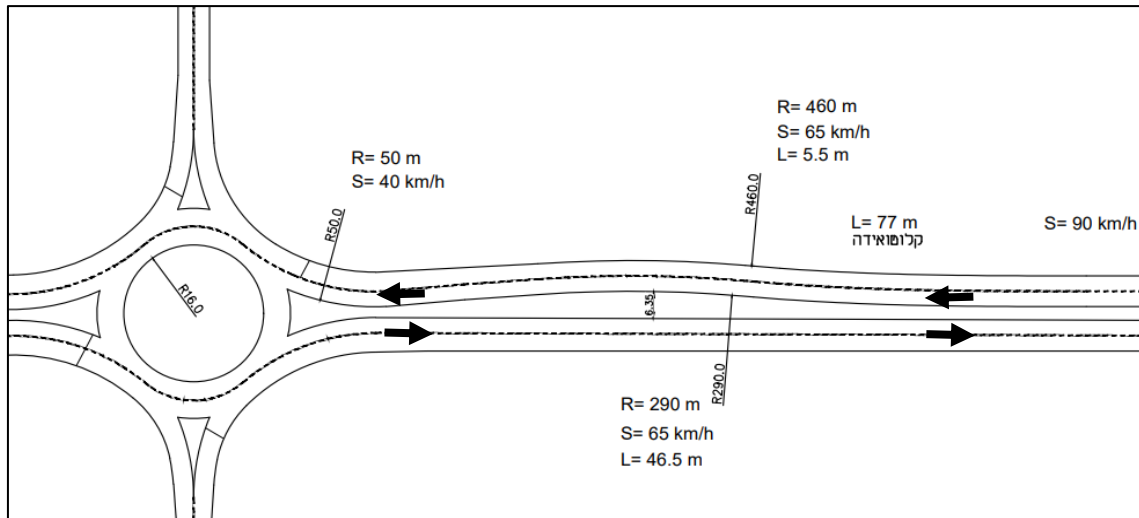
במעבר בין הקטע ישר לרדיוס הראשון נדרשת קלוטואידה. תכנון הקלוטואידה על פי סעיף 5.5.2 "עקומי מעבר ברמפות" בכרך 3 (ספר המחלפים).

בתרשים 11.10 מוצג מעגל תנועה חד-נתיבי עם זכויות דרך מצומצמות: דרך חד-מסלולית, מהירות מרבית מותרת עד 90 קמ"ש; רדיוס מעגל תנועה חד-נתיבי 12 מטר; רדיוס ראשון 460 מטר; אורך קלוטואידה 58 מטר; אורך קשת ברדיוס ראשון 28.5 מטר; רדיוס שני 290 מטר; אורך קשת ברדיוס שני 46.5 מטר.



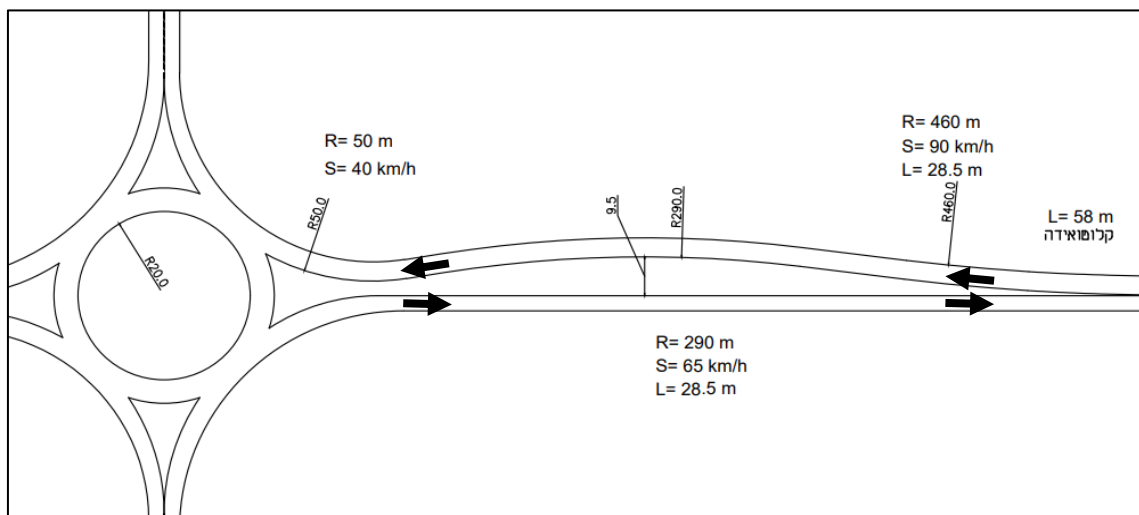
**תרשים 11.10:** דוגמא לריסון מהירות בגישה למעגל תנועה חד-נתיבי עם זכויות דרך מצומצמות

בתרשים 11.11 מוצג מעגל תנועה דו-נתיבי עם זכויות דרך מצומצמות: דרך דו-מסלולית, מהירות מרבית מותרת 90 קמ"ש; רדיוס מעגל תנועה דו-נתיבי 20 מטר; אורך קלוטואידה 77 מטר. אורך קשת ברדיוס ראשון 5.5 מטר; רדיוס שני 290 מטר; אורך קשת ברדיוס שני 46.5 מטר.



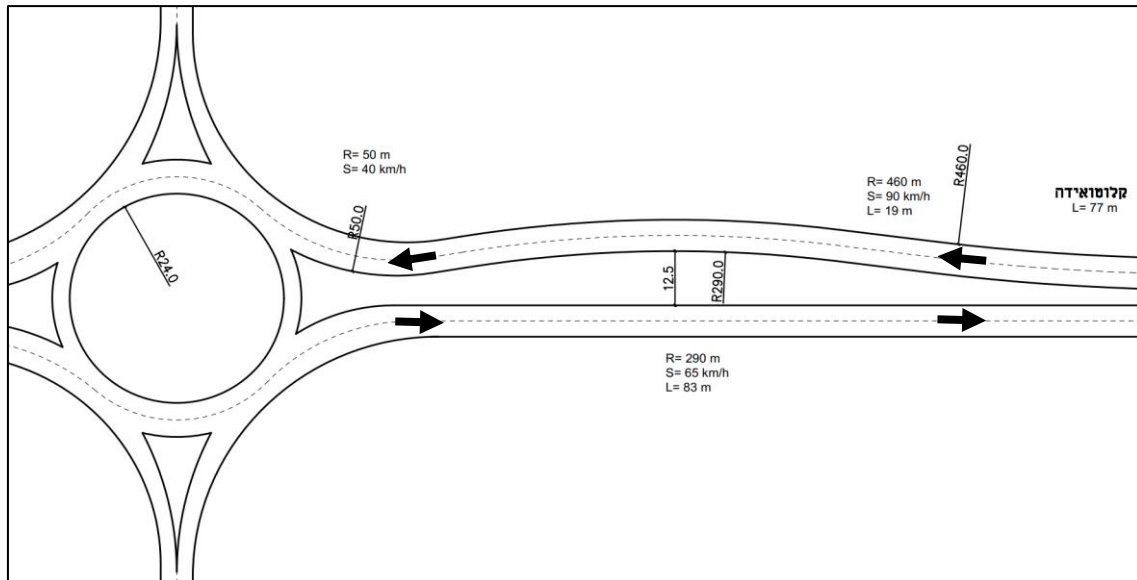
**תרשים 11.11:** דוגמא לריסון מהירות בגישה למעגל תנועה דו-נתיבי עם זכויות דרך מצומצמות

בתרשים 11.12 מוצג מעגל תנועה חד-נתיבי עם זכויות דרך נדיבות: דרך חד-מסלולית, מהירות מרבית מותרת 90 קמ"ש; רדיוס מעגל תנועה חד-נתיבי 20 מטר; רדיוס ראשון 460 מטר; אורך קלוטואידה 58 מטר; אורך קשת ברדיוס ראשון 28.5 מטר; רדיוס שני 290 מטר; אורך קשת ברדיוס שני 28.5 מטר.



**תרשים 11.12:** דוגמא לריסון מהירות בגישה למעגל תנועה חד-נתיבי עם זכויות דרך נדיבות

בתרשים 11.13 מוצג מעגל תנועה דו-נתיבי עם זכויות דרך נדיבות: דרך דו-מסלולית, מהירות מרבית מותרת 90 קמ"ש; רדיוס מעגל תנועה דו-נתיבי 24 מטר; אורך קלוטואידה 77 מטר; אורך קשת ברדיוס ראשון 19 מטר; רדיוס שני 290 מטר; אורך קשת ברדיוס שני 83 מטר.



**תרשים 11.13:** דוגמא לריסון מהירות בגישה למעגל תנועה דו-נתיבי עם זכויות דרך נדיבות

#### אמצעים נוספים לריסון מהירות:

- מפרדה בנויה ארוכה ומדרכה בגישה, כדי ליצור אפקט של היצרות אצל נהג מתקרב.
- הצרת רוחב הגישה.
- שלטי אזהרה גדולים.
- תמרורי הגבלת מהירות.
- תאורה בעוצמה גבוהה.
- פנסים מהבהבים.

### 11.8 תכן כניסות ויציאות

- תכן הכניסות כולל: רדיוס אבני השפה משני הצדדים, רוחב וזווית הכניסה.
- תכן היציאות כולל: רדיוס אבני השפה משני הצדדים, רוחב היציאה.
- השילוב בין רדיוס אבני השפה, רוחב וזווית, משפיע על מהירות וקיבולת הכניסה ומהירות היציאה. יחד עם זאת השילוב צריך לאפשר נסיעה נוחה של רכבי התכן.

#### א. רדיוס אבני שפה בכניסה וביציאה:

- ערך רדיוס רצוי לשפה בכניסה בין 12 מטר לבין 20 מטר.
- רדיוס היציאה צריך להיות שווה או גדול מרדיוס הכניסה.
- ערך רדיוס רצוי לשפה ביציאה בין 15 מטר לבין 100 מטר.

**ב. רוחב כניסה ויציאה:**

- רוחב הכניסה והיציאה תלוי במספר הנתיבים, רכבי התכן, ורדיוס השפה.
- רכב התכן נקבע על פי סעיפים 2.6 ו-11.4.
- מרווחי הביטחון הצידיים בבדיקת עיקבת רכבי התכן:

במעגל תנועה חד-נתיבי סכום שני מרווחים (רווח בין אבן שפה מימין לבין רכב התכן, ורווח בין רכב התכן לבין אבן השפה של האי המשולש משמאל לרכב התכן) 0.6 מטר.

במעגל תנועה דו-נתיבי סכום שלושה מרווחים (רווח בין אבן שפה מימין לבין רכב התכן הימני, רווח בין רכב התכן הימני לבין רכב התכן השמאלי, ורווח בין רכב התכן השמאלי לבין אבן השפה של האי המשולש משמאל לרכב התכן השמאלי) יחד, 1.0 מטר.

במעגל תנועה בין-עירוני דו-נתיבי רכב התכן על פי סעיף 11.4, ובנתיב הסמוך רכב נוסעים.

בטבלה 11.7 מוצגים רוחבי כניסה ויציאה מזעריים במעגלי תנועה חד-נתיביים.

בטבלה 11.8 מוצגים רוחבי כניסה ויציאה מזעריים במעגלי תנועה דו-נתיביים.

רצוי שרוחב הכניסה לא יעלה על הרוחב המזערי הנדרש על פי רכב התכן ומרווחי הביטחון המזעריים.

רוחב היציאה יכול להיות גדול מהרוחב המזערי בטבלאות 11.7 ו-11.8. רצוי לא לחרוג ביותר מ-20% מרוחב המיסעה הסיבובית.

במקרים מיוחדים כגון אזורי תעשייה כבדה או בקרבת נמלי ים, כאשר צפויים במעגלי תנועה דו-נתיביים נפחי תנועה גדולים של משאיות, יש לתכנן כניסות ויציאות דו-נתיביות לשני כלי-רכב מורכבים, שאחד WB-12 SEMI והשני מסוג WB-15 SEMI עם שימוש בעטרה, על פי תרשימי עיקבה של רכבי תכן אלו, בתוספת שלושה מרווחי ביטחון צידיים שסכומם 1.0 מטר.

**טבלה 11.7:** רוחבי כניסה ויציאה מזעריים במעגלי תנועה חד-נתיביים

רכב תכן WB-15 SEMI	רכב תכן WB-12 SEMI	רכב תכן BUS	רדיוס שפה (מ')
6.70	6.40	5.50	12
6.20	6.00	5.30	14
5.80	5.60	5.10	16
5.60	5.40	4.90	18
5.40	5.20	4.70	20
5.30	5.10	4.50	25
5.00	5.00	4.40	30
5.00	5.00	4.40	35
5.00	5.00	4.40	40

**טבלה 11.8:** רוחבי כניסה ויציאה מזעריים במעגלי תנועה דו-נתיביים

רכב תכן WB-15 SEMI ליד רכב תכן P	רכב תכן WB-12 SEMI ליד רכב תכן P	רכב תכן Bus ליד רכב תכן P	רדיוס שפה (מ')
9.70	9.00	8.60	12
9.40	8.70	8.30	14
9.10	8.40	8.10	16
8.80	8.20	7.90	18
8.70	8.00	7.80	20
8.50	8.00	7.50	25
7.90	7.50	7.40	30
7.80	7.50	7.20	35
7.70	7.50	7.20	40

**ג. זווית כניסה למעגל:**

**הגדרות:**

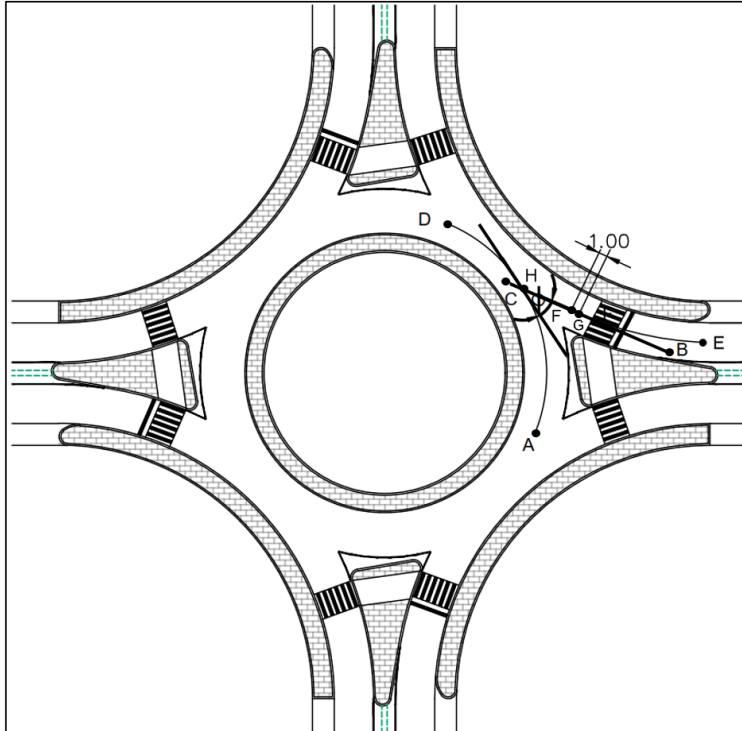
- **קו הכניסה:** המשיק של הרדיוס של מרכז המסלול הכניסה בנקודת במרחק 1.0 מטר מקו ניצב לשפוט הנוגע במעגל המשיק.
- **עקום הסיבוב:** העקום במרכז המסלול הסיבובי.
- **זווית הכניסה:** הזווית בין קו הכניסה לבין משיק לעקום הסיבוב בנקודה בה נחתך עם קו הכניסה.

**בניית זווית הכניסה:**

בתרשים 11.14 מתוארת התווית זווית הכניסה למעגל התנועה.

1. יש להתוות עקום EF על פי נקודות האמצע בין אבן השפה לבין המפרדה הבנויה והמסומנת.
2. ישר BC משיק לעקום EF בנקודה G הנמצאת במרחק 1 מטר מקו ניצב לכניסה הנוגע במעגל המשיק.
3. עקום AD מותווה על פי נקודות האמצע של המסלול המעגלי.
4. H היא נקודת המפגש בין עשר BC לעקום AD. זווית הכניסה  $\phi$  נמדדת בין ישר BC לבין משיק ל-AD בנקודה H.

- זווית כניסה גדולה, גורמת להאטה ומקטינה את קיבולת מעגל התנועה.
- זווית כניסה קטנה מקשה על הנהג הנכנס לראות רכב במעגל.
- יש לתכנן זווית כניסה בתחום בין  $25^\circ$  לבין  $65^\circ$ .



**תרשים 11.14:** התוויית זוויות הכניסה למעגל תנועה

## 11.9 הפרדה בין זרועות

### א. מרחק בין כניסות סמוכות

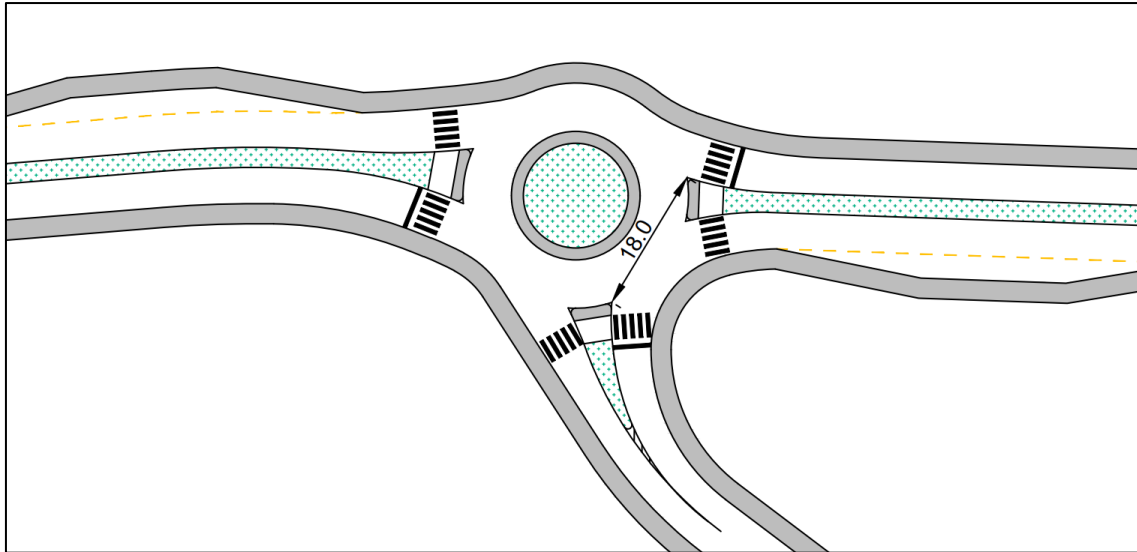
כאשר מרחק בין זרועות כניסה סמוכות קטן מ-20 מטר נוצרת בעיית ראות.

בתרשים 11.15 מוצגת דוגמא למעגל תנועה עם שתי כניסות סמוכות קרובות מידי.

אין בעיית ראות במיקום יציאה בקרבת זרוע כניסה, כאשר היציאה מימין לכניסה.

במעגל תנועה דו-נתיבי נדרש לתכנן יציאה דו-נתיבית בקרבת הכניסה כאשר היציאה מימין לכניסה, כדי למנוע קונפליקטים ביציאה. לשם כך ניתן להגדיל את רוחב המפרדות בזרועות הכניסה והיציאה, ולהקטין את מידות האי המעגלי.

בתרשים 11.16 מוצגות שתי דוגמאות לתכן יציאה דו-נתיבית: דוגמא טובה, בה היציאה הדו-נתיבית קרובה לכניסה, בין הכניסה ליציאה אין קטע של נתיבים מקבילים, כך שנמנעת אפשרות לקונפליקט סמוך ליציאה. דוגמא לא מומלצת בה היציאה הדו-נתיבית רחוקה מהכניסה, בין הכניסה ליציאה קטע של שני נתיבים מקבילים, שיוצרים אפשרות לקונפליקט סמוך ליציאה.



**תרשים 11.15:** דוגמא למעגל תנועה עם שתי כניסות במרחק קטן מ-20 מ'

### ב. קשר בין רדיוס הכניסה לבין רדיוס היציאה

במעגל תנועה, בין זרוע כניסה לזרוע יציאה שהזווית בין ציריהם היא זווית ישרה ( $90^\circ$ ), יש ארבע אפשרויות לחבר רדיוס כניסה לרדיוס של יציאה סמוכה. האפשרויות מתוארות בתרשים 11.17.

- רדיוס משותף לכניסה וליציאה, המשיק לקוטר החיצוני של המעגל.
- חיבור רדיוס הכניסה ורדיוס היציאה למשיק קצר לקוטר החיצוני של המעגל.
- חיבור בין רדיוס הכניסה לרדיוס היציאה בקשת מעבר, המשיקה לקוטר החיצוני של המעגל.
- התחברות לקוטר החיצוני של המעגל. אפשרות זאת מתאימה למקרים בהם רדיוס הכניסה ורדיוס היציאה קטנים ביחס לרדיוס האי המעגלי, או כאשר המרחק בין הכניסה לבין היציאה הינו גדול.

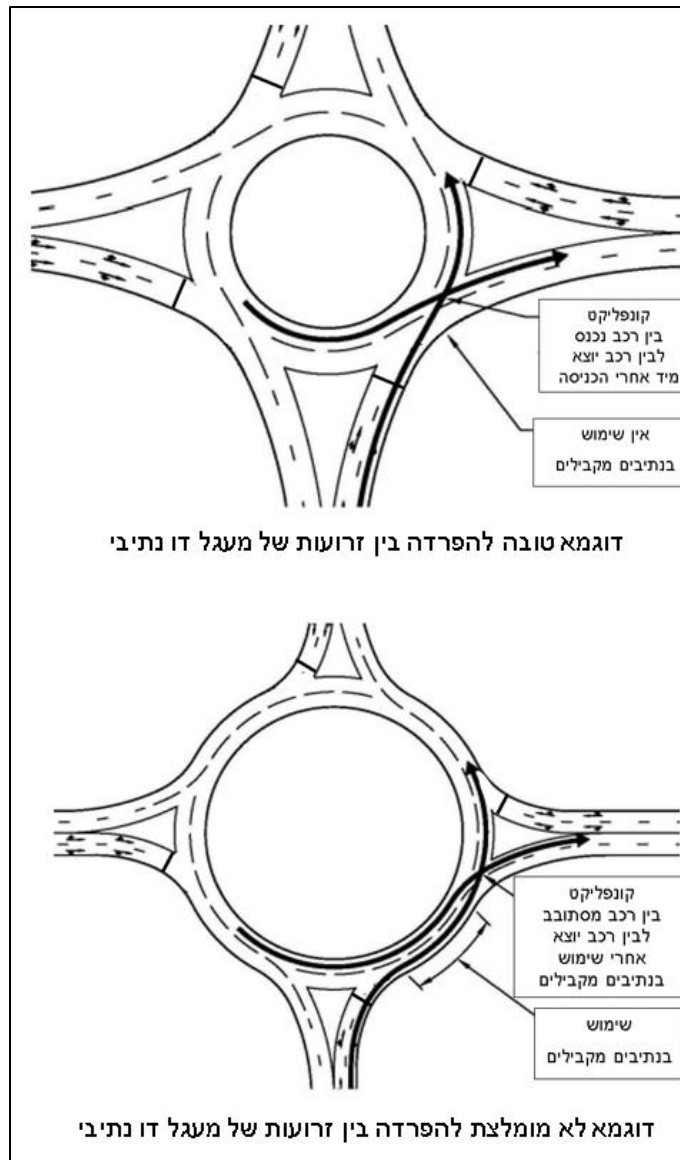
אפשרות ד. במעגל תנועה דו-נתיבי, כאשר אורך ההתחברות לקוטר החיצוני גדול מרוחב המסלול המעגלי, גורמת לשימוש בנתיבים מקבילים (ראו תרשים 11.16). לכן שימוש באפשרות זאת, עם אורך גדול של ההתחברות לקוטר החיצוני, אינה רצויה במעגל תנועה דו-נתיבי.

במעגל תנועה עם יותר מ-4 זרועות, יהיה צורך להגדיל את רדיוס מעגל התנועה כדי למנוע מרחק קצר מ-20 מטר בין זרועות כניסה סמוכות.

במעגל תנועה עם 4 זרועות רצוי שכל הזוויות בין צירי הזרועות תהינה ניצבות. במעגל תנועה עם 3 זרועות רצוי ששתי זוויות בין צירי הזרועות תהינה ניצבות, וזווית אחת תהינה  $180^\circ$ .

## 11.10 מרחקי ראות

לעקרונות מרחקי ראות בצמתים ופירוט על מרחקי ראות בצמתים אחרים, ראו פרק 4 לעיל.

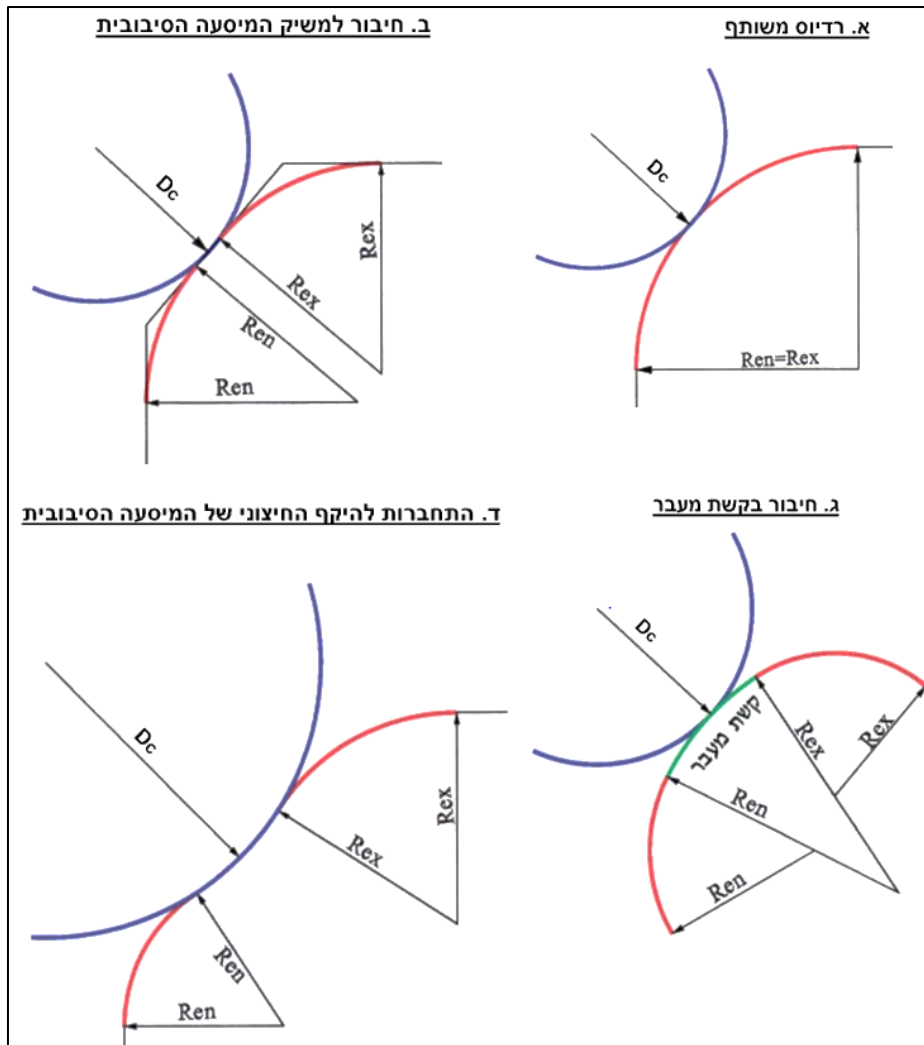


**תרשים 11.16:** דוגמא טובה ודוגמא לא מומלצת לתכן יציאה דו-נתיבית אחרי כניסה דו-נתיבית

בשונה מצמתים אחרים, בגישות למעגלי תנועה, המתקרבים מכל הכיוונים נדרשים לתת זכות קדימה למגיעים משמאלם. לכן בקרבת מעגל התנועה, מהירויות כלי-הרכב בכל הזרועות בהתקרבות לצורכי חישוב מרחקי ראות לעצירה ומרחק ראות להחלטה המותאם לצומת, יהיו נמוכות מהמהירויות המרביות המותרות בדרכים אלו.

עבור גישה חד-נתיבית, מהירות הרכב בהתקרבות לצורכי חישוב מרחקי ראות לעצירה, תהיה הממוצע בין 50 קמ"ש לבין מהירות הייעוד שבטבלה 11.6.

עבור גישה דו-נתיבית, מהירות הרכב בהתקרבות לצורכי חישוב מרחקי ראות להחלטה מותאם לצומת, תהיה הממוצע בין 60 קמ"ש לבין מהירות הייעוד שבטבלה 11.6.



**תרשים 11.17:** הקשר בין הקוטר החיצוני של מעגל התנועה לרדיוס הכניסה ולרדיוס והיציאה

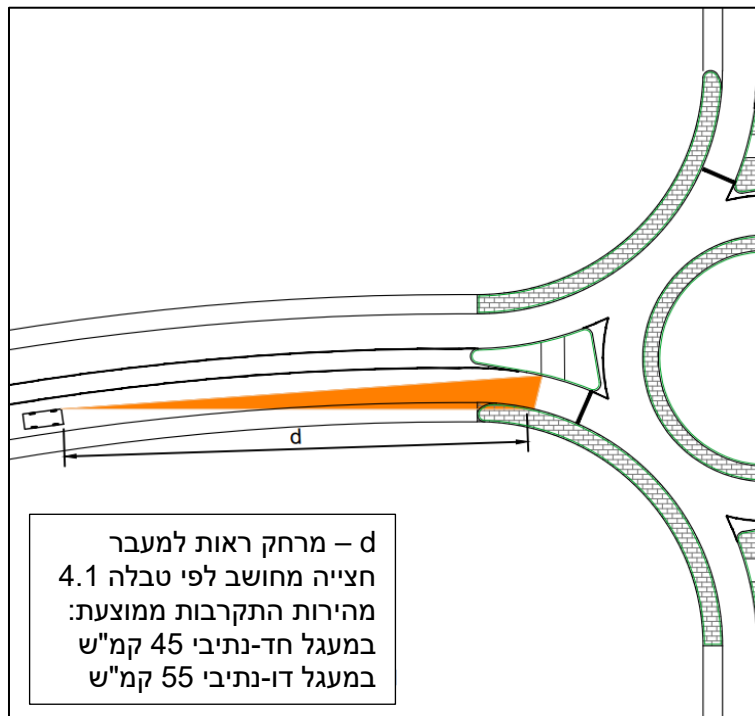
מרחקי הראות לעצירה מחושבים לפי הנוסחה בסעיף 4.2.2 בכרך זה. הערכים המתקבלים עבור המהירויות המתאימות לרדיוסים במעגלי התנועה, מוצגות בטבלה 11.9. הקשר בין הרדיוס למהירות מחושב לפי תרשים 11.נ הלקוח מ-"הנחיות לתכנון מעגלי תנועה", 2005, ומוצג בנספח לפרק, עבור המהירות הממוצעת בין הגבהה חיובית של 0.02 להגבהה שלילית של 0.02. זאת מאחר שההפרשים המתקבלים של עד 5% בין ערכי התכן לשיפועים ההפוכים, אינם מצדיקים חישוב נפרד.

עבור כל זרועות מעגל התנועה נדרש לבדוק את תחומי הראות הבאים:

1. מרחק ראות לעצירה בין נהג המתקרב למעגל, לבין הולך רגל במעבר החצייה באותה זרוע, כמתואר בתרשים 11.18.
2. מרחק ראות בין נהג הנכנס למעגל תנועה לבין הולך רגל במעבר החצייה/מקום החצייה בזרוע היציאה הקרובה, כמתואר בתרשים 11.19.
3. מרחק ראות לעצירה במסלול הסיבובי במעגל תנועה בין נהג הסובב לבין מכשול במעגל, בתרשים 11.20.

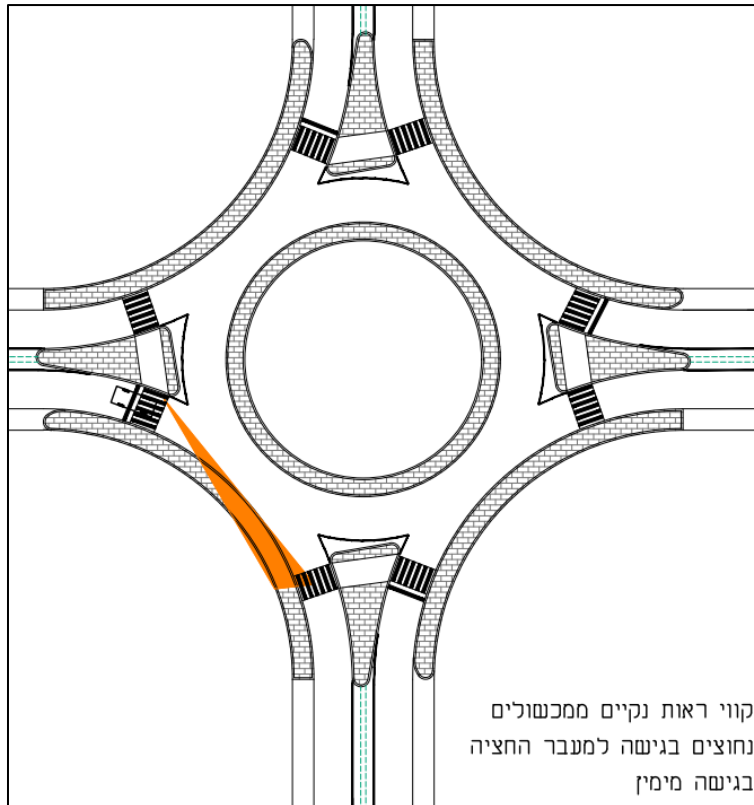
**טבלה 11.9:** מרחק ראות במעגל תנועה על פי רדיוס הנסיעה

מרחק ראות (לעצירה (מ'))	מהירות (קמ"ש)	רדיוס נסיעה (מ')
16	21	10
18	23	15
21	26	20
23	28	25
26	30	30
28	33	35

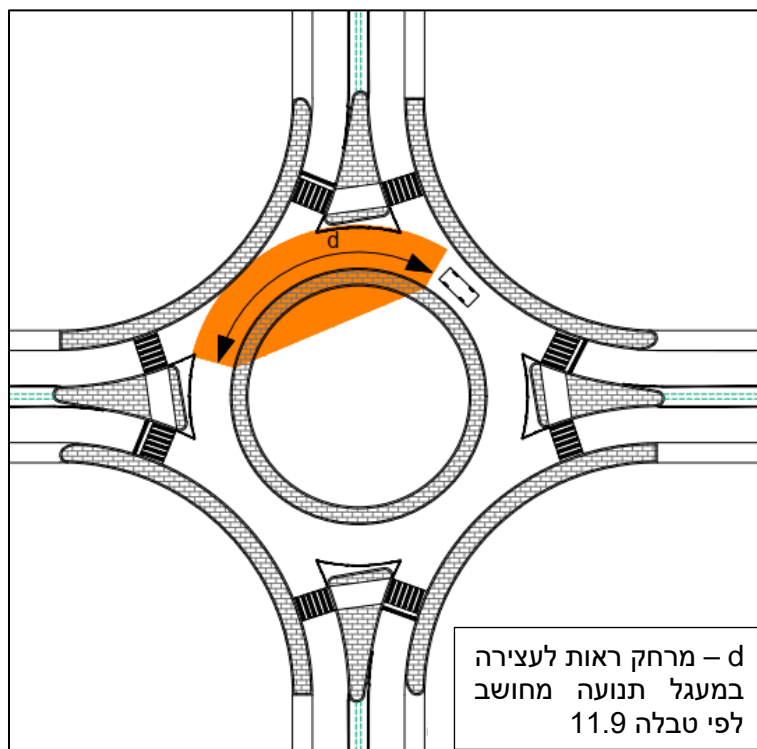


**תרשים 11.18:** מרחק ראות לעצירה למעבר החצייה/מקום חצייה בכניסה למעגל

4. מרחק ראות בצומת למתן זכות קדימה, בין נהג הנכנס למעגל תנועה במרחק 15 מטר מקו הכניסה למעגל, לבין רכב הסובב במעגל תנועה משמאלו,  $d_2$  כמתואר בתרשים 11.21.
5. מרחק ראות בצומת למתן זכות קדימה, בין נהג הנכנס למעגל תנועה במרחק 15 מטר מקו הכניסה למעגל, לבין רכב המתקרב למעגל תנועה בגישה משמאלו,  $d_1$  כמתואר בתרשים 11.21.
6. במעגלי מחלף יהלום, מרחק ראות בצומת למתן זכות קדימה, בין נהג הנכנס למעגל תנועה מהרמפה, במרחק 15 מטר מקו הכניסה למעגל, לבין רכב המתקרב למעגל תנועה מכיוון הפרדה המפלסית במחלף היהלום, בגישה משמאלו, כמתואר בתרשים 11.22.



**תרשים 11.19:** ראות לעצירה למעבר החציה/מקום חציה ביציאה מהמעגל



**תרשים 11.20:** מרחק ראות לעצירה בנסיעה במעגל

**לחישוב מרחק ראות לעצירה d בתרשים 11.18:** לשימוש בטבלה 4.1 – ערכי תכן למרחק ראות לעצירה בצמתים, עבור שיפועים שונים:

- עבור גישה חד-נתיבית בין-עירונית – מהירות תכן 60 קמ"ש.
- עבור גישה דו-נתיבית בין-עירונית – מהירות תכן 70 קמ"ש.

**לחישוב מרחק ראות לעצירה למעבר חצייה בתרשים 11.19:** מרחק הראות לעצירה על פי רדיוס הנסיעה במעגל, טבלה 11.9 (המבוססת על תרשים נ.11 כמוסבר לעיל).

**לחישוב מרחק ראות לעצירה d בתרשים 11.20:** לנהג הנוסע במסלול המעגלי, רדיוס הנסיעה נמדד על מרכז הנתיב. מרחק הראות לעצירה על פי רדיוס הנסיעה במעגל, טבלה 11.9.

בטבלה 11.10 נתונים מרחקי הראות  $d_1$  ו- $d_2$  הנדרשים כתלות במהירות הנסיעה הממוצעת של הרכב הנכנס למעגל תנועה בגישה משמאל.

**טבלה 11.10:** מרחקי ראות נדרשים  $d_1$  ו- $d_2$  במשולשי הראות, לצורך חישוב מרחקי ראות בגישות למעגל תנועה ולנסיעה במעגל, כתלות במהירות הנסיעה וברדיוס הנסיעה

מרחק ראות נדרש לרכב מתקרב (מ')	מהירות (קמ"ש)	רדיוס נסיעה* (מ')
29	21	10
32	23	15
36	26	20
40	28	25
42	30	30
46	33	35
47	34	40
53	38	50
56	40	60
60	43	70
62	45	80
65	46	90
67	48	100

\* רדיוס נסיעה על פי תרשימים 11.7 ו-11.8:  $R_1$  רדיוס כניסה לחישוב  $d_1$ ;  $R_2$  רדיוס במעגל תנועה לחישוב  $d_2$ .

**לחישוב מרחקי ראות  $d_1$  ו- $d_2$  בתרשים 11.21:** עקרונות החישוב דומים לעקרונות החישוב למרחקי ראות בפניות ימינה מהדרך המשנית בהסתעפויות לא מרומזרות בפרק 4.

- מרחק עיני נהג נכנס, 15 מטר ממעגל התנועה המשיק.
- פער הזמן הקריטי הנחוץ לכניסה למעגל תנועה 5.0 שניות.
- מהירות מרבית בתלות ברדיוס בהנחת שיפוע צידי של 2%.

מרחק הרכב המתקרב למעגל תנועה בגישה משמאל  $d_1$  נמדד על מרכז נתיב הנסיעה של הרכב בגישה משמאל ובמעגל. הערכת מהירות הרכב המתקרב, היא ממוצע המהירויות הנגזרות מרדיוס הכניסה בזרוע משמאל בשיפוע צידי של 2%, ומרדיוס הנסיעה במעגל התנועה בשיפוע צידי של 2%. במידה ורדיוס הנסיעה בזרוע משמאל בגישה חד-נתיבית מאפשרת נסיעה במהירות הגבוהה מ-50 קמ"ש, יש להניח מהירות של 55 קמ"ש בזרוע. במידה ורדיוס הנסיעה בזרוע משמאל בגישה דו-נתיבית מאפשרת נסיעה במהירות הגבוהה מ-60 קמ"ש, יש להניח מהירות של 65 קמ"ש בזרוע.

מרחק הרכב הסובב במעגל תנועה  $d_2$  נמדד על מרכז נתיב הנסיעה של הרכב במעגל.

בתחום האי המעגלי, בגלל דרישות מרחקי ראות, אין להציב מכשולים מסתירי ראות בין עיני נהג בגובה 1.05 מטר, לבין מכשול בגובה 0.15 מטר, על פי תרשים 11.20, וכן אין להציב מכשולים מסתירי ראות בין עיני נהג בגובה 1.05 מטר, לבין רכב בגובה 1.05 מטר, על פי  $d_2$  בתרשים 11.21.

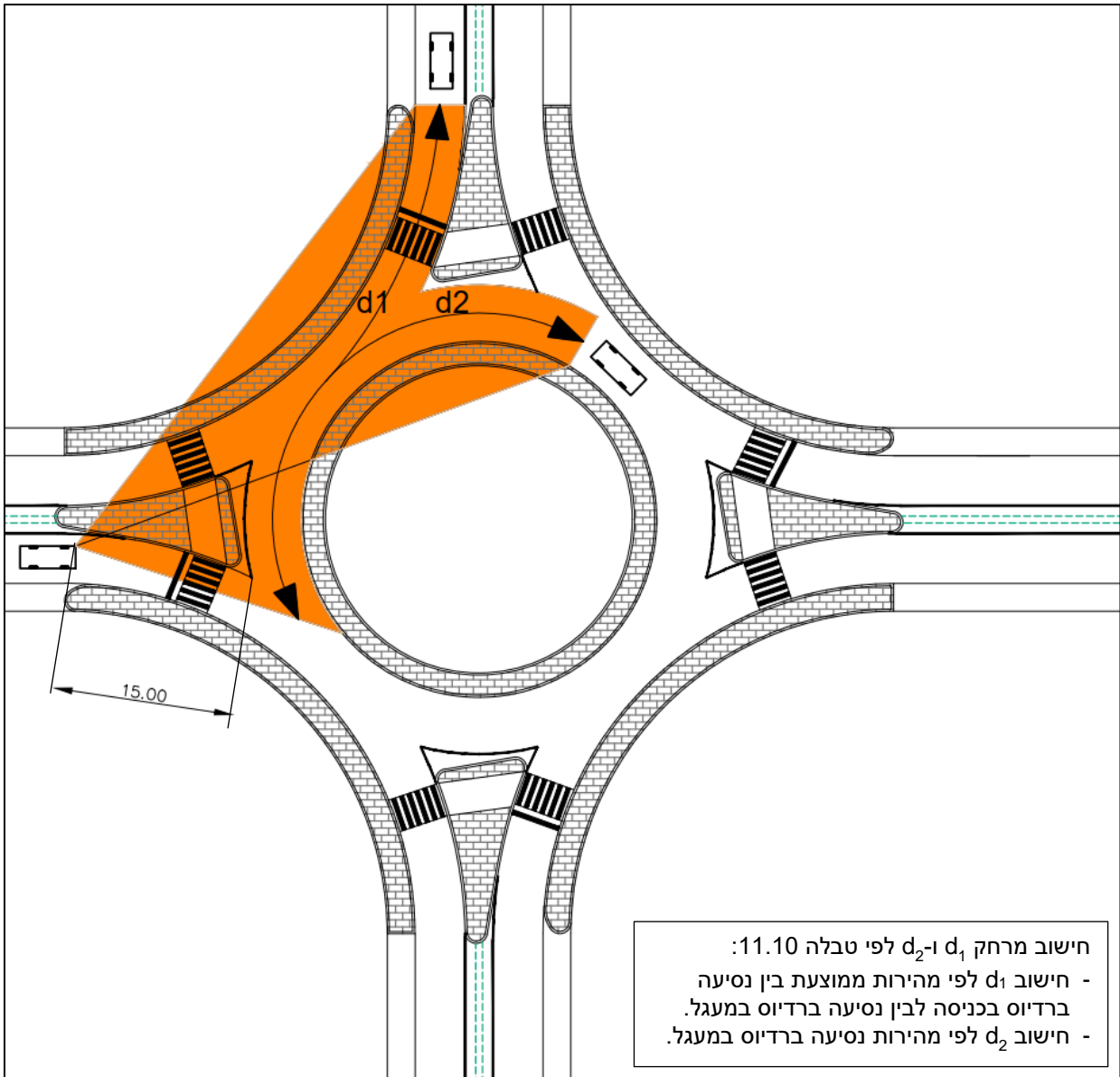
לא נהוג להתקין מעקות בטיחות באי התנועה המעגלי, לכן נדרש לא להציב בתחום מעגל התנועה מכשולים שרכב סוטה יכול להתנגש בהם, על פי עקרונות תכנון סלחני, המופיע בהנחיות לתכנון מעקות בטיחות בדרכים בין-עירוניות במהדורה העדכנית.

עבור מעגלי תנועה בצמתי מחלף יהלום, במקרים בהם קיימים מכשולים המגבילים מרחק ראות, כגון מעקות גשר/קירות של מעבר תחתי, ניתן להקטין את משולש הראות הדרוש לרכב הנכנס מרמפת המחלף, באמצעות הפחתת המרחק אל רכב הנכנס בגישה סמוכה משמאל, למרחק 15 מטר מהכניסה למעגל. ניתן לעשות זאת עקב ההנחה שמהירות הרכב הנכנס מהגשר/מעבר תחתי נמוכה, כי הוא מגיע מצומת קרוב, בנסיעה מתועלת בין מעקות גשר או קירות מעבר תחתי. בתרשים 11.22 מוצג משולש ראות מוקטן בצומת כניסה למעגל תנועה במחלף יהלום.

## 11.11 עטרה

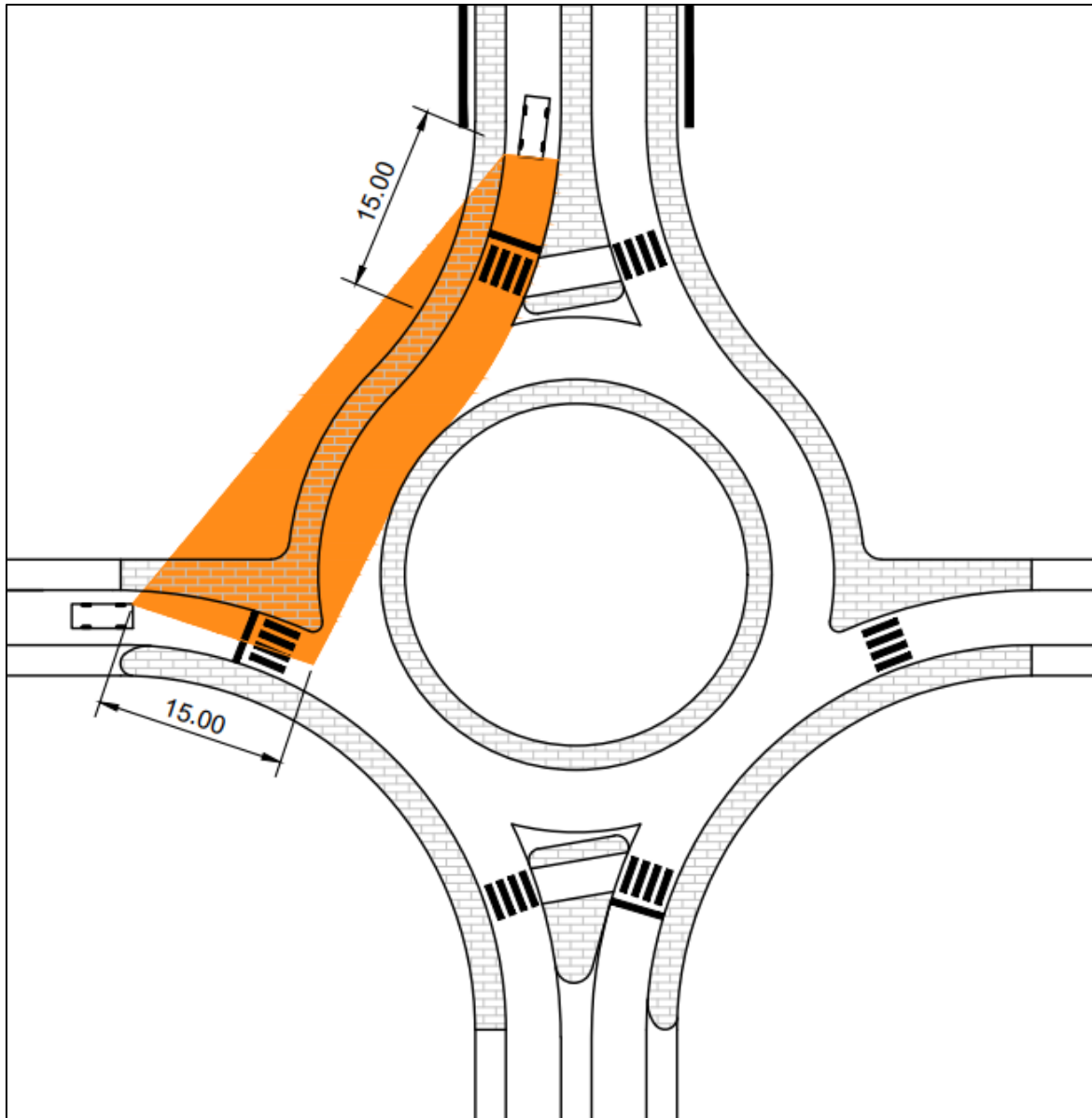
העטרה היא טבעת על היקף אי התנועה המעגלי. היא אינה מיועדת לנסיעת כלי-רכב בשגרה. היא משמשת למעבר לרכב שעיקבתו גדולה מרכב התכן על פיו תוכנן מעגל התנועה. במעגל תנועה דו-נתיבי, העטרה יכולה לשמש גם למפלט לרכב בנתיב השמאלי הפנימי הפונה בצד רכב גדול בנתיב הימני החיצוני.

מכיוון שהיא מיועדת למעבר של גלגל רכב גדול ואיטי, ואינה מיועדת לנסיעה של גלגל רכב קטן ומהיר, היא צריכה לאפשר נסיעה בצורה לא מזמינה. גובהה ביחס למיסעה 7 ס"מ (לא יותר ולא פחות). פני העטרה יהיו שונים מפני המיסעה בגוון. פני העטרה צריכים להיות מחוספסים כדי שלא יזמינו נסיעה מהירה עליה. השיפוע הצידי של העטרה 3% ביחס למישור המיסעה הסיבובית, יורד לכיוון היקף המעגל.



### **תרשים 11.21:** מרחקי ראות של משולשי הראות בצומת בכניסה למעגל

רוחב העטרה 1.0-1.5 מטר. בסעיף 11.4 בסעיף קביעת הקריטריונים – רכב התכן, קיים הסבר הקושר בין רכב התכן, תכנון מעבר של רכב גדול מרכב התכן, ורוחב העטרה. במידה שצפוי לעבור במעגל תנועה רכב גדול מרכב התכן, שמידותיו ידועות, כגון מוביל טנקים במעגל תנועה המתוכנן לרכב WB-15 SEMI, ורוחב המידה הנדרשת לעטרה עולה על 2 מטר, יש לתכנן את העטרה ברוחב המזערי שיתקבל על-פי עיקבת הרכב הצפוי, בתוספת מרווח ביטחון של 0.3 מטר.



**תרשים 11.22:** מרחקי ראות של משולשי הראות מופחתים בצומת כניסה למעגל תנועה במחלף יהלום

## 11.12 עקום אנכי ושיפוע אורכי

השיקולים הגיאומטריים בתכנון מעגל תנועה זהים ברובם לשיקולים הגיאומטריים בתכנון צומת המופיעים בסעיף 3.2.

עקב הפחתת המהירות בגישות למעגל התנועה בכל הזרועות (אפשר לראות מעגל תנועה כצומת בו כל הזרועות הן משניות), ניתן להקל בחלק מההגבלות המופיעות בפירוט בנושאי מיקום הצומת (שאינו מסוג מעגל תנועה) בתוואי האנכי, המופיעים בפרק 8.

#### א. מיקום מעגל תנועה בעקום אנכי קמור ובעקום אנכי קעור:

ניתן למקם מעגל תנועה בעקום אנכי קמור, ובעקום אנכי קעור, בתנאי שנשמרים מרחקי הראות הנדרשים בגישות (לעצירה) ובמעגל התנועה (לעצירה/משולשי ראות). ראו הסבר בסעיף 11.10.

#### ב. מיקום מעגל התנועה בשיפועים לאורך בזרועות הצומת:

מומלץ למקם מעגלי תנועה באזור מישורי, בשיפועים לאורך שאינם עולים על 2%, כדי להימנע מנסיעה במסלול המעגלי בשיפוע צידי הפוך הגדול מ-2% (-). הסבר מפורט נמצא בסעיף 11.6.

באזור הררי, ניתן להגדיל את שיפוע המיסעה במסלול הסיבובי עד ל-6%. במקרה זה אין אפשרות לשמור על שיפוע צידי של בתחום שבין 2% (+) חיובי לבין 2% (-) שלילי (הפוך). כאשר חורגים משיפוע צידי של 2%, יש להקטין את מהירות המעבר, באמצעות הקטנת הרדיוסים המרביים של ההסטה. הדבר מקטין סיכון לתאונות התהפכות עקב נסיעה מהירה ברדיוס עם שיפוע צד הפוך גדול מ-2% (-).

בגישה חד-נתיבית למעגל תנועה, מהירות הייעוד היא 50 קמ"ש, שיפוע מרבי לאורך 6%, מרחק מזערי נדרש מהצומת בשיפוע מרבי 50 מטר.

בגישה דו-נתיבית למעגל תנועה, מהירות הייעוד היא 60 קמ"ש, שיפוע מרבי לאורך 6%, מרחק מזערי נדרש מהצומת בשיפוע מרבי 60 מטר.

#### ג. שיטות לתכנון רומים:

א. שיטת המישור, בה המיסעה הסיבובית במישור נטוי. רצויה נטייה של 2%, נטייה מרבית 6%.

ב. שיטת שמירת שיפוע צידי במסלול המעגלי, בה המסלול המעגלי בשיפוע 2% הפוך לתנועה המעגלית.

שיטת שמירת שיפוע צידי מומלצת במעגלי תנועה גדולים בהם רדיוס האי המעגלי גדול מ-22 מטר.

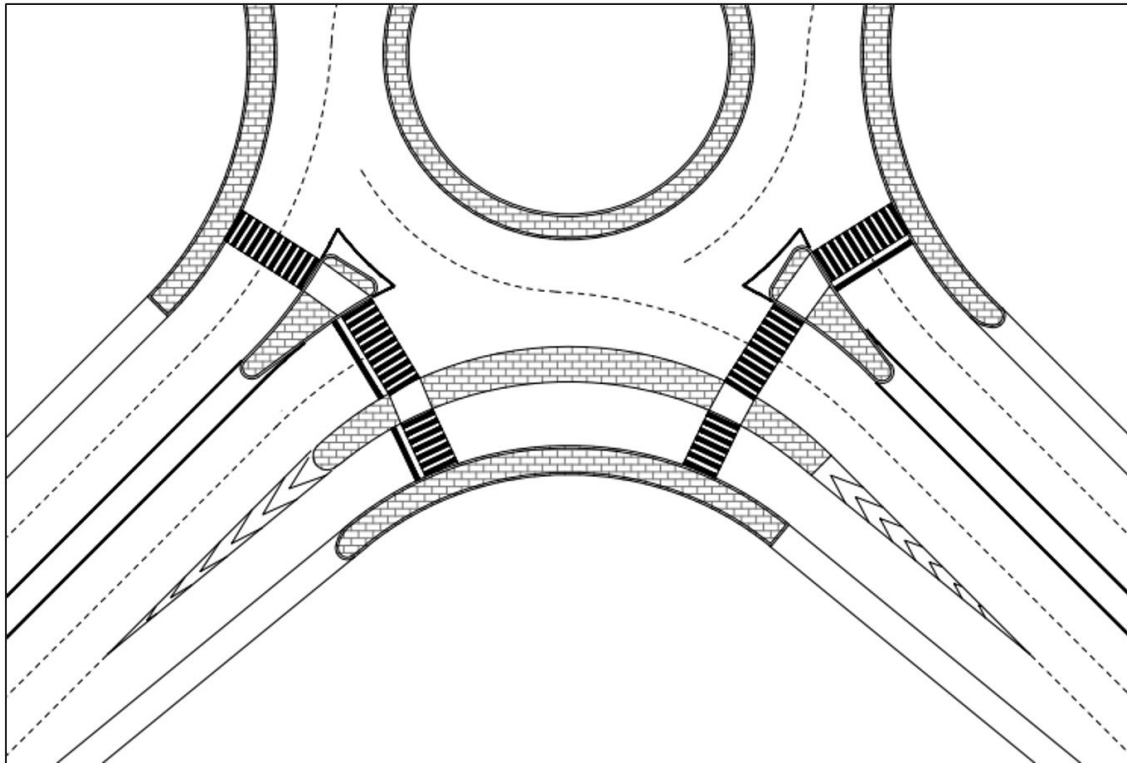
במקרה של מיקום מעגל תנועה בעקום אנכי קעור, ניתן לשקול שיטת שמירת שיפוע צידי בשיפוע 2% לכיוון מרכז המעגל. במקרה זה יש לתכנן פינוי מי נגר במערכת ניקוז סגורה באמצעות קולטנים הממוקמים על שפת האי המעגלי.

## 11.13 נתיבי פנייה בלעדיים

ניתן להסדיר נתיבי פנייה בלעדיים שאינם עוברים במסלול המעגלי לפניות ימינה, ולהמשך ישר במעגל תנועה בעל שלוש זרועות. בגלל צורת אי התנועה המתקבלת בפנייה בלעדית ימינה, ההסדר מכונה "בננה". בתרשים 11.23 מוצגת דוגמה לנתיב פנייה בלעדי לפנייה ימינה במעגל תנועה דו-נתיבי.

נתיבי תנועה בלעדיים לפנייה, ללא מעבר במסלול המעגלי, מגדילים את קיבולת מעגל התנועה. ניתן להתקין נתיבי פנייה בלעדיים ימינה בגישה אחת, בחלק מהגישות ובכל הגישות למעגל.

לנתיבי פנייה בלעדיים ימינה ליד מעגל תנועה יש חסרונות. הם מאריכים ומסרבלים את חציית הולכי-רגל, או לחילופין דורשים שני מעברי חצייה קרובים במסלול הפנייה הבלעדי, ומקשים על גישת אוטובוסים היוצאים ממעגל תנועה לרציפי תחנה הנמצאים בצד נתיבי ההתמזגות של נתיבי הפנייה הבלעדיים. לכן מומלץ להתקין רק במידה שנדרשת הגדלת קיבולת המעגל.



**תרשים 11.23:** דוגמא לנתיב פנייה בלעדי ימינה במעגל תנועה דו-נתיבי

נתיב פנייה ימינה יופרד מנתיבי הכניסה האחרים באמצעות אי-תנועה בנוי. נתיב פנייה ימינה יהיה יחיד (לא יותר מנתיב 1).

רוחב אי התנועה ("בננה") לפחות 2.0 מטר. אם קיים מקום חצייה או מעבר חצייה על המפרדה, רוחבה הרצוי באזורי החצייה 3.0 מטר.

תכן נתיבי הפנייה על פי עקרונות פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש המפורטים בסעיף 6.3.

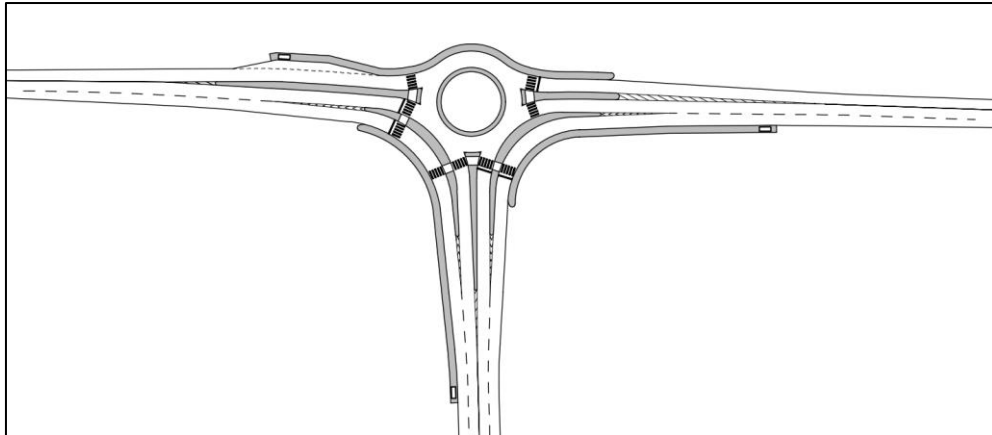
כאשר מוסדרים במעגל תנועה מעברי חצייה/מקומות חצייה, מומלץ להסדיר שני מעברי חצייה/מקומות חצייה בין המפרדה של הפנייה החופשית ימינה לבין מפרדות הכניסה והיציאה.

עקרונות תכן הפנייה הבלעדית ימינה, זהים לעקרונות תכן של נתיב פנייה חופשי ימינה בפנייה רגילה או פנייה מהירה, בצומת עם אי משולש ונתיבי הפרדות והתמזגות.

מיקום תחנות אוטובוס בזרועות אליהם מתחברים נתיבי הפנייה הבלעדיים, יהיה בנתיבי התמזגות.

בתרשים 11.23 מוצגת דוגמא לנתיב בלעדי לפנייה ימינה.

בתרשים 11.24 מוצגת דוגמא למעגל תנועה חד-נתיבי עם שני נתיבים בלעדיים לפניות ימינה, עם תחנות אוטובוס בנתיבי ההתמזגות.



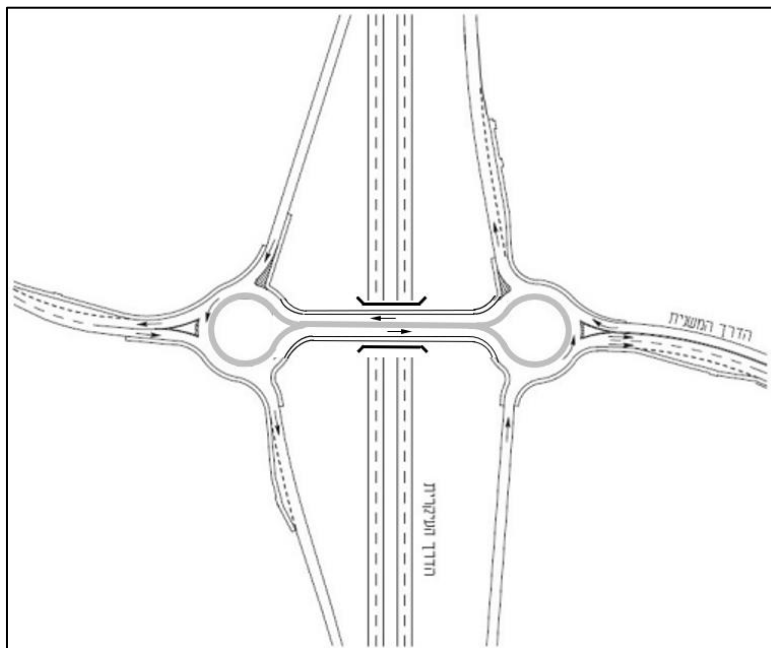
**תרשים 11.24:** דוגמא למעגל תנועה חד-נתיבי עם שני נתיבים בלעדיים לפניות ימינה

## 11.14 מעגלי תנועה ב"תצורת עצם" (Dog Bone)

אחד מתצורות מחלפי הגישה, הוא מחלף יהלום עם מעגלי תנועה. סוג מחלף זה מתואר בהנחיות לתכנון דרכים בין-עירוניות, כרך 3 (מחלפים) בסעיף 4.6.5.

במקום שני מעגלי תנועה בצמתי המחלף, ניתן להסדיר אי-תנועה רציף אחד, הכולל מפרדה עם שתי טיפות בצמתי הרמפות. צורת אי התנועה המתקבלת, דומה לצורת עצם משחק לכלבים, ומכאן מגיע שם ההסדר "תצורת עצם" (Dog bone), שיש המתרגמים אותו ל-"עצם כלב". בתרשים 11.25 מוצג מחלף יהלום עם מעגל תנועה בצורת "תצורת עצם".

הסדר "תצורת עצם" מיושם במחלפים רבים בהולנד. משם "יובא" לארה"ב.



**תרשים 11.25:** מחלף יהלום עם מעגל תנועה ב"תצורת עצם"

יתרונות הסדר מחלף יהלום עם מעגל תנועה "תצורת עצם" ביחס להסדר מחלף יהלום עם שני מעגלי תנועה:

- מפחית את מספר הקונפליקטים בצמתים.
- מגדיל קיבולת.
- מפחית אפשרות לפניות שגויות של כניסה לרמפות בניגוד לכיוון התנועה המותר.

חיסרון הסדר מעגל תנועה "תצורת עצם" בצמתי מחלף יהלום, שמאריך את הנסיעה רק לתנועות פניית פרסה לבאים מהדרך המשנית (כי מאפשר פניית פרסה רק בצומת הרחוק).

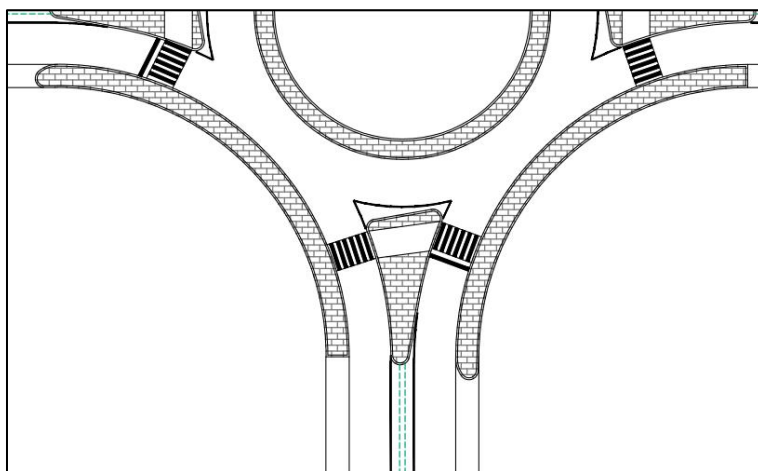
גם בצומת מדורג (ראו סעיפים 2.3.5 ו-3.7 בהנחיות) ניתן להסדיר מעגל תנועה "תצורת עצם". ההסדר גורם להארכת הנסיעה לפניות הפרסה מכל כיווני הגישה, ולחלק מהפניות שמאלה. בדירוג ימני ההסדר גורם להארכת הנסיעה לפניות שמאלה מהגישות בדירוג. בדירוג שמאלי ההסדר גורם להארכת הנסיעה בפניות שמאלה מהגישות בדרך העיקרית, שאינה בדירוג.

מעגל תנועה "תצורת עצם" יכול להיות חד-נתיבי, דו-נתיבי, דו-נתיבי חלקי ועם נתיבי פנייה ימינה מחוץ למעגל תנועה (בננות).

## 11.15 שילוב הולכי-רגל ורוכבי אופניים במעגלי תנועה

### א. שילוב הולכי-רגל:

עקרונות לתכנון עבור תנועת הולכי רגל מוצגים בפרק 10 לעיל. אם קיימת פעילות הולכי-רגל בסביבת מעגלי התנועה, יש להסדיר מדרכות ומעברי חצייה סביב מעגל התנועה וליד הזרועות (תמרור 811). הנחיות לתכנון מעברי חצייה להולכי-רגל במעגלי תנועה מופיעות בהנחיות לתכנון רחובות בערים – תנועת הולכי-רגל" בפרק 6 – 'מקומות חצייה להולכי-רגל'. רוחב המפרדה בתחום מעבר החצייה לפחות 2.5 מטר. דוגמא למעבר חצייה בתרשים 11.26. ניתן להסדיר רצועות גינון בין המיסעה לבין המדרכות שבין מעברי החצייה.



**תרשים 11.26:** הסדרת מעברי חצייה עם מפרדה במעגל תנועה

## ב. שילוב רוכבי אופניים:

עקרונות לתכנון עבור תנועת אופניים, מוצגים בפרק 9 לעיל. אם קיימת פעילות רוכבי אופניים בסביבת מעגלי תנועה בין-עירוניים, יש להסדיר סביב מעגל התנועה וליד הזרועות שבילי אופניים. הנחיות לתכנון תנועת אופניים במעגלי תנועה מופיעים בסעיף 5.6 ב'הנחיות לתכנון רחובות בערים – תנועת אופניים' (2020). לאחר שתפורסם ברשומות תקנת התעבורה המסדירה זכות קדימה לרוכבי אופניים במעבר חצייה לאופניים, יהיה ניתן לאשר תכנון מעברי חצייה לאופניים (תמרור 812) ליד מעברי חצייה להולכי-רגל (תמרור 811), בדומה לפתרונות בפרק 9 לעיל. רוחב המפרדה בתחום מעבר החצייה לאופניים לפחות 2.5 מטר. ניתן להסדיר רצועות גינון בין המיסעה לבין שבילי האופניים.

## 11.16 שילוב תחבורה ציבורית

עקרונות לתכנון עבור תח"צ מוצגים בפרק 10 לעיל. תכנון מעגלי תנועה בדרכים בהם קיימת תחבורה ציבורית מועדפת כגון נת"צ (נתיבי תחבורה ציבורית), תאו"ם (תחבורת אוטובוסים מהירה), רק"ל (רכבת קלה), יהיה על פי "עקרונות לשילוב תחבורה ציבורית מועדפת במעגלי תנועה", משהת"ח, שבט תשפ"א – ינואר 2021.

### תחנות אוטובוס במעגלי תנועה:

בדומה לצמתים, גם במעגלי תנועה, תחנות אוטובוסים ללא הסדרי העדפה בקרבת הצומת ימוקמו אחרי הצומת בכיוון הנסיעה (ראו תרשים 11.3). רק במקרים יוצאים מן הכלל ניתן למקם תחנת אוטובוסים לפני הצומת, כמפורט בסעיף 10.1.2. סוג התחנה יהיה במפרץ. פרטי התכן הגיאומטרי של מפרץ התחנה כמפורט בסעיף 10.1.4.

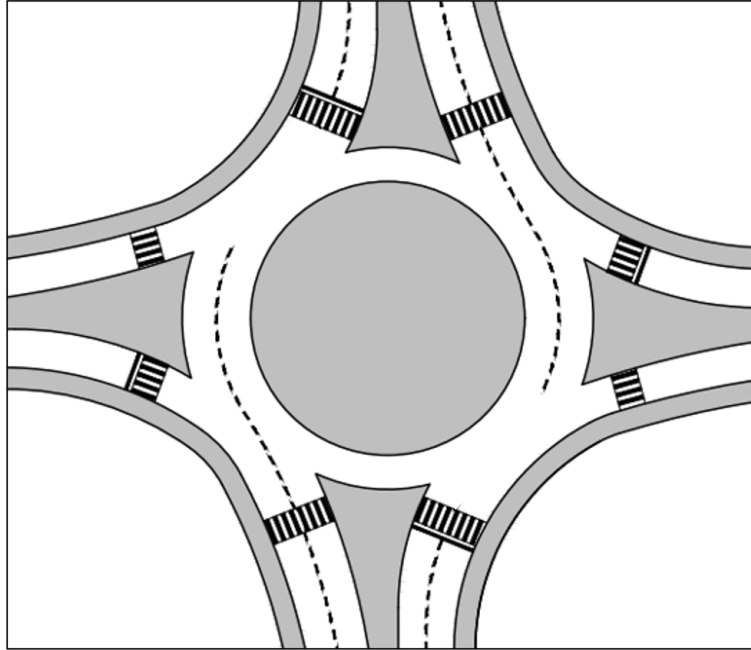
## 11.17 סימון ושילוט במעגלי תנועה דו-נתיביים

מעגל תנועה דו-נתיבי מוגדר כמעגל תנועה אשר חלק מהכניסות, וחלק מקטעי המסלול המעגלי, הם דו-נתיביים. אין הכרח שכל הכניסות, קטעי המסלול המעגלי והיציאות יהיו דו-נתיביים.

יש להגביל את מספר נתיבי מעגל התנועה (נתיבי הכניסה, נתיבים במסלול הסיבובי ונתיבי היציאה) למספר המזערי המאפשר את הקיבולת הנדרשת לתנועה החזויה על פי סעיף 11.2 והנחיות לתכנון מעגלי תנועה, פרק 4 (משהת"ח, 2005).

בתרשים 11.27 מוצגת דוגמא למעגל תנועה דו-נתיבי עם קטעי מסלול, כניסות ויציאות חד-נתיביים, העומד בכללים שנקבעו בסעיף 11.3.

אחת מבעיות הבטיחות במעגלי תנועה דו-נתיביים היא קונפליקטים בין כלי-רכב ביציאות הדו-נתיביות. כדי למנוע קונפליקטים ביציאות ובכניסות הדו-נתיביות, יש לפצל את כלי-הרכב הנכנסים לנתיבים המתאימים ליציאות מהמעגל.

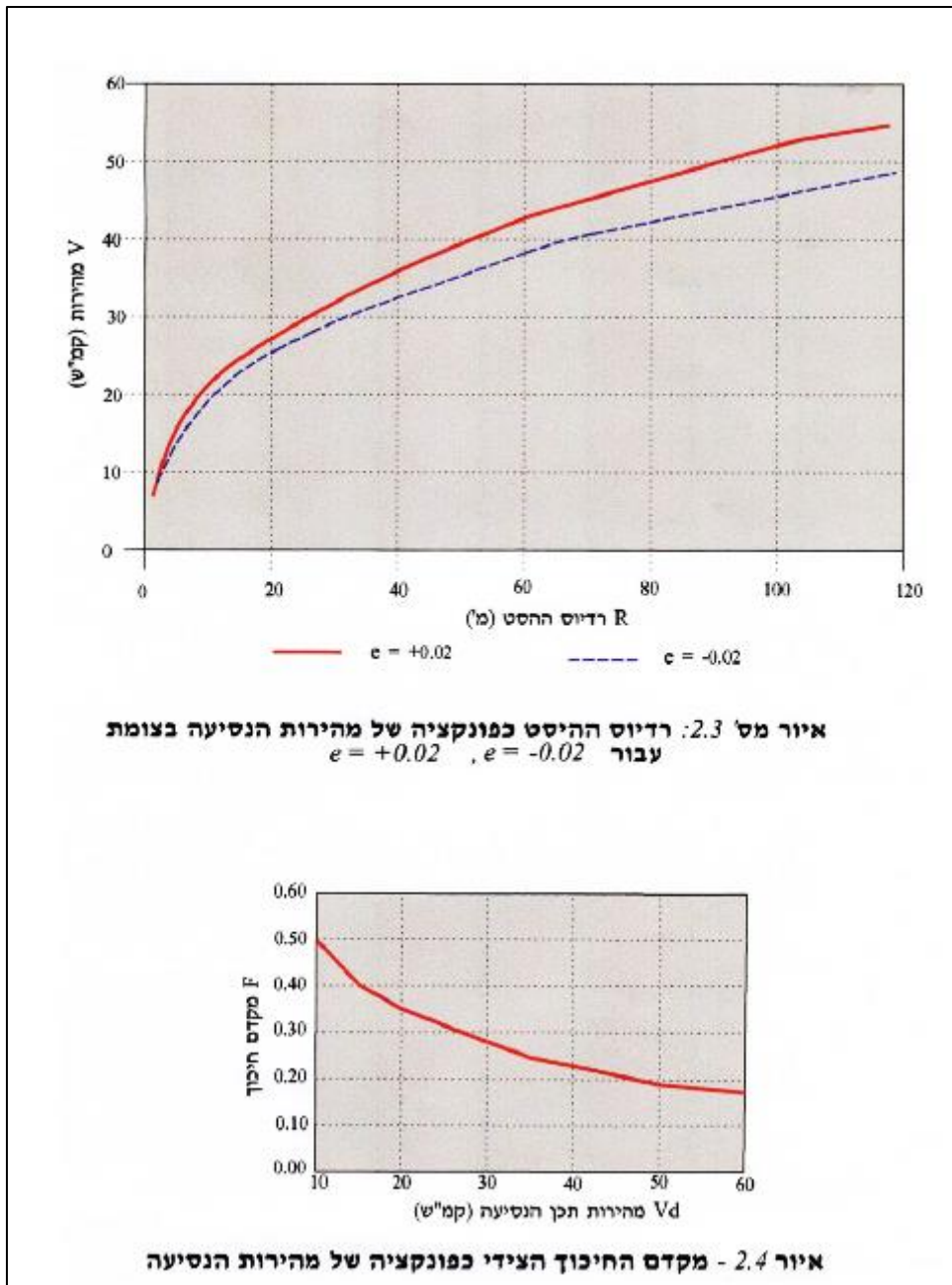


**תרשים 11.27:** דוגמא למעגל תנועה דו-נתיבי עם קטעי מסלול מעגלי חד-נתיביים

הצגת המידע לבחירת נתיב הנסיעה בכניסות הדו-נתיביות, נעשית באמצעות תמרורי 613 (הגדרת תנועה בנתיבים עם חיצו קרס-חכה<sup>1</sup>). יש לתכנן את היציאות הדו-נתיביות בקרבת הכניסות שלפניהם על פי סעיף 11.3.

להנחיות שילוט הכוונה מוקדמת ליעדים (תמרור 604), והנחיות הגדרת תנועה בנתיבים (תמרור 613), ושאר כללי הצבת תמרורי הדרכה במעגלי תנועה בין-עירוניים, ראו הפרק העוסק במעגלי תנועה בהנחיות לשילוט הדרכה בצמתים בין-עירוניים (2023) של ועדת השילוט הבין-משרדית.

<sup>1</sup> פרטי חיצו קרס חכה בתמרורי 613 על פי הנחיות ועדת שילוט לדרכים בין-עירוניות



**תרשים נ.11:** תרשימים לחישוב חיכוך ורדיוס הסטה בהתאם למהירות עבור מעגלי תנועה, מתוך "הנחיות לתכנון מעגלי תנועה", משהת"ח, 2005

## רשימת מקורות לפרקים 1-10

### א. מקורות בעברית

אלדר ק., צדר א. (1990), **מרחק אופטימלי בין שני מסעפים של צומת מפוצל**, דו"ח מחקר מס' 90-158, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

הוועדה האקדמיה ללשון העברית, הוועדה המרכזית למונחי הטכנולוגיה (1990), **מילון למונחי הנדסת דרכים, תחבורה ובנייה**, חיפה.

האקדמיה ללשון העברית, הוועדה המרכזית למונחי הטכנולוגיה (2012), **מילון למונחי התחבורה היבשתית**, ירושלים.

ארבית ש. (1975), **הצעת הנחיות גיאומטריות לתכנון בטיחותי של צמתים במפלס אחד – מהדורה שניה מתוקנת**, פרסום מס' 75/2, המרכז לבטיחות בדרכים, הטכניון, חיפה.

ארבית ש. (1982), **הצעת הנחיות להתקנת נתיבים לשינוי מהירויות**, פרסום מס' 82-1002, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

בלשה ד., הקרט ש. (1992), **הנדסת תנועה – עקרונות ותכן**, מהדורה רביעית, מכלול בע"מ.

בלשה ד., גיטלמן ו., כרמל ר., הנדל ל., פיסחוב פ. (2009), **בחינת בעיית בטיחות הולכי הרגל בדרכים הבין עירוניות בישראל וגיבוש דרכי פעולה לצמצום התופעה**, דו"ח מחקר מס' 2/2009, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

בלשה ת. (2019), **בחינת תאונות דרכים בצמתים מרומזרים מדורגים בדרכים לא-עירוניות**, לוי-שטרק-זילברשטיין מהנדסים ויועצים בע"מ, הוכן עבור רלב"ד – הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים.

בן-יעקב י., קראוס י. (1980), **הצדקים לנתיבי פנייה שמאלה בדרכים דו-נתיביות בין-עירוניות**, דו"ח מחקר מס' 80-28, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

בן-יעקב י., ליבנה מ., הקרט ש. (1979), **חקר המאפיינים הגיאומטריים והתנועתיים בצומת מרומזר**, דו"ח מחקר מס' 79-22, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

גולדנברג ס. (1992), **מפרצים לתחנות אוטובוס – המלצות תכנוניות**, 'תנועה ותחבורה', גיליון מס' 30.

גיטלמן ו., כרמל ר., פיסחוב פ., הנדל ל., בלשה ד. (2010), **בחינת בעיית בטיחות הולכי הרגל בדרכים הבין עירוניות בישראל וגיבוש דרכי פעולה לצמצום התופעה**, דו"ח מחקר מס' 17/2010, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

דנה-פיקאר ב., שצ'ופק י., מרכוס א. (1992), **הצומת המפוצל**, 'תנועה ותחבורה', גיליון מס' 31.

חברת נתיבי ישראל (2015), **הנחיות לתכנון ניקוז והידרולוגיה**.

חברת נתיבי ישראל (2018), **מדריך למתכנן – היבטי נגישות והנגשה בתכנון מבני דרך, מחלפים וקטעי דרך**, הוכן ע"י ליעד מרקוס, אבינעם אבנון.

חברת נתיבי ישראל (2018), **תכנית אב לשבילי אופניים ליוממות בין עירונית**, הוכן ע"י ירון עברון הנדסה בע"מ.

כהן ר. (1995), **צמתים מפוצלים בינעירוניים מרומזרים**, עבודת גמר לשם מילוי חלקי של הדרישות לקבלת תואר מגיסטר למדעים בהנדסה אזרחית, הטכניון, חיפה.

ליבנה מ., פולוס א., פקטור מ. (1984), **ניתוח מאפיינים של נסיעת כלי-רכב על-גבי נתיבי האצה**, דו"ח מחקר מס' 40-84, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

ליבנה מ., פולוס א., פקטור מ. (1985), **ניתוח מאפייני נסיעת כלי-רכב על-גבי נתיבי האטה**, דו"ח מחקר מס' 79-85, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

מדינת ישראל (1961), **פקודת התעבורה ותקנות התעבורה**, תשכ"א ועדכונים.

מדינת ישראל, מינהל התכנון (2001), **תכנית מתאר ארצית לדרכים – תמ"א 3**, שינוי מס' 63, מרץ 2001, במסגרת חוק התכנון והבנייה תשכה-1965.

מדינת ישראל, מינהל התכנון (2019), **תמ"א 18/4 שינוי מס' 2 – תכנית מיתאר ארצית לתחנות תדלוק**, המועצה הארצית לתכנון ובנייה.

מדינת ישראל, מינהל התכנון (2020), **תמ"א 1 פרק התחבורה – טיוטת הוראות לאישור הממשלה, (מבוסס על טיוטת תמ"א 42)**, המועצה הארצית לתכנון ובנייה.

מע"צ, משרד התחבורה (2000), **הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בינעירוניות, כרך ו: צמתים**. הוכן ע"י ל.ק.י. מהנדסים.

משרד התחבורה, המפקח על התעבורה (1981), **הנחיות לתכנון רמזורים**, עורך: י. רונן.

משרד התחבורה, המפקח על התעבורה (1983), **הנחיות לתכנון צמתים – מצע לדין**.

משרד התחבורה, המפקח על התעבורה (1987), **פיצול צמתים מרומזרים**, מאת: י. רונן.

משרד התחבורה, אגף תכנון תחבורתי, (1998), **הנחיות לתכנון נתיבים לתחבורה ציבורית**, הוכן על-ידי מתופ מהנדסים.

משרד תחבורה, מחלקת עבודות ציבוריות (2000), **הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות – כרך ו: תכן גיאומטרי של צמתים**, הוכן על-ידי ל.ק.י. – מהנדסי תחבורה יועצים, חיפה.

משרד התחבורה ונתיבי איילון (2003), **הנחיות לתכנון מקבצי תחנות אוטובוס**, סימונה גולדנברג, אליה בן שבת.

משרד התחבורה (2005), **H.C.M. 2000 מתורגם ומותאם לתנאי ישראל**, הוכן ע"י דגש הנדסה.

משרד התחבורה, מינהל היבשה (2008), **תוכנית אב ארצית לתחבורה יבשתית – מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית למדינת ישראל – מהדורה 2**, הוכן על-ידי המכון הישראלי לתכנון ומחקר תחבורה.

משרד התחבורה, אגף תכנון תחבורתי (2010), **הנחיות לקביעת מהירויות ברשת הדרכים**, הוכן ע"י אמי-מתום מהנדסים ויועצים.

משרד התחבורה, אגף תכנון תחבורתי (2010), **תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות**, הוכן ע"י אמי-מתום מהנדסים ויועצים.

משרד התחבורה, הרשות לתח"צ (2016), **הנחיות לתכנון ותפעול שירות תחבורה ציבורית באוטובוסים**, הוכן ע"י דר רוברט אסחאק ובקי שליסלברג.

משרד התחבורה ונתיבי ישראל (2017), **הנחיות לתכנון שילוט בדרכים בין עירוניות**.

משרד התחבורה וחברת נתיבי ישראל (2018), **הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בינעירוניות, צמתים ומחלפים: כרך I – דרכים**, הוכן ע"י אמי-מתום מהנדסים ויועצים.

משרד התחבורה וחברת נתיבי ישראל (2018), **הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בינעירוניות, צמתים ומחלפים: כרך III – מחלפים**, הוכן ע"י אמי-מתום מהנדסים ויועצים.

משרד התחבורה, הוועדה להתקני תנועה ובטיחות (2020), **הנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות בטיחות קבועים בדרכים בין עירוניות**.

משרד התחבורה והבטיחות בדרכים (2022), **הנחיות להכנת פרוגרמות למתקני תשתית לתפעול תחבורה ציבורית באוטובוסים**, בצלאל בוכר, בני ניסים, רמי נוח, חני כספי (ז"ל), שרון משיח, רון צוק.

משרד התחבורה והבטיחות בדרכים (2022), **לוח התמרוקים – הודעת התעבורה (קביעת תמרוקים), התשעא-2010**, עדכון ספטמבר 2022.

משרד התחבורה והבטיחות בדרכים (2022), **תקנות והנחיות להצבת תמרוקים**, דצמבר 2022.

משרד התחבורה ומשרד השיכון (2020), **הנחיות לתכנון רחובות בערים – מהדורה שנייה – ספר הולכי-הרגל, ספר תנועת אופניים, ספר תנועת הרכב המנועי, ספר הצמתים**.

פרישר ב., פולוס א., קראוס י., ליבנה מ. (1992), **דפוסים דינמיים של קבלת פערים בתנועה דו"ח מחקר 92-181 של המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה**.

קראוס י. (1983), **בדיקת מאפייני תפעול בצמתים מדורגים**, דו"ח מחקר מס' 26-83, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

רון י. (1987), **עקרונות של פיצול צמתים מרומזרים**, 'תנועה ותחבורה', גיליון מס' 15.

שקלרסקי א. (1980), **תכן דרכים (גיאומטרי)**, הטכניון, חיפה.

תקן ישראלי 19 (2002), **אבני שפה ואבני תעלה טרומית מבטון**. מכון התקנים הישראלי.

## ב. מקורות לוועזים

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (2011), **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**, 6<sup>th</sup> Ed., Washington D.C.

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (2018), **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**, 7<sup>th</sup> Ed., Washington D.C.

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (2010), **Highway Safety Manual**, 1<sup>st</sup> Ed., Washington D.C.

Ahammed M. A. (2005), **Freeway Merging Behaviour and Safety of Acceleration Lanes: Field Study**, Doctoral dissertation, Carleton University.

Alberta Transportation (2018), **Highway Geometric Design Guide, Chapter D: At Grade Intersections**, Canada.

Arndt O., Troutbeck R. (2006), **New warrants for Unsignalized Intersection Turn Treatments**, in: ARRB Conference, 22nd, 2006, Canberra, ACT, Australia.

ASCE (1996), **Practitioners' Forum**, Journal of Transportation Engineering, November/December 1996, U.S.A.

AUSTROADS (2021), **Guide to Road Design Part 3 – Geometric Design**, Sydney, Australia.

AUSTROADS (2017, 2021), **Guide to Road Design Part 4: Intersections and Crossings – General**, Sydney, Australia.

AUSTROADS (2017, 2021), **Guide to Road Design Part 4A: Unsignalized and Signalized Intersections**, Sydney, Australia.

AUSTROADS (2019), **Guide to Traffic Management Part 6: Intersections, Interchanges, and Crossings**, Sydney, Australia.

AUSTROADS (2013), **Austrroads Design Vehicles and Turning Path Templates Guide**, Sydney, Australia.

Bared J., Giering G. L., Warren D. L. (1999), **Safety Evaluation of Acceleration and Deceleration Lane Lengths**, ITE Journal, Vol. 69, pp. 50-54.

Barricklow P. A., Jacobson M. S. (2004), **Guidelines for Using Decision Sight Distance at Signalized Intersections Near Vertical Curve**, No. FHWA/TX-05/0-4084-P2.

Bella F., Garcia A., Solves F., Romero M. A. (2007), **Driving Simulator Validation for Deceleration Lane Design**, TRB 2007 Annual Meeting, No. 07-0894.

Bogdanović V., Ruškić N., Papić Z., Simeunović M. (2013), **The research of vehicle Acceleration at Signalized Intersections**, PROMET – Traffic & Transportation, Vol. 25, No.1, pp. 33-42.

Bokare P. S., Maurya A. K. (2017), **Acceleration-Deceleration Behaviour of Various Vehicle Types**, Transportation Research Procedia, Vol. 25, pp. 4733-4749.

Bonneson J. A., Fontaine M. D. (2001), **Evaluating Intersection Improvements: An Engineering Study Guide**, NCHRP Rep. 457, Transportation Research Board.

Brewer M.A., (2012), **NCHRP Synthesis 432: Recent Roadway Geometric Design Research for Improved Safety and Operations: A Synthesis of Highway Practice**, for TRB – Transportation Research Board, Washington D.C.

Brewer M. A., Fitzpatrick, K., Whitacre, J. A., Lord, D. (2006), **Exploration of Pedestrian Gap-Acceptance Behavior at Selected Locations**, Transportation Research Record, Vol. 1982, Issue 1, pp. 132-140.

Brilon W. (Ed.) (1991), **Intersections Without Traffic Signals II**, Proceedings of an International Workshop, Bochum, Springer-Verlag, Germany.

Brilon W., Grossmann M., Stuwe B. (1991), **Toward a New German Guideline for Capacity of Unsignalized Intersections**, Transportation Research Record, Vol. 1320, TRB, Washington D.C.

Brooks R. M. (2012), **Acceleration Characteristics of Vehicles in Rural Pennsylvania**, International Journal of Recent Research and Applied Studies, Vol. 12, No.3, pp. 449-453.

Bundesminister für Verkehr (1993), **Verzeichnis der Bundesautobahn – Knoten – Nebenanlagen und Nebenbetriebe**, Germany.

CALTRANS – California Department of Transportation (1995), **Highway Design Manual**, 5<sup>th</sup> Ed., Sacramento, California.

Campbell J.L., Lichty M.G., Brown J.L., Richard C.M., Graving J.S., Graham J., O'Laughlin M., Torbic D., Harwood D. (2012), **NCHRP Report 600: Human Factors Guidelines for Road Systems**, 2<sup>nd</sup> Ed., by TRB – Transportation Research Board, Washington D.C.

Cao X., Young W., Sarvi M. (2013), **Exploring Duration of Lane Change Execution**, in: Australasian Transport Research Forum.

Chandra S., Rastogi R., Das V. R. (2014), **Descriptive and Parametric Analysis of Pedestrian Gap Acceptance in Mixed Traffic Conditions**, KSCE Journal of Civil Engineering, 1 Vol. 8, No.1, pp. 284-293.

Choudhury C. F., Ramanujam V., Ben-Akiva M. E. (2009), **Modeling Acceleration Decisions for Freeway Mergers**, Transportation Research Record, Vol. 2124, Issue 1, pp. 45-57.

Colorado DOT (2018), **Roadway Design Guide**, Chapter 9 – Intersections.

Davis G.A., Swenso, T. (2004), **Field Study of Gap Acceptance by Left-Turning Drivers**, in: Transportation Research Record, Vol. 1899, Issue 1, pp. 71-75.

Department Of Transport (1981), **Junctions and Accesses: The Layout of Major/Minor Junctions**, Departmental Advice Note TA 20/81, U.K.

FHWA – Federal Highway Administration (2017), **Manual on Uniform Traffic Control Devices**, Washington D.C.

FHWA – Federal Highway Administration (1995), **Basic Geometric Design**, Publ. No. FHWA-ED-95-013, U.S. DOT.

Fitzpatrick K. (1991), **Gaps Accepted at Stop-Controlled Intersections**, Transportation Research Record, Vol. 1303, TRB, Washington D.C.

Fitzpatrick K., Mason J.M. Jr. (1990), **Review of AASHTO Case III Intersection Sight Distance Procedures**, Transportation Research Record, Vol. 1280, TRB, Washington D.C.

Fitzpatrick K., Mason J.M. Jr., Harwood D.W. (1993), **Comparison of Sight Distance Procedures for Turning Vehicles from a Stop-Controlled Approach**, Transportation Research Record, Vol. 1385, TRB, Washington D.C.

Fitzpatrick K., Schneider W., William H. (2005), **Turn Speeds and Crashes within Right-Turn Lanes**, No. FHWA/TX-05/0-4365-4, Texas Transportation Institute, Texas A & M University System.

Fitzpatrick K., Brewer M. A., Eisele W. L., Zhang Y., Gluck J. S., Levinson H. S., Iragavarapu V. (2012), **Development of Left-Turn Lane Warrants for Unsignalized Intersections**, Transportation Research Record, Vol. 2301, Issue 1, pp. 55-65.

Fitzpatrick K., Brewer M.A., Eisele W.L., Levinson H.S., Gluck J.S., Lorenz M.R., Zhang Y., von Zharen W., Iragavarapu V., Park E.S. (2013), **Development of Left-Turn Lane Warrants for Unsignalized Intersections**, NCHRP web only Document 193.

Fitzpatrick K., Brewer M.A., Dorothy, P., Park E.S. (2014), **Design Guidance for Intersection Auxiliary Lanes**, NCHRP Report 780.

Forschungsgesellschaft für Strassen – Und Verkehrswesen (1988), **Richtlinien für die Anlage von Strassen (RAS), Abschnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte, RAS-K-1**, Germany.

Fry A.T., Buckley D.J. (1970), **Delay and Interference in Combined Lanes at Unsignalized Intersections**, A.R.R.B. Proceedings, Vol. 5, Part 3, pp. 15-39, Australia.

Garcia A., Romero M. A. (2006), **Experimental Observation of Vehicle Evolution on Deceleration Lanes with Different Lengths**, TRB 2006 Annual Meeting, No. 06-1337.

Hakkert A.S., Ben-Yakov Y. (1978), **Single-Level Interchanges, or – Splitting a Signalized Intersection**, Traffic Engineering & Control, August-September 1978, U.K.

Hakkert A.S., Mahalel D., Asante A.S. (1994), **Comparing Capacities at Unsignalized Intersections and Roundabouts**, Technion – Israel Institute of Technology, Transportation Research Institute, Research Report No. 94-211, Haifa, Israel.

Harwood D.W., et al (1995), **Median Intersection Design**, NCHRP Report 375, Transportation Research Board, Washington D.C.

Harwood D.W., Mason J.M., Brydia R.E., Pietrucha M.T., Gittings G.L., (1996), **NCHRP Report 383: Intersection Sight Distance**, for TRB – Transportation Research Board, Washington D.C.

Harwood D.W., Mason J.M., Brydia R.E. (2000), **Sight Distance for Stop-Controlled Intersections Based on Gap Acceptance**, in: Transportation Research Record, Vol. 1701 Issue 1, pp. 32-41.

Hassan Y., Sayed T. A., Ahammed A. M. (2006), **Effect of Geometry of Entrance Terminals on Freeway Merging Behavior**, TRB 2006 Annual Meeting, No. 06-1946.

Hegeduš H., Ilić D., Šala A. (2006), **Comparison of Measurement Methods for Vehicle Acceleration**, in: XVIII IMEKO World Congress – Metrology for a Sustainable Development, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 1-5.

Highway Agency UK (2021), **DMRB – Design Manual for Roads and Bridges, CD 123: Geometric design of at-grade priority and signal-controlled junctions.**

Homburger W.S., Kell J.H. (1988), **Fundamentals of Traffic Engineering**, 12<sup>th</sup> Ed., Institute of Transportation Studies, University of California, Berkley.

Hughes W., Jagannathan R., Sengupta D., Hummer J. (2010), **Alternative Intersections/ Interchanges: Informational Report (AIIR)**, FHWA-HRT-09-060, Federal Highway Administration, McLean, VA.

Hunter M., Machemehl R., Tsyganov A. (2001), **Operational Evaluation of Freeway Ramp Design**, Transportation Research Record, Vol. 1751, Issue 1, pp. 90-100.

Kadali B. R., Vedagiri P. (2013), **Effect of Vehicular Lanes on Pedestrian Gap Acceptance behaviour**, Procedia-Social and Behavioral Sciences, Vol. 104, pp. 678-687.

Kondyli A., Elefteriadou L. (2009), **Driver Behavior at Freeway-Ramp Merging Areas: Focus Group Findings**, Transportation Research Record, Vol. 2124, Issue 1, pp. 157-166.

Kondyli A., Elefteriadou L. (2010), **Driver Behavior at Freeway-Ramp Merging Areas Based on Instrumented Vehicle Observations.** Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board Vol. 2124, Issue 1, Conference: 5th International Congress on Transport Research.

Kuciamba S.R., Cirillo J.A. (1992), **Intersections**, in: Safety Effectiveness of Highway Design Features, Vol. V, Publ. No. FHWA-RD-91-048, U.S. Department of Transportation, McLean, Virginia.

Leisch J.E. (1974), **Lecture Series on Geometric Design of At-Grade Intersections and Interchanges**, Technion – Israel Institute of Technology, Haifa, Israel.

Leisch J. E., Leisch J. P. (1978), **Seminar on Planning & Design for At-Grade Intersections**, Technion and Ministry of Transport, Tel-Aviv, Israel.

Leisch J.P. (2012), **Intersection Planning Geometric Design and Operational Analysis, Innovative Intersections and Arterial Interchanges**, Course Lecture Notes.

MacKenzie D., Heywood J. (2012), **Acceleration Performance Trends and Evolving Relationship Between Power, Weight, and Acceleration in US Light-Duty Vehicles: Linear Regression Analysis**, Transportation Research Record, Vol. 2287, Issue 1, pp. 122-131.

Mahalel D., Craus J., Polus A. (1986), **An Evaluation of Staggered and Cross Intersections**, Journal of Transportation Engineering, American Society of Civil Engineers, Vol. 112, No. 5.

Mason et al (1989), **Intersection Sight Distance Requirement for Large Trucks**, Transportation Research Record, Vol. 1208, TRB, Washington D.C.

Mason J.M. Jr., Fitzpatrick K., Harwood D.W. (1990), **Field Observations of Truck Operational Characteristics Related to ISD**, Transportation Research Record, Vol. 1280, TRB, Washington D.C.

MassHighway – The Massachusetts Department of Transportation – Highway Division. (2006), **Project Development and Design Guide. Boston: Chapter 6 – Intersections**, MA.

Maze T.H., Hochstein, J.L., Souleyrette R.R., Preston H., Storm R. (2010), **NCHRP Report 650: Median Intersection Design for Rural High-Speed Divided Highways**, for TRB – Transportation Research Board, Washington D.C.

McGee H.W. (1989), **Reevaluation of the Usefulness and Application of Decision Sight Distance**, Transportation Research Record, Vol. 1208, TRB, Washington D.C.

McLean A. J., Anderson R. W. G., Farmer M. J. B., Lee B. H., Brooks C. G. (1994), **Vehicle Travel Speeds and the Incidence of Fatal Pedestrian Collisions**, Vol. 1, No. CR146.

MDT – Montana Department of Transportation (2006), **Road Design Manual: Chapter 13 – Intersections At-Grade**, MT.

Ministerio de Fomento (2016), **Norma 3.1-IC. Trazado de la Instrucción de Carreteras. Highway Design Guidelines Spain** (in Spanish), Retrieved from <https://www.boe.es/boe/dias/2016/03/04/pdfs/BOE-A-2016-2217.pdf>

Moridpour S., Sarvi M., Rose G. (2010), **Modeling the Lane-Changing Execution of Multiclass Vehicles under Heavy Traffic Conditions**, Transportation Research Record, Vol. 2161, Issue 1, pp. 11-19.

MOW – Ministry of Works, TANROADS, NPRA (2011), **Road Geometric Design Manual**, Cooperation between the Ministry of Works the Tanzania National Roads Agency and the Norwegian Public Roads Administration.

Neuman R.T. (1985), **Intersection Channelization Design Guide**, NCHRP Report 279, Transportation Research Board, Washington D.C.

Nevers, B. L., Roupail, N. (2011), **Guidelines on the Use of Auxiliary through Lanes at Signalized Intersections**, Vol. 707, Transportation Research Board.

Nor S. N. M., Daniel B. D., Hamidun R., Al Bargi W. A., Rohani M. M., Prasetijo J., Ambak K. (2017), **Analysis of Pedestrian Gap Acceptance and Crossing Decision in Kuala Lumpur**, in: MATEC Web of Conferences, Vol. 103, p. 08014, EDP Sciences.

NRA – National Road Authority (2011), **DMRB – Design Manual for Roads and Bridges: Geometric Design of Major/Minor Priority Junctions and Vehicular Access to National Road**, NRA TD 41-42/11, Dublin, Ireland.

Omar N., Prasetijo J., Daniel B. D., Abdullah M. A. E., Ismail I. (2018), **Study of Car Acceleration and Deceleration Characteristics at Dangerous Route FT050**, in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 140, No. 1, p. 012078, IOP Publishing.

Papić Z., Jović A., Simeunović M., Saulić N., Lazarević M. (2020), **Underestimation Tendencies of Vehicle Speed by Pedestrians when Crossing Unmarked Roadway**, Accident Analysis & Prevention, Volume 143, August 2020.

PIARC – Permanent International Association of Road Congresses (1991), **Report of the Technical Committee on Interurban Roads**, Proceedings of the XIX<sup>th</sup> World Road Congress at Marrakech, September 1991.

Polus A., Cohen R. (1997), **Operational Impact of Split Intersections**, Transportation Research Record, Vol. 1579, pp. 73-78.

Potts I. B., Harwood D. W., Bauer K. M., Gilmore D. K., Hutton J. M., Torbic D. J., Barlow J. M. (2014), **Design Guidance for Channelized Right-Turn Lanes**, NCHRP Project No. 03-89, web only Document 208

QDMR – Queensland Department of Main Roads (2006), **Road Planning and Design Manual: Chapter 13: Intersections at Grade**, Brisbane, Australia.

QDMR – Queensland Department of Main Roads (2002), **RPDM – Road Planning and Design Manual: Chapter 15: Auxiliary Lanes**, Brisbane, Australia.

Qi Y., Zhao Q., Liu S., Qu W., Li J. (2019), **Determination of Freeway Acceleration Lane Length for Smooth and Safe Truck Merging**, Center for Advanced Multimodal Mobility Solutions and Education.

Roess R.P., Prassas E.S., McShane W.R. (2004), **Traffic Engineering**, 3<sup>rd</sup> Ed, Pearson Education.

Roess R.P., Prassas E.S., McShane W.R. (2019), **Traffic Engineering**, 5<sup>th</sup> Ed, Pearson Education.

Russell E.R., Srinivas Mandavilli S, Rys M.J. (2005), **Operational Performance of Kansas Roundabouts**, Kansas DOT, Report No. K-TRAN: KSU-02-4.

Scott County 2030 Comprehensive Plan Update (2008), **Minimum Access Spacing Guidelines**, Appendix C-10.

SETRA (1995), **Highway Design Guide**, Technical Guide (Translation 1995), France.

SETRA (2002), **The Design of Interurban Intersections on Major Roads: At-Grade Intersections**, Sourdun, France.

Shaaban K., Muley D., Mohammed A. (2021), **Modeling Pedestrian Gap Sceptance Behavior at a Six-Lane Urban Road**, Journal of Transportation Safety & Security, 13(8), pp. 842-859.

Shi J., Wu C., Qian X. (2020), **The Effects of Multiple Factors on Elderly Pedestrians' Speed Perception and Stopping Distance Estimation of Approaching Vehicles**, Sustainability, 12(13), p. 5308.

Strömngren P., Olstam J., Tapani A. (2015), **A Model for Traffic Simulation of Flared Rural Road Intersections**, Transportation Research Procedia, Vol. 6, pp. 239-258.

Sun J., Zuo K., Jiang S., Zheng Z. (2018), **Modeling and Predicting Stochastic Merging Behaviors at Freeway On-Ramp Bottlenecks**, Journal of Advanced Transportation.

TAC-ATC – Transportation Association of Canada (1999, 2011 revisions to 1999 Ed., 2017), **Geometric Design Guide for Canadian Roads**, Ottawa, Canada.

Texas Transportation Institute et al (1998), **HOV Systems Manual**, NCHRP Report 414, TRB, Washington D.C.

Torbic D. J., Hutton J. M., Bokenkroger C. D., Brewer M. A. (2012), **Design Guidance for Freeway Main-Line Ramp Terminals**, Transportation Research Record, Vol. 2309, Issue 1, pp. 48-60.

Torbic D. J., Cook D. J., Hutton J. M., Bauer K. M., Sitzmann J. M. (2015), **Advancing Innovative Intersection Safety Treatments for Two-Lane Rural Highways**, No. FHWA-SA-16-003, Federal Highway Administration, U.S.A.

Transoft Solutions Inc.Canada – Auto-Turn software.

TRB – Transportation Research Board (1998), **Highway Capacity Manual (HCM)**, Editions: 2000, 2010 (5<sup>th</sup> Ed.), 2016 (6<sup>th</sup> Ed.), National Research Council, Washington D.C.

Underwood R.T. (1991), **The Geometric Design of Roads**, Monash University, Australia.

Van Winkle S. (1982), **When Evaluating Access, Consider 'T' Intersections**, ITE Journal, March 1982, p. 32.

Washington State Department of Transportation (2021), **Design Manual**, M-22-01, Olympia, WA.

Wolfemann A., Alhajyaseen W. K., Nakamura H. (2011), **Modeling Speed Profiles of Turning Vehicles at Signalized Intersections**, in: 3<sup>rd</sup> International Conference on Road Safety and Simulation RSS2011, Transportation Research Board TRB, Indianapolis, pp. 1-17.

Xu J., Lin W., Wang X., Shao Y. M. (2017), **Acceleration and Deceleration Calibration of Operating Speed Prediction Models for Two-Lane Mountain Highways**, Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems, 143(7), 04017024.

## רשימת מקורות לפרק 11 – מעגלי תנועה

משרד התחבורה, אגף תכנון תחבורתי (2005), הנחיות לתכנון מעגלי תנועה, הוכן ע"י ינון תכון ייעוץ ומחקר בע"מ.

מע"צ, משרד התחבורה (2000), הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בינעירוניות, כרך 11: צמתים, הוכן ע"י ל.ק.י. מהנדסים.

Ahac S., Dzambas T. and Gragecevic V. (2016), **Sight Distance Evaluation on Suburban Single-Lane Roundabouts**, GRAĐEVINAR 68 (2016) 1, 1-10. Doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.1455.2015>

Alberta Transportation's Direction and Control (2010), **Roundabout Design Guidelines on Provincial Highways**, Design Bulletin #68/2010, Canada.

AUSTROADS (2015), **Guide to Road Design Part 4B, Roundabouts**.

Brilon W. (2011), **Roundabouts: a State of the Art in Germany**, ITE Journal, Vol. 68, No. 11.

CROW (2019), **Unity in Roundabouts**, Netherlands.

Highway Agency (2019), **Design Manual for Roads and Bridges**, Road Layout Design, CD 116, Geometric Design of Roundabouts, England Scotland Welsh Ireland.

Kennedy J. (2007), **International Comparison of Roundabout Design Guidelines**, PPR206 TRL.

Kansas DOT (2003), **Kansas Roundabout Guide**, A supplement to FHWA's Roundabouts: An Informational Guide.

Kansas DOT (2005), **Operational Performance of Kansas Roundabouts**, Russell E.R., Mandavilli S., Rys. M.J., Report No. K-TRAN: KSU-02-4.

Land Transport New Zealand (2010), **Guidelines for Marking Multi-Lane Roundabouts**, 2<sup>nd</sup> Ed.

Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Partners for Roads (2009), **Roundabouts – Application and Design, A Practical Manual**, Netherlands.

MUTCD Part 3 **Markings** (2009), FHWA, U.S.A.

NCHRP (2010), **Roundabouts: An Informational Guide**, 2<sup>nd</sup> Ed., Report 672.

Wisconsin Department of Transportation (2016), **Roundabouts**, in: Facilities Development Manual, Chapter 11 Design, Section 26.