משרד התחבורה והבטיחות בדרכים
אגף תכנון תחבורתי

משרד הבינוי והשיכון
אגף האדריכל הראשי

הנחיות לתכנון רחובות בערים

תנועה בצמתים



הסדרה הירוקה

אופק הנדסת תנועה בע"מ | פרחי-צפריר אדריכלים בע"מ | תכנון נוף בע"מ אדריכלי נוף
ש. קרני מהנדסים בע"מ | ד"ר בני פרישר

חשון תשע"ב | אוקטובר 2011

הנחיות לתכנון רחובות בערים – תנועה בצמתים

חשון תשע"ב – אוקטובר 2011

עיצוב גרפי והפקה:
נאוי+שירה, עיצוב גרפי

צילומים:
צוות המחברים

תרשימים ואיורים:
אינג׳ מרינה מגילניצקי – אופק הנדסת תנועה בע״מ
אדר׳ נועם פרחי – פרחי–צפריר אדריכלים בע״מ

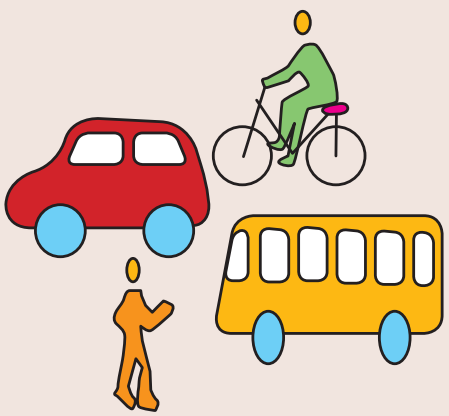
הפקה:
הוצאת רותם הפקות בע״מ

משרד התחבורה והבטיחות בדרכים
אגף תכנון תחבורתי

משרד הבינוי והשיכון
אגף האדריכל הראשי

הנחיות לתכנון רחובות בערים – תנועה בצמתים

חשון תשע"ב – אוקטובר 2011



תכנון תנועה:
אופק הנדסת תנועה בע"מ

אדריכלות ובינוי ערים:
פרחי-צפריר אדריכלים בע"מ

אדריכלות נוף ועיצוב עירוני:
תכנון נוף בע"מ אדריכלי נוף

תכנון דרכים:
ש. קרני מהנדסים בע"מ

ייעוץ מדעי ועריכה:
ד"ר בני פרישר

משרד הבינוי והשיכון
אגף האדריכל הראשי

מנהל תכנון והנדסה

אגף האדריכל הראשי

ספר "ההנחיות לתכנון תנועה בצמתים עירוניים" המובא בפניכם הינו נדבך נוסף, החמישי והאחרון במספר, המהווה חלק ממארז "ההנחיות לתכנון רחובות בערים".

ספר הנחיות זה ממשיך ברצף ישיר את ספר "הנחיות לתכנון מרחב הרחוב", ומשלים את חמשת המרכיבים של מארז ההנחיות יחד עם ספרי "תנועת הולכי רגל", "תנועת אופניים" ו"תנועת רכב מנועי".

צומת בעיר הוא מקום מפגש, מקור להתמצאות, נקודת ציון ותצפית, נקודת החלטה לאן מועדות פנינו, מקום לקיום אירועים בעלי משמעות או לפגישה אקראית, מקום להצבת הבניינים החשובים והייצוגיים. אופיים ורציפותם של רחובות העיר והצטלבותם בצמתים, קובעים את ה"נשמה" של המרקם הבנוי, רבגוניותו ותוכן תפקודו.

מאידך, הצומת משמש כנקודת מפגש של כל סוגי התנועה, הוא מהווה מקום לסכנות וקונפליקטים רבים בין כלי תעבורה בעלי דרישות תפקוד שונות, הנפגשים בינם לבין עצמם ובינם לבין הולכי הרגל בכיוונים מצטלבים, משתזרים ומנוגדים.

כמו בצומת, גם כתיבת ספר הנחיות זה היוותה מקום "מפגש" של כל תחומי התכנון וההנדסה הרלבנטיים ("כל התנועות וכל הזרמים"). בצוות רב מקצועי ובחשיבה איטנרגרטיבית על תכנון המרקם הבנוי נקבע יחדיו ובהליך מובנה, איך בצומת כל אחד צריך "להתנהג אחרת", מבלי שדיסיפלינה אחת "תגבר" על רעותה. הושג מסמך הנחיות בו כל התכנים העיצוביים, התפקודיים, האורבניים, התעבורתיים, ההנדסיים והבטיחותיים, הגיעו, אנו מקווים, לאיזון ומיצוי מיטבי.

אני מקווה שספר זה, יחד עם ספרי ההנחיות הנוספים הכלולים במארז החדש, אשר הוכן בשיתוף בין משרד התחבורה למשרד הבינוי והשיכון, ישפיע על תכנון וביצוע מרקמים עירוניים חדשים ושדרוג מרקמים עירוניים קיימים איכותיים יותר.

בכבוד רב,
קרלוס דרינברג
אדריכל ראשי

משרד התחבורה והבטיחות בדרכים
המשנה למנהל הכללי

כ"ט בכסלו, התש"ע
16 דצמבר 2009

סימוכין: 11128909
תיק: 4.6.1

הנחיות לתכנון צמתים עירוניים

מרבית האוכלוסיה בישראל מתרכזת בישובים בעלי אופי ומבנה עירוניים.

מבנה זה מייצר מעצם טבעו שילוב תנועות משתמשי דרך שונים במרחבי העיר למטרות שונות ובמקומות שונים.

מסמך זה הוא החלק האחרון מתוך סידרת הנחיות של "רחובות בערים", ומרכז את כל הנחיות התכנון הנדרשות להסדרת התנועות הנ"ל בצמתי רחובות ודרכים עירוניות – כמפגש בין סוגי המשתמשים.

דגש מיוחד ניתן להיבט הבטיחותי והמאמץ למניעת התאונות.

אנו מקווים שהמסמך יתרום לאיכות החיים ולבטיחות התנועה יחד עם כלל ההנחיות לתכנון הרחובות בערים שאנו חיים בהם.

בכבוד רב,
אלכס לנגר



ניו יורק, ארה"ב.

הסדרה הירוקה

מסמך זה שלפניכם הוא החלק האחרון מבין 5 ספרים, אשר ביחד עם **"הנחיות לתכנון מרחב הרחוב"**,**"הנחיות לתכנון תנועת הולכי רגל"**, **"הנחיות לתכנון תנועת אופניים בערים"**, ו–**"הנחיות לתכנון תנועת הרכב המנועי"** משלימים מארז של 5 ספרים המאגדים את מערך ההנחיות החדשות לתכנון רחובות בערים.

מבחינת משרד התחבורה, המסמך שלפניכם הוא גם חלק בסדרה חדשה של הנחיות בהוצאת המשרד – "הסדרה הירוקה". הסדרה מציגה תפיסה חדשה, של העמדת הבטיחות ואיכות החיים של התושבים והקהילה בראש סולם העדיפות בתכנון התשתית התחבורתית והסביבה העירונית, לפני השיקולים המסורתיים של קיבולת, רמת השירות ונוחיותו של הרכב הפרטי.

סדרה זו מיועדת לצוותי תכנון רב–תחומיים, אשר יטפלו בנושא התכנון מהיבטים מקצועיים שונים ומגוונים.

עוד בסדרה זו, מלבד שאר ספרי ההנחיות לרחובות בערים כאמור לעיל, גם **"הנחיות לתכנון רחובות משולבים באזורי מגורים"** (פורסמו בשנת 1993), **"הנחיות לאזורי מיתון תנועה"**, **"הנחיות לתכנון וביצוע פסי האטה"** (שניהם פורסמו בשנת 2002), ו–**"הנחיות לתכנון מעגלי תנועה"** (2005).

עם השלמת מארז הנחיות זה יהיה בידי צוותי התכנון מגוון כלים ליישום התפיסה של שימת דגש על איכות החיים ובטיחות המשתמשים בדרך, לטובת כל האוכלוסייה במרחב העירוני.

אינג' ישעיהו רונן

מנהל אגף בכיר תכנון תחבורתי,
משרד התחבורה

"כי עמד מלך בבל אל אם-הדרך בראש שני הדרכים"

יחזקאל כ"א כ"ו

צוות המחברים

אדריכלות ובינוי ערים:	**פרחי צפריר אדריכלים בע"מ** אדר' דורון צפריר
תכנון תנועה ותחבורה:	**אופק הנדסת תנועה בע"מ** אינג' עמוס אביניר אינג' אילן מרכוס
תכנון נוף ועיצוב עירוני:	**תכנון נוף בע"מ אדריכלי נוף** אדר' שלומיק זאבי
תכנון דרכים:	**ש. קרני מהנדסים בע"מ** אינג' שמואל קרני
יעוץ מדעי ועריכה:	**ד"ר בני פרישר**

ועדת היגוי

אדר' קרלוס דרינברג – אדריכל ראשי, מינהל תכנון והנדסה, משרד הבינוי והשיכון – **יו"ר הוועדה**

אינג' ישעיהו רונן – מנהל אגף בכיר תכנון תחבורתי, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים – **יו"ר הוועדה**

אדר' מיכל נאור ורניק – ס' אדריכל ראשי, משרד הבינוי והשיכון – **מרכזת הוועדה**

אינג' מריה כהן אתגר – אגף תכנון והנדסה, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים

אדר' רייזי דגני – יועצת תכנון נוף, מינהל תכנון והנדסה, משרד הבינוי והשיכון

אינג' נעם קלוד גבריאל – אגף תכנון תחבורתי, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים

מר ישי טלאור – מפע"ת ירושלים והדרום, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים

אינג' מריאן ברוק – מפע"ת חיפה והצפון, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים

אינג' יעקב פרלשטין – מפע"ת מחוזות תל אביב והמרכז, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים

אינג' ג'בר עומר – מתנ"מ מחוזות ירושלים והדרום, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים

ד"ר דן לינק – מנהל תחום בכיר תשתיות בטיחות ותנועה, הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים

אדר' נעמי אנג'ל – מתכננת מחוז תל אביב, משרד הפנים תל אביב

גב' גליה בן שהם – המשרד להגנת הסביבה

אדר' שמואל חיימוביץ' – ממונה נגישות ארצי, נציבות שיוויון לאנשים עם מוגבלויות, משרד המשפטים

גב' גרסיאלה שטאון – אגף תו"פ, מינהל מקרקעי ישראל

אינג' קובי ברטוב – אגף תושי"ה עיריית ירושלים

אדר' דניאלה פוסק – מהנדסת העיר, הרצליה

אדר' עיסא בשארה – מהנדס העיר, נצרת

אינג' שלמה פלדמן – מנהל אגף התנועה, עיריית תל אביב–יפו

אינג' טניה קליין – מנהלת מחלקת תנועה, עיריית חיפה

אינג' אילנה קוטלר – אגף התנועה, עיריית תל אביב–יפו

אינג' פיני גרשון – הנדסת תנועה, אגד

גב' דבי אדלאר – מינהל תחבורה ציבורית, חברת נתיבי איילון

ד"ר יודן רופא – מנהל תחום תכנון אורבני במשהב"ש ולאחר מכן מדרשת שדה בוקר, אוניברסיטת בן–גוריון

פרופ' שלום הקרט – המכון לחקר התחבורה, הטכניון

אדר' הורציו שוורץ – המחלקה לאדריכלות, בצלאל

אדר' גדעון שריג – עמותת אדריכלי הנוף

אדר' ירון טוראל – עמותת האדריכלים החדשה

אדר' רולנדו רייטר – איגוד לתכנון סביבתי

אינג' עדי זלינגר – חברת מ.ת.נ.

אינג' נתן תומר – חברת תומר הנדסה בע"מ

אינג' קובי וטנברג – חברת קו–חי הנדסה

אינג' אינג' חיים גרוסמן – גרוסמן–איתן מהנדסים אזרחיים בע"מ

רפ"ק אינג' יונתן גיז – רמ"ד הנדסת תנועה, את"ן, משטרת ישראל

פקד אינג' רחלי בורד–עדן – מהנדסת את"ן ת"א, משטרת ישראל

אינג' ראיק סאלם – מחוז ירושלים והדרום, משרד התחבורה

בהשתתפות חלקית:

אדר' דן סתיו – ראש אגף תו"פ, מינהל מקרקעי ישראל

אדר' נעמה אשל צוביירי – ראש תחום תכנון נוף, מינהל תכנון והנדסה, משרד הבינוי והשיכון

מר יוסי גמליאלי – ממונה תשתיות, המשרד לאיכות הסביבה

אדר' עמוס ברנדיס – האיגוד לתכנון סביבתי

אינג' חיים ליברמן – אגף תכנון והנדסה, משרד הבינוי והשיכון

אדר' אילון ברנהרד – אדריכל מחוז ירושלים, משרד הבינוי והשיכון

מר אילן טייכמן – אגף בינוי ערים משרד הבינוי והשיכון

גב' גילה גינסברג – מחוז תל אביב, משרד הפנים

תוכן העניינים

פרק 1 – מבוא

1.1 הצומת כמקום בעיר 21
1.2 מטרת ההנחיות 22
1.3 ההנחיות לתכנון צמתים עירוניים כחלק מההנחיות לתכנון רחובות בערים 23
1.4 נמעני ההנחיות לתכנון הצומת 26
1.5 מרחב הגמישות ביישום ההנחיות לתכנון רחובות 26
1.6 מבנה ספר ההנחיות 27
1.7 תחולת ההנחיות ותקפותן 29
1.8 הגדרות ומושגים 29

פרק 2 – עקרונות תכנון הצומת

2.1 מאפייני הצומת 35
2.1.1 הצומת כ"מקום" עירוני 35
2.1.2 הצומת כמרחב לפעילות מוגברת ומורכבת 36
2.1.3 הצומת כמרחב תנועה משותף 37
2.1.4 הצומת כמקום מועד לתאונות 38
2.2 עקרונות לתכנון הצומת במרחב העירוני 39
2.2.1 מבוא 39
2.2.2 נראות מרבית של הצומת 39
2.2.3 שמירת מרחק נכון בין צמתים 39
2.2.4 עקביות ושיטתיות בתכנון הצמתים 40
2.3 עקרונות לתכנון מרחב הצומת 40
2.3.1 הקצאת מרחב מספק 40
2.3.2 ארגון מרחב הצומת 40
2.3.3 ייעול וצמצום מרחב הצומת 41
2.3.4 איזון בין משתמשי המרחב 41
2.4 שיקולים בטיחותיים בתכנון מרחב הצומת 42
2.4.1 צמצום מרחבים משותפים 42
2.4.2 הבטחת מרחב נראות ונצפות בצומת 42
2.4.3 הסדרת בהירות הצומת 42
2.4.4 מיצוי מרבי של תפקוד הצומת 43

2.5 עקרונות לתכנון עבור התנועות הרכות 44
2.5.1 מבוא 44
2.5.2 עקרונות תכנון לתנועת הולכי-הרגל בצומת 44
2.5.3 עקרונות תכנון לתנועת אופניים בצומת 45

פרק 3 – איפיון בסיסי של הצומת (דיוקן הצומת)

3.1 מבוא – דיוקן הצומת 49
3.2 איפיון אורבני 49
3.3 איפיון מבני 51
3.4 איפיון תנועתי 52
3.4.1 מבוא 52
3.4.2 סוגי התנועות 52
3.4.3 מהירות הייעוד 53
3.4.4 נפחי התנועה 54
3.5 הפרדה מפלסית 54
3.6 איפיון בקרת המפגשים 55
3.7 תרשים מרכיבי דיוקן הצומת 59
3.8 מדיוקן הצומת לתבנית הצומת 61
3.8.1 מבוא 61
3.8.2 זכות הדרך בצומת 61
3.8.3 תכולת תבנית הצומת 62
3.8.4 תבנית כהליך חזרתי 62
3.9 יצירת תבנית צומת מאוזנת 63

פרק 4 – תהליך תכנון הצומת

4.1 הקדמה 67
4.2 תכנון הצומת משלב קביעת הרשת ועד לשלב התכנון המפורט 67
4.2.1 הקדמה 67
4.2.2 תכנון הצומת בשלב תכנון הרשת העירונית 68
4.2.3 שלב הדיוקן בתכנון הצומת 69
4.2.4 הצומת בתכנון המפורט 71
4.3 נתוני הצומת הנדרשים לתכנון 72
4.3.1 הקדמה 72
4.3.2 תכנית מדידה 73
4.3.3 חומרי הגלם לתכנון הצומת 75

פרק 5 – רכיבי הצומת

5.1 מבוא 79
5.2 מספר נתיבי הצומת 80
5.2.1 מבוא 80
5.2.2 נתיבים בצומת דרכים 82
5.2.3 נתיבים בצומת רחובות 83
5.3 רוחב נתיבים בצומת 84
5.3.1 רוחב נתיבים במבואות הצומת 84
5.3.2 רוחב נתיבים בתוך הצומת 85
5.4 פרישת הנתיבים במבואות הצומת 86
5.4.1 מבוא 86
5.4.2 פרישת הנתיבים בגישה לצומת 86
5.4.3 פרישת הנתיבים לאחר הצומת 89
5.5 קביעת נתיבים מיוחדים במבואות הצומת 91
5.5.1 נתיבי האצה והאטה 91
5.5.2 פנייה חופשית ימינה 92
5.5.3 נתיבים מיוחדים לפנייה ימינה 94
5.5.4 נתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה 95
5.6 מיקומו הטופוגרפי של הצומת 97
5.6.1 הקדמה 97
5.6.2 בדיקת חתך לאורך 97
5.6.3 עקומים אנכיים 97
5.6.4 השיפוע האורכי 98
5.7 העקום האופקי 99
5.8 תכן גיאומטרי של איי תנועה 101
5.8.1 מבוא 101
5.8.2 מפרדה 102
5.8.3 אי תנועה ("אי טיפה") 103
5.8.4 אי משולש 107
5.9 קווי הצומת 110
5.9.1 מבוא 110
5.9.2 קווי זכות הדרך 110
5.9.3 רדיוסי שפה – רדיוסים של קווי אבן השפה 110
5.9.4 רדיוסים לפניות שמאלה 113
5.10 מרחב הראות בצומת 115
5.10.1 הקדמה 115

5.10.2 מרכיבי מרחב הראות ומשמעותם ההנדסית 115
5.10.3 אזור קרן הרחוב 116
5.10.4 אזור הראות במפרדה (ברחוב מחולק) 116
5.10.5 המתודולוגיה לחישוב צלעות משולשי הראות למצבים השונים 117
5.10.5.1 מרכיבי משולש הראות 117
5.10.5.2 הסבר לאופן החישוב 119
5.10.5.3 פירוט המצבים האפשריים 121
5.10.5.4 ערכי הפערים הקריטיים 122
5.10.6 משולשי ראות ללא חובת עצירה 122
5.10.6.1 המתודולוגיה לקביעת משולשי הראות ללא חובת עצירה 122
5.10.6.2 קביעת צלעות משולש הראות ללא עצירה 123
5.10.7 משולשי ראות מעצירה 125
5.10.8 מרחק ראות לפנייה שמאלה מהציר הראשי 126
5.10.9 תיקונים לשיפוע ולזווית 128
5.10.10 הנחיות נוספות ליישום 128
5.10.11 מגבלות בתחום משולשי הראות 129

פרק 6 – תבניות צמתים אופייניים (דוגמאות)

6.1 מבוא 135
6.2 תבניות צמתים אופיניות 135

רשימה ביבליוגרפית 145

רשימת טבלאות

טבלה 2.1: מרחקים מומלצים בין צמתים לאורך רחובות 39

טבלה 3.1: אפשרויות בקרה לצמתים במדרג הרחובות 58

טבלה 4.1: אורך מזערי במבואות הצומת ובגישות אליו לצורך תכנון הצומת 71

טבלה 5.1: מספר נתיבים מרבי לזרוע בצומת דרכים לא מרומזר 82

טבלה 5.2: מספר נתיבים מרבי לזרוע בצומת רחובות לא מרומזר 83

טבלה 5.3: רוחב נתיבים בגישה לצומת ברחובות עירוניים ובדרכים עירוניות 84

טבלה 5.4: מאפייני תכנון להגדלת מספר הנתיבים בגישה לצומת 87

טבלה 5.5: שיעור ההיסט לצורך הפחתת מספר הנתיבים בגישה לצומת 88

טבלה 5.6: מאפייני תכנון לצמצום כמות הנתיבים ביציאה מהצומת 89

טבלה 5.7: רדיוס מזערי לעקום קמור בצומת 97

טבלה 5.8: רדיוסים מזעריים לעקומים אופקיים שניתן לתכנן בהם צומת 99

טבלה 5.9: רוחב מסלולים בצומת בין מדרכה לבין אי תנועה 106

טבלה 5.10: רדיוס אבן השפה באזור מגורים ובאזור תעשיה 111

טבלה 5.11: אורך מזערי לתחום הראות הפנוי ממכשולים ליד מקומות חצייה במפרדה 117

טבלה 5.12: פערים קריטיים למצבים השונים בצמתים (לרכב נוסעים) 122

טבלה 5.13: צלעות משולשי הראות לחצייה ולפנייה ללא עצירה מתמרור 301 124

טבלה 5.14: צלעות משולשי הראות לחצייה או לפנייה מעצירה (תמרור 301 או 302) 125

טבלה 5.15: מקדמי הכפלה למרחקי הראות L_1 בטבלאות 5.13–5.14
עקב שיפוע בהאצה לרכב המשני 128

טבלה 5.16: עצמים שמותר או שאסור להציב בחלקים שונים של מרחב הראות בצומת 131

טבלה 6.1: דוגמה לריכוז הנתונים לתבנית מס' 3 140

רשימת תרשימים

תרשים 1.1: מבנה הצומת ומרחבי המשנה שבו 31

תרשים 3.1: צומת מדורג – דרוג שמאלי 57

תרשים 3.2: צומת מדורג – דרוג ימני 57

תרשים 3.3: מרכיבי דיוקן הצומת 59

תרשים 4.1: הגדרת התחום המזערי של מרחב צומת רחובות הנדרש בתכנון לביצוע 72

תרשים 5.1: המרווח בין פניות שמאלה בצומת 85

תרשים 5.2: הגדרת רוחב הנתיבים בכניסה לצומת וביציאה ממנו 85

תרשים 5.3: מבנה גיאומטרי אחיד בקטעי הדרך ובמבואות הצומת 86

תרשים 5.4: פרישת הנתיבים בגישה לצומת כשמספר הנתיבים גדל 87

תרשים 5.5: דוגמאות להמשכיות של נתיבים לאחר הצומת 90

תרשים 5.6: פנייה חופשית ימינה 93
תרשים 5.7: אורך אחסון בפניות שמאלה 96
תרשים 5.8: שיפוע צידי הפוך בצומת 98
תרשים 5.9: מצב לא רצוי של תכנון צומת בתחומי עקום אופקי 100
תרשים 5.10: הנמכה במפרדה למעבר החצייה 102
תרשים 5.11: נתוני איי תנועה בתחומי צומת 103
תרשים 5.12: איי תנועה ברחוב מאסף בצומת רחובות 104
תרשים 5.13: אי תנועה ברחוב מקומי בצומת רחובות 105
תרשים 5.14: 'עשה' ו'אל תעשה' בבניית איי תנועה על תוואי תנועת הולכי-רגל 106
תרשים 5.15: הארכת קצה אי תנועה בעקומה כך שייראה בהתקרבות 107
תרשים 5.16: סוגים של אי משולש 107
תרשים 5.17: תכן גיאומטרי של אי משולש 109
תרשים 5.18: היחס בין רדיוס דופן הרחוב לבין רדיוס אבן הפינה 112
תרשים 5.19: רדיוס בצומת בצד נתיב אופניים 112
תרשים 5.20: התאמה של קווי הפנייה שמאלה לאבן-השפה במפרדה 114
תרשים 5.21: קרן הרחוב במרחב הראות 116
תרשים 5.22: אזור הראות במפרדה 117
תרשים 5.23: משולש ראות לשמאל ברחוב דו-סיטרי 118
תרשים 5.24: משולש ראות לימין ברחוב דו-סיטרי 118
תרשים 5.25 א', ב': משולש ראות לשמאל ברחוב מחולק 119
תרשים 5.26 א', ב': משולש ראות לימין ברחוב מחולק 120
תרשים 5.27: מרחק הראות למסלול הנגדי הדרוש לרכב הפונה שמאלה מהרחוב הראשי 126
תרשים 5.28: קומפילציית מרחבי הראות השונים ברחוב מחולק 129
תרשים 6.1: צומת בין שני רחובות מקומיים, עצמת בינוי נמוכה 137
תרשים 6.2 א': צומת בין רחוב מקומי/מאסף 1 לבין רחוב מקומי, עצמת בינוי בינונית עם נתיב לאופניים 138
תרשים 6.2 ב': צומת בין רחוב מקומי/מאסף 1 לבין רחוב מקומי, עצמת בינוי בינונית ללא נתיב לאופניים 139
תרשים 6.3: צומת בין רחוב מאסף לבין רחוב מקומי, עצמת בינוי גבוהה 141
תרשים 6.4: צומת בין רחובות מאספים, העיקרי מחולק 142

סמלילים לסדרת ספרי ההנחיות לתכנון רחובות בערים

הולך רגל



רוכב אופניים



תח"צ



רכב פרטי



רכב שירות



פעילות דופן



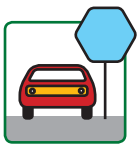
חניית אופניים



תחנה



חנייה



שירות



מרחב פעילות



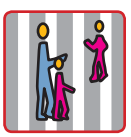
עצים



צמחייה



חצייה



כניסה לדופן



צומת



מתקנים עיליים



תשתיות
תת־קרקעיות



פרק 1:

מבוא

1

פרק 1:
מבוא

1.1 הצומת כמקום בעיר

המילה 'צומת' שנגזרה מהמונח 'צומת דרכים' – מתארת **מקום מפגש, חיבור** (מילון ספיר, אבן שושן). לנקודת מפגש זו משמעות רחבה בהרבה מלכל נקודה אחרת על הדרך, לכן נקרא הצומת בתנ"ך 'אם הדרך' (יחזקאל כ"א 26) – המקום החשוב של הדרך. המונח 'צומת' מושאל בשפתנו לתיאור מצב המחייב הכרעה – הנקודה שבה יש לעצור, לבחון, להכריע ולהתקדם.

צמתי העיר – מפגשי הרחובות והדרכים, הם הנקודות החשובות ביותר של המרקם העירוני, מקומות שבהם מקבל המרחב משמעות מיוחדת. נקודות הצומת הן נקודות ההתמצאות הבסיסית של העיר – ה'קוארדינטות האורבניות' של המרחב העירוני ("ניפגש בדיזנגוף פינת ארלוזורוב").

בשל חשיבותם הגדולה, הופכים חלק מהצמתים העירוניים לנקודות מפתח בחיי העיר ובתרבותה, ולנקודות הזדהות של תושבי העיר עם מקומם. ההיסטוריה של התכנון העירוני משופעת בצמתים עירוניים שהיו לרחבות, לכיכרות, לפיאצות ולמוקדים המהווים סמל ייצוגי לעירם.

אנשים

הצומת – מקום המפגש של רחובות העיר – הוא מקום מפגש של אנשים. בצומת העירוני הרבה אנשים רואים עוד יותר אנשים, ובשל כך צמתים אלה הם המחוללים את חיי העיר. צמתי העיר מתפתחים (או מתוכננים) להיות מוקדי פעילות עירוניים, ובהם ממוקמים בדרך כלל שימושי המסחר, מבני ציבור ותרבות בעלי חשיבות וכיוצ"ב.

תנועות

הצומת הוא מקום המפגש של התנועות ברחוב. בצומת נפגשים הולכי–הרגל, רוכבי האופניים ונוסעי הרכב המנועי אלה עם אלה. תנועות שונות באופיין, במהירותן ובהיקפן, עוברות ממצב של תנועה ישירה ופשוטה ברחוב, למצב של התחשבות, השתלבות והשתזרות בתנועות אחרות.

התנועות שמתקיימות בו זמנית 'זו לצד זו' לאורך הרחוב, משתנות בצומת ל–'זו אחרי זו'. המעבר מ'תנועת רחוב' ל'תנועת צומת' מחייב תודעת תנועה שונה לחלוטין של כל משתמשי הרחוב. המעבר מחייב בהתאם 'תודעת תכנון' שונה לחלוטין של כל מתכנני הרחוב.

מרחבים

הצרכים המיוחדים של הצומת כמוקד עירוני עם פעילות מוגברת, והעובדה שבצומת משתנה אופי התנועות מתנועה רציפה לתנועה חוצה, מחייבים יצירת מרחבים ייחודיים בצומת. אל רצועות התנועה הבלעדיות של כל משתמשי הרחוב, נוספים בצומת מרחבים לפעילות מיוחדת, לעצירה, להמתנה, להכוונה ולבקרה ועוד.

המרחב הבעייתי והמאתגר מכל הוא "מקום החצייה" – מרחב המשותף לתנועות השונות, שבו מתקיימות תנועות בכיוונים שונים, בקצבים שונים, בעוצמות שונות ובהיקף ניגודים (קונפליקטים) גדול יותר. זהו מרחב המחייב היערכות בטיחותית מיוחדת של כל העוסקים בתכנון הרחוב ובתפעולו.

באותם אנשים בצומת, תנועות בצומת ומרחבים בצומת עוסק ספר זה.

1.2 מטרת ההנחיות

מטרתן הבסיסית של ההנחיות לתכנון צמתים עירוניים היא ליצור מסגרת מנחה לקיום תהליך תכנון מסודר, שיטתי ובהיר של הצומת, שבעזרתו ניתן ליישם את המדיניות לפיתוח המרחב הציבורי, כפי שמוצע בספרי ההנחיות.

ההנחיות לתכנון צמתים הן מסמך רב–תחומי, המאפשר לקובעי המדיניות לקבל החלטות לתכנון, להקמה ולאחזקה של מרחב הצומת, תוך התחשבות בכל משתמשיו לרבות בצרכי הולכי–רגל.

ההנחיות מבוססות על הנחיות וממצאים מעודכנים ממדינות, שבהן נצבר כבר ניסיון בפיתוח מרחב הצומת, תוך התאמתן לתנאי הארץ, למסגרת החוקית ולמדיניות התכנון התחבורתי בישראל.



שטרסבורג, צרפת

1.3 ההנחיות לתכנון צמתים עירוניים כחלק מההנחיות לתכנון רחובות בערים

ההנחיות לתכנון הצמתים העירוניים מהוות את החלק האחרון ממערך הנחיות רב–תחומי לתכנון רחובות בערים, אשר הוכן בצוותא ע"י משרדי השיכון והתחבורה, עוסק במכלול מרכיביו של המרחב הציבורי ברחובות העיר, ומגובש במספר ספרי הנחיות על–פי הפירוט הבא:

א. הנחיות לתכנון רחובות בערים – מרחב הרחוב:

ספר זה הינו ספר–האב – הבסיס של מערך ההנחיות, ובו מגובשות הנחיות היסוד לתכנון הרחוב. בספר מפורטת תפישת היסוד של מערך ההנחיות, הממקמת את האדם ורווחתו במרכז המרחב הציבורי.

בספר מוטבעת האבחנה המהותית בין 'רחוב עירוני' לבין 'דרך עירונית', אשר מהווה אבן בוחן בסיסית לתכנונו של המרחב הציבורי:

רחוב עירוני

רחוב עירוני – מרחב בעיר המשמש לכלל הפעילות העירונית (תנועה, מגורים, מסחר וכיוצ"ב), ואשר המרכיב התנועתי החשוב בו הוא הנגישות.

דרך עירונית

דרך עירונית – מרחב עירוני המשמש בעיקר למעבר בין חלקי העיר, ואשר המרכיב התנועתי החשוב בו הוא הניידות.

לב הספר הינו מתן הנחייה לתהליך תכנונו של הרחוב, באופן שיכלול התייחסות מאוזנת למכלול מרכיבי התכנון; זהו הליך גיבוש דיוקן הרחוב ותבניתו:

דיוקן הרחוב

דיוקן הרחוב – הפרוגרמה לתכנון הרחוב. בגיבוש דיוקן הרחוב מונחה צוות התכנון להתייחס למכלול המרכיבים המשפיעים על עיצובו של הרחוב:

- סוגי התנועות הצפויות ברחוב – הולכי–רגל, אופניים, תחבורה ציבורית, רכב פרטי, רכבי שירות וחירום.
- מרכיבי השהות הצפויים ברחוב – פעילות הדופן ופעילות רחוב של הולך הרגל, חניית אופניים, תחנות תחבורה ציבורית, חניית רכב פרטי, מרחבי עצירה של רכב שירות.
- מפגשים בין התנועות השונות – צמתים, מקומות חצייה וכיוצ"ב.
- מרכיבי העיצוב הנופי והסביבתי – עצים, צמחייה, מרכיבי הצללה, ריהוט רחוב ומרכיבי התשתית העיליים והתחתיים.

המתכנן נדרש לקבוע את עצם קיומם של המרכיבים השונים ברחוב המתוכנן – כמותם ועוצמתם. בנוסף, מונחה המתכנן להתייחס במסגרת הליך קביעת דיוקן הרחוב למכלול המשתנים האורבניים, התנועתיים, הנופיים וההיסטוריים–תרבותיים של הרחוב, העשויים להשפיע על תכנונו המרחבי.

תבנית הרחוב

תבנית הרחוב – תיאור עקרוני של תצורת הרחוב כמענה לצרכים ולדרישות שפורטו ב'דיוקן הרחוב'. גיבוש תבנית הרחוב הוא שלב החלוקה המאוזנת והיעילה של המרחב בין משתמשיו הצפויים של הרחוב.

עצמים נייחים ברחוב

עצמים נייחים ברחוב – העיסוק בעצמים העל–קרקעיים והתת–קרקעיים במרחב הרחוב, והנחיות למיקומם באופן היעיל והבטוח ביותר בהתייחס לתפקידיהם.

ספר ההנחיות לתכנון מרחב הרחוב עוסק, כאמור, במכלול המרכיבים של הרחוב ובשילובם המאוזן זה בזה. לצורך התמקדות במשתני התכנון המפורטים, מופנה המתכנן לספרי המשנה התחומיים, הכוללים הנחיות פרטניות של כל מרכיב בנפרד כמפורט בהמשך.



ב. הנחיות לתכנון רחובות בערים - תנועת הולכי–הרגל:

ספר זה הינו ראשון הספרים התחומיים, ועניינו המרכזי – פירוט המרחב הנדרש להולך–הרגל ברחוב – מימדיו ואיכותו. חלקו הראשון של הספר עוסק במרכזיותו של הולך–הרגל ומציגו בשני היבטים: ההיבט הראשון – הולך–הרגל כמהות אנושית, כמוקד לכלל התכנון האורבני, וכצרכן המרכזי של המרחב הציבורי. ההיבט השני – הולך–הרגל כ'מכשיר תנועה' וכחלק מכלל רכיבי התנועה בעיר. בחלק הראשון מוסברת החשיבות העליונה בעידוד התנועה הרגלית בעיר ע"י שינוי סדרי העדיפויות התכנוניים.
במרכז ההנחיות מוגדרים התחומים שיש להקצות להולכי–הרגל על–פי מאפייני הפעילות הצפויים ברחוב, ומימדיהם של המרחבים הללו בהתאם להיקף ולאופי הפעילות:

רצועת הליכה

רצועת הליכה – רצועה על המדרכה לאורך הרחוב, המיועדת לתנועה אורכית של הולכי–רגל בלבד.

רצועת עזר

רצועת עזר – הרצועה על המדרכה או לאורך המיסעה/חנייה, המיועדת להתקנה של העצמים הנייחים והתשתיות העיליות, במגמה לפנות את רצועת הולכי הרגל ממכשולים ומטרדים.

רצועת דופן

רצועת דופן – הרצועה המלווה את דופן הרחוב, ומיועדת לשהייה ולפעילות של הולכי–רגל לפי אופי השימוש בדופן הרחוב.

מרחב פעילות

מרחב פעילות – מרחב מיוחד, ליניארי או מקומי כגון רחבה, כיכר וכו', המיועד לשהייה ולפעילות של הולכי–רגל בתחום הרחוב לפי תיפקודו המתוכנן.

ההנחיות קובעות מימדים מומלצים ומזעריים של כל אחד מהמרחבים האמורים, כתוצאה מעוצמות הפעילות והתנועה הצפויה בהם. בהמשך ספר ההנחיות נכללות הנחיות תכנון בנושאים הבאים:

שילוב אזורי המתנה לתח"צ במדרכה

שילוב אזורי המתנה לתח"צ במדרכה – הנחיות המתמקדות בחלקי התחנה המצויים על המדרכה, ומגדירות את הכללים והתנאים למיקום המתקנים הדרושים.

הולך-רגל בצומת

הולך-רגל בצומת – מקבץ הנחיות לתכנון קרנות ופינות רחוב – מרחבים מיוחדים הנדרשים להולך-הרגל בצומת הרחובות, הן לשם פעילויות רחוב, והן לשם היערכות לחצייית רצועות התנועה המנועית.

מקומות חצייה

מקומות חצייה – סיווגם והנחיות לתכננם של מקומות החצייה, בהם מצטלבת תנועת הולכי-הרגל עם תנועות אחרות.

נגישות

נגישות – ההנחיות לתנועת הולכי-רגל מותאמות ומפנות אל מערך החוקים, התקנות והתקנים בנושא הנגשת הסביבה הבנויה לכלל משתמשי הדרך.



ג. הנחיות לתכנון רחובות בערים - תנועת אופניים:

ספר הנחיות ראשון בנושא זה בישראל. בספר מוסברים הכללים וההנחיות לשילוב תנועת האופניים ברשת הרחובות העירוניים לסוגיהם השונים, כך שינועו בנוחות ובבטיחות לצד שאר משתמשי הרחוב.

ההנחיות מבוססות על ההנחה שאופניים הם כלי תחבורה שצריך להגיע מכל מקום לכל מקום, במיוחד בעיר אך גם מחוץ לה. לפיכך, כוללות ההנחיות את האמצעים לשילוב האופניים באופן מלא במסגרת האורבנית ובמערך התחבורתי של העיר.

האופניים הם כלי תחבורה, ולכן הם צריכים לנוע בנפרד ככל האפשר מהולכי-הרגל.

רמת ההפרדה משאר כלי-הרכב נקבעת על-פי שיקולי בטיחות.

ההנחיות מגדירות שלוש רמות הפרדה לתנועת אופניים:

רמת הפרדה א' (ללא הפרדה) – שילוב תנועת אופניים בנתיבי התנועה המנועית;

רמת הפרדה ב' (הפרדה מזערית) – בנתיב נפרד;

ורמת הפרדה ג' (הפרדה מרבית) – בשביל נפרד.

בהתאם לכך, כולל ספר ההנחיות כלים לבחירה ולתכנון של ההסדר המתאים ביותר לאופניים בקטעי דרך ובצמתים. כמו כן מציג הספר את התמרורים הנדרשים לכל הסדר, וקובע את התקנים לחניית אופניים בשימושים השונים.



ד. הנחיות לתכנון רחובות בערים - תנועת רכב מנועי:

ספר הנגזר מן ההנחיות לתכנון מרחב הרחוב, אשר מגדיר ומנחה את אופן היישום של המשתנים העיקריים הדרושים לתכנון 'רצועת התנועה' ברחובות המיועדים לרכב מנועי - מהירויות, נפחי תנועה, סוג הרכב לתכן, מספר הנתיבים, רוחב הנתיבים, מפרדה וכיוצ"ב, וכן רצועת החנייה. בספר זה נכללות גם ההנחיות לתכן התוואי הגיאומטרי של הרחובות - עקומים אופקיים ואנכיים, שיפועים לאורך ולרוחב, הרחבות בעקומים, מרחקי ראות וכיוצ"ב.



ה. הנחיות לתכנון רחובות בערים – תנועה בצמתים:
הספר הנוכחי, אשר נגזר גם הוא מההנחיות לתכנון מרחב הרחוב, ומרכז את הנתונים על רצועות התנועה השונות (להולכי–רגל, לאופניים ולרכב המנועי) מתוך ספרי ההנחיות העירוניים הקודמים, כדי להנחות את המתכנן לגבי הפתרון המומלץ למפגשים בין התנועות השונות בצמתים ובמפגשים ביניהן במרחב העירוני. הפתרונות המיועדים לצמתים, שבהם יש גם תנועות אופניים, מפורטים גם בפרק 5 בהנחיות לתנועת אופניים, ואילו הטיפול בהולכי–רגל באזור הצומת מפורט בפרקים 5 ו–6 בהנחיות לתנועת הולכי–רגל.

1.4 נמעני ההנחיות לתכנון הצומת

בסיס תפיסת התכנון של ההנחיות לתכנון הצומת הוא תכנון רב–תחומי ומאוזן של מרחב הרחוב. לפיכך, יטלו חלק בתכנון הצומת כל הגורמים המעורבים בתכנון ובעיצוב המרחב הציבורי, וביניהם: מהנדסי תנועה, מהנדסי דרכים, מתכנני העיר, אדריכלים ומתכנני הנוף והסביבה, מתכנני התשתיות וכיוצ"ב. בנוסף לכל אלה, מופנה הספר לציבור מקבלי החלטות וקובעי מדיניות, לנציגי גופים בעלי עניין במרחב הציבורי ואף לקהל הרחב.
המגוון הגדול של צרכני הנחיות התכנון מעמיד אתגר בניסוחי הספר ובהגדרותיו. זאת מתוך השאיפה להיות בהיר ושקוף ככל האפשר לקהל היעד הרחב, מבלי לאבד את הדיוק המקצועי הנדרש בכל תחום. בלית ברירה יהיו בספרי ההנחיות פרקים הכתובים בשפה המובנת יותר ל'קהל בלתי מקצועי', ופרקים אחרים בעלי גוון מקצועי יותר, המתייחסים לתכנון ערים, לתכנון תחבורתי, לתכנון נוף, לתשתיות הפיזיות ולנושאים נוספים מתחומים מקצועיים שונים.
בשל הצורך בשיתוף פעולה מלא בין כל שותפי התכנון, ובשל הצורך להפנים ולהבין את מכלול הדרכים והדרישות במרחב הציבורי ולהכריע בחלוקתו המאוזנת, יש חשיבות להפנמה ולהבנה של מכלול ההנחיות על–ידי כל שותפי התכנון.
מומלץ לפיכך לכל העוסק בתכנון הרחוב לעיין ולהכיר, בנוסף להנחיות בתחום התמחותו, גם את הנחיות הבסיס המפורטות בספר "מרחב הרחוב", אשר מהווה את 'ספר האב' של ה–"הנחיות לתכנון רחובות בערים", וכן להכיר ככל האפשר את ההנחיות המקצועיות העוסקות בתחומי תכנון מקבילים.

1.5 מרחב הגמישות ביישום ההנחיות לתכנון רחובות

ההנחיות מציגות בפני המתכנן את האפשרויות העומדות בפניו. יחד עם זאת, אין ההנחיות מיועדות להגביל את פתרונות המתכנן, אלא להגדיר מסגרת מחד גיסא, ולהרחיב את אופקיו מאידך גיסא, כדי לסייע בידיו להתמודד עם בעיות שאינן סטנדרטיות.
מערך ההנחיות המוצע כולל הגדרות בסיסיות של עיקרי מדיניות ועקרונות תכנון בנושאים השונים, וכן קשת רחבה של הנחיות פרטניות, פרטי תכן, שיטות חישוביות, מימדים מומלצים ומזעריים וכיוצ"ב.

אלה גם אלה מטרתם בעיקר לתת כלי תכנון וחשיבה, וכן להפרות ולעודד את המתכנן בחיפוש הפתרונות המתאימים ביותר למקרה הפרטי שתחת ידו. אין ספק שמערך ההנחיות המוצע אינו מספק מענה לכלל אתגרי התכנון העתידיים, אלא מענה חלקי בלבד למקרים היותר נפוצים ומוכרים. מרבית משימות התכנון מייצרות בעיות מקומיות וייחודיות, שלפתרונן יידרשו מאמץ רב, יצירתיות, שיקול דעת והכרעות של צוות התכנון.
בכל התמודדות תכנונית מומלץ מאוד להישען על תפישת העולם, המדיניות ועקרונות התכנון המוצגים בהנחיות, כגון ראייה כוללת של המרחב הציבורי, בחינה מדוקדקת של מכלול צרכי המשתמשים, איזון מבוקר של חלוקת המרחב, תכנון לבטיחות מרבית (ופחות לקיבולת מרבית) וכיוצ"ב.

באשר להנחיות הפרטניות העוסקות בפרטים ובמימדים, מומלץ מאוד לנצל את כל מרחב הגמישות המפורט בהנחיות, ולהפעיל כל שיקול דעת לשם קבלת מוצר מאוזן, יעיל ובטוח, המותאם למושא התכנון.
אופי ההנחיות הוא יישומי, כאשר סדר הפרקים בהנחיות תואם את סדר הפעולות ואת שלבי התכנון הנדרשים לטיפול מלא בתכן רחובות, כפי שהוא מומלץ בהנחיות אלה.
ההנחיות כוללות הגדרות ומושגים חדשים, שהבנתם חשובה ויסודית להפנמת ההנחיות. תהליך תכנון מלא מחייב שילוב ההנחיות מהפרקים השונים למקשה אחת. כל הפרקים כתובים בשפה המובנת למקבלי ההחלטות ולמתכננים, אולם ישנם פרקים המתייחסים בעיקר לתכנון ערים, לתכנון התחבורתי, לתכנון הנוף, לתשתיות הפיזיות ולנושאים נוספים מדיסציפלינות שונות.
חשוב לציין, שבמקרים בהם ההנחיות מציינות ערכים מזעריים או ערכים מרביים לתכן של המרכיבים השונים, אין לראות בכך המלצה למתכנן להיצמד לערכים גבוליים אלה. יש לשאוף תמיד לתכנון מאוזן, ועל המתכנן לבדוק היטב את כל החלופות האפשריות. כמו כן, יש לזכור, כי הנחיות אינן מסוגלות לצפות את כל התנאים האפשריים, ולכן הן בגדר המלצות והן אינן מהוות תקן או חוק.

1.6 מבנה ספר ההנחיות

ספר הנחיות זה מיישם את העקרונות שנקבעו בספרי ההנחיות הקודמים כדי לתכנן את הצמתים כך שיתאימו לכלל משתמשי הרחוב, באופן שתכנון הצומת יתאים בצורה מיטבית לדיוקן הצומת כפי שגובש מתוך דיוקנאות הרחובות הנפגשים בו.
תכנון ייחודי לצמתים באזורי מיתון תנועה יהיה בהתאם לסעיף 7.6 – "צמתים" ב"הנחיות לאזורי מיתון תנועה". תכנון המרכיבים הרלוונטיים בצמתים עם תנועות אופניים ייעשו בהתאם לפרק 5 – "צמתים ומפגשים" בהנחיות לתכנון תנועת אופניים מסדרת ההנחיות הנוכחית. בנוסף, מאפיינים ייחודיים לצמתים מרומזרים יהיו בהתאם למהדורה חדשה של "הנחיות לתכנון רמזורים בישראל" של משרד התחבורה, המצויה בהכנה במקביל להנחיות שלפניכם.

להלן פירוט הנושאים בפרקים הבאים המרכיבים את ההנחיות:

פרק 2 **עקרונות תכנון הצומת:** הפרק מציג בפני המתכנן את העקרונות והשיקולים הבטיחותיים לתכנון הצומת ואת מאפייני התכנון העיקריים. הפרק מבהיר את ההבדל המהותי בין מאפייני קטעי רחוב לבין מאפייני הצומת, מתריע על עובדת היותו של הצומת מקום מועד לתאונות, ומפרט כיצד ניתן להבטיח את בטיחות התפקוד של הצומת.

פרק 3 **איפיון בסיסי של הצומת (דיוקן הצומת ותבניתו):** הפרק פורש בפני צוות התכנון את המנגנון לגיבוש דיוקן הצומת, החל מהשלב בו נקבעים איפיונו האורבני של הצומת (צומת רחובות או צומת דרכים), איפיונו הגיאומטרי של הצומת (שלוש, ארבע או יותר זרועות), איפיוני תפקוד הצומת (מהירות הייעוד, סוגי התנועות, נפחי התנועה וכד'), ואיפיון בקרת המפגשים. בסיכום הפרק מוצגת טבלה שבה מומלצות אפשרויות הבקרה השונות למדרגי צומת שונים.

פרק 4 **תהליך תכנון הצומת:** הפרק מפרט את אופן ההתייחסות לצומת במסגרת שלבי התכנון העירוני השונים, החל משלב תכנון הרשת ועד לתכן המפורט, ומפרט את נתוני הקלט והפלט הדרושים בכל שלב.

פרק 5 **רכיבי הצומת:** הפרק מפרט עקרונות, ערכים מנחים ופרטי תכן אופייניים למרכיבי התכנון הפיזי והתנועות של הצמתים. הפרק מתמקד בסעיפי התכנון הבאים: מספר הנתיבים בזרועות השונות, רוחב הנתיבים, פרישת הנתיבים במבואות הצומת, נתיבים מיוחדים בצומת, מיקומו הטופוגרפי של הצומת, איי התנועה, קווי הצומת (רדיוסי שפה ורדיוסי פניות), מרחבי הראות בצומת.

פרק 6 **תבניות צמתים אופייניים (דוגמאות):** הפרק מציג מקרים אופייניים של מפגשים בין רחובות עירוניים, לצורך התרשמות כללית של המתכנן מכלי העבודה העומדים לרשותו בהנחיות אלה.



הונג-קונג

1.7 תחולת ההנחיות ותקפותן

ההנחיות נכנסות לתוקף עם פרסומן.

מערך הנחיות זה מחליף כל הנחיות קודמות המתייחסות לתכנון רחובות בערים, לצמתים עירוניים ולתכנון עבור הולכי–רגל, **למעט ההנחיות הבאות:**

א. הנחיות לתכנון רמזורים (משרד התחבורה, 1981 – מהדורה חדשה בהכנה);

ב. הנחיות לרחובות משולבים (משרד התחבורה, 1993);

ג. הנחיות לתכנון נתיבים לתחבורה ציבורית (משרד התחבורה, 1998);

ד. הנחיות לאזורי מיתון תנועה (משרד התחבורה, 2002);

ה. עקרונות לתכנון רכבת עירונית (משרד התחבורה, 2003);

ו. הנחיות לפסי האטה (משרד התחבורה, 2004);

ז. הנחיות למעגלי תנועה (משרד התחבורה, 2005);

ח. הנחיות לתכנון תפעולי וגיאומטרי של מרכזי תחבורה משולבים (משרד התחבורה, 2005);

ט. הנחיות לבחירה ולהצבה של התקני בטיחות בדרכים עירוניות (משרד התחבורה ונת"א, 2005);

י. הנחיות למעברי חצייה עתירי ביקוש (משרד התחבורה, 2006);

יא. הנחיות להסדרי תנועה בסביבת מכשולי גובה (משרד התחבורה, ספטמבר 2006);

יב. מערך ההנחיות לתכנון חנייה (ב–5 חלקים, משרד התחבורה 2008–2000);

יג. כללים מנחים לשילוב מערכות הסעת המונים ברמזורים (משרד התחבורה, 2008);

יד. ההנחיות לתכנון דרכים מעויירות (פרבריות) מהירות (משולב בהנחיות לדרכים בין–עירוניות של החברה הלאומית לדרכים, 2011).

מבנה ההנחיות מאפשר עדכונן מעת לעת בהתאם לצורך, בהתאם לניסיון הנרכש עם הזמן ובהתאם למדיניות הנקבעת על–ידי משרד התחבורה. המהדורה העדכנית של ההנחיות היא המחייבת את המתכננים.

1.8 הגדרות ומושגים

להלן ההגדרות והמושגים העיקריים כפי שמשתמשים בהם בספר זה. ההגדרות בספר ההנחיות אינן בהכרח זהות להגדרות דומות כפי שהן משמשות בתקנות התעבורה, שכן משמעותן בספר הינה כהנחיה למתכנן, ולא נועדה להסדרת התנהגות משתמשי הדרך כמטרת תקנות התעבורה. ראו המחשה למושגים בתרשים 1.1.

הריקמה הרכה

הריקמה הרכה – התשתית לשימוש התנועות הרכות (הולכי–רגל ורוכבי האופניים).

ית"ן / יר"מ

ית"ן/יר"מ – יחידת תנועה/יחידת רכב מושווה; המספר המשוקלל של כלי–רכב על–פי משקלם בתנועה.

לב הצומת – לב הצומת – המרחב בצומת שבו נפגשים נתיבי התנועה המנועית והאופניים, ואשר בו חוצות תנועות כלי–רכב מזרועות הצומת השונות זו את זו.

מבוא הצומת – מבוא הצומת – החלק מהרחוב הצמוד לצומת, ומהווה מעבר בין הרחוב לבין מרחב הצומת. מבוא הצומת מתחיל במקום שבו משתנה מבנה הרחוב במגמה להשתלב בצומת (למשל – פיצול נתיבי תנועה, הפסקת נתיבי חנייה, התרחבות מדרכות, שינוי בזכות הדרך וכיוצ"ב).
ראוי להדגיש, כי הגבול בין מרחב הצומת לבין מבוא הצומת אינו מוגדר באופן מובהק, ולפעמים הינו מעומעם והדרגתי.

מדרכה – מדרכה – החלק מזכות הדרך ברחוב אשר מיועד להולכי–הרגל ולמתקני הרחוב. המדרכה כוללת את רצועת ההליכה, את רצועת העזר, את רצועת הדופן ואת מרחב הפעילות, כפי שמוסברים בהנחיות לתכנון תנועת הולכי–הרגל.

מהירות ייעוד – מהירות הנסיעה האופיינית עבורה מתוכנן הרחוב. זו המהירות הרצויה לנסיעה, שהרחוב על כל מרכיביו צריך "לשדר" לנהג. במהירויות 50 ו–70 קמ"ש זו גם המהירות המותרת.

מעבר חצייה – מקום המיועד לחציית רצועת התנועה על–ידי הולכי–הרגל ומסומן, לפחות, בתמרור 811.

מרחב הצומת – מרחב הצומת – החלל המשותף לרחובות הנפגשים בצומת, והמוגבל על–ידי המבנים ושימושי הקרקע השכנים.
מרחב הצומת משמש את כלל משתמשי הצומת, וכולל בתוכו את מרחבי התנועה המנועית, את אזורי תנועת הולכי–הרגל, את שטחי הגינון וכד'.

מרחב ציבורי – מרחב ציבורי – כל מה שאינו כלול בשטחים הפרטיים או בשטחי מוסדות למיניהם, דהיינו – זכויות הדרכים ושטחים ציבוריים פתוחים (שצ"פים).

מרחב ראות – מרחב ראות – השטח הכולל בצומת שעליו חלות הגבלות בנייה ופיתוח לצורך הבטחת ראות ונירָאות מרביות של משתמשי הצומת.

מקום חצייה – מקום חצייה – מקום המיועד לחציית רצועות התנועה של כלי–הרכב על–ידי הולכי–הרגל ואינו מסומן בתמרורים 306 או 811.

משולש ראות – משולש ראות – מרחב הראות בין 2 זרועות בצומת.

מתע"ן – מערכת תחבורה עתירת נוסעים (מערכת הסעות המונית כגון רק"ל או BRT).

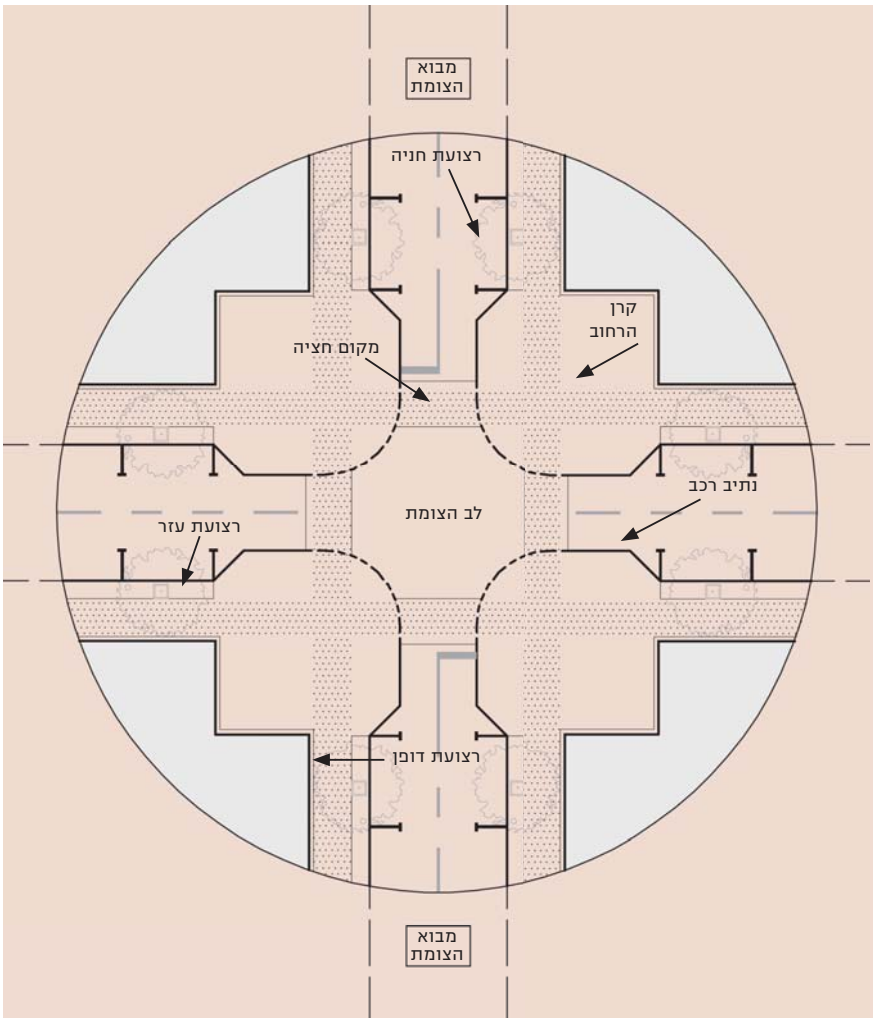
נפח שעת שיא ממוצעת – ממוצע לנפח תנועה בשלוש שעות שיא בבוקר או אחה"צ.

צומת דרכים – מפגש של דרכים עירוניות, או מפגש של דרך עירונית עם רחוב עירוני.

צומת רחובות – מפגש של רחובות עירוניים.

קרן הרחוב – כלל השטח בשולי מפגש רחובות, המיועד לתנועה ולפעילויות של הולכי–הרגל ורוכבי האופניים.

תנועות רכות – שם כולל לתנועת הולכי–הרגל ורוכבי האופניים.



תרשים 1.1:
מבנה הצומת ומרחבי המשנה שבו

פרק 2:

עקרונות תכנון הצומת

פרק 2:
עקרונות תכנון הצומת

2

פרק זה מציג בפני המתכנן את המאפיינים העיקריים ואת העקרונות המנחים לתכנון הצומת. הפרק דן בנושאים הבאים:

א. מאפייני הצומת;
ב. עקרונות לתכנון הצומת במרחב העירוני;
ג. עקרונות לתכנון מרחב הצומת;
ד. שיקולים בטיחותיים בתכנון מרחב הצומת.

2.1 מאפייני הצומת

2.1.1 הצומת כ"מקום" עירוני

בדיוק כמו שהמושג "רחוב עירוני" מתייחס לכלל המרחב הציבורי המצוי בין דפנות הרחוב, לכלל המרכיבים שבו ולכלל הפעילויות המתרחשות בו, כך הצומת העירוני הינו המרחב הציבורי המשותף למספר רחובות על מרכיביהם ופעילותם.

המוקד הנוצר בצומת כתוצאה ממפגש של חללי הרחובות העירוניים, הניצפות והנגישות שלו, התנועה העוברת בו, והפעילות המתרחשת בו, עושים את הצומת מוקד לפעילות עירונית, להתמצאות ולהזדהות. לחלק מצמתי העיר יש מהות אורבנית מיוחדת, והם מזוהים ככיכרות ידועות, כמרכזים עירוניים חשובים, כמוקדי פעילות עירונית ייחודית, וכמבנים אורבניים ואדריכליים מרשימים. תכנונו של צומת עירוני הינו תכנון של מרחב עירוני חשוב וייצוגי.

נקודה זו חשובה להדגשה, בראש ובראשונה, דווקא משום ריבוי המגבלות והאילוצים בתכנון הצומת משיקולי תפקוד ובטיחות. העובדה כי עקרונות התכנון של הצומת, כפי שמוצגים בהמשך הפרק, מתייחסים למשתמשים השונים של הצומת ולמרכיבים נקודתיים בו, מחייבת את המתכנן לעמוד על משמר עיצובו של הצומת, ולראות בו מכלול מרחבי מגובש ומאוחד.

2.1.2 הצומת כמרחב לפעילות מוגברת ומורכבת

הפעילות והתנועה בצומת של כלל משתמשי הרחוב, גדולות באופן ניכר מאלה הקיימות לאורך הרחובות הנפגשים בו, ומורכבות ממנו בשל מספר סיבות:

- **ריבוי תנועות** – זרועות הצומת מעבירות דרכו תנועות ממספר כיוונים. סביר, כי בכל רגע נתון מצויים במרחב הצומת יותר משתמשים מאשר בכל אחת מזרועות הצומת.

- **האטת תנועה** – התנועה במרחב הצומת מחייבת האטה של כל המשתמשים, בשל אמצעי בקרה כמו תמרורים ורמזורים, בשל שיקולי זהירות ובטיחות, ובשל הצורך לקבל החלטות ולהתמצא בצומת.

- **תנועות משתנות** – בעוד שתנועת המשתמשים לאורך הרחוב הינה אחידה ורציפה, הרי שהתנועה בצומת מחייבת שינוי בקצב ובאופי התנועה של כל משתמשי הצומת: הולכי–רגל, רוכבי אופניים ונהגי הרכב המנועי:
  - היערכות לקראת הכניסה לצומת;
  - המתנה לפני חציית המרחב המשותף;
  - חציית המרחב המשותף;
  - יציאה ממרחב הצומת והתאמת התנועה להמשך הדרך.

  (בהמשך הפרק יוצגו המרחבים המיוחדים המוקצים בצומת לתנועות השונות של כל המשתמשים).

- **ריבוי מרכיבים נייחים** – מורכבותו של הצומת, מחד גיסא, וחשיבותו העירונית, מאידך גיסא, הופכים אותו למרחב עתיר בעצמים נייחים כמו: רמזורים, תמרורים, שלטי הנחייה והוראה, מרכיבי תשתית, מחסומים וגדרות בטיחות, ובנוסף לכך שלטי רחוב ופרסומות, ריהוט רחוב, וכיוצ"ב. כל אלה מצמצמים את המרחבים לתנועה ולפעילות בצומת ומקשים על רציפותם.

- **תחנות תחבורה ציבורית** – תחנות התחבורה הציבורית ממוקמות בדרך כלל במרחב הצומת או בסמוך לו, כדי לאפשר למשתמשי התחבורה הציבורית נגישות טובה ליעדים רבים ככל שניתן. עובדה זו, לכשעצמה, גורמת להפרעה ולעיכוב תנועות הצומת: להולכי–הרגל במדרכה ולרכב המנועי בכביש.

- **מוקדי פעילות עירונית** – בנוסף לכל המאפיינים שתוארו, ובמידה רבה בגללם, מהווה מרחב הצומת אתר למפגש ולפעילות עירונית עניפה של הולכי–הרגל. מפגשי רחובות מאופיינים במקרים רבים בחזיתות פעילות של מסחר, בבתי אוכל וקפה, בפעילות רחוב מגוונת, או כמקום מפגש מתוכנן ואקראי.

2.1.3 הצומת כמרחב תנועה משותף

מאפייני התנועה בצומת שונים לחלוטין ממאפייני התנועה ברחוב. התנועה לאורך הרחוב (בקטע בין שני צמתים) מתנהלת, בדרך כלל, כלהלן:

- **בשני כיוונים בסיסיים** בעיקר לאורך תוואי הרחוב;
- **ברצועות תנועה נפרדות** לכל משתמש (נתיב לתנועה מנועית, נתיב לתחבורה ציבורית, רצועת הליכה, נתיב לאופניים וכד'), או ברצועות משותפות (רכב ואופניים) באותו כיוון ובהבדלי מהירויות קטנים;
- **בו-זמנית** (משתמש מסוג אחד אינו תלוי בדרך כלל במשתמש מסוג אחר);
- **בקצב ובמהירות שונים** למשתמשי הרחוב השונים.

מאפייני התנועה בצומת שונים לחלוטין, והתנועה בו מתנהלת כלהלן:

- **במגוון רחב של כיווני תנועות** בין זרועות הצומת השונות;
- **בשטחי תנועה נרחבים המשותפים** לתנועות שונות;
- **בחלוקה של הזמנים בין המשתמשים השונים, ובין כיווני התנועה האפשריים בצומת;**
- **בפערים קטנים יותר בקצב ובמהירות** בין משתמשי הרחוב השונים, ובתוך כל סוג משתמשים – בהשוואה לקטע הרחוב.

השוני במאפייני התנועה של הצומת לעומת הרחוב מגיע לידי ביטוי משמעותי בכמות הניגודים ("קונפליקטים") הקיימים בו:
התנועה לאורך קטע הרחוב מתאפיינת, בדרך כלל, בכמות קטנה של ניגודים בין התנועות, כאשר הניגודים העיקריים הקיימים בו הם מעברים של הולכי-רגל בין שני צידי הרחוב, והכניסה של כלי-רכב לחניות השימושים שלאורכו. בצומת, לעומת קטע הרחוב, קיים מפגש של זרימות תנועה הנכנסות אליו מכיוונים שונים, והיוצאות ממנו בכיוונים אחרים. כך למשל, בצומת בעל 4 זרועות, קיימות 36 נקודות אפשריות למפגשי רכב מנועי, ועוד עשרות נקודות מפגש נוספות בין תנועות רכב מנועי לבין תנועות הולכי-רגל, ובין תנועות אופניים לבין תנועות מכוניות.

העובדה שמרחב הצומת מיועד למגוון רחב של תנועות של משתמשים שונים בזרועות ובכיוונים שונים, גורמת ליצירת 'עוגת זמן' עבור כל המשתמשים, שמתוכה מוקצה פרק זמן לחצייה לכל אחד מהמשתמשים השונים בכיווני התנועה האפשריים.
כאשר נפחי התנועה קטנים, חלוקת הזמן נעשית על-ידי משתמשי הרחוב באופן מושכל ובהשפעת תמרורים וכללים הקיימים בתקנות התעבורה. כאשר נפחי התנועה גדולים, חלוקת הזמן בדרך כלל מבוקרת על-ידי רמזורים. במקרים אלה בקרת חלוקת הזמנים על-ידי הרמזור מאפשרת לכל משתמש לחצות את הצומת רק בחלק 'מעוגת הזמן', ויוצרת בצומת "צוואר בקבוק" מבחינת קיבולת התנועה, בהתייחס לקטעי הרחוב המזינים את הצומת.



צומת מרובה קונפליקטים - ככר תחריר, קהיר, מצרים

2.1.4 הצומת כמקום מועד לתאונות

ככל שהצומת מהווה מקום עירוני חשוב ומרכזי בעיר, הוא טומן בחובו מאפיין שלילי מובהק – היותו מקום מועד לתאונות דרכים, הן בשל מאפייני הצומת הבסיסיים, שהוזכרו לעיל, והן בשל תכונות האדם, הנוטל חלק פעיל בתפקודו.

המאפיינים העיקריים הגורמים לכך שהצומת מועד לתאונות דרכים הם:

- נקודות הניגוד הרבות הקיימות בצומת במפגשי התנועות השונים שהוזכרו לעיל.
- קונפליקט 'החזק והחלש' במפגש בין התנועות ה'חלשות' (הולכי-רגל ואופניים) לבין התנועות ה'חזקות' של הרכב המנועי. גם בתוך משפחות המשתמשים החלשות והחזקות עצמן, קיים 'עימות כוחני' בין הולכי-הרגל לאופניים ובין רכב הנוסעים לתחבורה הציבורית, בהתאמה.
- האדם המשפיע במגבלותיו על הפעילות בצומת; האדם הינו נהג הרכב, רוכב האופניים, הולך-הרגל, וגם המתכנן, שמתווה את קווי הצומת, מבלי שהוא מתעמק במרכיבים הפיזיולוגיים והפסיכולוגיים של התנהגות האדם בצומת.

חלק ניכר מקשיי תיפקודו של האדם בצומת נובעים מהנתונים הבאים:

א. בצומת, היקף הפרטים שעל האדם לזהות גדול משמעותית מזה שבקטעי הדרך.

ב. בקטע דרך, תשומת-ליבו של האדם נדרשת ברצועה מוגדרת ותחומה עם כיווני תנועה מובהקים. בצומת נדרשת תשומת-ליבו של האדם למרחב גדול ולא מוגדר, עם מגוון רחב של כיווני תנועה שונים, כאשר כל צומת שונה ממשנהו.

ג. בקטע הדרך קיימות, יחסית, רק מעט מגבלות ראייה המפריעות לאדם לראות ולקלוט נתונים. בצומת – האדם (בעיקר הנהג) מוגבל לזווית ראייה מסוימת, וגם במרחב זווית ראייה זו הוא אינו מסוגל לקלוט את כל הפרטים, ובודאי שלא בעת ובעונה אחת.

הכרת מגבלות האדם כהולך-רגל וכנהג מובילה ישירות לעקרונות מסוימים בתכנון הצומת, המיועדים להקל על משתמשי הצומת ולהפחית את הסיכון.

2.2 עקרונות לתכנון הצומת במרחב העירוני

2.2.1 מבוא

מאפייני הצומת הראשונים מגובשים, בדרך כלל, במהלך התכנון המתארי, שבו נקבעים רחובות העיר כחלק ממרקם אורבני כולל. עקרונות התכנון של הצומת במרחב מהווים את "כללי הברזל" שחייבים להנחות את צוות התכנון, ואשר סטייה מהם מהווה פגיעה מהותית ומשמעותית בתכנונו של הצומת.

2.2.2 נראות מרבית של הצומת

הצומת חייב להיות גלוי וחשוף למשתמשיו בטרם יגיעו אליו, ולאפשר לזהותו במהירות ובקלות. המבנה הטופוגרפי של אזור הצומת המתוכנן, העקומות האנכיות והאופקיות של הדרך לאורכה הצומת מוצע, הסביבה הנופית של אזור הצומת – כל אלה ואחרים הם המאפיינים המשפיעים על קביעת מיקומו, כבר בשלב התכנון הראשוני.

מובאות להלן כמה דוגמאות שיש להימנע מהן במהלך תכנון ראשוני של הצומת:

- קביעת צומת בסמוך או בפסגת עקום אנכי עם רדיוס קטן;
- קביעת צומת בסמוך או בתחומי עקום אופקי עם רדיוס קטן;
- קביעת צומת בקטע, שבו נדרש שילוב של עקום אנכי ועקום אופקי.

לפירוט ההנחיות הנוגע למיקום הצומת בתחומי עקומות אנכיות ואופקיות ראו סעיפים 5.6, 5.7 בהמשך ההנחיות.

2.2.3 שמירת מרחק נכון בין צמתים

המרחק בין שני צמתים צריך להיות, מחד גיסא, גדול דיו כדי לאפשר תפקוד נאות של התנועה ביניהם, וקצר מספיק, מאידך גיסא, כדי לאפשר נגישות ומרחב בחירה בתנועה ממקום אחד למשנהו.

קביעת המרחק בין הצמתים יושפע, לפיכך, מסוגי הרחובות לאורכם הם ממוקמים: לאורך רחובות עירוניים המרחק יהיה קטן יותר, כדי לאפשר נגישות טובה לרכב ולהולכי–רגל וחלוקת העומס לפניות בין צמתים רבים יותר, ואילו לאורך דרכים עירוניות המרחק יהיה גדול יותר, כדי לאפשר רמת שירות טובה יותר לתנועת הרכב המנועי.

טבלה 2.1:
מרחקים מומלצים בין צמתים לאורך רחובות

אפיון בסיסי	סיווג הרחוב	מרחק בין צמתים* (מטר)
רחוב עירוני	רחוב "30"	50–100
	רחוב "50"	100–200
דרך עירונית	דרך "70"	L>250

* המרחק בין צמתים נמדד בין מפגש הצירים בצומת אחד לבין מפגש הצירים בצומת האחר.

2.2.4 עקביות ושיטתיות בתכנון הצמתים

יש לדאוג לכך, שמתכונת הצמתים לאורך ציר תחבורה תהיה אחידה ושיטתית, שכן יש ערך רב לכך, שמשתמשי הדרך יכירו ויבינו את מדרג הצומת וצורתו.
כאשר מדרג הצומת, צורתו ואופן ההסדרים שבו ברורים למשתמשי הדרך, הם יכולים לבצע את המעבר בקלות רבה יותר, ולהתרכז במשתמשים רבים אחרים הנמצאים בצומת בו בעת.
ההבדלה בין צמתים יכולה להגיע לידי ביטוי בנתוני הרוחב והגודל של הצמתים, בכמות הנתיבים בצמתים השונים, בקיומם או באי–קיומם של נתיבים לפניות חופשיות ימינה ושמאלה, בסוגים שונים של גיאומטריית צמתים, בפתרונות בקרה שונים וכו'.

2.3 עקרונות לתכנון מרחב הצומת

2.3.1 הקצאת מרחב מספק

ריבוי המשימות בצומת מחייב לעיתים רבות מרחב גדול יותר מזה המתקבל ממפגש של שתי רצועות הרחובות הנפגשים בתחומי הצומת.

לפיכך, נכון לדאוג בשלב התכנון המוקדם של קביעת זכויות הדרכים, להקצות היקף שטחים כזה, שלוקח בחשבון את כל הצרכים הנדרשים משיקולי תיפקוד הצומת ובטיחותו.

להרחבת הרחובות במרחב הצומת יש השפעה רבה על המבנה האורבני והחזותי של העיר, ולפיכך יש לתת משקל רב למאפייניו הצורניים והחזותיים של מרחב הצומת, עוד במהלך התכנון המוקדם (סטטוטורי).

2.3.2 ארגון מרחב הצומת

המתכונת שבה הוגדרו רצועות תנועה ייחודיות בתחום הרחוב למשתמשים ולפעילויות שונות (כמו: נתיבים לרכב מנועי, רצועת תנועה להולכי–רגל, רצועת תנועה לאופניים, רצועת חנייה וכד'), מתאימה גם למרחב הצומת, אלא שבמרחב הצומת הופכות הפעילויות השונות למורכבות יותר, המחייבות התחלקות שונה של מרכיבי המרחב.
ראויה תשומת–הלב למבנה המשתנה של רצועות התנועה הייחודיות במעבר מקטע הרחוב לצומת. כך למשל: הפסקת רצועות החנייה והגינון, והפיכתן לחלק ממרחב תנועת הולכי–הרגל, או שינוי המבנה התנועתי של נתיבים לרכב מנועי, שלאורך הקטע הם מיועדים לתנועה ישרה, ובאזור הצומת הם מותאמים לכיוונים שונים, שילוב נתיבי האופניים בנתיבי הרכב המנועי וכד'.

2.3.3 ייעול וצמצום מרחב הצומת

המצוקה בשטחים במרחב הצומת מחייבת ויתור על מה שאינו הכרחי לתפקוד משתמשי הדרך או מהווה מכשול בטיחותי:

א. יש להימנע ככל האפשר מביצוע נתיבים מיותרים בצומת ומרדיוסים גדולים, אשר מקשים על תנועות החצייה של האופניים ושל הולכי–הרגל, מאריכים אותן ומסרבלים אותן.
הקטנת שטח לב הצומת גורמת להקטנת החשיפה בין התנועות השונות, ומשפרת את בטיחותם של משתמשי הדרך שחוצים את הצומת.

ב. בתחום הצומת, יש להימנע לחלוטין מהתקנת עצמים נייחים שאינם נדרשים לתפקידי הצומת, כגון: לוח מודעות, ביתן מפעל הפיס, שלטי פרסומת, וכד'.

ג. יש להימנע ככל שניתן מהתקנת מתקני תשתית עיליים בתחום הצומת, ואם התקנתם מחויבת, לבצעם 'שקופים' ככל שניתן, כך שיפריעו לראות ולתפקוד מעט ככל שניתן, וגם סכנת הפגיעה בהם תהיה אפסית.

ד. יש לצמצם ככל שאפשר את התקנת עמודי התמרורים ועמודי התאורה בצומת, וזאת ללא פגיעה בהנחיית הנהג בצומת ובתנאי התאורה של הצומת.

ה. יש לצמצם עד למזער את כמות העצים במרחב הצומת, ולהקפיד שצמחיית הצומת תהיה נמוכה. יודגש: התפקידים האורבניים והעיצוביים של הצומת מחייבים לא פעם לקבוע בצומת עצמים נייחים כמו צמחייה, ריהוט רחוב וכיוצא בזה. ניתן ואף רצוי להתקין את כל אלה במרחבי משנה שיוקצו לכך, באופן שאין הם פוגעים בתפקודו של הצומת, כפי שיפורט בהמשך.

2.3.4 איזון בין משתמשי המרחב

האיזון בין משתמשי הרחוב, שהוא "עיקרון ברזל" המוביל את תכנון הרחוב, נכון שבעתיים בתכנון הצומת, אלא שבמרחב הצומת יש לאיזון משמעות מורחבת:

- **איזון בחלוקת המרחב** – הצורך לחלק את המרחב באופן שיתן מענה ראוי לכלל משתמשי הצומת.

- **איזון ברציפות התנועה** – הצורך לעצב את הצומת באופן שימנע תנועות מסורבלות של כל אמצעי התנועה, לרבות הולכי–הרגל, וזאת על–ידי שמירה, ככל האפשר, על רציפות, ישירות ופשטות של רצועות התנועה. (כך למשל, בכל הקשור לתנועת הרכב המנועי, יש לתת משקל רב לרציפות של התנועות הישרות, גם אם הרציפות בתנועות אלה משפיעה על איכותן, או על עצם קיומן, של התנועות ימינה ושמאלה.)

- **איזון בחלוקת הזמן** – הצורך לחלק את 'עוגת הזמן' של השימוש במרחבים המשותפים בצומת באופן מאוזן ומבוקר.

נכון להדגיש כי האיזון הנדרש בצומת יושתת על האיפיון הבסיסי של הצומת – צומת רחובות או צומת דרכים (סעיף 3.1 בהנחיות לתכנון מרחב הרחוב):

- בצומת רחובות סדר ההעדפה התכנוני הוא: הולכי–רגל – אופניים – רכב מנועי;
- בצומת דרכים סדר ההעדפה התכנוני הוא: רכב מנועי – אופניים – הולכי–רגל.

סדר העדפה זה מלווה את המתכנן בקביעת חלק ניכר ממאפייני התכנון של הצומת. (חשוב לציין, שבצומת בו יש תחבורה ציבורית, היא מדורגת תמיד ברמה הגבוהה של ההעדפה.)

2.4 שיקולים בטיחותיים בתכנון מרחב הצומת

הצומת הוא נקודת תורפה בטיחותית של המרחב הציבורי בעיר. ריבוי המשתמשים והפעילויות בצומת מחייבים תשומות תכנוניות מיוחדות לבטיחות הצומת. מוצגים להלן כמה מהעקרונות החשובים להשגת בטיחות מרבית בצומת:

2.4.1 צמצום מרחבים משותפים

יש להקפיד על צמצום מרבי של המרחבים המשותפים בצומת:

- **ביטול נתיבי תנועה** מיותרים (ראו סעיף 2.3.3 לעיל);
- **הרחבת מדרכות** באזור הצומת (ראו סעיף 5.4 בהנחיות לתכנון תנועת הולכי–רגל);
- **יצירת איי תנועה להולכי–רגל** במקומות שמתחייבת בהם חצייה ארוכה של הכביש, וכד'.

2.4.2 הבטחת מרחב נראות ונצפות בצומת

חציית הצומת על–ידי כל משתמש הינה פעולה מורכבת המחייבת איסוף ועיבוד מידע, תכנון, היערכות, וקבלת החלטות מיידיות. לשם כך חשוב כי המידע הקיים בצומת יהיה בהיר, שקוף וקריא למשתמש במשך זמן גדול ככל האפשר טרם קבלת ההחלטות וביצוען. כל משתמשי הצומת: הולכי הרגל, נהגי הרכב ורוכבי האופניים, חייבים להיות צופים ונצפים ממרחק סביר לפני כניסתם למרחבים המשותפים של הצומת. עיקרון זה יושג על ידי תכנון המבטיח חשיפה מרבית של מרחבי הצומת בסמוך למקומות החצייה. לשם כך נקבע "מרחב ראות" בו מוגבלים בנייה, פיתוח, ושימושים שונים המקשים על הניצפות. כמו–כן נקבעו מגבלות לעקומות האופקיות והאנכיות של זרועות הצומת (ראו סעיף 2.2.2 לעיל).

ככלל יש להקפיד בנושא זה לחומרה, ולהימנע מכל עצם ופעילות מיותרים בשטחים הרגישים של הצומת (ראו סעיף 2.3.3 לעיל).

2.4.3 הסדרת בהירות הצומת

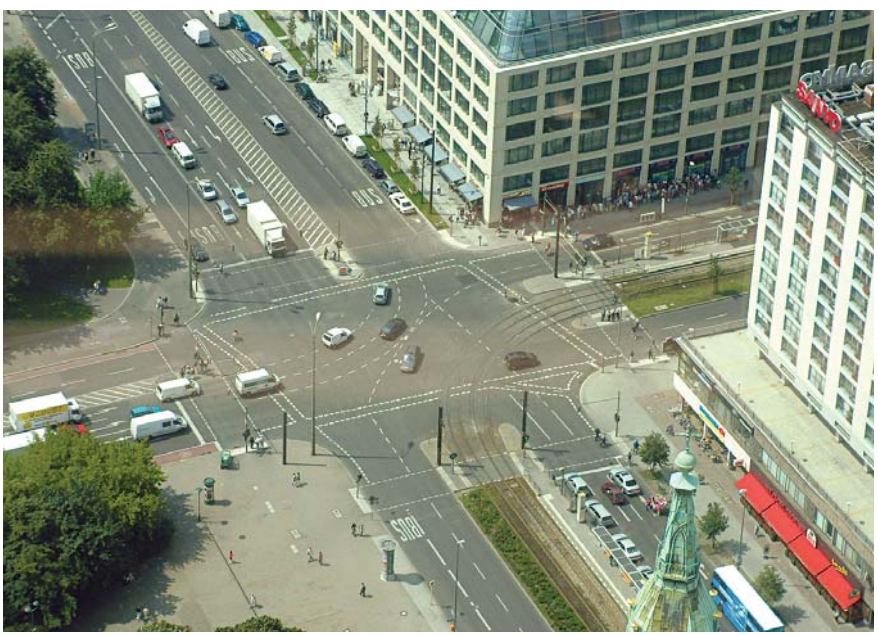
הצומת הוא מקום פעיל ביותר, שמתרחשים בו בעת ובעונה אחת מגוון רחב של אירועים אקראיים ודינמיים, המשתנים משנייה לשנייה, והמחייבים קשב ותשומת–לב מרביים של משתמשי הדרך בכלל והנהגים בפרט.

המבנה התנועתי של הצומת צריך לאפשר לנהג להתרכז יותר בכל אותם אירועים אקראיים, ולהתמקד פחות במבנה הגיאומטרי והתנועתי, שצריך להיות מהדברים הקבועים והיציבים בתודעתו.
ריבוי של נקודות עוינות בתחום הצומת, מדרכות צרות, ניתוב פתלתל, מבנה גיאומטרי לא רציף, תימרור חסר, הם חלק מהדברים המסיחים דעתו של נהג ומחייבים אותו להפנות חלק ממנת הקשב והריכוז לאפיקים מיותרים.

יש לפיכך ליצור צמתים פשוטים, בהירים וברורים, נטולי מטרדים ומפגעים.

2.4.4 מיצוי מרבי של תפקוד הצומת

בצומת בא לידי ביטוי מובהק הקונפליקט בין קיבולת ורמת שירות לבין בטיחות. בהיות הצומת צוואר בקבוק של התנועה לרחובות המגיעים אליו, יש רצון להגדיל את מספר נתיבי התנועה בצומת, ולאפשר מעבר נוח יותר של התנועה דרכו; הגדלת כמות הנתיבים מגדילה את שטחי החיכוך בין המשתמשים השונים, וגורמת להפחתה של רמת הבטיחות.
תכנון מיטבי של צומת רחובות הוא זה שצורך מינימום של שטחים נוספים לטובת הרכב המנועי, ואשר מונע ככל שניתן הרעה ברמת הבטיחות לכל משתמשי הצומת בכלל, ולמשתמשים הרכים בפרט.
מבחנו של תכנון מיטבי כזה הוא ביכולתו לווסת את הפעילות בצומת, כך שהצומת לא יהיה ריק בשאר שעות הפעילות ביום. במונחים מקצועיים ייאמר, **שצומת מיטבי הוא זה שמבטיח העברת התנועה עד רמת שירות E בשעות השיא של הפעילות, וברמות שירות C-D למשך שעות הפעילות האחרות ביום.**



צומת מרובה משתמשים – ברלין, גרמניה

2.5 עקרונות לתכנון עבור התנועות הרכות

2.5.1 מבוא

הולכי–הרגל והאופניים הם ממשתמשי הצומת העיקריים וה'רכים' מכל המשתמשים, ונדרשת התייחסות יסודית אליהם בכל שלבי התכנון, תוך התחשבות במאפייני תנועתם ובמגבלותיהם. מאפייני התכנון של תנועת הולכי–הרגל בצומת מסתמכים על ספר ההנחיות לתכנון תנועת הולכי–הרגל (סעיפים 4.3.1 ו–6.3) ועל ספר ההנחיות לתכנון תנועת האופניים (פרק 5).

2.5.2 עקרונות תכנון לתנועת הולכי–הרגל בצומת

א. רציפות:

הולך–הרגל נוטה לבחור בתוואי תנועה רציף והמשכי במהלך חציית הכביש. עיקרון תכנוני זה משפיע בעיקר על מאפייני התכנון הבאים:

- **המשכיות בפועל** – קביעת מקומות חצייה בכל זרועות הצומת – ככל שהדבר אפשרי.
- **המשכיות ברצף התוואי** – מקומות החצייה יהיו המשכיים וישירים לתוואי תנועת הולכי–הרגל ברחוב.
- **המשכיות ברצף זמן** – החצייה בצומת מרומזר תהיה רציפה, ללא הפסקות גדולות בין חציית קטע אחד למשנהו.

ב. תאימות:

איזור צומת הרחובות מהווה מוקד לפעילות אורבנית, שבו אנשים נוטים לשהות תקופות זמן ממושכות יחסית, עקב תפקודו האורבני. באזור הצומת ניתן למצוא פינות ישיבה, פינות משחק, תחנות אוטובוס, שטחים לחניית אופניים וכד'. כל אלה מצדיקים הרחבה של אזור הפעילות של הולכי–הרגל.

ג. נגישות:

רצועות התנועה בצומת יהיו נגישות לכל הולכי–הרגל, לרבות מוגבלי נגישות, ותובטח המשכיות קלה ונוחה בין דופן אחת של הצומת לדופן האחרת.

ד. בטיחות:

רבים מהולכי–הרגל אינם יכולים לחשב זמני פינוי ולהעריך פערים המתאימים לחציית צומת בין תנועות כלי–הרכב. מסיבה זו מומלץ לקצר ככל שניתן את אורכי החצייה של הולכי–הרגל, ולשלב במסגרתם איי תנועה, מפרדות ואמצעים אחרים להבטחת תנועתם ולמפלט בעת הצורך. גם להיבטי מיקום הצומת, כפי שהוזכרו לעיל, קיימת השפעה רבה על בטיחותם של הולכי–הרגל בצומת.

ה. בהירות:

חלק מרצועות התנועה של הולכי–הרגל בצומת משותפות גם לתנועות אחרות. רצוי, לפיכך, להדגיש ולהבליט רצועות תנועה אלה באמצעים השונים האפשריים: תמרורים מיוחדים, מרקם שונה, חומר שונה, מפלס שונה וכד'.



צומת ממבט רוכב האופניים – הטיילת, תל אביב

2

2.5.3 עקרונות תכנון לתנועת אופניים בצומת

א. רציפות:

מערכת רצועות התנועה לאופניים חייבת להיות רציפה לכל אורכה. לפיכך, עליה להתקיים גם בתחום הצומת.

ב. בטיחות:

האופניים נעים בצומת יחד עם הולכי–הרגל, המכוניות ואמצעים תחבורתיים נוספים. לפיכך, יש להבטיח קיומם של הכללים התכנוניים הבאים:

- בצומת, כמו לאורך הרחוב, רצויה הפרדה בין תנועת האופניים לבין תנועת הולכי–הרגל.
- יש לצמצם ככל שניתן את נקודות החיכוך בין אופניים לבין כלי–רכב מנועיים בצומת. מסיבה זו יש להקטין ככל שניתן את שטח הצומת, ולהמעיט בביצוע פניות חופשיות ימינה בצומת רחובות.
- בצומת מרומזר יש לאפשר קיומם של פתרונות מגוונים לתנועת אופניים, המתאימים למצבי התפעול השונים שלהם.

ג. גמישות:

במטרה להשיג את האמור לעיל, קיימת גמישות רבה יותר בקביעת הפתרונות לאופניים בתחומי הצומת, בהשוואה לרמות ההפרדה שנקבעו לאורך קטעי דרך. (למשל: שביל לאופניים הנדרש לאורך קטע רחוב, יכול להיות מוסב לנתיב בתחום הצומת.)

פרק 3:

איפיון בסיסי של הצומת (דיוקן הצומת)

פרק 3:
איפיון בסיסי של הצומת (דיוקן הצומת)

3

3.1 מבוא – דיוקן הצומת

בספר ההנחיות לתכנון מרחב הרחוב מוצגים בפרק 3 השיטה לאיפיון רחובות העיר, ובפרק 4 אופן גיבוש דיוקן הרחוב, המסייעים למתכנני הרחוב להתייחס למכלול השיקולים של תכנון הרחוב, לאזן בין הצרכים השונים של המשתמשים ברחוב, ולהציע פתרונות מתאימים למצבים השונים של הרחובות העירוניים.

היות שהצומת הוא מפגש של מספר רחובות/דרכים – דיוקן הצומת נגזר מדיוקן הרחובות המרכיבים את הצומת, אך נוסף לו "ערך מוסף" הנובע מעצם מפגש הרחובות.

מטרת פרק זה בספר ההנחיות לתכנון הצומת, לעסוק במשמעות של ערך מוסף זה ולהשלים את השיטה הנוגעת לגיבוש הדיוקן של צמתי העיר.

לאחר השלב הראשוני, שבו מעוצבת רשת הרחובות והדרכים בעיר, נקבע מיקומם העקרוני של הצמתים ומתאפיין דיוקן הצומת.

דיוקן הצומת מבוסס אף הוא על שיקולים אורבניים ותנועתיים (ראו פרק 3 בהנחיות לתכנון מרחב הרחוב וסעיף 2.1 – "מאפייני הצומת" בספר הנוכחי), ומתאפיין על–פי שלושה נושאים:

א. איפיון אורבני;

ב. איפיון מבני;

ג. איפיון תנועתי של משתמשי הצומת.

לאור איפיונים אלו תיקבע רמת בקרת המפגשים. החלטות אלו הן תנאי לקביעת תבנית הצומת – שהיא הכלי להגדרת המימדים של הצומת המתוכנן.

3.2 איפיון אורבני

בפרק התפישה התכנונית בספר ההנחיות למרחב הרחוב אופיינו שני סוגים של רחובות ביישוב העירוני:

רחוב עירוני – רחוב שעיקר תפקידו לאפשר נגישות אל השימושים שלאורכו. — רחוב עירוני

דרך עירונית – רחוב שתפקידו העיקרי להיות מסדרון של תנועת רכב מנועי לאורכו. — דרך עירונית

איפיונם האורבני של הצמתים מתבסס על הגדרת הרחובות כבר בשלב הראשון של קבלת ההחלטות לגבי דיוקן הרחוב:

צומת רחובות – מפגש של מספר רחובות או קטעי רחובות בצומת.

צומת דרכים – מפגש של דרכים, או מפגש של דרכים ורחובות בצומת אחד.

צומת רחובות, צומת דרכים





צומת רחובות מתאפיין במתן עדיפות בתכנון להולכי-הרגל, לאופניים ולתחבורה הציבורית על-פני שאר הרכב המנועי.
צומת דרכים, לעומת זאת, מתאפיין במתן עדיפות בתכנון לרכב המנועי, בראשות התח"צ, על פני הולכי הרגל והאופניים.

למיקום היחסי של הצומת בעיר יש משמעות רבה בעת קביעת דיוקנו ובתכנון המרחב הציבורי שבהיקפו: מבחינה אורבנית – צומת המהווה כיכר עירונית חשובה ימוקם במקום בולט ונצפה, או ליד אתר בעל חשיבות מתאימה.
באיפיון התנועתי – כל צומת צריך להיות ממוקם בתנאים טופוגרפיים המאפשרים עקומות אופקיות ואנכיות יעילות ובטוחות, וקיום כל מרחב הראות הדרוש.

הדיוקן האורבני של מרחב הצומת כולל, לפיכך, את המהויות האורבניות המאפיינות את הצומת:

- שימושי קרקע מיוחדים המאפיינים את המגרשים המקיפים את הצומת ושאינם מאפיינים את זרועות הצומת, למשל: ריכוז של מוסדות ציבור, מבנה תרבות ייחודי, גן ציבורי, בית העירייה, בית הכנסת הראשי וכיוצ"ב.
- חשיבות מיוחדת למיקומו של הצומת בהיבט תרבותי, מסורתי, דתי וכיוצ"ב.
- חשיבות מיוחדת לצומת בהיבט המבני של המרקם העירוני, כמו נקודה צופה או נצפית מאתרים שכנים, קשר חזותי לצמתים אחרים וכיוצ"ב.



איפיון מבני

סעיף זה מאפיין את סוגי המחברים בין הרחובות אשר נפגשים בנקודות הצומת.
מבין סוגי המחברים השונים נפוצים שני סוגים בעיקר:

א. מחבר של שלוש זרועות – צומת שבו נפגשות שלוש זרועות מכונה "מסעף" או "הסתעפות", וצורתו הנפוצה דומה לאות T. לצומת המסעף מספר כינויים נוספים בעגה המקצועית: "צומת T", "צומת קמץ" ו"צומת תלת זרועי".

ב. מחבר של ארבע זרועות – צומת שבו נפגשות ארבע זרועות מכונה "הצטלבות". לצומת מספר כינויים נוספים בעגה המקצועית: "צומת + (צלב)" ו"צומת x".

קיימים שני סוגים נוספים של מחברים שהם נפוצים פחות אך אפשריים במקרים מיוחדים והם:

ג. מחבר של יותר מארבע זרועות – צומת נדיר בנוף העירוני, שבו נפגשות יותר מארבע זרועות בתחום הצומת. צומת זה אינו מומלץ, בעיקר מסיבות בטיחותיות.

ד. מחבר של שתי זרועות לרכב עם זרועות לתנועה אחרת – מפגש של שתי זרועות לתנועת רכב מנועי, שבנקודת המפגש שלהן קיים אזור חצייה להולכי–רגל ו/או לאופניים (כלומר: גם מקום הצטלבות תנועות של הולכי–רגל ואופניים עם משתמשים אחרים נחשב כצומת במובנו התכנוני – להבדיל מפירושו המשפטי בתקנות התעבורה).





מימין: הסתעפות
משמאל: הצטלבות – רח' רוגוזין, אשדוד

המחברים שתוארו בסעיף זה מתאימים לכל המרקמים העירוניים ולכל מדרג של דרכים. לכל אחד ממחברים אלה ניתן להתאים את צורות הבקרה שיתוארו בהמשך. מסיבה זו, מעגל התנועה, למשל, אינו נחשב כמבנה גיאומטרי עצמאי, אלא נחשב כצורת בקרה היכולה להתאים לכל כמות זרועות בצומת.

הדיוקן המבני של הצומת יתייחס לפיכך למימדיו ולצורתו הגיאומטרית של הצומת, הנגזרים ישירות מתנועותיהם של משתמשי הצומת וכנגזרת מהרחובות הנפגשים בו, ולמאפיינים הטופוגרפיים במידה שהם מהותיים לתכן הצומת.

3.4 איפיון תנועתי

3.4.1 מבוא

הסעיפים הקודמים עיצבו את המבנה העקרוני של הצומת: צומת רחובות או צומת דרכים / צומת עם שלוש זרועות או צומת עם ארבע זרועות.

סעיף זה עוסק בבחינת התנועות העוברות בצומת, וקביעה ערכית של עדיפויות בין התנועות השונות ואופן חלוקת הזמן ביניהן. כזכור וכמפורט בהנחיות לתכנון מרחב הרחוב, לרחוב מובחנים ח"י משתמשים, מי בתנועה ומי בשהייה, וכפי שנבחן והוגדר האיזון בין כלל המשתמשים ברחוב, חובה על צוות התכנון להגדיר חלוקה זאת שוב בצומת.

3.4.2 סוגי התנועות

הצומת מהווה מפגש של תנועות שונות של משתמשי הדרך המגיעים מזרועות הצומת השונות. לחלק מהתנועות קיימות צורות הגעה שונות:



רכב מנועי

מגיע בדרך כלל בנתיבים המיועדים לו ולכלי–רכב אחרים. במקרה של רחוב משולב, תוואי התנועה המגיע לצומת משותף להולכי–הרגל, לרוכבי האופניים ולכלי–הרכב המנועיים (ובעיקר לכלי–הרכב לנוסעים, שכן אוטובוסים ומשאיות אינם אמורים להיכנס אליו).



אוטובוס

מגיע לצומת בארבעה אופנים אפשריים (ראו הנחיות לנתיבים לתחבורה ציבורית, 1998):

א. בנתיב רגיל המשותף לכל כלי–הרכב;

ב. בנתיב מיוחד לתח"צ (נת"צ) – נתיב מיוחד לתחבורה ציבורית שנעים בו לפעמים גם מוניות וכלי–רכב עם יותר משלושה נוסעים;

ג. במסלול לתחבורה ציבורית (מת"צ) – מסלול נפרד לתחבורה ציבורית בתחומי רחוב שיש בו גם מסלולים לכלי–רכב אחרים;

ד. ברחוב לתחבורה ציבורית (רת"צ) – רחוב שכלי–הרכב היחידים היכולים לנוע בו הם כלי–רכב ציבוריים (מונית, אוטובוס ורק"ל). ברחוב לתחבורה ציבורית קיימת גם תנועת הולכי–רגל ואופניים.



רכבת קלה

צורות הגעתה לצומת דומות לאלה של האוטובוסים. בעולם ניתן למצוא שילובים שונים של הרק"ל עם כלי–רכב שונים, אולם בארץ המגמה לאפשר תנועת רכבת קלה במסלולים בלעדיים עבורה בצד רצועות תנועה למשתמשי דרך אחרים, למעט במדרחוב (ראו מ"מ: "עקרונות לתכנון רכבת עירונית ושילובה בהסדרי התנועה" ו–"כללים מנחים לשילוב מערכות הסעת המונים ברמזורים"). במקביל הוחל גם בתכנון מערכות מתע"נ המבוססות על אוטובוסים רבי–קיבולת (BRT) לפי כללים דומים של נסיעה ברצועות מופרדות והעדפה ברמזורים.



אופניים

האופניים מגיעים לצומת בשלוש צורות אפשריות:

א. בנתיב רגיל המשותף גם לכלי–רכב מנועיים;

ב. בנתיב נפרד המיועד לאופניים בלבד;

ג. בשביל נפרד המיועד לאופניים בלבד.

(בהנחיות לא קיימת האפשרות להגעה של הולכי–רגל ואופניים לאזור הצומת ברצועת תנועה משותפת.)

בניגוד להנחיות התכנון לתנועת אופניים בקטע דרך, שבהן קביעת רצועות התנועה של האופניים נעשית לפי רמות הפרדה התלויות בנפח התנועה המנועית ובמהירותה, בצומת חל טישטוש של הכללים, וחציית הצומת יכולה להיעשות ברמת הפרדה שונה מזו שקיימת לאורך אותו תוואי.

<<<

ראו פירוט בתרשים 4.1 ופרק 5 בהנחיות לתנועת אופניים



הולכי–רגל

הולכי–הרגל מגיעים לצומת במדרכות הנמצאות משני עברי הרחובות הנפגשים בצומת ובהיקף הצומת (למעט ברחוב משולב או במדרחוב).

בניגוד לאמצעי התחבורה האחרים, הנעים בדרך כלל ברציפות באותו סוג תשתית, נדרשים הולכי–הרגל, בעוברם מצד אחד של הצומת לצידו האחר, לעבור מהמדרכה לכביש, ולחצות רצועות תנועה של אמצעי תחבורה אחרים.

3.4.3 מהירות הייעוד

כוונת ספר ההנחיות, בין היתר, היא ליצור זיקה בין המופע האדריכלי של הרחוב לבין תפקידיו – האורבני והתנועתי.

לפיכך, קיימת חשיבות רבה, שהצומת (כמו הרחובות המזינים אותו) 'ישדר' למשתמשיו מסרים ברורים בנוגע למאפייניו התכנוניים, שאחד מהם הוא מהירות הייעוד של הרחוב. לפיכך, נקבעו שלושה ערכים **בלבד** למהירויות ייעוד בעיר, המאפשרות לחדד את יכולת משתמשי הרחובות לזהותן והן:

- מהירות 30 קמ"ש המתאימה לאזורי מיתון תנועה ולרחובות מקומיים;
- מהירות 50 קמ"ש המתאימה לרחובות עירוניים רגילים ולרחובות חייץ בין אזורי מיתון תנועה (ראו הנחיות לאזורי מיתון תנועה);
- מהירות 70 קמ"ש המתאימה לרחובות עורקיים – דרכים עירוניות.

שלוש המהירויות המוצעות (ואלה בלבד!) מאפשרות פיתוח שפה ברורה ובהירה המקלה על הנהג את האפשרות להתאים מיידית את התנהגותו לאופי הרחוב. כך למשל:

צומת בין רחובות, שמהירות הייעוד בהם היא 30 קמ"ש, שונה מצומת בין רחובות שמהירות הייעוד בהם 50 קמ"ש, גם אם בסופו של הליך התכנון כמה מהמאפיינים התכנוניים הבסיסיים יהיו דומים (כמות כלי–הרכב, כמות הנתיבים, סוג שימושי הרחוב וכד').

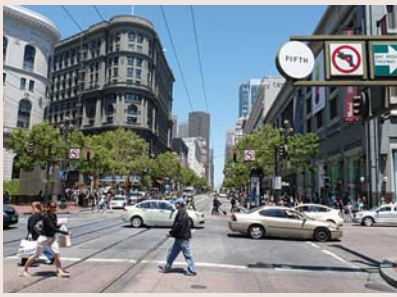
קל וחומר שמאפייניו של צומת דרכים, שמהירות הייעוד ברחובות החוצים אותו היא 70/70 או 50/70, יהיו שונים משמעותית מצמתים בהם מהירויות הייעוד ברחובות הנפגשים בצומת נמוכות יותר.

הפנמת המשמעות שיש למהירויות הייעוד של הזרועות הנפגשות בצומת ושל השפעתן על מבנה הצומת והרחוב, היא חלק בלתי-נפרד מתהליך תכנון הצומת.

3.4.4 נפחי התנועה

לצורך השלמת תמונת הנתונים הכמותית, נדרש מידע על נפחי התנועה וכיווני התנועה השונים. נתונים אלה עומדים בשלב תכנוני זה לרשות צוות התכנון, כחלק משלב הגדרת דיוקן הרחוב שנעשה לכל אחד מהרחובות המגיעים לצומת.

עם זאת, קיים הבדל מהותי בין התוצר הסופי שמתקבל מהגדרת דיוקנאות הרחובות, לבין התוצר הנדרש על-פי אותם הנתונים, לכשהם נבדקים בצומת: חתכי הרחובות משקפים את נפחי התנועה הנעים במקביל עם מיעוט חציות - אם בכלל - ואילו בצומת מרבית התנועות נפגשות וחוצות זו את זו, ולצורך העברתן את הצומת נדרש כלי קיבול המאפשר זאת; לפיכך בצומת נדרשים, בדרך כלל, קיבולת גדולה, ומבנה בקרה מתאים, שאינם נדרשים בקטעי הרחוב השונים, לצורך העברת התנועות בביטחה ובעיכוב מזערי.



סן פרנסיסקו, ארה"ב

הדיוקן התפקודי של הצומת יכלול לפיכך התייחסות למהירויות הייעוד, לסוגי התנועות, לנפחי התנועה, להעדפות התנועתיות הנגזרות מכך, לאמצעי הפרדה מבניים ולאמצעי בקרה הנובעים מכך.

3.5 הפרדה מפלסית

כאשר מכלול הנתונים יכול להצביע על כך, ששילוב תנועות במפלס אחד יכול לגרום לבעייה בטיחותית משמעותית, או להפריע באופן מהותי לתנועה, שנדרשת לה עדיפות משמעותית, קיימת אפשרות לביצוע צומת דו-מפלסי, כאשר המקרים המקובלים והמוכרים בעיר הם: מפלס מיוחד לתחבורה ציבורית ולרכבת קלה או כבדה, מעבר עילי או תחתי להולכי-רגל ולאופניים, הפרדה מפלסית בין צירי תנועה מנועית וכד'. עם זאת, הפרדה מפלסית אינה מתאימה למרבית המרקמים העירוניים, כמו גם למרב משתמשי הרחוב. מצב זה מחייב שינויי גובה משמעותיים לצורך הפרדה בין שני המפלסים במרחב מצומצם יחסית. ההשלכה הנובעת מכך הינה ביצוע קירות תומכים גבוהים, גשרים, או אלמנטים פיזיים אחרים העלולים לפגוע במרקם הקיים. עקב הצורך להבטיח הנגשה במפגשים דו-מפלסיים, דורשים הירידה והעלייה מרחב גדול ויקר במרקם ששטחו מוגבל ממילא. יתר על כן, מחקרים מגלים שבד"כ ציבור הולכי-הרגל ורוכבי האופניים מעדיף לנוע במרחב אורבני משותף עם שאר התנועות העירוניות כחלק ממרחב הרחוב העירוני, ולא במעברים נפרדים, אשר אינם 'נצפים' על-ידי יתרת המשתמשים, וזאת גם מסיבות הנוגעות לתחושת הביטחון והשייכות לכלל. מתוך כך, יש לשקול בזהירות רבה תכנון צומת דו-מפלסי.

עם זאת בצמתי דרכים, אשר בהם העדיפות היא באופן מוחלט לתנועה המנועית, ייתכן שצומת מופרד מפלסית הינו הפתרון היחידי העשוי להבטיח חצייה בטוחה ללא פגיעה בתפקוד הצומת. בגלל הצורך בהמשך תפקוד הצומת כמפגש לכלל המשתמשים, תמיד יישארו בעיר, גם בהפרדה מפלסית עילית או תחתית, מרכיבים של צומת במפלס אחד.



צומת עם הפרדות מפלסיות
לרכב ולהולכי רגל – הונג קונג

3

3.6 איפיון בקרת המפגשים

לפני שלב האיפיון הבא, שבו יהיה עלינו לזהות את מאפייני הבקרה של הצומת (האם נבחר במעגל תנועה, בצומת עם תמרורים או ברמזור?) יש לוודא שנתוני הבסיס לצורך קבלת החלטה זאת, הכוללים את מהירות הייעוד, סוגי התנועות ונפחי התנועה (כפי שפורטו בסעיף הקודם), ברורים וזמינים.

במטרה להתאים את מבנה הצומת למאפייניו השונים (למשל: נפחי תנועה בזרועות השונות, היבטי בטיחות והיבטים סביבתיים שונים), להלן רמות שונות של בקרת צמתים שמתאימות, לכאורה, למרבית הצורות הבסיסיות של הצומת:

א. צומת ללא אמצעי בקרה

צומת ללא אמצעי בקרה הינו צומת שאין בו הכוונה בתימרור, ובדרך כלל גם לא באמצעים גיאומטריים. צומת כזה נמצא בעיקר באזורי מיתון תנועה, שבהם כל הרחובות הם ממותני תנועה, והגישה לצומת, שאף בו קיים אלמנט כלשהו של מיתון תנועה, נעשית במהירות איטית, שאינה עולה על 30 קמ"ש.



צומת ללא בקרת תמרורים
באזור מיתון תנועה – ליון, צרפת

ב. צומת עם בקרת תמרורים

צומת עם בקרת תמרורים מאפיין חלק ניכר מהצמתים העירוניים, שבהם נפחי התנועה אינם מצדיקים רימזור, והתנועה מונחית ומכוונת על–ידי תמרורים ואמצעים גיאומטריים שונים (מפרדה, איי תנועה, משולשי ראות וכד'). בהשוואה לצמתים אחרים, צומת רגיל עם בקרת תמרורים בלבד, מתאפיין בעיקר בשטח הקטן שהוא צורך, ובעובדה שהוא חסר את התכונות הקיימות בצומת המרומזר ובמעגל התנועה:

1. אין בו הקצבת זמן ברורה למשתמשי הדרך השונים לצורך חציית הצומת. בשל כך הוא פחות חד–משמעי מבחינת תנועת הולכי–רגל מהצומת המרומזר וממעגל התנועה.
2. נדרשים לקיומו מרחבי ראות גדולים יותר מבמעגל תנועה.

ג. מעגל תנועה

במעגל תנועה (או צומת מעגלי), זרועות הצומת מתחברות למסלול סיבובי חד–סיטרי הקושר ביניהן. מעגל התנועה, המוכר כאלמנט ממתן תנועה מובהק, יכול להתאים לכל צומת שבו נפחי התנועה קטנים מאלה המצדיקים רימזור של הצומת. או שנפחי התנועה יכולים להיות גדולים יותר, אבל התנאים הגאומטריים והתפעוליים מאפשרים פתרון של מעגל תנועה (ראו להלן).

הצומת המעגלי בולט בכמה מאפיינים מובהקים:

1. הוא נוח לתנועת כלי–רכב, שכן התנועה בו נעשית לכיוון אחד בלבד, וסוגי הניגודים בו פחות חמורים מאלה שבצומת מסוג אחר.
2. הוא פחות נוח לתנועת הולכי–רגל בשל המבנה התנועתי עבור כלי–הרכב, אך בטיחותי יותר לכלל משתמשי הדרך.
3. הוא משתלב היטב בסביבה עירונית שאינה בטופוגרפיה קשה, בשל האפשרות לעיצוב נופי של הכיכר הנמצאת במרכזו.
4. נדרש לקיומו שטח גדול יותר מצומת מרומזר לתנאים מקבילים, אולם ניתן לחסוך בזכותו הקצאת שטחים שייעודם הרחבת מרחב הראות של משתמשי הדרך.

ד. צומת עם בקרת רמזורים

בצומת עם בקרת רמזורים מתבצעת בקרת התנועה על–ידי פעולת מערכת הרמזור, המקצה לכיווני התנועה השונים זמן מתאים לחצייה.

צומת מרומזר נדרש, בדרך כלל, בשל נפחי תנועה גדולים העוברים בו, העולים על 10,000 יר"מ (יחידות רכב מושווה) בשמונה השעות העמוסות ביותר. ההצדק לקיומו קיים גם כשנפחי התנועה קטנים מנפח התנועה שצוין לעיל, אולם יש בצומת תאונות דרכים רבות, או נפחים גדולים של הולכי–רגל החוצים אותו (ראו הנחיות לתכנון רמזורים, משרד התחבורה). רצוי להימנע מביצוע צומת מרומזר רק בשל הצדקי התאונות ונפחי הולכי–הרגל, אם נתוני השטח וההיבטים הסטטוטוריים מאפשרים להפוך הצומת למעגל תנועה (ראו לעיל).

ה. צומת מדורג

בצומת מדורג, זרועות הרחוב המשני אינן נמצאות בהמשך רציף, אלא בשתי הסתעפויות T לכיוונים מנוגדים, במרחק מסויים זו מזו לאורך הרחוב הראשי, שנותר המשכי.

קיימות שתי צורות של צומת מדורג:

- **דירוג שמאלי**, בו רכב הנע ישר ברחוב הראשי חולף תחילה על-פני ההסתעפות לשמאל, ולאחר מכן על-פני ההסתעפות לימין. הרכב החוצה מהרחוב המשני, פונה שמאלה לרחוב הראשי ואחר-כך ימינה להמשך הנסיעה ברחוב המשני.

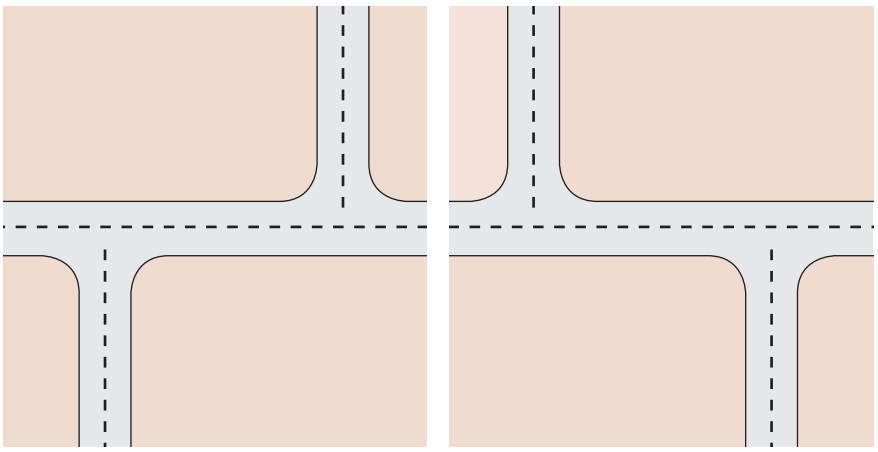
>>>
ראו בתרשים 3.1

- **דירוג ימני**, בו רכב הנע ישר ברחוב הראשי חולף תחילה על-פני ההסתעפות לימין, ולאחר מכן על-פני ההסתעפות לשמאל. הרכב החוצה מהרחוב המשני פונה ימינה לרחוב הראשי, ואחר-כך שמאלה להמשך נסיעתו ברחוב המשני.

>>>
ראו בתרשים 3.2

צומת מדורג, שמחייב פיצול של הציר המשני, הוא נדיר למדי בנוף העירוני (ומאד לא מומלץ מסיבות אורבניות, מבחינתן הוא מהווה שתי הסתעפויות נגדיות נפרדות), ויכול להתקיים, בדרך כלל, רק במדרג הרחובות הגבוה (עורק ומאסף ברמה 2).

פיצול כזה חיוני, כאשר נדרשת הגדלה של הקיבולת ברחוב המשני, וכאשר רוצים להמנע מהצטלבות בזווית חדה.



מימין: תרשים 3.1:
צומת מדורג - דרוג שמאלי

משמאל: תרשים 3.2:
צומת מדורג - דרוג ימני



הסתעפות בה הסדר הבקרה אינו תואם את המבנה הגיאומטרי - נשר

ו. צומת ימין–ימין

הסתעפות בה המפגש בין הזרועות המשניות עם הרחוב הראשי מאפשר לכלי–הרכב ביצוע תנועות ימניות בלבד. צומת ימין–ימין הוא בדרך כלל מבוקר תמרורים בלבד. החיסרון העיקרי של צומת מסוג זה, שאין בו פתרון בטיחותי דיו לחצייה של הולכי–הרגל את הרחוב הראשי.

טבלה 3.1 מציגה את אפשרויות הבקרה המתאימות לצמתים במדרג הרחובות האפשרי.

אמצעי בקרה	מדרג זרועות הצומת					
	רחוב מקומי עם רחוב מקומי	רחוב מקומי עם רחוב מאסף	רחוב מאסף עם רחוב מאסף	רחוב מאסף עם עורק (דרך)	עורק (דרך) עם עורק (דרך)	עורק (דרך) עם רחוב מקומי[1]
צומת ללא אמצעי בקרה	מתאים[2]	מתאים לפעמים[2]	לא מתאים	לא מתאים	לא מתאים	לא מתאים
צומת עם בקרת תמרורים	מתאים[3]	מתאים[3]	מתאים[3]	בד"כ לא מתאים	לא מתאים	מתאים[4]
מעגל תנועה	מתאים	מתאים	מתאים	לבדוק אם אפשר[5]	לא מתאים	לא מתאים
צומת עם בקרת רמזורים[6]	לא מתאים	לא מתאים	מתאים לפעמים	מתאים	מתאים	מתאים[7]
צומת ימין–ימין[8]	אפשרי ולא רצוי	אפשרי ולא רצוי	מתאים	מתאים	לא מתאים	מתאים
צומת מדורג[9]	לא מתאים	לא מתאים	לא מתאים	מתאים	מתאים	לא מתאים

טבלה 3.1: אפשרויות בקרה לצמתים במדרג הרחובות

1) מצב לא רצוי.

2) מתאים בעיקר באזורי מיתון תנועה.

3) לא מתאים באזורי מיתון תנועה.

4) לא מתאים כאשר יש צורך במעבר חצייה להולכי–רגל רבים בין שני צידי הרחוב העורקי (למשל כשיש בית–ספר באחד מצידי הדרך).

5) בייחוד בערים קטנות או ברחובות עורקיים פחות עמוסים, רצוי לשקול אפשרות לביצוע מעגל תנועה לפני הבחירה ברמזור.

6) בקרת רמזורים מותנית בהתאמה להצדקים תכנוניים בהנחיות משרד התחבורה. ברחובות מאספים מומלץ לשקול ביצוע מעגל תנועה בטרם הבחירה ברמזור.

7) חיוני בעיקר כאשר יש צורך במעבר חצייה עבור הולכי–רגל רבים בין שני צידי הרחוב העורקי.

8) צומת ימין–ימין יבוצע בדרך כלל בשל סיבות בטיחותיות, או כשאין ברירה וחייבים לבצע חיבור בין שני רחובות.

9) מפגש בין שני רחובות בו הרחוב המשני מפוצל בכוונת תחילה לצורך מטרות תנועתיות שונות והקטע בין שני חלקי הצומת הותאם במיוחד לשם כך (צומת נדיר למדי בנוף העירוני).

ז. צורת הצומת והכיוון הראשי

צורת הצומת תיקבע כך, שהכיוון הראשי יקבל המשכיות בתוך הצומת, במטרה להתאים את האופי הגיאומטרי להסדרי הבקרה. הכיוון הראשי (העיקרי) ייקבע לפי המדרג. הסתעפות מעידה על עדיפות טבעית לתנועה בציר הנמשך לעומת הציר הניצב, ולכן לא רצוי לקבוע תמרורי זכות קדימה דווקא באחת הזרועות בציר ההמשכי של הצומת, אלא לתקן את צורת הצומת כך שתתאים לעדיפות הבקרה.

3.7

תרשים מרכיבי דיוקן הצומת

תרשים 3.3 מפרט את מרכיבי דיוקן הצומת, לצורך סיוע לצוות התכנון הרב–תחומי לקבוע במשותף את התכונות והמאפיינים הנדרשים מהצומת המתוכנן.

תרשים 3.3:
מרכיבי דיוקן הצומת

.1 בסיס הדיוקן

מיקום הצומת	צורת הצומת	תפקוד הצומת
כתובת, אזור, מתחם תכנון, מספר צומת.	תאור גרפי סכימתי של צורת הצומת.	צומת רחובות / צומת דרכים.

.2 דיוקן זרועות הצומת

דיוקן זרוע 1
הפנייה לדיוקן רחוב / דרך הנפגשים בצומת.

דיוקן זרוע 2
הפנייה לדיוקן רחוב / דרך הנפגשים בצומת.

דיוקן זרוע 3
הפנייה לדיוקן רחוב / דרך הנפגשים בצומת.

דיוקן זרוע 4
הפנייה לדיוקן רחוב / דרך הנפגשים בצומת.

.3 דיוקן מרחב הצומת

דיוקן אורבני
- התפקוד האורבני של אזור הצומת.
- שימושי קרקע הגובלים בצומת.
- משמעויות ותפקידים אורבניים מיוחדים של הצומת.

דיוקן תפקודי
- מרכיבים תנועתיים עיקריים.
- סדרי עדיפויות לתנועות בצומת.
- אמצעי בקרה.

דיוקן מבני
- מימדים ומבנה הצומת.
- מבנה דופן הצומת.
- אמצעי הפרדה.



פורטו, פורטוגל

3.8 מדיוקן הצומת לתבנית הצומת

3.8.1 מבוא

תבנית הצומת הינה תיאור עקרוני של מבנה הצומת ומאפייניו במתכוננת המתוכננת כמענה לדיוקן – שהינו, כאמור, הפרוגרמה של הצומת.

גיבוש תבנית הצומת על בסיס הדיוקן הינו קביעה סופית של המרחב המוקצה למשתמשי הצומת, תוך חיפוש אחר איזון מיטבי בין צרכיהם.

כמו **שדיוקן הצומת** כולל בתוכו את דיוקני הרחובות הנפגשים בו, כך **תבנית הצומת** כוללת בתוכה את התבניות של הרחובות הנפגשים בו ונגזרת מהן.

הליך גיבושה של תבנית הצומת דומה בעיקרו להליך גיבושה של תבנית הרחוב. תבנית הצומת הינה למעשה 'תרגום' ערכי הדיוקן לכמויות ולמימדים סופיים. התבנית מתבססת, מחד, על התבניות של הרחובות הנפגשים בצומת (עם פרוט המרחבים שהוקצו ברחוב לכל משתמש), ומאידך על בחינה מדוקדקת של הנחיות התכנון בתחומי הצומת לכל משתמש, כפי שמפורט בפרקי ספר זה ובספרי ההנחיות הרלבנטיים, כגון: הנחיות לתנועת הולכי–רגל (קרן הרחוב, מקומות חצייה ועוד), הנחיות לתנועת אופניים (האופניים בצומת), הנחיות לתנועת רכב מנועי, הנחיות לתח"צ וכיוצ"ב.

(בשל הדמיון הרב בין הליך גיבוש תבנית הצומת לזה של הרחוב, מהווה פרק זה העתק לפרק המקביל בהנחיות לתכנון מרחב הרחוב, בשינויים המתחייבים).

3.8.2 זכות הדרך בצומת

כפי שפורט לא מעט בפרקי ספר זה, צומת הרחובות הוא מקום שבו נוספים באופן מהותי צרכי המשתמשים, נוצרים צרכים מיוחדים שאינם מתקיימים לאורך הרחוב, גדל הצורך בתיאום ובקרה בין המשתמשים, ומתחזק הצורך בהדגשת ההיבטים המרחביים והעיצוביים.

כל אלה דורשים מרחב גדול. ככלל, מרחב הצומת יהיה גדול יותר מהמרחב המוגדר ע"י חפיפת הרחובות הנפגשים בו. לכן יכלול שטח הצומת בשוליו מרחבים נוספים, שיתנו מענה גמיש ככל האפשר לצרכים הנוספים בצומת.

השטח המצטרף לזכות הדרך הליניארית של הרחוב באזור הצומת, על היקפו וצורתו, נגזר ממהות הצומת, מאופיו, מתפקידיו התנועתיים והאורבניים, וכן ממגבלות פיסיות, תכנוניות ואחרות. כל אלה מפורטים בפרקי ספר זה וכן בספרי המשנה התחומיים.

דרך מקובלת ושגורה לציין את אופן התרחבות זכות הדרך בצמתים הינה הגדרת רדיוס למגרש הפינתי של הרחוב. אמצעי זה נותן מענה חלקי ומוגבל בלבד, הממוקד בעיקר בהיבטי מרחב הראות של כלי הרכב (היבט מהותי כשלעצמו), אולם מי שרואה בצומת הרחובות מרחב עמוס ורגיש, המאכלס פעילות עירונית אינטנסיבית של הולכי–רגל ומשתמשים רבים אחרים, יתקשה למצוא מענה מספק בהרחבות הנוצרות על–ידי 'העגלת פינות' הצומת.

>>>
ראו תרשימים 5.2–5.10 בהנחיות לתנועת הולכי–רגל.

לצורך כך פורטו בספר זה אפשרויות שונות להרחבת זכות הדרך של הצומת, באופן שיתן מענה לצרכים רבים ומגוונים ככל הנדרש.

עוד ראוי לזכור, כי קביעת מרחב הצומת (זכות הדרך), מתרחשת במסגרת ההליך התכנוני שבו נקבעים גבולות המגרשים וממדי הרחובות והדרכים (בדרך כלל 'תכנית מפורטת' כמשמעותה בחוק התכנון והבניה). בשלב זה, לכל המאוחר, ראוי שיהיו בידי צוות התכנון הן דיוקן והן תבנית לצמתים המתוכננים, באופן ששטחם יתאים למאפיינים המבניים והתפקודיים שתוכננו להם.

<<<
ראו פירוט בהרחבה בפרק 5 – "קרן הרחוב" בהנחיות לתנועת הולכי-רגל

3.8.3 תכולת תבנית הצומת

תבנית הרחוב כוללת חתך עקרוני, מקטע טיפוסי, מקטעים מיוחדים לאורך הרחוב. באופן דומה, כוללת תבנית הצומת את המבנה העקרוני של כל הזרועות הנפגשות בצומת וכן פתרון עקרוני לדרישות מיוחדות, אם ישנן, למפגשים בין הסוגים השונים של משתמשי הרחוב.

3.8.4 תבנית כהליך חזרתי

כמו בגיבוש תבנית הרחוב, גם תבנית הצומת מבוססת על קביעת המידות הנדרשות לכל אחד מהשימושים בצומת. כמו ברחוב גם בצומת, סך המידות המתקבל מסיכום צרכי המשתמשים איננו בהכרח התוצר הסופי של תבנית הצומת. סביר להניח, שבמקרים רבים סך המידות המתקבל יימצא בסתירה לעקרונות או לעוגנים שנקבעו בדיוקן – כמו לדוגמא, כשמימדי הצומת הרצויים חורגים מזכות הדרך המאושרת, או סותרים את המציאות באתר (למשל – עצי רחוב קיימים). במקרים אלו יש לבחון שוב את איפיוני הדיוקן, את העקרונות שגובשו ואת העוגנים שהוגדרו, ולחזור שוב לספרי ההנחיות הפרטניים לבחינת חלופות נוספות.

ברור, אם כך, שתהליך המעבר בין דיוקן לבין תבנית הינו תהליך מחזורי, החוזר על עצמו מספר פעמים בשלבי התכנון השונים, עד למציאת האיזון המיטבי לצומת המתוכנן.



ככר המדינה – תל אביב

3.9 יצירת תבנית צומת מאוזנת
(או הליך מפח הנפש)

א. מבוא

סביר, כי הגיבוש הראשוני של תבנית הצומת יהיה צירופם של משתני התכנון על–פי ההנחיות הנושאיות של ספרי ההנחיות. זהו שלב "מפח הנפש", כי ברוב המקרים קיים פער בין הצרכים המיטביים הנדרשים למשתמשי הצומת לבין המרחב העומד לרשותם, בעיקר בצמתים קיימים. משלב זה מתקיים הלכה למעשה תהליך האיזון – הליך מתודי מחזורי של שלבי גיבוש התבנית באופן הנאמן ככל האפשר לסדרי העדיפויות, לעקרונות ולעוגנים שנקבעו בדיוקן.

המוצר של שלב תכנוני זה יהיה מגוון של חלופות לתבנית הצומת, אשר מתוכן תיבחר זו המשרתת באופן נאמן ומאוזן ככל האפשר את עקרונות הדיוקן.

ב. איזון המרחב

המצב המיטבי שבו ניתן להקצות לכל משתמש בצומת מרחב מספק לפעילותו, לא רק שאינו מעשי, אלא במידה רבה אינו רצוי. דוגמא מובהקת לכך היא הרצון לתת פתרון מספק לתנועה מנועית בשעות שיא, מצב היוצר בזבוז מרחב לאורך שעות היום ואף סכנה בטיחותית – עודף של נתיבי תנועה בצומת ללא שימוש מעודד נסיעה מהירה מחד גיסא, וחצייה לא זהירה מאידך גיסא.

הצורך לחסוך במרחב ולייעל את השימוש בו, מחייבים את המתכננים להתמודד עם פשרות ועם ויתורים מושכלים, אשר יכולים להיעשות באמצעים הבאים:

- **צמצום מספר ההקצאות למשתמשים** – בחירה מושכלת להקצות בצומת מרחב לפעילותם של משתמשים מסויימים, ולהימנע ממתן מרחב למשתמשים אחרים. דוגמאות לכך – ויתור כליל על רצועת חנייה ברחובות צרים, ויתור על רצועה לעצמים נייחים בצד אחד של הרחוב.
- **צמצום מימדי המרחבים** – הקטנה עד למינימום הסביר של מימדי הרצועות המתוכננות בצומת, גם על חשבון יעילות תפקודן. דוגמאות לכך – הצרה של נתיבי התנועה המנועית, או ויתור על חלק מנתיבי התנועה באופן הגורם להקטנה של יעילות התנועה.
- **שיתוף מרחבים** – יצירת מרחבים משותפים למספר משתמשים, גם אם באופן הפוגם ברמת השירות של הצומת. דוגמאות – נתיב תנועה משותף לרכב נוסעים ולתחבורה ציבורית (אמצעי מקובל במרבית הרחובות); נתיב תנועה משותף לתנועה ישר ולפנייה ימינה וכיוצ"ב.

ג. תבניות לדיוקנים נפוצים

בפרק 6 מוצגות תבניות אופייניות לתכנון צמתים חדשים או לשדרוג צמתים קיימים בהם קיים מרחב מספיק לביצוע תבניות מלאות.

פרק 4:

תהליך תכנון הצומת

פרק 4:
תהליך תכנון הצומת

4.1 הקדמה

פרקים 2 ו–3 הציגו את המתודה לתכנון הצומת, כאשר פרק 2 התמקד בהצגת עקרונות הצומת, ופרק 3 בהגדרת מאפייניו, הבאים לידי ביטוי בדיוקן הצומת ובתבניתו. תפקידו של פרק 4 הוא לגשר בין הפרקים הראשונים, התיאורטיים לכאורה (שהם חשובים ביותר לצורך הבנת המורכבות בתכנון הצומת), לבין פרק 5, המעשי לכאורה, של רכיבי תכנון הצומת.

4.2 תכנון הצומת משלב קביעת הרשת ועד לשלב התכנון המפורט

4.2.1 הקדמה

תכנון הצומת הינו תהליך מתמשך, המקביל לתכנון הרחובות, שראשיתו בשלב **תכנון הרשת העירונית** כחלק מהגיבוש הראשוני של המרקם האורבני, המשכו **בקביעת הדיוקן ותבנית הצומת**, וסיומו במהלך **התכנון המפורט** של הצומת על שלביו ומרכיביו השונים.

מטרת התהליך היא להשיג התאמה מרבית של מבנה הצומת לצרכים הבסיסיים, שהוגדרו בפרק העקרונות לתכנון הצומת:

א. הצומת יתאים בצורה מיטבית לאזור העירוני בו הוא ממוקם, תוך הקפדה על מאפייניו האורבניים, על נראותו המרבית, על מרחקיו מצמתים סמוכים ועל בהירותו למשתמשים השונים.

ב. מרחב הצומת יהיה קומפקטי ויעיל, מחד גיסא, ומאוזן בחלוקת שטחיו ובחלוקת 'עוגת הזמנים' שלו, מאידך גיסא.

ג. הצומת יהיה בטוח, ויאפשר תנועה רציפה, תוך התייחסות הולמת לכל משתמשי הדרך.

לצורך השגת המאפיינים הללו יקפיד צוות התכנון על התייחסות מתאימה למרכיבי הצומת השונים, משלבי התכנון המוקדם דרך שלבי התכנון המפורט, ועד לשלבי הפיקוח העליון והבקרה.

4.2.2 תכנון הצומת בשלב תכנון הרשת העירונית

שלב הרשת בתכנון מערך רחובות העיר כולל בתוכו את הליכי התכנון הראשוניים, אשר בהם נקבעים מאפייניו הבסיסיים של המרקם העירוני ומערך התנועה, נפרשים הצירים העירוניים, ומעוגנים גיאוגרפית במיקומם הסופי. בשלב זה, מאבחנים את רחובות העיר בנפרד מהדרכים, וקובעים את המרחק בין רכיבי המערכת ואת מקומות המפגש ביניהם – הצמתים.

שלב זה בא לידי ביטוי בעיקר בתוכניות אב ו/או תוכניות מתאר בשלבים הראשונים של גיבוש התפיסה האורבנית/תנועתית של מרחב התכנון. שלב זה איננו רלוונטי בעת רה–תכנון של מרקמים קיימים. מקובל לייצג בשלב זה את הרחובות והדרכים בייצוג גרפי קווי, המדגיש את מיקום מרכיבי הרשת, ולא בהכרח את מימדיהם.

על צוות התכנון למקד את טיפולו בסוגיות הבאות:

א. קביעת מרחקים בין הצמתים הממוקמים לאורך הרחובות והדרכים במערכת זו (ראו טבלה 2.1 לעיל).

ב. בדיקת מאפייני הראות של כל צומת, והקפדה על תכנון נכון של עקום אנכי ועקום אופקי, אם נמצאים בקרבת הצומת (ראו סעיפים 5.6 – 5.7, 5.10 בהנחיות אלה).

ג. חשיבה ראשונית בנוגע לתפקיד הצומת במרחב העירוני, והתאמה ראשונית של שטחי הצומת הנדרשים לתפקודו.

ד. לפעמים קיימת דרישה להגדיל את היקף הפירוט בתכניות אלה, ולקבוע מאפיינים אורבניים שיחייבו את המתכננים בהמשך התכנון. במקרים כאלה, על צוות התכנון לבדוק את מידת ההתאמה של שימושי סביבת הצומת לאיפיונו האורבני (צומת דרכים/צומת רחובות, רחוב עירוני/דרך עירונית).

כך למשל, קביעת חזית מסחרית על דרך עירונית (מהירות יעוד 70 קמ"ש), ולו רק באופן נקודתי, סותרת את ההנחייה לפיה אין לאפשר נגישות מדרך עירונית לדופן הרחוב, ואין חנייה. במקרה כזה, החזית המסחרית לדרך תחייב הורדת מדרג הרחוב והתאמת כל מאפייניו למדרג נמוך יותר (מהירות יעוד 50 קמ"ש).

ה. בדרכים עירוניות בעיקר, יש לבדוק הצורך הראשוני בקיומן של הפרדות מפלסיות לכלי–רכב או להולכי–רגל, שכן קיומן מחייב את סימונן בתכנית המתאר, והקצאת השטח הנדרש עבורן.

המוצר התכנוני של שלב הרשת העירונית בהתייחס לצמתים יכלול:

- מיקום הצמתים בתחום התכנון (כולם או חלקם על–פי רמת הפרוט המתאימה).
- אבחנה בין 'צמתי רחובות' ל'צמתי דרכים'.

מוצרי התכנון של שלב הרשת מהווים מענה מספק לתכניות עירוניות העוסקות במערך הרחובות והדרכים ואשר נדרשת בהם קביעת **מיקום** מרכיבי הרשת ולא **מימדיהם**.



צומת עתיר בתנועות משתמשים שונים במע"ר - ניו יורק, ארה"ב

4.2.3 שלב הדיוקן בתכנון הצומת

בשלב הדיוקן נקבעת פרוגרמה (דיוקן) לכל מרכיב של רשת הרחובות, הדרכים והצמתים. דיוקן הצומת מפרט את משתמשיו ומרכיביו של הצומת המתוכנן. שלב זה הינו תנאי בסיסי לקביעת מימדים סופיים למרכיבי הרשת, ובמסגרתו על המתכנן להתייחס לשלושת שלבי התכנון המוצגים בפרק 3:

א. סיווג הצומת על-פי איפיונו האורבני

קביעת סוג הצומת על-פי איפיונו האורבני והתאמת השימושים הגובלים בצומת לאיפיוניו (צומת רחובות או צומת דרכים, רחוב עירוני או דרך עירונית).

ב. קביעת המבנה הגיאומטרי הבסיסי

קביעת המבנה הגיאומטרי הבסיסי שבו אפשריות 2, 3, 4 זרועות או יותר.

ג. בדיקה וקביעה של סוגי התנועות, היקפן והשטחים הנדרשים עבורן

תכנון הצמתים בתכנית הבינוי העירונית יתבסס על הצבות תנועה, או על ספירות תנועה מתואמות, או על הערכה של נפחי התנועה של סוגי התנועות השונים שיהיו בצומת.
המתכנן התנועתי חייב לבדוק אם צפוי גידול בכמות התנועה בצומת מעבר לגידול התנועה הרגיל החזוי במערכת כולה. במיוחד עליו לבדוק אם צפוי שינוי בפילוג התנועות בעתיד. על-בסיס הנתונים הללו, ייקבעו מרכיבי כל צומת והשטחים הנדרשים לבנייתו ולפיתוחו.
עיבוד וניתוח הממצאים העולים משלושת שלבים אלו - סיווג הצומת על-פי האיפיון האורבאני, קביעת המבנה הגיאומטרי ובחינת סוגי התנועות והיקפן - מחייבים החלטה בשני נושאים מהותיים לתכנון המפורט והם: קביעת הצורך בהפרדה מפלסית, וקביעת אופן הבקרה.

ד. קביעת הצורך בהפרדה מפלסית

ככל שהפרדה מפלסית ברחובות העיר נדירה, היא נדרשת, לפעמים, בצמתי דרכים עמוסים, המחייבים קיבולת ורמת–שירות גדולים מבצומת רחובות.
ההחלטה על קיומה של ההפרדה המפלסית הוא מידע הכרחי, שחייב להגיע לידי ביטוי ברור בתכנון המתארי.

ה. קביעת אופן הבקרה

שלב התב"ע אינו מחייב קביעה של סוג הבקרה בצמתים. קיים לפעמים צורך בהגדרת אופן הבקרה בתכנית תב"ע, בעיקר כאשר קיימת אפשרות לביצוע מעגל תנועה, שלצורך פיתוחו נדרש שטח גדול יותר, לאזור הכבישים והמדרכות.
מעבר להתייחסות הנדרשת לשלושת שלבי התכנון לעיל, על צוות התכנון לבדוק את מאפייני הראות של כל צומת, ולהקפיד על רכיבי התכנון הבאים:

- משולשי ראות נכונים (סעיף 5.10);
- עקום אנכי מתאים (סעיף 5.6);
- עקום אופקי מתאים (סעיף 5.7).

ו. המוצר התכנוני

>>>
ראו תרשים 3.3 – מרכיבי דיוקן הצומת

המוצר התכנוני של שלב הדיוקן הוא **"דיוקן הצומת"** – מסמך מילולי/גרפי המפרט את הפרוגרמה של הצומת המתוכנן, ומאפיין אותו מבחינה איכותית וכמותית.

ז. התאמה להליכי התכנון הנקוטים



צומת מרומזר – פריז, צרפת

שלב הדיוקן (הכולל את הפרוגרמה לצומת ולזרועותיו) אינו מהווה חלק מובנה בהליכים הסטטוטוריים הנקוטים, אך הינו תנאי ראוי לשלב הקובע את מימדיו וצורתו של הצומת ("שלב התבנית"). לפיכך, ניתן להצמיד את גיבוש הדיוקן לשלב תכנון הרשת, כהכנה לשלבים הבאים, או להצמידו כשלב מקדים לשלבי התכנון הבאים (שלבי התבנית), הקובעים את מימדיהם של הצמתים ורכיבי הרשת. **לא ניתן להשלים תוכנית מתאר מפורטת המגדירה מידות ללא ביצוע שלב זה.** שלב זה רלוונטי והכרחי בשיקום מרקמים קיימים, היות שמערך ההחלטות הנובעות ממנו עשוי להגדיר מחדש את אופן חלוקת שטח הצומת – המעוגן סטאטוטורית – בין משתמשי הצומת השונים לצורך יצירת איזון חדש ביניהם.

4.2.4 הצומת בתכנון המפורט

>>>
הנחיות לתכנון מרכיבי הצומת הפרטניים מוצגות בפרק 5 בהמשך

הליך התכנון הפרטני של הצומת מתחיל לאחר שמאפיינים חשובים ביותר כמו: סיווג הצומת, כמות זרועות הצומת, מפלסי הצומת, שטחי הצומת וגבולותיו, וחלק משמעותי ממרכיבי הראות בצומת, כבר נקבעו במהלכי תכנון קודמים.

למרות האמור לעיל, תכנונו המפורט של הצומת יחזור ויסתמך על כל העקרונות לתכנון הצומת שפורטו בפרק 2, ושתקציר שלהם מופיע בסעיף 4.2.1 לעיל. עובדה זו מבליטה ומדגישה את הצורך במיצוי מלא ומפורט ככל הניתן של עקרונות הצומת בשלבי התכנון המוקדם.

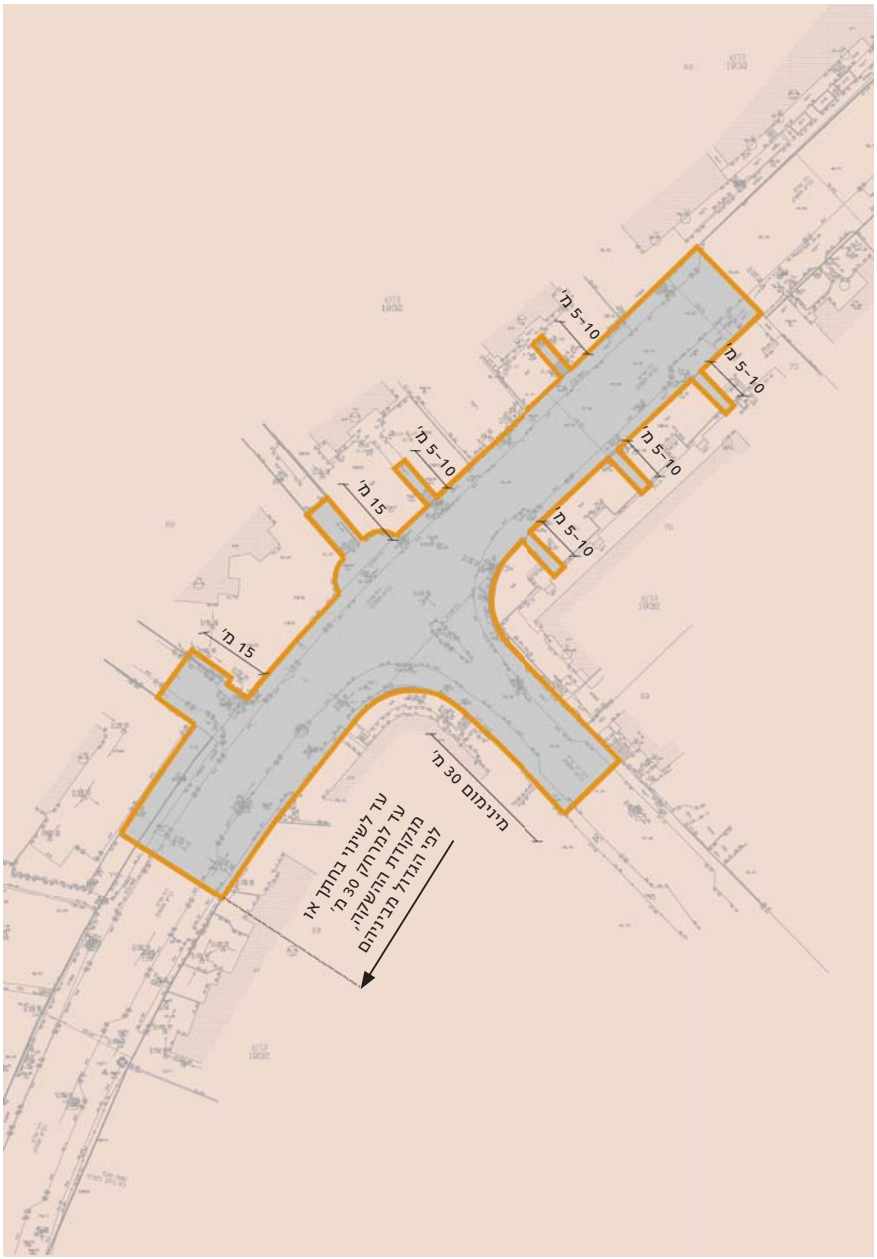
אורך מבואות הצומת, הכולל את תחום התכנון של הצומת, ייקבע על–ידי צוות התכנון של הצומת, מתוך התחשבות בכל הרכיבים המשפיעים על תכנונו. כך, למשל, יכלול תחום התכנון של הצומת את הרכיבים הבאים:

- כל אורך שיידרש לצורך הבנת אזור הצומת ולתכנון מלא ומושלם של כל רכיביו.
- כל אורך המאפשר ראייה כוללת של כל נתיבי הצומת, לרבות מלוא אורך הלוכסנים, קטעי האחסון והמעבר בין כמות נתיבים אחת לכמות אחרת.
- כל אורך ורוחב הקטע המציגים תמונה מלאה של מרחב הראות הנדרש לצומת.
- כל רוחב הקטע המשפיע על הבנת מרחב הרחוב, לרבות מדרכות, שבילים, שצ"פים ושטחי ציבור הנמצאים בסמוך לצומת.
- כל אורך העקום האנכי והעקום האופקי שבהם נמצא הצומת, או שהוא נמצא בסמוך אליהם, ומעבר לכך.
- כל אורך הקטע שבו חלים שינויים בחתך הרחוב טרם תחילת התכנון, וכל האורך הנדרש לקטע בו חלים שינויים בחתך הרחוב במסגרת התכנון החדש.
- כל אורך הקטע שבו יידרש לסמן גלאים בצומת מרומזר.
- בכל מקרה, תחום התכנון לא יקטן מהאורך המזערי המוצג בטבלה 4.1.

טבלה 4.1:
אורך מזערי במבואות הצומת[1] ובגישות אליו לצורך תכנון הצומת

מיקום	אורך (מטר)
כניסות לחצרות ולחניות[2]	10–5
שבילי ה"ר[2] ושבילי אופניים[2]	30–15
רחובות בצומת רחובות	30
רחובות בצומת דרכים	50
דרכים בצומת דרכים	100

1) האורך של מבואות הצומת נמדד מנקודת ההשקה של קווי אבני השפה – ראו תרשים 4.1.
2) אורך מדידה בניצב לרחוב.



תרשים 4.1:
הגדרת התחום המזערי של מרחב צומת רחובות הנדרש בתכנון לביצוע – מדידת מצב קיים

4.3 נתוני הצומת הנדרשים לתכנון

4.3.1 הקדמה

לפני הגשת התכנון חייב צוות התכנון לדעת את אופן העריכה וצורת ההגשה של התכניות. בתכניות יכללו כל תחומי התכנון הנדרשים לביצוע מלא ומושלם של הצומת, הכוללים בין השאר: תכנון תנועתי ותחבורתי, תכנון אורבני וסביבתי, תכנון נופי, תכנון פיזי ותכנון מערכות התשתית העיליות והתת–קרקעיות בצומת.

4.3.2 תכנית מדידה

התכניות יוגשו על גבי מדידה עדכנית, שהיקף פרטיה וגבולותיה לצורך תכנון הצמתים בה יותאם לסוג התכנית כלהלן:

א. תכנית אב ומתאר

(תכנית מדידה בקנה מידה 1:5000 – 1:2500):

התכנית תכלול את כל הצמתים הנמצאים על רשת הדרכים העירונית הראשית בסמוך לגבולות התכנית, או עד 500 מטר מהם. המידע הפרטני בתכנית זו לצורך תכנון הצמתים יכלול: קווי טופוגרפיה המותאמים לתקנות המדידה, אזורי בינוי קיימים, וכל מידע נוסף היכול להשפיע על תכנון הצומת ובטיחותו, ברמת התכנון המתארית.

ב. תכנית בניין עיר מפורטת

(תב"ע לרובע או לשכונה בקנה מידה 1:1250 – 1:1000):

התכנית תכלול את כל הצמתים הנמצאים בסמיכות לצמתים בתחום התכנית, או עד למרחק של 250 מטר מהם. המידע הפרטני בתכנית זו לצורך תכנון הצמתים יכלול: קווי טופוגרפיה המותאמים לתקנות המדידה, קווי חלקות הסמוכים לצומת, וכל מידע תכנוני נוסף שיכול להשפיע על תכנון הצומת ובטיחותו ברמת תכנון זו.

ג. נספחי בינוי ופיתוח הנלווים לתב"ע

(תב"ע נקודתית בקנה מידה 1:1250 – 1:500):

מדידה עבור תכנית בינוי נקודתית, שקיימים בתחומה צמתים, תכלול צמתים סמוכים וקטעי רחוב בעקומות אופקיות ואנכיות עד למרחק של 250 מטר מגבולות התכנית. המידע הפרטני בתכנית זו לצורך תכנון הצמתים יכלול: נתונים מפורטים על הגבהים בתחום הצומת ובסביבתו, קווי חלקות, גדרות, כניסות לבתים ולחניות, תשתיות עיליות וצמחיה.

ד. תכנית לתכנון צומת לביצוע

<<<
ראו סעיף 4.2.4 ותרשים 4.1

(קנה מידה 1:500 – 1:250):

היקף המדידה יכלול את כל השטחים הנדרשים לתכנון מלא ומושלם של הצומת והכוללים, בין השאר, את לב הצומת, המדרכות והשבילים בצומת, קרנות הצומת, שבילים המובילים לצומת, כניסות לחצרות ולחניות, מבואות הצומת וכד'.

תכנית המדידה לרמת הביצוע תכלול רמת פירוט גבוהה, הכוללת: גבהים בתחומי הצומת ובחצרות הסמוכות, כל העצמים במרחב הצומת, לרבות: בניינים, קירות, מרפסות, קולונדות, סככות רכב ואזורי חנייה, עצים, צמחייה, עמודים, ברזים, ארונות, גדרות, תאים, אבני–שפה לסוגיהן, ומערכת התשתית העילית והתת–קרקעית במרחב הצומת. כמו–כן תכלול המדידה את קווי זכות–הדרך וקווי החלקות הפרטיות והציבוריות הגובלות בצומת.





למעלה: ורשה, פולין. למטה: פריז, צרפת.

4.3.3 חומרי הגלם לתכנון הצומת

מעבר למדידה הנדרשת לכל תכנון של צומת בכל רמה תכנונית (אב, מתאר, תכנון לביצוע), נדרשים חומרי גלם נוספים לתכנונו של הצומת:

א. תכנית בניין ערים סטטוטורית ותכנית בינוי

על צוות התכנון להכיר את התכנית הסטטוטורית התקפה הכוללת את הצומת וסביבתו. במסגרת זו על צוות התכנון להשיג מידע על השינויים המתוכננים באזור הצומת מבחינת בינוי ופיתוח, בעיקר באשר לגבולות הרחובות והחלקות, לחיבורי רחובות חדשים, ולתוספות של שימושים ומוקדי פעילות בסביבת הצומת.

ב. ספירות תנועה וחיזוי תנועה

יש לתכנן כל צומת על בסיס נתונים כמותיים המתייחסים לעוצמת התנועה למשך היום ובשעות השיא שלאורכו, ולפילוג התנועה בצומת לכיווניו השונים. בצמתי רחובות מקומיים, הספירה יכולה להיות מדגמית או של שעות שיא בלבד. בצמתי רחובות מאספים ובצמתי דרכים, הספירה תהיה מלאה למשך 14 שעות ביממה לפחות. בתחומי מסחר, בקניונים ובשימושים עם ימי וזמני פעילות שונים, יבוצעו ספירות גם בימי שישי, במוצאי שבת, ובזמנים וימים אחרים המתאימים לשעות הפעילות של כל שימוש.
המתכנן התנועתי חייב לבדוק אם צפוי גידול בכמות התנועה בצומת מעל לגידול התנועה הרגיל החזוי במערכת כולה. במיוחד עליו לבדוק אם צפוי שינוי בפילוג התנועות בעתיד.

ג. דיוקנאות של הרחובות הנפגשים בצומת

קיימת חשיבות רבה לקיומם של דיוקני זרועות הצומת, שאותם מכינים על–פי הנהלים המופיעים בפרקים 3 ו–4 בהנחיות לתכנון מרחב הרחוב.

ד. איסוף נתונים וצילום מרחב הצומת

תכנון שינויים בצומת קיים יבוצע רק לאחר שצוות התכנון סייר בצומת ולמד את מאפייניו ומרכיביו באופן ישיר ובלתי–אמצעי, ורשם וסימן לעצמו את עיקר רכיביו ומאפייניו של הצומת.
ראוי ללוות את הסיור בצומת בצילום של מרחביו ומאפייניו, כדי לאפשר זיכרון חזותי של הצומת גם שבועות וחודשים לאחר קיום הסיור.

ה. נתוני תאונות דרכים בצומת

במקרה של תכנון שיפורים בצומת קיים, יש לאסוף נתונים לגבי מספר תאונות הדרכים וסוגיהן במשך שלוש השנים האחרונות. ניתוח גורמי התאונות יכול להצביע על בעיות תכנוניות שאינן נראות לעין ממבט ראשון כמו: תנאי ראייה לקויים, מבנה גיאומטרי מבלבל, הפרעות לתנועת משתמשי הדרך, פעילות רמזור לא תקינה וכד'.

פרק 5:

רכיבי הצומת

פרק 5:
רכיבי הצומת

5.1 מבוא

פרק זה מביא בפני צוות התכנון את הנחיות התכנון הפרטניות לתכנון הצומת. הפרק נכנס לפרטי הפרטים של תכנון רכיבי הצומת, ומאפשר לצוות להתאים בכל שלב תכנון את שטחי הצומת ורכיבי הצומת הנדרשים.

בטרם יזדקק צוות התכנון להנחיות התכנון המופיעות בפרק זה, ראוי שיחזור וישנן את תכני הפרקים הקודמים, שמהווים את הבסיס והמדריך לתכנון הצומת העירוני:

פרק 2 הציג בפני המתכנן את העקרונות לתכנון הצומת ומאפייני התכנון העיקריים. הפרק הבהיר את ההבדל המהותי בין מאפייני קטע דרך לבין מאפייני הצומת, והתריע על עובדת היותו של הצומת מקום מועד לתאונות. בפרק הוצגה הנחיית תכנון הנוגעת למרחקים בין צמתים לאורך רחובות (סעיף 2.2.2 וטבלה 2.1). — פרק 2

פרק 3 פרש בפני צוות התכנון את המנגנון לגיבוש דיוקן הצומת, החל מהשלב בו נקבעים איפיונו האורבני של הצומת (צומת רחובות או צומת דרכים), איפיונו הגיאומטרי של הצומת (שלוש, ארבע או יותר זרועות), איפיוני תפקוד הצומת (מהירות הייעוד, סוגי התנועות, נפחי התנועה וכד') ואיפיון בקרת המפגשים. בסיכום הפרק הוצגה טבלה שבה מומלצות אפשרויות הבקרה השונות למדרגי צומת שונים (סעיף 3.6 וטבלה 3.1). — פרק 3

פרק 4 הנחה את צוות התכנון בסבך התוכניות השונות בנוגע לתוכנית המדידה הנדרשת לצומת, והציג את חומרי הגלם הנדרשים לתכנונו. — פרק 4

תכנונו של הצומת, כמשתמע מפרק 4, מתחיל מהשלבים הראשוניים ביותר של התכנון האורבני, וכבר בהם אנו זקוקים להשתמש בנתוני פרק 5.
בכל שלב תכנוני אנו נזקקים לסעיפי התכנון הנכללים בפרק 5, ובכל שלב בסדר שונה מזה שנדרש בשלב שקדם לו. מסיבה זו, אין לראות בסדר הסעיפים שבפרק זה סדר מחייב לתכנון, ועל צוות התכנון להתאים לעצמו את הסדר המתאים לו ולשלב התכנון בו הוא נמצא.

פרק 5

הנחיות פרק 5 מתמקדות בסעיפי התכנון הבאים:

א. מספר הנתיבים המרבי מההיבט האורבני (הנחיות אלה אינן מטפלות בנפחי תנועה וברמות שירות!);

ב. רוחב הנתיבים;

ג. פרישת נתיבים במבואות הצומת;

ד. נתיבים מיוחדים בצומת;

ה. מיקומו הטופוגרפי של הצומת;

ו. צומת בעקום אופקי;

ז. איי התנועה;

ח. קווי הצומת (רדיוסי שפה ורדיוסי פניות).

ט. מרחבי ראות בצומת;

פרק 6

פרק 6 יציג דוגמאות לתכנון צמתים שונים במרקם העירוני.

הנחיות לתכנון מרכיבים בצומת העירוני קיימות במקביל גם בשני ספרי תכנון נוספים במערך הנחיות זה: ההנחיות לתנועת אופניים בערים, וההנחיות לתנועת הולכי–רגל. הפרק להלן משלב את עיקרי ההנחיות המופיעות בספרים אלה, והמהווים חלק אינטגרלי מההנחיות לתכנון הצומת העירוני.

<<<
ראו חומר נוסף בנושא

לתכנון צמתים באזורי מיתון תנועה	לתכנון צמתים עם תנועת אופניים	להנחיות מפורטות למאפיינים הייחודיים לצמתים מרומזרים
ראו סעיף 7.6 – "צמתים" ב"הנחיות לאזורי מיתון תנועה", 2002.	ראו פרק 5 – "צמתים ומפגשים" בהנחיות לתנועת אופניים מסדרת ההנחיות הנוכחית.	ראו "הנחיות לתכנון רמזורים בישראל" במהדורה החדשה הנמצאת בהכנה במקביל להנחיות שלפניכם.

5.2 מספר נתיבי הצומת

5.2.1 מבוא

קביעת מספר נתיבי הצומת הינו המהלך התכנוני המרכזי והמכריע ביותר בעיצוב מבנה הצומת ותיפקודו: ככל שנרבה במספר הנתיבים בצומת נגדיל, מחד גיסא, את קיבולתו לרכב מנועי, אולם בד–בבד נגדיל את זמני הפינוי, נרחיב את שטחי הניגודים ונקשה על חצייתו ע"י התנועות הרכות.

ככל שנצמצם את מספר הנתיבים, כך נקטין את קיבולת הצומת לרכב מנועי, אולם נהפכו לידידותי יותר למשתמשים הרכים ונשפר משמעותית את היבטי הבטיחות בתחומו.

הבחירה בין הקיבולת של הצומת לבין ידידותו ובטיחותו מגיעים לידי ביטוי, בעיקר, במהלך קביעת איפיונו הבסיסי של הצומת: בצומת דרכים נבקש לספק בעיקר קיבולת למעבר מהיר ויעיל של כלי–הרכב דרכו, לעומת צומת רחובות שבו נדאג לעצב את הצומת כחלק אינטגרלי של המרקם העירוני, תוך הפניית תשומת–לב רבה יותר לתנועות הרכות ולאיזון בין התנועות השונות שבתוכו.

איפיונו הבסיסי של הצומת ודיוקני הרחובות הנפגשים בתחומו הם חומר הגלם העיקרי הנדרש לצורך עיצובו, ולא פעם יתברר שקיימת אי–התאמה בין מאפייני הנתיבים בקטעי הרחובות (או הדרכים) לבין מאפייני הנתיבים החוצים את הצומת:

- בקטעי הרחוב המגיעים לצומת, כל נתיב מעביר תנועה בכיוון אחד בלבד, ולעומת זאת בנתיב בצומת התנועות מתפצלות לכיוונים שונים;
- בקטע הרחוב יש 'שותפים' מעטים לזמן המעבר לאורכו, ולעומת זאת בצומת יש 'שותפים' רבים לזמן המעבר בנקודות רבות בתחומו;
- חסימה של נתיב בקטע רחוב גורמת, בדרך כלל, לעיכובים ברחוב אחד בלבד, ולעומת זאת סתימה של נתיב בצומת יכולה להשפיע על מרחב גדול בהרבה מאזור הצומת.

יצירת הצומת, לפיכך, היא מהלך מורכב, שבו על צוות התכנון למצוא את האיזון הנדרש בין הצרכים השונים של משתמשי הדרך לבין סביבתו הקרובה והרחוקה.
מטרת הסעיפים הבאים הינה לקבוע כללים ראשוניים להנחיית צוות התכנון במהלך קביעת מספר הנתיבים בצומת.



צומת מרומזר עתיר נתיבים – אשדוד

5

5.2.2 נתיבים בצומת דרכים

א. צומת דרכים מרומזר

מספר הנתיבים בצומת דרכים מרומזר (צומת דרכים יהיה בדרך כלל מרומזר), תלוי ביכולתו של הרמזור לתפקד בשעות השיא ברמת שירות סבירה וברמת עיכובים מזערית למשתמשי הדרך הממונעים. בצומת דרכים מרומזר, אין הגבלה עקרונית על מספר הנתיבים שניתן לקבוע בכל זרוע של הצומת והיא תותאם, ככל שניתן, למספר הקובע של נפחי התנועה בצומת.

עם זאת ראוי לציין, שלא תמיד ניתן להתאים את מספר הנתיבים לנפחי התנועה בצומת, בשל שלוש סיבות עיקריות:

1. מספר הנתיבים במצב קיים המוגבל בשל נתוני זכות הדרך, ובשל הצורך בהקצאת רצועות תנועה גם לתנועות אחרות כמו: תח"צ/רכבת קלה, נתיבי או שבילי אופניים, מדרכות להולכי–רגל וכד'.
2. קביעת מספר גדול של נתיבים בכל זרוע גורמת להארכה של מעברי החצייה ולקבלת זמנים בין–ירוקים לא סבירים.
3. ככל שמעברי החצייה מתארכים, כך גדלה מידת החשיפה של הולכי–הרגל לתנועה המנועית, ורמת הבטיחות פוחתת.

ב. צומת דרכים לא מרומזר

כאשר צומת דרכים אינו מרומזר (בעיקר ייתכן בצומת של דרך עם רחוב, ולא כולל צומת 'ימין–ימין'), יחולו על מספר הנתיבים בזרועותיו השונות המגבלות המפורטות בטבלה 5.1.

טבלה 5.1:
מספר נתיבים מרבי לזרוע בצומת דרכים לא מרומזר

כיוון הנתיב	ציר ראשי	ציר משני
ישר	2	1
שמאלה	1	1
ימינה	1	*1
מספר מרבי	4	3

* כאשר הציר המשני הינו רחוב מקומי (מצב שאינו רצוי), מומלץ להימנע מתכנון של נתיב מיוחד לפנייה ימינה.

>>>
ראו סעיפים 2.4.4., 3.6

א. צומת רחובות מרומזר

מרבית צמתי הרחובות אינם צמתים מרומזרים. לעיתים, בעיקר במפגש של רחובות מאספים, בהם לא ניתן להתקין מעגל תנועה, נדרשת בקרה של רמזור בצומת.

על צוות התכנון לאזן, במהלך תכנון הנתיבים בצומת מרומזר, בין צרכי הקיבולת לבין הצורך בהתאמת מאפייניו לסביבתו האורבנית: לספק, מחד גיסא, קיבול מרבי אפשרי, ולהימנע, מאידך גיסא, מתכנון בזבזני בשטחי אספלטים, הכולל נתיבים לא נדרשים או מעוטי תנועה, ומתכנון הצומת ברמת שירות גבוהה שאינה מתאימה לאזורים עירוניים.

מומלץ לקבוע נתיבים מיוחדים שמאלה בצומת מרומזר, כאשר נפח התנועה החזוי בשתי התנועות (ישר ושמאלה), גדול מ–500 ית"ן לשעת שיא ממוצעת.

ב. צומת רחובות לא מרומזר

הכלל העיקרי המנחה תכנונו של צומת רחובות לא מרומזר הינו צמצום, ככל שניתן, במספר הנתיבים, במטרה להקטין את שטח הניגודים בין התנועות השונות ולקצר את משך החצייה של התנועות השונות העוברות בצומת.

בטבלה 5.2 מוצג מספר הנתיבים המרבי לזרוע שניתן לתכנן בצומת רחובות לא מרומזר. מספר הנתיבים בטבלה הוא המרבי, שמשיקולי בטיחות אין להגדילו בשום מקרה! יחד עם זאת מומלץ מאוד להקטין מספר נתיבים זה, ולהגבילו להנחיות המופיעות בהערות לטבלה.

טבלה 5.2:
מספר נתיבים מרבי לזרוע בצומת רחובות לא מרומזר

כיוון הנתיב	ציר ראשי	ציר משני
ישר	2	1
שמאלה[1]	1	1
ימינה	1[2]	–[3]
מספר מרבי	3[4]	2

1) התנאים לנתיב לפנייה שמאלה בצומת רחובות מפורטים בסעיף 5.5.4, עיקרם:
- נתיב לפנייה שמאלה יהיה רק בציר בו מהירות הייעוד 50 קמ"ש.
- אין לתת נתיב לפנייה שמאלה באזור מיתון תנועה.

2) מומלץ לא לבצע נתיב נפרד לפנייה ימינה, אלא ברחובות עתירי תנועה (מאסף ברמה 2, למשל). ראו סעיפים 5.5.2–5.5.3.

3) בציר המשני אין לבצע נתיב נפרד לפנייה ימינה, אם קיים נתיב לכיוון ישר בצידו. כאשר אין נתיב לתנועה ישר, ניתן לתכנן נתיב פנייה ימינה. ראו סעיפים 5.5.2–5.5.3.

4) בציר ראשי בצומת רחובות לא מרומזר לא יהיו יותר מ–3 נתיבים בזרוע אחת.

5.3 רוחב נתיבים בצומת

5.3.1 רוחב נתיבים במבואות הצומת

רוחב הנתיבים במבואות הצומת הוא מהתורמים החשובים ביותר למיתון התנועה בצומת מחד גיסא, או להגדלת רמת השירות וקיבולת הצומת, מאידך גיסא. לפיכך, ככל שמהירות הייעוד בגישה לצומת קטנה, רוחב הנתיבים יקטן, וככל שמהירות הייעוד בגישה לצומת גדלה, רוחב הנתיבים יגדל.

בטבלה 5.3 מוצגים הנתונים המומלצים לרוחב הנתיבים בצומת עבור מדרג הרחובות האפשרי באזור העירוני.

טבלה 5.3: רוחב נתיבים (מטר) בגישה לצומת ברחובות עירוניים ובדרכים עירוניות[7]

מהירות הייעוד בגישה (קמ"ש)	כיוון הנסיעה		
	נתיב ישר	נתיב שמאלה	נתיב ימינה
30	מכס': 3.0[1]	–	–
50	3.25 – 3.0[2]	3.25 – 3.0	–[3]
70	3.5[4]	3.5[4][5]	3.5[4][6]

(1) קיימת אפשרות להקטנת רוחב הנתיב באזור 30 קמ"ש במקרים הבאים (הן בתכנון רחוב קיים והן בתכנון רחוב חדש):
א. 2.75 מטר – בצד נתיב חנייה.
ב. על-פי ההנחיות לאזורי מיתון תנועה (משרד התחבורה, 2002):
- ברחובות מסוג א' – רוחב מסלול דו-סיטרי – 4.75 מטר.
- ברחובות מסוג ב' – רוחב מסלול דו-סיטרי – 5.8–5.5 מטר.

(2) קיימת אפשרות להקטנת רוחב הנתיב ל-2.75 מטר במקרים הבאים:
א. בתכנון מחודש של רחוב מאסף קיים, שיש בו יותר מנתיב אחד לכיוון.
ב. בתכנון של נתיב ברחוב מקומי בצד נתיב חנייה (אין חובה שנתיב החנייה יהיה קיים לכל אורך הרחוב).
ג. בתכנון מחודש של רחוב עירוני כשמשני עברי נתיבי התנועה לרכב מנועי יש נתיבי תנועה לאופניים (רוחב המיסעה במקרה זה לא יקטן מ-8 מטר).

(3) מומלץ בדרך כלל, לא לתכנן נתיב לפנייה ימינה בצומת רחובות. אם נדרש נתיב לתנועה ימינה, בעיקר במאספים מרמה 2, רוחב הנתיב יהיה 3.5–3.0 מ'.

(4) מגמת התכנון של רחובות 70 קמ"ש היא לאפשר זרימת תנועת רכב חופשית המצדיקה, בין השאר, נתיבים רחבים יותר מרחובות מאספים, שבהם רוחב הנתיבים מוגבל ל-3.25 מטר. יחד עם זאת, שיקול מקצועי המתייחס למקבץ של כמה סוגיות תכנוניות, יכול לגבור על המלצת ההנחיות, כגון הפחתה אפשרית ברוחב הנתיבים הרגילים כאשר מרבית התח"צ הועברה למסלולי מתע"נ.

(5) כאשר יש יותר מנתיב אחד שמאלה, רוחב כל נתיב יהיה 3.5–3.25 מ'.

(6) רוחב הנתיב ימינה מתייחס רק לקטע המקביל לנתיב הישר שלצידו. בתחום הצומת באזור הפנייה, יורחב הנתיב על-פי הנחיות סעיף 5.3.2. כאשר יש שני נתיבים לפנייה ימינה, ניתן לצמצם רוחב כל נתיב ל- 3.25–3.0 מטר.

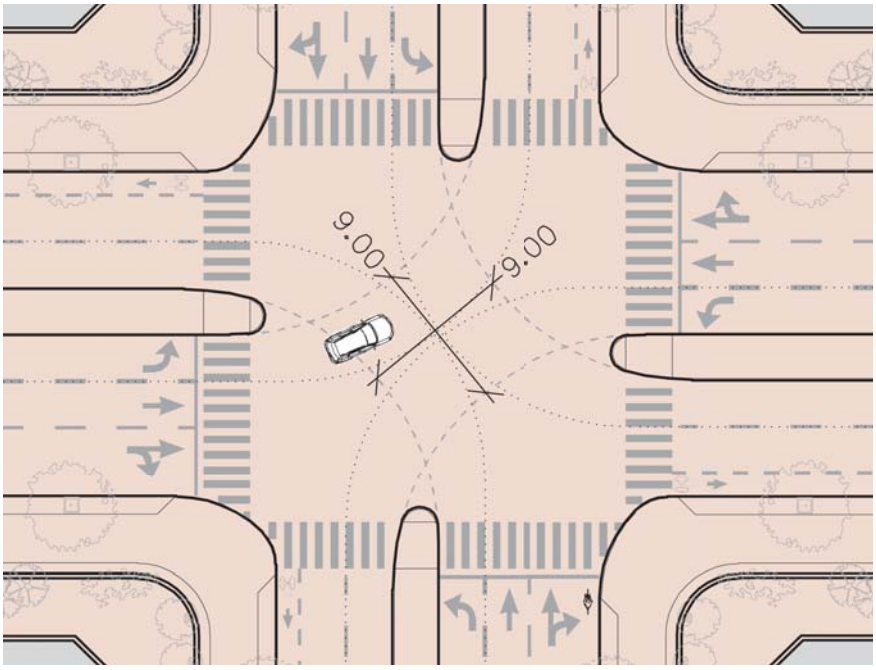
(7) רוחב הנתיבים ההמשכיים מעבר לצומת (d) יהיה, לפחות, כרוחב הנתיבים בקטע הרחוב לפני הצומת (d1), או גדול מהם, כמתואר בתרשים 5.2.

5.3.2

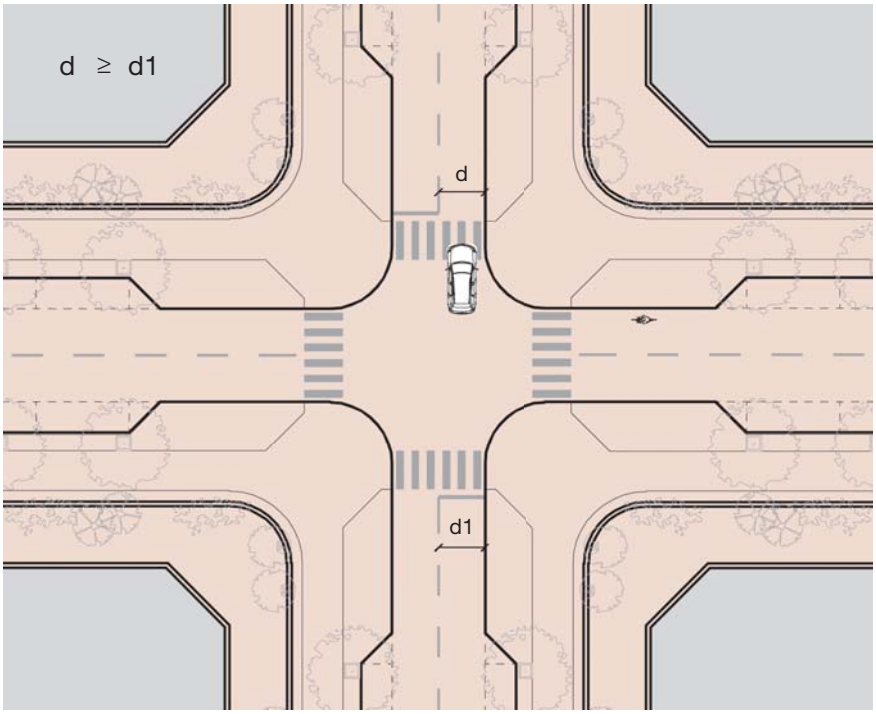
רוחב נתיבים בתוך הצומת

אין מסמנים בדרך–כלל נתיבים בתוך הצומת, למעט קווי הדרכה (809) לנתיבי פנייה שמאלה וימינה. בצומת מרומזר ובכל צומת דרכים יש לתכנן את הפניות כך שהרוחב הפנוי לכל נתיב פונה יהיה 4.5 מטר או יותר במרכז העקומה, כתלות ברכב התכנון.

>>>
בנוגע לרדיוסים – ראו סעיף 5.9



תרשים 5.1:
המרווח בין פניות שמאלה בצומת



תרשים 5.2:
הגדרת רוחב הנתיבים בכניסה לצומת וביציאה ממנו

5

5.4 פרישת הנתיבים במבואות הצומת

5.4.1 מבוא

לאחר שסעיף 5.2 דן באופן החישוב של מספר הנתיבים הנדרש בסוגי צמתים ובקרה שונים, וסעיף 5.3 דן בנתוני הרוחב הנדרשים לכל נתיב בנתוני תכנון שונים, הסעיף שלפניכם מציג את נתוני התכנון המתייחסים לפרישת הנתיבים במבואות הצומת, זאת כאשר חל שינוי במספר הנתיבים בין מבואות הצומת (קטעי הדרך הצמודים לצומת משני עבריו) לבין קטעי הדרך הנמצאים לפני הצומת ולאחריו בהתאמה.

החשיבות בתכנון קפדני של הנתיבים במבואות הצומת היא היכולת לאפשר לנהגים תחום הסתגלות במעבר מקטע הדרך, שלו מאפיינים מיוחדים, לאזור הצומת שבו קיימים מאפייני תכנון אחרים. באותה מידה נדרש תחום הסתגלות גם במעבר מאזור הצומת לקטע הרחוב שבא אחריו.

תחומי ההסתגלות הנדרשים במהירויות שונות אינם זהים, וככל שהמהירות גדלה, כך אורך קטע ההסתגלות גדל בהתאמה.

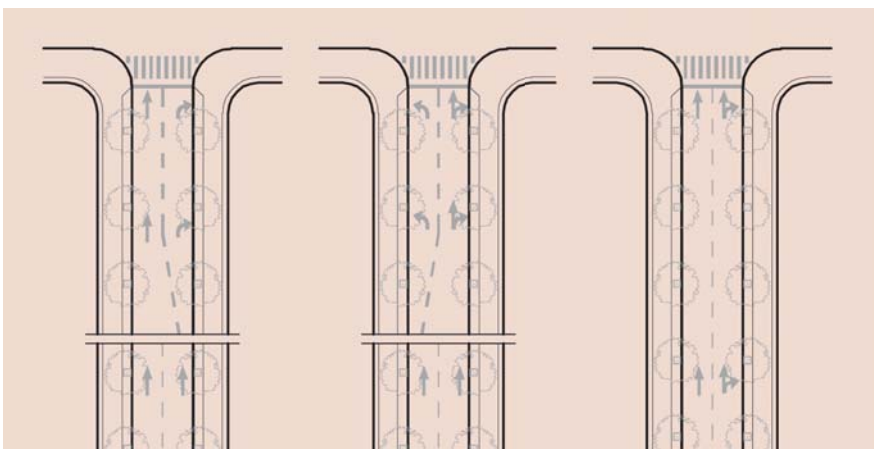
סעיפים 5.4.2–5.4.3 מציגים את מגוון הסוגיות הנוגעות לפרישה של הנתיבים לפני הצומת ואחריו.

5.4.2 פרישת הנתיבים בגישה לצומת

קיימות שלוש אפשרויות הנוגעות לפרישת נתיבים בגישה לצומת:

א. אין שינוי בנתוני המסלול בין קטעי הדרך למבואות הצומת

האפשרות הנפוצה ביותר בצמתים העירוניים היא במצב בו אין שינוי במבנה המסלול ובמספר הכולל של הנתיבים בין קטעי הדרך (לפני ואחרי הצומת), לבין מבואות הצומת. השינוי היחיד היכול להתרחש בנתיבים הללו הוא בשינויים קלים בניתוב ובהסדרי התנועה, המייעדים נתיב אחד לכיוון תנועה מסוים, ונתיב אחר לכיוון תנועה אחר (ראו תרשים 5.3).



תרשים 5.3:
מבנה גיאומטרי אחיד בקטעי הדרך ובמבואות הצומת

ב. הגדלת היצע הנתיבים בגישה לצומת

הגדלת היצע הנתיבים בגישה לצומת חיונית בדרך כלל בשל שתי סיבות עיקריות: הגדלת קיבולת הצומת, וגמישות רבה יותר בחלוקת הנתיבים בין כיווני התנועה השונים.

טבלה 5.4 מציגה את נתוני התכנון המתייחסים לשלושה מאפייני תכנון במהירויות הייעוד האפשריות.

תרשים 5.4 מציג מספר דוגמאות למבנה פרישת הנתיבים, כשמספר הנתיבים בזרוע גדל לקראת הצומת.

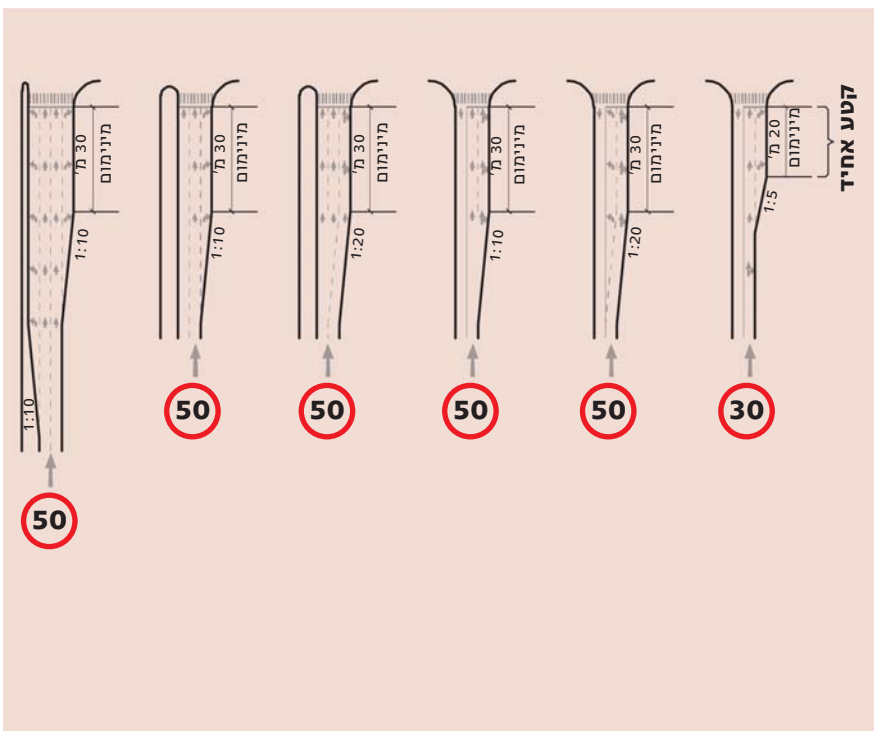
טבלה 5.4:
מאפייני תכנון להגדלת מספר הנתיבים בגישה לצומת

מהירות הייעוד בגישה (קמ"ש)	אורך מזערי של קטע אחיד[1] בגישה לצומת (מטר)	שיעור מזערי של היסט הלוכסן במבואות הצומת	
		בהתפצלות לנתיב עזר	בהסטת נתיב המשכי
30	20	1:5	1:5
50	30[2]	1:10	1:20
70	50[2]	1:20	1:30

1) קטע אחיד – הכוונה לקטע לפני הצומת בו הזרוע נמצאת במלוא רוחבה (למעט נתיב פנייה ימינה המבוסס על לוכסן פנייה ימינה בלבד).

2) בצומת מרומזר – אורך הקטע האחיד יחושב לפי צרכי האחסון ולא פחות מהערך המצוין בטבלה.

תרשים 5.4:
פרישת הנתיבים בגישה לצומת כשמספר הנתיבים גדל (מהירויות 30–50 קמ"ש)



ג. הפחתת מספר הנתיבים בגישה לצומת

קיימות אפשרויות שונות שבהן נדרשת הפחתה של מספר הנתיבים בצומת, למשל:

- כאשר מספר הנתיבים המגיע לצומת גדול מזה שבטבלאות 5.1 ו–5.2;
- כאשר מספר הנתיבים בקטע גדול מהנדרש. (מקרה שכיח באזורי בינוי חדשים, שבהם סוללים כבישים בזכות דרך מלאה, כשאין צורך מיידי בכל הנתיבים הנסללים.)
- כאשר יש מעבר מקטע רחוב למעגל תנועה, ומספר הנתיבים בהיקף מעגל התנועה קטן ממספר הנתיבים המובילים אליו.

הכלל המנחה לגבי הפחתת נתיבים הוא, שהנתיב הנסגר הוא הנתיב הימני ביותר, הן ברחובות עירוניים והן בדרכים עירוניות. היסט הסגירה יהיה כמתואר בטבלה 5.5.

טבלה 5.5:
שיעור ההיסט לצורך הפחתת מספר הנתיבים בגישה לצומת

מהירות הייעוד בגישה לצומת (קמ"ש)	שיעור היסט	
	מזערי מוחלט	מזערי מומלץ
30	1:8	1:10
50	1:15	1:25
70	1:20	1:30



צמצום נתיבים בכניסה למעגל תנועה – גן יבנה

א. עקרונות לתכנון נתיבים ביציאה מהצומת

הכלל המנחה את מבנה הנתיבים ביציאה מהצומת הוא, שכל מה שנכנס לצומת צריך לצאת ממנו. אין לקבוע מספר גדול יותר של נתיבים, ואין לקבוע מספר קטן יותר של נתיבים: אין לקבוע מספר גדול יותר של נתיבים, שכן הוספת הנתיבים שלא לצורך גורמת להארכת זמני החצייה ולחשיפה גדולה יותר של הולכי–הרגל ורוכבי האופניים לתנועות הרכב המנועי. אין גם להקטין את מספר הנתיבים, שכן צמצום מספר הנתיבים יגרום להגבלת יכולת ההעברה של הצומת ולחסימתו.

יש לשמור על עקרונות התכנון הבאים הנוגעים לפרישת הנתיבים לאחר הצומת:

1) בצומת לא מרומזר, מספר הנתיבים היוצא ישר מהצומת יתאים למספר הנתיבים שכיוונם ישר בכניסה לצומת.
2) בצומת מרומזר, מספר הנתיבים היוצא ישר מהצומת יתאים למספר הנתיבים של הזרוע השולחת אליה את מספר הנתיבים הגדול ביותר. להנחיה זו קיימים שני עדכונים:
   - במניין הנתיבים לא נלקח בחשבון נתיב לפנייה ימנית חופשית;
   - כאשר יש יותר מנתיב אחד לפנייה שמאלה או ימינה אל אותה זרוע, רוחב הנתיבים ביציאה מהצומת יהיה רחב יותר מרוחבו של נתיב רגיל (מקובל לשריין 4–4.5 מטר לכל נתיב).
3) אם קיים צורך להגדיל את מספר הנתיבים בזרוע לאחר הצומת, ניתן לבצע זאת רק 20 מטר לאחר שמבנה הזרוע מתייצב. רק במקרים בהם קיימת קירבה יתרה של צומת אחר בהמשך לצומת המתוכנן, ניתן לחרוג מכללים אלה.

תרשים 5.5 מציג אפשרויות תכנון שונות להמשכיות של נתיבים לאחר הצומת:

- א׳ מראה מצב תנועתי נכון, בו לשני הנתיבים בכיוון ישר יש המשכיות מהעבר האחר;
- ב׳ מראה מצב תנועתי לא רצוי, בו קיימים שני נתיבי תנועה המשכיים לנתיב ישר יחיד;
- ג׳ מראה את הגיאומטריה הרצויה למבנה התנועתי שקיים בתרשים 5.5 ב׳.

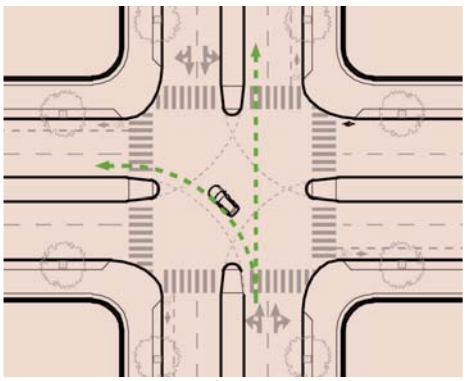
בטבלה 5.6 מוצגים מאפייני התכנון המזעריים הנדרשים לצורך הפחתת כמות הנתיבים ביציאה מהצומת.

טבלה 5.6: מאפייני תכנון לצמצום כמות הנתיבים ביציאה מהצומת

מהירות הייעוד (קמ"ש)	אורך קטע המשכי מזערי (מטר)	שיעור היסט לוכסן מזערי
30	10	1:8–1:6
50	30	1:20–1:15
70	50	1:40–1:30

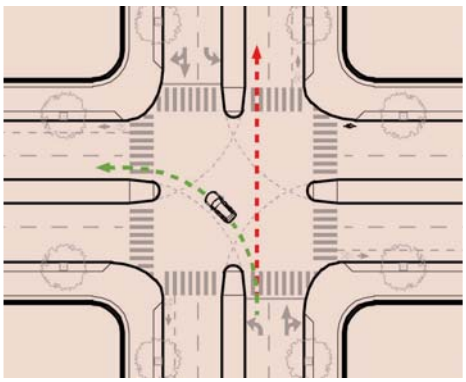
תרשים 5.5:
דוגמאות להמשכיות של נתיבים לאחר הצומת

א



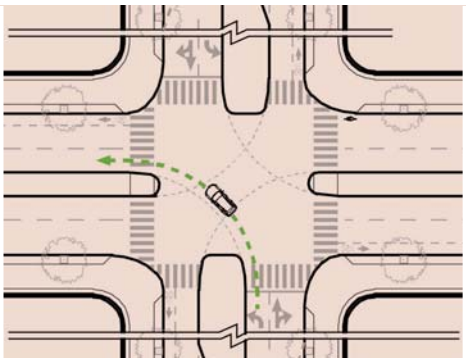
נכון רק בכיוון ראשי או ברמזור

ב



לא נכון

ג



נכון

ב. תחילת נתיב חנייה לאחר צומת

נתיב חנייה אחרי צומת, יהיה במפרץ או אחרי 'אוזן' בנויה. ברחובות קיימים, כאשר בשל אילוצים שונים לא ניתן להתקין 'אוזן', יתחיל נתיב החנייה בהמשך לנתיב תנועה כלהלן:

1. מהירות יעוד 30 קמ"ש – בדרך כלל אין שני נתיבים מקבילים ישר בצומת. אם בכל זאת קיים הסדר כזה, יש לשמור על 15.0 מטר לפחות מנקודת ההשקה (טנגנטה).
2. מהירות יעוד 50 קמ"ש – 30.0 מטר לפחות מנקודת ההשקה (טנגנטה).
3. מהירות יעוד 70 קמ"ש – בדרך כלל אין חנייה בעורק. אם בכל זאת נדרשת חנייה, היא תהיה ב'מפרץ' בלבד.

5.5 קביעת נתיבים מיוחדים במבואות הצומת



צומת עם ריבוי נתיבים יעודיים – ברלין, גרמניה

קיימים סוגים של נתיבים מיוחדים בצומת שמטרתם לשרת תנועות מסוימות או פעולות מסוימות בצומת. הנתיבים המוכרים בדרך כלל הם:

א. נתיבי האצה והאטה;
ב. נתיב לפנייה ימינה חופשית;
ג. נתיב מיוחד לפנייה ימינה;
ד. נתיב מיוחד לפנייה שמאלה;
ה. נתיבים מיוחדים לתחבורה ציבורית (נת"צ/מת"צ);
ו. נתיבים לאופניים.

5.5.1 נתיבי האצה והאטה

מטרת נתיבי האטה והאצה לאפשר היפרדות והתמזגות נוחות ובטוחות של התנועות הפונות ימינה בין דרכים במדרג הרחובות הגבוה: דרכים עירוניות ומאספים מסוג 2 עם נפח תנועה גדול.

נתיבי האצה והאטה יבוצעו אך ורק כאשר קיימת בצומת פנייה חופשית ימינה מעבר לאי משולש. בנוסף, על נתיבי ההאטה וההאצה לעמוד בכל ההצדקים המוזכרים להלן:

א. הצדקים לביצוע נתיבי האצה והאטה בציר הראשי

1) הציר הראשי הינו דרך עירונית ומהירות התנועה בו 70 קמ"ש, או שהציר הראשי הינו דרך מאספת דו–מסלולית (מהירות 50 קמ"ש) באזור תעשיה ומלאכה (ללא הגבלה בנפחי תנועה).

2) הציר הראשי הינו דרך מאספת מסוג 2, המקיימת את ההצדקים והתנאים להלן:
א. נפח התנועה בשעת שיא ממוצעת (ממוצע לשלוש שעות שיא בבוקר או אחה"צ) בציר הראשי, גדול מ–400 תנועות ית"ן בנתיבים ההמשכיים בממוצע:

$$\text{ית"ן } 400 \geq \frac{\text{נפח תנועה בכיוונים ההמשכיים בציר הראשי}}{\text{מספר הנתיבים ההמשכיים בציר הראשי}}$$

ב. נפח התנועות הפונות ימינה הוא לפחות 100 תנועות בשעת שיא ממוצעת;
ג. אין חריגה ממספר הנתיבים שאפשר לבצע לפי סעיף 5.2;
ד. נותרת רצועה תקנית לתנועת הולכי–רגל;
ה. קיים פתרון מלא ותיקני לתנועת האופניים בצומת.

ב. הצדקים לביצוע נתיב האטה בציר המשני

1) הציר הראשי הינו לפחות רחוב מאסף עירוני מרמה 2, ומתקיימים ההצדקים והתנאים להלן:

א. מהירות הייעוד המזערית 50 קמ"ש;

ב. נפח התנועה בשעת שיא ממוצעת בציר המשני גדול מ–300 תנועות רכב בנתיב המשכי, בממוצע:

$$\text{ית"ן } 300 \geq \frac{\text{נפח תנועה בכיוונים ההמשכיים בציר הראשי}}{\text{מספר הנתיבים ההמשכיים בציר הראשי}}$$

ג. קיימים נתיבי האצה והאטה בציר הראשי;

ד. אין חריגה ממספר הנתיבים שאפשר לבצע לפי סעיף 5.2;

ה. אין פגיעה ברצועת התנועה של הולכי–הרגל;

ו. קיים פתרון מלא ותקני לתנועת האופניים בצומת.

אורך נתיבי האצה בדרך הראשית צריך להיות לפחות 50 מ'. נתיבי האטה יהיו ארוכים יותר מאורך האכסון הנדרש בנתיבים ההמשכיים, וזאת כדי לאפשר עקיפה של תור המכוניות הממתינות בתנועות ההמשכיות.

בנוסף יתווסף קטע אלכסוני בהיסט 1:10–1:20, לצורך כניסה נוחה לנתיב הפנייה ימינה. תחילת המדידה של קטע ההאצה היא מנקודת ההשקה (נקודת טנגנטה).

5.5.2 פנייה חופשית ימינה

א. הצדקים לביצוע נתיב לפנייה חופשית ימינה

נתיב לפנייה חופשית ימינה הוא נתיב המאפשר לכלי–רכב הפונים ימינה לעבור מרחוב אחד לרחוב אחר ללא חצייה של אזור לב הצומת (תרשים 5.6).

מחד גיסא, הפניות החופשיות מסייעות, בעיקר בצמתים עתירי קיבולת, להקל על עומס התנועה המנועית. מאידך גיסא, הן מקשות על תנועת הולכי–רגל ומאריכות את תוואי תנועתם, מהוות מטרד בטיחותי משמעותי לרוכבי האופניים, ומקשות על הראות במהלך ההתלכדות עם הנתיב עימן הן נפגשות. פנייה נפרדת ימינה בשני נתיבים חייבת להיות מרומזרת.

להלן ההצדקים לביצוע פנייה חופשית ימינה, או להימנעות מביצועה:

1) **ניתן לבצע** פניות חופשיות ימינה במקרים הבאים, ורק כאשר יש אי–תנועה משולש:

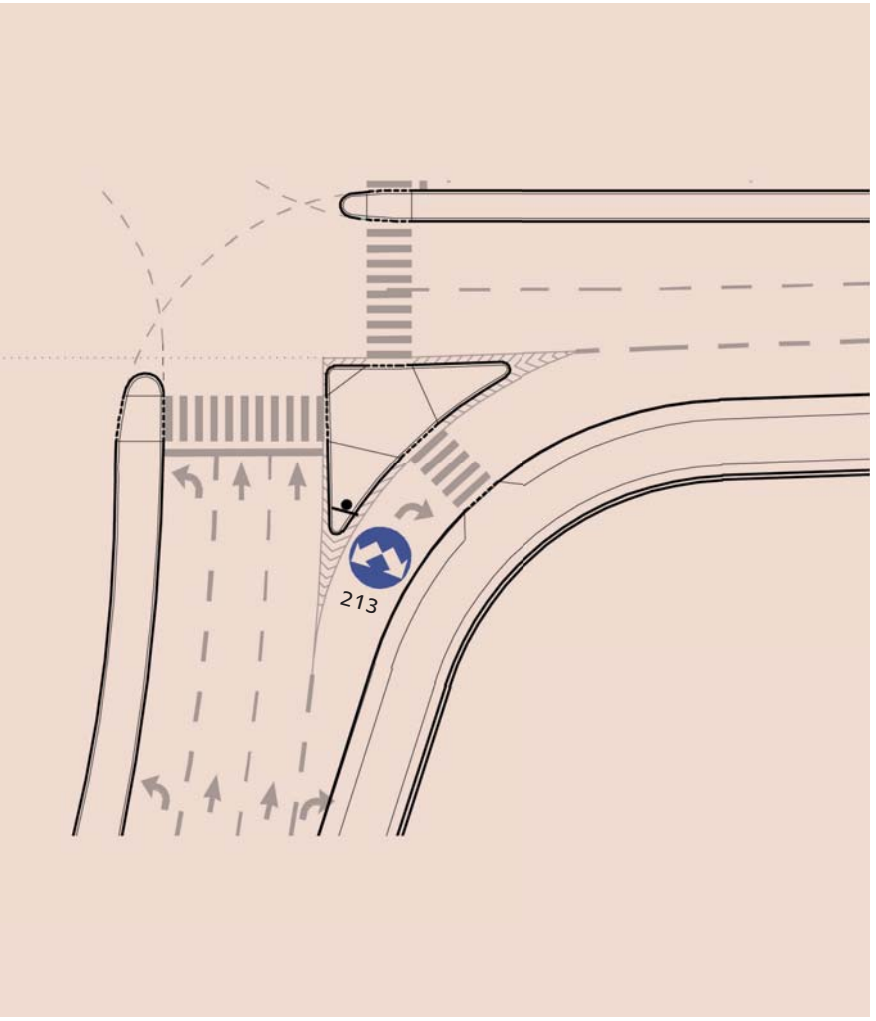
- בצמתי דרכים;
- בצמתי רחובות מרומזרים, כששני הרחובות הנפגשים בהם הם מאספים דו–מסלוליים;
- בצומת T בחיבור לדרך עירונית, או לרחוב מאסף דו–מסלולי, כאשר קיימות רק פניות ימניות בצומת;
- במעגלי תנועה בכל מדרג רחובות ("בננה").

2) **אין לבצע** פניות ימינה חופשיות במקרים הבאים:
- בצמתי רחובות, כאשר שני הרחובות הנפגשים הם מסוג רחוב מקומי או רחוב מאסף חד–מסלולי;
- כאשר נתיב הפנייה המתוכנן בא על חשבון רצועת התנועה להולכי–רגל;
- כאשר נפגעת ההמשכיות ברצועות התנועה של האופניים.

ב. הנחיות לביצוע נתיבי פנייה חופשית ימינה:

1) תכנון אי התנועה המשולש יבוצע על–פי הנחיות סעיף 5.8.4.
2) רוחב מסלול התנועה יותאם לרכב התכן המתאים לרחוב הנמוך יותר במדרג מבין השניים.
3) יש להימנע מביצוע רדיוסים גדולים מדי, הגורמים לכך, שבמהלך המפגש עם הנתיב אחרי הצומת, הנהג לא יוכל לראות בקלות את הרכב המגיע משמאלו.
4) מעבר לנתיב/ים שמשמאל לאי התנועה המשולש (בכיוון הנסיעה) חייבים להיות אי תנועה או מפרדה.

תרשים 5.6:
פנייה חופשית ימינה



5.5.3 נתיבים מיוחדים לפנייה ימינה

א. מבוא

נתיבים לפנייה ימינה הינם בדרך כלל נתיבים מיוחדים, שנוספים לנתיבים ההמשכיים בגישה לצומת. מצב של ייעוד נתיב לנסיעה ימינה בלבד אפשרי כאשר נפח התנועה ימינה הוא גדול במיוחד, והפרדת התנועה לפנייה ימינה מהתנועה ההמשכית תקל מאוד על תיפקוד הצומת. נתיבים מיוחדים לפנייה ימינה נמצאים בדרך כלל בצמתי רחובות, שבהם נפגשים רחובות מאספים דו–מסלוליים, או בצמתי דרכים. אין לבצע נתיב מיוחד לפנייה ימינה ברחוב חד–מסלולי דו–סיטרי.

יש שני מקרים שונים לביצוע נתיבים לפניה ימינה:

- המקרה הראשון – נתיב המוביל לפנייה חופשית ימינה המתוארת בסעיף 5.5.2 לעיל. פנייה חופשית כזו אינה יעילה אם היא נפתחת קרוב מדי לצומת מכדי שיהיה אורך אחסון מספיק לכלי הרכב העשויים להשתמש בה – במקרה כזה נקבל את חסרונותיה של הפנייה לכלל משתמשי הדרך (בעיקר הרכים), מבלי שנמצה את יתרונותיה.
- המקרה השני – נתיב המוביל לצומת מרומזר שבו, משיקולים שונים (מבנה גיאומטרי של הצומת, תנועת הולכי רגל ואופניים, העדפה לתחבורה ציבורית), הפנייה ימינה מהווה 'תמונה' נפרדת ברמזור לעומת הישר, ואז נדרש נתיב נפרד באורך אחסון מספיק לתפקוד יעיל של הפנייה. במקרה של פנייה עמוסה בצומת מרומזר, תיתכן אף פנייה מרומזרת ימינה משני נתיבים, והאחסון יידרש בהתאם.

ב. הצדקים לביצוע נתיבים מיוחדים לפנייה ימינה

מובאים להלן ההצדקים לביצוע נתיבים מיוחדים לפנייה ימינה (הצדק המסומן בכוכבית (*) הוא תנאי מוקדם להצדקים הבאים אחריו):

1) הנתיב לפנייה ימינה אינו מבוצע על חשבון רצועת התנועה להולכי–רגל, ונותרת רצועה תקנית.(*)
2) קיים פתרון בטיחותי הולם לשילוב בין הפנייה ימינה לבין התנועה ההמשכית של האופניים.(*)
3) נפח התנועה ימינה מצדיק ביצוע נתיב נפרד;
4) הנתיב ימינה משולב עם נתיב המשכי לתחבורה ציבורית;



נתיב מיוחד לפנייה חופשית ימינה בצומת דרכים – דרך נמיר, תל אביב

5.5.4 נתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה

א. מבוא

נתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה נדרשים כדי לאפשר לרכב הפונה להאט מבלי להפריע לתנועה הראשית, להמתין במידת הצורך ללא הפרעה לתנועה ההמשכית, ולפנות שמאלה כאשר יש פער פנוי בכיוון ההמשכי הנגדי.

צורך מיוחד בנתיבים לפנייה שמאלה קיים בעיקר בצמתים מרומזרים, בהם חיוני להפריד בין התנועות ההמשכיות, שבהן נפחי התנועה גדולים, לבין הפניות השמאליות, שבהן נפחי תנועה פחותים.

ב. הצדקים לביצוע נתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה

מובאים להלן ההצדקים לביצוע נתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה, וההצדקים להימנע מביצוע נתיבים כאלה. (יש להתחשב בסדר רישום ההצדקים – ככל שההצדק גבוה יותר, כך השפעתו רבה יותר במסגרת קבלת ההחלטות של צוות התכנון על מבנה הצומת):

1) בצמתי דרכים, בהם מתוכננת פנייה שמאלה, יש לשריין **תמיד** נתיב אחד לפחות לפנייה שמאלה בכל זרוע. בצמתים מרומזרים בדרכים עתירות תנועה, ראוי לשריין שני נתיבים לפניות השמאליות לאורך הדרך העירונית.
2) קביעת נתיבים לפניות שמאלה לא תהיה בשום מקרה על חשבון פגיעה בתנועת הולכי–הרגל; יש לשמור בצומת על מרכיבי התכנון הבאים: פינות צומת רחבות, רצועת הליכה תקנית, ומפרדה מזערית ברוחב 2.5 מטר. (המלצה: יש להרחיב המפרדה רק היכן שהרחבה זו נדרשת, ואין לגרור אותה על–פני רחובות שלמים, אם אין בכך צורך!)
3) ביצוע נתיבים לפנייה שמאלה יתחשב ברצועות התנועה לאופניים ברחובות הנפגשים בצומת.
4) אין לקבוע נתיבים מיוחדים לפניות שמאלה במאספים דו–מסלוליים, שבהם אין הצדק נפחי לביצוע נתיבים מיוחדים. הצדק נפחי ייחשב, כאשר נפח התנועה הכולל, בשני הכיוונים ההמשכיים, גדול מ–500 ית"ן לשעת שיא ממוצעת, ונפח התנועה בפנייה המתוכננת שמאלה גדול מ–50 ית"ן.
5) אין לבצע נתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה בתוך אזור מיתון תנועה וברחובות שהמהירות בהם 30 קמ"ש.

ג. חישוב אורך אחסון בנתיבים לפניות שמאלה

אורך האחסון בנתיבי ההמתנה יותאם לנפח התנועה הממוצע הצפוי בשלוש שעות שיא (בוקר ואחה"צ) במסלול ההתקרבות לצומת.

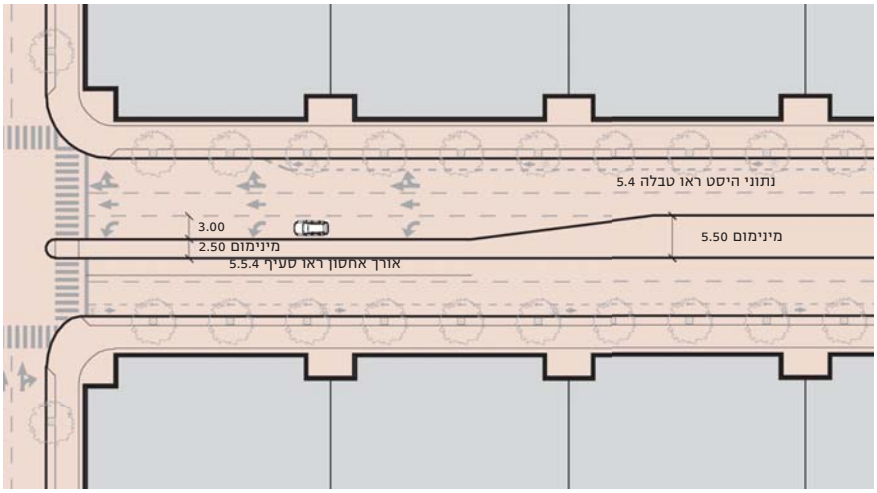
יש לחשב את אורך נתיבי ההמתנה לאחר שלבי הבדיקה הבאים:

1) בדיקת המספר המרבי של מכוניות למחזור הצפוי להמתין לפנייה המתוכננת ימינה או שמאלה.

2) בדיקת המספר המרבי של מכוניות למחזור הצפוי להמתין לנסיעה ישר.

הבדיקה הראשונה מיועדת לוודא שאורך האחסון המתוכנן לפנייה שמאלה מתאים לנפח התנועה המבקש לפנות, כאשר הבדיקה השנייה מיועדת לוודא שאורך התור לכיוון ישר אינו חוסם את נתיב האחסון לפנייה.

אורך האחסון הנדרש עבור הפנייה שמאלה או ימינה יהיה פי 1.3 עד פי 1.5 מהאורך הנדרש על–פי בדיקה 1), מותאם ככל האפשר לאורך התור הצפוי על–פי בדיקה 2), ולפחות 30 מטר.



תרשים 5.7:
אורך אחסון בפניות שמאלה



צומת בדרך עם נתיב לפניה שמאלה – דרך הטייסים, תל אביב

5.6 מיקומו הטופוגרפי של הצומת

5.6.1 הקדמה

לצורך תכנון צומת, מוגדרת הטופוגרפיה כמבנה הקרקע באזור הצומת והסביבה של הצומת הכוללת את המבנים, העצים והגדרות סביבו.

הטופוגרפיה של הצומת קובעת את המאפיינים הבאים:

א. טווחי ראות אל הצומת – יכולת הנהג להבחין בקיום הצומת בעוד מועד.

ב. התמצאות הנהג בצומת – יכולת הנהג לראות ולהבין בזמן אמת את ההסדרים בצומת, ואת אשר נדרש ממנו לעשות בתוכו.

ג. טווחי ראות בתוך הצומת (משולשי ראות) – יכולת הנהג לראות מכוניות אחרות המתקרבות לצומת מהכביש החוצה את מסלולו.

<<< ראו סעיף 5.10

5.6.2 בדיקת חתך לאורך

בעת תכנון רחוב או צומת חדש, יתבקש צוות התכנון של הצומת לקבוע את החתך לאורך הכבישים הנפגשים בצומת. ברוב המקרים, מוטל על הצוות לבדוק אותו כדי לוודא שתנאי הטופוגרפיה עומדים במבחן הקריטריונים שנקבעו.

לצורך בדיקת החתך לאורך כביש, לשם קביעת התאמה לצומת, יש להתייחס למרכיבים הבאים של החתך: השיפועים לאורך, עקומים אנכיים ושילוב התוואי האופקי והאנכי. בנוסף על אלה יש לשים לב לצורת החתך המתקבלת לאורך שפת הרחוב.

במידה שיתברר שהתנאים אינם מתקיימים, יידרש צוות התכנון לנקוט באחת מהאפשרויות הבאות:

א. לשנות את רום הכבישים באזור הצומת, כדי להתאים את החתך לאורך לדרישות.

ב. לבטל את הצומת.

ג. להעתיק את הצומת למקום סמוך עם תנאים טובים יותר.

ד. לקבוע איסורים והגבלות הנוגעים לצומת, ואשר יתנו מענה לתנאים הבעייתיים.

5.6.3 עקומים אנכיים

המיקום הטוב ביותר לצומת הוא תמיד בתחום **עקום אנכי קעור**. במיקום זה ייראה הצומת מרחוק לנהג על כל רכיביו ופרטיו. לעומת זאת, יש להימנע מלמקם צומת בתוך התחום של **עקום אנכי קמור** – כלומר, שמפגש שני הרחובות יתקיים במקום הגבוה ביותר בסביבה, או בקרבתו. במידה שנדרש למרות זאת, הרדיוס האנכי לעקום קמור בצומת, יהיה לפחות שווה לערכים בטבלה 5.7.

טבלה 5.7:
רדיוס מזערי לעקום קמור בצומת

מהירות יעוד (קמ"ש)	30	50	70
רדיוס אנכי קמור (מטרים)	1,750	5,000	14,000

במקרים קיצוניים בהם דרוש קיומו של צומת בתחום העקום האנכי הקמור, ולא ניתן להשיג לפחות את הרדיוסים בטבלה, חייב צוות התכנון לשקול איסורים או הגבלות לתנועה כלהלן:

א. איסור פניות שמאליות ויצירת צומת מסוג ימין–ימין בלבד.

ב. משיכת נתיבים לפנייה ימינה מחוץ לתחום העקום האנכי.

ג. הפחתת מהירות הייעוד, והתאמת עקום אנכי למהירות המופחתת.

5.6.4 השיפוע האורכי

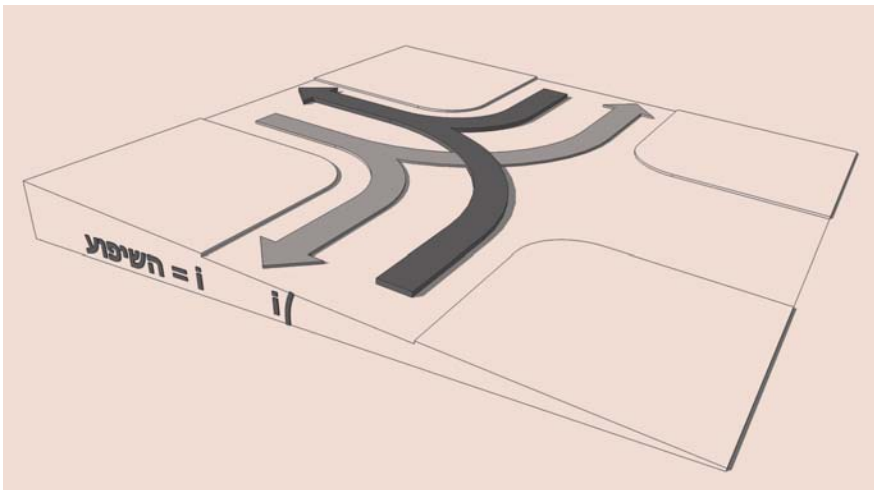
השיפוע האורכי הוא מרכיב נוסף בחתך לאורך של שני כבישים הנפגשים בצומת, שיש להתייחס אליו לצורך בחינת מיקום הצומת. שיפוע אורכי גדול מדי באזור הצומת גורם לארבע תופעות בעייתיות:

א. הנהיגה בשיפוע גדול, הן בירידה והן בעלייה, היא מאולצת, והנהג אינו חופשי די הצורך להגיב לאירועים האקראיים המתרחשים בו;

ב. הזינוק בעלייה בגישה מבוקרת (בין אם על–ידי תמרור ובין אם על–ידי רמזור) קשה, כאשר השיפוע לפני הצומת הוא גדול;

ג. השיפוע מקטין את כושר הבלימה בירידה;

ד. רכב המבצע פנייה מכיוון הירידה ימינה או שמאלה, או הפונה מימין או משמאל אל כיוון הירידה, מקבל שיפוע צדדי הפוך (תרשים 5.8).



תרשים 5.8:
שיפוע צידי הפוך בצומת

מאפייני תכנון שיש להקפיד עליהם:

א. השיפוע האורכי המרבי הרצוי בציר הראשי יהיה 6%. בהנחה שרכב עצר לפני פנייה שמאלית והאט לפני פנייה ימנית, שיפוע זה הינו גבולי לביצוע הסיבוב.

ב. בצומת מעגלי יש לשאוף למיתון השיפוע בשטחי הצומת הניצבים לכיוון התנועה הראשית, ואין לעלות על שיפוע נגדי של 3%, בשל החשש להחלקה או להתהפכות.

5.7 העקום האופקי

מיקום הצומת בעקום אופקי עשוי ליצור בעיות גיאומטריות, תנועתיות ובטיחותיות. במיוחד חמור הדבר, כאשר העקום האופקי הוא על הציר הראשי.
לפיכך, מומלץ להימנע ככל שניתן מתכנון צמתים לאורך עקומות חדות. אולם אם אין ברירה וצוות התכנון נדרש לתכנן צומת בתחומי עקומה ברדיוס קטן, יש להקפיד על כללי התכנון הבאים:

א. רדיוס מזערי מוחלט לעקום אופקי

בטבלה 5.8 מוצגים ערכים מזעריים לרדיוסי עקומים אופקיים, שניתן לתכנן בהם צומת.

טבלה 5.8:
רדיוסים מזעריים לעקומים אופקיים שניתן לתכנן בהם צומת

מהירות הייעוד (קמ"ש)	30	50	70
סיווג רחוב	מקומי	מאסף	עורק
רדיוס מזערי (מטר)	60 (30)	190 (90)	500 (280)

המספר מחוץ לסוגריים – רדיוס מזערי מומלץ; המספר בסוגריים – רדיוס מזערי מוחלט

ב. נקודות ההשקה

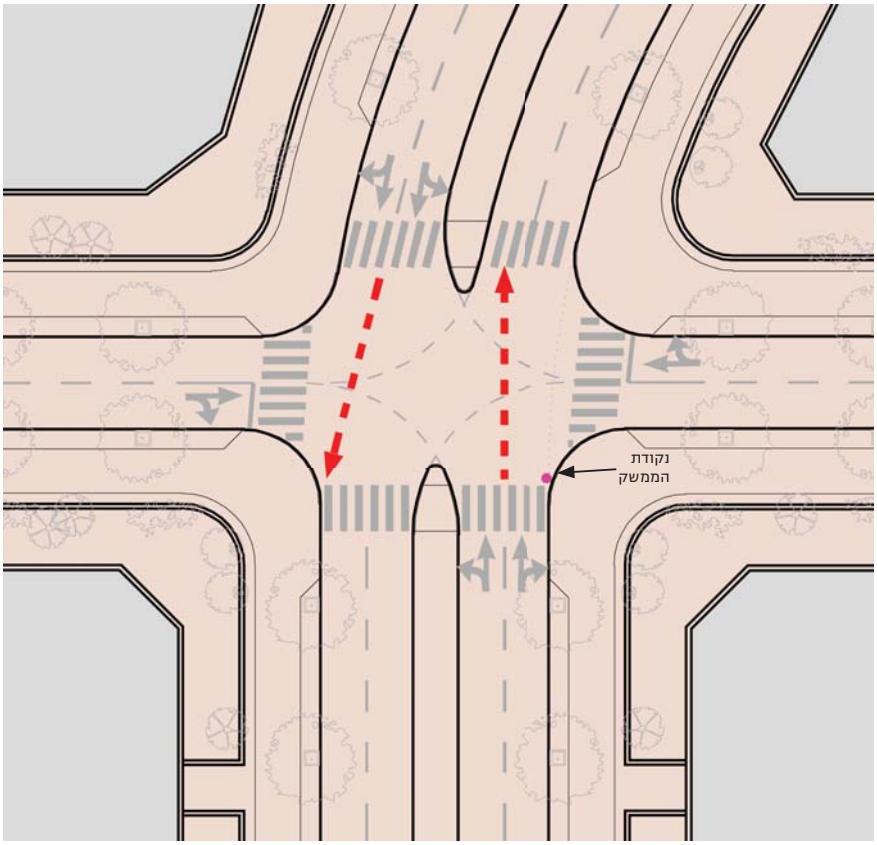
נקודות ההשקה בין העקום בו נמצא הצומת לבין הקטעים הישרים משני עברי העקומה לא יימצאו בתחום הצומת, ואף יותר מכך: ככל שמהירות הייעוד גדולה, ראוי להרחיק את נקודות ההשקה מאזור הצומת.
תרשים 5.9 מבהיר מדוע מיקום נקודות השקה בתחומי צומת עשוי לבלבל את הנהג: הנהג הנכנס לצומת אינו יכול לזהות מיידית את הנתיב ההמשכי, שכן קווי הצומת אינם מלווים את תוואי תנועתו.



צומת בעקום אופקי - נשר

ג. תצורת צומת בעקום אופקי קטן

כאשר מתוכנן צומת בתחומי עקום אופקי ברדיוס קטן, יש להימנע ככל שניתן מלקבוע זרוע בצידו הפנימי של העקום (בטן העקום), והצומת במקרה זה יהיה צומת בעל שלוש זרועות בלבד.



תרשים 5.9:
מצב לא רצוי של תכנון צומת בתחומי עקום אופקי, נקודת הממשק לא צריכה להיות בתחום הצומת.



פורטו, פורטוגל

5.8 תכן גיאומטרי של איי תנועה

5.8.1 מבוא

איי התנועה הם שם כללי לשטחים מוגבהים הנמצאים בתחומי הצומת ומפרידים בין נתיבי תנועה בצומת.

איי התנועה מותקנים במטרה להשיג אחד או יותר מיעדי התכנון הבאים:

- מיתון התנועה לאורך רחוב;
- הפרדה בין תנועות רכב בכיוונים מנוגדים;
- הפרדה בין מסלולי תנועות משתמשי דרך מסוגים שונים (תחבורה ציבורית, רכבת, אופניים, רכב) הנעים בכיוונים מנוגדים, או בכיוונים מקבילים;
- קיצור אורכי החצייה של הולכי–רגל ושל אופניים, ויצירת מקום מוגן עבורם בין זרמי תנועת הרכב המנועי;
- הבהרה והפשטה של המבנה התנועתי של הצומת, הכוונה של התנועה בתחומו, ושיפור התמצאות לאורך ציר תנועתי ובכל צומת לאורכו;
- צמצום שטחי האספלט בצומת והקטנת אזורי הניגודים בו;
- יצירת מקום מוגן להתקנת עמודי תמרורים, עמודי רמזורים, שילוט ועמודי תאורה.

לעומת יעדי התכנון שהוזכרו לעיל, קיימות כמה תכונות שליליות לשימוש באיי תנועה לסוגיהם, או לתכנון לקוי שלהם (חלקן מהוות היפוך ליעדי התכנון שהוזכרו):

- שימוש באיי תנועה יכול לגרום לתחושה של תכנון יתר: ככל שהצומת שולי ברשת הדרכים, כך השימוש באיי תנועה בו עשוי להיות מיותר;
- איי תנועה עשויים לגרום להרחבה של המיסעות והכבישים על חשבון רכיבי צומת אחרים, תוך פגיעה ברצועות התנועה של הולכי–הרגל והאופניים וצמצומן;
- איי תנועה עשויים לשבש את יכולת ההתמצאות של נהגים, ולטשטש את הבנת תיפקודו של הצומת במתחם האורבני;
- איי תנועה צרים ולא תקניים עשויים לגרום לפגיעה בטיחותית במשתמשי הדרך הרכים (קיימת גישה סלחנית לצמצום רוחב מפרדות לטובת תנועת רכב);
- איי תנועה הם לפעמים "כלביניק" להצבת עצמים המהווים מטרדי ראות ולמטרדים לתנועת הולכי–רגל ולתנועת אופניים.

לפיכך, על צוות התכנון לשקול את ההיבטים השונים לתכנון איי תנועה בצומת, ולקבוע את האיים רק לאחר שהשתכנע בחשיבותם ובחיוניותם.

בסעיפים 5.8.2–5.8.4 מוצגים הסוגים העיקריים של איי התנועה:

א. מפרדה;

ב. אי תנועה ('אי טיפה');

ג. אי תנועה משולש.

5.8.2

<<<

ראו פרק 4 ב"הנחיות לתכנון מרחב הרחוב" וכן סעיף 3.4 ב-"הנחיות לתכנון תנועת הרכב המנועי"

מפרדה

המפרדה היא רצועה מוגבהת המשתרעת לאורך הרחוב בין שני מסלולי תנועה של משתמשי דרך – מקבילים או נגדיים. המפרדה שונה מכל הסוגים האחרים של איי תנועה, שכן עצם נחיצותה ונתוניה נקבעים במהלך עיצוב דיוקן הרחוב.

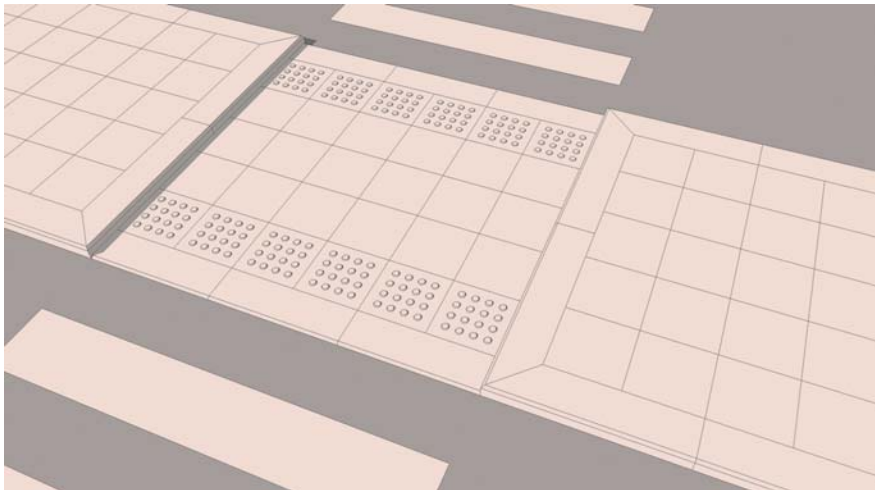
כמה כללים הנוגעים לפרטי מפרדה בתחום הצומת:

א. רוחב המפרדה המזערי המומלץ במקום חצייה הוא 2.5 מטר (רוחב המותאם לחצייה לאדם הדוחף עגלת תינוק ולרוכב אופניים). הרוחב הצר ביותר בתחום תוואי החצייה של הולכי–רגל ואופניים לא יקטן **בשום מקרה** מ–2.0 מטר. לצורך השגת הרוחב הנדרש למפרדה, באזור תוואי תנועת הולכי–רגל בצומת רחובות, מומלץ להרחיב את המפרדה מעבר לרוחב המזערי המומלץ. רדיוסי הפניות השמאליות נוגסים בשטחי המפרדה בקרבת הצומת, וגורמים לדחיקת מקום החצייה מקרבת הצומת. הרחבת המפרדה באזור הצומת יכולה לאפשר לשמור על מיקום המשכי של מקום החצייה בתחומי ציר רצועת התנועה במדרכה, על–פי פרק 6 בהנחיות לתכנון תנועת הולכי–רגל.





מעבר חצייה
במפרדה בין שני מסלולי
רכב - רחוב רוגוזין, אשדוד



תרשים 5.10:
הנמכה במפרדה
למעבר החצייה

ב. כאשר רוחב המפרדה קטן מ–2.0 מטר, יש לאפשר להולכי–הרגל ולאופניים תנועה רציפה שאינה מחייבת המתנה בתחומי המפרדה.

ג. יש לדאוג שקצה המפרדה יהיה קרוב ככל שניתן (1–1.5 מטר) לתוואי תנועת הרכב החוצה אותה (כדוגמת הנתון בתרשים 5.11 עבור אי טיפה).

ד. גובה תשתית המפרדה בתחום מקום החצייה להולכי–הרגל ולאופניים יהיה עד שני ס"מ (אם אפשר – רצוי הפרש 0) מעל רום הכביש, כמתואר בתרשים 5.10.

5.8.3 אי תנועה ('אי טיפה')

א. הקדמה

אי תנועה הוא סוג של הפרדה מוגבהת בתחום הצומת, שנפסק מטרים בודדים עד עשרות מטרים מהצומת.

מובאים להלן המקרים הספציפיים בהם אי–תנועה כזה מומלץ:

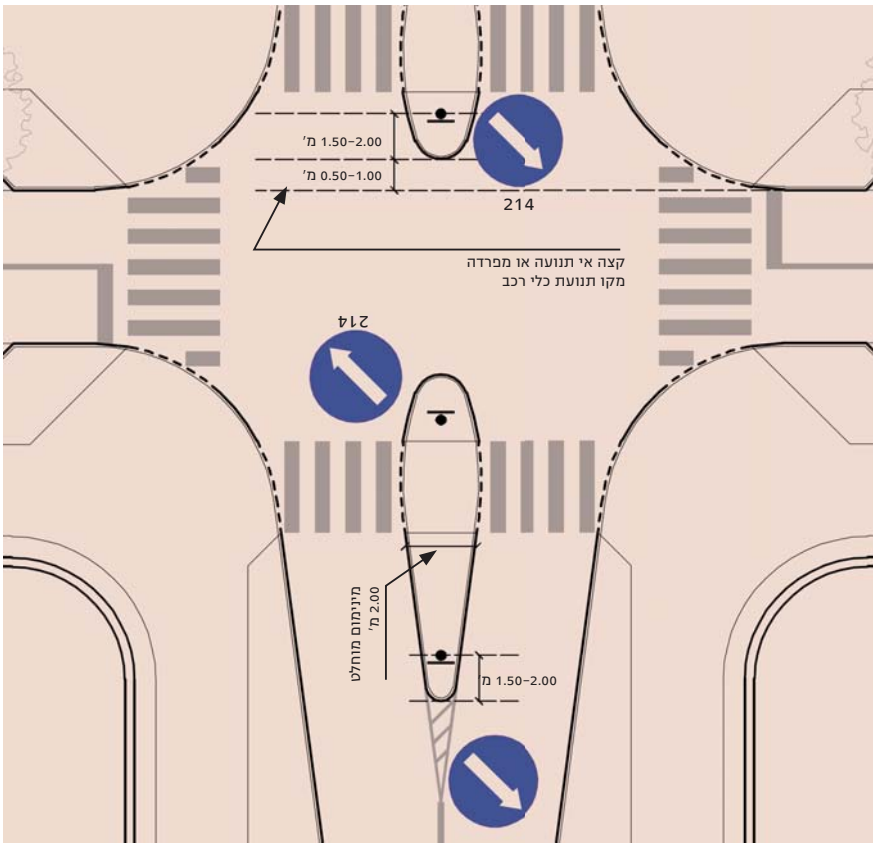
1) ברחוב מאסף חד–מסלולי בצומת דרכים;

2) ברחוב מאסף חד–מסלולי במפגש עם מאסף דו–מסלולי בצומת רחובות;

3) בעקומה אופקית בקרבת צומת;

4) בזרוע בצומת, שבזרוע ההמשכית לה מהעבר האחר של הצומת יש אי תנועה (ככל שהדבר אפשרי);

5) בצומת רחובות שבו אחד מיעדי התכנון מסעיף 5.8.1 מגיע לידי ביטוי, ואין מניעה לבצעו.



תרשים 5.11:
נתוני איי תנועה בתחומי צומת

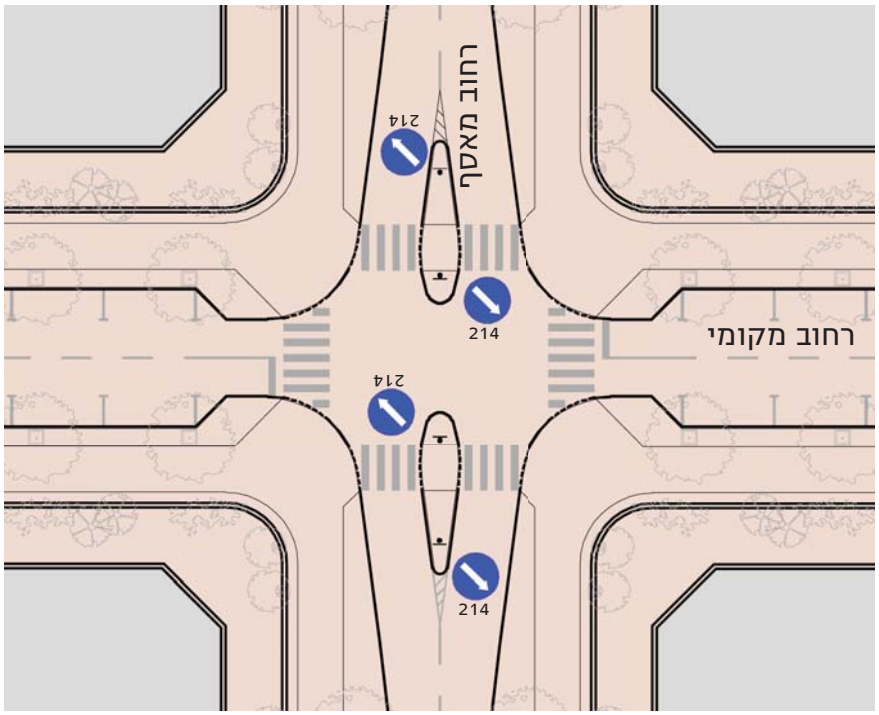
ב. אפשרויות לביצוע איי תנועה בצומת רחובות

קיימות שתי אפשרויות עיקריות לביצוע אי תנועה בצומת רחובות, שבו נפגשים רחוב מאסף חד–מסלולי ורחוב מקומי:

1) ביצוע איי התנועה לאורך הרחוב המאסף (ראו תרשים 5.12).
2) ביצוע איי התנועה לאורך הרחוב המקומי (ראו תרשים 5.13). (מסיבות תכנוניות, בדרך כלל, אין אפשרות לבצע איי תנועה בכל ארבע הזרועות, אולם אם הדבר אפשרי, ראוי לשקול גם חלופה זו.)

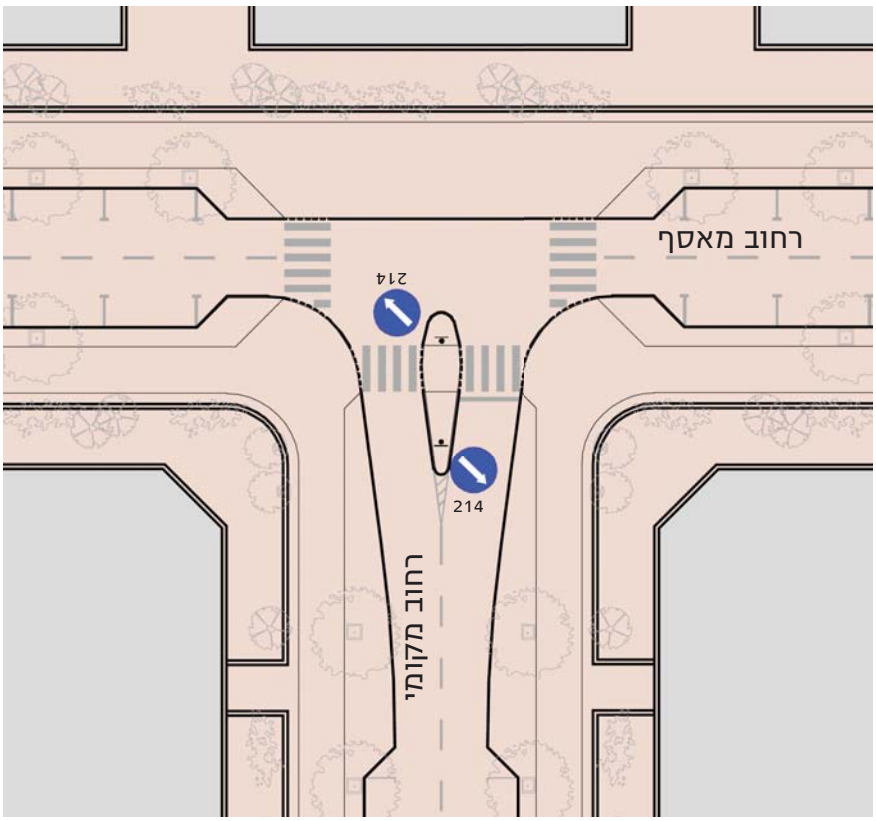
מובאים להלן השיקולים המתאימים עבור שתי האפשרויות שהוזכרו:

- הרחוב ארוך ואיי התנועה בצומת ממתנים את התנועה;
- קיימת תנועת הולכי–רגל ערה מעברו האחד של הרחוב לעברו האחר;
- קיימים שימושי קרקע ציבוריים משני עברי הרחוב;
- אי התנועה בצומת תורם להתמצאות הנהג לאורך הרחוב;
- אי התנועה תורם לבטיחות תנועות אופניים בתחום הצומת;
- הצומת נמצא בתחומי עקומה אופקית או אנכית או בקרבתן, ואיי התנועה תורמים להנחיה והדרכה של הנהג;
- אי התנועה משמש לצורך ביצוע 'שער' באזור מיתון תנועה;
- תכנון הצומת עם איי התנועה ברחוב מתאים לצמתים אחרים ברחוב עם מבנה גיאומטרי דומה;
- אי התנועה מאפשר לקצר את מעבר החצייה או להימנע מביצוע מעבר חצייה; וכד'.



תרשים 5.12:
איי תנועה ברחוב מאסף בצומת רחובות

תרשים 5.13:
אי תנועה ברחוב מקומי
בצומת רחובות



איי טיפה בצמתים –
גן יבנה

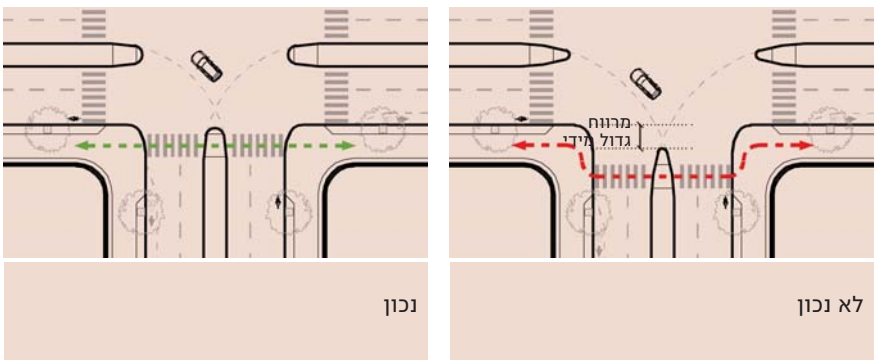




5

ג. תכן גיאומטרי של אי תנועה

1. רוחב מזערי מומלץ של אי תנועה באזור חצייה הוא 2.5 מטר. הרוחב הצר ביותר בתחום תוואי החצייה של הולכי–הרגל לא יקטן בשום מקרה מ–2.0 מטר. רדיוסי הפניות השמאליות נוגסים משטחי אי התנועה בקרבת הצומת, וגורמים לדחיקת מקום החצייה מקרבת הצומת (תרשים 5.14). הרחבת המפרדה באזור הצומת, יכולה לאפשר לשמור על תוואי המשכי של מקום החצייה בהמשך לציר רצועת התנועה במדרכה.
2. בעקומה אנכית ובעקומה אופקית קצה המפרדה יגיע לנקודה הנראית על–ידי רכב הנמצא במרחק 30 מטר מקצה המפרדה (ראו תרשים 5.15). (חשוב שתמרור 214 ייראה במלוא היקפו מרחוק. כך גם תמרורי 213 ו–215 לכשהם נדרשים.)
3. נתוני רוחב המסלולים 'הממוצע' בין אי התנועה לבין המדרכה מופיעים בטבלה 5.9.
4. ככלל – מומלץ להמעיט ככל שניתן בהתקנת עמודי תמרורים ועמודי תאורה בתחום איי התנועה. בפרט – אין להתקין בתחום החצייה באיי התנועה מכשול להולכי–רגל, לרבות: עמודי רמזורים, עמודי תמרורים ועמודי תאורה.
5. יש להקפיד להציב באיי התנועה עמודי תמרורים להוריה במרחק 1.5 מטר **לפחות** מפינת האי הבנוי. הצבת תמרורים אלה (213–215) קרוב יותר לקצה האי גורמת לפגיעותם המהירה. ניתן למקם תמרורים אלה מעבר לתוואי החצייה.

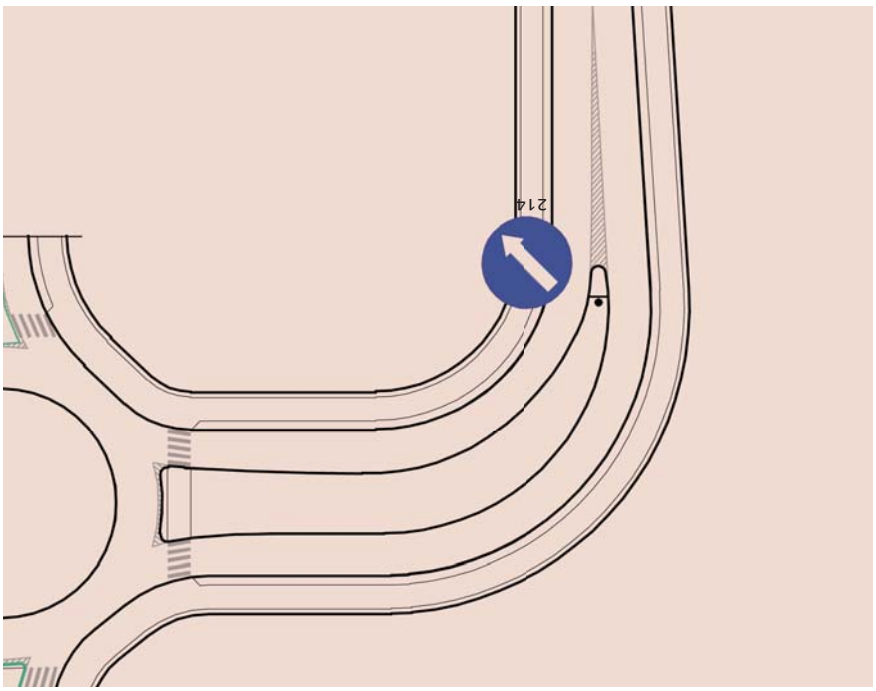


תרשים 5.14:
'עשה' ו'אל תעשה' בבניית איי תנועה על תוואי תנועת הולכי–רגל

טבלה 5.9:
רוחב מסלולים בצומת בין מדרכה לבין אי תנועה, במטרים

מיקום המסלול	רוחב מקומי בשכונת מגורים	רוחב מאסף בשכונת מגורים/רוחב מקומי באזור תעשייה	רוחב מאסף באזור תעשייה
מסלול כניסה לצומת	4.0–3.5	4.5–4.0	5.0–4.5
מסלול יציאה מהצומת	4.5–4.0	5.0–4.0	5.5–5.0

נתוני טבלה זו הינם נתונים ממוצעים למבנה צומת רגיל עם איי תנועה, כאשר יש נתיב תנועה אחד בין אבני–השפה. על צוות התכנון לוודא, באמצעות תרשימי תנועות או תוכנת תנועות, שרכב התכן מסוגל לנוע בחופשיות ובבטיחות בצומת.



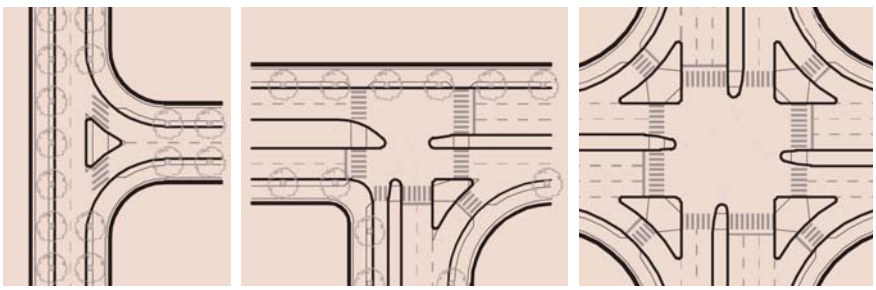
תרשים 5.15:
הארכת קצה אי תנועה בעקומה כך שייראה בהתקרבות

5.8.4 אי משולש

א. מבוא

קיימים שלושה סוגים של אי משולש (תרשים 5.16):

- **סוג א':** אי הנמצא בין מסלול לתנועה המשכית בצומת לבין מסלול לפנייה ימינה;
- **סוג ב':** אי הנמצא בין מסלול לפנייה ימינה לבין מסלול לפנייה שמאלה בצומת מסוג T;
- **סוג ג':** אי הנמצא בין שני מסלולים לפניות ימניות בצומת מסוג 'ימין–ימין'; סוג ג' נפוץ גם בזרועותיו של צומת מעגלי.



תרשים 5.16:
סוגים של אי משולש

איים משולשים (לא כולל במעגלי תנועה) יימצאו בדרך כלל בצמתי דרכים, אולם ניתן למוצאם גם במדרג הגבוה של צמתי רחובות (מפגש של מאספים מסוג 2).

ביצוע איים משולשים במדרג הנמוך של צמתי רחובות אינו רצוי, ויש להימנע ממנו בצמתים כאלה מהסיבות הבאות:

1) איים משולשים יוצרים תחושה שמדובר במדרג גבוה יותר, ומטעים את משתמשי הדרך.
2) איים משולשים גוזלים שטח משמעותי של המדרכה ופוגעים בתנועת הולכי–הרגל.
3) איים משולשים אינם נוחים ואינם בטוחים לתנועת אופניים. שילוב של שבילים לאופניים בתוך איים משולשים עשוי לפגוע גם בבטיחות ובנוחות של תנועת הולכי–הרגל.

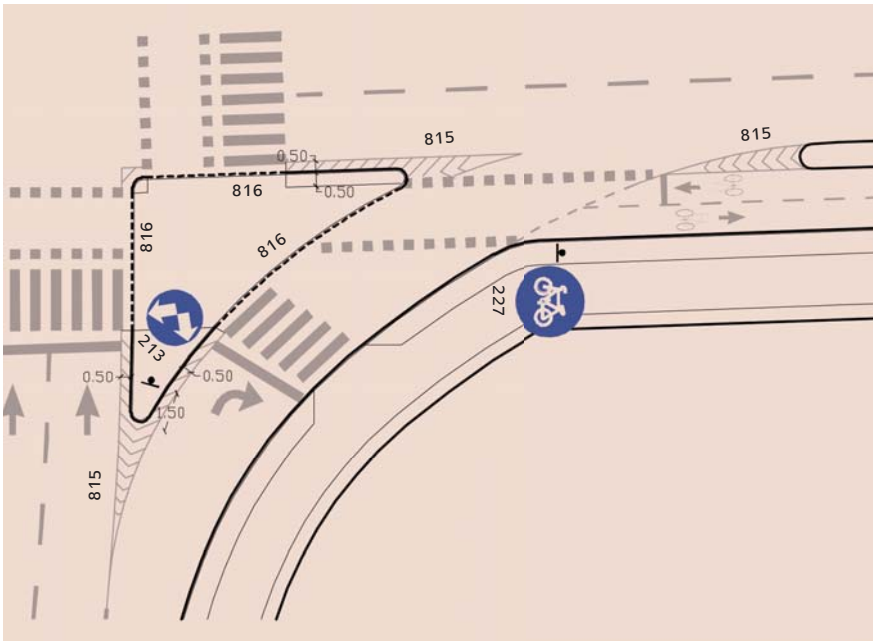
ב. תכן גיאומטרי של אי משולש (תרשים 5.17)

1) השטח הבנוי של האי המשולש לא יקטן מ–10 מ"ר. בצמתים קיימים באזורים בנויים בהם נדרש אי משולש, ואין אפשרות להשיג שטח של 10 מ"ר, ניתן לרדת עד לשטח של 8 מ"ר כמינימום מוחלט.
2) אורך צלעות המשולש לא יהיה קטן מ–4 מטרים, כמו–כן אורך כל צלע לא יהיה קטן מרוחב מקום החצייה, בתוספת מזערית של חצי מטר מכל צד של מקום החצייה. כאשר בתחומי אי משולש צריך לקבוע גם רצועת תנועה לאופניים בהמשך לשביל אופניים, יש להרחיב את שטח האי המשולש ולהגדיל את צלעותיו, כך שיכלול גם את רצועת התנועה לאופניים במלוא רוחבה.
3) הצלעות הישרות של אי התנועה יהיו **מקבילות** לנתיבי התנועה. הצלע הקעורה תהיה **מקבילה** לרדיוס אבני השפה, ולא ישרה כמקובל בצמתים בין עירוניים.
4) בין הצלעות הישרות של האי המשולש לבין נתיב התנועה הסמוך יש לקבוע רצועה צבועה נוספת **ברוחב אחיד** שרוחבה כלהלן:
   - בצמתי רחובות כ–0.5 מטר;
   - בצמתי דרכים כ–1.0–0.5 מטר;

   השטח הצבוע אינו נכלל בשטח הבנוי הנדרש בסעיף 1) לעיל.
5) לאורך הצלע הקעורה של האי המשולש, **המקבילה** לרדיוס אבן השפה, אפשר (אך אין חובה) לקבוע רצועה צבועה נוספת.
6) יש להימנע ככל שניתן מהתקנת עמודים בשטח תנועת הולכי–הרגל ותנועת האופניים באי המשולש.
7) יש להציב את עמודי התמרורים, המנחים לעבור משני צידי האי המשולש, במרחק 1.5 מטר לפחות מהקצה הבנוי של האי.
8) גובה אזור החצייה להולכי–רגל יהיה במפלס 0–2 ס"מ מרום מיסעת הכביש (רצוי 0 – אם אפשר), כדוגמת תרשים 5.10.

<<<
ראו תרשים 5.4
ב"הנחיות לתנועת אופניים"

תרשים 5.17:
תכן גיאומטרי של אי משולש



צומת עם פניות
חופשיות ימינה – אשדוד



5.9 קווי הצומת

5.9.1 מבוא

בצומת קיימים שלושה סוגים שונים של קווים המעצבים את גיאומטריית הצומת:

- קווי הרחוב (קווי זכות הדרך);
- רדיוסי שפה – רדיוסים של קווי אבני השפה;
- רדיוסים לפניות שמאליות.

<<<
בפרק 5 בספר ההנחיות לתכנון תנועת הולכי-הרגל מוצגת המתודולוגיה להתייחסות לקרן הרחוב ולמרחבי הפעילות שבה

5.9.2 קווי זכות הדרך

התייחסות מפורטת לזכות הדרך ראו בסעיף 3.8 לעיל: "מדיוקן הצומת לתבנית הצומת".

5.9.3 רדיוסי שפה – רדיוסים של קווי אבן השפה

א. מבוא

רדיוסי השפה הם הרדיוסים הקושרים את אבני השפה הנמצאות בגבול שבין המדרכה והמיסעה. כאשר קיים נתיב חנייה באחד הרחובות, רדיוס השפה קושר את אבן השפה ברחוב אחד עם קו התפר בין החנייה לבין המיסעה ברחוב האחר.

לרדיוסי השפה שני תפקידים משמעותיים בתכנון הצומת:

1) לאפשר לרכב התכן המתאים לפנות ימינה מבלי לחדור לנתיב הנגדי, ובצירים עורקיים מבלי לחדור לנתיבים מקבילים.
2) לגרום לכך, שמהירות הרכב הפונה ימינה תהיה איטית יותר ומתאימה לחיכוך הצפוי בין הרכב לבין הולך–הרגל והאופניים החוצים בצומת.

שני התפקידים שהוזכרו מחייבים תכונות הפוכות: מחד גיסא, יש להימנע מרדיוס קטן מדי, ומאידך גיסא, אסור לתכנן רדיוס גדול מהנדרש.

הניסיון מלמד שביצוע רדיוסים גדולים בצמתים של רחובות מקומיים גורם לשלוש תופעות בלתי–רצויות, שהמכנה המשותף שלהן הוא עודף שטח, בהעדר תפקיד:

1) אובדן התמצאות של הנהג בצומת. נהגים הפונים שמאלה, למשל, נוטים לחדור לתחום הנתיב הנגדי;
2) חנייה בתחום הצומת – תופעה שגורמת לפגיעה משמעותית בהיבטי הבטיחות בצומת;
3) הקטנת שטחי המדרכה וקרן הרחוב.

ב. נתוני תכנון

בספרות המקצועית מוצעות מספר צורות בסיסיות של שפת המיסעה:

1) עקום מעגלי בעל רדיוס אחד;
2) עקום המורכב מרדיוס הנשען על שני לוכסנים;
3) עקום מעגלי המורכב ממספר רדיוסים.

מן הניסיון מתברר שההבדל בפועל בין השיטות בצומת עירוני הוא זניח. הבדל זה לפעמים קטן יותר מסטיות הביצוע בין התכנית לתוצר בשטח. לפיכך, בצמתי רחובות מקובל בדרך כלל לבצע עקומים מעגליים, שלהם רדיוס אחד, והשימוש בצורות האחרות מתבצע כאשר קיים מכשול (למשל: תא בזק, עמוד חשמל), שיש לעוקפו.
שימוש תדיר יותר ברדיוס מורכב נעשה בצמתי דרכים שבהם נפחי התנועה גדולים ומהירות הייעוד שווה ל–70 קמ"ש.
בטבלה 5.10 מובאות מידות הרדיוסים הנדרשים במפגשי הרחובות על–פי מדרג הרחובות הנפגשים.

טבלה 5.10:
רדיוס אבן השפה באזור מגורים ובאזור תעשיה

הרחובות הנפגשים	אזור מגורים	אזור תעשייה
שני רחובות מקומיים	5–7 מטר	8–10 מטר
שני רחובות מאספים	7–10 מטר	10–12 מטר
שתי דרכים עורקיות	15 + מטר	15 + מטר

להלן כמה הערות המיועדות להדגיש, לסייג ולהבהיר נתוני תכנון אלה:

1) במפגש בין שני צמתים במדרג שונה, ייקבעו רדיוסי השפה על–פי הרחוב **במדרג הנמוך**.
2) כאשר ברחוב מקומי שבשכונת מגורים קיימת או צפויה תנועת קו תחבורה ציבורי (לדוגמה: רחוב מטיפוס ב' באזור מיתון תנועה), ייקבעו רדיוסים ברמת מדרג אחת גבוהה יותר, דהיינו רחוב מאסף. במקרה כזה מומלץ לבחור ברדיוס הקטן ביותר מאותו המדרג.
3) כאשר לדעת צוות התכנון נדרשת בצומת פנייה חופשית ימינה, יש לשריין רדיוס שפה גדול יותר. הנחיות לנתוני הפנייה החופשית ראו בסעיף 5.5.2 לעיל.
4) רדיוס אבן השפה יהיה קטן או שווה לרדיוס דופן הצומת, בתוספת רוחב המדרכה. תכנון כזה יושג על–ידי בחירת רדיוס קטן ככל האפשר לאבן השפה, או גדול ככל האפשר לקו הפנימי של המדרכה.

>>>
ראו תרשים 5.18

$$R_1 + W_2 \geq R_2$$

רוחב המדרכה לא יהיה צר בשום מקום בקרן הרחוב מרוחבה של המדרכה ברחוב המשיק לה.

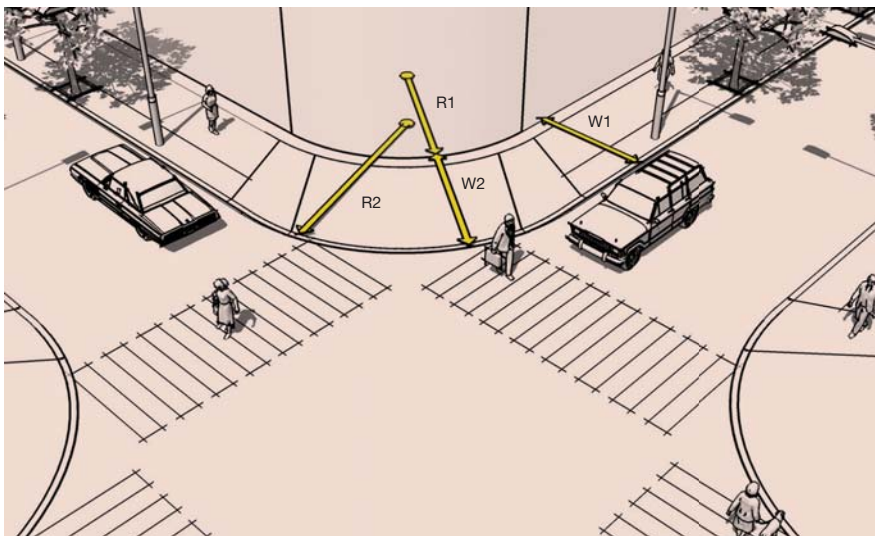
5) כאשר קיימת פנייה ימינה לזרוע שיש בה יותר מנתיב אחד, ותנועת הפנייה אינה מפריעה לתנועות אחרות (למשל, כשהפנייה מתבצעת בצומת מרומזר בתמונה נפרדת לזרוע ממנה מתבצעת הפנייה), מומלץ להקטין את הרדיוס.

6) כאשר לא קיימת או אסורה פנייה ימנית (בשל הסדרי תנועה חד-סיטריים, למשל) **אין לבצע רדיוס הגדול מ-2 מטר**. (הגישה לפיה יש לשמור על הרדיוס המלא למקרה שהסדרי התנועה ישתנו בעתיד, אינה מקובלת. אדרבה, במהלך שינוי הסדרי חד-סיטריות, יש להקפיד שהמהלך ילווה גם בשינוי גיאומטרי המעדכן את מבנה אבני השפה והמדרכה.)

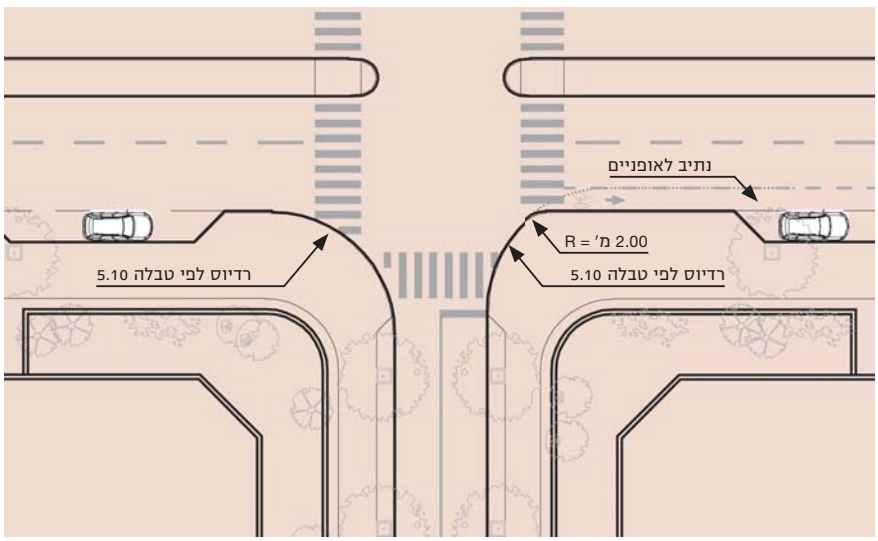
7) כאשר קיימים נתיב או שביל לאופניים מימין לנתיב התנועה לרכב, רדיוס הפנייה לרכב ייקבע לפי הקו הדמיוני הקושר בין קו אבן השפה הנמצאת מימין לנתיב לרכב, לבין קו אבן השפה בזרוע אליה הרכב פונה.

הרדיוס שמתוכנן בין אבן השפה הימנית התוחמת את נתיב האופניים, או בין אבן השפה הימנית בשביל האופניים, לבין אבן השפה בזרוע אליה הרכב פונה, הוא 2 מטר, על-פי הנחיות התכנון לאופניים.

<<<
ראו תרשים 5.19



תרשים 5.18:
היחס בין רדיוס דופן הרחוב לבין רדיוס אבן השפה



תרשים 5.19:
רדיוס בצומת בצד נתיב אופניים

8) כאשר קיים נת"צ מימין לתנועת הרכב הפונה ימינה, רדיוס הפנייה הימנית ייקבע מאבן השפה הימנית התוחמת את הנת"צ על-פי רכב התכן המתאים לצומת.
יש להקפיד לא לקבוע בחיבורים בין רחוב עם נת"צ לבין רחוב אחר, רדיוסים גדולים מהדרוש, ובעיקר במקרים בהם סביר מראש, שלא תידרש פנייה ימנית לאוטובוס לרחוב האחר.

9) כאשר קיים נתיב חנייה, או מפרץ חנייה, או מפרץ לאוטובוס, רדיוס השפה נקבע לפי הקו המפריד בין נתיב החנייה/מפרץ החנייה לבין נתיב התנועה הסמוך.



צומת עם קרנות רחוב איכותיות - ברצלונה, ספרד

5.9.4 רדיוסים לפניות שמאלה

הרדיוסים הפנימיים לפניות שמאלה (ולפעמים גם ימינה) הם הרדיוסים הקושרים בין קו הנתיב השמאלי של תנועת הרכב בזרוע אחת לבין קו הנתיב השמאלי של תנועת הרכב בזרוע אליה פונה הרכב בפנייה שמאלה (ולפעמים גם ימינה).
רדיוס לפנייה שמאלה מסומן בדרך כלל בצומת בצורת קווקוו צפוף (809).

הערכים המרביים לרדיוסים פנימיים אלה הם כלהלן:

- בין רחוב מקומי לבין רחוב מקומי אחר – לא נדרש רדיוס מיוחד ומומלץ לא לסמנו בכלל;
- בין רחוב מקומי לבין רחוב מאסף ולהיפך – 10–12 מטר;
- בין רחוב מאסף לבין רחוב מאסף אחר – 12–15 מטר;
- בין רחוב מאסף לבין דרך עורקית ולהפך – 15–18 מטר;
- בין דרך עורקית אחת לשנייה R≥15 מטר.

מובאת להלן רשימת הערות הבאה להדגיש, לסייג ולהבהיר נתוני תכנון אלה:

א. כאשר יש יותר מנתיב אחד לפנייה שמאלה, הערכים לעיל מתייחסים לרדיוס הקטן ביותר.

ב. בין כל שני קווי רדיוסים פנימיים לפניות מקבילות שמאלה מאותו כיוון, נדרש מרחק של 4.5 מטר. הרוחב הזה נדרש בעיקר באזור לב הצומת ובתחום החדירה לזרוע אליה פונים כלי–הרכב.

ג. בין שני קווי רדיוסים פנימיים של פניות שמאלה נגדיות (למשל בין הפניות דרום–מערב וצפון–מזרח), נדרש מרחק של 9.0 מטרים.

ד. כאשר מסיבות תכנוניות שונות ניתן לבצע רק רדיוסים קטנים יותר מהרשימה לעיל, נדרש 'פיצוי' חלופי בהרחבת רכיבים אחרים של הצומת, או באמצעים אחרים, למשל:

- הרחבת אזור הקליטה בזרוע היוצאת מהצומת;
- הגדלת המרחק בין שני קווים של פניות בכיוון אחד ובין שני קווים של פניות נגדיות;
- ביטול האפשרות לביצוע פניות שמאליות נגדיות בו–זמנית.

כאשר מסיבות תכנוניות (הנובעות לפעמים בשל מבנה הצומת) נדרשים רדיוסים גדולים יותר לפניות שמאלה, אפשר לצמצם את המרחקים בין קווי הרדיוסים, לעומת סעיפים ב', ג' לעיל. על המתכנן להוכיח במקרים אלה באמצעות תוכנת פניות רכב, שהתכנון המוצע על ידו אפשרי.

ה. כאשר הצומת מרומזר והפניות שמאלה משני עברי הצומת (למשל: התנועות מצפון למזרח ומדרום למערב) נעות יחד עם התנועות הישרות משני עבריו (למשל: מצפון לדרום ומדרום לצפון, בהתאמה) בכל ענפי תרשים הזרימה, אין צורך לשמור על מרחק מסוים בין רדיוסי הפנייה של תנועות נגדיות. יחד עם זאת, שמירה על המרחק המזערי של 9 מטר יאפשר תנועה בטוחה של תנועות נגדיות, גם במקרים חריגים כשהרמזור אינו פועל.

ו. קו רדיוס הפנייה שמאלה מלווה תמיד את קו אבן השפה בצמתים בהם קיימים מפרדות ואיי תנועה. אין ליצור מצב בו לא קיימת חפיפה מוחלטת בין שני הקווים.



לא נכון



נכון

תרשים 5.20: התאמה של קווי הפנייה שמאלה לאבן-השפה במפרדה

5.10 מרחב הראות בצומת

5.10.1 הקדמה

אחת הסוגיות המשפיעות ביותר על תכנון הצומת וסביבתו, על קביעת גבולותיו הפיזיים ועל ההיבטים הבטיחותיים שלו, היא מרחב הראות בצומת (תרשים 5.28). מרחב הראות בצומת הוא התחום הדרוש בצומת ובסביבתו, כדי **שכל משתמשי הדרך** המגיעים מכיוונים שונים וברצועות תנועה שונות, יראו זה את זה ויגיבו בצורה נכונה.

מרחב הראות הוא, לפיכך, התחום הבסיסי שקובע את מרחב הצומת, את גבולותיו הפיזיים ואת קווי זכות הדרך בכל פינות הצומת, לרבות קביעת גבולות הבינוי המותרים במגרשים הפינתיים בזרועות הצומת השונות. בשל חשיבותו הבטיחותית, לא ניתן לצמצם מרחב זה מתחת לסף ההכרחי, אולם ניתן להרחיבו מסיבות שונות, לרבות היבטים אורבניים, פיזיים, נופיים ואחרים.

הרחוב שלתנועה בו זכות הקדימה באותו צומת, ייקרא בהמשך הסעיף "הרחוב הראשי", "הכיוון הראשי" או "הרחוב העיקרי", ללא תלות בסיווגו ברשת, והרחוב שהתנועה בו מחוייבת במתן זכות קדימה – "הרחוב המשני" או "הכיוון המשני".

5.10.2 מרכיבי מרחב הראות ומשמעותם ההנדסית

<<<
ראו תרשים 5.28

במסגרת מרחב הראות בצומת קיימים שלושה אזורים המחייבים בדיקה (חלקם חופפים זה לזה):

א. משולש ראות – התחום הנדרש לנהג המגיע מהכיוון המשני כדי לראות את המכוניות המתקרבות ברחוב הראשי, לצורך קבלת החלטה אם לחצות את הצומת, או להמתין למעבר הרכב האחר כדי לחצות אותו בבטחה.

ב. אזור קרן הרחוב – התחום הנמצא בסמיכות רבה לצומת, ובו מתקיימות תנועות המשתמשים הרכים בדרכם לחצות את אחת מזרועות הצומת.
שמירה על מרחב ראות נקי באזור קרן הרחוב, תאפשר למזער ככל שניתן את הניגודים בין משתמשי הצומת.
בספר "תנועת הולכי רגל" מסדרה זו, ניתנו בפרק 5 "קרן הרחוב" הנחיות לתכנון קרנות הרחוב תוך התחשבות בדרישת מרחקי הראות, תוך פירוט התאמתם לצורות שונות של מגרשי הפינה – מעוגלים, קטומים או עם מגרעת.

<<<
ראו סעיף 5.3
ותרשימים 5.2–5.9
בספר תנועת הולכי הרגל

ג. אזור המפרדה בצומת (ברחוב מחולק) – התחום במפרדה שמאפשר למשתמשים הרכים ולנהגים לראות זה את זה במהלך חציית הצומת.

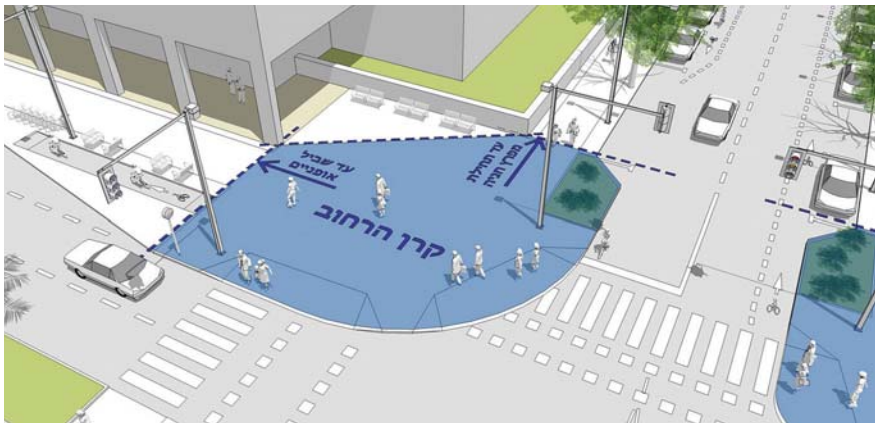
<<<
בסעיפים 5.10.5 – 5.10.11
להלן יוצגו מאפייני
משולשי הראות בין נהגים
בצומת. סעיפים 5.10.3
ו– 5.10.4 מתייחסים לשני
אזורי הצומת האחרים

5.10.3 אזור קרן הרחוב

אזור קרן הרחוב בצומת הוא מהאזורים העמוסים ביותר הקיימים ברחוב:

- בקרן הרחוב נפגשות תנועות הולכי רגל מרחובות שונים זו עם זו.
- בקרן הרחוב חוצות ועוברות תנועות האופניים.
- בקרן הרחוב קיימת צפיפות גדולה יותר של הולכי רגל הבאים מכיווני תנועה שונים והממתינים לחצייה.
- והעיקר – קרן הרחוב מהווה את המפגש הראשוני בין תנועות הרכב לבין המשתמשים הרכים.

מכלול הפעילויות המתרחשות והמתקיימות בעת ובעונה אחת בתחום קרן הרחוב מחייבות שאזור זה יהיה פנוי מכל מכשול לראות, וכי יהיה פתוח לחלוטין לקשר עין בין המשתמשים השונים השוהים והעוברים בו.
תרשים 5.21 משקף את התחום הפנוי הנדרש בקרן הרחוב.



תרשים 5.21:
קרן הרחוב במרחב הראות

התחום הפנוי ממכשולי ראות כולל את נקודות הציון הבאות:

- כל אזור המדרכה בקרן הרחוב שנכלל במרחב הראות.
- האזור בו נפגשים מעברי החצייה עם קרן הרחוב (ועד 3 מטרים לפחות מעבר להם).
- האזור בו נפגשים שבילי האופניים עם קרן הרחוב.
- האזור בו נפגשים מפרצי החנייה עם קרן הרחוב.

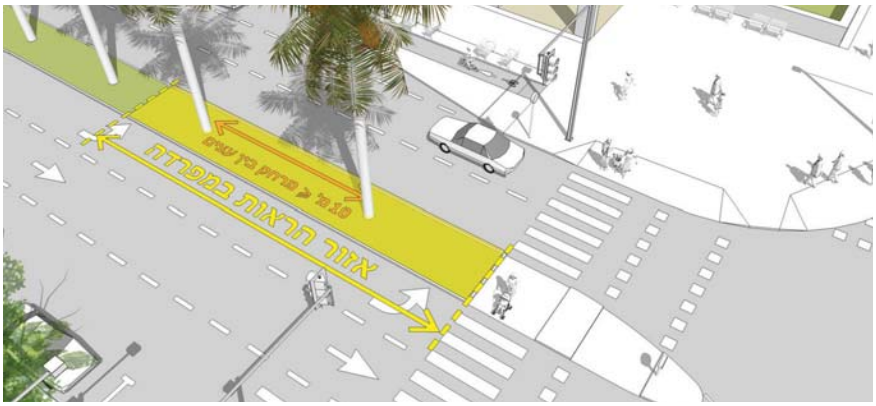
<<<
טבלה 5.16 בסוף הפרק מפרטת את המכשולים לראות שניתן להציב בקרן הרחוב, ואת אלה שאסור להציב בה, משיקולי ראות

5.10.4 אזור הראות במפרדה (ברחוב מחולק)

הסעיף הקודם התייחס לאזור המפגש העיקרי בין הולכי הרגל, האופניים וכלי הרכב בקרן הרחוב. אזור נוסף, שבו נפגשים משתמשים אלה, הוא באזור מקומות החצייה בתחום המפרדות, ברחובות שבהם קיימים מספר מסלולים מופרדים לתנועת רכב (רחובות מחולקים, שדרות – ראו תרשים 5.22). באזור זה יש להימנע לחלוטין מהתקנת עצמים בין מקומות החצייה (מעברי חצייה, המשכם במפרדה ומקומות המשמשים לחצייה אך לא מסומנים בהם מעברי חצייה) לבין הצומת, למעט תאורה ורימזור, אם הדבר הכרחי, ועמודי

תמרור נמוכים. כמו כן, יש להגביל הצבת עצמים לאורך 10–30 מטר לפחות (ראו טבלה 5.11) מעברם האחר של מקומות החצייה, לפי הרשימה המוצגת בטבלה 5.16 בסוף הפרק.

תרשים 5.22:
אזור הראות במפרדה



טבלה 5.11:
אורך מזערי לתחום הראות הפנוי ממכשולים ליד מקומות חצייה במפרדה

מיקום המפרדה	אורך תחום פנוי (מטר)
בין שביל אופניים למדרכה ובשדרות רחבות	10
בין מסלולי רכב ואופניים ברחובות 50 קמ"ש	20
בין מסלולי רכב ואופניים ברחובות 70 קמ"ש	30

גם כאשר קיים מקום חצייה לא מתומרר בקטע דרך ברחוב מחולק, יש לשמור על אזורים פנויים ממכשולי ראות לאורך 10–30 מטר, על פי נתוני טבלה 5.11 , משני עבריו.

5.10.5 המתודולוגיה לחישוב צלעות משולשי הראות למצבים השונים

5.10.5.1 מרכיבי משולש הראות

במשולש הראות שלוש צלעות (תרשימים 5.23 – 5.26):

א. הצלע המקבילה לציר* הרחוב המשני, ומייצגת את מיקום הרכב שמגיע מהכיוון המשני (L_2), במצב קבלת ההחלטה לפני הכניסה לצומת.

ב. הצלע המקבילה לציר* הרחוב הראשי, ומייצגת את מיקום הרכב שמגיע משמאלו או מימינו של הרכב הנמצא ברחוב המשני (L_1).

ג. לוכסן הראות, שהוא היתר של המשולש, התוחם את מרחב הראות המזערי הנדרש לנהג בצד דופן הרחוב הראשי.

הלוכסן ושתי הצלעות תוחמים את מעטפת משולש הראות.

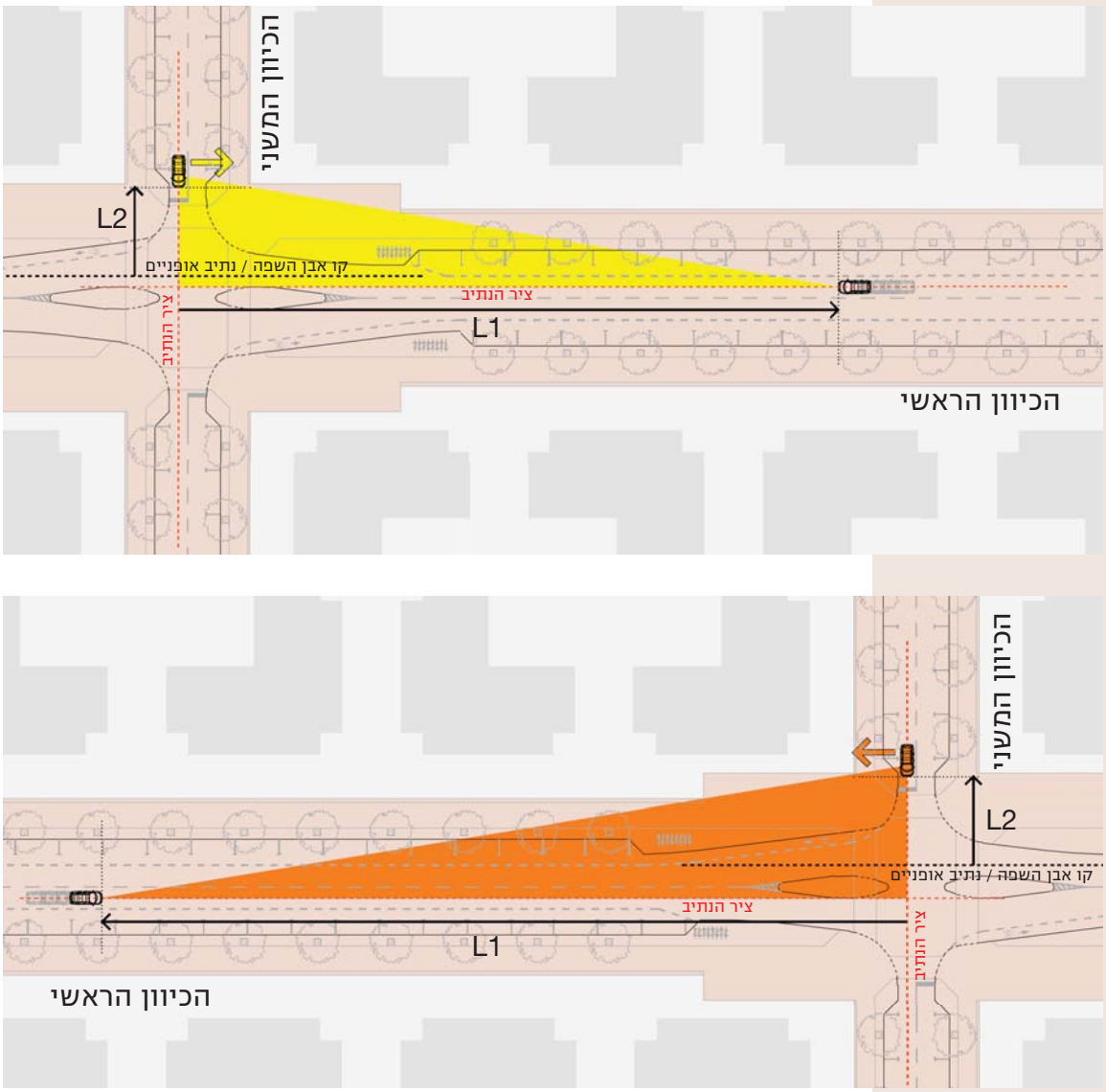
* ציר רחוב הוא הקו המפריד בין שני נתיבים בכיוונים נגדיים, או הקו החוצה את המפרדה הנמצאת בין שני מסלולים בכיוונים מנוגדים.

חישובי מרחקי הראות מתבססים על הנחה של קווי ראות בין צירי נתיבים, אם כי בתכנון מיטבי השאיפה היא כי משולשי הראות, בתחום מרחב הראות בצומת, ייפגשו בצירי הרחובות. הרחבת תחום משולשי הראות עד ציר הרחוב נועדה לצורך שילובן של המפרדות ברחובות מחולקים בתחום מרחב הראות, והטלת מגבלות על הצבת מטרדי ראות גם בתחומן.

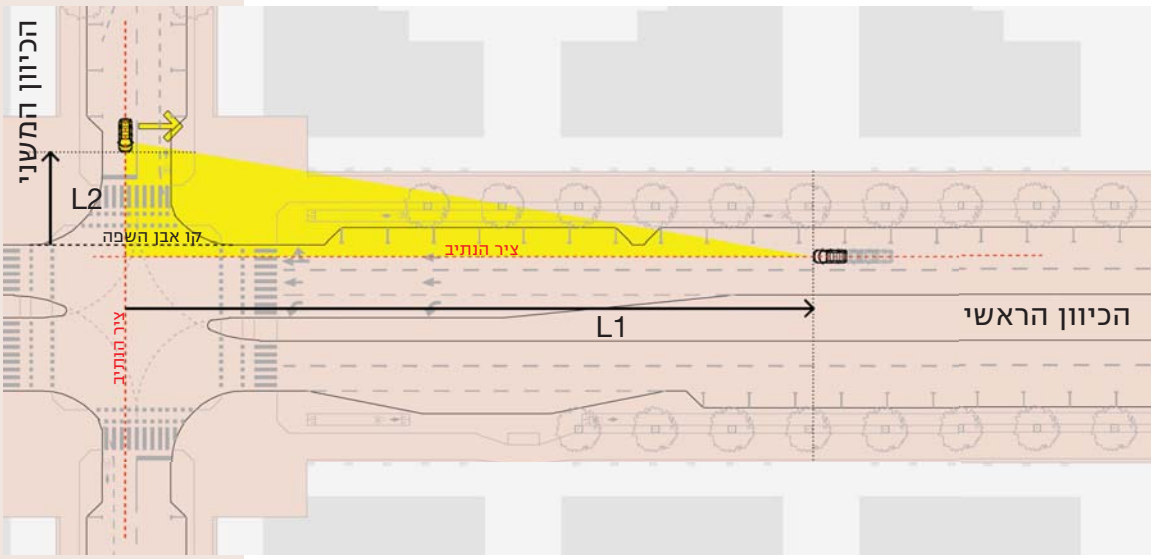
בצמתים רגילים בהם מותרות כל התנועות, נדרשים משולשי ראות הן לימין והן לשמאל, כמתואר לרחוב דו–סיטרי בתרשימים 5.23 ו–5.24, ולרחוב מחולק – בתרשימים 5.25 ו–5.26. תרשים 5.28 מציג את קומפילציית כלל מרחבי הראות בצומת רחוב מחולק.

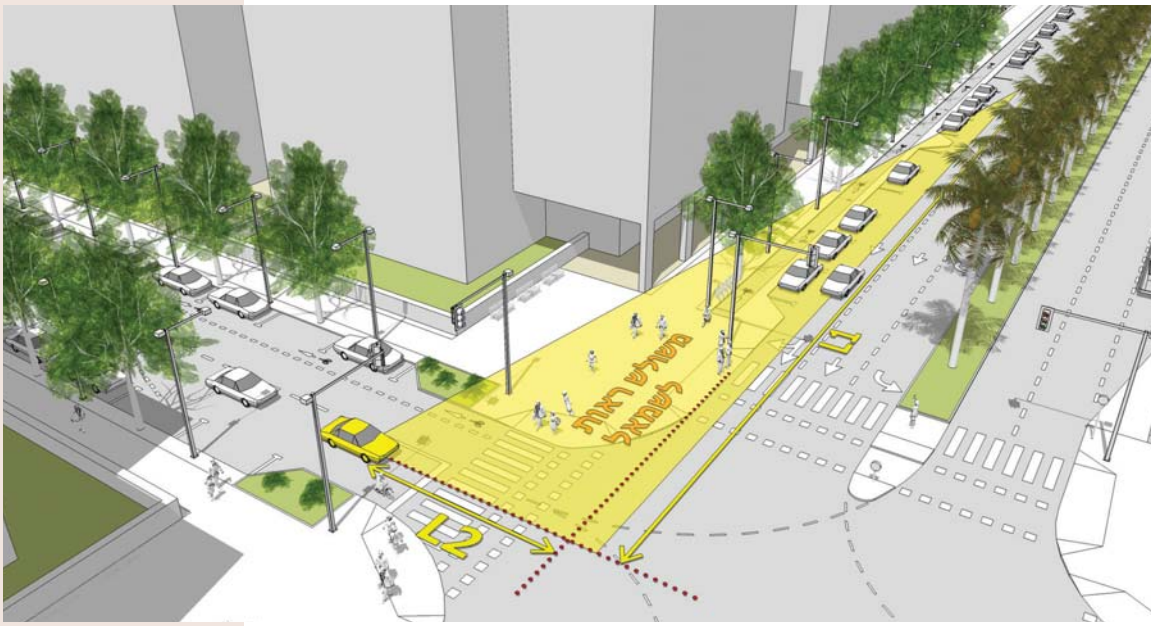
תרשים 5.23:
משולש ראות לשמאל
ברחוב דו–סיטרי

למטה: תרשים 5.24:
משולש ראות לימין
ברחוב דו–סיטרי



מפגש הצלע והיתר של משולש הראות לרכב המשני הוא בעין הנהג, ונמצא כ–1.5 מ' מעבר לתחילת הרכב, אליה נמדד L_2 – ראו הסבר בעמ' 125.





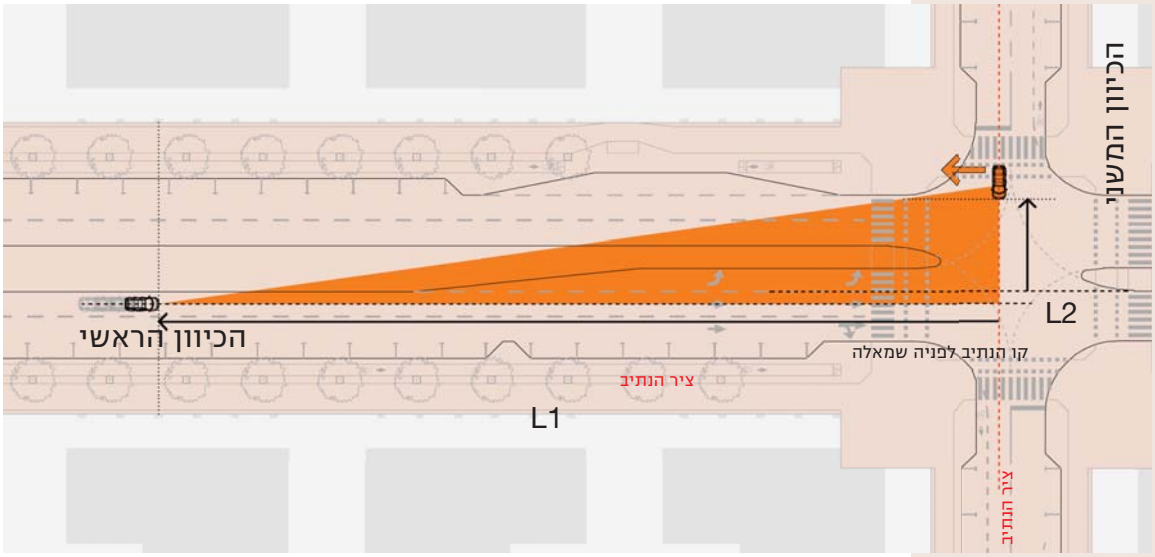
5

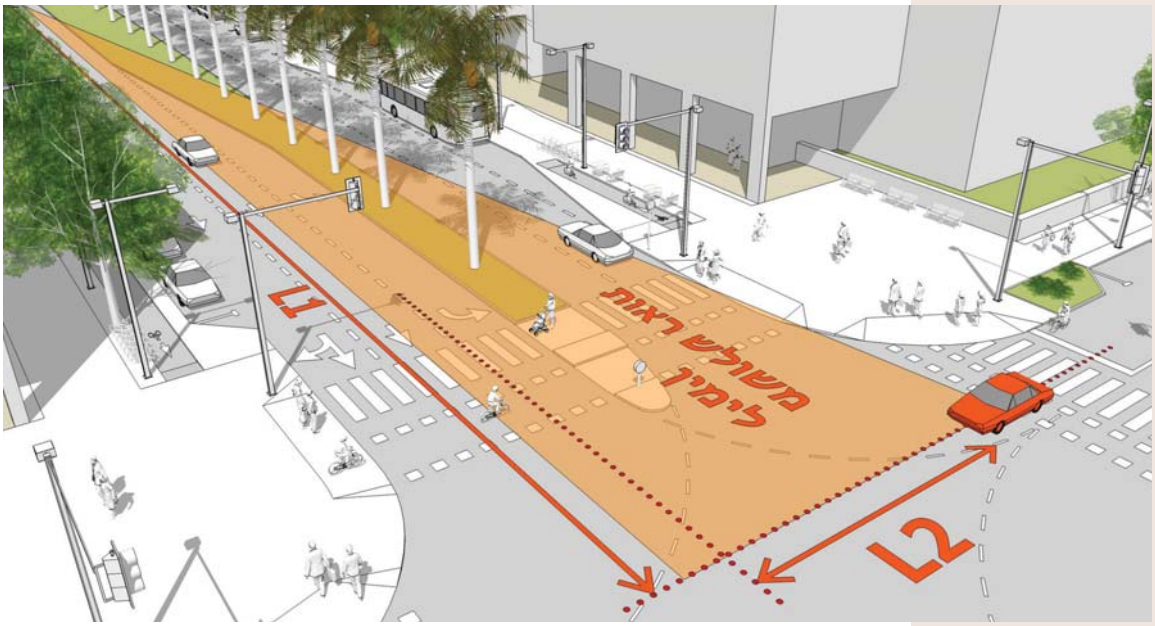
5.10.5.2

תרשים 5.25 א', ב':
משולש ראות לשמאל
ברחוב מחולק.
עליון: בתנוחה
תחתון: בהדמייה

הסבר לאופן החישוב

בהנחיות שהתפרסמו עד סוף המאה ה–20, התבסס חישוב משולשי הראות בעיקר על חישובים הנדסיים וגיאומטריים, שהסתמכו על בניית צלעות משולשי הראות בהתאם למרחקי הראות לעצירה של כלי הרכב המתקרבים לצומת מהכיוונים השונים, וערכי התאוצות והתאוטות שלהם, לפי מודלים משנות ה–40 וה–50. ככל שהתקדמו יכולות איסוף וניתוח נתוני התנהגות של נהגים בתנאי אמת, והתפתחו מודלים המייצגים את תהליכי השיפוט הפסיכו–פיזי וקבלת ההחלטות של הנהגים, נמצא שמרחקי הראות שחושבו כתוצאה מההנחות הקודמות, לא תאמו את אופן התנהגות הנהגים באופן מעשי.





תרשים 5.26 א', ב':
משולש ראות לימין ברחוב מחולק.
עליון: בתנוחה
תחתון: בהדמייה

לדוגמה, מרחקי הראות שנדרשו בצלע המשולש לאורך הציר הראשי במהירויות התקרבות גבוהות, היו גדולים מכדי שהנהגים הממתינים יוכלו להבחין ולאמוד את הפערים בזויות הראות הקטנות שבצמתים, ולפיכך משולשי הראות שנתקבלו היו בלתי מעשיים מבחינה הנדסית ובלתי מוצדקים מבחינת הגבלותיהם על התכנון האורבני.

גם לא היו הבדלים מהותיים בין מודלים עירוניים לבין-עירוניים. במהלך 15 השנים האחרונות עודכנו במרבית ההנחיות במדינות המתקדמות הן המודלים לחישוב מרחקי הראות לעצירה, המהווים מרכיב הכרחי בבניית המודלים בצומת (ראו סעיף 4.2.2

בספר "תנועת הרכב המנועי"), והן המתודולוגיות לחישוב מרחקי הראות בצמתים, המתבססות כעת על ניתוח התפלגויות של פערים מתקבלים ונדחים ע"י הנהג הממתין, מתוך ערכים מייצגים שנמדדו בתנאי אמת. גם בישראל נערכו מחקרים עצמאיים לניתוח התנהגות בצמתים ולכיול ערכים מייצגים, לרבות כיול ערכי הפערים הקריטיים בצמתים לא מרומזרים עבור מדריך HCM הישראלי.

יצויין, כי ערכי הפערים הקריטיים לצרכי חישובי ראות הם בדרך כלל גבוהים יותר מערכי הפערים הקריטיים לחישובי קיבולת, שכן הקיבולת מבוססת על ערך ממוצע, אשר אינו מבטא את הצורך להכיל אחוז גבוה יותר של נהגים משיקולי בטיחות, כנדרש במרחקי הראות.

5.10.5.3 פירוט המצבים האפשריים

בצמתים נדרשת בדיקת משולשי ראות למצבים שונים בהתאם לאופן הבקרה של הצומת:

א. בצמתים באזורי מיתון תנועה הצמתים יהיו ללא בקרת תמרורים – זכות הקדימה תמיד לרכב שמימין (ראו "הנחיות לאזורי מיתון תנועה"), ולכן נדרשים משולשי ראות בעלי צלעות זהות בכל זרוע.

<<< ראו סעיף 5.10.6 וטבלה 5.13

ב. בצמתים בהם מוצב תמרור 301 ("תן זכות קדימה"), נדרשים משולשי הראות לאפשר שני מצבים:

1) התקרבות במהירות מופחתת מהרחוב המשני, עד לנקודה בה חייבת להתקבל ההחלטה אם ניתן להמשיך ולהיכנס לצומת, או אם צריך לעצור. במקרה של המשך ללא עצירה, הראות מאותה נקודה צריכה לאפשר את כל החציות והפניות הרלוונטיות.

<<< ראו סעיף 5.10.6 וטבלה 5.13

2) במקרה של עצירה, משולש הראות זהה ל-ג' להלן.

ג. בצמתים בהם מוצב תמרור 302 ("עצור ותן זכות קדימה"), צלע משולש הראות ברחוב המשני בו מוצב התמרור היא קצרה, שכן הנהג הצופה מקבל החלטות ממצב עמידה בקו העצירה, אולם צלע הראות לאורך הרחוב הראשי היא ארוכה, כי צריכה לאפשר לנהג המתחיל מעצירה לחצות, או לפנות שמאלה או ימינה ולהאיץ, מבלי לגרום להפרעה או לסיכון בטיחותי לרכב הנצפה הנע ברחוב הראשי.

<<< ראו סעיף 5.10.7 וטבלה 5.14

ד. בפנייה שמאלה מהרחוב הראשי נדרש מרחק ראות לפנים לכיוון הנגדי, שיאפשר ביצוע הפנייה תוך פינוי בטוח של הצומת.

<<< ראו סעיף 5.10.8

ה. בצמתים מרומזרים נדרשת אפשרות לתפקוד הצומת בעת הצורך גם ללא פעולת הרמזור (או בהבהוב צהוב), ולכן צריכים להתקיים משולשי הראות הרלוונטיים מסעיפים ב'-ד' לעיל, בהתאם לתמרורים המוצבים בזרועות המשניות למקרה כזה.

ו. במעגלי תנועה נדרש בכל זרוע משולש ראות לפנים ושמאלה, לצורך מתן זכות קדימה לרכב הנמצא במעגל בהתאם למשטר התנועה המקובל במעגל – ראו "הנחיות לתכנון מעגלי תנועה".

5.10.5.4 ערכי הפערים הקריטיים

בטבלה 5.12 נתונים ערכי הפערים הקריטיים לתנועות המשניות בצומת. הערכים הבסיסיים הם לחציית שני הנתיבים ולפניות לציר ראשי חד–מסלולי דו–נתיבי, עם מקדמי תיקון למקרים בהם נדרש זמן פינוי גדול יותר (כגון לרכב משא או לדרך מחולקת בה לא ניתן להמתין במפרדה). כאשר הרכב לתכן בתנועה המשנית אינו רכב נוסעים אלא רכב אחר (משאית באזור תעשיה, אוטובוס בציר תח"צ), יש לתקן את המקדמים לפי הטבלה, ולהגביה את קו הראות בהתאם.

טבלה 5.12: פערים קריטיים למצבים השונים בצמתים (לרכב נוסעים)

סוג התנועה	שניות	הערות
חצייה מהמשני ללא עצירה	6.5	1) 2)
פנייה שמאלה או ימינה מהמשני ללא עצירה	8.0	2) 3)
חצייה או פנייה ימינה מהמשני מעצירה	6.5	1) 2)
פנייה שמאלה מהמשני מעצירה	7.5	2) 3)
פנייה שמאלה מהראשי למשני	5.5	4) 5)

1) יש להוסיף 0.5 שנ' לכל נתיב הנחצה בבת–אחת בנוסף לשניים הקרובים. במסלול חד–סיטרי חד–נתיבי יופחת בהתאמה.

2) כשרכב התכן משאית/אוטובוס יש להוסיף 2.0 שנ', לרכב מורכב – 4.0 שנ'.

3) לפנייה שמאלה יש להוסיף 0.5 שנ' לכל נתיב הנחצה לפני הפנייה בנוסף לקרוב. במסלול חד–סיטרי יופחת בהתאמה.

4) יש להוסיף 0.5 שנ' לכל נתיב הנחצה בפנייה בנוסף לקרוב.

5) כשרכב התכן משאית/אוטובוס יש להוסיף 1.0 שנ', לרכב מורכב – 2.0 שנ'.

5.10.6 משולשי ראות ללא חובת עצירה

5.10.6.1 המתודולוגיה לקביעת משולשי הראות ללא חובת עצירה

להלן המתודולוגיה שלפיה נקבע משולש הראות ללא חובת עצירה:

א. רכב המגיע מהרחוב או מהכיוון המשני, מאט את מהירותו בהתקרבו לצומת, כך שיוכל במידת הצורך להספיק ולבלום לפני שהוא יוצר מגע עם רכב ברחוב או בכיוון הראשי.

ב. במרחק סביר מהצומת, בודק הנהג המגיע מהרחוב המשני את התנועה ברחוב או במסלול, שאותו הוא מבקש לחצות. הנהג מביט ראשית שמאלה ומוודא שקיים פער שמספיק עבורו לחצייה, בהתייחס לתנועה משמאלו (תרשימים 5.23, 5.25).
לאחר מכן מביט הנהג ימינה, ומוודא שבאותה נקודת זמן קיים פער שמספיק עבורו לחצייה גם בהתייחס לרכב המגיע מימינו (תרשימים 5.24, 5.26).

ג. אם הנהג מתכוון לפנות ימינה או שמאלה ולא לחצות, הוא בודק האם הפערים מספיקים כדי לפנות ולהאיץ באופן שלא יסכן או יפריע לתנועה בנתיבים הרלוונטיים ברחוב הראשי.

ד. אם הנהג ברחוב המשני מזהה פערים מתאימים לחצייה, ביחס לשני הכיוונים ברחוב הראשי, הוא ממשיך בתנועתו במטרה לחצות את הצומת או לפנות. אם הנהג מחליט שלפחות אחד משני הפערים אינו מספיק לחצייה, הוא בולם ועוצר לפני הצומת.

ה. הנחת התכנון הנוגעת למהירות הרכב החולף ברחוב הראשי היא, שהוא אינו אמור להאט את מהירותו בגלל הרכב מהרחוב המשני. יחד עם זאת, אם הנהג בכיוון המשני טועה ומחליט להיכנס לצומת למרות שהפער אינו מספיק, מיועד מרחב משולש הראות שנקבע מתוך הפערים שבטבלה 5.12, לאפשר גם לנהג בתנועה הראשית להאט ולהגיב באופן המונע מפגש בין כלי–הרכב, תוך בלימה מבוקרת ולא בלימת חירום.

קביעת צלעות משולש הראות ללא חובת עצירה 5.10.6.2

גודלם של משולשי הראות נגזר ממהירות התנועה ברחוב הראשי (שלו זכות הקדימה בצומת) ככל שמהירות התנועה ברחוב זה גדולה יותר, נדרשים משולשי ראות גדולים יותר.

להלן נתוני הבסיס לפיהם בנויה טבלת צלעות משולשי הראות (טבלה 5.13):

א. מהירויות, תאוצות ותאוטות

1) המהירות ברחוב הראשי היא המהירות המרבית המותרת (מהירות הייעוד), למעט בצומת שבאזור מיתון תנועה, בו מהירויות החצייה של הצומת בשני צירי התנועה הן 15 קמ"ש.
2) המהירות בנקודת ההחלטה ברחוב המשני לרכב חוצה או פונה היא 15 קמ"ש, לכל מהירות ייעוד.
3) הנהג ברחוב המשני מאט את מהירותו בתאוטה נוחה של 1.5 מ'/שנ'^{2} עד לנקודת קבלת ההחלטה, בה עליו לבחון את התנועה ברחוב הראשי ולהחליט האם לבלום בתאוטת בלימה לעצירה של 3.4 מ'/שנ'^{2}, או להמשיך ולהיכנס לצומת ללא עצירה.
4) הרכב החוצה מאיץ בשיעור של 1.25 מ/שנ'^{2}, הרכב הפונה מבצע פנייה במהירות 15 קמ"ש, ומאיץ לאחר השלמתה בתאוצה של 1.25 מ'/שנ'^{2}.

ב. זמני תגובה ומרווח בטיחות

גודל משולשי הראות מבוסס בעיקר על משך התגובה של הנהג ברחוב המשני, ועל הפער המזערי הנדרש לו כדי לחצות או לפנות. פער זה מבטא, למעשה, את מרחק הנהג ברחוב הראשי מנקודת החיתוך של שתי תנועות הרכב.

ערכי התכן לזמנים שמעצבים את משולשי הראות הם כלהלן:

1) לנהג בכיוון המשני נדרשות 1.5 שניות כדי לקבל החלטה האם לעצור או להמשיך.
2) לנהג בכיוון הראשי נדרשות 2.0 שניות תגובה כדי להימנע מהתקרבות יתרה לרכב המאיץ, על ידי האטה נוחה של 1.5 מ'/שנ'^{2}, עד לפער בטיחותי של 2.0 שניות בין הרכבים.

(ערכי הפערים הקריטיים בטבלה 5.12 כוללים את זמני התגובה ומרווחי הבטיחות הדרושים).

ג. מרחקי תכן

בטבלה 5.13 מוצגים ארכי צלעות משולש הראות לחצייה או לפנייה ללא עצירה. משולשי הראות הם שונים, היות שמשך פינוי הצומת שונה.

ככלל, מרחקי הראות L_1 הנדרשים לאורך הרחוב הראשי ללא עצירה ברחוב המשני, אינם גדולים מאשר מרחקי הראות הנדרשים לאחר עצירה לאותן מהירויות, המפורטים בסעיף 5.10.7 ובטבלה 5.14 להלן, ולכן קיומם של מרחקי הראות ללא עצירה מבטיח גם את קיומם של מרחקי הראות למקרה שהרכב ברחוב המשני נאלץ לעצור בשל מצב התנועה, היות שהם נמדדים מנקודה קרובה יותר לצומת.

ד. אופן היישום

1) בכל זרוע ברחוב המשני תוקצה הצלע הקצרה של משולש הראות (L_2) בהתאם לטבלה 5.13 – המדידה מקו אבן השפה של הרחוב הראשי.
2) אם בצומת אפשריות כל הפניות, אורך הצלע הארוכה של משולש הראות ברחוב הראשי (L_1) תוקצה בהתאם לדרוש לפניות, המחייבות את מרחק הראות הגדול ביותר. האורך הדרוש לחצייה ישמש רק כאשר אין פנייה שמאלה, והפנייה ימינה היא לנתיב האצה.
3) הקצאת היתר של משולשי הראות לחיבור שתי הצלעות, תשלים את מרחבי הראות הדרושים בצומת.
4) להתאמות לשיפוע ולזווית ראו סעיף 5.10.9 להלן, ולתנאים גיאומטריים ותנועתיים אחרים – סעיף 5.10.10 להלן.

טבלה 5.13:
צלעות משולשי הראות לחצייה או לפנייה ללא עצירה מתמרור 301

מהירות יעוד (קמ"ש)		ניצבי משולש הראות (מ')*			
רחוב עיקרי	רחוב משני	L_2 במשני	L_1 בראשי לחצייה	L_1 בראשי לפנייה [3]	תוספת L_1 לכל נתיב בראשי [2]
30 מיתון [1]	30 מיתון [1]	15	15	15	–
30	**30**	12	(45) 55	(45) 65	4
50	**30/50**	12	(75) 90	(75) 110	7
70	**30/50**	12	(100) 125	(100) 155	10

* הערכים בסוגריים מיועדים לאזורי בינוי קיימים בלבד – לא לתכנון חדש.

1) ללא תמרורים; באזור מיתון, L_1 ו-L_2 נמדדים לנקודות מפגש הצירים ולא להמשך קו אבני השפה בצומת;

2) לכל נתיב נחצה נוסף מעבר ל-2 הקרובים, או כאשר רוחב המפרדה אינו מאפשר המתנה בתוכה;

3) לא נדרש לפנייה ימינה לתוך נתיב האצה.

א. מתודולוגיה

כאשר נהג מגיע לצומת בו הסדרי הבקרה מחייבים עצירה, או שאינם מחייבים עצירה, אך הפערים אינם מספיקים לחצייה או לפנייה מיידית, יהיה עליו לעצור ולהמשיך בתנועה בזינוק ממצב עצירה לאחר קבלת הפער המתאים. במקרה זה נדרש מרחב ראות שונה, אשר הצלע שלו ברחוב המשני קצרה מאוד, אך הצלע ברחוב הראשי ארוכה יותר, כדי לאפשר את זמן החישה–תגובה לזינוק מעצירה וההאצה מעמידה.

ההנחה היא כי עיני הנהג נמצאות 4.5 מטר מקו אבן השפה של הדרך החוצה, כדי שלא ייאלץ לעצור על מעבר החצייה, ולכן חזית הרכב נמצאת כ–3 מטר מקו אבן השפה (L_2).

ב. ערכי קלט לחישוב משולשי הראות

1) זמן החישה–תגובה הנדרש לנהג לצורך קבלת החלטה וזינוק הוא 2.0 שניות. ערך זה כלול בערכי הפער הקריטי לחצייה או לפנייה מעצירה בטבלה 5.12.
2) הרכב החוצה מאיץ בשיעור של 1.25 מ/שנ$'^2$, הרכב הפונה מבצע פנייה במהירות 15 קמ"ש, ומאיץ לאחר השלמתה בתאוצה של 1.25 מ'/שנ$'^2$.
3) בתנועות הראשיות נדרשות 2.0 שניות תגובה לנהג כדי להימנע מהתקרבות יתרה לרכב המאיץ, על ידי האטה נוחה של 1.5 מ'/שנ$'^2$, עד לפער בטיחותי של 2.0 שניות בין הרכבים.

ג. מרחקי תכן

ערכי התכן הדרושים לצלעות משולשי הראות לחצייה או לפנייה ממצב עצירה נתונים בטבלה 5.14. כאמור בסעיף 5.10.6.2 לעיל, מרחקי L_1 כבר הובטחו גם בצומת בו תוכננו מרחקי ראות ללא עצירה לאותן מהירויות.

טבלה 5.14:
צלעות משולשי הראות לחצייה או לפנייה מעצירה (תמרור 301 או 302)

מהירות יעוד (קמ"ש)		ניצבי משולש הראות (מ')			
רחוב עיקרי	רחוב משני	L_2 במשני	L_1 בראשי לחצייה ולפנייה ימינה [3]	L_1 בראשי לפנייה שמאלה	תוספת L_1 לכל נתיב בראשי[2]
30 מיתון[1]	30 מיתון[1]	3	25	30	–
30	30	3	55	60	4
50	30/50	3	90	105	7
70	30/50	3	125	145	10

1) ללא תמרורים; נדרש לבדוק מכל זרוע, היות שאין הבדל במדרג;
2) לכל נתיב נחצה נוסף מעבר ל–2 הקרובים, או כאשר רוחב המפרדה אינו מאפשר המתנה בתוכה;
3) לא נדרש בפנייה ימינה לתוך נתיב האצה.

ד. אופן היישום

תהליך היישום יהיה בדומה למפורט למשולשי הראות ללא עצירה בסעיף 5.10.6 ד. לעיל, תוך שימוש בערכי L_1 ו–L_2 מטבלה 5.14.

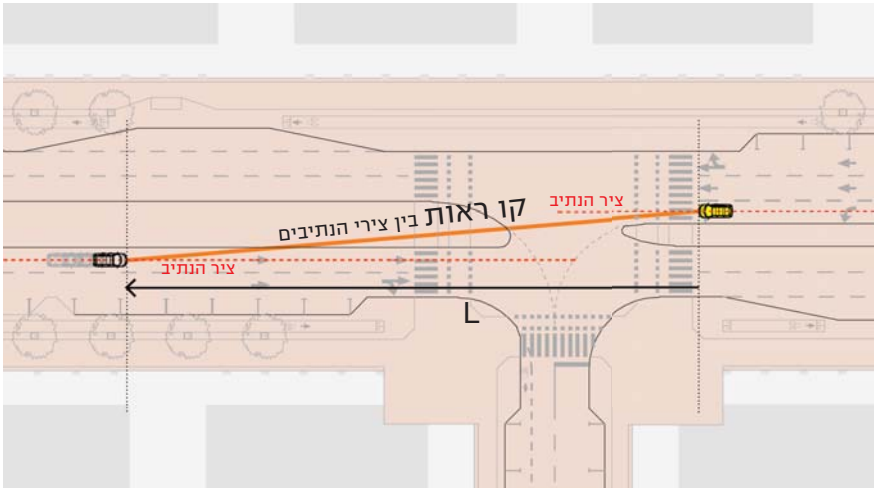
5.10.8 מרחק ראות לפנייה שמאלה מהציר הראשי

בדרך עיקרית בה מותרת פנייה שמאלה, יש לוודא קיום מרחק ראות לפנים שיאפשר לנהג הפונה לראות את התנועה המתקרבת מולו, כדי לבחון האם הפער מספיק לפנייה תוך חצייה של המסלול הנגדי לשם כניסה לדרך המשנית, כמתואר בתרשים 5.27.

מרחק הראות הדרוש הוא:

- במהירות יעוד 50 קמ"ש – 75 מטר;
- במהירות יעוד 70 קמ"ש – 105 מטר.

מרחקים אלה הם לחציית נתיב אחד. לכל נתיב נוסף יש להוסיף: 7 מטר למהירות 50 קמ"ש, 10 מטר למהירות 70 קמ"ש.



תרשים 5.27:
מרחק הראות למסלול הנגדי הדרוש לרכב הפונה שמאלה מהרחוב הראשי



חסימת ראות לפנייה שמאלה מדרך עירונית מחולקת עקב תוואי אנכי וצמחייה במפרדה

חסימת משולש הראות בצומת עקב מבני דרך



ראות מוגבלת בצומת עקב צמחייה גבוהה בקרן הרחוב



צומת עם ראות מוגבלת עקב שילוב של צמחייה גבוהה, עמוד מתח גבוה ותחנת אוטובוס



5

5.10.9 תיקונים לשיפוע ולזווית

הערכים בטבלאות 5.13 ו–5.14 מתאימים לזרועות צומת אופקיות, בשיפועים שאינם עולים על 3%. לשיפועים גדולים יותר, יש להכפיל במקדמים המתאימים בטבלה 5.15. כאשר הרכב המשני מאיץ לירידה, ניתן להקטין את מרחק הראות הדרוש. כאשר מאיץ לעלייה, התיקונים הפוכים.

הערכים הנתונים בטבלאות 5.13 ו–5.14 מתאימים לצמתים בזויות שאינן קטנות מ–75°. זויות קטנות עוד יותר אינן רצויות, ומחייבות הארכה של כ–3 מ' ל–L_1, על כל הקטנה של 5° מתחת ל–75°.

טבלה 5.15: מקדמי הכפלה למרחקי הראות L_1 בטבלאות 5.13, 5.14 עקב שיפוע בהאצה לרכב המשני

מהירות הייעוד (קמ"ש)	שיפוע (%)					
	+6	+5	+4	−4	−5	−6
30	1.1	–	–	–	–	–
50	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9
70	1.1	1.1	1.1	0.9	0.9	0.9

הערות ליישום:
- בשיפועים עד 3% אין צורך בתיקון;
- השיפוע לייחוס הוא זה שמשפיע על ההאצה של הרכב בציר המשני;
- התיקון בטבלה מתייחס לכל זרוע לתוכה מבוצעת האצה של הרכב המשני.

5.10.10 הנחיות נוספות ליישום

א. כפי שנכתב בסעיף 5.10.5.3 לעיל, במרבית הצמתים, למעט מעגלי תנועה, נדרש לבדוק יישום של יותר ממשולש ראות יחיד בכל זרוע, בהתאם לתרחישים האפשריים – עם עצירה או ללא עצירה, לחצייה, או לפנייה ימינה או שמאלה.

ב. בהסתעפויות (צמתי T), אין כמובן צורך להתייחס למשולשי ראות לחצייה, אלא רק לפניות.

ג. הערכים המוצגים בטבלאות 5.12–5.14 מתאימים כאמור לכניסה לצומת עם רחוב עיקרי חד–מסלולי, דו–סיטרי, עם מקדמי תיקון למקרה בו נדרשת חצייה של מספר גדול יותר של נתיבים, כגון ברחוב מחולק עם מפרדה צרה, שאינה מספקת מקלט לרכב החוצה או פונה שמאלה.

ד. ברחוב מחולק שבו רוחב המפרדה מאפשר קבלת החלטה נוספת, ייבדקו רק מרחבי הראות הרלוונטיים לכל מקרה, דהיינו: בכניסה – שמאלה למסלול הקרוב, ובאמצע – ימינה למסלול הרחוק.

ה. במקרה של צומת עם רחוב עיקרי חד–סיטרי, תיבדק הראות לכיוון הנסיעה המותר בלבד.

ו. בכל מקרה ייבדקו בכל צומת קווי הראות להבחנה בהולכי רגל בכל כיווני הנסיעה

האפשריים, וברוכבי אופניים בהתאם להסדר הקיים. במקרה של הסדר חריג, כגון תנועת אופניים בלבד בכיוון הנגדי, יש להתריע על כך בתמרור. במידה שמעברי החצייה להולכי רגל ולאופניים יצריכו הרחקה של קו העצירה, יש להאריך את מידת L_2 בהתאמה במקרה של עצירה.

ז. לרכב כבד נדרשים משולשי ראות גדולים יותר בשל הצורך בפערים גדולים יותר, אולם לעומת זאת גובה עין הנהג הוא 2.3 מ', ולכן קו הראות גבוה הרבה יותר. בצמתים בהם אחוז הרכב הכבד גדול מספיק כדי להוות רכב לתכן, יש לבדוק באופן פרטני.

ח. בכל הזרועות צריכים להתקיים, בכל מקרה, בגישות לצומת מרחקי הראות לעצירה או להחלטה, בהתאם לדרישות בסעיף 4.2 בספר "תנועת רכב מנועי" מסדרה זו.

ט. משולשי הראות המחושבים מספיקים לתנועות המשניות גם להבחין בתנועות משניות אחרות שעדיפות עליהן מבחינת מתן זכות הקדימה.

י. **גם כשמדובר בחובת עצירה, על המתכנן לקבוע את משולשי הראות הגדולים ביותר שניתן, ולהקפיד על ההנחיות הנוגעות לקרן הרחוב, מתוך מטרה לשפר את מרחב הראות ככל שניתן.**

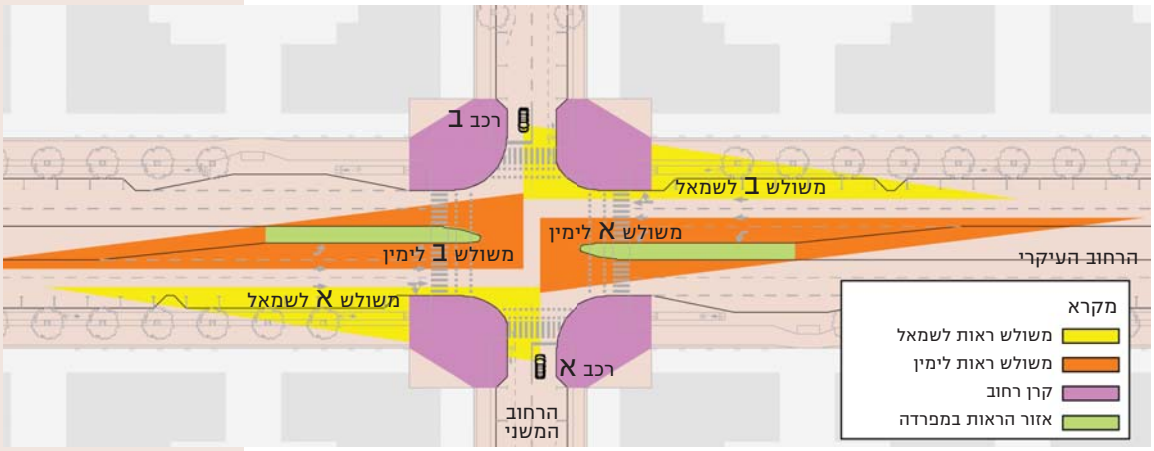
5.10.11 מגבלות בתחום משולשי הראות

מרחב הראות לנהג בצומת הוא איחוד של ארבעה משולשי ראות בצומת בעל ארבע זרועות בו מותרות כל התנועות, כמתואר בתרשים 5.28, או שני משולשי ראות בצומת בעל 3 זרועות בו מותרות כל התנועות, כשכל אחד מהמשולשים מהווה את התחום הפנוי הנדרש לנהג המגיע מהכיוון המשני, כדי לראות את הרכב הנמצא מימינו או משמאלו בציר התנועה הראשי.

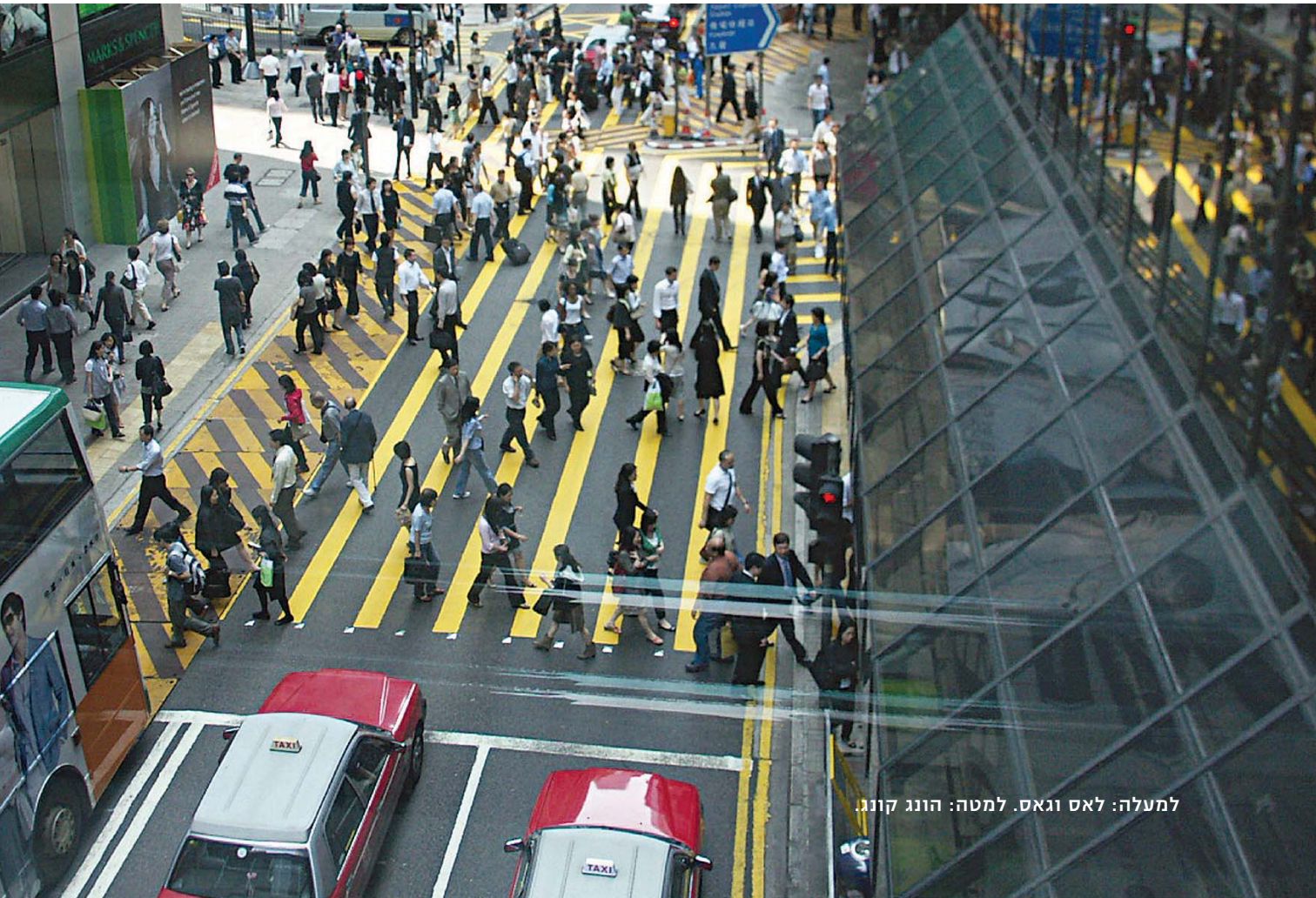
מסיבה זו חלות בתחום משולש הראות הגבלות בנייה ופיתוח, שבמסגרתן מצמצמים ככל שניתן את כמות המטרדים שגורמים לחסימת מרחב הראות, כמפורט בטבלה 5.16.

גובה עין הנהג וגובה הגזרה ברכב אחר שיש להבחין בה לצורך מתן זכות קדימה הינם 1.05 מטר – גבהים זהים אלה מבטיחים ראות הדדית בין שני הנהגים.

תרשים 5.28:
קומפילציית מרחבי הראות השונים ברחוב מחולק







למעלה: לאס וגאס. למטה: הונג קונג.

טבלה 5.16:
עצמים שמותר או שאסור להציב בחלקים שונים של מרחב הראות בצומת

סוג המכשול לראות	קרן הרחוב	משולש הראות בתחום המדרכה והכביש	תחום הראות במפרדה
תמרורים ספורים ורמזורים הנדרשים לצורך הסדרת התנועה בתחומי הצומת			
גדרות שגובהן לא יעלה על 80 ס"מ			
מעקות ושאר התקני בטיחות הכרחיים, שגובהם לא יעלה על 80 ס"מ			
עמודי תאורה בעלי קוטר צר (30 ס"מ לכל היותר)			
עמודי חשמל ותשתיות עיליות אחרות (למעט עמודי תאורה)			
ריהוט רחוב לרבות: ספסלים, לוחות מודעות			
סככות אוטובוס, ביתני מפעל הפיס וכד'			
עצים בודדים ובלבד שיהיו בעלי נוף גבוה, גזע דק ומרוחקים זה מזה 5 מטר לפחות			
עצים בודדים ובלבד שיהיו בעלי נוף גבוה, גזע דק ומרוחקים זה מזה 10 מטר לפחות			
צמחייה הגדלה לגובה מעל 80 ס"מ ובעלת רדיוס התפשטות נרחב למעט עצים			
שלטים שונים, לרבות שלטים תנועתיים, למעט תמרורים חיוניים ועמודי רמזורים			
חנייה של אופניים			
חנייה של רכב נוסעים ואופנועים			
חניית רכב משא			
גדרות גבוהות בחצרות בתים			

מקרא: – מותר – אסור

* במקרה של רלוונטיות של מספר הערות, המחמירה היא הקובעת.

פרק 6:

תבניות צמתים אופייניים (דוגמאות)

פרק 6:
תבניות צמתים אופייניים (דוגמאות)

6.1 מבוא

כפי שניתן להבין מתיאור תהליך התכנון בפרקים הקודמים, תבניתו הסופית של כל צומת הינה מקרה פרטי–ייחודי, העונה על דיוקן הצומת כפי שאופיין ע"י מתכנניו, כמפורט בסעיפים 3.8–3.9 לעיל. אין שני צמתים זהים – כל תבנית משקפת את האיזון המיטבי של כלל המשתנים התכנוניים כמוסבר שם. מטרת ספר ההנחיות אינה להכתיב פתרונות קבועים לצמתים טיפוסיים – אלא לעודד תהליך תכנון המדגיש את הביטוי הפיסי והתנועתי הייחודי לכל צומת, ויחד עם זאת, הספר מציג עקרונות שיטתיים שיקלו על משתמשי הדרך להבין את אופן ההתנהלות המצופה מהם בצמתים, וע"י כך לשפר את תפקודם התנועתי והבטיחותי.

כדי להמחיש את התוצרים הרצויים מתהליך התכן, מוצגות בפרק זה מספר תבניות של צמתים נפוצים. התבניות מציגות מקרים אופייניים של מדרג מפגשים בין רחובות עירוניים – מקומי עם מקומי, מקומי עם מאסף, מאסף מחולק עם מאסף. בתבניות אלה משולבים המידע ועקרונות התכן כפי שהוצגו בספרי ההנחיות השונים לתכנון רחובות, כך שיציגו את הפתרונות המומלצים לתנועת הולכי הרגל, האופניים והרכב המנועי, ושילובם במרכיבי הצומת.

לתבניות השלישית מצורפת טבלה שמראה את אחת האפשרויות להצגה שיטתית של מאפייני התכן עבורם גובשה תבנית זו.

מודגש, כי דוגמאות אלה הן עקרוניות בלבד, ומיועדות להתרשמות כללית מ'כלי עבודה' אלה לשימוש המתכנן. מתודת הגיבוש של תבניות הרחובות הנפגשים מבוססת על העקרונות שהוסברו בסעיף 5.3 "תבניות לדיוקנים נפוצים" בספר "מרחב הרחוב" מסדרה זו.

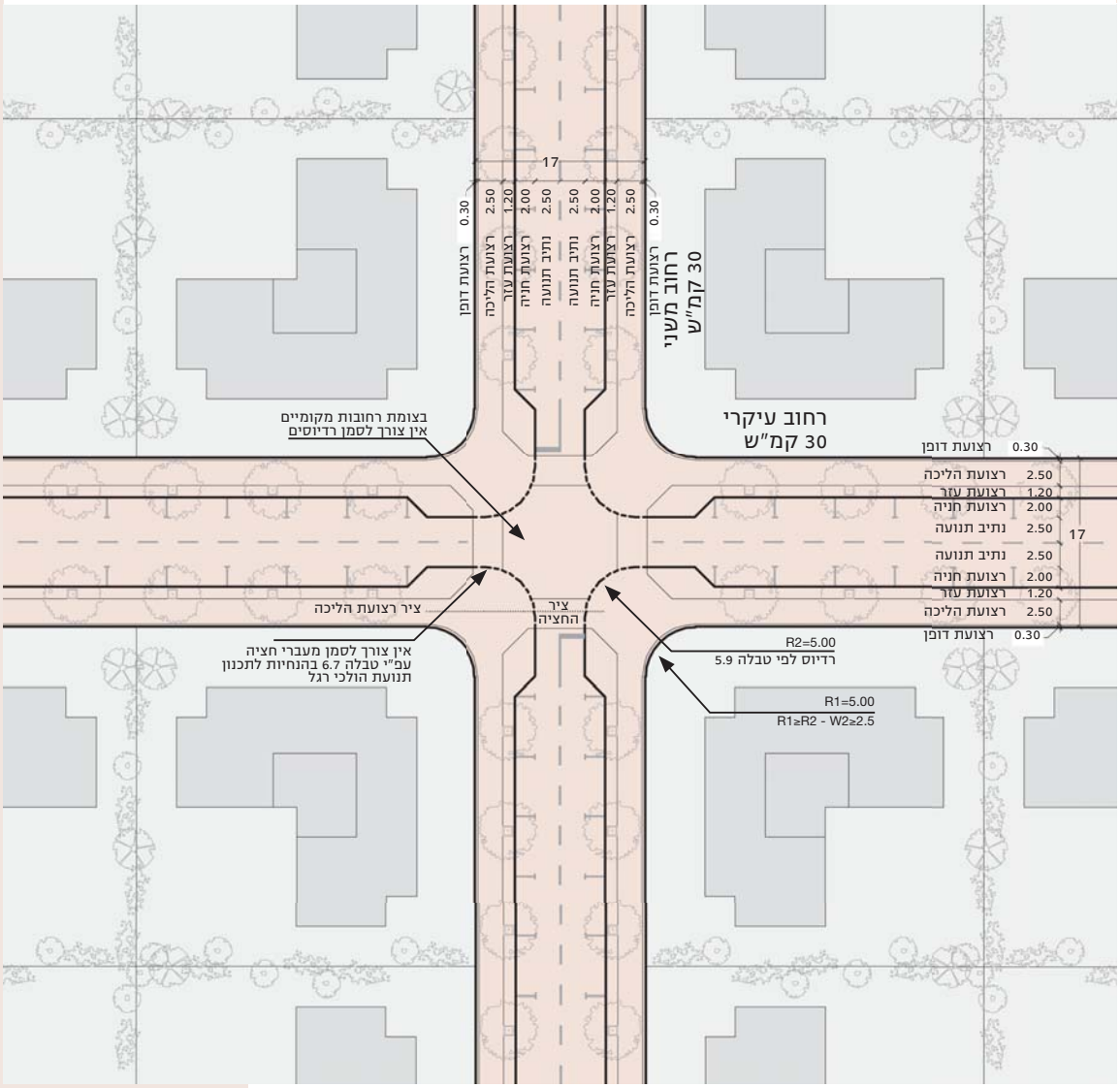
6.2 תבניות צמתים אופייניות



אשדוד.

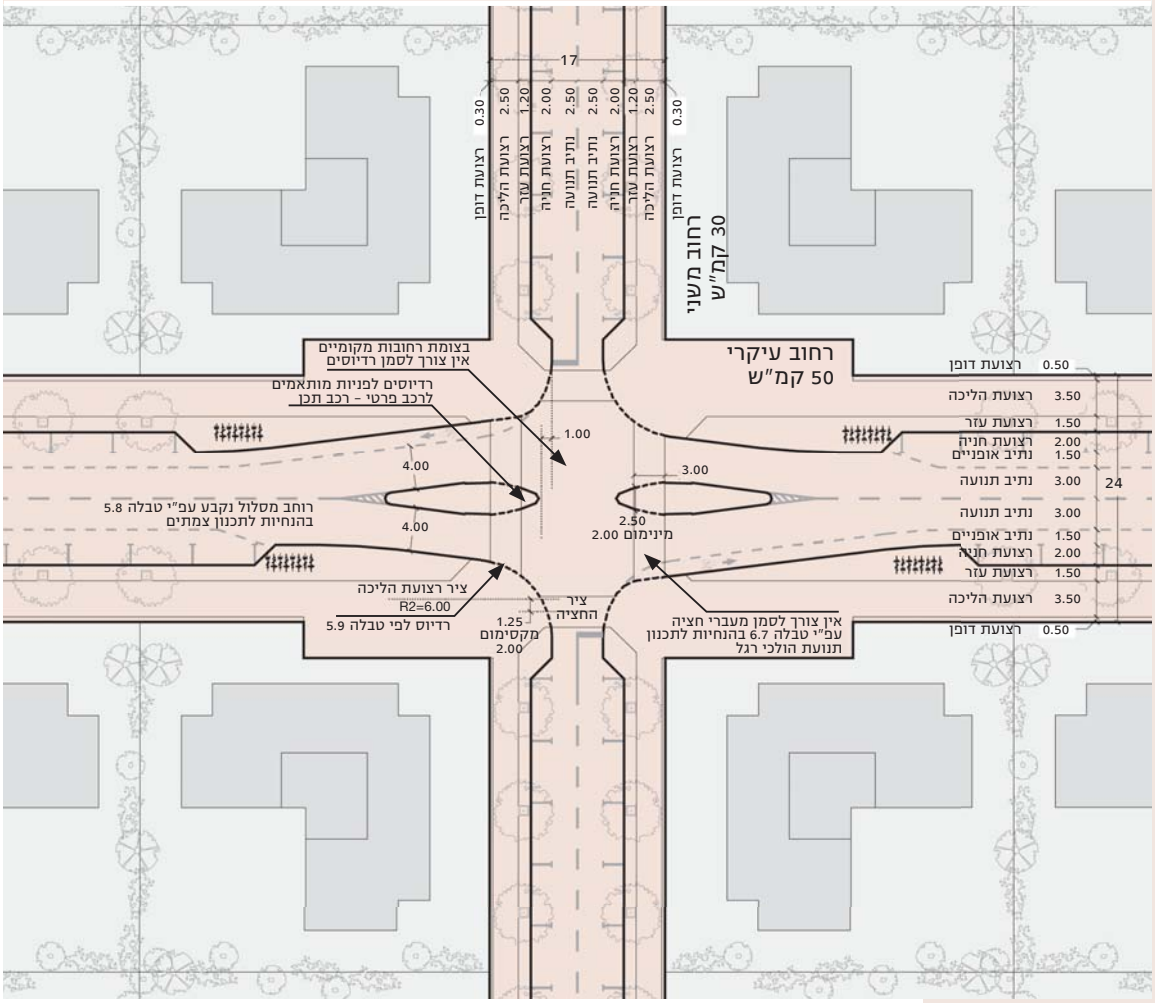
1. צומת בין שני רחובות מקומיים, עצמת בינוי נמוכה (תרשים 6.1)

- הצומת מפגיש שני רחובות מקומיים עם עצמת בינוי נמוכה, ולכן נפחי תנועה נמוכים.
- מהירות הייעוד בשני הרחובות 30 קמ"ש, אך לא מוגדרים כאזור מיתון תנועה.
- זכויות הדרך בשני הרחובות – 17 מטר.
- התבנית האופיינית לרחובות כאלה מוצגת בתבנית מס' 1 בספר "מרחב הרחוב".
- רכב התכן הוא רכב נוסעים ומסחרי קל, ורוחב הנתיבים, רדיוסי הפניות וכד' הם המזעריים הנגזרים מכך.
- אין הצדק למעברי חצייה, הצומת יתוכנן עם מקומות חצייה בין 4 קרנות הצומת.
- ברחוב שנקבע כמשני מבין השניים מוצב תמרור 301 ("תן זכות קדימה").



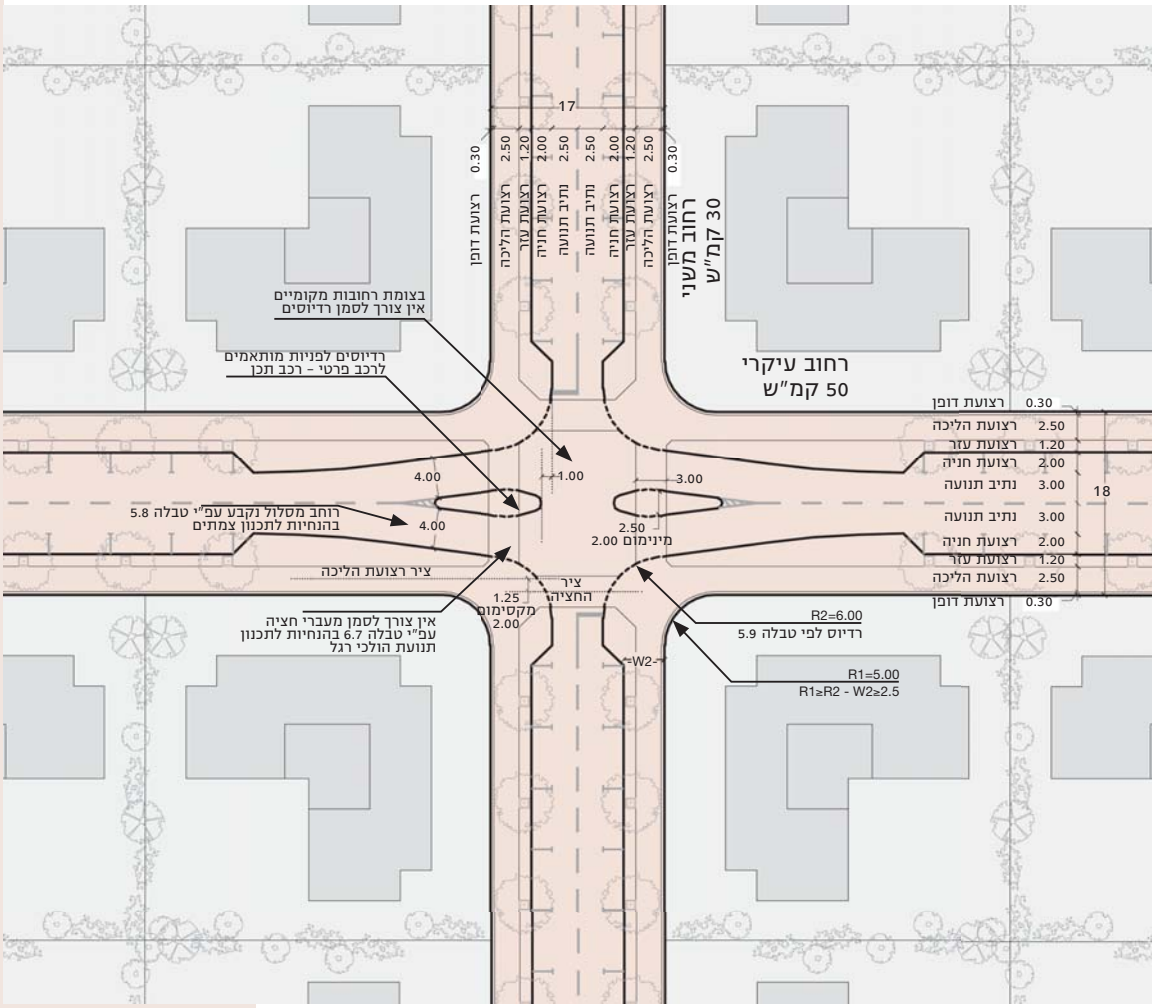
2 א'. צומת בין רחוב מקומי/מאסף 1 לבין רחוב מקומי, עצמת בינוי בינונית, עם נתיב לאופנים (תרשים 6.2 א')

- הצומת מפגיש רחוב מקומי/מאסף 1 עם רחוב מקומי. לשניהם עצמת בינוי בינונית, ולכן נפחי התנועה והולכי הרגל ברחוב העיקרי הם בינוניים.
- מהירות הייעוד ברחוב העיקרי 50 קמ"ש, במשני 30 קמ"ש.
- זכויות הדרך – 18 או 24 ו–17 מטר, בהתאמה.
- התבניות האופייניות מספר "מרחב הרחוב" הן 4 ו–3 בהתאמה.
- היות שהצדק לנתיבים לאופניים במאסף 1 תלוי בנפח התנועה, מוצגות שתי החלופות – עם נתיב לאופנים (6.2 א') וללא נתיב לאופנים (6.2 ב').
- בציר העיקרי רכב התכן אוטובוס שנוסע ישר בלבד. בציר המשני רכב התכן רכב נוסעים ומסחרי קל, ללא תח"צ, ולכן לא נדרשת התאמת רדיוסי הפנייה לרכב גדול יותר.
- ברחוב המשני מוצב תמרור 301.
- ברחוב העיקרי בוצעו בצומת איי תנועה מרכזיים (איי טיפה) מהסיבות הבאות:
  1. יצירת תוואי בטוח להולכי רגל בהמשך רחוב 30 קמ"ש;
  2. מיתון תנועה באזור הצומת ברחוב 50 קמ"ש.



2 ב׳.

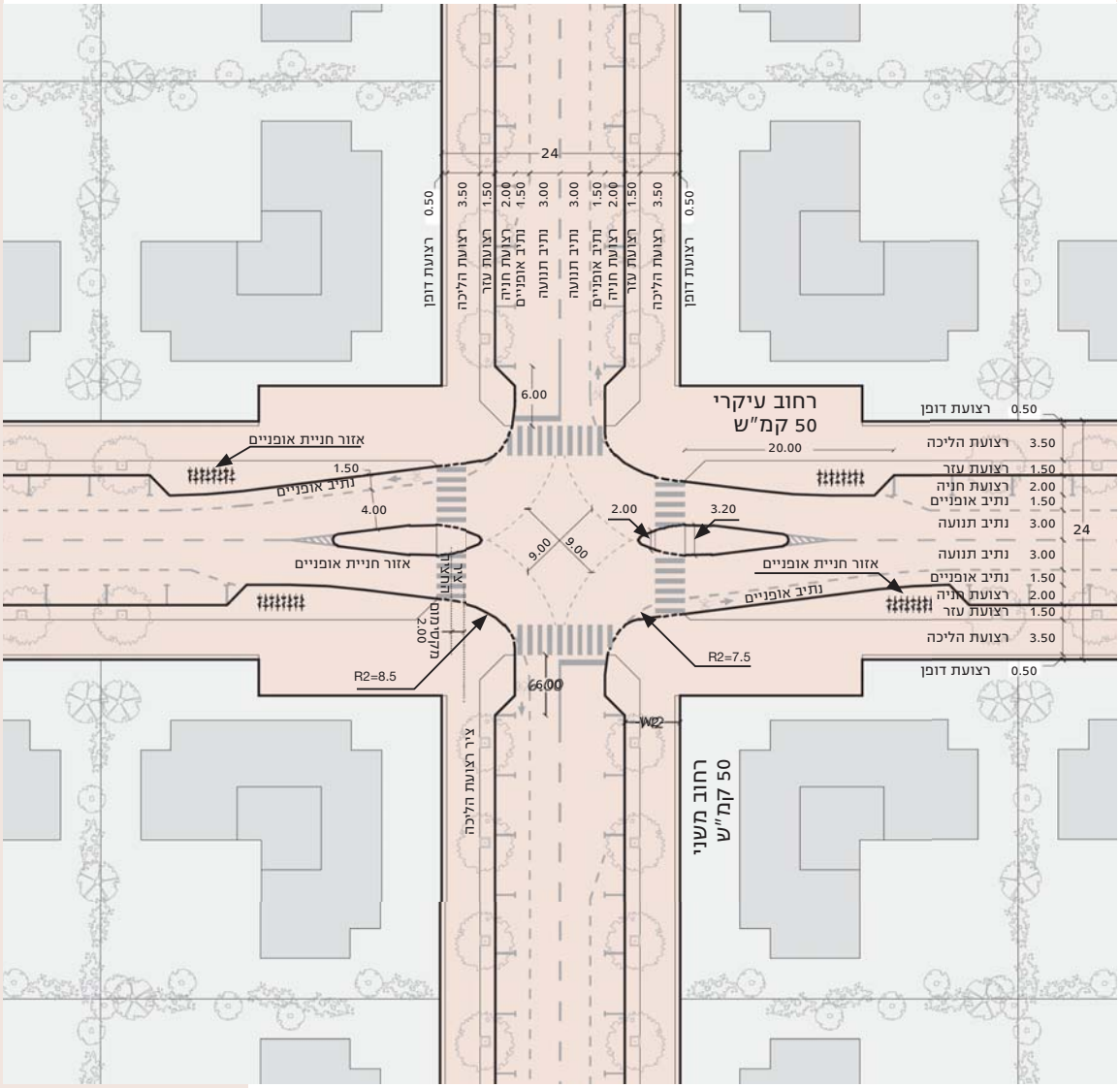
צומת בין רחוב מקומי/מאסף 1 לבין רחוב מקומי, עצמת בינוי בינונית, ללא נתיב לאופנים (תרשים 6.2 ב׳)



טבלה 6.1:
טבלת דוגמה לריכוז הנתונים לתבנית מס' 3

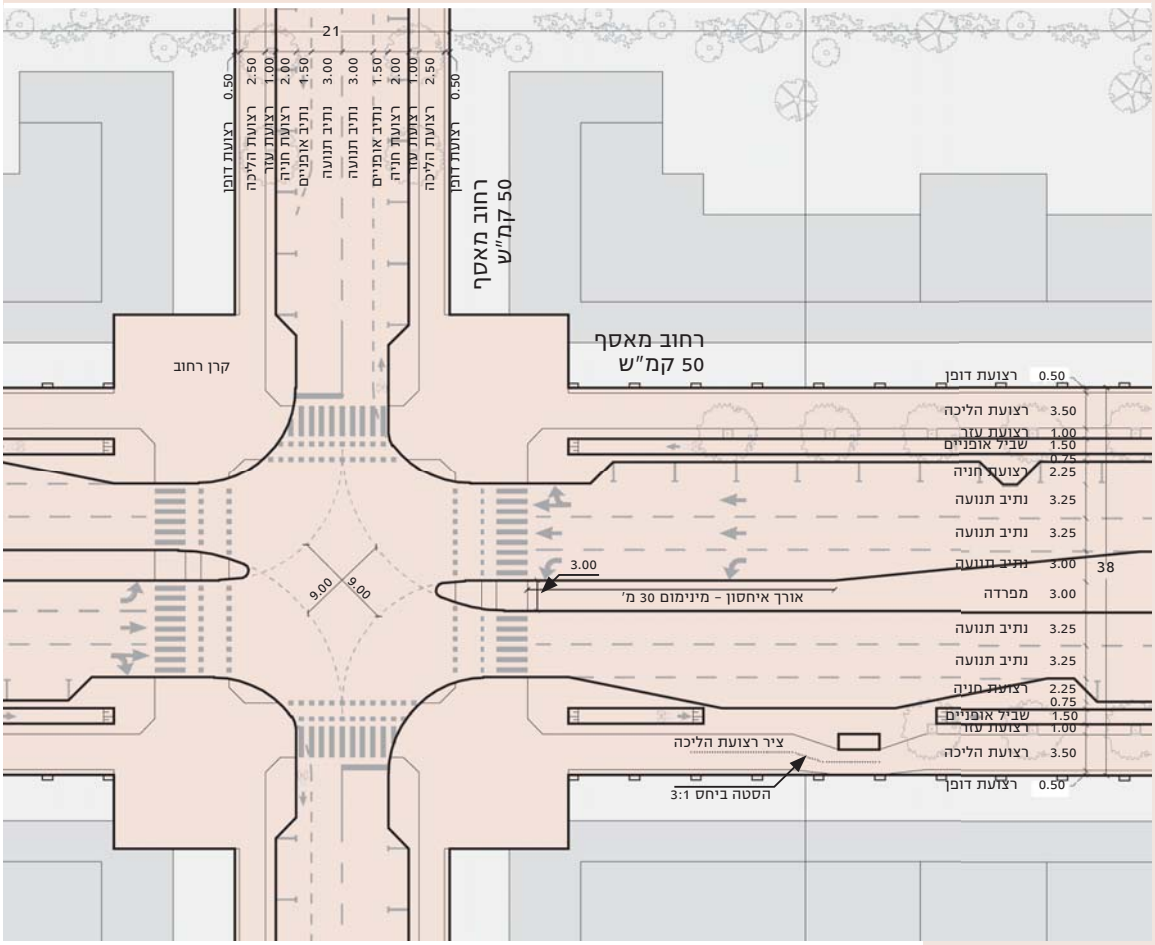
3.	**צומת בין רחוב מאסף לבין רחוב מקומי, עצמת בינוי גבוהה** (תרשים 6.3)
נתוני ושיקולי תכנון עיקריים	
מדרג רחובות נפגשים:	רחוב עיקרי – מאסף, 50 קמ"ש; רחוב משני – מקומי, 50 קמ"ש.
רכב התכן:	התכנון מותאם לציר המשני לפי משאיות מסוג SU.
איי תנועה:	קביעת איי תנועה לאורך הרחוב הראשי, כדי לאפשר חצייה בטוחה של הרחוב להולכי רגל ולמתן התנועה לאורכו.
רדיוסי אבן שפה:	7.5–8.5 מטר על פי טבלה 5.10.
רדיוסי חלקות:	5.0 מטר על פי סעיף 5.4.5 בהנחיות לתכנון תנועת הולכי רגל.
מעברי חצייה:	**בכיוון הראשי** – מקומות חצייה קצרים, גם בנפחי תנועה גדולים לא חייבים לסמן מעבר חצייה, אבל אפשר לסמן בשיקול הצוות. **בכיוון המשני** – מקומות חצייה ארוכים יותר מ–8 מטר – יש לסמן מעברי חצייה. מעברי החצייה מתוכננים בהמשך ישיר לרצועות התנועה להולכי רגל.
נתיבים לאופניים:	נפחי התנועה הגדולים מ–250 לשעה לכיוון מחייבים ביצוע נתיבים (תרשים 4.1 בספר ההנחיות לתכנון תנועת אופניים בערים). מוצעים אזורי חנייה לאופניים בסמוך לצומת.
משולש ראות:	תחום משולש ראות על פי טבלאות 5.13, 5.14.
פתרון נוסף אפשרי לצומת הוא לבצע מעגל תנועה. לצורך ביצוע מעגל תנועה נדרש קוטר מעגל של 35 מטר לפחות. במבנה הנתון ניתן לשלב מעגל בקוטר של 37 מטר.	

- הצומת מפגיש רחוב מאסף עם רחוב מקומי, כאשר לשניהם עצמת בינוי גבוהה, ולכן נפחי התנועה בינוניים בשני הרחובות.
- זכויות הדרך 24 מטר בשני הרחובות.
- התבניות המתאימות מספר "מרחב הרחוב" הן 7 ו–5 בהתאמה.
- שאר המאפיינים נתונים בטבלה 6.1, המהווה טבלת דוגמה לאופן רישום שיטתי של נתוני תבנית הצומת.
- ברחוב המשני מוצב תמרור 301.



4. צומת בין שני רחובות מאספים, העיקרי מחולק (תרשים 6.4)

- תבנית זו מהווה דוגמה לצומת בין שני רחובות בעלי חתכים שונים – בין רחוב מאסף 2 מחולק (דו-מסלולי רב-נתיבי), לרחוב מאסף חד-מסלולי. סביר שזו אחת הרמות הגבוהות ביותר בה הצומת עדיין יכול לתפקד כלא-מרומזר.
- לשני הרחובות מהירות יעוד 50 קמ"ש.
- הרחוב המחולק הוא מאסף 2 עם עצמת בינוי בינונית/גבוהה, וזכות דרך 38 מטר – מתאים לתבנית 9 בספר "מרחב הרחוב".
- הרחוב החד-מסלולי הוא מאסף 1 עם עצמת בינוי בינונית, וזכות דרך של 21 מטר – מתאים לתבנית 4 בספר "מרחב הרחוב".
- בשני הרחובות יש הצדק לפתרון יעודי לאופניים.
- ברחוב העיקרי יש הצדק לנתיב פנייה שמאלה. היות שהוא רחוב ולא דרך, לא מומלץ נתיב לפנייה חופשית ימינה, ולכן הפנייה מבוצעת מהנתיב הימני הרגיל.
- ברחוב המשני מוצב תמרור 301, רוחב המפרדה ביחד עם הנתיב לפנייה שמאלה מאפשר חציית כל מסלול בנפרד.
- בכל הזרועות מסומנים מעברי חצייה להולכי רגל ולאופניים, כדי לשמור על רציפות התנועה בכל הכיוונים.
- במקרה של צורך ברימזור הצומת, לא יהיה שינוי גיאומטרי מהותי. ההבדלים יהיו בעיקר בסימון ותימרור (כגון קווי העצירה גם ברחוב המחולק).







למעלה: פורטודלסול, מדריד, ספרד. למטה: ליסבון, פורטוגל.

רשימה ביבליוגרפית

מקורות רבים לתכנון עירוני היו משותפים לחמשת ספרי ההנחיות לתכנון רחובות בערים – שלושת ספרי ההנחיות לתכנון רחובות (תכנון מרחב הרחוב, תנועת הרכב המנועי, תנועה בצמתים), וכן להנחיות לתנועת הולכי רגל ולתנועת אופניים. רשימה זו מיועדת בעיקר ל-3 ספרי ההנחיות לתכנון רחובות, בדגש על מקורות שעדיין לא הופיעו ברשימות שבהנחיות להולכי-רגל ולאופניים. לכן לקבלת תמונה מלאה על המקורות ששימשו את הצוות, יש לעיין גם ברשימה הביבליוגרפית בשני הספרים האמורים.

א. ספרים ומחקרים

1. Alexander, C. et al., "*Pattern Language*", Oxford University Press, New York, 1977.
2. Appleyard, D., "*Livable Urban Streets: Managing Auto Traffic in Neighborhoods*", U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1976.
3. Appleyard, D., "*Livable Streets*", University of California Press, Berkley, California, 1981.
4. Arnold, F.H., "*Trees in Urban Design*", Van Nostrand Reinhold, New York, 1988.
5. Bacon, E.N., "*The City in History*", Random House Inc., New York, 1961.
6. Bacon, E.N., "*Design of Cities*", Penguin (Non-Classics), Revised Edition, 1976.
7. Barnett, J., "*Redesigning Cities – Principles, Practice, Implementation*", American Planning Association, 2008.
8. Beveridge, C., Rocheleau, P., "*Frederick Law Olmsted – Designing the American Landscape*", Rizzoli International Publisher, New York, 1995.
9. Bonneson, J. A. "*Superelevation Distribution Methods and Transition Designs*", NCHRP Project 439, TRB – Transportation Research Board, Washington D.C., 2000.
10. CABE – Commission for Architecture and the Built Environment, "*Paving the Way – How We Achieve Clean, Safe and Attractive Streets*", Thomas Telford Publishing, 2002.
11. Crawford, J.H., "*Carfree Cities*", International Books, Utrecht, 2000.
12. Fambro, D.B., Fitzpatrick, K., Koppa, R.J., "*Determination of Stopping Sight Distances*", NCHRP Report 400, Transportation Research Board, Washington D.C., 1997.
13. Fein, A., "*Landscape into Cityscape: Frederick Law Olmsted's Plans for a Greater New York*", Cornell University Press, Ithaca, N.Y, c1967.
14. Fitzpatrick, K., Carlson, P., Brewer, M.A. et al, "*Design Speed, Operating Speed, and Posted Speed Practices*", NCHRP Report 504, Transportation Research Board, 2003.
15. Fitzpatrick, K., Wooldridge, M., "*Recent Geometric Design Research for Improved Safety and Operations*", NCHRP Synthesis 299, Washington D.C., TRB – National Research Council, 2001.
16. Geoffrey, A.J., Jellico, S., "*The Landscape of Man – Shaping the Environment From Prehistory to the Present Day*", Thames and Hudson, London 1987.

17. Grönlund, Bo, "*Life and Complexity in Urban Space*", Urban Winds, Nordisk Arkitektuforskning, 1993, http://hjem.get2net.dk/gronlund/Life_and_complexity.html
18. Hall, P., "*Cities of Tomorrow*", 3rd Ed., Blackwell Pub., 1988 (2002).
19. Harwood, D.W., Mason, J.M., Brydia, R.E., Pietrucha, M.T., Gittings, G.L. "*Intersection Sight Distance*", NCHRP Report 383, TRB – Transportation Research Board, National Academy Press, Washington, D.C., 1996.
20. Helphand, K., "*Dreaming Gardens: Landscape Architecture and the Making of Modern Israel*", 2002.
21. Jacobs, A.B., "*Great Streets*", The MIT Press, London, England, 1993.
22. Jacobs, A.B., MacDonald, E., Rofe, Y., "*The Boulevard Book: History, Evolution, Design of Multiway Boulevards*", The MIT Press, London, England, 2002.
23. Jacobs, J., "*The Death and Life of Great American Cities*", Random House, N.Y., 1961.
24. Katz, P., "*The New Urbanism: Towards an Architecture of Community*", McGraw-Hill Inc., New York, 1994.
25. Koepke, F.J., Levinson, H.S., "*Access Management Guidelines for Activity Centers*", NCHRP Report 348, Washington D.C., 1992.
26. Kostof, S., "*The City Assembled: The Elements of Urban Form through History*", Thames & Hudson Ltd., London, 1992.
27. Kostof, S., "*The City Shaped: Urban Patterns and Meanings through History*", Thames & Hudson Ltd., London, 1991.
28. Lamm, R., Psarianos, B., Mailaender, T., "*Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*", Mc-Graw-Hill, 1999.
29. Marshall, S., "*Streets & Patterns*", Spon Press, Great Britain, 2005.
30. Moughtin, C., "*Urban Design: Street and Square*", Butterworth Architecture, 2000.
31. Mumford, L., "*The City in History: Its Origins, Its Transformations, and Its Prospects*", Harcourt, Brace & World, New York, 1961.
32. NCHRP – National Cooperative Highway Research Program, "*Recent Geometric Design Research for Improved Safety and Operations*", Synthesis 299, Washington D.C., 2001.
33. Neuman, T.R., "*Intersection Channelization Design Guide*", NCHRP Report 279, Washington D.C., 1985.
34. Newman, O., "*Defensible Space – Crime Prevention through Urban Design*", MacMillan, New York, 1973.
35. Pistiner, O., Hakkert, A.S., Stein, A., "*Environmental Quality and Design of Residential Streets*", Rep/ No/ 115-87, TRI – Technion, Israel, 1987.
36. Spirn, A.W., "*The Granite Garden – Urban Nature Human Design*", Basic Books, Scrantan, Pennsylvania, 1985.
37. Trancik, R., "*Finding Lost Space: Theories of Urban Design*", John Wiley & Sons Inc., New York, 1986.
38. Venturi, R., "*Learning from Las Vegas: The Forgotten Symbolism of Architectural Form*", MIT Press, London, 1972.

39. בלשה, ד., הקרט ש., "**הנדסת תנועה - עקרונות ותכן**", מהדורה רביעית, מכלול בע"מ, 1992.

40. ליבנה, מ., קראוס, י., יוגב, י., "**ניתוח התנהגות נהגים בצמתי קמץ עירוניים לא מרומזרים עם תמרורי ב-36 וב-37**", דו"ח מחקר 89-85, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, 1985.

41. משגב, א., עמיר, ש., "**מערכת עצי רחוב ביישובים עירוניים**", הטכניון, חיפה, 1988.

42. משתלת עצים גבעת ברנר, "**עצים בנוף העירוני**", פרסום עצמאי.

43. פרישר, ב., פולוס, א., קראוס, י., ליבנה, מ., "**דפוסים דינמיים של קבלת פערים בתנועה**", דו"ח מחקר 181-92, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, 1992.

44. צפריר-ראובן, א., "**מורפולוגיה של נוף עירוני בישראל: ניתוח אזורי מגורים**", חיבור לשם קבלת תואר דוקטור לפילוסופיה, אוניברסיטת ת"א, 1999.

45. קראוס, י., פולוס, א., רשטניק, י., "**אורך אופטימלי של רחוב ללא מוצא**", דו"ח מחקר 190-92, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, 1992.

46. שקלרסקי, א. "**תכן דרכים (גיאומטרי)**", הטכניון, חיפה, 1980.

ב. מאמרים

47. Alexander, C.,"***A City is not a Tree***", Architectural Forum 122 April 1965: No. 1, pp. 58-61 and No. 2, pp. 58-62. Reprinted in: Design after Modernism, J. Thackara (Ed.), Thames and Hudson, London, 1988; and in: Human Identity in the Urban Environment, G. Bell and J. Tyrwhitt (Eds.), Penguin, 1992.

48. Durth, W., Bernhard, M. "***Revised Design Parameters for Stopping Sight Distance***", Second International Symposium on Highway Geometric Design, pp.410-421, 2000.

49. Durth, W., Levin, C. "***Specified Design of Crest Vertical Curves***", Research Road Construction and Road Traffic Technique, Vol. 600, Minister of Transportation, Bonn, Germany, 1991.

50. Enlow, C., "***Rethinking Streets As Parks***", Landscape Architecture, September 2002.

51. Erwing, R., "***Residential Street Design – Do the British and Australian Know Something We – Americans Don't?***", ITE, U.S.A., 1993.

52. Gibreel, G.M., Easa, S.M., Hassan, Y., El-Dimeery, I.A. "***State of the Art of Highway Geometric Design Consistency***", ASCE Journal of Transportation Engineering, 125(2), pp. 305-313, 1999.

53. Goodwin, P., "***Transformation of Transport Policy in Great Britain***", ESRC Transport Studies, University College London, Transportation Research A, Vol. 33, pp. 655-669, 1999.

54. Grönlund, B., "***Technical Prevention of Violence and Vandalism***", DSR/R 470, 1991.

55. Hauer, E., "***Lane Width and Safety: Review and Interpretation of Published Literature***", 2001. From site: http://www.roadsafetyresearch.com.

56. Hauer, E., Persaud, B., "***Safety Analysis of Roadway Geometric Design and Ancillary Features***", Transportation Association of Canada, Ottawa, Canada, 1996.

57. Leutzbach, W., Zoellmer, J., "***Relationship between Traffic Safety and Design Elements***", Research Road Construction and Road Traffic Technique, Vol. 545, Minister of Transportation, Bonn, Germany, 1989.

58. McLean, J.R., "***Speeds, Friction Factors and Alignment Design Standards***", ARR 154, Australian Road, Research Board, Vermont South, Vic., Australia, 1988.

59. Muhlrad, N., "*A Short History of Physical Speed Reduction Measures in European Urban Areas*", ICTCT Workshop, New Delhi, India, 2000.

60. O'Cinneide, D., "*The Relationship between Geometric Design Standards and Safety*", International Symposium on Highway Geometric Design Practices, Transportation Research Board, Boston, Massachusetts, U.S.A., 1995.

61. Olson, P.L., Cleveland, D.E., Fancher, P.S., Kostyniuk, L.P., Schneider, L.W., "*Parameters Affecting Stopping Sight Distance*", NCHRP Report 270, Washington D.C., 1984.

62. Overkamp, D., Schermers, G., "*Niets Tegen een Inhaalverbod*", Verkeerskunde, No.4, pp 34-39 (in Dutch), 2002.

63. Peers, J.B., Ridgeway, M., Daisa, J., "*Residential Streets – Quality of Life Assessment*", Fehr & Peers Publications Overview, 1997. http://www.fehrandpeers.com/fp-lib/public/residential_sts_quality.pdf.

64. Peterson, S.K., "*Space and Anti-Space*", Harvard Architectural Review: Beyond the Modern Movement, pp. 88-113, MIT Press, Cambridge, Mass., 1980.

65. Poe, C.M., Mason, J.M., "*Geometric Design Guidelines to Achieve Desired Operating Speed on Urban Streets*", ITE 65th Annual Meeting , U.S.A., 1995.

66. Poe, C.M., Tarris, J.P., Mason, J.M., "*Operation Speed Approach to Geometric Design of Low-Speed Urban Streets*", International Symposium On Highway Geometric Design Practices, Boston, 30 August-1 September 1995, Transportation Research Circular, No. E-C003, pp. 10:1-9, 1998.

67. Rofe, Y., "*Space and Community – The Spatial Foundations of Urban Neighborhoods*", Berkeley Planning Journal, Vol. 10 (A Publication of the Graduate Students of the Department of City and Regional Planning, University of California at Berkeley), U.S.A., 1995.

68. Smoker, M.D., Tarris, J.P., Mason, J.M., "*Relationship between Zonal Variables and Individual Vehicle Speeds in Low-Speed Urban Streets*", Compendium if Technical Paper, 1996. http://www.ite.org/traffic/documents/AIA96D41.pdf

69. Swanson, H.A., "*Survey of Low-Volume Urban Streets and Rural Roads*", ITE Journal, Vol. 64, No. 3, pp. 20-22, 1994-3.

70. Tarris, J.P., Mason, J.M., Antonucci, N.D., "*Geometric Design of Low-Speed Urban Streets*", Transportation Research Record, No. 1701, pp. 95-103, 2000.

71. TRB – Transportation Research Board, "*International Perspectives on Urban Street Design*", Proceedings of the Context-Sensitive Design Workshop, January 9, 2005, Washington D.C., Eds. Stamadiakis, N. , Psarianos, B., Transportation Research Circular, No. E-C097, 2006.

72. חיימוביץ, ש., "תכנון סביבה עירונית המתחשבת במגבלות נכים", עיתון "תנועה ותחבורה" מס' 28, מרץ 1991.

ג. הנחיות ומדיניות

73. "*TEA-21 – Transportation Equity Act for the 21st Century*", Moving Americans into the 21st Century – http://www.fhwa.dot.gov/tea21/sumtoc.htm

74. AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials, "*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*", 5th Ed., Washington D.C., 2004.

75. AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials, "*A Guide to Achieving Flexibility in Street Design*", U.S.A., 2004.
76. Allan Baxter & Assoc., "*Places, Streets and Movement – A Companion Guide to Design Bulletin 32 Residential Roads and Footpaths*", Department of the Environment, Transport and the Regions, ODPM Publications, U.K. 1998.
77. Atlanta Regional Commission, Urban Design Collaborative "*Context Sensitive Street Design*", 2001.
78. Austroads, "*Guide to Traffic Eng. Practice, Part 10: Local Area Traffic Management*", Australia, 1998.
79. Austroads, "*Guide to Traffic Eng. Practice, Part 5: Intersections At Grade*", Australia, 2005.
80. Austroads, "*Urban Road Design: a Guide to the Geometric Design of Major Urban Roads*", Australia, 2002.
81. Austroads, "*Guide to Road Design Part 1: Introduction to Road Design*", Australia, 2006.
82. Austroads, "*Guide to Road Design Part 2: Design Considerations*", Australia, 2006.
83. Austroads, "*Guide to Road Design Part 3: Geometric Design*", Australia, 2009.
84. Brilon, W. "*The New German Guidelines, Part: Cross Sections (RAS-Q 96): What is New?*", Road Traffic Technique, Vol. 11, pp. 529-532, Germany, 1996.
85. Brilon, W., Weiser, F. "*Actualization of the Guidelines for the Design of Roads, Part: Cross Sections (RAS-Q 1982)*", Final Report of the Research Contract, FE No. 02.151 R 92F, Minister of Transportation, Ruhr University, Institute of Traffic Engineering, Bochum, Germany, 1993.
86. CALTRANS – California Department of Transportation "*Highway Design Manual*", Sacramento, California, U.S.A., 2006.
87. Camden Borough, "*Streetscape Design Manual*", Boulevard Project – Making Camden Attractive, London, 2000.
88. CERTU, "*Carrefours Urbains", in: "Amenagement et Exploitation de la Voirie*", France, 1999.
89. City and County of Denver, "*Streetscape Design Manual*", 1993.
90. Cohen, A.B., "*Design Guidelines – City of Santa Rosa*", Public Review Draft, July 2001
91. Crow, "*Recommendation for Traffic Provisions in Built-up Areas ASVV*", first Edition, Holland, 1998.
92. Danish Road Directorate – Denmark Ministry of Transportation, "*An Improved Traffic Environment: A Catalogue of Ideas*", Road Data Laboratory, Road Standards Division, Report 106, 1993.
93. Department of Environment, Transport and the Regions, "*Place, Streets & Movement: A Companion Guide to Design*", Bulletin 32 Residential Roads and Footpaths, London, September 1998.
94. FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, "*Richtlinie für die Anlage von Straßen*", RAS-L Teil: Linienführung, Germany, 1995.
95. FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, "*Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen*", RASt 06, Germany, 2006.
96. Great Britain Department for Communities and Local Government, Department for Transport, "*Manual for Streets*", Thomas Telford Publishing, London 2007 and 2010.
97. Green, C.A. "*Principles for the Planning of Activity Streets*", South African Council for Scientific and Industrial Research, Roads and Transport Technology, South Africa, 1990.
98. Horak, E., Palge-Green, P., Sampson, L.R., Visser, A.T., "*Guidelines for Design and Maintenance of Low Volume Residential Streets in Developing Communities*", South Africa, 1988.

99. ITE – Institute of Transportation Engineers, "*Guidelines for Residential Subdivision Street Design*", U.S.A., 1993.
100. ITE – Institute of Transportation Engineers, "*Traditional Neighborhood Development: Street Design Guidelines*", Washington D.C., USA, October 1999.
101. ITE – Institute of Transportation Engineers, "*Context Sensitive Solutions in Designing Major Urban Thoroughfares for Walkable Communities*", U.S.A., 2006.
102. ITE – Institute of Transportation Engineers, "*Urban Street Geometric Design Handbook*", U.S.A., 2008.
103. ITE – Institute of Transportation Engineers, Neighborhood Street Design Committee, "*Neighborhood Street Design Guidelines: An ITE Recommended Practice*", U.S.A., 2010.
104. Llewelyn-Davis, "*Urban Design Compendium*", Bookhouse, English Partnerships/The Housing Corporation, Bookhouse, London, August 2000.
105. Metro, "*Creating Livable Streets: Street Design Guidelines for 2040*", Portland, Oregon, 2002.
106. Ministry of Transportation, "*Urban Traffic Areas, Part 0: Road Planning in Urban Areas*", Denmark, 1991.
107. Morrish, W.R., Swenson, C.J., "*Design and Development Principles for Livable Suburban Arterials*", Dep. of Transportation, Minnesota, U.S.A., 2001.
108. Municipality of London, "*The Walking Plan for London*", Consultation Draft, London, January 2003.
109. National Association of Australian State Road Authorities (NAASRA), "*Guide to Traffic Eng. Practice, Part 9: Arterial Road Traffic Management*", Australia, 1998.
110. New Urban Publications, Inc., "*New Urbanism: Comprehensive Report & Best Practices Guide*", Ithaca, New York, 2001.
111. New York City Department of Transportation, "*Street Design Manual*", 2009.
112. NRA – National Roads Authority, "*Road Link Design*", Vol. 6, Sec. 1, Part 1 – NRA TD 9/07, Dublin, Ireland, 2007.
113. ODOT – Oregon Department of Transportation, "*Highway Design Manual*", Oregon, U.S.A., 2003.
114. PIARC, "*Road Safety Manual*", Recommendations from the World Road Association, pp.386-398, 532-556, 2003.
115. State of Oregon, Neighborhood Streets Project Stakeholders, "*Neighborhood Street Design Guidelines – An Oregon Guide for Reducing Street Widths*", 2000.
116. State of West Australia, "*Introducing Livable Neighbourhoods*", Australia, 2000.
117. TAC – Transportation Association of Canada, "*Geometric Design Guide for Canadian Roads*", Ottawa, Canada, 1999.
118. The City of San Diego Advisory Committee and Planning Department, "*Street Design Manual*", San Diego, November 2002.
119. The Highways Agency, "*Highway Link Design, Design Manual for Roads and Bridges*", Vol. 6, Sec. 1, Part 1, TD 9/93, HMSO, U.K., 2002.
120. The Institute of Civil Engineers, "*Designing Streets for People – Report*", London, 2002.
121. The Institution of Civil Engineers, "*Planning Policy Statement 6: Planning for Town Centres*", ODPM Publications, U.K., 2005.

122. The Institution of Civil Engineers, "*Our Towns and Cities: The Future – Delivering an Urban Renaissance*", ODPM Publications, U.K., 2000.

123. The Institution of Highways & Transportation, "*Transport in the Urban Environment*", England, June 1997.

124. TRB – Transportation Research Board, "*Highway Capacity Manual*", Special Report 209, Third Edition, 2000.

125. TRB – Transportation Research Board, "*Access Management Manual*", Committee on Access Management, Washington, D.C., 2003.

126. TRB – Transportation Research Board, "*A Guide to Best Practices in Achieving Context Sensitive Solutions*", NCHRP Report 480, Washington, D.C., 2002.

127. United States Department of Transportation, "*Design Guidance Accommodating Bicycle and Pedestrian Travel: A Recommended Approach*", Integrating Bicycling and Walking into Transportation Infrastructure, A Policy Statement, 2002.

128. Urban Design Alliance & The Institution of Civil Engineers, "*The 2002 Designing Streets for People Report*", London, 2002.

129. Urban Task Force, "*Towards an Urban Renaissance – Final Report of the Urban Task Force*" chaired by Lord Rogers of Riverside, Crown Copyright, London, 1999.

130. U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration Research and Development, "*Pedestrian Facilities User Guide Providing Safety and Mobility*", U.S.A., March 2002.

131. Western Australian Government, "*Livable Neighborhoods*", Australia, 2000.

132. York, I., Bradbury, A., Reid, S., Ewings, T., Paradise, R., "*The Manual for Streets: Evidence and Research*", Transport Research Laboratory, Traffic Management Division, Department of Transport, TRL Report TRL661, 2007.

133. בן שאול, פ., משרד התחבורה (המפקח על התעבורה, מח' להנדסת תנועה), "**הנחיות לתכנון חתכים לרוחב של דרכים עירוניות**", 1970.

134. בן שאול, פ., "**השכונה שאנו רוצים לחיות בה - מדריך לתחבורה בשכונת המגורים**", תחבורה היום ומחר, 2003.

135. גרפיין,ל., מירון, א., עינב, מ., משרד התחבורה (המפקח על התעבורה – מח' להנדסת תנועה), "**הנחיות לתכנון מערכת דרכים באזורי מגורים**", 1977.

136. האקדמיה ללשון העברית, הוועדה המרכזית למונחי הטכנולוגיה, "**מילון למונחי הנדסת דרכים, תחבורה ובנייה**", חיפה, 1990.

137. החברה הלאומית לדרכים, "**ההנחיות לתכנון דרכים מעויירות (פרבריות) מהירות**", פרק 11 בהנחיות לדרכים בין-עירוניות, 2011.

138. החברה הממשלתית לתיירות בשיתוף עם משרד התיירות, "**תיירות לכל - פתרונות נגישות למוגבלים באתרי תיירות במדינה - הנחיות לאדריכלים**", 1995.

139. המכון למחקר ופיתוח מוסדות חינוך ורווחה, "**סידורי נגישות לאנשים עם מוגבלות במוסדות חינוך חברה ורווחה**", 1999.

140. המרכז הישראלי לנגישות עיריית תל אביב-יפו ועמותת שק"ל, "**תדריך להנגשת המרחב הציבורי בעיר תל אביב - יפו - טיוטה (לא סופית)**", 2003.

141. השמשוני, ג., "**תכנית אב ארצית לתחבורה יבשתית - מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית למדינת ישראל**", מהדורה ראשונה – 1999, מהדורה שנייה – 2008.

142. ווינדזור, א., פריגת, ד., לוין, ב., "**סידורי נגישות לאנשים עם מוגבלות בשטח ציבורי פתוח במרחב העירוני**", המכון למחקר ופיתוח מוסדות חינוך ורווחה, 2003.

143. מדינת ישראל, "**קובץ התקנות 6956 (קביעת לוח התמרורים)**", 2010.

144. מכון התקנים, "**ת"י 1918 – נגישות הסביבה הבנויה**", חלקים 1, 2, 4, 1998–2001.

145. מרכז בינוי 5600, ענף הנדסה, מדור דרכים, "**הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל**", הוכן ע"י ל.ק.י. – מהנדסי תחבורה יועצים, 2001.

146. משרד הבינוי והשיכון (אגף תכנון והנדסה, היח' לכבישים) ומשרד התחבורה (המפקח על התעבורה), "**הנחיות לתכנון רחובות בערים – תכן גיאומטרי של רחובות עירוניים (חלק 1)**", הוכן ע"י ל.ק.י. מהנדסי תחבורה יועצים, 1983.

147. משרד הבינוי והשיכון (אגף תכנון והנדסה, היח' לכבישים) ומשרד התחבורה (המפקח על התעבורה), "**הנחיות לתכנון רחובות בערים – תכן גיאומטרי של צמתים עירוניים (במפלס אחד) (חלק 2)**", הוכן ע"י ל.ק.י. מהנדסי תחבורה יועצים, 1989.

148. משרד הבינוי והשיכון, "**הנחיות לעבודות תכנון**", 1979.

149. משרד המשפטים, "**חוק שיווין זכויות לאנשים עם מוגבלויות, התשנ"ח – 1998**", כולל תיקונים ותקנות הנלוות, 1998–2011.

150. משרד התחבורה ומשרד השיכון, "**מסעותינו אל הרחוב**", סקר רחובות, הנחיות לתכנון רחובות בערים, דו"ח מס' 2, הוכן ע"י צפריר, ד., זאבי, ש., אביניר, ע., מרכוס, א., עמיר, ד., קרני, ש., פרישר, ב., 2003.

151. משרד התחבורה, "**סקר ספרות וחומר רקע בנושא אזורי מיתון תנועה**", מהדורה לוועדת היגוי, הוכן ע"י אופק הנדסה, אינג' עמוס אביניר, תכנון נוף בע"מ, לייטרסדורף אדר', הראל מהנדסים, ד"ר בני פרישר, יולי 2000.

152. "**עיר נגישה ואנשים עם מוגבלות בה**", יום עיון בנושא נגישות בשלטון המקומי, דצמבר 2003.

153. משרד התחבורה, המפקח על התעבורה, "**הנחיות לתכנון צמחייה בדרכים**", 1973.

154. משרד התחבורה, המפקח על התעבורה, "**הנחיות לתכנון מימדים לרחבות חניה ברחובות ללא מוצא באזורי מגורים**", 1977.

155. מתת – מרכז תכנון תחבורה בע"מ, "**פרופיל בטיחותי של רשות מקומית כבסיס לשיפורים בטיחותיים דו"ח מסכם – כרך א**", הוכן עבור משרד התחבורה אגף תכנון תחבורתי, מרץ 2004.

156. צפריר, ד., זאבי, ש., אביניר, ע., מרכוס, א., קרני, ש., עמיר, ד., פרישר, ב., "**הנחיות לתכנון רחובות בערים – סקר ספרות**", הוכן עבור משרד התחבורה ומשרד השיכון, דו"ח מס' 3 לוועדת ההיגוי להנחיות לתכנון רחובות, פברואר 2004.

ד. הנחיות משרד התחבורה – אגף תכנון תחבורתי שבתוקף

157. אופק הנדסה, אינג' עמוס אביניר, תכנון נוף בע"מ, לייטרסדורף אדר', הראל מהנדסים, ד"ר בני פרישר, "**הנחיות לתכנון אזורי מיתון תנועה**", 2002 ועדכונים עד 2006.

158. אמי–מתום, "**הנחיות לתכנון וביצוע פסי האטה**", 2002.

159. דגש הנדסה, "**H.C.M. 2000 מתורגם ומותאם לתנאי ישראל**", 2005.

160. הקרט, ש., גיטלמן, ו., "**הנחיות לבחירה ולהצבה של התקני בטיחות בדרכים עירוניות**", 2005.

161. ינון מהנדסים, "**הנחיות לתכנון מעגלי תנועה**", 2005.

162. "**מערך ההנחיות לתכנון חנייה**" (ב–5 חלקים), 2000–2008.

163. מרכוס, א., דגש הנדסה, "הנחיות לתכנון רחובות משולבים באזורי מגורים - עדכון להצעת הנחיות מש' התחבורה מיולי 81", "תנועה ותחבורה", יולי 1993.

164. מתו"פ מהנדסים, "הנחיות לתכנון נתיבים לתחבורה ציבורית", 1998.

165. נ.ת.ע. ו-P.G.L., "הנחיות לתכנון מעברי חצייה עתירי ביקוש", 2006.

166. נתן תומר הנדסה, איתות 80, קו-חי, יואב זקס הנדסה, "כללים מנחים לשילוב מערכות הסעת המונים ברמזורים", 2008.

167. קראוס, א., כהן, א. פרישר, ב., "הנחיות להסדרי תנועה בסביבת מכשולי גובה", 2006.

168. רונן, י., "הנחיות לתכנון רמזורים", 1981.

169. רונן, י., טלאור, י., "הצדקים להצבת רמזור", 2009.

170. רונן, י., "תקנות והנחיות להצבת תמרורים 2010".

171. רטוביץ', ס., קוגן, ג., לינדר, א., הררי, י., פרישר, ב., "עקרונות לתכנון רכבת עירונית ושילובה בהסדרי התנועה", 2003.

ה. אתרי אינטרנט

172. Association of Pedestrian and Bicycle Professionals: http://www.apbp.org/

173. City of Austin Design Commission – Downtown Austin Design Guidelines: http://www.ci.austin.tx.us/downtown/designguidelines.htm

174. City of Las Vegas – Design Standards, 1997: http://www.lasvegasnevada.gov/files/designstds.pdf

175. City of Mankato – Urban Design Guidelines: Traditional Urban Development: http://www.mankato-mn.gov/UrbanDesign/Default.aspx

176. City of Ottawa – Why Guidelines for Regional Road Corridors? http://www.ottawa.ca/residents/planning/design_plan_guidelines/completed/regional_roads/roads_a_en.html

177. City of Pittsburgh – Urban Design Guidelines, 1998: http://www.city.pittsburgh.pa.us/dt/UDGuide.pdf

178. City of Santa Rosa, California – Design Guidelines: http://ci.santa-rosa.ca.us/departments/communitydev/development/Pages/DesignGuidelines.aspx

179. Florida Department of Transportation: http://www11.myflorida.com/safety/ped_bike/staff/ped_bike_staff.htm

180. Institute of Transportation Engineers, Traffic Calming Library: http://www.ite.org/traffic/

181. Iowa Department of Transportation: http://www.dot.state.ia.us/local_systems/publications/2001_packet/urban_3r_guidelines.pdf

182. Making Streets that Work 1996, City of Seattle: http://www.pan.ici.seattle.wa.ws/council/council/wiw0301.htm

183. Minnesota Department of Transportation – Road Design Manual: http://www.dot.state.mn.us/design/rdm/index.html

184. Mobility-Friendly Street Standards for Delaware: http://gulliver.trb.org/publications/circulars/ec019/Ec019_b5.pdf

185. http://www.ictct.org/workshop.php?workshop_nr=13

186. NCHRP Report 504: http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_504.pdf

187. Oregon Bicycle and Pedestrian Plan: http://www.odot.state.or.us/techserv/bikewalk/obpplan.htm

188. Oregon State – Neighborhood Street Design Guidelines, An Oregon guide for Reducing Street Widths, 2000: http://www.oregon.gov/LCD/docs/publications/neighstreet.pdf

189. Pedestrian Facilities Users Guide – Providing Safety and Mobility: http://www.walkinginfo.org/pdf/peduserguide/peduserguide.pdf

190. Portland Bureau of Transportation, Design Guidelines: http://www.portlandonline.com/transportation/index.cfm?c=36167

191. Portland Office of Transportation, Oregon – Design Guide for Public Street Improvements, 1993: http://www.portlandonline.com/shared/cfm/image.cfm?id=40390

192. Statewide Bicycle and Pedestrian Initiative: Pedestrian Facilities Design Guide: http://www.dot.state.ga.us/DOT/plan-prog/planning/projects/bicycle/ped_facilities_guide/index.shtml

193. Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Limits: http://ntl.bts.gov/DOCS/speed.htm

194. The City of San Diego – Street Design Manual, 2002: http://www.sandiego.gov/planning/pdf/intro.pdf

195. The City of San Diego Planning Division: http://www.sannet.gov/planning/pdf/major.pdf

196. The Netherlands Traffic & Transport Plan: http://www.ictct.org/workshops/02-Nagoya/Kraay.pdf

197. The Walking Plan for London: http://www.tfl.gov.uk/streets/downloads/pdf/walking-plan-DRAFT.pdf

198. Transport for London – Street Management: http://www.tfl.gov.uk/streets/

199. U.S. D.O.T. Policy Statement – Integrating Bicycling and Walking into Transportation Infrastructure: http://www.fhwa.dot.gov/environment/bikeped/design.htm

200. Urban White Paper 2000 Our Towns and Cities: The Future – Delivering an Urban Renaissance: http://www.cssnet.org.uk/members/committees/sparc/minutes/bs-urban.pdf

201. Vermont Agency of Transportation: http://www.aot.state.vt.us/progdev/standards/06local.htm#Design%20Speed

202. Walkinginfo.org – Research & Development: http://www.walkinginfo.org/

203. What is a Design Vehicle? http://www.floridasectionite.org/TIPS/TIPS%2040%20Rev%202003.pdf

תיקון (מסומן באדום) לעמוד 67 בספר תנועת הרכב המנועי

קביעת נתיבי הנסיעה ברחוב*

1. רחובות באיזור מיתון תנועה

- דו-סיטרי דו-נתיבי (אפשרי עם הפרדה)
- חד-סיטרי חד-נתיבי (לא ברחובות חדשים)


מואביט, ברלין

2. רחובות מקומיים

- דו-סיטרי דו-נתיבי (אפשרי עם הפרדה)
- חד-סיטרי חד-נתיבי (לא ברחובות חדשים)
- חד-סיטרי דו-נתיבי (משיקולי ניהול תנועה)


הרב אשי, תל אביב

3. רחובות מאספים

- דו-סיטרי, 1 נתיב לכיוון (אפשרי עם הפרדה)
- דו-סיטרי, 2 נתיבים לכיוון (עם הפרדה)
- דו-סיטרי, 3 נתיבים ויותר לכיוון (מקרים יוצאי דופן) (עם הפרדה)
- חד-סיטרי, חד-נתיבי או דו-נתיבי (רחובות קיימים ומשיקולי ניהול תנועה) או


רוגוזין, אשדוד

4. דרך עירונית

- 2 נתיבים או יותר לכיוון (עם הפרדה)


דרך נמיר, תל אביב

*במידה שנדרש נת"צ/מת"צ, הוא יכול להתווסף לכמות שצויינה.

תרשים 3.1:
אפשרויות ניתוב של רחובות לפי מדרג

