

מדינת ישראל

מחלקת עבודות ציבוריות



משרד התחבורה

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות, צמתים ומחלפים



תכנן גיאומטרי של צמתים

יולי 2000

תמוז תש"ס

הנחיות לתכנן גיאומטרי של צמתים

ביצוע ועריכה:



ל.ק.י - מהנדסי תחבורה יועצים

L.C.I - TRANSPORTATION ENGINEERS CONSULTANTS

חיבור וכתובה:

דרי יוסף קראוס
דרי משה ליבנה
דרי בני פרישר

תרשימים:

ש. קרני מהנדסים

תוכניות:

ינון-תכנון ייעוץ ומחקר

ועדת ההיגוי:

אינג'י טולו שנרר - יו"ר
אינג'י אפרים וינהבר
אינג'י סבר טריסטר (חלקית)
אינג'י יעקב כדיר
אינג'י עמי לקס
אינג'י משה עובד
אינג'י יוסף קופ
אינג'י בן-ציון קריגר
אינג'י ישעיהו רונן

מדינת ישראל



משרד התחבורה מחלקת עבודות ציבוריות לשכת המנכ"ל

פתח דבר

קוראים יקרים,

הכרך שלפניכם, כרך ב' מתוך "טרילוגיה" של הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות, דן בתכן הגיאומטרי של צמתים, לסוגיהם השונים. כרך נוסף שמופיע במקביל עוסק בהנחיות לתכן מחלפים.

ההנחיות אלה נקבעו קריטריונים מנחים לתכן בהתאם לסיווג הדרכים, לאופיין ולמיקום הצומת, במטרה להשיג אחידות בתכנון באמצעות קריטריונים אלה, תוך התחשבות בכך, שהשיקול הכלכלי-הנדסי הוא השיקול המכריע בתהליך התכנון של הדרך.

העבודה נעשתה בצוות שהורכב ממומחים בעלי ניסיון בתכן דרכים, אשר כולל את מע"צ, משרד התחבורה וגופי תכנון פרטיים, בראשות אינג' טולו שנירר, לשעבר סגן בכיר למנהל מע"צ. ההנחיות מבוססות על שילוב הידע התיאורטי והניסיון הרב שנצבר בארץ עם ניסיונם של אחרים, כפי שהוא משתקף בהנחיות ממדינות שונות, כגון AASHTO ו-HCM מארה"ב, RTAC הקנדי, AUSTROADS מאוסטרליה, CSIR מדרום אפריקה, DOT מבריטניה, OECD של השוק המשותף, RAL-K הגרמני והנחיות נוספות ממדינות שונות של ארה"ב, מצרפת, משוויץ, מאירלנד וכד'.

בהכנת ההנחיות הושקע מאמץ רב במטרה להפכן לכלי עזר ללוי שוטף התהליך התכנון והתכן. המבחן המעשי של ההנחיות יהיה בהפעלתן הלכה למעשה ולשם כך דרוש שיתוף פעולה מצידכם. הניסיון שיירכש בשימוש בהנחיות, יאפשר את שיפורן והפיכתן לכלי תיכנוני יעיל יותר. לכן, נשמח באם תביאו לידיעת צוות ההיגוי את הערותיכם והצעותיכם השונות.

זאת ועוד, ההנחיות הן קו מנחה והנכם מתבקשים לנצל ניסיונכם ולפעול מתוך יצירתיות ומיצוי הידע המקצועי שלכם, על-מנת ליצור מוצר מקצועי, בטיחותי, חדשני ובעל מעוף, שישרת את קהל משתמשי הדרך ויהווה אבן דרך להמשך פיתוח תשתיות הכבישים בארץ.

יש לזכור כי ארצנו לא נתברכה בשטחים פתוחים רבים, וכל תכנון חייב לקחת זאת בחשבון, הן מבחינת התאמת התכנון לסביבה, והן מבחינת שמירה על איכות סביבת הכביש ומתקניו.

ברצוני להודות לצוות "ל.ק.י" עבור חיבור ההנחיות, כתיבתן ועריכתן, ולחברי ועדת ההיגוי על המאמץ הרב שהשקיעו בליווי ההנחיות. כמו-כן, ראויים לציון משרדי התכנון "קרני" ו"ינון", אשר ביצעו את השרטוטים המלווים הנחיות אלה.

אני משוכנע שהנחיות אלו תהיינה לתועלת רבה, ומקווה שתעודכנה בעתיד באורח שוטף, על-פי הניסיון שיצטבר והלקחים שיופקו מהן.

אינג' עמי לקס
מנכ"ל מע"צ

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

תוכן עניינים

IX.....	רשימת טבלאות
XII	רשימת ציורים

פרק 1 – מבוא

1-1	כללי	1.1
1-1	מטרות ההנחיות	1.2
1-2	מבנה ההנחיות	1.3
1-3	תחולת ההנחיות ותקפותן	1.4

פרק 2 – הגדרות ומושגים כלליים בתכן צמתים

2-1	הצומת - הגדרה ותפקידים	2.1
2-1	מבוא	2.1.1
2-1	הגדרת הצומת בהנחיות	2.1.2
2-2	תחום הצומת בהנחיות ומבואות הצומת	2.1.3
2-2	מושגים בסיסיים בתכן צמתים	2.2
2-2	הגדרת המושגים הבסיסיים	2.2.1
2-4	התנועות בצומת	2.2.2
2-6	ניגודים בצומת	2.2.3
2-9	מהירות יחסית	2.2.4
2-10	סיווג צמתים לפי רמת הבקרה והניתוב	2.2.5
2-11.....	סוגים בסיסיים של צמתים	2.3

פרק 3 – שיקולים ועקרונות בתכן צמתים

3-1	שיקולים מנחים בתכן צמתים	3.1
3-3	שלבי תהליך התכן	3.2
3-4	נתוני רקע לתכן	3.3
3-4	נתוני האתר	3.3.1
3-5	נתוני תנועה	3.3.2
3-8	התפתחות הצומת	3.3.3

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

3-9	גורמי אנוש	3.3.4	
3-10.....	תהליך התכן	3.4	
3-10	כללי	3.4.1	
3-10	התכן המוקדם	3.4.2	
3-11	התכן המפורט	3.4.3	
3-11	סוגי הרכב לתכן	3.4.4	
3-14.....	מערכת השיקולים לקביעת הצומת המתאים ומאפייני תכנונו	3.5	
3-14	הגורמים המשפיעים	3.5.1	
3-15	בקרת הגישות בדרך	3.5.2	
3-16	מידרג מפגשי הדרכים	3.5.3	
3-17.....	קביעת סוג הצומת המתאים, צורתו ומיקומו בתוואי	3.6	
3-17	כללי	3.6.1	
3-17	הסתעפות, הצטלבות וצומת מדורג	3.6.2	
3-20	צורות וסוגים נוספים של צמתים	3.6.3	
3-21	השפעת הכיוון הראשי על צורת הצומת	3.6.4	
3-24	מיקום הצומת בתוואי האופקי	3.6.5	
3-26	מיקום הצומת בתוואי האנכי	3.6.6	

פרק 4 - מרחקי-ראות בצמתים

4-1	כללי	4.1	
4-2	מרחקי-ראות לקראת הצומת	4.2	
4-2	מבוא	4.2.1	
4-2	מרחק-ראות מזערי לעצירה בצומת	4.2.2	
4-4	מרחק-ראות להחלטה בצומת	4.2.3	
4-6	יישום ערכי התכן	4.2.4	
4-6	משולשי-הראות בצומת בלתי מבוקר	4.3	
4-7	משולשי-הראות בצומת מבוקר	4.4	
4-7	מבוא	4.4.1	
4-9	משולש-הראות הדרוש בתנועה ללא עצירה	4.4.2	
4-13	משולש-הראות הדרוש במקרה עצירה	4.4.3	
4-18	מרחק-הראות לפנייה שמאלה מהדרך המועדפת	4.4.4	
4-18	ריכוז מרחקי-הראות	4.4.5	
4-18	מרחקי-הראות בצמתים מרומזרים	4.4.6	

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 5 – עקומים ותפניות בצמתים

5-1	מבוא	5.1
5-2	פנייה ימינה ללא אי-תנועה	5.2
5-6	פנייה ימינה עם אי-תנועה	5.3
5-7	פניות מהירות ימינה (תפניות דרך)	5.4
5-7	כללי	5.4.1
5-9	הצדקים להתקנת פניות מהירות ימינה	5.4.2
5-9	אפשרויות לתכן תפנית הדרך	5.4.3
5-9	הרדיוס המזערי בתפניות דרך	5.4.4
5-10	הגבהות מומלצות בתפניות דרך	5.4.5
5-11	עקומי מעבר בתפניות דרך	5.4.6
5-12	שימוש בעקומים מעגליים המורכבים ממספר רדיוסים	5.4.7
5-13	מעברי השיפועים בתפניות דרך	5.4.8
5-13	רוחב תפניות דרך	5.4.9

פרק 6 – ניתוב באזור הצומת: נתיבים המשכיים ונתיבי עזר

6-1	כללי	6.1
6-2	נתיבים המשכיים ונוספים באזור הצומת	6.2
6-2	כללי	6.2.1
6-2	ניתוב בצמתים לא מרומזרים	6.2.2
6-3	ניתוב בצמתים מרומזרים	6.2.3
6-7	דירוג הנתיבים המיוחדים לפניות ימינה ושמאלה	6.2.4
6-7	נתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה	6.3
6-7	יעדים והצדקים	6.3.1
6-9	תכן הלוכסן	6.3.2
6-9	אורך ההאטה	6.3.3
6-12	אורך האחסנה	6.3.4
6-15	האורך הכולל של הנתיב	6.3.5
6-15	אופן יצירת הנתיב	6.3.6
6-18	נתיבים מיוחדים לפנייה ימינה	6.4
6-18	יעדים והצדקים	6.4.1
6-21	התכן הגיאומטרי של הנתיב	6.4.2
6-22	חישוב האורך של הנתיב	6.4.3
6-22	נתיבי האצה אחרי פנייה ימינה	6.5

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

6-22	יעדים והצדקים	6.5.1
6-24	צורות הנתיב	6.5.2
6-25	אורך ההאצה	6.5.3
6-25	נתיב האצה לאחר פנייה שמאלה	6.6

פרק 7 – איי-תנועה

7-1	כללי	7.1
7-1	סוגי איים ומטרות התקנתם	7.2
7-1	מטרות ההתקנה ותהליך התכן	7.2.1
7-2	סיווג איי-תנועה	7.2.2
7-3	איים משולשים	7.3
7-3	הצדקים להתקנה	7.3.1
7-4	מידות האי	7.3.2
7-4	תכן גיאומטרי של אי-הכוונה משולש	7.3.3
7-5	איים מאורכים ("טיפה") ושטח הפרדה	7.4
7-5	הצדקים להתקנה	7.4.1
7-7	רדיוסי הבקרה לפניית שמאלה	7.4.2
7-8	תכן גיאומטרי של איי-טיפה	7.4.3
7-8	הפתח בשטח הפרדה בצומת (המדיאן)	7.4.4
7-11	פניות שמאלה בו-זמנית	7.4.5
7-13	איי-מיפלט להולכי-רגל	7.5
7-13	אבני-שפה	7.6

פרק 8 – התוואי האנכי בצמתים

8-1	מבוא	8.1
8-1	שיפוע אורכי בזרועות הצומת	8.2
8-1	כללי	8.2.1
8-2	שיפועים מירביים	8.2.2
8-3	שיפועים מזעריים	8.2.3
8-3	המרווח החופשי (גבריט)	8.3
8-3	עקומים אנכיים בצמתים	8.4
8-3	עקום אנכי קמור	8.4.1
8-4	עקום אנכי קעור	8.4.2

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 9 – רומים וקווי רום

9-1	מבוא	9.1
9-1	השיטות לתכן רומים	9.2
9-1	הגדרת שיטות התכן ותחום הצומת	9.2.1
9-2	שיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך הראשית	9.2.2
9-4	התאמת הרומים כשהצומת בעקום אופקי	9.2.3
9-4	שיטת המישור בהצטלבות	9.2.4
9-7	שיטת המישור בהסתעפות	9.2.5
9-7	השיפוע המירבי בתחום הצומת	9.2.6
9-7	מעברי שיפועים	9.3
9-7	מעבר שיפועים בזרועות הצומת	9.3.1
9-10	מעבר שיפועים בתפניות דרך	9.3.2
9-13	הסדרי ניקוז	9.4

פרק 10 – סוגים וצורות של צמתים

10-1	מבוא	10.1
10-1	צמתים מרומזרים – עקרונות תכן כלליים	10.2
10-1	מטרות הרימזור וייעוד ההנחיות	10.2.1
10-2	מרכיבי התכן בצומת מרומזר	10.2.2
10-3	בדיקות בשלב התכן המוקדם	10.2.3
10-4	הכנות לרימזור	10.2.4
10-4	רמות הבקרה והניתוב	10.2.5
10-4	מרחקי-ראות	10.2.6
10-5	הסתעפויות (צמתי קמץ, T)	10.3
10-5	כללי	10.3.1
10-5	צורת ההסתעפות	10.3.2
10-6	הסתעפויות לא מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים התפעוליים	10.3.3
10-8	הסתעפויות מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	10.3.4
10-10	דוגמאות	10.3.5
10-12	הצטלבויות (צמתי +)	10.4
10-12	כללי	10.4.1
10-12	הצטלבויות לא מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	10.4.2
10-12	הצטלבויות מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	10.4.3
10-18	דוגמאות	10.4.4

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

10-18	צמתים מדורגים	10.5
10-18.....	הגדרה וצורות	10.5.1
10-23.....	מאפיינים בטיחותיים	10.5.2
10-27.....	מאפיינים תפעוליים	10.5.3
10-28.....	השיקולים לבחירת צורת הדירוג	10.5.4
10-29.....	תכן מרכיבי הצומת המדורג	10.5.5
10-29	צמתים מפוצלים	10.6
10-29.....	הגדרה	10.6.1
10-33.....	מטרה ומאפיינים	10.6.2
10-35.....	יתרונות וחסרונות	10.6.3
10-35.....	סוגי הפיצול	10.6.4
10-38.....	עקרונות התכן	10.6.5
10-39.....	התמצאות בצומת מפוצל	10.6.6
10-41.....	דוגמאות	10.6.7
10-45	צמתים סיבוביים	10.7
10-45.....	הגדרה ומאפיינים	10.7.1
10-45.....	יתרונות וחסרונות של צמתים סיבוביים	10.7.2
10-45.....	הצדקים להתקנת צומת סיבובי	10.7.3
10-46.....	מרכיבי התכן בצומת סיבובי	10.7.4
10-47.....	צורה ומידות של הכיכר המרכזית	10.7.5
10-49.....	תכן גיאומטרי של המסלול הסיבובי	10.7.6
10-49.....	הסטת התנועה	10.7.7
10-53.....	תכן כניסות ויציאות לצומת סיבובי	10.7.8
10-55.....	מרחק בין הזרועות	10.7.9
10-57.....	השיפוע האורכי בצומת הסיבובי	10.7.10
10-57.....	מרחקי-ראות	10.7.11
10-57.....	הערכת קיבולת הצומת הסיבובי	10.7.12
10-59.....	רמות השירות של הכניסות לצומת	10.7.13
10-62.....	הערכת תפעול צומת סיבובי בגישה לאזור עירוני	10.7.14

פרק 11 – קיבולת צמתים לא מרומזרים

11-1	כללי	11.1
11-1.....	מבוא	11.1.1
11-1.....	מונחים והגדרות	11.1.2
11-2.....	התאמת קיבולת התנועות בצומת לקיבולת קטעי הגישה	11.1.3
11-2	תהליך חישוב קיבולת התנועות בצומת	11.2
11-2.....	עקרונות השיטה	11.2.1

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

11-5	11.2.2	שלבי תהליך החישוב
11-5	11.2.3	הנתונים הדרושים
11-5	11.2.4	חישוב הנפחים המתנגדים
11-8	11.2.5	הפער הקריטי המתוקן
11-8	11.2.6	פער העקיבה המתוקן
11-9	11.2.7	קביעת הקיבולת הפוטנציאלית לתנועות המשניות
11-9	11.2.8	חישוב הקיבולת המעשית עקב תנאי גודש
11-15	11.2.9	תיקון הקיבולת המעשית עקב נתיבים המשותפים למספר תמרונים
11-15	11.3	רמות השירות ואורך התור של כיווני התנועה המשניים

פרק 12 – מתקני דרך בצומת

12-1	12.1	תחנות אוטובוסים ותחנות הסעה
12-1	12.1.1	השיקולים לאיתור תחנות בקרבת הצומת
12-1	12.1.2	מיקום התחנות בצומת
12-3	12.1.3	פרטי התכן הגיאומטרי של מפרץ התחנה
12-4	12.1.4	תחנות בצמתים מדורגים ומפוצלים
12-9	12.2	אביזרים ומתקנים
12-9	12.2.1	כללי
12-9	12.2.2	סימון על-פני הדרך
12-10	12.2.3	מעברי-חצייה ומעקות בטיחות להולכי-רגל
12-10	12.2.4	רמזורים
12-10	12.2.5	גדרות ומעקות בטיחות
12-10	12.2.6	תאורה
12-11	12.3	תימרוך ושילוט
12-11	12.3.1	תפקידי התימרוך והשילוט
12-11	12.3.2	תפקידי שלטי ההדרכה
12-12	12.3.3	מטרות תכנון ועיצוב שלטי ההדרכה
12-12	12.3.4	שיקולים בהצבת שלטי הדרכה

פרק 13 – דוגמאות שונות של צמתים

13-1	13.1	מבוא
13-1	13.2	אופן השימוש בדוגמאות
13-2	13.3	פרוט הדוגמאות
13-2	13.3.1	כללי לכל הדוגמאות
13-2	13.3.2	צמתים לא מרומזרים

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

13-5 צמתים מרומזרים 13.3.3

פרק 14 – התחברויות למבני שירות

14-1.....	מבוא	14.1
14-1.....	הגדרות	14.1.1
14-1.....	הפרעות בתנועה וסיכונים בטיחותיים בהתחברויות	14.1.2
14-2.....	שיקולים כלליים למיקום התחברויות	14.2
14-4.....	מיקום התחברויות בקטעי דרך (המרוחקים מצמתים ומחלפים)	14.3
14-4.....	כללי	14.3.1
14-4.....	דרכים מהירות	14.3.2
14-5.....	דרכים ראשיות	14.3.3
14-5.....	דרכים אזוריות	14.3.4
14-5.....	דרכים מקומיות, דרכי-גישה ודרכי-שירות	14.3.5
14-5.....	מיקום התחברויות במבואות צמתים, ובתחומי רמפות במחלפים	14.4
14-5.....	התחברויות במבואות (לקראת) צמתים	14.4.1
14-6.....	התחברויות בתחומי מחלפים	14.4.2
14-7.....	התחברויות לאורך קטעים המקשרים בין דרכים מסוייגות גישה	14.4.3
14-8.....	המרחק בין כניסה לבין יציאה של אותו מתקן	14.4.4
14-8.....	שיקולי מיקום נוספים	14.5
14-9.....	פרטי התכן הגיאומטרי להתחברויות	14.6
14-10.....	ריכוז המדדים למיקום התחברויות	14.7

פרק 15 – מפגשי מסילת ברזל

15-1.....	כללי	15.1
15-2.....	סוג המפגש - מפגשים קיימים וחדשים	15.2
15-2.....	התוואי האופקי באזור המפגש	15.3
15-5.....	התוואי האנכי והתאמת שיפועים באזור המפגש	15.4
15-5.....	חתך הרוחב והחוסמת	15.5
15-7.....	צמתים או פניות בקרבת המפגש	15.6
15-7.....	מרחקי-ראות	15.7
15-7.....	כללי	15.7.1
15-9.....	מרחק ראות לקראת המפגש	15.7.2

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

15-9	משולש הראות לעצירה	15.7.3
15-9	משולש הראות לפינוי	15.7.4
15-10	יישום משולשי הראות במפגשים	15.7.5

פרק 16 – תאורה..... יופץ בהמשך

רשימת מקורות..... מ.מ/1

מילון מונחים..... מ-1

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

רשימת טבלאות

פרק 1 – מבוא

אין טבלאות בפרק זה.

פרק 2 – הגדרות ומושגים כלליים בתכן צמתים

אין טבלאות בפרק זה.

פרק 3 – שיקולים ועקרונות בתכן צמתים

3-14	סוגי כלי-הרכב לתכן בצמתים ומאפייניהם הגיאומטריים	טבלה 3.1
3-18	מידרג מפגשי הדרכים הבין-עירוניות בשלבי הביניים והפיתוח הסופי	טבלה 3.2
3-19	מידרג למפגש בין רחוב עירוני לדרך בין-עירונית בשלבי הביניים והפיתוח הסופי	טבלה 3.3
3-20	אופן הבקרה והניתוב בהתאם להגדרת הצומת במידרג	טבלה 3.4

פרק 4 – מרחקי-ראות בצמתים

4-3	ערכי תכן למרחק-ראות מזערי לעצירה בצמתים, עבור שיפועים שונים	טבלה 4.1
4-6	ערכי תכן למרחק-הראות להחלטה	טבלה 4.2
4-10	צלע משולש-הראות הדרוש לאורך דרך משנית בה מוצב תמרור ב-36	טבלה 4.3
4-11	מרחק-הראות לאורך הדרך המועדפת הדרוש לחציית שני נתיבים ללא עצירה	טבלה 4.4
4-14	מרחקי-הראות הדרושים בשתי הדרכים לפנייה ללא עצירה	טבלה 4.5
4-16	מרחקי-הראות הדרושים לחציית דרך ממצב עצירה ולפנייה שמאלה מהדרך המועדפת	טבלה 4.6
4-18	מרחק-הראות הדרוש לפנייה ממצב עצירה	טבלה 4.7

פרק 5 – עקומים ותפניות בצמתים

5-4	אפשרויות לתכן שפות המיסעה לפנייה ימינה ללא אי-תנועה	טבלה 5.1
5-6	הצדק לתכן של פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש (צמתים לא מרומזרים)	טבלה 5.2
5-10	ערכי תכן לפניות מהירות ימינה	טבלה 5.3
5-11	הגבהות מומלצות בתפניות דרך לפנייה ימינה	טבלה 5.4
5-12	אורך מזערי לעקומי מעבר בצמתים	טבלה 5.5
5-13	אורך העקום החיצוני בעקום מורכב בהנחה שהיחס בין רדיוסים עוקבים הוא 1:2	טבלה 5.6
5-16	הרוחב הדרוש בתפניות דרך בצמתים	טבלה 5.7
5-16	רוחב השוליים בתפנית דרך	טבלה 5.8

פרק 6 – ניתוב באזור הצומת: נתיבים המשכיים ונתיבי עזר

6-12	האורך הדרוש להאטה בנתיב לפנייה שמאלה	טבלה 6.1
6-24	האורך הדרוש להאטה בנתיב לפנייה ימינה בשיפועים הקטנים מ-2.5%	טבלה 6.2

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

6-24	מקדמי תיקון לחישוב אורך קטע ההאטה בשיפועים	טבלה 6.3
6-25	האורך הדרוש להאצה בשיפועים הקטנים מ-2.5%	טבלה 6.4
6-26	מקדמי הכפלה למרחק מטבלה 6.4 לחישוב אורך נתיב ההאצה בשיפועים	טבלה 6.5

פרק 7 – איי-תנועה

7-7	הצדק לתכן של אי-מאורך (טיפה) בצמתים לא מרומזרים בין דרכים חד-מסלוליות	טבלה 7.1
-----	---	----------

פרק 8 – התוואי האנכי בצמתים

8-2	ערכי השיפועים המירביים לאורך בזרועות הצומת ובמבואותיו	טבלה 8.1
8-4	רדיוסים מזעריים לתכן עקום אנכי קמור בצמתים משיקולים בטיחותיים	טבלה 8.2

פרק 9 – רומים וקווי רום

9-10	הפרש שיפוע מירבי בצמתים בין ציר הדרך וקצות המיסעה	טבלה 9.1
9-11	השיעור המירבי להפרש השיפוע לאורך בין שפות התפנית בתפניות דרך לפנייה מהירה	טבלה 9.2
9-11	תחום מותר להפרש המירבי בין השיפועים לרוחב של נתיבים סמוכים בצמתים ובתפניות דרך לפנייה מהירה	טבלה 9.3

פרק 10 – סוגים וצורות של צמתים

10-24	השוואת נקודות הניגוד בהצטלבות ובצומת מדורג	טבלה 10.1
10-27	היתרונות והחסרונות היחסיים של שתי צורות הדירוג	טבלה 10.2
10-46	יתרונותיו וחסרונותיו של צומת סיבובי	טבלה 10.3
10-47	הצדקים להעדפת צומת סיבובי	טבלה 10.4
10-48	אפשרות התאמתו של צומת סיבובי כפתרון למפגש בין דרכים במידרג	טבלה 10.5
10-49	רוחב מומלץ של מסלול סיבובי בעל נתיב יחיד	טבלה 10.6

פרק 11 – קיבולת צמתים לא מרומזרים

11-8	ערכי הפער הקריטי הבסיסי ופער העקיבה הבסיסי, לפי HCM (1997)	טבלה 11.1
11-16	הקריטריונים לרמות השירות לתנועות המשניות בצמתים לא-מרומזרים, לפי HCM (1997)	טבלה 11.2

פרק 12 – מתקני דרך בצומת

12-3	אורך הקטע המקביל במפרץ תחנת אוטובוס, ללא הלוכסן	טבלה 12.1
------	---	-----------

פרק 13 – דוגמאות שונות של צמתים

13-7	רשימת התכניות של צמתים טיפוסיים	טבלה 13.1
------	---------------------------------	-----------

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 14 – התחברויות למבני שירות

טבלה 14.1 טבלת ריכוז מדדים למיקום התחברויות בדרכים בין-עירוניות 14-11

פרק 15 – מפגשי מסילת ברזל

טבלה 15.1 אמצעי בקרה והגנה מומלצים למפגשים חדשים בדרכים לא-עירוניות 15-2

טבלה 15.2 אמצעי בקרה והגנה מומלצים למפגשים קיימים בדרכים לא-עירוניות 15-3

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

רשימת ציורים

פרק 1 – מבוא

אין ציורים בפרק זה.

פרק 2 – הגדרות ומושגים כלליים בתכן צמתים

ציור 2.1	(א) שטח הצומת כמוגדר בתקנות התעבורה, (ב) שטח הצומת כהגדרתו בהנחיות אלה, (ג) מבואות הצומת	2-3
ציור 2.2	הגדרת זווית הצומת	2-5
ציור 2.3	סוגי התנועות בצומת	2-7
ציור 2.4	נקודות הניגוד בהצטלבות של 4 זרועות (סה"כ 32 נקודות ניגוד)	2-8
ציור 2.5	נקודות הניגוד בהסתעפות של 3 זרועות (סה"כ 9 נקודות ניגוד)	2-9
ציור 2.6	סכימת המהירות היחסית	2-9
ציור 2.7	צורות שונות של צומת תלת-זרועי	2-13
ציור 2.8	צורות שונות של צומת ארבע-זרועי	2-14
ציור 2.9	צומת רב-זרועי	2-14
ציור 2.10	צומת סיבובי (מעגל תנועה)	2-14
ציור 2.11	שתי צורות הדירוג של צומת מדורג	2-15
ציור 2.12	שתי צורות של צומת מפוצל	2-16

פרק 3 – שיקולים ועקרונות בתכן צמתים

ציור 3.1	דוגמה של מטריצת התנועות בצומת וסכמות התעבורה הנלוות	3-7
ציור 3.2	שלבים בתכן צומת לא-עירוני	3-12
ציור 3.3	שינוי צורת הסתעפות לשם התאמתה לסיווג הדרכים	3-23
ציור 3.4	שינוי צורת הצטלבות לשם התאמתה לסיווג הדרכים	3-23
ציור 3.5	שינוי צורת הסתעפות לשם התאמתה לנפחי הפניות	3-25
ציור 3.6	אפשרויות לשיפור זווית החיתוך בהסתעפות	3-25
ציור 3.7	שינוי מיקום צומת המצוי בפיסגת עקום אנכי קמור	3-28
ציור 3.8	תרשים-עיקבה לאוטובוס	3-29
ציור 3.9	תרשים-עיקבה לאוטובוס מפרקי	3-30
ציור 3.10	תרשים-עיקבה למשאית מורכבת	3-31
ציור 3.11	תרשים-עיקבה למשאית מחוברת	3-32

פרק 4 – מרחקי-ראות בצמתים

ציור 4.1	שדה הראייה הדרוש בהתקרבות לצומת בעקום אופקי	4-5
ציור 4.2	משולשי-הראות הדרושים בכל הפינות בצומת בלתי מבוקר	4-8
ציור 4.3	משולשי-הראות הדרושים לחציית צומת מבוקר בתמרור "תן זכות קדימה"	4-12

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

4-15	מרחק-הראות הדרוש לפנייה שמאלה ללא עצירה	ציור 4.4
4-17	מרחק-הראות הדרוש לחצייה ממצב עצירה	ציור 4.5
4-19	מרחק-הראות הדרוש לפנייה שמאלה בדרך המועדפת	ציור 4.6
4-20	מרחק-הראות הדרושים (לאורך הדרך המועדפת) לחצייה ולפנייה מהדרך המשנית ללא עצירה (ריכוז הנתונים מטבלאות 4.4 ו-4.5)	ציור 4.7
4-21	מרחק-הראות הדרושים (לאורך הדרך המועדפת) לחצייה ולפנייה ממצב עצירה (ריכוז הנתונים מטבלאות 4.6 ו-4.7)	ציור 4.8

פרק 5 – עקומים ותפניות בצמתים

5-3	השימוש בתכן רדיוסים בפניות לבקרת התנועה בצומת (תאור סכמתי לצומת בין דרכים דו-נתיביות)	ציור 5.1
5-5	אפשרויות לתכן שפת המיסעה לפנייה ניצבת ימינה ברדיוס מזערי ללא אי-תנועה	ציור 5.2
5-8	תכן אופייני לפנייה ניצבת ימינה עם אי-תנועה	ציור 5.3
5-14	אפשרויות לתכן תפנית דרך לפנייה מהירה (דוגמה עבור פנייה במהירות תכן של 50 קמ"ש)	ציור 5.4

פרק 6 – ניתוב באזור הצומת: נתיבים המשכיים ונתיבי עזר

6-4	אפשרויות הניתוב בצמתים לא מרומזרים	ציור 6.1
6-5	דוגמא עקרונית לניתוב ציר ראשי וציר משני בהסתעפות לא מרומזרת	ציור 6.2
6-6	אופן תוספת והפחתת נתיב המשכי במבואות צומת מרומזר	ציור 6.3
6-8	הצדקים לנתיב מיוחד לפנייה שמאלה בדרכים אזוריות ומקומיות דו-נתיביות	ציור 6.4
6-10	נתיב מיוחד לפנייה שמאלה בציר הראשי בדרך דו-מסלולית	ציור 6.5
6-11	הסדרת הלוכסן בנתיב המיוחד לפנייה שמאלה	ציור 6.6
6-13	מספר המכוניות לאחסנה (n) בנתיב מיוחד לפנייה שמאלה בציר הראשי בדרך חד-מסלולית	ציור 6.7
6-14	מספר המכוניות לאחסנה (n) בנתיב מיוחד לפנייה שמאלה בציר הראשי בדרך דו-מסלולית	ציור 6.8
6-16	המצבים האפשריים בנתיבי המתנה לפנייות בצמתים מרומזרים	ציור 6.9
6-17	גרף לחישוב ההסתברות לאורך התור בנתיב המיוחד לפנייה מרומזרת	ציור 6.10
6-19	יצירת נתיב מיוחד לפנייה שמאלה בציר הראשי בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לשני הצדדים	ציור 6.11
6-20	יצירת נתיב מיוחד לפנייה שמאלה בציר הראשי בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לצד אחד	ציור 6.12
6-23	הצורות הגיאומטריות של הנתיב המיוחד לפנייה ימינה בצמתים לא-מרומזרים	ציור 6.13
6-27	שתי הצורות של נתיב ההאצה לפנייה ימינה	ציור 6.14
6-28	נתיב האצה לפנייה שמאלה לדרך דו-מסלולית לדרך דו-מסלולית	ציור 6.15

פרק 7 – איי-תנועה

7-6	פרטי התכן של אי-משולש (בינוני)	ציור 7.1
7-9	תאור כללי של אי-מאורך ("טיפה") בזרוע המשנית	ציור 7.2

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

7-10	הארכת האי מסוג "טיפה" לפני צומת בעקום אנכי	7.3	ציור
7-12	המרווח הדרוש בין פניות מרומזרות שמאלה הפועלות בו-זמנית	7.4	ציור
7-14	סוגי אבני השפה המיועדים לשימוש בצמתים (על-פי ת"י 19)	7.5	ציור
7-15	דוגמא לשימוש באיים לניתוב בהסתעפות	7.6	ציור
7-16	אופן התכן הגיאומטרי של אי-מאורך ("טיפה")	7.7	ציור

פרק 8 – התוואי האנכי בצמתים

8-5	האורך המזערי לעקום אנכי קמור בצמתים, לפי מרחק-ראות לעצירה	8.1	ציור
8-6	האורך המזערי לעקום אנכי קמור בצמתים, לפי מרחק-ראות להחלטה	8.2	ציור

פרק 9 – רומים וקווי רום

9-5	דוגמא סכמתית לתכן צומת בשיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך הראשית	9.1	ציור
9-6	התאמת השיפועים בדרכים כשהצומת בעקום אופקי	9.2	ציור
9-8	דוגמא סכמתית לתכן צומת בשיטת המישור	9.3	ציור
9-9	מישור מצומצם בהסתעפות T	9.4	ציור
9-12	מעבר השיפועים בתפנית דרך לפנייה מהירה	9.5	ציור

פרק 10 – סוגים וצורות של צמתים

10-9	תרשים זרימה לתכן המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים – הסתעפות לא מרומזרת	10.1	ציור
10-11	תרשים זרימה לתכן המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים – הסתעפות מרומזרת	10.2	ציור
10-12	הסתעפות לא-מרומזרת, ללא ניתוב (בקרה בלבד), בין שתי דרכים מקומיות חד-מסלוליות	10.3	ציור
10-13	הסתעפות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בין דרכים חד-מסלוליות, ללא איים בנויים במרכז הדרך ההמשכית	10.4	ציור
10-14	הסתעפות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בנוי בין דרכים חד-מסלוליות, אפשרות לפנייה מהדרך המסתיימת עם או בלי אי משולש	10.5	ציור
10-15	הסתעפות לא-מרומזרת בזווית חדה בין דרכים חד-מסלוליות, ללא איים בנויים במרכז הדרך ההמשכית	10.6	ציור
10-16	הסתעפות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בנוי, הדרך ההמשכית דו-מסלולית	10.7	ציור
10-19	תרשים זרימה לתכן המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים – הצטלבות מרומזרת	10.8	ציור
10-20	הצטלבות לא-מרומזרת בין שתי דרכים חד-מסלוליות, ניתוב מלא ללא איים בנויים במרכז הדרך העיקרית	10.9	ציור
10-21	הצטלבות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בנוי בין דרכים חד-מסלוליות; אפשרות לפנייה מהדרך המשנית עם או בלי אי משולש	10.10	ציור
10-22	הצטלבות מרומזרת	10.11	ציור
10-25	נקודות הניגוד בשתי הצורות של הצומת המדורג	10.12	ציור
10-26	שימוש בצומת מדורג כתחליף להצטלבות בזווית חדה	10.13	ציור

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

10-14	ציור 10.14	צמתים מדורגים לא מרומזרים – צורות עקרוניות של דירוג ימני ודירוג שמאלי בין דרכים בסיווג נמוך
10-30	ציור 10.15	צומת מדורג – דירוג ימני לא מרומזר בין דרכים דו-נתיביות, שאחת מהן בסיווג גבוה
10-31	ציור 10.16	צומת מדורג מרומזר – דירוג שמאלי בין דרך דו-מסלולית לדרך חד-מסלולית
10-32	ציור 10.17	תאור סכמתי של הפיכת הצטלבות לצומת מפוצל
10-34	ציור 10.18	פיצול הדרך ההמשכית בהסתעפות T
10-36	ציור 10.19	פיצול הדרך המסתיימת בהסתעפות T
10-36	ציור 10.20	פיצול צומת מסוג יהלום (כשלב לפני מחלף)
10-37	ציור 10.21	דוגמא של הסתעפות בה פוצלה הזרוע המסתיימת
10-42	ציור 10.22	שתי דוגמאות לצמתים מפוצלים מסוג יהלום
10-43	ציור 10.23	דוגמא לצומת בפיצול מרובע
10-44	ציור 10.24	הגדרת המאפיינים הגיאומטריים של צומת סיבובי
10-50	ציור 10.25	היחס בין רדיוס הכיכר המרכזית לרוחב האי המפריד
10-51	ציור 10.26	"חגורה" נפרדת עבור פנייה עמוסה ימינה
10-51	ציור 10.27	המרכיבים הגיאומטריים לחישוב רוחב המסלול הסיבובי
10-52	ציור 10.28	הסטת מסלול הנסיעה החוצה את הצומת הסיבובי
10-54	ציור 10.29	דוגמא לתכנון אזור הכניסה והיציאה בצומת הסיבובי
10-56	ציור 10.30	הגדרת זווית החדירה לצומת הסיבובי
10-57	ציור 10.31	המרחק המזערי בין זרועות סמוכות בצומת סיבובי
10-57	ציור 10.32	הטיית זרוע הצומת הסיבובי להבטחת המרחק בין כניסות סמוכות
10-60	ציור 10.33	תאור המרכיבים לחישוב קיבולת הצומת הסיבובי
10-60	ציור 10.34	חישוב הקיבולת הפוטנציאלית של הכניסה לצומת הסיבובי, והעיכוב הממוצע בכניסה
10-61	ציור 10.35	הערכת אורך התור בכניסה לצומת הסיבובי
10-63	ציור 10.36	הערכת קיבולת הכניסה לצומת הסיבובי בתחום הפרברי והעירוני, כפי שכוויל בישראל
10-64		

פרק 11 – קיבולת צמתים לא מרומזרים

11-1	ציור 11.1	סיווג התנועות בהסתעפות ובהצטלבות לפי סדר העדיפות בניצול פער, לפי HCM (1997)
11-4	ציור 11.2 א'	נפחי התנועה המנוגדים לתנועות המשניות (בכ"ר לשעה), לפי HCM (1997)
11-6	ציור 11.2 ב'	נפחי התנועה המנוגדים לתנועות המשניות (בכ"ר לשעה), לפי HCM (1997)
11-7	ציור 11.3	הקיבולת הפוטנציאלית של התנועות המשניות בצומת עם דרך מועדפת חד-מסלולית, לפי HCM (1997)
11-10	ציור 11.4	הקיבולת הפוטנציאלית של התנועות המשניות בצומת עם דרך מועדפת דו-מסלולית, לפי HCM (1997)
11-11	ציור 11.5	התנועות הגורמות לעכבה, לפי HCM (1997)
11-13	ציור 11.6	גרף התיקון לעכבה לתנועות מסדר רביעי, לפי HCM (1997)
11-14	ציור 11.7	הערכת עיכוב הבקרה הממוצע לתנועה משנית או לנתיב המשותף למספר

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

11-17.....	תנועות, לפי (1997) HCM	ציור 11.8
	אורך התור לתנועות השונות בצומת לא-מרומזר (ערכי האחוזון ה-95),	
11-18.....	לפי (1997) HCM	

פרק 12 – מתקני דרך בצומת

12-5	מיקום ופרטים של תחנות אוטובוס בהסתעפות ללא נתיבי-עזר	ציור 12.1
12-6	מיקום ופרטים של תחנת אוטובוס בפנייה ימינה עם אי-תנועה	ציור 12.2
12-7	מיקום ופרטים של תחנת אוטובוס ותחנת הסעה בנתיב האצה לפנייה ימינה	ציור 12.3
12-8	תוכנית הסתעפות עם תחנות אוטובוס ומדרכות	ציור 12.4

פרק 13 – דוגמאות שונות של צמתים

רשימת התכניות המוצגות בפרק זה מופיעה בטבלה 13.1 בתוך הפרק; התכניות עצמן – בסוף הפרק.

פרק 14 – התחברויות למבני שירות

14-13.....	מרחקים מזעריים להקמת מבני-שירות בדרך מהירה	ציור 14.1
14-14.....	מרחקים מזעריים להקמת מבני-שירות בדרכים ראשיות ואזוריות	ציור 14.2
14-15.....	התחום המותר להתחברות למבנה-שירות במבואות צומת	ציור 14.3

פרק 15 – מפגשי מסילת ברזל

15-4	שיפור התוואי האופקי במבואות המפגש כאשר הדרך אלכסונית	ציור 15.1
15-6	התאמת התוואי האנכי של הדרך באזור המפגש	ציור 15.2
15-8	הסטת צומת שקרוב למסילת-ברזל	ציור 15.3
15-11.....	משולש הראות הדרוש לעצירה ("המשולש הגדול") במפגש מסילת-ברזל	ציור 15.4
15-12.....	משולש הראות הדרוש לחצייה ("המשולש הקטן") במפגש מסילת-ברזל	ציור 15.5
15-13.....	נומוגרמה לחישוב מרחקי-הראות המרכיבים את צלעות משולשי הראות לעצירה ולחצייה במפגשי מסילת-ברזל	ציור 15.6

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 1

מבוא

תוכן עניינים

1-1	כללי	1.1
1-1	מטרות ההנחיות	1.2
1-2	מבנה ההנחיות	1.3
1-3	תחולת ההנחיות ותקפותן	1.4

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 1

מבוא

1.1 כללי

כרך זה, השני בסדרה בת שלושה כרכים, מכיל הנחיות לתכן גיאומטרי של צמתים במפלס אחד בדרכים בין-עירוניות, ולתכן מרכיביהם השונים. שני הכרכים האחרים עוסקים בתכן הגיאומטרי של התוואי (כרך I) ובתכן מחלפים (כרך III).

הצורך בהנחיות לתכן צמתים נובע מהמורכבות הגיאומטרית שלהם, וממגוון הסוגים של צמתים במערכת הדרכים. הצמתים הם המוקדים ברשת הדרכים, אשר נועדו לאפשר נגישות לשימושי הקרקע, ולקשר את היישובים לרשת הדרכים הארצית. יחד עם זאת, מהווים הצמתים מוקד לניגודים בין כלי-הרכב הבאים מהכיוונים השונים, וכן בין כלי-הרכב להולכי-הרגל, ולכן הם מהווים מוקד לתאונות. בנוסף, מהווים הצמתים גם את צווארי הבקבוק של מערכת הדרכים מבחינת קיבולת, והשפעתם רבה על זמני הנסיעה, על העיכובים ועל רמת השירות של המשתמשים בדרך. ההנחיות המובאות להלן ניבנו כך, שיענו בצורה המיטבית הן לצורכי הנגישות, הנוחות והבטיחות של המשתמשים בדרך וליעילות התפעול השוטף של הצמתים, והן לדרישות סביבתיות ולשמירה על עקרונות כלכליים.

הנחיות אלה מבוססות על ההנחיות המעודכנות ביותר ממדינות בהן קיימות הנחיות מסוג זה, ועל המחקרים החדשים ביותר בישראל ובעולם, אשר עסקו בנושאים המובאים בהן. בהנחיות אלה אומצו סטנדרטים גבוהים, המבוססים על ניתוח קריטריונים המתאימים לתנאי הארץ ועל הניסיון שנצבר בארץ.

1.2 מטרות ההנחיות

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

מטרת ההנחיות לתכן צמתים במפלס אחד היא ליצור למתכנן מסגרת מנחה בתחומים הבאים:

- א. מסגרת לקיום תהליך תכנון מסודר, שבעזרתו ניתן יהיה לשחזר את התהליך ולעמוד על ההחלטות שהתקבלו על-ידי המתכנן לאורך שלבי התכנון השונים.
- ב. מסגרת להבחנה בין סוגי הצמתים – מתוך הבנה שפרט מסוים המתאים לצומת מסוג אחד יכול להיות בלתי מתאים לצומת מסוג אחר.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ג. יצירת מערכת מומלצת של עקרונות ופרטי תכן של מרכיבי הצומת, אשר יתאימו ליצירת הצומת לפי התפישה הכללית שהתגבשה.

1.3 מבנה ההנחיות

כרך זה של ההנחיות מורכב מארבעה חלקים עיקריים:

החלק הראשון (פרקים 2 ו-3), כולל הגדרות ומושגים עיקריים בתכן צמתים, ציון הסוגים השונים, עיקרי תהליך התכן של צמתים, השיקולים המנחים וההצדקים בתהליך התכן.

החלק השני (פרקים 4 עד 9), מפרט נושאים שונים במרכיבי התכן של הצמתים וזרועותיהם.

החלק השלישי (פרקים 10 עד 13), מפרט את הסוגים והצורות העיקריים של הצמתים המקובלים במערכת הבין-עירונית, את ההצדקים לשימוש בכל סוג ואת מאפייניו העיקריים, תוך פרוט אופן השילוב והיישום של המרכיבים השונים שהוסברו בפרקים הקודמים לקבלת צורת הצומת, וכן המתקנים המיועדים לשרת את עוברי-הדרך. בחלק זה נכללות גם דוגמאות של מספר צמתים טיפוסיים, אשר הוכנו על-פי ההנחיות, ומופיעות גם על-גבי תקליטור המצורף לאוגדן. בנוסף, נכלל בחלק זה פרק המסביר את עקרונות החישוב לקיבולת ורמת-שירות בצמתים לא מרומזרים.

החלק הרביעי (פרקים 14 ו-15), מכיל נושאים נלווים לתכן צמתים: התחברויות למבני-שירות, מפגשי מסילת-ברזל. בהמשך יתווסף פרק 16, העוסק בתאורה בצמתים.

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

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

- פרק 1 – מבוא (הפרק הנוכחי).**
- פרק 2 – הגדרות ומושגים כלליים בתכן צמתים:** תפקידי הצומת; הגדרות ומושגים בסיסיים; צורות וסוגים בסיסיים של צמתים.
- פרק 3 – שיקולים ועקרונות בתכן צמתים:** שיקולים מנחים; פרוט תהליך התכן ושלביו; נתוני הרקע לתכן; סוגי הרכב לתכן; הגורמים המשפיעים על בחירת סוג הצומת, צורתו ומיקומו בתוואי.
- פרק 4 – מרחקי ראות בצמתים:** מרחקי הראות השונים שיש להבטיח בתכן הצומת וסביבתו – הגדרותיהם, ערכיהם ויישומיהם.
- פרק 5 – עקומים ותפניות בצמתים:** עקרונות התכן הגיאומטרי של התוואי האופקי בצמתים והתכן המפורט של מרכיביו, דהיינו: רדיוסים, הגבהות, הרחבות, מעברי שיפועים ועקומי מעבר עבור הסוגים השונים של פניות ותפניות דרך.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- פרק 6 – ניתוב באזור הצומת – נתיבים המשכיים ונתיבי עזר:** עקרונות הניתוב בצומת ובקרבתו, לנתיבים המיועדים לנסיעה ישר, לפניות ולשינוי מהירות בצמתים מרומזרים ולא מרומזרים; הצדקים לשימוש בסוגי הנתיבים השונים ופרטי התכן הגיאומטרי שלהם.
- פרק 7 – איי-תנועה:** עקרונות השימוש באיי-תנועה להבטחת הסדרי ההכוונה והניתוב; סוגי האיים הנפוצים ופרטי התכן הגיאומטרי שלהם.
- פרק 8 – התוואי האנכי בצומת:** עקרונות התכן של שיפועים לאורך ושל עקומים אנכיים באזור הצומת.
- פרק 9 – רומים וקווי רום:** השיטות לתכן רומים בתחומי הצומת, ומעברי השיפועים והסדרי הניקוז המתחייבים.
- פרק 10 – סוגים וצורות של צמתים:** פרוט הסוגים השונים של צמתים המצויים בשימוש ברשת הבין-עירונית; ההצדקים לבחירת סוג הצומת; השינויים הגיאומטריים המתחייבים מרימזור הצומת; שילוב מרכיבי התכן מהפרקים הקודמים לקבלת צורות הצמתים הבאות: הסתעפות, הצטלבות, צומת מדורג, צומת מפוצל וצומת סיבובי.
- פרק 11 – קיבולת בצמתים לא מרומזרים:** הגדרת מונחי הקיבולת ורמת השירות בצמתים; תהליך החישוב לקיבולת ולרמת השירות של התנועות בצומת, ושילובו בשיקולי התכן.
- פרק 12 – מתקני דרך בצומת:** שיקולים עקרוניים בשילוב מרכיבים נוספים הדרושים להשלמת המערך הגיאומטרי והתפעולי בצומת: תחנות אוטובוסים ותחנות הסעה, סימון, תימרור ושילוט.
- פרק 13 – צמתים אופייניים (דוגמאות):** הפרשה הטכנית ותרשימי-התמצאות של דוגמאות מפורטות של מספר צמתים אופייניים, מרומזרים ולא-מרומזרים, המדגימות את אופן שילוב המרכיבים השונים מהפרקים הקודמים לכלל תכן צומת שלם (התכניות עצמן מצויות בתקליטור המצורף לאוגדן).
- פרק 14 – התחברויות למבני שירות:** המאפיינים הייחודיים להתחברויות, שיקולים וכללים למיקומן ופרטי התכן שלהם.
- פרק 15 – מפגשי מסילת-ברזל:** עקרונות התכן של התוואי האופקי, האנכי ומרחקי הראות במפגשי מסילת-ברזל – דרך.
- פרק 16 – תאורה –** פרק זה מכיל הנחיות ייחודיות לצמתים, ויופץ בהמשך. להנחיות לניקוז, ראה פרק 10 בכרך I של הנחיות אלה.

1.4 תחולת ההנחיות ותקפותן

ההנחיות תיכנסנה לתוקף מיד עם פרסומן. הנחיות אלה נועדו בראש וראשונה לתכן צמתים חדשים, ויש ליישמן גם כאשר מתכננים שיפורים בצמתים קיימים. ההנחיות מקיפות את המקרים השכיחים

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

והצפויים בתכן דרכים, אולם ייתכנו מצבים ייחודיים ואילוצים אשר יחייבו חריגה מן ההמלצות שבהנחיות. חריגות אלה יבוצעו רק לפי הנחיות מיוחדות של מנכ"ל מע"צ.

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

מבנה ההנחיות מאפשר עדכון מעת לעת בהתאם לצורך, בהתאם לניסיון הנרכש עם הזמן ובהתאם למדיניות הנקבעת על-ידי מע"צ, והמהדורה העדכנית של ההנחיות היא המחייבת את המתכנן.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 2

הגדרות ומושגים כלליים בתכן צמתים

תוכן עניינים

2-1	הצומת – הגדרה ותפקידים	2.1
2-1	מבוא	2.1.1
2-1	הגדרת הצומת בהנחיות	2.1.2
2-2	תחום הצומת בהנחיות ומבואות הצומת	2.1.3
2-2	מושגים בסיסיים בתכן צמתים	2.2
2-2	הגדרת המושגים הבסיסיים	2.2.1
2-4	התנועות בצומת	2.2.2
2-6	ניגודים בצומת	2.2.3
2-9	מהירות יחסית	2.2.4
2-10	סיווג צמתים לפי רמת הבקרה והניתוב	2.2.5
2-11.....	סוגים בסיסיים של צמתים	2.3

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 2

הגדרות ומושגים כלליים בתכן צמתים

2.1 הצומת – הגדרה ותפקידים

2.1.1 מבוא

צומת הוא שטח המפגש הפיזי של שני כבישים לפחות. צמתים הינם מרכיב חשוב ביותר במערכת הדרכים, בהיותם המוקדים המאפשרים לרשת הדרכים למלא את תפקידי הנגישות שלה. מיקום הצמתים והתכן שלהם משפיעים במידה רבה על יעילותה ועל בטיחותה של מערכת הדרכים, על מהירות הנסיעה, על קיבולת רשת הדרכים, ועל עלות התפעול של מערכת התחבורה המנועית. תפקודה המוצלח של רשת הדרכים תלוי, במידה רבה, באופן התכנון והתפעול של הצמתים, מאחר שהם גורמים למרבית העיכובים החלים ברשת (מקובל להניח שכשני-שליש מכלל העיכובים לתנועה נגרמים בצמתים במפלס אחד). בנוסף לכך, צמתים מהווים נקודות-תורפה מבחינת תאונות.

הצומת מהווה נקודת מוקד של מערכת הדרכים הנפגשות משלוש בחינות:

- א. **נגישות:** בצמתים מתפלגת התנועה לכיוונים השונים לפי יעדי הנסיעה, ובאמצעות הצומת מגיע הנהג אל יעדיו. הצומת הינו נקודת החלטה עבור הנהג ומשמש, יחד עם זאת, כציון דרך להתמצאות במערכת.
- ב. **קיבולת:** בגלל ההיחטכות של זרימות התנועה השונות בצומת, ובגלל ריבוי הפניות, הופך הצומת ל"צוואר הבקבוק" של מערכת הכבישים. מכאן נובע כי קיבולת המעבר של כיווני התנועה השונים בתוך הצומת היא הקובעת את הקיבולת המעשית בכל אחד מצירי הגישה.
- ג. **בטיחות:** בצומת נפגשות זרימות תנועה מנוגדות, ומתבצעים תמרונים שונים ושינויי מהירות על-ידי הנהגים, לבחירת כיוון הנסיעה. גורמים אלה יכולים להביא להתנגשויות באזור הצומת, ולכן חשיפת הנהג לתאונה גדולה יותר בתחום הצומת מאשר ביתר המקומות במערכת הכבישים.

2.1.2 הגדרת הצומת בהנחיות

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

צומת אינו כולל–

(1) התמזגות כבישים בדרך מהירה;

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

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

(3) התמזגות בכביש חד-סיטרי שבו שני נתיבים או יותר באותו כיוון נסיעה ושלפניה הוצב תמרור א-20."

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

מאידך, מבחינת המתכנן, למרות ההגדרה השונה בתקנות, חלק מהמאפיינים ההנדסיים-תנועתיים וההפרעות הנגרמות בהתחברויות אלה, דומים למתרחש בצמתים. לאור זאת, כולל המושג "צמתים" בהנחיות אלה גם את אותן התחברויות אל הדרך של "מבני שירות" הממוקמים לצידה, כהגדרתם בתמ"א 3, ושל תחנות תידלוק כהגדרתן בתמ"א 18, וכמפורט בסעיף 14.1.1 בהמשך ההנחיות.

פרק 14 בהנחיות מוקדש למאפייני התכנן הייחודיים של ההתחברויות, הדורשים התייחסות נפרדת.

2.1.3 תחום הצומת בהנחיות ומבואות הצומת

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

הגדרה זו הינה מצומצמת ביותר מבחינת השטח הפיזי הנתחם בצומת על-פיה, (כמתואר בצירור 2.1 א'), ומיועדת למעשה, לקביעת השטח בו חלים על עוברי הדרך דיני התעבורה המיוחדים לצומת. באופן מעשי, שטח הצומת מתאפיין על-ידי קיומם של ניגודים (כמוגדר בסעיף 2.2.3 להלן), ולכן שטח הצומת מוגדר בהנחיות אלה כשטח הכולל לפחות את כל נקודות הניגוד בכבישים הנפגשים, כמתואר בצירור 2.1 ב'.

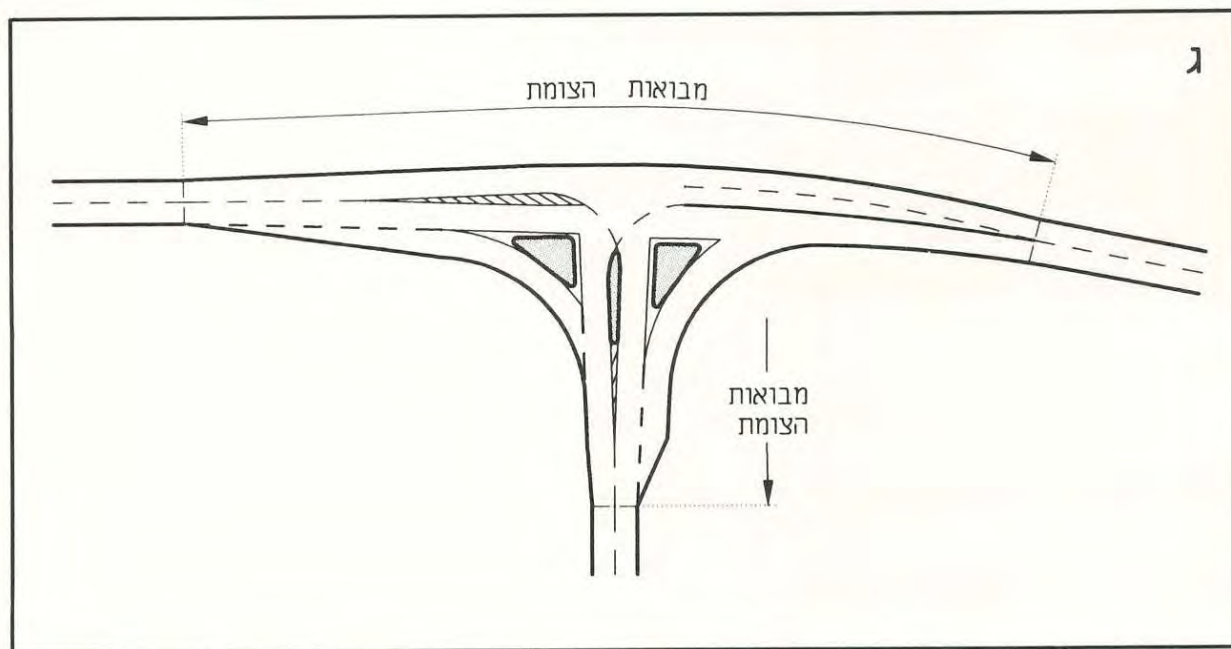
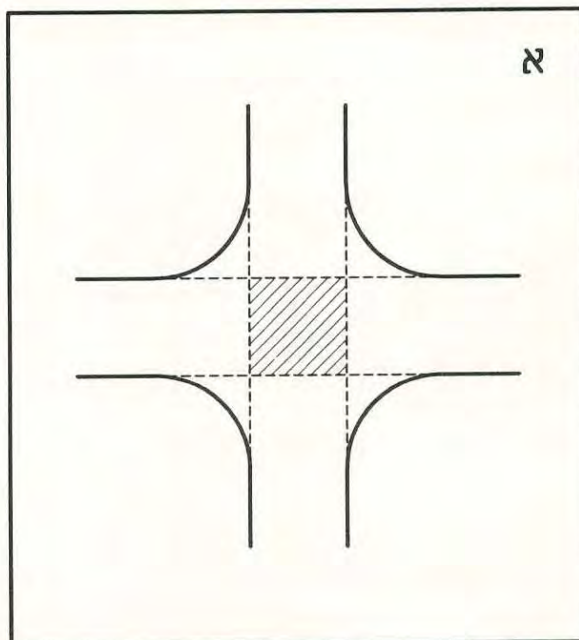
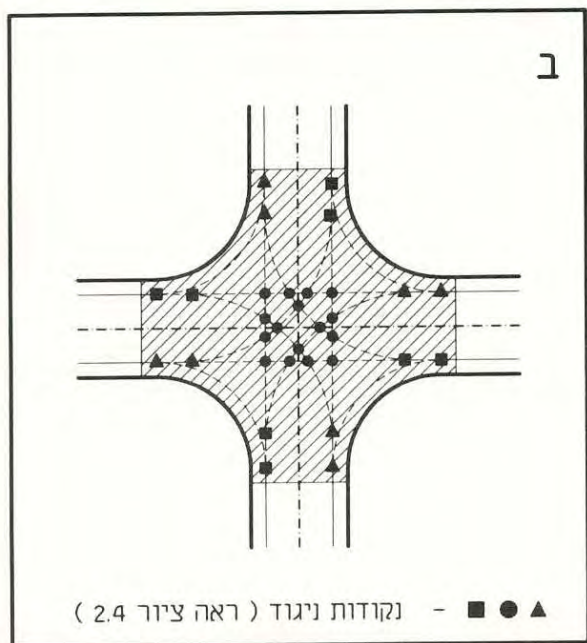
יחד עם זאת, מבחינת התכנון ההנדסי והתפעול התנועתי, יש צורך לעיתים להתחשב בקיום הצומת ובתנועות בו במרחק גדול יותר לאורך זרועות הצומת. לאור זאת, ההתייחסות לצומת בהנחיות אלה תכלול גם את הקטעים הסמוכים לצומת של הדרכים הנפגשות בו, הקרויים "מבואות הצומת" (כמוגדר בסעיף 2.2.1 להלן וכמתואר בצירור 2.1 ג').

2.2 מושגים בסיסיים בתכנן צמתים

2.2.1 הגדרת המושגים הבסיסיים

להלן הגדרות של מספר מושגים בסיסיים בתכנן צמתים, בהתאם לשימוש שייעשה בהם בהנחיות אלה (ההגדרות המקובלות באנגלית מרוכזות במילון מונחים בסוף הכרך השלישי של ההנחיות):

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 2.1 (א) שטח הצומת כמוגדר בתקנות התעבורה, (ב) שטח הצומת כהגדרתו בהנחיות אלה, (ג) מבואות הצומת

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

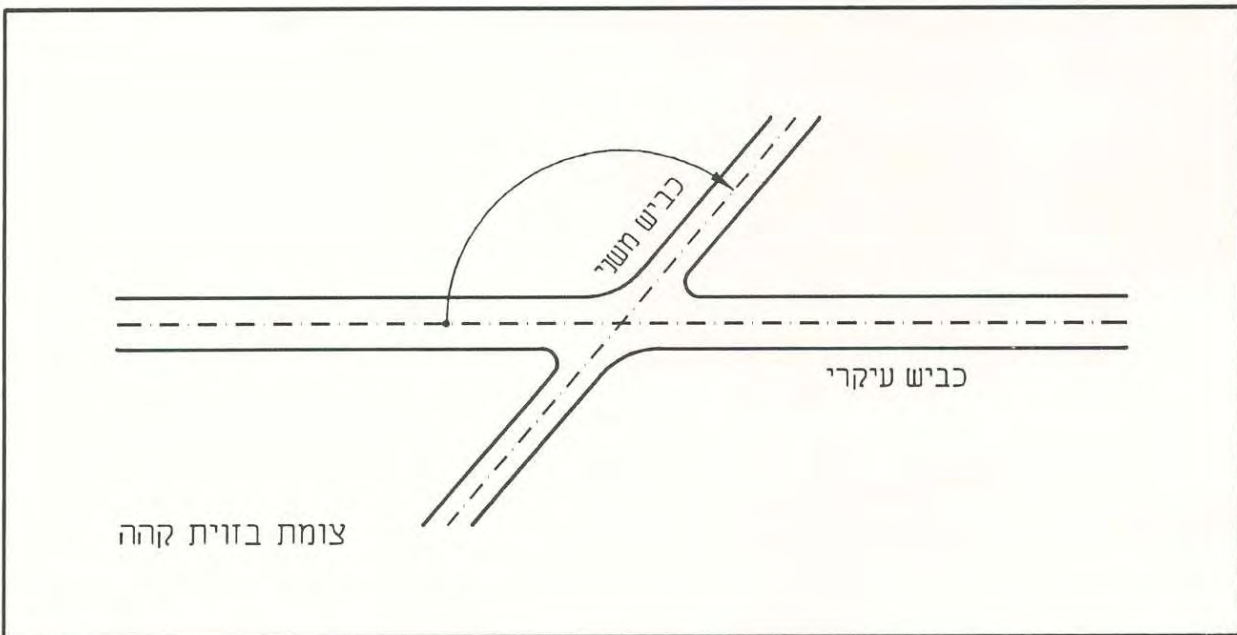
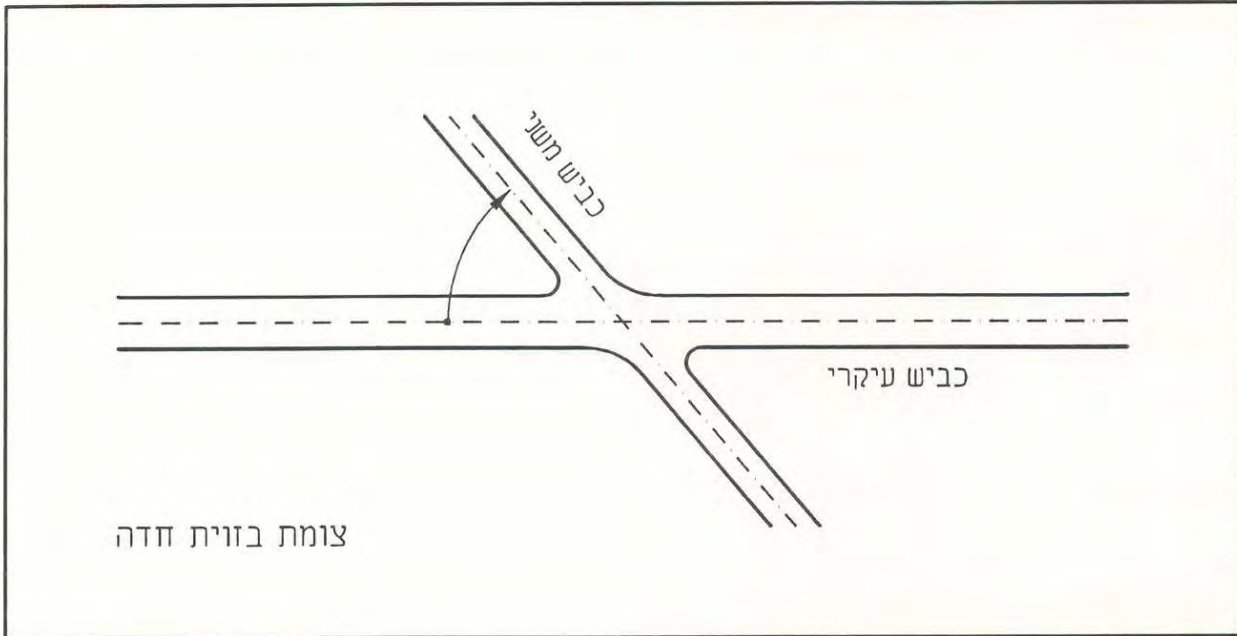
- א. בקרה:** הגבלת התנועות בצומת וקביעת זכות הקדימה בין כיווני התנועה הנפגשים בצומת, לרבות האמצעים המתוכננים למימוש קביעה זו (תימרור, רימזור, סימון).
- ב. ניתוב:** אופן תכנון הגישה לצומת וחלוקתה לנתיבים, באמצעות הפרדה או תיעול של תנועות שונות למסלולי נסיעה מוגדרים, על-ידי שימוש באי-תנועה או בסימנים על הדרך ליצירת תנועות בטוחות ומוסדרות של כלי-רכב והולכי-רגל (זהה למושגים "הכוונה" או "תיעול" במקורות אחרים).
- ג. זווית הצומת:** הזווית בין שני הכבישים המרכיבים את הצומת; נמדדת עם כיוון השעון מהכביש שנקבע כעיקרי (בעל הסיווג הגבוה או שלתנועה בו מוענקת זכות הקדימה בצומת) לכביש המשני (בעל הסיווג הנחות או שהתנועה בו חייבת במתן זכות קדימה). הגדרה זו יוצרת הבחנה בין צומת בזווית חדה לבין צומת בזווית קהה, כמתואר בציור 2.2. יש להבדיל בין זווית הצומת לפי הגדרה זו לבין זווית הפנייה כהגדרתן בהמשך ההנחיות, שהן זוויות החיתוך של זרימות התנועה בתוך הצומת: בצומת בעל זווית חדה נחתכות תנועות ומבוצעות פניות גם בזווית חדה וגם בזווית קהה – וכך גם בצומת בעל זווית קהה – אלא אם כן שני הכבישים המרכיבים את הצומת הוסדרו כחד-סיטריים).
- ד. זרועות הצומת:** כל כניסה של דרך אל תחום הצומת מכיוון כלשהו מהווה זרוע של הצומת (דהיינו: דרך הנכנסת מצידו האחד של הצומת ויוצאת מצידו השני יוצרת שתי זרועות). צומת הוא בעל שלוש זרועות לפחות.
- ה. מבואות הצומת:** קטעי הכבישים בזרועות השונות לקראת הצומת, בהם חלים שינויים גיאומטריים ותפעוליים עקב קיום הצומת, כגון שינויים ברוחב הכביש, בניתוב (לרבות נתיבי האטה והאצה), בתימרור ובסימון, בשיפוע לאורך או לרוחב וכדומה. מבואות הצומת כוללים גם את כל התחום הנכלל במרחקי הראות הנדרשים בצומת ובסביבתו, כמפורט בפרק 4 המוקדש לנושא הראות, בהמשך הנחיות אלה.

2.2.2 התנועות בצומת

בניגוד לקטעי דרך ללא צמתים, בהם כלי-הרכב נעים במקביל לציר הנתיב, עם חריגה אך ורק לצורך עקיפות, הרי שבצמתים ובזרועותיהם מרוכזות כל הסטיות מנתיב הנסיעה המבוצעות לצורך פניות והחלפת נתיבים. סוגי התנועות בצמתים, המתוארים בציור 2.3, הם:

- א. היפרדות:** התנתקות מסלולי נסיעתם של כלי-רכב עוקבים, הנכנסים לצומת מכיוון משותף ויוצאים לכיוונים שונים.
- ב. התמזגות:** השתלבות מסלולי נסיעתם של כלי-רכב הנכנסים לצומת מכיוונים שונים, ויוצאים עוקבים לאותו כיוון.
- ג. היחתכות:** הצטלבות מסלולי נסיעתם של כלי-רכב, אשר נכנסים לצומת מכיוונים שונים ויוצאים לכיוונים שונים.
- ד. השתזרות:** התמזגות והיפרדות של כלי-רכב עוקבים, המגיעים מכיוונים שונים ויוצאים לכיוונים שונים, כחלק מתהליך בחירת הנתיב המתאים להמשך הנסיעה.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 2.2 הגדרת זווית הצומת

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

כל אחת מתנועות אלה ניתן לסווג כזוגית או כמרובה, בהתאם למספר תת-התנועות השונות האפשריות בתוכה. את שלוש התנועות הראשונות ניתן לסווג גם לפי כיוון, כמתואר בציור 2.3.

2.2.3 ניגודים בצומת

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

- א. ניגוד של היפרדות;
- ב. ניגוד של התמזגות;
- ג. ניגוד של היחתכות.

השתזרות גורמת לשילוב של ניגוד התמזגות עם ניגוד היפרדות.

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

- א. תאונות "פנים-צד" – תאונות מסוג זה נגרמות בדרך-כלל על-ידי ניגוד של היחתכות;
- ב. תאונות "צד-צד" – תאונות מסוג זה נגרמות בדרך-כלל על-ידי ניגוד של התמזגות;
- ג. תאונות "פנים-אחור" – תאונות מסוג זה נגרמות לעיתים על-ידי ניגוד של היפרדות.

מספרם של הניגודים המתרחשים בצומת מושפע מהגורמים הבאים:

- א. מספר זרועות הצומת;
- ב. מספר הנתיבים בכל זרוע;
- ג. התנועות המותרות;
- ד. מידת ההכוונה והניתוב;
- ה. סוג הבקרה.

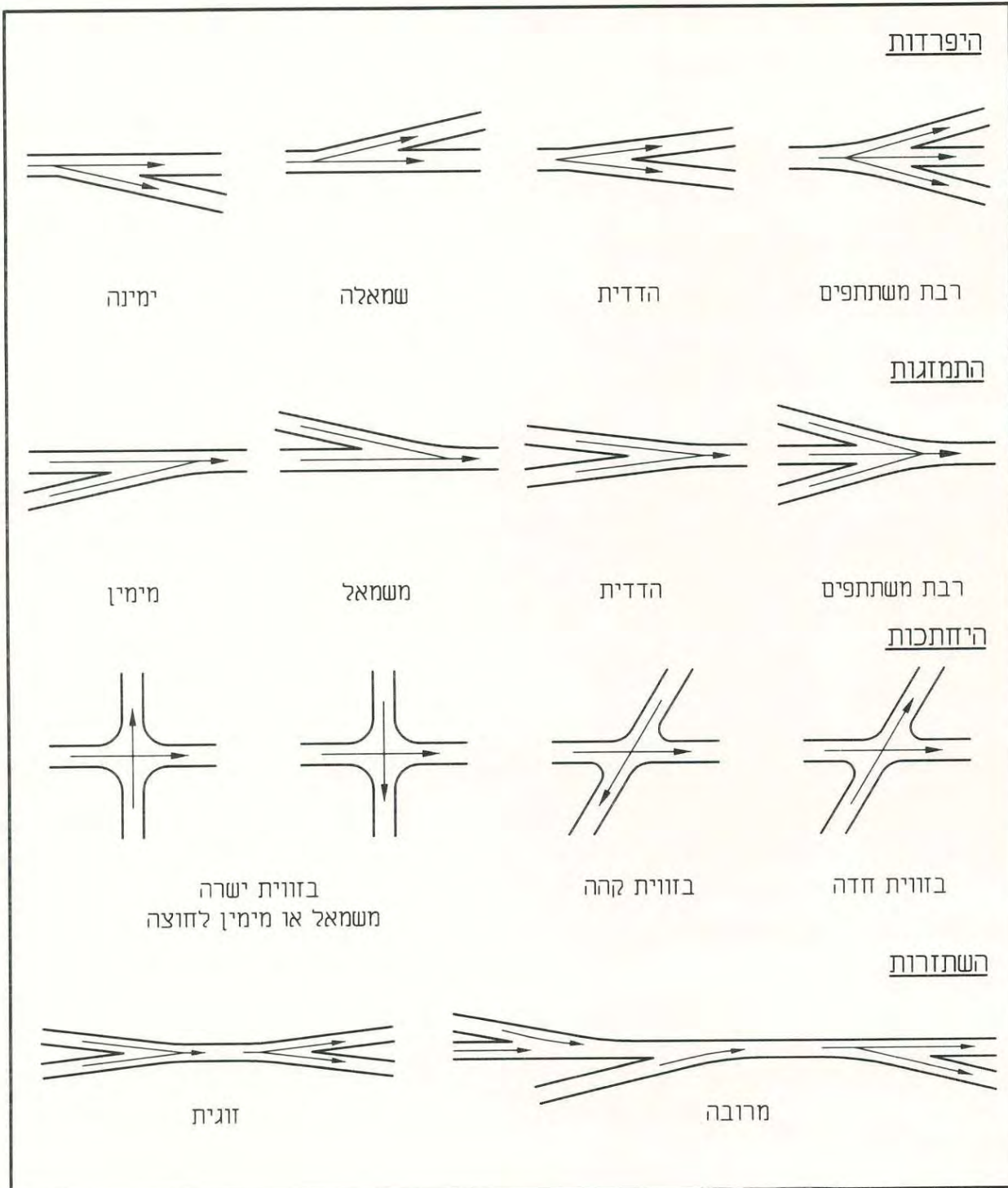
באופן בסיסי, בצומת בעל 4 זרועות (הצטלבות) בו כל הפניות מותרות, יש 32 נקודות ניגוד לפחות, כמתואר בציור 2.4, מהן:

- 16 נקודות היחתכות;
- 8 נקודות התמזגות;
- 8 נקודות היפרדות.

בצומת בעל 3 זרועות (הסתעפות), בו כל הפניות מותרות, קיימות 9 נקודות ניגוד לפחות, כמתואר בציור 2.5, מהן:

- 3 נקודות היחתכות;
- 3 נקודות התמזגות;
- 3 נקודות היפרדות.

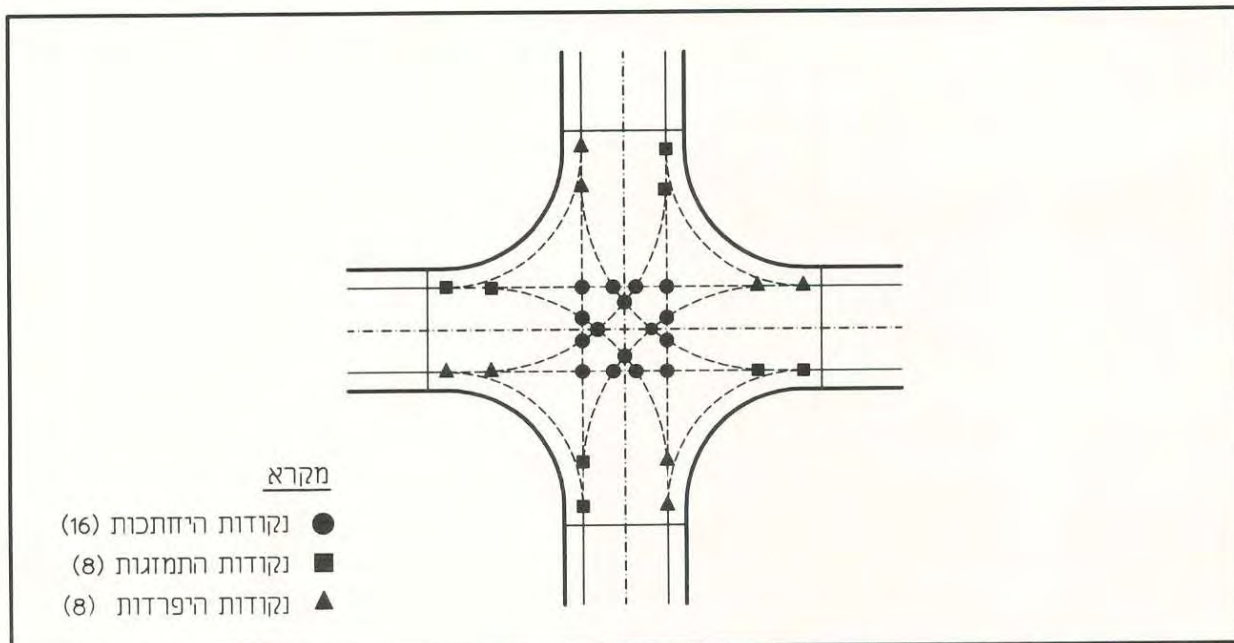
הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



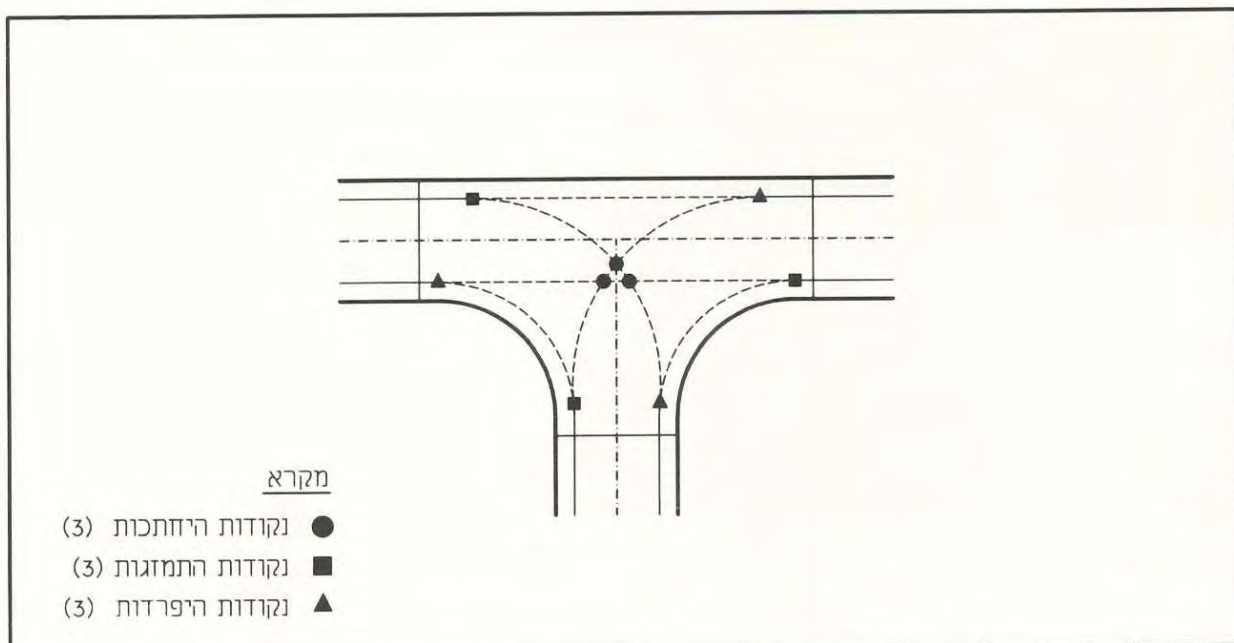
סוגי התנועות בצומת

ציור 2.3

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 2.4 נקודות הניגוד בהצטלבות של 4 זרועות (סה"כ 32 נקודות ניגוד)



ציור 2.5 נקודות הניגוד בהסתעפות של 3 זרועות (סה"כ 9 נקודות ניגוד)

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

כלומר, הפחתת זרוע אחת בצומת מקטינה את מספרן הכולל של נקודות הניגוד לכרבע ממספרן הקודם, כאשר ההפחתה המשמעותית ביותר היא במספרן של נקודות ההיחטכות, שהן בעלות פוטנציאל הסיכון הגבוה ביותר.

בנוסף לכל האמור לעיל לגבי ניגודים בין כלי-רכב, קיימים בצומת גם ניגודים בין כלי-רכב להולכי-רגל במעברי החצייה ובשאר המקומות בהם מתרחשת חציית הולכי-רגל. ככלל, פעילות הולכי-רגל בצמתים בין-עירוניים פחותה לעומת צמתים עירוניים, ומרוכזת בגישות ליישובים ולשימושי-קרקע, ובמוקדי פעילות תח"צ.

2.2.4 מהירות יחסית

המהירות היחסית הינה הווקטור של מהירות ההתקרבות של רכב אחד ביחס למהירותו של רכב אחר, כאשר שני כלי-הרכב מצויים במצב של ניגוד.

המהירות היחסית מחושבת כך (ראה ציור 2.6):

$$V_R = \sqrt{V_A^2 + V_B^2 - 2V_A V_B \cos \alpha} \quad [2.1]$$

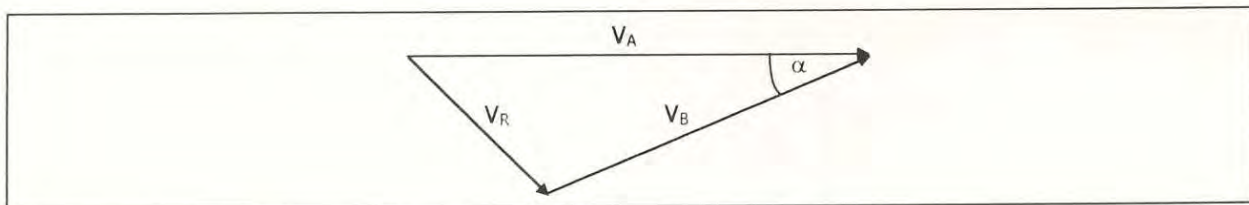
כאשר: V_R – המהירות היחסית.

V_A – מהירות אחד מכלי-הרכב.

V_B – מהירות הרכב האחר.

α – הזווית (הקטנה מבין השתיים האפשריות) שבין כיווני הנסיעה של שני כלי-הרכב בהתקרבם לעבר נקודת הניגוד.

כאשר כלי-הרכב נוסעים זה מול זה, α מוגדרת כ- 180° והמהירות היחסית היא סכום ערכי המהירויות של שני כלי-הרכב. כאשר כלי-הרכב עוקבים, α מוגדרת כ- 0° והמהירות היחסית היא הפרש ערכי המהירויות של שני כלי-הרכב. ככל שזווית ההתקרבות בין כלי-הרכב קטנה יותר, המהירות היחסית נמוכה יותר.



ציור 2.6 סכימת המהירות היחסית

עוצמת ההתנגשות בין כלי-הרכב נמדדת לפי: $0.5(m_1+m_2)V_R^2$, כאשר m הן מסות כלי-הרכב. במסות נתונות, ככל שתקטן המהירות היחסית בהתקרבות ביניהם, תקטן עוצמת ההתנגשות. מכאן נובע,

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

שבניגודים של היפרדות והתמזגות, בהם המהירות היחסית נמוכה יותר מאשר בניגודים של היחטכות, עוצמת ההתנגשות נמוכה יותר. לכן, התכנון הבטיחותי בצומת מחייב את הקטנת זווית ההתקרבות בתנועות מסוימות מצד אחד, ומצד שני, את הקטנת המהירות היחסית, באמצעות הקטנת מהירויות כלי-הרכב כאשר זווית ההתקרבות גדולה. מטרות אלה מושגות בעזרת אמצעי הבקרה והניתוב בצומת.

2.2.5 סיווג צמתים לפי רמת הבקרה והניתוב

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

א. סיווג לפי רמת הבקרה:

- 1) **צמתים לא מבוקרים** – הצמתים ברמה הנמוכה ביותר מבחינת הסדרי התנועה, בהם אין בקרה על-ידי תמרורים או רמזורים, וזכות הקדימה בצומת נקבעת לפי חוקי התנועה.
- 2) **צמתים מבוקרים על-ידי תמרורים** – התמרורים המוצבים בזרועות הצומת, הם הקובעים את הסדרי התנועה וזכות הקדימה בצומת.
- 3) **צמתים מבוקרים על-ידי רמזורים (מרומזרים)** – רמזורים הינם סוג הבקרה המשוכלל ביותר, וקובעים באופן מירבי את הסדרי התנועה בצומת, באמצעות הפרדה בין הזמנים המוקצבים לתנועות השונות, למניעה מוחלטת של ניגודי היחטכות.

ב. סיווג לפי רמת הניתוב:

- 1) **ללא ניתוב** – צומת ללא שימוש בחצים על-פני הדרך, וללא איי-תנועה צבועים או בנויים.
 - 2) **ניתוב חלקי** – הניתוב נעשה על-ידי סימון בצבע של נתיבי נסיעה, מעברי חצייה, קווי עצירה וכו', וכן סימון בצבע או בנייה, של חלק מהאזורים האסורים לתנועה (איי-תנועה).
 - 3) **ניתוב מלא** – כל סימוני הדרך הינם מלאים, ובכל האזורים האסורים לתנועה יש איי-תנועה צבועים או בנויים, עם או ללא צביעה נוספת.
- ייתכנו רמות אחרות של ניתוב בזרועות שונות של אותו צומת, למשל: ניתוב חלקי בדרך המשנית וניתוב מלא בדרך הראשית, כמפורט בסעיף ג' להלן.

ג. שילוב הסיווגים לאפיון הצומת:

ניתן לשלב את הסיווג לפי בקרה עם הסיווג לפי הניתוב, לקבלת אפיון מפורט יותר של הצומת, למשל: "צומת ללא בקרה ובעל ניתוב חלקי". באופן זה ניתן לקבל 9 הגדרות משולבות, אם כי לא כולן מצויות בשימוש. (למשל: לא יתוכנן צומת בין-עירוני מרומזר ללא ניתוב).

בהמשך הנחיות אלה ישולבו הסיווגים לפי רמת הבקרה ולפי רמת הניתוב, לקבלת הגדרה מאפיינת של הצומת וזרועותיו:

- א. **צומת מרומזר** – צומת המבוקר על-ידי רמזורים ובעל ניתוב מלא בכל הזרועות.
- ב. **צומת מוסדר מלא** – צומת שאינו מרומזר, המבוקר על-ידי תמרורים, ובעל ניתוב מלא בכל הזרועות.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- ג. **צומת מוסדר חלקית** – צומת שאינו מרומזר, המבוקר על-ידי תמרורים, ובעל ניתוב חלקי בזרוע אחת או יותר. (ייתכן ניתוב מלא בזרועות הראשיות).
- ד. **צומת בלתי מוסדר** – צומת שאינו מרומזר, המבוקר על-ידי תמרורים, וללא ניתוב בזרועותיו השונות (ייתכן ניתוב חלקי בזרועות הראשיות).
- ה. **צומת לא מבוקר** – צומת שכל זרועותיו אינן מבוקרות על-ידי תמרורים, וללא כל ניתוב.

2.3 סוגים בסיסיים של צמתים

הסוג הבסיסי של הצומת מתקבל ממספר הזרועות של הצומת ומאופן מפגשן. בהנחיות אלה מבדילים בין הסוגים הבאים של צמתים במפלס אחד (ההגדרות להלן מאפיינות את הצומת מבחינה גיאומטרית ואינן בהכרח חופפות את הניסוח בתקנות התעבורה):

- א. הסתעפות (צומת תלת-זרועי).
- ב. הצטלבות (צומת ארבע-זרועי).
- ג. צומת מדורג.
- ד. צומת רב-זרועי.
- ה. צומת מפוצל.
- ו. צומת סיבובי (מעגל תנועה).

הסוגים השונים והצורות העיקריות בכל סוג מוצגים בציורים 2.7 - 2.12. להלן מאפייניהם הצורניים העיקריים של הסוגים השונים. לפרוט היתרונות, החסרונות וההצדקים לשימוש בכל סוג, ראה סעיף 3.6 בהמשך ההנחיות.

א. **הסתעפות** – קיימות שלוש צורות עיקריות של הסתעפויות, המתוארות בציור 2.7:

(1) **הסתעפות 'T' ('קמץ')** – כאשר שתי זרועות של הצומת הן המשכיות, והזרוע השלישית נפגשת איתם בזווית ניצבת או כמעט ניצבת (בין 70° ל- 110°).

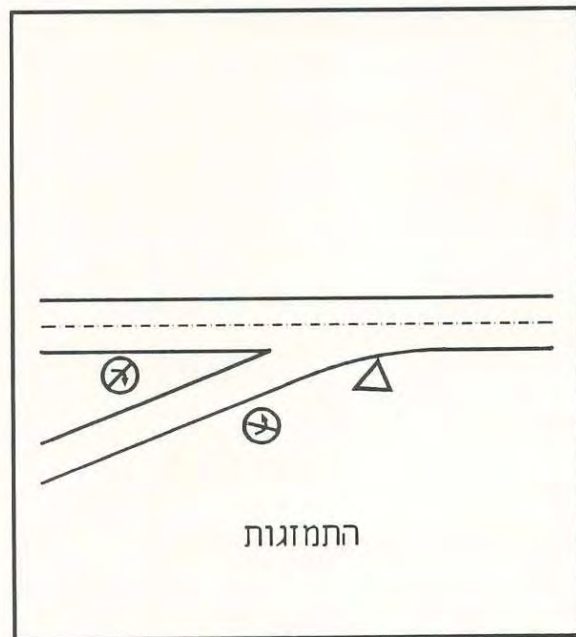
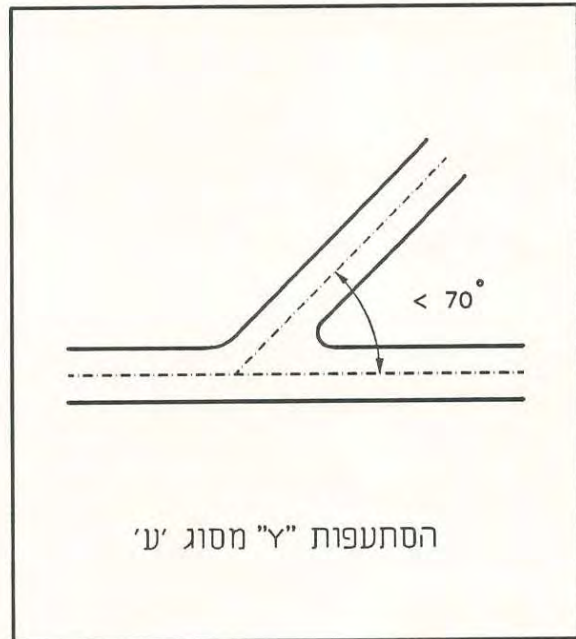
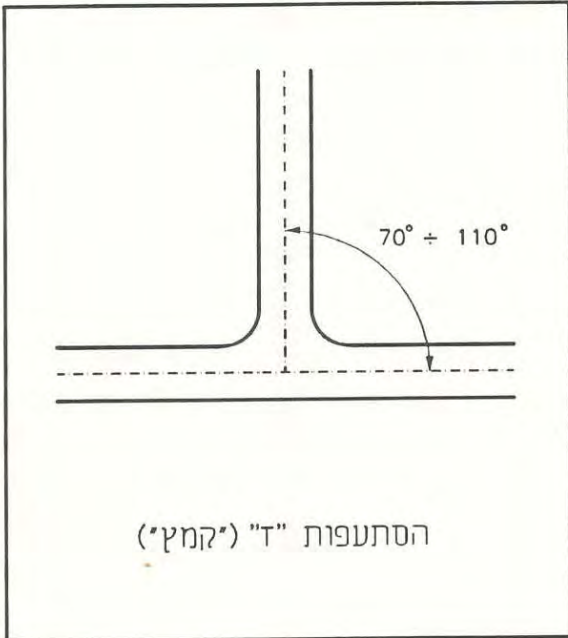
(2) **הסתעפות 'Y' ('מלגז', 'ע' או 'ץ')** – כאשר הזווית שבין שתי זרועות קטנה מ- 70° או גדולה מ- 110° . כאשר אחת הדרכים המשכית, ההסתעפות היא בצורת 'ע' או 'ץ', וכאשר אין אף זרוע המשכית, ההסתעפות היא בצורת מלגז.

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

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

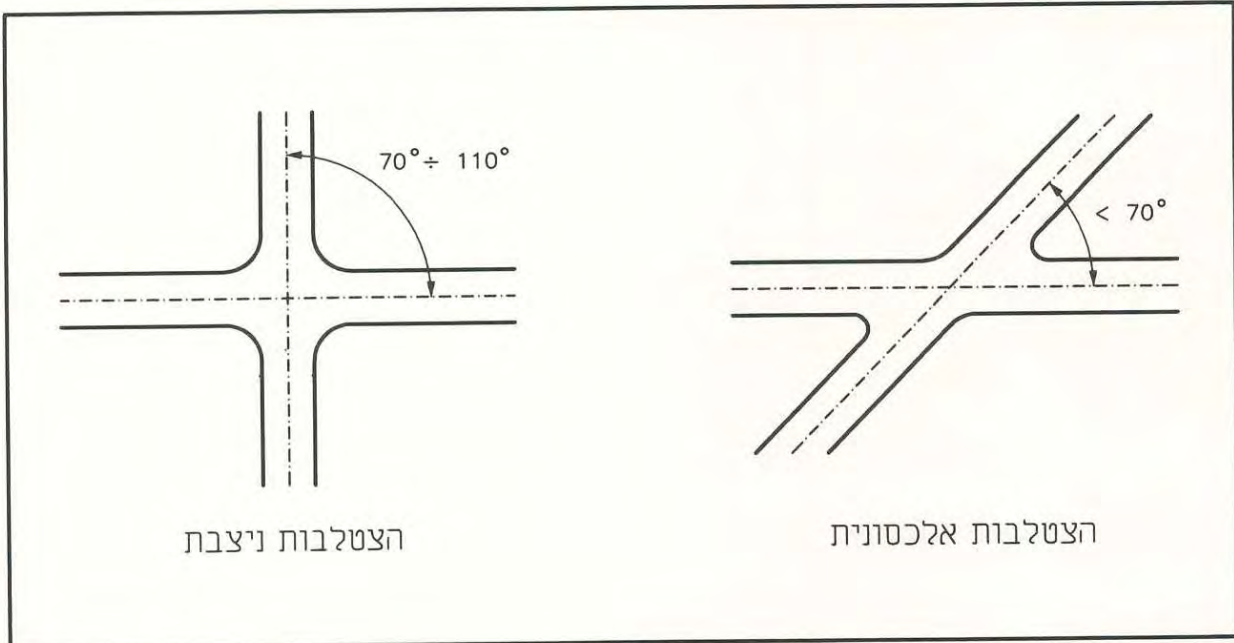
- ב. הצטלבות** – שתי הצורות הבסיסיות של הצטלבות מתוארות בציור 2.8:
- 1) **הצטלבות ניצבת ('צלב' או 'X')** – בה נפגשות שתי דרכים המשכיות כך שכל הזוויות בין זרועות סמוכות הן ניצבות או קרובות לניצבות, בזווית שנעה בין 70° ל- 110° .
 - 2) **הצטלבות אלכסונית** – בה נפגשות שתי דרכים המשכיות כך, שכל הזוויות בין זרועות סמוכות קטנות מ- 70° או גדולות מ- 110° .
- ג. צומת מדורג** – סוג מיוחד של צומת, בו נמנע מפגש של ארבע הזרועות בנקודה אחת, על-ידי כך, שאחת משתי הדרכים מאבדת את ההמשכיות הגיאומטרית שלה, ושתי זרועותיה נפגשות עם הדרך השנייה, שנותרה המשכית, בשתי הסתעפויות 'T' לכיוונים מנוגדים שהורחקו זו מזו, כמתואר בציור 2.11. לשם חציית הכביש העיקרי, חייבים כלי-הרכב הנעים בכביש המשני לפנות לכביש העיקרי ולהשתלב בתנועה שבו, ולפנות פעם נוספת, בכיוון הנגדי, להמשך נסיעתם בכביש המשני. שתי ההסתעפויות הסמוכות מאפשרות ביחד את ביצוע כל כיווני התנועה כמו בהצטלבות רגילה. כלי-רכב הממשיכים ישר בכביש העיקרי, חייבים לעבור שתי הסתעפויות קמץ במקום לעבור בהצטלבות אחת. בקטע הכביש העיקרי שבין ההסתעפויות, נעה גם התנועה העוברת בכביש העיקרי וגם התנועה החוצה מהכביש המשני.
- הצומת נקרא "דירוג שמאלי" (המכונה גם 'לי') או "דירוג ימני" (המכונה גם 'לי הפוכה'), כמתואר בציור 2.11, בהתאם לכיוון הפנייה הראשונה הדרושה לחציית הדרך המשכית, שהיא גם הצד של ההסתעפות הראשונה בה נתקלים הנוסעים בדרך המשכית. הצומת המדורג מחליף, מבחינה פונקציונלית, הצטלבות, ולכן, למרות שמבחינה חוקית צומת מדורג נחשב לשתי הסתעפויות נפרדות, הרי שמבחינה תכנונית ותפעולית חובה להתייחס למכלול כולו כאל צומת אחד.
- ד. צומת רב-זרועי** – כל צומת בו נפגשות חמש זרועות או יותר (ציור 2.9).
- ה. צומת מפוצל** – סוג מיוחד של צומת המיועד להעלאת קיבולת צמתים מרומזרים בדרכים דו-מסלולית עמוסות, וכן כפתרון זמני בצמתים המיועדים להקמת מחלף (ציור 2.12). הפיצול מתקבל על-ידי הרחקת שני המסלולים של אחת מהדרכים זה מזה ("פיצול יהלום") או של שתיהן ("פיצול מרובע"), כך שמתקבלות שתיים או ארבע הצטלבויות סמוכות, שבכל אחת מהן עד ארבע זרועות, וכל צמתי-משנה אלה מהווים מכלול תפעולי אחד.
- ו. צומת סיבובי (מעגל תנועה)** – צומת בו הזרועות הנפגשות אינן מצטלבות בנקודה משותפת אחת, אלא מתחברות למסלול סיבובי בצורת עקום סגור מסביב לאי-תנועה מרכזי. התנועה מסביב לאי המרכזי חד-סיטרית כנגד כיוון השעון (ציור 2.10). למעשה, צומת סיבובי מורכב ממספר הסתעפויות 'T' בהתאם למספר הזרועות, ללא ניגודים של היחתכות (ההגדרות "צומת סיבובי" או "כיכר" אינן מופיעות בתקנות התעבורה, שם מופיעה רק ההגדרה "מעגל תנועה").

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



צורות שונות של צומת תלת-זרועי ציור 2.7

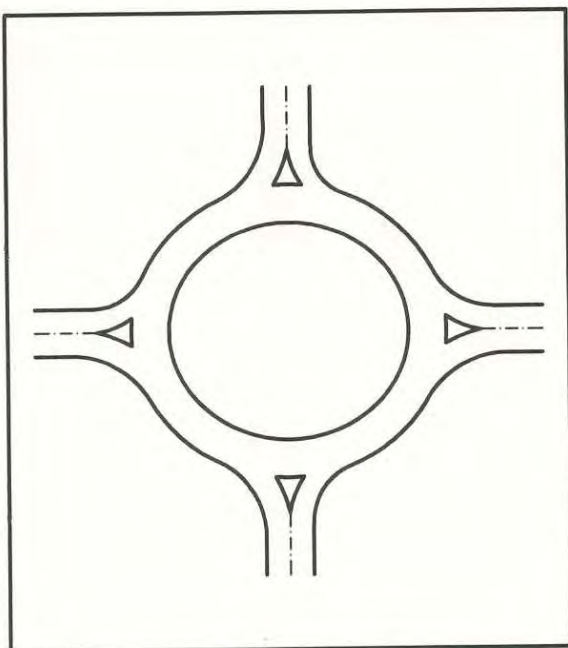
הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



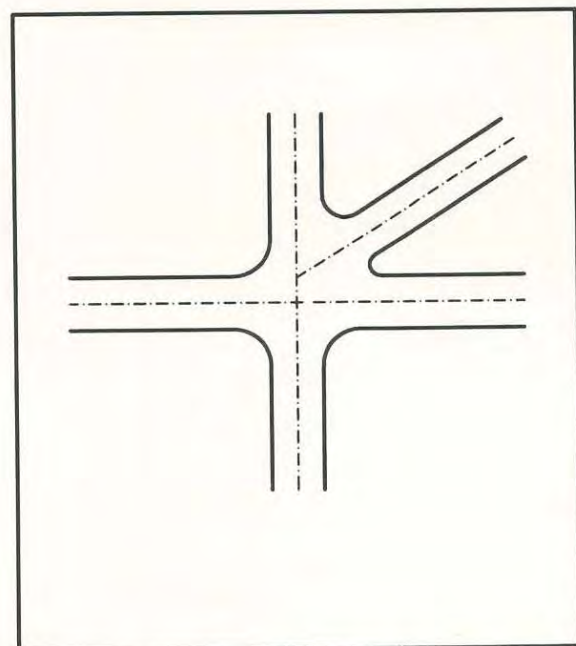
הצטלבות ניצבת

הצטלבות אלכסונית

צורות שונות של צומת ארבע-זרועי ציור 2.8

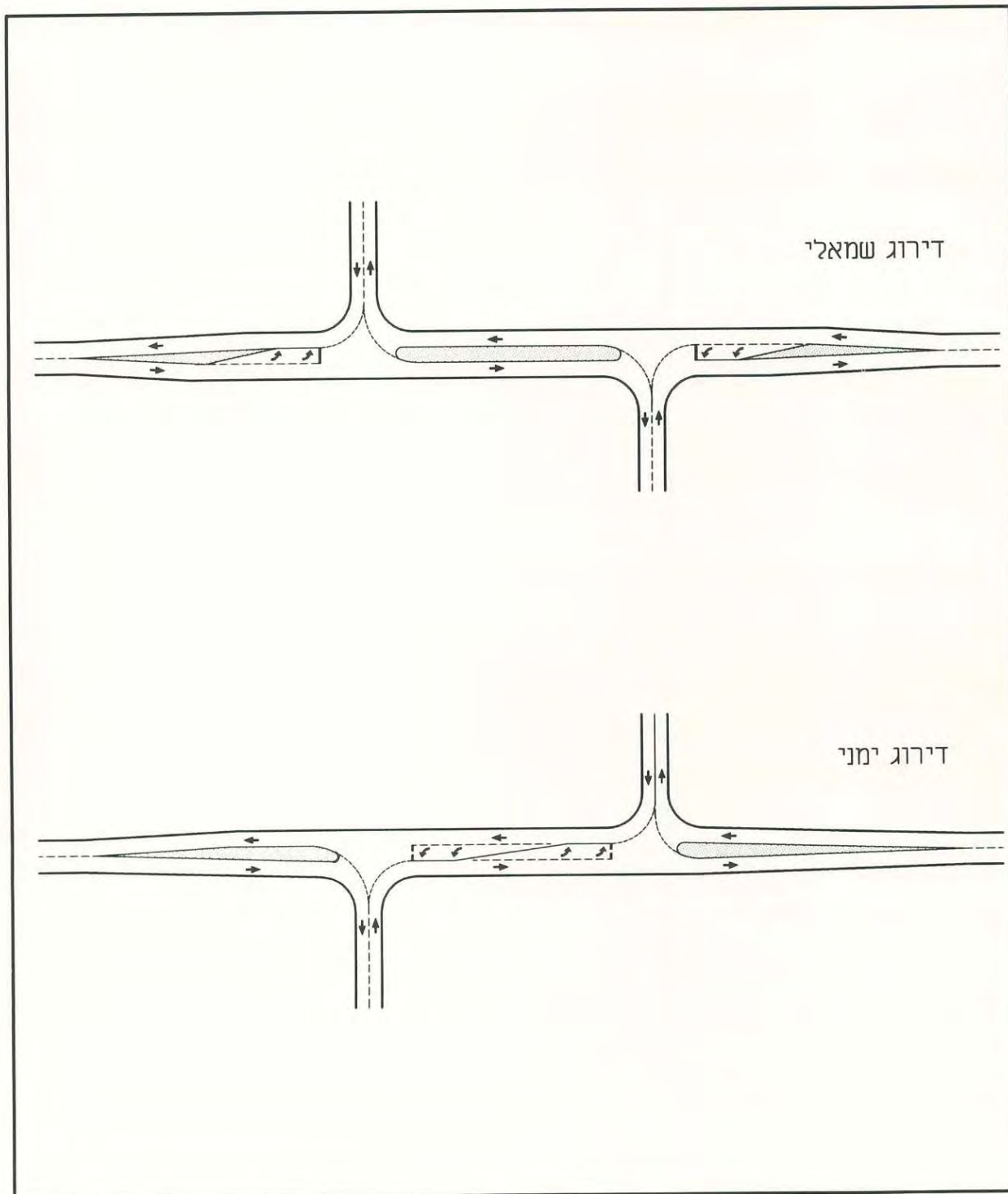


ציור 2.10 צומת סיבובי (מעגל תנועה)



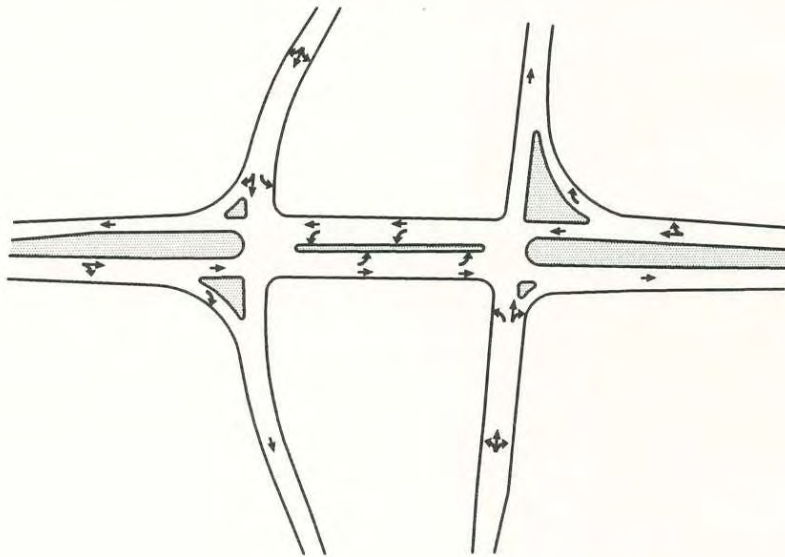
ציור 2.9 צומת רב-זרועי

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

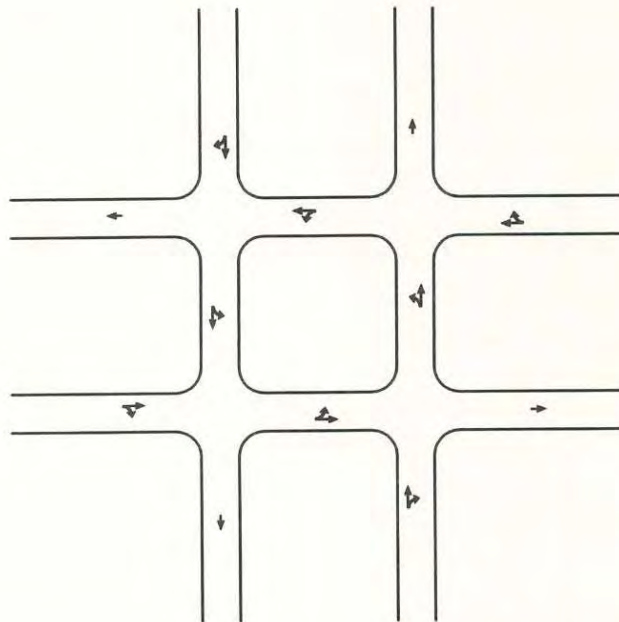


ציור 2.11 שתי צורות הדירוג של צומת מדורג

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



פיצול יהלום



פיצול מרובע

ציור 2.12 שתי צורות של צומת מפוצל

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 3

שיקולים ועקרונות בתכן צמתים

תוכן עניינים

3-1	שיקולים מנחים בתכן צמתים	3.1
3-3	שלבי תהליך התכן	3.2
3-4	נתוני רקע לתכן	3.3
3-4	נתוני האתר	3.3.1
3-5	נתוני תנועה	3.3.2
3-8	התפתחות הצומת	3.3.3
3-9	גורמי אנוש	3.3.4
3-10.....	תהליך התכן	3.4
3-10	כללי	3.4.1
3-10	התכן המוקדם	3.4.2
3-11	התכן המפורט	3.4.3
3-11	סוגי הרכב לתכן	3.4.4
3-14.....	מערכת השיקולים לקביעת הצומת המתאים ומאפייני תכנונו	3.5
3-14	הגורמים המשפיעים	3.5.1
3-15	בקרת הגישות בדרך	3.5.2
3-16	מידרג מפגשי הדרכים	3.5.3
3-17.....	קביעת סוג הצומת המתאים, צורתו ומיקומו בתוואי	3.6
3-17	כללי	3.6.1
3-17	הסתעפות, הצטלבות וצומת מדורג	3.6.2
3-20	צורות וסוגים נוספים של צמתים	3.6.3
3-21	השפעת הכיוון הראשי על צורת הצומת	3.6.4
3-24	מיקום הצומת בתוואי האופקי	3.6.5
3-26	מיקום הצומת בתוואי האנכי	3.6.6

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 3

שיקולים ועקרונות בתכן צמתיים

3.1 שיקולים מנחים בתכן צמתיים

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

א. התאמת הצומת לתפקידו במערכת הדרכים, הן מבחינת תפקידי הנגישות והן מבחינת זרימת התנועה, והקיבולת.

ב. התאמת הצומת לסוגים השונים של כלי-הרכב המרכיבים את התנועה העוברת בו, למידותיהם ולתכונותיהם.

ג. התאמת הצומת לכללי הנדסת-אנוש, המבוססים על תכונות הנהגים.

ד. שמירה על כללי בטיחות ומניעת תאונות.

ה. היבטים כלכליים – עלות סלילת הצומת מורכבת מעלות הקרקע, עלות הבנייה, עלות התפעול ועלות האחזקה. עלות זו צריכה להיות שקולה כנגד התועלת הנובעת משיפור הנגישות, מהקטנת העיכובים ומהעלאת רמת הבטיחות עקב בניית הצומת או ביצוע שיפורים בו.

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

א. **שמירה על מרחק מתאים בין צמתיים** – המרחק בין צמתיים צריך להיקבע תוך התחשבות בהבטחת הנגישות לשימושי קרקע מחד, ומניעת נהיגה מאולצת בעקבות ריבוי הצמתיים, מאידך. כמו-כן, צריך המרחק בין צמתיים לעלות בקנה אחד עם מאפייני ההירארכיה של הדרכים השונות. יחד עם זאת, אין לצמצם את מספר הצמתיים בלי לוודא שעומס הפניות בצמתיים הנוותרים אינו הופך בלתי-נסבל, או שגורם לנהגים לבצע תנועות בלתי רצויות או אסורות, או שמסלול הנסיעה אינו מתארך במידה רבה. במקרים מסוימים, כאשר הצמתיים קרובים מאוד זה לזה ואין אפשרות אחרת, יש לפתח אותם כמכלול אחד.

ב. **חד-משמעיות ההוראות לנהג** – על הצומת להיות מוסדר בצורה המסייעת לפישוט תגובת הנהג והמאפשרת לו לקבל החלטה יחידה ללא צורך באפשרויות מורכבות. עקרון חד המשמעיות יכול להיות מושג באמצעות הסדרי ניתוב ותימרוור ברורים ומתאימים (פרוט בפרקים 6, 7, 10 ו-12).

ג. **אחידות ההסדרים** – התכן של הצמתיים יהיה אחיד ועקבי, עד כמה שאפשר. מניעת הסדרים חריגים מאפשרת לנהג להכיר בקלות את הצומת שלפניו, ומגבירה את כושר התמצאותו בהסדרי התנועה המתוכננים (פרוט בפרקים 5, 6, 7, 10).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- ד. צמצום שטח הצומת** – שטח הצומת יצומצם עד כמה שניתן מבלי לפגוע בקיבולת, וזאת על-מנת להקטין את זמן פינויו של שטח היווצרות הניגודים. בעת המעבר בצומת ישנו תמיד אזור בלתי נמנע, בו הנהג נמצא בנקודת הניגוד וחשוף להתנגשויות. זמן הפינוי של אזור זה ניתן לצמצום על-ידי הקטנת ממדי השטח בו נוצר הניגוד, ותכן שיאפשר לנהג להגדיל את מהירותו לצורך הפינוי (פרוט בפרקים 5, 6, 7 ו-10).
- ה. התאמה למצב עתידי** – במקרה שביצוע הצומת ייעשה בשלבים, יש לבדוק בעת התכן של כל אחד משלבי הביניים, איך יוכל להשתלב בפתרון הסופי של הצומת, ושלא יבוצעו בשלבי הביניים צעדים שימנעו את הפיתוח המלא של הצומת בעתיד. כמו-כן, יש לדאוג להסדרי העברת התנועה בצומת במהלך העבודה, במקרה שחלק מהשלבים יבוצעו תוך-כדי קיום התנועה בצומת (פרוט בפרק 10).
- ו. הבטחת הראות** – יש לתכנן את הצומת כך שיתקיימו בו מרחקי-ראות, המאפשרים לנהג המתקרב לצומת להבחין ב-:
- (1) קיומו של הצומת.
 - (2) צורת הצומת והסדרי התנועה בו.
 - (3) מיקומם ותנועתם של כלי-הרכב האחרים.
 - (4) המשך מסלול נסיעתו מעבר לצומת.
- (לנושא הראות מוקדש פרק 4).
- ז. שמירת הכיוון הראשי** – תובטח המשכיות טבעית וישירה של הציר הראשי בתוך הצומת. דבר זה יבהיר בהתקרבות לצומת את חובת מתן זכות הקדימה, ויצמצם את ההפרעות למרבית כלי-הרכב בצומת (פרוט בסעיף 3.6.4 להלן ובפרקים 6 ו-10).
- ח. התאמה לסוגי הרכב** – תכן הצומת ומרכיביו לסוגי כלי-הרכב הנבחרים צריך לאפשר תנועה שוטפת של כל סוגי כלי-הרכב הצפויים בו, מבלי להפריע לתנועות האחרות. יחד עם זאת, התכנון יאפשר, במקרים יוצאי-דופן, תנועת כלי-רכב חריגים אשר עלולים להיקלע לצומת לעתים רחוקות, תוך גרימת הפרעה מסוימת (פרוט בסעיף 3.4.4 להלן ובפרקים 5 ו-7 בהמשך הנחיות אלה).
- ט. שמירה על המשכיות הנתיבים** – הצמתים מהווים את צוואר הבקבוק של מערכת הכבישים מבחינת הקיבולת, ולכן ביטול נתיבים בסמוך לצומת יקטין את כושר ההעברה. הקטנת מספר הנתיבים עלולה גם לגרום להפרעה כתוצאה מחוסר מקום לביצוע פעולה של התמזגות, דבר אשר יגרום להקטנת תשומת לבו של הנהג לניגודים (קונפליקטים) האחרים המצויים באזור הצומת. מצד שני, אין להוסיף בתחום צומת שאינו מרומזר נתיבים המשכיים, לצד הקיימים (הסדרי ניתוב מפורטים בפרק 6).
- י. הבטחת הקיבולת** – יש להבטיח את כושר ההעברה של הצומת במשך כל תקופת היעד לתכן. אם הצומת מבוצע בשלבים, יש להבטיח התאמה בין נפחי התנועה לבין כושר ההעברה של הצומת בכל אחד מהשלבים, באמצעות מספר הנתיבים הדרוש והסדרי התנועה (לנושא הקיבולת מוקדש פרק 11).
- יא. הבלטת נקודות הניגוד** – נקודות הניגוד בצומת יובלטו וירוכזו בשטח ברור, כדי לאפשר לנהגים להגיב באופן מבוקר ושקול. התנועות המתנגדות יופגשו ויופרדו במקומות מוגדרים ובולטים לעין

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

הנהג, כך שיוכל לצפות את כיוון חציית נתיב תנועתו על-ידי תנועות נוגדות (פרוט בפרקים 6, 7, 8 ו-10).

יב. בקרת המהירויות – גם לאחר השימוש באמצעי הבקרה וההכוונה נותרו ניגודים בין תנועות בצומת. מהירות המעבר של כלי-הרכב בצומת צריכה להתאים לרמת הסיכון הנוצרת עקב הניגודים שנתרו כך, שהמהירויות היחסיות בין תנועות נוגדות שיכולות לנסוע ביחד (כגון בהתמזגויות והשתזרויות), יהיו נמוכות (פרוט בפרקים 5, 6 ו-7).

יג. התאמה להולכי-רגל (ורוכבי אופניים) – תכן הצומת צריך להתחשב בקיומה של תנועת הולכי-רגל (ורוכבי אופניים), אם צפויה כזו באזור הצומת (פרוט בסעיף 12.2).

יד. טיפול בתחבורה ציבורית ותחנות הסעה – בצמתים נפגשים קווי אוטובוסים וקיים מעבר נוסעים בין תחנות הקווים השונים. תכן הצומת צריך להתחשב בפעילות זו. את התחנות יש לאתר במקומות, אשר מצד אחד קרובים לצומת ככל הניתן, ומצד שני מהווים הפרעה מזערית לתנועה השוטפת, תוך התחשבות במרחקי הראות הדרושים וכן במאפייני ההאטה וההאצה של הרכב הציבורי. דין דומה למיקום תחנות הסעה לחיילים באזור הצומת. יש להתחשב בפעילות הולכי-הרגל הנוצרת בצומת עקב קיום התחנות (פרוט בסעיף 12.1).

3.2 שלבי תהליך התכן

תהליך התכינה של הצומת הוא למעשה תהליך החלטה מורכב החייב להתבצע בשלבים. שלבי התכן העיקריים הם:

- א) קביעת מטרות התכן (כמפורט להלן).
- ב) איסוף נתוני הרקע לתכן (כמפורט בסעיף 3.3).
- ג) תכן מוקדם (כמפורט בסעיף 3.4.2).
- ד) תכן מפורט (כמפורט בסעיף 3.4.3).

תהליך התכן מתואר באופן סכמתי בציור 3.2 ובסעיף 3.4 בהמשך הפרק. תהליך התכן המעשי מתחיל לאחר שהמתכנן קבע לעצמו את המטרות שעל הצומת לשרת – האם הצומת הוא שיפור לצומת קיים, או צומת חדש ברשת דרכים קיימת, כתוצאה מסלילת דרך חדשה, ומה תפקודו הדרוש מבחינת מאפייני הנגישות והניידות ברשת. התכנון המוקדם הוא שלב חשוב ביותר, המיועד לגבש חלופות לפתרונות האפשריים של הצומת. בדיקת החלופות השונות יכולה גם להצביע על הצורך להכניס שינויים במבואות הצומת וכן במערכת הדרכים והצמתים הסמוכים. רק לאחר ניתוח החלופות והשוואתן מבחינה תנועתית, בטיחותית וכלכלית יוכל המתכנן לבחור בחלופה אחת, שתהווה בסיס לתכן סופי של הצומת. כל השלבים לעיל מתבססים על נתוני הרקע לתכן, המפורטים בסעיף 3.3 להלן. תהליכי התכן המוקדם והמפורט מתוארים בסעיף 3.4 להלן.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

3.3 נתוני רקע לתכנן

נתוני הרקע הדרושים בתהליך התכנן כוללים את נתוני האתר (סעיף 3.3.1), נתוני התנועה (סעיף 3.3.2), התפתחות הצומת (סעיף 3.3.3) וגורמי אנוש (סעיף 3.3.4).

3.3.1 נתוני האתר

נתוני האתר הדרושים בשלב התכנן הם:

- א. **טופוגרפיה** – מדידה מפורטת של הטופוגרפיה באזור הצומת, לרבות רומים. המדידה דרושה לצורך בדיקת מיקומים אפשריים לצומת, שיפועים לאורך הדרכים הנפגשות, קביעת שיטת התכניה של קווי רום בצומת ומיקום עקומים אנכיים במידת הצורך, בדיקת מרחקי-ראות ומגבלות הראות עקב תנאי השטח.
- ב. **שימושי קרקע וזכויות דרך באזור הצומת** – מתכנית המתאר המחוזית והמקומית, וכן מתכנית בניין עיר ותוכניות אב לאזור הצומת (במידה שקיימות), או מתכנית מפורטת אחרת, יש להוציא נתונים על שימושי הקרקע הקיימים והמתוכננים באזור הצומת ועל פיתוח האזור, בעיקר ביחס לדרכים מתוכננות ותוספת מוקדי פעילות אשר ישפיעו על התפתחות התנועה באזור הצומת. תכנית המתאר הארצית לדרכים (ת/מ/א/3) מגדירה את רוחב "הרצועה לתכנון" העומדת לרשות המתכנן בשלב התכנן הראשוני. בצומת המצוין בתכנית המתאר כעתיד להפוך למחלף, יש לבדוק את שימושי הקרקע הקיימים והמתוכננים ברדיוס של 300 מטר ממפגש צירי הדרכים, גם אם בשלב הראשון יתוכנן צומת חד-מפלסי בלבד.
- ג. **מבנים ותשתיות באזור הצומת** – יש להכין מיפוי מפורט של כל המרכיבים הפיזיים הקיימים באזור הצומת ובגישות אליו: מבנים, קירות תומכים, עצים, עמודים, וכל נתוני המשק העל-קרקעי והתת-קרקעי (מתקני חשמל, טלפון, כבלים, מים, ביוב, ניקוז וכיו"ב). במקרה של ביצוע שינויים בצומת קיים, יש לכלול במיפוי את כל פרטי הצומת במצב הקיים, כגון: איי-תנועה, מדרכות, מעברי חצייה, מפרצי אוטובוס, שיפועים לאורך ולרוחב, מיקום רמזורים וכד'. המיפוי המפורט צריך לכלול את כל מבואות הצומת, כהגדרתם בסעיף 2.2.1 לעיל.
- ד. **סיווג וצורתן של הדרכים הנפגשות** – תכנית הצומת, החל משלביה הראשונים, צריכה להביא בחשבון את אופיין וצורתן של הדרכים הנפגשות, כפי שהן מתוכננות להתפתח במהלך תקופת היעד אליה מתכננים, כדי שניתן יהיה בעתיד להתאים את התכנון של הצומת להתפתחויות ההנדסיות הצפויות בכל אחת מן הדרכים הנפגשות. (סיווג הדרכים נקבע לפי סעיף 2.1 בכרך I של ההנחיות, ואילו חתך הרוחב האופייני שלהן נקבע לפי פרק 7 באותו כרך). בנוסף לכך, ישמש סיווג הדרכים הנפגשות לבחירת הצורה הבסיסית של הצומת (כמפורט בסעיפים 3.5 - 3.6 להלן).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

3.3.2 נתוני תנועה

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

א. נפחי תנועה בזרועות הצומת – ספירה וחיזוי

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

נתוני התנועה הדרושים הם (בהתאם להגדרת המונחים התנועתיים בסעיף 3.1.2 בכרך I של ההנחיות):

- 1) הנפח היומי בממוצע שנתי (AADT), כאשר ניתן להסתפק בנפח התנועה האופייני במשך 16 השעות העמוסות ביממה. כמו-כן, יש צורך בספירות התנועה במשך 8 השעות העמוסות ביממה במשך יום מייצג, לשם קביעת ההצדק לרימזור.
- 2) הנפח השעתי לתכן (DHV).
- 3) היחס בין הנפח השעתי לנפח היומי (K).
- 4) מקדם שעת השיא (PHF), המבוסס על 15 הדקות העמוסות ביותר בשעת השיא.

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

- 1) גידול התנועה במערכת כולה כתוצאה מעלייה בשיעור הבעלות על כלי-הרכב ובשימוש בהם (שינויים בפיצול הנסיעות).
- 2) שינויים בשימושי הקרקע באזור (פיתוח ובינוי בסביבת הצומת), ושינויים בפילוג הנסיעות בין האזורים.
- 3) תוספת תנועה העוברת את הצומת עקב סלילת דרכים חדשות ושיפורים בדרכים קיימות המובילות אליה (שינויים בהצבת הנסיעות).

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

ב. מטריצת התנועות בצומת

במטריצת התנועות בצומת גלומה כל האינפורמציה לגבי נפחי התנועה בכל כיווני הפנייה האפשריים או המותרים בצומת. במטריצה, אשר עשויה להיות מלווה בסכמת התעבורה, כדוגמת ציור 3.1, מוצגים

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

נפחי התנועה מכל זרוע לכל זרוע בצומת, וכן סה"כ נפחי התנועה היוצאים ונכנסים לכל זרוע. את הסכמה והמטריצה ניתן לערוך עבור כל שעות הספירה, עבור שעת השיא או עבור כל פרק זמן אחר, בהתאם לצורך. כמו-כן, ניתן להראות במטריצה את ההתפלגות לסוגי כלי-רכב.

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

מטריצת התנועות דרושה לצורך בחירות סוג הצומת וצורתו, בחירת אמצעי הבקרה, קביעת הכיוון הראשי, קביעת הסדרי התנועה בצומת, חישובי עיכובים ורמות שירות, הצדקים לפניות חופשיות ולנתיבי פנייה מיוחדים, חישוב אורכי אחסנה, תכנון רמזורים וכד'.

ג. הרכב התנועה

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

התכן עבור כלי-רכב גדולים מתבטא ברוחב הנתיבים, ברדיוסי הפניות ובהרחבות הדרושות, באורכי אחסנה, וכן בחישובי קיבולת ורמות שירות, בצמתים מרומזרים ולא מרומזרים, באמצעות מקדמי היר"מ.

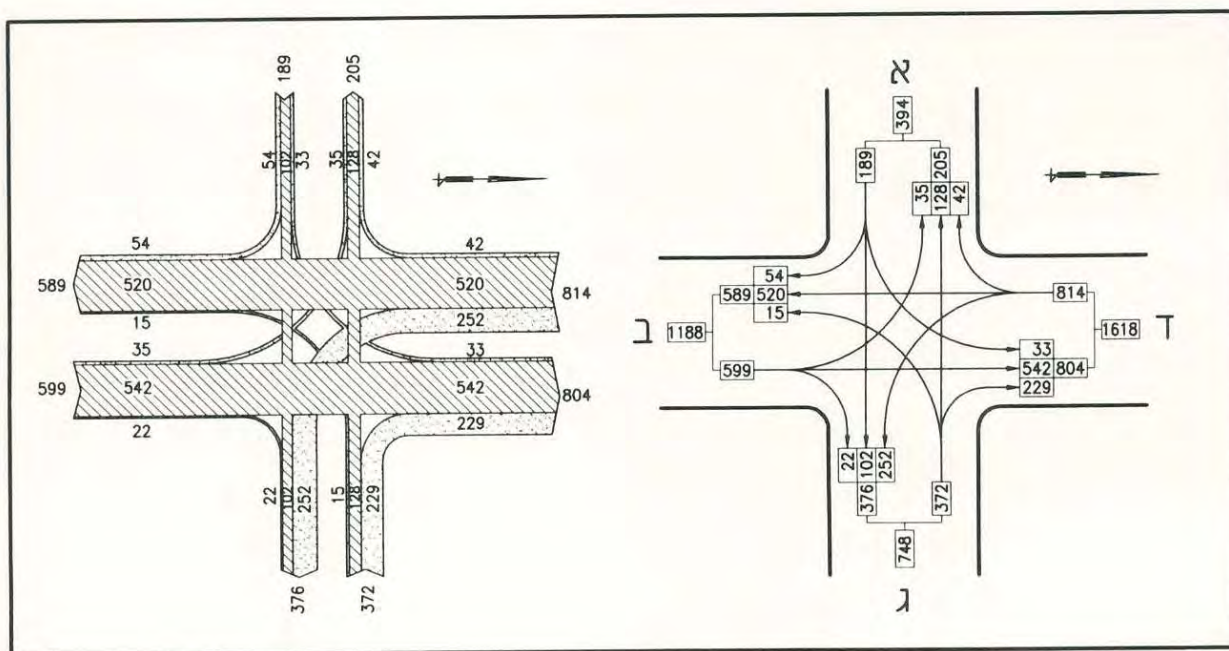
ד. מהירויות הגישה לצומת

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

- מרחקי הראות לאורך הדרך הראשית נקבעים לפי מהירות גבוהה – בדרך-כלל מהירות התכן של הדרך. את מהירות התכן יש לקבוע לפי סיווג הדרך ונפח התכן שלה, כמפורט בסעיף 2.2 "מהירות התכן" ובטבלה 2.3, בכרך I של ההנחיות.
- מרחקי הראות ואמצעי הבקרה לאורך הדרך המשנית נקבעים לפי מהירות התכן בדרך זו, ולפי מהירות ההתקרבות אל הצומת, כאשר נדרשת האטה או עצירה לפני הכניסה לצומת.
- הרדיוסים בצמתים, בעיקר בתפניות דרך לפנייה חופשית ימינה, נקבעים לפי המהירויות המשתנות תוך-כדי האטה לקראת הפנייה, כאשר בהתקרבות אל העקום מניחים מהירות מופחתת.
- נתיבי האצה והאטה מתוכננים לפי מהירות גבוהה – בדרך-כלל מהירות התכן בדרך הראשית או מהירות מופחתת המבוססת עליה.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

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



דוגמה של מטריצת התנועות בצומת וסכמות התעבורה הנלוות

ציור 3.1

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ה. תאונות

במקרה של תכנון שינויים בצומת קיים, יש לאסוף נתונים לגבי מספר תאונות הדרכים וסוגיהן, במשך שלוש השנים האחרונות לפחות. נתונים אלה ניתן להשיג מפרסומי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. אם מספר התאונות בתקופה זו הינו 10 ומעלה, יש לחקור את סיבתן ובמידת הצורך אף להגיש תרשים התנגשויות. ניתוח גורמי התאונה יכול להצביע על בעיות תכנוניות שאינן נראות לעין ממבט ראשון, כמו: ראות בלתי מספיקה, מהירות התקרבות לצומת גבוהה מן המשוער, סנוור הנהג על-ידי השמש, חוסר תאורה, הכוונה בלתי מספקת, בקרה בלתי מתאימה וכיו"ב. מספר התאונות דרוש גם בבדיקת ההצדקים לרימזור.

ו. תחבורה ציבורית

הנתונים הדרושים הם לגבי קווי האוטובוסים העוברים דרך הצומת: סוגי האוטובוסים ומידותיהם, מיקום התחנות, מסלולי הקווים, תדירויות השירות, הביקוש לשירותים, קיום מסופים סמוכים ומידת הצורך בהסדרי העדפה לתחבורה ציבורית באמצעים גיאומטריים או תפעוליים.

ז. פעילות הולכי-רגל ורוכבי אופניים

בצמתים בין-עירוניים, פעילות הולכי-רגל נפוצה פחות מאשר בצמתים עירוניים. היא מתרכזת בעיקר בצמתים עם דרכים מקומיות ועם דרכי גישה. בנוסף לכך, קיימת פעילות הולכי-רגל הנובעת ממעבר בין תחנות תחבורה ציבורית, הממוקמות מעברים שונים של הצומת. **בדרכים בין-עירוניות, מעברי חצייה להולכי-רגל יהיו רק בצמתים.** לצורך הערכת ההצדקים למעברי החצייה וקביעת מיקומם, יש לאסוף נתונים על מספר הולכי הרגל החוצים את הזרועות השונות של הצומת. ספירות תנועת הולכי הרגל יבוצעו בשעות שיא ויכללו בדיקה של כיווני ההליכה ומיקום החצייה. במסגרת בדיקת ההצדקים לרימזור הצומת, יש לערוך ספירות הולכי-רגל במשך 8 השעות העמוסות ביותר. אם האזור מאופיין על-ידי פעילות רבה של רוכבי-אופניים, יש לציין בנפרד את מסלולי נסיעתם והיקף פעילותם.

3.3.3 התפתחות הצומת

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

- א. **שינויים מבניים** – התפתחויות שיגרמו לשינויים עקרוניים במבנה הצומת: שינוי במיקום הצומת עקב שינויים בתוואי הזרועות, שינוי בסיווג הדרכים הנפגשות בצומת שידרוש שינוי בצורה הבסיסית של הצומת, סלילת צירים עוקפים שיקטינו את חשיבות הצומת במערכת הדרכים.
- ב. **שיפורי מרכיבים גיאומטריים ותפעוליים** – שינויים שיתחייבו במהלך תקופת היעד עם ההתפתחות בנפחי התנועה, לצורך שיפור הקיבולת ורמת השירות של הצומת, או עקב שיפורים בזרועות הצומת, ואינם משנים את המבנה הבסיסי של הצומת: תוספת נתיבים, פניות חופשיות, נתיבי האצה והאטה וכיו"ב.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- ג. **הכנות לרימזור** – ההצדק לרימזור נקבע לפי נפחי תנועה ולפי שיקולים נוספים (בטיחותיים). לפירוט ההצדקים להצבת רמזורים – ראה הנחיות המפקח על התעבורה. גם בצמתים בהם אין הצדק לרימזור ביום פתיחתם לתנועה, עשוי להיווצר הצדק כזה במהלך תקופת היעד. לכן, יש להתייחס כבר בתכן הראשוני להחלטות עתידיות לגבי רימזור, מאחר שישנם מספר מרכיבים בצומת, שתכנונם באופן התחלתי כך שהצומת יתפקד היטב ללא רימזור, עשוי להפחית את יעילותם לאחר התקנת הרימזור. ראה פירוט בסעיף 10.2.4 בהמשך ההנחיות.
- בצמתים בהם צפויה התקנת רמזורים במהלך תקופת היעד, יש לשקול את הכנת התשתית לרימזור כבר בשלב הראשוני לסלילת הצומת, ובעיקר התשתית התת-קרקעית (שוחות, מובילים, בסיסי העמודים ומנגנוני הבקרה וכד').
- ד. **הכנות לתאורה** – בכל הצמתים החדשים יש לבצע הכנות להתקנת תאורה על-ידי הכנסת צנרת מתאימה ושוחות בקרה.

3.3.4 גורמי אנוש

- בתכנון הכללי של הצומת ובתכן פרטיו יש להביא בחשבון את נתוני וגורמי האנוש, המתייחסים לתכונות האופייניות של נהגים והולכי-רגל:
- נטייה להתמדה בהתנהגות לפי הרגלים קבועים.
 - נטייה לעבור במסלולים "טבעיים".
 - בלבול והארכת זמן תגובה בעת הפתעה.
 - מגבלות מרחב הראייה של הנהג, וסלקטיביות יכולת המיקוד במרחב הנתון. ככל שהנהג נאלץ לסקור פרטים מחוץ לזווית הראיה הנוחה, גדל הסיכוי שלא יבחין בהם או שיטעה בהערכה.
 - לנהג קצב נתון של קליטת מידע. ככל שקצב הזרמת המידע הנחוץ לנהג המתקרב לצומת עולה על קצב הקליטה שלו, הופכת הנהיגה למאולצת והסיכון לתאונה גדל. יכולת הנהג לקליטת המידע עולה, אם הוא מבין מאליו את אופן הסדר הצומת, מאחר שאז ביכולתו להתרכז במיקומם ובתנועתם של כלי-הרכב האחרים ובמניעת ניגודים.
- לאור מאפייני התנהגות אלה, עקרונות התכן המפורטים בפרק זה מיועדים להקל על הנהג בתחומים הבאים:
- הנהג מודע בעוד-מועד לקיום הצומת, ולנוכחות כלי-רכב בקרבתו ובתוכו.
 - הנהג נתקל באחידות ובחד-משמעיות בפתרון הצומת באמצעים גיאומטריים, המקטין את ההיזקקות לתימרון.
 - לנהג ניתן מרחב מספיק עבור זמן תגובה, ומרווח מספיק בין הצורך בהחלטות עוקבות.
 - התמצאות הנהג בצומת קלה, והמשך מסלול נסיעתו ברור.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

3.4 תהליך התכן

3.4.1 כללי

תהליך התכן מורכב משני שלבים עקרוניים – התכן המוקדם והתכן המפורט, כמתואר בציור 3.2. שני השלבים מוסברים להלן, ויבוצעו בהתאם לשיקולים המנחים, כפי שפורטו בסעיף 3.1 לעיל, ועל-פי נושאי התכן השונים המוסברים בהמשך פרק זה ובפרקים הבאים בהנחיות אלה.

3.4.2 התכן המוקדם

א. שלבי התהליך

תהליך התכן המוקדם כולל את השלבים הבאים: קביעת סוג הצומת וצורת הצומת (כמפורט בסעיפים 3.5 ו-3.6 להלן); קביעת סוג הרכב לתכן (כמפורט בסעיף 3.4.4 להלן); בדיקת המרחקים לצמתים סמוכים וההשפעות ההדדיות; בדיקת החתך לאורך (כמפורט בפרק 8 להלן); בדיקת מרחקי הראות (כמפורט בפרק 4 להלן); קביעת אמצעי הבקרה (תמרורים, רמזורים); קביעת הניתוב בהתאם לאמצעי בקרה אלה (כמפורט בפרקים 5, 6 ו-7 להלן); בדיקת הקיבולת ורמות השירות לתנועות המשניות (כמפורט בפרק 11 להלן).

ב. בדיקת חלופות

בשלב התכן המוקדם נבדקות מספר חלופות לצורת הצומת בעזרת תרשימים בקנה מידה מתאים. בחלופות נבדקים מאפייני תכן ותפעול (בטיחות, קיבולת, עיכובים), התאמה לדרישות התנועה, התאמה כללית לאתר ולדרישות הייחודיות לו, וכל גורם נוסף שעשוי להשפיע על החלופה הנבחרת, כמפורט ב-ג' להלן. לחלופות הנבדקות יוכנו השוואות עלות, הכוללות את מחיר הקרקע, עלות הכנת התשתיות, סלילת הדרכים, בניית מתקנים נלווים, השקעות סביבתיות, שיטת הבקרה, אחזקה וניהול תנועה, וכן עלות השינויים הנדרשים במערכת הדרכים הקיימת לצורך סלילת הצומת בחלופה זו. בהשוואה יוכללו עלויות המשתמשים לרבות עיכובים, בטיחות ועלויות תפעול הרכב. למספר מצומצם של חלופות מועדפות (שתיים-שלוש) מבוצעים שרטוטים וחישובים כלליים הדרושים לקביעת מאפיינים עקרוניים כגון מספר הנתבים ואורכי אחסנה. בשלב התכן המוקדם ייבדקו ההצדקים לרימזור, כמפורט בסעיף 10.2.3 בהמשך ההנחיות. בדיקת ההיבטים הכלכליים של הפרוייקט תבוצע בהתאם להנחיות המפורטות בנוהל פר"ת, במהדורתו המעודכנת.

ג. קביעת החלופה הנבחרת

החלופה הנבחרת לצומת תישקל לפי הקריטריונים הבאים:

- תאימות – לסביבה ולתנאי האתר.
- ישימות – אפשרויות הביצוע והסלילה.
- פרטי תכן – התכן גיאומטרי המועדף שואף מעבר לדרישות המזעריות בלבד.
- קיבולת – ההתאמה לדרישות התנועה, ורמת השירות המתקבלת עבור הנפח לתכן.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- מאפייני תפעול – פשטות התימרור והסדרי התנועה הדרושים, הבטיחות והנוחיות למשתמשים בדרך (נהגים, הולכי-רגל).
- ההפרעות הנגרמות לתנועה במהלך העבודה.
- אפשרויות הפיתוח בשלבים, לרבות מיחלופ עתידי.
- שיקולים כלכליים.
- אפשרויות ודרישות הרימזור והבקרה.
- צרכי התחבורה הציבורית.

החלופה הנבחרת כמתאימה ביותר היא תמיד הפשרה המיטבית, מאחר שלכל אחת מהחלופות יש יתרונות וחסרונות ביחס לאחרות.

יש לציין, כי תהליך התכנן המוקדם המתואר בסעיף זה ובציור 3.2 המתלווה אליו, הוא תהליך עקרוני אופייני. גם הסדר המספרי בכל שלב איננו בהכרח סדר הפעולות המחייב. היקפו המעשי של שלב התכנן המוקדם תלוי במאפייני הצומת, בסיווג ובחשיבותו במערכת, ולכן מספר השלבים הנכללים בתהליך התכנן עשוי להיות שונה מהמתואר, והפרוט המצוין כאן הוא אינדיקטיבי בלבד.

3.4.3 התכנן המפורט

החלופה הנבחרת תתוכנן באופן מפורט בהתאם לתרשים בציור 3.2. הסדר המספרי בתרשים איננו בהכרח סדר הפעולות המחייב. התכנון ילווה באישורים הדרושים ברשויות התכנון השונות, וכן בתאום הסדרי התנועה עם רשויות התימרור השונות.

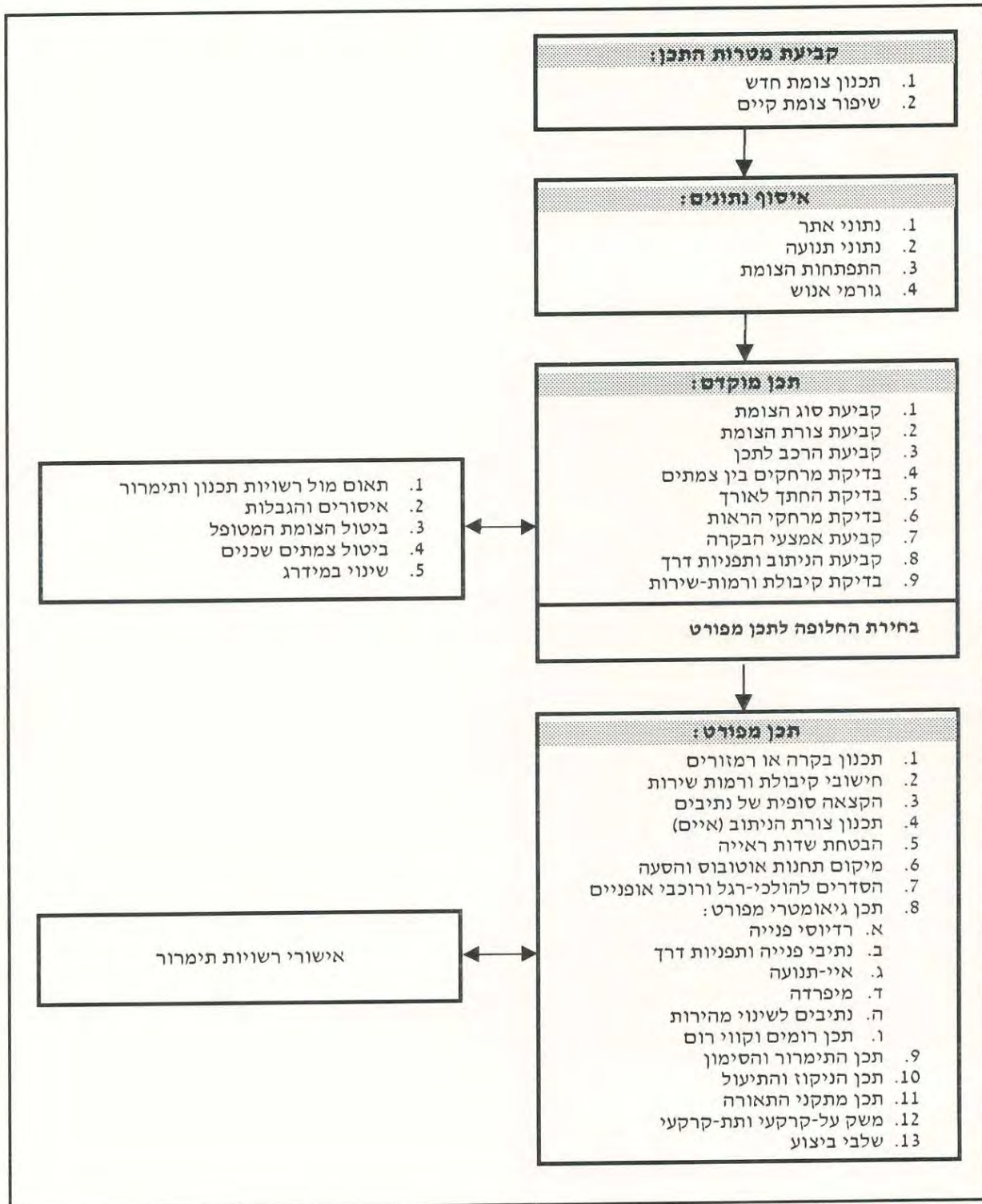
שלב התכנן המפורט כולל את כל המרכיבים הדרושים במסגרת תוכניות הביצוע המפורטות, כגון: הסדרים גיאומטריים מפורטים, קווי הרום והסדרי הניקוז, חתכים לאורך הצירים והשפות והסדרי ההתחברות לזרועות הצומת, המתקנים הדרושים בצומת ובסביבתו, הסדרי התנועה והחלוקה לנתיבים, פרוט הסימון והתימרור, חישובי קיבולת מפורטים, תכנון הרמזורים והתאורה, וכן ההיערכות לשלבי הביצוע השונים והסדרי התנועה במהלך העבודה.

הנחיות מפורטות לתכנן מרכיבים אלה מצויות בפרקים הבאים של ההנחיות: מרחקי-ראות (פרק 4), פניות ותפניות דרך (פרק 5), נתיבים המשכיים ונתיבי עזר לשינוי מהירות (פרק 6), איי-תנועה ומיפרדות (פרק 7), התוואי האנכי (פרק 8), קווי רום (פרק 9), רמות-שירות (פרק 11), מתקני עזר (פרק 12) וכן שילוב המרכיבים ליצירת הצומת וסוגי צמתים שונים (פרקים 10 ו-13). בנוסף, ראה ההנחיות לתאורה (פרק 16) ולניקוז (פרק 10 בכרך I).

3.4.4 סוגי הרכב לתכנן

ככלי-הרכב הטיפוסיים לתכנן צמתים נבחרים אותם כלי-רכב אשר מגבלותיהם בפניות מחייבות התחשבות במהלך התכנן המפורט, מתוך הרכב התנועה האופייני בדרכים המובילות לצמתים אלה,

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 3.2 שלבים בתכנן צומת לא-עירוני



הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

דהיינו: כלי-הרכב לתכן הגיאומטריה של הצומת הם בעלי רדיוסי הפנייה המזעריים הגדולים ביותר, או הנזקקים להרחבה המירבית של הנתיב בפניות ובתפניות. . . , כדי להימנע מחריגה מתוך הנתיב שלהם, ומבליטה לנתיב המיועד לתנועה בכיוון הנגדי, או מפגיעה בהתקנים הקיימים בצומת. בנוסף, יש להתחשב גם בכלי-הרכב בעלי האורך המירבי, הצפויים לעבור בצומת באופן שוטף, וזאת לצורך תכנון אורכי האחסנה הדרושים בפניות שמאלה, וקביעת ההרחבה בתפניות דרך.

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

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

- א. אוטובוסים מדגם בין-עירוני (רגילים, דו-קומתיים ומפרקיים).
- ב. רכב משא מורכב.
- ג. רכב משא מחובר.

(לכל אחד מהם תנאים קריטיים אחרים, אשר משפיעים בצורה שונה על מרכיבי התכן, כמפורט בפרקים 5 ו-7 להלן). האוטובוס בלבד ישמש כרכב לתכן רק בצמתים של דרכי גישה או דרכים מקומיות עם דרכים אזוריות או עם דרכים מקומיות אחרות, כאשר כל הדרכים חד-מסלוליות ואינן מובילות לאתר המושך תנועה סדירה של משאיות מורכבות או מחוברות (כגון מפעל או מחצבה). במקרה זה יש לוודא, כי המאפיינים הגיאומטריים של הצומת מאפשרים מעבר אקראי של רכב משא מורכב או מחובר, תוך הפרעה מזערית לתנועה (אפשרית גלישה לנתיב הנגדי בעת הפנייה), ובלי לפגוע באמצעי הבקרה והניתוב הבנויים בצומת. יש לציין, כי תכן עבור אוטובוס מאפשר מעבר של המשאית הרגילה (SU) הגדולה ביותר המותרת בישראל (בעלת סרן אחורי כפול ואורך של 12.00 מטר). למשאית זו רדיוס פנייה דומה לאוטובוס, אך בלט קדמי ואחורי קצרים יותר.

המאפיינים החשובים של כלי-הרכב לתכן מרוכזים בטבלה 3.1, ותרשימי העיקבה האופייניים המבוססים עליהם מוצגים בציורים 3.8 - 3.11, שבסוף הפרק. המידות המירביות של כלי-הרכב בטבלה זו מבוססים על תקנות מסי' 313 ו-377 לתקנות התעבורה, בניסוחן המעודכן לשנת 1999. תשומת לב המתכנן מופנית לכך, שמידי פעם עשויים לחול שינויים ועדכונים במידות המצוינות בתקנות התעבורה, וכתוצאה מכך עשויים להשתנות מרכיבי תכן קריטיים מסוימים. כלי-רכב החורגים במידותיהם מהמצוין בטבלה 3.1 (כגון; כלי-רכב חקלאיים, מובילי מטען חורג וכד'), אינם מובאים בחשבון לצורכי תכן באופן סטנדרטי, כי אינם מורשים לנוע ללא הסדר מיוחד ליווי ותנועתם היא בכמויות מזעריות. בצירים בהם צפויה תנועה של כלי-רכב כאלה, יש לבדוק מלכתחילה את צירי נסיעתם, ובהתאם לכך לתכנן את הפניות אותן הם נדרשים לבצע. יש לבדוק שהגיאומטריה של הצומת מאפשרת להם לבצע את הפניות בלי לגרום נזק למתקני הבקרה והניתוב הקיימים. במקרים נדירים, אפשר לתכנן מעבר כלי-רכב חריגים תוך הפרעה מבוקרת לתנועה, חסימת צירים ומסלולים, שימוש במסלול הנגדי וכד'.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 3.1 סוגי כלי-הרכב לתכן בצמתים ומאפייניהם הגיאומטריים (כל המידות במטרים)⁽¹⁾

סוג הרכב	אורך כללי	רוחב כללי	רוחק סרנים מירבי	שלוחה קדמית	שלוחה אחורית	רדיוס סיבוב חיצוני מירבי	רדיוס סיבוב פנימי מיזערי	גובה מטען מירבי
אוטובוס	12.00	2.50	6.20	2.60	3.20	12.50	5.30	4.80
אוטובוס מפרקי	17.65	2.50	5.60	2.70	3.15	12.50	5.30	4.80
רכב מורכב	⁽²⁾ 15.50	2.55	7.65	1.25	1.00	12.50	5.30	4.80
רכב מחובר	⁽³⁾ 18.75	2.55	5.55	1.30	1.20	12.50	5.30	4.80

- (1) ראה פיסקה אחרונה בסעיף 3.4.4 ביחס לשינויים שעשויים לחול במידות.
 (2) אורכו של הנתמך לא יעלה על 12.50 מ'.
 (3) אורכו של הגורר או של הגרור לא יעלה על 12.00 מ'.

3.5 מערכת השיקולים לקביעת הצומת המתאים ומאפייני תכנון

3.5.1 הגורמים המשפיעים

השיקולים העומדים בפני המתכנן בבואו לקבוע את הצורה המתאימה ביותר לצומת חדש או לשיפור צומת קיים מושפעים משורת גורמים. גורמים אלה מסווגים לשתי קבוצות, כמפורט להלן:

א. **גורמים קבועים מראש** – בקבוצה זו מצויים גורמים שעליהם אין למתכנן כל שליטה בשלבי התכן המוקדם והמפורט, או שיכולת ההשפעה שלו עליהם, מועטה:

- המיקום העקרוני של הצומת וחשיבותו ברשת (ראשי, משני, גישה).
- מספר הזרועות האמורות להיפגש בצומת.
- חתך הרוחב האופייני של הזרועות הנפגשות בצומת (מספר המסלולים והנתיבים).
- נפחי התנועה התכנוניים, המגיעים לצומת מהזרועות השונות.
- כיוון התנועות הראשיות (נפחי הפניות).
- רמות השירות הדרושות.
- הרכב התנועה ומאפייני כלי-הרכב.
- שימושי קרקע לצדי הדרך, וזכויות בנייה עתידיות.
- עלויות הקרקע וזמינותה.
- המאפיינים הטופוגרפיים באזור הצומת.
- המבנה והצורה של צמתים סמוכים, והמרחק מהם.
- רמת פעילות הולכי-רגל וקיום שבילים.
- קיום תחבורה ציבורית ותחנות הסעה.
- תקופת היעד לתכן ושלבי ביצוע.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- ב. גורמים הנקבעים על-ידי המתכנן** – בקבוצה זו מצויים גורמים עליהם עשויה להיות למתכנן השפעה כלשהיא בתכן המוקדם והמפורט, וביכולתו לבצע בהם שינויים במהלך התכנון:
- המיקום הפיזי המדויק של הצומת.
 - שיטת הבקרה בצומת (תמרורים, רמזורים).
 - הסדרי תנועה (איים, ניתוב, היתרים ואיסורים) וקיבולת התנועות.
 - זווית הצומת.
 - שיפועים לאורך ולרוחב בצומת ובזרועותיו.
 - מרכיבי התוואי האופקי (עקומים, הרחבות, מעברי שיפועים, תפניות דרך).
 - מרכיבי התוואי האנכי (עקומים אנכיים, חתכי השפות).
 - מיקום הניגודים (קונפליקטים) ואופיים בין כלי-רכב שונים, ובין כלי-רכב להולכי-רגל.
 - ניקוז.
 - תאורה.
 - עלויות הביצוע.
 - ההשפעה הסביבתית, לרבות ההשפעה התנועתית.
 - התאמת התכנון לאפשרויות פיתוח עתידי, ולביצוע בשלבים.
 - מסלולי הולכי הרגל ומיקום תחנות הסעה.
 - השפעת הצומת המתוכנן על הצמתים הסמוכים מהיבט תנועת-מערכת.

מאחר שלא יימצאו שני צמתים שלהם תנאי דרך, תנאי תנועה ותנאי סביבה זהים, אין כללים חד-משמעיים לקביעת מאפייני הצומת המתאים לכל מקרה. יש לשקול כל אתר לגופו, לאחר הערכת הגורמים המפורטים לעיל ושילובם במערכת השיקולים המוסברים בפרק זה.

אחד הגורמים העיקריים, הקובעים את סוגי הצמתים הניתנים ליישום ואופיים לאורך דרך מסויימת היא רמת בקרת הגישות אל הדרך, כמפורט בסעיף 3.5.2 להלן.

3.5.2 בקרת הגישות בדרך

השיקולים לקביעת המידרג (ההיררכיה) של המפגש בין הדרכים, המיקום המתאים לצומת והמרחק מצמתים סמוכים, תלויים ביחס שבין הניידות לנגישות. יחס זה, אשר מאפיין כל אחד מסוגי הדרכים, מבוטא באמצעות "בקרת הגישות", בהתאם למפורט בטבלה 2.1 בסעיף 2.1 – "סיווג דרכים בין-עירוניות", בכרך I של הנחיות. רמת בקרת הגישות באותה דרך מבטאת את הגבלת זכויות הציבור להתחבר לדרך מהקרע הגובלת עמה. סיווג הדרך קובע את רמת בקרת הגישות אליה, ולכן מכתיב את אופי הצמתים בדרך ואת תדירותם. ככל שמיקומה של הדרך גבוה יותר במידרג, תהיה תדירות הצמתים קטנה יותר, ולכן המרחק המזערי הדרוש בין צמתים, יגדל. קיימות שלוש רמות של בקרת גישות, כמוגדר להלן:

א. בקרה מלאה – מתן העדפה מוחלטת לתנועה העוברת באמצעות חיבור הדרך לדרכים נבחרות בלבד, אך ורק באמצעות מחלפים, ללא צמתים במפלס אחד וללא כל חיבורים לקרקע גובלת.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ב. בקרה חלקית – מתן העדפה יחסית לתנועה העוברת. חלק מהדרכים החוצות מתחברות במחלפים, ויש מספר מוגבל ומבוקר של צמתים במפלס אחד והתחברויות לקרקע גובלת.

ג. בקרה מצומצמת – העדפת הנגישות על-פני הניידות. כל הצמתים במפלס אחד, ושימושי הקרקע הסמוכים מתחברים ישירות לדרך. עם זאת, מיקום ההתחברויות ואופן חיבורן נקבע משיקולי בטיחות ותכן גיאומטרי ותנועתי, ולכן עדיף הכינוי "בקרה מצומצמת", על-פני הכינויים "ללא בקרה" או "העדר בקרה".

רמות בקרת הגישות בדרכים הבין-עירוניות, כפי שנקבעו בפרק "סיווג דרכים" בכרך I של הנחיות אלה, הן:

- א. דרכים מהירות – בקרה מלאה (דרכים אלו הינן מסווגות-גישה לחלוטין).
- ב. דרכים ראשיות – בקרה חלקית.
- ג. דרכים אזוריות – בקרה חלקית בדרכים דו-מסלוליות ומצומצמת בדרכים חד-מסלוליות.
- ד. דרכים מקומיות – בקרה מצומצמת.

3.5.3 מידרג מפגשי הדרכים

סיווגן של הרמות האפשריות למפגש בין דרכים שונות, מבטא את יחס המידרג בין הדרכים הנפגשות, ועל-ידי-כך נקבעת למעשה חשיבות הצומת במערכת. רמת הצומת במידרג משפיעה על צורתו המועדפת ועל רמת היישום של אמצעי הבקרה והניתוב בו, בהתאם להגדרתם בסעיף 2.2.5 לעיל.

טבלה 3.2 מפרטת את מידרג מפגשי הדרכים והצמתים בשטח בין-עירוני בהתאם לסיווג הדרכים הנפגשות, כתוצאה מרמת בקרת הגישות בהן (הנובעת מהסיווג), ולחתיך הרוחב האופייני שלהן. טבלה 3.3 מפרטת את מידרג המפגשים בין דרך בין-עירונית לרחוב עירוני המתחבר אליה. טבלה 3.4 מפרטת את אופן הבקרה והניתוב בצמתים לרמות השונות. סוג המפגש בין דרכים שונות, כפי שהוא מופיע בטבלאות 3.2 ו-3.3, נקבע בהתאם לעקרונות המנחים את הכנת תכנית המתאר הארצית לדרכים (בהתאם לשלב הפיתוח החזוי לסוף תקופת היעד לתכן).

חלוקת הצמתים לפי טבלאות 3.2 ו-3.3 הינה עקרונית ואינדיקטיבית בלבד, ומייצגת מקרים כלליים ואופייניים. קיומו של פתרון מסוים בטבלה אינו שולל אפשרויות אחרות (למעט בדרך מהירה בה מחלף הוא צורת החיבור היחידה). בתהליך התכן מעורבים גורמים שונים שעשויים להשפיע על היבטים שונים של הבקרה ושל ההכוונה (היקף ואופן ביצוע). סיווג זה איננו שולל, למשל, רימזור צומת בין דרכים אזוריות חד-מסלוליות, אם מתקיימים ההצדקים לרימזור. הסדרי הניתוב ואיי-התנועה הנדרשים (מאורכים ומשולשים) ייקבעו בכל זרוע בצומת בהתייחס לנפחי הפניות ולהרכבי התנועה, כמפורט בפרקים המוקדשים להסדרי הניתוב בהנחיות אלה (פרקים 5, 6 ו-7), והתכן הסופי ייקבע על-ידי המתכנן בהתאם למצב הייחודי של הצומת המתוכנן. הטבלאות מציגות את הדרישות המזעריות, והמתכנן נדרש לבדוק באופן מפורט את שלבי ההתפתחות הצפויים בכל צומת לגופו, כגון: האם נדרש מחלף בשלב הפיתוח הסופי גם בצמתים בהם אין הדבר מופיע בטבלאות. צומת בלתי מבוקר אינו מומלץ, וניתן ליישום רק בצמתים בין שתי דרכים מקומיות בעלות תנועה דלילה ומהירות תכן נמוכה.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

סוג מיוחד של צומת מוסדר מלא הוא צומת סיבובי. בהתחשב באופי הייחודי של צמתים אלה, נבנתה טבלה נפרדת – טבלה 10.5 בהמשך הנחיות אלה – המשלבת את הנתונים בטבלאות 3.2 ו-3.3 עבור השימוש בצמתים סיבוביים.

3.6 קביעת סוג הצומת המתאים, צורתו ומיקומו בתוואי

3.6.1 כללי

הגורמים המכתיבים את סוג הצומת והצורה הכללית שלו הינם:

- מספר הזרועות הנפגשות בצומת.
- זווית המפגש בין הזרועות.
- טופוגרפיה.

בעת הקביעה של הצורה המדויקת והסופית של הצומת על המתכנן לקחת בחשבון את הגורמים הנוספים הבאים:

- מידרג הדרכים הנפגשות ונפחי התנועה המגיעים מהכיוונים השונים.
- צורת הבקרה הרצויה בצומת.
- צורתו וגודלו של השטח הניתן לניצול.

על המתכנן לשקול ולבדוק את כל החלופות האפשריות לצורך הקביעה הסופית של צורת הצומת בהתאם לשיקולים שבסעיף 3.1, לשלבי התכן המוזכרים בצירור 3.1, ולהנחיות המפורטות להלן בסעיף זה.

3.6.2 הסתעפות, הצטלבות וצומת מדורג

להלן פרוט המאפיינים העיקריים, היתרונות, החסרונות והשיקולים לשימוש בסוגים העיקריים של הצמתים לצורותיהם העיקריות, בהתאם להגדרות הבסיסיות המופיעות בסעיף 2.3 לעיל:

שתי הגרסאות הנפוצות של צמתים הן הצטלבות (צומת ארבע-זרועי) וההסתעפות (צומת תלת-זרועי), הנבדלים זה מזה באופן תפקודם במערכת: הצטלבות מתאימה להפגיש בין שתי דרכים המשכיות בעלות נפחי תנועה דומים, ולכן עיקר ייעודה להוות צומת בין דרכים מאותו דרוג. ההסתעפות מעידה על חוסר המשכיות של אחד הצירים ועל עדיפות טבעית של התנועה לאורך הציר הנמשך בתוך הצומת לעומת התנועה בדרך המסתיימת, ולכן עדיפה כצומת בין דרכים בסיווג שונה. מיקום נכון של הצטלבויות וההסתעפויות במערכת בהתאם לתפקודן, מסייע בידי הנהג להבין את אופן תפעול הצמתים לפי צורתם, ומשפר את תחושת התמצאותו במערכת הדרכים.

מספר נקודות הניגוד בהצטלבות הוא גדול יחסית להסתעפות, והסיכון היחסי בהצטלבות גדול יותר, בייחוד בצומת לא-מרומזר (ראה סעיף 2.2.3 לעיל). לאור הניסיון שהצטבר בארץ, הצטלבות בלתי-מרומזרת אינה רצויה, ולכן תתוכנן רק במקרים יוצאי-דופן ולמשל, כאשר אין קשר תפקודי בין זרועות משניות נגדיות, ובאישור מנהל מע"צ.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 3.2 מידרג מפגשי הדרכים הבין-עירוניות בשלבי הביניים והפיתוח הסופי⁽⁶⁾

<p>מקרא: צומת מ.מ. - מוסדר מלא צומת מ.ח. - מוסדר חלקי צומת ב.מ. - בלתי מוסדר צומת ל.מ. - לא מבוקר הסבר נוסף בטבלה 3.4</p>				מהירה ↓	סוג הדרך ⁽¹⁾	
				ראשית-דו-מסלולית ↓	מחלף ⁽⁷⁾	מהירה
	ראשית-חד-מסלולית ↓	מחלף ⁽⁷⁾ או צומת מרומזר ⁽⁴⁾	מחלף	ראשית-דו-מסלולית		
	אזורית-דו-מסלולית ↓	צומת מרומזר ⁽³⁾ או מ.מ.	מחלף ⁽⁴⁾⁽³⁾ או צומת מרומזר ⁽⁴⁾	ראשית-חד-מסלולית		
	אזורית-חד-מסלולית ↓	צומת מרומזר ⁽³⁾ או מ.מ.	מחלף ⁽⁴⁾ או צומת מרומזר ⁽⁴⁾	אזורית-דו-מסלולית		
מקומית ↓	צומת מ.מ.	צומת מרומזר ⁽³⁾ או מ.מ.	מחלף ⁽⁴⁾⁽³⁾ או צומת מרומזר ⁽⁴⁾ או מ.מ.	לא רצוי חיבור ⁽²⁾	אזורית-חד-מסלולית	
צומת מ.מ. עד ל.מ.	צומת מ.מ. או מ.ח.	צומת מרומזר ⁽³⁾ או מ.מ.	צומת מ.מ. או מ.ח.	לא רצוי חיבור ⁽⁵⁾	לא רצוי חיבור ⁽²⁾	מקומית וגישה ליישוב

(1) מאפייני סיווג הדרכים – ראה בסעיף 2.1.5 בכרך I של הנחיות אלה.

(2) אם כן – מחלף.

(3) ההערכה לגבי רימזור הצומת הינה ראשונית, ומבוססת על נפחי התכן האופייניים בהתאם לסיווג הדרך. ההחלטה לגבי רימזור בפועל תתקבל בהתאם להצדקים לרימזור שבהנחיות המפקח על התעבורה.

(4) יש להשאיר שטח למחלף בשלב הפיתוח הסופי.

(5) אם כן – מחלף או צומת מרומזר או צומת מ.מ.

(6) ראה גם טבלה 10.5 בהמשך ההנחיות, המיוחדת לצמתים סיבוביים.

(7) לפירוט נוסף ביחס למחלפים ראה טבלה 3.1 בכרך III של הנחיות אלה.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 3.3 מידרג למפגש בין רחוב עירוני לדרך בין-עירונית בשלרי הביניים והפיתוח הסופי⁽⁶⁾

סיווג דרך עירונית ⁽¹⁾					ס ו ו ג ד ר ד ב י ן ע י ר ו נ י ת ⁽²⁾
רחוב מקומי	רחוב מאסף	רחוב עורקי	פרברית מהירה	מהירה	
אין חיבור	אין חיבור	מחלף ⁽⁷⁾	מחלף ⁽⁷⁾	מהירה	
אין חיבור	אין חיבור	מחלף או צומת מרומזר ⁽⁵⁾⁽⁴⁾	מחלף	ראשית דו-מסלולית	
אין חיבור	צומת מרומזר ⁽⁴⁾ או מ.מ.	מחלף או צומת מרומזר ⁽⁵⁾⁽⁴⁾	מחלף	ראשית חד-מסלולית	
אין חיבור	צומת מרומזר ⁽⁴⁾ או מ.מ.	מחלף או צומת מרומזר ⁽⁵⁾⁽⁴⁾	מחלף	אזורית דו-מסלולית	
אין חיבור	צומת מרומזר ⁽⁴⁾ או מ.מ.	מחלף או צומת מרומזר ⁽⁵⁾⁽⁴⁾	לא רצוי חיבור ⁽³⁾	אזורית חד-מסלולית	
צומת מ.מ. או מ.ח.	צומת מ.מ. או מ.ח.	צומת מרומזר ⁽⁴⁾ או מ.מ. או מ.ח.	אין חיבור	מקומית וגישה ליישוב	

מקרא:
 צומת מ.מ. - מוסדר מלא
 צומת מ.ח. - מוסדר חלקי
 הסבר נוסף בטבלה 3.4

(1) מאפייני סיווג הרחובות העירוניים - ראה בהנחיות לתכנון רחובות בערים של משרד הבינוי והשיכון ומשרד התחבורה.
 (2) מאפייני סיווג הדרכים הבין-עירוניות - ראה בסעיף 2.1.5 בכרך I של הנחיות מע"צ לתכן גיאומטרי.
 (3) אם כן - מחלף.
 (4) ההערכה לגבי רימזור הצומת הינה ראשונית, ומבוססת על נפחי התכן האופייניים בהתאם לסיווג הדרך. ההחלטה לגבי רימזור בפועל תתקבל בהתאם להצדקים לרימזור שבהנחיות המפקח על התעבורה.
 (5) יש להשאיר שטח למחלף בשלב הפיתוח הסופי.
 (6) ראה גם טבלה 10.5 המיוחדת לצמתים סיבוביים, בהמשך הנחיות אלה.
 (7) לפירוט נוסף ביחס למחלפים ראה טבלה 3.2 בכרך III של הנחיות אלה.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 3.4 אופן הבקרה והניתוב בהתאם להגדרת הצומת במידרג

זרוע משנית		זרוע ראשית		הגדרת הצומת
ניתוב	בקרה	ניתוב	בקרה	
מלא	רימזור	מלא	רימזור	צומת מרומזר
מלא	תימרור	מלא	תימרור	מוסדר מלא
חלקי או מלא	תימרור	מלא או חלקי	תימרור	מוסדר חלקית
ללא ניתוב	תימרור	חלקי או ללא ניתוב	תימרור	בלתי מוסדר
ללא ניתוב	לא מבוקר	ללא ניתוב	לא מבוקר	לא מבוקר

הערה: הסבר להגדרות השונות לרמות הבקרה והניתוב, ראה בסעיף 2.2.5 בפרק 2 לעיל.

לאור זאת, במקרים בהם נפגשות שתי דרכים בצומת בעל ארבע זרועות, במיוחד כאשר לא ירומזר, על המתכנן לבדוק את האפשרות של תכנון צומת מדורג, כמפורט להלן. עקרונות התכן והמרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים של הסתעפויות מרומזרות ובלתי מרומזרות מפורטים בסעיף 10.3 בהנחיות, ואילו עקרונות התכן והמרכיבים של הצטלבויות (ככלל, מרומזרות) מפורטים בסעיף 10.4.

צומת מדורג נוצר משתי הסתעפויות סמוכות לכיוונים מנוגדים, כתחליף להצטלבות, כאשר נפחי תנועה גדולים מן הדרך המשנית אמורים לחצות את הדרך הראשית. ישנן שתי גרסאות עקרוניות לצומת מדורג – "דירוג שמאלי" או "דירוג ימני", כמתואר בסעיף 2.3 ובצירור 2.11. לגבי ההבדלים התפעוליים ביניהם והשיקולים להעדפת אחת הצורות, ראה במפורט בסעיף 10.5 בהמשך ההנחיות.

3.6.3 צורות וסוגים נוספים של צמתים

למספר צורות וסוגים נוספים של צמתים, כפי שהוגדרו בסעיף 2.3 לעיל, יתרונות וחסרונות, המשפיעים על השימוש בהם ברשת, כמפורט להלן:

א. **הסתעפות "Y" מלגזית (ציור 2.7)** – צורה זו אינה רצויה, מאחר שבהסתעפות זו קשה להבטיח תנאי ראות הדדיים בין כלי-הרכב המגיעים מכל אחת משתי הזרועות המצויות בזווית חדה ביניהן. הזרוע הסמוכה מצויה מחוץ לשדה הראייה הטבעי של הנהג, וכל מכשול סמוך לדרך מסתיר שטח ניכר. בנוסף לכך, לא מודגש בצומת זה הכיוון הראשי, ושטח הצומת המתקבל הוא גדול ומחייב שימוש ניכר באמצעי ניתוב.

ב. **הסתעפויות "Y" מסוג "ע" או "צ" (ציור 2.7)** – גם הסתעפויות אלה אינן רצויות, למרות שהכיוון הראשי בהן ברור. בשני סוגי ההסתעפות, אחת מהפניות שמאלה היא בזווית חדה, אשר קשה לביצוע, ודורשת שימוש ברדיוסים קטנים ובהרחבות גדולות. עקב כך, יצירת הניתוב הנדרש לצורך הכוונת הנהג בפנייה והקטנת שטח הצומת, היא קשה. בנוסף לכך, עבור נהג המגיע מהדרך המשנית, אחת מזרועות הדרך העיקרית מצויה מחוץ לשדה הראייה הטבעי שלו.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- ג. **צומת בעל יותר מארבע זרועות** (ציור 2.9) – מספר נקודות הניגוד בצומת בעל יותר מ-4 זרועות הוא כה גדול, שאין פתרון גיאומטרי נאות לצומת מבלי לנקוט באחד מהאמצעים, כדלקמן:
- 1) ביטול חיבורה של אחת הזרועות לצומת.
 - 2) ביטול פניות שמאליות מסוימות בעלות עוצמת תעבורה קטנה.
 - 3) קביעת חד-סיטריות בחלק מזרועות הצומת.
 - 4) יצירת צומת סיבובי.
- ד. **צומת סיבובי (מעגל תנועה)** (ציור 2.10) – מעגל תנועה הופך ניגודים של היחתכות לפעולות השתזרות, ולכן מעגלי תנועה הם פתרון אפשרי לצומת בעל שטח גדול או למבנה שאינו מאפשר פתרון גיאומטרי נאות, כגון: הסתעפות מלגזית, הצטלבות בזווית שאינה ניצבת, או הצטלבות שלא תרומזר. מעגל תנועה הינו גם פתרון אפשרי לצומת בעל חמש זרועות או יותר, ופתרון מתאים להבלטת הצומת ולהאטת התנועה בכניסה מדרך בין-עירונית לשטח עירוני. השימוש במעגלי התנועה לצמתים בין-עירוניים בתנאים מסוימים, מפורט בסעיף 10.7 בהמשך ההנחיות.
- ה. **צומת מפוצל** (ציור 2.12) – צומת מפוצל הוא גירסה מיוחדת של צומת מרומזר, המיועדת בעיקר כפתרון זמני להעלאת הקיבולת של צמתים עמוסים בדרכים דו-מסלוליות, בהם מוצו כל השיפורים הגיאומטריים והתפעוליים האפשריים האחרים, ואשר הגיעו לשלב בו יש לשקול את מיחלוף הצומת. הפיצול מתקבל על-ידי הרחקת שני המסלולים של אחת מהדרכים הנפגשות או של שתיהן זה מזה. בהתאם לסוג הפיצול, מתקבלים במקום הצומת המקורי היחיד, שניים או ארבעה צמתי-משנה סמוכים, במרחקים בסדר-גודל של עשרות מטרים ביניהם. הסוגים השונים של הצמתים המפוצלים, וכן השיקולים וההצדקים לשימוש בצומת המפוצל מפורטים בסעיף 10.6 בהמשך הנחיות אלה.

3.6.4 השפעת הכיוון הראשי על צורת הצומת

צורת הצומת תיקבע כך, שתבטא את ההיררכייה התפקודית של הדרכים הנפגשות באמצעות הצורה הגיאומטרית. השאיפה היא, שהכיוון הראשי יקבל המשכיות טבעית בתוך הצומת, וזאת במטרה להדגיש בעזרת ההסדרים הגיאומטריים את התנועות אשר חייבות במתן זכות הקדימה (ההיררכייה התפקודית אינה בהכרח זהה להיררכייה הסטטוטורית).

קביעת הכיוון הראשי בצומת תעשה לפי סיווג הדרכים, ולא לפי נפחי התנועה, בהתאמה לשיקולים שהוזכרו בסעיף 3.1:

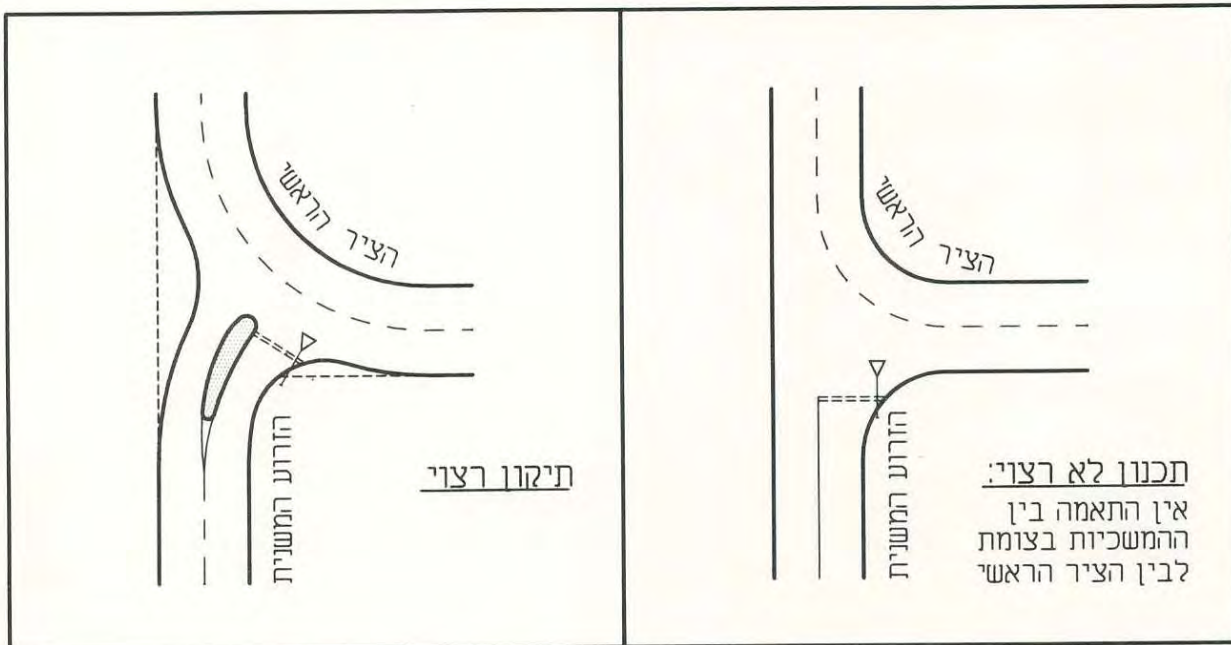
- א. להבהיר לנהג את מבנה הרשת על-מנת לאפשר לו התמצאות טובה.
- ב. לקבוע אופן התנהגות עקבי לאורך הציר הראשי.
- ג. לכוון את הנהגים לשימוש נכון ברשת הדרכים, ולמנוע גידול בנפחי התנועה בכבישים שאינם מתאימים להעברת נפחים אלה.

כאשר הצורה הגיאומטרית של הצומת אינה משקפת את סיווג הדרכים, את התנועות העיקריות או את הסדרי התנועה הרצויים, רצוי לשנות את צורת הצומת, כמתואר בציורים 3.3 - 3.5:

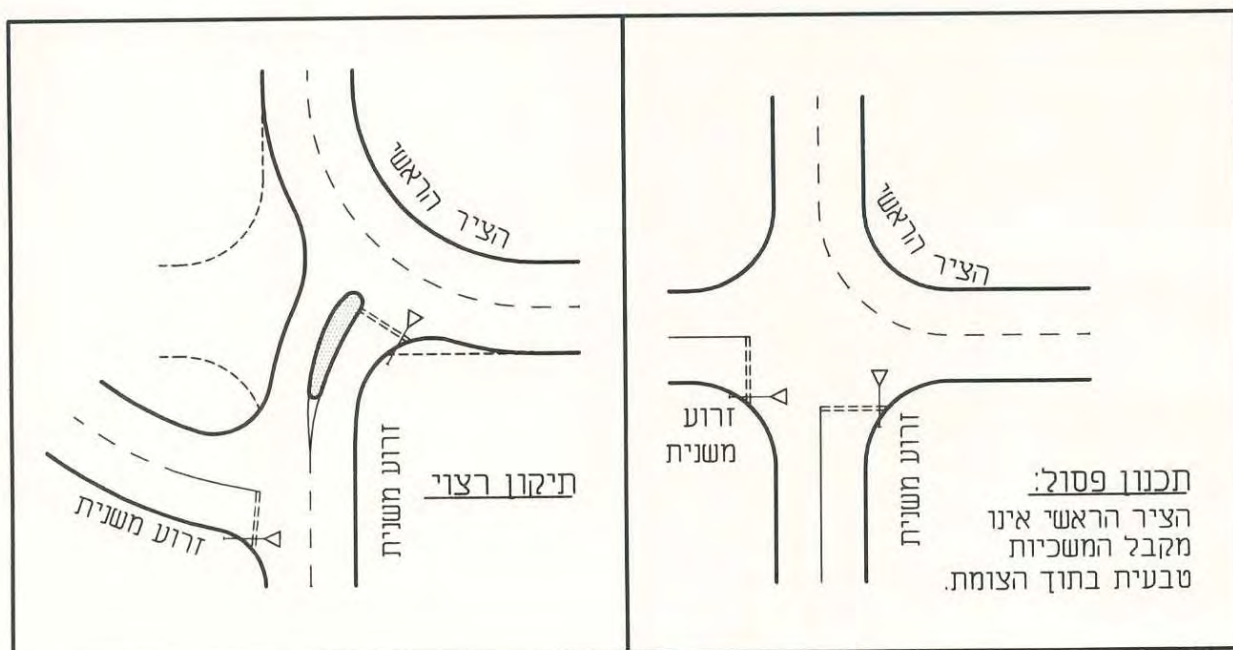
הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- א. בציור 3.3 מוצג מצב בו הצורה המקורית של ההסתעפות אינה מתאימה לסיווג הזרועות הנפגשות – הדרך בעלת הסיווג הגבוה אינה מקבלת את המשכיות הטבעית. מבנה הצומת והסדרי הניתוב בו אינם מדגישים למתקרב לצומת מהכיוון המשני, את חובת ההאטה ומתן זכות הקדימה. התיקון הרצוי הוא באמצעות הגדלת הרדיוס בציר הראשי, כך שייראה בתוואי כתפנית דרך למהירות גבוהה, ופיתול תוואי הזרוע המשנית לפני חיבורה לדרך הראשית, בזווית ניצבת ככל האפשר.
- ב. בציור 3.4 קיימת סתירה דומה למוצג בציור 3.3, כאשר הצורה המקורית של ההצטלבות אינה מתאימה להמשכיות הכיוון הראשי. מקרה זה קשה יותר לפתרון, בגלל ריבוי הזרועות. מאחר שהמגמה היא להמעיט בחיבורים לציר הראשי, הרי שיש לבחור בין ניתוק אחת מהזרועות המשניות לבין האפשרות המוצגת בציור 3.4 – חיבורה לזרוע המשנית האחרת במרחק מסוים מהצומת, שיאפשר את הסדרי התנועה ומרחקי הראות הנדרשים לשני הצמתים. ההחלטה לגבי הפתרון המועדף תלויה בנפחי התנועה בזרועות המשניות, בקיום צירים חלופיים לאחת מהן וכד'. לחילופין, ניתן להפוך את הצומת לסיבובי, במידה שהוא עונה להצדקים המפורטים בסעיף 10.7 בהמשך ההנחיות.
- ג. בציור 3.5 מוצג המקרה בו שתי הדרכים הנפגשות הן מאותו סוג, אך צורת הצומת אינה תואמת את התפלגות נפחי הפניות בצומת. במקרה זה רצוי לשנות את המבנה הגיאומטרי של הצומת, כדי להקטין את העיכוב הכולל בצומת, על-ידי כך, שהתנועות העיקריות תוכלנה לעבור בתנועה רצופה ללא עיכוב, ואילו התנועות בעלות הנפחים הקטנים יותר יעוכבו לצורך מתן זכות הקדימה, או עקב פניות ברדיוסים הקטנים יותר.
- ד. כאשר אין התאמה בין סיווג הדרכים בצומת לבין התנועות העיקריות (הנפחים הפונים מהדרך העיקרית למשנית גדולים מהנפחים הממשיכים בדרך העיקרית), יש לבדוק מהו הסיווג העתידי של הדרכים בהתאם לתכנית המתאר לסוף תקופת היעד לתכן, ומהם השינויים הצפויים במטריצת הפניות בצומת במהלך תקופה זו. אם צפויים שינויים בסיווג הדרכים או בפילוג הפניות, ניתן לתכנן צומת זמני בו הציר הראשי יותאם לפילוג הקיים, כאשר בעתיד, עם שינוי הפילוג בצומת והתאמתו לסיווג, יבוצע ההסדר הסופי בצומת.
- היקף השינויים הנדרשים למעבר מהמצב הזמני למצב הסופי תלוי במשך תקופת התפקוד החזויה שלו: אם השינוי חזוי תוך מספר שנים קטן, או שהסתירה בין הנפחים לסיווג אינה גדולה, ניתן לשקול ביצוע הצומת במתכונתו הסופית לפי הדירוג המתוכנן ובניגוד לפילוג הקיים.
- במצבו הסופי של הצומת, רצוי תמיד להתאים את צורת הצומת ואת ההסדרים הגיאומטריים והתפעוליים בהתאם להעדפת התנועה הממשיכה בדרך העיקרית, גם אם אינה בעלת הנפח המכריע, וזאת בהתאם לשיקולים המנחים בסעיף 3.1 לעיל, וכדי למנוע הגדלת התנועה העוברת בצירים בעלי סיווג נמוך יותר. פתרון העיכובים הגדולים בכיוון המשני יבוצע בעזרת אמצעי בקרה כגון קציבת המופע הירוק ברמזור או תוספת נתיבים לקראת הצומת.

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 3.3 שינוי צורת הסתעפות לשם התאמתה לסיווג הדרכים



ציור 3.4 שינוי צורת הצטלבות לשם התאמתה לסיווג הדרכים

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

3.6.5 מיקום הצומת בתוואי האופקי

א. זווית החיתוך

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

הסיבות לעדיפות הברורה של זווית החיתוך הישרה הן:

- 1) בזווית ישרה, שטח הניגוד קטן יותר מאשר בכל זווית אחרת.
- 2) זמן הפינוי של שטח הניגוד על-ידי הרכב, הוא קטן יותר בזווית ישרה מאשר בזוויות האחרות.
- 3) מרחב הראות של הנהג מוגבל. פרטים המצויים בזווית קטנה מרוחקים הצידה מזווית הראיה הנוחה לו, ומגדילים את הסיכון לאי-הבחנה בהם.
- 4) חובת מתן זכות הקדימה ברורה יותר ומוגדרת יותר ככל שהזווית קרובה יותר לזווית הישרה. כאשר הזווית קטנה, מאבדת חובת מתן זכות קדימה את חד-משמעיותה, שכן חיתוך בזוויות קטנות נתפס לעיתים על-ידי הנהג כהתמזגות. למרות שהזווית הרצויה היא בת 90° , סטיות קלות מזווית זו אינן משפיעות בצורה חמורה על הראות ועל הבטיחות. צמתים בעלי זווית קטנה מ- 70° נחשבים לצמתים בעלי גיאומטריה קשה ונזקקים לפתרונות מיוחדים.

בצויר 3.6 מוצגות שתי אפשרויות לשיפור זווית החיתוך בהסתעפות, כאשר הבחירה ביניהן תהיה לפי זמינות השטחים בסביבת הצומת.

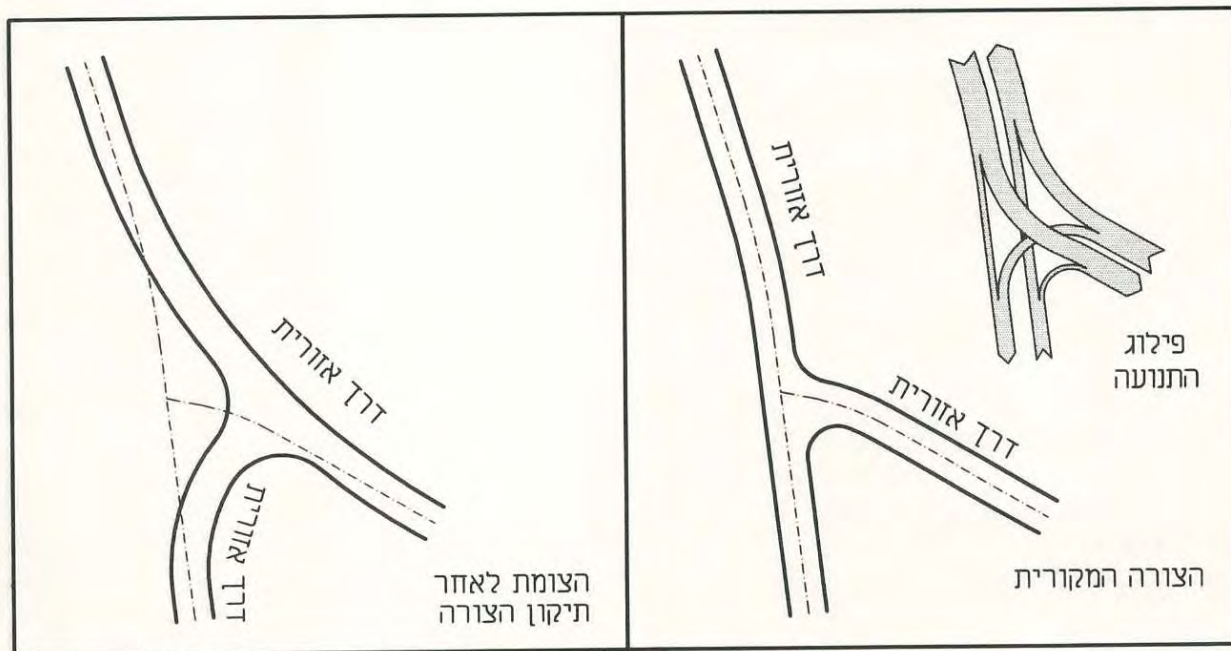
ב. צומת בעקום אופקי

מיקום הצומת בעקום אופקי בעל רדיוס קטן מ-250 מ' יוצר בעיות גיאומטריות, תנועתיות ובטיחותיות, במיוחד כאשר העקום האופקי הוא על הציר הראשי. הסיבות לכך שמיקום הצומת אינו רצוי בעקום אופקי הן:

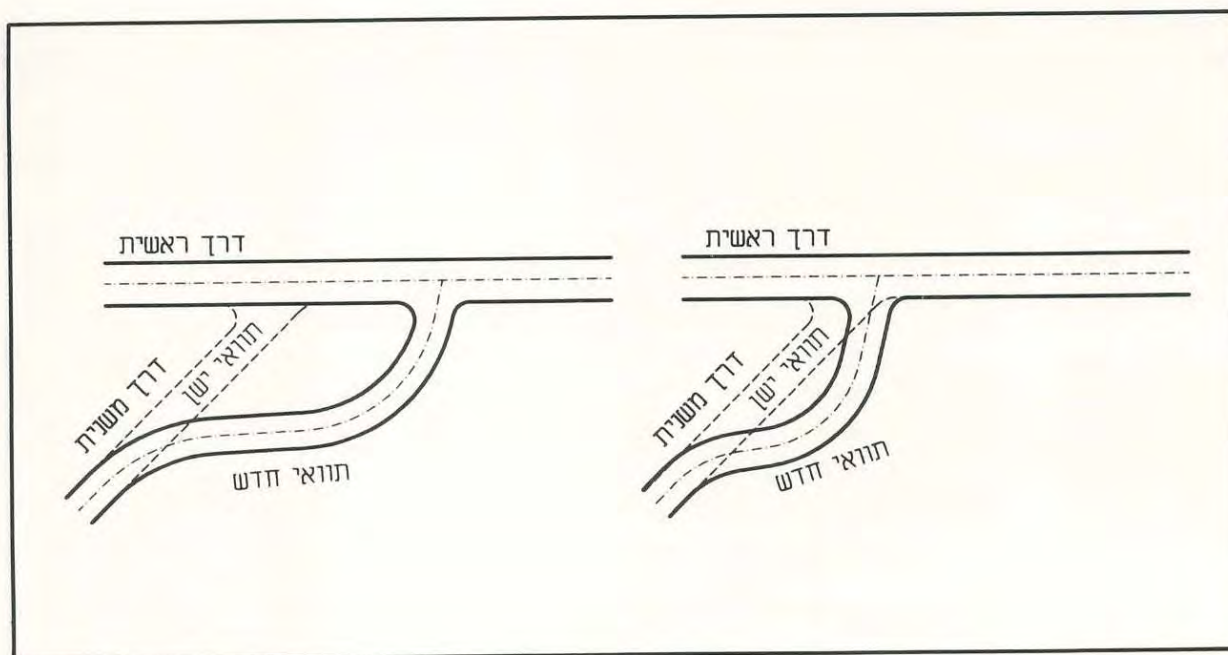
- 1) תכנון הגיאומטריה של הצומת (נתיבי עזר, פניות וכו') מסתבך כאשר הצומת נמצא בעקום אופקי.
- 2) הראות בצומת גרועה וקשה מאוד להבטיח את משולשי ומרחקי הראות הדרושים.
- 3) הצורך בהגבהה רוחבית מסבך את תכן הרומים ומעברי השיפועים בצומת, ועשוי להקשות על הנהגים בחלק מהפניות.

לכן, יש להימנע ממיקום הצומת בתוך העקום האופקי, ובמיוחד יש להימנע ממיקום הצומת בצידו הפנימי של העקום (בטן העקום). בכל מקרה, הצומת בגב עקום אופקי לא יהיה בעל יותר משלוש זרועות (הסתעפות).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 3.5 שינוי צורת הסתעפות לשם התאמתה לנפחי הפניות



ציור 3.6 אפשרויות לשיפור זווית החיתוך בהסתעפות

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

3.6.6 מיקום הצומת בתוואי האנכי

א. הטופוגרפיה

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

- (1) הבחנה בקיומו של הצומת ובצורתו.
- (2) התמצאות הנהג בצומת.
- (3) קיום משולשי הראות הנחוצים בצומת.

קיים קושי מסוים בבדיקת התאמתו של מיקום הצומת לדרישות התכנון, הנובע מן ההבדל בין אופן ראיית הצומת על-ידי המתכנן (במבט על) לבין אופן ראיית הצומת על-ידי הנהג (תוך כדי נסיעתו בדרך). מסיבה זאת נעזרים בצמתים מסובכים במודלים, בצילומים ובפרספקטיבה דינמית ממוחשבת.

ב. בדיקת החתך לאורך

על המתכנן לבדוק את החתך לאורך הכבישים הנפגשים בצומת, במטרה לוודא שתנאי הטופוגרפיה עומדים במבחן קריטריוני הראות (קריטריונים אלה מפורטים בפרק 4 בהמשך הנחיות אלה). אם נמצא כי הקריטריונים אינם מתקיימים, עומדות בפני המתכנן האפשרויות הבאות:

- (1) שינוי רום הכבישים באזור הצומת כדי להתאים את החתך האורכי לדרישות.
- (2) איסורים והגבלות אשר יענו עניינית לבעיות הטופוגרפיה.
- (3) העתקת מיקום הצומת למקום מתאים יותר.
- (4) ביטול הצומת.

לצורך בדיקת החתך לאורך הכביש לשם קביעת התאמתו לדרישות בצומת, יש להתייחס לשני המרכיבים של החתך: עקום אנכי והשיפוע לאורך, המפורטים להלן. בנוסף על אלה יש לשים לב לצורת החתך המתקבלת לאורך שפת הכביש.

ג. מיקום הצומת בעקומים אנכיים

(1) **עקום אנכי קעור** – המיקום הטוב ביותר לצומת משיקולי ראות הוא בתחום עקום אנכי קעור. במקרה הזה ייראה הצומת, על כל פרטיו, לנהג מרחוק. אין צורך בשינוי רדיוס העקום הקעור, היות והדרישות המתאימות לדרך ישרה הנמצאת בעקום אנכי מתאימות גם לצומת. בעיית הניקוז בעקום קעור מחייבת בדיקה לפני קבלת ההחלטה על מיקום הצומת.

(2) **עקום אנכי קמור** – יש להימנע ממיקום צומת בתוך התחום של עקום אנכי קמור – דהיינו ב"פסגת" הכבישים. כלל זה חל ביתר חומרה על הציר הראשי. יש לשנות את מיקומו של הצומת ביחס לעקום, כמתואר בציור 3.7. במקרים בהם אין כל אפשרות להימנע ממיקום הצומת בתחום העקום האנכי הקמור, יש להתאים את הרדיוס לערכים הניתנים בפרק 8 – התוואי האנכי, בהנחיות אלה.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

במקרים קיצוניים בהם דרוש צומת בכביש הראשי דווקא בתחום העקום האנכי הקמור, ולא ניתן להשיג את הרדיוסים כנדרש בפרק 8, חייב המתכנן לשקול את האיסורים לתנועה או ההגבלות הבאות:

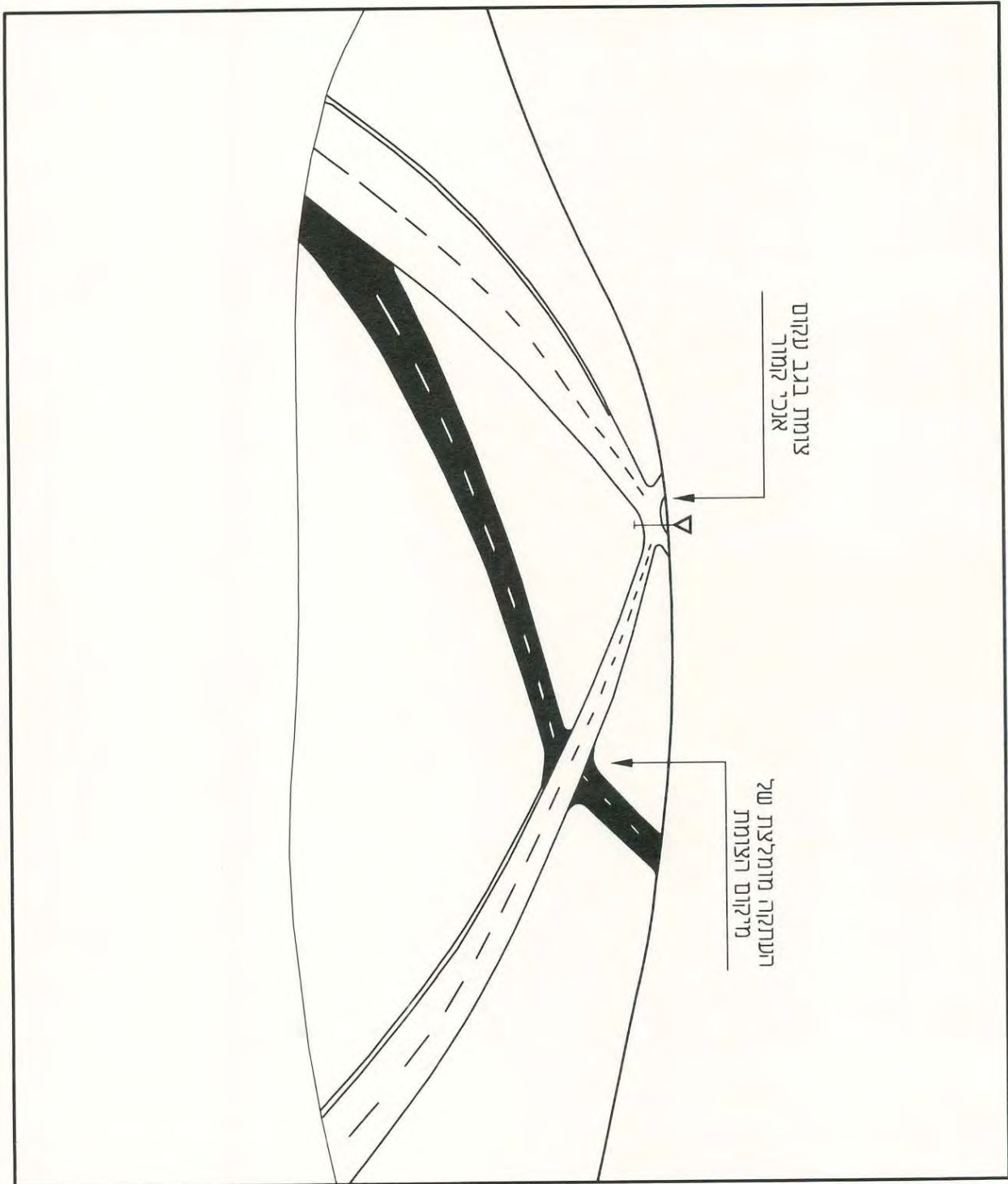
- (א) החיבורים יהיו בפניות ימינה בלבד, ובתנאי שתחילת היציאה לפנייה ימינה תבוצע לפני העקום האנכי.
- (ב) הגבלת המהירות.
- (ג) הקטנת אורך העקום האנכי לצורך הוצאת הצומת מחוץ לתחום העקום. המגבלות אינן תקפות, כאשר רדיוס העקום האנכי עולה על 25,000 מטר. בשום מקרה, אין למקם צומת כאשר בשתי הדרכים קיים עקום אנכי קמור באזור המפגש.

ד. השיפוע האורכי

מרכיב נוסף בחתך לאורך של הכבישים הנפגשים בצומת שיש להתייחס אליו לצורך בחינת מיקום הצומת, הוא השיפוע האורכי. לשיפוע אורכי גדול מדי באזור הצומת התופעות השליליות הבאות:

- (1) הנהיגה בשיפוע גדול מאולצת, בין בירידה ובין בעליה, התימרונים קשים ואין הנהג חופשי די הצורך להגיב כראוי לבעיות המיוחדות של הצומת.
 - (2) בגישה מבוקרת אל הצומת (בין אם על-ידי תמרור ובין אם על-ידי רמזור) הנהג מתקשה בהמתנה ובזינוק כאשר הוא נמצא בעליה בשיפוע גדול לפני הצומת.
 - (3) השיפוע מקטין את כושר הבלימה בירידה, דבר המגדיל את הסכנה לתאונה במיוחד בכניסה לצומת.
 - (4) רכב המבצע פנייה מכיוון הירידה ימינה או שמאלה, או הפונה מימין לשמאל אל כיוון העליה, נמצא בשיפוע צידי הפוך. במיוחד מסוכנת הפנייה בירידה עד-כדי סכנת התהפכות.
 - (5) הזיהום עקב פליטת גזים גדול יותר.
- בהתחשב בהשפעות השליליות של השיפוע האורכי, יש להגבילו במבואות הצומת לערכים המצויינים בפרק 8.

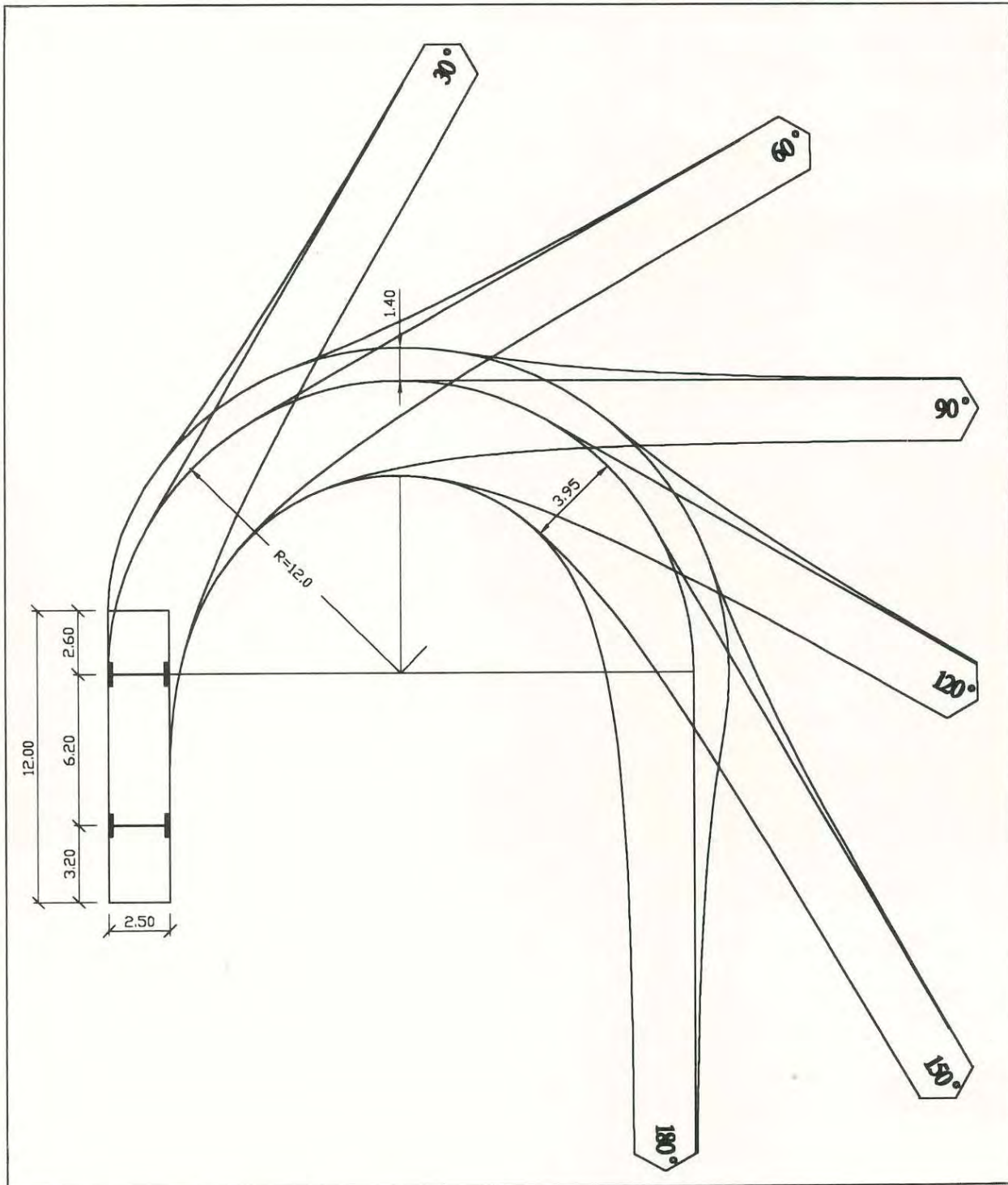
הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



שינוי מיקום צומת המצוי בפיסגת עקום אנכי קמור

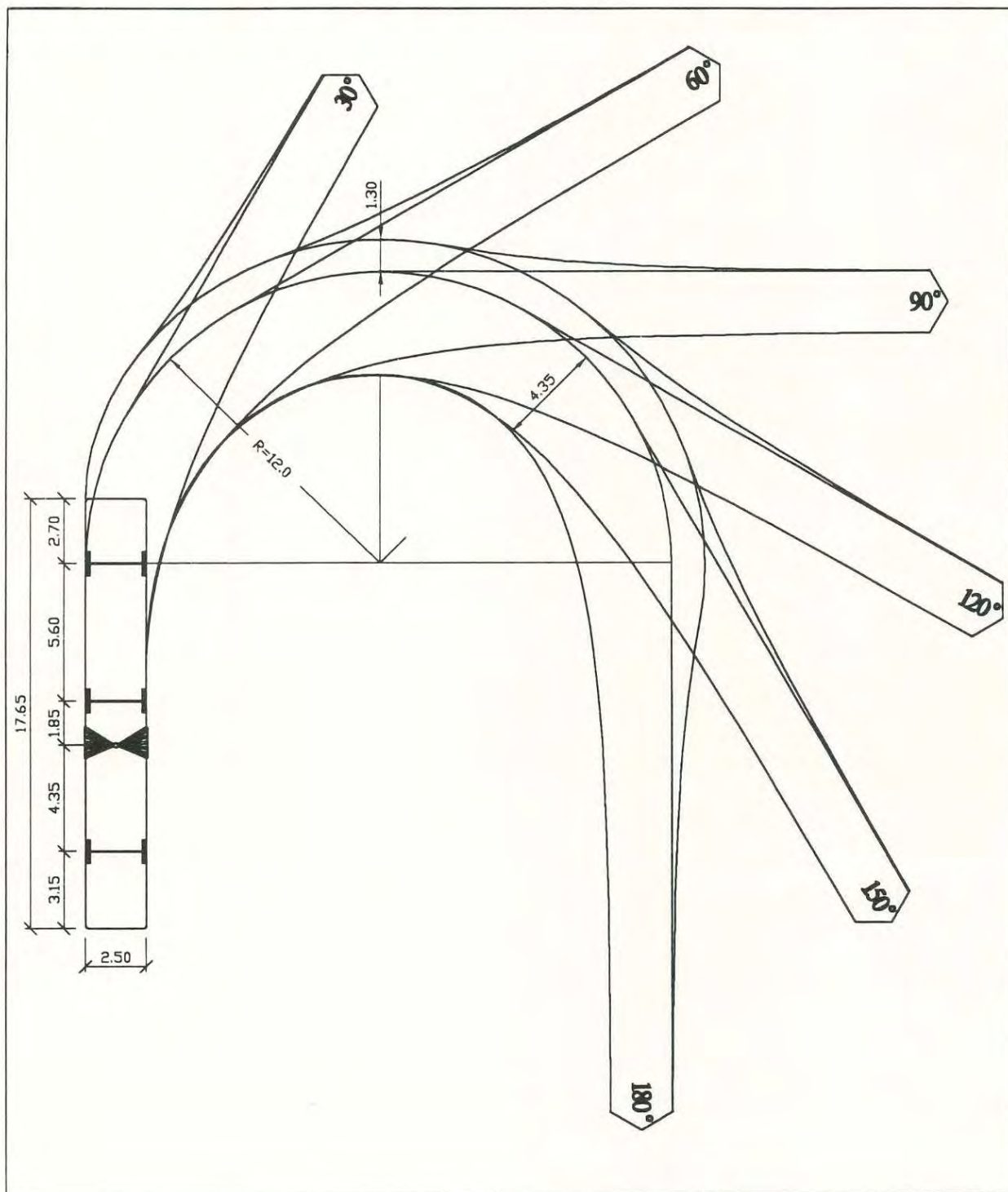
ציור 3.7

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



צוור 3.8 תרשים-עיקבה לאוטובוס
(מקור: הנחיות משרד התחבורה לתכנון נתצ"ים)

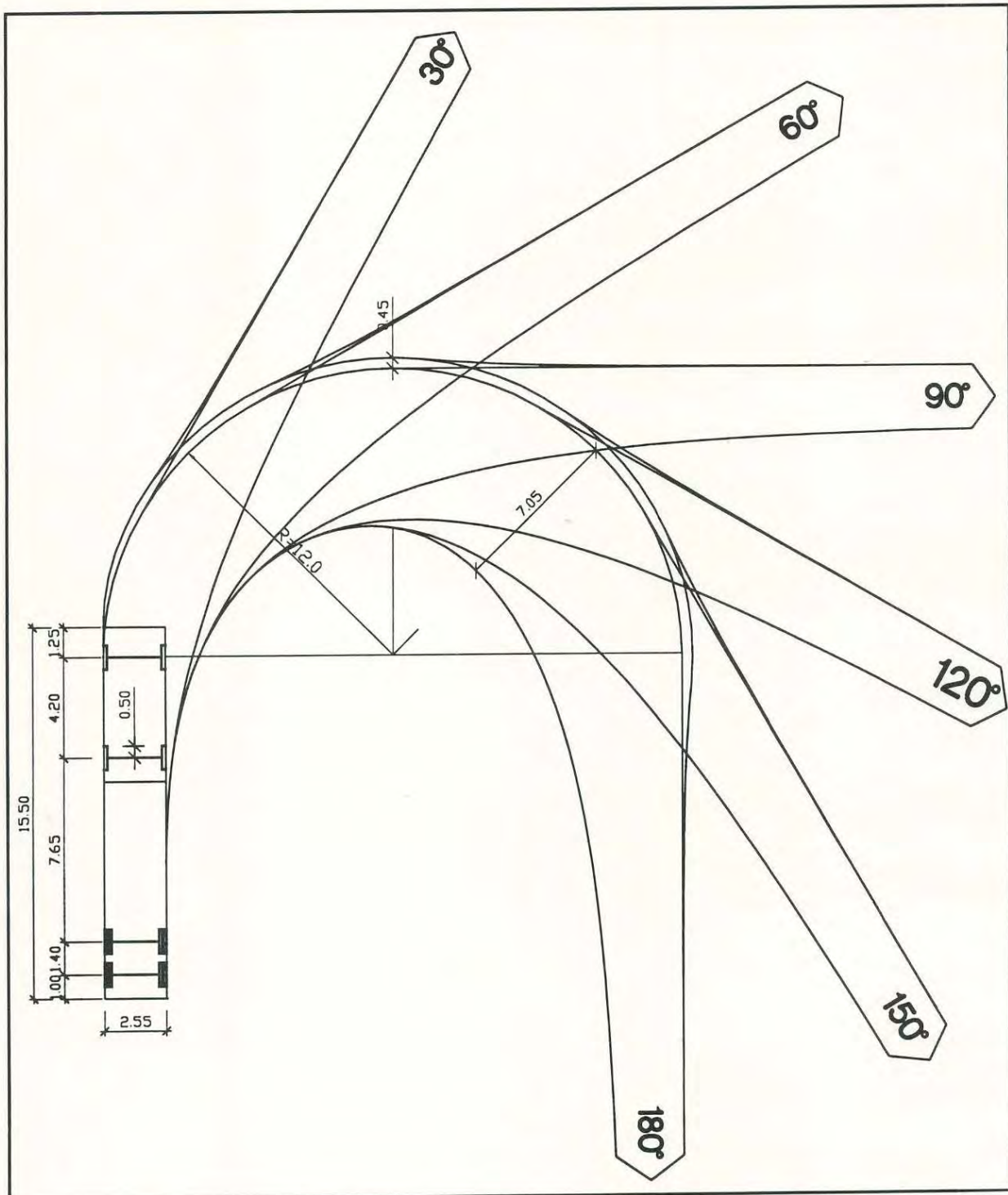
הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



תרשים-עיקבה לאוטובוס מפרקי
(מקור: הנחיות משרד התחבורה לתכנון נתצ"ים)

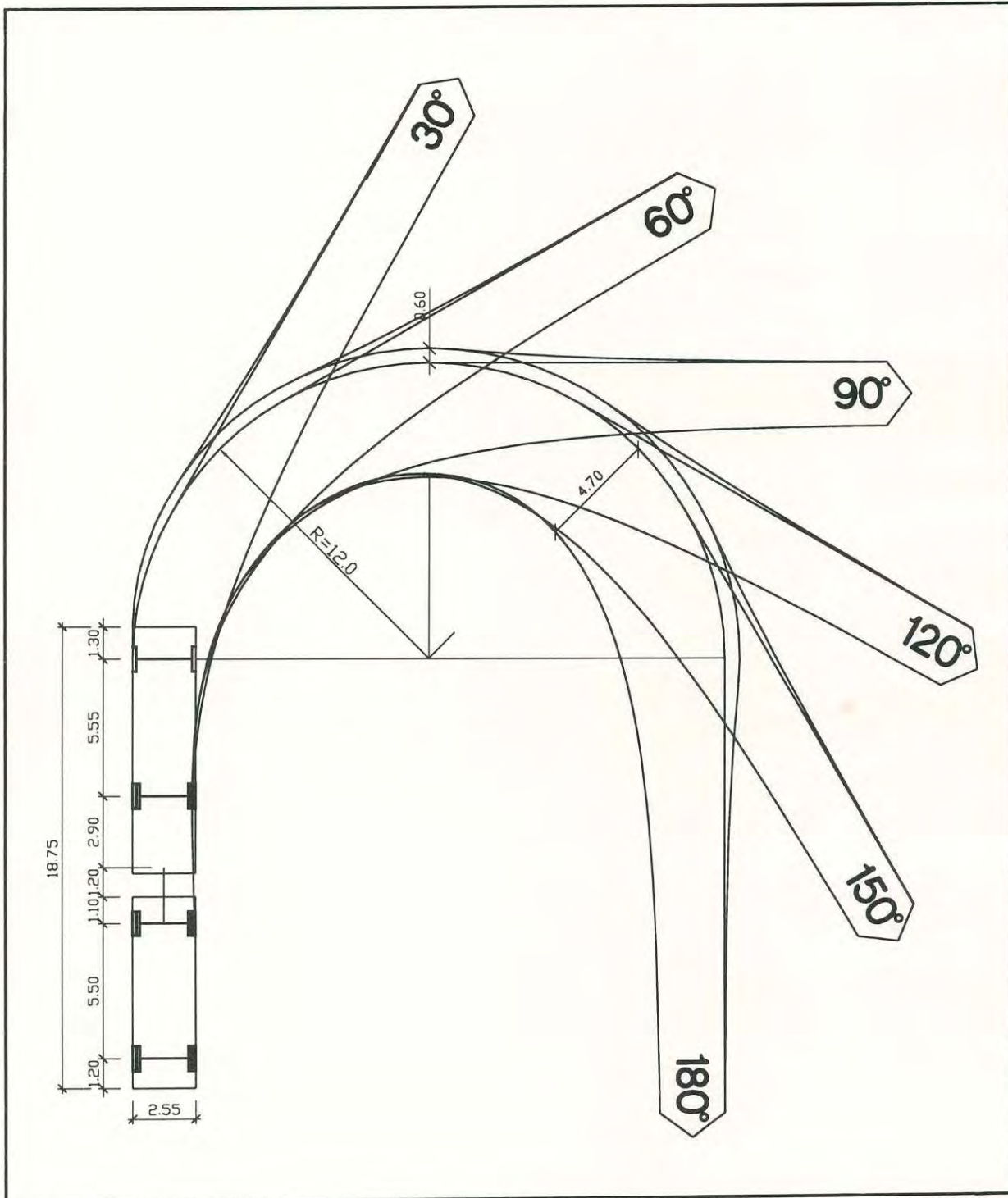
ציור 3.9

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 3.10 תרשים-עיקבה למשאית מורכבת (בקני"מ 1:250)

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



צור 3.11 תרשים-עיקבה למשאית מחוברת (בקנ"מ 1:250)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 4

מרחקי-ראות בצמתים

תוכן עניינים

4-1	כללי	4.1
4-2	מרחקי-ראות לקראת הצומת	4.2
4-2	מבוא	4.2.1
4-2	מרחק-ראות מזערי לעצירה בצומת	4.2.2
4-4	מרחק-ראות להחלטה בצומת	4.2.3
4-6	יישום ערכי התכן	4.2.4
4-6	משולשי-הראות בצומת בלתי מבוקר	4.3
4-7	משולשי-הראות בצומת מבוקר	4.4
4-7	מבוא	4.4.1
4-9	משולש-הראות הדרוש בתנועה ללא עצירה	4.4.2
4-13	משולש-הראות הדרוש במקרה עצירה	4.4.3
4-18	מרחק-הראות לפנייה שמאלה מהדרך המועדפת	4.4.4
4-18	ריכוז מרחקי-הראות	4.4.5
4-18	מרחקי-הראות בצמתים מרומזרים	4.4.6

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 4

מרחקי-ראות בצמתים

4.1 כללי

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

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

קיום הדרישות האלה משפיע הן על תכן התוואי של זרועות הדרכים הנפגשות בצומת, והן על משולשי-הראות הדרושים בתחומי הצומת ובמבואותיו. לאפשרות מתן מרחקי-הראות הדרושים יש השפעה על בחירת צורת הצומת ועל קביעת אמצעי הבקרה והסדרי זכות-הקדימה בו.

מודגש, כי הנחיות אלה אינן עוסקות בהצדקים להצבת תמרורים או רמזורים – אלה מופיעים בהנחיות המתאימות של המפקח על התעבורה. הפרק להלן מפרט את האפשרויות להבטחת סוגי הראות המתחייבים עבור הסדרי הבקרה שנקבעו, כך שהראות תאפשר בטיחות מירבית ותפעול נאות של הצומת. גם בצומת מרומזר, יש לתכנן את מרחקי-הראות למקרה בו הרמזור אינו פועל, והסדרי זכות-הקדימה במקרה זה נקבעים על-פי התימרור המוצב בצומת.

ככלל, בכל צומת בין-עירוני תותקן תאורה. למרות זאת, מרחקי-הראות וקווי הראות הנזכרים בפרק זה מותאמים הן לתנאי הראות ביום והן לתנאי הראות בלילה, כדי לאפשר תפעול בטיחותי של הצומת גם במקרים בהם התאורה אינה פועלת.

ההנחיות בפרק זה מסתמכות על הסוגים השונים של מרחקי-הראות והכללים לחישובם, כפי שהוסברו בפרק 4 – "מרחקי-ראות" בכרך I של הנחיות אלה, ומתרכזות בהתאמתם למאפיינים הייחודיים לשימוש בתכן ראות בצמתים.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

4.2 מרחקי-ראות לקראת הצומת

4.2.1 מבוא

מרחקי-הראות בזרועות הצומת, בכיוון ההתקרבות אל הצומת, חייבים לאפשר לנהג המתקרב עצירה בטוחה, במידת הצורך, לפני היכנסו לשטח הניגוד. העצירה נדרשת הן אם הסדרי הבקרה בכיוון הגעתו ונפח התנועה החוצה מחייבים זאת, והן אם הנהג מבחין ממרחק שהצומת חסום למעבר, גם אם הוא נמצא בזרוע לה זכות-הקדימה.

בנוסף לכך, דרוש לנהג מרחק להבחנה בתמרורים ולקבלת החלטות בכל מקרה בו צפוי שינוי כיוון, החלפת נתיב וכד', אותם ביכולתו לבצע בעוד מועד ובבטחה ללא צורך בעצירה, בעיקר אם הוא נמצא בזרוע בעלת העדיפות בצומת.

לקיום הדרישות המפורטות לעיל מתחייב שימוש בשני מרחקי-ראות בגישות לצומת: מרחק-ראות מזערי לעצירה, ומרחק-ראות להחלטה, כהגדרתם בפרק 4 – "מרחקי-ראות", בכרך I של הנחיות אלה. להלן יפורט אופן יישומם בתכן צמתים.

4.2.2 מרחק-ראות מזערי לעצירה בצומת

א. הגדרת מרחק-הראות

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

ב. עקרונות החישוב

- עקרונות החישוב בצומת דומים לעקרונות החישוב בדרך, בשינויים מסוימים, כמפורט:
- 1) מהירות הנסיעה בזרוע הצומת שווה למהירות התכן של אותה זרוע (ללא שינוי).
 - 2) מקדם החיכוך לבלימה מתאים למיסעה אספלטית רטובה (ללא שינוי).
 - 3) בהתקרבות לצומת, הנהג דרוך יותר מאשר בקטעים פנויים, ולכן זמן החישה-תגובה מתקצר מ-2.5 שניות ל-2.0 שניות.

ג. הנוסחה לחישוב וערכי תכן

מרחק-ראות מזערי לעצירה בצמתים ללא שיפוע ניכר לאורך מחושב כדלהלן:

$$S_D = 0.55V_d + \frac{V_d^2}{254f} \quad [4.1]$$

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- כאשר: S_D - מרחק-הראות המזערי לעצירה, במטרים.
 V_d - מהירות התכן, בקמ"ש.
 f - מקדם החיכוך לעצירה, בשבר עשרוני.
 254 - המקדם הדרוש להמרת יחידות, ולרבות תאוצת הכובד.

ערכי התכן למרחק-ראות מזערי לעצירה בצמתים מוצגים בטבלה 4.1. מרחקים אלה קצרים במעט מהמרחקים שלא בצומת. מהירות התכן הגבוהה ביותר בה עדיין ייתכנו צמתים במפלס אחד היא 110 קמ"ש.

ד. השפעת השיפוע על מרחק-הראות לעצירה בצומת

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

$$S_D = 0.55V_d + \frac{V_d^2}{254(f \pm 0.01i)} \quad [4.2]$$

כאשר כל הסימונים הם בהתאם לנוסחה 4.1, ו- i הוא השיפוע האורכי של הדרך, באחוזים: סימן (+) בעלייה ו- (-) בירידה.

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

טבלה 4.1 ערכי תכן למרחק-ראות מזערי לעצירה בצמתים, עבור שיפועים שונים, במטרים

ירידה			עלייה			שיפוע קטן מ- 3%	מקדם חיכוך (f)	מהירות התכן (קמ"ש)
7%	5%	3%	7%	5%	3%			
60	60	55	50	50	50	55	0.36	50
85	80	80	70	70	70	75	0.34	60
115	110	105	85	90	95	100	0.32	70
150	140	135	110	115	120	125	0.31	80
*	175	170	*	140	145	155	0.30	90
*	220	205	*	170	180	190	0.29	100
*	*	250	*	*	215	230	0.28	110

* שיפוע זה אינו מתאים למהירות תכן זו, כמפורט בפרק 8 בהמשך.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ה. מרחק-ראות בהתקרבות לצומת בעקום אופקי

כאשר זרוע כלשהי של הצומת מצויה בעקום אופקי, כמתואר בציור 4.1, יש לבדוק בחלקו הפנימי של העקום את קיום שדה-הראייה המבטיח את מרחק-הראות הדרוש לאורך הדרך; שדה ראייה זה הכרחי כדי לאפשר לנהג המתקרב לצומת מהעקום האופקי להבחין במיקום הצומת ובהסדרי הבקרה בו (תימרוך, רימזור, ניתוב) בעוד מועד, ממרחק שיאפשר לו לנקוט בפעולה המתחייבת מהסדר הבקרה בצומת (אופן החישוב של קו-הראות בעקום אופקי מוסבר בסעיף 5.8 בכרך I של הנחיות אלה). אם שדה הראייה אינו פנוי כנדרש, יש לנקוט באמצעים לאזהרה מוקדמת ולהפחתת מהירות ההתקרבות אל הצומת, כך שתתאים לשדה הראייה הקיים.

4.2.3 מרחק-ראות להחלטה בצומת

א. הגדרת מרחק-הראות

מרחק-הראות לעצירה, שהוא המזערי הדרוש לכל אורך הדרך, אינו מספיק במקרים מסוימים, בעיקר כאשר נדרשים תמרונים נוספים, פרט לעצירה. הנהג מצפה למרחק-ראות גדול יותר, התואם את טווח הראייה הממוקד שלו. מרחק-ראות זה הוא מרחק-הראות להחלטה, אשר מאפשר לנהג להתכונן ולבצע מבעוד מועד ובבטחה את כל התימרונים הדרושים לנהיגה לקראת המעבר בצומת ואחריו, כגון האצה, האטה, שינוי נתיב, פניות וכד'. מרחק-הראות להחלטה דרוש לנהג, כאשר עליו לקלוט ממרחק שינויים גיאומטריים ותפעוליים בתוואי, תמרורים לסוגיהם השונים, וכן כאשר עומד הנהג בפני הצורך לבחור בין מספר אפשרויות, כגון: כיוון הנסיעה מעבר לצומת, בחירת הנתיב הנכון, וכד'.

ב. עקרונות החישוב וערכי תכן

למרחק-הראות להחלטה שני מרכיבים:

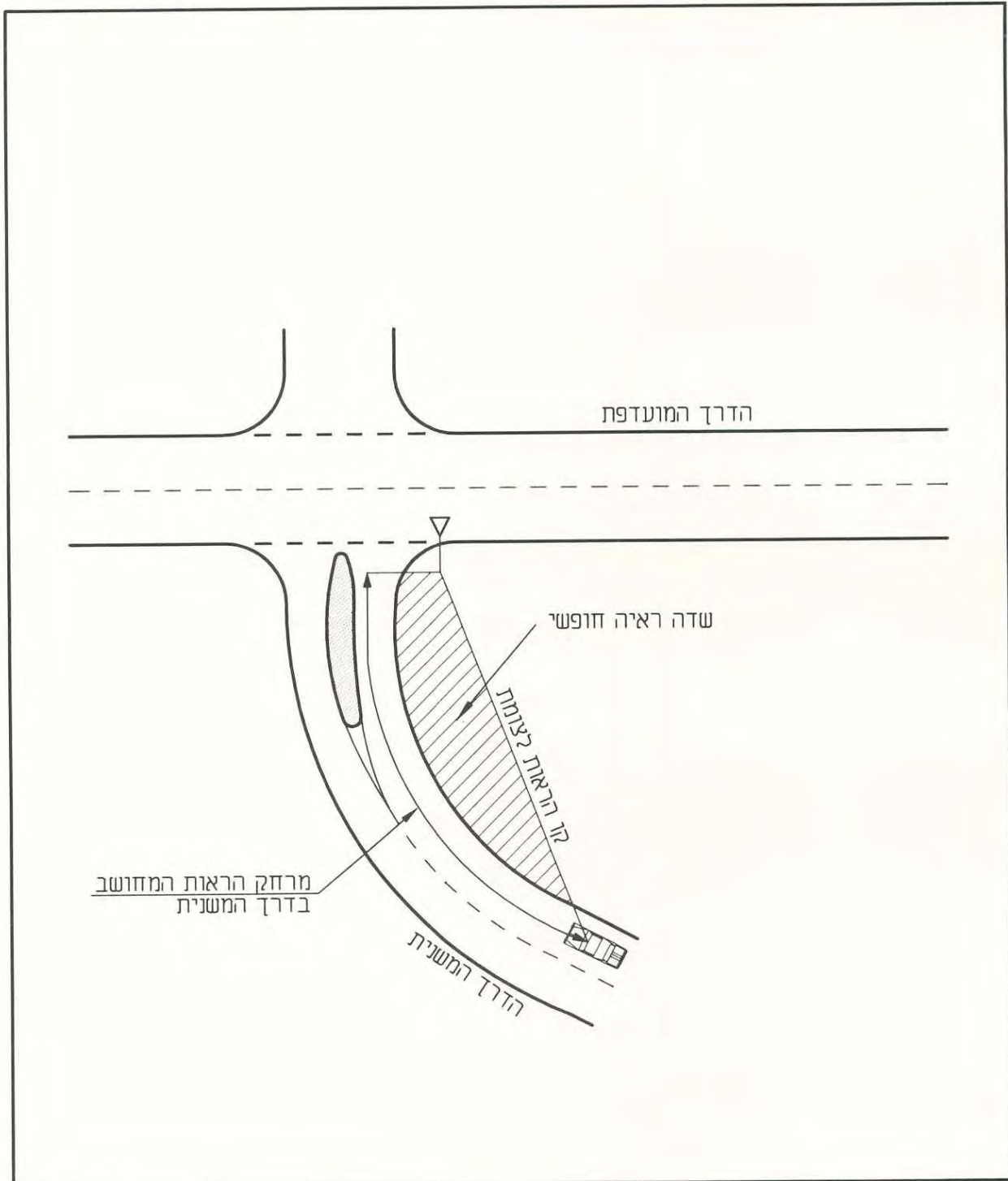
- 1) מרחק הנסיעה בזמן קדם-התמרון.
- 2) מרחק הנסיעה בזמן התמרון.

קדם-התמרון הוא סכום הזמן הדרוש לנהג לצורך אבחנה במידע, חישה וזיהוי, והזמן הדרוש לו להחלטה (בחירת התגובה המתאימה מבין כל האפשרויות) ולבדיקת האפשרות ליישומה (כגון, בדיקת מצב הפערים בנתיב אחר במקרה של צורך בהשתלבות בו). הערך המייצג לאבחנה הוא כ-2.0 שניות, ולהחלטה ובחירה כ-4.5 שניות. (האחוזון ה-85).

זמן התמרון הוא הזמן הדרוש לביצוע מלא של תמרון במהלך נסיעה (החלפת נתיב או עקיפת מכשול) והוא נע בין 3.5-4.5 שניות, כך שסך הזמן הדרוש להחלטה הוא 10-11 שניות. הערכים הגבוהים יותר דרושים ככל שהתנועה צפופה יותר, וככל שהדרך עמוסה ביותר מידע חזותי.

מרחק-הראות להחלטה בצומת זהים למרחקים שהובאו בכרך I, והם מובאים כאן בשנית בטבלה 4.2.

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



שדה הראייה הדרוש בהתקרבות לצומת בעקום אופקי

ציור 4.1

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 4.2 ערכי תכנן למרחק-הראות להחלטה

110	100	90	80	70	60	50	מהירות התכנן (קמ"ש)
325	300	270	240	210	190	160	מרחק-הראות להחלטה (מ')

4.2.4 יישום ערכי התכנן

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

ב. **את מרחק-הראות להחלטה יש ליישם במקרים הבאים:**

1) **בכיוון המועדף** (בעל זכות-הקדימה לפי החלטת המתכנן) **בכל גישה לצומת בדרכים ראשיות ובדרכים אזוריות דו-מסלוליות.** בדרכים אלה צפויים, לקראת הצמתים, תוספת נתיבים, נתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה, תפניות דרך לפנייה חופשית ימינה, נתיבי האטה וכיו"ב. יש להמשיך ליישם מרחק-ראות להחלטה גם אחרי הצומת בכיוון היציאה, כל עוד נמשכים שינויי הניתוב עקב הצומת (לדוגמא, נתיבי האצה ומיזוג נתיבים).

2) **בדרכים אזוריות דו-נתיביות** ייושם מרחק-הראות להחלטה בכל זרוע בכיוון המועדף, שבה מתווספים או מופחתים נתיבים עקב הצומת.

3) **בכל זרוע בצומת מרומזר** בדרכים ראשיות ואזוריות, בה נוספים נתיבים בקרבת הצומת.

ג. התוואים האופקי והאנכי בדרכים הנפגשות בצומת יתוכננו כך, שיתקיימו מרחקי-הראות לעצירה או להחלטה, לפי הדרוש, עבור גובה עין של 1.05 מטר וגובה חפץ של 0.15 מטר מפני הכביש. תשומת לב מיוחדת דרושה במקרה בו ההתקרבות לצומת מצויה בעקום אנכי, כמפורט בפרק 8 של הנחיות אלה.

4.3 משולשי-הראות בצומת בלתי מבוקר

זכות-הקדימה בצומת בלתי מבוקר אינה מוסדרת באמצעות תמרורים, אלא ניתנת לרכב הבא מימין. במקרה כזה, יש לאפשר לכל נהג להבחין בתנועה שבדרך החוצה, מימינו ומשמאלו, באופן שיתאפשר לכלי-רכב המתקרבים בו-זמנית מזרועות שונות, וכיווני נסיעתם נפגשים בנקודת ניגוד, להבחין זה בזה. קיום הראות מאפשר לכל אחד מהנהגים לנקוט בפעולות של שינויי מהירות למניעת התנגשות, כאשר בעת הצורך ניתן להגיע לעצירה מוחלטת לפני הכניסה לצומת.

בצמתים מסוג זה דרושים בכל פינות הצומת משולשי-ראות נקיים ממכשולים, שאורך צלעותיהם בכל אחת מהזרועות (S_{D1} ו- S_{D2} בציוור 4.2) שווה למרחק-הראות לעצירה המתאים למהירות התכנן ולשיפוע

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

באותה זרוע, כמפורט בטבלה 4.1. קו הראות המחבר בין הזרועות הינו בגובה של 0.60 מ' מפני הכביש, כדי לאפשר הבחנה בפנסי רכב בלילה, אם התאורה איננה עובדת.
 הערה: צומת בלתי מבוקר אינו מומלץ (ראה טבלה 3.2), וניתן ליישום רק בצמתים בין שתי דרכים מקומיות בעלות תנועה דלילה ומהירות תכן נמוכה.

4.4 משולשי-הראות בצומת מבוקר

4.4.1 מבוא

בצומת מבוקר, מוסדרת זכות-הקדימה באמצעות תמרורים המוצבים בחלק מזרועות הצומת. תמרורים אלה קובעים מהו הכיוון הראשי או המועדף (לו ניתנת זכות-הקדימה), ומהו הכיוון המשני, שכלי-הרכב הנוסעים בו חייבים במתן זכות קדימה לכיוון המועדף. את חובת מתן זכות-הקדימה ניתן להסדיר באמצעות אחד משני התמרורים:

- ב-36 – "תן זכות קדימה לתנועה בדרך החוצה שלפניך".
- ב-37 – "עצור ותן זכות קדימה לתנועה בדרך החוצה שלפניך".

שני התמרורים זהים מבחינת חובת מתן זכות-הקדימה, וההבדל ביניהם הוא בכך, שתמרור ב-37 מחייב עצירה מוחלטת לפני הכניסה לצומת, בעוד תמרור ב-36 מאפשר כניסה לצומת לצורך חצייה או פנייה תוך נסיעה איטית, ללא חובת עצירה, אם הפער בתנועה בדרך הראשית מאפשר זאת (ברגע שנהג עצר לפני הכניסה לצומת מזרוע בה מוצב תמרור ב-36, הופכות דרישות הראות זהות לדרישות בקיום תמרור ב-37).

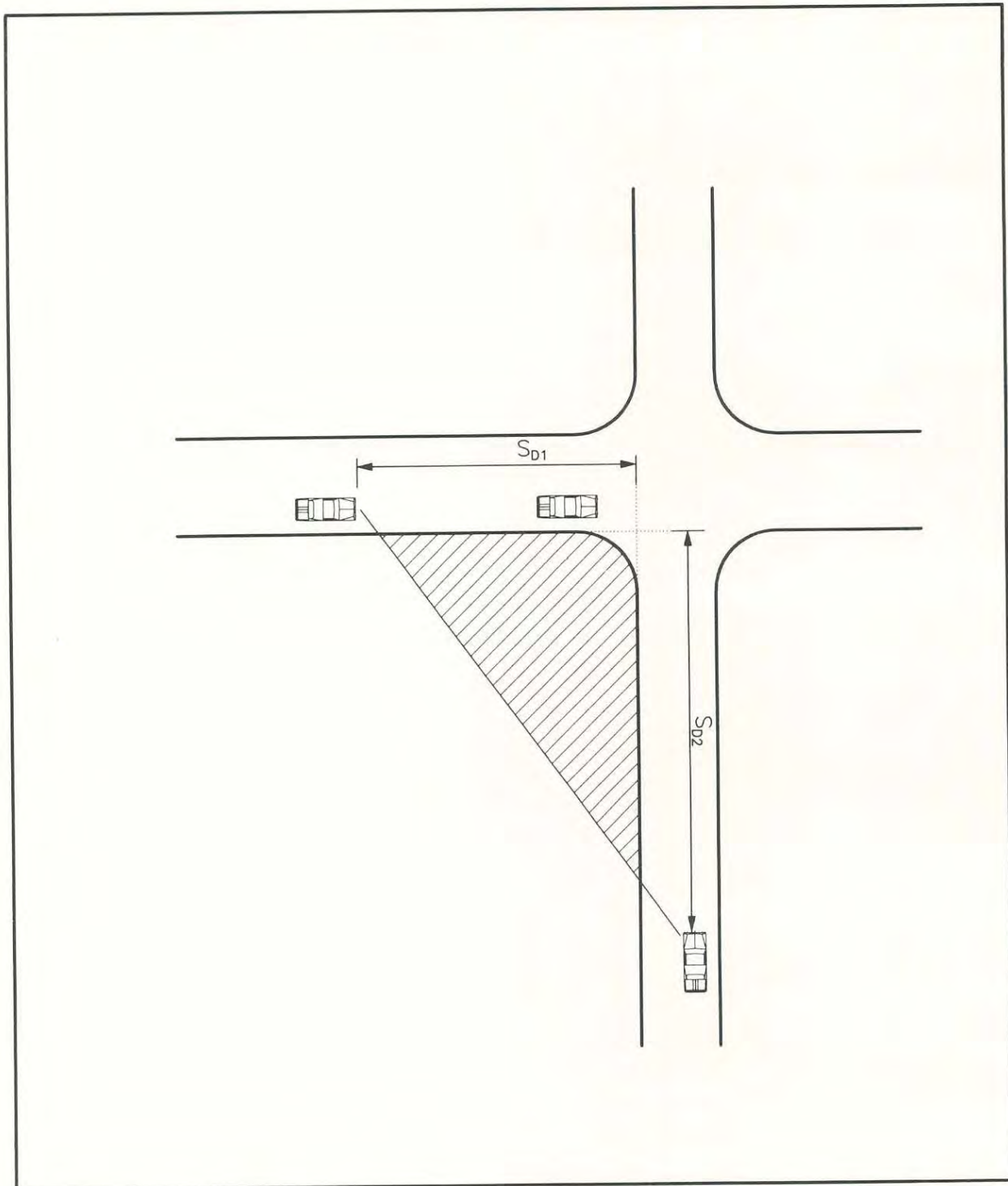
ההבדל בין הדרישות שמציבים התמרורים בפני הנהג, מצריך הבטחת קיומם של משולשי-ראות שונים עבור שני התמרורים, כמפורט:

- א. משולשי-ראות עבור חציית הצומת ללא עצירה (רק עבור תמרור ב-36).
- ב. משולשי-ראות עבור פנייה שמאלה או ימינה ללא עצירה (רק עבור תמרור ב-36).
- ג. משולשי-ראות עבור חציית הצומת ממצב עצירה (עבור שני התמרורים).
- ד. משולשי-ראות עבור פנייה שמאלה או ימינה ממצב עצירה (עבור שני התמרורים).

להלן יובאו מרחקי-הראות הדרושים לאורך זרועות הצומת השונות עבור ארבעת המקרים המפורטים לעיל. שני סוגי התמרורים מוצבים גם בצמתים מרומזרים, להסדרת זכות-הקדימה כאשר הרמזורים אינם פועלים, ולכן משולשי-הראות נדרשים הן בצמתים מרומזרים והן בצמתים בלתי-מרומזרים. לכן, גם בהצטלבות מרומזרת, יחושבו מרחקי-ראות לחצייה ולפנייה, כאילו אינה מרומזרת.

הערה: ככלל, רצוי להשתמש, עד כמה שאפשר, בתמרור ב-36, ורק כאשר הראות אינה מאפשרת זאת, כמפורט בסעיף 4.4.2 להלן, יש להשתמש בתמרור ב-37. עם זאת, יש לציין, כי הנחיות אלה אינן עוסקות בהצדקים להצבת כל אחד משני התמרורים, המצויים בהנחיות המפקח על התעבורה, אלא במרחקי-הראות הדרושים לתפעול יעיל ובטיחותי של הצומת עבור כל אחד מהם.

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



משולשי-הראות הדרושים בכל הפינות בצומת בלתי מבוקר

ציור 4.2

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

4.4.2 משולש-הראות הדרוש בתנועה ללא עצירה

א. משולש-הראות

בעת התקרבות לצומת מזרוע משנית בה מוצב תמרור ב-36 ("תן זכות קדימה"), חייב הנהג להיות מסוגל להבחין בכלי-הרכב המתקרבים לצומת מן הכיוונים האחרים, ממרחק שיאפשר לו להחליט על התמרון המתאים ולבצעו בבטחה.

תכן לבקרת "תן זכות-קדימה" מניח כי התנהגות הנהג בדרך המשנית מתנהלת באופן הבא:

- 1) הנהג מזהה את הצומת ממרחק, ומאיט את הרכב בעת ההתקרבות לצומת, ממהירות התכן עד למהירות ההתקרבות, כך שתתאפשר עצירה במידת הצורך.
- 2) בנקודת ההחלטה בודק הנהג המתקרב את התנועה בדרך המועדפת ממרחק המאפשר, בעוד מועד, זיהוי הפער המתאים לכניסה ולפינוי הצומת (לחצייה או לפנייה).
- 3) במידה שהפער המתאים קיים, יאיץ הנהג את מהירותו, יכנס לצומת ויפנה אותה. אחרת, יבלום ויעצור לפני הצומת (מכאן ואילך התנהגותו של נהג שעצר בתמרור ב-37).

לאור האמור לעיל, חייב תכנון הראות בצומת לאפשר לנהג, המתקרב אליו מהדרך המשנית, לראות את התנועות המתנגדות ממרחק המבטיח את זיהוי הפערים בדרך המועדפת. לשם כך, יש ליצור בסמוך לצומת, משולש ראיה הנקי ממכשולים, כמתואר בציור 4.3. צלעות משולש זה הן:

ℓ – מרחק הנסיעה לאורך הדרך המשנית, מנקודת ההחלטה (מחושב בסעיף ב' להלן), עד הכניסה לצומת. בנקודת ההחלטה מחליט הנהג, המתקרב לצומת במהירות ההתקרבות, האם להיכנס לתוכו או לעצור לפניו.

So – המרחק מהצומת בו יש לראות רכב הנוסע לאורך הדרך המועדפת (מחושב בסעיפים ג' ו-ד' להלן). מרחק זה צריך לאפשר לרכב בדרך המשנית לזהות את הפער הקיים בתנועה של הכיוונים הראשיים, ולנצלו לכניסה ולפינוי הצומת בבטחה.

ב. צלע-הראות לאורך הדרך המשנית

צלע משולש-הראות הדרוש לאורך הדרך המשנית (לאחר ההבחנה בסוג התמרור הקיים) שווה למרחק העצירה המתאים למהירות ההתקרבות אל הצומת. מהירות ההתקרבות תלויה במהירות הנסיעה בדרך המשנית ובסוג הצומת. לצורך הנחיות אלה נלקחו מהירויות התקרבות בין 30 ל-40 קמ"ש, בהתאם לסוג הדרך, כמפורט בטבלה 4.3.

קביעת מרחקה של נקודת ההחלטה (תחילת צלע-הראות) מהצומת נעשית בהתאם להנחות הבאות:

- 1) מהירות הרכב בנקודת ההחלטה היא מהירות התקרבותו אל הצומת.
- 2) הזמן הדרוש לקבלת ההחלטה על עצירה או כניסה לצומת נע בין שניה אחת לשתי שניות לפי סיווג הדרך, עקב נכונות הנהג לקבל החלטות.
- 3) אם הנהג החליט לעצור, המרחק הנותר עד לצומת חייב לאפשר לו עצירה בטוחה, בתאווה של 3.0 מ/ש².

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

צלע משולש-הראות הדרושה בדרך המשנית, מהצומת עד לנקודת ההחלטה (l בציור 4.3), נתונה בטבלה 4.3.

טבלה 4.3 צלע משולש-הראות הדרושה לאורך דרך משנית בה מוצב תמרור ב-36 (l בציור 4.3)

סיווג הדרך המשנית	מהירות ההתקרבות (קמ"ש)	זמן התגובה (שניות)	צלע הראות l (מטרים)
ראשית חד-ודו-מסלולית, אזורית דו-מסלולית	40	2.0	45
אזורית חד-מסלולית	35	1.5	30
מקומית	30	1.0	20

ג. מרחק-הראות הדרוש לפינוי בחצייה ללא עצירה

הרכב הנכנס לצומת מהדרך המשנית צריך לפנותו, לפני שהרכב הבא בדרך המועדפת מספיק להגיע לנקודת הניגוד. ההנחות הבסיסיות לחישוב המרחק ההכרחי מן הצומת להבחנה ברכב שבדרך המועדפת הן:

- 1) הנהג בדרך המשנית מבחין, בהיותו בנקודת ההחלטה, ברכב בדרך המועדפת.
- 2) מהירות הרכב בדרך המשנית בנקודת ההחלטה היא מהירות התקרבותו אל הצומת.
- 3) תאוצת הרכב החוצה מהדרך המשנית היא תאוצה נורמלית במישור.
- 4) מהירות הרכב בדרך המועדפת היא מהירות התכן.
- 5) למניעת הפרעה לתנועה בדרך המועדפת, יש להבטיח מרווח בטיחות של 2 שניות מתום החצייה ועד למעבר הרכב בניצב.

מרחק-הראות הדרוש לאורך הדרך המועדפת, יחושב מתוך נוסחאות 4.3, 4.4 (ראה ציור 4.3):

$$S_D = 0.278 \times V_d(T + t_s) \quad [4.3]$$

$$T = \frac{\sqrt{2ax + 0.077v^2} - 0.278v}{a} \quad [4.4]$$

- כאשר: S_D – מרחק-הראות הדרוש לאורך הדרך המועדפת, במטרים.
 T – משך החצייה והפינוי של הצומת על-ידי כלי-הרכב מהדרך המשנית, בשניות.
 a – תאוצת הרכב החוצה (1.0 מ"ש² לרכב פרטי, 0.6 מ"ש² למשאית ואוטובוס).
 V_d – מהירות התכן בדרך המועדפת, בקמ"ש (0.278 הוא המקדם הדרוש להמרת יחידות).
 v – מהירות ההתקרבות אל הצומת מן הדרך המשנית, בקמ"ש (ראה טבלה 4.3).

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

t_s - מרווח בטיחות (2 שניות).
 X - המרחק שעובר כלי-הרכב בדרך המשנית מנקודת ההחלטה ועד ליציאה מן הצומת:
 כולל את אורך הרכב, אורך הזרוע l , ורוחב הנתיבים הנחצים. הרוחב אותו יש לחצות הוא שני נתיבים בדרך דו-סיטרית, ומסלול אחד בדרך דו-מסלולית, בהנחה המקובלת בהנחיות, שרוחב שטח ההפרדה מאפשר המתנה וחציית כל מסלול לחוד. אם נוספים נתיבים לפנייה שמאלה בדרך הנחצית, יש לדאוג לכך שתתאפשר המתנה בשטח ההפרדה, למניעת הארכת האורך הדרוש לחצייה בבת-אחת.

המרחק מהצומת בו יש לראות את הרכב הנע בדרך המועדפת מופיע בטבלה 4.4.

טבלה 4.4 מרחק-הראות לאורך הדרך המועדפת (S_0 בציור 4.3) הדרוש לחציית שני נתיבים ללא עצירה, במטרים

מהירות התכנן בדרך המועדפת (קמ"ש)							סיווג הדרך המשנית
110	100	90	80	70	60	50	
190	175	155	140	---	---	---	ראשית
170	155	140	125	110	---	---	אזורית
160	145	130	115	100	85	70	מקומית
15	10	10	10	10	5	5	חציית כל נתיב נוסף

כפי שניתן לראות מציור 4.3, יש לבנות את משולש-הראות לשני הכיוונים, עבור רכב פרטי, שבו גובה העין 1.05 מ' וגובה פנס הרכב המתקרב, 0.60 מ'.

ד. מרחק-הראות לפינוי בפנייה ללא עצירה

הרכב הנכנס לצומת מהדרך המשנית, צריך לפנותו לאחר שהשלים ביצוע הפניות שמאלה וימינה, ללא גרימת הפרעה לתנועה בדרך המועדפת. ההבדלים בין מרחקי-הראות הדרושים לשני סוגי הפניות קטנים, ועל-כן מובאים בהנחיות אלה החישובים שנעשו לגבי הפניה שמאלה (שהיא חמורה מעט יותר) בלבד.

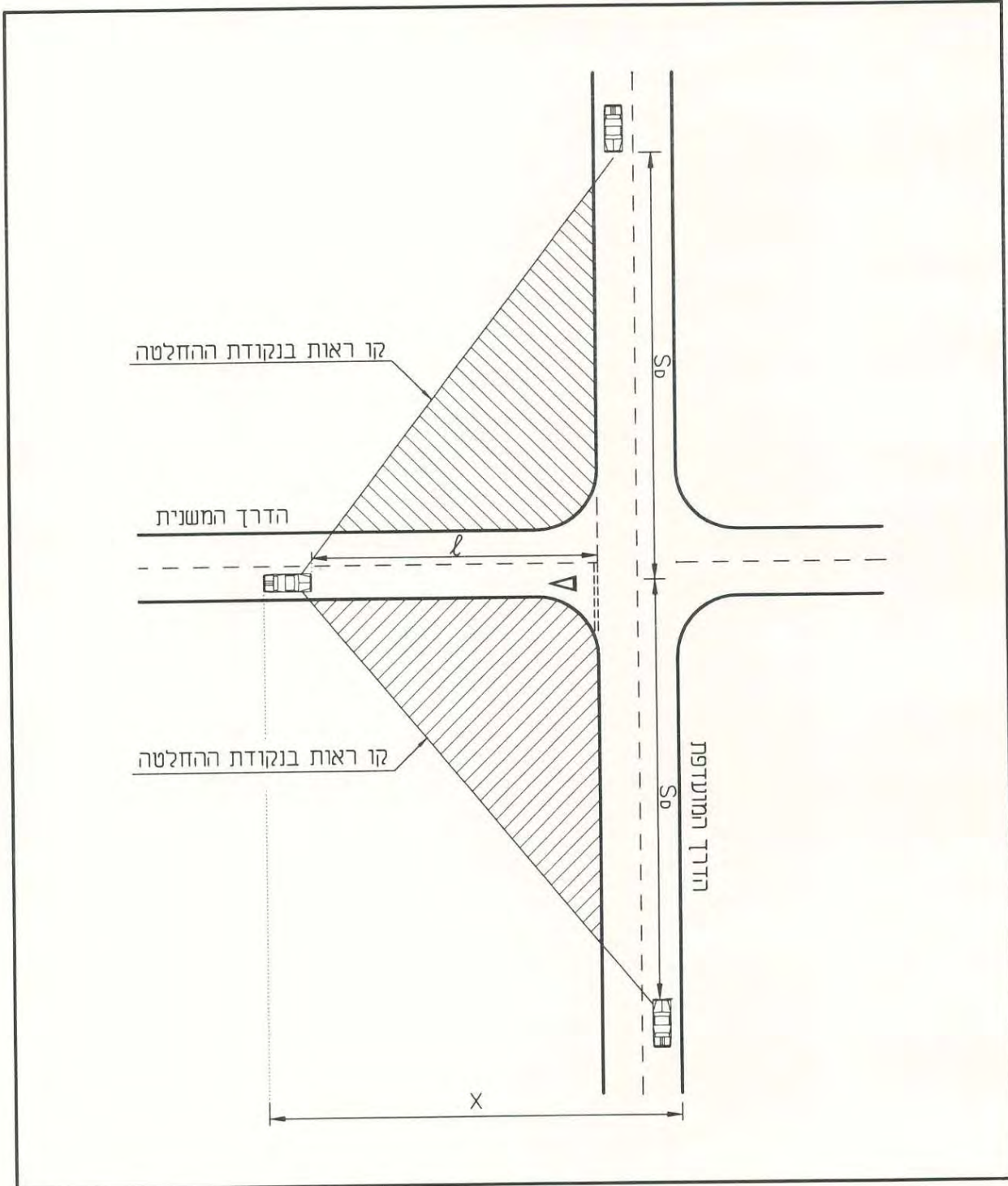
ההנחות הבסיסיות לחישוב מרחק כלי-הרכב בדרך המועדפת מן הצומת מקבילות להנחות המובאות בסעיף ג. לעיל, בהבדלים הבאים:

- (1) מהירות הפנייה המירבית היא 25 קמ"ש, ולכן הרכב הפונה מאט עד למהירות זו בנקודת ההחלטה, ושומר עליה עד להשלמת הפנייה.
- (2) פינוי הצומת מסתיים כאשר הרכב הפונה האיץ למהירות המהווה 85% ממהירות התכנן.
- (3) נשמר מרווח בטיחות של 2 שניות בין הרכב הפונה לרכב המגיע בעקבותיו מהדרך הראשית.

ציור 4.4 מתאר את תמרון הפניה שמאלה המתבצע על-ידי הרכב מהדרך המשנית.

מרחק-הראות הדרוש לאורך הדרך הראשית (S_0 בציור 4.4) יחושב מתוך נוסחאות 4.5 עד 4.8 (ראה ציור 4.4):

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



משולשי-הראות הדרושים לחציית צומת מבוקר בתמרור "תן זכות קדימה"

ציור 4.3

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

$$S_D = 0.278V(T + t_s) - (D + R) + Z \quad [4.5]$$

$$T = \frac{0.278(V - 25)}{a} + 0.144X \quad [4.6]$$

$$X = \ell + 1.57R \quad [4.7]$$

$$D = \frac{(V^2 - 625)}{26a} \quad [4.8]$$

- כאשר: S_D – מרחק-הראות הדרוש לאורך הדרך המועדפת, במטרים.
 T – משך זמן הפנייה של הרכב הפונה מנקודת ההחלטה ועד להשלמת הפינוי, בשניות.
 V – המהירות אליה מגיע הרכב הפונה בתום הפינוי, בקמ"ש (נתונה בטבלה 4.5).
 X – המרחק שעובר הרכב הפונה מנקודת ההחלטה בדרך המשנית ועד להתיישרות בדרך המועדפת, במטרים.
 D – המרחק שעובר הרכב הפונה מנקודת ההתיישרות ועד תום הפינוי, במטרים.
 R – רדיוס הפנייה, במטרים.
 Z – אורך הרכב הפונה, במטרים.
 ℓ – מרחק-הראות הדרוש בדרך המשנית במהירות 25 קמ"ש, במטרים (מפורט בטבלה 4.5).
 a – תאוצת הרכב הפונה (תלויה במהירות), 26 משמש להמרת יחידות.
 t_s – מרווח בטיחות (2 שניות).

מרחקי-הראות הדרושים בתלות בסוג הדרך ובמהירות התכן, מרוכזים בטבלה 4.5. את משולש-הראות יש לבנות עבור רכב פרטי (גובה עין 1.05 מ', גובה פנס הרכב המתקרב 0.60 מ'). יש לציין כי, מרחק-הראות הדרוש להשלמת פנייה של משאית הוא גדול יותר, בעיקר במהירויות תכן של 80 קמ"ש ומעלה. הוא אינו מעשי, מאחר שהנהג הממתין, לא ידחה פערים גדולים למדי בדרך הראשית, המספיקים לפנייה אך לא להאצה מלאה, ולכן יאלץ הרכב הנוסע בדרך הראשית להאט את מהירותו, כדי לאפשר למשאית להשלים את הפנייה בבטחה. מאידך, גובה העין של נהג המשאית עשוי לאפשר לו ראות משופרת ביחס למשולש-הראות שתוכנן עבור רכב פרטי.

4.4.3 משולש-הראות הדרוש במקרה עצירה

א. משולש-הראות

כאשר התימרור או מצב התנועה מחייבים עצירה, עוצר הרכב כך, שעניי הנהג מחושבות כנמצאות במרחק של 3.0 מטר משפת הדרך המועדפת. מנקודה זו חייב הנהג לראות את התנועה לשני הכיוונים למרחק שיספיק לו לקבל פער מתאים להאצה ממצב של עצירה מוחלטת ולהשלים חצייה, פנייה ימינה או פנייה שמאלה, בלי לגרום הפרעה וסיכון לתנועה בדרך הראשית. צלעות משולש-הראות המתקבלות הן צלע של 3.0 מטר בדרך המשנית, ומרחק S_D לאורך הדרך המועדפת, כמתואר בציור 4.5.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 4.5 מרחקי-הראות הדרושים בשתי הדרכים לפנייה ללא עצירה, במטרים

מרחק-הראות בדרך המועדפת (S_D בציוור 4.4)							מרחק-הראות לאורך הדרך המשנית (l) (בציוור 4.4)	סיווג הדרך המשנית
מהירות התכן בדרך המועדפת (קמ"ש)								
110	100	90	80	70	60	50		
מהירות הרכב הפונה בסוף הפנייה (קמ"ש)							25	ראשית
93	85	76	68	60	51	42		
480	365	305	250	---	---	---		
460	350	290	240	195	---	---	20	אזורית
440	335	275	225	180	145	115	15	מקומית

ב. מרחק-הראות הדרוש לחציית הצומת ממצב עצירה

הרכב הנכנס לצומת מהדרך המשנית, צריך לפנותו לפני שהרכב הקרוב בדרך המועדפת מספיק להגיע לנקודת הניגוד. ההנחות הבסיסיות לחישוב המרחק מן הצומת בו יש לראות רכב הנע בדרך המועדפת, הן:

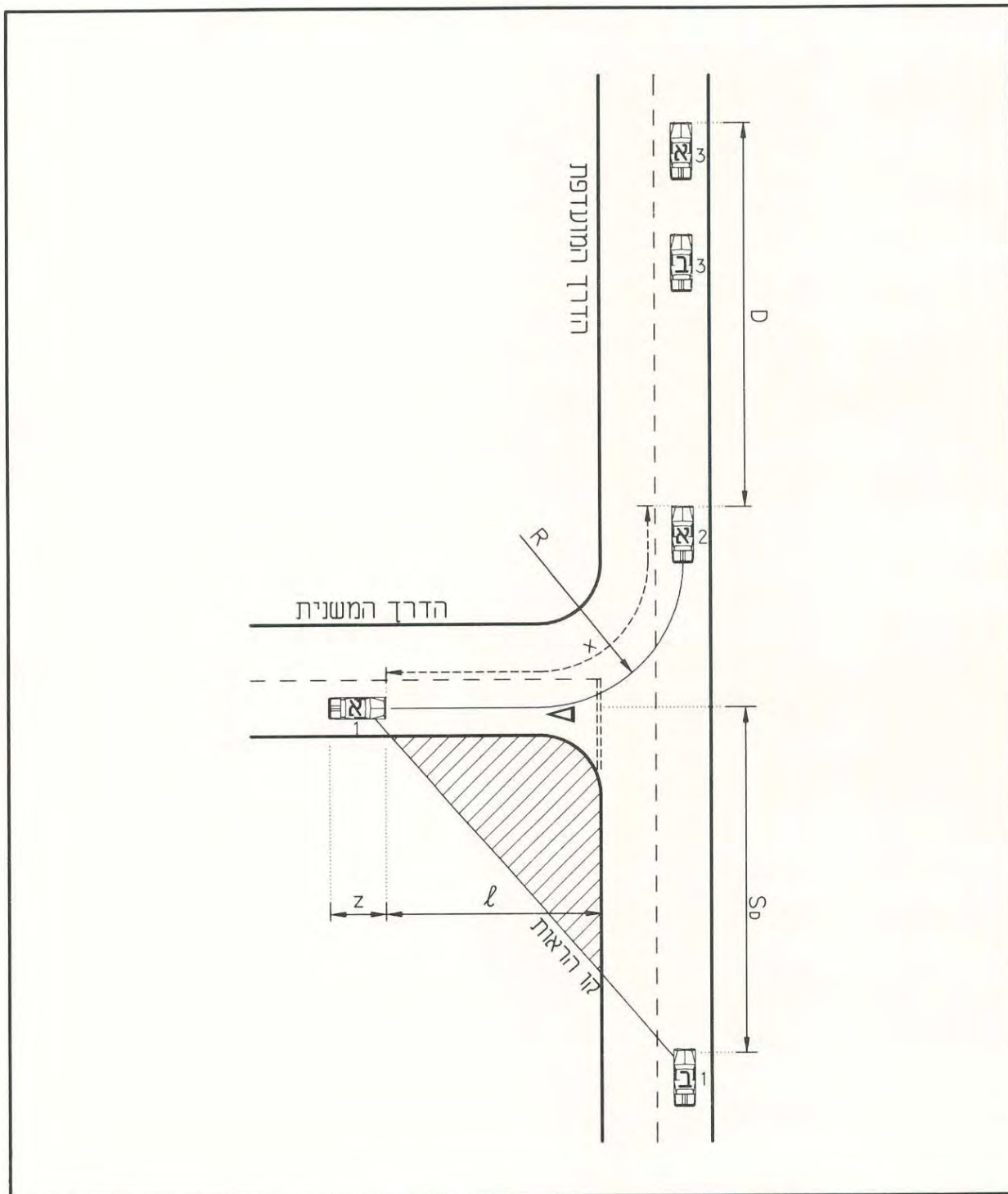
- 1) הנהג בדרך המשנית מבחין ברכב הנע בדרך המועדפת ממרחק של 3.0 מטר לפני הכניסה אל הצומת.
- 2) תאוצת הרכב שבדרך המשנית היא תאוצה נורמלית ממצב עצירה.
- 3) מהירות הרכב בדרך המועדפת היא מהירות התכן של הדרך.
- 4) כדי שלא תיגרם הפרעה לתנועה בדרך המועדפת, יש להבטיח מרווח בטיחות של 2 שניות בין הרכב הנע בדרך זו לרכב שחצה מהדרך המשנית, בתום החצייה.

חישוב מרחק הראות לחצייה יבוצע לפי נוסחה 4.9 וציוור 4.5:

$$S_D = 0.278V_d \left(t_r + \sqrt{\frac{2(W+Z+3)}{a_0}} + t_s \right) \quad [4.9]$$

- כאשר: S_D – מרחק-הראות לאורך הדרך המועדפת, במטרים.
 V_d – מהירות התכן בדרך הראשית, בקמ"ש.
 t_r – זמן החישה-תגובה עד לזינוק (2 שניות).
 W – רוחב הכביש שיש לחצות, במטרים.
 Z – אורך הרכב החוצה, במטרים.
 t_s – מרווח בטיחות (2 שניות).
 A_0 – תאוצה ממצב עצירה (1.5 מ/שנ² לרכב פרטי, 0.8 מ/שנ² למשאית ואוטובוס).

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



מרחק-הראות הדרוש לפנייה שמאלה ללא עצירה

ציור 4.4

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

לאחר הצבת הערכים המתאימים בנוסחה 4.9, מרחק-הראות הדרוש לרכב פרטי הוא:

$$S_D = 0.278V_d [4 + \sqrt{1.33(W + 8)}] \quad [4.10]$$

ומרחק-הראות הדרוש למשאית/אוטובוס הוא:

$$S_D = 0.278V_d [4 + \sqrt{2.5(W + 15)}] \quad [4.11]$$

מרחקי-הראות הדרושים מובאים בטבלה 4.6. קו הראות לרכב פרטי הוא מגובה 1.05 מ' לגובה 0.60 מ'. גם כאן, נדרש למשאית מרחק-ראות גדול יותר, עבור קו ראות המצוי במפלס גבוה יותר (מגובה 1.80 מ' לגובה 0.60 מ').

טבלה 4.6 מרחקי-הראות הדרושים לחציית דרך ממצב עצירה ולפנייה שמאלה מהדרך המועדפת, במטרים

מהירות התכן בדרך המועדפת (קמ"ש)							סוג הרכב	מרחק-הראות S_D בציורים 4.5, 4.6
110	100	90	80	70	60	50		
260	235	210	190	165	140	120	פרטי	לחציית שני נתיבים
350	315	285	255	225	190	160			משא
20	15	15	10	10	10	5	פרטי	לכל נתיב נוסף
20	20	15	15	10	10	10			משא

ג. מרחק-הראות הדרוש לבצוע פניה ממצב עצירה

הרכב הנכנס לצומת ממצב של עצירה בדרך המשנית, צריך להאיץ למניעת הפרעה לאחר ביצוע הפניות שמאלה וימינה. ההבדלים בין שני סוגי הפניות קטנים, ועל-כן מובאים בהנחיות אלה החישובים שנעשו לגבי הפניות שמאלה (המחמירות יותר) בלבד.

ההנחות הבסיסיות לחישוב המרחק מהצומת בו יש לראות רכב בדרך, דומות להנחות המובאות בציור 4.4 ובסעיף 4.4.2 ד' לעיל, לרבות ההנחה שתהליך הפנייה מסתיים לאחר שהרכב מן הדרך המשנית מגיע למהירות השווה ל-85% ממהירות התכן של הדרך המועדפת.

אופן החישוב:

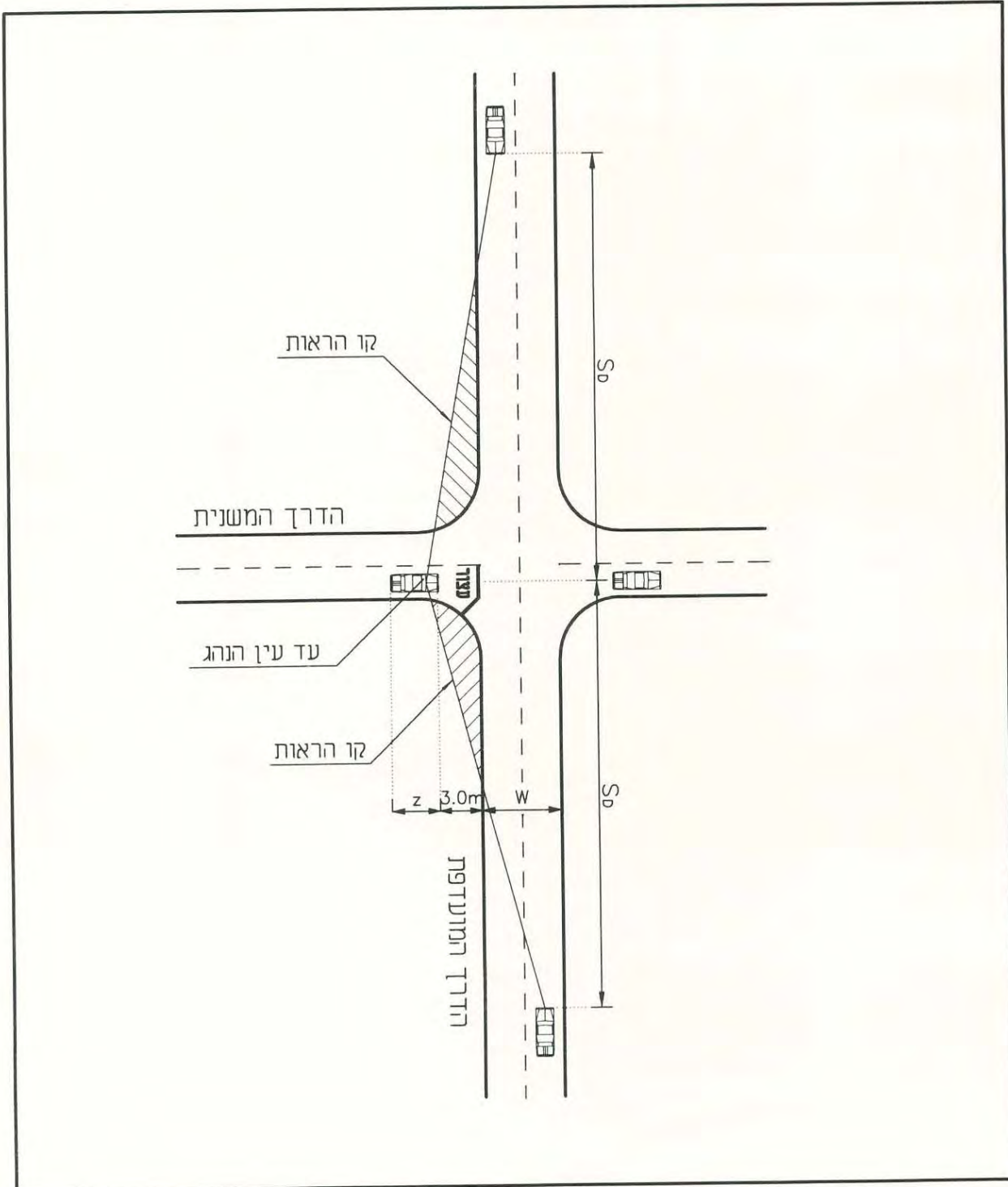
$$T = 0.278V / a_0 \quad [4.12]$$

$$D = V^2 / 26a_0 \quad [4.13]$$

$$S_D = 0.278V(T + t_r + t_s) - (D + R) + Z \quad [4.14]$$

הסבר לסימונים ראה נוסחאות 4.5 עד 4.9 לעיל.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



מרחק-הראות הדרוש לחצייה ממצב עצירה

ציור 4.5

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ערכי התכן לרכב פרטי מופיעים בטבלה 4.7. כמו במקרה של פנייה ללא עצירה, הערכים הדרושים לפנייה של משאית אינם מעשיים, והפנייה תבוצע תוך הפרעה מסוימת לתנועה.

טבלה 4.7 מרחק-הראות הדרוש לפנייה ממצב עצירה

מהירות התכן בדרך המועדפת (קמ"ש)						
110	100	90	80	70	60	50
מהירות הרכב הפונה בסוף הפניה (קמ"ש)						
93	85	76	68	60	51	42
מרחק הראות S_D (מטרים)						
495	410	350	295	240	190	145

4.4.4 מרחק-הראות לפנייה שמאלה מהדרך המועדפת

רכב הממתין לפנייה שמאלה מהדרך המועדפת (בנתיב מיוחד לפנייה שמאלה, אם יש כזה) צריך לראות את התנועה המתקרבת מולו וממשיכה ישר, במרחק שיספיק לו לחצות את הנתיבים המיועדים לתנועה זו ולפנות אותם בעוד מועד, כמתואר בציור 4.6. אופן החישוב דומה למוצג בסעיף 4.4.3 ב' לחצייה ממצב עצירה, ולצורך ערכי תכן ניתן להשתמש בערכים המופיעים בטבלה 4.6 לעיל.

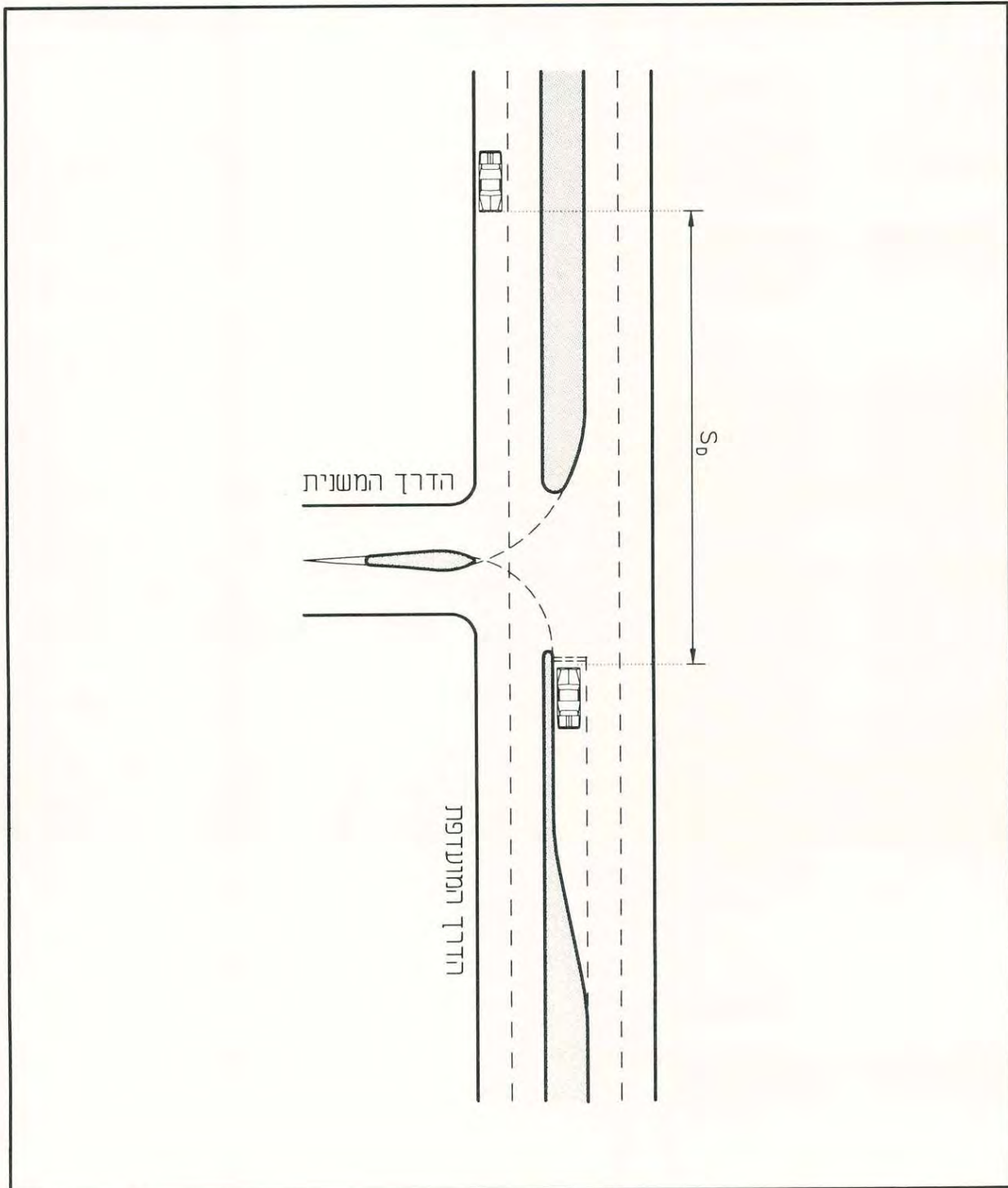
4.4.5 ריכוז מרחקי-הראות

מרחקי-הראות השונים המשמשים לתכן צמתים מרוכזים בציורים 4.7 ו-4.8. בציור 4.7 מרוכזים מרחקי-הראות הדרושים, כאשר מוצב תמרור ב-36 וניתן לחצות או לפנות ללא עצירה, ובציור 4.8 מרוכזים מרחקי-הראות הדרושים לחצייה ולפנייה לאחר שהרכב עצר בקו העצירה.

4.4.6 מרחקי-הראות בצמתים מרומזרים

בהתקרבות לצומת מרומזר, רצוי שהנהג יוכל לראות את הוראות הרמזור ממרחק-הראות להחלטה בכל זרוע בהתאם למהירות התכן שלה. בנוסף לכך, יש לקבוע בכל צומת מרומזר הסדרי זכות-קדימה באמצעות תמרורים, למקרה של תקלה במתן האותות או במקרה של מעבר להבהוב צהוב. בהתאם לכך, יש להתאים את מרחקי-הראות בזרועות הצומת השונות להסדרי זכות-הקדימה, עבור המצב בו הרמזורים אינם פועלים, כפי שנקבעו למרחקים הנדרשים בסעיפים השונים של פרק זה.

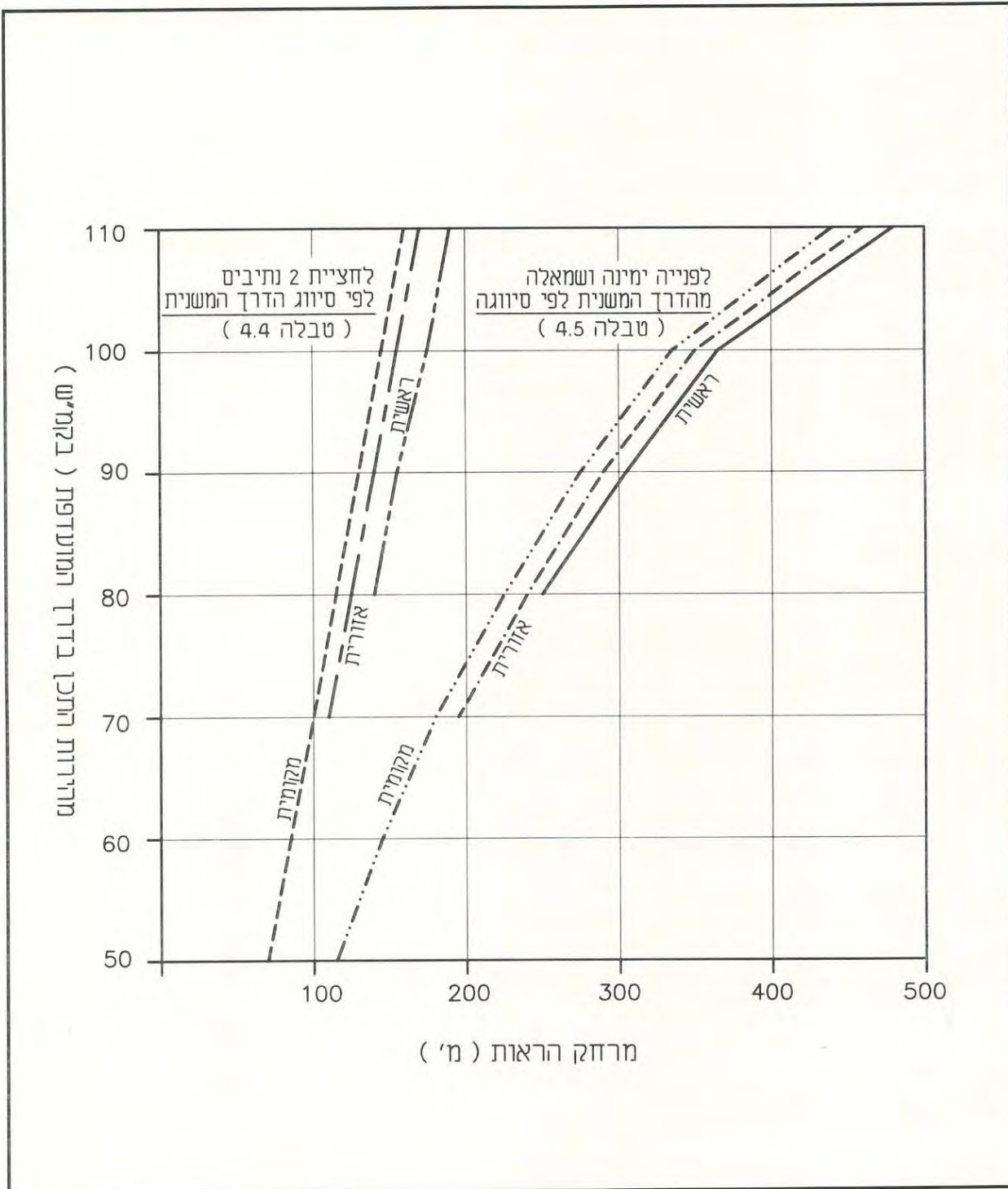
הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



מרחק-הראות הדרוש לפנייה שמאלה בדרך המועדפת

ציור 4.6

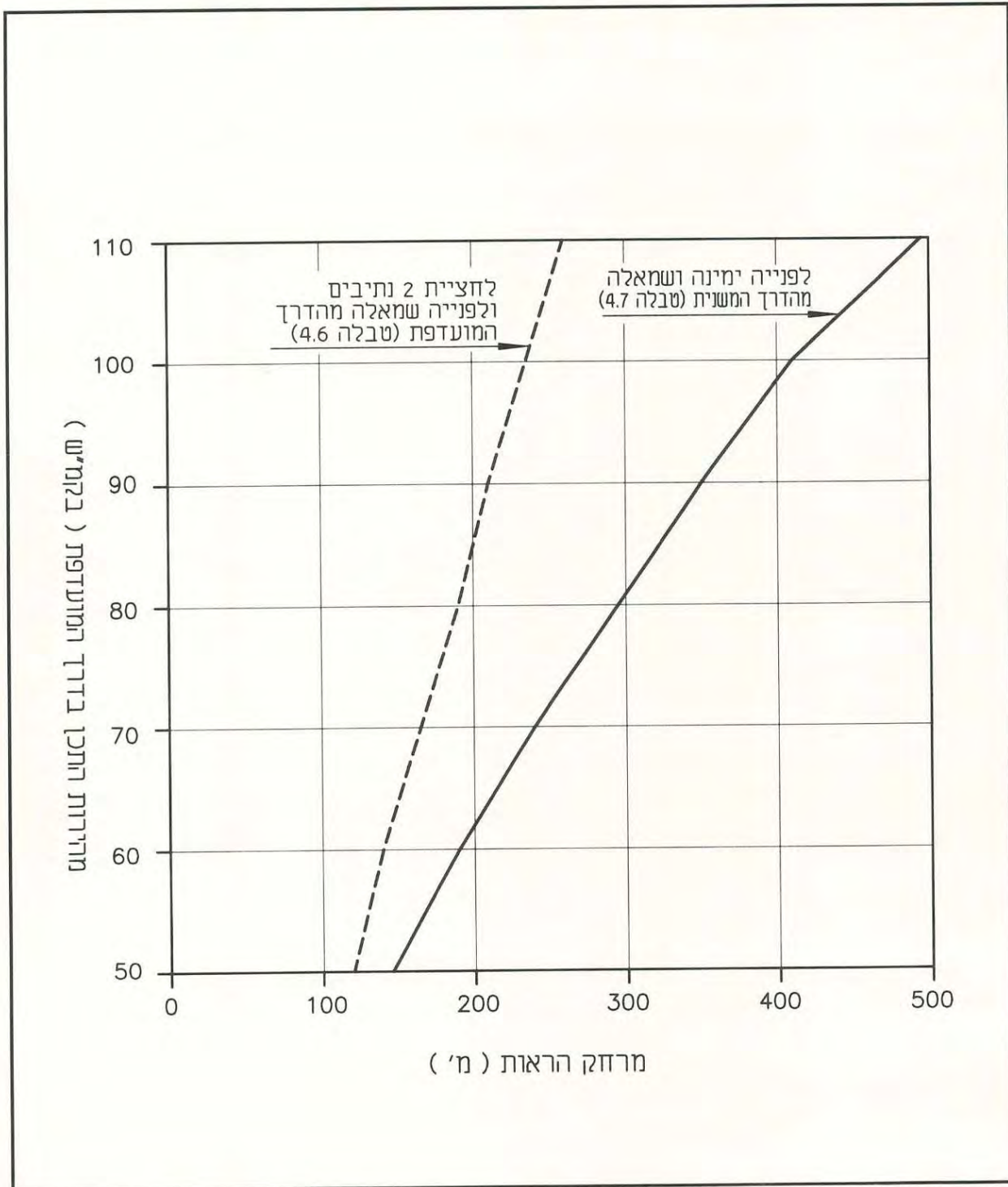
הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



מרחקי-הראות הדרושים (לאורך הדרך המועדפת) לחצייה ולפנייה מהדרך המשנית ללא עצירה (ריכוז הנתונים מטבלאות 4.4 ו-4.5)

ציור 4.7

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



מרחקי-הראות הדרושים (לאורך הדרך המועדפת) לחצייה ולפנייה ממצב עצירה (ריכוז הנתונים מטבלאות 4.6 ו-4.7)

ציור 4.8

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 5

עקומים ותפניות בצמתים

תוכן עניינים

5-1	מבוא	5.1
5-2	פנייה ימינה ללא אי-תנועה	5.2
5-6	פנייה ימינה עם אי-תנועה	5.3
5-7	פניות מהירות ימינה (תפניות דרך)	5.4
5-7	כללי	5.4.1
5-9	הצדקים להתקנת פניות מהירות ימינה	5.4.2
5-9	אפשרויות לתכן תפנית הדרך	5.4.3
5-9	הרדיוס המזערי בתפניות דרך	5.4.4
5-10	הגבהות מומלצות בתפניות דרך	5.4.5
5-11	עקומי מעבר בתפניות דרך	5.4.6
5-12	שימוש בעקומים מעגליים המורכבים ממספר רדיוסים	5.4.7
5-13	מעברי השיפועים בתפניות דרך	5.4.8
5-13	רוחב תפניות דרך	5.4.9

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 5

עקומים ותפניות בצמתים

5.1 מבוא

שפות המיסעה בפניות ימינה וכן קצוות המיפרדה או התווית הפניות שמאלה, הם בין האלמנטים הגיאומטריים החשובים בתכן המפורט של הצומת. לקביעת צורת השפה וגודל הרדיוס בפניות משקל רב בתפקוד הנאות של הצומת.

רדיוסי הפניות המתאימים לצומת מסוים נקבעים בשילוב עם ההחלטה ביחס לקיום איי-תנועה, והם תלויים בחשיבות הצומת ובמורכבותו, בסיווג הדרכים הנפגשות, בזווית שבין כיווני הנסיעה, בסוג כלי-הרכב הפונים, במהירות הפנייה ובכיוונה, בזמינות הקרקע, ובהסדרי בטיחות לכלי-הרכב ולהולכי-רגל (במידה שישנה פעילות הולכי-רגל באזור הצומת), כמפורט להלן:

א. סוג הצומת ומידרג הכבישים הנפגשים בו – תכנון רדיוס הפנייה צריך להתחשב בסוג הצומת ובדרוג היחסי של הכבישים הנפגשים בו, ולאפשר פנייה נוחה ומהירה יותר בצמתים בעלי מידרג גבוה יותר, בהתאם לעקרונות המפורטים בטבלה 5.2.

ב. סוג הרכב לתכן בפנייה הנדונה – רדיוס הפנייה צריך להתאים לסוג הרכב לתכן כפי שנקבע לצומת (ראה סעיף 3.4.4 בהנחיות – סוגי הרכב לתכן) ולאפשר לרכב לתכן לבצע את הפנייה בנוחות (ללא חדירה לנתיב אחר). יחד עם זאת, רצוי לתכנן כך שכלי-רכב גדולים יותר, החזויים בצומת במקרים חריגים, יוכלו לבצע את הפנייה, גם אם יצטרכו לשם כך לגלוש לנתיב נוסף.

ג. כיוון ביצוע הפנייה – בצמתים בין כבישים בעלי סיווג שונה, רדיוס כל פנייה ייקבע בדרך כלל בהתאם לסוג הכביש ממנו מתחילה הכניסה לצומת, ונפח התנועה הנכנס. כלל בסיסי בקביעת רדיוס הפנייה הוא, שהגיאומטריה של הצומת צריכה לאפשר לרכב הנכנס לצומת מהכיוון הראשי לצאת ממנו בקלות ובנוחות לכל הכיוונים. לעומת זאת, צריך גודל הרדיוס לשמש כגורם בקרה והאטה לרכב הנכנס לצומת מהכיוון המשני, ולכן אין להגדיל את הרדיוסים מכיוון זה הרבה מעבר למידות המזעריות הדרושות. כללים אלה מתוארים בצורה סכמתית בציור 5.1.

ד. מהירות הפנייה – בפניות ימינה עם אי-תנועה בצמתים מרומזרים ובלתי מרומזרים יוגדלו רדיוסי הפניות, כדי לאפשר פנייה במהירות גבוהה מהמזערית, לשם שיפור תפעול הצומת והגדלת קיבולת הפניות.

ה. הסדרי בטיחות למשתמשים – ככל שהרדיוסים גדלים, גדל שטח הצומת, מתארך זמן המעבר בו לכלי-רכב ולהולכי-רגל, ונוצר צורך בהסדרי הכוונה באמצעות איי-תנועה לשם שיפור ההתמצאות לנהגים והגנה על הולכי-הרגל. יש למצוא את האיזון בין הדרישה למירב הנוחות והקלות ביציאה מהכיוון הראשי, לבין הדרישה לצמצום שטח הצומת, המקטינה את מרחקי-הפינוי וזמני הפינוי.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק זה עוסק בפרטי התכן של שלושת סוגי הפניות הבאים :

- א. פנייה ברדיוס שפה מזערי ללא אי-תנועה משולש (סעיף 5.2).
- ב. פנייה נפרדת ברדיוס מעל למזערי, לרבות אי-תנועה משולש (סעיף 5.3).
- ג. תפנית דרך לפנייה מהירה, המופרדת באמצעות אי-תנועה (סעיף 5.4).

בניגוד לעקומים אופקיים בדרך חופשית (קטעי כביש בין צמתים), קביעת הרדיוס בצמתים נעשית עבור שפת המיסעה הפנימית (הרדיוס הפנימי לכיוון מרכז הקשת בעיקבת הרכב), ולא עבור ציר הדרך.

5.2 פנייה ימינה ללא אי-תנועה

פנייה ימינה ללא אי-תנועה מתוכננת ברדיוס שפה מזערי, ומיועדת לפנייה במהירות שאינה עולה על 15 קמ"ש. בדרכים בין-עירוניות, מיועדת צורת תכן זו רק לצמתים לא מרומזרים, וכאשר התנאים הבאים מתקיימים, כולם או בחלקם: המהירויות נמוכות, הקרקע בלתי זמינה, נפחי הפנייה נמוכים, חלקו של הרכב הכבד קטן, הדרך המשנית בסיווג נמוך, ומעוניינים למנוע כניסה מהירה אל הדרך המצטלבת. ככלל, תכן זה מיועד רק לפניות בהן אין הצדק לשימוש באי-משולש, לפי האמור בטבלה 5.2 בסעיף 5.3 להלן.

הצורות הבסיסיות האפשריות של שפת המיסעה מוצגות בציר 5.2 :

- א. עקום מעגלי בעל רדיוס יחיד.
- ב. עקום המורכב מרדיוס יחיד הנשען על שני לוכסנים (Tapers).
- ג. עקום מורכב תלת-מרכזי סימטרי.
- ד. עקום מורכב תלת-מרכזי בלתי סימטרי.

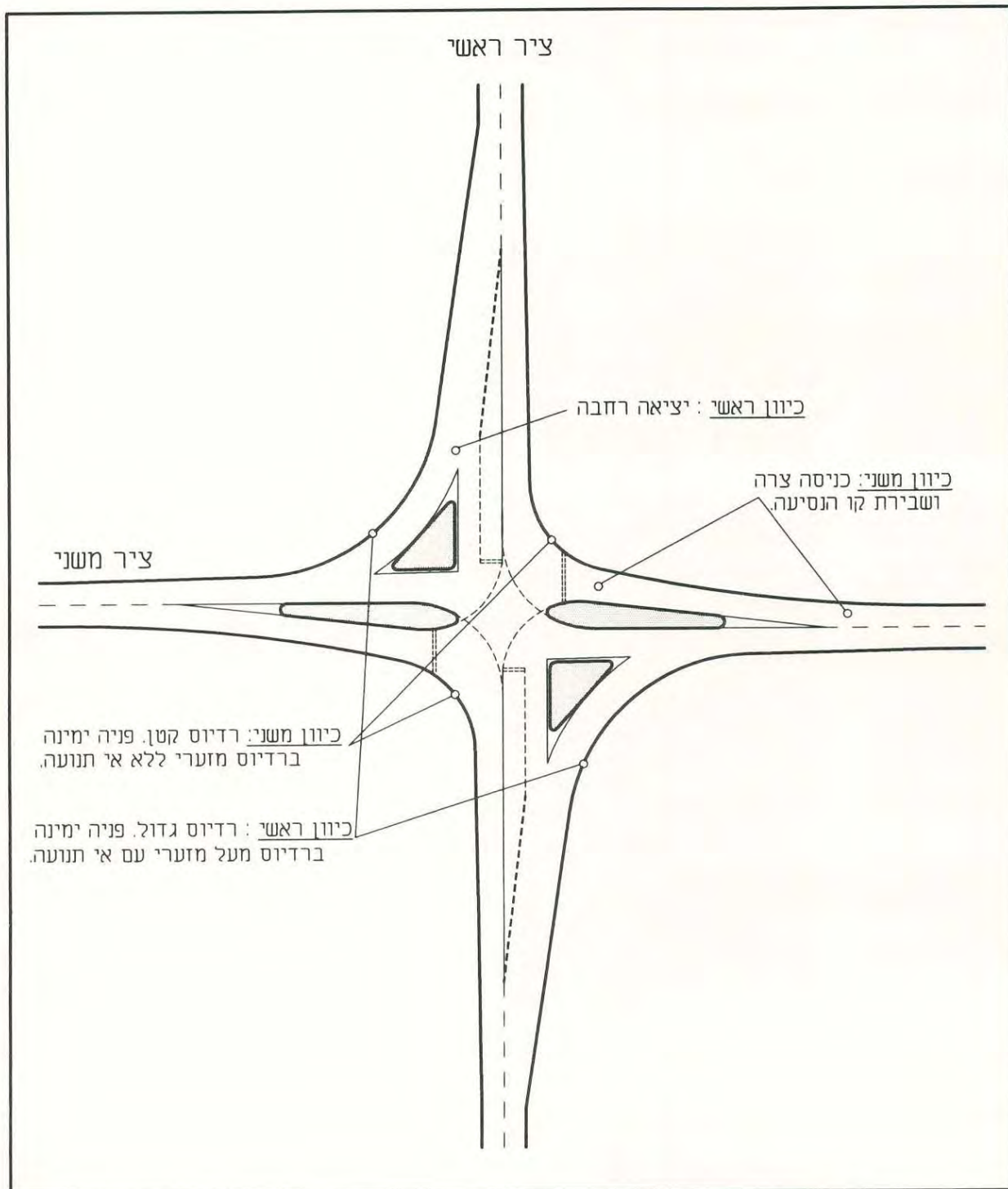
הרדיוס המזערי של שפת המיסעה והבחירה באחת מאפשרויות התכן נעשים בהנחות הבאות :

- א. הרכב לתכן יכול לבצע את הפנייה ללא פלישה לנתיב הנגדי.
- ב. בתחילת הפנייה ובסופה המרחק בין גלגלי הרכב לתכן לבין שפת המיסעה (שול או אבן-שפה) יהיה 0.5 מטר לפחות, ובשום נקודה לא יתקרב הרכב לשפת המיסעה למרחק הקטן מ-0.2 מטר.
- ג. העקום המותאם של שפת הכביש מביא לשטח בלתי מנוצל קטן ככל האפשר.

שימוש ברדיוס מעל למזערי גורם להגדלת שטח הצומת, ולקשיים במיקום קו העצירה ובאפשרויות החצייה להולכי-רגל, ולכן אין לבצעו אם לא נדרש ואם אין כוונה לאפשר פנייה במהירות גדולה יותר.

סוגי הרכב לתכן בצמתים של דרכים בין-עירוניות, הם אוטובוסים או רכב משא מורכב ומחובר, בהתאם למפורט בסעיף 3.4.4 בהנחיות אלה. בטבלה 5.1 מוצגות האפשרויות השונות לקביעת הרדיוס המזערי עבור שני סוגי הרכב לתכן, כתלות בזווית הפנייה בצומת. זוויות בין זרועות צומת הקטנות מ-75° או הגדולות מ-105° אינן רצויות, ומחייבות אמצעים גיאומטריים לשינוי הזווית, כמפורט בסעיף 3.6.5 לעיל.

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



השימוש בתכנון רדיוסים בפניות לבקרת התנועה בצומת (תאור סכמתי לצומת בין דרכים דו-נתיבות)

ציור 5.1

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

עבור פנייה ברדיוס מזערי לאוטובוס ניתן להסתפק בעקומים בעלי רדיוס אחיד. עבור רכב גדול יותר, יש להשתמש בעקומים מורכבים בעלי שלושה מרכזים, המאפשרים פנייה תוך הצמדות לשפת הכביש, ומניעת פלישת הרכב לנתיב הסמוך, או בעקום יחיד הנשען על לוכסן, תוך היסט מרכז המעגל, כמפורט בטבלה 5.1.

טבלה 5.1 אפשרויות לתכן שפות המיסעה לפנייה ימינה ללא אי-תנועה

עקום מורכב בלתי סימטרי		עקום מורכב סימטרי		עקום מעגלי הנישען על לוכסנים			עקום מעגלי ברדיוס יחיד רדיוס (מ')	סוג רכב לתכן	זווית הפנייה (*)
היסט (מ')	רדיוסים (מ')	היסט (מ')	רדיוסים (מ')	היסט (מ')	שיפוע לוכסן	רדיוס (מ')			
----	----	0.6	40-14-40	0.6	1:10	13.5	20.0	אוטובוס	75°
0.6-3.0	50-15-70	1.8	45-15-45	0.9	1:15	20.0	-----	מורכב/מחובר	
----	----	0.6	40-12-40	0.6	1:10	12.0	15.0	אוטובוס	90°
0.6-3.0	40-12-60	1.8	55-12-55	1.2	1:15	18.0	----	מורכב/מחובר	
----	----	1.0	30-10-30	0.9	1:10	11.0	13.0	אוטובוס	105°
0.6-3.0	50-12-65	2.4	55-14-55	1.2	1:15	17.0	----	מורכב/מחובר	

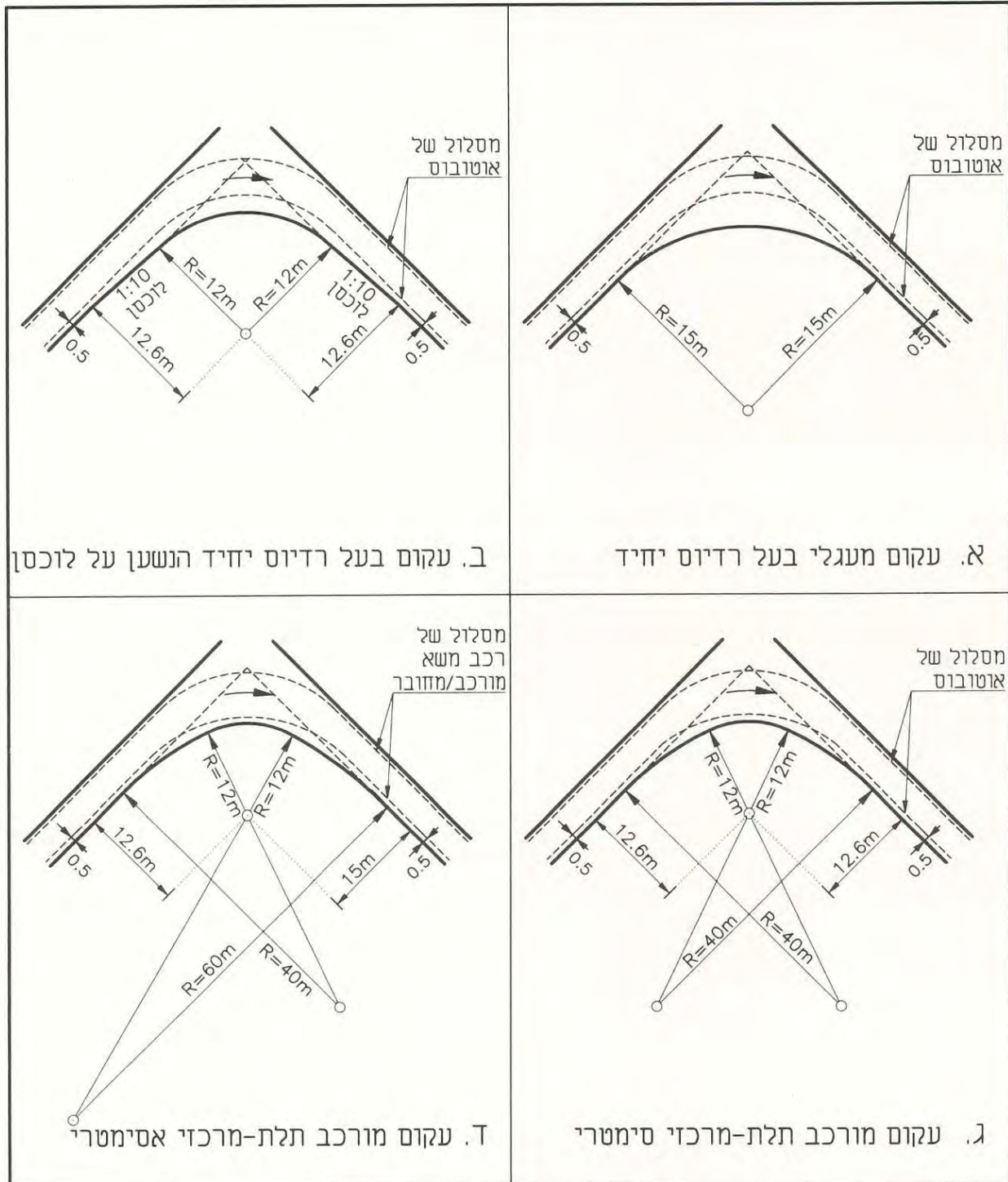
(*) הזווית המרכזית בין שני הרדיוסים החיצוניים של קשת הפנייה.

באפשרויות התכן בטבלה מבחינים בין שני סוגים של עקומים מורכבים תלת-מרכזיים: עקומים סימטריים (בעלי שני רדיוסים חיצוניים שווים ורדיוס קטן יותר באמצע), ועקומים בלתי-סימטריים (אסימטריים, בעלי שני רדיוסים חיצוניים שונים ורדיוס קטן באמצע). העקום הבלתי-סימטרי הוא המתאים ביותר ליצירת צורת שפת-דרך המתאימה לסיבוב המזערי של רכב מורכב, כך ששטח האספלט הבלתי מנוצל יהיה מזערי. לשם בניית עקום מורכב יש לציין, פרט לגודל הרדיוסים, את שיעור ההיסטים של מרכז העקום האמצעי ביחס למשיקי העקומים החיצוניים (שהם זהים בעקום סימטרי ושונים בעקום בלתי-סימטרי).

אם זווית הפנייה קטנה מ-90°, דרושים בדרך-כלל רדיוסים יותר גדולים, והשימוש בעקומים מורכבים מומלץ פחות. יש להימנע מזוויות שונות מ-90° באופן משמעותי, הן כי אז דרושים שטחי אספלט גדולים, והן משיקולים בטיחותיים (מגבלות ראות, מרחקי-פינוי גדולים וכו').

בזרוע שבמרכזה מוכנס אי-טיפה ללא אי-משולש, יבוצעו הפניות ימינה מזרוע זו ואליה על קשת הנשענת על לוכסנים, כדי לאפשר את הרחבת הזרוע לשם הכנסת אי-הטיפה, בהתאם לפרטי-התכן בסעיף 7.4 בהנחיות.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



אפשרויות לתכן שפת המיסעה לפנייה ניצבת ימינה ברדיוס מזערי ללא אי-תנועה

ציור 5.2

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

5.3 פנייה ימינה עם אי-תנועה

הגדלת רדיוס שפת המיסעה מעל למזערי בפנייה ומתן אי משולש, מאפשרים פנייה נפרדת ימינה (ציור 5.1). צורת תכן זו מאפשרת לכלי-הרכב לתכן לבצע את הפנייה במהירות 15-20 קמ"ש, מבלי לפלוש לנתיבים הסמוכים בכניסה לפנייה או ביציאה ממנה. רדיוס שפת המיסעה גדול דיו לאפשר לכלי-הרכב הפרטיים להגיע בעת הפנייה למהירויות של 25 קמ"ש.

השימוש ברדיוס שמעל למזערי עבור כלי-רכב גדולים מגדיל את שטח המיסעה בצומת, ולכן מאריך את מרחקי-החצייה של הולכי-הרגל. מסיבה זו, וכן לצורך שיפור ההתמצאות וההכוונה בצומת, יש להתקין אי-תנועה משולש בפניות ימינה. שטחו המזערי של אי זה יהיה 5.0 מטר רבוע, ומידתה המזערית של צלע תהיה 3.0 מטר (הנחיות מפורטות לגבי אי-תנועה ראה בפרק 7 להלן).

ההצדקים לתכן פנייה זו בצמתים לא מרומזרים מופיעים בטבלה 5.2. בצמתים מרומזרים יהיו הפניות ימינה נפרדות עם אי-תנועה משולש. ככלל, בצמתים בין-עירוניים, פנייה ימינה עם אי-תנועה, מחייבת יצירת נתיב-עזר ברוחב מלא לפני הפנייה, כדי להקטין את עוצמת הניגודים ולשפר את תפעול הצומת. לפרטי התכן הגיאומטרי של הנתיב ואופן הכניסה אליו, לרבות הצורך בנתיבי האטה והאצה, ראה סעיף 6.4 בהמשך ההנחיות.

בזרוע דו-סיטרית חד-מסלולית אליה נכנסים בעזרת אי-משולש לפנייה ימינה, חובה להתקין אי-מאורך בציר הכביש, במקביל ל"צל" של האי-המשולש, כמתואר בציור 5.3, כך שהאי-המאורך בולט מעבר לצלע המשולש, לכיוון המשך הדרך הדו-סיטרית. ראה הנחיות בנושא זה בסעיף 7.3.

טבלה 5.2 הצדק לתכן של פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש (צמתים לא מרומזרים)⁽¹⁾⁽⁶⁾

סיווג הדרך אליה נכנסים			סיווג הדרך ממנה יוצאים
מקומית וגישה ⁽⁴⁾	אזורית ⁽³⁾	ראשית ⁽²⁾	
כן	כן	כן	ראשית ואזורית דו-מסלוליות
רק באזור מישורי ⁽⁵⁾	כן	כן	ראשית ואזורית חד-מסלוליות
לא	לא	לא	מקומית וגישה ⁽⁴⁾

(1) במקרים שאינם מופיעים בטבלה זו, צפוי שהצומת יהיה מרומזר והפניות ימינה יהיו נפרדות.

(2) לרבות רחוב עורקי.

(3) לרבות רחוב מאסף.

(4) ליישוב כפרי.

(5) סיווג המאפיינים הטופוגרפיים מוגדר בטבלה מס' 2.2 בכרך I של הנחיות אלה.

(6) גם במקרים בהם אין הצדק לפנייה נפרדת משיקולי סיווג, תתכן פנייה כזו משיקולי עיכוב ורמת-שירות, כמפורט בפרק 11 בהנחיות.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

הפניות ימינה עם אי-תנועה משולש מיועדות לצמתים המתוכננים למעבר של כל סוגי הרכב לתכן, כך שהתכן המזערי לזווית נתונה יהיה יחיד. הכניסה והיציאה בפנייה יבוצעו תמיד מנתיבי-עזר שרוחבם גדל בקרבת אי-התנועה, כמתואר בציור 5.3, ולכן הצורה הגיאומטרית של שפת המיסעה בפנייה עם אי-תנועה תהייה עקום מעגלי ברדיוס יחיד, הנשען על שני לוכסנים בשני קצותיו.

בציור 5.3 מובאת דוגמא לתכן אופייני של פנייה ימינה עם אי-משולש.

נתוני תכן אופייניים לפנייה זו הם:

• שיפועים אופייניים ללכסן: 1:30 – 1:40 בכניסה לפנייה.

1:40 – 1:60 ביציאה מהפנייה.

השיפוע המדויק ייקבע בהתאם לאורך הדרוש לנתיב לפנייה ימינה ולצורתו, כמפורט בסעיף 6.4 בהנחיות.

• ערך מזערי לרדיוס הפנייה: 20 מטר בזוויות $90^\circ - 105^\circ$.

27 מטר בזווית 75° .

בצמתים מרומזרים רצוי להגדיל הרדיוס בפניות ניצבות ל-25 מטר, במידה שהגיאומטריה של הצומת מאפשרת.

• רוחב הפנייה בסמוך לאי: 6.0 מטר, מתוכם 5.5 מטר רוחב הכביש, ו-0.5 מטר צבוע (ד-14) צמוד לאי-המשולש.

נקודות ההשקה של שפת הקשת המעגלית הפנימית ללכסנים יהיו במקום בו רוחב נתיב הפנייה הגיע ל-4.5 מטר, כמתואר בציור 5.3.

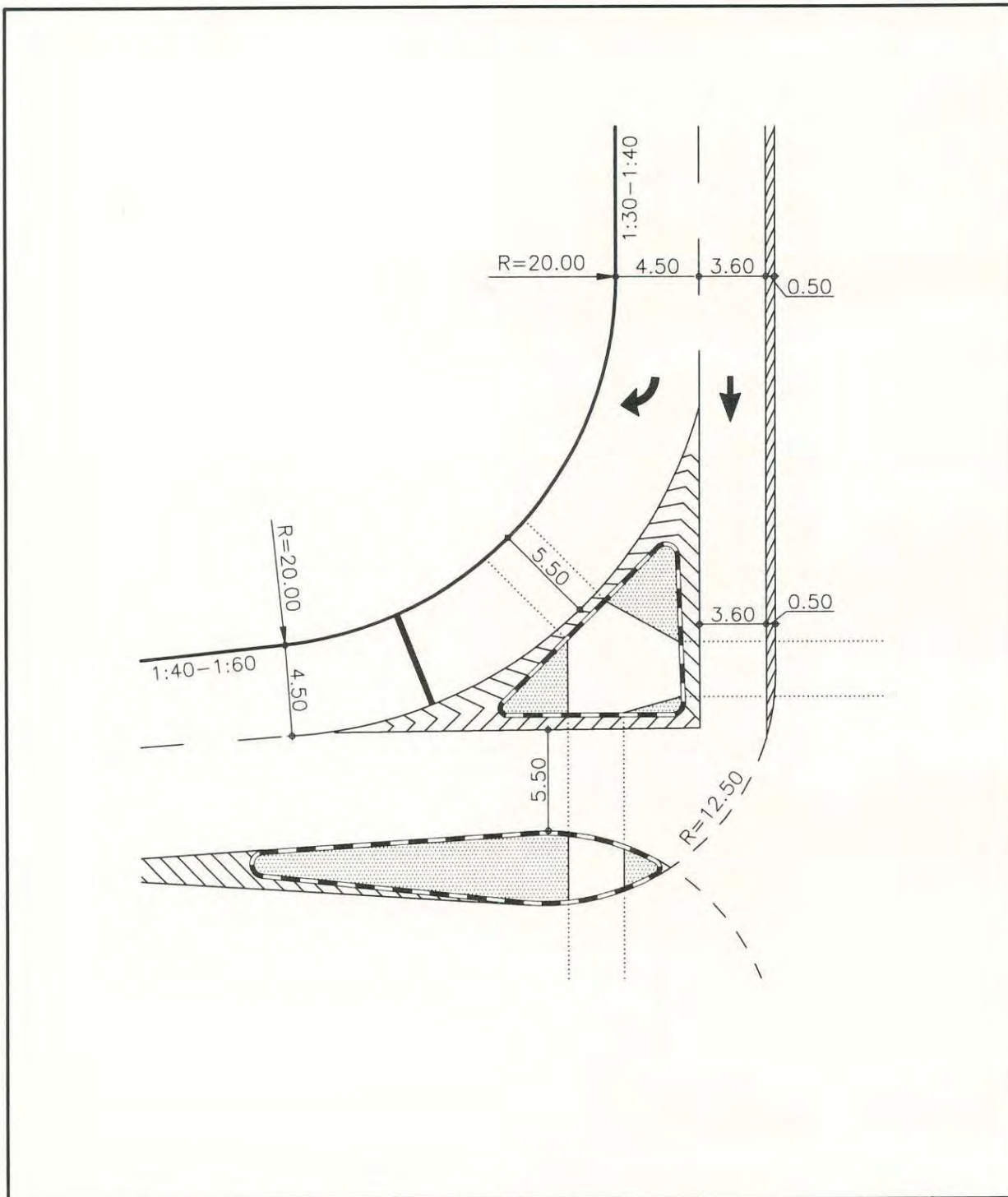
5.4 פניות מהירות ימינה (תפניות דרך)

5.4.1 כללי

פניות מהירות ימינה מבוצעות בעזרת תפניות דרך נפרדות, שנועדו לאפשר נהיגה בלתי מופרעת ככל האפשר לכלי-הרכב הפונים, ולהפחתת ניגודי ההיפרדות לפני הצומת, בין כלי-הרכב הפונים לממשיכים ישר. תפניות דרך מאופייניות במהירות נסיעה הגבוהה מן המהירויות המקובלות בפניות הבסיסיות עם אי-תנועה, שתוארו בסעיף 5.3. הפרדת התפנית מן הנתיבים המשכיים נעשית באמצעות אי-תנועה משולש, אשר מידותיו תלויות במהירות הפנייה ובאורך הדרוש לאכסון כלי-הרכב הממתינים בנתיב הסמוך לנתיב המשמש לפנייה ימינה, וגדולות מן המידות של אי-התנועה הדרוש לתכן הפנייה המוצגת בסעיף 5.3.

בניגוד לתכן פנייה ללא איים או עם אי מזערי, אשר נקבעים בהתאם למאפייני הסיבוב של כלי-הרכב לתכן, ללא שיקולים דינמיים נוספים, נעשה התכן של תפניות הדרך משיקולים דינמיים ובטיחותיים של

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



תכן אופייני לפנייה ניצבת ימינה עם אי-תנועה

ציור 5.3

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

שיווי משקל בעקום, בתלות במהירות הפנייה, בדומה לחישוב בעקומים אופקיים, כמפורט בסעיפים הבאים.

5.4.2 הצדקים להתקנת פניות מהירות ימינה

פניות אלה יבוצעו באותם צמתים בהם נדרשות מהירויות פנייה גבוהות מ-30 קמ"ש, וכאשר מוצדקת פנייה ימינה עם אי-תנועה, כמפורט בטבלה 5.2. בנוסף, צריך להתקיים הצדק נוסף, לפיו נפחי התנועה הפונים ימינה מצדיקים פנייה חופשית, ויחס נפח/קיבולת (V/C) בגישה לצומת בשעת השיא לתכן גדול מ-0.6 (ראה עקרונות החישוב לרמות-שירות בצמתים בפרק 11 בהנחיות).

גם ללא הצדקים ניתן לאפשר פניות מהירות, כאשר זרועות הצומת אינן נפגשות בזווית ישרה ומתאפשרת התקנה נוחה של תפנית דרך לפנייה ימינה.

5.4.3 אפשרויות לתכן תפנית הדרך

הצורות הגיאומטריות האפשריות ליציאה באמצעות תפניות דרך, הן:

- עקום מעגלי בעל רדיוס יחיד, המתאים למהירות הפנייה.
- עקום המורכב מעקום מעבר ומקשת מעגלית בפנייה.
- עקום המורכב ממספר קשתות מעגליות המשיקות זו לזו.
- עקום המורכב משתי קשתות מעגליות שביניהן עקום מעבר.
- עקום מעגלי (יחיד או מורכב), הנשען על לוכסן.

ציור 5.4 מציג דוגמא אופיינית לחמש האפשרויות לעיל עבור מהירות תכן של 50 קמ"ש. צורה א' אינה מומלצת, מאחר שהיא הפחות נוחה ופחות מתאימה להתנהגות הרכב בכניסה לעקום אופקי. בין שאר הצורות, אין הבדל משמעותי מבחינת התאמתן להתנהגות הדינמית של כלי-הרכב בפניות, והצורה המועדפת תיבחר על-ידי המתכנן משיקולי תכן וביצוע של התאמה לתנאי השטח, היכולת לפתח את מעברי השיפועים, אורכי ההאטה וההאצה הדרושים, וכדומה. תכן הצורות השונות מפורט בסעיפים 5.4.4 - 5.4.7. תכן תפניות הדרך ישולב בפתרון הנדסי שלם, הכולל נתיב מיוחד לפנייה ימינה, לרבות מרכיב להאטה, ונתיב האצה ביציאה מהפנייה, כמפורט בפרק 6 להלן, ומעברי השיפועים הדרושים, כמפורט בסעיף 9.3 בהמשך ההנחיות.

5.4.4 הרדיוס המזערי בתפניות דרך

הרדיוס הדרוש המזערי של שפת הכביש בעקום אופקי בתפנית דרך נקבע לפי ההגבהה הציידית המזערית למהירות התכן ולפי גורם החיכוך הצידי המתאים, בדומה לכללים המפורטים בסעיף 5.2.2 בדרך I של הנחיות אלה, לפי הקשר:

$$R_{\min} = \frac{V_d^2}{127(e + f)} \quad [5.1]$$

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- כאשר: R_{min} – הרדיוס המזערי של שפת הכביש הפנימית למהירות התכן (מטר).
 V_d – מהירות התכן לפנייה (קמ"ש).
 e – ההגבהה הצידיית המשוערת למהירות תכן זו, מטבלה 5.3 (בשבר עשרוני).
 f – גורם החיכוך הצידי למהירות תכן זו, מטבלה 5.3 (בשבר עשרוני).
 127 – המקדם הדרוש להמרת יחידות, ולרבות תאוצת הכובד.

בטבלה 5.3 מובאים פרמטרי התכן של תפניות דרך למהירויות התכן השונות. ערכי גורם החיכוך הצידי, אשר נלקחו בחשבון, גבוהים יותר מן הערכים המקובלים המשמשים לתכנון עקומים בקטעי הכבישים בין הצמתים עבור אותה מהירות התכן, מאחר שההתנהגות הצפויה של נהגים בעקומים בצמתים שונה מהתנהגותם בעקומים בקטעים חופשיים, מהסיבות הבאות:

- התימרור ושאר האמצעים לבקרת התנועה מזהירים את הנהג מפני השינוי הצפוי, ולכן מאפשרים שימוש בנתוני תכן פחות ליברליים.
- כתוצאה מהאמור בסעיף א', בעקומות בצמתים, להבדיל מעקומות בדרך רגילה, מוכנים הנהגים לשעורי חיכוך צידיים גדולים יותר, ונוסעים בפועל בתפנית בצומת במהירות גדולה יותר ביחס לרדיוס העקום, מאשר בעקום ברדיוס זהה בכביש שלא בצומת.
- נוכחות כלי-רכב נוספים, ופעולות ההיפרדות וההתמזגות הכרוכות בפנייה, גורמות להאטת הנסיעה בעקום בצומת, ביחס לעקום ברדיוס זהה בכביש פנוי.

5.4.5 הגבהות מומלצות בתפניות דרך

ההגבהות המצוינות בטבלה 5.3 הן ההגבהות המזעריות שניתן לתת, כך שיתאפשר לחזור בקלות לשיפוע הצידי הנורמלי לאורך מעבר השיפועים משני צידי הצומת. מאידך, אם בפועל ניתנת לבסוף הגבהה גבוהה יותר מאשר ההגבהה המזערית המתחייבת באותו רדיוס מזערי, הדבר יאפשר את הגדלת מהירות הנסיעה או לחלופין, הגדלת הבטיחות.

כאשר אורך תפנית הדרך מאפשר מתן מעברי שיפועים ארוכים יותר, רצוי להגדיל את ההגבהה הצידיית בתפנית הדרך, במיוחד בעקומות חדות בירידה. בטבלה 5.4 מובא פרוט של תחומי ההגבהה המומלצים לשימוש בתפניות דרך, כתלות במהירות התכן וברדיוס התפנית.

טבלה 5.3 ערכי תכן לפניות מהירות ימינה

מהירות התכן בפנייה (קמ"ש)*	30	40	50	60	70
ההגבהה המשוערת המזערית e	0.02	0.04	0.06	0.08	0.08
גורם החיכוך הצידי	0.27	0.23	0.20	0.17	0.16
רדיוס שפה מזערי R_{min} (מ')	25	45	75	115	160

* עבור מהירויות תכן גבוהות מ-70 קמ"ש יש להשתמש בערכי תכן לכביש חופשי, הנתונים בטבלאות 5.1 ו-5.2 בכרך I של הנחיות אלה.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 5.4 הגבהות מומלצות בתפניות דרך לפנייה ימינה*

מהירות התכן לפנייה (קמ"ש)						רדיוס שפת הפנייה (מ')
70	60	50	40	30	20	
---	---	---	---	---	0.02-0.08	15
---	---	---	---	0.02-0.08	0.02-0.07	25
---	---	---	0.04-0.08	0.02-0.08	0.02-0.05	50
---	---	0.06-0.08	0.03-0.08	0.02-0.06	0.02-0.04	70
---	0.08	0.05-0.08	0.03-0.06	0.02-0.04	0.02-0.03	100
0.08	0.06-0.08	0.04-0.07	0.03-0.05	0.02-0.03	0.02-0.03	150
0.07-0.08	0.05-0.07	0.03-0.05	0.02-0.04	0.02-0.03	0.02	200
0.05-0.06	0.04-0.05	0.03-0.04	0.02-0.03	0.02-0.03	0.02	300

* רצוי להשתמש בשיעור הגבהה המצוי בשליש או בחצי העליון של התחום הנתון. אם לא ניתן לפתח את מעברי השיפועים, יש להקטין את מהירות התכן לפנייה.

5.4.6 עקומי מעבר בתפניות דרך

כאשר שפת הדרך בכניסה לעקום המעגלי בתפנית הדרך מתוכננת ללא עקום מעבר (אי בציור 5.4), הנהגים יוצרים לעצמם עקום מעבר מתאים, תוך כדי מיקום רוחבי משתנה לאורך נתיב הפנייה. לכן, מועדף בתפניות שימוש בעקומי מעבר מסוג קלוטואידה, המוכנסים בין המשיק והקשת המעגלית (בי בציור 5.4), בהתאם לעקרונות שהוסברו בסעיף 5.5 בכרך I של הנחיות אלה.

שיעורי מקדם הנוחות בצמתים גדולים מאשר בדרך חופשית (דהיינו, קצב השינוי גדול יותר), מאחר שהנהגים מוכנים לכך.

אורך עקום המעבר מחושב באופן הבא:

$$L_s = \frac{V_d^3}{47 \times C \times R_c} \quad [5.2]$$

- כאשר: L_s – אורך עקום המעבר (מטר).
- V_d – מהירות התכן (קמ"ש).
- C – מקדם הנוחות (מ"שני³), מטבלה 5.5.
- R_c – רדיוס הקשת המעגלית בתפנית הדרך (מטר).
- 47 – מקדם ההמרה הדרוש להסדרת היחידות.

האורכים המתקבלים לעקומי מעבר המשיקים לקשת מעגלית ברדיוס המזערי מוצגים בטבלה 5.5. משך זמן הנסיעה המזערי בעקום המעבר כך שיהיה יעיל הוא שתי שניות, ולכן אורך עקום המעבר לא יפחת בשום מקרה מהערך המתאים לקריטריון זה, הנתון בטבלה 5.5.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 5.5 אורך מזערי לעקומי מעבר בצמתים

70	60	50	40	30	מהירות התכן בתפנית (קמ"ש)
160	115	75	45	25	רדיוס התפנית המזערי (מטר)
0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	מקדם הנוחות, C, (מ/שני ³)
39	33	28	22	17	אורך מזערי לעקום המעבר, לפי 2 שניות (מ')
60	45	35	25	20	האורך הדרוש לעקום המעבר כשהקשת המעגלית ברדיוס מזערי (מ')

עקומי מעבר יכולים להיות מנוצלים גם בעת מעבר בין קשתות עוקבות ברדיוסים שונים כמפורט בסעיף 5.4.7 להלן.

5.4.7 שימוש בעקומים מעגליים המורכבים ממספר רדיוסים

בנוסף לקלוטואידה, קיימות אפשרויות לתכן הכניסה לתפנית הדרך באמצעות שימוש בעקומים המורכבים ממספר קשתות עוקבות ברדיוסים שונים, כמתואר באפשרות ג' בציור 5.4. לשימוש במספר עקומים מעגליים המשיקים זה לזה יתרונות של פשטות, התאמה טובה למסלול הנסיעה של כלי-הרכב, ומעבר נוח יותר לנהג (ביחס לרדיוס פנייה יחיד) מקטע הכביש הישר לתוך הסיבוב. מומלץ לתכנן עקומים מורכבים בכל פעם שהדבר אפשרי, אולם, אם קיים הבדל ניכר בין הרדיוסים של העקום המעגלי המורכב, התוואי המתקבל נראה "שבור" או מאולץ, וגם אינו מתאים היטב למסלול נסיעת הרכב. המעבר מהקטע הישר לתוך הסיבוב יהיה נוח כאשר **היחס בין הרדיוסים של עקומים עוקבים יהיה 2 לכל היותר**, דבר המביא להפרש קטן בין המהירויות הממשיות המתאימות לרדיוסים האלה.

כאשר קיימת סדרה של עקומים מעגליים שרדיוסם הולך ויורד, אורך כל אחד מהם חייב להיות מספיק על-מנת לאפשר לנהגים האטה נאותה. אורכו של העקום החיצוני ייקבע כך, שתתאפשר האטה נוחה של הרכב המגיע מן הכביש הישר, בטרם יכנס לקשת השנייה בעקום המורכב. לצורך חישוב אורכו של העקום החיצוני נלקחה בחשבון תאוצת נוחות של 0.8 מ/שני² (3 קמ"ש/שנייה), כתאוצה מומלצת, ותאוצה של 1.4 מ/שני² (5 קמ"ש/שנייה) כתאוצה מירבית. אורכו של העקום החיצוני, בהנחה שיחס הרדיוסים בינו ובין העקום שאחריו הוא 2, מובא בטבלה 5.6.

כאשר רדיוס העקום החיצוני גדול מ-150 מ', ניתן להחליף עקום מעגלי זה בלוכסן (Taper), כמתואר באפשרות ה' בציור 5.4. אורך הלוכסן יהיה האורך הדרוש להאטת הרכב מן המהירות בכביש ישר למהירות בעקום המרכזי, תוך התחשבות בתאוצה נוחה של 1.0 מ/שני². (ראה הרחבה בסעיף 6.4 – "נתיבים מיוחדים לפנייה ימינה" בהמשך ההנחיות).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 5.6 אורך העקום החיצוני בעקום מורכב בהנחה שהיחס בין רדיוסים עוקבים הוא 1:2

מהירות תכן בעקום המרכזי (קמ"ש)	30	40	50
רדיוס העקום המרכזי (מ')	25	45	75
רדיוס העקום החיצוני (מ')	50	90	150
אורך מומלץ לעקום החיצוני (מ')	20	45	60
אורך מזערי לעקום החיצוני (מ')	15	30	45

כאשר היחס בין רדיוסי קשתות עוקבות בתפנית הדרך עולה על 2.0 (לעומת 1.5 בכביש פתוח), יש להכניס עקום מעבר בין שתי הקשתות המעגליות, כמתואר באפשרות ד' בציור 5.4. אורך עקום המעבר במקרה זה מחושב באמצעות נוסחת אורך העקום המעבר מסעיף 5.4.6 לעיל, כאשר הרדיוס הקובע הוא רדיוס שקול (R_e), המחושב כלהלן:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \quad (R_1 > R_2) \quad [5.3]$$

כאשר: R_e – הרדיוס השקול לחישוב אורך עקום מעבר בין שני מעגלים.
 R_1, R_2 – רדיוסי העקומים המעגליים מצדי עקום המעבר.

הערך של מקדם הנוחות המתאים לחישוב אורך עקום המעבר, במקרה זה, יתקבל על-ידי אינטרפולציה ליניארית מטבלה 5.5, לאחר קביעת הרדיוס השקול. כאשר עקום המעבר מצוי בין שתי קשתות מעגליות, אורכו המזערי הוא הארוך מבין 30 מטר, או 2 שניות נסיעה במהירות התכן.

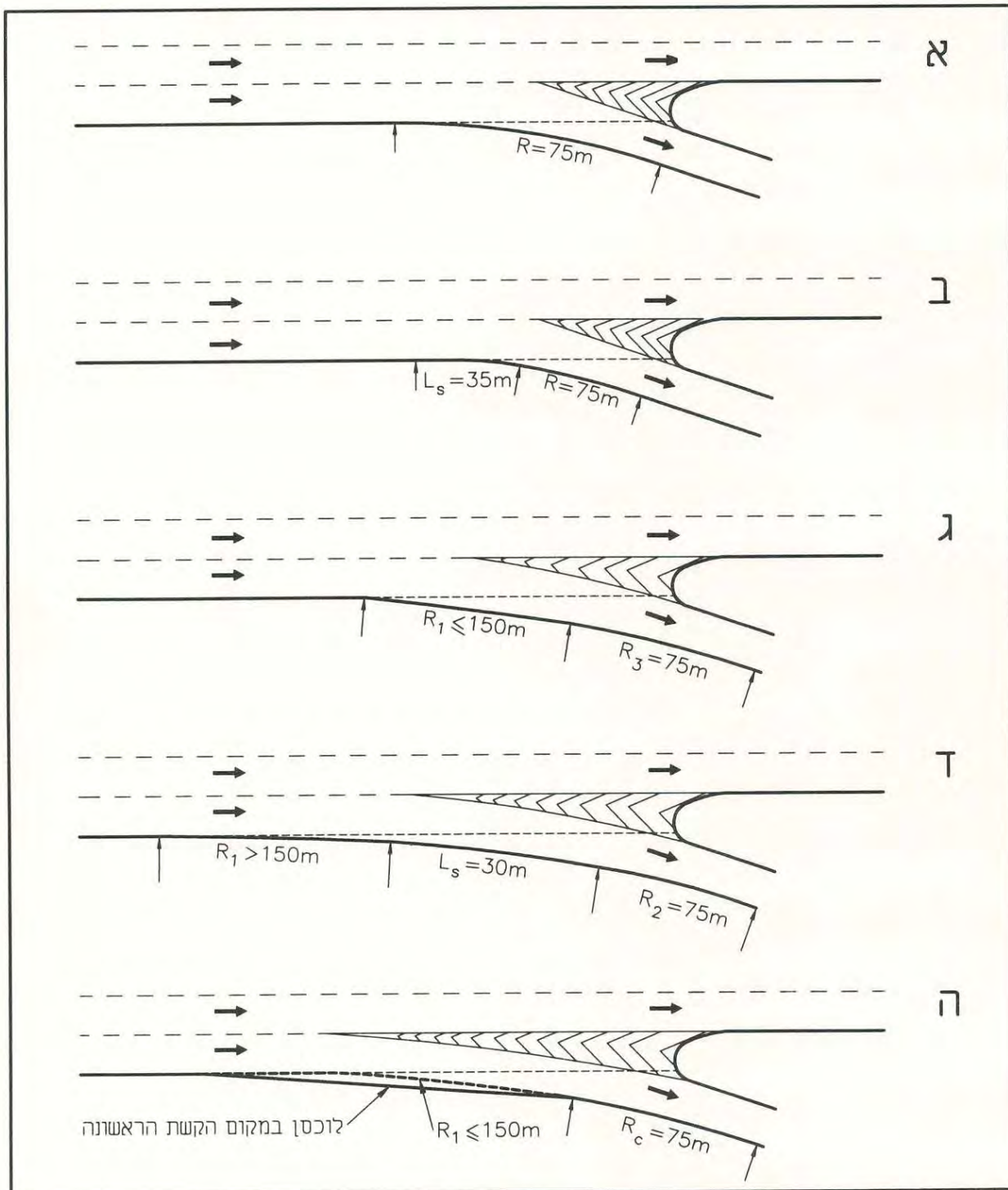
5.4.8 מעברי השיפועים בתפניות דרך

ביצוע מעברי השיפועים בתפניות דרך נועד לאפשר מעבר הדרגתי בין השיפוע הצידי הקיים בזרועות הצומת, לבין ההגבהה הציידית המירבית בתפנית הדרך, כפי שנקבעה בהתאם לכללים בסעיף 5.4.5 לעיל. מעבר השיפועים בתפניות דרך מתואר בפירוט בסעיף 9.3.2 בהמשך הנחיות אלה.

5.4.9 רוחב תפניות דרך

- הרוחב הדרוש לתפניות הדרך בצמתים תלוי בגורמים הבאים:
- רדיוס השפה הפנימית של תפנית הדרך.
 - סוג הרכב לתכן.
 - התנאים התפעוליים הנדרשים מתפנית הדרך.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



אפשרויות לתכן תפנית דרך לפנייה מהירה (דוגמה עבור לפנייה במהירות תכן של 50 קמ"ש)

ציור 5.4

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

הצורך בהגדרת דרישות תפעוליות נובע מכך שתפנית הדרך תחומה בין אי-תנועה מעברה האחד, לבין אבן-שפה או שוליים ברוחב חלקי בצידה האחר, המהווים מכשול פיזי לתנועת כלי-רכב מחוץ לנתיבים המוגדרים. קיימות שלוש חלופות לתפעול תפניות דרך:

- חלופה I – תפנית דרך חד-נתיבית, ללא אפשרות לעקיפת רכב תקוע.
- חלופה II – תפנית דרך חד-נתיבית, תוך מתן אפשרות לעקיפת רכב תקוע.
- חלופה III – תפנית דרך דו-נתיבית.

חלופה I מתאימה רק לצמתים לא-מרומזרים, לתפניות קצרות בצמתים של דרכים מקומיות או לתפניות בהן חזויה תנועה מועטה, בהן ההסתברות לקלקול רכב בתוך התפנית היא מועטה, וישנה אפשרות לביצוע הפנייה באופן אחר, תוך הפרעה זמנית לתנועה.

חלופה II מתאימה לכל שאר תפניות הדרך החד-נתיביות, בעיקר בנפחי תנועה בינוניים ומעלה.

חלופה III נדרשת בכל תפנית בה נפחי הפנייה מצדיקים תפעול בשני נתיבים מקבילים (בצמתים אפשרי רק כאשר הפנייה מרומזרת). חישוב הרוחב הדרוש מבוצע בשילוב מאפייני הרכב לתכן עם העקרונות המפורטים בסעיף 5.3 בכרך I של הנחיות אלה. התוצאות מפורטות בטבלה 5.7. הערכים מתאימים לתפניות דרך התחומות באבני-שפה משופעות, שניתן לעלות עליהן במקרים חריגים, וניתנות התאמות במקרים אחרים.

בחלופות החד-נתיביות (I ו-II), כאשר רוחב התפנית הדרוש עולה על 5.5 מ', יש למלא את הפרש הרוחב העולה על 5.5 מ', עד לאבן השפה של האי הבנוי, בסימון צבע ד-14, למניעת פנייה של שני כלי-רכב במקביל.

רוחב השוליים הדרוש בתפניות דרך מפורט בטבלה 5.8.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 5.7 הרוחב הדרוש בתפניות דרך בצמתים (מ')

חלופת התפעול ⁽¹⁾						רדיוס השפה הפנימית (מ')
חלופה III תפנית דרך דו-נתיבית		חלופה II תפנית דרך חד-נתיבית, תוך מתן אפשרות לעקיפת רכב תקוע		חלופה I תפנית דרך חד-נתיבית, ללא אפשרות לעקיפת רכב תקוע		
הרכב לתכנן						
מס' מורכב/מחובר	אוטובוס	מס' מורכב/מחובר	אוטובוס	מס' מורכב/מחובר	אוטובוס	
12.8	10.7	8.8	7.5	7.0	5.5	15
11.3	10.0	8.2	7.0	5.8	5.2	25
10.7	9.5	7.5	6.7	5.5	5.0	30
10.0	9.0	7.2	6.5	5.2	5.0	45
9.5	8.8	7.0	6.5	5.0	5.0	60
9.0	8.5	6.7	6.0	5.0	4.5	90
8.8	8.5	6.7	6.0	5.0	4.5	120
8.8	8.5	6.7	6.0	4.5	4.5	150
8.2	8.2	6.5	5.8	4.5	4.5	>150
הגדלת רוחב התפנית עבור אבן-שפה ניצבת						
הוסף 0.3 מ'		-----		הוסף 0.3 מ'		מצד אחד
הוסף 0.6 מ'		הוסף 0.3 מ'		הוסף 0.6 מ'		בשני הצדדים
הפחתת רוחב התפנית עבור שוליים מיוצבים						
הפחת 0.6 מ' כשרוחב השול 1.2 מ' ומעלה		הפחת כרוחב השול, עד לרוחב הדרוש לפי חלופה I		ראה הערה (2)		בכל צד

- (1) הערכים הבסיסיים בטבלה מתאימים לפנייה התחומה באבני-שפה משופעות משני צידיה.
 (2) ברדיוסים העולים על 150 מ' ניתן להפחית רוחב התפנית ל-3.6 מ', כאשר רוחב השול 1.2 מ' ומעלה.

טבלה 5.8 רוחב השוליים בתפנית דרך (מ')

שול ימני ושמאלי	
1.2	תפנית קצרה ופנייה מעל למזערית עם אי
1.8	תפנית בינונית או ארוכה וכן תפנית במילוי או בחפירה בגובה העולה על 0.5 מ'

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 6

ניתוב באזור הצומת: נתיבים המשכיים ונתיבי עזר

תוכן עניינים

6-1	..... כללי	6.1
6-2	..... נתיבים המשכיים ונוספים באזור הצומת	6.2
6-2	..... כללי	6.2.1
6-2	..... ניתוב בצמתים לא מרומזרים	6.2.2
6-3	..... ניתוב בצמתים מרומזרים	6.2.3
6-7	..... דירוג הנתיבים המיוחדים לפניות ימינה ושמאלה	6.2.4
6-7	..... נתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה	6.3
6-7	..... יעדים והצדקים	6.3.1
6-9	..... תכן הלוכסן	6.3.2
6-9	..... אורך ההאטה	6.3.3
6-12	..... אורך האחסנה	6.3.4
6-15	..... האורך הכולל של הנתיב	6.3.5
6-15	..... אופן יצירת הנתיב	6.3.6
6-18	..... נתיבים מיוחדים לפנייה ימינה	6.4
6-18	..... יעדים והצדקים	6.4.1
6-21	..... התכן הגיאומטרי של הנתיב	6.4.2
6-22	..... חישוב האורך של הנתיב	6.4.3
6-22	..... נתיבי האצה אחרי פנייה ימינה	6.5
6-22	..... יעדים והצדקים	6.5.1
6-24	..... צורות הנתיב	6.5.2
6-25	..... אורך ההאצה	6.5.3
6-25	..... נתיב האצה לאחור פנייה שמאלה	6.6

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 6

ניתוב באזור הצומת – נתיבים המשכיים ונתיבי עזר

6.1 כללי

לניתוב הצומת השפעה ישירה על קיבולת הצומת ועל בטיחות התנועה בו. התכן הנכון צריך ליישב את הסתירה בין הרצון לספק קיבולת (אשר מצריך הגדלה של מספר הנתיבים והגדלת מהירות הפינוי של הצומת), לבין הרצון לספק בטיחות (אשר מצריך צמצום מספר הנתיבים בתחום הצומת והפחתת מהירות הנסיעה).

הנתיבים המשכיים בצומת הם נתיבים המיועדים לנסיעה ישר, והם בעלי המשך רציף בתוך הצומת. **נתיבי-העזר** הם נתיבים המתווספים לכביש באזור הצומת, מעבר למספר הבסיסי של הנתיבים המשכיים העוברים באותו כביש. מטרתם של נתיבי-העזר היא להוציא מן הנתיבים המשכיים את אותן התנועות היוצרות ניגודים עם התנועה הממשיכה ישר, ובדרך זו לצמצם את מספר הניגודים בצומת ולהקטין את עצמתם, באמצעות הפחתת המהירות היחסית שלהם. נתיבי-העזר משמשים לפעולות הפנייה ולשינויי המהירות המתחייבים, דהיינו ההאטה לפני הפנייה וההאצה אחרי הפנייה, וכן לאחסנת כלי-הרכב הפונים בעת ההמתנה לביצוע הפנייה.

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

פרק זה עוסק בנתיבים המשכיים (סעיף 6.2) ובנתיבי העזר הבאים:

- נתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה, הכוללים מרכיב האטה (סעיף 6.3).
- נתיבים מיוחדים לפנייה ימינה, הכוללים מרכיב האטה (סעיף 6.4).
- נתיבי האצה לאחר פנייה ימינה (סעיף 6.5).
- נתיבי האצה לאחר פנייה שמאלה (סעיף 6.6).

בסעיפים הבאים מפורטים ההצדקים להתקנת כל אחד מסוגי נתיבים אלה, ופרטי התכן העקרוניים שלהם. חשוב לציין, שההצדקים ופרטי התכן בפרק זה מיועדים הן לתכן צמתים בדרכים חדשות, והן לצמתים חדשים בדרכים קיימות, בהתאם לשיקולי התכן וסיווג הדרכים הנפגשות, כמפורט בסעיף 3.5 בהנחיות אלה (זאת, לעומת שיפורים בצמתים קיימים, המבוססים גם על נתונים ופרמטרים תפעוליים ובטיחותיים שנמדדו בפועל).

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

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

גם, כי תוספת נתיבי-העזר מגדילה את שטח הצומת הכולל ואת עלות ביצועו. בנוסף, מקשה הגדלת השטח על הולכי-הרגל, ולכן יש לדאוג להסדרי חצייה להולכי-רגל, בצמתים בהם צפויה פעילות זו, במסגרת הסדרי הניתוב הכולל.

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

לפני תכן הנתיבים המשכיים ונתיבי-העזר יש לבדוק את ההצדק לרימזור הצומת, בהתאם להנחיות לתכנון רמזורים של המפקח על התעבורה, מאחר שהכללים למתן נתיבי-העזר ופרטי התכן הגיאומטרי שלהם מתבססים על ההחלטה ביחס לרימזור הצומת, כמפורט בסעיף 6.2 להלן.

6.2 נתיבים המשכיים ונוספים באזור הצומת

6.2.1 כללי

הבסיס לקביעת הניתוב בצומת הוא מספר הנתיבים המשכיים, כהגדרתם בסעיף 6.1 לעיל. **מספר הנתיבים המשכיים בתוך הצומת לא יפחת ממספר הנתיבים הקיים בקטע הכביש לפני הצומת** (כדי למנוע ניגודי התמזגות בכניסה אל הצומת).

יש להבדיל בין ניתובו של צומת מרומזר לבין ניתובו של צומת שאינו מרומזר: בצומת מרומזר, קיים צורך להוסיף נתיבים כדי להבטיח את הקיבולת הנדרשת – ראה להלן סעיף 6.2.3; ואילו בצומת שאינו מרומזר, השיקול הבטיחותי מכתוב למתכנן לא להוסיף נתיבים מעבר לאלה המומלצים על-פי ההנחיות, והמאפשרים תפעול בטיחותי של הצומת בהתאם לאמצעי הבקרה והתימורר המוצבים בו – ראה סעיף 6.2.2 להלן.

6.2.2 ניתוב בצמתים לא מרומזרים

בציור 6.1 מוצגות האפשרויות הסכמתיות לניתוב בזרועות של צמתים לא-מרומזרים, בהתאם לעקרונות המוצגים בפרק זה. (האפשרויות המוצגות כוללות הצטלבות, אך יש לציין כי הצטלבות לא-מרומזרת אינה רצויה, כמפורט בסעיף 3.6.2):

- **בציר הראשי**, מספר הנתיבים המשכיים בצומת יהיה שווה למספר הנתיבים בקטע הכביש לפני מבואות הצומת, ונתיבים מיוחדים לפניות יינתנו בכל פעם שקיים ההצדק לכך (ראה סעיפים 6.3 ו-6.4).
- **בציר המשני**, יינתן בהצטלבות נתיב המשכי אחד בלבד (בהסתעפות – לא יותר מנתיב אחד לפנייה שמאלה), וזאת בכדי למנוע מכלי-הרכב החוצים להסתיר זה לזה את שדה הראייה הדרוש לאחד הצדדים.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

הניתוב בצמתים שאינם מרומזרים, ייעשה גם בהתאם לעקרונות הבאים:

- לא יינתן יותר מנתיב אחד לפניות שמאלה או ימינה.
- רוחב הנתיבים ההמשכיים בקטע הישר בתחומי צומת לא מרומזר, לא יפחת מרוחב הנתיבים בזרוע הכביש לפני הצומת (ראה פרק 7 בכרך I של הנחיות אלה).

בציור 6.2 יש דוגמא עקרונית לניתוב בהסתעפות שאינה מרומזרת, בין ציר ראשי דו-מסלולי לציר משני דו-נתיבי.

6.2.3 ניתוב בצמתים מרומזרים

לקביעת הניתוב בצומת מרומזר השפעה מכרעת על תכן הרימזור ותפעולו, ולכן, קביעת הניתוב היא חלק בלתי נפרד מתכנון הרימזור. מספר הנתיבים ההמשכיים במבואות הצומת המרומזר יכול להיות גדול ממספר הנתיבים הבסיסי בכביש המוביל לצומת. במבואות הצומת מתווספים גם נתיבים מיוחדים לפניות ימינה ושמאלה.

הגדלת מספר הנתיבים בגישה לצומת מעלה את זרימת הרוויה, ועל-ידי כך את כושר ההעברה של הצומת, אולם אין להגדיל את מספר הנתיבים מעבר למספר מסוים: כאשר בדרכים המגיעות לצומת, המסלולים הם בעלי 2 נתיבים, לא רצוי בדרך כלל להרחיב את הגישה לצומת מעבר ל-3 נתיבים לנסיעה ישר ו-2 לפנייה שמאלה. כאשר הדרך המתקרבת לצומת היא חד-מסלולית, אין להגדיל את מספר הנתיבים המיועדים לתנועה הממשיכה ישר מעבר ל-2, וכן נתיב אחד לפנייה שמאלה.

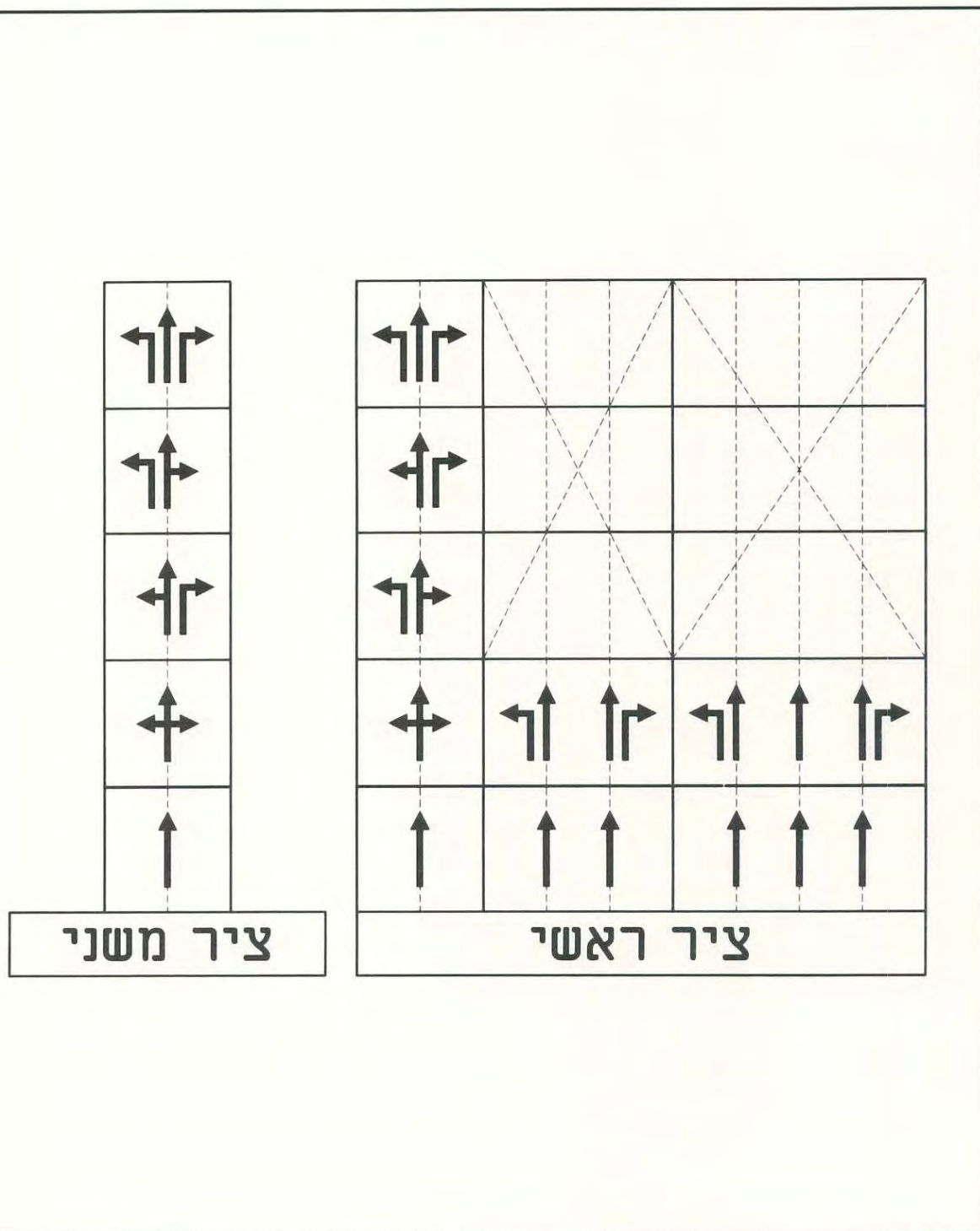
הסיבות להגבלה זו נובעות בעיקרן עקב הגידול בזמן הבינירוק, הגידול באורך מעברי החצייה ובעיות של התמזגות התנועה בהמשך הדרך. רצוי להסתפק במספר קטן ככל האפשר של נתיבים במבואות הצומת, גם בגלל אי-הנוחות בנהיגה וקשיי התמצאות בצמתים בעלי שטח גדול.

בכל מקרה של הוספת נתיב המשכי לקראת הצומת או הפחתתו אחריה, הנתיב שייקטע או יתווסף עקב השינוי יהיה הנתיב הימני ביותר (כמתואר בציור 6.3), כדי לא לקטוע נתיבים המיועדים לתנועת כלי-הרכב המהירים או המצויים בשלב עקיפה. אם קיימים בחלק מהזרועות נתיבי "ס" בגישה לצומת, יש להתייחס אליהם בתכנון כאל נתיבים המשכיים הנוספים לנתיבים האחרים.

הגדלת מספר הנתיבים ההמשכיים בתוך הצומת מחייבת את המשכתם לאחר הצומת למרחק l , השווה למרחק הנסיעה במשך 2 שניות במהירות התכן, כמתואר בציור 6.3. לאחר מכן ניתן להצר את הנתיב הימני של המיסעה בשיפוע של $1:V_d/2$, כאשר V_d היא מהירות התכן של הזרוע, בקמ"ש. ההרחבה לצורך תוספת הנתיבים לפני הצומת, תבוצע באופן דומה, כאשר מקום ביצועה תלוי באורך האחסנה הנדרש בצומת. באופן זה נשמרת המשכיות הנתיבים לאחר הצומת, כדי לקלוט את זרימת התנועה היוצאת ולאפשר את ביצוע ההתמזגויות הנדרשות לאחר הצומת.

בצומת מרומזר ניתן להקטין את רוחב הנתיבים בגישה לצומת עד 3.30 מ' לנתיב, ללא פגיעה בזרימת הרוויה הממוצעת לנתיב. הקטנת הרוחב עשויה לאפשר תוספת נתיבים במסגרת זכות-דרך מוגבלת.

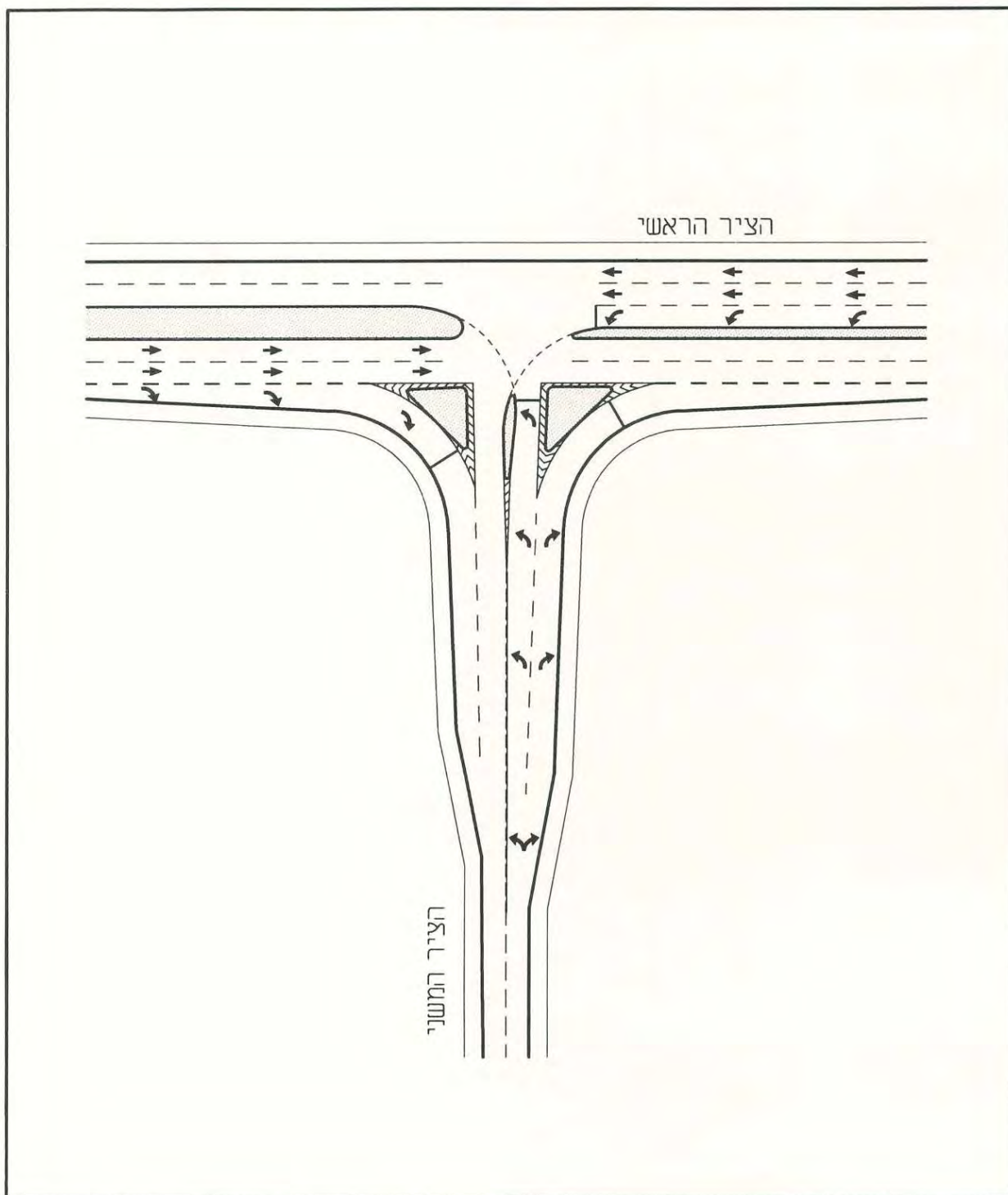
הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



אפשרויות הניתוב בצמתים לא מרומזרים

ציור 6.1

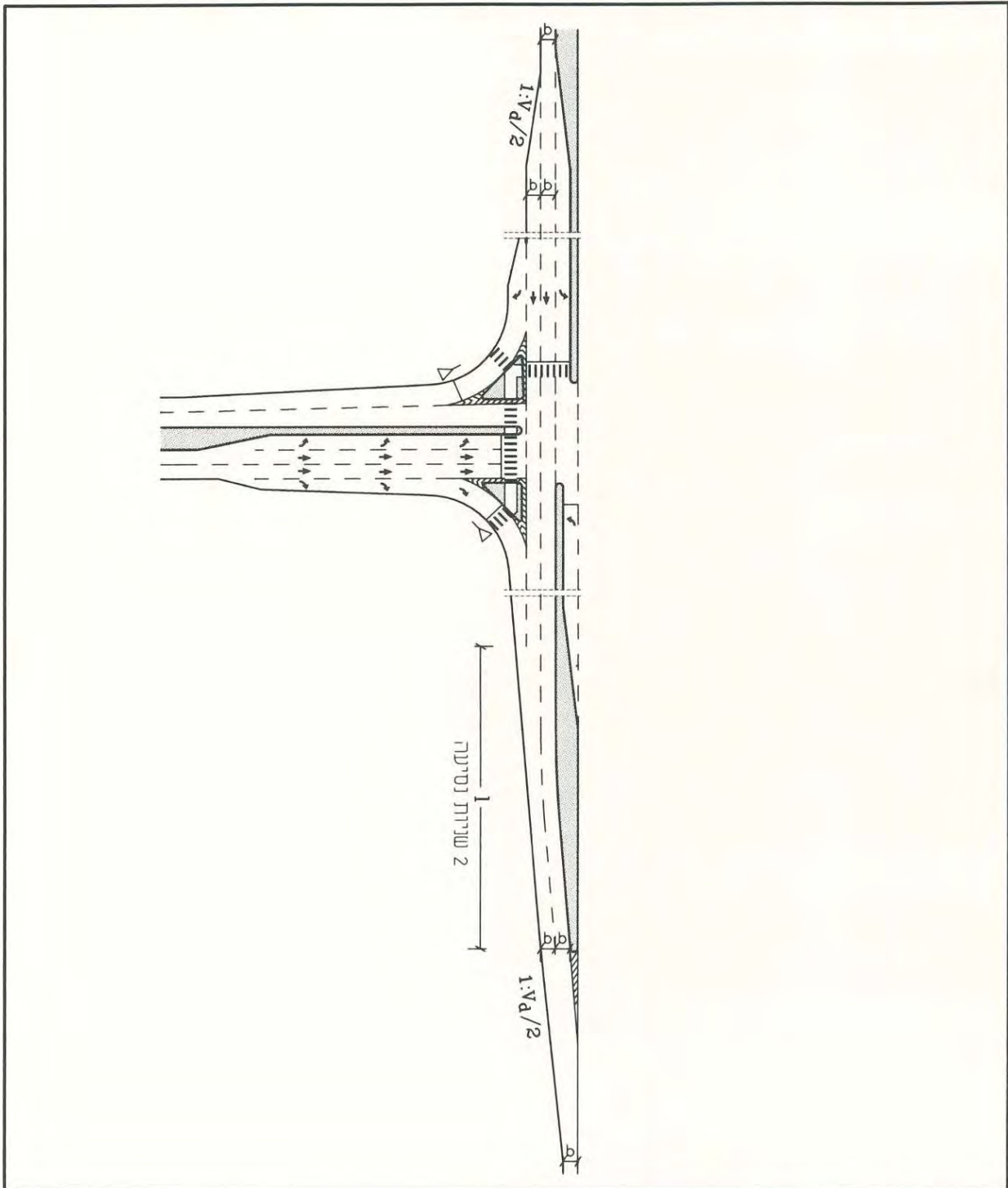
הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



דוגמא עקרונית לניתוב ציר ראשי וציר משני בהסתעפות לא מרומזרת

ציור 6.2

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



אופן תוספת והפחתת נתיב המשכי במבואות צומת מרומזר

ציור 6.3

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

6.2.4 דירוג הנתיבים המיוחדים לפניות ימינה ושמאלה

כדי לא להקשות על התמצאות הנהג בעקבות הרחבה פתאומית של המיסעה בהתקרבות לצומת, יש לדרג את נקודות ההתחלה של הלוכסנים לנתיבים המיוחדים לפניות ימינה ושמאלה באופן, שלוכסן הכניסה לנתיב הקצר יותר (בדרך-כלל לפנייה ימינה) יתחיל רק מנקודת הסיום של לוכסן הכניסה לנתיב הארוך יותר (בדרך-כלל לפנייה שמאלה), כך שלא יפותחו שני לוכסנים במקביל זה מול זה. חישוב אורך הנתיבים והתכן שלהם מוסברים בסעיפים 6.3 ו-6.4 להלן.

6.3 נתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה

6.3.1 יעדים והצדקים

הנתיבים המיוחדים לפנייה שמאלה משמשים את כלי-הרכב המתכוונים לפנות שמאלה, בטרם היכנסם לצומת. בציר הראשי מאפשרים הנתיבים לפנייה שמאלה לכלי-הרכב הפונים, להאיט מחוץ לנתיב הנסיעה של הממשיכים ישר, ומבטיחים את איחסונם באמצע הכביש בעת ההמתנה לפער מתאים בתנועה הבאה ממול. נתיבים אלה מאפשרים זרימה בלתי מופרעת של התנועה הממשיכה ישר, ומפחיתים את הסיכון לתאונות "חזית-אחור" בצומת. סיכון זה גדול במיוחד בדרכים דו-מסלוליות, בהן ההאטה לצורך הפנייה נעשית מתוך הנתיב השמאלי ("מהיר"), בכיוון הנסיעה בציר הראשי. בציר המשני כל המתקרבים חייבים להאיט, ולכן הנתיב לפנייה שמאלה משמש בעיקר לאחסנת תור הממתינים לפנייה שמאלה.

נתיב מיוחד לפנייה שמאלה יותקן במקרים הבאים:

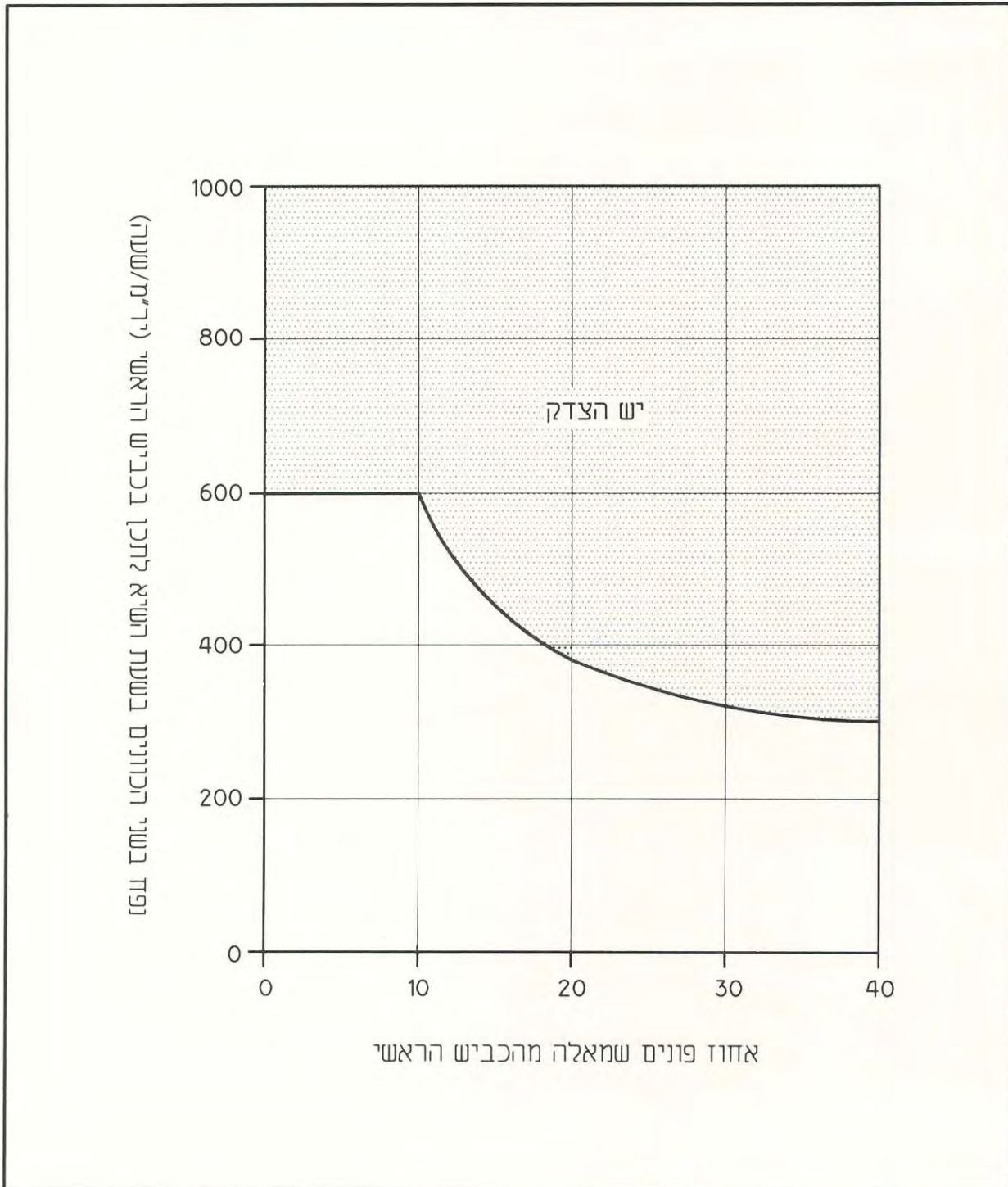
א. בצמתים לא מרומזרים

1) בציר הראשי:

- (א) בדרך ראשית – תמיד.
- (ב) בדרך אזורית דו-מסלולית – תמיד.
- (ג) בדרכים אזוריות ומקומיות חד-מסלוליות – לפי קו ההצדק בצויר 6.4. על-פי הצויר, יש הצדק להתקנת הנתיב לפנייה שמאלה, כאשר הנקודה המתקבלת משילוב הנפח הכולל בציר הראשי בשעת השיא ביר"מ עם אחוז הפונים שמאלה מכיוון זה, מצוייה מעל לקו ההצדקים.

- 2) בציר המשני: הנתיב לפנייה שמאלה ינתן משיקולים תפעוליים של אורך תור, עיכוב ורמת שירות, כתוצאה מחישוב השפעת השיפורים המתקבלים עקב התקנת הנתיב. חישובים אלה יוסברו במפורט בפרק 11 להלן. (מן הראוי לציין, כי כאשר הציר המשני דו-מסלולי, צפוי להתקיים הצדק לרימזור הצומת, ולכן הניתוב יהיה כמפורט בסעיף ב' להלן).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



הצדקים לנתיב מיוחד לפנייה שמאלה בצמתים לא מרומזרים בדרכים אזוריות ומקומיות דו-נתיביות

ציור 6.4

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ב. בצמתים מרומזרים

1) **בציר הראשי** – תמיד.

2) **בציר המשני** – רצוי להסדיר נתיב מיוחד לפנייה שמאלה. בכל מקרה בו הפנייה מופעלת במופע מיוחד השונה מהמופע לתנועה הישרה, יש הכרח בנתיב מיוחד לאותה פנייה.

לפניות מרומזרות שמאלה ניתן להקצות מספר נתיבים הגדול מאחד, אך רק בתנאי שמספר הנתיבים במסלול אליו פונים אינו קטן ממספר הנתיבים בפנייה. לפירוט ביחס לביצוע פניות כאלה, ראה סעיף 7.4.5 בהמשך ההנחיות.

הנתיב לפנייה שמאלה מורכב משני מרכיבים גיאומטריים עיקריים, כמפורט בצירור 6.5:

א. לוכסן, המשמש לכניסת הרכב לנתיב המיוחד.

ב. קטע מקביל, המשמש כנתיב להאטה, ולאחסנת טור כללי-הרכב הממתינים לפנייה שמאלה.

תכן הלוכסן יפורט בסעיף 6.3.2 להלן. אורך הקטע המקביל ופרטי התכן שלו יפורטו בסעיפים 6.3.3 - 6.3.5 להלן.

6.3.2 תכן הלוכסן

א. שיפוע היסט הלוכסן יהיה:

1) **בציר הראשי** – $1:V/4$, כמתואר בצירור 6.5, כאשר 'V' היא מהירות ההתקרבות של הרכב הפונה לצומת, בקמ"ש, השווה למהירות הממשית בדרך (הקשר בין המהירויות נתון בטבלה 6.1).

2) **בציר המשני** – מהירות ההתקרבות אינה עולה על 40 קמ"ש, ולכן שיפוע היסט הלוכסן יהיה 1:10.

ב. **אורך הלוכסן** ייקבע בהתאם לשיפוע ההיסט שלו, ויחושב לפי רוחב נתיב לפנייה שמאלה, השווה לרוחב הרגיל של נתיב בגישה לצומת מאותו כיוון.

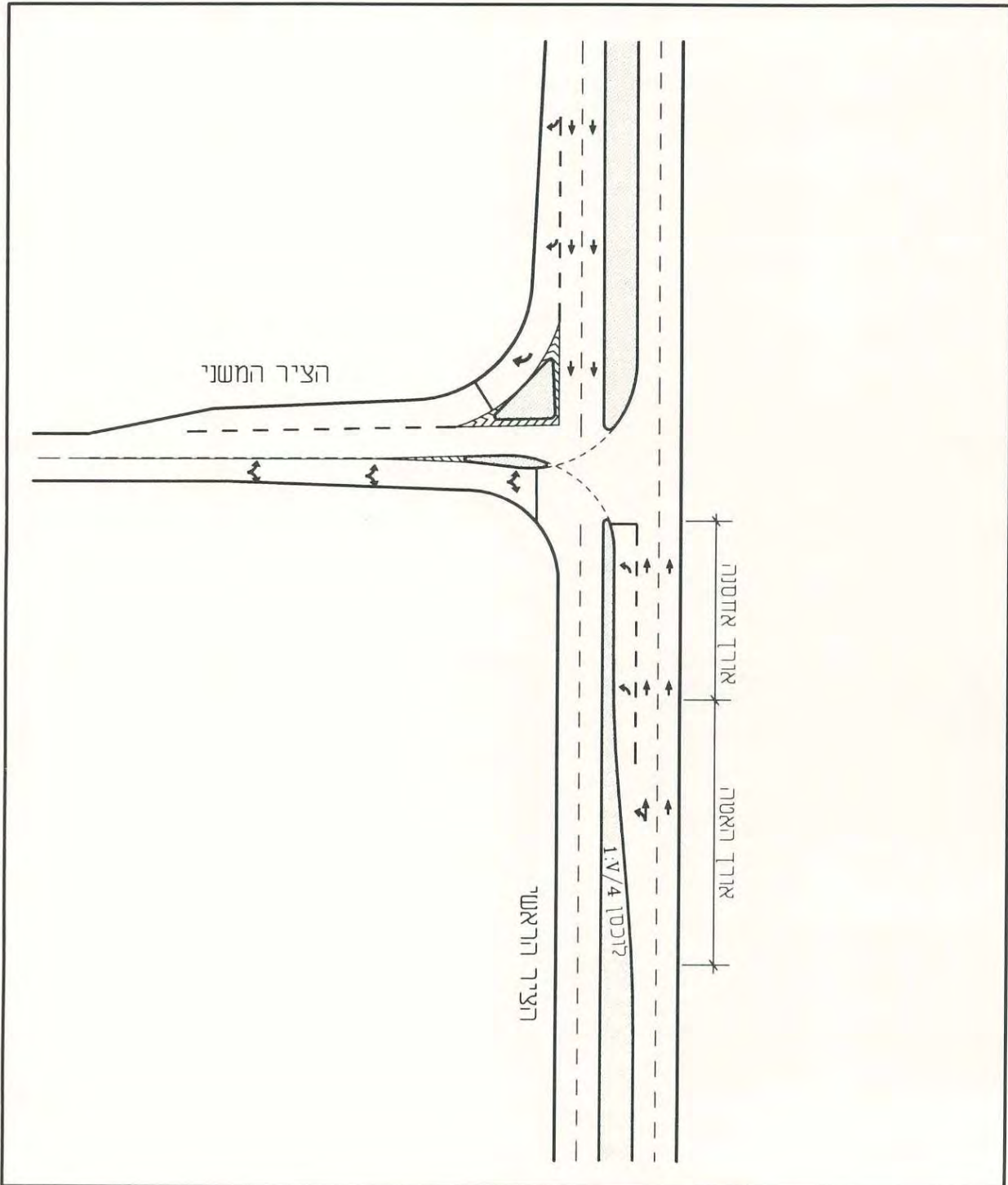
צורת הלוכסן תותאם למסלול הנסיעה של נהגים בנתיב המיועד לפנייה שמאלה, בעזרת שימוש בשני עקומים סימטריים בכיוונים מנוגדים, כמתואר בצירור 6.6.

6.3.3 אורך ההאטה

מאחר שבציר הראשי משמש הנתיב לפנייה שמאלה הן כנתיב האטה לכלי-הרכב המתכוונים לפנות שמאלה, והן לאחסנת תור כללי-הרכב הממתינים לפנייה, על המתכנן לוודא, שאורך הנתיב שיחושב כמפורט להלן, יהווה את סכום האורכים הדרושים לשני התפקידים.

האורך הדרוש להאטה לפני הפנייה שמאלה יחושב כך, שיאפשר לנהג הפונה לעצור בסוף התור הממתין לפנייה שמאלה, ובהתאם להנחות הבאות:

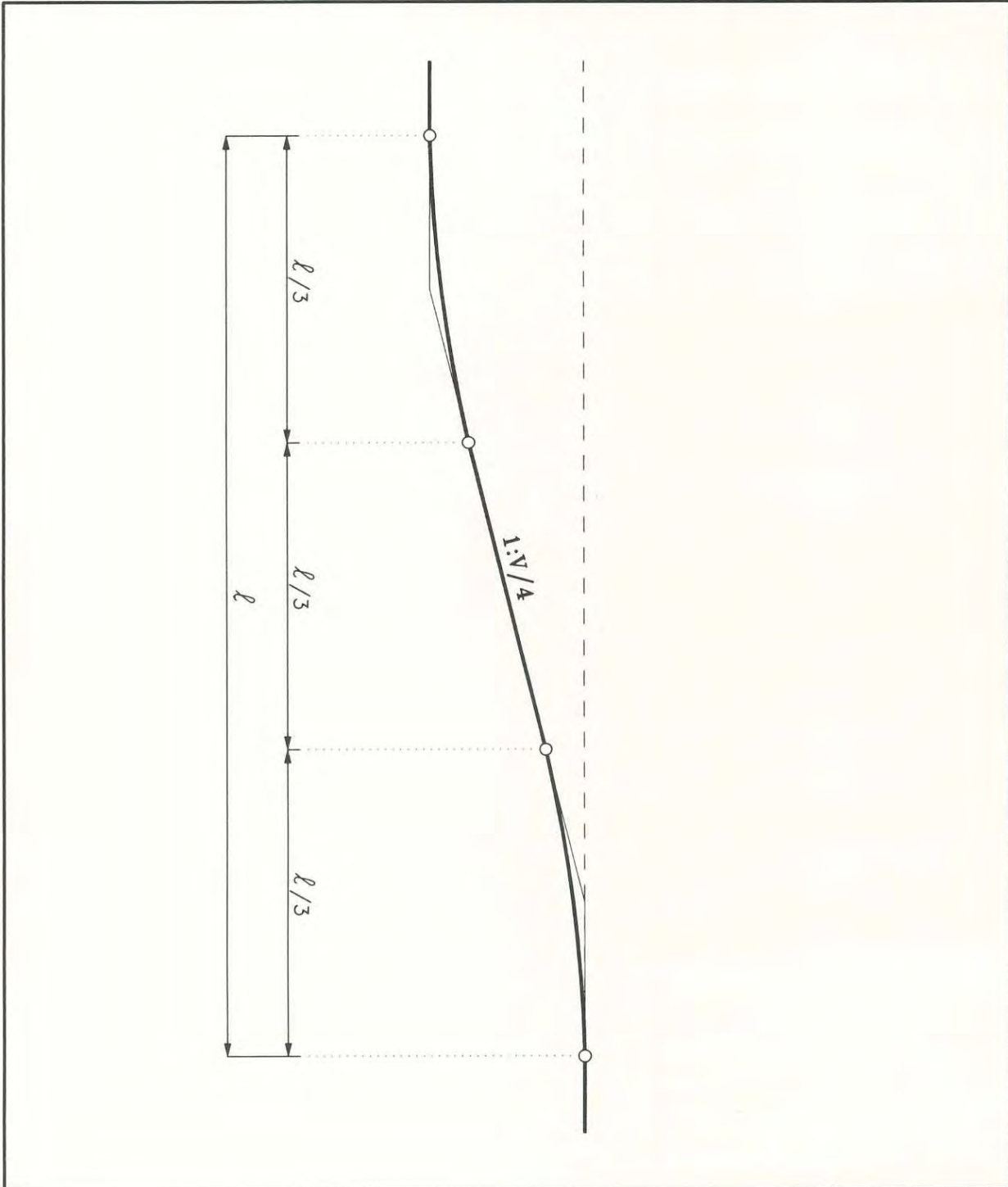
הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



נתיב מיוחד לפנייה שמאלה בציר הראשי בדרך דו-מסלולית

ציור 6.5

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



הסדרת הלוכסן בנתיב המיוחד לפנייה שמאלה

ציור 6.6

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- הנהג הפונה יוצא מהדרך במהירות הממשית (השווה לכ-85% ממהירות התכן של הדרך, ונתונה בטבלה 6.1).
- בכניסה ללוכסן מתחילה האטה בהילוך בשיעור 1.0 מ/שנ² במשך 3 שניות. לאחר מכן, נמשכת ההאטה בבלימה בשיעור של 2.5 מ/שנ², עד לעצירה בסוף התור (תאונות המקובלות על 85% מהנהגים).
- בירידה תלולה מ-2.5% נדרש נתיב האטה ארוך יותר מאשר בקטע אופקי, ובעלייה תלולה מ-2.5% נדרש נתיב האטה קצר יותר, בהתאם להשפעת השיפוע על הרכב. השיפוע המירבי לאורך קטע ההאטה הוא 6%.
- בטבלה 6.1, נתונים האורכים הדרושים להאטה במישור ובשיפועים שונים. אורך זה כולל את הלוכסן וחלק מהקטע המקביל, המתואר בציור 6.5 וכמפורט בסעיף 6.3.5 להלן.

טבלה 6.1 האורך הדרוש להאטה בנתיב לפנייה שמאלה, במטרים

שיפוע מזערי להיסט הלוכסן	ירידה		עלייה		שיפוע קטן מ-2.5%	מהירות ממשית בכניסה לנתיב הפנייה (קמ"ש)	מהירות התכן בדרך (קמ"ש)
	5%-6%	2.5%-4%	5%-6%	2.5%-4%			
1:15	80	70	50	55	60	70	80
1:20	95	85	55	65	70	77	90
1:20	120	110	70	80	90	85	100
1:25	140	125	85	95	105	91	110

6.3.4 אורך האחסנה

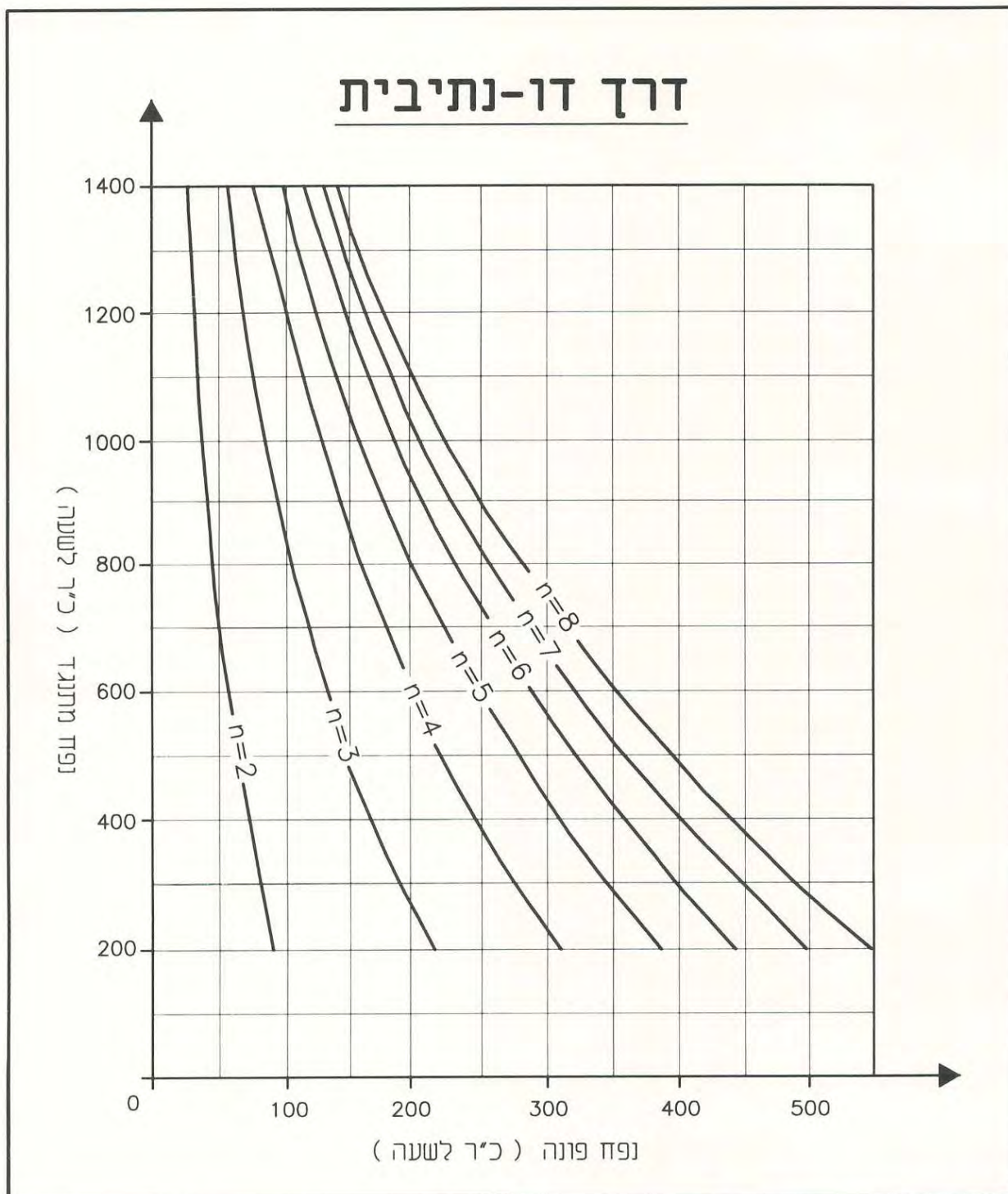
כל אורכי האחסנה ייקבעו לפי הרכב התנועה החזוי, לפיו תחושב כמות המשאיות והאוטובוסים מסך כל הרכבים הממתינים, ולפי חישוב של 7 מ' לרכב פרטי ו-13 מ' למשאית ואוטובוס (לרבות מרווח של 1 מ' בין כלי-הרכב), כמפורט להלן:

א. **בצמתים לא מרומזרים** – אורך הקטע המקביל יחושב בהתאם לדרישה לאחסן את התור המצטבר של כלי-הרכב הממתינים לפנייה שמאלה, בהתאם לנפחי התכן:

(1) בציר הראשי – מספר כלי-הרכב לאחסנה תלוי בנפח הפונה ובנפח המתנגד, ונקבע בדרך חד-מסלולית על-פי ציור 6.7, ובדרך דו-מסלולית על-פי ציור 6.8.

(2) בציר המשני – אורך האחסנה של הנתיב לפנייה שמאלה ייקבע כך, שהתור המצטבר של כלי-הרכב הממתינים לא יחרוג מהנתיב ב-95% מהמקרים. החישוב יעשה בהתאם למפורט בסעיף 11.3 ובציור 11.8 בפרק 11 בהמשך ההנחיות.

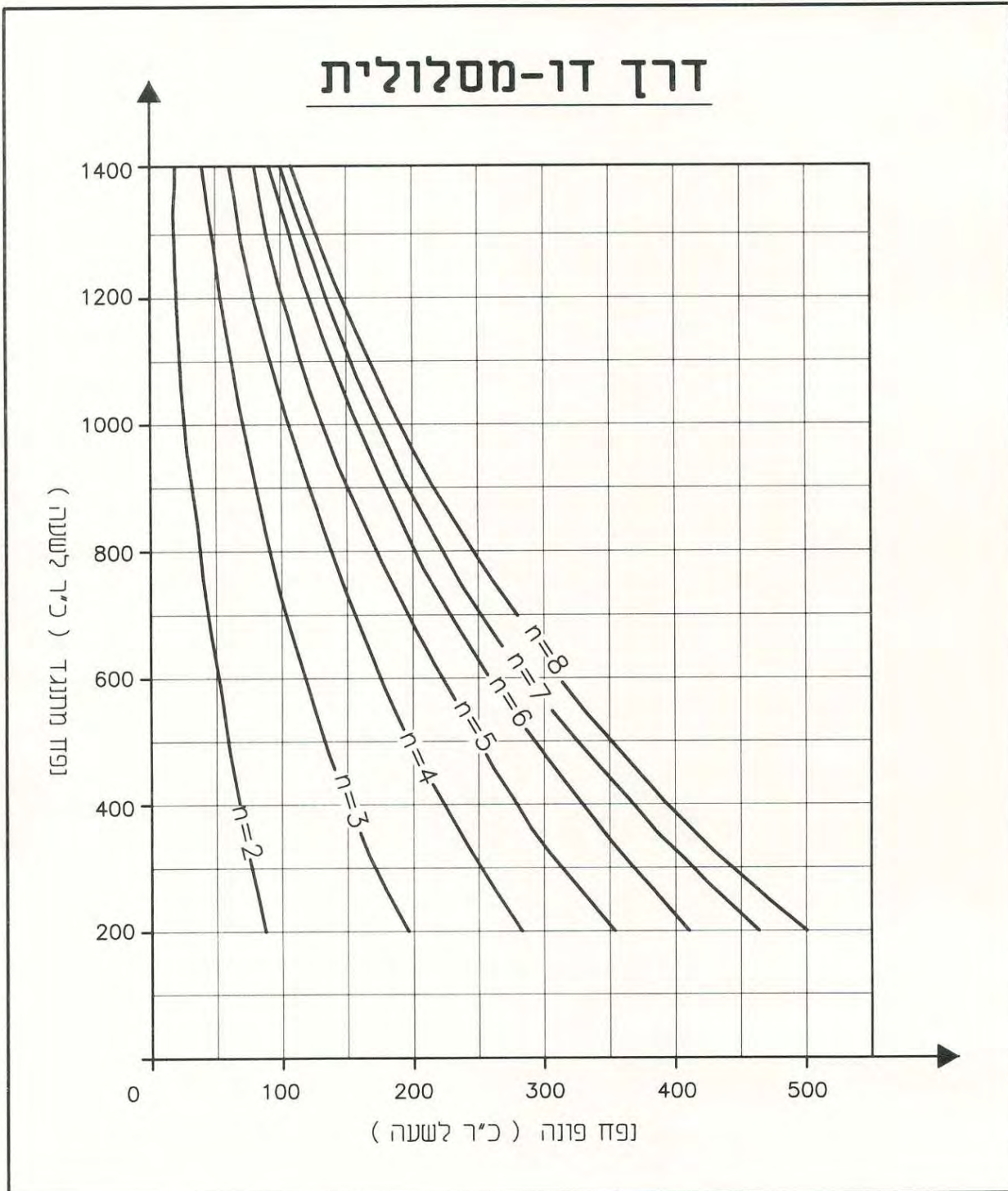
הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



מספר המכוניות לאחסנה (n) בנתיב מיוחד לפנייה שמאלה בציר הראשי בדרך חד-מסלולית

ציור 6.7

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



מספר המכוניות לאחסנה (n) בנתיב מיוחד לפנייה שמאלה בציר הראשי בדרך דו-מסלולית

ציור 6.8

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

בכל מקרה, אורכו של קטע האחסנה בצומת לא מרומזר לא יפחת מ-20 מטר (לאחסנת רכב פרטי ואוטובוס).

ב. בצמתים מרומזרים – יש לחשב את אורך האחסנה בנתיבי ההמתנה לפניות, כמפורט בהנחיות לתכנון רמזורים של המפקח על התעבורה, לפי:

(1) המספר המירבי של מכוניות למחזור, הצפוי להמתין לפנייה האמורה (ימינה או שמאלה).

(2) המספר המירבי של מכוניות למחזור, הצפוי להמתין לנסיעה ישר.

החישוב הכפול נועד למנוע שני מצבים, כמתואר בציור 6.9:

מצב א: אורך הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה מספיק לקלוט את כל נפח התנועה הפונה, אולם עקב אורכו של תור המכוניות המתכוונות לנסוע ישר – אין באפשרותו של הרכב הפונה להגיע לנתיבו, והמופע לפנייה שמאלה לא ינוצל.

מצב ב: אורך הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה קטן מכדי לקלוט את כל נפח התנועה הפונה. עקב כך, נאלצות המכוניות הנוספות להמתין בנתיב המיועד לנסיעה ישר. דבר זה מונע ניצול של הנתיב לנסיעה ישר בצומת.

חישוב אורך הנתיב לכל אחד מהמקרים יעשה לפי הגרף בציור 6.10, המבוסס על מודל "פואסון". הגרף מציג את המספר המירבי של כלי-רכב הצפוי למחזור (בהנחת אחוז כישלון), בתלות במספר הממוצע של מכוניות למחזור (למקרה זה מומלץ להשתמש באחוז כישלון של 5%, ולא יותר מ-15%). בעזרת הגרף ניתן לחשב את האורך הגדול ביותר עבור שני המצבים אי ו-ב' לעיל.

6.3.5 האורך הכולל של הנתיב

אורכו הכולל של הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה מורכב מסכום שני האורכים הבאים, כמתואר בציור 6.5:

א. **בציר הראשי:**

(1) אורך קטע ההאטה, המחושב כמפורט בסעיף 6.3.3 ובטבלה 6.1 לעיל.

(2) אורך קטע האחסנה, המחושב כמפורט בסעיף 6.3.4 לעיל.

סכום האורכים כולל את הלוכסן והקטע המקביל, ולכן אורך הקטע המקביל הוא סכום שני המרכיבים, פחות אורך הלוכסן המחושב לפי שיפועו, כמפורט בסעיף 6.3.2 לעיל. יש לוודא, כי אורך הקטע הדרוש לאחסנה לא יעלה על אורך הקטע המקביל (אין אחסנה לאורך הלוכסן).

ב. **בציר המשני:**

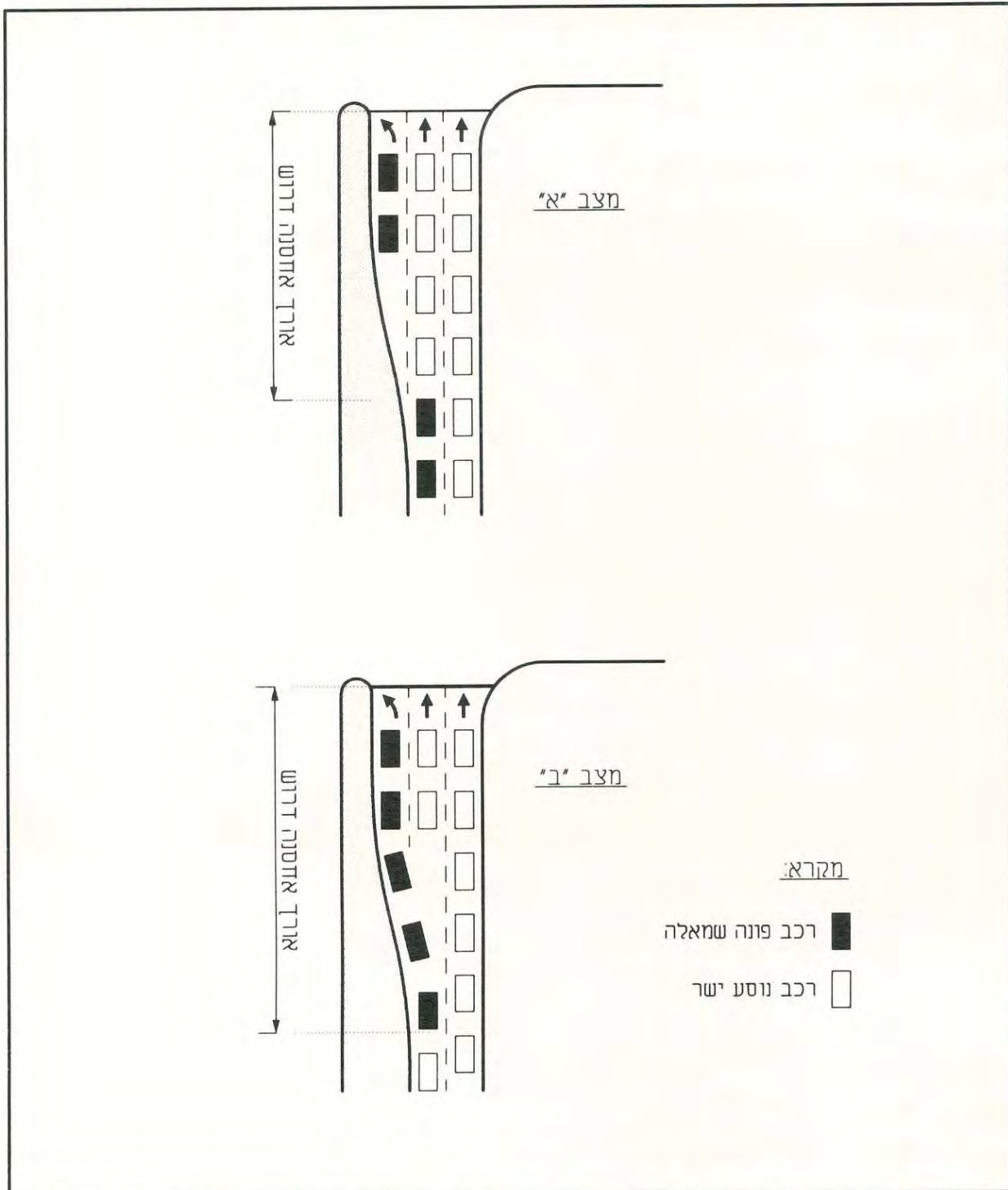
(1) אורך הלוכסן, המחושב כמפורט בסעיף 6.3.2 לעיל.

(2) אורך הקטע המקביל המשמש לאחסנה, המחושב כמפורט בסעיף 6.3.4 לעיל.

6.3.6 אופן יצירת הנתיב

יצירת הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה צריכה להתבצע כך, שתספק הגנה לכלי-הרכב הפונים מפני התנועות המתנגדות, ותאפשר לפונים המתנה בטוחה לפער המתאים לפנייה:

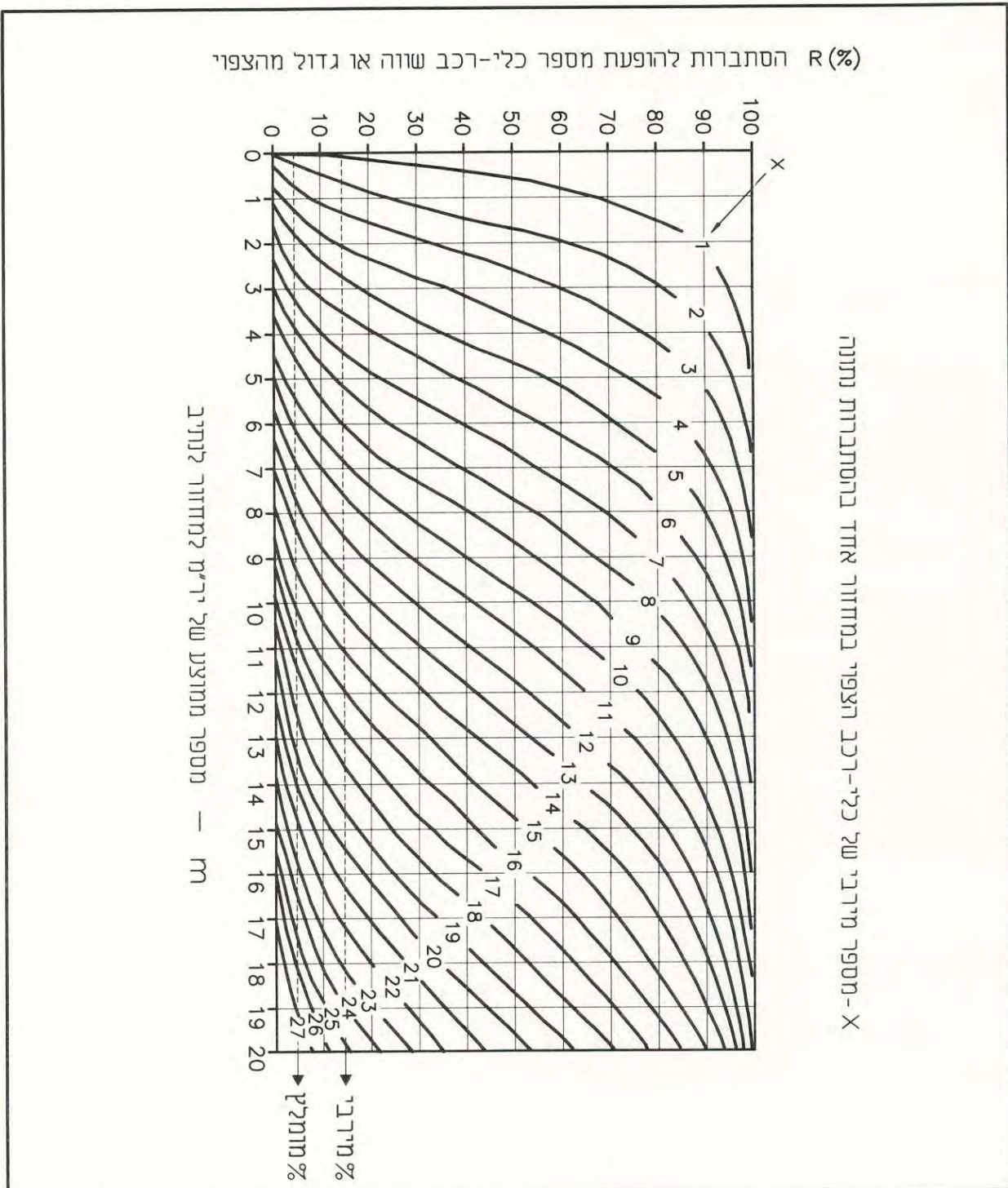
הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



המצבים האפשריים בנתיבי המתנה לפניית בצמתים מרומזרים
מקור: הנחיות לתכנון רמזורים, משרד התחבורה, 1981

ציור 6.9

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 6.10

גרף לחישוב ההסתברות לאורך התור בנתיב המיוחד לפנייה מרומזרת
מקור: הנחיות לתכנון רמזורים, משרד התחבורה, 1981

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

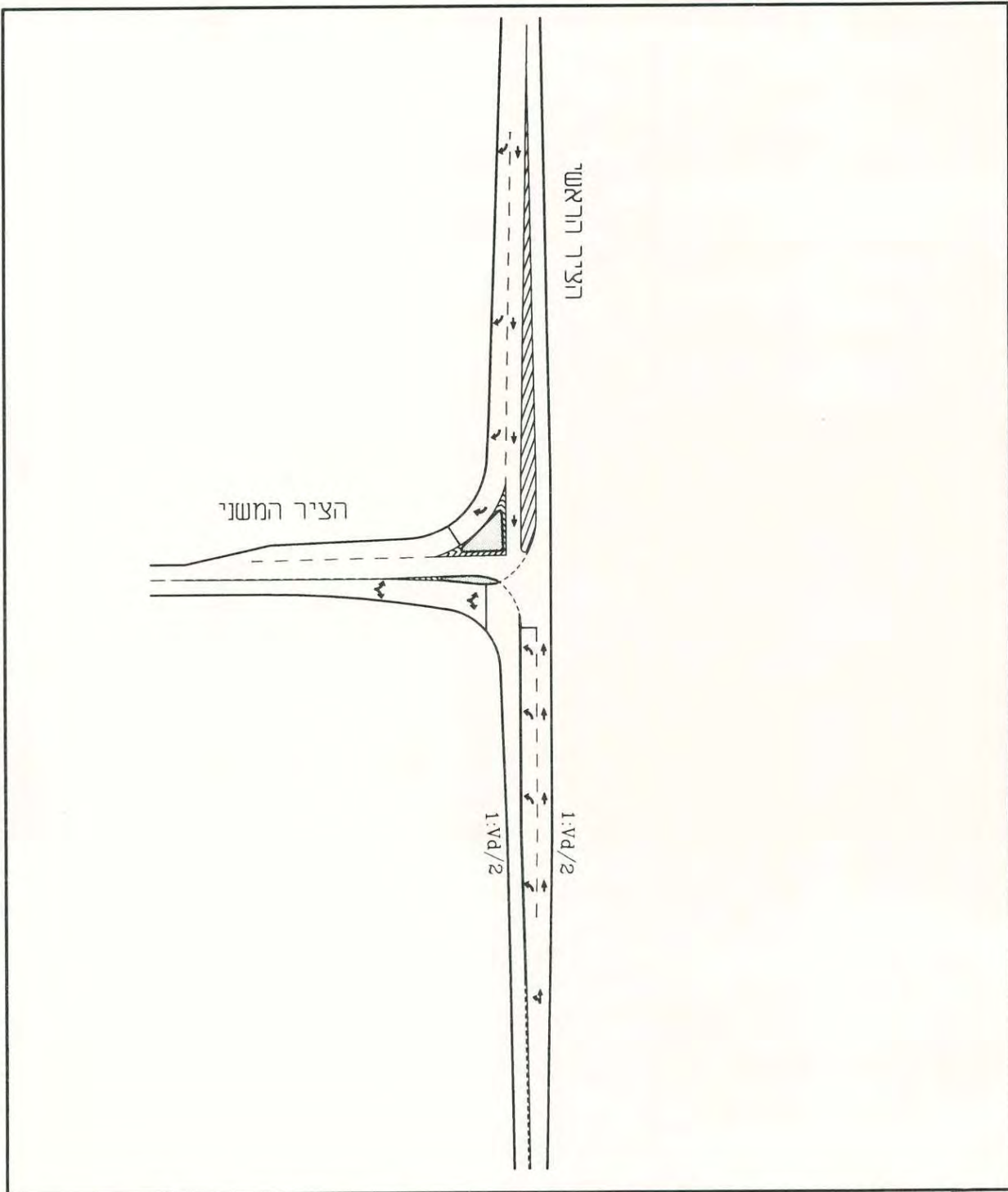
- א. בדרך דו-מסלולית**, מבוצע הנתביב על-חשבון שטח ההפרדה שרוחבו 5.80 מ' לפחות (ראה סעיף 7.4 בכרך I של הנחיות אלה). תיאור סכמתי של פנייה שמאלה בהסתעפות מדרך דו-מסלולית מופיע בציר 6.5.
- ב. בדרך דו-נתיבית**, נוצר הנתביב לפנייה שמאלה בעזרת הרחבה הדרגתית של הדרך משני עברי הצומת, בשיפוע של $1+V/2$, כאשר V היא:
- (1) בציר הראשי – מהירות התכן של הדרך, בקמ"ש.
 - (2) בציר המשני – מהירות ההתקרבות לצומת, בקמ"ש, כמפורט בטבלה 4.3.
- את ההרחבה ניתן לבצע באופן סימטרי לשני הצדדים, כמתואר בציר 6.11, או באופן לא-סימטרי לאחד מהצדדים, כמתואר בציר 6.12, בהתאם לאפשרויות הביצוע בפועל, ובהתאם לאילוצים המוכתבים על-ידי המשק התת-קרקעי. עם זאת, ההרחבה החד-צדדית החוצה תבוצע רק כאשר אין אפשרות אחרת.

6.4 נתיבים מיוחדים לפנייה ימינה

6.4.1 יעדים והצדקים

- התקנת הנתיבים המיוחדים לפנייה ימינה נעשית הן משיקולים בטיחותיים והן משיקולים תפעוליים:
- הקטנת מספר ניגודי ההפרדות של הפונים ימינה עם כלי-הרכב הממשיכים ישר, והפחתת ההפרש בין המהירויות היחסיות שלהם, באמצעות מתן אפשרות האטה בנתיב נפרד לכלי-הרכב הפונים ימינה.
 - הקטנת ההפרעה לכלי-הרכב הממשיכים ישר והגדלת הקיבולת לתנועה זו.
 - שיפור ההתמצאות של הנהג בצומת.
 - מתן אורך אחסנה לכלי-הרכב הפונים ימינה ללא הפרעה לשאר התנועות.
 - שיחרור הפונים ימינה מהעיכוב בתור של הממתינים להמשיך ישר.
- נתיבים מיוחדים לפנייה ימינה יינתנו תמיד, כאשר קיימת פנייה מהירה ימינה (תפנית דרך), כמפורט בסעיף 5.4 בפרק 5 לעיל, וכן בכל מקרה של תכן לפנייה ברדיוס מעל למזערי, עם אי-תנועה, לפי הפירוט בסעיף 5.3 בפרק 5 לעיל. משמעות הצדקים היא כדלהלן:
- א. בצמתים לא מרומזרים** יינתן נתיב מיוחד לפנייה ימינה עם אי משולש במקרים הבאים:
- (1) **בציר הראשי בצומת** (מבחינה תפקודית, כהגדרתו בסעיף 3.6.4 בהנחיות אלה) – בכל דרך דו-מסלולית; בכל דרך ראשית דו-נתיבית ואזורית דו-נתיבית הנפגשת עם דרך שסיווגה גבוה ממקומית, וכן במפגשיהן עם דרך מקומית באזור מישורי (ראה פירוט בטבלה 5.2).
 - (2) **בציר המשני בצומת** – בכל דרך ראשית או אזורית דו-נתיבית, כמפורט בטבלה 5.2.
 - (3) **בכל גישה לצומת**, כאשר התור המצטבר של הממשיכים ישר והפונים שמאלה חוסם את נתיב הנסיעה של הפונים ימינה. (חישוב אורך התור, המבוסס על נפחי התכן החזויים, מפורט בסעיף 11.3 ובציר 11.8 בפרק 11 בהמשך ההנחיות).

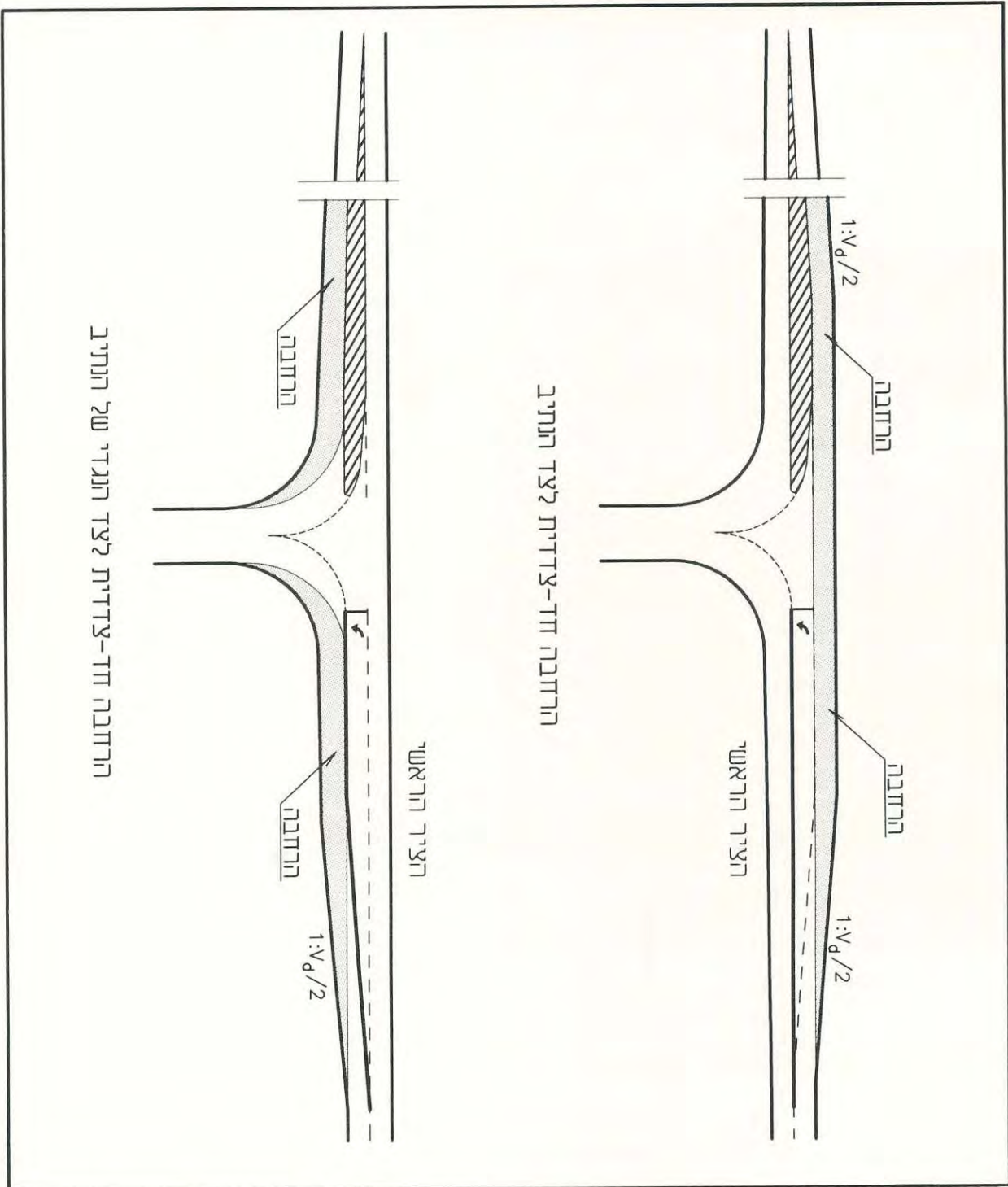
הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 6.11 יצירת נתיב מיוחד לפנייה שמאלה בציר הראשי בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לשני הצדדים

ציור 6.11

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



יצירת נתיב מיוחד לפנייה שמאלה בציר הראשי בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לצד אחד

ציור 6.12

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ב. בצמתים מרומזרים – יינתן תמיד נתיב מיוחד לפנייה ימינה, עם אי-תנועה. יותר מנתיב אחד לפנייה ימינה יינתן רק עבור פנייה המרומזרת ברמזור מיוחד לפנייה זו, ויבוצע רק מדרך דו-מסלולית, ובתנאי שמספר הנתיבים במסלול אליו פונים אינו קטן ממספר הנתיבים בפנייה. כאשר הפנייה ימינה מבוצעת משני נתיבים, יש לוודא כי רוחב הנתיבים בפנייה לא יפחת מהרוחב הדרוש לפי חלופה III בטבלה 5.7, עבור רדיוס הבקרה הקיים בצומת (רדיוסי הבקרה מפורטים בסעיף 7.4.2 להלן), ויש לבצע סימון הכוונה לניתוב הפנייה לאורך כל הפנייה.

6.4.2 התכן הגיאומטרי של הנתיב

תפקידו העיקרי של הנתיב המיוחד לפנייה ימינה הוא להאט את כלי-הרכב הפונים ימינה מחוץ לנתיב הנסיעה של הממשיכים ישר, ולאפשר להם כניסה לתפנית הדרך במהירות הנסיעה המתאימה לרדיוס הכניסה לתפנית. לכן, יחושב אורך הנתיב כנתיב האטה, למעט בנתיב מיוחד לפנייה ימינה המרומזר ברמזור מיוחד לפנייה זו, אשר יחושב גם לשמש כנתיב אחסנה לתור הממתינים לאור הירוק בפנייה.

כאשר הדרך עוברת בעקום אופקי, יש להימנע ככל הניתן מהתקנת נתיבי האטה לפנייה ימינה בתוך העקום, בגלל הקושי בזיהוי מיקום היציאה בתנאי ראות גרועים, ובגלל החשש בהטעיית נהגים לגבי המשך התוואי (בעקום ימינה) או בשל הצורך ביציאה בצורת עקום 'S' (בעקום שמאלה).

א. צורות הנתיב

לנתיבי האטה ימינה שתי צורות גיאומטריות אפשריות, המתוארות בציור 6.13: מקביל (בעל לוכסן קצר) ואלכסוני (שצורתו לוכסן ארוך המשיק לשפת התפנית).

- הצורה האלכסונית מתאימה יותר להתנהגות הנהגים ביציאה, ולכן מועדפת לשימוש בציר הראשי, בצמתים לא מרומזרים.
- בציר הראשי בצומת מרומזר, מיועד הנתיב המיוחד לפנייה ימינה למניעת חסימת הפנייה ימינה על-ידי תור הממתינים לחציית הצומת, ומועדפת הצורה המקבילה.
- בציר המשני, בו מהירות ההתקרבות נמוכה והנתיב לפנייה ימינה מיועד לשחרור הפונים מהמתנה בתור, יהיה הנתיב מקביל בכל הצמתים.

עקרונות התכן של הנתיב לפנייה ימינה יהיו כמפורט ביחס לנתיב לפנייה שמאלה בסעיפים 6.3.2 עד 6.3.5 לעיל, בהבדלים המפורטים להלן ובסעיף 6.4.3.

ב. שיפועי היסט הלוכסן

1) **בנתיב אלכסוני** – 1:30 לפחות. השיפוע המדויק ייקבע בהתאם לאורך הנתיב הדרוש, למיקומה ולצורתה של תפנית הדרך ולאפשרויות הביצוע בפועל של החיבור בין הציר הראשי לתפנית הדרך.

2) **בנתיב מקביל** – בציר הראשי: השיפועים המזעריים להיסט לוכסן נתיב ההאטה ימינה תלויים במהירות התכן ונתונים בטבלה 6.2; בציר המשני: השיפוע המזערי להיסט לוכסן נתיב ההאטה הוא 1:10.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

6.4.3 חישוב האורך של הנתיב

אורך הנתיב לפנייה ימינה מבוסס על האורך הדרוש להאטה, בתוספת חלק הלוכסן שלפני קטע ההאטה, ובתוספת קטע אחסנה בצומת מרומזר, כמפורט להלן:

א. אורך ההאטה – האורך הדרוש להאטה במישור מובא בטבלה 6.2. חישוב הערכים בטבלה זו מבוסס על ההנחות הבאות:

- הנהג הפונה יוצא מהדרך במהירות הממשית (השווה לכ-85% ממהירות התכן של הדרך).
- ההאטה בהילוך מתחילה בלוכסן בנקודה בה רוחב נתיב ההאטה הגיע ל-3.0 מ'. בנקודה זו מסיים הרכב הפרטי המאיט לפנות את הנתיב העובר. שיעור ההאטה בהילוך הוא 1.0 מ/שנ² במשך 3 שניות, ולאחר מכן נמשכת האטה בבלימה בשיעור של 1.5 מ/שנ², עד למהירות הממשית המתאימה לרדיוס הפנייה שבקצה הנתיב (תאוסות המקובלות על 85% מהנהגים). ההאטה בבלימה מסתיימת בנקודת ההשקה של שפת הלוכסן לשפה הפנימית של תפנית הדרך.

- בירידה תלולה מ-2.5%, נדרש נתיב האטה ארוך יותר מאשר בקטע אופקי, ובעלייה תלולה מ-2.5% נדרש נתיב האטה קצר יותר, בהתאם להשפעת השיפוע על הרכב. בטבלה 6.3 נתונים ערכי מקדם התיקון, בו יש להכפיל את האורכים מטבלה 6.2, כאשר השיפוע לאורך נתיב ההאטה הינו 2.5% ומעלה. השיפוע המירבי לאורך נתיב ההאטה הוא 6%.

ב. חישוב האורך הכולל – כאמור, אורך קטע ההאטה מחושב החל מהנקודה בה הלוכסן מרוחק 3.0 מ' מהנתיב הסמוך (בשתי צורות הנתיב), כמתואר בציור 6.13. לכן, בנתיב מקביל, יכלול אורך ההאטה כשישית מאורך לוכסן הכניסה, ויתרת ההאטה תבוצע בקטע המקביל, עד לתחילתה של תפנית הדרך.

כאשר הפנייה מרומזרת, יש לחשב את אורך ההאטה מטבלה 6.2 לפי האטה לעצירה, להוסיף את אורך האחסנה הדרוש, כמוסבר בסעיף 6.3.4 לעיל, ולוודא שסכום האורכים הדרוש לאחסנה (המבוצעת בחלקה בתפנית הדרך) ולהאטה, מתקיים לאורך הנתיב לפנייה ימינה, החל מהנקודה בה רוחב הקטע האלכסוני 3.0 מ' ועד לקו העצירה בפנייה.

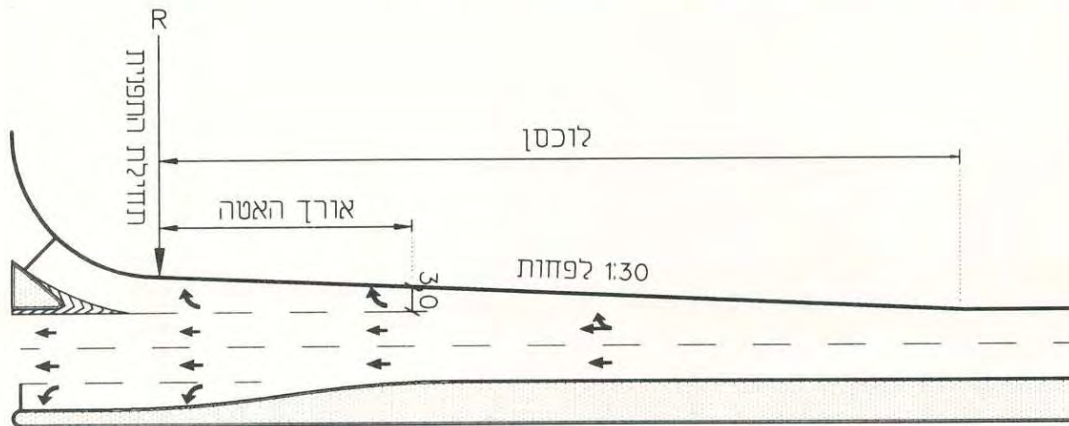
6.5 נתיבי האצה אחרי פנייה ימינה

6.5.1 יעדים והצדקים

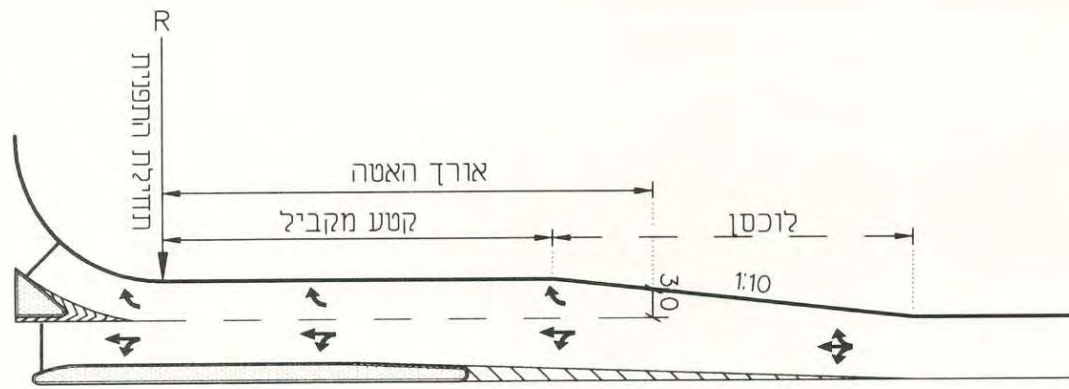
השימוש בנתיב האצה מיועד ליציאה מפניות ימינה עם אי-תנועה לתוך דרך בה נפח התנועה גבוה, או שיש הסתברות קטנה לפערים הדרושים כדי לקיים את מרחק הראות הדרוש לפנייה ימינה (סעיף 4.4.2 ד' בהנחיות אלה). נתיב ההאצה יעיל במיוחד כאשר הנפח הפונה גדול, ובפנייה ללא נתיב האצה עלול להיווצר תור ארוך. ההצדקים להתקנת נתיבי ההאצה הם כמפורט:

- נתיבי האצה יותקנו תמיד ביציאה מתפניות דרך לפנייה מהירה ימינה.
- בפניות אחרות ימינה עם אי-תנועה, מתחייבים נתיבי האצה רק אם היציאה מהפנייה היא לתוך דרך דו-מסלולית שסיווגה ראשית או אזורית.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



נתיב לפנייה ימינה בצורת לוכסן בציר הראשי



נתיב מקביל לפנייה ימינה בציר המשני

ציור 6.13 הצורות הגיאומטריות של הנתיב המיוחד לפנייה ימינה בצמתים לא-מרומזרים

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 6.2 האורך הדרוש להאטה בנתיב לפנייה ימינה בשיפועים הקטנים מ-2.5% (מטרים)

שיפוע מזערי להיסט הלוכסן בנתיב מקביל בציר הראשי	מהירות התכן בתפנית הדרך (קמ"ש)							מהירות ממשית בכניסה לקטע ההאטה (קמ"ש)	מהירות התכן בדרך (קמ"ש)
	70	60	50	40	30	20	עצירה		
	מהירות ממשית בתפנית הדרך (קמ"ש)								
	63	51	42	35	28	20	0		
1:18	55	80	90	100	115	125	130	70	80
1:20	75	100	110	120	135	140	145	77	90
1:22	100	120	135	145	155	165	170	85	100
1:25	120	140	150	160	170	180	180	91	110

טבלה 6.3 מקדמי תיקון לחישוב אורך קטע ההאטה בשיפועים

מקדם להכפלת המרחק מטבלה 6.2		שיפוע
ירידה	עלייה	
1.2	0.9	2.5-4%
1.35	0.8	5-6%

6.5.2 צורות הנתיב

לנתיב ההאצה מהפנייה ימינה שתי צורות אפשריות, כמתואר בציור 6.14 – נתיב מקביל בעל לוכסן קצר, או נתיב בצורת לוכסן ארוך, המתחיל מנקודת ההשקה של קצה הקשת המעגלית לפנייה ימינה.

- **הנתיב האלכסוני מועדף**, כי הוא מאפשר תמרון נוח יותר מאשר נתיב מקביל, בהיותו רחב בתחילה ואינו מחייב שנויי כוון ניכרים, אך צורה זו אינה מתאימה לנתיב הנמצא בצד הפנימי של עקום אופקי.
- **הנתיב המקביל** מאפשר לרכב להמתין (תוך כדי נסיעה) לפער מתאים בתנועה, מבלי להתקרב יתר על המידה לנתיב הימני ולגרום על-ידי-כך לסטיית הרכב העובר בו לנתיב השמאלי, ולכן מתאים לתנועה צפופה בדרך העוברת, לתנועה של רכב כבד הנכנס לדרך העוברת בעלייה, ולצידו הפנימי של עקום אופקי.
- **היסט הלוכסן** בנתיב האלכסוני יהיה 1:30 לפחות. השיפוע המדוייק ייקבע בהתאם לאורך הנתיב הדרוש, למיקומה ולצורתה של תפנית הדרך, ולאפשרויות הביצוע בפועל של החיבור לדרך העוברת. השיפועים המזעריים של היסט לוכסן נתיב ההאצה המקביל נתונים בטבלה 6.4.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

6.5.3 אורך ההאצה

האורך הדרוש להאצה במישור מובא בטבלה 6.4, ונקודות ההתחלה והסיום של קטע ההאצה מוצגות בצירוף 6.14. הערכים המוצגים בטבלה זו מבוססים על ההנחות הבאות, המתאימות לכ-85% מהנהגים:

- הרכב נכנס לנתיב ההאצה תוך יציאה מתפנית הדרך במהירות הממשית המתאימה לרדיוס הקשת שבקצה התפנית.
- התאוצה בנתיב ההאצה מבוצעת בתאוצה נורמלית, ששיעורה כ-60% מהתאוצה המירבית של הרכב. תאוצה זו יורדת ככל שהמהירות עולה, מ-1.3 מ/שנ² במהירות 50 קמ"ש עד 1.0 מ/שנ² במהירויות 80 - 90 קמ"ש.
- כניסת הרכב בסוף נתיב ההאצה לנתיב העובר מבוצעת במהירות הנמוכה ב-10 קמ"ש מהמהירות הממשית המתאימה למהירות התכן של הדרך. הכניסה מבוצעת בלכסן בנקודה בה רוחב נתיב ההאצה קטן ל-3.0 מ' (בשתי צורות הנתיב).

בעלייה בשיפועים העולים על 2.5% נדרש נתיב האצה ארוך יותר במישור, ואילו בירידה בשיפועים אלה ניתן לקצר את הנתיב. בטבלה 6.5 נתונים מקדמי התיקון בהם יש להכפיל את האורך שהתקבל מטבלה 6.4, כאשר השיפוע לאורך נתיב ההאצה עולה על 2.5%. השיפוע המירבי לאורך נתיב האצה הוא 6%.

טבלה 6.4 האורך הדרוש להאצה בשיפועים הקטנים מ-2.5% (מטרים)

שיפוע מזערי להיסט הלכסן בנתיב מקביל	מהירות התכן בתפנית הדרך (קמ"ש)						מהירות בציאה מנתיב ההאצה (קמ"ש)	מהירות התכן בדרך (קמ"ש)
	70	60	50	40	30	20		
	מהירות ממשית בתפנית הדרך (קמ"ש)							
	63	51	42	35	28	20		
1:20	---	55	100	135	165	180	60	80
1:25	50	130	175	210	240	260	67	90
1:30	145	220	265	300	330	345	75	100
1:35	210	285	330	360	390	405	81	110

6.6 נתיב האצה לאחר פנייה שמאלה

נתיב זה מצוי בצידו השמאלי של המסלול, צמוד למיפרדה, ויותקן בהסתעפויות בלתי מרומזרות, עם דרך עיקרית דו-מסלולית בלבד. הנתיב מיועד לרכב היוצא מהדרך המשנית ונכנס לדרך העיקרית תוך פנייה שמאלה. נתיב זה מאפשר לרכב הפונה מקלט והאצה, בלי לגרום הפרעה לרכב הבא מימינו.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 6.5 מקדמי הכפלה למרחק מטבלה 6.4 לחישוב אורך נתיב ההאצה בשיפועים

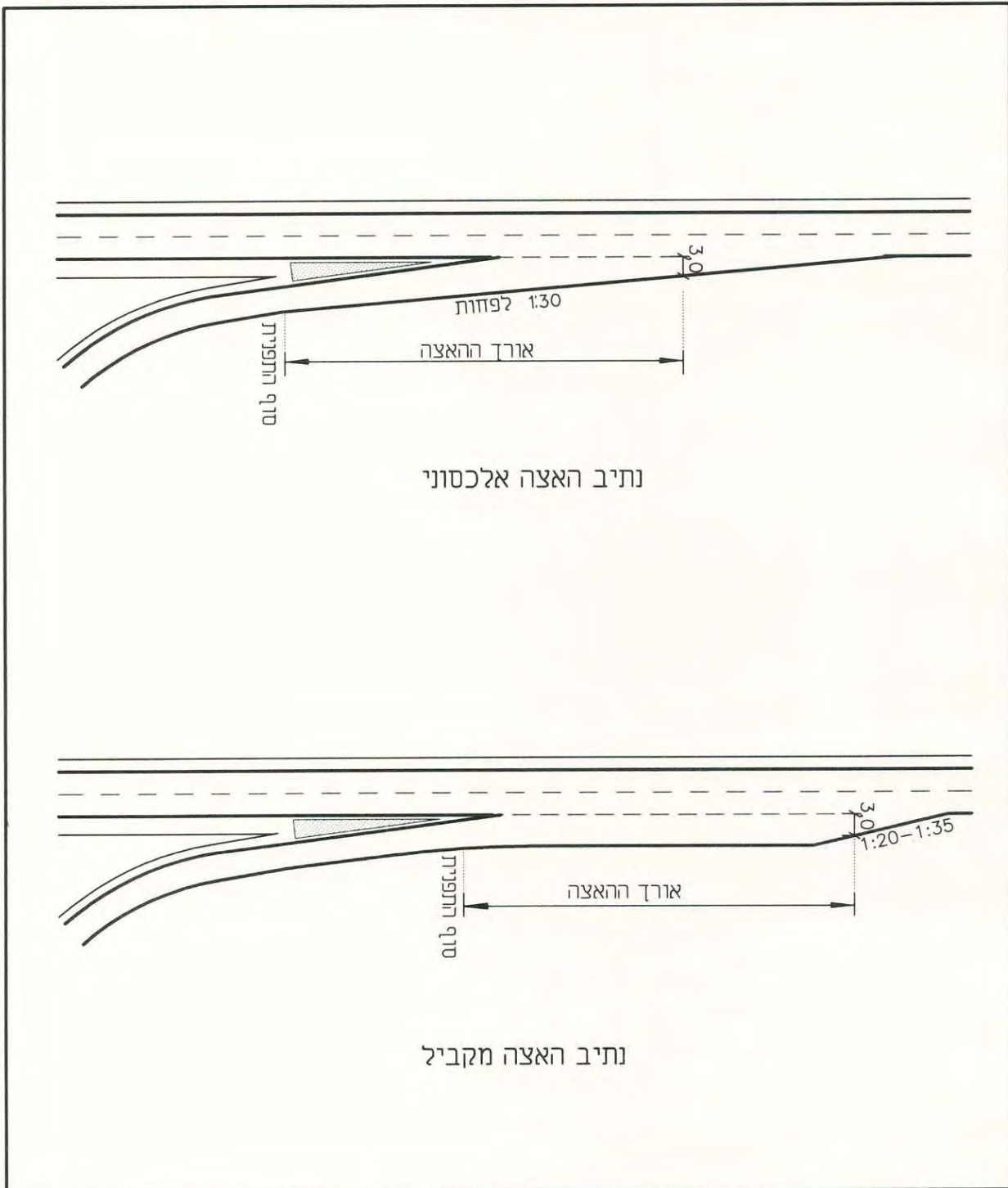
מהירות התכן בתפנית הדרך (קמ"ש)				מהירות התכן בדרך (קמ"ש)
כל מהירות	60-70	40-50	20-30	
ירידה	עלייה			
שיפוע 2.5-4%				
0.65	1.4	1.4	1.3	80-90
0.60	1.5	1.5	1.4	100-110
שיפוע 5-6%				
0.55	1.9	1.7	1.5	80-90
0.50	2.2	1.9	1.7	100-110

נתיב זה מחייב התמזגות משמאל לימין, ועלול להיות מנוצל לעקיפה מיד לאחר הצומת, לכן יש להשתמש בו רק כאשר מתקיימים לפחות שניים מהתנאים הבאים:

- הן נפח התנועה העוברת בציר הראשי והן נפח התנועה הפונה שמאלה לתוכו להתמזגות עם תנועה זו הם גבוהים, ויש שכיחות נמוכה של פערים המספיקים לפנייה בטוחה שמאלה ללא גרימת הפרעה.
- המהירויות בדרך העיקרית גבוהות יחסית.
- לא ניתן לקיים את מרחקי-הראות הדרושים לפנייה שמאלה אל הציר הראשי, כמתואר בסעיפים 4.4.2 ו-4.4.3 בהנחיות אלה.
- רוחבו של הצומת אינו מספיק כדי לאפשר חציית המסלול הסמוך והמתנה באמצע הצומת לפער מספיק עבור הפנייה שמאלה.

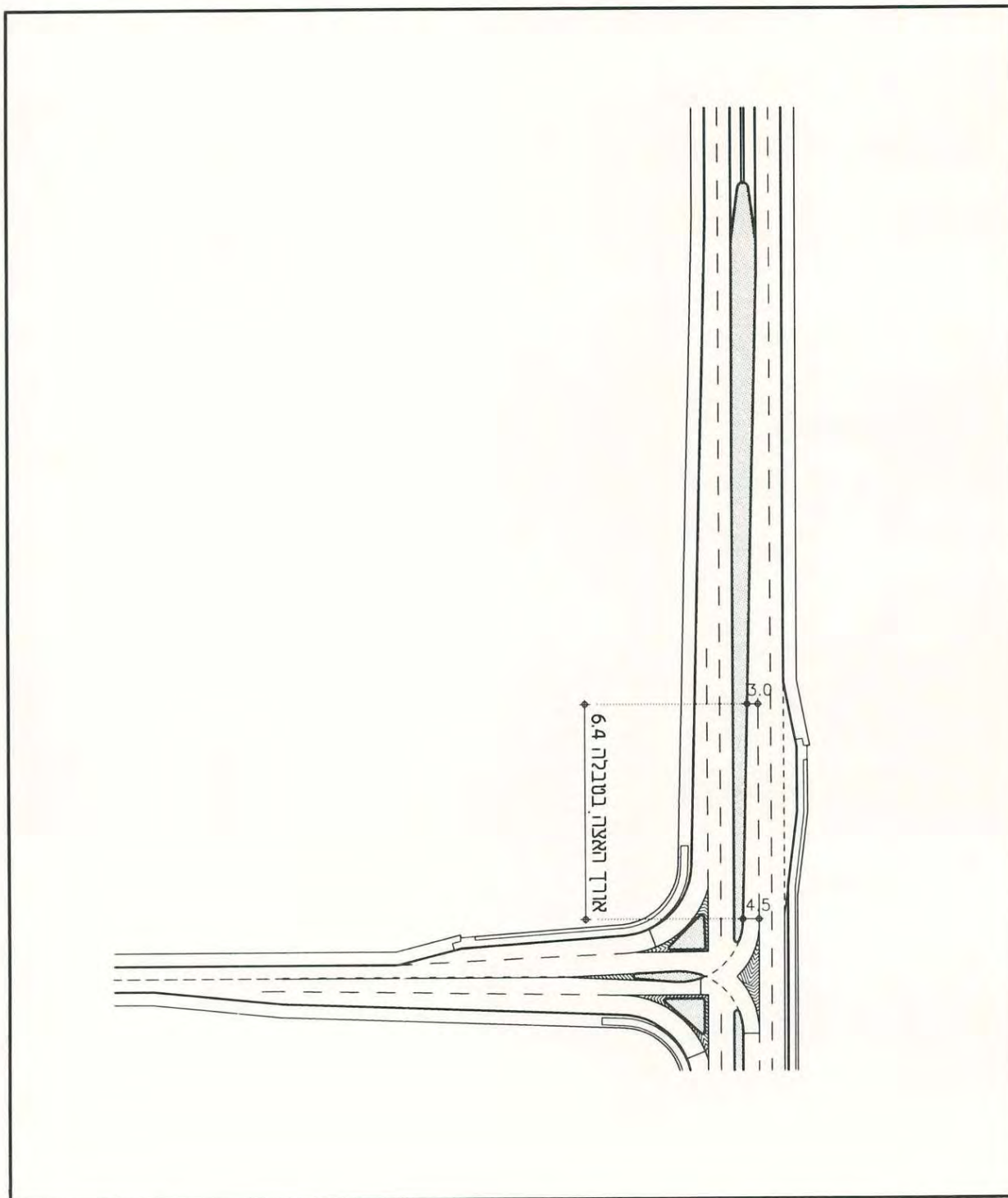
נתיב זה יהיה בצורת לוכסן, אשר אורכו יחושב בהתאם לטבלאות 6.4 ו-6.5 עבור מהירות פנייה של 20 קמ"ש, ופרטי שיפועו והתכן הגיאומטרי שלו יהיו כמפורט בסעיפים 6.5.2 ו-6.5.3 לעיל. דוגמה לנתיב זה מוצגת בצירור 6.15.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 6.14 שתי הצורות של נתיב ההאצה מהפנייה ימינה

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 6.15 נתיב האצה מהפנייה שמאלה לדרך דו-מסלולית

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 7

איי-תנועה

תוכן עניינים

7-1	כללי	7.1
7-1	סוגי איים ומטרות התקנתם	7.2
7-1	מטרות ההתקנה ותהליך התכן	7.2.1
7-2	סיווג איי-תנועה	7.2.2
7-3	איים משולשים	7.3
7-3	הצדקים להתקנה	7.3.1
7-4	מידות האי	7.3.2
7-4	תכן גיאומטרי של אי-הכוונה משולש	7.3.3
7-5	איים מאורכים ("טיפה") ושטח הפרדה	7.4
7-5	הצדקים להתקנה	7.4.1
7-7	רדיוסי הבקרה לפניית שמאלה	7.4.2
7-8	תכן גיאומטרי של איי-טיפה	7.4.3
7-8	הפתח בשטח הפרדה בצומת (המדיאן)	7.4.4
7-11	פניות שמאלה בו-זמנית	7.4.5
7-13	איי-מיפלט להולכי-רגל	7.5
7-13	אבני-שפה	7.6

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 7

איי-תנועה

7.1 כללי

אי-התנועה מוגדר כשטח המפריד בין נתיבי הנסיעה בצומת, לצורך בקרת תנועתם של כלי-הרכב והולכי-הרגל. איי-תנועה מהווים את אחד האמצעים העיקריים לניתוב ולהכוונת התנועה בצומת, והשימוש בהם נעשה הן משיקולים בטיחותיים והן משיקולים תפעוליים.

תכן איי-התנועה המוצג בפרק זה משולב בתכן העקומים ותפניות הדרך, שהוצג בפרק 5 לעיל, ובתכן הנתיבים ההמשכיים ונתיבי העזר, שהוצג בפרק 6 לעיל, ומשלים אותם לכדי מערך הנדסי כולל, שמטרתו הבטחת תפקודו הנאות של הצומת בהתאם לעקרונות ולשיקולים שהוצגו בפרק 3 בהנחיות אלה.

פרק זה עוסק בהצדקים לשימוש ובעקרונות לתכן של סוגי האיים השונים המקובלים בצמתים בין דרכים בין-עירוניות:

- א. איים משולשים לפניות ימינה.
- ב. איים מאורכים להפרדה במרכז דרכים חד-מסלוליות.

7.2 סוגי איים ומטרות התקנתם

7.2.1 מטרות ההתקנה ותהליך התכן

איי-תנועה מותקנים בצומת כדי למלא את המטרות הבאות:

- א. הכוונת התנועה והגדרת נתיבי הנסיעה של כלי-הרכב בצומת.
- ב. הפרדת קבוצות הניגוד והרחקתן זו מזו, כך שלא תפגשנה יותר משתי תנועות מתנגדות בנקודה אחת.
- ג. סיוע להתמצאות הנהג בצומת ולזיהוי מסלולו.
- ד. בקרת זווית המפגש בין התנועות המתנגדות, כך שהיחתכויות תהיינה בזווית ניצבת, ואילו התמזגויות והיפרדויות תהיינה בזוויות קטנות.
- ה. צמצום שטח הצומת והקטנת השטחים בהם נוצרים ניגודים (לרבות שמירת שטחים המיועדים להרחבה בעתיד).
- ו. בקרת הכניסות לצומת והדגשת חובת מתן זכות קדימה לתנועות המועדפות.
- ז. הדגשת הסדרים מיוחדים בצומת (חד-סיטריות, איסורי פניה וכד').
- ח. הגנת הולכי-הרגל, וקיצור מסלולי החצייה שלהם.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- ט. אחסנתם באופן מוגן של כלי-הרכב הממתיינים לביצוע פניה או חציה.
- י. מתן מקום להצבת אמצעי הבקרה (תמרורים, רימזור) והתאורה.
- יא. בקרת מהירויות המעבר בצומת (בשילוב עם אמצעים גיאומטריים נוספים).
- יב. שיפור חזות הצומת.

איי-התנועה בצומת נקבעים בשילוב עם ההחלטות לגבי הרדיוסים בצומת ולגבי נתיבי העזר. הקו המנחה בהצבת איי-התנועה הוא להקל על הנהגים, באמצעות העמדתם בפני ברירה בין שתי אפשרויות מוגדרות בלבד, בכל פעם. יחד עם זאת, יש להימנע מעודף איים, אשר עשוי לגרום לבלבול הנהגים.

השימוש באיי-תנועה בזרועות הצומת הוא המאפיין את הצמתים המוגדרים "מוסדר מלא" ו"מוסדר חלקית", כהגדרתם בטבלאות 3.2 - 3.4 בהנחיות אלה.

בצמתים מרומזרים הניתוב יהיה תמיד מלא, דהיינו, אי-הפרדה מאורך או שטח הפרדה במרכזן של זרועות הצומת, ואיים משולשים למתן פניות חופשיות ימינה. האיים בצומת מרומזר (מואר תמיד), יהיו בנויים, בשילוב סימוני צבע על-פני הכביש.

תהליך התכן של איי-תנועה מורכב מהשלבים הבאים:

- א. בחירת סוג האי ובחינת ההצדק לשימוש בו.
- ב. קביעת צורת האי, מבנהו ומידותיו.
- ג. מיקום האי ביחס לנתיבי התנועה הסמוכים, והסדרים מתחייבים.
- ד. תכן פרטי האי עצמו.

שלבים אלה תלויים בחשיבות ובמורכבות הצומת, בסוג הדרכים הנפגשות, בזוויות שבין כיווני הנסיעה, במהירויות ובכיווני הפניות, בזמינות הקרקע ובהסדרי בטיחות ותפעול לכלי-הרכב ולהולכי-הרגל.

7.2.2 סיווג איי-תנועה

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

א. תפקוד

- 1) **איי-ניתוב והכוונה** – מיועדים להבדלה בין כיווני המשך נסיעתם של כלי-הרכב הבאים מאותה זרוע, והכוונת הנהג לנתיב הנכון לשם המשך נסיעתו. איים אלו באים על חשבון שטחים בלתי מנוצלים בצומת, שאינם אמורים לשמש לנסיעה. בדרך-כלל מתוכננים איים אלה כדי להפריד את התנועה הפונה ימינה מהתנועה העוברת.
- 2) **איי-הפרדה** – מיועדים להפריד בין זרמי תנועה הנוסעים לאותו כיוון או בכיוונים מנוגדים. לאיים אלה יתרון גדול בעיקר בבקרה של פניות שמאלה.
- 3) **איי-מיפלט** – מיועדים להגנה על הולכי-רגל חוצים ועל כלי-רכב הממתיינים לביצוע פנייה שמאלה או החוצים דרך דו-מסלולית. מיקום נכון של איי-הניתוב ואיי-ההפרדה מאפשר להם לשמש גם כאיי-מיפלט.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ב. צורה גיאומטרית ומיקום

- 1) אי משולש – המיועד לניתוב כלי-רכב בפניות ימינה ולמפלט להולכי-רגל.
- 2) אי מאורך ("טיפה") – במרכז דרך חד-מסלולית; מיועד להפרדה ולמפלט לכלי-רכב, ולמפלט להולכי-רגל.
- 3) אי מיפרדה ("מדיאן") – באזור הצומת נקטעת המיפרדה בדרך מחולקת, ומעוצבת כך שתסייע בניתוב, ותספק מקומות אחסון ומיפלט לכלי-הרכב הפונים והחוצים.

ג. אופן התקנה

- 1) אי צבוע או מסומן במפלט פני הכביש.
- 2) אי בלתי סלול (בדרך-כלל מצע מהודק) במפלט השוליים, התחום על-ידי שולי המיסעה.
- 3) אי בנוי התחום באבני-שפה.

האיים הבנויים הם היעילים והברורים ביותר מבחינת הכוונת התנועה, ומהווים את המפלט הבטוח ביותר. מצד שני, הם מהווים מכשול בדרך, ולכן יש להבליטם על-ידי תאורה וסימון. **אין להתקין איי-תנועה בנויים בצומת שאינו מואר.**

איי-התנועה יהיו בנויים כאשר תפקידיהם הם מפלט להולכי-רגל, מיקום תמרורים ועצמים קשיחים אחרים, או כאשר הם מיועדים למנוע תנועות אסורות. כמו-כן, דרוש האי הבנוי כאשר יש צורך בהכוונה ברורה עקב הסדר גיאומטרי חריג בצומת.

איי-תנועה בלתי סלולים (שהתכסית שלהם היא מצע מהודק או צמחייה נמוכה) יינתנו בעיקר בתפניות דרך ארוכות, היוצרות שטח גדול שאינו מנוצל, וכאשר אין צפויה תנועת הולכי-רגל בקרבתו.

בצמתים בלתי מרומזרים של דרכים ראשיות עם דרכים מקומיות ועם דרכי גישה, בקטעים בהם מספר הצמתים מצומצם, ניתן להסתפק באיים צבועים בלבד בדרך הראשית, כדי לא להפתיע את הנהגים בה הצבת מכשולים בנויים לאחר קטעי נסיעה ארוכים ללא הפרעה.

7.3 איים משולשים

7.3.1 הצדקים להתקנה

האיים המשולשים לפנייה ימינה משמשים להכוונת התנועה ולשיפור ההתמצאות בצומת. השימוש באי-המשולש נועד למקרים הבאים:

- א. בצמתים לא מרומזרים, להקטנת שטח הצומת, בכל פנייה המתוכננת למהירות שמעל למזערית, בהתאם להצדקים המפורטים בסעיפים 5.3 ו-5.4 בהנחיות, וכן בטבלה 5.2.
- ב. בצמתים מרומזרים, יהיו הפניות ימינה ככלל, עם אי-תנועה משולש.
- ג. האי המשולש מספק מיפלט להולכי-רגל חוצים, מקצר את המרחק שעליהם לחצות בבת-אחת, ומאפשר את מיקומם של תמרורים ורמזורים.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ד. בזרוע דו-סיטרית חד-מסלולית אליה נכנסים בעזרת אי-משולש לפנייה ימינה, חובה להתקין אי מאורך בציר הכביש, במקביל ל"צל" של האי המשולש (צלע AB בציור 7.1), כך שהאי המאורך בולט מעבר לצלע המשולש, בכיוון ההתקרבות אל האיים מהדרך הדו-סיטרית (ראה גם ציור 7.6, המובא בסופו של הפרק).

ה. בזרוע ממנה יוצאים בעזרת אי משולש, אין הכרח בבניית אי מאורך לצידו. כמו-כן, יכול האי המאורך להופיע ללא אי משולש באותה זרוע (ראה סעיף 7.4 להלן).

7.3.2 מידות האי

האי המשולש ימוקם ויתוכנן בשילוב עם התכן המפורט של שפות המיסעה ורוחב הפנייה, כמפורט בסעיף 5.3 בהנחיות אלה. השטח המזערי של אי משולש בנוי הוא 7 מ"ר. השטח הרצוי הוא לפחות 9 מ"ר, אם כי, מגבלות גיאומטריות בפניות בזוויות שאינן ניצבות עשויות לחייב הקטנת האי ל-5 מ"ר, כמפורט בטבלה 5.3 בפרק 5 לעיל. האורך המזערי של צלע המשולש נע בין 3.5 ל-4.5 מטר.

קיימים שלושה סוגי איים, לפי גודלם:

א. קטן – בגודל המזערי.

ב. בינוני.

ג. גדול – בעל אורך צלע של 30 מ' לפחות.

האי הגדול מופיע בעיקר בתפניות דרך לפנייה מהירה וניתן לתכננו כבלתי-סלול. בצמתים מוארים, יהיו שאר האיים המשולשים בנויים תמיד.

7.3.3 תכן גיאומטרי של אי-הכוונה משולש

אי-הכוונה משולש בנוי, ימוקם כשקצהו מצוי בנסיגה של 0.6 מטר לפחות מקווי המשך שפות המיסעה של הדרכים הנפגשות, כמתואר בציור 7.1. הנסיגה מיועדת לאפשר תמרון של כלי-רכב חריגים, ולהגן על כלי-רכב הממשיכים ישר מפני פגיעה באבני השפה. שאר השטח בין האי הבנוי לבין נתיבי הנסיעה ימולא בסימון צבע מסוג ד-14 כמתואר בציור 7.1, בהתאם למפורט בהנחיות משרד התחבורה לאופן הצבת התמרורים.

רוחב תפנית הדרך לצד הצלע הארוכה של המשולש (AC בציור 7.1) נקבע בהתאם לאמור בסעיף 5.4.8 ובטבלה 5.7 בהנחיות אלה. כאשר הרוחב הדרוש בתפנית חד-נתיבית עולה על 5.5 מ', יש למלא את הפרש הרוחב שבין 5.5 מ' לבין אבן השפה של האי הבנוי בסימון צבע ד-14, למניעת פנייה של שני כלי-רכב במקביל.

פינותיו של האי הקטן תהיינה מעוגלות ברדיוס של 0.5 מטר לפחות. פינות האי הבינוני תעוגלנה ברדיוסים שונים, כמתואר בציור 7.1. באי בינוני וגדול יהיה קצה האי המכוון לנקודת ההפרדה בין התנועות ישר וימינה (נקודה C בציור 7.1) מרוחק משפת הנתיב הממשיך ישר בשיעור של 1.2-2.0 מ', כך

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

שהמשולש יהיה מוזח ביחס לנתיב הסמוך, וזאת כדי להקל על הנהג המתקרב להימנע מפגיעת הרכב באבני השפה.

ביציאה לתפנית דרך ארוכה באמצעות נתיב האטה, יש לסגת עם אבן השפה של אי-התנועה הבנוי למרחק חופשי מהנתיב העובר השווה לרוחב השול, כדי לאפשר לרכב תקוע לעצור בלי להפריע לתנועה העוברת, ולאפשר לנהג שטעה בפנייה לחזור לכיוון הנסיעה המקורי שלו.

7.4 איים מאורכים ("טיפה") ושטח הפרדה

7.4.1 הצדקים להתקנה

האי המאורך מותקן בהתקרבות לצומת, במרכז דרך שהחתך האופייני שלה הוא בלתי מחולק (חד-מסלולי). אי זה משמש להפרדה בין תנועות נגדיות, להגנה על הממתינים לפנייה שמאלה, לבקרת הכניסה לצומת מהזרוע המשנית, להבלטת קיומו של הצומת, להאטת מהירות ההתקרבות אליו, להקטנת המרחק שיש לפנותו, ולקיצור מרחקי החצייה בבת-אחת.

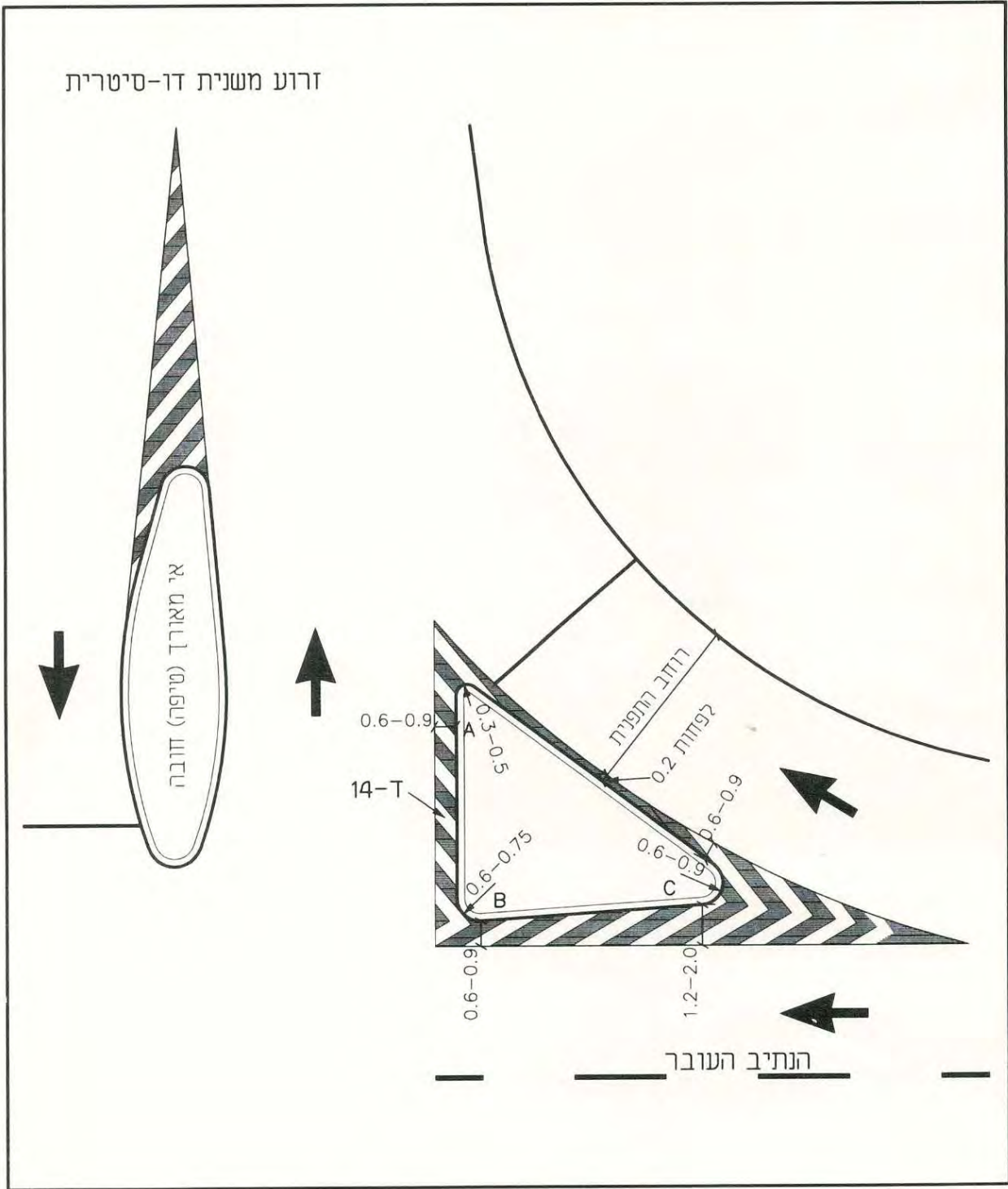
בטבלה 7.1 מובאים הצדקים למתן אי-הפרדה מאורך בצורת טיפה בזרועות השונות של צומת שאינו מרומזר בין דרכים דו-נתיביות (בצמתים בין דרכים דו-מסלוליות מבוצעות הפרדה בין הכיוונים והכוונת הנהג, באמצעות קצה המדיאן בשטח הפרדה בתחום הצומת, כמפורט בסעיף 7.4.4 להלן). בנוסף להצדקים בטבלה, יש לשמור על הכללים הבאים:

- א. בצומת מרומזר יינתן תמיד אי-טיפה בכל זרוע דו-סיטרית.
- ב. אי-הפרדה מאורך יינתן תמיד במרכזה של זרוע דו-סיטרית חד-מסלולית הנפגשת עם דרך דו-מסלולית, להשלמת ההכוונה הניתנת לנהג הפונה מהדרך המחולקת על-ידי המדיאן.
- ג. איים מאורכים יינתנו בכל צומת בה זווית המפגש בין הזרועות איננה ניצבת, כדי להקטין את שטחי הניגוד ולהבהיר לנהגים את מסלולי הפנייה.
- ד. בזרוע דו-סיטרית חד-מסלולית אליה נכנסים בעזרת אי-משולש לפנייה ימינה, יותקן תמיד אי-טיפה בציר הכביש, במקביל ל"צל" של האי-המשולש (צלע AB בצור 7.1), כך שהאי-המאורך בולט מעבר לצלע המשולש, בכיוון ההתקרבות אל האיים מהדרך הדו-סיטרית. בזרוע ממנה יוצאים בעזרת אי-משולש, אין הכרח בבניית אי-מאורך לצידו. כמו-כן, יכול האי המאורך להופיע ללא אי משולש באותה זרוע.

בצומת מרומזר בדרך חד-מסלולית, יש להאריך את חוד הטיפה לתוך הדרך המשנית מעבר לחוד המשולש, כמתואר בצור 7.1, כדי למנוע את עקיפת הרמזור תוך שימוש בנתיב לפנייה ימינה וחציית הדרך הנפגשת על-ידי תנועה הממשיכה ישר בדרך הראשית.

בצומת מרומזר (מואר תמיד) ובכל צומת מואר אחר, יהיו איי-הטיפה בנויים בשילוב סימוני צבע. לעומת זאת, בצמתים בלתי מרומזרים של דרכים ראשיות עם דרכים מקומיות ודרכי גישה, בקטעים בהם מספר

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 7.1 פרטי התכנן של אי משולש (בינוני)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

הצמתים מצומצם, ניתן להסתפק באיים צבועים בלבד בדרך הראשית, כדי לא להפגיע את הנהגים בדרך הראשית בהצבת מכשולים בנויים לאחר קטעי נסיעה ארוכים ללא הפרעה.

טבלה 7.1 הצדק לתכן של אי מאורך (טיפה) בצמתים לא מרומזרים בין דרכים חד-מסלוליות⁽¹⁾

		ראשית ורחוב עורקי	סיווג הדרכים הנפגשות
		בשתי הדרכים	ראשית
אזורית ורחוב מאסף		בשתי הדרכים	אזורית
מקומית וגישה	בשתי הדרכים	רק בדרך המקומית באזור מישורי ⁽²⁾	מקומית וגישה
לא	רק בדרך המקומית באזור מישורי		

(1) טבלה זו מותאמת להצדקים לאי משולש בטבלה 5.2.

(2) סיווג המאפיינים הטופוגרפיים מוגדר בטבלה 2.2 בפרק I של ההנחיות.

7.4.2 רדיוסי הבקרה לפניות שמאלה

תכן איי-הפרדה מתבסס על רדיוסי הבקרה לפניות שמאלה בצומת. הרדיוסים לפניות שמאלה דומים לרדיוסים שנקבעו עבור הפניות ימינה בהתאם לסוגי הרכב לתכן ולשאר השיקולים כפי שפורטו בסעיף 5.2 לעיל בהנחיות אלה.

רדיוסי הבקרה לפניות שמאלה הם:

- בפניות שמאלה אל דרך מקומית ודרך גישה ומהן – 12.5 מ' לפחות.
- בצומת לא מרומזר בין דרכים בסיווג גבוה יותר, בפניות שמאלה בין הזרועות השונות, וכן בצמתים מרומזרים – 15.0 מ' לפחות (ראה ציור 7.4).
- בפניות שמאלה אל כל דרך וממנה, כאשר היא מובילה לאתר המושך תנועה סדירה של כלי-רכב מסחריים מורכבים או מחוברים – 15.0 מ' לפחות.

רדיוסים אלה יאפשרו פנייה במהירות של כ-15 קמ"ש לאוטובוס ולרכב מורכב, כאשר הפנייה מתוך הזרוע הראשית מבוצעת בנוחות רבה יותר.

(באופן מעשי, צורת הנסיעה של כלי-הרכב הארוכים בעת הפנייה דומה לעקום מורכב, כאשר איי-ההפרדה משמשים להכוונה בתחילת הפנייה ובסופה. רדיוס של 15.0 מטר מאפשר פנייה נוחה לכל סוגי כלי-הרכב לתכן. ברדיוס של 12.5 מטר נדרשים כלי-הרכב הארוכים לבצע עקום בצורת "S", תוך כדי ניצול הרוחב הגדול העומד לרשותם בעת הפנייה).

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

7.4.3 תכנן גיאומטרי של איי-טיפה

התנאים הכלליים המכתיבים את צורתו הגיאומטרית של אי-הטיפה המאורך הם:

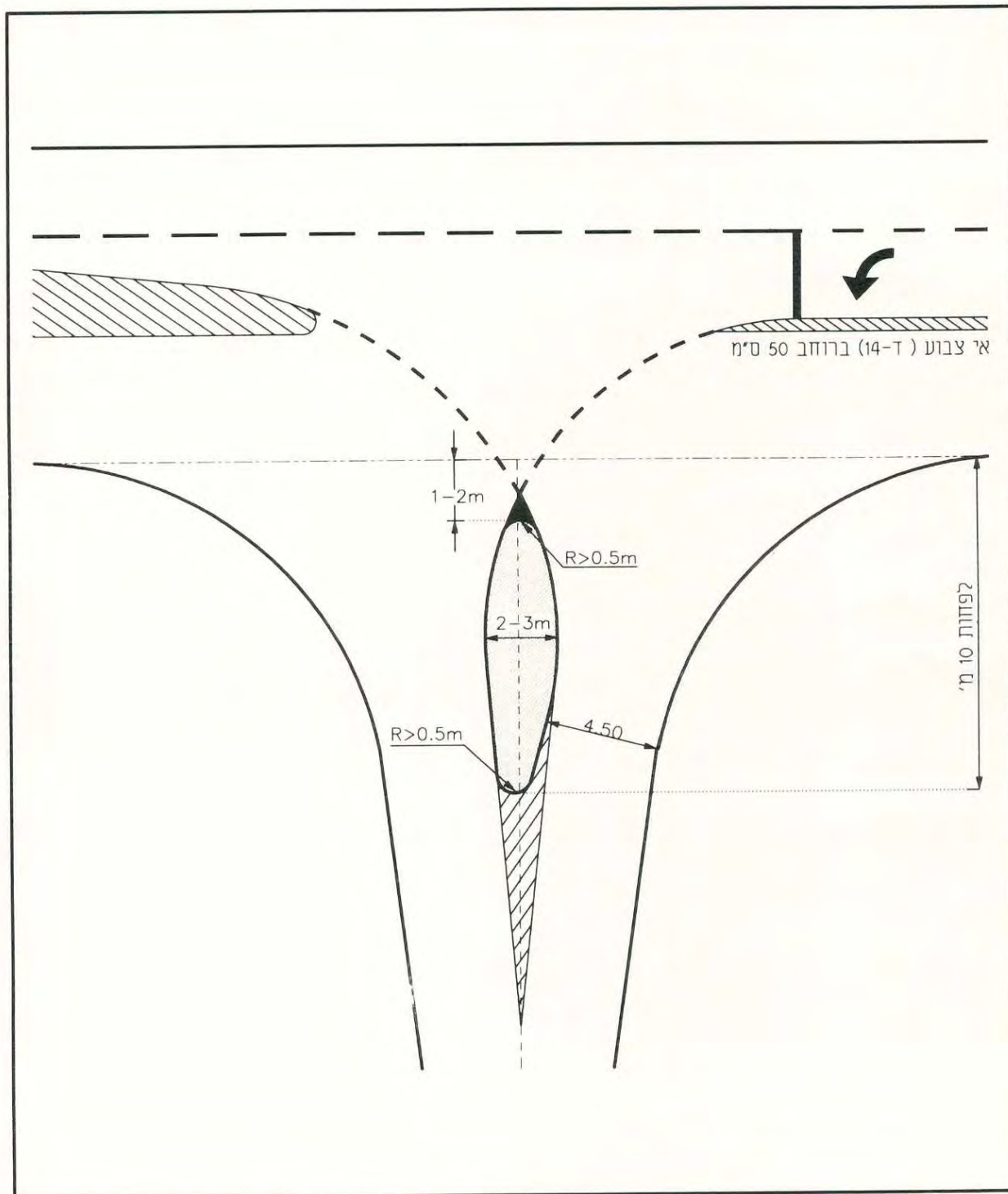
- א. מבנה האי צריך לאפשר לכלי-הרכב לתכנן לעקפו מימין, מבלי לפלוש לנתיב השכן או לעלות על אבני השפה.
 - ב. אם האי המאורך (הטיפה) משמש כמיפלט להולכי-רגל, או להצבת עמודי תאורה ורמזור, יהיה רוחבו המזערי 2.0 מטר.
 - ג. בדרך משנית דו-נתיבית יהיה רוחבו המירבי של האי המאורך 3.0 מטר.
 - ד. בדרך המשנית, מרחק החוד הקדמי של האי המאורך יהיה לפחות 1.0 מטר מקו המשך הקצה הימני של נתיב הנסיעה בדרך הראשית, אך לא יעלה על 2.0 מטר (ראה ציור 7.2), וזאת בכדי לקרב עד כמה שניתן את קו העצירה לצומת.
 - ה. האורך הרצוי של האי המאורך (כשאינו משמש ליצירת נתיב לפנייה שמאלה), נקבע כתלות במהירות ההתקרבות אל הצומת, בין 10 מטר במהירות 50 קמ"ש ל-50 מטר במהירות 80 קמ"ש. היות והאי המאורך צריך להיראות לנהג לפחות ממרחק הראות לעצירה, יש למשוך את קצה האי מעבר לעקום אנכי או מחוץ לעקום אופקי אם האי אינו בולט די צרכו, כמתואר בציור 7.3.
 - ו. הרדיוס המזערי של קצוות האי הבנוי לא יקטן מ-0.5 מטר.
 - ז. בהתקרבות לאי הבנוי יינתן בצבע סימון של "משפך" מתרחב (ד-14), כמתואר בציורים 7.2 ו-7.6.
- בציור 7.7 מובא התכנן הגיאומטרי של האי המאורך, המשמש להכוונה או כמקלט להולכי-הרגל.
- בתכנן המפורט של האיים בצומת ובעיקר של האי המפריד, יש לזכור כי עליו להראות לעיני הנהג המתקרב במרחקים הבאים:
- בציר הראשי – למרחק הראות להחלטה למהירות התכנן;
 - בזרוע משנית – למרחק השווה למרחק הראות לעצירה למהירות התכנן;
 - בצומת בעקום אופקי יש לבדוק את קו הראות לקצה האי;
 - כאשר הצומת בעקום אנכי קמור, יש להאריך את קצה אי-ההפרדה אל מחוץ לעקום האנכי, כך שיהווה לנהג רמז חזותי למיקומו הסמוך של הצומת בתחומי העקום, כמתואר בציור 7.3.

7.4.4 הפתח בשטח ההפרדה בצומת (המדיאן)

בדרכים המחולקות באמצעות שטח הפרדה נוצר באזור הצומת פתח באי-ההפרדה. אי-ההפרדה בצמתים מאפשר מקום מיפלט להמתנה של כלי-רכב הפונים שמאלה בנתיב בלעדי, מסייע בהכוונתן של הפניות בתחילתן ובסופן, ומקטין את האורך שצריך לפנותו, על-ידי מתן אפשרות לרכב החוצה או הפונה שמאלה לבצע את הפעולה בשני שלבים, שביניהם באפשרותו להמתין בחסות שטח ההפרדה.

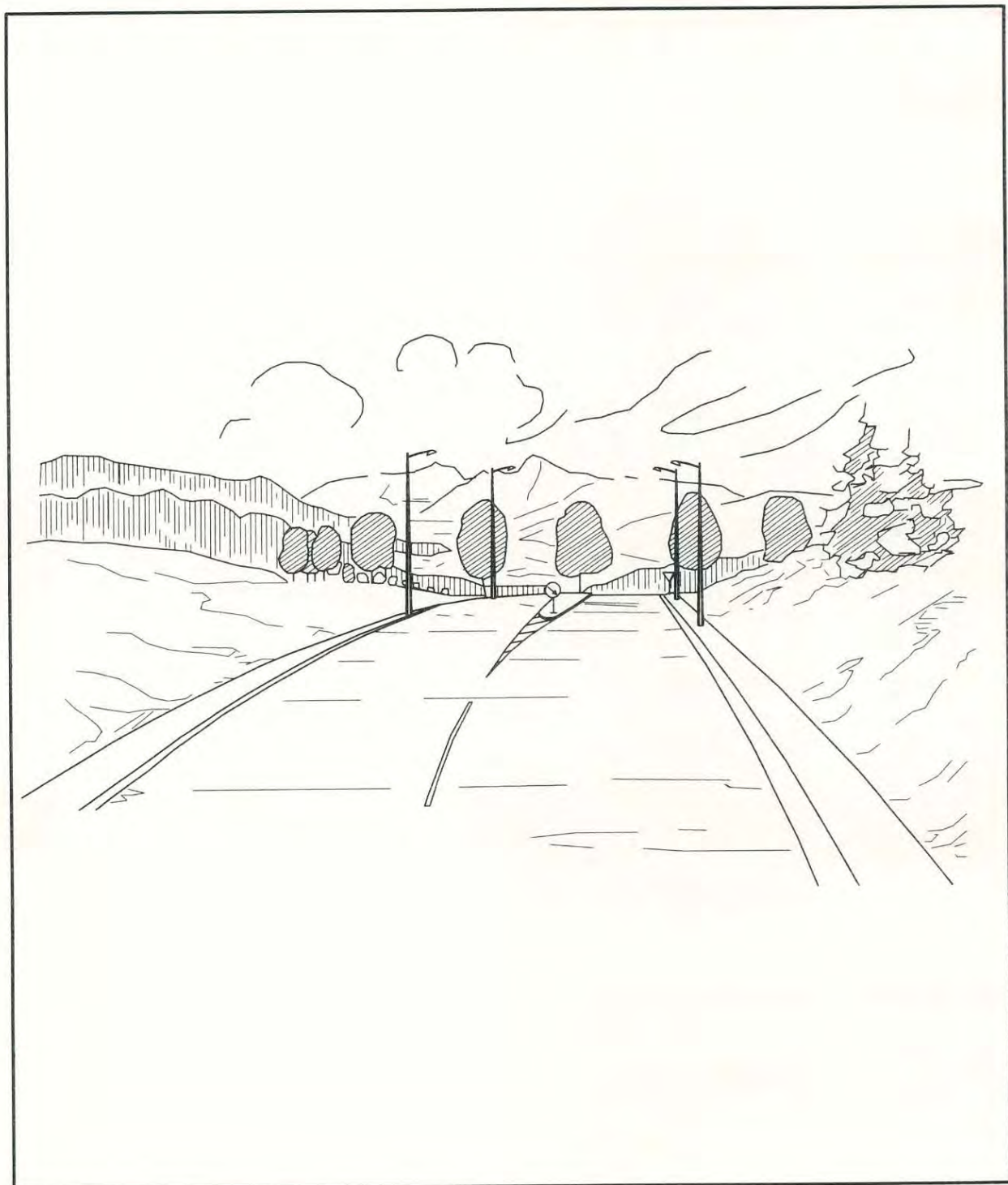
תכנן קצות אי-ההפרדה (ה"אף") מתבסס על רדיוסי הבקרה של הפניות שמאלה, המפורטים בסעיף 7.4.2 לעיל.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 7.2 תאור כללי של אי מאורך ("טיפה") בזרוע המשנית

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



הארכת האי מסוג "טיפה" לפני צומת בעקום אנכי

7.3 ציור

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

אי-הפרדה באזור הסמוך לצומת יהיה בנוי. רוחבו וצורתו של האי יתקבלו כתוצאה מהתקנת הנתיבים המיוחדים לפנייה שמאלה בשטח ההפרדה, כמפורט בפרק 6 לעיל.

היות שרוחב אי-ההפרדה המזערי הדרוש בדרכים זו-מסלוליות הוא 5.80 מטר ללא תאורה ו-7.0 מטר, כאשר התאורה מותקנת בתוכו (ראה פרק 7 – החתך לרוחב בכרך I של הנחיות אלה), לאחר הפחתת הרוחב הדרוש של הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה נותר רוחב שטח הפרדה של 2.20 מטר לפחות ללא תאורה, ו-3.40 מ' לאי-הפרדה בו מותקנת תאורה.

7.4.5 פניות שמאלה בו-זמנית

בצומת בו ישנה יותר דרישה חזקה של פניות שמאלה, יש לוודא שהתכן הגיאומטרי מאפשר ביצוע שתי פניות שמאלה בו-זמנית. תכנון זה מתבצע בשני מקרים:

א. פניות שמאלה המבוצעות זו מול זו משתי זרועות נגדיות בצומת, בעיקר כאשר הצומת מרומזר ושתי הפניות שמאלה מתבצעות בו-זמנית.

ב. פניות שמאלה המבוצעות משני נתיבים של אותה זרוע במקביל (רק בצומת מרומזר).

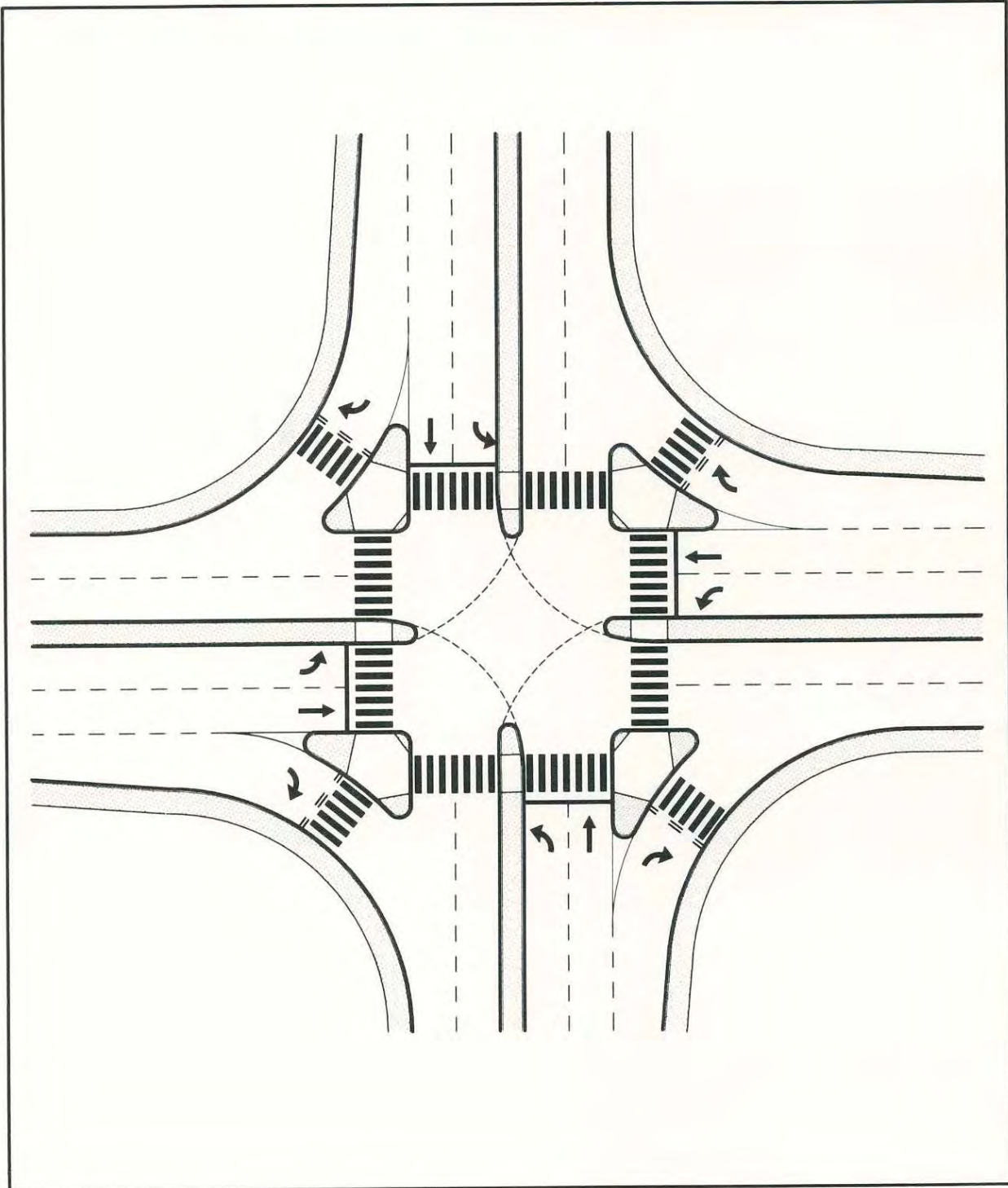
המרחק המזערי בין הפניות הנגדיות הוא 9.0 מטר, כמתואר בציור 7.4. בנוסף, יש לוודא כי הרוחב המשותף של שני נתיבי הפנייה, לפניות מקבילות – באמצע הפנייה, ולפניות מנוגדות – בנקודה הסמוכה ביותר, לא יפחת מהרוחב הדרוש לפי חלופה III בטבלה 5.7 בהנחיות אלה, עבור רדיוס הבקרה הקיים בצומת.

יש לסמן את נתיבי הפנייה לכל אורכם בעזרת קווי הדרכה לפנייה (ד-12), כדי להקל על הנהגים הפונים לשמור על מסלול נסיעתם במהלך הפנייה, כמתואר בציור 7.4.

לפניות מרומזרות שמאלה ניתן להקצות מספר נתיבים הגדול מאחד, אך רק בתנאי שמספר הנתיבים במסלול אליו פונים אינו קטן ממספר הנתיבים בפנייה. כאשר הפניות שמאלה מבוצעות ממספר נתיבים הגדול מאחד, יש לוודא כי רוחב הנתיבים לא יפחת מהרוחב הדרוש לפי חלופה III בטבלה 5.7, עבור רדיוס הבקרה הקיים בצומת. בפניות אלה, יש לבצע בכל אחד מהנתיבים סימון הכוונה לניתוב הפנייה לאורך כל הפנייה.

במקרה של הפעלת שתי פניות שמאלה זו מול זו באותו שלב במחזור, יש לוודא קיום מירווח מיזערי של 9.0 מ' בין הרדיוסים הפנימיים של שתי הפניות, עבור רדיוסי פנייה מזעריים (15.0 מ'), כמתואר בציור 7.4. לא תבוצענה פניות שמאלה זו-נתיביות משני כיוונים מנוגדים בהצטלבות מרומזרת ביחד, כדי לא ליצור צומת ששטחו הכולל גדול מדי.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



המרווח הדרוש בין פניות מרומזרות שמאלה הפועלות בו-זמנית

ציור 7.4

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

7.5 איי-מיפלט להולכי-רגל

בצמתים בהם צפויה תנועת הולכי-רגל (צומת עם דרך גישה ליישוב, צמתים בהם צפויה תנועת נוסעים בין תחנות אוטובוס, וכדומה), יש לתכנן את איי-התנועה המצויים במסלולי הליכתם וחצייתם שלהולכי-רגל כך, שיספקו הגנה להולכי-הרגל. יש לבדוק את ההצדקים למתן מעברי-חצייה בהתאם להנחיות המתאימות של המפקח על התעבורה: "הנחיות לתכן מעברי-חצייה להולכי-רגל", ו"הנחיות לתכנון רמזורים". כאשר יש הצדקה לקיום מעברי-חצייה, יש לתכנן את איי-המפלט להולכי-רגל בהתאם לאמור בהנחיות המתאימות. (ככלל, בדרכים בין-עירוניות יותקנו מעברי-חצייה רק בצמתים).

בצמתים בהם צפויה תנועת הולכי-רגל, גם אם אין היא מצדיקה סימון מעברי-חצייה, יש לדאוג לרצועה ברוחב מזערי של 2.0 מטר לתנועת הולכי-הרגל לרוחב האיים שבמסלול הליכתם, ולהגנה באורך של 1.0 מ' נוסף של האי מכל צד של רצועה זו. ראה תכניות צמתים בפרקים 10, 12 ו-13.

7.6 אבני-שפה

אבני השפה בצומת יהיו בהתאם לדרישות ת"י 19, במהדורתו המעודכנת. סוגי אבני-השפה המיועדות לשימוש בצמתים לפי תקן זה מתוארים בציור 7.5. גובה מדרגת אבני השפה יהיה 15 ס"מ מפני הכביש, למעט מעברי-חצייה, שם גובהה יהיה 7 ס"מ.

אבני השפה המשופעות תותקנה במיפרדה ובאיים משולשים, למעט בקרבת מעברי-חצייה, שם תהיינה ניצבות. כן יש להתקין אבני שפה ניצבות באיי-תנועה מאורכים מסוג "טיפה".

אבני השפה לאורך מדרכות תהיינה ניצבות.

אין להתקין איי-תנועה בנויים בצומת שאינו מואר.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

אבני שפה מונמכות (מין 104.4)
לאיי תנועה

המידות (במ"מ)							מתאר האבן
H	F	E	D	C	B	A	
160	10	20	36	130	194	230	

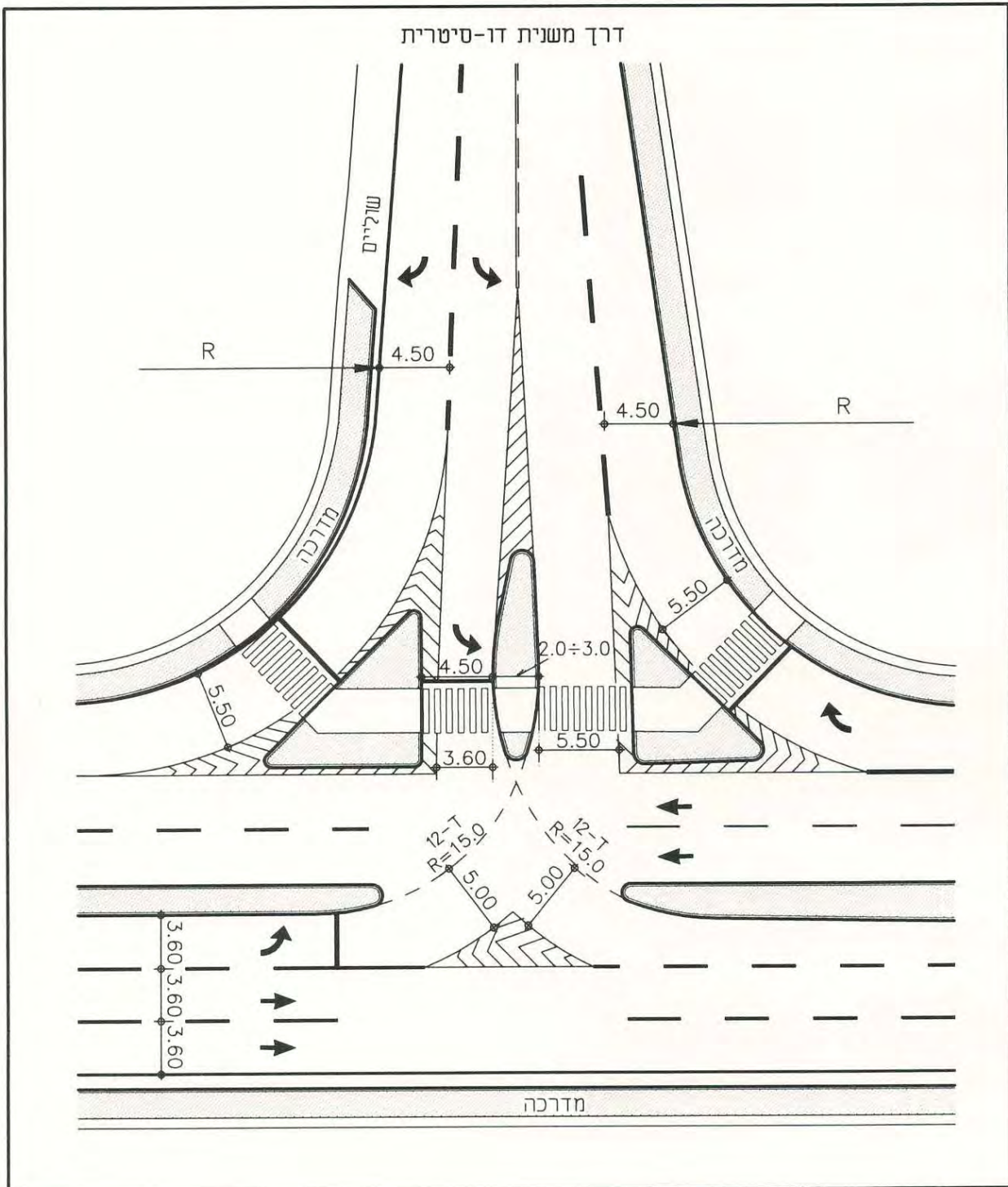
אבני שפה לאיי תנועה (מין 104.2)

המידות (במ"מ)						מתאר האבן
H	E	D	C	B	A	
230	100	180	130	50	230	

סוגי אבני השפה המיועדים לשימוש בצמתים (על-פי ת"י 19)

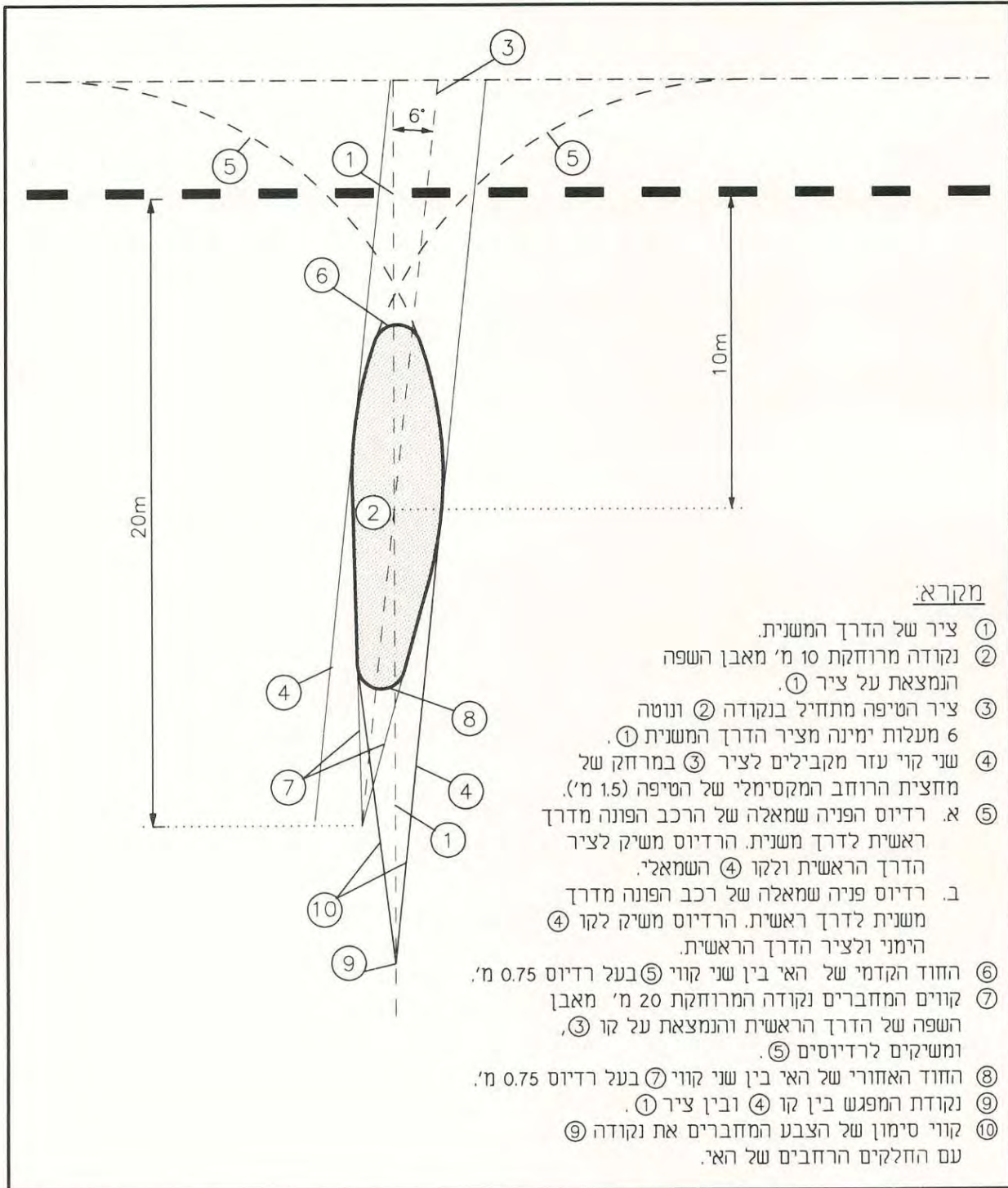
ציור 7.5

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



דוגמא לשימוש באיים לניתוב בהסתעפות **ציור 7.6**

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 7.7 אופן התכנן הגיאומטרי של אי מאורך ("טיפה")

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 8

התוואי האנכי בצמתים

תוכן עניינים

8-1	מבוא	8.1
8-1	שיפוע אורכי בזרועות הצומת	8.2
8-1	כללי	8.2.1
8-2	שיפועים מירביים	8.2.2
8-3	שיפועים מזעריים	8.2.3
8-3	המרווח החופשי (גבריט)	8.3
8-3	עקומים אנכיים בצמתים	8.4
8-3	עקום אנכי קמור	8.4.1
8-4	עקום אנכי קעור	8.4.2

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 8

התוואי האנכי בצמתים

8.1 מבוא

לתוואי האנכי באזור הצומת יש השפעה רבה על מאפייני התפעול והבטיחות של הצומת: שיעור השיפוע לאורך זרועות הצומת משפיע על ביצועיהם של כלי-הרכב, הן בעת האטה ובלימה והן בעת האצה. כן מקשה השיפוע לאורך על ביצוע תמרוני פנייה בניצב לכיוון השיפוע. כאשר השינוי בשיפוע לאורך באזור הצומת מתבטא בקיומו של עקום אנכי קמור, הוא גורם למגבלות ראות באזור הצומת, ועשוי לגרום לקשיים באבחנה בקיומו של הצומת.

השיקולים המפורטים לעיל מכתיבים, כבר בשלב התכן המוקדם, מגבלות לגבי האפשרויות למיקום הצומת בהתחשב במאפייני התוואי האנכי, כמפורט בסעיף 3.6.6 בהנחיות. יש להימנע, ככל האפשר, מקביעת הצומת במקום בו נדרשים שיפועים גדולים בזרועות הצומת, או שילוב הצומת בעקום אנכי קמור. במקרים בהם לא ניתן להימנע מכך, יש לפעול בהתאם לכללי התכן המפורטים בסעיפים הבאים.

8.2 שיפוע אורכי בזרועות הצומת

8.2.1 כללי

לשיפוע אורכי גדול בתחום הצומת ובמבואות הצומת, ההשפעות השליליות הבאות:

- א. הנהיגה בשיפוע גדול מאולצת, בין בירידה ובין בעליה; התימרונים קשים יותר ואין הנהג חופשי די הצורך להגיב כראוי לבעיות המיוחדות של הצומת.
- ב. בגישה מבוקרת אל הצומת (בין אם על-ידי תמרור ובין אם על-ידי רמזור) הנהג מתקשה בהמתנה ובזינוק, כאשר הוא נמצא בעליה בשיפוע גדול לפני הצומת.
- ג. השיפוע מקטין את כושר הבלימה בירידה, דבר המגדיל את הסכנה לתאונה, במיוחד בכניסה לצומת.
- ד. רכב המבצע פנייה מכיוון הירידה ימינה או שמאלה, או הפונה מימין לשמאל אל כיוון העליה, נמצא בשיפוע צידי הפוך. במיוחד מסוכנת הפנייה בירידה, וקיימת סכנת התהפכות.
- ה. ההשפעה על איכות הסביבה כתוצאה מזיהום עקב פליטת גזים וכן עלייה ברעש.
- ו. שיפוע אורכי גדול גורם להגברת זרימת המים לאורך הדרך לעומת הזרימה לרוחבה, ומגדיל את כמויות המים הנכנסות לצומת.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

בהתחשב בהשפעות שליליות אלה, יש להגביל את השיפועים לאורך זרועות הצומת ובמבואותיו לערכים המפורטים בסעיף 8.2.2.

8.2.2 שיפועים מירביים

השיפוע המירבי לאורך בזרועות הצומת תלוי בסוג הדרך, במאפיינים הטופוגרפיים, בנפח התנועה ובמהירות התכן. מאחר שבכל הדרכים נקבעת מהירות התכן בהתאם לשילוב של הסיווג הטופוגרפי ונפח התנועה, כמפורט בטבלה 2.3 בכרך I של הנחיות אלה, ניתן להציג את השיפוע המירבי לאורך בתלות בסוג הדרך ובמהירות התכן בלבד, כמפורט בטבלה 8.1 להלן. השיפועים המירביים באזור הצומת יוגבלו לערכים שבין 3% ל-6%, ויהיו נמוכים מן השיפועים המירביים בדרך חופשית.

בתפניות דרך המיועדות לפנייה מהירה ימינה, בהן יש קטע בו התוואים האופקי והאנכי נפרדים מהזרועות אותן מחברת התפנית, ייקבע השיפוע לאורך התפנית בהתאם למהירות התכן שלה, כמפורט בטבלה 8.1.

את השיפוע לאורך זרועות הצומת ובקרבתו יש לשמור ללא שינוי, לפחות עד למרחק המצוין בטבלה 8.1. מרחק זה מבטא כ-3 שניות נסיעה במהירות התכן. עם זאת, כאשר יש נתיב מיוחד לפנייה שמאלה או ימינה, רצוי שכל אורך האחסנה של נתיב זה, המחושב בסעיף 6.3.3 לעיל, ייכלל בתחום השיפוע המצוין בטבלה 8.1. לכן, כאשר אורך האחסנה הנדרש עולה על האורך הנתון בטבלה 8.1, יש להאריך את הקטע בשיפוע המבוקר עד לקצה קטע האחסנה לפחות.

כאשר השיפוע בזרועות הצומת עולה על 2.5%, יש להתחשב בהגדלת מרחקי-הראות לעצירה, כמפורט בטבלה 4.2 בסעיף 4.2.2 בהנחיות אלה, וכן בשינויים המתחייבים באורך נתיבי ההאטה וההאצה, כמפורט בטבלאות 6.1-6.4 בהנחיות.

כאשר לאורך אחת מזרועות הצומת שיפוע ניכר, יש לבדוק את השילוב עם השיפועים לרוחב, אשר יוצר הגבהה הפוכה לחלק מהפונים. ראה פירוט בסעיף 9.2.6 להלן.

טבלה 8.1 ערכי השיפועים המירביים לאורך בזרועות הצומת ובמבואותיו

מהירות התכן (קמ"ש)								סוג הדרך
110	100	90	80	70	60	50	30-40	
שיפוע מירבי לאורך (%)								
3	3	4	4	---	---	---	---	דרך ראשית
---	3	4	4	5	---	---	---	דרך אזורית
---	---	---	4	5	6	6	---	דרך מקומית
---	---	---	---	5	6	6	6	תפנית דרך
90	85	75	70	60	50	40	---	המרחק מהצומת בשיפוע הנתון (מ')

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

8.2.3 שיפועים מזעריים

השיפוע המזערי לאורך זרועות הצומת נקבע משיקולי ניקוז והוא 0.5%. השיפוע השקול בצומת (ניצב לקווי הגובה) לא יפחת מ-1%. יש להקפיד על סילוק המים מתחומי הצומת במידת האפשר, ולמנוע כניסתם לצומת של מים שמקורם מחוץ לצומת. ראה פירוט בפרק 9 להלן, וכן בפרק המיוחד לנושא ניקוז בכרך I של הנחיות אלה.

8.3 המרווח החופשי (גבריט)

בתכן התוואי האנכי בצמתים יש לשמור בגשרים ובמעברים את מרווחי הגובה החופשי (גבריטים) הבאים:

- א. מעל מסילות ברזל – 6.5 מטר.
- ב. מעל דרכים אחרות – 5.5 מטר, מעל כל הנתיבים וכן מעל לשוליים בשני הצדדים.

גובה זה עונה לדרישות הרכבת (לרבות הכנה לחשמול), וכן מאפשר הובלת מטען חורג כנדרש בתקנות התעבורה. בנוסף לכך, יש לבדוק עם הגורמים הנוגעים בדבר, האם אין דרישות מיוחדות לצומת המתוכנן ולצירים העוברים בו. המירווחים יימדדו בין הנקודה הנמוכה ביותר בתחתית קורות הגשר או המעבר העילי, לבין הנקודה הגבוהה ביותר בחתך הרוחב של הכביש מתחת למבנה העילי. יש לשמור על מרווח זה מעל כל הנתיבים וכן מעל לשוליים ולשטח ההפרדה, וכן בתפניות דרך ובשוליהן.

8.4 עקומים אנכיים בצמתים

8.4.1 עקום אנכי קמור

א. שיקולי בטיחות

על-פי האמור בסעיף 3.6.6 בהנחיות אלה, יש להימנע ממיקום צומת בתחום עקום אנכי קמור. במקרים בהם אין אפשרות להימנע מכך, יש לדאוג לכך, שהגבלת מרחקי-הראות הנובעת מקיומו של העקום האנכי לא תפגע בתפקודו של הצומת ובבטיחותו, ולא תמנע מהנהג המתקרב לצומת להבחין בקיומו של הצומת, בהמשך מסלול נסיעתו, ובהימצאותם של כלי-רכב אחרים בו, ממרחק שיאפשר לו את קבלת ההחלטות המתאימות ואת נקיטת הצעדים הדרושים לביצוען.

מרחקי-הראות הדרושים בצומת וערכי התכן שלהם מפורטים בהרחבה בפרק 4 – "מרחקי-ראות" בהנחיות אלה. בהתאם למפורט בפרק, יהיו מרחקי-הראות לפיהם יתוכננו העקומים האנכיים, כדלקמן:

- 1) מרחק-הראות להחלטה – בכיוון המועדף בדרכים ראשיות, ובדרכים אזוריות דו-מסלוליות.
- 2) מרחק-הראות לעצירה – בכל זרוע אחרת בצומת.

ראה פירוט והרחבה לדרישות בסעיף 4.2.4 בהנחיות אלה. יישומם של מרחקים אלה בתכן עקום אנכי קמור לאורך זרועות הצומת ייעשה עבור גובה עין של 1.05 מ' וגובה חפץ של 0.15 מ'. תכן העקומים

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

האנכיים הקמורים למרחקי-ראות אלה יבוצע בהתאם לתהליך התכן המפורט בסעיף 6.4.2 בכרך I של הנחיות אלה. בהתאם לכך יהיו רדיוסי העקומים האנכיים הקמורים כמפורט בטבלה 8.2.

ב. שיקולים נוספים

בנוסף לשיקולי הראות, על העקום לעמוד בשיקולי התכן של חזות התוואי ונחות הנסיעה הקובעים אורך מיזערי, כמפורט בסעיף 6.4.2 בכרך I של הנחיות אלה. אורכי העקומים המתקבלים למהירויות התכן המקובלות בצמתים מוצגים בציורים 8.1 ו-8.2. כמו-כן, כאשר הצומת מצוי בעקום אנכי שרדיוסו עולה על 3,000 מ', דרושה תשומת לב מיוחדת לפתרון הניקוז בצומת, במיוחד כאשר הוא תחום באבני שפה.

ג. קיום משולשי הראות בצומת

בנוסף לשיקולים הבטיחותיים שהוזכרו בסעיף א. לעיל, יש לבדוק שהעקום האנכי מאפשר את קיומם של משולשי הראות הדרושים לרכב שעצר לפני חצייה או פנייה בכל זרועות הצומת, בהתאם לפנייה המבוצעת, כמפורט בסעיפים 4.3 ו-4.4 לעיל בהנחיות אלה. החישוב יבוצע לפי רדיוס העקום ובהתאם לנוסחאות המפורטות בסעיף 6.4.2 בכרך I של הנחיות אלה, עבור גובה עין של 1.05 מ' וגובה רכב של 1.30 מ' מפני הכביש. כמו-כן, יש לוודא שהעקום האנכי אינו מונע את ההבחנה בתמרורים, רמזורים וכיו"ב מהמרחק הדרוש, בהתאם לסוג הפעולה הנדרשת מהנהג.

8.4.2 עקום אנכי קעור

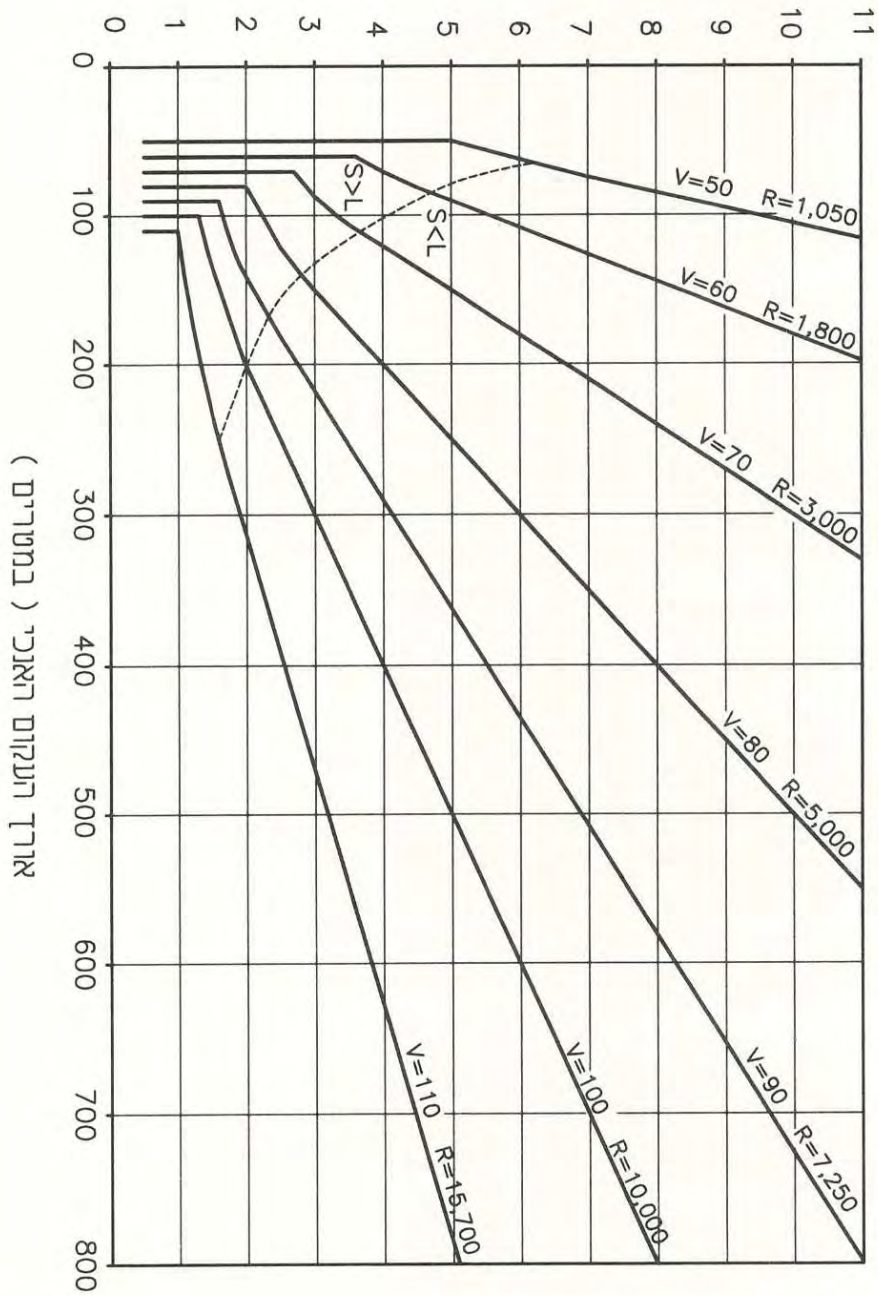
ככלל, עקום אנכי קעור משפר את האבחנה בקיומו של הצומת ובהסדרי התנועה בו. בנוסף לכך, בשל הדרישה לתאורה בכל צומת בין-עירוני, התכן של עקום קמור לפי מרחק ההארה של פנסי החזית של הרכב אינו קריטי כמקובל בכביש פתוח. לפיכך, יתוכנן העקום הקעור בצומת משיקולי ניקוז, נוחות וחזות התוואי, כמפורט בסעיף 6.4.3 בכרך I של הנחיות אלה. בצמתים יש להקפיד במיוחד על הגבלת הרדיוס ל-3,000 מ' משיקולי ניקוז הצומת.

טבלה 8.2 רדיוסים מזעריים לתכן עקום אנכי קמור בצמתים משיקולים בטיחותיים (במטרים)

סוג מרחק-הראות לתכן העקום		מהירות התכן (קמ"ש)
ל ח ל ט ה	ל ע צ י ר ה	
----	1,050	50
----	1,800	60
11,500	3,000	70
14,500	5,000	80
18,500	7,250	90
22,500	10,000	100
26,500	15,700	110

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

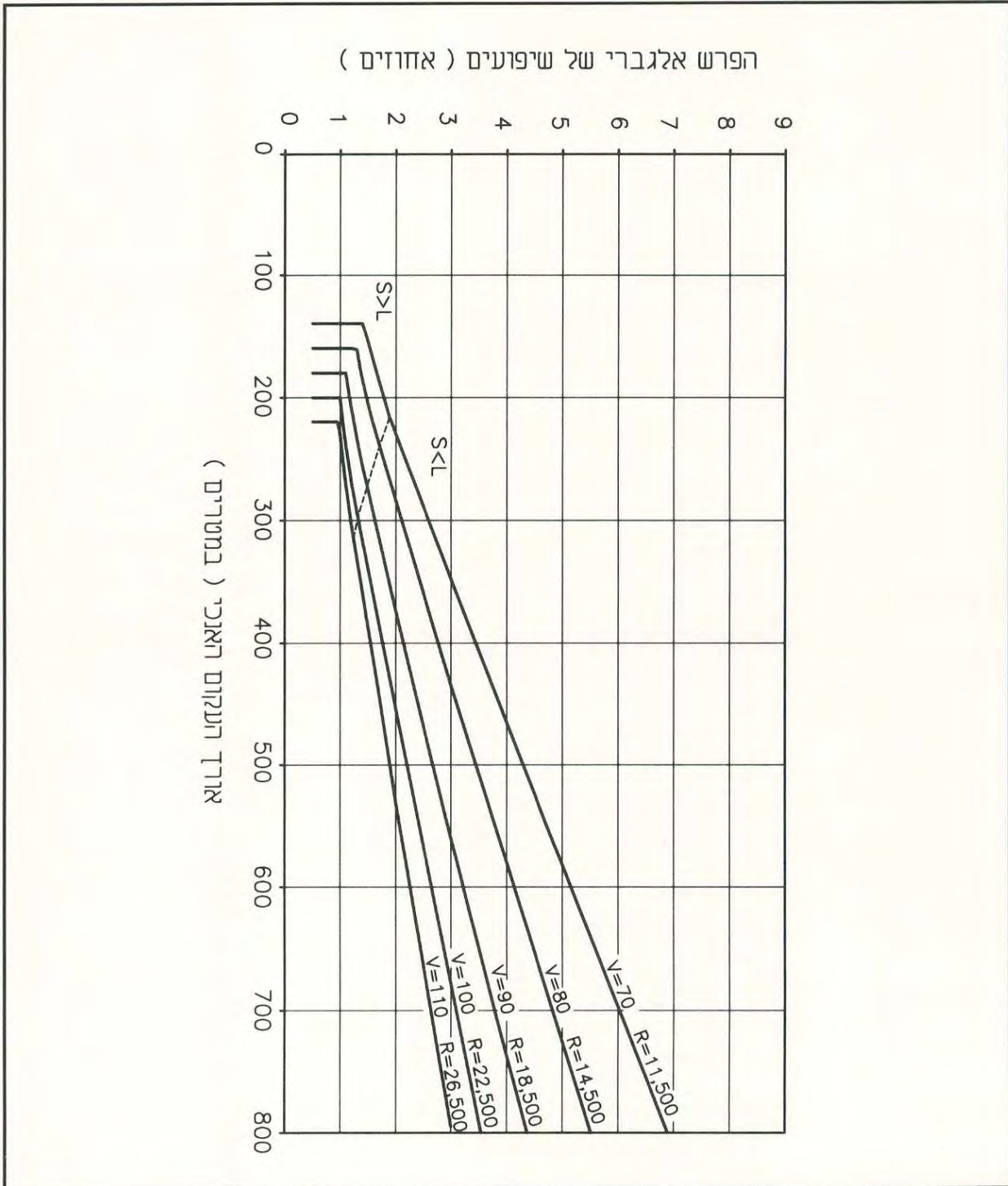
הפרש אלגברי של שיפועים (אחוזים)



ציור 8.1 האורך המזערי לעקום אנכי קמור בצמתים, לפי מרחק-ראות לעצירה

8.1 ציור

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 8.2

האורך המזערי לעקום אנכי קמור בצמתים, לפי מרחק-ראות להחלטה

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 9

רומים וקווי רום

תוכן עניינים

9-1	מבוא	9.1
9-1	השיטות לתכן רומים	9.2
9-1	הגדרת שיטות התכן ותחום הצומת	9.2.1
9-2	שיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך הראשית	9.2.2
9-4	התאמת הרומים כשהצומת בעקום אופקי	9.2.3
9-4	שיטת המישור בהצטלבות	9.2.4
9-7	שיטת המישור בהסתעפות	9.2.5
9-7	השיפוע המירבי בתחום הצומת	9.2.6
9-7	מעברי שיפועים	9.3
9-7	מעבר שיפועים בזרועות הצומת	9.3.1
9-10	מעבר שיפועים בתפניות דרך	9.3.2
9-13.....	הסדרי ניקוז	9.4

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 9

רומים וקווי רום

9.1 מבוא

בצמתים, יש צורך בתכן מפורט ומדוקדק של הרומים באזור המפגש בין הזרועות השונות, במטרה ליצור באזור הצומת משטח רציף ללא שבירות בקו הנסיעה. בזרועות הצומת יוצרים שיפועי האורך והרוחב של כל אחת מהדרכים משטחים מרחביים, המהווים את צורת פני הדרך. בגלל הצומת יש צורך בשינוי חלק משיפועים אלה, כדי ליצור התאמה בין השיפוע לאורך ציר דרך אחת, לבין השיפוע לרוחבה של הדרך המצטלבת. ההתאמה מבוצעת על-ידי שינויים מקומיים בקרבת הצומת, בערכם ולעיתים אף בכיוונם, של חלק מהשיפועים לאורך ולרוחב הדרכים הנפגשות. כתוצאה מכך, מתחייבים שינויים גיאומטריים בפני הדרכים המצטלבות בקרבת הצומת, כדוגמת מעברי שיפועים ולעיתים אף עקומים אנכיים בחלק מזרועות הצומת.

פתרון הבעיה מנקודת ראות גיאומטרית בלבד אינו תמיד הפתרון המעשי. שיקולי התכן של הפתרון נקבעים על-ידי מספר גורמים:

- א. נוחות ובטיחות הנסיעה בזרועות ובפניות השונות.
- ב. שיקולי ביצוע הרומים בפני המיסעה, והשיפועים לאורך ולרוחב.
- ג. הרחקה מהירה של מי הגשם מאזור הצומת.
- ד. צורה נעימה ונאה לעין של משטח הצומת ושפות הכביש.

פרק זה עוסק בהנחיות לביצוע השלבים המתחייבים בתהליך התכן לרומים בצמתים: הגדרת שטח הצומת לצורך הפרק; השיטות לתכן הרומים בשטח הצומת; המרכיבים ואופן הביצוע הייחודיים לכל שיטה; תכן מעברי שיפועים ועקומים אנכיים בזרועות הצומת; קביעת החתכים, הרומים והפרטים האופייניים במישור הצומת ובקרבתו; מיקום קולטי המים המתחייב משיטת התכן; מעברי השיפועים בתפניות דרך, והטיפול בשטח שבין הגישות לבין התפניות.

9.2 השיטות לתכן רומים

9.2.1 הגדרת תחום הצומת ושיטות התכן

הגדרת "תחום הצומת" להלן ייחודית לפרק זה (הגדרה זו שונה מההגדרות של שטח הצומת, כפי שהוגדרו בסעיף 2.1.3 בהנחיות אלה):

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

"תחום הצומת" הוא השטח הפיזי הנתחם על-ידי כל זרועות הדרכים הנפגשות בצומת, כאשר בכל זרוע הגבול המזערי של המישור הוא בנקודת ההשקה הרחוקה ביותר ממפגש צירי הדרכים, של העקומות בשפות משטח הצומת, כמתואר בציורים 9.1 ו-9.3.

העקרונות לתכן הרומים במיסעה בתחום הצומת בין שתי דרכים נועדו להבטיח את חד-משמעיות הפתרון הגיאומטרי. שתי שיטות התכנה המקובלות הן:

א. **שיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך הראשית**, בה השיפוע הרגיל לרוחב הדרך הראשית נשמר גם בתחומי הצומת. ("ראשית" בפרק זה משמעו כנקבע משיקולי תכן הרומים הספציפיים לצומת זה, ולא דווקא סיווג הדרך העיקרית כראשית).

ב. **שיטת המישור**, בה כל תחום הצומת הופך למישור אחד.

שיטת שמירת השיפוע לרוחב מומלצת, כאשר קיים הבדל משמעותי בסיווג הדרכים הנפגשות בצומת, ורצוי לשמור על המאפיינים הגיאומטריים של הדרך בעלת הסיווג הגבוה. שיטת המישור מיועדת לצומת בין שתי דרכים בסיווג דומה, בעיקר כאשר נדרשת נוחות לתנועה במהירויות גבוהות (כגון, בצומת מרומזר בין שתי דרכים ראשיות), וניתן לפתור את מרחקי הניקוז הארוכים יותר האופייניים לשיטה זו. שתי השיטות מוסברות במפורט בהמשך הסעיף.

9.2.2 שיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך הראשית

בשיטה זו ניתן לשמור על השיפוע הקיים לרוחב הדרך הראשית לכל אורכה, כדי להימנע מהצורך לשנות את השיפוע לאורך השפות של דרך זו, ממעברי שיפועים בה, ומההפרעות הכרוכות בהם לנוחות הנהיגה ולניקוז, כמתואר בציור 9.1. שמירת השיפועים לרוחב בדרך הראשית נמשכת לתוך הדרך המשנית, לשני הכיוונים, לפחות עד לגבול תחום הצומת, כהגדרתו בסעיף 9.2.1 לעיל. חישוב השיפועים במישורים הנוצרים בצומת ייעשה כמפורט להלן:

א. **כאשר הדרכים מצטלבות בזווית שאינה ישרה**, יש לחשב את השיפועים האורכיים לשני הכיוונים המנוגדים בציר הדרך המשנית, g_2 ו- g_3 , בתחום הצומת ובקרבתו, לפי נוסחאות 9.1 ו-9.2 (ראה ציור 9.1):

$$g_2 = g_1 \cos \alpha_1 + g'_1 \sin \alpha_1 \quad [9.1]$$

$$g_3 = g_1 \cos \alpha_2 + g'_1 \sin \alpha_2 \quad [9.2]$$

השיפועים לרוחב הדרך המשנית בתחום הצומת, g'_2 ו- g'_3 , יחושבו לפי נוסחאות 9.3 ו-9.4 (ראה ציור 9.1):

$$g'_2 = \frac{g_1 - g_2 \cos \alpha_1}{\sin \alpha_1} \quad [9.3]$$

$$g'_3 = \frac{g_1 - g_3 \cos \alpha_2}{\sin \alpha_2} \quad [9.4]$$

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- כאשר: g_1 – השיפוע הקבוע לאורך הדרך הראשית.
 g'_1 – השיפוע הנורמלי לרוחב הדרך הראשית.
 g_2, g_3 – השיפועים המתקבלים מנוסחאות 9.1 ו-9.2 לאורך הדרך המשנית, בתחום מישור הצומת, משני צידי הדרך הראשית.
 g'_2, g'_3 – השיפועים המתקבלים מנוסחאות 9.3 ו-9.4 לרוחב הדרך המשנית, בתחום מישור הצומת, משני צידי הדרך הראשית.
 α_1, α_2 – הזוויות בין וקטורי שיפועי צירי הדרכים, בתחום מישור הצומת, משני צידי הדרך הראשית בכיוון הירידה (כיווני הירידה של g_2, g_3 נקבעים על-ידי היחס בין הזוויות בין הדרכים לבין זווית קווי הגובה בדרך הראשית).
 g_4, g_5 – (מופיעים בציור ולא בנוסחאות): השיפועים לאורך זרועות הדרך המשנית מעבר לתחום השפעת הצומת.

ב. כאשר הדרכים מצטלבות בזווית ישרה, השיפוע האורכי של ציר הדרך המשנית בתחום הצומת (g_2), החל מנקודת החיתוך עם ציר הדרך הראשית ועד לקצה תחום הצומת, יהא שווה בערכו ובכיוונו לשיפוע לרוחב של הדרך הראשית (g'_1) (כלומר, כאשר $\alpha_1 = \alpha_2 = 90^\circ$, מתקיים $g'_2 = g'_3 = g_1, g_2 = g_3 = g'_1$).

כאשר חתך הרוחב בדרך הראשית הוא נורמלי, מתקבלים בתחום הצומת שני מישורים משופעים בכיוונים נגדיים, הנפגשים בקו הקמר של הדרך הראשית. שיטת תכניה זו מחייבת, בכל אחת מזרועות הדרך המשנית, הן מעבר שיפועים והן עקום אנכי, בגלל שהשיפועים לאורך ציר הדרך המשנית בתחום הצומת (g_2 ו- g_3 מנוסחאות 9.1, 9.2) שונים מהשיפועים לאורך דרך זו במרחק מהצומת (g_4 ו- g_5 בציור 9.1).

תכנית החתך לאורך בדרך המשנית מתבצעת כדלהלן:

א. קביעת השיפוע לאורך בציר הדרך המשנית, החל מנקודת מפגש הצירים ועד לעקום האנכי, וחישוב השיפוע הניצב לציר הדרך המשנית, בעזרת הנוסחאות שפורטו לעיל.

ב. תכן מעברי השיפועים בשפה הפנימית ובשפה החיצונית בדרך המשנית משני צידיה, במעבר משיפוע צידי חד-צדדי בגבול תחום הצומת לשיפוע דו-צדדי רגיל, דהיינו "לחתך נורמלי", לפי העקרונות המפורטים בסעיף 9.3 בהמשך.

ג. קביעת אורך העקום האנכי בדרך המשנית, ומיקומו ביחס למעבר השיפועים. קיימות שלוש אפשרויות למיקום היחסי ביניהם:

(1) סמוך לתחום הצומת, תכנית מעבר השיפועים משיפוע חד-צדדי לשיפוע דו-צדדי תקין, ובהמשך הדרך המשנית תכנית העקום האנכי בין השיפועים השונים לאורך. באפשרות זו נשמרים שיפועי הרוחב הדו-צדדיים התקינים לכל אורך העקום האנכי.

(2) תכניתו של העקום האנכי סמוך לצומת, ובהמשך תכנית מעבר השיפועים. באפשרות זו נשמר השיפוע החד-צדדי לכל אורך העקום האנכי.

(3) איחוד האורכים של העקום האנכי ומעבר השיפועים, ומיקומם בחפיפה הדדית על-פי האורך הגדול מבין שני האורכים.

באפשרות הראשונה, שהיא המועדפת והמתוארת בציור 9.1, נשמרים שיפועי הרוחב הדו-צדדיים (הנורמליים) התקינים לכל אורך העקום האנכי, ומתקיימת סימטריות של שתי שפות העקום האנכי

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

לגבי ציר הדרך. פתרון הרחקת המים טוב יותר. גם באפשרות השנייה, נשמרת צורתו של העקום האנכי במקביל לכל רוחב הדרך, דהיינו בציר ובשפות, ובאפשרות השלישית נשמרת צורת העקום האנכי רק בציר הדרך, ומתעוותת בכל אחת מהשפות. יתרונה של אפשרות זו שהיא יחסית קצרה יותר. אפשרויות (2 ו-3) לעיל יבוצעו במקרים מיוחדים, בהתאם לתנאים הייחודיים.

תכן העקומים האנכיים הנוצרים בזרועות הצומת, מבוצע כמפורט בסעיף 8.4 לעיל בהנחיות אלה.

9.2.3 התאמת הרומים כשהצומת בעקום אופקי

כאשר באחת הדרכים מצוי הצומת בעקום אופקי, ושיטת התכן משמרת את השיפוע לרוחב דרך זו (ההגבהה), יש צורך בהתאמת השיפוע לאורך הדרך השנייה, כדי שישתווה לשיפוע הדרוש לרוחב העקום האופקי בתחומי הצומת. בציור 9.2 מוצגים שני המקרים האפשריים:

- כאשר השיפוע לאורך הדרך הישרה הינו בכיוון ההגבהה בעקום האופקי שבדרך השנייה, מבוצעת ההתאמה בחתך לאורך הדרך הישרה, כמתואר בחלק א' של הציור.
- רצוי להימנע מהמקרה בו השיפוע לאורך הדרך הישרה מנוגד לכיוון ההגבהה בעקום האופקי, כמתואר בחלק ב' של ציור 9.5. במקרה כזה, יש צורך בהתאמה של תוואי הדרך הישרה בעזרת שני עקומים אנכיים מנוגדים, שיתחילו במרחק מספיק מהצומת, כמתחייב מקריטריוני התכן בפרק 8.

9.2.4 שיטת המישור בהצטלבות

בתכן צומת על-פי שיטת המישור, כמתואר בציור 9.3, הופך כל תחום הצומת למישור אחד, המוגדר גיאומטרית על-ידי צירי שתי הדרכים (הזרועות), המובילות אל הצומת. דהיינו: כל השיפועים במישור הצומת נקבעים על-ידי השיפועים לאורך שתי הדרכים הנפגשות. עקב כך, משתנים השיפועים לרוחב כל זרועות הצומת בגבולות "תחום הצומת", כמוגדר לעיל:

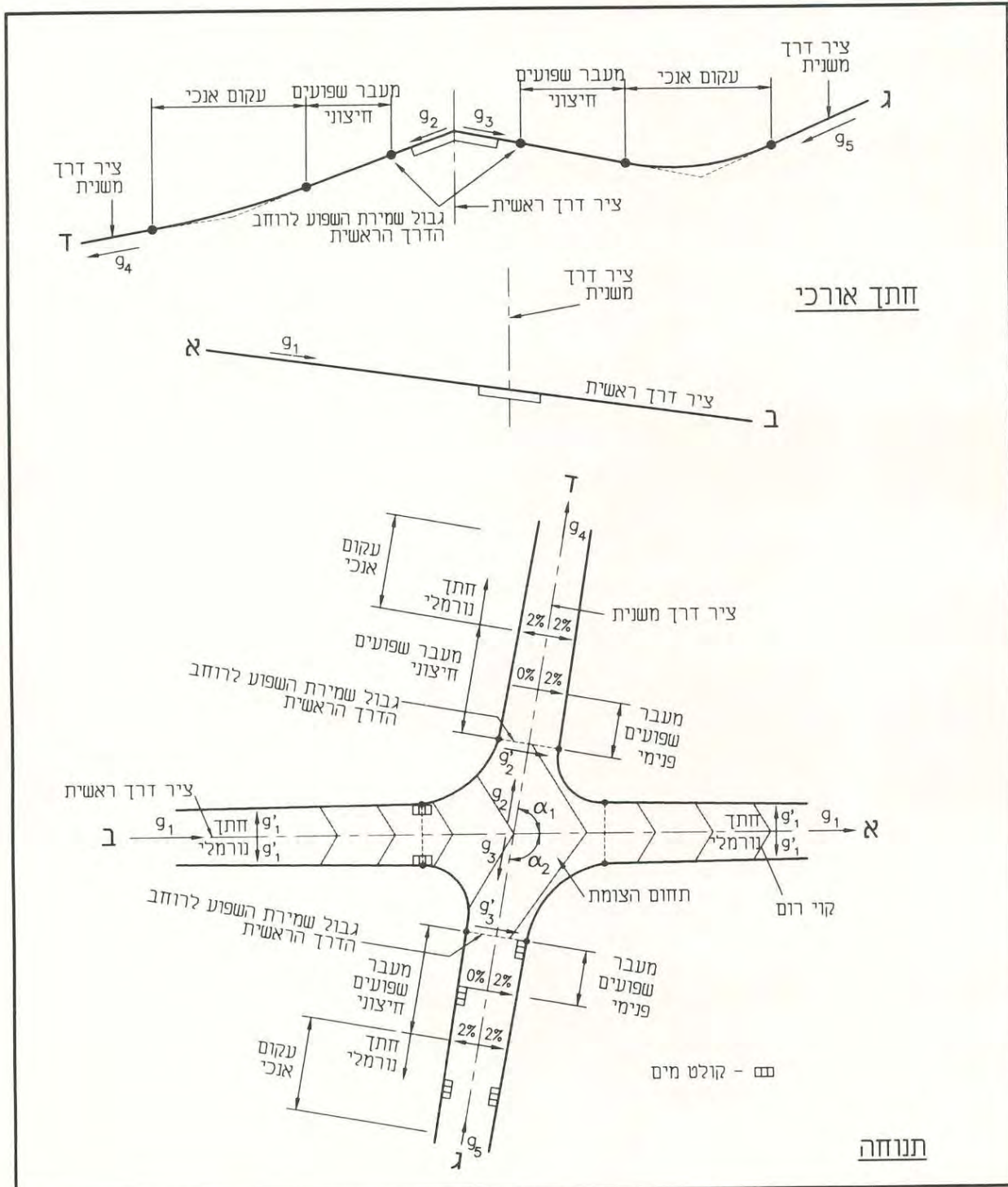
- כאשר הדרכים אינן ניצבות, מחושבים השיפועים לרוחב הדרכים לפי נוסחאות 9.5 ו-9.6 (ראה ציור 9.3):

$$g'_1 = \frac{g_2 - g_1 \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad [9.5] \quad \text{השיפוע לרוחב הדרך הראשונה}$$

$$g'_2 = \frac{g_1 - g_2 \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad [9.6] \quad \text{השיפוע לרוחב הדרך השנייה}$$

- כאשר:
- g_1 – השיפוע (הקבוע) לאורך הדרך הראשונה.
 - g'_1 – השיפוע המתקבל לרוחב הדרך הראשונה, בתחום מישור הצומת.
 - g_2 – השיפוע (הקבוע) לאורך הדרך השנייה.
 - g'_2 – השיפוע המתקבל לרוחב הדרך השנייה, בתחום מישור הצומת.
 - α – הזווית בין וקטורי שיפועי צירי הדרכים בכיוון הירידה.

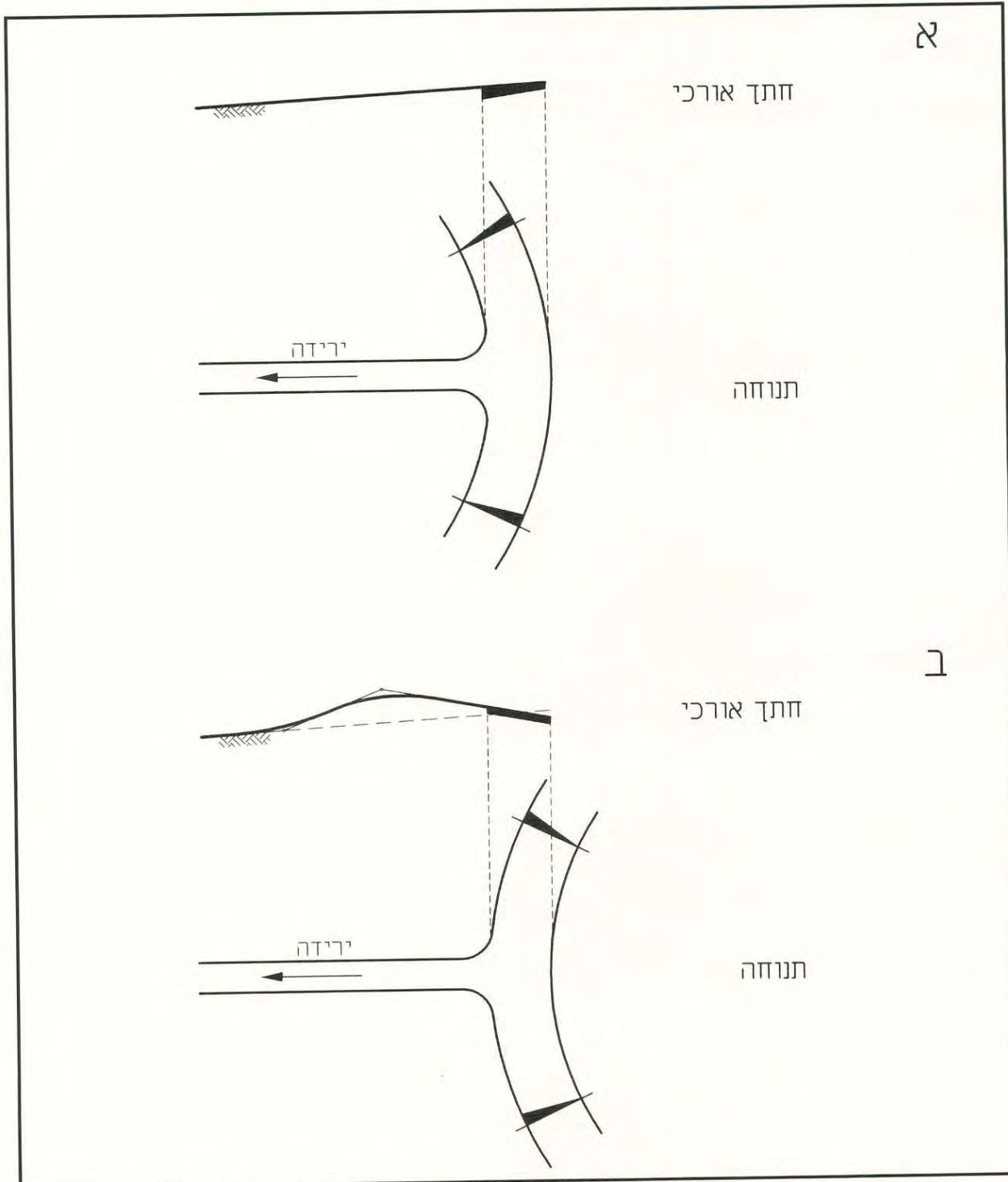
הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



דוגמא סכמתית לתכנון צומת בשיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך הראשית

צויר 9.1

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 9.2 התאמת השיפועים בדרכים כשהצומת בעקום אופקי

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ב. כאשר הדרכים ניצבות, השיפוע לרוחב כל אחת מהדרכים שווה בערכו ובכיוונו לשיפוע לאורך הדרך הניצבת. (כלומר כאשר $\alpha=90^\circ, g'_1=g_2, g'_2=g_1$).

שיטת תכינה זו מחייבת ביצוע מעברי שיפועים בכל זרועות הצומת, שיבוצעו כמפורט בסעיף 9.3 להלן.

9.2.5 שיטת המישור בהסתעפות

כאשר שתי הדרכים נפגשות בצומת בצורת הסתעפות T, יכול מישור הצומת להצטמצם לצד אחד בלבד של הדרך הנמשכת, כמתואר בציור 9.4. צמצום שטח המישור אפשרי, בתנאי שההפרש האלגברי הנוצר בקימור ציר הדרך הנמשכת, בין השיפוע לרוחב הדרך הראשונה בתחום המישור המצומצם (g'_1) לבין השיפוע הרוחבי הרגיל שלה בנתיב השני, לא יעלה על ההפרש הנתון בטבלה 9.3. אם ההפרש עולה על השיעור המירבי, תבוצע שיטת המישור על-פני כל תחום הצומת.

9.2.6 השיפוע המירבי בתחום הצומת

g_{max} , השיפוע המירבי בתחום הצומת בכיוון הניצב לקווי הרום, הוא:

$$g_{max} = \sqrt{g_1^2 + g_2^2} \quad [9.7] \quad \text{כאשר הדרכים ניצבות:}$$

$$g_{max} = \frac{\sqrt{g_1^2 + g_2^2 - 2g_1g_2 \cos \alpha}}{\sin \alpha} \quad [9.8] \quad \text{כאשר הדרכים אינן ניצבות:}$$

כאשר g_1 ו- g_2 הם השיפועים לאורך צירי הדרכים היוצרות את המישור, ו- α היא הזווית בין כיווני הירידה של וקטורי השיפועים לאורך הצירים.

עקב קשיי הנהיגה לפונים בצומת, ובעיקר לפונים בהגבהה הפוכה, רצוי להגביל את ערכו של g_{max} בצומת לערכים המירביים המצוינים בטבלה 8.1 בהנחיות עבור הדרך בעלת הסיווג הגבוה מבין השתיים, בתוספת אחוז אחד.

9.3 מעברי שיפועים

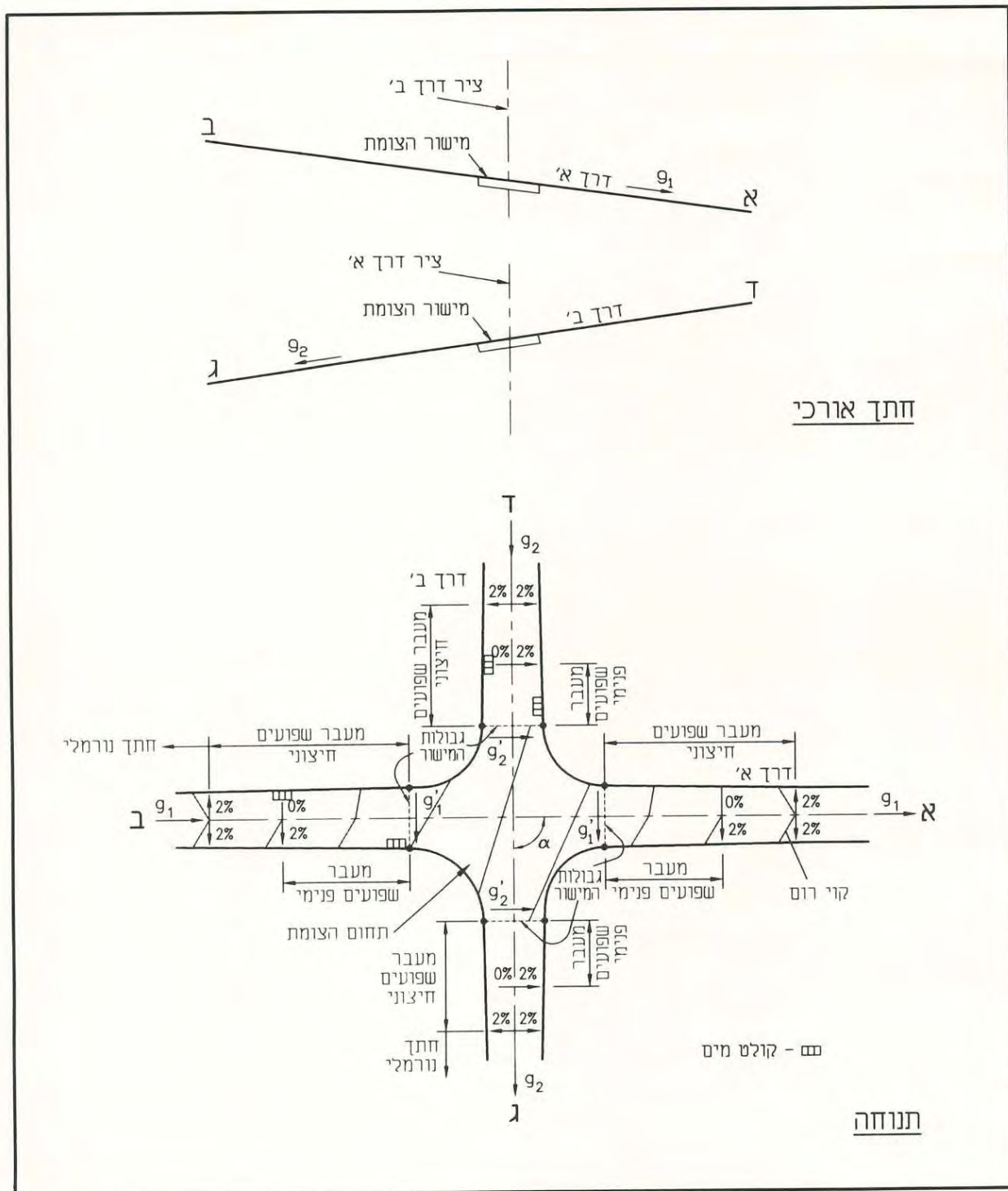
9.3.1 מעבר שיפועים בזרועות הצומת

ביצוע מעבר השיפועים הנדרש בזרועות הצומת, צריך לענות לשיקולי נוחות ובטיחות הנסיעה ושמירת חזות המיסעה. מעבר השיפועים יבוצע באופן הדרגתי, מהחתך הרוחבי הדו-צדדי הרגיל בזרועות הצומת, אל החתך המשופע לצד אחד בגבול תחום הצומת.

מעברי השיפועים יבוצעו:

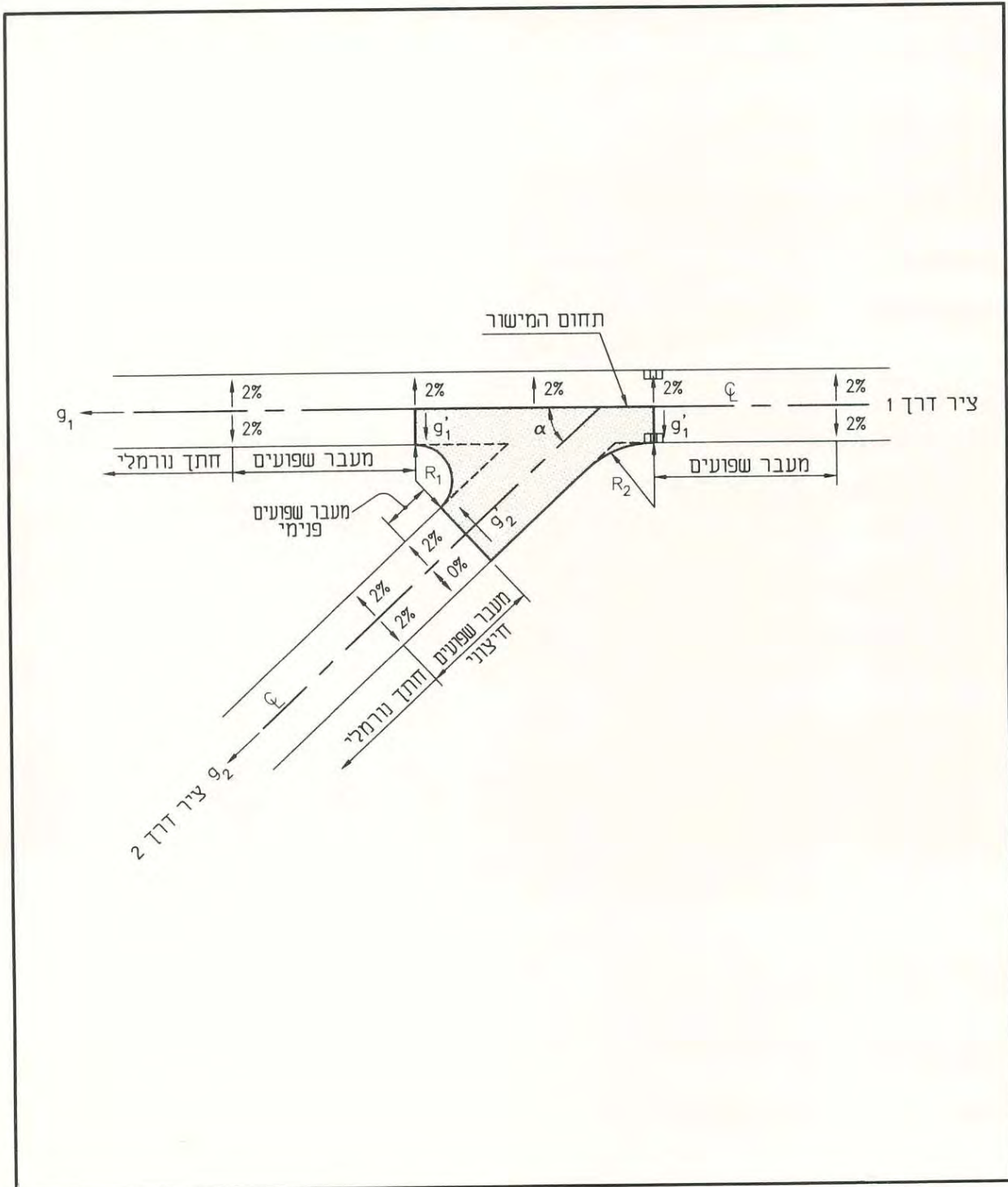
- א. בצומת המתוכנן לפי שיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך הראשית – בזרועות הדרך המשנית בלבד.
- ב. בצומת המתוכנן לפי שיטת המישור – בכל זרועות הצומת.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



צוור 9.3 דוגמא סכמתית לתכנן צומת בשיטת המישור

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 9.4 מישור מצומצם בהסתעפות T

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

כל מעברי השיפועים יבוצעו על-ידי סיבוב המיסעה סביב ציר הכביש. תכן מעברי שיפועים מוסבר באופן מפורט בסעיף 5.4 בכרך I של הנחיות אלה. הקריטריון הקובע את אורך מעברי השיפועים הוא הקצב המירבי בו ניתן לסובב את המיסעה סביב הציר האורכי של מעבר השיפועים, המבוטא באמצעות השיעור המירבי של שינוי שיפוע שפות הכביש ביחס לציר, הנתון בטבלה 9.1. התכנון בהצטלבויות מרומזרות, בזרועות המשכיות בהסתעפויות מרומזרות וכן בזרועות הראשיות בצמתים לא מרומזרים, יהיה בהתאם למהירות התכן. התכנון בזרועות המשניות בהסתעפויות ובהצטלבויות לא מרומזרות, יהיה לפי מהירות ההתקרבות, הנתונה בטבלה 4.3 בהנחיות.

בכל קטע מעבר שיפועים יש צד ארוך, המכונה גם "חיצוני", (בו משתנה גם כיוון השיפוע לרוחב), וצד קצר, המכונה גם "פנימי", (בו משתנה רק שיעור השיפוע לרוחב), כמתואר בציורים 9.1, 9.3 ו- 9.4. האורך המזערי של מעברי השיפועים מחושב לפי הנוסחאות:

$$L = \frac{b \times (g'_i + e)}{\Delta} \quad [9.9] \quad \text{הצד הארוך (החיצוני):}$$

$$L = \frac{b \times |g'_i - e|}{\Delta} \quad [9.10] \quad \text{הצד הקצר (הפנימי):}$$

- כאשר: L – האורך המזערי למעבר השיפועים (מטר).
 b – רוחב התיב במעבר השיפועים (מטר).
 g'_i – השיפוע לרוחב בזרוע הצומת בתחום הצומת (אחוזים).
 e – השיפוע הנורמלי לרוחב בחתך הרגיל בזרוע הצומת (אחוזים).
 Δ – ההפרש המירבי של שיפוע השפה ביחס לציר הדרך (אחוזים), מטבלה 9.1.

טבלה 9.1 הפרש שיפוע מירבי בין ציר הדרך וקצות המיסעה בצמתים

המהירות לתכנון (קמ"ש) ^(*)		30	40	50	60	70	80	90	100	110
הפרש שיפוע Δ (%)	סיבוב נתיב אחד	0.96	0.84	0.73	0.64	0.56	0.50	0.46	0.43	0.40
	סיבוב שני נתיבים	---	---	0.97	0.85	0.74	0.67	0.61	0.57	0.53

(*) בכל הזרועות בהצטלבויות מרומזרות, בזרועות הראשיות בהסתעפויות מרומזרות ובצמתים לא מרומזרים – מהירות התכן.
 בזרועות המשניות בהסתעפויות ובצמתים לא מרומזרים – מהירות ההתקרבות מטבלה 4.3.

9.3.2 מעבר שיפועים בתפניות דרך

ביצוע מעבר השיפועים בתפניות דרך לפנייה מהירה, נועד לאפשר מעבר הדרגתי בין השיפוע הצידי הקיים בזרועות הצומת לבין ההגבהה הצידיית המירבית בתפנית הדרך, כפי שנקבעה בהתאם לכללים בסעיף 5.4.4 לעיל בהנחיות.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

בדומה לעקרונות לביצוע מעברי שיפועים בזרועות הצומת, מבוטא קצב הסיבוב באמצעות השיעור המירבי של שינוי שיפוע שפת התפנית ביחס לשפת הנתיב הנמשך הסמוך אליה, כפי שהוא נקבע משיקולי נוחות הנסיעה, בטיחות השליטה ברכב ביציאה, ניקוז, ורצף חזותי.

האורך המזערי של מעבר השיפועים מחושב לפי הנוסחה:

$$L = \frac{b \times (e_c - e_N)^{(*)}}{\Delta} \quad [9.11]$$

- כאשר: L – אורך מזערי למעבר השיפועים (מטר).
- b – רוחב התפנית (מטר).
- e_c – ההגבהה המירבית בקשת המעגלית (אחוזים).
- e_N – השיפוע לרוחב בזרוע הצומת בנקודת ההתחלה של תפנית הדרך (אחוזים).
- Δ – הפרש המירבי של השיפועים לאורך בין שפות תפנית הדרך (אחוזים), מטבלה 9.2.
- (*) – כאשר זרוע הצומת מצויה בעקום אופקי שכיוונו מנוגד לכיוון התפנית, וההגבהה לכיוון פנים העקום האופקי, יש לסכם את ערכי e_N ו-e_c בנוסחה 9.11.

טבלה 9.2 השיעור המירבי להפרש השיפוע לאורך בין שפות התפנית בתפניות דרך לפנייה מהירה

מהירות התכן או ההתקרבות בתפנית הדרך (קמ"ש) (*)					
70	60	50	40	25-30	הפרש השיפוע לאורך Δ (%)
0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	

(*) ראה הסבר בטבלה 9.1.

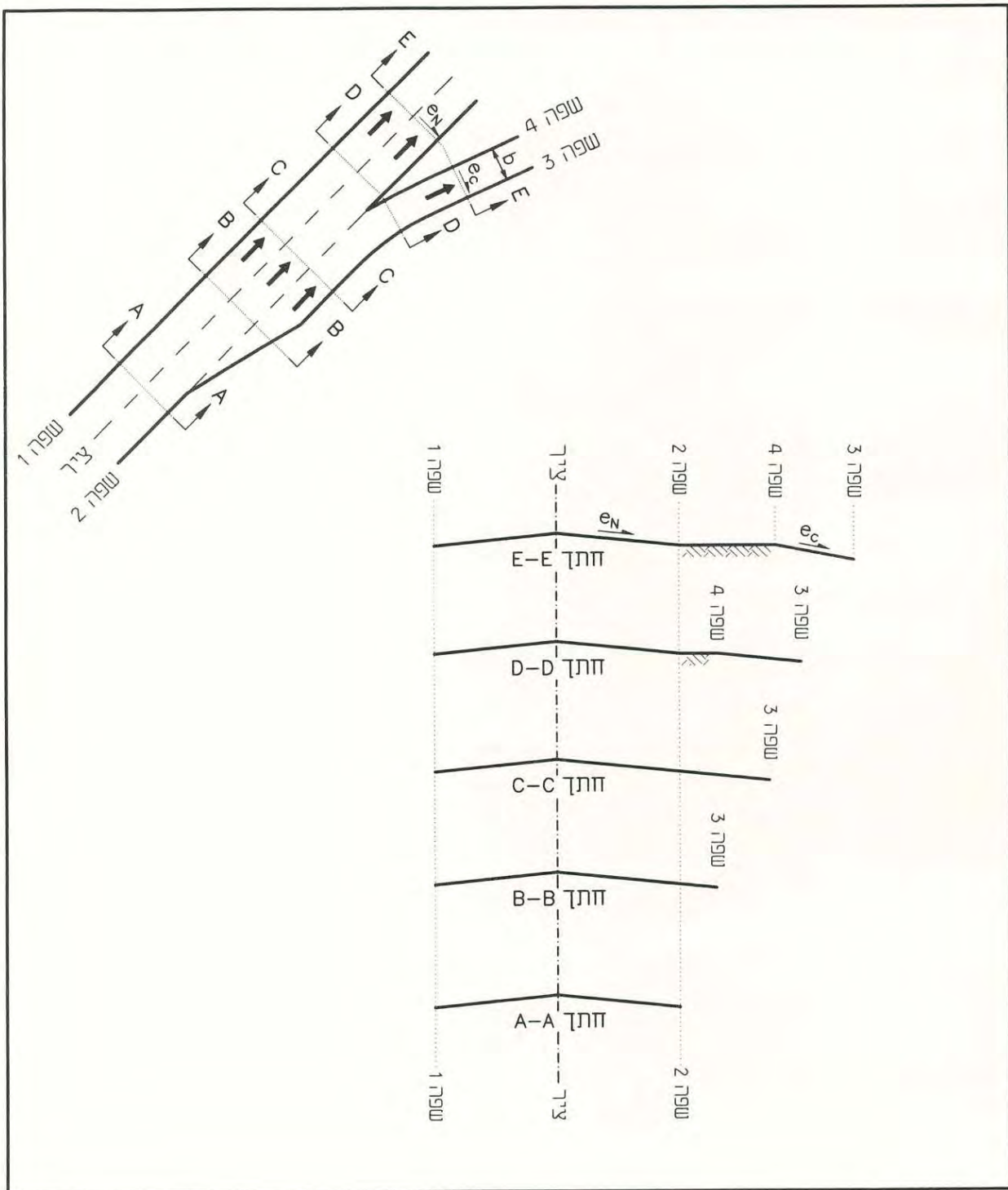
מתן ההגבהה המירבית בתפנית אפשרי רק מעבר לנקודה בה היא מופרדת באופן מלא מזרוע הצומת באמצעות "אף" היציאה, כמתואר בציור 9.5, למניעת סכנה לאובדן שליטה על רכב (במיוחד רכב כבד), החוצה את קו הקמר בין הנתיב הימני לבין תפנית הדרך. הערך המירבי של ה"שבר" בין תפנית הדרך לבין הנתיב הסמוך לפני "אף" היציאה (ההפרש האלגברי) נתון בטבלה 9.3. ככל שאחוז המשאיות גבוה יותר, יש להשתמש בערכים הנמוכים בתחום. יש לבדוק שהחתך לאורך השפה הימנית של התפנית יהיה רציף וללא שינויים פתאומיים.

טבלה 9.3 תחום מותר להפרש המירבי בין השיפועים לרוחב של נתיבים סמוכים בצמתים ובתפניות דרך לפנייה מהירה

מהירות התכן או ההתקרבות בזרוע או בתפנית הדרך (קמ"ש) (*)			
60 ומעלה	40-50	30 ומטה	הפרש בין שיפועי הרוחב בנתיבים סמוכים
0.04-0.05	0.05-0.06	0.05-0.08	

(*) ראה הסבר בטבלה 9.1.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



מעבר השיפועים בתפנית דרך לפנייה מהירה

צור 9.5

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

9.4 הסדרי ניקוז

הסדרי ניקוז המים באזור הצומת נעשים בהתאמה לתכן הרומים ומעברי השיפועים. בצמתים בהם יש אבני-שפה, מדרכות ואיי-תנועה בנויים, קיימת זרימת מים על-פני הכביש לאורך השפות. כאשר יש אבני-שפה בתחום מעברי השיפועים, עשויה להיות זרימת מים לרוחב הכביש, באזור השינוי, בכיוון השיפוע לרוחב בזרוע. לפיכך, באזורי צמתים בהם קיימים מכשולים לזרימת המים לשולי הדרך, יש למקם התקני תפיסות מים לפי העקרונות הבאים, כמתואר בציורים 9.1, 9.2 ו-9.4:

- א. תפיסת מים ליד אבן השפה לפני הכניסה לתחום הצומת, כך שלא יזרמו לצומת מים שמקורם מחוץ לה. אין למקם פתחי-ניקוז ליד אבן השפה בקשתות ברדיוסים קטנים.
- ב. תפיסות מים במעברי השיפועים בצד בו משתנה כיוון השיפוע לרוחב הדרך, כדי למנוע זרימה לרוחב הכביש.
- ג. בצמתים המתוכננים לפי שיטת שמירת השיפוע לרוחב, תפיסת המים תיעשה בתחתית העקום האנכי הקעור, כאשר הוא תחום באבני שפה או במכשולים אחרים לזרימת המים.
- ד. אין למקם שוחות-קליטה על מעברי חצייה, אלא לפחות מטר לפני המעבר. ככלל, תכנון הניקוז ייעשה במשולב עם תכניות התימרור והסדרי התנועה, להבטחת ההבחנה בסימון ובניתוב, ולבדיקת השפעת הסדרי הניקוז על כלל משתמשי הצומת.

לפרוט נוסף בנושא הניקוז, ראה הפרק המיוחד לנושא זה בכרך I בהנחיות (פרק 10).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 10

סוגים וצורות של צמתים

תוכן עניינים

10-1.....	מבוא	10.1
10-1.....	צמתים מרומזרים – עקרונות תכן כלליים	10.2
10-1	מטרות הרימזור וייעוד ההנחיות	10.2.1
10-2	מרכיבי התכן בצומת מרומזר	10.2.2
10-3	בדיקות בשלב התכן המוקדם	10.2.3
10-4	הכנות לרימזור	10.2.4
10-4	רמות הבקרה והניתוב	10.2.5
10-4	מרחקי-ראות	10.2.6
10-5.....	הסתעפויות (צמתי קמץ, T)	10.3
10-5	כללי	10.3.1
10-5	צורת ההסתעפות	10.3.2
10-6	הסתעפויות לא מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים התפעוליים	10.3.3
10-8	הסתעפויות מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	10.3.4
10-10.....	דוגמאות	10.3.5
10-17.....	הצטלבויות (צמתי +)	10.4
10-17.....	כללי	10.4.1
10-17.....	הצטלבויות לא מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	10.4.2
10-17.....	הצטלבויות מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים	10.4.3
10-18.....	דוגמאות	10.4.4
10-18.....	צמתים מדורגים	10.5
10-18.....	הגדרה וצורות	10.5.1
10-23.....	מאפיינים בטיחותיים	10.5.2
10-27.....	מאפיינים תפעוליים	10.5.3
10-28.....	השיקולים לבחירת צורת הדירוג	10.5.4
10-29.....	תכן מרכיבי הצומת המדורג	10.5.5
...	המשך	

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

10-29	צמתים מפוצלים	10.6
10-29.....	הגדרה.....	10.6.1
10-33.....	מטרה ומאפיינים.....	10.6.2
10-35.....	יתרונות וחסרונות.....	10.6.3
10-35.....	סוגי הפיצול.....	10.6.4
10-38.....	עקרונות התכן.....	10.6.5
10-39.....	התמצאות בצומת מפוצל.....	10.6.6
10-41.....	דוגמאות.....	10.6.7
10-45	צמתים סיבוביים	10.7
10-45.....	הגדרה ומאפיינים.....	10.7.1
10-45.....	יתרונות וחסרונות של צמתים סיבוביים.....	10.7.2
10-45.....	הצדקים להתקנת צומת סיבובי.....	10.7.3
10-46.....	מרכיבי התכן בצומת סיבובי.....	10.7.4
10-47.....	צורה ומידות של הכיכר המרכזית.....	10.7.5
10-49.....	תכן גיאומטרי של המסלול הסיבובי.....	10.7.6
10-49.....	הסטת התנועה.....	10.7.7
10-53.....	תכן כניסות ויציאות לצומת סיבובי.....	10.7.8
10-55.....	מרחק בין הזרועות.....	10.7.9
10-58.....	השיפוע האורכי בצומת הסיבובי.....	10.7.10
10-57.....	מרחקי-ראות.....	10.7.11
10-57.....	הערכת קיבולת הצומת הסיבובי.....	10.7.12
10-59.....	רמות השירות של הכניסות לצומת.....	10.7.13
10-62.....	הערכת תפעול צומת סיבובי בגישה לאזור עירוני.....	10.7.14

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 10

סוגים וצורות של צמתים

10.1 מבוא

בפרקים הקודמים בהנחיות הוצגו השיקולים והעקרונות בתכן צמתים, השלבים העיקריים בתכן הצומת והקווים המנחים בקביעת סוג הצומת, מיקומו, צורתו ותנוחתו. בנוסף, הוצגו ההצדקים ופרטי התכן של מרכיבים שונים של הצומת: מרחקי-ראות, עקומים ותפניות, הסדרי הניתוב ונתיבי עזר, איי-תנועה ושילוב מרכיבי התוואי האופקי והאנכי.

בפרק זה יוצגו הסוגים העיקריים של הצמתים המקובלים ברשת הדרכים, תכנונם בהתאם לעקרונות שהוצגו לעיל, ושילוב כל המרכיבים בזרועות השונות לקבלת צורת הצומת. כמו-כן, יוצגו דוגמאות עקרוניות ברמות ניתוב שונות. בנוסף, יפורטו ההבדלים בתהליך התכן בין צומת לא-מרומזר לצומת מרומזר מאותו סוג.

סוגי הצמתים שיוצגו בפרק זה הם:

- א. צמתים מרומזרים (סעיף 10.2);
- ב. הסתעפויות (סעיף 10.3);
- ג. הצטלבויות (סעיף 10.4);
- ד. צמתים מדורגים (סעיף 10.5);
- ה. צמתים מפוצלים (סעיף 10.6);
- ו. צמתים סיבוביים (סעיף 10.7).

התרשימים בפרק הנוכחי הינם סכמתיים, להבהרת הטקסט ולהתרשמות. דוגמאות אופייניות מפורטות של מספר סוגי צמתים, המבוססות על העקרונות המרוכזים בפרק זה, מובאות בפרק 13 בהמשך ההנחיות.

10.2 צמתים מרומזרים – עקרונות תכן כלליים

10.2.1 מטרות הרימזור וייעוד ההנחיות

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

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

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

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

ההנחיות הנוכחיות הינן הנחיות לתכן הגיאומטרי של הצמתים, ואינן עוסקות בהצדקים להתקנת רמזורים, המפורטים ב"הנחיות לתכנון רמזורים" של המפקח על התעבורה. כמו-כן, אין ההנחיות לתכן גיאומטרי מפרטות את העקרונות להצבת רמזורים, לתכנונם ולתפעולם. אלה מפורטים בהנחיות המתאימות של המפקח על התעבורה – "הנחיות לתכנון רמזורים", "הנחיות לשילוב גלאים ברמזורים" ו"פיצול צמתים מרומזרים".

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

- א. נתוני התנועה בצומת – נפחי התנועה בכוונים השונים, סוגי כלי-הרכב בכל כיוון וכו'.
 - ב. מערך הדרכים והסדרי תנועה כלליים – סווג הדרכים המצטלבות, כווני נסיעה מותרים, מיקום תחנות אוטובוסים, פעילות הולכי-רגל וכו'.
 - ג. צורת פעולת הרמזור – רמזור בודד או כחלק מגל ירוק או מערכת, רמזור מופעל בתוכנית קבועה או רמזור המופעל בחלקו או במלואו על-ידי התנועה.
 - ד. תכנון הרמזור – שלבי התפעול, משך המחזור, משך המופעים השונים, סוגי גלאים ומיקומם וכו'.
- כל אלה מתואמים, כאמור, בהיזון חוזר עם הגיאומטריה של הצומת – רוחב הדרכים, מספר הנתיבים בכל גישה ורוחבם, רדיוסי סיבוב, שיפועים וכו'.
- בפרק זה יוצגו המשמעויות הגיאומטריות המתחייבות מן ההחלטה על תפעול צומת כמרומזר, ואופן השילוב של כל המרכיבים שהוצגו בפרקים 2 - 9 לעיל, לקבלת צורת הצומת המרומזר לסוגיו השונים, תוך הדגשת ההסדרים הגיאומטריים המיוחדים צומת מרומזר מצומת שאינו מרומזר.

10.2.2 בדיקות בשלב התכן המוקדם

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

- א. פתיחת שדות ראייה.
- ב. הסדרי תנועה באמצעות בקרת תמרורים.
- ג. הוספתם, הרחבתם ו/או סימונם של נתיבי תנועה, ייעוד נתיבים מיוחדים לפניית שמאלה ומתן פניות ימינה עם אי-תנועה.
- ד. התקנת איי-הכוונה, איי-הפרדה ו/או איי-מקלט להולכי רגל.
- ה. סימון מעברי-חצייה והכוונת מסלולי הליכת הולכי-הרגל אליהם.
- ו. העתקת תחנות אוטובוסים ותחנות הסעה.
- ז. הקטנת מספר הניגודים בצומת על-ידי איסור פניות (כאשר יש להן תחליף בסמיכות).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

בנוסף, קיימות אפשרויות הכרוכות בשינוי צורתו הבסיסית של הצומת כדי להתאים את צורתו לסוג הדרכים או לעדיפות לתנועות העיקריות, כמפורט בסעיף 3.6.4 בהנחיות אלה. בין האפשרויות לשינוי צורת הצטלבות, למשל, קיימת האפשרות להסבתה לצומת מדורג, כמפורט בסעיף 10.5 להלן, או לצומת סיבובי, כמפורט בסעיף 10.7 להלן.

10.2.3 הכנות לרימזור

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

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

- מיפרדה רחבה בצומת בלתי מרומזר, מסייעת בהפחתת הפערים הדרושים לחצייה ולפנייה שמאלה בכך, שהיא מאפשרת המתנה וחציית כל מסלול לחוד. מצד שני, היא מאריכה את משך החצייה הדרוש בצומת מרומזר, אם כי היא מהווה שמורה לתוספת נתיבים הדרושים ברימזור, ולכן יש לתכנן כך שתוספת הנתיבים לאחר הרימזור תבוצע על חשבון המיפרדה.
- הגדלת רדיוסי הפנייה שמאלה משפרת את תפקודו של צומת לא מרומזר, אך יוצרת קושי במיקום הרמזורים ובתכנון מתאים להולכי-רגל. בצמתים מרומזרים יועדפו רדיוסים קטנים יחסית לפניות שמאלה, או הארכת האיים ויצירת נתיבים נפרדים לפנייה, ולכן יידרשו שינויים במיקום איי-תנועה ואבני שפה עם רימזור הצומת.
- בצומת בלתי מרומזר נשמר מספר הנתיבים ההמשכיים שבזרועות הצומת, ופניות ימינה ושמאלה מבוצעות מנתיב יחיד. בצמתים מרומזרים נהוג להגדיל את מספר הנתיבים, לעיתים על-חשבון רוחב הנתיבים והשוליים, וייתכן יותר מנתיב אחד לפנייה (מרומזרת) ימינה או שמאלה, ולכן יש לדאוג כבר בשלב הראשון לשמירת השטחים לתוספות הדרושות.

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

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

10.2.4 רמות הבקרה והניתוב

צומת מרומזר הוא צומת בעל רמת הבקרה הגבוהה ביותר, כהגדרתה בסעיף 2.2.5. בהתאם לכך יהיה הצומת המרומזר תמיד בעל ניתוב מלא בכל הזרועות, כמפורט בטבלה 3.4. מאחר שהצומת המרומזר הוא תמיד מואר, יהיו כל איי התנועה בצומת בנויים, בשילוב סימני צבע. בכל הזרועות החד-מסלוליות יהיו איי-טיפה בנויים במרכז הזרוע, ומומלצים גם איים משולשים לפניו ימינה, כמפורט בסעיף 10.2.6 להלן. האיים הבנויים מיועדים להגן על הולכי-הרגל הממתינים לאור הירוק, ולאפשר התקנת עמודי הרמזורים ושאר התמרורים הדרושים. לאיי-טיפה בכל הזרועות רוחב מזערי של 2.0 מ', להגנת הולכי-הרגל הממתינים. ראה פירוט ביחס לאיי-תנועה בפרק 7 לעיל.

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

10.2.5 מרחקי-ראות

בהתקרבות לצומת מרומזר, רצוי שהנהג יוכל להבחין בקיומו של הרמזור ולראות את הוראותיו ואת הסדרי הניתוב בצומת ממרחק המתאים למרחק-הראות להחלטה בכל זרוע, בהתאם למהירות התכן שלה. בנוסף לכך, יש לקבוע בכל צומת מרומזר הסדרי זכות-קדימה באמצעות תמרורי ב-36 או ב-37, למקרה של תקלה במתן האותות, או במקרה של מעבר להיבהוב צהוב. בהתאם לכך, יש לוודא את קיומם של משולשי-הראות הדרושים מהזרועות המשניות, בדומה לצומת בעל בקרת תמרורים מלאה, כמפורט:

- משולשי-ראות עבור חציית הצומת ללא עצירה (רק עבור תמרור ב-36), כמתואר בסעיף 4.4.2.
- משולשי-ראות עבור פנייה שמאלה או ימינה ללא עצירה (רק עבור תמרור ב-36), כמתואר בסעיף 4.4.2.
- משולשי-ראות עבור חציית הצומת ממצב עצירה (עבור שני התמרורים), כמתואר בסעיף 4.4.3.
- משולשי-ראות עבור פנייה שמאלה או ימינה ממצב עצירה (עבור שני התמרורים), כמתואר בסעיף 4.4.3.
- מרחק-ראות עבור פנייה שמאלה מהדרך הראשית למשנית, כמתואר בסעיף 4.4.4.

10.2.6 פניות ימינה ותפניות דרך

מומלץ, שכל הפניות ימינה, אשר אינן מצריכות מופע נפרד ויכולות להתבצע מנתיב יחיד, תהיינה פניות חופשיות מהוראת הרמזור, עם אי משולש בנוי ונתיב-עזר לפני הפנייה, כדי להקטין את העיכוב הכולל בצומת, לייעל את הפינוי מכל הזרועות ולקצר את זמן המחזור. שפות הכביש לפניות החופשיות ימינה יתוכננו כמפורט בסעיף 5.3, והאי המשולש יתוכנן כמפורט בסעיף 7.3.

בצמתים מרומזרים ללא פניות חופשיות ימינה, מומלץ השימוש ברדיוסים מזעריים, המאפשר מיקום נכון של הרמזורים, התמרורים ומעברי הולכי הרגל. במקרה זה, יבוצע התכן כמפורט בסעיף 5.2.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

תפניות דרך לפניות חופשיות ימינה תהיינה חד-נתיביות. רק כאשר התפנית מרומזרת במופע מיוחד, ניתן לתכננה גם כדו-נתיבית. תפנית דו-נתיבית תבוצע רק לתוך דרך דו-מסלולית. התפנית תתוכנן כמפורט בסעיף 5.4. רוחב התפנית החד-נתיבית יהיה לפי חלופה II בסעיף 5.4.8, ורוחב התפנית הדו-נתיבית יהיה לפי חלופה III באותו סעיף.

שאר ההנחיות ביחס לניתוב צמתים מרומזרים מפורטות בסעיף 6.2.3 לעיל.

10.3 הסתעפויות (צמתי קמץ, T)

10.3.1 כללי

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

יתרונה של הסתעפות בהדגשת ההיררכיה התפקודית של הדרכים הנפגשות, ובמתן המשכיות לכיוון הראשי, ולכן צורת ההסתעפות צריכה לשקף את סיווג הדרכים כך, שהדרך בעלת הסיווג הגבוה תהיה המשכית. כאשר הצורה הגיאומטרית של הצומת אינה משקפת את סיווג הדרכים, או את התנועות העיקריות כשהדרכים בסיווג שווה, או את הסדרי התנועה הרצויים, רצוי לשנות את צורת הצומת, כמתואר בסעיף 3.6.4 ובציורים 3.3 ו-3.5.

הסתעפות מתאימה למפגש בין דרכים מכל הרמות, למעט דרך מהירה, הן בדרכים חד-מסלוליות והן בדרכים דו-מסלוליות, וכן להתחברות דרכי-גישה ודרכי שירות לדרך בין-עירונית.

10.3.2 צורת ההסתעפות

הצורה הפשוטה והרצויה ביותר של הסתעפות היא צורת קמץ (T), כאשר הזווית בין הזרועות היא 90° . הסיכון (מספר התאונות יחסית למספר כלי-הרכב בצומת) בזווית זאת הוא קטן יותר מאשר בזוויות האחרות. הסיבות לעדיפות הברורה של זווית החיתוך הישרה, הן:

- א. בזווית ישרה, שטח הצומת קטן יותר מאשר בכל זווית אחרת. כתוצאה מכך, שטח הניגוד קטן יותר, וזמן הפינוי של שטח הניגוד, על-ידי הרכב, הוא קטן יותר מאשר בזוויות האחרות.
- ב. תנאי הראות מיטביים.
- ג. חובת מתן זכות הקדימה ברורה יותר ומוגדרת יותר, ככל שהזווית קרובה יותר לזווית הישרה.
- ד. הסדרי הניתוב וההדרכה הם הפשוטים והברורים ביותר.

כאשר הזווית בין הזרועות אינה ניצבת, רצוי לשקול את הטיית הזרוע שאינה המשכית, באזור מבואות הצומת, לקבלת זווית חיתוך ניצבת, כמתואר בציור 3.6.

כאשר זווית בת 90° אינה ניתנת לביצוע, אפשרי השימוש בזוויות שבין 70° ל- 110° . בזוויות אלה ההיררכיה של הצומת עדיין ברורה, והסטייה מהזווית הישרה אינה משפיעה בצורה חמורה על הראות

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ועל הבטיחות. צמתים בעלי זווית קטנה מ-70° נחשבים לצמתים בעלי גיאומטריה קשה, ונוזקים לפתרונות מיוחדים.

כאשר הזווית הולכת קטנה, מאבדת חובת מתן זכות הקדימה את חד-משמעותה, שכן חיתוך בזוויות קטנות נתפס לעיתים על-ידי הנהג כהתמזגות, ולכן צורות ההסתעפות הבאות אינן רצויות: הסתעפות "Y" מלגזית והסתעפות "Y" מסוג "ע" או "צ", המתוארות בציור 2.7. להסתעפויות אלה שטח גדול ובעיות תפעול וראות, כמפורט בסעיף 3.6.3.

10.3.3 הסתעפויות לא מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים

א. כללי

הסתעפות שאינה מרומזרת אפשרית רק בין ציר משני חד-מסלולי, לבין ציר ראשי חד או דו-מסלולי. (במקרים בהם הציר המשני דו-מסלולי, נפחי התכן האופייניים עוברים בהכרח את ההצדקים להצבת רמזורים, ולכן ההסתעפות תהיה מרומזרת, כמפורט בסעיף 10.3.4 להלן.) הציר הראשי (ההמשכי) בהסתעפות הלא-מרומזרת יתוכנן כמפורט ב-ג' להלן, ואילו הציר המשני (המסתיים) יתוכנן כמפורט ב-ב' להלן.

ארבע האפשרויות לאופן השילוב בין רמות הניתוב והבקרה בהסתעפות בלתי מרומזרת (הסבר לרמות הבקרה והניתוב ראה בטבלה 3.4), הן: הסתעפות מוסדרת מלאה; הסתעפות מוסדרת חלקית; הסתעפות בלתי מוסדרת; הסתעפות בלתי מבוקרת.

הקביעה העקרונית של סוג ההסתעפות במידרג נקבעת בהתאם לסוג הדרכים הנפגשות, כמפורט בטבלאות 3.2 ו-3.3. ההסתעפות הבלתי-מבוקרת אינה מומלצת, וניתנת ליישום רק בהסתעפות בין שתי דרכים מקומיות בעלות תנועה דלילה.

תכן המרכיבים הגיאומטריים של ההסתעפות הוא בהתאם לסוג הרכב לתכן. ככלל, ייעשה התכנון לכלי-רכב משא מורכבים ומחוברים, למעט מקרים מיוחדים בהם ניתן להשתמש באוטובוס כרכב לתכן, כמפורט בסעיף 3.4.4. במקרים אלה יש לוודא, כי המאפיינים הגיאומטריים של הצומת מאפשרים מעבר אקראי של רכב מורכב או מחובר, תוך הפרעה מזערית לתנועה (אפשרית גלישה לנתיב הנגדי בעת הפנייה), ובלי לפגוע באמצעי הבקרה והניתוב הבנויים בצומת.

התכן הגיאומטרי המפורט של מרכיבי ההסתעפות ושילובם, ייעשה לפי הכלל של הדגשת ההיררכיה בין הזרועות. דהיינו: ההסדר הגיאומטרי של ההסתעפות צריך לאפשר לרכב הנכנס לצומת מהכיוון הראשי, לצאת ממנו בקלות ובנוחות לכל הכיוונים, ולעומת זאת, צריך ההסדר לשמש כגורם לבקרה ולהאטה של רכב הנכנס לצומת מהכיוון המשני (מהזרוע הניצבת), כמתואר בציור 5.1, ובהתאם למפורט בסעיפים ב' ו-ג' להלן.

בתרשים הזרימה בציור 10.1, מתואר תהליך התכן העקרוני המשלב את המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים בהסתעפות שאינה מרומזרת.

דוגמאות אופייניות של חמש הסתעפויות לא מרומזרות מופיעות בסעיף 13.3.2 בהמשך ההנחיות.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ב. הזרוע המשנית

- קיומו של אי-תנועה משולש בפנייה ימינה מתוך הזרוע המשנית ייקבע בהתאם לטבלה 5.2: בדרך-כלל, הפנייה ימינה תהיה עם אי-תנועה משולש מכל זרוע משנית שאיננה דרך מקומית או דרך גישה. כאשר יש אי-תנועה, תתוכנן שפת המיסעה של הפנייה ימינה כעקום מעגלי הנשען על לוכסנים, כמפורט בסעיף 5.3. רוחב הנתים בפנייה ליד האי, וכן השטח המזערי של האי המשולש, ייקבעו גם הם לפי סעיף זה. התכן הגיאומטרי של האי המשולש יהיה בהתאם לסעיף 7.3.3. כאשר אין אי-תנועה, תתוכנן שפת המיסעה בפנייה ימינה בתכן מזערי בהתאם לאפשרויות המוצגות בטבלה 5.1, לפי זווית הפנייה וסוג הרכב לתכן.
- מספר הנתים הבסיסי בגישה המשנית להסתעפות הוא אחד, ואז נתיב זה ישמש לפנייה ימינה ושמאלה, כאשר יש אי-תנועה לפנייה ימינה, יתווסף נתיב מיוחד לפנייה זו. הנתים יהיה מקביל ופרטי התכן שלו בהתאם לסעיף 6.4.2. לא יינתן יותר מנתים אחד לפנייה שמאלה.
- אי טיפה יותקן במרכז הזרוע בהתאם להצדקים בסעיף 7.4 ובטבלה 7.1. התכן הגיאומטרי של האי יהיה בהתאם למפורט בסעיף 7.4.3. כאשר הכניסה אל הזרוע המשנית היא באמצעות פנייה ימינה עם אי-תנועה מהדרך הראשית, חובה להתקין אי טיפה במרכז הזרוע המשנית, כמתואר בציור 7.1.
- אם הפנייה מהדרך המשכית לזרוע המשנית היא בתפנית-דרך לפנייה מהירה, יש לתכנן נתיב-האצה בזרוע המשנית, כמפורט בסעיף 6.5.
- משולשי-הראות מהזרוע המשנית בהתקרבות לצומת יהיו בהתאם לסוג הבקרה, כמפורט בסעיפים 4.4-ו-4.3.

ג. הזרועות הראשיות

- בתכן הזרועות הראשיות מושם הדגש על מיזעור ההפרעות לתנועה הממשיכה ישר בדרך המשכית, ועל פינוי הצומת במהירות על-ידי כלי-הרכב הפונים משיקולי תפעול ובטיחות (ראה תרשים התהליך בציור 10.1):
- מספר הנתים המשכיים לנסיעה ישר בתוך הצומת לא יהיה שונה ממספר הנתים בקטע הכביש לפני הצומת.
 - קיומו של אי משולש בפנייה ימינה מתוך הזרוע הראשית ייקבע בהתאם לטבלה 5.2: פנייה ימינה עם אי-תנועה משולש תתוכנן מכל זרוע דו-מסלולית. מזרוע חד-מסלולית, תתוכנן פנייה ימינה עם אי משולש מדרך ראשית או אזורית, הנפגשות עם דרך משנית שסיווגה גבוה ממקומית, וכן במפגשיהן עם דרך מקומית באזור מישורי. האי המשולש מחייב נתיב האטה לפנייה ימינה לפניו. צורת הנתים ופרטי התכן שלו יהיו כמפורט בסעיפים 6.4.2, 6.4.3.
 - כאשר יש אי משולש, תתוכנן שפת המיסעה של הפנייה ימינה כעקום מעגלי הנשען על לוכסנים, כמפורט בסעיף 5.3. רוחב הנתים בפנייה ליד האי, וכן השטח המזערי של האי המשולש, ייקבעו גם הם מסעיף זה. התכן הגיאומטרי של האי המשולש יהיה בהתאם לסעיף 7.3.3.
 - כאשר אין אי-תנועה, תתוכנן שפת המיסעה בפנייה ימינה בתכנון מזערי בהתאם לאפשרויות המוצגות בטבלה 5.1, לפי זווית הפנייה וסוג הרכב לתכן.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- כאשר נפח הפונים ימינה מהדרך הראשית הוא גבוה ויש הצדק להתקנת תפנית דרך לפנייה מהירה, כמפורט בסעיף 5.4.2, יתוכננו פרטי התפנית (רדיוסים, הגבהות, מעברי שיפועים, עקומי מעבר), כמפורט בסעיפים 5.4.3 - 5.4.9 ובטבלאות 5.3 - 5.8.
- כאשר הכניסה אל הציר הראשי מהציר המשני היא באמצעות פנייה ימינה עם אי-תנועה, יש להתקין נתיב האצה בציר הראשי, במקרים הבאים:
 - בקצה תפניות דרך לפנייה מהירה ימינה.
 - בפניות אחרות ימינה עם אי-תנועה, לדרך דו-מסלולית ראשית או אזורית.
- הצורה המועדפת לנתיב ההאצה היא בצורת לוכסן. תכן הנתיב הוא כמפורט בסעיף 6.5.
- נתיב מיוחד לפנייה שמאלה יותקן תמיד בכל דרך שסיווגה ראשית, וכן בדרך אזורית דו-מסלולית, להגנת כלי-הרכב הפונים ולמניעת הפרעה לממשיכים ישר. בדרכים חד-מסלוליות שאינן ראשיות יש לבדוק את ההצדק לנתיב לפי ציור 6.4. הנתיב לפנייה שמאלה ישמש הן להאטה והן לאחסנת כלי-הרכב הפונים, ויתוכן כמפורט בסעיף 6.3.
- תוספת הנתיב לפנייה שמאלה בדרך דו-מסלולית תבוצע על-חשבון הצרת המיפרדה בין המסלולים. בדרך חד-מסלולית, יש להרחיב את הציר הראשי באזור הצומת; את ההרחבה ניתן לבצע באופן סימטרי משני צידי הציר או לאחד הצדדים, כמתואר בסעיף 6.3.6. בהינתן הנתיב לפנייה שמאלה, יתוכן במרכז הציר הראשי בקרבת הצומת אי-תנועה מוארך בנוי או אי-הפרדה צבוע לבן בעובי 0.50 מ', כמפורט בסעיף 7.4.
- במקרים מיוחדים בפנייה שמאלה אל זרוע ראשית דו-מסלולית, יש צורך בנתיב האצה לאחר הפנייה שמאלה, צמוד למיפרדה. ההצדק לנתיב זה והתכן שלו הם לפי סעיף 6.6.

10.3.4 הסתעפויות מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים

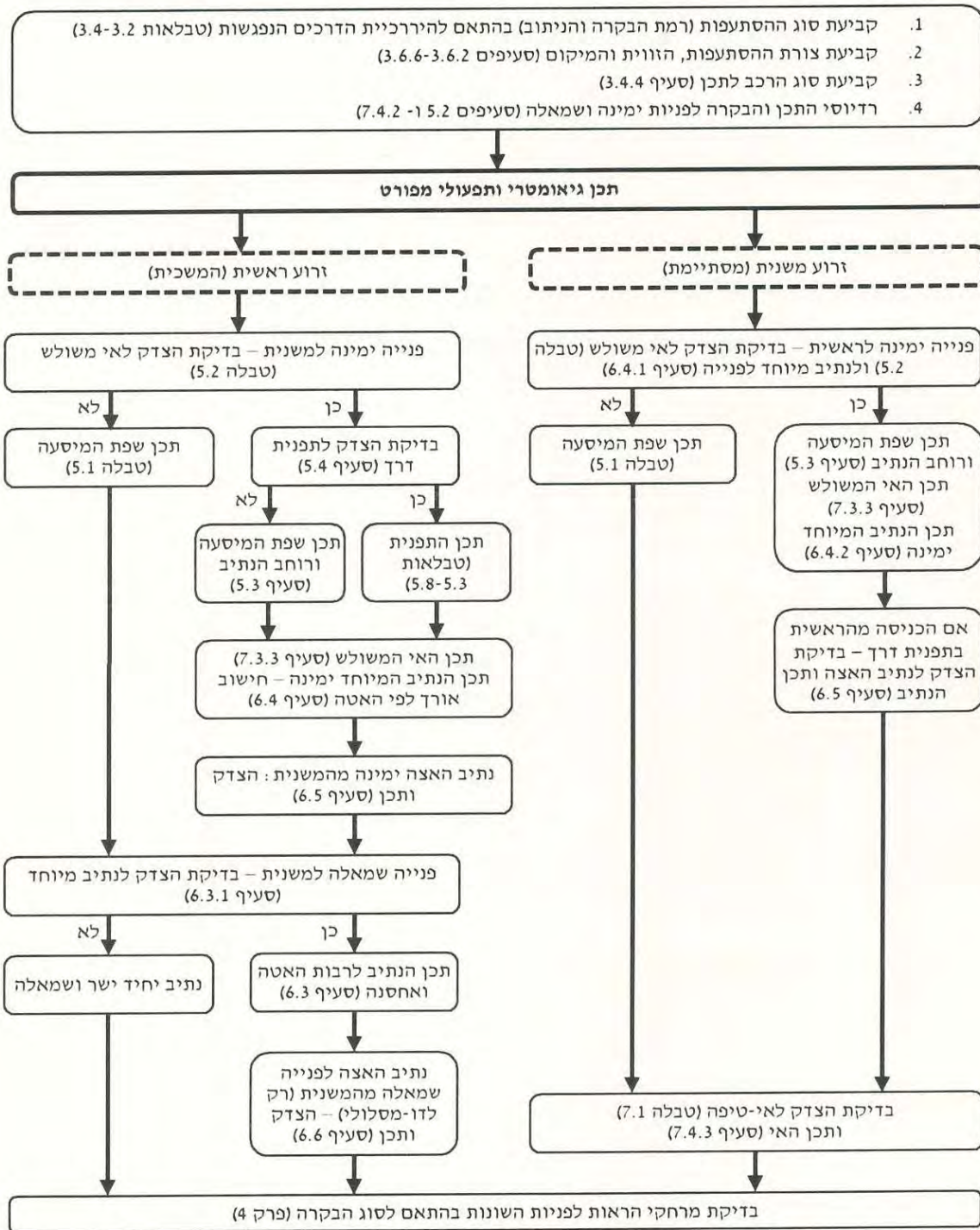
הסתעפות מרומזרת היא תמיד מוסדרת מלאה, כאשר כל איי התנועה בנויים, כל הפניות ימינה עם אי-תנועה משולש, ובכל הזרועות החד-מסלוליות אי טיפה בנוי. עם קבלת ההחלטה על רימזור ההסתעפות, יש לבצע תכנון ראשוני של הרמזור (זמן מחזור וחלוקתו למופעים השונים), כהכנה לתכן הגיאומטרי המפורט, לקבלת הנתונים הנגזרים, כגון מספר הנתיבים הדרוש, אורכי האחסנה החזויים וכיו"ב.

התכן העקרוני של הסתעפות מרומזרת מתואר בציור 10.2. הסדרי הניתוב יבוצעו כמפורט בסעיף 6.2.3. מספר הנתיבים המיועדים לנסיעה ישר בזרועות הראשיות עשוי להיות גדול ממספר הנתיבים המשכיים הבסיסי באותו כביש, כאשר ההרחבה תבוצע כמפורט בסעיף 6.2.3. שאר התכן המפורט הוא כמתואר בסעיף 10.3.3 לעיל ביחס להסתעפות מוסדרת מלאה, בהבדלים המפורטים להלן:

- כל הפניות החופשיות ימינה יבוצעו מנתיב מיוחד עם אי-תנועה משולש. הנתיב לפני הפנייה יהיה מקביל, ואורכו יחושב כך, שלא ייחסם על-ידי הממתינים לפנייה שמאלה, כמפורט בסעיף 6.4.2. יותר מנתיב אחד לפנייה ימינה יינתן רק לפנייה מרומזרת מדרך דו-מסלולית, וכאשר הפנייה מבוצעת לתוך זרוע שמספר הנתיבים בה אינו קטן ממספר הנתיבים הפונים.



הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.1 תרשים זרימה לתכן המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים – הסתעפות לא מרומזרת

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- בשני הצירים יש לבדוק האם דרושות תפניות דרך לפניות מהירות ימינה לפי סעיף 5.4. תפניות אלה מחייבות נתיב-האצה ביציאה. בנוסף, יש לבדוק הצורך בנתיב-האצה בשאר זרועות הצומת, כמפורט בסעיף 6.5. בזרוע הראשית יינתן תמיד נתיב מיוחד לפנייה שמאלה. אורך הנתיב יקבע משיקולי האטה ואחסנה, כמפורט בסעיף 6.3.
 - את שתי הפניות שמאלה ניתן לבצע ממספר נתיבים הגדול מאחד, אך רק מזרוע דו-מסלולית ולתוך זרוע שמספר הנתיבים בה אינו קטן ממספר נתיבי הפנייה, ותוך סימון הניתוב לאורך כל הפנייה.
- ראה דוגמאות אופייניות להסתעפות מרומזרת בין דרכים דו-מסלוליות בסעיף 13.3.3 בהמשך ההנחיות.

10.3.5 דוגמאות

בציורים 10.3 - 10.7 מובאות מספר דוגמאות ליישום העקרונות המפורטים בסעיפים 10.3.1 - 10.3.3 לעיל לקבלת הצורה הסופית של ההסתעפות. כל ההסתעפויות המוצגות אינן מרומזרות:

א. **בציור 10.3** מוצגת הסתעפות מבוקרת ללא ניתוב: הסתעפות זו מתאימה רק למפגש בין שתי דרכים דו-נתיביות, ששתיהן מקומיות או שאחת מהן אזורית בעלת מהירות תכן נמוכה. בהסתעפות זו אין הצדקים לאי-תנועה לפנייה ימינה ולנתיבים מיוחדים לפנייה שמאלה, והפניות מתוכננות למהירות מזערית (סעיף 5.2).

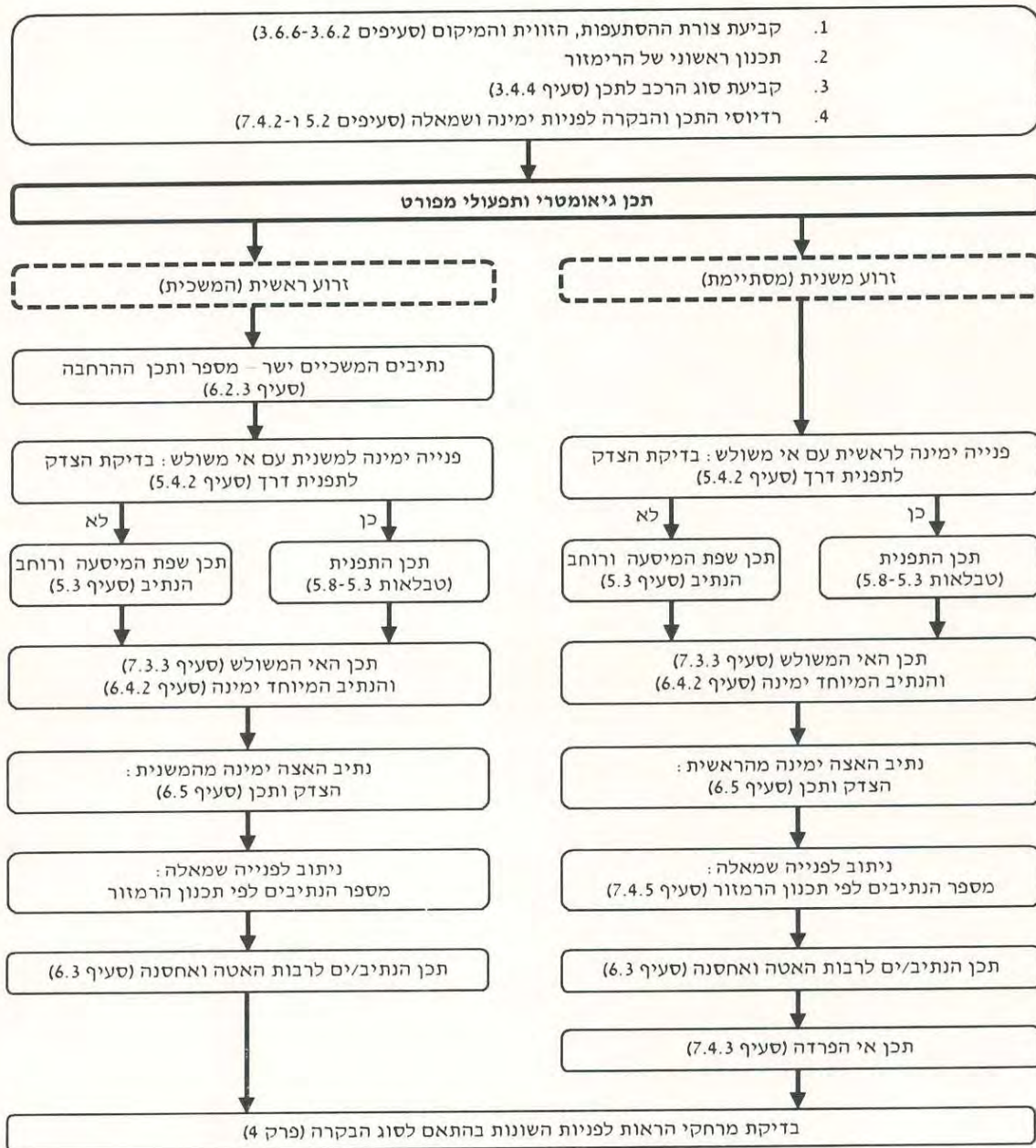
ב. **בציור 10.4** מוצגת הסתעפות בעלת ניתוב מלא בין דרכים חד-מסלוליות: בהסתעפות זו הדרך המשכית ראשית או אזורית, בהן יש הצדק לנתיבים מיוחדים לפנייה ימינה ושמאלה. הניתוב לפנייה שמאלה מופרד באמצעות סימון אי בצבע (ד-14) ברוב 0.50 מ' וכפתורים זוהרים בלבד, ללא הגנה בנויה במרכז הציר המשכי – ניתוב צבוע בלבד בציר המשכי יינתן בהסתעפויות מבודדות באזורים לא בנויים, כדי לא להפגיע את הנהגים בהצבת מכשולים קשיחים בדרך לאחר קטעי נסיעה ארוכים ללא הפרעה.

ג. **בציור 10.5** מוצגת הסתעפות המהווה אפשרות מקבילה להסתעפות שבציור 10.4, אלא שההגנה על הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה מהדרך המשכית היא בעזרת אי בנוי. הסתעפות זו מתאימה לאזורים מבונים או מרובי צמתים, הכוללים פעילות תח"צ והולכי-רגל, ולכן נדרשת בניית האיים. מוצגות שתי אפשרויות לפנייה ימינה מהדרך המסתיימת – עם/בלי אי-תנועה משולש. הבחירה ביניהן בהתאם לסיווג הדרך המסתיימת ובהתאם לנפחי הפנייה, רמות השירות והעיכובים בה, כמפורט בסעיף 5.3.

ד. **בציור 10.6** מוצגת הסתעפות בזווית שאינה ישרה. בהסתעפות זו מתחייב ניתוב בנוי בציר הדרך המסתיימת, לסיוע בהכוונת התנועה הפונה.

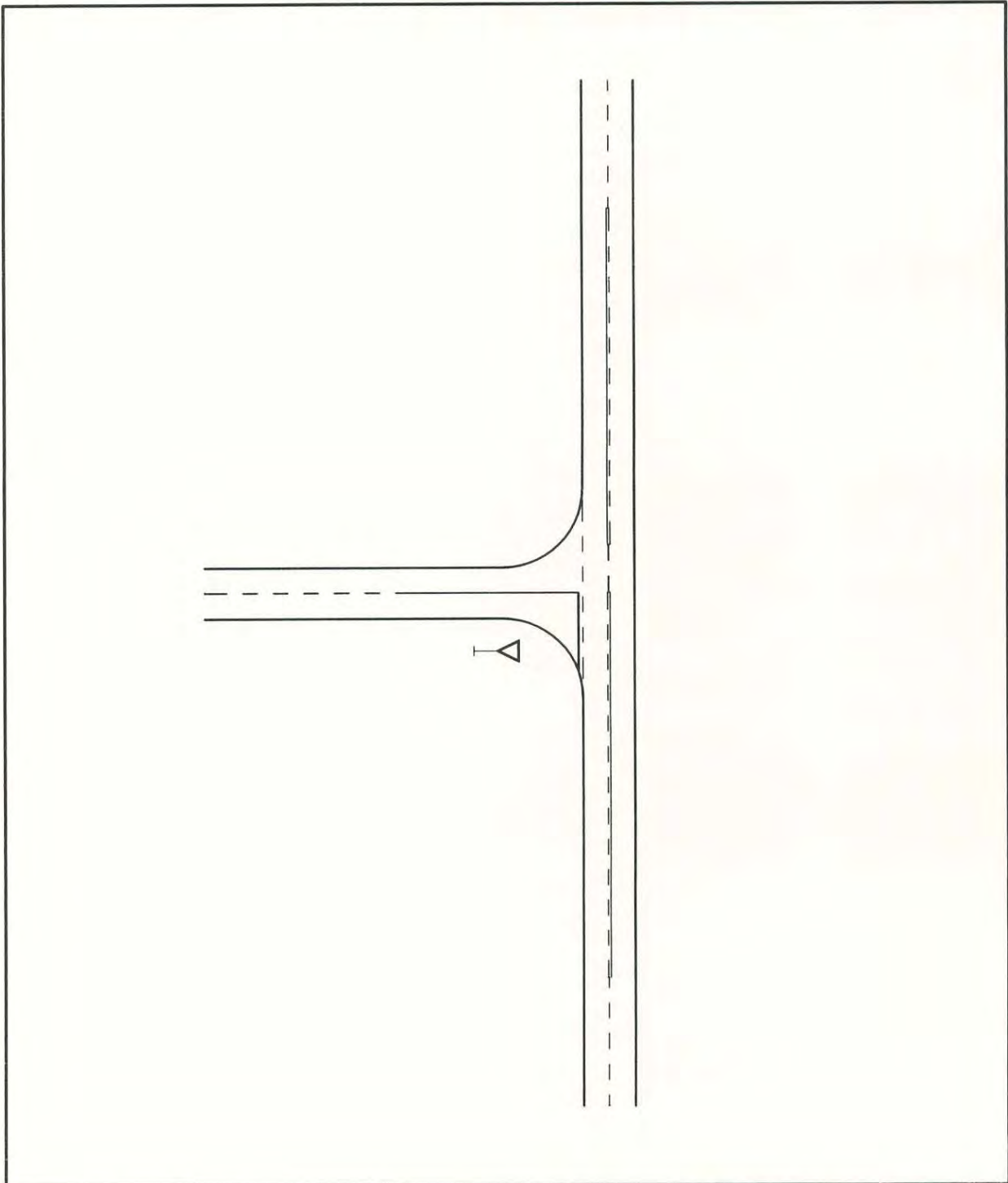
ה. **בציור 10.7** מוצגת הסתעפות אופיינית בה הדרך המשכית דו-מסלולית. בהסתעפות זו נדרש תמיד ניתוב מלא בכל הזרועות. הניתוב יהיה בנוי. כאשר הזרוע המסתיימת אינה דרך מקומית או דרך גישה, תהיה הפניה ימינה ממנה מופרדת על-ידי אי-תנועה, פנייה אשר מחייבת מתן נתיב האצה בדרך המשכית. הסתעפות זו מוצגת ללא נתיב-האצה במיפרדה לפנייה שמאלה מהדרך המסתיימת לדרך המשכית, אשר יינתן במקרים מיוחדים, בהתאם להצדקים שבסעיף 6.6.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



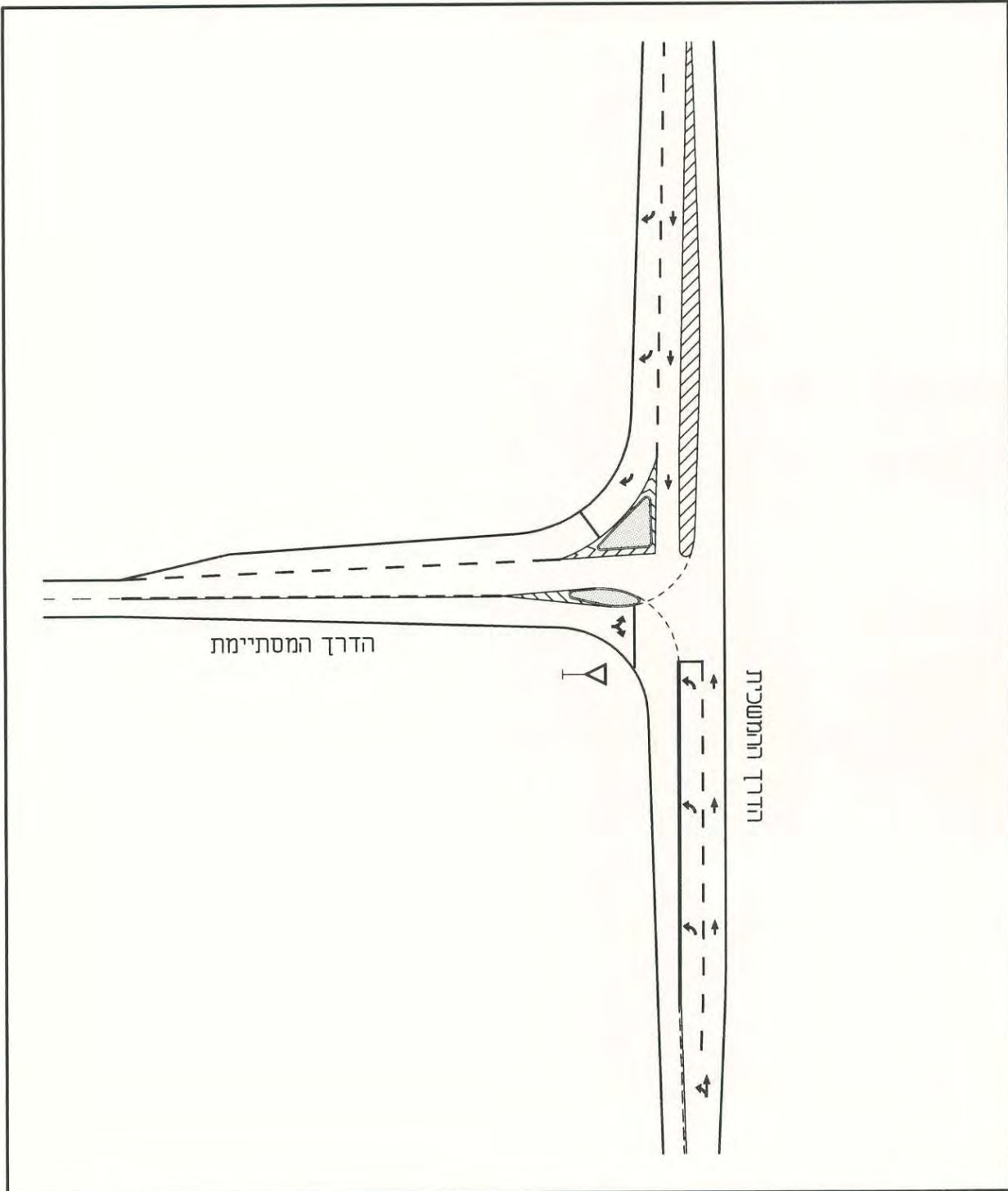
ציור 10.2 **תרשים זרימה לתכן המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים – הסתעפות מרומזת**

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.3 הסתעפות לא-מרומזרת, ללא ניתוב (בקרה בלבד), בין שתי דרכים מקומיות חד-מסלוליות

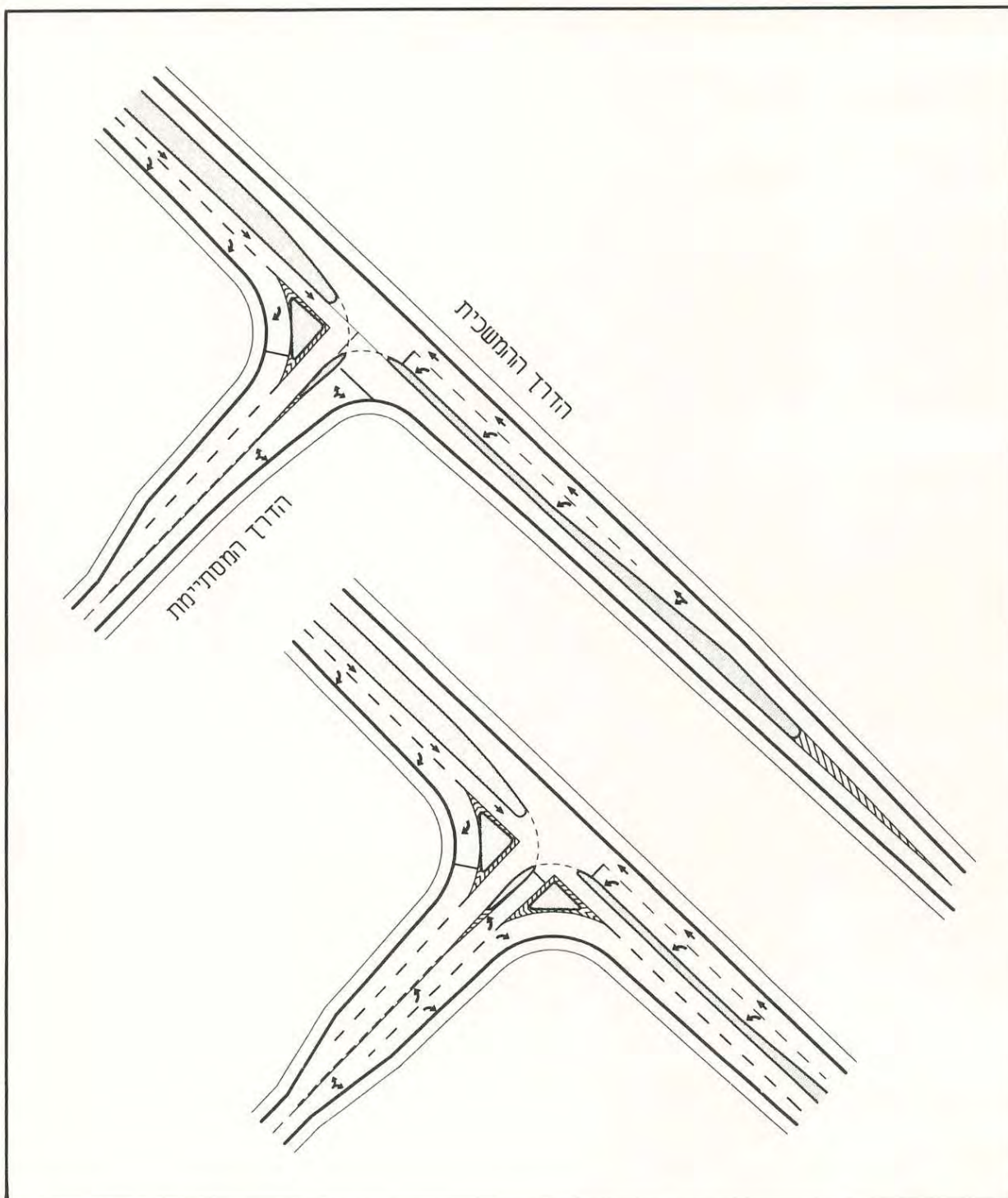
הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



הסתעפות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בין דרכים חד-מסלוליות, ללא איים בנויים במרכז הדרך המשכית

ציור 10.4

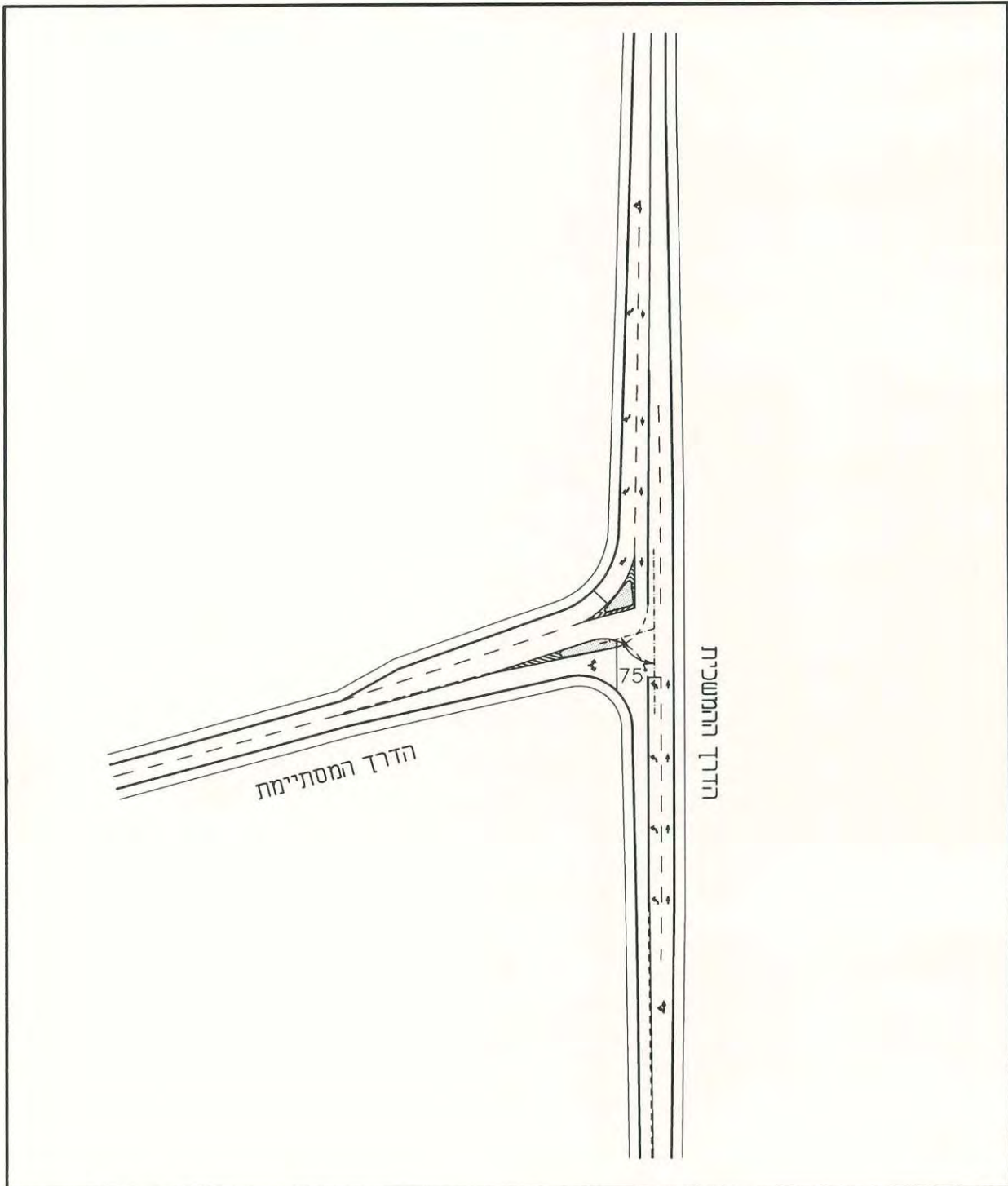
הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



הסתעפות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בנוי בין דרכים חד-מסלוליות. אפשרות לפנייה מהדרך המסתתרת עם או בלי אי משולש

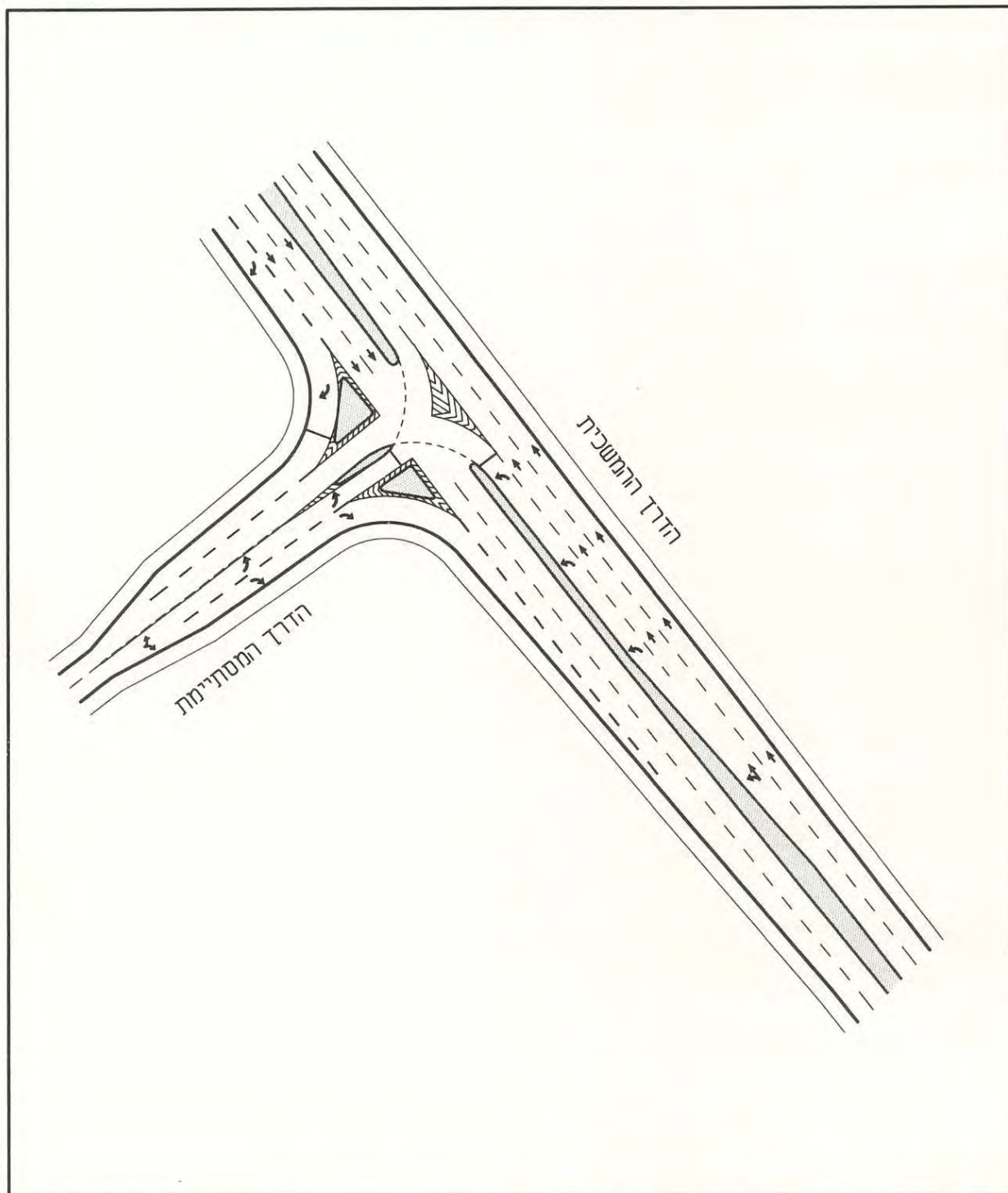
ציור 10.5

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.6 הסתעפות לא-מרומזרת בזווית חדה בין דרכים חד-מסלוליות, ללא איים בנויים במרכז הדרך ההמשכית

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



הסתעפות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בנוי, הדרך ההמשנית
דו-מסלולית

ציור 10.7

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

יש לציין, כי הדוגמאות לעיל אינן כוללות עדיין מרכיבים המתייחסים לתחבורה ציבורית ולהולכי-רגל, אשר יפורטו, בצירוף דוגמאות ייחודיות, בפרק 12 בהמשך ההנחיות.

10.4 הצטלבויות (צמתי +)

10.4.1 כללי

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

לאור הניסיון שהצטבר בארץ, צומת בצורת הצטלבות לא מרומזרת אינו רצוי, ויש לבדוק את האפשרות להפוך את ההצטלבות לצומת מדורג, בהתאם לשיקולים המפורטים בסעיף 3.6.2. הצטלבות לא מרומזרת תתוכן רק במקרים יוצאי-דופן (למשל כאשר אין קשר תפקודי בין הזרועות הנגדיות) ובאישור מנהל מע"צ.

10.4.2 הצטלבויות לא מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים

כאמור לעיל, הצטלבות לא מרומזרת אינה רצויה, ותתוכן רק באישור מנהל מע"צ.

התכן הגיאומטרי המפורט של מרכיבי ההצטלבות ושילובם ייעשה לפי הכלל של הדגשת ההיררכיה בין הכיוונים, דהיינו: ההסדר הגיאומטרי של הצומת צריך לאפשר לרכב הנכנס לצומת מהכיוון הראשי לצאת ממנו בקלות ובנוחות לכל הכיוונים, ולעומת-זאת, צריך ההסדר לשמש כגורם לבקרה ולהאטה של רכב הנכנס לצומת מהכיוון המשני, כמתואר בצירוף 5.1.

הצטלבות לא מרומזרת תהיה בעלת בקרת תמרורים מלאה והסדרי ניתוב מלאים, להקטנת שטחי הניגוד ככל האפשר.

יישומם של עקרונות התכן בתהליך התכן המפורט של זרועות הציר הראשי ושל זרועות הציר המשני בהצטלבות דומה לתהליך המפורט לגבי הסתעפות, כמפורט בצירוף 10.1 בסעיף 10.3.3 לעיל: הזרועות הראשיות יתוכנו לפי העקרונות המפורטים בסעיף 10.3.3 ג'; הזרועות המשניות יתוכנו לפי סעיף 10.3.3 ב', כאשר הן יהיו תמיד חד-מסלוליות, ולכן, נתיב יחיד ישמש לחצייה ולפנייה שמאלה. נתיבים מיוחדים לפניות שמאלה מהזרועות הראשיות וימינה מכל הזרועות יינתנו בהתאם לשיקולים המקובלים בהנחיות.

10.4.3 הצטלבויות מרומזרות – שילוב המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים

ככלל, הצטלבויות תהיינה מרומזרות, ולכן מוסדרות באופן מלא, כאשר כל איי התנועה בנויים. תהליך התכן של הצטלבות מרומזרת מתואר בתרשים הזרימה בצירוף 10.8. התהליך יהיה דומה למפורט בסעיף

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

10.3.4 ביחס להסתעפות מרומזרת, כאשר תכנון ראשוני של הרימזור יבוצע כהכנה לתכן הגיאומטרי המפורט.

תכן הזרועות הראשיות יבוצע כמפורט בסעיף 10.3.4 ג', ותכן הזרועות המשניות – כמפורט בסעיף 10.3.4 ב'. הכללים לחישוב מספר הנתיבים לחציית הצומת מהזרועות השונות מפורטים בסעיף 6.2.3. ראה שתי דוגמאות אופייניות להצטלבויות מרומזרות בסעיף 13.3.3 בהמשך ההנחיות.

10.4.4 דוגמאות

בציורים 10.9 ו-10.10 מובאות שתי דוגמאות ליישום העקרונות המפורטים בסעיפים 10.4.2 - 10.4.3 לעיל לקבלת הצורה הסופית של ההצטלבות הלא מרומזרת (כאמור, ליישום במקרים מיוחדים בלבד):

א. **בציור 10.9** מוצגת הצטלבות בעלת ניתוב מלא בין דרכים חד-מסלוליות. בהצטלבות זו הדרך העיקרית היא ראשית או אזורית, בהן יש הצדק לנתיבים מיוחדים לפניית ימינה ושמאלה. הנתיב לפנייה שמאלה מופרד באמצעות סימון אי בצבע וכפתורים זוהרים בלבד, ללא הגנה בנויה במרכז הציר הראשי, בהתאם לעקרונות שהוסברו בסעיף 10.3.5 לעיל ביחס לציור 10.4.

ב. **בציור 10.10** מוצגת אפשרות נוספת להצטלבות שבציור 10.9, אלא שההגנה על הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה מהדרך העיקרית היא בעזרת אי בנוי. תכנון זה מיועד לאזורים מבוינים (סמי-אורבניים), בדומה להסבר בסעיף 10.3.5 לעיל ביחס לציור 10.5. מוצגות שתי אפשרויות לפנייה ימינה מהדרך המשנית – עם/בלי אי-תנועה משולש. הבחירה בהתאם לנפחי הפנייה, רמות השירות והעיכובים בדרך המשנית.

ג. **ציור 10.11** מציג הצטלבות מרומזרת אופיינית, בה כל האיים בנויים, כל הפניות ימינה הן עם אי משולש, ולכל הפניות שמאלה נתיב מיוחד. בהצטלבות זו נשמר מספר הנתיבים המשכיים בשתי הדרכים ללא שינוי, ומבוצעות הרחבות רק לצורך תוספת נתיבי-העזר לפנייות. הפניות החופשיות ימינה לדרך העיקרית מחייבות מתן נתיבי-האצה בדרך זו.

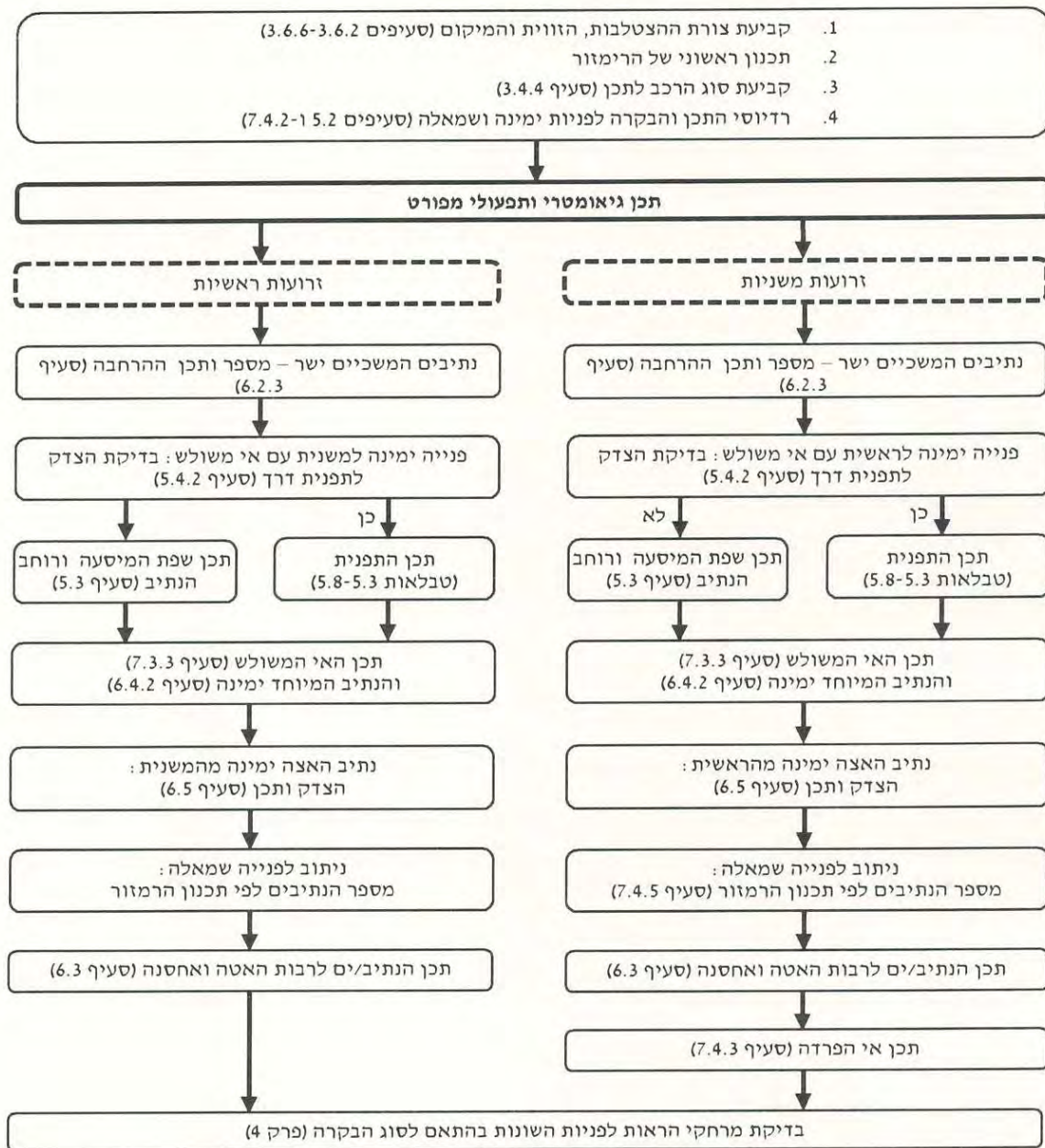
לכללים מפורטים ביחס למיקום תחנות האוטובוסים, ראה סעיף 12.1 בהמשך ההנחיות.

10.5 צמתים מדורגים

10.5.1 הגדרה וצורות

צומת מדורג הינו צומת בין שני כבישים, כאשר זרועות הכביש המשני אינן נמצאות בהמשך רציף, אלא בשתי הסתעפויות T לכיוונים מנוגדים, במרחק מסוים זו מזו לאורך הכביש הראשי, שנותר המשכי, כמתואר בציור 2.11. כלי-רכב הנעים בכביש המשני לשם חציית הכביש הראשי, חייבים לפנות לכביש הראשי ולהשתלב בתנועה שבו, ולפנות פעם נוספת (בכיוון הפוך) להמשך נסיעתם בכביש המשני. שתי ההסתעפויות הסמוכות מאפשרות ביחד את ביצוע כל כיווני התנועה כמו בצומת "צלב" רגיל. כלי-רכב

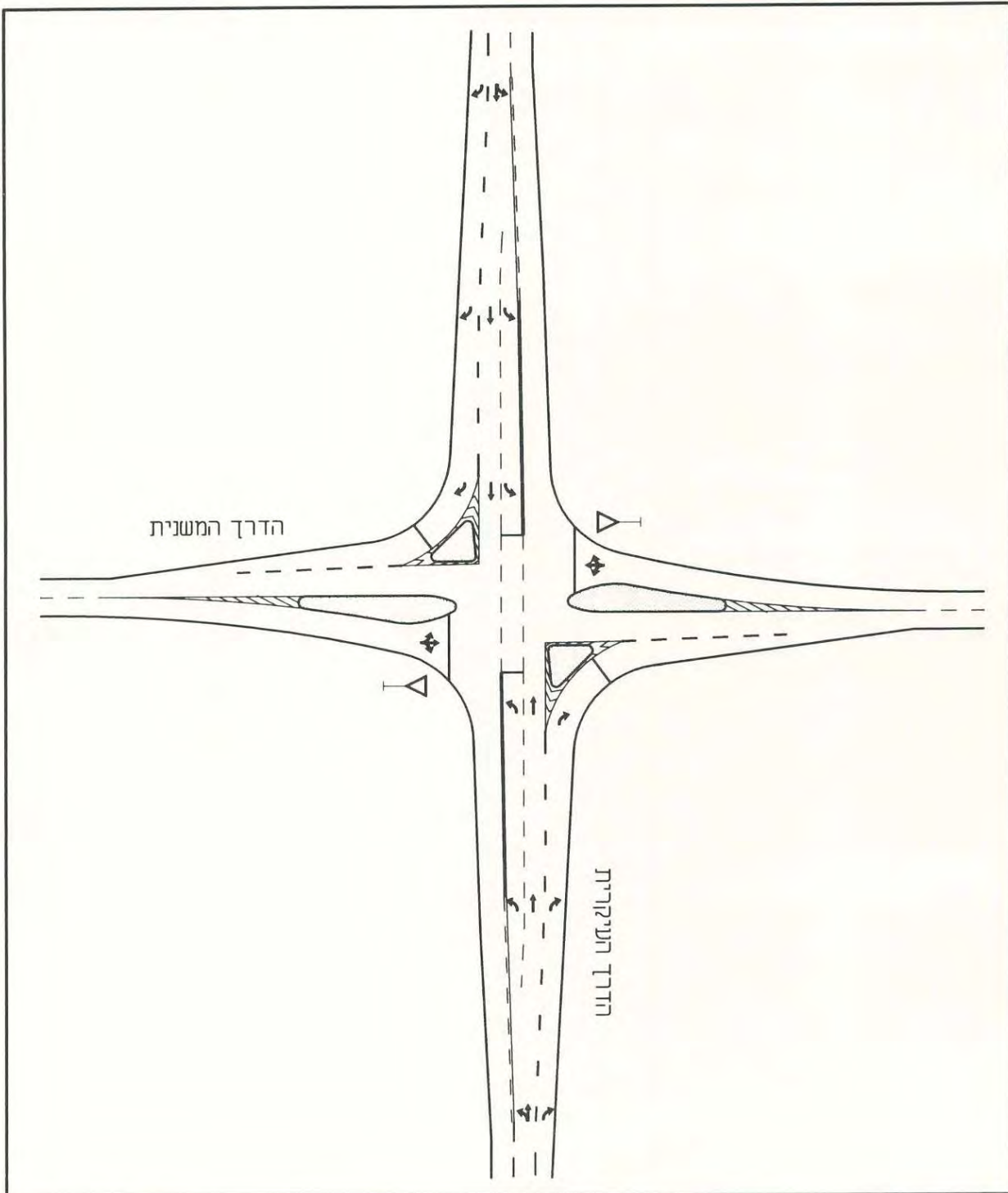
הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



תרשים זרימה לתכן המרכיבים הגיאומטריים והתפעוליים – הצטלבות מרומזרת

ציור 10.8

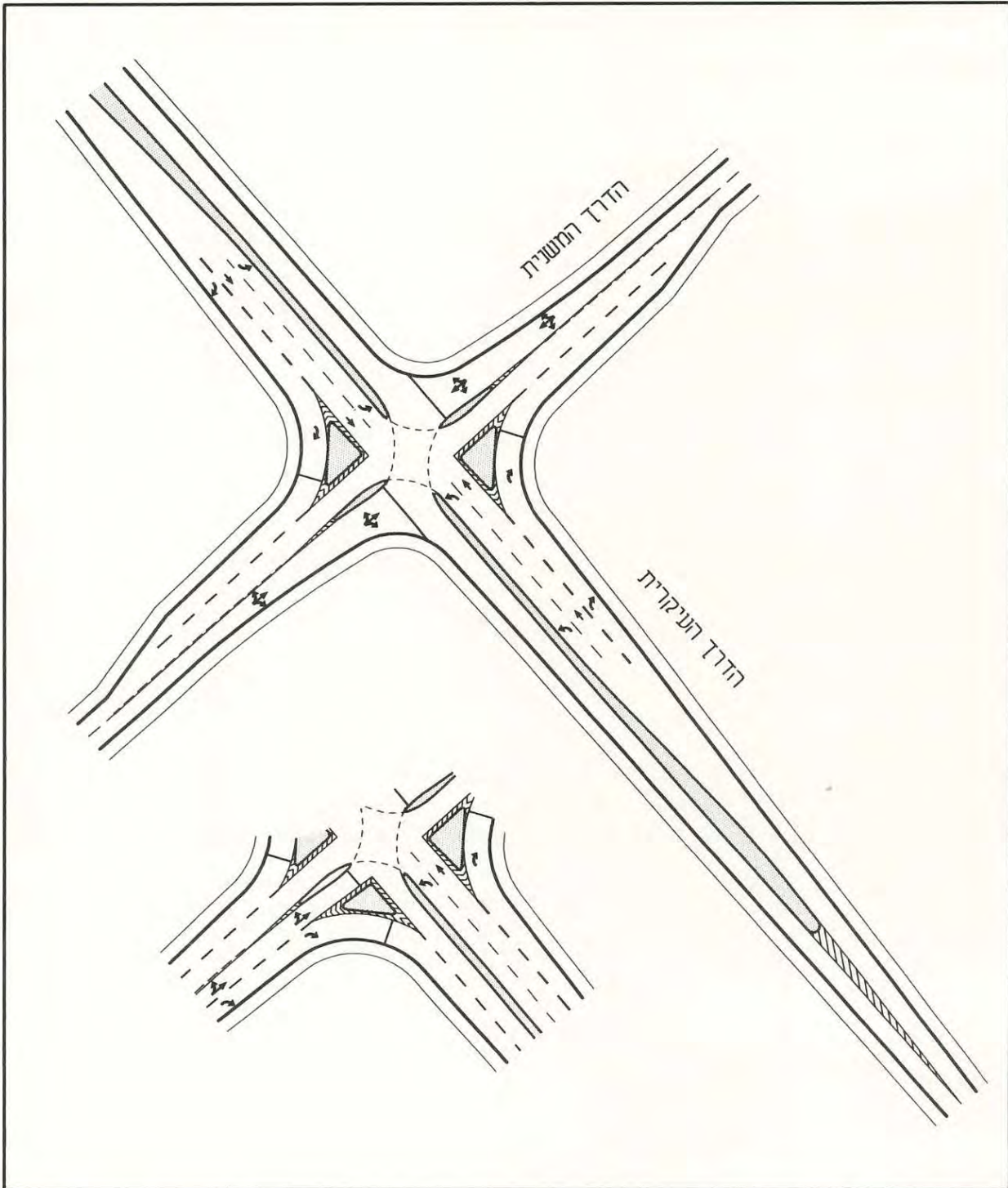
הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



הצטלבות לא-מרומזרת בין שתי דרכים חד-מסלוליות, ניתוב מלא ללא איים בנויים במרכז הדרך העיקרית

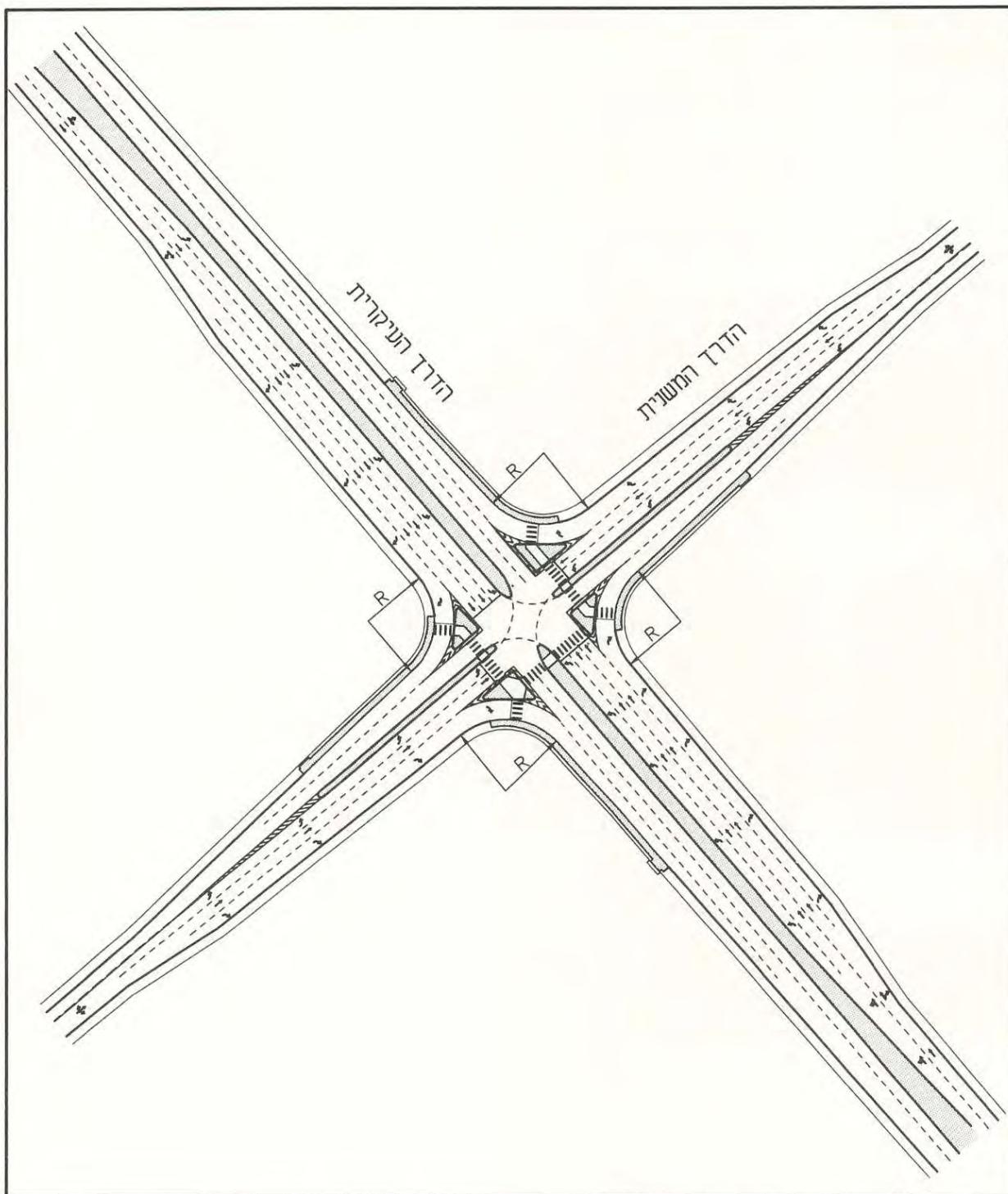
ציור 10.9

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.10 הצטלבות לא-מרומזרת בעלת ניתוב מלא בנוי בין דרכים חד-מסלוליות. אפשרות לפנייה מהדרך המשנית עם או בלי אי משולש

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.11 הצטלבות מרומזרת

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

הנעים ישר בכביש הראשי עוברים דרך שתי הסתעפויות T במקום לעבור בהצטלבות אחת. בקטע הכביש הראשי שבין ההסתעפויות מתווספת התנועה הממשיכה בכביש המשני לתנועה העוברת בכביש הראשי. כאשר המרחק בין ההסתעפויות עולה על 250 מטר ונפחי הפניות מהכביש המשני אינם גבוהים, הן מתפקדות בדרך-כלל כהסתעפויות נפרדות.

קיימות שתי צורות של צומת מדורג – דירוג שמאלי או דירוג ימני, המתוארות בציור 2.11:

א. דירוג שמאלי, בו רכב הנע ישר בכביש הראשי (ההמשכי) חולף תחילה על-פני ההסתעפות לשמאל, ולאחר מכן על-פני ההסתעפות לימין. הרכב החוצה מהכביש המשני, פונה שמאלה לכביש הראשי, ואחר-כך ימינה להמשך נסיעתו בכביש המשני.

ב. דירוג ימני, בו רכב הנע ישר בכביש הראשי חולף תחילה על-פני ההסתעפות לימין, ולאחר מכן על-פני ההסתעפות לשמאל. הרכב החוצה מהכביש המשני פונה ימינה לכביש הראשי, ואחר-כך שמאלה להמשך נסיעתו בכביש המשני.

הערה: לא כל שתי הסתעפויות שכנות מהוות בהכרח צומת מדורג. בצומת מדורג יש קשר תפקודי בין הזרועות – יש תנועה הממשיכה בין שתי הזרועות של הכביש המשני, תוך תנועה בכביש הראשי בקטע שבין הזרועות. כאשר קיימת תנועה מקרית מועטת בין הזרועות היוצאות מהכביש המשני, כתוצאה מהעדר זיקה תחבורתית בין הפעילויות הקיימות משני צידי הכביש הראשי, למשל, בין דרך גישה לישוב חקלאי ודרך גישה למחנה צבאי, ללא תנועה ביניהן – הצומת אינו נחשב למדורג, ותכנונו יבוצע כהסתעפויות נפרדות, משיקולים ספציפיים של תנאים פיזיים, שימושי קרקע ובעלויות הקיימים באזור הצומת.

10.5.2 מאפיינים בטיחותיים ותפעוליים (ביחס להצטלבות)

מבחינה בטיחותית, לצומת המדורג יתרון גדול ביחס להצטלבות. מבחינה תפעולית, יש לו יתרונות וחסרונות, להלן הפירוט:

א. יתרונות בטיחותיים לצומת המדורג (ביחס להצטלבות):

(1) בעקבות הרכבתו משתי הסתעפויות, קיימת בצומת המדורג הפחתה ניכרת במספר נקודות הניגוד לעומת הצטלבות, כאשר הפחתה המשמעותית ביותר היא במספר נקודות ההיחתכות, כמפורט בטבלה 10.1. מספר נקודות ההיחתכות עבור כלי-רכב הממשיכים ישר, בשני הכבישים, פוחת מ-4 ל-2. כתוצאה מכך, הבטיחות היחסית בצומת מדורג טובה לעומת הצטלבות בעלת נפחי תנועה מקבילים. נקודות הניגוד לסוגיהן השונים בשתי הצורות של הצומת המדורג, מתוארות בציור 10.12.

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

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 10.1 השוואת נקודות הניגוד בהצטלבות ובצומת מדורג

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

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

ב. יתרונות תפעוליים לצומת המדורג (ביחס להצטלבות):

1) מגדיל את הקיבולת של התנועה החוצה מהכביש המשני, ומקטין את העיכובים, בעיקר בדירוג ימני.

2) בהצטלבות מרומזרת, הדירוג יוצר שתי הסתעפויות, שכל אחת מהן פועלת בשלושה מופעים בלבד למחזור, ובתפעול מרומזר משותף מתווספת קיבולת תוך הקטנת זמן המחזור.

ג. חסרונות תפעוליים לצומת המדורג (ביחס להצטלבות), בעיקר בצומת לא-מרומזר:

1) הקטע שבין ההסתעפויות מצמצם את אפשרויות העקיפה של הנוסעים בכביש הראשי.

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

3) קיבולת הפניות שמאלה מהכביש הראשי למשני קטנה בצומת מדורג, כמפורט בטבלה 10.2.

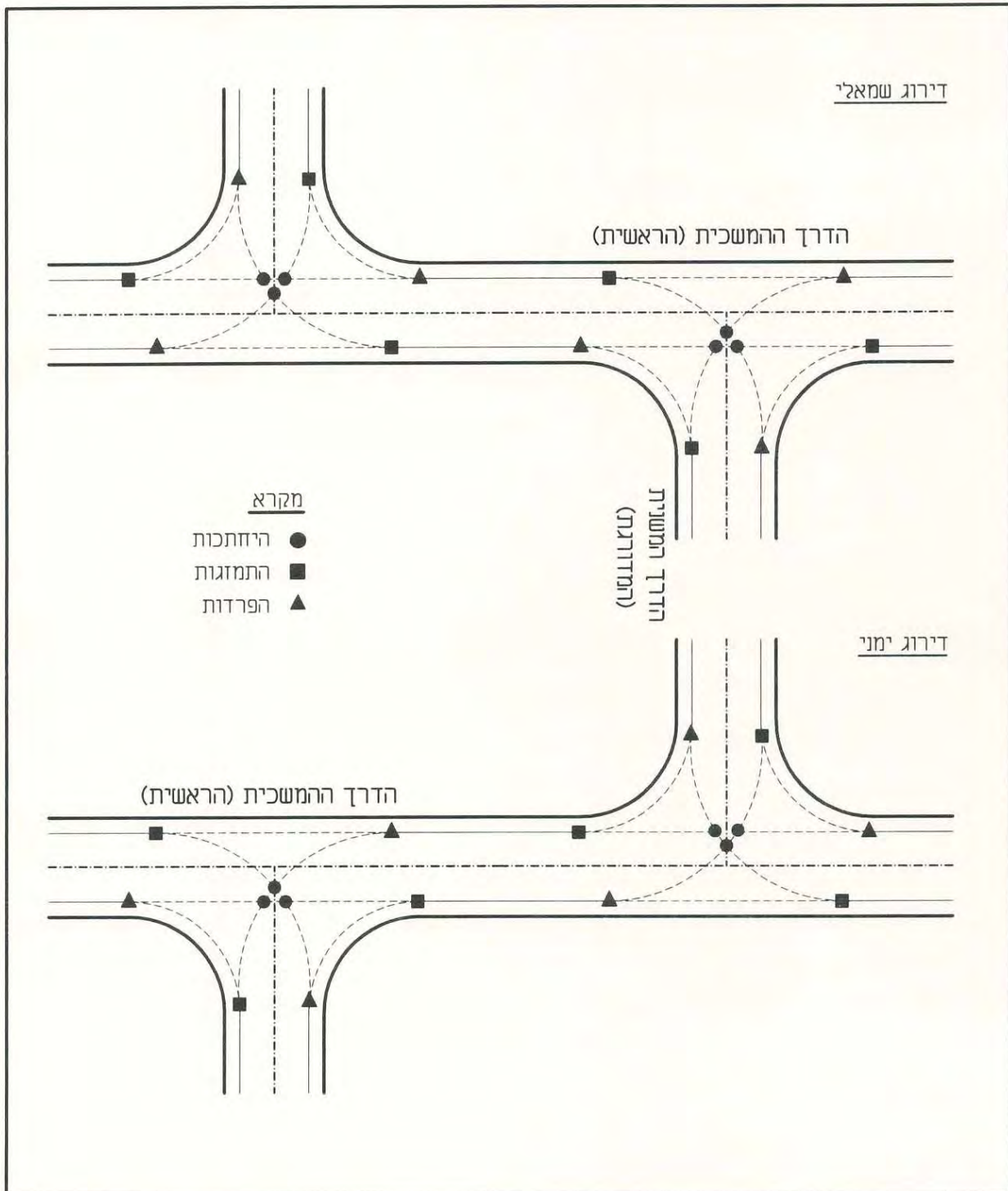
4) המרחק בין שתי ההסתעפויות לא תמיד מספיק למתן האורך המלא הדרוש לנתיבי-העזר לפניית ימינה ושמאלה ולאחסנה הדרושה, ולכן חלק מההאצה וההאטה עלולים להתבצע בנתיבי התנועה העוברת בכביש הראשי, או שיתחייב רימזור המכלול.

5) הצומת המדורג מאריך מעט את מרחק וזמן הנסיעה של התנועה הממשיכה ישר בכביש המשני, ומוסיף לעלויות התפעול.

6) הצומת המדורג מקשה על מיקום תחנות אוטובוס ומעבר נוסעים ביניהן, ומאריך את מרחקי ההליכה של הולכי הרגל.

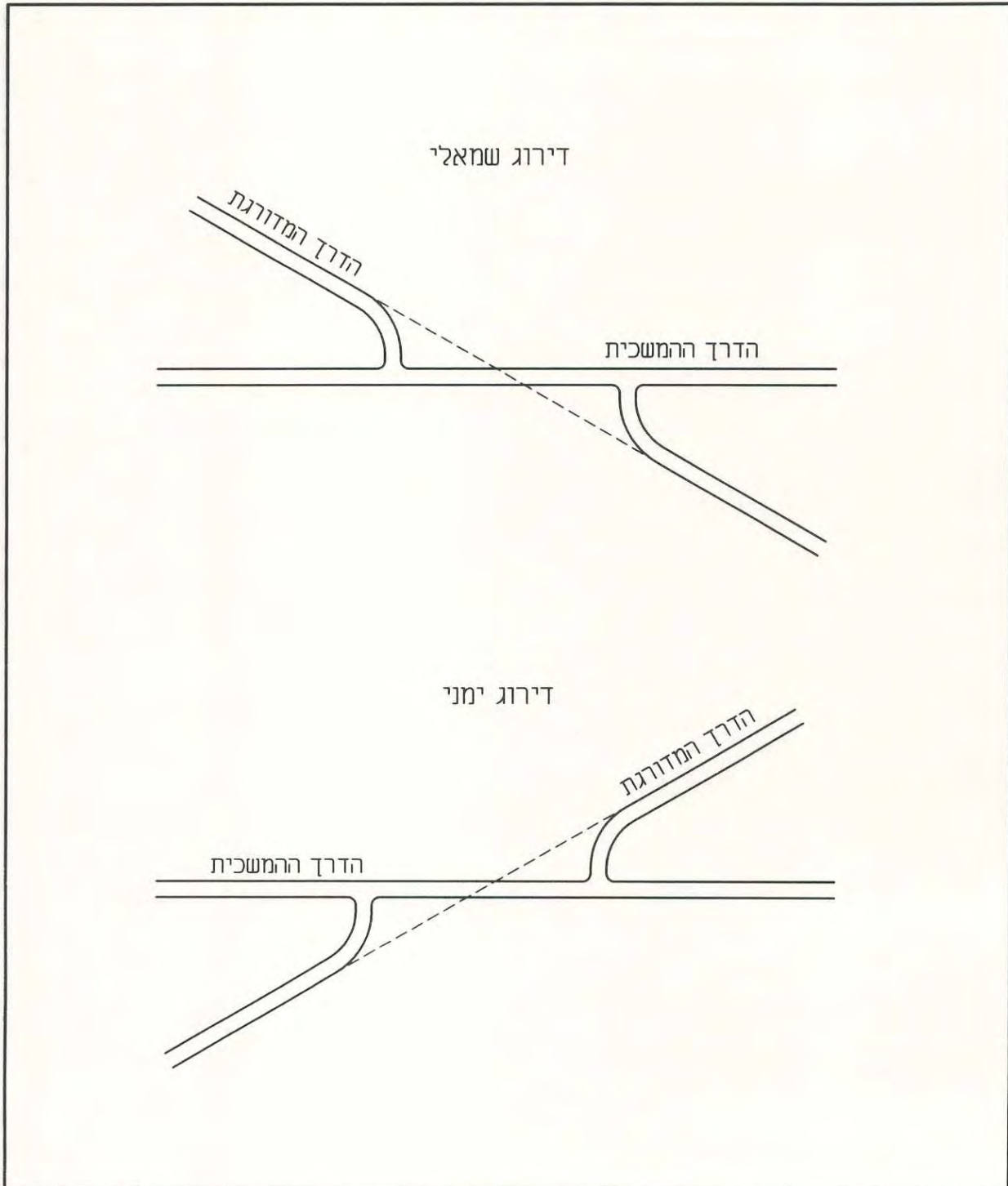
לאור האמור לעיל, יש לשאוף, בעיקר משיקולים בטיחותיים, לתכנון צומת מדורג, במקום כל הצטלבות לא מרומזרת. צומת מדורג מתאים במיוחד לשיפור הצטלבות בזווית חדה, כמתואר בציור 10.13. יש להתחשב גם במאפיינים הייחודיים של צורת הדירוג, כמפורט בסעיף 10.5.3 להלן.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.12 נקודות הניגוד בשתי הצורות של הצומת המדורג

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.13 שימוש בצומת מדורג כתחליף להצטלבות בזווית חדה

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

10.5.3 השיקולים לבחירת צורת הדירוג

בין שתי צורות הדרוג האפשריות – ימנית או שמאלית – יש הבדלים, בעיקר מבחינה תפעולית, כמפורט בטבלה 10.2. כאשר תנאי השטח מאפשרים את ביצוע שתי צורות הדירוג, יש לבחור את הצורה המועדפת לפי מידת התאמתה לתנאים הייחודיים ולפי המפורט בטבלה זו. הדירוג הימני הוא היעיל יותר מבחינה תפעולית, במיוחד כאשר הצומת מרומזר. עם זאת, מגבלתו הגדולה של הדירוג הימני היא בכך, שהקטע בין ההסתעפויות משמש לאחסנת הפונים שמאלה מהכביש הראשי למשני וצריך להכיל גם את החוצים מהכביש המשני. כתוצאה מהאמור לעיל, הדירוג הימני יועדף על השמאלי משיקולי תפעול וקיבולת, בעיקר כאשר המרחק בין ההסתעפויות מאפשר את האורך הדרוש של הנתיבים לאחסנת הפונים שמאלה. מגבלת האחסנה קיימת הן בצומת המרומזר והן בצומת הבלתי-מרומזר.

טבלה 10.2 היתרונות והחסרונות היחסיים של שתי צורות הדירוג

דירוג שמאלי	דירוג ימני
יתרונות	
<ul style="list-style-type: none"> • אין פניות שמאלה בקטע שבין ההסתעפויות ואין בעיות אחסנה. • לפונים שמאלה מהכביש הראשי, יש הפחתה במספר נקודות ההיחטכות הכולל מ-4 ל-2. 	<ul style="list-style-type: none"> • הקטנת העיכוב לתנועות מהכביש המשני. • הגדלת הקיבולת לתנועה החוצה מהכביש המשני. • הגדלת הבטיחות בכך שהכניסה לדרך הראשית היא בפנייה ימנית. • בדירוג מרומזר מתקבל הפס של הגל-הירוק, כשהוא הולך ומתרחב בכוון הנסיעה. פס כזה פועל ביעילות רבה ומאפשר גם פינוי הרכב, שנכנס לקטע האמצעי מהצדדים. כל-זאת (בדרך-כלל) ללא אילוצים וללא הקצאת זמן נוספת.
חסרונות	
<ul style="list-style-type: none"> • הפניות שמאלה מהכביש המשני נחתכות פעמיים זו עם זו. • קיבולת הפניות שמאלה מהכביש הראשי למשני קטנה עקב הגדלת נפח התנועה המתנגדת. • בדירוג מרומזר, הפס של הגל הירוק הולך וצר בכיוון הנסיעה, כך שיש צורך לקצץ מלאכותית בזמן הירוק של הכניסות לקטע האמצעי על-מנת למנוע סתימה פנימית. 	<ul style="list-style-type: none"> • בנפחי פנייה גדולים ומרחק קצר בין ההסתעפויות, קיימת סכנה של חסימת הנתיב לפנייה שמאלה, שגורמת להפרעה ולסיכון בטיחותי בכביש הראשי, ולסתירת היציאות מהכביש המשני. • המרחק הדרוש בין ההסתעפויות גדול יותר. הרחבת המיסעה הנדרשת לנתיבי העזר בכביש הראשי בין הצמתים גדולה יותר. • הפניות שמאלה מהכביש הראשי למשני נחתכות פעמיים זו עם זו. כאשר לפניות אלה נפח גדול, הן מקטינות את היתרון הבטיחותי היחסי בצומת מדורג. • קיבולת הפניות שמאלה מהכביש הראשי למשני קטנה עקב התווספות החוצים מהכביש המשני.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

10.5.4 תכן מרכיבי הצומת המדורג

א. הזרועות המשניות

עקרונות התכן של זרועות הדרך המשנית הם בהתאם לתהליך התכן של הזרוע המשנית בהסתעפות, המתואר בסעיף 10.3 ובציורים 10.1 ו-10.2 לעיל.

בצומת המדורג רצויים ניתוב ובקרה מלאים. בשתי הזרועות המשניות רצוי אי-מאורך מסוג טיפה. עקרונות נוספים הם:

- בדירוג ימני, אסור לתת תפניות דרך לפנייה מהירה ימינה מהזרועות המשניות, בגלל הצורך של החוצים את הכביש הראשי לפנות שמאלה מיד לאחר מכן.
- בדירוג ימני מרומזר, הפניות ימינה מהזרועות המשניות יהיו מרומזרות ולא חופשיות, ויופעלו בתיאום עם הפניות שמאלה למשנית בהסתעפות השנייה.
- בדירוג מרומזר, ייתכנו פניות מרומזרות ימינה ושמאלה משני נתיבים, בתנאי שהפניות מבוצעות לדרך דו-מסלולית.
- בדירוג שמאלי, רצויים נתיבים לפנייה חופשית ימינה מהזרועות המשניות.

ב. הדרך ההמשכית

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

- בדירוג ימני – נתיבים מיוחדים להאטה ולפנייה ימינה (מחוץ להסתעפויות) ונתיבים מיוחדים להאטה ולפניות שמאלה (בקטע שבין ההסתעפויות).
- בדירוג שמאלי – נתיבים מיוחדים להאטה ולפנייה שמאלה (מחוץ להסתעפויות) ונתיבים מיוחדים להאטה ולפנייה ימינה (בין ההסתעפויות). כאשר הדרך ההמשכית דו-מסלולית, יותקנו נתיבי האצה לפניות ימינה (מחוץ להסתעפויות).

שאר פרטי התכן הם כמפורט לגבי הזרוע הראשית של הסתעפות, בסעיפים 10.3.3 ו-10.3.4 לעיל.

ג. המרחק בין ההסתעפויות והקטע ביניהן

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

- בדירוג השמאלי, גדלה הפרעה לתנועה בדרך הראשית, ככל שהמרחק בין ההסתעפויות גדל. מאחר שבקטע זה אין דרישות לאחסנה, ניתן להסתפק, בצומת לא-מרומזר, במרחק של 60-80 מ' בין ההסתעפויות. כאשר הדרך ההמשכית דו-מסלולית, מתבצעות בקטע שבין ההסתעפויות יותר פעולות השתזרות, ולכן יש להאריך קטע זה ל-100-120 מ'.
- בדירוג הימני משמש הקטע בין ההסתעפויות לאחסנת הפונים שמאלה. האורך הרצוי של הנתיב לפנייה שמאלה הוא סיכום אורך האחסנה ואורך ההאטה. אורך האחסנה הדרוש נקבע בהתאם לציורים 6.7 או 6.8, כאשר הנפח הפונה הכולל הוא סכומם של הנפחים הפונים שמאלה מהכיוון הראשי ושל החוצים מהכיוון המשני. אורך ההאטה נקבע על-פי טבלה 6.1, בהתאם למהירות התכן

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

של הדרך המשכית. כאשר אין מקום למתן שני הנתיבים לפנייה שמאלה לכיוונים הנגדיים ברצף הם יינתנו במקביל – שתי האפשרויות מתוארות בציור 10.14.

כאמור, כאשר המרחק בין ההסתעפויות עולה על 250 מטר ונפחי הפניות מהכביש המשני אינם גבוהים, הן מתפקדות בדרך-כלל כהסתעפויות נפרדות.

המרחק בין ההסתעפויות משפיע על מיקום תחנות האוטובוסים ביניהם, כמפורט בפרק 12 להלן.

לדוגמאות אופייניות של צמתים מדורגים מרומזרים ולא מרומזרים, ראה סעיפים 13.3.2 ו-13.3.3 בהמשך ההנחיות.

10.5.5 דוגמאות

בציורים 10.14 - 10.16 מובאות דוגמאות ליישום העקרונות המפורטים בסעיפים 10.5.1 - 10.5.5 לעיל, לקבלת הצורה הסופית של הצומת המדורג:

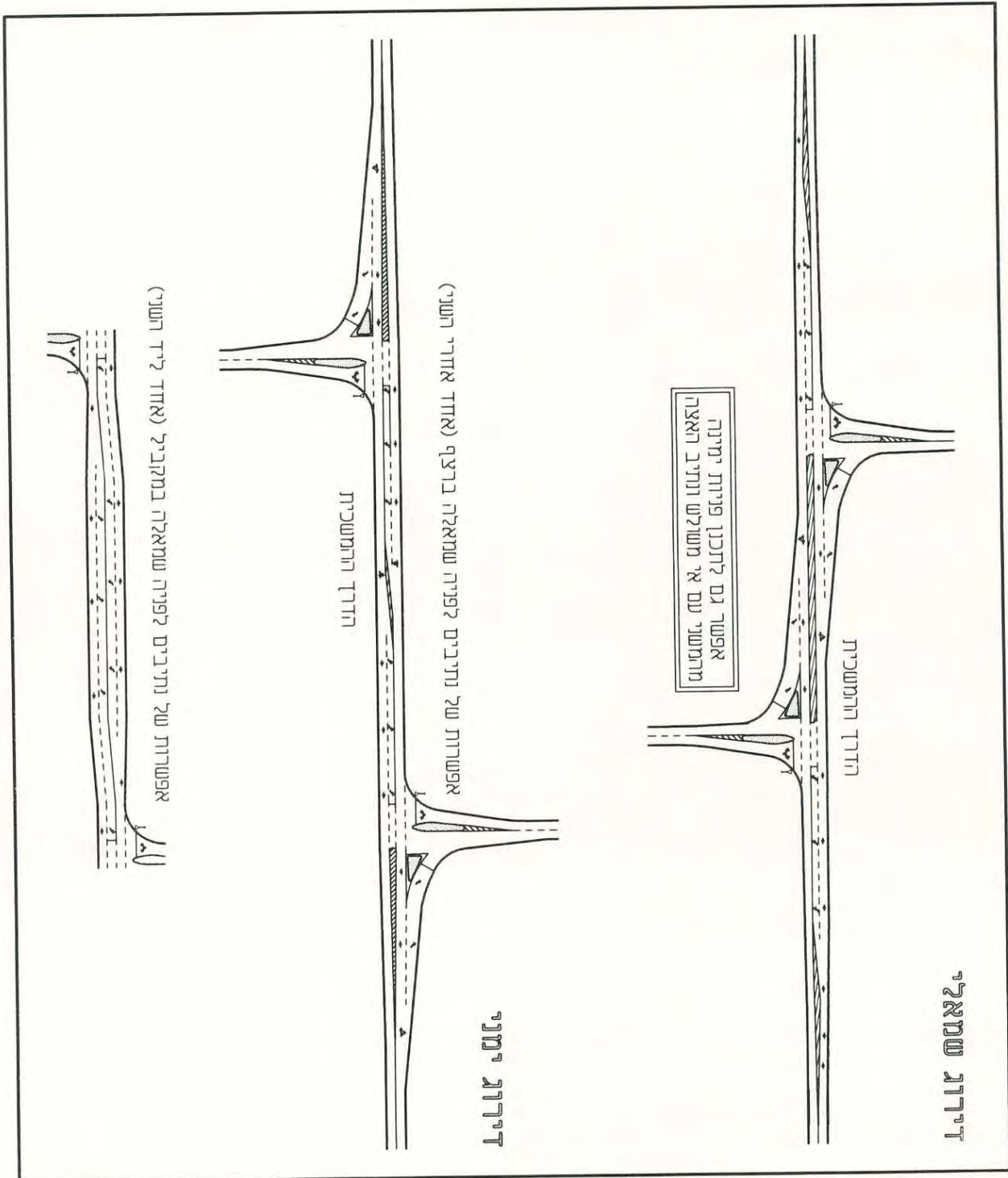
- א. **בציור 10.14** מוצגות שתי הצורות העקרוניות של צומת מדורג לא מרומזר בין דרכים חד-מסלוליות בסיווג נמוך: כאשר נפחי התנועה בדירוג השמאלי נמוכים, אין הצדקים לנתיבים מיוחדים לפנייה ימינה מהדרך המשנית. נתיבים מיוחדים לפנייה ימינה מהדרך המשכית יינתנו תמיד. בדירוג הימני בציור 10.14 מוצגות שתי האפשרויות למתן הנתיבים לפנייה שמאלה בקטע שבין ההסתעפויות – ברצף או במקביל. הבחירה בין האפשרויות תעשה בהתאם למרחק שבין ההסתעפויות ולאורך האחסנה הדרוש. ההגנה על הנתיבים לפנייה שמאלה במקרים המוצגים היא באמצעות אי צבוע ברוחב 0.50 מ', וכפתורים מחזירי אור.
- ב. **בציור 10.15** מוצג דירוג ימני לא מרומזר בין דרכים חד-מסלוליות, כאשר הדרך המשכית היא בעלת סיווג גבוה. במקרה זה יש איים משולשים ונתיבי האטה לפנייה ימינה מהדרך המשכית. ההגנה על הנתיבים לפנייה שמאלה הוא באמצעות אי בנוי ברוחב 2.0 מ'.
- ג. **בציור 10.16** מוצג דירוג שמאלי מרומזר בין דרך דו-מסלולית לדרך חד-מסלולית בסיווג גבוה. צומת זה מתוכנן לצמצום הפרעות בדרך הדו-מסלולית, כך שכל הפניות ימינה הן באמצעות איי-תנועה, והכניסה לדרך הדו-מסלולית היא בנתיב האצה. בדרך הדו-מסלולית יש נתיבי האטה לפנייה ימינה ושמאלה.

10.6 צמתים מפוצלים

10.6.1 הגדרה

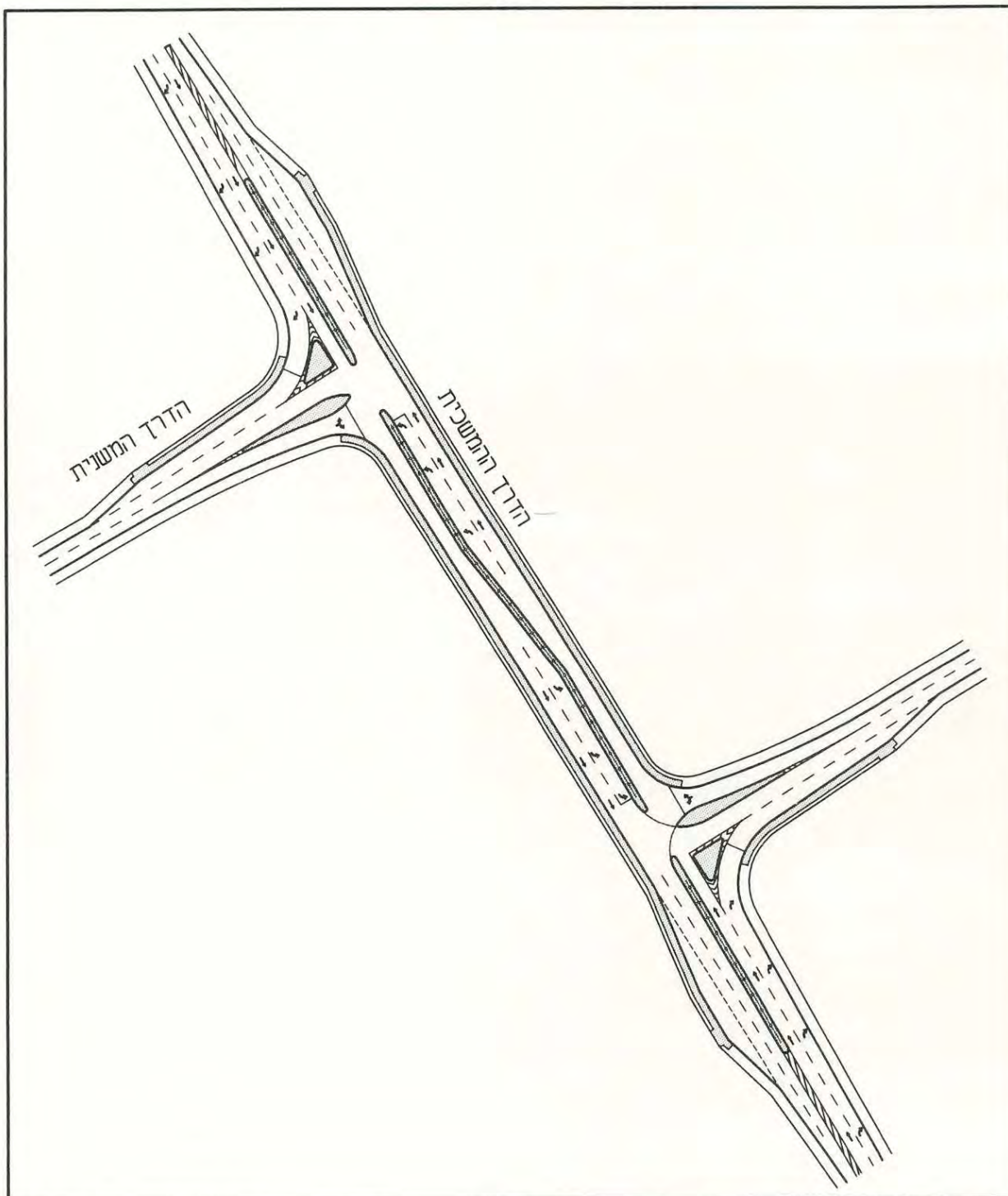
צומת מפוצל (ציור 2.12) הוא גירסה מיוחדת של צומת מרומזר, המיועדת להעלאת הקיבולת של צמתים עמוסים, בעיקר בדרכים דו-מסלוליות, בדרך-כלל כפתרון ביניים לפני הקמת מחלף. הפיצול מתקבל

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



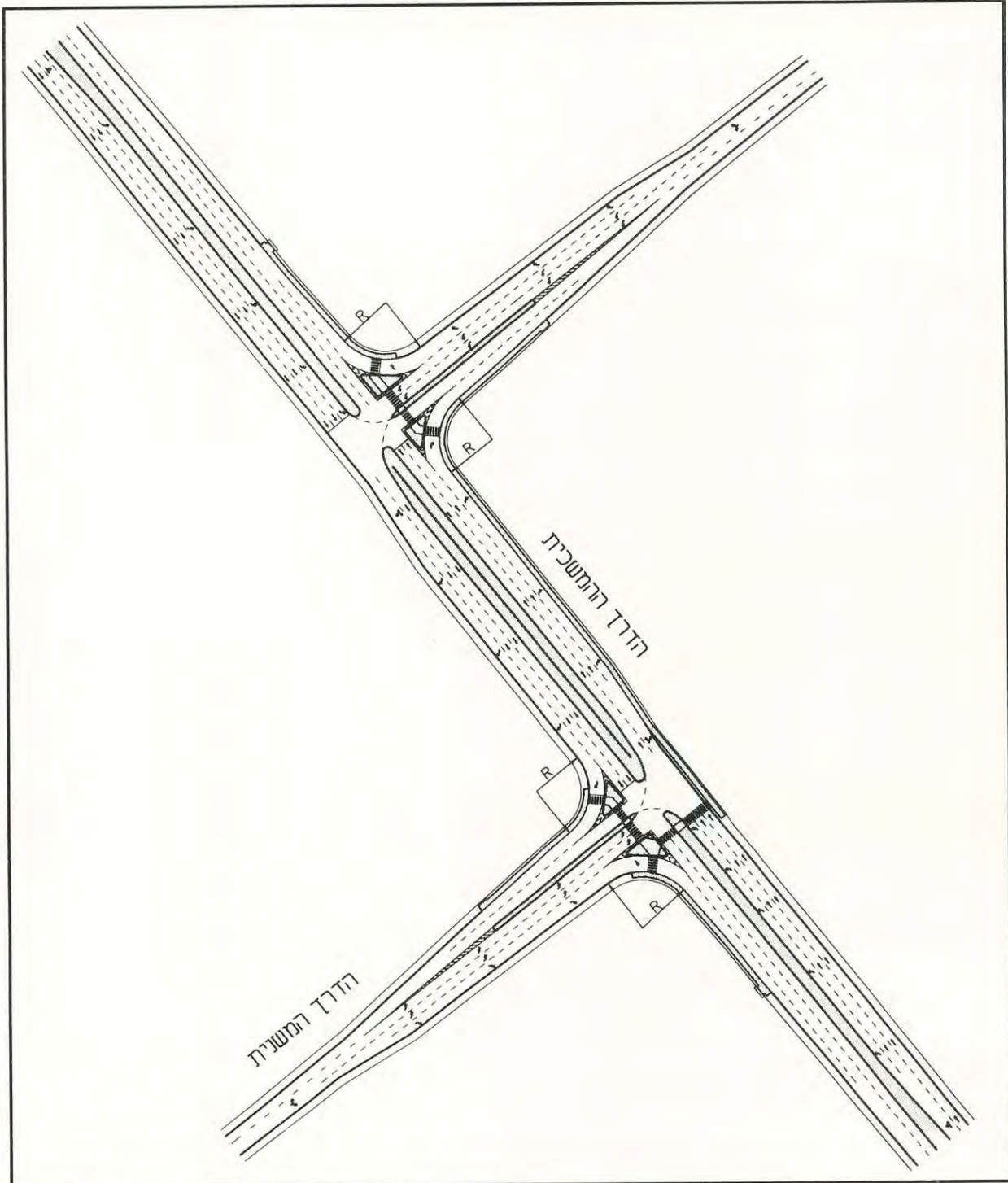
ציור 10.14 צמתים מדורגים לא מרומזרים – צורות עקרוניות של דירוג ימני ודירוג שמאלי בין דרכים בסיווג נמוך

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.15 צומת מדורג – דירוג ימני לא מרומזר בין דרכים דו-נתיביות, שאחת מהן בסיווג גבוה

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.16 צומת מדורג מרומזר – דירוג שמאלי בין דרך דו-מסלולית לדרך חד-מסלולית

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

על-ידי הרחקת שני המסלולים של אחת מהדרכים הנפגשות או של שתיהן זה מזה. בהתאם לסוג הפיצול, מתקבלים, במקום הצומת המקורי היחיד, שניים או ארבעה צמתי-משנה סמוכים, במרחקים בסדר-גודל של עשרות מטרים ביניהם. בשל הסדרי החד-סיטריות המתקבלים, מספר כיווני הנסיעה האפשריים בכל אחד מצמתי המשנה קטן מזה שבצומת המקורי. בכל אחד מצמתי המשנה מותקן רמזור, כאשר כל הרמזורים מופעלים על-ידי מנגנון משותף, כך שכל צמתי-המשנה מהווים מכלול תכנוני ותפעולי אחד. כל כלי-הרכב הפונים שמאלה משתי הדרכים הנפגשות, יעברו דרך שני צמתי-משנה מרומזרים לפחות.

כמו-כן, כלי-הרכב הממשיכים ישר, מאחת משתי הדרכים לפחות, בהתאם לצורת הפיצול, יעברו דרך שני צמתי-משנה. בציור 10.17 מובא תאור סכמתי של פיצול אחת הדרכים בהצטלבות, לקבלת הצומת המפוצל. קיימים מספר סוגי פיצול, כמפורט בסעיף 10.6.4 להלן.

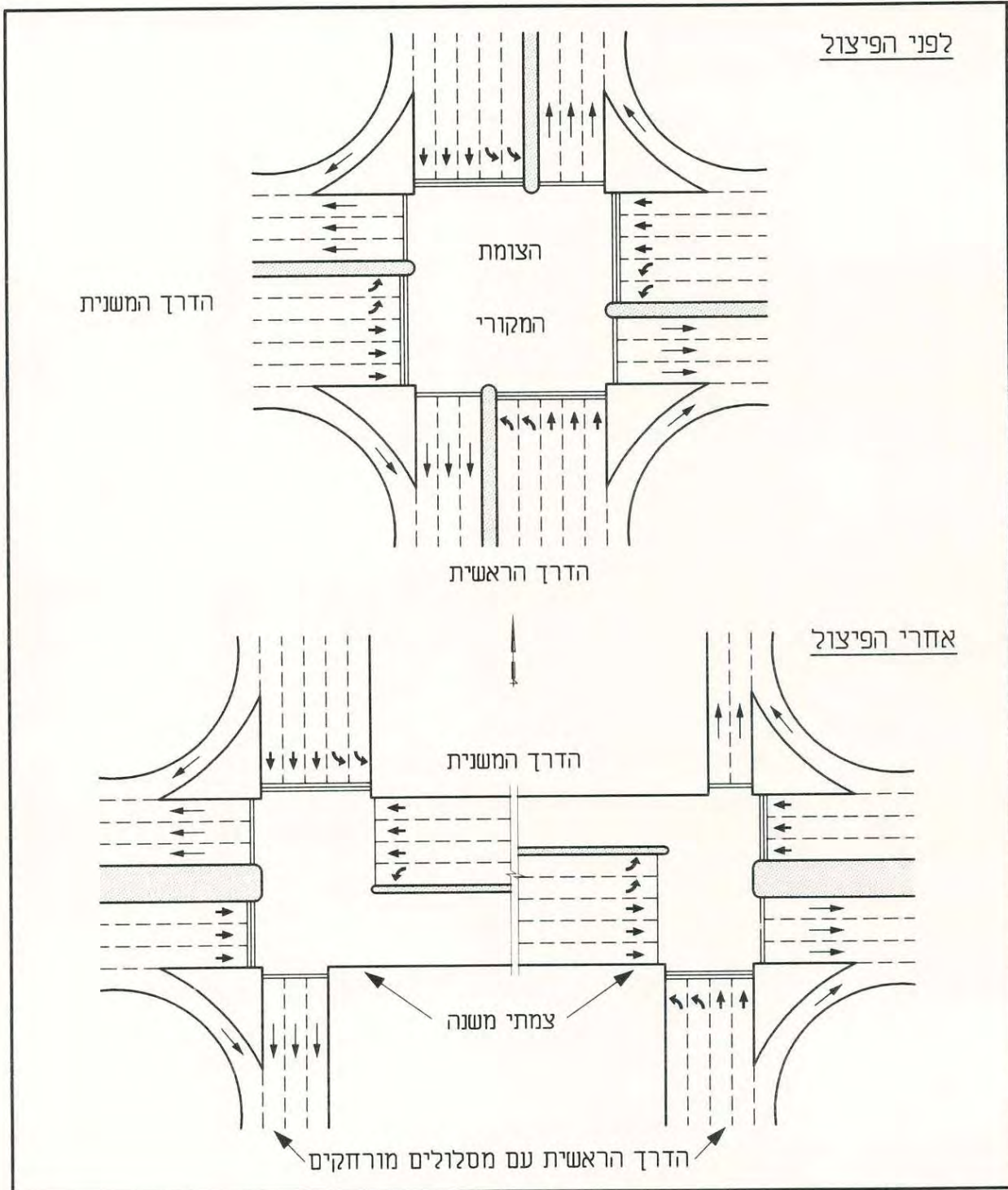
10.6.2 מטרה ומאפיינים

הצומת המפוצל מיועד בעיקר כפתרון זמני להעלאת הקיבולת בצמתים מרומזרים עמוסים, בהם מוצו כל השיפורים הגיאומטריים והתפעוליים האפשריים האחרים, ואשר הגיעו לשלב בו יש לשקול את מיחלופ הצומת. פיצול הצומת מהווה, מבחינה כלכלית ותפעולית, שלב-ביניים לפני בניית המחלף. הצומת המפוצל צריך לענות למטרות הבאות:

- א. **פתרון הבעיה המיידית** – לענות על צרכי הקיבולת בצומת ולאפשר פרק-זמן נוסף, ארוך ככל שניתן, עד שיתעורר הצורך בהקמת המחלף.
- ב. **יישום מיידית** – התבססות על תכניות סטטוטוריות זמינות ויכולת להתמודד עם המיטרדים שבתחום תכניות אלה.
- ג. **דחיית ההשקעה הגדולה** – ההשקעה המיידית תהיה קטנה בצורה משמעותית מההשקעה הנדרשת לפתרון הקבע, וכן מוצדקת וכדאית לאורך תוחלת החיים הצפויה של הפרוייקט.
- ד. **התאמת הפתרון הזמני לתכנון הסופי** – חשיבות רבה יש לכך, שהפתרון הזמני יהיה חלק אינטגרלי מפתרון הקבע העתידי, כך שלא יפריע ליישומו המיטבי ולא תהיינה הפרעות משמעותיות לתנועה במהלך ביצועו.
- ה. **פתרון מערכתי** – פיצול מספר צמתים לאורך ציר מסוים, יכול לגרום להגדלת קיבולת המערכת ולמנוע העתקת הבעיה מנקודה אחת לרעותה.

בעקבות פיצול הצומת, גדל זמן הירוק האפקטיבי עקב צמצום מספר המופעים, ועקב הקטנת השטח לפינוי של כל אחד מצמתי המשנה ביחס לצומת המקורי (וכתוצאה מכך הקטנת הזמן האבוד). בנוסף, ניתן להקצות מספר גדול יותר של נתיבים מיוחדים לפניות שמאלה, ולהקטין את הזמן הירוק הדרוש לפינוי תנועה זו. כך ניתן להקצות זמן ירוק נוסף לתנועות אחרות או, לחילופין, להקטין את זמן המחזור. לכן הגידול בקיבולת הצומת המפוצל רב יותר ככל שמספר כלי-הרכב הפונים שמאלה גדול יותר. תוספת הקיבולת אינה קבועה, ונעה בתחום שבין 20%-50%, כתלות באחוז הפניות שמאלה ובמרחק בין הצמתים.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.17 תאור סכמתי של הפיכת הצטלבות לצומת מפוצל

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

10.6.3 יתרונות וחסרונות

א. יתרונות הצומת המפוצל

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

ב. חסרונות הצומת המפוצל

- הגדלת שטח הצומת הכולל, וזאת עקב המרחק שבין הצמתים, העשוי להגיע לעשרות מטרים.
- התמצאות הנהגים בצומת המפוצל קשה יותר, בגלל שאחוז ניכר מהמשתמשים בצומת עוברים דרך שני צמתים במקום אחד. התייחסות מפורטת לכך ראה בסעיף 10.6.6 להלן.
- הצורך לעבור בשני צמתים גורם עצירה נוספת לחלק מהתנועות. בעזרת תאום בין הרמזורים (גל ירוק) ניתן להקטין את העיכובים הללו ואת סך כל העיכובים בצומת המפוצל בהשוואה לצומת המקורי.
- הצומת המפוצל רגיש מאוד לשיבושים בפעולת הרמזור, וסתימת הקטע המרכזי גורמת לסתימת הצומת. הרמזור בצומת המפוצל לא ניתן להפעלה ידנית.
- במקרים מסוימים, יתכן שהתנאים בשטח אינם מאפשרים יישום הפיצול הרצוי, ומתקבל פתרון בעדיפות נמוכה יותר, אך עדיין פתרון כדאי.

10.6.4 סוגי הפיצול

ישנם מספר סוגי פיצול עקרוניים:

א. פיצול הסתעפות – יש שתי אפשרויות לפיצול הסתעפויות T:

- (1) פיצול הדרך ההמשכית, כמתואר בציור 10.18.
- (2) פיצול הדרך המסתיימת, כמתואר בציור 10.19.

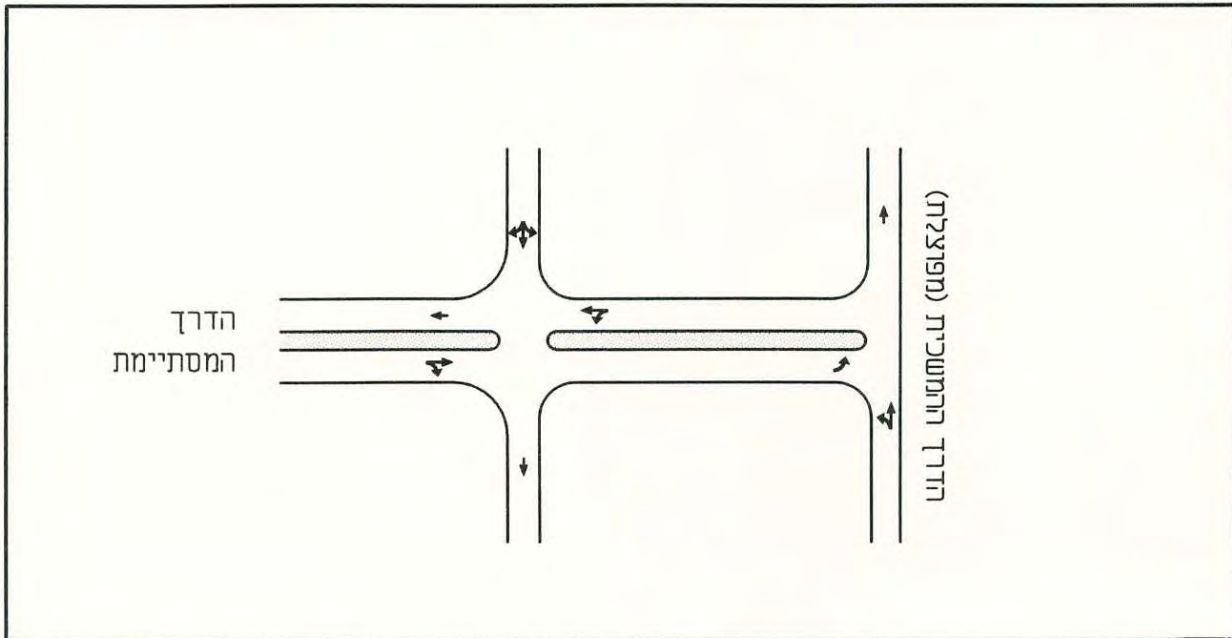
הבחירה ביניהן היא בעיקר לפי דרישות ואפשרויות האחסנה של הפנייה שמאלה מהזרוע ההמשכית לזרוע הניצבת:

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

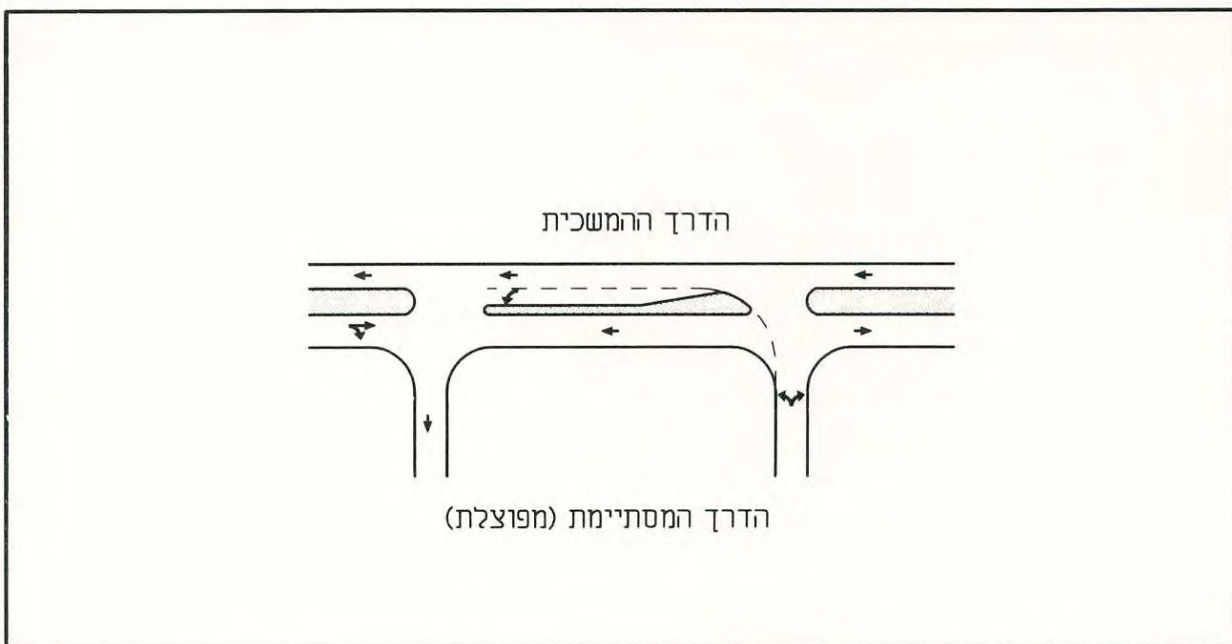
ב. פיצול יהלום – ציור 10.20 – פיצול של הצטלבות, כך שאחת משתי הדרכים מופרדת לשני כבישים

חד-סיטריים נפרדים, כדוגמת הרמפות המשמשות ליציאה במחלף "יהלום". פיצול זה הוא יעיל, מאחר שהוא מאפשר תפעול הרמזורים לפינוי מהיר של התנועה הנכנסת לקטע האמצעי, ולכן הוא הנפוץ ביותר. אם הצומת מיועד למיחלוף, תפוצל הדרך שתהייה במפלס השונה במצב הסופי, כך שזרועות הפיצול ישמשו לאחר מכן כרמפות המחלף. אחרת, יש יתרון לפיצול הדרך שנפחי הפונים שמאלה ממנה הם הגבוהים יותר.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

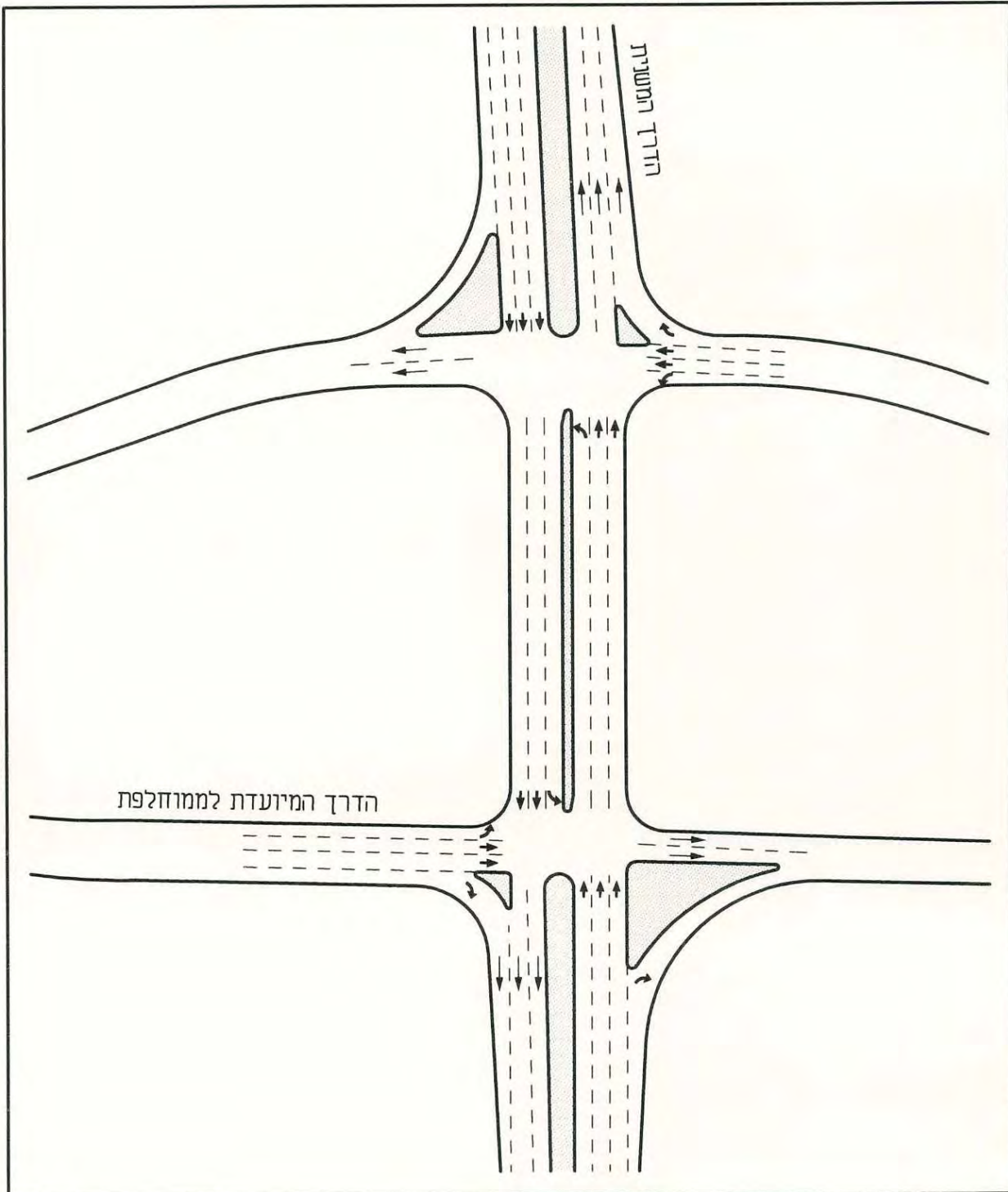


ציור 10.18 פיצול הדרך ההמשכית בהסתעפות T



ציור 10.19 פיצול הדרך המסתיימת בהסתעפות T

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.20 פיצול צומת מסוג יהלום (כשלב לפני מחלף)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ג. **פיצול מרובע** – פיצול של הצטלבות, כך ששתי הדרכים מופרדות לכבישים חד-סיטריים נפרדים. מבוצע כאשר פיצול אחת הדרכים בלבד אינו פותר את בעיות הקיבולת והתורים (בעיקר עקב פניות עמוסות שמאלה). בשיטה זו נוצרים 4 צמתי-משנה חד-סיטריים, שכל אחד פועל ב-2 מופעים בלבד, כמתואר בציור 2.12 בהנחיות. הסדר זה מפחית בהרבה את "הנפח הקובע" הכללי לכל רמזור, כך שמתקבלים אורכי מחזוריים בסדר גודל של 50-70 שניות, במקום כ-250 שניות, שהיו מתחייבות עבור הצטלבות באותם נפחים. עקב הירידה החדה באורך המחזור הדרוש, ניתן להסתפק באורך אחסנה קטן יותר עבור הפניות שמאלה, ומתקבלת "קובייה" פנימית בעלת צלעות באורך של 60-70 מ' בלבד. הפיצול המרובע מביא לתוספת הקיבולת הגדולה ביותר.

10.6.5 עקרונות התכן

בתהליך התכן של הצומת המפוצל, משולבים התכן הגיאומטרי והתפעולי (הרימזור) זה בזה החל משלב התכן המוקדם, לרבות השוואת החלופות, בשל ההשפעה הגדולה של המאפיינים הגיאומטריים (צורת הפיצול, מספר הנתיבים, אורך האחסנה) על התפעול השוטף של הצומת. הנושאים העיקריים בתהליך התכן הם:

א. בחירת מאפייני הפיצול

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

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

ב. קטע האחסנה

הקטע שבין הצמתים מיועד ליצירת מקום אחסנה עבור הפניות שמאלה למיניהן שאינן זוכות ל"גל ירוק". ככל שמקום האחסנה יהיה גדול יותר וניתן יהיה לאחסן שם יותר כלי-רכב – הדבר יאפשר הפעלת הרמזור במחזוריים גדולים יותר שפירושו קיבולת גבוהה יותר. פיצולים פועלים בדרך-כלל במחזוריים קצרים יחסית, ואורך האחסנה משמש כמחסום היחידי להגדלת המחזור במידת הצורך, בהתאם לנוסחה 10.1:

$$ST_{\min} = \frac{VOL \times C_{\max} \times L \times S}{3,600 \times v} \left(1 - \frac{K}{C_{\max}} \right) \quad [10.1]$$

- כאשר: ST_{\min} – אורך אחסנה מיזערי (מטר).
 v – נפח התנועה הקובע הכללי (ביר"מ לנתיב לשעה).
 VOL – נפח התנועה המאוחסנת (ביר"מ לשעה).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

L	–	אורך ממוצע של רכב בתור (מטר).
S	–	זרימת הרוויה הממוצעת (ביר"מ לנתיב לשעה).
K	–	הזמן האבוד למחזור בצומת (בשניות).
C_{max}	–	משך המחזור המקסימלי האפשרי (בשניות).

אורך קטע האחסנה הוא פשרה בין שני אינטרסים מנוגדים:

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

יש להפריד את התנועה המיועדת לאחסנה מיתר התנועות המתקרבות, עוד לפני הצומת הראשון, באמצעות יצירת נתיבים ייעודיים והדרכה מתאימה. ראה סעיף 10.6.6 להלן.

מספר הנתיבים באחסנה יהיה זהה או כפול ממספר הנתיבים המזינים, כדי לאפשר גידול אחיד של התור ולמנוע הצטברות מהירה מדי של כלי-רכב על נתיב אחד, בעוד נתיבים אחרים נשארים ריקים.

ג. התיאום

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

- 1) תיאום זמנים (או גל ירוק) על-מנת שרכב הנכנס לקטע בין שני הצמתים, לפחות בכיוון הראשי, יוכל לעבור גם בצומת השני בלי לעצור.
- 2) תיאום קיבולת, כך שהקטע בין הצמתים לא ייסתם. לשם זה יש לחשב בקפדנות את המאזן בין סה"כ הרכב הנכנס לקטע הני"ל, ובין סה"כ הרכב היוצא ממנו, על-מנת למנוע סתימה.

ד. תכן מרכיבים נוספים

בצומת מפוצל, תהיינה כל הפניות ימינה חופשיות. השטח הגדול של הצומת מאפשר בדרך-כלל לתכנן חלק מהפניות ימינה כתפניות לפנייה מהירה. פרטי התכן הגיאומטרי של מרכיבי הצומת יהיו כמפורט בסעיף 10.3 לעיל. הסבר מפורט לגבי שילוב התכן והתפעול בצומת, והנחיות לתפעול הרימזור, ראה ב"פיצול צמתים מרומזרים", של המפקח על התעבורה.

את מרכיבי הצומת המתוכננים כבר כהכנה לשלב המחלף יש לתכנן בהתאם להנחיות שבכרך III – "מחלפים", בהנחיות אלה לתכן גיאומטרי.

10.6.6 התמצאות בצומת מפוצל

פיצול הצומת וסדר המופעים ברמזור גורמים לקשיי התמצאות לנהגים העוברים את הצומת, בעיקר לנהגים המתכוונים לפנות שמאלה: בפיצול המרובע, נהגים אלה עוברים קודם את צומת-המשנה הראשון בתנועה ישרה, ופונים שמאלה בצומת המשנה-השני. יחד עם זאת, כבר לפני הצומת הראשון מאוחסנים הפונים שמאלה בצד השמאלי של המסלול. בפיצול היהלום, הנהגים בדרך שפוצלה פונים

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

שמאלה בצומת הראשון, ועוצרים ברמזור נוסף לשם חציית המסלול השני. לכן נדרשת מערכת הדרכה משוכללת, שתכוון את הנהג היטב ותמנע ממנו לבצע טעויות הנובעות מהתמצאות לקויה.

למרות ששטחו הכולל של הצומת המפוצל גדול מזה של צומת רגיל, הוא אינו מאפשר תיקון טעויות בתחמו. רצוי להנחות את הנהגים לבחירת המשך מסלול נסיעתם במרחק רב ככל האפשר לפני הצומת – המרחק הרצוי הוא כ-200 עד 300 מטר לפני הצומת הראשון. מרחק זה תלוי בתנאים הגיאומטריים בהתקרבות לצומת ובנפחי-התנועה החזויים בשעות-השיא. ברגע שהנהג בחר מסלול מסוים, ניטלת ממנו זכות-הבחירה, וכל צעדיו מוכתבים לו מראש על-ידי המתכנן, באמצעות שילוב בין הגיאומטריה, הסימון, השילוט והרמזורים. מערכת ההדרכה הנדרשת לצורך הקלת התמצאותו של הנהג בצומת המפוצל, כוללת את הרכיבים הבאים:

א. הפרדת כיוונים

אחד האמצעים החשובים הנדרשים בפתרון הצומת המפוצל הוא ההפרדה הפיזית בין הכיוונים השונים על-ידי איי-תנועה בנויים ארוכים, אשר מנתבת את התנועות השונות בצורה הברורה והחד-משמעית ביותר לכיוונים הנכונים, המותאמים לתכנון הצומת המפוצל. יש להביא בחשבון, שהפרדה זו מונעת מעבר נהגים ממסלול למסלול לצורך תיקון טעויות. ההפרדה מבוצעת על-ידי אי-בנוי ברוחב שני מטר לפחות, המורכב משני חלקים: קטע אחד בין שני צמתי-המשנה, וקטע אחר באזור ההתקרבות לצומת-המשנה הראשון, כמפורט בציורים 10.21 - 10.23.

ב. שילוט עילי

תפקידו של השילוט בצומת מפוצל אינו רק לכוון נהג לעבר יעדו, אלא גם להנחותו לנתיב מסוים, שהוא הנתיב הדרוש לצורך תנועה נכונה ליעד המבוקש. מערכת-הדרכה שכזו מחייבת ביצוע שילוט עילי בנוסף לשילוט הקונבנציונלי, המוצב בשולי הדרכים. יחד עם זאת, לא ניתן לוותר לגמרי על שילוט דיאגרמטי בצידי הדרכים, מאחר שתפקידו של שילוט כזה הוא להעיר את תשומת-ליבו של הנהג – מוקדם ככל האפשר – שהצומת המפוצל שונה מהצומת הרגיל, וכי הפניה השמאלית, אותה התרגל לבצע בצומת הראשון (והיחיד), תבוצע בשני שלבים. מערך השילוט כולל:

- 1) שלט עילי מלא, המוצב במרחק של כ-250 מ' מהצומת. השלט מוצב בתחילת ההרחבה של המסלול, בקטע שבו יש עדיין מעט נתיבים, והמעבר מנתיב לנתיב יכול להתבצע בקלות.
- 2) שני "פרפרים", המוצבים במרחק של כ-150 מ' מהצומת בחדן רחב יותר של מסלול הגישה, המאפשר עדיין לנהג לתקן את כיוון יעדו, לפני שיהיה מאוחר מדי.
- 3) גשר של תמרורים מוארים ומחזירי-אור, המוצב בסמוך לצומת והנראה למרחק, ומדגיש לנהג את הכיוון היחיד האפשרי להמשך תנועתו מהנתיב בו הוא נמצא.

ג. עמודים ופנסים לרמזורים

המבנה המפוצל מחייב יותר מסידרת פנסים אחת לכל תנועה, בסמיכות מקום של כ-100 מ' ופחות. לפיכך, יש להבליט ולהדגיש את הפנסים הקרובים של הצומת הראשון בכיוון הנסיעה (שוטים וכו'), תוך הצנעה מסוימת של פנסי הצומת השני, על עמודים נמוכים. הסדר זה יתריע לנהגים המתקרבים על התקרבות לרמזור (במיוחד במהירויות הגבוהות). לפנסים של הצומת השני (בכיוון הנסיעה) חשיבות

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

קטנה יותר, היות והתנועות הראשיות יעברו בו בגל ירוק ממילא, והתנועות המשניות יעצרו בו, תוך התקרבות במהירות נמוכה במהלך נסיעה בשיירה.

ד. מעברי-חצייה ותחנות אוטובוסים

תכנון הצומת המפוצל רגיש ביותר לעיכובים ולהפרעות ומחייב בחירה מוקדמת של המסלול, ולכן המגמה היא לצמצם, במידת האפשר, פעילות הולכי-רגל ותח"צ בתחום הצומת המפוצל, לבטל את מפרצי האוטובוסים ומעברי-החצייה, ולרכז את הפעילות במגרשים הסמוכים לצומת. למרות זאת, במקרים בהם מספר הנתיבים במסלול גדול משניים, מומלץ לבצע מעברי-חצייה מרומזרים, המופעלים באמצעות לחצנים, וזאת מטעמי בטיחות.

ההפרדה הפיזית, שהוזכרה בסעיף א., מקצרת את מעברי-החצייה, ומאפשרת חצייה מהירה ובטוחה של הזרועות בצומת.

10.6.7 דוגמאות

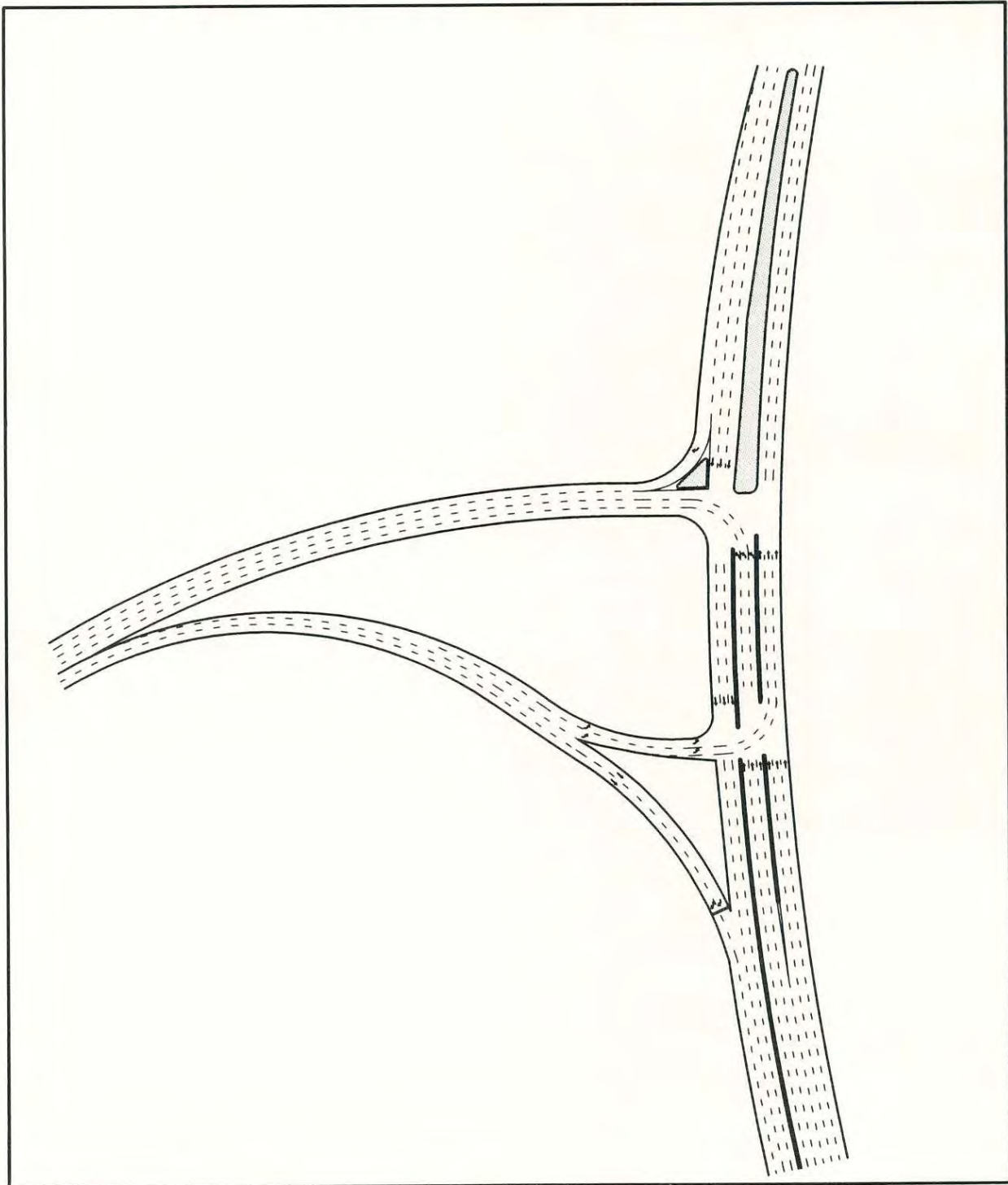
בציורים 10.21 - 10.23 מוצגות דוגמאות של מספר פיצולים:

א. **פיצול הזרוע המסתיימת בהסתעפות** – בציור 10.21 מוצגת הסתעפות בה פוצלה הזרוע המסתיימת: בהסתעפות זו, נפחי הפניות שמאלה משתי הדרכים הם גבוהים מאוד, והמרחק בין שתי הסתעפויות-המשנה בדרך ההמשכית הוא קצר מכדי לשמש לאחסנה. לכן, מבוצעת אחסנת הפונים שמאלה מהדרך ההמשכית עוד לפני ההסתעפות הראשונה בכיוון הנסיעה, כאשר הנתיבים המשמשים לאחסנת הפונים שמאלה מופרדים פיזית מהנתיבים המיועדים לממשיכים ישר על-ידי איי-תנועה בנויים ארוכים, והמופעים ישר ושמאלה משותפים. לפניות ימינה – תפניות דרך לפנייה מהירה, כאשר לפנייה העמוסה תפנית מרומזרת דו-נתיבית. תפנית זו מחייבת תוספת נתיב בדרך ההמשכית, בדומה למחלפים. ראה הנחיות בכרך III, פרק 7. הגידול בקיבולת בצומת זה נובע מהקטנת מספר המופעים מ-3 ל-2, והקטנת השטח של כל אחת מהסתעפויות המשנה.

ב. **פיצול יהלום** – בציור 10.22 מוצגות שתי דוגמאות של פיצול הצטלבות מסוג יהלום, בין שתי דרכים דו-מסלוליות, כאשר הפיצול נעשה כהכנה להקמת מחלף עתידי. בשני הצמתים משמש הקטע שבין צמתי המשנה לאחסנת הפונים שמאלה, כאשר לפניות העמוסות מוקצים שני נתיבים. הפניות העמוסות ימינה מבוצעות באמצעות תפניות-דרך לפנייה מהירה, ושאר הפניות ימינה יהיו עם אי-תנועה ונתיב מיוחד.

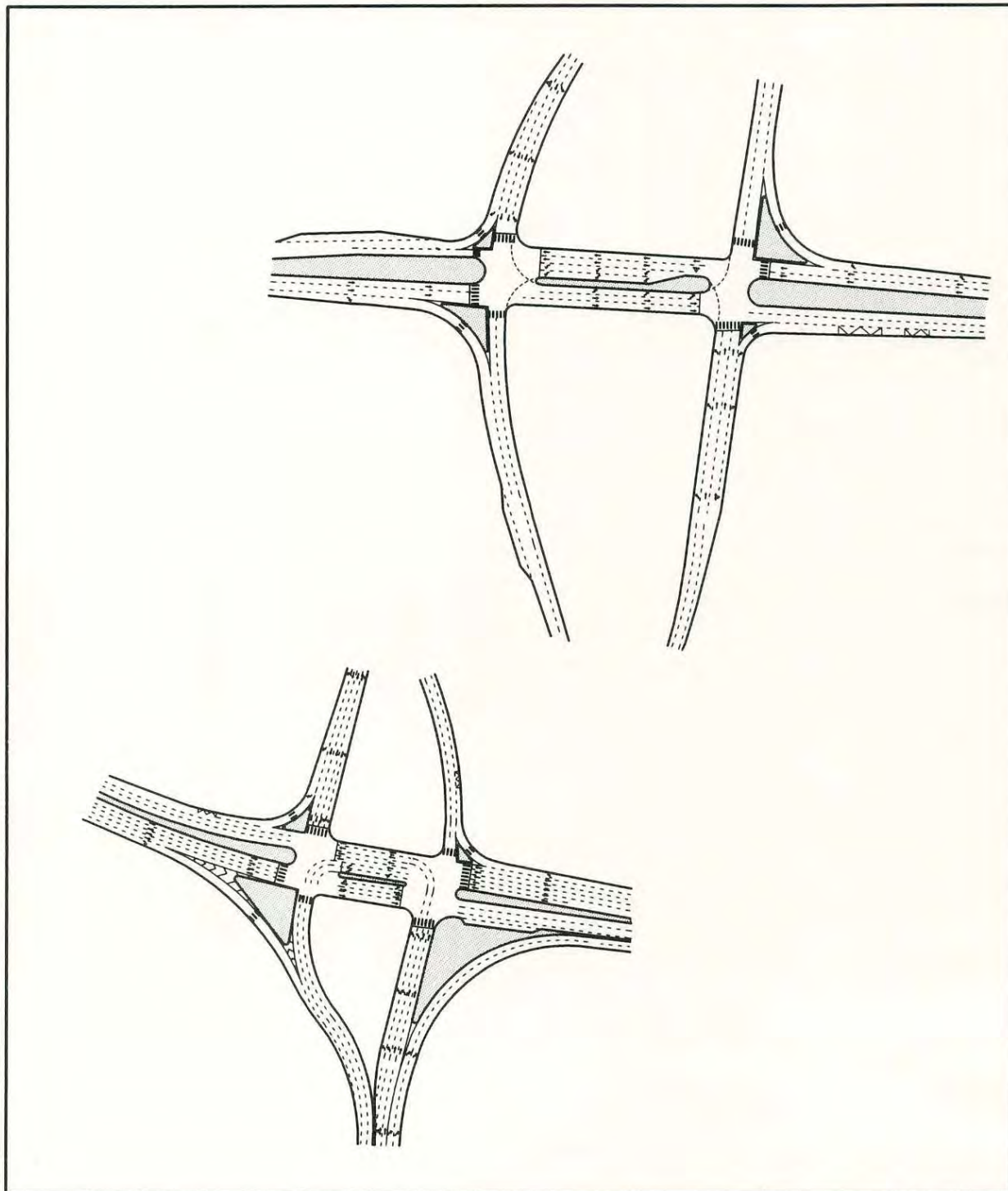
ג. **פיצול מרובע** – בציור 10.23 מוצג פיצול מרובע של הצטלבות בין שתי דרכים דו-מסלוליות, כהכנה למחלף שבו הדרך העיקרית תעבור כמשוקעת במרכז הצומת. במקרה זה נדרש הפיצול עקב נפחי התנועה הגבוהים של הפניות שמאלה מכל הכיוונים, וכל זרועות הריבוע המרכזי משמשות לאחסנת הממשיכים ישר והפונים שמאלה. בכיוונים מהם הפניות שמאלה חזקות, יש הפרדה פיזית בין הנתיבים המיועדים לפנייה שמאלה לבין הנתיבים המיועדים להמשך ישר, וההפרדה מתחילה עוד בתחום המיועד לאחסנה לפני צומת-המשנה הראשון.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



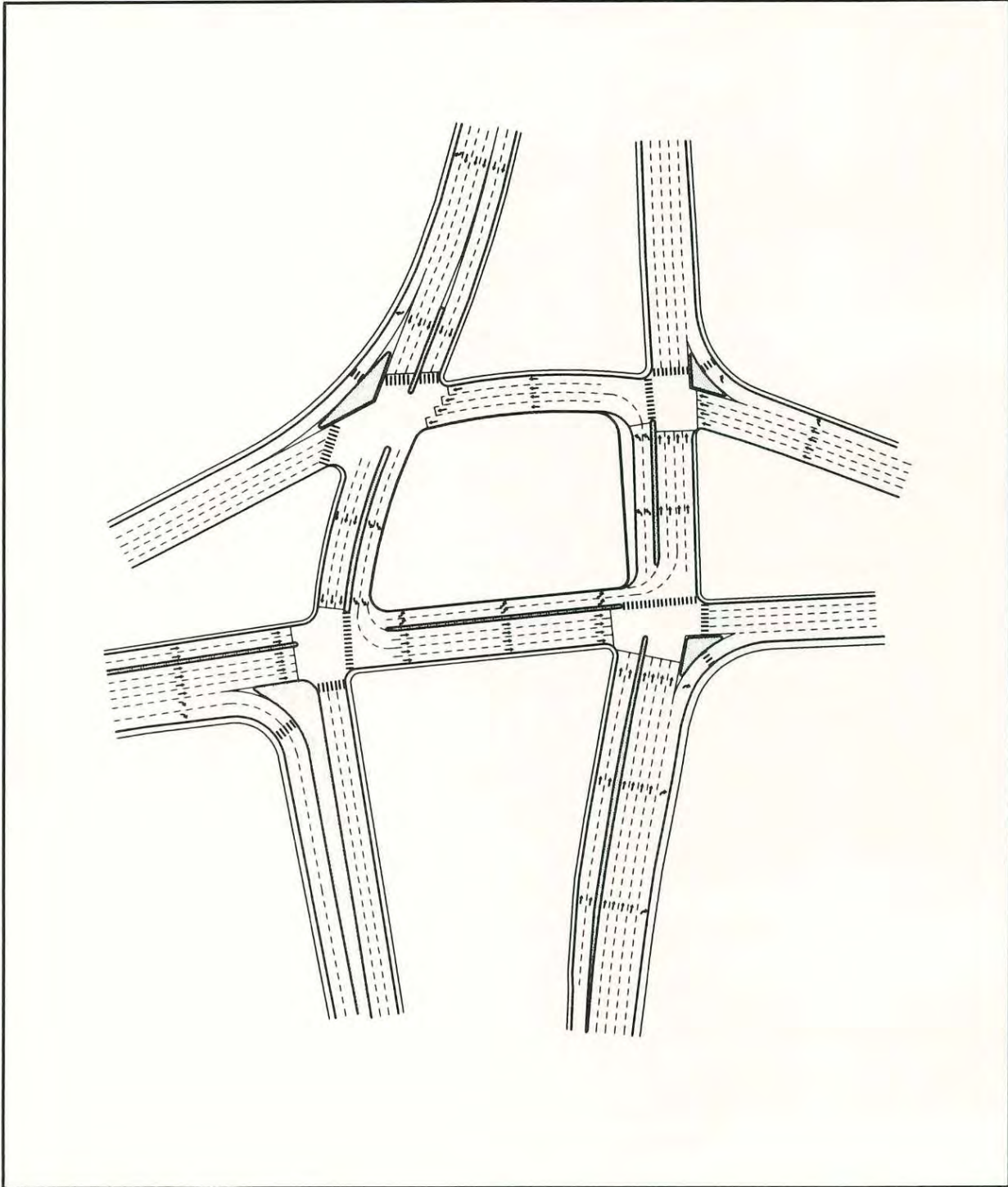
ציור 10.21 דוגמא של הסתעפות בה פוצלה הזרוע המסתיימת

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.22 שתי דוגמאות לצמתים מפוצלים מסוג יהלום

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.23 דוגמא לצומת בפיצול מרובע

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

10.7 צמתים סיבוביים

10.7.1 הגדרה ומאפיינים

צומת סיבובי הוא סוג מיוחד של צומת בעל ניתוב מלא, בו תנועת כלי-הרכב הנכנסים לצומת מתבצעת בכביש חד-סיטרי מסביב לאי-תנועה (כיכר) שבמרכז הצומת.

המאפיינים הגיאומטריים והתנועתיים של הצומת הסיבובי הינם:

- א. במרכזו של הצומת נמצא אי בעל צורה גיאומטרית סגורה (לא חייב להיות מעגל).
- ב. התנועה מתבצעת מסביב לאי המרכזי בכיוון המנוגד לכיוון השעון, ובצומת מתבצעות פניות ימינה בלבד.
- ג. בצומת סיבובי המהווה מעגל תנועה, זכות הקדימה ניתנת תמיד לתנועה הנעה בתוך המסלול הסיבובי.
- ד. כל זרוע יוצרת הסתעפות נפרדת עם המסלול הסיבובי.

סעיף זה עוסק בצמתים סיבוביים בעלי נתיב יחיד בלבד. צמתים כאלה הינם פתרון אפשרי לצומת בין דרכים חד-מסלוליות כשלב ביניים לפני רימזור, כאשר ההיררכיה של הדרכים הנפגשות ונפחי התנועה מקיימים תנאים כמפורט בסעיף 10.7.3. צומת סיבובי עשוי להוות לעיתים גם תחליף אפשרי להצטלבות לא מרומזרת, במקום צומת מדורג.

קוטרו של הצומת הסיבובי בו נהוג להשתמש בצמתים בין-עירוניים, עולה בדרך-כלל על 20 מטר.

10.7.2 יתרונות וחסרונות

לצמתים סיבוביים יתרונות וחסרונות ייחודיים, כמפורט בטבלה 10.3. יתרונות וחסרונות אלה הם כלליים, ומאפיינים את הצמתים הסיבוביים ביחס לשאר סוגי הצמתים. בכל צומת מתוכנן, יש לבדוק את תקפות היתרונות והחסרונות באותו אתר, בהתאם לתנאים הייחודיים לו.

10.7.3 הצדקים להתקנת צומת סיבובי

הצומת הסיבובי הוא פתרון שניתן לשקול הן כשלב ביניים לפני צומת מרומזר, והן כתחליף לצומת לא-מרומזר. הבחירה כוללת שיקולים רבים, הקשורים למאפיינים הייחודיים של אותו צומת, כמפורט בטבלה 10.4. בנוסף, ניתן להיעזר בטבלה 10.5 כהנחיה כללית לגבי ישימות הצומת הסיבובי כפתרון למפגש בין דרכים על-פי סיווגן ברשת הדרכים (טבלה זו מבוססת על טבלאות 3.2 ו-3.3 בכרך זה, ומוסיפה על האפשרויות המוצגות שם). כפי שניתן לראות, הצומת הסיבובי הינו פתרון מתאים להדגשת המעבר מסביבה בין-עירונית לסביבה פרברית או עירונית.

בנוסף להצדקים, יש להתחשב במאפייני הקיבולת של צומת סיבובי בעת בדיקת מידת התאמתו לשימוש כפתרון לצומת: הקיבולת של הצומת הסיבובי החד-נתיבי מוגבלת כך, ששכום נפחי התנועה המתמזגים מהכניסה ומהמסלול הסיבובי יחד, אינו עולה על 1,500-1,600 יר"ם/שעה, כמפורט בסעיף 10.7.12 להלן.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

נפח התנועה המירבי בו צומת סיבובי עדיין מהווה פתרון ישים, הוא כאשר סכום נפחי התנועות הנכנסות לצומת בשמונה השעות העמוסות ביממה (לאו-דווקא שעות רצופות), אינו עולה על 8,000-9,000 יר"ם (ערך זה לנפח התנועה המירבי נמוך ב-1,000 עד 2,000 יר"ם ל-8 השעות העמוסות מההצדק לרימזור הצומת. בצומת שהגיע להצדק נפחי להתקנת רמזור, אין לתכנן צומת סיבובי).

טבלה 10.3 יתרונותיו וחסרונותיו של צומת סיבובי

חסרונות	יתרונות
מאפיינים בטיחותיים	
<ul style="list-style-type: none"> • עשוי להגדיל את ההסתברות לתאונות פנים-אחור בכניסה מזרועות עמוסות. • מגדיל את הסיכון לרכב דו-גלגלי. 	<ul style="list-style-type: none"> • מקטין את חומרת התאונות באמצעות הקטנת מספר נקודות הניגוד בצומת, והפיכת נקודות ההיחתכות לנקודות התמזגות. • מהווה אמצעי למיתון המהירות. • מספק שדה ראייה טוב בתוך תחום הצומת. • מגביר את בטיחות הולכי הרגל בחצייה.
מאפיינים תנועתיים	
<ul style="list-style-type: none"> • משווה את העדיפות בין הכיוונים, ומפחית את הקיבולת בכיוון הראשי. • מקשה על תמרון רכב גדול ובמיוחד רכב חריג, וגורם עיכוב לרכב חירום. • מאריך את מרחקי ההליכה להולכי-רגל. • מקשה במיקום תחנות ובמתן עדיפות לתחבורה ציבורית. 	<ul style="list-style-type: none"> • מקטין את העיכובים בזרועות המשניות ומקל את היציאה מזרועות אלה. • מהווה פתרון תנועתי גמיש לצמתים רב-זרועיים ולצמתים בעלי זווית חדה. • מקל על הפניות שמאלה ומאפשר פניות פרסה נוחות.
מאפיינים סביבתיים ויישומיים	
<ul style="list-style-type: none"> • יוצר קשיים ביישום, כאשר יש מגבלות טופוגרפיות. • צורך שטח גדול יותר (לא תמיד באופן משמעותי), ומהווה פתרון יקר במקצת לעומת צומת רגיל. • מחייב התקנת תאורה משופרת להבלטת המכשולים הבנויים. 	<ul style="list-style-type: none"> • יוצר נקודות ציון להתמצאות בשטח. • משפר את חזות מערכת הדרכים. • חוסך בעלות הקמה, תפעול ואחזקה לעומת צומת מרומזר. • מפחית זיהום סביבתי.

10.7.4 מרכיבי התכן בצומת סיבובי

בציור 10.24 מתואר צומת סיבובי, כולל הגדרת פרטיו הגיאומטריים. התכן הגיאומטרי של הצומת הסיבובי כולל:

- התכן הגיאומטרי של הכיכר המרכזית (סעיף 10.7.5 להלן).
- התכן הגיאומטרי של המסלול הסיבובי והסטת התנועה (סעיפים 10.7.6 ו-10.7.7 להלן).
- התכן הגיאומטרי של הכניסות לצומת, היציאות ממנו ושל זרועות הגישות לצומת (סעיף 10.7.8 להלן).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 10.4 הצדקים להעדפת צומת סיבובי

אתרים לא מתאימים לצומת סיבובי	אתרים מתאימים לצומת סיבובי
<ul style="list-style-type: none"> יש הבדל בסיווג הדרכים הנפגשות, ואין המלצה בטבלה 10.5 	<ul style="list-style-type: none"> בהתאם לסיווג הדרכים הנפגשות, כמפורט בטבלה 10.5
<ul style="list-style-type: none"> בצומת בו נפחי התנועה לא מאוזנים בין הזרועות לא רצויים עיכובים בכוון הראשי 	<ul style="list-style-type: none"> בצומת בו נפגשות יותר מארבע זרועות ולא ניתן לנתק אחת מהן
<ul style="list-style-type: none"> הפתרון הגיאומטרי לא מתאים בגלל: טופוגרפיה לא מתאימה, מרחב לא מספיק, עלות גבוהה וכד' 	<ul style="list-style-type: none"> בצומת בעל ארבע זרועות, בו הדרכים הנפגשות הן מאותו דרוג או בעלות נפח תנועה דומה
<ul style="list-style-type: none"> יש פעילות רבה של הולכי-רגל ותחבורה ציבורית 	<ul style="list-style-type: none"> בצומת בעל שלוש זרועות, כאשר הדרכים הנפגשות הן מאותו דרוג או בעלות נפח תנועה דומה, וזרועות הצומת אינן יוצרות כיוון המשכי בצומת (צומת "Y")
<ul style="list-style-type: none"> כאשר יש צורך בהנהגת משטר של כווני תנועה משתנים או ניתוב משתנה 	<ul style="list-style-type: none"> באזורי מיתון תנועה בכניסה לעיר מדרך בין-עירונית
<ul style="list-style-type: none"> הצומת משרת אחוז גבוה של רכב מורכב ומחובר או כלי-רכב במידות חורגות 	<ul style="list-style-type: none"> בצומת בין דרכים מקומיות, בו לא הכרחי לתת עדיפות לאחד מהכוונים
<ul style="list-style-type: none"> בצומת בודד במערכת צמתים מרומזרים 	<ul style="list-style-type: none"> בצומת בו קיימת אי-וודאות ביחס לנפחי התנועה או הפניות החזויים, או שעתידיים לחול שינויים לאחר שלב-ביניים (כגון רימזור)
<ul style="list-style-type: none"> בסמיכות לצומת מרומזר, כשזנב התור בצומת אחד עשוי לגלוש לתוך הצומת השני 	<ul style="list-style-type: none"> בצומת בו העיכובים כתוצאה מרימזור יהיו גדולים מהעיכובים בצומת סיבובי
	<ul style="list-style-type: none"> כאשר בצומת קיים שינוי באופי הדרך ההמשכית או שינוי כיוון יוצא-דופן
	<ul style="list-style-type: none"> קיים צורך להפחית את מהירות הנסיעה בציר הראשי
	<ul style="list-style-type: none"> צפויות בעיות קיבולת לתנועות המשניות בחלק משעות היום
	<ul style="list-style-type: none"> קיימת פנייה חזקה מאוד שמאלה מהדרך הראשית ולא ניתן לבצע נתיב לפנייה שמאלה באורך המתאים, או שהפנייה שמאלה מהדרך הראשית היא הדומיננטית

10.7.5 צורה ומידות של הכיכר המרכזית

הצורה המועדפת של האי המרכזי הינה הצורה המעגלית, שהינה בעלת יתרון בטיחותי. רדיוס הכיכר המרכזית (ציור 10.24) מכתיב את מהירות הנסיעה בצומת, והערכים המקובלים באזור הבין-עירוני נעים בתחום שבין 15 ל-30 מטר. בצמתים סיבוביים, הממוקמים באזור המעבר מהדרך הבין-עירונית לתחום הפרברי והעירוני למחצה, ניתן לרדת עד לערכי רדיוס של 10 מטר.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

רדיוסים גדולים מ-50 מטר אינם מומלצים, מסיבות קשיי התמצאות ומשך נסיעה בעקום. רדיוסים במידה כזו גם מאפשרים מהירויות גבוהות מדי במסלול הסיבובי, ואינם מעניקים לנהגים המתקרבים תחושה מספקת של אופי הצומת הסיבובי.

לצורך יצירת גיאומטריה מתאימה של הכניסה לצומת ולמניעת כניסה משיקה, מומלץ השימוש בקריטריון של יחס מזערי בין רדיוס הכיכר המרכזית (R) לבין רוחב אי-ההפרדה בכניסה (L), כך ש- $R > 1.5L$, כמתואר בציור 10.26. כן מומלץ, שהרוחב L של אי-ההפרדה באזור בין-עירוני יהיה לפחות 10 מטר.

טבלה 10.5 אפשרות התאמתו של צומת סיבובי כפתרון למפגש בין דרכים במידרג⁽¹⁾

<p>מקרא:</p> <p>א. פתרון מתאים ב. פתרון אפשרי⁽³⁾ ג. עשוי להתאים⁽⁴⁾ ד. אינו מתאים</p>				ראשית דו-מסלולית ↓	סיווג הדרך ⁽²⁾
				ראשית חד-מסלולית ↓	ראשית דו-מסלולית
		אזורית דו-מסלולית ↓	ד	ד	ראשית חד-מסלולית
		אזורית חד-מסלולית ↓	ד	ד	אזורית דו-מסלולית
מקומית וגישה ליישוב ↓	ב	ד	ד	ד	אזורית חד-מסלולית
ב	ג	ד	ד	ד	מקומית וגישה ליישוב
א	א	ד	א ⁽⁵⁾	ד	רחוב עורקי ומאסף ראשי

(1) טבלה זו נוספת על השיקולים המוצגים בטבלאות 3.2 ו-3.3 בכרך זה.

(2) מאפייני סיווג הדרכים – ראה בסעיף 2.1.5 בכרך I של הנחיות אלה.

(3) בתנאי שמתקיימים הצדקים כמפורט בטבלה 10.4.

(4) אינו מתאים כפתרון סטנדרטי, אך עשוי להתאים אם מתקיימים תנאים ייחודיים, כמפורט בטבלה 10.4.

(5) כאשר נפח התנועה העיקרי נכנס לעיר.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

10.7.6 תכן גיאומטרי של המסלול הסיבובי

רוחב המסלול הסיבובי בצומת (ציור 10.24) נקבע עבור כלי-הרכב לתכן, כפי שנקבע בסעיף 3.4.4 בהנחיות (כלי-הרכב לתכן בצמתים בין-עירוניים הם אוטובוס רגיל ומפרקי, ורכב משא מורכב ומחובר). אין הבדלים ניכרים ברוחב המיסעה הדרוש לסוגים השונים, ולכן אוחדו בטבלה 10.6. בטבלה זו מובאים הערכים לרוחב המזערי של מסלול סיבובי בעל נתיב יחיד בתלות ברדיוס הכיכר המרכזית, כאשר המרכיבים הגיאומטריים לחישוב מוצגים בציור 10.27. לרוחב המסלול המחושב נוסף מרווח בטיחות של 1.0 מטר בהיקף המעגל, כמתואר בציור זה.

בהיקף הכיכר המרכזית, רצוי לבנות את הרצועה הפנימית ברוחב 1.0 מטר כרצועה מונמכת, כמתואר בציור, כדי לאפשר מעבר של רכב חריג בתוך הצומת.

רוחב המסלול הסיבובי צריך להיות קבוע. יש להימנע מתוספת נתיבים המיועדים לפנייה ימינה ישירות לזרוע הסמוכה בתחומי המעגל. במקרה של פנייה ימינה חזקה בין שתי זרועות הסמוכות נגד כיוון השעון, אפשר לבצע "חגורה" מיוחדת, להפרדת תנועה זו משאר התנועה המתבצעת במסלול הסיבובי, כמתואר בציור 10.26. ה"חגורה" מופרדת משאר התנועות באמצעות אי בנוי שרוחבו 2.0 מטר לפחות. מומלץ לבצע נתיבים מיוחדים בכניסות וביציאות מה"חגורה" המיוחדת.

טבלה 10.6 רוחב מומלץ של מסלול סיבובי בעל נתיב יחיד

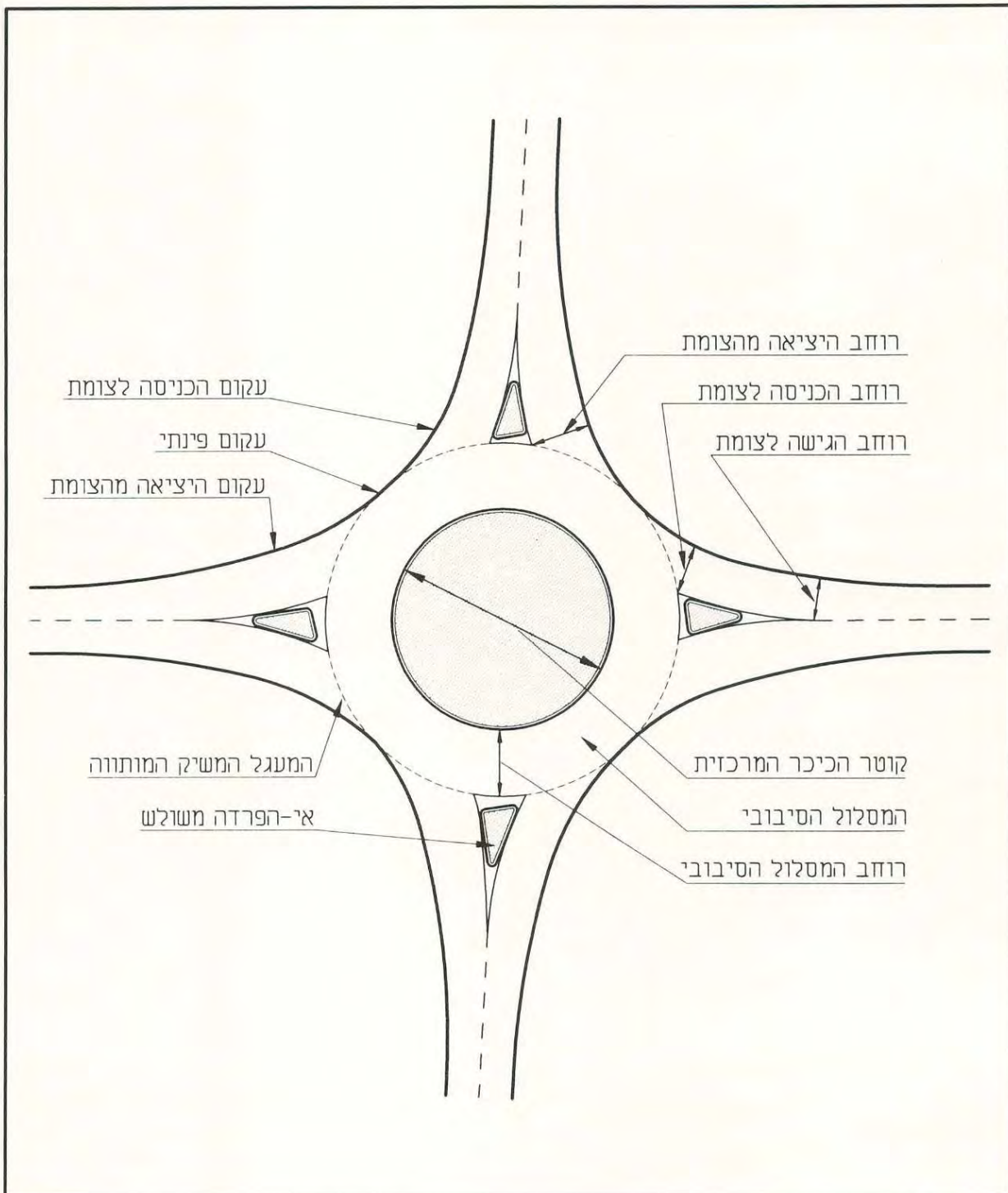
רדיוס הכיכר המרכזית (R בציור 10.27), במטרים	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50
רוחב מיסעה דרוש (g בציור 10.27), במטרים	7.2	6.8	6.4	6.0	5.6	5.4	5.2	5.0	5.0	4.8
קוטר המעגל המשיק המותווה (f בציור 10.27), במטרים	36.4	39.6	44.8	54.0	63.2	72.8	82.4	92.0	102.0	111.6

10.7.7 הסטת התנועה

הסטת מסלול נסיעתם של כלי-הרכב הנכנסים למעגל התנועה הינה הגורם בעל החשיבות הרבה ביותר לתפעול הבטיחותי של הצומת: הסטה מתאימה של התנועה מדגישה את זכות הקדימה בצומת הסיבובי, וגורמת להאטת מהירות נסיעתו של הרכב הנכנס לצומת.

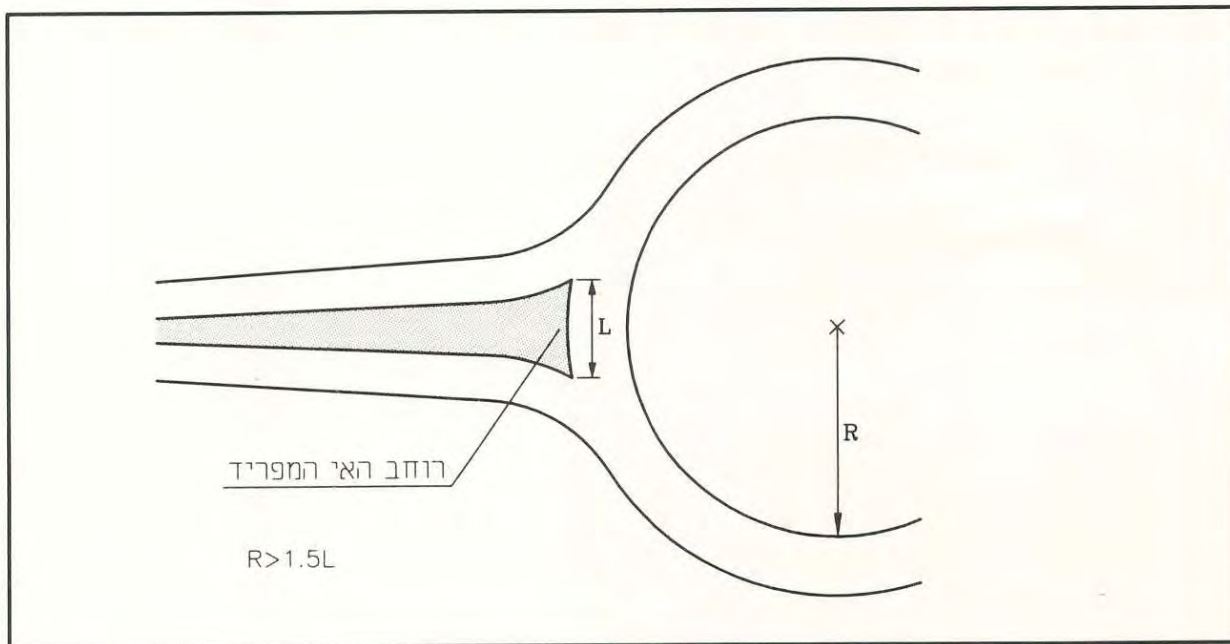
רדיוס ההסטה מבטא את מסלולם של כלי-הרכב הפרטיים הממשיכים ישר בצומת, כמוגדר בציור 10.28, וחייב להתאים למהירות הנסיעה הרצויה של תנועה זו, שהיא "מהירות המעבר" בצומת. הצומת הסיבובי יתוכנן כך, שמהירות מעבר זו לא תעלה על 50 קמ"ש. הקשר בין מהירות המעבר לבין רדיוס ההסטה נתון בנוסחה 10.2:

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

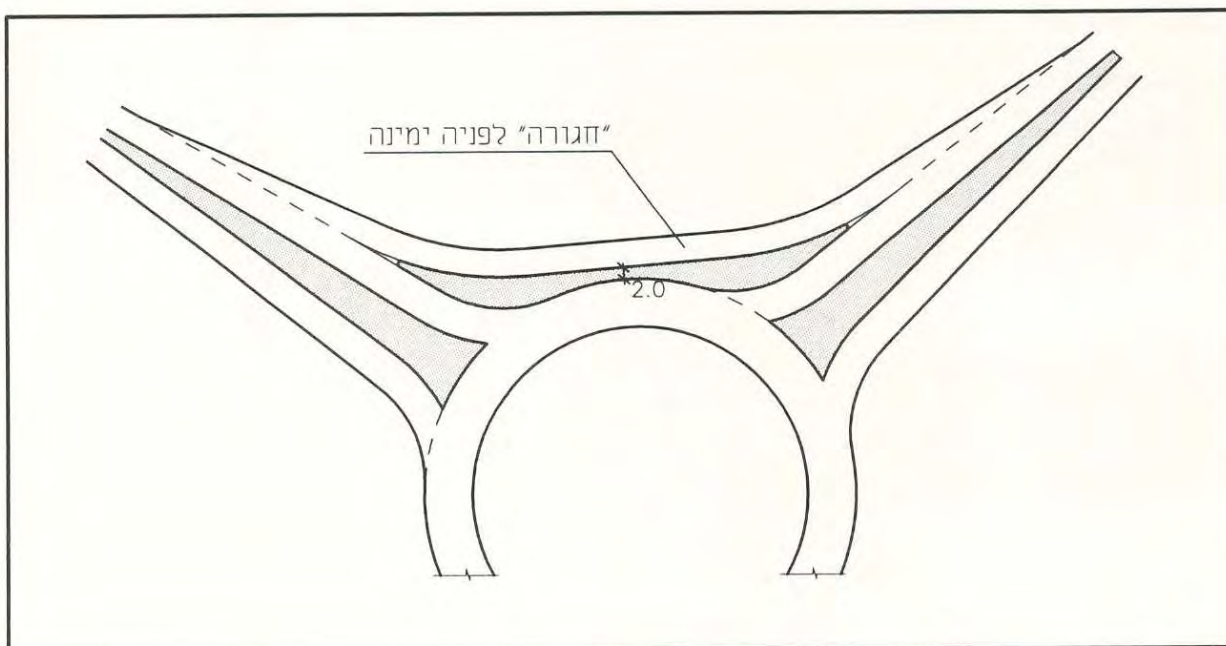


ציור 10.24 הגדרת המאפיינים הגיאומטריים של צומת סיבובי

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

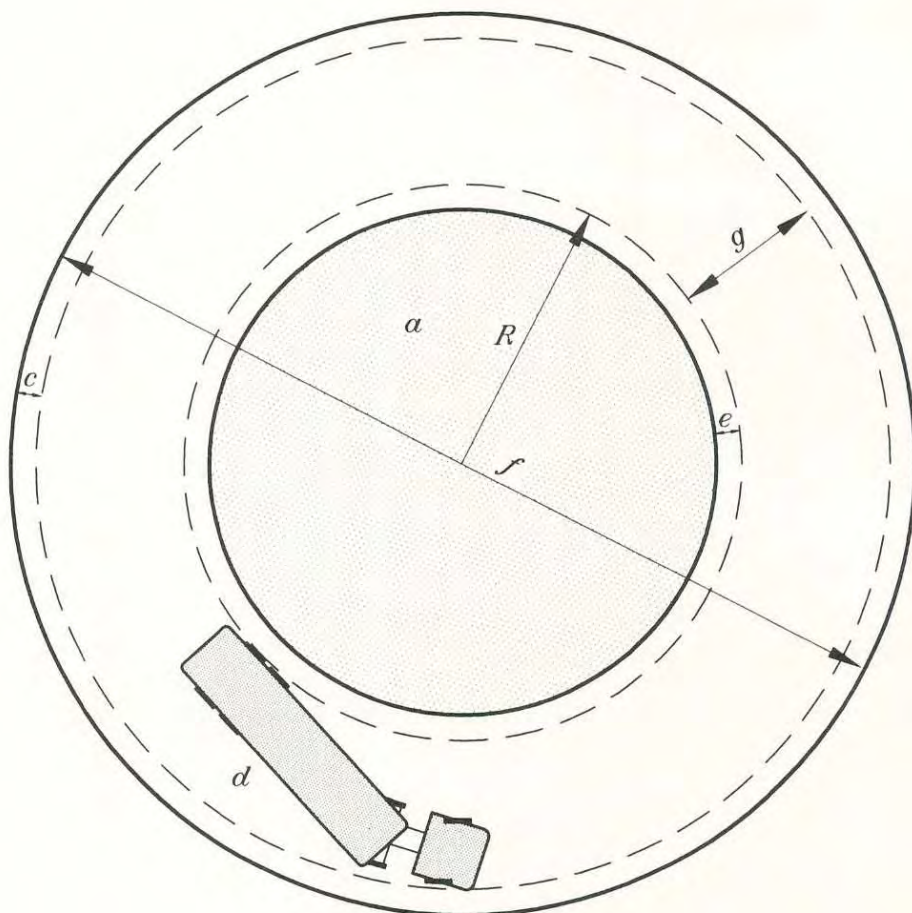


ציור 10.25 היחס בין רדיוס הכיכר המרכזית לרוחב האי המפריד



ציור 10.26 "חגורה" נפרדת עבור פנייה עמוסה ימין

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



מקרא:

- a – כיכר מרכזית מוגבהת
- c – מרווח בטיחות של 1 מ'
- d – רכב התכן
- e – רצועה מונמכת ברוחב 1 מ'
- f – קוטר המעגל המשיק המותווה
- g – רוחב המסלול הסיבובי מטבלה 10.6
- R – רדיוס הכיכר המרכזית

ציור 10.27 המרכיבים הגיאומטריים לחישוב רוחב המסלול הסיבובי

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

$$V^2 = 127R(e + f) \quad (e \ll f) \quad [10.2]$$

- כאשר: V^2 - מהירות המעבר בצומת (קמ"ש).
 R - רדיוס ההסטה (מטר).
 f - גורם החיכוך הצידי למהירות המעבר (שבר עשרוני), ראה פירוט להלן בטקסט.
 e - ההגבהה הצידית סביב הכיכר המרכזית (שבר עשרוני). ערך ההגבהה שלילי כאשר השיפוע יורד מהכיכר והחוצה.

מומלץ לא ליצור הגבהות חיוביות בתוך הצומת, כפי שעשוי להתבקש מהנוסחה, וזאת בשל הקושי בתכן האלטימטרי של הצומת ובניקוז הכיכר המרכזית, ולכן ההגבהה הצידית המקובלת סביב הכיכר המרכזית באזור מישורי היא 2%, בירידה מן הכיכר והחוצה (ראה גם הגבלת השיפוע בסעיף 10.7.10).

בדומה לעקומות בצמתים, גם בצמתים סיבוביים נלקחים בחשבון ערכי גורם חיכוך צידי גבוהים מן הערכים המקובלים בתוואי אופקי שלא בצמתים, מהשיקולים המפורטים בסעיף 5.4.3 לעיל. הערכים המומלצים עבור f נעים בין 0.2 במהירות מעבר של 50 קמ"ש ל-0.3 במהירות מעבר של 25 קמ"ש, כאשר למהירויות ביניים יש לבצע אינטרפולציה ליניארית.

"מהירות המעבר" המירבית המומלצת בתחומי הצומת מתקבלת, כאשר למסלול ההסטה, שרוחבו 2 מטר, כמתואר בציור 10.28, רדיוס שלא יעלה על 100 מטר. גורמי הבקרה למהירות המעבר הם מידות הכיכר המרכזית וגיאומטריית הכניסה לצומת.

10.7.8 תכן כניסות ויציאות לצומת

הכניסות והיציאות של הצומת הסיבובי הן מרכיב גיאומטרי עיקרי בהבטחת יתרונותיו הבטיחותיים והתפעוליים של הצומת, ויש להקפיד על שילוב מתאים של פרטי התכן באזורים אלה, הכוללים את: א. תכן שפות המיסעה, ב. איי התנועה ו-ג. הרוחב בגישה, בכניסה וביציאה, כמפורט להלן:

א. תכן שפות המיסעה

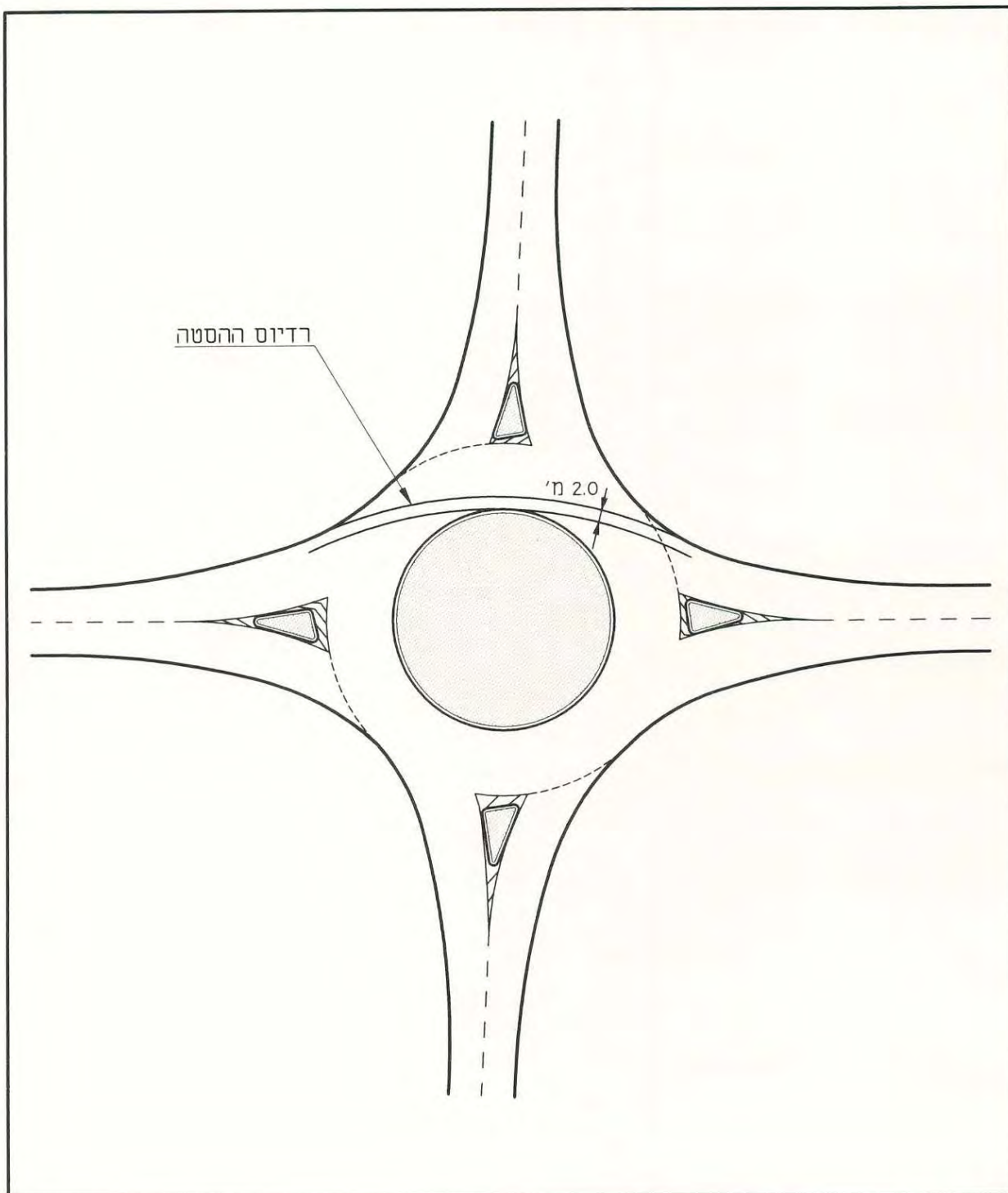
הגיאומטריה של שפות המיסעה מורכבת משני רדיוסים:

- 1) רדיוס השפה בכניסה לצומת הסיבובי.
- 2) רדיוס השפה ביציאה מהצומת הסיבובי.

בכניסה אל הצומת יש לתכנן רדיוס קטן, כדי להבטיח מהירות כניסה נמוכה. הרדיוס המזערי המומלץ של שפת המיסעה בכניסה הוא 20 מטר. שפת המיסעה יכולה להיות מורכבת מרדיוס יחיד הנשען על לוכסן או על עקום ברדיוס גדול הרבה יותר, כמתואר בציור 10.29.

ביציאה מהצומת יש לאפשר רדיוס גדול מאשר בכניסה, להבטחת מהירות פינוי גבוהה יותר. הערכים המומלצים לרדיוס השפה ביציאה נעים בין 25 ל-40 מטר, אך לא פחות מרדיוס הכיכר המרכזית.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.28 הסטת מסלול הנסיעה החוצה את הצומת הסיבובי

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ב. איי-תנועה

איי-תנועה משולשים יותקנו בכניסה לצומת הסיבובי מכל הזרועות, כמתואר בציור 10.24. איים אלה מאפשרים את הטיית מסלול הנסיעה של כלי-הרכב בכניסה לצומת הסיבובי, מעניקים לנהגים את תחושת הצומת, מכוונים את זווית החדירה בנתיב הכניסה לצומת, מרתיעים מפנייה שמאלה ישירה ומנסיעה מסוכנת נגד הכיוון בצומת הסיבובי, ומעניקים מפלט להולכי-רגל.

זווית החדירה של כלי-הרכב הנכנסים לצומת הסיבובי, המוגדרת בציור 10.30, צריכה להיות גדולה מ- 30° , כדי לאפשר הבחנה טובה ברכב המועדף הנמצא בצומת הסיבובי, אך קטנה מ- 60° , כדי להפחית את סכנת התאונות האופייניות לניגודים בזווית ישרה. בנוסף, יש להטות את ציר זרוע הגישה ב- 10° ביחס לכיוון המקורי, כדי להתריע בפני הנהגים על ההתקרבות לצומת הסיבובי, כמתואר בציור.

איי התנועה המשולשים יהיו תמיד בנויים (בתוספת סימון הצבע), ומוקפים אבן-שפה ניצבת. באזורים בהם מהירות ההתקרבות גבוהה, יהיה האי המשולש ארוך (לפחות 60 מטר), להדגשת חובת ההאטה לנהגים המתקרבים. רוחב האי קשור לרדיוס הכיכר המרכזית, כמפורט בסעיף 10.7.5 ובציור 10.25 לעיל. אורך האי, לרבות הסימון בצבע, כמתואר בציור 10.29, ייקבע כאורך הדרוש להאטה לעצירה ממהירות התכן של הזרוע המתקרבת, כמפורט בטבלה 6.1 בהנחיות אלה. פרטי התכן של אי-הפרדה משולש מוצגים בציור 10.29.

ג. הרוחב בגישה, בכניסה וביציאה

המהירות בכניסה וביציאה מן הצומת הסיבובי מבוקרת לא רק על-ידי רדיוס שפת המיסעה, אלא גם באמצעות קביעת רוחב הגישות, הכניסות והיציאות מהצומת.

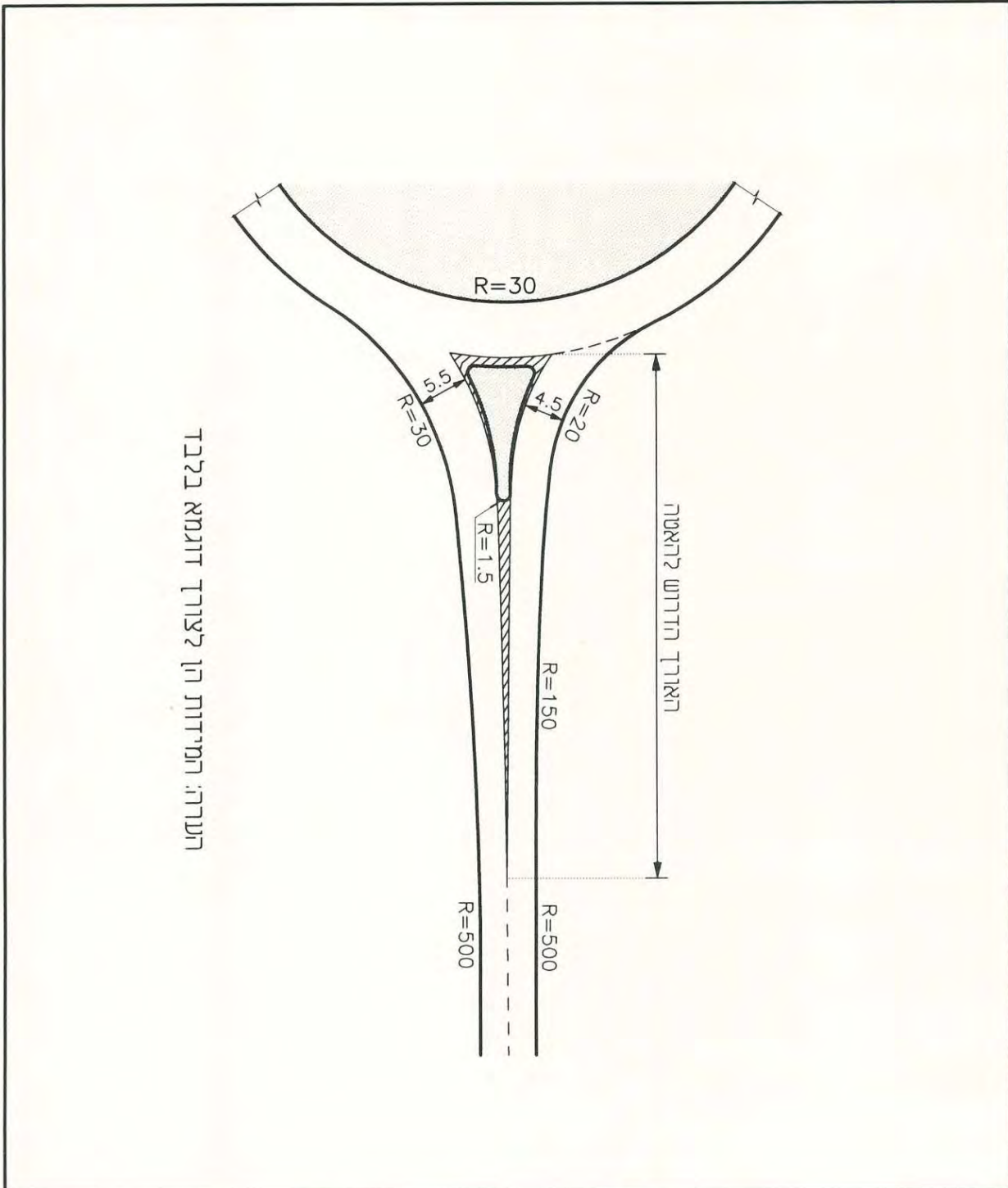
רוחב הנתיב בגישה לצומת, הנמדד כמוגדר בציור 10.24, יהיה בדרך-כלל 4.5 מטר, אך כאשר הצומת תחום באבני-שפה ניצבות, יהיה רוחב הגישה 5.5 מטר לפחות, לאפשר עקיפת רכב תקוע. רוחב הכניסה לצומת, המוגדר בציור 10.24, נמדד מאבן השפה הימנית וביציב אליה, עד לפינה הנגדית של אי-התנועה המשולש בצלע הכניסה לצומת, כמתואר בציור 10.29. רוחב זה תלוי בסוג הרכב לתכן וברדיוס עקום הכניסה, כמפורט בטור I בטבלה 5.8 בהנחיות אלה. רוחב היציאה המומלץ יותאם לרדיוס עקום היציאה, כמפורט בטור I בטבלה 5.8, אך ככלל לא יפחת מ-5.0 מטר.

בכל מקרה ייבדק רוחב נתיבי הגישה, הכניסה והיציאה, גם בהתאם לתרשימי העיקבה של כלי-הרכב לתכן, כמפורט בסעיף 3.4.4 בהנחיות אלה, להבטחת אפשרויות התמרון של כלי-רכב אלה וכן של חריגים במידת הצורך.

10.7.9 מרחק בין הזרועות

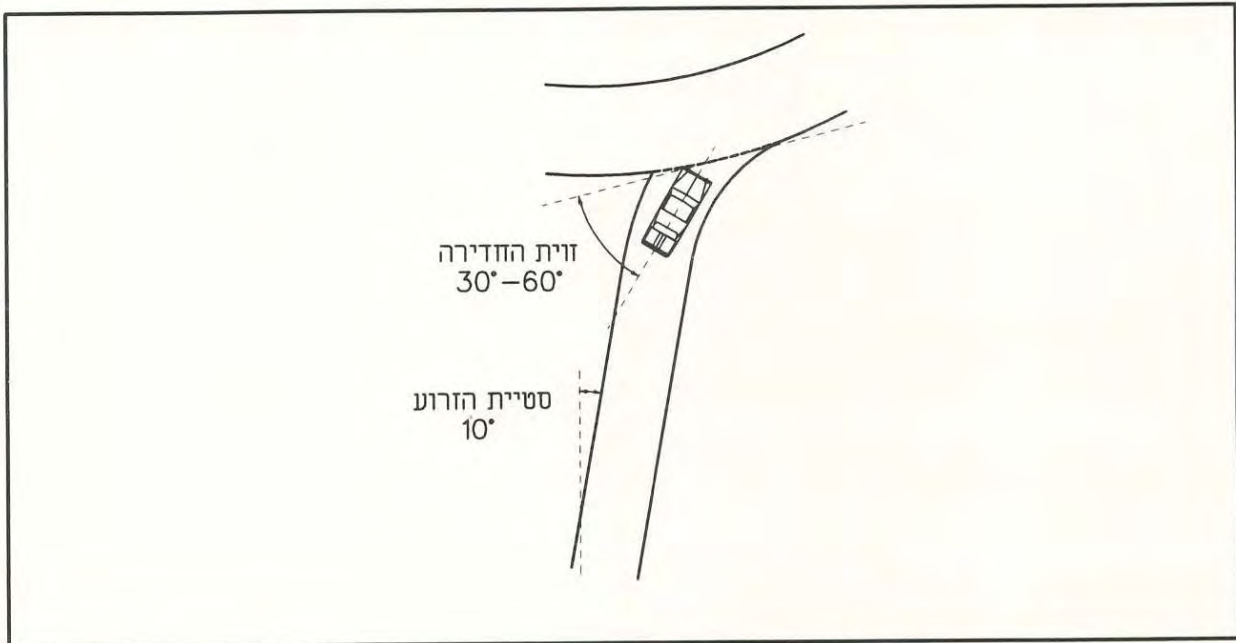
למרחק בין כניסה לצומת הסיבובי ליציאה הסמוכה לה, כנגד כיוון השעון, אין השפעה מכרעת על קיבולת הצומת, אך מבחינה בטיחותית רצוי להבטיח בצמתים בין-עירוניים בעלי נתיב סיבובי אחד מרחק מזערי של 20 מטר לפחות, כמתואר בציור 10.31. להבטחת מרחק זה יש לעיתים צורך בשינוי תוואי אחת הזרועות לקראת הצומת, כמתואר בציור 10.32.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

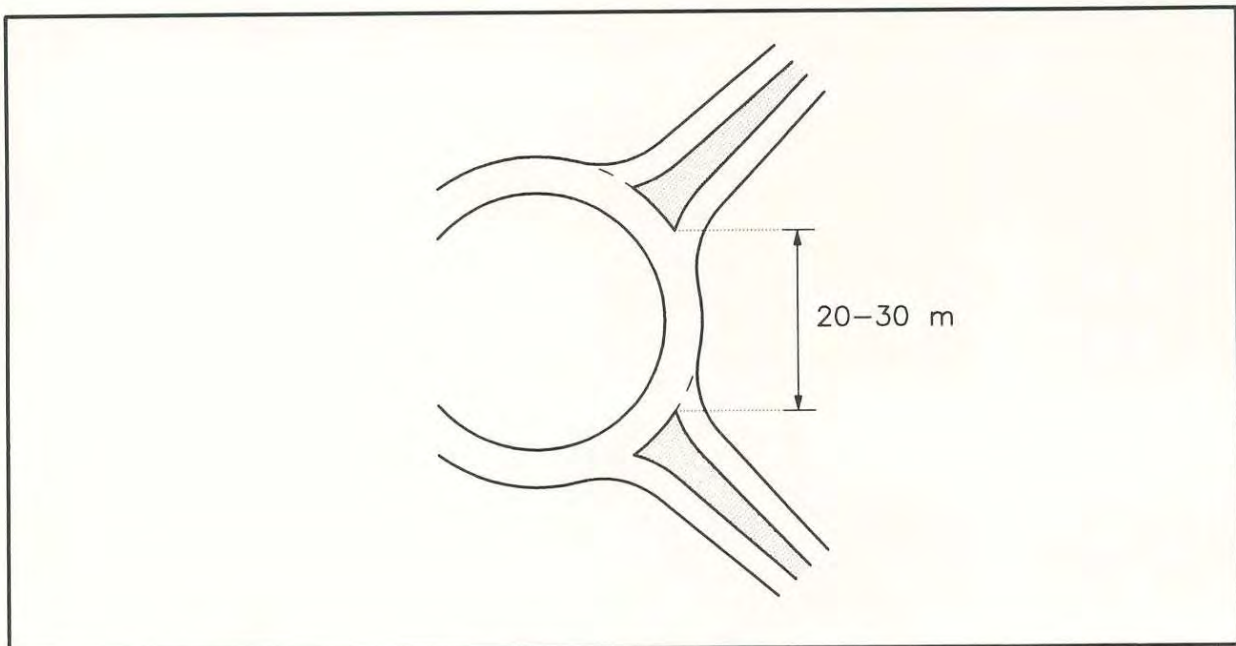


ציור 10.29 דוגמא לתכנון אזור הכניסה והיציאה בצומת הסיבובי

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.30 הגדרת זווית החדירה לצומת הסיבובי



ציור 10.31 המרחק המזערי בין זרועות סמוכות בצומת סיבובי

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

10.7.10 השיפוע האורכי בצומת

יש להגביל את השיפוע לאורך הצומת הסיבובי ובגישות אליו, מסיבות הקשורות ליכולת התמרון של כלי-רכב כבדים לקראת הצומת ובתוך הצומת, ולשם הבטחת מרחקי-הראות והעצירה הדרושים. השיפוע המירבי הוא 3%.

10.7.11 מרחקי-ראות

מרחקי-הראות בהתקרבות לצומת הסיבובי ובסביבתו צריכים להבטיח את המצבים הבאים:

- לאפשר לרכב המתקרב לצומת הסיבובי מזרועות הצומת, להבחין בקיומה של הכיכר ואיי-התנועה הנלווים לה, על כל הסדרי התנועה בהם.
- לאפשר לרכב העומד להיכנס לצומת הסיבובי, להבחין בכלי-הרכב הנעים בכיוון המועדף (בתוך המסלול הסיבובי משמאל לכיוון נסיעתו), ממרחק שיאפשר לו להחליט האם עליו לעצור בקו ההמתנה בכניסה למסלול הסיבובי.
- לאפשר לרכב הממתין בכניסה למסלול הסיבובי, להשתלב בתנועה סביב הכיכר.

לצורך זה יש להשתמש באמצעים התכנוניים הבאים:

- הבטחת מרחק-ראות לקראת הצומת שיהיה מרחק-הראות לעצירה למהירות התכן של הזרוע, כמפורט בסעיף 4.2.2 ובטבלה 4.1 בהנחיות אלה. יש להקפיד במיוחד שהאי-המשולש בכניסה לצומת ייראה לעיני הנהג המתקרב ממרחק זה, במיוחד אם הוא נמצא בעקום אופקי או אנכי, כמתואר בצירור 4.1.
- מרחק-הראות מקו ההמתנה בכניסה לצומת לכיוון שמאל, יהיה מתאים לקבלת פער של 2.0 שניות ב"מהירות המעבר" של מסלול ההסטה בצומת, כמפורט בסעיף 10.7.7 לעיל, דהיינו בין 15 מ' במהירות 25 קמ"ש לבין 30 מ' במהירות 50 קמ"ש.
- משולשי-הראות לצורכי זכות קדימה בצומת מחייבים פינוי מכשולים שגובהם עולה על 1.0 מטר.
- מרחק-הראות לאורך המסלול המעגלי סביב הכיכר המרכזית צריך להיות שווה למרחק הראות לעצירה ל"מהירות התכן" של רדיוס ההסטה. מאחר שקו הראות עובר דרך הכיכר המרכזית, יש להשאיר את הכיכר נקייה מכל מכשול שגובהו עולה על 15 ס"מ.

10.7.12 הערכת קיבולת הצומת הסיבובי הבין-עירוני

ניסיון רב בתכן צמתים סיבוביים בין-עירוניים קיים בצרפת. עקב כך, הוחלט בשלב זה להעריך את תפקודו של הצומת הסיבובי ואת חישוב הקיבולת של כל כניסה לצומת באמצעות התהליך המוסבר להלן, ובהסתמך על הסכמה המתוארת בצירור 10.33, אשר מבוססים על תוצאות-ביניים מ-1987, שהוצגו על-ידי הגופים האחראיים להנחיות לתכן הצמתים הסיבוביים בצרפת. בנוסף, יוצגו בסעיף 10.7.14 להלן תוצאות שכולו בישראל לצמתים בעלי אופי עירוני יותר.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

תהליך חישוב הקיבולת המוצע בצרפת הוא:

א. קבע מתוך מטריצת הפניות את הנפח השעתי היוצא מהצומת בזרוע זאת (V_0), את הנפח השעתי האמור להיכנס (V_i) ואת הנפח השעתי הנע סביב הכיכר מול זרוע זאת (V_c), כאשר כל הנפחים בכלי-רכב לשעה, תוך ציון אחוז הרכב הכבד.

ב. חשב את הנפח היוצא המתנגד האפקטיבי (V'_0) מתוך הנפח השעתי היוצא (V_0), המושפע מרוחב האי המפריד X , במטרים, כמתואר בציור 10.33, לפי הנוסחה המתאימה מבין 10.3, 10.4:

$$V'_0 = V_0(15 - X)/15 \quad \text{עבור } X < 15 \quad [10.3]$$

$$V'_0 = 0 \quad \text{עבור } X \geq 15 \quad [10.4]$$

כאשר האי המפריד צר, הנהג הממתין לכניסה אינו בטוח בכיוון הנסיעה של הנהג היוצא, מהסס בקבלת פער לכניסה, ולכן אותו חלק מהתנועה היוצאת ימינה אשר גורם לו לעיכוב הוא תנועה מתנגדת).

ג. חשב את הנפח הסיבובי השעתי המתנגד (V_E), בהתאם לנפח היוצא המתנגד האפקטיבי (V'_0), לפי נוסחה 10.5:

$$V_E = 1.136 \times (V_c + 2/3 \times V'_0) \quad [10.5]$$

כאשר: V_E – הנפח הסיבובי השעתי המתנגד המחושב, ביר"ם, לפי מקדם יר"ם של 2 לרכב כבד.

V_c – הנפח סביב הכיכר סמוך לזרוע המחושבת, בכ"ר/שעה.

V'_0 – הנפח היוצא המתנגד האפקטיבי מנוסחה 10.3 או 10.4 לעיל, בכ"ר/שעה.

ד. חשב את הקיבולת הפוטנציאלית של הכניסה לצומת באותה זרוע לפי נוסחה 10.6:

$$C_E = 1,330 - 0.7V_E \quad [10.6]$$

כאשר: C_E – הקיבולת השעתית הפוטנציאלית של הכניסה לצומת הסיבובי מזרוע זאת, ביר"ם.

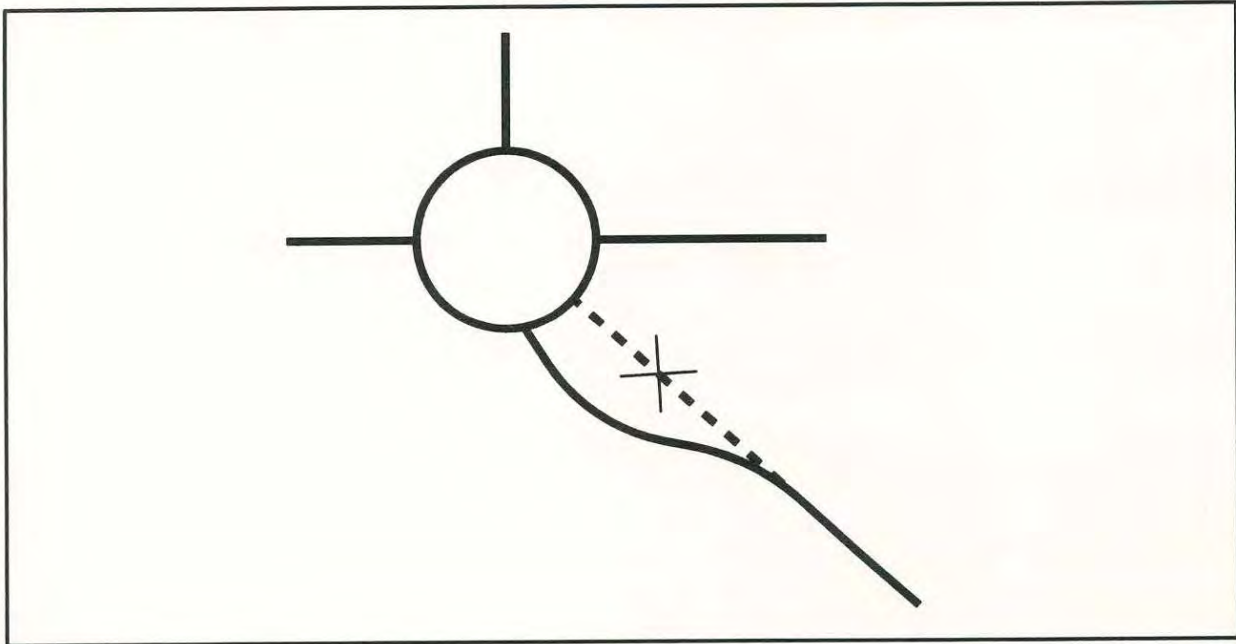
V_E – הנפח הסיבובי השעתי המתנגד המחושב בנוסחה 10.5 לעיל, ביר"ם.

הקיבולת הפוטנציאלית של הכניסה לצומת (C_E) מוצגת בקו העליון בציור 10.34, כתלות בנפח הסיבובי המתנגד המחושב, כאשר כל הנפחים ביר"ם לשעה. המקור הצרפתי ממליץ לא לעבור, לצורכי תפעול שוטף, על קיבולת מעשית המהווה 80% מהקיבולת הפוטנציאלית המחושבת.

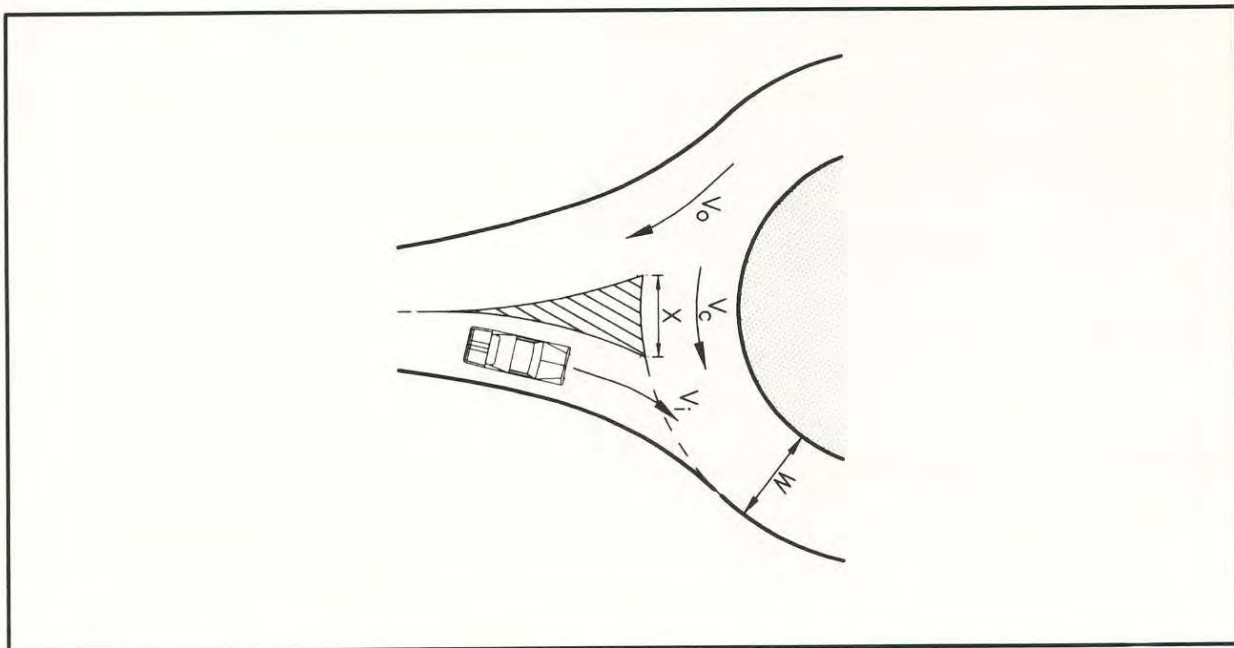
10.7.13 רמות השירות של הכניסות לצומת

רמת השירות של הכניסה לצומת הסיבובי נקבעת על-סמך העיכוב הממוצע. עיכוב זה נקבע מתוך הגרף בציור 10.34, בתלות בנפח הסיבובי המתנגד המחושב (V_E) והנפח המנסה להיכנס לצומת באותה זרוע (V_i), כאשר שני הנפחים שעתיים ביר"ם. בטבלה 11.2 בפרק הבא בהנחיות מובאים הקריטריונים לרמות השירות בכניסה לצומת לא מרומזר על-פי מהדורת 1997 של HCM.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

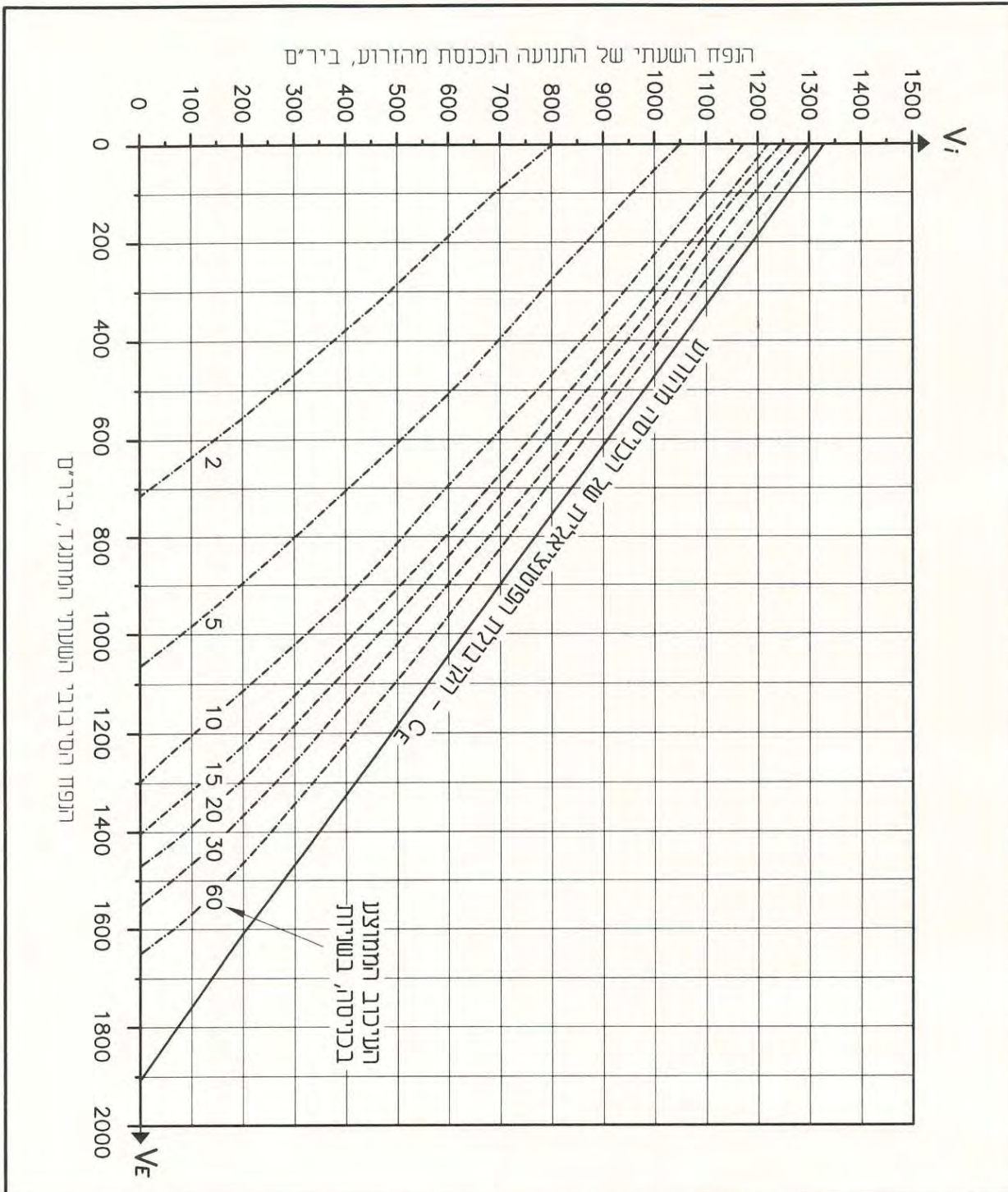


ציור 10.32 הטיית זרוע הצומת הסיבובי להבטחת המרחק בין כניסות סמוכות



ציור 10.33 תאור המרכיבים לחישוב קיבולת הצומת הסיבובי

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.34 חישוב הקיבולת הפוטנציאלית של הכניסה לצומת הסיבובי, והעיכוב הממוצע בכניסה (מקור: SETRA, 1987)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

את אורך התור בכניסה לצומת הסיבובי ניתן לאמוד מתוך ציור 10.35, בו מוצג אורך התור שההסתברות להיווצרותו הוא 0.99.

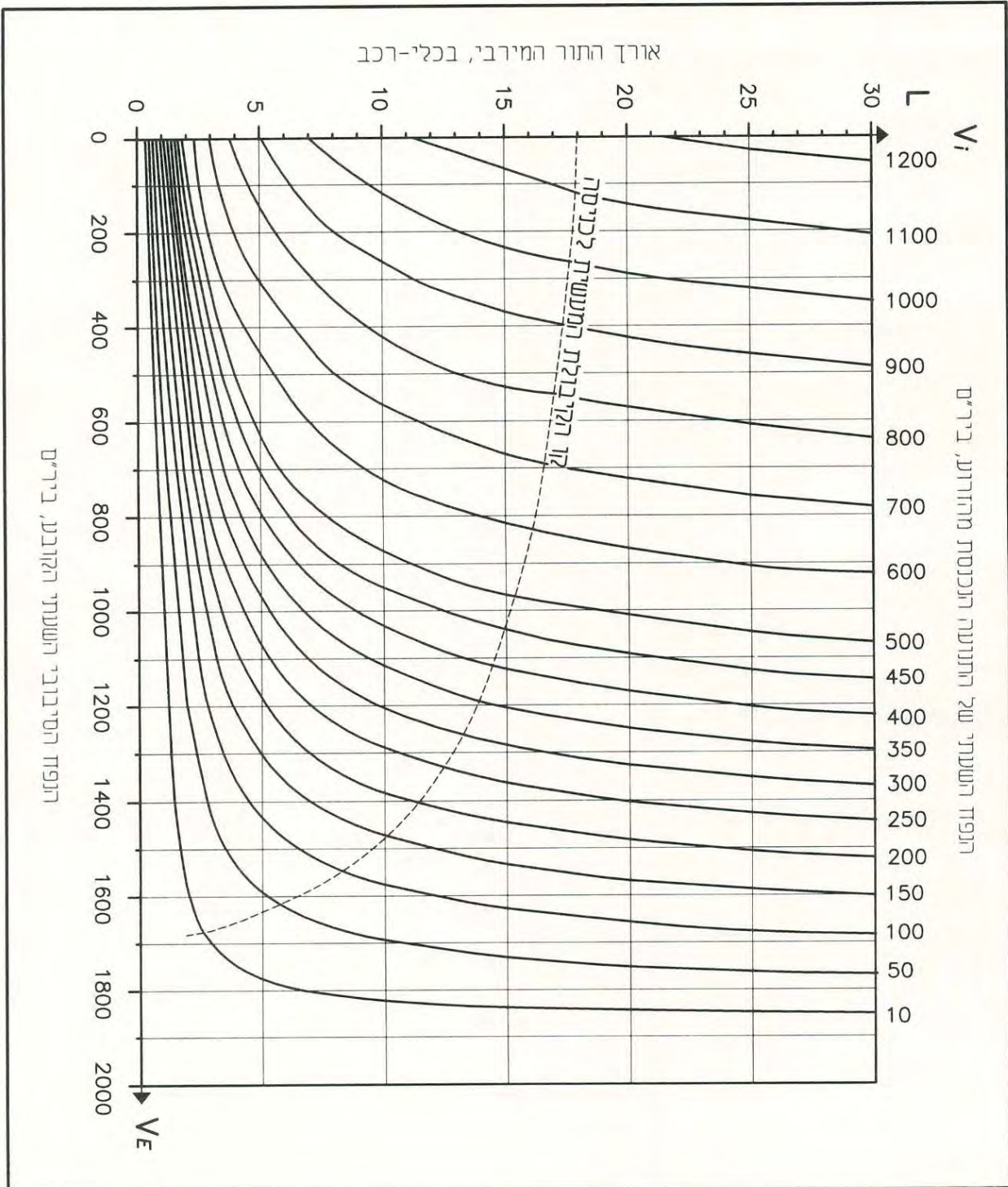
10.7.14 הערכת תפעול צומת סיבובי בגישה לאזור עירוני

בציור 10.36 מוצג קשר שכוויל על-ידי פולוס ושמואלי, על-סמך תצפיות בישראל, בין נפח התנועה הסיבובי המתקרב לזרוע הכניסה במעגל, לבין קיבולת הכניסה של אותה זרוע. הקשר המוצג כוויל עבור תחום ערכי קוטר המעגל המשיק המותווה (f בציור 10.27) שבין 30 ל-60 מטר. מאחר שרוב האתרים בהם נערכו תצפיות הכיול היו בתחום העירוני והפרברי, מומלץ להשתמש בציור 10.36 להערכת תיפקודו של צומת סיבובי המצוי באזור המעבר בין התחום הבין-עירוני לתחום העירוני, כמפורט בסעיף 10.7.3 לעיל. (ההמלצות הגרמניות המקבילות מצויות גם הן בתחום שבין שני הגבולות המוצגים בציור).

בפרק 10 במהדורת 1997 של HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM) קיים קשר דומה בין הנפח הסיבובי לקיבולת הכניסה, כפי שמומלץ לארה"ב. הקשר שם אינו תלוי בקוטר הצומת אלא בפער הקריטי. ככלל תחום ערכי הקיבולת המומלץ שם, עבור תחום ערכי הפערים הקריטיים המקובלים, מקביל לתחום המופיע בגרף שבציור 10.36.

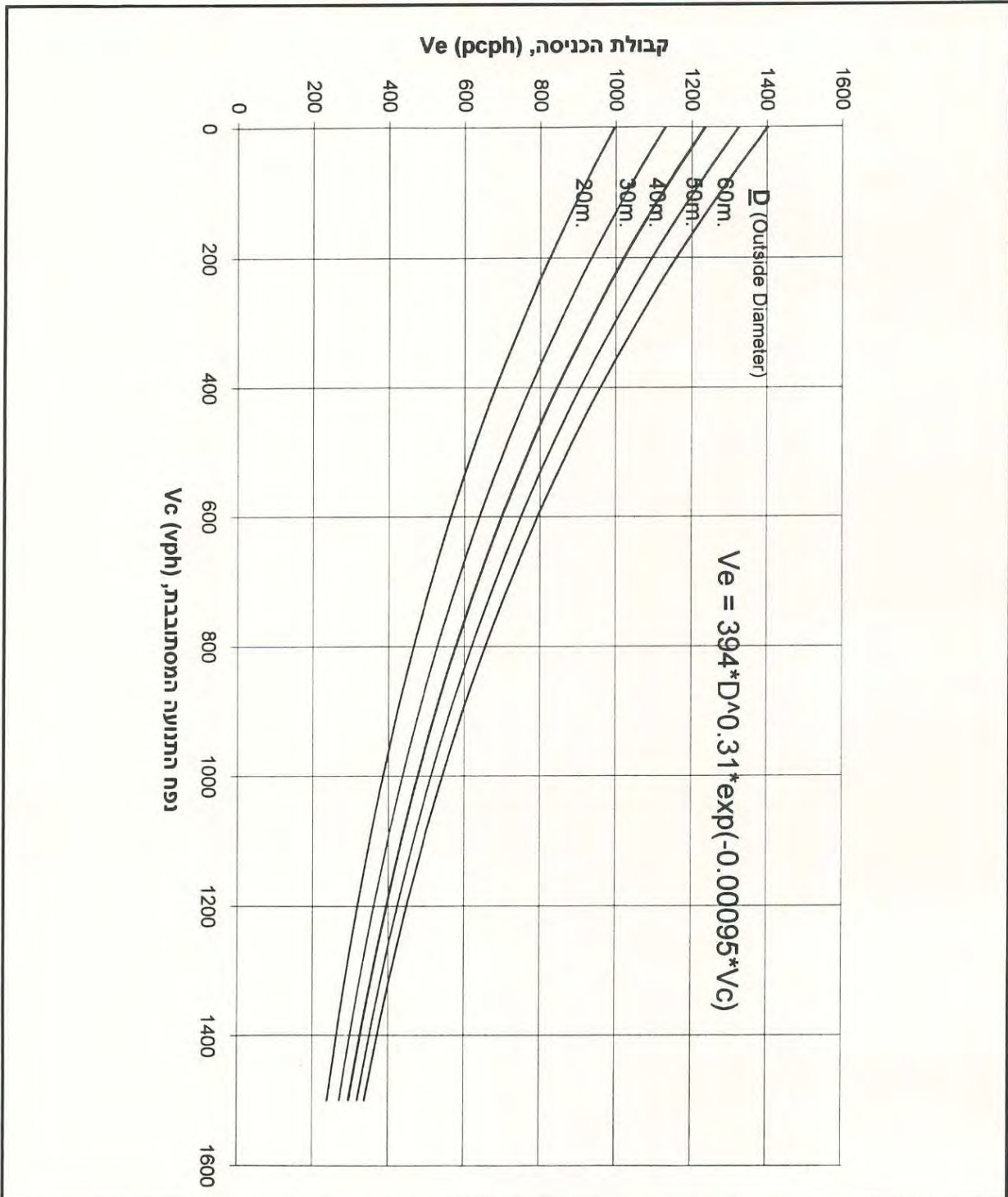


הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.35 הערכת אורך התור בכניסה לצומת הסיבובי (מקור: SETRA, 1987)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 10.36 הערכת קיבולת הכניסה לצומת הסיבובי בתחום הפרברי והעירוני, כפי שכוויל בישראל (מקור: Polus, Shmueli, 1997)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 11

קיבולת צמתים לא מרומזרים

תוכן עניינים

11-1.....	כללי	11.1
11-1.....	מבוא	11.1.1
11-1.....	מונחים והגדרות	11.1.2
11-2.....	התאמת קיבולת התנועות בצומת לקיבולת קטעי הגישה	11.1.3
11-2.....	תהליך חישוב קיבולת התנועות בצומת	11.2
11-2.....	עקרונות השיטה	11.2.1
11-5.....	שלבי תהליך החישוב	11.2.2
11-5.....	הנתונים הדרושים	11.2.3
11-5.....	חישוב הנפחים המתנגדים	11.2.4
11-8.....	הפער הקריטי המתוקן	11.2.5
11-8.....	פער העקיבה המתוקן	11.2.6
11-9.....	קביעת הקיבולת הפוטנציאלית לתנועות המשניות	11.2.7
11-9.....	חישוב הקיבולת המעשית עקב תנאי גודש	11.2.8
11-15.....	תיקון הקיבולת המעשית עקב נתיבים המשותפים למספר תמרונים	11.2.9
11-15.....	רמות השירות ואורך התור של כיווני התנועה המשניים	11.3

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 11

קיבולת צמתים לא מרומזרים

11.1 כללי

11.1.1 מבוא

חישוב קיבולתן של תנועות בצומת והשוואתן לנפחי התנועה לתכן החזויים לתנועות אלה, מהווה את אחד הכלים היישומיים החשובים לקביעה, האם הצומת ממלא את ייעודו בהעברת התנועה. במקרים רבים, נקבעת קיבולת רשת הדרכים על-ידי הצמתים המהווים את "צווארי הבקבוק", ולכן לקביעת קיבולת הצמתים בתהליך התכן יכולה להיות השפעה מכרעת על אופן זרימת התנועה, לא רק בסביבה הקרובה של הצומת, אלא גם באזורים מרוחקים יותר.

השאיפה היא לתכנן צומת כך, שיהיה מסוגל להעביר את כל נפחי התנועה המגיעים אליו, מבלי לגרום לעיכובים גדולים ולסיכונים בטיחותיים – עיכובים גדולים משפיעים לרעה על בטיחות התנועה ומגדילים את עלות הנסיעה למשתמשים בדרך (מבחינת זמני שהייה במערכת, תצרוכת דלק וכד'). להבטחת תכנון יעיל וחסכוני חשוב להקטין ככל האפשר את יחס עלות-תועלת של הצומת – כלומר את היחס בין העלות של אספקת רמת שירות גבוהה יותר לבין התועלת הנובעת מהקטנת זמן שהייה במערכת הדרכים, הפחתת התאונות, הרעש והזיהום, תצרוכת הדלק, וכד'.

קיבולת הצומת ורמת השירות של הצומת כולו הם מושגים חסרי משמעות, והכוונה היא לקבוע את הקיבולת, רמת השירות והעיכובים עבור כיווני התנועה המעוכבים מכל זרוע לחוד. חישוב הקיבולת מהווה בסיס לקביעת רמת השירות של הזרוע בצומת. רמת שירות נמוכה ועיכובים גדולים לחלק מהפניות בצומת הם בין הגורמים העיקריים, המהווים הצדק לרימזור הצומת. פרק זה אינו עוסק ברמת-השירות של התנועות העיקריות (ההמשכיות) בכיוונים המועדפים (בעלי זכות-הקדימה) בצומת, אלא רק ברמת-השירות של התנועות הפונות שמאלה מהכיוונים המועדפים למשניים, ובכל התנועות הנכנסות לצומת מהכיוונים המשניים, כמפורט בסעיף 11.2.1 להלן.

11.1.2 מונחים והגדרות

המונחים והמושגים הבסיסיים בנושאי קיבולת ורמות שירות בהם ייעשה שימוש בפרק זה, הוגדרו והוסברו באופן מפורט בסעיף 3.1.2 בפרק 3 – "קיבולת ורמת שירות של דרכים בין-עירוניות", בכרך I של הנחיות אלה. מושגים הייחודיים לצמתים לא-מרומזרים יוסברו בהמשך הפרק.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

11.1.3 התאמת קיבולת התנועות בצומת לקיבולת קטעי הגישה

קיבולת התנועות בצומת צריכה להיות מותאמת לקיבולת קטעי הגישה בזרועות הצומת – לא רצויים הבדלים גדולים בין הנפחים החזויים בקטעי הגישה לקראת הצומת, לבין קיבולת אותה זרוע בצומת והפניות ממנה. הדבר נובע בעיקר מהסיבה, שקטעי גישה עם קיבולת גדולה מושכים לתוכם נסיעות של כלי-רכב, שנדמה להם כי בחרו במסלול פנוי ונוח. על-ידי כך יועמס הצומת בכיוונים אלה מעל ליכולת ההעברה שלו, והדבר ילווה בהצטברות תורים בתוך קטע הגישה ובניסיונות לחיפוש מסלולים חלופיים. גם הקטנת הקיבולת של קטע הגישה אל מתחת ליכולת ההעברה של הצומת אינה רצויה, היות ואז לא ינוצל הכיוון הנתון כראוי, והתנועה שהייתה יכולה לעבור דרך גישה זו תיפנה למקום אחר. כתוצאה מכך, עשויה להיגרם בעיה בכיווני התנועה האחרים של אותו צומת, או בצמתים סמוכים.

קיבולת קטעי הגישה המרוחקים מהצומת מחושבת בהתאם למוסבר בפרק 3 – "קיבולת ורמת שירות של דרכים בין-עירוניות", בכרך I של הנחיות אלה.

11.2 תהליך חישוב קיבולת התנועות בצומת

11.2.1 עקרונות השיטה

שיטת החישוב לקיבולת צמתים לא-מרומזרים מיועדת לשימוש רק בצמתים מסוג הסתעפויות קמץ (T) והצטלבויות של ארבע זרועות, בהם נקבעת היררכיה תנועתית באמצעות בקרה על-ידי תמרורים: בצמתים המבוקרים על-ידי תמרורים, מניחים העדר עיכובים לכיווני התנועה הראשיים, להם מוקנית זכות-הקדימה בצומת (התנועה בדרך המועדפת הממשיכה ישר או הפונה ימינה), ולכן לא יחושבו לתנועות אלה רמות-שירות, עיכובים ואורכי תורים. השיטה מיועדת לחישוב רמות השירות הן בזרועות הנקבעות כמשניות, והן בפניות שמאלה מהכיוונים הראשיים (המועדפים). שיטת החישוב מניחה שהפניות שמאלה מהכיוונים הראשיים מבוצעות מנתיבים מיוחדים לפניות אלה. שיטת החישוב אינה מיועדת למקרים הבאים:

- א. צמתים בלתי מבוקרים.
- ב. צמתים בעלי יותר מארבע זרועות.
- ג. צמתים בעלי גיאומטריה ייחודית (זווית חיתוך קטנה מ- 90° , תנוחה מיוחדת בתוואי האופקי והאנכי, כיוון ראשי שהמשכיותו בעקום וכד').
- ד. צמתים סיבוביים. קיבולת צמתים אלה מוסברת בנפרד בסעיפים 10.7.12 - 10.7.14 בפרק הקודם.

שיטת החישוב המוצגת להלן מעובדת על-פי שיטת החישוב לקיבולת של צמתים לא-מרומזרים, המוצגת בפרק 10 של HCM Highway Capacity Manual (HCM) האמריקני, במהדורתו המעודכנת מסוף 1997. שיטה זו מקובלת כעיקרון מנחה במרבית המדינות בעולם המערבי. השיטה מבוססת על ניתוח הופעת הפערים בתנועות המועדפות בצומת, ועל קבלת פערים אלו הן על-ידי הנהגים הפונים שמאלה מהכיוונים הראשיים, והן על-ידי כל הנהגים המגיעים מהכיוונים המשניים.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

בפרק הנוכחי בהנחיות יוסברו העקרונות למקרים הבסיסיים של צמתים מבוקרים לא מרומזרים, אשר הופיעו כבר במהדורת 1994 של HCM, וכפי שעודכנו במהדורת 1997: במהדורה החדשה מופיעות תוספות, המאפשרות לבצע את החישוב לתנאים מיוחדים ונוספים המפורטים בסוגריים, ואשר המתכנן מופנה אליהם בעת הצורך.

הנחות היסוד של שיטת החישוב הבסיסית שתוסבר להלן הן:

- א. התנועה בכיוונים הראשיים (המועדפים) אינה מופרעת על-ידי התנועה מהכיוונים המשניים.
- ב. הפניות שמאלה מהדרך העיקרית מבוצעות מנתיב נפרד (ב-HCM קיים תיקון ספציפי למקרה בו הפנייה שמאלה מבוצעת מהנתיב ההמשכי ולכן מעכבת את התנועה הראשית ישר).
- ג. הופעת כלי-הרכב בכיוונים המנוגדים לכיוון הנבדק היא פואסונית (ב-HCM מוצג תיקון למקרה בו יש צומת מרומזר סמוך, במרחק הקטן מ-400 מטרים).
- ד. הפערים המתקבלים מבוססים על ערכים מייצגים של פערים קריטיים בהתאם לתיאוריית קבלת הפערים.
- ה. בצומת אין פעילות משמעותית של הולכי-רגל (ב-HCM קיים תיקון להתחשבות בפעילות הולכי-רגל).
- ו. החצייה או הפנייה שמאלה מבוצעות בשלב אחד (ב-HCM יש תיקון למקרה שבדרך המועדפת קיימת מיפרדה רחבה, המאפשרת חציית כל מסלול לחוד, ולכן תהליך קבלת הפערים מתחלק לשני שלבים נפרדים).

כאמור, במקרה שעל הצומת הנבדק חלים תנאים השונים מהמקרה הבסיסי המוסבר להלן ומופיעים בסוגריים, מופנית תשומת-לב המתכנן לצורך בביצוע התיקונים הנדרשים בשיטת החישוב, בהתאם לכללים המפורטים בסעיפים המתאימים בפרק 10 של HCM, מהדורת 1997.

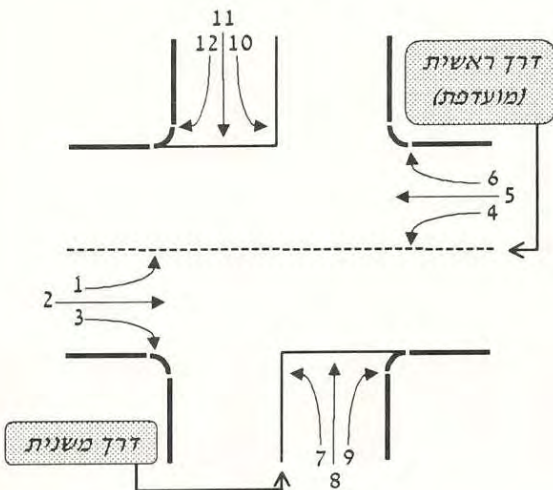
החישוב מבוסס על סדר העדיפויות הבא בניצול הפערים בתנועה הראשית, לצורך ביצוע הפניות, בהתאם לכללי זכות-הקדימה המקובלים בצמתים מבוקרים (ראה תאור בציר 11.1):

- א. **תנועות מסדר ראשון** (לא מעוכבות) – בעלות זכות קדימה על-פני כל התנועות המנוגדות. התנועות מסדר ראשון כוללות את הממשיכים ישר בדרך העיקרית, והפונים ימינה מדרך זו.
- ב. **תנועות מסדר שני** – חייבות במתן זכות-קדימה רק לתנועות מהסדר הראשון. התנועות מסדר שני כוללות את הפונים שמאלה מהדרך העיקרית ואת הפונים ימינה מהדרך המשנית.
- ג. **תנועות מסדר שלישי** – חייבות במתן זכות-קדימה לתנועות מסדר ראשון ושני. התנועות מסדר שלישי הם הפונים שמאלה מהדרך המשנית בהסתעפויות, והממשיכים ישר מהדרכים המשניות בהצטלבויות.
- ד. **תנועות מסדר רביעי** – חייבות במתן זכות-קדימה לכל התנועות מסדר ראשון עד שלישי. התנועות מסדר רביעי הן הפניות שמאלה מהדרכים המשניות בהצטלבויות.

בציר 11.1 מוצגת חלוקת התנועות השונות בהסתעפות ובהצטלבות לתנועות מסדר ראשון עד רביעי. התנועות עבורן נקבעות הקיבולת ורמת השירות בצומת לא-מרומזר הן בהסתעפות – 4, 7 ו-9, ובהצטלבות – 1, 4, 7 עד 12.

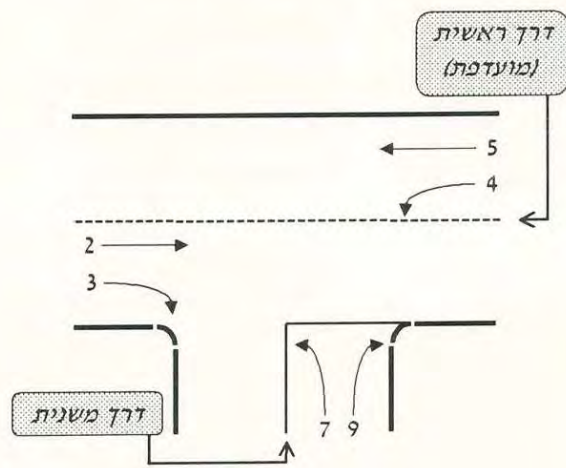
הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

הצטלבות



- סדר ראשון: 6, 5, 3, 2
- סדר שני: 12, 9, 4, 1
- סדר שלישי: 11, 8
- סדר רביעי: 10, 7

הסתעפות



- סדר ראשון: 5, 3, 2
- סדר שני: 9, 4
- סדר שלישי: 7

ציור 11.1 סיווג התנועות בהסתעפות ובהצטלבות לפי סדר העדיפות בניצול פערים, לפי HCM (1997)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

11.2.2 שלבי תהליך החישוב

- תהליך החישוב יבוצע בהתאם לשלבים הבאים, המפורטים בהמשך הפרק:
- א. הגדרת הנתונים הגיאומטריים והתנועתיים הדרושים, כמפורט בסעיף 11.2.3.
 - ב. קביעת שיעורי הזרימה המתנגדים לכל אחת מהתנועות המשניות, כמפורט בסעיף 11.2.4.
 - ג. קביעת הפער הקריטי הדרוש לכל אחת מהתנועות המשניות, כמפורט בסעיף 11.2.5.
 - ד. קביעת פער העקיבה הדרוש לכל אחת מהתנועות המשניות, כמפורט בסעיף 11.2.6.
 - ה. קביעת הקיבולת הפוטנציאלית לכל אחת מהתנועות הדרושות, כמפורט בסעיף 11.2.7.
 - ו. תיקון הקיבולת הפוטנציאלית, שנקבעה לעיל, לקיבולת מעשית בעזרת מקדמי העכבה, כמפורט בסעיף 11.2.8.
 - ז. תיקון הקיבולת המעשית בהתאם להסדרי הניתוב, כמפורט בסעיף 11.2.9.
 - ח. הערכת עיכוב הבקרה הממוצע לכל תנועה מעוכבת, וקביעת רמת השירות לכל תנועה נבדקת, כמפורט בסעיף 11.3.

(במקרה של הצורך בהתאמה לתנאים תפעוליים וגיאומטריים נוספים, המוצגים ב-HCM ומפורטים בסעיף 11.2.1 לעיל, כגון העדר נתיבים לפנייה שמאלה בדרך העיקרית, קיום רמזורים סמוכים או פעילות הולכי-רגל, תבוצענה ההתאמות הנדרשות בין השלבים השונים, והמתכנן מופנה לפרק 10 במהדורת 1997 של HCM להסבר התהליכים הדרושים).

11.2.3 הנתונים הדרושים

- הנתונים הדרושים לצורך תהליך חישוב הקיבולת הינם:
- א. נפחי התנועה השעתיים לתכן של כל התנועות בצומת (מטריצת הפניות), ומקדמי שעת-שיא.
 - ב. הרכב התנועה בכל אחת מהתנועות.
 - ג. מספר הנתיבים בדרך העיקרית.
 - ד. הסדרי הניתוב לפניות השונות בשתי הדרכים.
 - ה. שיפועים אורכיים בגישות השונות אל הצומת.
 - ו. נתונים גיאומטריים ותפעוליים נוספים (זוויות, נתיבי האצה והאטה וכיו"ב).

11.2.4 חישוב הנפחים המתנגדים

כל אחת מהתנועות הפונות והמשניות בצומת מסדר שני ומטה, מצויה בניגודים של היחתכות והתמזגות עם תנועות המצויות בסדר גבוה ממנה. את שיעור הזרימה המתנגד הכולל לכל תנועה יש לחשב כמפורט בציורים 11.2 א' ו- 11.2 ב', תוך התחשבות בהערות המצורפות אליהם. שיעור הזרימה המתנגד נמדד בכ"ר לשעה, תוך המרת הנפחים לשיעורי זרימה בעזרת מקדמי שעת השיא המתאימים, אך ללא תלות בהרכב התנועה.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

תרשים	סכום נפחי התנועות המתנגדות	כוון התנועה
	$V_{c,9} = 1/2(V_3) + V_2$	1. פנייה ימינה מדרך משנית
	$V_{c,4} = V_2 + V_3$	2. פנייה שמאלה מדרך ראשית
	$V_{c,8} = 1/2(V_3) + V_2 + 2V_1 +$ $+ V_6 + V_5 + 2V_4$	3. חציית הצומת מדרך משנית
	$V_{c,7} = 1/2(V_3) + V_2 + 2V_1 +$ $+ 1/2(V_6) + V_5 + 2V_4 +$ $+ 1/2(V_{11} + V_{12})$	4. פנייה שמאלה מדרך משנית

הערות: 1 לא להתחשב כאשר קיים נתיב מיוחד לפנייה זו או כאשר היא מבוקרת בתמרור נפרד.

2 רק הנפח בנתיב הימני כשהדרך הראשית דו-מסלולית.

3 לא להתחשב כאשר הפנייה ימינה עם אי משולש או מבוקרת בתמרור נפרד.

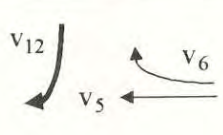
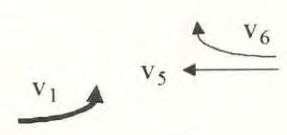
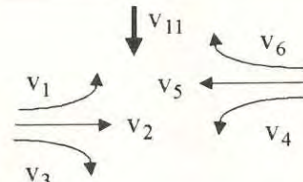
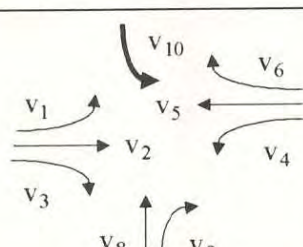
4 לא להתחשב בפנייה ימינה שממול כשהדרך הראשית דו-מסלולית.

5 לא להתחשב כשיש לפנייה ימינה נתיב מיוחד, או בקרה נפרדת, וכן כשהדרך הראשית דו-מסלולית.

6 רק הנפח בנתיב השמאלי כשהדרך הראשית דו-מסלולית.

ציור 11.2 א' נפחי התנועה המנוגדים לתנועות המשניות (בכ"ר לשעה), לפי HCM (1997)

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

תרשים	סכום נפחי התנועות המתנגדות	כוון התנועה
	$V_{c,12} = 1/2(V_6) + V_5$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> 1 2 </div>	5. פנייה ימנית מדרך משנית
	$V_{c,1} = V_5 + V_6$ <div style="display: flex; justify-content: center; width: 100px;"> 3 </div>	6. פנייה שמאלה מדרך ראשית
	$V_{c,11} = 1/2(V_6) + V_5 + 2V_4 + V_3 + V_2 + 2V_1$ <div style="display: flex; justify-content: center; width: 100px;"> 3 </div>	7. חציית הצומת מדרך משנית
	$V_{c,10} = 1/2(V_6) + V_5 + 2V_4 + 1/2(V_3) + V_2 + 2V_1 + 1/2(V_8 + V_9)$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 150px;"> 5 4 6 </div>	8. פנייה שמאלה מדרך משנית

- הערות:**
- 1 לא להתחשב כאשר קיים נתיב מיוחד לפנייה זו או כאשר היא מבוקרת בתמרור נפרד.
 - 2 רק הנפח בנתיב הימני כשהדרך הראשית דו-מסלולית.
 - 3 לא להתחשב כאשר הפנייה ימנית עם אי משולש או מבוקרת בתמרור נפרד.
 - 4 לא להתחשב בפנייה ימנית שממול כשהדרך הראשית דו-מסלולית.
 - 5 לא להתחשב כשיש לפנייה ימנית נתיב מיוחד, או בקרה נפרדת, וכן כשהדרך הראשית דו-מסלולית.
 - 6 רק הנפח בנתיב השמאלי כשהדרך הראשית דו-מסלולית.

ציור 11.2 ב' נפחי התנועה המנוגדים לתנועות המשניות (בכ"ר לשעה), לפי HCM (1997)

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

11.2.5 הפער הקריטי המתוקן

הפער הקריטי המייצג בתנועה המועדפת, אשר מתקבל על-ידי הנהגים מהתנועות המשניות בצומת, הממתינים לפנייה או לחצייה, נקבע מתוך הוצאת ערך בסיסי מטבלה ותיקונים ספציפיים, כמפורט:

$$t_c = t_{cb} + t_{chv} \times P_{HV} + t_G \times G - t_{3LT} \quad [11.1]$$

- t_c : כאשר: הפער הקריטי המתוקן, בשניות.
- t_{cb} : הפער הקריטי הבסיסי, מטבלה 11.1, בשניות.
- t_{chv} : מקדם תיקון לרכב כבד, השווה: 1.0 שנייה כשהדרך הראשית חד-מסלולית; 2.0 שניות כשהדרך הראשית דו-מסלולית.
- P_{HV} : אחוז הרכב הכבד בתנועה נבדקת זו, בשבר עשרוני.
- t_G : מקדם תיקון לשיפוע, השווה: 0.1 שניות לתנועות 9 ו-12 מציור 11.1. 0.2 שניות לתנועות 7, 8, 10, ו-11 מאותו ציור.
- G : שיפוע הזרוע בדרך המשנית, בשבר עשרוני, על סימנו: + בעלייה, – בירידה.
- t_{3LT} : מקדם הפחתה בשיעור 0.7 שניות, החל רק על הפניות שמאלה מהדרך המשנית בהסתעפות (תנועה 7 בציור 11.1).

11.2.6 פער העקיבה המתוקן

גם פער העקיבה (מרווח הזמן המזערי בין כניסתם לצומת של כלי-רכב עוקבים הממתינים בתור) נקבע מתוך ערך בסיסי בטבלה 11.1 ותיקון להרכב התנועה, כמפורט:

$$t_f = t_{fb} + t_{fhv} \times P_{HV} \quad [11.2]$$

- t_f : כאשר: פער העקיבה המתוקן, בשניות.
- t_{fb} : פער העקיבה הבסיסי, מטבלה 11.1, בשניות.
- t_{fhv} : מקדם תיקון לרכב כבד, השווה: 0.9 שניות כשהדרך הראשית חד-מסלולית. 1.0 שנייה כשהדרך הראשית דו-מסלולית.
- P_{HV} : אחוז הרכב הכבד בתנועה נבדקת זו, בשבר עשרוני.

טבלה 11.1 ערכי הפער הקריטי הבסיסי ופער העקיבה הבסיסי, לפי HCM (1997)

פער העקיבה הבסיסי t_{fb} (שנ')	הפער הקריטי הבסיסי t_{cb} (שנ')		התמרון המבוצע
	דרך ראשית חד-מסלולית	דרך ראשית דו-מסלולית	
2.2	4.1	4.1	פנייה שמאלה מהדרך הראשית
3.3	6.9	6.2	פנייה ימינה מהדרך המשנית
4.0	6.5	6.5	חצייה ישר מהדרך המשנית
3.5	7.5	7.1	פנייה שמאלה מהדרך המשנית

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

11.2.7 קביעת הקיבולת הפוטנציאלית לתנועות המשניות

הקיבולת הפוטנציאלית של כל אחד מכיווני התנועה המשניים היא הקיבולת התיאורטית המירבית האפשרית לתנועה זו, ונקבעת בהתחשב בנפחים המנוגדים לתנועה זו, בתנאים האידיאליים הבאים:

- התנועה בדרך העיקרית אקראית, ואינה חוסמת את התנועות המשניות הפונות.
- כל אחת מהתנועות המשניות הפונות, בשתי הדרכים, מתנהלת בנתיב נפרד.
- אין תנועות מסדר גבוה יותר המעכבות את כיוון התנועה הנבדק.

הקיבולת הפוטנציאלית מחושבת מתוך הנוסחה:

$$C_{p,x} = V_{c,x} \frac{\exp(-V_{c,x}t_c / 3,600)}{1 - \exp(-V_{c,x}t_f / 3,600)} \quad [11.3]$$

כאשר: $C_{p,x}$ – הקיבולת הפוטנציאלית של תנועה משנית x , בכלי-רכב לשעה.
 $V_{c,x}$ – סכום שיעורי הזרימה של התנועות המתנגדות לתנועה משנית x , לפי ציור 11.2, בכ"ר לשעה.
 t_c – הפער הקריטי המתוקן לתנועה משנית זו, בשניות, מנוסחה 11.1 לעיל.
 t_f – פער העקיבה המתוקן לתנועה משנית זו, בשניות, מנוסחה 11.2 לעיל.

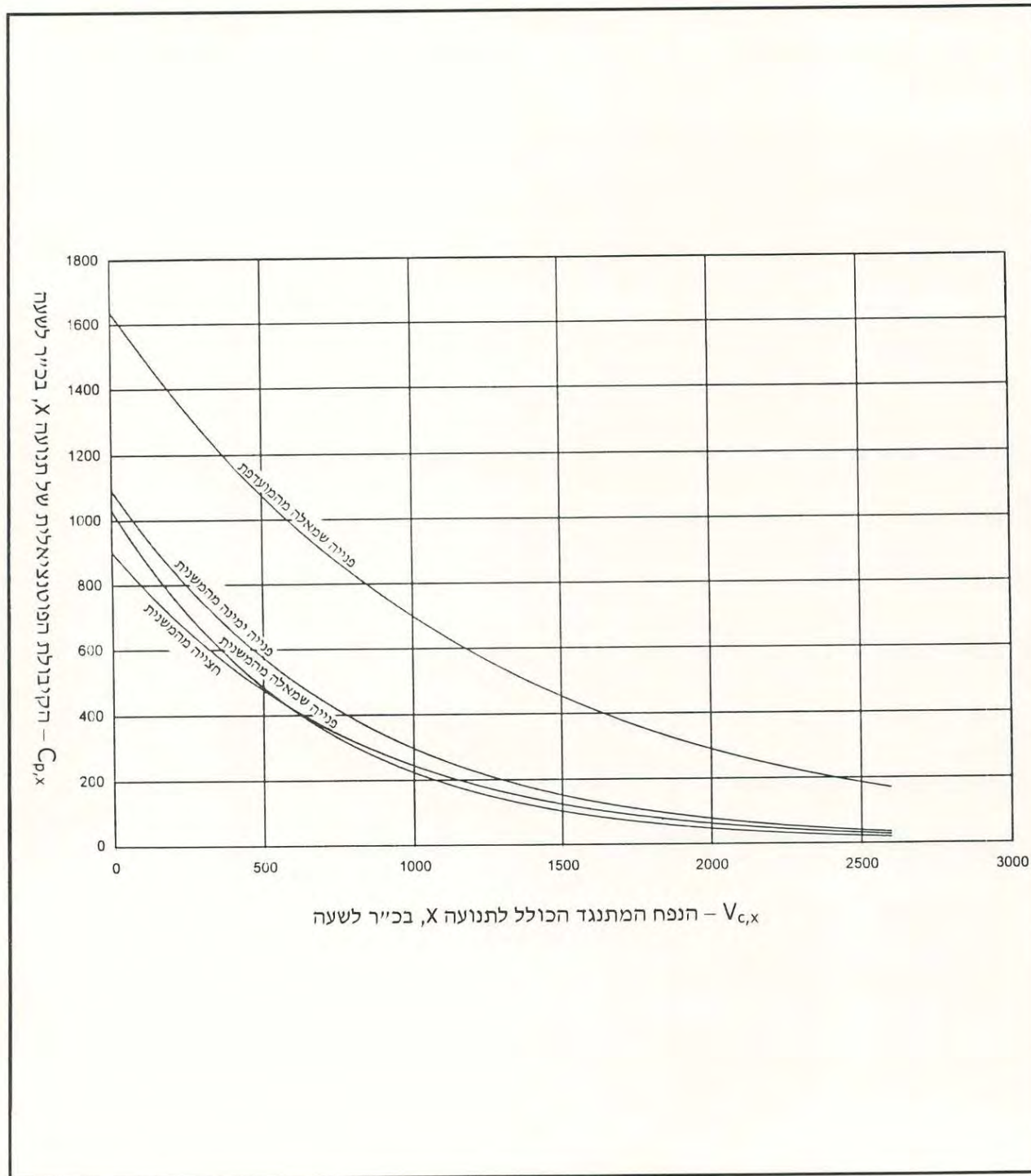
את הקיבולות הפוטנציאליות המתקבלות ניתן לקבל גם מתוך הדיאגרמות בציורים 11.3 ו-11.4. בציור 11.3 מוצגות הקיבולות הפוטנציאליות של התנועות המשניות בצומת עם דרך מועדפת חד-מסלולית, ובציור 11.4 – הקיבולת הפוטנציאלית בצומת עם דרך מועדפת דו-מסלולית. הקיבולות המוצגות בגרפים אלה מחושבות לפי ערכי הפערים הנתונים בטבלה 11.1.

11.2.8 חישוב הקיבולת המעשית עקב תנאי גודש

כאשר התנועות מסדר העדיפות השני מתחילות להיות גדושות ומצטבר בהן תור, הדבר עלול לגרום למחסור בפערים הניתנים לניצול על-ידי התנועות המצויות בסדרי עדיפות נמוכים יותר. כתוצאה מעיכובים אלה, נמוכה הקיבולת המעשית של חלק מהתנועות המשניות מהקיבולת הפוטנציאלית שלהן, כמפורט להלן:

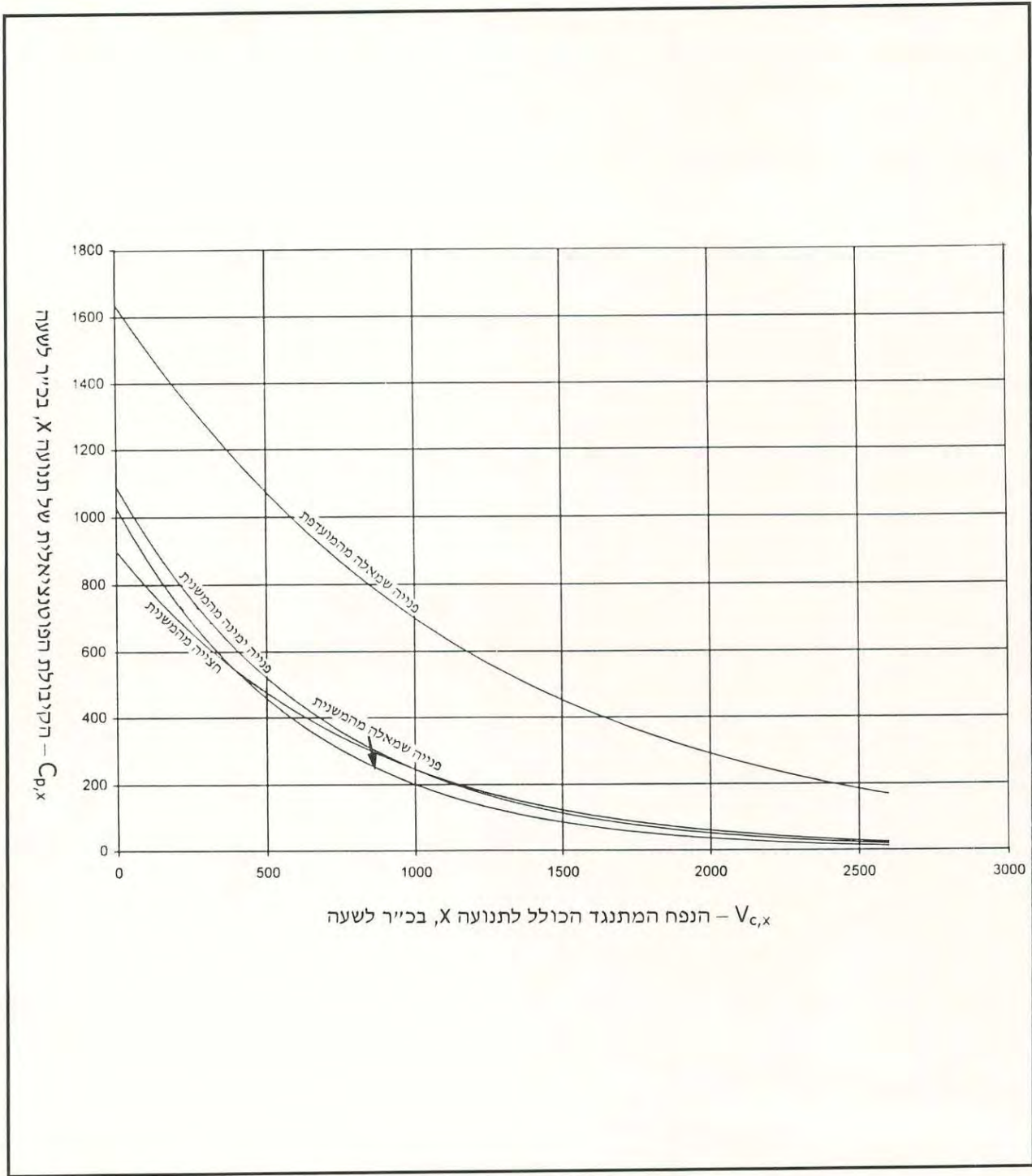
- תנועות מסדר ראשון ומסדר שני** אינן מעוכבות על-ידי תנועות משניות, ולכן לתנועות אלה, הקיבולת המעשית שווה לקיבולת הפוטנציאלית. תנועות מסדר שלישי מעוכבות על-ידי תנועות מסדר שני, ואילו תנועות מסדר רביעי מעוכבות על-ידי תנועות מסדר שני ושלישי, כמתואר בציור 11.5.
- הקיבולת המעשית של תנועה מסדר שלישי** שווה לקיבולת הפוטנציאלית שלה, מוכפלת בהסתברויות להעדר תור בתנועות המעכבות מסדר שני, דהיינו:

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 11.3 הקיבולת הפוטנציאלית של התנועות המשניות בצומת עם דרך מועדפת חד-מסלולית, לפי HCM (1997)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 11.4 הקיבולת הפוטנציאלית של התנועות המשניות בצומת עם דרך מועדפת דו-מסלולית, לפי HCM (1997)

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

$$C_{m,7} = C_{p,7} \times P_{0,4} \quad \text{בהסתעפות:} \quad [11.4]$$

$$C_{m,8} = C_{p,8} \times P_{0,1} \times P_{0,4} \quad \text{בהצטלבות:} \quad [11.5]$$

$$C_{m,11} = C_{p,11} \times P_{0,1} \times P_{0,4} \quad [11.6]$$

- כאשר: $C_{m,x}$ – הקיבולת המעשית של תנועה משנית x מסדר שלישי (ראה ציור 11.1), בכ"ר לשעה.
 $C_{p,x}$ – הקיבולת הפוטנציאלית של תנועה משנית x זו, בכ"ר לשעה, מנוסחה 11.3 לעיל.
 $P_{0,i}$ – ההסתברות להעדר תור בתנועה המתנגדת i מסדר שני, כמספרה בציורים 11.1, 11.2, המחושבת כדלהלן:

$$P_{0,i} = 1 - \frac{V_i}{C_{p,i}} \quad [11.7]$$

- כאשר: V_i – שיעור הזרימה של התנועה מתנגדת i בכ"ר לשעה, כפי שחושב בסעיף 11.2.4 לעיל.
 $C_{p,i}$ – הקיבולת הפוטנציאלית לתנועה מתנגדת זו בכ"ר לשעה, כפי שחושב בנוסחה 11.3 לעיל.

ג. **תנועות מסדר רביעי** בהצטלבות מעוכבות הן על-ידי תנועות מסדר שני והן על-ידי תנועות מסדר שלישי. המצב הדרוש כדי שתנועה מסדר רביעי תוכל לפנות, הוא העדר תור בכל התנועות מסדר שני ושלישי. מאחר שהתנועות מסדר שלישי עצמן מעוכבות על-ידי תנועות מסדר שני, ההסתברויות להעדר תור בכולן, הינן תלויות זו בזו.

לתנועות מסדר רביעי יש "מקדם עכבה" מתוקן p'_x , המחושב מתוך ציור 11.6 בעזרת מקדם העכבה הלא-מתוקן p''_x , המפורט בנוסחאות 11.9 ו-11.10 בהמשך.

הגרף שבציור 11.6 מבטא את נוסחה 11.8:

$$p'_x = 0.65p''_x - \frac{p''_x}{p''_x + 3} + 0.6\sqrt{p''_x} \quad [11.8]$$

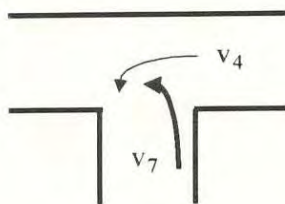
- כאשר: p'_x – מקדם העכבה המתוקן לתנועה x מסדר רביעי.
 p''_x – מקדם העכבה הלא-מתוקן לתנועה זו, כמוסבר להלן.
מקדם העכבה הלא-מתוקן, p''_x , מחושב באופן הבא:

$$P''_7 = P_{0,11} \times P_{0,1} \times P_{0,4} \quad [11.9]$$

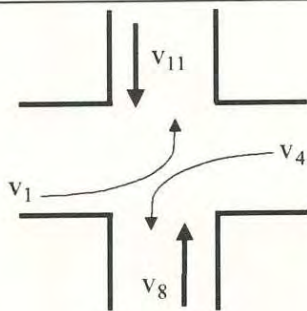
$$P''_{10} = P_{0,8} \times P_{0,1} \times P_{0,4} \quad [11.10]$$

- כאשר: p''_x – מקדם העכבה הלא-מתוקן של תנועה x מסדר רביעי.
 $P_{0,i}$ – ההסתברות להעדר תור בתנועה i המתנגדת מסדר שני/שלישי, כמתואר בציור 11.5, המחושבת מתוך שיעורי הזרימה כמוסבר בנוסחה 11.7 לעיל.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

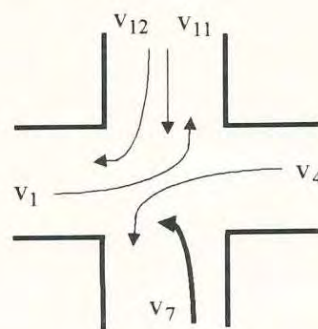
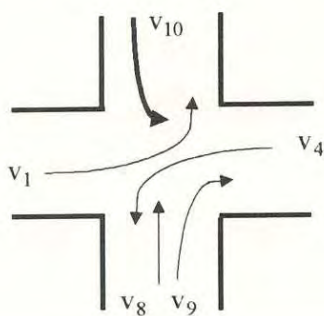


גורמי העכבה לתנועות מסדר שלישי בהסתעפות



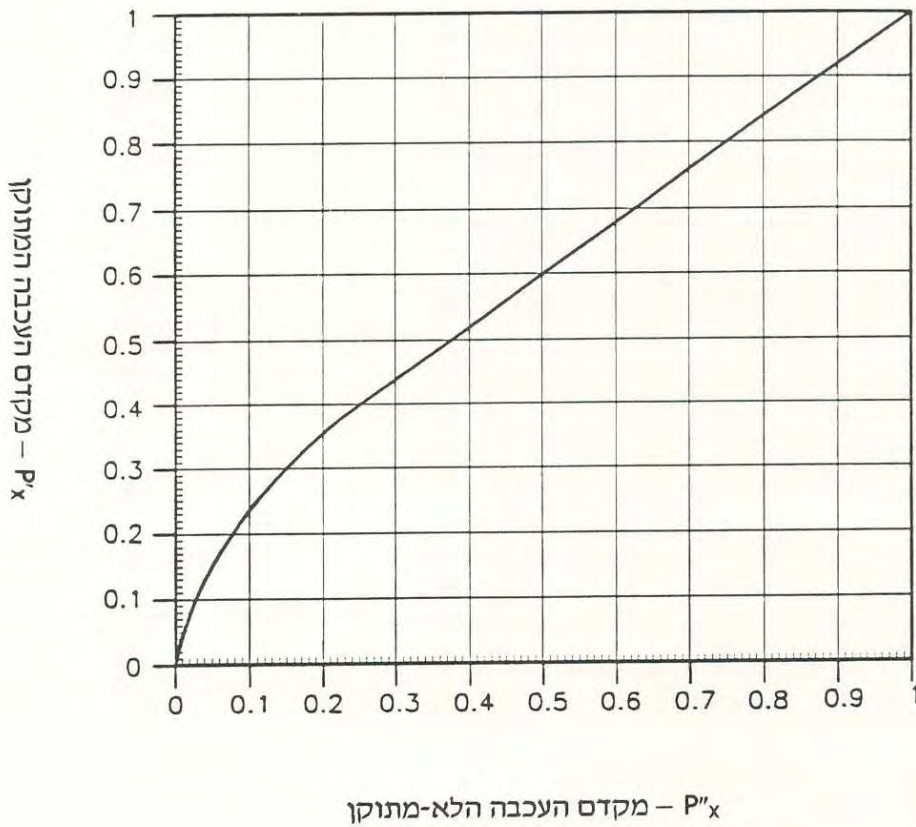
גורמי העכבה לתנועות מסדר שלישי בהצטלבות

גורמי העכבה לתנועות מסדר רביעי בהצטלבות



ציור 11.5 התנועות הגורמות לעכבה, לפי HCM (1997)

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 11.6 גרף התיקון לעכבה לתנועות מסדר רביעי, לפי HCM (1997)

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

הקיבולת המעשית המתוקנת לתנועות מסדר רביעי מחושבת כדלקמן:

$$C_{m,7} = C_{p,7} \times \rho'_7 \times \rho_{0,12} \quad [11.11]$$

$$C_{m,10} = C_{p,10} \times \rho'_{10} \times \rho_{0,9} \quad [11.12]$$

כאשר $C_{m,x}$, $C_{p,x}$, ρ'_x , $\rho_{0,i}$ הם כמוסבר בנוסחאות 11.4 עד 11.10 לעיל.

כאשר הדרך המועדפת דו-מסלולית, הפנייה שמאלה מבוצעת לתוך הנתיב השמאלי, ואין צורך להכפיל במקדמי העכבה $\rho_{0,9}$, $\rho_{0,12}$, המייצגים פנייה ימנית המבוצעת לנתיב הימני.

11.2.9 תיקון הקיבולת המעשית עקב נתיבים המשותפים למספר תמרונים

הקיבולת המעשית לפנייה מהדרך המשנית, שחושבה בסעיף 11.2.8 לעיל, חושבה בהנחה שכל אחת מהפניות מדרך זו מתנהלת מנתיב נפרד. כאשר הנחה זו אינה מתקיימת, ולכל הפניות נתיב משותף אחד, ייעשה תיקון הקיבולת בהתאם לנוסחה 11.13:

$$C_{SH} = \frac{V_r + V_t + V_l}{(V_r/C_{mr}) + (V_t/C_{mt}) + (V_l/C_{ml})} \quad [11.13]$$

- כאשר: C_{SH} – קיבולת הנתיב המשותף בכ"ר לשעה.
- V_r – שיעור הזרימה של התנועה הפונה ימנית והנמצאת בנתיב המשותף, בכ"ר לשעה.
- V_t – שיעור הזרימה של התנועה החוצה את הצומת והנמצאת בנתיב המשותף, בכ"ר לשעה.
- V_l – שיעור הזרימה של התנועה הפונה שמאלה והנמצאת בנתיב המשותף, בכ"ר לשעה.
- C_{mr} – קיבולת מתוקנת של התנועה הפונה ימנית והנמצאת בנתיב המשותף, בכ"ר לשעה.
- C_{mt} – קיבולת מתוקנת של התנועה החוצה את הצומת והנמצאת בנתיב המשותף, בכ"ר לשעה.
- C_{ml} – קיבולת מתוקנת של התנועה הפונה שמאלה והנמצאת בנתיב המשותף, בכ"ר לשעה.

כאשר יש נתיב המשותף לשתי תנועות בלבד, ייעשה שימוש רק בחלק הנוסחה הכולל את התנועות המתאימות.

11.3 רמות השירות ואורך התור של כיווני התנועה המשניים

רמות השירות של כיווני התנועה המשניים נקבעת על-סמך עיכוב הבקרה הממוצע: עיכוב הבקרה לרכב הוא העיכוב שנגרם לרכב העובר בצומת עקב הצורך להישמע לאמצעי הבקרה בו, ומורכב מסכום זמני ההאטה, ההאצה, ההמתנה בתור ובקו העצירה.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

• עיכוב הבקרה הממוצע לכל תנועה, או לכל נתיב משותף, בהתאם לתצורת הניתוב המתוכננת, נקבע כפונקציה של נפח כל תנועה והקיבולת המעשית שלה – D_x בציר 11.7.

• רמת השירות לכל תנועה נקבעת על-פי עיכוב הבקרה הממוצע לרכב בתנועה זו, בהתאם לטבלה 11.2.

• את אורך התור המצטבר לפניות השונות ניתן לאמוד מתוך ציור 11.8, בו מוצג אורך התור שההסתברות להיווצרותו הוא 0.95, התלוי בזרימה המגיעה מהזרוע ובדרגת הרוויה שלה.

בעזרת תהליך הניתוח שהוסבר בפרק הנוכחי ניתן למצוא את התנועות המשניות בצומת שרמת השירות שלהן היא הנמוכה ביותר, והעיכובים בהן הארוכים ביותר. כדי לשפר את תפקוד הצומת, ניתן להפעיל שיקולים הנדסיים להעלאת רמת השירות של חלק מהפניות, תוך שימוש באמצעים הבאים:

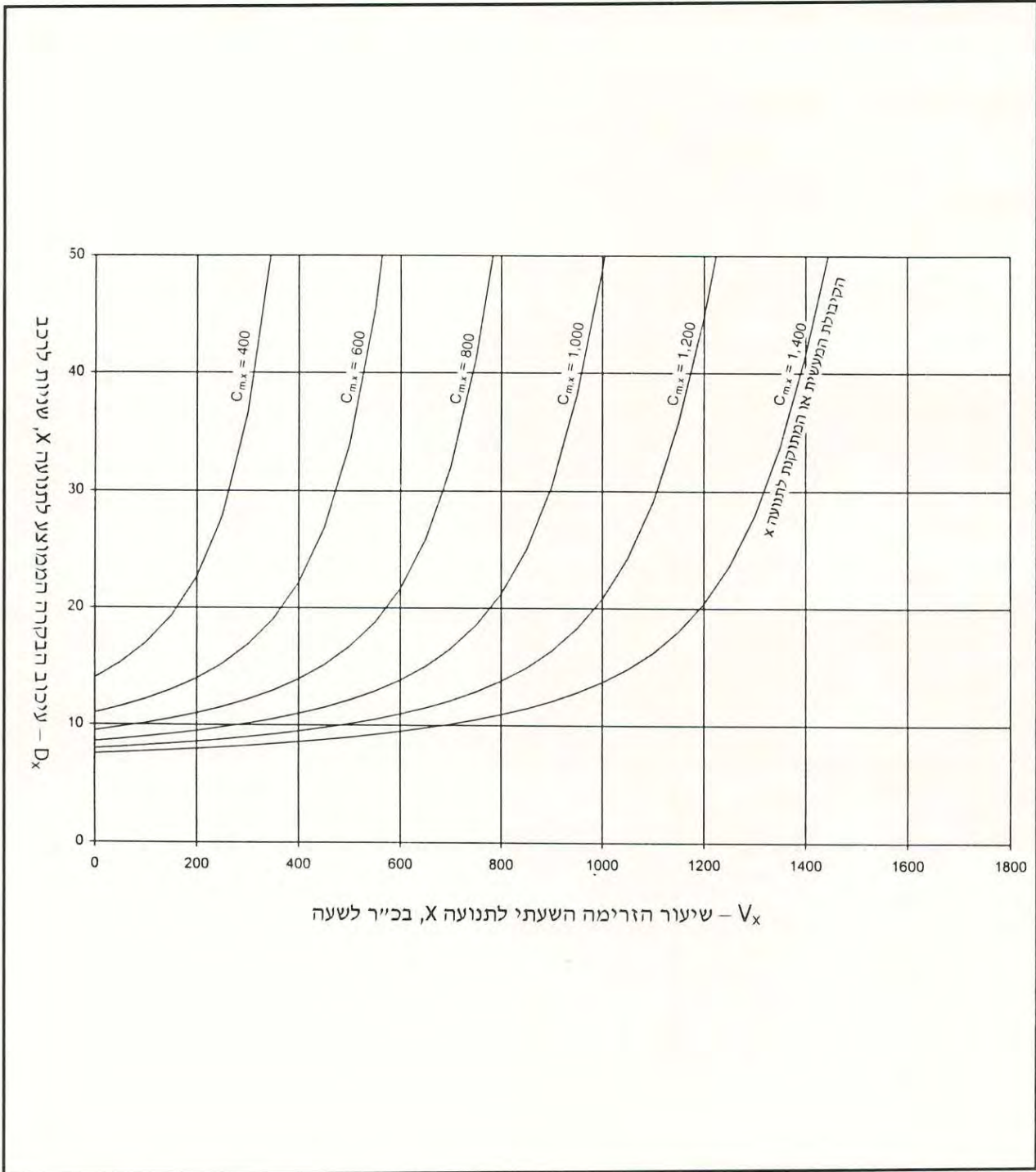
- הפרדת התנועות בדרך המשנית המצויות בנתיב משותף.
- מתן פניות ימניה עם אי-תנועה או תפניות דרך.
- מתן נתיבי האצה לכניסה לדרך המועדפת.
- ביטול חלק מהפניות שמאלה (אם יש להן תחליף בקרבת מקום) או מתן הסדרים גיאומטריים מיוחדים לביצוען.

במקרה שהאמצעים הנוספים מוצו או שאינם מסייעים להקטנת העיכובים, יש לשקול את רימזור הצומת, ולבדוק האם הוא מסייע בהקטנת העיכוב הכולל בצומת.

טבלה 11.2 הקריטריונים לרמות השירות לתנועות המשניות בצמתים לא-מרומזרים, לפי HCM (1997)

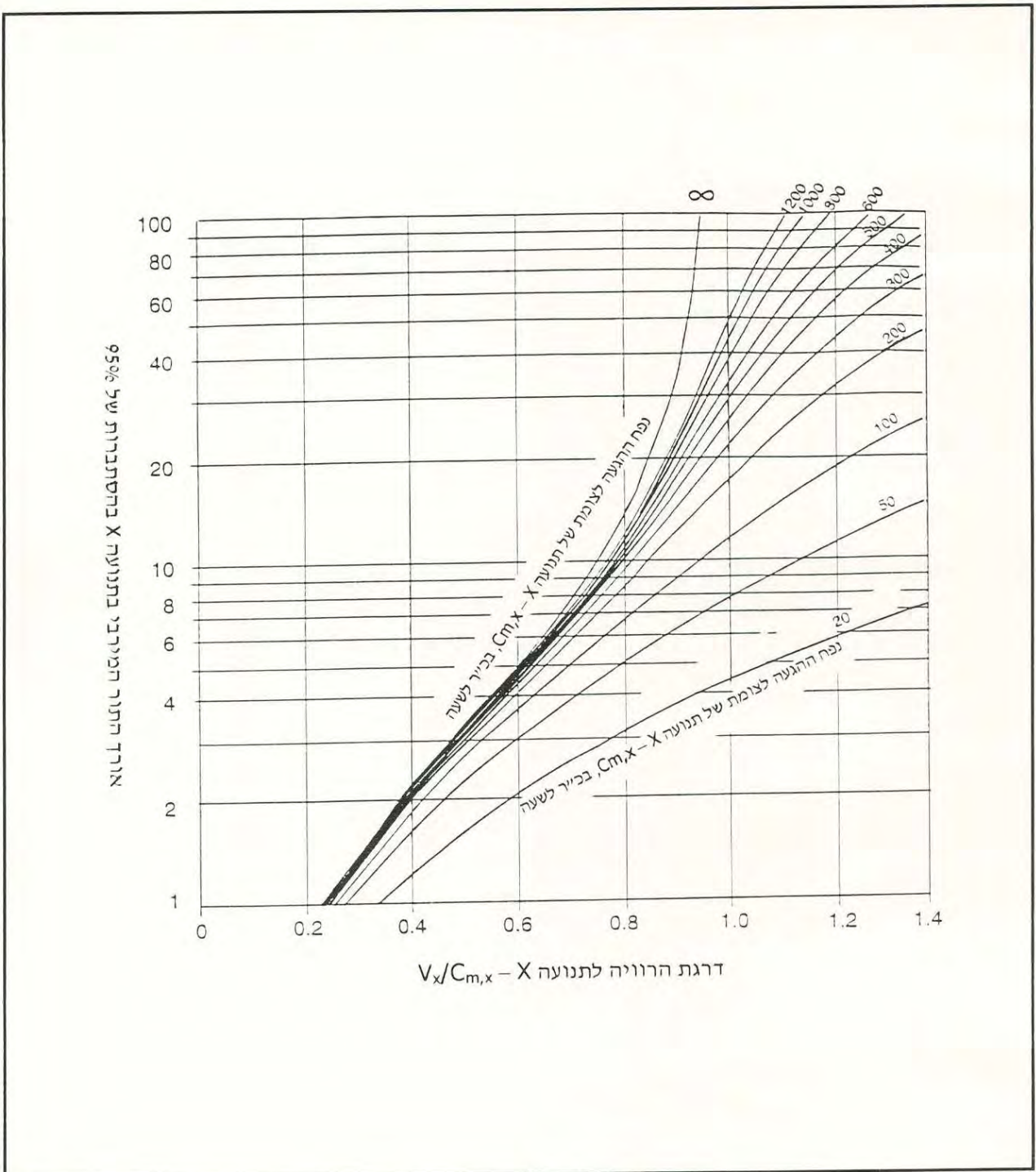
D_x – עיכוב בקרה ממוצע לרכב בתנועה X לפי ציור 11.7 (שניות)	רמת השירות
$D_x \leq 10$	A
$10 < D_x \leq 15$	B
$15 < D_x \leq 25$	C
$25 < D_x \leq 35$	D
$35 < D_x \leq 50$	E
$D_x > 50$	F

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 11.7 הערכת עיכוב הבקרה הממוצע לתנועה משנית או לנתיב המשותף למספר תנועות, לפי HCM (1997)

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 11.8 אורך התור לתנועות השונות בצומת לא-מרומזר (ערכי האחוזון ה-95), לפי HCM (1997)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 12

מתקני דרך בצומת

תוכן עניינים

12-1	תחנות אוטובוסים ותחנות הסעה	12.1
12-1	12.1.1 השיקולים לאיתור תחנות בקרבת הצומת	
12-1	12.1.2 מיקום התחנות בצומת	
12-3	12.1.3 פרטי התכן הגיאומטרי של מפרץ התחנה	
12-4	12.1.4 תחנות בצמתים מדורגים ומפוצלים	
12-9	אביזרים ומתקנים	12.2
12-9	12.2.1 כללי	
12-9	12.2.2 סימון על-פני הדרך	
12-10	12.2.3 מעברי-חצייה ומעקות בטיחות להולכי-רגל	
12-10	12.2.4 רמזורים	
12-10	12.2.5 גדרות ומעקות בטיחות	
12-10	12.2.6 תאורה	
12-11	תימרור ושילוט	12.3
12-11	12.3.1 תפקידי התימרור והשילוט	
12-11	12.3.2 תפקידי שלטי ההדרכה	
12-12	12.3.3 מטרות תכנון ועיצוב שלטי ההדרכה	
12-12	12.3.4 שיקולים בהצבת שלטי ההדרכה	

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 12

מתקני דרך בצומת

12.1 תחנות אוטובוסים ותחנות הסעה

12.1.1 השיקולים לאיתור תחנות בקרבת הצומת

בדרכים בין-עירוניות שאינן מהירות, מרוכזות תחנות האוטובוסים ותחנות ההסעה בקרבת צמתים עם דרכים אחרות, עם דרכי-גישה ועם התחברויות לשימושי-קרקע מושכי-קהל. מיקום זה מאפשר את ריכוז המעבר בין אמצעי ההסעה, את החלפת האמצעים, ואת פעילות הולכי-הרגל הנלווית באזור הצומת. בדרכים מהירות, ממוקמות תחנות האוטובוסים וההסעה אך ורק בתחומי הרמפות שמחוץ לדרך המהירה, כמפורט בפרק 10 בכרך III של ההנחיות.

הנחיות אלה אינן עוסקות בצירים בהם יש הסדרי העדפה לתחבורה ציבורית באמצעות נתצ"ים או מתצ"ים: הסדרים כאלה אופייניים בעיקר לצירים המוליכים אל המע"ר, ויתוכנו בהתאם למפורט בחלק ב' של "הנחיות לתכנון נתיבים לתחבורה ציבורית" של האגף לתכנון תחבורתי מ-1998, בהם מוצג גם אופן השתלבות הנתיבים המיועדים לתח"צ במסגרת כלל הסדרי התנועה לקראת הצומת.

נחיצות תחנות האוטובוסים ומספרן תיקבע בתאום עם המפקח על התעבורה, בהתאם למערך מסלולי הקווים העוברים בצומת. איתור תחנות הסעה יבוצע על דעת המפקח על התעבורה, והגורם המתאים בצה"ל. תחנות ההסעה ימוקמו סמוך לתחנות האוטובוסים, הן כדי לצמצם את מתחמי הפרעות לתנועה, והן כדי להקל על המשתמשים בהן את הבחירה בין אמצעי התחבורה השונים ואת המעבר ביניהם.

כאשר הצומת משמש כמוקד לפעילות רבה של תח"צ, תחילת קווים וסיומם, וכיו"ב, רצוי להקים מסוף מיוחד לתח"צ בקרבת הצומת. פתרון זה יתוכנן לכל צומת לגופו.

12.1.2 מיקום התחנות בצומת

המיקום העירוני של התחנות ביחס לצומת נקבע בהתחשב בשיקולים הבאים של בטיחות וזרימת התנועה:

- השפעת האוטובוס העומד בתחנה על בטיחותם של הולכי-הרגל החוצים במעברי-החצייה הסמוכים לתחנה.
- בטיחותם של הנוסעים העולים, היורדים והממתינים.
- השפעת האוטובוס העומד בתחנה על מרחקי הראות של המכוניות העוברות בצומת.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- הניגודים וההפרעה לזרימת התנועה, הנגרמים על-ידי האוטובוס המאיט לצורך כניסה לתחנה או מאיץ לשם יציאה ממנה.
 - מניעת הפרעה לתנועה על-ידי האוטובוס העומד בתחנה לצורך קליטה והורדה של נוסעים.
- כתוצאה משיקולים אלה ימוקמו תחנות האוטובוס שבקרבת הצומת, אחרי הצומת בכיוון נסיעתו של הנהג, כמתואר בציור 12.1. למיקום זה היתרונות הבאים על-פני מיקום התחנה לפני הצומת:
- א. אין הפרעה לביצוע הפניות ימינה מהזרוע ממנה מגיע האוטובוס.
 - ב. האוטובוס העומד בתחנה אינו מסתיר את הראות לנהג החוצה או פונה שמאלה מהכיוון הניצב.
 - ג. בצומת מרומזר, האוטובוס משתלב בתנועה בפערים שבין השלבים במחזור.
 - ד. הנוסעים מתקבצים במדרכה העמוסה-פחות.
 - ה. האוטובוס העומד בתחנה אינו מסתיר את התמרורים והרמזורים.
 - ו. התחנה משותפת לכל האוטובוסים הממשיכים לאותו כיוון, ומקילה על הנוסעים.
 - ז. כניסתו של האוטובוס לתחנה ויציאתו ממנה אינן חסומות על-ידי כלי-רכב הממתינים בצומת מרומזר, או בכיוון המשני בצומת לא-מרומזר.
 - ח. מיקום התחנה לאחר הצומת מאפשר לאוטובוס להיכנס לצומת בנתיב הרגיל, ללא ניגוד עם תנועות אחרות.
 - ט. משיקולי בטיחות והפרעה לתנועה, ניתן למקם תחנה אחרי הצומת, קרוב יותר ממיקומה לפני הצומת, ולקצר את מרחקי ההליכה של הולכי-הרגל.
- משיקולים דומים, מועדף גם מיקום תחנות הסעה לאחר הצומת בכיוון הנסיעה.
- רק במקרים יוצאים מן הכלל, אפשר למקם תחנות אוטובוסים לפני הצומת, וזאת בעיקר בגלל מהלך קווי האוטובוסים והקשר ביניהם. תחנה לפני הצומת נועדה למקרה בו עיקר מעבר הנוסעים הוא לתחנה בזרוע הניצבת באותו צד, מבלי שיחצו את הצומת.
- השיקול העיקרי במיקום המדויק של התחנה בצומת הוא בטיחות ונוחות הנוסעים המשתמשים באוטובוס, ולכן יש למקם את התחנות קרוב ככל האפשר לצומת מבלי לפגוע בזרימת התנועה ובבטיחותה. המיקומים האופייניים הם כמפורט:
- א. בצד "הרחוק" בהסתעפות חד-מסלולית, ללא נתיבי-עזר וללא איים משולשים, תמוקם התחנה במפרץ, אשר לוכסן הכניסה שלו מתחיל 4.0 מטר מעבר לנקודת ההשקה הרחוקה של רדיוס הפנייה שממול, כמתואר בציור 12.1. קטע המשיק באורך 4.0 מטר נועד לאפשר הכנסת מעבר-חצייה, במידת הצורך.
 - ב. בפניות ימינה בצד "הקרוב" בהסתעפויות ובהצלבויות, ללא איי-תנועה וללא נתיבי-עזר, תשיק נקודת ההתחלה של לוכסן הכניסה לתחנה לקצה הקשת בפנייה, כמתואר בציור 12.1. רק כאשר יש מעבר-חצייה גם בצד זה של הצומת, תורחק נקודת התחלת הלוכסן מנקודת ההשקה, בשיעור הדרוש לצורך הכנסת מעבר החצייה מעבר לקצה הקשת. (רוחב המעבר נקבע לפי הנחיות לתכנון מעברי-חצייה של המפקח על התעבורה.)
 - ג. כאשר הפנייה ימינה מתוכננת עם אי-תנועה, תשולב התחנה בתוך נתיב-העזר או נתיב ההאצה שלאחר הפנייה, כאשר תחילת האזור המיועד לעצירת האוטובוס נמצאת במרחק של 35.0 מטר

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

מקצה הקשת, כדי לאפשר לאוטובוס המגיע מעבר לצומת להיכנס לתחנה, כמתואר בציורים 12.2 ו-12.3. בצמתים כאלה, תתוכנן חציית הולכי-הרגל בין האיים הבנויים, ולכן מפרץ התחנה בצד "הרחוק" יתחיל מול נקודת ההשקה, כמתואר בציור 12.2.

12.1.3 פרטי התכן הגיאומטרי של מפרץ התחנה

למפרץ התחנה שלושה מרכיבים גיאומטריים: לוכסן כניסה, קטע מקביל ולוכסן היציאה, כמפורט בציורים 12.1 ו-12.2.

אורך הקטע המקביל של המפרץ לא יקטן מ-18 מטר. אורך גדול יותר, אם דרוש, ייקבע לפי הצטברות האוטובוסים בתחנות בשעות-שיא של פעילות האוטובוסים. יש לקחת בחשבון גם פיתוח עתידי, תיגבור קווים קיימים, תוספת קווים והחלפת אוטובוסים רגילים באוטובוסים מפרקיים. אם במפרץ אין מספיק מקום לכל האוטובוסים אשר עוצרים בתחנה בו-זמנית, נוצרים שיבושים לזרימת התנועה, בגלל האוטובוסים הנוספים העוצרים בלוכסן הכניסה לתחנה. מצב זה מקשה גם על הנוסעים הממתינים. לכן, יש לקבוע את אורך המפרץ לאוטובוסים, כפונקציה של מספר האוטובוסים המתוכננים בשעת-שיא בציר, כמפורט בטבלה 12.1.

טבלה 12.1 אורך הקטע המקביל במפרץ תחנת אוטובוס, ללא הלוכסן, במטרים

עם מרווחי תמרון ⁽¹⁾		בלי מרווחי תמרון ⁽¹⁾		מספר אוטובוסים בשעת שיא
לרבות מפרקי ⁽²⁾	רגיל	לרבות מפרקי ⁽²⁾	רגיל	
20	18	20	18	10
33	27	30	24	20
48	42	42	36	30
63	57	54	48	40
78	72	66	60	50

(1) ככלל, רצוי תמיד לתכנן על-פי מרווחי תמרון, אשר מאפשרים לאוטובוס האחורי לצאת מהתחנה גם כאשר האוטובוס שלפניו עדיין עומד. רק כאשר קיימים אילוצי מקום או שפעילות הנוסעים בתחנה דלילה, ניתן לתכנן ללא מרווחי תמרון.

(2) קו אחד מופעל באוטובוס מפרקי.

מפרץ המיועד לתחנת הסעה בלבד יהיה דומה למפרץ של תחנת אוטובוס, אלא שחלקו המקביל יהיה באורך של 10.0 מ' בלבד. כאשר תחנת ההסעה סמוכה לתחנת האוטובוס, יוארך הקטע המקביל של מפרץ האוטובוסים ב-32.5 מ', כמתואר בציור 12.3. אורך הקטע מיועד לספק מקום לעצירת שני כלי-רכב בתחנת ההסעה, ומרווח תמרון לאוטובוס שיאפשר לו יציאה מהתחנה, ללא הפרעה מצד הרכב שבתחנת האיסוף.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

רוחב החלק המקביל של המפרץ 3.60 מ', כמתואר בציורים 12.1, 12.2. כאשר אזור תחנת האוטובוס מופרד מהנתיבים העוברים באמצעות אי-תנועה מקביל בנוי, יהיה רוחב הקטע המופרד 7.0 מ', כדי לאפשר לאוטובוס נוסע לעקוף אוטובוס עומד.

לכוסן הכניסה לתחנה יהיה בשיפוע של 1:8, ולכוסן היציאה מהתחנה בשיפוע של 1:5. האורכים המתקבלים למפרץ ברוחב 3.6 מ' הם 28.8 מ' ללכוסן הכניסה, ו-18.0 מ' ללכוסן היציאה, כמתואר בציור 12.1. סימון אזור התחנה, בהתאם להנחיות להצבת תמרורים, מתואר בציורים 12.1 – 12.4.

בכל התחום בו קיימות תחנות אוטובוסים והסעה, ייסללו מדרכות להולכי-רגל ברוחב 2.0 מטר, כמתואר בציורים, אשר יוליכו מהתחנות אל הצומת עד למעברי החצייה (אם קיימים), או עד לנקודות הצרות ביותר בהן יכולים הולכי-הרגל לחצות, וכן בין כל התחנות, כמתואר בציור 12.4.

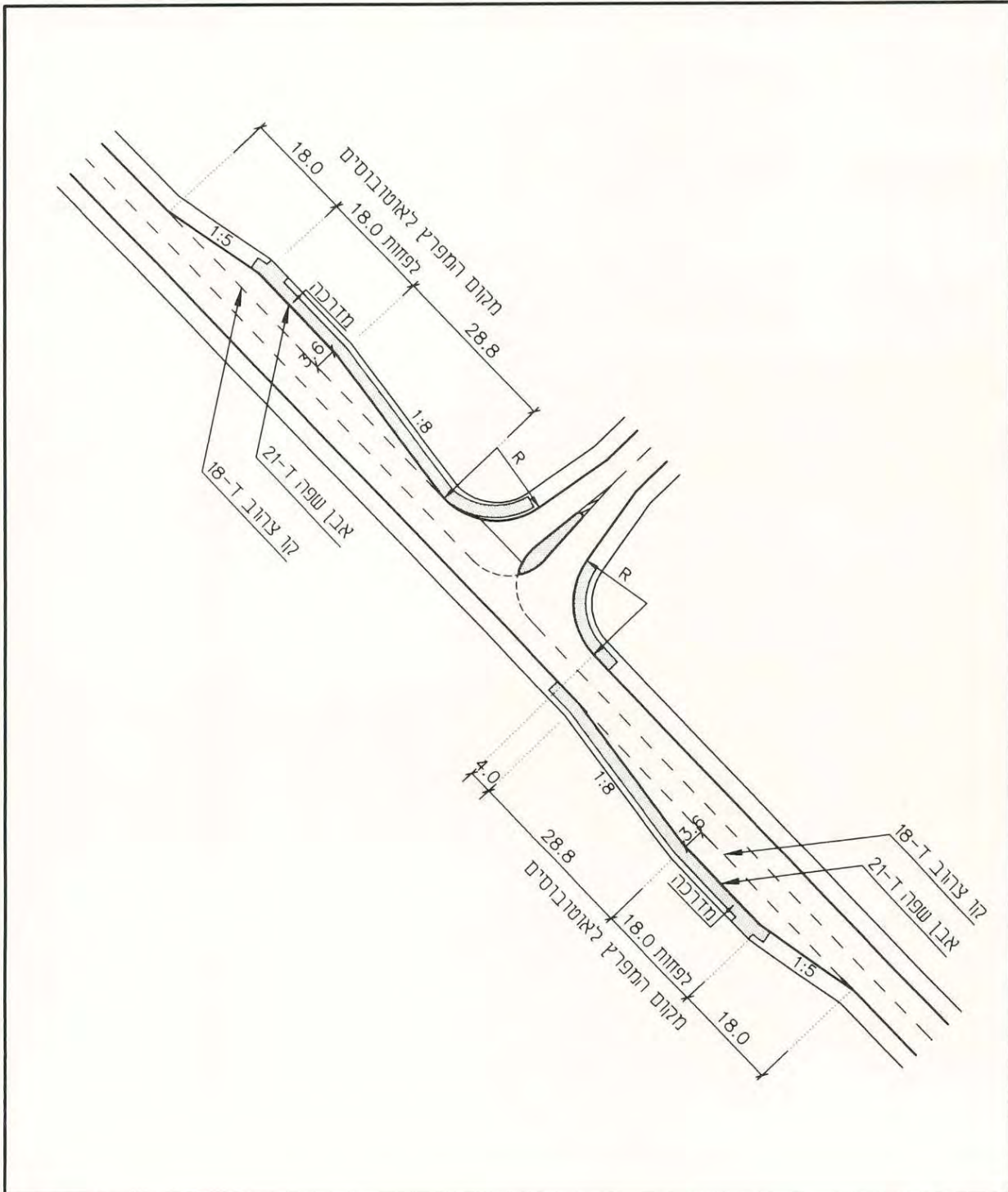
12.1.4 תחנות בצמתים מדורגים ומפוצלים

בצמתים מדורגים ומפוצלים קיים קושי במיקום תחנות אוטובוס ותחנות הסעה. מיקומן לאחר הצמתים יחייב מרחקי הליכה גדולים מאד לנוסעים המחליפים קווים בצומת. לכן, רצוי למקם תחנות בקטע האמצעי שבין הצמתים. ניתן למקם את התחנות מחוץ לצמתים, רק כאשר מרחקי ההליכה בין התחנות, הנוצרים עקב כך, לא יעלו על 150 מ'. כאשר התחנות ממוקמות בדירוג זו מול זו – התחנה שבכיוון הנסיעה תמוקם מעבר לתחנה שממולה, בכיוון הנסיעה, כדי למנוע חציית הולכי-רגל לפני האוטובוס החונה. בין התחנות יהיה מעבר-חצייה, או מעבר במפלס שונה, במידה שהם מוצדקים לפי "ההנחיות לתכן מעברי-חצייה" של המפקח על התעבורה. במקרה של חצייה במפלס הכביש, יש להבטיח באזור התחנות אי-הפרדה מרכזי בנוי, שישמש כמפלט להולכי-רגל חוצים.

בדירוג ימני, ימוקמו התחנות בקטע המרכזי במפוצים, אשר יסתיימו לפני תחילת הלכוסן לפנייה שמאלה בהסתעפות השנייה. בדירוג השמאלי, יש לשלב את התחנות בקטע המרכזי במפוצים או בנתיבי-העזר לפנייה ימינה בהסתעפות השנייה, במרחק שאינו קטן מ-100 מטר לפני תחילת הפנייה, כדי לאפשר לאוטובוס להמשיך ישר תוך חזרה לנתיב הרגיל. בנוסף, יש למקם תחנות גם בזרועות המשניות לאחר הצומת, עבור הקווים הפונים לדרך המשנית הראשונה, ימינה (בדירוג ימני) או שמאלה (בדירוג שמאלי), ולכן אינם עוברים את הקטע שבין הצמתים. המיקום המדויק בצמתים מדורגים ומפוצלים ייקבע לפי שיקול הנדסי מפורט במהלך תכן מערך הצומת כולו.

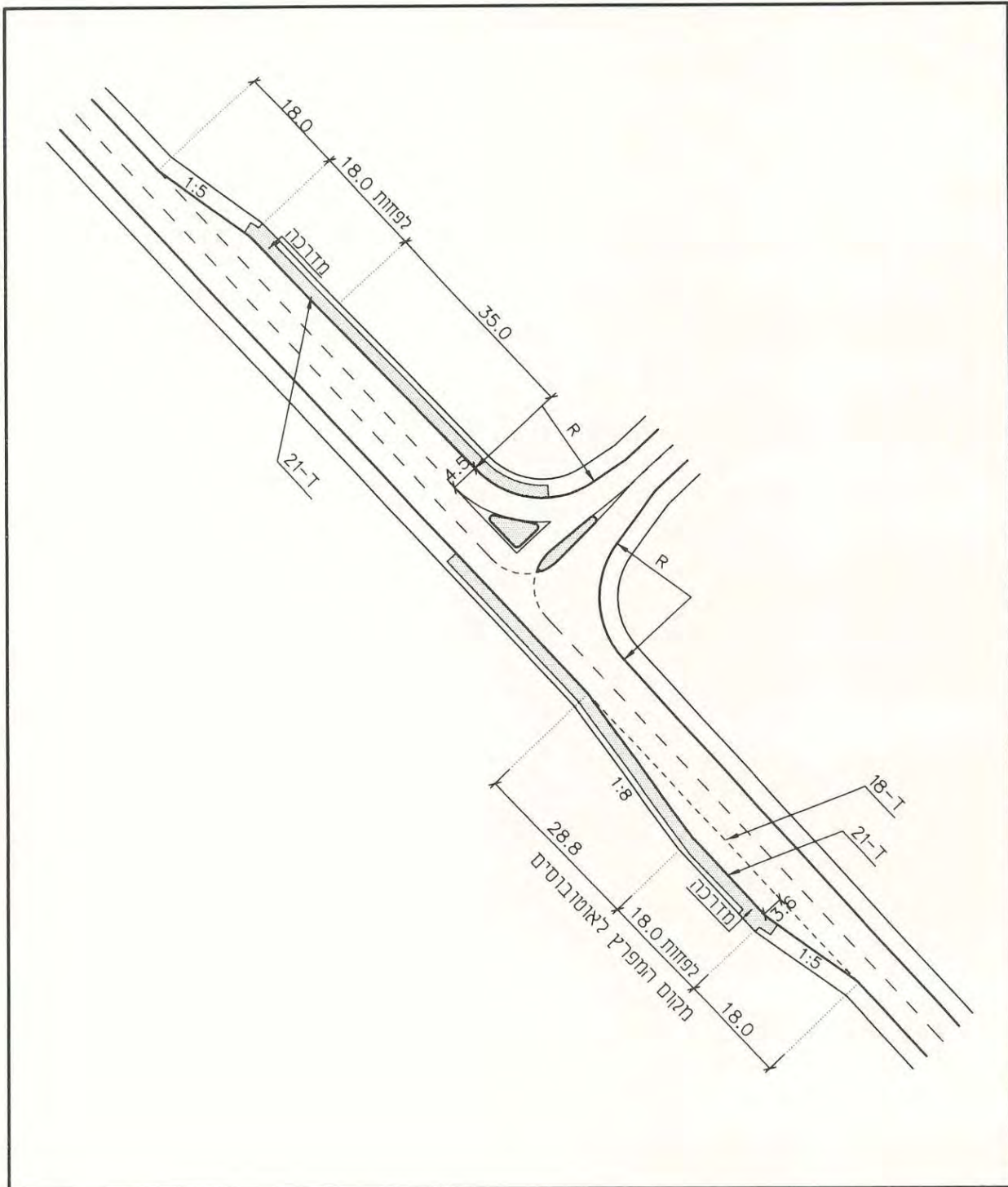
בין דוגמאות הצמתים המלוות את הפרק הבא (13), קיימות מספר דוגמאות של צמתים מדורגים שונים, בהם מוצג גם מיקום תחנות האוטובוסים.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 12.1 מיקום ופרטים של תחנות אוטובוס בהסתעפות ללא נתיבי-עזר

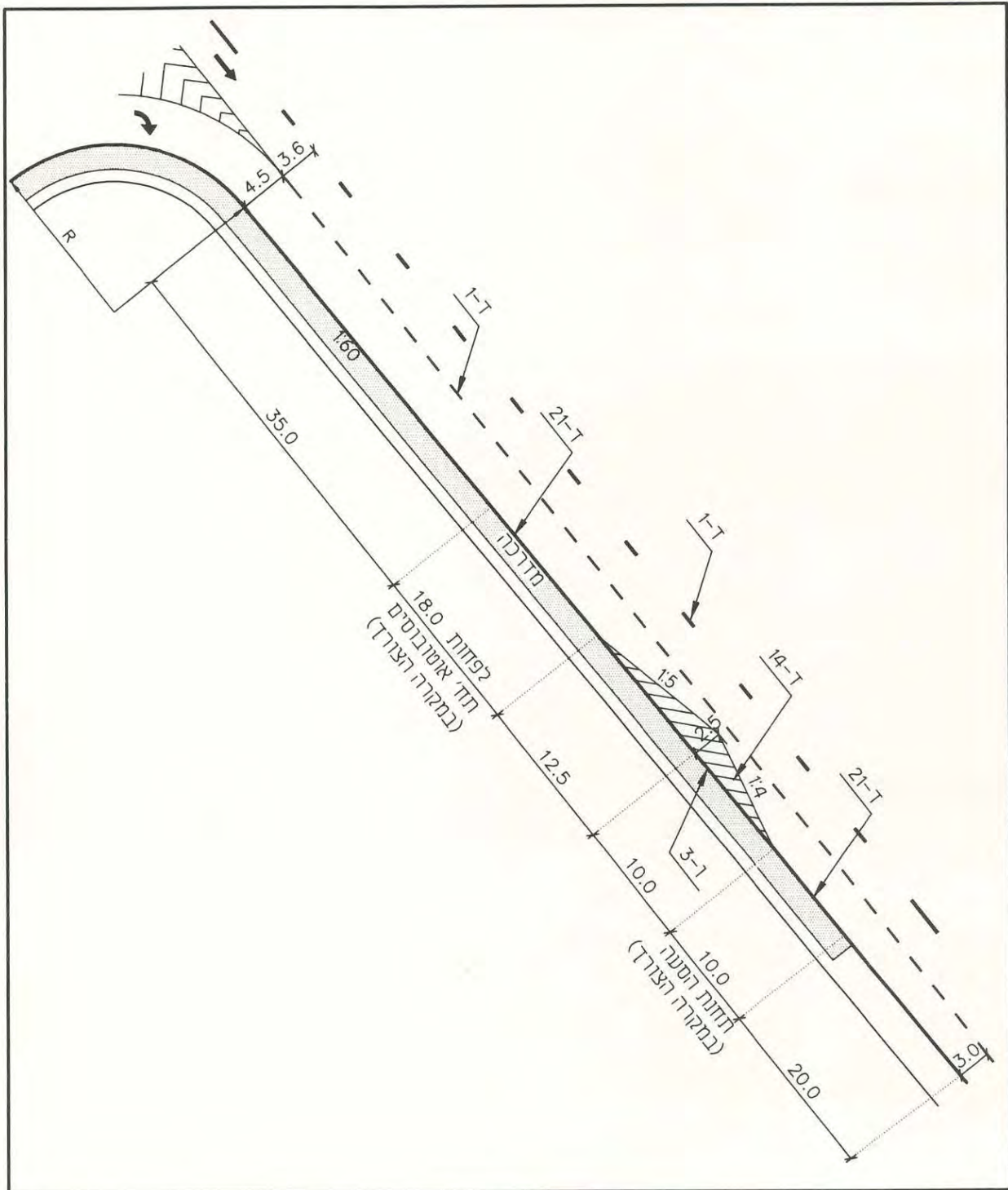
הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



מיקום ופרטים של תחנת אוטובוס בפנייה ימינה עם אי-תנועה

ציור 12.2

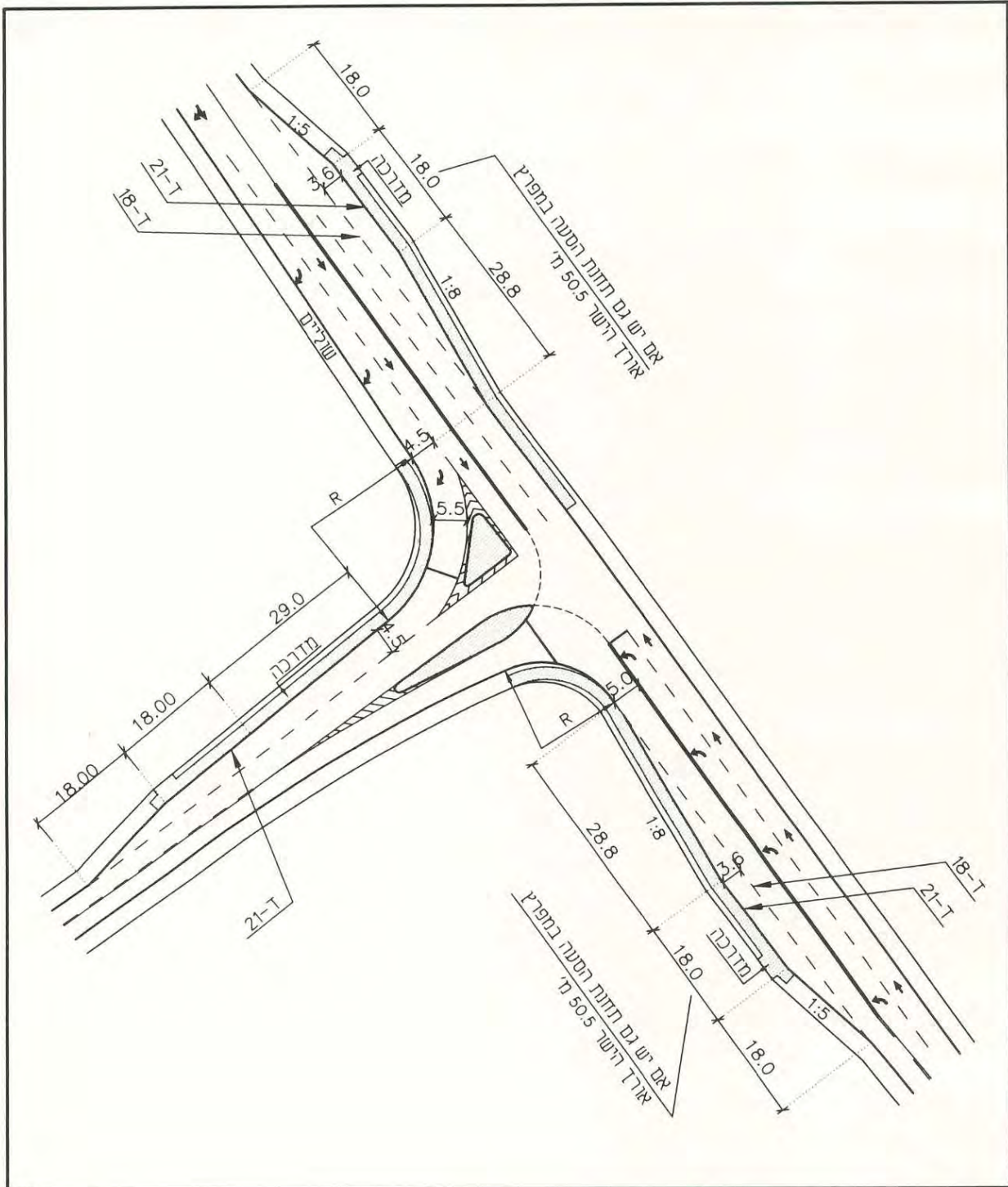
הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



מיקום ופרטים של תחנת אוטובוס ותחנת הסעה בנתיב האצה לפנייה ימינה

ציור 12.3

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



תוכנית הסתעפות עם תחנות אוטובוס ומדרכות

ציור 12.4

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

12.2 אביזרים ומתקנים

12.2.1 כללי

להשלמת התכן הכולל של הצומת דרוש שילובם של האמצעים (האביזרים והמתקנים) הבאים:

- סימון על-פני הדרך.
- תמרור, לרבות שילוט ההדרכה לפני הצומת.
- התקני רימזור.
- מעברי-חצייה להולכי-רגל.
- אמצעי הפרדה, הכוללים מעקות בטיחות להולכי-רגל וגדרות בטיחות.
- מאור דרכים.
- ניקוז.

שילובם של האמצעים המפורטים ייעשה תוך שמירה על השיקולים המנחים בתכן הצומת, כמפורט בסעיף 3.1 לעיל, ובהתאם להנחיות המיוחדות לנושאים אלה, כמפורט להלן. התכנון של כל אחד מהאמצעים הנחוצים להסדרת התנועה יבוצע בצורה עקבית ואחידה, כדי להבטיח את הבטיחות וההתמצאות בתנועה.

מאחר שחלק ממתקנים אלה הם קשיחים, בולטים מעל-פני הכביש ומצויים בתחומי הגבריט של הדרכים בצומת, יש לוודא שלא יפגעו באפשרות המעבר של כלי-הרכב המתוכננים לעבור בצומת, לרבות כלי-רכב עם מטען חורג או מידות חורגות, הצפויים לעבור בו. יש להתחשב גם בחזות הכללית של הצומת לאחר הצבת כל המתקנים.

בסעיף זה מוסברים בקצרה עקרונות השילוב של האמצעים המצוינים לעיל בתכן הצומת, למעט הסדרי התימרור, המוזכרים בסעיף 12.3 להלן.

12.2.2 סימון על-פני הדרך

הסימון על-פני הדרך בצומת נחוץ למטרות הבאות:

- הדרכה אופטית לתנועה.
- סיוע להכוונת הרכב בפניות.
- הסדרת התנועה על-ידי חלוקת שטח המיסעה לתנועות השונות.
- הסדר תנועה על-פי החוק.
- השלמת ההוראות הניתנות על-ידי התמרורים המוצבים.

סימון נאות מבטיח הן את בטיחות התנועה בצומת והן את ניצול הקיבולת של התנועות השונות.

הסימון על-פני הדרך יבוצע בהתאם למפורט בקובץ התקנות 2502 (לוח התמרורים), וכן ב"תקנות והנחיות להצבת תמרורים", של המפקח על התעבורה.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

12.2.3 מעברי-חצייה ומעקות בטיחות להולכי-רגל

בדרכים בין-עירוניות ירוכזו מעברי החצייה בצמתים. מעברי-חצייה ימוקמו במסלולי ההליכה העיקריים של הולכי הרגל, ויתוכננו כך, שיהוו בולטים לעין הנהגים המתקרבים ויאפשרו מרחקי-ראות בטוחים להולכי-הרגל, אך לא יפריעו להסדרי התנועה האחרים בצומת.

ההצדקים למתן מעברי-חצייה, ואופן מיקומם, תכנונם ושילובם בהסדרים בצומת יהיו כמפורט בהנחיות של המפקח על התעבורה: "הנחיות לתכנון מעברי-חצייה להולכי-רגל", וכן "הנחיות לאופן הצבת תמרורים". מעקות בטיחות להולכי-רגל יותקנו במקומות בהם רוצים למנוע חציית הולכי-רגל, בעיקר באי-הפרדה בנוי, עם אבן-שפה, במרכז דרך מחולקת, למניעת חצייה של הולכי-רגל בקרבת הצומת, והפנייתם למעברי-החצייה.

12.2.4 רמזורים

בצומת מרומזר, יש להציב את הרמזורים כך, שייראו היטב הן לנהגים המתקרבים מכל הכיוונים והן לנהגים הממתינים לאור הירוק. התכן של מיקום הרמזורים ושילובם במערך ההסדרים בצומת הוא חלק בלתי-נפרד מתהליך התכן הגיאומטרי של הצומת. פרטי התכן הגיאומטרי הייחודיים לצומת מרומזר מפורטים בפרק 10 לעיל בהנחיות אלה. עקרונות הרימזור, תכנון פעולת הרמזור ומתכונת הצבת עמודי הרמזור יהיו בהתאם להנחיות השונות של המפקח על התעבורה לתכנון רמזורים ולהצבתם.

12.2.5 גדרות ומעקות בטיחות

הצבתן של גדרות בטיחות בשולי הדרך ובמיפרדות יבוצע בהתאם להצדקים ולהנחיות המפורטים בסעיף 7.7 – "גדרות בטיחות", בכרך I של הנחיות אלה. כך, לדוגמא, כאשר דרך חד-מסלולית הופכת למחולקת לקראת הצומת, יוצב מעקה-בטיחות בשטח ההפרדה שנוצר, בהתאם להצדקים המפורטים בסעיף 7.7.5 בכרך I של הנחיות.

12.2.6 תאורה

הצמתים בדרכים בין-עירוניות יהיו מוארים, והתכנון הפיסי המוצג בהנחיות אלה מיועד לצמתים מוארים. בתכן המאור יש להביא בחשבון את הבלטת הצומת מסביבתו, ואת ההבחנה בעצמים המצויים בו ובמשתמשים בדרך. עמודי התאורה מהווים סיוע להכוונה האופטית ולהבלטת קיומו של הצומת גם בשעות היום, ויש לתכנן בהתאם לכך את שילוב מערכת התאורה בתכן החזותי של הצומת.

הנחיות מפורטות לתכן התאורה בצמתים נכללות בפרק המיוחד לנושא זה בהנחיות אלה (פרק 16 להלן).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

12.3 תימרור ושילוט

12.3.1 תפקידי התימרור והשילוט

מערך התימרור והשילוט הוא אחד האמצעים העיקריים לצורך השגת הדרכה יעילה ותפעול יעיל ובטיחותי בדרכים בין-עירוניות. התימרור בצומת משמש למטרות הבאות:

- אזהרה.
- הכוונה.
- הדרכה (חיובית ושלילית).
- איסורים והגבלות.
- הבטחת הסדרי הבקרה וזכות הקדימה, המתוכננים.

בכדי שהתמרורים המוצבים, בשילוב הסימנים על-פני הדרך, יהיו יעילים, מיקום כל אחד מהם חייב למלא אחר צורך מוגדר, למשוך תשומת לב, להכיל מסר פשוט וברור, ולהקנות זמן סביר לתגובה מתאימה. בכדי להבטיח מילוי דרישות אלו, על המתכנן להתחשב בשיקולים הבאים:

א. **עיצוב** – שילוב בין גורמים פיזיים, כגון; גודל, צבע וצורה למשיכת תשומת הלב ולהבהרת המסר.

ב. **מיקום** – מיקום התמרורים כך שיהיו בתוך מרחב הראייה של הנהג ויאפשרו מספיק זמן לתגובה, אך לא יהוו מכשול או סיכון בצומת.

ג. **אחידות** – יישום אחיד של תמרורים דומים למצבים דומים, לצורך הקניית ביטחון בהחלטה והרגל לנהגים.

ד. **המשכיות** – יצירת המשכיות ורצף במסרים שהנהג מקבל במהלך התקדמותו.

המרכיבים התכנוניים השונים משלימים זה את זה לצורך העברת מסר משמעותי וחד-משמעי לנהג. התכנון הנכון של תימרור בכבישים חייב להתחשב גם בהצבת הסוגים השונים של התמרורים במקומות המתאימים ביותר. למשל, הצבת שלטי הדרכה באזור בעל סכנות פוטנציאליות רבות ולפיכך בעל שלטי אזהרה מרובים תגרום להורדת יעילות שלטי ההדרכה עקב הסרת תשומת לב הנהגים מהם.

12.3.2 תפקידי שלטי ההדרכה

בקרב הצמתים מרוכזים מרבית תמרורי המודיעין וההדרכה, שמטרתם להדריך את התנועה בפשטות מירבית לצורך השגת זרימה יעילה ובטוחה. כאמור לעיל, לצורך השגת מטרה זו, על שלטים אלה למשוך את תשומת-לב הנהג, להיות קריאים ממרחקים, חד-משמעיים בתוכנם ואחידים בצורתם. בתכנון נכון, באים שלטי ההדרכה ליעל את תפעול הכביש ולא-דווקא לפתור בעיות גיאומטריות שעשויות לנבוע מתכנון לקוי. מאידך, מובן שיש לשלב בין התכנון הגיאומטרי של הכביש ותכנון מערך התימרור בו.

תפקידו החשוב של שילוט ההדרכה בצמתים הוא סיוע לנהג בשלבי ההכנה להחלטה וההחלטה, כמפורט להלן:

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- א. הכנה להחלטה:** שלטי ההדרכה המקדימים בגישה לצמתים מכינים את הנהג לזיהוי הצומת ולצורך לקבל החלטה בדבר המשך כיוון הנסיעה, ומציגים בפניו את האלטרנטיבות העיקריות להחלטה. לשלט ההדרכה המקדים יש חשיבות מיוחדת במהירות התקרבות גבוהה, וכאשר המבנה הגיאומטרי של הדרך בנקודת ההחלטה הוא מורכב, או שהוא שונה מהציפיות המקובלות של הנהג; במקרה זה חשוב שהנהג לא יופתע בנקודת ההחלטה.
- ב. החלטה:** במקומות בהם הדרך מצטלבת, מסתעפת, מתמזגת או משתנה בצורה אחרת, יוצבו שלטי הדרכה ובהם מידע תמציתי על משמעות ההחלטה של בחירת כל אלטרנטיבת דרך הנראית לעין הנהג, ומהי הדרך שיש לבחור כדי להגיע ליעד המבוקש.

12.3.3 מטרות תכנון ועיצוב שלטי ההדרכה

- כתוצאה מדרישות כלליות אלה, מתקבלת סידרה של מטרות שיש להשיג על-ידי תכנון מדוקדק של כל פרטי השלט:
- א. העברת מידע הכרחי ומספיק בכדי לאפשר לנהג להחליט על המשך נסיעתו, בלי שיידרש ממנו פיענוח ממושך של יעדים מתוך רשימה ארוכה של שמות. במילים אחרות: מניעת אינפורמציה מיותרת שתסרבל את הבנת העיקר.
- ב. הדגשה ברורה של האלטרנטיבות השונות הקיימות לפני צומת-דרכים או מחלף.
- ג. משיכת תשומת ליבו של הנהג מתוך אלמנטים אחרים שברקע (כגון; שלטי פרסומת ונופים).
- ד. אפשרות קריאת השלט תוך-כדי נסיעה, מבלי שהנהג יהיה חייב להאיט את רכבו או להסיר את תשומת ליבו מהמתרחש על הכביש עצמו.
- ה. פרטי השלט שיש לתכנן בכדי להשיג את המטרות הללו כוללים את המרווח בין האותיות, מספר מילות המסר, צורת חיצונית הכוונה, צבעי השלט, גודל השלט, אפשרות הקריאה בלילה, מיקום השלט.

12.3.4 שיקולים בהצבת שלטי הדרכה

- תמרורי ההדרכה מתחלקים לשלטי הדרכה מוקדמת ולמורי-דרך בצומת, וכן כוללים תמרורי הכוונה לנתיבים.
- הפריסה של שלטי ההדרכה מיועדת בעיקר לספק מידע לקבוצת הנהגים, שאינם מכירים היטב את הדרך, אבל יודעים מהו יעד נסיעתם. עקב הסיכוי שהנהג לא יבחין בשלט, אם מחוסר ערנותו ואם כתוצאה מהסתרת השלט על-ידי תנועה עוברת כלשהי, יש לחזור על המסר שבשלטים מספר פעמים (לפחות פעמיים), בעיקר בדרכים ראשיות עם מהירויות תכן גבוהות. כאמור לעיל, יש להקפיד על אחידות אותו מסר וצורת כתיבתו על רצף השלטים.
- כאשר המבנים הגיאומטריים בצמתים הינם פשוטים וסטנדרטיים, שלט ההדרכה המקדים יכול להיות סכמתי, כלומר, לתאר את הרעיון שבגיאומטריה ולא את פרטיה. כאשר הצומת הינו בעל גיאומטריה

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

מורכבת או צורה מיוחדת כדוגמת צומת מדורג, מפוצל או סיבובי, שצורתו או אופן התנועה בו נוגדים את ציפיות הנהג, חשוב שמבנה הצומת יתואר באופן דיאגרמטי-סכמטי בשלט ההדרכה המקדים. כן חשוב להשתמש בתמרור הכוונה לנתיבים בכל צומת מרומזר בו יש שינוי במספר הנתיבים העוברים לעומת הגישה לצומת, או שינוי מהמבנה הסטנדרטי של נתיב אחד לכל פנייה, ימינה ושמאלה. בכל מקרה של תוספת או הפחתה של נתיבים עוברים בגישות לצומת, יש להזהיר את הנהגים באמצעות תמרורי ג-44 ו-ג-45 בהתאמה.

בדרכים רב-נתיביות עמוסות, ובעיקר לקראת צמתים מפוצלים, רצוי להציב את תמרורי ההדרכה המוקדמת והחלוקה לנתיבים על-גבי גשר שילוט עילי.

אופן ההצבה המפורט של תמרורי ההדרכה ותכנון הכיתוב וההוראות שבתוכם, בשלוש שפות ובפיקטוגרמות, יהיה בהתאם למפורט ב"הנחיות לאופן הצבת תמרורים" של המפקח על התעבורה, וכן בהנחיות מיוחדות לנושא זה – "הנחיות לתכנון שילוט הדרכה בדרכים לא עירוניות", היוצאות לאור במע"צ בסמוך למועד הופעתן של ההנחיות לתכן הגיאומטרי. בהנחיות לתכן שילוט ההדרכה מפורטים, בליווי תרשימים, כללי הצבת השלטים בכל הזרועות של סוגי הצמתים השונים הנזכרים בהנחיות לתכן הגיאומטרי (הסתעפויות, הצטלבויות, צמתים מדורגים ומפוצלים).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 13

דוגמאות שונות של צמתים

תוכן עניינים

13-1.....	מבוא	13.1
13-1.....	אופן השימוש בדוגמאות	13.2
13-2.....	פרוט הדוגמאות	13.3
13-2	כללי לכל הדוגמאות	13.3.1
13-2	צמתים לא מרומזרים	13.3.2
13-5	צמתים מרומזרים	13.3.3

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 13

דוגמאות שונות של צמתים

13.1 מבוא

בפרק זה מתוארות אחת-עשרה דוגמאות של צמתים טיפוסיים, אשר הוכנו על-ידי משרד "ינון-תכנון, יעוץ ומחקר בע"מ", בהתאם להנחיות ולתרשימים שהוצגו בפרקים הקודמים. בדוגמאות אלו נכללים הן צמתים מרומזרים והן צמתים שאינם מרומזרים, במספר צורות טיפוסיות, הנפוצות ברשת הדרכים הבין-עירונית: הסתעפויות ניצבות והסתעפות שאינה ניצבת; הצטלבויות מרומזרות; צמתים מדורגים ימניים ושמאליים. הדוגמאות כוללות הן צמתים בדרכים חד-מסלוליות, והן צמתים בדרכים דו-מסלוליות, כאשר בדרכים הנפגשות בצמתים אלה מיוצגות דרכים ראשיות, דרכים אזוריות ודרכים מקומיות.

הצמתים המוצגים יתוארו בקצרה, כל אחד לגופו, בהמשך הפרק, כאשר התוכניות עצמן מופיעות בקנה-מידה מדויק בתקליטור המצורף לאוגדן. בסוף הפרק מצורפת מהדורה מצולמת מוקטנת של אותן תכניות, ללא קנ"מ, המיועדת להתמצאות של המשתמש ולקשר בין ההסבר המילולי לבין התקליטור.

13.2 אופן השימוש בדוגמאות

כל אחת מהתוכניות שבדוגמאות מייצגת צומת טיפוסי, אשר תוכן כך שיענה לכל ההנחיות, הדרישות וההצדקים המפורטים בפרקים 1 עד 12 בהנחיות אלה. בתוכניות כלולים גם הסדרי תנועה עקרוניים, המוצגים להשלמת ההסדרים הגיאומטריים, ונועדו להדגים את השילוב בין התכן הגיאומטרי לבין הסדרי התנועה. הסדרי התנועה המוצגים בתוכניות וכוללים בעיקר את הסימון על-פני הדרך, לרבות מעברי חצייה, תחנות האוטובוס, ואיי-התנועה. הסדרי התנועה והתימרור העקרוניים המוצגים בתכניות תוכנו בהתאמה לכל ההנחיות הרלוונטיות של המפקח על התעבורה שהיו בתוקף בעת כתיבת אוגדן זה, ואשר מפורטות ברשימה הביבליוגרפית בסוף האוגדן, כגון ה-"תקנות והנחיות להצבת תמרורים", "הנחיות לתכנון רמזורים", "הנחיות לתכנון מעברי חצייה", וכיו"ב.

עם זאת מודגש, כי התוכניות המוצגות בהנחיות אלה אינן כוללות במלואם את כל התמרורים והסדרי התנועה והרימזור הדרושים, שכן התכניות נועדו להמחיש את הפתרונות השונים להסדרים גיאומטריים, ואינן מהוות אסמכתא להצבת תמרורים.

כל התכניות מציגות תכן צמתים חדשים, אך יש לשאוף, במידת האפשר, להתאמת שיפורים בצמתים קיימים לפרטים המוצגים. התוכניות מוצגות בתקליטור בקנה-מידה מדויק, מתוך כוונה למנוע, ככל האפשר, עיוותים בהצגת הצמתים. המידות המוצגות באופן מפורש בתכניות הן המידות האופייניות של

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

מרכיבים סטנדרטיים. שאר המידות לפיהן נבנו התכניות מאפיינות את המקרה הפרטי המוצג, ולכן, אין למדוד מתוכניות אלה מידות של מרכיבי הצומת שאינם נתונים, לצורך יישום בתכנון אחר, והמתכנן אחראי לחישוב כל המידות הדרושות לפי הסעיפים המתאימים בהנחיות.

13.3 פרוט הדוגמאות

13.3.1 כללי לכל הדוגמאות

כפי שצוין לעיל, כל הצמתים המוצגים בדוגמאות תוכנו בהתאמה להמלצות, להנחיות, להצדקים ולפרטים המופיעים בפרקים הקודמים בהנחיות אלה. הדרכים הנפגשות עצמן מתאימות לסיווג הדרכים ברשת הבין-עירונית, כפי שהוא מוצג בכרך I של ההנחיות, ופרטי התכן של הדרכים מותאמים להנחיות באותו כרך. מידרג הצומת המתוכנן נבחן בהתאמה לדרישות בטבלה 3.2 בכרך הנוכחי. כל הצמתים המוצגים בדוגמאות תוכנו בהנחה שהם מוארים בלילה, ולכן נעשה שימוש באי-תנועה בנויים בכל מקום בו דרושים איים לפי ההצדקים בהנחיות.

כל התוכניות כוללות מיקום של תחנות אוטובוסים, המותאם לצומת בין-עירוני המשורת על-ידי קווים בכל זרועותיו. התכנון עבור התחבורה הציבורית בוצע בהתאם להנחיות בסעיף 12.1 – "תחנות אוטובוסים ותחנות הסעה". בתכנית הראשונה (J1) מצוי גם פרט של שילוב תחנת הסעה בתחנת אוטובוס. כן נכלל בכל התוכניות תכנון של מסלולי הליכה להולכי-רגל, המתבטא בתכנון מדרכות לאורך כל מסלולי ההליכה החזויים, והתאמת אי-תנועה הבנויים להעברת מסלולי החצייה המתוכננים דרכם. בצמתים המרומזרים סומנו מעברי-החצייה. בצמתים שאינם מרומזרים, לא סומנו מעברי-חצייה, אולם הותוו מסלולי ההליכה, והמרכיבים בצומת (איים, מדרכות, תחנות אוטובוס) מוקמו כך, שתוספת מעברי-חצייה בעת הצורך ניתנת לביצוע ללא שינויים גיאומטריים. הקצוות החיצוניים של המדרכות המתוכננות יתחילו במרחק של 1.0 מטר משפת הכביש, ויתקרבו אליו בהדרגה. מעבר לשוליים הפנימיים של המדרכות יהיו שוליים סלולים ממצע ברוחב 1.0 מטר.

כלי-הרכב לתכן בכל הצמתים הוא משאיות מורכבות ומחבורות, בהתאם למפורט בסעיף 3.4.4 בהנחיות.

13.3.2 צמתים לא מרומזרים

הדוגמאות כוללות תוכניות של חמש הסתעפויות לא מרומזרות וצומת מדורג אחד. חמש ההסתעפויות הן הסתעפויות "קמץ" (T), שאחת מהן אינה ניצבת, וכולן תוכנו בהתאם לפירוט בסעיף 10.3.3, ובתרשים הזרימה שבציור 10.1 המלווה אותו.

א. תוכנית J1 – הסתעפות ניצבת בין דרכים חד-מסלוליות – הרחבה פנימית

בתוכנית J1 מוצגת הסתעפות ניצבת בין דרך ראשית המשכית לדרך מקומית המסתיימת, כאשר הדרך הראשית הורחבה לצד הפנימי לצורך הכנסת הנתיב לפנייה שמאלה. שתי הדרכים חד-מסלוליות דו-נתיביות. ההסתעפות מוסדרת מלאה, כמוגדר בטבלאות 3.2 ו-3.4. בהתאם להצדקים בטבלה 5.2, יש

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

הצדק לפנייה חופשית ימינה מהראשית למקומית (באזור מישורי), ואין הצדק לפנייה חופשית ימינה מהמקומית. רדיוס הפנייה החופשית – 20 מטר, נשענת על לוכסנים, ורוחבה משתנה בין 4.50 מ' ל-5.50 מ', בהתאם למפורט בסעיף 5.3. לפני הפנייה החופשית, נדרש נתיב האטה אלכסוני בדרך הראשית, המתוכנן כמפורט בסעיף 6.4. אחרי הפנייה לדרך המקומית לא נדרש נתיב האצה באורך מלא, אלא רק הארכת הפנייה עבור הכנסת תחנת האוטובוס, כמתואר בתכנית.

הפנייה ימינה מהדרך המקומית מבוצעת ללא אי-תנועה, ולכן תהיה ברדיוס מזערי של 12.5 מטר, הנשען על לוכסן בכניסה, ומתוכנן כמפורט בסעיף 5.2. לאחר הפנייה ממוקמת תחנת האוטובוס, ואין צורך בנתיב האצה.

הפנייה ימינה לזרוע המקומית עם אי-תנועה משולש, מחייבת אי טיפה במרכז הזרוע המקומית, שיתוכנן כמפורט בסעיף 7.4.3. הזרוע המקומית מורחבת לקראת הצומת באמצעות לוכסן לצורך הכנסת האי, כמתואר בתוכנית. מוצגים גם מסלולי ההליכה של הולכי-הרגל, אשר עוברים דרך אי-התנועה הבנויים, לשיפור הגנתם ולקיצור מרחקי החצייה.

מהדרך הראשית יש הצדק לנתיב מיוחד לפנייה שמאלה לדרך המקומית, כמפורט בסעיף 6.3, והוא יתוכנן כמפורט שם. הרחבת הדרך הראשית לצורך הכנסת הנתיב מבוצעת כולה לצד הפנימי בשיעור 1:40-1:50, כמתואר בתוכנית. רדיוסי הבקרה לפניית שמאלה הם 12.5 מטר, כנדרש בסעיף 7.4.2. המשך הנתיב הנוסף יוצר "משפך" מעבר להסתעפות, המקל על הפנייה שמאלה מהדרך המקומית.

ב. תוכנית J2 – הסתעפות ניצבת בין דרכים חד-מסלוליות – הרחבה סימטרית

ההסתעפות בתכנית J2 דומה במרכיבים ובסיווג הדרכים להסתעפות שתוארה בתוכנית J1, וההבדל ביניהן נובע מאופן הרחבת הציר הראשי להכנסת הנתיב לפנייה שמאלה: בתוכנית J2, ההרחבה סימטרית משני צידי הציר הראשי, ולא חד-צדדית פנימה כמו בתכנית J1. שיפוע היסט ההרחבה, כמפורט בסעיף 6.3.5, הוא 1:40-1:50, המתאים למהירות תכן בדרך הראשית של עד 100 קמ"ש.

ג. תוכנית J2A – הסתעפות ניצבת בין דרכים חד-מסלוליות – אזור פרברי

הסתעפות זו מקבילה במאפייניה להסתעפות שבתכנית J2, אלא שהציר המשני הוא אזורי, וההסתעפות מצויה באזור פרברי (סמי-אורבני – דרך בין-עירונית החוצה אזור בנוי), בניגוד להסתעפויות J1 ו-J2, המאפיינות אזורים בין-עירוניים מובהקים. המאפיינים הייחודיים לאזור הפרברי, המייצג דרכים רבות, בעיקר במחוז תל-אביב והמרכז, הם תנועה גדושה, ופעילות רבה של הולכי-רגל ותחבורה ציבורית. מאפיינים אלה מחייבים ביצוע מספר שינויים והתאמות בתכנון ההסתעפויות לצורך ההתחשבות במשתמשים בדרך באזורים אלה, לדוגמה: אי התנועה במרכז הדרך הראשית הוא בנוי, ברוחב מזערי של 2.0 מטר. מטרות האי הבנוי הן ריסון התנועה, שיפור ההגנה על הפונים שמאלה, ומתן מקלט להולכי-הרגל. באזורים כאלה תכיפות הצמתים גבוהה, חלק מהצמתים מרומזרים, ולכן הנהגים אינם מופתעים מקיום מכשולים בנויים בציר הראשי.

כדי לשפר את תפקוד היציאה מהציר המשני בהסתעפות, ולהקל על אפשרויות החצייה להולכי-הרגל, הוכנס אי משולש בפנייה ימינה מהזרוע האזורית, בהתאם להצדק בטבלה 5.2. האי מחייב תוספת נתיב מיוחד לפנייה זו, מקביל, שיתוכנן כמפורט בסעיף 6.4, ונתיב אלכסוני קצר אחרי הפנייה, שישמש

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

להשתלבות בתנועה ולמיקום תחנות האוטובוסים וההסעה. בציר ראשי חד-מסלולי אין הצדק לנתיב האצה באורך מלא, כמפורט בסעיף 6.5.

בשולי התוכנית מופיע בהגדלה פרט של גירסה מרומזרת להסתעפות זו, בה לא בוצעו שינויי ניתוב, והתווספו מעברי-חצייה. בהסתעפויות כאלה, מעבר החצייה לרוחב הדרך הראשית ימוקם בזרוע שמימין לדרך המשנית, כך שהחצייה תתאפשר במקביל למופע הרמזור המיועד לפנייה שמאלה מדרך זו (הדרך האזורית במקרה זה).

ד. תוכנית J3 – הסתעפות ניצבת עם דרך דו-מסלולית

בהסתעפות זו, הציר ההמשכי הוא דו-מסלולי. תוכנית זו מתאימה למקרה בו הציר המשני (אזורי בדוגמא זו) הינו בעל תנועה דלילה, אחרת יהיה הצדק לרימזור ההסתעפות.

בדרך הדו-מסלולית, נדרשים תמיד נתיב מיוחד לפנייה שמאלה, המתקבל באמצעות הצרת המיפרדה, ונתיבי האטה והאצה אלכסוניים לפניות ימינה, המשולבים בפניות החופשיות עם אי-תנועה משולש, כמפורט בסעיפים המתאימים בפרק 6. התוכנית מציגה גם נתיב מקלט והאצה לפנייה שמאלה מהדרך המקומית לראשית, הנדרש במקרים של פנייה שמאלה לדרך דו-מסלולית עמוסה, והמתוכנן בהתאם לדרישות בסעיף 6.6.

שאר פרטי התכן, לרבות של ניתוב הזרוע האזורית, דומים לפרטי התכן של ההסתעפות באזור הפרברי בתוכנית J2A (ראה ג' לעיל).

ה. תוכנית J4 – הסתעפות בזווית 75° בין דרכים חד-מסלוליות

תוכנית זו מבוססת על הפתרון הניצב בהרחבה הסימטרית, המוצג בתוכנית J2. התוכנית מיועדת להצגת השינויים ההנדסיים הנדרשים עקב הסטייה מניצבות הציר המשני, שינויים שעיקרם הגדלת רדיוסי שתי הפניות ימינה עקב השינוי בזווית, בהתאם לדרישות בסעיפים 5.2 ו-5.3 בהנחיות. בהסתעפות בזווית שאינה ניצבת, הניתוב במרכז הדרך המשנית חייב להיות בנוי. שאר פרטי התכן זהים לפתרונות המוצגים בתוכניות J1 ו-J2.

ו. תוכנית J5 – צומת מדורג ימני בין שתי דרכים חד-מסלוליות

בתוכנית זו מוצג צומת מדורג ימני בין דרך ראשית חד-מסלולית המשכית, לבין דרך מקומית שזרועותיה דורגו. הצומת מתוכנן בהתאם לכל ההנחיות שבסעיף 10.5, המוקדש לצמתים מדורגים.

צומת מדורג צריך להיות מוסדר במלואו. במקרה זה, הניתוב בשתי הדרכים הוא בנוי, כדוגמת הפתרון בתוכנית J2A. בדרך הראשית, נדרשים נתיבים מיוחדים לכל הפניות ימינה ושמאלה, המתוכננים כמפורט בפרק 6. הפניות ימינה מהדרך המשנית אינן חופשיות, כדי לא ליצור ניגודים מסוכנים בקטע שבין שתי הזרועות המקומיות, היות וחלק מהפונים ימינה יפנו שמאלה מיד לאחר מכן בהסתעפות הסמוכה.

שני הנתיבים לפניות שמאלה בדרך הראשית בקטע שבין ההסתעפויות, ממוקמים האחד בהמשך השני. תכן זה אפשרי, כאשר הפניות שמאלה חלשות יחסית, ואורך האחסנה הדרוש לשתי הפניות יחד, קטן

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

מהמרחק שבין הזרועות המדורגות. אחרת, ידורגו שתי הפניות במקביל, תוך הרחבת הקטע, כמפורט בסעיף 10.5.4.

שאר פרטי התכן דומים למפורט ביחס להסתעפויות שבתכניות J1, J2, J2A.

13.3.3 צמתים מרומזרים

הדוגמאות כוללות תוכניות של חמישה צמתים מרומזרים. עקרונות התכן והניתוב בצמתים מרומזרים מבוצעים בהתאם להנחיות שבסעיפים 6.2 ו-10.2.

א. תוכנית J6 – הצטלבות בין שתי דרכים ראשיות דו-מסלוליות

ההצטלבות מתוכננת בהתאם לעקרונות המוצגים בסעיף 10.4 ובתרשים הזרימה בציור 10.8, המתלווה אליו. בכל הזרועות נשמרת רציפות של שני נתיבים לנסיעה ישר. כל הפניות ימינה חופשיות, ברדיוס 25 מטר, עם נתיב האטה מקביל לפנייה, ונתיב האצה אלכסוני אחריהן, בהתאם לפרטים שבפרק 6. בכל הזרועות נדרש נתיב מיוחד לפנייה שמאלה, המתוכנן לפי סעיף 6.3. במקרה של דרישה גדולה לפנייה שמאלה, יש אפשרות להקצות לה שני נתיבים, כמתואר באחת הפניות בצומת זה. לא יינתנו שתי פניות דו-נתיביות נגדיות המבוצעות במקביל, שדורשות מרווחים גדולים בין הפניות. פניות שמאלה בו-זמנית יתוכננו כמפורט בסעיף 7.4.5 בהנחיות. רדיוסי הבקרה של הפניות שמאלה נעים בין 17 ל-21 מטר. בתוכנית מוצגת גם הגדלה של לב הצומת, על פרטי איי-ההפרדה, רדיוסי הבקרה והסדרי הניתוב לפניית שמאלה.

ב. תוכנית J7 – הצטלבות בין שתי דרכים חד-מסלוליות

תוכנית J7 הוכנה בהתאם לעקרונות דומים לתוכנית J6, אלא ששתי הדרכים הנפגשות בצומת הן חד-מסלוליות, אך בסיווג גבוה (ראשית ואזורית), ובנפחי-תנועה המצדיקים את רימזור הצומת.

הדרך הראשית מורחבת באזור הצומת, כדי להגדיל את מספר הנתיבים המיועדים לנסיעה ישר ברמזור לשניים, בנוסף לנתיבים הדרושים לפניית שמאלה וימינה, בהתאם לכללים המפורטים בסעיף 6.2. הנתיב שנותר המשכי בדרך הראשית הוא השמאלי, כאשר הנתיב שנוסף לפני הצומת ונקטע אחריה הוא הנתיב הימני, בהתאם להנחיות בסעיף 6.2.1.

בדרך האזורית נדרש נתיב לפנייה החופשית ימינה, שלפניו נתיב נפרד מקביל, כמפורט בסעיף 6.4. לשיפור תפקוד הצומת, יש ברמזור נתיב אחד ישר ואחד שמאלה. לקראת הצומת מורחבת הדרך האזורית לשם הכנסת אי-ההפרדה במרכז הדרך לקראת הרמזור. בדרך האזורית, אין צורך בנתיבי האצה באורך מלא, והנתיב לפנייה ימינה מהראשית ייגמר לאחר המפרך הדרוש לתחנות האוטובוס.

רדיוסי הבקרה לפניית שמאלה, 15.0 מטר, הם המזעריים לצמתים מסוג זה. יתר פרטי-התכן לצומת הם כמפורט ביחס לתוכנית J6.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ג. תוכנית J8 – צומת מדורג שמאלי מרומזר

בתוכנית J8 מתואר צומת מדורג שמאלי, בין שתי דרכים ראשיות דו-מסלוליות. הצומת מתוכנן בהתאם לעקרונות המפורטים בסעיף 10.5 בהנחיות. בדרך המדורגת, יש שני נתיבים לפניות שמאלה ברמזור, אשר יתוכננו כמפורט בסעיף 7.4.5 בהנחיות. בשתי הזרועות המדורגות, יש פניות ימינה חופשיות עם אי-תנועה משולש, שלפניהן נתיב-עזר מקביל. המשך הפניות לתוך הדרך ההמשכית, לקטע שמחוץ להסתעפויות, מחייב נתיבי-האצה אלכסוניים שיתוכננו כמפורט בסעיף 6.5.

בקטע שבין שתי ההסתעפויות יוכנסו נתיבי-ההאטה המקבילים לפניות ימינה לזרועות המשניות. נתיבים אלה יוארכו ככל האפשר, לשיפור תפקוד הצומת, והלכסון הקצר שבתחילתם יתחיל מיד עם התיישרות כלי-הרכב לאחר סוף הפנייה שמאלה מהזרוע המדורגת. האורך המרבי האפשרי של נתיבים אלה מוגבל על-ידי המרחק בין הזרועות המדורגות.

בשל המרחק הקצר בין הזרועות המדורגות, ימוקמו תחנות האוטובוסים מחוץ לקטע שבין ההסתעפויות, כמתואר בתכניות, ובהתאם לעקרונות בסעיף 12.1. שאר פרטי הצומת יהיו כמפורט בתכנית J6. בתוכנית מופיע בהגדלה לב ההסתעפות עצמה, להצגת הסדרי הניתוב והבקרה המפורטים.

ד. תוכנית J9 – צומת מדורג ימני מרומזר

בתוכנית J9 מוצג צומת מדורג ימני מרומזר בין דרך ראשית דו-מסלולית לדרך אזורית חד-מסלולית. הצומת מתוכנן בהתאם לעקרונות שבסעיף 10.5. הפניות ימינה מהדרך האזורית (המדורגת) לראשית חייבות להיות מרומזרות, היות והתנועה ההמשכית בדרך האזורית חייבת לפנות מיד שמאלה בהסתעפות הסמוכה. במקרה זה נדרש תאום בין הרמזורים בשתי ההסתעפויות, לאפשר תנועה זו ב"גל ירוק". הפניות שמאלה מהדרך הראשית לאזורית הן חד-נתיביות, ושני הנתיבים לפניות שמאלה מדורגים ברצף, זה לאחר זה. אם יש צורך באורך אחסנה גדול יותר, ניתן למקם את הנתיבים זה לצד זה (במקביל), כמפורט בסעיף 10.5.4. אם נדרשת פנייה שמאלה מנתיב נוסף בדרך הראשית (ביחד עם הנסיעה ישר), יש צורך להרחיב את הדרך האזורית באזור הצומת, כדי לאפשר פנייה משני נתיבים במקביל.

בדרך האזורית לא נדרשים נתיבי האטה והאצה באורך מלא. הנתיבים לפנייה ימינה יהיו מקבילים ויחושבו משיקולי אחסנת תורים לפנייה, כמפורט בסעיף 6.4. נתיבי ההשתלבות בתנועה לאחר הפנייה ימינה יהיו באורך 50 מטר עם לוכסן באורך 18 מטר, כנדרש למיקום תחנות האוטובוסים. לשאר פרטי התכן ראה תכנית J6.

ה. תוכנית J10 – הסתעפות מרומזרת בין דרכים דו-מסלוליות

בתוכנית J10 מוצגת הסתעפות מרומזרת בין שתי דרכים דו-מסלוליות. שתי הפניות שמאלה, בין שתי הדרכים, מבוצעות משני נתיבים במקביל, תכנון שאפשרי רק כאשר הפניות מבוצעות לתוך זרוע דו-מסלולית. בזרוע ההמשכית, יחושב אורכו של הימני מבין שני נתיבי הפנייה שמאלה, משיקולי האטה ואחסנה כאחד, כמפורט בסעיף 6.3, ואילו הנתיב השמאלי מבין השניים יתחיל מאוחר יותר, ויחושב משיקולי אחסנה בלבד.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

שני הנתונים הבסיסיים של הדרך המסתיימת הופכים לנתונים לפנייה שמאלה, והזרוע מורחבת כדי להכניס את הנתון לפנייה החופשית ימינה, כך שלא ייחסם על-ידי הממתינים לפנייה המרומזרת שמאלה.

בזרוע המסתיימת, ההתקרבות להסתעפות היא במהירות נמוכה, ולכן אורך הנתונים לפנייה שמאלה וימינה מדרך זו יחושב רק משיקולי אחסנה ומניעת חסימת נתיבים, כמפורט בפרק 6. לשאר פרטי התכנן ראה תכנית J6.

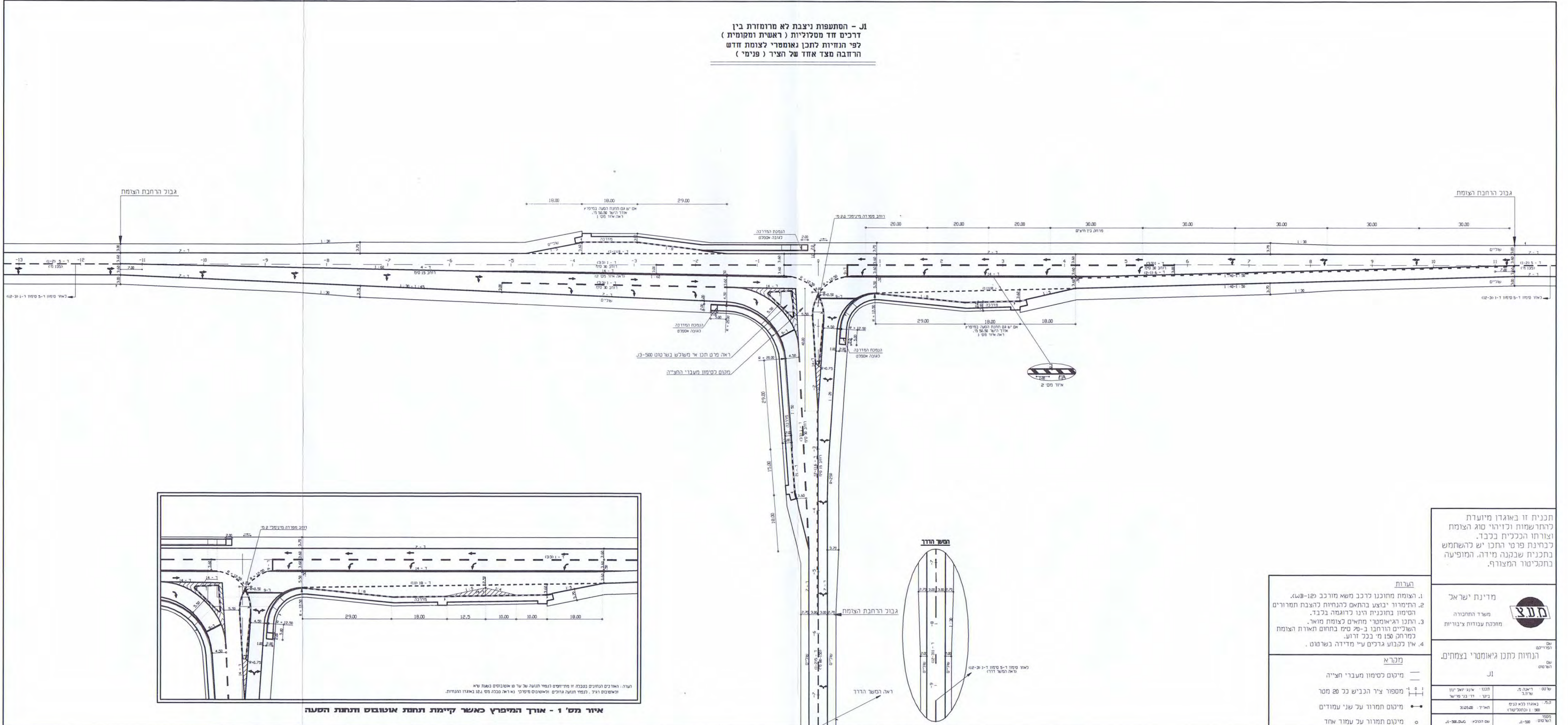
טבלה 13.1 רשימת התכניות של צמתים טיפוסיים

מספר	מספר התוכנית	שם התוכנית	קנ"מ
1	J1-500.DWG	הסתעפות ניצבת לא מרומזרת בין דרכים חד-מסלוליות (ראשית ומקומית), הרחבה מצד אחד של הציר.	באוגדן: ללא קנ"מ בתקליטור: 1:500
2	J2-500.DWG	הסתעפות ניצבת לא מרומזרת בין דרכים חד-מסלוליות (ראשית ומקומית), הרחבה משני צידי הציר.	באוגדן: ללא קנ"מ בתקליטור: 1:500
3	J2A-500.DWG	הסתעפות ניצבת לא מרומזרת בין דרכים חד-מסלוליות באזור פרברי (ראשית ואזורית).	באוגדן: ללא קנ"מ בתקליטור: 1:500
4	J3-500.DWG	הסתעפות ניצבת לא מרומזרת בין דרך דו-מסלולית לדרך אזורית חד-מסלולית.	באוגדן: ללא קנ"מ בתקליטור: 1:500
5	J4-500.DWG	הסתעפות לא מרומזרת בין דרכים חד-מסלוליות (ראשית ומקומית), זווית בין צירים 75 מעלות.	באוגדן: ללא קנ"מ בתקליטור: 1:500
6	J5-500.DWG	צומת מדורג ימני לא מרומזר בין דרכים חד-מסלוליות (ראשית ומקומית).	באוגדן: ללא קנ"מ בתקליטור: 1:500
7	J6-1000.DWG	הצטלבות מרומזרת בין דרכים ראשיות דו-מסלוליות.	באוגדן: ללא קנ"מ בתקליטור: 1:1000
8	J7-1000.DWG	הצטלבות מרומזרת בין דרכים חד-מסלוליות (ראשית ואזורית).	באוגדן: ללא קנ"מ בתקליטור: 1:1000
9	J8-1000.DWG	צומת מדורג שמאלי מרומזר בין דרכים ראשיות דו-מסלוליות.	באוגדן: ללא קנ"מ בתקליטור: 1:1000
10	J9-1000.DWG	צומת מדורג ימני מרומזר בין דרך ראשית לדרך אזורית.	באוגדן: ללא קנ"מ בתקליטור: 1:1000
11	J10-1000.DWG	הסתעפות ניצבת מרומזרת בין דרכים דו-מסלוליות.	באוגדן: ללא קנ"מ בתקליטור: 1:1000

הערות: (1) לתיאור מילולי והסברים ביחס לתכניות, ראה סעיפים 13.1-13.3 לעיל.

(2) כל התכניות הינן עקרוניות, ולא הוכנו בהתאמה לצומת מסוים. על המתכנן מוטלת החובה להתאים בכל צומת את התנוחה והמידות שבתוכניות למצב האמיתי באתר.

11 - הסתעפות ניצבת לא מרומזת בין דרכים חוד מסלוליות (ראשית ומקומית) לפי הנחיות לתוכן נאומטרי לצומת חדים הרחבה מצד אחד של הציר (פנימי)



תכנית זו באוגדו מיועדת להחלפת וכלייה סוג הצומת וצורתו הכללית בלבד. כתיבת פרטי התוכן יש להשתמש בתכנית שבקנה מידה המופיעה בתקנון המצורף.

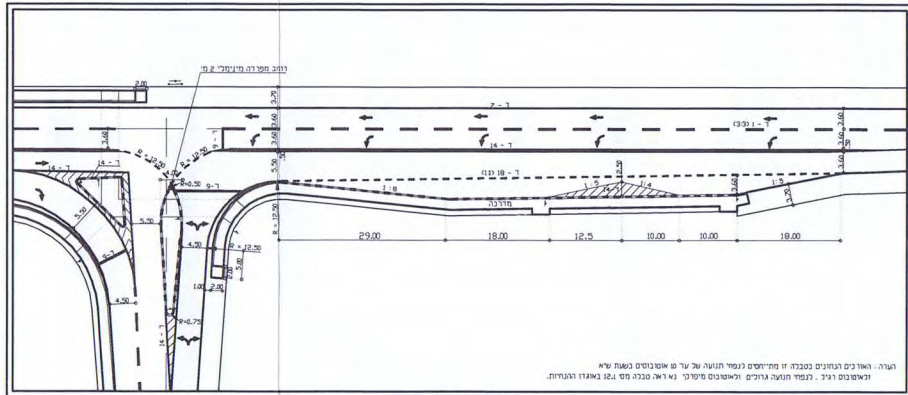


מדינת ישראל
משרד התחבורה
מחלקת עבודות ציבוריות

- הערות**
1. הצומת מחונקו כרכב משא מורכב 12-18 טון.
 2. התימור יוצג בהתאם להנחיות לצומת תמורים והסימון בתוכנית הונה לדוגמה בלבד.
 3. התוכן האינאומטרי מחלים לצומת מואך. השלבים הורחבו ב-20 סמ' בחרום תאורת הצומת למרחק 150 מ' בכל זרוע.
 4. אלו לקבוע גרילים עיי מדידה בשטחים.

הנחיות תוכן גיאומטרי בעצמיתם.

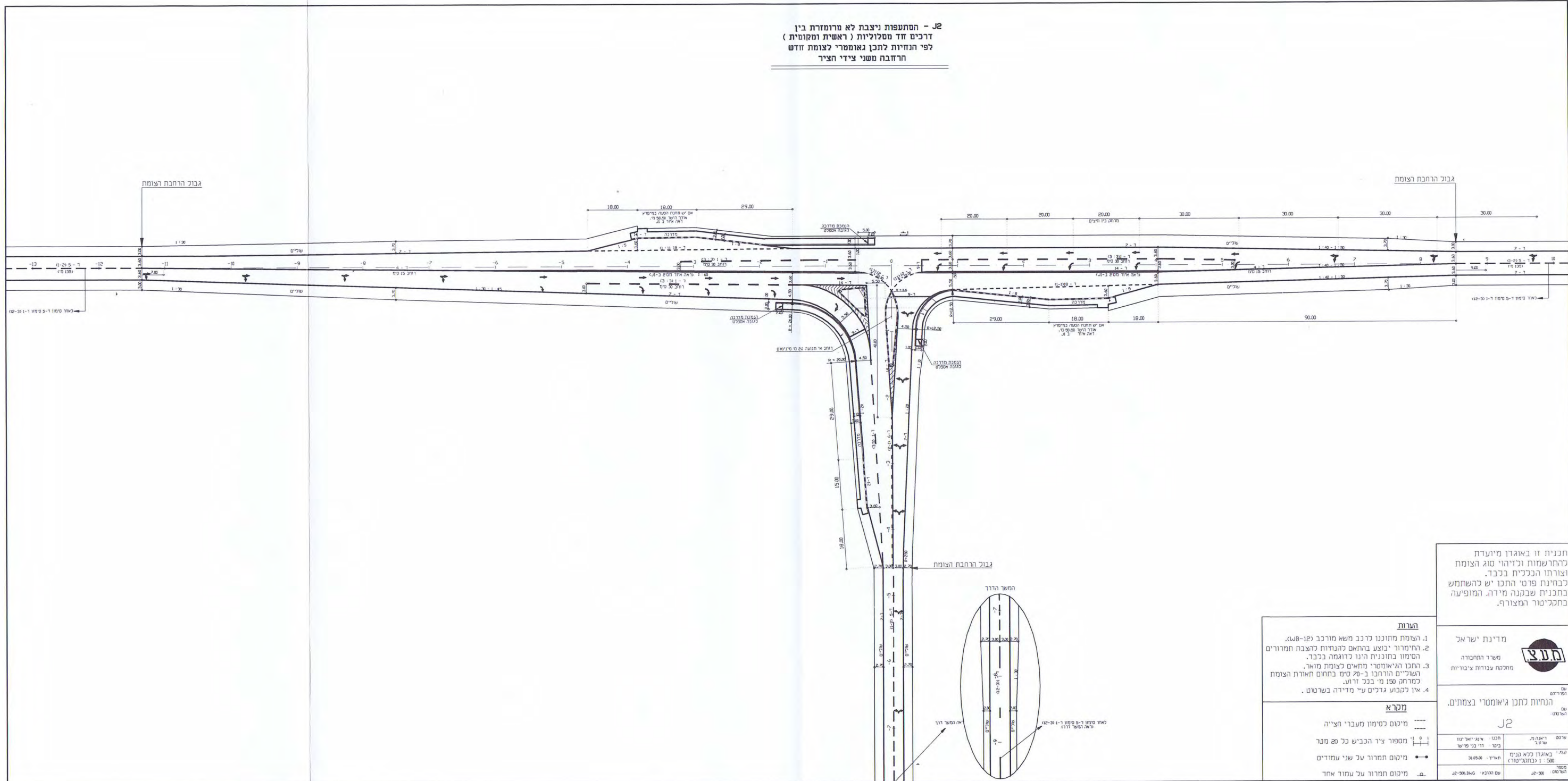
שם	מס	מיקום	מס
11	11	מיקום לסימון מעברי הציחה	11
12	12	מיקום תמור על שני עמודים	12
13	13	מיקום תמור על עמוד אחד	13



הערות: האורך המודרני נבנה על מנת להקטין את האורך של הסימון המודרני. האורך המודרני נבנה על מנת להקטין את האורך של הסימון המודרני.

איור מס' 1 - אורך המיפץ כאשר קיימת תחנת אוטובוס ותחנת הסעה

J2 - הסתעפות ניצבת לא מרוזרת ב"ן
דרכים חד מסלוליות (ראשית ומקומית)
לפי הנחיות לתכנן גאומטרי לצומת חזש
הרחבה משני צידי הציב



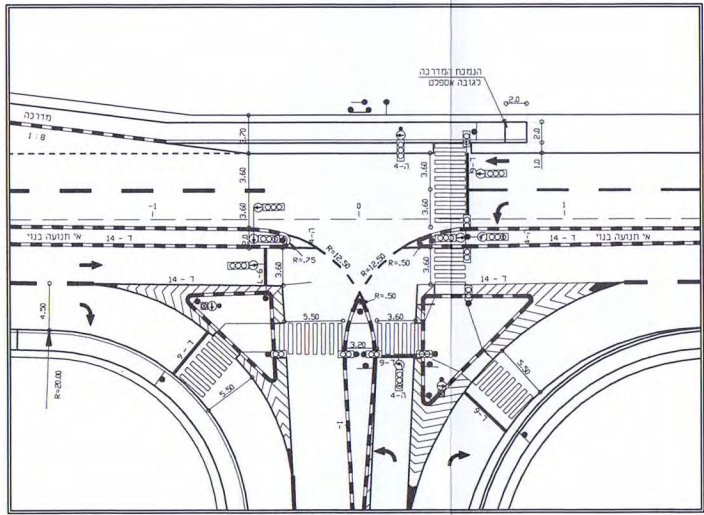
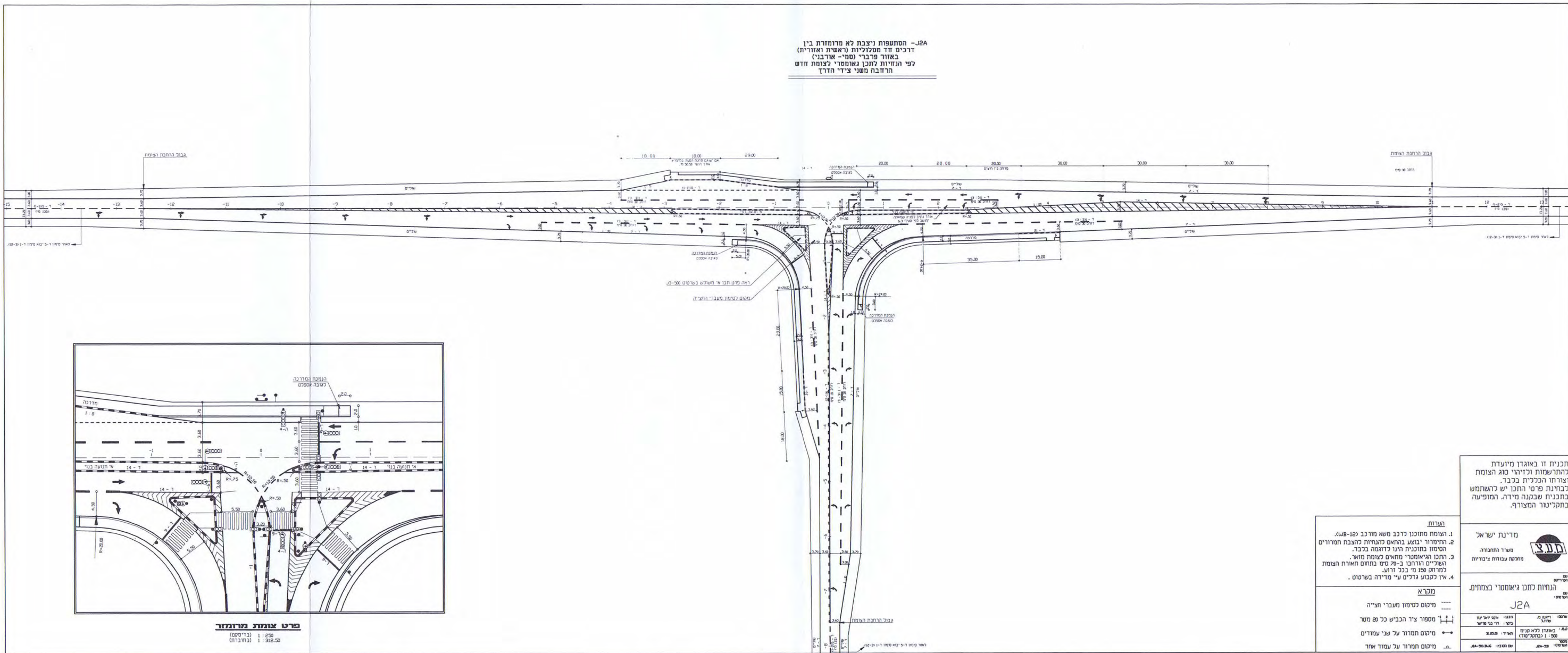
חכנית זו באוגדן מיועדת להחשמות וכיוריה סוג הצומת וצורתו הנכלית בלבד. לבחינת פרטי החכו יש להשתמש בחכנית שבקנה מידה המופיעה בחקיסור המצורף.

- הערות**
1. הצומת מחוננו לרכב משא מורכב (12-18).
 2. החימור יבוצע בהתאם להנחיות להצבת חמורים הסמוך בחוננית הינו כדוגמה בלבד.
 3. החכו האימטרי מחאים לצומת מואר, המשלבים הורחבו ב-20 סמ' בתחום האורח הצומת למרחק 50 מ' בכל זרוע.
 4. אלו לקבוע גדלים ע"י מידה בשרטוט.

- מקרא**
- מיקום לסימון מעברי הצייה
 - מספור ציר הכביש כל 20 מטר
 - מיקום חמור על שני עמודים
 - מיקום חמור על עמוד אחד

מדינת ישראל	
משרד התחבורה מחלקת עבודות ציבוריות	
הנחיות לתכנן גאומטרי בצמתים.	
J2	
שם רישומה ש"פ	חננו אנונימלית
המ"ל באוגדן לכא תניח 1:500 (בתכניסור)	בנין דוד בני פיש
תאריך 20.01.2010	חאירי 20.01.2010
מספר השרטוט	שם ואובני 20-000-000

J2A - הסטנפוט ויצבת לא מרומרת ב"ן
דרכים חד מסלוליות (ראשית ואחרית)
באזור פרנדי (סמי-אדריג)
לפי תנודות לתוכן גאומטרי לצומת חדש
הרחבה משני צידי הדרך



פרט צומת מרומרת
 1 : 250 (ב"ד סקט)
 1 : 502.50 (ב"ד ברוח)

תכנית זו באגוד מיועדת לרתום שמות וכיוונוי סוג הצומת וצורתו הבניית בכ"ב. לכוונת פנטי התוכן יש להשתמש בתכנית שבמנה מידה. המופיעה בתקניטור המצורף.

- הערות**
1. הצומת מוחזקו כרכב משא מורכב (25-40).
 2. התמונה יבוצע בהתאם לתנודות לצומת תמרויים הסימון בתוכנית ורנו דוגמה בכ"ב.
 3. תוכן הציאמטרי מוחאם לצומת מואר. השנייים והוחכו ב-קט סימ בתחום האורח הצומת למרחק 150 מ' בכל דווע.
 4. אלו לטובע גדלים ע"י מדידה בשרטוט.
- מקרא**
- מיקום נסיוון מעברי חציה
 - 1 : 2 מספור ציד הבכיש כל 20 מטר
 - מיקום תמרוור על שני עמודים
 - מיקום תמרוור על עמוד אחד



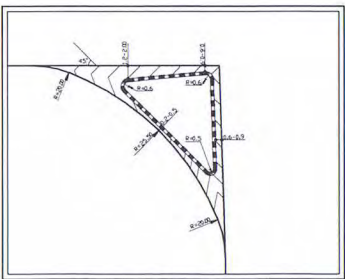
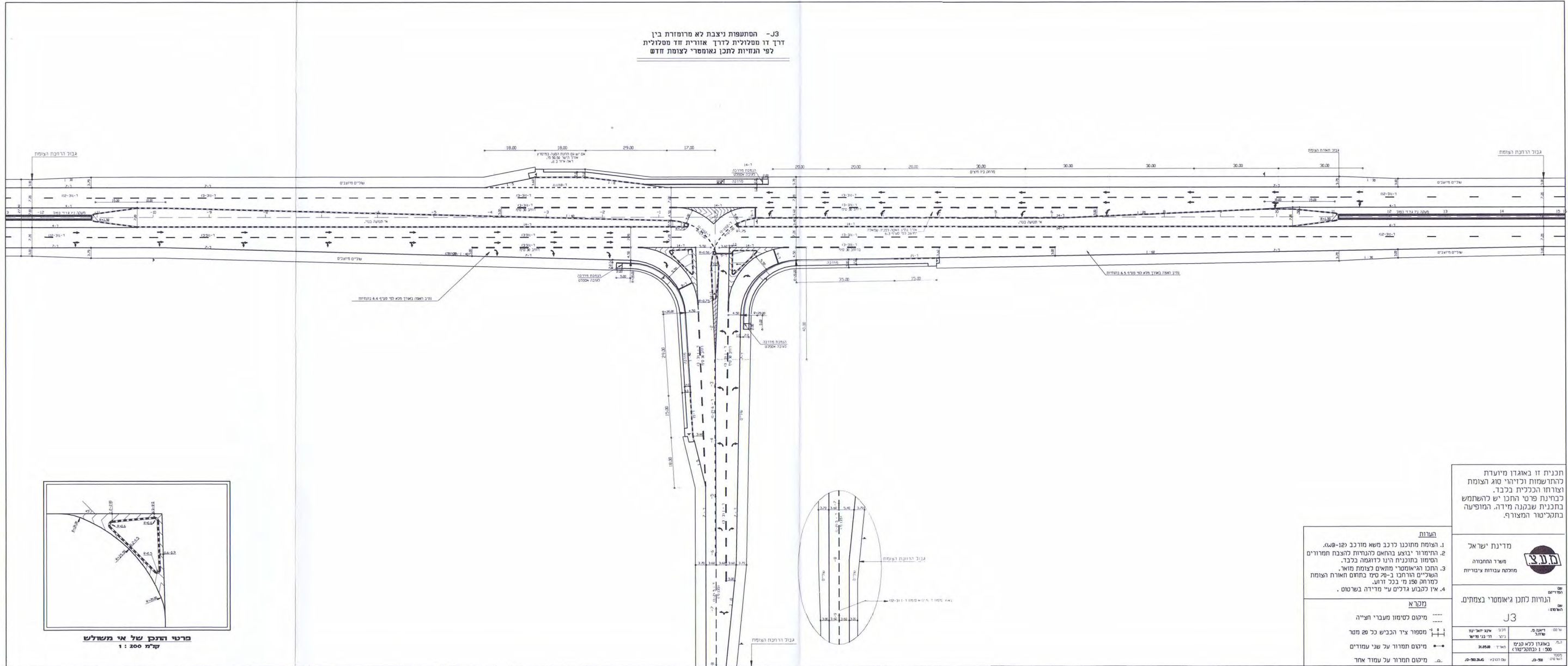
מדינת ישראל
 שער התחבורה
 מנהלת עבודת צבירות

הנדיות לתוכן גיאומטרי בצמתים.

J2A

שם:	אוריאל
תאריך:	10/10/2010
מיקום:	פרנדי
מספר:	2010-0000
מחבר:	אוריאל
מיקום:	פרנדי
מספר:	2010-0000

J3 - הסתעפות ניצבת לא מרוזרת בין דרך זו מסלולית לדרך אזורית חד מסלולית לפי הנחיות לתכנן גאומטרי לצומת חזם



פרט והיבט של אי משולש
ק"מ 1 : 200

תכנית זו באוגדן מיועדת להורשמות וכדיהוי סוג הצומת וצורתו הבניית בלבד. כתיבת פרטי תוכנו יש להשתמש בתכנית שבמנה מידה. המופעה בתקליטור המצורף.

מדינת ישראל
משרד התחבורה
מחלקת עבודות ציבוריות



הנחיות לתכנן גאומטרי בצמתים.
J3

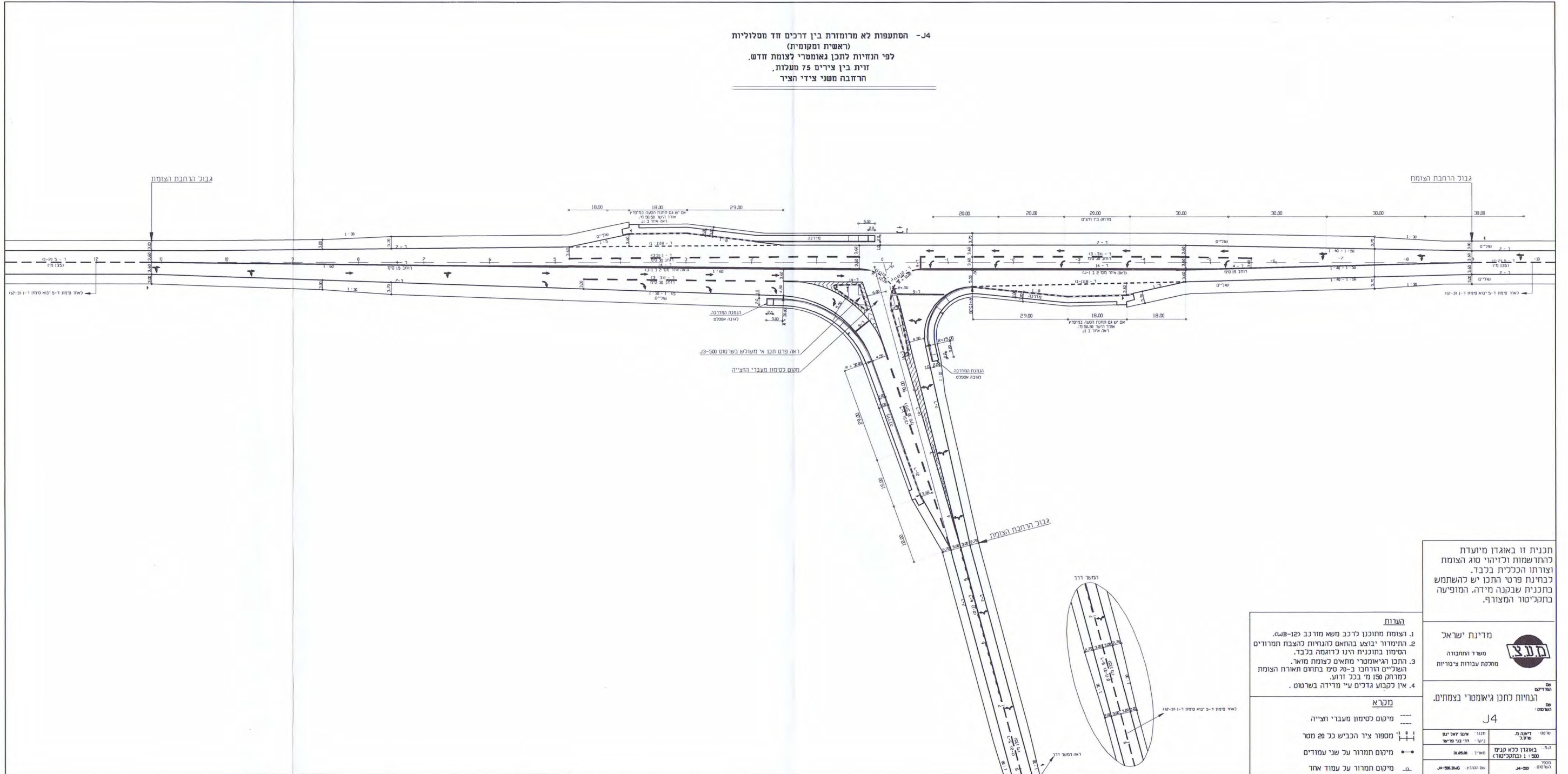
- הערות**
1. הצומת מתוכנן כרכב משא מורכב 120-150.
 2. החימום יבוצע בהתאם להנחיות להצבת חסרונים הסימו בתוכנית והינו לדוגמה בלבד.
 3. התכנון הגאומטרי מתאים לצומת מאר. השלבים הורחבו מ-28 סמ בתחום חצרות הצומת למרחק 150 מ' בכל דוה.
 4. איזו לקבוע גודלים עיי מידה בשרטוט.

מקרא

- מיקום לסימון מעברי חצייה
- מספר ציר הכביש כל 20 מטר
- מיקום תמורה על שני עמודים
- מיקום תמורה על עמוד אחד

שם	ד"ר י. גולן
תפקיד	מנהל תכנון
תאריך	10/10/2010
שם	ד"ר י. גולן
תפקיד	מנהל תכנון
תאריך	10/10/2010

**J4 - הסתעפות לא מרומזרת בין דרכים חד מסלוליות
(ראשית ומקומית)
לפי הנחיות לתכנן גאומטרי לצומת חדש.
זווית בין צירים 75 מעלות,
הרחבה משני צידי הציר**



תכנית זו באגוד מיועדת להחלטות ולזיהוי סוג הצומת וצורתו הכללית בלבד. לבחינת פרטי התכנון יש להשתמש בתכנית שבקנה מידה המופיעה בתקניסור המצורף.

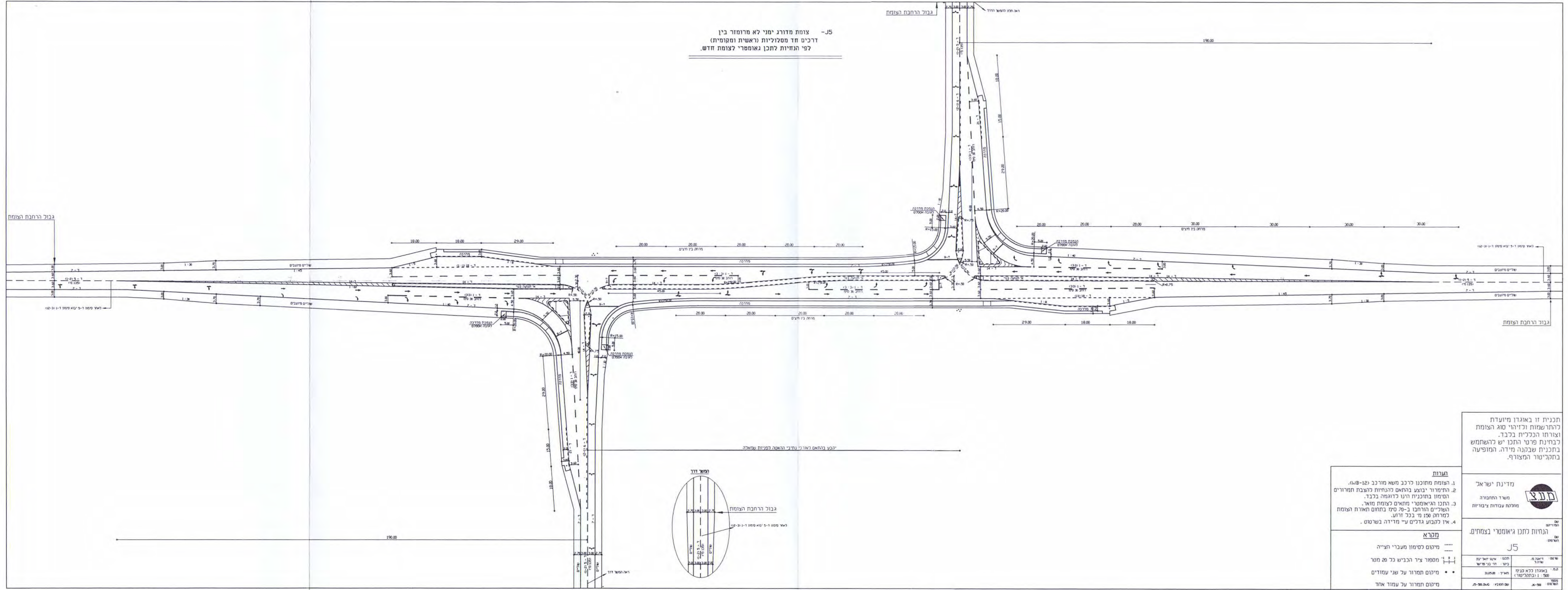
הערות	
1. הצומת מתוכנן כרכב משא מורכב J2-8w.	
2. התימוור יבוצע בהתאם להנחיות להצבת תמרורים הסימון בתוכנית הינו כרוגמה בכבד.	
3. התכנון הגאומטרי מתאים לצומת מאר. השלבים הורחבו ב-70 ס"מ בתחום תאורת הצומת כמרחק 150 מ' בכך זרוע.	
4. אין נקבעו גודלים ע"י מדידה בשטחים.	
מקרא	
--- מיקום לסימון מעבירי הצייה	
--- מספור ציר הכביש כ-20 מטר	
● מיקום תמרור על שני עמודים	
○ מיקום תמרור על עמוד אחד	
<p>המשרד דרך</p> <p>ראו המשרד דרך</p> <p>לצד סימון ד-1 ביטא סימון ד-1-10-20</p>	



מדינת ישראל
משרד התחבורה
מחלקת עבודות ציבוריות

שם המרשים	הנחיות לתכנון גאומטרי בצמתים.
שם המסמך	J4
שם היעוץ	ד"ר יעקב ש. דרורי
שם היעוץ	ד"ר בני פריש
שם היעוץ	באגוד נכא טכני
שם היעוץ	1:500 (במקביליטר)
שם היעוץ	אשר: 20.05.20
שם היעוץ	20.05.20
שם היעוץ	20.05.20

J5 - צומת מדורג ימני לא מרומזר בין דרכים חד משוליות (ראשית ומקומית) לפי החזית לתכנון גאומטרי לצומת חדש.



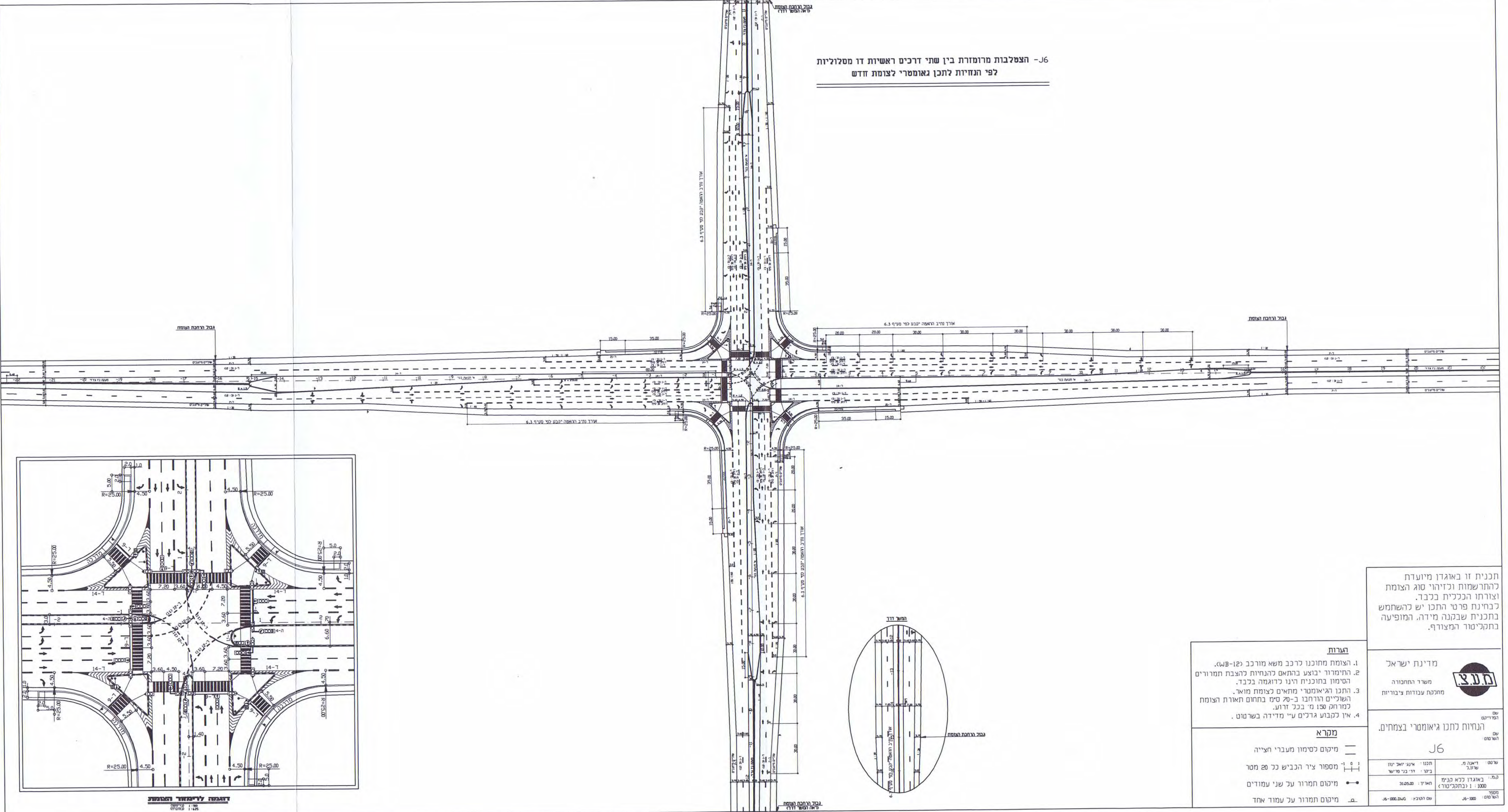
תכנית זו באוגדן מיועדת להתרשמות וכדיוור סוג הצומת וצורתו הכללית בלבד. לבחינת פרטי התכנון יש להשתמש בתכנית שבגובה מידה המופיעה בתקריטור המצורף.

מדינת ישראל	
השרד והתנועה	
המלצת עבודות ציבוריות	
התחנות לתכנון גאומטרי בצמחים	
J5	
שם הפרויקט	הגנה
מספר תוכנית	100
תאריך	2008
מספר תוכנית	100
מספר תוכנית	100

- הערות**
- הצומת מתוכנן לרכב משא מורכב (20-40t).
 - התיסור יבוצע בחאסם להגנות להצבת תמרורים.
 - התוכנו והיאומטרי מואסם לצומת מואסם המוליים הורחבו ב-20 מטר בחאסם האורח הצומת למרחק 150 מ' בכל זווית.
 - אין למבצע גדלים עיי מדידה בשטח.
- מפרט**
- מיטום לסימון מעברי הצייה
 - מספר ציר הכביש כל 20 מטר
 - מיטום תמרור על שני עמודים
 - מיטום תמרור על עמוד אחד



J6 - הצטלבות מרומזרת בין שתי דרכים ראשיות דו מסלוליות לפי הנחיות לתכנן גאומטרי לצומת חדים



תכנית זו באוגדן מיועדת להתרשמות וכזיהוי סוג הצומת וצורתו הכללית בלבד. לבחינת פרטי התכנון יש להשתמש בתכנית שבקנה מידה המופיעה בתקנון המצורף.

- הערות**
1. האומת מחוכנו לרכב משא מורכב (2-12t).
 2. התימרון יבוצע בתאם להנחיות להצבת תמרונים הסימון בתוכנית הינו לדוגמה בלבד.
 3. התכנון הגאומטרי מתאים לצומת מואר. העוליים הורחבו ב-20 ס"מ בחתום האותר הצומח למרחק 150 מ' בכל זרוע.
 4. אין לקבוע גדלים עיי מדידה בשרטוט.



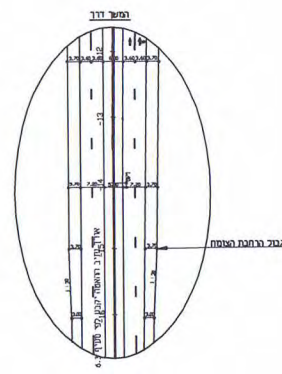
מדינת ישראל
משרד התחבורה
מחלקת עבודות ציבוריות

- מקרא**
- מיקום לסימון מעברי חצייה
 - מספור ציר הכביש כל 20 מטר
 - מיקום תמרון על שני עמודים
 - מיקום תמרון על עמוד אחד

הנחיות לתכנון גאומטרי בצמתים.

J6

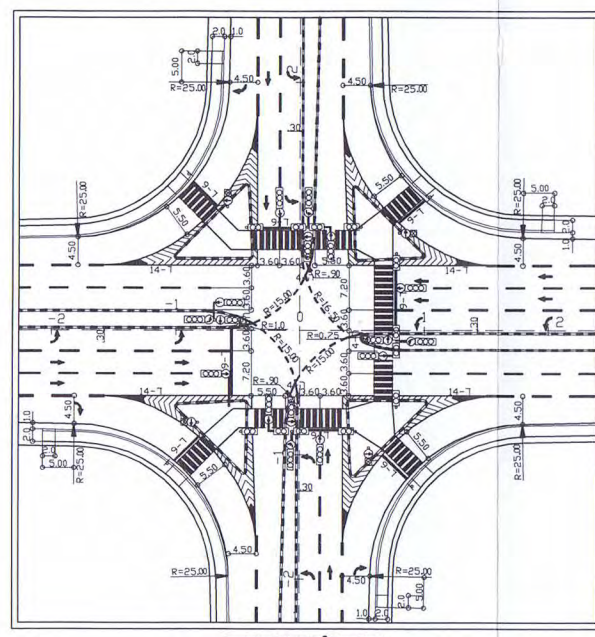
שם הפרוייקט	תכנון אינג' יואל ינון
שם הלקוח	ב"ר ירדני מייש
מספר תוכנית	באוגדן ללא קניין
מספר תוכנית	1:2000 (כחול/סגור)
תאריך	08.05.2006
שם המעצב	08.05.2006



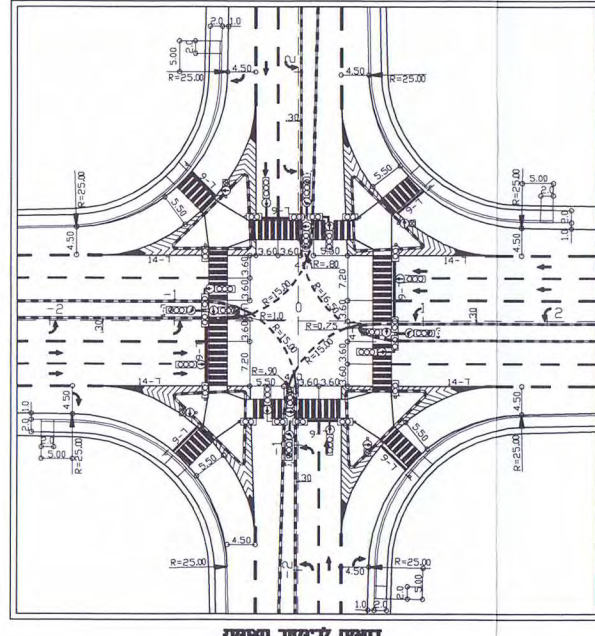
דרישה לצימוד התוכנית

מספר תוכנית: 08.05.2006
מספר תוכנית: 08.05.2006

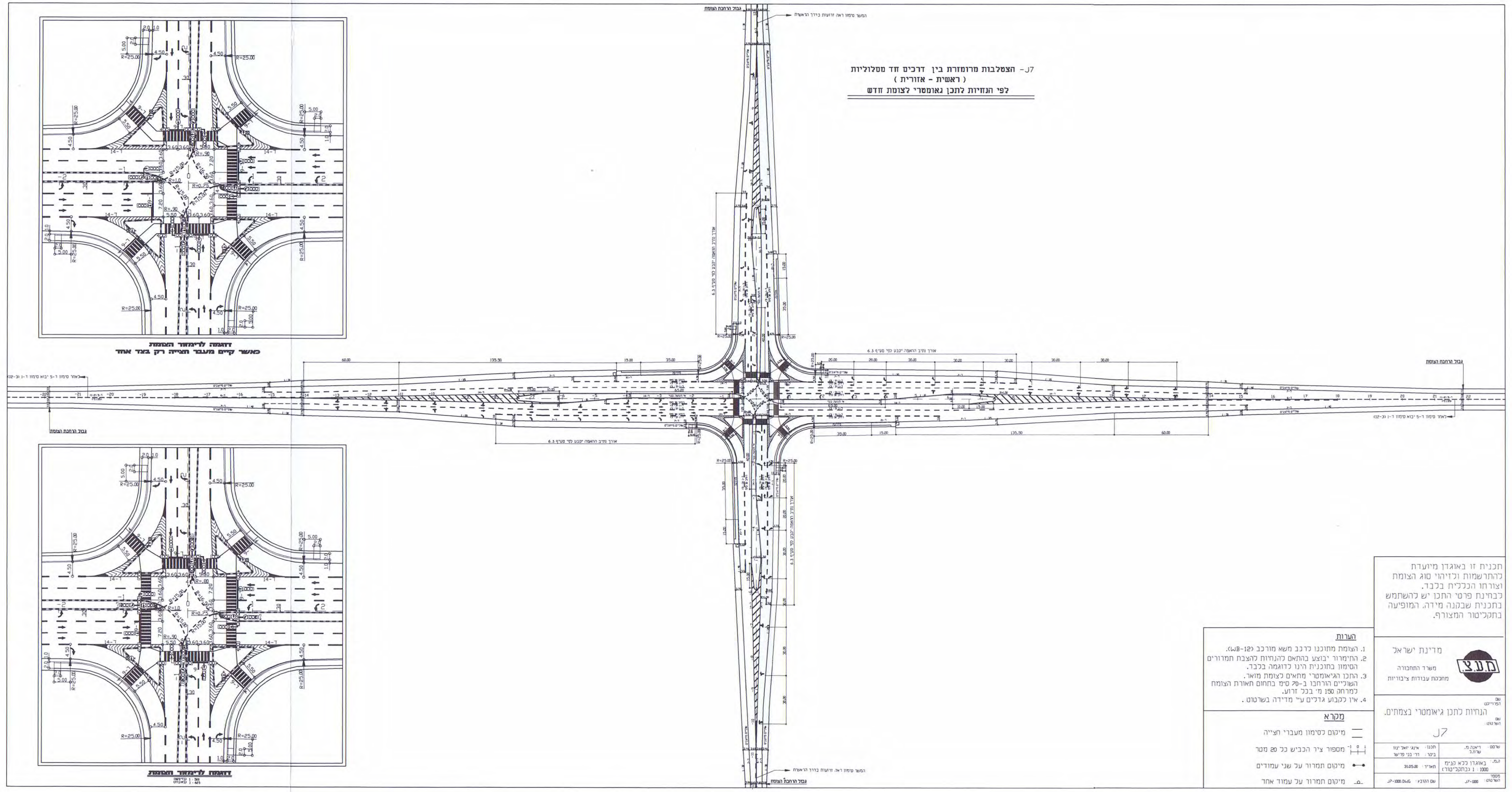
**7- הצלבות מרוזרות בין דרכים חד מסלוליות
(ראשית - אזורית)
לפי הנחיות לתכנן גאומטרי לצומת חדש**



**דוגמה ליישור הצומת
כאשר קיים מעבר חצייה רק בצד אחד**



**דוגמה ליישור הצומת
כאשר קיים מעבר חצייה רק בצד אחד**



תכנית זו באגודן מיועדת להחשמות ולזיהוי סוג הצומת וצורתו הנכלית בלבד. לבחינת פרטי התכנון יש להשתמש בתכנית שבקנה מידה המופיעה בתקליטור המצורף.

- הערות**
1. הצומת מתוכנן לרכב משא מורכב (12-18 טון).
 2. התימור יבוצע בהתאם להנחיות להצבת תמרורים הסימון בתוכנית הינו כדוגמה בלבד.
 3. התכנון הגאומטרי מתאים לצומת מואר. השוויים הורחבו ב-20 ס"מ בתחום תארת הצומת למרחק 150 מ"מ בכל זרוע.
 4. אין לקבוע גדלים ע"י מידה בשרטוט.

- מקרא**
- מיקום כסימון מעברי חצייה
 - ⊥ מספור ציר הכביש כל 20 מטר
 - מיקום תמרור על שני עמודים
 - מיקום תמרור על עמוד אחד

מדינת ישראל

משרד התחבורה
מחלקת עבודות ציבוריות

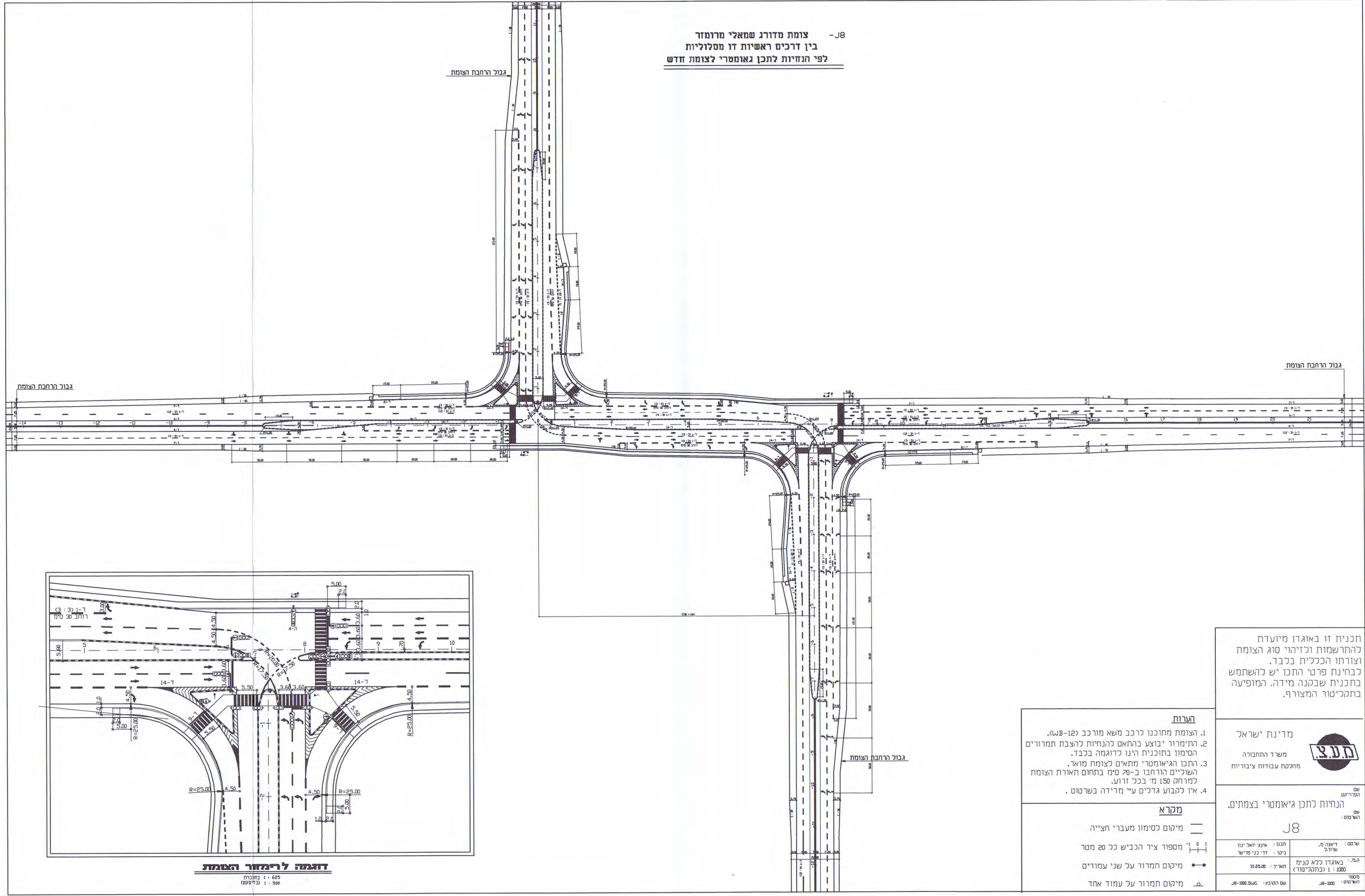
מעצ

הנחיות לתכנן גאומטרי בצמתים.

7

שם: ריאן ג. עוזי	תאריך: 15.05.2010
מספר: 1000	מספר: 1000
מספר: 1000	מספר: 1000

-J8 - צומת מדורג שמאלי מרומזר
בין דרכים ראשיות זו מסלוליות
לפי הנחיות לתכנן גאומטרי לצומת חדש



תכנית זו באגוד מיועדת להחלשות ולזיהוי סוג הצומת וצורתו הכללית בלבד. לבחינת פרטי התכנון יש להשתמש בתכנית שבקנה מידה. המופיעה בתקליטור המצורף.

מדינת ישראל
 משרד התחבורה
 מחלקת עבודות ציבוריות



הנחיות לתכנן גאומטרי בצמתים.

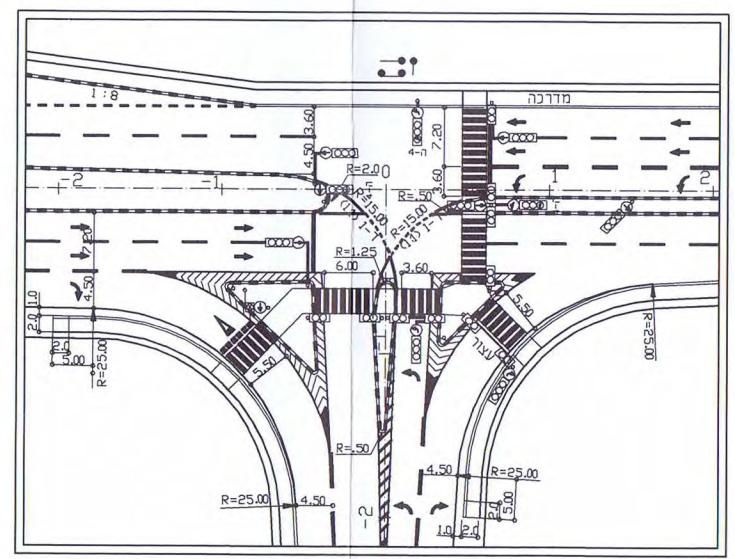
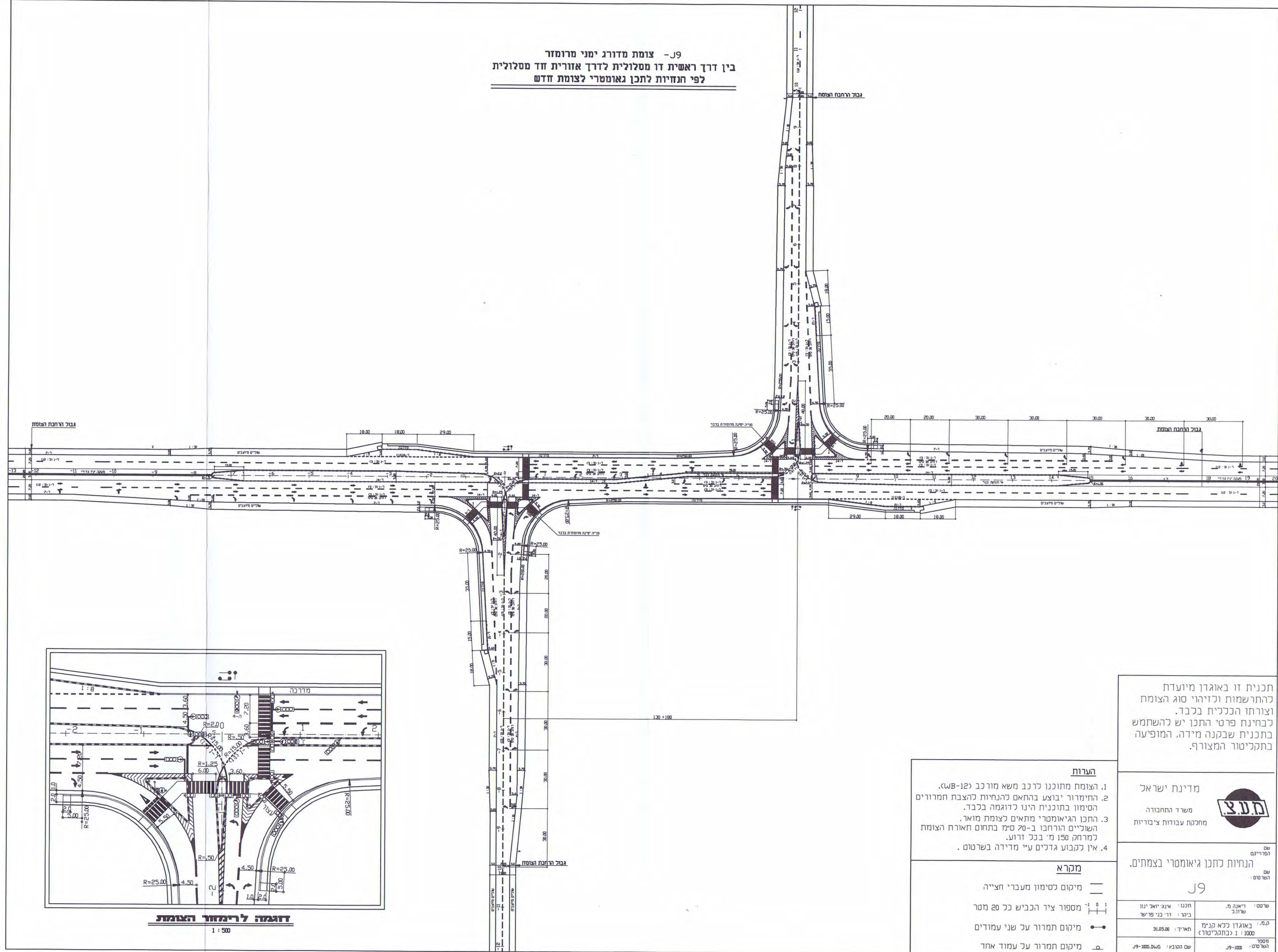
J8

- הערות**
1. הצומת מחוכנו לרכב משא מורכב (12-18).
 2. התימור יבוצע בהתאם להנחיות להצבת תמורים הסימון בתוכנית הינו כדוגמה בלבד.
 3. התכנון הגאומטרי מתאים לצומת מואר. השוליים הורחבו כ-20 ס"מ בתחום תאורת הצומת למרחק 150 מ' בכל זרוע.
 4. אין לקבוע גדלים ע"י מדידה בשרטוט.

- מקרא**
- מיקום לסימון מעברי חצייה
 - מספור ציר הכביש כל 20 מטר
 - מיקום חמרו על שני עמודים
 - מיקום תמרו על עמוד אחד

דוגמה לרימור הצומת
 1:625
 1:500

**9 - צומת מדורג ימני מרומזר
בין דרך ראשית זו מסלולית לדרך אזורית חד מסלולית
לפי הנחיות לתכנן גאומטרי לצומת חדש**



דוגמה לרימזור הצומת
1 : 500

חכנית זו באוגדן מיועדת להתרשמות ולזיהוי סוג הצומת וצורתו הכללית בלבד. לבחינת פרטי התכנון יש להשתמש בתכנית שבקנה מידה, המופיעה בתקליטור המצורף.

- הערות**
1. הצומת מתוכננו לרכב משא מורכב (WB-12).
 2. התימור יבוצע בהתאם להנחיות להצבת חמוריים הסימון בתוכנית הינו לדוגמה בלבד.
 3. התכנון הגאומטרי מתאים לצומת מואר, השוליים הורחבו ב-20 ס"מ בתחום תאורת הצומת למרחק 150 מ' בכניז זרוע.
 4. אין לקבוע גדלים עיי מדידה בשרטוט.

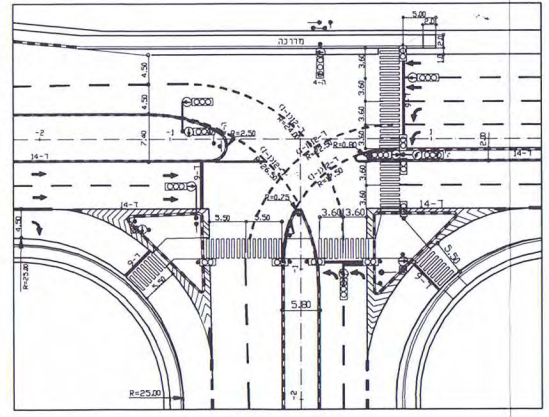
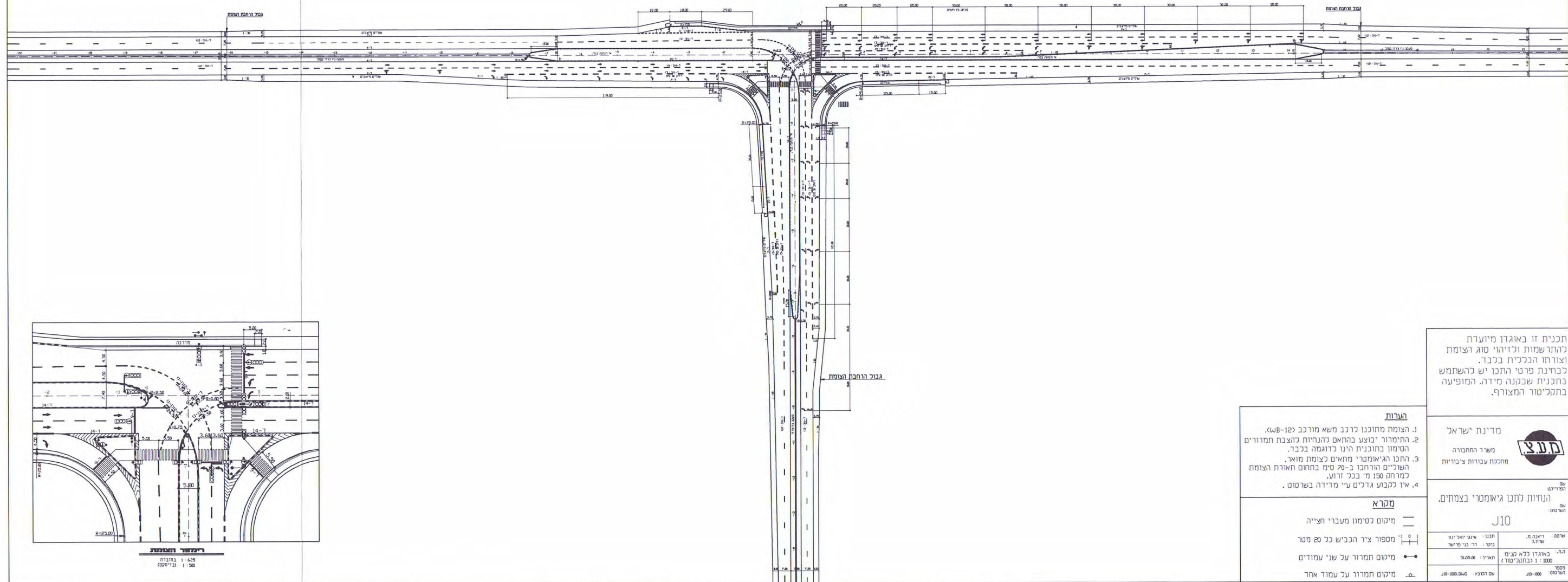
- מקרא**
- מיקום לסימון מעברי חצייה
 - מספור ציר הכביש כל 20 מטר
 - מיקום תמרור על שני עמודים
 - מיקום תמרור על עמוד אחד

מדינת ישראל
משרד התחבורה
מחלקת עבודות ציבוריות



שם הפרוייקט	הנחיות לתכנן גאומטרי בצמתים.
שם המוסד	9
שרטוט: דיאנה מ. שרדל	תכנון: אינג' יואל יניו
קמ"1 באוגדן לכא קנימ	כיס: דר' בני פריש
1:1000 (בתמליטור)	תאריך: 31.05.00
מספר הערמט: 99-1000	שם הקובץ: 99-1000-09

J10 - הסתעפות ניצבת מרומזרת בין
 דרכים דו מסלוליות
 לפי הנחיות לתכנן גאומטרי לצומת חדש



הצומת והרחבתו
 1:625 מחוברת
 1:500 (בדיוק)

תכנית זו באגוד מיועדת להחר שמות וכיזהו סוג הצומת וצורתו הנכלית בכבד. לבחינת פרטי התכנן יש להשתמש בתכנית שבהנה מידה המופיעה בתקנון המצורף.

הערות	
1.	הצומת מחוכנו כרכב משא מורכב 12-8.
2.	התימור יבוצע בהתאם להנחיות להצבת תמרורים הסימון בתוכנית הינו כדוגמה בכבד.
3.	התכנון הגאומטרי מתאים לצומת מואר השוליים הורחבו ב-20 ס"מ בתחום תאורת הצומת למרחק 150 מ' בכבד זרוע.
4.	אין קבוע גדלים ע"י מדידה בשטח.
מקרא	
—	מיקום סימון מעברי חצייה
—+—	מספור ציר הכביש כל 20 מטר
●—●	מיקום תמרור על שני עמודים
—	מיקום תמרור על עמוד אחד

מדינת ישראל
 משרד החברה
 מחלקת עבודות ציבוריות

מ.נ.צ.

הנחיות לתכנון גאומטרי בצמתים.
 J10

שם:	רואנה תל שרון	תכנון:	אריאל יואל ינון
שם:	רואנה תל שרון	בדיקה:	דוד בני מריש
תאריך:	08.05.2015	מספר:	1000
שם:	רואנה תל שרון	שם:	רואנה תל שרון

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 14

התחברויות למבני שירות

תוכן עניינים

14-1.....	מבוא	14.1
14-1	14.1.1 הגדרות	
14-1	14.1.2 הפרעות בתנועה וסיכונים בטיחותיים בהתחברויות	
14-2.....	שיקולים כלליים למיקום התחברויות	14.2
14-4.....	מיקום התחברויות בקטעי דרך (המרוחקים מצמתים ומחלפים)	14.3
14-4	14.3.1 כללי	
14-4	14.3.2 דרכים מהירות	
14-5	14.3.3 דרכים ראשיות	
14-5	14.3.4 דרכים אזוריות	
14-5	14.3.5 דרכים מקומיות, דרכי-גישה ודרכי-שירות	
14-5.....	מיקום התחברויות במבואות צמתים, ובתחומי רמפות במחלפים	14.4
14-5	14.4.1 התחברויות במבואות (לקראת) צמתים	
14-6	14.4.2 התחברויות בתחומי מחלפים	
14-7	14.4.3 התחברויות לאורך קטעים המקשרים בין דרכים מסוייגות גישה	
14-8	14.4.4 המרחק בין כניסה לבין יציאה של אותו מתקן	
14-8.....	שיקולי מיקום נוספים	14.5
14-9.....	פרטי התכן הגיאומטרי להתחברויות	14.6
14-10.....	ריכוז המדדים למיקום התחברויות	14.7

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 14

התחברויות למבני שירות

14.1 מבוא

14.1.1 הגדרות

המושג "התחברויות" מתייחס לחיבור של דרך ציבורית עם כניסה או יציאה לחצרים, או עם דרך גישה לשימושי קרקע, שאינם מוגדרים בתקנות התעבורה כצומת (ראה גם הגדרות צומת בסעיף 2.1.2 בהנחיות אלה). פרק זה מתייחס להתחברויות למבני שירות, דהיינו – מבנים המיועדים לשרת את המשתמשים בדרך, כהגדרתם בתמ"א 3:

"מבנה שירות" – "מבנה המיועד לשרת את הנוסעים בדרך, לרבות תחנת מידע, תחנת תידלוק ע"פ תמ"א 18, מסעדה, קיוסק, חניון דרכים לשירות הציבור, מצפה נוף".

"התחברויות", כפי שהוגדרו לעיל, ישמשו לחיבור אותם מבני שירות, לרבות תחנות תידלוק, אל הדרך הקיימת או המתוכננת, ומטרת פרק זה לפרט את הכללים ההנדסיים והתנועתיים לתכן חיבורים אלה.

ביחס למיקומן של תחנות תידלוק בלבד בקטעי דרך ובמבואות צומת, האמור בפרק זה תואם את ההנחיות הרלוונטיות בשינוי מס' 2 בתמ"א 18 משנת 1996, ואת "הנחיות להתחברות תחנות תדלוק לדרכים לא-עירוניות על-פי תמ"א 18", של המועצה הארצית לתכנון ובנייה, מע"צ ומשרד התחבורה, בנוסחן מאוקטובר 1999.

14.1.2 הפרעות בתנועה וסיכונים בטיחותיים בהתחברויות

התפתחות שימושי קרקע לאורך דרך שנועדה בעיקרה לשרת תנועה עוברת, גורמת להפרעה לזרימת התנועה ולהורדת רמת השירות, עקב הצורך בחיבור שימושי קרקע אלה לדרך. באופן עקרוני, התחברות דומה במאפיינים התנועתיים שלה להסתעפות "T".

התחברויות, בדומה לצמתים, מהוות מוקדים סביבתם נגרמות הפרעות בתנועה וקיימים סיכונים בטיחותיים.

ההפרעות לתנועה העוברת בסביבות ההתחברויות אל שימושי קרקע לאורך הדרך נובעות מהגורמים הבאים:

א. כלי-רכב היוצאים מהדרך והנכנסים אליה בהתחברויות לשימושי קרקע אלה, וגורמים לניגודי היפרדות, התמזגות והשתזרות.

ב. כלי-רכב המאיטים כדי לבחון את המתקן או לחפש את הכניסה אליו.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- ג. כלי-רכב אשר חונים בשולי הדרך ליד שימושי הקרקע, ופעילות הולכי-רגל ונהגים מחוץ לרכב המתבצעת לידם.
- ד. הגבלות ראות עקב מיקום מבנים או מתקנים סמוכים לדרך.
- ה. בחשיכה מהווה המתקן מקור אור הגורם להסחת תשומת לב הנהגים.
- ו. הגבלת רוחב המיסעה עקב מכשולים המתחייבים ממיקום המתקן הסמוך (גדרות, מעבירי מים וכיוצא בזה).
- ז. ההשלכות, מבחינת העייפות, של הצורך לערנות מוגברת של הנהגים עקב השינויים בדרך.
- הפרעות אלה חמורות יותר ככל שמיקומה של הדרך בהיררכיה של התנועה העוברת גבוה יותר.**
- עוצמת הבעיה הבטיחותית בהתחברויות תלויה בצפיפות ההתחברויות, במספרן ובאופיין:**
- שיעורי התאונות בדרך עולים ביחס ישר למספר ההתחברויות ליחידת אורך.
 - שיעורי התאונות בהתחברויות עולים ככל שהתנועה בדרך העוברת גדולה יותר.
 - שיעורי התאונות בהתחברויות יורדים ככל שהמרחק בין ההתחברויות גדל. בהתחברויות הממוקמות ליד צמתים, יורדים שיעורי התאונות ככל שגדל המרחק בין ההתחברות לבין הצומת הסמוך. הסיבה לכך היא, שאחד הגורמים העיקריים לתאונות הוא טעות בשיקול הדעת של הנהג, וככל שחלים יותר שינויים בתנאים לאורך הדרך, נדרשות מהנהג יותר החלטות ולכן גדל הסיכון.
 - מרבית התאונות בהתחברויות נגרמות עקב פניות שמאלה.
 - היציאה מהדרך לצורך הכניסה להתחברות גורמת להפרעות ולתאונות רבות יותר לעומת היציאה מההתחברות לצורך כניסה בחזרה אל הדרך. סוגי התאונות הנפוצים הם חזית-אחור לפני היציאה מהדרך וחזית-צד בכניסה אליה.
 - שיעורי התאונות בהתחברות מושפעים מאוד מההסדרים הגיאומטריים בנקודת הגישה.
- לאור האמור לעיל, הפעולות הנדרשות להקטנת הסיכון בהתחברויות הן:**
- (1) הפחתת מספר נקודות הניגוד.
 - (2) הרחקת אזורי הניגוד הנותרים זה מזה.
 - (3) הפחתת החיכוכים עקב האטה או האצה.
 - (4) הפרדת הרכב הפונה מנתיבי התנועה העוברת.
- השיקולים וההנחיות המובאים להלן, מבוססים על מאפייני הפרעות והסיכונים בהתחברויות, כפי שרוכזו לעיל, במגמה לצמצם ככל האפשר.

14.2 שיקולים כלליים למיקום התחברויות

השיקולים לקביעת המיקומים המתאימים להתחברויות והמרחקים ביניהם, תלויים ביחס שבין הניידות לנגישות, אשר מאפיין כל אחד מסוגי הדרכים. פירוט הסיווג התפקודי (המידרג) של הדרכים, הוא בהתאם לסעיף 2.1 – "סיווג דרכים בין-עירוניות", בפרק 2 – "מדיניות תכן בסיסית" בכרך I של הנחיות אלה, ובקרת הגישות המתאימה לסיווג זה, המפורטת בסעיף 3.5.2 בכרך הנוכחי.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

דרכים שבהן הבקרה מלאה או חלקית, תיקראנה בהמשך פרק זה "דרכים מסויגות גישה" (במלואן או בחלקן, בהתאמה).

סיווג הדרך קובע את רמת בקרת הגישות אליה, ולכן מכתוב את אופי החיבורים המותרים לדרך ואת תדירותם. ככל שמיקומה של הדרך גבוה יותר במידרג, תהיה תדירות החיבורים המותרת קטנה יותר, ולכן המרחק המזערי המותר בין חיבורים, יגדל. כל החלטה לגבי מיקום התחברויות חייבת להיות חלק ממערכת שיקולים של מיקום ושל מרחקים בין צמתים ומחלפים, בין אם קיימים ובין אם מתוכננים.

יש להבחין הבחנה עקרונית בין שלושה אזורים שונים מבחינה תנועתית, אשר יחייבו כללים נפרדים לגבי מיקום התחברויות:

א. אזור מרוחק ממחלפים או מצמתים (קטעי דרך פנויים): באזור זה יש אפשרות לתנועה חופשית, לפיתוח מהירויות גבוהות, וההפרעות לזרימת התנועה חייבות להיות מועטות. באזורים אלה יושם הדגש על הרחקת ההתחברויות מצמתים ומהתחברויות קיימים או מתוכננים, וקביעת מרחקים מזעריים בין חיבורים עוקבים, כמפורט בסעיף 14.3 להלן.

ב. אזורים המצויים בסמיכות לצמתים (מבואות צומת): אזורים אלה מאופיינים על-ידי ריבוי ניגודים (קונפליקטים), אולם הפעילות התנועתית בקרבתם הינה מבוקרת ומוסגרת, המהירויות נמוכות, הנהגים מצויים ברמה גבוהה יותר של עירנות ודריכות לקראת שינויים צפויים, ומודעים לצורך בקבלת מספר גבוה יותר של החלטות. במקרה כזה, ימוקמו ההתחברויות כך, שישתלבו במתחם התנועתי של הצומת וסביבותיו, אך לא בתחום המידי של הצומת, בו רב בלאו-הכי מספר הניגודים וההחלטות הנדרשות מנהגים. לאזור זה ייקבע בהנחיות תחום המרחקים המזעריים והמירביים מהצומת, בהם ניתן למקם התחברויות, כך שתענינה לקריטריונים שצוינו לעיל, ולא תחשבנה כמצויות באזור הראשון. ראה פירוט בסעיף 14.4.1 להלן.

ג. אזורים המצויים בתחומי מחלפים: בדרכים מסויגות-גישה במלואן, מתרכזים הניגודים באזור המחלפים. לכן, כדי לא לפגוע ברמת השירות וברמת הבטיחות של הדרך, אין לתכנן כל התחברויות לדרכים העוברות בתחום המחלף, מעבר ליציאות ולכניסות הנובעות ממבנה המחלף עצמו. יחד עם זאת, במחלפי-גישה (מחלפים הכוללים צמתים בדרך המשנית), קיימות רמפות המסתיימות בצומת, וניתן, בתנאים מסויימים, לתכנן התחברויות לאורך הרמפות, כך, שהגישות אל מבני השירות יבוצעו מתוך הרמפות הקיימות, כמתואר בסעיף 14.4.2 להלן.

בשלושת האזורים המפורטים לעיל, יושפע מיקום ההתחברויות מסיווג הדרך אליה מתחברים, כמפורט בסעיפים הבאים. ההנחיות יחולו על דרכים בהתאם לדירוגן העתידי. הדרישות המפורטות בסעיפים 14.3 - 14.5 להלן מרוכזות גם בטבלה 14.1 בסוף הפרק.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

14.3 מיקום התחברויות בקטעי דרך (המרוחקים מצמתים ומחלפים)

14.3.1 כללי

יש להדגיש, כפי שהדבר מצוין גם בתמ"א 18, כי מתן התחברויות בכלל, והקמת תחנות תידלוק בפרט, תועדף על דרכים המסתעפות מהדרך העיקרית, המיועדת לקבל את השירות, ושסיווגן נמוך יותר, על הקמתן לצידי הדרך העיקרית עצמה.

14.3.2 דרכים מהירות

הכללים בסעיף זה חלים הן על דרכים מהירות קיימות, הן על דרכים מהירות מתוכננות, והן על כל הדרכים שמוכרזות כמהירות בתמ"א 3 במהדורתה המעודכנת. בדרכים אלו, המסוייגות-גישה במלואן, כל ההתחברויות לדרכים אחרות הן באמצעות מחלפים. לקראת המחלף ובסביבותיו מתרחשים עיקר הניגודים של היפרדות, השתזרות והתמזגות, ותופעות אלה משפיעות על זרימת התנועה במרחקים של מאות מטרים משני צידי המחלף. עקב כך, המחלפים מהווים נקודות-תורפה מבחינת הפרעות ובטיחות לאורך הדרך המהירה, ויש לקבוע מרחק מזערי ביניהם לבין כל התחברות אחרת. גם בקרבת התחברויות מתרחשת פעילות האצה, האטה והשתזרויות, בדומה למתרחש במחלפים. מספר כלי-הרכב הנכנסים והיוצאים בהתחברויות אלה הוא קטן מאשר במחלף, אך למרות זאת, המגמה היא לאפשר לנהגים בדרך המהירה פרק זמן מזערי של נסיעה (ללא ניגודים) בין נקודות בהן יש הפרעה לתנועה, ולכן נקבע מרחק מזערי בין כל התחברות לבין המחלפים הסמוכים אליה, משני עבריה:

ניתן למקם מתחם למבני-שירות בין שני מחלפים, רק כאשר לאחר תכנון ההתחברות למתחם, על כל מרכיביה הגיאומטריים, מובטח מרחק מזערי של 4.0 ק"מ מציר ההתחברות, עד מפגש צירי הדרכים במחלף הסמוך שלפניה ושלאחריה, או עד להתחברות אחרת, כמתואר בצירור 14.1. התכן והאורך הכולל של נתיבי האצה וההאטה להתחברות יחושבו עבור מהירויות הכניסה והיציאה הנמוכות האופייניות למבני-שירות, בהתאם לדרישות בסעיפים 6.3.4 ו-6.5.3 בכרך III של הנחיות אלה.

בדרכים מהירות יש לחייב הקמת מבני שירות כ"תאומים" (משני צידי הדרך), ממול או בדירוג קרוב, כך שהמתקן שמצד ימין (בכיוון הנסיעה) ייראה ראשון לעיני הנהג המתקרב. זאת, כדי למנוע החניית כלי-רכב לצידי הדרך וחצייתה על-ידי הולכי-רגל.

דרכים מהירות בעלות מאפייני תנועה וסביבה סמי-אורבניים (כדוגמת דרך פרברית מהירה), מתאפיינות על-ידי הגדלת תדירות המחלפים והקטנת המרחקים המזעריים ביניהם. גם אם לכאורה נמצא מקום בדרכים אלו להתחברויות, הרי עקב עומסי התנועה הכבדים האופייניים להן ונטייתן להמצא במשך תקופות ארוכות בתנאי גודש, לא תותר הוספת כל התחברות בין המחלפים, מאחר שפעילות ההשתזרות בדרכים אלו רבה בלא-הכי, והעומס המוטל על הנהגים גדול.

כמו-כן, לא יותרו התחברויות לכבישים מאספים-מחלקים המקבילים לדרכים מהירות (יובהר, כי כביש מאסף-מחלק אינו דרך-שירות. לפירוט ההבדלים ביניהן ראה סעיפים 9.8 ו-9.9 בכרך III של הנחיות).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

14.3.3 דרכים ראשיות

דרכים ראשיות הן מסוייגות-גישה חלקית, דהיינו: יש לאורכן הן צמתים והן מחלפים. בדרכים ראשיות, ניתן למקם מתחם למבני-שירות בין שני מחלפים עוקבים, או בין מחלף לצומת, או בין שני צמתים, רק כאשר לאחר תכנון ההתחברות למתחם, על כל מרכיביה הגיאומטריים, מובטח מרחק מזערי של 2.0 ק"מ מציר ההתחברות עד למפגש צירי הדרכים בצומת או במחלף הסמוכים ביותר אליה משני קצותיה, או עד להתחברות אחרת, כמתואר בציור 14.2. התכן והאורך הכולל של נתיבי ההאצה וההאטה לרבות הלוכסנים, יחושבו עבור מהירויות הכניסה והיציאה הנמוכות האופייניות להתחברויות, בהתאם לדרישות בסעיפים 6.4 ו-6.5 בכרך הנוכחי.

14.3.4 דרכים אזוריות

בדרכים אזוריות, ניתן למקם התחברות למבני-שירות בין שני צמתים, רק כאשר לאחר תכנון ההתחברות, על כל מרכיביה הגיאומטריים, מובטח מרחק מזערי של 600 מטר בין ציר ההתחברות לבין מפגש צירי הדרכים בצמתים הסמוכים משני צידיה, או להתחברות אחרת, כמתואר בציור 14.2. התכן והאורך הכולל של נתיבי ההאצה וההאטה, יחושבו עבור מהירויות הכניסה והיציאה הנמוכות האופייניות להתחברויות, בהתאם לדרישות בסעיפים 6.4 ו-6.5 בכרך הנוכחי.

14.3.5 דרכים מקומיות, דרכי-גישה ודרכי-שירות

לא נקבע מרחק מזערי בין התחברויות בדרכים מקומיות, בדרכי גישה ובדרכי-שירות. האפשרות להתחבר במיקום מסוים תיבדק בהקשר המקומי, על בסיס קריטריונים תפעוליים ובטיחותיים.

14.4 מיקום התחברויות במבואות צמתים, ובתחומי רמפות במחלפים

14.4.1 התחברויות במבואות (לקראת) צמתים

מיקום התחברויות בקרבת צמתים יהיה בתחומי האזור בו התנועה מבוקרת ומרוסנת, אך לא בקירבה מיידית לצומת ולא כ"התחברות פינתית".

בקרבת צמתים של דרך עיקרית עם דרכים שסיווגן נמוך ממנה, תועדף התחברות לדרך המשנית על התחברות לדרך העיקרית.

ההתחברות תמוקם לקראת הצומת, מצד ימין של הדרך, כך שהכניסה אליה והיציאה ממנה יבוצע בפניות ימניות בלבד, מאחר שכלי-הרכב הנוסעים בכיוון זה הם במצב של האטה לקראת הצומת. התחברות לאחר הצומת אינה רצויה, מאחר שהיא יוצרת ניגוד עם כלי-הרכב המצויים בהאצה לאחר הצומת.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

המרחק של ההתחברות מהצומת הסמוך חייב לספק אורך נסיעה מתאים שיאפשר תנועה בטוחה מהיציאה מההתחברות אל הנתביב לפנייה שמאלה בגישה לצומת. המרחקים תלויים בסוג הדרך, כמפורט בהמשך.

תחומי המרחקים להיתר התחברויות לקראת צמתים יהיו כמפורט להלן (ראה גם תאור בציר 14.3):

א. דרך ראשית: בצמתים של דרכים ראשיות עם דרכים אחרות, אשר אינם מיועדים למיחלוף, יש לצפות לכך שהצומת יהיה מרומזר, או שירומזר בשלב כלשהו בעתיד. לאור זאת, יש למקם את ההתחברות מחוץ לתחום המושפע על-ידי פעילות הרמזור או המשפיע עליה. יש צורך במרחק של 300 עד 400 מטר מהצומת לשם אחסון התורים ופיזור השיירות.

ב. דרך אזורית: 1) בצומת עם דרך ראשית (צפוי רימזור) – בתחום 300-400 מטר מהצומת.

2) בצומת עם דרך אזורית או דרך מקומית – בתחום 300-600 מטר מהצומת.

ג. דרך מקומית, גישה או שירות: בדרכים מקומיות, דרכי-גישה ודרכי-שירות, בהן רמת בקרת הגישות מצומצמת ונפחי התנועה נמוכים, ניתן למקם התחברויות במרחק של לפחות 150 מטר מצומת עם דרך ראשית או אזורית, ו-75 מ' מצומת עם דרך אחרת.

ד. אופן מדידת המרחק: המרחק בין התחברות לבין הצומת הסמוך אליה יימדד מציר הצומת ועד לציר היציאה ממבנה-השירות אל הדרך העוברת, כמתואר בציר 14.3.

המשמעות של מיקום התחברות בקרבת צומת הינה, שהמרחק בין התחברות נוספת בקטע הדרך ובין ציר הצומת גדל, היות והמרחק של ההתחברות הנוספת שבקטע הדרך יימדד מציר ההתחברות שבקרבת הצומת.

אין למקם כל התחברויות בקרבת צמתים במקרים הבאים:

- כאשר בכוונת מוסדות התכנון לבצע בעתיד מיחלוף של הצומת. לכן, מיקום התחברות בסמוך לצומת, מותנה בהוכחה על-ידי תכנון מוקדם, שהתחברות אינה פוגעת בתכנון עתידי של מחלף בצומת זה.
- לא תותר התחברות לקראת צומת, אם מספר הנתביבים המשכיים (המיועדים לנסיעה ישר) במסלול עליו נשענת ההתחברות גדול משניים, כדי למנוע מצב בו רכב היוצא מההתחברות חוצה שלושה נתביבים ויותר לצורך פנייה שמאלה בצומת הסמוך.
- כאשר לא מתקיים המרחק המזערי הדרוש בין ההתחברות לבין הצומת או ההתחברות הקודמים, בהתאם לסיווג הדרך, כמפורט בסעיפים 14.3.3 ו-14.3.4 לעיל.

14.4.2 התחברויות בתחומי מחלפים

כפי שצויין בסעיף 14.2 לעיל, אין להוסיף התחברויות לדרך העוברת מסוגית-הגישה בתחומי המחלף. בתחומי מחלפי-מערכת המקשרים בין שתי דרכים מהירות, ומחלפי-מערכת (ללא צמתים) אחרים, גם אין לאפשר (לחלוטין) התחברויות לרמפות, בשל מורכבותם הגיאומטרית של מחלפים אלה, המהירויות הגבוהות יחסית, ונפחי התנועה הגדולים המיועדים לעבור בהם. בנוסף, בכל סוגי המחלפים, אסור

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

לחלוטין לתכנן התחברויות לרמפות ישירות-למחצה לפנייה שמאלה, וכן לרמפות לולאה, בשל המבנה הגיאומטרי שאינו מתאים (לסיווג מחלפים ורמפות, ראה פרק 2 בכרך III של ההנחיות).

כמו-כן, לא יותרו התחברויות לכבישים מאספים-מחלקים בתחומי מחלפים (יובהר, כי כביש מאסף-מחלק אינו דרך-שירות. לפירוט ההבדלים ביניהם ראה סעיפים 9.8 ו-9.9 בכרך III של ההנחיות).

למרות האמור לעיל, בדרכים מסויגות-גישה, בהן המרחק בין מחלפים קטן מכדי לאפשר התחברויות לאורך הדרך בין מחלפים עוקבים, כנדרש בסעיפים 14.3.2 ו-14.3.3 לעיל, ניתן, בתנאים מסויימים, למקם את ההתחברויות כך שהן נשענות על רמפות של מחלפי-גישה (כהגדרתם בסעיף 2.4.4 בכרך III של הנחיות אלה). התחברויות אלה ימוקמו רק לאורך רמפות אלכסוניות בעלות תוואי אופקי ישר, שבאחד מקצותיהן צומת (ראה סיווג רמפות בסעיף 2.3.2 בכרך III של ההנחיות). ההתחברות תעשה באופן, שהנהגים הזקוקים להתחברות יצאו מן הדרך העוברת ברמפת היציאה הקיימת במחלף, כך שהיציאה להתחברות והחזרה ממנה יבוצעו מהרמפה. במקרה כזה, יש לדאוג להסדרים תנועתיים וגיאומטריים באזור המחלף, שיבטיחו שהנהג העוזב את הדרך העוברת לצורך יציאה להתחברות, יוכל לאחר מכן לשוב אל הדרך העוברת לצורך המשך נסיעתו, ולהבהיר זאת באמצעות הדרכה מתאימה (ראה פרקים 9 ו-10 בכרך III). מיקום ההתחברות לאורך הרמפה ייעשה תוך שמירה על כל התנאים הגיאומטריים הנדרשים, כמפורט בסעיף 14.6 להלן. יש להקפיד על הסדרי התימרוור וההדרכה באזור ההתחברות, כדי שיימנעו ככל האפשר פניות מוטעות של הנהגים. אורך הרמפה צריך להספיק גם למתן נתיבי ההאטה וההאצה הדרושים למעברים ממהירות התכן של הרמפה למהירות היציאה והכניסה להתחברות, ובחזרה, במידת הצורך.

במקרה שאחת מהדרכים הנפגשות במחלף היא דרך אזורית בעלת נפח תנועה נמוך או דרך מקומית, עדיף למקם את ההתחברויות לצידי דרך זו סמוך לצמתים עם רמפות המחלף, בהתאם לכללי ההתחברויות לקראת צמתים בסעיף 14.4.1 לעיל, ובתנאי שהנהג העוזב את הדרך בעלת הסיווג הגבוה לצורך כניסה להתחברות, יוכל לחזור אליה לצורך המשך נסיעתו. מרחק ההתחברות ממחבר הרמפה (Ramp Terminal) יהיה בדומה לכללים המפורטים לגבי צמתים בסעיף 14.4.1.

14.4.3 התחברויות לאורך קטעים המקשרים בין דרכים מסוייגות גישה

ייתכנו מקרים ברשת הדרכים בהם קיימות שתי דרכים מסוייגות-גישה סמוכות, מקבילות זו לזו, המחוברות ביניהן בקטע מקשר. הקטע המקשר מהווה דרך בסיווג נמוך יותר, ומחובר בשני קצותיו לדרכים הניצבות לו באמצעות מחלפי-גישה. אם אורך הקטע אינו גדול, מכלול המפגש המורכב משני המחלפים והרמפות שלהם, וכן מהקטע המקשר ביניהם, מהווה אזור מרוסן-תנועה אחד. במקרה כזה, ניתן למקם התחברויות לאורך הקטע המקשר, בפניות ימינה בלבד. המרחק המירבי בין צירי המחלפים בקצות בקטע המקשר, המאפשר מתן התחברות ביניהם, הוא 2.5 ק"מ.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

14.4.4 המרחק בין כניסה לבין יציאה של אותו מתקן

מאחר שתנועות היציאה מן הדרך אל ההתחברות והכניסה חזרה אל הדרך מהוות הפרעה, יש להגביל את המרחק ביניהן, כדי שיהוו מכלול אחד מבחינת הנהגים בדרך העוברת, ולא יתפקדו כשני מוקדי הפרעה נפרדים.

בדרכים מהירות, ראשיות ואזוריות, בהן נדרשים נתיבי האטה והאצה הנגזרים ממהירות התכן של הדרך העוברת, לא יעלה המרחק בין קצות "אף" נתיב ההאטה ל"אף" נתיב ההאצה שלאחריו על 200 מטר. בדרכים מקומיות, ובדרכים אזוריות בהן לא נדרשים נתיבי האטה והאצה, לא יעלה המרחק בין נקודת היציאה מהדרך לנקודת הכניסה בחזרה אליה על 200 מטר. כללים אלה לא יחולו על התחברויות של דרכי-שירות, המוסברות בסעיף 14.5 ב' להלן.

הערה: המידות הנ"ל אינן המידות לצורך הפקעת הקרקע הדרושה למתן ההתחברות. המידות להפקעה ייגזרו מתוך המתקנים התחבורתיים והמרכיבים הגיאומטריים הדרושים לצורך ההתחברות, כפי שיופיעו בתכניות המאושרות.

14.5 שיקולי מיקום נוספים

א. בנוסף למיקומים המצוינים בסעיפים 14.2-14.4 לעיל, ניתן למקם התחברויות, מבחינת שיקולי תנועה ובטיחות, בקטע בו התנועה מרוסנת, אך מספר המטרדים הינו מועט. אזור כזה הוא ביציאה מאזורים מבונים ומיושבים, כאשר התנועה עוברת בהדרגה מתנאי זרימה עירונית איטית ומבוקרת לתנאי זרימה חופשית ומהירה. גבולות תחום זה, שמעבר לו תחשב ההתחברות כמצויה באזור חופשי, עליו חלים כללי סעיף 14.3 לעיל, הוא במרחק של 1.5 קילומטר מקצה האזור הבנוי (גבול השטח העירוני, כפי שייקבע לפי הת.ב.ע. שבתוקף). יחד עם זאת, אין למקם התחברויות בקטעים עוקפים מסוייגי-גישה, שנסללו כדי להוציא תנועה עוברת מיישובים סמוכים.

ב. ניתן למקם מספר שימושי קרקע סמוכים, תוך שמירה על העיקרון של הגבלת מספר ההתחברויות. במקרה כזה, יחוברו כל שימושי הקרקע ביניהם באמצעות דרך שירות, שהינה דרך בעלת מאפייני דרך מקומית, המקבילה לדרך העוברת, ודרך שירות זו תתחבר לדרך העוברת באמצעות יציאה אחת וכניסה אחת. באופן זה ניתן לחבר, לדוגמא, מספר תחנות תידלוק הממוקמות כ"אשכול תחנות" לאורך דרך שירות אחת, ודרך השירות תחשב כהתחברות אחת. על הכניסה לדרך-השירות והיציאה ממנה לא תחול הגבלת המרחק של 200 מטר מסעיף 14.4.4 לעיל, אך יחולו עליהן שאר ההגבלות של מרחקים מזעריים מצומת או מהתחברות אחרת, המפורטות בפרק זה.

ג. בכל מתן התחברות, יש להתחשב במאפייני הפיתוח העתידי של הדרך. כך למשל, אין למקם התחברות בקרבת צומת, שעל-פי תכנית המתאר יהפוך למחלף, מאחר שאז קיום ההתחברויות עשוי לפגוע בפיתוח המחלף. אם הדרך מופיעה בתכניות המתאר כדרך שעתידה להיות מהירה, יש להפעיל לגבי ההתחברויות אליה, שיקולים המתאימים להתחברויות לדרך מהירה.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ד. אין לאשר התחברות לדרך במקום בו חתך הרוחב שלה צר מהדרוש לדרך בסיווג זה לפי חתכי הרוחב הסטנדרטים שבפרק 7 – "החתך לרוחב" – בכרך I של ההנחיות. ניתן לבצע את ההתחברות רק תוך הרחבת הדרך לרוחב התיקני בהתאם לסיווג הדרך ולמהירות התכן שלה, לאורך כל הקטע המושפע מההתחברות, דהיינו – מתחילת נתיב ההאטה שלפני ההתחברות ועד סוף נתיב ההאצה שאחריה.

ה. אין למקם התחברויות בנקודות תורפה או בקרבתן:

- גשרים, מעברים עיליים ותחתיים, מנהרות.
- מפגשי מסילות ברזל.
- שיפועים אורכיים העולים על המפורט בסעיף 14.6 ח' להלן.
- עקומים אנכיים קמורים, שרדיוסם קטן מהרדיוס הדרוש לקיום מרחק הראות להחלטה עבור צמתים, כמפורט בפרק 8 בהנחיות אלה.
- בעקומים אופקיים אין לאפשר התחברות בצד הפנימי. ניתן לאפשר התחברות בצידו החיצוני של עקום אופקי שמתקיים בו מרחק הראות להחלטה הדרוש בצומת, כמפורט בפרק 4 בהנחיות אלה.

14.6 פרטי התכן הגיאומטרי להתחברויות

בנוסף לקביעת מיקומה של ההתחברות, יש להקדיש תשומת-לב לדרישות התכן הגיאומטרי שלה. התכנון המפורט צריך להתבסס על השאיפה למנוע ככל האפשר הפרעות בתפקוד הדרך העוברת ולשמור על רמת השירות שלה ועל רמת הבטיחות.

בהתאם לכך, יחולו על ההתחברות וסביבותיה כללי תכן תנועתי וגיאומטרי בדומה למקובל בצמתים. כללים אלה יחולו על הנושאים המפורטים להלן:

א. **מרחקי-ראות** – מרחקי הראות לתכן באזור ההתחברות יהיו משני סוגים: לאורך הדרך העוברת לקראת ההתחברות, מרחק הראות לתכן יהיה מרחק הראות להחלטה בהתאם למהירות התכן של הדרך, כמוגדר בפרק 4 – "מרחקי-ראות" – בכרך I של ההנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים. מרחק זה יאפשר לנהג המתקרב לראות את אזור ההתחברות בעוד מועד, הן כדי שיוכל להחליט האם לצאת מהדרך להתחברות ולנקוט בפעולות המתאימות, והן כדי שיוכל להבחין בכלי-הרכב הנכנסים והיוצאים.

מרחקי הראות בנקודת הכניסה מההתחברות בחזרה לדרך העוברת יהיו מרחקי הראות הדרושים לפנייה מדרך משנית, בהתאם לכיווני הפנייה המותרים ועל-פי ההנחיות לתכן מרחקי-ראות בצמתים, כפי שנקבעו בפרק 4 בהנחיות אלה.

ב. **רדיוסי שפת המיסעה** – רדיוס שפת המיסעה בהתחברויות לא יקטן מרדיוס השפה למהירות פנייה מזערית, בהתאם לרכב התכן הגדול ביותר המיועד להיכנס להתחברות זו, עבור זווית הכניסה מהדרך המתאימה, כמפורט בפרק 5 בהנחיות אלה.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- ג. **נתיבי האטה והאצה** – בכל התחברות המרוחקת מצומת או ממחלף ומצויה בדרך מהירה או ראשית או אזורית, וכן בתחומי רמפות המותרות להתחברות, יש להתקין נתיב האטה לפני היציאה מהדרך ונתיב האצה בכניסה מההתחברות בחזרה אל הדרך.
- בהתחברות המצויה לקראת צומת ובסמיכות לה, יותקן נתיב האטה בלבד.
- אורך נתיבי ההאטה וההאצה ופרטי התכן שלהם בדרכים שאינן מהירות יהיו בהתאם לכללים שנקבעו בסעיפים 6.4 (לנתיבי האטה) ו-6.5 (לנתיבי האצה) בהנחיות אלה. בדרכים מהירות וממוחלפות אחרות יש לשמור על הכללים המפורטים בפרק 6 בכרך III של ההנחיות.
- ד. **זווית ההתחברות** – זוויות היציאה והכניסה הרצויות בדרכים מקומיות (ללא נתיבי האטה והאצה) הם בתחום שבין 45 ל-60 מעלות. הזווית הנמדדת היא הזווית הקטנה בין ציר הגישה להתחברות לבין ציר הדרך העוברת.
- ה. **רוחב הגישות** – רוחב היציאה והכניסה בהתחברויות זהה לרוחב עבור פניות בצמתים, בהתאם לרדיוס שפת המיסעה, לרכב התכן, ולזווית הכניסה, כמפורט בפרק 5 בהנחיות אלה.
- ו. **חד-סיטריות** – הסדרי התנועה בתחום ההתחברויות יבוצעו לפי חד-סטריות. דהיינו: אין לתכנן זרוע כניסה או זרוע יציאה דו-סיטריות, למעט בחיבור לדרכים מקומיות.
- ז. **פניות שמאלה** – בדרכים דו-נתיביות בהן נפח התכן היומי (AADT) עולה על 4,000 כלי-רכב, ובכל דרך דו-מסלולית, אין להתיר פניות שמאלה אל ההתחברות וממנה, ויש להבטיח בעת התכנון, שיינקטו אמצעים פיזיים למניעת הפנייה והחצייה. בדרכים בהן הפנייה שמאלה מותרת, יש לתכנן נתיבי פנייה ואחסנה בהתאם לנדרש בסעיף 6.3 לעיל בהנחיות אלה.
- ח. **שיפועים לאורך** – השיפועים המירביים המותרים לאורך הדרך באזור ההתחברות – מתחילת נתיב ההאטה ועד סוף נתיב ההאצה, הם:
- בדרך מהירה וראשית – 4%
 - בדרך אזורית – 5%
 - בדרך מקומית – 6%

14.7 ריכוז המדדים למיקום התחברויות

בטבלה 14.1 להלן מרוכזים מדדי הכללים למקרים השונים לתכנון התחברויות לדרכים בין-עירוניות, כפי שהובאו במסגרת סעיפים 14.2-14.5 לעיל. בנוסף, חשוב לציין את פרטי התכן הגיאומטרי, כמפורט בסעיף 14.6 לעיל. מודגש, כי טבלה 14.1 הינה תמצית של נתונים מסעיפים קודמים, לנוחות המשתמש. אין היא מחליפה את ההנחיות המפורטות, ובכל מקרה, הנוסח המפורט בסעיפים 14.1-14.6 לעיל הוא המחייב את המתכנן. בנוסף, יש להזכיר כי הנחיות אלה אינן באות במקום הדרישות בכל חוק או דין אחר כדוגמת תמ"א 3, הקובעת רצועה לתכנון ברדיוס 300 מטר מסביב למחלף, ומצולע שקודקודיו במרחק 150 מ' מצומת, או תמ"א 18, המתייחסת באופן ספציפי לתחנות דלק.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

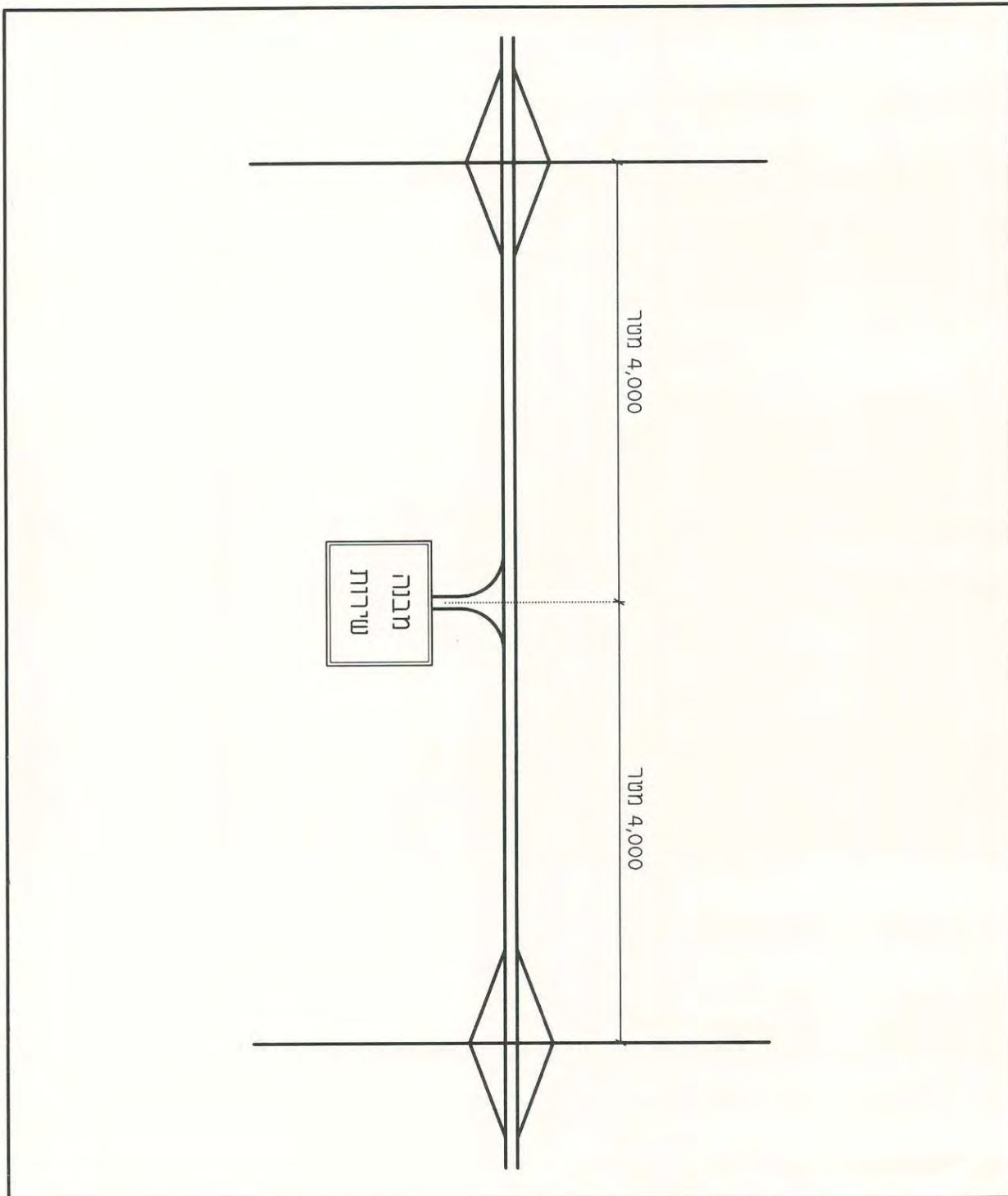
טבלה 14.1 טבלת ריכוז מדדים למיקום התחברויות בדרכים בין-עירוניות⁽¹⁾⁽²⁾

סוג הדרך אליה מתחברים	מיקום בקטע פנוי	מיקום בתחומי מחלפים ובמבואות צמתים	שיפוע מירבי (לאורך (%))	המחשה בציור	פרטים נוספים	הוראות מפורטות בסעיף
מהירה	לפחות 4.0 ק"מ מציר מחלף סמוך או התחברות אחרת	אסור, למעט ברמפות מסוימות לפי ההיתרים בסעיף 14.4.2	4	14.1	מומלץ להקים מתקני "תאומים"	14.3.2 14.4.2
פרברית-מהירה ומאסף-מחלק	אסור	אסור	-----	-----		14.3.2 14.4.2
ראשית	לפחות 2.0 ק"מ מציר צומת או מחלף סמוך או התחברות אחרת	בין 300-400 מ' מצומת	4	14.2 14.3		14.3.3 14.4.1
אזורית	לפחות 0.6 ק"מ מציר הצומת הסמוך או התחברות אחרת	בין 300-400 מ' מצומת עם דרך ראשית בין 300-600 מ' מצומת עם דרך אחרת	5	14.2 14.3		14.3.4 14.4.1
מקומית, גישה ושירות	אין הגבלה	לפחות 150 מ' מצומת עם דרך ראשית או אזורית לפחות 75 מ' מצומת עם דרך אחרת	6	14.3		14.3.5 14.4.1 14.5
מקשרת בין מסוייגות-גישה	מותרת התחברות כאשר אורך הדרך 2.5 ק"מ לכל היותר	לפי דרך ראשית, אזורית או הדרך המקשרת	6	----	הדרך מקשרת בין מסוייגות-גישה מקבילות	14.4.3
ביציאה מאזור בנוי לאזור חופשי	בתחום עד 1.5 ק"מ מקצה האזור הבנוי	----	4-6 לפי סיווג הדרך	----	לפי גבול השטח העירוני ב-ת.ב.ע.	14.5
הנחיות נוספות	אין למקם בקטעים מסוייגי-גישה עוקפי-יישובים. אין למקם בנקודות תורפה או בקרבתן: גשרים, מעברים עיליים ותחתיים, מנהרות, מפגשי מסילות ברזל, בציוד הפנימי של עקומים אופקיים, בעקומים אנכיים קמורים. מותרת התחברות רק לאחר הרחבת חתך הרוחב לחתך הסטנדרטי. אסורות פניות שמאלה בכל דרך דו-מסלולית, ובדרך דו-נתיבית מעל AADT 4000.	אין למקם מתקן במגרש פינתי. אין למקם בקטע בו קיימים מעל 2 נתיבים נמשכים במסלול. מיקום מועדף בכיוון הכניסה לצומת ובצד ימין. מיקום מועדף בזרוע הנמוכה במידרג. המיקום כפוף לכל חוק או דין אחר. אסורות פניות שמאלה בכל דרך דו-מסלולית, ובדרך דו-נתיבית מעל AADT 4000.			מרחק בין כניסה ויציאה לאותה התחברות - ראה סעיף 14.4.5	14.4.1 14.4.4 14.5 14.6

(1) טבלה זו הינה תמצית של נתונים נבחרים מסעיפים קודמים, לנוחות המשתמש. אין היא מחליפה את הנחיות המפורטות, ובכל מקרה, הנוסח המפורט בסעיפים 14.1 - 14.6 הוא המחייב את המתכנן.

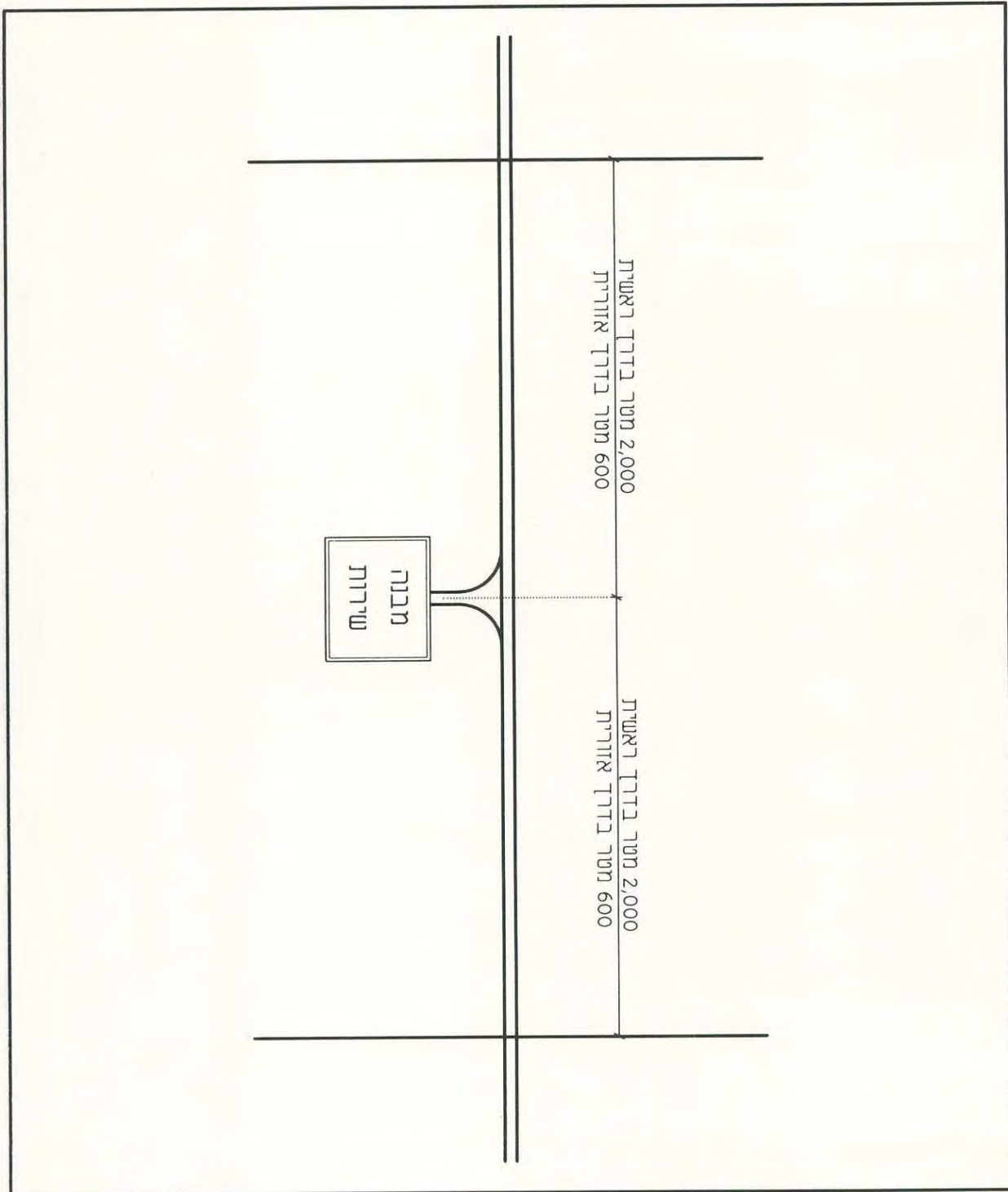
(2) כל המרחקים בהנחיות אלו נמדדים לאורך ציר הדרך.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



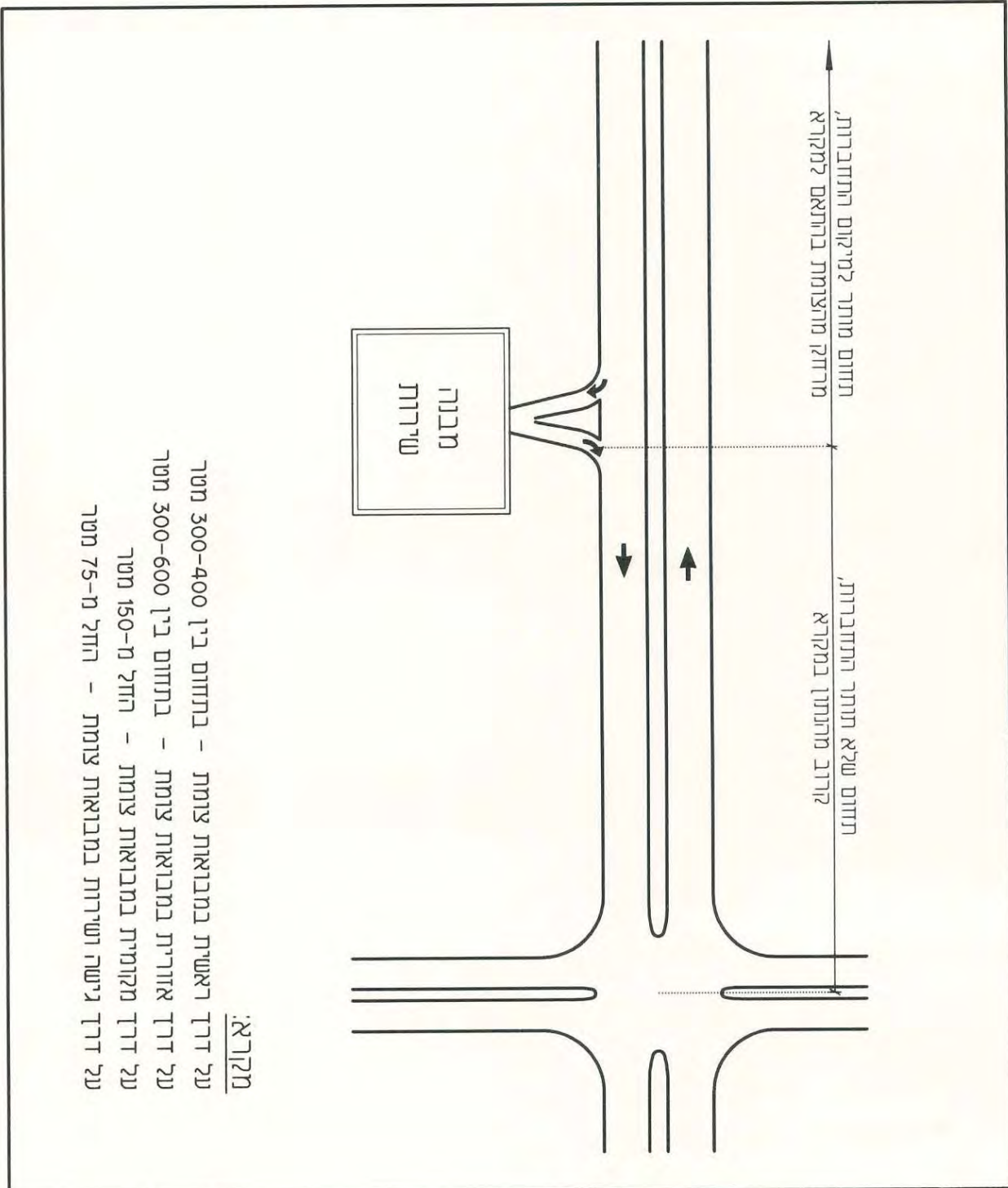
ציור 14.1 מרחקים מזעריים להקמת מבני-שירות בדרך מהירה

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 14.2 מרחקים מזעריים להקמת מבני-שירות בדרכים ראשיות ואזוריות

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



- על דרך ראשית במבואות צומת - בתחום בין 300-400 מטר
- על דרך אזורית במבואות צומת - בתחום בין 300-600 מטר
- על דרך מקומית במבואות צומת - החל מ-150 מטר
- על דרך גישה ושירות במבואות צומת - החל מ-75 מטר

מקרא:

ציור 14.3 התחום המותר להתחברות למבנה-שירות במבואות צומת

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 15

מפגשי מסילת ברזל

תוכן עניינים

15-1.....	כללי	15.1
15-2.....	סוג המפגש – מפגשים קיימים וחדשים	15.2
15-2.....	התוואי האופקי באזור המפגש	15.3
15-5.....	התוואי האנכי והתאמת שיפועים באזור המפגש	15.4
15-5.....	חתך הרוחב והחוסמת	15.5
15-7.....	צמתים או פניות בקרבת המפגש	15.6
15-7.....	מרחקי-ראות	15.7
15-7.....	כללי	15.7.1
15-9.....	מרחק ראות לקראת המפגש	15.7.2
15-9.....	משולש הראות לעצירה	15.7.3
15-9.....	משולש הראות לפינוי	15.7.4
15-10.....	יישום משולשי הראות במפגשים	15.7.5

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

פרק 15

מפגשי מסילת ברזל

15.1 כללי

מפגשי מסילת-ברזל – דרך יוצרים נקודות תורפה, הן במערכת המסילות והן במערכת הדרכים, ומהווים מקום מועד לתאונות. למפגשי מסילת-ברזל – דרך מאפיינים תפעוליים וגיאומטריים משותפים עם צמתים, ולכן הם כלולים בפרק מיוחד זה בהנחיות לתכן צמתים.

על כל מפגשי הרכבת בישראל חלות ה"הנחיות להסדרת הבטיחות במפגשי מסילת-ברזל-דרך" (להלן – "הנחיות וועדת ההיגוי למפגשים"), אשר הוכנו על-ידי וועדת ההיגוי הבין-משרדית למפגשי רכבת, והוצאו לאור על-ידי המכון לחקר התחבורה בטכניון במאי 1987. בהנחיות האמורות רוכזו כל ההנחיות, ההוראות והתקנות, העוסקות בבטיחות עוברי-דרך החוצים מסילות ברזל, כדי להוות כלי-עזר בתכנון, ביצוע ואחזקה של כל הגופים להם הן מיועדות, לרבות מע"צ.

מטרת ההנחיות האמורות, כלשונן:

- א. לקבוע את ההסדרים וההתקנים הדרושים, כדי להבטיח רמת בטיחות נאותה בדרכים החוצות מסילות ברזל.
- ב. לקבוע קריטריונים, תקנים וסדרי קדימויות להתקנתם של אמצעי הגנה במפגשים קיימים ובמפגשים חדשים.
- ג. להגדיר את תחומי האחריות של הרשויות השונות לביצועם ואחזקתם התקינה של ההסדרים וההתקנים במפגשים."

הנושאים הכלולים ב"הנחיות וועדת ההיגוי למפגשים" הם:

- א. מבוא, הגדרות ונתוני רקע (פרקים 1 עד 3).
- ב. סוגים של אמצעי הבקרה וההגנה במפגש (פרק 4).
- ג. הגדרת תנאי הראייה במפגש (פרק 5).
- ד. הנחיות להתקנת אמצעי בקרה והגנה במפגשים (פרק 6).
- ה. פרטי תכנון אתר המפגש וסביבתו (פרק 7).
- ו. אתר המפגש והתקניו: אחריות להתקנה, לתחזוקה ולשיפורים (פרק 8).

ההנחיות האמורות לעיל מיועדות לכל סוגי הדרכים העירוניות והבין-עירוניות, וכן לדרכים פרטיות ולשבילים. במסגרת פרק זה של ההנחיות לתכן צמתים יאוזכרו ויפורטו רק ההנחיות הייחודיות למפגשי מסילת-ברזל עם הדרכים הבין-עירוניות שבאחריות מע"צ, בהתבסס על הדרישות המוצגות ב"הנחיות וועדת ההיגוי למפגשים", ושילוב של מרכיבי התכן התואמים לצמתים, כפי שהוצגו בפרקים הקודמים.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

הערה: מן הראוי לציין, כי מהדורת 1987, עליה מתבססים, היא המהדורה המעודכנת התקפה בעת הוצאת ההנחיות לצמתים לאור. מהדורה זו אינה משקפת את ההתפתחויות שחלו ברשת המסילות מאז הופעתה, כגון תפעול של קווים עיקריים במסילה כפולה ובמהירויות גבוהות עד 160 קמ"ש. במקרים אלה מופנית תשומת-לב המתכנן כי נדרשים תאומים ספציפיים עם רכבת ישראל.

15.2 סוג המפגש – מפגשים קיימים וחדשים

מפגש חדש מוגדר ב"הנחיות וועדת ההיגוי למפגשים" באופן הבא:

"מפגש חדש נוצר, כאשר מסילה חדשה חוצה דרך קיימת, או כאשר דרך חדשה חוצה מסילה קיימת. כאשר דרך ראשית דו-נתיבית קיימת מורחבת ל-4 נתיבים או יותר, הרי לצורך התייחסות לשינויים המתחייבים במפגשים שבה היא נחשבת לדרך חדשה."

כל מפגש אחר הוא "מפגש קיים". בפרק 8 ב"הנחיות וועדת ההיגוי למפגשים", מוגדרים הנוהלים להתקנת מפגש חדש או לשינויים ושיפורים במפגש קיים, וכן מוגדרת הרשות האמורה לשאת בהוצאות ההשקעה הדרושות בכל אחד מהמקרים.

בהתאם להחלטת וועדת ההיגוי למפגשים, בכל מפגש חדש עם דרך לא-עירונית נחוצה הפרדה מפלסית, כמפורט בטבלה 15.1. במפגשים קיימים, יש להתקין אמצעי בקרה והגנה בהתאם לסיווג הדרך, לרמת פעילות הרכבת בו ולמשולשי הראות, כמפורט בטבלה 15.2.

טבלה 15.1 אמצעי בקרה והגנה מומלצים למפגשים חדשים בדרכים לא-עירוניות

(לפי "הנחיות להסדרת הבטיחות במפגשי מסילת-ברזל-דרך", 1987)

אמצעי בקרה והגנה		סוג הדרך
מסילת שלוחה	מסילה פעילה	
מתקן ידני, מכני, חשמלי או דגלן מופעל על-ידי צוות הרכבת	הפרדה דו-מפלסית	דרך ראשית או אזורית או מקומית

15.3 התוואי האופקי באזור המפגש

הכללים ועקרונות התכן החלים על תנוחת הצומת בתוואי האופקי, ומתוארים בסעיף 3.6.5 בהנחיות אלה, חלים גם על מפגשי מסילת ברזל. מאחר שמערכת מסילות הברזל היא מערכת נוקשה מבחינת אפשרויות השינויים, יש לבצע את ההתאמות הדרושות בתוואי הדרך.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

טבלה 15.2 אמצעי בקרה והגנה מומלצים למפגשים קיימים בדרכים לא-עירוניות
(לפי "הנחיות להסדרת הבטיחות במפגשי מסילת-ברזל-דרך", 1987)

הערות	אמצעי בקרה והגנה				תנאי הראייה במפגש	סוג הדרך
	מסילת שלוחה	מספר הרכבות ביממה				
		עד 20	21-50	מעל 50		
		מחסום			בכל תנאי	דרך ראשית או אזורית
תנאי הראייה במפגש מפורטים בפרק 5 וסעיף 6.2 בהנחיות שבמקור	דגלן או מתקן ידני, מכני או חשמלי, מופעל על-ידי צוות הרכבת	מחסום	מחסום		אין Δ קטנים	דרך מקומית
		רמזור			יש Δ קטנים	
		תימרוך			ראייה מלאה	

א. מפגשים במפלס אחד

רצוי שבכל מפגש במפלס אחד הדרך תהיה ניצבת למסילה. אם הדבר לא ניתן, יש לשאוף שהסטייה מהזווית הישרה לא תהיה גדולה מ- 20° , כלומר, שזווית החצייה תהיה בין 70° ל- 110° .

האורך המזערי של הקטע הניצב הוא 20 מטר מכל צד של המסילה, ללא קשר לסוג אמצעי ההגנה המותקן במפגש, כמתואר בציור 15.1. כאשר הדרך חוצה את המסילה בקטע שסטייתו גדולה מהמומלץ, או שבתחום 20 המטר לפני המסילה ישנו שבר בתוואי הדרך, יש לשנות את קטע הגישה כמתואר בציור 15.1. העקום האופקי הנוצר עקב הסטת התוואי יתוכנן כמפורט בפרק 5 – "התוואי האופקי" בכרך I של הנחיות אלה.

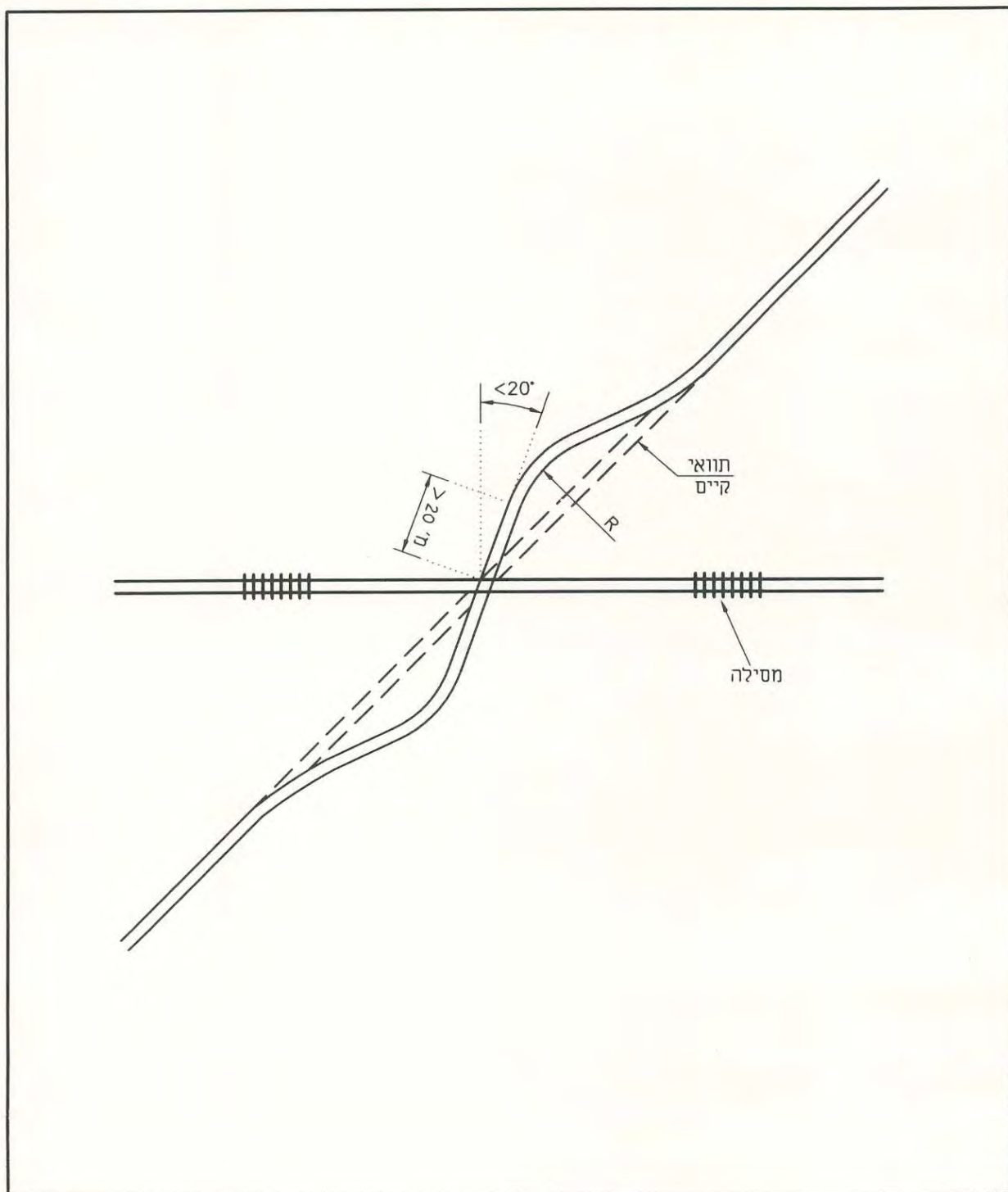
ככלל, יש להימנע ממיקום המפגש בתחומי עקומים אופקיים בדרך או במסילה מהשיקולים הבאים:

- 1) העקמומיות בדרך מגבילה את מרחק ההבחנה בקיומו של המפגש, ותשומת לבו של הנהג מרוכזת בנהיגה בעקום.
- 2) עקמומיות במסילה מגבילה את האפשרות של הנהג החוצה להבחין ברכבת המתקרבת למפגש.
- 3) ההגבהה הצידיית הדרושה בעקום אופקי במסילה או בדרך מקשה על תכנון, ביצוע ואחזקת אזור המפגש.

ב. מפגשים דו-מפלסיים

על תכן התוואי האופקי של הדרך בקרבת מפגשים דו-מפלסיים חלות ההנחיות המקובלות לתכן התוואי האופקי, כמפורט בכרך I של הנחיות אלה.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



15.1 **ציור** שיפור התוואי האופקי במבואות המפגש כאשר הדרך אלכסונית (מתוך "הנחיות להסדרת הבטיחות במפגשי מסילת ברזל-דרך", 1987)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

15.4 התוואי האנכי והתאמת שיפועים באזור המפגש

על מפגשי מסילת ברזל יוחלו הכללים ועקרונות התכן החלים על מיקום הצומת בתוואי האנכי, ומפורטים בסעיף 3.6.6 ובפרק 8 בהנחיות אלה.

א. מפגשים חד-מפלסיים

רצוי להימנע ממיקום המפגש בתחום עקום אנכי קמור שרדיוסו קטן מ-25,000 מטר, בשל מגבלות הראות החלות בעקומים מסוג זה.

מיקום המפגש בעקום קעור מחייב בדיקת בעיית הניקוז לפני קבלת ההחלטה.

כאשר הדרך החוצה את המסילה היא בעלת שיפוע אורכי, יש ליצור בתחום המפגש עצמו קטע שהוא אופקי או מותאם להגבהה הצידי של המסילה. החתך לאורך הדרך החוצה את המסילה יהיה בהתאם להנחיות המובאות בשני המקרים שבציור 15.2, כך שבקטע נוסף של 4 מטר מכל צד של ציר המסילה, השיפוע לאורך התוואי יהיה מותאם לשיפוע הרחב במסילה. בקטע נוסף באורך של 10 מטר משני צידי המפגש, לא יהיו שיפועים העולים על המפורט בציור, ומעבר לקטעים אלה יש לשמור על השיפוע המירבי לאורך המפורט בטבלה 8.1, למרחק הנתון בטבלה זו.

ב. מפגשים דו-מפלסיים

על תכן התוואי האנכי של הדרך במפגשים דו-מפלסיים, יחולו ההנחיות המקובלות לתכן התוואי האנכי, כמפורט בכרך I של הנחיות אלה.

15.5 חתך הרוחב והחוסמת

א. מפגשים חד-מפלסיים

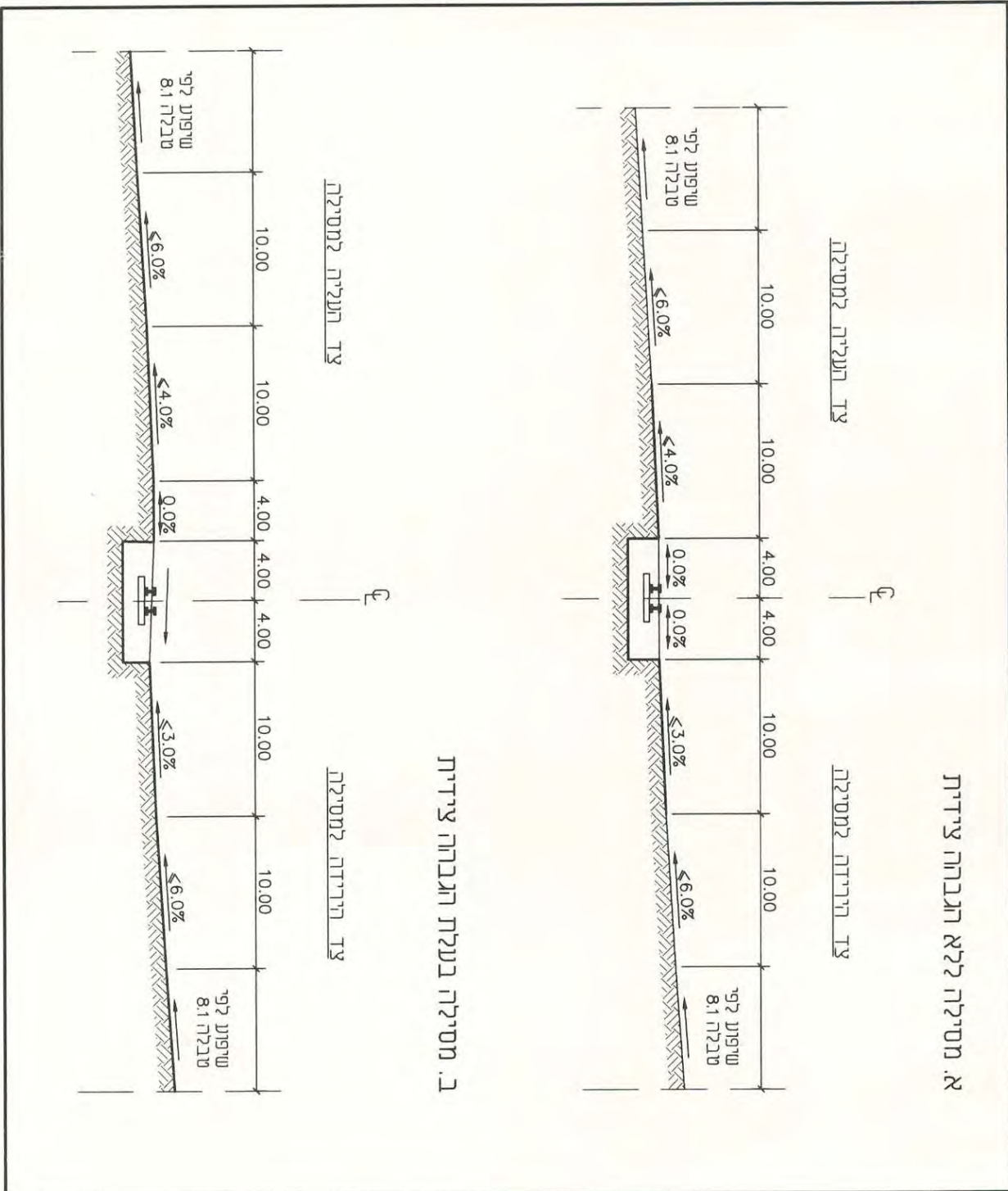
חתך הרוחב של הדרך בחציית המסילה לא יהיה צר מחתך הרוחב המלא (מיסעה ושוליים) במבואות המפגש. יש לשמור על אותו מספר נתיבים ועל המשכיות השוליים. בקרבת המפגש יש לעבור מחתך בשיפועי הרוחב הרגילים לחתך רחב אופקי, שבהמשכו שול סלול ומצופה מכל צד, למניעת הפרשי רום בין הכביש למסילה, וכדי לאפשר לנהג מפלט בכל רוחב הדרך.

מעבר השיפועים הנדרש יבוצע כמפורט בסעיף 9.3 בהנחיות אלה. מדרך המפגש (השטח בו הדרך מצוייה בין פסי המסילה) ימולא אספלט או בטון עד למפלס ראש הפסים, כמפורט ב"הנחיות וועדת ההיגוי למפגשים", כך שתתאפשר חצייה של המפגש תוך נסיעה רצופה ויימנעו עצירות בלתי רצויות על המסילה (סלילת ואחזקת מדרך המפגש באחריות רשות הרכבת).

ב. מפגשים דו-מפלסיים

במפגש דו-מפלסי, בין אם הדרך עילית או תחתית, יש לשמור על חתך הרוחב המלא של הדרך על כל מרכיביה. בכל דרך ראשית דו-נתיבית, ובדרכים אזוריות ומקומיות דו-נתיביות בעלות נפחי-תכן גבוהים, יש לכלול במהלך התכן את ההכנות לאפשרות של תוספת מסלול נוסף בדרך.

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 15.2

התאמת התוואי האנכי של הדרך באזור המפגש (מתוך "הנחיות לתכנון מסילות", רכבת ישראל, אגף הנדסה, 1996)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- בגשרים ובמעברים תחתיים יש לשמור בחוסמת ("גבריטי") את מירווחי הגובה החופשי הבאים:
- 1) מעל מסילות ברזל – 6.5 מטר, הדרושים לצורך הכנה לחישמול.
 - 2) מעל דרכים אחרות – 5.5 מטר, מעל כל נתיב, וכן מעל השוליים ושטח ההפרדה.

גובה זה מאפשר הובלת מטען חורג כנדרש בתקנות התעבורה. בנוסף לכך, יש לבדוק עם הגורמים הנוגעים בדבר, האם אין דרישות מיוחדות לקטע המתוכנן. המירווחים יימדדו בין הנקודה הנמוכה ביותר בתחתית קורות הגשר או המעבר העילי, לבין הנקודה הגבוהה ביותר שמתחתיה בחתך הרוחב של הכביש מתחת למבנה העילי.

15.6 צמתים או פניות בקרבת המפגש

- בצמתים סמוכים למפגש מסילת ברזל יש לדון לפי מידת קרבתם למפגש (ראה ציור 15.3):
- א. כאשר הקטע הישר החוצה את המסילה, בין הצומת למפגש, ארוך יותר מ-20 מטר, הצומת רחוק דיו ואין צורך לשנות את תוואי הדרכים. יש להקפיד על תכן הצומת בהתאם להנחיות אלה.
 - ב. כאשר הצומת קרוב במידה רבה למפגש, כך שלמעשה הזרוע הניצבת למסילה קצרה מ-20 מטר, מן הראוי להסיט את התוואי של זרועות הצומת כדי ליצור קטע ניצב באורך של 20 מטר לפחות ורדיוסי פנייה נאותים. יש לתכנן הסטה זו כך שהנסיעה לאורך הדרך המקבילה למסילה תהיה בטיחותית, בהתאם לכל העקרונות לתכן התוואי והצומת בכרכים I ו-II של הנחיות אלה.

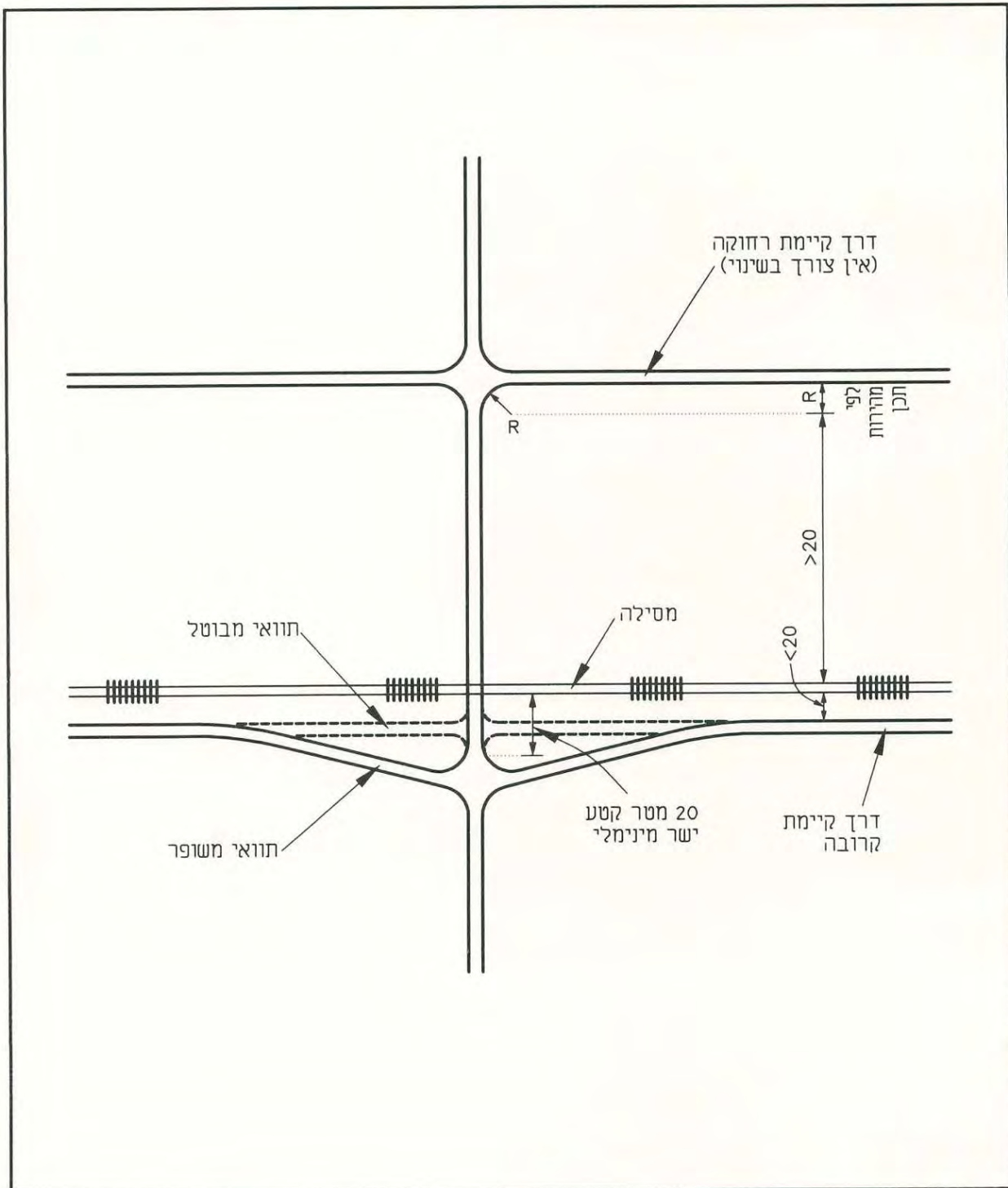
15.7 מרחקי-ראות

15.7.1 כללי

- מרחקי-הראות הקיימים לקראת המפגש ובסביבותיו הם פרמטר בטיחותי חשוב ביותר בתכן המפגש. מרחקי-הראות במפגש צריכים לאפשר לנהג המתקרב להבחין במצבים הבאים:
- א. מיקום המפגש ואמצעי הבקרה בו.
 - ב. הבחנה בהתקרבות רכבת כדי להחליט אם לעצור לפני המפגש או להמשיך בחצייה.
 - ג. לרכב שעצר – הבחנה בכך שהמסילה פנויה למרחק שיאפשר לו זינוק מעמידה וחצייה בביטחה של המפגש.

עקרונות החישוב וערכי התכן של מרחקי-הראות במפגשים מתבססים על "הנחיות וועדת ההיגוי למפגשים" ועל פיתוח מרחקי-הראות בצמתים, המפורטים בפרק 4 – "מרחקי-ראות בצמתים" בהנחיות אלה. הסעיף להלן מפרט את סוגי הראות המתחייבים לבטיחות מירבית ותפעול נאות של המפגש.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



הסטת צומת שקרוב למסילת-ברזל (מתוך "הנחיות להסדרת הבטיחות במפגשי מסילת ברזל-דרך", 1987)

ציור 15.3

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

15.7.2 מרחק ראות לקראת המפגש

מרחק הראות בדרך, בכיוון ההתקרבות אל המפגש, חייב לאפשר לנהג המתקרב להבחין בקיום המפגש, במיקומו ובהסדרי התנועה והבקרה בו: (א) בדרך ראשית ואזורית יש להבטיח לקראת המפגש את קיומו של מרחק הראות להחלטה למהירות התכן בדרך, בהתאם לערכי התכן המופיעים בטבלה 4.2 בסעיף 4.2.3 בהנחיות אלה; (ב) בדרך מקומית רצוי להבטיח את מרחק הראות להחלטה, ובכל מקרה יש להבטיח את קיומו של מרחק הראות לעצירה בהתאם למהירות התכן של הדרך ולשיפוע לאורך, כמפורט בטבלה 4.1 בסעיף 4.2.2 בהנחיות אלה.

15.7.3 משולש הראות לעצירה

משולש הראות לעצירה ("המשולש הגדול"), המתואר בציור 15.4, צריך לאפשר לנהג, שהבחין בקיומו של המסילה ומתקרב במהירות המותרת בדרך, להבחין האם המסילה פנויה בשני הכיוונים, מנקודת החלטה בה יש באפשרותו לבצע אחת מהפעולות הבאות:

א. המשכת הנסיעה במהירות קבועה וחציית המסילה בביטחה.

ב. עצירת הרכב במרחק של 4 מ' לפני הפס הקרוב.

צלעות משולש הראות, כמתואר בציור 15.4, הן:

S – המרחק הדרוש לעצירת הרכב הנוסע במהירות הנסיעה המותרת.

L – המרחק של הרכבת מהמפגש בנקודה בה יש לראות את הרכבת כדי להספיק לעצור.

חישוב צלעות "המשולש הגדול" מבוסס על ההנחות הבאות:

א. מהירות הרכבת – המהירות התפעולית המירבית על המסילה בקטע שבו נמצא המפגש, בקמ"ש.

ב. מהירות כלי-הרכב – המהירות המותרת בדרך, בקמ"ש.

ג. זמן התגובה לעצירה של הנהג – 2 שניות.

ד. תאוצת הבלימה של הרכב – 3 מטר/שנייה².

את הערכים הקריטיים לצלעות משולש הראות "הגדול" (S ו-L), המתאימים למצב של עצירה לפני המסילה, יש לקבוע מתוך ציור 15.6, בהתאם למהירויות הרכבת והרכב המתקרב.

15.7.4 משולש הראות לפינוי

מטרתו של משולש הראות לפינוי ("המשולש הקטן") החופשי מכל הפרעה לראייה, היא שנהג רכב שעצר לפני המסילה יוכל להבחין בהתקרבות רכבת משני הכיוונים כך שיספיק להאיץ מעצירה ולפנות את המפגש בביטחה, לפני בוא הרכבת.

צלעות משולש הראות המתקבלות הן צלע של 6.0 מטר בדרך ומרחק ℓ לאורך המסילה, כמתואר בציור 15.5. מידות צלעות "המשולש הקטן" מחושבות בדומה למתואר בסעיף מס' 4.4.3 בהנחיות אלה ומבוססות על ההנחות הבאות:

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

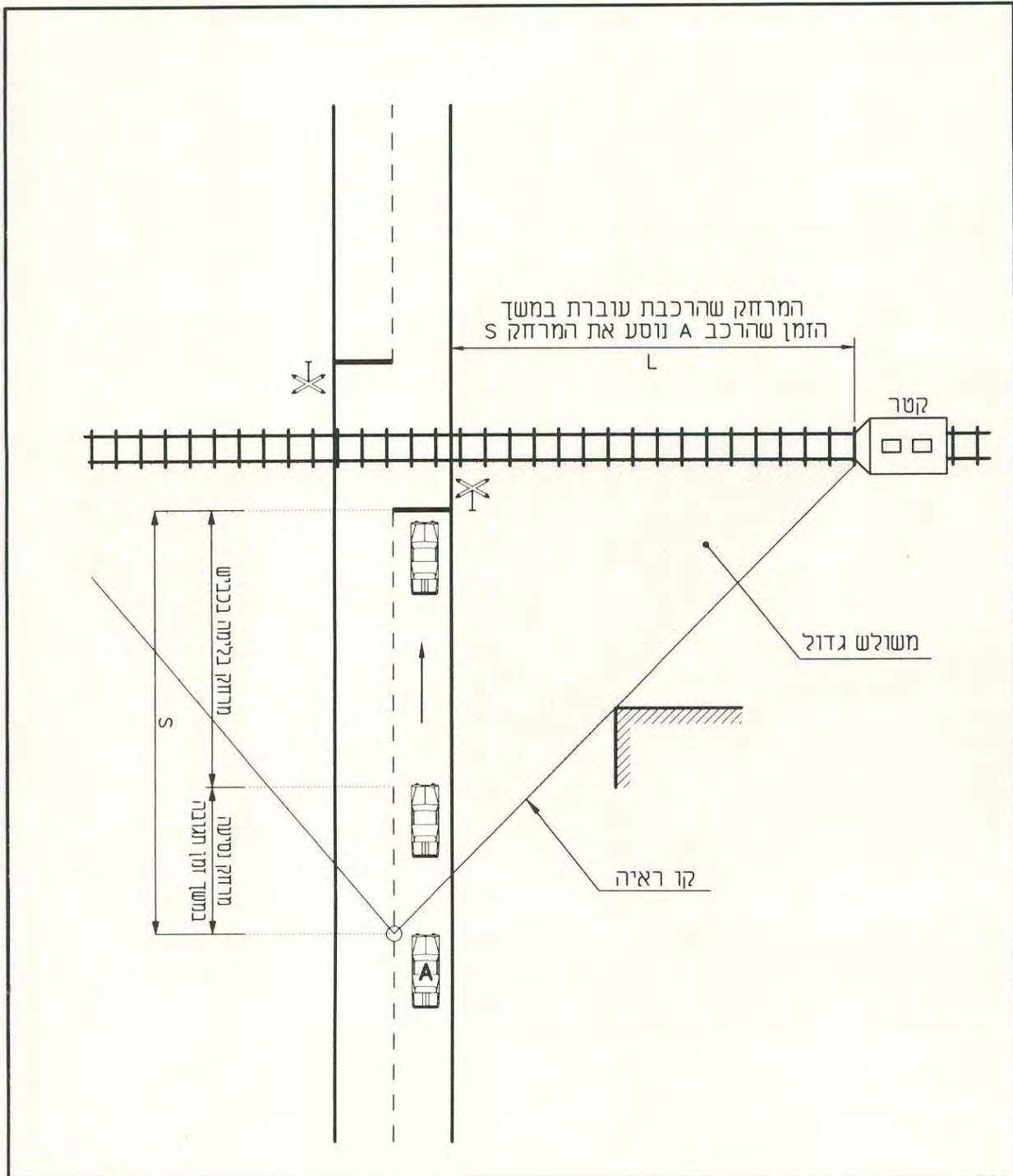
- א. מהירות הרכבת – המהירות התפעולית המירבית על המסילה בקטע בו נמצא המפגש, בקמ"ש.
 - ב. מקום עצירת הרכב – 4 מטר לפני הפס הקרוב (הנהג ממוקם 2 מטר נוספים אחורה).
 - ג. תאוצת הרכב בזינוק – 8 מטר/לשנייה².
 - ד. זמן התגובה לזינוק של הנהג – 2 שניות.
 - ה. אורך מירבי של הרכב החוצה – 18 מטר.
 - ו. זמן הפינוי – 10 שניות למסילה אחת; 2 שניות נוספות עבור כל מסילה נוספת.
- את המרחק ל לאורך המסילה (צלע משולש הראות "הקטן"), יש לקבוע מתוך ציור 15.6, בהתאם למהירות הרכבת וזמן הפינוי.

15.7.5 יישום משולשי הראות במפגשים

ראות מלאה מובטחת במפגש עם תנועת רכבות דו-סיטרית, רק כאשר קיימים בו 4 "משולשים גדולים" ו-4 "משולשים קטנים", המאפשרים ראייה חופשית בכל שטחם. משולש הראות פנוי כאשר אין בו עצמים הבולטים מפני הקרקע, לתוך מישור שקודקודו האחד נמצא בגובה עין הנהג (1.05 מטר מעל-פני נתיב הנסיעה) וקודקודיו האחרים נמצאים 2.0 מטר מעל-פני המסילה.

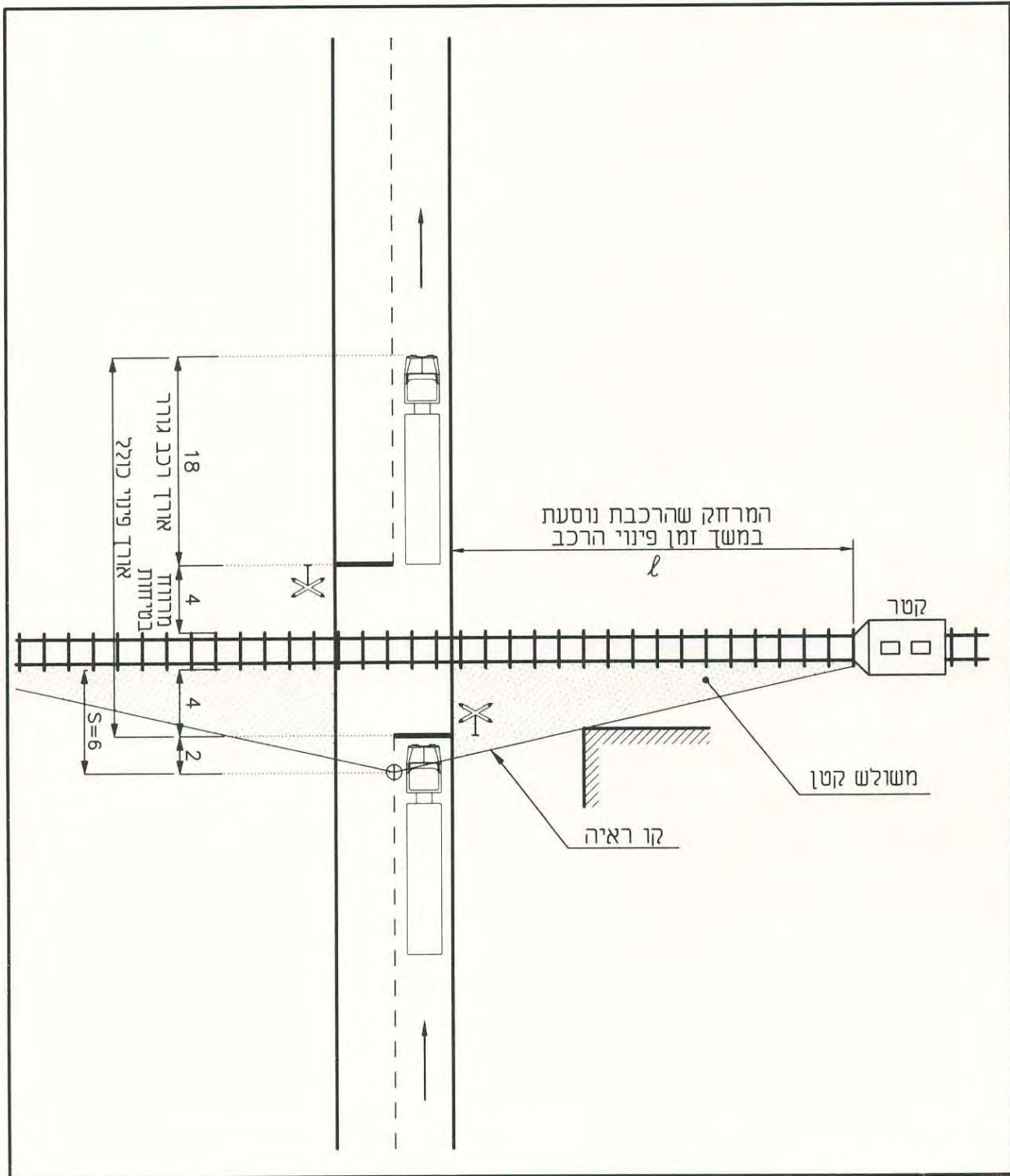
בגלל חשיבותם של מרחקי-הראות לבטיחות במפגש, יש להשתדל שבכל מפגש יתקיימו טווחי ראייה מלאים לפי "המשולשים הגדולים", כמוגדר בסעיף 15.7.3, גם כאשר מותקנים במפגש אמצעי הגנה נוספים, או מוצבים בהם תמרורי "עצור" (ב-37). "משולשי הראות הקטנים" חייבים להתקיים בכל מפגש, להבטחת החצייה בכל מקרה של תקלה במחסום. תכן משולשי הראות יבוצע בהתאם לערכים המופיעים בגרף שבציור 15.6. השימוש בגרף ייעשה בהתאם להסברים שבסעיפים 15.7.3 ו-15.7.4 לעיל.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



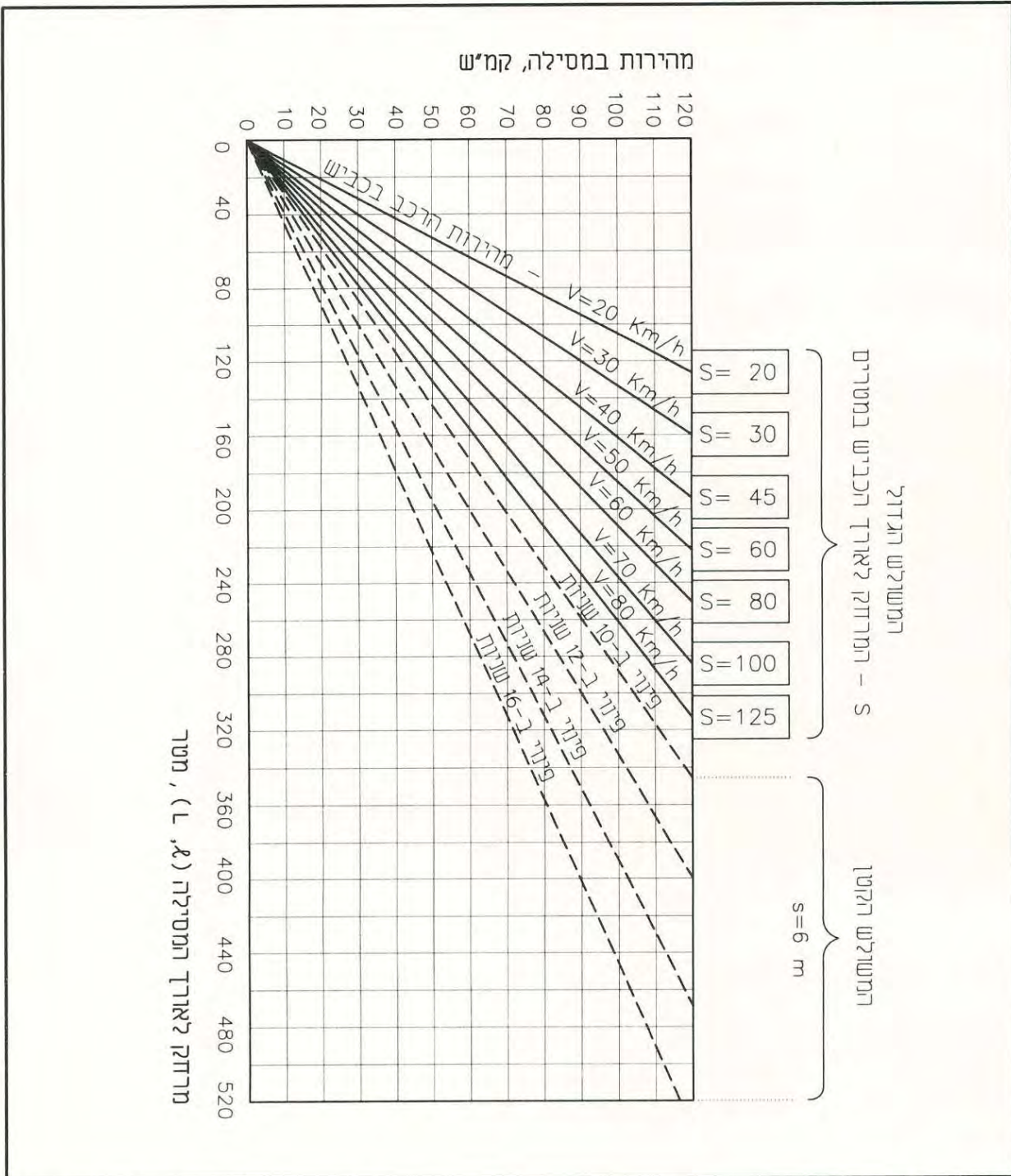
ציור 15.4 משולש הראות הדרוש לעצירה ("המשולש הגדול") במפגש מסילת-ברזל (מתוך "הנחיות להסדרת הבטיחות במפגשי מסילת ברזל-דרך", 1987)

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 15.5 משולש הראות הדרוש לחצייה ("המשולש הקטן") במפגש מסילת-ברזל (מתוך "הנחיות להסדרת הבטיחות במפגשי מסילת ברזל-דרך", 1987)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות



ציור 15.6 נומוגרמה לחישוב מרחקי-הראות המרכיבים את צלעות משולשי הראות לעצירה ולחצייה במפגשי מסילת-ברזל (מתוך "הנחיות להסדרת הבטיחות במפגשי מסילת ברזל-דרך", 1987)

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

רשימת מקורות

א. מקורות בעברית

- אכ"א – נפגעים ובטיחות בדרכים (1987), "צמתי סיבוב במחנות צה"ל", ענף בטיחות בדרכים, צה"ל.
- אלדר ק., צדר א. (1990), "מרחק אופטימלי בין שני מסעפים של צומת מפוצל", דו"ח מחקר מס' 90-158, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- האקדמיה ללשון העברית, הוועדה המרכזית למונחי הטכנולוגיה (1990), "מילון למונחי הנדסת דרכים, התחבורה ובנייה", חיפה.
- ארבית ש. (1973), "אלמנטים של מחלפים בדרכים לא עירוניות – הצעת הנחיות", פרסום מס' 73/2, המרכז לבטיחות בדרכים, הטכניון, חיפה.
- ארבית ש. (1975), "הצעת הנחיות גיאומטריות לתכנון בטיחותי של צמתים במפלס אחד – מהדורה שניה מתוקנת", פרסום מס' 75/2, המרכז לבטיחות בדרכים, הטכניון, חיפה.
- ארבית ש. (1982), "הצעת הנחיות להתקנת נתיבים לשינוי מהירויות", פרסום מס' 82-1002, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- ארבית ש., מהלאל ד., ליבנה מ. (1987), "צמתים מעגליים", פרסום מס' 87-110, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- בלשה ד., הקרט ש. (1992), "הנדסת תנועה – עקרונות ותכן", מהדורה רביעית, "מכלול" בע"מ.
- בן-יעקב י., קראוס י. (1980), "הצדקים לנתיבי פנייה שמאלה בדרכים דו-נתיביות בין-עירוניות", דו"ח מחקר מס' 80-28, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- בן-יעקב י., ליבנה מ., הקרט ש. (1979), "חקר המאפיינים הגיאומטריים והתנועתיים בצומת מרומזר", דו"ח מחקר מס' 79-22, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- בן-שחר ח. (1993), "תהליך הקמת תחנות תדלוק בישראל – בחינת ת/מ/א/18", תל-אביב.
- גולדנברג ס. (1992), "מפרצים לתחנות אוטובוס – המלצות תכנוניות", תנועה ותחבורה, גיליון מס' 30.
- דנה-פיקאר ב., שצ'ופק י., מרכוס א. (1992), "הצומת המפוצל", תנועה ותחבורה, גיליון מס' 31.
- זיידל ד., ארזי נ., שטרנפלד צ. (1983), "פיתוח עקרונות לעיצוב שילוט הדרכה תלת-לשוני", דו"ח מחקר מס' 83-38, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- הטכניון, המכון לחקר התחבורה (1998), "תקנות והנחיות להצבת תמרורים 1997", עדכון ועריכה י. רונן.
- כהן ס., פולוס א. (1980), "הצעת הנחיות לתכנון והצבת שילוט הדרכה בדרכים בין-עירוניות", פרסום מס' 80-26, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- כהן ר. (1995), "צמתים מפוצלים בינעירוניים מרומזרים", עבודת גמר לשם מילוי חלקי של הדרישות לקבלת תואר מגיסטר למדעים בהנדסה אזרחית, הטכניון, חיפה.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- כהן ש.א. (1989), "תחנות תידלוק – מטרד או שרות", 'תנועה ותחבורה', גיליון מס' 20.
- ליבנה מ. (1993), "דו"ח ועדת מומחים לבחינת מהירויות מרביות מותרות בישראל", חיפה, אייר תשנ"ג.
- ליבנה מ. (1995), "דו"ח ועדת מומחים למעקב ולבחינת השפעת שינוי מהירויות הנסיעה המותרות בדרכים בישראל", חיפה.
- ליבנה מ., פולוס א., פקטור מ. (1984), "ניתוח מאפיינים של נסיעת כלי-רכב על-גבי נתיבי האצה", דו"ח מחקר מס' 40-84, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- ליבנה מ., פולוס א., פקטור מ. (1985), "ניתוח מאפייני נסיעת כלי-רכב על-גבי נתיבי האטה", דו"ח מחקר מס' 79-85, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- הלישכה המרכזית לסטטיסטיקה (1993), "השנתון הסטטיסטי לישראל 1993".
- הלישכה המרכזית לסטטיסטיקה (1993), "רבעון לסטטיסטיקה של תחבורה", מס' 2, כרך כ', תשנ"ג.
- ל.ק.י. – מהנדסי תחבורה יועצים (1994), "תמ"א 18 – תחנות תידלוק: ריכוז הקריטריונים לקביעת המרחקים בין תחנות תידלוק, וסיכום היבטי בטיחות בדרכים, הפרעות לתנועה, והשפעתם על איתור התחנות", הוכן עבור מינהל התכנון במשרד הפנים.
- ל.ק.י. – מהנדסי תחבורה יועצים (1997), "הצעה לעדכון הנחיות לתכן התחבורות למבני שירות בדרכים בין-עירוניות", הוכן עבור המשרד לתשתיות לאומיות, מחלקת עבודות ציבוריות.
- מדינת ישראל (1961), "פקודת התעבורה ותקנות התעבורה", תשכ"א ועידכונים.
- מדינת ישראל (1965), "תכנית מיתאר ארצית לתחנות תידלוק תמ"א 18".
- מדינת ישראל (1970), "קבצי התקנות 2501 ו-2502 (לוח התמרורים)", מ-1/1/1970 ועידכונים.
- מדינת ישראל (1986), "תכנית מיתאר ארצית לתחנות תידלוק מס' תמ"א 18", נוסח התשמ"ו.
- מדינת ישראל, וועדת ההיגוי הבינמשרדית למפגשים (1987), "הנחיות להסדרת הבטיחות במפגשי מסילת-ברזל – דרך", המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- מדינת ישראל (1996), "תמ"א 18 – תכנית מיתאר ארצית לתחנות תידלוק, נוסח תשנ"ו - 1996 (ע"פ שינוי מס' 2)", בהוצאת המועצה הארצית לתכנון ובניה.
- מדינת ישראל (1999), "הנחיות להתחברות תחנות תידלוק לדרכים לא עירוניות (ע"פ תמ"א/18)", בהוצאת המועצה הארצית לתכנון ובניה, משרד התחבורה ומע"צ – אוקטובר 1999.
- מדינת ישראל (1999), "תכנית מתאר ארצית לדרכים – תמ"א 3", שינוי מס' 56 ינואר 1999, במסגרת חוק התכנון והבנייה תשכ"ה 1965.
- המכון הישראלי לנפט ולאנרגיה – הועדה לתחנות, ומשרד הפנים – השרות לשמירת איכות הסביבה (1978), "תחנות התדלוק והסביבה – בדיקות אקולוגיות", תל אביב.
- מרכוס ד. (1983), "תכנית מיתאר ארצית לתחנות תידלוק תמ"א 18 במבחן התאוריה והמימוש", עבודת גמר לתואר מגיסטר בתכנון ערים ואזורים, הטכניון, חיפה.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

משרד הבינוי והשיכון – אגף הנדסה, משרד התחבורה – המפקח על התעבורה (1989), "הנחיות לתכנון רחובות בערים, כרך 2 – תכן גיאומטרי של צמתים עירוניים במפלס אחד", הוכן על-ידי ל.ק.י – מהנדסי תחבורה יועצים, חיפה.

משרד הבינוי והשיכון, מחלקת עבודות ציבוריות (1994), "הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות – כרך I: תכן גיאומטרי של דרכים", הוכן על-ידי ל.ק.י – מהנדסי תחבורה יועצים, חיפה.

משרד העבודה, מחלקת עבודות ציבוריות (1971-1982), "הנחיות לתכנון דרכים", 1971, ועידכונים לנ"ל עד שנת 1982.

משרד התחבורה, המפקח על התעבורה (1970), "הנחיות לאופן הצבת תמרורים", מוסד הטכניון למחקר ופיתוח בע"מ, חיפה.

משרד התחבורה, המפקח על התעבורה (1973), "הנחיות לתכנון מעברי חצייה להולכי-רגל", עורכים: פ. בן-שאול, י. רונן.

משרד התחבורה, המפקח על התעבורה (1981), "הנחיות לתכנון רמזורים", עורך: י. רונן.

משרד התחבורה, המפקח על התעבורה (1983), "הנחיות לתיכנון צמתים – מצע לדיון".

משרד התחבורה, המפקח על התעבורה (1986), "הנחיות לשילוב גלאים ברמזורים", מאת: י. רונן, דר' ד. מהאל.

משרד התחבורה, המפקח על התעבורה (1987), "פיצול צמתים מרומזרים", מאת: י. רונן.

משרד התחבורה, אגף תכנון תחבורתי, (1998), "הנחיות לתכנון נתיבים לתחבורה ציבורית", הוכן על-ידי מתו"פ מהנדסים.

משרד התחבורה, מינהל היבשה (1999), "תוכנית אב ארצית לתחבורה יבשתית – מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית למדינת ישראל", הוכן על-ידי המכון הישראלי לתכנון ומחקר תחבורה.

משרד התחבורה, מינהל היבשה (1999), "תוכנית אב ארצית לתחבורה יבשתית – דו"ח מסכם", הוכן על-ידי המכון הישראלי לתכנון ומחקר תחבורה.

פולוס א., ליבנה מ., קראוס י., שמואלי ס. (1998), "ניתוח מאפייני תנועה של צמתים מעגליים עירוניים – שלב א", דוח מחקר מס' 98-267, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

פולוס א., ליבנה מ., קראוס י., שמואלי ס. (1999), "ניתוח מאפייני תנועה של צמתים מעגליים עירוניים – שלב ב", דו"ח מחקר מס' 99-271, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

פולוס א., שמואלי ס. (1997), "מאפייני תפעול של צמתים מעגליים", 'תנועה ותחבורה', גיליון מס' 47.

פרנקל י. (1972), "תחנות תדלוק וחיבורן לדרכים ציבוריות – סקר והצעת תקן", מכון הנפט הישראלי, ועדת מתקנים ותובלה.

קראוס י. (1983), "בדיקת מאפייני תפעול בצמתים מדורגים", דו"ח מחקר מס' 83-26, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

קראוס י., פולוס א., כהן א. (1987), "מאפייני קיבולת בצמתים עירוניים לא מרומזרים רגילים ומדורגים", דו"ח מחקר מס' 87-119, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

רונן י. (1987), "עקרונות של פיצול צמתים מרומזרים", 'תנועה ותחבורה', גיליון מס' 15.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

שובל מ., פרסקר י., מהלאל ד. (1992), "עקרונות תפעול ותכן גיאומטרי לאוטובוסים מפרקיים", דו"ח מחקר מס' 92-175, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

שמואלי ס., פולוס א. (1997), "ניתוח והערכה תפעולית של צמתים מעגליים", דו"ח מחקר מס' 97-246, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.

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

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ב. מקורות לועזיים

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (1961), "An Informational Guide on Services to Motorists on Interstate Highways", Washington, D.C., U.S.A.

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (1968), "A Guide on Safety Rest Areas for the National System of Interstate and Defensive Highways", Washington, D.C., U.S.A.

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (1995), "Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994", Washington, D.C., U.S.A.

Asociacion Provincial de Estaciones de Servicio de Madrid (1988), "Real Decreto – Ley 4/1988 – Regimen de Distancias Minima entre Estaciones de Servicio", Spain.

AUSTROADS (1988), "Guide to Traffic Engineering Practice, Part 5 – Intersections at Grade", Sydney, Australia.

AUSTROADS (1993), "Guide to Traffic Engineering Practice, Part 6 – Roundabouts", 2nd Ed., Sydney, Australia.

Billion C.E, Scheinbart I. (1956), "A Study of Ingress and Egress at Gasoline Service Stations on Rural State Highways Without Control of Access", Highway Research Board Proceedings, Vol. 35, pp. 618-660, U.S.A.

Box P.C. (1969), "Driveway Accident and Volume Studies, Part I: General Relationships", Public Safety Systems, Vol. 34, No. 3, pp. 18-22, May-June 1969, U.S.A.

Box P.C. (1969), "Driveway Accident and Volume Studies, Part II: Service Stations", Public Safety Systems, Vol. 34, No. 4, pp. 15-18, July-August 1969, U.S.A.

Box P.C. (1969), "Driveway Accident and Volume Studies, Part III: Design Considerations", Public Safety Systems, Vol. 34, No. 5, pp. 16-19, September-October 1969, U.S.A.

Box P.C. (1970), "Driveways", Chapter 5, in: "Traffic Control and Roadways Elements – Their Relationship to Highway Safety/Revised", Highway Users Federation for Safety and Mobility, U.S.A.

Brangan E.C. (1970), "Roadside Development, Traffic and Safety on Arterial Roads", The National Institute for Physical Planning and Construction Research, Report No. Rt 42, Dublin, Ireland.

Brilon W. (Ed.) (1991), "Intersections Without Traffic Signals II", Proceedings of an International Workshop, Bochum, Springer-Verlag, Germany.

Brilon W., Grossmann M., Stuwe B. (1991), "Toward a New German Guideline for Capacity of Unsignalized Intersections", Transportation Research Record 1320, TRB, Washington, D.C., U.S.A.

Brown M. (1995), "The Design of Roundabouts", State-of-the-Art Review, Transport Research Laboratory, Department of Transport, London, U.K.

Bundesanstalt fur Strassenwesen (1993), "Bundesautobahnen 1993 – Statistische Auswertung", Germany.

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

Bundesminister fur Verkehr (1977), "Richtlinien fur die Anlage von Tankstellen an Strassen", RAT, Koln, Germany.

Bundesminister fur Verkehr (1993), "Verzwechnis der Bundesautobahn – Knoten – Nebenanlagen und Nebenbetriebe", Germany.

CALTRANS – California Department of Transportation (1995), "Highway Design Manual – 5th Ed". Sacramento, California, U.S.A.

Clark M.N. (1983), "Roadside Facilities for Trunk Roads", Proceedings of Seminar at University of Sussex, July 1983, Planning & Transport Research & Computation, pp. 93-104, U.K.

Colorado Department Of Highways (1985), "Colorado Access Control Demonstration Project", Department of Highways, State of Colorado, U.S.A.

County Road Association of Michigan (1972), "Road Design Manual", U.S.A.

CRB – Country Roads Board (1974), "Road Design Manual for Rural & Urban Roads Other Than Freeways", Victoria, Australia.

CSIR – Council for Scientific and Industrial Research (1984), "Geometric Design of Rural Roads, Technical Recommendations for Highways", Draft TRH 17, Pretoria, South Africa.

Department of Transport (1981), "Junctions and Accesses: The Layout of Major/Minor Junctions", Departmental Advice Note TA 20/81, U.K.

Department of Transport (1992), "Motorway Service Areas", Department of Transport, London, U.K.

Department of Transport (1993), "Geometric Design of Roundabouts", Design Manual for Roads and Bridges, Vol. 6, Sec. 2, Part 3, TD 16/93, HMSO, U.K.

Department of Transport (1993), "Transport Statistics", Great Britain.

Devlin J., McGuinness P. (1986), "Geometric Design Guidelines (Intersections at Grade)", An Foras Forbartha, Dublin, Ireland.

Drake J. (1969), "Motorways", Faber and Faber Limited, London, U.K.

Dutch Ministry of Transportation (1989), "Guidelines for the Design of Service Areas in Freeways", Netherlands.

ECMT – European Conference of Ministers of Transport (1993), "Statistical Report on Road Accidents in 1991".

FHWA – Federal Highways Administration (1981), "Safety Rest Area – Planning, Location, Design", U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.

FHWA – Federal Highway Administration (1988), "Manual on Uniform Traffic Control Devices", U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

FHWA – Federal Highway Administration (1995), "Basic Geometric Design", Publ. No. FHWA-ED-95-013, U.S. DOT.

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

- Fitzpatrick K. (1991)**, "Gaps Accepted at Stop-Controlled Intersections", Transportation Research Record 1303, TRB, Washington, D.C., U.S.A.
- Fitzpatrick K., Mason J.M. Jr. (1990)**, "Review of AASHTO Case III Intersection Sight Distance Procedures", Transportation Research Record 1280, TRB, Washington, D.C., U.S.A.
- Fitzpatrick K., Mason J.M. Jr., Harwood D.W. (1993)**, "Comparison of Sight Distance Procedures for Turning Vehicles From a Stop-Controlled Approach", Transportation Research Record 1385, TRB, Washington, D.C., U.S.A.
- Forschungsgesellschaft fur Strassen - Und Verkehrswesen (1988)**, "Richtlinien fur die Anlage von Strassen (RAS), Abschnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte, RAS-K-1", Germany.
- Fry A.T., Buckley D.J. (1970)**, "Delay and Interference in Combined Lanes at Unsignalized Intersections", A.R.R.B. Proceedings, Vol. 5, Part 3, pp. 15-39, Australia.
- Glennon J.C. et al (1975)**, "Technical Guidelines for the Control of Direct Access to Arterial Highways, Volume I: General Framework for Implementing Access Control Techniques", Federal Highway Administration, Report No. FHWA-RD-76-86, Washington, D.C., U.S.A.
- Gwynn D.W. (1966)**, "Accident Rates and Control of Access", Traffic Engineering, November 1966, pp. 18-21, U.S.A.
- Hakkert A.S., Ben-Yakov Y. (1978)**, "Single-Level Interchanges, or – Splitting a Signalised Intersection", Traffic Engineering & Control, August-September 1978, U.K.
- Hakkert A.S., Mahalel D., Asante A.S. (1994)**, "Comparing Capacities at Unsignalized Intersections and Roundabouts", Technion – Israel Institute of Technology, Transportation Research Institute, Research Report No. 94-211, Haifa, Israel.
- Harmelink M.D. (1967)**, "Volume Warrants For Left Storage Lane at Unsignalized Grade Intersections", H.R.B. Record No. 211, Washington, D.C., U.S.A.
- Harwood D.W., et al (1995)**, "Median Intersection Design", NCHRP Report 375, Transportation Research Board, Washington D.C., U.S.A.
- Highway Agency (1995)**, "Vehicular access to all purpose trunk roads", Design manual for roads and bridges, Volume 6, Section 2, Part 7, TD 41/95, HMSO, U.K.
- Homburger W.S., Kell J.H. (1988)**, "Fundamentals of Traffic Engineering", 12th Ed., Institute of Transportation Studies, University of California, Berkley, U.S.A.
- Hounsell N.B. (1988)**, "Bus Stop Siting at Road Junctions", TRRL CR89, U.K.
- HRB – Highway Research Board (1962)**, "Shoulder and Rest Area Use – Study Procedure Guide", Bulletin No. 359, Washington, D.C., U.S.A.
- HRB – Highway Research Board (1973)**, "Rest Areas", NCHRP Synthesis 20, Washington, D.C., U.S.A.
- ITE – Institute of Transportation Engineers (1967)**, "A Recommended Practice for Proper Location of Bus Stops", Washington D.C., U.S.A.

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

ITE – Institute of Transportation Engineers (1987), "Guidelines for Driveway Location and Design", Washington, D.C., U.S.A.

ITE – Institute of Transportation Engineers (1991), "Trip Generation Manual", Fifth Edition, Washington, D.C., U.S.A.

JHK & Associates (1980), "Design of Urban Streets", U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington D.C., U.S.A.

Koepke F.J., Levinson H.S. (1992), "Access Management Guidelines for Activity Centers", NCHRP. Report 348, Transportation Research Board, Washington, D.C., U.S.A.

Kuciemba S.R., Cirillo J.A. (1992), "Intersections", in: "Safety Effectiveness of Highway Design Features", Vol. V, Publ. No. FHWA-RD-91-048, U.S. Department of Transportation, McLean, Virginia.

Kuprijanow A. et al (1969), "Motorists' Needs and Services on Interstate Highways", NCHRP. Report 64, Transportation Research Board, Washington D.C., U.S.A.

Leisch J.E. (1974), "Lecture Series on Geometric Design of At-Grade Intersections and Interchanges", Technion – Israel Institute of Technology, Haifa, Israel.

Leisch J. E., Leisch J. P. (1978), "Seminar on Planning & Design for At-grade Intersections", Technion and ministry of transport, Tel-Aviv, Israel.

Lenz K.H., Eichberg J. (1970), "Ermittlung von Bemessungswerten für Tank- und Rastanlagen an Bundesautobahnen", Strasse und Autobahn, 1/1970, pp. 31-37, Germany.

Mahalel D., Craus J., Polus A. (1986), "An Evaluation of Staggered and Cross Intersections", Journal of Transportation Engineering, American Society of Civil Engineers, Vol. 112, No. 5.

Martens G.T. (1990), "An Analysis of Distances Between Service Areas in Freeways", Dutch Ministry of Transportation, Netherlands.

Mason et al (1989), "Intersection Sight Distance Requirement for Large Trucks", Transportation Research Record 1208, TRB, Washington D.C., U.S.A.

Mason J.M. Jr., Fitzpatrick K., Harwood D.W. (1990), "Field Observations of Truck Operational Characteristics Related to ISD", Transportation Research Record 1280, TRB, Washington, D.C., U.S.A.

McGee H.W. (1989), "Reevaluation of the Usefulness and Application of Decision Sight Distance", Transportation Research Record 1208, TRB, Washington D.C., U.S.A.

McGuirk W.W. (1973), "Evaluation of Factors Influencing Driveway Accidents", Joint Highway Research Project C-36-59P, Purdue University, U.S.A.

Ministere des Transports (1980), "Les Carrefours Plans sur Routes Interurbaines: Guide Technique", France.

Ministere des Transports (1984), "Les Carrefours Plans sur Routes Interurbaines: Carrefours Giratoires – Guide Technique", France.

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

Netherton R.D. (1963), "Control of Highway Access", University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, U.S.A.

Neuman R.T. (1985), "Intersection Channelization Design Guide", NCHRP Report 279, Transportation Research Board, Washington D.C., U.S.A.

NHI – National Highway Institute (1991), "Access Management, Location and Design, Participant Notebook", NHI Course No. 15255, Publication No. FHWA-HI-92-033, U.S. Department of Transportation.

Nutt B. (1974), "Motorway Services – A Deserving Case", Design, Issue No. 301, pp. 74-79.

Ohio Department of Highways (1964), "Regulations Governing Ingress and Egress at Gasoline Service Stations and Related Retail Establishments Fronting on all Non-Limited Access Highways Under State Jurisdiction in Ohio", Revised, Columbus, Ohio, U.S.A.

Ourston & Doctors (1995), "Roundabout Design Guidelines", Santa Barbara, California, U.S.A.

PIARC – Permanent International Association of Road Congresses (1987), "Belgian Roads, Comfort, Environment: Service Installations on Motorways".

PIARC – Permanent International Association of Road Congresses (1991), "Report of the Technical Committee on Interurban Roads", Proceedings of the XIXth World Road Congress at Marrakech, September 1991.

"A Policy and Standards for Entrances to State Highways" (1966), Public Works, pp. 68-70, December 1966, U.S.A.

"Practitioners' Forum" (1996), ASCE, Journal of Transportation Engineering, November/December 1996, U.S.A.

Roads Department (1982), "Road Design Manual", Republic of Botswana.

Sedgwick J.R.E, Westbrook R.W. (1969), "The Valuation and Development of Petrol Filling Stations", The Estates Gazette Limited, London, U.K.

SETRA (1995), "Highway Design Guide", Technical Guide (Translation 1995), France.

SETRA/CSTR (1987), "Capacite des Carrefours Giratoires Interurbains – Premiers Resultats", Note D'information 44, France.

SETRA/CSTR (1987), "Carrefours Giratoires – Evolution des Caracteristiques Geometriques", Note D'information 60, France.

SETRA – CETUR (1992), "Giratoires 92", Actes du Seminaire International, France.

Stein M.M. (1969), "Highway Interchange Area Development – Some Recent Findings", Public Roads, Vol. 35, No. 11, pp. 241-248, U.S.A.

Stover V.G. et al (1970), "Guidelines for Medial and Marginal Access Control on Major Roadways", NCHRP Report 93, HRB, National Research Council, Washington D.C., U.S.A.

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

TAC – Transportation Association of Canada (1994), "Geometric Design Guide Standards for Canadian Roads", Ottawa, Canada.

Texas Transportation Institute et al (1998), "HOV Systems Manual", NCHRP Report 414, TRB, Washington, D.C., U.S.A.

TRB – Transportation Research Board (1998), "Highway Capacity Manual 1997 (HCM)", Special Report 209, 3rd Ed., National Research Council, Washington D.C., U.S.A.

Troutbeck R.J. (1990), "Traffic Interaction at Roundabouts", Proceedings, 15th Australian Road Research Board Conference, Vol. 15(5).

Uckotter D.A. (1974), "Analysis of Motor Vehicle Accidents at Commercial Driveway Locations", Joint Highway Research Project C-36-59S, Purdue University, Lafayette, U.S.A.

Underwood R.T. (1991), "The Geometric Design of Roads", Monash University, Australia.

Van Winkle S. (1982), "When Evaluating Access, Consider 'T' Intersections", ITE Journal, March 1982 p. 32, U.S.A.

Varin D.W. (1960), "Gasoline Service Station Location and Design", Information Report #140, ASPO–American Society of Planning Officials, Information Report No. 140, Chicago, Illinois, U.S.A.

Washington State Department of Transportation (1992), "Design Manual", M-22-01, Olympia, Wa., U.S.A.

Yeadon H.L. (1974), "Services for the Road User", Proc. of Standards for Modern Highways – The Institution of Highway Engineers National Conference, December 1973, pp. 44-51, London., U.K.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

מילון מונחי ההנחיות (Glossary)

במילון מונחים זה מרוכזים המונחים והמושגים המקצועיים בהם השתמשנו בשלושת אוגדני ההנחיות. המונחים מסודרים לפי סדר אלפביתי עברי בכתב מלא, כאשר לצד כל מונח עברי מופיע המונח המקובל באנגלית, והגדרה או הסבר קצר למונח, התואם את השימוש שנעשה בו בהנחיות אלה.

התרגום וההסבר למונחים תואם את השימוש כפי שנעשה באותו מונח בהנחיות אלה, וכפי שאושר על-ידי ועדת ההיגוי, ואיננו זהה, בהכרח, לשימוש הרווח לפני הכנת ההנחיות או לפירוש הקיים כיום ב"מילון למונחי הנדסת דרכים – תחבורה ובנייה", של האקדמיה ללשון העברית והטכניון, משנת 1990. מרבית השינויים והחידושים ברשימה שלהלן הועברו לדיון ולאישור בוועדה למונחי תחבורה הפעילה כיום באקדמיה ללשון העברית, במטרה להכלילם גם במילון המעודכן למונחי התחבורה העתידי לצאת לאור.

מילון מונחים זה מובא בנוסח זהה בסופו של כל אחד משלושת אוגדני ההנחיות.

- א -

אבן-שפה

Curb, Curbstone

חייץ בנוי בצידו הכביש, בינו לבין מדרכה, אי-תנועה או מיפרדה.

אוטובוס מפרקי

Articulated bus

אוטובוס ארוך בעל חלק אחורי המחובר באמצעות מפרק.

אזור-השפעה (במחברי רמפה)

Influence area

אזור בסמיכות למחברי-הרמפה, בו מורגשת ההשפעה התפעולית של המחבר.

אזור-השתזרות

Weaving area

תחום הכביש המושפע מפעולות ההשתזרות.

אזור התאוששות

Recovery area

אזור לצידו הדרך, מעבר לאזור המיפלט, המאפשר בלימת רכב שסטה מהכביש ללא נזק.

אזור מפלט

Refuge area

אזור לצידו הדרך המאפשר השתלטות על רכב שסטה מהכביש.

אחוז זמן העיכוב (בכביש)

Percent time delay

האחוז הממוצע מזמן הנסיעה, בו נוסעים כלי-הרכב בשיירה, עקב אי יכולת לעקוף.

אי-הפרדה

Splitter island, Divisional island

אי-תנועה המיועד להפריד בין זרמי-תנועה שונים.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

אי טיפה

[אין מונח אנגלי]

סוג של אי-הפרדה מאורך בעל צורת טיפה.

אי מאורך

Longitudinal island

אי-הפרדה בעל צורה ארוכה וצורה במרכז הכביש.

אי-מפלט

Refuge island

אי המיועד למיפלט להולכי-רגל חוצים.

אי משולש

Triangular island

אי-תנועה בעל צורה משולשת.

אי-ניתוב והכוונה

Channelizing island

אי-תנועה שמטרתו לכוון את הרכב לנתיב הנסיעה הרצוי.

אי-תנועה

Traffic island

שטח בכביש, בנוי או מסומן בצבע, המיועד להכוונת התנועה.

איזון נתיבים

Lane balance

קביעת מספר הנתיבים בהיפרדויות ובהתמזגויות משיקולים תפעוליים.

איחסון, אחסנה

Storage

המתנת מכוניות בתוך נתיב-עזר לפנייה.

אף היציאה

Exit nose

האזור המשולש המפריד בין הדרך העוברת לבין רמפות היציאה ממנה, ומהווה אזור מפלט והתאוששות.

אף הכניסה

Entrance nose

האזור המשולש המפריד בין הדרך העוברת לבין רמפות הכניסה אליה.

אף פיזי

Physical nose, Gore

חלק האף שמעבר לאף הצבוע, בין שול הדרך העוברת לשול הרמפה; מתחיל בפגוש האף הפיזי.

אף צבוע

Painted nose

החלק הצבוע של אף היציאה או הכניסה; מתחיל בקודקוד האף הצבוע.

- ב -

בקרה

Control

הגבלת התנועות בצומת וקביעת זכות הקדימה בין כיווני התנועה הנפגשים בצומת באמצעות תימרור.

בקרת-גישות

Control of access, Access control

מדיניות קביעת ההתחברויות לדרך.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

בקרת-גישות חלקית

Partial control of access

מדיניות התחברות באמצעות צמתים ומחלפים במספר מוגבל ומבוקר.

בקרת-גישות מלאה

Full control of access

מדיניות התחברות באמצעות מחלפים ובפניות ימינה בלבד, ללא גישות לחצרים.

בקרת-גישות מצומצמת

Limited control of access

מדיניות של בקרה מצומצמת על מאפייני ההתחברויות לדרך.

בקרת התוואי

Alignment controls

כללים לבקרה כוללת של תוואי אופקי או אנכי.

- ג -

גדר-בטיחות

Safety fence, guardrail

גדר המוצבת מעבר לשול או במיפרדה ומיועדת למניעת הידרדרות רכב.

גודש, גודש תנועה

Traffic congestion

מצב בו הביקוש לתנועה עולה על היצע הכביש או המערכת.

גורם החיכוך הצדי

Lateral friction factor

שיעור החיכוך הניצב לכיוון תנועת הרכב בעקום האופקי ומונע החלקה.

- ד -

דו-נתיבי

Two-lane

כביש או מסלול בעלי שני נתיבי נסיעה.

דו-סיטרי

Two-way

מיועד לתנועה דו-כיוונית.

דיאגרמת השתזרות

Weaving diagram

דיאגרמה המציגה את הנפחים המשתזרים והלא-משתזרים.

דרך אזורית

Regional road

הדרך המדורגת שלישית בסיווג התפקודי הבין-עירוני.

דרך בין-עירונית

Interurban / Rural road

דרך מחוץ לשטח העירוני.

דרך גישה

Access road

דרך לא מסווגת המתחברת ומשמשת גישה לשימושי קרקע סמוכים.

דרך דו-מסלולית, דרך מחולקת

Dual carriageway / roadway

דרך בעלת שני מסלולי-נסיעה מופרדים.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

דרך חד-מסלולית

Single carriageway / roadway

דרך בעלת מסלול-נסיעה יחיד דו-נתיבי.

דרך מהירה

Motorway, Freeway

הדרך העליונה במידרג הבין-עירוני.

דרך מוגבהת במלואה/חלקית

Fully / Partially elevated road / highway

דרך שמפלסה הורם במפלס שלם או בחלקו, במחלף או במיפרד, כדי שתעבור מעל דרך אחרת.

דרך מחולקת

Divided road

דרך שבה כבישים אחדים המופרדים על-ידי מיפרדות.

דרך מקומית

Local road

הדרך הנמוכה במידרג הבין-עירוני.

דרך משוקעת במלואה/חלקית

Fully / Partially depressed road / highway

דרך שמפלסה הונמך במפלס שלם או בחלקו, במחלף או במיפרד, כדי שתעבור מתחת דרך אחרת.

דרך ראשית

Main highway / road

הדרך המדרגת שניה בסיווג התפקודי הבין-עירוני.

דרך-שירות או כביש-שירות

Service road, Frontage roadway

דרך או כביש, בהתאמה, המקבילים לדרך מסויגת-גישה ומיועדים לשרת את התנועה המקומית ולרכז את הגישות לשימושי הקרקע הסמוכים, שאין לחברם ישירות לדרך מסויגת-הגישה.

- ה -

הגבהה אחידה

Uniform elevation

הגבהה צידית בשיעור אחיד לרוחב כל המסלול.

הגבהה צידית, הגבהה רוחבית

(Lateral) Superelevation

שיפוע צידי אחיד לרוחב המיסעה לאיזון הכח הצנטרפוגלי בעקום האופקי.

היחתכות

Crossing

הצטלבות מסלולי נסיעתם של כלי-רכב.

היסט הלוכסן

Taper offset

זווית ההטייה של לוכסן בנתיב לשינוי מהירות או בנתיב-עזר, ביחס להמשך הדרך או הנתיב.

היפרדות

Diverge, Divergence

התנתקות מסלולי נסיעתם של כלי-רכב עוקבים.

הכוונה

Direction

שילוט והנחייה לכיוון הדרוש.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

הסתעפות

Three-leg intersection

צומת בעל שלוש זרועות.

הסתעפות Y/מלגז/ע/צ

Y intersection

צורת שונות של הסתעפות בין שלוש זרועות ללא ניצבות.

הסתעפות קמץ

T intersection

הסתעפות בה שתי זרועות המשכיות והשלישית מסתיימת ונפגשת בזווית ניצבת או קרובה.

הפרדה מפלסית

Grade separation

מפגש דרכים או דרך ומסילה במפלסים שונים, במחלף או במיפרד.

הצטלבות

Four-leg intersection

צומת בעל ארבע זרועות.

הצטלבות אלכסונית

Skew / Oblique intersection

הצטלבות בין שתי דרכים המשכיות שהזווית ביניהן חדה מ- 70° או קהה מ- 110° .

הצטלבות ניצבת

Right-angle intersection

הצטלבות בין שתי דרכים המשכיות שהזווית ביניהן בין 70° ל- 110° .

הרחבה

Widening

הרחבת המיסעה מעבר לרוחב הרגיל.

השתזרות

Weaving

התמזגות והיפרדות של כלי-רכב עוקבים.

השתזרות מאולצת

Constrained weaving

השתזרות המבוצעת במספר נתיבים הקטן מהדרוש לתפעול מאוזן.

השתזרות שאינה מאולצת

Non-constrained weaving

השתזרות המבוצעת במספר נתיבים המספיק לתפעול מאוזן.

התמזגות

Merge, Merging

השתלבות מסלולי נסיעתם של כלי-רכב המגיעים מכיוונים שונים.

התקן סופג-אנרגיה

Energy attenuator, Energy absorbing devices

אמצעי-הגנה מפני פגיעה חזיתית במכשולים קשיחים.

- ? -

זווית הצומת

Intersection angle

הזווית בין שני הכבישים המרכיבים את הצומת.

זכות-הדרך

Right of way

התחום המיועד להעברת הדרך על כל מרכיביה.

הנחיות לתכנן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

זרועות הצומת

Intersection legs

הכניסות של הדרכים הנפגשות אל תחום הצומת מן הכיוונים השונים.

זרימה חופשית

Free flow

זרימת תנועה שאינה מופרעת על-ידי צמתים ומזורים.

זרימה מופרעת

Interrupted flow

זרימת תנועה המופרעת על-ידי תמרורים, צמתים ומזורים.

זרם משתזר

Weaving flow

זרם תנועה העובר תהליך השתזרות.

זרם שאינו משתזר

Non-weaving flow

זרם תנועה שאינו עובר תהליך השתזרות.

- ח -

חד-נתיבי

Single-lane

כביש בעל נתיב נסיעה יחיד.

חד-סיטרי

One-way

מיועד לתנועה חד-כיוונית.

חוסמת

Gabarit

קו המיתאר של פתח בגשר או במעבר (פתח-אור), המגביל את מידות הרכב שעשוי לעבור בו.

חתך רוחבי, חתך לרוחב

Cross section

חתך הכולל את מרכיבי הדרך לרוחבה.

- כ -

כביש

Travelled way, Carriageway, Roadway

חלק הדרך הסלול ומיועד לתנועת כלי רכב, למעט השוליים.

כביש מאסף-מחלק

Collector-Distributor (C-D) road / roadway

כביש חד-סיטרי מסויג-גישה במלואו, העובר במקביל למסלולי הדרך הממוחלפת ומופרד מהם, בתחומי המחלף או בין מחלפים סמוכים, ותפקידו העיקריים להוציא את ההשתזרויות מתוך הדרך העוברת, ולהקטין את מספר הכניסות והיציאות במחלף או בדרך הממוחלפת.

כביש-שירות ראה דרך-שירות

כושר-העברה

Maximum service volume

הנפח השעתי הגדול ביותר המתאים לרמת שירות מסוימת בתנאי הדרך והתנועה הנתונים.

- ל -

לוכסן-קצה

End taper

הלוכסן הקצר בקצה הנתיבים לשינוי מהירות (בחיבור לדרך המשכית).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

לולאה ראה רמפת-לולאה

- מ -

מבואות-הצומת

Intersection approach

קטעי הכבישים בזרועות השונות לקראת הצומת, בהם חלים שינויים גיאומטריים ותפעוליים עקב קיום הצומת.

מהירות-התקרבות

Approach speed

מהירות מופחתת בגישה לצומת מהכיוון המשני, המשמשת לחישובי מרחקי ראות ואמצעי הבקרה.

מהירות יחסית

Relative speed

וקטור מהירות ההתקרבות בין כלי-רכב המצויים בניגוד.

מהירות מאווה

Desired speed

מהירות הנסיעה החופשית של הנהג בהעדר אילוצים גיאומטריים או תנועתיים.

מהירות ממשית

Running speed

מהירות הנסיעה הממוצעת בתנועה לאורך קטע.

מהירות-תכן

Design speed

המהירות הנקבעת לתכן המרכיבים הגיאומטריים של הדרך.

מורד הזרם

Downstream

המשך כיוון הנסיעה של זרם התנועה.

מחבר אלכסוני

Tapered ramp terminal

מחבר-רמפה שצורתו לוכסן ארוך מוטה ביחס לנתיבי הדרך העוברת.

מחבר-יציאה

Exit terminal

מחבר-רמפה המשמש ליציאת תנועה מהדרך העוברת לרמפה.

מחבר-כניסה

Entrance terminal

מחבר-רמפה המשמש לכניסת תנועה מהרמפה לדרך העוברת.

מחבר לזרימה (שוטפת), או מחבר-זרימה

Free-flow terminal

מחבר-רמפה המיועד לאפשר היפרדויות והתמזגויות תוך כדי זרימה במהירויות גבוהות, המתקרבות למהירויות התנועה בדרך העוברת.

מחבר לעצירה, או מחבר-עצירה

Stop-condition / At-grade terminal

מחבר-רמפה המיועד לקצה הרמפה המתחבר לדרך שאיננה ממחלפת במלואה, ומתפקד, מבחינה הנדסית ותנועתית, כצומת.

מחבר מקביל

Parallel ramp terminal

מחבר-רמפה שצורתו מקבילה לנתיבי הדרך העוברת.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

מחבר-רמפה

Ramp junction, Ramp terminal

אזור החיבור של הרמפה, בכל אחד מקצותיה, לדרכים העוברות, לשם יציאה מהן וכניסה אליהן (המונח "מחבר-רמפה" מחליף בהנחיות אלה את המונח "מסוף-כבש" שהיה רווח עד כה).

מחלף

Interchange

מתקן המסדיר פגישת דרכים בשני מפלסים או יותר, ושבן המעבר מדרך לדרך הוא רק באמצעות רמפות.

מחלף Y

Y interchange

תצורת מחלף ישיר דו או תלת-קומתי, בן שלוש זרועות, בו הזוית בין הדרכים הנפגשות קטנה מהניצבת.

מחלף אגס

Pear interchange

תצורת מחלף-גישה דו-קומתי בן שלוש זרועות, ללא צמתים וללא לולאות.

מחלף-גישה

Access / Minor / Service interchange

מחלף דו-קומתי המיועד לקשר בין שתי דרכים, שלפחות אחת מהן אינה ממוחלפת במלואה. אפשריות התחברויות לדרך המשנית באמצעות צמתים במחברי הרמפה.

מחלף חלקי

Partial interchange

מחלף המאפשר רק חלק מן התנועות בין הזרועות.

מחלף חצוצרה

Trumpet interchange

תצורת מחלף-גישה בן שלוש זרועות, ללא צמתים, בעל לולאה אחת (חצוצרה ימנית או שמאלית חד-צדדית) או שתיים (חצוצרה דו-צדדית).

מחלף חצי יהלום

Half-diamond interchange

תצורת מחלף-גישה בן שלוש זרועות עם צמתים בין הרמפות.

מחלף טורבינה

Turbine interchange

תצורת מחלף ישיר סימטרי דו-קומתי.

מחלף טחנת-רוח

Windmill interchange

תצורת מחלף ישיר סימטרי ארבע-זרועי דו-קומתי.

מחלף יהלום

Diamond interchange

תצורת מחלף-גישה בעל ארבע רמפות אלכסוניות.

מחלף יהלום בפיצול מרובע

Two-way split diamond interchange

תצורת מחלף יהלום בין שתי דרכים דו-מסלוליות שמסלוליהן פוצלו והורחקו, ליצירת ארבעה צמתי משנה.

מחלף יהלום חד-נקודתי

Single-point interchange – SPNI

תצורת מחלף יהלום בו כל ארבע הרמפות נפגשות בצומת מרומזר אחד.

מחלף יהלום מפיצל

One-way split diamond interchange

תצורת מחלף המורכב משני חצאי יהלום עם שתי דרכים מקבילות סמוכות.

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

מחלף יהלום עם צמתים מעגליים

Dumbell interchange

תצורת מחלף יהלום בו שני הצמתים בדרך המשנית הוחלפו במעגלי-תנועה.

מחלף יהלום צר

Compact diamond interchange

תצורת מחלף יהלום בו הצמתים בדרך המשנית קרובים לגשר, במפלס הגשר.

מחלף יהלום רגיל

Simple diamond interchange

תצורת מחלף יהלום בו הצמתים בדרך המשנית מרוחקים מהגשר ובמפלס הנמוך.

מחלף ישיר

Directional interchange

מחלף-מערכת בו כל הפניות ימינה ישירות והפניות שמאלה ישירות-למחצה.

מחלף ישיר X

X interchange

תצורת מחלף ישיר דו-קומתי בין דרכים סמוכות.

מחלף ישיר בחלקו

Partially directional interchange

תצורת מחלף-מערכת, בו חלק מהפניות שמאלה מבוצעות ברמפות ישירות-למחצה והשאר בלולאות. תלת או ארבע-קומתי.

מחלף ישיר במלואו

Fully directional interchange

תצורת מחלף-מערכת ארבע-קומתי, שכל הרמפות לפניות ימינה בו ישירות ולפניות שמאלה ישירות-למחצה.

מחלף מלא, או מחלף שלם

Full interchange

מחלף המאפשר נסיעה מכל זרוע לכל הזרועות האחרות.

מחלף-מערכת

System / Major interchange

מחלף המיועד לקשר בין שתי דרכים ממוחלפות במלואן. במחלף-מערכת לא יהיו צמתים באף אחת משתי הדרכים. עשוי להיות בעל יותר משתי קומות.

מחלף משולב

Combination interchange

מחלף בעל תצורה בסיסית כלשהיא, בו לפחות אחת מהרמפות הוחלפה ברמפה מתצורה אחרת.

מחלף סיבובי

Rotary interchange, Bridged roundabout

תצורת מחלף-גישה בו כל מערכת הצמתים בדרך המשנית והקטע ביניהם הוחלפו במעגל-תנועה.

מחלף עלה-תלתן חלקי

Partial cloverleaf interchange

תצורת מחלף-גישה הכולל שתי לולאות.

מחלף עלה-תלתן מלא

Full cloverleaf interchange

תצורת מחלף-מערכת דו-קומתי המכיל ארבע לולאות.

מחלף צלב מלטזי

Maltese cross interchange

תצורת מחלף ישיר סימטרי תלת או ארבע-קומתי.

מחלף קמץ (T)

T interchange

תצורת מחלף ישיר בן שלוש זרועות, דו או תלת-קומתי, בזווית ניצבת בין הדרכים הנפגשות.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

מידרג

Hierarchy

היררכיית הסיווג של הדרכים ברשת.

מיפרד

Grade separation

הצטלבות דרכים במפלסים שונים, ללא אפשרות מעבר מדרך לדרך. ייתכן גם מיפרד בין דרך לבין מסילת ברזל.

מיפרדה

Median

שטח הפרדה סלול או בנוי בין שני מסלולים.

מירווח אנכי חופשי (גבריט)

Vertical clearance

הגובה הפנוי למעבר מתחת למכשול

מסלולים מרכזיים

Core / Main roadways

המסלולים הראשיים (הפנימיים) ההמשכיים בדרך ממוחלפת, שלצידיהם החיצוניים עוברים מסלולי הכבישים המאספים-מחלקים.

מסלול, מסלול-נסיעה

Roadway, Carriageway

כביש ושוליים המופרדים מכבישים אחרים באותה דרך.

מספר נתיבים בסיסי, או מספר בסיסי של נתיבים

Basic number of lanes

כמות הנתיבים הבסיסיים, הנשמרת לאורך קטע רצוף.

מעבר-הגבהה

Superelevation run-off

קטע ממעבר השיפועים מסוף מעבר המשיק עד לקבלת ההגבהה המלאה.

מעבר-משיק

Tangent runout, Crown run-off

קטע ממעבר השיפועים לאורכו מסובבים הנתיב או הנתיבים החיצוניים עד לביטול השיפוע הצידדי.

מעבר עילי

Overpass, Flyover

מעבר של דרך בגשר מעל צומת קיים או מעל מסילה.

מעבר שיפועים

Superelevation transition

המעבר ההדרגתי מהקימור הרגיל לחתך הרוחבי המוגבה.

מעבר תחתי

Underpass

מעבר של דרך מתחת לגשר עליו קיימת צומת או מסילה.

מעלה הזרם

Upstream

המקום ממנו מגיע זרם התנועה.

מקדם יר"ם (יחידת רכב משווה)

Passenger car equivalent

מקדם המתרגם תנועה מעורבת לנפח שווה-ערך של כלי-רכב פרטיים.

מקדם נוחות

(Lateral) Comfort ratio

שיעור שינוי התאוצה הצנטרפוגלית לאורך עקום המעבר.

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

מקדם עכבה

Impedance factor

עצמת העיכוב ההדדי הגורמים זה לזה שני כלי-רכב המגיעים לצומת מכיוונים משניים נוגדים.

מקדם שעת-השיא

Peak hour factor – PHF

יחס המביע את התנודתיות בתנועה בתוך שעת השיא.

מרחק-ראות להחלטה

Decision sight distance

מרחק הראות המאפשר לנהג לקלוט שינויים בתוואי.

מרחק-ראות לעצירה

Stopping sight distance

המרחק לאורך הדרך ממנו חייב להיראות לעיני הנהג מכשול המחייב עצירה.

מרחק-ראות לעקיפה דחוקה

Minimal passing sight distance

מרחק הראות לאורך הדרך שמתחתיו אין לאפשר עקיפה.

מרחק-ראות מלא לעקיפה

Full passing sight distance

מרחק-הראות לאורך הדרך המאפשר תהליך עקיפה מלא.

משאית (רגילה)

SU-truck

משאית המורכבת מיחידה אחת, ללא נתמך או נגרר.

משאית מורכבת

Semi-trailer, Articulated truck

משאית בעלת תומך, ונתמך הנשען על מפרק מסתובב.

משאית מחוברת

Full trailer

משאית שמחוברת אליה עגלה נגררת.

משולש-ראות

Sight triangle

משולש הנוצר מקווי הראות הדרושים לרכב המתקרב לצומת, לשני הכיוונים.

- נ -

נגישות

Accessibility

האפשרות לגשת לשימושי-קרקע ישירות מהדרך.

ניגוד

Conflict

מצב של קירבה בין תנועות כלי-רכב שונים היוצר הפרעה.

ניידות

Mobility

יעילות העברת התנועה בדרך.

ניקוז

Drainage

הסדרי סילוק מים מהדרך.

ניתוב

Channelization

הפרדה או תיעול של תנועות שונות למסלולי נסיעה מוגדרים (זהה למושגים "הכוונה" או "תיעול" במקורות אחרים).

הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

נפח שעתי לתכנון, נפח-תכנון לשעה

Design hourly volume – DHV

נפח התנועה (החזוי או הנמדד) במשך שעה רצופה אחת, המשמש לצורכי תכנון.

נפח תנועה יומי בממוצע שנתי (תיב"ש)

Annual average daily traffic – AADT

מיצוע על-פני שנה של נפח התנועה ביממה.

נתיב

Lane

חלק מהכביש המיועד לתנועת טור אחד של כלי רכב.

נתיב-האטה

Deceleration lane

נתיב-עזר המשמש להפחתת מהירות ביציאה מהדרך לתפנית או לרמפה, או לפני פנייה בצומת.

נתיב-האצה

Acceleration lane

נתיב-עזר המשמש להגדלת המהירות בכניסה מתפנית או מרמפה לדרך, או אחרי פנייה בצומת.

נתיב המשכי

Continuous lane

נתיב המיועד לנסיעה בכיוון העיקרי ואינו נתיב עזר.

נתיב-זחילה

Climbing lane

נתיב הנוסף בקטע משופע ומיועד לרכב איטי.

נתיב לפנייה שמאלה/ימינה

Left / Right turn lane

נתיב-עזר המיועד לתנועה הפונה שמאלה או ימינה בצומת.

נתיב-מילוט, כבש-מילוט

Escape ramp

רמפה לצידי הדרך המיועדת לבלימת משאית מידרדרת בירידה ארוכה.

נתיב משותף (בצומת)

Shared lane

נתיב בגישה לצומת, המשותף לתנועות הממשיכות בכוונים שונים.

נתיב סמוך

Adjacent lane

הנתיב שליד הנתיב הנדון, ללא הפרדה.

נתיב-עזר (במחלף)

Auxiliary lane

נתיב הנוסף לצד הנתיבים ההמשכיים למרחק מוגבל, ומיועד לתנועות ייעודיות כגון פניות, התמזגות, היפרדות, השתזרות או לחיבור בין רמפות סמוכות.

נתיבי-עזר (בצומת)

Auxiliary lanes

נתיבים המתווספים לקראת הצומת ומיועדים לפניות ימינה ושמאלה ולשינוי מהירות.

נתיבים בסיסיים

Basic lanes

הנתיבים הנמשכים ברציפות לאורך התוואי, ומיועדים לתנועה המשכית לאורך הציר.

נתיבים המשכיים

Continuous lanes

נתיבים המיועדים לנסיעה ישר והם בעלי המשך רציף בתוך הצומת.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

נתיבים לשינוי-מהירות

Speed-change lanes

נתיבי-האטה או האצה.

- ס -

סיווג דרכים

Road classification

הגדרת הדרך לפי מקומה במידרג.

סיווג טופוגרפי

Terrain type

הגדרת האזור הטופוגרפי לפי מאפייני התבליט: אזורי (Level), גבעי (Rolling), והררי (Mountainous).

סיווג תיפקודי

Functional classification

קביעת סוג הדרך במידרג לפי תפקודה.

סמי-עקלתון

Semi-hairpin

עיקול כדוגמת עקלתון, אך ללא אחד העקומים המשניים.

- ע -

עיכוב-הבקרה (בצומת)

Control delay

העיכוב הכולל הנגרם לרכב הממתין בציר המשני בצומת, או לפונה שמאלה בציר הראשי.

עקום אופקי

Horizontal curve

עקום בתוואי האופקי של הדרך.

עקום אנכי

Vertical curve

פרבולה המקשרת בין שיפועים שונים בתוואי האנכי.

עקום אנכי קמור

Crest vertical curve

עקום אנכי המצוי מתחת למפגש משיקיו.

עקום אנכי קעור

Sag vertical curve

עקום אנכי המצוי מעל למפגש משיקיו.

עקום מורכב אסימטרי

Asymmetric compound curve

עקום אופקי בצומת, המורכב משלוש קשתות ברדיוס שונים.

עקום מורכב סימטרי

Symmetric compound curve

עקום אופקי בצומת, המורכב משלוש קשתות, כשלשתי החיצוניות רדיוסים שווים.

עקומי-מעבר

Transition curves

עקומים אופקיים המאפשרים מעבר הדרגתי מקטע ישר לקשת מעגלית.

עקומים מורכבים

Compound curves

רצף עקומים אופקיים עוקבים לאותו כיוון.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

עקומים מנוגדי-כיוון, עקום "S"

Reverse curves

עקומים אופקיים סמוכים מנוגדי כיוון.

עקומים עוקבים

Successive curves, "Broken back"

עקומים אופקיים סמוכים לאותו כיוון.

עקלתון

Hairpin bend

עיקול חד של כ-180° בדרך הררית מפותלת, המורכב מעקום ראשי ומשני עקומים משניים בכיוונים מנוגדים, המחוברים באמצעות קטעים ישרים.

עקמומיות

Curvature

היחס ההופכי של הרדיוס.

- פ -

פיצול יהלום

Diamond split

צומת מפוצל המתקבל באמצעות הפרדות מסלולי אחת הדרכים.

פיצול מרובע

Square split, Two-way split

צומת מפוצל המתקבל באמצעות הפרדת מסלולי שתי הדרכים.

פנייה ישירה

Direct turn

חיבור באמצעות רמפה, שמבוצע ישירות בכיוון הנסיעה המיועד: הן היציאה מדרך אחת (במחבר הראשון), והן הכניסה לדרך האחרת (במחבר השני), מבוצעות מהצד התואם את כיוון הנסיעה לאחר הפנייה.

פנייה ישירה-למחצה

Semidirect turn

חיבור באמצעות רמפה, הסוטה מעט מכיוון הנסיעה המיועד (למשל יציאה ימינה לצורך פנייה שמאלה).

פנייה עם אי תנועה, פנייה מנותבת

Channelized turn

פנייה ימינה בצומת המנותבת על-ידי אי תנועה משולש.

פנייה עקיפה

Indirect turn

חיבור באמצעות רמפה, בו הן כיווני היציאה והכניסה בשני המחברים, והן כיוון הנסיעה ביניהם, מנוגדים לכיוון הנסיעה הסופי (למשל ברמפת לולאה).

פער עקיבה

Follow-up time

מרווח הזמן בין כניסתם לצומת של כלי-רכב עוקבים מהציר המשני כשאינם מופרעים.

פער קריטי

Critical gap

מרווח הזמן המזערי בין כלי-רכב עוקבים בציר הראשי בצומת, המאפשר כניסת רכב מהזרוע המשנית.

- צ -

צומת

Intersection, Junction

שטח המפגש של שני כבישים לפחות.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

צומת בלתי מוסדר

Unchannelized intersection

צומת מבוקר אך ללא הסדרי תנועה צבועים או בנויים.

צומת לא מבוקר

Uncontrolled intersection

צומת ללא בקרת תמרורים ללא ניתוב.

צומת לא מרומזר, שאינו מרומזר

Unsignalized intersection

צומת שהתנועה בו אינה מוסדרת באמצעות רמזור.

צומת מבוקר

Controlled intersection

צומת בו התנועה מוסדרת באמצעות תמרורים או רמזורים.

צומת מדורג

Staggered intersection

צומת המורכב משתי הסתעפויות קמץ סמוכות לשני עברי הדרך ההמשכית. יש שתי צורות: דירוג שמאלי (Left-right stagger) ודירוג ימני (Right-left stagger).

צומת מוסדר

Channelized intersection

צומת מבוקר הכולל הסדרי תנועה צבועים או בנויים.

צומת מפוצל

Split intersection

צומת שפוצל לצמתי-משנה מרומזרים סמוכים; לצורות הפיצול השונות ראה "פיצול...".

צומת מרומזר

Signalized intersection

צומת בו התנועה מוסדרת באמצעות רמזור.

צומת סיבובי (מעגל תנועה)

Roundabout, Rotary intersection

צומת בו כל התנועה מתנהלת במסלול מעגלי מסביב אי מרכזי, נגד כיוון השעון.

צומת רב זרועי

Multileg intersection

צומת בו יש חמש זרועות ומעלה.

ציר משני (בצומת או במחלף)

Minor or Secondary road / highway

הדרך שאינה מועדפת בתכן ובבקרה במהלך תכנון הצומת או המחלף.

ציר ראשי/עיקרי (בצומת או במחלף)

Major or Primary road / highway

הציר ההמשכי החשוב בצומת או במחלף, לו ניתנת העדפה בתכן ובבקרה.

צפיפות

Density

המספר הממוצע לאורך זמן של כלי הרכב, אשר נמצאים בקטע שאורכו נתון.

- ק -

קטע השתזרות

Weaving section

קטע שלאורכו מבוצעות השתזרויות בנתיב-עזר.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

קיבולת

Capacity

המספר הגבוה ביותר של כלי-רכב, שיכול לעבור בנקודה מסוימת בדרך, בפרק-זמן מוגדר ובתנאים השוררים בדרך באות עת.

קימור רוחבי רגיל

Normal camber

חתך רגיל לרוחב המיסעה, בעל שיפועי רוחב נגדיים זהים.

קלוטואידה

Clotoide

סוג עקום המעבר המקובל בשימוש.

- ר -

רב-נתיבי

Multi-lane

כביש או מסלול בעלי שלושה נתיבי נסיעה לפחות.

רדיוס בקרה

Control radius

רדיוס של פנייה בצומת המשמש לתכן מרכיביה.

רדיוס העקום

Radius of curvature

ערך הרדיוס של עקום אופקי או אנכי.

רדיוס השפה

Curb radius

רדיוס שפת הדרך בפנייה בצומת.

רדיוס שקול

Equivalent radius

רדיוס תיאורטי מחושב בעקום מעגלי מורכב.

רכב-תכן

Design vehicle

רכב מסוג כלשהוא שלפי מאפייניו מבוצעת תכנית הדרך או מרכיביה.

רמפה אלכסונית

Diagonal ramp

רמפה ברביע אחד של המחלף, שאינה מצריכה גישור, ומיועדת לפנייה ישירה ימינה, וכן לפנייה ישירה-למחצה שמאלה לדרך שאינה ממוחלפת.

רמפה חיצונית

Outer connection

רמפה אלכסונית ברביע אחד של המחלף, כאשר היא חיצונית ללולאה באותו רביע. רמפה זו מיועדת לפנייה ישירה ימינה, ללא צורך בגישור.

רמפה ישירה-למחצה שמאלה

Semidirect left-turn

רמפה בה שני מחברי-זרימה, המיועדת לפנייה ישירה-למחצה שמאלה בין שתי דרכים ממוחלפות, מחייבת לעיתים שימוש במספר גשרים.

רמפה ישירה שמאלה

Direct left-turn

רמפה בה שני מחברי-זרימה, המאפשרת פנייה ישירה שמאלה בין שתי דרכים ממוחלפות (אינה מיועדת לשימוש בהנחיות אלה).

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

רמפות

Ramps

מערכת החיבורים המשמשים למעבר כלי-רכב בין שתי דרכים המצויות באותו מחלף, ברום שונה (בהנחיות אלה לא נעשה שימוש בתרגום המילוני "כבש").

רמפות-מעבר

Slip ramps, Transfer roads

רמפות אשר מחברות ומשמשות להעברת תנועה בין המסלולים המרכזיים בדרך ממוחלפת לבין הכבישים המאספים-מחלקים המקבילים.

רמפות שזורות

Basket weave

שתי רמפות-מעבר, במיקומים סמוכים ובכיוונים מצטלבים, המחייבות הפרדה מפלסית ביניהן, למניעת מפגש (מחליף את המונח הרווח עד כה, "סל השתזרות").

רמפת-יציאה

Off-ramp

רמפה המשמשת ליציאה מהדרך הממוחלפת.

רמפת-כניסה

On-ramp

רמפה המשמשת לכניסה לדרך הממוחלפת.

רמפת-לולאה

Loop (ramp)

רמפה ברביע אחד של המחלף, המיועדת לפנייה עקיפה שמאלה בין שתי הדרכים. הלולאה מחברת בין מפלסים שונים ללא צורך בגשר נפרד.

רמת-שירות

Level of service

מדד איכותי, המתאר את התנאים התיפעוליים בזרם התנועה כתוצאה מהשפעות של מספר גורמים סביבתיים, תנועתיים וגיאומטריים.

- ש -

שול

Shoulder

השטח הצמוד לשפת הכביש מצידו החיצוני.

שוליים מצופי אספלט

Paved shoulders

שוליים שצופו אספלט עד למפלס הכביש, לשיפור התפעול והבטיחות של הדרך.

שיעור זרימה

Flow rate

קצב המעבר השעתי השקול של כלי-רכב בנקודת המדידה.

שיעור זרימת השירות

Service flow rate

הקצב בו עשויה התנועה לעבור בקטע דרך, עבור רמת שירות מסוימת.

שיפוע אורכי

Longitudinal gradient

הפרש הגובה הנצבר מחולק באורך הקטע.

שיפוע צידי

Cross slope, Cross-fall

השיפוע לרוחב המיסעה בקטע ישר.

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

שפת הכביש/שפת המיסעה

Edge of traveled way

קצה הכביש התחום באבני-שפה או בשול.

- ת -

תאוטה

Deceleration

קצב ההאטה.

תאוצה

Acceleration

קצב ההאצה.

תוואי אופקי

Horizontal alignment

היטל תוואי הדרך על התכנית.

תוואי אנכי

Vertical alignment

תכנית ציר הדרך בחתך לאורך.

תוחמת

Contour

קו המיתאר החיצוני של רכב (מעטפת המידות החיצונית) לצורכי תכן.

תכניה סלחנית

Forgiving design

תכן הדרך ומרכיביה כך שיעניקו הגנה מירבית למשתמשים בדרך.

תכן גיאומטרי

Geometric design

תכן מרכיבי תוואי הדרך.

תנועות לא משתזרות, שאינן משתזרות

Non-weaving movements

תנועות כלי-רכב שאין ביניהן השתזרות.

תנועות משתזרות

Weaving movements

תנועות כלי-רכב שיש ביניהן השתזרות.

תפנית-דרך (לפנייה מהירה)

Turning roadway

קטע המיועד לפנייה חופשית ימינה בצומת או במחלף במהירות שמעל למזערית.

תרשים-עיקבה (טמפלט)

Template

תרשים לצורכי תכן, המראה את מעטפת הביצועים הגיאומטריים של הרכב בתנאים מזעריים.