

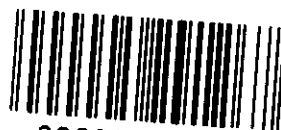
המרכז לבטיחות בדרכים

הצעת הנחיות לאופן הצבת גדרות בטיחות

חלק ב': הצעת הצדקים והנחיות

מאת

ש. הקרט, ל. גוטמן, מ. ליבנה



000005291267



הסכניון מכון טכנולוגי לישראל

פרסום מס' 74/1

פרויקט מס' 69/113

מאי 1974

דו"ח זה משקף את דעותיהם והמלצותיהם של המחברים.
המחברים והמרכז לבטיחות בדרכים אחראים לעבודה,
למסקנות ולדיוק הבתונים הכלולים בדו"ח.

תוכן הדו"ח אינו בהכרח משקף את דעותיהם של הגופים
הרשמיים והרשויות המוסמכות האחראים לזושא, ואין
הדו"ח מהווה תקן, הבחיה או נוהל מחייבים של אותם
גופים ורשויות.

פתח - דבר

גדרות הבטיחות הם אחד המתקנים אשר שיכללו בעשור האחרון ואשר מתפקידם להקטין את חומרת התאונות הקורות לרכב הסוטה ממסלול נסיעתו. בתחילת שנות פתוח הגדרות לא נהגו במידה מספקת של איפוק בהצבת גדרות בטיחות ולא תמיד שקלו פתרונות אלטרנטיביים. כיום הגיעו למסקנה שיש לשקול היטב את ההצבה לעומת הפתרונות האלטרנטיביים, ולמנוע את התקנת הגדר ככל האפשר על ידי מתן שפוע הסוללה, הרחקת מכשולים מתחום הדרך וכ"י.

המרכז לבטיחות בדרכים עיבד הצעת הנחיות והצדקים בנושא גדרות הבטיחות מההיבט של מינימום הזדקקות לגדר. העבודה באה לעדכן ולהרחיב במידה ניכרת את ההנחיות הקיימות בנושא זה בישראל.

כדי להדגיש את חשיבות הנושא לטפל בו מכל צדדיו, הורחבה העבודה מעבר להצעת הנחיות בלבד. העבודה חולקה לשני חלקים, כאשר החלק הראשון, הכללי, כולל את סקר הספרות ובו תאור הגדרות והמחסומים השונים, הפתוח המתמטי של הנושא והשוואת ההנחיות הנהוגות במספר ארצות. החלק השני, שהוצא בנפרד כחלק ב', כולל את הצעת ההנחיות המפורטות תוך הקדשת תשומת לב רבה להבדל שבין הצבת גדרות בטיחות בדרכים קיימות, לעומת התכנון של דרכים חדשות עם גדרות בטיחות. כמו כן מביאה העבודה את ההנחיות המפורטות לטיפול בנושאים בלויים שונים, כגון עיגון הגדרות, הטיפול בהצבת גדרות בשטחי הפרדה עם מכשולים וגדרות בטיחות ליד עצמים קבועים.

תוך כדי עבודה על נושא זה התברר שרצוי לפרסם את הצעת ההנחיות להצבת גדרות בטיחות כחלק נפרד. מיספור הפרקים נשמר לפי התכנון המקורי ולכן פרק 9 הפך לחלק ב'.

מטרת העבודה כולה, והצעת ההנחיות בפרט, לשמש בסיס לדיון אשר על פיו תעבודנה הנחיות מפורטות לתכנון גדרות בטיחות בדרכים בין-עירוניות.

ת ו כ ן

עמוד

7	9.	הצעת הנחיות לאופן הצבת גדרות בטיחות
7	9.1	כללי
10	9.2	הצעת הצדקים להצבת גדר עקב תנאי סוללה
10	9.2.1	כללי
	9.2.2	פרוט ההצדקים להצבת גדר בסוללה -
12		בהתחשב בגורמי הסוללה
12	א.	כללי
	ב.	הסברים והערות להנחיות לפי
14		ציור מס' 9.2
	ג.	הנחיות להצבת גדר בסוללה עם
15		אלמנט אנכי בתחתיתה
	ד.	דוגמא לשמוש בנומוגרמה שבציור
16		מס' 9.2
	9.2.3	פרוט ההצדקים להצבת גדר בסוללה -
17		בהתחשב בגובה הסוללה ושפועה
	א.	שיקולים לגבי הצדקים להצבת גדר
17		בדרך קימת לפי ציור מס' 9.5
	ב.	שיקולים לגבי הצדקים להצבת גדר
19		בדרך מתוכננת לפי ציור מס' 9.7
24	9.2.4	סכום
25	9.3	הצעת הצדקים להצבת גדר בטיחות בשטח הפרדה
25	9.3.1	כללי
25	9.3.2	פרוט הצדקים להצבת גדר בשטח הפרדה
	9.4	הצעת הצדקים להצבת גדר בטיחות ליד מכשולים
28		בצד הדרך
28	9.4.1	כללי
	9.4.2	פרוט ההצדקים להצבת גדר ליד מטרדים
28		בלתי עבירים

עמוד

	9.4.3	פרוט ההצדקים להצבת גדר ליד עצמים	
29		קבועים	
31	9.5	הצעת הנחיות להצבת גדר בגשר	
32	9.6	דוגמאות לקביעת הצדקים להצבת גדר בטיחות	
35	9.7	פרטי הצבה של גדר בטיחות במשכת	
35	9.7.1	כללי	
35	9.7.2	קביעת אורך הגדר	
	9.7.3	דוגמאות לקביעת אורך גדר לפני נקודת	
37		נחיצות	
40	9.7.4	מרחק הגדר מהמיסעה, מהשולים, ממכשול	
40		א. בצד הדרך	
41		ב. בשטח הפרדה ללא מכשולים	
42		ג. בשטח הפרדה עם מכשולים	
43	9.7.5	גובה קורת הגדר	
43	9.7.6	קצה הגדר ועגונה	
46	9.8	פרטי הצבה של גדר בשטח הפרדה	
46	9.8.1	כללי	
46	9.8.2	השפעת רוחב שטח ההפרדה על פרטי הגדר	
47	9.8.3	שטח הפרדה עם מכשולים	
48	9.8.4	שטח הפרדה משופע	
52	9.8.5	שטח הפרדה בטוּע	
53		רשימת מראי מקום	
54		נספח מס' 1: סווג דרכים לא עירוניות	

רשימת טבלאות

<u>עמוד</u>		<u>טבלה מס'</u>
9	שיקולים לקביעת הצדק להצבת גדרות ומחסומי בטיחות	9.1
16	הצדק להצבת גדר לפי תנאי תחתית הסוללה	9.2
30	הצדקים לגדרות בטיחות ליד מכשולים בצד הדרך	9.3
31	הנחיות למיקום גדר בטיחות בקצוות גשרים	9.4
	הקשר בין רוחב שטח הפרדה ללא מכשולים, שמוצבת	9.5
41	בו גדר, לבין זרימת התנועה	
	הקשר בין רוחב שטח הפרדה עם מכשולים, שמוצבת	9.6
42	בו גדר, לבין זרימת התנועה	

רשימת הציוורים

<u>עמוד</u>	<u>ציוור מס'</u>
	9.1 - השואת הצדקים לגדרות בטיחות בסוללה לפי ארצות שונות (בהתחשב בגובה הסוללה ושפועה)
11	
13	9.2 - נומוגרמה להצדקים להצבת גדר בטיחות ליד סוללה
14	9.3 - סכימה של פניה ימינה ופניה שמאלה
15	9.4 - סכימה של סוללה עם אלמנט אנכי בתחתיתה
	9.5 - הצעת הצדקים לגדרות בטיחות בסוללה בדרכים מהירות או ראשיות (בהתחשב בגובה הסוללה ושפועה)
18	
19	9.6 - חתך אופיני של מיקום גדר בסוללה
	9.7 - ביתוח הצעת ההצדקים לגדרות בטיחות בסוללה בדרכים מהירות או ראשיות, מתוכננות
21	
	9.8 - הצעת הצדקים לגדר בטיחות בסוללה בדרכים אזוריות מתוכננות (בהתחשב בגובה הסוללה ושפועה)
22	
	9.9 - הצעת הצדקים לגדרות בטיחות בסוללה בדרכים מקומיות ודרכי גישה (בהתחשב בגובה הסוללה ושפועה)
23	
	9.10 - הצעת הצדקים לגדר בטיחות בשטח ההפרדה לפי רוחב השטח ועוצמות התעבורה
26	
	9.11 - קטע דרך ראשית לדוגמא לשם קביעת הצדקים להצבת גדר בטיחות
34	
	9.12 - הנחיות לקביעת אורך הגדר לפני בקודת הנחיצות
36	
	9.13 - דוגמא לקביעת אורך הגדר לפני עמוד בקוטר 60 ס"מ
38	
	9.14 - דוגמא לקביעת אורך הגדר ליד מעביר מים
39	
45	9.15 - עיגון גדר בצד הדרך

עמוד

	9.16	- מעבר מגדר כפולה לשתי גדרות בודדות עקב מכשול
47		בשטח הפרדה
49	9.17	- הצבת גדר בשטח הפרדה ששיפועו מתון מ-1:6
49	9.18	- גאומטריית ההצבה של גדר בשטח הפרדה משופע
50	9.19	- הצבת גדר בשטח הפרדה ששפועו 1:6
	9.20	- מיקום גדר בעלת שתי קורות בגבהים שונים בשטח
51		הפרדה בטוי יותר מ-1:6

9. הצעת הנחיות לאופן הצבת גדרות בטיחות

9.1 כללי

בכל התקנים וההמלצות של הארצות השונות ידועה היעילות של גדר הבטיחות בהעלאת רמת הבטיחות במקומות המסוכנים לרכב "היוצא" ממסלולו, בתנאי שבאופן כללי הנזק העלול להגרם לרכב ולנוסעים בגלל הצבת הגדר קטן יותר מאשר הנזק הנגרם ללא גדר.

תכיפות התאונות עלולה לגדול היות ואזור המטרד מתארך ומתקרב למיסעה על ידי הצבת הגדר; לכן יש להמעיט ככל הניתן בהצבת גדר, ויש להשתדל לשנות פרטים בדרך כך שלא יהיה צורך בהתקנת גדר (מיתון מדרון או הזזתו, כריתת עצים, ביטול קיר של מעביר מים וכו').

לפי מיקום הגדר ומטרתה יש לבחון גורמים שונים לפני הצבת גדר בטיחות בקטע דרך:

לשם הצבת גדר המגינה בפני הדרדרות רכב מסוללה יש לדעת את שפוע הסוללה, גובהה, רוחק פני הסוללה החל מקצה המיסעה ואת סיווג הדרך.

לשם הצבת גדר המגינה בפני חציית שטח ההפרדה יש לדעת את רוחב שטח ההפרדה המינימלי ועוצמת התעבורה היומית הממוצעת הצפויה בנתיבים שלידו, שנתיים לאחר הצבת הגדר.

לשם הצבת גדר המגינה בפני התקלות רכב במכשול הנמצא בצד הדרך, או בשטח ההפרדה, יש לדעת את גודל המכשול ומרחקו מהמיסעה.

פרט לנתונים שבמנו לעיל רצוי לדעת את שעור התאונות העשויות להיות מושפעות על ידי הגדר, שהתרחשו בקטע המסוים מספר שנים לפני הצבת הגדר, וכן את מספרן האבוסלוטי. כמו כן רצוי לדעת את פרטי מהירות הנסיעה בדרך ואת פרטי העקומים והשפועים שבסביבה.

בהצעת ההנחיות המובאות בפרק זה יש, לאחר קבלת הצדק או חוסר הצדק מתוך התנאים הגאומטריים, להתיחס בכל מקרה גם למהירות הנסיעה ולתמונת התאונות.

במקרים גבוליים עשויים שיקולים נוספים אלה (לגבי תאונות, מהירות, עקומים ושפועים) להכריע את הכף בעד או נגד הצבת גדר.

לאחר קבלת החלטה על הצרך בהצבת גדר בטיחות יש לקבוע אם דרושה גדר במשכת או מחסום סופג אברגיה, וכן את סוג הגדר, פרטי התקנתה ואורכה.

בסעיפים הבאים נדונות ההנחיות המפורטות; בטבלה מס' 9.1 להלן, מובא סיכום המאפשר בחירת התנאי המתאים למקום הנבדק וסוג הגדר הנאות. בכל מקרה יש להשלים את ההנחיות המובאות כאן על ידי שקול הבדסי מתאים.

חלק זה דן בפרוטרוט בהצדקים להצבת הגדר, בקביעת הגדר המתאימה, אורכה ועיגולה. פרטי ההתקנה ופרטי האלמנטים הקונסטרוקטיביים אינם נידונים בהרחבה בעבודה זאת. ניתן לקבל מושגים כלליים על פרטים אלה בפרקי הסקר הספרותי. הפרטים הנדונים בחלק זה לגבי גדר במשכת מתיחסים כולם לגדר מטיפוס w המקובלת בישראל (פרטיה ראה במ.מ. 1).

טבלה 9.1: שיקולים לקביעת הצדק להצבת גדרות ומחסומי בטיחות

Table 9.1: Traffic Barrier Warranting Considerations

פרוט נוסף	סוג הגדר המתאים		גורמים המשפיעים על קביעת הצדק להצבת גדר	
	ראה סעיף	סופגת אנרגיה		
				<u>1. דרך בסוללה</u>
9.2.2			גובה הסוללה שפועה	א. סוללה רגילה
9.2.3			מרחק מהמיסעה	
9.2.2(ג)		+	כנייל בתוספת העומק האבכי בעקב הסוללה (תעלות מים)	ב. סוללה מורכבת
9.3		+	רוחב שטח ההפרדה עוצמת התעבורה	<u>2. הפרדה בין כוונני נסיעה נגדיים</u>
				<u>3. מכשול בצד הדרך</u>
9.4.2				א. מטרו בלתי עביר
		+	מרחק ממיסעה	1. חציבה בסלע
		+	מרחק ממיסעה	2. גושי סלע גדולים
		+	מרחק ממיסעה עומק אבכי	3. מים (תמידיים)
		+	מרחק ממיסעה קוטר הגזע	4. שורת עצים
	+	+	כבש יציאה מוגבה	5. אזור הקרן ביציאות
	+	+	עבר התאונות	6. פתח בין גשרים מקבילים
9.4.3				<u>ב. עצם קבוע</u>
	+	+	רוחב הגשר הכונת תנועה	מעקות גשר (קורה עליונה ותחתונה)
	+	+	מרחק ממיסעה גודל	תמיכות לשלטים
	+	+	מרחק ממיסעה	קצרות הגשר ועמודיו
	+	+	מרחק ממיסעה	קירות תומכים (קורות מעבירי מים)
	+	+	מרחק ממיסעה קוטר הגזע	עצים
	+	+	קוטר העמוד	עמודים
	+	+	קוטר העמוד	תמיכות תאורה
9.5		+	כל הגשרים	<u>4. גשר</u>
9.3	טבלה 9.3			(במבואות ובגשר גדר משולבת)

9.2 הצעת הצדקים להצבת גדר עקב תנאי סוללה

9.2.1 כללי

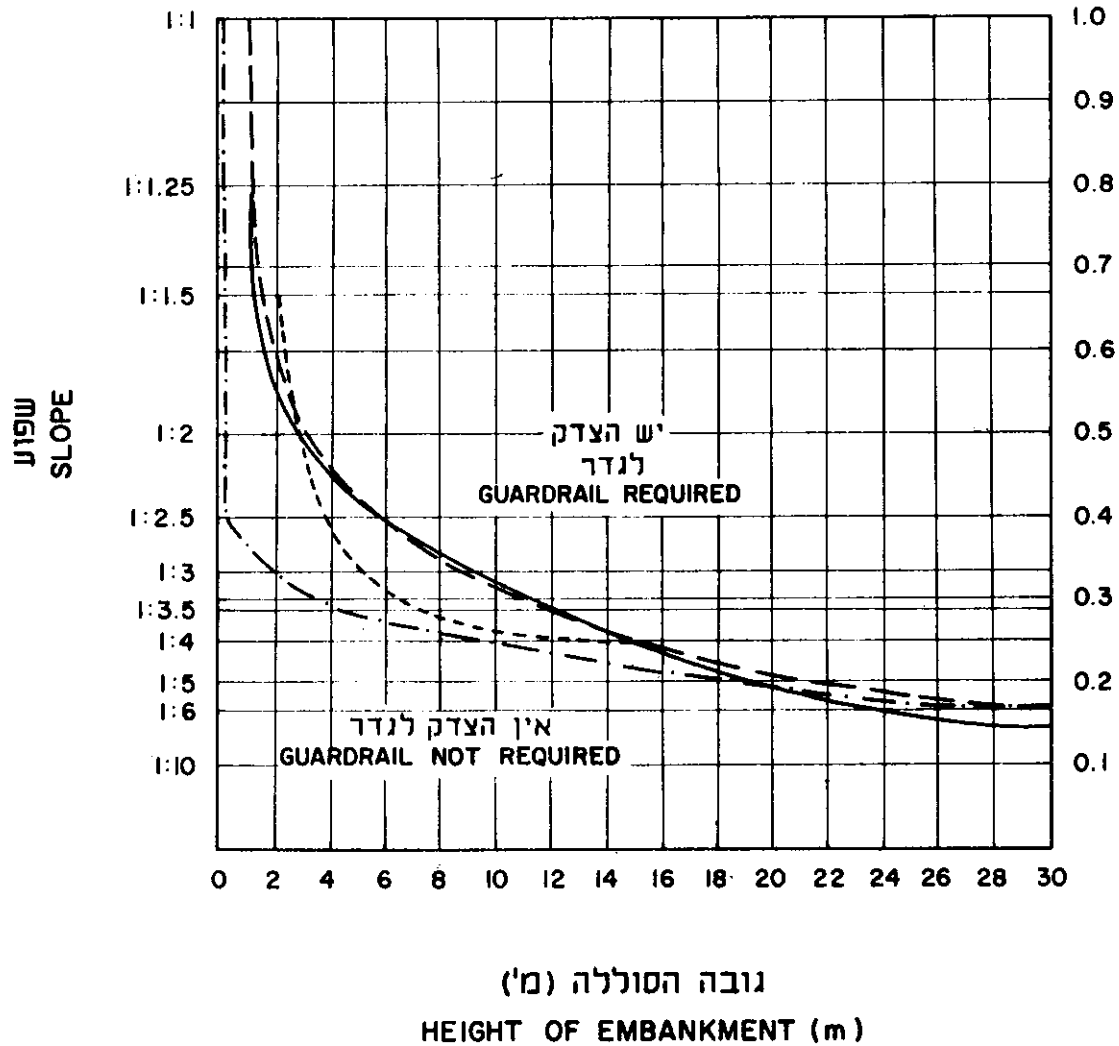
ההנחיות המומלצות לקביעת הצדק להצבת גדר בטיחות בסוללה מובאות בציור מס' 9.2 בצורת נומוגרמה כללית, הלקוחה מתוך עבודתו של Leisch (2) בשנויים מסוימים.

עבודה זו (2) משקפת את הנוהג בהצבת גדר בטיחות ברוב המדינות בארה"ב ומתחשבת בפרטים גאומטריים ותעבורתיים שונים. לאחרונה שונה הצדק זה על פי המלצותיו של Glennon (3). השנוי הוא בכרוך המחמיר, ומבוסס על נתוני תאונות מוגבלים וחשובי חומרת התאונות המשקפים את הערכים המקובלים בארה"ב. עקב יחודם לתנאים מצומצמים, אין ערכים אלה מומלצים כבסיס להנחיות הישראליות. יש לציין כי ההנחיה הקיימת עד כה בישראל החמירה בדרישותיה לגבי הצבת גדר בסוללה, מבלי להביא הנמקות כלליות מתאימות. (השוואת ההנחיות המוזכרות כאן מובאת בציור מס' 9.1). על כן הוחלט לקבל הצעת פשרה בין שתי גישות אלה, כפי שהיא משתקפת בהנחיות המומלצות לישראל בציור מס' 9.2.

כאשר יתקבלו נתונים מהימנים לגבי שעור ההפחתה בתאונות המושג על ידי גדר בטיחות, ולגבי הערכים הכלכליים של התאונות שהופחתו ושל אלה שהתרחשו ליד גדר, ניתן יהיה לשקול שנית את ההנחיות.

לדרכים מהירות וראשיות, שבהן התנאים היחידים המשפיעים על קביעת הצורך בהתקנת גדר הם גובה הסוללה ושפועה, הוכנה הנחיה מפורטת להצבת גדר, המובאת בציור מס' 9.5. בציור מס' 9.8 מובאת הנחיה דומה לדרכים אזוריות, ובציור מס' 9.9 עבור דרכים מקומיות ודרכי גישה (ראה סוג דרכים לא עירוניות בנספח מס' 1). בהנחיות מפורטות אלה יש התייחסות לשקולים השונים של הצבת גדר בדרך קיימת ובדרך מתוכננת.

מתוך שקולים לגבי צורת עזיבת הרכב את הכביש (ראה 9.4.1) וסכוייו המעטים להתנגש במכשול המרוחק יותר מ-9 מטר מהמיסעה, מקובל להציב גדר רק לפני סוללה שהמרחק בינה לבין המיסעה קטן יותר מ-9 מטר.



- (3) (GLENNON) ארה"ב —————
- (2) LEISCH — "ניקוד 50" - - - - -
- (1) מ.ע.צ. — · - · - ·
- (4) קופר — - - - -

צירור 9.1: השוואת הצדקים לגדרות בטיחות בסוללה לפי ארצות שונות
(בהתחשב בגובה הסוללה ושפועה)

Fig. 9.1: Comparison of Embankment Conditions Warranting Guardrails in Various Countries

עקב העובדה שלרכב שסטה מדרכו יש סכוי רב יותר לפגוע בסוללה מתמשכת מאשר בעצם בודד הנמצא באותו המרחק מהמיסעה, יתכן שיש לעיתים צורך להציב גדר גם לפני מדרון המרוחק יותר מ-9 מטר מהמיסעה, כדי לתת לדרך רמת בטיחות אחידה.

9.2.2 פרוט ההצדקים להצבת גדר בסוללה בהתחשב בגורמי הסוללה

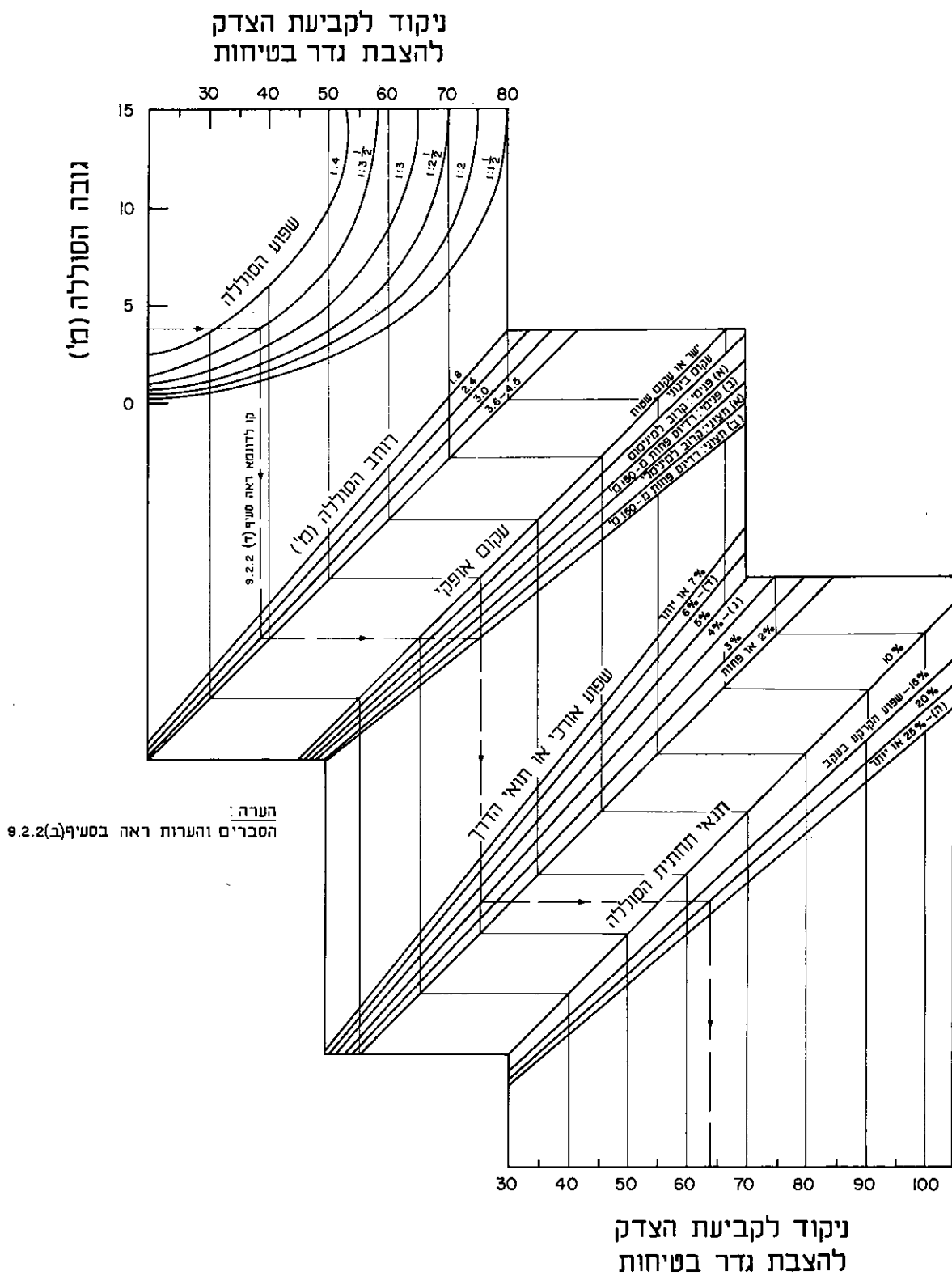
א. כללי

בנומוגרמה שבציור מסי 9.2 נתון לקבוע הצדק להצבת גדר בסוללה כאשר גובה הסוללה ושפועה, וכן גורמים נוספים כגון שולים צרים, עקום אופקי, שפוע אורכי וכו' משפיעים על רמת הבטיחות במקום.

הרעיון המרכזי שבנומוגרמה זו הוא קביעת ניקוד אשר נע בין 30-ל-100. הניקוד או השנוי בניקוד, מבטאים את מידת הנחיצות של הגדר. כוון קביעת הניקוד הוא מהקצה השמאלי העליון עד לקו המטרה האופקי בקצה הימני התחתון. בדרכים מהירות או ראשיות יש להציב גדר אם הניקוד הסופי עולה על 50 נקודות. בדרכים אזוריות יש להציב גדר אם הניקוד הסופי עולה על 60 נקודות, ובדרכים מקומיות ודרכי גישה כאשר הניקוד הסופי עולה על 70 נקודות.

בכל מקרה יש לדון לפי תנאי האתר, ולעיתים עקב תנאי תבועה אפקטיביים שונים מתנאי הסוג הכללי של הדרך, כגון מהירויות נסיעה גבוהות במיוחד, דרוש להעלות את רמת הניקוד המצדיק הצבת גדר.

היות ובומוגרמה הבסיסית המופיעה ב.מ.מ. 2, נע גובה הסוללה בין 0 ל-15 מ' ושפועה נע מ-1:1.5 עד 1:4, ובהנחיות המקובלות בישראל תחום ההשתנות של הפרמטרים הנ"ל גדול יותר, הוארך קו ההצדקים שבציור מסי 9.5 מעבר לנתוני (2), משני צדיו. באזור שבין גובה סוללה של 7 עד 30 מטר הותאם הקו להנחיה הישראלית הקודמת. לפי התאמה זו שונה הקו "1:4" במשפחת הקוים העליונה של הנומוגרמה המקורית, לקו המובא בציור מסי 9.2. כמו כן בוטל הסעיף האחרון מתוך הנומוגרמה הבסיסית הכולל את השפעת תנאי מזג האוויר על ההצדק להצבת גדר בטיחות, לאור העובדה ששלב או קרח הם נדירים ביותר בדרכים בישראל.



ציור 9.2: נומוגרמה להצדקים להצבת גדר בטיחות ליד סוללה

Fig. 9.2: Nomogramme of Guardrail Requirements at Embankments

לאחר קבלת ניקוד שאינו מכתוב הצבת גדר יש לבדוק את נחיצות הגדר גם לפי סבלה מסי 9.3 לגבי מכשולים בצדי הדרך.

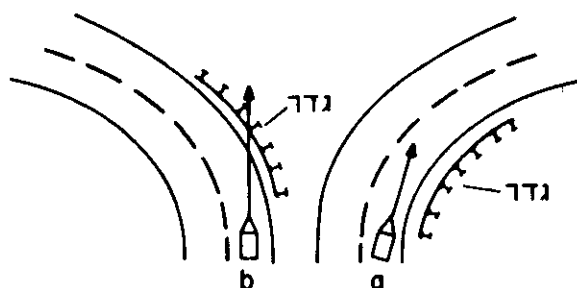
ב. הסברים והערות להנחיות לפי ציור מסי 9.2

להלן הסבר לגבי הפרמטרים השונים הכלולים בנומוגרמה:
"רוחב שוליים" הוא המרחק מקצה המיסעה עד לתחילת מדרון הסוללה; כלומר רוחב ראש הסוללה מתוסף לצד הדרך.

קימים שלושה רדיוסים המדורגים לרדיוס מינימלי בהתחשב במהירות התכנון, רדיוס הקרוב למינימלי הנ"ל, ורדיוס מוחלט הקטן מ-150 מטר.

העקומים האופקיים מסווגים לעקום פנימי ולעקום חיצוני, כלומר, מבחינים בין גדר הממוקמת ליד הנתיב בעל הרדיוס הקטן יותר לבין גדר הממוקמת ליד הנתיב בעל הרדיוס הגדול יותר - בעקום מסוים, מתוך הסתכלות במשיקים של כלי הרכב בעקומים שבציור מסי 9.3 מתקבל שמצב שבו הרכב פונה ימינה (a) מסוכן פחות ממצב שבו הרכב פונה שמאלה (b). (יש להעיר שכל עוד הרכב נוסע בצד ימין של הדרך אין הוא יכול לבצע פניה שמאלה בנתיב בעל הרדיוס הקטן. לכן מצטמצמות כל אפשרויות הפניה ל-a ו-b).

עקב השוני הזה מופיעות בנומוגרמה חומרות שונות לעקום פנימי או לעקום חיצוני בקטגוריה הנקראת "עקום אופקיי", כאשר העקום החיצוני הוא החמור יותר.



ציור 9.3: סכימה של פניה ימינה ופניה שמאלה

Fig. 9.3: Right and Left Cornering

בתוך הנומוגרמה שבציור מסי 9.2 מופיעות אותיות המסמנות תוספת לכתיב בגוף הציור, כדלקמן:

א. או עקום אופקי בינוני בודד

ב. או עקום אופקי בודד בעל רדיוס קרוב למינימום

ג. או עקום אנכי בינוני משולב עם עקום אופקי

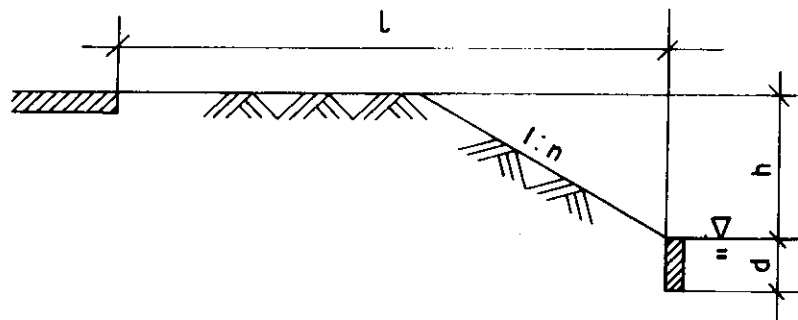
ד. או עקום אנכי חמור משולב עם עקום אופקי

ה. ו/או סלעים במדרון, או דרך או מבנים בתחתית הסוללה

בנומוגרמה זן אין נתונים עבור סוללות הגבוהות יותר מ-15 מטר היות והניקוד ההתחלתי נשאר קבוע מ-15 מטר ומעלה.

ג. הנחיות להצבת גור בסוללה עם אלמנט אנכי בתחתיתה

גובה הסוללה (h) מוגדר כהפרש בין המפלס של הקצה החצוני של שולי הדרך לבין המפלס של נקודת הפגישה של הסוללה עם הקרקע הטבעית - ראה ציור מסי 9.4.



ציור 9.4: סכימה של סוללה עם אלמנט אנכי בתחתיתה

Fig. 9.4: Details of Embankment with Wall or Water at Toe of Slope.

יש להתייחס לשטח שבתחתית הסוללה כדלקמן: אם הסוללה אינה מסתימת באופן טבעי אלא יש בתחתיתה אבן שפה, קיר תומך, או תעלת מים, יש חשיבות למרחק האלמנט האנכי מקצה המיסעה (ℓ) וכן לגובהו (d). במקרה של אלמנט אנכי יש במשפחת הקורים "תנאי תחתית הסוללה" שבצירור מסי 9.2 להתחשב בקו העליון, הנטוי ב- 45° , אך יש מראש להוסיף לגובה הסוללה את גובה האלמנט המוכפל ב-5 (5.d); וכאשר נמצאים מים בתחתית הקיר יש להוסיף את גובה הקיר מוכפל פי 8 לגובה הסוללה הראשוני (8.d).

בטבלה מסי 9.2 מובא הצדק המושתת רק על תנאי תחתית הסוללה. יש להציב גדר אם הקשר בין מרחק הקיר התחתון מהמיסעה (ℓ) לבין גובהו (d) כנתון בטבלה.

טבלה 9.2: הצדק להצבת גדר לפי תנאי תחתית הסוללה

Table 5.2: Guardrail Requirements in Conjunction with Vertical or Near-Vertical Drop-off Near Roadway

12	9	6	3	מי	ℓ	מרחק קיר תחתון מהמיסעה
1.2	0.9	0.6	0.3	מי	d	גובה קיר תחתון שווה או יותר

אם הסוללה נמוכה יחסית אך המכשול בתחתיתה גדול, יש לבדוק את הנחיצות בהצבת גדר לפי הקריטריון של מכשול הנמצא בצד הדרך (ראה סעיף 9.4) בנוסף להנחיות הבי"ל.

ד. דוגמא לשמוש בנומוגרמה שבצירור מסי 9.2

נתון: קטע של דרך ראשית דו-נתיבית העוברת במלוי.

גובה הסוללה: 3.6 מ' ; שפוע הסוללה: $1:3\frac{1}{2}$

רוחב השוליים: 3 מ'

עקום אופקי בעל רדיוס קטן מ-150 מ'

שפוע אורכי: 4%

שפוע בתחתית הסוללה: 20%

פתרון: הניקוד המתקבל מהנומוגרמה הוא 64. היות ובניקוד של 50 ומעלה דרוש להציב גדר בדרך ראשית התקבל הצדק להצבת גדר.

9.2.3 פרוט ההצדקים להצבת גדר בסוללה - בהתחשב בגובה הסוללה ושפועה

הגרף שבציור מס' 9.5 הורכב מתוך נקודות החתוך בין משפחת הקווים העליונה של הזומוגרמה עם קו הניקוד "50", היות ותוצאה של 50 נקודות ומעלה מצדיקה הצבת גדר בדרכים מהירות וראשיות.

הגרף שבציור מס' 9.8 הורכב מתוך נקודות החתוך של משפחת הקווים העליונה עם קו הניקוד "60", ניקוד המצדיק הצבת גדר בדרכים אזוריות.

הגרף שבציור מס' 9.9 הורכב מתוך נקודות החתוך של משפחת הקווים העליונה עם קו הניקוד "70", ניקוד המצדיק הצבת גדר בדרכים מקומיות ובדרכי גישה.

הסבר לסווג הדרכים הנזכר לעיל ובהמשך פרק זה ראה בנספח מס' 1, שהוא סווג הדרכים שאושר על ידי משרד התחבורה.

להצדק המובא בציור מס' 9.5 יש להתייחס בשני היבטים שונים:

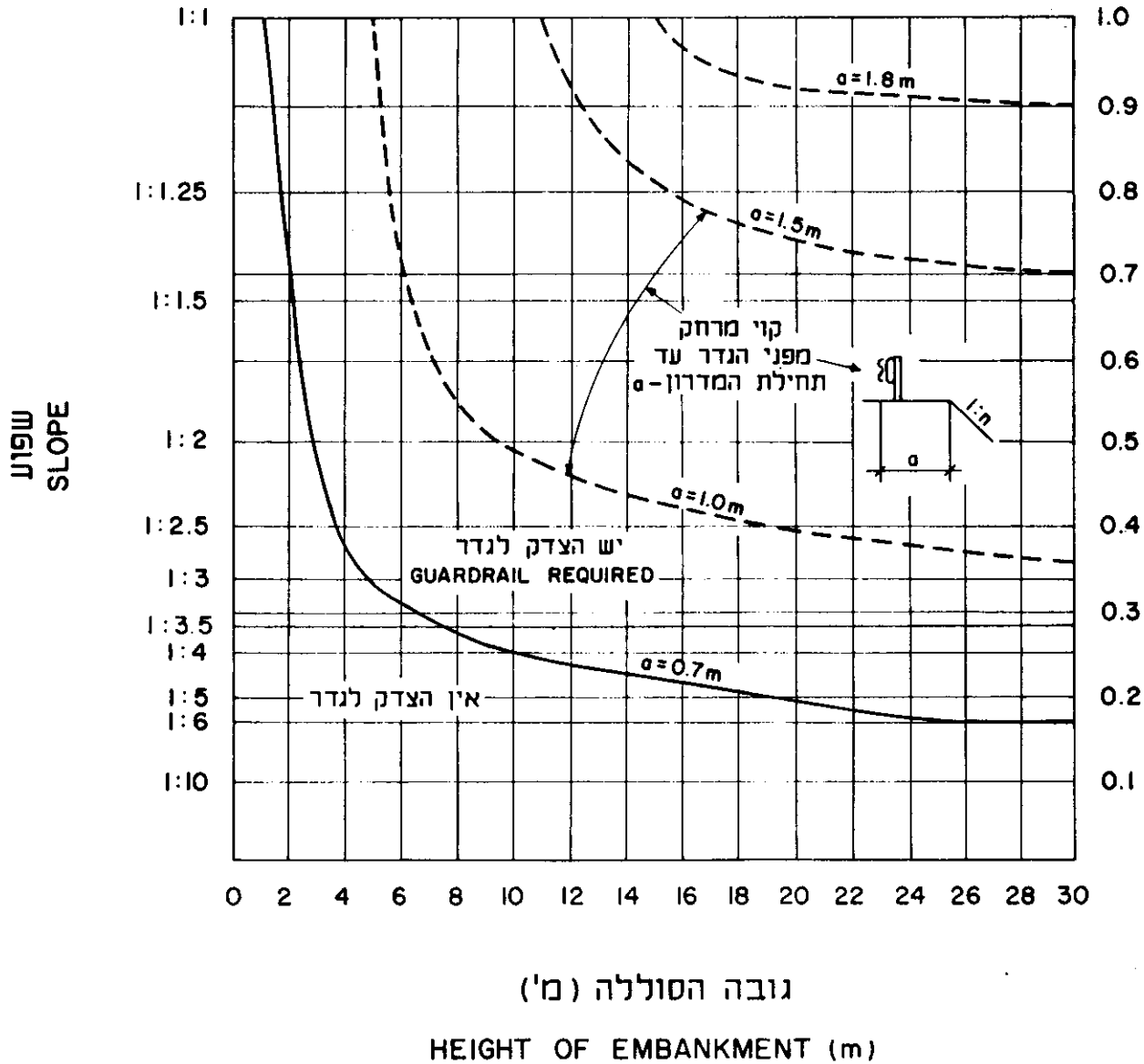
א. הצדק להצבת גדר בדרך קיימת

ב. הצדק להצבת גדר בדרך הנמצאת בתכנון

א. שיקולים לגבי הצדקים להצבת גדר בדרך קיימת לפי ציור מס' 9.5

בסוללה קיימת קשה בדרך כלל למתן את השפוע היות והשטח הזוסף המתכסה בעפר בעקב הסוללה מחיב טפול שלעיתים אינו בר-בצוע. לכן בדרך קיימת נקבעת, לרוב, הנחיצות של הגדר לפי מבנה הסוללה שבמקום: אם הפרמטרים של הסוללה נותנים נקודה הנופלת מתחת לקו שבציור מס' 9.5 אין צורך להציב גדר, ולהיפך, אם הנקודה נופלת מעל לקו ההצדקים יש להציב גדר במקום.

היות ומידת קשיחות הגדר ביחד עם רוחב ראש הסוללה מאחורי הגדר קשורים בסכנה שהמקום מהווה לרכב המתנגש בגדר, מובאת משפחת קו מרחק בתוך הציור מס' 9.5. משפחה זו מיצגת את הרוחב המינימלי הדרוש בין פני פרופיל הגדר לבין התחלת המדרון. רוחב מינימלי זה יש ליצור גם בסוללה קיימת, לפני הצבת הגדר בה (ראה חתך אופייני בציור מס' 9.6). קו מרחק אלה מוצעים כמורי דרך בלבד.

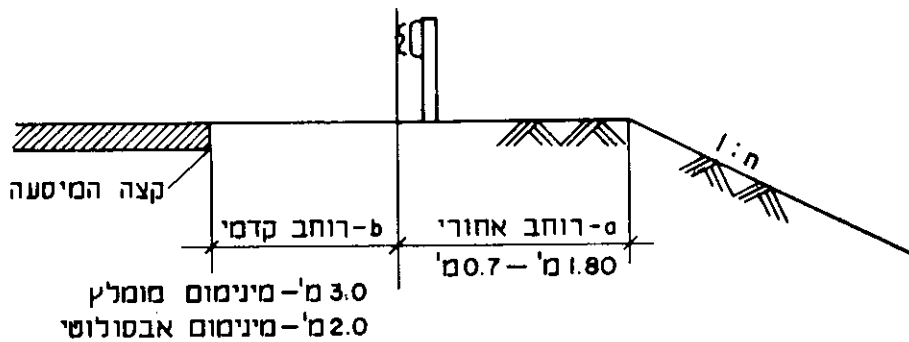


ציור 9.5: הצעת הצדקים לגדרות בסיחות בסוללה בדרכים מהירות או ראשיות (בהתחשב בגובה הסוללה ושפועה)

Fig. 9.5: Guardrail Requirements with Respect to Embankment Geometry on Main Roads

הקוים נבנו על ידי חלוקת שטח ההצדקים באופן לינארי מקורב בין 0.7 מ' = a ו-1.8 מ' = a. לאחר איסוף נתונים נוספים בעתיד, נתן יהיה לשנות את הקוים האלה.

כל הנ"ל מתאים לדרכים מהירות וראשיות. בדרכים אחרות יש להקפיד על שפוט הנדסי נכון לגבי רוחב ראש הסוללה שמאחורי הגדר, וליצור רוחב זה במידות של 0.7 עד 1.8 מטר.



ציור 9.6: חתך אופייני של מיקום גדר בסוללה

Fig. 9.6: Typical Placement of Guardrail at Embankments

ב. שיקולים לגבי הצדקים להצבת גדר בדרך המתוכננת לפי ציור מס' 9.7

בעת תכנון דרך מהירה או ראשית חדשה יש להתיחס לארבעה אזורים המסומנים בציור מס' 9.7 ליד קו ההצדקים הלקוח מציור מס' 9.5.

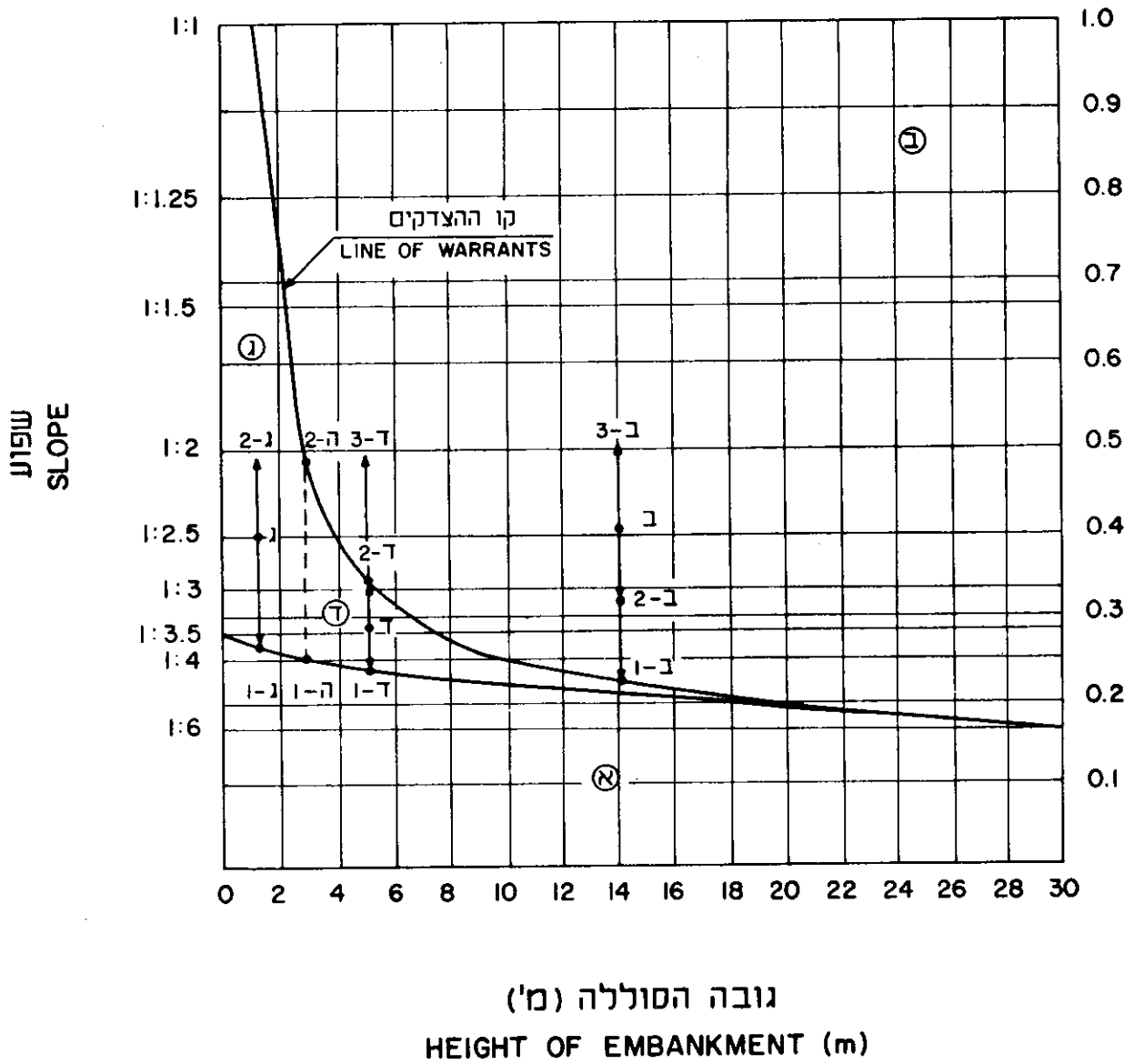
אזור אי הוא האזור המומלץ ביותר לתכנון סוללה מבחינת הקשר שבין גובה הסוללה ושפועה. זהו אזור שבו יש לרכב מרחב תמרון חפשי; אין צורך להציב בו גדר היות וזהו אזור בטיחותי מובהק. משפוע של 1:4 (בגבהים קטנים) עד לשפוע של 1:6 (בגבהים גדולים) מתאזן הנזק הנובע מהדרדרות הרכב עם הנזק הנגרם מהתקלות בגדר (2).

אזור ב' הוא אזור שבו חומרת תאונות ההדרדרות גדולה ללא גדר מחומרת תאונות הנגישה בגדר ולכן יש להציב גדר בסוללה אשר הפרמטרים שלה נותנים נקודה באזור זה. היות והמדובר בדרך שתבנה בעתיד נתן לשקול כאן מספר שיקולים, המפורטים לגבי נקודה ב' לדוגמא:

1. שיקול של בטיחות: נתן לתכנן את סביבת הגדר מחדש כך שתתקבל הנקודה ב-1 לגבי הסוללה, והצורך בהצבת גדר ינוטל. מבחינת הבטיחות זהו פתרון מומלץ. אם פתרון זה אינו מתקבל, והצבת הגדר הכרחית, נתן לשקול לגבי המדרון שמאחורי הגדר.

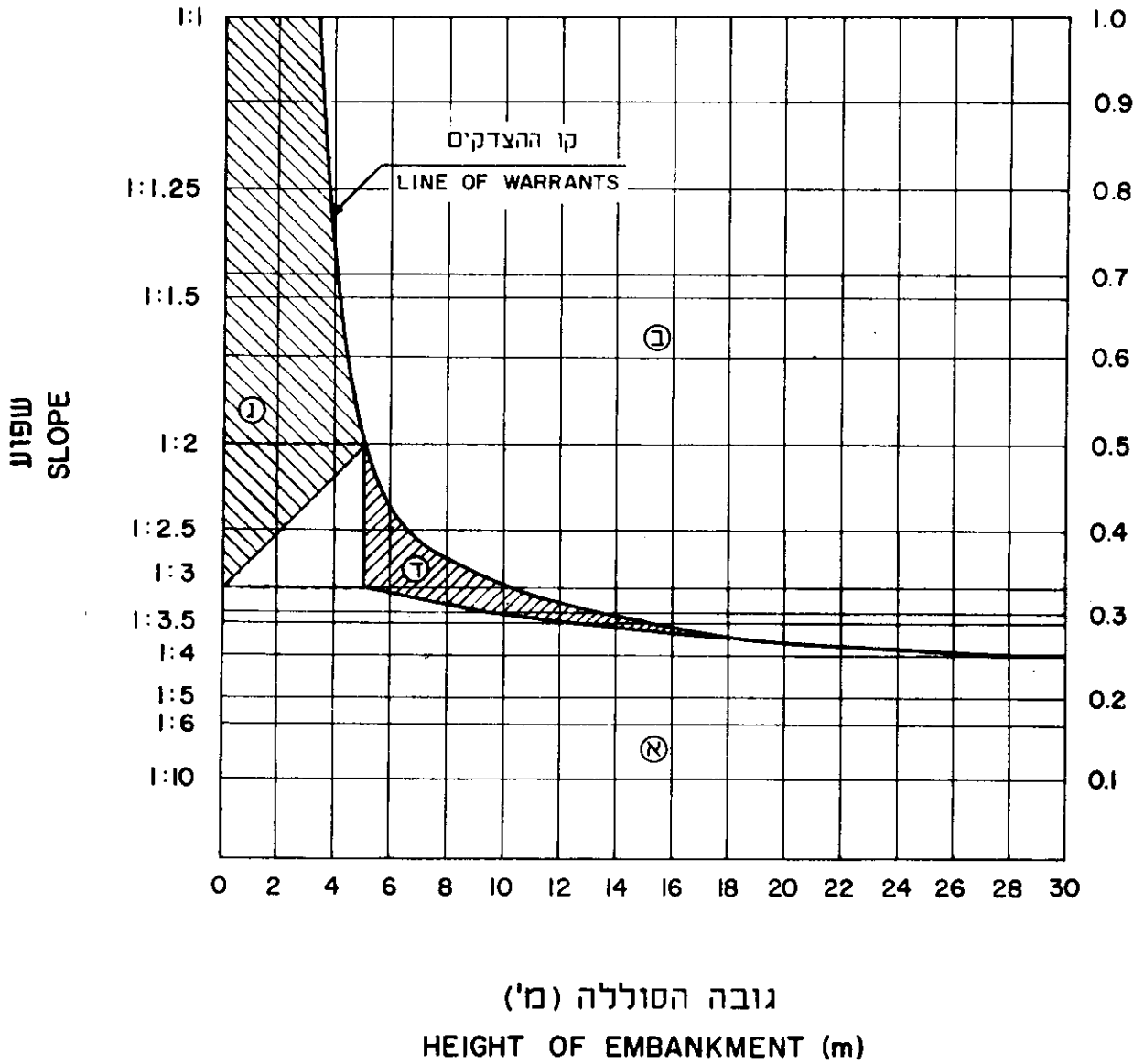
2. שיקול לגבי יציבות טבעית של הסוללה: שיקול זה מתפצל לשתי אפשרויות - אם המדרון אינו בעל יציבות טבעית יתכן שחסכוני למתן אותו ואז נתן להצר את ראש הסוללה לפי נקודה ב-2. אם המדרון בעל יציבות טבעית מרובה יתכן שחסכוני להחריף את שפועו ולהרחיב במקביל את ראש הסוללה לפי נקודה ב-3. אלו שיקולי היקף עבודות העפר ועלותן במקום, ועשויים להביא גם לבניית קיר תומך במרחק הדרוש מפני הגדר הקדמיים, כאשר זהו הפתרון הזול ביותר.

אזור ג' ואזור ד' הם אזורים שבהם אין דרישה להציב גדר אך אינם מומלצים לתכנון. אם הפרמטרים של הסוללה נותנים נקודה ג' לדוגמא, רצוי לשנות את התכנון כך שתתקבל הנקודה ג-1. עקב הסוללות הנמוכות יחסית שבאזור זה נתן להניח שאין פתרון זה מיקר במידה זכרת את הדרך. שנוי הסוללה לנקודה ג-2 מביא לחסכון מסוים בעבודות העפר אך אינו רצוי מבחינת הבטיחות. הצרופים המקובלים בישראל באזור זה הם: בגובה סוללה של 3 מטר נבנה שפוע של 1:2 (ה-2) עם גדר, או שפוע של 1:4 ללא גדר (ה-1). משמאל לקו המחבר את שתי הנקודות האלה נמצא אזור ד' עם נקודה ד' לדוגמא. כאן גובה הסוללה רב יחסית. בנקודה ד' עצמה אין צורך להציב גדר, אך רצוי לעבור לנקודה ד-1. יתכן שמתוך שקולי חסכון נתן לתכנן סוללה בנקודה ד-2 תוך הצבת גדר, אך סוללה זו פחות רצויה מסוללה ד מבחינת הבטיחות. אם דרוש חסכון נוסף, נתן לעבור לנקודה ד-3 תוך הרעה נוספת של רמת הבטיחות במקום. באזור זה עשויים להיות הפרשים גדולים בעלות הפתרונות השונים.



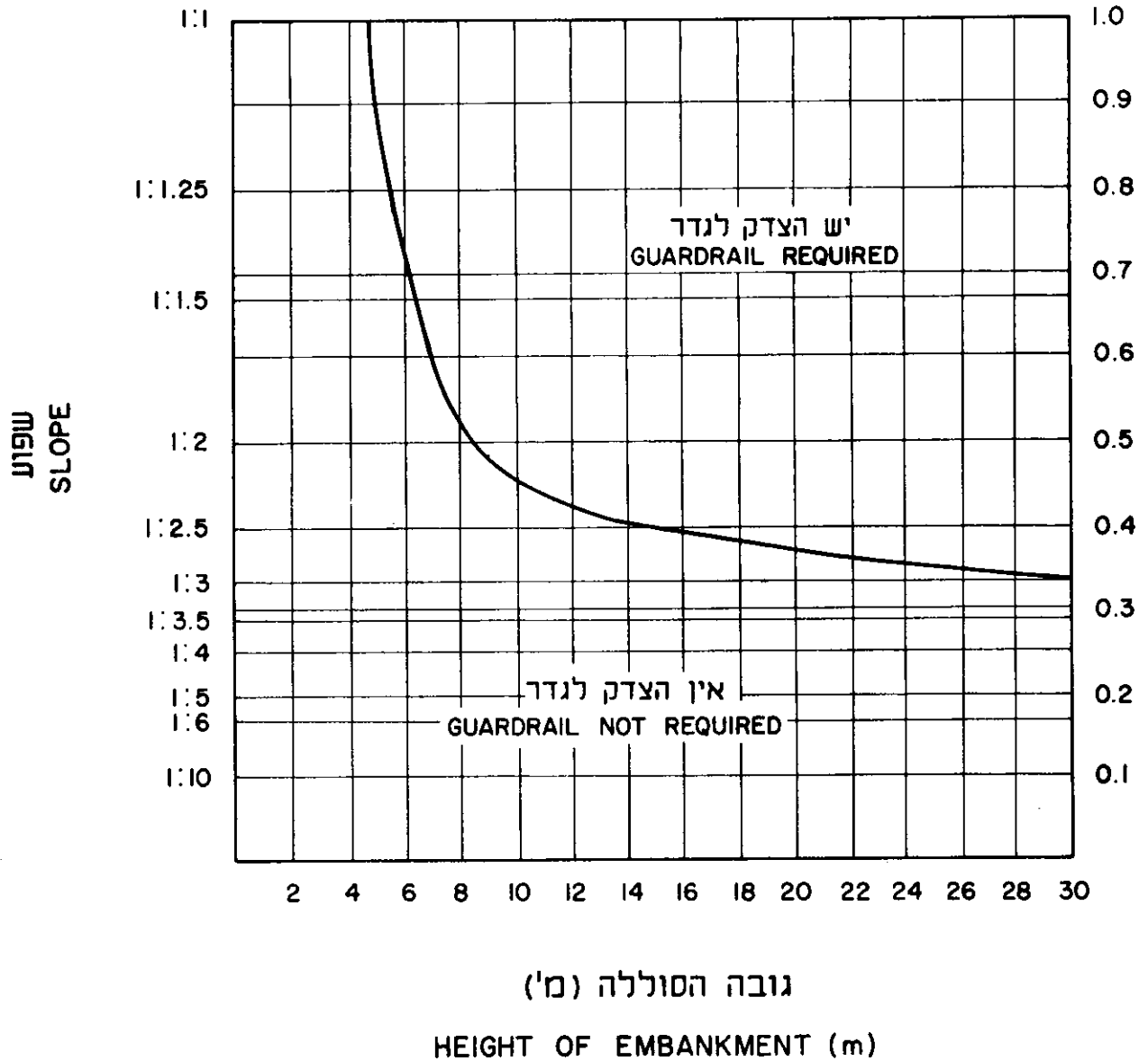
ציור 9.7: ניתוח הצעת ההצדקים לגדרות בטיחות בסוללה בדרכים מהירות או ראשיות מתוכננות

Fig. 9.7: Analysis of Guardrail Requirements at Embankments of Planned Motorways and Main Highways



ציור 9.8: הצעת הצדקים לגדר במיחות בסוללה בדרכים אזוריות (בהתחשב בגובה הסוללה ושפועה)

Fig. 9.8: Guardrail Requirements with Respect to Embankment Geometry on Regional Highways



ציור 9.9: הצעת הצדקים לגדרות בטיחות בסוללה בורכים מקומיות ודרכי גישה (בהתחשב בגובה הסוללה ושפועה)

Fig. 9.9: Guardrail Requirements with Respect to Embankments Geometry on Local Roads and Access Roads

בעת תכנון דרך אזורית חדשה יש להתייחס לארבעה אזורים המסומנים
בציור מס' 9.8 ליד קו ההצדקים. משמעותם של אזורים אלה זהה
למשמעותם של האזורים המסומנים בציור מס' 9.7 עבור דרכים מהירות
או ראשיות חדשות. קים שוני בין צורת אזור ג' שבציור מס' 9.7
לצורת אזור ג' שבציור מס' 9.8, היות ומבחינה כלכלית אין אפשרות
להמליץ כאן על מיתון השפוע של סוללה שגובהה מגיע עד 5 מטר, ואין
בה הצדק להצבת גדר. ערכי הקו האלכסוני מהויים שקלול בין ערכי שני
הקוים המרוסקים האופקיים, ויש לבדוק שקלול זה בכל מקרה לפי תנאי
המקום והכדאיות הכלכלית.

9.2.4 סכום

1. כאשר גובה הסוללה והשפועה הם הגורמים היחידים המשפיעים על
הצורך בהצבת גדר יש לקבוע את ההצדק לפי הגרף שבציור מס' 9.5
או 9.8 או 9.9 לפי סוג הדרך, (ראה בספח מס' 1).
2. כאשר קימים תנאים נוספים, העשויים להשפיע על הצורך בהצבת
גדר, כגון: שולים צרים, עקום אנכי או אופקי, שפועים אורכיים
חזקים, תעלה בתחתית הסוללה, יש לקבוע את הנחיצות בגדר לפי
הנומוגרמה שבציור מס' 9.2. לפי סוג הגדר יקבע ניקוד הנחיצות
מ-50 ומעלה: 50 עבור דרכים מהירות וראשיות, 60 עבור דרכים
אזוריות ו-70 עבור דרכים מקומיות ודרכי גישה.
3. בעת תכנון דרך יש לשקול את הפרמטרים של הסוללה מתוך שיקולי
בטיחות ושיקולי עלות הגדר ועבודות העפר שבמקום - ראה סעיף
(ב) 9.2.3. מבחינת הבטיחות מומלץ להמנע ככל האפשר משפועים
תלולים, ולתכנן דרך ששפוע סוללתה הוא 1:4 או מתון יותר.

9.3 הצעת הצדקים להצבת גדר בטיחות בשטח הפרדה

9.3.1 כללי

ההנחיה המוצעת בציור מסי 9.10 מבוססת על השואת ההנחיות המקובלות בארצות שונות (ראה ציור מסי 7.2 בחלק אי של עבודה זו). התוצאה המתקבלת מבחינת התקנת גדרות בארץ היא כי בשטח הפרדה שרוחבו מעל 4.5 מטר מחמירה ההנחיה המוצעת כאן יותר מאשר ההנחיה המקובלת כיום בישראל (1).

9.3.2 פרוט ההצדקים להצבת גדר בשטח ההפרדה

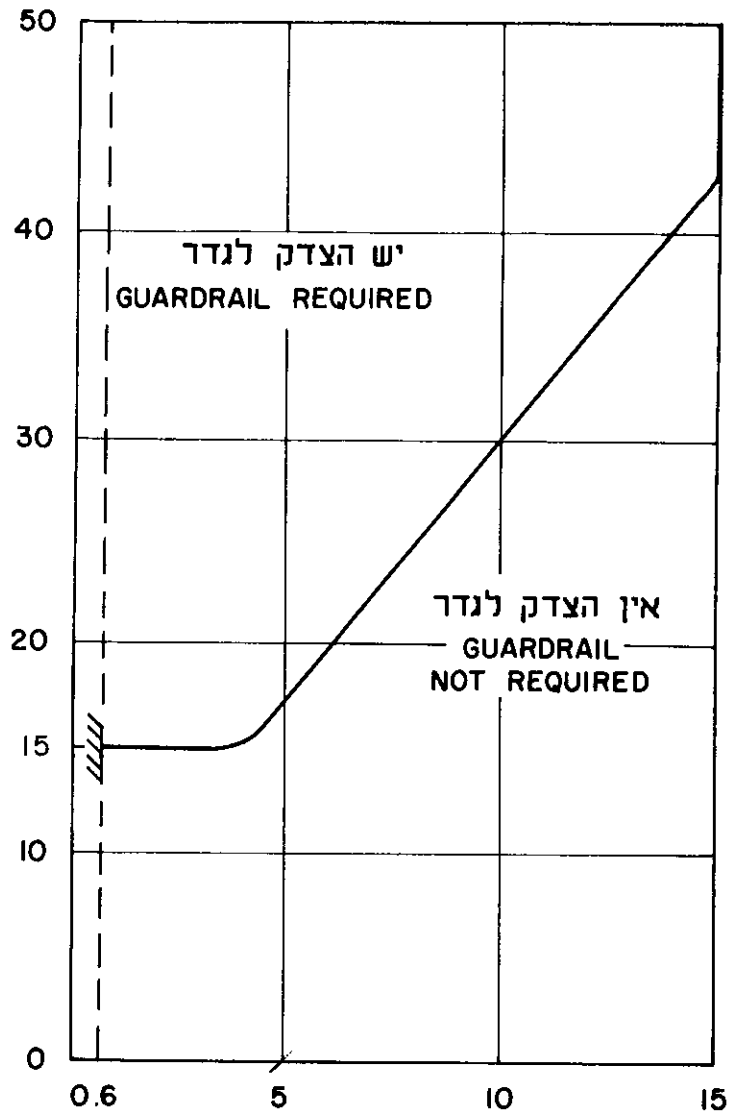
בציור מסי 9.10 מובאת הנחיה להצבת גדר בטיחות בשטח הפרדה לפי רוחב השטח ועוצמות התעבורה הצפויות בדרך שנתיים לאחר הצבת הגדר.

קו ההצדקים מתחיל משטח הפרדה שרוחבו 60 ס"מ. בשטח הפרדה כה צר מוצבת הגדר רק בשעת דחק ובמקרים מיוחדים כאשר לא נתן להרחיב את השטח. מאידך, לעיתים דרושה הגדר בשטח צר, יותר מאשר בשטח רחב, ולכן יש לשקול כל מקרה לגופו.

בשטחי הפרדה הצרים מ-5 מטר, ובנפחי תנועה גבוליים, יש להתייחס לגורמים מקומיים נוספים העשויים להכתיב הצבת גדר למרות שמתוך היחס שבין רוחב השטח ועוצמות התעבורה שלידו אין מתקבל הצדק כזה. פרט לגורמים שנמנו בסעיף 9.1 יש להתייחס כאן במיוחד לתופעת החציות המכוונות של כלי רכב בשטח ההפרדה, כולל פניות פרסה, חציות הנמנעות באופן חד משמעי על ידי הצבת גדר.

מן הראוי להוסיף כי בכל מקרה יש לתכנן דרך בעלת שני מסלולים נפרדים כך שתתאים להצבת גדר בטיחות באמצעיתה, אם זו תדרש בעתיד לאחר גידול עוצמת התעבורה. לדוגמא, המרווח המינימלי הדרוש בין שני נתיבים פנימיים שעצמת התעבורה לידם היא 15.000 כלי רכב ביממה, עבור גדר בעלת קורת w ללא מרחיקים המקובלת היום, הוא 60 ס"מ.

עצמת תעבורה יומית ממוצעת באלפי כלי רכב
 הצפויה שנתים לאחר הצבת הגדר
 AVERAGE DAILY TRAFFIC IN THOUSANDS
 (2 YEARS PROJECTION)



רוחב שטח ההפרדה (מ')
 MEDIAN WIDTH (m)

ציור 9.10: הצעת הצדקים לגדר בטיחות בשטח ההפרדה לפי רוחב השטח ועוצמת התעבורה

Fig. 9.10: Guardrail Requirements on Medians According to Median Width and Traffic Volume

בשטח הפרדה הרחב יותר מ-15 מטר אין צורך להציב גדר בטיחות בדרך כלל, אלא אם קרו במקום תאונות המצדיקות הצבת גדר. יש לזכור שתדירות התאונות האלה גוברת גם אם חומרתן יורדת, לאחר הצבת גדר בין שני המסלולים, היות ושטח התימרון העומד לרשות כלי רכב שסטה מדרכו קטן.

לאחר התיחסות לקיום או אי קיום הצדק להצבת גדר בטיחות מתוך ההנחיה שבצירור מסי 9.10 יש לבדוק את שטח ההפרדה לגבי העצמים הקבועים בו, כגון עמודי תאורה, נציבי גשר, מעבירי מים וכן לגבי שפועים, ולקבוע את נחיצות הגדר בגללם בהתאם להנחיות שבסעיף 9.4.

9.4 הצעת הצדקים להצבת גדר בטיחות ליד מכשולים בצד הדרך

9.4.1 כללי

מתוך הספרות מתקבל שתחום של 9 מ' ליד המיסעה הוא התחום הקריטי מבחינת השתלטות הנהג על כלי רכבו לאחר שסטה מדרכו. עצמים קשיחים הנמצאים בתוך תחום זה מסכנים את כלי הרכב שסטו מדרכם. נתן לנקוט בכמה אמצעים המובאים להלן לפי סדר העדיפות שלהם כדי להגן על כלי הרכב:

- א. לסלק מכשול או להעבירו למרחק העולה על 9 מ' מהמיסעה
- ב. להקטין את קשיחות המכשול
- ג. להציב גדר בטיחות בין המכשול והמיסעה

נתן לחלק את המכשולים בצד הדרך לשתי קבוצות:

א. מטרדים בלתי עבירים

ב. עצמים קבועים

מטרדים בלתי עבירים הם: חציבה בסלע, סלעים גדולים, מאגרי מים קבועים עמוקים יותר מ-60 ס"מ, שורת עצים גדולים (בקוטר גדול מ-15 ס"מ).

עצמים קבועים: תמיכות לשלטים, עמודי תאורה, קצוות גשרים ועמודיהם, קירות תומכים, קורות של מעבירי מים, עצים ועמודי עץ.

בטבלאות מס' 9.1 ו-9.3 מובא פירוט של מכשולים המצויים בצד הדרך וכיצד יש להתייחס אליהם מבחינת התכנון ומבחינת הצבת גדר.

9.4.2 פירוט ההצדקים להצבת גדר ליד מטרדים בלתי עבירים

ליד כל המטרדים הבלתי עבירים, שנמנו בסעיף 9.4.1, הנמצאים בתחום של 9 מ' מהמיסעה יש להציב גדר אורכית. עקב הסכוי הרב יותר שרכב יפגע במטרד בלתי עביר שהוא ארוך יותר ממכשול קבוע, יתכן במקרים יוצאים מן הכלל שיש צורך לשקול הצבת גדר גם לפני מטרדים הנמצאים במרחק רב יותר מ-9 מ' מהמיסעה, כדי לשמור על רמת בטיחות אחידה לאורך הדרך.

באזורי הקרן, ביציאות במחלף של דרך מהירה, יש להציב מחסום סופג אנרגיה, ויש להמליץ להשאיר מקום למחסומים אלה בעת התכנון של היציאה.

מחסומים סופגי אנרגיה מיועדים להצבה במקומות שבהם תאונות מסוג "התנגשות חזיתית" הן הבעיות ביותר, כגון אזורי קרן ביציאות, עמודי גשר בשטח הפרדה ועוד. במקומות אלו יפחיתו מחסומים סופגי אנרגיה בדרך כלל את חמרת הפגיעה של הנגישה. (טבלאות מס' 9.1, 9.3).

9.4.3 פרוט ההצדקים להצבת גדר ליד עצמים קבועים

בטבלה מס' 9.3 בסעיפים 1-6 מובאת הכוונה להצבת גדר ליד עצמים קבועים.

יש לחזור ולהדגיש שרצוי להעביר מכשולים אלה אל מחוץ לתחום של 9 מ' מהמיסעה ולהפוך את העמודים לשבירים בבסיסם.

טבלה 9.3: הצדקים לגדרות בטיחות ליד מכשולים בצד הדרך

Table 9.3: Guardrail Requirements at Roadside Obstacles and Hazards

גדר בטיחות דרושה		עצמים ומטרדים בצד הדרך בתחום של 9 מ' ממיסעה
לא	כן (א)	
		1. תמיכת שלטים (ב)
+		עמודים שבירים
		עמודי עץ או עמודים אחרים ששטח חתכם גדול מ-300 סמ"ר (ג)
	+	תמיכות לשלטים מעל לנתיב פרופילים ממתכת שעובים גדול מ-9 ס"מ
	+	יסודות בטון הבולטים יותר מ-15 ס"מ מעל לקרקע
+		2. עמודי תאורה ממתכת (ד)
	+	3. קצוות של גשרים ועמודיהם
	+	4. קירות תומכים ומעבירי מים
	+	5. גזעי עצים שקוטרם גדול מ-15 ס"מ
		6. עמודי עץ או עמודים אחרים ששטח חתכם גדול מ-300 סמ"ר (ג)
	+	7. מטרדים בלתי עבירים (ראה סעיף 9.4.1)
<u>הערות:</u>		
א. הגדר מומלצת רק אם אי אפשר לסלק את המכשול מהתחום של 9 מ' מהמיסעה.		
ב. יש להשתמש בעמודים שבירים ללא יוצא מן הכלל, מבלי להתחשב במרחק העמוד מהמיסעה.		
ג. נתן להקטין את שטח החתך ע"י קדיחת חורים, או חריצת חריצים, בגובה של 15 ס"מ מעל לקרקע. מומלץ להציב גדר במקרה שהקטנת החתך אינה בתנת לבצוע.		
ד. רצוי להשתמש בעמודי מתכת השבירים בבסיסם, אך אין להציב גדר ליד עמודי תאורה קימים שאינם שבירים.		

9.5 הצעת הנחיות להצבת גדר בגשר

בכל גשר יש להתקין גדר בטיחות במשכת מתאימה. נתן לתכנן מראש את הגשר כך שקורתו תמלא את תפקידי גדר הבטיחות.

רווח פתוח בין שני גשרים יש לסגור, או להציב לידו גדר בטיחות או מחסום סופג אנרגיה, בהעדפת הסגירה. בשטח שנסגר בין שני גשרים יש לנהוג כמו בשטח הפרדה רגיל מבחינת הצבת גדר.

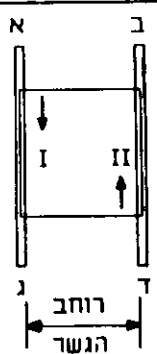
לרוב קים צורך בגדר בגלל בעיות סביבת הגשר, ורצוי לתכנן את הגדר כך שתפתור את מכלול הבעיות.

רוחב הגשר וכוונוי הנסיעה בו משפיעים על ההצדקים להצבת גדר במבואות לגשר - ראה הנחיות למיקום הגדר בטבלה מס' 9.4. גם בגשר נשמר העקרון של תחום קריטי של 9 מ' לנגישת רכב בגוף קשיח בצד הדרך.

יש להתאים את הגדר שבמבואות הגשר לגדר הגשר עצמו מבחינת תפעול דינמי, ויש לחבר את שתי המערכות מבחינה מכנית. כמו כן יש לבדוק את מבואות הגשר בקשר לעצמים קשיחים נוספים לפי טבלה מס' 9.3.

טבלה 9.4: הצדקים לגדרות בטיחות ומחסומים בקצוות גשרים

Table 9.4: Barrier Requirements at Bridge Parapets and Bridge Rail Ends

	קים הצדק להצבת גדר במקודות	רוחב הגשר (בין הקורות)	כיוון נסיעה
	א, ב, ג, ד, א, ד	18 מ' או פחות יותר מ-18 מ'	I - II
א, ב	בכל רוחב	I	רק
ג, ד	בכל רוחב	II	רק

9.6 דוגמאות לקביעת הצדקים להצבת גדר בטיחות

להלן מובאות מספר דוגמאות האופיניות לאופן קביעת הצדק להצבת גדר בטיחות בצד דרך ראשית. הפתרונות המוצעים כאן נובעים מהקריטריונים שעליהם מבוססים ההצדקים שדונו בסעיפים הקודמים, ומתאימים לקטע מדף ראשית המובא בציור מסי 9.11.

חתך א-א: הדרך עוברת מעל גשר.

לפי סעיף 9.5 וטבלה מסי 9.1 יש להציב גדר בגשר ובמבואותיו. באזור הקרו, בכבש המוגבה, יש להקים מחסום סופג אנרגיה תוך רצוף הסביבה - ראה טבלה מסי 9.1 סעיף 3.א.5.

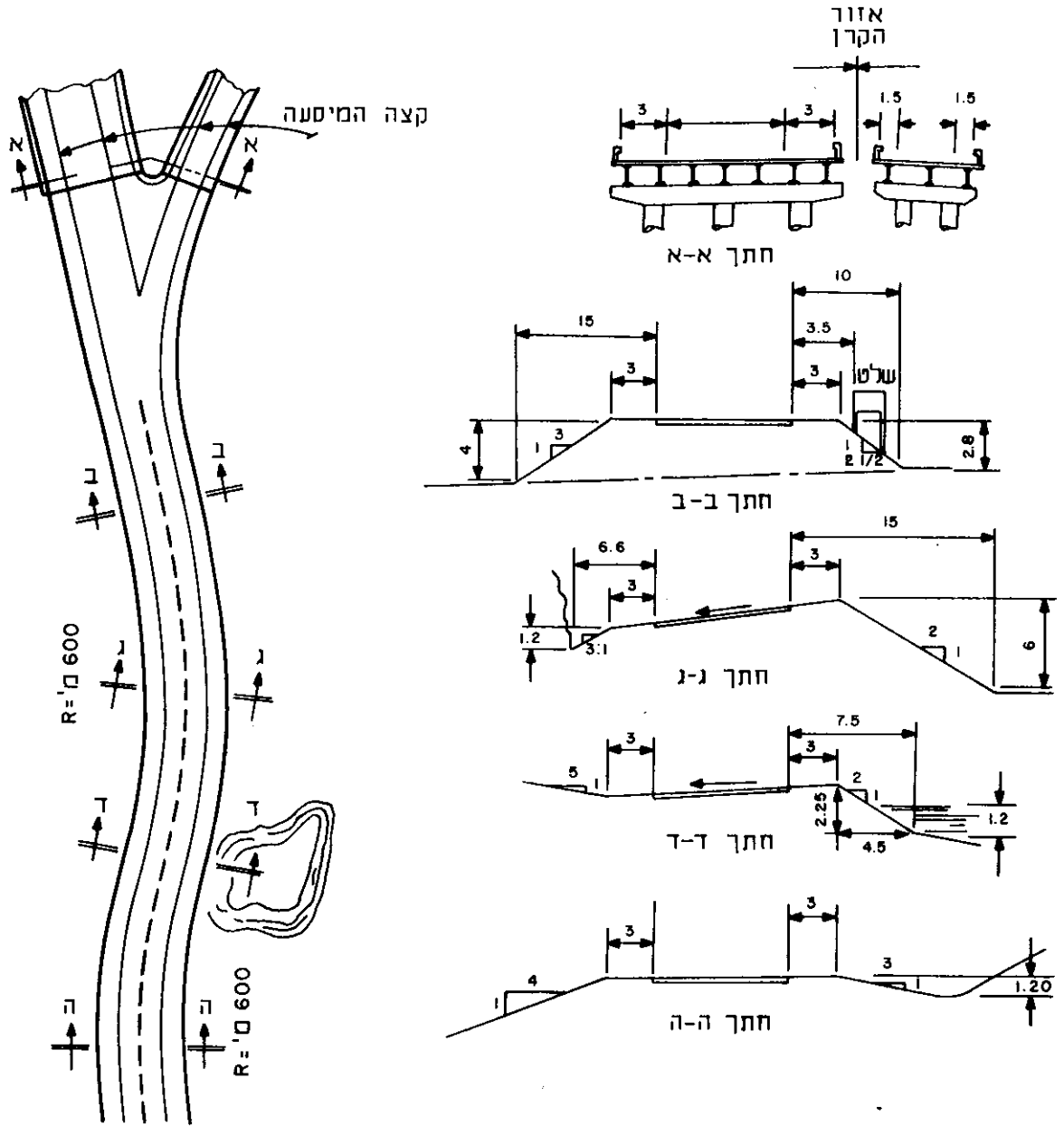
חתך ב-ב: הדרך עוברת במלוי ששפועו מצד אחד 1:3 וגובהו 4 מ', בצד שני שפוע המלוי 1:2.5 וגובהו 2.6 מ', ומותקן בו שלט תמרור. רוחב השולים 3 מ'.

לפי ההנחיה שבציור מסי 9.5 אין בסוללה ששפועה 1:3 הצדק להצבת גדר. היות ואין בצד זה מכשולים נוספים אין להציב בו גדר. בצד השני, אם לא נתן להרחיק את השלט או להפכו לשביר בבסיסו, קים הצדק להציב גדר עקב השלט (ראה טבלה מסי 9.3) למרות שתנאי הסוללה עצמה אינם מכתביים הצבה זו (ראה ציור מסי 9.5).

חתך ג-ג: הדרך עוברת בעקום אופקי שרדיוסו 600 מ'. בצד אחד קים מלוי ששפועו 1:2 וגובהו 6 מטר, ובצד השני קים שפוע של 1:3 בגובה 1.2 מטר, המסתים בקיר סלעי. רוחב השולים 3 מטר. לפי הנומוגרמה שבציור מסי 9.2 קים הצדק להציב גדר בצד הדרך העוברת במלוי גבוה (גובה המלוי ושפועו הם המכריעים ואין העקום האופקי החיצוני משפיע במדה נכרת במקרה זה). עקב קיר הסלע קים הצדק להצבת גדר בצד זה, למרות שהסוללה שלפני הסלע אינה מכתביה הצבה זו (ראה טבלה מסי 9.1 וציור מסי 9.3). לפי ציור מסי 9.12 דרוש אורך של 55 מטר לפני נקודת הנחיצות של קיר הסלע, פרט לעיגון.

חתך ד-ד: הדרך עוברת ליד מאגר מים. שפוע הסוללה 1:2, עומקה 2.25 מ' ומזה 1.2 מטר גובה המים. בצד השני קימת חפירה בשפוע 1:5. לפי סעיף 9.2.3 מתקבל הגובה המשוקלל של הסוללה $h = 5 \cdot 1.2 + 1.05 = 7.05$ מטר. גובה זה, בצרוף השפוע, יוצר נקוד של 70 בציוור מסי 9.2, נקוד המצדיק הצבת גדר בצד מאגר מים בדרך ראשית. בקרת נוספת, לפי טבלה מסי 9.1 וסעיף 9.4.2 מראה גם הוא שיש להגן על הרכב בפני מכשול בלתי עביר הנמצא במרחק של 7.5 מ' מהמיסעה. בצד החפירה אין צורך להציב גדר, אך רצוי לעגל את נקודת הפגישה בין השולים לחפירה.

חתך ה-ה: הדרך עוברת בעקום אופקי שרדיוסו 600 מטר. בצד אחד קים מלוי בשפוע של 1:3 וגובה של 1.2 מטר, ובצד השני קים מלוי בשפוע של 1:4. לפי ציוור מסי 9.2 אין הצדק להציב גדר בקטע דרך זה, למרות העקום, היות ושפועי הסוללות מתונים.



הערה
כל המידות במטרים

ציור 9.11: קטע דרך ראשית לזוגמא לשם קביעת הצדקים להצבת גדר בטיחות
Fig. 9.11: Example of Main Highway for Determining Guardrail Requirements

9.7 פרטי ההצבה של גדר בטיחות במשכת

9.7.1 כללי

ליעילות פעולת הגדר רצוי שהשטח בינה לבין שפת המיסעה יהיה אופקי. אם יש צורך להציב גדר במדרון יש להתאים את גובה הקורות לפי סעיף 9.7.8. אבן שפה יש למקם מאחורי הגדר; אם אבן שפה הכרחית לפני הגדר, יש לנצל אבן שפה משפועת בעלת גובה מקסימלי של 7 ס"מ מעל למיסעה כך שלא תהיה מכשול לרכב.

9.7.2 קביעת אורך הגדר

האורך הכולל של הגדר מורכב מהאורך המגן על המסרד ועוד קטעי עיגון. האורך המגן על המסרד מורכב מקטע הנחיצות ועוד האורך הדרוש לפני המסרד ומאחוריו, כדי למנוע מרכב לעבור מאחורי הגדר ולפגוע במסרד למרות הגדר. בכביש דו-סטרי דו-נתיבי דרושה הגנה גם אחרי המסרד כי הרכב יכול לסטות ימינה או שמאלה באותה מידת סבירות.

מתוך ציור מסי' 9.12 נתן לקבוע את אורך הגדר הדרוש לפני תחילת מסרד מתמשך, או מכשול בודד הנמצא בקטע דרך ישרה. השיטה מבוססת על ההנחה, המתאמת ע"י נתונים מארה"ב (5), שרכב הסוטה מדרכו עושה זאת בזווית שטוחה, ולאחר נסיעה במקביל למיסעה, באורך מקסימלי של 120 מ', נעצר או חוזר לנתיבו.

קנה המידה בציור זה עוות באזור הסמוך למיסעה כלפי אורך הנסיעה כדי להגדיל את דיוק התוצאה.

קביעת אורך הגדר הדרוש לפני נקודת הנחיצות מבוצעת כדלקמן: על הקו האנכי מאותר הקו האלכסוני המיצג את המרווח המקסימלי שבין המכשול והמיסעה (B); מרווח זה כולל את רוחב המכשול עצמו. בין הקוים האופקים מאותר הקו המיצג את מרחק הגדר מהמיסעה (A). השלכת נקודת החתוך של שני קוים אלה על הקו התחתון נותנת את אורך הגדר הדרוש (L) במטרים.

נתן לרשום את הקשר בין גדלים אלו בצורת נוסחה (מתוך היחס בין קטעים דומים במשולשים דומים):

$$L = (1 - \frac{A}{B}) \cdot 120$$

מטרד המתחיל ליד המיסעה, אך רוחבו עובר את התחום של 9 מ' , נחשב כמטרד הנמצא על קו הגבול ויש לקבוע את האורך הדרוש לפני נקודת הנחיצות ע"י חיתוך של קו 9 מ' בקו הגדר.

כפי שנאמר, בכביש דו-נתיבי דו-סיטרי (או דו-מסלולי ללא שטח הפרדה) יש להאריך את הגדר מעבר למטרד לשם הגנה על כלי רכב הסוטים מתוך הנתיב המרוחק. לשם קביעת האורך הזה ניתן להשתמש בנומוגרמה שציור מס' 9.12 אלא שלמרחק המטרד מהשוליים שלידו יש להוסיף 3.5 מ' לכל נתיב נחצה, ולגבי מידה חדשה זו ליצור את נקודת הפגישה עם קו הגדר. יש להאריך את הגדר לפחות ב-10 מטר מעבר המטרד.

רצוי להמנע מהצבה של קטעי גדר קצרים העלולים להיות מסוכנים יותר מאשר חוסר גדר, ורצוי לפתור את בעיית המטרד בצורה אחרת. האורך המינימלי המותר לגדר הוא 45 מ' ללא קטעי העיגון. יש להמנע מפתחים קצרים בין קטעי גדר.

רצוי להציב את הגדר רחוק ככל האפשר מהמיסעה היות וככל שהגדר מורחקת יותר, קטן אורכה, והיא עצמה משמשת מטרד קטן יותר. כאשר המרחק בין הגדר למכשול קטן מ-0.7 מטר, ומתוך הנחיות מתקבלת גדר הקצרה מ-45 מ' לפני תחילת המכשול, יש להאריך את הגדר עד ל-45 מ' (ראה ציור מס' 9.13) לפני תחילת המכשול.

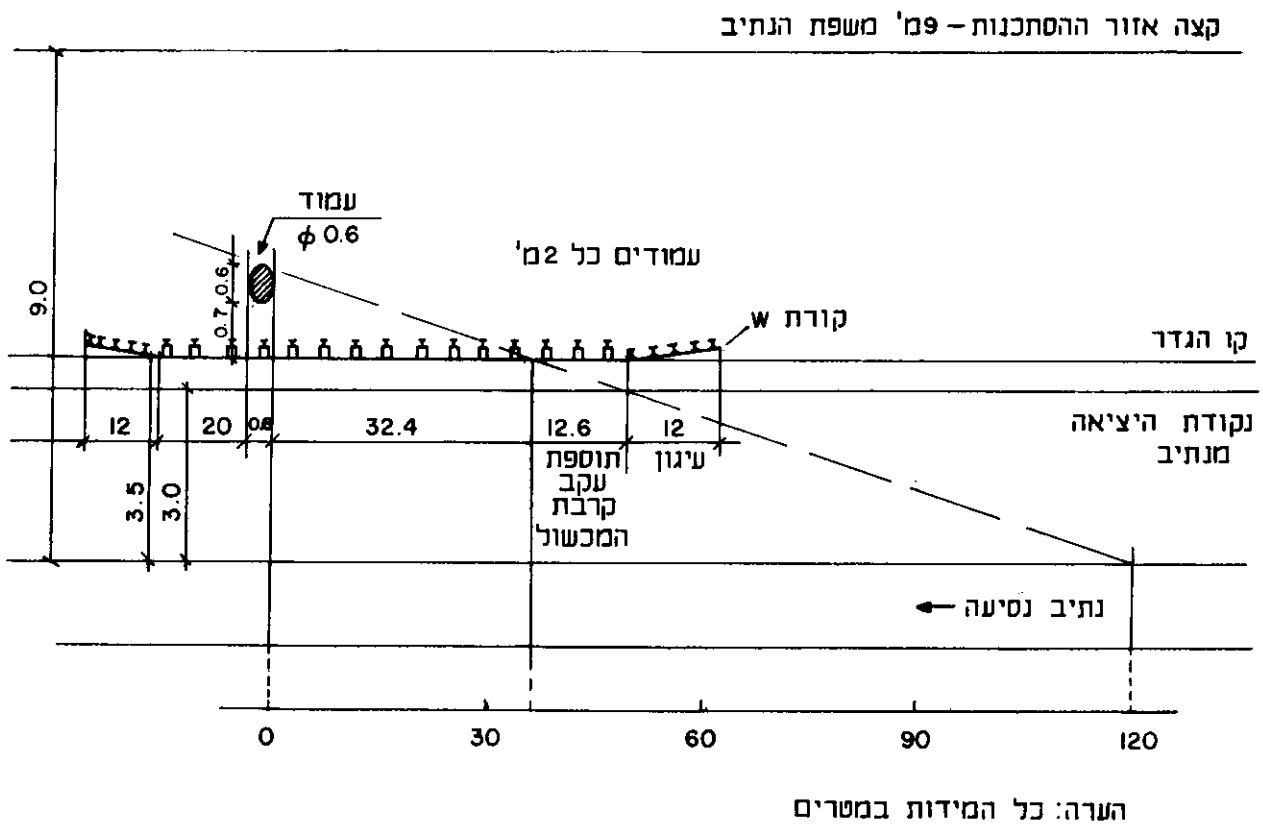
9.7.3 דוגמאות לחשוב אורך גדר לפני נקודת הנחיצות

בציור מס' 9.13 מובאת דוגמא להצבת גדר לפני עמוד שקוטרן 60 ס"מ.

$$L = (1 - \frac{3.5}{3.5+0.7+0.6}) \cdot 120 = 32.4 \text{ מטר}$$

עקב קרבת המכשול לגדר (המרחק הרצוי הוא 1.8 מטר) יש במקרה זה להאריך את הגדר לפני המכשול ב-12.6 מטרים נוספים, וכן לצופף את העמודים לפרוחים של 2 מ'. אורך העיגון הוא 12 מ'. האורך הכללי של הגדר:

$$L = 12 + 20 + 32.4 + 12.6 + 12 = 89.0 \text{ מטר} \sim 90 \text{ מטר כללי}$$



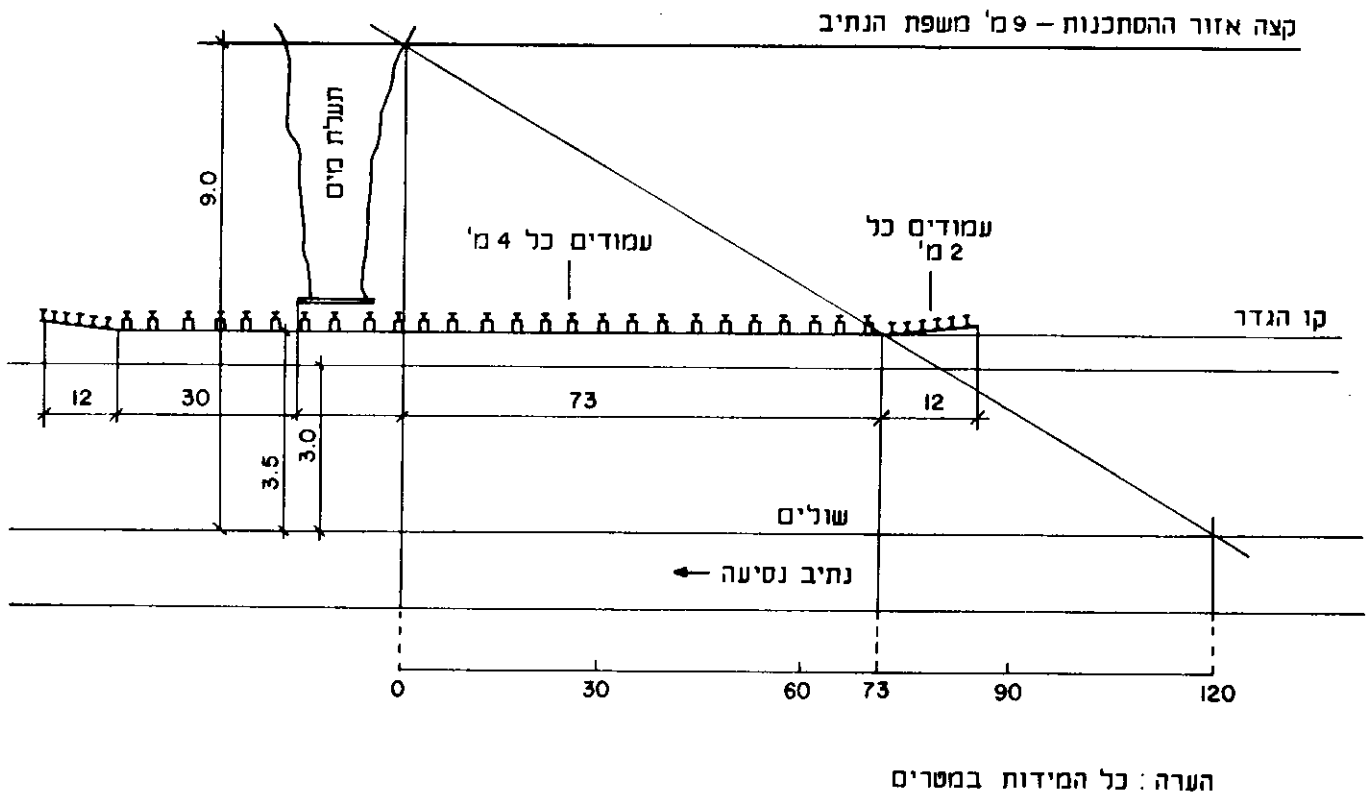
ציור 9.13: דוגמה לקביעת אורך הגדר לפני עמוד בקוטר 60 ס"מ

Fig. 9.13: Example for Guardrail Positioning with Respect to a Roadside Obstacle.

בציור מס' 9.14 מובאת דוגמא לקביעת אורך גדר לפני מעבר מים פתוח. לפני הצבת הגדר יש לשקול אם נתן לכסות את התעלה הפתוחה בסביבת הדרך וכך להמנע מהצבת גדר.

$$L = \left(1 - \frac{3.5}{9}\right) \cdot 120 = 73 \text{ מטר}$$

רוחב התעלה + רוחב התעלה = 127 מטר + רוחב התעלה = $L = 2 \times 12 + 30 + 73$ כללי



ציור 9.14: דוגמא לקביעת אורך הגדר ליד מעביר מים
 Fig. 9.14: Example for Guardrail Positioning with Respect to a Ditch or Culvert

9.7.4 מרחק הגדר מהמיסעה, מהשולים, ממכשול

הערה: כל המידות בפרק זה מתיחסות לגדר מפרופיל w המקובלת בישראל לפי מ.מ. 1. כל מידות הרוחב מתיחסות לפני הקורה הקידמיים.

א. בצד הדרך

המרחק המינימלי האבסולוטי בין הגדר למיסעה הוא 2.0 מטר;

המרחק המינימלי המומלץ בין הגדר למיסעה הוא 3.0 מטר;

מומלץ להגדיל מרחק זה עד 3.5 מ' ויותר (ראה ציור מסי 9.12).

רצוי להציב גדר אורכית במרחק מכסימלי מהמיסעה, אך תוך התחשבות בדפורמצית הגדר, מבנה השולים, והעובדה שרצוי שכל העצמים שבצד הדרך, כולל הגדר, ימצאו במרחק אחיד מהמיסעה למניעת לכידת הרכב.

המרחק הרצוי בין הגדר לבין מכשול הוא 1.8 מטר, המרחק המינימלי המותר הוא 0.7 מטר. במקרה של מרחק מינימלי זה יש לשנות את המיפתח בין העמודים מ-4 מטר ל-2 מטר.

המרחק המינימלי מקצה השולים עד לחלק הקידמי של קורת הגדר הוא 30 ס"מ ורצוי שיהיה 70 ס"מ.

ליד סוללה, רוחב השטח המיושר הרצוי מאחורי הגדר הוא 1.8 מטר והמינימלי 0.7 מטר (ראה ציור מסי 9.5).

כאשר מכשול מרוחק יותר מ-1.5 מטר מהשולים יש להציב לפניו גדר בודדת. כאשר המכשול קרוב יותר מ-1.5 מטר משפת השולים יש להציב גדר עם עמודים צפופים מהרגיל.

אם לא ניתן לשמור על רוחב של 70 ס"מ בין המכשול והגדר יש להצמיד את הגדר ישירות למכשול ולהקשיח את הגדר ע"י קרוב העמודים למכשול. אם מכשול קשיח, מתמשך, קרוב לשולים כך שלא ניתן לשמר על מרחקי המינימום הדרושים יש להצמיד אליו את קורת הגדר ע"י חיזוקים במרוחים של 1.33 מטר.

אם סמוך לדרך נמצאת דרך נוספת, או שמורת טבע או כל אתר אחר המאכלס לעיתים קרובות קהל רב, ולא קיים במקום אמצעי הגנה אחר, יש להציב גדר כדלקמן: כאשר המרחק בין הדרכים פחות מ-2.5 מטר יש להציב גדר עם מרחיקים, אם המרחק גדול מ-2.5 מטר יש להציב גדר רגילה. לשטח בין שתי דרכים סמוכות ניתן להתיחס כמו לשטח הפרדה רגיל.

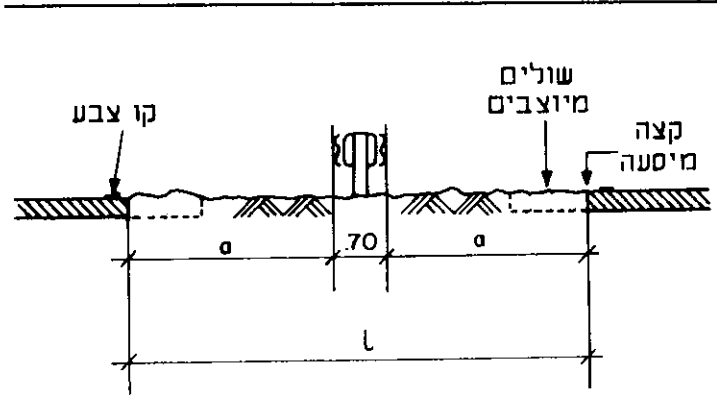
ב. בשטח הפרדה ללא מכשולים

בשטח הפרדה שאין בו מטרדים יש להציב את הגדר באמצע השטח. בשטח הפרדה קיים, המרחק המינימלי המותר בין הגדר לשפת המיסעה הוא 1.25 מטר, ורצוי 1.75 מטר ויותר. מרחק זה - a בטבלה מס' 9.5 להלן - כולל בתוכו את התחום המיוצב של שטח ההפרדה, המשמש מפלט לרכב.

בעת תכנון שטח הפרדה יש להתיחס להשפעת הגדר על זרימת כלי הרכב בנתיב שליטה, ורצוי שרוחב השטח יהיה כזה שהגדר לא תעכב את התנועה. ידוע מתוך הספרות שכלי הרכב מופרעים על ידי כל גוף הקרוב אליהם יותר מ-1.75 מטר. בהנחה שהגדר המוצבת היא מספוס W, רוחב הגדר הכפולה הוא 0.7 מטר, ורוחבי שטחי ההפרדה המתקבלים בתנאים השונים נתונים בטבלה מס' 9.5. אם מוצבת גדר מסיפוס אחר יש לשנות ערכים אלה לפי מדותיה.

טבלה 9.5: הקשר בין רוחב שטח הפרדה ללא מכשולים, שמוצבת בו גדר, לבין זרימת התנועה

Table 9.5: The Relation Between Median Width and Traffic Flow on Medians with Guardrail and Without Obstacles.

	רוחב שטח	מרחק בין גדר למיסעה	תאור
	מטר	מטר	
	$l=2 \cdot a + 0.7$	a	זרימה חפשית עם שולי מפלט
6.70	3.00		ללא הפרעה לתנועה
4.20	1.75		הפרעה לתנועה
3.20	1.25		

מהטבלה מתקבל שאם מוצבת גדר בשטח הפרדה שאין בו מכשולים ושרוחבו בין 4.20 מטר ל-6.70 מטר לא תגרם הפרעה לתנועה, אך אין במקום אזור מפלט רחב דיו עבור רכב הנע בנתיב הפנימי. בשטח הפרדה הצר מ-4.2 מטר גורמת הגדר להפרעה לתנועה. לכן מבחינת שקולי הצבת גדר יש להדגיש שאין לתכנן דרך מהירה או ראשית (ראה ציפח 1) עם שטחי הפרדה שרוחבם לפי המינימום שבטבלה, אלא יש לתכנן בהן שטחי הפרדה שרוחבם 6.7 מטר ומעלה. רק במקום שישנן מגבלות פיסייות שמבחינה כלכלית אין הצדק להסירן, נתן לאמץ את ערכי המינימום. יש להמנע מהתקנת שטחי הפרדה צרים, ובכל מקרה שהמנעות זו נראית בלתי אפשרית, יש להוכיח זאת על סמך נתוח אנליטי מפורט.

ג. בשטח הפרדה עם מכשולים

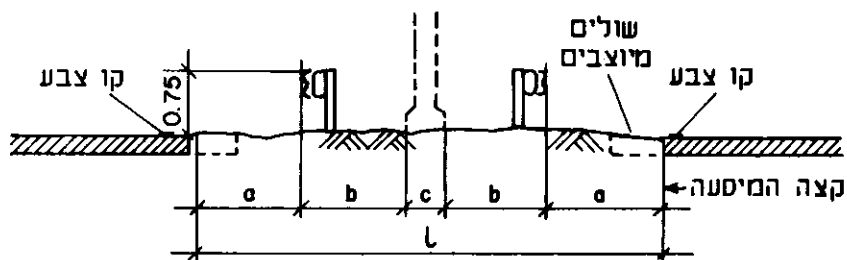
בשטח הפרדה עם מטרדים מוצבות בדרך כלל שתי גדרות בודדות, ואזי יש להקפיד על מרחקי המינימום בין הגדר למיסעה מצד אחד ובין הגדר למכשול מצד שני.

כאשר מוצבות שתי גדרות בודדות בשטח הפרדה שיש בו עמודים מתקבלים רוחבים שונים של השטח לפי ההמלצות השונות שבסעיף זה ובקודם, ראה טבלה מס' 9.6 להלן:

טבלה 9.6: הקשר בין רוחב שטח הפרדה עם מכשולים, שמוצבת בו גדר, לבין זרימת התנועה

Table 9.6: The Relation Between Median Width and Traffic Flow on Medians with Guardrail and with Obstacles

רוחב השטח פחות המכשול $l-c = 2(a+b)$ - מטר	מרחק בין גדר למכשול - b - מטר	מרחק בין גדר למיסעה a - מטר	
9.6	1.8	3.00	זרימה חפשית עם שולי מפלט
7.4	0.7		ללא הפרעה לתנועה
7.1	1.8	1.75	ללא הפרעה לתנועה
4.9	0.7		הפרעה לתנועה
6.1	1.8	1.25	הפרעה לתנועה
3.9	0.7		הפרעה לתנועה



חשוב להציב את הגדר כך שהמידה a תגדל תוך שמירה על המידה מומלצת של b. המידה a כוללת בתולה את התחום המיוצב של שטח הפרדה, המשמש מפלט לרכב.

מהטבלה מתקבל שאם מוצבת גדר בשטח הפרדה שיש בו מכשולים ושרוחבו הפנוי בין 4.90 מטר ל-7.40 מטר לא תגרם הפרעה לתנועה אך אין במקום אזור מפלט רחב דיו עבור רכב הנע בנתיב הפנימי. בשטח הפרדה ששטחו הפנוי צר מ-4.9 מטר גורמת הגדר להפרעה לתנועה. לכן מבחינת שקולי הצבת גדר בטיחות יש להדגיש שאין לתכנן דרך מהירה או ראשית (ראה נספח 1) עם מכשולים בשטח הפרדה, כגון עמודי תאורה, לפי ערכי המינימום שבטבלה. יש לתכנן דרך כזו עם שטח הפרדה שרוחבו בין 8.0 מטר ל-10 מטר. רק במקום שישנן מגבלות פיסיות, שמבחינה כלכלית אין הצדק להסירן, נתן לאמץ את ערכי המינימום. יש להמנע מהתקנת שטחי הפרדה צרים, ובכל מקרה שהמנעות זו נראית בלתי אפשרית, יש להוכיח זאת על סמך נתוח אנליטי מפורט.

9.7.5 גובה קורת הגדר

הגובה המומלץ של הקצה העליון של קורת הגדר מפני הקרקע הוא 75 ס"מ לגבי קורת W מורחקת. גדר זו היא הגדר הנמשכת המקובלת ביותר הן בארץ והן בעולם, וגובה הקורה המומלץ הנ"ל התקבל לאחר צפויים שנערכו במספר ארצות. גובה זה גדול ב-5 ס"מ מהגובה המקובל כיום בארץ. על התפתחות זו נתן לעמוד גם בעיון בפרטי הגדרות המובאים בפרקים המתאימים בחלק אי של עבודה זו.

9.7.6 קצה הגדר ועיגובה

א. כללי

הקצה מהורה את החוליה החלשה של גדר בטיחות. הסית הגדר והנמכתה בטלו את תופעת החדירה דרך הרכב, אך רכב המתנגש בקטע סופי נוטה לעבור מעליו. להלן מספר הבחיות למתכנן:

- (1) לסיים את הגדר בעצם הקים בצד הדרך. ניתן, למשל, לקבור את קצה הגדר בתוך המדרון של החפירה שבה עוברת הדרך.

(2) להטות את הגדר בכיוון:אופקי, גם בקטע שבו היא עדין דרושה, בשפוע 1:10, כך שתהיה מורחקת מכלי רכב המתקרבים אליה. יתכן שלשם כך יש צורך להתחייב את שולי הדרך.

עיגון הקצה הקדמי של גדר בטיחות דרוש תמיד היות והוא מגדיל את יציבות הגדר (אחרת אין הקורה יכולה לשאת כוחות אורכיים). העיגון נוצר על ידי קטע עיגון מיוחד המעוצב על ידי אלמנטים של הגדר, או על ידי עיגון הגדר למכשול עצמו. במקרה שהגדר מגינה על מבנה קשיח מתמשך יש להצמיד את הגדר למבנה בצורה כזו שהחוזק המתאים של הגדר נשמר.

ב. פרטי עיגון הגדר

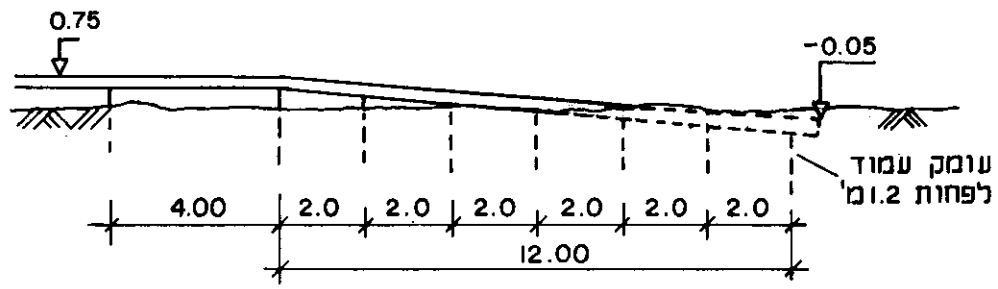
עיגון קצוות הגדר בצד הדרך נעשה ע"י מספר פעולות (ראה ציור מסי 9.15):

(1) הנמכת קורת הגדר מגובה של 75 ס"מ מעל פני הקרקע עד ל-5 ס"מ מתחת פני הקרקע, בתחום של 12 מ' אחרונים של הגדר.

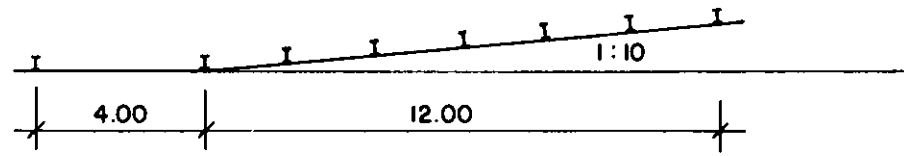
(2) היות והקורה מונמכת ללא פתול סביב צירה נתן לחברה לעמודים עד לקצה. כדי להקשיח את המבנה כולו זיתנים עמודים במפתחים של 2 מ' בשלשת השדות האחרונים (12 מ' בסה"כ).

(3) הקורה מורחקת מהמיסעה בתחום של 12 מטרים אחרונים בשפוע של 1:10 לפחות.

בשטח הפרדה יש לפעול לפי סעיפים א, ב, הצ"ל. במקרה של גדר כפולה עם מרחיקים יש לותר על המרחיקים ב-12 המטרים האחרונים ולקרב את הקורות זו לזו בהדרגה עד לפגישתן. במקרה של שתי גדרות בודדות יש לקרב את הקורות אל המרכז, רצוי בשפוע של 1:10.



חתך



תכנית

הערה: כל המידות במטרים

צירור 9.15: עיגון גדר בצד הדרך
Fig. 9.15: Guardrail Anchorage at Roadside

9.8 פרטי הצבה של גדר בשטח הפרדה

9.8.1 כללי

פרטי גדר בשטח הפרדה נקבעים לפי תנאי השטח:

א. רוחב

ב. המצאות מכשולים

ג. חתך רוחבי אופקי או משופע

ד. המצאות נטיעות

כאשר לא באמר אחרת מתיחסות ההנחיות לשטח הפרדה אופקי; כאשר קים שפוע, ולו גם מתון, יש להתיחס להנחיות לגבי שטח הפרדה משופע שבסעיף 9.8.4.

מעברים תכופים מגדר כפולה מורחקת, המוצבת במרכז שטח ההפרדה, לשתי גדרות בודדות משני צדי השטח אינם רצויים מבחינה אופטית.

9.8.2 השפעת רוחב שטח ההפרדה על פרטי הצבת הגדר

כאשר קים הצדק להציב גדר בטיחות בשטח הפרדה הרחב יותר מ-3 מטר, והגדר המתאימה היא מפרופיל W, יש להציב גדר כפולה בעלת שורת עמודים אחת עם שתי קורות W המוצמדות לשני צדי העמוד על ידי מרחיקים. במקום הגדר הכפולה ניתן להציב שתי גדרות בודדות, כל אחד ליד בתיב הנסיעה שלידה, המורכבת מעמודים וקורת W מרוחקת.

בשטחי הפרדה שרוחבם בין 1.7 מטר ל-3.0 מטר יש להקטין את המפתח בין העמודים ל-2.0 מטר ולהציב גדר כפולה עם קורות מורחקות.

בשטחי הפרדה שרוחבם בין 1.3 מטר ל-1.7 מטר, יש להציב גדר כפולה ללא מרחיקים עם מפתח של 2.0 מטר בין העמודים.

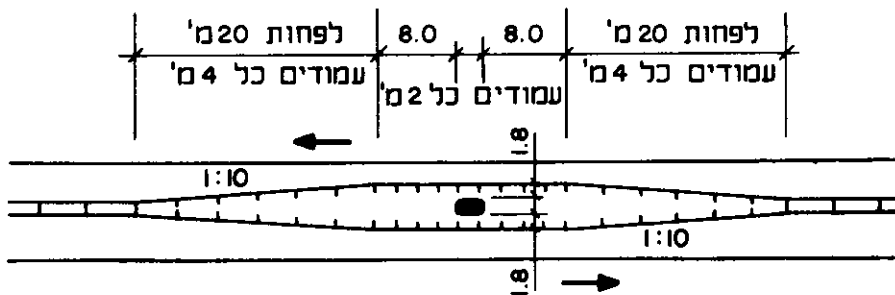
במקרים יוצאים מן הכלל, כאשר רוחב שטח ההפרדה בין 0.6 מטר ל-1.3 מטר ניתן להציב גדר כפולה ללא מרחיקים, עם מפתח של 1.33 מטר בין העמודים. סוג הגדר המתאים לשטח הפרדה ברוחב של 0.6 מטר הוא הטפוס שפותח ב-New-Jersey.

כל המידות הנ"ל נקבעו על סמך מידות פרופיל הגדר הנהוג בישראל: הרוחב הכללי של גדר כפולה עם מרחיקים הוא 70 ס"מ, רוחב כל מרחיק הוא 20 ס"מ.

9.8.3 שטח הפרדה עם מכשולים

כאשר קיימים מכשולים בשטח ההפרדה יש להפוך את הגדר המורחקת הכפולה לשתי גדרות בודדות מורחקות העוברות משני צדי המכשול לפי ציור מס' 9.16.

שיפועו של קטע המעבר 1:10 ואורכו לפחות 20 מטר. אם לא ניתן לעמוד במדות אלה עקב רוחב שטח ההפרדה או גודל המכשול, ניתן להקטין את אורך קטע המעבר תוך שמירה על שפוע של 1:10, וציפוף העמודים למפתחים של 1.33 מטר. אם לא ניתן לשמור על רוחב של 1.8 מטר בין הגדר למכשול (לפי סעיף (ג) 9.7.4) יש להקטין את המרווח בין העמודים ל-1.33 מטר בתחום של 8 מטר לפני המכשול ו-8 מטר אחריו.



ציור 9.16: מעבר מגדר כפולה לשתי גדרות בודדות עקב מכשול בשטח ההפרדה

Fig. 9.16: Transition from One Double Rail to Two Single Rails Near Obstacles on Median

אם קיימת בשטח ההפרדה שורת עמודים בקוטר הקטן מ-50 ס"מ ורוחב השטח בין 1.7 מטר ל-2.7 מטר ניתן להציב גדר כפולה מורחקת כך ששורת העמודים תמצא בין שתי קורות הגדר. המרחק בין עמודי הגדר בסביבת המכשולים הוא 1.33 מטר.

כאשר עצמים קשיחים רצופים (קירות תומכים, מעקות, מעבירי מים וכו') נמצאים במרחק של 0.8 מטר עד 1.3 מטר משפת השולים יש לחבר את קורת הגדר המורחקת ישירות לעצמים כל 1.33 מטר (ההנחה שרוחב הגדר ועוד מתקן החבור הוא 0.3 מטר).
במרחק קטן מ-0.8 מטר יש לחבר את קורת הגדר ישירות לעצמים, ללא מרחיקים.

9.8.4 שטח הפרדה משופע

דרגת השיפוע של שטח ההפרדה בקבעת ע"י הפרש הגבהים בין שפות השולים המיוצבים שמשני צדיו.

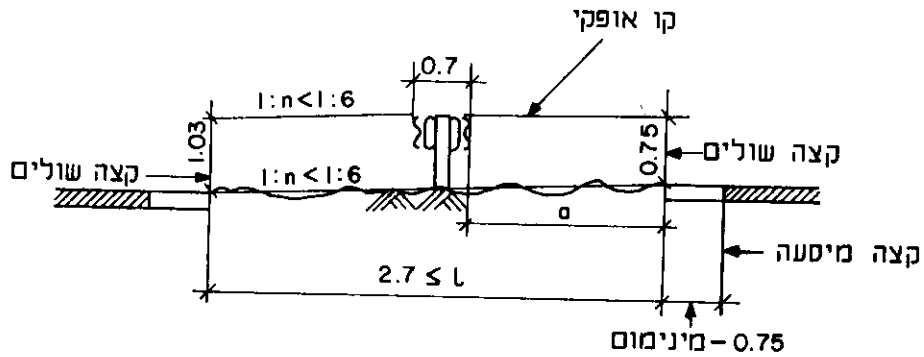
יש להציב גדר בטיחות כפולה מורחקת באמצע שטח הפרדה ששפועו מתון יותר מ-1:6, כאשר גובה קורת הגדר בקבע ל-0.75 מטר מעל לשולים הגבוהים. הגובה המכסימלי המותר בצד השולים הנמוכים בין קצה הגדר לבין הקו המחבר את שפות השולים הוא 1.03 מטר, ראה ציור מס' 9.17. המרחק בין קורת הגדר לבין שפת השולים הגבוהים (a) הוא 1.0 מטר לפחות, או $a = \frac{l-0.7}{2}$, המידה הקטנה יותר היא הקובעת. נתן לחשב את a לפי הסכימה שבציור מס' 9.18.

לעיתים אי אפשר להציב את הגדר באמצע השטח תוך שמירה על מידות הגובה הדרושות ויש לקרבה לשולים הגבוהים. המרחק בין קצה השולים וקורת הגדר (בהנחה שרוחב הגדר הכפולה הוא 0.7 מטר) מחושב לפי הסכימה שבציור מס' 9.18:

$$\frac{1}{n} = \frac{1.03 - 0.75}{a + 0.70}$$

$$a = 0.28n - 0.70$$

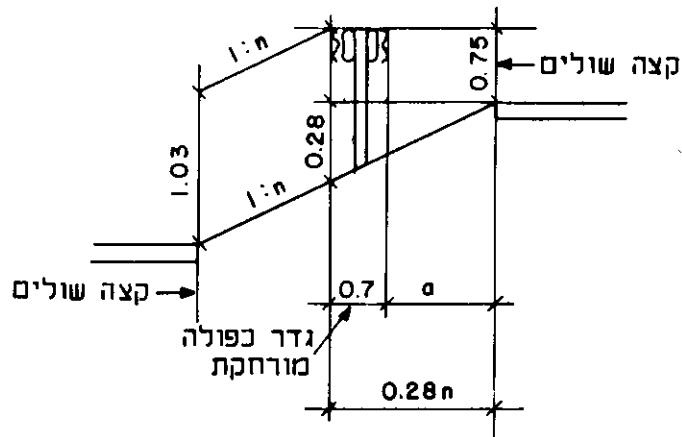
המידה המומלצת עבור a היא 1.0 מטר ויותר.



הערה: כל המידות במטרים

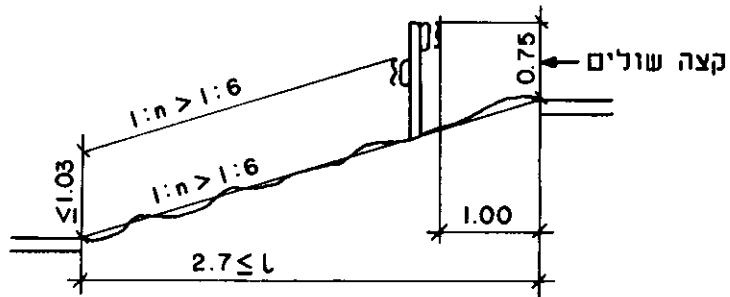
ציור 9.17: הצבת גדר בשטח הפרדה ששפועו מתון מ-1:6

Fig. 9.17: Guardrail Positioning on a Median with Slope of Less than 1:6



ציור 9.18: גאומטריית ההצבה של גדר בשטח הפרדה משופע

Fig. 9.18: The Geometry of Guardrail Position on a Sloped Median



הערה: כל המידות במטרים

ציור 9.20: מיקום גדר בעלת שתי קורות בגבהים שונים בשטח הפרדה נמוך יותר מ-1:6

Fig. 9.20: Double-rail Barrier Positioning on a Median with Slope of More than 1:6

בשטח הפרדה שנסייתו עולה על 1:6 ורוחבו קטן מ-2.7 מטר יש להציב גדר כפולה ללא מרחיקים תוך שמירת הגובה של 0.75 מטר בצד הגבוה, ולא יותר מ-1.03 מטר בצד הנמוך. אם לא ניתן לשמור על גבהים אלו ע"י שתי קורות בגובה אחד יש להתקין את הקורות על עמוד משותף אך בגבהים שונים. (0.75 מטר במידה מקו אופקי לשני הצדדים, ולא מקביל לשפוע).

בשטחי הפרדה רחבים שאין בהם הצדק להצבת גדר, ששפועם תלול מ-1:6, יש להציב גדר בודדת מורחקת ליד המיסעה הגבוהה.

9.8.5 שטח הפרדה נטוע

בשטח הפרדה נטוע יש להציב גדר בטיחות באמצע השטח, וניתן לנטוע שורות של שיחים, במטרה למנוע סנוור, בין הקורות וגם מחוץ לקורות. ניתן גם להציב גדרות בודדות משני צדי שטח הפרדה הרחב דיו כדי לשמור על נטיעות הקימות במרכז. המרחקים הם 1.5 מטר בין הנטיעות לגדר, ו-1.0 מטר בין הגדר לשפת השולים המיוצבים.

מראי - מקורם

1. משרד העבודה, מחלקת עבודות ציבוריות: "הנחיות לתכנון דרכים",
המשרד הראשי, חל-אביב 1971.
2. Highway Research Board: "Highway guardrail, determination of need and
geometric requirements".
Highway Research Board, Special report no. 81, Washington D.C. 1964.
(National Research Council).
3. Michie, J.D., Calcote, L.R., and Bronstad, M.E.: "Guardrail
performance and design". N.C.H.R.P. Report 118, Texas 1971.
4. Cooper, N.L.: "Design criteria for highway guardrail", prepared for
the State of Israel by a United Nations, technical assistance
expert, 1967.
5. Tutt, P.R., Nixon, J.F.: "Roadside design guidelines", Report
No. SS 12.2, Texas Highway Department, 1969.

APPENDIX 1

Interurban Highway Classification

דוגמא	מאפיינים הסטטיים הנורמטיביים	יעוד	שם	דרגה
חזרה - מחלף זכרון מופרדים בני 2 נתיבים	דרך בעלת שני סלולים מופרדים בני 2 נתיבים כל אחד לפחות, זרימה בלתי מופרעת, ללא צמתים במפלים וללא מפגשי רכב. בקרת גישות מלאה (אין גישה לתצרים סמוכים לדרך).	הזדמט נפתחים גדרילים של תנועה עוברת בין מוקדי הפעילות החשובים במדינה, במהירות מירבית.	דרכים מהירות Motorways	א.
כביש מס' 11 בקטע ת"א - חזרה	1. דרך בעלת שני מסלולים מופרדים 2. דרך בעלת שני נתיבים שני - ללא חזרה - עפולה	מקשרות את אזורי המדינה והשונים. מהירות את הרשת העורקית לתנועה עוברת בין חלקי המדינה. נתיבים שני - ללא חזרה - עפולה הפרדה בין המסלולים. בקרת גישות חלקית.	דרכים ראשיות Main Highways	ב.
כביש מס' 326 זכרון יעקב-פרוס חנה	דרך בעלת שני נתיבים, בדרך כלל. בקרת גישות מוגבלת.	מאספות תנועה מישוריים באזור אחד או יותר, ואינן דרכים ראשיות. מיועדות לתנועה עוברת וגם לתנועה מקומית.	דרכים אזוריות Regional Highways	ג.
כביש מס' 1173 לתל-יצחק - בית יהושע	דרך בעלת מיסעה ברוחב של נתיב אחד לפחות.	מקשרות ישוים קטנים אל הרשת האזורית או הראשית. מיועדות לתנועה מקומית בלבד.	דרכים מקומיות Local Roads	ד.
כביש הגישה לקבוץ שפיים.	דרך בעלת מיסעה ברוחב מניבים. לעתים ללא צפוי עלייה.	גישה אל ישוב, מפעל או אתר בודד.	דרכי גישה Access Roads	ה.

MINISTRY OF TRANSPORT
STATE OF ISRAEL

TECHNION RESEARCH & DEVELOPMENT
FOUNDATION LTD.

R O A D S A F E T Y C E N T R E

PROPOSED GUIDELINES FOR THE INSTALLATION OF
CRASH-BARRIER SYSTEMS

Part II: Proposed Warrants and Guidelines

by

S. Hakkert, L. Guttman, M. Livneh

Project No. 69/113

Publication No. 74/1b

May 1974

FOREWORD

Crash barriers are one of the more important systems that have been developed and modified during the last decade in order to decrease the severity of "run off the road" type of accidents.

In the beginning, guardrails were usually installed without assesment of alternative solutions. Today it has been concluded that the use of guardrails should be minimized and their installation should be seriously weighed against alternative solutions (e.g. flattening steep slopes, removing obstacles from the roadway vicinity, etc.).

This Road Safety Centre report proposes guidelines and warrants for guardrails from the viewpoint of minimum usage. It is intended to update and broaden considerably the scope of the existing Israeli guidelines on this subject.

To point out the importance of the subject and to be able to deal with its different aspects the report is represented in two parts: Part I is general and includes a literature survey of the different types of crash barriers and their description, the mathematical theory of barrier strength and a comparison of the warrants used in various countries. Part II, which is published separately, includes detailed guideline proposals. Special consideration has been given to the difference between installing guardrails at existing roads and the planning of new roads with guardrails. Detailed guidelines are given for some related subjects, like guardrail anchorage, guardrail positioning on medians with obstacles and guardrail positioning at roadside obstacles.

II

During the preparation of the report it became obvious that it would be beneficial to publish the detailed proposal for guidelines, as a separate volume. The numbering of the Chapters was maintained as planned, and Chapter 9 is therefore issued as part II.

The aim of the report, and especially of the proposed guidelines, is to serve as the basis for further discussions and the preparation of final detailed guidelines for the planning of guardrails at rural roads.

III

CONTENTS

	<u>Page</u>
Foreword	I
Contents	III
List of tables	V
List of figures	VI
9. Proposed Guidelines for the Installation of Crash-barrier Systems	7
9.1 General	7
9.2 Proposed guidelines for guardrail positioning in respect to embankment conditions	10
9.2.1 General	10
9.2.2 Detailed warrants for guardrail positioning at embankments in respect to embankment conditions	12
a. General	12
b. Explanations and comments on the guidelines in Fig. No. 9.2	14
c. Guidelines for guardrail positioning at locations with a vertical element at toe of slope	15
d. Example of use of nomogramme in Fig. No. 9.2	16
9.2.3 Detailed warrants for guardrail placement at embankments in respect to embankment geometry	17
a. Evaluation of warrants for guardrail placement at existing roads according to Fig. No. 9.5	17
b. Evaluation of warrants for guardrail placement at a planned road according to Fig. No. 9.7	19
9.2.4 Summary	24
9.3 Proposed warrants for guardrail placement on medians	25
9.3.1 General	25
9.3.2 Detailed warrants for guardrail placement on medians	25
9.4 Proposed warrants for guardrail placement at roadside obstacles	28
9.4.1 General	28
9.4.2 Detailed warrants of guardrail placement at nontraversable hazards	28
9.4.3 Detailed warrants for guardrail placement at fixed objects	29

	<u>Page</u>
9.5 Proposed guidelines for barrier requirements at bridge parapets and bridge rail-ends	31
9.6 Examples of warrant determination for longitudinal guardrails	32
9.7 Layout details for a longitudinal guardrail	35
9.7.1 General	35
9.7.2 Determination of guardrail length	35
9.7.3 Examples of determining the length of a guardrail before area of concern	37
9.7.4 Distance of guardrail from pavement, shoulder, obstacle	40
a. At roadside	40
b. On median without obstacles	41
c. On median with obstacles	42
9.7.5 Height of rail	43
9.7.6 End details and anchorage of guardrail	43
9.8 Details of guardrail positioning on median	46
9.8.1 General	46
9.8.2 The influence of median width on guardrail details	46
9.8.3 Median with obstacles	47
9.8.4 Sloped median	48
9.8.5 Planted median	52
References	53
Appendix 1: Interurban highway classification	54

LIST OF TABLES

<u>Table No.</u>	<u>Page</u>
9.1 Traffic Barrier Warranting Considerations	9
9.2 Guardrail Requirements in Conjunction with Vertical or Near-Vertical Drop-off Near Roadway	16
9.3 Guardrail Requirements at Roadside Obstacles and Hazards	30
9.4 Barrier Requirements at Bridge Parapets and Bridge Rail Ends	31
9.5 The Relation between Median Width and Traffic Flow on Medians with Guardrail and without Obstacles	41
9.6 The Relation between Median Width and Traffic Flow on Medians with Guardrail and with Obstacles	42

LIST OF FIGURES

<u>Fig. No.</u>		<u>Page</u>
9.1	Comparison of Embankment Conditions Warranting Guardrails in Various Countries	11
9.2	Nomogramme of Guardrail Requirements at Embankments	13
9.3	Right and Left Cornering	14
9.4	Details of Embankment with Wall or Water at Toe of Slope	15
9.5	Guardrail Requirements with Respect to Embankment Geometry on Main Roads	18
9.6	Typical Placement of Guardrail at Embankments	19
9.7	Analysis of Guardrail Requirements at Embankments of Planned Motorways and Main Highways	21
9.8	Guardrail Requirements with Respect to Embankment Geometry on Regional Highways	22
9.9	Guardrail Requirements with Respect to Embankment Geometry on Local Roads and Access Roads	23
9.10	Guardrail Requirements on Medians According to Median Width and Traffic Volume	26
9.11	Example of Main Highway for Determining Guardrail Requirements	34
9.12	Chart for Determination of the Guardrail Beginning Point	36
9.13	Example for Guardrail Positioning with Respect to a Roadside Obstacle	38
9.14	Example for Guardrail Positioning with Respect to a Ditch or Culvert	39
9.15	Guardrail Anchorage at Roadside	45
9.16	Transition from One Double Rail to Two Single Rails Near an Obstacle on Median	47
9.17	Guardrail Positioning on a Median with Slope of Less than 1:6	49
9.18	The Geometry of Guardrail Positioning on a Sloped Median	49
9.19	Guardrail Positioning on a Median with 1:6 Slope	50
9.20	Double Rail Barrier Positioning on a Median with Slope of more than 1:6	51