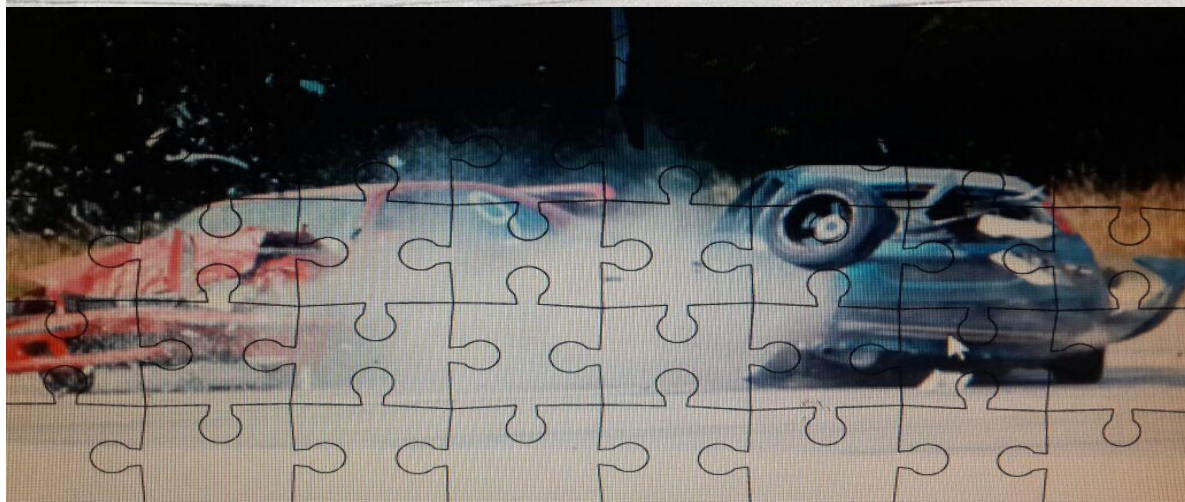




חקירה ושיחזור תאונות דרכים



מדור תאונות דרכים אגף התנועה

מקרא: חקירה ושיחזור תאונות דרכים.

7.....	ריכוז ספרות מקצועית - הנחיית מדור ת"ד 4/2016.....	1.
8.....	מבוא.....	1.1
9.....	אופי עבודת הבוחן.....	1.2
10.....	הגדרות.....	1.3
14.....	משוואות לשימוש.....	2
16.....	טריגונומטריה.....	2.1
18.....	מציאת זווית שיפוע בכביש.....	2.2
19.....	משפט פיתגורס.....	2.3
20.....	מציאת רדיוס.....	2.4
21.....	מציאת מרכז כובד.....	2.5
24.....	פיסיקה ומכניקה.....	3
24.....	מבוא כוחות וגדלים.....	3.1
24.....	וקטור.....	3.2
25.....	חוקי ניוטון.....	3.3
25.....	חיכוך.....	3.4
26.....	מומנט.....	3.5
27.....	מרכז כובד.....	3.6
28.....	תנועה בקו ישר.....	3.7
28.....	תאוצה.....	3.8
30.....	נפילה חופשית.....	3.9
32.....	כוח צנטריפוגלי.....	3.10
32.....	עבודה ואנרגיה.....	3.11
34.....	צמיגים.....	4
36.....	מבנה וסימון הצמיג.....	4.1
38.....	מידע מהכביש – סימני צמיג.....	4.2
41.....	זיהוי סימני חיכוך צמיג.....	4.3
42.....	סימן טביעת צמיג.....	4.3.1
42.....	סימן החלקת בלימה.....	4.3.2
44.....	סימן דחיפה.....	4.3.3
45.....	סימן טביעת צמיג על בגד או גוף.....	4.3.4
47.....	סימן האצה.....	4.3.5
48.....	סימן צמיג לחץ ניפוח חסר/יתר.....	4.3.6
49.....	שפשוף התנגשות.....	4.3.7
51.....	דילוגי החלקה ניתור ומהמורות.....	4.3.8
52.....	מסקנות מסימני צמיגים.....	4.3.9
54.....	השוואה של אירועי כשל צמיג במהירויות גבוהות.....	4.4

64.....	אימפקט.....	5.
65.....	צלקות מהכביש-.....	5.1
65.....	שריטות וחריצים.....	5.2
67.....	הריסות שפוכות.....	5.3
68.....	נוזלי רכב.....	5.4
69.....	חלקי רכב אחרים.....	5.5
71.....	משמעויות של סימנים.....	5.6
73.....	עדי ראייה.....	6
76.....	הערכת רכב ע"י עד בתאונה.....	6.1
86.....	שדה ראייה.....	7
87.....	אופן עריכת ניסוי שדה ראייה.....	7.1
88.....	דגשים באופן עריכת ניסוי שדה ראייה.....	7.1.1
89.....	עריכת ניסוי שדה ראייה בחקירת ת.ד.....	7.2
95.....	השוואה בתפיסת אוביקטים.....	7.3
116.....	טענת הגנה קיצור שדה הראייה אשמוז.....	7.4
117.....	7.4.1 התייחסות לשדה ראייה-מרחק תגובה בימ"ש עליון ברע"פ 1355/12, שטיינברגר.....	7.4.1
119.....	7.5 עריכת ניסוי שדה ראייה מרכב כבד.....	7.5
122.....	7.5.1 כללים בעריכת ניסוי שדה ראייה + שחזור.....	7.5.1
126.....	7.5.2 עריכת שחזור הימצאות רכב מחוץ לתחום שדה ראייה.....	7.5.2
127.....	8. שחזור פגיעה בהולך רגל.....	8
127.....	8.1 תקציר מתוך שחזור ת"ד מסוג פגיעה בה"ר.....	8.1
130.....	8.1.1 שדה ראייה לקחי פסיקה הנחיית מדור.....	8.1.1
134.....	8.1.2 תרגיל שחזור פגיעה בה"ר במהלך בלימה.....	8.1.2
137.....	8.1.3 הסבר שימוש במשוואה ריבועית לצורך קביעת מהירות נמנעת.....	8.1.3
149.....	8.1.4 תרגיל דוגמא שחזור פגיעה בה"ר + מרווח ביטחון.....	8.1.4
143.....	8.2 תקציר מאמר מס' 12 שיטות ניתוח מקיפות עבור התנגשות רכב להולך רגל.....	8.2
155.....	8.3 תקציר מאמר 19 בדיקה מחדש ותיקוף של שיטת ניתוח התנגשויות רכב /הולכי רגל.....	8.3
160.....	8.4 תקציר פתרונות תיאורטיים מול פתרונות אמפיריים התנגשויות כלי רכב ה"ר.....	8.4
163.....	8.5 תקציר מאמר מס' 23: השימוש במרחקי זריקה של הולכי רגל ורוכבי אופניים.....	8.5
167.....	8.6 תקציר פרק 14: "שחזור תאונות רכב הולך רגל" נכתב על ידי Lynn B. Fricke.....	8.6
177.....	8.7 קינמאטיקת בובת דמי בפגיעה ברכב.....	8.7
179.....	8.8 מציאת מרכז כובד הולך רגל.....	8.8
181.....	8.9 הערכת מהירות עפ"י הטלה ונזקים הנחיית מדור ת"ד 15/2015.....	8.9
185.....	8.9.1 תרגיל לדוגמה הערכת מהירות עפ"י הטלה.....	8.9.1
187.....	8.9.2 תרגיל: הערכת מהירות בהתבסס על משוואת הנפילה.....	8.9.2
190.....	8.9.3 תקציר מתוך התייחסות הפסיקה לפגיעה בהולך רגל על מעבר חצייה.....	8.9.3
195.....	9. אופנועים- הנחיית מדור ת"ד 11/2015.....	9
199.....	9.1 קביעת מהירות אופנוע עפ"י מרחק הטלת רוכב.....	9.1
200.....	9.2 תרגיל דוגמא קביעת מהירות עפ"י הטלת רוכב.....	9.2
201.....	9.3 תרגיל דוגמא חישוב מהירות החלקת אופנוע מהירות משולבת.....	9.3
203.....	10 מהירות.....	10
203.....	10.1.1 הקדמה.....	10.1.1
204.....	10.1.2 מקדם חיכוך.....	10.1.2

206	10.1.3 הנחות בסיסיות
206	10.1.4 כוחות חיכוך
207	10.1.5 חיכוך דינאמי וסטאטי
208	10.1.6 כוחות חיכוך ביחס לשטח החלקה
208	10.1.7 השפעת המהירות על החיכוך
208	10.1.8 השפעת הטמפרטורה על החיכוך
209	10.1.9 גורמים נוספים
209	10.2 הגדרת מקדם גרירה
212	10.3 טבלת ערכי מקדם חיכוך
213	10.4 טבלת מרחקי עצירה ביחס למהירות
215	10.4.1 טבלת האצת רכב פרטי
216	10.5 אופן מציאת מהירות רכב
216	10.5.1 סימני חיכוך החלקת בלימה
216	10.5.2 סימני חיכוך ניסוי החלקת בלימה
217	10.5.3 סימני דחיפה
227	10.5.4 טכוגרף
228	10.5.5 תקיפה ותנע
232	10.5.6 נפילה חופשית
239	10.5.7 מרחק הטלה
239	10.5.8 מערכות הרכב E.D.R
251	10.5.9 מערכת C.D.R
254	10.6 תיעוד במצלמות
255	11. מערכות בטיחות ברכב
255	11.1 מערכת למניעת נעילת גלגלים
256	11.2 מערכת היגוי בסרן אחורי
256	11.3 מערכת בקרת יציבות
257	11.4 מערכת בקרה ויציבות ומשיכה
257	11.5 מערכת ניתור לחץ אוויר
259	12. תכנית רמזור
266	13. תרגילי התחמקות
266	13.1 התחמקות ממכשול
268	13.2 תרגיל התחמקות שחזור חזית באחור
272	13.3 תרגילי דוגמא האצה/האטה
273	14. מדי תאוצה
273	14.1 תקציר ניסויי התרסקות מדי תאוצה
276	14.2 בדיקת סטיית מד אוץ
277	15. נספחים
277	15.1 זמן תגובת נהג- חוזר 35/91
284	15.2 מהירות חציית ה"ר הנחיה 19/96
285	15.3 אופניים- תרגיל דוגמא והנחיית מדור 7/15
302	15.4 טבלת האצה
303	15.5 חלוקת אחוזי בלימה רכב
304	15.6 ערכי תאוצה אופייניים למשאית
304	15.7 ערכי תאוצה למשאיות
306	16. בביליוגרפיה

אינדקס.

נושא	תת נושא	עמוד
א' אימפקט	הגדרה	11
אימפקט	סימני צמיגים	52
אימפקט	ממצאים לקביעתו	71, 64
אימפקט	מציאתו ת"ד הולך רגל	128, 167
אנרגיה קינטית	הגדרה	11
אופניים	מהירות הטלה, הנחיית מדור 7-15	295, 163
אופנוע	ספרות	195-202
אופנוע	מקדם חיכוך	195-199
ב' בטיחות	מערכות בטיחות ברכב	255-258
ג' גורמים משפיעים על מקדם חיכוך		216-217
ד' דחיפה – סימן צמיג		217-225, 44
ה' הריסות/שפוכות		67
הולך רגל	שחזור-ספרות	127
הולך רגל	הטלה מאמר 12+19	167-178, 143-162
הולך רגל	טבלת הערכת מהירות עפ"י נזק	145, 176
התחמקות ממכשול		266
ו' וקטור	הגדרה	9
וקטור	הגדרה	24
ז' זווית שיפוע כביש	אופן מציאתה	18
זמן תגובת נהג	חוזר 35/91	277
ח' חוקי ניוטון		25
חיכוך	הגדרה	209-212, 25
ט' טענת הגנה	קיצור שדה ראייה בחצי	116
טבלת הערכת מהירות עפ"י נזק		176, 145
טבלת מקדמי חיכוך ה"ר		155
טבלת ערכי מקדם חיכוך בבלימה		213
טבלת מהירות רכב עפ"י אורך בלימה		215
טבלת האצת רכב פרטי		215, 302
טבלת האצת משאית		304
טבלת המרת מעלות לאחוזים		226
טריגונומטריה	משפט הקוסינוס	17
טריגונומטריה	משפט הסינוס	17
טריגונומטריה	משפט פיתגורס	19
י' כוח	הגדרה	עמוד 11
ל' לחץ ניפוח חסר	הסבר ותמונה	48
לחץ ניפוח יתר		48
מ' מד אוץ	ספרות, בדיקת סטיית מד אוץ	273, 276
מהירות	משוואות	14, 15
מהירות	הערכת עד	73, 76
מהירות חציית ה"ר	חוזר 19/96	271
מהירות	ה"ר עפ"י הטלה	143-162
מהירות	אופניים עפ"י הטלה	163
מהירות	טבלת הערכת מהירות עפ"י נזק	175, 145
מהירות	הגעת ראש לשמשה	178
מהירות	הטלה רכב פרטי תרגיל	181
מהירות	משוואת נפילה הטלה	184
	אוטובוס/משאית	
מהירות	אופנוע	195-199
מהירות	אופן חישוב סימני צמיגים	216, 213
מהירות	טכוגרף	227
מהירות	תקיפה ותנע	228
מהירות	נפילה חופשית	230
מומנטום	הגדרה	12
מסה	הגדרה	עמוד 10
משוואה ריבועית	שחזור	129
מקדם חיכוך	הגדרה	עמוד 10, 206-210
מקדם חיכוך	אופנוע	195-201
מסקנות מסימני צמיגים		52
מרכז כובד /מרכז מסה	הגדרה	עמוד 10
מרכז כובד רכב	הסבר	21
מציאת מרכז כובד ה"ר		179

239	E .D .R	מקליט נתוני אירוע	
251	C.D.R	מאחזר נתוני אירוע	
255	A.B.S	מערכת לנעילת גלגלים	
256	E.S.P-	מערכת בקרת יציבות	
257	TPMS	מערכת ניתור לחץ אוויר בצמיג	
14,15	משוואות	ני' נוסחאות לשימוש	
30	הסבר	נפילה חופשית	
232	תרגיל דוגמא	נפילה חופשית	
68		נוזלי רכב	
216	הערכת מהירות	ניסוי בלימה	
36	ספרות	סימני החלקה	ס'
42		סימן החלקת בלימה	
46, 42		סימן טביעת צמיג	
44,217		סימן דחיפה	
47		סימן האצה	
49		סימן שפשוף התנגשות	
52	מסקנות	סימני צמיגים	
51		סימן דילוג החלקה	
74		עדי ראייה	ע'
76	הערכת מהירות	עד ראייה	
190-193	פגיעה בה"ר מעבר חצייה	פסיקה	פ'
116	אשמוז	פסיקה	
116	שדה ראייה קבוע "שטיינברגר"	פסיקה	
34		צמיגים	צ'
35	סימנים אזור	צמיגים	
37	סימון צמיג	צמיג	
37	סימנים אורח חיים	צמיגים	
65		צלקות בכביש	
97	השוואה בתפיסת אובייקטים	צפויות נהג	
13	הגדרה	קונטרס	ק'
177	מהירות וזמנים	קינמאטיקת בובת דמי בפגיעת רכב	
20	מציאת רדיוס	רדיוס	ר'
259	קריאת תוכנית	רמזור	
18	אופן מציאתו	שיפוע כביש	ש'
12,86	הגדרה	שדה ראייה	
130-131	ראות ונראות	שדה ראייה	
87-96,134	אופן ביצוע	שדה ראייה	
87-96,116	קיצור בחצי?	שדה ראייה	
119-122	ניסוי	שדה ראייה מת רכב	
126	שחזור מחוץ לתחום שדה ראייה	שדה ראייה – מהירות	
132		שיחזור פגיעה בה"ר	
134	תרגיל במהלך בלימה + מרווח ביטחון	שיחזור פגיעה בה"ר	
137	משוואה ריבועית	שיחזור פגיעה בה"ר	
67		שפוכת	
65	הגדרה וספרות	שריטות חריצים	
131	איחור תגובה	תגובה נהג	ת
228		תקיפה ותנע	
22		תרגיל חישוב מרכז כובד	
123	שחזור	תרגיל שדה ראייה מת משאית	
126	שחזור מהירות מחוץ לשדה ראייה	תרגיל שדה ראייה רכב	
20		תרגיל מציאת רדיוס	
134	במהלך בלימה + מרווח ביטחון	תרגיל שחזור ה"ר	
138, 137	משוואה ריבועית	תרגיל שחזור ה"ר	
185	הטלת ה"ר רכב פרטי	תרגיל שחזור הטלה	
187	משוואת הנפילה אוטובוס/משאית	תרגיל שחזור ה"ר	
229,230,231	מהירות	תרגיל שחזור תקיפה ותנע	
232,237,238	נפילה חופשית, התהפכות רכב	תרגילי חישוב מהירות	
266	מכשול	תרגיל התחמקות ממכשול	
268	חזית באחור	תרגיל שחזור התחמקות	
216		תרגיל ניסוי בלימה	
224	סימני דחיפה	תרגיל חישוב מהירות	
199-201	עפ"י הטלת רוכב + מהירות משולבת	תרגיל חישוב מהירות אופנוע	
295-298		תרגיל חישוב מהירות אופניים	
272		תרגילי דוגמא האצה/האטה	



14/4/2016

הנדון: ריכוז חומר מקצועי בנושא חקירה ושחזור תאונות דרכים **- הנחיית מדור ת"ד 4/2016**

ספר הדרכה זה מהווה עזר לבוחן בעת עבודתו במשרד ובהופעותיו בבימ"ש. הספר מכיל משוואות שימושיות לעבודה בשגרה, תצלומים ואיורים להמחשה, דוגמאות של תרגילי שיחזור שונים ומגוונים בהם נתקל הבוחן בעבודתו היומית (סה"כ 25 תרגילי דוגמא), הספר מפרט שיטות עבודה ודרכי פעולה בעבודת הבוחן, מרכז חומר מהספרות המקצועית השימושית, ומציג את התייחסותה של הפסיקה בסוגיות שונות.

הספר נערך ע"י ק' בוחנים ארצי רפ"ק אליהו ברמי, כאשר החומרים המצויים בו רוכזו נערכו ותורגמו מתוך ספרות עדכנית של חוקרי תאונות דרכים המובילים בתחום באירופה וארה"ב. ספרות המצויה במאגרי מדור ת"ד באת"ן וכן ספרות שפורסמה בכנסי חוקרי ת"ד האירופאי EVU ובמאגרי SAE International.

הספר נערך בכדי לשמר ולשפר ידע, ללימוד בוחני תנועה חדשים ולהביא לאחידות ברמה המקצועית הארצית של כלל הבוחנים. וכן בכדי לשמש את הבוחנים בעת הצורך, הן לתיק החקירה בעת ביצוע שיחזור והן בזמינות חומר רלוונטי שימושי בהופעתם בבית המשפט. ספר הדרכה זה מחליף ומבטל את הספר חקירת תאונות דרכים שהוצא ע"י המדור בעריכתו של מאיר אור משנת 1998.

הנני מצפה שתמצאו בחומר המצורף כלי עזר ותעשו בו שימוש מושכל.

בברכה



1.1 מבוא

חקר תאונות הדרכים הוא תחום העוסק באופן התרחשות אירוע תאונת דרכים תיעוד ואיסוף נתונים, ראיות וממצאים בזירת תאונה וביצוע חקירת גורמים מעורבים ובחינתם יוביל לשחזור והבנה של התרחשות התאונה. בישראל הממונים על חקר תאונות הדרכים הם בוחני התנועה וחוקרי תאונות הדרכים של משטרת ישראל. בוחן תאונת דרכים הינו עד מומחה והוא למעשה אוסף ממצאים, מצלם, מתעד, חוקר מכין חוו"ד מסכם את תיק התאונה ובמקרים רבים מעיד בבימ"ש. כל בסיס נתוני תאונות הדרכים בארץ מתבסס על הנתונים שהבוחנים במדור ת"ד מספקים ומזינים. עבודת הבוחנים מובילה בין היתר לזיהוי גורמים מעורבים בגרימת התאונה ומגמות.

ניתן להבחין כי לאורך השנים ישנה ירידה בכמות התאונות ונפגעים. במהלך שנת 2014 נהרגו 319 איש ב- 291 תאונות קטלניות וסה"כ נחקרו ע"י בוחני הת"ד 12,527 תיקי ת"ד עם נפגעים, וטופלו עוד 60,187 תאונות קלות שסווגו כללי ת"ד (לא מוצתה חקירה).

נתוני סה"כ תיקי ת"ד קטלניות לאורך השנים 2012-2015.

סיווג תיק	ת.ד.	ת.ד.	ת.ד.	ת.ד.
מחוז תאונה	2012	2013	2014	2015
מחוז דרומי	59	62	71	76
מחוז מרכז	62	57	57	68
מחוז צפון	48	64	62	43
מחוז תא	35	34	32	35
מחוז חוף	31	19	26	47
מחוז שי	17	27	31	27
מחוז ירושלים	13	20	12	25
סה"כ	265	283	291	321

סה"כ תיקי ת"ד (קל, קשה וקטלני) לאורך שנים 2012-2015

סיווג תיק	ת.ד.	ת.ד.	ת.ד.	ת.ד.
מחוז תאונה	2012	2013	2014	2015
מחוז תא	2,982	3,039	2,870	3,139
מחוז מרכז	3,315	3,085	2,698	2,476
מחוז צפון	1,934	2,188	1,973	1,580
מחוז חוף	1,771	1,871	1,803	2,074
מחוז דרומי	1,447	1,687	1,547	1,649
מחוז ירושלים	1,185	1,218	994	1,049
מחוז שי	588	713	656	594
סה"כ	13,222	13,802	12,541	12,561

בוחן ת"ד משטרת ישראל מטפל בתאונת דרכים עפ"י הגדרתה בפקודת המשטרה. בהגדרת תאונת דרכים אמורים להתקיים 3 רכיבים במצטבר:

רכב, עבירת תעבורה, דרך.

תאונת דרכים שאירעה עקב עבירת תעבורה ובשל הימצאותו של רכב בדרך, שכתוצאה מן התאונה נפגע אדם או ניזוק רכוש.

1.2 אופי עבודת הבוחן - חקירת תאונות דרכים נחלקת לשלושה חלקים מרכזיים:

1. עבודת הבוחן בזירת התאונה איסוף ממצאים ותיעודם, בחינת הזירה רכבים וגורמים מעורבים והבנת התרחשותה. וביצוע ניסויים רלוונטיים. (ראיית שטח).
2. חקירה (הכוללת הגעה לביה"ח מיד לאחר סיום הטיפול בזירה וחקירת מעורבים עדים וגורמים מעורבים תוך שימוש באמצעי חקירה שונים ועירוב מעבדות/גורמי חקירה רלוונטיים) עיבוד נתונים, ביצוע ניסויים רלוונטיים, שחזור התאונה והגעה למסקנות על אופן התרחשותה והמלצה בתיק החקירה.
3. הופעה בבתי משפט.

עבודת הבוחן בזירה:

1. התרשמות כללית מהזירה, זיהוי ואיתור הממצאים מזירת התאונה (כיוון הגעת מעורבים, שברים, חלקי רכב, סמני צמיגים ועוד).
2. צילום הממצאים.
3. סימון, תיעוד ומדידת הממצאים ע"פ הכביש ובסקיצה.
4. בדיקת כלי הרכב המעורבים (תקינות, התאמת נזקים ועוד).
5. איסוף ראיות חפציות. (נעל, חלקי רכב, ד.נ.א).
6. עריכת ניסויים במקום (בלימה/שדה ראייה /התאמת נזקים).
7. בחינת עצמים הקבועים בכביש ובצדיו (תמרורים).
8. חקירת המעורבים ועדים הנמצאים בזירת התאונה.

חקירה:

1. הגעה לביה"ח התרשמות ממעורבים איסוף פרטיהם וחקירתם.
2. חקירת מעורבים במשרד (מעורבים, עדים נפגעים ועוד).
3. ביצוע ניסויים ובדיקות רלוונטיות נוספות (התאמת נזקים, שדה ראייה, מוסכים, בדיקות מעמיקות של כלי הרכב המעורבים).
4. קבלת חו"ד מגורמי חוץ במידה ויש (מעבדות מטא"ר ביולוגית, צילום, מכון לרפואה משפטית, טוקסיקולוגיה ועוד).
5. עריכת דוח בוחן, עריכת שחזור תאונה, תרשים, לוח תצלומים.
6. סכום התיק וגיבוש החלטה מסקנה בדבר הגורם לתאונה והמלצה האם לגנוז או להעמיד לדין ובאיזה סעיפי אישום.

הופעה בבתי משפט.

הבוחן מעיד בבית המשפט בשונה מעמיתיו השוטרים- כעד מומחה.

1.3 הגדרות

מהירות-

מהירות היא מידה לתיאור קצב תנועתו של גוף במרחב - המרחק שהוא עובר ביחידת זמן. נהוג לסמן ערך זה באות v.

מרכז כובד/מרכז מסה –

מרכז המסה מכונה גם בשם מרכז הכובד. כוח הכובד, שהוא בקירוב אחיד במרכז כדור הארץ, פועל על מרכז המסה של הגוף. לפיכך בחישובי מומנטים הפועלים על גוף, נקודת הפעולה של כוח הכובד היא במרכז המסה של הגוף. ניתן להגדיר נקודת " מרכז הכובד " כנקודת אחיזה של שקול כוחות הכובד הפועלים על חלקי הגוף שבה מתקיים שווי משקל.

מרכז המסה הוא מונח בפיזיקה שנמצא בשימוש רב במיוחד במכניקה. מרכז המסה של מערכת גופים או חלקיקים הוא נקודה במרחב שמסת המערכת כולה מתנהגת (לצרכים רבים) כאילו היא מרוכזת בה. מקומו של מרכז המסה הוא פונקציה של המקום והמסה של כל הגופים המרכיבים את המערכת. בהקשר לכוח הכובד מכונה מרכז המסה גם "מרכז הכובד".

מסה- מסה

היא גודל פיזיקלי שמודד את "כמות החומר". מסה מוגדרת בכמה אופנים שונים, אך שקולים על פי תוצאות ניסויים (ראו בהמשך). בהשאלה, משתמשים בחיי היום-יום במסה כמספר המתאר את הכמות של החומר בגוף כלשהו, והיא נמדדת לרוב באמצעות שקילה.

המסה היא גודל בסיסי שממנו, יחד עם הזמן וההעתק, נגזרים שאר הגדלים במכניקה ניוטונית (כמו אנרגיה, תנע ועוד).

יחידת המסה הבסיסית בתקן מערכת היחידות הבינלאומית היא הקילוגרם, שרבים מחשיבים אותו בטעות ליחידת משקל. הקילוגרם הוא יחידת מסה שרירותית, והוא מייצג את כמות המסה הנמצאת בגליל מתכת השמור בלשכה הבינלאומית למידות ומשקלות בעיירה סבר (ליד פריז) בתנאי טמפרטורה ולחץ קבועים. מסה זו קרובה מאוד למסה של 1,000 סמ"ק מים מזוקקים בטמפרטורה של 4 מעלות צלזיוס.

מקדם החיכוך (ראה פירוט והרחבה בנושא בעמוד 25 ועמוד 204)

מקדם החיכוך מתאר את היחס בין כוח החיכוך הפועל בין שני גופים לבין הכוח המצמיד אותם אחד לשני.

הגדרה מדויקת יותר של מקדם החיכוך היא היחס שבין הכוח המשיק (מקביל לפני השטח) אשר מיושם על עצם אשר מחליק לאורכו של משטח בעזרת כוח נורמאלי (אנך למשטח) אשר מופעל על אותו עצם.

באופן כללי מקדם החיכוך מיוצג על ידי האות היוונית μ . כאשר רוצים להתייחס למקדם החיכוך של סוג מסוים נהוג לצרף אות קטנה המייצגת את הסוג הספציפי.

משום שהוא מבטא יחס בין שני כוחות, מקדם החיכוך הוא גודל חסר ממד, כלומר גודל ללא יחידות פיזיקליות - מספר טהור.

מרחק-

מרחק הוא תיאור מספרי למידת הפער בין שני אובייקטים. בפיזיקה, או בשפת היום יום, המרחק יכול להתייחס לאורך פיזיקלי, או להערכה על סמך קריטריונים שונים. במתמטיקה ישנן נוסחאות לחישוב מרחק, בהינתן סוג הגאומטריה. לרוב המרחק בין נקודה A ל-B שווה למרחק בין נקודה B ל-A.

כוח-

בפיזיקה, **כוח** הוא כל דבר שיכול לגרום לגוף בעל מסה להאיץ. הכוח הוא גודל פיזיקלי וקטורי, מסומן באות הלטינית \vec{F} , ויחידת המידה שלו במערכת היחידות הבינלאומית היא ניוטון.

כוח הפועל על גוף יכול לגרום לשינוי במצבו של הגוף, או להתנגד לכוח אחר הפועל על אותו גוף. הדינמיקה היא התורה העוסקת בתנועתו של גוף בהשפעת כוחות, ובבסיסה שלושת חוקי התנועה של ניוטון, המתארים את היחס בין כוח לתנועה:

- **החוק הראשון של ניוטון**, חוק ההתמדה, קובע כי קיימת מערכת אינרציאלית, שבה בהיעדר כוח (או כשהכוח השקול הפועל עליו שווה לאפס), גוף לא יואץ, כלומר, יתמיד במנוחתו או במהירות קבועה לאורך קו ישר. $E \cdot F = 0$

- **החוק השני של ניוטון** קובע כי הכוח הוא נגזרת התנע לפי הזמן. הכוח שפועל על הגוף שווה למכפלת המסה בתאוצה. בניסוח מתמטי: $M \cdot A = F$

בניסוח נוסף, תאוצתו של גוף עומדת ביחס ישר ל**כוח** הפועל עליו וביחס הפוך למסתו.

- **החוק השלישי של ניוטון** קובע כי כנגד כל כוח פועל כוח נוסף השווה בגודלו והפוך בכיוונו. $MA = - MA$

(תקיפה ותנע הסבר ותרגיל דוגמא עמוד 228).

אנרגיה קינטית-

או אנרגיית תנועה (באנגלית: Kinetic energy) היא האנרגיה בה ניחן גוף מתוקף תנועתו, והיא תלויה רק במסת הגוף ובמהירותו. בדינמיקה, השימוש באנרגיה קינטית מקל על החישובים. בהקשר זה, העבודה הכוללת שמושקעת בגוף שווה להפרש בין האנרגיה הקינטית במצב הסופי ובין האנרגיה הקינטית במצב ההתחלתי. בתורת היחסות הפרטית, השקילות בין מסה לאנרגיה מובילה לזיהוי של אנרגיה קינטית עם גידול במסת הגוף כתוצאה מתנועה במהירות גבוהה. מקור המילה קינטי במילה היוונית Κίνησις (קינטיקוס) שמשמעותה "נמצא בתנועה". השימוש הראשון בביטוי "אנרגיה קינטית" מיוחס ללורד קלווין באמצע המאה ה-19.

וקטור-

בפיזיקה **וקטור** הוא **גודל פיזיקלי בעל כיוון במרחב**. דוגמאות לגדלים וקטורים: העתק, מהירות, תאוצה וכוח. סקלר, המתואר על ידי מספר יחיד. לייצוגו של וקטור דרושים נתונים כמספר הממדים של המרחב שבו דנים. למשל, כדי לבטא מהירות על פני מישור יש צורך בשני נתונים, אך כדי לבטא מהירות במרחב יש צורך בשלושה נתונים. באופן גרפי וקטור מתואר כחץ במרחב. וקטור הוא ישות מתמטית בעלת גודל וכיוון. באופן דומה, גם המהירות היא וקטור, שכן היא

מורכבת מגודל - כמה מהר נסענו, ומכיוון - לאיזה כיוון נסענו. אפשר לחשוב על וקטור גם כחץ היוצא מראשית הצירים ומצביע על נקודה כלשהי במרחב.

מומנטום-

תנע (בלטינית: Momentum) הוא גודל פיזיקלי וקטורי, שמקורו בענף המכניקה של הפיזיקה הקלאסית. תנע של גוף או של קבוצת גופים, **מבטא את כיוון ו"עוצמת" התנועה של אותו גוף** או אותה קבוצת גופים במרחב. את מושג התנע הגה לראשונה אייזיק ניוטון. ככל שיש לגוף מהירות רבה יותר או מסה גדולה יותר, כך התנע שלו גדול יותר.

התנע נמדד ביחידות מסה כפול מהירות. במכניקה קלאסית, התנע של עצם שווה למהירותו כפול מסתו. בפיזיקה מודרנית התנע מקבל צורות מורכבות ושונות: בתורת היחסות הפרטית, בתורת הקוונטים ובתורת השדות הקוונטיים אשר מאחדת את שתיהן. תנע $m \cdot v$

שדה ראיה- (ראה הרחבה בנושא בפרק 7 שדה ראיה עמוד 86)

שדה ראיה הינו זווית או תחום הנראה של שטח מנקודת מבט מסוימת לעבר אובייקט ברגע נתון.

שדה ראיה שטח (טופוגרפי) - (טופוגרפיה = רישום שטח) הינו תחום הנראה של שטח מנקודת מבט מסוימת לעבר אובייקט בתנאי ראות אופטימאליים מבלי להתייחס למגבלות ראות נראות ורכב.

מרכיב חשוב בביצוע בדיקת שדה ראיה הינו הראות והנראות-

מגבלות הראות והנראות מתחלקות לארבע קטגוריות:

1. מגבלות פסיכולוגיות הקשורות למצבו הבריאותי של הנהג.
2. ראות המוגבלת ע"י מכשול בשדה הראיה.
(גבעה שיחים, מבנה, עיקול בכביש, מבנה הרכב).
3. ראות המוגבלת ע"י קונטרסט. האובייקט הנצפה "ניבלע" ברקע.
4. ראות המוגבלת ע"י תנאי הסביבה בזמן נתון כגון: מזג אויר (ערפל, גשם) מצב תאורה יום-לילה - דמדומים, ועוצמת התאורה.

קונוס הראייה:

קונוס ראיה = שדה הראיה הוא הכושר של העין לחוש בנוכחות עצמים ותנועתם בכל שטח העין ולא רק מול ציר המרכזי. ככל שהעצם הנצפה מתרחק מהציר המרכזי חלה ירידה בדיוק בהבחנה בפרטים.

קונוס הראיה הטובה – העצמים נראים בבהירות המרבית בטווח של 2-3 מעלות.

קונוס הראיה הברורה – העצמים נראים בברור בטווח של 6-10 מעלות.

קונוס הראיה המספקת – העצמים בטווח זה נראים עדין בברור בטווח עד כ- 20 מעלות.

קונוס הראיה הפריפריאלית עד 160 מעלות התמונה מתחילה להיות מטושטשת ומפוזרת, אך ניתן להבחין בקיום עצמים.

ככל שמהירות הרכב גבוהה יותר כך היכולת לשמור על מיקוד בעצם הנצפה קטן יותר.

קונטרס:

העין רגישה להפרש יחסי בין בהיקות של שני משטחים. הפרש הבהיקות בין המשטחים מוגדר כקונטרסט. מידת הקונטרסט מושפעת משני גורמים עיקריים:

א. יכולת החזרת האור של העצם ושל הסביבה. ב. עוצמת ההארה הפוגעת בעצמים ובסביבתם רגישות הסף לקונטרסט מושפעת:

מבהיקות הרקע וההפרש בין בהיקות המשטחים. גודל העצם הנצפה ומרחקו מעין הנהג. תאורת הסביבה. תכונות פיזיולוגיות וגיל הנהג.

IMPACT אימפקט-מגע (ראה הרחבה בנושא בעמוד 64)

אימפקט - הינה מילה אנגלית שתרגומה התנגשות, מגע של גופים. בהקשר של תאונת דרכים מיקום האימפקט הינו המקום בו ארעה התנגשות בין רכב לרכב, בין רכב להולך רגל או בין רכב לחפץ דומם. יתכן כי בתאונה נמצא או נדרש להתייחס למספר נקודות אימפקט, לדוגמא בתאונות בהן מסי' התנגשויות או בתאונות בהן הרכבים מתנגשים למעט ברכבים נוספים גם בעצמים המצויים בדרך ו/או ה"ר. מקום האימפקט הוא נקודת המוצא והייחוס לשחזור התאונה. ממקום זה מוביל הבוחן את המעורבים לאחור ויכול ללמוד על מסלול ההתקרבות למקום המגע.

2. משוואות לשימוש:

משתנים לשימוש במשוואות:

V = מהירות ממוצעת במטר לשנייה.

S = אורך קטע דרך במטרים

T = זמן בשניות.

f = מקדם חיכוך

a = תאוצה או תאוצה במטר לשנייה בריבוע.

V_1 = מהירות התחלתית במטר לשנייה .

V_2 = מהירות סופית במטר לשנייה.

נוסחאות לתנועה בתאוצה קבועה (v_2 גדול מ- v_1)

$$t = \frac{v_2 - v_1}{a}$$

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

$$v_2 = v_1 + a \times t$$

$$v_1 = v_2 - a \times t$$

$$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s}$$

$$s = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$$

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2as}$$

$$v_1 = \sqrt{v_2^2 - 2as}$$

$$t = \frac{2 \times s}{v_1 + v_2}$$

$$s = \frac{v_1 + v_2}{2} \times t$$

$$v_2 = \frac{2 \times s}{t} - v_1$$

$$v_1 = \frac{2 \times s}{t} - v_2$$

$$s = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2 = v_2 t - \frac{1}{2} a t^2$$

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

נוסחאות לתנועה בתאוצה קבועה (v_2 קטן מ- v_1)

$$t = \frac{v_1 - v_2}{a}$$

$$a = \frac{v_1 - v_2}{t}$$

$$v_2 = v_1 - a \times t$$

$$v_1 = v_2 + a \times t$$

$$a = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2s}$$

$$s = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - 2as}$$

$$v_1 = \sqrt{v_2^2 + 2as}$$

$$t = \frac{2 \times s}{v_1 + v_2}$$

$$s = \frac{v_1 + v_2}{2} \times t$$

$$v_2 = \frac{2 \times s}{t} - v_1$$

$$v_1 = \frac{2 \times s}{t} - v_2$$

$$s = v_1 t - \frac{1}{2} a t^2 = v_2 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

כאשר מהירות סופית שווה אפס $v_2 = 0$

$$v = 15.95 \times \sqrt{s \times f}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \times s}{a}}$$

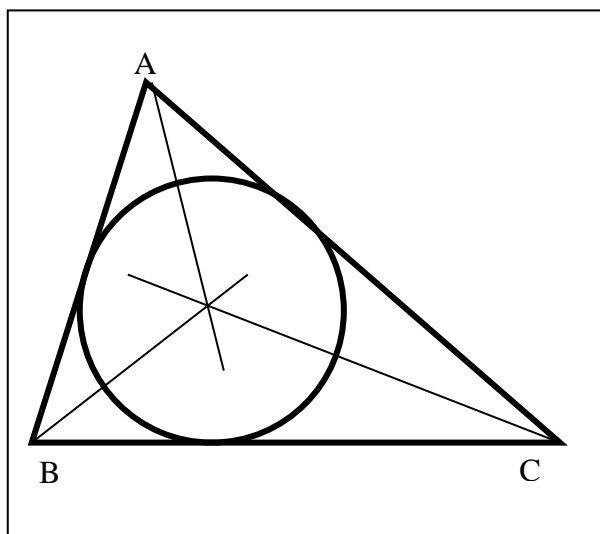
$$s \text{ בלי מ"ד} = \frac{v^2}{254 \times f}$$

$$v \text{ משולבת} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

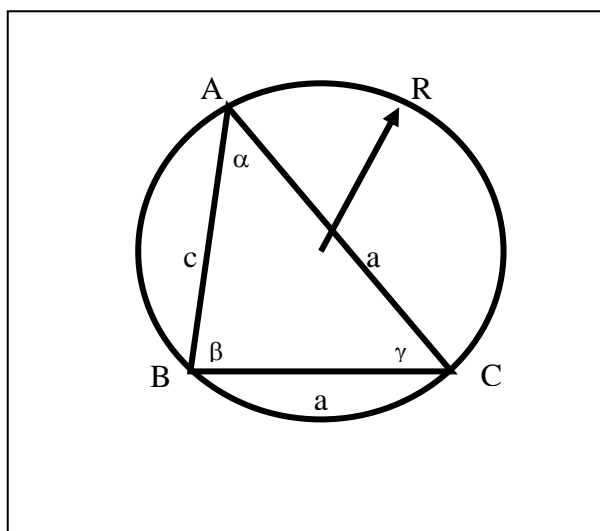
2.1 טריגונומטריה

הטריגונומטריה היא תורת המשולשים.

1. למשולש 3 צלעות, 3 קדקודים ו-3 זוויות. סכום הזוויות במשולש שווה 180° .
2. בכל משולש אפשר לחסום מעגל אחד בלבד. מרכז המעגל הזה הוא נקודת הפגישה של שלושת חוצי הזווית של המשולש. מעגל זה נקרא מעגל חסום.



3. כל משולש אפשר לחסום במעגל אחד בלבד. מעגל זה נקרא מעגל חוסם.



4. הפונקציות הטריגונומטריות, להלן מספר משפטים:

א. **משפט הסינוס** - בכל משולש קיים יחס קבוע בין כל צלע לסינוס הזווית שמולה. היחס הזה שווה לקוטר המעגל החוסם את המשולש.

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2R$$

ניתן לרשום את משפט הסינוס במשוואה הבאה:

$$a = c \times \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \quad \text{או:}$$

ובמילים: סינוס הזווית α = הניצב שמול הזווית חלקי היתר.

ב. **משפט הקוסינוס** - בכל משולש שווה ריבוע אחת הצלעות לסכום ריבועי שתי הצלעות האחרות, פחות פעמיים מכפלת שתי צלעות אלה בקוסינוס הזווית שביניהן:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \times \cos \alpha$$

מקרה פרטי של משפט הקוסינוס, כאשר אחת הזוויות היא זווית ישרה [בת 90°] הערך $-2bc \times \cos \alpha$ מתאפס. לכן במשולש ישר זווית מתקיים המשפט ["משפט פיתגורס"]:

$$a^2 = b^2 + c^2$$

ניתן לרשום את משפט הקוסינוס במשוואה הבאה:

$$b = c \times \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c} \quad \text{או:}$$

ובמילים: קוסינוס הזווית α = הניצב שליד הזווית חלקי היתר.

ג. **טנגנס** -

ניתן לרשום את משפט הטנגנס במשוואה הבאה:

$$a = b \times \tan \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{a}{b} \quad \text{או:}$$

ובמילים: טנגנס הזווית α = הניצב שמול הזווית חלקי הניצב שליד הזווית.

ד. **קוטנגנס** -

ניתן לרשום את משפט הקוטנגנס במשוואה הבאה:

$$b = a \times \cot \alpha$$

$$\cot \alpha = \frac{b}{a} \quad \text{או:}$$

ובמילים: קוטנגנס הזווית α = הניצב שליד הזווית חלקי הניצב שמול הזווית.

2.2 מציאת זווית שיפוע כביש

זה די נפוץ למדוד שיפוע או זווית קימור של פני השטח כביש. תרשימים בקנה מידה צריכים לכלול פירוט זה כדבר מובן מאליה. באים הוא רלוונטי לתאונה, והוא נדרש בנסיבות מסוימות, על מנת שניתן לבצע חישובים (למשל מהירות קריטית).

שיטה

שימוש ב"פלס", וסרט מדידה או מוט: קצה אחד של המוט ממוקם על פני הכביש והמוט מוחזק אופקית. המרחק האנכי מהקצה השני של המוט אל פני השטח הכביש נמדד אז באמצעות מטר רץ. יש לקחת מדידות במספר נקודות לאורך השיפוע.

זווית השיפוע או קמור, (דמות 4.2) היא זווית ACD. כ-AB ו-DC הם מקבילים, זווית ACD = BAC. זווית θ = קעת אורכו של המוט 'l', יכול בקלות להיות מדוד, 'h' כבר ידועה כפי שהוא נמדד בזירת האירוע.

$$\tan \theta = \frac{\text{Opposite}}{\text{Adjacent}} = \frac{h}{l}$$

$$(\text{Angle}) \theta = \tan^{-1} \frac{h}{l}$$

לדוגמא: גובה (h = 0.042) מטר אורך מוט (l = 1.20 מ')

$$\theta = \tan^{-1} \frac{0.042}{1.20} = 2^\circ$$

ראוי לציין בנקודה זו כי בעת החלת מעל לחישובי מהירות קריטיים, הערך הנדרש במשוואה הוא טנגנס של הזווית. משמעות דבר גובה חלקי אורך המוט ניתן לחישוב במשוואה ללא שינויים נוספים.

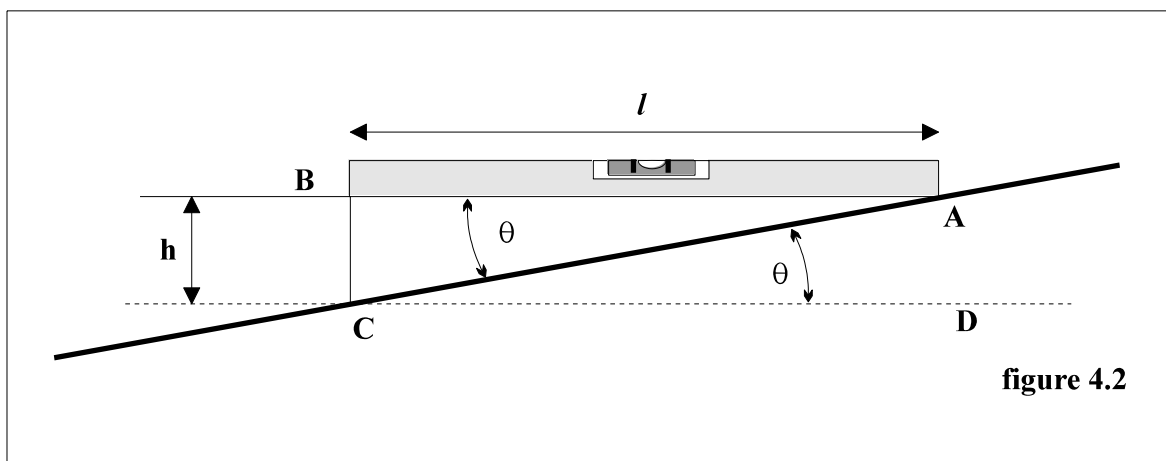
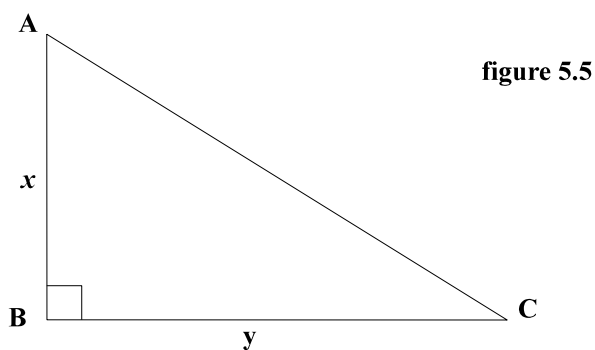


figure 4.2

(ראה טבלת המרת מעלות לאחוזים בעמוד 226 בספר.)

2.3 משפט פיתגורס

משפט פיתגורס קובע כי "המربع על היתר של משולש ישר זווית שווה לסכום הריבועים בשני צדדים האחרים".



In figure 5.5.

$$AC^2 = AB^2 + BC^2$$

$$AC^2 = x^2 + y^2$$

לכן, אם האורך של כל שני צד של משולש ידוע, האורך האחר יכול להיות מחושב על ידי טרנס פוזיציה הפשוטה.

$$AC = \sqrt{AB^2 + BC^2}$$

אם אורכי צלעות AB ו BC ידועים, ניתן למצוא את אורכו של AC על ידי שימוש ;

$$AC^2 = AB^2 + BC^2$$

Subtract AB^2 from both sides of the equation

$$AC^2 - AB^2 = BC^2$$

∴

$$\sqrt{AC^2 - AB^2} = BC$$

אם אורכי צלעות AC ו AB ידועים אז הנ"ל יכול להיות משורבב ;

2.4 מציאת רדיוס

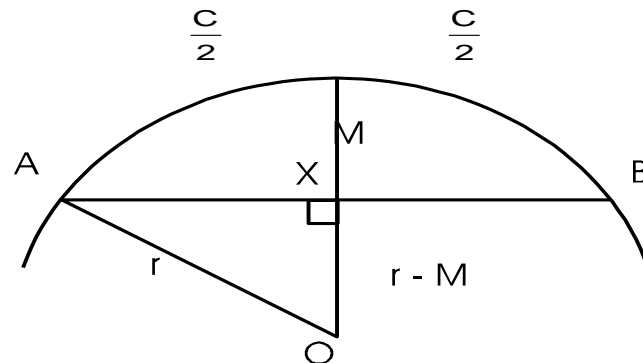


figure 5.8

M=גובה

C=מיתר (המרחק מנקודה a לנקודה b)

כמשולש, AXO, הוא משולש בזווית נכונה שאנחנו עשויים לחול במשפט פיתגורס לתת: -

$$r^2 = \left(\frac{C}{2}\right)^2 + (r - M)^2$$

הרחבת סוגריים נותנת $r^2 = \frac{C^2}{4} + r^2 - rM - rM + M^2$

$$r^2 = \frac{C^2}{4} + r^2 - 2rM + M^2$$

$$r^2 - r^2 = \frac{C^2}{4} + r^2 - 2rM + M^2 - r^2$$

$$0 = \frac{C^2}{4} - 2rM + M^2$$

$$2rM = \frac{C^2}{4} - 2rM + M^2 + 2rM$$

$$2rM = \frac{C^2}{4} + M^2$$

לחלק ב- $2M : r = \frac{C^2}{8M} + \frac{M}{2}$

😊 תרגיל דוגמא:

בזירת ת.ד מצאת קשת שאורכה (המיתר) 60 מטר וגובה ממרכז המיתר הינו 10 מטר

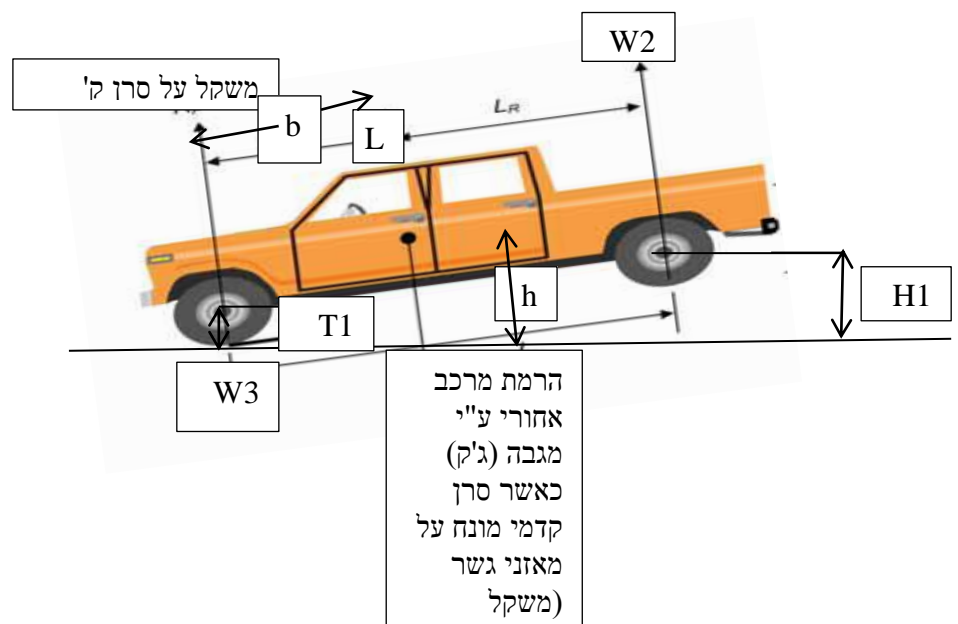
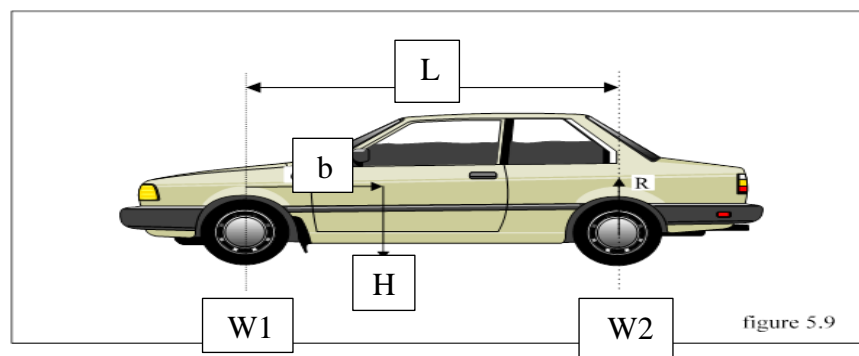
הרדיוס הינו 40.4 מטר $r = \frac{0.8}{2} + \frac{16^2}{8 \times 0.8} = 40.4$

2.5 מציאת מרכז כובד של רכב פרטי¹:

באים נרצה להעריך מיקום מרכז כובד נוכל להניח כי הגובה של המרכז כובד מצוי בין על $m0.43$ ועד $m0.58$ מעל פני הכביש עבור רוב המכוניות נוסעים (פרטיות). מחקר על אופנועים מצביע על כך שהגובה של מרכז כובד הוא בערך בגובה האוכף. אולם במקרה בו רכוב בנוסף רוכב במושב אחורי גובה מרכז הכובד יעלה. הגובה של המרכז כובד שהוצג במחקר נוסף על ידי $Garrott^2$ ואח' הם מצאו שהגובה של מרכז כובד ל מכוניות נוסעים היו, 0.54 ± 0.04 מ'.

בכדי לחשב במדויק גובה מרכז כובד של רכב פרטי (או משא אחד קטן) יש לפעול כדלקמן (חישוב מרכז כובד של משאיות הינו שונה):

יש להשיג נתונים טכניים כגון מרווח בסיס הגלגלים של הרכב על ידי מדידה ישירה או מיצרנים נתונים. את המשקל הכולל של הרכב ניתן לקבל מרישיון הרכב וכן על ידי הצבת הרכב על מאזני גשר. בכדי לקבל את המשקל על סרן קדמי יש להגביה את חלקו האחורי של הרכב בגובה ידוע והמשקל יועבר ל סרן קדמי שאותו נמדוד על מאזני גשר (משקל).



¹ מתוך מגזין אימפקט חורף 2011.

² Garrott, WR. Measured vehicle inertial [5] parameters – NHTSA's data through September 1992. SAE 930897 1993.

פרמטרים לשימוש בחיפוש מרכז כובד רכב פרטי :

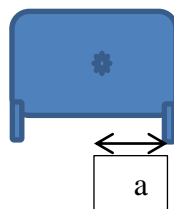
1. בסיס גלגלים של רכב, בין סרנים = L.
2. משקל כולל של הרכב = w.
3. משקל על הסרן הקדמי תוך הרמת הרכב (כאשר סרן אחורי מורם) = w3.
4. הגובה מהקרקע אל מרכז גלגל אחורי כאשר סרן אחורי מורם = h1.
5. גובה מרכז כובד הרכב מהקרקע כאשר הרכב מאוזן = h.
6. המשקל הנתמך על סרן קדמי, כאשר הרכב במצב אופקי = w1.
7. המשקל הנתמך על סרן אחורי כאשר הרכב במצב אופקי = w2.
8. רדיוס צמיג קדמי = t1.
9. המרחק האופקי בין מרכז הכובד למרכז צמיג = a.
10. המרחק האופקי האורכי בין מרכז כובד למרכז סרן קדמי = b.
11. המשקל הנתמך ע"י הגלגלים הימניים של הרכב = w4.
12. המרחק הרוחבי בין מרכז גלגל ימין למרכז גלגל שמאל על ציר קדמי = L3.

😊 תרגיל לדוגמא אופן חישוב מרכז כובד :

עפ"י רישיון רכב משקל כולל רכב פרטי ניסאן ג'וק הינו 1814 ק"ג (w=) המשקל הנתמך ע"י הגלגלים הימניים הינו 907 ק"ג (w4=), המרחק הרוחבי בין מרכז צמיג גלגל ימין למרכז צמיג גלגל שמאל על סרן קדמי הינו 152.4 ס"מ (L3=). המשקל הנתמך ע"י סרן אחורי במצב אופקי הינו 907 ק"ג (w2=). המרחק בין סרנים 304.8 ס"מ (L=). רדיוס צמיג קדמי הינו 30.48 ס"מ (t1=).

חשב היכן מיקום מרכז הכובד ברכב?

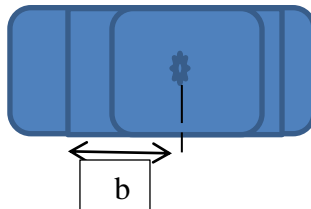
1. מציאת- a המרחק האופקי הרוחבי בין מרכז הכובד למרכז צמיג הרכב.



$$a = \frac{w4 \times L3}{w}$$

$$a = \frac{907 \times 152.4}{1814} = 76.2 \text{ ס"מ}$$

2. מציאת b – המרחק האופקי האורכי בין מרכז הכובד למרכז סרן קדמי.



$$b = \frac{w_2 \times L}{W}$$

$$b = \frac{907 \times 304.8}{1814} = 152 \text{ ס"מ}$$

3. לאחר שלקחנו את הרכב למאזני גשר והרמנו את החלק האחורי של הרכב לגובה של 91.44 ס"מ מהקרקע כאשר גלגלי הסרן הקדמי על המשקל מצאנו כי המשקל הינו 952.56 ק"ג = w_3 . אנו מציבים את הנתונים בנוסחה למציאת מרכז כובד³:

1. בסיס גלגלים של רכב, בין סרנים = $L = 304.8$ ס"מ.
2. משקל כולל של הרכב = $w = 1814$ ק"ג.
3. משקל על הסרן הקדמי תוך הרמת הרכב (סרן אחורי מורם) = ק"ג $w_3 = 952.56$.
4. הגובה מהקרקע אל מרכז גלגל אחורי כאשר סרן אחורי מורם = $h_1 = 91.44$ ס"מ.
5. גובה מרכז כובד הרכב מהקרקע כאשר הרכב מאוזן = $h = ??$.
6. המשקל הנתמך על סרן קדמי, כאשר הרכב במצב אופקי 907 ק"ג = w_1 .
7. המשקל הנתמך על סרן אחורי כאשר הרכב במצב אופקי 907 ק"ג = w_2 .
8. רדיוס צמיג קדמי = $t_1 = 30.48$ ס"מ.

$$h = tr + \frac{(w_3 - w_1) \times L \times \sqrt{L^2 - (h_1 - tr)^2}}{w(h_1 - tr)}$$

$$h = 30.48 + \frac{(952.56 - 907) \times 304.8 \times \sqrt{304.8^2 - (91.44 - 30.48)^2}}{1814.4(91.44 - 30.48)}$$

H = גובה מרכז כובד מהקרקע הינו 68 ס"מ.
 מיקום מרכז כובד ברכב זה – גובה מרכז כובד מהקרקע הינו 68 ס"מ. אורכי- מסרן קדמי לאחור 152 ס"מ, רוחבי – מדופן הרכב (ממרכז סולית צמיג לכיוון מרכז הרכב) 76.2 ס"מ.

³ ספר הדרכה טכני לחוקרי תאונות דרכים (רמה 3) מהדורה שלישית 2010 ע"י ר.וו. ריורס עמודים 112-115.

3 פיסיקה ומכניקה

3.1 מבוא כוחות וגדלים

הפיסיקה מכונה מדע המדידה. הפיסיקה עוסקת בהשפעת תופעות על גופים. כתוצאה מהשפעה זו הגוף משנה את מצבו או את צורתו או את מקומו אך אינו משנה את מהותו.

בפיסיקה ישנה מערכת ממדים:

1. ממד אורך - נמדד ביחידות מטר או נגזרותיו [מילימטר, סנטימטר, דצימטר, מטר, קילומטר].
2. ממד המסה [משקל] - נמדד ביחידות גרם או נגזרותיו [מיליגרם, גרם, קילוגרם טון]. הגרם הוא משקל של 1 סמ"ק מים טהורים בטמפרטורה 4° צלסיוס בגובה פני הים וברוחב גיאוגרפי 45° .
3. ממד זמן - נמדד ביחידות שניה, דקה שעה ..

המכניקה היא ענף בפיסיקה העוסק בחקר תנועות של גופים ובכוחות המחוללים את התנועה.

כאשר אנו מושכים או דוחפים גוף, הרי אנו מפעילים עליו כוח. [הכוח Force מסומל באות F]. כדי להשוות בין כוחות משתמשים במאזני קפיץ. כאשר פועל על הקפיץ כוח, המחוג נע על פני סקלה. אם תולים על המאזניים קילוגרם תקני, המחוג מארה 1 ק"ג [קילוגרם כוח].

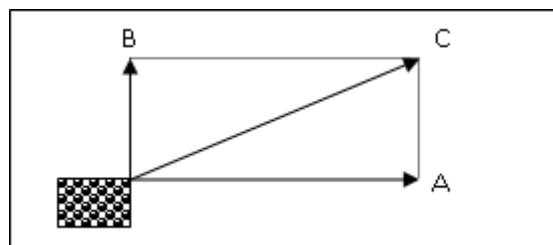
3.2 גודל עם כיוון [וקטור]

המדידות נעשות בהתאם לסוג הממד ולגודלו. לגודל הפיסיקלי יש כיוון. אם למשל נפעיל כוח בן 10 ק"ג על גוף שאינו מקובע למשטח עליו הוא מונח, הגוף ינוע בכיוון הפעלת הכוח. אם נפעיל כוח נוסף בן 10 ק"ג על אותו גוף ובכיוון ההפוך, הגוף ייעצר. מבחינים בין שני סוגי גודל פיסיקלי:

- א. גודל סקלרי - הוא גודל שיש לו מידה בלבד אך ללא כיוון [נפח טמפרטורה וכו'].
- ב. גודל וקטורי - הוא גודל שיש לו כיוון [כוח מהירות. גודל וקטורי ניתן לתאר באמצעות חץ].

השפעת כוח על הגוף עליו הוא פועל תלויה גם בנקודת האחיזה של הכוח בגוף. כאשר אנו דוחפים דלת, יעילות הדחיפה תלויה במרחק קו הפעולה של הכוח מצירי הדלת. מכיוון שגופים עליהם פועל כוח מתעוותים מעט מאד, ניתן להתייחס לכל הגופים כאל גופים קשיחים. כוח הפועל על גוף קשיח, הריחו כפועל בכל מקום שהוא לאורך קו פעולתו.

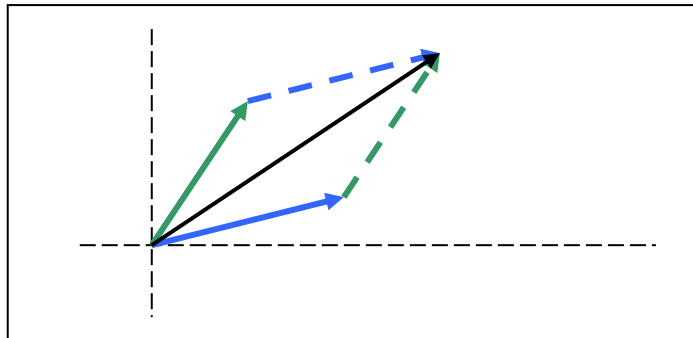
לכוח יש רכיבים. כאשר מושכים גוף בשני כוחות לכיוונים שונים, הגוף ינוע לכיוון וקטור המורכב משני רכיבים אלה. כל כוח ניתן להמיר ברכיביו ישרי הזווית.



בדרך כלל על גוף פועלים כוחות אחדים האוחזים בגוף יחדיו, בכיוונים ובגדלים שונים. קבוצת כוחות כאלה נקראת מערכת כוחות. כל מערכת כוחות ניתן להמיר בכוח השקול לה. קיימות מספר שיטות להרכבת כוחות:

- א. שיטה גרפית. על פי השיטה הגרפית, משרטטים מראשית הצירים חץ לפי קנה מידה המסמל את הווקטור הראשון. חץ נוסף מראשית הצירים משרטטים

המסמל את הווקטור השני. החיבור נעשה בשיטת "ראש זנב". בונים מקבילית שצלעותיה הן הווקטורים. מתקבלת נקודה המהווה את השקול של סכום הווקטורים.



ב. שיטה טריגונומטרית. בשיטה זו מחשבים את סכום הווקטורים על ידי חישוב הצלעות, תוך שימוש בעקרונות הטריגונומטריה.

3.3 חוקי ניוטון

מדע המכניקה מושתת על שלושה חוקי טבע שנוסחו לראשונה על ידי סר אייזיק ניוטון:

- 1) "כל גוף ממשיך במצב מנוחתו או בתנועה קצובה בקו ישר, אלא אם כן ייאלץ לשנות מצב זה על ידי כוחות הכפויים עליו".
- 2) "תאוצתו של גוף פרופורציונית לכוח השקול הפועל על הגוף, וכוונה ככיוון של שקול זה".
- 3) "כשגוף אחד מפעיל כוח על גוף שני, מפעיל השני על הראשון כוח השווה לקודם בגודל ובקו הפעולה, אך מנוגד לו במגמה". לפי חוק זה, לכל פעולה יש תגובה שווה ומנוגדת [אקציה וריאקציה].

כל גוף שואף להימצא במצב של שיווי משקל [איזון כוחות]. מבחינים בשלושה מצבי שיווי משקל:

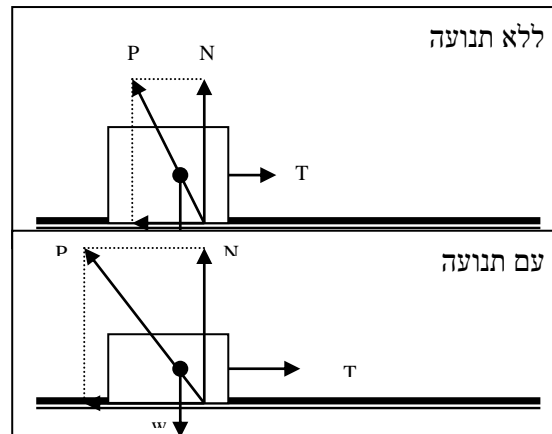
- א. **יציב.** אם הגוף מוסט ממצבו הרי שגודל כיוון וקו הפעולה של הכוחות הפועלים עליו עלולים להשתנות. אם כוחות אלה שואפים להחזיר את הגוף למצבו הקודם הרי שהוא נמצא בשיווי משקל יציב.
- ב. **רופף.** אם הגוף מוסט ממצבו הרי שגודל כיוון וקו הפעולה של הכוחות הפועלים עליו עלולים להשתנות. אם כוחות אלה פועלים להגדיל את הסטייה, הרי שהוא נמצא בשיווי משקל רופף.
- ג. **אדיש.** אם הגוף מוסט ממצבו הרי שגודל כיוון וקו הפעולה של הכוחות הפועלים עליו עלולים להשתנות. אם גם במצבו המוסט ממשיך הגוף להימצא בשיווי משקל, הרי שהוא נמצא בשיווי משקל אדיש.

3.4 חיכוך

כששני גופים מחליקים זה על זה, מפעיל כל גוף על משנהו כוח חיכוך המקביל למשטחים המחליקים. כוח החיכוך הפועל על כל גוף מגמתו הפוכה למגמת התנועה של אותו גוף יחסית לגוף השני.

כוחות החיכוך פועלים גם כשאין תנועה יחסית בין שני הגופים. כאשר בין שני הגופים אין חומר סיכה החיכוך נקרא "חיכוך יבש". בסוג כזה של חיכוך נדון. מבחינים בשני סוגי חיכוך:

- 1) חיכוך סטטי.
 - 2) חיכוך דינמי [או קינטי].
- נניח גוף שנמצא במנוחה על משטח אופקי ובשיווי משקל. על הגוף פועלים שני כוחות: משקלו [W] כלפי מטה וכוח [P] שמפעיל עליו המשטח מלמטה כלפי מעלה. נקשור חבל ונמשוך אותו בכוח תוך הגדלה הדרגתית של מתיחת החבל [T]. כל עוד אין המתיחה גדולה מדי הגוף יישאר במצב של מנוחה. שלוש הכוחות מתרכזים בנקודה אחת.



כאשר נגדיל את הכוח T הלוח והגדל, נגיע לערך גבולי בו הגוף נעתק ממקומו ומתחיל לנוע. יש, אם כן, ערך גבולי לכוח החיכוך הסטטי. מעבר לערך זה הגוף ינוע והגוף לא יהיה עוד במצב של שיווי משקל.

הערך המכסימלי של כוח החיכוך הזה הוא הכוח הנורמלי N בקירוב טוב. לכן, כוח החיכוך יכול להיות כל ערך בין 0 לבין הערך המכסימלי, וניתן לבטאו במכפלה $N \mu$. המקדם $[\mu_s]$ קרוי מקדם חיכוך סטטי. מתקבלת הנוסחה:

$$f_s \leq \mu_s N$$

כאשר הגוף מתחיל לנוע, מיד קטן כוח החיכוך בין הגוף למשטח, וערכו נשאר קבוע במשך התנועה. כוח חיכוך זה נקרא כוח חיכוך קינטי [או דינמי] או כוח חיכוך ההחלקה. כוח חיכוך זה פרופורציוני לכוח הנורמלי N . המקדם $[\mu_k]$ קרוי מקדם חיכוך דינמי. מתקבלת הנוסחה:

$$f_k \leq \mu_k N$$

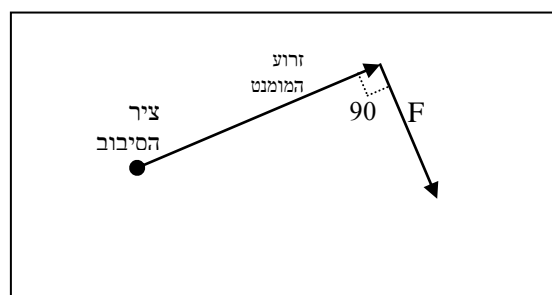
הערך של מקדמי החיכוך הסטטי והדינמי תלוי קודם כל בטיבם של הגופים המחליקים ובמידת הליטוש של משטחיהם. מהירות התנועה משפיעה גם היא על מקדם החיכוך. גודלו של משטח המגע אינו משפיע כלל על מקדם החיכוך.

מלבד חיכוך החלקה קיים סוג נוסף של חיכוך: חיכוך הגלגול. זה נוצר כשגוף אחד מתגלגל על גוף שני. חיכוך זה קטן בהרבה מחיכוך החלקה. זו הסיבה שמשתמשים בגופים מתגלגלים [כגון גלגלים, כדוריות גלילים וכו'] כדי להקל על תנועת גופים כבדים.

הגורמים של חיכוך הגלגול שונים מגורמי חיכוך ההחלקה. חיכוך הגלגול נוצר עקב עיוות הגופים המתגלגלים במקום המגע. אילו היו המשטחים המתגלגלים קשיחים לחלוטין לא היה חל בהם עיוות במקום המגע ולא היה חיכוך. מכאן ההסבר שגלגלי פלדה הנעים על פסי פלדה [רכבת] מקדם החיכוך נמוך מאד [כ- 0.02] ואילו צמיגי מכונית הנעים על משטח אספלט מקדם החיכוך גבוה בהרבה [כ- 0.7-0.9 ויותר].

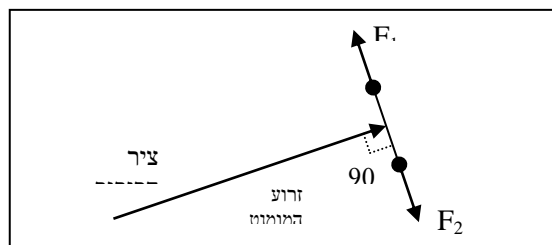
3.5 מומנט של כוח

כשכוח פועל על גוף, תלויה השפעתו על הגוף במצב קו הפעולה שלו. קו הפעולה של כוח מוגדר על ידי המרחק האנכי מנקודת ייחוס כלשהי עד קו הפעולה. בדרך כלל נדון בגופים הנעים בסיבוב סביב ציר קבוע. במקרים כאלה נקודת הייחוס היא מיקום הציר. המרחק האנכי מהציר עד קו הפעולה נקרא זרוע המומנט [או זרוע הכוח]. מומנט הכוח סביב הציר הוא המכפלה של זרוע הכוח בכוח:



פעולת הכוח F הפועלת על ציר הסיבוב באמצעות מומנט מביאה לסיבוב הציר. מקובל להגדיר מומנט היוצר סיבוב הציר עם כיוון סיבוב השעון כחיובי, ומומנט היוצר סיבוב הציר כנגד סיבוב השעון כשלילי.

כאשר על גוף פועלים כמה כוחות מישוריים, ניתן תמיד לצמצם את מספרם עד לשניים. אם הגוף נמצא בשיווי משקל חייבים כוחות אלה לקיים את חוקי ניוטון, כלומר, עליהם להיות שווים בגודל ומנוגדים בכיוון. עליהם להיות בעלי קו פעולה משותף.

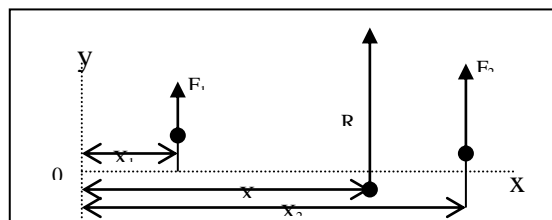


כאשר הגוף נמצא בשיווי משקל, התנאי הוא שסכום הכוחות [המומנטים] יהיה שווה ל-0.
שקול של כוחות מקבילים

השקול של מערכת כוחות מקבילים ניתן בשתי סגולות פשוטות:

- כיוון השקול ככיוון הכוחות.
- גודל השקול שווה לסכום גודליהם.

את קו הפעולה של השקול $[R]$ אפשר לקבוע מן התנאי שמומנט שלו סביב כל ציר שהוא חייב להיות שווה לסכום המומנטים של הכוחות הנתונים.



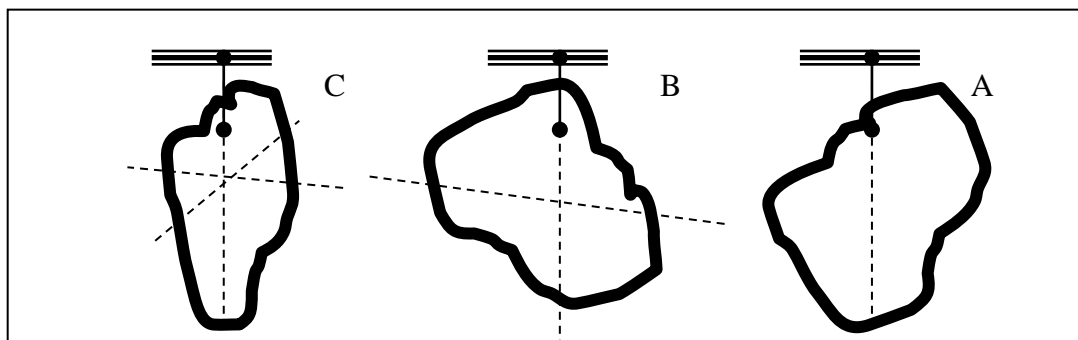
$$R = \sum F = F_1 + F_2$$

3.6 מרכז הכובד

כל חלקיק חומר של גוף נמשך אל כדור הארץ, והכוח אשר אותו אנו מכנים בשם משקל הגוף הוא השקול של כל כוחות המשיכה הללו. כיוון כוח המשיכה הפועל על כל חלקיק הוא כלפי מרכז כדור הארץ, אך הרוחק אל מרכז הארץ כה גדול עד שמבחינה מעשית רשאים אנו לראות את כל כוחות המשיכה האמורים כמקבילים זה לזה. משקלו של כל גוף הוא השקול של מספר רב של כוחות מקבילים.

קווי הפעולה של המשקל הכללי של כל חלקיקי הגוף נחתכים בנקודה הקרויה "מרכז הכובד" של הגוף. קו הפעולה של משקל הגוף עובר תמיד דרך מרכז הכובד.

סימטריה בגופים מפשטת במידה רבה את קביעת מיקום מרכז הכובד שלהם. את מרכז הכובד של גוף שאינו סימטרי ניתן למצוא בדרך ניסיונית. תולים את הגוף על וו באחת מנקודותיו A. לאחר שהתייצב בשיווי משקל מרכז הכובד חייב להימצא על קו זקוף העובר דרך נקודת התלייה A. לאחר מכן תולים את הגוף בנקודה אחרת B. לאחר שהתייצב בשיווי משקל מרכז הכובד חייב להימצא על קו זקוף העובר דרך נקודת התלייה B. לאחר מכן תולים את הגוף בנקודה אחרת C. לאחר שהתייצב בשיווי משקל מרכז הכובד חייב להימצא על קו זקוף העובר דרך נקודת התלייה C. מרכז הכובד יימצא בנקודת החיתוך של כל שלושת הקווים.



כאשר כוח פועל על הגוף דרך קו פעולה העובר דרך מרכז הכובד, הכוח גורם להעתקת תנועת הגוף בכיוון הכוח. כאשר הכוח פועל על הגוף דרך קו פעולה שאינו עובר דרך מרכז הכובד אלא בצדו, הכוח גורם בנוסף להעתקת תנועת הגוף בכיוון הכוח גם לתנועה סיבובית של הגוף.

3.7 תנועה בקו ישר

קינמטיקה היא ענף של המכניקה העוסק בתנועה ובדרכים מתמטיות לתיאורה. גוף נע משנה את מצבו ברציפות, לכן תנועה ניתנת להגדרה כשינוי רצוף במצב.

תנועה קבוצה היא תנועה כשהגוף עובר מרחקים שווים ברווחי זמן שווים.

מהירות בה נע גוף היא שינוי מצבו מחולק בזמן שחלף. כאשר מכונית נעה בכביש שינוי המצב הוא מרחק הנסיעה. המהירות היא מרחק הנסיעה מחולק בזמן. היחס בין מהירות, מרחק וזמן מבוטא בנוסחה {1}:

$$S = V \times t$$

או אם נשנה את נושא הנוסחה נקבל:

$$V = \frac{S}{t}$$

או אם נשנה את נושא הנוסחה נקבל:

$$t = \frac{S}{V}$$

מכיוון שבמצבאות אין רכב נוסע במהירות קבועה במדויק אף פעם, אלא מהירותו מורכבת ממהירויות רגעיות, מחשבים **מהירות ממוצעת** של רכב שעובר לאורך קטע דרך בפרק זמן מסוים:

$$\bar{V} = \frac{S}{t}$$

ובשינוי נושא הנוסחה:

$$t = \frac{S}{\bar{V}}$$

ובשינוי נושא הנוסחה:

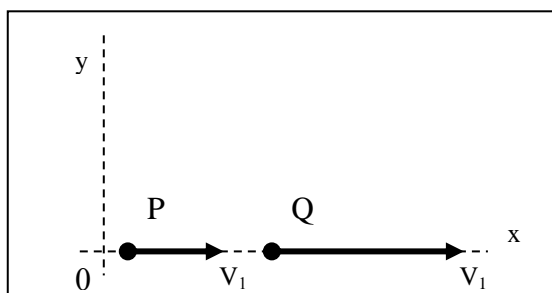
$$S = \bar{V} \times t$$

3.8 תאוצה

גוף אשר מהירותו איננה קבועה נע בתנועה מואצת [או בתאוצה]. תאוצה [Acceleration] יש לגוף בין אם מהירותו גדלה ובין אם היא קטנה ובין אם היא משנה את כיוונה. התאוצה, אם כן, היא קצב השתנות המצב עם הזמן [קצב השתנות המהירות עם הזמן].

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

יש לציין שהפרש המהירויות הוא הפרש וקטורי [עם כיוון] ויש לקבוע אותו לפי הכללים של מציאת הפרש וקטורי. אם השינוי במהירות הוא חיובי אז גם התאוצה חיובית ומגמתה ימינה. אם השינוי במהירות הוא שלילי, כלומר, המהירות הולכת וקטנה, הגוף מאט את מהירותו וגם התאוצה שלילית והיא נקראת תאוצה.



תנועה שוות תאוצה היא כאשר המהירות משתנה בקצב שווה כל הזמן. התאוצה נקראת אז תאוצה קבועה. נוסחת התאוצה הקבועה היא:

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$$

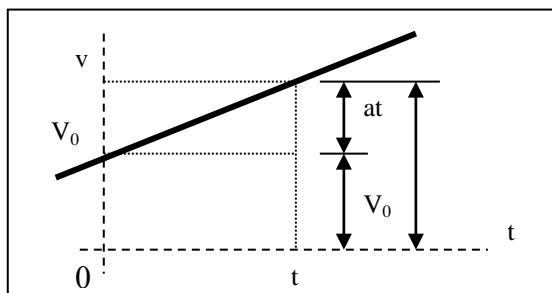
כאשר רכב מתחיל תנועתו בתאוצה קבועה מעמידה, המהירות ההתחלתית של הרכב היא $V_1 = 0$. גם הזמן בו החל הרכב את תנועתו מוגדר כזמן $t_1 = 0$. לכן, עבור רכב שמתחיל תנועתו מעמידה, ניתן לרשום את הנוסחה:

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - 0}$$

ובשינוי נושא הנוסחה התקבל {2}:

$$V = V_1 + at$$

התאוצה a היא קצב ההשתנות הקבוע של המהירות, כלומר, היא מביעה את השינוי במהירות בכל שניה. t הוא הזמן בו מתרחש השינוי במהירות. המכפלה at מביעה את השינוי הכולל שחל במהירות במרווח הזמן t . אם מוסיפים את השינוי הזה למהירות ההתחלתית v_0 מקבלים את המהירות הסופית.



כדי לחשב מרחק שעובר הרכב על פי תאוצה ידועה ומהירות התחלתית ידועה נציב את נוסחת התאוצה שקיבלנו בנוסחת המוצא:

$$S = \bar{V} \times t$$

מכיוון שנוסחת המהירות הממוצעת היא:

$$\bar{V} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

ניתן לרשום את המשוואה {3}:

$$S = \frac{V_1 + V_2}{2} \times t$$

נציב את נוסחת התאוצה:

$$S = \frac{V_1 + V_2 + at}{2} \times t$$

לאחר צמצום המשוואה {4} :

$$S = v_1 t + \frac{1}{2} at^2$$

נפתח נוסחה שתיתן את הקשר בין המרחק S המהירות V והתאוצה a ללא נתון הזמן. נוסחת המוצא [3] :

$$S = \frac{V_1 + V_2}{2} \times t$$

ובנוסחת התאוצה [2] :

$$V = V_1 + at$$

בשינוי נושא הנוסחה :

$$t = \frac{V - V_1}{a}$$

נציב את נוסחת הזמן בנוסחת התאוצה :

$$S = \frac{V_1 + V}{2} \times \frac{V - V_1}{a} = \frac{V^2 - V_1^2}{2a}$$

ונקבל את הנוסחה {5} :

$$V^2 = V_1^2 + 2as$$

3.9 נפילה חופשית

הדוגמא השכיחה ביותר לתנועה בתאוצה קבועה היא תנועת גוף הנופל חופשית ארצה. בהיעדר התנגדות האוויר, נופלים כל הגופים בנקודה מסוימת על כדור הארץ בתאוצה שווה ללא תלות בגודלם או במשקלם. תאוצה זו נקראת תאוצת הכובד וסימנה g. תאוצה זו מקורה בכוח המשיכה שפועל בין כדור הארץ לבין הגוף הנופל. כיוון הנפילה הוא אל מרכז כדור הארץ.

מניסויים פסיקליים שנערכו במקומות שונים על פני כדור הארץ נמצא שתאוצת הנפילה החופשית היא 9.81 מטרים בשנייה בכל שניה. כלומר, בכל שניה גדלה מהירות תנועת הגוף בכיוון מרכז כדור הארץ ב- 9.81 מ"שני נוספים.

תאוצת הכובד g משמשת כיחידת תאוצה להשוואה. אף שתופעת הנפילה החופשית מכוונת אל מרכז כדור הארץ, משתמשים בערך התאוצה [הגדלת המהירות ביחידת זמן] גם לתאוצות בכיוונים אחרים [כמו מעוף כלפי מעלה, מעוף אופקי, מעוף זוויתי כלשהו וכו']. אם תאוצת מטוס היא 39 מ"שני/שני בקירוב, ניתן לומר שתאוצתו גדולה פי 4 מתאוצת הנפילה החופשית ולכן, ניתן לרשום את תאוצתו כערך 4g.

ניתן לכתוב את המשוואות שפיתחנו קודם כאשר ערך התאוצה g מוצב במקום ערך התאוצה a :

$$V = V_0 + gt$$

$$S = \frac{V_0 + V}{2} \times t$$

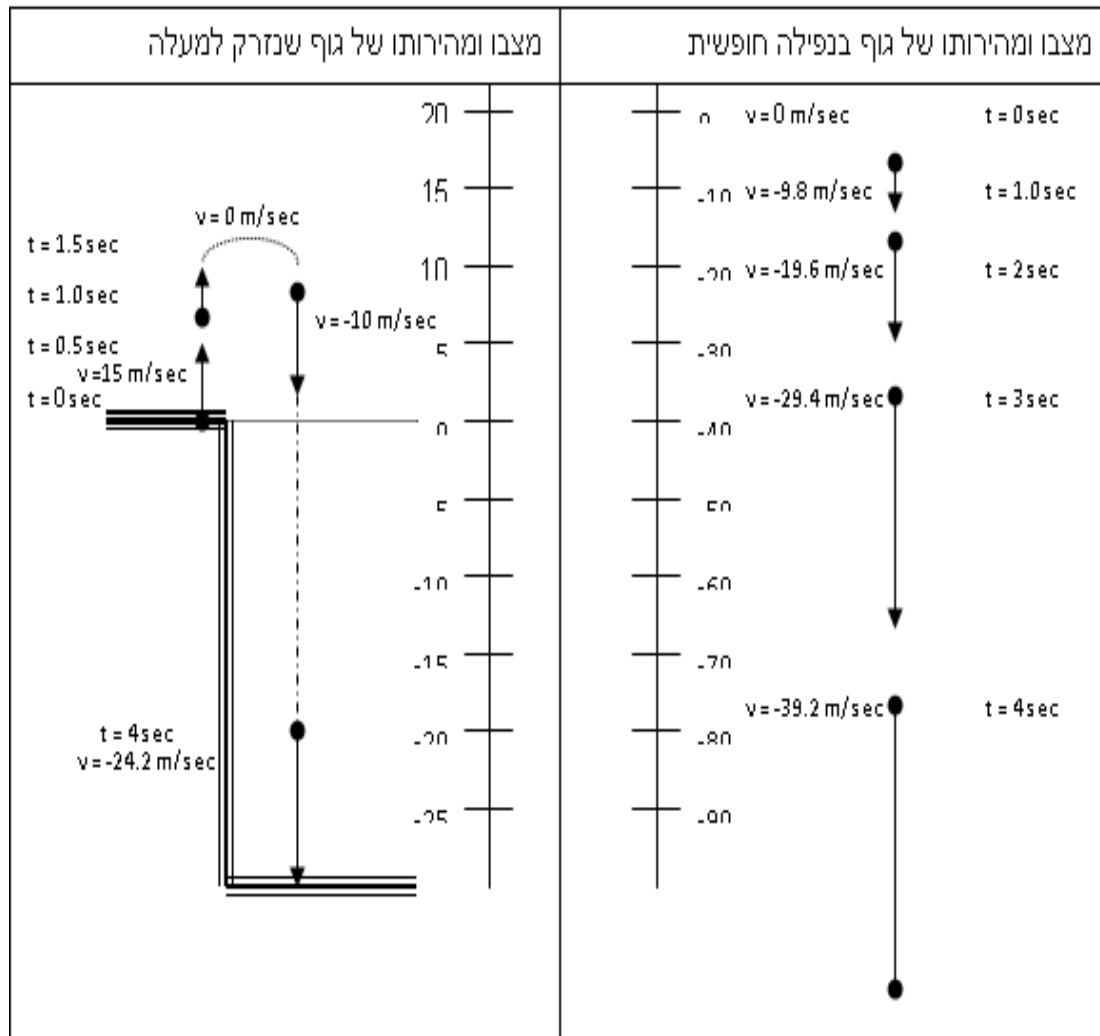
$$S = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2$$

$$V^2 = V_0^2 + 2as$$

בשימוש בנוסחאות האלה יש לנקוט בכללים הבאים :

א. התנועה מתנהלת לאורך הציר y.

- ב. מרחקים מעל לציר x נחשבים תמיד לחיוביים.
- ג. מרחקים מתחת לציר x נחשבים תמיד לחיוביים.
- ד. מהירויות שמגמתן מעלה תמיד נחשבות חיוביות.
- ה. מהירויות שמגמתן מטה תמיד נחשבות שליליות.
- ו. תאוצת הכובד g נחשבת תמיד 9.81.

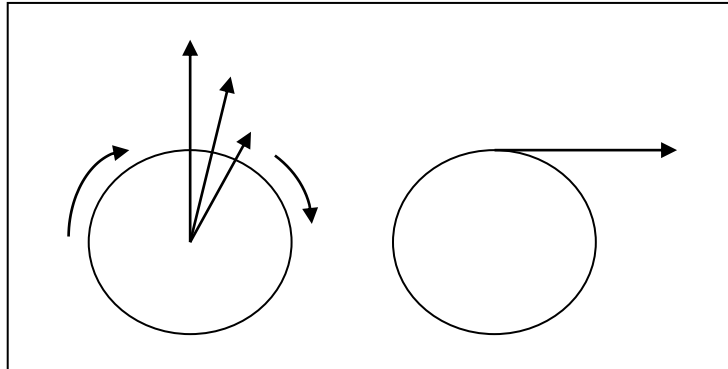


גוף נזרק אנכית כלפי מעלה במהירות התחלתית 15 מ"שני. מאט את מהירותו עד למהירות 0. לאחר מכן מאיץ לכיוון הקרקע בתאוצת נפילה חופשית.

גוף אחר נעזב מאחיזה בגובה 0 ונופל חופשית כלפי מטה. כעבור 1 שניה מהירותו 9.81 – מ"שני. כעבור 2 שניות מהירותו 19.62 – מ"שני. כעבור 3 שניות מהירותו 29.43 – מ"שני וכן הלאה.

3.10 כוח צנטריפוגלי

על גוף הנע בתנועה מעגלית מתפתח כוח המנוגד לכוח הצנטריפטי שגורם לגוף לשאוף ולברוח מן המרכז. הכוח הזה נקרא "צנטריפוגלי" [כוח הברחי]. מה שיוצר את התנועה המעגלית הוא השקול של הכוחות. באיור משמאל, מודגם שקול הכוחות הצנטריפטלי והצנטריפוגלי, והתנועה המעגלית. בצד ימין, לאחר הפסקת הכוחות הגוף נע בכיוון המשיק למעגל.



3.11 עבודה ואנרגיה

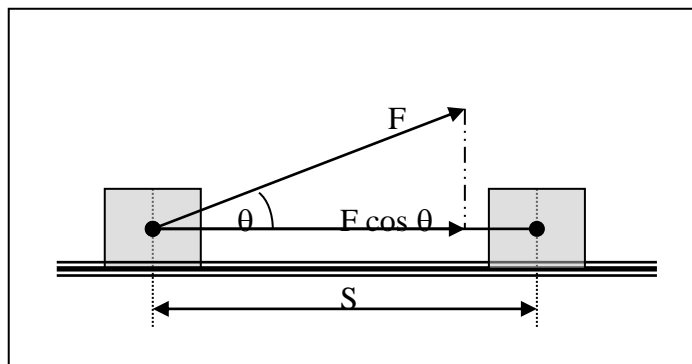
בחיי יום יום המילה עבודה מציינת כל צורה של פעילות המצריכה מאמץ שרירי או שכלי. בפיסיקה, **העבודה** W שנעשית על ידי כוח עד שנקודת האחיזה של הכוח זזה לאורך דרך S . עבודה היא מכפלת הדרך ברכיב הכוח שבכיוון הדרך.

עבודה היא גודל סקלרי השווה למכפלת 3 גורמים:

F - הכוח הפועל על הגוף.

S - הדרך שעובר הגוף כתוצאה מהכוח.

$\cos \theta$ - הזווית בה פועל הכוח.



עבודה נעשית רק כאשר הכוח פועל על הגוף שנע כך שלכוח יש רכיב בכיוון תנועת הגוף. אם כיוון רכיב הכוח הוא בכיוון תנועת הגוף העבודה היא חיובית. אם רכיב הכוח מנוגד לתנועת הגוף העבודה היא שלילית. אם הכוח פועל בניצב לכיוון התנועה, אין לכוח רכיב בכיוון התנועה והעבודה שווה 0.

שתי שיטות להגדרת עבודה:

(1) שיטת מ.ק.ש - יחידת הכוח היא ניוטון ויחידת הדרך היא מטר [ניוטון - מטר].

(2) שיטת ס.ג.ש - יחידת הכוח היא דין ויחידת הדרך היא סנטימטר [דין - סנטימטר].

ניוטון מטר אחד [או בשמו האחר **ג'אול**] הוא העבודה הנעשית כשכוח קבוע בן ניוטון אחד פועל על גוף הנע מרחק של מטר אחד בכיוונו של הכוח.

כאשר על גוף פועלים כוחות אחדים, העבודה הכוללת של כל הכוחות הפועלים על הגוף שווה לעבודתו של שקול הכוחות.

עבודה ואנרגיה קינטית

גוף נע למרחק S ומהירותו גדלה מ- V_1 ל- V_2 . תאוצתו מחושבת לפי הנוסחה:

$$V_2^2 = V_1^2 + 2as$$

או בשינוי נושא הנוסחה:

$$a = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2S}$$

הכוח השקול F הפועל על הגוף הוא $P \cos \theta - f$, ומן החוק השני של ניוטון נשתמש בנוסחה:

$$F = m \frac{V_2^2 - V_1^2}{2S}$$

כלומר:

$$FS = \frac{1}{2}mV_2^2 + \frac{1}{2}mV_1^2$$

המכפלה FS היא העבודה W של הכוח השקול F. הכמות $\frac{1}{2}mv^2$ היא חצי מכפלת מסת הגוף בריבוע מהירותו [אנרגיה קינטית]. ולכן:

$$Ek = \frac{1}{2}mV^2$$

עבודה של הכוח השקול הפועל על גוף, שווה לשינוי באנרגיה הקינטית של הגוף.

$$W = Ek_2 - Ek_1 = \Delta Ek$$

כמו עבודה, גם אנרגיה קינטית היא גודל סקלרי. האנרגיה הקינטית של גוף נע תלויה אך ורק בגודל של המהירות ולא בכיוון בו נע הגוף. השינוי באנרגיה הקינטית תלוי רק בעבודה שנעשתה [במכפלה $W = F \cdot S$] ולא בערכים בודדים של F ושל S. אם ידועים המסה m ומהירויות V_1 ו- V_2 אפשר למצוא את העבודה של הכוח השקול מתוך חישוב השינוי שחל באנרגיה הקינטית, מבלי לדעת את ערכם של הכוח השקול F ושל הדרך S.

אם העבודה W חיובית, כי אז האנרגיה הקינטית הסופית גדולה מן האנרגיה הקינטית ההתחלתית. האנרגיה הקינטית של הגוף גדלה. אם העבודה שלילית, כי אז האנרגיה הקינטית של הגוף קטנה. כאשר העבודה שווה 0 האנרגיה הקינטית נותרת קבועה.

4. צמיגים⁴

אם הבלמים של רכב פרטי מיושמים עם מקסימום כוח, הגלגלים לא מיד ינעלו וסימני צמיגים לא נשארים מיד על פני השטח. הבלמה ברכב פרטי יכולה להתקיים בארבעה שלבים :-

(1 בלימה מקסימלית שבו הגלגל עדיין מסתובב. יעילות בלימת שיא הושגה אין סימני חיכוך שהושארו על פני הכביש.

(2 בלימה מקסימלית שבו הגלגל לפני נעילה.

(3 הגלגל נעול והצמיג הוא כעת מחליק על פני הכביש. סימני 'הצל' נותרים על פני הכביש.

(4 הגלגל נעול עדיין ומחליק והטמפרטורה של הצמיג הגיע לשלב שבו, בתלוי בהרכב של פני השטח -כביש, יישארו סימנים בהיקף ובכמויות משתנות של חומרים מומסים על פני השטח.

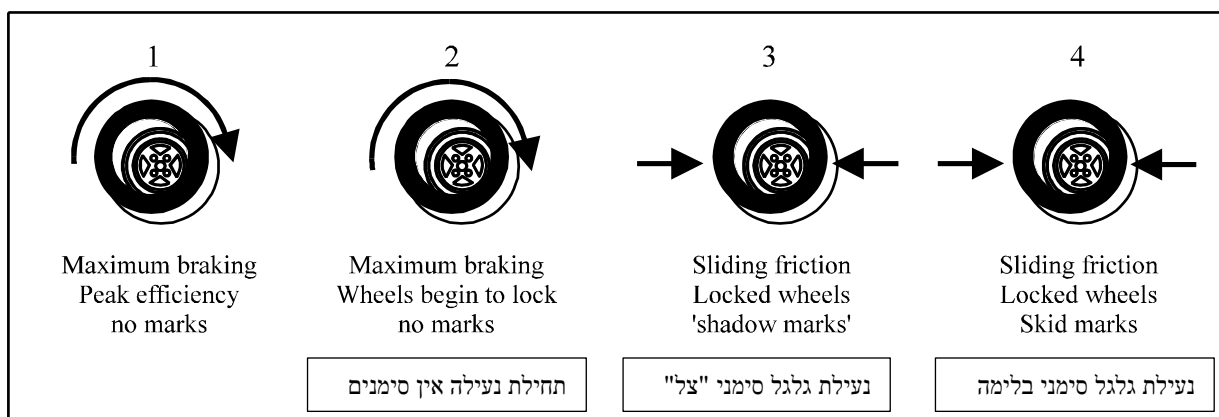


figure 3.1

אם רכב בלם והחליק עד לעצירה, הרכב למעשה היה בתאווה והפחית במהירות עוד לפני שסימני החלקה נותרו על פני הכביש. משמעות הדבר היא כי כל מהירות מחושבת לאחר מכן לא תיקח בחשבון את המהירות שרכב איבד לפני שהשאיר את סימני החלקה.

יש צורך להסתכל מקרוב על פני הכביש מזוויות שונות, על מנת לוודא כי תחילתו של סימן הצמיג, כוללים סימני צל.

השלב שבו סימני צמיגים יהיו גלויים ישתנה עם הסוג של משטח כביש. לדוגמא, בחלק ממשטחי אספלט, נקודת ההתכה היא נמוכה למדי, ובוודאי נמוכה בהרבה מנקודת היתוך גומי הצמיג, וסימנים יישארו מוקדם יותר מאשר צמיג החלקה על משטח בטון.

דפורמציית הצמיג.

"הצפיפות" של סימני צמיגים על פני הכביש משתנה עם שטח מגע והכוח שהונח עליו. לדוגמא, אם צמיג מנופח ועמוס בצורה נכונה, הכוח עליו משתרע על פני שטח רחב של מגע. עם זאת, עם צמיג בעומס יתר או מחוסר אוויר, עיוות הצמיג מתרחש כאשר הלחץ מרוכז לכיוון הקצוות החיצוניים שלו במידה כזו הגורמת לשינויים בטמפרטורה בצמיג ושוני בסימני צמיגים הנראים על פני הכביש.

⁴ WEST MIDLANDS POLICE CRASH INVESTIGATION TRAINING עמוד 19

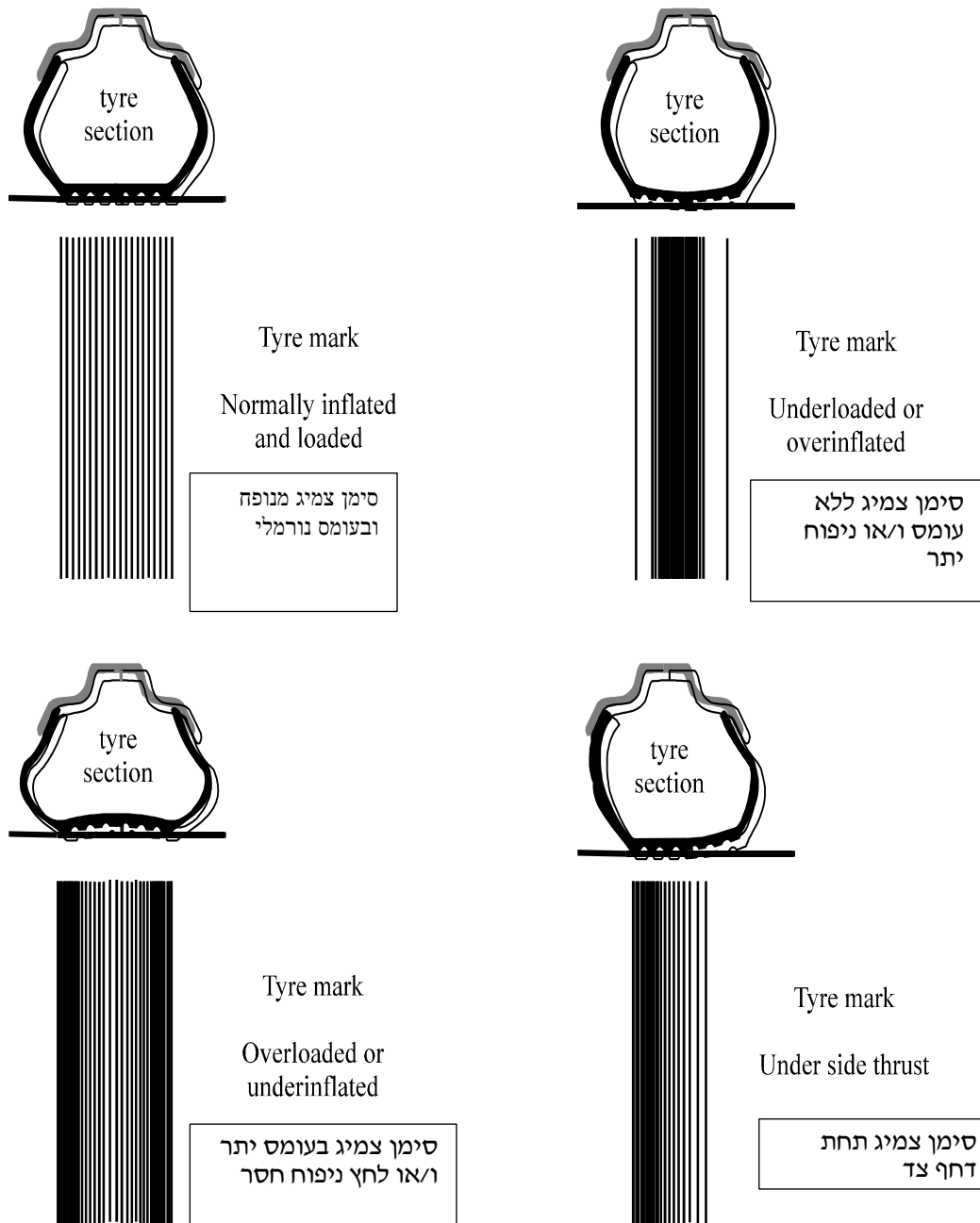


figure 3.2

4.1 תקציר בנושא צמיגים - מבנה וסימון הצמיג⁵:

הצמיגים ברכב :

לצמיג הרכב תפקיד חשוב, הצמיגים ברכב מקשרים את הרכב אל הכביש והם אלה המאפשרים לו לנסוע בבטיחות ובנוחות. צמיגים משפיעים על אחיזתו של הרכב במהלך זינוק ומשפיעים על מרחק הבלימה, הם משפיעים על אחיזת הרכב בסיבובים וכמובן גם על נוחות הנהיגה.

צמיגים לא תקינים או לא מתאימים משפיעים באופן ישיר על התנהגות הרכב ועלולים לגרום לתאונות דרכים.

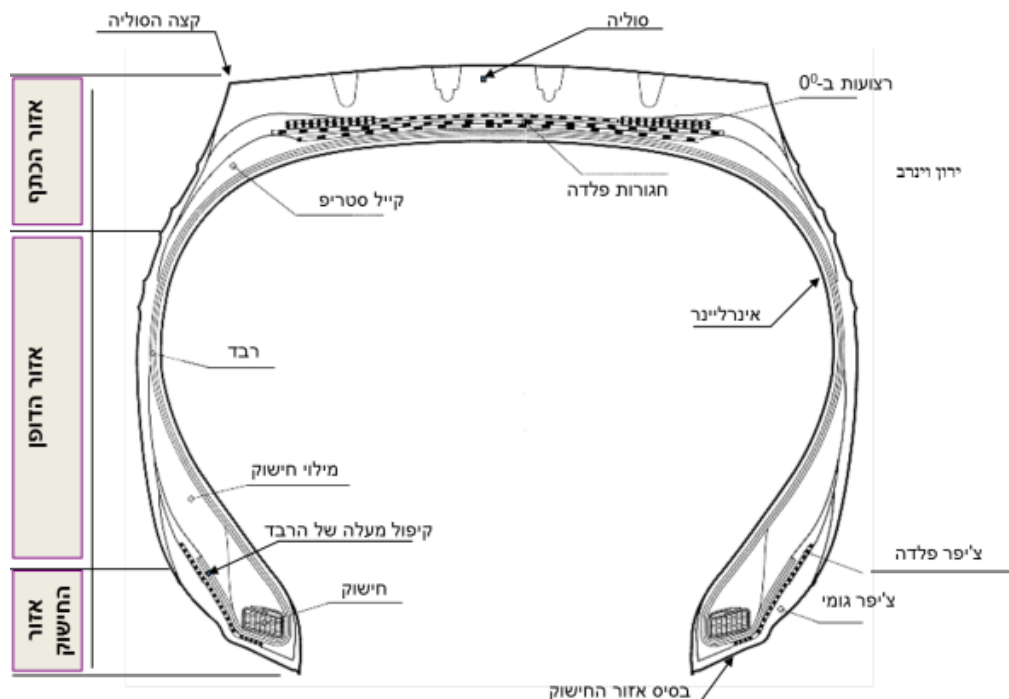
מבנה הצמיג :

מבנה הצמיג בנוי משלושה חלקים עיקריים: כתף דופן וחישוק.

צמיגים מודרניים נקראים צמיגים רדיאליים, נטולי אבוב פנימי, הצמיג הרדיאלי בנוי מבדי כותנה ארוגים ומגוממים המונחים בצורה רוחבית מעקב לעקב כלפי ציר האופן מבלי להצטלב כלל או בהצטלבות קטנה. חגורות הצמיג בנויות מחומרים סינטטיים שונים או חוטי פלדה בהתאם לתכנית בניית הצמיג.

סולית הצמיג באה במגע ישיר עם הכביש ומקשרת בין שאר חלקי הצמיג והרכב, סולית הצמיג בנויה מתערובות גומי שונות כימיות וגומי טבעי או סינטטי, יצרן הצמיגים מייצר תערובות שונות לסוליות בהתאם ליעוד הצמיג, תערובות אלו נשמרים כסוד תעשייתי. חריצי הסוליה מיועדים להתנגדות ולהחלקה ולניקוז הרטיבות.

עקב הצמיג הוא אזור המגע בין הצמיג לאופן ובנוי מחוטי פלדה משובחים אשר עברו תהליך כימי המבטיח הידבקות טובה של החוטים לגומי ולשאר חלקי הצמיג.



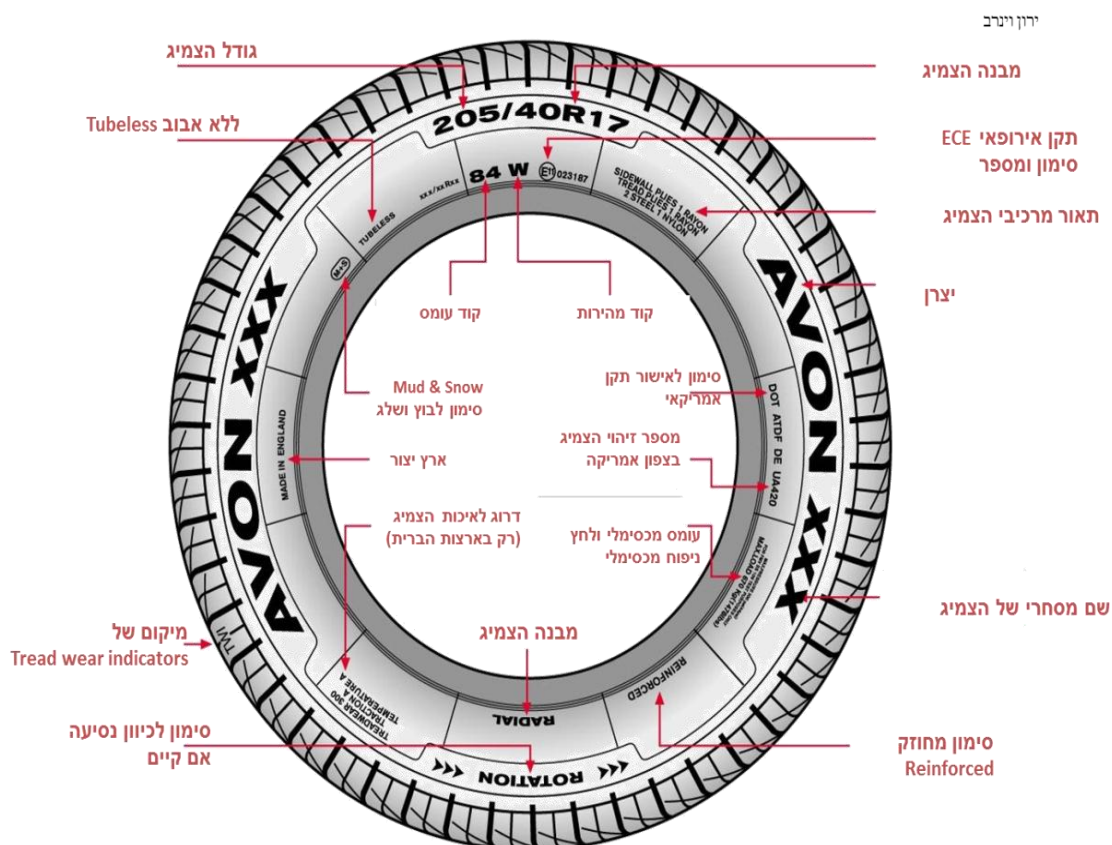
⁵ נערך ע"י רפ"ק ירון ויינרב ק' בוחנים ת"א 2014

סימון הצמיג

מידות הצמיג נגזרות מצמיג ללא עומס המורכב על חישוק ומנופח ללחץ האוויר המומלץ.

סימון הבסיסי המופיע על הצמיג הוא מידת הצמיג והחישוק.

דוגמא : המספר 205 מציין את רוחב הצמיג במילימטרים. המספר 40 מציין באחוזים את גובה דופן הצמיג ביחס לרוחבו. 17, מציין את קוטר החישוק באינצ'ים. (כל אינץ' שווה ל-2.54 סנטימטרים). האות R מציינת כי מבנה שלד הצמיג הוא רדיאלי.



טבלת קודי סיווג מהירות מירבית מותרת לצמיג :

$$150 = N$$

Q=160

R=170

S=180

T=190

U=200

H=210

 $V=240$

$W=270$

$$Y=300$$

ZR=מעל 300 קמ"ש . (טבלת קודי עומס ניתן למצוא בחומר המקצועי שברשותנו).

4.2 מידע מהכביש - סימני החלקה/בלימה⁶ מתוך פרק - 4 מידע מהכבישים- חלק א': סימני החלקה/בלימה סטאנאר בייקר .

מטרה

חוקרי תאונות דרכים רבים מצפים שמשהו יספר להם מה קרה בכמה תאונות קטלניות לא נשאר מי שיספר. במקרה כזה כל מה שאתם יודעים לגבי מה שקרה צריך להילמד מחקר התוצאות של התאונה. במקרים אחרים, נהגים או הולכי רגל באמת לא יודעים מה קרה ומה שהם אומרים הוא בדרך כלל מדמיונם. לפעמים מה שאומרים לכם הוא שקרי.

אולם, אתם יכולים להשיג מידע חשוב ומהימן לגבי תאונות דרכים על ידי חקירת הכביש אחרי התאונה. חלק מהעובדות ניתן להשיג רק בדרך זו.

מטרת פרק זה הוא להסביר מה לחפש בכביש, מה המשמעות של הדבר ואיך לתאר נכון את מה שראיתם.

פרק זה יכיר לכם כמה תופעות יוצאות דופן שאחרת אתם עלולים שלא לזהותן.

היקף

בדיקת כביש מיוחדת נחוצה בדרך כלל רק לתאונות דרכים קטלניות או חמורות. אתם יכולים להחשיב את חקירת הכביש כאיסוף מידע נוסף בזירת תאונת הדרכים (חקירת תאונות דרכים ברמה שנייה) וכחיפוש מידע עדכני כשהדבר דרוש (חקירת תאונות דרכים ברמה שלישית).

הזמן הטוב ביותר לבדוק את הכביש הוא בזירת התאונה או בזמן המוקדם ביותר לאחר ההתרחשות. אך אם הדבר בלתי אפשרי, תאלצו להסתדר בדרך הטובה ביותר שתוכלו, על ידי בדיקת תמונות ואפילו חקירת אנשים שראו את הכביש לאחר התאונה.

כל תאונת דרכים משאירה סימן פיזי של מה שקרה. אם תוכלו לגלות ולפרש את הסימנים נכונה, לא יהיה ויכוח לגבי סימנים פיזיים אלו. הסימנים אינם יכולים להסביר כל מה שהתרחש בתאונה, אך הם יכולים לעיתים קרובות לחזק הצהרות של עדים ומעורבים, להוכיח או להפריך תיאוריות לגבי מה שקרה, ולהוביל אל כיווני חקירה נוספים. כמה סימנים שנותרו על הכביש הם כל כך בולטים שכל אחד בזירה הבחין בהם. אולם, רק המעטים שראו אותם יכולים לספר עליהם אחר כך. מבט אקראי על סימנים במיסעה אינו מספיק עבור חוקר. אתם חייבים לחפש אחר סימנים נסתרים כמו שפופים, שריטות וכתמים שימחקו זמן קצר אחר כך. אתם חייבים לבדוק כל אחד בזהירות על מנת לסווג אותם. אם הסימנים מורכבים או חשובים, אתם לא יכולים לסמוך על זיכרונכם כדי לתאר אותם מאוחר יותר. תעדו אותם באמצעות צילום, מדידות מדויקות או שניהם. דאגו שתיעודכם יהיה עובדתי. אם אתם משיגים מידע מתמונות או מצופים אחרים, תדאגו לציין זאת בבירור. הימנעו לדווח על עדויות שמיעה והנחותיכם שלכם כעובדות.

תעדו מידע לגבי הכביש לאחר תאונת דרכים תחת ארבע הכותרות הכלליות, שגם משמשות כחיפוש מידע לגבי אנשים וכלי רכב.

1. זיהוי מקום התאונה

⁶ פרק - 4 מידע מהכבישים- חלק א': סימני החלקה/בלימה 1 Traffic Collision Investigation . בשנת 2002 Stannard Baker תורגם ע"י סנ"צ אילן ידגר.

2. תיאור הכביש

3. תנאי הכביש בזמן התרחשות התאונה

4. תוצאת (השפעת) התאונה על הכביש

סמני החלקה / בלימה

יותר מידי אנשים, בכללם כמה "חוקרים", מקדישים תשומת לב מעטה להבדלים בין סמני צמיג על הכביש. הם נוטים לקרוא לכולם סמני החלקה/בלימה. זה לא עובד! עליכם ללמוד לזהות סוגים שונים של סימנים הנגרמים מתאונות בכביש, ולהשתמש במונחים המתאימים כדי לתאר אותם.

הגדרות

סימן צמיג הוא סימן שנוצר על הכביש או על משטח אחר על ידי צמיג ברכב. אתם יכולים בקלות ללמוד להבחין בהבדלים בין שני הסוגים הכלליים של סימני צמיג:

1. סימן חיכוך צמיג הוא סימן שנוצר כשצמיג מחליק או גולש משפשף את הכביש או משטח אחר.

2. סימן מוטבע הוא סימן על פני השטח שנוצר ללא החלקה על ידי צמיג מסתובב.

יש נטייה להתבלבל בין שני הסוגים העיקריים של סמני החיכוך:

1. **סימן החלקת בלימה**, הוא סימן חיכוך של צמיג שנוצר מצמיג שגולש מבלי להסתובב על כביש או על משטח אחר. גלישה יכולה להיווצר כתוצאה מבלימה, נזק מהתנגשות או לעיתים נדירות מנסיבות אחרות.

2. **סימן שפשוף**, הוא סימן חיכוך של צמיג שנוצר על ידי צמיג שהוא בו זמנית מסתובב ומחליק על כביש או על משטח אחר.

. מאפיינים של סימני צמיגים אלו ואחרים מסוכמים במוצג 1

קחו בחשבון סמני החלקת בלימה תחילה. הם נפוצים ובולטים. מרבית הסימנים שתראו מייצגים שיטות התחמקות מוצלחות. הרכב בלם עד לעצירה לפני התנגשות.

ישנם אנשים המכנים סימני החלקה כ"גומי שרוף". הדבר מטעה. הסימן השחור על מיסעת אספלט הוא **בדרך כלל** חומר ביטומני (זפת או אספלט) שהתרכך על ידי חיכוך שגרם לחוס שמר את החומר על המשטח כשהצמיג החליק. על מיסעת בטון, בה אין חומר ביטומני למרוח, סימני חיכוך מכילים בדרך כלל חלקיקי חומרים שהוסרו מהצמיג עקב משטח מיסעה שחוק.

(הערת עורך הספר: כיום יכולים להיות מקרים **בוזדים** בהם תתבצע נעילת גלגל בבלימת חירום הגורמת לחיכוך "שריפת" הגומי – עדות לכך ניתן לראות בצמיג עצמו המשופשף בחלק אחד שבא במגע עם המיסעה).

שריפה ואפילו ריכוך חמור (של סוליית הצמיג) כמעט ולא מתרחשים בצמיגים רגילים.

אורך חיים של סימני החלקה:

יתכן וישאלו אתכם, או אתם עלולים לתהות, כמה זמן מחזיקים סימני החלקת בלימה. התשובה היא, כמובן, "תלוי בנסיבות". תנאים העלולים להשפיע על אורך חייהם של סימני החלקה הם:

- סוג הסימן
- מזג אוויר
- כמות התנועה

- תיקונים בכביש או בנייה.

- לפעמים מאפיינים מיוחדים של צמיגים.

עד כה, בחנו בעיקר הבדלים במרחקי החלקה. עכשיו, זכרו שצמיג מחליק אינו תמיד מותיר סימן החלקה מכיוון שמספר משטחים יראו סימני החלקה ברורים ומשטחים אחרים יראו מעט ואפילו לא יראו כלל.

אזי ארבעה גורמים יגרמו להבדל באורך סימני ההחלקה שנוצרו בו זמנית:

1. **טמפרטורה:** גומי חם בצמיגים וכביש אספלט ביטומני חם משתפשים בעת החלקה בקלות רבה יותר מאשר בקור. שילוב זה יוצר סימנים כהים יותר.
2. **משקל:** צמיג הנושא משקל כבד יותר על הכביש, ימרח יותר חומר ממשטח הסוליה שלו מאשר צמיג שאינו נושא משקל רב כל כך. לכן הוא יוצר סימן כהה יותר. חזית עמוסה יותר תיצור יותר חום חיכוך. הדבר מגביר את טמפרטורת המשטח וגורם לאותו אפקט המצוין בסעיף 1, למעלה.
3. **חומר הצמיג:** צמיגים מסוימים רכים יותר מאחרים ולכן, ייצרו סימני החלקה בקלות רבה יותר בזמן החלקה. צמיגי מרוץ שעוצבו לכוח גרירה גבוה יוצרים סימני החלקה בולטים יותר בזמן החלקה.
4. **עיצוב טביעת/סולייית הצמיג:** במצב של מטען ולחץ אוויר זהה, לצמיגים בעלי חריצים צרים יותר יש שטח מגע רב יותר על משטח הכביש מאשר צמיגי שלג, לדוגמא, שהינם בעלי מרווחים רחבים יותר בתבנית הטביעה. עם משקל המתרכז במקום קטן יותר, טמפרטורת החיכוך גדולה יותר, ויוצרת את התופעות המוזכרות בסעיפים 1 ו 2- למעלה.

4.3 זיהוי סימני חיכוך צמיג

קיימים סוגים שונים של סימני צמיגי שניתן למצוא בזירת התאונה :

1. סימן טביעת צמיג (Impression tire marks).
2. סימן החלקת בלימה (Skid mark).
3. סימן סטייה / החלקת צד (Yaw mark) "סימן דחיפה".
4. סימן הטבעת צמיג על בגד או על גוף.
5. סימן האצה (Acceleration marks).
6. סימן צמיג לא מנופח (Underinflated tire marks).
7. סימן צמיג מנופח יתר (Overinflated tire marks).
8. סימן נסיעה על צמיג לא מנופח (Deflated or blow-out tire marks).
9. סימן חיכוך התנגשות.
10. סימן חיכוך כתוצאה מדילוק החלקה, ניתור, מהמורות.

מוצג 1. מאפייני סימני צמיג

סמני החלקה/ בלימה	סמני החלקת צד/ דחיפה	שפשוף האצה	סמני נקר	סמנים מוטבעים
1	2	3	4	5
תנועת גלגל	גלישה, ללא גלגול	גלגול והחלקה	סיבוב, ללא החלקה	סיבוב, ללא החלקה
פעולה	בלימה	הכוונה/ היגוי	האצה	ללא
מספר סימנים מרכב בעל 4 צמיגים	בעיקר 4, גם 1, 2, 3	בעיקר 2, גם 1, 3, 4	רק 1, לעיתים נדירות 2	בעיקר 1, גם 2, 3, 4
צמיגים ימניים ושמאליים	חזקים באופן שווה	החיצוני חזק יותר	שווים, אם יש 2 סימנים	לעיתים נדירות 2 סימני נקר
צמיגים קדמיים ואחוריים	קדמיים חזקים יותר	שווים בדרך כלל	רק גלגלים מונעים	ברורים באופן שווה
רוחב	אם יש, כמו הצמיג	משתנים מאינץ' (2.54 ס"מ), לרגל (30 ס"מ)	כמו הצמיג	סמני טביעת שפת צמיג
התחלה	בדרך כלל פתאומיים	תמיד חלשים	חזקים או הדרגתיים	תמיד חלשים
סוף	בדרך כלל פתאומיים	חזקים	הדרגתיים מאוד	בדרך כלל הדרגתיים
חריצה	תמיד מקבילה לסימן	תמיד אלכסוניים או לרוחב	מקבילים לסימן	ללא
פרטים אחרים	הקצוות החיצוניים חזקים לעיתים קרובות	ייתכן וייראו תלמים אלכסוניים	קצוות חיצוניים חזקים לעיתים קרובות	קצוות חיצוניים חזקים יותר
אורך	30 ס"מ עד 166 מ'	3 מ' עד 67 מ'	15.5 ס"מ עד 15.5 מ'	16 מ' עד 16.7 מ'

4.3.1 סימן טביעת צמיג [Impression Tire marks]

סימן טביעת צמיג הוא סימן שנותר על משטח תנועת הרכב כתוצאה מצמיג מתגלגל באופן חופשי בכיוון תנועת הרכב, ומטביע את צורת המדרס על המשטח. מבחינים בשני סוגים של טביעת צמיג :

1. הטבעת עומק - תבליט - של תעלות מדרס הצמיג [Impression tire marks]. הטבעה זו נוצרת בזמן תנועת הצמיג המתגלגל על משטח רך כמו כורכר, חול, אדמה וכו'.



2. הדפסת תבנית דפוס של מדרס הצמיג [Tire prints]. הדפסה זו מתאפשרת בשלושה מצבים שונים :

- א. על משטח קשה, כגון אספלט, בטון וכו'. כאשר המשטח רטוב, מלוכלך משמן או בוץ או חול, וכד'.
- ב. על משטח קשה ובהיר, כגון אספלט יבש ודהוי, כאשר הצמיג מלוכלך מבוץ, שמן, וכד' או מים ביציאה משלולית.
- ג. כאשר צמיג חם מאוד ונע על גבי משטח כביש חם, וכשהרכב עמוס במטען כבד ואף בעקומות קלות.

מדרס צמיג נוסעים רגיל, וכן צמיג לרכב כבד, עשוי תעלות לאורך היקף הצמיג ותעלות לרוחב המדרס. תעלות האורך עשויות על פי רוב בצורת "זיג - זג" והמטרות העיקריות של התעלות הן ניקוז מים שעל פני הכביש משטח המגע של הכביש והצמיג וקירור הצמיג באמצעות זרימת האוויר. תעלות האורך מקושרות ביניהן בתעלות רוחב בצורות שונות כפי שתכנן היצרן, ותפקידן הוא לעזור בסילוק המים לצדדים ולעזור בקירור הצמיג.

ישנם צמיגי עבודה לכלי רכב שטח ועבודה וטרקטורים, להם מדרס בעלי צלעות רוחביות ואלכסוניות, המיועדות לשיפור אחיזה בקרקע אדמה או חול. ולהם אין תעלות קירור וניקוז.

כעבור תקופת עבודה צמיג של רכב נפגם במקומות שונים באמצעות חריצים, חתכים ו"פציעות" של החלק החיצוני של הגומי. פגיעות אלה משנות את "זהות" הצמיג בזמן הטבעת צורת המדרס שלו. סימן טביעת הצמיג על המשטח עליו נע הרכב יהיה בעל צורה דומה לצורת המדרס והתעלות, וכל פציעה בגומי המדרס תבוא לידי ביטוי בהטבעה.

4.3.2 סימן החלקת בלימה (Skid mark)

סימן החלקת הבלימה (או כפי שהוא נקרא סימן בלימה) נוצר בשל החלקת צמיג שאינו מתגלגל על משטח הדרך בכוח ההתמדה של הרכב, ויוצר כוח חיכוך המתנגד לתנועה. האנרגיה הקינטית שבתנועת הרכב הופכת לאנרגיה של חום וכך נבלם הרכב. החום הרב נוצר בעיקרו במשטח המגע של מדרס הצמיג עם משטח הכביש והוא שיוצר את סימן הצמיג. על פי גרסת רוב המומחים, הצמיג מתחמם ופרודות משטח פניו החיצוני נמרחות על משטח הכביש ומשאירות סימן. על פי גרסת מומחים אחרים החום ממס את שכבת הביטומן החיצונית שעל פני הכביש ומורח אותה על גרגרי האגרגט. לדעתי, סימן החלקת הבלימה נוצר כתוצאה משילוב שני המנגנונים [המסת הגומי והמסת הביטומן ומריחתם בכיוון התנועה על גרגרי האגרגט]. לסימן החלקה צורה וצבע אופייניים לסוג הצמיג והרכב ומצבו. בסימן החלקה ניתן למצוא את "מריחת" הביטומן והגומי תוך השארת פסים שמקורם בתעלות הניקוז האורכיות. תחילת הסימן בצבע בהיר יותר וסופו בצבע כהה יותר.

כאשר צמיג מחליק על משטח אספלט, בהחלקת בלימה, שלא באותו כיוון אליו הגלגל מופנה, מתקיים אותו תהליך של יצירת חוס והמסה, אלא שאין הבחנה בתעלות הניקוז של הצמיג משום שבעת מריחת החומר על המשטח התעלות לא היו בכיוון מקביל להתקדמות הצמיג.

סוגי סמני החלקה/ בלימה⁷

סמני החלקה נראים שונים, תלוי בסוג המשטח ותנאיו. לדוגמא, על אספלט "מדמם" וחם, סמני החלקה יראו כמו כתם שחור כבד, בעל סמני צלעות (מוצג 2), בעוד שעל מיסעת בטון קרה ויבשה, יופיע סימן כמעט בלתי נראה בצורת שביל לבנבן (מוצג 4). סימן בלימה טיפוסי נראה במוצג 3. סימן החלקה הוא בדרך כלל חריץ. עומק החריץ תלוי ברכות החומר. הצמיג 6 ו-1, המחליק מושך חומר חופשי לפניו ולצדדיו, החומר שהוזז ממקומו יוצר תלמים (מוצגים 5 ו-7). תחתית החריץ מוקשה יותר בדרך כלל, והופכת אותו ליוצא דופן.

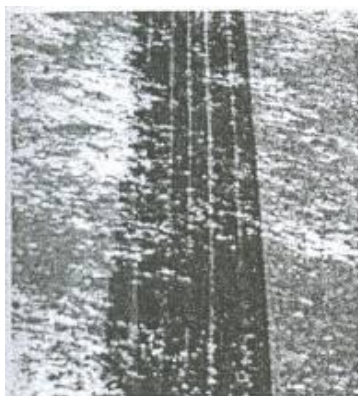


Exhibit 2. On bleeding bituminous pavement, a skidmark may be very black.



Exhibit 3. A typical skidmark on bituminous pavement is clearly visible.



Exhibit 4. On Portland-cement concrete, skidmarks may be nearly invisible.



Exhibit 5. In loose material, a skidmark becomes a shallow furrow. The left wheels are skidding on the pavement while the right wheels are in loose material.



Exhibit 6. Skidding on turf tends to tear the grass from its roots in the furrow.

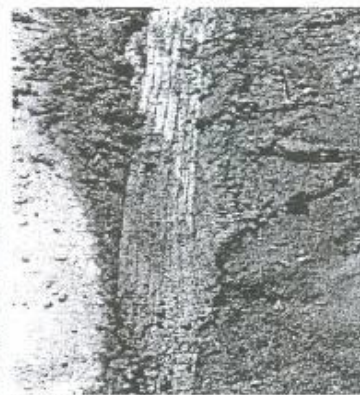


Exhibit 7. Skidding furrows in mud or snow tend to be smooth in the bottom. They may be quite deep.

- מוצג 2. במיסעת אספלט מדממת, סימני החלקה יהיו שחורים מאוד
- מוצג 3. סימן החלקה טיפוסי נראה בבירור על מיסעת אספלט.
- מוצג 4. סימני החלקה על בטון יכולים להיות כמעט בלתי נראים.
- מוצג 5. בחומר רך, סימן החלקה הופך לחריץ רדוד. הגלגלים השמאליים מחליקים על שולי הכביש המהודקים בשעה שהצמיגים הימניים נמצאים על חומר רך.
- מוצג 6. החלקת בלימה על עשב נוטה לקרוע את העשב משורשיו.
- מוצג 7. סימני החלקה בבוצ או שלג נוטים להיות חלקים בתחתית. הם עלולים להיות עמוקים למדי.

⁷ פרק 4 - מידע מהכבישים - חלק א': סימני החלקה/בלימה Traffic Collision Investigation 1. בשנת 2002
Stannard Baker עמוד 113

4.3.3 סימן סטייה / החלקת צד (דחיפה) (Yow mark) (ראה הרחבה בעמוד 217)

סימן דחיפה הינו סימן חיכוך אותו משאיר צמיג רכב הנימצא בתנועת סיבסוב / החלקת צד וזאת כאשר הגלגלים מסתובבים באופן חופשי, כלומר – אינם בלומים ואינם נעולים. סימן החלקת צד של צמיג מאופיין בתלמים אלכסוניים. התלמים האלכסוניים נוצרים בשל שלוש הסיבות הבאות:

1. הגלגל מסתובב סביב צירו.
2. הגלגל מופנה שמאלה או ימינה ביחס לכיוון תנועתו.
3. כוח צנטריפוגלי הפועל על הגלגל [על כל הרכב] מסיט את הרכב מהכיוון אליו מופנה ציר האורך של הרכב.

מהירות מסימני סטייה והחלקה צידית⁸

כאשר רכב נע לתוך וסביב עקומה פועלים עליו שני כוחות:

1. **הכוח הצנטריפוגאלי** (אינרציה), הכוח המנסה לגרום לרכב לנוע בנתיב ישר ולא לעקוב אחר העקומה.
2. **הכוח הצנטריפטאלי**, הכוח הנגדי המנסה לגרום לרכב לשמור על התנועה בתוך ועל פי העקומה.

בכדי שהרכב יוכל לעקוב אחר העקומה הנורמאלית של הדרך, יש לאזן את שני הכוחות. כלומר, שיווי משקל. אם המהירות גבוהה מידי, הכוח הצנטריפוגאלי ישלוט והרכב יסתובב, יחליק הצידה (יכנס לסבסוב) ויתכן שבכלל יעזוב את נתיב הכביש.

הכוח הצנטריפוגאלי או אינרציה. כאשר רכב נע סביב עקומה, הכוח הצנטריפוגאלי מנסה לגרום לרכב לברוח מנתיב העקומה ולנוע בקו ישר בנסיבות אלה, נדרש כוח אחר כדי לשנות את המהירות או את הכוון, כלומר לשמר את הכוון המיועד סביב העקומה. הכוח האחר הזה, הכוח הצנטריפטאלי, פועל כנגד הכוח הצנטריפוגאלי ומאפשר לרכב לעקוב אחר מסלול העקומה המיועד **אינרציה.** על פי חוק התנועה הראשון של ניוטון, "כל גוף ימשיך את מצב תנועתו האחידה בקו ישר אלא אם כן יופעלו עליו כוחות חיצוניים כך שכיוון תנועתו יוכל להשתנות". מגמה האינרציאלית של גוף להמשיך לנוע בקו ישר מוכחת באמצעות תצפית רגילה. החלקה לא קבועה של מנוע רכב בעת ביצוע ניסיון סיבוב סביב פינה מהווה הדגמה לאפקט האינרציה.

הכוח הצנטריפטאלי הוא כוח שווה ונגדי לכוח הצנטריפוגאלי הפועל על כל גוף. כאשר רכב נע סביב עקומה החיכוך בין הצמיגים ופני שטח הדרך וכן כוחות אחרים הממלאים תפקיד עקב שיפוע הכביש יוצרים התנגדות שווה והפוכה לכוח הצנטריפוגאלי הפועל על הרכב כאשר הוא ממשיך לנוע סביב העקומה. כאשר הרכב נע סביב העקומה במהירות גבוהה מידי, הכוח הצנטריפוגאלי עשוי להיות גדול יותר מאשר הכוח הצנטריפטאלי והרכב עשוי לסוב על צירו, להחליק הצידה, ו/או לנוע בקו ישר במקום לנוע סביב העקומה, ולעזוב את הכביש עליו הוא נע.



סבסוב (yaw) הוא מונח המיושם לתנועת החלקה צידית תוך כדי סיבוב - פעולה של רכב בתנועה הגורמת לסיבובו סביב ציר המסה שלו. בעת כניסה לעקומה במהירויות רגילות, הצמיגים האחוריים של הרכב פנימיים לצמיגים הקדמיים. אולם, במהירויות גבוהות מאד הרכב יתחיל

⁸ המדריך הטכני לחוקרי תאונות דרכים מהדורה 3 ספר הדרכה טכני לשחזור חקירה, נערך ע"י צ'רלס תומס, עמוד 217 שנת 2010.

להסתובב סביב ציר המסה שלו והצמיגים האחוריים יתחילו להחליק הצידה כלפי חוץ בכוון התנועה של הרכב, כאשר הם עוזבים את נתיבי התנועה הרגילים שלהם. כאשר זה מתרחש, למטרות חקירה, הסבסוב מתחיל ונחשב חיובי בנקודה בה נתיב הגלגל האחורי עובר על פני נתיב הגלגל הקדמי ומתחל לנוע החוצה מנתיב הצמיגים הקדמיים.

במהלך סבסוב, הכוחות הצנטריפוגאלי והצנטריפטאלי פועלים באופן זהה הן על הצמיגים הקדמיים והן על האחוריים. אולם, הכוחות גדולים בעיקר על הצמיג הקדמי המוביל. באזור התנועה המובילים אל מצב סבסוב חיוני, אך לפני שהרכב נכנס לסבסוב, הצמיג הקדמי המוביל ישאיר לעיתים קרובות סימן שחור צר מאוד כתוצאה ממעבר המשקל לצמיג זה כאשר הרכב נע לתוך העקומה. הסימן השחור הצר הזה של העברת משקל מופיע כקו דק ברוחב של כ- 5 ס"מ

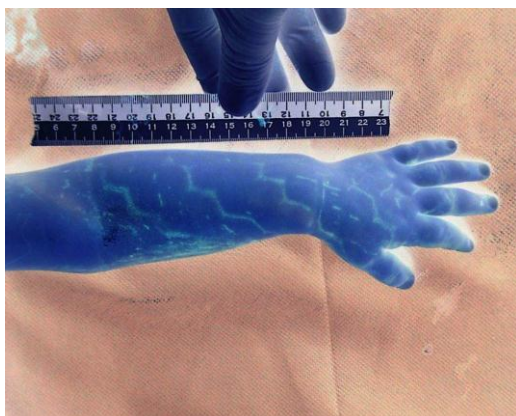
משך אורך חיי סימן סטייה / החלקת צד

סימן סטייה / החלקת צד נשאר על הכביש למשך זמן רב. בשעות הקרובות שלאחר התאונה צפוי שסימן החלקת הבלימה ייראה. קיים סיכוי שניתן יהיה למצוא את הסימן כעבור ימים מספר אם אין תנועת כלי רכב במקום. במקרים נדירים ובכביש בו אין תנועה רבה ניתן לצפות בסימן גם כעבור שבועות רבים.

4.3.4 סימן טביעת צמיג על בגד או על גוף

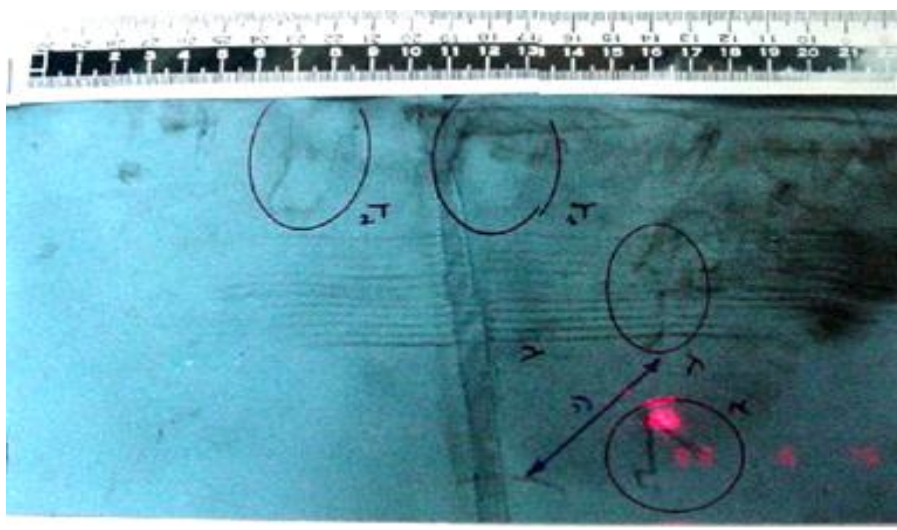
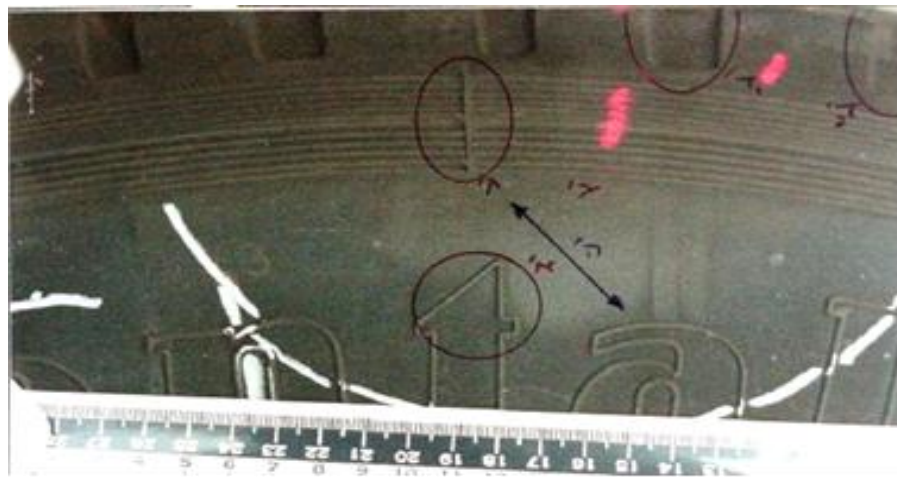
סימן שנוצר כתוצאה מצמיג מתגלגל על פני משטח שאינו חלק מהדרך אלא עולה על הנפגע. מבחינים בשני סוגי טביעת צמיג :

1. טביעת צמיג על בגד או חפץ, זו הטבעה של לכלוך בצורת "דפוס" על הבגד או החפץ.
2. טביעת צמיג על גוף נפגע, זו הטבעה של צורת מדרס הצמיג והתעלות, שגורמת לשטפי דם פנימיים, שמתפתחים כעבור זמן מה ומופיעים על פני עורו של הנפגע.



ניתן לבצע התאמה בין סימני הפגיעה בגופו של הנפגע ובין פרופיל המדרס. יש לצלם את פרופיל מדרס הצמיג במצלמה [רצוי דיגיטלית] ואת גופו של הנפגע עם שטפי הדם כאשר בשני הצילומים מציבים סרגל לשם התאמת המידות. לאחר הצילומים ניתן למדוד מרחקים בין נקודות השוואה. בשימוש במצלמה הדיגיטלית, ניתן להשוות קנה מידה ולהציב בשקף צילום על צילום להוכחת זהות בין סימני שטפי הדם ובין פרופיל הצמיג. בשיטה דומה ניתן להשוות סימני פרופיל מדרס צמיג להטבעת הצמיג על בגד של נפגע.

סימני הטבעת צמיג על בגד



משך אורך חיי סימן הטבעה על בגד או על גוף

סימן הטבעה של צמיג על בגד עשוי להחזיק מעמד זמן רב. עם הגעת הבוחן לזירת התאונה, או לבית החולים שם נמצאים בגדי הנפגע, עשוי הבוחן למצוא על בגדי הנפגע סימני הטבעת הצמיג. פעולות שימור נכונות [בסיוע מעבדת זיהוי פלילי] עשויות לשמר את הסימן ולאפשר הנצחה.

סימן הטבעה של צמיג על גופו של נפגע אינו נראה לעין בתחילה. הפגיעה היא אמנם ברקמות החיצוניות של הגוף, נוצרות פגיעות בנימים, אך שטפי הדם מתגלים בבירור רק כעבור זמן [בדרך כלל מעל שעה]. אם הנפגע חי, הסימן יטשטש ויעבור כעבור כמה שעות. אם הנפגע נפטר, קיימת סבירות שהסימנים ניתנים יהיו לזיהוי עד יממה. רצוי להנציח את סימני הצמיג על גופו של הנפגע בהקדם.

4.3.5 סימן האצה [Acceleration Scuff mark]

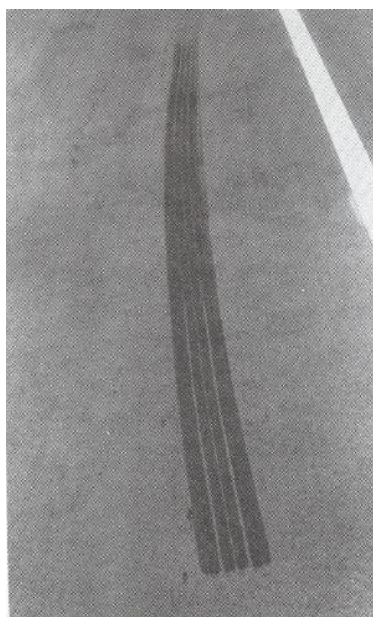
סימן שמקורו בגלגל מסתובב במהירות גבוהה יותר ממהירות תנועת הרכב. פער המהירויות גדול וגורם החיכוך נמוך המאפשר סיבוב הגלגל תוך החלקתו. בהמשך תנועת הרכב לפניו גוברת מהירות תנועה הרכב וגדל כוח החיכוך ואחידות הצמיג בכביש. הסימן מופיע בתחילת נסיעה כאשר הכוח המועבר מהמנוע דרך הגלגלים גדול בהרבה מכוח האחיזה של הצמיג בכביש.

בדרך כלל הסימן מאופיין במריחת צבע כהה בהתחלת הסימן והולך ונהיה בהיר עם כיוון תנועת הרכב בהמשך עד שמסתים. סימן ההאצה דומה לסימן החלקת הבלימה, אך קצר יותר.

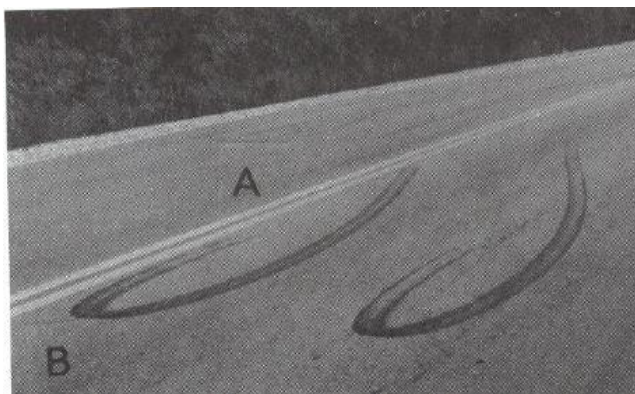
בדרך שאיננה סלולה, אלא בעלת משטח רך יותר, כמו כורכר או אדמה, יהיה סימן חפירה. בדרך חולית עלול סימן זה להיות מחפורת ושקיעה. הסיכוי שהרכב ינוע לפניו תלוי בחוזק הקרקע. ככל שהקרקע רכה יותר ומהירות סיבוב הגלגלים גבוהה יותר, כך יגדל הסיכוי שהגלגלים "יפנו" גרגרי קרקע והרכב ישקע. ככל שהשקיעה עמוקה יותר כך קטן הסיכוי שהרכב ינוע לפניו.

משך אורך חיי סימן האצה

סימן האצה נוצר באופן דומה לסימן החלקת בלימה, [אלא שבהתחלה הוא חזק יותר, והולך ונחלש בהמשך]. משך אורך החיים של סימן האצה דומה למשך אורך חיי סימן החלקת הבלימה. הוא נשאר על הכביש למשך זמן רב. בשעות הקרובות שלאחר התאונה צפוי שסימן החלקת הבלימה ייראה. קיים סיכוי שניתן יהיה למצוא את הסימן כעבור ימים מספר אם אין תנועת כלי רכב במקום. במקרים נדירים ובכביש בו אין תנועה רבה ניתן לצפות בסימן גם כעבור שבועות רבים.



[מתוך פריק]



[מתוך פריק]

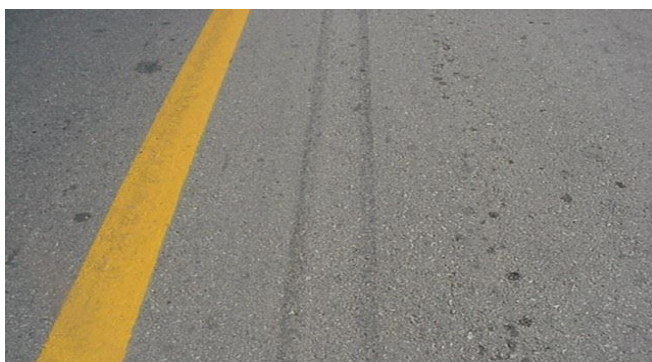
4.3.6 סימן צמיג עם לחץ ניפוח חסר / יתר

לכל צמיג יש לחץ ניפוח מומלץ על ידי היצרן, בהתאם לסוג הרכב עליו הוא מותקן, העומס המונח עליו ותנאי העבודה בהם הוא פועל. כאשר הצמיג מנופח כפי הוראות היצרן המדרס יוצר משטח מגע אופטימלי ואחיזת כביש טובה. נהגים רבים אינם מקפידים על לחץ ניפוח הצמיגים ברכב בו הם נוהגים. כאשר הצמיג מנופח שלא כפי הוראות היצרן המצב שונה. מבחינים בשלושה מצבים שונים של לחץ ניפוח צמיג שונה מהוראות היצרן:

1. לחץ ניפוח חסר.
 2. לחץ ניפוח יתר.
 3. צמיג חסר אוויר [נקר].
- בכל אחד מהמצבים האלה ניתן להבחין כאשר הצמיג מחליק לבלימה.

סימן צמיג עם לחץ ניפוח חסר

צמיג עם לחץ ניפוח חסר מאופיין בשקיעה של השוליים והתרוממות של מרכז המדרס. בעת בלימת רכב עם צמיג כזה נראים שני פסים שחורים דקים מקבילים בקצוות וללא מריחת סימן שחור במרכז [גם העמסת יתר יוצרת תופעה דומה ללחץ ניפוח חסר].



סימן צמיג עם לחץ ניפוח יתר

צמיג עם לחץ ניפוח יתר מאופיין בהתרוממות של השוליים ושקיעה של מרכז המדרס. למדרס צורת קמרון. מרכז הסימן ייראה אך לא השוליים. הסימן צר יותר מרוחב המדרס. בתוך הסימן ניתן להבחין בתלמים האורכיים של תעלות הניקוז [לא בכל התעלות]. רוחב הסימן אינו אחיד לכל אורך הבלימה.

צמיג חסר אוויר בשל נקר [Flat tire]

צמיג חסר אוויר בשל נקר משאיר בדרך כלל סימן דומה לסימן של צמיג חסר אוויר. אם הנקר קיים זמן רב לפני הבלימה והרכב נסע על החישוק [Jant] ניתן להבחין בחריצה בציפוי האספלט. בדרך כלל חריצה זו תיראה בצבע לבן בקו מקביל לסימן הצמיג השחור. המשך נסיעה על גלגל כשהצמיג אינו מנופח לחלוטין, מותירה סימן בצורת "זיגזג" שמקורו בתנועת הצמיג שמאלה וימינה.





⁹ סימן צמיג מניסוי הפרדת "סולית" צמיג חלקית. תמונה משמאל - סימן צמיג מניסוי ביצוע הפרדת "סולית" צמיג מלאה. (בשתי המצבים הצמיג נשאר עם אוויר).



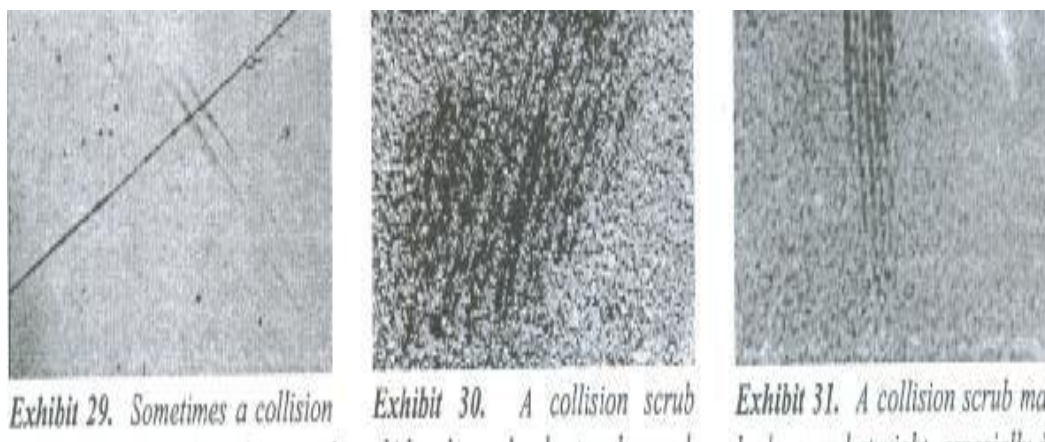
סימן צמיג מניסוי הפרדת סולית צמיג מלאה עם אובדן אוויר.

4.3.7 שיפשוף התנגשות¹⁰

סימני החלקת שפשוף אלה אינם עולים בדרך כלל על 10 פייט (3 מטרים) באורך. הם מתחילים בפתאומיות כשהנזק לרכב, ולא דווקא הבלימה, נועל את הגלגלים. הם יבלטו מאוד מפני שבמהלך התנגשות, הכוח שמפעיל הצמיג על המיסעה גדל מאוד למשך כמה רגעים. או שהם (לא בולטים אם המיסעה לא מראה בקלות סימני החלקה (מוצג 29 בסוף האימפקט, הכוח הנוסף של ההתנגשות, הדוחף כלפי מטה, משוחרר מהמיסעה כך שסימן הבלימה משנה צורתו לאחר הפגיעה, אם לאחר האימפקט הגלגל חופשי להסתובב, סימן הבלימה נעצר (מוצג 30) או משתנה לסימן שפשוף. אם הגלגלים נותרים נעולים עקב הנזק מהאימפקט, הצמיגים ממשיכים להחליק, אך (מותירים סימן בהיר יותר (מוצג 31 אם הגלגלים נופלים או נפגעים כך שהם לא נוגעים יותר בכביש, סימן השפשוף נעצר. (עמ' 124) שפשוף התנגשות משתנים בצורתם. בהתנגשויות בכיוון זהה, הם נוטים להיות (ארוכים וישרים (מוצג 31) בהתנגשות בכיוונים מנוגדים, הם יהיו קצרים ומעוקלים (מוצג 30 לפעמים, הם הסימן היחיד על הכביש שמראה את נקודת ההתנגשות (מוצג 29). בכל מקרה, הם מציינים את תנועת הצמיגים על הכביש במהלך פעולה (אימפקט) בין הרכב וחפץ אחר.

⁹ Copyright © 2013 SAE International Published 04/08/2013 2013-01-0776
A Comparison of 25 High Speed Tire Disablements Involving Full and Partial Tread Separations
¹⁰ פרק - 4 מידע מהכבישים - חלק א': סימני החלקה/בלימה Traffic Collision Investigation 1. בשנת 2002
Stannard Baker תורגם ע"י סנ"צ אילן ידגר. (עמוד 124).

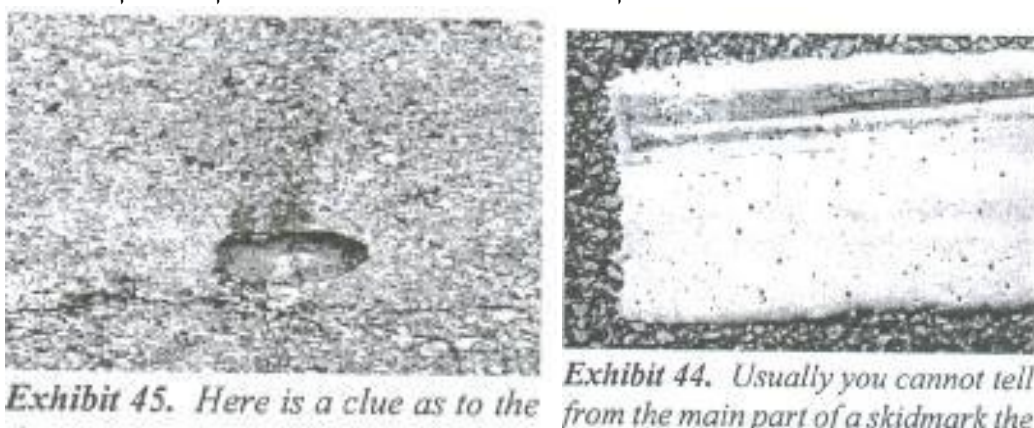
שפשופי התנגשות הם סימני החלקה אמיתיים. הגלגלים אינם מסתובבים, אבל הם גם לא בולמים, אלו הם סימני החלקה מפני שבלימה היא לא מה שעצר את סיבוב הגלגלים.



מוצג 29. לפעמים סימן החלקה השפשוף שנוצר מהאימפקט הוא הסימן היחיד למקום בו התרחשה התנגשות, לכן הוא חשוב.
מוצג 30. סימני החלקה השפשוף שנוצרו מהאימפקט יכולים להיות קצרים ומעוקלים, בעיקר בהתנגשות חזיתית.
מוצג 31. סימן החלקה השפשוף שנוצר מהאימפקט יכול להיות ארוך וישר, בעיקר בהתנגשויות בין רכבים שנסעו באותו כיוון. התרחש כשמכונית שאיבדה שליטה החליקה הצידה.

מוצג 32. סימן החלקה רוחבי בנק סימן K ו H- הצמיג הפסיק להסתובב קדימה והתחיל להסתובב אחורה. בנקודות Y- הצמיג הוא סימן סבסוב (דחיפה) של צמיג המחליק הצידה.

הערה¹¹ - כשהחלטתם וסימנתם היכן מתחילים ומסתיימים סימני חיכוך, אתם מוכנים להתחיל לתעד את אבחנותיכם. אם קראתם לסימן צמיג סימן החלקה בלימה, היו בטוחים שיש לו מאפיינים חשובים של סימני החלקה בלימה. אם יש לכם ספק כלשהו לגבי זה, היו על הצד הבטוח, קראו לו בפשטות סימן חיכוך או סימן צמיג. בכל מקרה, אתם צריכים להיות מוכנים לתאר איך הוא נראה כך שאחרים יוכלו להסכים או לא להסכים עם סיווגכם.
כיוון ההחלקה. מישוהו ירצה לדעת באיזה כיוון נע הרכב כאשר הוא יצר את סימן ההחלקה שדווחת עליו. מסימן ההחלקה לבד בלתי אפשרי לפעמים לדעת זאת (מוצג 44). לפעמים נקודות קטנות של חומר ביטומני ימרחו על המיסעה כדי לציין כיוון (מוצג 45). התחלה חלשה וסיום פתאומי יכולים לסייע להגדיר את כיוון תנועת הצמיג כשהוא יצר את סימן ההחלקה.



¹¹ פרק 4 - מידע מהכבישים - חלק א': סימני החלקה/בלימה Traffic Collision Investigation 1. בשנת 2002 Stannard Baker תורגם ע"י סנ"צ אילן ידגר. (עמוד 131).

4.3.8 דילוגי החלקה ניתור ומהמורות

משאיות סמי טריילר ללא מטען עם גלגלים נעולים יכולות לדלג או לקפוץ במקום להחליק ברצף. (מוצג 26). מרבית המקרים הללו מתרחשים בעת שימוש בטקטיקות התחמקות המצליחות למנוע תאונות. גרירה של צמיגים מחליקים גורמת לסרן להתעוות, וכך דוחסת קפיצים ודוחפת את גוף המשאית. תנופת הגוף הזה מגדילה לרגע את המשא על הצמיג והכביש, מייצרת יותר חיכוך, וגורמת לסימנים כהים. מומנטום העלייה של גוף הרכב נושא את הקפיצים והגלגלים כלפי מעלה, משחרר את המשקל על הצמיג, ומאפשר לקפיצים להתרחב, גורם לסרן לחזור למצבו הרגיל, מפחית חיכוך ויוצר סימן קל, אם בכלל. אז, כשגוף המשאית מתחיל ליפול, הגלגלים הנעולים נוחתים בחוזקה על הכביש וחוזרים על התהליך. משאיות ארוכות ללא מטען, במיוחד משאיות בעלות סרן בודד, הופכות תופעה זו לסבירה יותר ומודגשת יותר. אם יש מטען יתר על הסרן, הניתור יהיה קטן מאוד אם בכלל. בדרך כלל דילוגי החלקה מתרחשים כשבלמי המשאית לבדם מופעלים. זה אומר שהתומך והנתמך נבלמים למחצה, כך שדילוגי ההחלקה יכולים להיות ארוכים מאוד, לעיתים כמה עשרות פיט (פיט = 30 ס"מ).

ניתור יכול להופיע כשחזית הרכב נדחסת בצורה לא נורמאלית. נמצאו דוגמאות של מה שנראה כמו סוג מיוחד של דילוגי החלקה על ידי מכוניות נוסעים. סימני החיכוך משתנים מסימנים בהירים לסימנים כהים בהפסקות קבועות על המיסעה. הדבר מראה כי קיים לחץ משתנה על משטח הכביש. הדבר מצביע על כך שהשקיעה הראשונית קדימה של הרכב שהתרחשה כשהבלמים הופעלו בפתאומיות ודחסו צמיגים קדמיים וקפיצים, הייתה לא נורמאלית. הדבר גרם להותרת סימן החלקה כהה. הניתור למעלה כתוצאה מהטיית היתר הפחית לחץ על הכביש והותיר סימנים בהירים או צרים יותר. חזרה על רצף זה יוצר את תופעת החלקות הניתור.

מהמורות בכביש יכולות גם הן ליצור החלקות דילוג קצרות. סימנים אלה בדרך כלל אינם קשורים לתאונה. בורות, בליטות קטנות, פסי רכבת או עיקולים יכולים לגרום לצמיגים לדלג מעלה ומטה כאשר הם חוצים את המהמורה ובמשך זמן קצר אחר כך (מוצג 27). ניתורים אלו משנים את הלחץ על הכביש וכתוצאה מכך, את חוזקו של הסימן. דילוגי החלקה כאלה ייווצרו בדרך כלל על ידי כלי רכב קטנים. (עמ' 123) הם מופיעים בדרך כלל מגלגל אחד ומודגשים פחות ופחות ככל שהם מתרחקים מהמהמורה. מדדו את הסימן כאילו אין בו כלל דילוגים.



Exhibit 27. A tire skidding across an irregular area, such as a pavement patch or chuck hole, may bounce



Exhibit 26. Skip skidmarks are made by

מוצג 26 . דילוגי החלקה נגרמים על ידי צמיגים מחליקים של סמי טריילר עמוס במקצת. סימנים אלה נפוצים. אל תמדדו את הפערים.

מוצג 27 . צמיג המחליק לאורך שטח לא סדיר, כמו שפת מדרכה או בור, עלול לנתר כך שייוצר סימן החלקה. במקרה כזה, שני הצמיגים בצד ימין, הקדמי והאחורי, החליקו.

אל תתארו דילוג החלקה כדילוג קפיצה כתוצאה ממהמורה, אלא אם אתם יכולים לזהות את אי סדירות המשטח שהתחילה את הדילוג. דילוג החלקה שכזה הוא בעל חשיבות מועטה בהקשר

לתאונה כי הבלימה החלה לפני שנתקלו במכשול. כנראה שלמהמורה לא הייתה השפעה על השליטה ברכב שכבר מחליק/בולם.

דילוגי החלקה כתוצאה מהתנגשות מתרחשים רק בהקשר של תאונות. הם נדירים אך חשובים. הם לעיתים, אך בהחלט לא תמיד, נובעים מרכב מחליק הפוגע בחפץ כמו הולך רגל או רוכב אופניים. **ברכב בולם יש העברת משקל קדימה, כך שיש משקל נמוך מהרגיל על הצמיגים האחוריים. פגיעה בהולך רגל למשל, דוחפת את הגלגלים האחוריים אל עבר הכביש לשבירי שנייה.** הם מותירים סימן רחב יותר או כהה יותר כשהם נדחפים מטה (מוצג 28). אך צמיגים וקפיצים הם גמישים וחוזרים חזרה מיד לאחר שהלחץ משוחרר. כשהם חוזרים, ההשפעה על המשקל מופחתת וכך שהסימן הוא די חלש. הדילוג עלול להמשיך לאורך מרחק מה. כל אחד מהגלגלים האחוריים מותיר בדרך כלל סימן שכזה.

סביר כי דילוגי החלקה כתוצאה מהתנגשות יתרחשו ברכבים קטנים וקלים יותר מאשר ברכבים גדולים וכבדים יותר ולא סביר שיתרחשו במשאיות. בדקו שסימנים אלו לא נוצרו כתוצאה מאי סדירות במיסעה.

כדי למדוד דילוגי החלקה, התייחסו אליהם כאילו אין דילוגים. אל תנסו להעריך כל סימן והפערים בין הסימנים. אולם, היו בטוחים שזיהתם שאלו דילוגי החלקה בלימה.

4.3.9 מסקנות אפשריות מסימני צמיגים

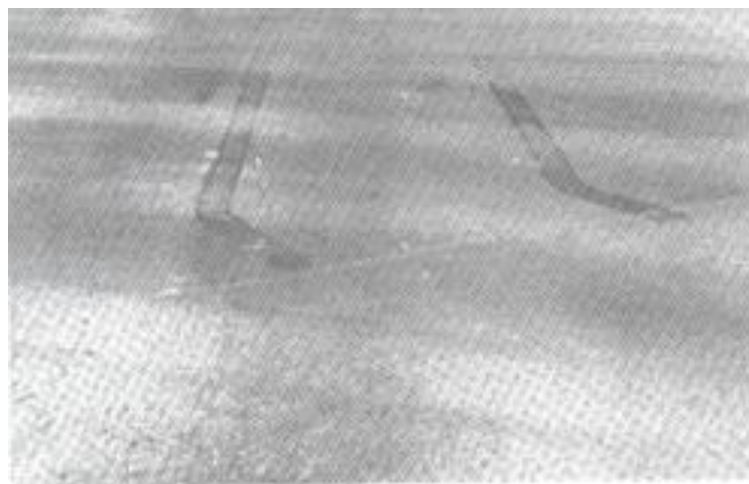
זיהוי סימני הצמיגים בזירת התאונה, מאפשר הסקת מסקנות באשר להתנהגות הרכב/נהג קביעת מהירות וביצוע שחזור התאונה. להלן חלק מהמסקנות האפשריות כתוצאה מניתוח סימני הצמיגים:

קביעת מקום האימפקט בכביש

ניתן לקבוע את מיקום האימפקט של התאונה בכביש על פי סימני הצמיגים. כאשר רכב בולם ומשאיר אחריו סימן החלקה בלימה, או רכב נמצא בהחלקה צד (Yow) ומשאיר סימן סטיית צד, הוא נע על המשטח במסלול המוכתב לו מהאינרציה הקיימת בו. העומס על הגלגלים נשאר אחיד [תלוי בעומס המקורי על הרכב ובתנאי העברת המשקל בין הסרנים והגלגלים עקב הבלימה / החלקה הצד]. מצב הצמיגים [ניפוח טמפרטורה, שחיקה ועומק תעלות הניקוז] קבוע.

כל שינוי שמקורו בכוח חיצוני על תנועת הרכב עשוי להשפיע על סימני הצמיגים.

נתיב סימן החלקה בלימה מצביע על מסלול התקדמות הרכב במהלך התאונה. התנגשות עם רכב אחר מסיטה את הרכב הבולם ממסלולו וכך סוטים סימני הצמיגים. על פני משטח האספלט נצפית סטייה חדה בסימן ["שבר"]. כיוון סטיית הסימן ממסלולו המקורי הוא עם כיוון הכוח החיצוני שפעל על הרכב עובר לתאונה. יש להבדיל בין שבר בסימן לבין מסלול קשתי של הסימן שמקורו בגורמים אחרים.



מסלול וכיוון הגעת הרכב לפני התרחשות התאונה

סימן שהשאיר הצמיג לפני מקום האימפקט מראה את מסלול תנועת הרכב. יש מקרים בהם חשוב לקביעת גורם התאונה לדעת היכן נסע הרכב ביחס לימין הכביש, ומהי זווית הנסיעה. ניתן לקבוע על פי סימני הצמיגים של הרכב המעורב מי מבין שני כלי רכב שהתנגשו בתאונה חזיתית עבר לנתיב הנגדי.

"החזרת" הרכב לאחר לנקודת התגובה של הנהג בקו ישר פחות או יותר לאחר מסימני ההחלקה, תראה לנו היכן היה הרכב כשהנהג הגיב לבלימת חירום.

מסלול תנועת הרכב לאחר האימפקט

אם מקום המגע של ההתנגשות נקבע על ידי הבוחן, ניתן באמצעות סימני הצמיגים שזוהו כשייכים לרכב המעורב, לקבוע את מסלול ההיפרדות וההתרחקות של הרכב לאחר המגע הראשוני ועד למקום מנוחתו הסופי כפי שנמצא על ידי הבוחן. למסלול התרחקות זה עשוי להיות שימוש בתהליך שחזור התאונה וניתן להסיק ממנו מסקנות משמעותיות רבות.

קביעת מהירות נסיעת כלי הרכב

לצורך שחזור תאונת הדרכים דרוש לבוחן התנועה לקבוע את מהירות תנועת הרכב עובר לתאונה. קיימות שיטות שונות לקביעת המהירות. כמה משיטות אלה מסתמכות על סימני הצמיגים שנמצאו בזירה

אופן התנהגות הרכב בתהליך התרחשות התאונה

נושא חשוב לקביעה בטרם שחזור או קביעת רשלנות נהג הוא כיצד הרכב התנהג בעת תהליך התרחשות התאונה. האם הרכב היה בתנועה קצובה ובמהירות שווה או שהיה בתאונה. אם היה בתאונה האם היה הרכב בתחילת הבלימה או באמצעה או בסוף הבלימה. במקרה של תמרון היגוי האם הרכב היה בעת הפניית גלגלים או בתנועה ישרה.

את כל אלה ניתן לקבוע בוודאות אם נראים סימני צמיגים וידועה נקודת האימפקט של הרכב בכביש ביחס למיקום סימני צמיגים אלה.

קביעת פעולות שביצע הנהג

בבחינת תאונת דרכים על ידי בוחן תנועה אחת השאלות הנשאלות היא מה עשה הנהג עובר לתאונה. האם ביצע ניסיון היגוי או בלימה, או שלא עשה דבר. מציאת סימני דחיפה מציינים כי נהג זה לא בלם וכי בעת הכניסה לעקומה היה במהירות גבוהה שלא בהתאם לתנאי הדרך, הרכב התחיל להסתובב סביב ציר המסה שלו והצמיגים האחוריים החליקו הצידה כלפי חוץ בכוון התנועה של הרכב. הכוח הצנטריפוגאלי היה גדול יותר מאשר הכוח הצנטריפטאלי והרכב סב על צירו, והחליק הצידה. גם לגבי סימני החלקת בלימה באשר לניסיון הנהג לבלימת הרכב בחירום.

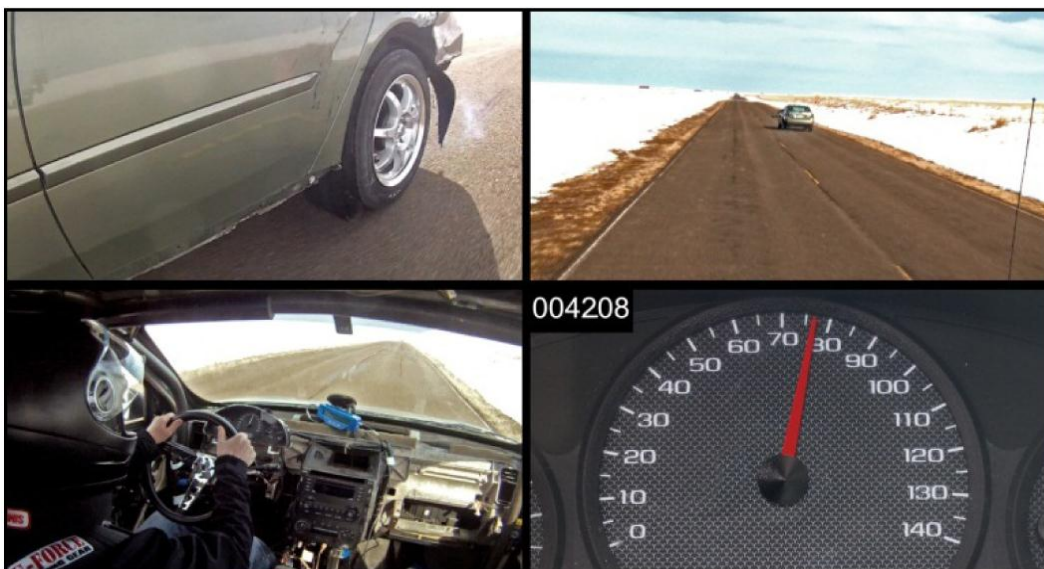
4.4 השוואה של 25 אירועי כשל צמיג במהירות גבוהה - היפרדות

רצועות באופן מלא וחלקי¹². (תורגם ע"י רפ"ק אליהו ברמי).

תקציר

אירועי היפרדות "סוליית" צמיג הנכנסים לקטגוריה של כשל צמיג, יכולים להתחלק לשתי קטגוריות עיקריות: הראשונה הינה היפרדות מלאה של ה"סוליה" (רצועות), שבו כל ההיקף של הצמיג מתפרק ונפרד מהצמיג, הסוג השני הינו היפרדות חלקית, שבו חלק מסוליית הצמיג נפרד והדש נשאר מחובר לצמיג לתקופה ארוכה של זמן. בכל מקרה, הצמיג יכול להישאר מנופח או לאבד אוויר. בספרות יחסית יש מעט מקרים של בדיקות שנערכו בין היפרדות סוליה מלאה לבין היפרדות חלקית. במחקר זה, תועדו תוצאות של 25 בדיקות מלאות וחלקיות של היפרדות צמיג, שנערכו עם מגוון רחב של כלי רכב במהירויות כביש מהיר. תועדו מקרים בהם הצמיג נשאר מנופח ובחלקן איבד אוויר. הבדיקה בוצעה על קטע כביש ישר והתמקדה בעיקר בכשל הצמיג האחורי. מהמחקר עולה כי נדרשה תגובה והתייחסות נהג בהיגוי בכדי לשמור על מסלול הרכב בנתיב נסיעה והתגובה הדינמית של הרכב במהלך הניסויים תועדו עם וידאו ונתוני הרכב תועדו. התוצאות מהבדיקות מוצגות תוך כדי השוואתם. התנהגות הרכב והישארותו בנתיב כאשר ההיפרדות חגורה הייתה חלקית הייתה זהה למקרים בהם בוצעה הפרדה מלאה של הסוליה מהצמיג. תוצאות אלו היו גם דומות לתוצאות של בדיקות הפרדה מלאה שתועדו על ידי חוקרים אחרים. בכל המקרים, הרכב נשלט בתוך הנתיב שלו באמצעות פעולת היגוי מתקנת מזערית.

איור 1 מתאר תיעוד רכב בוידאו באחד ממסלולי הבדיקה.



מבוא

במהלך העשורים האחרונים, היו מספר מחקרי כשל צמיג היפרדות "סוליה" שכללו שיטות שונות לבדיקות הצמיגים. באופן כללי, מבדקים אלו נפלו לאחת משלוש קטגוריות:

1. בדיקות צמיגי המבוצעות על מתקן לבדיקת הצמיג.
2. בדיקות רכב עם צמיגים ש"הסוליה" הוסרה מהם לפני המבחן.

¹² A Comparison of 25 High Speed Tire Disables Involving Full and Partial Tread Separations
Gray Beauchamp, Daniel Koch and Dana E. Thornton Kineticorp LLC 2013-01-0776 Copyright
© 2013 SAE International Published 04/08/2013

3. בדיקות רכב עם צמיגים שהוכנו כדי ש"הסוליה" תיפרד או שייווצר אובדן אוויר במהירויות גבוהות, עם נהג ברכב.

המחקר הנוכחי מתמקד בקטגוריה השלישית; צמיג שכושל בכביש מהיר. חמישים ושבעה בדיקות של כשל צמיג, כוללים הפרדת "סוליה" או בדיקות אובדן אוויר מהיר דווחו בספרות המקצועית משנת 1987. בסקירת הספרות דנו ובחנו, מספר אבחנות. ראשית, רוב הבדיקות התמקדו בהפרדות "סוליית" צמיג מלאה. בכל מקרי הפרדות הצמיג הנהג שלט ברכב ע"י פעולת היגוי קטנה. בספרות דווח על פחות בדיקות של הפרדות סוליה חלקית מאשר מלאה. מרבית הבדיקות בוצעו עם סוג רכב אחד, פורד אקספלורר. בכל הבדיקות הנהגים ביצעו פעולת היגוי מתקנת בכדי לשמור על הרכב שנסע בנתיב ישר או לשמור על הרכב בנתיב נסיעתו. מחקר זה מוסיף לספרות מספר מקרים של הפרדות חלקית על פני מבחר רחב יותר של כלי רכב וגם משווה את התוצאות למקרי הפרדות צמיג מלאה שבוצעו עם אותו הרכב. לא נמצאה בספרות מקרים בהם הפרדות הסוליה נגרמה כתוצאה מאובדן אוויר, במחקר זה נערכו בדיקות של הפרדות "סולית" צמיג בשילוב אובדן אוויר.

אתר בדיקה

הגישה למיקום אתר הניסוי במחקר זה הייתה מבוקרת. הכביש היה נטול פגמים. כביש האספלט היה מורכב משני נתיבים נגדיים נסיעה מופרדת בקו נתיב צהוב מקווקו. הכביש גבל משני צדי ידי עפר משופע כלפי מטה. אורכו של הכביש היה 2.1 קילומטרים והיה יחסית שטוח. משטח המבחן נבדק וחודש במהלך הבדיקות שלנו. איור 2 מתאר את פני השטח לפני התחדשות. איור 3 מתאר את אתר הבדיקה לאחר התחדשות. תנאי מזג אוויר בכל יום מבחן הם מסוכס בטבלה 1.



איור 3 : אתר המבחן לאחר חידושו.

איור 2 : אתר מבחן לפני חידושו.

רכב מבחן

ארבעה כלי רכב מיצרנים שונים שימשו בבדיקות הפרדות כשל הצמיג. כלי רכב אלה כללו שני מכוניות נוסעים, רכב ספורט ומיניוואן. כל כלי הרכב היו מצוידים עם כלוב גליל, מושב מירוף ורתמת בטיחות של חמש נקודות.

כלי הרכב שנבדקו היו כדלקמן:

שברולט מאליו ארבע דלתות. - שנת יצור 2004 דגם מליבו LT מצויד עם 3.5 ליטר, מנוע בנזין 6 צילינדרים, תיבה הילוכים אוטומטיים. הנעה קדמית. בעת הבדיקה, הרכב שקל כ £ 3270 פאונד (1 פאונד = 0.45 ק"ג) כולל מכשור ונהג, עם משקל 64% בחזית. לפני הבדיקה, המליבו נבדק במרכז שירות ונמצא במצב כשר לנהיגה. איור 4 מתאר את המלבו.



איור 4 : רכב מבחן שברולט מליבו.

פורד Expedition אקספדישן - שנת יצור 2003 מודל היצור XLT היה מצויד ב 4.6 ליטר, מנוע בנזין 8 צילינדרים וארבע-מהירות, כונן תיבת הילוכים אוטומטיים. בעת הבדיקה, הרכב שקל כ £ 5425 פאונד כולל מכשור ונהג, עם משקל מול 49% בחלק הקדמי. לפני הבדיקה, הרכב נבדק במרכז שירות ונמצא במצב כשר לנהיגה. איור 5 מתאר את הרכב ביום הבדיקה.



איור 5 : פורד אקספדישן.

דודג' קרוון - שנת יצור 2003 מודל הקרוואן SE היה מצויד ב 3.3 ליטר, מנוע בנזין 6 צילינדרים וארבע-מהירות, כונן תיבת הילוכים אוטומטיים. בזמן של בדיקת הרכב שקל כ £ 4026 פאונד כולל מכשור ונהג, עם 59% חלוקת משקל בחזית. הקרוואן נבדק לפני הבדיקה ונמצא במצב כשר לנהיגה. איור 6 מתאר את הקרוואן ביום הבדיקה.



איור 6 : דודג' קרוון.

BMW 323i בי.אמ.וו- מודל 1999 דגם BMW היה מצויד ב-2.5 ליטר, מנוע בנזין 6 צילינדרים וארבע-מהירות, גלגל אחורי-כונן תיבת הילוכים אוטומטיות. ל-BMW קדמי עצמאי ומתלה אחורית. בעת הבדיקה, הרכב שקל כ-£ 3319 פאונד כולל מכשור ונהג, עם 51% חלוקת משקל קדמי. BMW נבדק היה מצויד בבקרת יציבות (ESC). לפני המבחן, BMW נבדק במרכז שירות נמצא במצב כשיר לנהיגה. איור 7 מציג את BMW ביום הבדיקה.



איור מס' 7: BMW 323i

הכנת הצמיג לניסוי.

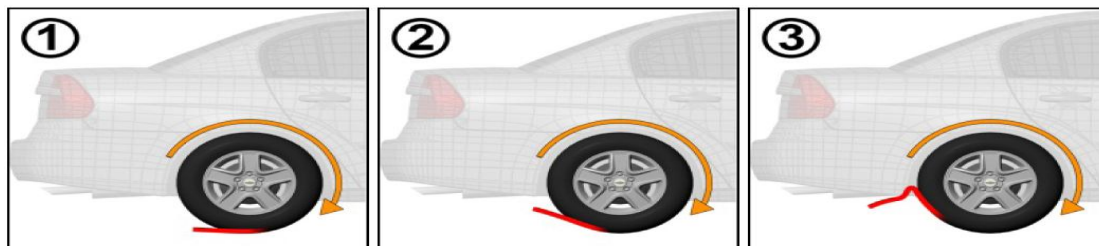
מגוון רחב של צמיגים מיצרנים שונים שימשו בבדיקות. הצמיגים הוכנו בכדי להקל ביצוע הפרדת החגורה עליונה, או באופן מלא או באופן חלקי. נעשה חתך אחד ראשון על פני הסוליה של הצמיג לאורך הטית החגורה. חתך זה עבר את מיתרי הניילון העליונים, כמתואר באיור 8. הכתף בשני צידי הצמיג נחתכה סביב היקף כל אזור הפרדות המלא או סביב אזור ההפרדות החלקי, 90 מעלות או 180 מעלות, לחלקי פרידות, כמתואר באיור 9. חתכים עמוקים לכתף היו בסדר גודל של שני אינץ', שתוכנן בכדי ליצור הפרדות סוליה בכביש מהיר. למבחני המליבו, פורד אקספדישן ולקרוון, הצמיגים הוכנו להקל הפרדות הסוליה בכיוון הנסיעה. במילים אחרות, הסוליה נחתכה כך שהיא מיועדת להתקלף מהצמיג בכיוון ההפוך של סיבוב הגלגל, כמתואר באיור 10.



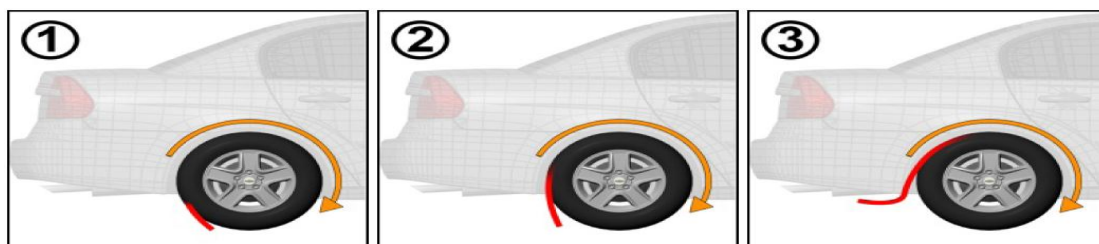
איור 9: חתך היקפי בכתף.

איור 8: דוגמא לחתך לרוחב ה"סוליה".

עבור BMW, צמיג אחד הוכן לביצוע הפרדה מלאה של הסוליה באמצעות ההליך שנדון לעיל. כמה צמיגים הוכנו בכדי שהפרדת הסוליה תהיה באופן חלקי בשני המוביל / קילוף ונגרר / הרמת כיוון. איורים 10 ו-11 מתארים את ההבדל בין הפרדות מוביל ונגרר. איורים 10 ו-11, הרכב נוסע משמאל לימין על פני הדף, ממצב 1 ל-3. בשני הדמויות, הסוליה, המצויה בתהליך של הפרדה, מצוינת באדום.



איור 10. מוביל / קילוף הפרדה



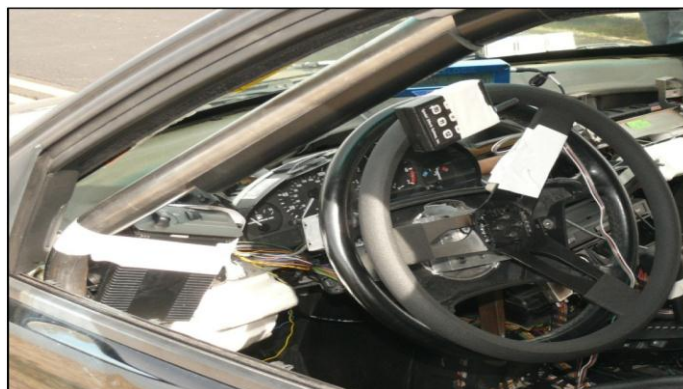
איור 11. נגרר / הרמה היפרדות

מספר צמיגים הוכנו בכדי להקל על הפרדת "סוליה" חלקית ואובדן אוויר. , כבל פיצוץ הושם בצד הפנימי של הצמיג על פני רוחבו על מנת לגרום לאובדן אוויר מהיר. חומרי נפץ תוכננו להתפוצץ ע"י שלט רחוק כאשר הרכב הגיע למהירות הבדיקה הרצויה, או לחלופין, לפוצץ בכדי ליצור הפרדת "סוליה". כמות חומר הנפץ, נקבעה באמצעות בדיקה על צמיגים נייחים, כאשר המטרה הינה הוצאת האוויר במהירות מבלי לגרום נזק לרכב. איור 12 מתאר את כבל פיצוץ על הפנים של אחד מצמיגי המבחן. איור 13 מתאר תושבת הרכבה על הצד החיצוני של השפה - חישוק.



איור 13. אבטחת הנפץ.

איור 12. כבל פיצוץ על הפנים של הצמיג.



איור 14. ציוד והשלט שהוצמד להגה.

בדיקות בקנה מידה מלאה

מכשור -כלי רכב המבחן היו מצוידים עם מכשור העתקת נתונים Racelogic. באופן ספציפי, Vbox IISX + סליפ, זווית העלרוד וההטיה, תאוצה נרשמה תוך כדי נסיעת הרכב, בסמוך למרכז כובד של הרכב. מומנט ההיגוי נרשם עם חיישן מומנט Futek. כאשר בחלק מהמקרים נלקחו נתונים מהמחשב הפנימי של הרכב. מינימום של שלוש מצלמות וידאו הוצבו בכל בדיקה. הראשונה הקליט את הנהג מתוך רכב המבחן בשיעור של 29.97 פריימים לשנייה. מצלמה שנייה הוצמדה לרכב מעקב ונרשמה תנועה של רכב המבחן שמנקודת התצפית בשיעור של 29.97 פריימים לשנייה. מצלמה שלישית הוצמדה ל מחוץ לרכב המבחן והקליט את הצמיג שנבדק ב שיעור של 120 פריימים לשנייה.

תוצאות בדיקה

בתחילה, כל כלי הרכב הגיבו בצורה דומה בכל אירועי הפרדת הסוליה. הורגש ברטט ורעש כאשר הסוליה החלה להיפרד. כאשר ה"סוליה" החלה להתקלף הרעש והרעידות החלו להתעצם. כאשר הסוליה יצרה אינטראקציה עם הקרקע הרכב משך מעט לכיוון הצד של הצמיג שכשל דש הצמיג גרם נזק משמעותי לרכב במקרים רבים. על מנת לשמור על המסלול נסיעה הנהג ניתב מעט בכיוון ההפוך. לדוגמא כאשר בוצע הפרדת "סוליה" בצמיג האחורי השמאלי, הרכב משך מעט שמאלה והנהג ניתב מעט ימינה בכדי להישאר בנתיב. במקרה של אובדן אוויר, הפנצ'ר יצר משיכה קלה שוב לכיוון צד של הרכב. מגמות ראשוניות אלה היו נכונות בכל המקרים, ללא קשר לשאלה אם באירוע מעורב צמיג אחורי או קדמי, או הייתה הפרדה חלקית או מלאה או אם הצמיג שמר על אוויר או לא. מומנט ההיגוי הנדרש כדי לשמור על כלי רכב בנתיבים שלהם היה קטן, ומעט גדול יותר ממה שנדרש בכדי לשמור על מיקום הנתיב עם ארבעה צמיגים חדשים. הכוח שפעל וגרם לסטייה במהלך אירועי כשל הצמיג היו באופן משמעותי פחותים מאשר הכוח שפעל כאשר הנהג ביצע סיבוב בחזרה בסוף מבחן הדרכים. סיכום של הנתונים שנאספו במהלך כל ניסוי מסוכם בנספח ב'. בנספח ב', משקל הרכב בעת הבדיקה כולל את משקל הנהג. עמודות המהירות מציינת את המהירות של הרכב כאשר היפרדות "הסוליה" החלה. טור הזמן מתייחס למשך הזמן מייזום האירוע (הפעלת נפץ) עד להיפרדות ה"סוליה". במספר בדיקות של הפרדה חלקית הדש של הסוליה נשאר מחובר לצמיג עד שהרכב הגיע למנוחה. היו מקרים בהם דש של 180 מעלות של "סוליה" נותר מחובר על הצמיג. הסטייה לרוחב המרבית היא התנועה לרוחב לכיוון צדו של הרכב בו היה הצמיג שכשל כתוצאה מהניסוי. סטיית כלי רכב לרוחב התרחשה בין 3 ו 27 אינץ' במהלך הבדיקה. בכל מקרה, הנהג נדרש לפעולת היגוי ולהישאר בנתיב. זווית פעולת ההיגוי המרבית התרחשה עם פעולת כשל הצמיג. כפי שניתן לראות, הנהג ביצע פעולת היגוי בין 6 ל 32 מעלות. נספחי C, D, E, F, G, H מתארים תוצאות גרפיות לכל ניסוי.

שברולט מאלבו

תשע בדיקות מוצלחות נערכו ב 19 בינואר, 2012 ופברואר 18, 2012. ניסוי מוצלח הוגדר כאחד שבו מהירות כביש מהיר הושגה לפני ביצוע היפרדות צמיג, נתוני האירוע הוקלטו בהצלחה. "סוליית" צמיג הופרדה מהצמיג כתוצאה מהניסוי. לא כל הניסויים היו מוצלחים. ב 19 בינואר 2012, כל הבדיקות היו של היפרדות צמיג מלאה בצמיג השמאלי האחורי, במהירויות שבין 60 ל- 66 מייל לשעה (1 מייל לשעה = 1.6 קמ"ש). ביום 18 בפברואר 2012, הבדיקות כללו שתי היפרדות צמיג מלאה (M02, M06) ושלוש הפרדות צמיג חלקיות (M05, M07, M08), כולם בצמיג השמאלי האחורי במהירויות בין 70 ו-80 מייל לשעה. כל הפרדות הצמיג היו בכיוון נסיעת הרכב. הפרדות צמיג מלאה מתרחשת בין 1.1 ו 5.7 שניות. באחד המבחנים של היפרדות חלקית ירד הצמיג לאחר 6.4 שניות (M07). בשני מקרים האחרים של היפרדות חלקית, הדש של הסוליה נשארו קשורים עד סוף המבחן (M05, M08). הרכב נשאר בנתיב שלו עם ביצוע פעולת היגוי פחותה מ- 32 מעלות. הסטייה לרוחב המרבית הייתה 24 אינץ', והתרחש במהלך היפרדות צמיג מלאה. במבחן היפרדות מלאה, שתי פעולות היגוי נדרשו לנהג בכדי לשמור על הרכב בנתיב שלו.

כשהסוליה הייתה יורדת מהצמיג, הנהג ניתב לימין. כאשר סוליית הצמיג שוחררה, הנהג ניתב לשמאל. בבדיקות אחרות, דש הסוליה נשאר צמוד לצמיג עד שהרכב הגיע לעצירה. בבדיקות אלו, היגוי בכיוון אחד, לצד הימין, ייצב את הרכב בנתיב נסיעתו. תוצאות הבדיקה מסוכמות בטבלה נספח ב'נספח ג' ו-ד' כוללים חלקים מבדיקות מליבו.

דיון- ראיות פיזיות בכביש

בעקבות כל ניסוי, הראיות הפיזיות שהושארו על הכביש תועדו. במהלך כל בדיקה, סימן הצמיג הבודד שהושאר נגרם על ידי צמיג בו בוצעה הפרדת "סוליה". הסימנים לא היו באופן רציף וסדיר, עם אופן המגע של הסוליה בכביש. כאשר סוליית הצמיג שוחררה מהצמיג, סימן הצמיג חדל. אם דש הסוליה נשאר מחובר, סימן הצמיג נמשך עד להגעת הרכב למהירות מופחתת במידה ניכרת. כאשר התרחש אובדן אוויר, סימן הצמיג היה שונה באופן ניכר. באופן ספציפי, הסימן עדיין לא היה סדיר, אבל יותר רציף מאשר מצבו כשהוא עם לחץ אוויר. כאשר אובדן האוויר התרחש, הקצוות של סימן הצמיג היו כהים יותר, כתוצאה של העמסת נקודות אלו מהחישוק. . איור 15 מתאר סימן צמיג מניסוי הפרדת סוליה מלאה. כפי שמתועד, סימן הצמיג מסתיים, כאשר הסולית צמיג משתחררת. את הסוליה ניתן לראות באיור 15, מעבר לסימן הצמיג. עם זאת, מיקום סולית הצמיג שקולפה לא בהכרח נמצאת במקום בו היא נפרדה מהצמיג. בכמה בדיקות, סוליות הצמיג הסתבכו עם הרכב והובלה מרחק משמעותי עם הרכב. איור 16 הוא סימן הצמיג ממבחן ביצוע הפרדה חלקית. הסוליה נשארה מחוברת במהלך כל הניסוי והסימן צמיג נמשך עד מקום עצירת הרכב. באיור 17, הצמיג איבד אוויר במהלך ביצוע הפרדת סוליה מלאה. הסימן במקרה זה המשיך מעבר למקום היפרדות הצמיג, בשל חוסר לחץ אוויר בצמיג.



איור 15. סימן צמיג מניסוי ביצוע הפרדת צמיג מלאה.



איור 16. סימן צמיג מניסוי הפרדת צמיג חלקית.



איור 17. סימן צמיג מניסוי הפרדת סוליית צמיג מלאה עם אובדן אוויר.

ראיות פיזיות לרכב

הנזק לרכב תועד לאחר כל מבחן. ניסוי אירועי הפרדת סוליית צמיג גורם לנזק משמעותי לרכב, בעיקר באזור כנף דופן אחורי. הנזק תוקן מעת לעת באמצעות חיבור עם חוט הריקון כדי לשמר את הצורה הבסיסית של הדופן. בפורד מליבו הכנף האחורי בסופו של דבר נהרס לחלוטין. איור 18 מתאר את המצב הסופי של המליבו. לא נמצאו הבדלים בזיהוי דינמיקאות רכב בתנאי מבחן מקדימים שונים. בחלק מהבדיקות, הנזק לרכב כתוצאה מהניסוי היה מזערי פגיעה בפנס רכב אחורי. במקרים אחרים, המבנה נפגע באופן משמעותי. עם זאת, תנועת כלי רכב ופעולת היגוי הנהג הייתה קטנה בכל המקרים. הנזק לרכב כתוצאה מכשל הצמיג לא היווה אינדיקטור של יכולת שליטה ברכב.



איור 18. נזק לרכב המבחן מליבו.

מספר סימני הצלפות הצמיג על הרכב לא היה אינדיקטור טוב של משך, סטיית נתיב או היגוי הנדרש. לדוגמא, בהתחשב בדיקת הקרוואן הראשונה וראשון מבחן האקספדישן. שני כשל הצמיג אירעו במשך שנייה אחת ובשני המקרים הרכב נשמר בתוך הנתיב שלו עם ביצוע פעולת היגוי קלה. שני כלי הרכב הציגו נזק לפנסים האחוריים. החלק האחורי חיצוני של האקספדישן היה למעשה נקי מסימני הצלפת צמיג לאחר הבדיקה הראשונה, כפי שמתואר באיור 19. לעומת זאת, לקרוון סימני הצלפת צמיג נרחבים על הדופן החיצוני, המשתרע מחלקו האחורי של הרכב עד לדלת צד כמתואר באיור 20. כיסוי הפגוש האחורי ודלת תא המטען האחורי גם ניזוק באופן משמעותי.



איור 19. פורד Expedition במהלך המבחן E01. איור 20: פורד אקספדישן במהלך ניסוי C01.

ראיות פיזיות של צמיגים

בבדיקות ביצוע הפרדת סוליית צמיג מלאה למלבו, אקספדישן, ו דודג', הסוליה של הצמיג ירדה בחתיכה אחת. במהלך מבחן הפרדה מלאה של BMW, הסוליה התפרקה לכמה חתיכות. באם הסוליה צמיג ירדה בחתיכה אחת או כמה חתיכות, הרכב המשיך בנתיב שלו עם התאמות היגוי קלות. בבדיקה של המליבו, הדש נשאר קשור לצמיג למשך שני המבחנים. הקצוות של הדש היו בלויים ונפגעו בהרחבה, כמתואר באיור 24. בבדיקות הפרדה חלקית אחרות, סולית הצמיג ירדה בסופו של דבר סביב כל היקפה כמתואר באיור 25. בדיקות הפרדה חלקית אחרות, הדש מנותק אבל 180 מעלות של סולית צמיג נשאר מחובר היטב, כמתואר באיור 26. כאשר חלקים של סולית צמיג נשארו על הצמיג, הורגש רטט עד שהרכב הגיע למנוחה. למרות שהרכב המשיך ישר עם פעולת הגוי קטנה או לא, הנהג היה מודע לכך שיש בעיה עם סולית הצמיג באמצעות קבלת משוב-הרטט עד להגעתו למצב עצירה.



איור 23. צמיג בעקבות ביצוע ניסוי הפרדה מלא. איור 24. צמיג בעקבות ניסוי הפרדה חלקית



איור 27. צמיג בעקבות הפרדה מלאה עם אובדן אוויר לא מכוון. איור 28. צמיג בעקבות הפרדה חלקית שנגררה עם אובדן אוויר.

מסקנות

1. בכל ניסוי הפרדת סוליה, מורגש רעש והתרחשו רעידות לפני שהרכב החל לנוע באופן רוחבי.
2. במהלך כל כשל צמיג, כוח גרר נוצר במיקום שונה של הצמיג. כוח זה היה האפקט של הובלה מעטה של הרכב לכיוון צד כשל הצמיג.
3. בתגובה למשיכת הרכב, נהגי המבחן ביצעו פעולת היגוי לצד המנוגד למיקום כשל הצמיג.
4. אם הצמיג איבד אוויר במהלך הבדיקה, כוח הגרר נשאר בצמיג שעד הרכב נעצר, אשר דרש מהנהג לבצע פעולת היגוי אחת לצד המנוגד למיקום כשל הצמיג.
5. אם סולית הצמיג מופרדת באופן חלקי והדש של הסוליה נשאר מחובר לצמיג, כוח הגרר נשאר בצמיג עד שהרכב הגיע למנוחה, דבר הדורש מהנהג לבצע פעולת היגוי אחת לצד המנוגד למיקום כשל הצמיג.
6. במהלך הפרדות צמיג מלאה, הנהג ביצע פעולת היגוי מנוגדת תחילה לצד עם כשל הצמיג. ברגע שהסוליה נותקה מהצמיג, כוח הגרר חדל, והנהג נדרש לנווט מעט בחזרה לכיוון הצד עם הכשל. הינתקות הפרדה חלקית של דש סולית הצמיג בסופו של דבר הייתה דומה להפרדת סולית צמיג המלאה בדיקות פעולת ההיגוי הראשוני נערכו לזמן ארוך יותר.
7. לא זוהו הבדלים משמעותיים בין כלי רכב המבחן במונחים של סטייה לרוחב או ביצוע פעולת היגוי.
8. ראיות פיזיות שהושארו על הרכב, כגון מספר סימני הצלפת צמיג או נזק, לא היוו מדד אמין למידת ההיגוי הנדרש או סטייה לרוחב.
9. משך אירוע הפרדת סולית צמיג לא היוו מדד אמין לסטייה לרוחב. באירועים מתמשכים הנהגים נדרשו בדרך כלל לבצע פעולות היגוי למשך זמן ארוך יותר.
10. היפרדות צמיג מלאה וחלקית נערכו במהירויות דרך מהירה עם כלי רכב שהיו עם שני סרנים מוצקים ומתלים אחוריים עצמאיים. לכל כלי הרכב ובכל סוגי כשל הצמיג, כל כלי רכב שמרו על נתיב נסיעתם עם תיקוני היגוי של פחות מ 32 מעלות.

5- קביעת מיקום אימפקט

IMPACT - נקודת מגע ראשוני (נמ"ר)(אימפקט). ההגדרה בהקשר של תאונת דרכים היא הנקודה המדויקת ברכב, אצל הולך רגל, או בכל חפץ אחר, שנוצר בו מגע / נקודת מגע ראשוני בעת התנגשות. היא יכולה להיות גם המיקום בכביש, בדרך, או בקרקע, הקרוב ביותר לנקודת המגע הראשונה בין החפצים המתנגשים. " ולעיתים "נקודת ההתנגשות מקום הפגיעה בקרקע נקרא "נקודת האימפקט נקודת מגע ראשוני ספציפית יותר מפני שהפגיעה וההתנגשות מרמזות על סדרת אירועים, שבדרך כלל מעורבת בהם תנועה בשטח במהלך תקופת זמן, בשונה מאשר מגע בנקודה. יתכן כי בתאונה נמצא או נדרש להתייחס למספר נקודות אימפקט, לדוגמא בתאונות בהן מס' התנגשויות או בתאונות בהן הרכבים מתנגשים למעט ברכבים נוספים גם בעצמים המצויים בדרך ו/או ה"ר . מקום האימפקט הוא נקודת המוצא והייחוס לשחזור התאונה . ממקום זה מוביל הבוחן את המעורבים לאחור ויכול ללמוד על מסלול ההתקרבות למקום המגע.

הממצאים שניתן להיעזר בהם בכדי לקבוע אזור/מיקום אימפקט:

1. סימני צמיגים. (ניתנה סקירה בהרחבה בפרק 4).
2. צלקות בכביש הכוללות : (בפרק 5 נדון בצלקות)
 - א. חריצים, חריטות, שבבים וקטיעות בכביש.
 - ב. שריטות, שפשופים, והטבעות צבע באספלט.
 - ג. נפולת מרכב (שפוכת).
 - ד. התזות נוזלים.
 - ה. פיזור רגבי עפר מהכנפיים.
 - ו. רסיסי זכוכית, שבבי צבע, שברי בקליט וחלקי רכב אחרים.
3. הצבעת עדים / מעורבים . (בפרק 6 נדון בעדי ראיה).
4. בפגיעה בהולך רגל- מיקום הכובע, סימן שפשוף נעל, התרחבות צמיג, שבבי צבע. (בפרק – נדון בהערכת מהירות עפ"י מרחק הטלה ומציאת מיקום אימפקט בעת פגיעה בה"ר).

(הערת עורך הספר: בפרק הקודם נסקרה בהרחבה האפשרות למציאת נקודת אימפקט מסימני צמיגים. בפרק הנוכחי נדון בממצאים נוספים שמוגדרים כצלקות בכביש מהם ניתן לקבוע אזור/מיקום אימפקט וכאשר נדון בהמשך הספר בהערכת מהירות עפ"י הטלה נדון באפשרות מציאת אימפקט בעת פגיעה בהולך רגל.)

5.1 צלקות בכביש¹³

הגדרה צלקת בכביש היא כל סימן לכך שהכביש, שול הכביש או חפץ קבוע נפגע או התקלקל בעקבות תאונת דרכים.

כיצד נגרם - כשרכב נע נפגע כך שחלקי מתכת שלו באים במגע עם הקרקע, נותרות צלקות. מעל המיסעה, צלקות אלו יכולות להיות שריטות, לעיתים בלתי ניתנות לאבחנה, שריטות שנוצרו על ידי צמיגים מחליקים או משפשים. צלקות כביש באות בשתי צורות: 1. שריטות, החודרות בקושי למשטח, כך שקשה להרגיש אותן, או את המתכת שקורצפה על משטח הכביש. 2. חריטות שחומר רב יצא מהן, כך שניתן לחוש בשקע בקלות עם אצבעות הידיים.

מאפיינים - שריטות ושפשופים נוצרים ללא לחץ רב. הם מראים היכן חלקי מתכת של גוף הרכב נגררו לאורך המשטח, או במוצג 80, אלו הן שריטות קלות. אם (G) שחלקי מתכת חזקים יותר חלפו מעל השטח. אם הסימנים צרים במוצג 80. אלו שריטות שימושיות מאוד כדי להראות היכן רכב (H) השריטות רחבות, הן מייצגות שפשופים של שטח התהפך בכביש והנתיב שחלף בו לאחר ההתנגשות. שפשופים מסייעים לעיתים קרובות באיתור נקודת המקסימום של ההתנגשות.



Exhibit 80. Scratches at G and scrares at H are light

אלו הם צלקות כביש בהירות שנוצרו על ידי מתכת לא כבדה או חזקה, H- ושפשוף ב G - מוצג 80 שריטות, בחלקו H. מספיק לחדור את פני השטח. סימנים אלה מראים את המקום בו מכונית נחתה לאחר התהפכות צבע מגג המכונית.

5.2 שריטות וחריצים

שריטות גרירה. ניתן לשרוט מיסעה בקלות על ידי חלקי מתכת כשרכב פגוע נגרר על ידי גרר לעמדה טובה יותר על מנת לחברו לגרר. חוקר הנמצא בזירה כשנוצרו הסימנים האלה, בעיקר אם הוא מבחין כי רכב הגרירה מסמן/שורט את הכביש, לא יבלבל ביניהם לבין שריטות שנעשו עקב ולאחר ההתנגשות. אבל אחר כך, בעיקר כשהסימנים נראים רק בתמונות, קל להניח כי הן צולמו מיד לאחר ההתנגשות. לעיתים נחוץ לגלות איך מבצעי גרירה התנהלו כדי להסביר סימנים שכאלו על משטח הכביש.

הן מקומות על פני המיסעה שבהם חומר מהמיסעה הוסר ע"י חלקי מתכת חזקים, כמו שלדה,

Gouges - חריטות תיבת ההילוכים ומוטות היגוי, שהוטחו בכוח על הכביש. צורתה של החריטה מרמזת על אופן יצירתה.

¹³ תרגום פרק 4 של בייקר - מידע מכבישים חלק ד' Traffic Collision Investigation עמוד 146

הם חריטות קטנות ועמוקות בהן חתיכות מהמיסעה הוסרו, כמו שניתן לעשות על ידי מעדר (מוצג **Chips- שבבים**). הן עלולות להתרחש בעיקר במיסעת אספלט. מיסעה מבטון הינה קשה מידי כדי שיוצרו בה נקבים, פרט לקצוות ולחיבורים.

(עמ' 147) פרט למיסעה רכה מאוד או מיסעה שאינה מהודקת, שבבים לא נוצרים כתוצאה ממשקלו של הרכב לבדו. המתכת הכתה את הכביש בכוח רב יותר ממשקלו של הרכב, כוח שאפשר לייצרו רק באמצעות התנגשות. לכן, נקבים שבבים נוצרים כמעט תמיד במהלך התנגשות מקסימאלית. ומותירים סימנים על הכביש, במקום בו החלק המתאים של הרכב היה בו, כשהתרחשה התנגשות מקסימאלית. קשה ולעיתים בלתי אפשרי להגדיר את כיוון התנועה של חלק המתכת שיצר נקבים שבבים, על ידי בחינת החריטה. חלקיקים קטנים ואבק עלולים להיוותר על צידו של השבב לכיוון תזוזתו של החלק, אך חלקיקים אלו הוזזו בדרך כלל או נעלמו עד הזמן שבו השבב נבדק.

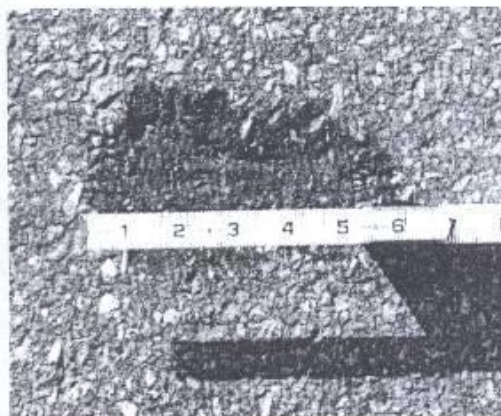


Exhibit 81. Chips of material gouged from the pavement are very helpful in determining where the forces of maximum engagement made some metal vehicle part dig into the pavement surface.

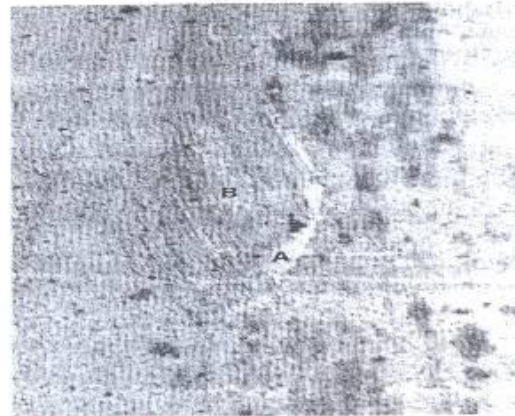


Exhibit 82. If a broad, strong metal part is forced down on the road during a collision, it chops the roadway surface. Adjacent scrapes show direction of movement of parts during collision.

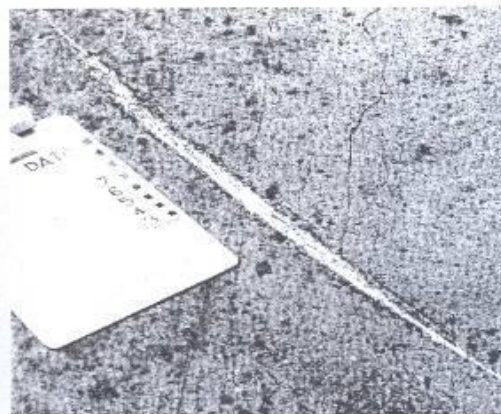


Exhibit 83. Grooves show paths of strong, projecting

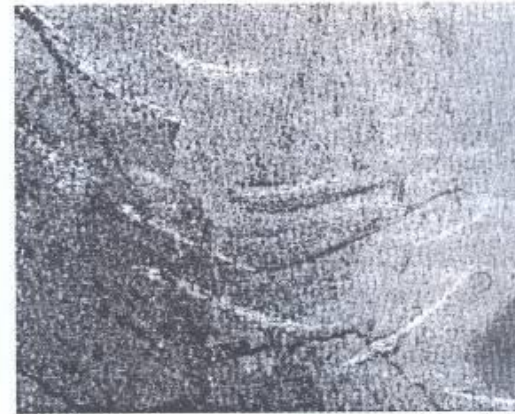


Exhibit 84. Curved grooves indicate rotation of the

מוצג 81. שבבי חומר מהמיסעה מסייעים מאד לקבוע היכן כוחות ההתנגשות המקסימאלית גרמו לחלקי מתכת מהרכב לחדור אל משטח המיסעה.

מוצג 82. אם חלק מתכת חזק ורחב נדחף למטה אל הכביש במהלך התנגשות, הוא קוטע את משטח הכביש. שריטות סמוכות מלמדות על כיוון תנועת החלקים במהלך התנגשות.

מוצג 83. חריצים מלמדים על מסלול החלקים שנדחפו בחוזקה למשטח הכביש. כיוון התנועה בדרך כלל קשה להגדרה מהחריצים.

מוצג 84. חריצים מעוקלים מלמדים על סיבוב הרכב שיצר אותם. יש לאתר את מיקום החריצים על ידי מדידות, על מנת שיהיו לתועלת.

קטיעות המיסעה. הן נוצרות על ידי שלדות רכב ולפעמים על ידי שולי אופני הגלגלים (מוצג 82). אותו חלק ממכונית שיכול ליצור חריצי קטיעה במיסעת אספלט יכול רק לשרוט את מיסעת הבטון הקשה יותר. חריצי קטיעה יתרחשו בדרך כלל בהתנגשות מקסימאלית. ככלל הקטיעה מצביעה באופן ברור על כיוון התנועה מהחלק העמוק והצר אל החלק. במוצג 82). הקטיעות בדרך כלל מלוות בשריטות, כפי שניתן לראות במוצג B 82- ובתמונה מטה.

חריצים בכביש בהתאמה מול קפיצי העלים ברכב מסחרי



(צולם ע"י הבוחן גדליה חיים).

Grooves - חריצים הם חריטות צרות וארוכות. הם יכולים להיות ישרים (מוצג 83) או עקומים (מוצג 84). הם נוצרים על ידי ברגים או יתדות בולטים ולפעמים ע"י גל הינע או חלקי רכב הנגררים על הכביש. הם ממשיכים להיגרר מרחק מה מעבר לנקודת ההתנגשות המקסימאלית. בדיקה של צורת תחתית החריץ תסייע להתאים את החריץ לחלק הרכב שיצר אותו. לרוב לא ניתן לקבוע מהו כיוון תנועת החלק היוצר את החריטה על ידי בדיקה, בעיקר לאחר שהאבק נסחף. למרות שחוקר עשוי לדמיין שהוא מבחין בכיוון תנועה אחד או אחר.

חריצים שנוצרו מגרירה, כמו שריטות שנוצרו מגרירת רכב, עלולים לבלבל בזירת תאונה, אלא אם החוקר רואה אותם נוצרים או אלא אם הוא יודע כיצד מבוצעים תהליכי גרירה. חריצי גרירה אינם נפוצים, אולי, בגלל שמשקל החלק המתכתי הנגרר על הכביש אינו גדול מספיק בכדי ליצור סימן מעבר לשריטות של משטח הכביש.

צלקות על חפצים מקובעים הן בדרך כלל, אך לא תמיד, בשולי הכביש. הם יכולים להיות שקעים במעקי בטחון, או נזק לתמרורי תנועה. המקומות המוכרים ביותר אולי הם אלו שרכב שיצא מכלל שליטה פגע בעמודי תמרורים או עץ בצד הדרך (מוצג 85). כל סוגי צלקות אלו מסייעות בהגדרת מסלול הרכב אל מקום העצירה הסופי שלו.

5.3 הריסות/שפוכת

הגדרה - הריסות הן חומרים שהתנתקו המפוזרים לאורך הזירה כתוצאה מתאונת דרכים. שפוכת יכולה להיות לכלוך/אבק, נוזלים, חלקי רכב, מטען, חפצים אישיים ודברים נוספים. סוגי הריסות שפוכת גחון (בוץ, חלודה, צבע, שלג, ולעיתים חצץ) נדבקים לצד התחתון של פגושים, מנועים, גוף הרכב וחלקים אחרים. בהתנגשות, הם משתחררים בשתי דרכים:

1. המתכת אליה השפוכת נדבקה מתכופפת או מתקמטת וההריסות נופלות.

2. הלם התאונה משחרר אותן. לאחר התנגשות, הריסות מתחת לגוף הרכב יכולות להיערם בערימה לאורך 3 רגל (90 סנטימטרים) וכמה סנטימטרים לגובה (מוצג 86). יש אפשרות שההריסות יתפזרו בשטח רחב (מוצג 87). פיזור הריסות שמתחת לגוף הרכב חשוב. בתאונות חמורות, יש לבחון אותן, לקבוע את מיקומן באמצעות מדידות ולתעדן בצילומים.



Exhibit 86. Underbody debris is not a very accurate

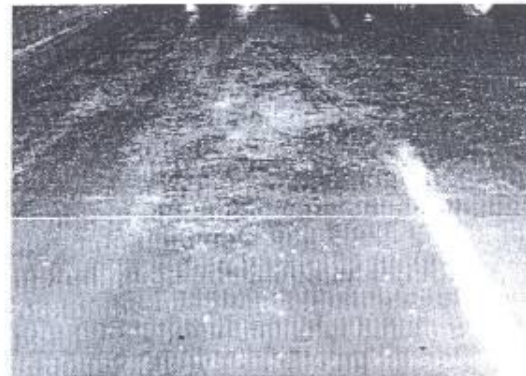


Exhibit 87. Widely scattered underbody debris with

מוצג 86. שפוכת גחון אינה הדרך הטובה ביותר לאיתור מיקום נקודת ההתנגשות. אך בהעדר סימני צמיגים או צלקות מחלקי מתכת/חריצים, שפוכת מרוכזת הנמצאת בסמיכות לרכבים היא הדרך הטובה ביותר הקיימת המצביעה על נקודת ההתנגשות.

מוצג 87. שפוכת מתחת לגוף הרכב המפוזרות לרוחב הזירה, כששתי המכוניות באותו הצד, עלולה להטעות לגבי מיקום ההתנגשות. כאן, ההתנגשות התרחשה מחוץ לשטח ההריסות המפוזרות, הנראה ברקע תמונה זו.



(תמונה מת"ד בין 4 כלי רכב (4 מוקדי התנגשות) השפוכת מצויה בנתיב הגעת המסחרית לבנה יונדאי כאשר הסימנים של הטבעת צמיג על פני הכביש נעשו מרכבי החילוץ לאחר התאונה).

5.4 נוזלי רכב:

נוזלי רכב נוזלי קירור, שמן, חומצת מצבר, דלק ונוזלים אחרים ייצאו מהמכלים ברכב במהלך ולאחר ההתנגשות. דם ונוזלי גוף אחרים יכולים להימצא גם הם. (עמ' 150) נוטים להתעלם מחשיבותן של הריסות מסוג זה ותבניתן על: (הכביש. נוזלי רכב מופיעים בכביש בשם דרכים.

1 - Spatter. התזה

2 - Dribble. טפטוף

3 - Puddle. שלולית

4 - Run-off. נזילה

5 - Soak-in. ספיגה

6 - Tracking. שביל

אל תצפו למצוא שפוכת נוזליות על מיסעה רטובה. נוזלים מהרכב מתערבבים עם מים על הכביש ואובדים. יש יוצאי דופן, כמה מהם יוזכרו בהמשך.

התזה מתרחשת כשהמכל נהרס בהתנגשות וכתוצאה מכך הנוזל בו זורם החוצה ומשפריץ על הכביש ועל חלקי רכב קרובים. לדוגמא, נוזל הרדיאטור במהלך התנגשות אינו נוזל החוצה ונופל לקרקע. הוא נאלץ לצאת בכוח תחת לחץ רב ובאופן מדי. שטחי התזה כאלו הינם כהים, נקודות רטובות, לא סדירות בצורתן, ולעיתים מכילים. (נקודות קטנות של "נמשים" (מוצג 89). לפעמים התזה שופעת יוצרת תבנית התזה מוארכת (מוצג 90

התזה מגיעה אל הכביש לפני שהרכב הפגוע נע רחוק מדי, ולכן היא אינדיקציה טובה למיקום שבו ההתנגשות מוטטה או פרצה את מכלי הנוזלים. התזה בדרך כלל מלווה בממצאים אחרים כמו שבבים, וקטיעות, שפופים. (או צלקות התנגשות (מוצג 90

התזה יכולה להיות מוסתרת על ידי שפוכת מגחון הרכב או להימרח על ידי ניקוי הכביש לאחר התאונה. התזה יכולה להתייבש או להיפגם על ידי תנועה חולפת. לכן, היא עלולה לחמוק מעיני חוקרי התאונות בקלות.

(עמ' 152 במקור) התזה חומצה ממצבר יכולה לחדור לכביש שעליו מים, שלג ורפש. בזמן שהכביש רטוב, לא ניתן להבחין בחומצה. אך לאחר שהכביש מתייבש, הנקודה בה נוצרה תגובת החומצה באבני המיסעה נראית בבירור כאזור "מולבן" (מוצג 91). התזה חומצה נדירה כמובן, אך היא בעלת חשיבות כשמוצאים אותה. בדקו שהסימן. (הוא מהתזה אמתית בנקודות התנגשות ולא שלולית או נזילה מטפטוף במקום בו הרכב עצר (מוצג 92).

חשיבות לתאונה. התזה וטפטוף מסייעים באיתור מיקום התנגשות. טפטוף ושלוליות מצביעים היכן הרכבים נעצרו. סוגים אחרים של נוזלי הריסות לא מסייעים בדרך כלל לקבוע כיצד התרחשה התאונה. לעיתים שלוליות וטפטוף לא מציינים מה שנראה כי הם מציינים במבט ראשון. לדוגמא, כאשר רכב גרירה מחובר לרכב הפגוע ומושך או גורר אותו ממקום מנוחתו, נוזלים שנותרו ברכב הפגוע יכולים להתנקז החוצה וליצור שביל טפטוף (מוצג 96). אם הרכב מונח לזמן מה, תיווצר שלולית. נוזלים אלו מייצגים תנועה ומיקומי עצירה הקשורים לגרירה, ולכן אין להם אותה חשיבות כמו אלו הנוותרים במהלך תנועה ומיקום עצירה לאחר התנגשות.

5.5 חלקי רכב אחרים :

בהשוואה לנוזלים שמקורם ברכבים, חלקי רכב אחרים הם לעיתים רחוקות בעלי חשיבות כשפוכת. חלקים קטנים מתפזרים באופן רחב מאוד ולא סדיר, כך שהמקום בו הם נמצאים חסר משמעות. אך ישנם יוצאי דופן חשובים, שלושה מתוכם יצינו כאן :

1. חלקים קטנים הנמצאים בזירה יסייעו בזיהוי רכב שעזב את זירת התאונה. הם יהיו שימושיים בתאונות פגע וברח.

2. (עמ' 153 במקור) חלקים שלמים של רכב שהתפרק בהתנגשות חשובים בגלל מיקומם הסופי. במקרה זה כשרכב מתפרק לשני חלקים במהלך התנגשות עם עץ או כשהמנוע נזרק אל מחוץ

לרכב במהלך התנגשות עם משאית. מיקומיהם של חלקים אלו מאותרים על ידי מדידות באותה דרך שהמיקום הסופי של הרכבים עצמם מבוצע.

3. זכוכית בטחון של חלון אחורי ברכבים יכולה להתנפץ לאלפי חלקיקים בגודל גרעיני תירס, כשהזכוכית נשברת במהלך התנגשות. הזכוכית יוצרת תבנית מיוחדת על (הכביש, בדרך כלל במרחק מה מהמקום בו השפוכת שמתחת לגוף הרכב נפלה (מוצג 99 כשהיא משתחררת, הזכוכית ממשיכה לנוע, וכך, הנקודה בה היא נוחתת לקרקע מסייעת בהגדרת כיוון הנסיעה של הרכב, ממנו הגיעה הזכוכית. לפעמים הזכוכית השבורה יכולה לסייע בקביעת מהירות הרכב. ציונם ותיעודם של שטחי שפוכת זכוכית חשוב. שמשות המיוצרות משכבות, אינן מתנפצות ומיקומן לאחר ההתנגשות כמעט ואינו מספק מידע.

אחר: **חפצים אישיים ומטען אחר ברכב** יכולים להתפזר באופן רחב מאוד ורק לעיתים נדירות הם מעידים כיצד התרחשה התאונה. אך הם יכולים לסייע בהבנת טבע הנסיעה ולפעמים הם מסייעים בחקירות של תאונות פגע וברח.

חפצים קבועים מסומנים או פגועים - מעקות ביטחון שבורים או מעוקמים, תיבות דואר, עצים וחפצים קבועים אחרים יכולים לספק מידע מסוים לגבי מהירות הרכב שפגע בהם. נזק שכזה מתואר בדרך הטובה ביותר באמצעות צילומים (מוצג 85). אפילו שפופים שאינם בולטים ושריטות על חפצים בשולי הכביש מגלים לעיתים קרובות כיצד התרחשה תאונה. כשהם מותאמים לנזקים או לסימנים שנמצאו על הרכבים, הם קובעים בצורה טובה מאד את מיקום הרכבים בנקודה מסוימת במהלך האירועים המרכיבים את התאונה. באמצעים אלו הם מסייעים בקביעת מסלולה. שפופים ושריטות נפוצים בפסי רכבת ומעקי בטיחות. יש להבדיל בין שפופים ושריטות טריים הקשורים לתאונה, לבין סימנים ישנים יותר. צלקות שכאלו נמצאות לעיתים רחוק מאוד מסימנים אחרים לתאונה. לכן, יהיה קשה לגלות ולסווג סימנים כאלה על חפצים קבועים. יהיה קל יותר לקבוע את מיקומם על ידי מדידות, אך הם מתוארים בדרך הטובה ביותר באמצעות צילומים. לפעמים חלקיקי צבע באזור השפופים יסייע לאבחן איזו מכונית אחת מתוך כמה שהיו מעורבות, באה במגע עם החפץ.



(מעקה בטיחות שניפגע אך לא מהרכב מזדה הנראה בתמונה. ניתן להבחין בסימן בלימה של גלגל ימין המצוי במרחק מהמעקה. [רכב נוסף המעורב בתאונה זו גרם לנזק])

5.6 משמעויות של סימנים

(עמ' 156 במקור) **צירופי סימנים** עד כה, כל סוג סימן בכביש תואר כאילו הוא נמצא בנפרד ועומד בפני עצמו. בדרך כלל ככה השיטה עובדת, אך לעיתים קרובות נוצרים סימנים בצירופים מבלבלים. (עמ' 157) עתה תושם תשומת ליבנו למה שמספרים לנו שילובי סימנים לגבי אירוע התאונה. כמה מצירופים אלו פשוטים וברורים בשעה שאחרים מבלבלים יותר. עליכם לזכור כי סימני החלקת בלימה מראים כי הצמיג לא הסתובב. נקודת התחלת סימני ההחלקה מציינת היכן הבלמים נעלו את הגלגלים, אך לא בהכרח מתי החלה הבלימה. נקודת הסיום מספרת לנו מתי שוחררו הבלמים או מתי הרכב עצר.

סימני החלקת צד/דחיפה לפני התנגשות מציינים מתי פעולת היגויי החלה לגרום לרכב להסתחרר, אך לא מתי בדיוק החלה פעולת ההיגוי/הכוונה הגלגלים. סימני שפשוף אחרים מראים היכן הגלגלים הסתובבו כתוצאה מההאצה או היכן הצמיגים יצאו מכלל שימוש. ההתחלה, הסוף ומיקום נקודת השינוי בסימנים, מספרים לנו מתי התרחש משהו יוצא דופן.

נקודת מגע ראשוני (נמ"ר)(אימפקט). הגדרה היא הנקודה המדויקת ברכב, אצל הולך רגל, או בכל חפץ אחר, שהיה בה מגע (FCP) (נקודת מגע ראשוני (נמ"ר בעת התנגשות. היא יכולה להיות גם המיקום בכביש, בדרך, או בקרקע, הקרוב ביותר לנקודת המגע הראשונה בין החפצים המתנגשים. (CP) "ולעיתים "נקודת ההתנגשות (POI) " מקום הפגיעה בקרקע נקרא לעיתים קרובות "נקודת האימפקט נקודת מגע ראשוני ספציפית יותר מפני שהפגיעה וההתנגשות מרמזות על סדרת אירועים, שבדרך כלל מעורבת בהם תנועה בשטח במהלך תקופת זמן, בשונה מאשר מגע בנקודה. מיקומים המוגדרים בפזיזות סיבה חשובה לבדיקת אי סדירות בכביש לאחר תאונה היא לקבוע המיקום של כלי רכב או הולכי רגל בתחילת ההתנגשות או הפגיעה. לרוב, זה נעשה בפזיזות על ידי מישור שלא בהכרח ראה את ההתנגשות ושאינו מציע הסבר כיצד הוא קבע מיקום זה. אתם יכולים כמובן להניח שהיה סוג כלשהו של סימן עליו התבססה אותה דעה לגבי המיקום, אבל, ללא הסבר בעל בסיס עובדתי, יש להתייחס לטענה זו כאל ניחוש. לכן, תפעלו נכונה אם תתארו ותמדדו בדיוק את מה שראיתם. כך שאלו יהיו העובדות הבסיסיות, ולא השערות, עליהן אתם או מישור אחר יוכל לגבש דעה לגבי אופן התרחשות המגע הראשון.

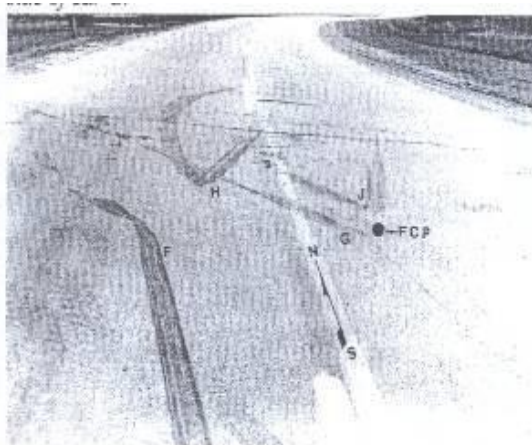


Exhibit 119. A large car northbound and a medium car southbound left this tangle of tire marks in an opposite-direction collision. The first contact point cannot be determined precisely from this picture alone. The dimensions of the two vehicles must be known. The skidmarks of the northbound, car, L, show crooks to the

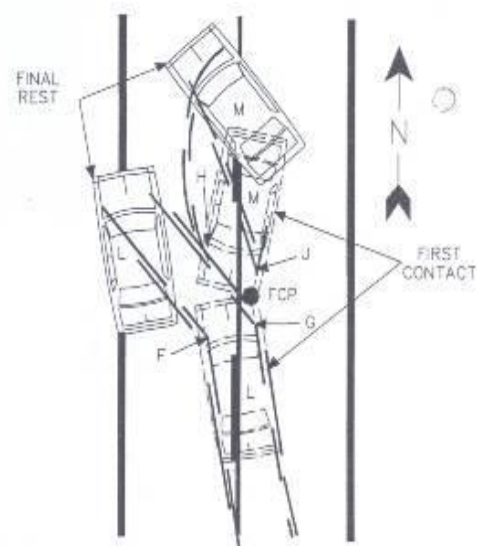


Exhibit 120. On an after-collision situation map,

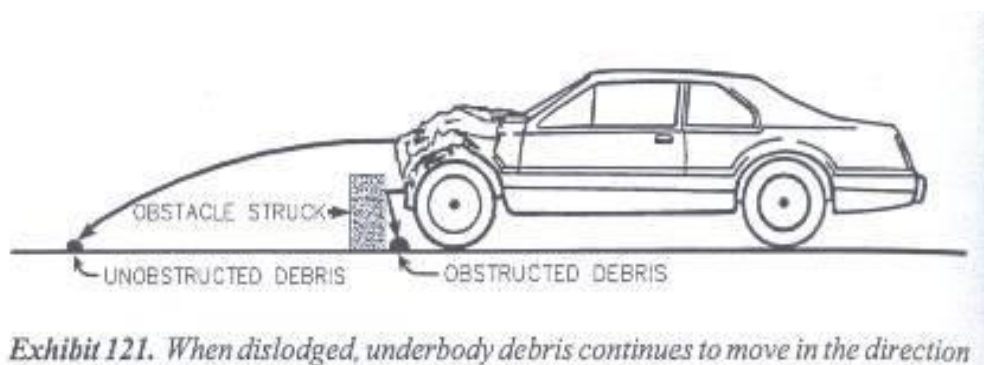
מוצג 119. מכונית גדולה שנסעה צפונה ומכונית בינונית שנסעה דרומה השאירו סבך זה של סימני צמיגים בהתנגשות חזיתית. נק' המגע הראשונית אינה ניתנת להגדרה מדויקת מתמונה זו בלבד.

יש לדעת את מידות שני הרכבים בסימני החלקת הבלימה של הרכב שנסע צפונה- רכב אותרו שברים בסימנים שהוטו לכיוון מערב הצמיגים . הקדמיים של שני הרכבים יכלו להיות בנקודות אלו בעת המגע הראשוני ההתנגשות המקסימאלית.

מוצג 120 . בתרשים מצב שבוצע לאחר התאונה, אתה יכול למקם את שתי המכוניות, כשהגלגלים הקדמיים נמצאים בנק' שבה סמני החלקת הבלימה משנים כיוון ומתקרבים לנקודת המגע הראשונית ברכבים ובכביש.

התזה על הכביש נמצאת בדיוק מתחת למצנן או למכלים אחרים, מהם הנוזל הוצא בכוח על ידי ההתנגשות. התזה תתרחש במהלך התנגשות מקסימאלית. אז המכל השבור היה מעל אזור ההתזה במהלך ההתנגשות המקסימאלית. כדי לאתר את נק' המגע הראשונית ממיקום זה, יהיה צורך בחקירה זהירה של הנזק לרכבים ודרכי הגעתם ועזיבתם. בגלל שהתזה עלולה להיות מפוזרת, ניתן לקבוע רק את אומדן של נק' המגע הראשונית. לא סביר כי נק' המגע הראשונית תהיה במרכז אזור ההתזה.

סוגים אחרים של שפוכת רכב הם סימנים משביעי רצון פחות של נק' המגע הראשונית. הסיבה פשוטה. סוגים רבים אחרים של שפוכת מתפזרים בשטח גדול בזירה. לאחר התרסקות, המשחררת הריסות מתחת לגוף הרכב, ההריסות בזמן שהן נופלות לקרקע, ממשיכות לנוע בכיוון נסיעת הרכב ובמהירותו, עד שהן פוגעות בקרקע, פוגעות בחלקים תחתונים של הרכב, או נעצרות על ידי כל חפץ אחר בו פוגע הרכב. לאחר הגעתן לקרקע, ההריסות עלולות (עוד להתגלגל או להחליק, פחות או יותר באותו הכיוון, לפני עצירה סופית (מוצג 121).(עמ' 162



מוצג 121 . כשההריסות מתחת לגוף הרכב משתחררות, הן ממשיכות לנוע בכיוון הרכב ממנו הוא בא. אם ההריסות אינן נתקלות במכשול, הן יעצרו במרחק גדול יחסית מהמקום בו השתחררו. אם הן נתקלות במכשול לפני שהן מגיעות לאדמה, הן יכולות ליפול שם. לכן, שפוכת אינה אינדיקציה שניתן להסתמך עליה למיקום ההתנגשות.

אם הריסות מתחת לגוף הרכב נמצאות במרחק 2 פייט (60 סנטימטרים) מעל הקרקע כשהן משתחררות, ייקח להן שליש שנייה להגיע לקרקע. אם הרכב נע במהירות 30 מייל בשעה (48 קמ"ש = 13.3 מטר בשנייה), ההריסות ינחתו במרחק 15 פייט (4.5 מטרים) מהמקום בו הן השתחררו, בהנחה כי הן לא פגעו במשהו לפני כן. לכן, נק' המגע הראשונית עלולה להיות רחוקה מההריסות. התנגשויות בהן שני הרכבים הגיעו מאותו כיוון עלולות לפזר הריסות בצורה רחבה. חלקי רכב יכולים להתפזר למרחק גדול יותר מאשר שפוכת מגחון הרכב, ובאופן שלא ניתן לחזות את פיזורן. צלחות קישוט (טסות) וגלגלים יכולים להתגלגל, להחליק ולזנק מרחק של עשרות מטרים ויותר ממקום ההתנגשות. זכוכית שבורה, בעיקר זכוכית מוקשה מהחלון האחורי או מהחלונות הצדדיים, היא בדרך כלל גבוהה מעל הקרקע כשהיא משתחררת בהתנגשות. לכן, יש לה מרחק רב ליפול והיא עלולה לפול 30 פייט (10 מטר) ויותר מאזור ההתנגשות .

6. עדי ראיה-משתנים שיש להתחשב בהם בעת חקירתם¹⁴.

למעט ממצאים מהזירה אותם אוסף הבוחן עריכת שיחזור, דו"ח בוחן ותרשים אנו מצרפים לתיק החקירה חומרים וניסויים שונים חוו"ד ועוד אולם חלק בלתי ניפרד וחשוב בעבודת הבוחן הינו הפן החקירתי. **חקירת** (אני מדגיש חקירה ולא גביית עדות) מעורבים ועדים. הימצאות עדות עד ראיה לתאונת דרכים בתיק לעיתים משקל מכריעה. בעת חקירת עד ראיה לתאונת דרכים יש להיות רגישים ומודעים למס' פרמטרים. הכרה והתחשבות במשתנים אלו (יפורטו בהמשך) ימנעו מהבוחן מלפגוע "ולזהם" את העדות של עד הראיה. כמו כן לאחר חקירת העד יש לבחון אמיתות ונכונות דברי העד והאם לגרסת העד תימוכין בממצאים אותם מצא הבוחן. אין זה מתפקידו של הבוחן להביא בפני בית המשפט את החומר הגולמי – תוכן העדות כפי שהיא בפני השופט להחלטה והתרשמות בנושא משקל ומהימנות, הבוחן צריך לבחון, לעמת, לכמת, לתמוך או לסתור גרסת העד בחקירה (אם בתוכן בשאלות והבהרות או באימות מול ראיות ואם בבדיקת רקע, אליבי, תקשורת ועוד) ובנתונים וממצאים אותם אסף, ובדוח הבוחן בהמלצתו יציין באם הממצאים סותרים או תומכים גרסת עד כזה או אחר.

ניסיון עבר בתחום חקירת ת"ד מלמד כי עד ראיה לתאונת דרכים שנחקר בסמוך לזמן התאונה במקום התאונה יכול להיות במצב נפשי רגיש, ועדיין תחת השפעת האירוע שהינו חריג מבחינתו, בטרואומה ואנו כחוקרי תאונות דרכים אמורים להיות ערים לדבר.

ככלל העדות (של עד לא של חשוד) בתחילתה אמורה להיות פתוחה ללא כל הכוונה וללא שאלות מנחות. בתחילה ההכוונה היחידה תהיה סדר זמנים כאשר אין אנו תוחמים זמנים אלה מבקשים את גרסת העד לפרטים שאירעו לפני התאונה (רענון זכרוננו לאחר).

גרסת העד תירשם בדיוק כפי שמסר במילותיו "תרגום" דבריו יכול להיות מוטעה. בסוף הודעתו יש לשאול שאלות הבהרה.

בסוף הודעת העד יש לנסות לכמת ולאמת דבריו. ניתן לעשות זאת תוך קיום "הצבעה" בזירת התאונה ושימוש בנתוני המקום לדוגמה באם הבחין לראשונה ברכב המעורב שניה לפני התאונה כאשר היה במהירות 80 קמ"ש תצביע בבקשה במקום היכן היית ברחוב/כביש עצמו? היכן היה ה"ר על פני הכביש? אמות מידה של העד לגבי מרחק ומהירות עשויות להיות שונות מהיות המידות במציאות. לחילופין עד ראיה שאת פרטיו קיבלת ממעורב בתאונה ובחקירתו מוסר כי היה בביתו במרפסת והשקיף על הצומת וראה את התאונה ואת הולך הרגל חוצה באור ירוק (או אדום) יש לבדוק האם מסוגל בכלל להבחין באור הרמזור מחלון דירתו.

לדוגמה בשנת 2013 בתיק תאונת דרכים קטלנית הפקרה (ברבי) בנתניה צומת מרומזר רכב פגע ב-3 הולכות רגל. עד ראיה מסר כי הבחין בהולכות רגל ממרפסת ביתו חוצות באור ירוק, הבוחן ניגש ערך הצבעה מצולמת בווידאו והפריך את היתכנות גרסת העד וקבע כי גרסתו אינה מדויקת ואפשרית, ניתן לראות מהמרפסת חלק מהצומת, את רגע האימפקט וחלק מחציית הולכות הרגל

¹⁴ המחבר הינו עורך הספר רפ"ק אליהו ברמי ק' בוחנים ארצי כאשר הדוגמאות המצורפות הינן תאונות שהתרחשו תוך כדי מהלך שירותו כבוחן וק' בוחנים.

אך לא ניתן להבחין באור הרמזור ממרפסת ביתו. וקביעה כי ה"ר חצו בירוק הינו נתון שהעד "מתרגם" עפ"י הבנתו וראייתו את המצב. אולם הדבר אינו בהכרח נכון.

עדי ראייה לתאונת דרכים לעיתים חשופים לפרק זמן קצר מאוד של בין שנייה או שניות בודדות של אירוע תאונתי כאשר בדרך כלל אינם חוזים את אפשרות התרחשות האירוע. כך שלאחר התרחשותו היות שחסרים להם מס' פרטים **העדים נוטים להשלים את "התמונה" מתוך הבנתם את קרות האירוע וניסיונם בחיים** ולעיתים טרום התרחשות התאונה – החלק החסר מבחינת חקר תאונת דרכים והגורם לה הינו הדבר החיוני הקריטי להבנת התרחשות התאונה.

לדוגמא: בעת חקירת תאונת דרכים קטלנית הפקרה פגע וברח בעיר גדרה משאית פגעה בילד רוכב אופניים ועזבה את המקום. לאירוע הייתה עדת ראייה שוטרת תנועה ותיקה שהבחינה בהתרחשות האירוע. אולם החשיפה לאירוע הקשה הינו טראומטי בכל אמת מידה, וכתוצאה מהשפעתו חלק מפרטי האירוע/המשאית הפוגעת היו שגויים – השוטרת "השלימה" מתוך תת המודע פרטים שלכאורה הינה אמורה לזכור אך נדחקו עקב היחשפות לאירוע דריסת הילד ע"י המשאית. עקב גרסת השוטרת הוזעקו מסוק ובוצעו מחסומים בחיפוש אחר משאית גורר עם ניגור ועגלה ("פול טרילר") בצבע אדום כאשר בחזית המשאית בתומך ("ה"סוס") עפ"י דברי העדה יש "אף" – שלוחה קדמית (כמו משאיות המק המוכרות). בדיעבד לאחר כמחצית השעה נעצר הנהג עם משאית חזית שטוחה כאשר נמצאו ראיות שהצביעו על מעורבותו. הבוחן בתיק ניסה להבין מדוע בפרט כל כך ברור שגתה השוטרת, ובעדות נוספת למחרת מסרה השוטרת כי מול חלון ביתה חונה תמיד באופן קבוע משאית "פול טרילר" אדומה עם "אף" וזה נתון שהיה לה בתת מודע ומסרה אותו בזירת התאונה.

דוגמא נוספת למתן עדות הפוכה "מזכה" של עד ראייה שהינו ניטרלי אך "תרגום" ושחזור – השלמת נתוני האירוע במוחו הביאוהו למסירת עדות הפוכה מהמציאות.

בעיר רחובות רחוב דרך הים רוכב קטנוע פגע בה"ר כבן 90 שנהרג כתוצאה מהתאונה. הולך הרגל חצה כביש רחב 2 נתיבים לכל כיוון עם מפרדה (ד-14), לא במעבר חצייה וניפגע כשהיה כחצי מטר מהמדרכה בצד ימין בכיוון הגעת הנהג. לאירוע הייתה עדת ראייה אחת, נהגת שנסעה אחרי הקטנוע במרחק של כ- 40 מטר שמסרה כי הבחינה ברוכב פוגע בה"ר כאשר הינה מעריכה כי הולך הרגל חצה מימין לשמאל מהמדרכה ירד לכביש. הנהג מוסר כי אינו משוכנע מהיכן חצה ה"ר. על פניו בנתונים אלו סביר להניח כי באם מדובר בחצייה מימין חצייה קצרה לא במעבר חצייה בשחזור שיערך סביר להניח כי התאונה הינה בלתי נמנעת מצד הנהג. אולם בעבודת חקירה נכונה איתר הבוחן מצלמת אבטחה שצילמה את אירוע התאונה ובה צולם ה"ר חוצה משמאל לימין את כל רוחב הכביש והד-14 ונתיב נוסף כ-12 מטר עד האימפקט.

יש לזכור כי בדוגמאות שצוינו אין מדובר בעד ראייה המוסר עדות שקר בכוונה או מנסה להגן על מי מהמעורבים אלא במצב/ מקרה בו העד משחזר במוחו בתת מודע את אירוע התאונה משלים רגע ופרט חסר כדי להסביר את מה שהוא חושב שהוא ראה במהלך ההתנגשות.

מניסיון של עשרות שנים בחקר תאונות דרכים **מעטים ובודדים** הינם המקרים בהם עד ניטרלי מסר גרסה שגויה הפוכה ובניגוד להתרחשות התאונה שנמסרה על פי "תפיסת העד ותרגום

האירוע" אולם בכדי למנוע מקרים בודדים אלו ומצב של "הפללת" מעורב בתאונה כתוצאה מקבלת עדות עד ראיה שגויה (כאשר אין מדובר בעד שבכוונה משקר ומשבש הליכים אלה עד ניטרלי) הבוחן צריך לבחון, לעמת, לכמת, לתמוך או לסתור גרסת העד בחקירה (אם בתוכן בשאלות והבהרות או באימות מול ראיות ואם בבדיקת רקע, אליבי, תקשורת ועוד) וכן בנתונים וממצאים אותם אסף, ובדוח הבוחן בהמלצתו יציין באם הממצאים סותרים או תומכים גרסת עד כזה או אחר. חקירה ושיחזור -עבודת בוחן נכונה תמנע אפשרות זו.

סיכום: כפי שצינתי בראשית דברי, חקירת עד צריכה להיערך באופן זהיר ומדוקדק ובכדי שהבוחן יוכל להביא בפני בימ"ש פרמטרים שיסיעו לו להתרשם נכונה ולכמת במעט את משקל הודעת העד יש לבחון ולהתחשב במספר משתנים (אמנה רק את העיקריים):

- גילוי רגישות למצבו של העד –השפעת האירוע על העד.
- גביית הודעה פתוחה ללא הכוונה והובלה.
- הבנת מיקום וסטאטוס העד באירוע, הגדרת העד ושיוכו לאירוע (נוסע, נהג, ה"ר) האם יש לעד היכרות עם מי מהמעורבים.
- נכונות העד למסור עדות בבימ"ש. (כאשר מדובר בתייר או שב"ח –עדות מוקדמת).
- לעניין משקל העדות – ביצוע הצבעה וציון ההכשרה של העד (לדוגמא לראיות של מהירות, האם לעד רישיון נהיגה? האם מדובר בנהג מקצועי נהג משאית למשל).
- זמן- כמה זמן אחרי האירוע נלקחה העדות?

ולאחר מכן ביצוע חקירה שתאשש תתמוך או תסתור גרסת העד אם בחקירה מעמיקה ואימות מול נתונים ובדיקת הגרסה מול ממצאים ושאלות הבהרה, בדיקת רקע, אליבי ואם באיתור מצלמות אבטחה, חקירת תקשורת ועוד).

ק' בוחנים ארצי

6.1 הערכת מהירות רכב ע"י העד בתאונת דרכים.¹⁵

מבחינה היסטורית בעת חקירת אירוע תאונת דרכים מצורפות ראיות בסיסיות-עדויות שנלקחו מעדים שטוענים כי ראו את האירוע. לעיתים קרובות ניתן משקל רב על ידי בתי המשפט לעדות העד שתיאר והיה בטוח כיצד אירעה התאונה. ומשקל גדול יותר ניתן כאשר כמה עדים הסכימו באופן קולקטיבי על אופן התרחשות האירוע. כיום ההכרה בממצאים פורנזיים (ראיות פיזיות משפטיות) בחקירת תאונות, תוך שימוש בשיטות מבוססות של מתמטיקה ופיסיקה, הביאו חוקרים לחשב את המהירות של כלי רכב, כמו גם לשחזר התנהגות הרכב לפני ואחרי. ניתוח מפורט של הסצנה הפיזית פורנזית שכוללת סימני צמיגים, סימני כשל צמיג, שריטות וכו' והשוואה לניזקי רכב מאפשרות לחוקר להסיק מסקנות המבוססות אך ורק על הראיות הפיזיות לבד, מבלי להישען על העדויות. עם זאת, יש מקרים רבים שבהם ראיות הפיזיות מנוגדות וסותרות את גרסת העד לאירוע. דוגמא פשוטה שעולה על דעתי היא התנגשות, שבו הראיה הפיסית- צמיגים מסמנת על פני הכביש את תנועת הרכב עד למקומו הסופי-מנוחה. זה סותר את גרסת העד בה נאמר כי הרכב עלה לאוויר ו מעל ראשו של העד לפני שנחת ונעצר במקומו הסופי. דוגמא נוספת באנגליה, עדות עדי ראיה של התנגשות אוטובוס בשנת 2004 בו חמש בני אדם נהרגו, העדויות של המהירות של הרכב בקונפליקט. התפיסה של מהירות הרכב תיקבע על ידי מיקומו של העד-ביחס למרחק הרכב ממקום העד. לדוגמא, עדים הנמצאים (באזור הסכנה) של אוטובוס מתקרב מאמינים כי האוטובוס מגיע במהירות מופרזת וכעדים שעומדים מאחורי האוטובוס וצופים בו מתרחק, נתפס האוטובוס כנע באיטיות. ובכל זאת זה היה אותו אוטובוס נע, אבל במבט משונה נקודות מבט נותנים תפיסות שונות של מהירות. בכל המקרים העדים זכרו וראו באמת את אירוע, אבל זה "התפיסה" של האירוע שבו הם זוכרים. יש השפעה נוספת והיא הימצאות פוטנציאלית נוספת של עדים, שיתוף התפיסות שלהם אחד עם השני, משנה במודע עוזר אחד לשני להבין את האירוע, ובכך למלא את הפער. לעיתים קרובות תמהיל זה של תפיסת העד ושיתוף מידע יכולים להוביל לעדויות שגויות לגבי האירועים. גם את זה יש לקחת בחשבון גם כאשר כל עדים מופיעים ומסכימים בדעה אחת, גם אז יתכן ונסיבות האירוע שונות. לאור הדגש שמושם לעתים קרובות על ידי בתי משפט על ראיות עדים וניסיון שלי לסתור עדויות, ערכתי מחקר הבוחן תפיסת העד לאירוע תאונות דרכים. בסיוע ואישור סני"צ נולאן, גרדה מהמכללה, טמפלמור, המחקר התבצע בשיתוף הסטודנטים הלומדים בו. ללא ידיעתם. קיבלתי יעוץ מד"ר מרטין לנגהם מחבר 'משתמש הפרספקטיבה בע"מ" בבריטניה, לחברה זו יש ניסיון רב שנים המתמחה בניית גורמים, כולל כוחות המשטרה בבריטניה שהסתייעו במשרדו בעת חקירתם של של העדים ב תאונה בה הייתה מעורבת הנסיכה דיאנה. ד"ר Langham החביב הסכים ליעץ בעניין וסידר לי פגישה עם עמיתו הפסיכולוגית, קארן ג'קסון. בתאריך 7 מאי 2009 נסעתי ללונדון ונפגשתי עם הגב ג'קסון, וסמל קולין אוניל, משטרת סאסקס ויו"ר המכון לחוקרי תאונות דרכים. לאחר דיונים סוכם כיצד המחקר צריך להתבצע בכדי לנצל את ההזדמנות הזו באופן הטוב ביותר. המכון (itai) הסכים לשלם לגב Jacksons הוצאות הקשורות למחקר זה, בעוד 'משתמש הפרספקטיבה בע"מ" הסכים לוותר על תשלום בעניין של שיתוף פעולה במחקר.

מבוא

"האמינות של עדי הראייה" המונח הינו אולי שם מטעה. זיכרון אדם ל אירוע פתוח לעיוותים ונאגר בזיכרון מידע מהאירוע לא מדויק, מדעות קדומות, ניסיון קודם ומטעה ומידע מוקדם ולאחר אירוע. למרות זאת, מושבעים לעתים קרובות מאמינים לעדות ראייה יותר מאשר לראיה משפטית קונקרטית. בבואנו לבחון מדוע עדות ראייה פתוחה להשפעות רבות אלה יהיה רלוונטי לזכור את הכמות האדירה של מידע שנמצאת בשדה הראייה שלנו בלבד. בנוסף לכך מידע חזותי, המוח שלנו בו זמנית מעבד מידע שמיעתי, חוש הריח, טעם ומישוש ישנו ניסיון לשלב מידע

¹⁵ Impact כתב העת של המכון של חוקרי תאונות דרכים חורף 2011
by Tony Kelly B.Eng MITAI LCGI, An Garda Siochána, Eire Karen Jackson BA (Hons), Julie Wylde BA (Hons), Dr Martin Langham User Perspective Ltd, Brighton תורגם ונערך ע"י רפ"ק אליהו ברמי,

רלוונטי והיבטים של מידע זה כדי להתאים עם התמונה הכוללת של הפרטים של אירוע. השתתפות כל המידע הזה באחד הוא די פשוט בלתי אפשרי ולכן המוח באופן סלקטיבי מפנה תשומת לב. לדוגמא, אנחנו לא ברציפות במודע מציינים את העובדה שאנו לובשים בגדים והקולטנים עדיין חושיים בגופנו שניהם רשמו את העובדה הזו ושליחת אותות למוח ליידע אותו לעובדה זו. אולי המוח שלנו באופן סלקטיבי מפנה את תשומת לבנו למידע זה כאשר האות שהוא מקבל הופכת לחזק יותר, ל דוגמא כאשר תווית בגדים משפשפת, אבל באופן כללי זה יפנה את תשומת הלב שלה משם ליותר מועיל להשתמש יכולת העיבוד שלו במקום אחר. שדה הראייה המוח שלנו באופן סלקטיבי יטפל במה שהו יגדיר רלוונטית אזורים של שדה הראייה בכל רגע בזמן. מספר הצעות שהועלו על ידי הקהילה המדעית בניסיון לבנות מודל איך הקצאת תשומת לב החזותית שלנו פועלת. הצעה אחת - דגם העדשה זום של תשומת לב, אריקסן ויה (1985), השוו את תשומת לב חזותית ל עדשת זום של מצלמה. מודל זה הציע כי כאשר אנו מתמקדים בשדה ראייה קטן יותר העיבוד הוא מהיר יותר ומדויק יותר בהשוואה ל הפסד במהירות ודיוק כאשר שדה הראייה הוא גדול יותר. הגדול יותר בגודל של שדה הראייה שזקוק לתשומת לב, יותר העומס על משאבי קשב מוגבלים זמינים. זה עוד יותר שהוצע על ידי אריקסן & יה (1985) שהקטין תחום מיקוד קשב יוביל למועדף עיבוד של מידע, או גירויים, מזה שדה. זה מציע שגירויים מבחוץ של אזור זה של תשומת לב יהיה פחות מועדף מעובד. בעיקרו של דבר, כי יש חוסר יכולת תשומת לב ישירה לשני אזורים של שדה הראייה ב באותו הזמן. ג'קסון Langhami (לא פורסם) הציע שיש צמצום של שדה קשב בהשפעות על הזיכרון של צבע של מכוניות מעורבות ברגשי אירועים כגון אירועי תנועה בכביש. החוקר הצביע על כך שתשומת הלב מופנה ל גירוי דומיננטי קרוב, לעתים קרובות יותר מאשר למכונית שניזוקה או שרידים בסצנה, והרחק מפרטים שוליים כמו המכונית שעזבה את המקום. עוד קבע כי זה יכול להוביל בתת הכרה ל"מיזוג" או אפקט "כיסוי" של פרטים חסרים כגון צבע מהגירוי הדומיננטי (פגום או כלי רכב שנותר) לגירוי ההיקפי (הרכב שהוא עוזב, או שכבר עזב את סצנה) כמוח המנסה "לשחזר" זיכרון לאירוע. ברטלט (1932) כתב בתחילה כי במקום לשקף ייצוג אמיתי של אירועים, היה למעשה גרסה משוחזרת באופן פעיל של אירועים שכללו רעיונות והשקפות קיימים – של העד או סכמות מנטליות - עם אירוע שנצפו. שחזור זה מיוצג כ תהליך לא מודע, שאינו מכוון שהוא פשוט 'הדרך' של האנשים למלא את החסר "כדי "לנרמל" את זה או - במילים פשוטות - לנסות ולהבין את העולם סביבם. מחקרים אחרים מאוחר יותר הטילו ספק באמיתות זה השערה להכליל את כל מצבי הזיכרון. עם זאת, יש תמיכה חזקה לתאוריה של שחזור כאשר האירוע ניצפה לזמן קצר, חולף או טראומטי. צריך לקחת בחשבון כי עדות עד ראייה יכולה להיות מושפעת על ידי האירוע עצמו ומידע שלפני אירוע. למידע על אירוע השפעה חזקה במיוחד כאשר האירוע המקורי הינו מורכב לזכירה. על כל השילוב של מידע שלאחר אירוע, העדות יכולה להיבנות מחוסר הכרה כתוצאה מתהליך ותוצר של האדם המנסה באופן הגיוני להשלים מה שהתרחש. עם זאת, מחקרים הראו כי מקרים שבו עדים יכולים להיות מושפעים מגירויים דו משמעיים. לופטוס (1979) הצליח להשפיע על זיהוי משתתפים של הצבע של מכונית מירוק לכחול. מידע שלפני אירוע יכול להיחשב במונחים החוויות הקודמות של פרט ו ידע אשר יכול להיות השפעה על שני תפיסה ראשונית של אירוע והבא שלהם עם זיכרון של אירוע. לדוגמא, רוכב אופניים בעבר הייתה תפיסה כי נהגי אוטובוס מסכנים רוכבי אופניים על ידי מעבר קרוב מדי אליהם בכביש. עד המתבונן בתקרית רוכב אופניים ואוטובוס ומניח באופן אוטומטי באשמה מצד אוטובוס נהג. יחס זה משפיע על אופן שהוא רואה הסצנה, מה שמושכת מוקד תשומת הלב שלו ומה, הוא זכר.

זיהוי העד של צבע ודגם של מכונית בתאונה פגע וברח היא לעתים קרובות לא אמינה. הסבר אפשרי לכך, המבוסס על התיאוריות הנ"ל, יכול להיות שתשומת לבו של העד הייתה נמשך להולכי הרגל שנפצעו ולא המכונית שאולי כבר עזבה את המקום. כחלק מהפרויקט לאחרונה העורך בחן חתך של הצהרות של עדים לתאונות קטלניות בסאסקס. הצהרה מעניינת הנוגעת לתאונה פגע וברח בבריטון הייתה בולטת בבהירותה בתיאור של המכונית מעורבת. העת תיאור את המכונית, מודל והצבע, יחד עם תכונות בולטות של המכונית - כמו ספוילרים ו סוג של גלגלים. העד היה מכוונא. זה יכול להיות שלניסיון של העד הזה הייתה השפעה ישירה על מה שהוא למד בסצנה החזותית שלו ולכן מה שהוא מקודד לתוך זיכרון ו לאחר מכן היה זמין לשליפה.

הארכת גבול היא תופעה שיכולה לחול על זיכרון העדים בעת התרחשות אירוע. הארכת גבול מוחלת הטווח כאשר עדים או משתתפים פעילים זוכרים יותר על התרחשות הסצנה מאשר למעשה התרחשה. Intraub וריצ'רדסון (1989) בתחילה הציע מונח זה והיה מעורב במחקרים מאוחרים יותר שהמחישו את האפקט הזה אם חשיפה לסצנה שנצפו הייתה קצרה או ארוכה. Intraub, בנדר (1992) (Mangels) הארכת גבול כתמיכה טבעי-השחזור של זיכרון ולהציע שני תהליכים כממלא מקום בזיכרון – השערת סכמה תפיסית והשערת סכמה זיכרון. סכמות תפיסיות יכולות להיות קשורות לרשמים הראשונים של סצנה או אירוע תוך סכמות זיכרון שקיימים, ידע ואמונות שיפעיל אפקט 'נרמול' על האירוע.

תפיסות ראשוניות בעבר הוכחו כמוגבלות על ידי ציפיות אמונות וידע. בהתאם לכך הוצע כי זה עלול להפוך את התפיסות ראשוניות במיוחד רגישות לשחזור בזיכרון.

ולכן זיכרון לאירוע, יכול להיחשב תהליך שיקומי, ולא שמיעה של פרטי אירוע, צריך להיחשב שילוב של שניהם מראש ו לפרסם השפעות אירוע וזכירה בפועל. מחקר זה נועד לחקור את ההשפעה של שיתוף עדים לדבר ומידע מוטעה כהשפעות על עדי ראיה להתנגשות מדומה. בנוסף, התהליך של ההתנגשות מדומה היה מניפולציות כדי לראות אם התלמידים במכללה בגארדה - העדים - יכולים להיות מושפעים בעדותם באשר לצבע של המכוניות המעורבות. רכב הגירוי הדומיננטי שהושאר בזירת האירוע משך צומת לב, ובכך הופך את המכונית המעורבת שעזבה את מקום התאונה כגירוי היקפי.

שיטה - משתתפים מאה תשעים ושמונה משתתפים (130 גברים ו68 נשים) לקחו חלק בניסוי. כולם היו צוערי מכללת גארדה שנכחו במסדר בדיקה בבוקר. הם צוערי חיל ים ולכן לא בוצע תשלום עבור השתתפותם.

חומרים - גירוי האירוע המדומה מעורב התנגשות מדומה בין רכב נע (מוכר כביטוי -רכב כדור) עם רכב חונה נייח (רכב יעד), גם עם דייר אחד, בדרך פרטית בתוך שטח מכללת גרדה. פורד מונדיאו כסף הייתה נהוגה על ידי קצין סמל ג'ון מור (בית הספר לנהיגה) בכיוון השעון נסעה במהירות סביב כביש היקפי של המכללה וניגש אל חלקו האחורי של פורד השחור נייח מונדיאו. המונדיאו השחור חנה במקביל למדרכה בתוך קטע של כביש בסמוך לחזית של מגרש המסדרים.

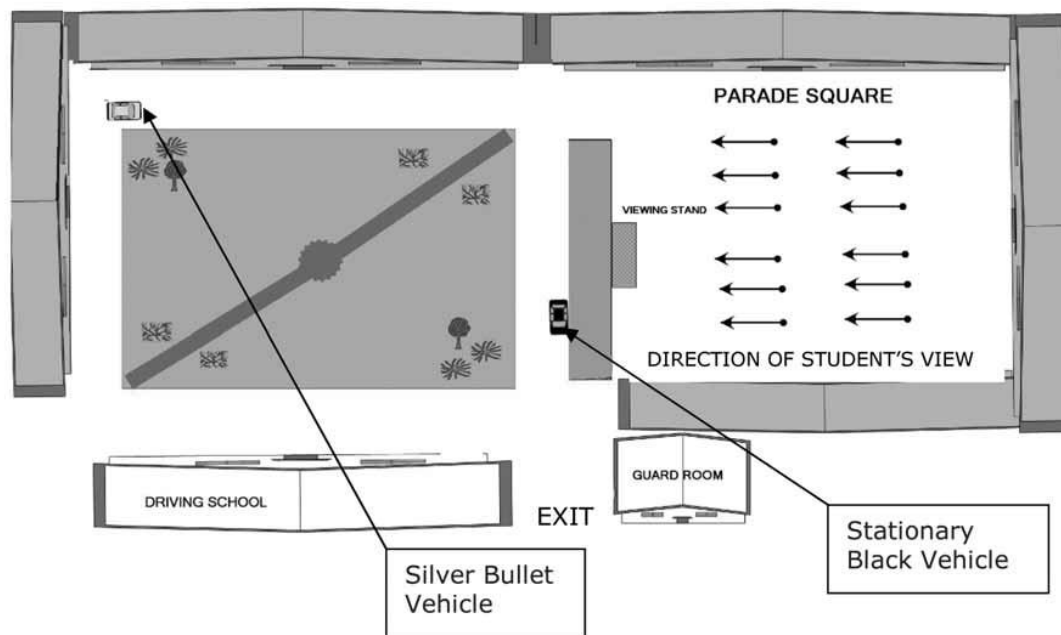


Figure 1: Floor Plan illustrating position of vehicles and participants

סמל מור שמר על סיבובי מנוע גבוהים במהלך התקרבותו לרכב החונה ונעצר בחריקה קרוב מאוד לרכב השחור, מבלי לפגוע בו, ובו זמנית אפקט הצליל "התרסקות", שסופק באדיבות על ידי ארדמור אולפנים, שהופקו מרמקולים החבויים ברכב השחור, שהייה ניח. "ההתנגשות" הייתה גלויה לכל מי שעומד על מגרש המסדרים, אבל מיקום ה'נזק' לא היה גלוי לעין. לאחר עיכוב רק 2-3 שניות, הרכב מונדיאו הכסוף עזב בנסיעה במהירות מהמקום, ממשיך באותו כיוון נוסע ועוזב דרך השער הראשי במכללה, על כביש ציבורי ומחוץ לטווח ראייה. הנהג של מונדיאו השחורה יצא לאחר האירוע ובקצרה בחן את הנזק לרכב, לפני שחזר למכונית כשש דקות ונסע הרחק מהמקום. שני הנהגים היו קציני גרדה גברים בגילים שבין 40 ו 50 ו לא היו נוסע בשני כלי הרכב.

הצהרה של טופס העד

הצהרה מדומה של טופס העד נבנתה על מנת לקבל נתונים של עדי ראייה מ משתתפים. התצורה של הטופס הוצגה בפני עדים - צוערים - כטופס סטנדרטי חדש. בזמן הניסוי, אין להשתמש בטופס סטנדרטי לאיסוף עדים הצהרות מסוג זה של אירוע, ולכן ההנחה הייתה שלא הייתה למשתתפים ציפיות לפני כן לגבי מסמכים כאלה. כמו גם שאלות סטנדרטיות על זמן ומקום של אירוע, הטופס ביקש פרטים ספציפיים לגבי הצבע, ודגם של כלי רכב מעורבים ובין אם כלי רכב נשאר בזירה. הטופס גם ביקש מידע ספציפי על נוסעי הרכב כגון מספר נוסעים, מגדר, ותיאורים של מנהלי ההתקנים. עבור אותנטיות, הטופס כלל את פסגת גרדה ו גם ביקש תכנית סקיצה של האירוע. הליך הגירווי-המשתתפים צפו באירוע במהלך מסדר בוקר שיגרתי. כל משתתפי הניסוי היו צוערי חיל ים, אבל קציני מכללת גארדה היו בסוד העניין.

לפני תחילת המצעד, המונדיאו השחור חנה בסמוך ל מגרש המסדרים והנהג נשאר במכונית. לאחר מכן נכנסו לכיכר המשתתפים במסדר ממבני מכללה שונים והסתדרו בהם מקומות רגילים, עומדים כתף אל כתף ו יוצרים שני קווים מול המונדיאו השחור שחנה. קו החזית היה כ 20 מטרים ממכונית זו. המשתתפים לא עברו מיד בסמוך לרכב החונה בדרכם למצעד אבל זה היה ברור לעין מעמדותיהם הסופיות. הקצין האחראי צעד באמצעות הנהלים הרגילים של המסדר. לאחר כמה דקות לנהג של מונדיאו הכסף ניתנה אות לתחילת נסיעה מהירה על דרך היקפית סביב לכיכר במכללה לכיוון המכונית השחורה הנייחת. המנוע היה בטורים גבוהים כדי לקבל את תשומת לבם של משקיפים והרכב היה גלוי והושמע למשתתפים במשך כמה שניות לפני שההתנגשות המדומה התרחשה. האירוע המדומה התקיים כאמור לעיל. במהלך האירוע לא דיברו

משתתפי האירוע אחד עם השני. זה היה בקנה אחד עם הנוהג הרגיל שתלמידים אמורים להישאר עם עיניים במבט לחזית, ולא זזו מהקו עד שנצטוו לעשות זאת. מיד לאחר האירוע, הקצין האחראי על תלמידים הנחה להמשיך להישאר עומדים דוממים ובשקט. שאר תהליך המסדר המשיך לאחר מכן. בסופו של המצעד, בפיקודו של קצין אחראי, התלמידים חולקו לארבעה קבוצות של מספר שווה בערך (כ 50 צוערים כל קבוצה), וכל קבוצה הובילה על ידי קצין לכיתה נפרדת. תלמידים הונחו על ידי מפקדיהם לשתוק במהלך חלק זה של ההליך. נאמר לצוערים בכיתותיהם שהם יידרשו להשלים הצהרה בדבר האירוע שהיו לו עדים במגרש המסדרים. לקבוצות 1 ו 3, המשתתפים הונחו על ידי הקצינים להישאר בשתיקה בכיתות ולחכות להוראות נוספות כי הם היו עדים לאירוע ואת הודעותיהם היה צריך לקחת. הקצינים נשארו עם משתתפים כדי לוודא שלא קוימו שום דיונים ושיח בין הצוערים. לאחר מכן חוקר נכנס לכל חדר, ונתן טפסי הצהרה של עד ראייה לקצין. לקבוצה 1 במצב של שמירה על השקט, החוקר סיפק מידע מטעה בזמן אספקת טפסי הצהרת העד באומרו לקצין, בטווח שמיעה ברורה של משתתפים, כי "יש להם את הנוסעים אך הנהג ירד משם". המשתתפים בקבוצה 3 לא קיבלו כל מידע נוסף על האירוע.

		קבוצה מדברת	קבוצה שנאסר עליה לדבר
		TALKING	SILENCE
מתן אינפורמציה מוטעית	MIS-INFORMATION	GROUP 2 n=47	GROUP 1 n=50
	NO MIS-INFORMATION	GROUP 4 n=49	GROUP 3 n=52
ללא מתן אינפורמציה מוטעית			

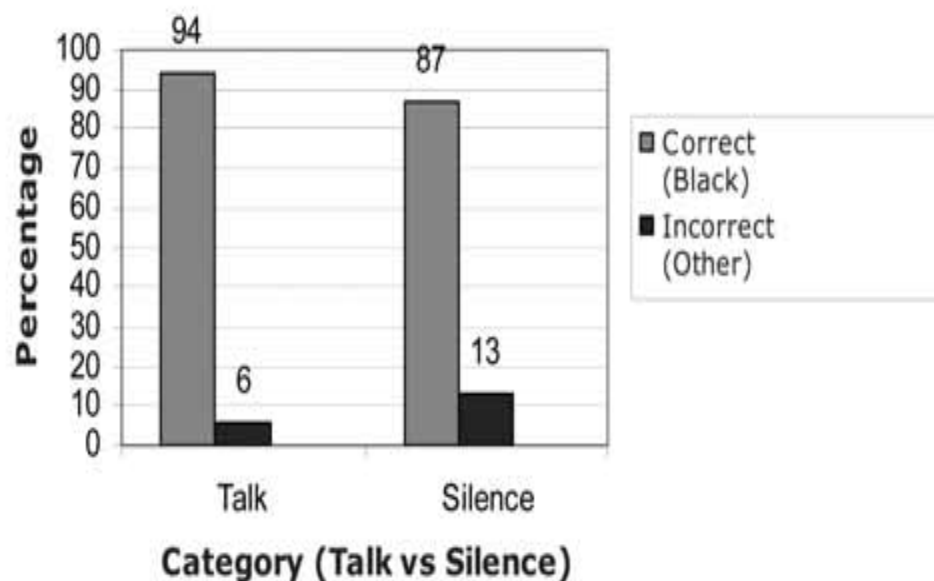
Figure 2: Breakdown of student cadet participant groups

טבלה 2: התפלגות הסטודנטים שהשתתפו בניסוי

למשתתפים בקבוצות 2 ו 4, לא ניתנה הנחיה לשתוק בעת הליכה לכיתות הלימוד שלהם ולא כאשר הם הגיעו לכיתות. קבוצות אלו הצליחו באופן חופשי לדון בתקרית בחדרים שלהם בהתאמה ל 10 דקות. החוקרים נתנו לקציני פיקוח טפסים, כאמור לעיל, עם קבוצה 2 שמסרו לה מידע מוטעה באותו אופן כמו קבוצה 1. קבוצות 2 ו 4 נתבקשו להשלים את הצהרת העד אך לא מנעו מהם מלפטפט על פרטי האירוע עם הצוערים שלהם. הלוגיסטיקה של העברת 198 תלמידים לחדרי הרצאות מסודרים עם שתי קבוצות התאפשרו מראש בכדי לדון בתקרית, שתיים לא הורשו לדון על האירוע ולשתיים מארבע הקבוצות ניתן מידע שגוי לאחר האירוע. עם זאת, הסיוע שניתן על ידי רפ"ק מיילר וצוות המכללה היה יוצא מן הכלל, שאפשר לשמור סביבה מבוקרת לשאלון השלמה. ברגע שסיימו, הודעות של העדים נאספו על ידי הקצינים בכל חדר. רק אז חוקר נכנס לכל כיתה והודיע לסטודנטים כי הם השתתפו בניסוי. לצוערים ניתנה הזכות למשוך את הטפסים ולבטל השתתפותם באם הם רוצים.

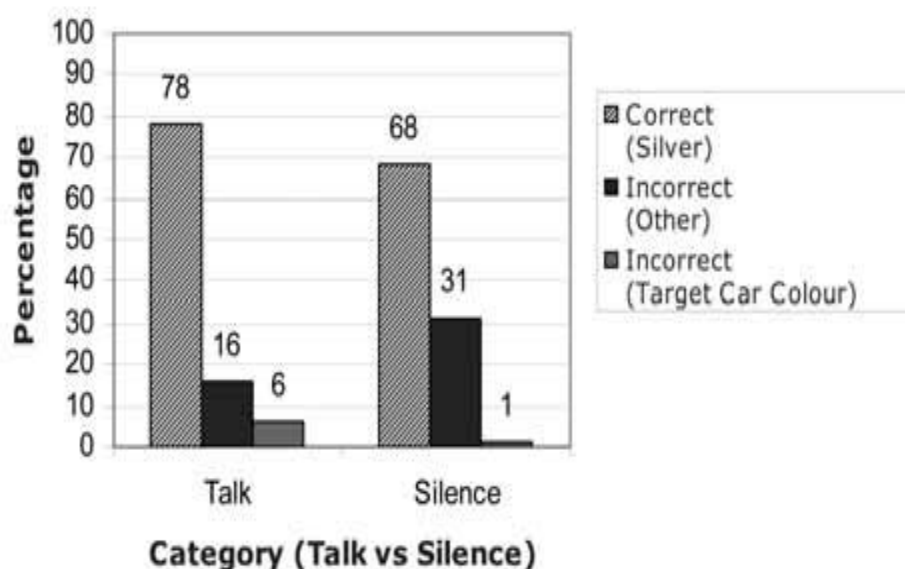
תוצאה - טיפול בתוצאות

מחקר זה נועד לבחון תפיסה, וזיכרון של עד ואירוע. עיקרי הנתונים שנבחנו היו הצבע של המכוניות ו מספר דיירי המכוניות. השיקולים העיקריים של מחקר זה היו ההשפעה של ההרשאה לדבר או לא לאחר אירוע ואת ההשפעה של מידע שגוי על עדות ראייה. בנוסף לכך, ההשפעה למשך תשומת לב עדים לפרטים ספציפיים של הסצנה וההשפעה של זה על העדים ועל העדות הכוללת לאירוע. איסוף הנתונים במחקר זה נועד בקנה אחד עם טבע העולם האמיתי ובהתאם לכך של העדים לתקריט - צוערי המכללה - נתבקשו למלא הצהרת עדים. תלמידי מכללה שדנו קודם לאיסוף הצהרה בשיעורים שלהם. עם זאת, כפי שאין כיום תקן הוקם על טופס הצהרת העד, טופס היה נבנה עם תיוג גאורדיה Sióchána ו מוצג כטופס סטנדרטי חדש. בסך הכל, סעיף התוצאות של דו"ח זה מבקש להציג את הנתונים שנאספו מהעדים צורות אמירה פשוט בצורה של תדר גרפים וטבלאות. צבע הרכב בדו"ח העד באירוע נבחן רק מנקודת המבט של האם העדים הורשו לדבר או לא, כמו לגבי מידע שגוי שניתן לגבי צבע של המכונית.



(Figure 3: Vehicle V1 (Target Car Comparison of Colour Identification between Talking (n=101) and Silence (n=97) Groups

איור 3 ממחיש את מספר נכון בהשוואה להזדהויות צבע רכב שגויות ל V1 רכב - המכונית היעד. ניתן לראות את זה כי הרוב המכריע של העדים בשני דיבורים (94%) ושתיקה (87%) קטגוריות זיהה בצורה נכונה את הצבע של מכונית היעד. זה היה תוצאה צפויה, כאשר מכונית היעד נותרה לאחר התרחשות ההתנגשות ותוך כדי הנהג ירד יצא מהמכונית ובדק את "הנזק" שלו לפני שעזב את המקום במהירות רגילה לכביש ההיקפי. עם זאת, זה צריך לציין, כי עדים נוספים 7% זיהו בצורה נכונה צבע המכונית היעד בקבוצה מדברת בהשוואה לקבוצה השקטה. זה מעניין לציין כי מספר כפול של עדים שהיו במצב שתיקה, 13% בהשוואה עד 6% במצב של יכולת לדבר, לא זיהו בצורה נכונה את הצבע של המכונית היעד שיכול להיות נצפה באופן ברור ממגרש המסדרים. יש לציין כי אין עדים במדגם שצינו את צבע של המכונית היעד (V1) כלא ידוע.



(Figure 4: Vehicle V2 (Bullet Car Comparison of Colour Identification between Talking (n=101) and Silence (n=97) Groups

תרשים 4 מתאר את מספר נכון בהשוואה להזדהויות צבע רכב שגויות ל-V2 רכב - המכונית שנעה. במשותף עם תוצאות של זיהוי צבע ל-V1 רכב, רוב העדים בשני הקטגוריות הדיבורים (78%) ושתיקת (68%) זיהו בצורה נכונה הצבע של רכב הנע (V2). שוב זה יכול ניתן לראות כי יותר עדים בקבוצה מדברת שזיהו את הצבע בצורה נכונה. עם זאת, יותר מ כפול מספר העדים בכל קטגוריה זיהו בטעות את הצבע של המכונית הנעה (16%) (V2 בהשוואה ל -6% לרכב היעד V1 קטגוריה שיחה ויום 31% (V1) בהשוואה ל-13% (V2) לקטגוריה שותקת. אפקט מעניין לציין בזיהוי צבע של רכב הכדור (V2) על ידי העדים הוא 6% מהעדים בקטגוריה הדיבורים ושל 1% ב הקטגוריה השקטה שזיהתה בטעות את צבע מכונית הנעה. השפעה גם בכיוון הפוך זה לא צוינה בזיהוי צבע של רכב היעד (V1). הבדל נוסף שיש לציין בעד של דוח על הצבע של רכב הכדור (V2) בהשוואה לרכב היעד (V1) הוא כי 5% עדים בקטגוריה מדברת ו-4% עדים בקטגוריה השקטה הצהירו כי הצבע של המכונית לא היה ידוע להם.

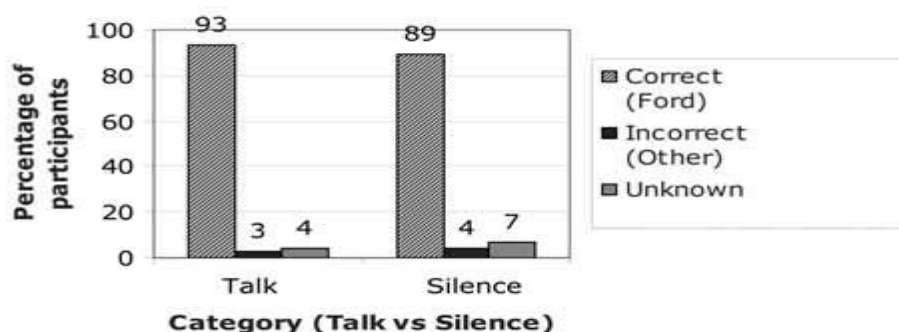
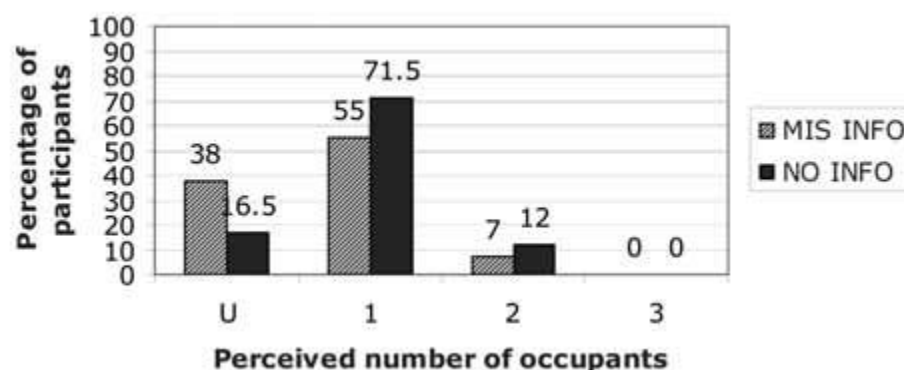


Figure 5: Vehicle V1 (Target Car Witness Identification of Make Comparison of Talking vs Silence Groups

כמו בתמורה לסך של צבע של מכונית, דיווח של העד להתנהגות הרכב באירוע נחשב רק מנקודת המבט של האם העדים הורשו לדבר או לא כלא מידע שגוי ניתן לגבי שיוך של מכוניות. איור 5 (להלן) ממחיש כי הרוב המכריע של עדים (93% בקטגוריה הדיבורים ו89% בקטגוריה שותקת) לא מזהה נכון התנהגות של המכונית היעד (V1). אפשר לציין שמספר כפול של עדים ציינו הדגם של מכונית כ לא ידוע בקטגוריה השקטה (7%), בהשוואה לקטגוריה השיחה (3%). זה יכול להציע ש עדים נוטים פחות לעסוק בספקולציות וסביר יותר לומר שהם גם פשוט לא יודעים כאשר הם אינם מסוגלים לדבר על זה.

נוסעים

מחציתם של העדים היו חשופים למידע שגוי בנוגע למספר הנוסעים במכונית הנעה (V2). מחציתם של עדים אלה היו בקטגוריה שניתן לשוחח וחצי בקטגוריה השקטה. המידע השגוי נמסר לאחר האירוע תוך חלוקת טופס העדות. הצהרת המידע השגוי הייתה: "יש להם נוסעים אבל הנהג ירד משם" דבר זה נועד להצביע על כך שהיה יותר מנהג במכונית הכדור (הנעה) (הרכב V2). איור 7 (להלן) נראה את ההשפעה של מידע שגוי על המספר נתפס של דיירים בקטגוריה השיחה ליעד רכב (V1) שבו עדים הורשו לדבר. זה מעניין לציין כי יש עדיין התלבטות מסוימת לגבי מספר הדיירים של רכב היעד, למרות שזה נשאר במראה לאחר ההתנגשות מדומה ונהג ירד מהרכב ובדק הנזק לבד. V1 רכב, ניתן לראות את זה כי מספרם של העדים נתון מידע שגוי וקבע כי הם לא יודעים את המספר של דיירים היו יותר מכפול מהמספר שלא קבל כל מידע (לעומת 36% 16.5%), אף על פי שהמידע השגוי היה ברור בבימויו ברכב הנע.



(Figure 7: Vehicle V1 (Target Car Perceived Number of Occupants TALK Category)

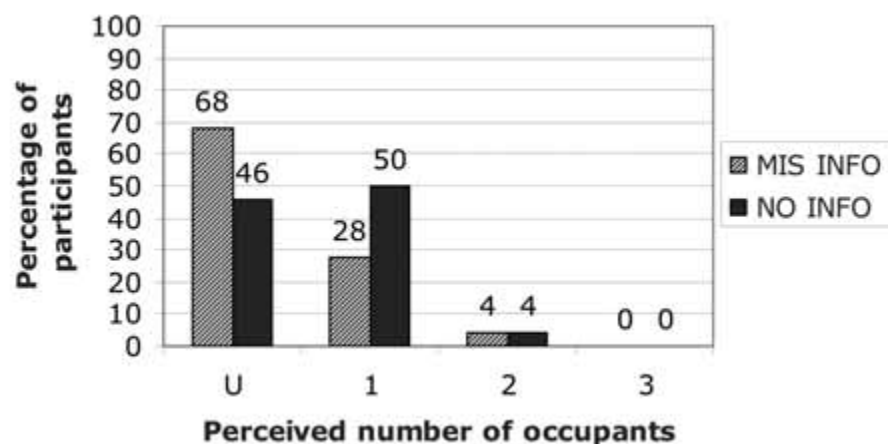
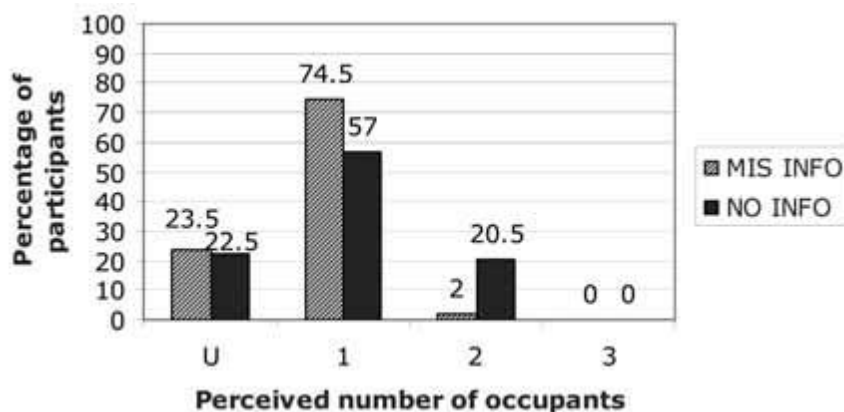
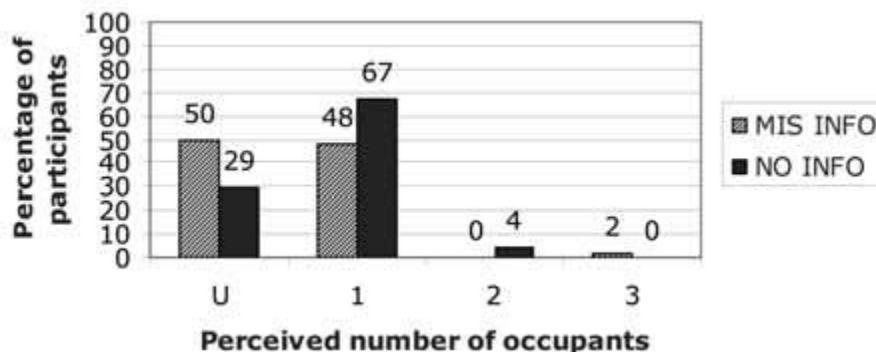


Figure 8: Vehicle V1 (Target Car Perceived Number of Occupants SILENCE Category)

איור 8 (לעיל) מביא בחשבון את ההשפעות של מידע מוטעה על זיהוי הנכון של מספר הנוסעים במכונית היעד (V1), כאשר עדים אינם מורשים לדבר. V1 רכב, כאשר מידע מוטעה הוא נתון יש יותר השפעה של חוסר החלטיות, כאשר לעדים אין היתר לדבר (68%) בהשוואה לאלו שמותר להם לדבר (36%). כאשר אין מידע מוטעה שניתן, יותר עדים זיהו בצורה נכונה מספר נוסעי V1 כאשר אפשר ללדבר (לעומת 71.5% 50% כאשר לא אפשרו לדבר). איורים 9 ו 10 (להלן) מתייחסים למספר נוסעיו של הרכב הנע (V2). רכב הנע עזב את המקום מיד לאחר האירוע מדומה עם רכב היעד. השוואת דמות 9 לדמות 10, ניתן לראות את זה כי, כאשר המכונית היא כבר לא בתחום ראייה, יותר עדים זיהו בצורה נכונה מספר הנוסעים כשהם הורשו לדון בתקרית (לעומת 74.5% 40%).



(Figure 9: Vehicle V2 (Bullet Car Perceived Number of Occupants TALK Category)



(Figure 10: Vehicle V2 (Bullet Car Perceived Number of Occupants SILENCE Category)

מסקנות

בעוד רוב העדים זיהו בצורה נכונה את הצבע וסוג הרכב V1, ואת V2 במידה פחותה, ובחרו שלא לדווח מידע מוטעה. זה אולי מפתיע שכל העדים שנצפו באותה הסצנה, הייתה להם השקפה ברורה של מכונית היעד כבר לפני פרסום האירוע. זה פועל יוצא של העובדה שהמכונית הנעה (V2) במחקר משכה תשומת לבם של העדים לפני התאונה היות שבפועל בוצע ספין קולי –האצת גלגל והנעת המנוע בקול רם. בעולם האמיתי תרחיש תשומת הלב יהיה ראשון להשפיע –סצנת הרעש. עם זאת, לצורך מחקר זה היה חשוב לוודא שתשומת לב כל התלמידים נמשך לאירוע. מעניין לציין כי, אבחנה בצבע, ומספר הנוסעים של כל מכונית היה נכון לעתים קרובות יותר. עם זאת, יש לציין כי העדים היו אנשי מקצוע אכיפת החוק וכולם היו במבט לכיוון של האירוע.

תוצאה משמעותית הייתה שעדים הודו יותר שלא ידעו את תוצר כלי רכב או את מספר הנוסעים אם הם היו בקבוצה שלא הייתה להם אפשרות לדון בתקרית. הנחה יכולה להיות כי, במקום שבו קיים אי ודאות, עדים שיכולים לדבר עם עדים אחרים, יש סיכוי גבוה יותר כי העד יחפש תשובות מעמיתים - עדים ולשלב את זה לתוך עדותם. עם זאת, כאשר עדים לא הורשו לדבר ו פרטי מידע שגוי ניתנו, היה יותר סביר לומר שהם לא יודעים את המספר של הנוסעים בשני כלי רכב היעד והנע. דבר זה מצביע על מתן אמונה גדולה יותר ב מידע משיתוף עדים מאשר מקורות אירוע. הבעיה עם זה היא שעדים סומכים על מידע שהם חולקים / מקבלים משיתוף עדים מה קורה כאשר המידע שאינו מ מקור אמין או ידע? נקודה זו היא משמעותית במיוחד כאשר בוחנים גבוה פרופיל או פשעים "חדשות" או אירועי תנועה. מצבים אלה לעתים קרובות למשוך 'עדים' לתחום זמן האירוע כאשר למעשה העד לא היה במקום (כפי שהתגלה על ידי מבצע פאג'ט, חקירת הטענה של קשירת קשר ל לרצוח דיאנה, נסיכת מוויילס ועימאד אל דין מוחמד עבד אל Moneim פאייד). בחדשות יש דיווחים על תקריות לעתים קרובות ומראיינים עדים לאירועים. אם ניקח בחשבון את תוצאותיו של מחקר זה לגבי שיתוף עדים זה יכול להיחשב כעדות "העד העמית", באופן משמעותי יכולה העדות להתפשר בפועל. בעוד מחקר זה התמקד בכביש שדימה אירוע תאונה, את חשיבותה של קבלת עדות העד באופן מדויק היא בעיה על פני ספקטרום השיטור בו בני האדם מתבקשים להיזכר באירועים ולהעיד עליהם. מחקר זה שממומן על ידי גרד Siochona ו- itai, מספק בסיס שימושי ליוזמות עתידיות שיעזרו לנו להיקף הבנה מעשית של איך ב"עולם אמיתי" ראיות של עדי ראיה עלולות להיפגע, עם המטרה הכללית של ידע מפגש ש יגרום לירידה באי דיוקים בזיכרון עד ראיה. טוני, קארן, ג'ולי ותודה אסיר תודה למרטין לסני"צ נולאן ולכל מכללה ב גרדה, טמפלמור, שאפשר מחקר זה. תודה נוספת מורחבת ל סמל קולין אוניל שכיו"ר itai היה מעורב.

7. שדה ראיה

מושגים:

שדה ראיה - שדה ראיה הינו זווית או תחום הנראה של שטח מנקודת מבט מסוימת לעבר אובייקט ברגע נתון.

שדה ראיה שטח (טופוגרפי) - (טופוגרפיה = רישום שטח) הינו תחום הנראה של שטח מנקודת מבט מסוימת לעבר אובייקט בתנאי ראות אופטימאליים מבלי להתייחס למגבלות ראות נראות ורכב.

מרכיב חשוב בביצוע בדיקת שדה ראיה הינו הראות והנראות-

מגבלות הראות והנראות מתחלקות לארבע קטגוריות:

1. מגבלות פיסיוולוגיות הקשורות למצבו הבריאותי של הנהג.
2. ראות המוגבלת ע"י מכשול בשדה הראיה. (גבעה שיחים, מבנה, עיקול בכביש, מבנה הרכב).
3. נראות המוגבלת ע"י קונטרסט. האובייקט הנצפה "ניבלע" ברקע.
4. ראות המוגבלת ע"י תנאי הסביבה בזמן נתון כגון: מזג אויר (ערפל, גשם) מצב תאורה יום –לילה - דמדומים, ועוצמת התאורה.

קונוס הראייה:

קונוס ראיה = שדה הראיה הוא הכושר של העין לחוש בנוכחות עצמים ותנועתם בכל שטח העין ולא רק מול ציר המרכזי. ככל שהעצם הניצפה מתרחק מהציר המרכזי חלה ירידה בדיוק בהבחנה בפרטים.

קונוס הראיה הטובה – העצמים נראים בבהירות המרבית בטווח של 2-3 מעלות.

קונוס הראיה הברורה – העצמים נראים בברור בטווח של 6-10 מעלות.

קונוס הראיה המספקת – העצמים בטווח זה נראים עדין בברור בטווח עד כ- 20 מעלות.

קונוס הראיה הפריפריאלית עד 160 מעלות התמונה מתחילה להיות מטושטשת ומפוזרת, אך ניתן להבחין בקיום עצמים.

ככל שמהירות הרכב גבוהה יותר כך היכולת לשמור על מיקוד בעצם הנצפה קטן יותר.

קונטרסט:

העין רגישה להפרש יחסי בין בהיקות של שני משטחים. הפרש הבהיקות בין המשטחים מוגדר כקונטרסט. מידת הקונטרסט מושפעת משני גורמים עיקריים:

יכולת החזרת האור של העצם ושל הסביבה.

עוצמת ההארה הפוגעת בעצמים ובסביבתם.

רגישות הסף לקונטרסט מושפעת:

מבחינות הרקע וההפרש בין בהיקויות המשטחים. גודל העצם הנצפה ומרחקו מעין הנהג. תאורת הסביבה . תכונות פיזיולוגיות וגיל הנהג .

7.1 אופן ביצוע ניסוי שדה ראיה

לא אחת הבוחן ניתקל בבימ"ש במומחה המציג את נוהל עריכת ניסוי שדה ראיה בטענה כי ביצוע הניסוי לא נערך כנדרש וכי יש לקצר את מרחק ניסוי שדה ראיה בלילה בשליש או בחצי . אופן עריכת ניסוי שדה ראיה מתייחס לטענה זו .

בקצרה - בוחן המגיע לבצע ניסוי, הינו מודע למיקום הימצאות ה"ר ומכאן יש לקחת זאת בחשבון בזמן התגובה ובמבחן הצפיות . כאשר בוחן מצפה לזהות ה"ר , הדבר גורם להקטנת זמן הנדרש לזיהוי היעד כסכנה ובסופו של דבר גורם להקטנת זמן תגובה. האם מצופה מנהג כי "יחפש" ה"ר בכביש בין עירוני או בצומת לפני מעבר חציה. מרחק הראיה לא ישתנה הפרמטר שיש לקחת בחשבון הינו הצפיות שתבוא לידי ביטוי בזמן התגובה (הפתעה או רגיל).וזמן התגובה בנסיעה מתורגם למרחק תגובה.

לעיתים עולה ההנחה בבימ"ש כי יש לקצר בחצי את מרחק שדה הראיה בהתבסס על בפס"ד אשמוז : הנחה שהינה שגויה ולרוב מנותקת מנסיבות פס"ד. (ראה התייחסות בהמשך).

בנוגע לטענת ההגנה כי יש לקצר את שדה הראיה שנקבע בניסוי, בחצי, בהסתמך על פס"ד אשמוז, יש לטעון כי הדבר אינו מדויק. מדובר בפס"ד בימ"ש מחוזי ישרן, שדה ראיה אינו מתקצר זמן התגובה יכול להתארך. וכי יש מקום לאבחן את פס"ד אשמוז, בו כאמור, נתקבלה עמדת ההגנה רק בשל כך שלא הוצגה כל חוות דעת מזימה או סותרת על ידי המאשימה .

בימ"ש קבע הנחות (75% מהמרחק) והמחוזי לא קיבל את זה והוא עצמו ערך שחזור וקבע כי היות והשדה ראיה עפ"י גרסת העד מומחה שלא נסתרה הינה 50 מטר ומרחק העצירה הינו 59 מטר אז התאונה בלתי נמנעת. (הנחה של בימ"ש כי התאונה הינה בלתי נמנעת הינה שגויה היות והטרקטור לא עומד אלה נוסע ובשחזור לפי זמן ומרחק באם הרכב מגיב בזמן אינו פוגע בנגרר).

במקרה וטענה זו עולה יש לאמץ עמדת בית המשפט העליון ברע"פ 1355/12, בפס"ד שטיינברגר לפיה שדה הראיה הנו נתון קבוע וגורם ההפתעה יילקח בחשבון רק בהקשר לקביעת זמן התגובה של הנאשם. בע"פ 16810-02-10, מדינת ישראל נ' שטיינברגר, שאושר בבית המשפט העליון, ברע"פ 1355/12, שם נקבע כי יש לקחת בחשבון את הנתון של "הפתעה/אי ציפייה", בהקשר לקביעת זמן תגובה ולא בהקשר לשדה הראיה וזאת בהסתמך על עדותו של עד הזמה מטעם המאשימה, רפ"ק רומן ברונשטיין, קצין בוחנים ראשי של משטרת ישראל דאז, לפיה : "אם לא השתנו נסיבות, כגון : תאורה, מזג האוויר, יכולת הראייה של הנהג, מקום התאונה והרכבים המעורבים, הרי שמרחק הראייה בו ניתן להבחין בסכנה בזמן התאונה יישאר לעולם מרחק קבוע וידוע. ציפייה ומודעות לסכנה אינן מקטינות את מרחק הראייה, אלא מקטינות את זמן התגובה של הנהג ובהתאם למהירות - גם את מרחק התגובה".

7.1.1 נקודות עיקריות לאופן ביצוע ניסוי שדה ראיה

- יש לשאוף לערוך ניסוי שדה ראיה בתאונת שטח בסיום טיפול בתאונה בתנאי שמתקיימים כל הפרמטרים המפורטים בהמשך ושאינן שוני בתנאי תאורה ראות ומזג אוויר. במידה ולא ניתן באותו היום לבצע את הניסוי, הניסוי יערך בזמן אחר בתנאים דומים לתנאי התאונה (אותה שעה, אותו המקום, תנאי מזג אוויר זהים, אותם תנאי תאורה רכב כביש וזריחה שקיעה יום לילה, יש לשאוף לערוך את הניסוי עם הרכב המעורב ועם הנהג המעורב, לבוש וגודל האובייקט זהים).
- בכל ביצוע ניסוי יש לזכור מה תכלית ביצוע הניסוי, מה אנו בודקים ולמה ניתן דגש.
- במידה ולא ניתן לקיים את התנאים שהיו בתאונה (לדוגמא – הרכב המעורב נהרס בתאונה, מקום התאונה השתנה, נהג המערב מאושפז וכד'), המבחן יערך בתנאים הקרובים ביותר לתנאי התאונה ועל הבוחן להתייחס ולהסביר מה השפעתם של ההבדלים בעריכת המבחן על קרות התאונה.
- בניסוי שדה הראיה יש להסיע את הרכב במהירות איטית (כ- 10 – 15 קמ"ש) בכיוון הנסיעה כפי שנסע בעת התאונה.
- יש לעצור את הרכב בנקודה בה נפתח שדה הראיה לראשונה לכיוון היעד הנצפה ומנקודה זו יש לערוך מדידת מרחק שדה הראיה.
- במידה ובוחן עורך הניסוי מבחין ביעד לפני נהג המעורב הנוהג ברכב, יש לציין את שני מרחקי שדה הראיה בדו"ח הניסוי ובהמשך לקבל ממנו התייחסות בכתב לעניין זה.
- יש לתעד את הניסוי בצילום וזכ"ד.
- כאשר מדובר בניסוי שדה ראיה כלפי אופנוע יש לבצע ניסוי כלפי אופנוע זהה יש לבחון נושא התאורה באופנוע (עם או בלי) כאשר מדובר ב-2 נתיבי נסיעה לכל כיוון יש לערוך מס' בדיקות פעם כשהאופנוע בנתיב ימין ופעם בשמאל הכל בהתאם לנסיבות האירוע.
- בנושא השפעת צפיות הנהג על זמן תגובה יש להשתמש בחוזר הדרכה של מחלקת התנועה משטרת ישראל 35/91 – זמן תגובת נהג. (ראה מצ"ב בנספחים).

7.2 עריכת ניסוי שדה ראיה בחקירת תאונות דרכים¹⁶

1. מבוא

לאחרונה, במסגרת הכנת חוות דעת הזמה לחוות דעת מומחה מטעם הנאשם בתיק תאונת דרכים קטלני, נתקלתי בטענות המומחה בנושא קביעת שדה ראיה בשטח.

להלן הטענות : "...על פי הספרות שבידי, מרחק שדה הראיה בניסוי ראיה בלילה הינו פי 2 משדה הראיה בפועל. גם ביום יש הבדל, אם כי ההבדל הינו קטן יותר והינו של פי 1.3 בלבד...". לצורך הוכחת דבריו, המומחה השתמש במשפטים בודדים / ציטטות מספרות מקצועית שדפיה צירף כנספח לחוות דעתו ובין היתר :

א. מספר דפים מספר

FORENSIC ASPECTS OF DRIVER PERCEPTION AND RESPONSE

(היבטים משפטיים של תפיסה ותגובת נהג) מאת Paul L.Olson , מפרק 8 שנקרא **Evaluation of Visibility in the Field** (הערכה של ראות בשטח).

ב. 2 דפים מספר **PEDESTRIAN ACCIDENT RECONSTRUCTION** .
(שחזור תאונות עם הולכי רגל) מאת Jerry J. Eubanks , מפרק 5 שנקרא **Human Factors** (הגורמים האנושיים).

אקדים ואומר, כי שימוש במשפטים בודדים ללא קשר לתוכן המלא המופיע בכל פרק בהתאם בספרות המקצועית שממנו הם נלקחו (כפי שנעשה ע"י מומחה), מוביל למסקנות מוטעות.

לאור האמור לעיל, אציג בתקציר זה תרגום של עיקרי הדברים המופיעים בפרקי הספרות במטרה להפריך את הטענות המצוינות מעלה, תוך התייחסות אישית שלי אל התכנים.

(תודתי לראש מחלקת התנועה ניצב משנה מאיר אור על עזרתו והכוונתו בהכנת התקציר.)

¹⁶ נערך ע"י רפ"ק רומן ברונשטיין מקורות מתוך פרק 8 Evaluation of Visibility in the Field , מספר FORENSIC ASPECTS OF DRIVER PERCEPTION AND RESPONSE , ופרק 5 Human Factors (הגורמים האנושיים) מספר PEDESTRIAN ACCIDENT RECONSTRUCTION

2. פרק 8 Evaluation of Visibility in the Field (הערכה של ראות בשטח)

מספר FORENSIC ASPECTS OF DRIVER PERCEPTION AND RESPONSE

(היבטים משפטיים של תפיסה ותגובת נהג) מאת Paul L.Olson

בפרק זה מצוין, כי בתחילת הערכת ראות בשטח, מטלת החוקר למדוד מרחק שבו ניתן לגלות את היעד.

בשלב הבא על החוקר לקבוע מרחק בו הנהג הבין שהיעד שראה מהווה סכנה.

המטרה של פרק זה – להעניק קווים מנחים לתכנון, ביצוע ופענוח התוצאות מהערכת ראות בשטח כך שהם יעזרו בהבנת המצב עימו התמודד הנהג בעת התאונה. כדי שהערכת הראות תשקף את המצב שהיה בתאונה, על החוקר להשתדל לערוך את מבחן שדה הראיה בתנאים הדומים לתנאי התאונה (באותו מקום, סמוך לאותה שעה, עם אותם כלי רכב, באותם תנאי ראות, תאורה, מזג האוויר, באותן מגבלות וכד'). במידה ולא ניתן לקיים את התנאים שהיו בתאונה (לדוגמא – הרכב המעורב נהרס בתאונה, מקום התאונה השתנה וכד'), המבחן יערך בתנאים הקרובים ביותר לתנאי התאונה ועל החוקר להתייחס ולהסביר מה השפעתם של ההבדלים בעריכת המבחן על קרות התאונה.

בין היתר, בפרק זה מוסברים שלבי ביצוע הערכת הראות בשטח.

בשלב הראשון, יש לקבוע את המרחק בו ניתן לזהות את המטרה – מרחק הזיהוי.

השיטה המומלצת לביצוע המבחן – הסעת רכב הניסוי לכיוון היעד בדומה לנסיבות התאונה.

כותב המאמר מציין כי למהירות הנסיעה בשלב זה אין כל חשיבות, מאחר ומטרת המבחן הינה לקבל הערכה סבירה ומדויקת של מרחק ראות מקסימאלי לכיוון יעד המבחן.

השלב הבא לאחר קביעת מרחק הזיהוי, הינו להעריך את הטווח האפשרי של מרחק התגובה.

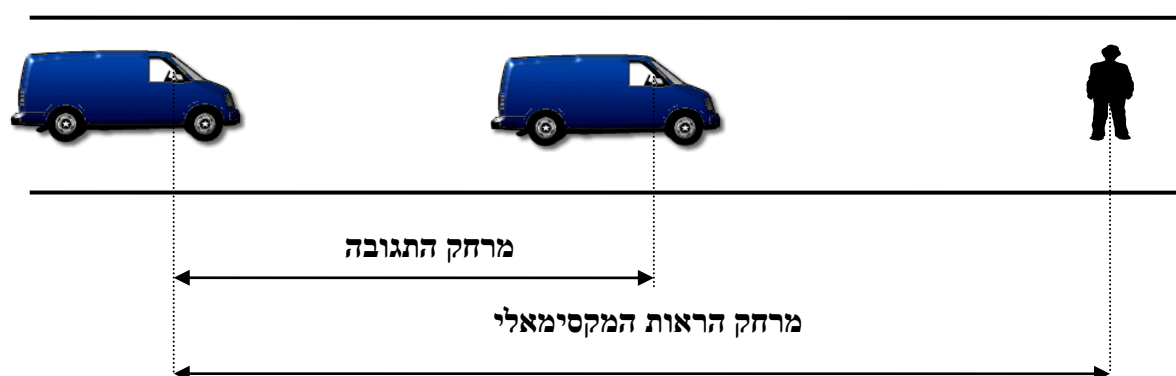
מרחק התגובה תלוי ישירות ממהירות נסיעת הרכב וזמן התגובה.

נסיעה במהירות גדולה יותר, תוביל להיווצרות מרחק התגובה גדול יותר.

על אותו עיקרון, גם הגדלת זמן התגובה תוביל להגדלת מרחק התגובה.

בספר ניתנה דוגמה לניסויים בהם נעשתה השוואה בין מרחק הראות המכסימאלי לבין מרחק התגובה. בניסויים שנערכו בלילה, בחלק מתוצאות שהתקבלו, מרחק התגובה התקרב כמעט למחצית של מרחק הראות המקסימאלי.

אציג טענה זו באיור 1 :



כותב המאמר מציין כי בקביעת מרחק התגובה חובה להתייחס לציפיות הנהג. באותם ניסויי לילה שצוינו קודם, נמצא כי תיקון המתייחס לציפיות הנהג לראות את היעד, עשוי להפחית את מרחק התגובה כמעט בחצי.

אציג זאת באיור 2:



בשלב הסופי של הערכת הראות, לאחר שנקבעו מרחק הזיהוי ליעד ומהירות הרכב, על החוקר לבדוק האם תגובת הנהג בתיקון הציפיות הייתה בגבולות הסבירות.

3. פרק 5 Human Factors (הגורמים האנושיים)

מספר **PEDESTRIAN ACCIDENT RECONSTRUCTION** (שחזור תאונות עם הולכי

רגל) מאת Jerry J. Eubanks

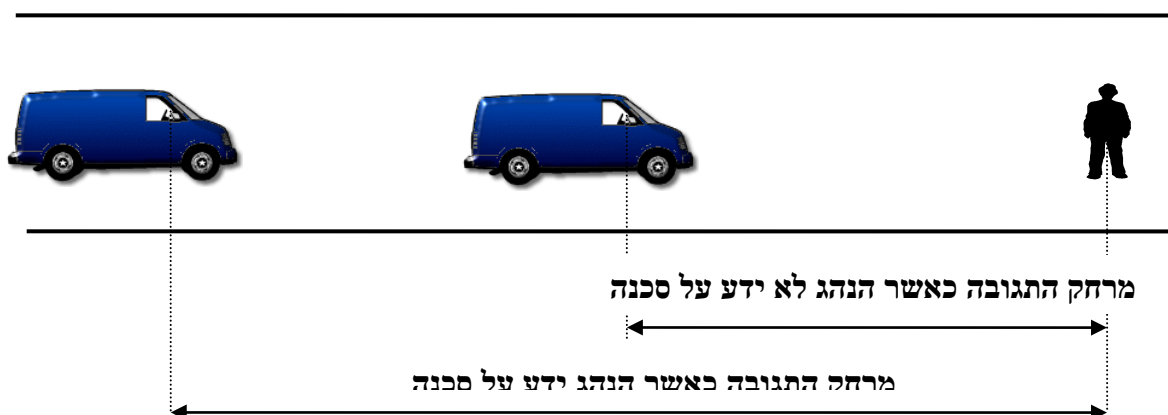
בפרק זה, בסעיף **Response Time** ("זמן תגובה"), כותב המאמר מתייחס לנושא הבחנה ראשונית של סכנה והשפעת ציפיות הנהג על זמן תגובתו.

בסעיף זה מצוין, כי חוקר שחזור למקום התאונה לצורך בדיקת הראות, הערכות שלו בקביעת מרחק הראיה או חוסר הראיה יהיו גדולות יותר - כ- 1/3 יותר מן המרחק הזמין באמת.

בנושא השפעת ציפיות הנהג על זמן התגובה, בסעיף זה ניתנת דוגמא לניסויים שנערכו בלילה, כאשר רכבי הניסוי נסעו עם פנסי חזית במקום חשוך בו לא הייתה תאורה חיצונית. החוקרים ביקשו ממגוון נבחנים להעריך את יכולתם לראות. הנבחנים לא הודרכו באשר למיקום מטרה כהה בצורת הולך רגל אשר הונחה על הכביש. נלקחו מדידות של המיקום בו הרים הנהג את רגלו מדושת הדלק. לאחר הניסוי הראשוני נתבקשו הנהגים לנהוג שוב במסלול ושוב תועד המיקום בו הרים הנהג את רגלו מדושת הדלק. המרחק שנמדד כאשר ידעו הנהגים מראש אודות המטרה היה פי שתיים בקירוב מן המרחק אשר נמדד כאשר הופתעו.

תוצאות ניסוי זה מלמדות כי נהג שמועד לסכנה מגיב יותר מהר מאשר נהג שמופתע.

אציג תוצאות הניסוי המתואר בסעיף זה באיור 3 :



בנוסף, כותב המאמר מתייחס לתהליך תפיסה ותגובת הנהג אשר מבחין בסכנה :
באופן כללי, לא ניתן לצפות מנהג לבצע תגובה נאותה בעת מפגש עם סיטואציה בכביש מבלי שיתרחשו ארבעה שלבים בעלי אזורי חפיפה ביניהם :

(1) הבחנה או גילוי ראשוני של היעד – בשלב זה הנהג נמצא בנקודה בה הוא מבחין לראשונה ביעד.

(2) זיהוי היעד כסכנה.

(3) החלטה איך להתמודד עם הסכנה.

(4) תגובת הנהג.

ארבעת השלבים האלו ביחד מרכיבים תהליך תפיסה ותגובת הנהג, הם קיימים תמיד ועמם יש להתמודד.

כפי שניתן לראות במאמרים שצוינו, ציפיות הנהג שמודע לסכנה לא משפיעות על מרחק הראיה בו הנהג מבחין לראשונה בסכנה, אלא משפיעות על זמן תגובתו ובהתאם למהירות גם למרחק שממנו הוא מגיב לסכנה.

מרחק הראיה הינו מרחק קבוע וידוע שיכול להשתנות בגלל סיבות כגון תאורה, מזג האוויר, בעיות ראייה של הנהג וכד'.

אם התנאים שהיו בעת התאונה לא השתנו ביחס לתנאים שהיו בעת המבחן (אותו מקום, אותם תנאי ראות, אותה תאורה, אותו רכב שהיה מעורב ואפילו אותו נהג שהיה בתאונה) – מרחק הראיה אינו משתנה.

מה שכן משתנה וזאת מדגישים במפורש בכל הספרות המקצועית, שמרחק הזיהוי ומודעות לסכנה משתנה בסיטואציות שונות וכן שבין המרכיבים המשמעותיים המשפיעים על תגובת הנהג נכללים מוכנות ודריכות הנהג לסכנה.

מאחר והנהג מצפה לסכנה, הוא "מחפש" אותה ביוזמתו ומצפה לזהות אותה כמה שיותר מהר - הדבר שגורם להקטנת זמן הדרוש לזיהוי היעד כסכנה ובסופו של דבר גורם להקטנת זמן התגובה.

סיכום

לאור האמור לעיל, יש לשאוף לערוך ניסוי שדה ראייה בתנאים דומים לתנאי התאונה (באותו מקום, סמוך לאותה שעה, עם אותם כלי רכב, עם נהגים מעורבים, באותם תנאי ראות, תאורה, מזג האוויר, באותן מגבלות וכד').

אציין כי נושא עריכת ניסוי שדה ראייה מפורט בפרק 12. בחוברת "תאורה ונראות" שהוציא מדור ת.ד. / מת"ן / את"ן בית דגן.

במידה ולא ניתן לקיים את התנאים שהיו בתאונה (לדוגמא – הרכב המעורב נהרס בתאונה, מקום התאונה השתנה, נהג המערב מאושפז וכד'), המבחן יערך בתנאים הקרובים ביותר לתנאי התאונה ועל הבוחן להתייחס ולהסביר מה השפעתם של ההבדלים בעריכת המבחן על קרות התאונה. בניסוי שדה הראיה יש להסיע את הרכב במהירות איטית (כ- 10 – 15 קמ"ש) בכיוון הנסיעה כפי שנסע בעת התאונה.

יש לעצור את הרכב בנקודה בה נפתח שדה הראיה לראשונה לכיוון היעד הנצפה ומנקודה זו יש לערוך מדידת מרחק שדה הראיה.

במידה ובוחן עורך הניסוי מבחין ביעד לפני נהג המעורב הנוהג ברכב, יש לציין את שני מרחקי שדה הראיה בדו"ח הניסוי ובהמשך לקבל ממנו התייחסות בכתב לעניין זה. בנושא השפעת ציפיות הנהג על זמן התגובה, יש להשתמש בחוזר הדרכה של מחלקת התנועה, משטרת ישראל מס' 35/91 "חקירת תאונות דרכים - זמן תגובת הנהג".

דוגמא

בתאונת דרכים מסוג פגיעה של רכב מסחרי בהולך רגל שאירעה בלילה, בכביש בין עירוני מואר, שלא במעבר חצייה, בוחן ערך ניסוי שדה הראיה עם הנהג הפוגע. מרחק שדה הראיה שבו נהג הבחין לראשונה בדמות הולך הרגל בלבוש דומה - 75 מ'.

בחוזר הדרכה של מחלקת התנועה, משטרת ישראל מס' 35/91 "חקירת תאונות דרכים - זמן תגובת הנהג" המסתמך על ספרות מקצועית בתחום זה, ניתנה התייחסות לקביעת זמן תגובה במצבים שונים.

במקרים בהם רמת המוכנות והדריכות של נהג הינה גבוהה (לדוגמא בכביש בו מתנהלת תנועת כלי רכב, בכביש שעובר באזור הומה אדם, באזור מואר היטב וכד') במקרים כגון אלה לצורך שחזור התאונה, כשזמן התגובה אינו ידוע, יש להשתמש **בזמן תגובה מינימאלי של הנהג שהינו בממוצע 0.75 שניות** ובנוסף יש להוסיף את זמן תגובת מערכת הבלימה (0.3 שניות – במערכת בלימה הידראולית).

במקרים שבהם קיימת אי מוכנות הנהג לסכנה שתתרחש לפניו בדרך (לדוגמא חציית הולך רגל בכביש בין עירוני מהיר, המצאות מכשול בכביש בו הוא לא אמור להימצא וכד'), **הזמנים המחושבים כזמני התגובה יהיו בערכים הגדולים עד כ- 50% מזמן התגובה הרגיל (המינימאלי) הצפוי.**

לפי כך, בהתייחס לדוגמא שניתנה, יגדל זמן התגובה מ- 0.75 שניות לזמן התגובה של 1.1 – 1.2 שניות ותרגום זמן זה למרחק כתלות במהירות הנסיעה יהווה **גידול של כ- 50% במרחק התגובה ממרחק התגובה בו הייתה ציפייה ומוכנות גבוהה (אדגיש - כך צוין גם בספרות המקצועית המוזכרת מעלה ראה איורים 1, 2 ו- 3).**

7.3 השוואה בתפיסת אובייקטים על ידי נהגים במצבים נייחים לעומת מצבים בהם כלי

17

הרכב נעים, בכבישים רגילים

Marek Semela , Albert Bradác , Robert Kledus

1. מצ"ב תרגום מחקר שכותרתו "השוואה בתפיסת אובייקטים על ידי נהגים במצבים נייחים לעומת מצבים בהם כלי הרכב נעים בכבישים רגילים". המאמר עוסק בנושא קביעת המרחק שבו נהגים יכולים להבחין לראשונה בהולך רגל על הכביש, כאשר הראות מופחתת.
2. המחקר פורסם והוצג במסגרת הכנס השנתי של האיגוד האירופאי לחקר תאונות דרכים בשנת 2010. המאמר המקורי מצורף כקובץ נפרד למאגרי מידע את"ן ומחלקת התנועה/ מדור ת.ד/חברות הדרכה, עמודים 9-27 בקובץ EVU 2010.
3. להלן עיקרי מסקנות המחקר:
 - א. הטיעון הנפוץ ביותר של נאשמים או עורכי דינם הוא, שבניגוד לתנועה הנורמאלית, בניסוי שעורך החוקר, יש לחוקר הרבה זמן לצפות להולך הרגל, כי הוא יודע בערך היכן הולך הרגל עומד להיות ממוקם, ולכן התוצאות אינן אובייקטיביות ואינן משקפות את המצב בפועל בנהיגה ברכב במהירות נורמאלית. באמצעות טיעון זה, מומחים צמצמו את מרחק שדה הראייה שנקבע ע"י החוקר והתבססו על המרחק המופחת עבור חישובים נוספים שביצעו.
 - ב. המחקר קבע כי בהשוואה למדידות שנלקחו מרכב עומד (סטאטי), כשהרכב נע במהירות נורמאלית (כלומר הרכב דינאמי) הרי שהנסיעה במצב דינאמי, לא בהכרח פוגעת ביכולתו של הנהג לראות את הולך הרגל על הכביש. ההבדלים באחוז הגבוה ביותר של מדידות דינאמיות היו באזור שלא עלה על סטייה של $\pm 10\%$ מן המדידות הסטטיות. **הצורך בתיקון (קיצור) של המרחק שנקבע בניסוי הנראות שעורך החוקר ושנעשה באמצעות רכב המתקרב לאט מאד להולכי הרגל, לא הוכח.**
 - ג. במקרים מסוימים, במיוחד בזמן נהיגה עם אור נמוך, התברר כי הדינאמיות של הרכב, בעיקר תנועת הנדנוד (התנדנדות, תנודה קדימה ואחורה) יכולה למעשה, להאריך את המרחק שבו ניתן להבחין בהולכי הרגל מרכב נע (דינאמי), בהשוואה למדידות שנלקחו מרכב עומד (סטאטי) או מרכב שנוסע לאט מאוד, ומכאן להשפיע באופן חיובי על הזדמנות לראות את הולכי הרגל מוקדם יותר.
 - ד. מצד שני המורכבות של מצבים מסוימים בתנועה והתדירות של גורמים במהלך הנסיעה, יכולה לקצר באופן משמעותי את המרחק ובכך להשפיע לרעה על הסיכוי לשים לב להולכי הרגל בזמן.
 - ה. הניסוי שנעשה ע"י החוקר, עדיין הינו כלי יעיל על מנת לקבוע במהירות את המרחק שבו אפשר לראות רגל על הכביש.
- ו. תוצאות הבדיקה לא הוכיחו השפעה חיובית של פנסי הקסנון על הארכת המרחק שבו ניתן להבחין בהולך רגל.

¹⁷ כנס EVU 2010 נכתב ע"י Robert Kledus, Albert Bradác , Marek Semela תורגם ע"י סנ"צ אילן ידגר.

- ז. המרחק שבו אפשר לראות הולך רגל הלבוש בבגדים רגילים (של דמות רגילה), עם אור נמוך, עומד על כ- 50 מטר. אם הולך רגל לובש בגדים שחורים, בתלות בנסיבות, טווח זה עשוי, להתקצר עד 40 או אפילו 30 מטר.
- ח. אם הולך רגל לובש אפוד בטיחות, אפילו אפוד באיכות ירודה, המרחק שבו ניתן להבחין בו באור נמוך, עשוי לגדול ל- 100 מטר ואף יותר מכך.
4. המחקר הנ"ל מחזק את המסקנות והקביעות המפורטות בחוברת "עריכת ניסוי שדה ראיה בחקירת תאונות דרכים", חוברת שנערכה ע"י רפ"ק רומן ברונשטיין בתאריך 09.09.2008, בעיקר לנושא הקביעה שמרחק שדה הראיה אינו משתנה, ואף מהווה נדבך נוסף ועדכני לקביעה זו.
5. קציני בוחנים מחוזיים וראשי מחלקי ת"ד - נא העבירו הנחייה זו לכלל הבוחנים ביחידתכם בשיעור השבועי הקרוב וודאו שכלל הבוחנים מכירים את המסקנות ויכולים להתמודד עם טענות שונות של מומחי הגנה הטוענים לקיצור מרחק שדה הראיה שנקבע בניסוי שערך הבוחן.

תקציר

(עמוד 9) מאמר זה עוסק בנושא קביעת המרחק שבו נהגים יכולים להבחין לראשונה בהולך רגל על הכביש, כאשר הראות מופחתת. מדובר בנושא חשוב לצורך שחזור נכון של תאונות דרכים חמורות, כגון התנגשויות בין כלי רכב והולכי רגל. מכיוון שמומחים יכולים למדוד את המרחק שבו אפשר להבחין בהולך רגל, רק ממצב ניח, או בעת תנועת רכב הנע באיטיות, חשוב ללמוד את ההבדל בתפיסה של אובייקטים על ידי נהגים ממצבים ניחים וממצבים נייחים. עם זאת, מחקר נדרש מעין זה לא בוצע עד כה, הסיבה לכך היא שעד עתה לא הייתה זמינה שיטת מדידה מתאימה שתאפשר למדוד את המרחק בין אובייקט על הכביש לבין רכב הנמצא בנסיעה, ברגע שהנהג מבחין באובייקט. כעת כבר ניתן להתגבר על מגבלה זו על ידי שימוש במכשיר לקביעת הרגע שבו הבחין הנהג באובייקט, זאת באמצעות מדידה של שינוי בכיוון המבט של הנהג. המכשיר המשמש למטרה מיוחדת זו פותח על ידי GmbH, Viewpointssystem. המרחק בין הרכב לבין הולכי רגל נקבע על פי המהירות של הרכב והזמן שלוקח כדי לרכב לעבור מרחק זה.

המחקר כולל מצבי תנועה שונים ותוצאות של מדידת מרחקי הנראות של הולכי הרגל ממצבים ניחים וממצבים בהם הרכבים נעים, זאת בתנאי נראות מופחתת. התוצאות שהתקבלו בבדיקות הנרחבות שנערכו בשיתוף פעולה הדוק עם המכון להנדסה של אוניברסיטת Brno, ושל המכון הטכנולוגי האוסטרי EPIGUS.

הקדמה

התנגשויות של כלי רכב עם הולכי רגל שייכות לקבוצה של תאונות דרכים חמורות. לעתים קרובות הן מתקיימות בתנאי נראות מופחתת, כאשר הנהג של הרכב בדרך כלל לא שם לב להולך הרגל ממרחק מספיק ואינו מסוגל למנוע התנגשות. בשנת 2009 בציכוסלובקיה, 47 הולכי רגל נהרגו מחוץ לאזורים עירוניים (ראה את נתוני המשטרה הציכית), מתוכם 37 הולכי רגל (כמעט 79%) נהרגו בלילה. לנוכח ההשלכות החמורות של תאונות אלו, יש צורך לתת להן תשומת לב מיוחדת ובאופן שיטתי לייצור תנאים לצמצום התרחשויות.

הגדרת הבעיה

הבהרת (הגדרת) הסיבות לתאונות הדרכים בהם מעורבים הולכי רגל בתנאי נראות מופחתת, זו היא נקודת מבט טכנית חשובה, על מנת לקבוע בצורה אובייקטיבית את המהירות המתאימה לאותו טווח הראיה. מחקרים רבים בנושא בטיחות בדרכים כרוכים במדידת זמן התגובה של הנהג לכל מיני גורמים. התוצאות

של מחקרים אלו יכולות כמובן גם הן לשמש לקביעת המהירות המתאימה לטווח הראייה. (עמוד 10) יחד עם זאת, החישוב בפועל של המהירות המתאימה דורש גם את קביעת המרחק הנכון שבו הנהג יכול בפעם הראשונה לראות את הולך הרגל בכביש. אולם, בידי המומחים יש רק אפשרויות מוגבלות לקביעת המרחק הזה. בחלק מהמקרים ניתן להשתמש בהדמיות מחשב, אבל בדרך כלל צריך החוקר לערוך ניסוי במקום התאונה ולקבוע את המרחק שבו אפשר לראות הולך רגל בניסוי. מדידות אלה בדרך כלל מבוצעות בצורה שלא מאפשרת לקבוע את המרחק כאשר המשתתפים בתאונה נמצאים בתנועה הדדית. עם זאת, מסיבות טכניות ובטיחותיות, ניסויים אלו יכולים להתבצע רק בעמידה או ברכב הנע לאט מאוד. מנקודת מבט בטיחותית, סיכון האנשים המשתתפים בניסוי אינו מקובל. מסיבות טכניות הרכב חייב לעצור בנקודה שבה הנהג מבחין בפעם הראשונה בהולך הרגל על הכביש, זאת כדי לאפשר את מדידת המרחק בין הרכב לבין הולך הרגל.

מכיוון שבמהלך הבדיקות הרכב הוא נייח או רק נע לאט מאוד, כאשר דנים בהיבטים המשפטיים של המקרה, האובייקטיביות של תוצאות של ניסוי כזה נחקרות פעמים רבות. **הטיעון הנפוץ ביותר של בעלי הדין או עורכי דינם היא, שבניגוד לתנועה הנורמאלית, לנהג (או לאדם אחר שנבדק) בניסוי שעורך החוקר, יש הרבה זמן לצפות להולך הרגל, כי הוא יודע בערך היכן הולך הרגל עומד להיות ממוקם (מוצב), וכו', ולכן התוצאות אינן אובייקטיביות ואינן משקפות את המצב בפועל בנהיגה ברכב במהירות נורמאלית.** בחלק מהמקרים בדרך זו, מומחים צמצמו את המרחק שנקבע והתבססו על המרחק המופחת עבור חישובים נוספים שביצעו. עם זאת, תוקפו של צמצום זה עדיין לא אומת, ובגלל שצמצום זה משפיע על קביעת המהירות המתאימה עבור טווח שדה הראייה, הדבר עלול להשפיע על ההערכה המשפטית של המקרה. בשנת 2002 נערך מחקר ע"י חוקר בשם Kropác שעסק בסוגיות של קביעת המרחק שבו אפשר לראות רגל מרכב נע. הוא השתמש בחומר נפץ שנוהר מחוץ לרכב. הנהגים הונחו שכאשר הם רואים את הניצב המייצג הולך רגל, ללחוץ על דוושת הבלמים כדי לציין את המיקום של הרכב על הכביש באותו הרגע. המגבלה של שיטה זו הינו הצורך לאמוד את זמן התגובה מהרגע שהנהג הבחין בהולך הרגל ועד להתחלת הלחיצה על דוושת הבלמים. בתוספת לחוסר היכולת לבצע סוג זה של מדידה בתנאי תנועה רגילה.

הגדרת הבעיה ומטרות המחקר

בהתבסס על הבעיה המוגדרת מעלה, **הבעיה** יכולה להיות מנוסחת כדלקמן: בשל אי קיומה של שיטת מדידה מתאימה לקביעת המרחק בין הרכב לבין הולך הרגל ברגע שהנהג מבחין בהולך רגל, **ההשפעה של מהירות הרכב על המרחק שבו ניתן לראות הולך רגל על הכביש בתנועה רגילה לא אומתה**. מסיבה זו היחס בין המרחק שבו ניתן לראות רגל מרכב הנע במהירות, לבין רכב נייח (או נע לאט) טרם נקבע לצורך פעולת מומחה.

המטרה של מאמר זה היא לתרום לפתרון של הבעיה שהוגדרה לעיל. מבחינת הצרכים של פעולות מומחה, המטרה של מחקר זה היא:

- לוודא את התאמתה של שיטת R, viewpointsystem (מדידת כיוון המבט של הנהג) להמשך המחקר בתחום זה.
- לרכוש מידע בסיסי לגבי ההבדל בתפיסה של אובייקטים על ידי נהגים הנעים מהר ולאט בכלי רכב בתנאי ראות מופחתת.

בהיבט של בטיחות התנועה בכביש, המטרה של מאמר זה היא להדגיש את החשיבות ליצירת תנאים שיאפשרו לנהגים לזהות הולכי רגל על הכביש בזמן.

(עמוד 11)

	Vehicle 1 (Typ F_H7)	Vehicle 2 (Typ F_XE)
Factory make	Škoda Octavia Combi 4x4 2.0 TDi	Škoda Octavia Combi 4x4 2.0 TDi
Year of manufacture:	2008	2008
Engine type, fuel, max output [kW] @ rpm:	BMM, NM 103 kW@4000	BMM, NM 103 kW@4000
Transmission:	manual	manual
Colour:	cappuccino beige	black mother of pearl
Chassis:	Standard	Off-road package
Headlights:	halogen (non-active)	xenon (non-active)
Bulbs:	GE H7 12 V/55 W 58520V (Hungary)	Osram xenarc electronic D1S 12 V/35 W 6144 (Germany)

Table 1: Selected vehicle technical parameters

רכב 2 (נורות קסנון)	רכב 1 (נורות H7)	שם היצרן
סקודה אוקטביה קומבי 4x4 2.0 לי TDI	סקודה אוקטביה קומבי 4x4 2.0 לי TDI	
2008	2008	שנת יצור
103 כ"ס ב-4000 סל"ד BMM	103 כ"ס ב-4000 סל"ד BMM	סוג מנוע ומומנט
ידנית	ידנית	תמסורת
שחור פנינה	קפוציניו/בז'	צבע
חבילת כביש/שטח	רגיל	דגם
קסנון	הלוגן	פנסים
אורסם קסנון אלקטרוני D1S 6144 12V /35W (גרמניה)	58520V GE H7 12 V /55W (הונגריה)	נורות

טבלה 1: נתונים טכניים נבחרים של הרכב

שיטת הפתרון

פתרון הבעיה שבה עוסק מחקר זה, הינה על ידי השוואה של שתי מדידות ניסיוניות.

- **ראשית**, (דינאמי) בדיקות התנועה נערכו בתנועה רגילה באמצעות כלי רכב אשר נסעו על הכביש במהירות נורמאלית. המרחק שבו ניתן לראות הולך רגל נקבע לפי חישוב המבוסס על זיהוי של תגובה אופטית של הנהג ברגע שהבחין בהולך הרגל ובמהירות של הרכב. **הרגע שבו התרחשה התגובה האופטית של הנהג, נקבע על**
- **בסיס המדידה של השינוי בכיוון של המבט של הנהג כאשר הבחין בהולכי הרגל.** מכשיר שפותח ע"י GmbH, R viewpointsystem שימש למדידת השינויים בכיוון של המבט. שיטת המדידה וההערכה תוכננה בשיתוף פעולה הדוק עם המכון לרפואה משפטית ולהנדסה טכנולוגית באוניברסיטת Brno ולמכון המחקר האוסטרי EPIGUS שסייעו ושיתפו פעולה במדידות המובאות להלן.
- **שנית** (סטטי) המדידות בוצעו בצורת ניסוי נראות רגיל באמצעות שימוש במומחים. המדידות בוצעו בתנאים דומים לבדיקות שנעשו מרכב נע. המדידות התרחשו באמצעות אותם הולכי רגל מדמים, במיקומים זהים ובכלי רכב זהים עם פנסי חזית זהים, כמו בניסויים הדינאמיים. במדידות אלה, הרכב נע לאט ונעצר בנקודה שבה לדעתם של החוקרים שביצעו את הניסויים, הנהגים יכולים לראות את הולכי הרגל על הכביש בפעם הראשונה. המרחק בין הרכב לבין להולכי רגל נמדד באמצעות שיטות רגילות למדידת מרחק, בתוספת פרמטרים נבחרים של תאורה שגם הם נמדדו.

פתרון

בדיקות דינאמיות (בנהיגה)

שיטות לחישוב בדיקות דינאמיות

רכבים: שני כלי רכב דומים שימשו לצורך המדידות סקודה אוקטביה קומבי 4*4, 2 ליטר TDI, עם הבדל יסודי אחד בלבד ביניהם בנושא הפנסים שלהם. הרכב הראשון היה מצויד בפנסים קדמיים מסוג הלוגן H7 נורות מסוג (F_H7), והרכב השני היה מצויד בפנסי קסנון (F_XE). הפרמטרים הטכניים הנבחרים של שני כלי הרכב מפורטים בטבלה 1. פינוי הכביש עבור שני כלי רכב היה זהה.

רכב 1 (עם פנסי ההלוגן) (F_H7) שימש למדידות עם נהגים P1, P2, P3, P7 ו-P8 (ראה סעיף הנהגים בהמשך). (עמוד 12) רכב 2 (עם פנסי הקסנון) F_XE שימש למדידות הביצועים עם נהגים P4, P5 ו-P6.

נהגים: שמונה נהגים מתנדבים לקחו חלק בבדיקות (זוהו וסומנו כ- P1 עד P8), בהם 7 גברים ואישה אחת. הרישיון של כל הנהגים עמד בדרישות עבור קבוצת רישיון נהיגה B על פי הדרישה של נוהל מס' 77/2004 לבריאות הציבור עבור נהיגה בכלי רכב.

בדיקות עיניים גילו כי:

- 4 נהגים (P1, P2, P6, P8) היו הצעירים בקבוצת הגיל ובדיקות הראייה גילו כי הרגישות שלהם לקונטרסט קרובה לגבול העליון של התקן (המוצג בגילאי 35 שנה).
- נהגים (P3, P4, P5) היו בקבוצת הגיל המבוגר ובשל גילם בבדיקות הראייה נמצא כי הם כבר לא הגיעו אל הגבול העליון של רגישות לקונטרסט בניגוד לתדרים הנדרשים ברמה הגבוהה, הם מוקמו על פי תקן (גיל ממוצע 52 שנים). בקבוצה זו ניתן להניח שיש ליקוי בזיהוי אובייקט בקונטרסט נמוך מאוד. יתר על כן נהג P3 צריך, בשל חדות הראייה הלקויה שלו, להשתמש במשקפיים או עדשות מגע בעת הנהיגה ברכב מנועי, הנהג הזה השתמש בעדשות מגע במהלך המדידות.
- נהג P7 לא עבר בדיקת ראייה קפדנית, אולם הוא היה הצעיר בחבורה ובהתאם לכך חדות הראייה שלו לא דורשת שום תיקון.

המשימה של הנהג הייתה, כשהוא חובש משקפי מדידה מיוחדת המודדים את תנועת האישון בעיניים, לנהוג בצורה רגילה (כלומר, שמירה על חוקי התנועה) במסלול נהיגה מוגדר. לאף אחד מהנהגים לא נאמר מראש מה הייתה מטרת המדידות בפועל. **לנהגים נאמר כי יהיה פיקוח על רמת העייפות שלהם**, אבל למעשה שלהם תגובותיהם להולכי רגל שחקנים מדמים שמוקמו בתוואי הנסיעה, הוערכו. כל הנהגים אמרו כי משקפי המדידה שהם חבשו לא מהווה שום מגבלה על נהיגתם ברכב מנועי. נהגים P1, P3, P4, P7 השתמשו באלומת פנסים גבוהה ונמוכה על פי שיקול דעתם. נהגים P2, P5, P6, P8 הונחו להשתמש באלומת פנס נמוכה בלבד. הסיבה לכך הייתה כי התנגשויות בלילה בין כלי רכב והולכי רגל מתרחשות לעיתים קרובות כאשר הנהג נוסעים עם אלומת אור נמוכה.

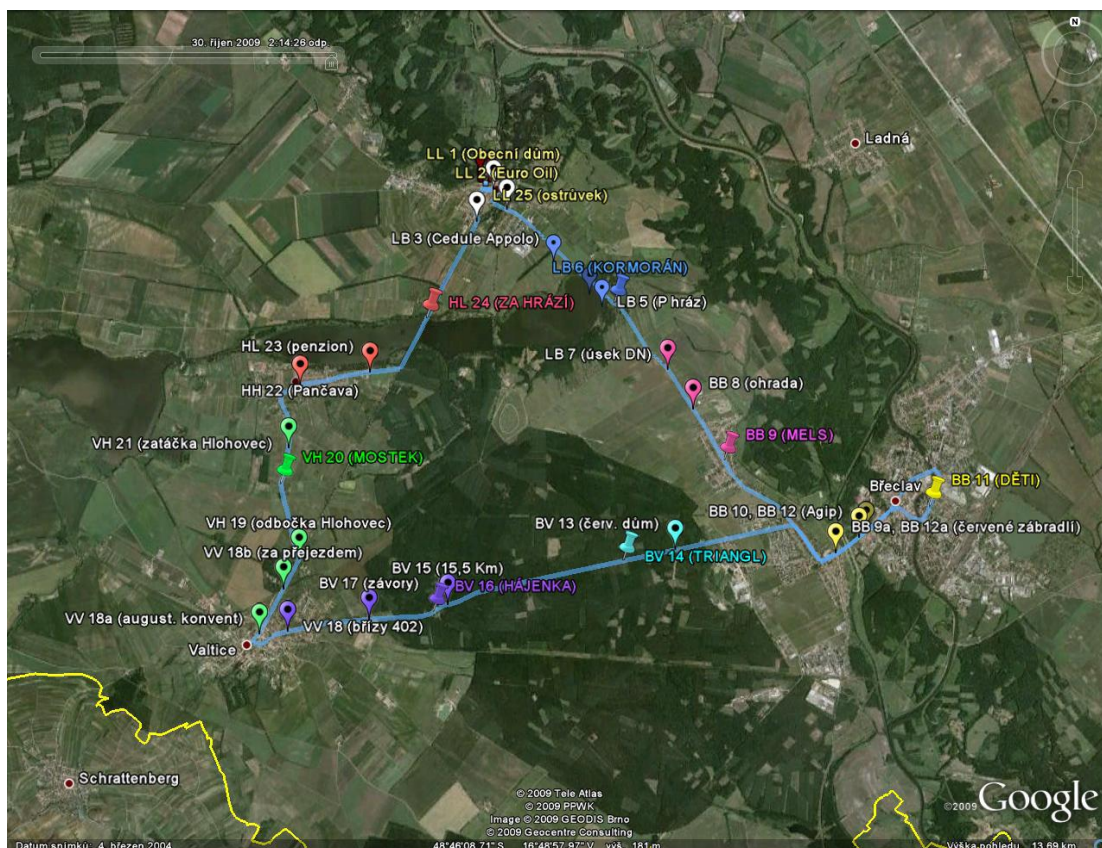
מסלול המבחן: לבדיקות נבחר מסלול ארוך בן 29 ק"מ (ראה תמונה 1) המחבר את הערים Boeclav, Valtice ו-Hlohovec, ובחזרה. התוואי נבחר בגלל שיותר נסוע בו במגוון רחב של מהירויות (90-40 קמ"ש), בתוואי שילוב של נסיעה בשטח בנוי ובינעירוני, כמו כן התוואי מכיל כבישים ברמות שונות. לאורך התוואי נקבעו 15 עמדות בכביש ללא תאורה מלאכותית (בעיקר באזורים שמחוץ ליישובים) ו-12 עמדות בקטעי כביש עם אורות מלאכותיים (בתוך ערים וכפרים). **מאמר זה מציג את הערכת מדידות שנמדדו במצבים של תנועה בקטעים ללא תאורה מלאכותית.**

כל בדיקות הנהגים נערכו במהלך הלילה ושעות החשיכה, למעט זו של נהג P5, כאשר, על מנת לבדוק את האפשרות למחקר נוסף, בבדיקתו התרחשה בשעת דמדומים.

נסיעת המבחן של נהג P1 התקיימה בכביש רטוב בגשם, גם נסיעות המבחן של נהגים P3 ו-P4 התקיימו על כביש רטוב, אבל אחרי ניסויים אלו הגשם פסק. במהלך הנסיעה של נהג P4 נוצר ערפל במקומות מבודדים. הניסויים של הנהגים P7, P5, P6 ו-P8 התקיימו בכביש יבש. תנאי הבדיקה מסוכמים בטבלה 2.

המשימה של השחקן/המדמה-הולכי רגל (ראה דוגמאות של דמויות בתמונות 2 ו-3) הייתה לדמות הולכי רגל הולכים על הכביש. כדי לנטרל את הצורך להשוות את כיוון התנועה האורכית של הולכי הרגל ביחס לרכב, השחקנים המדמים את הולכי הרגל מוקמו בכל המקרים **לעמידה בתנוחות מוגדרות** במדויק, בדרך כלל בכיוון הנסיעה של כלי הרכב בצד ימין (ובאופן חריג בצד השמאלי) שבכיוון נסיעת הרכב. במקרים מסוימים השחקנים המדמים הולכי רגל חצו את הכביש. השחקן המדמה הולכי רגל מוקם על שולי הכביש ודימה את הליכתו על ידי הליכה במקום. (עמוד 14) בסך הכול הוצבו 15 שחקנים מדמים הולכי רגל לאורך קטעי כביש ללא תאורה מלאכותית, שלושה לבשו בגדים כהים מאוד, שניים לבשו בגדים בהירים והשאר לבשו בגדים רגילים של דמויות ספורטיביות למדי, כלומר בדרך כלל ג'ינס כחול, מעיל רוח צבעוני ללא אלמנטים רפלקטיביים משמעותיים, ונעליים רגילות. בחלק מהמדידות השחקן המדמה הולכי רגל לבש אפודה זוהרת או פס זוהר על זרועו.

(עמוד 13)



תמונה 1: מפת מסלול מיקום השחקנים המדמים

Drive number	1	2	3	4	5	6	7	8
Time of day	Night	Night	Night	Night	Dusk	Night	Night	Night
Weather	Rain	No rain	No rain	Isolated fog	Dry	Dry	Dry	Dry
Road	Wet	Wet	Wet	Wet	Dry	Dry	Dry	Dry
Driver	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Vehicle / headlight type	F_H7	F_H7	F_H7	F_XE	F_XE	F_XE	F_H7	F_H7
Lights used	LB/HB	LB	LB/HB	LB/HB	LB	LB	LB/HB	LB

Table 2: Test conditions

8	7	6	5	4	3	2	1	מספר נהג
חשכה	חשכה	חשכה	דמדומים	חשכה	חשכה	חשכה	חשכה	שעה ביום
יבש	יבש	יבש	יבש	ערפל מבוד	ללא גשם	ללא גשם	גשם	מזג אוויר
יבש	יבש	יבש	יבש	רטוב	רטוב	רטוב	רטוב	מצב הכביש
P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	כינוי הנהג
הלוגן	הלוגן	קסנון	קסנון	קסנון	הלוגן	הלוגן	הלוגן	סוג נורות הרכב
נמוך	גבוהה/נמוך	נמוך	נמוך	גבוהה/נמוך	גבוהה/נמוך	נמוך	גבוהה/נמוך	אלומת האור שבה השתמש הנהג

(עמוד 14)



Fig. 2: Actor-pedestrian in position 14-27HL 'Pension'



Fig. 3: Actor-pedestrian in position 15-28HL 'behind the dyke'

צילום 2 : שחקן מדמה להולכי רגל בעמדה 14 - HL27.

צילום 3 : שחקן מדמה להולכי רגל בעמדה 15-28 - HL15.

ציוד המדידה שהיה בשימוש

כדי למדוד את כיוון המבט של הנהג, בוצע שימוש במכשיר מיוחד שפותח על ידי R viewpointssystem GmbH. מכשיר זה מורכב ממסגרות מיוחדות בצורת משקפיים, בהם מותקנות שתי מצלמות (ראה איור 4). מצלמה מיניאטורית CCD עם עדשה אופטית מיוחדת ומסנן הרושם את התנועות של עין ימין של הנהג, מצלמת אינפרא אדום עם זווית פתיחה של 120 מעלות ורגישות גבוהה מאוד לאור (0.0003 לוקס) צילמה את תמונת הכביש שראה הנהג. שתי המצלמות תיעדו בתדירות הקלטה של 25 תמונות/פריימים בשנייה. באמצעות תוכנה שפותחה על ידי R viewpointssystem GmbH, המבוססת על ההשוואה בין ההקלטות של שתי המצלמות, נקבעו כיווני המבט של הנהג תוך כדי נהיגה. המבט קדימה הוצג באופן גרפי מן ההקלטה של המצלמה בהתאמה לסביבת הרכבים (ראה תמונות 8-9). הפיתוח של טכניקת הכיול של מכשיר זה מאפשרת את מדידת הכיוון ברמת דיוק גבוהה (10-15 דקות הזווית). השגיאה המרבית בקביעת המיקום הרוחבי של האובייקט הינן כ- 30 ס"מ לכל מרחק נמדד של 100 מטר.

כדי להבטיח את איכות ההקלטה של מצלמת האינפרא אדום, הותקן פנס הארה אינפרא אדום על הגג של הרכב (ראה תמונה 5).

המצלמה האחרת, שמוקמה בתוך הרכב (ראה תמונה 6), שיקפה את הנצפה בחזית הרכב וסביבתו. מצלמה זו גם שימשה להקלטה בתדירות של 25 תמונות/פריימים לשנייה והותקנה בחלק הקדמי של המכונית כך שניתן היה לקבוע מהקלטת המצלמה את הזמן המדויק שבו הרכב עבר את השחקן המדמה. מצלמה זו לא הייתה רגישה לאור אינפרא אדום.

המיקום המיידני של הרכב נמדד באמצעות סורק תדרים 1 הרץ עם GPS בעל רגישות גבוהה ושלב SiRF. המהירות שבה היה הרכב באותו הרגע נקבעה באמצעות ההקלטות של המיקום היחסי של הרכב במהלך נסיעת הניסוי.

כל מכשירי המדידה היו מחוברים ל- 241-M HOLUX שאגר את הנתונים (ראה איור 7), אשר גם סנכרן את כל הקלטות.

(עמוד 15)



Fig. 4: Driver wearing frames shaped as spectacles, with two cameras for measuring his direction of vision



Fig. 6: Fixed camera for determining the moment the vehicle passes the actor-pedestrian



Fig. 5: Vehicle Škoda (F_H7) with fitted IR floodlight to ensure good quality recording of the IR camera



Fig. 7: Data logger HOLUX M-241, which, among other things, synchronises the instrument recordings

תמונה 4 : נהג לובש מסגרות בצורת משקפיים, עם שתי מצלמות למדידת כיוון מבטו.

תמונה 5 : רכב סקודה (פנסי הלוגן F_H7) מצויד בפנס הארה אינפרא אדום כדי להבטיח איכות הקלטה טובה של מצלמת האינפרא אדום.

תמונה 6 : מצלמה ניידת לקביעת הרגע שבו הרכב עובר את השחקן המדמה הולך רגל.

תמונה 7 : אוגר נתונים HOLUX M-241, אשר בין דברים אחרים, מסנכרן בין הנתונים הנקלטים במכשיר.

השוואת המדידות ביחס רכב הנע לאט (בדיקות סטטיות)

שיטת ההשוואה בין הניסויים שבה השתמשנו

מבחינת ההשוואה בוצעו באמצעות שיטה, שפותחה על ידי המכון להנדסה משפטית של אוניברסיטת ברנו לטכנולוגיה ע"י מומחה לצורך חקירת תאונות שבהן אין רלוונטיות לתנועות אורכיות (לאורך הכביש) של הולכי רגל.

השחקן המדמה הולכי הרגל, הוצב באותה עמדה/תנוחה כמו בעת המבחנים הדינאמיים. הרכב עם פנסי חזית דולקים הוצב בנתיב הנסיעה הימני במרחק שבו לא ניתן היה לראות את השחקן המדמה הולכי הרגל. אז הוסע הרכב קדימה באיטיות רבה. הרכב נעצר ברגע שהנוסעים (במקרה זה שלושה אנשים) יחדיו

אמרו כי הם יכולים בפעם הראשונה לראות את השחקן המדמה הולכי רגל על הכביש. המרחק אל השחקן המדמה הולכי רגל נמדד באמצעות גלגלת מדידה מכוילת. המדידות בוצעו באמצעות שני כלי הרכב, כאשר הפנסים שלהם מכוונים לאלומת אור נמוכה ואחר כך לאלומת אור גבוהה. (עמוד 16) החקירה תועדה באמצעות צילום גרפי ועל ידי הקלטת וידאו. לצורך קביעת המרחק, עוצמת הארה של השחקן המדמה הולך רגל, נמדדה בכל המקרים בגובה הקרסוליים, המותניים והחזה, כמו כן נמדדה מידת הבהירות של השחקן המדמה הולכי הרגל, בחלק התחתון והעליון של גופו, ושל אלמנטים נבחרים של הסביבה (הכביש, הרקע מעל הכביש ועוד אובייקטים לפי הצורך). לאחר מכן הרכב הוצב במיקום ביחס מינימאלי ומקסימאלי ביחס למרחק שנקבע בבדיקות הדינאמיות שנעשו בהתאם להגדרת אותה תאורת פנס חזית. צילום התיעוד ומדידות ההארה והבהירות שנלקחו נעשו באותו אופן כפי שתואר לעיל.



Fig. 8: Example of determining the driver's angle of vision using the viewpointsystem® method – low beam. Data merged by the evaluation software



Fig. 9: Example of determining the driver's angle of vision using the viewpointsystem® method – high beam.

צילום 8 : דוגמה של קביעת זווית המבט של הנהג באמצעות שיטת המחקר viewpointsystem- אלומת האור נמוכה. תוכנת ההערכה מסנכרנת את הנתונים שהתקבלו באותו רגע נתון בין המצלמה הסורקת את הכביש לבין המצלמה סורקת את עיני הנהגים. עיגול צהוב תוחם את אזור הראיה החדה של עינו הימנית של הנהג (ציר תצוגה) ברגע נתון.

צילום 9 : דוגמה של קביעת זווית המבט של הנהג באמצעות שיטת המחקר viewpointsystem- אלומת האור גבוהה.

ציוד המדידות שבו נעשה שימוש

עבור מדידות שבוצעו עם רכב שנע לאט, היה בשימוש מכשיר מכויל ששמו Metra -PV-550 לוקס מטר, ששימש למדידת עוצמת ההארה. השגיאה המרבית של המכשיר בטווח של 20 לוקס הוא 1% ובטווח של 200 לוקס השגיאה עומדת על 0.25% מהערך הנמדד. עבור מדידות בהירות נעשה שימוש במכשיר מכויל בשם Minolta LS-110 בתנאים סטנדרטיים דיוק המדידה של מודד הבהירות בטווח של 0.01-9.99 cd/m^2 ± 10.0 cd/m^2 דיוק המדידה הינו $1 \pm 2\%$ מן הערך הנמדד. הינו $2 \pm 2\%$ מן הערך הנמדד, ובטווח מדידה שמעל 10.0 ± 10.0 cd/m^2 דיוק המדידה הינו $1 \pm 2\%$ מן הערך הנמדד. למדידת מרחקים היה בשימוש מכשיר מדידה מכויל מסוג גלגלת המיוצר על ידי גוטליב נסטלה GmbH מגרמניה, עם גלגל בהיקף של 1.0 מטר והדיוק שנטען ידי היצרן עומד על 0.05%.

עיבוד התוצאות

הפענוח של הקלטות המבחן הדינאמי הראו כי הנהג בעיקר התבונן בכביש שמולו. כאשר הבחין בחפץ מחוץ לשדה הראייה המיטבי שלו שמשך את תשומת לבו (או שאולי היה נדרש עבור מידע, התמצאות וכו'), הוא

הגייב בשינוי כיוון יחסית מהיר של כיוון מבטו בצורה כזאת שהוא מסוגל היה להתבונן באובייקט המזוהה בתוך שטח הראייה המיטבי שלו ויכול היה להעריך את הסכנה הפוטנציאלית של הסכנה או המשמעות של החפץ. (עמוד 17) כפי שכבר הוזכר, בבדיקות הסטטיות המרחק שבו אפשר היה לראות את השחקן המדמה הולכי רגל, נמדד מיד לאחר שהרכב עצר בנקודה שבה הנהג יכול היה בפעם הראשונה לעצור.

בבדיקות דינאמיות, מרחק זה נקבע לפי חישוב המבוסס על מהירות הרכב (או, ליתר דיוק, המרחק היחסי, שנמדד על ידי מכשיר ה-GPS עם תדירות קליטה של 1 שניה) והזמן שבמהלכו הרכב נסע בין הנקודה שבה הנהג לראשונה להגייב אופטית אל השחקן המדמה הולכי הרגל ועד לנקודה שבה הרכב עבר את השחקן המדמה הולכי הרגל. הזמן (tpd) שנדרש על מנת לעבור מרחק זה נקבע ע"י הביטוי הבא:

$$t_{pd} = t_{md} - t_{rd} \quad (1)$$

where

t_{rd} is the moment when the driver optically reacted to the actor-pedestrian,

t_{md} is the moment when the vehicle passed the actor-pedestrian.

TRD - הוא הרגע שבו הנהג הגייב אופטית אל השחקן המדמה הולכי רגל.
TMD הוא הרגע שבו הרכב עבר את השחקן המדמה הולכי רגל.
השעה זוהתה מההקלטות המצלמה שלה דיוק של 0.04 שנייה. הרגע של תחילת התגובה האופטית, TRD, נקבע על ידי השוואת ההקלטות של המצלמות המותקנות במשקפיים המודדים, ועיבוד הנתונים בוצע באמצעות שיטת R viewpointsystem.
הרגע שהרכב עבר את השחקן המדמה, TMD, נקבע מן ההקלטה של המצלמה הקבועה.
המרחק, SPD, שבו הנהג זיהה את השחקן המדמה הולכי רגל במהלך הבדיקה הדינאמית חושב באמצעות הביטוי הבא:

$$s_{pd} = \frac{\vec{v}_1}{t_1 - t_{rd}} + \sum_{i=1}^n s_i + \frac{\vec{v}_{n+1}}{t_{md} - t_n} \quad (2)$$

where

t_0 to t_{n+1} are the times (at 1 s frequency), at which the vehicle's position is known from measurements using the GPS device, where $t_0 \leq t_{rd} < t_1$ and $t_n \leq t_{md} < t_{n+1}$,

\vec{v}_1 and \vec{v}_{n+1} are the average speeds measured in the time intervals t_0 to t_1 and t_n to t_{n+1} ,

$\sum s_i$ is the distance covered in the time interval t_1 to t_n .

For an assessment of the vehicle's instantaneous speed at which the pedestrian was spotted, v_{im} , (speed at time t_{rd}), the average speed \vec{v}_i over the time interval t_0 to t_1 was used.

הצגת התוצאות

בסך הכול 105 (7*15) מדידות נעשו באמצעות המכשיר למדידת השינויים בכיוון המבט של הנהג בתנועה רגילה על כביש רגיל לא מואר בשעות הלילה.

שש מדידות היה צריך לבטל, בעיקר בגלל תנועות של כלי רכב אחרים שגרמו לשחקן המדמה לחוש לא בטוח, או שהשחקן המדמה לא זיהה את רכב המבחן המסומן ולא היה בעמדה.

לכן 99 מדידות עובדו ונותחו, בהם:

• ב- 67 מקרים הנהגים השתמשו באלומת אור נמוכה (50 פעמים ברכב מצויד בפנסי הלוגן ו- 17 פעמים ברכב מצויד בפנסי קסנון)

• ב- 32 מקרים הנהגים השתמשו באלומת אור גבוהה (21 פעמים ברכב מצויד בפנסי הלוגן ו- 11 פעמים ברכב מצויד בפנסי קסנון).

הניתוח ארך זמן רב, מכיוון שנדרש ניתוח מפורט של כל הקלטת בדיקה. הניתוחים חולקו 7 קטגוריות. קטגוריות 1-6 נועדו להעריך את האפשרויות של הנהג בתגובה להולכי הרגל וקטגוריה 7 הייתה שמורה עבור מצבים מיוחדים.

קטגוריה 1: ב- 12 מקרים, מתוכם 6 היו בזמן נהיגה עם אלומת אור נמוכה ו- 6 היו בזמן נהיגה עם אלומת אור גבוהה, התגובה של הנהג אל השחקן המדמה הולכי הרגל הייתה ברורה מאוד, עם שינוי ברור בכיוון של המבט כלפי השחקן המדמה. בנוסף, מההקלטה של המצלמה אשר צפתה בסביבה של הנהג, (עמוד 18) בעקבות הפניית ראשו בזמן התגובה אפשר היה להעריך את זמן התגובה שלו (בדרך כלל הנהג הגיב בתוך שנייה אחת), תגובה אשר מטרתה בבירור הינה לשם הימנעות מהשחקן המדמה הולכי רגל, ובכך אישר את נכונות ההערכה. למשל, מהנשקף מהמצלמה שעל לוח המחוונים היה ברור כי הנהג, מיד לאחר שראה את השחקן המדמה, הגיב כפי שנדרש על ידי תקנות התעבורה, שינה את כיוון הנסיעה (סובב את ההגה) והתחיל לעקוף את הולך הרגל, או, כדי לא לסנוור את הולך הרגל, החליף את אלומת פנסי המכונית מגבוהה לנמוך, לפעמים במקביל לכך הנהג שינה את כיוון הנסיעה של רכב ואת אורות המכונית וכו'.

קטגוריה 2: ב- 28 מקרים (24 מקרים באור נמוך ו- 2 באור גבוהה) אפשר היה להבחין בברור בתגובת הנהג להולך רגל, באמצעות שינוי משמעותי בכיוון המבט של הנהג, למרות שפעולת התגובה של הנהג על מנת להימנע מהולך הרגל לא התחילה מיד (למשל, בזמן נהיגה עם אור גבוהה, כאשר הבחין בהולך רגל במרחק מספיק, הוא לא היה צריך להתחיל את תמרון ההתחמקות באופן מיידי), או שלא ניתן היה לאמת את נכונות ההערכה.

קטגוריה 3: ב- 14 מקרים (8 באור נמוך ו- 6 באור גבוהה) הנהג הגיב על ידי שינוי לא משמעותי בכיוון של המבט, אבל כמו בקטגוריה 1, ניתן היה לאמת זאת מתוך פעולות מיידיות שביצע שהערכה של תחילת תגובתו הייתה נכונה.

קטגוריה 4: ב- 8 מקרים (5 באור נמוך ו- 3 באור גבוהה) הנהג הגיב ידי שינוי שולי מאוד של כיוון מבטו, בדומה לקטגוריה 2, לא ניתן היה לאמת את נכונות ההערכה.

קטגוריה 5: 19 מקרים (12 באור נמוך ו- 7 באור גבוהה) כלל לא ניתן היה לזהות את רגע התגובה, בדרך כלל בגלל שמצב התנועה לא דרש שינוי שלכיוון המבט (למשל כאשר הנהג כבר ראה את הולך הרגל על שול הכביש), אבל מהקלטת המצלמה היה עדיין אפשרי לזהות תמרון התחמקות שסביר ביותר היה להניח שהוא קשור להולך הרגל השחקן המדמה. גם במקרים אלו נמדד המרחק שבו הנהג יכול היה להבחין

בהולך הרגל השחקן. רגע תחילת התגובה לא יכול היה להיקבע משינוי כיוון המבט של הנהג, ולכן הוערך שהנהג זיהה את הולך הרגל 0.5 שניות לפני תחילת הפעולה של הנהג (למשל תמרון התחמקות). מרווח הזמן של 0.5 שניות נבחר כי זה היה המרווח השכיח ביותר בין התגובה האופטית של הנהג ופעולה של, למשל, סיבוב ההגה, כפי שצוין במדידות המסווגות בקטגוריות 1 ו-3. עם זאת, ברור כי במקרים אלה לא ניתן לשלול את האפשרות שפעולות אלה בוצעו עקב מכשולים אחרים בלתי מזוהים שנראו ע"י הנהג, הדבר סביר במיוחד באותם מקרים בהם הערכים היו שונים באופן משמעותי מאלה שהושגו במדידות הסטטיות.

קטגוריה 6: ב-19 מקרים (12 באור נמוך ו-7 באור גבוה) **התגובה להולכי הרגל לא זוהתה** (בעיקר במצבים שלא נדרש שינוי בכיוון המבט של הנהג), וגם היה זה בלתי אפשרי לזהות פעולות שמהם ייקבע רגע התגובה להולך הרגל השחקן.

קטגוריה 7: ב-4 מקרים (3 באור נמוך ו-1 באור גבוה) רגע התגובה להולך הרגל הושפע מגורמים כגון עומסי תנועה כבדים, כך **שהתנאים במהלך הבדיקות הדינאמיות היו שונים במידה ניכרת מהתנאים במהלך הבדיקות הסטטיות עם רכב הנע לאט**, למשל כאשר שדה הראייה של הנהג היה חסום על ידי רכב שנסע לפניו.

שלוש מדידות שבוצעו בעמדה 5, גם אותן צריך היה לסווג בקטגוריה זו בעת ההערכה הסופית, שכן התנאים בבדיקות הדינאמיות והסטטיות לא היו זהות, בחלק מהבדיקות הדינאמיות נעשה שימוש בשחקן מדמה מחליף שלבש בגדים שונים.

כדי להיות מסוגלים לבצע ההשוואות, ב-7 מקרים השחקן המדמה, לבש אפוד זוהר או רצועות כתף רפלקטיביות.

נתונים מפורטים בדבר מספר מדידות שנעשו בקטגוריות שונות מוצגים בלוח 3.

(עמוד 19)

Lights Headlight type	Low beam (LB)			High beam (HB)		
	H7	XE	Total	H7	XE	Total
Category 1	6	0	6	3	3	6
Category 2	14	10	24	1	3	4
Category 3	4	4	8	5	1	6
Category 4	5	0	5	1	2	3
Category 5	12	0	12	6	1	7
Category 6	0	0	0	3	1	4
Category 7	4	2	6	1	0	1
Reflective elements	5	1	6	1	0	1
Total measurements	50	17	67	21	11	32

Table 3: Number of measurements of different categories according to headlight type and use of high or low beam

אור גבוה			אור נמוך			אורות
סה"כ	קסנון - XE	הלוגו - H7	סה"כ	קסנון - XE	הלוגו - H7	סוג פנסי הח
6	3	3	6	0	6	קטגוריה 1
4	3	1	24	14	14	קטגוריה 2
6	1	5	8	4	4	קטגוריה 3
3	2	1	5	0	5	קטגוריה 4
7	1	6	12	0	12	קטגוריה 5
4	1	3	0	0	0	קטגוריה 6
4	1	3	6	2	4	קטגוריה 7
1	0	1	6	1	5	אלמנטים רפלקטיבים
32	11	21	67	17	50	סך כל המדידות

טבלה 3 : מספר המדידות של הקטגוריות השונות לפי סוג הפנס ושימוש באלומת אור גבוה או נמוך.

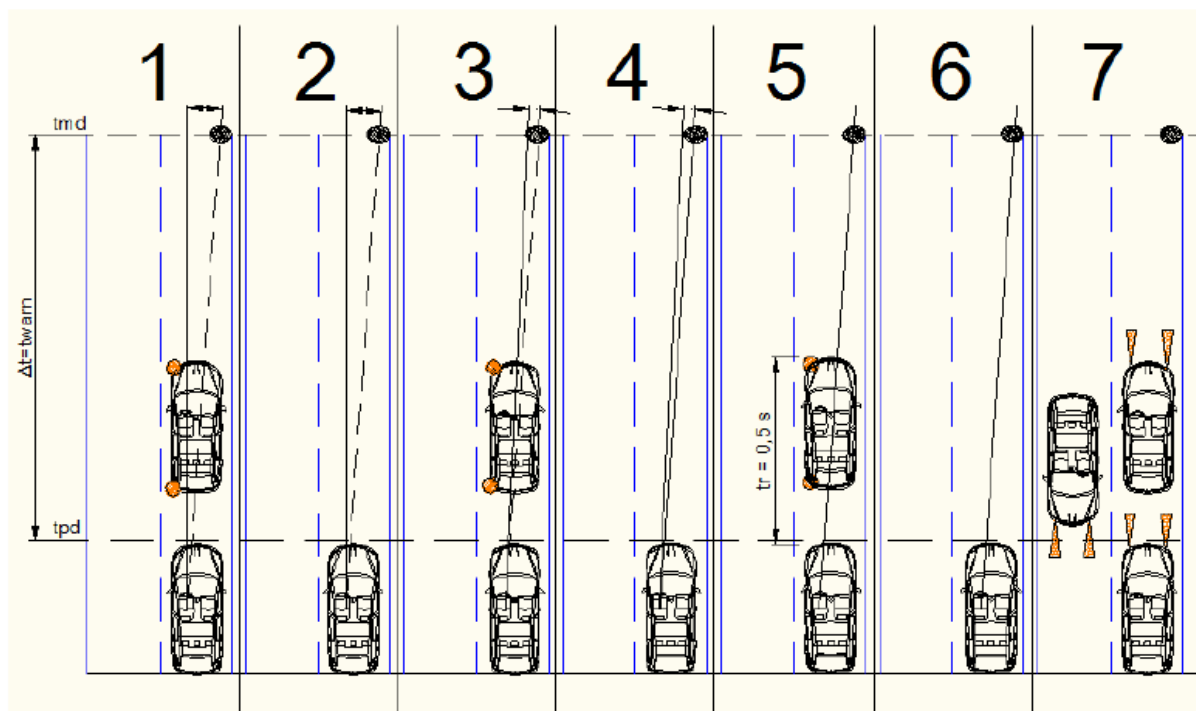


Fig. 10: Schematic representation of the categories of results

איור 10 : תאור סכמאטי של התוצאות בקטגוריות השונות.

- ניתן לייחס לקטגוריות השונות את רמות האמינות הבאות :
- אמינות גבוהה להערכות של המדידות המסווגות בקטגוריה 1.
 - אמינות טובה להערכות של המדידות המסווגות בקטגוריה 2.
 - אמינות מספקת להערכות של המדידות המסווגות בקטגוריה 3.
 - אמינות נמוכה למדי להערכות של המדידות המסווגות בקטגוריה 4.
 - אמינות בעייתית להערכות של המדידות המסווגות בקטגוריה 5. בקטגוריה זו, הפעולות שנקטו על ידי הנהג, למרות שהן היו כנראה קשורות לתגובה אופטית להולכי הרגל המדמים, יכול להיות שנגרמו עקב גורמים שונים לא יכלה לזהות.

אשר ההקלטה

Category 1 Driver clearly reacts and acts	Category 2 Driver clearly reacts	Category 3 Driver reacts not so clearly but acts
The driver reacts by a considerable change in the direction of vision, and from the recording an immediate action can be identified related to avoiding the actor-pedestrian (e.g. by turning the indicator)	The driver reacts by a considerable change in the direction of vision, but does not take any immediate action related to avoiding the actor-pedestrian (e.g. drives with HB), or else the action cannot be identified	Although the driver reacts by a marginal change in the direction of vision only, he immediately performs acts related to avoiding the actor-pedestrian
Assessment credibility High	Assessment credibility Good	Assessment credibility Adequate
Category 4 The driver's reaction is insignificant	Category 5 The driver's reaction is insignificant, the driver acts	Category 6 Cannot be assessed
The driver reacts by an insignificant change in the direction of vision but does not immediately perform any actions related to avoiding the pedestrian (e.g. when driving with high beam), or these cannot be identified from the recording	Reaction is insignificant, but actions can be identified from the recording which relate to avoiding the pedestrian (but to other triggers, e.g. an unidentified obstacle)	Reaction is insignificant (e.g. the situation does not require a change in the driver's direction of vision), actions cannot be identified from the recording which may relate to avoiding the pedestrian
Assessment credibility Low	Assessment credibility Problematic	Unusable
Category 7 - specific situations A situation influenced by factors such as heavy traffic, interesting from the aspect of a variety of traffic situations		

(עמוד 20)

קטגוריה 1	קטגוריה 2	קטגוריה 3
הנהג מגיב בבירור ופועל	הנהג מגיב בבירור	הנהג מגיב לא כל כך בברור, אבל מגיב
הנהג מגיב על ידי שינוי ניכר בכיוון המבט, ומההקלטה ניתן לזהות פעולה מיידית הקשורה להימנעות מהשחקן המדמה הולכי רגל (על ידי סיבוב ההגה)	הנהג מגיב על ידי שינוי ניכר בכיוון המבט, אבל לא נוקט בכל פעולה מיידית הקשורה להימנעות מהולך הרגל השחקן (הנהג עם אלומת אור גבוהה), או לחילופין הפעולה שביצע לא זוהתה.	אמנם הנהג מגיב על ידי שינוי שולי בכיוון המבט בלבד, אבל הוא מיד מבצע פעולות הקשורות להימנעות מהשחקן המדמה הולך רגל
הערכת אמינות גבוהה	הערכת אמינות טובה	הערכת אמינות נאותה
קטגוריה 4	קטגוריה 5	קטגוריה 6
התגובה של הנהג הוא לא משמעותית	התגובה של הנהג היא חסרת משמעות, אבל הנהג פועל	לא ניתן להעריך האם הנהג הגיב
הנהג מגיב על ידי שינוי משמעותי בכיוון המבט אבל לא מבצע מיד כל פעולות הקשורות להימנעות מהולך הרגל (בזמן נהיגה עם אור גבוה), או שלא ניתן לזהות מן ההקלטה פעולת התחמקות	התגובה היא למעשה חסרת משמעות, אבל מההקלטה ניתן לזהות פעולות המתייחסות להימנעות מהולכי הרגל (או שהפעולה נגרמה עקב גורמים אחרים כגון מכשול לא מזוהה).	התגובה היא למעשה חסרת משמעות (מכיוון שהמצב לא מחייב שינוי בכיוון הראייה של הנהג), מן ההקלטה לא ניתן לזהות פעולות אשר עשויות להתייחס להימנעות מהולכי הרגל.
הערכת אמינות נמוכה	הערכת אמינות בעייתית	לא ניתן לשימוש
קטגוריה 7 – מצבים ספציפיים		
המצב מושפע מגורמים כגון עומסי תנועה כבדים, הדבר מעניין מן ההיבט של מגוון המצבים בתנועה		

לוח 4: תיאור של קטגוריות הערכת התוצאות.

מדידות המסווגות בקטגוריה 6 ו-7 לא יכולות לשמש לעיבוד נוסף: קטגוריה 6 מכיוון שהקלטת רגע התגובה של הנהג ביחס לשחקן המדמה הולך רגל לא יכול להיות מזוהה. קטגוריה 7 מכיוון שהתנאים היו שונים בבדיקות הדינאמיות מאלו של הבדיקות הסטטיות. הקטגוריות להערכת התוצאות מוצגות באופן סכמאטי באיור 10 ומתוארות בטבלה 4. סקירה של התוצאות שהתקבלו מוצגת באיורים 11 ו-12. איור 11 מדגים את ההערכה של המדידות שבוצעו בנהיגה עם קרן אור נמוך (LB), איור 12 עם אור גבוה (HB). הדמויות בדיאגרמות 11 ו-12 מתוות את המרחקים (SPS), שבו אפשר היה לראות בפעם הראשונה את השחקן המדמה הולך רגל על הדרך עבור כל אחד מיקום 1 עד 5, במבחן הסטטי. ניתן לראות את האופן שבו הולכי הרגל השחקנים היו לבושים בכל עמדה בתמונות המצורפת לדיאגרמה. המרחקים שנמדדו הם מוצגים בצורה גרפית על ידי סמל, ומרחקים במטרים מוצגים בתווית מודגשת. את המדידות שבצעו באמצעות פנסים כדוריים מסוג הלוגן H7 ואת המדידות שבוצעו באמצעות פנסי קסנון, ניתן לזהות הן על ידי תוויות הסדרה H7 STAT (הלוגן) ו-XE stat (קסנון), בהתאמה.

(עמוד 21)

בתרשים מוצגים גם המרחקים SPD, שבהם נהגי המבחן הגיבו לכל הולך רגל מדמה בבדיקות דינאמיות. הסימן • (עיגול) מזהה מדידות עם פנסי הלוגן H7 והסימן ♦ (מעוין) מזהה מדידות עם פנסי XE. ההערכות כוללות מדידות המסווגות בקטגוריות 1, 2 ו 3.

גם המדידות שהתקבלו מקטגוריות 4 ו 5 מוצגות אף הן. כל אחת מקטגוריות 1-5 מוצגת בצבע שונה (ניתן לראות זאת בתרשים). למשל, תווית הזיהוי (1) HF מייצגת את המדידות שבוצעו עם פנסי H7 המסווגות בקטגוריה 1.

המדידות בנקודה 5 מחולקות לשתי הקבוצות (ראה הסבר לעיל שבקטגוריה 7). בקבוצה המדידה הראשונה (המזוהה בתווית הסימון ↓) התנאים במהלך הבדיקות הסטטיות והבדיקות הדינאמיות היו דומים.

בקבוצה השנייה בבדיקות הדינאמיות השחקן המחליף לבש נעליים מפוארות ומכנסיים בולטים, ולכן לא ניתן להשוות תוצאות אלו היטב עם התוצאות של הבדיקה סטטית. שלוש מדידות אשר הושפעו מכך מזוהות בתווית ↑, שבהן התוצאות במטרים הן בקו תחתון. המרחקים שנקבעו בכל שלושת המקרים מראים

בבירור כי באותו מיקום קל היה לראות את השחקן המחליף יותר מאשר את השחקן שהוצב בקבוצת המדידות הראשונה. המדידות שבוצעו עם הולך רגל שלבש אלמנטים רפלקטיביים נבדלות מן המדידות האחרות באמצעות צבע אחר. המדידות המופיעות בצבע תפוז מציגות את המקרים בהם הולך הרגל לוש אפוד מחזיר אור. המדידות המופיעות בצבע צהוב מציגות את המדידות שבוצעו עם הולך רגל שלבש רצועת מחזירת אור אחת על כתפו (ראה גם את המקרא בתרשים). המדידות שבהן לבש הולך הרגל אלמנטים רפלקטיביים עולה בבירור כי, גם אם האלמנט המחזיר אור שחוק מאד, עדיין הם תמיד מגדילים את ההסתברות להבחין בהולכי הרגל מוקדם יותר.

ניתוח התוצאות

דיאגרמות 13 ו- 14 מראות את ערכי המדידה השונים של המרחק הנדרש על מנת לראות את הולכי הרגל במיקומים השונים. הבדלים אלו מושפעים בעיקר מנושא ידוע, והוא **עוצמת התאורה הדרושה כדי להבחין בצורה נאותה בין הולכי רגל לבין סביבתו**. כשהולך הרגל לובש בגדים כהים, עוצמת התאורה הנדרשת ליצירת מספיק ניגודיות יכול להיות, בהתאם לנסיבות, אפילו 20 לוקס, ולעומת זאת אילו הולך הרגל לבוש בגדים בהירים, ניתן להשיג ניגודיות נאותה עם עוצמת הארה נמוכה כמו לוקס 2. עבור רכב ופנסים קדמיים נתונים הולך רגל הלבוש בעיקר בבגדים כהים יובחן בדרך כלל במרחק קצר יותר (מאוחר יותר) מאשר הולך רגל הלבוש בגדים בהירים. במדידות עם פנסים **באור נמוך**, חשוב יותר הוא הניגודיות (הקונטרסט) של הבגדים **בחלק התחתון של הגוף**, של הולך הרגל, ואילו

במדידות שנערכו עם **אור גבוה**, מה שחשוב יותר הוא הניגודיות (הקונטרסט) של הבגדים **בחלק העליון של הגוף**, של הולך הרגל.

כדי להיות מסוגל לעשות השוואה בין מדידות סטטיות ודינאמיות, הכרחי לקחת בחשבון את התנאים השונים במיקומים השונים יחסית. מכאן, שעל מנת להשוואת בין מדידות סטטיות לדינאמיות, נשתמש באות δ והחישוב יבוצע כך:

$$\delta = \frac{s_{ps} - s_{pd}}{s_{ps}} \cdot 100\% \quad (3)$$

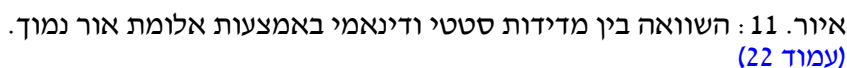
where

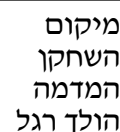
s_{ps} is the distance at which one could see the pedestrian, determined from a slowly moving vehicle,

s_{pd} is the distance at which one could see the pedestrian, determined from dynamic tests.

SPS - הוא המרחק שבו אפשר היה לראות את הולך הרגל, מתוך רכב הנע לאט.
SPD - הוא המרחק שבו אפשר היה לראות את הולך הרגל, כפי שנקבע בבדיקות דינאמיות.

לשם השוואה, (100%) היה תמיד ע"פ המדידה הסטטית למיקום הנתון. (עמוד 22)
בהשוואה עם הדיאגרמות של בתמונה 11 ו





(עמוד 23)

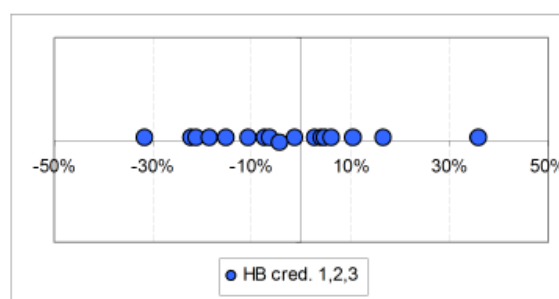
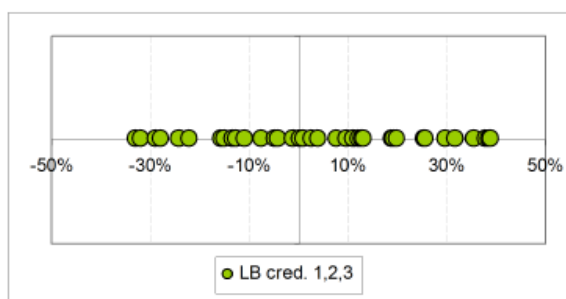
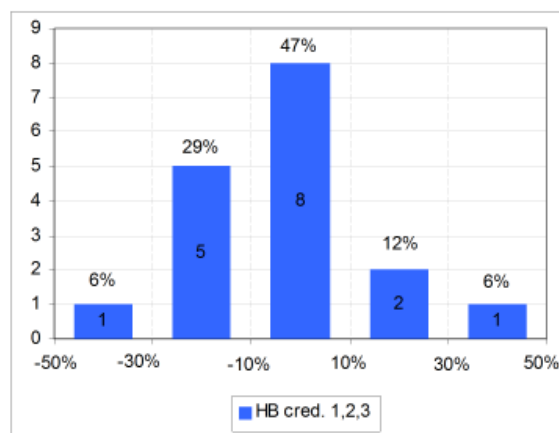
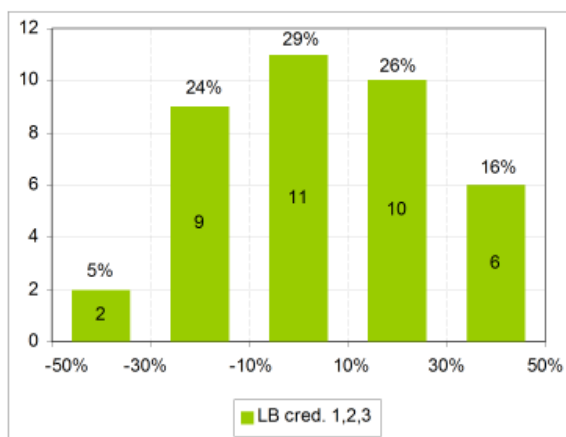


Fig. 13: Occurrence of deviations between static and dy-

Fig. 14: Occurrence of deviations between static and dy-

איור 13: רמת הסטיות בין מדידות סטטיות ודינאמיות עבור אור נמוך (LB) והפיזור במדידות בדיאגרמה, כפי שסווגו בקטגוריות 1, 2, 3.
איור 14: רמת הסטיות בין מדידות סטטיות ודינאמיות עבור אור גבוה (HB) והפיזור במדידות בדיאגרמה כפי שסווגו בקטגוריות 1, 2, 3.

12, מדידות שבוצעו עם אלמנטים מחזירי אור, ושלוש מדידות בעמדה 5 לא נכללו בניתוח. השוואת התוצאות עבור מדידות המסווגות בקטגוריות 1 – 3, מוצגות בדיאגרמות המתוארות באיורים 13 ו- 14.

מן התוצאות המתקבלות עולה בברור כי גם ביחס לאור נמוך וגם ביחס לאור גבוה, השינויים המופעים הם בטווח $\pm 10\%$ (כלומר הערך המתקבל בבדיקות דינאמיות ברוב המקרים אינו שונה מהערך המתקבל בבדיקות סטטיות ביותר מ- 10% בשני הכיוונים).

עם זאת, את ההתרששות של הבדלים בטווחים של 10% ל- 30% ו- 10% עד 30% גם הוא גבוה יחסית, התרחשות של סטיות גדולות יותר הינה נמוכה באופן משמעותי.

המסקנה מהתוצאות שהתקבלו, הינה חד משמעית, לא יכול להיות כי המרחק שבו אפשר לראות הולך רגל בתנועה רגילה קצר יותר מהמרחק שנקבע על ידי מדידות סטטיות.
במספר מקרים, במיוחד עם אלומת אור נמוכה, התברר כי התנועות הדינאמיות של הרכב, במיוחד כאשר הוא מתנדנד (תנועת עלרוד) יכול אפילו, בהשוואה למדידה סטטית, להאריך את המרחק הזה. מצד שני, המורכבות של מצבים בתנועה ומספר הטריגרים במהלך הנסיעה יכול לקצר אפילו באופן משמעותי את המרחק שבו הנהג בעת הנהיגה רואה הולך רגל.

הדיאגרמות באיורים 15 ו- 16 מציגות את השוואת תוצאות לקבלת מידע, אבל עם תוספת של קטגוריות 4 ו- 5 (ראה מקרא התוצאות). מן שילוב של התוצאות של קטגוריות אלו ברור כי המופע שבו התוצאה הגבוהה ביותר נותר בטווח $\pm 10\%$.

(עמוד 25)

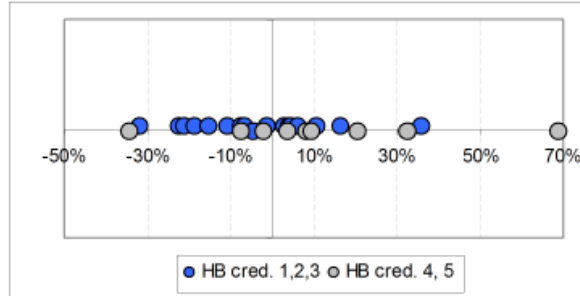
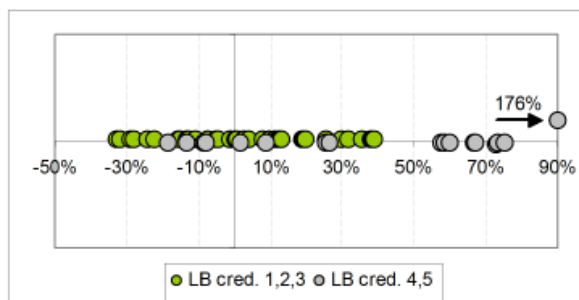
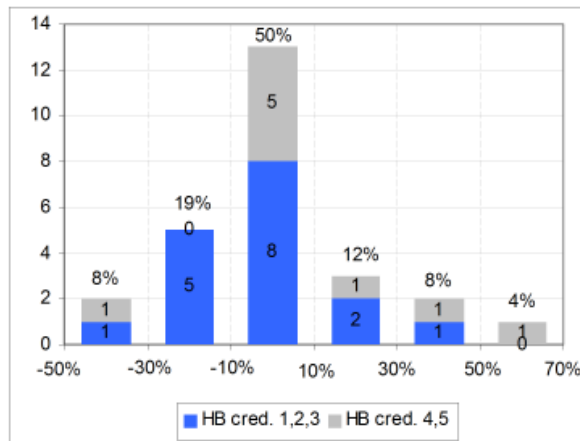
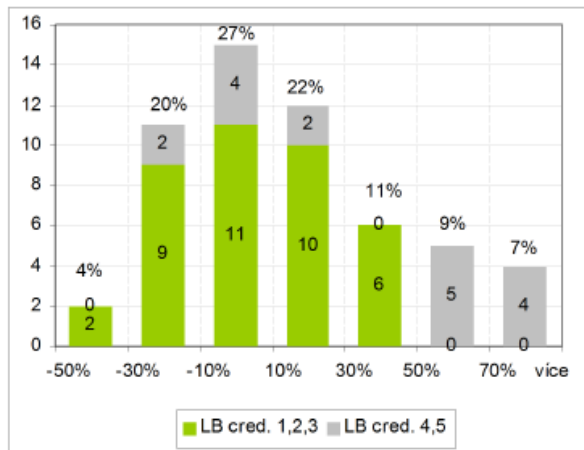


Fig. 15: Occurrence of deviations between static and dynamic measurements for low beam (LB) and high beam (HB) measurements.

Fig. 16: Occurrence of deviations between static and dynamic measurements for high beam (HB) and low beam (LB) measurements.

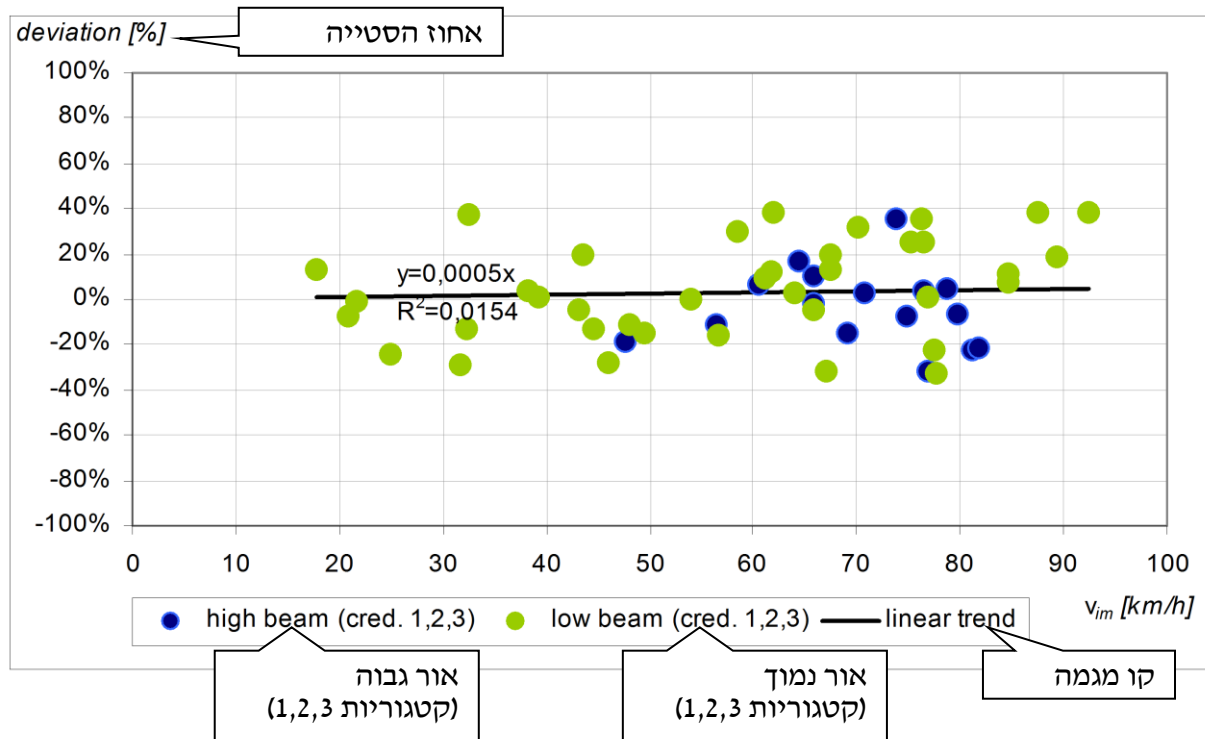
איור 15: רמת הסטיות בין מדידות סטטיות ודינאמיות עבור אור נמוך (LB) והפיזור במדידות בדיאגראמה, כפי שסווגו בקטגוריות 1, 2, 3, עם המידע הנוסף מקטגוריות 4 ו 5

איור 16: רמת הסטיות בין מדידות סטטיות ודינאמיות עבור אור גבוה (HB) והפיזור במדידות בדיאגראמה, כפי שסווגו בקטגוריות 1, 2, 3, עם המידע הנוסף מקטגוריות 4 ו 5

למרות שמקצת התוצאות מראות סטייה גדולה כמו 50%, זה עשוי להיות בשל העובדה כי הסיווג בקטגוריה זו מכיל מדידות שבהן התגובה להולכי הרגל לא הוכחה, ומכאן שזיהוי פעולתו של הנהג יכולה להיות שגויה על ידי טריגר שונה (לפרטים נוספים ראה סעיף הצגת התוצאות).

הדיאגראמה באיור 17 מראה את יחסי הסטיות בין המדידות הסטטיות והדינאמיות כפונקציה של מהירות הרכב, עבור אלומת אור נמוכה (LB) וגבוהה (HB). מוצגות מדידות המסווגות בקטגוריה 1 עד 3. הדיאגראמה מראה כי לא הגודל ולא השכיחות של סטיות שליליות, מתרבות כלל שהמהירות גוברת.

הצורך לבצע התאמה (קיצור) של מרחק שדה הראייה שנטען ע"י חוקרים מומחים, כאשר הרכב מתקרב להולכי רגל, לא הוכח.



איור 17: מדידות עם אלומת אור נמוכה וגבוהה המסווגות בקטגוריות 1, 2, 3 - הגדלים היחסיים של סטיות בין המדידות הסטטיות והדינאמיות נקבע כפונקציה של מהירות הרכב מייד כאשר נראו הולכי הרגל.

מסקנה

המדידות שהוצגו משקפות את המחקר הראשוני המוקדש לנושא של הבחנה בהולכי רגל בתנועה רגילה בכביש כשהרכב נע במהירות גבוהה. המחקרים של מאמר זה אינם מכירים כל תוצאות של מחקרים אחרים העוסקים בנושא זה, ולכן נראה שרצוי לאמת את התוצאות שהושגו במחקר על ידי מחקרים נוספים בעתיד. המדידות אישרו את התאמת שיטת R viewpointsystem (מדידת כיוון הראייה) עבור מחקר נוסף אפשרי בתחום זה. (עמוד 26)

שיטת R viewpointsystem מבטלת את ההגבלה שנגרמה עד כה מהיעדר שיטת מדידה מתאימה, בכך שהיא מאפשרת את מדידת המרחק בין כלי הרכב לבין הולכי הרגל ברגע של התגובה האופטית של הנהג אל הולכי רגל. המגבלה של שיטה זו מתקיימת במקרים בהם ההבחנה בהולכי הרגל אינה מחייבת שינוי גדול בכיוון המבט של הנהג. לכן שיטת המדידה החדשה ממחישה את הצורך במחקרים חדשים ומעמיקים בנושא. ניתן להשתמש בתוצאות לצורכי פעילויות של מומחים כמו גם בתחום של הגדלת בטיחות התנועה בכביש. הבדיקות מראות כי בהשוואה למדידות שנלקחו מרכב עומד, רכב הנע במהירות נורמאלית לא בהכרח פוגע ביכולתו של הנהג לראות את הולך הרגל על הכביש. ההבדלים באחוז הגבוה ביותר של מדידות דינאמיות היו באזור שלא עלה על סטייה של $\pm 10\%$ מן המדידות הסטטיות. הצורך בתיקון (קיצור) של המרחק שנקבע בניסוי הנראות שערך החוקר ושנעשה באמצעות רכב המתקרב לאט מאד להולכי הרגל, לא הוכח.

במקרים מסוימים, במיוחד בזמן נהיגה עם אור נמוך, התברר כי הדינאמיות של הרכב, בעיקר תנועת הנדנוד (התנדנדות, תנודה קדימה ואחורה) יכולה למעשה, להאריך את המרחק שבו ניתן להבחין בהולכי הרגל מרכב נע, בהשוואה למדידות שנלקחו מרכב עומד או מרכב שנוסע לאט מאוד, ומכאן להשפיע באופן חיובי על הזדמנות לראות את הולכי הרגל מוקדם יותר.

מצד שני המורכבות של מצבים בתנועה והתדירות של גורמים במהלך הנסיעה, יכולה לקצר באופן משמעותי את המרחק ובכך להשפיע לרעה על הסיכוי לשים לב להולכי הרגל בזמן הנסיבות הנ"ל הן ככל הנראה הסיבה לפיזור גדול יחסית של סטיות בין התוצאות הסטטיות והדינאמיות במדידות (שבמקרים מסוימים אף עולה על $\pm 30\%$), ולכן יש לבצע מחקר עתידי על מנת לפרש. (עמי 27) לכן, עם הידע בהווה, הניסוי שנעשה ע"י החוקר, עדיין נראה כלי יעיל על מנת לקבוע במהירות את המרחק שבו אפשר לראות רגל על הכביש, לצורכי מחקר מדעי.

אמנם מדידות של פרמטרים של האור, שהיו זהות לנתונים שנמסרו על ידי היצרנים, הראו פרמטרים טובים יותר עבור תאורה מפנסי קסנון, אולם **תוצאות הבדיקה לא הוכיחו השפעה חיובית של פנסי הקסנון על הארכת המרחק שבו ניתן להבחין בהולך רגל.**

המרחק שבו אפשר לראות הולך רגל הלבוש בבגדים רגילים (של דמות רגילה)
הוא, עם אור נמוך, כ- 50 מטר. המהירות המתאימה עבור טווח זה של ראייה היא 69 קמ"ש. עם זאת, **אם הולך רגל לובש בגדים שחורים, בתלות בנסיבות, טווח זה עשוי, להתקצר עד 40 או אפילו 30 מטר,** והמהירות המתאימה לטווח הראייה יורדת ל 60- או 50 קמ"ש. **התוצאות של הבדיקות הדינאמיות מראות כי בעת נהיגה ברכב, לעתים קרובות הנהג מבחין בהולכי רגל ממרחק קצר בכ- 30% (מהנדרש). עם זאת, על מנת לשמור על מהירות התנועה הזורמת מסביב, אפילו נהג ממושמע לעתים קרובות בעת נסיעה ברכב, נוסע באור נמוך במהירות גבוהה יותר ממה שמתאים לטווח הראייה.**

לפיכך נראה כי אמצעי חשוב שעשוי להוות השפעה חיובית על הבטיחות בדרכים, הוא הצורך לשפר את הידע של הנהגים על המגבלות הפיזיולוגיות הקיימות בזמן נהיגה בראות מופחתת, וההכרח להתאים את המהירות שלהם לטווח הראייה. עם זאת, מהירות זו, מושפעת במידה רבה, מהתכונות (רפלקטיביות צבע) של הבגדים שלבשו הולכי רגל ואנשים אחרים ששהו בכביש. לכן במקביל נדרש לשפר גם את המודעות של הולכי רגל בצורך ללבוש בגדים או אביזרים מתאימים, כאשר הם נעים על הכביש,

בדיקות מראות כי **אם הולך רגל הוא לובש אפוד בטיחות, אפילו אפוד באיכות ירודה, המרחק שבו ניתן להבחין בו באור נמוך, עשוי לגדול ל- 100 מטר ואף יותר מכך.** שדה ראייה זה מתאים למהירות של 90 קמ"ש (עד 105 קמ"ש). מהירות מספקת בכדי לשמור על התנועה זורמת.

נראה כי יהיה זה רעיון טוב ליזום חקיקה הדורשת מהולכי רגל הצועדים בדרך שבה תנאי נראות מופחתת, ללבוש אלמנטים רפלקטיביים המאפשרים לנהגים לראות אותם בזמן.

השפעה חיובית בעתיד יכולה להיות גם באמצעות מכשירים אלקטרוניים מודרניים לחיזוק התפיסה של הנהג (אמצעים לראיית לילה). עם זאת, כיום השימוש במכשירים אלו הוא נמוך מאוד.

תרגום המאמר בוצע ע"י רפ"ק אילן ידגר, קצין בוחנים ארצי, בתאריך 10.10.11. ההדגשות והקווים התחתונים אינם במקור, אלא בוצעו על מנת להפנות את תשומת לב הקורא לעיקרי המאמר.

7.4 "טענת הגנה" קיצור שדה הראיה ב-50% בהסתמך על פס"ד אשמוז .

לעיתים עולה בבימ"ש טענת הגנה המסתמכת על פס"ד ישן מהמחוזי "אשמוז" בו נטען לקיצור שדה הראיה בלילה ב-50% : (ע"פ 742/97 אשמוז נ' מדינת ישראל).

תקציר פס"ד אשמוז-תאונה חזיתית בלילה מסחרי הבחין בעגלה נגררת ע"י טרקטור ללא אורות סטה לשמאל נתיב נגדי התנגש בפרטית נהג הפרטית נהרג. נהג הטרקטור והמסחרית הועמדו לדין בבימ"ש השלום נהג הטרקטור זוכה נהג המסחרית הורשע.

ההגנה טענה כי עבודת הבוחן באופן ביצוע ניסוי שדה ראיה לקוי- הבוחן לא ידע לאמר באיזה מהירות ביצע את הניסוי, לא ידע להעריך באיזה מרחק היה רכב המנוח לפניו בשחזור.

הועלת טענת הגנה ע"י עד מומחה מטעם ההגנה עוזי רז כי יש לקצר את שדה הראיה פי 2 בלילה נוכח ההפתעה- **התביעה לא הזימה טענה זו.**

בית משפט שלום לא קיבל קביעת הבוחן לשדה ראיה 100 מטר ולא את טענת העד מומחה מטעם ההגנה ל-50 מטר וקבע שדה ראיה של 75 מטר – (!?).

היות ושדה ראיה 50 מטר לא ניסתר במהירות 80 קמ"ש מרחק עצירה 59 מטר (עפ"י מוסכמות בשלום) תאונה בלתי נמנעת עם הנגרר לכן הסטייה שמאלה כורח המציאות. בימ"ש מחוזי זיכה.

התייחסות הבוחן כיום לטענה:

בנוגע לטענת ההגנה כי ככלל יש לקצר את שדה הראיה שנקבע בניסוי ע"י הבוחן בחצי, בהסתמך על פס"ד אשמוז, יש להסביר כי הדבר אינו נכון. מדובר בפס"ד ישן **שדה ראיה אינו מתקצר זמן התגובה יכול להתארך**. וכי יש מקום **לאבחן את פס"ד אשמוז** (נסיבות זמן ומקום), בו כאמור, נתקבלה עמדת ההגנה רק בשל כך **שלא הוצגה כל חוות דעת מזימה או סותרת על ידי המאשימה**. בימ"ש השלום קבע הנחות (75% מהמרחק) ובימ"ש המחוזי לא קיבל את זה והוא עצמו ערך שחזור וקבע כי היות והשדה ראיה עפ"י גרסת העד מומחה שלא נסתרה הינה 50 מטר ומרחק העצירה הינו 59 מטר אז התאונה בלתי נמנעת. (הנחה לא מבוססת היות והטרקטור לא עומד אלה נוסע ראה שחזור בעמוד 268).

ויש לאמץ עמדת בית **המשפט העליון ברע"פ 1355/12, בפס"ד שטיינברגר** לפיה שדה הראיה הנו נתון קבוע וגורם ההפתעה יילקח בחשבון רק בהקשר לקביעת זמן התגובה של הנאשם.

7.4.1 התייחסות בימ"ש עליון ברע"פ 1355/12, בפס"ד שטיינברגר מרחק תגובה – שדה ראיה.

תקציר : כנגד המבקש הוגש, ביום 28.9.1005, לבית משפט השלום לתעבורה בתל-אביב-יפו כתב אישום (ת"ד 12360/05), המייחס לו עבירה של גרם מוות תוך נהיגת רכב ברשלנות. לפי הנטען בכתב האישום, ביום 24.6.2005, לפנות בוקר, נהג רוכב הקטנוע בלווי אשתו (להלן : המנוחה). עם הגיעו למחלף כפר שמריהו סטה הקטנוע, פגע במעקה הבטיחות וכתוצאה מכך הופלו השניים ארצה והקטנוע נפל לנתיב האמצעי. באותה העת, נהג המבקש ברכבו בכביש 2 כאשר בסמוך למחלף כפר שמריהו התנגש בקטנוע ובמנוחה בעוצמה. כתוצאה מכך נהדפה המנוחה ומותה נקבע במקום.

ביום 5.9.2007 זיכה בית משפט השלום לתעבורה את המבקש מהעבירות שיוחסו לו בכתב האישום. הכרעת הדין התייחסה לשלוש סוגיות: מהירות הנסיעה של המבקש, מנח הקטנוע על הכביש וזמן התגובה הסביר מהרגע שהיה אמור המבקש להבחין בקטנוע ובמנוחה על הכביש ועד שהחל לבלום.

ביום 5.1.2010 ולאחר שהובאו ראיות ההזמה, זיכה בית משפט השלום לתעבורה את המבקש בשנית. בית המשפט קבע, כי גם לאחר שמיעת עדות ההזמה, אין מקום לשנות את הקביעה בדבר זמן התגובה (3.15 שניות) והותיר את הכרעת הדין הקודמת על כנה.

ביום 22.11.2010 הרשיע בית המשפט המחוזי (כב' הנשיאה ד' ברלינר והשופטים ג' קרא ור' שפירא) את המבקש בעבירות שיוחסו לו בכתב האישום. בית המשפט התערב בממצאי העובדות שנקבעו בבית משפט השלום לתעבורה במספר עניינים. לעניין מנח הקטנוע על הכביש - בית המשפט המחוזי קבע, כי הקטנוע היה מונח לרוחב נתיב הנסיעה ולא לאורכו. משכך היה באפשרות המבקש להבחין בקטנוע ממרחק של 142 מ' ולא 122 מ'. עוד נקבע, כי זמן התגובה הסביר הוא 2.15 שניות וזאת בהתאם לקביעתם של שלושת המומחים וכי לא היה מקום לקבוע זמן תגובה של 3.15 שניות בהסתמך על ספרות שהוגשה לעיונו. עוד קבע בית המשפט המחוזי, כי:

"כאשר דנים בסבירות מהירות נסיעתו של המשיב, השאלה אינה האם המהירות היא מופרזת כעבירה עצמאית, אלא האם המהירות מתאימה לנסיבות ולנתוני הדרך. לא אחת נקבע כי חובת הצפיית של הנהג לצפות לאפשרות של מפגע בדרך, ודאי כאשר הוא נוהג בשעת לילה, בעיקול, בסמוך לכניסה או יציאה ממנהרה, בעת סנוור וכיו"ב".

ביום 22.11.2011 גזר בית משפט השלום לתעבורה את דינו של המבקש והשית עליו עונש מאסר של שלושה חודשים שירוצו בדרך של עבודות שירות; על גזר הדין של בית משפט השלום לתעבורה ערערה המשיבה לבית המשפט המחוזי.

בית המשפט המחוזי קיבל, ביום 6.2.2012, את ערעור המשיבה והחמיר את עונשו של המבקש. מכאן בקשת רשות הערעור שלפני, בגדרה שב המבקש על טענותיו כפי שהעלה בפני הערכאות הקודמות. המבקש טוען, כי על בית המשפט ליזכותו מכוח "הגנה מן הצדק" שכן לא נחקרה אחריותו של המתלונן לתאונה הראשונה (בעקבותיה נפל הקטנוע על הכביש) ולא הוגש נגדו כתב אישום. לטענתו מדובר באכיפה בררנית. כמו כן טוען המבקש, כי יש להכריע בשאלה בעניין זמן התגובה. עוד הוא מוסיף וטוען, (כי הפרקליטה התערבה בניסוח חוו"ד)....

אי העמדתו לדין של נהג הקטנוע לא נעשתה לשם השגת מטרה פסולה או על יסוד שיקול זר ואף לא מתוך שרירות גרידא. בית משפט השלום לתעבורה ציין בהכרעת דינו מדוע אין זה ראוי להעמיד לדין את נהג הקטנוע. וכך נקבע: "אין להתעלם כי מי שנהרג זו אשתו של נהג הקטנוע ובנסיבות מעין אלה אין זה מן הראוי להעמיד לדין פלילי את נהג הקטנוע שכן העונש שהוא קיבל מהשמיים עקב התאונה כבד מכל עונש אחר שיטיל עליו בית המשפט".

אשר לקביעת בית משפט השלום בניגוד לדעת המומחים - ככלל, בית המשפט אינו מחויב למסקנותיה של חוות דעת מומחה המונחת לפניו, הגם שעליו להתחשב ולהעניק לה משקל ראוי ונכבד (ראו למשל ע"פ 3251/05 אושרי מלול נ' מדינת ישראל (לא פורסם), ניתן ביום 11.1.2007). כן נקבע, כי "חוות דעת כאלה הן ראיות המשמשות כלי עזר בעל חשיבות רבה בהתחקות אחר

האמת, בפסיקת הדין ובעשיית צדק... (ע"פ 10669/05 אברהם מטטוב נ' היועץ המשפטי לממשלה, ניתן ביום 7.2.2008). יתרה מכך, מקום בו כל המומחים שהעידו בפני בית משפט השלום לתעבורה היו תמימי דעים, כי זמן התגובה הנכון הוא 2.15 שניות, אין זה ראוי היה לקבוע ממצא אחר בהסתמך על ספרות מקצועית, כפי שעשה בית משפט השלום. יפים לעניין זה דברים שנקבעו בע"א 472/81 "אין לבסס פסק דין על סמך ידע רפואי, השאוב ממילונים ומספרים במקום לבססו על ראיות של מומחים".

אשר לטענת המבקש, לפיה הפרקליטות התערבה התערבות פסולה בניסוח חוות הדעת של המומחים מטעמה - טענה זו דינה להידחות. חוות דעתו של הבוחן ירקוני נדרשה לחישוב האיחור בזמן תגובתו של המבקש. חוות הדעת נסמכה על מספר הנחות מוצא עובדתיות והחישוב בוצע באופן המקל עם המבקש. בחוות הדעת המאוחרת של ירקוני, התבקש המומחה לבצע חישוב דומה, כשנקודות המוצא שונות. שתי חוות הדעת הוגשו לבית משפט השלום לתעבורה והמומחה לא התיימר לקבוע עובדות, שהרי עניין זה מסור לבית המשפט, לאחר שמיעת העדויות. המומחה לא ביטל את חוות דעתו הראשונה, אלא השלים אותה תוך הוספת אופציות אחרות, כאשר בית המשפט הוא שיקבע אילו מבין האופציות תואמת למארג הראיות שהונחו בפניו. בכך לא נפל פגם. סיכום:

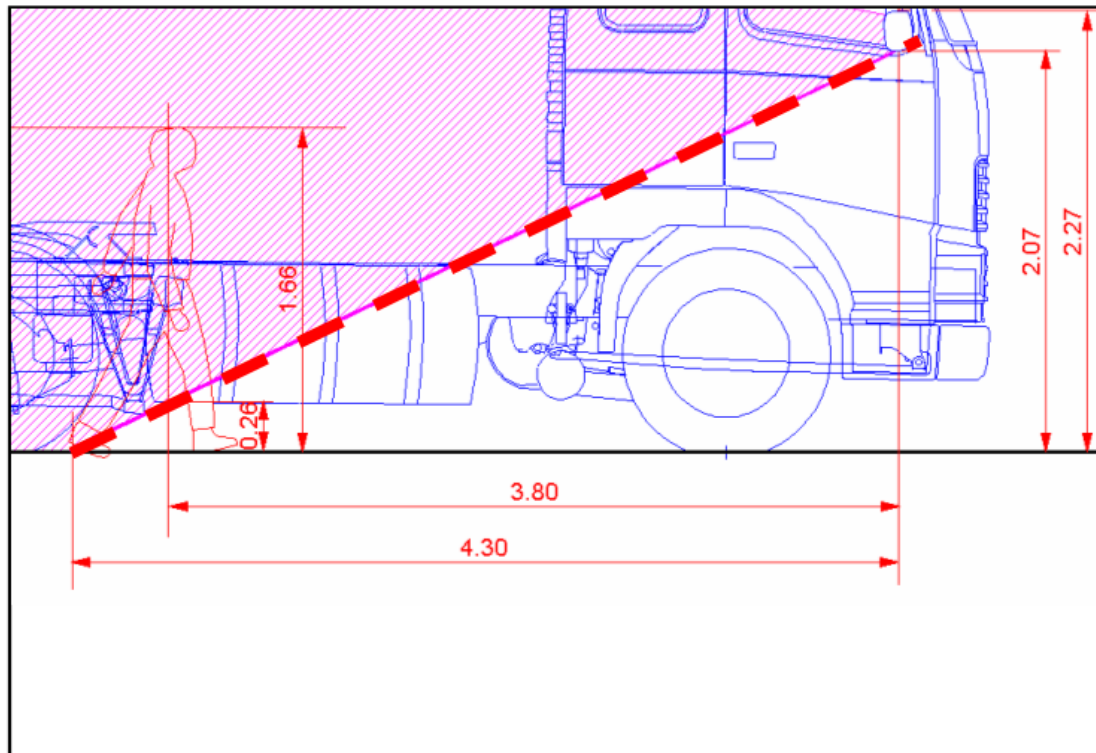
ברע"פ 1355/12, נקבע כי יש לקחת בחשבון את הנתון של "הפתעה/אי ציפייה", בהקשר לקביעת זמן תגובה ולא בהקשר לשדה הראיה וזאת בהסתמך על עדותו של עד הזמה מטעם המאשימה, רפ"ק רומן ברונשטיין, קצין בוחנים ראשי של משטרת ישראל דאז, לפיה: "אם לא השתנו נסיבות, כגון: תאורה, מזג האוויר, יכולת הראייה של הנהג, מקום התאונה והרכבים המעורבים, הרי שמרחק הראייה בו ניתן להבחין בסכנה בזמן התאונה יישאר לעולם מרחק קבוע וידוע. ציפייה ומודעות לסכנה אינן מקטינות את מרחק הראייה, אלא מקטינות את זמן התגובה של הנהג ובהתאם למהירות - גם את מרחק התגובה".

7.5 עריכת ניסוי שדה ראיה מרכב כבד, מציאת שטחים "מתים":

בעת טיפול בתאונה מסוג פגיעה בה"ר ע"י רכב כבד (אוטובוס/משאית) יש חשיבות גבוהה לעריכת ניסוי שדה ראיה, בדיקת שדה ראיה "מת" הנובע ממבנה הרכב (למעט ביצוע ניסוי שדה ראיה טופוגרפי וביחס לאוביקט). הבוחן צריך להסביר ולהמחיש לבימ"ש את יכולות ומגבלות שדה הראיה עקב מבנה הרכב דרך מראות ושדה ראיה ע"י הסטת מבט דרך חלון ודרך שימשה קדמית. לצורך כך, הבוחן עורך ניסוי שדה ראיה שבא לידי ביטוי בסקיצה ותרשימים, ולבסוף משלב שחזור נסיעה לאחר מנקודת האימפקט של הרכב משולב עם שדה ראיה ומסלול הגעת הולך הרגל, כאשר לאורך כל שנייה ממקמים את הולך הרגל, והמשאית וקובעים מתי ניתן להבחין בה"ר מתי הינו מוסתר. בהמשך יצורף תרגיל דוגמא.

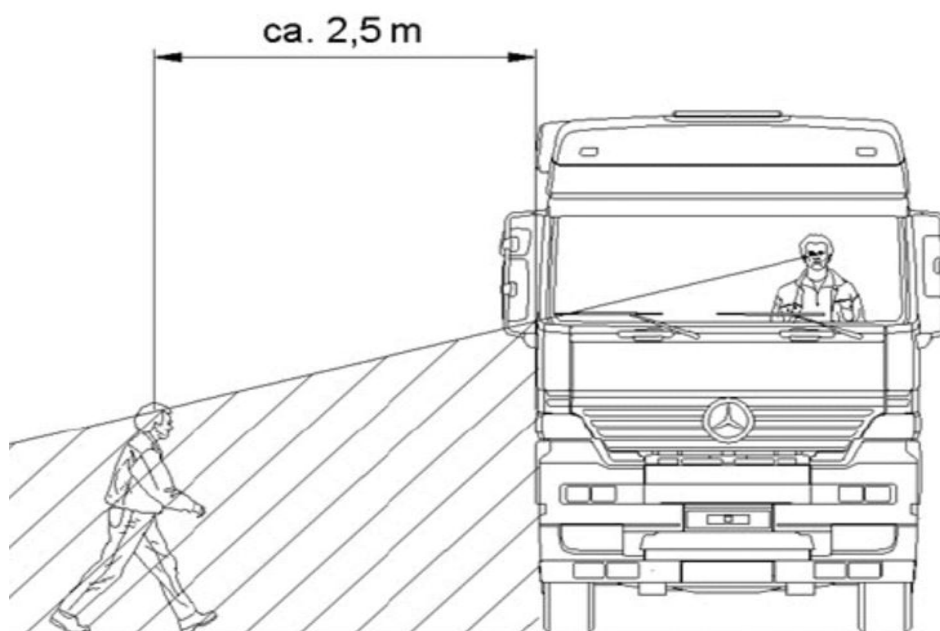
אופן בדיקה בשטח של שדה ראיה "מת".

בעת הניסוי הנהג המעורב יסתכל דרך המראה (לדוגמא-מראת צד ימין). נציב ה"ר מתחת למראה ונאמר לו ללכת לכיוון חלק אחורי של המשאית. על הנהג לציין מתי הוא מבחין בכף רגלו של ה"ר. ממקום זה ועד לחלק תחתון מראה מדובר ב"שטח מת" להמחשה מצורפות הסקיצות הבאות. **בדיקת שדה ראיה- שטח "מת" דרך מראת ימין** (הרשת באדום שדה ראיה גלוי לעין דרך מראת צד ימין).

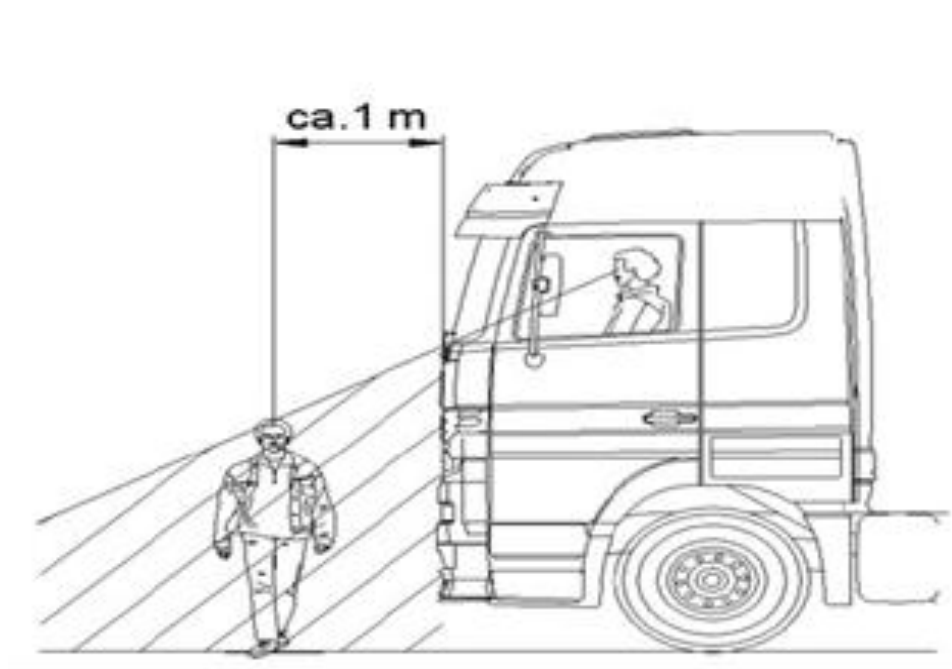


בסקיצה: הרשת באדום שדה ראיה גלוי לעין דרך מראת צד ימין.

עריכת בדיקת שדה ראיה מת דרך חלון צד ימין

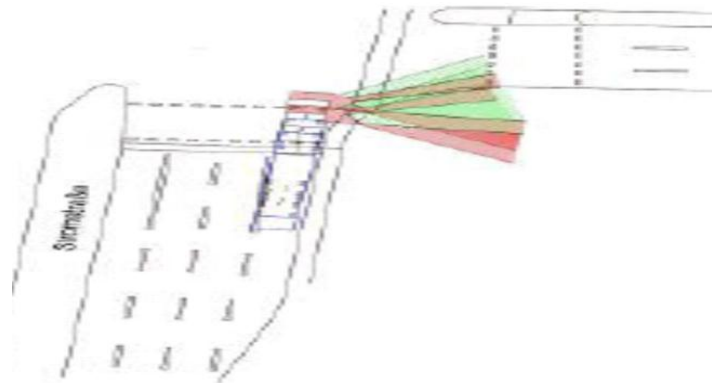


עריכת בדיקת שדה ראיה מת דרך שמשא קדמית

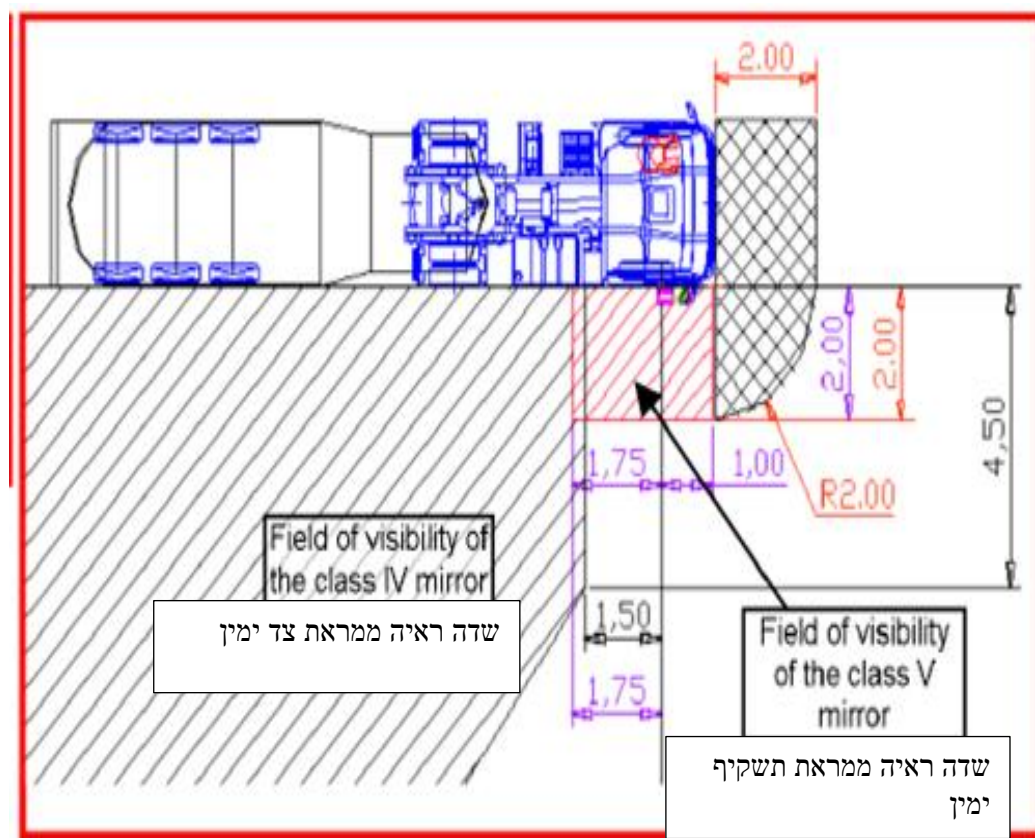


רשת הקווים בשחור- האנך מקצה השמש-לוח שעונים בחזית המשאית עד פני הכביש ולפנים הם השטח "המת" שנתקבל מעין הנהג **ממקום מושבו**.

עריכת תרשים ניסוי שדה ראיה דרך חלון ימין ושמשה קדמית

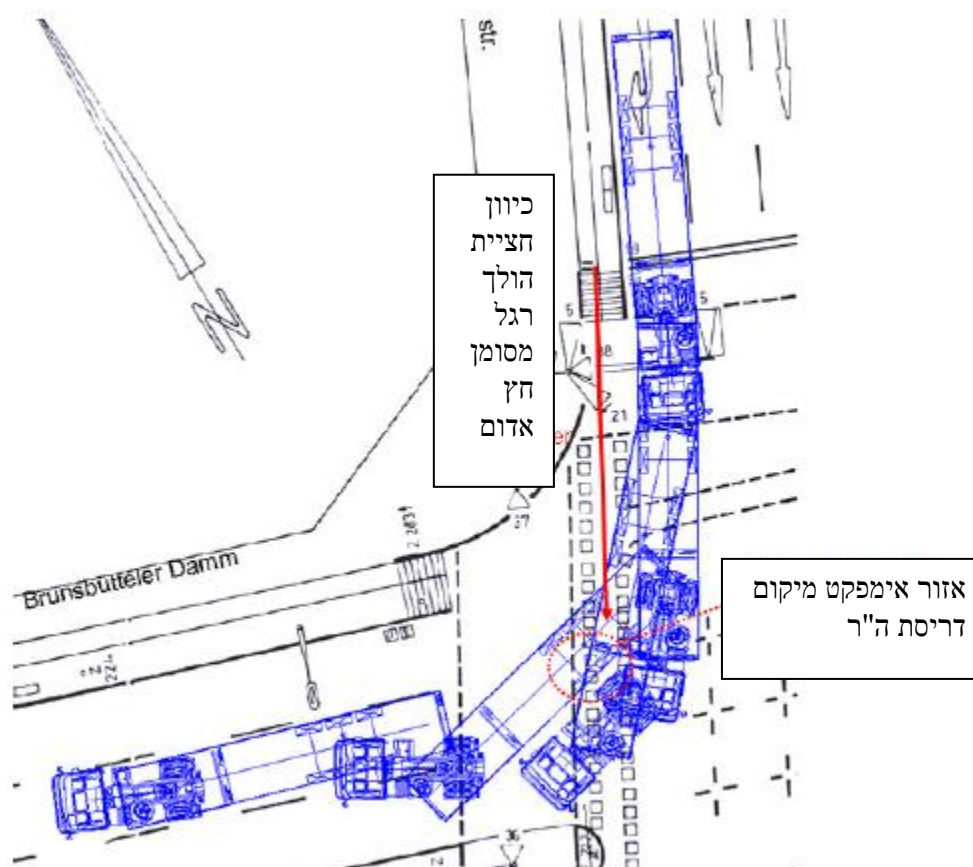


שדה ראיה דרך מראת תשקיף קדמית עליונה מראת תשקיף ימין ומראת צד ימין

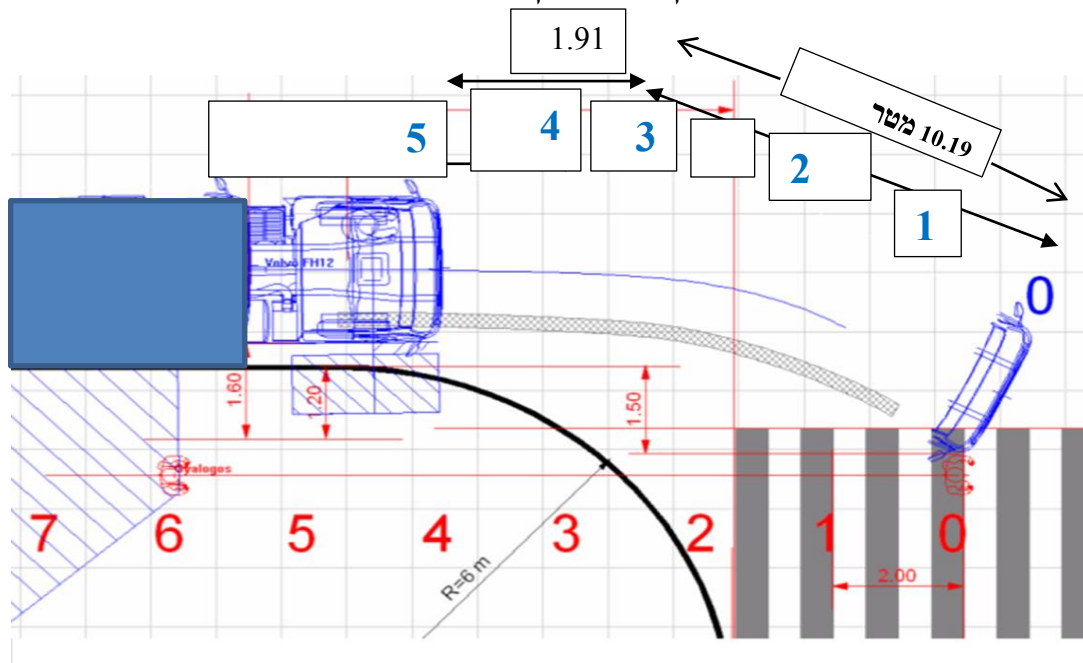


7.5.1 . כללים בעריכת שיחזור תוך בדיקה באים ה"ר מצוי בתחום שדה הראיה.

1. מדידת הצומת ע"י הבוחן, והכנת תרשים מילימטרי.
2. קביעת מקום אימפקט, קביעת מקום כיוון וקצב חציית ה"ר (ממצאים עדויות עדים, נהג).
1. עריכת סקיצה/תרשים עיקבה (Template) מדידת אורך של מרחק פניית נהג המשאית בשטח עד אימפקט. תוך מיקומה בזמן הפניה לפחות 3 פעמים.
3. מדידת זמן פניית נהג מס' פעמים והשוואה לזמני האצה מקובלים.
4. עריכת סקיצות/תרשימים -תיעוד ומדידת שדה ראייה "מת" נהג דרך מראות וחלונות.
5. הצבת המשאית על רדיוס הפניה במס' הפעמים אותם מדדת ע"ג נייר התרשים ושרטוט שדה הראייה המת.
6. עריכת שיחזור ע"ג תרשים מילימטרי מהאימפקט לאחור כל שנייה ובדיקה באים ה"ר מצוי בתחום שדה ראייה מראות ומבט נהג.



תרשים שחזור זמנים מספור נקודות בדיקה.



😊 תרגיל דוגמא :

1. משאית שהייתה בעצירה בצומת פנתה ימינה ופגעה עם חזית צד ימין בה"ר שחצה מימין לשמאל בכיוון הגעתה על מעבר חציה. ברצוננו לערוך שחזור ולבדוק במשך כל שניה היכן ה"ר מצוי והיכן נמצאת המשאית והאם ה"ר מצוי בתחום שדה הראיה.
2. מדדנו מרחק הפניה ממקום העצירה תחילת הפניה (נקודה 5) עד האימפקט 12.1 מטר.
3. ערכנו 3 ניסויים מדדנו משך הפנייה מעצירה עד האימפקט נתקבל זמן ממוצע של הפניה עד האימפקט 5 שניות.
4. עפ"י גיל המנוח עדים וספרות קצב חצייה הינו 2 מטר בשנייה. מיקמנו על נייר מילימטרי כמצוין בתרשים למעלה לפי מסלול החציה את ה"ר.
5. בתרשים נקודה אפס =0 נקודת האימפקט.
6. בנקודה 1 = ה"ר מצוי שנייה לפני האימפקט מרחק של 2 מטר לפני האימפקט.
7. בנקודה 2 = ה"ר מצוי 2 שניות לפני האימפקט מרחק של 4 מטר לפני האימפקט על מעבר חציה.
8. בנקודה 3 = ה"ר מצוי 3 שניות לפני האימפקט על המדרכה.
9. נקודה 4 = ה"ר מצוי 4 שניות לפני האימפקט.
10. נקודה 5 = ה"ר מצוי 5 שניות לפני האימפקט בתחילת נסיעת המשאית.
11. כעת נחשב מה תאוצת המשאית.

$$a = \frac{V_2 - V_1}{T}$$

$$V_2 = \frac{2S}{T} - V_1 = \frac{2 \times 12.1}{5} - 0 = 4.84 \text{ מ / ש} = 17.4 \text{ קמ / ש}$$

$$a = \frac{V_2 - V_1}{T} = \frac{4.84 - 0}{5} = 0.96 \text{ מ / ש / ש}$$

12. לאחר שחישבנו תאוצה ברצוננו למקם על התרשים המילימטרי בכל שניה לאחר את המשאית ואת ה"ר . עד האימפקט נקודה 0 המשאית עברה בזמן של 5 שניות . שניה פחות נקבל זמן פניה של 4 שניות.

נשחזר לאחר שניה אחת לנקודה 1 להיכן המשאית הגיע בזמן פניה של 4 שניות מתחילת נסיעת. נחשב את מהירות המשאית שנייה לפני האימפקט?

$$V_1 = V_2 - A \times T = 4.84 - 0.96 \times 1 = 3.88 \text{ מ / ש} = 14 \text{ קמ"ש}$$

נחשב את מרחק הפניה שהמשאית עברה בשנייה לפני האימפקט

$$S = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times A} = \frac{4.84^2 - 3.88^2}{2 \times 0.96} = 4.35 \text{ מ'}$$

13. נחזיר את המשאית לאחר לנקודה 1 מרחק של 4.35 מטר . שם המשאית הייתה שנייה לפני האימפקט ואת ה"ר נחזיר שנייה לאחר 2 מטר לאחר על מעבר חצייה שם היה כאשר המשאית בנקודה 1.

14. **נשחזר לאחר עוד שניה לנקודה 2** להיכן המשאית הגיע בזמן פניה של 3 שניות מתחילת נסיעת כאשר הייתה בעצירה?

נחשב את מהירות המשאית 2 שניות לפני האימפקט (שניה לפני נקודה 1).

$$V_1 = V_2 - A \times T = 3.88 - 0.96 \times 1 = 2.92 \text{ מ / ש} = 10.5 \text{ קמ"ש}$$

נחשב את מרחק הפניה שהמשאית עברה בשנייה לפני הגעה לנקודה 1

$$S = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times A} = \frac{3.88^2 - 2.92^2}{2 \times 0.96} = 3.4 \text{ מ'}$$

15. נחזיר את המשאית לאחר עוד שניה מנקודה 1 לנקודה 2 מרחק של 3.4 מטר סה"כ 7.75 מטר מהאימפקט נקודה אפס ואת ה"ר לאחר 2 מטר לנקודה 2 (4 מטר מהאימפקט על מעבר החצייה) שם היה כאשר המשאית בנקודה 2.

16. **נשחזר לאחר עוד שניה לנקודה 3** היכן המשאית הגיע בזמן פניה של 2 שניה מתחילת נסיעת מהיות בשלב עצירה.

נחשב את מהירות המשאית 3 שניות לפני האימפקט שניה לפני נקודה 2.

$$V_1 = V_2 - A \times T = 2.92 - 0.96 \times 1 = 1.96 \text{ מ / ש} = 7 \text{ קמ"ש}$$

נחשב את מרחק הפניה שהמשאית עברה בשנייה לפני הגעה לנקודה 2

$$S = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times A} = \frac{2.92^2 - 1.96^2}{2 \times 0.96} = 2.44 \text{ מ'}$$

17. נחזיר את המשאית לאחר עוד שניה מנקודה 2 לנקודה 3 מרחק של 2.44 מטר סה"כ 10.19 מטר מהאימפקט נקודה אפס ואת ה"ר לאחר 2 מטר לנקודה 3 (6 מטר מהאימפקט ה"ר יהיה על המדרכה). שם היה כאשר המשאית בנקודה 3.

18. כעת נבדוק בכל שניה ושניה האם ה"ר מצוי בתחום שדה הראיה של הנהג.

19. יש לזכור כי ישנה פסיקה המתייחסת לפגיעה בה"ר במעבר חצייה כאשר ה"ר מצוי ב"שטח מת". אין הדבר פוטר את הנהג מאחריות כאשר מדובר במעבר חצייה וה"ר מצוי בשטח מת. אך מחובתנו להציג בפני בימ"ש תמונה מלאה כיצד התרחשה התאונה.

בקליפת אגוז התייחסות הפסיקה לנושא שדה ראייה מת – רכב כבד

רע"פ 3120/05 - אייל בן-דן פיינברג נ' מדינת ישראל . בבית המשפט העליון מ' חשין

ביום 1.11.00 נהג המבקש באוטובוס, ובהגיעו לתחנת האוטובוס עצר במקום, הוריד וקלט נוסעים. בעודו עושה כן החלה ילדה בת 8.5 שנים לחצות את הכביש, משמאל לימין, בסמוך מאוד אל חזית האוטובוס. המבקש החל בנסיעה לא הבחין בילדה, פגע בה בחזית הימנית של האוטובוס, הפיל אותה ודרסה למוות..... גם לגופו של עניין לא נמצא לי כי נפל פגם בפסק-דין של בית-המשפט המחוזי. לפני בית-המשפט לתעבורה הוכח כי באוטובוסים מסוג זה שנהג בו המבקש בעת התאונה ניתן לראות את חזית האוטובוס כאשר המראות בצד ימין מכוונות כראוי. כפי שהדגיש בית-המשפט המחוזי, אחריותו של המבקש היתה לודא כי מראה כזו היתה מותקנת באוטובוס בו נהג, וכי היתה מכוונת כראוי כדי לאפשר שדה-ראיה רחב ככל הניתן. למעלה מן הדרוש הוסיף בית-המשפט המחוזי כי גם אם נותר בחזית האוטובוס "שטח מת" אותו לא מכסות המראות, מוטלת על הנהג חובה לודא, באמצעות מבט במראה למשך מספר שניות, כי אין איש באותו "שטח מת", על-מנת למנוע תאונות מסוגה של התאונה שארעה במקרה זה. לפיכך, משנמנע המבקש לודא כל אשר חובה עליו לודא לשם מניעת התאונה, בדיון קבעו בתי-המשפט דלמטה כי התרשל.... לשון אחר: חיובו של המבקש בדיון הוא, בנסיבות המקרה, על דרך של ממה נפשך: אם הייתה מותקנת באוטובוס שבעזרתה יכול היה המבקש לצפות בילדה והמראה הייתה מכוונת כראוי, חייב הוא בדיון משום שיכול היה לראות ולא ראה. ואולם אם לא הייתה מותקנת באוטובוס מראה כאמור, או שהמראה לא הייתה מכוונת כראוי, כי אז חייב המבקש בדיון משום שלא דאג לוודא כי תהיה באוטובוס מראה כנדרש או שלא דאג לכוונה כראוי. אם אמנם לא היתה באוטובוס מראה כנדרש, אפשר ניתן היה לחייב בדיון גם אדם אחר בחברת האוטובוסים, ואולם לא היה בדבר כדי לפטור את המבקש מחיובו בדיון.

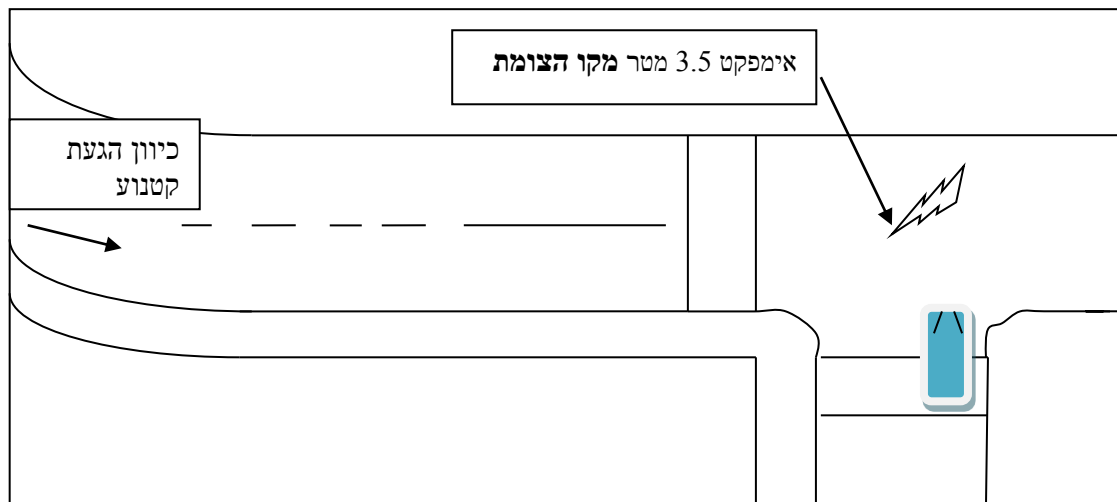
ע"פ (תל-אביב-יפו) 3934/98 - אמג'ד בן רושדי נ' מדינת ישראל .

בתאריך 21.3.95 סמוך לשעה 15:45, נהג המערער באוטובוס מסוג מרצדס, כשהוא מסיע ילדי מעון גן ומפזר אותם בין בתיים בקלנסוואה; המערער עצר את האוטובוס בצד שמאל של הדרך, על מנת להוריד את ילדי משפחת עזבה, אם המשפחה יצאה מן הבית כדי לקחת את שני ילדיה מתוך האוטובוס; האם לקחה את ילדיה וחצתה את הכביש הנהג החל בנסיעה ודרס ילד בן 6 וגרם למותו.

ביהמ"ש קבע, כי לפני חזית האוטובוס, בשל מבנהו וגובהו, קיים שטח "מת" כלשהו, אך ניתן היה להבחין במנוח החל ממרחק של חצי מטר מחזית האוטובוס. "בהיעדר ראיה סותרת", מוכן היה בימ"ש קמא להניח "לטובתו" של המערער, כי בשלב כלשהו, נכנס המנוח לאותו שטח מת, אך אין בכך כדי לשחרר את המערער מאחריותו לתאונה, שכן: "כפי שכבר נקבע... חובתו של נהג, היודע שברכבו קיים "שטח מת" לעשות כל שביכולתו על מנת להתגבר על "שטח מת" זה, בטרם הוא מסיע את הרכב, לפניו או אחר. על אחת כמה וכמה נכונים הדברים כאשר מדובר בנהג אוטובוס המסיע ילדים ואשר צריך לצפות שילד כלשהו יכנס לתחום "השטח המת" והוא עשוי לא לראות אותו.

7.5.2 עריכת שיחזור –היתכנות הימצאות רכב מחוץ לתחום שדה הראייה כאשר הרכב החל בפניה.

בעת טיפול בתאונה בין 2 כלי רכב כאשר רכב א' פונה ואמור לתת זכות קדימה לרכב הבא מנגד או בדרך החוצה. ויש במקום שדה ראייה מוגבל או חשד למהירות נסיעה גבוהה של צד ב' עלינו לערוך שיחזור שדה ראייה שיבחן מה תהיה המהירות האפשרית של רכב ב' במצב נתון שרכב א' מתחיל את הפנייה ורכב ב' נמצא מחוץ לתחום שדה הראייה. להלן תרשים להמחשה:



😊 תרגיל לדוגמא:

1. שדה ראייה של הרכב הפרטי לשמאל הינו 95 מטר.
2. המרחק מקו הצומת לאימפקט 3.5 מטר. (קטנוע 50 סמ"ק הגיע משמאלו).
3. תאוצת רכב פרטי 1.5 מטר בשנייה בריבוע = תאוצה רגילה. (תאוצה מהירה 3 מ/ש/ש).
4. פרק הזמן מתחילת נסיעה לאימפקט הינו למשך - 2.16 שנייה.

$$t = \sqrt{\frac{2 \times s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 3.5}{1.5}} = 2.16 \text{ ש.}$$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{95}{2.16} = 43.98 \times 3.6 = 158.3 \text{ קמ"ש}$$

5. במידה והקטנוע הגיע לצומת במהירות 158.3 קמ"ש ומעלה אזי כאשר הרכב החל בפנייה הקטנוע היה מחוץ לשדה הראייה. היות וקטנוע זה אינו מגיע למהירות זו הקטנוע היה בתחום שדה הראייה כאשר הרכב החל בפנייה.

8. שחזור פגיעה בהולך רגל.

8.1 תקציר מתוך שיחזור תאונת דרכים מסוג פגיעה בה"ר¹⁸

1. כללי: תאונות דרכים שבין כלי רכב להולכי רגל מסתיימות על פי רוב בפציעות חמורות להולך הרגל. כמו בסוגים אחרים של תאונות דרכים, על פי רוב ישנו עניין רב במהלך התרחשותה של התאונה. עניינים אופייניים אשר נותרים ללא מענה בעת שחזור תאונת דרכים הכוללת הולך רגל כוללים:

- עמדה בשעת המגע הראשון.
- מהירותו של כלי הרכב.
- קינמאטיקה של הולך הרגל.
- אסטרטגיות של הנהג ושל הולך הרגל.
- טקטיקות של הנהג ושל הולך הרגל.

כמעט בכל המקרים של תאונות דרכים בין כלי רכב להולך רגל עולה שאלה ביחס לעמדתם של הולך הרגל ושל כלי הרכב כאשר נוצר המגע הראשון. הדבר מרמז אודות החבות באשמה מצדו של הנהג, או עשוי להעיד על קליטה לקויה מצדו של הולך הרגל. במקרים מסוימים ישנה חשיבות להבנה כיצד הולך הרגל היה ממוקם ביחס למכונית בשעה שנפגע על ידיה. לדוגמה, יתכן ויהא זה די חשוב לדעת באם הולך הרגל נפגע מאחור, מלפנים, מצדו השמאלי, או מצדו הימני. כמעט תמיד עולה עניין המהירות של כלי הרכב אשר מעורב בתאונה. הדבר יכול, מטבע הדברים, להצביע על חבות באשמה או רשלנות מצדו של נהג הרכב. לעתים גם מהירותו של הולך הרגל מהווה גורם בעל חשיבות – כלומר, האם הולך הרגל רץ או הלך בשעת התאונה. במקרים רבים עניין מהירותו של כלי הרכב עשוי להיות בלתי ניתן לקביעה עקב איסוף נתונים בלתי מספק, או מכיוון שטכניקות שחזור מתאימות אינן זמינות.

קינמאטיקה של הולך הרגל, או האופן בו הולך הרגל נע כתוצאה מן ההתנגשות, עשוי להיות חשוב בקביעת מהירותו של כלי הרכב או גורמי הפגיעה. מידע חשוב עבור מענה לעניין זה כולל את פציעותיו של הולך הרגל, העמדה בה היה מצוי כאשר הגיע לכדי עצירה מלאה ונקודת המגע עם הקרקע, כמו גם הנזק אשר נגרם לכלי הרכב. על ידי המידע כיצד הולך הרגל נע לאחר ההתנגשות, ניתן יהיה לפתור שאלות אחרות, כדוגמת האם הולך הרגל רץ, הלך, ניסה להתאבד, או באם פניו היו מופנים כלפי כלי הרכב.

אסטרטגיות של הנהג ושל הולך הרגל כוללות עניינים כדוגמת עמדתם על פני הכביש ומידת התבוללותו של הולך הרגל. היא דנה בהחלטות שהנהג והולך הרגל החליטו בטרם קלטו כי גורם סכנה כלשהו עלול להשפיע על סיכוייהם להימנע מן התאונה. לדיון מורחב אודות אסטרטגיה פנה לנושא מספר 852

טקטיקות של הנהג ושל הולך הרגל נוגעות למעשיהם של הנהג ושל הולך הרגל כאשר קלטו את מהותו של גורם הסכנה. פרשנות הולמת ותגובה מהירה להופעתו של גורם הסכנה עשויים להשפיע על הסבירות למנוע את התאונה. טאקטיקות התחמקות אופייניות של הנהג כוללות בלימה או תיקון בהיגוי. דיון מפורט יותר אודות טאקטיקה מצוי בנושא מספר 852.

2. נתונים שאובים מפני הדרך, כלי הרכב והגוף

בכל חקירה של תאונת דרכים ימצא מידע רב בבדיקת פני השטח וכלי הרכב (אחד, או יותר) אשר היו מעורבים בתאונה. בנוסף לכך, הפציעות אשר ניתן לצפות להימצאותן אצל הולך הרגל המעורב בתאונה גם הן מועילות בהמחשה כיצד התרחשה התאונה. עניין זה נדון בנושא זה. חלק משיטות התייעוד עבור תאונות דרכים הכוללות הולכי רגל הינן זהות לטכניקות המשומשות ביתר סוגי תאונות הדרכים.

סימן חיכוך נעל-לעתים מושאר סימן חיכוך ניכר, אך שאינו בולט, על ידי נעל. מיקומה הסופי של נעל- (אף על פי שזאת הוסרה מעל רגלו של הולך הרגל) לא בהכרח מצביעה על מיקום מדויק של נקודת המגע הראשון. חלקים של כלי הרכב ושל הולך הרגל בהתנגשות בין הולך רגל לכלי רכב. לדוגמה שברי זכוכית או שביב של צבע מכלי הרכב הפוגע.

¹⁸ שחזור תאונות דרכים בין כלי רכב להולכי רגל נושא מספר 877 במדריך לחקירת תאונות דרכים מאת לין ב. פריק (ראה הרחבה בנושא בעמוד 158 תקציר פרק 14 שחזור תאונות רכב הולך רגל ל.ב. פריק 2010).

נתונים השאובים מפני הדרך

יש לתעד באמצעות מדידות את תוצאותיה של תאונה בין הולך רגל לבין כלי רכב, ולצלמה כזירת תאונה. בתאונות הכוללות הולך רגל יש לשים לב במיוחד לסימנים המעידים על עמדת המגע הראשון.

מיקום פגיעה בה"ר ניתן לקבוע באמצעות הממצאים מפני הדרך הבאים:

- סימני גרירה של נעליים.
- אי סדירויות בצמיגיו של כלי הרכב.
- פיזור אדמה- רגבי עפר.
- שברי רכב – זכוכיות או שבבי צבע.
- סימני התזות דם על פני הכביש.
- הצבעת נהג או עד.

אחד מן הגורמים אשר מצביעים בצורה הטובה ביותר על מקום המגע הראשון הינו סימן אשר נגרם על ידי נעל. במקרים מסוימים יתכן והולך הרגל יורם אל על ללא נעליו. אף על פי כן, מיקומה הסופי של הנעל לא יהווה בהכרח מצביע טוב אודות נקודת המגע הראשונה.

חלקים של כלי רכב עשויים לספק רמז אודות האזור הכללי בו התרחשה ההתנגשות. אף על פי כן, חלקיו של כלי הרכב עשויים להימצא מרחק ניכר ממיקומה של נקודת המגע הראשון. תרשים מספר שלוש מדגים שביב צבע של מכונית אשר ניתץ מעליה כלי הרכב פגע בהולך הרגל. ניתן למצוא חלקים אחרים מהולך הרגל, מלבד נעליים (תרשים מספר ארבע). אף על פי כן, כובעים, מקלות הליכה, משקפיים וחפצים אחרים עשויים להימצא במרחק מה מנקודת המגע הראשון.

(הערות מחבר הספר: במחקר שנערך ע"י הלגו שניידר מהמכון לרפואה משפטית אוניברסיטת מינכן גרמניה בנושא השוואת תוצאות מבחני דמי ותאונות ה"ר אמיתיות [פרוטוקול 1639 ספרות מתורגמת במדור ת"ד את"ן בעמוד 131]) נקבע כי: תאונות הולכי רגל כמו גם הניסויים הראו כי כיסוי ראש שמשחרר נמצא בכביש באזור של עד 4 מטר (13 רגל) מנקודת ההתנגשות בהשפעת מהירות של עד 60 קמ"ש (37 מייל לשעה).

מידע השאוב מכלי הרכב

לעתים קרובות ניתן למצוא **טביעות של ביגוד ושל דם מהולך הרגל** על גבי כלי הרכב. או דם אשר הושאר על מכסה תא המטען מצביע על האופן בו הגוף הוזז כתוצאה מהתנגשותו של כלי הרכב.

השמשה הקדמית, הפגושים, אנטנת הרדיו והמראות גם הם יכולים להינזק מהתנגשות בין כלי הרכב לבין הולך הרגל. נזק אשר נגרם לשמשה הקדמית יכול להעיד על מהירות הרכב בצירוף נתונים נוספים (מרכז כובד ה"ר גובה קצה מוביל רכב ועוד... ראה חוברת הדרכה הערכת מהירות רכב עפ"י מרחק הטלה שערך רפ"ק אליהו ברמי).

מידע השאוב מגופו של הולך הרגל

על פי רוב אין לאתר נתונים טובים אודות הפציעות אשר נגרמו להולך הרגל. יתכן ופציעותיהם של הולכי הרגל ייגרמו על ידי גורמים נוספים מלבד הפגיעה על ידי כלי הרכב. אם הגופה נופלת ו / או מחליקה לאורך מרחק מסוים, חלק מן הפציעות עשויות להיגרם מהמגע עם פני הכביש, לאחר ההתנגשות עם כלי הרכב.

באם אתה חוקר מקרה של תאונה עם הולך רגל אשר בו מוצגת שאלה בנוגע לאופן בו פציעה מסוימת נגרמה להולך הרגל, יתכן ויהא זה מועיל לקבל חוות דעת מפתולוג פורנזי.

3. תנועתו של הולך הרגל כתוצאה מההתנגשות עם כלי הרכב

ראה חוברת הדרכה הערכת מהירות רכב עפ"י מרחק הטלה שערך רפ"ק אליהו ברמי.

4. הערכות מהירות של כלי הרכב בהטלת ה"ר.

(ראה פרק הערכת מהירות רכב בעמודים 133-177 בספר זה).

5. מהירות ההליכה של הולך הרגל

במקרי תאונה בפועל, על פי רוב נתקשה לקבוע מהירות הליכה/ריצה. יתכן ויהיה זה הכרחי לשקול טווח של קצבי מהירויות של הליכה/ריצה. לדוגמה, אם הצהרותיהם של עדי ראייה מצביעות על כך כי הולך הרגל רץ במקום ללכת. חקירה נכונה תוביל לשחזור נכון. (ראה חוזר הדרכה מצורף בנספחים)

6. נראות הולך הרגל בטווח שדה הראייה של הנהג

רכיב חשוב בתהליך שחזור תאונות דרכים וקביעת נקודת התגובה האפשרית של הנהג לסכנה הוא שדה הראייה של הנהג לכיוון הולך הרגל. שדה ראייה זה יכול להיות מושפע מרמת "נראות" (Visibility) של הולך הרגל.

באור יום, טווח הנראות של הולך הרגל תלוי במגבלות שדה הראייה בשטח, ובכושר הראייה של הנהג.

בלילה שונה הדבר. הנראות של הולך הרגל תהיה תלויה בכמה גורמים בנוסף לטווח שדה הראייה שבשטח:

- א. מידות גוף הנפגע וצבע הבגדים. אדם גבוה ושמן יראה טוב יותר וממרחק גדול יותר מאשר ילד קטן או אישה זקנה וכפופה. ככל שהבגדים כהים יותר כך יראה הולך הרגל ממרחק קצר יותר, וככל שהבגדים בהירים יותר כך יראה הולך הרגל ממרחק גדול יותר. אמצעים מחזירי אור (פסים מחזירי אור, אביזרי לבוש נוצצים וכו') יתרמו להגדלת טווח הראות.
- ב. טווח אורות הרכב. סוג הפנסים (פנס סימטרי פנס אסימטרי) סוג הנורות (נורת טונגסטן, הלוגן, קסנון ועוד), מצב התאורה (אור חניה, אור מעבר ואור דרך), מיקום על התיב (התאורה למרכז הכביש ושמאלה בפנס אסימטרי שונה מהתאורה לימין) טיב כיוון האורות ברכב ומצב העמסת הרכב (כשהרכב עמוס מאד שוקע חלקו האחורי ועולה חלקו הקדמי. אלומת האור מאירה כלפי מעלה וטווח האור על פני הכביש מתארך ומסנוור. ישנם כלי רכב מודרניים בהם קיימת אפשרות הנמכת פנסי החזית במצב רכב עמוס. אם הרכב אינו עמוס אך הפנסים מכוונים למצב עמוס, אלומת האור נמוכה מהרגיל וטווח האורות קצר). גם האצת הרכב או בלימה משנים את גובה חזית הרכב ואת טווח האורות. כך גם נסיעה בדרך משובשת עלולה לשנות את טווח האורות כתלות במהירות הנסיעה, מצב הכביש ומצב המתלים והקפיצים.
- ג. תאורת רחוב. וכן תאורת סביבה (חלונות ראוות, תאורת בתים בסביבה, שלטי חוצות מוארים ואף אור ירח בלילה בהיר.
- ד. תאורת כלי רכב שנעים בכיוון הנגדי. סנוור אורות רכב שנע ממול בכיוון הנגדי מונע אפשרות הבחנה של הנהג בנעשה לפניו. טווח הראות מתקצר באופן משמעותי ולעתים לטווח קצר ביותר. ההנחיה לנהג המסנוור היא להאט את מהירות הנסיעה ככל האפשר ולהיצמד לקו הצהוב של השול הימני, ואף לישר מבט לימין מבט כדי להימנע ככל האפשר מקשר ישיר עם אלומת האור המסנוור. שם, בסמוך לימין הדרך עלול להימצא הולך רגל שייראה לעין הנהג מטווח קצר.
- ה. פיזיולוגיה של העין של הנהג. במעבר מנהיגה בכביש בין עירוני בלתי מואר לקטע מואר (כמו בצומת דרכים) ישנו "זמן תגובה להסתגלות העין" המעכב את זמן קליטת הסכנה. תאורת רחוב באור צהוב מקטינה תופעה זו. מתכנני תאורת רחוב מתקינים בתחילת הקטע המואר את עמודי התאורה במרווחים גדולים יותר כדי לאפשר הסתגלות טובה יותר של העין לאור. מצב אחר הוא המעבר החד מתאורה רגילה לסנוור על ידי כלי רכב ממול ומדליק אור דרך באופן פתאומי, ומעבר חד מסנוור לתאורה רגילה לאחר שהרכב המסנוור חלף את הנהג בכיוון הנגדי. האישון של העין חייב להתכווץ בעת קליטת אור רבה מדי ולהתרחב בעת קליטת אור פחותה (כדרך צמצם במצלמה).

7. עריכת ניסוי "נראות" הולך רגל

קביעת טווח נראות הולך הרגל על ידי הבוחן המשחזר את תאונת הדרכים צריכה להיעשות על ידי ניסוי ראייה. יש להקפיד שתנאי הניסוי יתקיימו קרוב ככל האפשר לתנאי התאונה. יש להשתמש ברכב המעורב (אם לא ניזוקו פנסי החזית שלו בתאונה), במצב הפעלת הפנסים כפי שמתואר על ידי הנהג או העדים, להשתמש ב"מבז"ץ" הולך רגל במידות גוף ובסוג לבוש דומה לזה שנפגע. את הולך הרגל יש להוליך במהירות ובכיוון הנכון. (אופן עריכת ניסוי שדה ראייה מפורט בפרק נפרד).

8.1.1 הנחיית מדור 8/2014 - שדה ראייה - לקחי פסיקה פגיעה בה"ר בג"צ

8150/13 כרסנטי נ' פרקליטות המדינה ואח', מיום 6.8.14

(הוגש בהקשר ל עפ"ת 13-05-28434 ברזל נ' מדינת ישראל, מיום 23.10.13)

תקציר נסיבות העתירה : העתירה הוגשה לבג"צ בגין תאונת דרכים קטלנית בה קיפחה ליה כרסנטי ז"ל את חייה, והיא בת 14 שנה בלבד. ביום 13.10.2010, סמוך לשעה 18:45, עת חצתה את הכביש במעבר חצייה, נפגעה המנוחה אנושות. לאחר יומיים, נפטרה המנוחה. העותרים הם הורי המנוחה.

המדינה העמידה לדין את הנהג המעורב, הוא משיב 3 בעתירה שהואשם בשלום בעבירות של גרם מוות ברשלנות, גרם חבלה לאדם ונזק לרכוש ברשלנות, אי מתן זכות קדימה להולך רגל במעבר חצייה ונהיגה ללא ביטוח תקף (ת"ד 11-01-1896). בית המשפט לתעבורה הרשיע את המשיב בעבירות שיוחסו לו, על פסק דין זה הוגש ערעור לבית המשפט המחוזי בנצרת.

בית המשפט המחוזי (השופט א' קולה, אליו הצטרפו השופטת א' הלמן והשופטת י' שטרית) קיבל את ערעורו של המשיב, וזיכה אותו מהעבירות שבהן הורשע. בבית המשפט לתעבורה, למעט מעבירת נהיגה ללא ביטוח תקף (עפ"ת 13-05-28434) עונשו הועמד על קנס בסך 1,500 ש"ח. פרקליטות מחוז צפון – היא משיבה 2 בעתירה הגישה המלצה בפני פרקליטות המדינה **להגיש בקשת רשות** ערעור על פסק דינו

של בית המשפט המחוזי. ואולם, פרקליטות המדינה – משיבה 1 בתיק – החליטה **שלא להגיש בקשת רשות ערעור** על פסק הדין. משלא הצליחו הורי המנוחה להביא לשינוי ההחלטה, פנו לבית המשפט בעתירה זו.

בית המשפט העליון דחה את העתירה. בשלושה נימוקים.

1. עצמאות שיקול הדעת של הפרקליטות :

העותרים תוקפים את החלטת הפרקליטות שלא להגיש בקשת רשות ערעור על פסק-דינו של בית המשפט המחוזי. ולמעשה מבקשים לחייבה להגיש בקשת רשות ערעור.

בג"ץ הציג שלושה נימוקים עיקריים לצמצום ההתערבות בכגון דא. **האחד**, החשש מפני ערוב תפקידים. די לשופט במשא של מלאכת השיפוט, ואל לו להחליף את הקטגור.

השני, עסקינן בשיקולים מקצועיים של התביעה, שנשענים על ראייה רחבה, לרבות חשיפתה לתמונה

שלא תמיד מוצגת באופן מלא בפני בית המשפט (ואין חובה שתוצג).

השלישי, יש לשמור על המסגרות הדיוניות. בית המשפט הגבוה לצדק לא נועד לשמש ערכאת ערעור חלופית.

2. עיקרון סופיות הדיון

עיקרון סופיות הדיון, מקבל משנה תוקף כאשר מדובר בזיכוי במשפט הפלילי. משעה שזוכה נאשם מאשמה, קמה לו ציפייה – שניתן להבינה – "שלא ייאלץ להיגרר להליכים משפטיים נוספים".

3. גופו של עניין

שני השיקולים שהוזכרו עד כה – שיקול הדעת העצמאי של התביעה וסופיות הדיון – אינם בגדר סוף פסוק. ניתן להגיש עתירה נגד החלטת התביעה שלא להגיש בקשת רשות ערעור בהליך פלילי של זיכוי, ואף ניתן לקבלה בהתקיים **חוסר סבירות קיצוני** בהחלטת הרשות.

אולם בג"צ לא מצא שנפלה טעות מהותית בפסק-דינו של בית המשפט המחוזי. בוודאי לא טעות ברמה כה יסודית ומהותית, עד שתיגזר ממנה כי החלטת התביעה שלא להגיש בקשת רשות ערעור הינה שגויה ומגלה אי-סבירות קיצונית. בית המשפט המחוזי לא חלק על חובת הזהירות החלה על נהגים בקרבת מעבר חצייה.

התייחסות להלכה בפגיעה בה"ר על מעבר חצייה ולפערים בתיק.

בג"צ למעשה, **מירק וחידד בהחלטתו את ההלכות הדנות בחובת הזהירות המוטלת על נהג המתקרב למעבר חצייה, הלכת מלניק והלכת שטרייזנט** ואף ציטט מדברי השופט ת' אור בעניין מלניק – שעליו התבסס השופט מ' חשין בהלכת שטרייזנט: השופט חשין אמנם המשיך וקבע שחובת זהירות על נהג המתקרב למעבר חצייה, "קיימת גם כאשר הנעשה על המדרכה ליד מעבר החצייה מוסתר מעיניו של הנהג, או-אז חובה היא המוטלת על נהג לצפות אפשרות שהולכי רגל שאינם נראים ירדו אל מעבר החצייה" (הלכת שטרייזנט, בעמ' 520 בג"צ קבע כי **אמרה זו אינה קובעת אחריות גורפת ואבסולוטית על נהג המגיע למעבר חצייה, ועדיין על בית המשפט לבחון כל מקרה לגופו, בהתאם לנסיבות הקונקרטיות.**

בימ"ש מצביע על שני כללים גדולים שאינם סותרים זה את זה.

הכלל הראשון הוא כי **על נהג המתקרב למעבר חצייה מוטלת אחריות מוגברת**. זהו השטח של הולך הרגל. אכן, גם על הולך הרגל חלים כללים בהגיעו לשטח זה, אך על השולט בכלי בעל-כוח קטלני מוטלת האחריות, הראשונה במעלה, לנהוג בזהירות. אחריות זו כוללת, על-פי הפסיקה, **חובה לצפות, במידה זו או אחרת, את האפשרות כי הולך הרגל עלול להתרשל** – כך במיוחד כלפי קבוצות אוכלוסיה ממוקדות כגון ילדים (לתקנות התעבורה התשכ"א 1961-: "בכפוף לאמור (וקשישים). כלשון תקנה 52 בתקנה 51 חייב נהג רכב להאט את מהירות הנסיעה, ובמידת הצורך אף לעצור את רכבו, בכל מקרה שבו צפויה סכנה לעוברי דרך או לרכוש, לרבות רכבו הוא, ובמיוחד בהתקרבו למעבר חצייה".

הכלל השני הוא כי **האחריות אינה מוחלטת**. אין עסקינן באחריות קפידה. העבירה היא גרם מוות ברשלנות. טרם מורשע נאשם בעבירה כזו, על התביעה להוכיח **שלשה מרכיבים: התרשלות, גרימת מוות, וקשר סיבתי משפטי ועובדתי ביניהן.**

בג"צ קבע כי המחוזי לא התעלם מהאחריות המוטלת על נהג בהתקרבו למעבר חצייה. היפוכו של דבר. הודגשו אל נכון מרכזיותם של הכללים והפסיקה שהוזכרו לעיל. עם זאת, ביישום על המקרה הקונקרטי נימק בית המשפט המחוזי את תוצאת הזיכוי על-פי **החסר הבא**. בית המשפט לתעבורה **המעיט בחיוניותן של דרכי החישוב בעבירת גרם מוות ברשלנות**. לאמור, הגם שמוסכם כי הנהג לא הבחין במנוחה עת חצתה את הכביש עד לסמוך לפגיעה בה, עדיין **יש להידרש לחישובים המתמטיים של שדה הראייה הרלוונטי, של מהירותו של הרכב הנוסע ושל הולכת הרגל המנוחה, ושל המהירות (והמרחקים) שבה התאונה הייתה נמנעת**. מלאכה זו **לא נערכה כנדרש** בהכרעת הדין של בית המשפט לתעבורה.

הטעם בדבר, כפי שבית המשפט המחוזי הסביר היטב, נובע מהעדיר תשתית ראויה לבדיקות הנצרכות על-ידי בוחן התנועה. **תפקידו של האחרון, בגדר מומחה מטעם התביעה, הוא להציג את הנתונים הנדרשים כדי לבסס את המסקנה שהתרשלותו של הנהג גרמה לתוצאה הקטלנית**. בענייננו, ויש להצטער על כך, עולה מפסק-הדין של בית המשפט המחוזי כי בדיקות לא נערכו או שלא נערכו בצורה מתאימה – **דוגמה לכך היא עריכת הניסוי של שדה הראייה**.

על כן דחה בג"צ את העתירה.

לקחים מהחלטה זו ליישום בעבודת הבוחן בטיפול בתאונה פגיעה בה"ר על מעבר חצייה.

1. בטיפול בתיק ת"ד פגיעה בה"ר על מעבר חצייה, על הבוחן לערוך שחזור וחישובים מתמטיים בו יקבע את מהירות הרכב (במידה וניתן) על הבוחן לקבוע קצב חצייה של ה"ר. הבוחן יערוך שחזור בו יקבע מאיזה מהירות של הרכב ומטה התאונה הינה נמנעת. (בכדי לסייע לבימ"ש בתיחום רשלנות הנהג). השחזור יהיה בתיק החקירה בדוח הבוחן.
2. יש לערוך ניסוי שדה ראיה כאשר על הבוחן לקבוע את מטרת הניסוי ותכליתו (בהתאם לנסיבות התאונה). מטרת עריכת ניסוי שדה ראיה אינה מסתכמת בשאלה מאיזה מרחק ניתן להבחין בה"ר בתחילת חצייה בלבד. תכלית הניסוי יכולה לבחון, מה המרחק המקסימלי בו ניתן להבחין בה"ר ממקום מושב הנהג בנתיב א, האם ניתן להבחין בה"ר על מעבר החצייה או על האי תנועה/מדרכה, על מעבר חצייה הנגדי, במהלך הליכתו ועוד והכל בהתאם לנסיבות האירוע.
3. להלן דגשים בביצוע ניסוי שדה ראיה ביחס לה"ר:
 - א. הרצוי ביותר הוא לבצע את ניסוי שדה הראיה מתוך הרכב המעורב כשהוא בתנועת התקרבות לקראת אזור המגע, ממושב הנהג, על ידי הנהג עצמו. (בהנחה והרכב תקין) הבוחן בשעת הניסוי ישב ליד הנהג וינחה אותו לעצור את תנועת הרכב מיד עם ההבחנה בעצם הנצפה.
 - ב. הבוחן יציין את המרחק בו הבחין בה"ר וכן יציין את המרחק בו הבחין הנהג בה"ר. באם יש פערים יש להתייחס אליהם בעת הניסוי. (בחוברת הדרכה שחזור תאונות דרכים מסוג פגיעה בה"ר שהוצאה בשנת 2001 בעמוד 39 נכתב כי יש לבצע את הניסוי פעמיים לצורך קביעת מהימנות הניסוי. הנחיה זו מבטלת אמירה/קביעה זו. אין חובה לערוך 2 ניסויים שונים ע"י אותו ניבחן/נהג).
 - ג. יש לשאוף כי בעת עריכת הניסוי מצב הזירה/ הדרך כמות ומיקום כלי רכב אחרים יהיו באותו אופן כפי שהיו העת התרחשות התאונה. (לדוגמא: באם עפ"י הראיות לכאורה בתיק לפני הפגיעה בה"ר מנגד בנתיב הנגדי לפני הרמזור היו רכבים בעצירה לפני רמזור אדום בעת הניסוי גם כן יועמדו רכבים בצומת).
 - ד. את הניסוי יש לערוך במהירות איטית של 10-15 קמ"ש.
 - ה. יש לקבוע לנהג לפני הניסוי קו קריטי לחצייה.
 - ו. יש לקבוע לפני הניסוי בעלי תפקידים מוגדרים (מודד, צלם, נהג, מנהל הניסוי...).
 - ז. יש להקפיד על עצירה במקום בו ניתן להבחין בעצם ולא לאחר מכן (יש להביא בחשבון מרחק תגובה ועצירה לאחר הוראה לעצור).

- ח. עם עצירת הרכב, לאחר זיהוי הדמות הנצפית, ימדוד הבוחן (או מי שמונה לכך) את המרחק מפגוש קדמי של הרכב ועד מקום הימצאותו של מביים הדמות, וינציח ברישום הממצאים.
- ט. עדיף להשתמש במצלמה או במסרית וידאו אך יש לזכור שקיים הבדל בין מה שניתן להבחין בעדשת המכשיר לבין מה שניתן להבחין בעין הנהג. יחד עם זאת, אם תכלית הניסוי היא בדיקת מכשול שמסתיר את הולך הרגל כמו רכב חונה וכד', ניתן לקבל ולהמחיש היטב את ממצאי שדה הראיה באמצעות מצלמה או מסרית וידאו.
- י. יש לזכור שבשעת הניסוי רמת הציפייה של הנהג גבוהה יותר ועל כן הוא עשוי להתרכז יותר מהרגיל ולזהות את הדמות הנצפית מוקדם מהרגיל. נושא הציפייה שיש לבוחן יילקח בחשבון בהתאם לנסיבות התאונה. באם הנהג לא אמור לצפות הימצאות ה"ר במקום הדבר יילקח בחשבון בחישוב זמן התגובה.
- יא. על פי רוב הנפגע יפונה לבית החולים או שלא יהיה מסוגל לעמוד כדמות נצפית בניסוי שדה הראיה. על כן יש למצוא אדם אחר בעל מידות גוף ובעל לבוש ואביזרים דומים לאלה של הנפגע, להעמידו או להוליכו באזור המגע בכיוון הליכת הולך הרגל.
- יב. יש להקפיד על מצב התאורה בניסוי ולתעד את מצבה סוג תאורה, תקינותה מרחק מפנס אחד לשני). אם כלי רכב נסעו בכיוון הנגדי בשעת חשכה עם פנסי חזית דולקים, יש לבצע את הניסוי בתנאים דומים.
- יג. יש לשאוף לערוך את הניסוי לאחר סיום עבודת הבוחן ביום התאונה באותם תנאי ראות ונראות ומזג אויר.
- יד. בתאונות חמורות למעט צילום בוידאו יש לערוך פרוטוקול ניסוי עם פרטי הניסוי אופן ביצוע, תיעוד מצב הזירה ומשתתפים.

ק' בוחנים ארצי

8.1.2 ☺ תרגיל דוגמא שחזור- פגיעה בה"ר במהלך בלימה (+מרווח ביטחון):
נתונים: בוחן זמן לזירת תאונה, בעיר רחוב ראשי. פרטית פגעה בה"ר בן 32 שחצה מימין לשמאל לא במעבר חציה בהליכה רגילה (חוזר 19/96 סעיף 8 ב. ממוצע הליכה רגילה לזכר 1.5 מטר בשנייה). ה"ר חצה 4.3 מטר עד שניפגע מחזית הרכב צד ימין. מהתרחבות הסימן בלימה גלגל קדמי ימני עולה כי האימפקט הינו 4 מטר לפני סוף הבלימה. אורך סימני בלימה 12 מטר.

$$v = 15.95 \times \sqrt{s \times f}$$

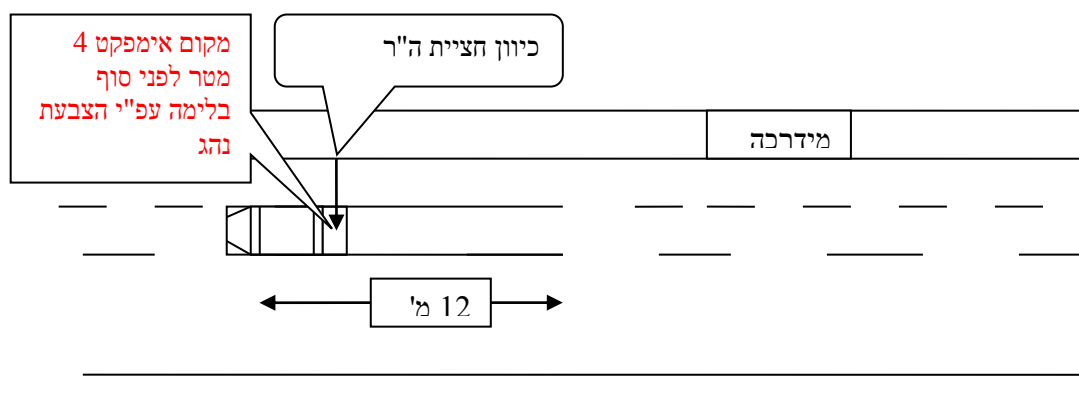
$$V = 46.22 \text{ קמ"ש} = 12.84 \text{ מ' / ש}$$

$$S = 4.3 \text{ מ'}$$

$$S = 12 \text{ מ' בלימה}$$

$$t = 1.05 \text{ ש' תגובה}$$

$$V = 1.5 \text{ מ' / ש}$$



חשב באים הנהג הגיב בזמן ובאים התאונה נמנעת או לא נמנעת?

פתרון:

$$t = \frac{S}{V} = \frac{4.3}{1.5} = 2.86 \text{ ש'}$$

א. מחישוב עולה כי הולך הרגל חצה את הכביש בזמן של 2.86 שניות.

ב. נחזיר את הרכב חזרה לאחור ממקום האימפקט בזמן של 2.86 שניות וזאת בכדי לדעת היכן היה בעת שהולך הרגל החל לרדת לכביש.

אופן החישוב:

ב. תחילה יש לחשב את הזמן הבלימה הכללי (אורך סימן הבלימה הוא 12 מטרים) וממנו להחסיר את הזמן מהפגיעה עד עצירה.

$$t_1 = \sqrt{\frac{2 \times s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 12}{6.86}} = 1.87 \text{ ש"}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 \times s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 4}{6.86}} = 1.07 \text{ ש"}$$

ג. זמן הבלימה הכללי (1.87 ש") פחות זמן הבלימה מפגיעה ועד עצירה (1.07 שניות).

$$t = t_1 - t_2 = 1.87 - 1.07 = 0.80 \text{ ש"}$$

ד. כעת נוסיף לזמן תגובה את זמן תחילת בלימה עד פגיעה
 $1.85 = 0.8 + 1.05$ שניה.

ה. מכאן נמצא כמה זמן איחר הנהג בתגובה
 $1.01 = 2.86 - 1.85$ שנייה איחור בתגובת נהג.

ו. נכפיל זמן זה במהירות הרכב :
 $12.84 \times 1.01 = 12.96$ מ/ש = 12.96 מטר.

ז. מכאן ברגע שה"ר ירד לכביש החל לחצות הרכב היה במרחק של :
 12.96 מטר מרחק איחור תגובה + 13.48 מרחק תגובה + 8 מטר עד פגיעה = 34.4 מטר
 ממקום הפגיעה בה"ר.

ח. לחילופין ניתן לערוך חישוב אחר כדלקמן :

$$2.86 - 0.8 = 2.06 \text{ ש"}$$

הזמן שחלף מתחילת הבלימה ועד לפגיעה הוא 0.8 שניות. לכן נפחית זמן זה מזמן הולך
 הרגל (2.86 שניות).

ט. הזמן שנותר הוא 2.06 שניות, לכן נחזיר את הרכב לאחור את המרחק שעבר בזמן זה, במהירות בה נסע עובר לתאונה (12.84 מ/ש').

$$12.84 \times 2.06 = 26.45 \text{ מ'}$$

מצאנו כי בזמן שהולך הרגל החל לחצות, **הרכב היה במרחק של 26.45 מטר מתחילת סימן הבלימה**.

נוסיף את מרחק הבלימה עד פגיעה עוד 8 מטרים **סה"כ 34.45 מטרים**.

י. כעת נבדוק באם נהג סביר שמגיב בזמן היה מונע את התאונה.

יא. **מסקנה:** מרחק העצירה הכולל הדרוש לרכב במהירות 46.22 קמ"ש הוא 25.5

מטרים (תגובה + בלימה), לכן אילו הנהג היה מגיב בזמן, מיד כשהולך הרגל ירד

לכביש, הרכב היה נעצר במרחק של 9.03 מטרים לפני מקום האימפקט. והתאונה

$$34.53 - 25.5 = 9.03$$

הייתה נמנעת.

יב. כעת נחשב מרווח ביטחון. במהירות 46.22 קמ"ש את המרחק של 9.03 מטר הנהג חולף בזמן של 0.7 שנייה.

$$T = \frac{9.03}{12.83} = 0.7 \text{ ש"}$$

8.1.3 הסבר לשימוש במשוואה ריבועית לצורך קביעת מהירות בה התאונה נמנעת

1. אופן קביעת מהירות בה התאונה נמנעת יערך ע"י שימוש במשוואה ריבועית ובנתונים הבאים הדרושים לשחזור : כיווני תנועה של המעורבים, מיקום האימפקט מהירות המעורבים, זמנים ומרחקים. השימוש במשוואה יעשה כאשר מעוניינים למצוא מהירות כלשהי, שאילו היה הנהג נוסע בה, יכול היה לעצור את רכבו לפני מקום האימפקט ולמנוע את התאונה על בסיס המרחק שעומד לרשותו (בלקיחתו לאחר בשיחזור) מנקודת תחילת החצייה ועד למיקום האימפקט.

2. **משוואת המוצא** לחישוב המהירות הנדרשת לעצירה היא.
מרחק עצירה כללי = מרחק תגובה + מרחק בלימה.

3. במקום הערך S תגובה נציב מהירות עובר לתאונה ביחידות [מ"/שני] כפול זמן תגובה תגובה.

$$s = v \times t$$

4. במקום הערך S בלימה נציב מהירות מהירות בריבוע $[V^2]$ חלקי פעמיים התאווה]
[a2.

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

5. נחבר מרחק תגובה ומרחק בלימה ונקבל מרחק עצירה

$$s = v \times t + \frac{v^2}{2a}$$

6. נכפול בערך $2a$ ונקבל

$$2as = 2avt + v^2$$

7. ובשינוי נושא נוסחה

$$v^2 + 2avt - 2as = 0$$

8. קיבלנו משוואה ריבועית

$$ax^2 + bx + c = 0$$

9. פתרון למשוואה הריבועית נעשה ע"י הנוסחה

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

😊 תרגיל דוגמא:

הגעת לזירת ת.ד ברחובות. רכב פגע בה"ר שחצה בצומת מרומזר על מעבר חצייה 4 נתיבים .
מסימני בלימה מצאת כי מהירות הרכב 102 קמ"ש. בשחזור לאחר מצאת כי הנהג איחר בתגובה
והמרחק שעמד לרשות הנהג עד מעבר חצייה מרגע שהחל ה"ר בחצייה הינו 90 מטר. (כשה"ר ירד
לכביש הרכב היה במרחק 90 מטר). (המקום בו הנהג אמור להגיב).
מקדם חיכוך 0.7, זמן תגובה הפתעה 2.1 שנייה (כולל רמזור 1.2, לילה 0.1, סנוור 0.5 מערכת 0.3)
תאווטה 6.87 מ/ש/ש. חשב באיזה מהירות התאונה נמנעת.

$$v^2 + 2avt - 2as = 0$$

$$v^2 + 2 \times 9.81 \times 0.7 \times 2.1 \times v - 2 \times 9.81 \times 0.7 \times 90 = 0$$

$$v^2 + 28.84v - 1236 = 0$$

$$A = 1 \quad : \quad b = 28.84 \quad : \quad c = -1236$$

$$v = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$v = \frac{-28.84 \pm \sqrt{28.84^2 - 4 \times 1 \times -1236}}{2 \times 1}$$

$$v = \frac{-28.84 \pm 76.26}{2 \times 1} = 23.7 \text{ מ / ש}$$

$$23.7 \times 3.6 = 85.3 \text{ קמ"ש}$$

בכל מהירות הפחותה מ-85.3 קמ"ש התאונה נמנעת.

8.1.4 שחזור פגיעה בהולך רגל במהלך בלימה, קביעת מרווח ביטחון וחישוב מתי תאונה נמנעת, שימוש במשוואה ריבועית.

☺ תרגיל דוגמא:

בתאריך 5/5/2014 בשעה 15:55 בשדרות רוטשילד בת"א, נהג רכב פרטי פגע בהולך רגל שחצה מהמדרכה הימנית שלא במעבר חצייה והספיק לחצות משפת המדרכה מרחק של 6.2 מטרים עד לאימפקט. קצב החצייה שנקבע הוא 2 מטר בשנייה, מקדם החיכוך עפ"י וריקום 0.7 וזמן התגובה לנהג קבעת 1.05 שניה. שדה הראייה שנקבע בניסוי הינו 120 מטר, המהירות המותרת 60 קמ"ש. הרכב לא הוזז ממקומו והשאיר זוג סימני בלימה מגלגלים קדמיים באורך 40 מטר, ע"פ ממצאים והצבעות קבעת כי מקום האימפקט בכביש נמצא 15 מטר אחרי תחילת סימני הבלימה.

א. שחזר את התאונה ע"פ הנתונים הקיימים, וקבע האם התאונה נמנעת או לא. חשב ושחזר

תוך רישום הנוסחאות, ההצבות והתוצאות.

ב. חשב (משוואה ריבועית) באיזה מהירות ניתן היה למנוע את התאונה, ומכאן האם במהירות המקסימאלית המותרת במקום הייתה יכולה התאונה להימנע.

פיתרון תרגיל:

1. שחזור התאונה על סמך העובדות בשטח:

א. זמן חציית הולך רגל:

$$T = \frac{S}{V} = \frac{6.2}{2} = 3.1 \text{ ש"}$$

ב. חישוב מהירות הרכב:

$$V_2 = 15.95 \sqrt{f \cdot s} = 15.95 \sqrt{40 \times 0.7} = 84.4 \text{ קמ"ש} = 23.43 \frac{\text{מ}}{\text{שנ}}$$

ג. חישוב זמן בלימה כולל:

$$T_1 = \sqrt{\frac{2 \times S}{A}} = \sqrt{\frac{2 \times 40}{0.7 \times 9.81}} = 3.41$$

ד. חישוב זמן בלימה מפגיעה לעצירה:

$$T_1 = \sqrt{\frac{2 \times S}{A}} = \sqrt{\frac{2 \times 25}{0.7 \times 9.81}} = 2.69$$

ה. חישוב הזמן מתחילת בלימה לפגיעה:

$$T = T_1 - T_2 = 3.41 - 2.69 = 0.72 \text{ ש"}$$

ו. חישוב זמן מתחילת תגובה לפגיעה :

$$T = 0.72 + 1.05 = 1.77$$

ז. חישוב איחור תגובת נהג :

$$T = 3.1 - 1.77 = 1.33$$

ח. המרחק בו היה הרכב ברגע שה.ר. ירד לכביש.

$$1.33 \times 23.43 = 31.16 \text{ מטר}$$

$$1.05 \times 23.43 = 24.60 \text{ מטר}$$

$$24.60 + 31.16 + 15 = 70.76 \text{ מטר}$$

ט. מרחק התגובה במהירות 84.4 קמ"ש :

$$S = T \times V = 1.05 \times 23.43 = 24.60 \text{ מטר}$$

י. מרחק העצירה הנדרש במהירות 84.4 קמ"ש :

$$S_{\text{עצירה}} = S_{\text{תגובה}} + S_{\text{בלימה}} = 24.6 + 40 = 64.6 \text{ מטר}$$

מ, 64.6

יא. **מסקנה :** במהירות 84.4 קמ"ש נדרש מרחק של 64.6 מ, כדי לעצור, כאשר לרשותו של הנהג במידה והיה מגיב בזמן היו 70.7 מטר כלומר, אם הנהג היה בולם בזמן הוא היה נעצר 6.16 מטר לפני מקום הפגיעה בהולך הרגל.

יב. **מצאנו כי איחור בתגובה של הנהג הינו 1.33 שנייה** וכי התאונה נמנעת לו הנהג היה מגיב בזמן היה נעצר 6.16 מטר לפני ה"ר. כעת נמשיך בעריכת השחזור ונבדוק באם הנהג היה נוהג במהירות המרבית המותרת 60 קמ"ש. האם התאונה נמנעת ומהו מרווח הביטחון. ולאחר מכן נקבע באיזה מהירות ומטה התאונה נמנעת.

יג. מרחק עצירה במהירות 60 קמ"ש .

נחשב מרחק בלימה

$$s = \frac{v^2}{254 \times F} = \frac{3600}{177.8} = 20.24 \text{ מ}$$

יד. נחשב מרחק תגובה

$$s = 20.24 \text{ מ} \times 1.05 = 21.25$$

מרחק עצירה כולל $20.24 + 21.25 = 41.49$

טו. כאשר הולך הרגל ירד לכביש והחל בחציה מצאנו כי הרכב נמצא ממנו במרחק של 70.76 מטר (במהירות 84.4 קמ"ש). באותן נסיבות זמן ומקום אילו נהג במהירות 60 קמ"ש בנקודה בה ה"ר החל לחצות הרכב היה נעצר במרחק של 29.27 מטר לפני נקודת חציית ה"ר. (70.76 - 29.27 = 41.49 מטר). מכאן תאונה נמנעת במהירות המותרת 60 קמ"ש ומרווח הביטחון הינו 1.75 שניה מכאן ההמלצה תהיה לדין.

$$T = \frac{29.27}{16.66} = 1.75 \text{ ש}$$

2. קביעת המהירות בה הייתה נמנעת התאונה :

א. לאור העובדה כי ידוע לנו כי המרחק שעמד בפני הנהג הינו 70.7 מטר. אנו צריכים לבדוק באיזה מהירות ניתן למנוע את התאונה במרחק זה. לצורך העניין נשתמש במשוואה ריבועית: $ax^2 + bx + c = 0$. לצורך העניין $v = x$ ומכאן הנתונים הבאים :

$$v^2 + 2AVT - 2AS = 0$$

(1) ידוע לנו כי המרחק הדרוש הוא 70.7 מ' ולכן $S = 70.7$ מ'. ובמקביל הזמן הדרוש הינו זמן התגובה הידוע לנו ובמקרה זה: 1.05 ש"מ.

(2) מכאן הנוסחה הבאה :

$$v^2 + 2 \times 0.7 \times 9.81 \times 1.05 \times v - 2 \times 0.7 \times 9.81 \times 70.7 = 0$$

$$v^2 + 14.4 \times v - 970.9 = 0$$

$$A=1 \quad b=14.4 \quad c=-970.9$$

מכאן פתרון משוואה ריבועית :

$$V_{1.2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \times a \times c}}{2 \times a}$$

נציב את הנתונים :

$$V_{1.2} = \frac{-14.4 \pm \sqrt{14.4^2 - 4 \times 1 \times -970.9}}{2 \times 1}$$

$$V_{1.2} = \frac{-14.4 \pm \sqrt{207.36 + 3883.6}}{2} = \frac{-14.4 \pm 63.96}{2} = 24.78$$

$V = 24.78$ מטר בשנייה שהם 89.2 קמ"ש.

בכל מהירות הפחותה 89.2 קמ"ש התאונה הינה נמנעת.

8.2 תקציר מאמר מס' 12 שיטות ניתוח מקיפות עבור התנגשות רכב להולך רגל¹⁹. מתוך חוברת הדרכה הנחיית מדור ת"ד 15/15

במחקר זה נותחו אך ורק הפרמטרים אשר הינם רלוונטיים למחקר זה אשר מופיעים כדלקמן:

1. הנזק אשר נגרם לרכב.
2. הפציעות אשר נגרמו להולך רגל.
3. מרחק ההטלה של הולך הרגל.
4. מודלים מתמטיים.
5. יעילות פגיעה בה"ר.
6. מקדם החיכוך עם האוויר.
7. מקדם החיכוך של ה"ר.

ההערכה של מהירות הפגיעה של כלי הרכב כתוצאה ממרחק הטלת הולך הרגל תלויה בחלק מהמודלים המתמטיים במשתנים אשר כוללים בין היתר יעילות הטלה, ערך החיכוך עם האוויר, וערך מקדם החיכוך של הולך הרגל.

סיווג כלי הרכב:

המחקרים מדגימים כי המאפיינים העיקריים של כל הרכב אשר משפיעים על מסלול ההטלה של הולך הרגל לאחר הפגיעה הינם גובה הקצה המוביל אשר מצוי בקדמתו של כלי הרכב. המחקר מציג 3 קטגוריות:

1. קהה: קדמתו של הרכב הינה כמעט שטוחה לחלוטין והיא אנכית. הקצה העליון מצוי מעל לנקודת מרכז כובד של האחוזון החמישים של גבר זקוף (גובה $1.05 <$ מטר).
2. חזית גבוהה: הקצה העליון מצוי מעל לגובה הברכיים, אבל באותו גובה או נמוך מגובה מרכז הכובד של האחוזון החמישים של גבר זקוף. ($0.55 <$ מטר \leq גובה 1.05 מטר).
3. חזית נמוכה: הקצה העליון של החזית מצוי מעל לגובה הברכיים, או בגובה הברכיים של האחוזון החמישים של גבר זקוף (גובה $0.55 <$ מטר).

אפיון מסלול ההטלה של הולך הרגל

על מנת להעריך את מהירות הפגיעה של כלי הרכב מן הראיות של לאחר ההתנגשות הרי זה חיוני להבין את הקינמאטיקה של ה"ר לאחר הפגיעה. במאמר זה נסווג את הקינמאטיקה של ה"ר לאחר פגיעה בתור מסלול הטלה קדמי או בתור מסלול עטיפה.

מסלול הטלה קדמי –

במסלול הטלה קדמי הולך רגל מוטל לפני כלי הרכב כך שמרכז הכובד של הולך הרגל נשאר לפני הרכב. הקצה העליון המצוי בקדמתו של כלי הרכב הינו מעל לנקודת מרכז הכובד של הולך הרגל, ביחס אל כלי הרכב. אף על פי כי ראשו והחלק העליון של גופו של הולך הרגל עלולים להיעטף מסביב לחלק הקדמי של כלי הרכב, מסלול ההטלה יסווג בתור מסלול הטלה קדמי מכיוון שמרכז הכובד של הולך הרגל נשאר כל העת לפני כלי הרכב. כאשר קדמת כלי הרכב נוגעת בהולך הרגל, הולך הרגל מואץ בכיוון הנסיעה של כלי הרכב. מכיוון שגובה נקודת המגע הגבוהה ביותר אצל קצהו הקדמי של כלי הרכב הינה גבוהה יותר מאשר נקודת מרכז הכובד של הולך הרגל, סביר להניח כי הולך הרגל יוטל לפניו בכיוון אופקי בעיקר.

¹⁹ שיטת ניתוח התנגשות רכב/ הולכי רגל שנועד ע"י המחברים אמריט טור, מייקל ארסוזוסקי, רונינדר גיוהל, רוברט אוברגארד ואנדרו האפר מאינטק הנדסה בע"מ 2000. (מתוך חוברת הדרכה שערך רפ"ק ברמי אליהו הערכת מהירות רכב עפ"י הטלה.)

מסלול עטיפה-

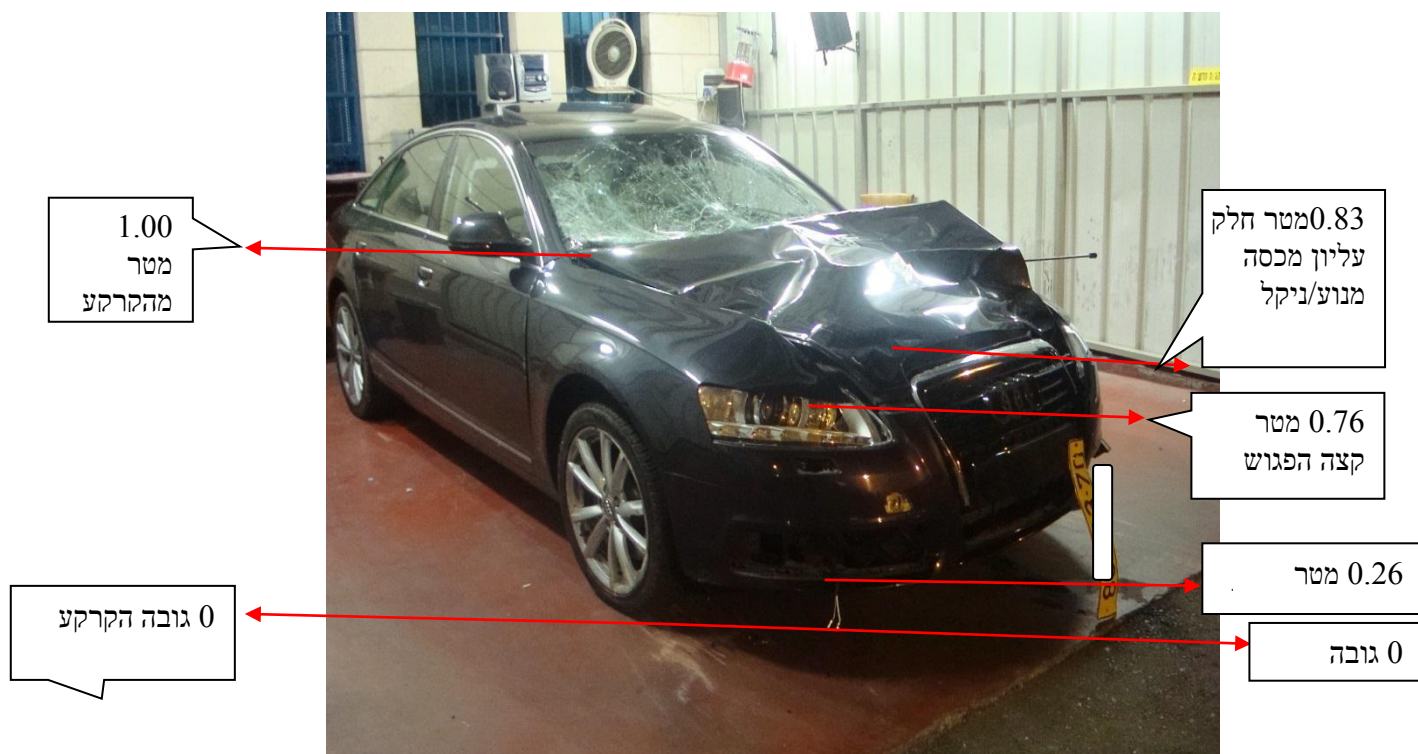
במסלול עטיפה קצהו הקדמי של כלי הרכב מצוי בגובה נקודת מרכז הכובד של הולך הרגל או מתחתיה. במהלך ההתנגשות מרכז הכובד של הולך הרגל מחליק או מסתחרר לכיוון החלק האחורי של קדמת כלי הרכב. לאחר המגע הראשוני הולך הרגל מואץ קדימה והוא מתחיל להסתחרר מסביב לקצה המוביל אשר מצוי בקדמת כלי הרכב, בעוד כלי הרכב ממשיך בתנועתו קדימה, הולך הרגל נע לאחור ביחס לכלי הרכב והוא ממשיך להאיץ קדימה ביחס לקרקע. אם הולך הרגל לא החליק מעבר לצידו של כלי הרכב, אזי יתקיים **מגע משני בין הולך הרגל לבין כלי הרכב, על פי רוב מגע זה יכלול מגע בין הראש לבין מכסה המנוע או לבין השמשה הקדמית**. בעוד כלי הרכב מאט במהלכה של ההתנגשות, על פי רוב יחל הולך הרגל להיפרד מאת כלי הרכב (כלומר, לנוע קדימה ביחס לכלי הרכב) לאחר קיום המגע המשני. הפרדה זו נגרמת עקב דיכוי מהירותו של הולך הרגל והאטת מהירותו של כלי הרכב. אזי יוטל הולך הרגל במהירות פתוחה ממידת המהירות אשר התקיימה בעת הפגיעה הראשונית עם כלי הרכב.



דוגמא להטלה מסוג מעטפת.

הערכת מסלול הטלה-

במקרים של שחזורים של התנגשויות אשר התרחשו במציאות, יש להשוות גם את הצדודית הקדמית של הרכב וגם את מידתו של הולך הרגל על מנת להעריך את אופי מסלול ההטלה של לאחר הפגיעה עבור הולך הרגל. אם קצהו העליון של כלי הרכב אשר מצוי בעמדת ההובלה פוגע בהולך הרגל מעל לנקודת מרכז הכובד של הולך הרגל, אזי צפוי להתקבל מסלול הטלה קדמי. באם לא כך המקרה, אזי צפוי להתקבל מסלול עטיפה.



הנזק לכלי הרכב –

הנזק אשר נגרם לכלי הרכב לאחר הפגיעה דווח עבור מספר התנגשויות אשר כללו בני אנוש, גוויות ובובות. ההתנגשויות המבוימות כוללות בעיקר הולכי הרגל אשר היו באותו גובה של אדם מבוגר בעל מידות ממוצעות, בקירוב, ועם יוצא הדופן של ארבעה מבדקי התנגשות אשר כללו בובה בגודל של ילד. ההתנגשויות אשר התרחשו במציאות אשר להן דיווח של הנזק אשר נגרם לכלי הרכב. גם הן כללו הולכי הרגל בוגרים, עם יוצא הדופן של מקרה אחד עם ילד. טבלה מספר A 1 אשר מצויה בנספח א' מסכמת את כל הנתונים אודות הנזק אשר נגרם לכלי הרכב אשר הושגו בסקירה הספרותית.

נזק אשר נגרם במסלול הטלה קדמי

מספר ההתנגשויות אשר נמדדו אשר כוללות ילדים, היו של מסלולי הטלה הקדמיים כלי הרכב בלמו קודם לפגיעה בהולך הרגל. טבלה מספר אחת מסכמת את הנזק אשר צפוי להיגרם עבור כלי הרכב בולם אשר פוגע במבוגר או בילד ואשר גורם למסלול הטלה קדמי. על פי רוב, מסלולי ההטלה הקדמיים גורמים לנזק מבודד על פי קדמתו של כלי הרכב, אשר עשוי להגיע עד לאמצעיתו של מכסה המנוע. עקב ההיקף המוגבל של התנועה הולך הרגל על פניו של כלי הרכב ושל הנזק אשר נגרם לכלי הרכב, קשה יותר להעריך מהירויות פגיעה מבחינת הנזק אשר נגרם לכלי הרכב כתוצאה ממסלול הטלה קדמי. אף על פי כן, ככל שמהירות הפגיעה גוברת, העיוות אשר צפוי להיגרם אצל כלי הרכב יגבר בהתאם.

סיכום נזקים²⁰ טבלה מספר 1 - הנזק שנגרם לכלי הרכב עבור מסלולי הטלה קדמיים

מהירות פגיעה משוערת	סיכום כללי של הנזק
> 20 קמ"ש	סימנים שטחיים.
35 קמ"ש	קדמת מכסה המנוע שקועה; עיוות בקדמת הרכב.
60 קמ"ש	אמצע מכסה המנוע שקוע.

²⁰ "בדיקה מחדש ותיקוף של שיטת ניתוח התנגשות רכב/ הולכי רגל" שנערך ע"י המחברים אמריט טור, מייקל ארסוזוסקי, רונינדר ג'והל, רוברט אוברגארד ואנדרו האפר מאינטק הנדסה בע"מ. שנת 2002. עמוד-4

טבלה מספר 2 - סיכום הנזק שנגרם לכלי הרכב עבור מסלולי עטיפה

מהירות פגיעה משוערת של כלי הרכב	סיכום כללי של הנזק
> 20 קמ"ש	סימנים שטחיים.
25 קמ"ש	מגע של הראש ליד הקצה התחתון של השמשה הקדמית כאשר גובה מרכז הכובד של הולך הרגל מצוי בערך 60 סנטימטרים מעל להרכב הפגוש של כלי רכב אשר לו חזית נמוכה; במקרים אחרים, צפוי מגע ראש ליד מרכזו של מכסה המנוע עבור כלי רכב והולך רגל בעלי גודל ממוצע. מגע גוף בגובה מרכז גובה מרכז הכובד של הולך הרגל מצוי בערך 85 סנטימטרים מעל להרכב הפגוש של כלי רכב אשר לו חזית נמוכה
25 עד 40 קמ"ש	מגע של הראש ליד חלקו האחורי של מכסה המנוע או של הברדס. עיוות קל לצדו של גוף הרכב.
40 קמ"ש	מגע של הראש ליד הקצה התחתון של השמשה הקדמית עבור פגיעות שמתרחשות בגובה נמוך יותר באופן משמעותי (בערך חמישים סנטימטרים) ממרכז הכובד של הולך הרגל (כלומר כלי רכב טיפוסי בעל חזית נמוכה אשר בולם).
40 עד 50 קמ"ש	שקעים ברורים בגוף הרכב.
50 קמ"ש	מגע של הראש ליד הקצה התחתון של השמשה הקדמית כאשר גובה מרכז הכובד של הולך הרגל הינו בערך ארבעים סנטימטרים מעל להרכב הפגוש של כלי רכב בעל חזית נמוכה.
50 עד 55 קמ"ש	מגע של הראש ליד מרכז השמשה הקדמית עבור כלי רכב טיפוסי בעל חזית נמוכה, אשר בולם.
60 קמ"ש	מגע של הראש ליד הקצה התחתון של השמשה הקדמית כאשר קצהו המוביל של כלי הרכב קרוב למרכז הכובד של הולך הרגל.
< 60 קמ"ש	יותר מגע סביר בין הגוף לבין גג כלי הרכב.
70 קמ"ש	מגע של הראש ליד החלק העליון של מסגרת השמשה הקדמית; עיוות משמעותי לצידו של כלי הרכב.
80 קמ"ש	מגע של האגן עם גג כלי הרכב; עיוות לגג כלי הרכב (כלי רכב שלא בולם).

נזק אשר נגרם במסלול עטיפה

רוב ככלי הרכב בלמו לפני הפגיעה במסלולי העטיפה אשר נבחנו אף על פי, כך הייתה קבוצה קטנה יותר של התנגשויות אשר בהן לא התבצעה בלימה של כלי הרכב. באותן התנגשויות אשר בהן לא התבצעה בלימה של כלי הרכב, באופן טיפוסי המשיכו הולכי הרגל לנוע מעל לכלי הרגל ללא צבירת תאוצה משותפת עם כלי הרכב. נמצא כי דפוסי הנזק אשר נגרם לכלי הרכב בתגובה לכך הינם דומים לדפוסי הנזק אשר נגרמו אצל כלי הרכב אשר כן בלמו, במהירויות פגיעה דומות. על כן, טבלה מספר 2 מסכמת את הנזק אשר צפוי להימצא אצל כלי רכב אשר בלמו או אשר לא

בלמו, בעלי חזית נמוכה או בעלי חזית גבוהה, אשר פוגעים באדם מבוגר ואשר גורמים למסלול עטיפה.

נתוני מסלולי העטיפה חושפים כי האינדיקטור העיקרי של מהירות הפגיעה של כלי הרכב הינו המיקום של הפגיעה המשנית של אשר נגרמת במגע של הראש. באופן טיפוסי, במסלולי עטיפה ראשו של הולך הרגל המבוגר יבוא במגע עם כלי הרכב בנקודה כלשהי בין מכסה המנוע לבין המסגרת העליונה של השמשה הקדמית. בפגיעות אצל כלי רכב בעלי חזית נמוכה, לאדם מבוגר בעל מידה ממוצעת יגרם מגע של הראש עם החלק התחתון של השמשה הקדמית במהירויות פגיעה של כ- 40 קילומטרים לשעה. אם הולך הרגל נפגע בקרבת מרכז הכובד, אזי פגיעת כלי הרכב במהירות של כ- 60 קילומטרים לשעה הינה נדרשת על מנת לגרום לראשו של הולך הרגל לפגוע החלק התחתון של השמשה הקדמית. מגע של הולך הרגל עם גג כלי הרכב נעשה סביר יותר במהירויות פגיעה של 60 קילומטרים לשעה או יותר. יתרה מזאת, עיוות ניכר בצידו של כלי הרכב הינו סביר להיגרם כתוצאה ממהירות פגיעה אשר הינה גבוהה יותר מאשר 70 קילומטרים לשעה.

עבור מסלולי עטיפה, אם הולך הרגל אשר נפגע הינו נמוך בהרבה או גבוה בהרבה מאשר הגובה הממוצע, אזי הנזק הצפוי להיגרם לכלי הרכב ישתנה במידת מה מזה אשר מוצג בטבלה מספר שתיים, עבור חומרת פגיעה מסוימת. לדוגמה, הולך הרגל נמוך יותר עשוי שלא לפגוע בשמשה הקדמית של כלי הרכב באותו הגובה אשר בו יפגע האחוזון החמישים של הגברים. גם אורכו של מכסה המנוע של כלי הרכב עשוי להשפיע על מידת תנועתו של הולך הרגל על פני המשטח הקדמי של כלי הרכב. אם לכלי הרכב ישנו מכסה מנוע קצר בהרבה מאשר מכונית טיפוסית. (לדוגמה, רכב פרטי), אזי הולך הרגל צפוי לפגוע בכלי הרכב בנקודה יותר אחורית מאשר אלו מוצגת בטבלה מספר שתיים.

הפציעות אשר נגרמות אצל הולך רגל

מטרתו של מחקר זה הינה לקשר את הפציעות המדויקות אשר נגרמו על ידי הולך הרגל אשר נפגע על ידי כל הרכב, לטווח מהירות פגיעה סביר. למרבה הצער, לא ניתן היה לקבוע נטיות כלשהן אשר יקושרו לפציעות מסוימות אשר התקבלו אצל הולכי הרגל אשר נפגעו על ידי כלי הרכב, עם יחס למהירויות הפגיעה של כלי הרכב. הקיבוץ והשוואה של המחקרים אשר נסקרו משקפת נטיות ברורות ומסקנות בסיסיות:

1. מידת החומרה של פציעותיו של הולך הרגל הולכת וגוברת עם העלייה במהירות הפגיעה.
2. הפגיעה הראשונית שבין הולך הרגל לבין כלי הרכב הינה חומרה יותר מאשר הפגיעה בין הולך הרגל לבין פני הקרקע.
3. צעירים וקשישים מצויים בסיכון הגבוה ביותר להיפצע.

גורמים נוספים לבד ממהירות פגיעה אשר משפיעים על אופי הפגיעה אשר תתקבל אצל הולך הרגל עשויים לכלול את המאפיינים האישיים של הולך הרגל ותכונות המבנה של כלי הרכב אף על פי כן לא הובחן בקשר ישיר בין פציעות מסוימות של מהירות פגיעה, ניתן היה להצביע על נטיות כלליות של פציעות טבלה מספר שלוש מספקת סיכום של הנטיות אשר נצפו.

טבלה מספר שלוש.²¹ סיכום הפציעות אשר נגרמו להולך הרגל

מהירות פגיעת כלי הרכב המשוערת	תיאור כללי של הפציעות (אשר הוערך באופן סובייקטיבי)
20 עד 50 קילומטרים לשעה	פציעות קלות
30 עד 50 קילומטרים לשעה	פציעות בינוניות או פציעות קשות, אף על פי כן, סביר כי הפציעות לא יהיו קטלניות.
55 קילומטרים לשעה ומעלה	פציעות חמורות אשר סביר לוודאי כי הן קטלניות.

נטיות פציעה אלו הינן כלליות מאוד ומספקות אך הערכה משוערת של מהירויות הפגיעה. פציעות קשות (כדוגמת שברים בגולגולת) עלולות להיגרם גם ממהירויות פגיעה נמוכות (כ- 20 קילומטרים לשעה), יחסית, תלוי בנסיבות הפגיעה הספציפיות וצורתו הגיאומטרית של כלי הרכב, כמו כן, יתכן כי הולך הרגל אשר מעורב בפגיעה במהירות גבוהה יפצע בפציעות קלות, יחסית. נתוני פציעה בלבד אינם מספיקים לשם קביעה של הערכה מדויקת של מהירות הפגיעה: אף על פי כן, ניתן להשתמש בהם לשם תמיכה בטכניקות ניתוח אחרות.

²¹ "בדיקה מחדש ותיקוף של שיטת ניתוח התנגשות רכב/ הולכי רגל" עמוד 5-

מרחק ההטלה של הולך הרגל

סקירה של הספרות אשר צוינה במחקר זה (מאמר 12) משקפת מהירויות פגיעה של כלי רכב אשר קשורות למרחקי ההטלה של הולכי הרגל בהתנגשויות אשר התרחשו במציאות ולבדקי התנגשות מבוזרים.

מרחקי ההטלה של הטלת קדמית – סך כל של 106 התנגשויות שימשו בניתוח של מהירות פגיעה של כלי הרכב מול מרחק ההטלה של הולך הרגל, עבור המקרים של הטלה קדמית. השוואה בין הנתונים אשר התקבלו אצל מרחקי הטלה של מבוגרים לעומת ילדים מצביעים על כך כי יתכן ההטלה עבור מהירות פגיעה נתונה הינם דומים, ועל כן ניתן לשקול אותם יחדיו באותו ניתוח עבור תרחישים של הטלה קדמית. תרשים מספר B1 (מדגים את הנתונים הלא מעובדים אשר הושגו מן הספרות אשר נסקרה).

מרחקי הטלה של מסלול עטיפה רובן של 202 התנגשויות העטיפה אשר נסקרו כללו כלי רכב אשר בלמו, ולהם הייתה חזית גבוהה או חזית נמוכה. תרשים מספר B3 מדגים את הנתונים הלא מעובדים אשר הושגו מן הספרות אשר נסקרה.

הנתונים מוינו לפי צדודית הקצה המוביל של כלי הרכב ולפי בלימתו של לפני הפגיעה בהולך הרגל. ישנה התאמה מופחתת בין מהירות הפגיעה לבין מרחק ההטלה עבור כלי רכב אשר לא בלמו. סביר להניח כי שוני זה הינו תוצאות נשיאתו של הולך הרגל על גבי כלי הרכב לאורך מרחק רב יותר בטרם ארעה הפרידה בין השניים. **סקירה של הספרות אשר הובאה מאשרת כי אין יחסי גומלין בין מהירויות פגיעה של כלי רכב אשר לא בלמו לבין מרחקי ההטלה של הולכי הרגל. כתוצאה מכך, עשר נקודות הנתונים אשר קשורות לכלי הרכב אשר לא בלמו הושמטו מהמשכו של הניתוח.**

מרחקי הטלה משולבים במהלך השחזור של תאונת דרכים אשר ארעה במציאות עלול להיות מידע בלתי מספיק על מנת להעריך את אופי מסלול ההטלה של הולך הרגל לאחר הפגיעה. על כן, נדרשים יחסי גומלין כללים אשר ישוו בין מהירות הפגיעה של כלי הרכב לבין מרחק ההטלה של הולכי הרגל. הנתונים עבור מרחק ההטלה, גם עבור המקרים של הטלה קדמית וגם עבור המקרים של מסלול עטיפה, הושאו אצל כלי הרכב אשר בלמו קודם לפגיעה (תרשים B5 מדגים את הנתונים המשולבים) תרשים B5²²

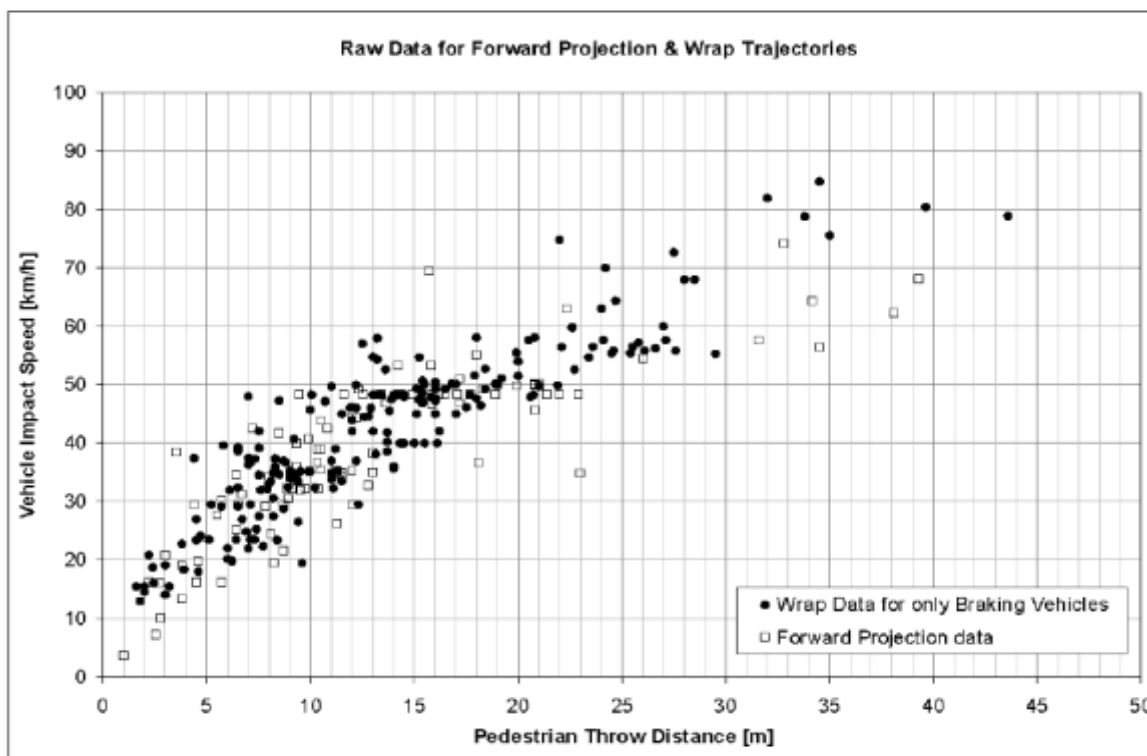


Figure B5. Forward Projection and Wrap Trajectory Data

²² "בדיקה מחדש ותיקוף של שיטת ניתוח התנגשות רכב/ הולכי רגל" בנספח.

ניתוח רגרסיה-הערת מחבר א. ב.- (רגרסיה = דפוס הקשר / ניבוי. רגרסיה לינרית אמידת ה- (x) כאשר ה- (y) ידוע, מהירות x תגרום ל- y מרחק, הקשר לא יהיה לינארי מושלם בגלל התערבות של משתנים שונים = טעויות, ממוצע הטעויות אמור להיות באזור האפס. אנו נחפש את קו הניבוי שעבורו סכום ריבוי טעויות הניבוי הוא הקטן ביותר כך שסך כל מרחקי כל הנקודות ממנו יהיה מינמלי.) נתוני מרחק ההטלה של מסלול ההטלה הקדמי אשר מופיעים בתרשים b1 מוינו לפי מידתו של הולך הרגל וצורת צדודיתו הקדמית של כלי הרכב.

תרשים B1²³

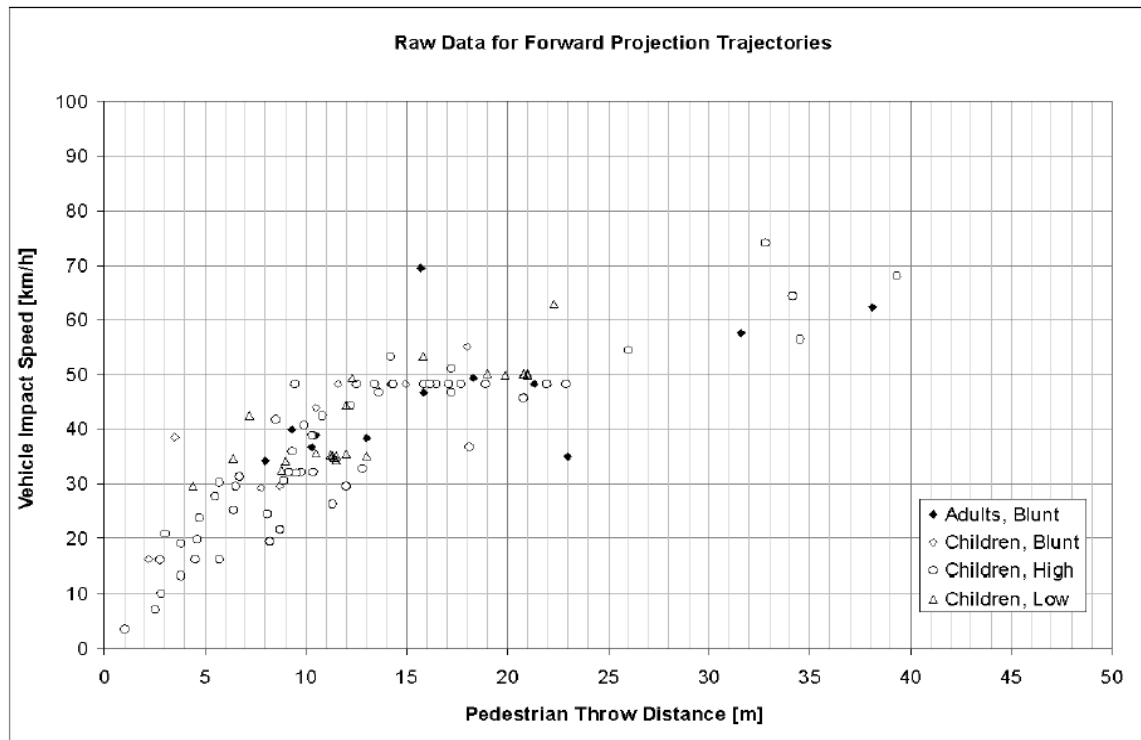


Figure B1. Forward Projection Trajectory Data

הפיזור של מגוון הנקודות אשר מופיעות בתרשים זה מצביע על כך כי מידתו של הולך הרגל וצורת צדודיתו של הקצה הקדמי של כלי הרכב אינם קשורים באופן מובהק למרחק ההטלה של הולך רגל במקרים של מסלול הטלה קדמי.

הנתונים של מרחק הטלה במסלול העטיפה אשר מופיעים בתרשים מספר b3 (לא כולל רכבים שלא בלמו) מוין לפי חזית נמוכה וחזית גבוהה של קדמת כלי הרכב. הפיזור של הנתונים מדגים כי אין הבדל מובהק בין הנתונים של שני סוגי כלי הרכב.

תרשים B3 מרחק הטלה במסלול העטיפה חזית גבוהה וחזית נמוכה²⁴

²³ "בדיקה מחדש ותיקוף של שיטת ניתוח התנגשות רכב/ הולכי רגל" בנספח

²⁴ שיטות ניתוח מקיפות עבור התנגשויות בין כ"ר לה"ר שנת 2000 אינטק הנדסה. פרק 12 בנספח

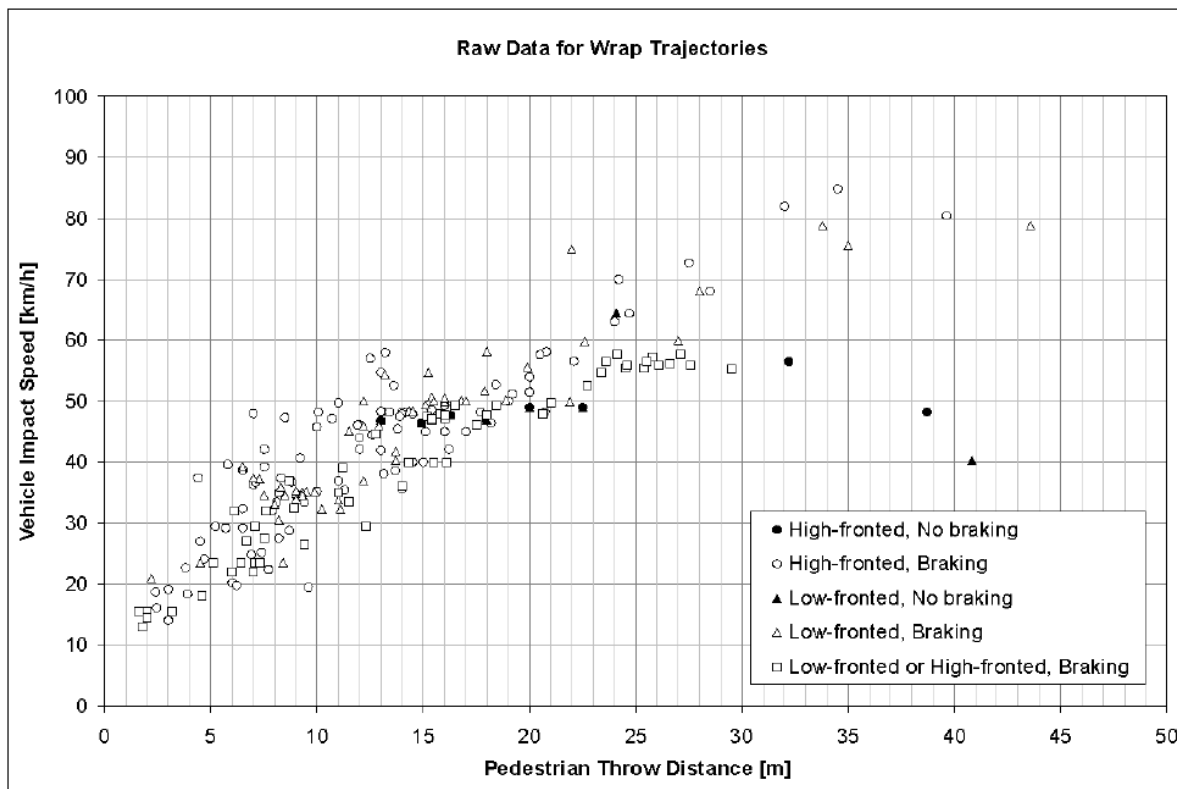


Figure B3. Wrap Trajectory Data

עפ"י מחקרם של אנדרו הרפר, מיקל ארסזיווסקי, אמריט טור, רוברט אוברגראד ורבינדר גיוהל²⁵ מחקר אשר בדק מחדש שיטות ניתוח מקיפות ותיקופן של הערכת מהירות רכב בעת פגיעה בה"ר, נקבעו ונבדקו 3 נוסחאות הטלה בהתאם לסוג הפגיעה בה"ר. (במאמר נוסף שהוציאו בשנת 2000 מאמר מס' 19 הסתמכו גם על אירועי תאונות שאירעו במציאות ושיכלול הנתונים של אירועים אלו עם מחקרים קודמים). לכן **אין להשתמש בנוסחאות אלו** אלא בנוסחאות אשר שוערכו מחדש במחקר שיובא בהמשך בתקציר במחקר מס' 19.

נתונים של מסלול הטלה קדמי:

$$V_{קמ"ש} = 11.4\sqrt{S} - 0.4 = 11.4(d)^{\frac{1}{2}} - 0.4$$

D=מרחק הטלה במטרים, v= בקמ"ש

- כאשר לנתון זה יש סטייה של 10.5 קמ"ש +/-

נתונים של מסלול עטיפה:

$$V_{קמ"ש} = 12.7\sqrt{S} - 2.6 = 12.7(d)^{\frac{1}{2}} - 2.6$$

- כאשר לנתון זה יש סטייה של 9.0 קמ"ש +/-

²⁵ שיטות ניתוח מקיפות עבור התנגשויות בין כ"ר לה"ר שנת 2000 אינטק הנדסה. פרק 12 עמוד 14

נתונים של מרחקי הטלה משולבים:

$$V_{מש} = 12.3\sqrt{S} - 1.9 = 12.3(d)^{\frac{1}{2}} - 1.9$$

- כאשר לנתון זה יש סטייה של 9.5 קמ"ש +/-

המחברים ציינו כי משוואות אלו אינם ניתנות לישום כאשר הרכב אינו בולם.

משוואות אלו תוקנו / עודכנו בהמשך במאמר הבא ובמאמר אחריו פתרונות תיאורטיים מול פתרונות אמפיריים עבור התנגשויות בין כלי רכב לבין הולכי רגל.

מקדם חיכוך ממוצע להולך רגל.

ערכו מקדם החיכוך הממוצע עבור כל מסלול ההטלה של הולך הרגל (כולל באוויר בגלגול עד עצירה) הינו 0.5 בקירוב. במסלול עטיפה נימצא כי מקדם החיכוך הכולל של ה"ר הינו 0.6 בקירוב. נתונים משולבים של מסלול הטלה ועטיפה נותנים ערך מקדם חיכוך של 0.6 בקירוב. באוויר ובגלגול עד עצירה.

יעילות הטלה

המודלים המתמטיים של הולכי רגל אשר נסקרו מעריכים על פי רוב את מהירות ההטלה של הולך הרגל (V_p). המהירות אשר בה נפרד הולך הרגל מהרכב. עפ"י חוקי הפיסיקה על מהירות הפגיעה של הרכב (V_v) להיות גבוהה ממהירות ההטלה של הולך הרגל. ניתן להגדיר את יעילות ההטלה כ-

$$\text{יעילות הטלה} = \frac{V_p}{V_v} * 100\%$$

צורת צדודיותו הקדמית של כלי הרכב משפיעה באופן ניכר על אופי מסלול ההטלה של הולך הרגל לאחר הפגיעה על כן, גם יעילות ההטלה של מסלול הטלה קדמי וגם יעילות ההטלה של מסלול עטיפה יידונו להלן.

יעילות ההטלה של מסלול הטלה קדמי

אם יוצאים מנקודת הנחה כי מהירותו ההתחלתית של הולך הרגל בכיוון תנועתו של כלי הרכב הינה זניחה, אזי ניתן יהיה להשתמש בעקרון השימור של תנועה ליניארית על מנת להעריך את יחסי הגומלין בין מהירות הפגיעה של כלי הרכב לבין מהירות ההטלה של הולך הרגל. במשך הזמן הקצר דל הפגיעה מניחים כי כוחות החיכוך של נעליו של הולך הרגל ושל הצמיגים של כלי הרכב הינם זניחים יישום של יחסי התנע (מומנטום) במשוואה מספר (5) ייתן את ערך יעילות ההטלה של מסלול ההטלה הקדמי.

$$\text{יעילות הטלה} = \frac{M_v}{M_v + M_p} \times 100\% \quad (6)$$

M_v = מסה של הרכב M_p = מסה הולך רגל

נוסחה זו מדגימה כי ניתן לייחס את מהירות ההטלה של הולך הרגל למהירות הפגיעה של כלי הרכב על ידי המאסות של הולך הרגל ושל כלי הרכב, בהתאמה. **יעילות ההטלה תגיע ל 100% רק כאשר המאסה של כלי הרכב הופכה גדולה יותר באופן משמעותי מאשר המאסה של הולך הרגל.** ניתן להעריך טווח יעילות הטלה עבור מקרים של מסלול הטלה קדמי על ידי הנחת גבולות מקסימאלי ומינימאלי עבור המאסות, של כלי הרכב כמו גם של הולך הרגל. התוצאות המוצגות בטבלה מספר 4 מדגימות כי סביר כי מהירות ההטלה של הולך הרגל תימצא בין 80% ל 100% ממהירות הפגיעה של כלי הרכב במקרים של מסלול הטלה קדמי.

טבלה מספר 4 יעילות ההטלה עבור מסלול הטלה קדמי²⁶

יעילות ההטלה	הולך הרגל		כלי הרכב	
	מאסה משוערת	תיאור	מאסה משוערת	תיאור
81% (מינימום תיאורטי)	200 קילוגרמים	גבר בעל משקל עודף רב	850 קילוגרמים	מטרו
94% (ממוצע משוער)	78 קילוגרמים	גבר השייך לאחוזון החמישים	1.300 קילוגרמים	טויוטה קאמרי
99.9% (מקסימום תיאורטי)	20 קילוגרמים	ילד בן חמש	25.000 קילוגרמים	תומך עם נגרים (טריילר)

טבלה מספר חמש יעילות ההטלה עבור מסלול עטיפה²⁷

יעילות ההטלה	הולך הרגל		כלי הרכב	
	גובה מרכז הכובד	תיאור	גובה הקצה המצוי בעמדת ההובלה	תיאור
50% (מינימום תיאורטי)	1.12 מטרים (54)	גבר השייך לאחוזון התשעים וחמש	0.55 מטרים (פגוש)	חזית קדמית נמוכה
92% (מקסימום תיאורטי)	0.92 מטרים	אשה השייכת לאחוזון חמישים	0.85 מטרים (מכסה המנוע)	חזית קדמית גבוהה

יובנקס במחקרו מציגי יחסי גומלין לשם הערכת מידת יעילות פגיעת ההטלה עבור מסלולי עטיפה, בהתבסס על הגבהים היחסיים של מרכז הכובד הרגל (Hp) וקצהו העליון של החלק של כלי הרכב אשר מצוי בעמדת ההובלה (Hv)

$$\text{יעילות ההטלה} = \frac{H_v}{H_p} \times 100\% \quad (7)$$

עפ"י יובנקס במסלול עטיפה – יחסי גומלין אלו מצביעים על כך כי מידת יעילות ההטלה תגיע לכדי ערך של 100% כאשר קצהו העליון של החלק בכלי הרכב אשר מצוי בעמדת ההובלה יפגע בהולך הרגל בקרבת מרכז הכובד שלו (כלומר, הטלה קדמית). כבר הועלתה ההשערה (היפותזה) כי מידת של 100% יעילות הטלה מתרחשת במקרים של הטלה קדמית כשאר המאסה של כלי הרכב הינה גדולה בהרבה מן המאסה של הולך הרגל, על כן, יחסי גומלין מוחלטים של יעילות הטלה עבור מסלולי עטיפה עשויים לשלב פרמטרים של מאסה, כמו גם של גובה ניתן להעריך טווח עבור יעילות ההטלה עבור מקרים של מסלול עטיפה על ידי שימוש במשוואה מספר (7) תוך הנחת ערכים סבירים כגבולות מקסימאליים ומינימאליים עבור הגבהים של כלי הרכב ושל הולך הרגל (ראה טבלה מספר חמש)

²⁶ שיטות ניתוח מקיפות עבור התנגשויות בין כ"ר לה"ר שנת 2000 אינטק הנדסה. פרק 12 עמוד 7
²⁷ שיטות ניתוח מקיפות עבור התנגשויות בין כ"ר לה"ר שנת 2000 אינטק הנדסה. פרק 12 עמוד 8

חיכוך האוויר

כאשר הולך הרגל מוטל בקימור אל האוויר ישנו איבוד כלשהו של המהירות עקב כוחות ההתנגדות של האוויר המצוי סביב להולך הרגל. תיאוריית נוזלים בסיסית מכתירה כי מקדם הגרירה הינו בעל יחס ישיר למהירות היחסית של הגוף דרך זרם הנוזלים על כן עד למהירות קריטית, **ככל שהמהירות גוברת, כך גדל גם כוח החיכוך הפועל על הגוף.** מקדם גרירת האוויר הינו מוזנח בהפקתם של חלק מן המודלים הנסקרים אשר שימשו לשם הערכת מהירות ההטלה של הולך הרגל על מרחק ההטלה.

מקדם החיכוך

בטרם יהיה ניתן להעריך את מהירות הפגיעה של כלי הרכב ממרחק ההטלה של הולך הרגל, נדרשת הבנה של פקטור מקדם החיכוך של הולך הרגל. פרמטר זה מקודם כמעט לתוך כל מודל מתמטי אשר קשור לקינמאטיקה של לאחר הפגיעה של הולך הרגל. ניתן להשתמש בחוקי התנועה של סר אייזיק ניוטון על מנת להעריך יחסי גומלין מתמטיים עבור קצב האט, a , של חפץ אשר מחליק לאורכו של משטח מאוזן.

$$a = u \cdot g \quad (8)$$

משוואת מספר שמונה (8) מצביעה על כך כי ערך מקדם החיכוך שבין החפץ לבין המשטח הינו מידה ישירה של קצב ההאטה של החפץ על גבי אותו משטח. אם צורתו הגיאומטרית של החפץ ו/או הדינאמיקה התחלתית שלו מסייעים לגרימת החלקה טהורה לאורך הקרקע (כלומר כלי רכב מתהפך או הולך רגל אשר מתגלגל), אזי קצב ההאטה של אותו העצם עשוי להשתנות לאורך קטעים שונים של מסלול ההטלה שלו. התנודה הזו בקצב ההאטה במהלך תנועתו של החפץ עשויה לגרום לקצב ההאטה הממוצע לאורך כל המסלול להיות שונה מאשר ערך מקדם החיכוך של החלקה. על כן, במקום להתייחס אל ערך מקדם החיכוך שבין החפץ לבין הקרקע, ניתן להשתמש ב – "פקטור גרירה"
או ב – "חיכוך אפקטיבי" על מנת לתאר את הקצב הממוצע של האטת החפץ, באם החפץ מחליק לאורכו של משטח, אזי פקטור הגרירה, או החיכוך האפקטיבי, הינו שווה לערך מקדם החיכוך.

טבלה מספר C3 מדגימה את ערכי מקדמי החיכוך השונים עבור הולך הרגל אשר נמצא במהלכה של הסקירה הספרותית, והיא מציגה אותם לפי מיון של החלק ההולם של מסלול ההטלה של לאחר פגיעתו של הולך הרגל, ללא התחשבות באופי פני הקרקע (כלומר, אספלט, דשא, רטוב או יבש), ערך מקדם החיכוך עבור הולך רגל אשר מחליק לאורך הקרקע נע בטווח שבין כ-0.40 ועד ל-0.72 ערך מקדם החיכוך היעיל עבור מסלול הטלה מלא נע בטווח שבין 0.37 ל-0.79.

מתוך ניתוח אשר נעשה בנתונים אשר פורסמו אודות ערך מקדם החיכוך של הולך הרגל, ניתן ליישם טווח אשר נע בין כ-0.4 לבין כ-0.8 עבור רוב הולכי הרגל אשר נפגעו על פני דרך מאוזנים. קודם לכן הוערך ערך **מקדם חיכוך ממוצע של 0.6**, מתוך השילוב של נתוני מסלול ההטלה הקדמי עם נתוני מסלול העטיפה. ערך זה הינו תואם למרכז הטווח אשר מצוי בין הערכים 0.4 ל-0.8 על כן, יעשה שימוש בערך ממוצע זה לאחר מכן, לשם מטרות השוואה באם פני הכביש הינם בשיפוע משמעותי יש לקחת בחשבון את מידת השיפוע.

השוואה בין מודלים מתמטיים לבין משוואת נגזרות של רגרסיה.

מספר מודלים מתמטיים, אשר מעריכים את מהירות הפגיעה של כלי הרכב ממרחק ההטלה של הולך הרגל, התגלו בהלכה של הסקירה הספרותית. חלק מן המודלים הללו היו מאוד כללים, והם הציגו יחסי גומלין כללים בין מהירות הפגיעה של כלי הרכב לבין מרחק ההטלה של הולך הרגל, מבלי לקחת בחשבון משתנים ספציפיים מודלים אחרים דרשו פרמטרים ספציפיים אשר עלולים

שלא להיות זמינים בעת שחזור תאונת הדרכים. מודלים אלו הושוו למודלים של הרגרסיה עבור מסלול הטלה קדמי ומסלול עטיפה, אשר הוצגו במאמר זה. המודלים אשר הופקו ע"י קולינס ו-ווד דורשים נתונים **אודות גובה, מרכז הכובד של הולך הרגל וערך מקדם החיכוך של הולך הרגל**. בעוד המודל של קולינס חוזה את מהירות ההטלה של הולך הרגל יושמה יעילות הטלה בעלת ערך של 94% על מנת להעריך את מהירות הפגיעה של כלי הרכב. תרשים מספר D7 מדגים כי קו הרגרסיה של מרחק ההטלה של מסלול ההטלה הקדמי אשר הופק הינו ממוקם בתוך בטווח של המודלים השונים. פרט למודל אחד, המודלים השונים מצויים כולם בתחומי האחוזון השמונים וחמישה של גבולות מרווח החיזוי. **על כן, ההשוואה מצביעה על כל כי המודל הרגרסיה של מסלול ההטלה הקדמי אשר הופק במאמר זה הינו תואם באופן כללי למודלים המתמטיים אשר נסקרו.**

ממודלים של מסלול עטיפה **שמידט** ואחריו (2) הציגו מודל מתמטי עבור הקימור בהטלתו של הולך הרגל באוויר והמשך המסלול בהחלקה עד הגעתו לכדי עצירה מוחלטת. **המודל מתחשב בגובה מרכז הכובד של הולך הרגל, ערך מקדם החיכוך של הולך הרגל, ומרחק ההטלה של הולך הרגל.**

מודל הנזק לכלי הרכב – ווד (37,28) מציג מודל אשר משתמש בנזק אשר נגרם לכלי הרכב על מנת להעריך את מהירות הפגיעה של כלי הרכב. מסמכים אלו מציגים סדרה של נוסחאות נגזרות אשר הינן מבוססות על היותו של גוף הולך הרגל מוצג כעצם נוקשה. ניתן להעריך את מהירות הפגיעה של כלי הרכב עבור מסלול עטיפה כאשר להולך הרגל נגרם מגע משני של הראש עם המכסה המנוע או השמשה הקדמית של כלי הרכב. מודל זה דורש מידע מדויק של המימדים של כלי הרכב ושל הולך הרגל. אף על פי כי שיטה זו הינה מועילה בנסיבות אשר בהן מרחק ההטלה אינו יודע, המודל הינו רגיש במיוחד למשתנים מסוימים, ועל כן עלול זה להיות קשה למצות מתוכו תוצאה מדויקת עבור התנגשויות אשר התרחשו במציאות.

ניתן ליישם את מרחק ההטלה של הולך הרגל למודל הרגרסיה ההולם אשר נגזר במאמר זה באופן ישיר – מסלול הטלה קדמי, מסלול עטיפה, או מודל משולב של השניים. **משחזר תאונות הדרכים איננו נדרש לקחת בחשבון את מידת יעילות ההטלה או את מקדם חיכוך האוויר כאשר הוא מיישם את מודלים הרגרסיה, מאחר ואלו מחושבים בנוסחאות באורך מובנה.** טכניקות אנאליטיות אחרות עשויות גם הם לשמש על מנת להעריך את מהירות הפגיעה של כלי הרכב אף על פי כן, באלו יש לקחת בחשבון את מידת יעילות ההטלה ואת ערך מקדם חיכוך האוויר.

סיכום

מחקר זה משלב נתונים ממספר מקורות אשר נוגעים להיבטים מסוימים של התנגשויות בין כלי רכב לבין הולכי רגל. תוצאותיו של מחקר זה מצביעות על כך כי הנזק אשר נגרם על ידי כלי הרכב מהווה אינדיקציה טובה באשר לעוצמה המוערכת של מהירות הפגיעה של כלי הרכב בהולך הרגל. בנוסף לכך, נטיות כלליות בפציעות אשר נגרמות להולך הרגל כתוצאה מן הפגיעה על ידי כלי הרכב עשויות לשמש לשם הערכה בדבר מהירות הפגיעה של כלי הרכב. מאמר זה מציג למשחזר תאונות הדרכים גישה ישירה להערכה של מהירות הפגיעה של כלי הרכב מן הנתונים הזמינים של לאחר הפגיעה. חישוב מהירות לפי הטלה.

8.3 תקציר מאמר המס' 19 בדיקה מחדש ותיקוף של שיטת ניתוח התנגשויות רכב/הולכי רגל.²⁸

מאמר זה בוחן את הדגם האמפירי המוצג במאמר הקודם (מס' 12) באמצעות נתונים מהתנגשויות אמיתיות בהולכי רגל אשר לא היו חלק מן הניתוח המקורי (במאמר 12). שיטת הניתוח המקורית שימשה לחישוב מהירויות הפגיעה של הרכב במספר התנגשויות אמיתיות בהולכי הרגל. מהירויות הפגיעה האמיתיות הושאו לערכים המחושבים. **השוואה גילתה כי הדגם שהוצג בפרסום הקודם חוזה באופן מדויק את מהירויות הפגיעה של הרכב בהתנגשויות אמיתיות בהולכי רגל.** הנתונים החדשים בנוגע להתנגשויות אמיתיות צורפו אף הן לנתונים שנאספו קודם לכן בכדי להעריך מחדש או לתקן את המשוואות האמפיריות המקוריות.

נתונים ממקרים אמיתיים

הנתונים החדשים נלקחו מארבעה מקורות שונים:

1. **אינטק הנדסה** – תועדו שלושה שחזורים של מקרי התנגשויות בין רכבים להולכי רגל בבריטיש קולומביה. הנזק שנגרם לרכב לאחר ההתנגשות, תזוזת הרכב, האטת הרכב, פציעות הולכי הרגל ומרחק הזריקה של הולכי הרגל תועדו. שלושה מקרים אלה מוצגים לפרטים, כיון שהמחברים מכירים מקרים אלה בעצמם.
2. **היל** – מאמר זה מספר, מרחק החלקת הרכב לאחר ההתנגשות ושיעורי האטה עבור עשרים ושישה מקרי התנגשות אמיתיים בין רכבים להולכי רגל אשר תועדו במשטרת ווסט מידלס באנגליה. שיעורי האטה הרכב בפועל הוערכו ממבחני החלקה תוך שימוש באקדח גיר. מרחקי הזריקה של הולכי הרגל תועדו במקרים אלה.
3. **דטינגר** – "דקרה" חוזר תאונות " בגרמניה תיעדה שלוש עשרה התנגשויות אמיתיות בהן היו מעורבים רכבים בולמים. מהירויות פגיעת הרכב ומרחקי הזריקה של הולכי הרגל תוארו.
4. **רנדלס ושות'** – מצלמת ווידאו שהונחה בצומת בהלסינקי, פינלנד, תיעדה מספר התנגשויות בין רכבים להולכי רגל. מחברי מאמר זה פירשו את צילומי הווידאו ומציגים את מהירויות הפגיעה של הרכבים ומרחקי הזריקה של הולכי הרגל בתשע התנגשויות האמיתיות.

ניתוח הנתונים

בסך הכול, ישנם נתונים מ – 51 התנגשויות אמיתיות בין רכבים להולכי. בכדי לחלק לקטגוריות את הנתונים בכדי שיתאימו למאמר הקודם של "אינטק", נתיב ההשלכה לאחר הפגיעה של כל הולך רגל סווג כנתיב ההשלכה קדימה או השלכת מעטפת. ב-22 מן ההתנגשויות המתועדות, **ידוע אם הרכב הפוגע בלם או לאו**. עם זאת, לא היה מספיק מידע זמין ב – 29 ההתנגשויות האחרות בכדי להעריך אם הרכב בלם בעת הפגיעה. שיטת הניתוח המקיפה הקודמת משתמשת במידע הזמין לאחר התנגשות בכדי להעריך את מהירות הפגיעה של הרכב.

שלושת הגורמים העיקריים הזמינים בכדי לערוך חקירה של פגיעות בהולכי רגל הינם:

1. **נזק הנגרם לרכב**
2. **פציעות בקרב הולכי הרגל**
3. **מרחק הזריקה של הולכי הרגל**

למרות שכל התנגשויות האמיתיות שנותחו מספקות נתונים בנוגע למרחק הזריקה של הולך הרגל, רק שלושת המקרים של אינטק מספקים את הנזק הנגרם לרכב ואת תיאור פציעותיהם של הולכי הרגל. לכן נותחו הנזקים לרכב ופציעותיהם של הולכי הרגל בשלושת המקרים הללו.

²⁸ בערך ע"י אמריט טור, מייקל ארסזוקי, רווינדר ג'הל, רוברט אוברגארד ואנדרו האפר. אינטק הנדסה בע"מ 2002.

נזקים לרכב ופציעות הולכי הרגל

מקרה 1

ההתנגשות אירעה בין ניסאן סנטרה בעלת 4 דלתות משנת 1989 ויליד בן 6. **הרכב לא בלם** בעת הפגיעה אך הנהג בלם מיד לאחר הפגיעה. הרכב הותיר סימני החלקה באורך של 23 מטרים על אספלט לח. מקדם החיכוך בין הכביש לצמיג נקבע כ- 0.57. חושב כי מהירות הפגיעה הייתה 58 קמ"ש. טביעת בד הושארה על הפגוש והסורג נסדק. בנוסף, היו שקעים מקומיים וסימני שפשוף על מכסה המנוע. הילד שבר את רגלו וסבל מחתכים וחבלות בראשו.

השלכתו קדימה של הילד מאשרת את קריטריון נתיב ההשלכה קדימה. לכן, ישנה התייחסות לטבלה מס' 1. טבלה מס' 1 מציעה כי העיוות הנגרם לקדמת הרכב הפוגע צפויה במהירות של כ- 35 קמ"ש. במהירות של כ- 60 קמ"ש, צפוי עיוות בסמוך למרכז מכסה המנוע. עם זאת, במקרה זה, גבוה הילד מונע ממנו לנוע לכיוון מכסה המנוע של הרכב. לכן, אם מהירות הפגיעה הייתה בסביבות ה- 60 קמ"ש, אזי ייתכן ולא ניתן לקרוא את הנזק בחלקו האחורי של מכסה המנוע. ניתוח הנזקים שספגה הניסאן סנטרה (ובהתחשב בגובהו הנמוך של הולך הרגל) מעיד כי סביר כי מהירות הפגיעה של הרכב הייתה בסביבות ה- 35 קמ"ש.

מקרה 2

רכב מסוג GMC בעל 4 דלתות פגע בגבר מבוגר, אשר גרם לשקעים בקצה הקדמי של הרכב ובסמוך למרכז מכסה המנוע. הודות לגיאומטריה הגבוהה בחזית רכב זה, הולך הרגל הושלך קדימה. ה- **GMC לא בלם** בעת הפגיעה והותיר סימני החלקה לאחר הפגיעה באורך של 19.35 מטרים על שטח כביש יבש. מקדם החיכוך שנמדד בזירת התאונה היה 0.75. מהירות הפגיעה שחושבה על פי ראיות ההחלקה הייתה כ- 61 קמ"ש. **הולך הרגל ספג פציעות אנושות שכללו:**

- חבלות וחתכים רבים
- שברים רבים בגליו, פרקי ידיו וצלעותיו.
- טראומה לחזה שכללה דימום רב.

בהתייחסות לטבלה מס' 1, במהירות פגיעה של כ- 60 קמ"ש. צפוי עיוות למרכז של מכסה המנוע.

ה- GMC ספג נזק התואם לתיאור זה. לכן, ניתוח של הנזק שנגרם לרכב מעיד כי ה- GMC נסע במהירות של כ- 60 קמ"ש.

הולך הרגל המבוגר היה בן 38. פציעותיו היו חמורות ואנושות. השוואת פציעותיו לתיאורים הכלליים המופיעים בטבלה מס' 3 מעידים כי סביר שהג'פ נסע במהירות של כ- 55 קמ"ש בעת הפגיעה.

הנזק שנגרם לרכב ופציעות הולכי הרגל כתוצאה מהתנגשויות אמיתיות מעידים כי מהירות הפגיעה של הג'פ הייתה בסביבות ה- 60 קמ"ש. הערכה זו הינה אומדן מצוין של המהירות האמיתית שהייתה בסביבות ה- 61 קמ"ש.

מרחק הזריקה של הולכי הרגל היה בסביבות ה- 25.1 מטרים. משוואת הנסיגה מסיקה כי מהירותו הממוצעת של הרכב הייתה - 56.7 קמ"ש. ממוצע המהירות המחושב קרוב מאוד למהירות האמיתית של 61 קמ"ש. תוצאות הניתוח של מקרה זה מדויקות הרבה יותר מאלה של מקרה 1. ניתן לייחס את הדיוק באופן חלקי לכך שגובהו של הולך הרגל קרוב יותר לגובהו של מבוגר ממוצע.

מקרה 3

במקרה השלישי של אינטק הייתה מעורבת אישה בת 50 אשר נפגעה על ידיד מכונית משפחתית בעלת 4 דלתות מסוג פורד קרון ויקטוריה **אשר בלמה בעת הפגיעה**. הרכב ספג סימנים שטחיים על הפגוש הקדמי וללא עיוות נראה לעין. האישה עטפה את קדמת הרכב וספגה שבר מורכב ברגלה. הרכב הותיר סימני החלקה לאחר הפגיעה באורך של כמטר אחד על משטח כביש לח. נקבע כי מקדם החיכוך בזירת התאונה היה 0.52. ניתוח בלימתו של הרכב לאחר הפגיעה מעיד כי מהירות הפגיעה הייתה 12 קמ"ש הייתה התייחסות לטבלה מס' 2 כיוון שהייתה השלכת מעטפת. סיכום הנזק המתואר בטבלה מעיד על כך שמצופים סימנים שטחיים בלבד במהירות פגיעה של פחות מ- 20 קמ"ש. ההתנגשות בין הרכב לאשה לא הייתה חזקה מספיק בכדי לגרום לפגיעת

האישה ברכב ונראו רק סימנים קוסמטיים על הפגוש, לכן, ניתוח של נזקי הרכב מעיד כי הרכב נסע במהירות של פחות מ-20 קמ"ש. האישה ספגה שבר ברגלה, פציעה אווהה ניתן לתאר בפציעה מזערית באופן יחסי. השוואת פציעותיה עם התיאורים הכלליים המופיעים בטבלה 3 מעידים כי סביר שהרכב נסע במהירות של פחות מ-20 קמ"ש בעת הפגיעה.

מרחק זריקה של ה"ר

טבלה א²⁹ 3 בנספחים נספח 2 הינה טבלה המסכמת את מרחקי הזריקה ואת מהירויות הפגיעה של הרכבים. מתוך ההתנגשויות האמיתיות שתועדו, 6 מיקרים גרמו להשלכה קדימה והשאר להשלכת מעטפת.

נתיבי השלכה קדימה

מהירויות הפגיעה בכל שש התנגשויות היו בטווח ה-85% של מרווח הצפי במשוואת הנסיגה. [הערות עורך הספר א. ב.: משוואת נסיגה – היא נוסחה שמגדירה סדרת איברים כך שכל איבר בסדרה מוגדר בה בעזרת האיברים הקודמים בה, פרט למספר סופי של איברים ראשוניים שמהווים את תנאי ההתחלה. לדוגמא: האיבר הראשון הוא 0, השני 1 וכל איבר החל מהשלישי הוא סכום של שני האיברים שקדמו לו ואז אנו מקבלים את הסדרה 0,1,1,2,3,5,8,13.....]

מקרים מס' 1-45 נמצאים בסמוך לאחוזים הנמוכים יותר ב-85%. במקרה מס' 1 מעורב הרכב היחיד שידוע כי אינו בלם בנתונים אלה. לכן, סביר כי הרכב בתאונה זו נשא את הולך הרגל קדימה. מקרה מס' 45 הינו אחד מההתנגשויות בהלסינקי אשר הוצגו על ידי רנדלס ושות', ולא ידוע אם הרכב בלם במקרה זה. לכן, אם הרכב לא האט בנקודות הפגיעה, אזי ניתן להסביר את מיקום הנתונים בחלקם התחתון של 85.

נתיבי השלכת מעטפת

מלבד חמישה מקרים, כל הנתונים נמצאים במרווח הצפי של 85% של יחסי הנסיגה. 5 היוצאים מן הכלל מתוארים כדלקמן:

1. במקרה מס' 46 מעורב הרכב היחיד אשר ידוע כי לא בלם בעת הפגיעה. מקרה זה היה אחד מן ההתנגשויות שתועדו בלסינקי על ידי רנדלס ושות'. המחברים מצינים כי נראה שהרכב מאיץ לאחר הפגיעה בהולך הרגל. עם זאת, יחס הנסיגה בנתיבי השלכת מעטפת ישים רק בהם מעורבים רכבים בולמים, והנתונים ממקרה מס' 46 אינם עונים על קריטריון זה.
2. מקרה מס' 43 אירע אף הוא בהלסינקי וצויין כי בלימת הרכב לא הייתה ידוע והולך הרגל נישא קדימה למרחק גדול מן הרגל. לכן, ייתכן שהרכב לא בלם במקרה זה.
3. דטינגר תיעד את המקרה מס' 41 בו מהירות פגיעת הרכב תועדה כ-97 קמ"ש. המהירות הגדולה ביותר אשר תועדה בנתונים ששימשו לניתוח הנסיגה הייתה כ-85 קמ"ש. דיון במאמר המקורי מציין כי "כיוון שישנן נתונים מגובים בנוגע למרחקי זריקה גדולים וקטנים במיוחד, על המשחזר להיות זהיר כאשר הוא מיישם את משוואת הנסיגה בסמוך לגבולות הטווחים המופיעים בנתונים". זהירות זו תקפה בנוגע לנסיבות מקרה מס' 41.
4. מקרים מס' 6 ו-22, מהיל, כללו מהירות פגיעה של כ-70 קמ"ש. לכן יש לנקוט בזהירות אותה ציינו בסעיף 3 לעיל גם במקרים אלה. בנוסף, הרכבים בלמו עד כדי עצירה לאחר הפגיעה. עם זאת, לא ידוע אם הם בלמו בעת הפגיעה או לאחר הפגיעה.

משוואת הנסיגה (1) עד – (3) אינן ניתנות ליישום במקרים של החריגות אשר צוינו לעיל. לכן פסילתם של נתונים בלתי ישימים אלה מתמונות 11 ו-22 מראה כי יחסי הנסיגה יכולים לספק מד מדויק של מהירות פגיעת הרכב בהתנגשויות אמיתיות בהן מרחק הזריקה של הולך הרגל אינו ידוע.

תיקון הדגם יחסי הנסיגה להערכת מהירות פגיעת הרכב על פי מרחק הזריקה של הולך הרגל במאמר המקורי נגזרו מסקירה של התנגשויות אמיתיות ומבחני פגיעה מבוימים. הנתונים מן

²⁹ נספח 2 מתוך מאמר מס' 19 שיטות ניתוח מקיפות עבור התנגשויות בין כ"ר לה"ר שנת 2002 אינטק הנדסה. פרק 19 עמוד 10.

התנגשויות האמיתיות אשר הושגו מארבעה מקורות שונים מספקים נתונים נוספים אותם ניתן לצרף למאגר הנתונים הקיים בנוגע למרחק זריקה. תוך שימוש בסט הנתונים השלם, משוואת הנסיגה תוקנו:

דגם נתיב השלכה קדימה:

$$V_{\text{קמ"ש}} = 11.3\sqrt{S} - 0.3$$

s=מרחק הטלה במטרים , v= בקמ"ש

מרווח צפי 85% כ- 10 קמ"ש +/-

מרווח צפי 95% כ- 14 קמ"ש +/-

דגם נתיב השלכת מעטפת:

$$V_{\text{קמ"ש}} = 13.3\sqrt{S} - 4.6$$

מרווח צפי 85% כ- 9 קמ"ש +/-

מרווח צפי 95% כ- 12 קמ"ש +/-

דגם מרחק זריקה משולב :

$$V_{\text{קמ"ש}} = 12.8\sqrt{S} - 3.6$$

מרווח צפי 85% כ- 9.5 קמ"ש +/-

מרווח צפי 95% כ- 12.8 קמ"ש +/-

אין להשתמש במשוואות אלו משוואות אלו תוקפו במחקר שנעשה מאוחר יותר ע"י החוקרים מובא בפרק הבא - פתרונות תיאורטיים מול פתרונות אמפיריים עבור התנגשויות בין כלי רכב לבין הולכי רגל.

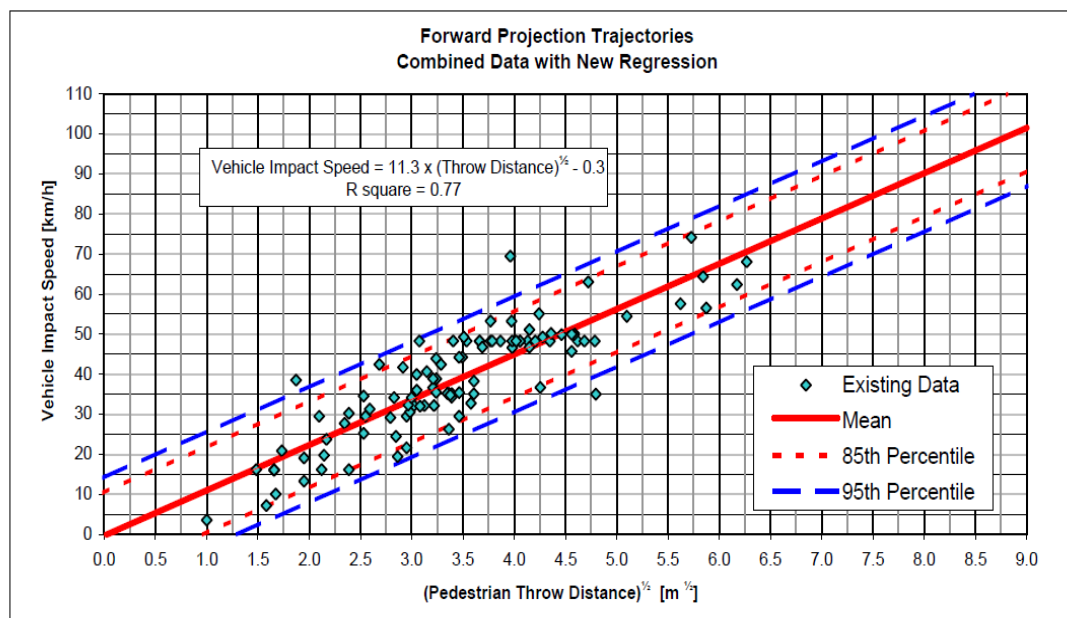


Figure B4 – Combined Forward Projection Trajectory Data

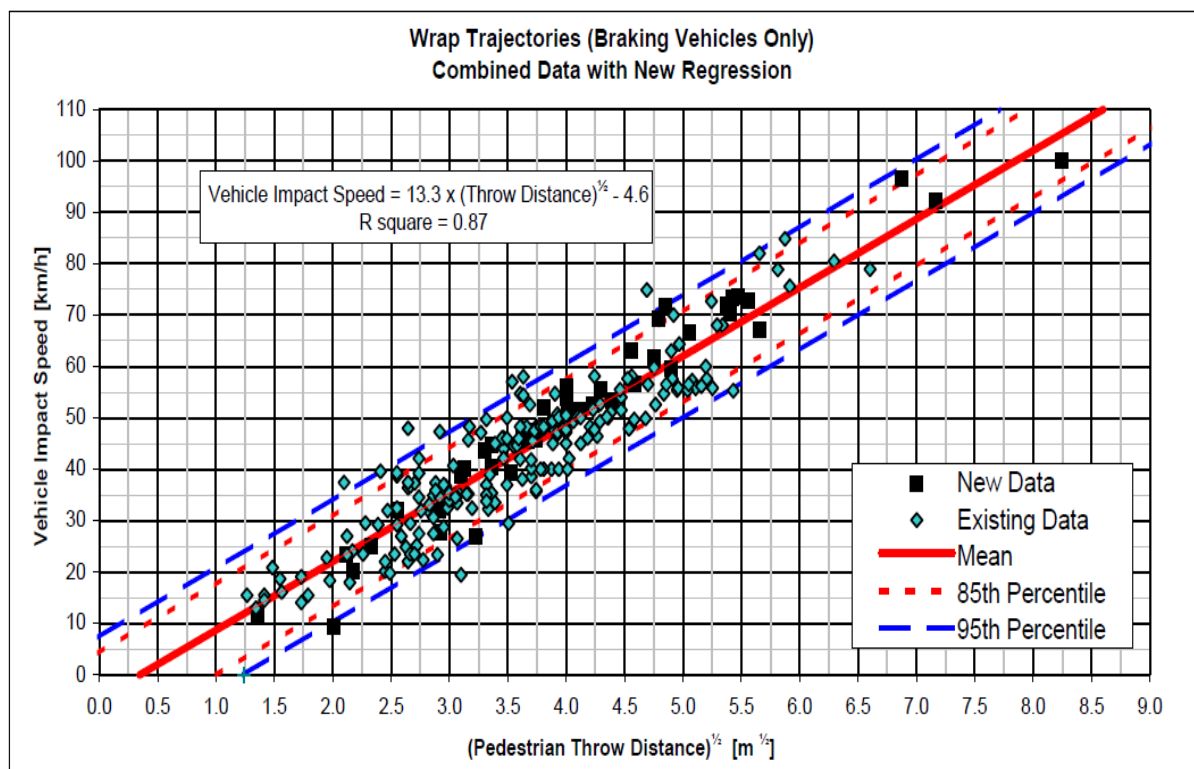


Figure B5 – Combined Wrap Trajectory Data

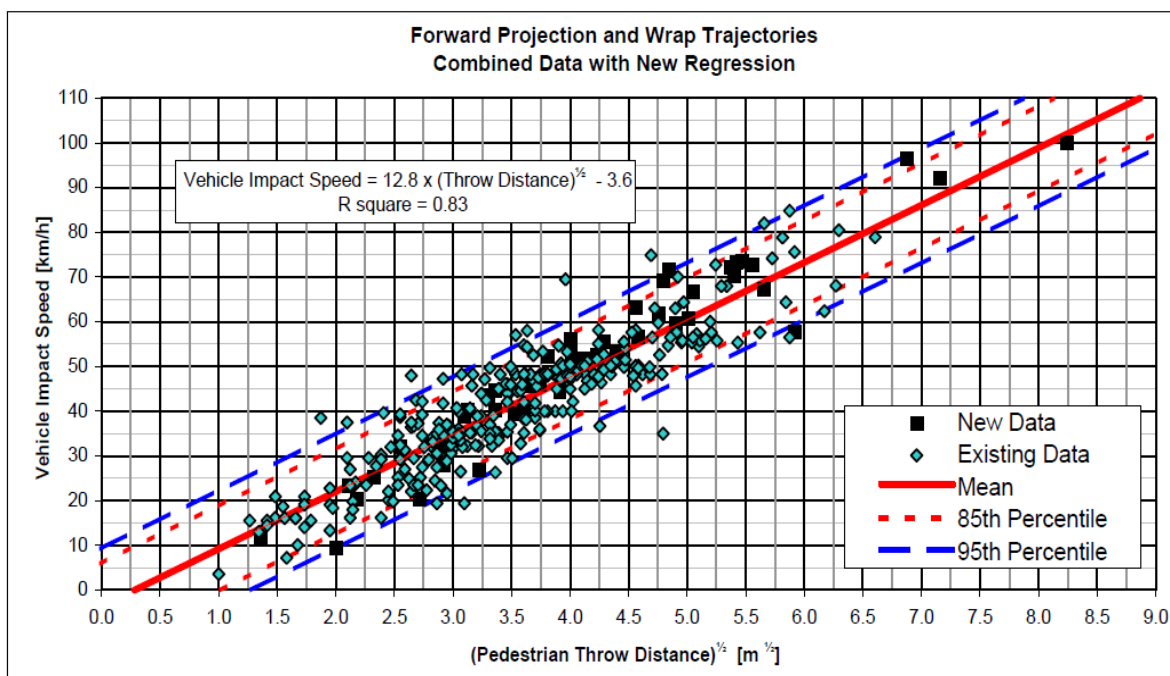


Figure B6 – Forward Projection and Wrap Trajectories

מרווחי הצפי של 85% המופיעים במשוואת הנסיגה המקורית נבחרו בכדי לייצג את רוב הנתונים להולכי רגל. מקרה אינטק 1 מראה כי מרווח צפי זה מייצר תוצאות הגיוניות, אפילו עבור הולכי הרגל שהם ילדים.

עם זאת, ייתכנו מקרים עבורם גבולות הצפי של 85% אינם מתאימים. בדרך כלל, מקרים אלה יהיו מתוצאה של אי וודאות בנתונים. בנוסף, יהיו מקרים (לדוגמא מקרים פלילים) בהם יש לציון את מהירות הרכב בוודאות גדולה יותר. לכן מרווחי הצפי של 95% כלולים גם הם. הנוסחה המשולבת מכילה הן את נתיב ההשלכה קדימה ובן את נתיב השלכת המעטפת. השינוי העיקר בנוסחה חלק כתוצאה מנתונים בנוגע להשלכת מעטפת במהירות גבוהה, אשר לא נכללה בנייתו הנסיגה הקודם.

הנתונים אשר שימשו להסקת משוואת הנסיגה הוגבלו לרכבים אשר בלמו בעת הפגיעה או בסמוך לכן, אלה המשתמשים בדגם זה עליהם לנקוט בזהירות בעת יישום שיטה זו על רכבים שלא בלמו.

מסקנות

1. ההשוואה גילתה כי מרבית מהירויות הפגיעה האמתיות היו בטוח ה-85% אשר הוצג במאמר הקודם. עם זאת, **כצפוי מהירויות הפגיעה של רכבים שלא האטו לאחר הפגיעה היו מחוץ למרווח הצפי של 85% אלה הן חריגות אותן יש לקחת בחשבון כאשר משתמשים בשיטה זו.**
2. משוואת הנסיגה המקוריות תוקנו בכדי לכלול את הנתונים החדשים.
3. תוך התייחסות למקרה אינטק מס' 1, חשוב להבין כי מרחק הזריקה היה גדול מן הצפוי ביחס למהירות פגיעת ברכב, בעוד שהניתוח הסובייקטיבי (שהתבסס על הנזק שנגרם לרכב ועל הפציעות שנגרמו להולכי הרגל) לא להעריך נכונה את מהירות הפגיעה של הרכב. מקרה זה מדגים את הצורך לשקול כל מקרה בזהירות. שיטת הניתוח המופיעות במאמר זה ובמאמר המקורי מבוססות בעיקרן על נתונים מהתנגשויות בהן היו מעורבים הולכי רגל מבוגרים.

8.4 פתרונות תיאורטיים מול פתרונות אמפיריים עבור התנגשויות בין כלי רכב לבין הולכי רגל³⁰

תקציר

ישנם מודלים מתמטיים ואמפיריים רבים אשר מיועדים להקל על ניתוח טכני של התנגשויות בין כלי רכב לבין הולכי רגל. מטרתו העיקרית של הניתוח הטכני הינה לקבוע את מהירות הפגיעה של כלי הרכב. במציאות, על פי רוב, הנתונים אשר מתקבלים לאחר הפגיעה בהולכי הרגל על ידי כלי הרכב הינם בלתי מספקים על מנת להשתמש במודלים מתמטיים בלבד. אף על פי כן, ניתן להשתמש במודלים מתמטיים בהצלחה באמצעות עזרה מאת נתונים אמפיריים או מאת הנחות אשר מתקבלות על הדעת. באופן ההפוך, המודלים האמפיריים מתגברים על הקושי אשר מציב המחסור בנתונים, אולם יש ליישם בתוך הגבולות המוגדרים של המודל. מחקר זה משווה בין המודלים המתמטיים לבין אלו האמפיריים. **בנוסף לכך, מוצג שינוי קל מהמודל הקודם]** ממאמר מס' 19 אינטק הנדסה 2002-01-0550 על מנת לבחון את מידת הרגישות של מודלים אמפיריים.

הקדמה: בהתנגשות שבין כלי רכב לבין הולך רגל, אחת מבין מטרותיה העיקריות של חקירה טכנית היא לקבוע את מהירותו של כלי הרכב. החל משנות השבעים של המאה העשרים הוקדשה בנושא זה תשומת לב רבה בקרב פרסומים ספרותיים. ניתן למיין את הפתרונות אשר הוצעו בתור מתמטיים או בתור אמפיריים. יש לציין כי קשה מאוד ליישם במקרים מציאותיים של התנגשויות את החישובים המתמטיים המקוריים, מכיוון שהנתונים הנדרשים לשם פתירת המשוואות המתמטיות הינם זמינים אך בחלקם במקרים אמיתיים של התנגשויות. פתרונות אמפיריים מתגברים על הבעייתיות של מחסור בנתונים אשר נדרשים לשם חישוב כל אחד ואחד מן הפרמטרים ההכרחיים לשם פתירת המשוואות המתמטיות. מטרתו של הפתרון האמפירי הינה לעבוד בתוך הגבולות של רוב הנתונים הזמינים מהתנגשויות אשר התרחשו במציאות.

מטרתו של מחקר זה הינה להשוות בין המודלים המתמטיים לבין המודלים האמפיריים. בנוסף לכך, מחקר זה משווה בין שני סוגים שונים במקצת של מודלים אמפיריים אשר שאובים מאותו מקבץ של נתונים. אחד מבין שני המודלים האמפיריים הללו פורסם כבר [במאמר מס' 19], בעוד האחר מפותח במסגרתו של מחקר זה. **הקריטריונים של פיתוח המודל האמפירי החדש הינם לשמרו בפשטותו תוך שמירה על מידה סבירה של דיוק.**

מסלולי התנועה של הולך הרגל

במהלכה של תאונת הדרכים, לעתים קרובות נפגע הולך הרגל על ידי קצהו הקדמי של כלי הרכב בגפיו התחתונות. טבעו של המגע אשר מתנהל לאחר מכן תלוי בצורתו הגיאומטרית של כלי הרכב ובמיקומו של הולך הרגל. אם מרכז הכובד של הולך הרגל מצוי בגובה נמוך יותר מאשר פניו הקדמיים של קצהו של כלי הרכב, אזי נגרם "מסלול הטלה קדמי". במהלכו של מסלול ההטלה הקדמי חלקו העליון של גופו של הולך הרגל עשוי "לעטוף" בחלקו את מכסה המנוע של כלי הרכב; אף על פי כן, מגע משני בין ראשו של הולך הרגל לבין כלי הרכב איננו מתקיים. באם מרכז הכובד של הולך הרגל נהדף קדימה ביחס למיקומו של כלי הרכב, אזי ההטלה מסווגת כהטלה קדמית. תרשים מספר אחת מדגים את מסלול ההטלה הקדמי.



תרשים מספר אחת: דוגמה למסלול הטלה קדמי.



תרשים מספר שתיים: דוגמה למסלול "עטיפה".

באופן ההפוך, אם גובה מרכז הכובד של הולך הרגל מצוי מעל לקצהו הקדמי של החלק המוביל של כלי הרכב, אזי תתרחש "עטיפה". במסלול העטיפה חלקו העליון של הגוף תמיד יעטוף את קצהו הקדמי של כלי הרכב. לאחר הפגיעה הראשונית מרכז הכובד של הולך הרגל נע לאחור, ביחס למיקומו של כלי הרכב. באם הולך הרגל לא מחליק מעבר לצידו של כלי הרכב, אזי יתקיים מגע משני עם השמשה הקדמית או עם חלקו העליון של מכסה המנוע. לאחר המגע המשני מרכז הכובד של הולך הרגל יתחיל לנוע קדימה, ביחס למיקומו של כלי הרכב. תרשים מספר שתיים מדגים את מסלול העטיפה.

המודל החדש

נתוני ההתנגשות שבין כלי הרכב / להולך הרגל אשר שימשו בניסוחן של המשוואות 9a' 9b' 9c נותחו מחדש על מנת לבחון את מידת רגישותם למודלים אמפיריים. בפרסום הקודם הונח קשר ליניארי בין השורש הריבועי של מרחק ההטלה לבין מידת המהירות בשעת הפגיעה. במודל החדש

הונחה חוקיות חזקה פשוטה. יחסי הגומלין אשר מופיעים להלן נמצאו כבעלי ההתאמה הטובה ביותר:

10a הטלה קדמית

$$V_{\text{קמ"ש}} = 8.25 \times S^{0.61}$$

מרווח צפי 85% כ- 7 קמ"ש +/-
מרווח צפי 95% כ- 12 קמ"ש +/-

10b- מודל מסלול עטיפה:

$$V_{\text{קמ"ש}} = 9.84 \times S^{0.57}$$

מרווח צפי 85% כ- 5.8 קמ"ש +/-
מרווח צפי 95% כ- 9.2 קמ"ש +/-

10c- משוואת מרחק הטלה משולב :

$$V_{\text{קמ"ש}} = 9.19 \times S^{0.59}$$

מרווח צפי 85% כ- 6.5 קמ"ש +/-
מרווח צפי 95% כ- 10.2 קמ"ש +/-

מקבצי הנתונים של מסלולי הטלה קדמית, עטיפה ומשולב. כפי שהודגם במודל הקודם שהוצג, ניתוח סטטיסטי הצביע על כך כי ישנה התאמה גבוהה בין הנתונים לבין יחסי הגומלין של חוקיות החזקה שחושבה.

מרווחי החיזוי של האחוזון השמונים וחמישה משמשים במקרים בהם מאזן ההסתברויות הינו מתקבל על הדעת. אף על פי כן, יתכנו מקרים בהם החיזוי של האחוזון השמונים וחמישה לא יהיה מתאים. באופן טיפוסי, סביר להניח כי מקרים אלו יתקבלו מנתונים אשר אינם וודאיים. בנוסף לכך, יתכנו מקרים (לדוגמא, מקרים פליליים) אשר בהם חוקר שיחזור תאונת הדרכים יתבקש לחוות דעה ביתר וודאות. על כן, בהתאמה לתחזיות של המודל הקודם (משוואות מספר 9a' 9b' 9c) גם מרווחי החיזוי של האחוזון החמישי והתשעים וחמישה יכללו.

מסקנות

המודלים המתמטיים והאמפיריים חוזים מהירויות התנגשות של כלי רכב במידה סבירה של דיוק כאשר כל מודל מיושם בנפרד.

היתרון במודלים האמפיריים הוא כי הם נוחים ליישום בהתנגשויות אשר התרחשו במציאות, ובייחוד כאשר ניתן לבנות מודל מנסיבות ההתנגשות על ידי ערכי משתנים ממוצעים או טיפוסיים.

המודלים המתמטיים עשויים לספק תובנה מועילה בהשוואה למודלים אמפיריים, והם עשויים לספק מגמות במידה והמשתנים נבדלים באופן ניכר מן הערכים הממוצעים או הטיפוסיים של תרחיש של התנגשות.

8.5 תקציר מאמר מס' 23: השימוש במרחקי זריקה של הולכי רגל ורוכבי אופניים כחלק משיטת שחזור תאונות מדעית

ד. אוטה היחידה לחקר תאונות האוניברסיטה הרפואית של האנובר, גרמניה 2004

מבוא

מחקר זה מבוסס על מקרי תאונות אמיתיות ומתעודות בין השנים 1985 עד 2001, אשר נאספו ביחידה לחקר תאונות באוניברסיטה הרפואית של האנובר (גרמניה). צוות מחקר יסודי זה אוסף תאונות דרכים בהן היו מעורבים פצועים בהליך סטטיסטי אקראי בהוראתו של המכון הגרמני הפדראלי לחקר הכבישים המהירים BAST (אוטה, 1). מידע בנוגע למיקומם הסופי של הרכב, דפוסי עיוות של הרכבים, ראיות שנמצאו על הכביש כגון סימני בלימה או החלקה, כל אלה יכולים לשמש בפרמטרים לקביעת מהירות ההתנגשות. מטרת מחקר זו הינה לגלות את המצב הנוכחי ולפתח נוסחא לחישוב מהירות עבור משחזר התאונות והתחום המדעי של שחזור תאונות באמצעות חקר יסודי.

בסיס לחישוב מהירות

חישוב המהירות בהתנגשות בין רכב להולך רגל מבוססת על רקע פיזי של איזון אנרגיה על ידי בתנועת הרכב באמצעות סימני הבלימה הקיימים על משטח הכביש. הנוסחה יכולה להיות:

$$V_{\text{מש}} = \sqrt{2AS}$$

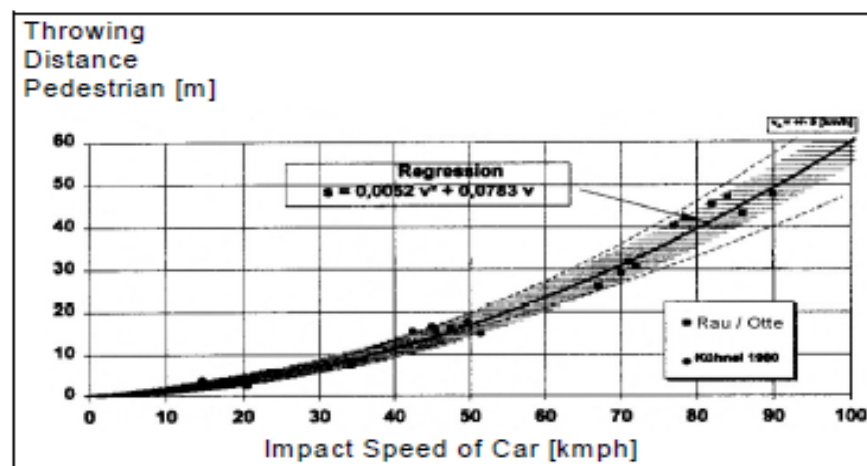
אורך סימן הבלימה ניתן למדידה בזירת התאונה וערך ההאטה הממוצע של הרכב מערך ביחס לתנאי הכביש רטוב/ יבש וסוג החומר ממנו עשוי הכביש, כמו גם סוג הרכב / הצמיג. בנוסף, בחישוב מהירות הפגיעה, יש לשקול את קשר המסה בין הרכב להולך הרגל בהתבסס על איזוני תנופה.

בנוסף, יש שימוש בקשרים אחרים בכדי להעריך מהירות. אלה הם: הפרש בין נקודת הפגיעה ונקודת המנוחה הסופי של גוף הולך הרגל, אשר נקרא "מרחק זריקה" $W =$

הפרש בין נקודת הפגיעה המשנית של גוף בכביש ותנוחת של הולך האנושי, אשר נקרא "מרחק ההחלקה" $S =$

התרשים הבא פורסם בשנות ה-70 המוקדמות על ידי אלצהולד (8) ושונה בכדי שיתאים לטווח מהירות גבוה בשנת 2000 על ידי ראו / אוטה (9) (תמונה מס' 1), והוא משמש בעיקר את המשחזרים בגרמניה.

(תמונה 31)



תמונה מב' 1: יחס בין מרחק זריקה ומהירות הפגיעה של הרכב – תוצאות מבחני פגיעה שנערכו על ידי ראו / אוטה ב-2001 (9).

³¹ השימוש במרחקי זריקה של הולכי רגל ורוכבי אופניים כחלק משיטת שחזור תאונות מדעית ד. אוטה היחידה לחקר תאונות האוניברסיטה הרפואית של האנובר, גרמניה עמוד 2

הוכח כי הפונקציה של מרחק הזריקה הקשור למהירות כמעט מקבילה בין הולכי רגל לרוכבי אופניים (אוטה, 10). נערכו נסיונות רבים בכדי לפתח נוסחה עבור קשר זה, למשל המהירות שווה

$$V_{מש} = \sqrt{2AW}$$

$$V_{מש} = 12\sqrt{W}$$

W = מרחק זריקה

$A = f \cdot g$ תאוצה.

F ממוצע = 0.529 (עפ"י תוצאות המחקר) מכאן $A = 5.18$.

בנוסחה האחרונה ההאטה הממוצעת הינה באופן כללי הפרמטר שאיננו ידוע, מפני שמרחק הזריקה ניתן למדידה, אך הערך של ההאטה הממוצעת אינו ניתן למדידה עבור מרחק הזריקה הכולל מפני שכלול גם שלב תעופה. בק וגולדא (11) מדדו את המקדם החיכוך בין הולך הרגל לבוש והקרקע תחת תנאים רטובים ויבשים. הניתוח של ווד (6) הראה מקדם חיכוך הולך ויורד ככל שהמהירות גברה, והוא פרסם חלוקה בין תנאים רטובים ויבשים **כאשר הערך הממוצע היה 0.529 תחת טווח ביטחון של 97.5%**. ערך האטה ניתן למדידה בשדה חריגה קטן בלבד במהלך תנועת ההחלקה של הגוף על משטח הכביש. לכן ניתן להשתמש בנוסחה זו בכדי לקבוע את היחס בין המהירות למרחק ההחלקה.

תוצאות חדשות המתבססות על תאונות אמיתיות

במחקר זה, רק מקרים בהם הרכבים הותירו סימני בלימה בנקודת הפגיעה שימשו לחישוב מהירות הפגיעה. במקרים אלה, היה מידע מפורט בנוגע לתנאי הפגיעה ולמרחקי הזריקה. התאונות תועדו על ידי צוות של יחידת חקר התאונות. החקירה החלה מיד לאחר אירוע התאונה הצוות יכול היה להגיע לזירה באמצעות מכונות מיוחדות אשר צוידו באור כחול ויכלו לעבוד יחד ובמקביל למשטרה למטרותיהם שלהם. עבור כל מקרה, ניתן היה לספק רישום מדויק אשר שכפל במפורט את הראיות.

היה צורך בקיום הקריטריונים הבאים בשביל תהליך הבחירה של הכנסת מקרים למחקר זה:

- פגיעה חזיתית של הרכב (הרכב והאופניים נוסעים באותו כיוון נסיעה).

- ללא פגיעה באיזור של 20 ס"מ סמוך לקצה הקדמי של הרכב

- גובה הגוף האנושי הינו מעל 1.50 מ'

- מהירות האוטו הינה גדולה ממהירות האופניים בעת הפגיעה.

בסך הכל, היו 18,000 תאונות עם פצועים אשר נאספו בין השנים 1985 ו-2001, מתוכם כמעט 2900 היו הולכי רגל ו-4400 היו רוכבי אופניים. למטרת מחקר זה, מספרי מקרים אלה נבחרו כעונים לקריטריונים שהוגדרו:

$N = 335$ הולכי רגל

$N = 510$ רוכבי אופניים

קינמאטיקת הפגיעה

נתיבי הזריקה של הגופים ידועים ממחקרים שנערכו של בובות וניתן לחלקם להתנגשות עם מכונית (פגיעה ראשונית) והשלב שלאחר התנגשות עם חלקים מן הכביש (פגיעה משנית). לכן, הפציעות מתרחשות על ידי העברת עומס מן הפגוש לרגל התחתונה ומן הקצה הקדמי של הרכב לרגל העליונה, ולאחר מכן פגיעה בראש ובפלג הגוף העליון על ידי מכסה המנוע ואיזור השמשה הקדמית, לפני שכל הגוף נהדף בכיוון הנהיגה של הרכב. תלוי במהירות ההתנגשות של הרכב, הגוף יכול להיאסף פחות או יותר. הגוף עף במהירות הסמוכה למהירות הרכב, פוגע במשטח הכביש ומחליק לתנוחת מנוחה.

היחס בין מרחקי זריקה ומהירות הפגיעה

מרחקי הזריקה הנמדדים במצבי תאונות אמתיים נותחו ביחס למהירות שנקבעה (תמונות 4-6) והשוו לשיעור ההאטה הממוצע אשר חושב על פי מהירות הפגיעה והמרחק שנמדד

תמונה מב' 4: היחס בין המהירות למרחק הזריקה של הולכי רגל

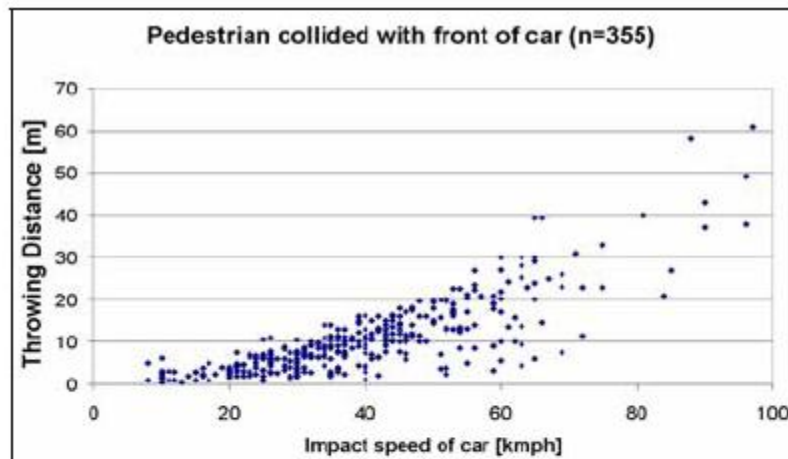


Figure 4 speed relation of throw distances of pedestrian

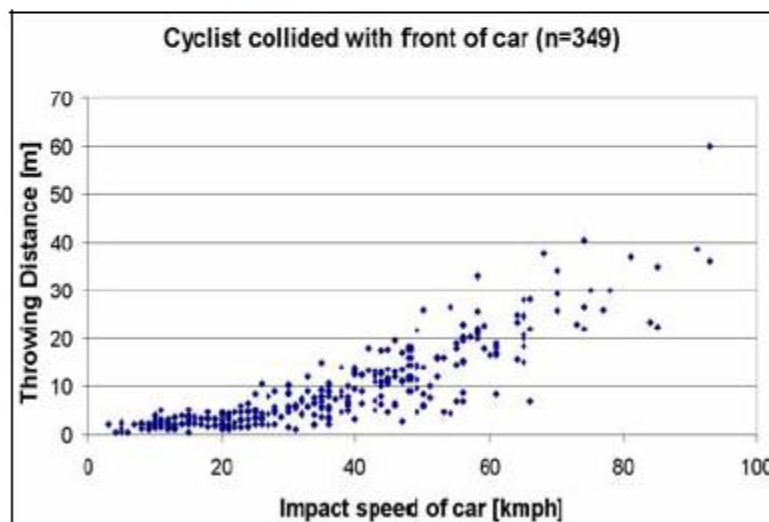


Figure 5 speed relation of throw distances of cyclists

תמונה מב' 5³²: היחס בין המהירות למרחק הזריקה של רוכבי אופניים

השפעת היחס בין מהירות הפגיעה ומרחק הזריקה על פציעות

פציעות הינן תוצר של עומס מכני על הגוף האנושי אשר חורג מן העומס הביולוגי. המערכת הביולוגית מחולקת לרקמות רכות, עצמות ומבני גידים אשר הינם בהתאמה חלקי מעטפת פנימיים וחיצוניים בתאונה, **הגוף בא במגע עם מכונית באופניים שונים. דבר זה פירושו שהמסה**

³² השימוש במרחקי זריקה של הולכי רגל ורוכבי אופניים כחלק משיטת שחזור תאונות מדעית ד. אוטה היחידה לחקר תאונות האוניברסיטה הרפואית של האנובר, גרמניה עמוד 4

השונה המיוחסת לחלקי הגוף אשר הינם שונים בקשיחותם נפגעת על ידע מבנה המכונית בכיוונים שונים ורבים . לכן נראה שניתן להניח כי אין יחס ברור בין המהירות ובין התרחשויות של פגיעה.

ניתן לראות כי הקינמאטיקה של הגוף האנושי במהלך הפגיעה הראשונית משפיעה על חומרת הפגיעה .

ראשית הרגל נפגעת על ידי הפגוש . מהירות הפגיעה הממוצעת עבור שברים ברגליים מתרחשת בפגיעות ראשוניות וניתן לקבועה כ – 45 קמ"ש .

בהשוואה לכך, המהירות הממוצעת לשברים בגולגולת הינה 60 קמ"ש .

שברים הנגרמים על ידי פגיעות משניות יכולים להתרחש לעיתים תכופות יותר במהירויות נמוכות יותר , בעוד שפגיעות בראש ובחזה נפוצות יותר מאשר פגיעות בגפיים התחתונות .

ניתן להבחין בהשפעה משמעותית של מרחק הזריקה של הגוף על הפגיעה (תמונה מס' 13) זאת מפאת הפגיעה המשנית .

פגיעות ראש נמצאו לעיתים תכופות במרחקי זריקה של עד כ – 80 מ' . בהשוואה לכך , פגיעות בזרועות וברגליים נמצאות לרוב במרחקי זריקה של יותר מ- 10 מ' .

מפאת הגובה והצורה של קדמת מכסה המנוע וגובה מהירות הפגיעה , סיבובו של הגוף האנושי , תנוחת הראש והרע בו מתרחשת הפגיעה בכביש עשויים להשתנות . מחקר זה מראה כי בתאונות המתרחשות במהירות נמוכה הראש לרוב הינו הראשון שפוגע בכביש . על ידי הגברת המהירות , ניתן לצפות לסיבובים רבים יותר התלויים במרחק זריקה גדול יותר . תחת תנאים אלה , חלקים אחרים של הגוף יפגעו ראשונים בכביש . פגיעה באיזור בית החזה והאגן דורשת מהירות פגיעה של מעל ל – 40 קמ"ש . אורך מכסה המנוע וזווית הנטייה של השמשה הקדמית אינם מהווים השפעה משמעותית על תדירותן וחומרתן של פגיעות משניות . במהירות נמוכה יותר, הפגיעות המשניות מתרחשות לעיתים תכופות יותר מאשר במהלך הפגיעה הראשונית . עם זאת , הפגיעות הנגרמות מן הפגיעה המשנית הינן חמורות פחות . במהירות רכב גבוהה, חומרת הפגיעה כתוצאה מן הפגיעה המשנית גדלה וניתן להבחין בשברים רציניים בכתף ובאגף .

מסקנה

מידע בנוגע להתרסקות כגון מהירות פגיעה ונסיעה נקבע באמצעות ראיות שהושארו בזירה , כמו גם באמצעות המיקומים הסופיים של הרכב ושל הגוף האנושי . אורך סימני הבלימה וערך מקדם החיכוך משמשים בעיקר לחישוב מהירות , אך כיוון שמכוניות רבות מצוידות במכשירי ABS, לא ניתן למצוא סימני החלקה על השטח הכביש . אזי יש להשתמש במרכיבים נוספים מן הזירה בכדי להעריך את המהירות ברוקס (19) המליץ במאמרו בנוגע לשחזור פגיעות בהולכי רגל כי במקרים אלה ניתן להעריך את מהירות הפגיעה על ידי ניתוח נתיב ההשלכה , בהינתן את נקודת הפגיעה ואם מקום המנוחה הסופי . בשנות ה – 70 פרסמו מס' חוקרים (קוהל – 4 , ווד – 20) את מחקרם . חסרונם של מאמרים אלה בשימוש עבור שחזור תאונות בימינו אנו הינו החוסר בעדכון דגמי מכוניות חדשים והשערה מתאימה עבור טווחי מהירות שהינם מעל ל – 60 קמ"ש . לראשונה , קיים ידע בנוגע להשפעת מהירות גבוהה יותר של מעל ל – 70 קמ"ש ועד ל – 100 קמ"ש . ניתן להסיק כי המאפיינים המקבלים של הקשר בין המהירות למרחק הזריקה עשויים להימשך גם בטווחי מהירות גבוהים יותר . מצב שני , המחקר הראה מקדמי חיכוך ממוצעים גבוהים יותר מאלה שפורסמו על ידי ווד . רק עבור מרחי זריקה של 10 מ' ומעלה מקדם החיכוך 0.5607 קרוב לערך שהוצג על ידי ווד (0.537) . בערת התוצאות המוצגות במאמר זה , שדה החרידה של קביעת מהירות הפגיעה יהיה קטן הרבה יותר מעתה .

הנתונים אכן מציגים ערכים ממוצעים אמינים, ברור כי לא ניתן להשתמש במתודולוגיה זו עבור כל שחזורי התאונות בהן מעורבים הולכי גל ורוכבי אופניים . **התנאים בהם מתודולוגיה זו הינה אמינה ביותר הינם רוכבי אופניים הנוסעים במאונך לכיוון הנסיעה של הרכב . מתודולוגיה זו אינה אמינה לחלוטין במצבים בהם רוכב אופניים פוגע בצד הרוחבי של הרכב ובהתנגשויות בהן צדו הימני או השמאלי של קצהו הקדמי של הרכב פוגע ברוכב האופניים מחוץ לנקודת הכובד שלו.**

חקירה בזירת התאונה בזמן אמת מאפשרת איסוף נתונים במקביל ובאופן עצמאי מעבודתה של המשטרה . ניתן להכין רישום בקנה מידת אמת כבסיס לשחזור הטכני ולציין את מיקומם הסופי של הולך הרגל ושל הרכב . עם בסיס זה , ניתן להתחיל את שחזור תנועת הרכב ולקבוע את מהירות ההתנגשות והנסיעה באופן איכותי על ידי שימוש במשוואות אלה ובערכי ההאטה הממוצעים המוצגים . כעדיפות שנייה , קיימת גישה אחרת לחקירה ייסודית והיא הערכת נתיבי התנועה של הגוף על מעטפת הרכב החיצונית והסברת מצב הפגיעה המשנית על ידי שלב התעופה וההחלקה של הגוף . הקינמאטיקה הידוע ממחקרים שבוצעו על בובות נתונה להשוואת לנקודת הפגיעה בתאונות אמיתיות . וניתן למצוא הסברים לפגיעות שנגרמות על ידי פגיעה ראשונית ומשנית על ידי שימוש במקבילות בין מהירות – מרחק זריקה – ופגיעה .

8.6 תקציר פרק 14: "שחזור תאונות רכב הולך רגל" נכתב על ידי Lynn B. Fricke

זכויות יוצרים 2010 ע"י המרכז לבטיחות הציבור באוניברסיטת Northwestern אברסטון אילינוי 60204

נושאים אופייניים

לעיתים קרובות תאונות רכב- הולכי רגל מסתיימות בפציעות חמורות של הולכי הרגל. כמו בסוגים אחרים של תאונות קיימת התעניינות עמוקה באופן בו התרחשה התאונה. נושאים אופייניים הנותרים לא פתורים אשר משחזרים תאונות הולכי רגל כוללים:

- מיקומי מגע ראשון
- מהירות הרכב
- הקינמאטיקה של הולך הרגל
- אסטרטגיות הנהג והולך הרגל
- טקטיקות הנהג והולך הרגל

מידע שניתן לשאוב מהכביש, הדרך

תוצאות התנגשות רכב-הולך רגל צריכות להיות מתועדות באמצעות מדידות וצילומים בזירת התאונה. עבור תאונות הולכי רגל חפש בתשומת לב מיוחדת סימנים מיקומי פגיעה ראשונה. לעיתים קרובות הדבר ניתן לבחינה של סימני שפשוף נעליים, מיקום הנעל עצמה, סימני צמיגים, אי סדירות השרידים מהרכב והולך הרגל. הסימנים הטובים ביותר לנקודת המגע הראשונה הם סימני הנעל. כפי שניתן לראות בדוגמה 1 שהנעל הותירה סימני שפשוף בתאונת רכב-הולך רגל. בחלק מהמקרים, הולך הרגל מורם מתוך נעליו. אולם, המיקום הסופי של הנעל (דוגמה 2) עשויה שלא להיות התוויה טובה למגע הראשון. נעל יכולה להישלף בעת רצף ההתנגשות ולא יהיה זה למקרה בו הולך הרגל נשלף מתוך נעליו בעת הפגיעה. שרידים מהרכב יכולים גם הם לספק רמזים באשר לשטח הכללי של התאונה. אולם, שרידים מהרכב יכולים להימצא במרחק ניכר מנקודת המגע הראשונה. דוגמה 3 מציגה שבבי צבע ממכונית שפגעה בהולך רגל. שרידים אחרים מהולך הרגל מלבד נעליו, יכולים גם הם להימצא בזירת התאונה. אולם, כובעים, מקלות הליכה, משקפיים או, חפצים אחרים יכולים להימצא במרחק מה ממיקום נקודת המגע הראשונה. בזירות תאונה יכולה להימצא אי סדירות בסימני צמיג. צילום 4 מביא דוגמה של מה שעשוי להתרחש כאשר הולך רגל מועמס על הרכב תוך כדי החלקתו. המכה שגרמה לאי הסדירות בסימני הצמיגים בדוגמה 4 הייתה כתוצאה מהתנגשות בצבי. רכיב חשוב אחר בתאונת הולך רגל שיש צורך לשקול בזהירות בזירה היא עדות באשר לנקודת המגע של הולך הרגל בקרקע לאחר פגיעת הרכב. מידע זה עשוי להידרש בניית תחומי המהירות

מידע שניתן לשאוב מהרכב(ים)

הנושא הכללי של בחינת הרכב נדון בספר הדרכת החקירות. 16 בפרק זה יידונו רק החלקים המתייחסים להולך הרגל. כללית, הנזק הנגרם לרכב בהתנגשות עם הולך הרגל הוא די שולי. בחלק מהמקרים, עליך להסתכל ולחפש בזהירות כדי למצוא את הנזק. לדוגמה המובאת בדוגמה 7 אין כמעט נזק נראה לעין לאזור הפגוש הקדמי בהשוואה לצילום המובא בדוגמה 8. יש נזק משמעותי לחלון הקדמי לרכב המוצג בדוגמה 7. שים לב בדוגמה 8 שהנזק נגרם באזור שני הפנסים הראשיים ומעל לשמשה הקדמית של הטנדר. הטבעות וסימני דם מהפגיעה בהולך הרגל ניתן למצוא לעיתים קרובות על הרכב. שים לב להטבעות של בד הבגד על הרכב בדוגמה 9. הבגדים שהותירו את ההטבעות מוצגים בדוגמה 10. על אותו רכב, הדם שנותר על מכסה תא המטען נתן התוויה כיצד נע הגוף כתוצאה מההתנגשות.

מידע מהפגיעות בהולך הרגל

לעיתים קרובות, נתונים טובים באשר לפציעות של הולך הרגל אינם זמינים. בהרבה תחומי שיפוט בארה"ב, לא מתבצעים ניתוחים שלאחר המוות כאשר הולכי רגל נהרגים בתאונות. מאוחר יותר, במידה ומתעוררות שאלות בהתייחס לאופן בו ארעה התאונה, יתכן ומאוחר מידי להשגת מידע על פציעות.

פציעות מתאונות רכב – הולכי רגל נדונות במקומות אחרים. 2,3,4,17,18,19,20,21,22, לדוגמה, Backaitis⁴ מסכם פציעות של התנגשות רכב- גוויה כאשר הנפגע "עומד" ונפגע על ידי מרכז רכב נוסע ופוגע בצד ימין של הגווייה. הגווייה נשמר יוצבה במצב עמידה באמצעות חוטים עיליים ששחררו מיד לפני המכה. מהירות הרכבים הייתה 40 קמ"ש (25 מייל/שעה) בעת המכה. המבחנים בוצעו במכונית די גדולה ובמכונית קטנה. כפי שהיה צפוי, נגרמו שברים ברגל (עצם השוקה – tibia ועצם השוקית – fibula). פציעות ראש היו חמורות יותר בפגיעה מהרכב הגדול. פציעות הולכי רגל עשויות להיגרם לא רק ממכת הרכב. אם הגוף נופל ו/או מחליק מרחק מסוים, חלק מהפציעות עשויות להיגרם מתגובת מגע הרכב בכביש במצב של לאחר ההתנגשות או מעקים ושטחי הפרדה.

אם אתה עובד על מקרה של הולך רגל קיימת השאלה כיצד קיבל הולך הרגל את פציעותיו, יהיה זה גם שימושי לבקש את חוות דעתו של פתולוג משפטי. אך זכור שיתכן שלפתולוג אין הבנה מלאה לגבי תנועת הולך הרגל כתוצאה מההתנגשות ברכב. אדם המבצע שיחזור יחד עם פתולוג עשוי לספק גישת צוות מעולה לפתרונות לשאלות המתעוררות.

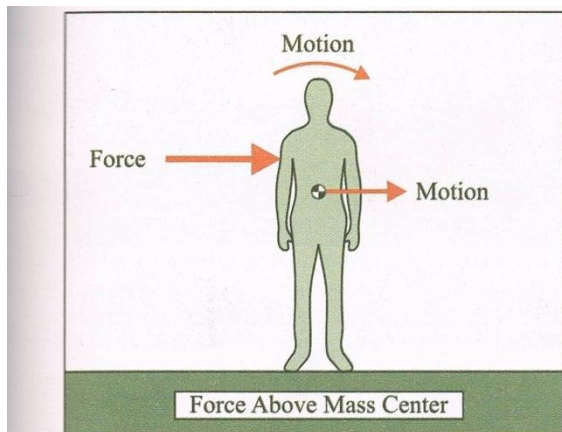


Exhibit 14. If the collision force applied on a body is above the center of mass, the body will rotate as shown.

דוגמא 14: אם הכוח המכה המופעל על הגוף מעל מרכז הכובד הגוף יסתובב כמודגם.

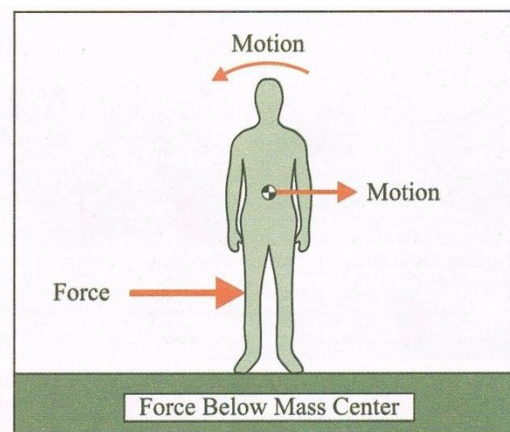


Exhibit 15. If the collision force is applied on a body is below the center of mass, the body will rotate as shown.

דוגמא 15: אם הכוח המופעל על הגוף נמצא מתחת למרכז הכובד הגוף יסתובב כמודגם.

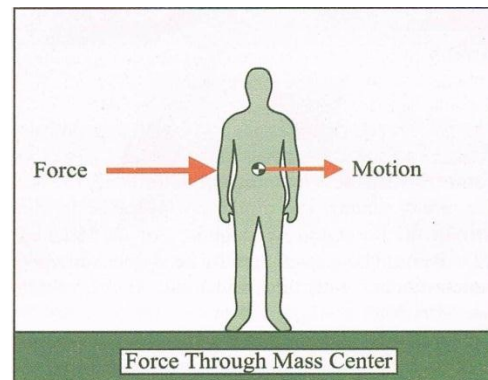


Exhibit 16. If the collision force is applied to a body at its center of mass, the collision force applies a translational force without rotation.

דוגמא 16: אם כוח המכה המופעל על הגוף במרכז הכובד שלו. כוח ההתנגשות הוא כוח העתקה. **תנועת הולך רגל כתוצאה מהתנגשות ברכב**

כל חפץ, הסופג מכה שלא במרכזו (כלומר על ידי כוח שאינו מכוון למרכז הכובד – מרכז המסה של החפץ), יסתובב ינוע בתנועה סיבובית כתוצאה מהמכה

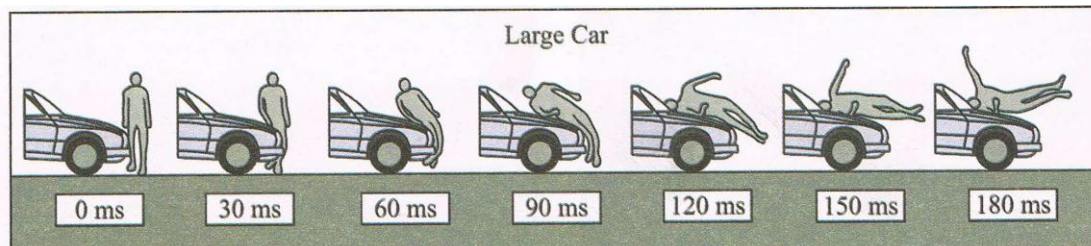


Exhibit 17. A large cadaver is shown being struck by a large car at 20 mi/h (32 km/h).⁴ Note how the body moves relative to the car.

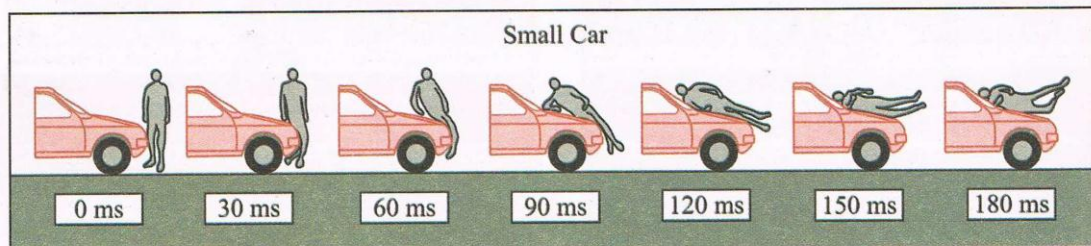


Exhibit 18. A smaller car is shown striking a cadaver at 20 mi/h (32 km/h).⁴ Compare this to Exhibit 17 and note how the body moves into the windshield.

דוגמה 17: גווייה גדולה נפגעת על ידי מכונית גדולה במהירות 32 קמ"ש.⁴ ראה כיצד הגוף נע יחסית לרכב. (הרצף מודגם במרווחי אלפיות שנייה – ms).

דוגמה 18: מכונית קטנה פוגעת בגווייה במהירות 32 קמ"ש.⁴ השווה זאת לדוגמה 17 ושים לב איך הגוף נע לתוך השמשה הקדמית. (הרצף מודגם במרווחי אלפיות שנייה – ms).

פגיעת ראש בתאונות רכב- הולך רגל נרשמו כגורם העיקרי לגרימת מוות.⁶ פגיעות ראש חמורות מתרחשות לעיתים קרובות בפגיעות רכבים במהירות 50 קמ"ש (30 מייל/שעה) או, גבוהות יותר.³ פגיעות ראש/פנים חמורות נגרמות לעיתים קרובות מפגיעת הרכב מאשר מפגיעה בכביש או הדרך.

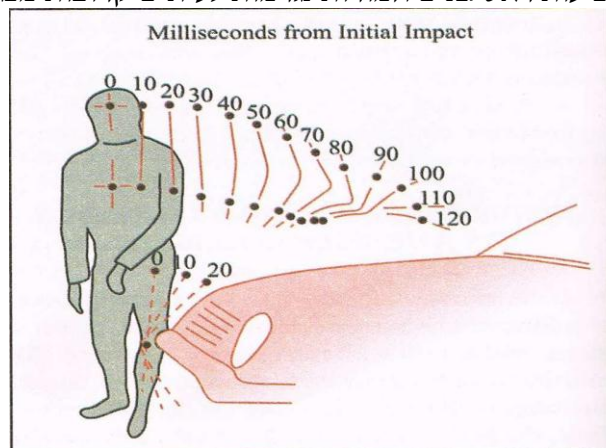


Exhibit 19. A large cadaver is shown here being struck by a small car at 26 mi/h (42 km/h).³ These data are similar to the results shown in Exhibits 17 and 18.

דוגמה 19: גווייה גדולה מודגמת מקבלת מכה על ידי רכב קטן

ב- 42 קמ"ש.³ נתונים אלו דומים לתוצאות המוצגות בדוגמאות

דוגמאות 17-19 נותנות התווייה כל שהיא של מסלולי התנועה הצפויים כתוצאה מהתנגשות רכב – הולך רגל. יש לשקול חקירה נוספת של מסלולי תנועה אפשריים נוספים של הולכי רגל. Ravani et al¹⁷ זיהו חמישה מסלולי תנועה קינטיים בסיסיים בתאונות חזיתיות; מסלולי עטיפה או, כריכה – wrap trajectories, השלכה קדימה – forward projection, קשת פגוש – fender vault, קשת גג – roof vault, והיפוך באוויר, סלטה – somersault.

תנועת הנפגע בקטגוריית "מסלולי עטיפה" – Wrap trajectory *

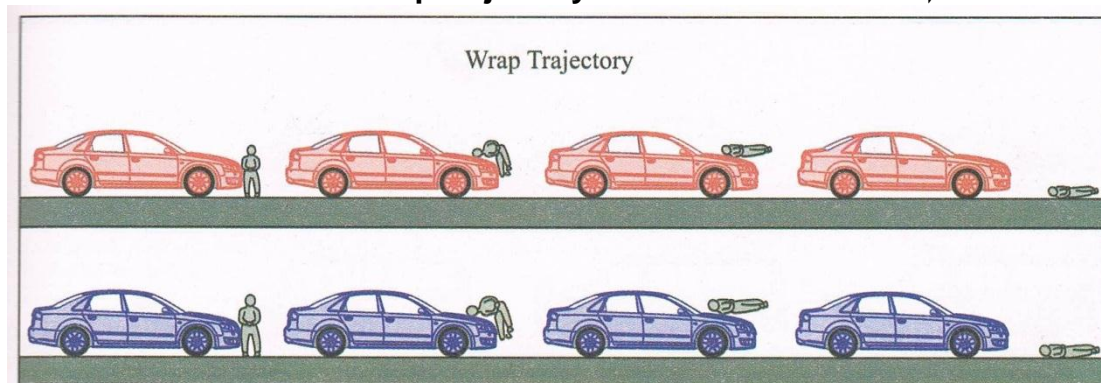


Exhibit 20. For a wrap trajectory, the pedestrian wraps over the vehicle as shown here. The head and upper torso bend over the vehicle as shown. The vehicle is most likely slowing at impact or just after impact.

דוגמה 20: עבור "מסלולי עטיפה", הולך הרגל נכרך על הרכב כמודגם לעיל. הראש והחלק העליון של הגוף מכופפים על הרכב. הדוגמה מדגימה מצב פגיעה ומצב מיד לאחר פגיעה מסלולי עטיפה 17 מודגמים בדוגמה 20. למעשה, הגוף מואץ להירות הרכב במהלך המכה. ההתנגשויות המתוארות בדוגמאות 17-19 שייכות להגדרת "מסלולי עטיפה". עבור רכב הבולם בחזקה (מקדם גרר כ-0.7), הגוף יחליק ממכסה מנוע הרכב כמודגם בדוגמה 21. החיכוך הקיים בין הגוף למכסה מנוע הרכב נמוך ממקדם הגרר של הרכב המאט. כך שהגוף מחליק ומתגלגל לעצירה. מסלול "השלכה קדימה" – forward projection, מתואר בדוגמה 22. הולך הרגל מושלך קדימה במהירות של תנועת הרכב הפוגע. הגוף נפגע באו מעל למרכז המסה. במידה והרכב בולם בחזקה כפי שנראה המצב בדוגמה 22, הגוף יגיע למנוחה מלאה בקדמת הרכב. חשוב מה היה קורה לו הולך הרגל שאינו נע במהירות היה נפגע במרכז המסה שלו כמודגם בדוגמה 23. הרכב לא בלם בחזקה בעת המכה במהלכה ולאחריה. עבור המקרה המודגם בדוגמה 23, הולך הרגל היה מתחת לרכב מפני שהגוף היה נופל לכביש לאחר המכה. עם המגע בכביש, הוא מאט עם מקדם גרר השווה למקדם החיכוך. אופיינית על משטח קשה, נקי ויבש נמצא שערך מקדם החיכוך יהיה 0.5. (מקדם גרר מוערך עבור גוף מחליק נדון בפירוט רב יותר בהמשך פרק זה). אם הגוף מאט בשיעור של 0.5 g והרכב ממשיך בתנועתו במהירות קבועה, הרכב עובר מעל הגוף (אלא אם כן חלק כלשהו של בגדי הנפגע נתפס בשלדת הרכב). אם רכב פוגע בהולך רגל במכה פחות או יותר ממורכזת, הגוף יואץ לאותה מהירות של הרכב. הגוף ייפול קדימה לכיוון הקרקע כאשר הכוח בין הגוף לקרקע יורד ל-0. גם הרגליים הנגררות על הקרקע יעודדו זאת.

מסלול השלכה קדימה – forward projection trajectory

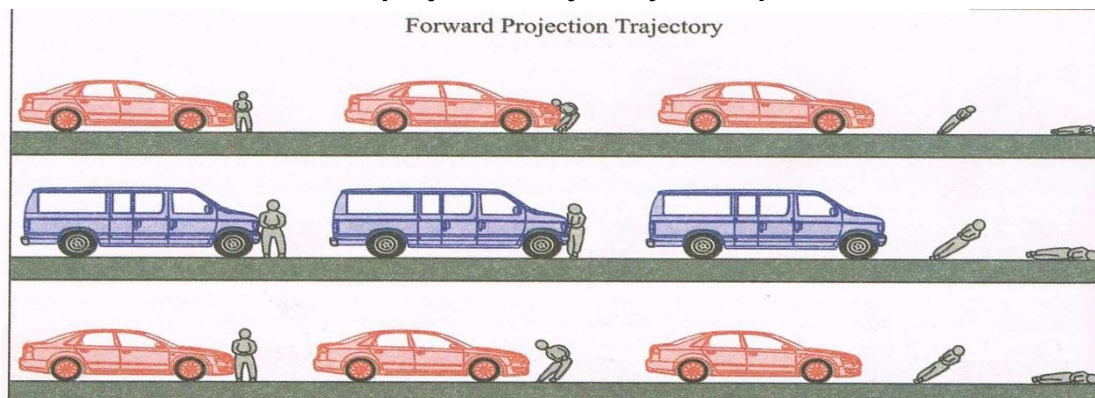


Exhibit 22. For a forward projection trajectory, the pedestrian is struck at or above his center of mass. The pedestrian is accelerated by the impact and then falls to the ground. With hard braking before or at impact, the pedestrian is projected forward of the vehicle.

דוגמה 22: במסלול השלכה קדימה, הולך הרגל נפגע ב/או מרכז המסה שלו. הולך הרגל מואץ על ידי המכה ולאחר מכן נופל לקרקע. במצב בלימה חזקה לפני או בעת המכה הולך הרגל מושלך קדימה מחזית הרכב והלאה.

מסלול קשת פגוש

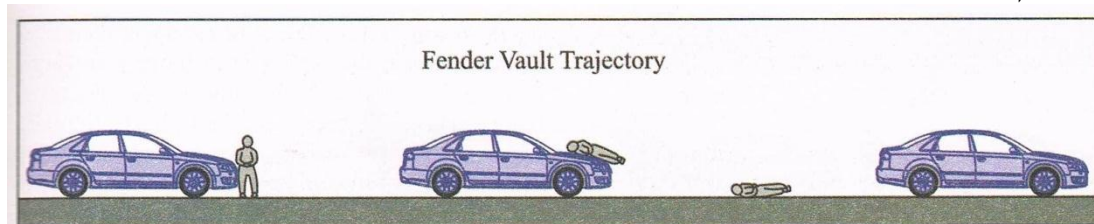


Exhibit 25. A fender vault trajectory typically has pedestrian contact at the corner of a vehicle. The pedestrian comes to rest to the side and/or to the rear of the striking car.

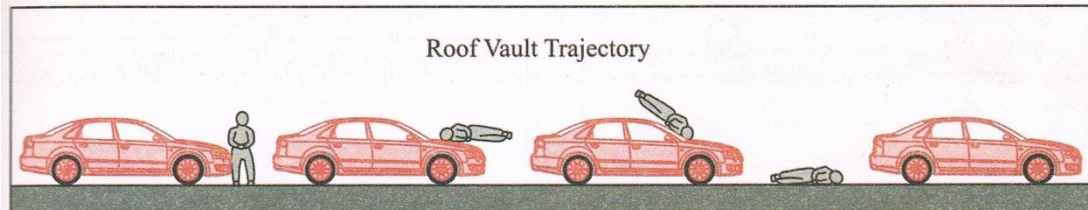


Exhibit 26. A roof vault shown here has the vehicle passing under the pedestrian. The pedestrian may strike the trunk lid as the body moves away from the car.

דוגמה 25: מסלול קשת פגוש אופיינית מתרחשת כאשר הולך הרגל נפגע מפינת הרכב. נקודת העצירה הסופית של הולך הרגל תהיה בצד הרכב הפוגע או מאחוריו.

דוגמה 26: מסלול קשת גג מודגם להלן כאשר הרכב נע מתחת לגוף הולך הרגל. הולך הרגל יכול לפגוע במכסה תא המטען כאשר הוא נע מעבר לרכב.

הקטגוריה השלישית של מסלולי תנועת הולכי רגל על פי Ravani¹⁷ הוא מסלול "קשת פגוש" (דוגמה 25). צורת מסלול זו יכולה להתרחש עם בלימה וללא בלימה של רכב פרטי. לעיתים קרובות הולך הרגל נפגע מפינת הרכב והולך הרגל נכרך על הרכב. ניתן לצפות שהגוף יגיעה לנקודת העצירה הסופית בצד הרכב ו/או מאחורי הרכב הפוגע. נזר הפגיעה המודגם בדוגמה 12 מעלה אפשרות של מסלול קשת פגוש של הולך הרגל.

הקטגוריה הרביעית של Ravani¹⁷ למסלולי תנועת הולכי רגל שנפגעו מרכב הוא מסלול "קשת גג" (דוגמה 26). הולך הרגל נפגע מתחת למרכז המסה שלו מורם כלפי מעלה לחלק העליון של השמשה הקדמית או גג הרכב. הגוף יכול לפגוע במכסה תא המטען כאשר הרכב עובר מתחת להולך הרגל.

הקטגוריה האחרונה ברשימת Ravani היא היפוך באוויר, סלטה - somersault¹⁷. קטגוריה זו היא הפחות שכיחה והיא מודגמת בדוגמה 28. הגוף מתהפך באוויר כמוודגם. זה למעשה מקרה מיוחד של מסלול עטיפה בו מהירות הרכב די גבוהה. לעיתים מתרחשת בתאונות רכב - הולך רגל קטיעת אברים. כדי שהדבר יתרחש נדרשת מהירות די גבוהה של הרכב. דוגמה 29 מדגימה מצב בו גוף הולך הרגל נחתך לשני חצאים עליון ותחתון. החלק העליון נע מעל הרכב והחלק התחתון נותר על הקרקע והרכב עבר מעליו. דוגמה 5 הראתה צילום בו מתוארת תנועת הולך הרגל. עבור מקרה זה, ברור שמהירות הולך הרגל לא תואץ למהירות בה נע הרכב. פגיעה מסוג זה מתוארת כפגיעה חלקית. פגיעה חלקית היא פגיעה בה אף אחד מהרכיבים המתנגשים אינו נע באותה מהירות.

מסלול היפוך באוויר – סלטה

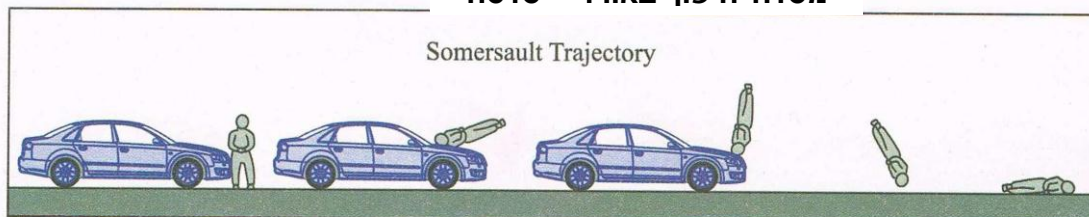


Exhibit 28. A somersault trajectory is illustrated. This is essentially a special case of a wrap trajectory where the body is projected upward.

דוגמה 28: מודגם מסלול היפוך באוויר – סלטה. למעשה זה מקרה מיוחד של מסלול עטיפה בו הגוף נע כלפי מעלה.

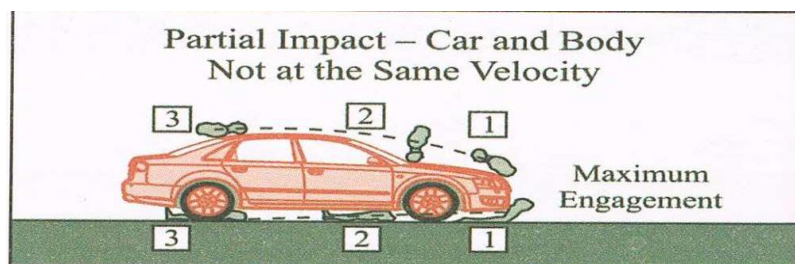


Exhibit 29. The collision between the body and the car is incomplete (partial) because the striking surfaces never attain the same speed. The car essentially “cuts” through the pedestrian. A real case where this has happened is shown in Exhibit 5.

דוגמה 29: ההתנגשות בין הגוף והרכב אינה מושלמת (חלקית) מפני שמשטחי המכה לא הגיעו לאותה מהירות. למעשה הרכב חותך דרך הולך הרגל.
הערכות מהירות רכב

הערכות מהירות רכב הכרוכות בתאונות הולכי רגל, לעיתים קרובות קשות לביצוע. מידע חשוב כגון: היכן התרחשה ההתנגשות, יתכן ולא תהיה זמינה. המרחק שהגוף החליק לאחר ההתנגשות גם הוא קשה לקביעה לעיתים קרובות. פעמים רבות, הרכב המעורב בתאונת רכב – הולך רגל, אינו מותיר סימני החלקה. ובאמת עם הגידול בפופולאריות של מערכות בלימה לא ננעלות ברכבים פרטיים, יהיה זה בלתי אפשרי לדעת מהסימנים על הכביש האם הרכב נבלם בחוזקה (למרות שבחלק מהמקרים ניתן לראות סימני צמיגים מרכבים המצוידים במערכות בלמים לא ננעלות).

החלקת הולכי רגל

אם המרחק שהולך רגל מחליק על הכביש (או משטח אחר) ידוע, המהירות אליה הוא הולך הרגל ניתנת לחישוב. מהירות זו תמיד תהיה כמעט תמיד נמוכה ואף פעם לא יותר גבוהה מזו של הרכב. הסיבה לכך ברורה. ברוב המקרים, ההתנגשות בין הרכב והולך הרגל אינה ממורכזת. עבור מקרים אלה, הגוף נע בתנועה סיבובית כתוצאה מההתנגשות.

הערכות מהירות בהתבסס על משוואת הנפילה

במידה וההתנגשות רכב – הולך רגל ממורכזת, ובמכה מלאה כמודגם בדוגמה 32, הגוף יואץ למהירות זהה לזו של הרכב תוך מרחק קצר מאד. כאשר הגוף והרכב מגיעים לאותה מהירות, הכוח ביניהם הופך לאפס והגוף נופל לכיוון הקרקע. החיכוך בין נעלי הולך הרגל והקרקע מיישם מומנט סיבובי לגוף, המוסיף גם הוא לתנועת הגוף לכיוון הקרקע. עבור המצב המתואר בדוגמה 32, הרכב אינו מעניק כל רכיב מהירות אנכי לגוף. לכן, לגוף תהיה רק תנועה אופקית לפני שהרכב והגוף ייפרדו.



Exhibit 32. If a standing adult pedestrian is struck by a fairly flat front vehicle such as a truck, van, or bus, he will be accelerated to the same velocity as the vehicle.

דוגמה 32: אם הולך רגל בוגר נפגע על ידי חזית רכב די שטוחה כגון: טנדר, וואן או, אוטובוס גופו יואץ למהירות זהה למהירות הרכב

Collins⁹ לקח את תיאור התרחיש המתואר לעיל ויישם את משוואת הנפילה ואת ההחלקה לעצירה כדי לפתח פתרון למהירות התחלתית של רכב עבור מקרה בו המגע הראשוני ונקודת העצירה הסופית של הולך הרגל ידועים, אך נקודת הנגיעה הראשונה בקרקע אינה ידועה. Collins מציע את טכניקת פיתרון האיטרציה (חזרות) כדי להגיע למהירות הרכב. מפני שישנן שתי משוואות ושני נעלמים, ניתן לפתור למציאת המהירות ההתחלתית של הרכב ללא איטרציות. אולם, הגישה האיטרצית, יכולה להיעשות מהר מאוד. על ידי שימוש במשוואת הנפילה:

(2)

$$v_i = d_f \sqrt{\frac{g}{2(d_f G - h)}}$$

ובמשוואת ההחלקה:

(1)

$$v_i = \sqrt{v_e^2 - 2ad_s}$$

כאשר:

V_i = מהירות התחלתית של הולך הרגל ($v_e = 0$) (מטר/שנייה או רגל/שנייה)

a = שיעור ההאטה של גוף מחליק (a = מטר/שנייה² או רגל/שנייה²)

g = תאוצת כוח המשיכה (9.8 מטר/שנייה² או 32.2 רגל/שנייה²)

h = גובה נפילת מרכז המסה. יהיה שלילי במידה והנחיתה מתחת לנקודת ההתרוממות (מטר)

G = אחוז השיפוע (עבור המצב הנוכחי $G = 0$)

d_f = מרחק אופקי (מטר או, רגל) הגוף עבר בעודו נופל.

D_s = מרחק אופקי (מטר או, רגל) שעבר הגוף בעודו מחליק.

בנוסף, המרחק הכולל מהמגע הראשון ועד לנקודת העצירה הסופית הוא:

(3)

$$d = d_s + d_f$$

על ידי סידור שתי המשוואות עבור מהירות שווה בשתייהן ושימוש במשוואה לעיל, d_f ניתן לפיתרון. לכן, המשוואות הכלליות לפתרון מהירות הרכב בעת המגע הראשון:

(4)

$$v = d_f \sqrt{\frac{-g}{2h}}$$

(5)

$$v = \sqrt{-2ad_s}$$

כאשר:

(6)

$$d_f = 2fh - 2h\sqrt{f^2 - \frac{s \times f}{h}}$$

(7)

$$d_s = d - d_f$$

התהליך שיש לעבור במקרה דומה למקרה הנוכחי הוא לחשב ראשית את מרחק הנפילה d_f ולאחר מכן לפתור עבור מהירות על ידי שימוש באחת המשוואות. הפיתרון עבור מקרה פשוט להלן. חישוב מהירות הנפילה צריך (ואכן, הוא) להיות שווה לחישוב ההחלקה.

מערך המשוואות הקודם צריך להישקל בזהירות לפני השימוש בו. זכור את מה שנאמר קודם לכן בהתייחס לתנועת הגוף. הגוף מאיץ למהירות הרכב. המהירות היחידה של הגוף כתוצאה מהתאונה היא אופקית. לכן, צריך להיות לך מקרה זהה לזה המתואר בדוגמה 32. רוב המקרים לא יהיו מסוג זה (כלומר, מצב בו משטח פחות או יותר אנכי הפוגע בהולך הרגל). כתוצאה מהתאונה על הגוף, מתפתח כוח גדול בין הרכב לגוף. פרק זמן התאונה קצר; ורק כאשר הגוף נע קדימה מספר אינטסים (פחות מעובי הולך הרגל). הכוח על הגוף ממורכז, כך שהגוף אינו מקבל תנועה סיבובית כתוצאה ישירה מההתנגשות. מרגע שהולך הרגל מגיע למהירות הרכב, נעצרת האצת הולך הרגל והכוח בינו לבין הרכב הופך ל-0. לאחר מכן הרכב מאט, הולך הרגל, כאשר קיימת רק התנגדות האוויר מאטה את תנועתו, ממשיך לנוע קדימה במהירות קבועה, כשהוא נפרד מהרכב. מאחר ואינו נתמך על ידי החיכוך עם הרכב, הולך הרגל מתחיל ליפול. רגלי הולך הרגל מתחילות להיגרר על הכביש (הדרך) והגוף ממשיך בתנועה קדימה. הגרירה המועטה של הרגליים גורמת לגוף להסתובב סביב ציר רוחבי – כלומר הגוף נוטה קדימה ולאחר מכן מכה בכביש לצד ההפוך למכת הרכב.

כל תנועה של הולך הרגל לרוחב קידמת הרכב לפני המכה מעוכבת עם קבלת המכה כתוצאה מכוחות החיכוך הגדולים בין הרכב להולך הרגל. במידה והגלגלים הקדמיים של הרכב מחליקים ברגע המכה, תנועה רוחבית של הולך הרגל עשויה ליצור מעט החלקת צד של הצמיגים המחליקים ואי סדירות תואמת, קלה בסימני ההחלקה. אי סדירות זו עשויה להיות ההתוויה הטובה ביותר לגבי מיקום הרכב בעת המגע הראשון.

עבור המשוואות שפותחו לעיל, ההנחה היא שהולך הרגל נמצא לגמרי באוויר עד שהוא מכה בפני שטח הכביש ומתחיל להחליק? כפי שצוין קודם לכן, הגוף יינטה ליפול קדימה. אולם, רק חלק קטן של משקל הולך הרגל נשען על רגליו בפרק זמן זה. במידה ומרחק הנפילה מתקצר בשל גרירת הרגליים, מרחק ההחלקה יגדל. אך, מרחק ההחלקה המחושב יהיה קצר יותר ממה שעשוי היה להיות. ולכן, ההנחה של נפילה חופשית שאחריה באה החלקה נראית מתאימה, לפחות כאשר קיימת אפשרות לטעויות בקביעת ערכים למשתנים השונים, במיוחד כאשר נשקלים ערכים כגון: גובה מרכז המסה של הולך הרגל ומקדם הגרר שלו.

הלכה למעשה מציאת מיקום המצב הסופי של הגוף קלה, אך מיקום המקום בו נפגע הולך הרגל קשה. דם או רקמות גוף תמצאנה בנקודה זו. יתכן ויהיו סימני שפשוף מהנעליים, אך אלו קשים לגילוי. לעיתים משקיים, כובעים ארנקים או נעליים נותרים מאחור כדי לסמן את הנקודה. לעיתים, עד ראיה ישביע רצון לזיהוי נקודת המכה. כפי שצוין קודם לכן, אי סדירות קלה בסימני ההחלקה יהיו כנראה הסימן הטוב ביותר באשר למיקום צמיגי הרכב בעת שפגע בהולך הרגל. במידה והרכב אינו מאט בעת הפגיעה בהולך הרגל, הכוח בין הגוף והרכב יורד ל-0 כאשר הגוף מגיע למהירות הרכב. השניים אינם נפרדים אלא ממשיכים לנוע יחד קדימה. כאשר הלחץ ביניהם משתחרר (מפני שהגוף שוב אינו מאיץ), הגוף נופל לקרקע בקדמת הרכב. חיכוך עם הכביש (דרך) מאט את הגוף אך הרכב ממשיך בתנועתו ועובר על הגוף השרוע על הקרקע. לא ניתן להעריך את מהירות הרכב על ידי נפילת והחלקת הולך הרגל אלא אם כן בהמשך מועלות הנחות המוטלות בספק. במידה והכוח המופעל על הולך הרגל מתחת למרכז המסה שלו, כמו כאשר הרכב פוגע בהולך רגל בוגר, המכה בדרך כלל חלקית, הולך הרגל עשוי להיזרק על מכסה המנוע ומעל הרכב. החלקת הולך הרגל לכן ניתנת לשימוש להערכת מהירות הרכב אך רק לחלק מהמהירות. נפילת הולך הרגל קשה, אם לא בלתי אפשרית, להערכת, מפני שאין לדעת מאיזה גובה נפל הולך הרגל או, זווית ההתרוממות מהקרקע.

הערכות מהירות בהתבסס על הנזק לרכב

כאשר גופים נפגעים על ידי רכבים, תנועת הגוף הנובעת מכך יכולה להיות שונה כאשר לוקחים בחשבון את גודל הולך הרגל, פרופיל הרכב ומהירות הרכב. הדבר מסבך את חיזוי מהירות הרכב כאשר לוקחים בחשבון רק את הנזק שנגרם לרכב. למסלולי השלכה קדימה ומסלול עטיפה, פרופילי המכונית הפרטית מחולקים לשני סוגים חזית נמוכה וחזית גבוהה. ניתן להגיע למספר מסקנות בהתייחס לנזק הרכב בהתבסס על נתונים. כללית, ככול שלרכב יש יותר נזק ממכת הולך הרגל, תהיה מהירות הרכב בעת המגע הראשון גבוהה יותר. ישנם, כמובן, יוצאים מן הכלל למסקנה זו. לרכב (ראה דוגמה 33) שגרם לחיתוך הגוף לשניים בדוגמה 5 היה יחסית נזק קטן. ברור שיש לנקוט זהירות בכל מקרה בו נעשה שימוש בנזק לרכב להעלאת הנחה לגבי מהירות הרכב בעת הפגיעה הראשונה בהולך הרגל. ²³Happer et al לקח בחשבון נזק אנכי שדווח בספרות הטכנית על קטגוריות השלכה קדימה ומסלול עטיפה. טבלאות אלו מובאות בדוגמאות 34 ו-35.

הטבלה בדוגמה 34 מסכמת את הנזק הצפוי לרכב עוצר כשהתוצאה מסלול השלכה קדימה של הולך הרגל. מאפייני הנזק לרכב מהשלכה קדימה בטבלה בדוגמה 34 מאד כלליים. להשלכה קדימה יש תנועה מעטה של הולך הרגל מעל לרכב. כך שהנזק מתרכז בחזית הרכב. יש לצפות ליותר נזק ממהירות גבוהה יותר.

הטבלה בדוגמה 35 היא עבור הולכי רגל שתנועתם לאחר הפגיעה היא במסלול עטיפה. כאשר רוב הרכבים בולמים לפני המכה. חלק מהנתונים נכללו עבור רכבים שלא בלמו. עבור רכבים שלא בלמו, הולכי הרגל עשויים לעבור מעל לגג הרכב. סיכומי הנזקים עבור הטבלה בדוגמה 35 הם עבור רכבים בולמים ולא בולמים עם חזית נמוכה או גבוהה

סיכום הנזק הכללי	מהירות רכב מוערכת בעת המכה
סמני ניקוי השטח	>20 קמ"ש (12.4 מייל/שעה)
שפת ההתקפה של מכסה המנוע מכופפת, מעוותת בחזית הרכב	35 קמ"ש (21.7 מייל/שעה)
מרכז מכסה המנוע מכופף	60 קמ"ש (37.2 מייל/שעה)

דוגמה 34: להלן סיכום נזק צפוי לרכב במסלול השלכת הולך רגל קדימה.

סיכום הנזק הכללי	מהירות רכב מוערכת
סמני ניקוי שטח	>20 קמ"ש (12.4 מייל/שעה)
מגע ראש קרוב לקצה התחתון של השמשה הקדמית כאשר מרכז המסה של הולך הרגל 60 ס"מ (23.6 אינץ') מעל מכלול הפגוש של רכב עם חזית נמוכה ; אחרת, מגע ראש ליד אמצע מכסה המנוע לרכב והולך רגל בגודל בינוני. מגע גוף על הגג כאשר מרכז המסה של הולך הרגל 85 ס"מ (33.5 אינץ') מעל מכלול הפגוש של רכב עם חזית נמוכה.	25 קמ"ש (15.5 מייל/שעה)
מגע ראש בחלק של שפת הזרימה של מכסה המנוע או הכיסוי האחורי ; מעט עיוות במכסה המנוע עצמו.	25 עד 40 קמ"ש (15.5 to 24.8 mi/h)
מגע ראש ליד הקצה התחתון של השמשה הקדמית עבור מכות נמוכות משמעותית מתחת למרכז המסה של הולך הרגל (כ- 50 ס"מ או 19.7 אינץ') (כלומר, רכב בולם עם חזית נמוכה אופיינית)	40 קמ"ש (24.8 מייל/שעה)
כיפופים מוגדרים בבירור על חלקי הרכב.	40 עד 50 קמ"ש (24.8 עד 31 מייל/שעה)
מגע ראש קרוב לקצה התחתון של השמשה הקדמית כאשר מרכז המסה של הולך הרגל 40 ס"מ (15.7 אינץ') מעל מכלול הפגוש של רכב עם חזית נמוכה. מגע גוף על הגג כאשר מרכז המסה של הולך הרגל 60 ס"מ (23.6 אינץ') מעל מכלול הפגוש של רכב עם חזית נמוכה.	50 קמ"ש (31 מייל/שעה)
מגע ראש ליד אמצע השמשה הקדמית עבור רכב בולם עם חזית נמוכה אופיינית	50 עד 55 קמ"ש (31 עד 34.1 מייל/שעה)
מגע ראש קרוב לקצה התחתון של השמשה הקדמית כאשר שפת ההתקפה של הרכב ליד מרכז המסה של הולך הרגל	60 קמ"ש (37.2 מייל/שעה)
כיראה יותר מגע גוף בגג הרכב	<60 קמ"ש (37.2 מייל/שעה)
מגע ראש ליד המסגרת העליונה של השמשה הקדמית ; עיוות משמעותי למשטחי גוף הרכב	70 קמ"ש (43 מייל/שעה)
מגע אגן הירכיים בגג ; עיוות בגג (רכב לא בולם).	80 קמ"ש (49.6 מייל/שעה)

דוגמה 35: להלן סיכומי הנזקים הצפויים לרכב לתאונות עם מסלול עטיפה של הולך רגל (סימוכין 23) ערכים אלו רק מציעים מהירויות ויש להשתמש בהם בזהירות.

הערכות מהירות בהתבסס על פציעות הולכי רגל

כללית, נתוני פציעות אינם התווייה של מהירות רכב למקרה ספציפי. כאשר מקרי רכב – הולך רגל מקובצים יחד לצורך מחקר ניתן לצפות במספר מגמות. בהתבסס על סקירת נתונים, Happer et al23 הגיע למסקנות לגבי המגמות הבאות:

1. ככול שמהירות הרכב הפוגע גבוהה יותר כך גדלה חומרת פציעת הולך הרגל.
 2. מכת הרכב בהולך הרגל חמורה יותר מאשר המכה הנובעת מנפילת הולך הרגל, לאחר מכת הרכב, בקרקע האוכלוסיות בסיכון הגבוה ביותר הן ילדים ואנשים מבוגרים.
- המחקר של Happer et al23 אכן זיהה מגמות פציעה מגדריות המשויות למהירות רכב והטבלה בדוגמה 36 מתייחסת אליהן. אלו הם תיאורי פציעות מאד כלליים והמסקנות שניתן להפיק מבוססות על פציעות הולכי רגל רק מציעות טווחי מהירות.

מהירות רכב מוערכת בעת המכה	תיאור כללי של הפציעה (הערכה סובייקטיבית)
>20 עד 25 קמ"ש (12.4 עד 15.5 מייל/שעה)	פציעות קלות
30 עד 50 קמ"ש (18.6 עד 31 מייל/שעה)	פציעות בינוניות או, חמורות; אולם, אך לא מסכנות חיים
<55 קמ"ש (34.1 מייל/שעה)	פציעות חמורות בסבירות לגרימת מוות.

דוגמה 36: להלן סיכום פציעות צפויות של הולך רגל (סימוכין 23) ערכים אלו רק מציעים מהירויות ויש להשתמש בהם בזהירות

הערכות מהירות בהתבסס על מרחק השלכה

הערכות מהירות רכבים לתאונות רכב – הולכי רגל החלו החל משנות ה-70 של המאה ה-20. פותחו משוואות בניסיון לכמת את מהירות הרכב במגע הראשון עם הולך הרגל. ניתן לחלק את המשוואות לשתי קטגוריות; מתמטיות ואמפיריות. המשוואות המתמטיות מתארות את תנועת הולך הרגל מהמגע הראשון, האפשרות שהוא נישא על גבי הרכב, התנועה שלו באוויר בזווית היפרדות כל שהיא מהרכב, ומחלק/מתגלגל עד לנקודת העצירה הסופית. המשוואות (1), (4) ו- (6) הן משוואות מתמטיות וניתן להשתמש בהן, בהתאם לנסיבות מתאימות, לצורך הערכת מהירות רכב. אלו משוואות מתמטיות שאינן מבוססות על נתונים אמפיריים, מלבד מקדם הגרר.

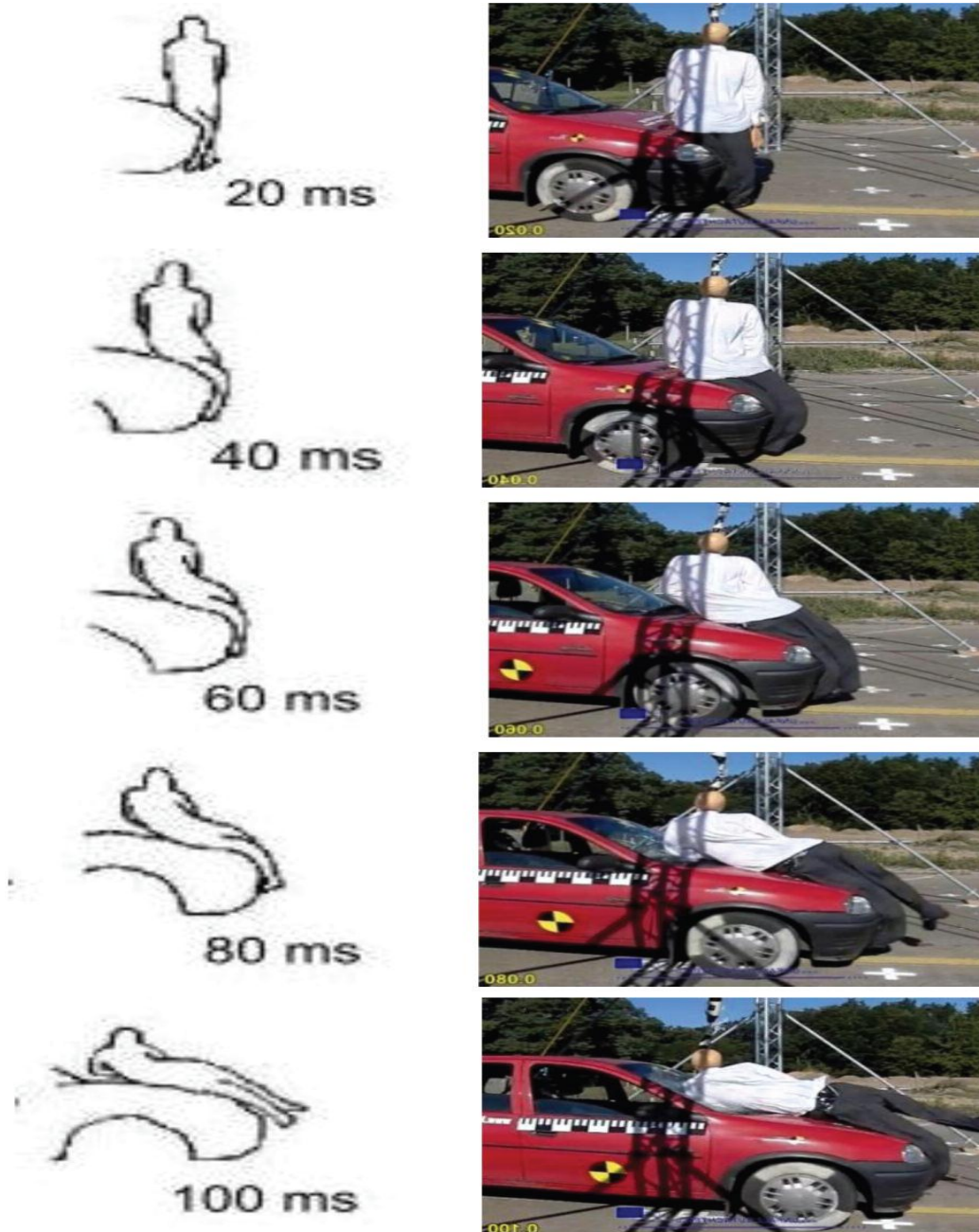
ברור, שתנועת הולך הרגל חייבת להיות ידועה לפני שניתן ליישם את המשוואה. פותחו משוואות מתמטיות אחרות להערכת מהירות רכב בתאונות רכב-הולך רגל. 9, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. עבור מסלול השלכה קדימה של הולך רגל, יהיה צפוי שלגוף תהיה מהירות קרובה מאד לזו של הרכב הפוגע. אמנם זוהי ההנחה כאשר משתמשים במשוואות (4) ו- (6). לדוגמה, עבור התנגשות כגון זו המודגמת בדוגמה 32 בה המכה אינה מפנית הרכב, יהיה צפוי שהגוף יואץ למהירות הרכב. עבור מסלול עטיפה ומסלול קשת פגוש של הולך רגל לא צפוי שגוף הולך הרגל יואץ למהירות הרכב. לעיתים קרובות גורם יעילות ההשלכה נכלל כדי לקחת בחשבון תנאי זה. 27, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. הינו היחס בין מהירות הולך הרגל למהירות הרכב. היחס שבין גובה שפת ההתקפה של מכסה המנוע למרכז המסה של הולך הרגל משמש לעיתים לפיתוח היחס הזה. המהירות המחושבת מחולקת ביחס המתקבל, שערכו פחות מ-1, כדי לקבל את המהירות הגבוהה יותר של הרכב. המשוואות השונות נותנות ערכים שונים בהתבסס על מרחקי השלכה. נכון, שההבדלים בין המשוואות יכולים להיות די משמעותיים. כאשר נדונות המשוואות בכתות של המרכז לבטיחות הציבור, שואלים הסטודנטים מה היא התשובה "הנכונה". כמובן, שזוהי הבעיה. כללית, המשוואות עבור מדגם גדול של נתונים מנבאות את מהירות הרכב. אך האם המהירות המחושבת עבור מקרה ספציפי היא אכן הנכונה? חלק מבעיות נובעות בבירור במורכבות יחסי הגומלין בין הולך הרגל לרכב. גודלו של הולך הרגל ומבנה חזית הרכב הפוגע נותנים תנועת הולך רגל שונות לאחר המגע הראשון. כמובן שקיימת בעיה ניכרת אחרת שהיא מהו הערך שיש להשתמש עבור מרחק ההשלכה. מרחק ההשלכה מוגדר כמרחק מהמגע הראשון לנקודת העצירה הסופית של הולך הרגל. נקודת העצירה הסופית אינה קשה לקביעה. אך מיקום המגע הראשון כמעט תמיד אינו כה ברור.

השימוש במשוואות המתמטיות והאמפיריות עבור מקרה ספציפי עשוי שלא להניב תשובות טובות יותר מאשר השימוש בנוק שנגרם לרכב (דוגמאות 34 ו-35) ופציעות הולכי הרגל.

8.7 ניסוי בחינת נזק לרכב בפגיעה בבובת ה"ר.³³

ניסוי שנערך בבראנדנבורג גרמניה בחן פגיעת רכב פרטי קטן (אופל קורסה) בבובת ה"ר (נזקים, קינמאטיקה וזמנים) במהירות 53 קמ"ש שתועד במצלמות וב- אי.די.אר. (מקלט נתוני אירוע ברכב) כאשר הרכב לא בלם לפני הפגיעה אלא תועד בולם 0.4 שנייה אחרי האימפקט. (מתוך מגאזין אימפקט 2013).

קינמאטיקת בובת דמי ה"ר בפגיעת רכב פרטי משפחתי קטן במהירות 53 קמ"ש



0.1 שנייה

קינמטיקת הבובה 0.5 שנייה אחרי אימפקט.

³³ Construction and testing of a pedestrian dummy for realistic vehicle damage in experimental simulations of car vs pedestrian collision by Dr. Michael Weyde, Steffen Jager and Mirko Knapes
Impact • Summer 2013



תמונה 23: צילום הרכב ותיעוד הבובה 0.5 שנייה אחרי האימפקט 0.1 שנייה אחרי בלימה.

הנזק לרכב



תמונה 25 ו- 28 –הנזק שנגרם לרכב (אופל כורסה) בפגיעה בבובת דמי במהירות 53 קמ"ש.

8.8 מציאת מרכז כובד

מציאת מרכז כובד הינו חיוני בחישוב הערכת מהירות עפ"י הטלה , מציאת מרכז הכובד בגוף הולך הרגל חיוני לצורך הערכת מהירות עפ"י מיקום ניפוץ השמשה וכן לצורך חישוב יעילות הטלה בהטלת מעטפת ועוד. ישנם דרכים שונות למציאת מרכז הכובד.

ישנם שיטות שונות לחישוב ומציאת מרכז הכובד בגוף הולך הרגל. שניידר והרמנס במחקרם ממקמים את מרכז הכובד בסמוך לחוליה השלישית בעצם הזנב.³⁴ ווד ממוקם את מרכז הכובד ב-57% מגובה הולך הרגל כולל גובה סוליות הנעל. דרייפוס ממקם את מרכז הכובד ב-55% מגובה הולך הרגל כולל גובה סוליות הנעל. אך אינו מתייחס לנשים.

4. Pedestrian Collision Investigation

163

4.46, the two females would undergo forward projections. The young boy's center-of-mass is lower than the bottom edge of the front bumper. As a result, he would be projected down onto the ground and would be run over if the vehicle were not braking at impact.

Pedestrian's center of mass. There are different methods of determining a pedestrian's center of mass height. Snyder⁵¹ and Hermance⁵² described the center of mass as being located at the third sacral vertebrae. Wood⁵³ defines the center of mass at 57% of the overall body height plus shoe heel height. Spitz⁵⁴ located the center of gravity (mass) of a standing adult in a horizontal plane at the level of the anterior superior iliac spine. This is below the waistline and just below the brim of the pelvis. Dreyfuss⁵⁵ locates the center of mass of a male at 55% of the overall height; however, he does not list the center mass for females. Finally, an SAE publication⁵⁶ describes data collected from 4127 infants, children and youths up to age 18. A similar publication is being developed for persons over the age of 18 years old.

Body segments—weight. Webb and Associates developed weights for segments of the human body, as seen in the table below.⁵⁷

³⁴ שחזור תאונות דרכים פגיעה בהולך רגל הוצאה שנייה ג'רי יובנקס ופול היל פרק 4 סעיף 6 עמוד 156.

4. Pedestrian Collision Investigation

161



Figure 4.43



Figure 4.44

8.9 סיכום והנחיה לשימוש הערכת מהירות רכב עפ"י מרחק הטלת ה"ר / רוכב הנחיית מדור ת"ד 15/2015:

1. סיכום המחקרים שהוצגו בחוברת זו (**חוברת**: להלן חוברת הדרכה הנחית מדור 15/15) מלמד כי בחלק מהמחקרים הישנים ישנה החרגה בעת הערכת מהירות הרכב ע"פ מרחק הטלה, כאשר הרכב לא בולם. אולם במחקר המתקופ של אנטק הנדסה מאמר מס' 19 ובמחקר המתקופ שנערך שנה לאחריו - **השוואה בין פתרונות תיאורטיים מול פתרונות אמפיריים** הגיעו החוקרים למסקנה כי **שימוש במשוואות המופיעות במאמר ד' בחוברת זו ייערך לגבי רכבים אשר ידוע כי בלמו לפני האימפקט, או מיד לאחריו**. היתרון במודלים האמפיריים הוא כי הם נוחים ליישום בהתנגשויות אשר התרחשו במציאות, ובייחוד כאשר ניתן לבנות מודל מנסיבות ההתנגשות על ידי ערכי משתנים ממוצעים או טיפוסיים.
2. מחקר שנעשה בשנת 2008 בגרמניה בנושא התנגשויות במהירויות גבוהות של מכוניות נוסעים ברוכבי-אופניים הגיעו למסקנה כי ניתן לערוך חישוב מהירות לפי הטלה כשרכב לא בולם במהירויות גבוהות מעל 50 קמ"ש. היות וההשפעה של נשיאת ה"ר/רוכב משפיעה על מרחק ההטלה רק במהירויות נמוכות מתחת ל-50 קמ"ש. **לפיכך, בתאונות שבהן מעורבים רוכבי אופניים ויש אינדיקציה נוספת (עדות נהג, מעוף שברי רכב וכו') להערכת מהירות רכב הגבוהה מ-50 קמ"ש, ניתן לערוך שימוש במשוואה גם אם הנהג לא בלם כלל.**
3. במחקר נוסף הערכת מהירות של רכב מסוג MPV והולך הרגל בהתבסס על מבחני התנגשות של 25-2014 EVU נקבע כי ניתן להשתמש באופן מלא בכל המשוואות במידה והרכב מתחיל לבלום ברגע הפגיעה.
4. **זיהוי סוג ההטלה**: בעת הגעת בוחן לזירת תאונת דרכים מסוג פגיעה בהולך רגל על הבוחן לאבחן על סמך הממצאים בזירה ותצורת הנזק ברכב, נתוני הרכב (גובה חזית קצה מוביל, גובה ואופן המגע עם השמשה הקדמית) ונתוני ה"ר כפי שמפורט בחוברת זו, את סוג הטלת הולך הרגל. הטלה מסוג מעטפת, הטלה קדמית, או מסלול קימור בפגיעה בפגוש שנקרא גם קשת פגוש (פגיעה פינתית).
5. **איסוף ממצאים בזירה**: בעת תיעוד ואיסוף הממצאים בזירת תאונה פגיעה בה"ר על הבוחן לתעד נתונים שונים שישמשו אותו לצורך הערכת מהירות הרכב כמו: זיהוי מקום האימפקט, מקום סופי של שכיבת ה"ר = מרחק הטלה, משקל ה"ר, גובה ה"ר, גובה חזית קצה מוביל של הרכב, או גובה פגוש (טמבון, מגן קדמי) מהקרקע, גובה ניפוץ השמשה, תיעוד מסלול הטלת ה"ר – שאריות ביולוגיות, שריטות וחפצים, סימני ניגוב אבק, נזק וכיוון נזק ועוד. יחד עם זאת, מרכיב חשוב שעל הבוחן להתייחס אליו בשימוש בנוסחאות ההטלה הינו האטת הרכב/ בלימה בזמן הפגיעה או מיד לאחר הפגיעה.
6. **מציאת מרכז כובד ה"ר**: על הבוחן למצוא מיקום מרכז הכובד של ה"ר כמפורט בתקציר. (גובה מרכז הכובד של ה"ר הינו 56% מגובה סה"כ ה"ר)

$$H_{כ.מ} = 0.56 \times h \text{ ר"ה}$$

7. שימוש הבוחן במשוואות להערכת מהירות עפ"י מרחק הטלה פגיעה עם רכב פרטי =

השימוש במשוואה להערכת מהירות רכב עפ"י הטלת ה"ר : לאחר אבחון וזיהוי סוג ההטלה אנו נשתמש במשוואות המתאימות לסוג הטלה שמצאנו³⁵ (במשוואות 1-3 השוואה בין פתרונות תיאורטיים מול פתרונות אמפיריים [מאמר ד' בחוברת] של אינטק הנדסה). מחקר זה של אינטק הנדסה הינו תיקוף של מחקר מס' 19 של אינטק הנדסה **מצ"ב שלושת המשוואות לשימוש לפי סוג ההטלה מהמודל החדש פתרונות תיאורטיים מול פתרונות אמפיריים עבור התנגשויות בין כלי רכב לבין הולכי רגל.**

הטלה קדמית

$$V_{קמ"ש} = 8.25 \times S^{0.61}$$

מרווח צפי 85% כ- 7 קמ"ש +/-
מרווח צפי 95% כ- 12 קמ"ש +/-

מודל מסלול מעטפת:

$$V_{קמ"ש} = 9.84 \times S^{0.57}$$

מרווח צפי 85% כ- 5.8 קמ"ש +/-
מרווח צפי 95% כ- 9.2 קמ"ש +/-

משוואת מרחק הטלה משולב :

$$V_{קמ"ש} = 9.19 \times S^{0.59}$$

מרווח צפי 85% כ- 6.5 קמ"ש +/-
מרווח צפי 95% כ- 10.2 קמ"ש +/-

הערה : מרווחי צפי/חיזוי של 85% מהמקרים הינו במקרים בהם מאזן ההסתברויות הינו מתקבל על הדעת. במקרים הנפוצים כאשר מדובר בכביש ללא שיפוע משמעותי, לא בכביש המצופה שכבת קרח ובמצבים הנורמליים של האטה או בלימה לפני האימפקט או מיד לאחריו. אף על פי כן, יתכנו מקרים בהם החיזוי של האחוזון השמונים וחמישה לא יהיה מתאים. באופן טיפוסי, סביר להניח כי מקרים אלו יתקבלו מנתונים אשר אינם וודאיים. במקרים חריגים אלו מרווחי החיזוי של האחוזון החמישי והתשעים וחמישה יכללו.

8. **יעילות הטלה :** ניתן לחשב **יעילות הטלה**. בהטלה מסוג מעטפת הפרמטר לשכלול יהיה גובה ה"ר ובהטלה קדמית משקל ה"ר.

(לא נידרש לערוך חישוב של יעילות הטלה כאשר משתמשים במשוואות בסעיף 7 לעיל).

- חישוב יעילות הטלה בהטלת מעטפת הינו היחס שבין גובה קצה עליון של רכב לבין מרכז הכובד של הולך הרגל :

³⁵ Theoretical vs. Empirical Solutions for Vehicle/Pedestrian Collisions
Amrit Toor and Michael Araszewski INTECH Engineering Ltd Copyright © 2003 SAE
International 2003-01-0883

$$\text{יעילות} = \frac{H_v}{H_p} = \frac{\text{קצה עליון}}{\text{מרכז כובד}} * 100\% = \text{יעילות הטלה}$$

- חישוב יעילות הטלה בהטלה קדמית הינו היחס שבין מסת הרכב לבין מסת הרכב וה"ר.

$$\text{יעילות הטלה} = \frac{M_v}{M_v + M_p} \times 100\%$$

$$M_v = \text{מסה של הרכב} \quad M_p = \text{מסה הולך רגל}$$

³⁶ משחזר תאונות הדרכים איננו נדרש לקחת בחשבון את מידת יעילות ההטלה או את מקדם חיכוך האוויר כאשר הוא עורך חישוב בהסתמך על המשוואות הקיימות בסעיף 7 דלעיל יעילות ההטלה מגולמת בנוסחאות באורך מובנה.

9. בעת טיפול בתיק חקירת ת"ד מסוג הצמדה (מדור) בו הבוחן לא היה בזירה בזמן אמת ויש חוסר בנתונים המפורטים בסעיף 7 לעיל מומלץ לערוך חישוב של מהירות לפי מרחק הטלה לפי הנוסחה המשולבת או לפי המשוואה הממוצעת של סמית ופוסטר:

$$V_{\text{מוצעת}} = 3.6\sqrt{s}$$

שימוש במשוואה זו עשויה להיות יעילה ביותר כאשר יש חוסר בנתונים, או בבימ"ש על דוכן העדים (כאשר לא בוצעה הערכת מהירות ונתון זה מתבקש ע"י בימ"ש) על מנת לספק הערכת מהירות של הרכב.

10. חישוב מהירות רכב עפ"י מרחק הטלת רוכב אופניים.

עפ"י המחקר "השימוש במרחקי הטלה של הולכי רגל ורוכבי אופניים כחלק משיטת שחזור תאונות מדעית" שנערך ע"י ד. אוטה היחידה לחקר תאונות האוניברסיטה הרפואית של האנובר, גרמניה נמצא כי המשוואה הבאה משקפת מהירות הרכב בעת אימפקט.

$$w / V_m = \sqrt{2 \times A \times S}$$

עם הסייגים הבאים:

- פגיעת חזית הרכב באחור האופניים- רוכבי אופניים הנוסעים במאונך לכיוון הנסיעה של הרכב. (האופניים נוסעים באותו כיוון נסיעה)
- ללא פגיעה פינתית בחזית הרכב באזור של 20 ס"מ בסמוך לקצה דופן הקדמי של הרכב
- גובה הגוף האנושי הינו מעל 1.50 מ'

³⁶ מאמר מס' 12 "שיטות ניתוח מקיפות עבור התנגשות רכב להולך רגל" אינטק הנדסה

- מהירות הרכב הינה גדולה ממהירות האופניים בעת הפגיעה .
 בנוסחה המצורפת לעיל ההאטה הממוצעת של ה"ר הינה כאשר הערך הממוצע היה
 0.529 תחת טווח ביטחון של 97.5%. (ראה הרחבה בנושא זה בחוברת הדרכה בנושא
 חקירה ושחזור תאונות דרכים בהן מעורבים אופניים ואופניים חשמליים הנחיית מדור
 07/2015).

11. **פגיעה פינתית**- הספרות המקצועית מציינת במחקרים שונים כי בפגיעה פינתית ה"ר אינו
 מאיץ וצובר את מלוא מהירות הרכב . לכן כאשר אנו מטפלים בתאונה מסוג פגיעת רכב
 פרטי בה"ר עד 0.3 מטר מדופן הרכב, ניתן באופן מתמטי לערוך חישוב של מהירות לפי
 מרחק הטלה אך אנו צריכים להבהיר כי המהירות שתתקבל = התוצאה אינה משקפת את
 מהירות הרכב ומהירות הרכב בפועל גבוהה יותר.

12. **חישוב הארכת מהירות רכב בעת פגיעה ע"י רכב מסוג MPV דו- שימושי.** לרכב מסוג זה
 יש השפעה של תצורת חזית הרכב על קינמטיקת ה"ר . בהתנגשות של כלי רכב מסוג MPV
 עם הולכי רגל זוהתה השפעה של נשיאת הולך הרגל, וזאת בתנאי כי בלימת הרכב אינה
 מתבצעת מיד עם ההתנגשות. **ניתן להשתמש באופן מלא בכל המשוואות במידה והרכב
 מתחיל לבלום לפני וברגע הפגיעה.**

13. **הערכת מהירות רכב כבד אוטובוס/משאית בעת פגיעה בה"ר עפ"י משוואת הנפילה.** אם
 הולך רגל בוגר נפגע על ידי חזית רכב די שטוחה כגון: טנדר, וואן, או אוטובוס, גופו יואץ
 למהירות זהה למהירות הרכב. לצורך חישוב מהירות הרכב המסחרי אנו נערוך שימוש
 במשוואת הנפילה. (הסבר ודוגמא בחוברת הדרכה זו) .

ראשית נימצא את מרחק ההטלה האופקי df (באוויר) של ה"ר עד מגע בקרקע. (נתון שאין
 לנו אותו) .

$$df = 2fh - 2h\sqrt{f^2 - \frac{f \times s}{h}}$$

לאחר מכן נציב במשוואת הנפילה (המצומצמת).

$$v = df \sqrt{-\frac{g}{2h}}$$

• יש להתחשב במגבלות המפורטות בחוברת הדרכה הנחית מדור ת"ד 15/15.

14. לסיכום, הערכת מהירות רכב עפ"י הטלה הינו אמצעי נוסף העומד ברשות הבוחן. בשנים האחרונות אנו נוטים להיתקל לעיתים קרובות בזירות ת"ד מסוג פגיעה בה"ר כאשר אין לנו מדד אחר לכימות מהירות הרכב נוכח חוסר בסימני צמיגים. **המחקר המקיף והעדכני ביותר לשימוש הינו של אינטק הנדסה השוואה בין פתרונות תיאורטיים מול פתרונות אמפיריים.** לכן **ההנחיה לשימוש** בעת הערכת מהירות לפי מרחק הטלה ברכב פרטי תיערך עפ"י המשוואות והקריטריונים שנסקרו במחקר זה והמצויים בסעיף 7 בהנחיה זו.

15. ק' בוחנים ורמתדי"ם יש להעביר תוכן הנחיה זו בשיעורים שבועיים.

8.9.1 תרגיל דוגמה (הערכת מהירות רכב פרטי עפ"י מרחק הטלת ה"ר).

☺ **תרגיל דוגמא:** הגעת לטיפול בת.ד מסוג הפקרה –פגע וברח בשעות היום בפתח תיקווה רחוב דרכי האחרונה . פרטית הונדה דגם אקורד פגעה במעבר חצייה בה"ר וגרמה למותו. מצאת את מקום אימפקט במעבר חצייה לפי סימן מריחת נעל וכובע ה"ר . עד ראיה מוסר כי ה"ר חצה במעבר חצייה מימין לשמאל עד מרכז הכביש כ-2 מטר ונפגע ע"י רכב פרטי אפור אשר בלם לפני הפגיעה הבחין בהאטה ובאורות בלימה אולם אחרי הפגיעה הרכב נסע במהירות ועזב את המקום. הולך הרגל הוטל למרחק של 56 מטר לפניו. אין במקום סימני בלימה . במקום סופי של הגופה כתם דם. הרכב הנמלט נעצר ע"י שוטר ימת"א שפלה בכביש 40. ישנו נזק קשה לרכב כמוצג בתמונה. ערכת ניסוי בלימה עם הרכב במהירות 50 קמ"ש אינו משאיר סימני בלימה. מצא מהירות הרכב בעת הפגיעה.

פתרון התרגיל:

על מנת להעריך את מהירות הפגיעה של כלי הרכב מן הראיות של לאחר ההתנגשות הרי זה חיוני להבין את הקינמאטיקה של ה"ר לאחר הפגיעה לצורך כך יש לקבוע באים ה"ר הוטל לפניו במסלול עטיפה או הוטל לפניו במסלול קדמי .

(**מסלול הטלה קדמי** –במסלול הטלה קדמי הולך רגל מוטל לפני כלי הרכב כך שמרכז הכובד של הולך הרגל נשאר לפני הרכב. הקצה העליון המצוי בקדמתו של כלי הרכב הינו מעל לנקודת מרכז הכובד של הולך הרגל, ביחס אל כלי הרכב).

(**במסלול עטיפה** קצהו הקדמי של כלי הרכב מצוי בגובה נקודת מרכז הכובד של הולך הרגל או מתחתיה . במהלך ההתנגשות מרכז הכובד של הולך הרגל מחליקו או מסתחרר לכיוון החלק האחורי של קדמת כלי הרכב.

לאחר המגע הראשוני הולך הרגל מואץ קדימה והוא מתחיל להסתחרר מסביב לקצה המוביל אשר מצוי בקדמת כלי הרכב, בעוד כלי הרכב ממשיך בתנועתו קדימה, הולך הרגל נע לאחור ביחס לכלי הרכב והוא ממשיך להאיץ קדימה ביחס לקרקע).

נתונים:

- מרחק הטלת ה"ר הלך לעולמו ז"ל אשר הוטלה בקו ישר הינו 56 מטר.
- המנוח הוטל מעל גג הרכב ושאריות נמצאו על גג הרכב.
- מסלול ההטלה הינו עטיפה.
- עפ"י עד ראיה והודעת נהג החשוד בלם לפני הפגיעה.
- גובה המנוח הלך לעולמו יליד 1960 אשר נפגעה ע"י חזית הרכב במרכז והוטחה לפניו הינו 170 ס"מ (חו"ד פתולוג). (משקלו 107 ק"ג- במסלול עטיפה לא בא לידי ביטוי).
- גובה חלק עליון פגוש קדמי / סמל ההונדה מהקרקע 0.80 מטר. גובה מרכז הכובד מעל חזית הרכב הינו 0.15 מטר $(95.2 = 0.56 * 170)$ $(15.2 = 95.2 - 0.80)$.
- יעילות הטלה = (משחזר תאונות הדרכים איננו נדרש לקחת בחשבון את מידת יעילות ההטלה או את מקדם חיכוך האוויר כאשר הוא עורך חישוב בהסתמך על המשוואות הקיימות בסעיף 7 בהנחיית מדור ת"ד 15/15 יעילות ההטלה מגולמת בנוסחאות באורך מובנה).
- עפ"י יובנקס יעילות הטלה הינה היחס שבין גובה קצה עליון רכב לבין מרכז כובד ה"ר * 100%. (84% יעילות הטלה)

$$\text{יעילות הטלה} = \frac{H_V}{H_P} = \frac{0.80}{0.95} * 100\% = 84\%$$



עפ"י המודל החדש³⁷ פתרונות תיאורטיים מול פתרונות אמפיריים עבור התנגשויות בין כלי רכב לבין הולכי רגל. (הטלה מעטפת)

מודל מסלול עטיפה:

$$V_{\text{מש}} = 9.84 \times S^{0.57} = 9.84 \times 56^{0.57} = 97.6$$

מרווח צפי 85% כ- 5.8 קמ"ש +/-

מרווח צפי 95% כ- 9.2 קמ"ש +/-

סיכום

הערכת מהירות הרכב עפ"י מרחק ההטלה הינה 97.6 קמ"ש עם טולרנס של 5.8 קמ"ש. על הבוחן המעוניין להעריך מהירות לפי הטלה לקבוע ראשית את מסלול ההטלה ולאחר מכן יש להשתמש במשוואה המצורפת עפ"י המודל החדש פתרונות תיאורטיים מול פתרונות אמפיריים עבור התנגשויות בין כלי רכב לבין הולכי רגל. (הטלה מעטפת)

- אין צורך לחשב הפרש יעילות הטלה היות ויעילות ההטלה כבר גלומה במשוואה.

8.9.2 הערכת מהירות בהתבסס על משוואת הנפילה

☺ תרגיל דוגמא:

הגעת לזירת תאונה בפתח תיקווה רחוב ז'בוטינסקי, אוטובוס נוסעים פגע בה"ר שחצה על מעבר חצייה. האוטובוס נעצר 28 מטר אחרי מעבר החצייה. הולך הרגל שגובהו 170 ס"מ נמצא 30 מטר אחרי המעבר חצייה. בזמן האימפקט האוטובוס היה בבלימה. הערך מהירות לפי נוסחת הנפילה. (אימפקט ידוע הכביש אופקי חזית הרכב אנכית). חשב גובה מרכז כובד ה"ר.



אם הולך רגל בוגר נפגע על ידי חזית רכב די שטוחה כגון: טנדר, וואן או, אוטובוס גופו יואץ למהירות זהה למהירות הרכב

על ידי שימוש במשוואת הנפילה:

(2)

$$v_i = d_f \sqrt{\frac{g}{2(d_f G - h)}}$$

ובמשוואת החלקה:

(1)

$$v_i = \sqrt{v_e^2 - 2ad_s}$$

כאשר:

V_i = מהירות התחלתית של הולך הרגל ($v_e=0$) (מטר/שנייה)

$a =$ שיעור ההאטה של גוף מחליק ($a = \text{מטר/שנייה}^2$)

$g =$ תאוצת כוח המשיכה (9.8 מטר/שנייה^2)

$h =$ גובה נפילת מרכז המסה. יהיה שלילי במידה והנחיתה מתחת לנקודת ההתרוממות (מטר או רגל)

$G =$ אחוז השיפוע (עבור המצב הנוכחי $G = 0$) (שיפוע חיובי מוסיפים שיפוע שלילי מחסירים)

$d_f =$ מרחק אופקי (מטר או, רגל) הגוף עבר בעודו נופל.

$d_s =$ מרחק אופקי (מטר או, רגל) שעבר הגוף בעודו מחליק.

בנוסף, המרחק הכולל מהמגע הראשון ועד לנקודת העצירה הסופית הוא :

(3)

$$d = d_s + d_f$$

על ידי סידור שתי המשוואות עבור מהירות שווה בשתייהן ושימוש במשוואה לעיל, d_f ניתן לפיתרון. לכן, המשוואות הכלליות לפתרון מהירות הרכב בעת המגע הראשון :

(4)

$$v = d_f \sqrt{\frac{-g}{2h}}$$

(5)

$$v = \sqrt{-2ad_s}$$

כאשר: (6)

$$d_f = 2fh - 2h\sqrt{f^2 - \frac{s \times f}{h}}$$

$H = 95.2$ מטר שווה ערך לגובה נפילת מרכז מסה כלומר גובה מרכז הכובד. ערך זה יהיה שלילי (170 * 0.56 = 95.2 ס"מ).

$F = 0.5$ מקדם גרירה גוף.

$s = d = 30$ מטר סה"כ מפגיעה עד עצירה.

$$d_f = 2fh - 2h\sqrt{f^2 - \frac{s \times f}{h}}$$

$$d_f = 2 \times 0.5 \times (-0.95) - 2 \times (-0.95) \sqrt{0.5^2 - \frac{30 \times 0.5}{(-0.95)}} = 6.65 \text{ מטר}$$

$$DS=D-DF$$

$$ds=30-6.65=23.35 \text{ מרחק אופקי בהחלקה שעובר הגוף במטר}$$

$$v = df \sqrt{-\frac{g}{2h}}$$

$$v = 6.65 \times \sqrt{-\frac{9.8}{2 \times (-0.95)}} = 15.1 \text{ מ / ש}$$

מהירות הרכב הינה 54.3 קמ"ש.

$$v = \sqrt{-2 * a * ds}$$

$$v = \sqrt{-2 \times 0.5 \times (-9.8) \times 23.35} = 15.1 \text{ מ / ש}$$

מהירות הרכב בזמן הפגיעה הינה 15.1 מ/ש שהינם 54.3 קמ"ש.

הגבלה בשימוש בנוסחת הנפילה.

- מערך המשוואות הקודם צריך להישקל בזהירות לפני השימוש בו. זכור את מה שנאמר קודם לכן בהתייחס לתנועת הגוף. הגוף מאיץ למהירות הרכב. המהירות היחידה של הגוף כתוצאה מהתאונה היא אופקית. לכן, צריך להיות לך מקרה זהה לזה המתואר בדוגמה 32 (ציור של רכב שטוח). רוב המקרים לא יהיו מסוג זה (כלומר, מצב בו משטח פחות או יותר אנכי הפוגע בהולך הרגל). לכן כאשר אין מדובר ברכב בעל משטח אנכי או כביש שהינו אופקי-מישורי אין לבצע שימוש בנוסחה זו.
- בכדי להשתמש במשוואת הנפילה יש צורך לקבוע מקום אימפקט ומיקום סופי ה"ר.
- כתוצאה מהתאוצה על הגוף, מתפתח כוח גדול בין הרכב לגוף. פרק זמן התאוצה קצר; ורק כאשר הגוף נע קדימה מספר אינטשים (פחות מעובי הולך הרגל). הכוח על הגוף ממורכז, כך שהגוף אינו מקבל תנועה סיבובית כתוצאה ישירה מההתנגשות. מרגע שהולך הרגל מגיע למהירות הרכב, נעצרת האצת הולך הרגל והכוח בינו לבין הרכב הופך ל-0. (ve=0). כאשר האוטובוס/משאית אינה נמצאת בהאטה אין לבצע חישוב (ה"ר יוטל על הארץ והרכב יחלף אותו).
- אין לבצע חישוב כאשר ה"ר אינו מוטל על הכביש אלא על נקודה יותר גבוהה ממרכז כובד.

8.9.3 סיכום תקציר התייחסות הפסיקה (בימ"ש העליון) במהלך השנים בסוגית "החובות המוטלות על נהג בהתקרבו אל מעבר חציה"³⁸

מאמר זה הינו **סיכום מתוך תקציר** שהופץ לבוחנים ומכיל לקחי פסיקת בית משפט העליון לאורך השנים, הן בסוגית **החובות המוטלות על נהג בהתקרבו אל מעבר חציה** תוך התייחסות לסוגיות שונות. סוגיות להן השלכה ישירה למהלך עבודת הבוחן והתייחסותו אם בשלב איסוף ממצאים, ביצוע שחזור וניסויים או אם בהליך החקירה והופעה בבימ"ש כגון:

מהן הנסיבות להן צריך נוהג רכב ליתן דעתו בהתקרבו למעבר חציה? (חובת צפיות). מבחן הצפיות, עד כמה "רחבה" חובת הצפיות של הנהג? מהי מהירות רכב סבירה לפני מעבר חציה? מהו המשקל ומשמעות "שטח מת" לפני מעבר חציה? האם חובת הצפיות קיימת גם כאשר הנעשה על המדרכה ליד מעבר החציה מוסתר מעיניו של הנהג? ("שטח מת"). כיצד מתגבשים **יסודות עבירת ההריגה בתאונות דרכים פגיעה בה"ר מעבר חציה? תחום מעבר חציה? האם התנהגות ה"ר עד כדי ניסיון התאבדות מנתק קשר סיבתי משפטי בין התנהגות הנהג למוות?** האם ניתן ונכון בנסיבות של תאונה פגיעה בה"ר במעבר חציה לקבוע מהירות בה התאונה בלתי נמנעת? האם קיימת אחריות מוגברת כלפי קשישים וילדים? ועוד...

בתקציר המלא מצורפים פסקי דין של בימ"ש עליון המתייחסים לכל סוגיה וסוגיה. במאמר זה יובא רציו בלבד. על הבוחן לתת את הדעת לנסיבות כל מיקרה ומיקרה ולכך שאין מדובר בשחור או לבן אולם עליו להכיר את ההלכה משמעויות ונגזרות, שכן יש לכך משמעויות בחקירת מעורבים, בדיקות וניסויים שעליו לערוך בזירה.

בקליפת אגוז - פסק דין רבקה מלניק הינו ההלכה ואבן דרך בהתפתחות הפסיקה בנושא (הורחבה מאוד בפס"ד שטרייזנט), פס"ד זה דן במבחן הצפיות, ומהי מהירות רכב סבירה לפני מעבר חציה. בית המשפט מצפה מנהג המגיע לפני מעבר חציה כי ייתן דעתו לאפשרות כי יש מי אשר מתכוון לחצות את הכביש במעבר החציה; ואם כן - להתאים את מהירות נהיגתו למקרה של חצייתו את הכביש. במסגרת זו, וכדי לכבד את זכות הקדימה של הולך הרגל במעבר חציה, עליו לצפות שזה ינסה לחצות את הכביש; שאולי לא יהיה ער לרכבו המתקרב; אולי ייטול על עצמו סיכון של חציה על אף התקרבות הרכב; אולי יסמוך על כך שהרכב יכבד את זכות הקדימה שלו. עליו להתחשב גם באפשרות של התנהגות רשלנית מצדו של הולך הרגל. ומפנה לתקנה 52 לת"ת המחייבת נהג לעצור במקרה בו צפויה סכנה לעובר דרך בהתקרבו למעבר חציה. במהלך העשור האחרון נפסקו בבית המשפט העליון החלטות המחזקות ומרחיבות הלכה זו. (כמפורט בתקציר). בג"צ 8150/13 כרסנטי נ' פרקליטות המדינה ואח', מיום 6.8.14 אינו סותר את ההלכה אלא ממרק ומחדד את ההלכות הדנות בחובת הזהירות המוטלת על נהג המתקרב למעבר חציה, הלכת מלניק והלכת שטרייזנט בימ"ש מצביע על שני כללים גדולים שאינם סותרים זה את זה. הכלל הראשון הוא כי על נהג המתקרב למעבר חציה מוטלת אחריות מוגברת. הכלל השני הוא כי האחריות אינה מוחלטת. אין עסקין באחריות קפידה. העבירה היא גרם מוות ברשלנות. טרם מורשע נאשם בעבירה כזו, על התביעה להוכיח שלשה מרכיבים: התרשלנות, גרימת מוות, וקשר סיבתי משפטי ועובדתי ביניהן.

בית משפט עליון ע"פ 558/97 רבקה מלניק נגד מדינת ישראל (ההלכה)

1. **מהן הנסיבות להן צריך נוהג רכב ליתן דעתו בהתקרבו למעבר חציה? (חובת צפיות)**
 2. **מהי מהירות סבירה?**
1. עליו ליתן דעתו לכך, אם יש מי אשר מתכוון לחצות את הכביש במעבר החציה; ואם כן - להתאים את מהירות נהיגתו למקרה של חצייתו את הכביש. במסגרת זו, וכדי לכבד את זכות הקדימה של הולך הרגל במעבר חציה, עליו לצפות שזה ינסה לחצות את הכביש; שאולי לא יהיה ער לרכבו המתקרב; אולי ייטול על עצמו סיכון של חציה על אף התקרבות הרכב; אולי יסמוך על כך שהרכב יכבד את זכות הקדימה שלו. עליו להתחשב גם באפשרות של התנהגות רשלנית מצדו של הולך הרגל.
 2. מוסיפה תקנה 52 וקובעת:
- "בכפוף לאמור בתקנה 51 חייב נוהג רכב להאט את מהירות הנסיעה, ובמידת הצורך אף לעצור את רכבו, בכל מקרה שבו צפויה סכנה לעוברי דרך או לרכוש, לרבות רכבו הוא, ובמיוחד במקרים אלה: (6) בהתקרבו למעבר חציה".

³⁸ תקציר התייחסות הפסיקה (בימ"ש העליון) במהלך השנים בסוגית "החובות המוטלות על נהג בהתקרבו אל מעבר חציה" מתוך חוברת שנערכה ע"י רפ"ק אליהו ברמי. עו"ד

בימ"ש עליון ע"פ 3158/00 אוהד מגידש נ' מדינת ישראל

התגבשות יסודות עבירת ההריגה בפגיעה בה"ר במעבר חצייה. (קיום היסוד העובדתי והיסוד הנפשי).

האם מודעות לנהיגה במהירות מופרזת באיזור עירוני וקיומו של מעבר חצייה בסמוך לביה"ס מקיימת יסוד נפשי של פזיזות?

עוצמת הסטייה מנורמת ההתנהגות הסבירה של מי שנוהג במצב דוגמת המצב בו נהג המערער מגיעה כדי התרשלות רבתי וסטייה גסה מנהיגה סבירה. בכך התקיים היסוד האובייקטיבי שבעבירה. אשר ליסוד הנפשי של פזיזות הרי שבהיעדר ראיה ישירה ליסוד זה, חזקה על המערער כי היה מודע לסיכון שבנהיגתו...שני פרטים נראים בעיני מרכזיים להסקת מסקנה זו, והם: מודעותו של המערער למהירות המופרזת בנהיגתו באזור עירוני, מהירות שהיא כפולה מן המותר, ומודעותו לקיומו של מעבר חצייה באזור אשר בקרבתו מצוי בית-ספר. בצדק מציין בית המשפט את העובדה הנוספת, כי המערער, בנוסף למהירות המופרזת, גם לא נתן את דעתו על אפשרות ירידתו של הולך רגל לתוך מעבר חצייה. הצירוף של פרטים קונקרטיים אלה יוצר חזקה עובדתית, דהיינו, מסקנה העולה מניסיון החיים הכללי, כי המערער נטל על עצמו סיכון בלתי סביר לאפשרות גרימת התוצאה הקטלנית.

בימ"ש עליון ע"פ 8827/01 ישראל שטרייזנט נ' מדינת ישראל

1. **האם חובת הצפיות קיימת גם כאשר הנעשה על המדרכה ליד מעבר החצייה מוסתר מעיניו של הנהג? ("שטח מת").**
 2. **עד כמה "רחבה" חובת הצפיות של הנהג?**
 3. **האם "התפרצותה" של ה"ר לכביש וריצתה כ"מתאבדת" על מעבר החצייה - קטעה קשר סיבתי-משפטי בין התנהגות המערער לבין מות המנוחה?**
 4. **מהי מהירות סבירה? האם ניתן בנסיבות של תאונה פגיעה בה"ר במעבר חצייה לקבוע מהירות בה התאונה בלתי נמנעת?**
1. חובת צפיות זו קיימת גם כאשר מקצת ממעבר החצייה מוסתר מעיניו של הנהג: בין בשל רכב החונה ליד מעבר החצייה, בין בשל רכבים אחרים הנוסעים לפניו והמונעים ממנו מראות את הנעשה במעבר החצייה, ובין מכל טעם אחר. במקרים שכאלה, חובה היא המוטלת על הנהג לצפות כי באותו "שטח מת" שנוצר במעבר החצייה עשוי להימצא הולך רגל - הולך רגל המנח כי נהגים המתקרבים למעבר החצייה יכלכלו את נסיעתם כך שלא יפגעו בו ויאפשרו לו להשלים בשלום את חציית המעבר.
2. נפסק על ידי כבוד השופט מ' חשין – "הנה-כי-כן, נהג רכב המתקרב למעבר חצייה חייב ליתן דעתו ולצפות אף אפשרות של התנהגות רשלנית מצדו של הולך הרגל. חובה זו קיימת לא אך במצב שבו עומד הולך הרגל על סף מעבר החצייה, פניו אל-עבר הכביש, והתנהגותו מבטאת כוונה לחצות את הכביש. חובה זו קיימת גם במצב שבו מתעורר ספק אם אדם הנמצא בסמוך למעבר החצייה מבקש לחצות את הכביש אם לאו, על חובת הצפיות המוטלת על נהג במצב כגון דא, עמד המשנה לנשיא לוי' ברע"פ 6918/02 אחיה נ' מדינת ישראל: במצב שבו אין זה ברור אם הולך הרגל עומד לחצות את מעבר החצייה אם לאו, ואין אינדיקציה לכאן או לכאן, חייב נהג הרכב לצפות אפשרות כזו ובמקרה מתאים אפילו להאיט את רכבו עד כדי עצירה לפני מעבר החצייה.
3. הלכה היא כי התנהגות הנפגע - לרבות התאבדות - וכמותה התערבותו של גורם שלישי במערכת, גם זו גם זו אינן שוללות, באשר הן, קשר סיבתי-משפטי בין מעשה או מחדל של הפוגע לבין תוצאה פוגעת, והוא - שעה שהפוגע כאדם מן היישוב יכול היה - נורמטיבית - לצפות מראש את שאירע בפועל.
- רשלנות חמורה מצידו של הנפגע, ואפילו מעשה התאבדות - באשר הם - אין בהם כדי לנתק קשר סיבתי-משפטי שבין מעשה לבין תוצאה. השאלה היא - לעולם - שאלת הצפיות הראויה, וביתר דיוק: קביעת גדריה של חובת הצפיות הראויה.
4. תאונה בלתי נמנעת – האמנם? בא-כוח המערער טוען כי התאונה הייתה בלתי נמנעת. לדבריו, ממצאי בוחן התנועה מלמדים כי אף במהירות של 35 קמ"ש - מהירות שלדעת בוחן התנועה הייתה מהירות סבירה במקום התאונה - היה פוגע המערער במנוחה מבלי שיסיפק לבלום את אופנועו בלימה מלאה. כן מפנה המערער לחוות דעתו של מומחה ההגנה אשר טען כי אף במהירות נמוכה מזו לא הייתה נמנעת התאונה, שכן המנוחה הייתה גלויה לעין המערער רק 0.5 שניות, פרק זמן הקצר מזמן התגובה. חוות דעת אלו לא היו מקובלות על בית משפט קמא ואין

הן מקובלות גם עלינו. אם סבור היה בוחן התנועה כי גם במהירות של 35 קמ"ש לא ניתן היה למנוע פגיעה בהולך רגל שהחל חוצה את מעבר החצייה, כיצד יכולה הייתה מהירות זו לעלות כדי היותה מהירות סבירה?! קביעה זו סותרת עצמה מיניה וביה ומופרכת היא על פניה. החובה לנהוג במהירות סבירה חובה היא הנלמדת מעצמה. כך מלמדת אותנו אף הוראת תקנה 51 לתקנות התעבורה: מהירות סבירה 51. לא ינהג אדם רכב אלא במהירות סבירה בהתחשב בכל הנסיבות ובתנאי הדרך והתנועה בה, באופן שיקיים בידו את השליטה המוחלטת ברכב. מהירות הנסיעה בכלי רכב חייבת להיות סבירה: לתאום את הנסיבות, את תנאי הדרך ואת התנועה בה. המהירות הסבירה אינה ניתנת לכימות מראש (להבדיל מן המהירות המרבית המותרת) ונגזרת היא, בין השאר, מתנאי השטח, מתנאי הראות, ממזג האוויר וכו'. אין דומה המהירות הסבירה ביום גשום למהירות הסבירה ביום בהיר; אין דומה המהירות הסבירה בדרך עקלקלה למהירות הסבירה בדרך ישרה; ואין דומה המהירות הסבירה בדרך שאין בה מעבר חצייה למהירות הסבירה בדרך שעליה מעבר חצייה לשימוש של הולכי רגל. ראו: רע"פ 6338/99 בוחניק נ' מדינת ישראל (לא פורסם). סבירותה של המהירות בנסיבותיו של כל מקרה תיקבע, בין השאר, בשים לב לחובה המוטלת על נהג להאט את מהירותו, ועל-פי הנדרש אף לעצור את רכבו בכל מקרה שבו צפויה סכנה להולכי רגל. כך הוא, במיוחד, שעה שנוהג ברכב מתקרב אל מעבר חצייה. על-פי נורמות אלו - הקבועות גם בתקנות 52 ו-67(א) לתקנות התעבורה - תיקבע גם המהירות הסבירה שיש לנהוג בה ברכב לפני מעבר חצייה.

בימ"ש עליון רע"פ 6918/02 אחיה נ' מדינת ישראל

האם מצופה מנהג המתקרב למעבר חצייה לעצור תמיד את רכבו עוד בטרם יורד הולך הרגל את הכביש? האם אין בכך פגיעה באיזון הדרוש בין הצורך לאפשר את זרימת התנועה לבין הצורך לנקוט זהירות סבירה כלפי הולכי רגל?

"במצב שבו אין זה ברור אם הולך הרגל עומד לחצות את מעבר החצייה אם לאו, ואין אינדיקציה לכאן או לכאן, חייב נהג הרכב לצפות אפשרות כזו ובמקרה מתאים אפילו להאט את רכבו עד כדי עצירה לפני מעבר החצייה"

בימ"ש עליון רע"פ 9426/03 ינון שעובי נ' מ"י

מה הצפייה מנהג כאשר נוצר ספק לגבי כוונת ה"ר לחצות את מעבר החצייה? האם ישנה אחריות מוגברת לקשישים?

בכל מקרה של ספק בליבו של הנהג באשר לכוונת הולך הרגל, עליו להפעיל שיקול דעתו לחומרה מידת זהירות הראויה מחייבת עצירת הרכב, או לפחות האטת מהירות הנסיעה, כך שבעת הצורך תתאפשר עצירה על אתר. חובת זהירות זו אך מתחדדת מקום שהולך הרגל הוא קשיש.

בימ"ש העליון רע"פ 11613/04 בן ציון דזאנאשוילי נ' מדינת ישראל

האם פגיעה בה"ר (קטינה) לאחר שהרכב חלף על פניה עם הגלגל האחורי-שמאלי פוטרת את הנהג מעבירת הרשלנות ואחריות לגרימת התאונה? האם קיימת חובת זהירות מוגברת כלפי ילדים?

בית-משפט זה כבר פסק בעניין החובות המוטלות על נהג בהתקרבו אל מעבר חצייה, אשר לפיהן נקבע במפורש הצורך לצפות את התנהגות הולך הרגל, אף אם זו רשלנית (ראו ע"פ 558/97 מלניק נ' מדינת ישראל (לא פורסם)). כמו-כן, עוד נפסק, כי במקרה שנוצר ספק אצל הנהג באשר לכוונת הולך הרגל, עליו להפעיל שיקול-דעתו לחומרה (ראו רע"פ 6918/02 מנשה אחיה נ' מדינת ישראל (לא פורסם); ראו גם רע"פ 9426/03 שעובי נ' מדינת ישראל (לא פורסם)). יתרה מכך, במספר פסקי-דין נקבעה חובת זהירות מוגברת כלפי ילדים, אף אם אלה לא הראו נכונות לעבור את הכביש.

בימ"ש עליון רע"פ 2885/05 אמנון עוז שטרק נ' מדינת ישראל

האם תאונה בלתי נמנעת (זמן חצייה קצר בפגיעה בה"ר על מעבר חצייה) מנתקת רשלנות הנהג?

לא. בית המשפט מצפה מהנהג שיגיב כאשר הולך הרגל על המדרכה.

"אין ספק כי אילו ראה המבקש את הולך הרגל בעודו על המדרכה, יכול היה לנהוג כנדרש ולאפשר לו לחצות את הכביש בביטחה. משלא עשה כן, התרשל המבקש בנהיגתו ובדין הורשע".

בימ"ש עליון רע"פ 4180/07 גאוי גאוי נגד מדינת ישראל

מהו תחום מעבר חצייה? האם מרחק 11-15 מטרים ממנו, אין בו בכדי להטיל על הנהג אשם בשל אי-האטת מהירות נסיעתו בהתקרבו למעבר החצייה?

בית המשפט אינו קובע מפורשות תחום מעבר חצייה אולם מרחיב ומציין כי ללא קשר במקום שיש סכנה לה"ר חלה עליו חובת זהירות. "לא למותר להזכיר כאן, לתועלת הרבים, את חובותיו המיוחדות של נהג הקרב למעבר חצייה; תקנה 52(6) לתקנות התעבורה תשכ"א-1961 מונה התקרבות למעבר חצייה בין המקרים המיוחדים, שבהם על נהג להאט את מהירות נסיעתו ואף לעצור, בנוסף לכלל הרחב החל על כל מקרה "שבו צפויה סכנה לעוברי דרך או לרכוש..." תקנה 52 וקובעת: "בכפוף לאמור בתקנה 51 חייב נוהג רכב להאט את מהירות הנסיעה, ובמידת הצורך אף לעצור את רכבו, בכל מקרה שבו צפויה סכנה לעוברי דרך ...

בימ"ש עליון רע"פ 2855/08 - שלומי יעקב נ' מדינת ישראל

האם חציית רוכב אופניים ברכיבה על מעבר חצייה לא מסומן מהווה רשלנות המנתקת את הקשר הסיבתי בין רשלנות המערער, לגרימת התאונה ותוצאתה הקטלנית.

"המערער הוא תושב השכונה בה אירעה התאונה, הוא ידע על קיומו של מעבר החצייה, והיה ער לאפשרות כי יימצאו עליו הולכי רגל. חרף כל אלה, ובמקום להקדים ולנקוט באמצעי זהירות כדי לקדם את פני הסכנה, נמצא המערער נוהג במהירות שמעל 100 קמ"ש, אותה לא האט גם כאשר התקרב למעבר החצייה, דבר שהיה חייב לעשותו הן מכוח ההיגיון והשכל הישר, והן מכוח מצוותן של תקנות התעבורה." רשלנות המערער באה לידי ביטוי בנהיגה במהירות אסורה ובלתי סבירה חרף התוצאה הקטלנית לה היה מודע המערער.

בימ"ש מחוזי (תל-אביב-יפו) ע"פ 70642/08 יעקב בן ביצה תגדיה (מדובר בהחלטה של המחוזי)

האם קביעה כי התאונה הינה בלתי נמנעת, התנהגות רשלנית של המנוח והסתרת שדה ראיה מנתקת רשלנות הנהג? מהי מהירות סבירה?

גם קביעה עובדתית לפיה התפרץ המנוח אל הכביש לא הייתה מביאה לכלל מסקנה כי נותק הקשר הסיבתי-משפטי בין נהיגתו של המשיב לבין התאונה הקטלנית. ...השאלה היא - לעולם - שאלת הצפיות הראויה והנדרשת, דהיינו, האם מי שמצוי בנעליו של הנאשם שמדובר בו, יכול וצריך היה לצפות גם התנהגות רשלנית מצד הקורבן. "חובת הצפיות קיימת גם כאשר הנעשה על המדרכה ליד מעבר החצייה מוסתר מעיניו של הנהג. המהירות הסבירה אינה נוסחתית והיא נגזרת מתנאי השטח, שדה הראיה, מזג אוויר, והמשתמשים האחרים בדרך. במסגרת קביעת סבירות המהירות בנסיבות המקרה, יש להתחשב בכך שהרכב מתקרב למעבר חצייה. כפי שמהירות סבירה בכביש פתוח, אינה דומה למהירות הסבירה בכביש עמוס וכפי שהמהירות הסבירה ביום גשום אינה דומה למהירות הסבירה ביום בהיר, כך אין דומה המהירות הסבירה בדרך שאין בה מעבר חצייה לדרך בה יש מעבר חצייה מרומזר. "סבירותה של המהירות בנסיבותיו של כל מקרה תיקבע, בין השאר, בשים לב לחובה המוטלת על נהג להאט את מהירותו, ועל פי הנדרש אף לעצור את רכבו בכל מקרה שבו צפויה סכנה להולכי רגל. כך הוא, במיוחד, שעה שנוהג ברכב מתקרב אל מעבר חצייה.

בימ"ש עליון רע"פ 9695/10 פואד אבו ערישה נ' מדינת ישראל

התגבשות יסודות עבירת הריגה בפגיעה בה"ר על מעבר חצייה.

"המערער נסע במהירות גבוהה מזו המותרת במקום. הוא התקרב למעבר חצייה וחרף זאת לא האט את מהירות נסיעתו. הוא לא שינה ממהירות נסיעתו חרף העובדה שרכב שנסע בנתיב שמיימנו האט ועצר לפני מעבר החצייה. הולכי הרגל נפגעו לאחר שהספיקו לחצות חלק נכבד ממעבר החצייה. רכב אחר שנסע באותו כיוון נסיעה, כרכבו של המערער, עצר לפי מעבר החצייה. הרשלנות בנהיגתו הייתה רבה; ...בנסיבות אלה התקיים במערער היסוד הנפשי הנדרש להרשעה בעבירת ההריגה - מודעות לטיב נהיגתו ומודעות לאפשרות הגרימה של התוצאה הקטלנית בשל

פגיעה בהולכי רגל החוצים את הכביש, ועמה קלות הדעת ונטילת סיכון בלתי סביר לגרימת אותה תוצאה "

בג"צ 8150/13 כרסנטי נ' פרקליטות המדינה ואח', מיום 6.8.14
(הוגש בהקשר ל עפ"ת 28434-05-13 ברזל נ' מדינת ישראל, מיום 23.10.13)

תקציר נסיבות העתירה: העתירה הוגשה לבג"צ בגין תאונת דרכים קטלנית בה קיפחה ליוזר כרסנטי ז"ל את חייה, והיא בת 14 שנה בלבד. ביום 13.10.2010, סמוך לשעה 18:45, עת חצתה את הכביש במעבר חצייה, נפגעה המנוחה אנושות. לאחר יומיים, נפטרה המנוחה. העותרים הם הורי המנוחה. המדינה העמידה לדין את הנהג המעורב, הוא משיב 3 בעתירה שהואשם בשלום בעבירות של גרם מוות ברשלנות, גרם חבלה לאדם וניזק לרכוש ברשלנות, אי מתן זכות קדימה להולך רגל במעבר חצייה ונהיגה ללא ביטוח תקף (ת"ד 11-01-1896). בית המשפט לתעבורה הרשיע את המשיב בעבירות שיוחסו לו, על פסק דין זה הוגש ערעור לבית המשפט המחוזי בנצרת. בית המשפט המחוזי (השופט א' קולה, אליו הצטרפו השופטת א' הלמן והשופטת י' שטרית) קיבל את ערעורו של המשיב, וזיכה אותו מהעבירות שבהן הורשע. בבית המשפט לתעבורה, למעט מעבירת נהיגה ללא ביטוח תקף (עפ"ת 28434-05-13) עונשו הועמד על קנס בסך 1,500 ש"ח. פרקליטות מחוז צפון – היא משיבה 2 בעתירה הגישה המלצה בפני פרקליטות המדינה להגיש בקשת רשות ערעור על פסק דינו של בית המשפט המחוזי. ואולם, פרקליטות המדינה – משיבה 1 בתיק – החליטה שלא להגיש בקשת רשות ערעור על פסק הדין. משלא הצליחו הורי המנוחה להביא לשינוי ההחלטה, פנו לבית המשפט בעתירה זו.

בית המשפט העליון, **ממרק ומחדד את ההלכות הדנות בחובת הזהירות המוטלת על נהג המתקרב למעבר חצייה, הלכת מלניק והלכת שטרייזנט** לעיל. למרות קביעתו כי לא מצא שנפלה טעות יסודית ומהותית בפסק-דינו של בית המשפט המחוזי. (אשר זיכה את הנהג). ציין כי בית המשפט המחוזי לא חלק על חובת הזהירות החלה על נהגים בקרבת מעבר חצייה. ואף ציטט מדברי השופט ת' אור בעניין מלניק – שעליו התבסס השופט מ' חשין בהלכת שטרייזנט: השופט חשין אמנם המשיך וקבע שחובת זהירות על נהג המתקרב למעבר חצייה, "קיימת גם כאשר הנעשה על המדרכה ליד מעבר החצייה מוסתר מעיניו של הנהג, או-אז חובה היא המוטלת על נהג לצפות אפשרות שהולכי רגל שאינם נראים ירדו אל מעבר החצייה" (הלכת שטרייזנט, בעמ' 520 בג"צ קבע כי **אמרה זו אינה קובעת אחריות גורפת ואבסולוטית על נהג המגיע למעבר חצייה, ועדיין על בית המשפט לבחון כל מקרה לגופו, בהתאם לנסיבות הקונקרטיות.**

בימ"ש מצביע על שני כללים גדולים בכגון דא שאינם סותרים זה את זה.
הכלל הראשון הוא כי על נהג המתקרב למעבר חצייה מוטלת **אחריות מוגברת**. זהו השטח של הולך הרגל. אכן, גם על הולך הרגל חלים כללים בהגיעו לשטח זה, אך על השולט בכלי בעל-כוח קטלני מוטלת האחריות, הראשונה במעלה, לנהוג בזהירות. אחריות זו כוללת, על-פי הפסיקה, **חובה לצפות, במידה זו או אחרת, את האפשרות כי הולך הרגל עלול להתרשל** – כך במיוחד כלפי קבוצות אוכלוסייה ממוקדות כגון ילדים (לתקנות התעבורה התשכ"א-1961: " בכפוף לאמור (וקשישים. כלשון תקנה 52 בתקנה 51 חייב נוהג רכב להאט את מהירות הנסיעה, ובמידת הצורך אף לעצור את רכבו, בכל מקרה שבו צפויה סכנה לעוברי דרך או לרכוש, לרבות רכבו הוא, ובמיוחד במקרים אלה... 6) בהתקרבו למעבר חצייה".

הכלל השני הוא כי **האחריות אינה מוחלטת**. אין עסקינן באחריות קפידה. העבירה היא גרם מוות ברשלנות. טרם מורשע נאשם בעבירה כזו, על התביעה להוכיח **שלשה מרכיבים: התרשלות, גרימת מוות, וקשר סיבתי משפטי ועובדתי ביניהן**. בג"צ קבע כי המחוזי לא התעלם מהאחריות המוטלת על נהג בהתקרבו למעבר חצייה. היפוכו של דבר. הודגשו אל נכון מרכזיותם של הכללים והפסיקה שהוזכרו לעיל. עם זאת, ביישום על המקרה הקונקרטי נימק בית המשפט המחוזי את תוצאת הזיכוי על-פי **החסר הבא**. בית המשפט לתעבורה **המעיט בחיוניותו של דרכי החישוב בעבירת גרם מוות ברשלנות**. לאמור, הגם שמוסכם כי הנהג לא הבחין במנוחה עת חצתה את הכביש עד לסמוך לפגיעה בה, **עדיין יש להידרש לחישובים המתמטיים של שדה הראייה הרלוונטי, של מהירותו של הרכב הנוסע ושל הולכת הרגל המנוחה, ושל המהירות (והמרחקים) שבה התאונה הייתה נמנעת**. מלאכה זו **לא נערכה כנדרש** בהכרעת הדין של בית המשפט לתעבורה. הטעם בדבר, כפי שבית המשפט המחוזי הסביר היטב, נובע **מהעדר תשתית ראויה לבדיקות הנצרכות על-ידי בוחן התנועה**. תפקידו של האחרון, **בגדר מומחה מטעם התביעה, הוא להציג את הנתונים הנדרשים כדי לבסס את המסקנה שהתרשלותו של הנהג גרמה לתוצאה הקטלנית**. בענייננו, ויש להצטער על כך, עולה מפסק-הדין של בית המשפט המחוזי כי בדיקות לא נערכו או שלא נערכו בצורה מתאימה – דוגמה לכך היא עריכת הניסוי של שדה הראייה. על כן דחה בג"צ את העתירה.



9. אופנועים-הנחיית מדור ת"ד 11/2015 - אופן

הטיפול בתאונות דרכים בה מעורב אופנוע

1. ראות ונראות

א. שיחזור תאונות בהן מעורב אופנוע; קטנוע; בנפרד ו/או עם רכב, מכיל רכיבים אשר חלקם שונה משחזור רגיל של תאונת רכב עם רכב. אופנוע יכול ליפול, להתהפך, להתגלגל ולסטות לפני; במהלך; ואחרי האימפקט, כאשר הרוכב עצמו בתחילת אירוע התאונה הינו על האופנוע ובמרבית התאונות מתנתק מהאופנוע/קטנוע.

ב. הראות והנראות של הרוכב והאופנוע הינה מרכיב חשוב בשחזור תאונות אופנועים. בעת טיפול הבוחן בזירת ת"ד, מלבד איסוף הממצאים, קביעת מיקום אימפקט וחישוב המהירות, על הבוחן לתת דעתו לנתון זה של הראות והנראות.

ג. ראות ונראות- בעריכת ניסוי שדה ראיה עם אופנוע יש לבחון מס' פרמטרים:

1) יש לבדוק אם מתג ההפעלה של הפנס הקדמי נמצא במצב דלוק (on) או כבוי (off), בדגמים רבים מערכת תאורת הפנס הראשי מובנת במערכת ההתנעה, כך שכאשר פותחים את מתג ההנעה ("סוויטש") אור החנייה דולק וכאשר מניעים את האופנוע האור הנמוך מיד דולק. בכדי לבחון זאת ניתן לבחון את האופנוע, לבחון אופנוע זה, או לעיין בספר הרכב. כאשר אנו מטפלים בתאונה חמורה, בלילה כשהפנס או הנורה ניזוקו יש לשאוף לפרק את כל הפנס ולהעבירו למטא"ר מעבדת סימנים וחומרים לבדיקה האם הנורה דלקה טרם שניזוקה. אם הפנס שלם ובזמן הגעת הבוחן הנורה שלמה אך אינה דולקת, ניתן לפרק את הנורה להרכיב נורה חדשה ואז להדליק הפנס ולבדוק באם הפנס תקין.

2) יש לבצע ניסוי שדה ראיה עם אופנוע שישקף ככל שניתן את תנאי ונסיבות אירוע התאונה, במידת האפשר האופנוע/קטנוע שבו נשתמש בעת ביצוע הניסוי, יהיה זהה בגודל, צבע, סוג ודגם לאופנוע שהיה מעורב בתאונה. הניסוי יערך במקום התאונה באותם תנאי ראות, נראות ומזג אויר ובשעה הסמוכה לשעת התאונה (בכפוף לתנאי התאורה; זריחה; שקיעה של שעת התאונה). הניסוי יערך במהירות נסיעה איטית של 10-15 קמ"ש, על האופנוע לנסוע בנתיב נסיעתו עובר לתאונה. אם יש ספק לעניין תאורת האופנוע, ייערך ניסוי עם פנס אופנוע דולק וניסוי נוסף יתבצע ללא תאורת פנס האופנוע.

3) עדיף לבצע את ניסוי שדה הראיה לאופנוע לאחר שהמעורבים מסרו גרסה ראשונית, או לחילופין, נחקר עד ראיה, זאת בכדי לקבל תמונת מצב של הנסועה בכביש טרם התאונה/אימפקט. יש להתחשב בתנאי הסביבה רקע ומיקום רכבים

באם היו, בזמן התאונה. ניסוי שדה הראיה אמור לשקף מצב ונסיבות אירוע התאונה.

2. קביעת נק' האימפקט.

תאונות אופנועים מותירות לעיתים קרובות שרידים, אלו יכולים להיות בצורת חלקי רכב, נוזלים לכלוך, שברי זכוכיות ופריטים אחרים. כמו בסוגי תאונות אחרות, השרידים, בדרך כלל לא מצביעים על מיקום המגע הראשוני. עד אשר חלק רכב מגיע לנקודת עצירה אחרונה יתכן והוא נע מרחק רב מנקודת המגע הראשונה.

כדי לאתר את נקודת המגע הראשונה בתאונת אופנוע, יש לחפש סמני שפשוף התנגשות ושריטות מהצמיג הקדמי. אם הגלגל האחורי היה נעול כאשר האופנוע פגע ברכב אחר, אזי יש לשים לב לנקודה הסופית של סימן ההחלקה של הגלגל האחורי. בדרך כלל המכה ברכב האחר תגרום לגלגל האחורי להתרומם מהכביש או לבצע שינוי כיוון חד. לכן, מציאת המיקום של הגלגל האחורי בעת התרחשות התאונה, יכולה להוביל, בחישוב מרחק בין בסיסי הגלגלים, לקביעה היכן היה הגלגל הקדמי של האופנוע ברגע התרחשות התאונה. הדבר ניתן לביצוע באמצעות שימוש בספר היצרן וחישובים לגבי גודל צמיג/גלגל ובסיס הגלגלים או על ידי מדידת אופנוע זהה אחר.

בנוסף לאמור לעיל יש לזכור כי מרבית הסממנים/ממצאים הנפוצים לקביעת נקודת אימפקט בין 2 רכבים הינם זהים גם בתאונת רכב אופנוע.

3. חישוב מהירות עפ"י סימני בלימה

- א. זיהוי **אופן ביצוע הבלימה** חיוני לצורך קביעת מהירות. בשחזור תאונת אופנוע על הבוחן לתת את דעתו למכלול מרכיבים אלו. איסוף ממצאים נכון וקפדני בזירת התאונה יסייע בשחזור התאונה.
- ב. כדי לשחזר מהירות האופנוע עובר לתאונה על פי סימני בלימה יש לדעת את אופן הבלימה [ציר קדמי ; או ציר אחורי ; או שניהם]. אפשר לדעת זאת במספר אופנים :
 - (1) שואלים את הרוכב כיצד בלם.
 - (2) השוואת הסימן לצמיגי האופנוע רוחב וצורת מדרס, לעיתים יש הבדל ברוחב הגלגלים בין הקדמי והאחורי.
 - (3) על פי אורך הסימן, וצורתו, סימן סללום הינו של אחורי בלבד ואילו סימן ישר וארוך יהיה בדרך כלל משולב (אחורי נעול וקדמי לקראת נעילה) או של אופנוע בעל מערכת ABS.
 - (4) בדיקת מדרסי הצמיג הקדמי והאחורי לאיתור שפשופים חדשים בגומי הצמיג.

ג. על הבוחן לבדוק האם באופנוע המעורב **מותקנת מערכת ABS**.

ד. הבוחן בחקירתו **יתייחס לניסיון וותק הרוכב** ולהיכרותו את אזור התאונה, יעילות הבלימה באופנוע תלויה במיומנות הרוכב. כאשר הרוכב מיומן יותר ובולם עם גלגל אחורי

עד למצב של נעילתו ובמשולב עם גלגל קדמי עד למצב של לקראת נעילה, מקדם החיכוך יהיה גבוהה יותר מאשר כשהרכב אינו מיומן וגבוה יותר באופנוע מאשר במכונית נוסעים אופיינית.

אולם כאשר מדובר בהתנגשות אמתית קשה בדרך כלל להוכיח שלאופנוע היה גורם חיכוך גבוה יותר (קשה לצפות התנהגות נהג בתאונה גם אם הוא רוכב מנוסה, לכן לא נשתמש בערכים הגבוהים מאלו של רכב פרטי באותו קטע דרך, במכלול הנתונים לשחזור. יש לזכור שרוכב הנמצא בעקומה או בסטייה חייב לבלום באופן הדרגתי על מנת שלא לאבד שליטה.

4. להלן ערכי מקדם חיכוך לשימוש בת"ד בה מעורב אופנוע/קטנוע:

- (1) במקרה של שימוש בבלם אחורי בלבד מקדם החיכוך לאופנוע יהיה מחצית ממקדם החיכוך שניתן במקום לרכב פרטי:

$$f = 50\% f = \frac{f}{2}$$

כלומר, אם מקדם החיכוך באותו הכביש מוערך 0.7, כי אז יש לחשב את מהירות האופנוע לפי מקדם חיכוך 0.35.

- (2) אם היה על האופנוע נוסע בנוסף לנהג יש להגדיל את ערך מקדם החיכוך ב- 0.1 (בהתאם לדוגמה הקודמת הערך יהיה 0.45).

- (3) במקרה בו יש סימן החלקה יחיד ואין יודעים באם נעשה שימוש בבלם הגלגל הקדמי, יש להניח, בהערכת מהירות מינימאלית, שרק הגלגל האחורי נבלם.

- (4) במקרה של שימוש בבלם ציר קדמי בלבד:

$$f = 70\% f$$

כלומר, אם מקדם החיכוך באותו הכביש מוערך 0.7, כי אז יש לחשב את מהירות האופנוע לפי מקדם חיכוך 0.5.

- (5) כאשר הבלימה הינה עד כדי נעילה בציר קדמי ונעילה בציר אחורי, אם מקדם החיכוך באותו הכביש של רכב פרטי מוערך 0.7, כי אז נשתמש באותו מקדם חיכוך שניתן במקום לרכב פרטי:

$$f = 100\% f$$

- (6) כאשר הבלימה הינה עד כדי נעילה בציר קדמי ונעילה בציר אחורי, אם מקדם החיכוך באותו הכביש של רכב פרטי מוערך 0.7, **בתנאים אופטימליים**, ערך מקדם החיכוך של האופנוע יהיה גבוה יותר:

$$f = 0.8 \div 0.9$$

הערה: מקדם חיכוך זה ניתן תיאורטית לקבל בתנאים אופטימליים של בלימה המפורטת לעיל אולם רק רוכב מיומן מאוד יכול בסמיכות לאירוע תאונה לבצע זאת, וגם זאת בתנאי שהרכב לא נמצא בעקומה; בסטייה; או בהטיה כי אז הוא חייב לבלום באופן הדרגתי על מנת שלא לאבד שליטה. לכן ככלל לא נשתמש בערך זה. לפיכך, במקרה של בלימה עד כדי נעילה בשני הצירים בכביש אספלט תקין בו מוערך מקדם החיכוך לרכב פרטי 0.7, גם לגבי האופנוע יהיה מקדם החיכוך שבו נשתמש 0.7.

- בלמס -

(7) נדגיש כי במחקרים שפורטו בהנחיה זו, לא נמצא הבדל משמעותי בבחינת שוני מקדם חיכוך (עקב תרכובת ומבנה הצמיג) בין החיכוך של צמיגי רכב פרטי לצמיגי האופנועים בכביש אספלט. נמצאו מקדמי חיכוך של כ 0.7-0.9.

(8) לאחר שנקבע ערך יעילות הבלימה [מקדם החיכוך] ונמדד אורך סימני הבלימה, החישוב של המהירות מתבצע על פי הנוסחה:

$$V = 15.95 \times \sqrt{f \times s}$$

(9) פרק הזמן שחלף מרגע נעילת גלגל אחורי ותחילת איבוד השליטה ועד שהאופנוע נופל ופוגע עם צדו בכביש הינו 0.6-0.7 שנייה (2/3 שנייה).

(10) יעילות הבלימה/ מקדם החיכוך בבלימת אופנוע עם A.B.S. בכביש יבש גבוהה יותר מאשר אופנוע ללא A.B.S. (ב- 0.03 לכל הפחות). נכון לעריכת הנחיה זו ועד לקבלת מחקרים נוספים בתחום, פרמטר זה **לא ישוכלל** במכלול המרכיבים להערכת מקדם החיכוך.

(11) **טווח מקדם החיכוך להחלקה על הצד** לאופנוע/קטנוע **מעל נפח מנוע 125 סמ"ק** הינו בין הטווחים של 0.26-0.6, הדבר תלוי בשני משתנים עיקריים:

- בסוג חיפויי הפלסטיק "פיירינג": ככל שהאופנוע בעל חיפוי גדול יותר אזי מקדם החיכוך יקטן, ככל שהאופנוע יהיה "ערום" יותר אזי מקדם החיכוך יגדל (וזאת מבלי להתייחס לארגזי משא וקשתות התהפכות הבאים במגע עם הכביש ומקטינים את ערך מקדם החיכוך).
- בסוג השריטות/חריצים שהבוחן מצא והאופנוע יצר. ככל שהשריטות הינן קלות, ארוכות ואינן חודרות את משטח האספלט המקדם יהיה נמוך, ככל שהשריטות הינן עמוקות וקצרות מקדם החיכוך יהיה גבוהה יותר.

(12) **טווח מקדם חיכוך בהחלקת צד לקטנוע בעל נפח מנוע 50-125 סמ"ק** הינו 0.44 לקטנוע עם פיירינג. ערך מקדם החיכוך לקטנוע "עירום" הינו 0.52 (קטנוע ללא מעטפת/ כיסויי פלסטיק).

(13) **טווח מקדם החיכוך בהחלקת צד לקטנוע בעל נפח מנוע עד 50 סמ"ק** בכביש אספלט יבש לקטנועים הרגילים עם פיירינג הינו בטווח של 0.24-0.44. ערך מקדם החיכוך לאופנוע "עירום" הינו 0.37-0.61 וזאת עקב מבנה, צורה וגוף שונה.

5. לשימושכם.

9.1 קביעת מהירות אופנוע עפ"י הטלת רוכב

מהירות מהטלה- מקדם הגרירה "המתאים" עבור עצמים הנפרדים מן האופנוע ומתעופפים ומחליקים לעצירה, במיוחד גופות, הנו שנוי במחלוקת בקרב משחזרים. כמה טוענים כי מקדם החיכוך במהלך ההחלקה הנו גבוה עד כדי 1.1g ואחרים כי נמוך עד כדי 0.4. אם אנו גוררים מתנדב מרחק קצר על גבי הכביש אנו מקבלים מקדם חיכוך הקרוב ל-0.4. כאשר אנו מודדים מקדם חיכוך דינמי עבור דוגמיות בד אנו מקבלים טווח שבין 0.4 ל-0.65. הנחה בטוחה יחסית היא להשתמש במקדם גרירה של 0.5g עבור כלל המסלול הבליסטי מן ההטלה אל העצירה. (קנט אובינסקי ואחרים מהדורה 2007 עמוד 65)

- הערה: אין לבצע חישוב זה אם הרוכב / נוסע פגעו במהלך מעופם ברכב.

מודל סירלה (Searle1996)³⁹

כאשר עצמים מוטלים באוויר בהתנגשות המרחק שהם יעברו תלוי במהירות בה הוטלו. ניתן לחשב את המהירות אם ידועה זווית ההטלה ומקום הנחיתה על הקרקע. אם זווית הטלה אינה ידועה, כמו ברוב מקרי חקירת תאונות דרכים, כדי לחשב מהירות מינימום ניתן להשתמש בזווית 45 מעלות. ברוב התאונות הולך הרגל שהוטל לפניו לא מסיים את תנועתו במקום בו פגע בקרקע אלא ממשיך בתנועה תוך קיפוף, גלגול והחלקה הלאה. מרחק המעוף לפניו מורכב משילוב של המעוף באוויר עם הקיפוף, גלגול והחלקה. על פי רוב רק המרחק הכללי ידוע.

סירלה פיתח משוואה מתמטית:

$$V = \sqrt{2 \mu \mu g S / \cos \theta + \mu \sin \theta}$$

לאחר מכן סירלה חישוב מינימום [זווית 45 מעלות] ומכסימום [זווית שטוחה]:

$$V_{\text{מיני}} = \sqrt{2 \mu \mu g S / 1 + \mu^2}$$

$$V_{\text{מכסי}} = \sqrt{2 \mu \mu g S}$$

הוא יצר שני תחומים בצורת גרף הממצים את תוצאות החישוב על פי המשוואות. הוא הביא בחשבון התנגדות האוויר לתנועת הגוף בעת המעוף, והביא בחשבון אי וודאות בחלוקה של מרחק ההטלה הכללי לרכיביו. לא ידוע בדיוק כמה מתוך מרחק זה עף הגוף באוויר, כמה

³⁹ THE TRAJECTORIES OF PEDESTRIANS' MOTORCYCLES/ISTS FOLLOWING AROAD
ACCIDENT BY JOHN A. SEARLE AND ANGELA SEARLE 1983 P/ 460 S.A.E PT-35

קיפץ, כמה התגלגל וכמה החליק על המשטח. ידוע שלא כל מהירות התנועה של הרכב מועברת לגוף הולך הרגל אלא רק חלק [מרבית] ממהירות זו.

9.2 קביעת מהירות אופנוע ע"י הטלת רוכב.

☺ תרגיל לדוגמה

בבואנו לקבוע מהירות אופנוע ע"פ הטלה, יש למצוא את הפרמטרים הבאים:

- מרחק ההטלה.
- קביעת זווית הטלה.
- קביעת מקדם החיכוך.

א. מרחק הטלה:

מרחק ההטלה בתרגיל דוגמא זה הינו כפי שנמדד בזירת התאונה מנקודת האימפקט ועד למקום מנוחתו הסופי של הרוכב 35 מ'.

ב. קביעת זווית הטלה:

במקרים מסוימים בהם הבוחן יכול לקבוע זווית הטלה (כמו במקרה הנדון 18.3 מעלות) באמצעות תיעוד התאונה במצלמת אבטחה מגובה נמוך, הקפאת תמונה, ומדידת הזווית ניתן להשתמש במשוואה הבאה⁴⁰:

$$V = \sqrt{\frac{2 \times g \times f \times d}{(\cos \theta + f \times \sin \theta)^2}} =$$

במקרים בהם לא ידוע הזווית נשתמש בחישוב במשוואת מהירות מינימום ומקסימום. סירלה חישוב מינימום [זווית 45 מעלות] ומקסימום [זווית שטוחה]:

$$V_{מיני} = \sqrt{\frac{2 \times \mu \times g \times s}{1 + \mu^2}} =$$

$$V_{מקס} = \sqrt{2 \times \mu \times g \times s}$$

ג. מקדם חיכוך:

במהדורה הרביעית והמעודכנת של הספר, שיצאה לאור בשנת 2007, הוסיף החוקר ק. אובניסקי פסקה בסוף הפרק הרלוונטי ורשם כי שימוש במקדם גרירה של 0.5 לרוכבי אופנוע יהיה נכון.

פתרון: כעת כשמצאנו את מרחק ההטלה (28 מ'), את זווית ההטלה (18.3') ואת ערך של מקדם החיכוך (0.5), נציב בנוסחה ונקבל את מהירות הפגיעה של האופנוע ברכב:

$$V = \sqrt{\frac{2 \times g \times f \times d}{(\cos \theta + f \times \sin \theta)^2}} = \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 0.5 \times 28}{(\cos 18.3^\circ + 0.5 \times \sin 18.3^\circ)^2}} = 14.97 = 53.8 \text{ קמ"ש}$$

באם זווית ההטלה לא ידועה נערוך שימוש במשוואת מינימום ומקסימום בשימוש
מקדם חיכוך ממוצע דוגמא :
מהירות מינימום :

$$V_{\min} = \sqrt{\frac{2 \times \mu \times g \times s}{1 + \mu^2}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.5 \times 9.81 \times 28}{1 + 0.5^2}} = 14.82 = 53.36 \text{ קמ"ש}$$

מהירות מקסימום :

$$V_{\max} = \sqrt{2 \times \mu \times g \times s} = \sqrt{2 \times 0.5 \times 9.81 \times 28} = 16.57 = 59.6 \text{ קמ"ש}$$

9.3 שחזור החלקת אופנוע מהירות משולבת:

😊 תרגיל דוגמא

בוחן הגיע לזירת ת"ד בעיר בצומת T . מדובר בת"ד עקב אי מתן זכות קדימה לרוכב אופנוע כבד 600 סמ"ק מצד רכב פרטי א' מסוג מזדה 3 . בכיוון נסיעת הפרטית תמרור עצור. הפרטית פנתה שמאלה וחסמה את נתיב נסיעת האופנוע שהגיע משמאל. לפני האימפקט רכב א' היה בעצירה. רוכב האופנוע בלם הספיק להשאיר סימני החלקה באורך 10 מטר ולאחר מכן החליק על צדו למרחק של 22 מטר ופגע בחזית הפרטית ונעצר. חשב מהירות האופנוע ללא התחשבות באיבוד אנרגיה כתוצאה מההתנגשות.

להלן אופן ביצוע החישוב מהירות.

- עפ"י עדות נהג וסימני הבלימה הרוכב בלם משולב עד כדי נעילה גלגל אחורי וקדמי .
 - מקדם חיכוך עפ"י וריקום לרכב הינו 0.7. על כן מקדם חיכוך בבלימה לאופנוע יהיה 0.7.
 - מקדם החיכוך להחלקת הצד כאשר לאופנוע זה "פול פיירינג", הינו 0.26-0.65. במידה ואין חרוץ על גבי האספלט והשריטות הינן קלות וארוכות ילקח בחשבון ערך מקדם חיכוך נמוך. במידה וחלקי מנוע ורגלית של האופנוע השאירו חרוץ קצר ועמוק בנוסף לשריטות ערך מקדם החיכוך יהיה גבוה יותר. הכול עפ"י נסיבות וממצאי הבוחן. (לצורך התרגיל נערוך חישוב עם הערך הנמוך וחישוב עם הערך הגבוהה. בשטח- הבוחן אמור לקבוע ערך עפ"י תצורת השריטות אורכן, עומקן ומבנה האופנוע. במידה ויש לבוחן ספק יש לערוך חישוב עם 2 הערכים ; הגבוהה והנמוך).
- נחשב את מהירות האופנוע ע"פ סימני הבלימה באמצעות הנוסחה הבאה :

$$V_1 = \sqrt{V_2^2 - 2 \times (-A) \times S}$$

או בנוסחה

$$V = 15.95\sqrt{f \cdot S} = 15.95\sqrt{0.7 \times 10} = 42.19 \text{ km/h}$$

נחשב את המהירות המינימאלית להחלקה על צד האופנוע:

$$V_{\text{מינימום}} = 15.95\sqrt{f \cdot S} = 15.95\sqrt{22 \times 0.26} = 38.14 \text{ km/h}$$

נחשב את המהירות המקסימאלית להחלקה על צד האופנוע:

$$V_{\text{מקסימום}} = 15.95\sqrt{f \cdot S} = 15.95\sqrt{22 \times 0.65} = 60.31 \text{ km/h}$$

המהירות המשולבת המינימאלית של האופנוע:

$$v_c = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{42.19^2 + 38.14^2} = 56.87 \text{ km/h}$$

המהירות המשולבת המקסימאלית של האופנוע:

$$v_c = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{42.19^2 + 60.31^2} = 73.6 \text{ km/h}$$

טווח מהירות מינימום של האופנוע בתחילת ההחלקה/בלימה הינו בין 56.87 קמ"ש ל- 73.6 קמ"ש. בחירת מקדם חיכוך נמוך בהחלקת צד לאופנוע היה גורם לשינויים בתוצאת חישוב טווחי המהירות. לכן יש חשיבות בקביעת מקדם חיכוך להחלקת צד עפ"י אופן כיסוי האופנוע ("פיירינג") ועל פי סוג, אורך, עומק ומקור השריטות.

10. מהירות- אופן חישוב מהירות רכב

בפרק זה נדון באפשרויות העומדות בפני בוחן ת"ד המבקש לקבוע מהירות רכב עובר לתאונה. רכיב מהירות הרכב בשחזור ת"ד הינו חיוני וקריטי לצורך ביצוע השחזור – הובלה לאחור, אופן התרחשות התאונה, מציאת הגורם לקרות התאונה ומידת רשלנות מעורבים. ישנן אפשרויות שונות העומדות בפני הבוחן למציאת מהירות הרכב. מערכות הרכב, הממצאים בזירה סוג הרכב ומאפייני התאונה הינם משתנים המשפיעים על יכולת הבוחן לקבוע מהירות הרכב.

ניתן לחשב מהירות רכב עובר לתאונה עפ"י :

- סימני חיכוך החלקת בלימה.
- סימני חיכוך בלימה ניסוי.
- סימני דחיפה.
- טכוגרף.
- תקיפה ותנע.
- חישוב מהירות רכב עפ"י נפילה חופשית.
- מרחק הטלת ה"ר.
- מערכות הרכב e.d.r. ומערכת אחזור נתונים c.d.r.
- תיעוד במצלמות.

מרכיב חשוב בחלק מהמשוואות לחישוב המהירות הינו **מציאת או שיערוך מקדם החיכוך**. תחילה נסקור מקורות הדנים בערך מקדם חיכוך ולאחריו נפרט שיטות לחישוב מהירות הרכב.

תקציר מאמר מקדם גרירה ומקדם חיכוך בשחזור תאונות דרכים⁴¹.

10.1.1 הקדמה

הקצב אשר בו כלי הרכב מאט עקב בלימה הינו בעל חשיבות רבה, על פי רוב, בשחזור תאונות דרכים. באם המרחק אשר לאורכו כלי הרכב מאט הינו ידוע, יחד עם קצב האטות, על פי רוב ניתן יהיה לחשב את מהירותו ההתחלתית של כלי הרכב באמצעות שימוש במשוואה

$$v_i = \text{נוסחה}$$

$$v_i = \sqrt{v_e^2 - 2as}$$

כאשר v_i = מהירותו ההתחלתית של כלי הרכב, ברגל / לשניה, או במטרים / לשניה

v_e = מהירותו הסופית של כלי הרכב, ברגל / לשניה, או במטרים / לשניה

a = האצתו של כלי הרכב, ברגל / לשניה בריבוע, או במטרים / לשניה בריבוע (a הינו

שלילי, -, כאשר כלי הרכב מאט)

$s=d$ = המרחק אשר לאורכו האץ (או האט) כלי הרכב, ברגל או במטרים

⁴¹ נושא מספר 862 פרק 10 במדריך לחקירת תאונות דרכים מאת לין ב. פריק וסטאנרד בייקר

הבעיה הקשה ביותר מתעוררת על פי רוב כאשר לא ניתן לקבוע את קצה ההאצה / ההאטה של כלי הרכב. ההאצה או ההאטה של כלי הרכב קשורה למקדם הגרירה שלו, f , ולמקדם החיכוך, μ (האות היוונית מיו). מקדם הגרירה קשור לקצב ההאצה על פי המשוואה אשר מופיעה להלן:

$$fg = a \quad (2)$$

כאשר f = מקדם הגרירה (מספר חסר יחידות)

ו- g = מידת ההאצה של כוח המשיכה (או 32.2 רגל / לשנייה בריבוע, או 9.81 מטרים / לשנייה בריבוע)

עניינו של נושא זה הוא כיצד מתקבלים ערך מקדם הגרירה וערך מקדם החיכוך. ישנו קשר בין השניים. לעת עתה, הנח כי מקדם החיכוך עוסק בכוחות המאטים בממשק צמיג – כביש, וכי מקדם הגרירה עוסק בהאטת כלי הרכב כולו. (אף על פי כי אין זה מדויק לחלוטין, עניין זה יוסבר ביתר הרחבה בשלב מאוחר יותר תחת נושא זה).

מקדמי גרירה ומקדמי חיכוך הינם דומים באופן כללי, עבור כל הסוגים של כלי רכב בעלי ארבעה צמיגים (בעיקרון, מכוניות פרטיות וטנדרים). אף על פי כן, מקדמי חיכוך של אופנועים ושל כלי רכב כבדים (משאיות גדולות, גם של יחידה אחת וגם של כלי רכב נגרר) עשויים לעתים קרובות להיות בעלי שוני לעומת כלי רכב בעלי ארבעה גלגלים. נושא זה דן בעיקר בכלי רכב בעלי ארבעה גלגלים. עבור דיון מפורט באופנועים ובמשאיות גדולות ומקדמי הגרירה שלהם, אנא פנה לנושאים מספר 874 ו- 878.

10.1.2 הגדרת מקדם החיכוך

ניתן לחשוב על כוחות החיכוך כעל כוחות אשר מתנגדים לתנועה בין שני משטחים בממשק שביניהם (מגע). אנו רגילים לחשוב על זאת כעל דבר שלילי. אחרי ככלות הכל, סכום כסף לא מבוטל מוצא מדי שנה מתוך ניסיון להפחית את מידת החיכוך במנועים. אולם כאשר המדובר הוא בבלימה, החיכוך אשר נובע מאת הבלמים הינו דבר חיובי עד מאוד.

הגדרה מדויקת יותר של מקדם החיכוך היא היחס שבין הכוח המשיק (מקביל לפני השטח) אשר מיושם על עצם אשר מחליק לאורכו של משטח בעזרת כוח נורמאלי (אנך למשטח) אשר מופעל על אותו עצם. שרטוט טיפוסי אשר ניתן לראות בספר מכאניקה הנדסית מודגם בתרשים מספר אחת. יתכן ויהיה זה קל יותר לראות את ההתנהלות אם העצם יחליק על פני משטח מאוזן, כפי שמודגם בתרשים מספר שתיים. בשרטוט זה, אשר הינו פשוט יותר, מקדם החיכוך, μ , הינו פשוט הכוח האופקי, מחולק בכוח האנכי אשר הינו משקלו של העצם, כאשר אותו עצם נע לאורכו של המשטח.

$$\mu = F / w \quad (3)$$

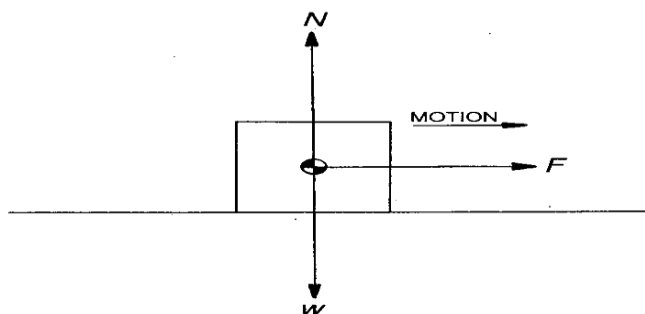
באופן כללי, רק שלושה סוגים של חיכוך הינם רלוונטיים בשחזור תאונות דרכים:

חיכוך סטאטי מוגדר על ידי שימוש במשוואה מספר שלוש (3) (עבור שטח מישורי) כאשר ההחלקה מצויה בתחילתה. כאשר עצם רק מתחיל להחליק, נדרש כוח רב יותר על מנת להתחיל את תנועתו מאשר לאחר שזו התחילה. על כן, על גבי המשטח המישורי, הכוח המאוזן, F , הינו רב יותר בהתחלה של ההחלקה מאשר לאחר שההחלקה החלה. הכוח אשר נדרש להתחלת ההחלקה משמש בחישוב חיכוך סטאטי.

עמוד מספר 62 – 4

חיכוך דינאמי עושה שימוש במשוואה מספר שלוש (3) בשטח מישורי. אולם, במקרה זה F מייצג את הכוח אשר מופעל לאחר שהעצם החל לנוע. כוח זה הינו פחות מאשר הכוח האופקי אשר משמש ברכיב החיכוך הסטאטי.

חיכוך גלגול (התנגדות הגלגול) מתייחס לכוחות הנגדיים אשר מופעלים כאשר כלי הרכב מתגלגל ללא בלימה. על פי רוב, ערכים אלו הינם נמוכים עד מאוד ונקודת ההנחה היא שהם אינם משמעותיים ברוב הבעיות אשר ניצבות בפני משחזר תאונות הדרכים. אף על פי כן, חיכוך גלגול הינו חשוב בעיצוב הצמיג ושיקולים נוספים אשר נוגעים לעיצובו של כלי הרכב. בבלימה חזקה (ללא בלמים עם מערכת אנטי – נעילה) הפרש הזמן שבין תחילת הבלימה לבין הנעילה המלאה של הגלגל



תרשים מספר שתיים: עבור משטח מאוזן ערך מקדם החיכוך הוא פשוט היחס שבין הכוח האופקי אשר נדרש לשם החלקתו של עצם, לבין משקלו של אותו עצם. כיתוב בתרשים: תנועה.

הראשון הינו קצר מאוד, על פי רוב. מבדקים של בלימה חזקה אשר נעשו באמצעות שימוש בכלי רכב מסוג "פורד", דגם LTD, במהירות של 40 מייל / לשעה על גבי כביש עשוי זפת וחצץ, הדגימו עיכוב של 0.12 שניות עד שהגלגל הראשון ננעל מאז הפעלת הבלמים. ריד טוען כי נעילת הגלגל עשויה לקחת מעט יותר זמן (בסביבות ה – 0.5 שניות). אף על פי כן, משך הזמן אשר בו יתרחש חיכוך סטאטי הינו קצר מאוד בהשוואה לסך כל משך הזמן אשר בו מחליק כלי הרכב. על כן, לשם מטרות שחזור תאונות דרכים, אין סיבה להתעכב בעניין החיכוך הסטאטי. אם אתה עוסק במקרה אשר בו לכלי הרכב הייתה מערכת של בלימת אוויר, עשוי להיות עיכוב רב הרבה יותר בנעילת הגלגל מרגע הפעלת הבלמים. לדיון מעמיק יותר אודות בלימה של משאיות כבדות אנא ראה נושא מספר 878.

10.1.3 הנחות בסיסיות אודות החיכוך

באופן כללי, עבור חיכוך מהחלקה ישנם מספר תנאים אשר תמיד מתקבלים. אולם בכל אשר נוגע לצמיג גומי אשר מחליק על פני דרך מרוצפת, חלק מן התנאים הללו עשויים שלא להתקיים. התכונות הכלליות של החיכוך הן אלו אשר מופיעות להלן:

באם המשטח אשר על פניו מתרחשת ההחלקה הינו מאוזן, הכוח האופקי אשר נדרש לשם החלקת העצם הינו יחסי למשקלו של אותו עצם. על כן, אם משקלו של העצם אשר מחליק מוגבר ב- 20 אחוזים, אזי יוגבר הכוח האופקי אשר נדרש לשם החלקתו גם הוא ב- 20 אחוזים.

חיכוך דינאמי הינו נמוך מחיכוך סטאטי. כלומר, לאחר שעצם התחיל להחליק נדרש פחות כוח על מנת לשמר את החלקתו.

כוח החיכוך איננו תלוי במידתו של השטח אשר בו ישנו מגע בין העצם המחליק לבין פני השטח. כלומר, אם השטח אשר על פניו מחליק העצם יגדל (כשכל היתר נשאר קבוע), מידת הכוח הנדרשת על מנת להחליק את העצם תישאר זהה.

כוח החיכוך איננו משתנה כאשר המהירות משתנה. כלומר, כוח החיכוך במהירות החלקה גבוהה יותר יהיה שווה לכוח החיכוך במהירות החלקה נמוכה יותר. **(הערת עורך הספר:** בהמשך יש החרגה להנחה)

כוח החיכוך איננו משתנה כאשר הטמפרטורה משתנה. כלומר, כוח החיכוך הינו זהה עבור עצם אשר מחליק על פני משטח אשר מידת החום שלו היא 80 מעלות פרנהייט, או על פני שטח אשר מידת החום שלו הינה 20 מעלות פרנהייט.

10.1.4 כוחות חיכוך יחסיים למשקל

אם אתה נמצא על גבי משטח מאוזן ומחליק מכונית בעלת גלגלים נעולים, ישנה התגברות של כוח החיכוך האופקי באם מוסף משקל על גבי המכונית. אם המשקל מוגבר ב- 20 אחוזים, ניתן לצפות כי כוח החיכוך האופקי יוגבר גם הוא ב- 20 אחוזים. באופן כללי, צפוי כי יכולת החיכוך תפחת במידת מה כאשר העומס הוא רב.

אם נבדקים צמיגים של משאית גדולה וכבדה עבור מקדם החיכוך, על גבי כביש נתון, ואלו מושווים עם ערכי חיכוך של צמיג של מכונית פרטית אשר קטנה בהרבה מן המשאית, אל לך לצפות לאותם ערכי חיכוך. זאת עקב העומס הרב בהרבה אשר מצוי על הצמיגים של המשאית, והבדלים נוספים אשר מצויים בין צמיגיה של המשאית לבין צמיגיה של המכונית הפרטית.

עמוד מספר 62 – 5

עבור מכוניות פרטיות כוח החיכוך (עם גלגלים נעולים וצמיגים דומים) אשר ניתן להפיק על גביהם של פני כביש נתונים איננו משתנה באופן משמעותי בין מימדי המכוניות השונים. לדוגמה, אם נתונה מכונית קטנה ומכונית בינונית / גדולה אשר מחליקות עם גלגלים נעולים במהירות של 30 מייל / לשעה על גבי אותם פני שטח ועם צמיגים דומים, ניתן לצפות לאותם ערכי חיכוך.

10.1.5 חיכוך דינאמי וחיכוך סטאטי

בדיון אודות המעבר מחיכוך סטאטי לחיכוך דינאמי, יהא זה מועיל להתחשב באופן שבו מקדם הגרירה של פני הכביש עם הצמיגים משתנה מההתחלה של ההחלקה ועד להחלקה עם גלגלים נעולים. עניין זה מודגם בתרשים מספר שלוש. לפני הבלימה לגלגל ישנה יכולת סיבוביות מלאה; אלם במקום אשר בו נוגע הצמיג בפני הכביש אין מתקיימת תנועה, ולו לחלקיק של רגע, ביחס לפני הכביש. בהשוואה למהירותו של כלי הרכב, המהירות של הצמיג אשר מצוי במגע עם פני הכבישה הינה 0 אחוזים. מרגע שמופעלים הבלמים, הכוח המשהה על הצמיג מפותח על ידי פני הכביש. כאשר כוח זה מתחיל, החומר הגמיש של הצמיג נלחץ אל עבר חוסר הסדירויות שבפני הכביש (קשיחות). על כן, כוח החיכוך מותח את טביעות הבליטות שעל הצמיג לרגע קט בעוד גוף הצמיג מתחיל להאט. בנקודה זו, מהירותו של הצמיג אשר קרוב לפני הכביש גוברת, בהשוואה למהירותו של כלי הרכב.

בעוד כוח הבלימה מוגבר, הצמיג מאבד את אחיזתו מעל פני הכביש ומתחיל להחליק. בעוד ההחלקה גוברת פוחתת עוד ועוד מידת הזמן אשר בה ניתן לצמיג להשיב את אחיזתו על פני השטח. כאשר הגלגל מגיע למצב של נעילה, לצמיג ישנה מידת החלקה של 100 אחוזים. ב – 100 אחוזי החלקה, הצמיג מחליק בחיכוך דינאמי. כפי שניתן לראות בתרשים מספר שלוש (אשר מדגים צמיג מסוים), כוח החיכוך מגיע למידתו המירבית ב – 10 עד 20 אחוזי החלקה של הצמיג. למצבים של בלימה פתאומית, הנהגים מיישמים את הבלמים שלהם במהירות מאוד גבוהה ובעוצמה מאוד חזקה, על פי רוב. אופן זה יביא לנעילתם המהירה של הצמיגים (עבור מערכת בלמים אשר איננה מערכת אנטי – נעילה), ועל ידי כך יביא לכך שכמעט כל הבלימות יתרחשו ב – 100 אחוזי החלקה.

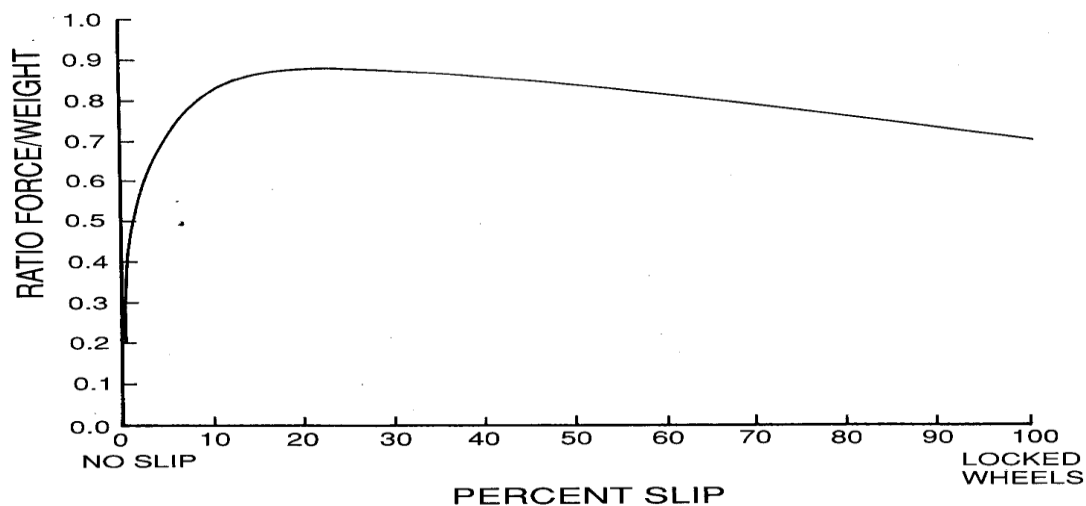


Exhibit 3. As a tire first starts to slip on a hard surface, the friction force increases and reaches a maximum. Then the friction force decreases somewhat. There is not much difference in the friction force at high values of slip.

62-5

תרשים מספר שלוש: בעוד הצמיג מתחיל להחליק על גבי המשטח הקשה, גובר כוח החיכוך והוא מגיע למידתו המירבית. אז פוחתים כוחות החיכוך במידת מה. אין הבדל רב בין כוחות החיכוך בערכים גבוהים של החלקה.

כיתוב בתרשים: ציר ה – X: אחוזי ההחלקה. ציר ה – Y: יחס כוח / משקל. מימין: גלגלים נעולים. משמאל: אין החלקה.

10.1.6 כוחות החיכוך ביחס לשטח ההחלקה

בחלק מן המקרים ממשק צמיג – כביש גדול יותר עשוי לגרום לכוח חיכוך רב יותר. עבור צמיגים חלקים (ללא חריצים בבליטות) על גבי כביש נקי, יבש וקשה, יתכן כי יופק כוח החלקה רב יותר. אך בכל מקרה, לא ניתן לצפות לערך נמוך יותר. כמו כן, ניתן להשיג כוח חיכוך גבוה יותר עם צמיגים חלקים על גבי קרח.

עבור תנאים של פני כביש רטובים, צמיגים חלקים לא יניבו ערכי חיכוך טובים יותר. הצמיגים מעוצבים בחריצים ובליטות (ראה נושא מספר 825) אשר מותירים מקום למעבר של מים כאשר הצמיג בא במגע עם פני כביש רטובים. על כן, כאשר פני הכביש נעשים רטובים נוכחותם של החריצים הינה בעלת חשיבות גוברת.

10.1.7 השפעות המהירות על החיכוך

השפעות המהירות על החיכוך במכונית נוסעים טיפוסית אינה ניכרת. במשך שנים הטבלה אשר הוצגה במדריך לחקירת תאונות דרכים הצביעה על כך כי ערכים גבוהים יותר הינם צפויים במהירויות אשר נמוכות מ – 30 מייל / לשעה עבור אותו סוג של פני כביש. מחקר בתחום תומך בהשערה זו. בתרשים מספר ארבע חוקרים ממדינת אוהיו לקחו ערכי חיכוך ממוצעים עבור ארבעה כלי רכב אשר נבדקו על פני שלושה סוגים של כביש במהירויות אשר צוינו. יוצגו מכוניות בגדלים קטן, בינוני וגדול. כמו כן, נבחן רכב מסוג של טנדר. מסקנתו של מחקר זה הייתה:

... מקדם החיכוך הממוצע אשר חושב פוחת ככל שגוברת המהירות, והוא צונח מטה במהירות ככל שהמהירות הנומינאלית שלפני הבלימה נעה בין 10 ל – 30 מייל / לשעה ובאיטיות בין 30 ל – 60 מייל / לשעה.

המסקנה אשר מופיעה לעיל מצביעה על כך כי אם מבדקים נעשים עם כלי רכב על מנת לקבוע את ערכו של מקדם החיכוך, הרי זה הולם כי הללו יערכו מעל או מתחת למהירות של 30 מייל / לשעה – מה שיותר קרוב למהירותו של כלי הרכב אשר היה מעורב בתאונה. קולנס טוען כי יש גורמי

עמוד מספר 62 – 7

הפחתה עבור מקדמי חיכוך במקומות בהם מהירות תאונה צפויה הינה גבוהה מ – 40 מייל / לשעה. גורמי הפחתת חיכוך משמשים בחלק מתוכנות המחשבים.

10.1.8 השפעות הטמפרטורה על החיכוך

השפעתה של הטמפרטורה של מקדם החיכוך הינה חסרת חשיבות, אלא אם כן המדובר הוא בהבדלי טמפרטורה קיצוניים. באופן כללי, החיכוך יפחת במעט כאשר הטמפרטורה של האוויר תעלה. מקור סימוכין מספר שניים מצביע על כך כי מעל לטווח הטמפרטורות שבין 45 מעלות לבין

80 מעלות חום פרנהייט על גבי משטח של אספלט, מקדם החיכוך יפחת אך ב – 0.10. על גבי משטח רטוב ההבדל היה קטן אף יותר. אם כך, בהשוואה לגורמים אחרים, ההבדלים של מידות החום הינם מינימאליים עד כדי כך שאך לעתים רחוקות בלבד יהא זה ראוי להתחשב בהם. באם אתה מוצא לנכון להתחשב בהבדלים אלו, אנא וודא כי הנך עורך את מבדקי החיכוך ביום אשר בו מידות החום דומות ליום ההתנגשות הנחקרת.

10.1.9 גורמים נוספים אשר ישפיעו על מקדם החיכוך

לצמיגי שלג ישנה אך השפעה מועטה על הבלימה עם גלגלים נעולים, כאשר זאת מתרחשת על משטח עמוס בשלג. צמיגי אחיזה עשויים להגביר את יכולת הבלימה על פני משטח מצופה בקרח, אולם עלולים להפחית את החיכוך בתנאים אחרים. לעתים נידונה השפעת לחץ האוויר אשר מצוי בצמיגי הגלגלים. לחץ אוויר גבוה מן הרגיל עבור צמיג נתון מפחית את שטח המגע של הצמיג עם פני הכביש, באופן דומה לזה אשר לפיו לחץ אוויר נמוך מן הרגיל נוטה להגביר את שטח המגע. להשפעותיו של הבדל קטן זה יהיו השפעות זניחות ברוב המקרים. צמיגים בעלי יכולת תפקוד גבוהה עשויים להגביר את ערכי החיכוך לעומת צמיגים של מכוניות פרטיות. על פי רוב, עניין זה איננו גורם לבעיות כאשר נערכת הערכת מהירות. עליך פשוט להשתמש בערך החיכוך ה – "רגיל", הנמוך יותר, על מנת להשיג הערכה שמרנית, או שתוכל לערוך מבדקים עם צמיגים דומים בעלי יכולת תפקוד גבוהה. מערכות אנטי – בלימה (ABS) אינן פועלות ב – 100 אחוזי החלקה. על כן, התפקוד של מכוניות בעלות מערכת ABS עשוי להיות טוב יותר מאשר אלו אשר להן מערכות בלימה של נעילת גלגלים. יתרונות נוספים של מכוניות אשר להן מערכת ה – ABS יידונו בשלב מאחר יותר.

10.2 הגדרת מקדם הגרירה

המונח *מקדם גרירה* לא יימצא בספר רגיל של מכאניקת הנדסה או פיזיקה; הוא משמש זה שנים רבות בחקירה / שחזור של תאונות דרכים. למקדם הגרירה ניתן הסמל f . מקדם הגרירה מוגדר ככוח אשר נדרש להאצה (או האטה) שכיוונה של ההאצה (או ההאטה), חלקי משקלו של העצם (של כלי הרכב). בצורה של משוואה, מקדם הגרירה מוגדר כ – :

$$f = F / w \quad (4)$$

לעתים קרובות מתעורר בלבול כאשר נערכת השוואה בין המשוואות שלוש (3) וארבע (4). מובן כי צידן הימני של שתי המשוואות הללו הינו זהה. ההבדל הוא כי משוואה מספר שלוש (3) עוסקת במקדם החיכוך, μ , בעוד משוואה מספר ארבע (4) עוסקת במקדם הגרירה, f . עבור μ , על העצם *להחליק* לאורכו של המשטח הנתון. אין כך עבור מקדם הגרירה. ערכי מקדם הגרירה ומקדם החיכוך יהיו שווים רק במקרים אשר בהם כל הצמיגים יהיו נעולים ויחליקו על פניו של משטח מאוזן.

מקדם הגרירה עם קשר לסוגי כלי הרכב השונים

הנח אופנוע אשר נע על פני משטח מאוזן, כאשר הגלגל האחורי נעול בעוד הגלגל הקדמי מסתובב ללא בלימה. מתרחשת החלקה של הגלגל האחורי על גבי פני הכביש. על כן, הכוח המעכב אשר פועל על הגלגל האחורי תלוי בערכו של מקדם החיכוך. אף על פי כן, לא כל הגלגלים אשר מצויים במגע עם פני הגביש בולמים. על כן, ערך מקדם הגרירה של האופנוע הינו בבירור שונה מערכו של מקדם החיכוך אשר בין הגלגל האחורי לבין פני הכביש. למעשה, ערך מקדם הגרירה של האופנוע יהיה פחות מאשר ערך מקדם החיכוך. לשם דיון מפורט יותר בבלימתם של אופנועים אנא ראה נושא מספר 874.

בדומה לאופנועים, לכלי רכב גוררים ולסמי – טריילרים עשויים להיות ערכי מקדמי גרירה שונים על כל ציר. הגלגלים של ציר אחד עשויים להיות נעולים בעוד לגלגלים אשר בציר השני יכולה להיות החלקה פחותה בהרבה מ – 100 אחוזים. אכן, יהא זה אפשרי כי הגלגלים אשר מצויים על גבי ציר מסוים יהיו בעלי ערך מקדם גרירה שונה. אף על פי כן, מקדם הגרירה של כל כלי הרכב הינו בעל ערך אחד.

על פי רוב, לאחר התנגשות, כלי הרכב אשר ניזוקו בהתנגשות נעים לאורך מרחק מסוים בטרם הם מאטים עד לכי עצירה. לעתים קרובות גלגלים נתקעים ואינם מסתובבים, כתוצאה מן ההתנגשות. כמו כן, כלי הרכב אשר ניזוקו מסתחררים, על פי רוב, בעודם נעים אל עבר מיקומי העצירה הסופיים שלהם. סביר ביותר כי ערך מקדם הגרירה אצל כלי רכב אשר מסתחרר ישתנה לאורכה של ההסתחררות והתנועה על עבר נקודת העצירה הסופית. בכל המקרים ישנו ערך מקדם גרירה אשר קשור להאטתו של כלי הרכב לכדי עצירה מלאה.

מקדם הגרירה עם קשר לכוח המשיכה

קודם לכן בנושא זה ניתנו יחסי הגומלין שבין ההאצה (a), מקדם הגרירה (f), וההאצה אשר נגרמת עקב כוח המשיכה (g) במשוואה מספר שתיים (2):

$$a = fg \quad (2)$$

באם אתה משתמש במשוואה מספר אחת (1) על מנת לפתור את ערך המהירות ההתחלתית כאשר כלי הרכב האט, וודא כי אתה משתמש בערך שלילי (-) עבור ההאצה (a). לערך מקדם הגרירה (f) (אין את הסימן (-) או (+) אשר יהיה מקושר אליו. אם כן, אם אתה משתמש במשוואה מספר שתיים (2) עליך להוסיף את סימן השלילה. השימוש במשוואה זו נידון, יחד עם בעיה לדוגמה, תחת נושא מספר 860.

ניתן לפתור את ערך מקדם הגרירה בקלות על ידי שימוש במשוואה מספר שתיים (2), על מנת לקבל את הערך:

$$f = a / g \quad (5)$$

אם כך, ניתן לראות כי f הינו רק היחס של ההאצה של העצם אל ההאצה אשר נגרמת על ידי כוח המשיכה. על כן, בנפילה חופשית, כאשר ההאצה a הינה שווה להאצה אשר נגרמת על ידי כוח המשיכה g , ערך מקדם הגרירה, f , יהיה שווה ל – 1.0 ($a = a / g = g / g = 1.0$)

עמוד מספר 62 – 8

זכור את הגדרה הבסיסית של ערך מקדם הגרירה ממשוואה מספר ארבע (4) :

$$f = F / w$$

כאשר F הוא הכוח בכיוונה של ההאצה ו- w הוא המשקל של העצם. המקרה היחיד בו ערך מקדם הגרירה עשוי להיות שווה ל- 1.0 הוא כאשר כוח ההאצה, F , הינו שווה למשקלו של העצם הנדון. אם כן ברור כי כאשר ערך מקדם הגרירה שווה ל- 1.0, הכוח אשר מופעל על העצם הינו שווה למשקלו, וערך מידת ההאצה שווה ל- g .

מכיוון שערך מקדם הגרירה הוא תמיד היחס שבין ההאצה של העצם לבין ההאצה אשר נגרמת על ידי כוח המשיכה, ניתן לחשוב על מקדם הגרירה כעל אחוזי ההאצה אשר נגרמת על ידי כוח המשיכה, כאשר זו מבוטאת בתור שבר עשרוני. אז אם יאמר אדם "המכונית האטה בקצב של 0.5 g ", הוא בעצם מתכוון לומר כי ערך מקדם הגרירה היה שווה ל- 0.5.

משוואות של מהירויות עבור החלקה

בתחילתו של נושא זה, משוואה מספר אחת (1) ניתנה על מנת לחשב את מהירות הבלימה ההתחלתית, כאשר המרחק אשר לאורכו האט כלי הרכב (d), קצב ההאטה של כלי הרכב (a), שלילי עבור האטה), וערך המהירות הסופית (v_e) הינם ידועים. להלן מופיעה משוואה מספר אחת (1) בשנית :

$v_i =$ **נוסחה**

$$v_i = \sqrt{v_e^2 - 2as}$$

עמוד מספר 62 – 14

10.3 ערכי מקדמי החיכוך עבור מגוון של סוגים של פני שטח⁴²

תיאור של פני השטח		יבש				רטוב			
		פחות מ – 30 מייל / לשעה		יותר מ – 30 מייל / לשעה		פחות מ – 30 מייל / לשעה		יותר מ – 30 מייל / לשעה	
		מ – עד ל –	מ – עד ל –	מ – עד ל –	מ – עד ל –	מ – עד ל –	מ – עד ל –	מ – עד ל –	מ – עד ל –
בטון מסוג "פורטלנד"									
חדש, חד		.80	1.20	.70	1.00	.50	.80	.40	.75
משומש		.60	.80	.60	.75	.45	.70	.45	.65
משופשף מרוב תנועה		.55	.75	.50	.65	.45	.65	.45	.60
אספלט או זפת									
חדש, חד		.80	1.20	.65	1.00	.50	.80	.45	.75
משומש		.60	.80	.55	.70	.45	.70	.40	.65
משופשף מרוב תנועה		.55	.75	.45	.65	.45	.65	.40	.60
זפת עודפת		.50	.60	.35	.60	.30	.60	.25	.55
חצץ									
דחוס, משומן		.55	.85	.50	.80	.40	.80	.40	.60
מפוזר		.40	.70	.40	.70	.45	.75	.45	.75
אפר									
דחוס		.50	.70	.50	.70	.65	.75	.65	.75
סלע									
מרוסק		.55	.75	.55	.75	.55	.75	.55	.75
קרח									
חלק		.10	.25	.07	.20	.05	.10	.05	.10
שלג									
דחוס		.30	.55	.35	.55	.30	.60	.30	.60
מפוזר		.10	.25	.10	.20	.30	.60	.30	.60

תרשים מספר חמש עשרה : בטבלה זו ערכים ערכי מקדמי החיכוך של מגוון סוגים של פני כביש. טבלה זו איננה מיועדת למשאיות גדולות וכבדות.

מובן כי ההאצה קשורה לערך מקדם הגרירה על ידי משוואה מספר שתיים (2) :

$$a = fg \quad (2)$$

שוב, עליך לזכור כי אם כלי הרכב מאט עליך להוסיף את סימן המינוס, – , לפני הערך עבור האצה.

⁴² נושא מספר 862 פרק 10 במדריך לחקירת תאונות דרכים מאת לין ב. פריק וסטאנרד בייקר עמוד 14

להלן תופיע בעיה פשוטה לשם הדגמה. הנח כי מכונית החליקה עד אשר היא הגיעה לכדי עצירה מלאה ($v_e = 0$) עם מקדם גרירה (f) בערך של 0.75 לאורך מרחק (d) של 95 רגל. ההאצה, a , מחושבת על ידי שימוש במשוואה מספר שתיים (2):

$$a = fg \quad (2)$$

$$= (32.2 \text{ רגל} / \text{שנייה בריבוע}) \cdot 0.75 =$$

$$= -24.2 \text{ רגל} / \text{שנייה בריבוע}$$

תרשים מספר שבע עשרה

יחידות מטריות

10.4 מהירות, ביחידות של קילומטרים / לשעה, (בטבלה בשחור) אשר נדרשת

להאטה עד לכדי עצירה⁴³

עבור מגוון של מרחקים וסוגי פני שטח

ערך מקדם גרירה ממוצע במהלך ההחלקה עד לכדי עצירה																				אורך סימן ההחלקה עד לכדי עצירה במטרים
→ פני שטח נקיים ורטובים ←										→ קרח ←										
→ פני שטח נקיים ויבשים ←										→ חצץ ←					→ שלג ←					
→ בלימות מעולות ←					→ בלימות טובות ←					→ בלימות סבירות ←					→ בלימות אשר אינן חוקיות ←					
1.20	1.10	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.20	0.10	0.05	
17	17	16	15	15	15	14	14	13	13	12	11	11	11	10	9	9	7	5	4	1
25	24	22	22	21	20	20	19	19	18	17	17	16	15	14	13	12	10	7	5	2
30	29	28	27	26	25	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	12	9	6	3
35	33	32	31	30	29	28	28	27	26	25	24	22	21	20	19	17	14	10	7	4
42	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	22	21	20	16	11	8	5
44	41	39	38	37	36	35	34	33	31	30	29	26	26	24	23	21	17	12	9	6
46	44	42	41	40	39	37	36	35	34	33	31	28	28	27	25	23	19	13	9	7
49	47	45	44	43	41	40	39	38	36	35	33	32	30	28	27	25	20	14	10	8
52	50	48	46	45	44	43	41	40	38	37	35	34	32	30	28	26	21	15	11	9
55	53	50	49	48	46	45	44	42	41	39	37	36	34	32	30	28	22	16	11	10
58	55	53	51	50	49	47	46	44	43	41	39	37	35	33	31	29	24	17	12	11
60	58	55	54	52	51	49	48	46	44	43	41	39	37	35	33	30	25	17	12	12
63	60	57	56	54	53	51	50	48	46	44	43	41	38	36	34	31	26	18	13	13
65	62	59	58	56	55	53	51	50	48	46	44	42	40	37	35	33	27	19	13	14
67	65	62	60	58	57	55	53	51	50	48	46	43	41	39	36	34	28	19	14	15
70	67	64	62	60	59	57	55	53	51	49	47	45	43	40	38	35	28	20	14	16
72	69	66	64	62	60	58	57	55	53	51	49	46	44	41	39	36	29	20	15	17
74	71	67	66	64	62	60	58	56	54	52	50	48	45	42	40	37	30	21	15	18
76	73	69	68	66	64	62	60	58	56	54	51	49	47	44	41	38	31	22	16	19
78	75	71	69	67	66	64	62	59	57	55	53	50	48	45	42	39	32	22	16	20

⁴³ נושא מספר 862 פרק 10 במדריך לחקירת תאונות דרכים מאת לין ב. פריק וסטאנרד בייקר עמוד 16

אגף התנועה הארצי/ מדור ת"ד / בית דגן

82	78	75	73	71	69	67	65	62	60	58	55	53	50	47	44	41	33	24	17	22
85	82	78	76	74	72	70	67	65	63	60	58	55	52	49	46	43	35	25	17	24
89	85	81	79	77	75	73	70	68	65	63	60	57	54	51	48	44	36	26	18	26
92	88	84	81	80	78	75	73	70	68	65	62	59	56	53	50	46	38	27	19	28
95	91	87	85	83	80	78	75	73	70	67	65	62	58	55	52	48	39	28	19	30
99	94	90	88	85	83	80	78	75	73	70	67	64	60	57	53	49	40	28	20	32
102	97	93	90	88	85	83	80	78	75	72	69	66	62	58	55	51	41	29	21	34
105	100	95	93	90	88	85	83	80	77	74	71	67	64	60	56	52	43	30	21	36
107	103	98	95	93	90	88	85	82	79	76	73	69	66	62	58	54	44	31	22	38
110	106	101	98	95	93	90	87	84	81	78	75	71	68	63	59	55	45	32	23	40
113	108	103	100	98	95	92	89	86	83	80	76	72	69	65	61	56	46	33	23	42
115	11	105	103	100	97	94	91	88	85	82	78	75	71	66	62	58	47	33	24	44
118	113	108	105	102	99	96	93	90	87	84	80	76	72	68	64	59	48	34	24	46
121	116	110	107	105	102	98	95	92	89	85	82	78	74	69	65	60	49	35	25	48
123	119	112	110	107	104	101	97	94	91	87	83	79	75	70	67	62	50	36	25	50
126	120	115	112	109	106	103	99	96	92	89	85	81	77	72	68	63	51	36	26	52
128	123	117	114	111	108	105	101	98	94	91	87	83	78	74	69	64	52	37	26	54
130	125	118	116	113	110	106	103	100	96	92	88	84	80	75	70	65	53	38	27	56
133	127	121	118	115	112	108	105	101	98	94	90	86	81	76	72	66	54	38	27	58
135	129	123	120	117	114	110	107	103	99	95	91	87	83	78	73	68	55	39	28	60
137	131	125	122	119	115	112	108	105	101	97	93	88	84	79	74	69	56	40	28	62
139	133	127	124	121	117	113	110	106	103	99	94	90	85	80	75	70	57	40	28	64
141	135	129	126	122	119	115	112	108	104	100	96	91	87	81	76	71	58	41	29	66
144	138	131	128	124	121	117	114	110	106	102	97	93	88	83	78	72	59	41	29	68
146	140	133	130	126	123	119	115	111	107	103	99	94	89	8	79	73	60	42	30	70
151	144	138	134	131	127	123	119	115	111	107	102	97	92	87	81	75	62	44	31	75
156	149	142	139	135	131	127	123	119	115	110	105	100	95	89	84	78	64	45	32	80
161	154	147	143	139	135	131	127	123	118	114	109	104	98	92	87	80	66	46	33	85
165	158	151	147	143	139	135	131	126	123	117	112	107	101	95	89	83	67	48	34	90
170	163	155	151	147	143	139	134	130	125	120	115	110	104	98	92	85	69	49	35	95
174	167	159	155	151	147	142	138	133	128	123	118	112	107	100	94	87	71	50	36	100
183	175	167	163	158	154	149	144	140	134	129	124	118	112	105	99	91	75	53	37	110
191	183	174	170	165	161	156	151	146	140	135	129	123	117	110	103	95	78	55	39	120
199	190	181	177	172	167	162	157	152	146	140	134	128	123	114	107	99	81	57	41	130
206	197	188	183	178	173	168	163	157	152	147	139	133	126	118	111	103	84	59	42	140

10.4.1 טבלת האצת רכב פרטי : תרשים מספר שלושים ותשע⁴⁴ :

האצה, a			טווח מהירות	תנאי
מטרים לשניה בריבוע	מקדם גרירה $a / g = f$	רגל לשניה בריבוע		
+ 32.2	+ 9.81	+ 1.00		נפילה חופשית
+ 4.8	+ 1.47	+ 0.15	פחות מ – 20 מייל / לשעה (30 קילומטרים / לשעה) בין 20 ל – 40 מייל / לשעה (30 – 60 קילומטרים / לשעה) יותר מ – 40 מייל / לשעה (60 קילומטרים / לשעה)	האצה רגילה של מכונית פרטית
+ 3.2	+ 0.98	+ 0.10		
+ 1.6	+ 0.48	+ 0.05		
+ 9.7	+ 2.94	+ 0.30	פחות מ – 20 מייל / לשעה (30 קילומטרים / לשעה) בין 20 ל – 40 מייל / לשעה (30 – 60 קילומטרים / לשעה) יותר מ – 40 מייל / לשעה (60 קילומטרים / לשעה)	האצה מהירה של מכונית פרטית
+ 4.8	+ 1.47	+ 0.15		
+ 3.2	+ 0.98	+ 0.10		
- 0.3	- 0.10	- 0.01	פחות מ – 20 מייל / לשעה (30 קילומטרים / לשעה) בין 20 ל – 40 מייל / לשעה (30 – 60 קילומטרים / לשעה) יותר מ – 40 מייל / לשעה (60 קילומטרים / לשעה)	מכונית פרטית אשר גולשת מן ההילוך
- 0.6	- 0.20	- 0.02		
- 1.3	- 0.39	- 0.04		
- 1.3	- 0.39	- 0.04	פחות מ – 20 מייל / לשעה (30 קילומטרים / לשעה) בין 20 ל – 40 מייל / לשעה (30 – 60 קילומטרים / לשעה) יותר מ – 40 מייל / לשעה (60 קילומטרים / לשעה)	מנוע של מכונית פרטית בולם בהילוך גבוה
- 1.6	- 0.48	- 0.05		
- 2.6	- 0.78	- 0.08		
- 3.2	- 0.98	- 0.10	האטה הדרגתית, בלימה קלה	
- 6.4	- 1.96	- 0.20	בלימה רגילה, ללא החלקה	

(ראה טבלת האצה מצורפת בנספחים בעמוד 302)

⁴⁴ נושא מספר 862 פרק 10 במדריך לחקירת תאונות דרכים מאת לין ב. פריק וסטאנרד בייקר עמוד 38

10.5 חישוב מהירות נסיעת כלי הרכב

קיימות שיטות שונות לקביעת מהירות הרכב עובר לתאונה. ניתן לקבוע מהירות רכב עפ"י סימני הצמיגים שנמצאו בזירה באם אלו סימני חיכוך החלקת בלימה או סימני דחיפה, מרחק הטלת הולך רגל/רוכב, מהירות משולבת בלימה והחלקה על דופן (אופנוע) ועוד ... ישנן אפשרויות נוספות ומגוונות העומדות בפני הבוחן למציאת מהירות הרכב עובר לתאונה. מערכות הרכב, הממצאים בזירה סוג הרכב ומאפייני התאונה הינם משתנים המשפיעים על יכולת הבוחן לקבוע מהירות הרכב.

ניתן לחשב מהירות רכב עובר לתאונה עפ"י :

10.5.1 סימני חיכוך החלקת בלימה.

כאשר הרכב תקין עורכים 2 ניסויי בלימה עם מכשיר הוריקום במקום התאונה. מקבלים את הערך של מקדם החיכוך. מציבים בנוסחה

$$v_{\text{האומה}} = 15.95 \times \sqrt{s \times f}$$

15.95 ערך קבוע עפ"י פיתוח משוואה.

S = אורך סימני הבלימה שמצאת.

f = מקדם החיכוך.

V = מהירות הרכב בעת תחילת הבלימה.

המהירות המתקבלת היא מהירות מינימום.

או מציבים בנוסחה⁴⁵

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - 2 \times a \times s}$$

V1 = מהירות התחלתית = 0, v2 = מהירות סופית.

כאשר הרכב ניזוק בתאונה ואינו במצב נסיעה או מסיבה אחרת לא ניתן לבצע ניסוי בלימה. יש לשערך את מקדם החיכוך.

על פי הערכים של אורך סימני החלקת הבלימה וערך מקדם החיכוך (המוערך) (ראה טבלה לעיל) ניתן לחשב את מהירות נסיעת הרכב עובר לתאונה על פי הנוסחה :

$$v_{\text{האומה}} = 15.95 \times \sqrt{s \times f}$$

10.5.2 סימני חיכוך ניסוי החלקת בלימה.

כאשר הרכב נימצא לאחר התאונה במצב תקין לנסיעה וניתן לבצע ניסוי בלימה. ניתן לבצע ניסוי בלימה ברכב המעורב, המהירות בניסוי צריכה להיות קרובה למהירות המוערכת של הרכב עובר לתאונה. אסור שיתקבל יותר מ- 20% הפרש בין אורך סימני הבלימה. במידה והתקבל הפרש גדול יותר יש לבצע ניסוי נוסף עד שמתקבלים סימנים בניסוי באורך הנדרש. לאחר שבניסוי התקבלו סימני בלימה כאמור, יש לבצע ניסוי נוסף במהירות בה בוצע הניסוי המוצלח הראשון ואורך סימני הבלימה בניסוי הנוסף לא יהיו שונים באורכם מאלה של הניסוי הראשון ביותר מ- 10%.

⁴⁵ נושא מספר 862 פרק 10 במדריך לחקירת תאונות דרכים מאת לין ב. פריק וסטאנרד בייקר עמוד 13

מבצעים ממוצע בין תוצאות הניסויים הראשון והשני ומקבלים ערכים של מהירות ניסוי ואורך סימנים בניסוי. נמדד אורך הסימנים עובר לתאונה וניתן לחשב מהירות עובר לתאונה על פי הנוסחה:

$$v_{\text{תאונה}} = v_{\text{ניסוי}} \times \sqrt{\frac{s_{\text{תאונה}}}{s_{\text{ניסוי}}}}$$

☺ **תרגיל דוגמא חישוב מהירות עפ"י ניסוי בלימה:**

אורך סימן בלימה בתאונה 12 מטר.
עפ"י טבלת מרחקי בלימה 12 מטר סימני בלימה מצביעה על מהירות 46 קמ"ש במקדם חיכוך מוערך 0.7.
ערכת ניסוי בלימה ראשון במהירות 46 קמ"ש נשאר סימני בלימה באורך 10 מטר.
ערכת ניסוי בלימה שני במהירות 46 קמ"ש אורך סימן הבלימה 11 מטר.
ההפרש בין אורך סימני הבלימה בתאונה לניסוי הראשון הינו 16.6%. ניסוי תקין.
ההפרש בין ניסוי ראשון לשני לא עלה על 10% . תקין.

$$v_{\text{תאונה}} = 12.77 \times \sqrt{\frac{12}{10.5}} = 13.65 \text{ מ} / \text{ש} = 49.1 \text{ קמ"ש}$$

מהירות הרכב עובר לתאונה 49.1 קמ"ש.

במקרה של שימוש בשיטה זו, המהירות המתקבלת היא המהירות האמיתית, ואינה מושפעת מהסימנים "הבלתי נראים" או משערוך מקדם חיכוך.

10.5.3 סימני דחיפה/ החלקת צד⁴⁶

סימן דחיפה הינו סימן חיכוך אותו משאיר צמיג רכב הנמצא בתנועת סבסוב/החלקת צד (YAW), זאת כאשר הגלגלים מסתובבים באופן חופשי, כלומר-אינם בלומים ואינם נעולים.



⁴⁶ ס'. בייקר מהדורה שנת 2002 פרק 4.

מהי החלקת צד

החלקת צד הוא מונח אשר מתייחס לתנועה צידית של הרכב, כפי שקורה כשהחלק האחורי של רכב הנע בעקומה נזרק החוצה ונע בכיוון שונה מכיוון הנסיעה. החלקת הצד היא פעולה של סיבוב סביב מרכז המסה, אשר מתחילה כשהצמיגים האחוריים מתחילים לגלוש הצידה והם סוטים ממסלולם הנורמאלי. כשרכב נע במהירות גדולה בעקומה, הכוח הצנטריפוגלי מנסה לגבור על הכוח הצנטריפטלי וכשהמהירות גדולה מספיק, הכוח הצנטריפוגלי יגרום לרכב לנסוע בקו ישר/לצאת מנתיבו. כשהרכב נכנס לסיבוב בתנאים אלו, הוא יגלוש הצידה. הרכב יכנס לסטיית צד ואף יתכן שהוא יסתחרר או יסתובב (180°).

השפעת מהירות הרכב ורדיוס העקומה

התנאי שהרכב יישאר יציב בסיבוב הוא, שהכוח הצנטריפוגלי יהיה קטן או שווה לסך כוחות הצד של הצמיגים. ברגע שהכוח הצנטריפוגלי גדול יותר מכוחות הצד, הרכב "יזרק" מהסיבוב. באיזה מקרים ומתי מופר האיזון? כאשר **כוח צנטריפוגלי = < כוחות הצד של הצמיגים** כאשר הרכב נוסע במהירות גבוהה מדי לעקומה בעלת רדיוס נתון/קבוע. כאשר הרכב נוסע במהירות קבועה (נסיעה ללא הגברת מהירות), אך רדיוס העקומה משתנה/קטן.

הגורמים המשפיעים על כניסת הרכב להחלקת צד/סבסוב הם:

מהירות הרכב.
רדיוס העקומה.
משקל הרכב.

מאפייני סימן הדחיפה

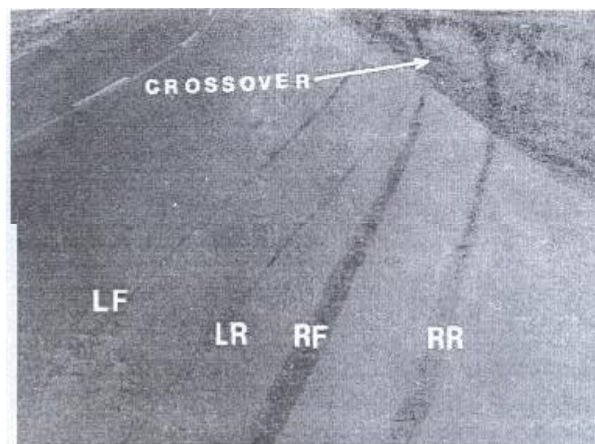


Exhibit 51. Typical yawmarks are curved. The outside marks are more curved than the inside ones. Markings show left and right lanes.

סימן הדחיפה הינו סימן קשתי. הסימן צר בתחילתו (סנטימטרים ספורים, פחות מרוחב הסוליה) והולך ומתרחב עם תנועת הסבסוב של הרכב, הרוחב המכסימלי יהיה ברוחב שטח המגע של הצמיג עם הכביש. תחילת הסימן בהירה וסופו כהה יותר. כהות ובהירות של הסימן תלויה בסוג ובטיב הדרך, בדומה לסימן בלימה. אורך החיים של סימני סבסוב קצר יחסית לזה של סימני בלימה. סימני סבסוב מעוקלים/קשתיים תמיד מכיוון שהם תוצר של היגוי. בדרך כלל, יהיו שני סימנים של גלגלים חיצוניים לסיבוב, אך בחומר מסוים כל הגלגלים עלולים להראות סימנים. במשטחים קשיחים ונקיים עלול להיראות רק סימן אחד.

יש החלקות צד שלא יותירו סימנים ברי הבחנה.
סבסוב מעל 90 מעלות וממשיך בסבסוב.



- כאשר הרכב עושה סיבוב מעל 90 מעלות וממשיך בסבסוב, נקבל שינוי בכיוון האלכסונים בתוך סימן הדחיפה

חוזק הסימן בין שני הצמיגים על אותו סרן: הגלגל החיצוני ביחס לעקומה יהיה הבולט יותר. בתוך סימן הדחיפה נזהה לפעמים תלמים אלכסוניים סימני הצלעות נוצרים ע"י הצלעות החיצוניות של סולית הצמיג, או ע"י חלקיקים חוליים הנתפסים בחריצים. לעיתים לא יופיעו סימני צלעות/תלמים בסימני הדחיפה.

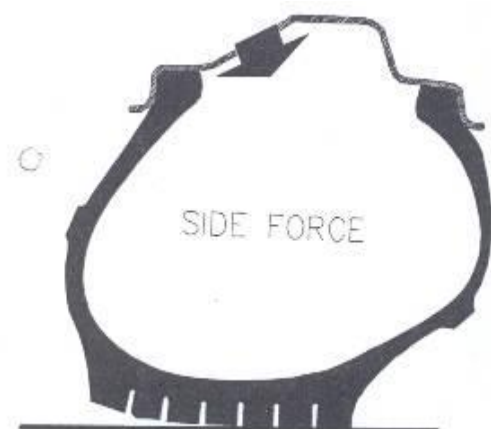


Exhibit 61. If the tire has a strong side thrust,



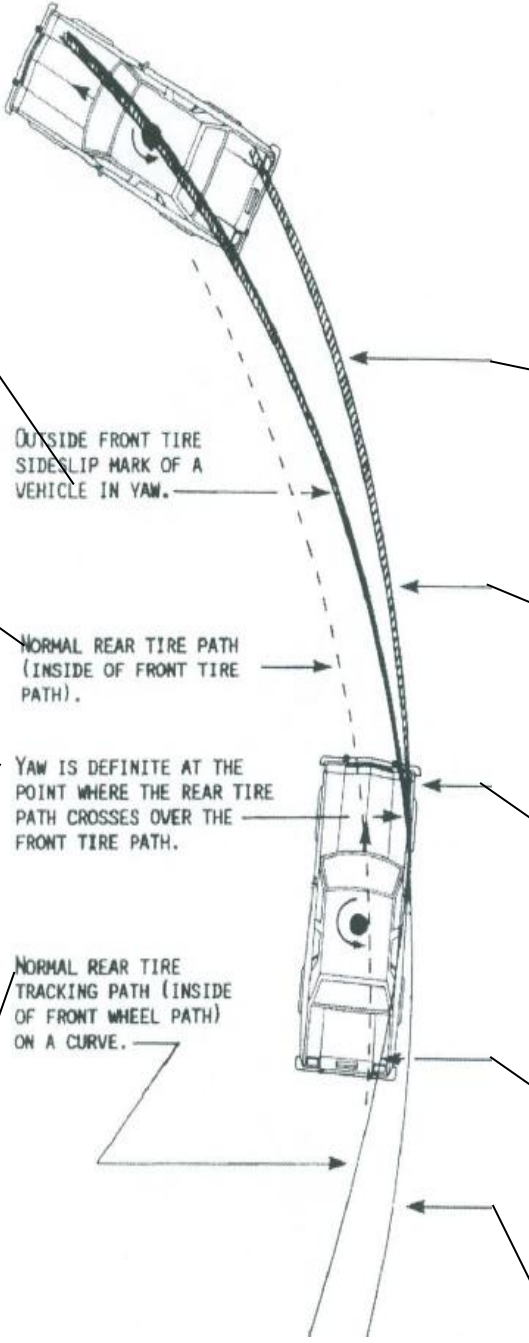
Exhibit 62. If the downward and sideward thrust is

איור 61: אם לצמיג יש דחיפה צידית חזקה יותר, בעיקר כשיש משקל עודף, או כשבגלגלים חסר אוויר, הצמיג סוטה הצידה. אז מירב המשקל הוא בצד חיצוני זה. זוהי צורת הצמיג כשהרכב פונה מהר.

איור 62: אם הדחיפה למטה והצידה חזקות ולחץ האוויר בצמיג נמוך, הצמיג עלול להשתטח. משטח (דופן) הצד בצמיג נשחק מהר אם הוא מחליק על הכביש. אוויר יכול להשתחרר מעקב הגלגל.

כניסה לעקומה במהירות גבוהה מדי⁴⁷

במהלך סבסוב, הכוחות הצנטריפוגאלי והצנטריפטאלי פועלים באופן זהה הן על הצמיגים הקדמיים והן על האחוריים. אולם, הכוחות גדולים בעיקר על הצמיג הקדמי המוביל. באזור התנועה המובילים אל מצב סבסוב חייבי, אך לפני שהרכב נכנס לסבסוב, הצמיג הקדמי המוביל ישאיר לעיתים קרובות סימן שחור צר מאוד כתוצאה ממעבר המשקל לצמיג זה כאשר הרכב נע לתוך העקומה. הסימן השחור הצר הזה של העברת משקל מופיע כקו דק ברוחב של כ- 5 ס"מ

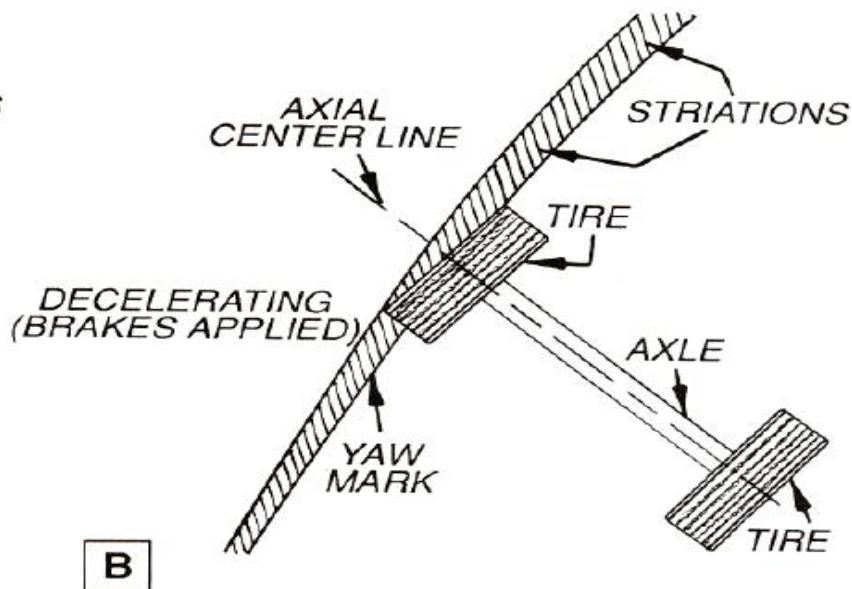
<p>סימן החלקה צידית של צמיג קדמי חיצוני של רכב בסבסוב</p> <p>נתיב רגיל של צמיג אחורי (פנימי) לצמיג קדמי</p> <p>הסבסוב ברור בנקודה זו היכן שנתיב הצמיג האחורי חוצה את נתיב הצמיג הפנימי</p> <p>נתיב רגיל של צמיג אחורי (פנימי) לצמיג הקדמי בעקומה</p>	 <p>OUTSIDE FRONT TIRE SIDESLIP MARK OF A VEHICLE IN YAW.</p> <p>NORMAL REAR TIRE PATH (INSIDE OF FRONT TIRE PATH).</p> <p>YAW IS DEFINITE AT THE POINT WHERE THE REAR TIRE PATH CROSSES OVER THE FRONT TIRE PATH.</p> <p>NORMAL REAR TIRE TRACKING PATH (INSIDE OF FRONT WHEEL PATH) ON A CURVE.</p>	<p>OUTSIDE REAR TIRE MARK OF A VEHICLE IN YAW. THIS MARK TOO WILL HAVE SIDESLIP STRIATIONS.</p> <p>AFTER GOING INTO YAW, REAR TIRES WILL TRACK OUTSIDE OF FRONT TIRES</p> <p>AS A VEHICLE GOES INTO YAW, THE OUTSIDE FRONT TIRE MARK WILL START AS A THIN, DARK MARK WITH SIDESLIP STRIATIONS BECOMING WIDER WITH STRIATIONS CONTINUING.</p> <p>A VEHICLE STARTS TO YAW (REVOLVE AROUND CENTER OF MASS) AT THE POINT WHERE REAR TIRES START TO SIDESLIP TO THE OUTSIDE.</p> <p>CAUTION: A DARK, THIN TIRE MARK IN THIS AREA MAY BE CAUSED BY WEIGHT SHIFT.</p>	<p>סימן של צמיג חיצוני אחורי של רכב בסבסוב. גם לסימן זה יהיה קווקוו החלקה צידית</p> <p>לאחר כניסה לסבסוב, הצמיגים האחוריים ינועו חיצונית לצמיגים הקדמיים</p> <p>כאשר הרכב נכנס לסבסוב, סימן הצמיג הקדמי חיצוני יתחיל כסימן פס דק כהה עם קווקוו החלקה צידית שהולך ומתרחב עם קווקוו ממשיך</p> <p>הרכב מתחיל בסבסוב (סובב) סביב ציר המסה שלו) בנקודה בה הצמיגים האחוריים מתחילים בהחלקה צידית כלפי חוץ</p> <p>אזהרה: סימן דק וכהה של צמיג באזור זה עשוי להיגרם בשל העברת משקל</p>
--	---	--	--

⁴⁷ מהדורה שלישית המדריך הטכני לחוקרי תאונות דרכים צ'ארלס. סי. תומאס אלינוי 2010 עמוד 5

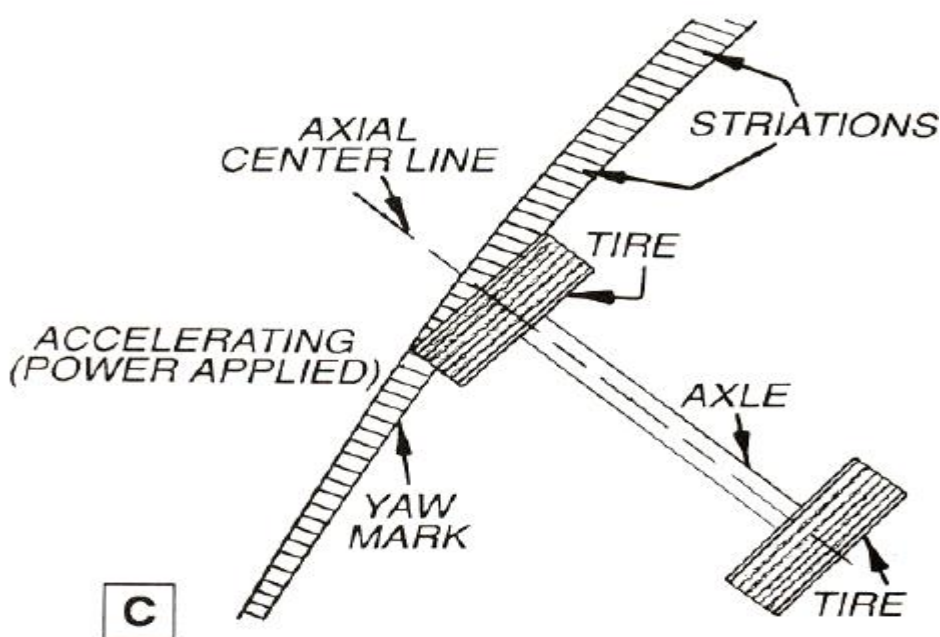
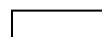
48 כיצד נוכל להבחין האם הייתה פעולת האצה או האטה במהלך הסיבוב?⁴⁸

ההבחנה נעשית על ידי בחינת כיוון הפסים שבתוך סימן הדחיפה ביחס לציר הגלגלים שהותיר את הסימן.
להדגיש, סימן הדחיפה נוצר על ידי צמיג המסתובב חופשי ונדחף הצידה במקביל לציר הרכב.

3



B-במצב תאוצה: החריצים האלכסוניים בתוך הסימנים אינם מקבילים לציר, אלא מופנים בזווית קדימה ביחס לסימנים של גלגל במצב חופשי.



C במצב תאוצה: האלכסוניים בתוך הסימנים מוטים בזווית אחורה ביחס לסימנים של גלגל במצב חופשי.

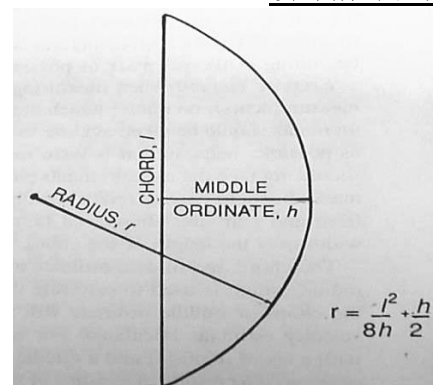
⁴⁸ שחזור תאונות דרכים לין. ב. פריק וגארי ו. קופר פרק 872 עמוד 44

מקדם חיכוך לשימוש בסימני דחיפה:

בניסוי שנערך בארצות הברית בחנו האם השימוש במקדם החיכוך המקובל לבלימה, מאפשר קביעת מהירות נכונה על פי סימן הדחיפה. ראשית ערכו ניסוי וקבעו את מקדם החיכוך לבלימה. אח"כ ערכו ניסויים נוספים של החלקת צד בשלושת המצבים (תוך כדי גלגול חופשי, האצה והאטה). במהלך ניסויים אלה מדדו באמצעות מכשור, את מהירות הרכב בעת הכניסה למצב הדחיפה. בתום הניסוי מדדו את רדיוס הסימנים שנותרו וחישבו את המהירות על פי מקדם החיכוך לבלימה שנמצא בניסוי הראשון. בכל המקרים נמצא שהמהירות שחושבה ע"פ הנוסחה הייתה נמוכה בכ- 5-10 קמ"ש מהמהירות האמיתית שנמדדה ע"י המכשור. המהירויות בניסויים נעו בין 60 ל- 95 קמ"ש.

תוצאות ניסויים אלה מוכיחות כי ניתן להשתמש בערכי מקדמי חיכוך האורכיים המיועדים לחישוב מהירות בבלימה, גם לצורך חישוב מהירות בעקומה על פי סימן דחיפה. כמו כן נמצא כי המהירות המחושבת ע"פ הנוסחה תמיד תהיה נמוכה מהמהירות האמיתית. בכל מקרה כאשר מדובר בכביש בעל שיפוע צידי (רוחבי), יש להפחית או להוסיף את אחוז השיפוע למקדם החיכוך.

חישוב מהירות לפי סימני דחיפה: מציאת הרדיוס



הנוסחה לחישוב מהירות רכב על פי סימני דחיפה היא :

$$R = \frac{C^2}{8h} + \frac{h}{2} \quad \text{מציאת רדיוס:} \quad 3.$$

$$V = 11.27 \sqrt{R(f + m)} \quad \text{חישוב מהירות:} \quad 4.$$

R = רדיוס מסלול נסיעת מרכז הכובד של הרכב בזמן שהשאיר את סימני הדחיפה. לחילופין, זהו רדיוס סימני הדחיפה.

f = מקדם החיכוך בין הצמיגים לכביש בזמן התנועה בה נותרו הסימנים.

m = % השיפוע הצידי.

11.27 = קבוע המאפשר לקבל את המהירות בקמ"ש כאשר הרדיוס המוזן הינו במטרים.

כיצד נמצא את הרדיוס של סימן הדחיפה?

סטיית הצד ברורה בנקודה זו שבה מסלול הצמיג האחורי חותך את מסלול הצמיג הקדמי

- מצא את הנקודה שבה מסלול הגלגל האחורי חוצה/גולש החוצה ביחס למסלול הגלגל הקדמי המוביל (החיצוני לסיבוב) לאחר שהמשקל כבר הועבר אל הגלגל הקדמי המוביל.
- אחרי נקודת החצייה, מתח קו ישר (מיתר) עד לקצה השליש הראשון של סימן הדחיפה.
- מדוד את אורך המיתר מ- a ל- b ואת גובה המיתר c.

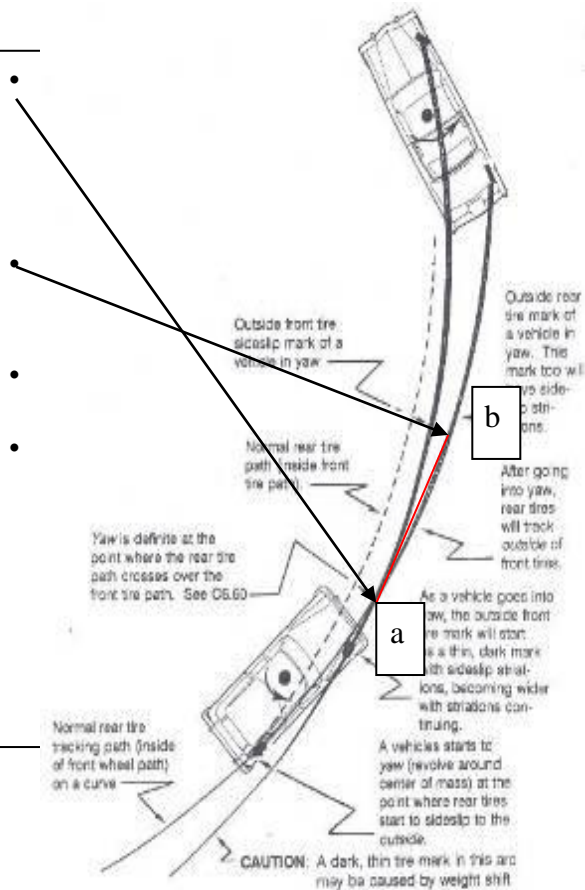


Figure C6-16 When a vehicle goes into yaw, the rear tires track outside the front tires.

כיצד נימצא רדיוס עפ"י סימן דחיפה אחד⁴⁹ ? את הרדיוס של מסלול מרכז הכובד ניתן לאמוד ע"י חישוב הרדיוס של סימן הדחיפה החיצוני פחות חצי רוחב הרכב. רוחבו של הרכב נמדד מן הקצה החיצוני של הצמיג הקדמי שמאלי ועד לקצה החיצוני של הצמיג הקדמי ימני.

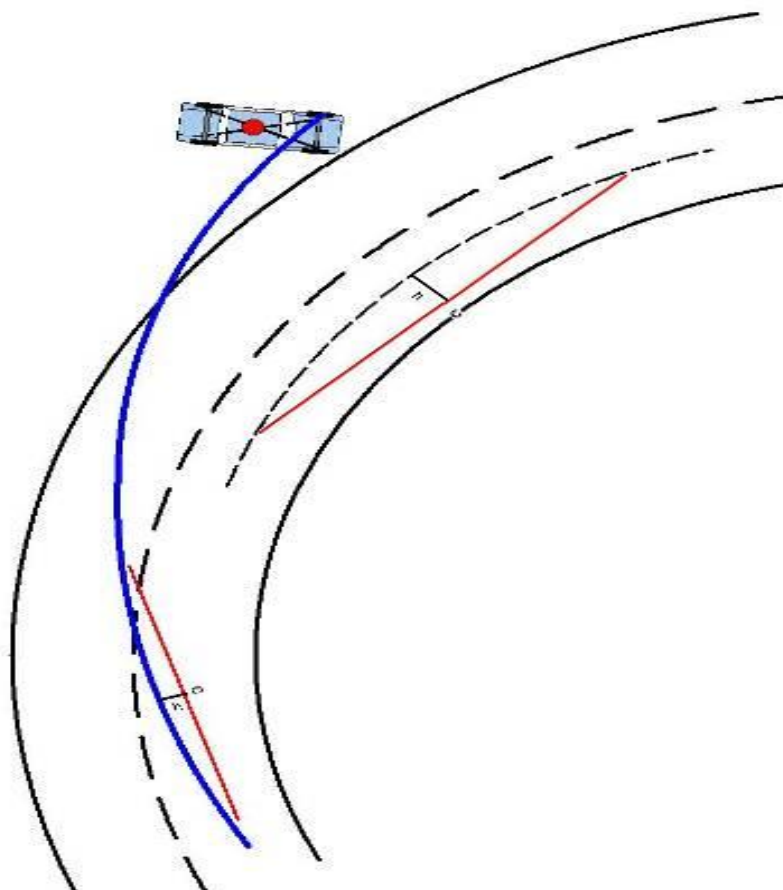
R.W. Rivers 2006 עמ' 222⁵⁰

השתמש במיתר של לפחות 10 מטר. מיתר קצר יותר ייצור טעות במדידת הגובה במרכז המיתר. במקרה של סימן דחיפה יש לוודא כי 3 המדידות, של שני קצוות המיתר ומדידת הגובה הם באותו צד של הסימן. שלוש מדידות עוקבות מומלצות למדידת סימן הדחיפה. הראשונה בשליש הראשון של הסימן.

שתי מדידות נוספות החופפות את המדידה הראשונה, אך ארוכות יותר. למרות שברוב המקרים מספיקה המדידה הראשונה שני הרדיוסים הנוספים שחשבו יכולים לשמש כראיה לכך שיש ירידה במהירות ושהרכב מאט בנסיעה על הנתיב בדחיפה. אם שני החישובים הנוספים לא מראים ירידה במהירות, הסימן לא ישמש לחישוב מהירות עפ"י yaw.

המהירות הקריטית להחלקה בעקומה בכביש⁵¹.

ניתן להשתמש במהירות הקריטית של עקומה על מנת למצוא את מהירותו של כלי הרכב כאשר אין סימני סבסוב על פני הכביש, או כאשר סימני הסבסוב אינם מספקים. ניתן לחשב את המהירות הקריטית של עקומה על פני כביש באמצעות שימוש באותן משוואות. יש להשתמש ברדיוס הנדון של מרכז מסלול התנועה על מנת לחשב חישוב זה. על מנת למצוא את רדיוס הנתיב, ראשית קבע את הרדיוס של קצה אחד או של קו המרכז של הכביש, אז הוסף או החסר את המרחק ממרכזו של הנתיב אל הקצה או אל קו המרכז אשר נמדד.



⁴⁹ ר. ריוורס שחזור תאונות דרכים מהדורה 2 שנת 1995.

⁵⁰ R.W. Rivers 2006 עמ' 222 ראיות בתאונות דרכים חקירה ושיחזור (ראה עמוד 47 צילום המקור)

⁵¹ ר' ריוורס שיחזור וחקירת תאונות דרכים שנת 2006.

לא תמיד ניתן לקבוע את רדיוס סימן הדחיפה או לשרטט את מסלול מרכז הכובד. במקרים אלו, נמדוד את הרדיוס של קו שול/קצה הכביש או הרדיוס של מרכז הכביש. זוהי המהירות המינימאלית שבה הרכב צריך היה לנסוע כדי לסטות מן הנתב. כדי לחשב את המהירות הסיבובית הקריטית של עקומה, יש להשתמש במרכז נתב הנסיעה (הנתב הנורמאלי של הרכב) כקשת. ניתן לעשות זאת אם נחשב תחילה את רדיוס העקומה ע"י שימוש ברדיוס של קו שול/קצה הכביש או הרדיוס של מרכז הכביש (הקו הלבן שבין שני הנתבים), שממנו נפחית או נוסיף רוחב חצי נתב בהתאמה.

🌟 תרגיל דוגמא חישוב מהירות מינימום עפ"י סימני דחיפה:

הגעת לזירת ת.ד תאונה עצמית -איבוד שליטה- סטייה לשול של רכב אחרי עקומה שמאלה. הרכב נימצא מחוץ לשול ימין. כביש בן עירוני נתב לכל כיוון, הגבלת מהירות בקטע הכביש 70 קמ"ש.

במקום מצאת סימני דחיפה באורך 60 מטר כאשר מדדת שליש ראשון 20 מטר ומצאת כי המיתר הינו 18 מטר. גובה המיתר הינו 0.5 מטר. שיפוע צדי רוחבי חיובי 2% ערכת ניסוי עם וריקום מצאת כי מקדם החיכוך במקום עם הרכב הינו 0.7 בבלימה.

חשב מהירות הרכב עפ"י סימני דחיפה.

תשובה

$$R = \frac{C^2}{8 \times H} + \frac{H}{2}$$

$$R = \frac{18^2}{8 \times 0.5} + \frac{0.5}{2} = 81.25$$

$$V = 11.3 \times \sqrt{R \times (F \pm \%)}$$

$$V = 11.3 \times \sqrt{81.25 \times (0.7 + 0.02)} = 86.4$$

מהירות הרכב עפ"י סימני דחיפה 86.4 קמ"ש.

מנובל

דף הנחיה

משטרת ישראל

הנחיה מס' : 9/95

דף מס' 1 מתוך 1 דפים

הנדון: פלט מים למדידת שיפועי דרך

1. לאחרונה נרכש לכל בוחן פלט מים למדידת שיפוע כביש בעת חקירת ת"ד.
2. הנתונים המופיעים על גבי פלט המים הינם במעלות.
3. כדי להשתמש בנתונים המתקבלים במדידת השיפוע בחישובי השיחזור יש להפוך את הנתונים ממעלות לאחוזים.
4. להלן טבלת ההיפוך ממעלות לאחוזים:-

+-----+ ::מעלות: אחוזים ::מעלות: אחוזים ::מעלות: אחוזים:: +-----+					
1	1.7	16	28.6	31	60
2	3.5	17	30.5	32	62.4
3	5.2	18	32.4	33	64.9
4	7	19	34.4	34	67.4
5	8.7	20	36.4	35	70
6	10.5	21	38.3	36	72.6
7	12.2	22	40.4	37	75.3
8	14.1	23	42.4	38	78.1
9	15.8	24	44.5	39	80.9
10	17.6	25	46.6	40	83.9
11	19.4	26	48.7	41	86.9
12	21.2	27	50.9	42	90
13	23.1	28	53.1	43	93.2
14	24.9	29	55.4	44	96.5
15	26.7	30	57.7	45	100

5. במהלך בדיקת השיפוע יש לבצע מספר מדידות לאורך הקטע המבוקש ולקבוע ממוצע שיפוע ואין להסתמך על בדיקה בנקודה אחת.
6. במידה ובשיפוע הנבדק ישנם קטעים בעלי הבדל מהותי באחוזי השיפוע יש לציין את השיפוע לפי הקטעים בשטח ולקבוע ממוצע לכל אחד מהקטעים.

נרשם ע"י

14.5.95

10.5.4 טכוגרף.

הטכוגרף הינו מכשיר רישום מדויק לרישום רצוף של 24 שעות (או שבוע). למעשה הינו שילוב של מד מהירות + טכוגרף. המכשיר מקבל אינפורמציה מתיבת ההילוכים (באופן מכני או אלקטרוני). המידע מועבר לשני מנועים הנמצאים במכשיר, אחד המפעיל את מד האוץ ומחט המהירות והשני את מחט העבודה ומחט המרחק. הטכוגרף מכשיר מדויק ואמין לרישום רצוף של שעות נהיגה, מהירות וטווח הנסיעה. התקן האירופי מחייב שכל טכוגרף יבצע שלושה רישומים אוטומטיים לפחות: מהירות הנסיעה, מרחק הנסיעה, זמני עבודה ומנוחה. בנוסף ישנה אפשרות למחט אופציונלית נוספת כגון: סל"ד, תצרוכת דלק וכו'.



דיסקת הטכוגרף:

דיסקת הטכוגרף היא נייר רישום מיוחד המצופה בצבע שחור ועליה כיסויי דונג. מחטי הרישום עם הפעלתם, חורצים בשכבת הדונג וחושפים את הצבע השחור המוסתר מתחת לדונג. הצבע שנגלה לא ניתן לכיסוי מחדש, כך, שהרישום שהתבצע אינו ניתן למחיקה. קיימות דיסקות יומיות שבועיות בהתאמה לסוג המכשיר. מכשיר הטכוגרף מאפשר לבחון לקבל נתוני מהירות מרחק וזמן. המכשיר אינו מצוי בכל רכב מסחרי, תקנה 364 ד' לתקנות התעבורה מפרטת סוגי כלי רכב שחייבים בהתקנת טכוגרף.

תקנה 364 ד' לתקנות תעבורה:

לא יירשם רכב ולא יחודש רישיון לרכב מסוג האמור להלן אלא אם כן הותקן בו טכוגרף מסוג כאמור בחלק ג' בתוספת השנייה:

- (1) אוטובוס –
- (א) אוטובוס ציבורי הפועל בקו שירות המפורט בתוספת השמינית;
- (ב) אחר - שמשקלו הכולל המותר עולה על 8,000 ק"ג וטיולית ששנת יצורם 1990 או לאחריה.
- (2) רכב מסחרי –
- (א) רכב מסחרי ורכב עבודה שמשקלם הכולל המותר 16,000 ק"ג או יותר וששנת יצורם 1989 או אחריה.
- (ב) רכב מסחרי המיועד להובלת חומר מסוכן שמשקלו הכולל המותר עולה על 8,000 ק"ג. למעט רכב המיועד להובלת גז ביתי בדרך עירונית, ששנת יצורו עד 1990
- (ג) אחר - שמשקלו הכולל המותר 8,000 ק"ג עד 15,999 ק"ג, ששנת יצורו 1990 או אחריה.
- למעט רכב עבודה שרשות הרישוי נתנה לגביו בכתב פטור מן החובה להתקין טכוגרף כאמור, אם שוכנעה כי הטכוגרף מסמן על גבי הדיסקה את הפעלת ציוד העבודה המורכב בו, כנסיעה.
- (3) אוטובוס ורכב מסחרי כאמור בפסקאות (1) ו-(2) המשמשים ללימוד נהיגה.

לא אפרט בספר זה אודות מכשיר הטכוגרף, כל מידע רלוונטי לשימוש וחקר תאונות דרכים מצוי בחוברת הטכוגרף האנלוגי חוברת העשרה מקצועית לבחוני תאונות דרכים שנערכה ע"י רפ"ק אילן ידגר ובחברת הפעלה למשתמש במיקרוסקופ סטמי 508 שנערכה ע"י רפ"ק אליהו ברמי.

10.5.5 תקיפה ותנע.

בפיזיקה, **כוח** הוא כל דבר שיכול לגרום לגוף בעל מסה להאיץ. הכוח הוא גודל פיזיקלי וקטורי, מסומן באות הלטינית \vec{F} , ויחידת המידה שלו במערכת היחידות הבינלאומית היא ניוטון. כוח הפועל על גוף יכול לגרום לשינוי במצבו של הגוף, או להתנגד לכוח אחר הפועל על אותו גוף. הדינמיקה היא התורה העוסקת בתנועתו של גוף בהשפעת כוחות, ובבסיסה שלושת חוקי התנועה של ניוטון, המתארים את היחס בין כוח לתנועה:

החוק הראשון של ניוטון, חוק ההתמדה, קובע כי קיימת מערכת אינרציאלית, שבה בהיעדר כוח (או כשהכוח השקול הפועל עליו שווה לאפס), גוף לא יואץ, כלומר, יתמיד במנוחתו או במהירות קבועה לאורך קו ישר. $E \cdot F = 0$

החוק השני של ניוטון קובע כי הכוח הוא נגזרת התנע לפי הזמן. הכוח שפועל על הגוף שווה למכפלת המסה בתאוצה. בניסוח מתמטי: $M \cdot A = F$ בניסוח נוסף, תאוצתו של גוף עומדת ביחס ישר לכוח הפועל עליו וביחס הפוך למסתו.

החוק השלישי של ניוטון קובע כי כנגד כל כוח פועל כוח נוסף השווה בגודלו והפוך בכיוונו. $M_A = - M_A$

אנרגיה קינטית - או אנרגיית תנועה (באנגלית: Kinetic energy) היא האנרגיה בה ניחן גוף מתוקף תנועתו, והיא תלויה רק במסת הגוף ובמהירותו. בדינמיקה, השימוש באנרגיה קינטית מקל על החישובים. בהקשר זה, העבודה הכוללת שמושקעת בגוף שווה להפרש בין האנרגיה הקינטית במצב הסופי ובין האנרגיה הקינטית במצב ההתחלתי. בתורת היחסות הפרטית, השקילות בין מסה לאנרגיה מובילה לזיהוי של אנרגיה קינטית עם גידול במסת הגוף כתוצאה מתנועה במהירות גבוהה.

מומנטום-תנע (בלטינית: Momentum) הוא גודל פיזיקלי וקטורי, שמקורו בענף המכניקה של הפיזיקה הקלאסית. תנע של גוף או של קבוצת גופים, מבטא את כיוון ו"עוצמת" התנועה של אותו גוף או אותה קבוצת גופים במרחב. את מושג התנע הגה לראשונה אייזיק ניוטון. ככל שיש לגוף מהירות רבה יותר או מסה גדולה יותר, כך התנע שלו גדול יותר.

תקיפה ותנע - חוק שימור התנע הקווי⁵³:

שני גופים המתנגשים זה בזה מפעילים אחד על השני כוח שווה אך בכיוונים מנוגדים. (החוק השלישי של ניוטון). זמן הפעלת הכוח שווה ולכן התקיפה ft שווה בגודלה והפוכה בכיוונה ($-ft$). מאחר והתקיפה זהה, אזי שינוי התנע כתוצאה מכך יהיה שווה בגודלו והפוך בכיוונו:

$$m_1(c_1 - v_1) = -m_2(c_2 - v_2)$$

M_2 = משקל רכב ב'

M_1 = משקל הרכב א'

V_2 = מהירות רכב ב' לפני ההתנגשות.

V_1 = מהירות רכב א' לפני ההתנגשות.

C_2 = מהירות רכב ב' אחרי ההתנגשות.

C_1 = מהירות רכב א' אחרי ההתנגשות.

בשינוי נושא נוסחה

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 c_1 + m_2 c_2$$

⁵³ חקירת תאונות דרכים פרק 868 תקיפה ותנע לין ב. פריק.

כלומר סה"כ תנע של הרכבים לפני ההתנגשות

$$m_1 v_1 + m_2 v_2$$

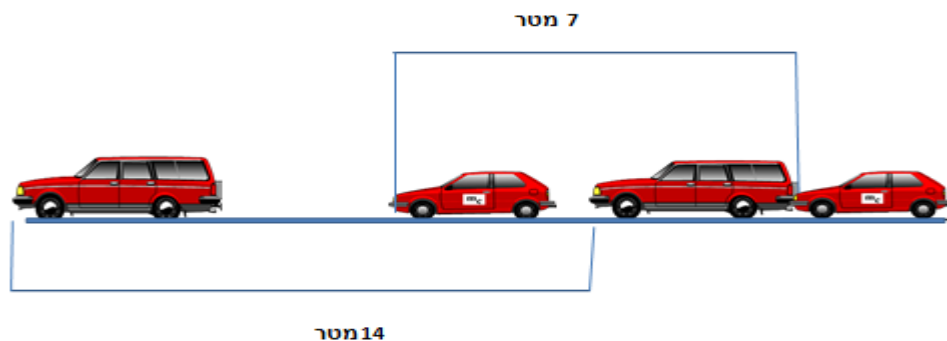
שווה לסך התנע של הרכבים לאחר ההתנגשות

$$m_1 c_1 + m_2 c_2$$

וזאת כאשר לא מופעל כוח נוסף חיצוני אשר משנה את התנע הכללי ומפר את השוויון האמור.

1. 😊 תרגיל דוגמא התנגשות עם רכב חונה המשך תנועה נפרדת:

הגעת לזירת תאונה קשה מסוג חזית באחור רכב א' יונדאי שמשקלה 1,100 ק"ג נסעה במהירות לא ידועה והתנגש חזית באחור פרטית ב' וולוו שמשקלה 1,500 ק"ג אשר הייתה חונה עם בלם יד משוך (מקדם חיכוך 0.2) כתוצאה מההתנגשות נדחף רכב ב' קדימה למרחק 14 מטר ואילו רכב א' נעצר תוך כדי בלימת חירום (מקדם חיכוך 0.7) 7 מטר אחרי האימפקט. מצא מהירות רכב א' לפני שפגע ברכב



תשובה.

מהירות רכב א'

$$c_1 = 16 \times \sqrt{0.7 \times 7} = 35.4 \text{ קמ"ש} = 9.83 \text{ מ / ש}$$

מהירות רכב ב'

$$c_2 = 16 \times \sqrt{0.2 \times 14} = 26.7 \text{ קמ"ש} = 7.43 \text{ מ / ש}$$

נוסחת חוק שימור התנע הקווי היא:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 c_1 + m_2 c_2$$

מאחר ורכב ב' היה בעמידה לפני ההתנגשות אזי: $M_2 v_2 = 0$

לפיכך נקבל-

$$M_1 v_1 = m_1 c_1 + m_2 c_2$$

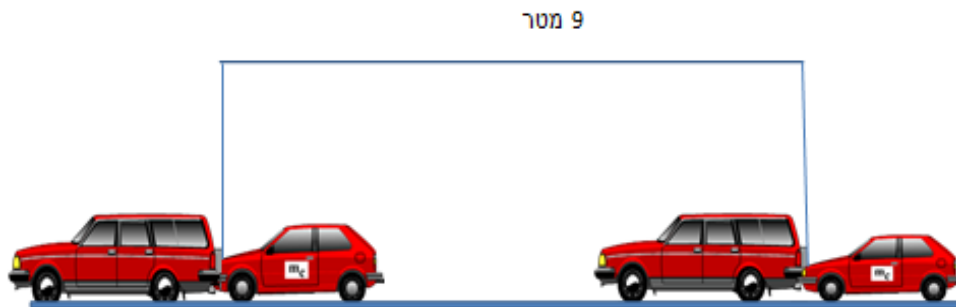
בשינוי נושא נוסחה נקבל:

$$V_1 = \frac{1100 \times 9.83 + 1500 \times 7.43}{1100} = 19.96 \text{ מ / ש} = 71.8 \text{ קמ"ש}$$

מהירות הרכב 71.8 קמ"ש.

2. תרגיל דוגמא – התנגשות עם רכב עומד והמשך תנועה משותפת

רכב א' נע במהירות לא ידועה והתנגש תוך כדי בלימה עם רכב עומד ב' בו ישב נהג עם רגל על דושת הבלם. שני כלי הרכב נצמדו והמשיכו בתנועה משותפת למרחק 9 מ' ממקום האימפקט. משקלו של רכב א' 1000 ק"ג. משקלו של רכב ב' 2000 ק"ג. מקדם החיכוך בין הכביש לצמיגי כלי הרכב - 0.7. חשב את מהירות רכב א' לפני ההתנגשות.



נתונים:

משקל רכב א' - $M_1 = 1000\text{kg}$
 משקל רכב ב' - $M_2 = 2000\text{kg}$
 מהירות רכב ב' לפני ההתנגשות - $V_2 = 0\text{ km/h}$
 מהירות רכב א' לפני ההתנגשות - $V_1 = ?$
 מרחק - $S = 9\text{ מ'}$
 מקדם חיכוך - $f = 0.7$

פתרון:

מכיוון ששני כלי הרכב נצמדו ונעו אחרי ההתנגשות במהירות שווה $[C_1 = C_2]$, לכן ניתן לחשב מהירותם אחרי ההתנגשות:

$$C_1 = C_2 = 15.95 \sqrt{0.7 * 9} = 40\text{ km/h} = 11\text{ m/sec}$$

נשתמש בנוסחת שימור התנע הקווי:

$$M_1 * V_1 + M_2 * V_2 = M_1 * C_1 + M_2 * C_2$$

מכיוון שרכב ב' היה בעמידה, מהירותו לפני ההתנגשות הייתה אפס. $M_2 * V_2 = 0$. מתקבלת המשוואה הבאה:

$$M_1 * V_1 = M_1 * C_1 + M_2 * C_2$$

כדי לבדוד את מהירות רכב א' עובר לתאונה נשנה את נושא הנוסחה על ידי העברת ערך המסה מאגף לאגף:

$$V_1 = [M_1 * C_1 + M_2 * C_2] / M_1$$

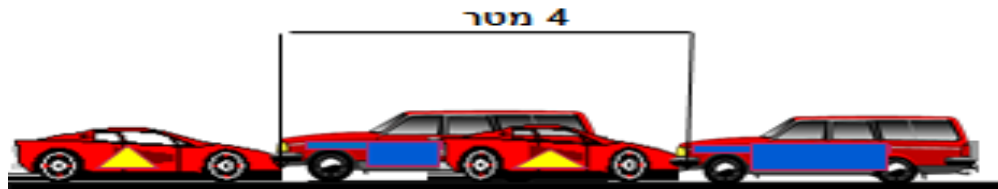
נציב בנוסחה שקיבלנו את הערכים מהדוגמא:

$$V_1 = \frac{1000 \times 11.11 + 2000 \times 11.11}{1000} = 33.33\text{ מ' / ש} = 120\text{ קמ"ש}$$

מהירות רכב א' לפני האימפקט 120 קמ"ש.

3. ☺ תרגיל דוגמא התנגשות חזיתית המשך תנועה משותפת:

רכב א' נע במהירות לא ידועה והתנגש עם רכב ב' שנסע במהירות 40 קמ"ש בכיוון הנגדי. שני כלי הרכב המשיכו בכיוון נסיעת רכב א' בתנועה משותפת [שני הרכבים נעים צמודים]. רכב ב' נהדף לאחור למרחק 4 מ' [מקדם חיכוך 0.7] ממקום האימפקט. משקלו של רכב א' 1200 ק"ג. משקלו של רכב ב' 1500 ק"ג.
חשב את מהירות רכב א' לפני ההתנגשות?



נתונים:

$$\begin{aligned} M_1 &= 1200 \text{ ק"ג} \\ M_2 &= 1500 \text{ ק"ג} \\ f_1 &= 0.7 \\ f_2 &= 0.7 \\ S_1 &= 4 \text{ מטר} \\ S_2 &= 4 \text{ מטר} \\ V_2 &= 40 \text{ קמ"ש} \quad (11.11 \text{ מ/ש}) \\ V_1 &= ? \end{aligned}$$

פתרון:

מאחר ששני כלי הרכב נצמדו ונעו יחד מהירותם זהה לאחר ההתנגשות:

$$C_1 = C_2 = 15.95 \sqrt{0.7 * 4} = 26.68 \text{ km/h} = 7.41 \text{ m/sec}$$

נוסחת שימור התנע הקווי היא:

$$M_1 * V_1 + M_2 * V_2 = M_1 * C_1 + M_2 * C_2$$

מכיוון שרכב ב' נסע בכיוון מנוגד, יש להציב סימן [-] לפני הערך $M_2 * V_2$. לכן:

$$M_1 * V_1 - M_2 * V_2 = M_1 * C_1 + M_2 * C_2$$

בשינוי נושא הנוסחה לבודד את הערך V_1 :

$$V_1 = [M_1 * C_1 + M_2 * C_2 + M_2 * V_2] / M_1$$

נציב במשוואה שקיבלנו את הערכים מנתוני השאלה:

$$V_1 = \frac{1200 \times 7.41 + 1500 \times 7.41 + 1500 \times 11.11}{1200} = 30.56 \text{ מ/ש} = 110 \text{ קמ"ש}$$

רכב א' נסע לפני התאונה במהירות 110 קמ"ש.

הערת עורך הספר:

סייגים:

בעת עריכת חישוב מהירות לפי תקיפה ותנע יש לוודא כי מסלול –כיוון הרכבים המעורבים לא הוסט/שונה/ נבלם כתוצאה ממגע עם עצמים בזירה (כמו מדרכה אבן שפה רכב אחר ועוד). כמו כן לא ממולץ לערוך חישוב לפי תנע כאשר הפרשי המסה בין הרכבים המעורבים הינו גבוהה. לדוגמא משאית ורכב פרטי קטן או פרטית ואופנוע.

מהירות מתנע⁵⁴ "בדרך כלל שימוש בחישוב מהירות בתקיפה ותנע בין רכבים עם הפרשי משקל גדול הינו מסובך לשימוש. אפילו יחס של 1:2 עשוי להיות בעייתי. לכן הינך מתבקש להיות זהיר בעת שימוש בתקיפה ותנע בשחזור ת"ד במקרים אלו".
"**חישוב מהירות מתנע**⁵⁵ יעבוד הכי טוב באם משקליהם של שני כלי הרכב הינם דומים זה לזה..."

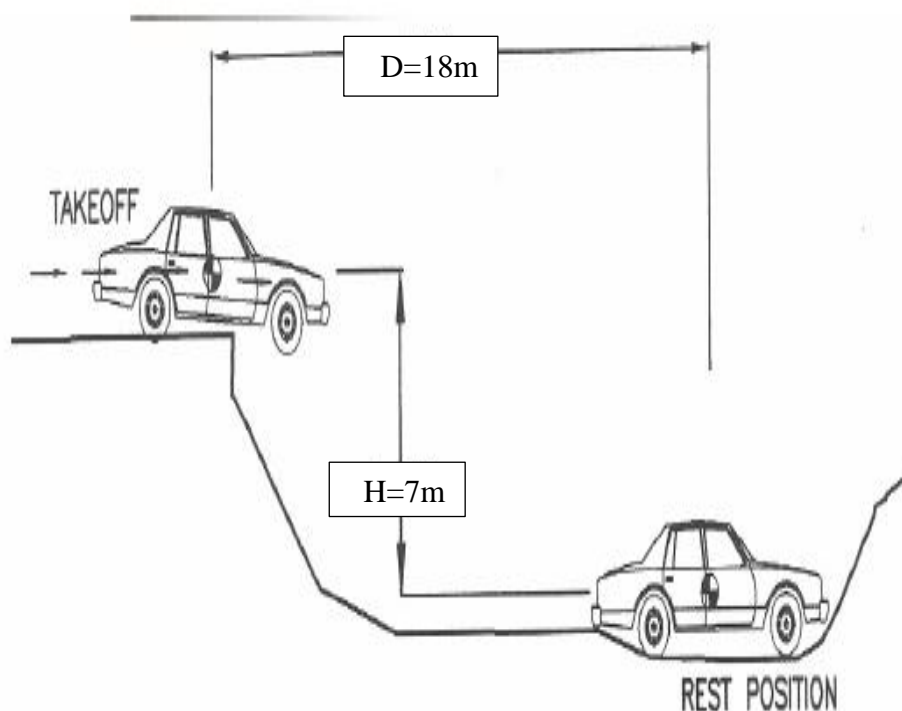
⁵⁴ קנט אונינסקי ואחרים שחזור תאונות אופנוע מהדורה רביעית שנת 2007 עמוד 66.
⁵⁵ לין ב. פריק נושא 868 יישומי תנע בחקר תאונות דרכים פרק 13 עמוד 32/68.

10.5.6 מציאת מהירות רכב עפ"י נפילה חופשית⁵⁶

ישנם פעמים בהם בוחן מטפל בתאונת דרכים של רכב הפורץ מעקה בטיחות ונופל לתעלה או תהום. (התדירות הינה לעיתים רחוקות אך קיימת). מצ"ב דוגמא למציאת מהירות הרכב עפ"י נפילה חופשית.

יש לשים לב למס' פרמטרים אותם יש לאסוף. מדידות המרחק האופקי והאנכי של נתיב התנועה באוויר של הרכב חייבות להילקח מנקודת ההמראה עד לנקודת הנחיתה הראשונה או נקודת המגע הראשונה במישור האחר. מדידות כאלה צריכות להילקח קרוב ככול האפשר למה שהיה מצב מרכז המסה של הרכב בכל מיקום. אין לקחת בחשבון כל מרחק שהרכב מחליק או, מתגלגל לאחר המגע הראשון בפני שטח. ניתן לזנוח בחישובי מהירות אלה, את התנגדות הרוח, בשל פרק הזמן הקצר הכרוך והמרחק שנעבר.

😊 **תרגיל דוגמא** : רכב פרץ מעקה בכביש 31 בעיקול הכביש (כאשר הכביש אינו משופע) "ונחת" **לראשונה פגע בקרקע במרחק של 18 מטר ממיקום המעקה** (למעשה המרחקים והגבהים מתייחסים למיקום מרכז הכובד ברכב מנקודת ההיפרדות עד למיקום מרכז הכובד של הרכב **בעת המגע הראשון של הרכב בקרקע כמפורט באיור המצורף**).



$$v = d \sqrt{\frac{g}{2(dG - h)}}$$

כאשר :

$d = 18$ מטר מרחק אופקי.

$H = 7$ גובה נפילת מרכז המסה 7 מטר (יהיה במינוס כאשר מדובר בנפילה מתחת למרכז כובד).

$G = 0$ הינו שיפוע הכביש, הכביש לא היה משופע בנקודת ההיפרדות.

$g = 9.8$ מטר בשנייה בריבוע. (תאוצת הכובד).

$$v = 18 \sqrt{\frac{9.8}{2[(18 \times 0) - (-7)]}}$$

$$v = 18 \sqrt{\frac{9.8}{2[0 + 7]}}$$

$$v = 18 \sqrt{\frac{9.8}{14}}$$

מ / ש. $v = 15.5$ מהירות הרכב הינה 54 קמ"ש.

נפילות, קשתות והיפוך או העפה הצידה עם קשתות⁵⁷

מצ"ב **תקציר** חומר שתורגם מהספר של ריוורס (הפניה בתחתית העמוד) (מקור ותרגום של כל הפרק יתווספו בהמשך למאגר ידע) המסביר אופן חישוב מהירות רכב לאחר התהפכות או נפילה לתהום. בכל תרגילי הדוגמא שמצורפים הוספתי פתרון תרגיל לפי נוסחת הנפילה.

הגדרות

6.131 נקודת המראה. (Point of take of) נקודת ההמראה היא המיקום בו מרכז המסה של הרכב מתחיל ליפול, להקשית או, להתהפך ולהקשית.

6.132 זווית המראה. (Takeoff angle) זווית ההמראה מוגדרת כזווית בין המישור האופקי דרגת השיפוע של המישור עליו הרכב ממוקם בנקודת ההמראה שלו. השטח המוביל לנקודת ההמראה יכול להיות אופקי או בשיפוע חיובי (+) או שיפוע שלילי (-). שיפוע חיובי ייתן זווית המראה בעלייה או חיובית; שיפוע בירידה ייתן זווית המראה שלילית. בקשת הזווית תמיד תהיה חיובית. שיפוע זה (אפס או \pm) אינו בהכרח שיפוע הכביש אלא הנתיב בו נע הרכב המוביל אל ובזמן ההמראה. המרחק המשמש לקביעת זווית ההמראה צריך להיות לפחות אורך בסיס גלגלי הרכב.

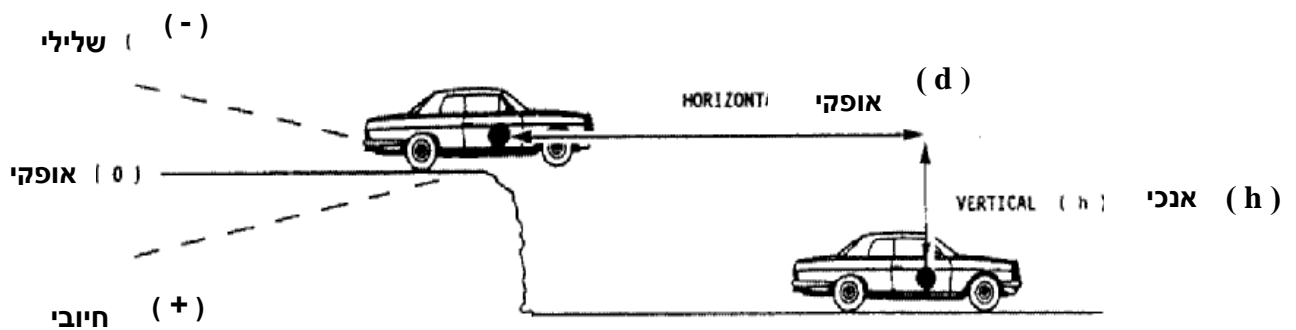
6.133 נפילה (Fall) נפילה היא צניחה כתוצאה ממשקל הכבידה ממקום גבוה יותר למקום או מיקום נמוך ממנו. הדבר מתייחס לרכב הנופל ונוחת מרחק מה הרוחק ומתחת לנקודת ההמראה (ראה איורים 6-21 ו-6-22)

6.134 היפוך או העפה הצידה (Flip) בהיפוך או העפה הצידה הכוונה להניע בתנועה פתאומית רכב הנע או מתהפך האוויר. הדבר ישים לרכב בתנועה הפוגע באובייקט מוצק בנקודה ברכב הנמוכה ממרכז המסה (ראה איורים מ-6-24 עד וכולל 6-28).

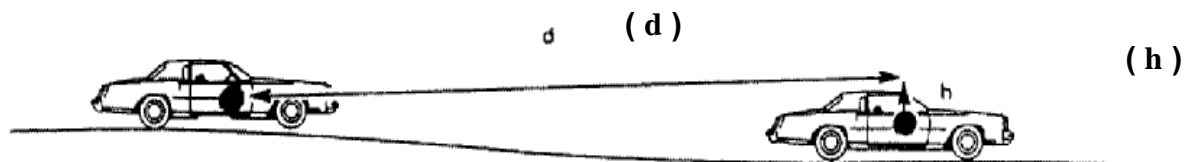
6.135 קשת (Vault) קשת כוונתה לזנק או להקפיץ מעל ומעבר. במקרה של תנועת רכב, קשת מתרחשת כאשר רכב עוזב את מישור התנועה בזווית חיובית (+), וללא היפוך, נוחת מרחק מסוים רחוק יותר. נקודת הנחיתה יכולה להיות באותו מישור, גבוה מנקודת ההמראה או נמוך מנקודת ההמראה (ראה איור 6-24).

שיפוע (e או m)

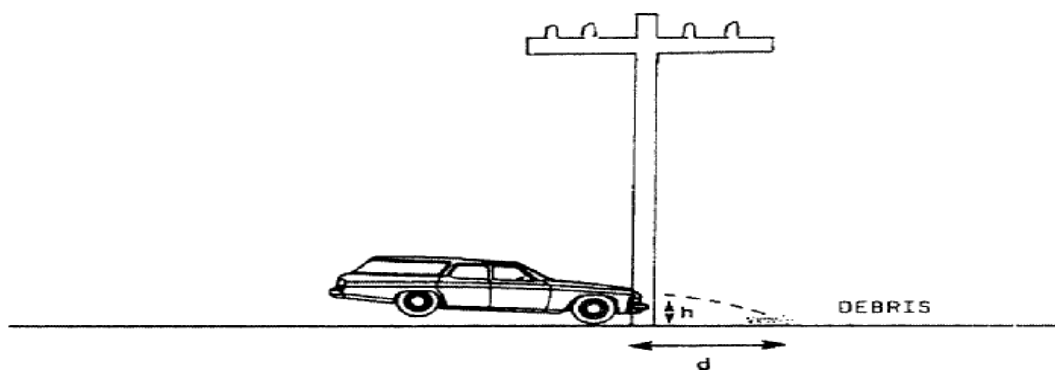
⁵⁷ ספר הדרכה טכני לחוקרי תאונות דרכים (רמה 3) מהדורה שלישית 2010 ע"י ר.וו.ריוורס עמודים 245-255.



איור 6-21. דוגמה המתארת כיצד מגיעים לשיפועי נקודות המראה (e או m), אופקי (d) ונפילה אנכית (h). אל המרחקים מגיעים באמצעות נוסחת הנפילה. בנפילה, שיפוע נקודת ההמראה השיפוע יכול להיות (+), אופקי (0) או (-). אולם נקודת הנחיתה, תמיד תהיה מתחת לנקודת ההמראה

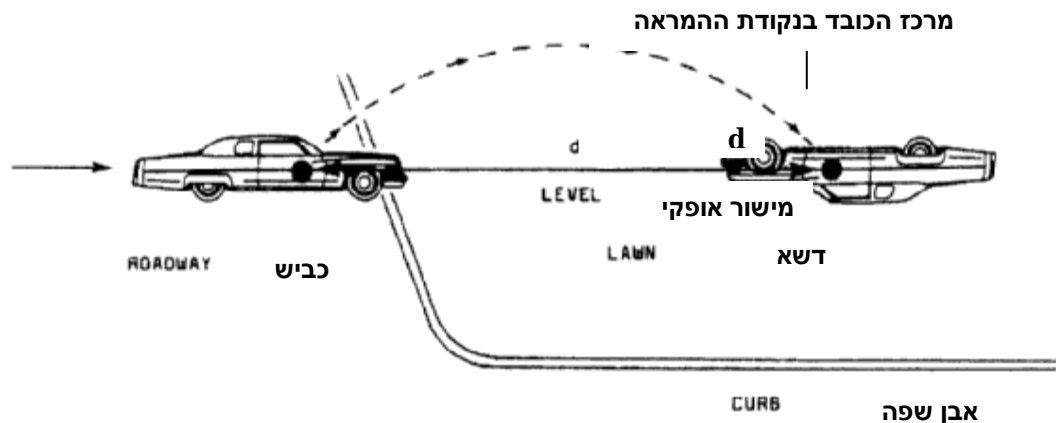


איור 6-22. דוגמת נפילה. בדוגמה זו, הרכב משוגר ממישור המראה למרחק אופקי קצר (d) בשל ריידה קלה בכביש. נקודת הנחיתה (h) נמצאת מתחת לנקודת ההמראה.



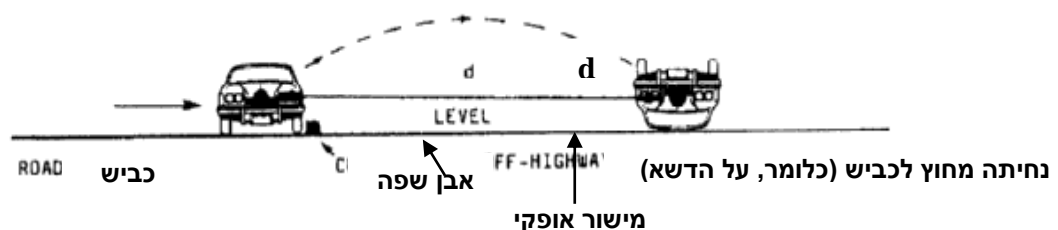
6-23. דוגמה לנסיבות שכתוצאה מהן ניתן להשתמש בנוסחת הנפילה כדי לקבוע מהירות רכב עצם מוצק ונעצר בפתאומיות. בדוגמה מסוימת זו, מהירות הרכב בזמן ההתנגשות מבוססת על נתיב תנועת השרידים. זווית ההמראה של השרידים תהיה זהה לשיפוע בו נע הרכב בזמן המכה.

היפוך עם קשת (Flip and Vault) הוא מצב בו רכב נע פוגע באבן שפה או עצם מוצק אחר שגובהו פחות מגובה מרכז המסה של הרכב ולאחר מכן מסתובב בפתאומיות על ציר בנקודת המכה, מתהפך מקשית באוויר ונוחת במרחק מסוים רחוק יותר. היפוכים וקשתות כאלו יכולים להתרחש כאשר רכב פוגע חזיתית או צידית בעצם מוצק. זווית ההמראה תמיד תהיה חיובית כאשר נקודת הנחיתה יכולה להיות על אותו מישור, מישור גבוה או, נמוך יותר מאשר נקודת ההמראה (ראה איורים מ- 6-25 עד וכולל 6-28)



איור 6-25. דוגמה להיפוך וקשת כתוצאה מכך שרכב פגע חזיתית באבן שפה (או עצם מוצק אחר). בדוגמה זו, נקודת ההמראה ונקודת הנחיתה הן על אותו מישור אופקי.

עמוד 247, 248 במקור



איור 6-26. דוגמה לרכב הסופג מכת צד חזקה או, פוגע בעוצמה באבן שפה (או עצם מוצק אחר) ומתהפך על צידו. גם בדוגמה זו נקודת ההמראה ונקודת הנחיתה על אותו מישור אופקי.

הערות מתרגם: נראה שבמקור נפלה טעות בהסבר לאיור זה. ההסבר המופיע זהה לזה שבאיור 6-25 בעוד שבאיור זה המכה היא צידית ולא חזיתית ומקורה או, בתנועת כלי הרכב עצמו או, אולי מכלי רכב אחר. תיקנתי את ההסבר בהתאם.

כאשר רכב עוזב את הכביש במהלך נפילה, קשת או, היפוך וקשת, נדרשות ארבע מדידות לצורך ביצוע חישובי המהירות:

מרחק אופקי של נתיב תנועת מרכז המסה
המרחק האנכי (\pm) של נתיב תנועת מרכז המסה
זווית ההמראה (במידה וישים) בהתבסס על השיפוע באזור הסמוך ביותר לנקודת ההמראה
מיקום מרכז המסה של הרכב.

138 מדידות המרחק האופקי והאנכי של נתיב התנועה באוויר של הרכב חייבות להילקח מנקודת ההמראה עד לנקודת הנחיתה הראשונה או נקודת המגע הראשונה במישור האחר. ניתן לזנוח בחישובי מהירות אלה, את התנגדות הרוח, בשל פרק הזמן הקצר הכרוך והמרחק שנעבר.

נפילות

6.143 בעת הנסיעה במהירות מוגזמת מעל לירידה קלה בכביש, הרכב עשוי לרחף זמנית באוויר (ראה איור 6-22) ולנחות שוב על הכביש. בנוסף, רכב עשוי בשל כל מספר סיבות לרדת מהכביש וליפול על הסוללה.

6.144 למטרות חישובי מהירות, ישנם ארבעה מערכי נסיבות שיש לשקול, אשר לכל אחת מהן נוסחה ספציפית. בכל אחד מהמקרים, נקודת הנחיתה חייבת להיות נמוכה יותר מאשר נקודת ההמראה.

השיטה האינטשית (אמריקאית)

השיטה המטרית

1. מישור המראה אופקי
נוסחה 6-29

$$S = \frac{2.73 d}{\sqrt{h}}$$

$$S = \frac{7.97 d}{\sqrt{h}}$$

2. שטח המראה עם שיפוע חיובי (+) לא יותר מ- 10 אחוז
נוסחה 6-30

$$S = \frac{2.73 d}{\sqrt{h + de}}$$

$$S = \frac{7.97 d}{\sqrt{h + de}}$$

3. שטח המראה עם שיפוע שלילי (-) של 10 אחוז או פחות
נוסחה 6-31

$$S = \frac{2.73 d}{\sqrt{h - de}}$$

$$S = \frac{7.97 d}{\sqrt{h - de}}$$

עמוד 250, 251 במקור

השיטה האינטשית (אמריקאית)

השיטה המטרית

4. שטח המראה עם שיפוע שלילי (-), כול אלו הגדולים יותר מ- 10 אחוזים
נוסחה 6-32

$$S = \cos \theta \frac{7.97 d}{\sqrt{h - d \tan \theta}}$$

$$S = \cos \theta \frac{2.73 d}{\sqrt{h - d \tan \theta}}$$

כאשר בכל המקרים:

S = מהירות

d = מרחק אופקי

h = מרחק אנכי

e = שיפוע ההמראה

θ = זווית ההמראה במעלות

6.145 שטח המראה אופקי. כאשר רכב עוזב את הכביש או הדרך ופוגע בקרקע או במשטח אחר במרחק מסוים ושטח נקודת ההמראה הוא אופקי, מהירות הרכב בזמן שעזב את הכביש ניתנת לחישוב באמצעות נוסחה 6-29:

השיטה האינטשית (אמריקאית)

השיטה המטרית

$$S = \frac{2.73 d}{\sqrt{h}}$$

$$S = \frac{7.97 d}{\sqrt{h}}$$

כאשר:

S = מהירות

d = מרחק אופקי

h = מרחק אנכי

😊 תרגילי דוגמה 1 (מישור המראה אופקי)

רכב עוזב את הכביש בעקומה. השטח המוביל לנקודת ההמראה היה אופקי או, שיפוע אפס. נקודת המגע הראשונה של הרכב בקרקע הייתה במרחק אופקי (d) של 12 מטר (40 רגל) ומרחק אנכי (h) של 3 מטר (10 רגל) נמוך יותר מנקודת ההמראה. בוצעו מדידות למציאת מיקומי מרכז המסה.

(תוספת לתרגום – שימוש בנוסחת הנפילה)

$$v = d \sqrt{\frac{g}{2(dG - h)}}$$

$$v = 12 \sqrt{\frac{9.87}{2[(12 \times 0) - (-3)]}}$$

$$v = 12 \sqrt{\frac{9.87}{2(0 + 3)}}$$

$$V = 15.39 \text{ מ/ש}, 55.4 \text{ קמ"ש}$$

השיטה המטרית

$$S = \frac{7.97 \times 12}{\sqrt{3}}$$

$$S = \frac{95.64}{1.732}$$

$$S = 55.21$$

$$S = 55 \text{ km/h}$$

עמוד 251, 252 במקור
דוגמה 2 (שטח המראה עם שיפוע חיובי)

אותן הנסיבות כמו בדוגמה 1 מלבד שלשטח ההמראה שיפוע (e) של +8 אחוז.

יישום נוסחה 6-30

(תוספת לתרגום – שימוש במשוואת הנפילה)

$$v = d \sqrt{\frac{g}{2(dG - h)}}$$

$$v = 12 \sqrt{\frac{9.8}{2 \times [(12 \times 0.08) - (-3)]}}$$

$$v = 12 \sqrt{1.11} = 13.34 \times 3.6 = 48 \text{ קמ"ש}$$

השיטה המטרית

$$S = \frac{7.97 d}{\sqrt{h + de}}$$

$$S = \frac{7.97 \times 12}{\sqrt{3 + (12 \times .08)}}$$

$$S = \frac{95.64}{\sqrt{3 + .96}}$$

$$S = \frac{95.64}{\sqrt{3.96}}$$

$$S = \frac{95.64}{1.98}$$

$$S = 48.28$$

$$S = 48 \text{ km/h}$$

דוגמה 3 (שטח המראה עם שיפוע שלילי)

אותן הנסיבות כמו בדוגמה 1 מלבד שלשטח ההמראה שיפוע (e) של 8- אחוז.

יישום נוסחה 6-31

השיטה המטרית

$$S = \frac{7.97 d}{\sqrt{h - de}}$$

$$S = \frac{7.97 \times 12}{\sqrt{3 - (12 \times .08)}}$$

$$S = \frac{95.64}{\sqrt{3 - .96}}$$

$$S = \frac{95.64}{\sqrt{2.04}}$$

$$S = \frac{95.64}{1.428}$$

$$S = 66.97$$

$$S = 66 \text{ km/h}$$

דוגמה 4 (מהירות של שרידים נופלים)

רכב פוגע פגיעה חזיתית בעמוד (תאורה, חשמל, תקשורת וכו') ונעצר בפתאומיות. שרידים (שברי פנס) שהיו ממוקמים על הרכב שהיה בעת התאונה במרחק 1 מטר (3 רגל) ממישור הכביש הועפו למרחק 7 מטר (23 רגל) קדימה, היכן שנפלו לקרקע (ראה איור 6-23). המהירות המוערכת של הרכב בעת שפגע בעמוד ניתנת לחישוב על ידי שימוש חוזר בנוסחה 6-29

יישום נוסחה 6-29

השיטה המטרית

תוספת לתרגום – שימוש במשוואת הנפילה

$$v = d \sqrt{\frac{g}{2(dG - h)}}$$

$$v = 7 \sqrt{\frac{9.8}{2[(7 \times 0) - (-1)]}}$$

$$v = 7 \sqrt{\frac{9.8}{2(0 + 1)}} = 15.49 = 55.78$$

$$S = \frac{7.97 d}{\sqrt{h}}$$

$$S = \frac{7.97 \times 7}{\sqrt{1}}$$

$$S = \frac{55.79}{1}$$

$$S = 55.79$$

$$S = 55 \text{ km/h}$$

10.5.7 הערכת מהירות עפ"י מרחק הטלת ה"ר.⁵⁸ הנחיית מדור ת"ד 15/2015:

ראה הרחבה בנושא בעמודים 143-185 בספר זה ובחוברת הדרכה הערכת מהירות רכב עפ"י מרחק הטלת הולך רגל/רוכב אופניים – הנחיית מדור ת"ד 15/2015 .

10.5.8 מערכות הרכב E.D.R. (מקליט/רשם נתוני אירוע). בהמשך יפורט על מכשיר C.D.R (מאחזר נתוני אירוע מתוך רשם נתוני האירוע)

רשם נתונים לרכב – הגדרה, מצב כללי, דרישות, הערכת עלות/תועלת⁵⁹

ארווין פטרסן . האגודה הגרמנית לבטיחות בדרכים סקסוניה תחתית

תקציר

רשמי נתונים לרכב (תאונה) (EDR) הופכים לרכיב הכרחי בכלי רכב קלים בשוק האמריקני. רשמי נתוני תאונה ו"רשמי התנגשות" (EDR, UDS, ...) נמצאים בשימוש באירופה כבר שנים רבות, אולם עד כה בפרויקטים ושימושים שונים בלבד ובמספרים קטנים. הנציבות והפרלמנט האירופי שוקלים לחייב התקנת רשמי נתונים לרכב לפחות בקטגוריות מסוימות של כלי רכב. ארגונים העוסקים בבטיחות בדרכים, לדוגמא, D.V.R., עוסקים בהכנת עמדתם והמלצותיהם. מספר מומחים, דוגמת קאסט, ברוג, שטיינר או המומחים של קונטיננטל, דיווח על רכיבי UDS/EDR בקונגרסים קודמים של ה-EVU או פרסמו על כך בהזדמנויות אחרות. מאמר זה סוקר טכנולוגיות של רשמי נתונים ומציג סקירה של פעילויות ועמדות רשמיות בתחום רשמי הנתונים לרכב, ובנוסף את התוצאות ואומדן העלות/תועלת החדשה של רשמי נתונים בכלי רכב ממונעים, בחלוקה לפי קטגוריות כלי הרכב. ההערכה מבוססת על אוכלוסיית כלי הרכב בגרמניה, נתוני תאונות ועלות תאונות, הפחתת תאונות בעזרת רשמי נתונים לרכב (מסוג "VERONICA"), עלות ציוד רשמי הנתונים לרכב (מתוצרת יצרנים מקוריים), עלויות ורווחים נוספים לניתוח תאונות ועל משתמשים אחרים בנתונים המופקים ע"י רשמי הנתונים לרכב. חרף הגדרות פרמטרים "שמרניות" ועלויות תאונות "מופחתות למחצית" במסגרת פרק הזמן המובא בחשבון בין 2015 ל-2032, מציג האומדן רווח נקי כלכלי משמעותי של למעלה משני מיליארד יורו בשלב ההרצה ושל 350 מיליון יורו ב"שנה המלאה" הראשונה – נתונים התקפים עבור התקנת חובה של רשמי נתונים לרכב בכל כלי הרכב בגרמניה. יחס העלות/תועלת התואם גבוה מחמש, ועבור כל אחת מקטגוריות כלי הרכב הוא גבוה מארבע לפחות. עבור אוטובוסים ומשאיות כבדות (מעל 7.5 טון) כאחד, יחס העלות/תועלת גבוה פי כמה מאשר עבור משאיות קלות, אופנועים וכלי רכב פרטיים. לפי מחקר זה, התקנת החובה של רשמי נתונים לרכב משתלמת יותר באופן משמעותי עבור כל כלי הרכב הממונעים, ובייחוד עבור משאיות ואוטובוסים.

הקדמה

משטרת התנועה, מומחי וחוקרי תאונות מבכים את העובדה, כי השימוש ההולך וגובר במערכות BAS, ESP ו-BAS, וכתוצאה מכך היעדרן של ראיות ניתנות לניתוח הנוגעות לבלימה ולנהיגה מקשה יותר ויותר על החקירה האמינה של תאונות דרכים והגורמים להן, וכן על קביעה מדויקת דיה של הגורם לתאונה עבור המעורבים. ואולם, אם נתייחס ברצינות ל"חזון אפס", לו מטיפים המועצה הגרמנית לבטיחות בדרכים והאגודה הגרמנית לבטיחות בדרכים, הרי שכל תאונה חמורה טומנת בחובה לקח אותו ניתן ללמוד. בהקשר זה קיים תמיד עניין ניכר בהנגשת המידע הנוגע לתאונות דרכים ולקונסטלציות של תאונות לגופים החוקרים תאונות, וזאת בייחוד לגבי כלי רכב מודרניים המצוידים במערכות עזר לנהג. רשם נתונים לרכב [1,2] יהפוך את הדבר לאפשרי.

⁵⁸ חוברת העשרה מקצועית בנושא הערכת מהירות רכב בפגיעה בה"ר לפי מרחק הטלה נערכה ע"י רפ"ק אליהו ברמי.

⁵⁹ Event data recorder- definition general status.....by Erwin peterser 75-84 עמודים 2014-03-en

בארה"ב נעשה כבר שימוש אינטנסיבי ברשמי נתונים לרכב על בסיס וולונטרי. מאז ספטמבר 2012 מחויבים רשמי נתונים לרכב, המותקנים במכוניות נוסעים ובכלי רכב קלים אחרים, לעמוד באופן בסיסי בתקנת יישום מחייבת [3]. תקן תואם ליישום בכלי רכב כבדים (מעל 4.5 טון TPW) נמצא כעת בהכנה בארה"ב. בסוף שנת 2012 הציע המנהל לבטיחות בכבישים המהירים בארה"ב תקן בטיחות חדש, המיועד להפוך את רשמי הנתונים לרכב התואמים למחייבים עבור כלי רכב "קלים" (חדשים) מסתיו 2014 ואילך [4].

באופן דומה נעשה מזה שנים רבות שימוש בגרסאות שונות של רשמי נתונים לרכב בגרמניה ובאירופה; דוגמאות לכך הן התקן ה-UDS המוצלח של Kienzle [1], דגם פשוט של "רשם התנגשויות" מתוצרת AXA-Winterthur [5] ואחרים. עובדה זו דווחה מספר פעמים במסגרת הקונגרסים של ה-EVU [6,7,8]. בניגוד למכשירים אשר התקנתם נהוגה בצידוק מקורי בארה"ב, מכשירים מוקדמים ועדכניים מן הסוג הזה, המשמשים למטרות שונות וקשורות-פרויקט לרוב, הינם בדרך כלל מערכות "עצמאיות" משופצות עבור מכוניות – הכוללות בקר, חיישנים, חיווט וממשק תצוגה ספציפי משלהן [6-8]. תוכנם של הנתונים והתוכנה המשמשת לתצוגה ולהערכה באמצעות מכשירים שונים הינם לרוב ספציפיים ליישום מסוים ואינם עומדים בתקן כלשהו.

בהנחייתיה בנושא הבטיחות בדרכים לשנים 2011-2020, הצהירה הנציבות האירופית על כוונתה לשפר את אופן הניתוח של תאונות דרכים. הדבר יהיה כרוך – בנוסף לאמצעים מגוונים אחרים – בבדיקת האפשרות להתקנת רשמי נתונים לרכב, בשלב ראשון בכלי רכב מסחריים. [9]. וועדת התחבורה והתיירות של הפרלמנט האירופי תומכת בפרויקט של הנציבות וביקשה ממנה להגיש הצעת חקיקה עם לוח זמנים והליך חקיקה מפורט, במסגרתו תיקבע מפת דרכים לצורך "התקנה הדרגתית של רשם נתונים מובנה ברכב עם נקודת תצוגה מתוקנת, המקליט נתונים הרלוונטיים לתאונה זמן קצר בלבד לפני התרחשות התאונה, במהלכה ולאחריה, המיועדת בשלב ראשון עבור כלי רכב שכורים, אולם תורחב בשלב מאוחר יותר לכלי רכב בשימוש מסחרי ולכלי רכב פרטיים..." [10].

הנציבות עוסקת בהתאמתם של רשמי הנתונים לרכב לכוונות המפורטות בהנחיות לשנים 2011-2020 וכן לבקשתו של הפרלמנט האירופי. היא יזמה כבר קודם לכן את פרויקט המחקר "VERONICA", אשר נערך כחלק מתכנית הבטיחות שלו לשנים 2000-2010. הדוחות המסכמים שלו "I VERONICA ו-II" [6,11] עוסקים באופן מקיף בהגדרות של רשמי הנתונים לרכב וכן בהשלכות הטכניות של ההגנה על הנתונים ובתנאים ובדרישות מסגרת נוספות. הדוחות קבעו גם שלבים אפשריים ליישום. בסתיו 2013 הזמינה מנהלת הניידות והתחבורה של הנציבות האירופית מחקר מקיף, שמטרתו לתאר את השיפורים בבטיחות בדרכים כתוצאה מהתקנתם של רשמי נתונים ברכב. כל השאלות הנוגעות לרשמי נתונים ברכב תטופלנה עד קיץ 2014, לרבות עדכון ממצאי "VERONICA", ניתוח עלות/תועלת ותכניות מתאימות עבור תסריטים אפשריים, אשר במסגרתם ניתן יהיה לבצע התקנה מחייבת. ללא קשר לכך, נמצא כרגע מחקר שני בהכנה עבור הפרלמנט האירופי.

המועצה הגרמנית לבטיחות בדרכים (DVR) ביצעה בחינה נרחבת של רשמי הנתונים לרכב, הן באמצעות צוות עבודה בן-תחומי והן באמצעות ועדות ביצוע, והפיקה מסמך רקע פנימי [12], וכן בקשה לביצוע [12] אשר הוכנה כחוות דעת רשמית של ה-DVR על התהליכים האירופיים. כתמיכה בהערכה האובייקטיבית של הצעדים הסטטוטוריים, ביצע המחבר, בשיתוף עם ג'. אהלגרס, אומדן מפורט של עלות/תועלת, אשר פורסם בירחון לבטיחות בדרכים (ZVS) באפריל 2014 [14].

כאשר יורה האיחוד האירופי על התקנתם המחייבת בכל אירופה של רשמי נתונים עבור סוגי כלי רכב נבחרים, או, בטווח הבינוני, עבור כל סוגי כלי הרכב העיקריים, יישאר מגוון רשמי ההתנגשויות חסרי התקן, המיועדים להתקנה, מתאים ליישומי פרויקט נבחרים בלבד, אולם לא עבור תסריט הכולל ציוד מקורי בהיקף נרחב. פירושה של האפשרות האחרונה יהיה יציאה לדרך הדומה, באופן עקרוני, לזו הנהוגה בארה"ב, אולם באופן שיטתי אף יותר. פעולה זו מניחה מראש את קיומם ההכרחי של תקנים הן עבור תכני הנתונים והן עבור ממשקי התצוגה והפרוטוקולים שלהם. אלה יוכלו להתבסס על התקנים האמריקניים, אך יהיה עליהם לעלות בקנה אחד עם הדרישות של "VERONICA" [11,6], תוך התחשבות בנתונים נוספים בשלב טרום-ההתנגשויות וקריטריונים רגישים יותר לצורך רישומן של התנגשויות עם משתתפים "בלתי מוגנים".

על המחוקק להיות מעורב אף הוא בקביעת השימוש האפקטיבי והפיתוח הנוסף, אופן השימוש המאושר והיקפיו.

לבסוף יהיה צורך לפתח התקנים אשר יהיו אופטימליים עבור הציוד המקורי, אשר עקב שיקולי עלות ואמינות ישולבו לרוב בבקר של כרית האוויר או מערכות אחרות שהינן בגדר חובה, וישולבו לפחות במערכת התקשורת של אפיק הנתונים של מערכות אלקטרוניות מודרניות של כלי רכב.

תשתית אלקטרונית בכלי רכב מודרניים

מערכות אלקטרוניות לבקרה ולסיוע לנהג הינן רכיב נפוץ בכלי רכב מודרניים להסעת נוסעים וכלי רכב מסחריים, וחלקן נדרשות באופן מחייב, בין אם באירופה (ABS) או בכל העולם (EVSC) (ESP, ABS, ...). [15]. מערכות אלה מבצעות רישום קבוע של נתוני מערכת ונתוני תפעול/נהיגה מקיפים ואירועים, שומרות מידע זה באופן חלקי בזיכרון המערכת, לדוגמא לצורך אבחון של הרכב (OBD) או ברשם הנתונים התפעוליים (ODR), ומבצעות באופן רציף חילופים של נתוני מצב או בקרה עם מערכות המותקנות בכלי רכב אחרים באמצעות אפיקי נתונים מתוקננים בקצבי Baud גבוהים (בדרך כלל SAE J1939), ראה תרשים 4 ב-[15].

יצרני מערכות וכלי רכב מסתמכים על הנתונים הנשמרים על מנת לוודא את הפונקציונאליות המאושרת של המערכות בשטח ועושים שימוש בתוצאות הנובעות מהם כבסיס לפיתוחים נוספים או גם ככלי בחקירות הנוגעות לתביעות הקשורות לחבות הנובעת מן המוצר. ראשיתו של תהליך זה בשנות השמונים, עם כניסתן לשימוש של מערכת ה-ABS ומערכות הבקרה האלקטרוניות של מערכת התמסורת. בימינו נפוץ השימוש במערכות בטיחות, כגון אלה האחראיות על הפעלת כרית האוויר, מתיחת חגורת הבטיחות, מערכות לבטיחות טרם-התנגשות ומערכות בלימה מתקדמות, המזהות סיכונים לתאונה עוד בתחילתן ומגיבות להם באופן מניעתי [8]. על מנת להתאים את פיתוחן העתידי של מערכות אלה למצבים ולאירועים מציאותיים המתרחשים בזמן נהיגה, חוקרים ספקי המערכות ויצרני הרכב את האפשרויות לשמירת נתוני נהיגה בהיקף נרחב, לרבות מצבי נהיגה קריטיים, באמצעות "ניטור נהיגה טבעי".

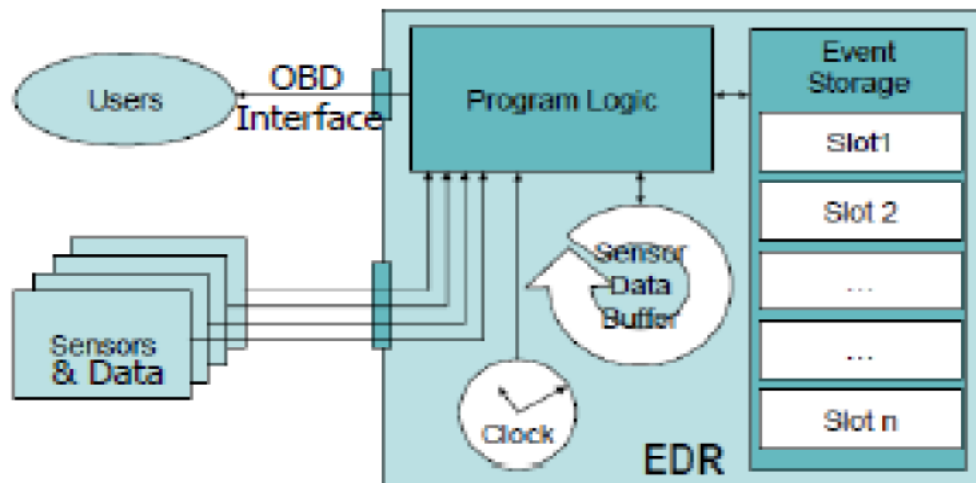
עבור יישומים מסוימים, כגון טלמטיקה לאבחון ולנתונים תפעוליים, קיימים נתונים נבחרים הניתנים להשגה באופן מקוון (לדוגמא לצורך ניהול ציי רכב), או הנשלחים באופן אקטיבי במקרים מסוימים (לדוגמא באמצעות מערכות התקשורת/"התקשורת אלקטרונית" לשעת חירום). נתונים מבצעיים או נתוני "מעקב" מוגנים, ככלל, באמצעות סיסמה (ובמידת הצורך גם באמצעות חתימה) והגבלת גישה לצורך קריאה בלבד.

מכשירי תצוגה מודרניים (מד אוץ, לוח המחוונים, אוסף הצגים, ...) כוללים רכיבי בקרה וזיכרון אלקטרוניים, המסוגלים לגשת ולהעתיק נתונים מהתקני הבקרה של המערכת באמצעות חיבור אפיק נתונים ולהציגם באופן רציף או כפי שנדרש.

נתונים שמורים נבחרים, כגון רמת הפליטה, הודעות שגיאה ונתוני אירועים, ניתנים לקריאה באמצעות פורט OBD באמצעות מערכות אבחון מתאימות המותקנות מחוץ לרכב (או מחשב אישי עם מתאמי אבחון), גם במוסד, במבחן הרישוי התקופתי, ניתוח נתוני הפליטה וכו'. החיבור לצורך אבחון הרכב ונתוני האבחון עברו תיקון באופן פרטני עבור פלח כלי הרכב המסחריים, אולם באופן נרחב גם עבור כלי רכב פרטיים. תקן OBD עולמי אחיד נמצא כעת בפיתוח באמצעות ISO 27145.

רשמי נתונים לרכב המשולבים בכלי רכב מודרניים

קיים על כן יתרון בשילובם של רשמי נתוני אירועים מסוג EDR, המיועדים בראש ובראשונה כציוד ראשוני בכלי רכב מודרניים, בארכיטקטורה האלקטרונית של כלי הרכב. הם אינם זקוקים לחיישנים כלשהם, ולכל היותר ידרשו את התקנתם של חיישנים עצמאיים (ומיותרים) משלהם; הם עושים שימוש בנתונים המתוקננים של מערכות אחרות, המסופקים באמצעות אפיק הנתונים (SAE J1939-7). במידה (ועדיין) אין די בנתונים מתוקננים למטרות רשם הנתונים, מבוצעות התאמות או הרחבות באמצעות בקשות לשינוי מן התקן – כרגיל גם עבור מערכות אחרות של כלי הרכב [6]. בכל מקרה בו יתברר כי החיישנים של מערכות הרכב האחרות אינם מספיקים בכל הנוגע לטווח או לרזולוציית המדידה, "ישודרגו" חיישנים אלה או יתוגברו כפי שיידרש. כך עשוי להיות, לדוגמא, במקרה של חיישני האצה.

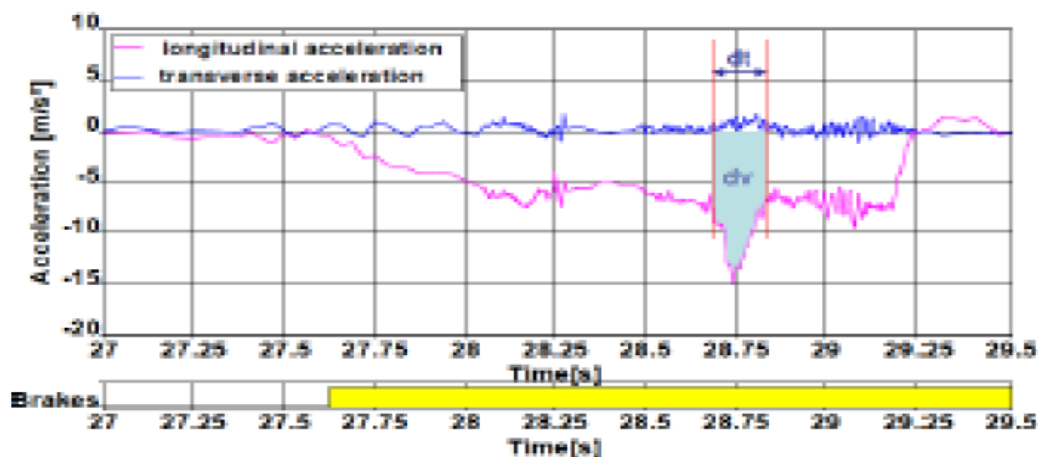


תרשים 1: עקרון הפעולה של רשם הנתונים לרכב [2]

רשמי נתונים מסוג זה מורכבים לרוב מ"מעבד והתקן אחסון", **תרשים 1**, הניתנים לשילוב בהתקן plug-in עצמאי, או באופן מועדף, במודול אלקטרוני אחר. ניתן להגיע לשילוב משתלם באמצעות שימוש במודולים/מערכות אלקטרוניים המבצעים בכל מקרה עיבוד של רצף האירועים בתאונה וכוללים חיישנים משולבים או חיישנים המבצעים הערכות, והינם מחויבים בהתקנה או מגיעים כציוד סטנדרטי בסוג כלי הרכב הנדון (לדוגמא, מודול כרית אוויר, מערכת טרום-התנגשות, מערכת לבלימת חירום, ESP, מחשב מרכזי או מחשב רכב, ...), ומתוכננים או מכוונים כך שיוכלו "לשרוד" התנגשות בין כלי רכב ונמצאים גם במיקום המאפשר קריאת נתונים. לצורך קריאת נתונים של רשמי אירועים ברכב נעשה שימוש ביציאות OBD סטנדרטיות. אופיים של רשמי הנתונים המשולבים הופך אותם למשתלמים, אמינים ועמידים יותר בפני מניפולציות בהשוואה למערכות עצמאיות.

עקרון פעולת ההקלטה של רשם נתוני הרכב

המעבד של הרשם מנטר דרך קבע נתונים נבחרים מסוימים, הקשורים באופן בלעדי לתאונה ושומר אותם בזיכרון נתונים זמני. הנתונים החדשים המתקבלים נרשמים באופן מחזורי ואוטומטי על גבי הנתונים הישנים לאחר כדקה אחת, **תרשים 1**. כתוצאה מזיהוי אירוע של תאונה נשמרים הנתונים באופן קבוע למשך פרק זמן קצר (של כ-35 שניות) בסדר כרונולוגי ומקומי בתוך מערך נתונים [11]. במסגרת התהליך נרשמים ערכים מסוימים, לדוגמא התאוצה האורכית והרוחבית בעת ההתנגשות – ברזולוציה גבוהה יותר – למשך פרק זמן של כ-30 שניות לפני ולפניה וכ-5 שניות לאחריה [6]. במידה והרכב עדיין שמיש ותתרחש תאונה נוספת אשר "תעורר" את המערכת, יישמר מערך הנתונים המתאים אף הוא באופן קבוע, ואילו מערך הנתונים אשר נרשם קודם לכן יידחף לדרגת "הרישום" הבאה. לפי "VERONICA", על הרשם לכלול די מקום בזיכרון לרישום מערכי הנתונים של לפחות שלושה אירועי התנגשות, ועליו להיות ממוקם באופן אשר יאפשר לשמור אותם לצורך קריאה והערכה נוספת במועד מאוחר יותר [6].



1. התקנים הניתנים להפעלה (כרית אוויר וכו')
2. $\Delta V \leq 8$ קמ"ש בתוך 150 מילי-שנייה [3]
3. $\Delta V \leq 6$ קמ"ש בתוך 120 מילי-שנייה
4. ΔV 'מתוקן' ≤ 2 קמ"ש בתוך 120 מילי-שנייה
5. ללא תנועה
6. ידני (לדוגמא, eCall)
7. התקני חישה אחרים (לדוגמא גילוי הולכי רגל)
8. ABS/ESC
- אופציות נוספות חדשות יותר :
9. ACC/AEBS
10. LDWS

תרשים 2: דוגמא ל"גורם (טריגר) מתוקן" וקריטריונים פוטנציאליים שונים להפעלה [6]

כפי שקורה עם מספר יישומים אמריקניים, ניתן לשלב את הפעלת ההקלטה של הרשם עם פעולות כגון הפעלת כרית האוויר. על מנת להקליט באופן אוטומטי לא רק את מערכי הנתונים של התאונות בעלות רמת החומרה הגבוהה, כלומר, פגיעה בנפש ונזק חמור לרכוש, אלא גם של התנגשויות עם ממשתפים "בלתי מוגנים" בתאונה, כלומר הולכי רגל ורוכבי אופניים, נדרשת הערכה רגישה יותר של קצב האטת הרכב והתאמה תבונית של הקריטריונים לסוגי כלי רכב בעלי משקל ותכנון שונה, **תרשים 2**.

אין ספק כי דרישה זו מציבה אתגר בפני ההתקנים [8], אשר הקונפיגורציה שלהם התאימה עד כה ליישומים אמריקניים.

אם הכלי הרכב הנדון מצויד במערכות בטיחות המגלות תאונות ומגיבות להן באופן עצמאי – כגון, לדוגמא, כרית האוויר, מערכות אחיזה חכמות, מערכות אקטיביות לגילוי הולכי רגל וכן מערכות לשמירת יציבותו של כלי הרכב עם פונקציית גלגול, מערכות בלימת חירום פרוגרסיביות או מערכות התראה בפני סטייה מן הנתבי, הרי שבמידה והן מותקנות ברכב, ניתן להשתמש במידע המסופק על ידן בתהליך הפעלת הרשם. האפשרות האחרונה תוכח כשימושית, ייתכן שבתוספת הפעלה ידנית ע"י הנהג ובשילוב עם עצירה עוקבת, בייחוד במקרה של כלי רכב כבדים.

מערכי נתונים של רשמי נתונים לרכב

התקנות והתקנים האמריקניים התקפים מגדירים ערכים מינימליים מסוימים של נתונים הנרשמים באופן פיזי וכן נתונים אופציונאליים רצויים [3]. הם אינם מביאים בחשבון הקלטות אודיו או וידאו. VERONICA-II מבוססת עליהן [6], אולם מאפשרת הקלטה של מבחר נרחב יותר של נתונים נמדדים ונתוני רכב. מבחר נתונים זה [11] דורש אף הוא ביצוע עדכונים, שיביאו בחשבון את ההתפתחות הנוספת אשר חלה במערכות הפרוגרסיביות לסיוע לנהג אשר התרחשו מאז ואת זמינותן, וכן את התקנות החדשות של האיחוד האירופי [15].

צוות הפרויקט של VERONICA הסכים כי האפשרות של רישום נתונים אישיים (של הנהג) [11] לא נשקלה לצורך המטרות עבורן מיועד רשם הנתונים לרכב. נותנים כגון מספר הרישוי של הרכב ומיקומו בעת ההתנגשות, העשויים לחשוף בעקיפין את זהותו של הנהג, מסווגים כחסויים ועל כן עליהם להיות מוגנים באופן מיוחד – כפי שקורה עם נתונים אחרים הנוגעים לתאונה ודו"ח התנועה הרשמי – ולהיות מטופלים תוך שמירה על סודיות [17].

על פעולות הרישום ("הכתיבה") והכתיבה המחודשת של מערכי נתוני אירוע אלה (דרגה I), בהתאם לעקרונות VERONICA – מסיבות של חיסיון נתונים וראייה כנגד מניפולציה – להיות אפשריות לביצוע מן הרשם עצמו ולא להיות נגישות באמצעות התקנים חיצוניים (קריאה או הערכה). ניתן לשמור הקלטות מופעלות באופן ידני או קלטות אופציונאליות של אירועי "כמעט תאונה" (דרגה II) באופן מפרד ובהתאמה למערכי נתונים קודמים שנמחקו, אולם לא את ההקלטות אשר הופעלו באופן אוטומטי באמצעות קריטריונים קריטיים לתאונה (דרגה I).

הנתונים של רשמי נתונים (משולבים) לרכב מסוג זה הינם נגישים רק במידה והרכב הנדון זמין. פירושו של דבר, כי הנתונים של הרשם כבר מוגנים באופן מובנה מפני שימוש לרעה או מניפולציה. על מנת למנוע או לאפשר זיהוי של מניפולציה כלשהי של הנתונים לצורך שימוש נוסף, ניתן לצייד רשמי נתונים לרכב, כפי שמופיע לעיל, בקוד סודי. [8]

הגישה למערכי הנתונים של רשם הנתונים לרכב והטיפול האמין בהם

תקני SAE הרלוונטיים לשימוש ברשמי נתונים לרכב בארה"ב [3,4] וכן הצעות פרויקט VERONICA [11] כוללות את התקנים הרגילים עבור חיבור וכניסת OBD לצורך קריאתם והורדתם של מערכי נתונים שמורים של רשמי נתונים לרכב. בעוד שבארה"ב גישה בלתי מוגבלת לנתוני התאונה באמצעות מתאמי אבחון סטנדרטיים ומחשבים ניידים הינה אפשרית, דורשת VERONICA, בייחוד עבור מערכי נתונים (החתומים במידת הצורך) המכילים מידע חסוי, ראה לעיל, הגנה באמצעות סיסמה, העולה בקנה אחד עם התקנים הטכנולוגיים העדכניים ומאפשר על כן גישה לאנשים בעלי הרשאה בלבד, על מנת בדרישות הגנת הנתונים הגבוהות ביותר הנהוגות באירופה [18, ואחרים]. תקנים אלה קובעים הגבלת מעגל האנשים להם ניתנת הרשאה זו, לדוגמא, לרשויות הרגולטוריות ומומחים טכניים מוסמכים/ממונים. מחובתו של המחוקק לחוקק הוראות מתאימות [11].

על השימוש הנוסף במערכי נתונים אלה להתבצע באותה מידת אמינות וחסיון הנהוגה ביחס לנתוני התאונה והמכשירים, העומדים כיום לרשותו של המומחה לתאונות. פירושו של דבר כי הם ניתנים למסירה, לצד דוחות תאונת הדרכים ("טופס תאונה") המחברים ונערכים באופן דיגיטלי על ידי משטרת התנועה, וכן ראיות רלוונטיות, לידי המומחה המנתח את התנועה ולמומחים אחרים לצורך חוות דעת [17].

הנתונים הסטטיסטיים הקיימים כיום (Destatis, BASt, ...) מבוססים על דוחות הכוללים הערכות חלקיות, אותם מכינה משטרת התנועה, ומערכי הנתונים שלהם המשודרים באופן דיגיטלי [17]. ניתן לשפר את איכות ההקלטה של נתוני התאונה באמצעות הקריאה של מערכי הנתונים של רשמי נתונים לרכב והשימוש בהם בזירת התאונה ע"י קצין המשטרה. לדוגמא, השוטר יכול להשתמש בהתקן קריאה מתאים לצורך גישה מיידית וקבלת תצוגה של מספר נתוני מפתח, כגון מהירות הרכב לפני/במהלך ההתנגשות. פירושו של השידור האלקטרוני האוטומטי בחלקו של מערך הנתונים הכולל אל הקבצים המתאימים ("קובץ התאונה הדיגיטלי") של הרשויות המקומיות והלשכה הסטטיסטית הפדרלית והמכון הפדרלי לחקר הדרכים, הוא כי ניתן להזרים נתוני בסיס נוספים ומדויקים יותר לתוך מאגר הנתונים הסטטיסטיים הנוגעים לתאונות דרכים, וכי ניתן לשפר ולהרחיב את חקר התאונה המבוסס עליהם (לדוגמא, המהירות ההתחלתית, "המהירות החריגה", אחיזת הכביש, מרחק הבטיחות, התגובה ההולמת של הנהג וכו').

על מנת להגביל את שטף המידע אשר היה מתקבל כתוצאה משימוש ברשמי נתונים לרכב, ייתכן ויהיה זה הגיוני להימנע מהכללתן של תאונות שוליות או נתוני מפתח ספורים בלבד בתוך מאגרי הנתונים והנתונים הסטטיסטיים הנוגעים לתאונות, במידה ותאונות אלה גרמו בכל זאת ל"גירוי" של רשם הנתונים.

השימוש במקורות דוגמת ניתוחי תאונות וחוות דעת של מומחים, הנהוג בתיקים הנידונים בבתי משפט למטרת חקר תאונות דרכים, היה עד כה – ללא קשר לשאלת הפעלתו של רשם הנתונים לרכב – כלי המעניק קדימות למומחים הפועלים בתיק הנדון בבית המשפט או למוסדות הפועלים באופן אזורי (GIDAS, ...). נדרשים הליכים מפורשים לצד התקנים האחידים ברמה הלאומית, ובמידת האפשר ברמה האירופית, ותקנות מחייבות על מנת ליצור בסיס רחב יותר למטרה זו וכן על מנת לחייב את היישום האפקטיבי [13].

המצב החוקי הקיים בגרמניה [17] מכתוב כי כל שידור של מערך נתוני האירוע למאגרי הנתונים של תאונות הדרכים, המשמש עבור איסוף נתונים סטטיסטיים הנוגעים לתאונות דרכים והמחקר הכולל של תאונות הדרכים, יתבצע בפורמט אנונימי בלבד, קרי ללא פרטים אישיים. במסגרת הוועידה ה-52 בנושא חוקי התנועה בגרמניה, שנערכה ב-2014, הועלו מספר המלצות חשובות הנוגעות ל"זכויות הבעלות" ולטיפול בנתוני הרכב באופן כללי, וכן בנתוני רשמי הנתונים. [19].

אומדני עלות/תועלת של הפעלה מחייבת של רשמי נתונים לרכב

כחלק מתהליך ההכנה של הצעדים המחייבים – כגון תקנה המחייבת התקנה של רשמי נתונים בכלי רכב – תזמין הנציבות האירופית אומדן עלות/תועלת של צעדים פוטנציאליים. אומדן מסוג זה פורסם ב-2006 [20] והביא בחשבון את כלל אוכלוסיית כלי הרכב באירופה ונתונים הנוגעים לתאונות ולעלותן. שיעור העלות/תועלת נקבע על פי עלות ההתקנה של רשם הנתונים ברכב, מצד אחד, והפוטנציאל להפחתת תאונות הדרכים הנובע מן השימוש בו, מצד שני. אם – ובמידה – והאיחוד האירופי היה שוקל לא רק לחייב את הפעלתם של רשמי נתונים בכל כלי הרכב, אלא עבור קטגוריות מסוימות של כלי רכב בלבד, היה אומדן שכזה עבור כל אוכלוסיית כלי הרכב כללי מדי. על מנת להעניק תרומה אובייקטיבית לדיון המתמשך, הכין מחבר מאמר זה בשיתוף עם גי.

אהלגרים ניתוח מובחן, אותו פרסם בירחון לבטיחות בגיליון פברואר של הירחון לבטיחות בדרכים [14].

השפעת רשמי הנתונים לרכב על תדירות התאונות

הערך של 10% (7% עד 15%) בו נעשה שימוש במחקר של האיחוד האירופי [20], אשר עסק בהפחתת כמות תאונות הדרכים באמצעות רשמי נתונים לרכב, נלקח ממספר מחקרים ופרויקטים אשר פורסמו במדינות אירופיות [20,5], אולם תנאיהם השוליים לא זכו לפרשנות. עם זאת יש לציין, כי נתונים מגיעים בדרך כלל מיישום בפרויקטים ספציפיים, לדוגמא רכבי חירום, בהם תורמים "אמצעי התמך", בחירת היישום, בחירת קבוצת הנהגים ו/או גורמים משפיעים אחרים להשפעה הכוללת. פירושו של דבר כי לא ניתן להחיל את התוצאות כפשוטן על יישום מחייב בהיקף נרחב.

לאחר שביצעה במשך מספר שנים ניתוח של הפעלה בהיקף משמעותי של "רשמי תאונות" במכונות הנהגות בידי נהגים צעירים, דיווחה AXA Winterthur [7] על ירידה של 15% בתדירות התאונות בקרב קבוצת ביקורת. ואולם, הגברת זהנד-סינצ' ציינה במפורש כי לא ניתן לקבוע איזה חלק של תוצאה זו ניתן לייחס ל"בחירת" קבוצת הנהגים (נהגים צעירים המשתמשים ברשמי נתונים לרכב על מנת להפחית את פרמיית הביטוח ועל כן נוהגים באופן זהיר יותר), ואיזה חלק ניתן לייחס להתנהגות מונעת כללית של הנהג, הנובעת באופן פשוט מקיומו של רשם הנתונים לרכב "כשלעצמו". חלק אחרון זה – אשר לא פורסם – מוערך בכשליש, כלומר 5%.

קיים מחסור ברור במחקר מדעי מבוסס המכמת באופן ספציפי את התועלת המניעתית, אותה ניתן לייחס באופן בלעדי להתקנתם, "כשלעצמה", של רשמי נתונים בכלי רכב. סביר, אם כן, כי במקרה של הפעלת רשמי נתונים לרכב בהיקף נרחב תיווצרנה, באופן עקרוני, השפעות מסוג זה, כפי שקיימת גם השפעה לגורמים כגון מכמונות מהירות ואמצעים אחרים לבקרת תנועה. ברם, בהערכת העלות/תועלת המוצגת להלן נעשה שימוש ביחסים "שמרניים" באופן השוואתי לצורך התאמת ההשפעות של רשמי נתונים לרכב באמצעות התנהגות מונעת של הנהגים.

טבלה 1: העלויות הכלכליות הכוללות של תאונות דרכים בגרמניה ב-2011 ועלות התאונות בהן נגרמו פגיעות גופניות ונזקים חמורים לרכוש, על פי קטגוריית כלי הרכב המעורבים בתאונה [14]

העלות הכוללת: 32 מיליארד יורו עלות הפגיעות הגופניות: 14 מיליארד יורו הנזק לרכוש: 18 מיליארד יורו	משאיות כבדות >7.5t	משאיות קלות <=7.5t	כלל כלי הרכב	אוטובוסים	אופנועים 50 סמ"ק >	מכונות	כלל כלי הרכב הממונעים
עלות התאונות בגין פגיעות גופניות או נזק חמור לרכוש בחלוקה לפי קטגוריות כלי הרכב							
ב-2011 במיליוני יורו	1,832	1,574	3,526	378	2,366	16,161	20,324
לכל כלי רכב לעומת הממוצע	12.7	1.8	3.3	11.9	1.5	0.9	1.0
תחזית ל-2020 במיליוני יורו	1,387	1,218	2,696	334	1,471	11,198	13,916
תחזית ל-2032 במיליוני יורו	1,137	1,008	2,220	297	1,060	8,281	10,412
עלות התאונות החלקית בהתאם לפוטנציאל ההשפעה של רשמי הנתונים לרכב							
ב-2011 במיליוני יורו	1,671	1,416	3,190	334	2,295	14,677	18,607
תחזית ל-2020 במיליוני יורו	1,229	1,067	2,373	294	1,411	9,968	12,491
תחזית ל-2032 במיליוני יורו	990	871	1,924	261	1,014	7,337	9,301

עלות התאונות בהן קיים פוטנציאל השפעה של רשמי הנתונים לרכב והפחתת עלות התאונות
במסגרת המחקר [14] בוצעה תחזית של עלות התאונות השנתית עבור "כלל כלי הרכב" ובחלוקה עפ"י קטגוריות כלי הרכב עבור התקופה שבין 2015 ל-2032, בהתבסס על נתוני התאונות אשר אירעו בגרמניה ב-2011 והחיוץ (אקסטרפולציה) שלהם – תוך התחשבות גם ביעדים אותם קבע משרד התחבורה הגרמני (BMVI) לשנת 2020 – ותוך שימוש בשיעורי העלות הכלכלית של התאונות אשר סופקו ע"י BAST [23], וגם במקרה זה עם גורמים הנבדלים זה מזה עפ"י קטגוריית כלי הרכב.

העלויות אשר נגרמו כתוצאה מתאונות דרכים בגרמניה ב-2011 הסתכמו ב-32 מיליארד יורו, כאשר מתוכן עמדה עלות הפגיעות הגופניות על 14 מיליארד יורו, ואילו עלות הנזק לרכוש עמד על 18 מיליארד יורו. העלות אשר נגרמה כתוצאה מכלל התאונות, אשר כתוצאה מהן אירעו פגיעות גופניות או נזק לרכוש, הסתכמה ב-20.3 מיליארד יורו, **ראה טבלה 1**. על פי התחזית המתוארת בפירוט ב-[14], יפחת סכום זה ל-14 מיליארד יורו עד שנת 2020 ול-10.5 מיליארד יורו עד שנת 2032. מכיוון שלרשמי הנתונים לרכב יש פוטנציאל להשפיע על תאונות ועלות התאונות, הובאו בחשבון כל התאונות אשר גרמו לפגיעות בנפש ולנזק חמור לרכוש. תאונות אשר גרמו לפגיעות קלות ותאונות חמורות אשר גרמו לנזק רכוש הובאו בחשבון באופן חלקי בלבד (עד ל-70% ו-90% בהתאמה), בעוד אשר תאונות אחרות, אשר תוצאתן היתה נזק לרכוש, לא הובאו בחשבון כלל. בעוד שעלות התאונות הרלוונטיות מבחינה כלכלית אשר התרחשו בגרמניה בשנת 2011 הסתכמה ב-32 מיליארד יורו, הרי שבסיס העלות העשוי להיות מושפע מן השימוש ברשמי נתונים לרכב מחושב כאן כ-18.6 מיליארד יורו "בלבד" – כלומר 60% מן הסכום הכולל של 32 מיליארד – עבור 2011 (טבלה 1) וכתוצאה מן הירידה הצפויה במספר התאונות, כ-12.5 מיליארד ב-2020 ו-9.3 מיליארד ב-2032.

לצורך הפחתת מספר התאונות וכתוצאה מכך בבירור גם של עלויות הכרוכות בהן – בהשוואה למחקר של האיחוד האירופי [20] – נעשה שימוש גם בגורמים "שמרניים". אלה יוצרים פקטור ראשוני של 3% החל ממועד התחלת השימוש ברשמי הנתונים, המביא בחשבון את ההשפעה המונעת בלבד, ללא "אמצעים תומכים", ותוספת של 2%, המוחלת לאחר מספר שנים, ובסך הכל 5%. שני האחוזים תואמים את האפקטיביות של האמצעים הטכנולוגיים בתחום התחבורה וכלי הרכב, שראשיתם במחקר העוסק בתאונות, ואשר שופרו בעיקר כתוצאה מן השימוש ברשמי נתונים לרכב.

עלויות התקנה של רשם נתונים לרכב, תרחישי הכניסה לשירות ויחס עלות/תועלת של רשמי נתונים לרכב

עלות התקנתה של יחידה אחת של רשם נתונים לרכב, המותקן כציוד מקורי ועובר תיקון בכל הקשור לתוכן הנתונים ותהליכי הקריאה וההערכה, מוערכת ב-25 יורו עבור מכוניות, 30 יורו עבור משאיות ואוטובוסים ו-80 יורו עבור אופנועים. הרשמים המיועדים להתקנה במכוניות ובכלי רכב מסחריים מבוססים על טכנולוגיה אופטימלית עבור ציוד מקורי, כלומר הם משולבים בתוך המודול של כרית האוויר ודומים לרשמים המקובלים בארה"ב (עלויות ההתקנה על פי ה-NHTSA [4] הן כ-20 דולר). התקנים אלה נמצאים גם, ללא צעדים סטטוטוריים, בשימושם של יצרני רכב גלובליים באירופה. ואולם עבור התקנות מחויבות במכוניות ובכלי רכב מסחריים, יוצא מחקר זה מנקודת ההנחה כי החל משנת 2020, לדוגמא, ייכנסו לשירות רשמי נתונים משופרים, אשר יעמדו בדרישות גבוהות יותר של האיחוד האירופי בהתאם למסקנות VERONICA [6,8,11,13].

באופן דומה, עבור כלי רכב ממונעים כבדים מובאות בחשבון טכנולוגיות משולבות ודרישות גבוהות יותר מצד האיחוד האירופי [13]. במקום רשמי נתונים לרכב המשולבים במודול של כרית האוויר, ייתכן ועבור כלי רכב כבדים יהיה זה עדיף לשלב את רשם הנתונים בתוך מערכות ה-ESP או בלימת החירום המחויבות בהתקנה או מערכת ההתראה בפני סטייה מן הנתב, אשר התקנתן מתחייבת עפ"י חוק [14]. עלויות ההתקנה המשווערות עבור אופנועים גבוהות יותר, משום שרשת נתוני המערכת, בה נעשה לרוב שימוש בכלי רכב פרטיים ומסחריים, אינה מתאימה עבור כל מגוון דגמי האופנועים. התוצאה הינה, בין היתר, הוצאה גבוהה יותר על חיישנים.

בהתחשב בשיקולים הפוליטיים [10], יש להניח כי החיוב בהתקנתם של רשמי נתונים ברכב יחול בשנים שונות עבור קטגוריות שונות של כלי רכב [14], לדוגמא 2018 עבור משאיות כבדות ואוטובוסים ו-2020 עבור מכוניות, משאיות קלות ואופנועים. פרק הזמן אשר ידרש לצורך החדרה "מלאה" לכלל אוכלוסיית כלי הרכב תלוי במספר כלי הרכב אשר יירשמו מדי שנה, **טבלה 4**.

בהתבסס על גיליונות נפרדים המציגים את נתוני התאונות עבור כל אחת מקטגוריות כלי הרכב, וכן עלויות התאונות החזויות, קצב חדירת רשמי הנתונים לשוק, עלויות ההתקנה הנובעות מכך והפחתת מספר תאונות הדרכים, ואשר המנה שלהם הינה יחס העלות/תועלת "הטהור" של רשמי

הנתונים עבור אותה השנה, מציגה טבלה 4 את החישוב לאורך ציר הזמן ומציגה אותו כתוצאות חלקיות עבור שלב ההרצה המצטבר ו"השנה המלאה הראשונה".

עלויות תשתית הקריאה והאחסון של מערכי הנתונים של רשמי נתונים לרכב

בניגוד למחקר של האיחוד האירופי [20], הובאו בחשבון ב-[14] לא רק עלויות ההתקנה של רשמי הנתונים לרכב והצמצום בעלות התאונות, אלא בהיקף מסוים גם עלויות ה"תשתית" ויישום הנתונים. אלה כוללות את הרכש ו/או ההתאמה והתחזוקה של בסיסי הנתונים הנוגעים לתאונות והקוראים וכן את קריאת מערכי הנתונים של רשמי הנתונים לרכב והשימוש בהם. עד כה, בארה"ב ובאירופה כאחד, אורגנו התהליכים עבור הקריאה, האחסון וההערכה של מערכי הנתונים של רשמי הנתונים לרכב באופן שונה, בהתאם ליצרני המכשירים ו/או לפרויקטים, אולם היה צורך להגדירם ולאחד אותם לצורך מימושם של תהליכים יעילים עבור יישומי חובה בנפח גבוה [12,13].

לצורך אומדן העלויות על פי טבלה 2 – בהתבסס על עקרונות VERONICA [11] – ההנחה היא כי בדרך כלל ייעזר השוטר המוסמך, המבצע את הרישום של התאונה, בממשק האבחון של הרכב (OBD), תוך שימוש במתאם. לאחר מכן יורידו השוטר או השוטרת את הנתונים השמורים באותה עת ומוגנים באמצעות סיסמה למחשב נייד, או להתקן דומה, המצויד בתוכנה הרלוונטית ולאחר מכן יוסיפו את נתוני רשם הנתונים ל"תיק התאונה" הדיגיטלי. תיק תאונה זה, בנוסף לנתונים ולתרשימים הנכללים בטופס דו"ח התאונה הקונבנציונאלי, צילומים וכו', בתוספת מערך הנתונים של רשם הנתונים, ובמידת הצורך, "תדפיסים" של הערכה אוטומטית בסיסית, מהווה את הבסיס לדוחות של המומחים ולנהלי מחקר מעמיקים. עפ"י הנהלים העדכניים לעריכת דוחות תאונה, המפוקחים ע"י החוק, כולל הדו"ח חלק אנונימי של נתוני רשם הנתונים לרכב, הדורש עדיין הגדרה – ייתכן כי במסגרת טופס מרוכז או אשר עבר הערכה חלקית – בתוך הנתונים הסטטיסטיים על המשרדים המדינתיים והפדרליים, וכן BAST ומרכזי מחקר אחרים [12].

טבלה 2: רכיבי העלות והעלויות הכוללות של תשתית רשמי הנתונים לרכב ותהליכי הקריאה [14]

קטגוריות עלות		גורמים	עלויות "כל כלי הרכב" מצטברות עד 2032 ב-2032	
מערכות מידע יצירה/התאמה			1.9 מיליארד יורו	
תחזוקה שופטת בשנה		0.1 מיליון יורו	1.5 מיליון יורו	0.1 מיליון יורו
מתאם ותוכנת קריאה סה"כ יחידות		5.000		
רכש ראשוני, מערך מלא ותוכנה		1.010 יורו	5.05 מיליון יורו	
עדכון תוכנה שנתי החל מן השנה הרביעית		24 יורו	1.44 מיליון יורו	0.12 מיליון יורו
החלפה 5% בשנה מן השנה הרביעית		510 יורו	1.53 מיליון יורו	0.13 מיליון יורו
קריאה ואחסון של מערכי נתונים של רשמי נתונים לרכב עבור				
תאונות עם הרוגים/פציעות חמורות		42 יורו	22.4 מיליון יורו	3.2 מיליון יורו
90% ותאונות חמורות עם נזק לרכוש 85%				
תאונות עם פציעות קלות		30 יורו	21.8 מיליון יורו	2.9 מיליון יורו
עלויות כוללות:			55.6 מיליון יורו	6.5 מיליון יורו

במידה והקריאה באמצעות ממשק ה-OBD אינה מתאפשרת כתוצאה מנזק לרכב, תתבצע הגישה אל רשם נתוני האירועים, או "יחידת המנשא" שלו, ע"י מומחה באמצעות מערך מתאמים מורחב. טבלה 2 מביאה בחשבון תהליך מורכב יותר זה עבור 10% מן התאונות החמורות. נתוני התאונה יהיו ניתנים לקריאה רק במידה ורשם הנתונים המורכב "זיהה" את התאונה כתאונה ו"הפעיל" הקלטה. הדבר תלוי באיכותו של ההתקן. עפ"י דרישות האיחוד האירופי, העולות בקנה אחד עם VERONICA [11], נעשה שימוש בשיעורים שונים עבור תאונות אשר תוצאתן מוות או פציעה חמורה (90%), נזק חמור לרכוש (85%) ופציעות קלות (70%) (טבלה 2) לצורך חישוב תדירות ועלות הקריאה.

על ארגונים העוסקים בניית תאונות ומומחי מחקר, דוגמת ה-EVU, להציע ועל המחוקק לפרט מאילו קטגוריות של תאונות יתבצעו הקריאה והאחסון של נתוני רשמי הנתונים לרכב.

טבלה 3 : הפחתת עלויות פוטנציאלית כתוצאה מן השימוש בנתונים של רשמי נתונים לרכב עבור דוחות חקירה של מומחים לצורך יישוב תביעות ביטוח ובחקר תאונות [14].

הפחתת עלויות פוטנציאלית		גורמים	הרווח - "כל כלי הרכב הממונעים" מצטברות עד 2032 ב-2032
דוחות חקירה של מומחים נפח		40,000 בשנה	40,000
עלויות עבור כל דו"ח חקירה		2,000 יורו	
ביטול פוטנציאלי באמצעות שימוש ברשמי נתונים		20%	191 מיליון יורו
חיסכון עלויות עבור הדו"ח הנותר		100 יורו	38 מיליון יורו
חיסכון פוטנציאלי נוסף			
באיסוף והעברת נתוני תאונות			לא קיים
בתהליכי ביטוח			לא קיים
בתהליכי חקר תאונות			לא קיים
הרווח:			229 מיליון יורו
			19.2 מיליון יורו

חיסכון פוטנציאלי כתוצאה מן השימוש במערכי נתונים של רשמי נתונים לרכב

עלויות התשתית והקריאה הכרוכות בשימוש בנתונים של רשמי נתונים לרכב מקוזזות אל מול החיסכון בעלויות בתחום דוחות החקירה, תהליכים בחברות ביטוח ותהליכי חקר תאונות (טבלה 3). כיום, לדבריו של ג'. אהלגריס, מופקים בגרמניה מדי שנה כ-40,000 דוחות הקשורים לתאונות. ההערכה היא כי ניתן יהיה לוותר לחלוטין על שיעור משמעותי (לפחות 20%) מן הדוחות המופקים בדרך כלל ע"י מומחים לתאונות, במידה וניתן לשוטר המוסמכים ולעובדי חברות הביטוח, בין היתר, אפשרות גישה אישית לנתוני רשמי הנתונים הנדרשים ולהערכה אוטומטית בסיסית, אשר תכלול, לדוגמא, מידע בנוגע למהירות, הזמנים בהם הרכב לא נמצא בתנועה או סדר התרחשות התאונה במקרים פשוטים. יתרה מזאת, הכנת דוחות החקירה הנותרים, המורכבים יותר, תהפוך לפשוטה יותר עבור מומחים בעלי הכשרה מתאימה.

חיסכון משמעותי זה בתחום דוחות החקירה – המסתכמים על פי [14] ב-20 מיליון יורו בשנה המלאה וב-230 מיליון יורו בשלב ההרצה – פוטרים, בראש ובראשונה, את הצדדים המשלמים עבור בירורים משפטיים, כלומר הצדדים הנושאים בחבות עבור העלויות וכן פקידי בית המשפט העוסקים בתשלומים, מן ההליכים הפליליים והאזרחיים.

בנוסף, השימוש השיטתי בנתוני רשם הנתונים לרכב לא רק משפר את האיכות אלא גם מפחית את עלויות הרישום וההעברה של נתוני תאונות, במסגרת חברות הביטוח ובתהליכי מחקר התאונה של המוסדות הממשלתיים והפרטיים וארגונים כגון GIDAS [23], ובין היתר יצרני ציוד מקוריים. כיום אין בנמצא נתונים זמינים עבור סעיפים אלה. העמודות המכילות אותם בטבלה 3 הינם, אם כן, "תחליפים מתודיים". ומותירים רווחים פוטנציאליים פתוחים.

יחס העלות/תועלת הכולל והרווחים הנקי מיישומי חוה של רשמי נתונים לרכב

המנות של החיסכון השנתי הכולל והעלויות הכוללות, במסגרתה מובאות בחשבון גם עלויות התשתית מצד העלויות והשפעת השימוש בנתונים מצד צמצום העלויות, מהוות את יחסי העלות/תועלת (הכוללים), הן עבור "כל כלי הרכב הממונעים" והן עבור קטגוריות כלי הרכב הבודדות. אלה מתפתחים באופן עצמאי עבור כל אחת מקטגוריות כלי הרכב, בשלב ראשון במהלך שנות ההכנה וההרצה של רשמי הנתונים לרכב, באופן מצטבר מ-2015 עד החדירה "המלאה" (כלומר מעל 90%), וכן עבור "השנה המלאה" הראשונה. יש לציין כי לא ניתן להוסיף את התוצאות אשר התקבלו עבור קטגוריות כלי הרכב לערכם של כל כלי הרכב או להשוות אותם אליהם. זאת כתוצאה מן הספירה הכפולה של הקורבנות, וחשוב יותר, העובדה כי השנים המלאות חופפות לשנים הקלנדריות השונות והצבירה מתבצעת על פני זמני הרצה בעלי אורך משתנה.

התוצאות מחושבות על בסיס הנתונים המפורטים בטבלאות 1 עד 3 והפרמטרים המצוינים כדוגמאות בטקסט ומכונים להלן "שמרניים משתנים". טבלה 4 מציגה, עבור כל אחת מן הקטגוריות של כלי הרכב, את שנות התחלת ההפעלה וההרצה, יחס העלות/תועלת ה"טהור", יחס העלות/תועלת הכולל, וכן הרווח הנקי, ההפרש בחיסכון הכולל והעלות הכוללת של אמצעי הבטיחות, והזמן הנדרש עד להחזר ההשקעה.

על מנת לאמת את התוצאות בוצעו וריאציות בפרמטרים [14], במסגרתם הופחתו, לדוגמא, שיעורי ההפחתה במספר התאונות מ-3% ל-1% עבור משאיות כבדות ואוטובוסים (הנהוגים ע"י

נהגים מקצועיים), ומצד שני, עלויות רשמי הנתונים הועלו מ- 25 / 30 / 80 / יורו ל- 40 / 50 / 100 יורו בהתאמה, ובוצעה התאמה של העלויות והרווחים המצוינים בטבלאות 2 ו-3.

טבלה 4: יחסי העלות/תועלת ה"טהורים" (והכוללים) עבור רשמי נתונים לרכב, והרווחים הנקי עבור השנה המצאה הראשונה והרווחים המצטברים במהלך שלב ההרצה [14]

תרשיש שמרני משתנה"	משאיו ת כבדות >7.5 t	משאיו ת קלות 7.5 t	כלל כלי הרכב המסחריים	אוטובוסים	אופנועים סמ"ק > 50	מכוניות	כלל כלי הרכב
השנה הראשונה לחובת ההתקנה	2018	2020	2018	2018	2020	2020	2018
השנה המלאה הראשונה	2024	2028	2028	2030	2044	2032	2032
שיעורי הפחתת התאונות	3/5 %	3/5 %	3/5 %	3/5 %	3/5 %	3/5 %	3/5 %
העלות ליצרן הציוד המקורי עבור כל רכב (יורו)	30	30	30	30	80	25	30
יחס עלות/תועלת של רשמי נתונים לרכב	הרצה	13.2	3.2	5.9	38.3	1.2	2.4
	השנה המלאה ה-1	36.2	7.0	16.2	85.6	3.9	4.6
רווח הנקי לרשמי נתונים לרכב במיליוני יורו	הרצה	108	115	334	68	32	1,240
	השנה המלאה ה-1	49.8	35.6	86.8	11.8	27.3	259
יחס עלות/תועלת	הרצה	11.7	3.2	5.7	26.3	1.4	2.4
	השנה המלאה ה-1	29.1	6.6	14.1	46.2	4.1	4.5
רווח הנקי במיליוני יורו	הרצה	111	120	346	70	52	1,354
	השנה המלאה ה-1	50	36	88	12	30	267
משך הזמן הנדרש עד להחזר ההשקעה a	הרצה	<1	3	3	1	8	4
	השנה המלאה ה-1	<1	3	3	1	8	4

דיון ומסקנות על אומדן הרווחים/העלות של שימוש מחויב ברשמי נתונים לרכב

מן התרחיש הראשי "שמרני משתנה" על פי טבלה 4, בתוספת התוצאות של הווריאציות של הפרמטרים – אשר אינן מוצגות כאן – ניתן להסיק כדלקמן:

- יחס העלות/תועלת (BCR) עבור שימוש חובה ברשמי נתונים לרכב ב"כל כלי הרכב", עבור השנה כולה, גבוה מחמש. יחס העלות/תועלת עבור כל אחת מקטגוריות כלי הרכב עומד על למעלה מארבע, ואילו עבור שלב ההרצה המצטבר עבור כל סוגי כלי הרכב, למעט אופנועים, עומד היחס על למעלה משתיים.
 - עבור אוטובוסים/אוטובוסים בין-עירוניים ומשאיות כבדות, יחסי העלות/תועלת גבוהים פי כמה מאשר עבור משאיות קלות, אופנועים ומכוניות (טבלאות 6,8). עובדה זו משקפת את העלויות היחסיות הגבוהות יותר של תאונות עבור כל אחד מכלי רכב, התואמות את שיעורי הרישום, ועל כן גם את עלויות ההתקנה השנתיות של רשמי נתונים לרכב עבור אוטובוסים, אופנועים ומכוניות, הנמוכים באופן יחסי.
 - אף בגישות שמרניות אלה נקבעים ערכי הרווחים הנקי ויחסי העלות/תועלת כאחד ע"י עלויות ההתקנה של רשמי נתונים לרכב והפחתת עלויות תאונות הדרכים, הנגרמות ע"י רשמי הנתונים לרכב. החיסכון המשמעותי הנוסף ועלויות ההתקנה של רשמי הנתונים לרכב והשימוש בנתונים מגדילים את ערכו המוחלט של הרווח הנקי, אולם אינם משפיעים באופן מהותי על יחסי העלות/תועלת.
 - חרף העובדה כי עלות התאונות בתקופה הנדונה פחתה במחצית, הרי שהתקנתם המחויבת של רשמי נתונים בכל כלי הרכב הממונעים בגרמניה הביאה לרווחים כלכליים נקיים משמעותיים, כלומר לאחר ניכוי כל העלויות, בסך של למעלה משני מיליארד יורו בשלב ההרצה ו-350 מיליון יורו בשנה המלאה הראשונה. עובדה זו נכונה בראש ובראשונה למכוניות "הרבות", אך גם עבור כל הקטגוריות של כלי הרכב. האוטובוסים "המעטים" תורמים 70 ו-12 מיליון בהתאמה. אוטובוסים ומשאיות מביאים יחדיו לחיסכון מצטבר של 100 מיליון יורו בשלבי ההרצה, ולמעלה מ-400 מיליון יורו בשנים מלאות.
 - גם כאשר מביאים בחשבון את שיעור ההשפעה המינימלי של רשמי הנתונים לרכב, העומד על 1%, עלויות התקנה מנופחות ועלויות קריאה גבוהות יותר, יחס העלות/תועלת עדיין גבוה מאחד עבור כל קטגוריות כלי הרכב, ועומד על 7.5 עבור כל כלי הרכב המסחריים ועל 13 עבור אוטובוסים. בשנה המלאה מחושב במקרה זה חיסכון נקי של 66 מיליון יורו, לו תורמת כל אחת מן הקטגוריות של כלי הרכב.
- הדרישה לצייד את כל כלי הרכב החדשים ברשמי נתונים מודרניים, משולבים ומתוקננים ולהשתמש בנתונים לצורך ניתוח, הערכה ומחקר מעמיק של תאונות דרכים מביאה לחיסכון שנתי בעלויות העומד, גם באומדן שמרני של הרווחים, על כמה מאות מיליוני יורו בגרמניה. ההשקעה לצורך התקנת רשמי נתונים לרכב ועבור תשתית תופחת בתוך מספר שנים. רשמי נתונים המחויבים בהתקנה באוטובוסים/אוטובוסים בין-עירוניים ובמשאיות כבדות מציגים הפרש גדול יחסי השיעור/תועלת הגבוהים ביותר ובזמני ההפחתה הקצרים ביותר, בעוד שרשמי נתונים במכוניות מציגים את רמות החיסכון המוחלט הגבוהות ביותר עקב מספרן הרב.

10.5.9 מכשיר אחזור נתוני התנגשות של בוש - BOSCH CRASH DATA RETRIEVAL TOOL



הערות עורך הספר: מכשיר אחזור נתוני תאונה CDR Data Retrieval crash הינו מכשיר המאפשר העתקת נתוני הרכב מתוך הרכב/מקליט נתוני האירוע e.d.r באמצעות התחברות לנתונים דרך שקע ממשק האבחון של הרכב OBDII, אם הרכב הינו במצב תקין ובטוח ומספק חשמל עצמאית, או שניתן להתחבר ישירות ל- ACM (מודול בקרת כריות אוויר). באופן כללי המכשיר/תוכנה לקריאת אחזור נתונים CDR הוא מכשיר ל"קריאה בלבד" ואינו יכול למחוק, להחליף או להשמיד את הנתונים במודול בקרת כריות האוויר כמו כן הנתונים יהיו זמינים להדמיה בעתיד. מלבד הסיכונים הברורים הקשורים ל גרימת נזק למודול, השימוש במכשיר CDR לא ישפיע על אחזור הנתונים.

מבוא

מאמר זה נותן רקע על מכשיר אחזור נתוני תאונה של בוש crash Data Retrieval (CDR) מרכבים המעורבים בתאונות ואופן השימוש בו.

רקע

גינרל מוטורס החל לצייד כלי רכב עם **מכשיר הקלטת אירוע** נתונים פשוטה (EDR) בתחילת 1990 והמנהל הבטיחות בדרכים הלאומי (NHTSA) התחיל אז בתכנית של איסוף נתוני תאונות. הנתונים הנדרשים המועברים אל מודול בקרת כריות אוויר Air bag Control Module (ACM) נשמרים לאחר פתיחת הכרית או כמעט פתיחה בנתוני מקליט אירוע Event Data Recorder (EDR) ונתונים אלו נגישים למכשיר CDR. ככל שהזמן התקדם הנתונים שנשמרים כללו אלמנטים נוספים. בשנת 2000 חברת Vetronix ייצרה ומכרה את מכשיר אחזור נתוני תאונה המסוגל לאחזור נתונים בכלי רכב משנת 1999 של ג'נרל מוטורס. ניתן היה לקבל נתוני תאונות זמינים ברכב פורד משנת 2001 ובכלי רכב דגם קרייזלר משנת 2007. Vetronix התמזגה עם חברת בוש בשנת 2006. בארה"ב בשנת 2005 היו הנתונים של למעלה מ- 40 מיליון כלי רכב בצפון אמריקה נגישים למכשיר שיוצר ע"י חברת בוש CDR. כלי הרכב שיוצרו על ידי ג'נרל מוטורס (ביואיק, קדילאק, שברולט, GMC, האמר, פונטיאק, סאבא ושבטאי), חברת פורד מוטורס (פורד, לינקולן, מרקורי) וקרייזלר, LLC (קרייזלר, דודג', ג'יפ כלי רכב שהיו נגישים למכשיר EDR. כמו כן למכשיר יש נגישות לחלק מכלי רכב אשר משווקים בצפון אמריקה על ידי איסוזו, מיצובישי

כיסוי אירופה.

בהמשך לפופולריות של קרייזלר וויאג'ר והג'יפים, בשנים האחרונות גדל השימוש במספר כלי הרכב המיוצרים במקור בארה"ב וכעת בשימוש בבריטניה. כגון קדילאק CTS, BLS, Escalade

⁶⁰ by Tony Read, TRL, Crowthorne, Berkshire מגאזין אימפקט אביב 2011 עמוד 10

3001; SRX4 קרייזלר, קרוזר ו-CRT; שברולט קורבט, דודג', קליבר. מכשיר ה- CDR יכול לאחזר ותמונת נתונים מכל כלי רכב אלה.

בפעם הראשונה שנתוני הקלטת רכב היו זמינים למכשיר זה מיצרן אירופאי, הייתה בשנת 2010 ברכב סאאב 5-9. סאאב הוא כבר לא חלק ממשפחת ג'נרל מוטורס כך שנגישות של מודלים לרכב זה בעתיד אינה ידועה. נכון לשנת 2011 רק 0.6% בלבד של כלי הרכב בכבישים בבריטניה תואמים לביצוע בדיקות ממכשיר זה. מחקרו של עורך מאמר זה מצביע על כך שלמכשיר זה תהיה גישה בעתיד לנתונים מכ- 87% מכלי הרכב אלה. ניתן למצוא את הרשימה המלאה של כלי רכב המכוסים בבדיקת מכשיר CDR זה באתר www.cdr-system.com/resources/coverage.html (הערת מתרגם המאמר: בבדיקה שערכתי באתר הרשימה מכילה עשרות דגמים של רכבים בחלוקה לארה"ב אירופה המזרח ואוסטרליה. בארה"ב החל מחודש ספטמבר שנת 2012 כל רכב המיוצר בארה"ב מחויב בהתקנת EDR).

גישה לנתונים

ליחידה ההולנדית הלאומית לחקר תאונות דרכים יש לפחות אנליסט מיומן אחד. וניראה כי באנגליה ל- T.R.L (מעבדות למחקר תעבורה) יש רק חוקר אחד עם הציוד וההכשרה.

כרגע חברת Bosch קצת **מסתייגת** למכור את המכשיר מחוץ לארה"ב וקנדה והיה חיוני ל- TRL לחתום על כתב ויתור עם חברת הפצת המכשיר על כל אחריות לתוכנה שלא הצליחה לעבוד, בשל אי ההתאמה של המערכת עם כלי רכב זמינים מחוץ לארה"ב. וזאת אחרי שהחברה אמרה שלא היו בעיות, עם התוכנה או עם תוכן הנתונים מאותם כלי רכב שנבדקו.

ניתן לגשת לנתונים דרך שקע ממשק האבחון של הרכב OBDII, אם הרכב הינו במצב תקין ובטוח ומספק חשמל עצמאית, או שניתן להתחבר ישירות ל- ACM (מודול בקרת כריות אוויר). עם זאת, בשל העובדה שיש שוני במערכות ACM ברכבים ולהן תקע שונה, למערכת יש מגוון רחב מאוד של כבלים זמינים כדי להתחבר ישירות ל- ACM.

הכשרה.

ראסטי הייט והחברה שלו (המכון לבטיחות בתאונות) היה מעורב באופן מסיבי מספר שנים עם בוש והיצרנים בתיקוף הנתונים שהוקלטו מ- EDR. מספר גדול של מאמרים פורסמו בארה"ב על ידו ועוד רבים אחרים הממחישים את תוקפם של הנתונים שנמצאו. החברה מספקת גם הכשרה עם מכשיר CDR. לאחרונה הקים בראד מיור, מאמן משותף בעבר עם ראסטי, חברה בשם, CDR-Trainers.com. ומקיים הכשרה בנפרד. ההכשרה מורכבת מיום אחד בהכשרה הטכנאית מצייד את התלמיד עם הידע והכישורים לקבלת גישה למאגר המידע תוך שמירה על השלמות הראייתית שלה ללא ייזום כל 'תקלות' או גרימת 'נזק' לנתונים.

חיבור המכשיר לרכב עשוי להיות פשוט כמו חיבור ל- OBDII, אספקת חיווט מתאים מספקת בכדי לאפשר את זה; ACM יכול להתחבר לרכב אחר-פונדקאי, למרות שקודם כל יהיה צורך להבטיח שלרכב זה אין מראש תקלות שעלולות לגרום לבעיות קוד אבחון (DTC) כמו כן ACM יכול להתחבר ישירות למכשיר CDR על השולחן,

בצפון אמריקה קורס זה מוצע לעתים קרובות בחינם בעת הרכישה של הציוד. כמו כן יש אפשרות כי הטכנאי יהיה זמין באופן מקוון.

נתונים

הנתונים הזמינים יכולים להשתנות במידה ניכרת גם כאשר מדובר בכלי רכב זהים.

כמה מכשירי EDR קודמים יכלו להכיל רק כ 80 אלפיות השנייה של נתוני תאונה וזאת גם רק לאחר אירוע תאונתי בו מודול בקרת כריות האוויר "התעורר" כיום ניתן לשמור על מערך גדול של נתונים.

הנתונים נשמרים כקובץ cdr. ו pdf. סוגים מסוימים של קבצי cdr יכולים להיות גם מיוצא לקובץ csv לבדיקה נוספת ב אפליקציות/יישומי גיליון אלקטרוני אחרים.

מהתאריך ספטמבר 2012, נקבע כי כל רכב דגם 2013 ואילך, שנמכר בארה"ב שיש לו מכשיר הקלטת נתוני אירוע (אי די אר) חייב לעמוד ב מפרטים של קוד פדרלי [תקנות 563 (CFR) 49 NHTSA] המציין את יכולת שמירת רכיבי הנתונים, הקלטתם, משך זמן הקלטה ורזולוציה ההקלטה.

לפי תקנה זו "מקליט נתוני אירוע" E.D.R הוגדר כ: - "מכשיר או פונקציה ברכב שמתעד בזמן סדרה דינמית של תנועת הרכב, נתונים בתקופת זמן קצר לפני תאונה (למשל, מהירות הרכב לעומת זמן) או בזמן אירוע תאונה (למשל, מהירות רכב לעומת זמן), וזאת לצורך אחזור אירוע התאונה."

למרבה הצער ההגדרה המקורית "מכשיר או פונקציה ברכב שרושם כל נתוני הרכב שהוקלטו לפני או במהלך התאונה, כך שיהיו ניתן לאחזר את הנתונים לאחר התאונה" נחשבת רחבה מדי מהנדרש וכוללת שמירת נתוני "הקפאת מסגרת".

כתוצאה מכך חברת טויוטה ב ארה"ב הסיקה שישנן לפחות שתי הצעות חוק שהונחו לפני הקונגרס בכדי להפוך את EDR - כחובה החלה על כל כלי הרכב שנמכרו בארה"ב.

פרויקט ורוניקה (פרויקט של האיחוד האירופי לבטיחות בדרכים DG TREN) פרסם את הדו"ח שלה (www.veronica-project.net). המטרות של פרויקט ורוניקה הינם ההגדרה של הדרישות הטכניות, משפטיים ומניעיות הנדרשות של מכשיר הקלטת נתוני האירוע, כולל קדם דרישה לקבלת הודעת אזהרה אוטומטית על התרחשות תאונה.

לסיכום פרויקט ורוניקה הגיעה למסקנה שהימצאות פונקציית הקלטת נתוני אירוע בכלי רכב יהיה יתרון. המערכת האמריקאית נחשבת כלא מספקת היות והנתונים היו נשמרים רק במידה והאימפקט השפיע מספיק על מודול הבקרה של כריות אוויר בכדי ש "יתעורר". במילים אחרות הוא לא מספיק רגיש כדי להקליט תאונות עם מעורבות משתמשי דרך פגיעים כגון הולכי רגל, רוכבי אופניים וכנראה, הרבה אופנועים. עם זאת קשה לצפות כי האיחוד האירופאי ידרוש התאמות למכשיר הקלטת האירוע לכל הרכבים באקלים הכלכלי הנוכחי.

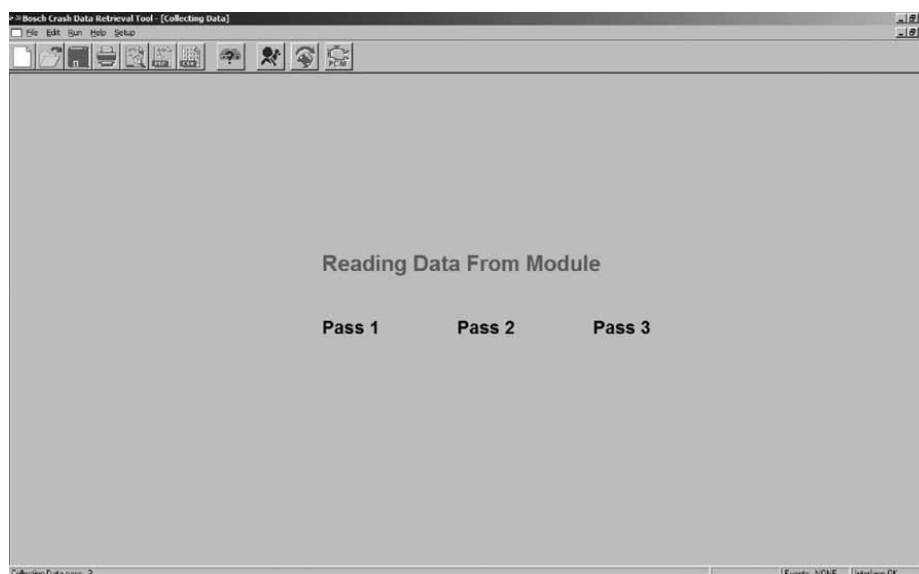
שלמות הנתונים

באופן כללי, הנתונים מאוחסנים במודול בקרת כריות אוויר ACM למרות שבמספר דגמי פורד ניתן לאחזר נתונים ממודול בקרת ההינע (PCM) וכמה כלי רכב גם מצויד בחיישן (Rollover (ROS שממנו ניתן לאסוף נתונים.

לאחר התחברות לרכב / מודול בקרת כריות אוויר התוכנה מאפשרת למשתמש להוסיף את שמו, פרטי המקרה התייחסות, ותאריך התאונה. תאריך ההדמיה נכנס באופן אוטומטי, אך גם ניתן לשינוי.

המכשיר מאפשר למשתמש להוסיף כל הערות בכתב שהוא רוצה. השלב הבא הוא להיכנס לרכב VIN. בשלב זה ACM, PCM או כפתור ROS ב סרגל הכלים הופכים לפעילים. לחיצה על כפתור מתחילה את פעילות ההדמיה הנתונים מועברים שלוש פעמים ונבדקים כנגד מסירתם הקודמת. זה השלב הראשון בבדיקת שלמות הנתונים, כל שלושת השלבים חייבים להתאים בדיוק.

המכשיר לקריאת אחזור נתונים הוא מכשיר ל"קריאה בלבד" ואינו יכול למחוק, להחליף או להשמיד את הנתונים במודול בקרת כריות האוויר כמו כן הנתונים יהיו זמינים להדמיה בעתיד. מלבד הסיכונים הברורים הקשורים ל גרימת נזק למודול, השימוש במכשיר CDR לא ישפיע על אחזור הנתונים .



מערכת בדיקת שלמות הנתונים

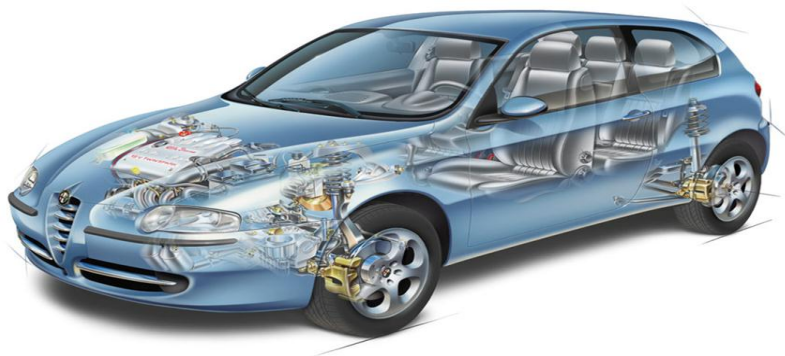
אם מכשיר ACM הוסר מרכב שלא הפעיל/פתח את כריות האוויר הקדמיים או מערכות ריסון אחרות, טיפול כושל במכשיר ACM בזמן שהוא מופעל עלול לגרום למתן פקודה למערכת ריסון וכתיבת נתונים חדשים.

הפסקת חשמל עלולה לגרום לשמירה חלקית של סט נתונים שנשמר אבל זה לא אומר בהכרח כי לא ניתן לסמוך על כל הנתונים שהוקלטו אף שחייבים להתייחס לכל מקרה לגופו.

10.6 תיעוד במצלמות אבטחה.

כיום בעת טיפול הבוחן בזירת ת.ד נבדקת תמיד האפשרות של צילום /תיעוד התאונה ע"י מצלמות אבטחה או מצלמות דרך של הרשות המקומית או נת"י. בחלק גדול מהערים יש אזורים נרחבים המצולמים ע"י מצלמות העיריה במסגרת מצלמות שהותקנו לצורך פיקוח ואבטחה. למעט מצלמות הרשות המקומית ישנם את מצלמות האבטחה של מוסדות שונים המחויבות בהתקנת מצלמות ומחוץ לערים ישנם את מצלמות נתיבי ישראל כביש 6, 431 מצלמות מהירות א-3 ועוד. תיעוד אירוע התאונה מספק מידע חיוני לבוחן לניתוח התאונה אך לרוב לא ניתן לעשות שימוש בצילום התאונה בכדי לקבוע מהירות כלי הרכב. בכדי שהדבר יהיה אפשרי איכות הצילום מושפע מאיכות המצלמה סוגה ויכולותיה, המצלמה צריכה להיות באיכות ברמה גבוהה וצילום האירוע צריך להתבצע לאורך זמן ומרחק מינימליים. כיום אפשרות קביעת מהירות הרכב (בשיתוף מעבדת צילום מטא"ר) באמצעות תיעוד מצלמת אבטחה הינו אפשרי אך אינו מתבצע לעיתים קרובות.

11. מערכות בטיחות ברכב.



11.1 מערכת מניעת נעילת גלגלים - ABS

מערכת Antilock Brakes System, היא מערכת בקרת בלימה אוטונומית שנועדה למנוע את נעילת הגלגלים, הגורמת להחלקת הרכב וכניסה למסלול התנגשות, תוך שמירה על עצמת הבלימה והבאתה ליעילות מרבית.

מערכת ABS מבוססת יחידת בקרה, מקושרת לחיישני מהירות סיבוב הגלגלים ברכב. באמצעות חיישני מהירות הגלגלים, מערכת הבקרה עוקבת אחרי מהירות סיבוב כל גלגל בנפרד, משווה בין מהירויות כל הגלגלים ומגיבה בהתאם. השליטה בבלמים מתבצעת באמצעות שסתומים חשמליים המשולבים במערכת השמן של הבלמים. השסתומים מופעלים ע"י יחידת הבקרה ומגבילים את לחץ הבלימה בהתאם למצב הנתון. בעת בלימה בהתערבות יחידת הבקרה, מורגשות פעימות פמפום בדוושת הבלם ולעיתים מרחק הבלימה עשוי להתארך.

מערכת **Antilock Brakes System**, בנויה ממערכת אלקטרונית המכילה מספר רכיבים :

- חיישנים הקוראים את מהירות סיבוב הגלגלים - קיימות מספר מערכות של חיישני מהירות (ארבעה חיישנים קדמיים ואחוריים הממוקמים בסמוך לציר כל גלגל, או שני חיישנים קדמיים, אחד לכל גלגל וחיישן אחד לסרן האחורי ואפשרות נוספת הם שני חיישנים הממוקמים בסרן האחורי בלבד).
- מערכת הידראולית לכל גלגל בה מורכב שסתום אלקטרומגנטי, היכול להיות באחד משלושה מצבים : פתיחה, סגירה ושחרור. השסתום, שומר על הלחץ ההידראולי של הבלם מתחת לרמת הלחץ המופעלת על ידי הנהג.
 - משאבה המספקת לחץ של נוזל הידראולי לשסתומי הבלמים.
- יחידת בקרה ממוחשבת, המפקחת על מערכת הבליום ומקבלת מידע מרכיבי המערכת לגבי מהירות הגלגל ומצב הבלמים בכל אחד מן הגלגלים. ניתוח הנתונים, נעשה בכל משך הנסיעה ובהתאם, מתקבלת "החלטה" של יחידת הבקרה האם להיכנס לפעולה.

כאשר המערכת מזהה כי הבלמים נכנסו לפעולה וחיישני המהירות מראים על ירידה דרסטית במהירות הגלגלים עד כדי עצירה מוחלטת, סימן הוא כי הגלגלים עומדים להינעל. במצב זה, נכנסת מערכת ABS לפעולה. יחידת הבקרה מורה על שינוי בפעולת השסתומים, תוך פתיחתם

וסגירתם לשיעורין בעוצמה ובמהירות בכל גלגל בנפרד, או בכל הגלגלים יחד. פעולה זו, מונעת את נעילת הגלגלים, החלקת הרכב ואיבוד שליטה. אמנם מרחק הבלימה מתארך לעומת עצירה רגילה בשל העובדה כי פעולת הבלימה אינה רציפה, אך מצב זה עדיף לאין שיעור על מצב החלקה בו מרחק הבלימה מתארך מאוד. אחד ממאפייני מערכת ABS בעת כניסתה לפעולה, היא תחושת הפמפום בדוושת הבלם.

11.2 היגוי בסרן האחורי (היגוי 4 גלגלים – FWS)

- מערכת זו גורמת להפניית הגלגלים האחוריים כאשר הרכב בעל נטייה לעל היגוי או תת היגוי.
1. במקרה של על היגוי (זריקת זנב), הגלגלים האחוריים מופנים לאותו כיוון שבו מופנים הגלגלים הקדמיים.
 2. במקרה של תת היגוי, הגלגלים האחוריים מופנים לכיוון ההפוך שבו מופנים הגלגלים הקדמיים. (נסיעה עירונית סביב כיכר) מוגבל עד למהירות של - 38 קמ"ש.

11.3 מערכת בקרת ייצוב אלקטרונית - ESC/ESP ESP (Electronic Stability Program)

מערכת בקרת יציבות, היא מערך ניהול בלימה דיפרנציאלי- אוטונומי, שמטרתו למנוע את כניסת הרכב למצבי סיכון/תאונה הנגרמים בעת אובדן שליטה (היגוי יתר/תת היגוי/החלקה). מערכת זו משתמשת בבלמי הרכב לצורך הפעלת כוחות ומומנטים מנוגדים לכיוון הסבסוב של הרכב. במידה שהרכב הוא בעל נטייה לעל היגוי מופעל הבלם של הגלגל הקדמי הימני והמומנט שנוצר סביב מרכז הכובד, מיישר את הרכב.

אופן פעולת המערכת : - תת היגוי Understeering
 שלב א' – הפעלת הבלם בגלגל האחורי הפנימי
 וקבלת מומנט סבסוב נגדי.
 שלב ב' – הפעלת הבלם בגלגל הקדמי הפנימי
 וקבלת מומנט התיישרות.
 שלב ג' – הרכב מתיישר למסלול המתוכנן

- בבלימה Understeering

שלב א' – הקטנת כוח הבלימה בגלגל הקדמי
 החיצוני וקבלת מומנט סבסוב.
 שלב ב' – הגדלת כוח הבלימה בגלגל האחורי
 הפנימי וקבלת מומנט התיישרות.
 שלב ג' – הרכב מתיישר למסלול המתוכנן.

מערכת בקרת יציבות (ESP), היא פיתוח מתקדם המבוסס על מערכת מניעת נעילת גלגלים (ABS) ומערכת בקרת משיכה (Traction Control), מערכת בקרת היציבות, כוללת את החומרה של מערכת מניעת נעילת גלגלים (מערכת משאבות, שסתומים ובקרת זיהוי כניסה למצב נעילה), עליה נוספים חיישנים ותוכנת מחשב בה מעובד בכל רגע כיוון ההגה ביחס לתאוצת הרכב. החיישנים מעבירים מדדים הנוגעים למהירות הגלגלים, ההיגוי ותאוצת הרכב. חיישני התאוצה, מודדים את תאוצת הרכב סביב שני צירים- חיישן זווית הפניית ההגה ימינה או שמאלה ו חיישן זווית הסבסוב (Yaw sensor), בעת סטית הרכב מציר כוון הנסיעה (שיעור סיבוב גוף הרכב סביב נקודת הציר המרכזית). התכנה מזהה מצבים של היגוי יתר או תת היגוי, העלולים לערב את הרכב בתאונה ועל ידי הפעלה מתואמת ודיפרנציאלית של הבלמים ותוך שליטה בסיבובי המנוע, היא מייצבת את הרכב מחדש ומחזירה אותו למסלול הנסיעה.

יצרנים שונים מכנים את אותה המערכת בשמות שונים : בסובאר – VDC, בוולוו DSTC, ועוד.

11.4 מערכת לבקרת יציבות VSC ומערכת לבקרת משיכה TRC

מערכת בקרת יציבות VSC, היא מערך ניהול בלימה ותיאום האצה/האטה דיפרנציאלי-אוטונומי, שמטרתו למנוע את כניסת הרכב למצבי סיכון/תאונה הנגרמים בעת אובדן שליטה (היגוי יתר/תת היגוי/החלקה).

מערכת בקרת יציבות VSC היא מערכת משולבת המתערבת באופן פעיל בעת זיהוי מצב בו הרכב נמצא בסכנת אובדן שליטה. מצבים אלו מתרחשים לא אחת כאשר נהג הרכב מבצע פנייה מהירה מדי. המערכת המזהה את הסיכון לאובדן יציבות הרכב, מפעילה אוטומטית את הבלם בגלגל המתאים, כדי להשיב את הרכב אל הנתיב המיועד. מערכת בקרת אחיזת כביש (TRC), המשולבת במערך הכללי, משלימה את פעולת הייצוב. לעיתים, בזמן האצה חזקה בתחילת נסיעה או ביציאה מפנייה אל ישורת כאשר הצמיגים הקדמיים מאבדים אחיזה ומסתובבים במקום, מערכת ה-TRC מפחיתה אוטומטית את עוצמת המנוע ומתאמת את מהירות הגלגלים אל משטח הנסיעה עד השבת הרכב לאחיזת הכביש באופן מטבי.

11.5 מערכת ניטור לחץ אוויר בצמיגים (TPMS) Tire Pressure Monitoring System

מערכת ניטור לחץ אוויר בצמיגים (TPMS) Tire Pressure Monitoring System הינה מערכת אלקטרונית שנועדה לפקח על לחץ אוויר בתוך צמיגי הרכב. מערכת זו נועדה להתריעה לנהג על ירידת לחץ האוויר בזמן הנסיעה. בתעשיית הרכב ניתן למצוא את המערכת ברמת יצרן הרכב (OEM), או כמוצר להתקנה במוסד (AFTERMARKET).

בארה"ב נכנסה התקנה המחייבת התקנת מערכת ניטור לחץ אוויר בצמיגים לתוקף כבר בשנת 2007, כל כלי הרכב המיוצרים בארה"ב מחויבים לכלול את המערכת כסטנדרט. גם באירופה התקנת המערכת ברכבים הינה חובה, תקנה של האיחוד האירופאי שמטרתה הפחתת זיהום האוויר שנפלטים מכלי רכב פרטיים והקטנת תאונות הדרכים נכנסה לתוקף בינואר 2012. התקנה מחייבת את יצרני הרכב להתקין מערכת לניטור לחץ האוויר בצמיגים בכל רכב חדש. מכאן כל הרכבים האירופיים והאמריקאים המצויים בכבישי הארץ הינם בעלי מערכת לניטור אוויר בצמיגים TPMS.

לחץ האוויר בצמיג השפעה רבה על יציבות הרכב, בטיחות כלי הרכב ועל תצרוכת הדלק שלו, כל צמיג מותאם לעבוד בטמפרטורה ייעודית, החום הנוצר במהלך החיכוך עם הכביש מעלה את הלחץ בין האוויר בתוך הצמיג לבין האוויר החיצוני. עקב הפרש הלחצים משתחרר האוויר בתוך הצמיג באופן קבוע ובממוצע משתחרר לחץ של כ- PSI1 בכל חודש. לחץ אוויר שאינו תואם את הוראות היצרן (בדרך כלל נמוך יותר), משפיע על אחיזת הכביש על יציבות הרכב וההיגוי. על פי עקרון הפעולה, כאשר המערכת מזהה לחץ אוויר נמוך/גבוה ב- 25% מן המומלץ, מופעלת התרעה קולית וחזותית בלוח השעונים המראה באיזה גלגל הלחץ אינו תקין.



ניתן גם לרכוש מערכת זו ולהתקינה במוסך ברכב שלא הגיע מאירופה או ארה"ב.



ישנם שני סוגים עיקריים של מערכות TPMS, מערכת ישירה-אקטיבית ומערכת עקיפה-פסיבית:

- א. **מערכת ישירה-אקטיבית** - מודדת את לחץ האוויר והטמפרטורה בכל אחד מהגלגלים ומעבירה בצורה אלחוטית מידע זה ליחידת בקרה אלקטרונית. בפועל, בכל גלגל ישנה אנטנה שמעבירה את הנתונים ליחידת הבקרה. במידה ובתוך יחידת הבקרה מעובדים הנתונים כראוי, תזוהה היחידה הפרשי לחץ אוויר וטמפרטורה החורגים מהגבול המקסימאלי שאישר היצרן, במקרה של חריגה ישלח אות למסך התצוגה של הלקוח.
- ב. **מערכת עקיפה-פסיבית** - משתמשת בחיישני המהירות של מערכת ה-ABS ברכב. חיישני המהירות מודדים את הפרשי המהירות בין כל שני גלגלים. כאשר חסר אוויר בצמיג, הרדיוס שלו קטן ולכן יהיה הפרש במהירות הגלגל בינו לבין גלגל שמנופח לפי הוראות היצרן. נתונים אלו מועברים דרך יחידת הבקרה של מערכת ה-ABS ליחידת בקרה וממנה עובר האות ללוח השעונים.

❖ שיטה נוספת שנמצאת בשימוש בעיקר במשאיות הינה מערכת משולבת הכוללת גם משאבה הדוחסת לחץ אוויר לגלגל שהחיישן שלו שידר שחץ האוויר בתוכו נמוך בכ- 25 אחוז מהגלגלים האחרים במשאית.

בחקר תאונות דרכים מערכת זו הינה כלי נוסף המאפשר לבחון לבחון מצב הרכב- צמיג עובר לתאונה. כיום המערכת מצויה באחוז גבוהה מהרכבים בארץ במערכות המובנות ברמת יצרן (בכל כל הרכבים האירופיים והאמריקאים, בעתיד תיכנס כתקנה גם בארץ בכל הרכבים כולל היפניים). כאשר עולה חשד לגרם תאונה עקב לחץ ניפוח לא תקין ניתן לעיתים לקבל נתון זה מבדיקה פשוטה בלוח השעונים ע"י סיבוב המפתח "סוויץ" ובחינת לוח שעונים או בבדיקה מעמיקה יותר במוסך בהתחברות למחשב הרכב וקריאת תקלות.

12. קריאת תכנית רמזור.

ישנם פעמים בהם נדרש הבוחן, בעת טיפול בתאונת דרכים בצומת מרומזר, לצרף תכנית רמזורים רלוונטית והתייחסות לתכנית בהקשר לתאונה האבחנה הנדרשת מהבוחן הינה ידיעת **קריאת התכנית** וצירוף העתק מהתכנית הרלוונטית והסבר המתייחס לאופן התרחשות התאונה בהקשר לאופן פעולת הרמזור, הבוחן יצרף מתוך תכנית הרמזור את המקרא, תרשים הצומת, לוחות זמנים להפעלה, לוח מתאים, טבלת זמן בין ירוקים, לוח סדר תמונות ותרשים זרימה. **אין הבוחן נדרש לידע טכני/הנדסי בנוגע לאופן פעולת מנגנוני ומרכיבי תוכנית הרמזור.** הבוחן אמור להסביר אופן פעולת הרמזור והאם הראיות לכאורה בתיק מתיישבות או סותרות לאופן פעולת הרמזור.

להלן בקצרה הסבר על אופן קריאת התכנית ודוגמא לצירוף התייחסות בוחן לתכנית. (הדוגמאות המצורפות מתוכניות שונות והסדר הינו אקראי)

גלאים:

מספקים אות חשמלי על המצאות או מעבר רכב בחתך או שטח בדרך

סוגי גלאים: אלקטרומגנטי - כבל חשמלי המוטמן בחריץ בכביש דרכו מוזרם זרם המשתנה עקב מעבר רכב מעליו.

ראדר/אינפרא – משדר הממוקם מעל המסעה ומזהה את מעבר הרכב.
וידאו – מצלמה המצלמת ומערכת המבצעת עיבוד לאות הוידאו

ראשית יש לצרף תרשים של הצומת.

מופעי תנועה – יצוינו במספר

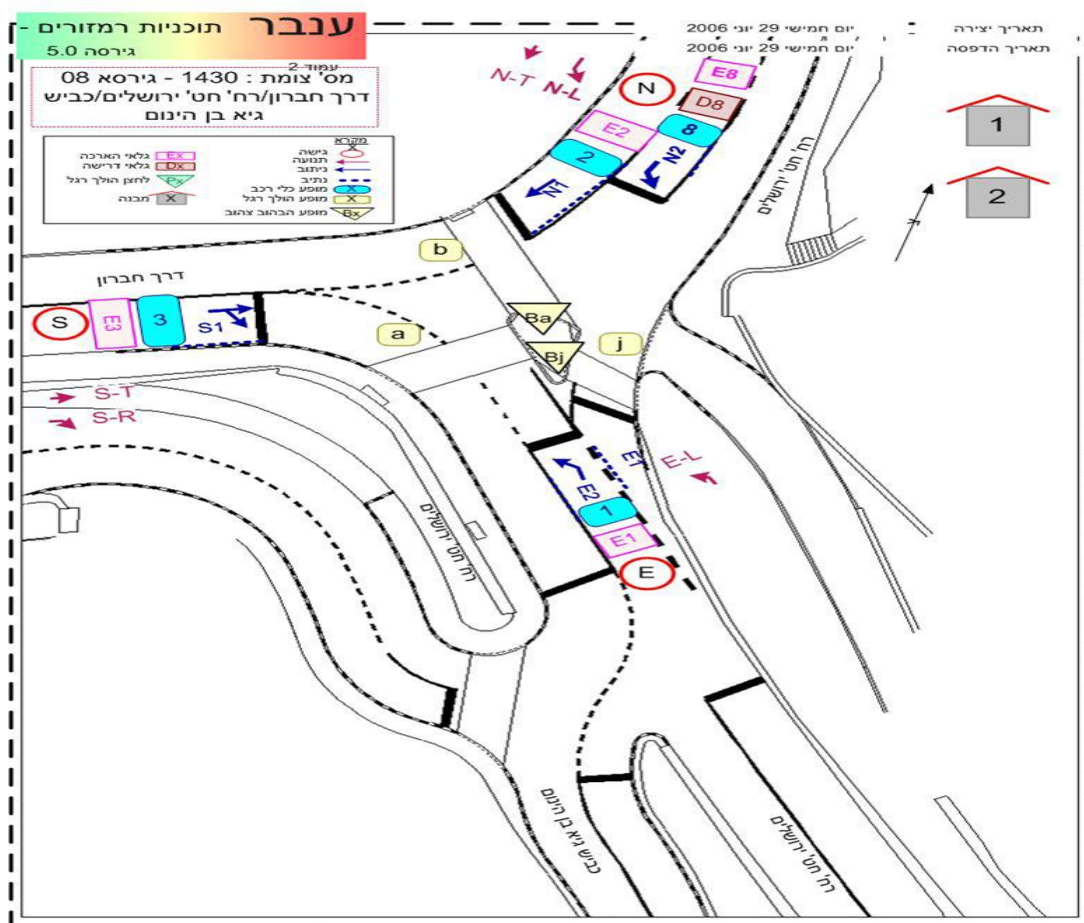
מעברי חציה – יצוינו באות לטינית

כיוונים – N-E-S-W שושנת רוחות

ניתוב – יצוינו באות כיוון ומספר מתחילים מימין

מהבהב מותנה – לפי אות מ.ח.

גלאים – D דרישה E הארכה



לאחר מכן יש לצרף מקרא.

מ.ת.נ. - מערכות תעבורה 97 בע"מ/הנדסת תנועה/רמזורים/חניה

תאריך הדפסה: יום שלישי 21 יוני 2005		עמוד 1
רשות תמרור מקומית: תכנית זמנים לצומת: מספר תוכנית:		פתח תקווה <input type="text"/>
מקרא אדום צהוב ירוק אדום-צהוב ירוק מהבהב צהוב מהבהב תחום פעולת גלאי נקודת החלטה של גלאי נקודת עצירה לתפעול ידני נקודת זינוק לתפעול ידני פולס		מנגנון הרמזור: קשור ל: בקרה מרכזית שם מתכנן: תאריך תכנון: 12/01/2005 שירטוט: ביקר: תאריך ביקורת:
תאריך שינוי	תאור השינוי	ביצע
21/06/2005	עדכון על פי הנחיות עיריית פ"ת	גבי
10/05/2005	עדכון על פי הנחיות עיריית פ"ת	גבי

אישור המפקח על התעבורה:	
-------------------------	--

רח' בית הלל 20, תל אביב, יציאת צומת בקרית תלמה. גרסה 17.8.03. 03-8628918

לאחר מכן לוח זמנים להפעלה

ענבר - תוכניות רמזורים
גירסה 6.0

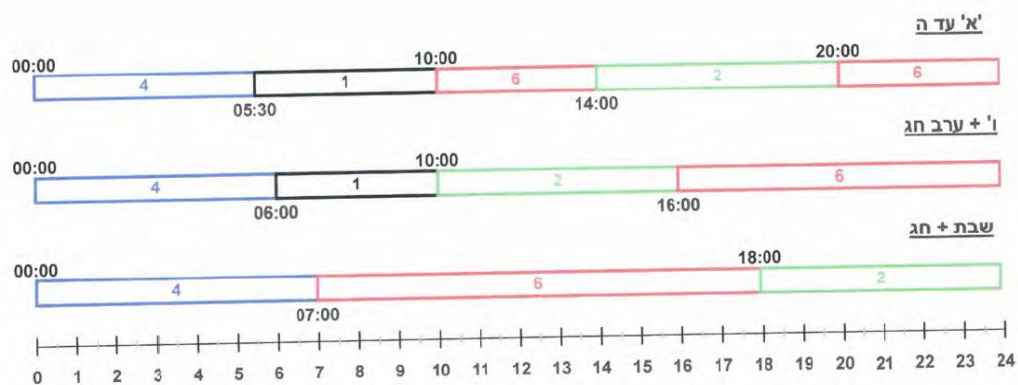
עמוד 7

לוח זמנים להפעלה

Thursday 05 May 2005
Tuesday 10 May 2005

תאריך יצירה
תאריך הדפסה

תוכנית 1 : בוקר 120 שניות
תוכנית 2 : אחה"צ 120 שניות
תוכנית 3 : ערב 90 שניות-רדבה
תוכנית 4 : לילה 80 שניות
תוכנית 5 : 100 שניות-רדבה
תוכנית 6 : 110 שניות



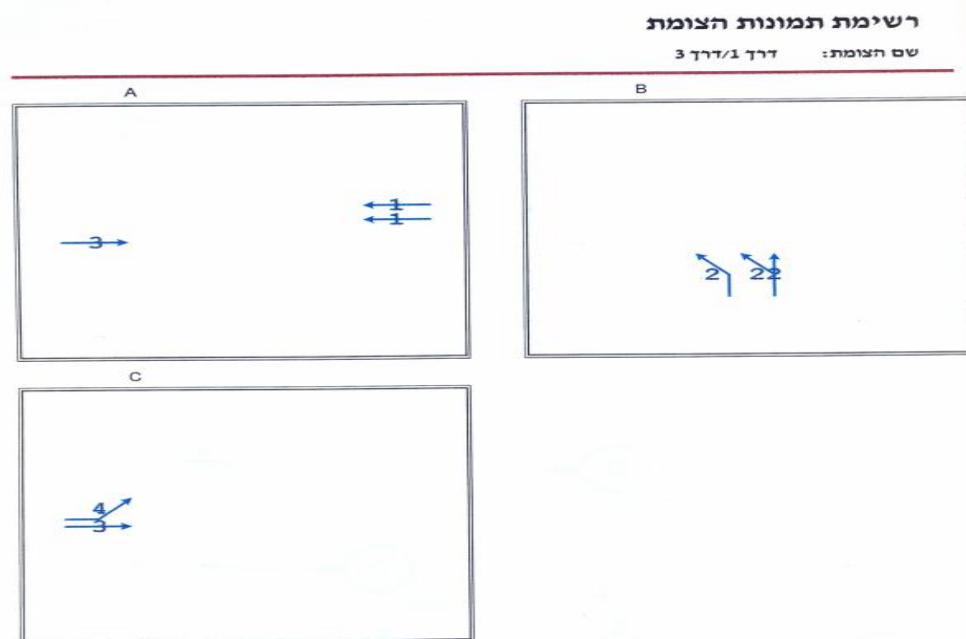
הצומת:

יש לצרף טבלת זמנים בין ירוקים.

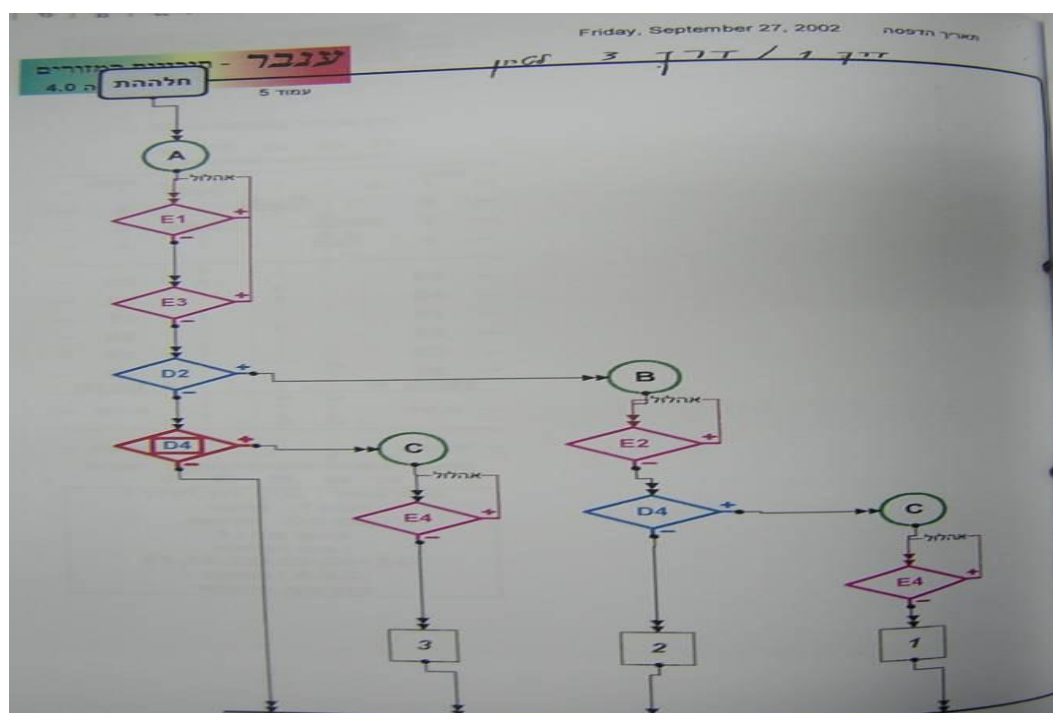
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	

חלק שישי - תמונות





תרשים זרימה המסביר אופן התנהלות התכנית קבלת התמונות בהתאם להפעלת הגלאים דרישה/הארכה בזמן נתון.



לתכנית הרמזורים המצורפת בתיק מצרפים התייחסות בזכ"ד או בדו"ח הבוחן להלן דוגמא לעיקרי הדברים הנחוצים במזכר/ דו"ח בוחן :

1. בזמן התאונה פעלה בצומת תכנית זמנים מס' -- הפועלת במחזור באורך 110 שניות גל ירוק (מצ"ב אישור עירייה /חברת רמזורים על תקינות הרמזור).
2. בכיוון נסיעת הפרטית ברחוב הרצל מכיוון מערב למזרח תנועה מס' --- בכיוון הליכת הולך הרגל ז"ל במעבר חציה מסומן g מדרום לצפון.
3. הפרטית הפוגעת הגיע לצומת ברחוב הרצל ממערב למזרח במופע המסומן מס' ---. בפעולה בגל ירוק אורך מופע מס' 5 הינו 45 שניות .
4. תנועות אלו תנועה מס' -- g- הינם "מופעים עוינים" .
5. הפרטית הפוגעת הגיע לצומת ברחוב הרצל ממערב למזרח במופע המסומן מס' --- בפעולה בגל ירוק אורך מופע מס' ---הינו 45 שניות.
6. אין ירוק משותף לשני התנועות , זמן בין ירוקים הינו 9 שניות, כאשר מופע --- מסיים את הירוק ומופע g נכנס יש 9 שניות הפרש.
7. מצ"ב סדר תמונות בצומת- A בתחילה יש ירוק למופעוכן הלאה.
8. מצ"ב תרשים זרימה - התחלה תמונה A בה ירוק משותף לתנועה
9. תכנית הרמזורים מתיישבת עם גרסאות עד ראיה ונהג הפרטית ומתוכנית הרמזורים ניתן להסיק כי

13. תרגילי התחמקות לדוגמא:

13.1 התחמקות ממכשול⁶¹:

תרגיל דוגמא:

הגעת לזירת תאונת דרכים בכביש בן עירוני, ביום, כביש יבש תקין. פרטית שנסעה בנתיב ימין פגעה בה"ר שעמד בסמוך לרכבו שנעצר עקב תקלה בשול בעיקול הדרך. ה"ר עפ"י הצבעת נהג הפוגע עמד על הפס הצהוב בצמוד לרכב החונה כאשר מכסה מנוע מורם. לדברי הנהג הפוגע לפניו בכיוון נסיעתו בנתיב ימין נסעה משאית לפינוי אשפה במרחק 30 מטר. הוא הבחין בה"ר באיחור עקב מגבלת שדה ראייה ופגע בו עם חזית צד ימין בפנס האיתות ימין. המהירות המותרת במקום 90 קמ"ש עפ"י גרסת נהג נהג במהירות 90 קמ"ש.

ערכת ניסוי שדה ראייה ומצאת כי שדה הראייה המוגבל ביחס לה"ר כאשר משאית נוסעת לפני הרכב המעורב הינו 68 מטר.

בהנחה ומקדם החיכוך להאצה צדית 0.35. חשב ושחזר תוך רישום הנוסחאות, ההצבות והתוצאות (וללא קיצורי דרך):

חשב את רדיוס הסטייה הרוחבית לשמאל של הפרטית למרחק של 1.5 מטר. (רוחב נתיב 3.9 מטר).

מהו המרחק האורכי הדרוש לנהג הרכב לצורך סטייה כזו.

חשב במידה והנהג היה מסיט את ההגה ומתחמק מה"ר למרחק צידי של מטר וחצי מה היה מרחק האורכי + תגובה ובאים היה מונע את התאונה?

r -? המרחק האורכי

μ -0.3 מקדם האצה רוחבי

dy-1.5 מרחק צידי

קמ"ש 80-v מהירות הרכב

s-? מרחק אורכי נדרש

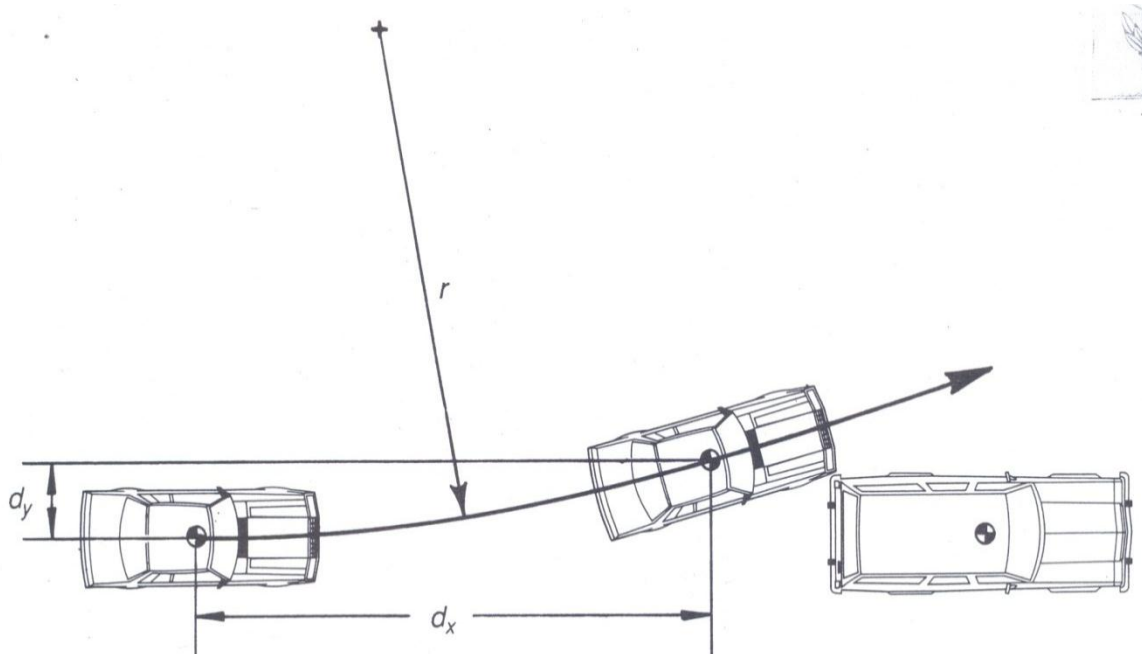


Exhibit 64. The longitudinal distance required for a vehicle to make a turn to the left to avoid a stopped vehicle with the radius (r) is d_x , and the lateral distance the vehicle must move to avoid the other vehicle is d_y .

⁶¹ Traffic Accident Reconstruction, פרק 872, בעמודים 72-50 - 72-53, גארי וו. קופר וליין ב. פריק (הנחיית מדור ת"ד 6/2010).

תשובה:

$$r \cdot \frac{v^2}{127 \cdot \mu} = \frac{90^2}{127 \cdot 0.35} = 182.22 \text{ מטר}$$

חישוב מרחק האורכי הדרוש לרכב כדי לסטות שמאלה

$$dx = \sqrt{2 \times dy \times r - dy^2}$$

$$dx = \sqrt{2 \times 1.5 \times 182.22 - 1.5^2} = 23.33 \text{ מטר}$$

חישוב מרחק תגובה במהירות של 90 קמ"ש ללא זמן תגובת מערכת

$$S = v \cdot t = \frac{90}{3.6} \cdot 1.2 = 30 \text{ מטר}$$

סה"כ מרחק תגובת נהג + מרחק תימרון/סטייה הנדרש במהירות 90 קמ"ש בנסיבות האירוע.

מרחק אורכי 23.33 מטר ועוד מרחק תגובה 30 מטר = סה"כ 53.33 מטר.

סיכום:

לצורך החישוב נמדד מרחק של אדם כאשר הוא עומד על הפס השול הצהוב מול דופן רכבו לצורך בדיקת מנוע הרכב המרחק בינו לבין הגלגל שמאל קדמי הינו כ-0.70 מטר בחישוב נלקח מרחק צידי להתחמקות של 1.5 מקו השול הימני.
המרחק האורכי שבו היה הנהג בעת שיכל להבחין בה"ר ורכב ג' (מזדה) עפ"י ניסוי שדה ראיה הינו 68 מטר.
אולם על מנת שייסטה הנהג מרחק של 1.5 מטר מקו השול (בהנחה שהנהג נסע צמוד לימין הנתיב מקסימלי) דורש לו מרחק של 53.33 מטר. באם היה מגיב בזמן וסוטה לצד השמאלי של הנתיב התאונה הינה נמנעת.

13.2 שחזור התחמקות - תאונה אשמוז פרטי וטרקטור חזית באחור(עמוד 103).

(ע"פ 742/97 אשמוז נ' מדינת ישראל). תקציר פס"ד -תאונה חזיתית כביש בין עירוני **בלילה** נהג רכב מסחרי הבחין בחלק אחורי של נגרר ע"י טרקטור **ללא אורות** לפניו בכיוון נסיעתו כשהוא מצוי ממנו 50 מטר, סטה לשמאל לנתיב הנגדי התנגש בפרטית. נהג הפרטית נהרג. נהג הטרקטור והמסחרית הועמדו לדין בשלום נהג הטרקטור זוכה נהג המסחרית הורשע. במחוזי נהג המסחרי זוכה.

מהירות רכב נאשם 80 קמ"ש = 22 מ/ש

מהירות טרקטור שנסע לפניו 20 קמ"ש = 5.5 מ/ש

הנהג הבחין בטרקטור במרחק של 50 מטר.

האם התאונה נמנעת אילו הנהג היה בולם חירום בנתיב נסיעתו בזמן תגובה של 1.6 שנייה ? יש לקחת בחשבון כי בזמן שהרכב נימצא בהאטה בכל שניה של בלימה הטרקטור נימצא בשנייה זו בנסיעה (באשמוז בימ"ש ערך שיחזור בזמן תגובה 1.05 ושגה כשקבע כי תאונה בלתי נמנעת).

😊 פתרון תרגיל התחמקות חזית באחור

$$s = \frac{v^2}{254f} = \frac{80^2}{177.8} = 35.99$$

1. מרחק בלימה במהירות 80 קמ"ש במקדם חיכוך 0.7 הינו 35.99 מטר.

2. מרחק תגובה במהירות 80 קמ"ש בזמן של 1.6 שנייה הינו 35.55 מטר.

$$s = 1.6 \times 22.22 = 35.55 \text{ מטר}$$

3. מרחק עצירה כללי במהירות 80 קמ"ש הינו 71.54 מטר.

מרחק תגובה הפתעה שניה 1.6 כפול 22.22 מטר = 35.55 מטר מרחק תגובה ועוד 35.99 מרחק בלימה = 71.54 מטר = מרחק עצירה כולל.

(באשמוז ניתן זמן תגובה רגיל 1.05) 1.05 כפול 22.22 = 23.33 ועוד 35.99 = 59.3 מטר מרחק עצירה.

$$s = 1.05 \times 22.22 = 23.33 \text{ מטר}$$

למעשה בפועל מרחק העצירה הכולל אמור להיות גדול יותר והינו 71.5 מטר ולא 59 מטר כפי שנטען בבימ"ש ובימ"ש קיבל.

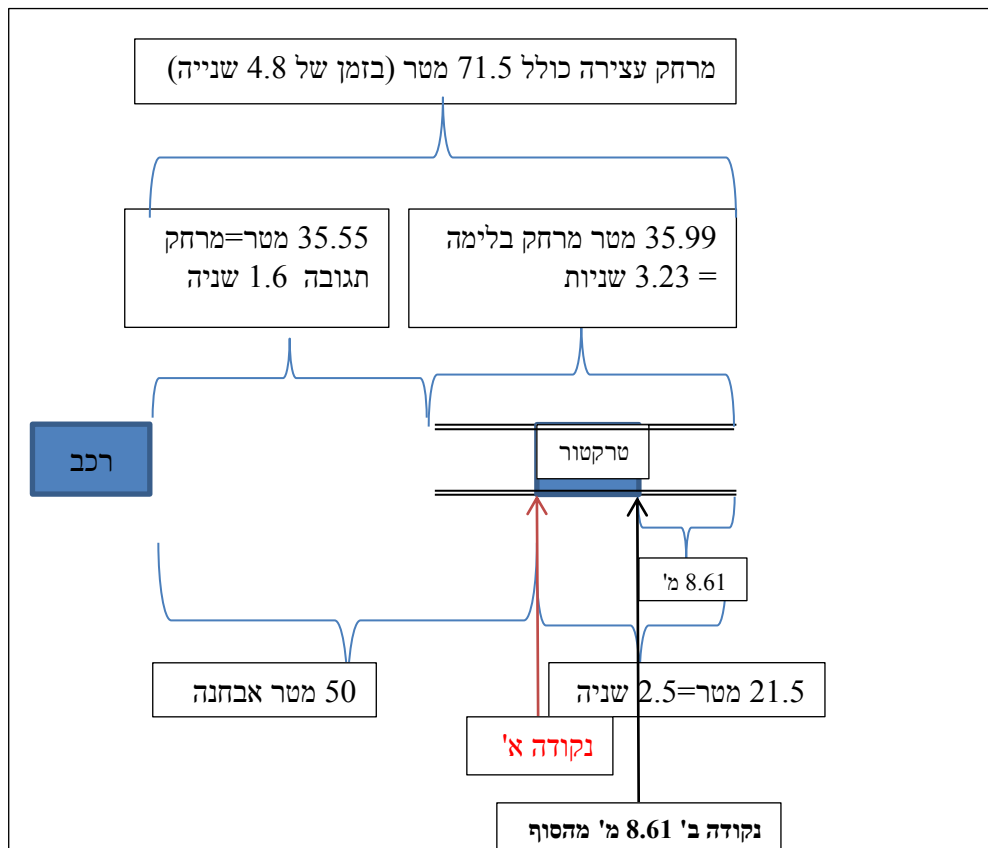
נחשב מהו זמן בלימת הרכב במהירות 80 קמ"ש?

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 35.99}{6.86}} = 3.23$$

4. זמן בלימת חירום של הרכב הינו 3.23 שניות.

5. זמן העצירה הכולל רכב= תגובה + בלימה = $3.23 + 1.6$ תגובה הפתעה = 4.83 שניות.

מרחק עצירה כולל רכב = הינו 71.5 מטר



סקיצת שיחזור התחמקות.

6. אנו יודעים כי בזמן שנהג הרכב הגיב, הטרקטור (בשחזור ובמציאות מדובר בעגלת טרקטור לצורך ההסבר המפורט כאן נתייחס תמיד לטרקטור) היה ממנו במרחק של 50 מטר מסומן **נקודה א'** בסקיצה. זמן התגובה הינו 1.6 שנייה ובזמן זה עובר הרכב 35.55 מטר. בזמן הזה במהירות 20 קמ"ש שהם 5.55 מ/ש עובר הטרקטור מרחק של 8.88 מטר בנסיעה.

7. לצורך השחזור בכדי לחשב את מיקום הרכב ביחס לטרקטור במהלך הבלימה אנו נחשב מהו משך זמן הבלימה מרגע תחילת סימני הבלימה עד לנקודה בה היה הטרקטור כאשר הנהג הבחין בו לראשונה **נקודה א'** בסקיצה לעיל (71.5 מטר מרחק עצירה כולל פחות 50 מטר שדה ראייה כלומר בנקודה זו הרכב נימצא בבלימה 21.5 מטר לפני עצירתו הסופית).

8. בכדי לחשב זמן בלימה מתחילת בלימה עד **נקודה א'** אנו נחסיר מסה"כ משך הבלימה הכללי (חישבנו בסעיף ד' לעיל הזמן הינו 3.23 שנייה) את משך הבלימה מנקודה א' עד עצירה (בלימה למרחק של 21.5 מטר).

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 21.5}{6.86}} = 2.5$$

מוזמן בלימה כולל של 3.23 שנייה נחסיר 2.5 שניה ונקבל כי מתחילת בלימה עד נקודה א' חלפה 0.73 שנייה. $0.73 = 3.23 - 2.5$ שניות.

9. בזמן של 0.73 שנייה הטרקטור חולף מרחק של 4.01 מטר .

$$s = 0.73 \times 5.55 = 4.01 \text{ מטר}$$

10. נחבר את המרחק שהטרקטור חלף בזמן תגובת נהג רכב שהינו 8.88 מטר (כמפורט בסעיף ו') עם המרחק שעבר הטרקטור כאשר הרכב בלם עד נקודה א' מרחק של 4.01 מטר ונקבל נסיעה של הטרקטור למרחק של 12.89 מטר עד לנקודה ב' בסקיצה. זאת אומרת כאשר הרכב הגיע לנקודה א' בסקיצה הטרקטור המשיך בנסיעה למרחק של 12.89 מטר עד נקודה ב'.

11. מנקודה א' בסקיצה שהיא 21.5 מטר לפני עצירה סופית של הרכב נחסיר את המרחק של 12.89 מטר נקבל כי כאשר הרכב הגיע לנקודה א' בסקיצה הטרקטור הגיע לנקודה ב' המצויה 8.61 מטר לפני נקודת עצירה סופית של הרכב כאשר הינו בבלימה.

14. כעת נחשב כמה זמן יחלוף הרכב בבלימה מנקודה א' שם הוא מצוי עד לנקודה ב' מיקום הטרקטור באותה נקודת זמן, כלומר עד לנקודה בה הטרקטור נימצא במרחק של 12.89 מטר ממנו ומרחק של 8.61 מטר מסוף סימן בלימת הרכב.

לצורך כך נחשב מהו משך הבלימה במרחק של 8.61 מטר ואותו נחסיר מוזמן הבלימה שחישבנו למרחק של 21.5 מטר שהינו 2.5 שניות.

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 8.61}{6.86}} = 1.58$$

$$2.5 - 1.58 = 0.92 \text{ שנייה}$$

מנקודה א' 21.5 מטר מסוף בלימה עד נקודה ב' 8.61 מ' מסוף בלימה הרכב חולף מרחק זה בזמן של 0.92 שנייה.

15. כאשר הרכב הגיע לנקודה ב' חלפה עוד 0.92 שניה בזמן זה הטרקטור התקדם 5.1 מטר.

$$0.92 \times 5.55 = 5.1 \text{ מטר}$$

16. הטרקטור (חלקו האחורי) נימצא במרחק של 3.51 מסוף סימן הבלימה כאשר חזית הרכב תהיה בנקודה ב' המצויה 8.61 מטר לפני סוף בלימה. הפרש המרחק ביניהם הינו 5.1 מטר.

17. כעת נחשב מה משך זמן הבלימה מנקודה ב' 8.61 מטר מסוף בלימה עד לנקודה בה הטרקטור מצוי במרחק של 3.51 מטר מסוף הבלימה.

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 3.51}{6.86}} = 1.01$$

$$1.58 - 1.01 = 0.57 \text{ שנייה}$$

18. את המרחק מנקודה ב' עד לנקודה בה הטרקטור מצוי במרחק של 3.51 מטר מסוף בלימה עובר הרכב בזמן של 0.57 שנייה. בזמן זה במהירות 5.55 מ/ש עובר הטרקטור מרחק של 3.16 מטר כלומר מצוי (חלק אחורי של הנגרר) במרחק של 0.35 מטר מסוף סימן הבלימה.

19. הטרקטור (חלקו האחורי) נימצא במרחק של 0.35 מטר מקצה סוף סימן הבלימה כאשר חזית הרכב תהיה במרחק של 3.51 מטר מקצה סימן הבלימה. הפרש המרחק ביניהם 3.1 מטר.

20. כעת נחשב מהו משך הבלימה מהנקודה בה הרכב מצוי במרחק של 3.51 מטר עד למיקום הטרקטור 0.35 מטר לפני סוף הבלימה.

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.35}{6.86}} = 0.31$$

$$1.01 - 0.31 = 0.7 \text{ שנייה}$$

21. את המרחק מהנקודה בה מצוי הרכב במרחק של 3.51 מטר מקצה סימן הבלימה עד למרחק של 0.35 מטר מקצה סימן הבלימה שם מצוי חלקו האחורי של הנגרר עובר הרכב בזמן של 0.7 שנייה. בזמן זה במהירות 5.55 מ/ש עובר הטרקטור מרחק של 3.88 מטר ולמעשה עובר את מקום עצירת הרכב. **לא יהיה מגע בין 2 הרכבים בין הרכב לעגלה. התאונה נמנעת אילו נהג הרכב היה מגיב בזמן.**

13.3 תרגילי דוגמא האצה/האטה

(1) מכונית מאיטה מ - 92 קמ"ש ל - 0 קמ"ש בזמן של 4 שניות . מה התאוצה ומה המרחק שעברה במהלך הבלימה ?

☺ פתרון תרגיל האטה.

$$V_1 = 92 \text{ קמ"ש} = 25.55 \text{ מ / ש}$$

$$V_2 = 0 \text{ קמ"ש}$$

$$t = 4 \text{ שניות}$$

$$S = ?$$

$$a = ?$$

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t} = \frac{0 - 25.55}{4} = -6.39 \text{ מ / ש}^2 \quad \text{האטה}$$

$$S = \frac{V_1^2}{2a} \quad \text{מרחק}$$

$$S = \frac{25.55^2}{2 \times 6.39} = 50.1 \text{ מ}$$

(2) מכונית מאיצה מ - 0 בתאוצה של 2 מטרים/שנייה בריבוע ועוברת 8.5 מטרים.

בכמה זמן עשתה זאת ?

$$V_1 = 0 \text{ קמ"ש}$$

$$a = 2 \text{ מ / ש}^2$$

$$S = 8.5 \text{ מטר}$$

$$t = ?$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 8.5}{2}} = 3 \text{ שניות}$$

(3) משאית האיצה מעצירה למרחק 12 מטר בזמן של 5 שניות מה התאוצה ולאיזה מהירות תגיע המשאית ?

$$v_2 = \frac{2 \times s}{t} - v_1 = \frac{24}{5} = 4.8 \text{ מ / ש}$$

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{4.8 - 0}{5} = 0.96 \text{ מ / ש}^2$$

מהירות הרכב הינה 4.8 מ/ש (17.2 קמ"ש) והתאוצה הינה 0.96 מ/ש/ש.

14. מדי תאוצה

14.1 תקציר ניסויי התרסקות מדי תאוצה(ספידומטר)/ מגזין אימפקט

Crash Testing Stepper Motors and Speedometers by Christopher Goddard BSc IEng MIET

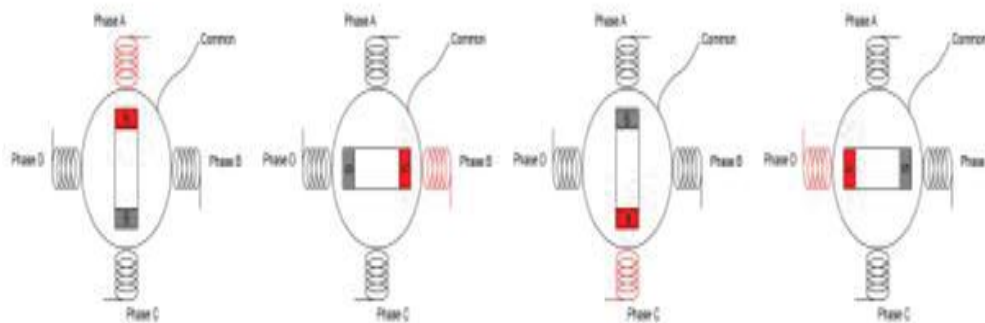
רבים מאתנו צפו בסצנת התנגשות ושמנו לב שהמחוגים של אשכול המכשיר של אחד או יותר מכלי הרכב נראה שהוקפאו בנקודת הפגיעה. לפעמים הצבעת הקפאת המחט במחוג המהירות מתקבלת על הדעת, ולפעמים לא. במאמץ לגלות מדוע תופעה זו מתרחשת יש צורך להבין יותר על התכונות והמפרטים של מד המהירות בשאלות מסוימות. מנועים האלקטרוניים המניעים את המחטים הינם הסיבה לכך שמכשירים נותנים קריאות אמינות בעוד שאחרים לא. למונה המהירות נדרשת אספקת כוח בכדי להסיט את המחט לכל עמדה המצוינת, כולל החזרתה לאפס. לכן אם אספקת הכוח למכשיר מפסיקה כתוצאה מהתנגשות, אין כוח שיזיז את מחט, והמחט תישאר במצב שהייתה לפני שהכוח אבד. הבעיה עדיין קיימת בחלק מהמנועים שמסוגלים להחזיק את עמדתם במהלך תאוצות של התנגשות. מספר סוגי מכשיר נבדקו בקיץ הזה ביום המבחן Bruntingthorpe כדי לראות איך הם יתפקדו בהתנגשויות במהירות גבוהה.



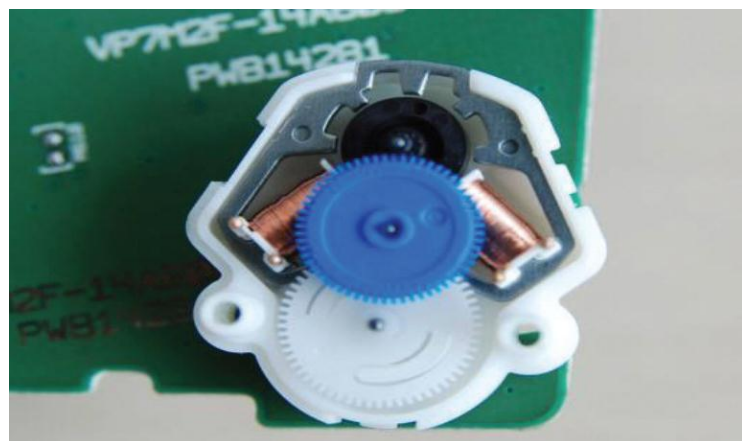
מבוא

הרצאה בנושא ספידומטרים הוצגה בכנס Leeds 11 itai ב-2011 ו בעקבות הצורך הקיים בעולם לבחינת הנושא בתאונות אמיתיות. יום המבחן ב Bruntingthorpe סיפק את פלטפורמת בדיקות מושלמת לראות כמה טוב החזיקו עיצובים שונים של ספידומטרים בתפקידם בעת חשיפה לתאוצות בהתנגשויות במהירות גבוהה. לפני שנתייחס לבדיקות כדאי להבין כיצד מנועי הפסיעה עובדים ואת ההבדלים הקטנים בעיצובים שלהם. מנוע צעד-ספידומטר הוא מכשיר אלקטרו אשר ממיר את זרם חשמל לבדיד תנועות מכאניות. זה מכשיר אשר באופן קבוע מופעל ומתקן כל הזמן את עמדתו של המחט בעת השימוש. המחט מופעלת למצב המנוחה שלה, כאשר הרכב לא מונע, הכוח נשמר למכשיר בכדי לאפשר למכשיר לחזור למצב אפס אפילו לאחר שההצתה כבויה. עם זאת, כמה לוחות מכשיר יישארו באופן קבוע "חיים" בעוד שאחרים מתוכננים לפעול באופן אוטומטי לאחר מספר שניות. מנועי צעד מהווים פיר נושאות מגנט קבוע, הנקרא רוטור, מוקף על ידי מספר האלקטרומגנטים על ניח חלק, הנקרא גלגל מכון. האלקטרומגנטים הם אנרגיה על ידי מעגל בקרה חיצוני. פיר התפוקה של מנוע צעד מסתובב ב מרווחי צעד בדידים כאשר פקודה חשמלית מועטה ניתנת להחיל את זה ברצף הנכון, בניגוד למנוע AC או DC המסתובב ברציפות. זה הופך את המנוע מתאים כמו מכשיר מבוקר דיגיטלי. מספר שלם של צעדים שעושה סיבוב מלא. מספר מלא צעדים תלויים במספר הסלילים החיצוניים ומספר הקטבים מגנטיים בתוך הרוטור. כדי להפוך את תור ציר מנוע, ראשון אלקטרומגנט הוא נתון כוח, מה שהופך את align המגנט של הרוטור לגלגל המכון של מגנטי תחום. תנועה נוספת נוצרת כאשר האלקטרומגנט הבא מופעל והראשון מופעל משם, בו בזמן הרוטור מסתובב כדי להתיישר עם המגנט הבא, ומשם התהליך חוזר (איור 1). בדוגמא המוצגת באיור 1 יש 4 שלבים כדי סיבוב מלא אחד.

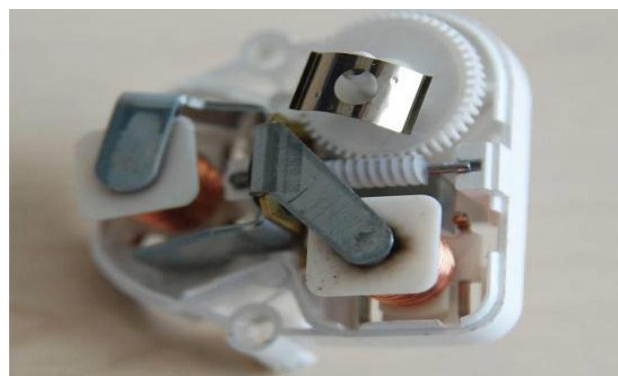
איור 1 - תרשים המראה כיצד מד תאוצה מסתובב



לעיצוב של תיבת ההילוכים או העדרו יש השפעה משמעותית על 'מומנט סטטי' של מחט. 'מומנט סטטי' הוא המומנט הנדרש כדי להזיז את המחט כאשר המכשיר נמצא כבוי, דהיינו כפי שהיינו מצפה למצוא לאחר התנגשות. במנוע Sonceboz מחזיק מומנט הוא מעל 4 פעמים יותר מאשר מומנט סטטי. ללא ספק השיטה הנפוצה ביותר של קישור מנוע למחט הוא לשלב תיבת הילוכים בתוך הגוף של המנוע (איור 2) ש יש סדרה של הילוכים השלוחה, ובדרך כלל מספק ירידה של כ 36: 1. בשילוב עם מנוע הכולל 20 צעדים, תשלובת של יחס 36: 1 מייצר סטיה 0.5 תואר לכל שלב את המנוע. בהשוואה לסוג שאינו מכונן, יש התנגדות גדולה יותר לתנועה חופשית של מחט כאשר אינה מופעלת. איור 2 - מנוע צעד המיוצר על ידי Sonceboz (עם גלגלי שיניים שחור, כחול ולבן).



עוד סוג נפוץ של מנוע צעד ותיבת הילוכים מיוצר ע"י קונטיננטל (לשעבר Siemens VDO). זה ציוד תולעת מתפתל עם חיבור פיר הרוטור למחט (איור 3). הבניית מוט פיתול במומנט סטטי גבוה מספקת רמה גבוהה של עמידות לחופש התנועה של המחט כאשר המכשיר לא מופעל.

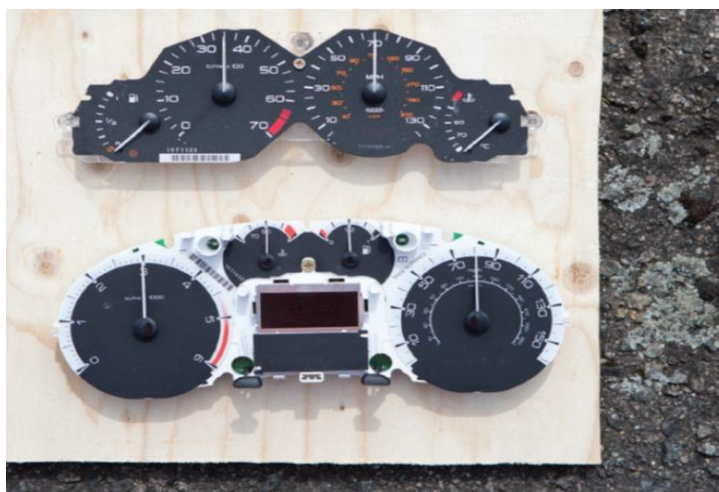


איור 3 מנוע פיתול קונטיננטל.

אובדן כוח חשמלי : על מנת להקפיא את המכשיר שהוא מופעל על ידי מנוע צעד, החשמל חייב להיות מנותק. ואכן זו הסיבה למה מנוע מפסיק כמנוע לא יכול לחזור לאפס (או כל תפקיד אחר) ללא כוח. **מטרת הבדיקה הייתה לבדוק כיצד מנועים מחזיקים בעמדתם לאחר הפסקת החשמל.** מסיבה זו כל המכשירים שנבדקו היו ללא אספקה חשמל.

מסגרת מבחן : הבדיקה של המכשירים המעורבים מכילה בסך הכל 12 אשכולות מכשיר Dexion. המסגרת הייתה מסוגלת להכיל נטיית המכשירים לרוחב או אורך, המכשירים יכולים לחוות תאונות של התנגשויות לוואי בנוסף לתאונות החזיתיות.

יום מבחן - יולי 17 ההתנגשויות היו מנוהלות על ידי שליטה מרחוק בהיגוי של המכונית הכדור (ניסוי). המכונית היעד הייתה נייחת. באמצעות שיטה זו, במהירויות של עד 99 קמ"ש המכונית הכדור (ניסוי) כוונה בהצלחה לכוון מכונית נייחת. סך של שישה מבחני ריסוק עם כלי רכב בוצעו בהצלחה. לפני כל בדיקת המכשירים נקבעו מהירות האימפקט מראש, נקבע כך שכל אשכול מכשיר יהיו ארבעה מנועים שייבדקו. פירושו של הדבר כי כמעט 288 בדיקות של מנועי פסיעה נערכו במהלך היום. כל המכשירים צולמו לפני הבדיקה (איור 7).



איור 7 לפני התאונה

לאף אחד מהמכשירים שמופעלים אין יכולת התרעה/ניבוי על איבוד כוח במהלך האימפקט ורצינו לראות כיצד המכשירים נערכו בתרחיש המקרה הגרוע ביותר. לאחר מבחן ההתרסקות, במסגרת הבדיקה הוסר במהירות לוח השעונים כדי לאפשר סריקת לייזר של הזירה. המכשירים צולמו לאחר האימפקט (איור 8). תאונה של כ מטר בשנייה בשנייה נצפתה. שני מכשירים ניזוקו במהלך הבדיקות ונשברו תחת לחץ התאונה.



איור 8 אחרי התאונה

תוצאות

התוצאות המלאות של הבדיקות יפורסמו בעתיד קרוב, לעומת זאת, הקריטריונים שפורסמו ב- itai 2011 עדיין נשארו בתוקף. ואכן אנו אופטימיים אנחנו יכולים למקד את הקריטריונים עוד פעם אחת כאשר התוצאות ינותחו. הקריטריונים הם: לפני שקבלת קריאת נתונים תחשב אמינה התנאים שלהלן צריכים להתקיים קודם לביצוע כל חקירה עתידית.

- המכשיר צריך להיבחן בפירוט כדי לקבוע את סוג הרכב.
- הרכב צריך לחוות בעיקר התנגשות קדמית.
- אסור שתהיה כל עדות למספר רב של התנגשויות.
- אסור שיהיה שום עדות לרכב שהתהפך.
- לא צריכה להיות סיבה ברורה של אובדן כוח מזוהה ואובדן הכוח צריך להיות מידי.

הבדיקות לאחר התאונה אישרו את יכולת הווריאציה הרבה לstepper מנועים להחזיק בעמדה שלהם (להישאר במצבם לאחר תאונה). כפי שניתן לראות באיור 8 ההשפעה על תנועתם של המכשירים לא יכולה להיות שונה ובכל זאת, שתי היחידות הן מפיגו אבל מנועים שונים בשני כלי הרכב הניעו את המכשירים. סוגים מסוימים של מנוע לא זזו בכל התנגשות, כפי שמוצג באיור 5. באותה מידה, כמה מנועים שינו את עמדתם בכל התנגשות.

(*)הערת מתרגם: הקביעה במאמר דלעיל אינה חד משמעית, במחקר נוסף שנערך ב- 2015 ופורסם בכנס e.v.u שנערך בסקוטלנד⁶² המליץ החוקר לקבל את נתוני המד אוף בשעונים מסוג מסוים בלבד. באירוע תאונת דרכים חמורה כאשר הבוחן ימצא את המד מהירות מכוון למהירות מסוימת ניתן להפנות את הלוח שעונים לבחינת מומחה דרך מעבדת מטא"ר סימנים וחומרים במידה ולא יינתן מענה ניתן להפנות לבדיקת מומחה במכון ספידומטרים באישור רמ"ד ת"ד.

14.2 בדיקת מד אוף וחישוב סטייה:

ניתן לבדוק סטיית מד אוף באמצעות בדיקה במכון על ידי מכשיר דינמומטר, או בנסיעה ע"י מכשיר ממל"ז או ממא"ל או נסיעה במהירות קבועה בקטע כביש ישר לאורך ק"מ מדוד ומדידת זמן הנסיעה. לאחר קבלת נתון מהירות מאחת מהשיטות שפורטו ניתן לחשב סטיית המד אוף.

דוגמא: ניסוי לפי מד אוף 80 קמ"ש.

מהירות אמתית 75 קמ"ש.

ההפרש 5 קמ"ש.

חישוב אחוז הסטייה:

$$\frac{100 \times 5}{80} = 6.25\%$$

במידה והרכב נסע עפ"י קריאת המד אוף במהירות 60 קמ"ש, מהי מהירותו האמתית?

$$\frac{60 \times 6.25}{100} = 3.75 \text{ הסטייה בקמ"ש}$$

$$60 - 3.75 = 56.25 \text{ קמ"ש}$$

הרכב נסע במהירות 56.25 קמ"ש.

⁶² by EVU The Behaviour of Instrument Cluster during High-Speed Crash Testings 2015
Christopher Goddard David Price

15. נספחים.

15.1 חוזר זמן תגובת נהג

המטה הארצי/אגף שיטור ובטחון
משמרת תנועה ארצית
טל' 02-308920
ירושלים, י בטבת תשנ"ב
(17.12.91)

+-----+
! חוזר הדרכה מס' 35/91 :
!חקירת תאונות דרכים זמן תגובת הנהג!
+-----+

כללי:

אחד הנתונים שהכרחי לדעת לצורך שיחזור תאונות דרכים הוא זמן תגובת הנהג.
ערך זמן התגובה שבשימוש כיום והמוכר הן לבוחני התנועה והן לבתי המשפט
השונים הוא 0.75 שניה (3/4 שני'). נוהגים להגדיל ערך זה עד כדי 1 שני'
בתאונות שאירעו בלילה.
בבדיקה מעמיקה יותר הוברר כי ההתייחסות לזמן תגובה קבוע של 3/4 שני'
מוטעית.
מטרת מסמך זה : לעדכן את בוחני התנועה במחקרים השונים, להבהיר מונחים שונים
הקשורים בזמן תגובה.

להלן סקירת הספרות המיקצועית הדנה בנושא זמני תגובה:

1. מחקר שנערך בטכניון:

א. מונחים:

- (1) תגובת רפלקס - תגובה אינסטינקטיבית הנובעת מגירוי חזק מאוד.
(זמן קצר ביותר) לדוגמא: מיצמוץ העין.
- (2) תגובה פשוטה - תגובה לה אנו רגילים ברוב. תמרוני הנהיגה. למשל
האטה לאחר שרואים את אור הבלם ברכב.
- (3) תגובה מורכבת - מיקרה בו יש לבחור בין אלטרנטיבות שונות.
- (4) תגובת מיבחן - תגובה במצבים בהם יש לבחון בין אפשרות פעולות
שונות בלחץ של זמן במצב תנועה בלתי רגיל. (למשל בשימוש הבלתי
צפוי של נתיב הנסיעה ע"י רכב שבא ממול נגד כוון התנועה).

בלמ"ס

2/...

בלמ"ס
- 2 -

ב. שלב התגובה (ההתייחסות היא לתגובה הנדרשת להאטת הרכב שהיא השכיחה ביותר).

(1) השלב הפסיכי (תקופת תפיסה - תגובה):

בשעת הנהיגה מופיעה בפני הנהג תמונה של סכנה. בכדי לקלוטה דרוש זמן. הזמן הדרוש לקליטה תלוי בתנאי הראות, התאורה והקונטרסט, שהם מהווים את עוצמת הגרוי. כאשר התגובה צריכה להיות על שמיעה, הרי עוצמת מקור הרעש תשפיע על אורך זמן התגובה. אחרי קליטת התמונה ע"י העין (או שמיעת הצליל ע"י האוזן) מעובדת התמונות במוח אשר באמצעות העצבים שולח "הוראה" לשרירים לשם הוצאתה לפועל. בזה נגמר השלב הפסיכי. מן האמור אפשר להשיג שהשם הנכון צריך להיות "תקופת תפיסה - תגובה". השפעה על עורך זמן התגובה יש במצב הנפשי של הנהג, כגון עייפות, השפעת כוהל, רוגז, התרגשות.

(2) השלב הפיסי:

שלב זה הוא הפעולה הגופנית. בהאטה או עצירת הרכב הוא כרגיל דריכת דוושת הבלם. אורך שלב זה תלוי בזריזותו וכוחו של נהג. מנגנוני הבלם ברכב היום משוכללים; ולכן לתכונות הגופניות של הנהג השפעה מעטה על אורך התגובה.

(3) השלב המכני:

שלב זה תלוי במבנה הבלמים. כל אחת משלושת שיטות הבלימה העיקריות, היינו בלם מכני, בלם הידראולי או בלם של אויר דחוס מגיבה אחרת במקצת. עצם אורך הבלימה וההתפתחות של כוח הבלימה לעוצמתו המקסימלית שייכים לפעולות הבלימה ולא לתקופת התגובה. (התייחסות מפורטת תבוא בהמשך).

ג. אורך משר התגובה:

תגובה זו, אשר כוללת הקליטה, נקבעת על פי ניסויים ועל פי נסיון בתנאי תנועה רגילים ל-3/4 שניה. שינויים תלויים בתנאים שהוזכרו בסעיף ב.1. יש לציין שתקופה זו יותר קצרה כאשר ישנה ציפיה מסויימת והכנה לאירוע העתיד; למשל בהתקרב לצומת כאשר הרגל נמצאת כבר על דוושת הבלימה.

בלמ"ס
- 3 -

7. זמן התגובה הפשוט (SIMPLE REACTION):

בשלב זה מועבר הגרזן אל המוח, בו הוא נקלט, מובן ומסווג ורק לאחר מכן מתקבלת החלטה לתגובה, ומועבר פולט מתאים לשם פעולה. שלב זה אינו הגבוה ביותר, כיוון שבשלב זה ישנו רק גרזן אחד הדורש תגובה נכונה. הזמן הדורש לנבחן היושב במעבדה וידו מונחת על לחצן להגיב בלחיצה על גירזי אור, קול או מגע הוא 0.14-0.18 שניות. זמנים אלה הם ממוצעים שהתקבלו לאחר חזרה של מאות פעמים של אדם אחד על אותה הפעולה. בשנת 1936 ערך GREENSHIELDS נסוי בשותף עם ה-STATE HIGHWAY DEPARTMENT לבדיקת זמן תגובה בנהיגה. לשם כך נבנה מכשיר שהכיל כסא נהג, הגה וכל האביזרים הקשורים בנהיגה. כמו-כן דגם של דרך בעלת הצטלבות ורמזור. מכונית צעצוע שנעה על הדגם היתה מחוברת לדוושות של הנהג ע"י מעגלים חשמליים. על הנבחן היה לשבת על הכסא ליד ההגה וללחוץ על דוושת הדלק. ברגע מסויים היה מתחלף האור ברמזור ועל הנבחן היה להעביר רגלו מדוושת הדלק אל דוושת המעצור. הכוונה היתה ליצור באופן מלאכותי מצב שיהיה דומה מאוד למצבי הנסיעה בכביש. ניתן היה לרשום את זמן התגובה לעצירה של כל נבדק. זמן התגובה הפשוט נע בין 0.2 ש', שזהו זמן תגובה של אדם מאומן מאוד במעבדה, עד 0.9 ש' בערך כאשר סוג הגרזן ידוע מראש אך הוא בא בהפתעה גמורה. זמן התגובה הפשוט לעצירה הוא בדרך כלל 0.7 - 0.45 ש'.

ה. זמן התגובה המורכב:

כאשר מגיעה אל הנהג כמות רבה של אינפורמציה ועליו לבחור בין מספר אפשרויות תגובה, מתארך זמן התגובה שלו והוא נקרא זמן תגובה מורכב. אורך זמן התגובה המורכב תלוי בכמות האינפורמציה המתקבלת ובמספר האפשרויות לתגובה.

דוגמא למצב כזה הוא מצב של עקיפה בו הנהג רואה את הדרך לפניו ואת המכונית שהוא נוסע אחריה; הוא יכול לאמוד את מהירות המכונית המתקרבת. כשהוא רואה כי מצב התנועה הוא כזה שהוא יכול לעקוף בבטחה, הוא מחליט לעקוף, ועוקף. זאת בתנאי שהוא נוסע במהירות השווה למהירות של המכונית לפניו, כי אז אינו צריך לעצור במקרה שהחליט לא לעקוף. במקרה שמהירות נסיעתו גדולה ממהירות המכונית שלפניו, עומדים בפניו שתי אפשרויות לתגובה: לעקוף או להאיץ.

ידוע על שני מחקרים בנושא. האחד של T.W.FORBES והשני של CRAWFORD.

דוגמא נוספת למצב נהיגה שבו מופיע זמן תגובה מורכב - היא התקרבות הרכב לצומת בעת שהאור ברמזור מתחלף לצהוב. במקרה זה עומדות בפני הנהג שתי ברירות: האחת - לעצור לפני הצומת, השניה - להאיץ ולפנות את הצומת לפני שהאור יתחלף לאדום. על סמך מחקרים התברר שישנו איזור מסויים לפני הרמזור שאורכו תלוי במהירות המכונית, המכונה בספרות בשם "אזור הדילמה". אם מופיע האור הצהוב כאשר מכונית נמצאת באזור זה, הנהג אינו מספיק לעצור לפני הצומת, אך גם אינו יכול לפנות את הצומת, לפני הופעת האור האדום. במחקר על נושא זה מעריכים החוקרים CRAWFORD AND TAYLOR את זמן התגובה הממוצע לנקיטה באחת הברירות כ-1.14 ש'.

זמני התגובה המורכבים מתארכים הרבה מעבר לזמני התגובה הפשוטים, ועלולים להגיע ליותר מ-3.5 ש' בבעיות עקיפה. יתכן שבמקרים מסובכים יותר מתארך משך זמן התגובה המורכב עוד יותר.

בלמ"ס
- 4 -

1. מסקנות:

- (1) כאשר התגובה היא מורכבת יש להוסיף 0.5 שני' בערך לזמן התגובה הפשוט.
- (2) זמן התגובה הולך ומתקצר עם הגיל, עד ל-30 שנה בערך, ולאחר מכן הוא מתארך לאט.
- (3) תגובת הגברים מהירה מזו של הנשים, בדרך כלל.
- (4) זמן התגובה מתארך עם עליית המונוטוניות של הפעולה ועם עיפות האדם.
- (5) זמן התגובה אינו מושפע על ידי חוסר שינה שאינו כרוך בעיפות גופנית.
- (6) אימון קודם וציפיה מקטינים את זמן התגובה. בזמן תגובה מורכב נתן לאחר אמון להשיג שיפור של 1/6 בערך מזמן התגובה התחילי. מבוכה והפתעה מגדילות את זמן התגובה ב-35% לפחות ומביאות לרובו בתגובות מוטעות.
- (7) שתית כמויות גדולות של אלכוהול מאריכה את זמן התגובה.
- (8) זמן התגובה לעצירה נע בין 2.4 - 0.2 ש' כשהממוצע הוא 0.7 - 0.5 ש'.
- (9) זמן תגובה לעקיפה נע בין 3.5 - 1.0 ש' לפי מהירות הנסיעה והפער עד למכונית המתקרבת. הזמן השכיח ביותר הוא 1.5 ש'.
- (10) זמן התגובה הממוצע הדרוש להחלטה על עצירה או המשך נסיעה בצומת מרומזר הוא יותר מ-1.0 ש'.

2. המלצות:

זמן התגובה הוא גורם יסודי בתכנון בטיחותי של התנועה והדרכים בהסתמך על פענוח תאונות. בפענוח תאונות יש להתייחס לכל תאונה באופן ספציפי ולהתחשב בכל הגורמים שיוכלו לגרום לתאונה, ובהתאם לכך לקבוע את זמן התגובה הממשי של המעורבים בתאונה. לדוגמא: זמן תגובה ממוצע לעצירה הוא 0.7-0.5 ש'. הפתעה גורמת להגדלת זמן התגובה ב-0.2 ש' בממוצע. הארה לקויה מגדילה אותו ב-0.1 שני' נוספות בממוצע. גירוי שאינו במרכז הראייה גורם להגדלה של 0.02 שני' בממוצע בלבד. אבל אם על הנהג לרכז את מבטו בעצם צדדי, תוספת הזמן גדלה בעוד 0.25-0.65 ש'. בתוספות אלו יש להתחשב אם מתברר כי התאונה קרתה מפני שהנהג לא הספיק לראות את האובייקט בו פגע, או עם התאונה היתה לקוייה וכו'.

בתכנון רמזורים ובקביעת הזמן הדרוש לפינוי הצומת, אין להסתמך על זמן תגובה של 0.75 שני'. CRAWFORD AND TAYLOR קבלו שזמן התגובה הממוצע לקבלת החלטה לפני צומת מרומזר הוא 1.14 ש'. בכל מקרה יש לזכור שזמן התגובה של הנהג בצומת הוא זמן תגובה מורכב כיון שהתגובה דורשת בחירה בין מספר אלטרנטיבות וכל אלטרנטיבה מגדילה את זמן התגובה של 0.75 ב-0.1 שני' לערך. זמן התגובה המומלץ הדרוש לתכנון זמני המופעים ברמזור הוא לכן 1.2 ש'. עקב האינפורמציה הרבה שהנהג מקבל מהזרועות של צומת לא מרומזר, ומתנועת הולכי הרגל שבו, יש להתחשב בזמן תגובה ארוך יותר מ-0.75 ש' בהתאם למורכבות הצומת. מומלץ להשתמש בזמן תגובה מעל

בלמ"ס

1.0 ש'.

בלמ"ס
- 5 -

2. TRAFFIC ACCIDENT ANALYSIS AND RECONSTRUCTION.
THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY SCHOOL OF ENGINEERING.

בספר הנ"ל המחולק לחניכי קורס לשיחזור תאונות מציינים מס' מחקרים והתוצאות:

J. OHANSSON AND RUMAR .N
HUMAN FACTORS VOL 13 NO. 1.

1. GAZIS ,HERMAN AND MARADUDIN OPERATION RESEARCH VOL .8 1960.

2. MITSCHKE MOTOR VEHICLE DYNAMICS SPRINGER 1972.

7. BARRETT KOBAYASHI AND FOX HUMAN FACTORS VOL. 10 1968.

ה. GAZIS, D.R. HERMAN AND A .MARADUDIN "THE PROBLEM
OF THE AMBER SIGNAL IN TRAFFIC FLOW" OPERATION.
RESEARCH 8 (MARCH-APRIL 1960).

1. WORTMAN, .R.H AND J.S. MATTHIAS EVALUATION OF DRIVER BEHAVIOR.
"AT SIGNALIZED INTERSECTION" TRANSPORTATION RESEARCH RECORD
TRR 904 1983.

2. CHANG, M.S ,CJMESSER AND .A.J SANTIAGO "TIMING TRAFFIC.
SIGNAL CHANGE INTERVALS BASED ON DRIVER BEHAVIOR" TRANSPORTATION
RESEARCH RECORD TRR 1027 1985.

ה. SIVAK ,M,P.L. OLSON AND .K.M. FARMER "RADAR MEASURED.
REACTION TIMES OF UNALERTED DRIVERS TO BRAKE SIGNAL".
PERCEPTUAL AND MOTOR SKILLS 55 1982.

חשוב לציין כי כל המחקרים דנים בנהגים שהגיבו למצב של הפתעה : הם לא היו מודעים למה שהולך להיות איתם כמוכן יצויין שמדובר במצבים של אור יום ומזג אויר נאה. מהסיבה הזאת מצב המחקרים קרוב יותר למציאות מאשר מחקרים שנעשו כשהמשתתפים נתבקשו להגיב למצב ידוע.
הערך הממוצע של זמן תגובה אליו הגיעו כל המחקרים הוא 1.1-1.2 שני.

3. AUTOMOTIVE HANDBOOK BOSCH: AUTOMOTIVE EQUIPEMENT PRODUCT GROOP.
DEPARTMENT FOR TECHNICAL INFORMATION.

ספר זה מציין את התקן האירופאי לגבי זמן תגובת המערכת החוקי המקסימלי.

א. בתהליך הבלימה קיימים מס' שלבים:

1) מרגע הנגיעה על דוושת הבלם ועד לתחילת היווצרות לחץ במערכת (זמן מיכני).

2) מרגע היווצרות הלחץ במערכת ועד לרגע שהלחץ מגיע לערך השווה או גודל מ-75% מלחץ הבלימה.

ב. סה"כ שני הזמנים מהווים את זמן תגובת המערכת אותו יש להוסיף לזמן תגובת הנהג (ראה סעיף 3.1.1).

בלמ"ס

6/...

בלמ"ס
- 6 -

- ג. התקן האירופאי ECE 13 מציין את הערכים המקסימליים המותרים עבור זמני תגובת המערכת:
1. לרכב בעל מערכת בלמים הידראוליים זמן תגובת המערכת הוא כ-0.3 שני'.
 2. לרכב בעל מערכת בלמים פנאומטיים (אוויר) זמן תגובת המערכת הוא כ-0.5 שני'.
 3. יש לציין שתקלה במערכת הבלמים גורמת לעליה בזמן תגובת המערכת.
4. ניסוי שנערך בוינגייט ע"י פרופ' ג'רי בן דוד וד"ר נפתלי שווייצר:
- א. נבחנו 45 סטודנטים בגילאים 21-31 עם ניסיון נהיגה של 12-2 שנה.
 - ב. מטרת המחקר לבדוק זמן תגובה לבלימה.
 - ג. המרחק נעשה עבור 2 מהירויות 60, 80 קמ"ש כאשר המרחקים בין שני כלי הרכב 6, 12 מ'.
 - ד. המחקר נעשה עבור שלושה שלבים כאשר המשתתפים קיבלו הוראות מתאימות לכל שלב:
1. הנבדק אינו יודע שמטרת הניסוי היא בדיקת זמן תגובה לבלימה.
 2. הנבדק יודע שבדקים זמן תגובה כנ"ל אך אינו יודע מתי יבלום הרכב שלפניו.
 3. הנבדק מקבל התרעה כמה שניות לפני הפעלת הבלמים של הרכב המוביל.
- ה. התוצאות (זמן תגובה ממוצע):

שלב זמן תגובה ממוצע	
א'	0.67
ב'	0.62
ג'	0.55

- ו. יצויין שרמת "המוכנות" של משתתפי המחקר היתה גבוהה גם לגבי השלב הראשון.

בלמ"ס
- 7 -

סיכום והמלצות לשימוש בשיחזור תאונות דרכים:

- א. במצבים בהם הנהג יכול ליצפות את הסכנה זמן התגובה לשימוש יהיה 0.75 שני' (3/4 שני').
- ב. במצבים בהם הנהג מופתע זמן התגובה לשימוש הוא 1.2 - 1.1 שני'.
- ג. לגבי תאונות שאירעו בלילה יש להוסיף 0.1 שני'.
- ד. זמן תגובה ממוצע לקבלת החלטה לפני צומת מרומזר הוא 1.14 שני'.
- ה. זמני תגובה בערכים מעל 1.2-1.1 שני' מתייחסים למצבים מורכבים כגון עקיפה או מצב בו רכב נוסע ממול בניגוד לתנועה. הזמן הממוצע להחלטה לעקיפה הוא 1.5 שני'.
- ו. לזמן תגובת הנהג יש להוסיף את זמן תגובת המערכת בהתאם לסוג מערכת הבלמים.

ב ב ר כ ה,

15.2 מהירות חציית הולכי רגל



מוגבל

ישראל



משטרת

דף הנחיה

דפים

11

מתוך

דף מס'

19 / 96

הנחיה מס':

מהירות חציית הולכי-רגל

1. כללי

במשך שנים רבות, מודעים כל העוסקים בשיחזור תאונות עם הולכי-רגל, בקושי הרב שבקביעת מהירות החצייה להולך-רגל. בעבר נהגו הבוחנים לקבוע את מהירות החצייה בהסתמך על טבלאות ביטמן משנת 1956 וחוות דעתו של רפ"ק יהושע בן-נון משנת 1975. בשנת 1991 פורסמו חוזרי הדרכה מת"ן 2/91 ו-33/91 שבהם רוכזו נתונים של מהירות חציית הולכי-רגל כפי שפורסמו בספרות המקצועית. בחוזרים שפורסמו לא ניתנו המלצות לשימוש הבוחנים בבואם לנסות ולקבוע מהירות חציית הולך-רגל בתאונה.

2. מטרת מסמך זה היא לרכז את כל החומר שפורסם בעבר במשטרת-ישראל יחד עם חומר מקצועי חדש שפורסם ונסיוני המקצועי ולקבוע מסגרת נתונים אשר תשמש את הבוחנים לקביעת מהירות חציית הולך-רגל.

3. להלן פירוט הפירוט החדשים

(שאינם מופיעים בחוזי הדרכה מת"ן 2/91 + 33/91) :-

א. MOTOR VEHICLE ACCIDENT RECONSTRUCTION AND CAUSE ANALYSIS
BY RUDOLF LIMPert (1989)

- (1) ערכים לקבוצת גיל 6 - 60
הליכה נורמלית : 1.2 - 1.7 מטר בשניה.
ערך ממוצע : 1.5 מ/ש.
הליכה מהירה : 1.8 - 2.1 מ/ש.
ריצה ממצב עמידה : 2.7 - 3.3 מ/ש.
ריצה מהירה מאוד : 3.3 - 5.1 מ/ש.
- (2) לקבוצת גיל מעל 70
זכר - 60 % מהערכים לקבוצת גיל 6-60.
נקבה - 40 % מהערכים לקבוצת גיל 6-60.
- (3) הליכה לאחור : 50 % מהערכים לתנועה קדימה, לכל קבוצות הגיל.
- (4) סיבוב מהיר : 180 מעלות לאחור : 0.5 שניה.
סיבוב נורמלי : 180 מעלות לאחור : 1.3 שניה.
סיבוב 180 מעלות לקשישים : 2 - 2.5 שניות.



מוגבל

ישראל



משטרת

דף הנחיה

הנחיה מס': 19 / 96 דף מס' 2 מתוך 11 דפים

TRAFFIC ACCIDENT RECONSTRUCTION ,BY LYNN B. FRICKE (1990) ב.

- 1) ערכי הליכה ממוצעים : 0.76 - 1.83 מטר בשניה.
- 2) הליכה נורמלית ממוצעת : 1.22 מטר בשניה.
- 3) הליכה ממוצעת לקשיש : 0.91 מטר בשניה.

ג. בבורג וראו

- 1) לקבוצת גיל 6-60:
 הליכה נורמלית : 1.2 - 1.7 מטר בשניה.
 הליכה מהירה : 1.9 - 2.2 מטר בשניה.
 ריצה ממצב עמידה : 2.8 - 3.4 מטר בשניה.
 ריצה רצופה : 2.8 - 4 מטר בשניה.
 ערך ריצה מקסימלי מעמידה : 3.4 - 5 מטר בשניה.
 ערך מקסימלי בריצה שוטפת : 4 - 6.5 מטר בשניה.

צויין שגבר בגיל שבין 20 ל-30 יכול להגיע אף ל-7.4 מטר בשניה.

- 2) לקבוצת גיל מעל 70:
 הליכה רגילה : 1.0 - 1.1 מטר בשניה.
 הליכה מהירה : 1.3 - 1.4 מטר בשניה.
 ריצה ממצב עמידה : 1.7 - 2.0 מטר בשניה.
 ריצה רצופה : 1.7 - 2.0 מטר בשניה.
 ערך מקסימלי בריצה מעמידה : 2.1 - 2.5 מטר בשניה.
 ערך מקסימלי בריצה שוטפת : 2.3 - 3 מטר בשניה.

3) ערכים להליכה לאחר 50% מהערכים לתנועה קדימה לכל קבוצת גיל

SCIENTIFIC AUTOMOBILE ACCIDENT RECONSTRUCTION
BY MARTIN E. BARZELAY (1991) ד.

- 1) לקבוצת גיל 6-60:
 הליכה נורמלית : 1.2 - 1.7 מטר בשניה.
 ערך ממוצע : 1.5 מטר בשניה.
 ערך מקסימלי להליכה מהירה : 2.1 מטר בשניה.
 ערך מקסימלי לריצה מעמידה : 3.0 - 3.3 מטר בשניה.
 ערך מקסימלי לריצה שוטפת : 5.1 מטר בשניה.

2) הערכים המפורטים הינם של גברים.
לגבי נשים הערך צריך להיות נמוך יותר.

3) לקבוצת גיל מעל 70 הערך הינו 50% מהערכים לקבוצת גיל 6-60.

מוגבל



ישראל

משטרת

דף הנחיה

הנחיה מס': 19 / 96 דף מס': 3 מתוך 11 דפים

ה. TRAFFIC ENGINEERING HANDBOOK ,BY JOHN E. BAERWALD (1965)

בוצע ניסוי בדיקת מהירות חצייה כאשר רכב נמצא בסמוך להולך-הרגל בהתייחס לזמן הימצאות הרכב מהולך הרגל :
 הרכב מרוחק 2 שניות מהולך-הרגל - מהירות החצייה 1.92 מטר/שנייה.
 הרכב מרוחק 4 שניות מהולך-הרגל - מהירות החצייה 1.41 מ/ש.
 הרכב מרוחק 6 שניות מהולך-הרגל - מהירות החצייה 1.23 מ/ש.
 הרכב מרוחק 8 שניות מהולך-הרגל - מהירות החצייה 1.17 מ/ש.
 הרכב מרוחק 10 שניות מהולך-הרגל - מהירות החצייה 1.14 מ/ש.

ו. ניתוח זרימת הולכי-רגל : דו"ח מחקר 79/12
 מאת אבישי פולוס ואריאלה אושפיז, הטכניון, חיפה (1979)

בדו"ח זה נערך סקר ספרות בנושא מהירות חצייה, להלן עיקרי הנתונים שפורסמו ע"י חוקרים שונים:-

- 1) הליכה נורמלית - נשים : 1.27 מטר בשנייה.
 הליכה נורמלית - גברים : 1.35 מ/ש.
 הליכה נורמלית טווח גילאים 20-25 : 1.37 מ/ש.
 הליכה נורמלית טווח גילאים 81-87 : 1.07 מ/ש.
 הליכה מהירה גילאים 20-25 : 2.2 מ/ש.
 הליכה מהירה גילאים 81-87 : 1.46 מ/ש.

- 2) השפעת השיפוע (העולה) על מהירות החצייה :-
 בטווח שיפוע 0-5 % הליכה נורמלית : 1.35 מטר בשנייה.
 בשיפוע 10 % הליכה נורמלית : 1.04 מ/ש.
 בשיפוע 15 % הליכה נורמלית : 0.82 מ/ש.
 בשיפוע 18 % הליכה נורמלית : 0.73 מ/ש.

- 3) ניסוי שנערך ע"י עורכי המחקר עצמו:-
 מהירות הליכה ממוצעת - גברים : 1.28 מ/שנייה.
 מהירות הליכה ממוצעת - נשים : 1.14 מ/שנייה.
 הנתונים בניסוי זה מתייחסים להליכה על מדרכה.

- 4) בסקר הספרותי צויין:-
 א) מהירות הליכה של ילדים ונוער גדלה עם הגיל.
 ב) מהירות הליכה של זקנים קטנה עם הגיל.
 ג) ילדים קטנים הם הולכי-הרגל האיטיים ביותר.



מוגבל



אשטרת

דף הנחיה

הנחיה מס': 19 / 96 דף מס' 4 מתוך 11 דפים

4. בחוזר הדרכה 2/91 אשר הופץ בינואר 1991, פורסמו נתונים אשר הופיעו בספרות המקצועית וקובצו בחוזר הדרכה זה. להלן המקורות והנתונים שפורסמו בחוזר 2/91:-

א. L'EXPERTISE JUDICIAIRE DES ACCIDENTS D'AUTOMOBILE
בהוצאת DUNOP PARIS (1968), ע"י ROBERT DEBRAS

(1) המבחנים נעשו לאורך 10.5 מטר ומתייחסים להליכה:-

הולך הרגל	מהירות החצייה	הזמן בשניות	מהירות החצייה
צעיר	קצב מהיר	5.3	2 מ/ש
צעיר	מהסס	5.8	1.8 מ/ש
גבר בן 50	חצייה מהירה מאד	5.7	1.85 מ/ש
גבר מבוגר	חצייה רגילה	6.3	1.7 מ/ש
הולך רגל	הליכה איטית		1.3 מ/ש

(2) תוצאות נוספות:-

גיל הולך-הרגל	תאור החצייה	אורך החצייה	מהירות החצייה
ילד בן 6	ריצה	7.5 מ'	3 מ/ש
ילד בן 7 1/2	ריצה עם תנופה	3.75 מ'	3.75 מ/ש
ילד בן 11 1/2	ריצה במרדף	4.5 מ'	4.5 מ/ש
ילד בן 5	בלי תנופה	6.5 מ'	1.5 מ/ש

ב. PEDESTRIAN ACCIDENT INVESTIGATION AND RECONSTRUCTION
ע"י S. J. ASHTON הופיע ב-

"IMPACT" A JOURNAL OF ACCIDENT INVESTIGATION (1988)

(1) מהירות ממוצעת להולך-רגל בוגר בכביש ישר - 1.5 מ/ש.
(2) בהתייחס לגילאים שונים ומין, להלן הטבלה (מהירויות בהליכה):-

מין	גיל	מהירות
זכר	למטה מ - 55	1.6 מ/ש
זכר	מעל ל - 55	1.5 מ/ש
נקבה	למטה מ - 55	1.35 מ/ש
נקבה	מעל ל - 55	1.3 מ/ש
אישה עם ילד קטן		0.69 מ/ש
ילדים	בין 6-10	1.1 מ/ש
נערים		1.8 מ/ש



מוגבל

ישראל



ושטרת

דף הנחיה

הנחיה מס': 19 / 96 דף מס': 5 מתוך 11 זיפים

(3) נקבע כי המהירויות המופיעות בטבלה לעיל מאפיינות הולכי רגל החוצים מבלי שרכב יימצא בקרבתם. נמצא כי הימצאות רכב בקרבת מקום החצייה, גורמת לעליה במהירות החצייה :-

מהירות הולך-הרגל	זמן הימצאות הרכב מהולך-הרגל
1.22 מ/ש	8 שניות
1.25 מ/ש	6 שניות
1.43 מ/ש	4 שניות
1.9 מ/ש	2 שניות

ג. "IMPACT" THE JOURNAL OF THE INSTITUTE OF TRAFFIC ACCIDENT INVESTIGATORS (1990)

כאן מרכז SJASHTON תוצאות של מספר מחקרים שנערכו:-

- עפ"י EUBANKS (1989) :-
הולכי-הרגל, ילדים ובוגרים, נמדדו בהליכה ובריצה לאורך מרחק קבוע.
עבור גילאים 2-4 : המרחק היה 9.1 מ'.
עבור גילאים 5-11 : המרחק היה 15.2 מ'.
לגבי מבוגרים : נמדדו בהליכה וריצה לאורך 15.2 מ'.

להלן התוצאות:-

(א) ילדים וילדות:-

גיל	צורת החצייה		מספר נבדקים
	הליכה מ/ש	ריצה מ/ש	
2	1	2.16	16
3	1.3	3	49
4	1.55	3.72	63
5	1.76	4.48	59
6	1.90	4.6	76
7	1.92	4.54	72
8	1.95	5	64
9	1.8	5.4	61
10	1.92	5.36	51
11	1.83	5.3	24
סה"כ: 533			



מוגבל

ישראל



משטרת

דף הנחיה

דף מס' 6 מתוך 11 דפים

19 / 96

הנחיה מס':

(ב)

ש נ י ה מ י נ י ס ב ה ל י כ ה	קבוצת גילאים	מהירות במ/ש	מס' נבדקים
20 - 29	1.98	179	
30 - 39	1.79	223	
40 - 49	1.86	229	
50 - 59	1.7	99	
למעלה מ- 60	1.4	40	
סה"כ 770			

(ג)

ש נ י ה מ י נ י ס ב ה ל י כ ה	קבוצת גילאים	מהירות במ/ש	מס' נבדקים
20 - 29	4.32	134	
30 - 39	3.81	204	
40 - 49	3.44	138	
50 - 59	3.2	35	
למעלה מ- 60	2.71	50	
סה"כ 541			

(2) עפ"י HERMS B.F. (1970) :-

ש נ י ה מ י נ י ס ב ה ל י כ ה	קבוצת גילאים	מהירות במ/ש	מס' נבדקים
5 - 9	2.4	26	
10 - 14	2.1	37	
15 - 19	2.07	47	
20 - 24	1.86	65	
25 - 34	1.98	70	
35 - 44	1.95	67	
45 - 54	1.74	73	
55 - 64	1.67	90	
למעלה מ- 65	1.46	67	
סה"כ 543			



מוגבל

ישראל



משטרת

דף הנחיה

הנחיה מס': 19 / 96 דף מס' 7 מתוך 11 דפים

(3) עפ"י BOTTING W.F. (1988) :-
מהירויות ממוצעות בריצה - במטר / שניה

גיל	בני 5		בני 10		מס' נבדקים
	מרחק 5 מ'	מרחק 10 מ'	מרחק 5 מ'	מרחק 10 מ'	
5	3	3.96	6	2.52	4
6	3.1	4.5	6	2.62	4
7	3.23	4.6	6	2.92	4
8	3.6	4.7	6	3.6	4
9	3.53	5.2	6	3.23	4
10	3.65	5.36	6	3.5	4
11	3.57	5.45	6	2.93	4

(4) עפ"י PEDESTRIAN AND DRIVER BEHAVIOR AT PEDESTRIAN CROSSINGS
ע"י A.J. VGGE (1973) :-

מהירות ממוצעת לפי גיל ומין :-

קבוצת גילאים	מין		תיאור	
	זכר	נקבה	מעבר חצייה מרומזר	המקום חצייה שלא במעבר
עד גיל 12	+	+	1.27	1.96
13 - 19	+		1.43	2.43
13 - 19		+	1.28	2.35
20 - 39	+		1.4	2.3
20 - 39		+	1.31	2
40 - 59	+		1.3	2
40 - 59		+	1.24	2.1
למעלה מ- 60	+		1.16	2.15
למעלה מ- 60		+	1	1.8

דברי הסבר על מחקר זה :-

- * נערך בארה"ב בשטח עירוני, בשני מקומות, בכל אחד מהמקומות נבדקו 200 הולכי רגל.
- * גילם של הולכי הרגל מוערך.
- * נמצא כי במעבר חצייה מרומזר המהירויות הממוצעות נמוכות מאלו שנמצאו במקרה של חצייה "לא מוגנת".
- * נמצא כי רוב הזכרים חוצים מהר יותר מאשר הנקבות.



מוגבל

ישראל



משרת

דף הנחיה

דף מס' 8 מתוך 11 דפים

1996

הנחיה מס':

ד. להלן ריכוז הניסוי שנערך ע"י ביטמן :-

- (1) בתאריך 25.4.56, ברח' פרישמן, לאורך 10 מטר, טווח גילאים בין 65 - 13 (מוערך) :-
 - הליכה איטית : 1.11 - 0.9 מטר בשניה
 - הליכה רגילה : 1.52 - 1.11 מטר בשניה
 - הליכה מהירה : 1.72 - 1.52 מטר בשניה
 - בן 60 עם מקל : 1.04 מטר בשניה
 - בת 45 עם סלים : 1.00 מטר בשניה
 - נשים עם עגלת תינוק (הליכה) : 1.25 - 1.00 מטר בשניה
 - קבוצת אנשים (הליכה) : 1.25 - מטר בשניה
 - (2) בתאריך 28.2.55, ברח' בן יהודה, לאורך 10 מטר, טווח גילאים 13-7 :-
 - הליכה איטית : 1.25 - 1 מטר בשניה
 - הליכה רגילה : 1.43 - 1.25 מטר בשניה
 - הליכה מהירה : 1.62 - 1.48 מטר בשניה
 - ריצה קלה : 2.5 - 2 מטר בשניה
 - ריצה מהירה : 3.2 - 2.5 מטר בשניה
 - (3) בתאריך 14.11.58, ברח' עודד ברמת חן, לאורך 10 מטר :-
 - (א) טווח גילאים 4-5 ריצה תחרותית, המהיר מבין שלושה ילדים נמדד בתוך חצר גן :-
 - 2.9 - 2.1 מטר בשניה
 - (ב) טווח גילאים 4-5 ריצה תחרותית, המהיר מבין שלושה ילדים נמדד, הריצה ממדרכה ברוחב 3 מ', גובה אבן השפה 13 ס"מ :-
 - 2.6 - 2.5 מטר בשניה
 - (ג) הליכה מהירה ממדרכה שרוחבה 3 מ', גובה אבן השפה 13 ס"מ המהיר מבין 2 ילדים נמדד. טווח גילאים 4-5 :-
 - 1.4 - 1.1 מטר בשניה
5. בתחילת 1992 פורסם חוזר הדרכה מת"ן 33/91 המהווה תוספת לחוזר 2/91 ובני צוינו נתונים המתייחסים לתנאי תחרות, וצוין כי ערכים אלו אינם ערכים מציאותיים, להלן הנתונים והמקורות שפורסמו בחוזר 33/91 :-

א. "THE RALATIONSHIP BETWEEN MEASURES OF PHYSICAL GROWTH AND GROSS MOTOR PERFORMANCE OF PRIMARY - GRADE SCHOOL CHILDREN"
 LEROY G. SEILS THE RESEARCH QUARJERLY VOL. 22 NO. 2 (1991)

גיל	בנות (מ/ש)	בנים (מ/ש)
6	4.17	4.27
7	4.33	4.76
8	4.8	5.13



מוגבל

ישראל



משטרת

דף הנחיה

דף מס' 9 מתוך 11 דפים

1996 / 9 / 1

הנחיה מס':

1. עפ"י MOTOR DEVELOPMENT IN SCIENCE AND MEDICINE OF EXERCISE AND SPORTS
מאמר של ANNA ESPENSCHADE שפורסם ע"י WARREN R. JOHNSON HARPER AND ROW

ג י ל	בנות (מ/ש)	בנים (מ/ש)
5	3.6	3.76
6	4.1	4.16
7	4.4	4.55
8	4.6	5
9	5.8	5.84
10	6	6.1
11	6.1	6.3

ג. הערות:-

- שני המקורות מציינים כי הערכים המופיעים בטבלאות הם מקסימליים:
הילדים שנבדקו לבשו בגדי ספורט ונעלו נעלי ספורט. כמו כן הניסויים נערכו בתנאים אידיאליים מצוין כי בשל תנאי הניסוי, כאמור לעיל, במציאות מהירויות הריצה נמוכות יותר.
- ניתן להבחין בדמיון רב בין תוצאות שני המקורות.

6. בשנת 1975 פורסמה חוות-דעתו של רפ"ק יהושע בן-נון, ולהלן פירוט הנתונים מחוות-דעת זו:-

- א. הליכה איטית : 0.9 - 1.1 מ/ש'
- ב. הליכה מהירה : 1.2 - 1.7 מ/ש'
- ג. ריצה קלה : 1.7 - 2.2 מ/ש'
- ד. ריצה : 2.2 - 3.5 מ/ש'

- כפי שניתן לראות, ברור כי הנתונים שפורסמו בחוזר 33/91 אינם נתונים המיועדים לשימוש בחקירת תאונת דרכים, כי אם אלו נתונים אשר הושגו בתנאים אידיאליים תחרותיים.
בחוזר הדרכה מת"ן 2/91 ניתן לזהות נתונים דומים (במסמך זה מופיעים הנתונים הללו בסעיף 4.ג.1) א) ובסעיף 4.ג.3) על כן ההתייחסות לנתונים אלו צריכה להיות כאל הנתונים שפורסמו בחוזר מת"ן 33/91.
בכל הספרות המקצועית שפורסמה, ניתן לזהות כי הנתונים המופיעים ברוב המחקרים די זהים, למעט מספר נתונים מאוד קיצוניים, אשר לדעתי המקצועית רחוקים מאוד מהערכים המקובלים, לדוגמא:
בסעיף 4.ג.2) לקבוצת גיל 5-9 קצב הליכה 2.4 מ/ש' ובבורג וראו בסעיף 3.ג.1) ריצה מהירה שוטפת לקבוצת גיל 20-30 7.4 מ/ש'.

נתונים אלו הינם קיצוניים בצורה ברורה ואינם מתאימים להליכה מהירה ולריצה מהירה בתנאי כביש ועל כן אין לייחס לנתונים אלו כל משמעות ואין להשתמש בהם בשיחזור ת"ד.



מוגבל

ישראל



משטרת

דף הנחיה

דף מס' 10 מתוך 11 דפים

19 / 96

הנחיה מס':

8. להלן ריכוז הנתונים שנאספו מהמקורות השונים שפורסמו בנושא זה ונתונים אלו יישמשו את הבוחנים בבואם לקבוע מהירות חציית הולך-רגל בחקירת תאונות דרכים:-

- א. הליכה איטית 1.1 - 0.7 מטר בשניה
ממוצע הליכה איטית 1.0 - 0.9 מטר בשניה.
- ב. הליכה רגילה 1.7 - 1.2 מטר בשניה
ממוצע הליכה רגילה לזכר 1.5 מטר בשניה
ממוצע הליכה רגילה לנקבה 1.3 מטר בשניה
קשישים מעל גיל 70 וקטינים מתחת לגיל 6 בהליכה רגילה 1.2 - 0.7 מ/ש
ממוצע הליכה רגילה 1 - 0.9 מטר בשניה.
- ג. הליכה מהירה 2.2 - 1.5 מטר בשניה,
קשישים מעל גיל 70 וקטינים מתחת לגיל 6 : 1.6 - 1.3 מטר בשניה.
- ד. ריצה קלה שוטפת 2.8 - 2 מטר בשניה
קשישים מעל גיל 70 וקטינים מתחת לגיל 6 : 2.1 - 1.6 מטר בשניה.
- ה. ריצה קלה ממצב עמידה 2.5 - 1.8 מטר בשניה.
קשישים מעל גיל 70 וקטינים מתחת לגיל 6 : 2.0 - 1.5 מטר בשניה.
- ו. ריצה ממצב עמידה 3.4 - 2.5 מטר בשניה
קשישים מעל גיל 70 וקטינים מתחת לגיל 6 : 2.2 - 1.7 מטר בשניה.
- ז. ריצה שוטפת 4 - 2.7 מטר בשניה
קשישים מעל גיל 70 וילדים מתחת לגיל 6 : 2.5 - 1.8 מטר בשניה.
- ח. ריצה תחרותית ממצב עמידה 5 - 3 מטר בשניה
קשישים מעל גיל 70 וילדים מתחת לגיל 6 : 3 - 2 מטר בשניה.
- ט. ריצה תחרותית בתנועה שוטפת 6.5 - 4 מטר בשניה
קשישים מעל גיל 70 וילדים מתחת לגיל 6 : 4 - 2.5 מטר בשניה.

הערות:-

- (1) הערכים לריצה תחרותית הינם ערכים מקסימליים בתנאים אידיאליים, בתנאי תחרות, ולפיכך ייעשה בהם שימוש רק אם הוכח שהתנאים בשטח היו כאלה התואמים תנאי תחרות.
- (2) בכל מקום שבו לא צויינה קבוצת גיל - ההתייחסות היא לקבוצת גיל 60-6.

9. א. בערכים שצויינו לקבוצת הגיל 60 - 6 הערך הגבוה מתייחס לקבוצת הגיל 30 - 20. הערך האמצעי מתייחס לקבוצות הגיל 50 - 30, 20 - 8 ; הערך הנמוך מתייחס לקבוצות הגיל 60 - 50 ; 7 - 6.

ב. מהירות חצייה של נקבה נמוכה בכ- 10 % מזו של זכר.

ג. הליכה/ריצה לאחר = 50 % מהערכים לתנועה לפני.



מוגבל

ישראל



משטרת

דף הנחיה

דף מס' 11 מתוך 11 דפים

הנחיה מס': 19 / 96

- ד. סיבוב מהיר - 180 מעלות : 0.5 שניה
סיבוב נורמלי - 180 מעלות : 1.3 שניה
סיבוב של קשישים - 180 מעלות : 2.5 - 2 שניה.

- ה. בשיפוע % 5 - 0 אין השפעה על קצב החצייה.
בשיפוע של כ - % 10 תהיה הפחתה של כ- 0.3 מ/שניה בקצב ההליכה.
בשיפוע של כ - % 15 תהיה הפחתה של כ - 0.5 מ/ש' בקצב ההליכה.

10. לאחר שקבענו את אופי החצייה (הליכה/ריצה וכו') תוך התייחסות לקבוצת הגיל, למין (זכר/נקבה) ושיפוע, עלינו להתחשב בגורמים נוספים שבכוחם להשפיע על קצב החצייה כלפי מעלה או מטה בתחום ערכי הקבוצה שנקבעה:-
א. מצב בריאותו ומגבלות שונות (כמו: נכות וכו').
ב. מבנה גופו (שמן, רזה, גבוה, נמוך וכו').
ג. לבוש וסוג נעליים.
ד. מטען שברשותו והאם חצה לבד או בקבוצה.
ה. מזג אוויר ומצב הדרך (בוץ, שלוליות וכו').
ו. מטרת החצייה.

נערך ע"י:-

אוגוסט 1996

15.3 אופניים.

☺ **תרגילי דוגמא (והנחיית מדור ת"ד שחזור ת"ד מעורבות רוכב אופניים):**

א. חישוב מהירות זמן ותאוצת רוכב אופניים חשמליים בעת חציית כביש ברכיבה על מעבר חצייה.

הגעת לזירת ת.ד בירושלים רחוב שד' בגין לצפון, רכב פרטי פגע ברוכב אופניים ילד בן 11 שחצה את הכביש במעבר חצייה מרומזר ברכיבה ממזב של עצירה/עמידה על אי תנועה מונמד, כביש ישר יבש תקין מסומן רוחב כביש 12 מטר. הילד נפגע בנתיב שלישי כאשר הספיק לחצות 9 מטר.

• מה ערך תאוצה מתאים לשחזור לרוכב בגיל זה על אופניים חשמליים איטיים עם תמיכת מנוע עד למהירות של 25 קמ"ש בהתאם לדווש של הרוכב. כוח דירוג רציף של מנוע העזר עד 250 W. ?

• כמה זמן חלף מרגע שהתחיל לחצות ברכיבה עד האימפקט?

• באיזה מהירות היה הרוכב בזמן האימפקט.

פתרון:

עפ"י מחקר עקרונות משפטיים, מאפיינים טכניים, בדיקות האצה והאטה של קבוצות משתמשי דרך שנערך ע"י הנדריק פישר, שאל ומייר לובק גרמנייה. נמצאו ערכי תאוצה הבאים:

טבלת 1: תאוצות ממוצעות בהשוואה לאופניים.

קטגוריה	חשמליות איטיות	חשמליות איטיות	חשמליות מהירות	חשמליות מהירות	אופניים	אופניים
	ללא סיוע מנוע	מקסימום סיוע מנוע	ללא סיוע מנוע	מקסימום סיוע מנוע	ניתור תנועה בגילאים 15-60	מוערך לילדים 9-12
תאוצה ממוצעת מ/ש ²	0.6-0.9	1.0	0.8-1.1	1.4-1.6	1.5-2.0	0.5-1.0

מכאן אנו למדים כי תאוצה ממוצעת של אופניים חשמליים איטיים (עד 250w) ללא סיוע מנוע הינו בין 0.6-0.9 מ/ש/ש התאוצה המקסימלית עם סיוע הינה 1 מ/ש/ש כאשר תאוצה ממוצעת לילדים בגיל 9-12 באופניים ללא מנוע עזר הינם 0.5-1.0 מ/ש/ש.

• לכן הערך הנכון לשימוש כאשר אני לוקח ערך המטיב עם נהג הפרטית הינו ערך תאוצה של 1 מטר/ש/ש.

• מהירות האופניים בזמן אימפקט הינו 4.24 מ/ש שהם 15.2 קמ"ש.

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + 2 \times A \times S} = \sqrt{0 + 2 \times 1 \times 9} = 4.24$$

• מתחילת חצייה עד אימפקט חלפו 4.24 שניות.

$$T = \frac{V_2 - V_1}{A} = \frac{4.24}{1} = 4.24$$

ב. הערכת מהירות רכב בעת הטלת רוכב אופניים.

הגעת לזירת ת/ד קטלנית בבאר שבע רחוב המייסדים רכב פרטי מסוג מזדה 3 פגע עם החזית צד ימין (מיקום אימפקט על פגוש קדמי כ-0.4 מטר מימין לשמאל) באחור רוכב אופניים מבוגר בן 40 שנסע בנתיב ימין באותו כיוון נסיעה של הפרטית. לא נשארו במקום סימני בלימה, יש ניפוץ שימשה במרכז השמשה עד משקוף עליון. מצאת במקום סימן שפשוף התנגשות של גלגל אחורי אופניים המעיד על מקום אימפקט. הרוכב הוטל למרחק של 41 מטר לפנים. הערך מהירות הרכב עפ"י הטלת הרוכב.

☺ פתרון תרגיל הטלת רוכב :

עפ"י המחקר "השימוש במרחקי הטלה של הולכי רגל ורוכבי אופניים כחלק משיטת שחזור תאונות מדעית" שנערך ע"י ד. אוטה היחידה לחקר תאונות האוניברסיטה הרפואית של האנובר, גרמניה נימצא כי המשוואה הבאה משקפת מהירות הרכב בעת אימפקט.

$$\dot{m} / V = \sqrt{2 \times A \times S}$$

עם סייגים הבאים :

- פגיעה חזיתית של הרכב
 - ללא פגיעה באזור של 20 ס"מ סמוך לקצה הקדמית של הרכב
 - גובה הגוף האנושי הינו מעל 1.50 מ'
 - מהירות הרכב הינה גדולה ממהירות האופניים בעת הפגיעה.
- בנוסחה המצורפת לעיל ההאטה הממוצעת של ה"ר הינה באופן כללי הפרמטר שאיננו ידוע, מפני שמרחק הזריקה ניתן למדידה, אך הערך של ההאטה הממוצעת אינו ניתן למדידה עבור מרחק הזריקה הכולל מפני שכלול גם שלב תעופה. בק וגולדא מדדו את המקדם החיכוך בין הולך הרגל לבוש והקרקע תחת תנאים רטובים ויבשים. הניתוח של ווד הראה מקדם חיכוך הולך ויורד ככל שהמהירות גברה, והוא פרסם חלוקה בין תנאים רטובים ויבשים כאשר הערך הממוצע היה 0.529 תחת טווח ביטחון של 97.5%. ערך האטה ניתן למדידה בטווח חריגה קטן בלבד במהלך תנועת ההחלקה של הגוף על משטח הכביש. לכן ניתן להשתמש בנוסחה זו בכדי לקבוע את היחס בין המהירות למרחק ההחלקה.⁶³
- $f \cdot g = a$ תאוטה. f ממוצע = 0.529 (עפ"י תוצאות המחקר) מכאן $A=5.18$.

לכן המהירות תוערך כ-

$$\dot{m} / V = \sqrt{2 \times A \times S} = \sqrt{2 \times 5.18 \times 41} = 20.6 \text{ מ' / ש}$$

מהירות הרכב בעת הפגיעה בה"ר הינה 20.6 מ' / ש שהם 74.19 קמ"ש.

⁶³ השימוש במרחקי זריקה של הולכי רגל ורוכבי אופניים כחלק משיטת שחזור תאונות מדעית" שנערך ע"י ד. אוטה היחידה לחקר תאונות האוניברסיטה הרפואית של האנובר, גרמניה

אופן טיפול בתאונות דרכים עם מעורבות רוכב

אופניים.(הנחית מדור ת"ד 7/2015):

1. **כללי:** בעת הגעה לתאונות דרכים רכב אופניים על הבוחן לחפש בזירה ממצאים שיסיעו לו לקבוע את כיוון נסיעת הרכב והאופניים, מקום האימפקט, מהירות המעורבים ואופן התרחשות התאונה. כמו כן יש לקחת בחשבון באיזה סוג אופניים מדובר, שטח, כביש חשמליים איטי או מהיר או קטנוע חשמלי. למעט עריכת סקיצה תיעוד צילום ועדויות בתאונות מסוג פגיעה ברוכב אופניים על הבוחן לאתר את המיקום הסופי של הרכב והאופניים לצורך בדיקה באם ניתן לערוך חישוב הערכת מהירות רכב עפ"י מרחק הטלת הרכב. כמו כן יש לשקול עריכת ניסוי שדה ראיה ביחס לאובייקט ועריכת התאמת נזקים בין האופניים לרכב בכדי לקבוע קינמטיקת הרכב זווית ומקום פגיעה ברכב/אופניים.

2. מציאת מיקום אימפקט בתאונות רכב /אופניים:

א. מציאת מקום אימפקט בתאונות רכב אופניים:

1. סימן מריחת צמיג –סימן שפשוף התנגשות של הגלגל האחורי של האופניים על פני המיסעה.
2. עדויות (הצבעה).
3. סימני צמיגים (שבר והתרחבות בעת מציאת סימני בלימת רכב).
4. שפוכת וחפצים (נוזל איטום צמיג, חול, זכוכיות, פתיתי צבע, כובע, דם וחפצים שנפלו).
5. מרחק היזרקות.

- חלק ממאפייני מציאת מיקום האימפקט בפגיעת רכב בה"ר זהים למאפייני פגיעת רכב ברוכב אופניים.

ב. נקודת אימפקט:

בתאונות חזית רכב באחור אופניים מציאת נקודת המגע הראשוני בין אופניים לרכב על פני הכביש מאופיינת בסימן מריחת צמיג –סימן שפשוף התנגשות של הגלגל האחורי של האופניים על פני המיסעה.

שפשוף התנגשות⁶⁴: סימן שפשוף התנגשות נוצר כאשר הנזק לרכב (אופניים) ולא דווקא הבלימה נעלה את הגלגל. במהלך ההתנגשות הכוח שמפעיל הצמיג על המיסעה גדול מאוד למשך זמן קצר. לפעמים הם הסימן היחיד על הכביש שמראה את נקודת ההתנגשות. סימן שפשוף התנגשות הינו סימן החלקה אמתי הגלגל בפרק זמן זה אינו מסתובב אבל הוא גם לא בולם, אלו הם סימני החלקה מפני שבלימה היא לא מה שעצרה את סיבוב הגלגל.

⁶⁴ סיכום המונח מתוך הספר חקירת תאונות דרכים פרק 4 של המחבר בייקר סטאנאר מידע מהכביש מהדורת 2002 עמוד 124 במקור.

ג. אזור אימפקט :

כובע⁶⁵ : במחקר שנערך בתאונות רכב עם ה"ר נמצא כי מרחק הימצאות **כובע ה"ר מנקודת האימפקט. עד 4 מטר** במהירות עד 60 קמ"ש.

פתיתי צבע , וכובע⁶⁶ - ראיות המתאימות (לקביעת אימפקט) הם סימני שפשוף שהותירו צמיג האופניים, **תחילתו של פיזור שדה שברי זכוכית** , כמו גם מיקום כובע ומשקפיים.

פתיתי צבע דקים יכולים להתפזר על ידי משבי רוח, בחלק מהמקרים הם נמצאו במרחק 4 מטר מנקודת ההתנגשות. בכל בדיקות האחרות, פתיתי הצבע נמצאו במרחק של 7 מטר מנקודת האימפקט. שברי זכוכית דקה המשמשות ללמינציה יכול באופן חלקי להימצא קרוב מאוד לנקודת האימפקט.

חומר איטום (ג'יפה) - לאחר התנגשות/אימפקט והטלת האופניים לפניו , חלקי מתכת מגוף האופניים באים במגע עם האספלט. נוצרים שפשופים בחלקי המתכת בצבע ובמקביל שפשופים שצבעם בדרך כלל לבן, או כצבע האופניים שהוטל, על משטח האספלט. בתאונות בהן צמיג האופניים היה עם חומר איטום (בדרך כלל לבן או כחול) ניתן יהיה לעיתים למצוא שובל של הנוזל או הימצאותו במקום סופי של שכיבת האופניים.

שריטות ושפשופים המלווים בהטבעת צבע מצביעים על מסלול הזרקות האופניים לאחר האימפקט.

שברי זכוכית. - שדה שברי הזכוכית מציין אזור אימפקט

1. עריכת התאמת נזקים :

לצורך הבנת קינמטיקת הרכב ואופן התרחשות התאונה יש לערוך התאמת נזקים במקום על נקודת האימפקט. התאמת הנזקים תתבצע בין האופניים והרכב לכביש/נתיב.(בסיום תיעוד ועבודת הבוחן).

2. עריכת ניסוי שדה ראיה :

עריכת ניסוי שדה ראיה יערך כמפורט בסעיף 6 בחוברת הדרכה זו. על הבוחן לקבוע את מטרת הניסוי ותכליתו (בהתאם לנסיבות התאונה) . מטרת עריכת ניסוי שדה ראיה אינה מסתכמת בשאלה מאיזה מרחק מקסימלי ניתן להבחין ברוכב/אופניים. תכלית הניסוי יכולה לבחון , מה המרחק המקסימלי בו ניתן להבחין ברוכב/אופניים ממקום מושב הנהג בנתיב x , בתאונות בהן רוכב אופניים חצה מעבר חצייה להולכי רגל -האם ניתן להבחין ברוכב על מעבר החצייה או על האי תנועה/מדרכה , על מעבר חצייה הנגדי, במהלך רכיבתו/הליכתו ועוד והכל בהתאם לנסיבות האירוע.

⁶⁵ השוואה תוצאות מבהני דמי ותאונות הולכי רגל אמיתיות* הלגו שניידר איגוד הפיקוח הטכני הגרמני המכון לרפואה משפטית אוניברסיטת מינכן גרמניה מסמך 741177 הוצג בועידת סטפ תאונות דרכים, אן ארבור ה-18, מייסגן דצמבר 1974.(עמוד 131)

⁶⁶ התנגשויות במהירויות גבוהות של מכוניות נוסעים ברוכבי אופניים בובות ניידים . (נערך ע"י רוי סטרולטז כנס חוקרי ת.ד. (2008)

3. חישוב מהירות עפ"י הטלת רוכב אופניים.

עפ"י המחקר "השימוש במרחקי הטלה של הולכי רגל ורוכבי אופניים כחלק משיטת שחזור תאונות מדעית" שנערך ע"י ד. אוטה היחידה לחקר תאונות האוניברסיטה הרפואית של האנובר, גרמניה נימצא כי המשוואה הבאה משקפת מהירות הרכב בעת אימפקט.

$$\psi / V_m = \sqrt{2 \times A \times S}$$

עם הסייגים הבאים:

- פגיעה חזיתית של הרכב
- ללא פגיעה באזור של 20 ס"מ סמוך לקצה הקדמית של הרכב
- גובה הגוף האנושי הינו מעל 1.50 מ'
- מהירות הרכב הינה גדולה ממהירות האופניים בעת הפגיעה.

בנוסחה המצורפת לעיל ההאטה הממוצעת של ה"ר הינה באופן כללי הפרמטר שאיננו ידוע, מפני שמרחק הזריקה ניתן למדידה, אך הערך של ההאטה הממוצעת אינו ניתן למדידה עבור מרחק הזריקה הכולל מפני שכלול גם שלב תעופה. הניתוח של ווד הראה מקדם חיכוך הולך ויורד ככל שהמהירות גברה, והוא פרסם חלוקה בין תנאים רטובים ויבשים כאשר הערך הממוצע היה 0.529 תחת טווח ביטחון של 97.5%.

הנתונים אכן מציגים ערכים ממוצעים אמינים, ברור כי לא ניתן להשתמש במתודולוגיה זו עבור כל שחזורי התאונות בהן מעורבים הולכי רגל ורוכבי אופניים. **התנאים בהם מתודולוגיה זו הינה אמינה ביותר הם רוכבי אופניים הנוסעים במאונך לכיוון הנסיעה של הרכב.**

4. להלן ערכי תאוצות/תאוסות ומקדם חיכוך לשימוש בת"ד בה מעורב אופניים ואו אופניים חשמליים.

1. כללי: מקדם חיכוך בין כל סוגי צמיגי אופניים והמשטחים הרטובים ו משטחים יבשים נמצאו בתוך טווח יחסית צר שבין 0.40 ו 0.66 g. הממוצע בשיעור האטת שיא במשך 20 שילובים שונים של אופניים סוג, סוגי שטח, ותנאי שטח הינו 0.52 g.
2. מקדם חיכוך הממוצע לשימוש לאופניים על משטח רטוב הינו 0.48 g ומקדם החיכוך הממוצע לשימוש למשטח יבש הינו 0.54 g.⁶⁷

⁶⁷ EVU 2013 - 22 Bicycle tire friction coefficient variance in wet and dry conditions across multiple surface pavement types

3. **מקדם השיא הממוצע לאופני ההרים** בכל תנאי השטח היה 0.54 g, לעומת 0.51 g לצמיגי **אופני כביש** כל תנאי השטח. זה מצביע על כך **שאינ הבדל משמעותי בין סוגי הצמיגים אלה ברוב סוגי הכביש**.⁶⁸
4. **במערכת בלמים בלם דיסק** עם מערכת הידראולית. המדריך/ספר יצרן נתן ערך תאוצה מרבי של 7.2 מ' / שנייה בריבוע (מקדם חיכוך של 0.73) היתרונות של סוג זה של בלם הם: ביצועי בלימה רטובים ויבשים טובים יותר, שליטה טובה, הפעלת כוח נמוכה. חסרון: **תאוצות גבוהות יטו להיפוך**.⁶⁹
5. תאוצה של **אופניים חשמליים** עם קשישים בגילאי 60-71 שנה הינו 4.2 מ/ש/ש (מקדם חיכוך 0.42) כאשר הערכים הינם בין 2.7 עד 5.5 מ' בשנייה בריבוע
6. תאוצה של **אופניים חשמליים** -רוכבי הניסוי עם אופניים חשמליים האיטי הגיעו להאטה ממוצעת של כ 5.0 מ' / בשנייה בריבוע (מקדם חיכוך 0.5) המהירויות הראשוניות הונחו ב טווח שבין - 18 קמ"ש ליותר מ 30 קמ"ש עם האטה בין על 3 ו 7- מטר בשנייה בריבוע.
7. מתלה מזלג פגום מקדם נטיית גלגול/התהפכות, בבלימה מכסימלית כאשר הגלגל האחורי מתרומם, (כאשר כוח הבלימה המרבי אינו מושג). וכך, מרכז כובד עולה וגלגול /התהפכות הינו אפשרי. מתלה מזלג הינו מתקן שימושי, אשר - כיוונו כראוי - ישמור על הקשר של הצמיג עם הכביש.⁷⁰
8. **תאוצות אופניים חשמליים**⁷¹: -אופניים חשמליים איטיים שיש להם מנוע עזר, שרק מסייע בזמן שהרוכב אופניים מדווש לו, והסיוע אינו ממשיך, אם המהירות עולה על 25 קמ"ש. הסיוע גם מפסיק, אם רוכב האופניים מפסיק לדווש. סוג זה של אופניים חשמליים מכונה אופניים חשמליים האיטי הדגמים האחרים פועלים על אותו העיקרון הבסיסי, אך תמיכת המנוע מפסיקה רק במהירות של 45 קמ"ש (להלן ייקרא: אופניים חשמליים מהיר).

טבלת 1: תאוצות ממוצעות אופניים חשמליים בהשוואה לאופניים רגילים .

השוואת תאוצה ממוצעת (התחלה רגילה ישר)

קטגוריה	חשמליות איטיות	חשמליות איטיות	חשמליות מהירות	חשמליות מהירות	אופניים	אופניים
	ללא סיוע מנוע	מקסימום סיוע מנוע	ללא סיוע מנוע	מקסימום סיוע מנוע	ניתור תנועה בגילאים 15-60	מוערך לילדים 9-12
תאוצה ממוצעת מ/ש/2	0.6-0.9	1.0	0.8-1.1	1.4-1.6	1.5-2.0	0.5-1.0

⁶⁸ EVU 2013 - 22 Bicycle tire friction coefficient variance in wet and dry conditions across multiple surface pavement types

⁶⁹ EVU 2013-21 Rollover of Mountain Bikes which are equipped with disc brakes and suspension forks

⁷⁰ EVU 2013-21 Rollover of Mountain Bikes which are equipped with disc brakes and suspension forks

⁷¹ EVU 2014 - 21 Pedelecs (pedal electric cycles) –Legal principles, technical ,acceleration properties and brake tests of a rapidly growing group of road users

טבלה 2: תאוצה ממוצעת בהשוואה למשתמשי דרך ממונעים.

השוואת תאוצה ממוצעת (התחלה רגילה ישר)

קטגוריה	חשמליות איטיות	חשמליות מהירות	מכוניות	אופנועים	אופנוע קל	קטנוע ואופנוע קטן
	מקסימום סיוע מנוע	מקסימום סיוע מנוע	ניתור תנועה	רוכבים מנוסים	רוכבים מנוסים	רוכבים מנוסים
תאוצה ממוצעת מ/ש ²	1.0	1.4-1.6	1.5-2.0	1.5-3.0	1.5-2.0	2.0-3.0

(ניתור תנועה – בדיקת ערכים לרכבים בתנועה).

- האצה ממוצעת של קשישים מגיל 60-71 ממהירות אפס למרחק של עד 3 מטר הינה 0.75 מטר בשנייה בריבוע.

9. לשימושכם.

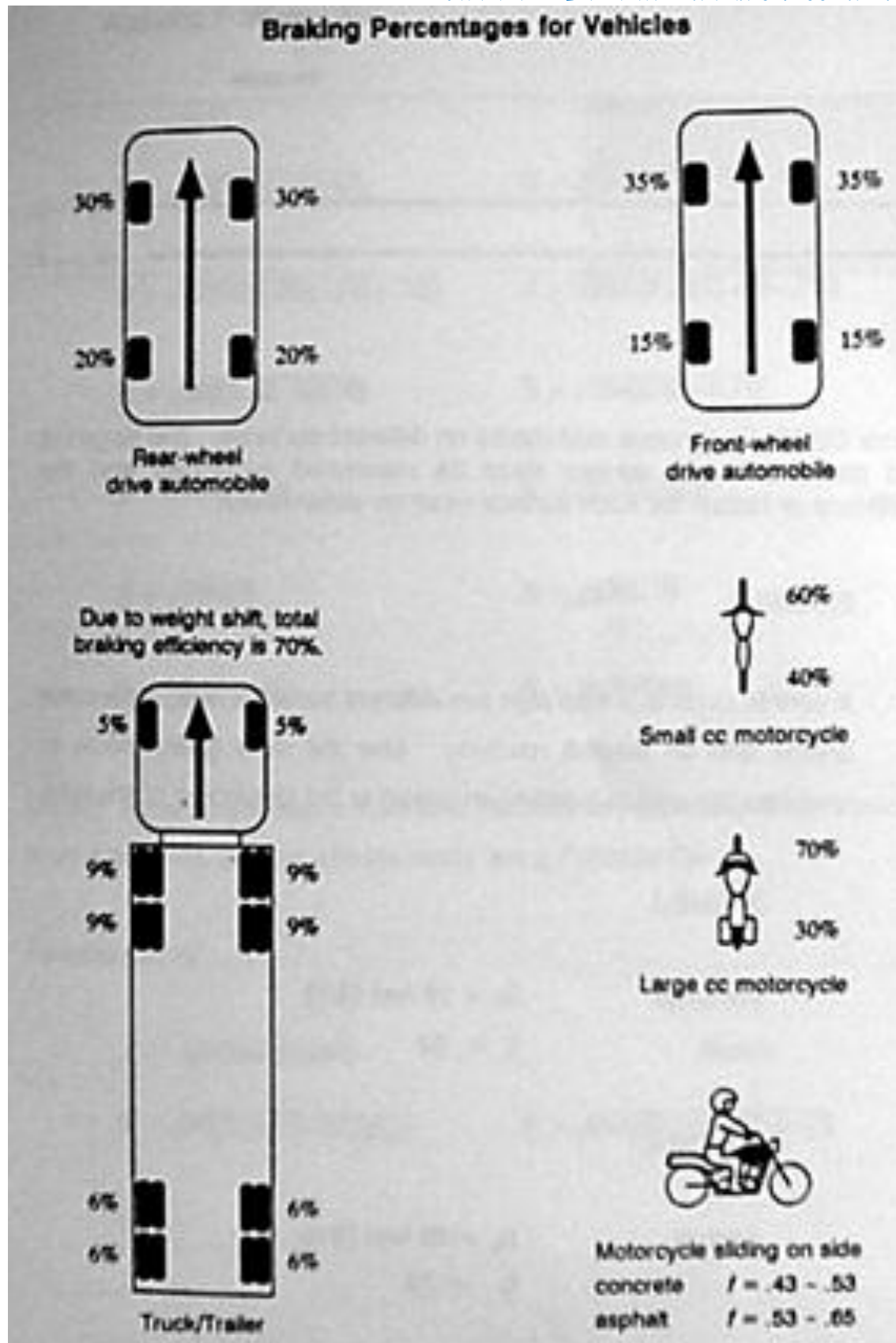
15.4 טבלת האצה:

טבלת האצה והאטה פריק ובקר פרק 10 נושא מס' 862

Condition	Speed range	Acceleration, a		
		Drag factor $f = a/g$	Meters per sec^2	Feet per sec^2
Free fall		+ 1.00	+ 9.81	+ 32.2
Normal acceleration of passenger car	Less than 20 mph (30kph)	+0.15	+ 1.47	+ 4.8
	20 to 40 mph (30 – 60 kph)	+0.10	+ 0.98	+ 3.2
	More than 40 mph (60kph)	+0.05	+ 0.48	+ 1.6
Rapid acceleration of passenger car	Less than 20 mph (30kph)	+0.30	+ 2.94	+ 9.7
	20 to 40 mph (30 – 60 kph)	+0.15	+ 1.47	+ 4.8
	More than 40 mph (60kph)	+0.10	+ 0.98	+ 3.2
Passenger car coasting out of gear	Less than 20 mph (30kph)	– 0.01	– 0.10	– 0.3
	20 to 40 mph (30 – 60 kph)	– 0.02	– 0.20	– 0.6
	More than 40 mph (60kph)	– 0.04	– 0.39	– 1.3
Passenger car engine braking in high gear	Less than 20 mph (30kph)	– 0.04	– 0.39	– 1.3
	20 to 40 mph (30 – 60 kph)	– 0.05	– 0.48	– 1.6
	More than 40 mph (60kph)	– 0.08	– 0.78	– 2.6
Gradual slowing, light braking		– 0.10	– 0.98	– 3.2
Normal braking, no skidding		– 0.20	– 1.96	– 6.4

Exhibit 39. Typical values of acceleration and deceleration for motor vehicles on level surfaces.

15.5 חלוקת אחוזי בלימת רכב - מתוך חוברת הדרכה חישוב מהירות רכב עובר לתאונה לפי סימני בלימה 02/2004 הוצאה במדור ת"ד ע"י מאיר אור.



15.6 ערכי תאוצה אופייניים למשאיות⁷² -

TYPICAL GOODS VEHICLE DECELERATION RATES		
Description	Deceleration Rate	
Engine and exhaust braking, Deceleration through gears.	Less than 0.8	m/s/s
Gentle braking בלימת מנוע עדין	0.9 to 1.5	m/s/s
Normal braking נורמלי	1.6 to 2.3	m/s/s
Heavy braking חזקה	2.4 to 3.9	m/s/s
Skidding החלקה	Above 4.0	m/s/s

15.7 ערכי תאוצה למשאיות⁷³ .

פרק מספר 5- שחזור של תאונות של משאיות כבדות נושא מספר 878 מאת קנת' ס. בייקר 1990

5.האצה אורכית של משאיות כבדות

ההאצה האורכית בפועל אצל משאיות כבדות מחושבת באמצעות נתיבי נסיעה על גבי שיפועים ארוכים ותלולים, ובהרחבת מרחקי הראיה בצמתים. במקרים של תאונות, קביעת ההאצה האורכית בפועל מועילה בקביעת המהירות המרבית, ועל ידי זאת את משך הזמן אשר נדרש לשם תנועה לאורכו של מרחק מסוים, החל מנקודת ההתחלה המצויה במקום המגע הראשון. היחס שבין הכוח למשקל הינו הקובע העיקרי של יכולת ההאצה של כלי רכב. עבור משאיות כבדות עמוסות מטען עם משקל רכב כולל בטווח שבין 60,000 ל-80,000 פאונד, ברוטו, (הערת עורך הספר : 1 פאונד = 453.6 גרם) היחס בין סך כל כוח המנוע לבין המשקל מצוי כרגע בקרבת ה- 0.004 כוח סוס / פאונד. עבור חלק מן היישומים, המרחק אשר נדרש לעבור ממהירות אחת למהירות אחרת הינו שיקול חשוב, והיחס שבין המשקל לכוח נמצא כנוח יותר לחשב בעזרתו. עבור כלי רכב אשר מצויים בטווח שבין 60,000 ל-80,000 פאונד, כוח הסוס הממוצע הינו 282. נתון זה מתאים ליחס בין משקל לכוח סוס בשווי של 248 פאונד / כוח סוס, בממוצע. ההאצה האורכית בפועל אצל כלי רכב תלויה במידת התנגדות הגלגלים ובכוחות האוויר-דינאמיים אשר מתנגדים לסך כל הכוח הזמין מאת מערכת ההנעה אשר דוחף קדימה), מנוע, תמסורת, ציר אחורי וצמיגים, (לנפילת הכוח לאורך כל רכיבי המערכת, ויחס הילוך התמסורת הנבחר. בנוסף לכך, יש להתחשב בסוג פני הכביש ובמידת השיפוע, באם זה נמצא. במהירויות נמוכות מקדם החיכוך האוויר-דינאמי והתנגדות הגלגלים הינם זניחים. לעומת זאת, במהירות

⁷² מגזין "IMPACT" של "Institute of Traffic Accident Investigators " Vol 6 No 1 Spring 1997

⁷³ פרק מספר 5- שחזור של תאונות של משאיות כבדות נושא מספר 878 מתוך ספר ההדרכה לחקירת תאונות דרכים מאת קנת' ס. בייקר 1990 (עמוד 78-14 במקור).

של 60 מייל / לשעה 95) קילומטרים/ בקירוב, אשר מתחלק באופן כמעט 0.02 g, לשעה, למשאית רגילה יש פיגור טבעי של שווה בין החיכוך האוויר-דינאמי לבין התנגדות הגלגלים. **במקרים אמתיים של תאונות עליך לנסות ולהשתמש בכלי רכב זהה על מנת להעתיק במידה המדויקת ביותר את המצב אותו אתה בוחן. באם לא ניתן לערוך ניסוי כעין זה, ניתן להשתמש בערכי ההאצה הטיפוסיים אשר נתונים בתרשים מספר שבע עשרה.**

תרשים מספר שבע עשרה: קצבי האצה טיפוסיים עבור משאיות בינוניות ומשאיות כבדות על גבי משטחים מישוריים.

משאיות גדולות, עמוסות			משאיות בינוניות			טווח מהירות
האצה רגילה			האצה רגילה			
מקדם החיכוך	מטרים / לשנייה בריבוע	רגל / לשנייה בריבוע	מקדם החיכוך	מטרים / לשנייה בריבוע	רגל / לשנייה בריבוע	
0.05	0.48	1.6	0.10	0.98	3.2	פחות מ – 20 מייל / לשעה (30 קילומטרים / לשעה)
0.03	0.29	1.0	0.05	0.48	1.6	בין 20 ל – 40 מייל / לשעה (30 – 60 קילומטרים / לשעה)
0.01	0.10	0.03	0.03	0.29	1.0	יותר מ – 40 מייל / לשעה (60 קילומטרים / לשעה)

(הערות עורך הספר: מדובר בערכים משנת 1990, מומלץ לערוך במקום התאונה במידת האפשר ניסוי עם המשאית בכדי לקבוע תאוצה, באם לא -ניתן להשתמש בערך 1 מ/ש/ש)

ביבליוגרפיה

1. parameters – NHTSA's data through September] Garrott, WR. Measured vehicle inertial1992. 1993 SAE 930897.
2. ספר הדרכה טכני לחוקרי תאונות דרכים (רמה 3) מהדורה שלישית 2010 ע"י ר.וו.ריוורס עמודים 112-115.
3. שחזור תאונות דרכים פגיעה בהולך רגל הוצאה שנייה ג'רי יובנקס ופול היל פרק 4 סעיף 6 עמוד 156.
4. WEST MIDLANDS POLICE CRASH INVESTIGATION TRAINING עמוד 19.
5. פרק - 4 מידע מהכבישים- חלק א': סימני החלקה/בלימה Traffic Collision Investigation 1 Stannard Baker שנת 2002 (עמוד 124-136).
6. כתב העת אימפקט של המכון של חוקרי תאונות דרכים חורף 2011 by Tony Kelly B.Eng Karen Jackson BA (Hons), Julie Wylde BA ,MITAI LCGI, An Garda Siochána, Eire Dr Martin Langham User Perspective Ltd, Brighton (Hons), תורגם ותוקצר ע"י רפ"ק אליהו ברמי.
7. FORENSIC ASPECTS OF DRIVER Evaluation of Visibility in the Field מספר PERCEPTION AND RESPONSE, ופרק 5 Human Factors (הגורמים האנושיים) מספר PEDESTRIAN ACCIDENT RECONSTRUCTION נערך ע"י רפ"ק רומן ברונשטיין מקורות מתוך פרק 8
8. שחזור תאונות דרכים בין כלי רכב להולכי רגל נושא מספר 877 במדריך לחקירת תאונות דרכים מאת לין ב. פריק
9. מאמר מס' 12 שיטת ניתוח התנגשות רכב/ הולכי רגל" שנערך ע"י המחברים אמריט טור, מייקל ארסזווסקי, רווינדר ג'והל, רוברט אוברגארד ואנדרו האפר מאינטק הנדסה בע"מ 2000. מתוך חוברת הערכת מהירות רכב באמצעות הטלת ה"ר נערכה ע"י רפ"ק אליהו ברמי.
10. מאמר מס' 19 בדיקה מחדש ותיקוף של שיטת ניתוח התנגשות רכב/ הולכי רגל" שנערך ע"י המחברים אמריט טור, מייקל ארסזווסקי, רווינדר ג'והל, רוברט אוברגארד ואנדרו האפר מאינטק הנדסה בע"מ. שנת 2002.
11. השימוש במרחקי זריקה של הולכי רגל ורוכבי אופניים כחלק משיטת שחזור תאונות מדעית ד. אוטה היחידה לחקר תאונות האוניברסיטה הרפואית של האנובר , גרמניה
12. תקציר פרק 14: "שחזור תאונות רכב הולך רגל" נכתב על ידי Lynn B. Fricke זכויות יוצרים 2010 ע"י המרכז לבטיחות הציבור באוניברסיטת Northwestern אברסטון אילינוי 60204.
13. קנט אובינסקי ואחרים שחזור תאונות אופנוע מהדורה רביעית שנת 2007.

14. ABS IN MOTORCYCLES –THOMAS EICHOLZER BETTINA SINZING TOBIAS ABERLE
P/161-168 כנס evu שנת 2010.
15. פריק וריילי שחזור תאונות דרכים עמוד 407.
16. נושא מספר 862 פרק 10 במדריך לחקירת תאונות דרכים מאת לין ב. פריק וסטאנרד בייקר.
17. ריוורס, חקירת תאונות דרכים מהדורה 2 1995 אוניברסיטת צפון פלורידה.
18. סטאנרד בייקר מהדורה משנת 2002 פרק 4.
19. ר.ריוורס שחזור תאונות דרכים מהדורה 2 שנת 1995.
20. R.W. Rivers 2006 עמ' 222 ראיות בתאונות דרכים חקירה ושיחזור(ראה עמוד 47)
21. TRAFFIC ACCIDENT RECONSTRUCTION. ATLANTA ENGINEERING SERVICES 2009
P/ 31-34.
22. ספר הדרכה טכני לחוקרי תאונות דרכים (רמה 3) מהדורה שלישית 2010 ע"י ר.וו.ריוורס
עמודים 245-255.
23. חוברת העשרה מקצועית בנושא הערכת מהירות רכב בפגיעה בה"ר לפי מרחק הטלה
נערכה ע"י רפ"ק אליהו ברמי.
24. Motorcycle Slide to Stop Test Christopher J. Medwell, Joseph R. McCarthy,
Michael T. Shanahans BTS Consulting Engineers Windsor, Ontario, Canada
25. Event data recorder- definition general status.....by Erwin peterser
Evu 2014 -03-en עמודים 75-84
26. תקציר התייחסות הפסיקה (בימ"ש העליון) במהלך השנים בסוגית "החובות המוטלות על
נהג בהתקרבו אל מעבר חציה " מתוך חוברת שנערכה ע"י רפ"ק אליהו ברמי. עו"ד.
27. שחזור תאונות דרכים לין ב. פריק וגארי ו. קופר פרק 872 עמוד 44.
28. חקירת תאונות דרכים פרק 868 תקיפה ותנע לין ב. פריק.
29. מגזין אימפקט חורף 2011.
30. Traffic Accident Reconstruction, פרק 872, בעמודים 72-50 - 72-53 , גארי וו. קופר
ולין ב. פריק (הנחיית מדור ת"ד 6/2010).
31. Construction and testing of a pedestrian dummy for realistic vehicle damage in
experimental sumulations of car vs pedestrian collision by Dr. Michael Weyde,
Steffen Jager and Mirko Knapes I m p a c t • S umme r 2013
32. פרק 12 Lynn B. Fricke and Warner W. Rlley שחזור תאונות אופנועיים 2010.

33. SAE-2012-01-0610 - Analysis of Motorcycle Braking Performance and Associated Braking Marks International Published 04/16/2012
34. שחזור תאונות דרכים מהדורה-2 שנת 2010 פרק 6 מאת לין ב. פריק וסטאנרד בייקר עמוד 131.
35. קנט אובינסקי ואחרים שחזור תאונות אופנוע מהדורה רביעית 2007 עמודים 63-64
36. EVU- A.B.S in motorcycles-thomas eicholzer Bettina sinzing tobias aberle P/161-168. 2010
37. ניתוח החלקת קטנועים-2013 Dario Vangi Filippo Begani Carlo Cialdai EVU 2013 – 02 Motorcycles Slide Tests Analysis
38. EVU 2013 - 03 Sliding decelerations of light weight scooter models (50cc/ \pm 60 - 100 kg) Jan Meuwissen
39. THE TRAJECTORIES OF PEDESTRIANS' MOTORCYCLES/ISTS FOLLOWING AROAD ACCIDENT BY JOHN A. SEARLE AND ANGELA SEARLE 1983 P/ 460 S.A.E PT-35
40. S.A.E-2010-01-0054 Motorcycle Tire/Road Friction Richard F Lambourn and Anna Wesley Transport Research Laboratory Ltd
41. EVU 2013 - 22 Bicycle tire friction coefficient variance in wet and dry conditions across multiple surface pavement types
42. EVU 2013-21 Rollover of Mountain Bikes which are equipped with disc brakes and suspension forks
43. EVU 2014 - 21 Pedelecs (pedal electric cycles) –Legal principles, technical acceleration properties and brake tests of a rapidly growing group of road user
44. התנגשויות במהירויות גבוהות של מכוניות נוסעים ברוכבי אופניים בובות ניחים . (נערך ע"י רוי סטרזלטו כנס חוקרי ת.ד 2008)/
45. תקציר ניסויי התרסקות מדי תאוצה (ספידומטר)/ מגזין אימפקט חורף 2013 by Christopher Goddard BSc IEng MIET
46. מגזין "IMPACT" של " " Vol 6 No 1 " Institute of Traffic Accident Investigators " : Spring 1997
47. Bosch Crash Data Retrieval Tool by Tony Read, TRL, Crowthorne, Berkshire מגזין אימפקט אביב 2011 עמוד 10
48. 2013 SAE A Comparison of 25 High Speed Tire Disablements Involvin Full and Partial Tread Separationsg 2013-01-0776 Gray Beauchamp, Daniel Koch and Dana E. Thornton Kineticorp LLC
49. פתרונות תיאורטיים מול פתרונות אמפיריים עבור התנגשויות בין כלי רכב לבין הולכי רגל- 2003 אמריט טור, מייקל ארסזוקי, אינטק הנדסה 2003.
50. פרק מספר 5- שחזור של תאונות של משאיות כבדות נושא מספר 878 מתוך ספר ההדרכה לחקירת תאונות דרכים מאת קנת' ס. בייקר 1990 (עמוד 78-14 במקור).
51. EVU-2015 The Behaviour of Instrument Cluster during High-Speed Crash 2015 Testings Christopher Goddard David Price