

מרכזיות גורם המהירות להפחתת תאונות הדרכים

הוכן על-ידי
פרופ' שלום הקרט
ד"ר אליה בן-שבת
ד"ר ויקטוריה גיטלמן

פרסום מס' 99-0117

פרויקט מס' 5116-26

ינואר 1999
חיפה

תוכן 1

3

1. המהירות כגורם מרכזי בתאונות דרכים

1

4	2. הקשר בין שינויים במהירות ותאונות דרכים
4	2.1 השפעות על תאונות
6	2.2 בחינת ההשפעה של העלאת המהירות המותרת במדינת קליפורניה, ארה"ב
7	3. אכיפת המהירות המותרת
8	3.1 קביעת סף המהירות לאכיפה
9	3.2 התגובה החברתית
10	4. אכיפה אוטומטית של מהירות הנסיעה
11	4.1 אכיפת אוטומטית של מהירויות
11	4.2 ניתוח עלות-תועלת
12	4.3 ניסיון בינ"ל
16	5. אכיפה אוטומטית של עבירות אור אדום
17	6. מערכות אכיפה בישראל
19	6.1 מגבלות

1. המהירות כגורם מרכזי בתאונות דרכים

המהירות גורמת לתאונות ומגבירה את חומרתן. ככל שעולה מהירות הנסיעה, קטן זמן התגובה של הנהג לאירועים חריגים בדרך, וגדלה ההסתברות שאירוע חריג יסתיים בתאונה. כאשר מתרחשת תאונה, האנרגיה הקינטית המשתחררת גדלה ביחס ישר לריבוע המהירות, כך שככל שעולה מהירות הנסיעה, עולה חומרת התאונה.

Nilsson משבדיה מצא שההסתברות לתאונה עולה ביחס ישר עם עלית המהירות, ההסתברות לתאונה עם נפגעים עולה ביחס ישר לריבוע העלייה במהירות, וההסתברות לתאונה קטלנית עולה ביחס ישר לשינוי המהירות בחזקה רביעית. למשל, עליה של 5% במהירות הממוצעת, מ-100 ל-105 תביא לעליה של 5% במספר התאונות, לעליה של 10% במספר התאונות עם נפגעים, ולעליה של 21% במספר התאונות הקטלניות.

דיון ממצה בנושא זה מצוי בספרו של Leonard Evans –

Traffic Safety and the Driver, בהוצאת Van Nostrand Reinhold, 1990.

מהירות מופרזת הינה גורם משני לתאונות רבות שהגורם הישיר שלהן אחר. מהירות מופרזת מהווה גורם תורם בתאונות רבות. תאונות ירידה לשוליים הן דוגמא טובה לכך – ירידה לשוליים יכולה להסתיים בפעולת תיקון מוצלחת של הנהג, אך הסיכוי לכך קטן, ככל שמהירות הנסיעה גבוהה יותר. הזמן העומד לרשות הנהג להגיב לאירועים חריגים עומד ביחס הפוך למהירות הנסיעה, בעוד שזמן התגובה הדרוש עולה עם המהירות. מצב חריג בנסיעה, שיכול להסתיים בהיחלצות במהירות נמוכה, עלול להסתיים בתאונה, כשהמהירות היא גבוהה. דוגמאות לאירועים כאלה הן רבות: הולך רגל שקופץ לכביש לפתע, מכונית שעוברת באור אדום בכיוון הניצב, פיצוץ גלגל, תקלה במערכת הבלמים ועוד. בכל אלו המהירות היא רק גורם תורם לתאונה ולא גורם ראשי.

מהירות מופרזת עלולה לגרום אחריה עבירות תנועה אחרות כגון עקיפה לא חוקית ואי ציות לרמזור או תמרור, משום שקשה לשפוט נכון את תמונת המצב בדרך, תוך נסיעה במהירות גבוהה או משום שזמן התגובה אינו מספיק.

פיזור גדול במהירויות אף הוא גורם לתאונות. Cirillo ו-Solomon 1- מארה"ב הראו עוד בשנות ה-60 שלנהגים בעלי מהירות קיצונית לעומת הממוצע (מהירות גבוהה בהרבה או נמוכה בהרבה מהממוצע) יש סיכוי רב יותר להיות מעורבים בתאונה. Hauer קשר תופעה זו להסתברות להיות עוקף או נעקף. ככל שמהירות הנסיעה רחוקה יותר מהממוצע, הסיכוי

עם זאת חשוב להדגיש ששונות המהירות אינה מהווה בדרך כלל גורם בתאונות רכב בודד, ובהתנגשויות חזיתיות או חזית-צד, שהן מסוגי התאונות החמורות ביותר. כך שהטענה הנשמעת לעיתים, ששונות המהירות, ולא המהירות עצמה, היא הגורמת לתאונות איננה מדויקת.

2. הקשר בין שינויים במהירות ותאונות דרכים

2.1 השפעות על תאונות

9 המחקרים המוזכרים להלן נכללים בניתוח נרחב בנוגע להשפעות על תאונות (Elvik, 1997) : (Mysen and Vaa 1997)

- Lamm og Kloeckner (Germany 1984)
- Cameron, Cavallo and Gilbert (Australia 1992)
- Nilsson (Sweden 1992)
- Swali (England 1993)
- Winnet (England 1993)
- Oei (the Netherlands 1994)
- Blackburn and Gilbert (USA 1995)
- Hook, Kirkwood and Evans (England 1995)
- Krohn (Norway 1996)

מבין המחקרים המוזכרים לעיל המחקר של Cameron et al's (1992) הוא המקיף ביותר. המחקר התייחס ל- 20,000-60,000 תאונות (לפני-אחרי). בהתבסס על התוצאות של 9 המחקרים, מוצגות בטבלה הבאה ההערכות הטובות ביותר של ההשפעות על תאונות דרכים :

שינויים באחוזים במספר התאונות			
רמת הפגיעה	סוגי תאונות מושפעות	ההערכה הטובה ביותר	CI (95%)
הכל	הכל	-19	(-20 ; -18)
הרוגים	הכל	-17	(-19 ; -16)
הכל	תאונות באזור עירוני	-28	(-31 ; -26)
הכל	תאונות באזור בין עירוני	-4	(-6 ; -2)

כשלוקחים בחשבון את כל רמות הפגיעה ביחד, ההשפעה על מספר התאונות מראה ירידה כוללת של $19 \pm 1\%$. בהתחשב בהרוגים בלבד, שיעור ירידת התאונות הוא 17% (- ; -19 CI).
 16). אכיפה אוטומטית של מהירות מהווה אמצעי בטיחות בעל השפעה ניכרת יותר באזורים עירוניים (ירידה של 28%) לעומת אזורים בין עירוניים (ירידה של 4%). כל המחקרים למעט אחד כוללים ניתוח של "לפני-אחרי" עם קבוצות בקרה (במחקר של Blackburn and Gilbert אין קבוצות בקרה). נתוני התאונות אינם מאפשרים הערכה נפרדת להשפעות על תאונות קטלניות בלבד.

חלק מהמחקרים מנסים להעריך את ההשפעות על מהירות לחוד, או יחד עם ההשפעות על תאונות. הטבלה הבאה מציגה את התוצאות ביחס למהירות (כל הנתונים הם שיעורי ירידה, למעט 3% עליה בתאונות במחקר של Nilsson 1992).

מחקר, שנה, מדינה	ירידה ממוצעת (קמ"ש)	סטיית התקן (קמ"ש)	תאונות %
Papendrecht and de Vries, 1989 (NL)	8,1	1,7	-
Glad and Ostvik, 1991 (N)	0 - 1,9	0,4 – 0,7	11 & 65
Nilsson 1992 (s)	5 – 10	-	+3 & -13
Oei, 1994 (NL)	3,0 - 5,3	0,8 – 2,2	24 & 37
M'kinen and Rathmayer, 1994 (FIN)	1 – 3	-	19
Swali/Winnet, 1993/1994 (GB)	8	-	14
Hook et al, 1995 (GB)	-	-	-
Ministry of Transportation, 1995 (CDN)	5,8 - 7,3	0	-
Amundsen 1996 (N)	2,7 – 6,0	-	-
Anila and M'kinen 1998 (FIN) Speed limits: 50, 60, 70. 1 month after installation.	1,1 – 5,5	0,5 – 2,8	-
Anila and M'kinen 1998 (FIN) Speed limits: 50, 60, 70. 1 year after installation.	1,4 – 3,9	0,7 – 1,6	-

2.2 בחינת ההשפעה של העלאת המהירות המותרת במדינת קליפורניה, ארה"ב

ב- 1995 הוחלט להעלות את המהירות המותרת במספר מדינות בארה"ב וגם בקליפורניה מ-55 מייל לשעה ל-65 מייל לשעה ול-70 מייל לשעה. במחקר בלתי רשמי לבחינת השפעתה של העלאת המהירות המותרת בכבישים על מספר תאונות הדרכים הגיעו לתוצאות הבאות:

א. תאונות דרכים בכבישים המהירים בקליפורניה בפרק זמן של 10 חודשים לפני שהועלה בהם המהירות המותרת ולאחר שהוגדלה בהם המהירות המותרת:

סוג תאונה	לפני	אחרי	% שינוי
עם הרוגים	548	644	17.5%+
עם נפגעים	22,187	22,449	1.2%+
נזק לרכוש	45,787	48,210	5.3%+
סה"כ	68,522	71,303	4.1%+

הגידול המשמעותי ביותר (יותר מ-17%) התגלה במספר התאונות הקטלניות שבהן מעורבים הרוגים בכבישים שבהם הוגדלה המהירות המותרת.

ב. מספר תאונות הדרכים בכבישים שבהם לא הועלתה המהירות המותרת, לעומת מספר תאונות דרכים בכבישים שבהם הועלתה המהירות המותרת ל-65 מייל לשעה ול-70 מייל לשעה, לפני ואחרי העלאת המהירות המותרת:

תאונות דרכים קטלניות (עם הרוגים)

מהירות מותרת	לפני	אחרי	% שינוי
55 מייל לשעה	62	57	8.1%-
65 מייל לשעה	330	403	22.1%+
70 מייל לשעה	165	185	12.1%+
כל הכבישים	557	654	15.7%+

תאונות דרכים עם נפגעים

מהירות מותרת	לפני	אחרי	% שינוי
55 מייל לשעה	4043	4072	0.7%+
65 מייל לשעה	16,861	17,094	1.4%+
70 מייל לשעה	1,929	1,993	3.3%+
כל הכבישים	22,187	22,449	1.2%

תוצאות המחקר הראו, כי היה הבדל משמעותי במספר תאונות הדרכים בכבישים בהם לא שונתה המהירות המותרת לעומת מספר תאונות הדרכים בכבישים בהם הועלתה המהירות המותרת.

• **תאונות דרכים עם הרוגים** - בכבישים בהם הועלתה המהירות, קטן מספר תאונות הדרכים ביותר מ-8%, בעוד שבכבישים בהם הועלתה המהירות ל-65 ול-70 מיל לשעה, היה גידול של יותר מ-22% ו-12%, בהתאמה.

• **תאונות דרכים עם נפגעים** - בכבישים בהם לא שונתה המהירות, לא היה כמעט שינוי במספר התאונות (+0.7%), בעוד שבכבישים בהם הועלתה המהירות ל-65 ול-70 מיל לשעה היה גידול של 1% ו-3%, בהתאמה.

• **סה"כ מספר תאונות דרכים** - עלה בכל קבוצות הכבישים, אך אחוז הגידול היה הנמוך ביותר (3%) בכבישים שבהם המהירות נשארה 55 מיל לשעה.

מתוצאות המחקר הסיקו כי להעלאת המהירות המותרת בכבישים המהירים בקליפורניה היתה השפעה על עליה במספר תאונות הדרכים.

3. אכיפת המהירות המותרת

בשנים האחרונות פועלת המשטרה, בנושא האכיפה, על פי התפיסה הקורלטיבית, הגורסת התאמה בין פילוג התאונות לפי סיבת התאונה, כפי שהיא נרשמת על ידי בוחני התאונות בדו"ח הסטטיסטי, לבין פילוג העבירות המצוינות בדו"חות התנועה. לפי תפיסה זו ניתנו ב-1990 כ-56,000 דו"חות על מהירות, מתוך כ-600,000 דו"חות בתנועה, כלומר כ-9%. באותה שנה צוינה "מהירות מופרזת" כסיבת התאונה ב-3.7% מן התאונות. בשנת 1997 ניתנו סה"כ כ-1,350,000 דו"חות (הכפלה לעומת 1990), מהם כ-215,000 דו"חות על מהירות מופרזת (19%), גידול של פי 4 במספר דו"חות המהירות, לעומת 1990. בנייר עבודה זה ברצוננו להמליץ על הגברה של אכיפת עבירות מהירות, כך שכמות הדו"חות על עבירות מהירות תגדל משמעותית, וגם שיעור הדו"חות האלו, מתוך כלל הדו"חות, יעלה במידה ניכרת. להלן נסביר ונמק המלצה זו.

האכיפה הקורלטיבית לפי סיבת התאונה איננה משקפת נאמנה את תרומת המהירות. בוחן התאונה, הקובע את סיבתה, מציין בדרך כלל את האירוע הישיר האחרון, שניתן לייחס אותו סיבתית לתאונה. מה גם שלא תמיד ניתן להעריך את מהירות הנסיעה של כלי

הרכב המעורבים. כך למשל יצוין "אי שמירת מרחק" כסיבה לתאונת חזית-אחור, גם אם הרכב העוקב נסע במהירות מופרזת. הדגמה יפה לשרירותיות שבהגדרת סיבת התאונה ניתן למצוא בנתוני המשטרה. ב- 1990 צוינה המהירות כסיבה ב- 9% מן התאונות. 10 שנים קודם לכן, צוינה המהירות כסיבה ב- 26% מן התאונות (משטרת ישראל דו"ח שנתי, 1980, 1990), פי שלושה כמעט. בשנת 1997 עמד האחוז על 5% בדרכים בין עירוניות. השינוי העצום הזה בחלקה של המהירות בין הסיבות לתאונה, לא נבע משינויים מפליגים בדפוסי התאונות, אלא נבע משינוי בנוהלי רישום הסיבות אצל הבוחנים.

מהירות ניתנת לאכיפה באובייקטיביות, ביעילות ותוך נראות גבוהה. בנושא המהירות קיימים לוקים ברורים ומוחלטים, המהירות ניתנת למדידה באופן מדויק ואמין וניתן לאכוף אותה בצורה יעילה, בעזרת מכשור מתאים. גם הבולטות של אכיפת מהירות היא גבוהה מאד, בעיקר באכיפה ידנית (לא אוטומטית). השיטות השונות לאכיפת מהירות ידונו בהמשך.

מחקרים אינם מתייחסים להשפעה אפשרית של אכיפה אוטומטית על כבישים נלווים ונוספים, פרט לקטעי הדרך שבהם בוצעה האכיפה. בהחלט יתכן שירידה במהירות ובתאונות תתרחש גם בכבישים סמוכים לאלו שבהם מתבצעת האכיפה. השפעות מסוג זה עדיין לא דווחו.

אכיפה אוטומטית נמצאת בשימוש גם בהקשר למעקב אחר תנועת מכוניות הנעות בין אתרי אכיפה שונים. שבדיה ונורבגיה משתמשות בסוג זה של אכיפה אוטומטית. ההשפעות של צורת אכיפה זו לא נבדקו עד עכשיו, וגם לא נבחן ההבדל בין צורת אכיפה זו לאכיפה באתר קבוע. ולבסוף, נוכחות של אכיפת מהירות באמצעים קונבנציונליים בנוסף לאכיפה אוטומטית לא נלמדה עד היום.

3.1 קביעת סף המהירות לאכיפה

המהירות המרבית בדרכים מהירות בארץ היא 100 קמ"ש, ובדרכים בין עירוניות אחרות בדרך כלל 80 קמ"ש או 90 קמ"ש. מהירויות הנסיעה בפועל גבוהות הרבה יותר. ככל שמהירות הנסיעה גבוהה יותר, מושג חסכון בזמן. נסיעה מהירה, גם מעבר למה שנתפש כמהירות בטוחה, נחשבת אצל חלק מהנהגים לנעימה יותר, ויש הטוענים גם שהמהירות ממכרת. מסיבות אלה ואחרות קיים בארץ לחץ ציבורי להעלאת המהירות המרבית המותרת. גם המצב בשטח ניתן לפירוש כ"הצבעה בגלגלים" של הנהגים למען העלאת סף המהירות.

מאיך, גורמי בטיחות מתנגדים נמרצות להעלאה, בעיקר על מנת לשמור על הקיים, בנימוק שהעלאת סף המהירות המותרת, יביא לזחילה כלפי מעלה של המהירויות בפועל. תופעה כזו נצפתה, בין היתר, בארה"ב, לאחר העלאת המהירות המותרת מ- 55 ל- 65 מייל לשעה. בכבישים בהם הייתה מהירות הנסיעה הממוצעת 62 מייל לשעה, היא עלתה מעבר ל- 65 מייל, כך ששוב רוב הנהגים נמצאו עוברים על החוק.

כדי להימנע מהתנגדות ציבורית לאכיפה מסיבית של מהירות, מוצע לקבוע סף אכיפה שיתחיל ב- 10 קמ"ש מעל המהירות המותרת. בהתאם לכותר הקליטה של מערכת האכיפה, ניתן להתחיל מן המהירויות הגבוהות ולרדת עד הסף ככל שמערכת האכיפה תוכל לספוג. אכיפה כזו תביא לירידה במהירות הנסיעה הממוצעת וגם תקטין את שונות המהירות, בלי ליצור התנגדות ציבורית חזקה ובלי לפגוע ברוב הנהגים.

3.2 התגובה החברתית

ממחקרים שנעשו מצטיירת תמיכה ציבורית באכיפה האוטומטית (Freedman et al., 1989; Andersson 1990). מסקר שנערך בקרב נהגים בפינלנד עולה ש- 88% מהנהגים הגדירו את האכיפה האוטומטית של מהירות כ"מקובלת" או "מאד מקובלת" (M'kinen and Oei 1992). מידת ההפנמה הציבורית של אכיפת מהירות אוטומטית הוערכה גם במסגרת פרויקט DETER שממומן ע"י האיחוד האירופי. הציבור קבל מידע על מהירות נסיעתו באמצעות שלטים אלקטרוניים שעליהם הוצגו מסרים משתנים ומהירויות נאכפו אוטומטית. התגובה הציבורית לשיטת אכיפה זו הייתה חיובית מאד (Van der Laan, 1994).

לאחר שנת פעילות אחת לא השתנתה ההתייחסות ביחס לתקופה שקדמה לה. כמעט 90% המשיכו להתייחס בחיוב לשימוש באכיפה אוטומטית של מהירות, אם הם קיבלו מידע על גבי שילוט קודם לכן (M'kinen and Rathmayer 1994). בסקר שנערך באנגליה, נבדקו מספר אתרים שבהם נאכפה מהירות בשיטה אוטומטית. מהסקר עולה כי 57% מהנהגים היו מרוצים ממספר האתרים שבהם בוצעה אכיפה, 24% חשבו שצריך להעלות את מספר אתרי האכיפה האוטומטית, ו- 16% חשבו שיש לצמצם את מספר האתרים. ל- 2% לא הייתה דעה בעניין (Corbett 1995). בסקר שנערך בנורבגיה נמצא כי יחסם של 67% מהמשיבים לאכיפה אוטומטית של מהירות הוא חיובי, אולם היה הבדל משמעותי בין גברים לנשים (Muskaug and Christensen 1995).

לעומת הניסיונות המוצלחים שנסקרו לעיל דווח גם על מספר ניסיונות שליליים. ציוד לאכיפה אוטומטית של מהירות בארבעה אתרים בהולנד חובל והושמד בצורות שונות (M'kinen and Oei 1992).

גישות שליליות כלפי אכיפת מהירות אוטומטית עולות גם כן מהסקרים. בסיומם של ניסיונות אכיפה אוטומטית של מהירות בשבדיה טענו 46% מהנשאלים בסקר נהגים שיש להגביל את האכיפה האוטומטית ולא להרחיב את השימוש בה. 44% היו בעד הרחבת השימוש בשיטת אכיפה זו. לנהגים שנוהגים מספר רב של ק"מ בשנה, יחס שלילי יותר לאכיפה אוטומטית של מהירות יחסית לנהגים שנוהגים פחות (Nilsson 1992; Muskaug and Christensen 1995).

4. אכיפה אוטומטית

אכיפה אוטומטית של עבירות תנועה היא שיטה חדשה יחסית, שהחלה בשנות ה-70. אחד היישומים הראשונים לאכיפת מהירות היה בקטע דרך מסוכן של דרך מהירה בגרמניה. כיום היישומים העיקריים של האכיפה האוטומטית הם בתחום אכיפת המהירות ואכיפת חציית צומת באור אדום. תחומי אכיפה חדשים מתפתחים כיום וביניהם אכיפת נסיעה בנתיבים המיועדים לתחבורה ציבורית (נת"צ), אכיפת משקל יתר ואי שמירת מרחק. השימוש במצלמות המתעדות את העבירות הוא מרכיב מרכזי וחשוב באכיפה האוטומטית.

ההגיון העומד מאחורי האכיפה האוטומטית הוא כדלקמן:

כדי שאכיפה תהיה יעילה, עליה להיות מורגשת בשטח. ניתן להשיג זאת על ידי הקצאת כוחות משטרה מוגדלים לאכיפת התנועה. אולם, במדינות רבות כבר הגיעו אל הסף, שמעבר לו אינן יכולות לספק כוח אדם נוסף למלאכת האכיפה. שימוש נכון בפרסום יכול להגביר את המודעות לאכיפה וכתוצאה מכך גם את יעילותה. דרך הפעולה המקובלת כיום היא שילוב של אכיפה עם פרסום להגברת המודעות. כאשר כוחות המשטרה מגיעים אל הסף העליון של יכולת פעולתם ויעילותם, מאפשרת האכיפה האוטומטית לסייע בידם. האכיפה האוטומטית מאפשרת להגדיל את התפוקה בעשרות מונים.

חשוב להבחין בין שתי שיטות פעולה של האכיפה האוטומטית. שיטה ראשונה כוללת הקלטת העבירה, כאשר ברוב המקרים מדובר במצלמה למדידת מהירות או מצלמה לתיעוד עבירות חציית צומת באור אדום. עיבוד נוסף של המידע שמוקלט נעשה באופן ידני, אוטומטי, או בשילוב של השניים. שיטת אכיפה זו נהוגה במדינות רבות.

שיטת אכיפה שנייה, שהחלה להיות מיושמת רק לאחרונה, היא הקלטה ועיבוד של העבירה בתהליך אוטומטי לחלוטין. תהליך זה מתבצע באמצעות מצלמות דיגיטליות, שיכולות לשדר את המידע דרך ערוצי תקשורת למטה המשטרה, שם מתבצע עיבוד אוטומטי מלא של המידע המתקבל.

בשנים האחרונות ככל שהאכיפה האוטומטית נעשית נפוצה יותר, עולים נושאים שדורשים התייחסות מיידית (Hakkert 1998). ראשית, אין עוצרים את הרכב שנתפס באמצעות המכשור האוטומטי בעת ביצוע העבירה. לכן, בעל הרכב הוא העובר על החוק, למרות שיתכן שלא הוא אשר נהג ברכב, אלא אם יוכיח אחרת. תהליך זה מקובל כיום בארצות רבות כולל הולנד, גרמניה, אנגליה, ישראל, כמה רשויות בארה"ב וקנדה. נושאים בעייתיים אחרים שראויים להתייחסות, על מנת לייעל את שיטת האכיפה האוטומטית הם:

- קיצור משך הזמן שבין ביצוע העבירה להנפקת הדו"ח.
- ההליך החוקי במקרה שנהג בוחר ללכת למשפט על העבירה שמיוחסת לו.
- העלות הכספית של עיבוד העבירות.

4.1 אכיפת אוטומטית של מהירויות

אכיפת מהירות היא היישום העיקרי של האכיפה האוטומטית. היישום הראשון של אכיפה אוטומטית של מהירות היה בגרמניה ב-1972, והתבצע באמצעות מכ"ם ומצלמה, בקטע של דרך מהירה בת 6 נתיבים (Lamm and Kloeckner 1984). המהירויות בדרך ירדו בשיעור של 20 קמ"ש בעקבות האכיפה האוטומטית. כתוצאה מכך קטן מספר התאונות ב-75%. במשך שנה אחת – 1982 – נקנסו באתר זה 70,000 נהגים.

ניסויים נוספים שנערכו במספר ערים בארה"ב לאכיפת מהירות הראו תוצאות דומות. במחוז גלבסטון שבטקסס הונפקו 5000 זימונים למשפט במשך שנה אחת (Blackburn et al. 1989). באריזונה (1987) במשך שנה אחת הונפקו 10,000 זימונים למשפט (Fitzpatrick 1992). בחלק מהמקומות נמסרה האחריות על הליך הצילום, הניתוח והנפקת הדו"חות לחברה פרטית. ברוב המקרים שדווחו, שלם חלק ניכר מהנהגים את הדו"חות (Hakkert 1998). מאחר והמהירות מהווה את אחד הגורמים העיקריים לריבוי של מספר התאונות וגידול חומרתן, מתרכזים ישומי האכיפה האוטומטית בתחום של אכיפת מהירות.

4.2 ניתוח עלות-תועלת

בסקירה אמריקאית של מערכות אכיפה אוטומטיות שונות, שנמצאות בשימוש מחוץ לארה"ב (בעיקר בארצות אירופאיות), נמצא שממוצע העלות לתפיסת עבריין ע"י אמצעים

בניתוח עלות תועלת שנערך בהולנד חושבו עלויות של 360,000 גילדן, והרווחים מהירידה בתאונות הוערכו ב- 924,000 גילדן, כלומר יחס תועלת-עלות של 1:2.57 (M'kinen and Oei 1992).

מחקר שנערך בנורבגיה הראה שחלה ירידה של 40 תאונות במשך 2.5 שנים (Brekke 1993). העלות הממוצעת של תאונה עם פצועים מוערכת ב- 2 מיליון קרונות נורבגיות. העלויות הכוללות לבניית והפעלת מערכת אוטומטית לאכיפת מהירות באותה תקופה מסתכמות ב- 3 מיליון קרונות. מתקבל יחס עלות-תועלת של 1:26.7.

4.3 ניסיון בינ"ל

אנגליה - באנגליה פותחה מערכת המאפשרת לזהות כלי רכב העוברים על המהירות המותרת ולהפיק דו"ח תנועה הנשלח לביתו של בעל הרכב. מערכת זו נותנת לנהג התרעה במקום על ביצוע העבירה (Adaway 1997).

המערכת מורכבת ממצלמות דיגיטליות, מערכת לזיהוי וסיווג כלי רכב, יחידה למדידת מהירות ויחידה לזיהוי מספר הרכב. כמו כן נתמכת המערכת בשילוט אלקטרוני. המערכת היא מתוצרת חברת CRS האנגלית. לאחר מדידת המהירות, קביעת העבירה וקריאת זיהוי הרכב, מועברת הוראה לשלט אלקטרוני בצד הדרך, שמודיע לנהג על עבירתו. המערכת יכולה להיות מלווה במתן דו"ח המופק אוטומטית, או שהיא יכולה לשמש לצורכי אזהרה בלבד.

המערכת הופעלה בהצלחה באנגליה באתר שבו בוצעו עבודות בכביש בדרך מהירה M20 ו-M1 באזור, שהמהירות המותרת בו הוגבלה ל- 50 מייל לשעה. לפני הפעלת המערכת הייתה המהירות הממוצעת בקטע כ- 58 מייל לשעה וכ- 80% מהנהגים ביצעו עבירה. לאחר הפעלת המערכת ירדה המהירות הממוצעת ל- 45 מייל לשעה ואחוז העבירות היה כ- 30%.

במחקר נוסף מאת Hook et. Al (1995) מדווח על שימוש במצלמות מהירות במחוז Oxfordshire באנגליה. מערכת של 5 מצלמות פועלת במחוז מאז 1993. מהירות הנסיעה של האחוזון ה- 85 באזורים של 100 קמ"ש פחתה ב- 6 קמ"ש, באזורים של 60 קמ"ש ב- 9 קמ"ש ובאזורים של 50 קמ"ש ב- 5 קמ"ש. המצלמות מוצבות בחלקן בנקודות קבועות וחלקן ניידות.

מערכת נוספת המפעילה מצלמות וידיאו מחוברת לאתרים קבועים. כ- 10 מערכות כאלו נרכשו מאז 1994. הכבישים שנבחרו הם בעלי מספר גבוה של תאונות או בעלי גורם תורם של מהירות. בכל האתרים הוצב שילוט תומך.

במחקר זה נמצא שמספר התאונות עם נפגעים ירד ב- 36%, ומספר הנפגעים בשנה ירד ב- 31%. אחוז התאונות הקשות והקטלניות ירד מ- 23.8% ל- 18.5%.

הולנד - אכיפת מהירות בדרך מהירה A2 - בשנת 1995 החליטו משרד התחבורה בהולנד ומשטרת התנועה להעלות את רמת הבטיחות בדרכים המהירות. בשנת 1996 הם יזמו פרויקט של אכיפה אוטומטית לחלוטין בקטע דרך מהירה A2 בין העיר אוטרקט לבין אמסטרדם (Van den Bosch & Groenendijk 1997).

המטרה הייתה –

- להפחית את משאבי המשטרה הדרושים ב- 40%.
- לגלות עבירות מהירות 7 ימים בשבוע ובמשך כל היממה.
- להפחית את מספר התאונות.
- להקים מערכת לעיבוד אוטומטי של דו"חות.
- לשפר את זרימת התנועה בקטע ולצמצם את שונות המהירות באמצעות בקרת מהירות מופעלת תנועה.

הפרויקט בוצע בקטע דרך מהירה A2 בכיוון אחד לאורך 3 ק"מ. 3 עמדות מדידה (אחת מעל כל נתיב) הוקמו בשלושה אתרים (סה"כ 9 עמדות מדידה). בכל עמדה מצולם הרכב במצלמת וידיאו וזמן המעבר נרשם. תמונת הוידאו מפוענחת ברזולוציה של 768 פיקס ו- 242 שורות. אם זמן המעבר בקטע קטן מן הזמן הדרוש למעבר הקטע במהירות המותרת, מפוענח גם מספר הזיהוי של הרכב (ברזולוציה 140 פיקסל ו- 40 שורות). אם המספר מפוענח בהצלחה, מוצא דו"ח נגד בעל הרכב. כל המידע הדרוש לצורך התהליך נאסף במחשב שבצד הדרך ומועבר למחשב מרכזי.

בקטע הדרך הנדון עוברים כ- 70,000 כלי רכב ביממה. לפני הניסוי מספר עבירות המהירות היה כ- 6%, דהיינו כ- 4200 עבירות ביום. לאחר הפעלת המערכת למשך כ- 6 חודשים ירד מספר העבירות לכ- 420 ביום, כ- 0.6%. המהירות הממוצעת בקטע פחתה מ- 115 קמ"ש ל- 106 קמ"ש וזרימת התנועה אחידה יותר. הרוב העצום של העבירות הוא בטווח של עד 140 קמ"ש, דבר המחייב קנס אדמיניסטרטיבי. כשני דו"חות בשבוע הם מהסוג של חריגה של 40 קמ"ש מעל המהירות המותרת, דבר המחייב הזמנה למשפט. הביצועים הטכניים של המערכת מרשימים. אחוז אי דיוק מדידת המהירות הוא 1% בקירוב. 99.75% מן המדידות מביאות לזיהוי אוטומטי (התאמת תמונת הרכב והתאמת

המערכת פותחה והוקמה בעלות של כ- 1 מיליון דולר והביאה להפחתה במשאבי המשטרה של כ- 4 מיליון דולר במשך חצי שנת הפעלתה. המערכת מתופעלת ופותחה ע"י חברת CSC ההולנדית. המערכת מזהה גם כלי רכב פרטיים וגם משאיות (אשר להן מהירות מותרת נמוכה יותר) והזמן בין ביצוע העבירה עד משלוח הדו"ח לבית ההוא כ- 7-10 ימים.

במחקר של Oei (1996) דווח על אכיפה אוטומטית של מהירויות באמצעות מצלמות בהולנד. בניסיון אחד שם הושגה הפחתה במהירות הממוצעת מ- 78 קמ"ש ל- 73 קמ"ש. אחוז העוברים על המהירות המותרת ירד מ- 40% ל- 10%, ומספר התאונות עם נפגעים ירד ב- 35%. בניסוי שני הושגה הפחתה של 4-5 קמ"ש במהירות הממוצעת ואחוז העוברים על המהירות ירד מ- 40% ל- 30%.

אוסטרליה - במדינת ניו-סאות-וויילס שבדרום מזרח אוסטרליה פיתחו מערכת אוטומטית לאכיפה של מהירויות נסיעה של משאיות (Safe-T-Cam).

כיום פרוסה המערכת לאורך שני צירי דרכים בניו-סאות-וויילס, המקשרים בין דרום המדינה לצפונה לאורך כ- 2000 ק"מ. מותקנות כיום מצלמות דיגיטליות תוצרת Kodak בעלות רזולוציה של 1.5 מגבייט של פיקסלים. כל מצלמה מכוונת לנתיב ומגובה בפלש אינפרה-אדום, המופעל בהתאם לצורך. עם מעבר הרכב, המערכת מצלמת תמונה ומזהה את מספר הרכב. הנתונים מאוחסנים באתר עד שמתקבלת דרישה להעברת הנתונים. הציוד שנמצא בכל אתר כולל יחידה לזיהוי וסיווג רכב; יחידה לקליטת התמונה; יחידה לזיהוי מספר הרישוי; ויחידה לאחסון והעברת המידע. בפועל מושג זיהוי מוצלח של מעל 90% של מספר רישוי הרכב. העברת הנתונים מבוצעת בקווי טלפון מסוג ISDN.

היחידה המרכזית אוספת מידע מיחידות השטח לשם עיבוד המידע, חישוב זמני הנסיעה, קביעת העבירות והוצאת הדו"חות. ע"י התאמת מספרי הרישוי וזמני המעבר ביחידות השונות ותוך ידיעת המרחקים ביניהן, מוציאה היחידה המרכזית הודעות לבעלי רכב. מוצאים דו"חות על עבירה לרכב שיש לו מספר זיהוי לא תקין, לרכב שיש לו מספר רישוי המופיע ברשימת המספרים לבדיקה, ולרכב שעבר את המרחק במהירות גבוהה מן המותר. לאחר זיהוי העבירה, המידע נשלף לשם אימות ידני לקראת הנפקת דו"ח.

לאחר הפעלת המערכת ניתן היה להבחין בירידה במספר התאונות שבהן מעורבות משאיות (Reid 1997).

מדינת ויקטוריה, אוסטרליה - ב- 1989 פיתחו תוכנית משותפת של משטרת ויקטוריה, משרד התחבורה, חברות ביטוח ורשויות מקומיות, שמטרתה לטפל בשיעור הגבוה של תאונות דרכים והרוגים. כחלק מהתוכנית החלו בהקמה של מערכות אכיפה אוטומטיות. זאת לאחר שהגיעו למסקנה כי מהירות מופרזת היא גורם מרכזי ל- 20% מהתאונות הקטלניות והקשות במדינה. סף המהירות במצלמות נקבע כ- 9 קמ"ש מעל המהירות המותרת.

במסגרת תוכנית האכיפה נעשה שימוש ב- 54 מצלמות מהירות של חברת Gasto אשר מופעלות ב- 2500 אתרים שנבדקו ואושרו לשימוש ברחבי המדינה. כל המכשירים הם ניידים וניתן לנתקם מרכב המשטרה. היקף השימוש הוא כ- 4000 שעות הפעלה בחודש. עם תחילת התוכנית היה אחוז עברייני המהירות כ- 23%. בנובמבר 1994 ירד שיעור עבירות המהירות ל- 2.9%. שיעור העבירות ירד מ- 80 עבירות לשעת מצלמה ב- 1990 עד 18 בשנת 1994.

מאז תחילת התוכנית ירד מספר ההרוגים בויקטוריה מ- 777 הרוגים ב- 1989 עד 378 הרוגים ב- 1994, ירידה של 51%. במקביל ירד מספר הנפגעים ב- 36%.

מדינת קווינסלנד, אוסטרליה - בתחילת 1997 הופעלה באופן ניסיוני תוכנית אכיפה. כ- 12,000 נהגים קיבלו הודעות על עבירות מהירות בצורת אזהרה ללא קנס כספי עם תחילת התוכנית. באותה תקופה הוגשו במקביל 13,000 דו"חות על עבירות מהירות באמצעים קונבנציונליים. מבצע רחב של פרסום, הדרכה ועלוני רבים הביא את שינוי המדיניות לידיעת הציבור.

מצלמות המהירות של חברת Gasto, שבהן נעשה שימוש בסרטים רגילים, מוצבות באופן אקראי בצדי הדרך. בדומה לאופן ההפעלה בויקטוריה, ההפעלה היא מתוך רכב משטרה או בצדי הדרך, אך לא בנקודות קבועות. חברת Redflex ספקה את מערכת פענוח התמונות האוטומטית מסוג TIPS. מערכת הפענוח האוטומטי בנויה לעבד כ- 450,000 דו"חות בשנה.

מדינת בריטיש קולומביה, קנדה - עפ"י הדגם האוסטרלי הוחל ב- 1995 ניסיון דומה בקנדה. היזם היה ממשלת המחוז, הממון הגיע מחברת ביטוח החובה והביצוע הוטל על חברה פרטית מארה"ב בשם ATS. הניסיון הקיף 30 מצלמות מהירות, המשתמשות בסרט, כלי רכב ומערכת לפענוח אוטומטי של צילומים אשר פותחה ע"י החברה.

המצלמות שבהן נעשה שימוש הן מסוג Autopatrol PR-100. המערכת מכילה ראדאר הפועל בתדר Ka (34.6 GHz) עם רמת דיוק של כ- 1%. המערכת מוצבת בזווית 22.5 מעלות לכביש. המצלמה מצוידת בעדשת זום 150 מ"מ, דבר המבטיח כיסוי רכב אחד בכל צילום. המצלמה עובדת עם סרטים באורך 30 מטר, דבר המקטין את תדירות ההחלפה. ניתן

נורבגיה - אחת העבודות הגדולות יותר להערכת יעילות האכיפה האוטומטית של מהירות הנסיעה בוצעה בנורבגיה ע"י Elvik (1996). נבדקו 64 קטעי דרך בין עירוניים בהם הותקנה אכיפת מהירות אוטומטית. הקטעים היו באורך כולל של 336.3 ק"מ עם נפחי תנועה שנעו בין 670 כ"ר ליממה עד 55,600 כ"ר ליממה. תקופות ההשוואה היו כ- 4 שנים לפני ואחרי ההתקנה. המצלמות הועברו מאתר לאתר.

הקטעים נבחרו עפ"י 3 קריטריונים :

-שעור התאונות – כדי שקטע יהיה מועמד לאכיפה אוטומטית צריך ששיעור התאונות בו יהיה גבוה מהשיעור הרגיל לקטע מסוג זה.

-צפיפות התאונות – קטע צריך שיהיה בו לפחות 0.5 תאונה עם נפגעים לק"מ לשנה.

-קריטריון המהירות - צריך שהמהירות הממוצעת בקטע תהיה גבוהה מהמהירות המותרת.

תוצאות המחקר מראות שהושגה הפחתה של 20% במספר התאונות עם נפגעים. מספר התאונות עם נזק בלבד פחת ב- 12%. בקטעים שעמדו ב- 2 הקריטריונים הראשונים הושגה הפחתה של 26% בתאונות עם נפגעים. בקטעים שלא עמדו באף קריטריון הושגה הפחתה של 5% בלבד. היחס עלות-תועלת של התקנת המצלמות היה 1:7 במונחים כלכליים של נורבגיה.

ארה"ב - Block (1998) ערך ניסויים בארה"ב שבהם השווה בין הצבת מצלמות להצבת שילוט אלקטרוני מגובה במצלמות. הממצאים מראים כי בשתי השיטות הושגו תוצאות חיוביות. מהערכות הכדאיות הכלכלית עולה כי השימוש בשילוט אלקטרוני שמגובה באכיפה אקראית יעיל יותר.

5. אכיפה אוטומטית של עבירות אור אדום

מצלמות אור אדום מחוברות למערכת בקרת הרמזור, ומאפשרות לצלם באופן אוטומטי כ"ר שנכנסים לצומת באור אדום. בדרך כלל נהגים נכנסים לצומת 1-2 שניות לאחר הדלקות האור האדום, ורוב המצלמות מתוכננות להתחיל לצלם נהגים רק לאחר 2 שניות מהתחלת פאזת האור האדום.

מצלמות אור אדום התגלו כאמצעי יעיל לאכיפת חציית צומת באור אדום. Chin (1989) מצא שמצלמות מפחיתות את החצייה באור אדום ב- 40%. מחקר אנגלי ('County Surveyors' Society 1990) מצא שמספרן של עבירות אור אדום באתרים עם מצלמות פחת ב- 55%.

מחקרים שמנסים להעריך את מידת ההשפעה של מצלמות אור אדום בצמתים מרומזרים, מדווחים לרוב על ירידה בתאונות בפניה ימינה. South et al (1988) מדווח על ירידה כוללת של 6.7% בתאונות מכל הסוגים בצומת, וירידה של 10.4% בתאונות עם פצועים באתרים עם מצלמות אור אדום. דעה מנוגדת מוצגת ע"י Andreassen (1995). מבדיקות שערך ב- 41 צמתים מרומזרים בויקטוריה, אוסטרליה, בשנים 1979-1989, עולה שהתקנת מצלמות אור אדום לא הביאה לירידה במספר התאונות.

רוב החוקרים סבורים כי במונחים של עלות-תועלת התקנה של מצלמות אור אדום הינה בעלת תועלת כלכלית. South et al (1988) העריכו על סמך עלויות של תאונות בויקטוריה, שיחס תועלת-עלות הוא 2.7:1. ממחקר שערך Lawson (1992) באנגליה עולה כי עלויות ההתקנה והתחזוקה של מצלמות אור אדום מכוסות תוך שנה אחת ע"י החסכון מעלויות תאונות.

ממחקר שנערך בפינלנד ע"י Anila and M'kinen (1998) עולה כי קיימת השפעה של אכיפה אוטומטית של חציית צומת באור אדום על מהירות הנסיעה בצומת, ועל תדירות החלפת נתיבים בו. המידע נאסף ב- 12 צמתים מרומזרים – מתוכם 4 בכבישים פרברים עם הגבלת מהירות ל- 70 קמ"ש, 3 בכבישים פרברים עם הגבלת מהירות של 60 קמ"ש, ו- 5 בכבישים עירוניים עם הגבלת מהירות של 50 קמ"ש. 5 מהצמתים נבחרו כצמתי בקרה. ניתוח של נתוני הצילום לאחר שנה לא הראו ירידה במספר חציות צומת באור אדום, אולם ההשפעה על המהירויות הייתה ניכרת ועקבית בכל האתרים עם המצלמות, והסתמנה במהירויות מגמת ירידה. ההשפעה הייתה גדולה במיוחד על אלו שנסעו במהירויות גבוהות יותר. מספר החלפות הנתיבים פחת משמעותית וכמו כן מספר הקונפליקטים. יחד עם זאת כמות המידע שנאסף במשך שנה הייתה קטנה מדי מכדי להסיק מסקנות מהימנות לגבי ההשפעה על רמת הבטיחות.

6. מערכות אכיפה בישראל

כיום אוכפים מהירות במתנ"א באחת מ- 4 שיטות:

• באמצעות ממא"ל מסוג KR11.

• באמצעות ממל"ז (מכשיר לייזר).

• באמצעות ממא"ל מסוג 6F המצלם את מספר המכונית, ואת העוצר את הרכב העבריין הרושם לו דו"ח.

• באמצעות 6F בשיטה אוטומטית, כאשר הדו"חות מוצאים ע"י מענ"א ונשלחים למענו של בעל הרכב.

לכל אחת מן השיטות יתרונות וחסרונות משלה :

ה- KR11 זול ופשוט להפעלה. הוא אינו "מנציח" את העבירה, אולם גם אינו דורש גיבוי של מעבדת פיתוח צילומים. חסרונו העיקרי בכך שלא ניתן לרשום בו דו"חות לרכב בכיוון הנסיעה, כתוצאה מכך מוגבל השימוש בו לכבישים חד מסלוליים. מכשיר הממלי"ז נמצא כיום בשימוש נרחב. הוא זול יחסית, יעיל, אך דורש הפעלה ידנית ועצירת הנהג. יש כיום פיתוח של ממלי"ז אוטומטי.

ה- 6F ניתן להפעלה רק כשהרכב ניח, אך לא בזמן נסיעה, ולכן הוא מתאים בעיקר לשימוש ברכב סמוי. מחירו יקר בהרבה מזה של ה- KR11, אולם הוא מספק תמונה שיכולה לשמש עדות בבית משפט.

אכיפה ידנית עם אתת ב- 6F דורשת שני שוטרים לפחות, בדרך כלל שתי ניידות, ויש בה סיכון מסוים לאתת. יתרונה של אכיפה ידנית הוא בבולטות שלה – עצירת המכונית והמגע עם האזרח נצפים ע"י מספר רב של מכוניות. בנוסף אפקט ההרתעה שלה הוא מיידי ולכן יעיל יותר.

לעומתה אכיפה אוטומטית נעשית בדרך כלל ברכב סמוי, כך שהיא בעלת בולטות נמוכה. בנוסף הנהג העבריין מקבל את הדו"ח רק 6 חודשים עד שנה לאחר ביצוע העבירה כך שאפקט ההרתעה קטן, מה גם שלעיתים קשה לזכור, לאחר זמן רב כל כך, מי נהג ברכב. יתרונה הגדול של אכיפה אוטומטית הוא שהיא מאפשרת אכיפה מסיבית בהוצאות קטנות יחסית.

שתי מערכות נוספות המופעלות בארץ הן מערכת המרום ומערכת תלם.

מערכת המרום - המערכת מורכבת משתי קרניים אינפרה אדומות הנשלחות אל מחזירי אור מיוחדים הטמונים במסעה. חציית הקרניים נותנת את מהירות הרכב והרכב מצולם בוידאו. המערכת יכולה לשמש הן למדידת מהירות מותרת והן למדידת מרווח בין כלי רכב. המערכת מבחינה בין סוגי רכב על פי אורכם וקולטת את כל הנתונים. השוואת נתונים שנערכת ע"י יצרן המערכת ב- 1993 מראה כי מספר הדו"חות שמשטרת ישראל הפיקה מ- 20 יחידות Multanova F-6 בשנת 1993 היה 28,002, וזאת לעומת 65,801 דו"חות באמצעות שתי מערכות מרום. המרום מפיק באופן אוטומטי דו"ח אשר קביל בבית משפט (Kedmi & Langer 1996).

מערכת תלם של חברת Tracon - מערכת זו פותחה ע"י חברת Tracon והיא דומה למערכת המרום. ההבדל העיקרי הוא בחיישנים אשר במערכת זו הם חיישנים פיסיים הפרוסים לרוחב הנתבי. המערכת מבדילה בין כיווני הנסיעה ואף היא מצלמת את העבירה בווידיאו. גם מערכת זו מודדת מהירות ושמירת רווח בין כלי רכב, ומנפיקה דו"ח בצורה אוטומטית.

6.1 מגבלות

כיום ישנם מספר חסמים על כמות הדו"חות שאפשר לרשום, שהעיקריים בהם - קיבולת של מערכת המשפט, קיבולת מענ"א וקיבולת מעבדת הצילום. השניים האחרונים הם בתוך המערכת המשטרית, כך שניתן ביתר קלות לשנות אותם אם יוחלט כך.

שאלת המינון הנכון בין אכיפה אוטומטית לאכיפה ידנית בישראל היא נושא למחשבה ודיון. גם בחירת מכשיר האכיפה אינה טריוויאלית ואין מכשיר אחד עדיף בכל תנאי, אלא יש להתאים את סוג המכשור ואת סוג האכיפה לסוג הקטע ותנאי הדרך.

בתנאים הנוכחיים מוצע לעבור בהדרגה לפרופורציה גבוהה יותר של אכיפה אוטומטית ולפעול לזירוז וייעול המערכת, כך שזמן הטיפול בדו"חות אוטומטיים יתקצר במידה ניכרת וצווארי הבקבוק ישוחררו.

השימוש באכיפה אוטומטית מותנה בהסברה נלווית, כדי לפצות על חוסר הנראות, ובזמן טיפול קצר.