

## חזון למערכות תבוניות לתחבורה לשנת 2020

מסמך זה מציג את מדיניות משרד התחבורה לקידום מערכות תבוניות לתחבורה (מת"ת) – (ITS). המסמך נכתב ע"י זאב שדמי, ראש תחום מחקר ופיתוח טכנולוגי ביחידת המדען הראשי (shadmiz@mot.gov.il), בהנחיית פרופ' יוסי פרשקר (prashkerj@mot.gov.il), המדען הראשי של משרד התחבורה והבטיחות בדרכים.

### מבוא

כבר כיום ישראל נחשבת כמדינה צפופת אוכלוסיה ורוויות כלי רכב לכל ק"מ כביש, אך עדין מספר התושבים וכלי הרכב נמצא במגמת עליה. בשנת 2020 צפויה אוכלוסיית ישראל למנות 8.5 – 9 מליון נפש. גם אם יואט קצב עליית רמת המינוע שהיינו עדים לו בשנים האחרונות, מספר כלי הרכב עשוי להגיע בשנת 2020 ל-2.9 – 3.0 מליון, לעומת 2.3 מליון בשנת 2007. כלומר: ישראל תהיה מדינה הרבה יותר צפופה! הן ביחס לשנת 2007 והן ביחס למדינות הצפופות ביותר באירופה (הולנד ובלגיה).

הגידול העצום בביקוש לנסיעות שהיינו עדים לו לאורך השנים, ביחד עם ירידת חלקה של התחבורה הציבורית מתוך כלל הנסיעות, גורמים לקשיים רבים לספק את רמת השרות הנדרשת. לכל אלו נלווה גידול בלתי נסבל בהשפעות הסביבתיות השליליות של מערכת התחבורה. מערכת תחבורה יעילה היא תנאי הכרחי לקיום כלכלה משגשגת וחברה איכותית, בגלל התרומה של מערכת התחבורה לפריורן במגזר העסקי, המשקל של ענפי התחבורה בתוצר הלאומי, ומשקלם של ענפי התחבורה בתעסוקה. לאחר שנים רבות של השקעות גדולות בשיפור תשתית הדרכים בישראל, מגיעים לשלב שבו לא ניתן להמשיך לנגוס נתחים נוספים מהשטחים הפתוחים לטובת דרכים: בטווח הארוך הביקוש יגדל מהר יותר מאשר היכולת להגדיל את ההיצע.

כל אלו מביאים להכרה שנדרשת גישה שונה לחלוטין להתמודדות עם אתגרי מערכת התחבורה בעתיד - גישה "פיתוח הרציונאלי", או במינוח אחר "פיתוח בר קיימא".

### השפעות מקרו של מערכת התחבורה

ההתפתחות המהירה של מערכת התחבורה היבשתית גרמה בכל העולם וגם בישראל למספר השפעות שליליות על הכלכלה, אורח החיים והסביבה. חומרת הבעיות מחייבת שינוי מגמות אלו, בדרך שמקובל לכנות "פיתוח בר קיימא", השומרת על איזון בין צרכי הפיתוח והמקורות הטבעיים בטווח הארוך, תוך כדי הגנה על ערכי איכות החיים והסביבה, הנוף והשטחים הירוקים.

להלן סקירת קצרה של ההשפעות הסביבתיות של מערכת התחבורה.

#### השפעות הגודש

לאורך השנים חלה עליה בנסועה, הן כתוצאה מעליה במספר הנוהגים וכלי הרכב, והן כתוצאה מגידול במספר הנסיעות ובאורך הנסיעות הממוצע לנפש. אחת התוצאות של הגידול בנסועה היא הגודש. מצבי גודש שגרתית שכיחים במספר רב של קטעי דרך, כתוצאה מתנועה של יוממים. כמו כן מתרחשים לעיתים קרובות גם מצבי גודש לא שגרתית כתוצאה מארועים אקראיים כמו תאונות, אתרי עבודות וכדומה, בגלל שהתנועה בחלק גדול מהדרכים קרובה לגבול הקיבולת של הדרך במשך שעות רבות ביממה. מצבי גודש גורמים להאטת התנועה, לגידול בזמן הנסיעה, לעלית תצרוכת הדלק ולגידול בפליטת מזהמים (פרוט נוסף בהמשך). הגודש הוא מקור לאי יעילות כלכלית – עלות הגודש מוערכת בין 0.5% ל-1% מהתמ"ג באיחוד האירופי (בישראל אין אומדן, אך כנראה האחוז דומה). התארכות זמני הנסיעה גורמת גם לשינויים באורח החיים – פחות זמן מוקדש לבילוי במשפחה, לפעילות חברתית ולפעילות ספורטיבית.

**זיהום אוויר**

התחבורה היבשתית היא המקור לחלק גדול מהמזהמים הנפלטים לאוויר: פחמן חד חמצני (CO), תחמוצות חנקן (NOx), פחמימנים (HC) וחלקיקי פיח. הריכוז הגבוה ביותר של מזהמים אלו מופיע במרכזי הערים, והשיעורים הגבוהים ביותר נמדדים באותן שעות שבהן התנועה הרבה ביותר (יוממות בוקר ואחה"צ). כל אלו הם גורמים למחלות ראה ולסיבוכים הנובעים מהם, וחלקם נחשבים כגורמים מסרטנים. לפי מספר הערכות, התמותה הנובעת מהשפעות זיהום אוויר בישראל היא כפולה מזו הנגרמת ע"י תאונות דרכים.

**שימושי קרקע**

מערכת הדרכים צורכת שטחי קרקע גדלים והולכים ככל שעולה הדרישה לרמת שירות וקיבולת. רוחב רצועת זכויות הדרך של דרך בינעירונית מהירה יכול להגיע ל-100 מטר. מחלפים צורכים שטחי קרקע גדולים, דווקא במקומות שבהם יש להם שימושים אלטרנטיביים אחרים. דרכים מודרניות ברמת שירות גבוהה מחייבים פגיעה בערכי נוף וחסמת אזורים שלמים למעבר של בעלי חיים.

השפעה עקיפה נוספת היא השינויים שחלים לאורך זמן בפריסת שימושי קרקע, כתוצאה מנגישות (או העדר נגישות) הנובעים ממערכת התחבורה. כך, שיפור רשת הדרכים המהירות בסביבת המרכז המטרופוליני גורם להמשך הנטייה ליציאת מקומות עבודה, עסקים ומגורים צמודי קרקע העושים שימוש ברכב פרטי, אל מחוץ לעיר, וכתוצאה מכך לגידול נוסף בנוסעה – מעגל קסמים המזין את עצמו.

**תאונות דרכים**

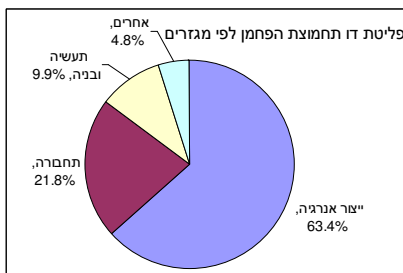
בישראל נהרגים מדי שנה למעלה מ-400 איש בתאונות דרכים, וכמה מאות נוספים נפצעים באופן קשה ונותרים נכים לצמיתות. הנזק הכלכלי מתאונות הדרכים נאמד ב-2% מהתמ"ג – שיעור דומה לזה שבמדינות המפותחות.

מגמת השיפור שחל ביחס שבין מספר ההרוגים בת"ד והנסועה לאורך השנים, כפי שניתן לראות בישראל, כמו גם בכל המדינות המתקדמות, נובעת בעיקר משיפורים בתשתית (דרכים בסטנדרד בטיחות גבוה, מחלפים, מערכות בקרת תנועה) וכן משיפורים בטיחותיים בכלי הרכב (מבנה סופג אנרגיה, חגורות בטיחות, כריות אוויר, ABS ולאחרונה גם ESP).

למרות שיפורים אלו, המחיר החברתי והנזקים הכלכליים של תאונות הדרכים ממשיכים להיות גבוהים מדי, ותמיד ימשיכו להוות יעד מרכזי למדיניות התחבורה.

**גזי חממה**

גזי החממה העיקרי הוא פחמן דו-חמצני, הנוצר בעיקר כתוצאה משריפת דלקים ממקורות מאבנים (נפט ופחם). התחבורה היבשתית תורמת לכ-20% מסך כל ה-CO2 הנפלטים בישראל. ישראל מחויבת על פי אמנות בינלאומיות ליעדי הפחתה של פליטת גזי חממה.



**השפעת מחירי דלק על מערכת התחבורה**

הדלק מבוסס נפט גולמי ימשיך גם בשנת 2020 להיות המניע העיקרי של התחבורה היבשתית הלא-מסילתית. שוק הנפט העולמי יקשה על הבטחת האספקה ויעלה את מחיר הדלק מכמה סיבות: (1) גידול עצום בביקושים, בעיקר מצד המעצמות הכלכליות העולות סין והודו (2) הנפט הגלמי יהיה כלי בידי המדינות המפיקות לקידום שאיפות אסטרטגיות (3) שאיפת המפיקות למקסם את הכנסותיהן ממכירתן לצרכניות הנפט (4) בחלק מהמדינות המפיקות קיימים משטרים לא יציבים או עוינים למערב. התוצאה תהיה מגמה של גידול ניכר במחיר הנפט הגלמי, וכמו כן יהיה המחיר נתון לתנודות ואי הודאות. במצב זה, המאמץ למצוא מקורות אנרגיה חלופיים ולהקטין את התצרוכת של הנפט הגלמי יהיו צורך אסטרטגי וכלכלי ראשון במעלה.

תהליך זה יביא להתייקרות גדולה של הבנזין והסולר לרכב, ולהתפתחות טכנולוגיות לייצור דלקים חלופיים (על בסיס צמחים, ניצול פצלי שמן), לשימוש בגפ"ם, להתרחבות השימוש בטכנולוגיות של הנעה חשמלית, היברידית או מלאה, וכן תאי דלק (ריאקציה של מימן וחמצן עם אדי מים כתוצר פליטה).

עם זאת, בשנת 2020, תהיה עדין הדרך הזמינה והיעילה ביותר להקטין את השימוש בדלק על בסיס נפט לשפר את יעילות ניצולו, בשלוש דרכים עיקריות: (1) מנועי בנזין/דיזל יעילים יותר, (2) פיתוח רכב היברידי המשלב מנוע בנזין/דיזל יעיל עם מנוע חשמלי, ו-(3) מיתון צורת הנהיגה - הימנעות מתאוצות גבוהות ובלימות חריפות, ביחד עם מהירות נסיעה איטית יותר. מיתון הנהיגה עשוי להביא לצמצום צריכת הדלק של 10% - 20%, ללא כל שינוי במנועים.

עשוי להתפתח שוק למערכות ניהול נהיגה חסכונית ובקרת תצרוכת הדלק, אם כמערכות נפרדות ואם כחלק ממערכות לניהול ציי רכב (מסוג "עוזר נהג אלקטרוני").

### **תפיסות חדשות המשפיעות על תכנון התחבורה**

הגישה החדשה לניהול מערכת התחבורה מבוססת על שינוי שלוש פרדיגמות, כלהלן.

הפרדיגמה הראשונה שהשתנתה היא ההכרה שלא ניתן לשפר באופן מתמיד את היצע מערכת התחבורה ע"י הגדלת מספר הדרכים או ממדיהן הפיסיים, ולכן תוספת קיבולת תוכל להיות מושגת בעתיד רק ע"י ניצול יעיל יותר של התשתית הפיסית הקיימת.

הפרדיגמה השנייה שהשתנתה – העדפת התועלת הציבורית על פני הזכויות האינדיבידואליות לניידות. גישת מתכנני התחבורה בעבר הייתה מאמץ להיענות לרצונו של כל פרט לניידות כמעט בכל מקום ובכל שעה. לפי הפרדיגמה החדשה, נוצרה הכרה שיש להעדיף השגת אופטימום חברתי על פני הזכות האינדיבידואלית לניידות בכל תנאי. כלומר, הובן שחייבים לפגוע בחופש הבחירה של הפרט במידה מסוימת, כדי למנוע קריסה של מערכת התחבורה בשעות ביקוש שיא בגלל הפער שבין הביקושים ליכולת לספק אותם.

המשמעות של בחירה זו היא שהרשויות המנהלות את מערכת התחבורה בישראל יפעלו בדרך של בקרה על הביקושים לאמצעי תחבורה לשימוש אינדיבידואלי מצד אחד, והצעת חלופות יעילות יותר מבחינה חברתית מצד שני. האחריות של הממשלה לצורך של אנשים להגיע ממקום למקום תפורש בדרך חדשה: לא ניתן יותר לספק את דרישות הנגישות באמצעות הרכב הפרטי בשעות הגודש ובמרכזי המטרופולינים. לכן, **יש להעדיף תחבורה ציבורית על פני כלי רכב פרטיים.**

הפרדיגמה השלישית שהשתנתה היא היחס לבטיחות בתחבורה ולאיכות הסביבה, והעדפתם על פני שיקולים אחרים או זכויות אינדיבידואליות שונות. הועדפה קדושת החיים וההגנה על בריאות משתמשי הדרך על פני קדושתן חרויות מסוימת. לשינוי זה נדרשת הסכמה חברתית שתגובה באמצעים משפטיים לחובה לקיים מספר כללים ובכללם זיהוי המשתמשים במערכת התחבורה, על פני המשך הגנה מלאה על אנונימיות מלאה של הנהג ובעל הרכב, וכן חרויות הפרט לניידות בכל אמצעי, בכל מקום ובכל זמן.

במשך שנים רבות מתקיימים ויכוחים בציבור ובקרב אנשי המקצוע לגבי הצורך בשינוי המדיניות. מגבלות טכנולוגיות היו אחד החסמים שמנע אפשרות להציע מדיניות חלופית. אך החל מסוף המאה העשרים הביאה הטכנולוגיה המתקדמת, בתחום המיחשוב, התקשורת והחישה מרחוק, ליצירת אפשרויות לממש את הגישה החדשה ולהציע פתרונות שונים לבעיות התחבורה. ענף זה זכה לכינוי הכוללני "מערכות תבוניות לתחבורה" ( Intelligent Transportation Systems ), או "Transportation Telematics".

### **עיקרי מדיניות התחבורה היבשתית**

חשוב להבהיר כי מערכות תבוניות לתחבורה אינן מטרה בפני עצמה – מערכות אלו נועדו לשרת את המטרות והיעדים של מערכת התחבורה, כפי שהם באים לידי ביטוי במדיניות התחבורה – היינו, להבטיח נגישות ורמת שירות, בתהליכי פיתוח בר קיימא.

עיקרי המדיניות של התחבורה היבשתית גובשו במסמך<sup>1</sup> משנת 1999, ולהלן הנקודות המרכזיות בה, הרלוונטיות גם היום:

- לא ניתן יותר להבטיח נגישות ורמת שרות ללא מעבר נוסעים משמעותי מרכב פרטי לתחבורה ציבורית - על מנת ליצור מערכת תחבורה יעילה (במונחי עלות ורמת שרות), ישראל חייבת לפתח את התחבורה ציבורית ולהגדיל את נתח השוק של התחבורה הציבורית;
- לפתח את התחבורה המסילתית המודרנית והמהירה בכל רחבי המדינה. במישור החוף כולו יתבסס שלד מערכות התחבורה על רשת המסילות שעליה יפעלו רכבות באופן משולב ומתואם במערכת הבינעירונית, המטרופולינית, הפרברית והעירונית;
- בארבעת הריכוזים המטרופולינים ייבנו בשלבים מערכות עתירות נוסעים שיתבססו על מערכות הסעה מסילתית ואוטובוסים שיקבלו זכויות בלעדיות בתשתית. התנועה למרכזי המטרופולין תתבסס על הסעה עתירת נוסעים זו. מרכזי הערים יתוכננו בהתאם.
- מדיניות התחבורה מכירה בכך שלשם השגת יעילות כלכלית ותחבורתית, יש חשיבות רבה לחידוש ערים קיימות וחזקן ולפיתוח מרכזי עסקים ומגורים לאורך צירי מערכות הסעה עתירות נוסעים ומסביב לתחנות;
- למרות שהמדיניות המוצעת מטרתה לעודד את השימוש בתחבורה הציבורית, עדיין אחוז ניכר מהנסיעות יבוצע ברכב פרטי, למעט בנסיעות למרכזי מטרופולינים ולמרכזי ערים בינוניים. היקף השימוש ברכב פרטי יבוקר לגובה מגבלת הקיבולת של תשתית הדרכים והקיבולת הסביבתית באמצעים של ניהול הביקוש;
- המשאית תהיה כלי התחבורה העיקרי להובלת המטענים ברמה הארצית;
- על מנת למנוע את עליית זיהום האוויר מתחבורה, יוכנסו לשימוש מנועים יעילים יותר, כלי רכב קטנים וקלים, ואנרגיית הנעה אחרת, כגון: חשמל.

#### **יעדים ומטרות מרכזיות למערכות תבוניות לתחבורה**

**מערכות תבוניות לתחבורה יהיו מרכיב חשוב ומרכזי בהשגת היעדים המרכזיים של מערכת התחבורה, בכל התחומים, כלהלן:**

**שיפור השרות**, ע"י (1) תכנון וניהול מערכת תחבורה העונה בצורה הטובה ביותר על צרכי המשתמשים, (2) שימוש יעיל בתשתית הפיסית על מנת להגדיל ככל האפשר את הקיבולת, (3) ניהול ביקושים באמצעות אגרות שימוש ואגרות גודש (4) מתן מידע מדויק ואמין למשתמשים בכל מגוון אמצעי התחבורה ו-(5) הגדלת האמינות של שרותי התחבורה.

**שיפור היעילות התפעולית**, ע"י (1) כלים המאפשרים למפעילים ניהול ושליטה אפקטיביים על ציי רכב (2) אמצעים לניטור ושליטה לשימושם של מפעילי דרכים (3) טכנולוגיות ואמצעים לעזרת המשתמשים בתחבורה.

**שיפור הבטיחות והבטחון בתחבורה**, ע"י (1) שיפור הבטיחות האקטיבית ברכב ובדרך, (2) זיהוי אוטומטי של תאונות ואירועים ו-(3) כלים לשימוש רשויות הממומנות על הבטחון בתחבורה.

**הפחתת הנזקים הסביבתיים של מערכת התחבורה**, ע"י (1) הסדרת תנועה זורמת, עם מעט עצירות והאצות, (2) הקטנת השכיחות של מצבי גודש ו-(3) יצירת כלים להשפעה על מעבר לאמצעי תחבורה ציבורית.

<sup>1</sup> מבוסס על "מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית למדינת ישראל", משרד התחבורה, אוגוסט 1999, וכן על טיוטה לדיון של מהדורה שנייה שטרם פורסמה;

## אתגרים מרכזיים למערכת תבונות לתחבורה לשנת 2020

### 1. ניהול ובקרת תנועה

#### מרכזי ניהול ובקרת תנועה



התנועה בישראל תבוקר באמצעות מרכז בקרה ארצי, שיופעל ע"י החברה הלאומית לדרכים, בתאום עם מרכזי בקרה מטרופולינים בכל אחד מהמטרופולינים הגדולים – תל אביב (גוש דן), חיפה וירושלים, וכן מרכזי בקרה אזוריים אחרים.

מערכת תקשורת מתקדמת, פרוטוקולים ותקנים אחידים יקשרו בין כל המרכזים ויאפשרו העברת מידע תנועתי בין מרכזי הבקרה, והעברת שליטה על אמצעים לצורך טיפול בתקלות, ארועים חריגים ומצבי חירום.

כל אחד מהמרכזים יוכל לקבל תמונה מלאה על מצב התנועה, ולתאם את פעולותיו עם המרכזים השכנים לו, בהתאם לתנאי התנועה.

מרכזי הבקרה ינהלו גם את תחזוקת המערכות (יחידות קצה ותקשורת) באמצעות כלי ניטור אוטומטיים ושגרות של פעולות תחזוקה.

#### רשת הדרכים הבינעירוניות

משתמש הדרך המתכנן נסיעה בינעירונית לכל מטרה שהיא יוכל לקבל בביתו מידע מדויק ואמין על הדרך היעילה והנוחה ביותר להגיע למטרתו, בהתחשב בעבודות בדרך ובמצב התנועה החזוי למועד נסיעתו, על מנת לקבל החלטות לפני היציאה לנסיעה.

במשך הנסיעה מצפה משתמש הדרך לתנועה שוטפת, במהירות נוחה ובטוחה, תוך אפשרות לחזות בדיוק סביר את מועד הגעתו ליעד. בשעות שיא בוקר ואחר הצהרים ניתן אמנם לצפות לגודש רב יותר ולכן לתנועה איטית יותר, אך עדין תתאפשר בתנאים רגילים נסיעה רצופה, ללא קטעים המאופיינים ע"י "Stop and go".

הנוהג בדרך יקבל מידע בזמן אמיתי על ארועים ותאונות דרכים הרלוונטיים לכוון נסיעתו, אשר גורמים להפרעות בתנועה, במקום ובמועד שיאפשרו לו לשנות את תכנית נסיעתו. הרשויות מנהלות התנועה יפעלו באופן מהיר ויעיל לטפל במפגעים וארועים, כך שתצומצם למינימום ההפרעה שגורמים ארועים אלו לשטף התנועה.

רמת הבטיחות בדרכים הבינעירוניות תהיה לפחות שווה לזו המקובלת בארצות המובילות בתחום זה בעולם. כאשר יתרחשו תאונות, יפעל מערך פינוי, חילוץ והצלה יעיל שיוכל להביא כל נפגע, מכל מקום בארץ, בתוך פחות משעה למרכז רפואי מתאים.

רשת הדרכים הבינעירוניות תכלול רובד עליון של מערכת דרכים מהירות שתכלול דרכי אורך (צפון – דרום) ודרכי רוחב היוצרות רשת. כל הדרכים ברובד העליון יהיו במתכונת כבישים מהירים, כלומר כבישים דו-מסלוליים רב נתיביים, עם מחלפים. חלק מהדרכים יסללו ויופעלו על ידי זכיינים בשיטת BOT או בווריאציה אחרת של PPP.

כל הרשת תהיה תחת שליטה ופיקוח של מרכז הבקרה הארצי שיופעל ע"י החברה הלאומית לדרכים. למרכז הפיקוח והבקרה יהיה מידע מלא ומדויק על מצב התנועה בכל הרשת. המרכז ייצור תמונת תנועה מלאה תוך שימוש במידע שיתקבל ממגוון של מערכות ואמצעים: רשתות התקשורת הסלולארית, קבלת מידע מכלי רכב המצוידים בעוזר נהג אלקטרוני, גלאי מכ"ם, וידיאו, עיבוד מידע ממצלמות מהירות, גלאים שונים אחרים שיותקנו בדרך וכן יקבל מידע תנועתי ממרכזי בקרה של מפעילי תשתית אחרים.

מרכז הבקרה יוכל לשלוט במידה מסוימת על הכוונת התנועה ברשת באמצעות העברת מידע בשלטים ותמרורים מתחלפים, ובאמצעות מערכות המידע לנהג ברכב.

מרכז הבקרה יזהה את רוב האירועים החריגים, כמו כלי רכב תקועים ותאונות, באופן אוטומטי, באמצעות מערכות הניטור. חלקים קריטיים ברשת יהיו תחת תצפית של מצלמות CCTV שיאפשרו זיהוי נוסף ע"י המפעילים בחדר הבקרה של מהות הארועים, לצורך קבלת החלטות על אופן הטיפול בהם.

הרובד הבא של מערכת הדרכים הבינעירונית הוא רובד הדרכים הראשיות שאינן דרכים מהירות. חלק גדול מהצמתים עתירי התנועה בדרכים אלו יהיו מרומזרים. מערכות הרמזורים יכללו אלמנטים של ניטור התנועה וניהול אדפטיבי אוטומטי של תזמון הרמזורים במטרה לשפר את הבטיחות ואת הקיבולת בצמתים. בדרכים שבהם נפחי התנועה גדולים או שקיימות בעיות בטיחות, יותקנו מערכות ניטור תנועה, מידע לנהג וזיהוי אוטומטי של ארועים.

**בכל הרשת תופעל מערכת לזיהוי ותיעוד אוטומטי של עבירות תנועה ויותקנו יחידות קצה נייחות של מדידת מהירות וציות לרמזורים.**



באתרי עבודות בדרך יונחו אמצעים נפרסים לניטור תנועה – גלאים מסוגים שונים, ואמצעים להכוונת תנועה, כמו תמרורי הגבלת מהירות משתנה לפי מצב התנועה ושלטי מידע מתחלף. גם אמצעים נפרסים אלו יהיו מקושרים בתקשורת למרכזי בקרת תנועה, כך שהן המידע הנאסף והן הנחיות הבקרה יהיו מתואמים עם התנועה בכל הרשת.

**פרוזדורי כניסה למרכזים מטרופולינים**

דרכי הגישה למרכזים המטרופולינים הם צוואר הבקבוק של מערכת הכבישים. משתמשי הדרך הנוסעים למקום עבודתם/לימודיהם מצפים לשיפור משמעותי בזרימת התנועה בשעות העומס, לאחר הגידול העצום שיחול בתנועת הרכבות ולאחר שכבר יכנסו לשימוש מערכות עתירות נוסעים פרבריות חדשות. לצורך כך, יופעלו בכניסות למטרופולינים אמצעים מגוונים לניהול הביקושים, במיוחד בשעות הגודש בבוקר, וכן ביציאה בשעות הגודש של אחה"צ.

בחלק מהדרכים יוקצו נתיבים בלעדיים לתחבורה ציבורית. השליטה על הנתיבים הבלעדיים תהיה באמצעות הפרדה פיסית וכן ע"י ניטור ושילוט/תמרור מתחלף שיתבצע ממרכז הבקרה המטרופוליני.

תיושם תכנית לגבית אגרת גודש בדרכי הכניסה לערים. מערכת הגביה תופעל תוך כדי נסיעה במהירות הרגילה, באמצעים אלקטרוניים מתקדמים כמו תקשורת אלחוטית לכלי רכב בעלי מוניים שיהיו מצוידים ביחידה ברכב (OBU), או ע"י צילום לוח הרישוי כדי ליצור הודעת חיוב באופן אוטומטי לבעל הרכב (פרוט נוסף בפסקה על תשלום עבוד שימוש בדרך).

כל פרוזדורי הכניסה העורקיים לערים יפוקחו ע"י מרכזי הבקרה המטרופולינים באותם כלים שנסקרו לעיל: אמצעים לניטור התנועה, לזיהוי ארועים, ליצירת תמונת מצב התנועה, העברת המידע לפני היציאה לדרך ולכלי הרכב בזמן אמיתי. במקומות שבהן קיימת אפשרות פיסית יונהגו נתיבים מתחלפים – בוקר לכניסה לעיר ואחר הצהרים ליציאה ממנה. כמו כן יותקנו מערכות תמרורים מתחלפים לשינוי המהירות המרבית המותרת בהתאם למצב התנועה.

**ניהול תנועה עירונית**

במרחב העירוני מתקיימות פעילויות כלכליות, חברתיות ופרטיות הזקוקות לניידות ונגישות. החיות של המרחב העירונית תלויה באיכות הפתרונות שתציע מערכת התחבורה למשתמשים. כשולן של מערכת התחבורה לספק רמת שרות מתאימה לצרכי המרכזים המסחריים העירוניים גרמה, בתהליך שנמשך שנים, ליציאתם של מקומות עבודה עתירי

עובדים ופעילות מסחרית רבה למרכזי תעסוקה וקניות מחוץ לערים, ולדעיכת המרכזים המסורתיים.

על מנת להצליח בחידוש אופי המרכזים ההסטוריים של הערים הגדולות, על מערכת התחבורה להציע פתרונות חדשים תוך התאמה לאופי שימושי הקרקע המשתנים. המטרה של מערכת התחבורה העתידית היא להבטיח איכות חיים ורמת פעילות כלכלית גבוהה תוך צמצום הצורך בשימוש ברכב הפרטי.

השטח המוגבל במרכזי הערים, וכן השאיפה למנוע השפעות סביבתיות המאפיינות את מערכת התחבורה (זיהום אויר, רעש), מחייבים גיבוש אסטרטגיה חדשה לתחבורה במרכזי הערים. יוטלו מגבלות על תנועת כלי רכב פרטיים בעיר. כמו כן יגובשו כללים להסדרת תנועה לשימושים של פעילות מסחרית. יחד עם זאת **יופעלו שרותי תחבורה ציבורית זמינים ויעילים יותר, שהם גם יותר ידידותיים לסביבה**: יעשה שימוש באוטובוסים מדור חדש בעלי אמצעי הנעה "נקיים", כמו הנעה היברידית דיזל/חשמל.

התנועה ברשת עורקי התנועה העירוניים תבוקר באמצעות תכניות מתקדמות לאופטימיזציה של תנועה ברשת, עם שימוש ב"גלים ירוקים" מתואמים ככל האפשר. בנוסף, בחלק מהצמתים המרומזרים יופעלו תכניות לאופטימיזציה מקומית של תזמון הרמזור בהתאם לביקושים, ותוך מניעת מצבי סיכון הנובעים מאי ציות.

במערכות הרמזורים יופעלו אמצעי בטיחות אקטיביים חדשים הכוללים אפשרויות שידור מהרמזור לכלי הרכב, על מנת להעביר למערכות בטיחות ברכב מידע על מופעים ותזמונם ברמזור. מערכות אלו יתנו אתרעות לנהג על התקרבות במהירות גבוהה מדי לרמזור, כדי למנוע אי ציות מחוסר תשומת לב, להקטין את מספר הנסיונות "להספיק" את הרמזור או את הצורך בביצוע בלימה חזקה.

**בחלק גדול מהצמתים המרומזרים יותקנו מערכות אוטומטיות לגילוי ותיעוד עבירות מעבר באור אדום ברמזור, לצורך אכיפת ציות לרמזור.**

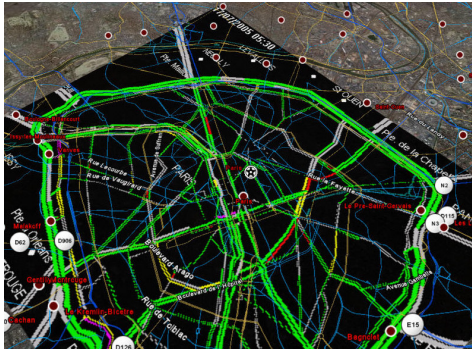
אחד הכלים היעילים ביותר להגבלת השימוש ברכב פרטי הוא מדיניות החניה – הגבלות על משך החניה והמחרת החניה ברחוב בהתאם לשעות וביקושים. כמו כן, שיעור מסוים של נסועת כלי רכב פרטיים בעיר הוא בזבוז הנובע מקושי בנווט ובחיפוש מקום חניה. לכן, מרכזי בקרת התנועה העירוניים יטפלו גם במידע ובתמחור שרותי חניה. הרשויות מנהלות התנועה בערים יפעילו מערך של שלטי מידע אלקטרוניים המכילים מידע בזמן אמיתי על מצב התפוסה בחניונים. כמו כן יסייעו מרכזי בקרת התנועה והחניה לספקי מידע הפועלים באמצעות מערכות נווט והנחיה, על מנת להעביר מידע לנהגים על מצאי מקומות חניה בזמן אמיתי למערכות ברכב. התשלום עבור שרותי החניה יתאפשר בין היתר באמצעות אמצעי תשלום אלקטרוניים מהרכב.

מידע לנהגים

המשתמשים ברשת ייהנו ממידע מלא, מדויק ועדכני על מצב התנועה. מידע לצורך תכנון הנסיעה לפני היציאה מהבית יועבר באמצעות אתר אינטרנט או ערוץ מידע תנועה בטלוויזיה. מידע בזמן אמיתי לנהג יועבר באמצעות שלטים מתחלפים (VMS) שיוצבו לצדי הדרכים,



וכן לנהג ברכב באמצעות ספקי מידע שונים הפועלים על בסיס מסחרי, בטכנולוגיות ואמצעי תצוגה שונים. המידע יכלול נתוני עומס, מהירות ממוצעת בקטעי דרך, זמן משוער בין מוצא ליעד וכן מזג אויר, ראות, ארועים, מפגעים, אתרי עבודות ותאונות, אשר משפיעים על זרימת התנועה.



לצורך הכנת תמונת מצב התנועה על בסיס מידע מכל המקורות יוקם מרכז מידע תנועה ארצי. המרכז יקבל את המידע מכל המקורות, יכין תמונת מצב תנועה וכן תחזית לזמן הקרוב. תמונת התנועה והמידע על ארועים ומצבי גודש יופצו לכל משתמשי הדרך ע"י ספקי מידע שיפעלו על בסיס מסחרי.

## 2. תחבורה ציבורית

אמצעי עתירת נוסעים מכל הסוגים תהיה אופציה אטרקטיבית לשיעור גדל והולך של יוממים, משום שהם יציעו רמת שירות תחרותית במחיר נמוך ביחס לשימוש ברכב הפרטי. יעד כמותי לנתח השוק של התחבורה הציבורית במטרופולינים בשעות שיא בוקר - 70% מהנוסעים למקומות העבודה והלימודים.

### רכבת ישראל

רשת הרכבות הבין עירונית תשתרע מנהריה וכרמיאל בצפון ועד באר שבע ודימונה בדרום. בחלק מהקווים ינועו רכבות עם הנעה חשמלית, ברמת נוחות ובטיחות גבוהה ביותר. תדירות היציאות וזמני הנסיעה יהפכו את השימוש ברכבת לאמצעי המועדף בכל מקום שאליו היא מגיעה, שכן היא תבטיח זמני הגעה תחרותיים לרכב הפרטי בשעות העומס. רמת האמינות של שרות הרכבות תהיה גבוהה ביותר – שיעורי עמידה בלוח הזמנים יהיו קרובים ל-100%.

חלק גדול מהנוסעים ברכבת יהיו יוממים המשתמשים ברכבת על בסיס קבוע, ולכן השימוש באמצעי תשלום אלקטרוניים מתקדמים תהיה אופציה עדיפה המעניקה נוחות, שלוביות עם אמצעי תחבורה משלימים, תשלום עבור חניה בתחנות רכבת וגם מחיר זול יותר.

הרכבת תספק לנוסעיה מידע מדויק על לוח הזמנים המתוכנן, הן באמצעות אתר אינטרנט לצורך תכנון הנסיעה מהבית, והן בכל אחת מהתחנות. בכל תחנה יינתן מידע באמצעות לוחות אלקטרוניים לגבי הרכבות הבאות.

תחנות הרכבות יפעלו כמסופים המשרתים אמצעי תחבורה מזינים, כמו אוטובוסים, מוניות, רכב פרטי ואופניים. יהיה תיאום בין לוחות הזמנים של הרכבת ובין זמני היציאה של אוטובוסים המשמשים להמשך דרכם של הנוסעים, כך שלא יהיו זמני המתנה ארוכים - לצורך כך יופעלו אמצעים מיוחדים.

### מערכות הסעה עתירות נוסעים במטרופולינים הגדולים: רכבת קלה, BRT



בכל אחד מהמטרופולינים הגדולים – תל אביב, חיפה וירושלים, תופעל מערכת הסעה מטרופולינית עתירת נוסעים בתוואים שבהם יתקיימו זכויות דרך בלעדיות. חלק מהקווים יהיו קווי רכבת קלה – LRT, כלומר על גבי מסילה, וחלקם – BRT, כלומר רכב רב קיבולת הנע על צמיגים. הרכב הגלגלי יהיה מדור חדש, המנווט את דרכו באמצעות מערכות נווט והנחיה אוטומטיות, ולכן יוכל להסתפק ברצועת דרך עם מרווחי בטיחות מינימאליים.





תנועת מערכת הסעה עתירת נוסעים בדרכים עירונית שבהן תנועה חוצה של כלי רכב תהיה מבוקרת ע"י מערכת בקרת רמזורים הנותנת עדיפות למערכת ההסעה. כלי הרכב המובילים במערכת ההסעה יהיו מצוידים באמצעי ניהוג, בקרה ובטיחות אקטיביים.

רמת השרות של מערכות אלו (תדירות יציאה, זמני נסיעה, נוחות הנסיעה) יהיו עדיפים על פני השימוש ברכב הפרטי לגבי נסיעות שאורכן למעלה מ-5 ק"מ, ואינן מחייבות החלפה של יותר מפעם אחת בכל כוון.

רוב המשתמשים במערכות אלו יהיו יוממים המצוידים באמצעי תשלום מתקדמים על בסיס מנוי שבועי/חודשי/שנתי. אמצעי התשלום יהיו משולבים, כלומר: יאפשרו נסיעה ברכבת, רכבת קלה ואוטובוס עירוני באותו כרטיס חכם. התשלום עבור הנסיעה יהיה הזול ביותר האפשרי בהתחשב בכל הנסיעות שיבצע בעל המנוי באותו יום, כאשר החישוב יתבצע במרכז הסליקה של מערכת התשלומים המשולבת.

משתמשי מערכות הסעה עתירות נוסעים ייהנו משרותי מידע משוכללים על לוחות זמנים, זמני נסיעה, מועדי הגעה קרובים לתחנות ושינויים בלתי צפויים בזמן אמיתי. המידע יהיה נגיש הן לפני היציאה לנסיעה – באתר אינטרנט, והן בדרך, באמצעות אמצעי תקשורת אישיים ושלטי תחנות דינאמיים.

### אוטובוסים עירוניים

אוטובוסים עירוניים ישמשו בעיקר להזנת קווי רכבת ומערכות ה"ה, וכן להסעה בשכונות ואזורים שבהם אין הצדקה כלכלית להעברת קווי מערכות ה"ה. האוטובוס העירוני יהיה כלי רכב שקט, מותאם לדרישות גבוהות של איכות סביבה.



ברוב האוטובוסים יותקנו מערכות איכון שיאפשרו: (1) ניהול התפעול ע"י מרכזי ניהול התנועה של המפעילים (2) יצירת מידע בזמן אמיתי על מיקום האוטובוס, לצורך מתן מידע לנוסעים. המידע לנוסע בזמן אמיתי יינתן בתחנות עתירות נוסעים על גבי שילוט אלקטרוני ("האוטובוס הבא") ובמקומות אחרים באמצעות טלפון סלולרי.

בכל האוטובוסים יתאפשר השימוש באמצעי תשלום משולבים מתקדמים, ולצורך כך כל אוטובוס יהיה מקושר למרכז הסליקה בזמן אמיתי (לצורך בדיקת הוואלידיות של הכרטיס).

Service	Destination	Stand	Time
5	Hinnall Tesco	C	1143
1	Stanhope Lane	E	1145
27A	Littleton North Drive	E	1150
49	Eastleigh Bus Stn	F	1150
67	Petersfield Square	J	1150
69	South Parade Pier	G	1150
B1	Bargate Street	F	1150
5	Hinnall Tesco	E	1153

המשתמשים באוטובוסים ייהנו משרותי מידע משוכללים על לוחות זמנים, זמני נסיעה, מועדי הגעה קרובים לתחנות ושינויים בלתי צפויים בזמן אמיתי. המידע יהיה נגיש הן לפני היציאה לנסיעה – באתר אינטרנט, והן בדרך, באמצעות אמצעי תקשורת אישיים ושלטי תחנות דינאמיים שיוקנו בתחנות עתירות נוסעים.

שרותי המידע לנוסע יהיו משותפים לכל המפעילים. כלומר, הנוסע יקבל מידע על מסלולים, לוחות זמנים, תעריפים וזמני הגעה בהתאם לנקודות המוצא והיעד שלו, מכל המפעילים הרלוונטיים למסלול נסיעתו, באופן שקוף לחלוטין. לצורך כך יהיו פרוטוקולים ותקנים מחייבים להעברת מידע, וכן מרכז מידע לתחבורה ציבורית, שיבצע את איחוד מקורות המידע.

**תחבורה ציבורית לפי ביקוש**

במספר ערים יופעלו שרותי תחבורה ציבורית באוטובוסים זעירים לפי ביקוש. לצורך שירות זה יפותחו כלים למידע למשתמש, וכן דרכים לבקשת השרות – באינטרנט, אמצעי תקשורת אישיים ובתחנות.

**3. מכונת "הייטק": מידע ובטיחות אקטיבית ברכב**

כלי הרכב החדשים שיצאו מפסי הייצור בעשור השני של המאה ה-21 יהיו מצוידים במערכות אלקטרוניות רבות, שניתן לכינוי כולל "אלקטרוניקה מוטורית". חלק גדול מהמערכות החדשות מיועד לבטיחות אקטיביות, וכן לאמצעי תקשורת שיאפשרו לקבל שרותי תוכן מתקדמים מבוססי מיקום לרכב.

מערכות בטיחות אקטיביות יסייעו לנהג להימנע מחלק משמעותי מסוגי התאונות השכיחים ביותר, כמו התנגשות חזית – אחור, סטייה מהדרך ומהנתיב. מערכות הבטיחות ברכב יכולות להיות אוטונומיות, כלומר – ללא תלות בקיום תקשורת לכלי רכב אחרים, או קואופרטיביות, כלומר – תלויות בתקשורת לאמצעים בדרך או לכלי רכב אחרים.

מערכות אוטונומיות ישמשו להתראה מפני אי שמירת רווח ומניעת התנגשות חזית / אחור, הימנעות מסטייה מנתיב, הימנעות מירידה בלתי נשלטת מהדרך, אתראה על מכשולים בנסיעה לאחור, אתראה על מעבר המהירות המרבית המותרת, מניעת נסיעה כאשר הנהג תחת השפעת אלכוהול ("אלכוהולוק"), זיהוי והתראה על תת-ערנות הנהג ועוד. חלק גדול ממערכות אלו עושה שימוש בגלאים המשדרים קרינה מסוג כל שהוא: אלקטרומגנטית, לייזר, אינפרא-אדום, אולטרה-סוני, וכן במצלמות מסוגים שונים.



מערכות קואופרטיביות יעשו את צעדיהן הראשונים, שכן כניסתן לשימוש מחייב מסה קריטית של משתמשים. בשנים הנראות לעין יהיו מערכות שיעשו שימוש במתקני דרך משדרים, שני היישומים הראשונים מסוג זה יהיו (1) מערכת להתראה מפני מעבר באור אדום ברמזור ו-(2) מערכת להתראה מפני התנגשות בצמתים, הן מרומזרים והן לא מרומזרים. מערכות אלו יהיו מצוידות, בנוסף לגלאים בדרך וברכב, גם במערכות תקשורת רכב לרכב (V2V) או רכב לתשתית (I2V).

הן הגלאים המשדרים קרינה והן אמצעי התקשורת יהיו חייבים בהסדרת תחום התדרים, וביצירת פרוטוקולים תקינים לשידור ותקשורת, על מנת להבטיח את התאימות בניהם.

ניתן לסווג את דרישות התקשורת לכלי הרכב לפי שני הבטים: טווחי השידור ונפח המידע, כמוצג להלן:

מסרים קצרים	שידור בפס רחב	
2	1	תקשורת אזורית/מרחבית
4	3	תקשורת נקודתית

בהתאם להבחנה זו, תקשורת מסוג 1 תספק בעיקר שרותים מבוססי מודם סלולארי של תוכן על בסיס מסחרי לכלי רכב בתנועה. תקשורת מסוג 2 תשרת מערכת מידע לנהג מסוג RDS-

TMC. מערכת מסוג 3 תספק בעיקר שרותים מבוססי פרוטוקולים WiFi ודומיו, ואילו מערכת מסוג 4, הנקראת גם DSRC – Dedicated Short Range Communication, תספק יישומי בטיחות ואגרת דרך, באמצעות משיב יעודי ברכב (OBU).

אמנם אין בישראל תעשיית רכב, ולכן אין לנו אפשרות להשפיע על "האלקטרוניקה המוטורית", כלומר זו שתיכלל ברכב ע"י היצרנים בהתאם לתקינה האירופית. ברוב כלי הרכב שישווקו בישראל יהיו מערכות בקרת יציבות (Electronic Stability Control - ESP). בחלק גדול מכלי הרכב יהיו מותקנות מערכות בקרת שיוט אדפטיביות (Adaptive Cruise Control – ACC). ברוב כלי הרכב יהיו מכשירי איכון GPS/Galileo, חלקם מותקנים במקור ע"י יצרן הרכב וחלקם יותקנו בארץ לאחר הקניה. חלק מהיישומים המתקדמים יהיו מבוססי מיקום. לדוגמה, הודעות על מצב התנועה ומפגעים בדרך יוצגו (או יושמעו) לנהג אך ורק אם הם רלוונטיים לכוון נסיעתו.

עם זאת, קיימת בארץ, ותהיה גם בעתיד, תעשייה מקומית למערכות שיותקנו לאחר המכירה, וכמו כן יהיה מקום לספקי שרות מקומיים שיעשו שימוש הן במערכות המקוריות שיוספקו ברכב והן במערכות שיותקנו לאחר המכירה.

הדוגמאות השכיחות ביותר למערכות מקומיות הן מערכות למניעת גניבות וכן מערכות לניהול צ"י רכב, הן למטרות לוגיסטיקה והן למטרות ניהול בטיחות ("עוזר נהג אלקטרוני"). ריבוי הספקים והמשתמשים גורם לצורך להסדרת הדרישות, השיטות והפרוטוקולים באמצעות תקינה ישראלית. התקינה גם תאפשר לעשות שימוש במידע הנוצר במערכות אלו למטרות נוספות, כמו יצירת מידע תנועת, זיהוי אזורי סיכון בדרך ועוד.

מערכות מתקדמות יותר למערכות בטיחות אקטיביות הן מערכות התראה על מעבר המהירות המרבית המותרת (Intelligent Speed Adaptation – ISA), התראה על אי שמירת רווח ואתראה על סטייה מנתיב. משרד התחבורה והבטיחות בדרכים יפרסם תקנים והנחיות לשימוש במערכות אלו, ובכלל זה מאפייני הממשק לנהג. מערכות בטיחות אקטיביות יהיו חובה בכלי רכב כבדים, כמו משאיות ואוטובוסים, ויותקנו באופן וולונטרי בכלי רכב פרטיים. תעריפי פרמיות ביטוח הרכב יהיו כלי חשוב ומשמעותי לעידוד ההתקנה והשימוש במערכות אלו.

#### 4. אמצעי תשלום אלקטרוניים

קיימים לפחות שלושה תחומים שבהם יהיה שימוש באמצעי תשלום אלקטרוניים: (1) אגרות דרך – Tolling (2) תחבורה ציבורית – Fares (3) תשלום על שרותי חניה.

גביית תשלום עבור שימוש בדרך (Tolling) היא שיטה הולכת ונפוצה בעולם, שנועדה להשיג בעיקר שתי מטרות: (1) מימון ההשקעות והוצאות התחזוקה של דרכים (2) השפעה על הביקושים, על מנת להקטין את הגודש ולצמצם את זיהום האוויר. הטכנולוגיה המתקדמת מאפשרת גביית תשלום בהתאם לגודש, ביעילות וללא האטת התנועה.

בנושא התשלום עבור שימוש בדרך קשורים גם הבטים נוספים של יעילות כלכלית וצדק חברתי. הטכנולוגיות הקיימות, ואלו שיתפתחו בעתיד הקרוב, יאפשרו לממש כל שיטה שתבחר, ובכלל זה אגרות גודש בתעריף משתנה. הפרויקט הראשון בישראל שבו מוטל תשלום על השימוש בדרך הוא כביש חוצה ישראל. בשנים הקרובות יפתחו לשימוש דרכים נוספות שבהן תגבה אגרת שימוש (נתיב מהיר בכביש 1, בכניסה לתל אביב ובכניסה לירושלים, מנהרות הכרמל).



יקבע תקן ישראלי מחייב לשימוש במערכות גביה, אשר יאפשר לבעל הרכב להיות מנוי על שרותי אגרת דרך של כל המפעילים בעזרת התקן יחיד ברכב (On Board Unit - OBU). אותו התקן ברכב יאפשר שימוש בכרטיסי חיוב מסוגים שונים לפי בחירת המשתמש – משולמים מראש ובאשראי, שיונפקו ע"י מפיקים שונים.

שיטה מקובלת אחרת תהיה על בסיס צילום לוח הרישוי של הרכב, ומשלוח חשבונית לכתובת בעל הרכב.



בתחבורה הציבורית תפעל מערכת תשלום אלקטרונית שתחליף כמעט במלואה את שיטת כרטיסי הנייר. כרטיסים אלקטרוניים אישיים יוכלו להציע תעריפים מוזלים לזכאים, "חופשי יומי/שבועי/חודשי/שנתי", וכן שילוב נסיעות באמצעים שונים של מפעילים שונים בתשלום מוזל. השימוש בכרטיס אלקטרוני תהיה כדאית ביותר, הן בגלל הנוחיות והן בגלל שהיא תבטיח את המחיר הזול ביותר האפשרי לכל נסיעה.

בנוסף לגביית התשלום עבור הנסיעה, מפעילי התחבורה הציבורית יאספו נתונים על מוצא ויעד, על בסיס זיהוי הנוסעים במערכת המידע של הכרטוס האלקטרוני. מידע זה יאפשר לתכנן טוב יותר את מסלולי הקווים ולוחות הזמנים.

ספקי שרותי חניה ורשויות מקומיות יפתחו דרכים לתשלום אלקטרוני על שרותי חניה. יוצעו שיטות המבוססות על מכשיר יעודי ברכב (OBU) או חיוב כרטיס האשראי באמצעות טלפון סלולארי. שימוש יעיל בשיטות אלו מחייב את הרשויות המקומיות להיות מצוידים בכלים מתאימים כדי לאמת ולוודא תשלום.

## 5. יישומים מסחריים

קיימים יישומים מסחריים רבים שיוצעו על בסיס עסקי, ע"י ספקי ציוד ושרות הפועלים למטרות רווח. רשויות המדינה לא יהיו מעורבים בנושא זה, למעט בתחום התקינה הבטיחותית, בשני הבטים (1) דרישות תאימות אלקטרומגנטית ומניעת הפרעות למערכות המחשוב ברכב (2) הממשק לנהג - מניעת השפעות שליליות על תשומת הלב וחלוקת הקשב בנהיגה.

להלן מספר דוגמאות של שרותים מסחריים:

**אישור כניסה אלקטרוני:** זיהוי רכב מרחוק, לצורך פתיחת מחסומי כניסה למתחמים סגורים ומאובטחים;

**גידור וירטואלי:** התרעה על כניסת כלי רכב לאזורים אסורים, לדוגמה – מעבר הגבול לרשות הפלשתינית, כניסת חומרים מסוכנים לערים, סטיית כלי רכב מנתיב מתוכנן;

**ניהול לוגיסטי:** ייעול השליטה ושיפור השרות של המשלח בהעברת מטענים, טיפול בשטרות מטען באמצעות תקשורת ללא נייר;

**ניהול תחזוקה:** מעקב אחרי פרמטרים אוטומטיביים/מכניים ברכב, ושידורם למרכז התחזוקה לצורך זיהוי מוקדם של תקלות והזמנת הרכב לטיפול מונע;

**ייעול השרות:** חברות שעיסוקן מתן שירות באתר הלקוח, תחזוקה של מערכות תשתית, קווי חשמל, מים ותקשורת;

**חומרים מסוכנים:** שליטה על מסלול הנסיעה של כלי רכב המובילים מטענים מסוכנים, אתרעה על חריגות, גנבות דלק, אתרעה אוטומטית למוקד בזמן אמיתי על ארועים חריגים בכלי רכב המובילים מטענים מסוכנים;

**מערכות ליצירת שיתוף נסיעה (Car pool):** מערכות מידע ואמצעים ליצירת שיתופי נסיעה – הסדרים אד-הוק בין קהילות יוממות לנסיעה משותפת למקום העבודה ובחזרה. שרותים מסוג זה יסייעו לאנשים הגרים בסמיכות, ועובדים באותו מתחם תעסוקה להצטרף לנסיעות משותפות, על מנת להתחלק בעלויות הנסיעה, ובאותה עת לתרום לחסכון בהוצאות חניה ולהקטנת הגודש בדרכים.

## 6. הגברת הציות לתקנות תעבורה

ציות לתקנות תעבורה והסדרי תנועה משרת את זרימת התנועה ואת הבטיחות. נדרשים פיקוח ואכיפה של הסדרי תנועה קבועים ומשתנים על פי תמרורים מתחלפים (נתיבים מתחלפים, מהירות וכמובן רמזורים). אכיפה ע"י שוטר אינו יכולה להגיע לשיעורי הסתברות גבוהים מספיק להיתפס, ומכאן החשיבות של האמצעים האוטומטיים.

משרת ישראל אחראית על ביצוע האכיפה, ותעשה שימוש במגוון של מערכות מסוגים שונים, כלהלן:



**מצלמות לתיעוד עבירות:** תופעל מערכת אכיפה אלקטרונית אוטומטית ע"י מצלמות ניידות דיגיטליות מדור מתקדם, המשדרות תמונות בתקשורת למרכז הפיקוח ורישום הקנסות. יותקנו מאות יחידות קצה בחלק גדול מהדרכים הבינעירוניות והפרבריות, וכן בעורקי תנועה עירוניים. בנוסף, יופעלו כמה עשרות מצלמות מהירות ניידות בכלי רכב, שגם הם ישדרו תמונות בתקשורת למרכז הפיקוח המשטרה. העבירות שיאכפו הן מהירות מופרזת, מעבר ברמזור אדום, נסיעה בנת"ץ ועוד, ככל שהחקיקה והתקנות יאפשרו.

מידת המהירות תעשה ע"י גלאי מכ"ם, לייזר, או על בסיס ניתוח תמונה. תהיה מדידת מהירות נקודתית וכן מדידת מהירות ממוצעת בקטע ע"י צילום בשתי נקודות. הגלאים במערכות אלו יאספו גם מידע תנועתי, שיועבר בזמן אמיתי למרכזי בקרת התנועה.



**שקילה בתנועה:** משקל עודף מהווה סיכון בטיחותי וגם גורם נזק למיסעות. הדרך המעשית לבצע ביקורת משקל למשאיות ללא הפרעה לתנועה, ותוך הטרדה מזערית לנהגי המשאיות, היא התקנות מספר נקודות שקילה בתנועה (WIM) בדרכים שבהם שכיחה תנועת משאיות כבדות, כמו למשל בקרבת מחצבות ובכניסות לנמלים.

**זיהוי ותיעוד עבירות בתנועה:** צילום עבירות תנועה תוך כדי תנועה יוסדר בתקנות, כך שצילום הווידיאו ישמש כראיה לצורך הרשעה. ניתן יהיה לזהות ולתעד עבירות כמו עקיפה בקו לבן, נסיעה נגד הכוון ונסיעה בנת"ץ.

**בדיקת מסמכים והרשאות:** דוגמאות למערכות אלו: אכיפת תקנת שעות עבודה ומנוחה באמצעות טכוגרף דיגיטלי, בדיקת הרשאות (כמו הובלת חומ"ס) והרשעות הנהג ע"י קריאת רשיון הנהיגה ושימוש בתקשורת למוקד, בדיקת הרשאות הרכב (שוב – חומ"ס) ע"י קריאת לוחית הרישוי ושימוש בתקשורת למוקד. שיטות אלו יאפשרו בדיקה מהירה, לצורך אכיפה יעילה ואפקטיבית, ללא צורך בעיכוב הרכב.

### טכנולוגיות בשרות התחבורה

יישום רחב של מערכות תבונות לתחבורה בישראל מחייב המשך מחקר ופיתוח במספר תחומים טכנולוגיים. בחלק מהתחומים תהיה מעורבות ממשלתית, הן במסלולי התמיכה במחקר ופיתוח והן ברגולציה.

#### תקשורת

**תקשורת רחבת פס לכלי רכב:** יישומים רבים ברכב הם עתירי תוכנה, כמו למשל מיפוי דיגיטלי. עדכוני תוכנה מספקי השרות לרכב יבוצע באמצעות תקשורת אלחוטית. יהיה

שימוש בטכנולוגיות ופרוטוקולים מסחריים שאינם ייעודיים לתחום הרכב, כמו WiFi, WiMax ודומיהם. על בסיס תשתית תקשורת זו יסופקו שרותים רבים נוספים הדורשים נפחי תקשורת גדולים לרכב בתנועה;

**תקשורת מסרים קצרים לרכב בתנועה:** שיטות, תדרים ופרוטוקולים לשידור מידע בטיחות ומידע תנועתי לרכב בתנועה, מסוג DSRC. סוג תקשורת זה מיועד להעברת מסרים בין רכב לתשתית ובין רכב לרכב. היישומים העיקריים לסוג תקשורת זה הם (1) יישומי בטיחות (2) חיוב מנויים בכבישי אגרה (3) הרשאת כניסה אלקטרונית.

הדרישות המרכזיות מתקשורת זו הן: (1) העברת נתונים באמינות מוחלטת (2) עיתוי מסירה מידי, ללא השהיות וללא הפרעות (3) מנגנונים לזיהוי הרכב (4) בטיחות מידע ומניעת הונאות.

בנושא זה נדרשת תקינה מחייבת, כדי לאפשר העברת מידע מרשויות וספקים שונים לסוגים רבים של כלי רכב בבעלויות שונות. התקינה תהיה כנראה מתואמת עם התקינה באיחוד האירופי.

#### גלאים

מערכות בטיחות אקטיביות ברכב מחייבות פיתוח גלאים אמינים זולים כדי לייצר תמונת "איומים" נכונה. מבין הטכנולוגיות הנמצאות בשימוש, השתיים הבאות הן המבטיחות ביותר:

#### **מכ"ם, מסוגים שונים**

**בתחום 77 GHz:** סוג מכ"ם זה מאפשר עבודה בתחום שאינו דורש רישוי תדרים, ועם זאת מבטיח ביצועים טובים בכל הטווחים הרלוונטיים ליישומי בטיחות ברכב. הקושי הגדול עד כה הוא העלות הגבוהה של המכשירים;

**ניתוח תמונה דיגיטלית:** נדרש פיתוח אלגוריתם מתקדמים לזיהוי אמין של כלי רכב ומכשולים אחרים בדרך, הולכי רגל ועצמים ניחים, בתנאי ראות שונים. גם כאן מרכיב העלות עדין קריטי, ומונע שימוש נפוץ במערכות שכבר משווקות בארץ;

#### מיפוי ונווט

**שיפור הדיוק של מערכות נווט לווינית:** יישומי תכנון תנועה ומידע על מיקום הרכב למטרות ניהול ציי רכב ניתנים לביצוע באמצעות מערכות שדיוקן עד 10 מטר. ליישומי בטיחות נדרשים דיוקים גבוהים בהרבה, עד 1 מטר, ולצורך כך יש לפתח תשתית (משדרים קרקעיים) והתקנים הפועלים בשיטת Differential GPS - DGPS.

בתוך מספר שנים תהפוך מערכת ה-Galileo למבצעית (ישראל חברה מלאה בפורום גלילאו של האיחוד האירופי), ולכן כל מערכות הנווט יהיו קומפטיביליות לשתי המערכות;

שכבת **מיפוי דיגיטלי** ליישומי תנועה ובטיחות: תפוח שכבת מיפוי דיגיטלי, בדיוקים של 1 מטר ובעלת מאפיינים הנדרשים ליישומי תנועה ובטיחות, כמו מערכות עזר לנהיגה ברכב. רמת הדיוק המשולבת של המיפוי וגילוי המיקום תהיה ברמה של 1 מטר, ותאפשר לזהות את הנתיב שבו נוסע הרכב.

#### זיהוי קולי והבנה ממוחשבת של שפה אנושית

חלק גדול מהוראות לחיפוש מידע, כמו שאילתות במערכת הנווט לאיתור כתובות או למציאת מקומות חניה פנויים בזמן אמיתי, או הוראות פיקוד להפעלת מערכות שונות ברכב תוך כדי נהיגה יתבצע באמצעות הוראות בשפת דיבור.

פונקציה נוספת של זיהוי קולי היא זיהוי הנהג, הנדרש הן למטרות אבטחה, מניעת גניבות רכב, והן למטרות אימות שימוש כאמצעי משלים לטכנוגרף דיגיטלי.

#### **בעלי העניין השותפים לקידום מערכות תבוניות לתחבורה**

מאפיין חשוב בתחום מערכות תבוניות לתחבורה (להלן – מת"ת) הוא ריבוי בעלי העניין והצורך בשיתוף פעולה ותאום בניהם כדי לקדמו.

**משרד התחבורה** הוא הגורם המרכזי המוביל את משק התחבורה בישראל. המשרד יהיה פעיל בעיקר בתחומים אלו:

1. גיבוש, תאום וניהול המדיניות לקידום מת"ת בישראל. המשרד יתאם את המדיניות ותכניות הפעולה של הממשלה עם כל **משרדי הממשלה** האחרים;
2. **פיתוח, תחזוקה, הטמעה ועדכון של ארכיטקטורת מת"ת לאומית**, שתהיה כלי מחייב לאפיון ותכנון מת"ת בפרויקטים המתקצבים ע"י המשרד, וכן תשמש כסטנדרד מקובל בתעשייה;
3. הכוונת תכניות פיתוח ויעוד תקציב למימוש פרויקטים, כחלק אינטגרלי של פיתוח התחבורה היבשתית;
4. קידום המחקר, הפיתוח הטכנולוגי והחדשנות של מת"ת ע"י תקציב לתכנית מחקר והשתתפות במימון של פרויקטים ניסיוניים (פיילוט);
5. סיוע באמצעות רגולציה – יוזמות לשינויי חקיקה, הכנת תקנות, הסדרים מנהליים והסרת חסמים מוסדיים;

הגורמים המנהלים בפועל את מערכות התחבורה בכלל ואת המערכות התבוניות לתחבורה המשולבות בהם בפרט הם **מפעילי התשתית, מפעילי התחבורה הציבורית, וכן התעשייה וספקי השרות**. חוזי ההתקשרות שבין הממשלה ומפעילי התחבורה יכללו סעיפים ספציפיים שבהם מפורטים מרכיבי השרות שיספקו המפעילים. מפעילי תשתיות ידרשו לכלול במסגרת השרות למשתמשי הדרך את כל המרכיבים הנדרשים להשגת היעדים והמטרות של מערכת התחבורה ואת הכלים למימושם.

תכנון ופיתוח מת"ת יעשה על פי מתודולוגיה שנקבעה ע"י משרד התחבורה. המשרד גם יפתח ויתחזק את כלי התכנון המשמשים להכנת הדרישות והמפרטים (ארכיטקטורת ITS לאומית), ויפעל להגדרת תקנים מחייבים בנושאים שבהם נדרשת קישוריות בין מפעילים ומשתמשים.

**מכון התקנים הישראלי** ינהל תכנית תקינה רב שנתית למת"ת באמצעות ועדה טכנית 2150. עיקר התקינה יתבסס על תקינה בינלאומית ואירופית, תוך התאמתה לדרישות הישראליות.

יצרנים וספקי שרות הפועלים על בסיס מסחרי ישתתפו בפורומים שונים שבהם מתקיימת חשיבה משותפת על הדרכים לקידום הנשוא, וכן ייקחו חלק בפעולות התקינה, ע"י השתתפות בוועדת הטכנית וועדות המומחים.

**האיגוד הישראלי למערכות תבוניות לתחבורה (ITS-ישראל)** ימלא תפקיד מרכזי בקידום מת"ת בישראל: האיגוד יהיה הזירה שבה יתקיים הדיאלוג בין כל בעלי העניין בנושא מת"ת. האיגוד יפעל כארגון משתמשים לקידום של פתרונות טכנולוגיים מתקדמים במערך התחבורה היבשתית בשיתוף פעולה עם כלל בעלי העניין בתחום התחבורה. האיגוד יזום פעילויות ויקדם פרויקטים לטובת התאגידים והארגונים החברים בו. נציגי משרדי ממשלה ישתתפו באופן פעיל בוועדות מקצועיות של האיגוד.

**האקדמיה** תמלא תפקיד חשוב הן בביצוע תכניות מחקר ופיתוח והן בהכשרת חוקרים, מהנדסים ומתכנני תחבורה בעלי ידע בתחום מת"ת. התכנית האקדמית של לימודי ההנדסה האזרחית והסביבתית, הנדסת חשמל ואלקטרוניקה והנדסת תוכנה יכללו תחומי ידע הנדרשים לתכנון ופיתוח מת"ת. יהיו קרנות מחקר המתמחות בתחבורה ומת"ת למימון מלגות לתארים שונים ולעידוד סטודנטים לעסוק בתחום זה.

### **הבטים חברתיים ומשפטיים של מערכות תבוניות לתחבורה**

הטכנולוגיה מציעה לעיתים יכולות מתקדמות שהן מעבר לאפשרות של המשתמש הסביר לנצל את מלא הפוטנציאל שלהן. במקרים רבים נדרש המתכנן האנושי להגביל את הביצועים

של המכונה, אם משום שהיכולת הקוגניטיבית של המשתמש הממוצע מוגבלת, ואם על מנת שלא להגיע למצב שבו המשתמש אינו מסוגל לשלוט בה בבטחון מלא.

הטכנולוגיה המתקדמת מסוגלת להציע פתרון לכל בעיה שתוצב בפניה. ברוב המקרים הטכנולוגיה מתקדמת יותר מהר מאשר המערכות המוסדיות המנהליות המסדירות את יישומה. קיימים יישומי מת"ת המעוררים חששות והתנגדות ציבורית, בגלל שהם נוגעים למספר "חירויות". במיוחד יש לציין מספר הבטים:

- התנגדות לשידור מזהה של הרכב: יישומים מועילים רבים מבוססים על שידור המזהה את הרכב ואת מיקומו באמצעות GPS, אך קיימת התנגדות לשידור המזהה את הרכב, מחשש לפגיעה בפרטיות;
- התנגדות למערכות אכיפה אוטומטיות: המשמעות של מערכות אוטומטיות במספר רב היא הסתברות גבוהה להיתפס, לעומת המצב הקיים שבו אותן עבירות תנועה נחשבות "עבירות נורמטיביות" שאין רע בביצוען (במיוחד עבירת המהירות);
- התנגדות לגביית אגרת שימוש בדרך: השימוש בדרך נתפס כמוצר ציבורי טהור. הטלת אגרת שימוש בכביש חדש שנסלל מראש ככזה מתקבלת בהבנה שכן לא הרעה מצב קיים. לעומת זאת, קיימת התנגדות רבה לאגרות גודש, גם אם הרציונל הכלכלי שלהם ברור.

לכן, הפיתוח והיישום של מערכות תבוניות לתחבורה צריך להביא בחשבון מגבלות אנושיות ומוסדיות. היישום תלוי בין היתר ביכולת של הגורמים המובילים לענות על האתגרים האנושיים, ולהתגבר על התנגדויות חברתיות ע"י ניהול קמפיין ציבורי ודיאלוג עם גורמים משפטיים והרשות המחוקקת.

## סיכום

מערכת תחבורה אפקטיבית ויעילה מחייבת שימוש אינטנסיבי במערכות תבוניות – מבוססות מיחשוב, תקשורת, חישה מרחוק ושימוש בבסיסי נתונים. היסודות הטכנולוגיים של מת"ת פותחו כבר בשנות ה-90 של המאה העשרים, אך התפתחות טכנולוגית ותעשייתית בלתי פוסקת הופכת עם הזמן חלומות רחוקים למציאות ממשית והדגמות יקרות למוצרי מדף.

משרד התחבורה יהיה פעיל ביצירת תשתית, בפיתוח כלים, במחקר ופיתוח וכן בקידום יוזמות חשובות, בדרך של הסדרת ההבטים המוסדיים והחוקיים, להרחבת הפיתוח והיישום של מערכות תבוניות לתחבורה. עם זאת, המגזר העסקי יהיה היוזם והמקדם הפעיל והיעיל ביותר, עקב יכולתו לקדם הזדמנויות עסקיות תוך ניצול חידושים טכנולוגיים.