



רכב היברידי וחשמלי

סיכום והמלצות דיון

פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן

מיום 18/10/2017

נערך ע"י:

פרופ' גרשון גרוסמן

נעמה שפירא

פברואר, 2018

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.

הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחבר/ים ואינן משקפות בהכרח את דעת

מוסד שמואל נאמן.

רשימת משתתפי הפורום

- פרופ' אילון אופירה - ראש תחום סביבה ואנרגיה, מוסד שמואל נאמן
- מר אקרמן יצחק - מנהל תכנית תקינה בתחום רכב חשמלי, מכון התקנים
- מר בית-הזבדי אדי - מנהל אגף ניהול משאבי תשתית, משרד האנרגיה
- מר בן-ארי שמואל - ראש ענף הרכב, לשכת המהנדסים; יו"ר ועדת תקינה לרכב חשמלי, מכון התקנים
- מר בן-צבי סער - סמנכ"ל, איגוד חברות אנרגיה ירוקה לישראל
- פרופ' גרוסמן גרשון - ראש פורום אנרגיה, מוסד שמואל נאמן
- מר ודאי דורון - מנכ"ל, כלל מוטורס בע"מ
- מר זבדה קובי - סגן ראש חטיבת המשק, דן חברה לתחבורה ציבורית בע"מ
- ד"ר זרחיה עוזי - מנהל מגזר פיתוח מקורות אנרגיה, אגף תפ"ט, חח"י
- מר כהן אבי - מהנדס טכני, דן חברה לתחבורה ציבורית בע"מ
- מר לוין עוזי - ראש מנהלת נתיבים מהירים, נתיבי איילון
- מר ליבס עידן - עוזר מחקר, מוסד שמואל נאמן
- מר ליטבק שמואל - סגן ראש חטיבת המשק, דן חברה לתחבורה ציבורית בע"מ
- מר סטפנסקי איגור - מנהל מינהל החשמל, רשות החשמל
- פרופ' פלד עמנואל - ביה"ס לכימיה, אוניברסיטת ת"א
- מר פרנס איתן - מנכ"ל, איגוד חברות אנרגיה ירוקה לישראל
- מר ריידר ולדי - מנהל מחלקה טכנית, כלמוביל
- מר שדמי זאב - ראש תחום מחקר ופיתוח טכנולוגי, משרד התחבורה
- גב' שפירא נעמה - עוזרת מחקר, מוסד שמואל נאמן

הבעת תודה

המחברים מודים למרצים על המידע שהציגו ולכלל משתתפי הפורום על תרומתם לדיון הפתוח.

תוכן עניינים

2	רשימת משתתפי הפורום
3	תוכן עניינים
4	תקציר מנהלים
7	1. הקדמה
8	2. רקע
10	3. מידע בנושא: רכב היברידי וחשמלי
21	4. דיון
34	5. סיכום והמלצות
36	6. מקורות
37	נספח 1: דף מידע בנושא רכבים חשמליים / צוות סביבה ואנרגיה, מוסד שמואל נאמן
50	נספח 2: תכנית פורום אנרגיה - רכב היברידי וחשמלי

פיתוח אמצעי תחבורה אשר אינם מבוססים על דלק מחצבי (פוסילי) הוא נושא הנמצא בקדמת סדר היום הציבורי במדינות רבות ברחבי העולם. זהו אמצעי יעיל ומתבקש למניעת זיהום אויר, צמצום המזהמים והפחתה בפליטות גזי חממה.

בשנת 2009 ערך מוסד שמואל נאמן פורום בנושא הרכב החשמלי וההיברידי. עולם רכבים אלה השתנה לבלי הכר בשנים שחלפו מאז. הפורום הנוכחי דן בהתפתחויות הטכנולוגיות, הכלכליות והרגולציה הנדרשת בתחום.

בעולם מוכרים ארבעה סוגים של רכבים חשמליים (EV – Electric Vehicles):

- רכב היברידי (HEV) – הרכב כולל מנוע בעירה פנימית (ICE - Internal Combustion Engine) ולצדו מנוע חשמלי, היכול להפוך ולפעול כגנרטור. מערכת ממוחשבת שולטת על ביצועי הרכב ומביאה את השימוש בשני המנועים למצב מיטבי.
- רכב היברידי-נטען (PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle) – דומה להיברידי אך בעל סוללה גדולה יותר וניתן לטעינה מרשת החשמל.
- רכב חשמלי (BEV - Battery Electric Vehicle) – בעל מנוע חשמלי בלבד וסוללה.
- רכב חשמלי המונע ע"י תאי דלק (FCEV - Fuel Cell Electric Vehicle) – מייצר לעצמו את ההספק הדרוש להנעתו – ממיר אנרגיה כימית לחשמלית ע"י תאי דלק ובסיוע סוללה.

יתרונות וחסרונות: ברכבים ההיברידיים לעיתים מנוע הבנזין קטן יותר מאשר ברכב קונבנציונאלי ופועל בתנאים קרובים לאופטימאליים, וכתוצאה מכך הוא חסכוני יותר ומזהם פחות. כנגד זה, הספקו נמוך יחסית ואין לו יכולת תאוצה גבוהה. כאשר יש צורך בתאוצה או לצורך טיפוס בעליה מופעל במקביל המנוע החשמלי ושניהם יחד מספקים את ההספק הדרוש. תכונה משותפת לכל ארבעת סוגי הרכבים היא יכולת בלימה רגנרטיבית, כלומר, ניצול אנרגיית הבלימה לטעינת הסוללה ע"י הפיכת המנוע החשמלי לגנרטור. עקב כך נחסכת אנרגיה רבה, למעשה, רוב האנרגיה האובדת בבלמים של רכב קונבנציונאלי. בנוסף, נצילות המרת אנרגיה בתחנת כוח (המופעלת על ידי גז טבעי) גבוהה במידה ניכרת מאשר ברכבי ICE ופחות מזהמת.

בנוסף ליתרונות הברורים של כניסת הרכב החשמלי לשוק, יש לזכור גם את הערך המוסף שבהפחתת התלות בנפט מסיבות כלכליות ואסטרטגיות-פוליטיות.

החסרונות ברכבים החשמליים, בהווה, הם בעיקר בתחומי כושר אגירת החשמל בסוללה, המתבטא בטווח נסיעה מוגבל, וכמובן – במחיר, שבעיקרו מורכב ממחיר הסוללה.

חדירה לשוק הישראלי: ההערכה היא כי סדר כניסתם של הרכבים הללו לשוק יכתב על ידי הבשלות הטכנולוגית, על פי הסדר הבא: המכוניות ההיברידיות כבר מצויות בארץ באופן נרחב, רכבי ה-Plug In הנמצאים בשלבי חדירה ראשוניים, הרכב החשמלי המלא שכרגע זמין בהיקף מוגבל ובשלב עתידי ייתכן וגם רכב מונע תא דלק יהיה זמין באופן מסחרי.

משתתפי הפורום תמימי דעים כי אפשר וצריך לעודד ולקדם תחבורה חשמלית בישראל, וכי יש כבר היום תנאים מספיקים המאפשרים טכנולוגית לעשות זאת. אל לנו, וגם לא למשרדי הממשלה, להמליץ על טכנולוגיה מסוימת. המדינה צריכה להגדיר יעדים, למשל, אפס זיהום אוויר בערים, כיוון שזה ניתן להשגה באמצעות חשמול ציי הרכב, ולתת לשוק לקבוע איך תושג המטרה. מאחר והטכנולוגיות משתנות ומשתפרות בקצב גבוה, חשוב שהרגולציה לא תיהפך לחסם במקום למניע.

ישראל אינה יצרנית רכב ואינה משפיעה על ביקושים או מגמות עולמיות בתחום הרכב החשמלי; עם זאת ישראל ניסתה להוביל מהלכים בתחום התחבורתי, ביניהם מיסוי ירוק, והקמת מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה שחזונה לגאול את העולם מנפט, קרי - מרכבי ICE. בישראל, רכב חשמלי הוא גם קטליזטור חשוב לניצול גז טבעי (המשמש לייצור חשמל); זו אחת מאבני היסוד במדיניות של משרד האנרגיה.

חסם מרכזי הוא התלות הגבוהה של המדינה בהכנסות ממיסוי ענף הרכב, על הרכבים ובמיוחד על הדלקים (ההכנסות, כ-17 מיליארד ש"ח ב-2017, כבר מזמן עוברות את ההשקעות שבגינן הן נגבות). התלות הגבוהה של המדינה בהכנסות אלה צפויה להוות אתגר בטווח הארוך, כאשר נגיע לשיעורי חדירה גבוהים של רכבים חשמליים. יש להיערך לכך מבחינת כלי המדיניות אך גם להבטיח ודאות רגולטורית, תחומה בזמן, לרוכשי רכבים אלה.

המלצות:

1. **תכנית לאומית לתחבורה חשמלית** – על הממשלה לקדם החלטה רב-משרדית ותכנית לאומית להטמעה הדרגתית של תחבורה חשמלית, ציבורית ופרטית, בישראל. תחבורה ציבורית, בעיקר עירונית, צריכה להיות חשמלית. תחב"צ עירונית טובה, נקייה ויעילה, בשילוב עם תחבורה בינעירונית טובה, כמו רכבות חשמליות, יכולה אף לייתר את הצורך בשני רכבים למשפחה. על התכנית להתממשק עם תכניות קיימות ובעיקר לתכנית הלאומית להפחתת פליטות גזי חממה והיעדים שהציבה בנושאי תחבורה. על התכנית לכלול יעדים כמותיים, מדדים להצלחה ותקצוב מתאים.
2. **משק החשמל** – יש לוודא כי התחזיות להטמעת תחבורה חשמלית נכללות בתכנית משק החשמל לטווח קצר, בינוני וארוך הן בצד הביקושים והן בצד היצע (כמקור לטיפול בשיאי ביקוש או כפוטנציאל אגירה). הדבר נכון לכושר ייצור החשמל כמו גם לתשתיות ההולכה והחלוקה.
3. **טעינה חכמה** – יש להיערך רגולטורית מבחינת מערכת החשמל. חדירה מסיבית של תחבורה חשמלית בסקטור הציבורי והפרטי תחייב ניהול חכם של צד הביקושים: מסופי וחניוני אוטובוסים, עמדות טעינה מהירה ותפוצה רחבה של עמדות טעינה לכלי רכב פרטיים בשכונות מגורים.
4. **תכנון** – תכניות בניין עיר (תב"ע) צריכות להקצות מקומות חניה לאוטובוסים ורכבים חשמליים לשם טעינה.
5. **רגולציה לתשתיות טעינה** – התקנת תשתיות טעינה לרכב חשמלי מהווה תנאי הכרחי להרחבת השימוש ברכב חשמלי. כיום סוגיות של תהליכים ואישורים, או רגולציה, מהווים חסם משמעותי לרכב ציבורי וגם לרכב פרטי. מומלץ לבדוק מה נכון מבחינת תכן הנדסי ובטיחות חשמל ולקבוע רגולציה בהתאם.

6. **תיאום רגולציה** – יש צורך בתיאום מלא בין גופי הממשלה הרלבנטיים (אוצר, פנים, אנרגיה, תחבורה, הגנ"ס, ביטחון, בינוי ושיכון) לשם קידום הנושא וקיצור תהליכים. הגוף הקיים – מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה הינו נטול סמכויות רגולטוריות ויש לחזקו בסמכויות אלה.
7. **ודאות בנושא המיסוי** – יש לייצר ודאות בנושא המיסוי והבלו לגבי רכבים חשמליים מכל הסוגים. העדר הוודאות הקיים היום עלול להרתיע משתמשים פוטנציאליים, הן מוסדיים והן פרטיים.
8. **תקופת שימוש לאוטובוסים חשמליים** – במכרזים של משרדי הממשלה, מומלץ להאריך תקופת השימוש לאוטובוסים חשמליים ל-16-12 שנים (במקום הדרישה הקיימת לגריטה אחרי 8-10 שנים) שכן אוטובוס חשמלי אינו 'מזדקן' מבחינת זיהום אוויר כמו דיזל. צעד כזה יעודד מאד רכישת אוטובוסים חשמליים, ציבוריים וגם פרטיים.

1. הקדמה

מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית, במסגרת פעילותו בתחום האנרגיה, מקיים מפגשי "פורום אנרגיה" המוקדשים לדיון בנושאים בעלי חשיבות לאומית בתחום. בפורום האנרגיה מתקיים דיון ממוקד בנושאים מוגדרים, בהשתתפות צוות מומחים המוזמנים לפי הנושא. המטרה היא להתרכז בשאלות רלבנטיות ומוגדרות, לתאם בין הגורמים ולהגיע להמלצות על דרכי פעולה לקידום הנושא, שניתן להציגן בפני מקבלי החלטות.

המפגש הודן בנושא: "רכב היברידי וחשמלי", התקיים ב-18 לאוקטובר 2017 בטכניון¹.

צוות אנרגיה וסביבה במוסד שמואל נאמן הכין בעבור הפורום דף מידע בנושא (נספח 1) המביא סקירה של שוק הרכבים החשמליים בעולם: מאפייני הדגמים, היקף החדירה ותחזיות, וכן התייחסות ליעדים ואמצעי מדיניות הננקטים ברחבי העולם.

במפגש השתתפו מומחים בתחום מהיבטיו השונים, וכן נציגים של הממסד הציבורי. המשתתפים בפורום, שנבחרו בקפידה הודות למומחיותם, מהווים, ללא ספק, קבוצה ייחודית ובעלת ידע מקצועי ראשון במעלה בתחום הרכב היברידי והחשמלי בישראל.

בחלקו הראשון של המפגש הציגו חלק מהמשתתפים מצגות בנושא הדיון על היבטיו השונים.

מצגות המשתתפים אשר אושרו על ידם לפרסום נמצאות באתר מוסד שמואל נאמן:

<https://www.neaman.org.il/Energy-Forum-Meetings>

בחלק השני התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. בפני משתתפי הדיון עמדו מספר שאלות, שהוכנו מראש, כמפורט בתכנית הפורום (נספח 2).

תמצית הדיונים מסוכמת בדו"ח להלן, וכמו בדיונים הקודמים, הוא יוגש למקבלי ההחלטות במטרה להביא אל סדר היום את מכלול השיקולים והפעולות הנדרשות על מנת לבחון את האפשרויות השונות ליישום הנושא של רכב היברידי וחשמלי בישראל.

¹ מפגש קודם בנושא התקיים במוסד נאמן בשנת 2009. את הדו"ח שיצא בעקבות המפגש ניתן למצוא באתר מוסד נאמן: <https://www.neaman.org.il/EF14-Electric-Hybrid-Vehicles-HEB>

פיתוח אמצעי תחבורה אשר אינם מבוססים על דלק מחצבי (פוסילי) הוא נושא הנמצא בקדמת סדר היום הציבורי במדינות רבות ברחבי העולם. זהו אמצעי יעיל ומתבקש למניעת זיהום אויר, צמצום המזהמים והפחתה בפליטות גזי חממה.

בשנת 2009 ערך מוסד שמואל נאמן פורום בנושא הרכב החשמלי וההיברידי². עולם רכבים אלה השתנה לבלי הכר בשנים שחלפו מאז. הפורום הנוכחי דן בהתפתחויות הטכנולוגיות, הכלכליות והרגולציה הנדרשת בתחום.

בעולם מוכרים ארבעה סוגים של רכבים חשמליים (EV – Electric Vehicles):

- רכב היברידי (HEV) – נראה רבות כבר היום בכבישי הארץ. רוב יצרני הרכב מייצרים דגמים היברידיים. הרכב כולל מנוע בעירה פנימית (ICE - Internal Combustion Engine) ולצדו מנוע חשמלי, היכול להפוך ולפעול כגנרטור. הנעת הרכב הינה ע"י המנוע החשמלי כשהוא נעזר, במידת הצורך, במנוע הבנזין, והסוללה נטענת על ידי המנוע החשמלי בפעולתו כגנרטור כאשר הוא מונע ע"י מנוע הבנזין. מערכת ממחשבת שולטת על ביצועי הרכב ומביאה את השימוש בשני המנועים למצב מיטבי.
- רכב היברידי-נטען (PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle) – דומה להיברידי אך בעל סוללה יותר גדולה, כך שמאפשר נסיעה של 20-100 ק"מ על הסוללה, וניתן לטעינה מרשת החשמל.
- רכב חשמלי (BEV - Battery Electric Vehicle) – בעל מנוע חשמלי בלבד וסוללה, עם טווח נסיעה של 100-400 ק"מ.
- רכב חשמלי המונע ע"י תאי דלק (FCEV - Fuel Cell Electric Vehicle) – ממיר אנרגיה כימית לחשמלית ע"י תאי דלק ובסיוע סוללה.

יתרונות וחסרונות: ברכבים ההיברידיים מנוע הבנזין לעיתים קטן יותר מאשר ברכב קונבנציונאלי ופועל בתנאים קרובים לאופטימאליים, וכתוצאה מכך הוא חסכוני יותר ומזהם פחות. כנגד זה, הספקו נמוך יחסית ואין לו יכולת תאוצה גבוהה. כאשר יש צורך בתאוצה או לצורך טיפוס בעליה מופעל במקביל המנוע החשמלי ושניהם יחד מספקים את ההספק הדרוש. תכונה משותפת לכל ארבעת סוגי הרכבים היא יכולת בלימה רגנרטיבית, כלומר, ניצול אנרגיית הבלימה לטעינת הסוללה ע"י הפיכת המנוע החשמלי לגנרטור. עקב כך נחסכת אנרגיה רבה, למעשה, רוב האנרגיה האובדת בבלמים של רכב קונבנציונאלי.

בנוסף ליתרונות הברורים של כניסת הרכב החשמלי לשוק, יש לזכור גם את הערך המוסף שבהפחתת התלות בנפט מסיבות כלכליות ואסטרטגיות-פוליטיות.

החסרונות ברכבים החשמליים, בהווה, הם בעיקר בתחומי כושר אגירת החשמל בסוללה, המתבטא בטווח נסיעה מוגבל, וכמובן – במחיר, שבעיקרו מורכב ממחיר הסוללה.

² פורום אנרגיה 14: רכב חשמלי והיברידי. מוסד שמואל נאמן, 2009 <https://www.neaman.org.il/EF14-Electric-Hybrid-Vehicles-> HEB

חדירה לשוק הישראלי: ההערכה היא כי סדר כניסתם של הרכבים הללו לשוק יוכתב על ידי הבשלות הטכנולוגית, על פי הסדר הבא: המכוניות ההיברידיות כבר מצויות בארץ באופן נרחב, רכבי ה-Plug In הנמצאים בשלבי חדירה ראשוניים, הרכב החשמלי המלא שכרגע זמין בהיקף מוגבל ובשלב עתידי ייתכן וגם רכב מונע תא דלק יהיה זמין באופן מסחרי.

בדיון קודם של פורום האנרגיה³ נידון השימוש בגז טבעי (גז"ט) כמקור אנרגיה לתחבורה (בעיקר תחבורה כבדה – כגון משאיות ואוטובוסים) בישראל. יש לציין כי נצילות המרת אנרגיה מגז"ט בתחנת כוח גבוהה במידה ניכרת מאשר ברכב ופחות מזהמת. לכן **תחבורה מונעת גז"ט מתאימה כפתרון זמני עד הקמת תשתית לרכב חשמלי.**

בישראל, רכב חשמלי הוא גם קטליזטור חשוב לניצול גז"ט (המשמש לייצור חשמל); זו אחת מאבני היסוד במדיניות של משרד האנרגיה. טעינת רכבים חשמליים נעשית בעיקר בלילה ואז דווקא הזמינות של אנרגיות מתחדשות היא נמוכה וגז"ט הוא משלים טבעי.

ישראל אינה יצרנית רכב ואינה משפיעה על ביקושים או מגמות עולמיות בתחום הרכב החשמלי; עם זאת ישראל ניסתה להוביל מהלכים בתחום התחבורתי, ביניהם מיסוי ירוק, והקמת מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה שחזונה לגאול את העולם מנפט, קרי - מרכבי ICE.

בנובמבר 2007 קיבלה ממשלת ישראל החלטה בדבר עידוד תחבורה ללא דלק, ונקבעו בה מספר יעדים מרכזיים (החלטת ממשלה מס' 2580). על החלטה זו נשמעו ביקורות לא מעטות [1], אשר עיקרן העובדה שהחלטת הממשלה לא גובתה בתקציב מתאים, לא התייחסה לכוחה של הממשלה כקניין דומיננטי במשק וכן התבססה על נתונים שנויים במחלוקת כגון טווח הנסיעה של המכוניות העתידיות, חלקן היחסי בצי התחבורה בישראל וקיומם של כלי רכב עם מקור ייצור חשמל עצמאי. בשנת 2010, 2011 ו-2013 קיבלה ממשלת ישראל שלוש החלטות ממשלה נוספות (מספר 1,354, 2,790 ו-5,327, בהתאמה) העוסקות בהקמת התכנית הלאומית לתחליפי דלקים ותחבורה חכמה ובקביעת יעדים כמותיים ודרכי פעולה להשגת הפחתת תלות עולמית בנפט במגזר התחבורה.

³ פורום אנרגיה 40: גז טבעי לתחבורה בישראל. מוסד שמואל נאמן, 2017. <https://www.neaman.org.il/Energy-Forum-40-2017>, [Natural-gas-for-transportation-in-Israel](https://www.neaman.org.il/Energy-Forum-40-2017)

3. מידע בנושא: רכב היברידי וחשמלי

בחלק זה של הדו"ח ניתנת תמצית המידע שהוצג ע"י חלק מן המשתתפים, כל אחד לפי בחירתו ומומחיותו. קבצי המצגות שהוכנו ע"י הדוברים מוצגים, כאמור, באתר מוסד שמואל נאמן <https://www.neaman.org.il/Energy-Forum-Meetings>.

מטבע הדברים, קיימת חפיפה מסוימת בין הדוברים השונים, אולם עורכי הדו"ח החליטו להביאם כאן כפי שהוצגו ובאותו הסדר (ראה תכנית הפורום בנספח 2). מידע זה חשוב ומהווה בחלקו בסיס לדיון הפתוח שהתקיים לאחר מכן, כפי שמובא בפרק 4.

פרופ' עמנואל פלד – ביה"ס לכימיה, אוניברסיטת תל אביב

תאי דלק וסוללות לרכבים היברידיים וחשמליים

בעולם מוכרים ארבעה סוגים של רכבים חשמליים (EV – Electric Vehicles):

- היברידי (HEV) – יש די הרבה רכבים כאלה בארץ ורוב יצרני הרכב מייצרים דגמים היברידיים. הרכב כולל מנוע בעירה פנימית (ICE - Internal Combustion Engine) רגיל וסוללה קטנה.
- היברידי-נטען (PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle) – רכב דומה להיברידי אלא שהסוללה גדולה יותר, ומאפשרת נסיעה של 20-100 ק"מ על הסוללה. הרכב ניתן לטעינה מן הרשת.
- חשמלי (BEV - Battery Electric Vehicle) – רכב שבו רק סוללה, עם טווח של 100-400 ק"מ.
- חשמלי עם תאי דלק (FCEV - Fuel Cell Electric Vehicle) – תא דלק שמייצר את החשמל ויש סוללה או סופר-קבל שנותנים את ההספק וגם שואבים את האנרגיה מן הגלגלים בזמן בלימה.

ההבדל בין היברידי-נטען להיברידי הוא שבראשון עם סוללה של 10 קווט"ש ניתן לנסוע 20-50 ק"מ, וברכב ההיברידי, עם סוללה של 2 קווט"ש ניתן לנסוע כ-1-2 ק"מ.

אחת מפריצות הדרך החשובות בנושא של תאי דלק התרחשה ב-2012 (חברת הונדה), כאשר תא הדלק הוא כבר יחסית קטן (נפח של 57 ליטר), יש סוללת ליתיום שנותנת את התאוצות ואוגרת אנרגיה בלימה ויש נתונים יפים של קרוב ל-2 קילוואט לליטר ולק"ג.

המבנה של תא דלק: ממברנה שמוליכה פרוטונים (יונים של מימן חיוביים), עם זרזים משני צדי הממברנה (ננו חלקיקי פלטינה או סגסוגות שלהם) ומהצד השני מטריצה של פחם נקבובי. משני הצדדים תעלות זרימה של מימן וחמצן. מתקיימת ריאקציה שבה החמצן מחמצן את המימן ומקבלים מים, חום וחשמל, והאנרגיה מובלת לצרכן חיצוני. תא בודד עובד בפועל ב-0.7 וולט. ברכב יש בדרך כלל סט של 200-300 תאים מחוברים בטור.

ההבדל בין תא דלק לסוללה:

- בסוללה – כדי להגדיל את כמות האנרגיה צריך להגדיל את גודל הסוללה.

- בתא דלק יש הפרדה בין יחידת ההספק (תא הדלק עצמו) ובין מיכל הדלק (יחידת האנרגיה). אם אני רוצה להכפיל את טווח הנסיעה אני מגדיל פי שניים רק את מיכל הדלק, ולכן ככל שמתכננים טווח נסיעה גדול יותר, גוברת העדיפות של תא דלק על פני סוללה. מהערכת נפח של מספר מקורות הספק, ניתן לראות כי לטווח של 300 מייל (כ-500 ק"מ), הנפח של סוללת ליתיום-יון הוא 550 ליטר לעומת נפח כולל של תאי דלק (עם מיכל מימן של 350 אטמוספירות) הוא כ-300 ליטר.

מערכות אלקטרוכימיות (סוללות, תאי דלק וסופר קבלים) מוגבלות בצפיפות אנרגיה תאורטית. הן ניתנות לתכנון במודל של הרבה אנרגיה ומעט הספק או מעט אנרגיה והרבה הספק. לכן אין ערכים מוחלטים לגדלים אלו. למערכות נוכחיות של סוללות ליתיום-יון יש כ-150 וואט-שעה לק"ג והספק של כמה מאות (עד אלף) וואט לק"ג. תאי דלק נותנים יותר אנרגיה ובדרך כלל פחות הספק (תלוי תכנון ייעודי). השאיפה הינה להגיע, עבור מערכות הספק לרכבי BEV, מעל 300 וואט-שעה לליטר עם מעל 200 וואט-שעה לק"ג.

סוללת ליתיום-יון שהיא הסוללה בה משתמשים ברוב הרכבים החשמליים, בנויה מאנודה, אלקטרוליט וקטודה. היום בשימוש בעיקר אנודות גרפיט והרבה חברות עובדות על פיתוח אנודות ננו-חלקיקי סיליקון שלהן יכולת קיבול גדולה יותר (לגרפיט 370 אמפר שעה לק"ג ולסיליקון 4,000), כלומר, מעבר לאנודת סיליקון יאפשר להגדיל את טווח הנסיעה ב-50% לפחות. גם כיום מכניסים 5-10% סיליקון לאנודות הגרפיט, אבל אין עדיין סוללות עם סיליקון נקי. לגבי קטודות, השימוש הנפוץ היום הינו בקובלט-אוקסיד (ליתיום, קובלט וחמצן). קיים בעולם מאמץ ניכר להגדיל את המתח והקיבול של קטודות לסוללות ליתיום-יון.

טווח נסיעה אופייני של רכבים המופעלים בעזרת סוללת ליתיום-יון כיום כ-160 עד 250 ק"מ, בעתיד, עם אנודת סיליקון וקטודה משופרת הטווח יגיע ל-250 עד 350 ק"מ. סוללת ליתיום-גופרית צפויה לתת טווח של מעל 400 ק"מ (עובדים על זה גם בישראל עם מימון של האיחוד האירופאי), וסוללת ליתיום אוויר צפויה להיכנס לשימוש אולי בעוד 30 שנה (תאפשר טווח של מעל 550 ק"מ).

דורון ודאי – מנכ"ל, כלל מוטורס בע"מ

תחבורה ציבורית חשמלית

למה חשמול התחבורה צריך להתחיל מן התחבורה הציבורית (תחב"צ)?

- בישראל נוסעים כיום כ-20 אלף אוטובוסים⁴ וכ-21 אלף מוניות, לעומת כ-2.7 מיליון מכוניות נוסעים המונעות ברובן בבנזין, כלומר, התחב"צ מהווה רק 1.5% מכלי הרכב בארץ.
- עם זאת, זיהום האוויר הנפלט מאוטובוס דיזל אחד במשך יום עבודה אחד שווה לזיהום האוויר של 33 מכוניות נוסעים המונעות בבנזין. כמו כן, זיהום האוויר הנפלט ממונית דיזל אחת במשך יום עבודה אחד שווה לזיהום האוויר של 10 מכוניות נוסעים המונעות בבנזין.
- מכאן, שחשמול 1.5% מכלי התחבורה בישראל יפחית ב-31.4% את זיהום האוויר.

⁴ תחבורה ציבורית מהווה פחות ממחצית מכמות האוטובוסים, השאר אלו אוטובוסים פרטיים

נתונים אמריקאיים לגבי המשמעות של מעבר מאוטובוסים מונעים בדיזל להנעות חלופיות (חשמלי, גז טבעי דחוס (גט"ד)) מציינים את החיסכון המשמעותי בפליטות של שני מזהמים מרכזיים: $PM_{2.5}$, NO_x^5 , כאשר לגבי רכב חשמלי יש שונות גדולה במספרים בהתאם לתמהיל ייצור החשמל (אנרגיות מתחדשות, גז"ט, דלקים פוסיליים), אך בכל מקרה מדובר על חיסכון של עשרות אחוזים בפליטות. בנוסף, בנושא של גזי חממה, ניתן לראות חיסכון של 50-80% בפליטות כתוצאה ממעבר לאוטובוסים חשמליים לעומת אוטובוסים מונעי גט"ד או דיזל, כאשר הניתוח לוקח בחשבון גם את הפליטות מצינור הפליטה (שלא קיימות ברכבים חשמליים) וגם את הפליטות בייצור החשמל או הדלקים (הניתוח מתייחס לחשמול מוחלט ולא להיברידי, שלטעמי יעלם מהעולם כי אין לו הצדקה).

סיבה נוספת להקדמת חשמול התחב"צ לעומת חשמול התחבורה הפרטית, היא קלות יחסית בהקמת תשתיות הטעינה, בעיקר לגבי ציי האוטובוסים, בחינוי הלילה.

- עקרונית, בכל מקום בישראל יש תשתיות חשמל והיכן שאין, חברת חשמל מחוייבת להביא (ע"פ חוק משק החשמל), זאת תשתית קיימת וזמינה. כל תשתית אחרת, בין אם זה דלק, גט"ד, מימן, צריך להקים מערכת צינורות, תחנות תדלוק וכן הלאה.
- בנוסף, כל התחב"צ חונה בסוף היום בחניונים מוסדרים ולכן קל יחסית לפתור את נושא תשתיות הטעינה.

אנו סבורים כי המעבר לחשמול התחב"צ לא יהיה בעל השפעה רבה על מערכת החשמל:

- סך כל הצריכה השנתית לתחב"צ חשמלית תהווה 4.4% מכלל צריכת החשמל בישראל⁶. לכן המעבר אינו צפוי להיות בעל השפעה בעייתית, או כזו שתצריך שיפור מהותי או הוצאה גדולה במשק החשמל.
- בשל ההפרדה הטבעית הקיימת בין מועד השימוש בחשמל (נסיעה) למועד צריכת החשמל (טעינה). מרבית הטעינה מתבצעת בלילה בשעות השפל, כך שהמשמעות היא גם מחיר חשמל נמוך וגם העמסת הרשת בזמן שהיא הכי זקוקה לעומס. כך אנו משרתים גם את הכלכלה של העניין וגם את בריאות משק החשמל (זה נכון גם לגבי שבת).

עובדות ומספרים:

- בנייתו מהבאר לגלגל (Well-to-Wheel) הנצילות של רכבי ICE היא 18-35% (כנראה שאפילו פחות מ-18%) בעוד שהנצילות של אוטובוס חשמלי היא מעל 50%.
- הפליטות בארובת תחנת הכוח מבוקרות, מוקטנות על ידי אמצעים טכנולוגיים ומתבצעות בגובה רב, בעוד שהפליטות מרכבי ICE אינן מבוקרות ומתבצעות בגובה האף.
- המשמעות של נצילות גבוהה וזיהום נמוך היא ירידה בעלות הישירה (עלויות תפעול) והעקיפה (תחלואה).

⁵ חלקיקים נשימים עדינים ותחמוצות חנקן

⁶ החישוב מתייחס למספר האוטובוסים והמוניות הקיימים ביחס לנסועה ממוצעת וצריכת חשמל ממוצעת צפויה (1.6 קוואט"ש לק"מ לאוטובוס עירוני בערים צפופות כמו ת"א, ו-0.25 קוואט"ש לק"מ למונית),

- עלות האנרגיה לקילומטר נסיעה באוטובוס חשמלי היא כ-15% מעלות האנרגיה באוטובוס דיזל⁷.
- טווח הנסיעה היומי של אוטובוס עירוני מוגבל וידוע, בהתאם לקווים ולתכנית העבודה היומית, ולכן "חרדת הטווח" (המכשול בפני כלי רכב חשמליים), לא קיימת במקרה של אוטובוס חשמלי (הטווח המקובל הוא 150-200 ק"מ ביממה שניתן לטעון פעם אחת במשך הלילה).
- משטר ההפעלה הזה מאפשר זמני טעינה המספיקים לטעון את הסוללות באמצעות מטענים סטנדרטיים ותקניים.

השוואת מחזור חיים בין אוטובוס חשמלי לאוטובוס דיזל (נתונים מארה"ב) מצביעה על עדיפות לאוטובוס החשמלי גם כאשר מתייחסים רק למחיר העלות, התחזוקה והתפעול, ועל אחת כמה וכמה כאשר לוקחים בחשבון גם את העלויות החיצוניות (מחירי פחמן, הוצאות בריאות), שאז העלות הכוללת של רכב דיזל יותר מכפולה. עלייה במחירי הנפט אף תגדיל את העדיפות.

גם מדינת ישראל עושה את החישוב הזה, ואני מבקש להזכיר שהבלו נולד כדי לכסות את העלויות החיצוניות.

העלות הגבוהה ביותר ברכבים חשמליים היא עלות הסוללות. ב-2010 המחיר לקווט"ש היה בסביבות אלף דולר והיום המחיר הוא בסביבות 200 דולר, והתחזית של בלומברג מצביעה על כך שהמחיר ירד לסביבות 80-100 דולר לקראת 2030, וזה כמובן ישפיע על הרווחיות של התחבורה החשמלית.

בארץ יש לחברה שלנו אוטובוס אחד שעובד במשך ארבע שנים, ועוד כ-30 אוטובוסים התחילו לעבוד בחיפה, בשרון ובמודיעין בחצי השני של 2017.

לסיכום, חשמול תחב"צ הינו כדאי מכל הבחינות שנסקרו. בנוסף, היכולת הרגולטורית לגרום לשינוי היא פשוטה יחסית, על ידי הכנסת דרישה במכרזים לאחוז מסוים של רכבים נקיים. כמו כן הרשויות המקומיות יכולות להטיל מגבלות על כניסת אוטובוסים מזהמים לתחומי הרשות.

אבי כהן – מהנדס טכני, דן חברה לתחבורה ציבורית בע"מ

אוטובוס חשמלי מבוסס קבלי-על

חברת דן מספקת שירות ל-15 ערים במטרופולין תל אביב, כאשר מהירות הנסיעה המסחרית הממוצעת הינה כ-14 קמ"ש. חברת דן מפעילה חמישה אוטובוסים בטכנולוגית קבלי על (הפיילוט מסתיים בימים אלו) ועוד עשרים אוטובוסים אמורים להגיע לארץ בחודש הקרוב. חזון החברה הוא להגביר את השימוש באוטובוסים הפועלים באנרגיות חלופיות ירוקות והיא מתכננת להצטייד בעוד כ-120 אוטובוסים חשמליים שיהוו כ-10% מצי הרכב שלה.

האוטובוס החשמלי שמופעל כיום עומד בתקינה אירופאית (WVTA), עמד באישור מחלקת התקינה של משרד התחבורה וכן הותאם לדרישות דן.

⁷ טווח נסיעה של 200-230 ק"מ ליום, טעינה של 4.5 שעות בלילה במחיר של 33-35 אג' לקווט"ש תעלה 80-100 ₪ לעומת מעל 600 ₪ לטעינה של מיכל דיזל.

עלות נזקי זיהום האוויר בתחבורה נאמדים בכ-2.1% מהתל"ג. ארגון הבריאות העולמי מצביע על תוספת חודשי חיים (עד למעלה מ-20 חודשים בבוקרשט למשל) בערים מרכזיות כתוצאה מהפחתת זיהום של PM2.5. בנוסף, פליטת פחמן דו חמצני (פד"ח) בייצור חשמל בשילוב של גז"ט ופחם לייצור 1 ק"מ נסיעה הנו כ-25% מפליטת מנוע דיזל במצב אידיאלי⁸.

יתרונות האוטובוס החשמלי על פני אוטובוס דיזל:

- ללא זיהום אוויר במרכזי הערים וללא פליטות פד"ח בנסיעת האוטובוס
- נצילות מנוע חשמלי של כמעט 100% - כמעט פי שלושה מנצילות מנועי דיזל
- בלימה של אוטובוס עירוני חשמלי משמשת גם לטעינתו (קבלי על מאפשרים עד 42% החזר אנרגיה)
- עלות תחזוקת אוטובוס חשמלי נמוכה יותר
- רמת רעש נמוכה 12dB-17dB בהשוואה לאוטובוס דיזל
- ללא תיבת הילוכים (אוטומטית)
- ללא מערכת פליטה וללא ממיר קטליטי
- ללא מערכת הזרקת דלק
- ללא מערכת אחסון והזרקה של אוריה

דן העדיפה את טכנולוגיית קבלי העל⁹ על פני טכנולוגיית הסוללות עקב יתרונותיה הרבים. אוטובוסים חשמליים בטכנולוגיה זו פעילים בסין, סרביה, בולגריה, אוסטריה ובחודשים הבאים גם באיטליה.

טכנולוגיית קבלי העל מול טכנולוגיית הסוללות:

- יחידת קבלי העל באוטובוס שיגיע לארץ בקרוב שוקלת כטון אחד בלבד ויכולה לאפשר נסיעה של מעל 25 ק"מ בטעינה של עד 5 דקות בלבד ובצריכת אנרגיה של כ-2-1.2 קווט"ש עם מזגן.
- עצירת האוטובוס בתחנת הקצה (טרמינל) להורדת / העלאת נוסעים משמשת לטעינתו. עקרונית, אוטובוס זה יכול לנוע במשך 24 שעות.
- טכנולוגיית הסוללות: עלות הסוללות גבוהה, הסוללות כבדות, זמן הטעינה שלהן ארוך וכמו כן, אורך החיים של הסוללות יורד עם זמן התפעול.
- זמן הטעינה בטכנולוגיית קבלי העל קצר, וגם בהיקף טעינות נרחב אין ירידה בקיבוליות האנרגיה.
- טכנולוגיה זו מאפשרת נסיעה בטוחה, איכותית, שקטה, השומרת על הסביבה.
- טכנולוגיית קבלי העל מבוססת על מים, ואינה נפוצה או דליקה.
- הטכנולוגיה פועלת בהצלחה וכמעט ללא תקלות מזה 11 שנים בסין, ובארץ מעל שנה.

⁸ לפי הנתונים של החברה: צריכת סולר של אוטובוס עירוני בישראל 1.6-1.1 ק"מ/ליטר, אוטובוס עירוני בישראל נוסע בממוצע 50 אלף ק"מ בשנה וצורך 31-45 אלף ליטר סולר בשנה. אוטובוס חשמלי צורך כ-2-1.2 קווט"ש לק"מ (עמוס ועם מיזוג אוויר). סה"כ כ-72 אלף קווט"ש לשנה (לאוטובוס).

⁹ טכנולוגיית צבירת האנרגיה פותחה ע"י חברת AOWEI המקדימה את כל טכנולוגיות קבלי העל בצפיפות האנרגיה ביחס למשקל ונפח יחידת הקבלים.

חברת דן זכתה במענק של המשרד להגנ"ס לתמיכה ברכש של 26 אוטובוסים חשמליים בטכנולוגיית קבלי על, עד לאוקטובר 2017. עפ"י הנחיות המשרד להגנת הסביבה מתוקף חוק אוויר נקי, החברה תפעיל 2% מצי הרכב באנרגיה חלופית עד סוף 2017. משרד התחבורה, המשרד להגנת הסביבה, עיריית תל אביב ודן מבקשים לצמצם ככל שניתן את זיהום האוויר בתל אביב בכלל וברחוב אלנבי בפרט (תוצאות שנתקבלו בתחנת הניטור ברחוב אלנבי הראו רמות זיהום גבוהות מעל ערכי הסף).

בפיילוט שנערך (קו 4 בתל אביב) נבדקה התאמה לתשתיות, עוצמת הרעש, צריכת אנרגיה לאורך כל השנה, טווחי נסיעות, תפקוד מערכת הטעינה, עלויות התחזוקה ועלויות משקיות וכן נתקבל משוב מנוסעים ומנהגי האוטובוס. בעקבות תוצאות הפיילוט שודרג האוטובוס הקיים. תכונות נוספות: האוטובוס הינו נמוך רצפה כך שהוא נגיש לאוכלוסיות בעלות מוגבלויות. מהירות מרבית - 80 קמ"ש.

תחנות הטעינה מאפשרות הטענה מלאה ואוטומטית של קבלי העל בתוך מספר דקות בבטיחות מלאה. דן רכשה ומפעילה עד כה שתי תחנות טעינה אוטומטיות במסופים ותחנה קטנה (60 קילוואט), לטעינת לילה. כמו כן, יותקנו בחודשים הקרובים עוד שלוש תחנות טעינה במסופים נוספים לשם הפעלת קווים נוספים באמצעות האוטובוסים החשמליים. במקביל, נבדקת אפשרות להפעלת האוטובוסים האלה גם בר"ג ופ"ת, אך זה תלוי בתשתיות וברגולציה המקומית לגבי מיקום תחנות הטעינה. כמו כן, נבחנת האפשרות לרכישה ושילוב דגמי אוטובוס קבלי על במערכת B.R.T (מערכת הסעת המונים).

עידן ליבס – עוזר מחקר, מוסד שמואל נאמן

טעינה ציבורית לרכב חשמלי בישראל

מגמות בתחום – מכירות רכב חשמלי צוברות תאוצה כמעט בקצב אקספוננציאלי, עד סוף 2016 נמכרו בעולם כשני מיליון רכבים חשמליים. זה אולי נשמע טיפה בים מתוך כ-92 מיליון רכבים שנמכרו בשנה זו, או מתוך קרוב למיליארד רכבים שיש כיום בעולם, אך התחזיות, (ויש המון תחזיות שמתעדכנות כל שנה, תחזיות שונות בהתאם לגוף שעומד מאחוריהן: חברות הדלק, חברות אנרגיה מתחדשת וכו'), כולן מצביעות על התחזקות המגמה של חדירת רכבים חשמליים, כמובן תוך תלות במחירי הסוללות. אני חושב שמה שחשוב להבין בנושא של התחזיות הוא שהגידול במגמה אינו לינארי. ההיסטוריה הקצרה של אימוץ טכנולוגיות מראה שיש איזושהי קפיצה מהירה בנקודת זמן שקשה מאד לחזות אותה מראש ומשם קצב האימוץ מהיר יותר והולך ונעשה מהיר יותר ויותר. זה כנראה גם מה שיקרה בתחום של רכב חשמלי.

אחד הדברים שמחזקים את המגמות האלה זה המחויבות של המדינות ושל היצרנים. כיום יש כ-20 מדינות עם יעדים כמותיים לחדירת רכבים חשמליים בשנים הקרובות וכן מדינות עם הצהרות על יעדי איסור למכירת רכבי ICE (נורבגיה, הולנד, שווייץ), כאשר בחלק מהמקומות אלה עדיין הצעות ולא מדיניות מוסדרת אבל בהחלט ניתן להצביע על מגמה. בצד של היצרנים, טסלה היא אחת החברות שמהווה זרז מרכזי לנושא, אבל גם יצרנים אחרים (רנו/ניסן/מיצובישי, ג'נרל מוטורס) מבצעים השקעות, מציגים קונספטים ודגמים חדשים (חשמליים והיברידיים נטענים), ומקימים תשתיות ייצור ייעודיות לרכב חשמלי בהשקעות ענק המוכיחות מעל לכל את מחויבותם לנושא (מרצדס, פולקסווגן). המגמה הזאת נראית גם בסין, והיא מונעת הן משאיפתה של סין למנף

את המעבר לרכב חשמלי על מנת להשתלב בצמרת שוק הרכב העולמי והן מהצורך האקוטי להתמודד עם רמות קיצוניות של זיהום האוויר בעריה.

בהכללה, ניתן להצביע על שלושה חסמים מרכזיים לחדירתו של הרכב החשמלי:

- **ביצועים:** יש מגמה של שיפור מתמיד. כרגע ה-Benchmark בתעשיית הרכב לדור הנכנס של הרכבים החשמליים הוא טווח נסיעה העומד על כ-200 מייל (320 ק"מ). במקביל, ניכרת מגמת שיפור בנצילות האנרגטית המתבטאת בירידת צריכת האנרגיה לק"מ נסועה. מעבר לכך, ישנה התרחבות משמעותית של היצע רכבים חשמליים בקטגוריות שוק שונות, ואין כמעט יצרן רכב שלא מציע דגמים בעלי הנעה חשמלית, או מתכנן להציג כאלה לשוק בשנים הקרובות.
- **מחיר:** התחזיות צופות שעוד לפני 2030 המחיר של רכב BEV ישתווה למחיר רכב ICE (זה תלוי כמובן בגורמים רבים, כמו, היקף הנסועה וסוג הרכב וקשור גם למחירי הסוללות - מרכיב עיקרי בעלות הרכב שצפוי להצטמצם).
- **תשתיות:** חסם קריטי. סקירה של מורגן סטנלי צופה שעד 2040, כדי לתמוך בחצי מיליארד רכבים חשמליים ברחבי העולם, תידרש השקעה של 2.7 טריליון דולר בתשתיות, כאשר כשליש מההשקעות יתבצע בסין לבדה. עם זאת, לא מדובר רק על מגה-תשתיות – חסם תשתיות קיים גם במקרו וגם במיקרו – גם ברמת המדינה והיצרנים וגם ברמת הבית המשותף (איפה המטען ומי יטען, מתי ואיך יהיה החיוב).

המחקר שאנחנו¹⁰ מבצעים במוסד שמואל נאמן בתמיכת המדענית הראשית של משרד האנרגיה והמנהלת לתחליפי דלקים ותחבורה חכמה, מתמקד בתשתיות טעינה ציבוריות לרכב חשמלי בישראל. המתודולוגיה כוללת סקירה עולמית ותובנות שעלו במסגרת הניסיון שנצבר במדינות שנכנסו מוקדם ומובילות בתחום, סדנת מומחים והיוועצות עם בעלי עניין במודל ייחודי, ובניית מודל חיזוי שממנו נגזר המלצות מדיניות.

תוצאות ראשוניות של המודל, המתבסס על גידול אוכלוסייה ומגמות במכירת רכב ומתייחס לרכבי BEV ו-PHEV בלבד (לא היברידי), מצביע על 7-30 אלף רכבים חשמליים פרטיים בישראל בשנת 2020 ועל 277-83 אלף ב-2025 (תלוי במדיניות ובתרחיש), זה עומד בקו המגמה עם תחזית של BDO לחצי מיליון רכבים עד 2030. המודל מתייחס גם לשיעורי החדירה ברמת הערים השונות עם מאפיינים סוציאקונומיים שונים שנכנסו לתחשיב, ומכאן נגזר הצורך בתשתיות טעינה.

מה שמאפיין את ישראל הוא מגורים במרחב ציבורי, בשונה לדוגמה מארה"ב שם בחלק גדול מהבתים ישנה גישה לחנייה פרטית. לפיכך, ההערכה היא שבישראל חלקה של הטעינה הציבורית יהיה משמעותי, כמובן עם שונות בין הערים בהתאם למאפייניהן הייחודיים, והמחקר מצביע על היקף הפריסה של עמדות טעינה שצפוי להידרש בערים השונות בעתיד. בנוסף, אנחנו מתייחסים לנושא של טעינה מהירה בזרם ישר (DC) כפתרון משלים לטעינה רגילה (פרטית או ציבורית), והיא נדרשת על מנת לאפשר הארכת טווח ותדירות הנסיעה, במידת הצורך, כמו גם לחיזוק ביטחונם של הצרכנים באשר לזמינות גבוהה של אפשרויות לטעון את רכבם ברחבי המדינה.

¹⁰ עידן ליבס ופרופ' אופירה אילון ממוסד שמואל נאמן בשיתוף חברת EVCONSULT ההולנדית שמתמחה בתחום.

מהיבט המדיניות הלאומית בנושא רכב חשמלי, השאלות המרכזיות שיש לדון בהן הינן:

- מהן ההשלכות של רכב חשמלי על רשת החשמל במקטעים השונים (אתגרים והזדמנויות)? יש להבחין בין סוגיות עולמיות (כמו מחיר הרכב) לסוגיות מקומיות (כמו מיסוי).
- מהם עקרונות השוק שיש לעגן ומהם המודלים המתאימים לפיתוח תשתיות טעינה?
- מה מקומן של רשויות מקומיות, שהן שחקן קריטי, בפיתוח תשתיות טעינה עירוניות? מהו חלקו של המגזר הציבורי?
- כיצד יש לעצב יעדים ומדיניות לאומית בנושא זה?

פרופ' אופירה אילון – ראש תחום סביבה ואנרגיה, מוסד שמואל נאמן (בשיתוף עם ד"ר מרים לב-און וד"ר פרי לב-און)

הפחתת זיהום אוויר ופליטות גזי חממה כתוצאה מחדירת רכבים חשמליים - נתונים השוואתיים ממספר מדינות

אנחנו¹¹ נציג היום את התועלות של חשמול כלי רכב ונביא גם נתונים ממחקרים בארה"ב וממחקר שערכנו בישראל.

ל-IEA (International Energy Agency) יש תכנית שעוסקת בפיתוח טכנולוגי בתחום של רכבים חשמליים. דו"ח¹² של התכנית שיצא לאור ב-2015 עוסק בתחזיות ואמצעי מדיניות שאמורות לקדם המדינות החברות בתכנית. הנתונים בדו"ח מצביעים על כך שכאשר עושים ניתוח מחזור חיים מלא- מהבאר אל צינור המפלט - well to wheel (למעשה זהו חיבור של ניתוח מחזור חיים מהבאר אל מיכל הדלק- well to tank - ומיכל הדלק לצינור המפלט- tank to wheel) ובוחנים החלפת רכבי מנוע שריפה פנימית ICE (בנזין או דיזל) ברכבים חשמליים, ניתן להשיג ירידה של 20% בפליטות גז"ח (גזי חממה), 60% בפליטות PM10¹³ והפחתה של 30% בנוכחות אוזון (שהינו מזהם שניוני אך הנוכחות שלו נגזרת מפליטה של NOx). המסקנה הראשונה היא שככל שייצור החשמל נעשה בצורה נקייה יותר כך התועלת משימוש בחשמל להנעה של רכבים גדולה יותר.

דובר היום בפורום על אוטובוסים ומכוניות אבל נושא שלא מרבים לדון בו הוא ציוד מכני הנדסי כבד (off-road) ומדינת ישראל צריכה לדון בכך (עבודה מארה"ב¹⁴ מצביעה על כך שחשמול ציוד כזה יכול להביא לתועלת גדולה יותר מחשמול רכבי on-road בהיבט של איכות אוויר), ולכן המלצתנו הראשונה היא להתייחס לנושא הזה של

¹¹ ד"ר מרים לב-און, ד"ר פרי לב-און (קבוצת לבאון) ופרופ' אופירה אילון

¹² "Hybrid and Electric Vehicles: The Electric Drive Delivers", 2015 (http://www.ieahev.org/assets/1/7/Report2015_WEB.pdf)

¹³ חלקיקים נשימים

¹⁴ Uarporn Nopmongcol et al. (2017). Air Quality Impacts of Electrifying Vehicles and Equipment Across the United States. *Environmental Science & Technology*, 51, 2830–2837; DOI:10.1021/acs.est.6b04868

ציוד הנדסי כבד, כיוון שאנחנו בתקופת בנייה נרחבת בישראל וכן יש נושא של גוררות, אניות משא וציוד בנמלים (עבודה שבוצעה בחיפה הצביעה על כך שזיהום האוויר מנמל חיפה גדול יותר מהזיהום שנגרם מבתי הזיקוק).

עבודה¹⁵ שעשינו במסגרת ה-FP7 ביחד עם Better Place בדקה תועלות צפויות משיפור איכות האוויר כתוצאה מחשמול ציי רכב פרטיים בשלוש מדינות (דנמרק, צרפת וישראל) בהתייחס לתמהיל האנרגיה הצפוי לייצור החשמל ב-2020. התייחסנו לפליטות מרכבי ICE בהתאם להצהרות יצרן לגבי סטנדרט של 6 EURO וגם לפליטות בפועל (רואים פערים גדולים בין ההצהרות למציאות, בעיקר כשמתייחסים לנסיעה בעליות, לנסיעה עם מזגן וכו'), תחת תרחישים שונים של חדירת רכבים חשמליים לשוק, וכן לעלויות החיצוניות של ייצור חשמל בהתאם לתמהיל הדלקים לייצור חשמל. כימתנו את כל התועלות לכסף. מבחינת משק האנרגיה הישראלי, השתמשנו בתחזיות שדיברו על תמהיל של 25% פחם, 65% גז"ט ו-10% אנרגיות מתחדשות. בדנמרק התמהיל מתבסס על 50% דלקים פוסיליים ו-50% אנרגיות מתחדשות ובצרפת לעומת זאת יש שיעורים גבוהים של אנרגיה גרעינית. התוצאות שקיבלנו הן שהתועלות בישראל הן הנמוכות ביותר (ביחס למדינות האחרות שנבדקו) אבל עדיין, גם בישראל, יש תועלת משקית נטו כתוצאה מחשמול ציי הרכב הפרטיים.

מסקנות:

- ככל שתמהיל ייצור החשמל, המשמש גם לתדלוק רכבים, נקי יותר – התועלת עולה. כלומר, כאשר חשמל מיוצר מפחם התועלת מחשמול ציי הרכב קיימת אך היא קטנה מזו של חשמל המיוצר מגז"ט. כאשר החשמל מיוצר ממקורות מתחדשים או מאנרגיה גרעינית התועלת מחשמול היא הגבוהה ביותר.
- ככל ששיעור חדירת הרכבים החשמליים גבוה יותר – התועלת עולה (העלות החיצונית של טון NOx שנפלט מהרכב גבוהה פי עשרה מאותו טון שנפלט מארובת תחנת הכוח, לאור העובדה שזיהום הנפלט "בגובה האף" מזיק יותר מזיהום הנפלט בגובה של כמה מאות מטרים).
- שימוש בנתוני פליטה אמיתיים (REAL LIFE) של רכבי ICE מעלים את תועלת הרכבים החשמליים.
- ככל שיש יותר נסועה עירונית – התועלת עולה.

זאב שדמי – ראש תחום מחקר ופיתוח טכנולוגי, יחידת המדען הראשי, משרד התחבורה¹⁶

תחבורה ציבורית חשמלית

שימוש באוטובוסים חשמליים בעולם:

- בסין מחליפים את כל ציי האוטובוסים העירוניים לחשמליים; כבר כיום כ-170 אלף אוטובוסים.
- באירופה כל יצרן גדול מפתח אוטובוסים חשמליים. ב-2016 היו כ-1,300 אוטובוסים חשמליים, התחזית ל-2020 היא 2,500 ול-2025 - 6,100 אוטובוסים חשמליים.

¹⁵ Ayalon, O., Flicstein, B., & Shtibelman, A. (2013). Benefits of reducing air emissions: replacing conventional with electric passenger vehicles. *Journal of Environmental Protection*, 4(10), 1035.

¹⁶ יחידת המדען הראשי מנהלת תכנית מו"פ ומקדמת את סדר היום המדעי והטכנולוגי במשרד

• בארה"ב לעומת זאת החדירה איטית יותר, רק כ-200 אוטובוסים. הסיבות ככל הנראה הן: מחירי דלק נמוכים יותר, רגולציה סביבתית מחמירה פחות, תחרות של אוטובוסים מונעי גז"ד. בארה"ב פועלים יצרן אמריקאי אחד ויצרן סיני אחד – BYD, שהקים מפעל שכבר מייצר. התחזית של היצרן האמריקאי (Proterra) מדברת על כך שעד 2020 כשליש מהאוטובוסים החדשים שימכרו יהיו חשמליים וב-2030 לא יימכרו יותר אוטובוסים מונעים בדיזל.

בכל העולם מניחים שבעתיד יהיו רוב האוטובוסים מונעים בחשמל. בתחילת הדרך היה צריך להוכיח כי קיימת כדאיות לשימוש בחשמל בגלל שיקולים של איכות האוויר ופליטות גז"ח. היום כבר אין צורך להוכיח זאת: קיימים מחקרים רבים המראים באופן ברור את השיפור הניכר מבחינת הפליטות, והמבחן החשוב היום הוא המבחן הכלכלי – אם זה יותר כלכלי זה כבר ימכור את עצמו, אחרת יהיה קשה להחדיר את האוטובוסים החשמליים.

להערכתי, בישראל יש מספיק נתונים כדי לבסס את הכלכליות של המהלך (מחזור חיים של אוטובוס חשמלי לעומת דיזל), ומה שנדרש הוא הצורך לעגן את זה בנתונים ולשכנע את המפעילים.

למפעיל אירופאי שרוצה לבחור תמהיל של רכבים חשמליים ישנו מבחר עצום של דגמי אוטובוסים, עם סוללות וסוגי טעינה שונים.

מדיניות של משרד התחבורה בישראל היא לתמוך במגמה של מעבר להנעה חלופית. בכל מרכז חדש שיוצא יש דרישה לאחוז מסוים של רכבים בהנעות חלופיות, כאשר המשרד לא קובע איזה סוג זה יהיה - גז"ט או חשמל, ובוודאי לא איזו טכנולוגיה (סוללות או קבלי על).

חלק מהמפעילים מסכימים עם ההערכה שיש יתרון כלכלי לשימוש בחשמל, והיו רוצים לעשות את זה ביוזמתם גם בלי רגולציה ותכתיבים של המשרד, אם מסלול הביצוע היה נגיש, אך הם נתקלים במכשולים שמעמידים בסכנה את יכולתם לעמוד בדרישות רמת השירות במכרזים, ולכן נמנעים מרכישת אוטובוסים חשמליים.

שמואל בן ארי: למה בדרישות המכרז מבקשים לגרוט אוטובוסים אחרי 10-8 שנים כאשר אורך החיים, לפחות של אוטובוסים חשמליים, ארוך הרבה יותר? אוטובוס חשמלי לא 'מזדקן' מבחינת זיהום אוויר כמו דיזל. למה לא להאריך ל 20-16 שנה?

זאב שדמי: אני חושב שזה בהחלט נכון. תעלה את זה על הכתב ותגיע עם זה למי שצריך להגיע, אני אעזור לך אם צריך.

דורון ודאי: התקנה המקורית לא נולדה כי מישהו חשב שאוטובוס לא יכול לנסוע יותר מעשר שנים, באגד נסעו בעבר עם אוטובוסים 15 שנה בלי שום בעיה, הסיבה הייתה שרצו להבטיח שדרוג לדגמים פחות מזהמים. כאשר האוטובוס אינו מזהם, אין סיבה אמיתית להחלפתו לאחר עשר שנים.

זאב שדמי: סוללה טוענים בלילה בהספק יותר נמוך ובעלות יותר נמוכה (תעריפי חשמל נמוכים יותר), וכן זה יחסית פשוט לתכנן את ההספק הנדרש ולבקש זאת מחברת החשמל (50 קילוואט כפול מספר עמדות טעינה). קבלי על צריך לטעון לאורך יום העבודה וזה יותר בעייתי כיוון שמדובר בהספקים מאד גבוהים וצריך לקחת את זה בחשבון כשמתכננים תשתיות לחשמול במסופים ובחניונים. היום מדברים על עמדת טעינה לאוטובוס אחד עם הספק של 150 קילוואט, אך יש תקן אירופאי בהכנה לטעינה בטכנולוגיה של קבלי על והתקן מדבר על מכפלות של 150, כלומר, עמדה תהיה מודולרית וניתן יהיה להגיע גם ל-300 ו-450 קילוואט בכדי לאפשר

טעינה מהירה, כך שבהספק הזה יוכלו לטעון אוטובוס ב 2-3 דק' (באוטובוס הנוכחי זה 6-7 דק'). הדבר גם משפיע על התפעול של מערכת האוטובוסים, כי כאשר אוטובוס חונה ו'מתדלק' הוא תופס מקום ואוטובוסים אחרים לא יכולים לא להעלות או להוריד נוסעים ולא לתדלק.

היום זו אבן הנגף לכניסה של אוטובוסים חשמליים; אין עמדות טעינה גם לחלק מהרכבים שכבר הגיעו לנמל. אנחנו במשרד התחבורה מתבקשים לטפל בנושא, גם דרך אגף התשתיות שישקיע כסף, אבל יש בעיה קשה של שיתוף פעולה בין חח"י, רשות החשמל, רשויות שנתנות אישורים סטטוטוריים להקמת מתקני חשמל. לכן המסר החשוב ביותר שצריך לצאת מכאן הוא שצריך להקל בהרבה את התהליך עצמו (מבלי להקל בדרישות עצמן, דרישות הנדסיות, תכן, בטיחות).

דורון ודאי: יש עבודה שנעשית בנושא תב"ע¹⁷, כי גילו שאחת הבעיות היא שלא הקצו מספיק חניונים לאוטובוסים בערים בכדי שאפשר יהיה לפתח את התחב"צ. אנחנו יכולים להמליץ שבמסגרת העבודה הזו ייכלל גם הנושא של תכנון החניונים מבחינת תשתית חשמל ולא רק מבחינת שטח.

זאב שדמי: הסוגיות של תהליכים ואישורים, או רגולציה, הן גם המכשלה לרכב פרטי. אני מציע גישה אחרת: נחשוב קודם מה נכון מבחינת תכן הנדסי ובטיחות חשמל ורק אח"כ יעשו רגולציה מתאימה. כי אם עושים להיפך אז צריך להמציא כל מיני פתרונות שיתאימו לרגולציה.

תידרש גם התאמה לתקן האירופאי לסטנדרטיזציה של טעינה מהירה, כיוון שהתקן הישראלי מבוסס על התקן הסיני.

פרופ' אופירה אילון: האם יש עבודה שמראה שיש עדיפות לאוטובוסים חשמליים לעומת אוטובוסים מונעי גט"ד?

שמואל בן ארי: עד כמה שהבנתי, עלות גט"ד היום יותר גבוהה אם לוקחים בחשבון את הסולר פחות הבלו (כי חברות האוטובוסים זכאיות לקיזוז הבלו) והמשמעות היא שלא כדאי לעבור לגט"ד.

לגבי טעינת רכב פרטי, יש מודל בהולנד שם הקימו עמדות טעינה ציבוריות, כאשר גם החשמל וגם החנייה הינם בחינם, העיקר לקדם את הנושא.

זאב שדמי: אני לא מקבל את הרעיון לטעינה חינם.

אני מציע היבט נוסף: משאבים של תחב"צ יכולים גם להוות מקורות אנרגיה, על ידי קירוי חניונים בפנלים סולאריים. כיום, עם הירידה הדרמטית בעלויות של לוחות ה-PV, וההסדרים החדשים של חשמל נטו מול חברת החשמל, לא צריך יותר להשקיע באגירה עם סוללות במקום, ולכן ניצול חשמל מהשמש נעשה יותר כלכלי. התקנת גג סולארי מעל לחניון אוטובוסים הוא מכונה להדפסת כסף. יש הרבה מאד תשתיות תחבורה שאפשר לנצל להפקה של אנרגיה סולארית.

¹⁷ תכנית אב למתקני תחבורה ציבורית, שהוכנה עבור משרד התחבורה ועיריית תל אביב על ידי חברת "גל תכנון מערכות אורבניות"

לאחר מצגות המשתתפים התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג, ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. על מנת למקד את הדיון, הוצגו מראש מספר שאלות כדלקמן:

- מה צפוי להיות רכב העתיד לתחבורה בישראל: היברידי או חשמלי?
- מהי העלות הצפויה של מכונית חשמלית לצרכן פרטי?
- מה תהיה עלות הנסיעה לק"מ, בהתחשב בעלויות החשמל, האחזקה והפחת?
- מהו טווח הנסיעה של רכב חשמלי בין טעינות/החלפות של הסוללות?
- כיצד להתמודד עם הגידול העצום בכושר ייצור החשמל שיידרש לתשתית הרכב החשמלי? מהן ההשלכות על רשת החשמל במקטעה השונים?
- מהו הפוטנציאל של רכב חשמלי בעבור רשת החשמל?
- מהו מחזור החיים של הסוללות (לרכב חשמלי ולרכב היברידי)?
- מהי התועלת הצפויה בשיפור איכות האוויר בעיר כתוצאה משימוש ברכב היברידי/חשמלי?
- מה מקומן של רשויות מקומיות בפיתוח תשתיות טעינה עירוניות? מהו חלקו של המגזר הציבורי?
- איך מעודדים רגולטיבית את השימוש ברכב היברידי וחשמלי?

דברי המשתתפים מובאים כאן בסדר בו נשמעו וללא עריכה, לאחר שעברו ביקורת ע"י אומריהם.

פרופ' אופירה אילון: ראשית, חשוב לציין כי עצם הדיון ברכבים פרטיים חשמליים עומד בסתירה לצורך לפתח מערכת תחבורה ציבורית - שיתופית ראויה שתייתר את הצורך ברכב הפרטי אשר קצב גידולו מצריך השקעות עתק בכבישים ובחניות.

שנית, ישראל אינה יצרנית רכב ואינה משפיעה על ביקושים או מגמות עולמיות בתחום הרכב החשמלי; עם זאת ישראל ניסתה להוביל מהלכים בתחום התחבורתי.

- הנושא של מיסוי ירוק נבע משאיפה לשיפור איכות האוויר, אך כשראו שהכנסות המדינה ממיסים ירדו, נסוגו מהמיסוי הירוק הראשון שהיה ואנחנו היום בדור שלישי. השינויים האלה לא מעניקים ודאות רגולטורית.
- הוקמה מנהלת תחליפי נפט שחזונה הוא לגאול את העולם מנפט, קרי, לגאול את העולם מרכבי ICE. נעשית פעילות כמו ועידה שנתית וחלוקת פרס של מיליון דולר לפיתוח טכנולוגיה חדשנית. המנהלת מקדמת מחקרים ופועלת לקידום התחבורה החכמה, הרכבים החשמליים והאוטונומיים.
- ממה שאני רואה, יש כוונות אבל אין ודאות רגולטורית מבחינת המיסוי (הארכה לסוף 2018 לא נותנת ודאות). אין ודאות בנושא הבלו על החשמל – איך יבוצע ומה יהיה השיעור. זה נושא שחייבים לדון בו.
- ניתן להפיק הרבה תועלות מהנושא של החשמול – שיפור איכות האוויר, חדשנות טכנולוגית (אך לא רק ברמת הסיסמאות), וכן, אם רוצים לעודד שימוש בגז"ט, אז גם רכבים חשמליים תורמים לכך, דרך ייצור החשמל.
- יש לבחון קבלת החלטות אמיצות כמו איסור יבוא רכבי ICE לארץ החל משנה מסויימת.

- צריך לייצר תשתיות טעינה מתאימות
 - צריך ליצור ודאות בנושא המיסוי והבלו הן של הרכבים והן של החשמל
- השאלה החשובה ביותר – איך מעודדים רגולטיבית את השימוש ברכבים חשמליים?

אדי בית-הזבדי: ככל שטווח הנסיעה לליטר דלק ברכב היברידי יהיה גבוה יותר כך זה ישפיע לרעה על רכבים חשמליים (BEV). לפני שמונה שנים דיברו על 15-16 ק"מ לליטר, היום כבר מדברים על 20-30 ק"מ לליטר. עם זאת, תחב"צ צריכה להיות חשמלית, בעיקר עירונית. לגבי בינעירונית, אם הרכבת מתחשמלת, נושא שלא התייחסנו אליו, האם צריך להגדיל תשתיות חשמל?

לגבי רכב פרטי – אם תחב"צ עירונית היא טובה, נקייה ויעילה וכן יש תחבורה בינעירונית טובה, כמו רכבות חשמליות, זה מייתר את הצורך בשני רכבים למשפחה, אך כיוון שהתחב"צ לא פועלת בסופי שבוע ימשיכו להחזיק מכונית אחת. גם זה נושא שהרגולטור צריך לשים לב אליו.

לדעתי יש צורך עמוק ברגולציה חוצת משרדים למרות המגמה לדה-רגולציה. אם בנושא של תשתיות ואם לגבי מדיניות, כדי להבין לאן רוצים להגיע, באיזה שיעור ואיך עושים את הדברים. רגולציה יכולה לקדם דברים ובתחום האנרגיה היא אף מקדימה את השוק לפחות בעשר שנים.

- הרגולטור צריך להגיד מה הוא רוצה ולהגדיר לו"ז
- טכנולוגיה חייבת לעבור סטנדרטיזציה – יש לאמץ סטנדרט עולמי כדי להימנע מהצורך להחליף חלקים כאשר הציוד מגיע לישראל

דרושה מדיניות על – ראייה יותר רחבה ופחות להתייחס לסוג תחליף הנפט. כדי לתכנן את משק האנרגיה העתידי צריך לדעת מה יהיה תמהיל הדלקים (נפט/היברידי/חשמלי) ותשתיות האנרגיה צריכות להתאים לדרישות.

שש דקות לוקח לתדלק אוטובוס, זה מקובל. אבל להטעין ארבע שעות זה מוגזם.

זאב שדמי: זה שש דקות, אבל עשרים פעם ביום!

שמואל בן ארי: לא ראינו התייחסות למשמעות של חשמול הרכבת על זיהום האוויר בערים. לדעתי תהיה לכך השפעה גדולה מאד בהשוואה לציוד הנדסי כבד. הרכבת כל הזמן נכנסת לערים וכיום משתמשים במנועים בני 20-30 שנה בעלי סטנדרט נמוך מאד. רכב הנדסי כבד כמעט אין בערים, גם בשכונות חדשות זה קיים רק בחפירה של היסודות/חניונים. לעומת זאת, גם משאיות כבדות עונות היום לסטנדרט של EURO6.

פרופ' אופירה אילון: לא דיברנו בכלל על הנושא של קרינה אלקטרומגנטית. אני יודעת שלגבי הרכבת נעשו עבודות שבדקו את זה ואנחנו מדברים על חשיפה שיכולה להיות גם לזמן ארוך.

איגור סטפנסקי: ממה שידוע לי, במשרד להגנ"ס בדקו את הנושא ברכב פרטי ומצאו שאין בעיה בנושא של שדות מגנטיים. לגבי הרכבת אני לא יודע.

דורון ודאי: בנושא של האוטובוסים, המשרד להגנ"ס חייב אותנו לעשות בדיקות באמצעות מעבדה חיצונית לשלב הטעינה של האוטובוס וגם בנסיעה בתנאי שטח שונים (עליות, ירידות) ובשום מצב המדידות לא התקרבו לספים הנדרשים.

עוזי לוי: חברת נתיבי אילון, ביחד עם משרדי האוצר והתחבורה מקדמים פרויקט לאומי של נתיבים מהירים, המיועדים להסיט שימוש ברכב פרטי לרכב ציבורי ונסיעות שיתופיות. תוואי הפרויקט בציר האורך מראשל"צ עד נתניה, ובציר הרוחב לאורך כביש 5 מראש העין ועד גלילות. הפרויקט בהיקף שהינו פי עשר מהנתיב המהיר הקיים כיום; סך הכול כ-110 ק"מ של נתיבים עם ארבעה מגה-חניונים בראשל"צ, שפיים, מורשה וקסם בהיקף של כ-17 אלף מקומות חניה. בנוסף יוקם מערך היסעים של כ-150-200 אוטובוסים חשמליים (עברה החלטת ממשלה¹⁸ שלפחות 90% מהאוטובוסים/מיניבוסים יהיו מונעי אנרגיה חלופית (גז טבעי דחוס או חשמל), קרוב לוודאי שבפועל יהיו חשמליים), שיחסכו כניסה של למעלה מעשרים אלף מכונות פרטיות ביום לת"א, יקלו בגודש ויפחיתו פליטות בצורה דרמטית במרכז העיר.

אדי בית הזבדי: זה לא סוד שהשוק מתחיל לעבוד ורק אז הממשלה נזכרת לעשות רגולציה מתאימה. אני חושב שלא יהיה נכון להניח לשוק להמשיך לעבוד בצורה כזאת, כי פה מדובר על נושא של תשתיות שיכול להפיל או להעלות את כל הפעילות.

שמואל בן ארי: פרופ' עמנואל פלד, אני זוכר הרצאה שלך מלפני 17 שנה, דיברת אז על תאי דלק עם ראקטור כימי שניתן להזין אותו בגז"ט, להוציא ממנו מימן בזמן אמת לתוך התא החשמלי ולנסוע בלי להיות תלוי באספקה של מימן, שהוא מורכב גם לייצור וגם לאחסון.

פרופ' עמנואל פלד: זה נכון, הייתה הרבה מאד עבודה בנושא ונסעו רכבים כאלה, אך ממשלת ארה"ב בחרה להפסיק לממן את הפרוייקט הזה. כנראה שזה גם גורם לזיהום והניצולת פחות טובה. לכן עוברים למימן.

איתן פרנס: בקליפורניה יש פיילוט של ארבעים תחנות שמייצרות במקום מימן מגז"ט.

עידן ליבס: הנושא של תאי דלק איבד הרבה גובה, החברות הגדולות (טויוטה, הונדה, יונדאי, מרצדס) הוציאו את הנושא הזה מייצור. בכל ארה"ב יש 17 תחנות לתדלוק במימן ויש מספר בעיות בהנעה במימן: הרוב המכריע של המימן מיוצר היום מגז"ט בתהליך עתיר אנרגיה והתוצר הוא דלק מימן שהינו יקר ליחידת אנרגיה ביחס לחלופות; תא הדלק עצמו מאד יקר כיוון שמשתמשים בו בפלטינה; מעבר לכל אלו, הנצילות (אפילו התיאורטית) יחסית נמוכה – גם בתרחיש אופטימי של פיתוחים עתידיים, קשה לראות איך תאי דלק על בסיס מימן יוכלו להתחרות עם הטכנולוגיה הקיימת כבר היום של רכב חשמלי. זה אפשרי טכנולוגית, אבל לא כלכלי. אולי יכול להתאים למשאיות כבדות, מטוסים או אניות בהם הצורך במקור אנרגיה בעל צפיפות אנרגטית גבוהה הוא גדול יותר. במשך עשרות שנים מימן סומן כ'דבר הבא' בתחום של תחבורה; אולי זאת הייתה מניפולציה כדי לדחות את הקץ של רכבי ICE. עכשיו נוטשים את זה וכל היצרנים הולכים בכיוון של רכב חשמלי, BEV או PHEV.

פרופ' עמנואל פלד: היתרון של תאי דלק הוא בטווח הנסיעה הגדול. נציגים ממנהלת תחליפי הדלקים ותחבורה חכמה ביקרו במספר מקומות שבהם עושים זאת והמנהלת מדגישה חשיבות של מו"פ בנושא.

סוללות לרכבים חשמליים יכנסו לשימוש רחב בתקופה הקרובה, תאי דלק יכנסו לשימוש מאוחר יותר. עם זאת החומרים מהם מורכבות הסוללות יקרים, ואיני בטוח שהתחזיות לירידת המחירים נכונות כי כאשר תהיה צריכה גבוהה, המחיר של החומרים (ניקל, קובלט) אף יעלה. כרגע אין סוללות שהן רק מנגן שהן מספיק טובות.

¹⁸ החלטת ממשלה מספר 2592 מיום 02.04.2017 (סע' 19)
<http://www.pmo.gov.il/SiteCollectionDocuments/mazkir/DEC2592.pdf>

עידן ליבס: גם הסינים והיפנים שנתנו תמריצים גדולים לנושא של פיתוח תאי דלק ירדו מזה.

פרופ' גרשון גרוסמן: בהרצאה ששמעתי דובר על בורו-הידריד שמופיע כנוזל ובעזרת קטליזטור (שפותח על ידי חברה ישראלית) משתחרר מימן בריאקציה אקסותרמית (לא צריך לספק אנרגיה, לא צריך ריפורמר ולא גז). אחרי שחרור המימן ניתן בבית זיקוק לעשות לנוזל המשמש מיחזור, בתהליך אנדותרמי לספיגת מימן.

פרופ' עמנואל פלד: יש כמה תרכובות מימן כאלה, זה לא דבר יחידי או חדש. המיחזור הוא יקר, ההובלה היא לוגיסטיקה יקרה. לא נראה לי שזה ישים לרכבים, לא בטוח שזה טוב לציים גדולים, אולי זה מתאים לרחפנים.

דורון ודאי: אני לא חושב שאנחנו צריכים לעסוק או להמליץ על טכנולוגיה מסויימת, וגם משרדי הממשלה לא. אני חושב שהמדינה צריכה להגדיר יעדים, למשל, אפס זיהום אוויר, ולתת לשוק לקבוע איך תושג המטרה. אנחנו לא יודעים מה יהיה בעוד יומיים, טכנולוגיה טובה יותר יכולה לצוץ כל רגע ואסור שהרגולציה תהפך לחסם במקום למניע. הדיון צריך לעסוק בשאלה האם נכון לחשמל תחב"צ או רכבים פרטיים? הדיון על מקור האנרגיה להנעה חשמלית הוא דבר משני. המלצה שצריכה לצאת מהפורום היא שאנחנו חושבים שאפשר להקים תחבורה חשמלית, שיש מספיק אלמנטים שמאפשרים טכנולוגית לעשות את זה, ואנחנו דורשים מהרגולטור שיגדיר יעד של אפס זיהום אוויר כיוון שזה ניתן להשגה באמצעות חשמל. אז הטכנולוגיה, השוק, המדע והכלכלה יקבעו את האמצעים בהם זה יעשה לפי המציאות באותה עת.

עידן ליבס: מסכים לחלוטין.

שמואל בן ארי: סיעור מוחות הוא תמיד טוב וגם להתעדכן בטכנולוגיות חדשות זה חשוב.

דורון ודאי דיבר על פארק של 21 אלף אוטובוסים חשמליים בארץ, אך ברור שהאוטובוסים היחידים שניתן לחשמל בצורה מעשית זה רק לתחבורה עירונית. לאוטובוסים בינעירוניים ותיירותיים יש טווחים יותר גדולים, מסלולים משתנים ולפעמים חוזרים לחניון שלהם רק לאחר שבוע.

דורון ודאי: אתה מוזמן לבקר בשנזן (סין), שם החליטו שאין יותר תחבורה ציבורית לא-חשמלית, ובחניונים ניתן לראות שחצי מהאוטובוסים הבינעירוניים הם חשמליים.

שמואל בן ארי: אני לא יודע מה זה בינעירוני שם, איזה טווח נסיעה. אני מדבר על הארץ, כיום המקסימום שיש בשוק זה בסביבות 5,000-7,000 אוטובוסים עירוניים. עד שנגיע לבינעירוני יעבור המון זמן.

אדי בית הזבדי: כמה אנרגיה אתה משקיע בנשיאת הסוללה? היא יותר כבדה מכל הנוסעים ביחד.

דורון ודאי: יש התקדמות משמעותית כל הזמן (נפח ומשקל מול קיבולת). לפני ארבע שנים הסוללה שקלה 3.1 טון, עם פחות קווט"ש, והיום אותה יכולת מושגת עם סוללה שמשקלה 2.2 טון.

שמואל בן ארי: הרגולטור לא ימליץ על בינעירוני ותיירותי לעבור לחשמלי. יש בכך יותר מידי סימני שאלה.

אדי בית הזבדי: גם ציי רכב וחברות תובלה עם מסלול קבוע וידוע מראש הם פוטנציאל להנעה חשמלית.

שמואל בן ארי: במשאית יש בעיה אחרת של כושר העמסה. מנסים להוריד כל קילו.

עידן ליבס: טסלה מוציאה סמיטריילר חשמלי שיוכל לנסוע כ-500 מייל.

שמואל בן ארי: לא הייתה התייחסות לנושא החימום. אני יודע שב-Better Place החימום לקח יותר אנרגיה מאשר המיזוג.

דורון ודאי: אתה צודק והתשובה הטכנית היא שבאירופה, במדינות הקרות, מוסיפים לאוטובוס חשמלי, מנוע או מתקן בעירה על גז לחימום. במקרה של ישראל אין צורך. פעולת החימום של המזגן יכולה לתת את הפתרון.

עידן ליבס: המדינה עם הכי הרבה רכבים חשמליים לאדם היא נורבגיה, והם מסתדרים מצוין. יתרה מכך, הדורות הנוכחיים של הרכבים החשמליים מאפשרים לכוון את בקרת האקלים כך שבזמן שהרכב נמצא בטעינה תא הנוסעים מחומם או מקורר לפי הצורך בטרם הנסיעה (pre-conditioning).

שמואל בן ארי: אין רגנרציה של אנרגיית הבלימה בשיעור 41-42%. על רכבים היברידיים בסיאטל אמרו שהם מורידים את תצרוכת הדלק אולי ב-15%. אנשי חברת אייגר (Higer) בדקו בבולגריה והגיעו ל-22-23% רגנרציה מאנרגיית הבלמים, אבל אין 40%. בכלל, הנושא של רגנרציה תלוי באופן השימוש ברכב ומשתנה מיום ליום.

אדי בית הזבדי: איפה שיש ירידה בצד השני יש עלייה, כך שכמות האנרגיה שמושקעת בעלייה תהיה כנראה גדולה מזאת שהושגה בירידה.

פרופ' גרשון גרוסמן: בחיפה, עם העלויות והירידות של הר הכרמל, רכב היברידי הוא נהדר. הייתי צורך הרבה יותר דלק אילולא נסעתי ברכב היברידי. איני יודע מה היחס בין כמויות האנרגיה הנ"ל, אבל אף אחד לא מתנגד לתרומה של עצירה רגנרטיבית.

ד"ר עוזי זרחיה: אני רוצה להתייחס להיבט של מערכת החשמל.

עולם החשמל השתנה מאד לפני כמה שנים, בעבר הייצור התבסס בעיקר על פחם וידענו מה כמות הייצור וכמות הצריכה. היום אנחנו במעבר של הייצור מפחם לגז"ט, שהוא זהה מבחינתנו בהיבט של הבטחת האספקה, אבל גם נכנס נושא אנרגיות מתחדשות, כאשר רובן ממוקמות ומתוכננות לקום בדרום הארץ. כמות האנרגיה אינה צפויה מראש ומוקדי הייצור ממוקמים בדרום לעומת מוקדי הצריכה אשר נמצאים במרכז הארץ. כתוצאה מכך קווי ההולכה שלנו עולים בהעמסה שלהם. בנוסף, במסגרת הרגולציה הקיימת מאד קשה להעביר קווי הולכה חדשים - זה בעייתי ולוקח שנים רבות. כמו כן, גם לגבי הקווים הקיימים קיימת רגולציה רבה, כמו בדיקות של שדות מגנטיים. בגלל כל אלה אני חושב שכן צריך להיערך רגולטורית לדברים האלה, כיוון שלמערכת לוקח זמן להגיב, מכיוון שכל המערכת מסביב היא לא פשוטה ולא צפויה.

אם לדוגמא מדובר על אוטובוס שדורש חצי מגוואט למשך 5 דקות, ובאזור קטן יש כעשרה אוטובוסים, ויש הסתברות כלשהי שכולם יטענו באותו זמן (ואנחנו צריכים להתייחס לכל תרחיש הסתברותי) צריך להיערך לכך בכל ההיבטים: ייצור, מערכת ההולכה, מערכת מתח גבוה-נמוך, שנאי וכן הלאה.

אנחנו נכנסנו כיום לנושא של אגירה חשמלית בנושא של ייצוב תדר ומתח. אולי צריך לתכנן את זה גם לנושא של הטענת רכב חשמלי. העבודה צריכה להיעשות באופן מערכתי ולקחת בחשבון את כולם. כשהמדינה הגדירה יעד של 10% חשמל מאנרגיות מתחדשות ב-2020, נעשתה עבודה מסודרת על סמך הערכות של סוגי האנרגיות המתחדשות ומיקומן. אספקת אנרגיה היא סיום של תהליך מאד ארוך וצריך לטפל בכך כדי שלא נגיע למצב בו לא מסוגלים לספק את האנרגיה הנדרשת.

שמואל בן ארי: כשהתחלנו לפני 5-6 שנים לבדוק ב"אגד" הפעלת אוטובוסים עם קבלי על, חח"י טענו שמבחינת חשמל תחב"צ הוא היקף צפוי ולכן ניתן לתכנן ולהתמודד עם זה; הבעיה היא עם רכבים פרטיים שאז זמני והיקפי ההטענה פחות צפויים.

ד"ר עוזי זרחיה: הכול ניתן לתכנון, רק צריך לעשות עבודה מסודרת לפני כן.

זאב שדמי: דרושה תכנית אב שתנסה לחשב מראש את צריכת החשמל לתחבורה חשמלית בהתאם לזמנים ולפריסה גיאוגרפית.

ד"ר עוזי זרחיה: לפני שנכנס הייצור באנרגיות מתחדשות, בפרט מאנרגית השמש, ניתן היה לומר שטעינת לילה היא טובה לרשת החשמל, אבל אם באמת המדינה תקדם מאד את הייצור מאנרגיה סולארית יתכן שדווקא בשעות הצהריים יהיו עודפי חשמל כתוצאה מעודף יצור פוטוולטאי. צריך לבצע תכנון משולב של תחבורה חשמלית ביחד עם אנרגיות מתחדשות.

איתן פרנס: באיגוד חברות אנרגיה ירוקה אנחנו בוחנים את האפשרות לקדם בישראל את התחום של תחבורה חשמלית, כאשר אנחנו מתחברים לנושא מההיבט הטכנולוגי ומההיבט של מדיניות, כיוון שבישראל, כמו בכל העולם, זה חלק מהתכניות להפחתת פליטות שמתבססות בדרך כלל על שלושה אמצעים:

- התייעלות אנרגטית
- אנרגיות מתחדשות
- תחבורה ירוקה

ראשית ככלל, לדעתנו, צריך לשאוף שתחבורה חשמלית תונע, ככל שניתן, מאנרגיות מתחדשות, שהן גם נקיות וגם הופכות לזולות יותר. בנוסף, הסיכוי שפריצות דרך טכנולוגיות יביאו להוזלה נוספת הוא גדול הרבה יותר בתחום הזה מאשר בנושא של דלקים.

מן ההיבט הטכנולוגי, תחבורה חשמלית היא חלק בלתי נפרד מרשת החשמל, חלק מרכיבי המערכת, ואנו התחלנו בניתוח של הנושא תוך מיפוי היבטים וחסמים שונים.

תובנות ראשונות:

- כחלק מתכניות הממשלה צריך להציב יעדים כמותיים מדידים - התחייבות למספר רכבים חשמליים לפי שנים. זה קיים בנושא של אנרגיות מתחדשות, אך לא קיים בנושא תחבורה, גם לא בתכנית החדשה שהציגה מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה.
- פיתוח רשת הטעינה יסייע למכירות רכבים חשמליים. צריך לפתח את רשת הטעינה לפני הגעת הרכבים, כי רכבים לא יגיעו אם אזרחים לא ידעו שיש איפה לטעון. בנושא הטעינה יש להתייחס ולקדם גם את התחום של אופנועים חשמליים.

חסמים עיקריים:

- מודל כלכלי של רכב חשמלי:
- הרכב החשמלי יקר יותר מהקונבנציונאלי והחסכון בדלקים לא מספיק כדי ליצור לו מודל כלכלי שמעמיד אותו על רגליו
- מאין תבוא הסובסידיה לתמיכה ברכישת רכבים חשמליים וגם להקמת תשתיות טעינה (בישראל אין מס פחמן או זיהוי של עלויות חיצוניות)? אנחנו חושבים שהמקור התקציבי הראשי צריך להיות רשות המיסים שגובה בלו. מקור נוסף יכול להיות הקרן למען אזרחי ישראל (תמלוגי הגז"ט).
- הרשת היא דו סיטרית – אפשר גם למכור חשמל מהרכבים החשמליים לרשת.

- אפשר להשתמש ברכבים כסוללות מול האנרגיה המתחדשת.
- עמדות טעינה אמורות להיפרס גם בשצ"פים (שטח ציבורי פתוח), ומכאן שהשותף לכל העניין הזה הוא השלטון המקומי, שלא מבין את התחום הזה (למשל בהשאלה, מבקשים היטל השבחה על גגות סולאריים).
- לפי חוק משק החשמל, כל עמדת טעינה תצטרך רישיון מספק. זה רישיון שרשות החשמל מתקשה לתת אפילו לקיבוצים. בעולם, המודל הכלכלי של עמדות הטעינה הוא שמי שמקים ומפעיל אותן מקווה להחזיר את ההשקעה ולהרוויח ממכירת חשמל. אם לא יאפשרו למפעיל להרוויח מזה, זה לא יהיה קיים, או שיצטרכו לחשוב על מודל כלכלי אחר.
- היבט נוסף הוא הנושא של חנייה חכמה/חנייה טוענת, חנייה שמייצרת חשמל סולארי. כרגע זה כמעט לא קיים בישראל כי התמ"א יצרה חובה למימוש זכויות בנייה ברגע שמקרים חנייה. אנחנו פועלים מול מינהל התכנון לקבל פטור מתחשיב זכויות בנייה ובהמשך נצטרך לטפל גם בנושא של ארנונה על חנייה מקורה מול השלטון המקומי.

עידן ליבס: בהתייחס לדבריו של איתן פרנס, יש לקחת בחשבון כי חלקן של פליטות המזהמים וגזי החממה בבלו הינו שולי באופן יחסי ליתר המרכיבים (כגון גודש, בלאי תשתיות ותאונות דרכים – שבאופן תאורטי אינם שונים מהותית ברכב חשמלי), כך ששימוש במנגנוני המיסוי ע"מ לתמוך ברכב חשמלי (מעבר להטבת המס הקיימת) יצריך שינוי שורשי ומקיף יותר. באשר לרישיון אספקת חשמל, למיטב ידיעתי נושא זה נמצא בעיצומו של תהליך בחינה ותיקון של התקנות מתוך כוונה לאפשר ולהקל במתן שירותי טעינה, ורגולציה חדשה צפויה להתפרסם בתחילת 2018.

בנושא של רכב חשמלי יש סדרה של חסמים וגם הזדמנויות, שכדאי להסתכל עליהם ביחד כאתגרים, כי חלק מהחסמים ניתן למנף. חשוב להפריד בין אתגרים עולמיים למקומיים: תקינה, מחיר, ביצועים, התמודדות של משק החשמל – מתמודדים עם בעיות כאלה בעולם ולא צריך להמציא מחדש את הגלגל. גם ספקיות שירותים ציבוריים (Utilities) בעולם שמחפשות את דרכן בעולם של אנרגיות מתחדשות, קופצות על הנושא של רכבים חשמליים ואנחנו יכולים ללמוד מכך בישראל.

בישראל, רכב חשמלי הוא קטליזטור אדיר לניצול גז"ט, שהינו אחד מאבני היסוד במדיניות של משרד האנרגיה. טעינת רכבים חשמליים נעשית בעיקר בלילה ואז דווקא הזמינות של אנרגיות מתחדשות היא נמוכה והביקוש לחשמל הוא לרוב נמוך כך שגז"ט הוא משלים טבעי.

חסם נוסף הוא מבנה שוק הרכב עצמו שהוא שוק ריכוזי, שנשלט על ידי קבוצה מצומצמת של יבואני רכב שמכירת רכבים חשמליים אינו בהכרח תואם לאינטרס המסחרי שלהם, בגלל התפעול השונה והמודל הכלכלי השונה מאד ממה שמוכר היום. אבל, לאור מיעוט השחקנים בשוק קל יחסית לכוונם באמצעות רגולציה או כלי מדיניות אחרים, לעודד אותם ולעזור להם להסתגל לשינויים, כיוון שחייב להיות מצב win-win-win, לצרכן, למדינה ולחברות המסחריות.

עוד חסם מרכזי הוא התלות הגבוהה של המדינה בהכנסות ממיסוי ענף הרכב, על הרכבים ובמיוחד על הדלקים (ההכנסות כבר מזמן עוברות את ההשקעות שבגינן הן נגבות). התלות היא כל כך גבוהה שכל שינוי בתחום הזה הוא אתגר. כאשר יגיעו לשיעורי חדירה גבוהים של רכבים חשמליים זה ידליק נורות אדומות אצל פקידיים באוצר. צריך לחשוב איך מתמודדים עם זה וגם פה אפשר ללמוד ממה שעושים בעולם.

משק החשמל – הרפורמה נמשכת כבר למעלה מעשרים שנה. רכב חשמלי הוא פוטנציאל אדיר, במיוחד לחברה כמו חח"י, כיוון שכל רכב דומה בצריכת החשמל לדירת שלושה חדרים ממוצעת ואין מקור אחר לצמיחה אורגנית כל כך משמעותית כמו רכבים חשמליים, גם בביקושים לחשמל וגם בהשקעה בתשתיות. אם הרפורמה מנסה להשאיר את חברת החשמל עם ההולכה וניהול המערכת בלבד, התחום הזה זאת עצם ענקית שאפשר לתת.

ספקיות שירותים ציבוריים בעולם, בניסיון להמציא את עצמן מחדש, מדברות הרבה על מעבר למודל המתבסס יותר על שירותים: רכב-רשת (vehicle-to-grid, V2G), ייצוב תדרים וכו'. רכב חשמלי, מעצם הביזור שלו והקיבולת האדירה מאפשר הרבה יכולות מתקדמות ברשת.

נושאים שקשורים לרגולציה וצריך לטפל בהם:

- גישה חופשית (Open access), כדי שכל אחד יוכל להטעין בכל עמדת טעינה בארץ, של מפעילים שונים, באותו אמצעי תשלום. זה סוג של סטנדרטיזציה. זה קריטי והכרחי ולא ניתן להעלות על הדעת שיכנסו מפעילים שלא יאפשרו גישה לעמדות הטעינה שלהם. בעלי הרכבים צריכים לדעת שהם תמיד יכולים לטעון, גם אם העלות במקום מסוים תהיה יותר גבוהה.
- סליקה - היבט מבני-תשתיתי-טכנולוגי. ישנן מדינות בהן יש תשתית טכנולוגית, שאפשר להקביל אותה למה שקורה בעולם האשראי או הסלולר, כאשר הלקוח הוא מנוי של חברה אחת והוא מתחבר למערכת מרכזית שמאפשרת סליקה עם ספקים אחרים.
- מניית משנה (Sub-metering) – זאת סוגיה קריטית בבתים משותפים. גם אם יש לך חנייה פרטית (נכון להיום אין הנתון הזה לישראל), בכדי שתוכל להטעין נדרש לחבר את נקודת הטעינה שבחנייה בקו חשמל עד לארון החשמל של הדירה, גם אם מדובר במרחק של מספר קומות. זה לא מעשי וזה מפיל את כל העניין עוד לפני שיצא לדרך. ישנו פתרון טכנולוגי שנקרא מניית משנה (חיבור דיגיטלי), אך אין לזה רגולציה מתאימה בישראל.

ולדי ריידר: זה כן קיים.

עידן ליבס: אין תקינה למניית משנה בישראל, ואם יש פתרונות כאלו בשטח הם נקודתיים ותלויים בנסיבות מקומיות ואולי אף ברצון הטוב של הנהלת המבנה ו/או יתר הדיירים לאפשר קיזוז חשבונות מול הלוח הראשי (וגם אז לא בטוח שזה עובר את מבחן החוק). אשמח לדעת אם זה אחרת.

יתרה מכך, יש פוטנציאל אדיר בשוק הדיור עם בנייה חדשה נרחבת ואין, נכון להיום, רגולציה מחייבת לעניין הזה בבנייה חדשה של בתים, משרדים או חניונים, או לפחות דרישה לביצוע הכנה לעמדות טעינה.

יצחק אקרמן: יש חובה כזאת בתקינה לבנייה ירוקה, לשם קבלת ניקוד גבוה.

עידן ליבס: באשר לרשויות מקומיות, הן שחקן חשוב ביותר לתחום – יש להן יכולת ושטח ציבורי אך חסר להן ידע והיכרות עם התחום. בישראל - כמו בערים מרכזיות באירופה – לרוב הבתים אין חנייה פרטית צמודה, ולכן עולה הצורך בטעינה ציבורית. צריך לעזור לרשויות לפתח מנגנונים של התקשרויות עם ספקים של שירותי טעינה ולבסס מודל כלכלי שיכול לעבוד לכולם, גם לעיריות עצמן.

מדיניות – אם ישראל רוצה לקדם את הנושא של רכב חשמלי, ולדעתי זה אינטרס ראשון במעלה של המדינה, צריך לקבוע יעדים לאומיים כמותיים ולו"ז לגבי חדירה של רכבים חשמליים, ומזה לגזור אמצעי מדיניות משניים,

כמו למשל, התחייבות רכש בציי רכב ממשלתיים, כמו גם תמריצים "רכים" אשר יעזרו לנהגים לאמץ את הפתרון הזה. זה כסף על הרצפה שצריך להרים אותו ברמה הלאומית.

איתן פרנס: אני מבקש להגיב על מספר נושאים שעלו:

לגבי הנקודה שהעלה עידן ליבס ששוק הרכב הוא ריכוזי ויקשה עליו להגיב לשינויים - אנחנו בקשר עם חלק מהיבואנים ומתרשמים שאלו יישרו קו עם היצרנים אותם הם מייצגים. חלקם כבר קיבלו הנחיות בנושא, כולל תקציבי שיווק, פרסום והטמעת הכניסה לתחום. לכן לדעתנו הנושא הזה ייפתר מאליו.

בלו – לדברי רשות המיסים עובדים על רפורמה בבלו, כך שהבלו יזהה את סוג הדלק. נקווה שלא יגנזו את זה.

חח"י – הייתה חלק מהמיזם בחיפה ורשות החשמל החליטה להוציא אותה מהמיזם, בגלל סוגיות של פעילות עסקית של חח"י לפני הרפורמה. אומר בזהירות שגם בתחום הרכב החשמלי וגם בתחום האנרגיות המתחדשות, נגרם נזק מכך שחח"י לא צוברת מומחיות בתחום. רואים את זה באנרגיות המתחדשות, כיוון שאינם עוסקים בזה בצד הפרקטי, חוץ מלנהל את זה, זו החמצה. להערכתי יקרה אותו דבר גם ברכבים החשמליים.

מניית משנה – דומה לנושא של מונה נטו (Net Metering), אין היום ייצור משותף של חשמלי סולארי בבתי משותפים. זה דבר טריוויאלי שיהיה חשבון גנרציה משותף שאפשר לחלק אותו באמצעים דיגיטליים. מדובר על פתרונות דומים לשני התחומים, שלא קורים.

עידן ליבס: רק כדי להבהיר: כשאמרתי שחח"י צריכה להיות מעורבת בתחום הרכב החשמלי, לא התכוונתי שהם צריכים להיות ספק של שרותי טעינה. התכוונתי שהם צריכים לקדם את התחום ולתת את התמיכה ברמה המשקית בהיבטים כגון מוכנות רשת החשמל ברמות השונות והעלאת מודעות צרכנים.

איגור סטפנסקי: החברה המפעילה (Car2Go) שינתה מודל עסקי. אין צורך לדון בסוגיה האם מותר או לא לחח"י להשתתף בהתקנת התשתית והקמת עמדות הטעינה ולקבל בעלות עליהם. אי אפשר לרקוד על כל החתונות, מצד אחד רוצים שוק תחרותי ומצד שני, כאשר נוח, יש נטייה לרכז את כל תשתיות החשמל בידיים של חח"י. מה שקרה בחיפה זה שמשרד הגנ"ס יצא עם קול קורא שמשרד האנרגיה ורשות החשמל לא היו מעורבים בו. לא היה תיאום בין המשרדים.

רשות החשמל ומשרד האנרגיה תומכים בפיתוח וחדירה של רכב חשמלי באופן מוחלט, וזה מתבטא בהחלטות מסוימות בשני הגופים ועבודה שוטפת. מהמצגות נראה כי מנסים לשכנע שרכב חשמלי זה טוב, אבל לא ברור לי את מי מנסים לשכנע, כולם משוכנעים. צריך להתמקד בחסמים ומה צריך לעשות לטווח הקצר, הבינוני והארוך.

רשות החשמל מכינה רגולציה מתאימה ותומכת; אנחנו מנסים להנהיג רגולציה פשוטה ככל האפשר. לדוגמה, קבלת רישיונות אספקה: לפי חוק משק החשמל, מכירת חשמל לצרכנים טעונה רישיון; זה לא אותו מקרה כשאדם רוצה להתקין עמדת טעינה בחצר פרטית. אנחנו מכינים רגולציה לקבלת הרישיון שתהיה פשוטה, בשאיפה שניתן יהיה להוציא אותו on-line, בלי בירוקרטיה מיותרת.

אנחנו תומכים גם בתקנים. המדענית הראשית של משרד האנרגיה מממנת אימוץ תקנים הקשורים לטעינת רכב חשמלי על ידי מכון התקנים. כמובן שאנחנו מכינים גם את ההוראות ההנדסיות והבטיחותיות בנושא, בהתאם למדיניות שר האנרגיה והתאמה לתקנים וחוקים שונים אשר אנחנו מחויבים לעמוד בהם.

בנוסף, אנחנו בודקים עם חח"י את ההשפעה של טעינה על מערכת החשמל. לטווח קצר אנו מכינים רגולציה יחסית פשוטה, משתמשים בניסיון של מדינות המתקדמות בנושא ובמוצרי מדף.

חשוב להבין מה נתן את הדחיפה הגדולה בתחום בהולנד ובנורבגיה, כי הרי טווחי הנסיעה במדינות האלו יותר ארוכים מאשר בארץ.

אנו בודקים אפשרות להבטיח גישה ושימוש חופשיים לעמדות הטעינה, זה לא פשוט. לדוגמה, בהולנד יש גוף ציבורי שעוסק בזה, בארץ אין גוף כזה.

טכנולוגיות חדשות – משק החשמל בכל העולם עובר שינוי דרסטי: כניסת אנרגיות מתחדשות, רכבים חשמליים, מיקרו גרידים, ייצור מבזר. אותם נושאים בכל המדינות.

חשוב להדגיש שהשפעת כניסת רכב חשמלי היא לא על משק האנרגיה בלבד אלא גם על משק התחבורה, כלכלה, אוצר, פנים (סטטוטוריקה/תכנון פיזי), הגנ"ס. אני מאמין שצריך גוף מוביל המרכז את הנושא. שמחתי על הקמת מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה שמנסה לרכז את הנושא.

אני מאד שמח שגם מוסד נאמן נכנס לנושא הזה. העבודה של עידן ליבס ואופירה אילון הינה נהדרת. חשוב שמוסד אובייקטיבי ובלתי תלוי מתייחס לנושא.

רשות החשמל ומשרד האנרגיה מחפשים דרכים מתאימות ונכונות להסרת החסמים בנושאים שבאחריותנו. גם במיקרו וגם במקרו.

ולדי ריידר: מתוך ניסיון של מספר שנים, בצד של היבואנים, אני מבקש לחדד כמה נקודות.

כאשר שי אגסי (Better Place) הציג את היתרונות של רכב חשמלי, הוא התבסס על מחיר הנפט ועל היחס הישר בין מחיר חבית לבין כמות הרכבים החשמליים הצפוייה, ודיבר על כך שבעלות שסביבות \$140 לחבית נפט כבר אין הצדקה לרכבי ICE. זה לא קרה, מחיר הנפט התייצב ואף ירד ולא הגיע לאן שהיה 'צריך' להגיע. ועם זאת העולם מפתיע משנה לשנה עם ריבוי דגמי רכב, גם בתחום החשמלי וגם ההיברידי.

בנוסף עולה הנושא של רגולציה מול יצרני הרכב, שאמורים לשלם מיסים על פליטות גז"חים והנושא של רכבים חשמליים בא לפצות על כך. כך קרה שליצרני הרכב עצמם נוצר אינטרס לקדם רכבים חשמליים, גם מסיבה כלכלית וגם מבחינת מוניטין עולמי. בשלב הבא היצרנים מבקשים מהיבואנים לדחוף רכבים חשמליים לשווקים המקומיים. המזה"ת מפתיע בכמות הרכבים החשמליים וההיברידיים שנמכרים כאן, כאשר ירדן היא אחת המובילות; אולי מה שתורם לכך זה שהם לא מייצרים דלקים.

אנחנו גם רוצים להתקדם בתחום הטכנולוגי, זה אטרקטיבי. מצד שני, אנחנו כיבואנים נתקלים בחסמים גדולים וקשים לפתרון, כמו נושא התשתיות, חח"י וכו'. הרגולטור שלנו הוא משרד התחבורה (קצת גם הגנ"ס), רוב השאלות שלנו מופנות לשם. אני קורא למשרד לשקול הקמת גוף שירכז את כל הנושאים שקשורים לרכב חשמלי, את כל הרגולציות, מודלים שונים של עמדות טעינה וכו'. במשרד התחבורה לא שולטים בנושא. כל נושא שבו עולה שאלה דורש הקמת ועדה כדי להגיע למסקנה כלשהי.

זאב שדמי: אולי תחיד את העניין? כי במשרד התחבורה יש כתובת אחת ברורה שהיא אגף הרכב. האם הבעיה היא שאין להם מספיק ידע בתחום או שלא נותנים תשובות בזמן?

ולדי ריידר: בתחום רכב חשמלי יש סוגיות שונות מרכבי ICE ודרושה מחלקה שעוסקת ומתמחה בהן.

אחד החסמים שאני רוצה לדבר עליו הוא חסם חברתי תוצרת הארץ – הנושא של קרינה בלתי מייננת. יש ספקולציות רבות בעניין. מסתם שאלות והתעניינות בנושא זה הפך להיות חסם אמיתי. אין תקנה אירופאית או עולמית שמדברת על קרינה בלתי מייננת ברכבים. יש המלצות של ארגון הבריאות העולמי. חברות ביקשו מסמך שהרכב לא מסוכן, מי קובע מה זה מסוכן? אני שקוף ומביא ללקוחות כל מה שהיצרן מספק. אבל מישהו צריך לרכז את הנושא ולצאת באמירה מה מותר ומה אסור ואיך צריך למדוד, אחרת צצות כל מיני מעבדות שבודקות רכבים ומציעות אמצעי מיגון מקרינה באלפי שקלים.

דרון ודאי: זה התפקיד של אגף הרכב והוא אומר: אוטובוס, כמו כל כלי רכב, צריך לעמוד בתקינה האירופאית. יש דרישות חובה, תקנים המוגדרים ב-WVTA (Whole Vehicle Type Approval) ויש להביא אישורים על כל אחד מהם. בנוסף יש רשות תחב"צ שהיא רגולטור עצמאי (בעבר, אגף במשרד התחבורה) והיא הוציאה מכרז לחברות הפעלת אוטובוסים ושם יש דרישות נוספות.

אדי בית הזבדי: זה נכון גם לכל נושא אחר. אני לא אומר שזה בסדר.

פרופ' גרשון גרוסמן: בכל פורום אנרגיה שקיימנו כאן, לא משנה הנושא, תמיד עולה הבעיה שצריך לקבל אישורים מגופים רבים, ובדרך כלל היזמים כלל לא יודעים לקראת מה הם הולכים ועם מי צריך לדבר. ההמלצה היא תמיד שצריך להנהיג שולחנות עגולים בהם ישבו כל מי שנוגע לעניין ויקבלו החלטה משותפת. ככה זה עובד בארה"ב: בכל נושא יש מפת דרכים, עם הנחיות מתואמות.

איגור סטפנסקי: אני מבין את ולדי ריידר, הוא רוצה כתובת אחת. הבעיה היא שלכל משרד יש אחריות בתחום שלו.

איתן פרנס: אנחנו מכירים את זה מתחומים אחרים, כמו אנרגיות מתחדשות, שיש סמכויות לכמה רגולטורים שיכולים לקבוע המלצות באותו תחום. אבל בנושא הזה יש מנהלת תחליפי דלקים והתפקיד שלה הוא לייצר את הבמה המשותפת לקבלת פתרונות. זה התפקיד הקלאסי של משרד ראש הממשלה - לפתור את המחלוקות בין המשרדים השונים.

עידן ליבס: חלוקת האחריות היא ברורה: משרד התחבורה אחראי על הרכב, אך נושא האנרגיה, הדלק והתשתיות הוא בסמכות משרד האנרגיה. צריך לאשר את הדברים לפי מה שמקובל בעולם.

איגור סטפנסקי: צריכה להיות התאמה לתקנים אירופאיים וכל משרד צריך לדאוג להסרת החסמים שבתחום אחריותו.

יצחק אקרמן: אני יכול לראות ממעוף הציפור, כי אני מרכז במכון התקנים גם את הנושא של רשת חשמל חכמה וגם את הנושא של רכב חשמלי. הנושאים קשורים אך מנוהלים בנפרד בלי להתחשב אחד בשני, וזה לא רק אצלנו. בעולם כבר לא מתייחסים רק לרשת חשמל אלא לרשת אנרגיה חכמה ורכב חשמלי הוא נדבך מרכזי בנושא.

לפני 5-6 שנים ניסו בחח"י להסתכל בצורה הוליסטית על הנושא של רשת חשמל חכמה כדי לתת מענה לצריכה ולביקושים שיתעוררו בעקבות הנושא של רכב חשמלי, אבל המהלך התמוסס. אני לא יודע איפה זה עומד כיום. מהיבט הרגולציה – התקנים הקיימים כיום עוסקים ברובם בעמדות טעינה, מהלך שמוביל משרד האנרגיה. אבל מי שנותן שיניים לתקן של עמדות טעינה הוא משרד התחבורה, שצריך לקבוע שמותר לייבא רכב חשמלי רק אם מתחבר לעמדת טעינה לפי התקן הישראלי. צריך להיות מרכז לנושא כי לעיתים המשרדים מציגים דרישות הפוכות/סותרות.

פרופ' גרשון גרוסמן: איזה סוג של גוף צריך לתאם בין הרגולציות השונות?

איתן פרנס: המנהלת במשרד ראש הממשלה צריכה לתאם בין המשרדים.

עידן ליבס: זה לא פתרון מבני שמשרד ראש הממשלה הוא האחראי על רכב חשמלי. הוא יכול לשמש כזרז.

איגור סטפנסקי: ההמלצה היא שצריך להיות גוף שמרכז את הנושא.

אדי בית הזבדי: בנושא הטעינה יש בעיה: לא יכול להיות רק אנרגיה או רק תחבורה. טעינה היא בעלת היבטים רבים.

שמואל בן ארי: בגוף יהיה ראש ויהיו לו כמה סגנים.

יצחק אקרמן: נאמר פה שאנחנו לא צריכים להמציא מחדש את הגלגל, אבל אנחנו כן יכולים להיות חברים בקבוצה שיוצרת את הגלגל. אני מציע שישראל תשתתף כחברה בקבוצות עבודה עולמיות בהן מתחבטים בסוגיות האלה של תקינה בינלאומית. אני הצעתי בזמנו למשרד האנרגיה להתחבר לוועדה שכותבת את התקן לעמדות הטעינה, כדי להבטיח שהדרישות הישראליות הייעודיות יופיעו בתקן הבינ"ל, אבל זה לא הצליח, אז אימצנו בשינויים מסויימים את התקינה הבינלאומית ועכשיו צריך להסביר לספקים (למשל, מעבדות בדיקה חיצוניות) מה כתוב בעברית ומה כוונת המחוקק. משרד הכלכלה הציג תכנית למימון השתתפות יצרנים ישראליים בתקינה בינלאומית כיוון שהוא רואה בכך מנוף לכלכלה הלאומית.

כל התשתיות הפחות נקיות – מכוני רישוי, תשתיות תחזוקה, יש תקן ישראלי שהוכן ביוזמת Better Place בשילוב משרד התחבורה בנושא דרישות מיוחדות לרכבים חשמליים, כמו סכנת התחשמלות. אבל אין לנו משוב על התקן הזה. האם עשו משהו עם התקן הזה?

ולדי ריידר: יצאה תקנה של משרד התחבורה שמכתיבה מדיניות למרכזי שירות ומוסכים. אבל זה לא הכל. הזכרת עוד גופים – משרדי הרישוי, מגרשי גרוטאות, כוחות הצלה - שם זה לא מוגדר.

עידן ליבס: אינטגרטור בממשלה זה דבר שלא קורה. לחתור לשם זה לא מעשי. לא הבנתי מה הבעיה בהפרדה, לדעתי צריך להגדיר באופן ברור את גבולות הגזרה של המשרדים.

איגור סטפנסקי: דווקא שיתוף פעולה בנושא של תשתיות חשמל ועמדות טעינה היה מצוין במכון התקנים בוועדת התקינה. ברור שנושא אופן ההתקנה והיבטים טכניים ובטיחותיים של עמדות טעינה קשורים לרשות החשמל ומשרד התחבורה לא יכול לטפל בנושא הזה.

יצחק אקרמן: צריך להגיע להסכמות והבנות. אם הולכים לרמה של שרים, איבדנו את הקרב מראש. צריך ללכת לדרג הנמוך ביותר האפשרי.

איגור סטפנסקי: אני לא מסכים. אם יש מדיניות של השר לקדם רכב חשמלי זה נותן את הדחיפה לכל הנושא באותו משרד. זה קיים במשרד האנרגיה ובמשרד התחבורה. לא ידוע לי האם יש מדיניות בנושא במשרדים אחרים.

איתן פרנס: יש ליזום הצעת החלטה ממשלתית לקידום רכבים חשמליים בישראל. זו ההתחלה של ההתחלות, אח"כ כולם מתחילים לעבוד לפי זה.

דורון ודאי: אנחנו לא מבקרים את איכות ההחלטה, אבל אם השאלה היא האם הממשלה דנה והחליטה בנושא, אזי התשובה היא: כן.

5. סיכום והמלצות

משתתפי הפורום תמימי דעים כי אפשר וצריך לעודד ולקדם תחבורה חשמלית בישראל, וכי יש כבר היום תנאים מספיקים המאפשרים טכנולוגית לעשות זאת. אל לנו, וגם לא למשרדי הממשלה, להמליץ על טכנולוגיה מסוימת. המדינה צריכה להגדיר יעדים, למשל, אפס זיהום אוויר בערים, כיוון שזה ניתן להשגה באמצעות חשמול ציי הרכב, ולתת לשוק לקבוע איך תושג המטרה. מאחר והטכנולוגיות משתנות ומשתפרות בקצב גבוה, חשוב שהרגולציה לא תיהפך לחסם במקום למניע.

ישראל אינה יצרנית רכב ואינה משפיעה על ביקושים או מגמות עולמיות בתחום הרכב החשמלי; עם זאת ישראל ניסתה להוביל מהלכים בתחום התחבורתי, ביניהם מיסוי ירוק, והקמת מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה שחזונה לגאול את העולם מנפט, קרי - מרכבי ICE. בישראל, רכב חשמלי הוא גם קטליזטור חשוב לניצול גז טבעי (המשמש לייצור חשמל); זו אחת מאבני היסוד במדיניות של משרד האנרגיה. טעינת רכבים חשמליים נעשית בעיקר בלילה ואז דווקא הזמינות של אנרגיות מתחדשות היא נמוכה וגז"ט הוא משלים טבעי.

חסם מרכזי הוא התלות הגבוהה של המדינה בהכנסות ממיסוי ענף הרכב, על הרכבים ובמיוחד על הדלקים (ההכנסות, כ-17 מיליארד ש"ח ב-2017, כבר מזמן עוברות את ההשקעות שבגינן הן נגבות). התלות הגבוהה של המדינה בהכנסות אלה צפויה להוות אתגר בטווח הארוך, כאשר נגיע לשיעורי חדירה גבוהים של רכבים חשמליים. יש להיערך לכך מבחינת כלי המדיניות אך גם להבטיח ודאות רגולטורית, תחומה בזמן, לרוכשי רכבים אלה.

המלצות:

1. **תכנית לאומית לתחבורה חשמלית** – על הממשלה לקדם החלטה רב-משרדית ותכנית לאומית להטמעה הדרגתית של תחבורה חשמלית, ציבורית ופרטית, בישראל. תחבורה ציבורית, בעיקר עירונית, צריכה להיות חשמלית. תחב"צ עירונית טובה, נקייה ויעילה, בשילוב עם תחבורה בינעירונית טובה, כמו רכבות חשמליות, יכולה אף לייצר את הצורך בשני רכבים למשפחה. על התכנית להתממשק עם תכניות קיימות ובעיקר לתכנית הלאומית להפחתת פליטות גזי חממה והיעדים שהציבה בנושאי תחבורה. על התכנית לכלול יעדים כמותיים, מדדים להצלחה ותקצוב מתאים.
2. **משק החשמל** – יש לוודא כי התחזיות להטמעת תחבורה חשמלית נכללות בתכניות משק החשמל לטווח קצר, בינוני וארוך הן בצד הביקושים והן בצד ההיצע (כמקור לטיפול בשיאי ביקוש או כפוטנציאל אגירה). הדבר נכון לכושר ייצור החשמל כמו גם לתשתיות ההולכה והחלוקה.
3. **טעינה חכמה** – יש להיערך רגולטורית מבחינת מערכת החשמל. חדירה מסיבית של תחבורה חשמלית בסקטור הציבורי והפרטי תחייב ניהול חכם של צד הביקושים: מסופי וחניוני אוטובוסים, עמדות טעינה מהירה ותפוצה רחבה של עמדות טעינה לכלי רכב פרטיים בשכונות מגורים.
4. **תכנון** – תכניות בניין עיר (תב"ע) צריכות להקצות מקומות חניה לאוטובוסים ורכבים חשמליים לשם טעינה.
5. **רגולציה לתשתיות טעינה** – התקנת תשתיות טעינה לרכב חשמלי מהווה תנאי הכרחי להרחבת השימוש ברכב חשמלי. כיום סוגיות של תהליכים ואישורים, או רגולציה, מהווים חסם משמעותי לרכב

ציבורי וגם לרכב פרטי. מומלץ לבדוק מה נכון מבחינת תכן הנדסי ובטיחות חשמל ולקבוע רגולציה בהתאם.

6. **תיאום רגולציה** – יש צורך בתיאום מלא בין גופי הממשלה הרלבנטיים (אוצר, פנים, אנרגיה, תחבורה, הגנ"ס, ביטחון, בינוי ושיכון) לשם קידום הנושא וקיצור תהליכים. הגוף הקיים – מנהלת תחליפי דלקים ותחבורה חכמה הינו נטול סמכויות רגולטוריות ויש לחזקו בסמכויות אלה.

7. **ודאות בנושא המיסוי** – יש לייצר ודאות בנושא המיסוי והבלו לגבי רכבים חשמליים מכל הסוגים. העדר הוודאות הקיים היום עלול להרתיע משתמשים פוטנציאליים, הן מוסדיים והן פרטיים.

8. **תקופת שימוש לאוטובוסים חשמליים** – במכרזים של משרדי הממשלה, מומלץ להאריך תקופת השימוש לאוטובוסים חשמליים ל-16-12 שנים (במקום הדרישה הקיימת לגריטה אחרי 8-10 שנים) שכן אוטובוס חשמלי אינו 'מזדקן' מבחינת זיהום אוויר כמו דיזל. צעד כזה יעודד מאד רכישת אוטובוסים חשמליים, ציבוריים וגם פרטיים.

[1]. מעקב אחר יישום החלטה 2580 של הממשלה בדבר עידוד תחבורה ללא דלק, מרכז המחקר והמידע של הכנסת, מרץ 2009, <http://www.knesset.gov.il/mmm/data/docs/m02235.doc>

נספח 1: דף מידע בנושא רכבים חשמליים / צוות סביבה ואנרגיה, מוסד שמואל נאמן

הוכן עבור פורום אנרגיה בנושא רכב היברידי וחשמלי ע"י צוות סביבה ואנרגיה במוסד שמואל נאמן: פרופ' אופירה אילון, עידן ליבס, נעמה שפירא (ספטמבר 2017)¹⁹

הקדמה

סקטור התחבורה מהווה גורם משמעותי בפליטות מזהמים וגזי חממה (גז"ח) בכל העולם, במיוחד באזורים עירוניים צפופים [1]. חשיפה לזיהום אוויר²⁰ מקושרת למחלות לב, ריאה וסרטן ומוות מוקדם בבני אדם, פגיעה בבריאות בע"ח, צמחייה ומערכות אקולוגיות גדולות, פגיעה בתפוקה חקלאית ועוד [3-1]. לצד זאת, פליטות גז"ח הינן גורם מכריע בתהליך של שינויי האקלים [4].

הסכם פריז²¹ אשר נחתם בשלהי 2016 מחזק את המגמה העולמית לעבור לכלכלה דלת-פחמן, בשאיפה לייעל את השימוש במשאבים טבעיים ולאמץ פתרונות להפחתת פליטות גז"ח. עם זאת, כיום עדיין 94% מצריכת האנרגיה של סקטור התחבורה מבוססת על נפט [5].

כלי מדיניות שונים בתחום התחבורה יכולים לסייע הן לשימור אנרגיה והן להפחתת פליטות. כלים אלו כוללים אסטרטגיות "רכב נקי" (רכבים ודלקים אלטרנטיביים) אשר מקטינות את שיעורי הפליטות לכל ק"מ נסועה, ואמצעים לניהול נידות אשר אמורים להוביל להפחתת סך הנסיעה ברכב וגודש התנועה. **רכבים חשמליים יכולים להשתלב היטב ולתת פתרונות טובים בשתי הקטגוריות.**

לכלי רכב חשמליים יש יתרון מובהק בנושא של צריכת אנרגיה בשל היעילות הגבוהה של המנוע החשמלי (ביחס למנוע בעירה פנימית). בנושא של הפחתת פליטות, יתרונם הגדול הינו מניעה של זיהום אוויר בתוך הערים ("בגובה האף"), עם זאת, היתרון הסביבתי הכולל תלוי באופן שבו מיוצר החשמל. ככל שייצור החשמל מתבצע בדרכים נקיות יותר, כמו על ידי שריפה של גז טבעי, אנרגיות מתחדשות או אנרגיה גרעינית, התוצאה תהיה טובה יותר [6,7]. ניתוח "מחזור חיים" השוואתי מעלה כי תהליך הייצור של רכבים חשמליים (ובעיקר בהתייחס לסוללות) כולל השלכות סביבתיות שליליות יותר מאלו של מכוניות מונעות בדלק, כמו, רעילות שמסכנת את האדם, דלדול מצבורים טבעיים של מתכות וזיהום מקורות מים [8].

הטמעה של הנעה חשמלית לשם השגת יעדים מקומיים וגלובליים הינה סוגיה המקבלת תשומת לב רבה המתבטאת ביישום של מגוון אמצעי מדיניות בכל העולם.

החסמים המרכזיים להטמעה נרחבת כיום, הינם: מחיר גבוה, טווח נסיעה מוגבל/זמן טעינה ארוך וזמינות של תשתיות טעינה. בישראל, קיימת אי וודאות רגולטורית באשר למדיניות המיסוי על רכישה ותפעול של רכבים חשמליים.

¹⁹ המסמך משקף את מקורות המידע המצויינים בו.

²⁰ חלקיקים (PM), תחמוצות חנקן (NOx), תרכובות אורגניות נדיפות (VOCs), פחמן חד חמצני (CO), אוזון (O₃) ומזהמים רעילים, כגון: בנזן ופורמלדהידים.

²¹ The Paris Agreement: http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php

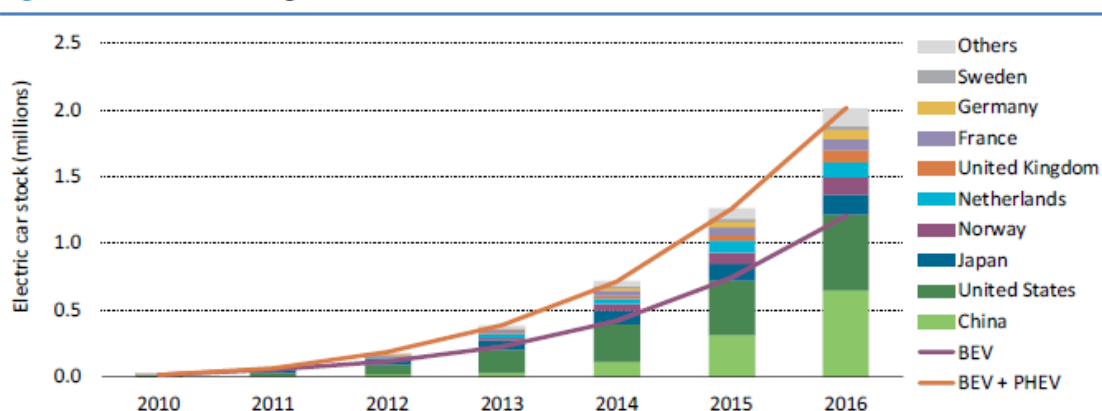
שוק המכוניות החשמליות (EV – Electric Vehicles) רשם ב-2016 עלייה של 60% ביחס לשנה קודמת ומספר המכוניות בעולם הגיע ליותר משני מיליון (כאשר חמש שנים קודם לכן השוק כמעט ולא היה קיים).

מתוכם: כ-60% רכבים חשמליים (BEV - Battery Electric Vehicles)

כ-40% רכבים היברידיים-נטענים (PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicles)

95% ממכירות ה-EV מתרחשות בעשר מדינות בלבד: סין, ארה"ב, יפן, קנדה, נורבגיה, אנגליה, צרפת, גרמניה, הולנד ושבדיה.

Figure 1 • Evolution of the global electric car stock, 2010-16



Source: EVI, 2017

על אף העלייה החדה, EV מהווים רק 0.2% מסך הרכבים הקלים²² בעולם. כיוון שהאחוז הוא כה קטן עדיין לא ניתן לראות השפעה על הביקוש לנפט או פליטות גז"ח. עם זאת יש להדגיש כי לשם השגת הפחתה משמעותית בפליטות גז"ח, תחבורה חשמלית צריכה לבוא ביחד עם תהליך דקרבוניזציה של ייצור החשמל.

במספר מדינות יש חדירה מסיבית של EV כאשר המובילה בעולם הינה נורבגיה עם 29% נתח שוק ל-EV, אחריה הולנד עם 6.4%, ושבדיה עם 3.4%. בסין, צרפת ואנגליה נתח השוק הוא כ-1.5%.

עד 2015 ארה"ב היוותה את השוק עם המספר הגדול ביותר של EV בעולם, אך ב-2016 סין הפכה לבעלת השוק הגדול ביותר עם כשליש מסך השוק העולמי של רכבים פרטיים חשמליים ועם הובלה גם בתחום של אוטובוסים חשמליים (יותר מ-300 אלף) ורכב דו-גלגלי.

בארה"ב, במחצית הראשונה של 2017 נמכרו כ-50 סוגים של EV, כמעט בחלוקה שווה בין הקטגוריות PHEV ו-BEV. הנתונים המוצגים להלן נלקחו מתוך המקורות [9-12]²³.

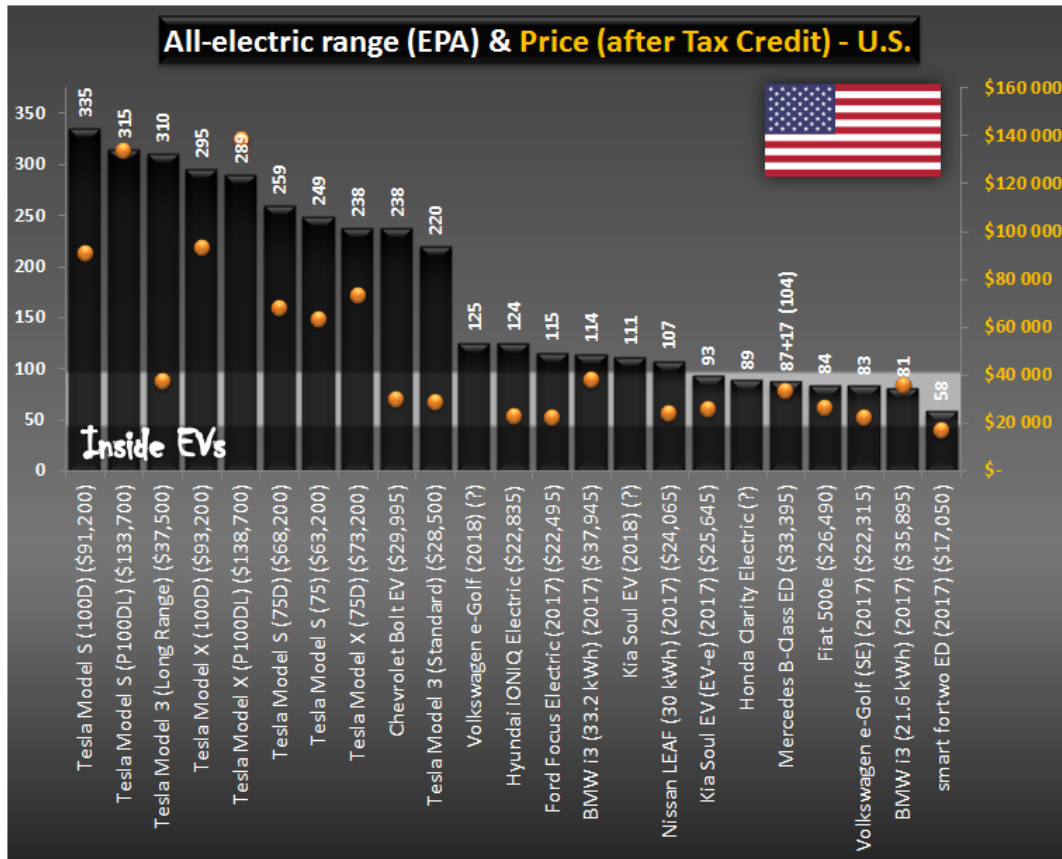
- טווחי הנסיעה של PHEV נעים בין 16-85 ק"מ (וכן מודל אחד של BMW עם טווח של 155 ק"מ)
- טווחי הנסיעה של BEV נעים בין 93-536 ק"מ²⁴
- הנצילות של הרכבים בחישוב לנסיעה מעורבת (עירונית ובינעירונית) נעה בין 15.5-24.9 קוט"ש לכל 100 ק"מ
- מחירי המכוניות נעים מ-\$17,050 לרכב smart ועד \$180,698 לפורשה

²² PLDVs - Passenger Light-Duty Vehicles, include passenger cars and passenger light trucks

²³ מידע נוסף ניתן למצוא בנספח א'.

²⁴ הסטנדרט האירופאי NEDC מציג תוצאות טובות בהרבה מבחינת טווחי הנסיעה (וכתוצאה מכך גם בהיבט הנצילות) אך הוא נחשב פחות מהימן.

- ב-2017 לראשונה, ישנם שני רכבים עם טווח נסיעה של יותר מ-320 ק"מ בפחות מ-\$30,000 ורכב אחד עם טווח של מעל 480 ק"מ מתחת ל-\$40,000
- טסלה מובילה את המכירות בשוק זה אך יש נוכחות דגמי EV של כל חברות הרכב הגדולות (GM), טויוטה, ניסן, פורד, BMW, אאודי, פולקסווגן, יונדאי, קיה)



Source: Inside EVs (<http://insideevs.com/electric-vehicles-us-price-range-listing/>)

באירופה נמכרים ב-2017 עשרות מודלים של EV, כאשר את השוק מובילה BMW ולאחריה רנו, פולקסווגן, ניסן, טסלה ומרצדס [11-12].

בשוק הסיני מוצעים עשרות מודלים, אך שוק זה נשלט לחלוטין על ידי יצרנים מקומיים (BYD, BAIC, Zotye, SAIC, Chery, Zhidou) עם נוכחות מסוימת של טסלה (כ-3%) [12].

בכל רחבי העולם מכירות הדגמים המובילים עולים לכדי אלפים בודדים בחודש.

הצהרות ויעדים לשילוב הרכב החשמלי

ב-2016 ארבע עשרה מדינות²⁵ החזיקו ביעדים לאומיים לחדירת EV כחלק מחזון האנרגיה והתחבורה הנקייה. קוריאה היתה היחידה ששדרגה את היעדים ב-2016 מ-200 אלף ל-250 אלף רכבים חשמליים עד 2020. דנמרק לעומתה נסוגה מהיעד של 200 אלף רכבים עד לאותה שנה. גם גרמניה העלתה ב-2017 ספקות לגבי הסבירות להשגת היעד של מיליון רכבים ב-2020.

סיכום של כלל היעדים במדינות השונות עולה לכדי 13 מיליון EV בשווקים אלו עד 2020 [13]. מטרה זו תושג ברמה העולמית אם תמשך מגמת הגידול של 60% במלאי ה-EV כל שנה עד 2020, כפי שנרשם ב-2016.

הודו הצהירה על מחוייבות שאפתנית להנעה חשמלית ברוב, אם לא בכל הרכבים עד 2030. סין הציבה יעד של 35 מיליון רכבים עד 2025, ובמדינות אחרות כדוגמת שווייץ, אנגליה או הולנד שוקלים איסור על מכירת רכבי בנזין ודיזל לאחר 2025.

גם יצרניות רכב מרכזיות בעולם יצאו בהצהרות חשובות ב-2016, ביניהן, טסלה שהכריזה על מכירה שנתית של מיליון EV עד 2020 ופולקסווגן שהודיעה על כניסה לשוק של לפחות 30 דגמי EV עד 2025. בין 2015 לתחילת 2017, תשע יצרניות רכב עולמיות הודיעו ציבורית על נכונותם ליצור או להרחיב משמעותית את היצע ה-EV במהלך חמש עד עשר השנים הבאות. גם בסין הצהירו יצרנים על תוכניות הרחבה משמעותיות לייצור EV.

Table 2 • List of OEMs announcements on electric car ambitions, as of April 2017

OEM	Announcement	Source
BMW	0.1 million electric car sales in 2017 and 15-25% of the BMW group's sales by 2025	Lambert (2017b)
Chevrolet (GM)	30 thousand annual electric car sales by 2017	Loveday (2016)
Chinese OEMs	4.52 million annual electric car sales by 2020	CNEV(2017)
Daimler	0.1 million annual electric car sales by 2020	Daimler (2016a)
Ford	13 new EV models by 2020	Ford (2017)
Honda	Two-thirds of the 2030 sales to be electrified vehicles (including hybrids, PHEVs, BEVs and FCEVs)	Honda (2016)
Renault-Nissan	1.5 million cumulative sales of electric cars by 2020	Cobb (2015b)
Tesla	0.5 million annual electric car sales by 2018 1 million annual electric car sales by 2020	Goliya and Sage (2016), Tesla (2017a)
Volkswagen	2-3 million annual electric car sales by 2025	Volkswagen (2016)
Volvo	1 million cumulative electric car sales by 2025	Volvo (2016)

Source: EVI, 2017

מדיניות

על אף המגמה החיובית, אין ספק ששוק ה-EV מושפע בעיקרו ממדיניות. מנגנונים תומכים שאומצו בשווקים מרכזיים מתייחסים הן לאימוץ של EV והן לתשתיות הטענה. האמצעים כוללים מו"פ, רגולציה, תמריצים פיננסיים וכלים אחרים כמו הגבלת תנועה באזורים מסוימים. גם רכש ציבורי הינו דרך לעודד חדירה של EV. השלטון המקומי הינו שחקן חשוב בהאצת המעבר לתחבורה חשמלית (דו גלגלי, רכב פרטי ואוטובוסים) ויכול לשמש לא רק כמודל אלא גם לסייע בשיפור היעילות של תהליך פיתוח המדיניות. אזורים אורבניים הינם גם פלטפורמה מצויינת לבחינת שרותים חדשניים של שיתוף נסיעות או יכולות של נסיעה אוטונומית.

ה-IEA בחן את הקשר בין תוספת תמריצים (בין 2015 ל-2016) לגידול במכירות EV במדינות המובילות, ומצא קשר ישיר וחיובי [14], ובכך מאשר את החיוניות של מדיניות תומכת לשוק ה-EV.

²⁵ אוסטרליה, סין, דנמרק, צרפת, גרמניה, הודו, אירלנד, יפן, הולנד, פורטוגל, קוריאה, ספרד, אנגליה וארה"ב.

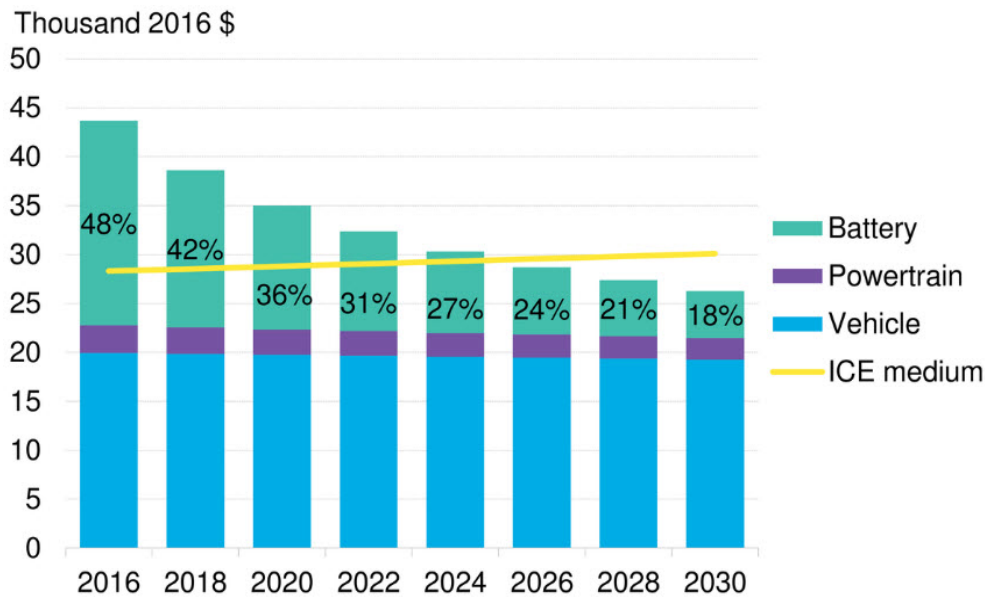
דוגמאות למדיניות לקידום השימוש ברכבים חשמליים [14-17]:

- סין מעניקה תמריצים חזקים, פיננסיים ולא פיננסיים, כדוגמת פטור ממס רכישה ובלו (הטבה של \$5,000-8,500) או ויתורים על מגבלות תנועה, טעינה וחנייה חינם בערים הגדולות.
- בנורבגיה יש פטור ממס רכישה העולה לכדי \$11,600 וכן BEV פטורים ממע"מ 25%. כמו כן יש פטור מהיטלים בכבישי אגרה או מעבורות. עם זאת הטבת החנייה חינם צומצמה ב-2016. בעוד שהמיסוי של BEV נשאר קבוע ב-2016, נרשמה הטבה במיסוי של PHEV ובמקביל גם עלייה משמעותית באחוזי המכירות של רכבים אלו.
- ביפן הוצג ב-2016 מודל חדש המעניק סובסידיה גדולה יותר ככל שטווח הנסיעה של הרכב עולה, עם סובסידיה מקסימלית של \$7,700. הטבה זאת הביאה לעלייה במכירת BEV וירידה יחסית במכירות PHEV.
- בהולנד מוטל מס ששיעוריו צפויים לעלות בהדרגה עד 2020, המתייחס לפליטות פד"ח, מה שמשפיע על PHEV בלבד. גם המיסוי על שימוש ברכב חברה (בהולנד, רכבי חברה מהווים אותו שיעור של מכירות רכב כמו רכבים פרטיים) נותן העדפה ברורה לרכבים עם אפס פליטות (4% מס) לעומת PHEV שרמת המיסוי עליהם ב-2017 אמורה להשתוות לרכבים קונבנציונליים (22% מס). ניתן לראות שמדיניות זאת הביאה לנפילה חזקה במכירות PHEV ב-2016 לעומת 2015.
- הממשלה השבדית קיצצה ב-2016 את ההטבות ברכישת PHEV מ-\$4,500 ל-\$2,250, בעוד שההטבה ל-BEV נותרה בעינה מאז 2011. על אף זאת, נרשמה עלייה במכירות PHEV, רובם כרכבי חברה שבעבורם ניתן להשיג חסכון חודשי של כ-\$110 (ביחס לרכבים קונבנציונליים). בנוסף, נראה שהתעניינות הצרכנים הושפעה מכניסת דגמים נוספים לשוק של PHEV.
- בדנמרק, לראשונה לאחר שנים בהם ניתן פטור מלא מ-Registration taxes ל-EV, ב-2016 יוחל מס בגובה 20% מהמס החל על הנעה קונבנציונלית, מס זה יחול על חמשת אלפים הרכבים הבאים או עד סוף 2018, לאחר מכן הוא ימשיך לעלות עד למיסוי מלא ב-2022. בנוסף, דנמרק שהיתה מובילה ביוזמות חשמול מאז 2008, בעיקר דרך רכש ציבורי שנתמך על ידי הממשלה, הפסיקה את הפעילות הזאת ב-2016. מהלכים אלו היוו בוודאי רכיב מרכזי בירידה החדה (68%-) במכירות EV ב-2016. ב-2017 תכנס לתוקפה הטבת רכישה בהתאם לקיבולת הסוללה עד לסכום מקסימלי של \$10,000.
- בארה"ב, כל ה-EV שנקנו החל מ-2010 מקבלים זיכוי מס מהממשל הפדראלי המתבסס על קיבולת הסוללה (ולכך יכול להתווסף גם זיכוי מטעם המדינות). היקף ההטבה: \$7,500 לכל ה-BEV ובין \$2,500-7,500 ל-PHEV.

מסקנת הדו"ח של ה-IEA היא שמדיניות תומכת (סובסידית קנייה, החזרי מס ופטורים ממסים שונים) תשאר חיונית לפחות בטווח הבינוני לצורך הורדת חסמים ופיתוח שוק הרכב החשמלי, ולאחר מכן יש לשקול את המדיניות מחדש. בעוד שאמצעים מסויימים כמו מס שונה בהתאם לביצועים סביבתיים, או הגבלת גישה לאזורים אורבניים ישארו חשובים (בעיקר לטיפול בכשלי שוק), הצורך בתמריצים לקניית רכבים יצטמצם. כמו כן, נדרשת התייחסות לדרך חדשה לגביית מס במקום המס המקובל על דלקים קונבנציונליים [14].

ההערכה היא [14,18] כי לקראת EV 2030 יציגו מחיר תחרותי למול רכבים עם מנוע בעירה פנימית (ICE - Internal Combustion Engine), הן בשל ירידה צפויה במחירי הסוללות והן בשל חיזוק הרגולציה בנושא פליטות (אשר תשפיע על מחירי דלקים פוסיליים). בתקופה זו, עלות הבעלות (יד ראשונה) של EV עם נסועה גבוהה תהיה במובהק נמוכה מ-ICE בשל עלויות תחזוקה ו'דלק' נמוכות. נקודה זו מדגישה את הסינרגיה בין EV לשירותי תחבורה חכמה.

U.S. medium segment vehicle price estimates (pre-tax retail prices)



Source: BNEF, 2017. <https://about.bnef.com/blog/electric-cars-reach-price-parity-2025/>

תחזיות

בהסתמך על הצהרות יצרנים, ה-IEA צופה שמלאי ה-EV ינוע בין 9-20 מיליון רכבים בשנת 2020 ובין 40-70 מיליון עד 2025 (תרחישים שונים חוזים 200-56 מיליון רכבים עד 2030) [14]. תחזית זאת עולה בקנה אחד עם יעדי המדינות ותואמות את הצהרות פריז בנושא שינוי האקלים²⁶. עם זאת יש להדגיש, כי כדי שהתחזיות יתממשו נדרש גידול ביכולת הייצור של הרכבים והסוללות, למשל, בנייה של כעשרה מתקני ייצור לסוללות עם יכולת ייצור דומה למתקן של טסלה (Gigafactory).

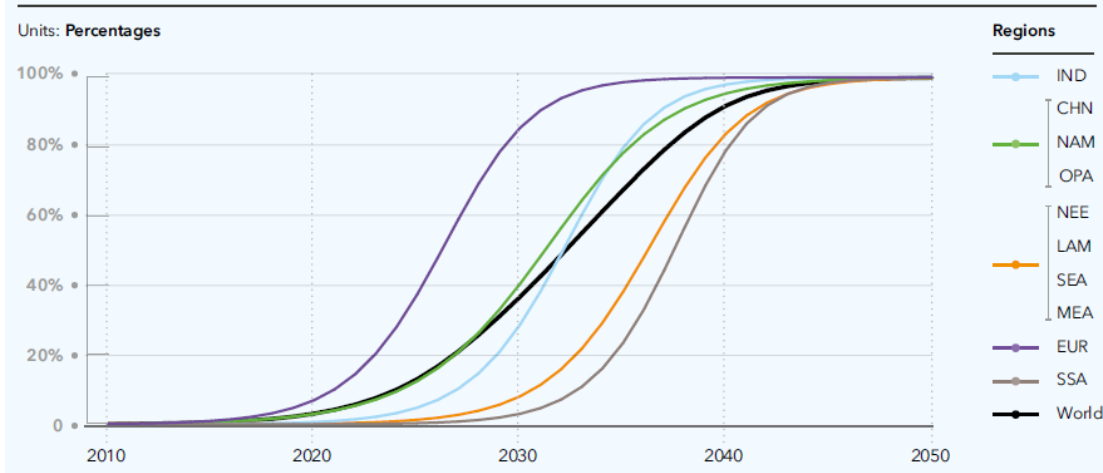
התחזית של בלומברג [18] הינה ש-EV יהוו 54% ממכירות רכב חדש עד 2040 (בשנת 2016 התחזית היתה של 35% בלבד) ו-33% מסך הרכבים (PLDVs) יהיו חשמליים (530 מיליון רכבים מתוך כמיליארד ו-600 מיליון רכבים). התחזית מציינת כי PHEV יקחו חלק בתהליך האימוץ של הרכב החשמלי עד 2025 אך לאחר מכן BEV יהוו את מרבית המכירות של רכב חשמלי בעולם (למעט ביפן), הודות למורכבות ההנדסית ולעלות של הנעה כפולה.

התחזית של בלומברג [18] מציינת חמישה גורמים בסיסיים שישפיעו על העלייה באימוץ EV בשנים הבאות (הדו"ח אינו מניח אימוץ של מדיניות חדשה אלא מתבסס על המדיניות הקיימת):

1. רגולציה קצרת טווח התומכת בתהליך בשווקי מפתח כמו ארה"ב, אירופה וסין
 2. נפילה במחירי סוללות ליתיום-יון
 3. מחוייבות גוברת של יצרני מכוניות לנושא של רכב חשמלי
 4. עלייה בקבלת הנושא בקרב הצרכנים בעקבות המחירים התחרותיים של EV בכל קטגוריות הרכב
 5. התפקיד המתרחב של תחבורה חכמה (שיתוף רכבים, ride hailing, נסיעה אוטונומית)
- תחזית נוספת של חברת הייעוץ DNV GL מצביעה על כך שבשנת 2033, כמחצית מהרכבים (PLDVs) החדשים שימכרו בכל העולם יהיו חשמליים, אך עם שונות גדולה בין האזורים [20].

²⁶ ההצהרות בוועידת פריז הביעו את השאיפה לעבור את מחסום מאה מיליון רכבים ב-2030 [19].

FIGURE 4. MARKET SHARE OF ELECTRIC VEHICLES IN NEW LIGHT VEHICLE SALES



Source: DNV GL, 2017

באירופה (בסגול) צפוי האחוז בשנה זו להגיע לכ-90%, בעוד שבמדינות צפון מזרח אירואסיה, אמריקה הלטינית, דרום מזרח אסיה, המזה"ת וצפון אפריקה (בכתום) ומדינות אפריקה שמדרום לסהרה (באפור) האחוז הצפוי הינו פחות מ-20%. בתת היבשת ההודית (בתכלת) ובסין, צפון אמריקה ומדינות ה-OECD פאסיפיק (בירוק), האחוז יהיה קרוב לממוצע העולמי.

טעינה וצריכת חשמל

בארה"ב קיימות שלוש אפשרויות טעינה שונות [21]:

- רמה 1 הינה טעינה בשקע ביתי (120 וולט) שיכולה לטעון טווח נסיעה של כ-5 מייל בשעה, מרבית המכוניות יכולות לטעון בדרך זו (לא רלוונטי לישראל, בשל מאפייני הרשת).
- רמה 2 הינה טעינה במתח של 240 וולט שזה המתח ברוב התחנות הציבוריות והיא מהירה פי 2-5 מרמה 1 (תלוי גם ברשת וגם בנתוני הרכב). בארה"ב, ניתן להתקין חיבור כזה גם בבית (עלות: \$1,000-400). במרבית התחנות הציבוריות החיבור תואם לכל הרכבים. תחנות הטעינה של טסלה מותאמות לרכבי טסלה בלבד, אך החברה מספקת מתאם כדי שלקוחותיה יוכלו לטעון גם בתחנות עם חיבור רגיל.
- בנוסף, קיימת טעינה מהירה המאפשרת טעינת טווח נסיעה של 50-70 מייל בכ-20 דקות. לא כל הרכבים מותאמים לטעינה מהירה. תחנות לטעינה מהירה ממוקמות בדרך כלל לצד מסדרונות תנועה מרכזיים ועמוסים. לא מעשי לבצע טעינה מהירה בבית הן בשל העלות והן בשל דרישות הרשת.

עלות הטעינה: בארה"ב, רכב סטנדרטי (small sedan- Nissan Leaf) שנוסע 1,600 ק"מ בחודש וטוען טעינה ביתית בלבד, יוסיף לחשבון החשמל החודשי של הלקוח \$37.5 [21].

ברחבי ארה"ב ישנן כ-44 אלף נקודות טעינה ציבוריות (ב-16 אלף תחנות) [22]. באירופה ישנן כ-120 אלף נקודות טעינה [23].

הנושא של תשתיות טעינה אינו פתור למרות העלייה המשמעותית בעמדות טעינה ציבוריות בחמש השנים האחרונות. על אף המחיר התחרותי הצפוי של רכבי EV, מחסור בטעינה ביתית יהווה מחסום משמעותי לאימוץ ויגביל את מכירות ה-EV [18].

ממחקר שבוצע ב-2016 לגבי הרגלי הטעינה של נהגים באירופה וארה"ב עולה כי כרבע מהנהגים ישתמשו בטעינה ציבורית לפחות פעם בשבוע, אם תחנות כאלה יהיו זמינות וזולות, עם זאת, אחוז ניכר מהנהגים משתמש בעמדות אלו רק פעם בכמה חודשים או אפילו בשנה [24]²⁷.

צריכת החשמל הגלובלית לטעינת EV צפויה לגדול מ-6 TWh ב-2016 ל-1,800 TWh ב-2040 [18]. על אף שהכמות הזאת מהווה רק 5% מסך הצריכה העולמית ב-2040, רגולטורים ומנהלי מערכת ידרשו לתת מענה לצריכת השיא המאפיינת טעינה מהירה, אם באמצעות תעריפים משתנים המעודדים טעינה בשעות שפל (דוגמת התעו"ז) ואם באמצעות פתרונות לאחסון אנרגיה.

המצב בישראל

המוטיבציה של מנהלת תחליפי הנפט, אשר הוקמה תחת משרד רוה"מ ב-2011, לעודד פעילות בנושאים של תחליפי דלקים ותחבורה חכמה בכדי להפחית את התלות של העולם בנפט נובעת משני גורמים עיקריים [25]:

א. ההשלכות הגיאופוליטיות השליליות וההשפעות הכלכליות של שוק כמעט מונופולי.

ב. ההשפעות הסביבתיות השליליות של פליטות מזהמים וגז"ח (25% מסך הפליטות העולמיות של גז"ח מיוחסות לסקטור התחבורה).

בהחלטת ממשלה מס' 5327 מיום 13.01.2013 הוגדר יעד ההפחתה של משקל הנפט כמקור אנרגיה בתחבורה בישראל בשיעור של כ-30% בשנת 2020, ושל כ-60% בשנת 2025 (ביחס לתחזיות הצריכה בשנים אלו) [26]. הממשלה אינה מגבילה את סוגי ההנעה החלופית האפשריים ומתייחסת הן לשימוש בגז טבעי (כגז טבעי דחוס, מתנול, GTL), הן להנעה חשמלית והן לאלטרנטיבות חדשניות/בפיתוח. משרדי הממשלה השונים מציגים תוכניות שונות לתמיכה ביעדים:

המשרד להגנת הסביבה תומך ברכישת רכבים חשמליים והיברידיים בהיקף של 60 מיליון ₪ (מוניות, אוטובוסים וכלי רכב לפרוייקט שיתוף רכב), לצד סבסוד מסנני חלקיקים לכלי רכב מזהמים, תמיכה בהקמת מערכי השכרת אופניים, הפעלת שאטלים להסעות עובדים ועוד [27].

משרד האוצר (רשות המסים) מעניק לכלי רכב חשמליים והיברידיים הטבות משמעותיות במס הקניה במסגרת המיסוי הירוק. שיעורי המס שנקבעו עד לתום שנת 2017: 10% ל-BEV, 20% ל-PHEV ו-30% לרכבים היברידיים. כיוון שמס הקניה על אוטובוסים הינו 0%, הועדה ממליצה לתמרץ יבוא אוטובוסים חשמליים באמצעות קביעת פחת מואץ (33% ל-4 שנים) [28].

משרד האנרגיה פרסם השנה מכרז פומבי להשקעה בפרוייקטי חלוצי והדגמה. בפרוייקטים שנועדו להפחתת התלות בנפט לתחבורה סף המימון יהיה 50% מתקציב של עד 3 מיליון ₪ לפרוייקט [29].

כמו כן, המשרד גיבש מדיניות בנושא טעינת רכבים חשמליים, כאשר העקרונות המרכזיים הם: שמירה על בטיחות הצרכן ועוברי אורח, יצירת שוק רכב חשמלי פתוח, תחרותי תוך עמידה בסטנדרטים בינלאומיים, טעינה מבוקרת שתפחית את הצורך בהרחבת רשת החשמל הקיימת ומניעת השתת עלויות טעינת הרכב חשמלי על כלל צרכני החשמל במשק. לאור המדיניות נקבעו תקנות לעניין מתן רישיונות להספקת חשמל לטעינת רכב חשמלי, ואילו תקנות לעניין בטיחותם של התקני טעינה לרכב חשמלי נמצאות בשלבי חקיקה מתקדמים [30,31].

²⁷ שתי תובנות מעניינות אחרות ממחקר זה:

- א. הסיבה המרכזית לקניית EV הינה ההיבט הסביבתי (אצל 45%-33 מהמשיבים), ולאחר מכן, חסכון כספי, נטייה לאימוץ טכנולוגיה חדשה, איכות הנסיעה, נוחות.
- ב. מרבית המשיבים אמרו שהם מצפים שה-EV הבא שלהם יאפשר טווח נסיעה של לפחות 320 ק"מ (למרות שרבים מהם לא זקוקים לטווח כזה).

עבודה שנעשתה תחת משרד האנרגיה על ידי חברת "כיוון", צוות חוקרים מ"מוסד שמואל גאמן" וד"ר ליאונד טרטקובסקי מהטכניון, בחנה את הכדאיות הכלכלית בשימוש ברכב חשמלי והיברידי לסוגיו (התחשיב מעודכן לפברואר 2014, והמחירים אינם כוללים מיסוי) [32]:

- עלות הבעלות הכוללת שחושבה מורכבת משלוש עלויות עיקריות: עלות רכישה בניכוי ערך שיורי, עלות הנסיעה (דלק/חשמל) ועלות תחזוקה שוטפת.
- התחשיב בוצע בעבור ארבע סוגי הנעה: ICE – רכב בעירה פנימית, HEV – רכב היברידי, PHEV – היברידי פלאג-אין, EV – רכב חשמלי (תואר במסמך זה כ- BEV).
- תרחיש הבסיס מתייחס לנסועה שנתית ממוצעת של רכב פרטי בישראל (16.4 אלף ק"מ), נסועה של 25 אלף ק"מ מאפיינת רכבי ליסינג/רכבי חברה ונסועה של 70 אלף ק"מ מאפיינת מוניות. תרחיש ההוזלה מתייחס להוזלת מחירי רכבים חשמליים ב-20%.
- בכל התרחישים הנחת היסוד כללה טעינה ביתית בלבד ורק בתרחיש של נסועה שנתית גבוהה נוספה טעינה מהירה אחת ליום.
- הנושא של עלויות חיצונית נבדק בנפרד ונמצא שגם הפנמת עלויות אלו אינה משנה את מערך היתרונות היחסיים שבתרחיש הבסיס.

עלות הבעלות בתרחישים השונים ללא עלויות חיצוניות (אג' לק"מ נסועה)

EV	PHEV	HEV	ICE	רכב	תרחיש
86	99	83	74		בסיס
101	116	95	74		פחת מואץ על רכבים חשמליים
73	84	71	74		הוזלת רכבים חשמליים
63	73	62	64		נסועה של 25 אלף ק"מ
41	48	38	52		נסועה של 70 אלף ק"מ

מקור: חב' כיוון, מוסד שמואל גאמן ופרופ' ליאונד טרטקובסקי

<http://energy.gov.il/Subjects/EGOilReplacement/Documents/ElecVeEconomic.pdf>

תרחיש הבסיס ותרחיש הפחת המואץ מגלמים את חסרונותיהם העיקריים של משפחת הרכבים החשמליים כיום: מחיר הרכישה הגבוה ועלויות התפעול והטיפול בסוללה לאחר תקופת הבעלות. בתרחישים אלו נמצא כי הרכב בו עלות הבעלות הזולה ביותר הוא ICE והיקרה ביותר הוא PHEV. שלושת התרחישים התחתונים בטבלה מעלים את קרנם של הרכבים החשמליים בייחוד את זה של הרכב ההיברידי, המספק את עלות הבעלות הזולה ביותר בשלושתם. בעוד שבתרחיש ההוזלה מוסר למעשה חלק מחסם המחיר ממנו סובלים הרכבים הללו ולכן מצבם משתפר, שני התרחישים התחתונים בטבלה עוסקים בהיבט של התנהגות הצרכן ומחדדים את העובדה שככל שהנסועה גבוהה יותר, כך גוברים יתרונותיהם של הרכבים החשמליים על חסרונותיהם.

בניגוד לתהליכים בעולם, ב-2016 חלה בישראל ירידה במספר כלי רכב שהונעו באמצעות חשמל – כ-1,420 (1,650 ב-2015), מתוכם כ-820 כלי רכב פרטיים (1,100 ב-2015) שהיוו 0.044% מכלל הרכבים ו-0.03% מכלל הרכב הפרטיים [33]. מרבית הרכבים הפרטיים (כ-1,000) נמכרו בשנים 2011-2013 במסגרת המיזם של בטר פלייס. נכון להיום, היצע הרכבים החשמליים בישראל נותר מוגבל ועומד על שני דגמים (BMW i3 ורנו זואי, שניהם מהדגמים המובילים באירופה).

שיעורי חדירת EV לשוק הישראלי תלויים במידה רבה באמצעי מדיניות שתציג הממשלה בשנים הקרובות, אולם רק שיעורי הטמעה משמעותיים יש בכוחם להשפיע הן על הנושא של ביטחון אנרגטי והן על התועלות הסביבתיות הצפויות.

- [1] IEA (International Energy Agency) (2016), "Energy and Air Pollution: World Energy Outlook Special Report". OECD/IEA, Paris.
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>
- [2] HEI (Health Effects Institute) (2017), "State of Global Air 2017. Special Report". Boston, MA:Health Effects Institute. http://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources/2017_state-of-global-air-report.pdf
- [3] WHO (World Health Organization) Regional Office for Europe, OECD (2015), "Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth". Copenhagen.
www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/276772/Economic-cost-health-impact-air-pollution-en.pdf?ua=1
- [4] IEA, "Climate change". <https://www.iea.org/topics/climatechange/>
- [5] European Commission (2016). Commission staff working document Accompanying the document: "A European Strategy for Low-Emission Mobility". EU Commission, Brussels.
<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/10102/2016/EN/SWD-2016-244-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF>
- [6] Ayalon, O., Flicstein, B., & Shtibelman, A. (2013). Benefits of reducing air emissions: replacing conventional with electric passenger vehicles. *Journal of Environmental Protection*, 4(10), 1035.
[DOI:10.4236/jep.2013.410119](https://doi.org/10.4236/jep.2013.410119)
- [7] Holland, S. P., Mansur, E. T., Muller, N. Z., & Yates, A. J. (2015). *Environmental benefits from driving electric vehicles?* (No. w21291). National Bureau of Economic Research.
- [8] Hawkins, T. R., Singh, B., Majeau-Bettez, G. and Strømman, A. H. (2013), Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, 17: 53–64. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x/full>
- [9] Inside EVs. <http://insideevs.com/electric-vehicles-us-price-range-listing/>
- [10] motor1. <https://www.motor1.com/news/139701/ev-electric-vehicle-range-longest/>
- [11] PUSH EVS. <http://pushevs.com/>
- [12] EVObsession. <https://evobsession.com/electric-car-sales/>
- [13] EVI (Electric Vehicle Institute) (2016), "Global EV Outlook 2016: Beyond One Million Electric Cars", OECD/IEA, Paris.
www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf
- [14] EVI (2017), "Global EV Outlook 2017: Two million and counting" OECD/IEA, Paris.
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVO Outlook2017.pdf>
- [15] EAFO (European Alternative Fuels Observatory), "Incentives & Legislation".
<http://www.eafo.eu/incentives-legislation>

- [16] EPA (United States Environmental Protection Agency) - fuel economy, "Federal Tax Credits for All-Electric and Plug-in Hybrid Vehicles". <http://www.fueleconomy.gov/feg/taxevb.shtml>
- [17] AFDC (Alternative Fuels Data Center), "Federal and State Laws and Incentives". <https://www.afdc.energy.gov/laws/>
- [18] BNEF (Bloomberg New Energy Finance) (2017), "Electric Vehicle Outlook 2017". <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>
- [19] UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (2015), "Paris declaration on electro-mobility and climate change & call to action". <http://newsroom.unfccc.int/media/521376/paris-electro-mobility-declaration.pdf>
- [20] DNV GL (2017), "Energy Transition Outlook 2017 - A global and regional forecast of the energy transition to 2050". <https://eto.dnvgl.com/2017/#Energy-Transition-Outlook>
- [21] EPA - fuel economy, "Charging Your Plug-in Electric Car". <http://www.fueleconomy.gov/feg/charging.shtml>
- [22] EPA - fuel economy, "Electric Vehicle Charging Station Locations". https://www.afdc.energy.gov/fuels/electricity_locations.html
- [23] EAFO, "Electric vehicle charging infrastructure". <http://www.eafo.eu/electric-vehicle-charging-infrastructure>
- [24] Sustainable Enterprises Media INC (2016), "Electric Car Drivers: Desires, Demands & Who They Are", <https://cleantechnica.com/2017/05/03/2000-ev-drivers-28-countries-tell-us-require-desire-cleantechnicas-2nd-ev-report/>
- [25] Fuel Choices and Smart Mobility Initiative. <http://www.fuelchoicesinitiative.com/motivation/>
- [26] החלטת ממשלה מס' 5327 מיום 13.01.2013, "הפחתת התלות הישראלית בנפט בתחבורה". <http://www.pmo.gov.il/secretary/govdecisions/2013/pages/des5327.aspx>
- [27] המשרד להגנת הסביבה, "בסביבה, בשבילכם - דוח רבעון שני, שנת 2016". <http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/DocLib2/Publications/P0801-P0900/P0833.pdf>
- [28] משרד האוצר (רשות המסים), "דוח הוועדה למיסוי ירוק 3 - תחליפי נפט לתחבורה", מרץ 2016, ע"מ 173-177. <https://taxes.gov.il/About/Documents/DochotVaadot/Misui03062016.pdf>
- [29] משרד האנרגיה, "מכרז פומבי מס' 17/15 להגשת הצעות להשקעת משרד האנרגיה בפרויקטי חלון והדגמה בנושאי אנרגיה, תחליפי דלקים, מים ואנרגיה, התייעלות אנרגטית, כריה וחציבה". http://energy.gov.il/informationforpublic/tenders/documents/2017/tender15_17.pdf
- [30] משרד האנרגיה, "רכב חשמלי". <http://energy.gov.il/Subjects/Electricity/Pages/GxmsMniElectricCarAbout.aspx>
- [31] משרד התשתיות הלאומיות, "טעינת רכב חשמלי – עקרונות מדיניות, יולי 2011". <http://energy.gov.il/GxmsMniPublications/electric%20car%202011%2008%2011.pdf>
- [32] משרד האנרגיה, "רכב חשמלי והיברידי". <http://energy.gov.il/Subjects/EGOilReplacement/Pages/GxmsMniOSElectricVehicles.aspx>

[33] הלמ"ס (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה) (2017), "3.24 מיליון כלי רכב מנועיים בישראל בשנת 2016, גידול של 4.8% לעומת שנת 2015", הודעה לתקשורת 098/2017 מיום 9.4.2017.
http://www.cbs.gov.il/reader/newhodaot/hodaa_template.html?hodaa=201727098

נספח א' – נתוני טווח, נצילות ומחיר של דגמי EV

Vehicle	EPA (USA)		NEDC (EU)		Price (€ / £ / £)							
	EPA EV Range (combined city & highway, km)	EPA EV Efficiency (combined city & highway, kWh/100 km)	NEDC Range (km)	NEDC Efficiency (kWh/100 km)	Austria	France	Germany	Netherlands	Portugal	Spain	United Kingdom	
2017 Tesla Model S AWD P100D	507	21.7										
2017 Tesla Model X AWD P100D	465	24.2										
2017 Tesla Model S AWD P90D	435	21.7										
2017 Tesla Model S AWD 75D	417	20.5	490		€ 87,400	€ 81,400	€ 84,470	€ 88,785	€ 90,200	€ 88,200	£ 66,500	
2017 Tesla Model X AWD 90D	414	23.0										
2017 Tesla Model X AWD P90D	402	23.6										
2017 Chevrolet Bolt EV / Opel Ampera-e	383	17.4	520	14.5			€ 39,330					
2017 Tesla Model X AWD 75D	383	22.4										
2017 Tesla Model S AWD 60D	351	19.9	408									
Renault Zoe R90 (41 kWh battery)			403	13.3	€ 32,190			€ 32,890	€ 32,710	€ 32,385	£ 23,770	
Renault Zoe Q90 (41 kWh battery)			370	14.6								
2017 Volkswagen e-Golf	201	17.4	300	12.7	€ 37,990	€ 39,350	€ 35,900	€ 38,970	€ 40,463	€ 38,020	£ 32,190	
2017 Hyundai Ioniq Electric	200	15.5	280	11.5	€ 32,190	€ 22,850	€ 33,300	€ 32,450		€ 29,400	£ 24,995	
2017 Ford Focus Electric	185	19.3	225	16.4			€ 34,900					
2017 BMW i3 (94 Amp-hour battery)	183	18.0	312	12.6	€ 37,650	€ 37,300	€ 36,800	€ 38,769	€ 41,990	€ 37,400	£ 33,070	
2018 Kia Soul Electric *	180	19.2	250	14.3								
2017 Nissan Leaf (30 kWh battery)	172	18.6	250	15	€ 30,881	€ 25,900	€ 31,265	€ 33,590	€ 22,340	€ 26,860	£ 25,790	
Renault Zoe R240 (23.3 kWh battery)			240	13.3								
Renault Zoe Q210 (22 kWh battery)			210	14.6								
2017 Kia Soul Electric	150	19.9	212	14.7								
2017 Mercedes-Benz B250e	140	24.9										
2017 Fiat 500e	135	18.6										
2017 BMW i3 (60 Amp-hour battery)	130	16.8	190	12.9								
2016 Smart Fortwo ED Convertible/Coupe	109	19.9										
Volkswagen e-up!			160	11.7	€ 26,990	€ 27,600	€ 26,900	€ 27,491	€ 27,480	€ 28,050	£ 25,280	
2017 Mitsubishi i-MiEV / Citroen C-Zero / Peugeot iOn	95	18.6	150	12.6								

* South Korean test cycle (similar to EPA's)

Sources: <https://www.motor1.com/news/139701/ev-electric-vehicle-range-longest/>

<http://pushhevs.com/electric-car-range-efficiency-epa/>

נספח 2: תכנית פורום אנרגיה - רכב היברידי וחשמלי

13:00	פתיחה
13:10	פרופ' עמנואל פלד - ביה"ס לכימיה, אוניברסיטת ת"א: תאי דלק וסוללות לרכבים היברידיים וחשמליים
13:20	ד"ר דן וינשטוק - יועץ חשמל; דורון ודאי - כלל מוטורס בע"מ: תחבורה ציבורית חשמלית
13:30	מר אבי כהן - דן חברה לתחבורה ציבורית בע"מ: אוטובוס חשמלי מבוסס קבלי-על
13:40	עידן ליבס - מוסד שמואל נאמן: טעינה ציבורית לרכב חשמלי בישראל
13:50	ד"ר מרים לב-און ו ד"ר פרי לב-און - קבוצת לבאון; פרופ' אופירה אילון - מוסד שמואל נאמן: הפחתת זיהום אוויר ופליטות גזי חממה כתוצאה מחדירת רכבים חשמליים - נתונים השוואתיים ממספר מדינות
14:00	זאב שדמי - משרד התחבורה: תחבורה ציבורית חשמלית
14:30	דיון פתוח, תוך התמקדות בשאלות הבאות: <ul style="list-style-type: none">• מה צפוי להיות רכב העתיד לתחבורה בישראל: היברידי או חשמלי?• מהי העלות הצפויה של מכונית חשמלית לצרכן פרטי?• מה תהיה עלות הנסיעה לק"מ, בהתחשב בעלויות החשמל, האחזקה והפחת?• מהו טווח הנסיעה של רכב חשמלי בין טעינות/החלפות של הסוללות?• כיצד להתמודד עם הגידול העצום בכושר ייצור החשמל שיידרש לתשתית הרכב החשמלי? מהן ההשלכות על רשת החשמל במקטעים השונים?• מהו הפוטנציאל של רכב חשמלי בעבור רשת החשמל?• מהו מחזור החיים של הסוללות (לרכב חשמלי ולרכב היברידי)?• מהי התועלת הצפויה בשיפור איכות האוויר בעיר כתוצאה משימוש ברכב היברידי/חשמלי?• מה מקומן של רשויות מקומיות בפיתוח תשתיות טעינה עירוניות? מהו חלקן של המגזר הציבורי?• איך מעודדים רגולטיבית את השימוש ברכב היברידי וחשמלי?
17:00	סיום