

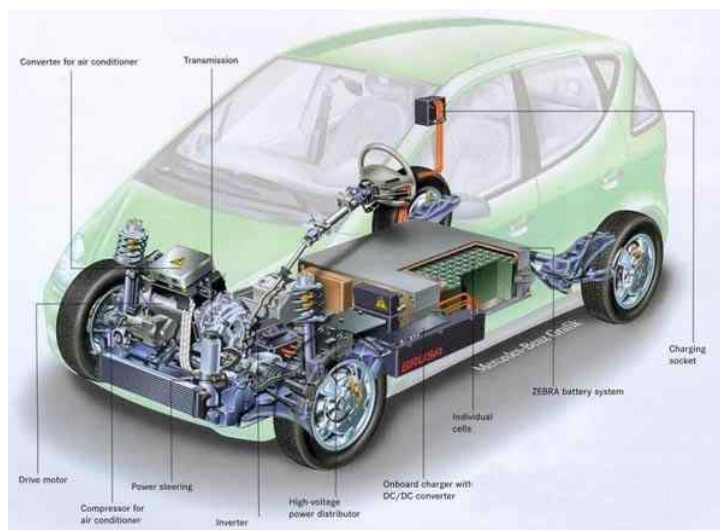


משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים

מדען ראשי במשרד התחבורה

מיזם הרכב החשמלי בישראל

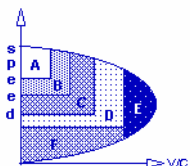
ישימות והשלכות תחבורתיות אפשריות



מרץ 2008

העבודה הוכנה ע"י:

יהושע כהן
גדעון טויסטר
ניר שראבי



מתת - מרכז תכנון תחבורה בע"מ



משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים
מדען ראשי במשרד התחבורה



ירושלים, י"א אדר ב תשס"ח
18 מרץ 2008

לכבוד
חברי ועדת ההיגוי הבין משרדית לעידוד תחבורה ללא דלק

הנדון : דוח היבטים תחבורתיים

זהו דוח ההיבטים התחבורתיים של מיזם המכוננית החשמלית במדינת ישראל.

דוח זה מבוסס על נתונים שנמסרו לנו על ידי היזם וסקר ספרותי מקיף. בנושאים בהם לא נמסר לנו מידע ברור ולא נמצא מידע מהימן בספרות נעשו הנחות הגיוניות כפי שמצוין בדוח.

דוח זה מתאר את התרחיש ההגיוני של מיזם הרכב החשמלי וההשלכות התחבורתיות הסבירות שיתקיימו עד שנת 2020.

בברכה

פרופ' יוסי פרשקר
מדען ראשי במשרד התחבורה

תוכן העניינים

עמוד

1	1. מטרות
1	2. רקע כללי
3	3. המיזם הנבדק
4	4. צי הרכב הפרטי בישראל, מאפיינים ותחזית גידול
8	5. טווח היקף השימוש האפשרי של הרכב החשמלי בישראל
11	6. עלות הרכב החשמלי ביחס לרכב מונע בבנזין
26	7. היבטי המיסוי
27	8. מסקנות כלליות

רשימת לוחות

4	לוח 1- התפלגות הרכב הפרטי בישראל לפי סוג דלק – פברואר 2008
5	לוח 2- התפלגות כלי הרכב הפרטיים בישראל בסוף שנת 2006 לפי נפח מנוע וגיל ממוצע לכל קבוצת נפח
7	לוח 3 - התפתחות צי הרכב הפרטי ורמת המינוע של רכב פרטי בישראל בשנים 1987-2007
8	לוח 4 – תחזית יבוא הרכב הפרטי והגידול בצי הרכב הפרטי 2008-2020 (באלפים)
9	לוח 5 – התפלגות כלי הרכב הפרטיים בשנת 2006 ע"פ נסועה שנתית
11	לוח 6 - תחזית יבוא רכב פרטי חשמלי בתקופה 2012-2020 (אלפי כלי רכב)
12	לוח 7 – מחיר בנזין 95 אוקטן לצרכן ע"פ מרכיביו במרץ 2008
14	לוח 8- העלות החודשית לצרכן ולמשק הלאומי של רכב חשמלי ורכב מונע בבנזין בתרחיש 1
14	לוח 9 – אומדן עלות לצרכן של אחזקת רכב בבנזין בהשוואה לרכב חשמלי (ש"ח, מחירי 2008)
15	לוח 10- העלות החודשית לצרכן ולמשק הלאומי של רכב חשמלי ורכב מונע בבנזין בתרחיש 2
16	לוח 11- העלות החודשית לצרכן ולמשק הלאומי של רכב חשמלי ורכב מונע בבנזין בתרחיש 4
16	לוח 12- העלות החודשית לצרכן ולמשק הלאומי של רכב חשמלי ורכב מונע בבנזין בתרחיש 5
17	לוח 13- העלות החודשית לצרכן ולמשק הלאומי של רכב חשמלי ורכב מונע בבנזין בתרחיש 7
27	לוח 14 - סך הפסדי מיסוי בגין כניסת רכב חשמלי בשנים 2012-2020 ע"פ חלופה ונסועה שנתית

רשימת איורים ומפות

5	איור 1 – כלי רכב פרטיים ל 1000 נפש בארצות שונות באירופה ובישראל ב 2005
6	איור 2 – בעלות על רכב פרטי במשקי הבית לפי עשירוני הכנסה ב 2006
13	איור 3 – התפתחות המחיר לצרכן של בנזין 95 אוקטן והחשמל לצריכה ביתית 1996-2007
18	איור 4.א – העלות החודשית לצרכן של רכב בבנזין ורכב חשמלי – תרחישים עיקריים
19	איור 4.ב – העלות החודשית לצרכן של רכב בבנזין ורכב חשמלי – השוואת תרחישי הבסיס לתרחישי ועדת המיסוי הירוק
20	איור 4.ג – העלות החודשית לצרכן של רכב בבנזין ורכב חשמלי – השפעת היקף החדירה של הרכב החשמלי על עלויותיו הממוצעות
21	איור 4.ד – העלות החודשית לצרכן של רכב בבנזין (מחיר נוכחי ויקר יותר) בהשוואה לרכב חשמלי עם סוללה יקרה
22	איור 5.א – העלות החודשית למשק של רכב בבנזין ורכב חשמלי – תרחישים עיקריים
23	איור 5.ב – העלות החודשית למשק של רכב בבנזין ורכב חשמלי – השוואת תרחישי הבסיס לתרחישי ועדת המיסוי הירוק
24	איור 5.ג – העלות החודשית למשק של רכב בבנזין ורכב חשמלי – תרחישי חדירה שונים
25	איור 5.ד – העלות החודשית למשק של רכב בבנזין (מחיר נוכחי ויקר יותר) בהשוואה לרכב חשמלי עם סוללה יקרה

רשימת נספחים

מיזם הרכב החשמלי בישראל - ישימות והשלכות תחבורתיות אפשריות

1. מטרת

מוצגת להלן הערכה ראשונית של הישימות וסיכויי ההצלחה של מיזם להפצת רכב חשמלי בישראל, וכן בחינה של ההשלכות התחבורתיות האפשריות של המיזם בתחום התחבורתי: השפעתו על רמת המינוע, הנסועה ועוד.

המסמך אינו עוסק בהשלכות הרכב החשמלי בתחום הסביבתי. יתרונותיו בתחום זה היוו את הגורם העיקרי להעדפת המס המשמעותית שהובטחה לו ביחס לסוגי הרכב האחרים ע"י הוועדה הבין משרדית ל"מיסוי ירוק", שסיימה את עבודתה בינואר 2008. המיסוי השונה של הרכב החשמלי מובא בחשבון במסגרת תחשיבי העבודה, בבחינת מחירי הרכישה והשימוש בו בארץ, ובהערכת האטרקטיביות שלו לציבור.

בשל אי וודאות לגבי עלות הייצור של הרכב החשמלי ומרכיביו, אי וודאות בנושא תגובות הציבור ופוטנציאל הרוכשים, וכן בשל אי וודאות באשר להתפתחות גורמי רקע רלוונטיים (כגון התפתחות מחירי הנפט בעולם), מוצג בעבודה טווח תוצאות אפשרי, ולא תוצאה חדה בודדת.

2. רקע כללי

הרכב הפרטי הוא אמצעי התחבורה העיקרי הקיים כיום בארצות המערב. ע"פ השנתון הסטטיסטי של הקהילה האירופית, כ 83% מק"מ הנוסע היבשתי ב 25 ארצות הקהילייה האירופית נעשו בשנת 2005 ברכב פרטי. בארה"ב שיעור זה עולה על 90%. בחלקי העולם המפותחים פחות שיעור הנסיעות ברכב פרטי נמוך מכך משמעותית, אולם נמצא בגידול מתמיד. צי הרכב הפרטי העולמי נאמד כיום בכמיליארד מכוניות, ומספרן גדל והולך.

כמעט כל המכוניות מצוידות במנוע בעירה פנימית ומונעות בדלק פוסילי. שריפת דלק זה גורמת לפליטת מזהמים שונים. בשני העשורים האחרונים צומצמו פליטות חלק מהם ע"י שיפורים במנועי הרכב ובדלק, ואולם לא ניתן להפחית את פליטת ה CO₂, "גז החממה", הגורם להתחממות כדור הארץ.

ההכרה הגוברת בהשלכות הסביבתיות הקשות של מצב דברים זה, התייקרות הדלק הפוסילי, וסימני השאלה לגבי היקף עתודות מאגרי הנפט בעולם, ממריצים חיפושים אחרי טכנולוגיות הנעה אחרות לכלי הרכב. אחת הבולטות בהן היא טכנולוגיית הנעת הרכב בחשמל, הנטען ממקור חיצוני. טכנולוגיות אחרות הן הנעת רכב במימן ובאוויר דחוס. קיימת גם טכנולוגיית ביניים של הרכב ההיברידי, שבו יש שילוב של מנוע בעירה פנימית ומנוע חשמלי. זו טכנולוגיה קיימת. ייצור הרכב ההיברידי נעשה בהיקפים שכבר אינם זניחים, והפצתו מתרחבת. עם זאת, טכנולוגיה זו רק מצמצמת (בכשליש) את האפקט הסביבתי השלילי של הרכב המוטורי, והיא נחותה בכך מהרכב החשמלי (כתלות בטכנולוגיית ייצור החשמל).

רכב חשמלי Battery Electric Car or EV הוא רכב המונע באמצעות אנרגיה הנאגרת בסוללות נטענות. מכוניות חשמליות משתמשות במנוע חשמלי במקום בעירה פנימית. כלי רכב חשמליים כוללים מכוניות פרטיות, רכבי משא קלים, אופנועים, אופניים חשמליים, רכבי גולף למיניהם, מלגזות וכו'.

בעוד כלי רכב חשמליים היו בין הראשונים בשימוש כבר בסוף המאה ה-19, דווקא טכנולוגיית מנוע הבעירה הפנימית היא זו שהתפתחה להיות הטכנולוגיה השלטת וכמעט לחלוטין, הבלעדית, ברוב שנות המאה ה-20.

בתחילת המאה ה-20 יצרנים רבים כמו Electric, Baker, Detroit, Edison יצרו כלי רכב חשמליים, אשר היו מוגבלים במהירותם לכ-30 קמ"ש והיו פופולריים בקרב נשות העשירים בערים הגדולות.

פיתוחים טכנולוגיים בתחום כלי הרכב המונעים במנוע בעירה פנימית, כמו המתנע החשמלי ב 1913 ופיתוח דגמי T של פורד, הפכו כלי רכב אלה לפרקטיים יותר על חשבון פיתוח הכלי רכב החשמליים. עד לסוף שנות ה-30 של המאה הקודמת תעשיית הרכב החשמלי כמעט ונעלמה.



בעקבות פיתוחים טכנולוגיים באמצע המאה הקודמת, ובעיקר פיתוח הטרינזיסטור, החלו מאמצים חדשים בפיתוח דור חדש של כלי רכב חשמליים, אשר לא הגיע ליצור מסחרי. החלוץ שבהם היה מודל 72-Volt של Henney Coachworks and National Union Electric Company אשר היה מסוגל לנסוע במשך שעה בסוללות מלאות והגיע למהירות של כ-100 קמ"ש. יצורו של הרכב הופסק בשנת 1961.

המגמה הנוכחית של פיתוח רכב חשמלי בעיקר ממניעים סביבתיים מצאה ביטוי משמעותי ראשון בקליפורניה בסוף שנות ה-90. זו הייתה תוכנית רחבה לשימוש ברכב חשמלי כרכב פרטי בהיקף מסחרי. התוכנית נולדה בעקבות חקיקה נגד זיהום אוויר מכלי רכב בקליפורניה (CARB Zero Emission Amendment, 1990). בשנת 1990, חייב הממשל בקליפורניה (CARB) את יצרני הרכב הגדולים למכור רכב חשמלי. בשנה זו פורסם גם הצו הממשלתי (ZEV), אשר בגרסתו המקורית קבע כי עד לשנת 1998 חייבים 7 היצרנים הגדולים למכור 2% כלי רכב בסטנדרטי Zero Emission, ו-10% עד לשנת 2003.

היצרנים הגדולים החלו לפתח כלי רכב חשמליים, אשר נמכרו ללקוחות בעסקאות ליסינג, ובמקביל נלחמו היצרנים ביחד עם ארגוני הנפט בחוק החדש. כלי רכב שפותחו בתקופה זו:

Chrysler TEVan, Ford Ranger EV, GM EV1 and S10EV, Honda EV plus, Nissan lithium-battery Altra EV miniwagon and Toyota RAV4 EV.

אחד הפיתוחים הפופולאריים ביותר היה הרכב החשמלי **GM EV1** אשר היה אהוב על בעליו ונמכר בהיקף של כ-1,000 יחידות החל משנת 1997. הרכב נמכר בעסקת ליסינג בלבד.

בשנת **2003 GM** בטלה את הפרויקט והחזירה את כל הכלי רכב, בטענתה כי לא יעלה בידה להפוך את יצור הרכב לרווחי בתוך לפחות 10 שנים.



ניתן לסכם את תוכנית ייצור ושיווק הרכב החשמלי בקליפורניה על כל שלביה ומרכיביה כתוכנית שנכשלה, ולא פרצה כשלעצמה דרך לייצור והפצה משמעותיים של רכב חשמלי. עם זאת, היא המריצה מאמצי פיתוח טכנולוגיים, שבעקיפין מוצאים את ביטויים גם במיזם הנדון במסמך זה.

סקר ספרות, המנתח את הניסיון בקליפורניה ומאמצי פיתוח אחרים בעולם, מוצג בנספח למסמך זה.

3. המיזם הנבדק

Better PLC הוא מיזם המציע מעבר משימוש בכלי רכב בעלי מנוע בעירה פנימית בישראל לשימוש בכלי רכב חשמליים. המיזם מציע אינטגרציה וסנכרון של שלושה מרכיבים עיקריים:

- **רכב חשמלי** - רכב בעל יכולת להתחרות בדגמים המקובלים בשוק כלי הרכב הנוכחי. בשלב הנוכחי מדובר ברנו מגאן, בה יוחלף מנוע הבנזין במנוע חשמלי. חברת רנו הצרפתית נרתמה למיזם, והיא אמורה לייצר את הרכב (לא בישראל).
- **סוללת ליתיום איירון פוספט** - סוללה שהיא, לטענת היזמים, בעלת אורך חיים שמעבר לאורך חיי הרכב, והיא משלבת רמה גבוהה של בטיחות בשימוש ובאחסון עם יכולת גבוהה באחסון וניפוק אנרגיה. הסוללה תאפשר נסיעה בטווח של 120-160 ק"מ לפני טעינה נוספת. משך הטעינה הינו 6-8 שעות על בסיס מתח החשמל הנמוך ברשת. הסוללה ברת שליפה מהרכב והחלפה מהירה בסוללה אחרת בתחנות מתאימות.
- **תשתית הטענת סוללות** - הכוונה להבטיח כבר בהתחלה רמת שירות וזמינות גבוהה של "דלק חשמלי" למשתמשי הרכב החשמלי. המיזם מציע תשתית אספקת חשמל לכלי הרכב שמרכיביה:
 - מאות תחנות בהן ניתן יהיה להחליף סוללות בתהליך הנמשך 3-5 דקות - מדובר בתחנות בסדר גודל של מיתקן שטיפת מכוניות, שבהן התקן רובוטי פורק מהרכב סוללה ריקה ומחליפה במלאה (משקל הסוללה ניכר - כ-240 ק"ג במצב הפיתוח הנוכחי).
 - נקודות טעינת חשמל ביתיות, לאורך מדרכות, ובחניונים בהם נעשית חניה רבת שעות.
 - רשת תקשורת ותוכנה - רשת הכוללת זיהוי כלי הרכב והסוללה, מאפשרת בדיקת רמת הטעינה, מאפשרת ביצוע התחשבות עם בעל הרכב על צריכת חשמל, מאפשרת גבית מסי שימוש ועוד. כמו כן יתאפשר מידע לכל רכב על עמדות טעינה פנויות בסביבתו, או הזמנת עמדות כאלו.

פירוט מערך ההטענה מוצג במסמך היזמים: "מיזם הרכב החשמלי - מאפייני רשת הטעינה והתקשורת-דרישות הפרוייקט ממנהל התכנון" מ 8.1.2008. היזמים מייחסים משמעות רבה לתשתית הטעינה על כל מרכיביה, רואים בה מקבילה לתשתית השימוש בטלפונים סלולאריים, הנדרשת לכיסוי ארצי באמצעות אנטנות, ומעריכים שמחסור בתשתית דומה תרם לכישלון התכנית בקליפורניה. הבעיה היא שעלות תשתית כנ"ל עבור מאות אלפי כלי רכב נאמדת באופן ראשוני ע"י היזמים ב 6 מיליארד ש"ח (1.5 מיליארד דולר במונחי סוף 2007. בשל השינוי החד בשער הדולר יבוטאו כל המחירים בשקלים).

השאלה הבסיסית היא האם נקודת המוצא של המיזם טובה מזו של התוכניות בקליפורניה, ומה הסבירות שיצליח ושיוכל לתפוס בהדרגה נתח שוק לא זניח מכלל שיווק הרכב הפרטי בישראל. המסמך הנוכחי בוחן נושא זה, מזהה יתרונות בזמן, במקום, בטכנולוגיה ובקונספט השיווקי של הפרוייקט הנוכחי ע"פ ניסיונות העבר, ואולם בשל אי וודאות הקיימת כרגע במספר נושאי מפתח (בעיקר בתחום עלות ייצור הסוללה ובתחום עמדת ציבור המשתמשים הפוטנציאלי לגבי הרכב החשמלי, יתרונותיו ומגבלותיו) אינו מציג תמונה אחת ברורה של הנושא, מלבד המוצג בהמשך לפיו נקודת ההתחלה של הפרוייקט משופרת לעומת העבר, וסיכויי הצלחתו, לפיכך, טובים יותר.

בין הגורמים להערכה זו:

- **חלה התפתחות בטכנולוגית סוללת הליתיום**, המתבטאת בעיקר בהארכה משמעותית של אורך חייה, וכן בהוזלת מחיר הייצור שלה. מחיר הסוללה מהווה מרכיב משמעותי מאוד במחיר הכולל של הרכב החשמלי, והוזלת מחיר הסוללה לק"מ נסיעה מאפשרת להציע את הרכב החשמלי במחיר כולל (רכישה ושימוש) זול ביחס לעבר.

- **הרכב החשמלי יוצע לצרכנים בארץ על בסיס העדפת מס ייחודית לישראל** ביחס לרכב הפרטי עם מנוע בנזין או סולר. מיסוי הרכב הפרטי בישראל גבוה משמעותית ביחס לארה"ב (וגם ביחס למרבית ארצות אירופה), במיוחד בשל מס הקניה גבוה - תוספת נוכחית של 78% למחיר יבוא הרכב. בתוספת מע"מ ומכס על חלק מכלי הרכב מכפיל המיסוי העקיף בארץ את מחיר הרכב לצרכן (אמנם, מס הקניה על רכב פרטי אמור להצטמצם ל 72% ובעתיד הרחוק יותר עד 64%). במקביל מוטל כיום מס קניה מופחת על רכב היברידי (30%) ויוטל מס קניה של 10% בלבד על רכב חשמלי (או אחר שכלל אינו מזהם אויר). הבדלי מיסוי אלה ייחודיים לישראל. יש לציין, עם זאת, שכוונת משרד האוצר לצמצם בעתיד את העדפות המס הנ"ל.
- להעדפה בתחום הרכישה של הרכב עשויה להצטרף העדפה בפועל גם בתחום מיסוי השימוש, אף על פי שהכוונה הכללית היא להטיל על הנסיעה ברכב החשמלי מס מקביל לבלו המוטל על השימוש ברכב הבעירה הפנימית (באמצעות מס גבוה על הדלק). גובהו של מס זה ודרך הטלתו טרם נקבעו.
- **מאז שנת 2000 התייקרו הבנזין (ועוד יותר מכך הסולר) הרבה מעבר להתייקרות החשמל**, ונראה שתהליך זה יימשך. הדבר משקף שוני במקורות האנרגיה (נפט מול פחם וגז), ובבחינה השוואתית בין רכב חשמלי לרכב מונע בבנזין מבליט גם את היתרון האנרגטי של המנוע החשמלי, היעיל ממנוע הבעירה הפנימית.
- **הקונספט השיווקי של הרכב ובמיוחד תשתית האספקה של החשמל המוצעים, מאפשרים רמת שירות טובה יותר לצרכנים פוטנציאליים ביחס לניסוי הקודם.**

השאלה אם די בשינויים אלה בכדי להבטיח את הצלחת הרכב החשמלי בישראל. התשובה לכך אינה חד משמעית, כמפורט בסעיפים הבאים.

מונח שהמיזם יאפשר אספקה מסחרית של רכב חשמלי בארץ משנת 2012 ואילך.

4. צי הרכב הפרטי בישראל, מאפיינים ותחזית גידול

בישראל נעו בסוף פברואר 2008 כ 1.82 מליון כלי רכב המוגדרים ככלי רכב פרטיים, ובנוסף לכך כלל צי הרכב כ 100,000 כלי רכב המוגדרים ככלי רכב מסחריים, והם למעשה כלי רכב פרטיים גדולים (כמו מיני-ואנס). בסעיף שלהלן מוצג מידע רק על הרכב המוגדר כפרטי, הן מכיוון שלא מוצע בשלב זה רכב חשמלי במאפיין של מיני-ואנס ודומיו, וכן לצורך השוואה בין לאומית, כשסיווג כלי הרכב הנהוג בארץ מקובל גם באירופה.

לכ 97% מכלי הרכב הפרטיים מנוע בנזין. ל 2.8% מנוע סולר, ובסה"כ ל 0.32% יש דלק "ירוק יותר" - 0.18% מכלי הרכב הפרטיים מונעים בגז ו 0.14% הם כלי רכב היברידיים (1,989 מתוצרת טויוטה ו 669 מתוצרת הונדה). התפלגות צי הרכב בארץ בסוף פברואר 2008 מוצגת בלוח מס' 1.

לוח 1 - התפלגות הרכב הפרטי בישראל לפי סוג דלק - פברואר 2008

סוג רכב/ מנוע	מספר כלי רכב	%
בנזין	1,764,130	96.89
סולר	50,735	2.79
גפ"מ	3,337	0.18
היברידי	2,608	0.14
סה"כ	1,820,810	100.00

מקור: אגף מערכות המידע במשרד התחבורה

הן רכב הדיזל והן כלי הרכב ההיברידיים ומונעי הגז מציעים למשתמשים בהם עלות שימוש נמוכה ביחס לרכב מונע בבנזין, ובמקביל דמי הרכישה גבוהים יותר (כולל לאחר הקלת המס לרכב ההיברידי). נראה שחלק מ 51 אלף כלי הרכב מונעי הדיזל נרכשו ע"י הצבא וציי רכב אחרים אך ייתכן שגם בידי משקי בית פרטיים. זהותם של הרכבי הרכב ההיברידי (הנמכר בארץ משנת 2003) אינה ידועה. הרכב ההיברידי עשוי להוות ב 2008 כ 0.8% לכל היותר מכלל יבוא הרכב.

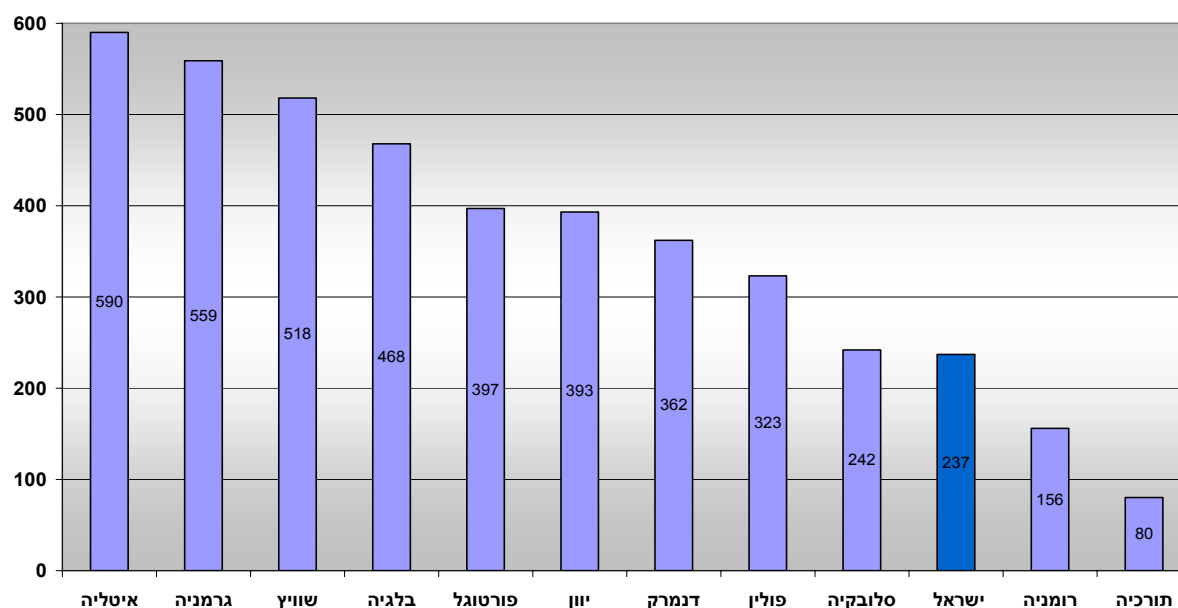
איפיון משמעותי אחר לענייננו של כלי הרכב הפרטיים הוא נפח המנוע. מיזם הרכב החשמלי אינו מציע מיגוון כלי רכב, אלא מתמקד, לפחות בשנים הראשונות, ברכב "משפחתי" אקוויולנטי לנפח מנוע בבנזין של 1300-1600 סמ"ק. זהו נפח המנוע השכיח בארץ כיום ע"פ לוח 2, הנכון לסוף 2006. הגיל הממוצע של כלי הרכב בנפח מנוע זה הוא 7.15.

לוח 2 - התפלגות כלי הרכב הפרטיים בישראל בסוף שנת 2006 לפי נפח מנוע וגיל ממוצע לכל קבוצת נפח

נפח המנוע	% מכל כלי הרכב	% מכלי הרכב בני 0-3 שנים	גיל ממוצע
עד 1000 סמ"ק	2.06	0.05	13.43
1001-1300 סמ"ק	9.18	4.69	9.31
1301-1600 סמ"ק	65.41	71.88	6.95
1601-1800 סמ"ק	3.58	2.67	7.70
1801-2000 סמ"ק	13.96	15.82	5.48
2001-3000 סמ"ק	4.20	3.46	7.18
3001-4000 סמ"ק	1.37	1.29	7.83
4000 סמ"ק ויותר	0.23	0.14	12.85
סה"כ	100.0	100.0	7.15

העובדה הבולטת ביותר בנייתוח היקף וגידול צי הרכב הפרטי בארץ היא שרמת המינוע בארץ נמוכה ביחס למערב אירופה, ואף לארצות רבות במזרח אירופה. איור 1 מציג השוואה בין רמת המינוע בארץ ובארצות שונות באירופה.

איור 1- כלי רכב פרטיים ל 1000 נפש בארצות שונות באירופה ובישראל ב 2005

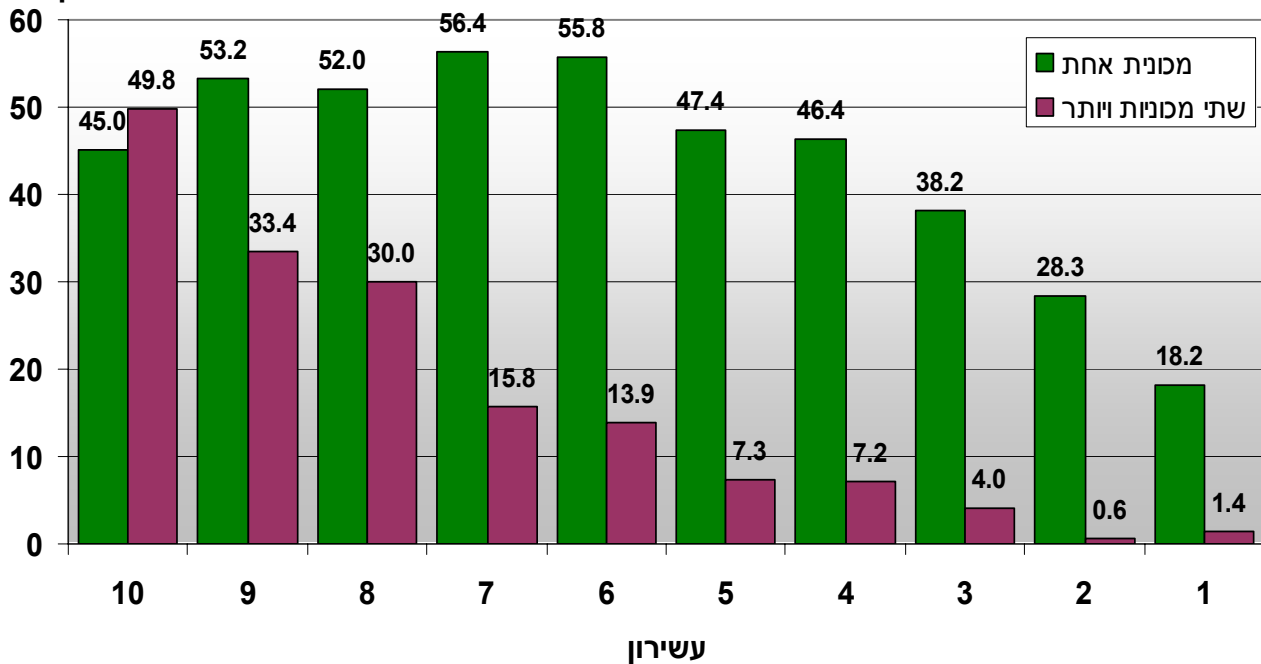


מהאיור ניתן ללמוד שרמת המינוע בארץ נמוכה גם ביחס לארצות בהן התמ"ג לנפש נמוך מזה שבארץ: פורטוגל, יוון, פולין וסלובקיה. הדבר מתבטא ביחס נמוך של כלי רכב לבעלי רישיונות נהיגה בארץ. השוני במבנה הגילים בין ישראל לאירופה מסביר רק חלק קטן מההבדלים ברמת המינוע. שיעור הצעירים מגיל 17.5 גבוה בארץ ביחס לארצות אירופה, ומאידך שיעור הקשישים בארץ נמוך יותר. יתכן שההסבר העיקרי לרמת המינוע הנמוכה בארץ הוא רמת המיטוי הגבוהה בארץ על הרכב הפרטי וחלפיו, וכן אי שוויון בחלוקת ההכנסות בארץ, הגבוהה מהממוצע האירופי.

האיור הבא מצביע על הקשר הברור שבין הבעלות על הרכב (במיוחד השני ויותר במשק הבית) להכנסת משקי הבית ע"פ סקר הוצאות משקי הבית ב 2006 של הלמ"ס.

איור 2 - בעלות על רכב פרטי במשקי הבית לפי עשירוני הכנסה ב 2006

אחוז ממשקי הבית



החלוקה לעשירונים באיור היא של משקי בית ולפי הכנסה ממוצעת לנפש סטנדרטית. הפערים הגדולים ברמת המינוע בין העשירונים נובעים ממבנה חלוקת הכנסות לא שוויוני (אי השוויון קיצוני מהממוצע האירופי), כשלדוגמא, ההכנסה החודשית של משק הבית בעשירון השמיני גבוהה פי 2.7 ביחס לעשירון השלישי.

מאיור 2 ניתן להסיק שעם הגידול הצפוי עם הזמן בהכנסה (או עם הוזלת הרכב והשימוש בו), תגדל מאוד הבעלות על הרכב הפרטי בארץ. זו גם אחת הנקודות הנבחנו בעבודה זו: אם הרכב החשמלי יימכר (בסיוע העדפות המס) ויופעל במחיר כולל זול משמעותית מהרכב הקיים כיום בארץ הדבר יכול להגדיל את רמת המינוע באופן מהיר, תוך צמצום האנומליה של רמת המינוע בארץ ביחס לאירופה.

ה"אנומליה" בארץ מתבטאת, כאמור, ביחס נמוך במיוחד בין מספר כלי הרכב הפרטיים למספר בעלי רישיונות נהיגה. בסוף שנת 2006 היו בארץ 3.19 מיליון בעלי רישיונות נהיגה, שחלקו ביניהם 1.71 מיליון כלי רכב פרטיים - רק 0.54 כלי רכב פרטיים לבעל רישיון נהיגה. ב 1987 היה שיעור זה נמוך רק במקצת: 0.49. במרבית ארצות אירופה היחס הנ"ל גבוה מ 0.75, ובארה"ב הוא גבוה מ 1.

ללא שינויים "מהפכניים" בתחום הצמיחה והמיסוי צפוי בארץ ההמשך המתון בגידול ברמת המינוע. כך קרה ב 20 השנים האחרונות (בהם גם נקלטה אוכלוסיית עולים גדולה ללא רכב). בשנת 2007 גדל צי הרכב הפרטי בשיעור חד יחסית, נראה שבעיקר בשל שיפור בקצב הצמיחה, אך גם בסיוע הוזלות המס. התפתחות צי הרכב הפרטי בארץ ורמת המינוע מוצגת בלוח 3 להלן.

לוח 3 - התפתחות צי הרכב הפרטי ורמת המינוע של רכב פרטי בישראל בשנים 1987-2007

שנה	רכב פרטי (אלפים) *	תוספת (נטו) רכב פרטי (אלפים)	אוכלוסייה (סוף שנה, אלפים)	רמת מינוע (כלי רכב פרטיים לאלף נפש)	הגידול השנתי ברמת המינוע (כלי רכב)
1987	701.1		4,407	159.1	
1988	759.4	58.3	4,477	169.6	10.5
1989	783.3	23.9	4,560	171.8	2.2
1990	810.6	27.3	4,822	168.1	-3.7
1991	858.2	47.6	5,059	169.6	1.5
1992	933.5	75.3	5,196	179.7	10.0
1993	997.7	64.2	5,328	187.3	7.6
1994	1,058.8	61.2	5,472	193.5	6.3
1995	1,124.7	65.9	5,612	200.4	6.9
1996	1,189.8	65.1	5,758	206.6	6.2
1997	1,244.0	54.2	5,900	210.9	4.2
1998	1,289.8	45.7	6,041	213.5	2.6
1999	1,333.8	44.1	6,209	214.8	1.3
2000	1,413.8	79.9	6,369	222.0	7.1
2001	1,477.0	63.2	6,509	226.9	5.0
2002	1,513.7	36.7	6,631	228.3	1.3
2003	1,543.0	29.3	6,748	228.6	0.4
2004	1,594.2	51.2	6,870	232.1	3.4
2005	1,655.5	61.3	6,991	236.8	4.7
2006	1,712.9	57.4	7,117	240.7	3.9
2007	1,796.2	83.3	7,242	248.0	7.3
סה"כ לתקופה		1,095.0			88.9

* צי הרכב הפרטי - ע"פ נתוני אגף מערכות מידע במשרד התחבורה, יש הבדלים קלים בין מידע זה לבין נתוני הלמ"ס.

תחזית רמת המינוע ב 2020 (בהגדרה צרה של הרכב הפרטי, ללא אמצעים פרטיים נוספים) היא 312, ע"פ מודל חיזוי לוגיסטי, מבוסס על משתנה מסביר יחיד (הזמן) ורמת רוויה של 550 כלי רכב פרטיים לאלף איש (יש לציין שכבר כיום יש בארץ אזורים שחצו את גבול רמת המינוע של 500). מובן שהזמן הוא גורם מתווך בלבד, המבטא שיפור בהכנסה הפנויה לנפש, גידול במספר הנהגים (שהוא גם פועל יוצא של תחלופת דורות), ועוד.

$$\text{MR} = 550 / (1 + e^{(0.904 - 0.0344 * T)})$$

הנוסחה המכילת לפי נתוני השנים 1987-2007 היא:

כאשר MR היא רמת המינוע, T היא השנה בהפחתת 1986 (לדוגמא: שנת 2010 תרשם כ 24). רמת ההסבר של הרגרסיה (R^2): 0.9714, וה t של מקדמי הכיול הם בערכים מוחלטים גבוהים ביותר: 55 ו 26.

בהתאם לקו התפתחות זה יהיו בישראל בת 8.8 מליון התושבים בשנת 2020 כ 2.75 מליון כלי רכב פרטיים, תוספת של כ 950 אלף כלי רכב ביחס לסוף 2007, תוספת ממוצעת של כ 73 אלף כלי רכב בשנה.

כדי להשיג גידול נטו זה בצי הרכב, יהיה צורך לייבא, בממוצע לשנה בתקופה 2008-2020, כ 190,000 כלי רכב פרטיים, מזה כ-60% יחליפו כלי רכב שייגרעו ממצבת הרכב, ו-40% יהיו תוספת נטו.

תחזית יבוא הרכב הפרטי לארץ מוצגת בלוח 4 להלן. מקדמי גריעת הרכב השנתית (המורכבת מרכב הנגרע עקב "טוטל לוסט" בתאונות דרכים, גניבות, ובעיקר עקב התיישנות) נלקחו ממקדמי הגריעה לפי גיל הרכב בשנים 1998-2006.

לוח 4 - תחזית יבוא הרכב הפרטי והגידול בצי הרכב הפרטי 2008-2020 (באלפים)

שנה	צי רכב פרטי בהתחלת השנה	יבוא כולל	גריעה	תוספת נטו	צי רכב פרטי בסוף השנה
2007					1,796
2008	1,796	170	95	74	1,871
2009	1,871	163	99	64	1,935
2010	1,935	168	103	66	2,001
2011	2,001	173	106	67	2,068
2012	2,068	179	110	69	2,137
2013	2,137	184	113	71	2,208
2014	2,208	189	117	72	2,280
2015	2,280	195	121	74	2,354
2016	2,354	200	125	76	2,430
2017	2,430	206	129	77	2,507
2018	2,507	212	133	79	2,586
2019	2,586	218	137	81	2,666
2020	2,666	224	141	82	2,748

5. טווח היקף השימוש האפשרי של הרכב החשמלי בישראל

ניתן להניח שהרכב החשמלי לא יוכל לשמש כתחליף לרכב פרטי בו נעשה שימוש אינטנסיבי, ושהנסועה השנתית בו גבוהה. טווח הנסיעה לפני טעינה מחדש או החלפת סוללה נע בין 120-160 ק"מ לדברי היזמים, טווח המספיק בקושי לנסיעה בין ירושלים לת"א וחזרה. לפי טווח זה יהיה צורך לטעון את הסוללה או להחליפה אחרי כ-100-120 ק"מ נסיעה, שכן לא יהיה סביר להגיע לריקון כמעט מלא של הסוללה, וכשם שנהגים ממלאים רכב לפני שמיכל הדלק מתרוקן לגמרי.

בתנאים אלה סביר להניח שהרכב החשמלי ישמש בעיקר בתחומים עירוניים ופרבריים, כרכב שני או שלישי במשק בית, ובמקרים מסוימים גם כתחליף לרכב יחיד במשק בית, אך שהנסועה השנתית בו מוגבלת. עם זאת, יתכן שעל פני זמן, ואם יתברר שתשתית תחנות החלפת הסוללות פועלת ביעילות וברמת שירות גבוהה, יוכל הרכב החשמלי להשתחרר חלקית מה"נישה" שהוצגה לעיל. מי שיהיה מצויד בשקע טעינה פרטי (חברות, חלק ממשקי הבית), יוכלו לטעון חשמל מידי לילה, ולהנות מטווח נסיעה יומי מספיק לנסיעות מקומיות ואזוריות, לבד מבין-עירוניות ארוכות.

הנסועה הממוצעת של רכב פרטי בישראל ב-2006 הייתה 16,300 ק"מ, החציון היה 12,000 ק"מ (במונחים שבועיים: 313 ק"מ ו-230 ק"מ, המחייבים, בהתאמה, שלוש או שתי טעינות / החלפת סוללה שבועיות).

לוח 5 מציג את התפלגות כלי הרכב הפרטיים ע"פ הנסועה השנתית, בהתאם לעיבוד שנעשה ע"י הלמ"ס.

לוח 5 - התפלגות כלי הרכב הפרטיים בשנת 2006 ע"פ נסועה שנתית

מספר אחוז	אחוז בתחום	נסועה שנתית בק"מ
1.1	1.1	עד 2000
4.1	3.0	2,000-3,999
6.7	2.6	4,000-5,999
15.1	8.4	6,000-7,999
22.8	7.7	8,000-9,999
24.8	2.0	10,000-11,999
53.2	28.4	12,000-13,999
61.6	8.4	14,000-15,999
63.4	1.8	16,000-17,999
73.7	10.3	18,000-19,999
78.0	4.3	20,000-21,999
100.0	22.0	22,000+

הלוח מבוסס על מידגם גדול של קרוב ל 10,000 מרואיינים ב"טסטים" שנתיים לרכב, ובניפוח ממימד של נסועה חודשית (נראה שמרואיינים רבים השיבו שנסעו 1,000 ק"מ בחודש האחרון, וכך נמצא אחוז גבוה של כלי רכב בטווח של 12,000 ק"מ בשנה). מכל מקום, עולה מהלוח ש 23% מכלי הרכב נוסעים פחות מ 10,000 ק"מ בשנה (פחות מ 28 ק"מ ליום), ורכב כזה יזדקק למילוי סוללה אחת ל 3-5 ימים - תכיפות "לא מעיקה" במיוחד, במיוחד אם תשתית האספקה תוקם במתכונת המתוארת במסמכי היזמים. גם מי שנסע 12,000 ק"מ בשנה (230 ק"מ בשבוע) יוכל להשתמש ברכב ע"י מילוי הסוללה (או החלפתה), כאמור, פעמיים בשבוע.

עם זאת, ספק אם משקי בית עם רכב יחיד יהיו מעוניינים ברכב חשמלי, בשל חשש מאי נוחות בנסיעות ארוכות הנדרשות לעיתים, ויש לחפש את פוטנציאל הרכב הפרטי בקרב משקי בית בעיקר בחיתוך הבא:

- רכב הנוסע עד ל 12,000 ק"מ בשנה
- הרכב הוא שני או יותר במשק הבית
- הרכב הוא "משפחתי" ע"פ המוצע ע"י היזמים.

מעבר לכך, על הרכב להיות זול (במקצת, לפחות) למשתמש בחישוב הכולל (רכישה ותחזוקה) ביחס לרכב מונע בבנזין. בסעיף הבא נדון בשאלה אם יש לכך סיכוי.

הערכה ראשונית היא שעל פי התכונות הידועות של הרכב החשמלי, וע"פ טווח המחירים הסביר של השימוש בו, הרכב החשמלי יוכל להתייצב לאחר עשור בהיקף של 5% עד 15% מצי הרכב הפרטי בארץ. שיעור החדירה יוכתב בפועל בעיקר ע"י מחירו למשתמשים ביחס לחלופת הרכב מונע הבנזין, וכן, כמובן, גם ע"י רמת השירות שלו, טיב רשת האספקה והתגברות על תקלות הצפויות במיזם ראשוני כזה.

הערכה של רמת חדירה של 10% ויותר עד 2020 נראית אופטימית, והיא משמשת להלן כהערכת ביניים לצורך תחשיבי העבודה, וכדי לבחון מה יהיו עלויות הרכב החשמלי בתנאים אלה, לרבות זקיפת עלויות תשתית אספקת חשמל ועוד במוצע לרכב, המותנות בהיקף צי הרכב המשתמש בהן.

יש לציין שטווח ההערכות שפורט לעיל לגבי חדירת הרכב החשמלי בארץ גבוהות ביחס לאלו שקדמו לפרוייקט הרכב החשמלי בקליפורניה (הערכות שנשענו על סקרי עמדות מפורטים של הציבור).

ב 1996 ב- Institute of Transport Studies, UCI פיתחו צוותי החוקרים Brownstone, Bunch, Golob and Ren מודל בחירת רכב אשר התבסס על סקר העדפות מוצהרות (SP) בקרב 4,747 משקי בית בקליפורניה. מטרת המחקר הייתה לבצע תחזיות שנתיות של ביקוש לכלי רכב לפי סוג הרכב ואזור גיאוגרפי. תחזיות המחקר לגבי קצב החדירה של רכב חשמלי נעה בין 4.4%-2.6% לשנת 2010.

במחקר נוסף של הצוות בשיתוף Torous, Bradley and Crane באותה השנה, פותח מודל ביקוש של ציי רכב לכלי רכב אלטרנטיביים בקליפורניה (רכב חשמלי, רכב מונע בגז ובמתנול). המחקר התבסס על סקר ציי רכב בקליפורניה משנת 1994 ועל סקר SP. תחזיות המחקר מצביעות על חדירה של רכב חשמלי בהיקף של כ- 5% מצי הרכב בקליפורניה.

בפועל, נמכרו בקליפורניה בעקבות חוקי ZEV פחות מאלפיים כלי רכב חשמליים בין השנים 1997-2003, עד לחיסול פרויקט הרכב החשמלי בעקבות שינוי חוקי CARB ו"התקפלות" יצרני הרכב, אשר טענו כי יצור הרכב החשמלי לא יהיה כדאי בעשור הקרוב.

תוצאות מפורטות של המחקרים מוצגות בנספח.

כמפורט בסעיף 3, תנאי שיווק הרכב החשמלי בארץ טובים יותר מאלו ששררו בקליפורניה בתחילת העשור: מחירי הסוללות הוזלו, הבנזין מתייקר, ועל כלי הרכב מונעי הבנזין המתחרים מוטל בארץ מס גבוה, שאינו קיים בארה"ב. בהתאם לכך, ולאחר ניתוח התפלגות כלי הרכב לפי נסועה, מונח כאמור טווח חדירה של 5%-15% מכלי הרכב הפרטיים עד 2020.

יש לציין, שה"וועדה למיסוי ירוק" הניחה בדו"ח המסכם שפרסמה בינואר 2008¹ בדומה, שמשקל הרכב החשמלי מתוספות הרכב הפרטי השנתיות בארץ יעלה בהדרגה מ 4% ב 2011 ל 15% מ 2015 ואילך, ע"פ קצב חדירה זה חלקו של הרכב החשמלי מכלל הפרטי ב 2020 יהיה 8.5%.

ע"פ ההערכה של חדירה של 10% מצי הרכב ב 2020, יכלול צי הרכב החשמלי בשנה זו 275 אלף כלי רכב, והרכב החשמלי יהווה 15.7% מכלי רכב הפרטיים שיירכשו במשק בממוצע השנים 2012-2020 (הונח כי תחילת כניסת רכב חשמלי תהיה ב 2012).

הערכות אלו אינן נשענות על סקר עמדות ציבור הרוכשים הפוטנציאלי. היזמים ראינו מנהלי ציי רכב בנושא וכן הם עורכים בהווה סקר בקרב הציבור הרחב. פרטי הסקרים הנ"ל לא נמסרו ע"י היזמים, ובשל האופי המסחרי של הנושא נראה שתוצאותיהם לא ימסרו למשרד התחבורה כשיתקבלו. יתכן ויהיה מקום לעריכת סקר כנ"ל ביוזמת משרד התחבורה ולצרכיו.

בלוח 6 להלן נאמדת התפתחות צי הרכב החשמלי בישראל וחלקו מכלל יבוא הרכב הפרטי. הונחו ההנחות הבאות לצורך יצירת "תוואי" יבוא הרכב החשמלי:

- תחילת היבוא בשנת 2012 (הלוח, כמו הדו"ח סוקר ההתפתחויות עד 2020).
- יבוא הרכב החשמלי יגדל על פני התקופה. הנחנו כי בשנה הראשונה להפעלה מסחרית של המיזם יהווה הרכב החשמלי 6% מסך כלי הרכב הפרטיים שיקנו, וששיעור זה יעלה בהדרגה עד 20% בשנת 2020.
- שיעור הגריעה של כלי רכב חשמליים יהיה 1% לשנה בתקופה הנבחנת ביחס למלאי הקיים (בממוצע).

¹ דו"ח הוועדה הבין-משרדית ל"מיסוי ירוק" - משרד האוצר, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, משרד התשתיות, המשרד לאיכות הסביבה, ינואר 2008.

הלוח מציג תוואי בסיסי בלבד - בבחינות בהמשך מונח גם קצב חדירה נמוך יותר של הרכב החשמלי, רק 50% מהמוצג בלוח, וכן גם קצב הגבוה ב 50% מהמוצג בלוח. ניתן יהיה לצמצם את טווח התחזית לאחר שיתבררו באופן מבוסס יותר עלויות הייצור של הרכב החשמלי, ובעיקר הסוללה שלו.

לוח 6 - תחזית יבוא רכב פרטי חשמלי בתקופה 2012-2020 (אלפי כלי רכב)

שנה	מלאי התחלה רכב חשמלי	תוספות רכב חשמלי	גריעת רכב חשמלי	תוספת נטו	מלאי סוף שנה	סה"כ יבוא רכב פרטי	שיעור יבוא רכב חשמלי מרכב פרטי
2012	0.0	11.0	0.0	11.0	11.0	178.6	6.2%
2013	11.0	19.3	0.1	19.2	30.2	183.9	10.5%
2014	30.2	25.0	0.3	24.7	55.0	189.3	13.2%
2015	55.0	30.8	0.5	30.2	85.2	194.8	15.8%
2016	85.2	33.8	0.9	33.0	118.2	200.3	16.9%
2017	118.2	36.9	1.2	35.7	153.9	206.0	17.9%
2018	153.9	40.0	1.5	38.5	192.4	211.7	18.9%
2019	192.4	43.1	1.9	41.2	233.6	217.6	19.8%
2020	233.6	43.6	2.3	41.2	274.8	223.5	19.5%
	סה"כ לתקופה	283.6	8.8	274.8		1,805.7	15.7%

דיון נוסף בסיכויי החדירה של הרכב החשמלי מובא בסיום הסעיף הבא, לאחר ניתוח מחירו יחסית לרכב מונע הבנזין.

6. עלות הרכב החשמלי ביחס לרכב מונע בבנזין

סעיף זה אומד את עלות השימוש החודשית הכוללת ברכב החשמלי בהשוואה לרכב מונע בבנזין. העלויות מחושבות במחירים למשתמש, הכוללים מיסים עקיפים, וכן במחירים למשק הלאומי, שאינם כוללים מיסים אלה.

עלות השימוש מתייחסת לעלות הון (עקב רכישת הרכב), לתחזוקת הרכב, לביטוחים ואגרות, ולדלק, שהוא בבנזין או חשמל. ברכב החשמלי מתווספת לכך עלות השימוש בסוללה, שתישאר בבעלות היזמים, ושעבורה יגבו "דמי שימוש" וכן עלות השימוש בתשתית אספקת החשמל.

בעוד עלויות הרכב מונע הבנזין ידועות, ישנם סימני שאלה משמעותיים באשר לחלק מעלויות הרכב החשמלי. בהתאם לכך נערך התחשיב לגביו בהנחות שונות בנושא זה, וכן תוך ביצוע בדיקות רגישות.

להלן פירוט התחשיב והנחותיו:

מחיר הרכב:

- רנו מגאן מונע בבנזין: 107.5 אלף ₪ (לאחר הפחתת מס הקניה ל 72%). המחיר ללא מיסים: 58.3 אלף ₪.
- רנו מגאן חשמלי: 53.5 אלף ₪ ללא מיסים וללא סוללה. מחיר לצרכן לרבות מס קניה בשיעור 10% ומע"מ: 66,800 ₪.
- חישוב עלות ההון: מונח ערך שארית של 60% מרכב חדש אחרי 5 שנים וריבית ריאלית של 5%, התוצאה: עלות הון לצרכן של 1,096 ₪ לרנו מגאן בבנזין ו 680 ₪ לרנו מגאן חשמל. יתכן שתחשיב זה מחמיר מעט עם הרכב החשמלי, שערך השארית שלו אחרי 5 שנים עשוי להיות גבוה (ב % מערכו כחדש) מזה של הרכב מונע הבנזין.

מחיר הסוללה: נראה שהעלות הנוכחית של סוללת הליתיום היא כ-120,000 ₪, ואולם בשלב הייצור ההמוני קיימת תקווה להפחתה משמעותית ביותר במחיר זה (עד ל-\$7,500 = 30,000 ₪). מחיר ריאלי יותר הוא \$15,000 = 60,000 ₪. יש לציין כי אורך חיי הסוללה כשלושת אלפים מחזורי טעינה, המספיקים למרחק נסיעה כולל של כ-300 אלף ק"מ - יותר מאורך חיי הרכב. מחיר הסוללה הוזל משמעותית ביחס לטווח המחירים שהיו בארצות הברית בתחילת העשור, ואורך חייה גדל פי 3 ויותר.

בהתאם לאי וודאות ניכרת זו נאמד את עלויות הרכב החשמלי לפי שתי רמות מחיר: של כ-40,000 ₪, ולרבות ביטוח ומע"מ 50,000 ₪, וכן במחיר כפול של 100,000 ₪. יש להדגיש שזו העלות ליצרן. מהמשתמש יגבה מחיר נוסף (בהדרגה באמצעות דמי שימוש) שיאפשר ליזמים גם רווח של 10% על השקעתם.

מחיר החשמל: ההנחה היא שטעינת הסוללות תעשה בעיקר בלילות בתעריף הזול של תע"ז (היזמים טוענים להסדר עם חברת חשמל להנחה גם מתעריף זה). אולם, מובא בחשבון ש-10% מהטעינה תעשה בשעות התעריף הגבוה של תע"ז. התעריף הזול הינו 21 אג' לקוט"ש, היקר 79 אג' לקוט"ש. במשוקלל 31 אג' לקוט"ש ללא מע"מ.

צריכת החשמל הידועה (מאושר גם ממקורות אחרים) היא 0.22 קוט"ש בממוצע לק"מ (קיים גם אומדן צריכה נמוך מ-0.2 קוט"ש לק"מ). בעקבות זאת מחיר צריכת החשמל לק"מ נמוך מאוד: רק 6.8 אג' לק"מ ללא מע"מ ו-7.8 אג' לק"מ כולל מע"מ.

מחיר הבנזין:

מחיר בנזין 95 אוקטן (לאחר הנחה ממוצעת לצרכן) במרץ 2008 הוא 6.12 ₪ לליטר. המיסים מהווים 51% ממחיר זה, כמוצג בלוח 7 להלן:

לוח 7 - מחיר בנזין 95 אוקטן לצרכן ע"פ מרכיביו במרץ 2008

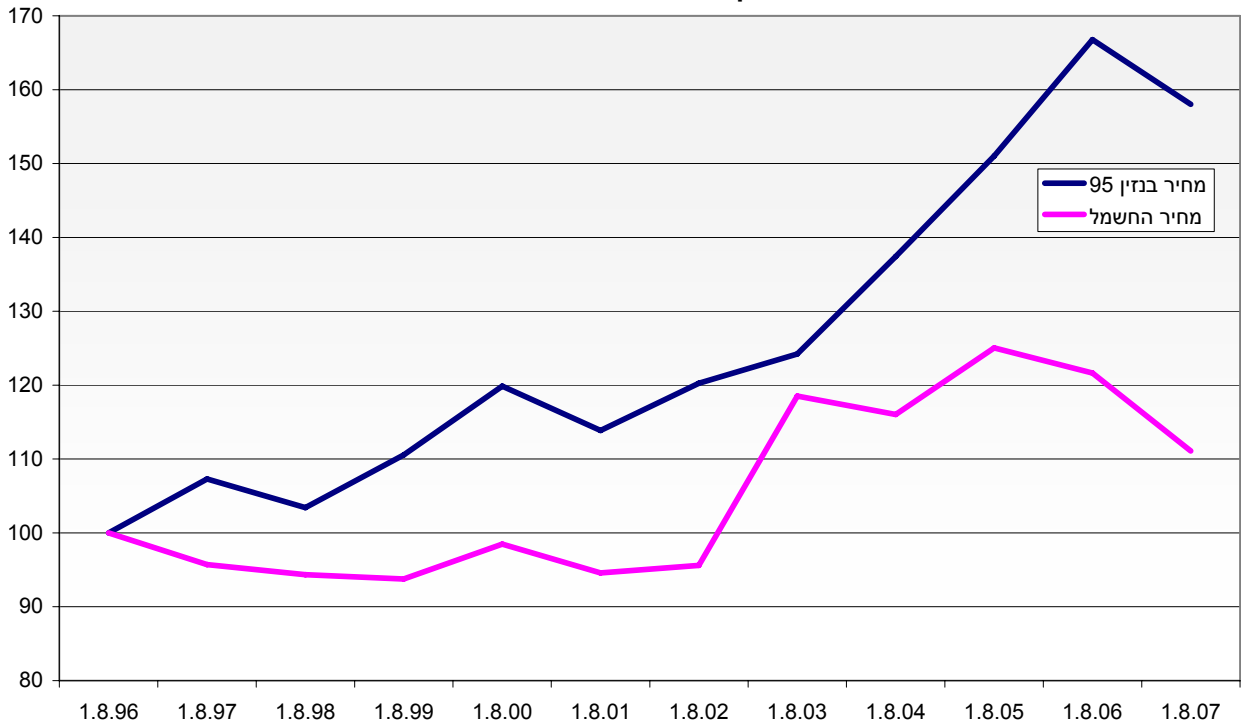
מרכיב	₪ לליטר	%
שער בית הזיקוק	2.42	39.5
בלו	2.31	37.7
שיווק	0.57	9.3
מע"מ	0.82	13.4
סה"כ	6.12	100

התחשיב נערך ע"פ מחירים אלה, אולם מובא בחשבון גם תרחיש שבו יוכפל ריאלית מחיר חבית נפט. במקרה זה יתייקר המחיר לצרכן ב-38%, ויהיה 8.45 ₪ לליטר. ע"פ המחיר הנוכחי לצרכן ומקדם צריכה של 10.5 ק"מ לליטר, עלות הבנזין לק"מ: 58 אג'. בתרחיש של התייקרות הנפט תהיה עלות הדלק לק"מ 80 אג' לק"מ. **עלות הבנזין הנוכחית ללא מיסים לק"מ: 28.5 אג' - פי 4.2 מעלות צריכת החשמל ללא מיסים לק"מ.** המגמות הנוכחיות תומכות בהתחדדות ההבדלים בין מחירי החשמל (המיוצר בעיקר מפחם וגז טבעי) למחירי הבנזין. מגמות אלו מוצגות באיור 3 להלן.

עלות תשתית אספקת החשמל - העלות נאמדת ע"י היזמים באופן ראשוני ב-6 מיליארד ₪ עבור היקף חדירה של מאות אלפי כלי רכב, הנחנו לצורך התחשיב שהשקעה זו תהיה 6 מיליארד ש"ח עבור חדירה בסדר גודל של 300 אלף כלי רכב עד שנת 2020 שתצטמצם ל-4.5 מיליארד ₪ עבור מחצית מהיקף חדירה זה ותגדל ל-7.5 מיליארד ₪ עבור היקף חדירה של כחצי מיליון כלי רכב. ההשקעה תעשה בהדרגה במהלך 5 שנים, מובאת בחשבון עלות תחזוקה שנתית בהיקף של 1% מההשקעה המצטברת. מובן שעלויות אלו יתורגמו לדמי שימוש שיגבו מבעלי הרכב החשמלי, הונח שתוך גילום רווח של 10% ליזמים.

יש לציין שעלות תשתית האספקה הנדרשת עבור גידול של 275 אלף כלי רכב פרטיים מונעי בנזין הינה צנועה בהרבה, ומתבטאת בצורך להקים כ-80 תחנות דלק, שעלותן כ-320 מיליון ₪. עלויות אלו מגולמות במחירי הבנזין.

איור 3 - התפתחות המחיר לצרכן של הבנזין 95 אוקטן
והחשמל לצריכה ביתית 1996-2007
במספרי אינדקס אוגוסט 1996=100



עלויות נוספות (כולל מיסים):

<u>רכב חשמלי</u>	<u>רכב מונע בנזין</u>	
0.122 ₪ לק"מ	0.175 ₪ לק"מ	תיקונים וחלפים
0.027 ₪ לק"מ	0.027 ₪ לק"מ	צמיגים
1,100 ₪	1,100 ₪	רישוי שנתי
1,600 ₪	1,600 ₪	ביטוח חובה לשנה
2,130 ₪	4,267 ₪	ביטוח מקיף

מקור ההבדל בביטוח המקיף: מחיר זול יותר לצרכן של הרכב החשמלי, וכן העובדה שהסוללה מבוטחת ע"י היזמים.

בהתחשב בעלויות אלו מוצגים להלן מחירי השימוש החודשיים של הרכב החשמלי ביחס לרכב מונע בנזין בשבעה תרחישים. בכל תרחיש מוצגות עלויות השימוש למשתמש ולמשק הלאומי, ע"פ היקף הנסועה השנתית מ 7,500 ק"מ ועד 15,000 ק"מ. יש לציין שיתרונו הכלכלי של הרכב החשמלי הולך וגדל ככל שגדלה הנסועה, אך פרדוקסלית נראה שאינו מתאים לשימוש אינטנסיבי, ובפועל ישמש לרוב לנסועה שנתית של 12,000 ק"מ ומטה (החציון כיום).

תרחיש 1 - בסיס

הנחות: חדירת הרכב החשמלי 10% מצי הרכב עד 2020, מחיר סוללה 50,000 ₪, בלו על החשמל: 50% מהבלו לק"מ לרכב מונע בנזין. תוצאת התחשיב מוצגת להלן בלוח 8.

לוח 8 - העלות החודשית לצרכן ולמשק הלאומי של רכב חשמלי ורכב מונע בנזין בתרחיש 1

העלות החודשית ע"פ רכב ומיסוי (ש"ח, מחירי 2008)				נסועת הרכב החשמלי (ק"מ לשנה)
רכב בנזין		רכב חשמלי		
למשק	לצרכן	למשק	לצרכן	
1,225	2,196	1,655	2,128	7,500
1,321	2,368	1,697	2,209	10,000
1,418	2,541	1,740	2,290	12,500
1,515	2,714	1,782	2,371	15,000
ק"מ לשנה	5,650	(מעוגל)		הנסועה בה העלות לצרכן משתווה
ק"מ לשנה	27,500	(מעוגל)		הנסועה בה העלות למשק משתווה

תרחיש הבסיס נבחר על פי מערכת הנחות אופטימית ומקילה עבור הרכב החשמלי. זו אינה מערכת ההנחות הריאלית ביותר, אם כי היא נראית בתחום האפשרי. היא משמשת כבסיס במובן זה שהיא מאפשרת למיזם זכות קיום. יש בה יתרון קל במחירים לצרכן לרכב החשמלי לעומת הרכב מונע הבנזין. יש לציין שההקלה במס הבלו הכלולה בתרחיש אינה מובטחת, שעלות הסוללה אינה גבוהה בהרבה מהתחזית האופטימית ביותר של היזמים, ושאר היקף החדירה עד 2020 עשוי להיחשב לגבוה.

לפי לוח 8 הרכב החשמלי נמצא זול במקצת לצרכן בהיקף נסיעה של 7,500 ק"מ בשנה, אך הפער לטובתו גדל בנסועה גבוהה יותר. מאידך, הוא יקר יותר למשק בכל היקפי הנסיעה, ולדוגמא ב 10,000 ק"מ בשנה הוא יקר למשק ב 28% ביחס לרכב מונע הבנזין. העלות למשק משתווה בהיקף נסועה לא מעשי עבור הרכב החשמלי של 27,500 ק"מ. לוח 8 ודומיו בהמשך מתבססים על תחשיבים מפורטים. לוח 9 להלן מציג, כדוגמא, את תחשיב העלויות למשתמש (הכוללות מיסוי) בהיקף נסיעות של 10,000 ק"מ בשנה בתרחיש הבסיס.

לוח 9 - אומדן עלות לצרכן של אחזקת רכב בנזין בהשוואה לרכב חשמלי (ש"ח, מחירי 2008) - תרחיש בסיס, רכב הנוסע 10 אלפי ק"מ לשנה -

רכב חשמלי					רכב בנזין				
עלות שולית לק"מ	עלות לק"מ בממוצע	עלות חודשית	עלות שנתית	סעיף	עלות שולית לק"מ	עלות לק"מ בממוצע	עלות חודשית	עלות שנתית	סעיף
	0.82	681	8,173	עלות הון שנתית		1.32	1,096	13,157	עלות הון
	0.66	548	6,574	עלות סוללה שנתית					
	1.47	1,229	14,747	סה"כ עלות הון					
	0.11	92	1,100	רשיון שנתי		0.11	92	1,100	רשיון שנתי
	0.16	133	1,600	ביטוח חובה		0.16	133	1,600	ביטוח חובה
	0.21	178	2,134	ביטוח מקיף		0.43	356	4,267	ביטוח מקיף
0.07	0.07	57	681	עלות חשמל	0.58	0.58	486	5,829	עלות בנזין
0.30	0.30	253	3,033	עלות חלוקת חשמל					
0.13	0.13	106	1,271	בלו חשמל					
0.50	0.50	415	4,985	סה"כ עלות החשמל					
0.03	0.03	22	267	צמיגים	0.03	0.03	22	267	צמיגים
0.12	0.12	102	1,225	אחזקה	0.18	0.18	146	1,750	אחזקה
0.05	0.05	38	451	שונות	0.05	0.05	38	451	שונות
0.69	2.65	2,209	26,507	סה"כ	0.83	2.84	2,368	28,420	סה"כ

משמעות התוצאות של תרחיש הבסיס: במערכת הנחות אופטימית יש סיכויי לחדירת הרכב החשמלי, אם כי יתרונו נשען כולו על העדפות המס שלו (כולל העדפה שלא הוסדרה בתחום מס השימוש - הבלו).

העדפות המס מוצעות בשל תועלת אקולוגית ואחרת של הרכב החשמלי, ואולם אם יצטמצם בעתיד (כמוצע) פער המיסוי תיפגע מאוד היכולת לשווק אותו - אלא אם יצטמצמו בינתיים עלויות ייצורו. משמעות צמצום פערי המיסוי מוצגת בתרחיש אחר.

תרחיש הבסיס מניח שהעדפת המס הניכרת של הרכב החשמלי בתחום מס הקניה, המומלצת בדו"ח הועדה ל"מיסוי ירוק" רק עד 2015, תמשיך גם מעבר לכך, לפחות עד שנת 2020. ע"פ הוועדה מס הקניה על הרכב החשמלי יגדל מ 10% ל 30% בשנת 2015, בעוד המיסוי על רכב מונע בנזין יישאר 72% (תתכן גם הוזלתו עד 60%). שינוי במידת העדפת המס על הרכב החשמלי לאחר 3 שנים בלבד מתחילת הפצתו נראה בעייתי. הנושא מחושב בחלופה 4.

תרחיש 2 - בסיס + הכפלת מחיר הסוללה

הנחות: חדירת הרכב החשמלי 10% מצי הרכב עד 2020, מחיר סוללה 100,000 ₪, בלו על החשמל: 50% מהבלו לק"מ לרכב מונע בנזין. תוצאת התחשיב מוצגת בלוח 10.

לוח 10 - העלות החודשית לצרכן ולמשק הלאומי של רכב חשמלי ורכב מונע בנזין בתרחיש 2

העלות החודשית ע"פ רכב ומיסוי (ש"ח, מחירי 2008)				נסועת הרכב החשמלי (ק"מ לשנה)
רכב בנזין		רכב חשמלי		
למשק	לצרכן	למשק	לצרכן	
1,225	2,196	2,129	2,676	7,500
1,321	2,368	2,171	2,757	10,000
1,418	2,541	2,214	2,838	12,500
1,515	2,714	2,256	2,919	15,000
ק"מ לשנה	20,500	(מעוגל) הנוסעה בה העלות לצרכן משתווה		
ק"מ לשנה	49,100	(מעוגל) הנוסעה בה העלות למשק משתווה		

ע"פ תרחיש זה הרכב החשמלי יקר יותר הן לצרכן והן למשק הלאומי ביחס לרכב מונע הבנזין בכל טווח הנוסעה הריאלי. הנוסעה השנתית בה משתוות העלויות לצרכן, ובמיוחד למשק, של הרכב החשמלי עם הרכב מונע הבנזין גבוהה בהרבה ממוצע הנוסעה לרכב פרטי, והיא מחוץ לתחום הריאלי של נסיעה ברכב חשמלי. **בתנאים אלה נראה שסיכויי מכירות הרכב החשמלי יהיו נמוכים מאוד.** לתרחיש זה מוצגת בהמשך חלופה המקשה עליו עוד יותר (אמנם לא באופן ניכר), לפיה עקב ייקור הסוללה יפחת שיווק הרכב החשמלי, ועקב כך תתייקר ההוצאה הממוצעת לרכב בגין תשתית אספקת החשמל.

תרחיש 3

תרחיש 3 דומה לתרחיש 1, למעט השוואת מס הבלו לק"מ נסיעה לזה המוטל על הרכב המונע בבנזין. שינוי זה אינו משפיע, כמובן, על המחיר למשק של הרכב החשמלי, ומעלה בכ 5% את מחירו הכולל למשתמש. המחיר החודשי בהיקף נסיעה של 10,000 ק"מ בשנה הוא 2,315 ₪ עם בלו מלא, ו 2,209 ₪ בחלופת הבסיס, המעריכה שיוטל על הרכב החשמלי בלו מופחת ב 50% ביחס לק"מ-רכב של רכב המונע בבנזין.

יש לציין שגם אם יוטל בלו מלא על הרכב החשמלי היקפו במוצע צפוי להיות כ 2,500 ₪ לרכב לשנה, וספק אם יש מקום להטיל זאת על הצריכה בפועל בשל הליך גבייה לא פשוט. נראה שבפועל יוטל מס זה כתוספת לאגרה השנתית, למרות החיסרון הכלכלי התיאורטי של שיטה כזו.

תרחיש 4 - הגדלת המיסוי לפי מתווה ועדת ה"מיסוי הירוק"

תרחיש זה דומה לתרחיש 3, כלומר כולל מס בלו לק"מ בדומה למוטל על רכב המונע בבנין, ובנוסף לכך עולה בתרחיש מס הקניה על הרכב החשמלי מ 10% ל 30% ב 2015, על פי מיתווה הוועדה ל"מיסוי ירוק.

בלוח 11 מוצגות העלויות לצרכן של הרכב החשמלי ע"פ תרחיש זה מ 2015 ואילך. בשנים 2012-2014 העלויות דומות לאלו של תרחיש 3.

לוח 11 - העלות החודשית לצרכן ולמשק הלאומי של רכב חשמלי ורכב מונע בבנין בתרחיש 4 משנת 2015 ואילך

העלות החודשית ע"פ רכב ומיסוי (ש"ח, מחירי 2008)				נסועת הרכב החשמלי (ק"מ לשנה)
רכב בבנין		רכב חשמלי		
למשק	לצרכן	למשק	לצרכן	
1,225	2,196	1,709	2,277	7,500
1,321	2,368	1,751	2,385	10,000
1,418	2,541	1,793	2,492	12,500
1,515	2,714	1,836	2,600	15,000
ק"מ לשנה	10,600	הנסועה בה העלות לצרכן משתווה (מעוגל)		
ק"מ לשנה	29,750	הנסועה בה העלות למשק משתווה (מעוגל)		

היתרון הקל שיש בתרחיש הבסיס לרכב החשמלי על הרכב מונע הבנין גם בנסועה נמוכה של פחות מ 10,000 ק"מ בשנה מתהפך בתרחיש זה למחיר נוסף קל, כשהמחיר לצרכן משתווה בכ 10,600 ק"מ בשנה. נראה שבתרחיש זה יקנו כלי רכב חשמליים באופן מואץ ב 2014 לפני ההתייקרות במס הקניה, ולאחר מכן תרד רכישת רכב חשמלי. בשל חוסר התועלת ממנו לחלק מהמשתמשים הנוסעים עד 11,000 ק"מ בשנה היקף החדירה שלו עד 2020 יצטמצם ל 7.5% (במקום 10% בתרחיש הבסיס).

תרחיש 5 - בסיס + צמצום חדירת הרכב החשמלי ל 5% עד 2020.

בתרחיש זה חוזר המיסוי לשיעוריו הנמוכים יותר, המהווים חלק מתרחיש הבסיס, אף מחיר הסוללה דומה לבסיס, ואולם היקף החדירה הוא 5% בלבד עד 2020. בהיקף חדירה זה עלות התשתית בממוצע לרכב גבוהה ביחס לחלופת הבסיס. עם זאת, מונח במקביל בתרחיש זה שאף ההשקעה בתשתית אספקת החשמל מצטמצמת מ 6 מיליארד ש"ח בבסיס ל 4.5 מיליארד ש"ח (צמצום ההשקעה מזין את הצמצום במכירות ולהיפך). בממוצע עלות התשתית לרכב עדיין גבוהה יותר מאשר בתרחיש הבסיס. תוצאות התחשיב מוצגות להלן בלוח 12.

לוח 12 - העלות החודשית לצרכן ולמשק הלאומי של רכב חשמלי ורכב מונע בבנין בתרחיש 5

העלות החודשית ע"פ רכב ומיסוי (ש"ח, מחירי 2008)				נסועת הרכב החשמלי (ק"מ לשנה)
רכב בבנין		רכב חשמלי		
למשק	לצרכן	למשק	לצרכן	
1,225	2,196	1,764	2,254	7,500
1,321	2,368	1,807	2,335	10,000
1,418	2,541	1,849	2,416	12,500
1,515	2,714	1,891	2,498	15,000
ק"מ לשנה	9,100	הנסועה בה העלות לצרכן משתווה (מעוגל)		
ק"מ לשנה	32,250	הנסועה בה העלות למשק משתווה (מעוגל)		

מתברר שאין גידול רב בעלות הממוצעת לרכב החשמלי בתרחיש זה לעומת הבסיס - התוספת היא של 6% בלבד. בהיקף נסועה של 10,000 ק"מ בשנה יש יתרון קל מאוד (33 ש"ח לחודש) לרכב החשמלי על פני הרכב המונע בבנזין.

תרחיש 6 - כיוונו הפוך מזה של תרחיש 5, והוא מניח שהרכב החשמלי יהווה 15% מצי הרכב הפרטי בארץ בשנת 2020. שאר מרכיבי בתרחיש דומים לאלה של תרחיש 5. מונח במקביל שעלות תשתית האספקה תתייקר מ 6 מיליארד ש"ח בבסיס ל 7.5 מיליארד (דבר שמסביר חלק מהגידול בהיקף חדירת הרכב החשמלי).

מחיר השימוש ברכב החשמלי יוזל במקרה זה בכ 2% בלבד ביחס לחלופת הבסיס.

תרחיש 7 - בסיס + התייקרות הבנזין בשל הכפלת המחיר הריאלי של חבית נפט.

תרחיש זה דומה לתרחיש הבסיס למעט התייקרות במחירי הבנזין לצרכן ולמשק עקב הכפלת המחיר הריאלי של חבית נפט. הכפלה זו תגדיל את המחיר לצרכן של הבנזין מ 6.12 ש"ח לליטר ל 8.45 ש"ח לליטר (תוספת של 38%).

לוח 13 - העלות החודשית לצרכן ולמשק הלאומי של רכב חשמלי ורכב מונע בבנזין בתרחיש 7

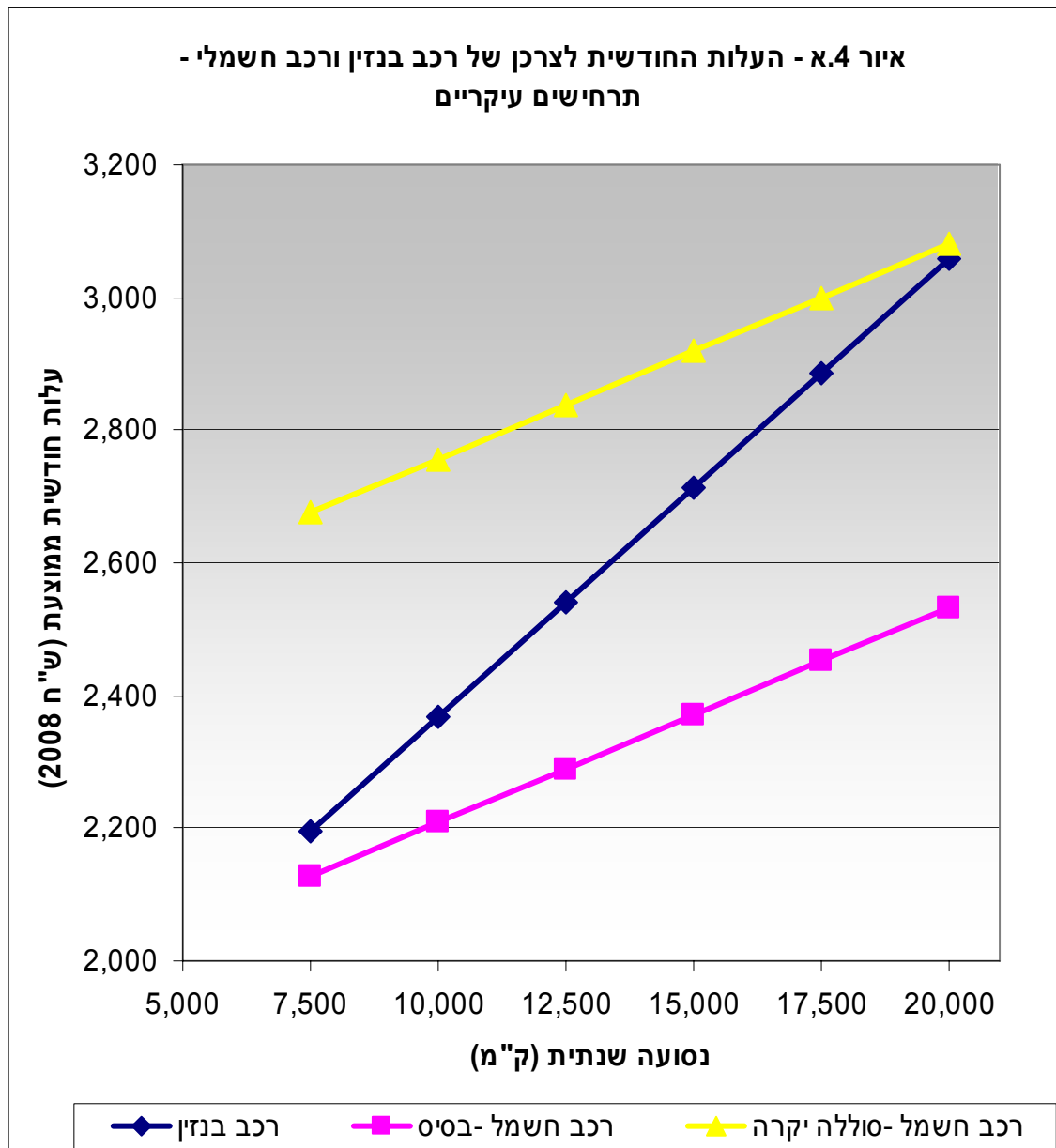
העלות החודשית ע"פ רכב ומיסוי (ש"ח, מחירי 2008)				נסועת הרכב החשמלי (ק"מ לשנה)
רכב בנזין		רכב חשמלי		
למשק	לצרכן	למשק	לצרכן	
1,345	2,334	1,655	2,128	7,500
1,481	2,553	1,697	2,209	10,000
1,618	2,772	1,740	2,290	12,500
1,755	2,991	1,782	2,371	15,000
ק"מ לשנה		הנסועה בה העלות לצרכן משתווה (מעוגל)		
3,750				
ק"מ לשנה		הנסועה בה העלות למשק משתווה (מעוגל)		
15,750				

בתרחיש זה מתייקר השימוש לצרכן ברכב מונע בבנזין בכ 8%, ואולם עדיין הרכב המונע בבנזין זול למשק ביחס לרכב החשמלי עד נסועה של כ 16,000 ק"מ בשנה.

בחינת כל התרחישים מלמדת כדלקמן:

- הצלחת מיזם הרכב החשמלי בארץ מותנית בעיקר במחיר הסוללה. רק הוזלתה לסדר גודל של כ 50,000 ש"ח בייצור המוני תאפשר למכור רכב חשמלי בהיקף משמעותי.
- גם אם תוזל הסוללה הרכב החשמלי יהיה יקר יותר למשק הלאומי (ללא כימות יתרונותיו החיצוניים), לרבות בתרחיש בו מחיר חבית נפט מוכפל ריאלי (דבר המייקר את הבנזין).
- בהערכה אופטימית על הוזלת מחיר הסוללה בייצור המוני הרכב החשמלי יהיה זול מעט לצרכן ביחס לרכב מונע בבנזין, וקיימת סבירות שיוכל להגיע לנתח שוק לא זניח (10% או אף יותר) מכלל הרכב הפרטי עד 2020 במידה והעדפת מס הקניה לרכב זה לא תצומצם.
- צמצום העדפות המס לרכב החשמלי, כמוצע ב 2015 ע"י הוועדה ל"מיסוי ירוק", יפגע מאוד בסיכויי מכירתו.

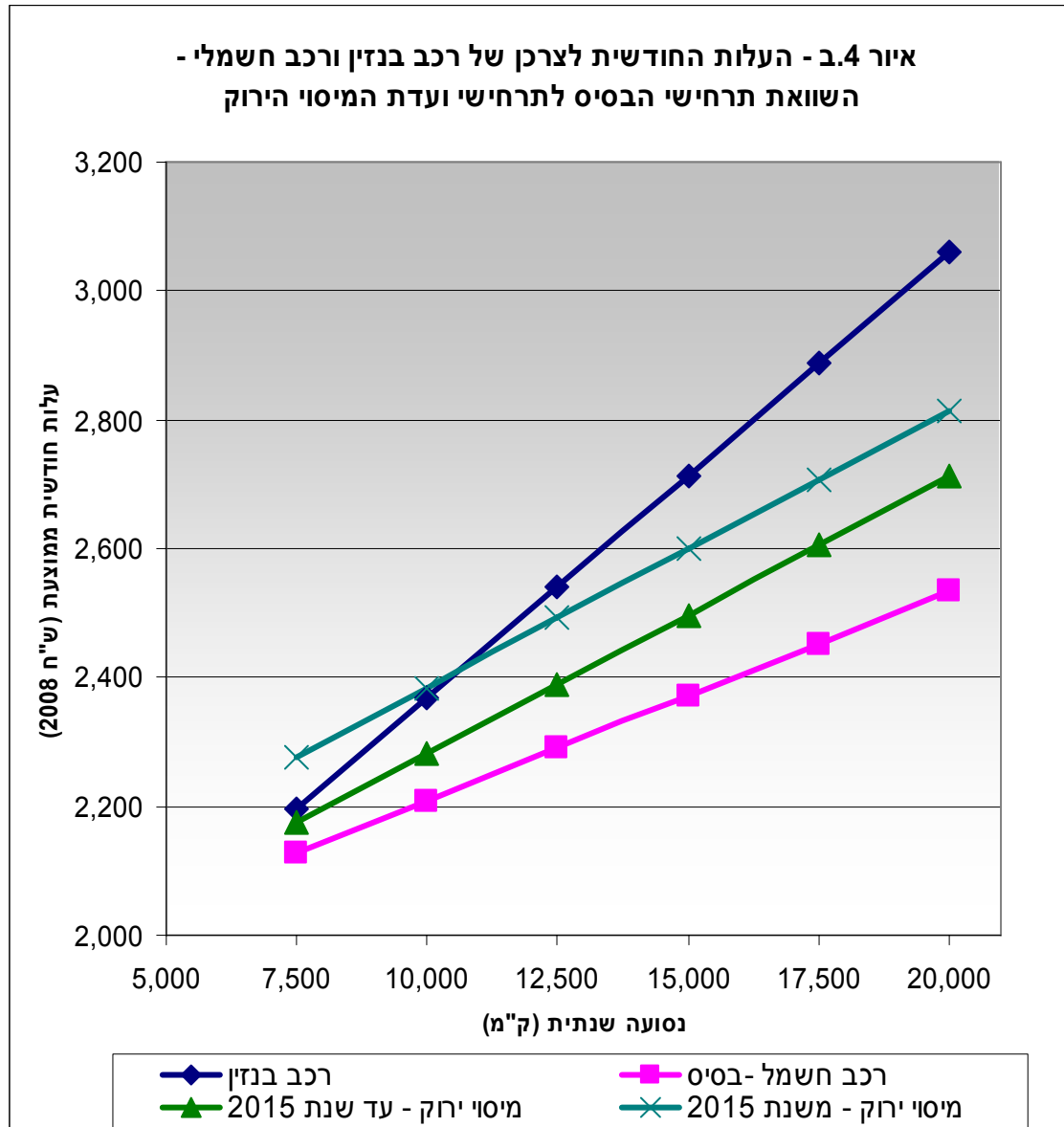
באירורים הבאים מוצגות העלויות החודשיות לצרכן ולמשק הלאומי של הרכב החשמלי ומונע בבנזין כתלות בנסועה השנתית. אירורים 4 א'- 4 ד' מציגים עלויות לצרכן, אירורים 5 א'- 5 ד' מציגים עלויות למשק הלאומי.



מאפייני התרחישים המוצגים באיור

מס' תרחיש	התרחיש	עלות הסוללה (אלפי ש"ח)	שיעור תשלום בלו לק"מ ביחס לרכב מונע בנזין	שיעור הרכב החשמלי מכלל הפרטי ב 2020	מס קניה - רכב חשמלי	מחיר בנזין (ש"ח לליטר)	הערות
1-6	רכב בנזין					6.12	עלות רכב בנזין רגיל
1	רכב חשמלי - בסיס	50	50%	10%	10%		עלות רכב חשמלי ע"פ נתוני הבסיס
2	רכב חשמלי - סוללה יקרה	100	50%	10%	10%		חלופת הבסיס לרכב החשמלי + הכפלת מחיר הסוללה

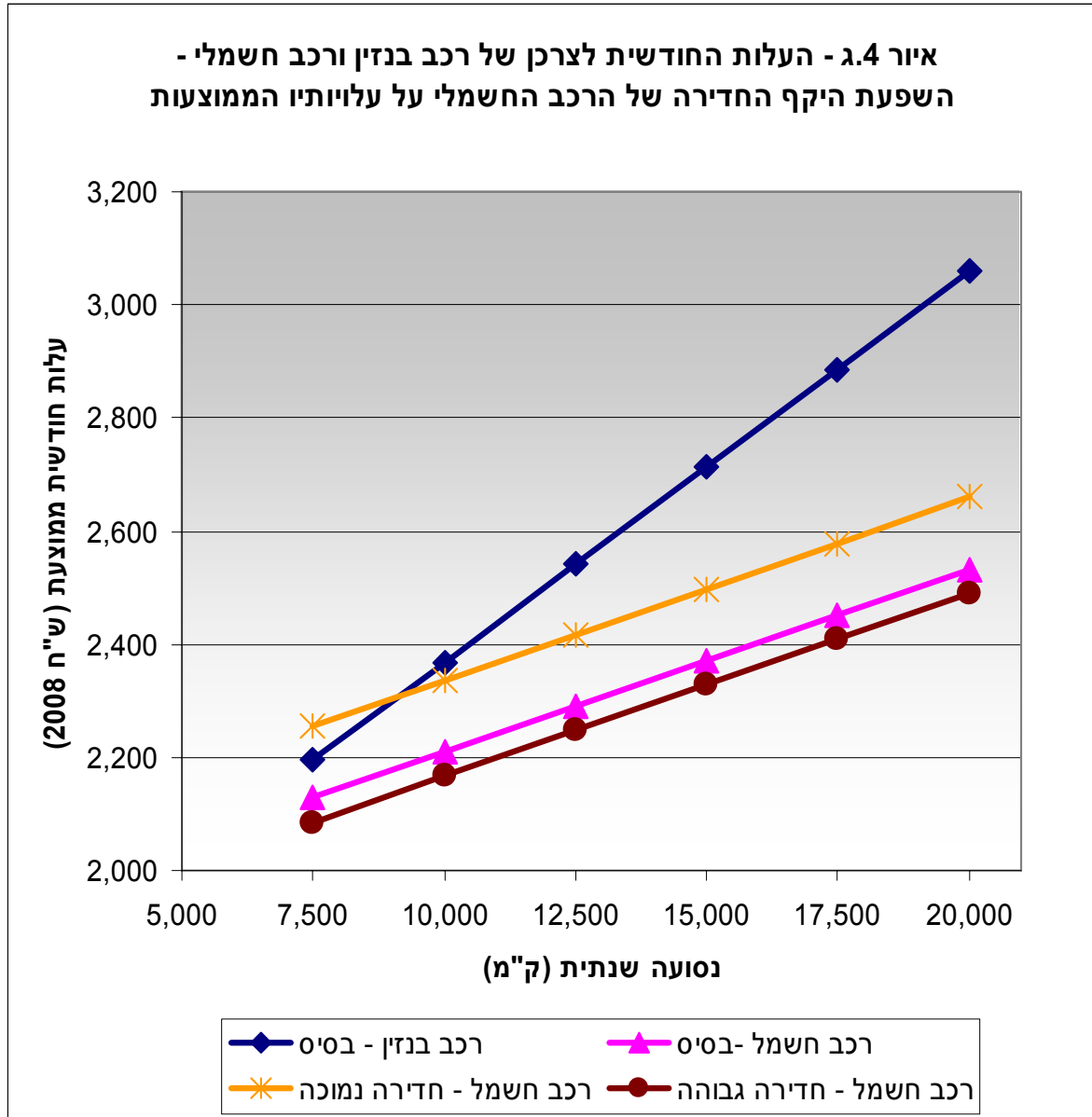
האיור מציג את המחיר לצרכן של הרכב החשמלי ביחס לרכב מונע בנזין, וניתן לראות שבמחיר סוללה אופטימי (חלופה 1, הקו הסגול), הרכב החשמלי זול במקצת ביחס למונע בנזין במידה שולית בהיקף נסועה של 7,500 ק"מ בשנה, אך בהיקף נסועה כפול חוסך הרכב החשמלי כ-350 ש"ח בחודש. מאידך במחיר סוללה "פסימי" יש נחיתות לרכב החשמלי בכל היקף נסועה סביר. במציאות ינוע, כנראה, מחיר הסוללה בין הקו הסגול לצהוב (עם הזמן יתקרב אולי לסגול, הנמוך), ופירוש הדבר יתרון קל או חסרון קל לצרכן של הרכב החשמלי על פני הרכב מונע הבנזין, וכל עוד אין שינוי בהעדפת המס של הרכב החשמלי לעומת השנים 2012-2014, ומס הקניה עליו נותר 10% בלבד.



מאפייני התרחישים המוצגים באיור

מס' תרחיש	התרחיש	עלות הסוללה (אלפי ש"ח)	שיעור תשלום בלו לק"מ ביחס לרכב מונע בנזין	שיעור הרכב החשמלי מכלל הפרטי ב 2020	מס קניה - רכב חשמלי	מחיר בנזין (ש"ח לליטר)	הערות
1-6	רכב בנזין					6.12	עלות רכב בנזין רגיל
1	רכב חשמלי - בסיס	50	50%	10.0%	10%		עלות רכב חשמלי ע"פ נתוני הבסיס
4	מיסוי ירוק - עד 2015	50	100%	7.5%	10%		תנאי המיסוי של הועדה למיסוי ירוק עד 2015. שיעור חדירה מתון מהבסיס
4	מיסוי ירוק - מ 2015	50	100%	7.5%	30%		כ"ל משנת 2015 ואילך

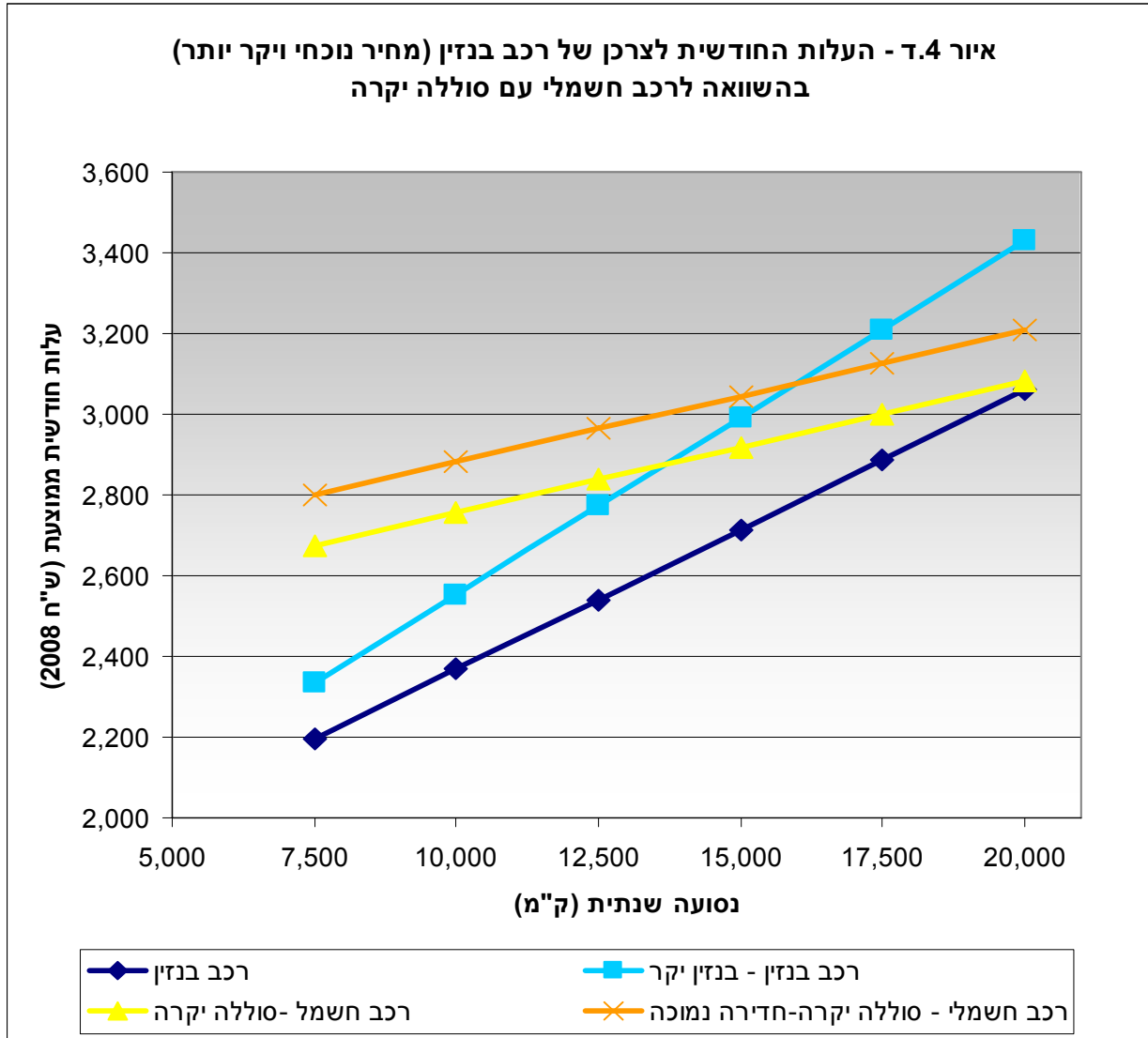
הגדלת המיסוי ב 2015 מצמצמת מאוד או מבטלת את היתרון של הרכב החשמלי במחירים לצרכן ביחס לחלופת הבסיס (הקו הסגול) וגם על בסיס מחיר סוללה אופטימי, המשותף לכל עלויות הרכב החשמלי באיור.



מאפיינים עיקריים של התרחישים המוצגים באיור

הערות	מחיר בנזין (ש"ח לליטר)	מס קניה - רכב חשמלי	שיעור הרכב החשמלי מכלל הפרטי ב 2020	עלות תשתית אספקת החשמל (מיליארדי ₪)	עלות הסוללה (אלפי ש"ח)	התרחיש	מס' תרחיש
עלות רכב בנזין רגיל	6.12					רכב בנזין	1-6
עלות רכב חשמלי ע"פ נתוני הבסיס		10%	10%	6.0	50	רכב חשמלי - בסיס	1
הרכב החשמלי יהווה ב 2020 רק 5% מצי הרכב הפרטי		10%	5%	4.5	50	חדירה נמוכה	5
הרכב החשמלי יהווה ב 2020 15% מצי הרכב הפרטי		10%	15%	7.5	50	חדירה גבוהה	6

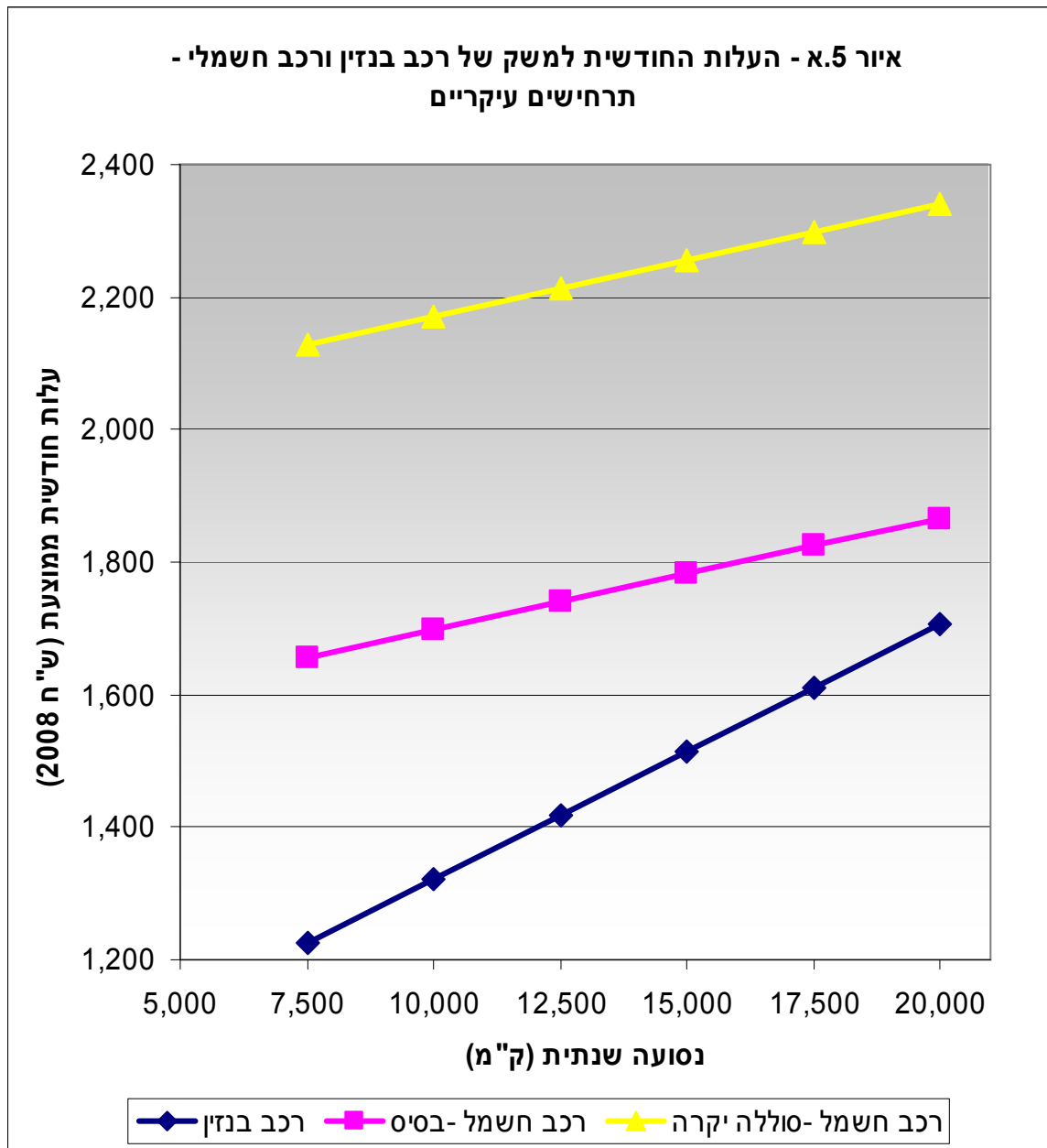
הנחה על שיעור חדירה נמוך ממתן את יתרון הרכב החשמלי לעומת הרכב המונע בבנזין, ואולם בנסועה של 10,000 ק"מ ומעלה בשנה יש לרכב החשמלי יתרון קל גם במקרה זה.



מאפיינים עיקריים של התרחישים המוצגים באיור

ה ע ר ו ת	מחיר בנזין (ש"ח לליטר)	מס קניה רכב חשמלי - רכב חשמלי	שיעור הרכב החשמלי מכלל הפרטי ב 2020	עלות תשתית אספקת החשמל (מיליארדי ₪)	עלות הסוללה אלפיה (ש"ח)	שם תחשיב	מס' תרחיש
עלות רכב בנזין רגיל	6.12					רכב בנזין	
עלות רכב בנזין + הכפלת מחיר חבית נפט	8.45					רכב בנזין - בנזין יקר	
חלופת הבסיס לרכב החשמלי + הכפלת מחיר הסוללה		10%	10%	6.0	100	רכב חשמלי - סוללה יקרה	
חלופת הבסיס לרכב החשמלי + הכפלת מחיר הסוללה		5%	5%	4.5	100	רכב חשמלי - סוללה יקרה- חדירה נמוכה	

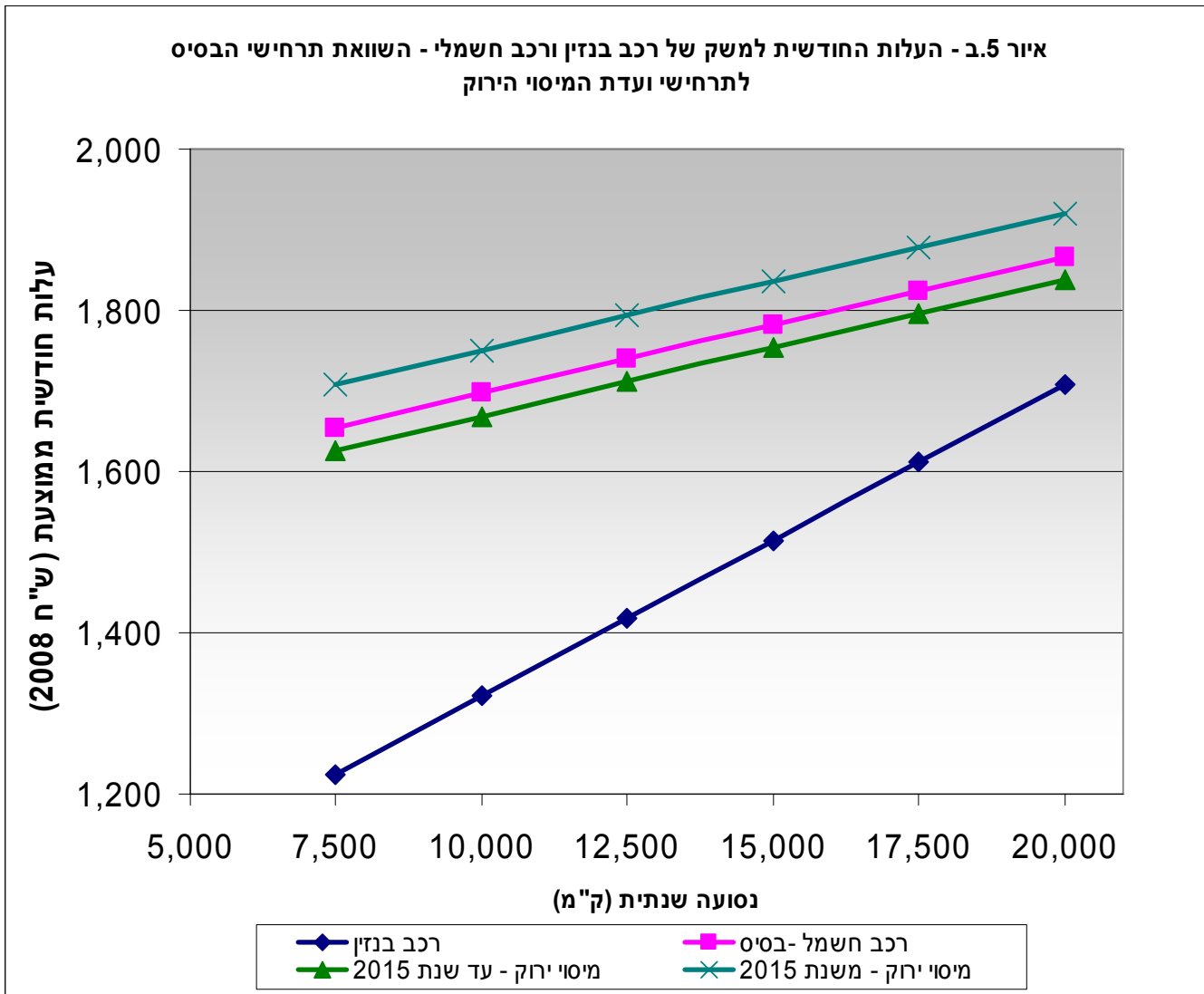
איור זה מציג תמונת מצב הנראית בתחום הריאלי לפיה הסוללה לא תוזל הרבה ביצור המוני לעומת עלות ייצורה הנוכחית, ומאידך, הבנזין ימשיך להתייקר (הכפלת מחיר חבית נפט תייקר אותו ב 38% ל 8.45 ₪ לליטר). במצב זה הרכב החשמלי יהיה יקר מרכב הבנזין עד לנסועה של כ 13,500 או, סביר יותר עד לכ 16,000 ק"מ בשנה (חיתוך עם הקו הכתום), המביא בחשבון שעלות גבוהה של הסוללה תצמצם מאוד את חדירת הרב החשמלי.



מאפייני התרחישים המוצגים באיור

הערות	מחיר בנזין (ש"ח לליטר)	מס קניה רכב חשמלי - 10.0%	שיעור תשלום מכלל הפרטי ב 2020 החשמלי	שיעור תשלום בלו לק"מ ביחס לרכב מונע בנזין	עלות הסוללה (אלפי ש"ח)	שם תחשיב	מס' תרחיש
עלות רכב בנזין רגיל	6.12					רכב בנזין	
עלות רכב חשמלי ע"פ תרחיש הבסיס		10.0%	10.0%	50.0%	50	תרחיש 1- רכב חשמלי בסיס	
תרחיש הבסיס לרכב החשמלי + הכפלת מחיר הסוללה		10.0%	10.0%	50.0%	100	תרחיש 2- סוללה יקרה	

על פי האיור הרכב החשמלי יקר למשק הלאומי (ללא כימות יתרונות חיצוניים) ביחס לרכב מונע הבנזין, באופן ניכר, וגם במחיר זול יחסית של הסוללה.

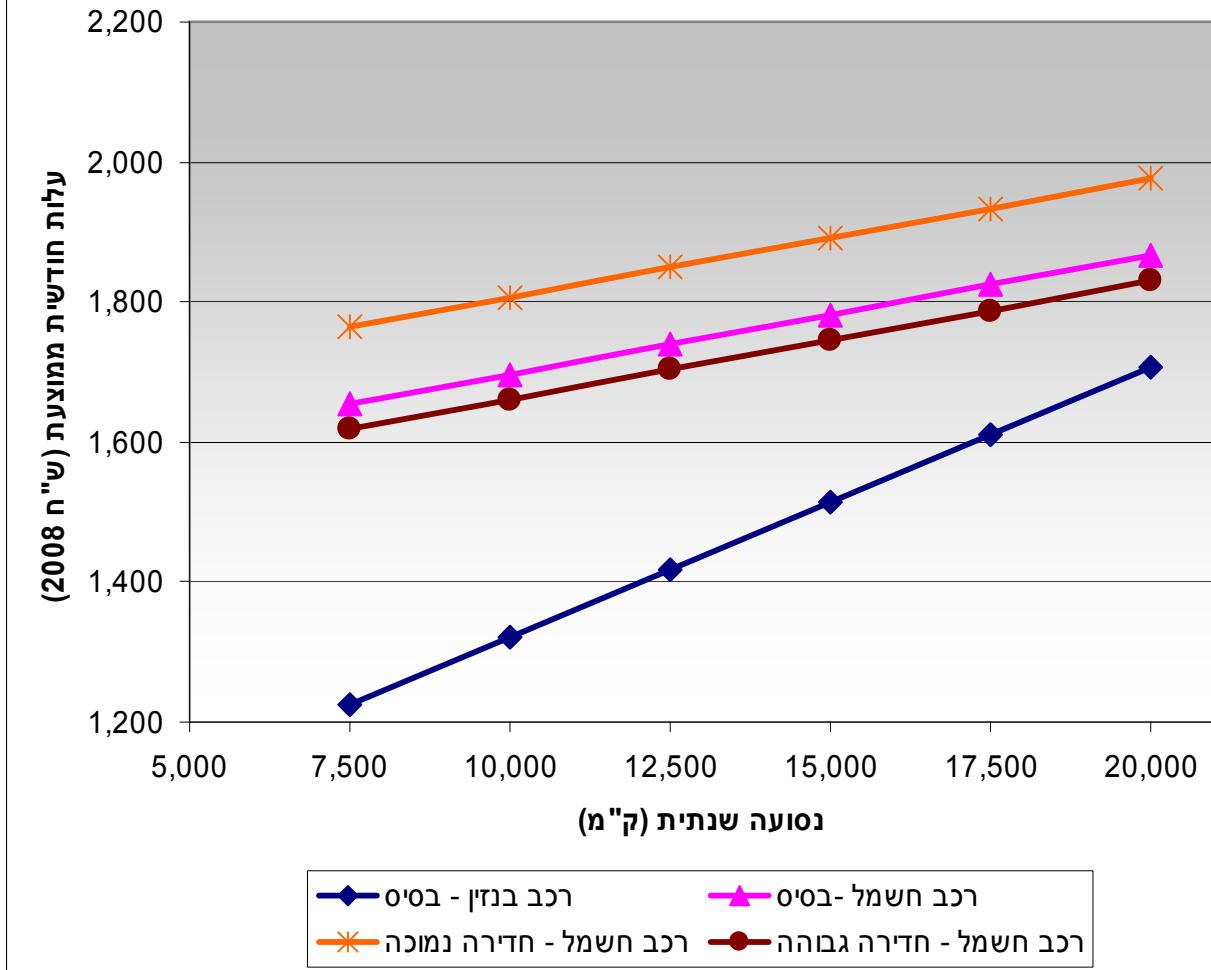


מאפייני התרחישים המוצגים באיור

ה ע ר ו ת	מחיר בנזין (ש"ח לליטר)	מס קניה - רכב חשמלי	שיעור הרכב החשמלי מכלל הפרטי ב 2020	שיעור תשלום בלו לק"מ ביחס לרכב מונע בנזין	עלות הסוללה (אלפי ש"ח)	שם תחשיב	מס' תרחיש
עלות רכב בנזין רגיל	6.12					רכב בנזין	1-6
עלות רכב חשמלי ע"פ נתוני הבסיס		10%	10.0%	50%	50	רכב חשמלי - בסיס	1
תנאי המיסוי של הועדה למיסוי ירוק עד 2015. שיעור חדירה מתון מהבסיס		10%	7.5%	100%	50	מיסוי ירוק - עד 2015	4
כנ"ל משנת 2015 ואילך		30%	7.5%	100%	50	מיסוי ירוק - מ 2015	4

צמצום העדפת המס לרכב החשמלי ב 2015 ע"פ מיתווה הוועדה ל"מיסוי ירוק" תייקר אותו גם במחירים למשק הלאומי, בשל השפעה על היקף רכישתו, והגדלה בעקיפין של העלות הממוצעת לרכב של תשתית אספקת החשמל. מכל מקום, העלות למשק של הרכב החשמלי תהיה גבוהה משל רכב הבנזין (ללא כימות יתרונות חיצוניים) עם או בלי שינוי זה במיסוי.

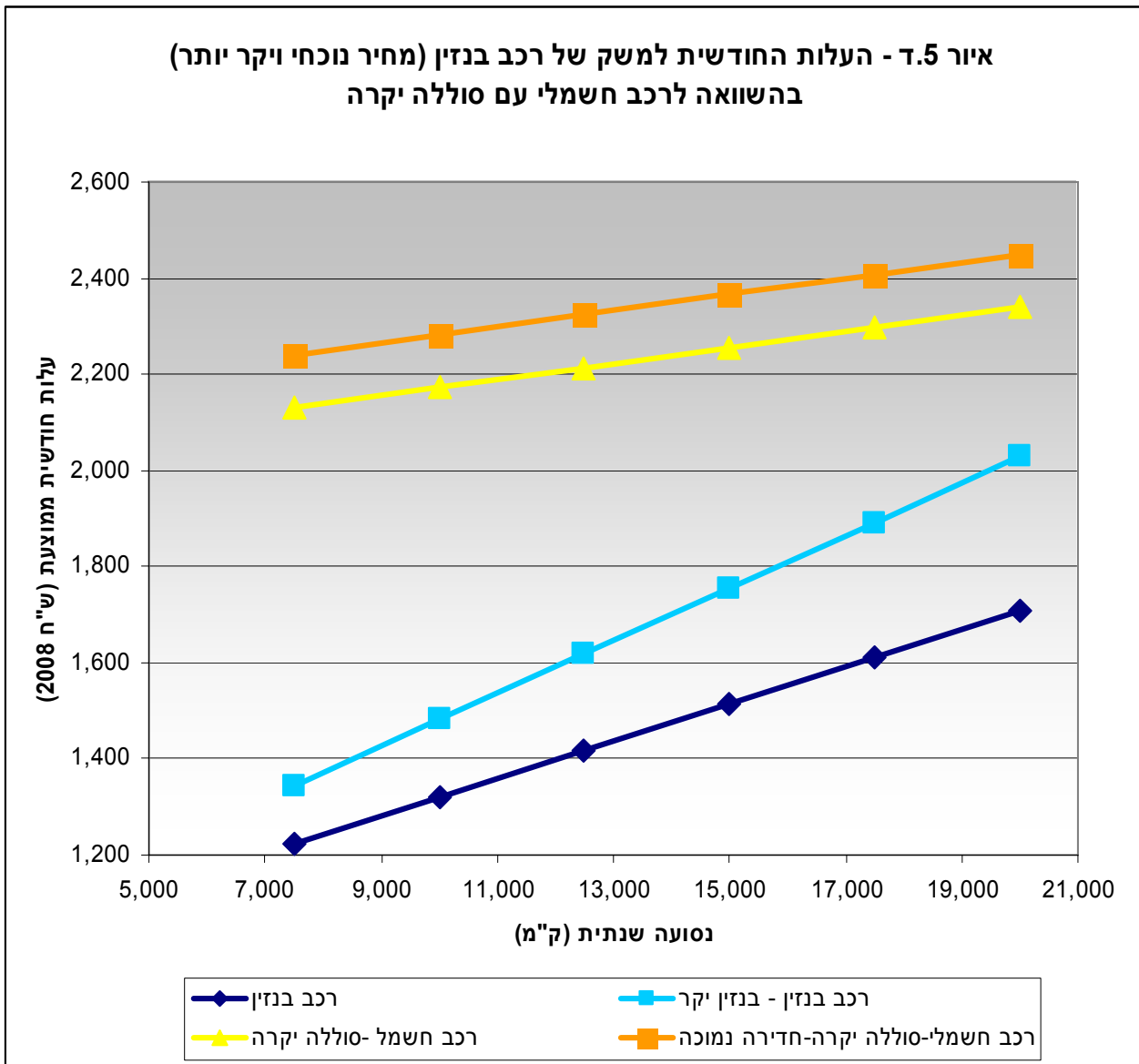
איור 5.ג - העלות החדשית למשק של רכב בנזין ורכב חשמלי - תרחישי חדירה שונים



מאפייני התרחישים המוצגים באיור:

ה ע ר ו ת	מחיר בנזין (ש"ח לליטר)	מס קניה - רכב חשמלי	שיעור הרכב החשמלי מכלל הפרטי ב 2020	עלות תשתית אספקת החשמל (מיליארדי ₪)	עלות הסוללה (אלפי ש"ח)	שם תחשיב	מס' תרחיש
עלות רכב בנזין רגיל	6.12					רכב בנזין	
עלות רכב בנזין + הכפלת מחיר חבית נפט	8.45					רכב בנזין - יקר	
עלות רכב חשמלי ע"פ תרחיש הבסיס		10%	10%	6.0	50	רכב חשמלי - בסיס	
תרחיש בסיס וחצי משיעור החדירה של רכב חשמלי ביחס לבסיס		10%	5%	4.5	50	רכב חשמלי - חדירה נמוכה	
תרחיש בסיס + תוספת 50% לשיעור החדירה של רכב חשמלי		10%	15%	7.5	50	רכב חשמלי - חדירה גבוהה	

גם באיור זה הרכב החשמלי יקר יותר למשק הלאומי ביחס לרכב המונע בבנזין (ללא כימות יתרונות חיצוניים) בכל המצבים, כולל בחדירה גבוהה שלו לשוק.



מאפייני התרחישים המוצגים באיור:

ה ע ר ו ת	מחיר בנזין (ש"ח) (לליטר)	מס קניה רכב חשמלי	שיעור הרכב החשמלי מכלל הפרטי ב 2020	עלות תשתית האספקה (מיליארדי ₪)	עלות הסוללה (אלפי ש"ח)	שם תחשיב	מס' תרחיש
עלות רכב בנזין רגיל	6.12					רכב בנזין	1
עלות רכב בנזין + הכפלת מחיר חבית נפט	8.45					רכב בנזין - בנזין יקר	7
תרחיש הבסיס לרכב החשמלי + הכפלת מחיר הסוללה		10%	10%	6.0	100	תרחיש 2- סוללה יקרה	7
עקב ייקור הסוללה פוחתת החדירה עד 2020 ל 5% בלבד		5%	5%	4.5	100	רכב חשמלי - סוללה יקרה - חדירה נמוכה	7א

גם ייקור הבנזין יותיר את הרכב מונע הבנזין זול למשק הלאומי (ללא כימות חסרונותיו החיצוניים) ביחס לרכב החשמלי. ניתן לסכם, שלמעשה בכל מצב שנבדק הרכב החשמלי יקר יותר בתשומות ישירות למשק הלאומי ביחס לרכב הבנזין.

לאור ניתוח העלויות ניתן להעריך כדלקמן את סיכויי חדירת הרכב החשמלי לשוק הרכב הפרטי בארץ:

- ללא הוזלה משמעותית של מחיר הייצור הנוכחי של הסוללה (כ 120,000 ₪) אין סיכוי לחדירה משמעותית של הרכב החשמלי, גם בתרחיש בו מחיר הבנזין מוסיף להתייקר. בתנאים אלה גם לא תמצא כדאיות להקמת מערך ארצי לאספקת חשמל לרכב החשמלי. הרכב החשמלי יהווה "קוריוז" במערכת, וגורל המיזם יהיה דומה לגורל הנסיון בקליפורניה, המתואר בנספח.
- אם יצלחו המאמצים להוזיל את מחיר הסוללה לרמה של כ 50,000 ₪ (מעט יותר, מעט פחות) ביצור המוני, כפי שמקווים היזמים, עשוי הרכב החשמלי להימכר בהיקף לא זניח, שיצטבר בהדרגה לכ 10% מכלל צי הרכב הפרטי בארץ עד 2020, ויתכן שאף מעט מעבר לכך. השיעור ימשיך לגדול לאחר 2020, ובטווח הארוך עשוי להגיע לכ 15%.
- הצלחה זו מותנית בשימור העדפות המס המובטחות לרכב החשמלי בתחילת דרכו, שכן ללא העדפות אלו יהיה הרכב החשמלי יקר מהרכב מונע הבנזין לצרכנים. אם תצומצם, כמוצע, העדפת המס ב 2015 מוערך ששיעור החדירה של הרכב החשמלי במצטבר עד 2020 יצטמצם לכ 7.5%, שלא ימשיכו לגדול לאחר 2020.

7. היבטי המיסוי

נדון להלן בקצרה בהעדפות המס שהובטחו לרכב החשמלי משני היבטים:

- ההשפעה על כושר החדירה של הרכב החשמלי.
- ההפסד להכנסות המדינה.

למעשה, הוסכם רק על העדפת הרכב החשמלי בתחום מס הקניה, כשהמתווה המומלץ ע"י הוועדה ל"מיסוי ירוק" הוא שעד סוף שנת 2014 יוטל על הרכב החשמלי מס קניה של 10% מול 72% שיוטלו על הרכב מונע הבנזין. מ 2015 יגדל מס הקניה על הרכב החשמלי ל 30%, בעוד שהרכב מונע הבנזין ימשיך לשאת מס קניה של 72% (קיימת גם אפשרות להפחתת מה בשיעור זה).

נראה שלא ניתן יהיה להעדיף את הרכב החשמלי גם במיסוי על החלפים (הזהים בחלקם לאלה של הרכב מונע הבנזין), ועל כן **שלא תהיה העדפה של הרכב החשמלי בתחום התחזוקה** (אמנם, יש לו יתרון עינייני הנובע ממנוע פשוט יותר). הנחתנו שעלויות התחזוקה של הרכב החשמלי יהיו נמוכות ב 30% מאלה של הרכב מונע הבנזין נובעת מיתרונו הטכנולוגי, ולא מהעדפת מס נוספת.

באשר למיסוי על השימוש ברכב החשמלי - בעיקר מס הבלו - בהיקף נסיעה ממוצע צפוי לרכב החשמלי (כ 10-12 אלף ק"מ בשנה) הגבייה הצפויה היא כ 2,400 ₪ לשנה, ע"פ כ 22 אג' לק"מ (לפי רכב בנזין הנוסע 10.5 ק"מ לליטר). גבייה ישירה ע"פ הנסועה אפשרית, ואולם מורכבת טכנולוגית ויקרה, וסביר שתומר מטעמים פרקטיים בתוספת אגרה שנתית. גם דרך השוואת המס בין הרכב מונע החשמל והבנזין אינה חד ברורה, וניתן לבסס גם מס נמוך מהנקוב לעיל, על בסיס עקרון של מס אחיד ליחידת אנרגיה. במקרה זה יהיה המס על הרכב החשמלי רק מחצית מהמפורט לעיל.

בתחשיבים הנחנו מס בלו על הרכב החשמלי הנע בין 11 ל 22 אג' לק"מ. המיסוי על הדלק ברכב מונע הבנזין יהיה בכל מקרה גבוה יותר, בשל המע"מ על כל מרכיבי מחיר הבנזין. המע"מ הגלום במחיר החשמל נמוך בהרבה.

ההשפעה של דרך והיקף גביית הבלו על הרכב החשמלי על סיכויי מכירתו אינה גבוהה. מאידך, צמצום בהעדפה במס הקניה של הרכב החשמלי יצמצם מאוד את סיכויי חדירתו, גם בהנחות אופטימיות של עלויות ייצור הסוללה, כפי

שפורט בסעיף 6. בפני וועדת "המיסוי הירוק" לא עמדו הערכות מהסוג המוצג לעיל, ונראה שיהיה צורך לדון בעתיד במתווה מיסוי הרכב החשמלי באופן שלא יצמצם מאוד את מכירתו לצרכנים, וכל עוד יש עניין בשיווקו על בסיס סביבתי.

לוח 14 להלן מסכם תחשיב מפורט של הפסדים מצטברים בהכנסות המדינה ממיסים בשנים 2012-2020, ללא היוון, וע"פ סדרת ההנחות והתחזיות שפורטה בסעיפים הקודמים. "סדר הגודל" של ההפסדים הוא 1.1-1.3 מיליארד ש"ח לשנה. ההפסדים כוללים הבדלים בגביית מס קנייה, בגביית מע"מ (המוטל גם על מס הקנייה), וכן בחלק מהחלופות גם בגביית בלו.

לוח 14 - סך הפסדי מיסוי בגין כניסת רכב חשמלי בשנים 2012-2020 ע"פ חלופה ונסועה שנתית

- מיליארד ש"ח במחירי 2008 ללא היוון -

תרחיש	נסועה שנתית ברכב חשמלי (ק"מ)			
	15,000	12,500	10,000	7,500
1- בסיס	11.8	11.3	10.8	10.2
2- הגדלת מחיר סוללה	10.8	10.3	9.7	9.2
3 - בלו מלא ברכב חשמלי	9.6	9.4	9.3	9.1
4- תוואי "מיסוי ירוק"	6.1	5.9	5.8	5.6
5- חדירה נמוכה (5%)	5.8	5.5	5.3	5.0
6- חדירה גבוהה (15%)	17.8	17	16.3	15.5
7- הכפלת מחיר חבית נפט	12.3	11.7	11.1	10.5

ההפסדים בתרחיש 4 דומים מאוד לאומדני וועדת המיסוי הירוק (בלוח 4.4 בדו"ח הסופי שלה מינואר 2008), בשאר התרחישים ההפסדים בהכנסות המדינה גבוהים יותר.

8. מסקנות והמלצות כלליות

- א. מיזם הרכב החשמלי בישראל מוצע "באקלים" נוח ביחס לניסויים הקודמים בפיתוח והפצת רכב כזה, בעיקר ביחס לניסיון בקליפורניה בתחילת העשור. העדפת המס יוצאת הדופן בארץ, פיתוח סוללות הליתיום והוזלתן עם הזמן (כולל הארכה משמעותית של אורך חייהן), וכן התייקרות הנפט בעולם, יוצרים נקודת התחלה טובה יותר למיזם. גם היערכותו להשקעה נרחבת בתשתית אספקת חשמל לרכב שיימכר משפרת את סיכוי.
- ב. חרף האמור לעיל, סיכויי מימוש החזון לא מובטחים, ורק במחיר סוללה נמוך משמעותית מהידוע כיום (כשליש) ניתן יהיה להשיג יתרון קל במחיר לצרכן לעומת הרכב מונע הבנזין. עם זאת, יתכן שבייצור המוני תתאפשר הוזלת הסוללה בהיקף הנדרש.
- ג. בתנאים המפורטים לעיל נראה שמיזם הרכב החשמלי לא ישנה את רמת המינוע בארץ, ולא יגדיל את הנסועה, אלא לכל היותר באופן שולי. הרכב החשמלי יחליף, בהנחות אופטימיות, ברמה לא זניחה (כ 10% עד 2020) רכב מונע בנזין, אך לא יגדיל את צי הרכב. בהתאם לכך, לא נראה שעל משרד התחבורה להיערך באופן מיוחד לקראת יישום המיזם.
- ד. הרכב החשמלי מעורר תקווה לתחבורה נקייה, שקטה וידידותית לסביבה, בצד הפחתת התלות בדלק הפוסילי. מדיניות הממשלה, כפי שבאה לידי ביטוי באימוץ המלצות הועדה ל"מיסוי ירוק", מכירה בחשיבותו ומוכנה לעודד אותו ע"י העדפות מס. עם זאת, נמצא בעבודה זו שיש מקום לגבש המלצות ברורות מהקיימות כיום לגבי מיסוי הנסיעה ברכב החשמלי ("בלו חשמל"), ולהעריך מחדש את האפשרות לצמצום העדפות המס לרכב החשמלי בעתיד. במצב הדברים הנוכחי נראה שצמצום כזה יפגע באופן משמעותי במכירות הרכב החשמלי בארץ בעתיד.
- ה. בשל ראשוניות העבודה הנוכחית, והסתמכותה על מידע ראשוני והנחות שונות, רצוי לעקוב אחר התפתחות המיזם ולבחון עם הזמן את תקפות נקודות ג' ו ד' שלעיל, ע"י איסוף מידע מפורט ומבוסס יותר מהקיים היום לגבי עלויותיו, וכן בחינה של נכונות הציבור לרכוש רכב חשמלי.

סקר ספרות

רכב חשמלי - הניסיון, טכנולוגיה ומגמות בעולם

Electric Vehicles

International Experience Technology and Trends

Research Summary

נכתב ע"י ניר שראבי

מבוא

רקע ומבנה הסקירה

בעוד כלי רכב חשמליים היו בין כלי רכב הראשונים בשימוש כבר בסוף המאה ה-19, דוקא טכנולוגיית מנוע הבעירה הפנימית היא זו שהתפתחה להיות הטכנולוגיה השלטת וכמעט לחלוטין, הבלעדית, ברוב שנות המאה ה-20.

גורמים רבים (שחלקם יוצגו בהמשך הסקירה) גרמו להעלמות המכונית החשמלית ולשליטת הנפט ומוצריו בחיי היום-יום של התחבורה המוטורית. בשנים האחרונות, בעקבות התגברות המודעות לסביבה, עליית מחירי הדלק והתפתחויות טכנולוגיות בתחום הסוללות, ישנה התעוררת מחודשת של הציבור, נבחריו ויצרני הרכב למציאת טכנולוגיות הנעה חלופיות ופתוח כלי רכב חשמליים מודרניים.

פרויקט הרכב החשמלי בישראל אינו הראשון מסוגו בעולם. תוכנית כלי רכב חשמליים בקליפורניה בסוף שנות ה-90 הייתה התוכנית הרחבה ביותר לשימוש ברכב חשמלי כרכב פרטי בהיקף מסחרי.



בפרק 1 נציג מבוא קצר הסוקר את מחקרים עיקריים בנושא ביקוש לכלי רכב מטכנולוגיות הנעה שונות והתפתחויות בתחום הרגולציה.

בפרק 2 נציג היסטוריה והתפתחות של טכנולוגיות הנעה עיקריות.

בפרק 3 נציג Case Study - תיאור וניתוח של תוכנית הרכב החשמלי EV1 בקליפורניה, אשר נולדה בעקבות חקיקה נגד זיהום אוויר מכלי רכב בקליפורניה (CARB Zero Emission Amendment, 1990).

מחקרים - הביקוש לכלי רכב אלטרנטיביים

חוקי ZEV בקליפורניה משנת 1990 עודדו באופן טבעי את הצורך לערוך תחזיות ואומדן ביקושים לכלי רכב חשמליים וטכנולוגיות אלטרנטיביות אחרות. בשנת 1996 ב- Institute of Transport Studies, UCI צוותי החוקרים Brownstone, Bunch, Golob and Ren פתחו מודל בחירת רכב אשר התבסס על סקר העדפות מוצהרות (SP) בקרב 4747 משקי בית בקליפורניה. מטרת המחקר הייתה לבצע **תחזיות שנתיות של ביקוש לכלי רכב לפי סוג הרכב ואזור גיאוגרפי**. בנוסף, נעשו במחקר גם **תחזיות נסועה לכלי רכב ותחזיות ביקושים לטעינה של כלי רכב חשמליים לאורך שעות היום**. מחקרים ותחזיות נוספות נערכו על ידי הצוות Golob, Brownstone, Bunch and Kitamura.

תמצית תחזית המחקר מוצגת **בלוח 1** להלן. למרות שהתחזיות היו גבוהות מעט ממחקרים קודמים, **תחזיות המחקר אישרו למעשה כי ישנו ביקוש המתאים לעמוד בסטנדרטים ובאחוזים שקבעה CARB לגבי כלי רכב אלטרנטיביים**.

לוח 1: תחזית התפלגות כלי רכב על פי טכנולוגית ההפעלה בקליפורניה

Fuel Type	Lower Bound	Median	Upper Bound
Gasoline	53.2	60.9	68.1
Methanol	13.6	18.3	22.3
CNG	13.8	17.2	20.4
Electric	2.6	3.6	4.4

מקור: Brownstone, Bunch, Golob and Ren 1996

- במסגרת המחקר נמצאו גם מספר מסקנות לגבי מאפייני הרכב, שעיקרן מובא להלן:
- סוג הרכב – ממצא חשוב של המחקר מראה כי משקי בית עם רכב אחד מעדיפים רכב בנזין/דיזל קונבנציונאלי, בעוד נמצא כי למשקי בית עם שני כלי רכב אין העדפה לרכב בנזין על פני כלי רכב אלטרנטיביים.
 - עלות הרכב – נמצא כי למחיר הרכב ולעלויות התפעול ישנה השפעה על משקי בית בעלי רכב אחד ושני כלי רכב. לעומת זאת, למשקי בית המחזיקים רכב יוקרה, למחיר השפעה הפוכה (כאשר המחיר גבוה יותר המוכנות לקנות אותו עולה).
 - טווח הנסיעה הינו משמעותי בבחירת רכב אלטרנטיבי במשק הבית, אך ה"ערך" שלו הולך ויורד ככל שטווח הנסיעה גדול יותר.
 - זמן טעינה – נמצא כי משקי בית לא מיחסים חשיבות רבה לזמן הטעינה, כנראה בגלל שהיא מתבצעת בד"כ בלילה בבית.

תוצאות מפורטות של המחקרים מוצגות בנספח.

במחקר נוסף של הצוות בשיתוף Torous, Bradley and Crane באותה השנה, פותח מודל ביקוש של ציי רכב לכלי רכב אלטרנטיביים בקליפורניה (כלי רכב חשמליים, גז ומתנול). המחקר התבסס על סקר ציי רכב בקליפורניה משנת 1994 ועל סקר SP. תחזיות המחקר מפורטות בלוח 2. באמצעות מודל בחירה בדידה (Discrete Choice Model) נאמדה בחירת הכלי רכב של ציי רכב על פי תכונות כלי רכב עתידיים היפותטיים. במחקר נמצא כי יחס התחלופה בין טווח הנסיעה של הרכב לעלות הרכב הוא \$80 לכל מייל בטווח. נמצא כי המפעילים של ציי הרכב רואים חשיבות גדולה בפזור של תשתיות תחנות הטענה/תדלוק. הם היו מוכנים לוותר על טווח נסיעה בתמורה ליותר פזור של תשתיות. ציי רכב ציבוריים היו רגישים יותר לעלות הרכב ונמצא גם כי הפחתה של פליטת מזהמים הינה גורם חשוב בניבוי הרכישות של הסקטור הציבורי. לעומת זאת, השיקול הסביבתי פחות חשוב לציי רכב בסקטור הפרטי והם מבססים את החלטתם יותר על צרכים פרקטיים.

לוח 2: תחזית התפלגות כלי רכב בציי רכב בקליפורניה

Fuel	Gasoline	Methanol	CNG only	CNG Dual	Electric
1995	98.86	0.43	0.67	0.01	0.03
1996	99.06	0.33	0.56	0.01	0.03
1997	95.70	0.41	2.24	1.16	0.48
1998	89.13	1.73	6.11	1.89	1.15
1999	83.40	2.97	9.25	2.60	1.77
2000	78.24	4.11	12.02	3.27	2.36
2001	73.82	5.16	14.30	3.83	2.89
2002	70.19	5.99	16.13	4.32	3.36
2003	67.21	6.70	17.59	4.73	3.77
2004	64.82	7.28	18.70	5.10	4.11
2005	63.11	7.79	19.48	5.27	4.35
2006	62.04	8.13	19.84	5.44	4.54
2007	61.33	8.42	20.04	5.53	4.69
2008	60.79	8.59	20.22	5.61	4.79
2009	60.32	8.83	20.33	5.66	4.87
2010	60.02	8.92	20.42	5.71	4.93

מקור: Golob, Torous, Bradley, Brownstone, Crane and Bunch, 1996

רב המחקרים המוקדמים יותר התרכזו בביקוש לכלי רכב חשמליים, אך מספר מחקרים ניסו להעריך בקושיים גם לכלי רכב אלטרנטיביים אחרים. אחד הידועים שבהם היה המחקר של Train משנת 1986, שהיה הרחבה למחקרים של Train (1980), Lave and Train (1979) שערך תחזית לפלח שוק של רכב חשמלי, רכב היברידי חשמלי/גז ורכב מימן. **מסקנת המחקר הייתה שבתרחיש הסביר ביותר, 2.3% מצי הרכב הפרטי יהיה רכב חשמלי עד לשנת 2000.** תוצאות דומות קיבלו Dickson and Walton (1977), אשר העריכו שימכרו 3.4 מיליון כלי רכב חשמליים בין השנים 1990-2000 (כ- 2.4% מכלל המכירות בתקופה) מחקרים נוספים שאפשר לציין הינם מחקר SRI (1978) המבוסס על מודל של Crow Ratchford (1977) החוזה את המכירות של כלי רכב חשמליים בארה"ב, Hensher (1982) שהתרכז בגמישויות ביקוש לרכב חשמלי בסידיני, אוסטרליה ומחקר של Bunch (1993).

מבין המחקרים בנושא בעלות על רכב אפשר לציין את Hensher et al (1992) ואת המחקר של Train (1986) אשר פיתח מודל התנהגותי, המבוסס על מאפייני משק הבית ומאפייני הרכב בכל קטגוריה לצורך ביצוע תחזית בעלות על רכב ונסועה שנתית לפי קטגוריות כלי רכב. ציי רכב גדולים הינם מועדמים טובים יותר לאימוץ טכנולוגיות חדשות Nesbitt (1993). המחקר התבסס על קבוצות מיקוד וראיונות במדגם קטן. בין היתר ניתן להסיק שמספר גדול של כלי רכב מאפשר יותר גמישות בהקצאה של כלי רכב למשימות השונות, אשר חלקן עשוי להתאים לכלי רכב חשמליים. כמו כן, לציים גדולים יש לעיתים אפשרויות להחזיק מתקני תדלוק או הטענה/החלפה משלהם באזורי החניה.

רגולציה

רגולציה העוסקת בנושא כלי רכב ירוקים התפתחה בעיקר ממניעים של הגנת הסביבה ומניעת זיהום. **קליפורניה**, הסובלת מאיכות האוויר הגרועה ביותר בארה"ב, הייתה בין החלוצות בחקיקת חוקים למגבלת זיהום אוויר הנגרם על ידי כלי רכב.

מהותה של עבודה זו אינו עיסוק בנושא מיסוי "רכב ירוק", ועל כן לא נציג סקירה רחבה של החוקים והתקנות במדינות שונות לעידוד השימוש ברכב לא מזהם או כלי רכב חשמליים, ובמקום זאת נציין מספר דוגמאות חשובות בהקשר של פרויקט הרכב החשמלי.

מאז שנות ה-80 ממשלת ארה"ב קידמה מכירת כלי רכב חשמליים באמצעות זיכוי מס. בשנת 1990, חייב הממשל בקליפורניה (CARB, California Air Resource Board) את יצרני הרכב הגדולים למכור כלי רכב חשמליים. בשנה זו פורסם הצו הממשלתי (Zero Emission Vehicle Mandate (ZEV), אשר בגרסתו המקורית קבע כי עד לשנת 1998 חייבים כל היצרנים הגדולים המעוניינים למכור כלי רכב בקליפורניה, למכור 2% כלי רכב בסטנדרטי Zero Emission, ו-10% עד לשנת 2003.

בעקבות לובי של יצרני הרכב וחברות הדלק ותביעות משפטיות שהגישו על פגיעה ברווחיותן והגבלת עיסוקן, בטלה CARB את חוק ה-ZEV באפריל 2003. CARB החליטה שבמקום לנסות לאכוף ללא הצלחה את החוק, עדיף לשנות אותו באמצעות שילוב של דרישות קטנות בהרבה של כמות רכבי ZEV (ומתרכזות בעיקר במחקר ופיתוח) וכמות גדולה יותר של כלי רכב בעלי זיהום מופחת כהגדרתם: partial zero-emission vehicles (PZEV), super ultra low emission vehicles (SULEV) אשר רמת הפליטה שלהם כעשירית מרכב רגיל.

על פי חוקי הממשל האמריקני הנוכחיים, על כל יצרנית מוטלת חובה למכור באמריקה מכוניות שצריכת הדלק הממוצעת של כולן ביחד איננה עוברת את רמת ה-27.5 מיילים לכל גאלון דלק. (11.7 ק"מ לליטר דלק בממוצע). אולם, יצרניות של מכוניות ספורט ויוקרה אינן מצליחות לעמוד בחובה הזו וכך נקנסת חברה כזו בשיעור של 5.5 דולר לכל הפסד ממוצע של עשירית מייל בצריכת הדלק, לכל מכונית. אצל מרצדס הגיעה השנה רמת הצריכה הממוצעת ל-24.8 מייל לגאלון (כ-10.5 ק"מ לליטר), חישוב החריגה הביא לקנס של עשרות המיליונים – שהוא הקנס הגבוה מסוגו בהיסטוריה האמריקנית.

בבריטניה כלי רכב חשמליים נהנים מפטור ממס Road Tax בגובה כ-100 שטרלינג לשנה, בהשוואה לרכב קונבנציונאלי ממוצע.

לממשלה **בישראל** כלים רבים לפיתוח רגולציה לעידוד שימוש בכלי רכב ירוקים בשל עומק המס הנוכחי על רכישה, אחזקה ושימוש ברכב פרטי.

בתקנות המיסוי הנוכחיות מעניקה הממשלה הנחה במס קנייה בעת רכישת רכב היברידי. מס קנייה של רכב רגיל עמד בשנת 2006 על 95% (כיום 79%) בעוד מס הקנייה על רכב היברידי הופחת ל-30%.

עיקרי ההמלצות ועדת מיסוי ירוק משנת 2007 קובעות:

- **מס קניה** - הפחתה של מס הקנייה על כלי רכב פרטיים בהדרגה לרמה של 60%. רוכשי "כלי רכב ירוקים" יקבלו זיכוי מס. המלצות הועדה קובעות גם להשוות בהדרגה את מס הקניה לרכבי בנזין/דיזל וכלי רכב היברדיים, כך שעד לשנת 2014 יעמוד המס על רמה של 60%. זיכוי/קנס ינתן לכלי רכב בהתאם לרמת

הזיהום שלהם על פי חלוקה לקבוצות זיהום. הועדה ממליצה על **מס קניה בגובה 10% בלבד על כלי רכב חשמליים**, אשר יעלה לכל היותר ל- 30% עד לשנת 2020, זאת כל עוד מכירות כלי רכב חשמליים יהוו פחות מ- 20% ממצבת הרכב.

- **מס על טעינת רכב חשמלי** – הועדה ממליצה להטיל מס על הטעינת כלי רכב חשמליים כך שישווה את עלות הנסיעה לעלות נסיעה של רכב בנזין/דיזל, מתוך מטרה שיהיה משתלם לקנות רכב חשמלי חדש אבל לא לנסוע בו הרבה קילומטרים.
- **הגדלת זקיפות הטבות על רכב צמוד** – כך שיגלמו את שווי שמוש נכון יותר.
- **אגרות שנתיות** – העלאת האגרות השנתיות בהדרגה לכלי רכב מקבוצות מחיר 1-3. קביעת אגרות שנתיות קבועות לכלי רכב המונעים בגפ"מ.

טכנולוגיה והתפתחויות בענף

רבים מבקשים למצוא אנרגיות חלופיות להנעת מכוניות - חשמל, מימן, גז טבעי, ביו דיזל והנעה היורידית. ישנם גם ניסויים ופיתוחים של כלי רכב מסוגים שונים המונעים באנרגיית רוח, שמש, אויר דחוס, כוח אדם וכדומה. בפרק זה נתאר את ההתפתחויות בפתוח טכנולוגיית הכלי רכב החשמלי והטכנולוגיות האלטרנטיביות העיקריות המפותחות בשנים האחרונות. הסקירה תתמקד בטכנולוגיות הבאות:

□ **רכב חשמלי**

□ **רכב היברידי**

□ **רכב מימן**

רכב חשמלי Electric Vehicle

רכב חשמלי Battery Electric Car or EV הוא רכב המונע באמצעות אנרגיה הנאגרת בבטריות נטענות. מכוניות חשמליות משתמשות במנוע חשמלי במקום במנוע בעירה פנימית. כלי רכב חשמליים כוללים מכוניות פרטיות, רכבי משא קלים, אופנועים, אופניים חשמליים, רכבי גולף למיניהם, מלגזות וכו'..

היסטוריה

לכלי רכב החשמליים היסטוריה ארוכה, המקדימה את רכבי הבנזין והדיזל. בין השנים 1832-1839, איש עסקים סקוטי בשם Robert Anderson המציא רכב מונע חשמל. גם Prof. Sibrandus Stratingth מהולנד המציא דגם אב-טיפוס עוד בשנת 1835. מספר ממציאים נוספים שכללו את הכלי רכב החשמליים הראשונים ויכולתם ודגמים נוספים הוצגו בשנים 1865 (Plante), 1881 (Camille Faure). בשנת 1899 שבר הרכב דמוי טיל של Camille Jenatzy את מחסום ה-100 קמ"ש.



בתחילת המאה ה-20 יצרנים רבים כמו Electric, Baker, Detroit, Edison יצרו כלי רכב חשמליים, אשר היו מוגבלים במהירותם לכ-30 קמ"ש והיו פופולריים בקרב נשות העשירים בערים הגדולות. פיתוחים טכנולוגיים בתחום הכלי רכב המונעים במנוע בעירה הפנימית, כמו המתנע החשמלי ב-1913 ופתוח דגמי T של פורד, הפכו כלי רכב אלו לפרקטיים יותר על חשבון פתוח הכלי רכב החשמליים.



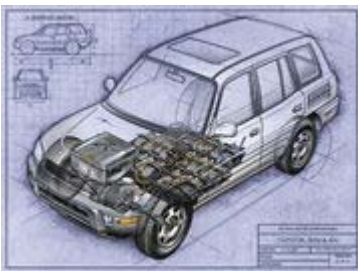
עד לסוף שנות ה-30 של המאה הקודמת, תעשיית הכלי רכב החשמליים כמעט ונעלמה. בעקבות פיתוחים טכנולוגיים באמצע המאה הקודמת, ובעיקר פיתוח הטרנזיסטור, החלו מאמצים חדשים בפיתוח דור חדש של כלי רכב חשמליים. החלוץ שבהם היה מודל 72-Volt של Henney Coachworks and National Union Electric Company אשר היה מסוגל לנוסע במשך שעה בבטריות מלאות והגיע למהירות של כ-100 קמ"ש. יצורו של הרכב הופסק בשנות 1961.

פיתוחים נוספים של GM בשנת 1966 (Electrovair), ובשנת 1976 (Electrovette) לא הפכו לכלי רכב מסחריים. בשנת 1990, חייב הממשל בקליפורניה (CARB), את יצרני הרכב הגדולים למכור כלי רכב חשמליים. בשנה זו פורסם גם הצו הממשלתי (ZEV), אשר בגרסתו המקורית קבע כי עד לשנת 1998 חייבים 7 היצרנים הגדולים למכור 2% כלי רכב בסטנדרטי Zero Emission, ו-10% עד לשנת 2003. היצרנים הגדולים החלו לפתח כלי רכב חשמליים, אשר נמכרו ללקוחות בעסקאות ליסינג, ובמקביל נלחמו היצרנים ביחד עם ארגוני הנפט בחוק החדש. כלי רכב שפותחו בתקופה זו: Chrysler TEVan, Ford Ranger EV, GM EV1 and S10EV, Honda EV plus, Nissan lithium-battery Altra EV miniwagon and Toyota RAV4 EV.

אחד הפתוחים הפופולאריים ביותר היה הרכב החשמלי GM EV1 אשר היה אהוב על בעליו ונמכר בהיקף של כ-1,000 יחידות החל משנת 1997. הרכב נמכר בעסקת ליסינג בלבד. בשנת 2003 GM בטלה את הפרויקט והחזירה את כל הכלי רכב, בטענתה כי לא יעלה בידה להפוך את יצור הרכב לרווחי בתוך לפחות 10 שנים. הפרויקט וביטולו הקימו מחאה גדולה בקרב הרוכשים ומעריצים אחרים והתפרסם גם בעקבות הסרט הדוקומנטרי **Who Killed the Electric Car?**



תיאור מפורט של הפרויקט יופיע בפרק נפרד.



פרויקט ZEV נכשל והממשל הקליפורני שינה את הנחיות החוק. כל הכלי רכב החשמליים נלקחו בחזרה על ידי היצרנים ורובם הושמדו. טיוטה הציעה את 328 הדגמים האחרונים של רכבי RAV4-EV לציבור בשנת 2002 ולזכותה יאמר שהיא ממשיכה לתמוך ולתחזק את הכלי רכב שבידי הציבור.

פיתוחים נוכחיים

בשנת 2006 היו כ- 60-76 אלף כלי רכב חשמליים מסוג Low Speed והערכות EDTA אומדות כ- 100 אלף כלי רכב חשמליים בארה"ב כיום.

חברת **Reva** ההודית פתחה רכב חשמלי קטן ממדים אשר נמכר בבריטניה ומדינות נוספות כרכב לכל דבר ואילו בארה"ב השימוש בו מוגבל לשימוש שכונתי במהירות נמוכה על פי הגדרתו כ Neighborhood Electric Vehicle.



בשנת 2006 הכריזו המפתחים Elon Musk and Martin Eberhard על יצור הדגם **Tesla Roadster**, המשתמש ב 6831 בטריות מסוג Lithium-Ion וביכולתו לגמוע מרחק של 245 מייל בין טעינה לטעינה. הרכב מאיץ ל- 100 קמ"ש בפחות מ- 4 שניות ומהירותו המרבית כ- 210 קמ"ש. בכוונת היזמים להתחיל במכירה בתחילת 2008. **Dodge ZEO** מתוצרת קרייזלר הוצגה בתערוכת דטרויט השנה כמכונית ספורט קונספט בעלת מנוע חשמלי בעל 268 כוחות סוס (200KW) ותאוצה מ-0 ל- 100 קמ"ש בפחות מ- 6 שניות. בתערוכה הוצגו גם דגמי קונספט חשמליים נוספים כמו **Jeep Renegade Chrysler ecoVoyager**.



בדצמבר 2007, 11 חברות הכריזו על תוכניותיהם למכור כלי רכב חשמליים לציבור הרכב בתוך כמה שנים:

- Aptera Motors מתכננת למכור כלי רכב חשמליים והיברדיים החל מסוף 2008
- Mitsubishi מתכננת למכור את דגם iMiev BEV בתחילת 2009
- Chevrolet Volt plug in Hybrid electric vehicle הינו



דגם היברידי שהמנוע העיקרי שלו הינו המנוע החשמלי ומתוכנן להימכר לציבור בשנת 2011

- בסובארו ורנו הכריזו על כוונתם למכור כלי רכב חשמליים.

לוח 3: התפתחות הכלי רכב החשמליים ונתונים נבחרים

Name	Comments	Production years	Number produced	Top Speed	Cost	Range
Baker Electric	The first electric car; it was reputedly easy to drive	1899–1915	?	14 mph 23 km/h	US\$2300 or €1,700	50 mi 80 km
Detroit Electric	Sold mainly to women and physicians.	1907–1939	<5000	20 mph 32 km/h	>US\$3,000 or €2,250 depending on options	80 mi (130 km)
Henney Kilowatt	The first modern (transistor -based) electric car and outfitted with modern hydraulic brakes.	1958–1960	<100	60 mph 97 km/h	?	?
Skoda Favorit ELTRA 151L & 151 Pick-Up	Czech-built (first electric car prog. for eastern block mfr.), exported to Europe and N. America. Lead acid batt. 15 kW-h pack nominal; 84 V system with regen.	1992-1994	<1100, perhaps 20 surviving	50 mph 80 km/h (limiter)	< US \$20,000, without subsidy	50 mi 80 km
General Motors EV1	For lease only, all recovered from customers by General Motors and most destroyed	1996–2003	>1000	80 mph 129 km/h	~ US\$40,000 or €30,000, without subsidies	160 mi 257 km
Honda EV Plus	First BEV from a major automaker without lead-acid batteries . 80–110 mi (130–180 km) range; 24 twelve volt NiMH batteries	1997–1999	~300	80+ mph 130+ km/h	US\$455 or €340/month for 36 month lease ; or \$53,000 or €40,000 without subsidies	?
Toyota RAV4 EV	Some leased and sold on US east and west coasts, supported. Toyota agreed to stop crushing.	1997–2002	1249	78 mph 125 km/h	US\$40,000 or €30,00 without subsidies	87 mi 140 km
Ford Ranger EV	Some sold, most leased; almost all recovered and most destroyed. Ford allowed reconditioning and sale of a limited quantity to former leaseholders by lottery.	1998–2002	1500, perhaps 200 surviving		~ US\$50,000 or €37,600; subsidized down to \$20,000 or €15,000	74 mi 119 km
Nissan Altra EV	Mid-sized station wagon designed from the ground up as the first BEV to use Li-ion batteries , 100,000+ mi (160,000 km) battery lifetime	1998–2000	~133	75+ mph 120+ km/h	US\$470/month lease only	120 mi 193 km
THINK City	Two seat, 85 km (52 mi) range , NiCd batteries . Next generation vehicle production planned for fall 2007.	1999–2002	1005	56 mph 90 km/h		53 mi 85 km

Name	Comments	Production years	Number produced	Top Speed	Cost	Range
Citroën Berlingo Electric/Peugeot Partner Electric	French-built van, several thousand built by PSA and sold under the Citroën and Peugeot brands. Fitted with NiCd batteries.	1996–2004	ca. 5000	60 mph 97 km/h	€15,000 new (without batteries, leased at €120/month). Available second hand in UK (some without battery lease)	60 mi @ 40 mph (97 km @ 64 km/h)
REVA	Indian-built city car (sold in England as the "G-Wiz").	2001–	>1800	45 mph 72 km/h	£8,000 , US\$15,000 or €11,900	50 mi 80 km
ZAP Xebra	Chinese built sedan and truck	2006–	500+	40 mph 64 km/h	\$10,000 or €7,500	40 mi 65 km

מקור: Wikipedia

עלויות

עלויות האחזקה של רכב חשמלי הינן זולות משמעותית מרכב בעל מנוע בעירה פנימית הן עקב כך שיצור אנרגיה חשמלית זול יותר מאנרגיית בנזין והן עקב כך שברכב חשמלי ישנם הרבה פחות חלקים ומערכות. עלות יצור האנרגיה ברכב בנזין גבוהה פי 3-6 מרכב חשמלי. הכלי רכב החשמליים גם יעילים מאוד בשמירה על אנרגיה, כאשר בחלקם נעשה שמוש באנרגיה הנוצרת בבלימה. לעומת זאת, עלות הבטריות הינה גבוהה ומהווה עיקר עלות ההון ברכב חשמלי, אשר תלויה גם בין היתר באורך החיים של הסוללה.

תעשיית הרכב נהנית בעקיפין מההאצה בפתוח טכנולוגיית הבטריות, אשר דורבנה בעיקר על ידי הרצון לפתח ולשפר מחשבים ניידים. הצפי הוא כי עלויות יצור הבטריות ילך ויקטן, כאשר תרומה גדולה לכך עשויה להיות מעבר ליצור סדרתי של כלי רכב חשמליים בהיקפים גדולים.

בטריות

טכנולוגיה של בטריות נטענות בשימוש בכלי רכב חשמליים כוללות:

[lead-acid](#) ("flooded" and [VRLA](#)), [NiCd](#), [nickel metal hydride](#), [lithium ion](#), [Li-ion polymer](#), and, less commonly, [zinc-air](#) and [molten salt](#) batteries

בעוד בטעינה רגילה מהרשת הביתית נדרשות 6-8 שעות לטעינה מלאה, ישנם פיתוחים של מטענים המסוגלים לטעון בטריות בכמה דקות. בשנת 1997 פורד רכשה מערכת הטענה מהירה בשם PosiCharge, אשר הייתה מסוגלת להטעין בטריות מסוג lead-acid בתוך 6-15 דקות. ב-1998 GM פתחה את מערכת ה-Magne Charge אשר הטעינה בטריות מסוג NiMH בתוך 10 דקות וספקה טווח נסיעה של 60-100 מייל. בשנת 2007, פיתוח בטריות מטכנולוגיית NanoSafe אשר יכולות להטען ל-95% קיבולת בתוך פחות מעשר דקות.

רכב היברידי Hybrid Vehicle

רכב היברידי הינו רכב המונע באמצעות **לפחות שני מקורות אנרגיה**. הטכנולוגיה העיקרית של כלי רכב היברידיים קונבנציונאליים הינה רכב המונע בדלק (מנוע בעירה פנימי או תאי דלק) המשולב במערכת טעינה חשמלית. המקובל ביותר הינו רכב המונע באמצעות מנוע בעירה פנימית המשולב עם מנוע חשמלי (HEV) Hybrid-Electric Vehicle. בנוסף ישנם גם כלי רכב המונעים בדלק ובעלי יכולת הנעה באמצעות אנרגית רוח, אמצעים דו-גלגליים (כגון אופניים, קורקינטים..) המונעים באמצעות חשמל וכוח אדם וכו'..

כלי רכב היברידיים חסכוניים יותר בצריכת דלק וכתוצאה מכך גם בפליטה ישירה של מזהמים. אלה מושגים באמצעות המאפיינים העיקריים ברכב ההיברידי טיפוסי:

- **שימוש בשני המנועים** (חשמל ובנזי או דיזל) כאשר יש צורך בשיא הכוח. בצורה כזו ניתן להשתמש במנוע בנזין/דיזל קטן יותר, כדי להשיג את הביצועים הנדרשים בזמן פעילות ממוצעת.
 - כבוי המנוע הבנזין/דיזל ושימוש במנוע החשמלי בזמן עצירות, נסיעה עירונית או כלי רכב
 - אגירת אנרגיה הנוצרת בזמן הבלימה
 - קיבולת אחסון גבוהה של האנרגיה בבטריות בתוך הרכב
- לכלי רכב היברידיים יתרונות בעיקר בנסיעה עירונית. פרט לפליטת המזהמים הנמוכה יותר, הכלי רכב היברידיים גם שקטים יותר בזמן פעילות המנוע החשמלי.

טכנולוגיה היברידית

אפשר לחלק את הטכנולוגיה ההיברידית למספר סוגים:

- כלי רכב משולבים חשמל ובנזין/דיזל Hybrid Electric Petroleum Vehicles
- כלי רכב המשלבים שני סוגי דלקים Hybrid Fuel – למשל שילוב של דיזל וביו-דיזל
- דור חדש של רכב היברידי חשמלי עם אפשרות טעינת רשת – Plug-in Hybrid Electrical Vehicles



פיתוחים נוכחיים

כלי רכב היברידיים מיוצרים כיום בהיקף משמעותי לציבור הרחב. בישראל נמכרו ב-11 החודשים הראשונים של 2007 כ-1,700 כלי רכב היברידיים. מספר דוגמאות מייצגות לכלי רכב היברידיים, אשר נמכרים כיום בישראל:

- רכב היברידי **Toyota Prius** שנמכר בהיקף רחב בארה"ב וגם בהיקפים מרשימים בישראל (בשנת 2007 נמכרו כ-1,000 כלי רכב בישראל). הרכב נמכר בישראל במחיר של 150-160 אלף ש"ח וכולל מנוע בנזין בנפח 1,497 סמ"ק משולב עם מנוע חשמלי עם נתוני צריכת דלק של 23.8 ק"מ לליטר בנסיעה עירונית (נתוני יצרן). בדגמים החדשים ניתן יהיה לטעון את המצברים גם מרשת החשמל הביתית.
- כלי רכב היברידיים יוקרתיים של **Lexus** כוללים מספר דגמים, כאשר דגם SUV ההיברידי RX נמכר בארץ כבר בימים אלו במחיר של 470 אלף ש"ח ובכוונת היבואן לייבא גם את דמי ה-LS ו-GS ההיברידיים לקראת סוף 2008.

- דגם היברידי של **Honda Civic** נמכר בישראל במחיר של כ-150 אלף ש"ח. הדגם כולל מנוע בנזין בנפח 1,339 סמ"ק ומנוע חשמלי עם הספק משולב של 115 כ"ס. צריכת הדלק המשולבת בנסיעה עירונית/בינעירונית הינה 21.7 ק"מ לליטר (נתוני יצרן). הונדה מכרה קרוב ל-160 אלף מכוניות היברידיות בכל רחבי העולם עד לסוף 2006. בישראל מכרה הונדה כ-600 כלי רכב היברידיים בשנת 2007 (עד חודש נובמבר).



דוגמאות לכלי רכב היברידיים בישראל

		
Lexus RX Hybrid		Toyota Prius Hybrid

בתחום הרכבות, בשנת 2007 הציגה General Electric אב-טיפוס של קטר עם טכנולוגיית "Ecomagination" אשר לטענתם יסייע בחיסכון של 10% בצריכת הדלק. העיקרון מבוסס על שמירת האנרגיה הרבה הנוצרת בעת עזירה או ירידה הרכבת במורד באמצעות בטריות מסוג Nickel Chloride .

טכנולוגיה היורידית מתפתחת גם עבור משאיות ואוטובוסים. דוגמאות לפיתוח כלי רכב היברידיים (מבלי להרחיב):

- FedEx המתכוונת לשלב כלי רכב היברידיים במערך ההפצה שלה
- חברת המשאיות Kenworth הציגה משאית חשמלית היורידית מדגם Kenworth T270
- אוטובוס היברידי New Flyer Metrobus
- פיתוח כלי רכב היברידיים לשימוש במערכות BRT של Phileas, New Flyer, Nabi, Wright bus, Solaris

	
Peterbilt and Eaton Concept Hybrid Semi Truck	New Flyer Hybrid Bus in Kelowna Canada

רכבי מימן Hydrogen Vehicle

- רכב מימן משתמש במיכל מימן ברכב ליצירת אנרגיה. הטכנולוגיות הקיימות לשימוש במימן בכלי רכב מתחלקות ל:
- בעירה פנימית **Combustion** – המימן משמש לבעירה במנוע בדומה לטכנולוגית בעירה של מנועי בנזין ודיזל.
 - תאי דלק **Fuel Cell** - המימן יוצר תגובה כימית עם חמצן ליצירה של מים ואנרגיה חשמלית, המניעה מנוע חשמלי ברכב.

ישנם כלי תחבורה רבים המונעים במימן, בד"כ בעלות גבוהה מאוד: מכוניות, אוטובוסים, אופנועים, מטוסים, צוללות וטילים.

הנשיא בוש הכריז בנאום State of the Union בשנת 2003 על היוזמה האמריקאית לקידום רכבי מימן כטכנולוגיה זולה וזמינה לציבור.

למרות זאת, ישנן בעיות טכנולוגיות, כלכליות וטכניות רבות ליצור ושימוש המוני בכלי רכב המונעים בטכנולוגיית מימן. מומחים סבורים ששימוש כזה יהיה אפשרי לכל המוקדם ב-2020 ויתכן אף שהטכנולוגיה לא תהיה דומיננטית ועשויה אף להעלם במהלך השנים. חלק מהמומחים סבורים כי טכנולוגיה זו לא תוכל להתחרות בכלי רכב החשמליים.

ייצור ואחסון מימן

ייצור מימן יכול להיעשות במגוון שיטות:

- שיטות תרמו-כימיות תוך שימוש בגז טבעי, פחם (Coal Gasification), ביו-מס (Biomass Gasification)
- בתהליך Thermolysis או כתוצר של תהליך Biological Hydrogen Production
- ייצור ממים בתהליך אלקטרוליזה
- שיטה חדשנית ליצור מימן מאור שמש ומים באמצעות Metallic Catalyst אשר עשויה להיות ידידותית לסביבה וגם כלכלית נמצאת בשלבי פתוח

אפשרויות האחסון של המימן מתחלקות לשתיים: דחיסה (Compression) ו-Metal Hybrid. חלק מתהליכי הייצור המשתמשים בעיריה של דלק לסוגיו, גורמים לפליטה רבה של מזהמים, בהיקף גדול יותר מאשר זהו הנגרם ממנוע בעירה פנימית המונע בבנזין. תהליכי יצור ידידותיים יותר עדיין אינם כדאיים כלכלית בהיקפים גדולים.




קשיים ואתגרים בשימוש בתאי דלק Fuel Cells

תאי הדלק יעילים מאוד ביצור אנרגיה אך ישנן מספר בעיות ואתגרים בשימוש בהם. פרופ' Joseph Brum, כותב הספר "הבהלה למימן" טוען כי סבירות של שימוש המוני ברכבי מימן הינה קטנה והוא מונה את הסיבות להלן:

- עלות ייצור גבוהה של תאי דלק – העלות צפויה לרדת עקב פיתוחים טכנולוגיים אך עדיין יצור הטכנולוגיה יקר בהרבה מאלטרנטיבות של מנועי בנזין וחשמל. עלות ייצור כלי רכב בטכנולוגיית Fuel Cell הינה כ-1,000,000 דולר.
- מזג אוויר וטמפרטורה – תאי דלק יוצרים מים וישנם קשיים בפתוח הטכנולוגיה כך שתוכל לפעול בטמפרטורות נמוכות ובמצבי קיפאון.
- אורך חיים – אורך חיים של תאי דלק בתנאי עבודה מגיע לכ-2000 שעות והינו פחות מחצי מהסטנדרט של כ-5,000 שעות בטכנולוגיות אחרות.
- מימן יקר מדי - עלויות הפקת מימן ויצור מימן ממקורות מתחדשים עשוי לשפר את איכות הסביבה. מחקרים מראים ששימוש במימן ממקורות לא מתחדשים, עשוי לגרום להקטנה בחלק מגזי החממה והגדלה של אחרים, לעומת שימוש במקורות מתחדשים, אשר לו תרומה להפחתת הזיהום הסביבתי. היקף השימוש במקורות מתחדשים קטן עקב עלויות גבוהות יותר.
- תשתיות - צריך להקים תשתיות חדשות ל"תדלוק" מימן. ההערכה היא כי בארה"ב בלבד נדרש להקים כ-10-20 אלף תחנות לתדלוק מימן כדי שאפשר יהיה לספק שרות סביר לציבור שרוכש מכוניות כזו.
- אין מספיק מקום לאגור מימן בכלי רכב כך שיהיה קשה לספק טווח נסיעה גדול

פיתוחים נוכחיים

רב רכבי המימן נמצאים בשלבי פיתוח ואינם זמינים לשימוש הציבור הרחב. BMW ו HONDA הודיעו כי וכוננתם לשווק כלי רכב המבוססים על תאי-דלק FC במהלך שנת 2008.

		
<p>Mercedes-Benz Citaro fuel-cell bus in Aldwych, London, Ontario</p>	<p>Honda FCX</p>	<p>Hydrogen powered Ford Focus</p>

הונדה מתהדרת בפתוח דגם ה FCX החדש בעל טווח נסיעה של 570 ק"מ היעיל ב- 30% יותר מהדגם הקודם, מפיך כ- 127 כוחות סוס ולרשותו גם מערכת התנעה חדשה היעילה גם בטמפרטורה של מינוס 30 מעלות צלזיוס. מיכל הצבירה מכיל 171 ליטר בלחץ 350 אטמוספרות. הונדה מתכוונת בשלב זה להציע את הדגם FCX לציבור בקיץ 2008 בלוס אנג'לס בעיסקת ליסינג בלבד.

דוגמאות לפיתוחים של רכבי מימן:

- [BMW](#) – The *BMW Hydrogen 7* is powered by a dual-fuel [Internal Combustion Engine](#) and with an Auxiliary power based on [UTC Power](#) fuel cell technology. The *BMW H2R* speed record car is also powered by an [ICE](#). Both models use [Liquid Hydrogen](#) as fuel.
- [Daimler AG](#) – *F-Cell*, a hydrogen fuel cell vehicle based on the [Mercedes-Benz A-Class](#).
- [Ford Motor Company](#) - *Focus FCV*, a hydrogen fuel cell modification of the [Ford Focus](#), and E-350 buses, which began being leased in late 2006.
- [General Motors](#) – multiple models of fuel cell vehicles^[34] including the [Hy-wire](#) and the HydroGen3
- [Honda](#) - currently experimenting with a variety of alternative fuels and fuel cells with experimental vehicles based on the [Honda EV Plus](#), most notable the *Honda FCX*, powered by a front-mounted 80 kW AC electric motor, with 20 kW pancake motors providing supplemental power to the rear wheels. Electrical energy is provided by a 100 kW hydrogen [fuel cell](#), with regenerative braking energy stored in [ultracapacitors](#). The first production version of the FCX, dubbed the *FCX Clarity*, was announced at the 2007 [Greater Los Angeles Auto Show](#). The vehicle is

expected to be available in limited numbers for lease only in the Los Angeles area. mid-2008.^[35] In November 2007, Honda announced its new Home Energy Station IV that uses steam reforming of natural gas to derive hydrogen from both the steam and natural gas in equal parts. The Home Energy Station IV is 75-percent smaller than older units and provides hydrogen for a car as well as heat and electricity for the home.

- [Hyundai](#) – *Tucson FCEV*, based on [UTC Power](#) fuel cell technology
- [Mazda](#) - *RX-8*, with a dual-fuel (hydrogen or gasoline) rotary-engine^[36]
- Mazda - [Mazda Premacy Hydrogen RE Hybrid](#), with a dual-fuel (hydrogen or gasoline) rotary-engine^[37]
- [Nissan](#) – *X-TRAIL FCV*, based on [UTC Power](#) fuel cell technology.
- [Morgan Motor Company](#) - *LIFECar*, a performance-oriented hydrogen fuel cell vehicle with the aid of several other British companies
- [Toyota](#) - The *Toyota Highlander FCHV* and *FCHV-BUS*^[38] are currently under development and in active testing. In November 2007, ten new hydrogen powered Prius cars were delivered to three companies in Iceland by VISTORKA, a shareholder in Icelandic New Energy.

טכנולוגיות אחרות

חברת MDI הצרפתית פיתחה מנוע ההופך את לחץ האוויר לאנרגיה קינטית המסובבת את הגלגלים. המכונית הראשונה שתשתמש בטכנולוגיה החדשה, MiniCAT, תיוצר בקרוב על ידי טאטא ההודית שהציגה באחרונה את המכונית העממית שלה שמחירה 2,500 דולר בלבד.

מנוע האוויר הדחוס מפיק 25 כ"ס ו-6.3 קג"מ, כוח מספיק כדי להניע את המכונית הקלה (700 ק"ג) ברחובות הערים. טווח הנסיעה עומד על 200 ק"מ ואחריו יהיה אפשר להפעיל מדחס שיטעין את המכונית תוך חמש שעות בלבד, או למלא אוויר דחוס בעזרת מתקן ייעודי. מועד תחילת הייצור עדיין אינו ברור.

תוכנית EV1 קליפורניה – case study

הרקע - חוקי Zero Emission בקליפורניה

קליפורניה, הסובלת מאיכות האוויר הגרועה ביותר בארה"ב, הייתה בין החלוצות בחקיקת חוקים למגבלת זיהום אוויר הנגרם על ידי כלי רכב.

בשנת 1990, חייב הממשל בקליפורניה (**CARB**) את יצרני הרכב הגדולים למכור כלי רכב חשמליים. בשנת 1990 פרסם CARB צו ממשלתי (**ZEV**) Zero Emission Vehicle Mandate, אשר בגרסתו המקורית קבע כי עד לשנת 1998 חייבים כל היצרנים הגדולים המעוניינים למכור כלי רכב בקליפורניה, **למכור 2% כלי רכב בסטנדרטי Zero Emission**, ו-10% עד לשנת 2003.

תוכנית EV1

באמצע שנות ה-90 פתחו GM, ויצרניות רכב אחרות, כלי רכב חשמליים במטרה לעמוד בחוקים החדשים.



GM פתחה רכב חשמלי חדשני, אשר הוצע בעסקת ליסינג לציבור בקליפורניה ואריזונה בלבד, **החל משנת 1997**. באריזונה נקרא הרכב **Saturn** על שם הסוכנות ששיווקה אותו, אך ברבות הזמן הפך שמו ל **EV1**. בעקבות החוק, יצרניות נוספות החלו לספק כלי רכב חשמליים בקליפורניה ביניהן טויוטה, ניסן והונדה. כל הכלי רכב החשמליים הוצעו במסגרת **עסקת ליסינג בלבד**, ללא אפשרות רכישה של הציבור.

GM טוענת שהשקיעה **בפיתוח ושוק הרכב מעל מיליארד דולר**, מהם כ- 500 מיליון דולר בפתוח ויצור בלבד. התוכנית הייתה הניסיון הרחב ביותר שנעשה בסוף המאה ה-20 לפתח ולשווק רכב חשמלי לשוק הרכב הפרטי בצורה מסחרית.

מאפייני EV1

הרכב הוצע לציבור בעסקת ליסינג במחיר US\$299-US\$574 לחודש, המבוסס על מחיר רכב של **US\$33,995**. GM טוענים כי העלות הכוללת לרכב הייתה כ- US\$80,000 כולל הוצאות הפיתוח והשיווק של הכלי רכב. לא ניתנה לציבור אפשרות לרכוש את הרכב בתום תקופת הליסינג, בה הרכב אמור היה לחזור לידי GM. **עלות הטעינה בחשמל הייתה כשליש מעלות השימוש בדלק.**

EV1 נבנה כרכב חשמלי יעודי ולא הוסב מדגם אחר. GM השתמשה בפיתוח בטכנולוגיות חדשניות רבות:

- [Aluminium](#) frame
- Dent resistant side panels
- [Anti-lock brakes](#)
- [Traction control](#)
- [Heat pump](#) (Heater/AC)
- [Keyless entry](#) and [keyless ignition](#)
- Special one-way thermal glass to allow for better heat rejection
- [Regenerative braking](#)
- Very low [drag coefficient](#) - $C_d \sim 0.19$, $C_d A \sim 0.36 \text{ m}^2$ (3.95 ft²)
- Super light [magnesium alloy wheels](#)
- Self-sealing & low [rolling resistance](#) tires (developed by [Michelin](#))
- Automated tire pressure loss warning system
- [Magnesium](#) framed seats
- Time programmable [HVAC](#) (cabin heating or cooling) settings

הדור הראשון של הכלי רכב בעל 26 בטריות מסוג **Delco Lead Acid** היה בעל טווח נסיעה של 90-120 ק"מ בטעינה מלאה, ו-120-160 ק"מ עם דור שני של בטריות מסוג **Panasonic Lead Acid**.
מכוניות מהדור השני, בעלי בטריות מסוג **Nickel Metal Hydride** משנת 1999, היו בעלי **טווח נסיעה של 120-240 ק"מ זמן טעינה 8 שעות בטעינה רגילה.**

הרכב היה מהיר. מבחן שבוצע לדגם אב-טיפוס הגיע **למהירות שיא של 295 קמ"ש**. בכלי רכב המסחריים הוגבלה המהירות המרבית בצורה אלקטרונית לכ-130 קמ"ש.
לרכב היה מקדם גרר נמוך ביותר – 0.195 לעומת מכונית קונבנציונלית עם מקדם גרר בתחום 0.3-0.4.
זמן התאוצה מ-0 ל 100 קמ"ש כ-8 שניות.

GM הוציאה מספר דגמים המבוססים על EV1 בטכנולוגיות שונות. ביניהם:
electric version and [fuel cell](#), [series hybrid](#)/electric [gas turbine](#), [parallel hybrid](#)/electric [diesel](#) version [internal combustion engine](#) low emission [compressed natural gas](#)

הציבור אהב את הרכב. מועדוני משתמשים תומכים ומעריצים הוקמו ונאספו רשימות של סלבריטאים ופעילים אחרים המעוניינים לרכוש רכב חשמלי. משתמשי הרכב ציינו את התכונות הבאות שאהבו ברכב EV1:

- השימוש בחשמל זול יותר
- נוחות – אין צורך להגיע לתחנת דלק, פשוט טוענים את הרכב בבית
- העיצוב מודרני ואטרקטיבי
- הרכב שקט
- הרכב לא פולט מזהמים ונעים לחשוב שאתה מסייע לשמירה על הסביבה

GM מסרה מסרה כ-1,000 רכבי EV1 עד לביטול התוכנית בסוף שנת 2003.

בדיון מכריע ב-24 באפריל 2003 שינתה CARB את חוק ה-ZEV. בסוף שנת 2003, הודיעה GM על ביטול התוכנית והחזירה את כל הכלי רכב לידיה. מאוחר יותר התברר כי GM השמידה את רב הכלי רכב באתר הניסויים שלה במסה, אריזונה.

מי הרג את הרכב החשמלי

בסרט התיעודי "Who Killed the Electric Car" משנת 2006 מתועדת תוכנית הרכב החשמלי בקליפורניה, תוך ניסיון לנתח את דעת הקהל ומעורבים בדבר והגורמים לכישלון התוכנית וסיום השימוש ברכב החשמלי בקליפורניה. בתוכנית הועלו הטענות הבאות לגבי האשמים בחיסול תוכנית הרכב החשמלי בקליפורניה:

□ **הציבור** – תוכנית הכלי רכב החשמליים בקליפורניה הייתה תוכנית חלוצית במסגרתה שוקו לראשונה באופן מסחרי כלי רכב חשמליים בהיקף משמעותי. למרות זאת, התוכנית של CARB להגיע ל-2% מכוניות חשמליות (Zero Emission) בקליפורניה עד לשנת 2000, מעולם לא הושגה. בפועל נמסרו לציבור פחות מאלפיים כלי רכב חשמליים. חברות הרכב טענו שאין מספיק ביקוש לרכב. תומכי התוכנית מקרב הציבור טענו שחברות הרכב לא פרסמו את התוכנית ולא רצו למכור יותר במטרה ל"הרוג" את התוכנית.

□ **יצרני הרכב – GM** וחברות הרכב הואשמו בכך שרצו לקבור את החוק ואת הרכב החשמלי משיקולים כלכליים. לכלי רכב החשמליים פחות חלקים ועלויות האחזקה היו נמוכות מאוד זה כנראה לא התאים לשיקולי הרווח של החברות הגדולות. **בשנת 1995 שכרו חברות הרכב צוות PR שימצאו דרך להרוג את חוקי ה ZEV למרות שמצאו כי לרכב יש ביקוש**. GM טענה שאין ביקוש לרכב ולכן היא לא מוצאת שתוכל להפוך את יצורו לכדאי גם בעוד 10 שנים. בפועל, תומכי התוכנית אספו למעלה מ-4,000 חתימות של אנשים המוכנים לרכוש את הכלי רכב. **יצרני הרכב הפעילו לחץ פוליטי והגישו תביעות משפטיות נגד CARB** עד אשר השיגו את מבוקשן – שינוי חוקי הפליטה אשר חייבו אותן ליצר כלי רכב חשמליים. טענות בעלי הכלי רכב בתוכנית נגד GM היו שזו לא אפשרה מעולם לרכוש את הכלי רכב וכן, לאחר שהחליטה על ביטול התוכנית, **אספה את כל הכלי רכב והשמידה אותם**. תומכי התוכנית הקימו משמרות מחאה בפתח GM והציעו 1.9 מיליון ש"ח לרכישת 78 המכוניות האחרונות שהמתינו לגורלן במגרש הגרוטאות של החברה. החברה לא הגיבה והמכוניות נשלחו להריסה.

□ **חברות הנפט – חברות הנפט** הואשמו שהקימו יד אחת עם יצרני הרכב כדי להפעיל לחץ פוליטי ומשפטי על CARB כדי לשנות את החוק ולהפסיק את פיתוח הרכב החשמלי ומכירתו. חברות הנפט הרוויחו בשנים האחרונות סכומים עצומים מעליית מחירי הנפט וקידום הרכב החשמלי אינו נמצא בראש מעיניהן...

□ **הממשל האמריקאי – חוקי ה CARB** משנת 1990 חייבו מכירת כלי רכב חשמליים. שינוי עמדת הממשל בתקופת כהונת הנשיא בוש ולחץ מצד יצרני הרכב, הביא את ממשל בוש להכרזה על פיתוח רכבי מימן במענקים ממשלתיים. הטענות נגד הממשל היו:

□ **הממשל הפדראלי החליט על קידום פיתוח רכב מימן**, אשר מומחים רבים טוענים שעתידי הכלכלי רחוק ואולי אף לא יהיה לעולם הטכנולוגיה הבאה, בעיתוי בו הרכב החשמלי כבר בשימוש בקליפורניה, **מתוך כוונה לעצור את המשך פיתוח הרכב החשמלי והגנה על תעשיית הנפט והרכב**.

□ **בדיון הגורלי שנערך ב CARB** ברשות Allen Lloyd באפריל 2003 הוחלט שבמקום לנסות לאכוף ללא הצלחה את החוק, עדיף לשנות אותו באמצעות שילוב של דרישות קטנות בהרבה של כמות רכבי ZEV (ומתרכזות בעיקר במחקר ופיתוח) וכמות גדולה יותר של כלי רכב בעלי זהום מופחת. **הטענות נגד CARB אומרות ששינוי החוק נעשה בעקבות לחצים ותביעות של חברות הרכב, אשר השתמשו בטקטיקות הרגילות שלהן: שכנוע שאין ביקוש ולכן אין טעם ליצר את המכסות בחוק, אי אפשר ליצר, לא כלכלי, וכו'.** נטען כי בדיון ניתן זמן רב לחברות הרכב להציג את טענותיהן אבל רק 3 דקות למומחים התומכים בהמשך פיתוח הרכב החשמלי ובהשארת חוקי ZEV. אחת הביקורות הקשות הייתה על כך שמומחים מטעם חברות הרכב "מכרו" בחסות סיוע הממשל את פתרון רכב המימן כדי להרדים את חוקי ZEV.

מחקר

Forecasting Electric Vehicle Ownership and Use in the
California South Coast Air Basin
Golob, Brownstone, Bunch and Kitamura, 1996

תוצאות מפורטות

באמצע שנות ה-90 נערכו בקליפורניה סדרת מחקרים לצורך ביצוע תחזיות ביקוש לכלי רכב אלטרנטיביים. המחקרים בוצעו על ידי צוותי חוקרים מ- Institute of Transport Studies, UCI עבוד Southern California Edison Company במטרה לבצע תחזיות שנתיות של ביקוש לכלי רכב לפי סוג הרכב ואזור גיאוגרפי. בנוסף, נעשו במחקר גם תחזיות נסועה לכל הכלי רכב ותחזיות ביקושים לטעינה של כלי רכב חשמליים לאורך שעות היום.

צוות החוקרים Brownstone, Bunch, Golob and Ren פתחו מודל בחירת רכב אשר התבסס על סקר העדפות מוצהרות (SP) בקרב 4747 משקי בית בקליפורניה. המודל הינו חלק ממערכת מיקרו סימולציה שפותחה לצורך ביצוע מגוון התחזיות הנדרשות כפי שתואר לעיל. לוחות מפורטים מהמחקר מופיעים בנספח להלן.

מחקרים ותחזיות נוספות נערכו באותה השנה על ידי הצוות Golob, Brownstone, Bunch and Kitamura. מחקר נוסף של הצוות בשיתוף החוקרים Torous, Bradley and Crane באותה השנה, פותח מודל ביקוש של ציי רכב לכלי רכב אלטרנטיביים בקליפורניה (כלי רכב חשמליים, גז ומתנול). המחקר התבסס על סקר ציי רכב בקליפורניה משנת 1994 ועל סקר SP.

לוחות מפורטים מהמחקרים מופיעים בנספח להלן.
ליתר פרוט ניתן לעיין בפרסומים:

Brownstone D., D.S. Bunch, T.F. Golob and W. Ren (1996), A Transaction choice model for forecasting demand for alternative-fuel vehicles, ITS - University of California, Irvine, CA

Bunch D.S. and A. Bradley, T.F. Golob, R. Kitamura and G.P. Occhiuzzo (1993), demand for alternative vehicles in California, Discussion paper for the Duke International Symposium on Choice Modeling and behavior, July.

Golob T.F, D. Brownstone, D.S. Bunch and R. Kitamura (1996), Forecasting electric vehicle ownership and use in California South Coast air basin, submitted to the southern California Edison Company, ITS - University of California, Irvine, CA.

Golob T.F, J. Torous, M. Bradley, S.S. Crane and D.S. Bunch (1996), Commercial fleet demand for alternative-fuel vehicles, ITS - University of California, Irvine, CA.

מודל הבחירה מכיל על בסיס **סקר SP** שנערך בשנת 1993 על פני 79 אזורים (ברובם עירוניים) בקליפורניה והקיף 4747 משקי בית שמלאו את השאלון במלואו וכנדרש. דוגמא לשאלון בסקר מופיעה בהמשך הנספח.

ישנם ארבעה סוגי כלי רכב בכל שאלון: בנדזין, גז (CMG), מתנול ורכב חשמלי. בכל שאלה בסקר SP הופיעו 3 סוגי כלי רכב, ובכל סט בחירה היו 6-7 תכונות של הרכב, כאשר הנשאלים התבקשו להניח שכל יתר התכונות זהות בין כל הכלי רכב.

מודל הבחירה מבחין בין משקי בית בעלי רכב אחד למשקי בית בעלי שני כלי רכב. מודל הבחירה מדמה בחירה באחד משלוש האפשרויות: הוספת רכב, החלפת רכב, מכירת רכב (ללא החלפה). המודל מניח מצב בסיסי של מצבת רכב בכל משפחה על פי הסקר. מאפייני המשפחה (מספר נפשות, גיל סטטוס, הכנסה וכו') מחושבים במודל על פי הממצאים מהסקר. על פי הסימולציה, המודל מעריך בכל תקופה (חצי שנה), את הפעילות שמשק הבית ביצע לגבי רכישה או החלפה של רכב, כמתואר בלוח להלן.

Figure 1: Personal Vehicle Submodel

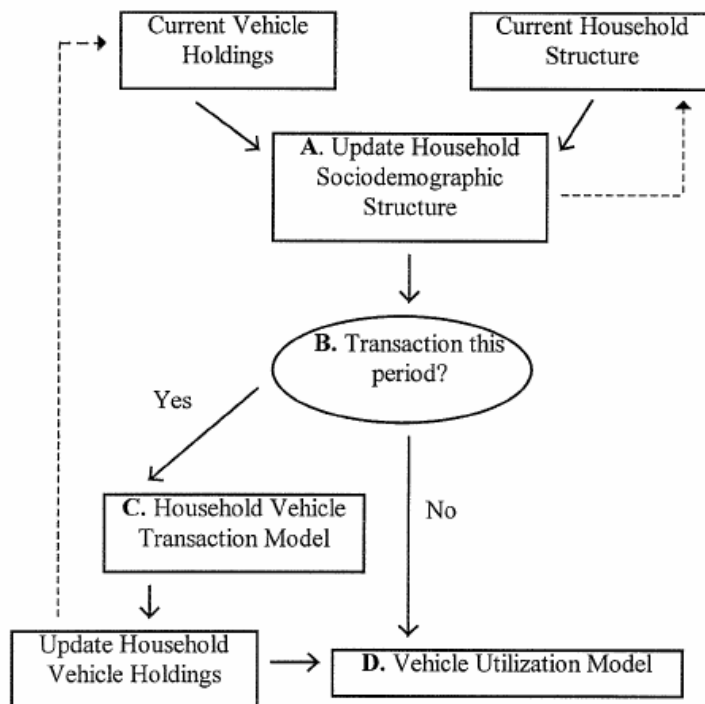


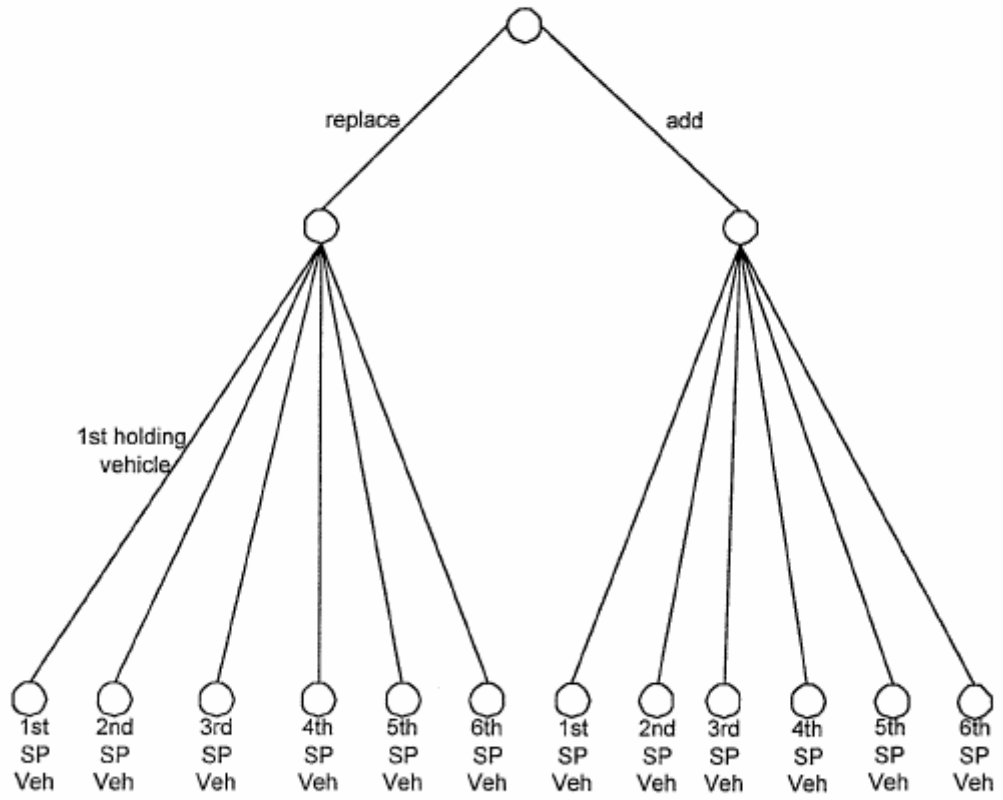
Figure 2. One-Vehicle Household Transaction Tree

Figure 3. Two-Vehicle Household Transaction Tree

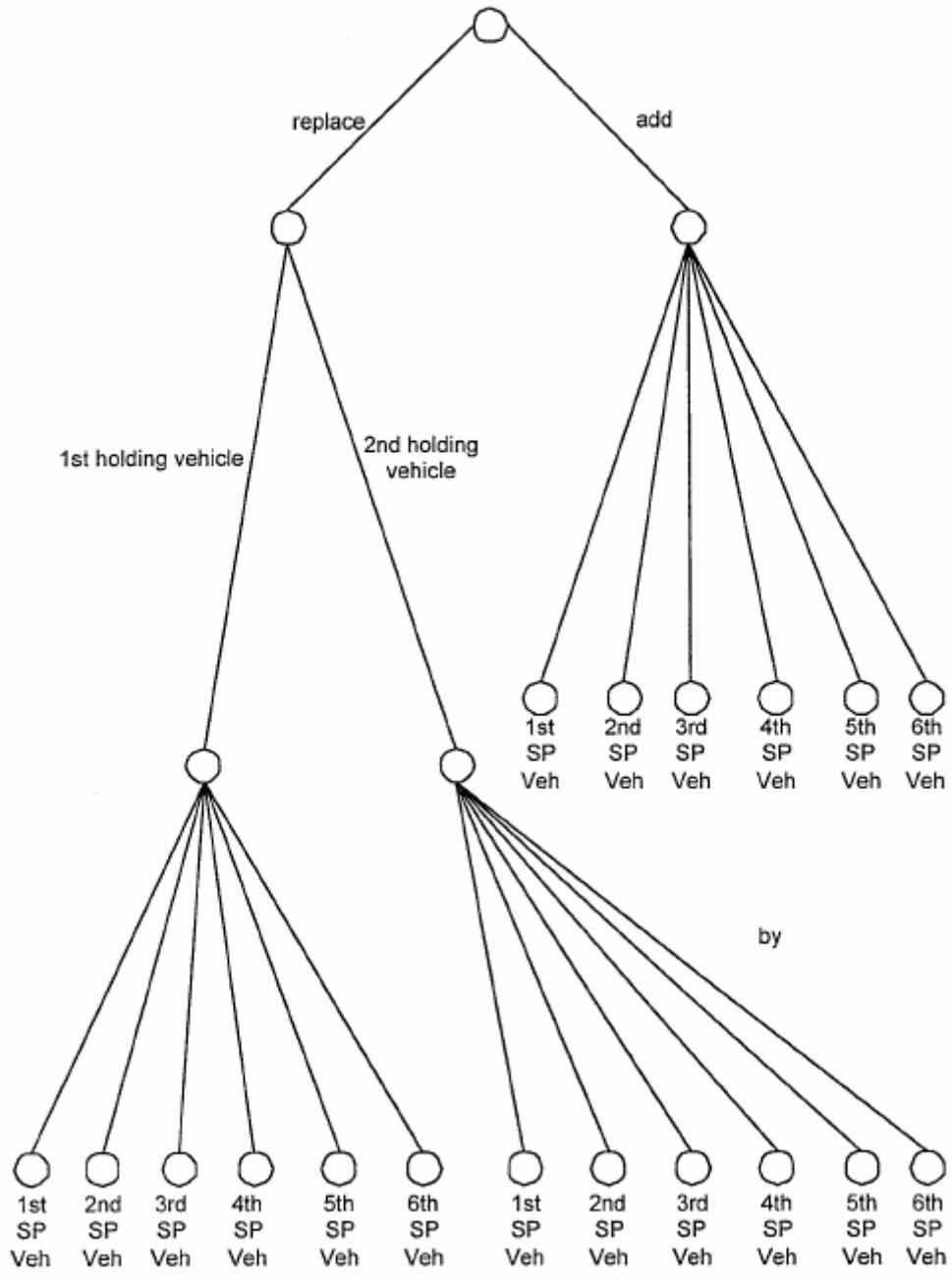


Table 8.3: Estimation Results for One-Vehicle Households

Explanatory Variables	Coefficient	t-stat
Net capital cost (HH income \leq 30K, HH has no child of age<21)	-.0000809	-3.690
Value of the remaining vehicle (HH income \leq 30K)	.0000874	3.222
Net capital cost (31K \leq HH income \leq 75K, HH has no children<21)	-.0000761	-3.848
Value of the remaining vehicle (31K \leq HH income \leq 75K)	.0000605	2.613
Net capital cost (HH income > 75K, HH has a child of age<21)	-.0000418	-0.919
Net capital cost (HH income > 75K, HH has no child of age<21)	.000012	0.570
Net operating cost (HH income \leq 30K, HH has a child of age<21)	-.0301917	-1.116
Net operating cost (HH income \leq 30K, HH has no child of age<21)	-.0750135	-4.021
Net operating cost(31K \leq HH income \leq 75K, HH has a child of age<21)	-.0938415	-2.916
Net operating cost(31K \leq HH income \leq 75K,HH has no child of age<21)	-.0413121	-2.148
Net operating cost (HH income > 75K, HH has no child of age<21)	-.0825472	-1.879
Top-speed difference between the choice-set vehicle and the holding vehicle	.0013544	0.982
Acceleration time difference between the choice-set vehicle & the holding vehicle	-.0430502	-2.103
Refueling time	-.0007526	-1.287
Range of choice-set vehicle	.0045544	2.145
Range ² of choice-set vehicle	-2.34e-06	-0.479
Service station availability for EV [†]	.1883788	0.440
Service station availability for dedicated CNG vehicle [†]	.6931062	1.743
Service station availability for methanol veh. and dual fuel CNG veh.	.4061086	1.895
Dual fuel (dummy)	.2558952	1.291
Pollution level of choice-set vehicle, for HH <i>with</i> child of age<21 ^{†††}	-.7822153	-2.716
Pollution level of choice-set vehicle, for HH <i>without</i> child of age<21 ^{†††}	-.7112071	-3.527
Luggage space of choice-set vehicle ^{††}	.3559792	0.949
Van (HH size \leq 3) (dummy)	-.5577494	-2.508
Van (HH size \geq 4) (dummy)	.8886816	2.720
EV (Northern Calif. w/o SF, Oakland, San Jose) (dummy)	-.1458946	-0.595
EV*Subcompact (dummy)	.2597384	0.969
EV*Compact car (dummy)	.2044488	0.971
EV*Large (dummy)	.4978991	2.238
EV*Van (dummy)	-.1748806	-0.555
EV*Truck (dummy)	-.9020771	-3.080
EV*Utility vehicle (dummy)	-.4165532	-0.942
EV*Sport car (dummy)	-.4261871	-1.005
CNG*Mid-size car (dummy)	-.0670159	-0.403
CNG*Large car (dummy)	-.0864181	-0.448

CNG*Van (dummy)	.5585584	2.070
CNG*Utility (dummy)	.7891047	2.238
CNG*Sport car (dummy)	.0668197	0.191
Methanol*Mid-size car (dummy)	.1536637	0.932
Gasoline (dummy)	.6633813	2.403
Gasoline*Subcompact (dummy)	-.3741808	-1.407
Gasoline*Mini (dummy)	-1.428037	-2.399
Gasoline*Compact (dummy)	-.5038076	-2.116
Gasoline*Mid-size car (dummy)	-.2806644	-1.221
Gasoline*Van (dummy)	-.0296736	-0.105
Gasoline*Truck (dummy)	-.6699467	-3.229
Gasoline*Utility (dummy)	-.3283719	-0.944
Gasoline*Sport (dummy)	.6058397	1.744
New holding--two vans (dummy)	-.2500269	-0.426
New holding--two utility vehicles (dummy)	-.7976523	-0.716
New holding--two cars (dummy)	.5810163	2.561
Alternative-add constant for HH, with children 15 or 16 years old (dummy)	.6565692	1.729
Alternative-add constant for HH with holding vehicle's type different from the choice vehicles'	.412067	1.935
Alternative-replace constant for HHs with # cars \geq # adults (dummy)	1.021258	7.502
Alternative-replace constant for HHs with holding vehicle's type the same as choice set vehicle's (dummy)	1.201564	11.948
Choice-set-vehicles'-type=next-intended-vehicle-type [†] (dummy)	1.548205	14.905
Number of observations	1334	
Initial Likelihood	-3314.8655	
Final Likelihood	-2556.2844	
"Rho-Squared" w.r.t. Zero	0.2288	

* 1993 U.S. dollar.

** For EV, using home-refueling cost and home-refueling time. The unit for cost is cent/mile and the unit for refueling time is minute. The gasoline price is assumed 120 cents/gallon.

*** The time from 0 to 30 mph.

[†] It is the proportion of service stations which carry the fuel.

^{††} It takes the value of 1 (same size as RP vehicle) or .7 (30% smaller than RP vehicle).

^{†††} It takes the value of 1 (1993 gasoline vehicle), or 0.4, 0.25, or 0 (for other alternative-fuel vehicles).

[‡] Vehicle types are car, sport utility, sport car, truck, and van.

Table 8.4: Estimation Results for Two-Vehicle Households

Explanatory Variables	Coefficient	t-stat
Net capital cost (HH income \leq 30K, HH has a child of age<21) *	-.0000831	-1.751
Net capital cost*(HH income \leq 30K, HH has no child of age<21) *	-.0000269	-0.609
Value of the remaining vehicle (HH income \leq 30K)	.000055	1.095
Net capital cost (HH income > 30K, HH has a luxury vehicle and a child of age<21) *	.0000131	0.839
Net capital cost (HH income > 30K, HH has a luxury vehicle and no child of age<21) *	2.12e-06	0.214
Net capital cost (HH income > 30K, HH has no luxury vehicle, but a child of age<21) *	-.0000527	-2.753
Net capital cost (HH income > 30K, HH has no luxury veh. & no child of age<21) *	-.000073	-4.121
Value of the remaining vehicle (HH income > 30K, HH has no luxury vehicle)	.0001469	6.230
Net operating cost (HH income \leq 30K, HH has no child of age<21) **	-.0397447	-1.297
Net operating cost (HH income > 30K, HH has a luxury vehicle and a child of age<21) **	-.0514634	-1.108
Net operating cost (HH income > 30K, HH has a luxury vehicle and no child of age<21) **	-.0710147	-1.809
Operating cost of the remaining vehicle (HH income > 30K, HH has a luxury vehicle) **	.1004534	2.109
Net operating cost (HH income > 30K, HH has no luxury vehicle, but a child of age<21) **	-.0607736	-3.247
Net operating cost (HH income > 30K, HH has no luxury vehicle and no child of age<21) **	-.0757479	-4.359
Top-speed difference between the choice-set vehicle and the holding vehicle	.0032654	2.304
Acceleration time difference between the choice-set vehicle and the holding vehicle (HH income \leq 30K) ***	.0426008	1.006
Acceleration time of the remaining vehicle (HH income \leq 30K) ***	-.2176092	-0.735
Acceleration time difference between the choice-set vehicle and the holding vehicle (HH income > 30K) ***	-.0690339	-3.249
Refueling time of the choice-set vehicle	-.0007574	-1.361
Range of the choice-set vehicle	.0062765	3.088
Range ² of the choice-set vehicle	-5.98e-06	-1.304
Service station availability for EV [†]	.2511702	0.597
Service station availability for educated CNG vehicle w/o home-refueling [†]	.7791451	1.812
Service station availability for educated CNG vehicle w/ home-refueling [†]	.5187576	1.136
Dual fuel (dummy)	.2300668	1.889
Pollution level of choice-set vehicle for HH <i>with</i> child of age<21 ^{†††}	-.372541	-1.774
Pollution level of choice-set vehicle for HH <i>without</i> child of age<21 ^{†††}	-.0892202	-0.463
Luggage space of choice-set vehicle ^{††}	.6608735	1.964
Van (HH size \leq 3) (dummy)	.1859008	1.058
Van (HH size \geq 4) (dummy)	1.123961	5.882
EV*(LA & Orange Counties) (dummy)	-.2281306	-1.100
EV*(S.F., Oakland, San Jose) (dummy)	-.099904	-0.491

EV*(Northern Calif. w/o SF, Oakland, and San Jose (dummy)	-.0253294	-0.103
EV*(Subcompact, Mini, Compact Cars) (dummy)	.3790473	1.808
EV*Mid-size car (dummy)	.6872253	3.123
EV*Van (dummy)	-.2743813	-1.200
EV*Truck (dummy)	-.6247521	-2.767
EV*Utility vehicle (dummy)	-.1675988	-0.466
EV*Sport car (dummy)	.0749827	0.187
CNG*Van (dummy)	-.1950898	-0.933
CNG*Utility (dummy)	.1307011	0.457
CNG*Truck (dummy)	-.508754	-2.413
CNG*Sport car (dummy)	-.0419138	-0.111
Methanol*Subcompact car (dummy)	-.3113108	-1.456
Gasoline*Subcompact (dummy)	.026683	0.115
Gasoline*Mini (dummy)	1.288469	2.473
Gasoline*Compact (dummy)	-.0253625	-0.158
Gasoline*Large car (dummy)	.0316858	0.175
Gasoline*Van (dummy)	-.3982977	-1.902
Gasoline*Truck (dummy)	-.0742639	-0.458
Gasoline*Utility (dummy)	.1367836	0.531
Gasoline*Sport (dummy)	-.3164726	-0.880
New holding--two or more vans (dummy)	-.8378513	-2.892
New holding--two or more trucks (dummy)	-.1873752	-0.817
New holding--two or more utility vehicles (dummy)	-1.129437	-2.153
New holding--two or more cars (dummy)	.3235226	3.458
Alternative-add constant for HHs with # cars < # adults (dummy)	.6051908	1.962
Alternative-add constant for HHs with a child 15 or 16 years old (dummy)	.229257	0.743
Alternative-add constant for HHs with holding vehicle's type different from the choice-set vehicle's type	-.2384718	-1.559
Alternative-replace constant for HHs with # cars \geq # adults (dummy)	.5701477	2.118
Alternative-replace constant *(Lower value vehicle) (dummy)	.4718061	5.298
Alternative-replace constant for HHs with holding vehicle's type the same as choice-set vehicle's (dummy)	1.072339	14.230
Choice-set-vehicles ¹ -type=next-intended-vehicle-type [†] (dummy)	1.174223	14.501
Number of observations	1423	
Initial Likelihood	-4112.999	
Final Likelihood	-3400.8	
"Rho-Squared" w.r.t. Zero	0.1732	

* 1993 U.S. dollar.

** For EV, using home-refueling cost and home-refueling time. The unit for cost is cent/mile and the unit for refueling time is minute. The gasoline price is assumed 120 cents/gallon.

*** The time from 0 to 30 mph.

† It is the proportion of service stations which carry the fuel.

†† It takes the value of 1 (same size as RP vehicle) or .7 (30% smaller than RP vehicle).

††† It takes the value of 1 (1993 gasoline vehicle), or 0.4, 0.25, or 0 (for other alternative-fuel vehicles).

‡ Vehicle types are car, sport utility, sport car, truck, and van.

APPENDIX 8-1
Vehicle Choice Survey Question

Suppose that you were considering purchasing a vehicle and the following three vehicles were available: (assume that gasoline costs \$1.20 per gallon)

	Vehicle A	Vehicle B	Vehicle C
Fuel Type	Electric Runs on electricity only.	Natural Gas (CNG) Runs on CNG only.	Methanol Can also run on gasoline.
Vehicle Range	80 miles	120 miles on CNG	300 miles on methanol
Purchase Price	\$21,000 (includes home charge unit)	\$19,000 (includes home refueling unit)	\$23,000
Home Refueling Time	8 hrs for full charge (80 miles)	2 hrs to fill empty tank (120 miles)	Not Available
Home Refueling Fuel Cost	2 cents per mile (50 MPG gasoline equiv.) for recharging between 6 pm and 10 am 10 cents per mile (10 MPG gasoline equiv.) for recharging between 10 am and 6 pm	4 cents per mile (25 MPG gasoline equiv.)	
Service Station Refueling Time	10 min. for full charge (80 mi.)	10 min. to fill empty CNG tank (120 mi.)	6 min. to fill empty tank (300 mi.)
Service Station Fuel Cost	10 cents per mile (10 MPG gasoline equiv.)	4 cents per mile (25 MPG gasoline equiv.)	4 cents per mile (25 MPG gasoline equiv.)
Service Station Availability	1 recharge station for every 10 gasoline stations	1 CNG station for every 10 gasoline stations	Gasoline available at current stations
Acceleration Time to 30 mph	6 seconds	2.5 seconds	4 seconds
Top Speed	65 miles per hour	80 miles per hour	80 miles per hour
Tailpipe Emissions	'Zero' tailpipe emissions	25% of new 1993 gasoline car emissions when run on CNG	Like new 1993 gasoline cars when run on methanol
Vehicle Size	Like a compact car	Like a sub-compact car	Like a mid-size car
Body Types	Car or Truck	Car or Van	Car or Truck
Luggage Space	Like a comparable gasoline vehicle	Like a comparable gasoline vehicle	Like a comparable gasoline vehicle

1. Given these choices, which vehicle would you purchase? (please circle one choice)

- 1) Vehicle "A" (car)
- 2) Vehicle "A" (truck)
- 3) Vehicle "B" (car)
- 4) Vehicle "B" (van)
- 5) Vehicle "C" (car)
- 6) Vehicle "C" (truck)

2. Would this vehicle most likely be purchased as a replacement vehicle for your household, or as an additional vehicle?

- 1) Replacement
- 2) Additional

3. If you choose "Replacement" in Question 2, please cross off the household vehicle that would be replaced from the following list:

- 1) 1990 Ford Bronco
- 2) 1989 Toyota Camry
- 3) ...

מחקר

A Transaction Choice Model for
 Forecasting Demand for Alternative-Fuel Vehicles
 Brownstone, Bunch, Golob and Ren 1996

תוצאות מפורטות**Table 5: Forecast Scenario for Gasoline Vehicles**

Class Code	Vehicle Class	Price	MPG	Horse-power	Accel. Time	Top speed	Oper. Cost
1	Car - Mini	12908	33	109	3.2	124	4.35
2	Car - Subcompact	12162	30	103	3.8	114	4.78
3	Car - Compact	16684	25	131	3.2	125	5.75
4	Car - Midsize	18742	23	155	3.0	129	6.12
5	Car - Large	20322	21	173	3.3	124	6.79
6	Car - Luxury	36536	20	206	2.8	133	7.24
7	Car - Sport	17105	23	159	2.7	136	6.26
8	Pickup - Compact	13430	21	132	3.3	124	6.67
9	Pickup - Standard	17068	15	185	3.5	120	9.42
10	Van - Compact	19699	20	148	3.2	125	7.17
11	Van - Standard	17433	15	182	3.8	113	9.52
12	Sport Utility - Compact	21417	19	161	3.1	127	7.65
13	Sport Utility - Standard	23266	14	205	3.5	118	10.27
14	Sport Utility - Mini	14377	26	87	4.4	100	5.43

Table 6: Forecast Scenario for Methanol Vehicles

Class Code	Vehicle Class	Price	MPG	Horse-power	Accel. time	Top speed	Range	Oper. Cost
15	Car - Subcompact	12350	32	109	3.7	115	244	3.81
16	Car - Compact	16872	26	139	3.1	128	242	4.58
17	Car - Midsize	18965	25	164	2.9	132	267	4.87
18	Car - Large	20585	22	183	3.1	126	261	5.40
19	Car - Luxury	36589	21	218	2.7	135	264	5.76
20	Pickup - Compact	13653	23	140	3.1	127	262	5.31
21	Pickup - Standard	17329	16	196	3.3	123	300	7.50
22	Van - Standard	17694	16	193	3.7	116	300	7.58

Table 7: Forecast Scenario for CNG Vehicles

Class Code	Vehicle Class	Price	MPG	Horse-power	Accel. time	Top speed	Range	Oper. Cost
23	Car - Subcompact	14405	30	91	4.2	106	180	3.30
24	Car - Compact	18926	25	119	3.6	119	180	3.98
25	Car - Midsize	20984	24	143	3.3	124	180	4.23
26	Car - Large	22367	21	159	3.6	119	180	4.69
27	Car - Luxury	19831	15	170	2.7	138	180	6.51
28	Pickup - Compact	22489	21	145	2.8	135	180	4.85
29	Pickup - Standard	20200	15	167	3.8	114	180	6.58
30	Sport Utility - Std.	20740	14	160	4.2	105	160	7.01

Table 8: Forecast Scenario for Electric Vehicles

Class Code	Vehicle Class	Price	MPG	Horse-power	Accel. time	Top speed	Range	Oper. Cost
31	Car - Mini	22908	168	45	5.2	78	80	8.57
32	Car - Subcompact	22162	106	60	5.1	78	100	9.48
33	Car - Compact	26684	71	75	5.1	79	100	10.71
34	Car - Sport	27105	86	100	4.4	92	100	10.06
35	Pickup - Compact	23430	66	62	5.7	66	120	10.98
36	Van - Compact	29699	49	70	5.8	64	120	12.40

Table 9: Combined Household Forecast Shares by Transaction

Transaction Type	Fuel Type	Lower Bound	Median	Upper Bound
Replace	Gasoline	43.2	49.2	55.2
	Methanol	11.3	15.1	18.5
	CNG	11.2	13.8	16.5
	Electric	2.2	2.9	3.5
Add	Gasoline	9.9	11.5	13.6
	Methanol	2.3	3.0	3.8
	CNG	2.6	3.3	3.9
	Electric	0.5	0.7	0.9

Table 10: Combined Household Forecast Shares

Fuel Type	Lower Bound	Median	Upper Bound
Gasoline	53.2	60.9	68.1
Methanol	13.6	18.3	22.3
CNG	13.8	17.2	20.4
Electric	2.6	3.6	4.4

Table 11: Change in Purchase Share by Fuel Type

Change from Base Scenario	Electric	CNG	Methanol	Gasoline
No Pollution	-0.8	-2.2	-0.1	3.1
EV Price Reduced by \$10,000	1.4	-0.3	-0.2	-0.9
EV operating cost increased 25%	-0.6	0.1	0.1	0.4
EV range increased 25%	0.4	-0.1	-0.1	-0.2

Table 3: Estimation Results for One-Vehicle Households

Explanatory variables	Coefficient	t-value
Net capital cost (HH income \leq \$30K, HH has a child of age<21) [*]	-0.00003290	-1.1
Net capital cost (HH income \leq \$30K, HH has no child of age<21) [*]	-0.00006952	-3.8
Value of the remaining vehicle (HH income \leq \$30K) [*]	0.00008264	2.4
Net capital cost (\$30k < HH income \leq \$75K, HH has no children<21) [*]	-0.00003925	-2.5
Value of the remaining vehicle (\$30k < HH income \leq \$75K) [*]	0.00003080	1.3
Net capital cost (HH income > \$75k, HH has a child of age<21) [*]	-0.00005253	-1.5
Net capital cost (HH income>\$75K, HH has no child of age<21) [*]	0.00002766	1.3
Net operating cost(HH income \leq \$30K, HH has a child of age<21) ^{**}	-0.008119	-0.2
Net operating cost (HH income \leq \$30K, HH has no child of age<21) ^{**}	-0.08003	-3.3
Operating cost of the remaining vehicle (HH income \leq 30K) ^{**}	-0.03190	-0.6
Net operating cost (\$31K \leq HH income \leq 75K, HH has a child of age<21) ^{**}	-0.1137	-3.1
Net operating cost (\$31K \leq HH income \leq 75K, HH has no child of age<21) ^{**}	-0.07709	-3.4
Net operating cost (HH income \geq \$76K, HH has no child of age<21) ^{**}	-0.1252	-2.4
Top-speed difference between the SP vehicle and the held vehicle	0.0008844	0.5
Acceleration time difference between the SP vehicle and the held vehicle ^{***}	-0.03713	-1.6
Refueling time of the SP vehicle	-0.0005721	-0.9
Range of the SP vehicle	0.006191	2.7
Range ² of the SP vehicle	-0.000005299	-1.0
Service station availability for EV [†]	0.5736	1.2
Service station availability for dedicated CNG vehicle [†]	1.004	2.3
Service station availability for methanol vehicle and dual fuel CNG vehicle	0.2995	1.3
Luggage space of SP vehicle ^{**}	0.6246	1.8
Dual fuel (dummy)	0.2780	1.3
Pollution level of SP vehicle, for HH <i>with</i> child of age<21 ^{***}	-0.5397	-1.8
Pollution level of SP vehicle, for HH <i>without</i> child of age<21 ^{***}	-0.4637	-2.1
Van (HH size \leq 3) (dummy)	-0.7891	-3.4
Van (HH size \geq 4) (dummy)	0.7851	2.4
EV (Northern Calif. w/o SF, Oakland, San Jose) (dummy)	-0.1714	-0.6
EV*Subcompact (dummy)	0.2307	0.8
EV*Compact car (dummy)	0.2501	1.1
EV*Large (dummy)	0.4355	1.8
EV*Station Wagon (dummy)	-0.4104	-1.3
EV*Sport car (dummy)	0.3840	0.9

EV*Van (dummy)	-0.3092	-0.9
EV*Truck (dummy)	-1.042	-3.3
EV*Utility vehicle (dummy)	0.3604	0.8
CNG*Mid-size car (dummy)	0.05368	0.3
CNG*Large car (dummy)	-0.2283	-1.1
CNG*Station Wagon (dummy)	-0.8535	-3.0
CNG*Van (dummy)	0.6419	2.2
CNG*Utility (dummy)	2.004	6.0
CNG*Sport car (dummy)	1.011	3.0
Methanol*Mid-size car (dummy)	0.1497	0.9
Gasoline (dummy)	0.5947	2.0
Gasoline*Subcompact (dummy)	-0.1309	-0.5
Gasoline*Mini (dummy)	-1.180	-2.0
Gasoline*Compact (dummy)	-0.3851	-1.5
Gasoline*Mid-size car (dummy)	-0.3255	-1.3
Gasoline*Station Wagon (dummy)	-0.4900	-0.6
Gasoline*Van (dummy)	0.05017	0.2
Gasoline*Sport (dummy)	1.553	4.6
Gasoline*Utility (dummy)	0.5034	1.4
Gasoline*Truck (dummy)	-1.063	-4.5
New holding--two vans (dummy)	-0.9030	-1.2
New holding--two trucks (dummy)	0.7444	1.3
New holding--two utility vehicles (dummy)	-0.4545	-0.4
New holding--two station wagons (dummy)	-0.4900	-0.6
New holding--two cars (dummy)	0.1738	0.4
Alternative-add constant for HH with # cars < # drivers (dummy)	1.183	3.1
Alternative-add constant for HH, with children 15 or 16 years old (dummy)	0.7204	1.7
Alternative-add constant for HH with held vehicle type different from SP veh. type	-0.1999	-0.5
Alternative-replace constant for HH with # cars >= # drivers (dummy)	0.2207	0.6
Alternative-replace constant (replacing station wagon by van) (dummy)	0.6097	1.3
Alternative-replace constant: HH with held veh. type same as SP veh. (dummy)	1.453	14.6
Alternative-dispose constant for HH with at least one member's age>=60	1.359	3.8
Number of observations	1153	
Initial Likelihood	-2957.3866	
Final Likelihood	-2349.0719	
"Rho-Squared" with respect to Zero	0.2057	

Notes: HH stands for household; K stands for \$1,000; # stands for number, and a dummy takes the value 1 when the condition is met, otherwise it is zero.

* 1993 U.S. dollars.

** For EV, using home-refueling cost and home-refueling time. The unit for cost is cent/mile and the unit for refueling time is minutes. The gasoline price is assumed 120 cents/gallon.

*** The time from 0 to 30 mph.

† It is the proportion of service stations which carry the fuel.

†† It takes the value of 1 (same size as RP vehicle) or .7 (30% smaller than RP vehicle).

††† It takes the value of 1 (1993 gasoline vehicle), or 0.4, 0.25, or 0 (for other alternative-fuel vehicles).

Table 4: Estimation Results for Two-Vehicle Households

Explanatory variables	Coefficient	t-value
Net capital cost (HH income \leq \$30K, HH has a child of age<21) *	-0.0000706	-1.5
Net capital cost*(HH income \leq \$30K, HH has no child of age<21) *	-0.00002882	-0.7
Value of the remaining vehicle (HH income \leq \$30K) *	0.0001215	2.2
Net capital cost (HH income \leq \$30K, HH has a luxury vehicle and a child of age<21) *	0.00002205	1.4
Net capital cost (HH income \leq \$30K, HH has a luxury vehicle and no child of age<21) *	0.00002118	1.8
Net capital cost(HH income \leq \$30K, HH has no luxury vehicle, but a child of age<21) *	-0.00001741	-1.0
Net capital cost (HH income \leq \$30K, HH has no luxury vehicle & no child of age<21) *	-0.00004112	-2.7
Value of the remaining vehicle (HH income \leq \$30k, HH has no luxury vehicle) *	0.0001512	5.8
Net operating cost (HH income \leq \$30K, HH has a child of age<21) **	-0.01004	-0.2
Net operating cost (HH income \leq \$30K, HH has no child of age<21) **	-0.03318	-0.8
Net operating cost(HH income \geq \$31K, has luxury vehicles & a child of age<21) **	-0.08157	-1.5
Net operating cost (HH income \geq \$30K, has a luxury vehicle & no child of age<21) **	-0.08467	-1.9
Operating cost of the remaining vehicle(HH income \leq \$30K, has a luxury vehicle) **	0.1963	3.1
Net operating cost (HH income \leq \$30k, has no luxury vehicle, but a child of age<21) **	-0.08214	-3.3
Net operating cost (HH income \leq \$30k, has no luxury vehicle & no child of age<21) **	-0.08404	-3.5
Operating cost of the remaining vehicle (HH income \leq \$30k, has no luxury vehicle) **	-0.01627	-0.4
Top-speed difference between the SP vehicle and the held vehicle	0.002398	1.6
Acceleration time difference between the SP veh. and the held veh. (HH income \leq \$30K) ***	0.08322	1.6
Acceleration time of the remaining vehicle (HH income 30K) ***	-0.2512	-1.4
Acceleration time difference between the SP veh. and the held veh. (HH income > \$30K) ***	-0.08143	-3.4
Acceleration time of the remaining vehicle (HH income > \$30k) ***	-0.1905	-1.8
Refueling time of the SP vehicle	-0.0004997	-0.8

Range of the SP vehicle	0.005088	2.2
Range ² of the SP vehicle	-0.00000127	-0.2
Service station availability for EV †	0.5846	1.3
Service station availability for dedicated CNG vehicle w/o home-refueling †	0.7408	1.5
Service station availability for dedicated CNG vehicle w/ home-refueling †	0.6312	1.2
Luggage space of SP vehicle ††	0.4897	1.4
Dual fuel (dummy)	0.1136	0.8
Pollution level of SP vehicle for HH <i>with</i> child of age<21 †††	-0.2453	-1.1
Pollution level of SP vehicle for HH <i>without</i> child of age<21 †††	-0.02630	-0.1
Van (HH size<=3) (dummy)	-0.07966	-0.4
Van (HH size>=4) (dummy)	0.9119	4.7
EV*(Los Angeles & Orange Counties) (dummy)	-0.4391	-1.9
EV*(San Francisco, Oakland, San Jose) (dummy)	-0.2549	-1.1
EV*(Northern Calif. w/o SF, Oakland, and San Jose) (dummy)	-0.1064	-0.4
EV*(Subcompact, Mini, Compact Cars) (dummy)	0.3935	1.7
EV*Mid-size car (dummy)	0.6481	2.6
EV*Sport car (dummy)	0.4521	1.0
EV*Van (dummy)	-0.4435	-1.7
EV*Truck (dummy)	-0.7238	-2.8
EV*Utility vehicle (dummy)	0.3357	0.8
CNG*Station Wagon (dummy)	-0.9945	-3.3
CNG*Van (dummy)	-0.2642	-1.1
CNG*Truck (dummy)	-0.6307	-2.6
CNG*Utility (dummy)	0.8466	2.7
CNG*Sport car (dummy)	0.8092	2.0
Methanol*Subcompact car (dummy)	-0.1107	-0.5
Gasoline*Subcompact (dummy)	-0.2140	-0.9
Gasoline*Mini (dummy)	0.7479	1.2
Gasoline*Compact (dummy)	-0.1091	-0.6
Gasoline*Large car (dummy)	-0.2786	-1.3
Gasoline*Station Wagon (dummy)	-0.9993	-3.3
Gasoline*Van (dummy)	-0.3276	-1.4
Gasoline*Sport (dummy)	0.1597	0.4
Gasoline*Utility (dummy)	0.7747	2.6
Gasoline*Truck (dummy)	-0.3948	-2.1
New holding--two or more vans (dummy)	-0.5580	-1.9

New holding--two or more trucks (dummy)	-0.07972	-0.3
New holding--two or more utility vehicles (dummy)	-0.2514	-0.5
New holding--two or more station wagons (dummy)	-0.3542	-0.7
New holding--two or more cars (dummy)	0.2489	2.5
Alternative-add constant for HH with # cars < # drivers (dummy)	0.3763	1.1
Alternative-add constant for HH with a child 15 or 16 years old (dummy)	0.8745	2.6
Alternative-add constant for HH with held vehicle type different from the SP vehicle type	-0.4368	-2.6
Alternative-replace constant for HH with # cars >= # drivers (dummy)	1.037	3.9
Alternative-replace constant * (Lower value vehicle) (dummy)	0.3618	3.7
Alternative-replace constant * (Replacing Station wagon by van) (dummy)	0.6508	2.0
Alternative-replace constant for HH with held vehicle type the same as SP veh. (dummy)	1.001	12.5
Alternative-dispose constant for HH with at least one member's age >= 60	1.447	3.7
<hr/>		
Number of observations	1156	
Initial Likelihood	-3463.0665	
Final Likelihood	2880.1143	
"Rho-Squared" with respect to Zero	0.1683	

Notes: HH stands for household; K stands for \$1,000; # stands for number; and a dummy takes the value 1 when the condition is met, otherwise it is zero.

* 1993 U.S. dollars.

** For EV, using home-refueling cost and home-refueling time. The unit for cost is cent/mile and the unit for refueling time is minutes. The gasoline price is assumed 120 cents/gallon.

*** The time from 0 to 30 mph.

† It is the proportion of service stations which carry the fuel.

†† It takes the value of 1 (same size as RP vehicle) or .7 (30% smaller than RP vehicle).

††† It takes the value of 1 (1993 gasoline vehicle), or 0.4, 0.25, or 0 (for other alternative-fuel vehicles).

REFERENCES

- Brownstone D., D.S. Bunch, T.F. Golob and W. Ren (1996), A Transaction choice model for forecasting demand for alternative-fuel vehicles, ITS - University of California, Irvine, CA
- Bunch D.S. and A. Bradley, T.F. Golob, R. Kitamura and G.P. Occhiuzzo (1993), demand for alternative vehicles in California, Discussion paper for the Duke International Symposium on Choice Modeling and behavior, July.
- California Air Resource Board (1992), Approval of motor vehicle pollution control devices (new vehicles), Title 13, Div.3, Chap. 1, Art. 2, California Code of Regulations.
- Crow R. and Ratchford B. (1977), Classical qualitative choice and new goods: An application to electric automobiles, Unpublished paper, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA.
- Dickson E. and B. Walton (1977), A scenario of battery/electric vehicle market evaluation, Unpublished Stanford Institute Report, SRI, Menlo Park, CA.
- Golob T.F, D. Brownstone, D.S. Bunch and R. Kitamura (1996), Forecasting electric vehicle ownership and use in California South Coast air basin, submitted to the southern California Edison Company, ITS - University of California, Irvine, CA.
- Golob T.F, J. Torous, M. Bradley, S.S. Crane and D.S. Bunch (1996), Commercial fleet demand for alternative-fuel vehicles, ITS - University of California, Irvine, CA.
- Green Vehicles Tax Committee, The Ministry of Finance, Israel, Draft report, January 2008.
- Hensher D.A. (1982), Functional measurements, individual preferences and discrete choice modeling, Theory and application, *Journal of Econometric Psychology*, 2: 323-335.
- Hensher D.A, N.C. Smith, F.W. Milthorpe and P.O. Bernard (1992), Dimensions of automobile demand, Elsevier, Amsterdam.
- Lave C., and K. Train (1979), A disaggregate model of auto-type choice, *Transportation Research*, 13A: 1-9.
- Nesbitt K. (1993), What can alternative fuel mandates for fleets really accomplish?, Paper presented at the conference, Transportation and Energy, Strategies for a sustainable transport system, Asilomar Conference Center, Pacific Grove, CA, August 22-25th.
- SRI (1978), *Electric Vehicle News*, May.
- Train K. (1980a), The potential demand for electric vehicle, *Transportation Research*, 14A: 405-414.
- Train K. (1980b), A structured logit model of auto ownership and mode choice, *Review of Economic Studies*, XLVII: 357-370.
- Train K. (1986), *Qualitative Choice Analysis: Econometrics and an Application to Automobile Demand*, MIT Press, Cambridge, MA.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (1990), Clean Air Act Amendments of 1990: Detailed Summary of Titles. US Government Printing Office, Washington.

“Who killed the Electric Car” (2006), Documentary film, Papercut Films, CA.

Wikipedia (2007), Battery Electric Vehicle

Wikipedia (2007), EV1 Project, California

Wikipedia (2007), Hydrogen Vehicle

Additional Linked References

1. [^ "The Death and Rebirth of the Electric Auto" Hari Heath. The Idaho Observer Vol 8, No. 26, Sept, 21, 2006.](#)
2. [^ Who killed the electric car? \(website\)](#)
3. [^ http://www.nabble.com/Re%3A-Why-doesn%27t-regen-work-with-DC-p12391827s25542.html](http://www.nabble.com/Re%3A-Why-doesn%27t-regen-work-with-DC-p12391827s25542.html)
4. [^ http://www.brusa.biz/applications/e_mini_evergreen.htm](http://www.brusa.biz/applications/e_mini_evergreen.htm)
5. [^ Stratingh's electric cart](#)
6. [^ Bellis, M. \(2006\) "The History of Electric Vehicles: The Early Years" *About.com* article at inventors.about.com accessed on 6 July 2006](#)
7. [^ Wakefield, Ernest H. \(1994\). *History of the Electric Automobile*. Society of Automotive Engineers, Inc., 2-3. ISBN 1-56091-299-5.](#)
8. [^ McMahan, D. \(2006\) "Some EV History" *Econogics, Inc.* essay at econogics.com accessed on 5 July 2006](#)
9. [^ Saranow, J. \(July 27, 2006\) "The Electric Car Gets Some Muscle" *The Wall Street Journal*, pp. D1-2.](#)
10. [^ Full Size Electric Vehicles](#)
11. [^ Hendrickson, Gail, and Kelly Ross. May 2005. \[http://www.ase.org/images/lib/transportation/Alliance_Transportation_Handbook.pdf *The Drive to Efficient Transportation*\], Alliance to Save Energy, p. 36. Retrieved on 2007-08-30.](#)
12. [^ 1999. "Low-Speed Vehicles," The Senate, State of Hawaii, p. 3. Retrieved on 2007-08-30.](#)
13. [^ "Advanced Vehicle Testing Activity: Neighborhood Electric Vehicles." \(Website\). U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy. Retrieved on 2007-08-30.](#)
14. [^ Idaho National Laboratory \(2005\) "Comparing Energy Costs per Mile for Electric and Gasoline-Fueled Vehicles" *Advanced Vehicle Testing Activity* report at avt.inel.gov accessed 11 July 2006.](#)
15. [^ http://www6.lexisnexis.com/publisher/EndUser?Action=UserDisplayFullDocument&orgId=101846&topicId=103840033&docId=l:618716736](http://www6.lexisnexis.com/publisher/EndUser?Action=UserDisplayFullDocument&orgId=101846&topicId=103840033&docId=l:618716736)
16. [^ http://www.werbos.com/E/WhoKilledElecPJW.htm](http://www.werbos.com/E/WhoKilledElecPJW.htm)
17. [^ Idaho National Laboratory \(2006\) "Full Size Electric Vehicles" *Advanced Vehicle Testing Activity* reports at avt.inel.gov accessed 5 July 2006](#)
18. [^ Idaho National Laboratory \(2006\) "1999 General Motors EV1 with NiMH: Performance Statistics" *Electric Transportation Applications* info sheets at inel.gov accessed 5 July 2006](#)
19. [^ Alternate Fuel Technology - Battery Electric VehiclesPDF \(245 KiB\)](#)
20. [^ US Department of Energy and Environmental Protection Agency \(Model year 2007\) database "Search for cars that don't need gasoline" *Fuel Economy Guide* accessed 5 July 2006](#)
21. [^ Hedlund, R. \(2006\) "The 100 Mile Per Hour Club" *National Electric Drag Racing Association* list at nedra.com accessed 5 July 2006](#)

22. ^ Hedlund, R. (2006) "The 125 Mile Per Hour Club" *National Electric Drag Racing Association* [list at nedra.com](#) accessed [5 July 2006](#)
23. ^ <http://batteryuniversity.com/partone-5A.htm>
24. ^ Anderson, C.D. and Anderson, J. (2005) "New Charging Systems" *Electric and Hybrid Cars: a History* (North Carolina: McFarland & Co., Inc.) [ISBN 0-7864-1872-9](#), p. 121.
25. ^ Toshiba Corporation (2005) "Toshiba's New Rechargeable Lithium-Ion Battery Recharges in Only One Minute" [press release at toshiba.co.jp](#) accessed [5 July 2006](#)
26. ^ ^a ^b ["Car Companies' Head-on Competition In Electric Vehicle Charging."](#) (Website). *The Auto Channel*, [1998-11-24](#). Retrieved on [2007-08-21](#).
27. ^ Mitchell, T. (2003) "AC Propulsion Debuts tzero with LiIon Battery" *AC Propulsion, Inc.* [press release at acpropulsion.com](#) accessed [5 July 2006](#)
28. ^ [Lithium batteries power hybrid cars of future](#) accessed [22 June 2007](#)
29. ^ Knipe, TJ *et al.* (2003) "100,000-Mile Evaluation of the Toyota RAV4 EV" *Southern California Edison, Electric Vehicle Technical Center* [report at evchargernews.com](#) accessed on [5 July 2006](#)
30. ^ Voelcker, J. (January 2007) ["Lithium Batteries for Hybrid Cars"](#) *IEEE Spectrum*
31. ^ <http://ev1-club.power.net/vin.htm>
32. ^ http://www.ev1.pair.com/charge_across_america/charge_html/faqs.html
33. ^ http://www.kingoftheroad.net/charge_across_america/charge_html/gen2delivery.html
34. ^ <http://ev1-club.power.net/archive/gen1rcl/chgport.htm>
35. ^ <http://www.ev1.org/>
36. ^ <http://ev1-club.power.net/archive/020207/p1.jpg>
37. ^ <http://ev1-club.power.net/archive/020207/p2.jpg>
38. ^ <http://www.ka9q.net/ev/msg4.txt> from the page <http://www.ka9q.net/ev/ev1fire.html>
39. ^ Welch, David; Woellert, Lorraine. [The Eco-Cars](#). Business Week. Retrieved on [2007-01-08](#).
40. ^ Taylor, Michael (April 24, 2005). [Owners charged up over electric cars, but manufacturers have pulled the plug](#). San Francisco Chronicle. Retrieved on [2007-01-07](#).
41. ^ Sissine, Fred ([February 28, 1996](#)). [The Partnership for a New Generation of Vehicles](#). Congressional Research Service. Retrieved on [2007-01-09](#).
42. ^ White House Press Secretary ([September 29, 1993](#)). ["Remarks by the President at a Clean Car event"](#). [Press release](#). Retrieved on [2007-01-08](#). ^ [Accomplishments of the National Science and Technology Council](#). National Science and Technology Council (1996). Retrieved on [2007-01-08](#).
43. ^ [Amendments to the California Zero Emission Vehicle Program Regulations \(PDF\)](#). State of California Environmental Protection Agency (December 2001). Retrieved on [2007-01-08](#).
44. ^ [Air Wars: California's Auto Emissions Laws](#). Public Broadcasting Service ([April 15, 2005](#)). Retrieved on [2007-01-08](#).
45. ^ [Calif. Buckles on Zero Emissions](#). Reuters ([August 12, 2003](#)). Retrieved on [2007-01-08](#).
46. ^ EV1 Funeral <http://ev1-club.power.net/archive/030724/index.htm>
47. ^ 2006 Interview with Chelsea Sexton, "Who Killed The Electric Car" documentary
48. ^ <http://ev1-club.power.net/archive/031219/index.htm>

49. [^ Landess, Josh \(November 24, 2002\). EV1 : Victim of Liability Laws?. EV World. Retrieved on 2007-01-08.](#)
50. [^ "GM'S FORWARD PROGRESS: FACTS VERSUS FICTION", GM, June 23, 2006.](#)
51. [^ GM, Toyota Bet Hybrid Green. Wall Street Journal \(December 12, 2006\).](#) [^ The Arizona Republic, March 15th, 2005](#)
52. [^ Adams, Noel \(December 2, 2001\). Why is GM Crushing Their EV-1s?. Electrifying Times. Retrieved on 2007-01-08.](#)
53. [^ "GM'S FORWARD PROGRESS: FACTS VERSUS FICTION", GM, June 23, 2006.](#)
54. [^ Schneider, Greg \(October 22, 2003\). The Electric-Car Slide. The Washington Post. Retrieved on 2007-01-08.](#) That would put GM's total investment at US\$89 million, as 1115 cars were produced.