

הטמעת תחליפי דלקים לצורך התמודדות עם הפרעות בהיצע הדלק לתחבורה בישראל

יואב רוטלר
עמית מכון מילקן

תודות

ברצוני להודות לצוות מכון מילקן המרכז לישראל - אורלי מובשוביץ-לנדסקרונר, פרופ' גלן יאגו וסטיבן זכר, על ההזדמנות להשתתף בתכנית העמיתים ועל שאפשרו את קיומו של המחקר. תודה לצוות המנהלת לתחליפי דלקים במשרד ראש הממשלה – אייל רוזנר, סער שפיר וד"ר ענת בונשטיין, על שליוו אותי ולימדו אותי רבות לכל אורך המחקר בפרט ובתקופת ההשמה בכלל. תודה לרועי לוי, עמית מכון ממשק ברשות המסים, על שיתוף המידע והתמיכה בפיתוח המודלים. לבסוף תודה לחברי בתכנית העמיתים שהקשיבו לי, חשבו אתי ותרמו מהידע שלהם לאורך כל שלבי המחקר.

על אודות תוכנית עמיתי מכון מילקן

תוכנית עמיתי מכון מילקן מקדמת את הצמיחה הכלכלית בישראל באמצעות התמקדות בפתרונות חדשניים, מבוססי שוק, לבעיות מתמשכות בתחומים חברתיים, כלכליים וסביבתיים. התוכנית מתמקדת באיתור פתרונות גלובליים והתאמתם למציאות הישראלית ובבניית ממשקים חיוניים המחברים בין משאבים ממשלתיים, פילנתרופיים ועסקיים, לטובת צמיחה ופיתוח לאומי בר-קיימא.

התוכנית מעניקה מלגות שנתיות לישראלים מצטיינים, בוגרי מוסדות להשכלה גבוהה בארץ ובעולם, המתמחים במוקדי קבלת החלטות הלאומיים ומסייעים בפיתוח פתרונות באמצעות מחקר והתמחות. היקף הפעילות של עמיתי התוכנית הוא מקסימלי – התמחות, הכשרה ומחקר במשך חמישה ימים בשבוע.

במשך שנת התמחותם עוסקים עמיתי מכון מילקן במחקר המדיניות במשרדי הממשלה וברשויות שלטוניות אחרות, ומסייעים למקבלי החלטות ולמעצבי המדיניות בחקר ההיבטים השונים של סוגיות כלכליות, סביבתיות וחברתיות.

בנוסף עורכים העמיתים מחקר מדיניות עצמאי, שמטרתו לזהות חסמים לתעסוקה ולצמיחה בישראל ולאתר פתרונות אפשריים. מחקרי העמיתים מתבצעים בהדרכת צוות אקדמאי ומקצועי מנוסה ותומכים במחוקקים וברגולטורים, המעצבים את המציאות הכלכלית, חברתית והסביבתית בישראל.

במהלך השנה מוענקת לעמיתים הכשרה אינטנסיבית במדיניות כלכלית, ממשל ושיטות מחקר. במסגרת מפגשי ההכשרה השבועיים, העמיתים רוכשים כלים מקצועיים לכתובת תזכירים, מצגות וניירות מדיניות, וכן כלי ניהול, שיווק ותקשורת. בנוסף, נפגשים העמיתים עם בכירים בממשל ועם אנשי אקדמיה מהשורה הראשונה בישראל ובעולם. בסמסטר הראשון, העמיתים משתתפים בקורס המתמקד בחידושים פיננסיים, במסגרת בית הספר למנהל עסקים באוניברסיטה העברית בירושלים. הקורס מקנה 3 נקודות זכות אקדמיות, ומלמד אותנו פרופ' גלן יאגו, מנהל בכיר, ומייסד, המעבדות לחידושים פיננסיים™ במכון מילקן.

את בוגרי התוכנית ניתן למצוא במגוון תפקידים בכירים במגזר הפרטי, כמרצים באקדמיה, במגזר הציבורי וכיועצים לשרים ולמשרדי הממשלה. ישנם בוגרים שנקלטו במשרדי הממשלה, ואחרים המשיכו ללימודים גבוהים באוניברסיטאות מובילות בישראל, ארצות הברית ובריטניה.

תוכנית עמיתי מכון מילקן היא לא פוליטית ובלתי מפלגתית, ואינה מקדמת קו פוליטי או אידאולוגי. התוכנית ממומנת על ידי קרנות פילנתרופיות מובילות בארצות הברית ובישראל ומנוהלת על ידי מכון מילקן.

למידע נוסף על אודות התוכנית: www.mifellows.org

תוכן עניינים

| | |
|----|---------------------------------------------------------|
| 1 | 1. תקציר מנהלים |
| 5 | 2. רקע |
| 6 | 3. מבוא |
| 8 | 4. איומי הייחוס |
| 8 | 4.1 הגדרת איומי הייחוס |
| 12 | 4.2 כלים להתמודדות עם איומי הייחוס |
| 13 | 5. תחליפי דלקים וביטחון אנרגטי |
| 14 | 5.1 סקירת תחליפי דלקים |
| 23 | 5.2 ההרכב האופטימלי של תחליפי דלקים |
| 29 | 6. אמידת הפגיעה של התלות בנפט על המשק |
| 29 | 6.1 מודל 1: הפרעות במחיר |
| 30 | 6.2 מודל 2: הפרעות בהיצע |
| 31 | 6.3 מודל 3: בלאק ושולס - תמחור אופציות |
| 32 | 7. כלים רגולטוריים להטמעה של תחליפי דלקים במגזר התחבורה |
| 32 | 7.1 עקרונות מנחים |
| 33 | 7.2 סקירת חסמים |
| 36 | 7.3 כלים רגולטוריים |
| 38 | 8. ביבליוגרפיה |
| 40 | 9. נספחים |

1. תקציר מנהלים

כללי

בדומה למדינות מפותחות אחרות בעולם, נפט הוא מקור האנרגיה הכמעט בלעדי למגזר התחבורה בישראל. עם זאת, מדינת ישראל ענייה במשאבי דלק, ונאלצת לזקק את מרבית מוצרי הדלק הנחוצים לה מנפט גולמי מיובא או לייבא מוצרי דלק. מעבר לאיומים הכלכליים הנובעים מהתלות בנפט, ישראל חשופה לאיומים גאופוליטיים נקודתיים מול יצואניות הנפט, איומים שיכולים לבוא לידי ביטוי בהפרעות באספקה הסדירה של נפט.

מחקר זה בוחן את היכולת של מגזר התחבורה בישראל להתמודד עם מצבי חירום והפרעות באספקת דלק במצב הנוכחי, שבו מגזר התחבורה תלוי כמעט לחלוטין בנפט, ואת היכולת של תחליפי דלקים לתרום לביטחון האנרגטי של מגזר התחבורה בישראל בטווח הקצר.

ביטחון אנרגטי פירושו זמינות של מקורות אנרגיה במחירים סבירים תוך שמירה על תחרותיות, רציפות האספקה ומועור הפגיעה בסביבה. בטווח הקצר, ביטחון אנרגטי משמעותו היכולת של מערכות אספקת האנרגיה להגיב במהירות לזעזועים פתאומיים (שיכולים להימשך ימים עד שבועות) במאזן ההיצע והביקוש של אנרגיה לתחבורה, באמצעות הטכנולוגיה הקיימת.

סקירת איומי הייחוס הנובעים מהתלות בנפט

זעזועים עולמיים שבשגרה במחיר ובהיצע של הנפט משפיעים במישרין על מחירי הנפט בשוק הישראלי. עקב תכתיבים כלכליים וגאופוליטיים, שוק הנפט העולמי מתאפיין בתנודתיות המחירים. אלה עלו ביותר מ-400% בעשור האחרון (מ-\$25 לחבית בשנת 2003 ליותר מ-\$100 לחבית ב-2014), ולאחרונה צנחו בכ-50% בתוך חודשים ספורים. בהתבסס על הספרות המקצועית הקיימת, הניתוח שנעשה בעבודה זו מעריך את היקף הפגיעה של זעזועים בהיצע ובמחיר הנפט בכ-0.16% עד 0.24% מהתמ"ג, שהם 1.5-2.3 מיליארד ₪ בשנה.

אירועי חירום בעלי הקשר גאופוליטי לישראל יכולים לבוא לידי ביטוי באמברגו ובהפרעות בייבוא. עם זאת, ניסיון העבר מראה שהסבירות לכך נמוכה: משברים גאופוליטיים הקשורים ישירות לישראל (כמו משבר הנפט של יום כיפור) הביאו לעלייה במחירים העולמיים של הנפט, ולא רק למחירים המקומיים בישראל.

משבר מקומי יכול לגרום להפרעות בהיצע עקב פגיעות בנקודות אסטרטגיות בשרשרת האספקה של הדלק, ובפרט פגיעה בתשתיות הקליטה, ההפקה, ההמרה והחלוקה של הדלקים לישראל.

כלים להתמודדות עם איומי הייחוס

היקף התלות בייבוא - ככל שהתלות בייבוא של דלק יותר גבוהה, כך אפשר פחות לגשר על זעזועים נקודתיים בהיצע ובמחיר הדלק ברמה המקומית. מדינת ישראל ענייה במשאבי דלק, ומזקקת את מרבית מוצרי הדלק הנחוצים לה מנפט גולמי מיובא.

גיוון מקורות הייבוא והקשר גאופוליטי של מקורות הייבוא - ככל שמקורות הייבוא פחות מגוונים ויציבים, כך ההסתברות למשברים נקודתיים באספקת הדלק תהיה גבוהה יותר. מקורות הנפט הגולמי המגיע לישראל אינם מגוונים כלל: הנפט בישראל מיובא ברובו בצורתו הגולמית מאזור הקווקז, באמצעות צינור הנפט באקו-טביליסי-ג'ייהאן (BTC).

היקף מאגרי החירום ומלאי תפעולי - בטווח הקצר, שימוש במלאי ייעודי מאפשר לגשר על הפער בין הביקוש להיצע הדלק, ומקטין את ההשפעות של הפרעות ומחסורים בהיצע הדלק. זהו הכלי המרכזי להתמודדות עם מצבי חירום בישראל בכל הנוגע להפרעות באספקת דלק.

גיוון נקודות הקליטה, ההפקה, ההמרה והחלוקה - מחזק את שרשרת האספקה של דלקים ומחסן את המשק מפני משברים מקומיים כמו פעילויות חבלניות ואסונות טבע שעלולים לפגוע בשרשרת האספקה של הדלק.

הטמעת תחליפי דלקים ככלי לחיזוק הביטחון האנרגטי

תחליפי דלקים יכולים להיות מרכיב מרכזי בחיזוק הביטחון האנרגטי של מגזר התחבורה הישראלי. יצירת תחרות בשוק האנרגיה לתחבורה יכולה **להקטין את הזעזועים במחירי האנרגיה** לתחבורה בישראל, בהנחה שיש גמישות מסוימת במעבר בין דלקים בטווח הקצר; הפקה מקומית של אנרגיה לתחבורה, למשל מהגז הטבעי המופק בישראל, **מקטינה את התלות בנפט מיובא**; הטמעה של תחליפי דלקים מאפשרת **גיוון של מקורות הייבוא של דלק ושל חומרי גלם לייצור דלק**, וכמו כן יוצרת **שרשרת אספקה מקומית נפרדת מזו של הנפט** שיכולה לחסן את המשק מפני פגיעות ותקלות נקודתיות. גיוון הדלקים לתחבורה יכול לבוא לידי ביטוי בשלושה ממדים:



גיוון מקורות הדלק של מגזר התחבורה כמקשה אחת - אין מקור אנרגיה יחיד המאפשר לבדו ביטחון אנרגטי, והחוזק מגיע מגיוון המקורות. על כן חשוב להדגיש שתחליפי הדלקים צריכים לבוא נוסף על הבנזין והסולר, ולא להחליפם לגמרי. לצורך הטמעה של תחליפי דלקים בטווח הקצר, נדרשת בחינה של החלופות בעלות ההיתכנות הכלכלית והטכנולוגית ושזמן היציאה שלהן לשוק (Time To Market) הוא הקצר ביותר. על כן בעבודה זו נבחנו שלוש חלופות מרכזיות: גז טבעי דחוס; תוצרים נוזליים של הגז הטבעי - גז טבעי נוזלי ומתנול; וכלי רכב מונעי בחשמל – בעיקר אוטובוסים עירוניים.

גיוון סל הדלקים בקבוצות כלי הרכב השונות - כדי לחזק את הביטחון האנרגטי של מגזר התחבורה, חשוב להתייחס לאפשרות להטמיע תחליפי דלקים בכל אחת מקטגוריות הרכב השונות (רכבים קלים, אוטובוסים, משאיות וכו'), כך שמחסור בדלק כזה או אחר לא ישבית לגמרי את הפעילות של קבוצת כלי רכב שלמה. במקרי חירום יש חשיבות עליונה לשמר את היציבות של מערך התובלה של סחורות ושל היכולת לשנע אנשים לצרכים אזרחיים וביטחוניים, ועל כן יש לשים

דגש על גיוון מקורות האנרגיה של משאיות ואוטובוסים. אף שמשאיות ואוטובוסים הם כ-4% מכלי הרכב בישראל בלבד, הם אחראיים לצריכה של 23% מהדלק. גיוון של מקורות הדלק לאחוז קטן מכלי הרכב שעל הכבישים יכול אפוא לחולל שינוי משמעותי מאוד בתמהיל הדלקים של המשק כולו.

גיוון הדלקים בכלי הרכב הבודד - במקרים מסוימים ישנה אפשרות להניע כלי רכב בהתבסס על שני מקורות אנרגיה שונים. כלי רכב קלים מאפשרים את הגיוון המרבי של דלקים בכלי הרכב הבודד: רכבי FFV (Flex-Fuel Vehicles) מאפשרים צריכה משולבת של בנזין ומתנול בשיעורי מהילה משתנים, וכלי רכב דו-דלקיים (Bi-Fuel) מאפשרים צריכה משולבת של בנזין וגז טבעי דחוס (גט"ד). לעומת כלי רכב ייעודיים, המסוגלים לצרוך סוג דלק יחיד, האפשרות לגוון את הרכב הדלקים בכלי הרכב הבודד יוצרת גמישות מרבית במעבר בין דלקים, ללא צורך במרווחי התאמה כלשהם. קיימת אפשרות לשלב משאיות המבוססות על הנעה דו-דלקית של סולר וגט"ד (Bi-Fuel – מעבר באופן ידני בין שני הדלקים) או דואלית (Dual-Fuel – צריכה אוטומטית של שני הדלקים). עם זאת, הניסיון בעולם בכל הנוגע למשאיות דו-דלקיות הוא יחסית מוגבל, ונראה ששיטות ההנעה הללו יכולות להיות מצב ביניים בלבד, בדרך להטמעה של משאיות גט"ד ייעודיות.

סקירת חסמים להטמעה של תחליפי דלקים

תחליפי הדלקים הנסקרים בעבודה זו הם בעלי היתכנות כלכלית וטכנולוגית, ועל כן עיקר החסמים נוגעים ליצירת שוק יש מאין. **עלות גבוהה של הקמת תשתית מול מיעוט צרכנים** - מצד אחד, מיעוט הצרכנים הופך את פריסת תשתיות התדלוק ללא כדאית, ומצד שני, המחסור בתשתיות תדלוק מונע מצרכנים פוטנציאליים להיכנס לשוק.

מגוון מצומצם של כלי רכב - מצד אחד, כל עוד מגוון כלי הרכב מצומצם, הביקוש נמוך. מצד שני, כל עוד הביקוש נמוך, מגוון כלי הרכב יישאר מצומצם. עקב מגבלות טכנולוגיות ורגולטוריות, האפשרות להמיר כלי רכב לשימוש בתחליפי דלקים גם היא מוגבלת.

עלויות גבוהות של כלי הרכב - רכבי גט"ד וכלי רכב חשמליים יקרים במידה ניכרת מכלי רכב קונבנציונליים. אף שמחירי הדלק הנמוכים אמורים לפצות לאורך הזמן על ההשקעה הראשונית, עדיין מדובר בסיכון שצרכנים עלולים להירתע ממנו. **טווח נסיעה מוגבל** - כלי רכב מונעי גט"ד, חשמל ומתנול (בשיעורים גבוהים) הם בעלי טווח נסיעה קצר יותר מכלי רכב קונבנציונליים, ועל כן דורשים פריסת תשתיות צפופה.

העדר תקינה - הטמעה של תחליפי הדלקים וכלי הרכב מונעי תחליפי הדלקים תצטרך להיות משולבת בתהליכים ממשלתיים של יצירת תקינה והיתרים.

עקרונות מנחים להטמעה של תחליפי דלקים במגזר התחבורה

הטמעת תחליפי דלקים בשגרה - ההטמעה של תחליפי דלקים היא תהליך מורכב הדורש מרווחי התאמה, לעומת אירועי חירום והפרעות באספקה, שהם אירועים נקודתיים וקצרי טווח. לכן יש לפזר סיכונים בשגרה כדי למתן את חשיפת המשק למשברים פוטנציאליים.

הימנעות מתלות במקור דלק בודד - מאחר שכל מקור דלק טומן בחובו חסרונות בהיבטים של ביטחון אנרגטי, תחליפי הדלקים צריכים להתווסף לדלקים הקונבנציונליים כמו בנזין וסולר, ולא להחליפם לגמרי. גיוון תחליפי הדלקים צריך לבוא לידי ביטוי בכל אחת מקבוצות הרכב השונות (כלי רכב קלים, משאיות ואוטובוסים) כך שהפרעות באספקה של דלק כזה

או אחר לא ישביתו את הפעילות של כל המגזר. כמו כן, צריך לתת עדיפות לתחליפי דלקים המאפשרים גיוון של תחליפי דלקים בכלי הרכב הבודד.

דגש על שימור הפעילות של משאיות ואוטובוסים – לצורך שימור הפעילות של מערך התובלה של סחורות ושל היכולת לשנע אנשים לצרכים אזרחיים וביטחוניים בעתות חירום.

הטמעת תחליפי דלקים בעלי אופק כלכלי וזמן כניסה קצר לשוק, תוך מזעור הנטל הרגולטורי והפגיעה בהכנסות המדינה – יש צורך להביא בחשבון את ההיתכנות הטכנולוגית והכלכלית, כך שצעדי המדיניות יהיו למעשה זרז, והרכב הדלקים המוצע יהיה בר-קיימא ללא תמיכה ציבורית בטווח הארוך.

תמיכה למגוון בעלי העניין במגזר התחבורה – אפשר לחלק את התמיכה הרגולטורית לארבעה תחומים עיקריים: תחום הדלקים – בעיקר תמיכה דרך מס הבלו; תחום תשתית הדלק – תמיכה בשרשרת האחסון, ההפצה, והמכירה דרך יצירת רשת ביטחון להבטחת הכנסה מינימלית, תכנית מענקים ופחת מואץ; תחום כלי הרכב – דרך תמיכה במיסוי כלי הרכב, הסדר שירותי התחזוקה ויצירת רשת ביטחון לשוק כלי הרכב המשומשים; ותחום התעשייה המקומית – דרך תמיכה במפעלים המייצרים תחליפי דלקים.

עדיפות לצריכה של אנרגיה מקומית ברמה האסטרטגית – בהתבסס על מצבורי הגז הימיים.

הקטנת הנזק הסביבתי – תחליפי הדלקים אינם יכולים להרע, ובמידת האפשר צריכים למזער, את ההשפעות הסביבתיות הנובעות משימוש בדלקים לתחבורה.

דרכי חדירה עיקריות של תחליפי דלקים לשוק

חדירת תחליפי דלקים דרך ציי רכב כבדים – שהם לרוב בעלי מסלולי נסיעה מוגדרים, ועל כן נוה יותר להתאים בין נתיבי הנסיעה לבין נקודות התדלוק. כמו כן, אפשר להקים עמדות תדלוק ייעודיות שיחסכו את הצורך בהקמת תשתית נפרדת. מאחר שציי האוטובוסים והמשאיות הם בעלי שיעורי נסועה גבוהים, יהיה להם קל יותר לפצות על עלויות הרכישה הגבוהות באמצעות עלויות התדלוק הנמוכות. משאיות ואוטובוסים הם כ-4% מכלי הרכב, אך הם אחראיים לצריכה של 23% מהדלק. כך התאמה של שיעור נמוך מכלי הרכב יכולה לחולל שינוי משמעותי מאוד בתמהיל הדלקים של המשק כולו.

חדירת תחליפי דלקים דרך הטמעת כלי רכב דו-דלקיים – שיכולים לצרוך בנזין או סולר ובכך להתבסס על התשתית תדלוק הקיימת, כך שאפשר לפתח תשתיות מתאימה לדלק האלטרנטיבי לאחר שהשוק כבר נוצר. בהיבט הטכנולוגי, האפשרות להטמיע כלי רכב דו-דלקיים יכולה לבוא לידי ביטוי בעיקר בכלי רכב קלים.

כלים רגולטוריים

הטבת מס לטכנולוגיית ינוקא – להתגברות על כשלים של יצירת שוק יש מאין. ההטבה צריכה להינתן במיסוי של כלי הרכב הצורכים תחליפי דלקים ובמיסוי של הדלקים האלטרנטיביים עצמם (מס הבלו). ההטבה צריכה להינתן במשך כמה שנים, עד שיהיה אפשר להגיע ליכולת מימון/רכישה עצמאיים ללא התערבות ממשלתית.

רשת ביטחון להבטחת ערך הרכב בתום תקופת הבעלות – בהנחה שמהלך כזה יעודד את ההטמעה של כלי רכב מונעי תחליפי דלקים בשוק, שוק כלי הרכב המשומשים ייווצר מעצמו, וכך יקטן הצורך בהפעלת הביטוח.

רשת ביטחון לתחנות תדלוק – להבטחת הכנסה למספר מוגבל של תחנות תדלוק באזורים ספציפיים. רשת זו תופעל רק כאשר הכנסות התחנה יהיו נמוכות מגובה מסוים. השימוש ברשת ביטחון לרוב לא כרוך בהוצאות תקציביות, אלא רק במצבים שבהם הסיכון מתממש.

שירותי תחזוקה – הסדרת מתן שירותי תחזוקה לכלי רכב מונעים בתחליפי דלקים בכל המוסכים, וסבסוד בדיקת התקינות השנתית והבדיקות המקיפות אשר ידרוש מכון

תכנית מענקים – לעידוד הקמת תחנות תדלוק ציבוריות אשר ישמשו בעיקר כלי רכב כבדים באזורי תעשייה, ולשם יצירת פריסה מושכלת ומספקת של תחנות תדלוק.

רגולציה מנדטורית – דרך דרישה ששיעור מסוים מכלי הרכב החדשים יהיו מבוססים על תחליפי דלקים, וחיוב של תחנות הדלק להציע אפשרות של תדלוק בתחליפים. אף שאת השפעתה של המדיניות המנדטורית קל לחזות, בהשוואה להשפעת המדיניות הוולונטרית, היא בעייתית בכך שאין היא מטפלת בהרבה מהחסמים, בהם עלויות הון גבוהות, עלויות תפעול גבוהות ואתגרים טכנולוגיים שונים.

2. רקע

מגזר התחבורה הוא נדבך מרכזי בחברה המודרנית. ללא מכוניות, משאיות, אניות, מטוסים ורכבות החברה אינה יכולה לתפקד. למרות החשיבות הרבה של מגזר התחבורה, האנרגיה שמניעה אותו מופקת כיום באופן כמעט מוחלט מנפט, ועל כן הנפט אף הוא נדבך מרכזי בתפקודו של המשק ומצרך אסטרטגי השולט בחיים הכלכליים, הגיאופוליטיים והתרבותיים בעולם. השימוש העולמי בנפט מתחלק לארבעה תחומים עיקריים. כאמור, עיקר השימוש הוא בתחום התחבורה (ימית, יבשתית ואווירית), שאחראית ליותר מ-60% מצריכת הנפט העולמית. שאר הנפט נצרך לשימושים לא אנרגטיים, כמו הפקת מוצרים פטרוכימיים וחקלאות (כ-25%), תעשייה (כ-10%) וייצור חשמל (כ-5%) (IEA, 2013). לעומת קשיחות הביקוש לנפט בתחבורה, השימוש בנפט בתחומים אחרים אינו כה קשיח ויש לו תחליפים רבים. לדוגמה, חלופות כגון אנרגיה גרעינית, גז טבעי ופחם משמשות לצורך הפקת חשמל ולשימושים בתעשייה. אף שגם בתחומים אלו הייתה בעבר תלות מוחלטת בנפט ובתוצריו, זעזועים במשק האנרגיה העולמי בשנות השבעים של המאה הקודמת גרמו למדינות מפותחות רבות בעולם לעבור בהדרגה לתחליפי אנרגיה. אותם זעזועים במחירי האנרגיה העולמיים הגבירו את המחקר והפיתוח בחיפוש אחר תחליפי דלקים לתחבורה, אך ירידת מחירי הנפט מאמצע שנות השמונים הביאו לידי דיכוי המאמצים לפתח תחליפים לתחבורה עוד בטרם הבשילו.

התלות הרבה של מגזר התחבורה בנפט נובעת ממאפייניו הייחודיים, הגורמים לביקוש קבוע וקשיח מאוד לנפט. לקשיחות זו כמה סיבות (המועצה הלאומית לכלכלה, 2010). ראשית, כלי תחבורה המבוססים על דלקים המופקים מנפט (בנוזל, סולר) מונעים בדרך כלל רק על-ידי אותו המוצר בדיוק, ומשמשים לתקופות ארוכות יחסית של מעל 15 שנים. יתר על כן, עלייה במחירי הנפט יכולה לצמצם את כמות הנסיעות באופן מוגבל בלבד, מכיוון שאין תחליפים מידיים לא למקור האנרגיה לרכב ולא לכלי הרכב עצמו. סיבה נוספת היא שתעשיית הרכב היא תעשייה שמרנית ויש לה צרכנים רבים ולא מתואמים. אימוץ שינויים טכנולוגיים בתחבורה דורש תקופה ארוכה של מחקר וניסוי, ותהליכים ארוכים של התאמת תשתית תומכת (מוסכים, תחנות דלק וכד').

בתור מקור האנרגיה הכמעט יחיד לתחבורה, אי-אפשר להגזים בחשיבות שמייחסות מדינות העולם לאספקה סדירה של נפט במחיר סביר. הרוב המוחלט של המדינות המפותחות הן יבואניות של נפט. גם מדינות מתפתחות כדוגמת סין והודו תלויות במידה רבה באספקה סדירה של אנרגיה לתחבורה, ומבססות את הצמיחה שלהן על המשך אספקת נפט במחיר סביר. העובדה שהמדינות החזקות והמשפיעות ביותר בעולם מקנות חשיבות רבה לוודאות באספקת הנפט שלהן, מעניקה למדינות המפיקות ומייצאות נפט משקל גיאופוליטי רב מאוד, המשפיע באופן דרמטי על מעמדן הבינלאומי. לנוכח אי-היכולת להקטין את היקף הביקוש לנפט למרות עליית המחירים התלולה בעשור האחרון, מדינות רבות נאלצות להשקיע סכומי כסף רבים בייבוא של נפט ומוצריו. התשלום העצום ליצואניות הנפט הוא למעשה העברת עושר מסיבית מהעולם המפותח והמתפתח, למספר קטן של מדינות אשר כלכלתן מבוססת כמעט לגמרי על ייצוא נפט.

כמו במדינות מפותחות אחרות בעולם, נפט הוא מקור האנרגיה הכמעט בלעדי למגזר התחבורה בישראל. מדינת ישראל ענייה במשאבי דלק, ונאלצת לזקק את מרבית מוצרי הדלק הנחוצים לה מנפט גולמי מיובא או לייבא מוצרי דלק. מעבר למעמסה הכלכלית, התלות בנפט היא נושא רגיש במיוחד בהיבט הגיאופוליטי. יצואניות הנפט הגדולות, אשר ברובן מאוגדות בארגון OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Nations), מורכבות בעיקר ממדינות עוינות כגון איראן, עיראק, לוב, ערב הסעודית וונצואלה. מעבר לאיומים הכלכליים הנובעים מהתלות בנפט, ישראל חשופה לאיומים גיאופוליטיים נקודתיים מול יצואניות הנפט הללו, שיכולים לבוא לידי ביטוי באמברגו ובהפרעות באספקה.

3. מבוא

ביטחון אנרגטי פירושו זמינות של מקורות אנרגיה במחירים סבירים תוך שמירה על תחרותיות, רציפות האספקה ומוזעור הפגיעה בסביבה (IEA, 2014). זהו החוט המקשר בין הביטחון הלאומי לבין קיומם של משאבים המספקים את צריכת האנרגיה של מדינה. התלות בנפט מהווה פגיעה בביטחון האנרגטי בכך שהיא ממזערת את רמת התחרותיות, מעלה במידה משמעותית את מחירי האנרגיה לתחבורה ופוגעת ביציבות האספקה. בהיבט הסביבתי, מעריכים כי 40% מפליטות גזי החממה העולמית מקורם בנפט, והשימוש בדלק לתחבורה הוא הגורם המרכזי לזיהום אוויר במרכזי ערים (אף שלא כל הפתרונות הטכנולוגיים לתחליפי נפט ידידותיים לסביבה).

תרשים 1 – הגדרת ביטחון אנרגטי



מקור: מכון מילקן, 2014.

אפשר לחלק את הצורך בביטחון אנרגטי להיבטים של הטווח הארוך ולהיבטים של הטווח הקצר. בטווח הארוך, חיזוק הביטחון האנרגטי קשור בעיקר להשקעות לשם הגדלת היצע האנרגיה בהתאם להתפתחויות טכנולוגיות וכלכליות. ביטחון אנרגטי בטווח הארוך יכול גם להיות כרוך בהתקשרויות ובהסכמים בינלאומיים שבבסיסם עומדים קשרי המסחר העולמיים באנרגיה. בטווח הקצר, ביטחון אנרגטי משמעותו היכולת של מערכות אספקת האנרגיה להגיב במהירות לשינויים פתאומיים במאזן ההיצע והביקוש של אנרגיה באמצעות הטכנולוגיה הקיימת. בהיבט של אספקת נפט למגזר התחבורה, ביטחון אנרגטי בטווח הקצר מתייחס למידת הפגיעה הנגרמת למשק בשל הפרעות נקודתיות בהיצע ובמחירי הנפט שיכולות להימשך ימים עד שבועות.

מחקר זה יתמקד בבחינת יכולתה של ישראל להתמודד עם הפרעות באספקת בטווח הקצר במצב הנוכחי, שבו מגזר התחבורה תלוי כמעט לחלוטין בנפט. כמו כן המחקר יבחן האם תחליפי דלקים יכולים לתרום לביטחון האנרגטי של ישראל בטווח הקצר. נבחן מהו הרכב הדלקים האופטימלי שיסייע לתחבורה בישראל להתמודד עם זעזועים והפרעות באספקת הדלקים בשגרה ובמקרי חירום, ונציע כלים אופרטיביים כדי להביא את המשק למצב הרצוי.

4. איומי הייחוס

4.1 הגדרת איומי הייחוס

כדי לבחון את מידת הביטחון האנרגטי של מגזר התחבורה בישראל, נגדיר תחילה את איומי הייחוס שלהם יש לתת מענה בהיערכות ובהכנות. בהגדרה של איומי הייחוס בטווח הקצר נתייחס לשני ממדי איום עיקריים, בהתאם למודל MOSES (Jewell, 2011) (Model of Short Term Energy Security):

א. ממד חיצוני-פנימי: איום חיצוני קשור לייבוא של מקורות אנרגיה, ומשפיע על ישראל מהיותה שותפה לפעילות כלכלית גלובלית. איום פנימי נובע מסיכונים מקומיים, כמו המרה וחלוקה של הדלקים, אשר משפיעים על השוק המקומי ללא קשר למתרחש בשווקים אחרים בעולם.

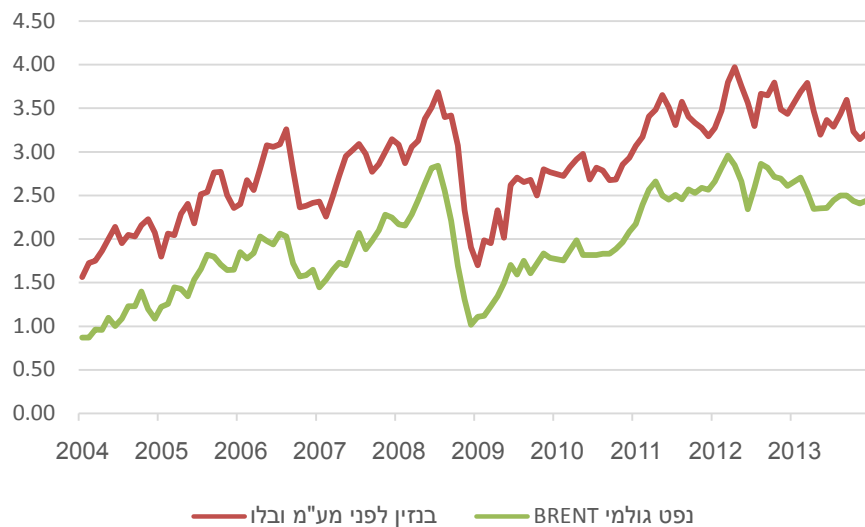
ב. ממד חירום-שגרה: האם מדובר באירוע שגרתי הנובע מהמבנה של שוק העולמי של אנרגיה לתחבורה, או באירוע חירום המוגדר בתקופת זמן מסוימת ונובע מסיבות גיאופוליטיות או סביבתיות מוגדרות.

על בסיס ממדי האיום הללו, וכפי שיפורט בהמשך, אפשר להגדיר שלושה איומי ייחוס שעלולים להשפיע על הביטחון האנרגטי של מגזר התחבורה בישראל. תרשים 2 מסכם את שלושת איומי הייחוס ואת הכלים להתמודדות אתם.

| תרשים 2 - איומי הייחוס וממדי חוסן להתמודדות עם האיומים | | | |
|--------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| ממד שגרה/ חירום | ממד חיצוני/ פנימי | איום ייחוס | כלים להתמודדות עם איומי הייחוס |
| שגרה | חיצוני/פנימי | זעזועים עולמיים שבשגרה במחיר ובהיצע הדלק | הקטנת היקף התלות בייבוא; גיוון והקשר גיאופוליטי של מקורות הייבוא; |
| חירום | חיצוני | אמברגו, מלחמה עם הקשר גיאופוליטי לישראל | הקטנת היקף התלות בייבוא; גיוון והקשר גיאופוליטי של מקורות הייבוא; מאגרי חירום ומלאי תפעולי |
| חירום | פנימי | עלייה בביקוש - אסון טבע, מלחמה מקומית; פגיעה ותקלות בהיצע - תשתיות קליטה, הפקה, המרה וחלוקה | מאגרי חירום ומלאי תפעולי; גיוון נקודות קליטה, הפקה, המרה וחלוקה |

מקור: מכון מילקן, 2014.

תרשים 4 – השוואה בין מחירי הנפט העולמיים ומחירי הדלק בישראל



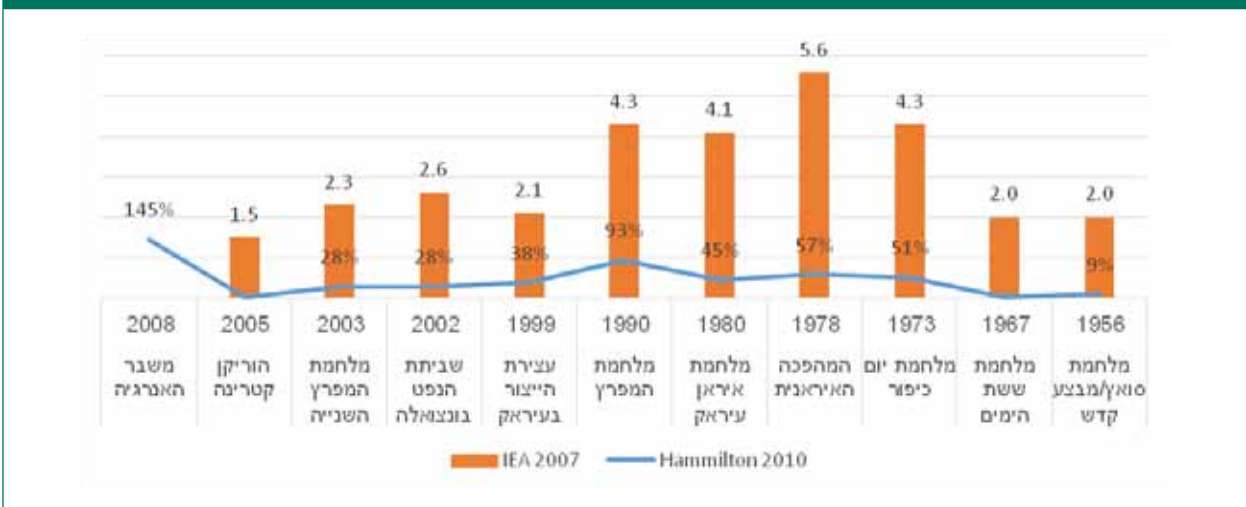
מקור: משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, 2014; Index Mundi, 2014.

ב. זעזועים הנובעים מאירועי חירום גלובליים בעלי הקשר גיאופוליטי לישראל

נגדיר הפרעה בהיצע הנפט כירידה פתאומית בייצור בעולם, אשר גורמת לירידה של לפחות 2 מיליון חביות ליום בתוך חודש מתחילת המאורע שגרם להפרעה. לאחר תקופה מסוימת, הייצור העולמי מתאושש וחוזר לאותה הרמה כמו לפני המשבר (Beccue & Hutington, 2005).

מאחר שהפקת הנפט ומחיריו תלויים במידה רבה במספר מצומצם של מדינות בעלות מצבורי נפט גדולים, משברי נפט הגדולים בעולם אחרי מלחמת העולם השנייה נבעו ברובם מאירועים גיאופוליטיים שהתרחשו במזרח התיכון. תרשים 5 מציג את משברי הנפט העיקריים שהתרחשו בעולם החל בשנות החמישים. משברים אלו באים לידי ביטוי בפגיעה בהיצע, הנמדד במיליוני חביות ביום (IEA, 2007) (Million Barrels Per Day, MMBD), ובשיעור העלייה במחיר (Hamilton, 2013). כפי שאפשר לראות בתרשים 4, לחלק מהאירועים יש קשר ישיר ליחסים בין ישראל למדינות אחרות באזור. הדוגמאות העיקריות הן מבצע קדש, מלחמת ששת הימים ומלחמת יום כיפור, שהיו מלווים בעלייה במחירי הנפט העולמיים ובירידות פתאומית בייצור.

תרשים 5: משברי נפט מרכזיים החל ב-1950



מקור: IEA, 2007; Hamilton, 2013.

מיעוט מקורות הייבוא של נפט לישראל עלול ליצור מצב שבו משבר גיאופוליטי מקומי יבוא לידי ביטוי באמברגו ובפגיעה ישירה בשוק הנפט המקומי. עם זאת, ניסיון העבר מראה שהסבירות לכך נמוכה. ההפרעות השונות בייצור הנפט, גם בתגובה לאירועים גיאופוליטיים הקשורים ישירות לישראל, הביאו לעלייה במחירים העולמיים של הנפט ולא רק במחירים המקומיים בישראל. אמברגו הנפט במהלך מלחמת ששת הימים ובמלחמת יום כיפור לא היה מכוון רק כלפי מדינת ישראל, אלא פגע בשוק הנפט העולמי כולו.

אף שמדינות OPEC מחזיקות במאגרי הנפט הגדולים בעולם, הן אינן היצרניות העיקריות של נפט. ארצות הברית, קנדה, נורבגיה ורוסיה מייצרות יחד כשליש מהנפט הגולמי המיוצר כיום (IEA, 2013). הפרעה בהיצע הנפט על-ידי מדינות OPEC יכולה אפוא לגרום עלייה במחירים העולמיים של נפט, אך השפעתה על הייצע העולמי מתונה יותר. הנפט בישראל מיובא ברובו בצורתו הגולמית מאזור הקווקז, ממדינות שבעבר היו בשלטון בריה"מ (משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, 2014). על כן קיימת סבירות נמוכה לאיום הייחוס שבו היצע הנפט המקומי ייפגע עקב אמברגו נקודתי על ישראל.

ג. משבר מקומי הגורר פגיעה בהיצע או עלייה בביקוש המקומי לדלק

לצד משברים עולמיים הפוגעים בכלכלת ישראל, משברי אנרגיה יכולים לנבוע גם ממשברים מקומיים. במקרים אלו יש להפריד בין הפרעות בביקוש המקומי לנפט לבין הפרעות בהיצע.

הפרעות בהיצע יכולות לנבוע מפגיעות בנקודות אסטרטגיות בשרשרת האספקה של הדלק, ובפרט פגיעה בתשתיות הקליטה, ההפקה, ההמרה והחלוקה של הדלקים בישראל. מערכת ההובלה של מוצרי הנפט מתבססת על תחבורה יבשתית ועל נקודות אגירה מבוזרות. על כן פגיעה נקודתית במערכת ההובלה והחלוקה אינה צפויה ליצור משבר אנרגיה בקנה מידה לאומי. לעומת זאת, מערכות הקליטה והזיקוק של הנפט הגולמי מתבססות על שני בתי זיקוק: בתי זיקוק לנפט (בז"ן) בחיפה ובית זיקוק אשדוד (בז"א). פגיעה נקודתית באחד מבתי הזיקוק, עקב אירוע חבלני או אסון טבע, תפגע קשות ביכולת לספק את הצרכים הבסיסיים של מגזר התחבורה גם לתקופות זמן קצובות.

משברים מקומיים כמו אסונות טבע ומלחמות מקומיות יכולים לגרור עלייה משמעותית בביקוש לדלק בטווח הקצר, ביקוש שלא יהיה אפשר לספקו באופן מידי דרך מנגנוני אספקת הדלק שבשגרה. הכלי העיקרי להתמודדות עם עליות בביקוש הוא שמירה על מאגרי חירום. על-פי חוק משק הדלק, שיפורט בהמשך, חברות הדלק מחויבות להחזיק על חשבונן מלאי תפעולי מינימלי ומלאי ביטחוני שיוכלו לקיים את המשק במשך כ-90 יום של הפרעות בהיצע או בביקוש לדלק.

4.2 כלים להתמודדות עם איומי הייחוס

ישנה ספרות מקצועית רבה העוסקת בהגדרות של ביטחון אנרגטי ובפיתוח מודלים ומתודולוגיות למדידתה (Cherp & Jewell, 2010; Krut et. al. 2009; Sovacool & Brown, 2010). מודל MOSES (Jewell, 2011) ודו"חות הביטחון בהיצע הנפט של ה-IEA (IEA, 2007), שניהם מציעים כמה מדדים של ביטחון אנרגטי בטווח הקצר בהסתמך על הספרות המקצועית הקיימת. על-פי הספרות הקיימת נגדיר ארבעה מדדים:

א. היקף התלות בייבוא

ככל שהתלות בייבוא של דלק יותר גבוהה, כך אפשר פחות לגשר על זעזועים נקודתיים בהיצע ובמחיר הדלק ברמה המקומית. כאמור, מדינת ישראל ענייה במשאבי דלק, ונאלצת לזקק את מרבית מוצרי הדלק הנחוצים לה מנפט גולמי מיובא, או לייבא מוצרי דלק. על-פי נתוני הלמ"ס, בשנת 2011 נצרכו בישראל (ללא הרשות הפלסטינית) כ-11 מיליון שווק ערך טון נפט (שעט"ן), שמקורם באופן בלעדי מייבוא. מהם כ-6 מיליון שעט"ן, שהם כ-53% מהצריכה המקומית, נצרכו על-ידי מגזר התחבורה (הלמ"ס, 2012).

ב. גיוון מקורות הייבוא והקשר גיאופוליטי של מקורות הייבוא

ככל שמקורות הייבוא מגוונים פחות, כך ההסתברות למשברים נקודתיים באספקת הדלק תהיה גבוהה יותר. כמו כן, ככל שהקשר הגיאופוליטי של מקורות הייבוא (או של המקורות ששולטים בשוק העולמי של הדלק המדובר) פחות מאפשר, כך ההסתברות להפרעות נקודתיות באספקת הדלק בשעות חירום גדלה.

מקורות הנפט הגולמי המגיע לישראל אינם מגוונים כלל. הנפט בישראל מיובא ברובו בצורתו הגולמית מאזור הקווקז, ממדינות שבעבר היו בשלטון בריה"מ, באמצעות צינור הנפט באקו-טביליסי-ג'ייחאן (BTC) המחבר את הים הכספי עם הים התיכון ועובר דרך גיאורגיה וטורקיה (משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, 2014). חלק קטן מהנפט המיובא לישראל, כ-20% בשנת 2011 על-פי הלמ"ס, מגיע ישירות כתוצרי נפט, ומקורותיו מגוונים יותר (הלמ"ס, 2012).

ג. היקף מאגרי החירום ומלאי תפעולי

בטווח הקצר, שימוש במלאי ייעודי מאפשר לגשר על הפער בין הביקוש להיצע הדלק, ומקטין את ההשפעות של הפרעות ומחסורים בהיצע הדלק. שמירה על מלאי חירום ומלאי תפעולי הם כלים מרכזיים להתמודדות כל איומי הייחוס שהוזכרו בפרק הקודם. על-פי ארגון ה-IEA, זהו הכלי הנפוץ ביותר בקרב מדינות מפותחות התלויות בייבוא נפט להתמודדות עם הפרעות בהיצע בטווח הקצר. כל המדינות החברות ב-IEA מחויבות לשמור עתודות נפט המקבילות ל-90 יום של ייבוא נטו (IEA, 2007). המאגרים מוחזקים הן על-ידי התעשייה והן על-ידי ישויות ציבוריות ייעודיות. בזמן משבר, המדינה יכולה לאפשר לתעשייה לצמצם את הכמות המינימלית של מאגרים שהיא מחויבת לשמור, או לחלופין למכור נפט בבעלות המדינה במחירים מוגנים.

בדומה למדינות אחרות ב-OECD, הכלי המרכזי להתמודדות עם מצבי חירום בישראל בכל הנוגע להפרעות באספקת דלק מבוסס נפט הוא שמירה של מאגרי חירום. חוק משק הדלק, שאושר בשנת 2012, כולל את ההסדרה הייחודית הנדרשת למשק הדלק בשעות חירום כדי להבטיח, ככל האפשר, את המשך מתן השירותים לכלל המשק, וכן לספק את הצרכים המיוחדים של מערכת הביטחון (ממשלת ישראל, 2012). לפי החוק, חברות הדלק מחויבות להחזיק על חשבונן מלאי תפעולי מינימלי, וכן להחזיק מלאי ביטחוני על חשבון המדינה. כמות מלאי הדלק, מיקום המלאי ותנאים נוספים הקשורים בו, הם מידע אסטרטגי חסוי, ועל כן לא יופיעו בעבודה זו. על-פי החוק אפשר להכריז על מצב של כשל במשק הדלק לתקופה של עד 90 ימים, ולאחר מכן הממשלה יכולה להאריך את מצב הכשל בתקופות נוספות. במצב כשל יש סמכות לאפשר לחברות הדלק להוריד את המלאי התפעולי שלהן מתחת לרמה המינימלית על-פי החוק, וכן אפשר להשתמש במלאי החירום של המדינה.

ד. גיוון נקודות הקליטה, ההפקה, ההמרה והחלוקה

גיוון נקודות הקליטה, ההפקה, ההמרה והחלוקה מחזק את שרשרת האספקה של דלקים ומחסן את המשק מפני אסונות טבע ופעילויות חבלניות עוינות. בהיבט זה, נראה שנקודת התורפה בשרשרת האספקה של נפט בישראל נמצאת בנקודות הקליטה וההפקה של הנפט הגולמי. בישראל פועלים שני בתי זיקוק: בתי זיקוק לנפט (בז"ן) בחיפה, שבבעלות ציבורית, ובית זיקוק אשדוד, שבבעלות חברת "פז". בשתי הנקודות הללו מרוכזות כל מערכות הקליטה וההפקה של הנפט הגולמי של ישראל. תקלה או פגיעה בכל אחד מבתי הזיקוק או בנמלים הקולטים את הנפט יכולות להסב נזק משמעותי למשק. בהיבט של חלוקת הדלק מבתי הזיקוק לתחנות הדלק, יש גיוון רב יותר בנקודות האחסון ובדרכי ההולכה של הדלקים. במשק פועלות שלוש חברות תשתית שעוסקות באחסון, בהולכה ובניפוק תזקיקים: חברת תשתיות נפט ואנרגיה (תש"ן) בבעלות המדינה, חברת קו צינור אילת אשקלון (קצא"א) ושותפות דלק פי גלילות. חברות הדלק, ובראשן החברות המובילות דלק, פז, דור אלון וסונול, משנעות את התזקיקים לאתרי אחסון משלהן, ומשם הן מובילות אותם במכליות כביש לתחנות הדלק ולאיתרי ניפוק אחרים. שם רוכש אותם הצרכן הסופי.

5. תחליפי דלקים וביטחון אנרגטי

גיוון מקורות הדלק של מגזר התחבורה בישראל טומן בחובו את האפשרות לתרום לביטחון האנרגטי על-ידי חיזוק ממדי החוסן שהוזכרו בפרק הקודם:

הקטנת זעזועים בהיצע ובמחירים שבשגרה: יצירת תחרות בשוק האנרגיה לתחבורה יכולה להקטין את הזעזועים במחירי האנרגיה לתחבורה בישראל, בהנחה שיש גמישות מסוימת במעבר בין דלקים בטווח הקצר בהתאם לתנודות באספקה ולהפרשים בין מחיריהם.

הקטנת התלות בייבוא: הפקה מקומית של אנרגיה לתחבורה, למשל מהגז הטבעי המופק בישראל או מביו-דלקים המיוצרים מפסולת, מקטינה את התלות בנפט מיובא.

גיוון מקורות הייבוא וחיזוק המעמד הגיאופוליטי של ישראל: הטמעה של תחליפי דלקים מאפשרת גיוון של מקורות הייבוא של דלק ושל חומרי גלם לייצור דלק, כך שלא כל הדלק לתחבורה בישראל יתבסס על מספר מוגבל של מדינות

מוצא. כמו כן, חומרי גלם אחרים, כמו גז טבעי ופחם (שאפשר להפיק ממנו חשמל לכלי רכב חשמליים), לרוב מנותקים מההקשרים הגיאופוליטיים של נפט ותוצריו.

גיוון נקודות קליטה, הפקה, המרה וחלוקה: הטמעה של תחליפי דלקים יוצרת שרשרת אספקה נפרדת מזו של הנפט, וזו יכולה לחסן את המשק המקומי מפני פגיעות ותקלות נקודתיות במערך האנרגיה לתחבורה. לדוגמה, הטמעה של גז טבעי ומוצריו תעבה את תשתיות הקליטה וההפקה של חומרי הגלם, ותאפשר גיוון של נקודות ההמרה ודרכי החלוקה של דלק, וכך תחזק את מגזר התחבורה מפני מקרי חירום הנובעים מהפרעות נקודתיות בשרשרת האספקה הכוללת של דלק לתחבורה בישראל.

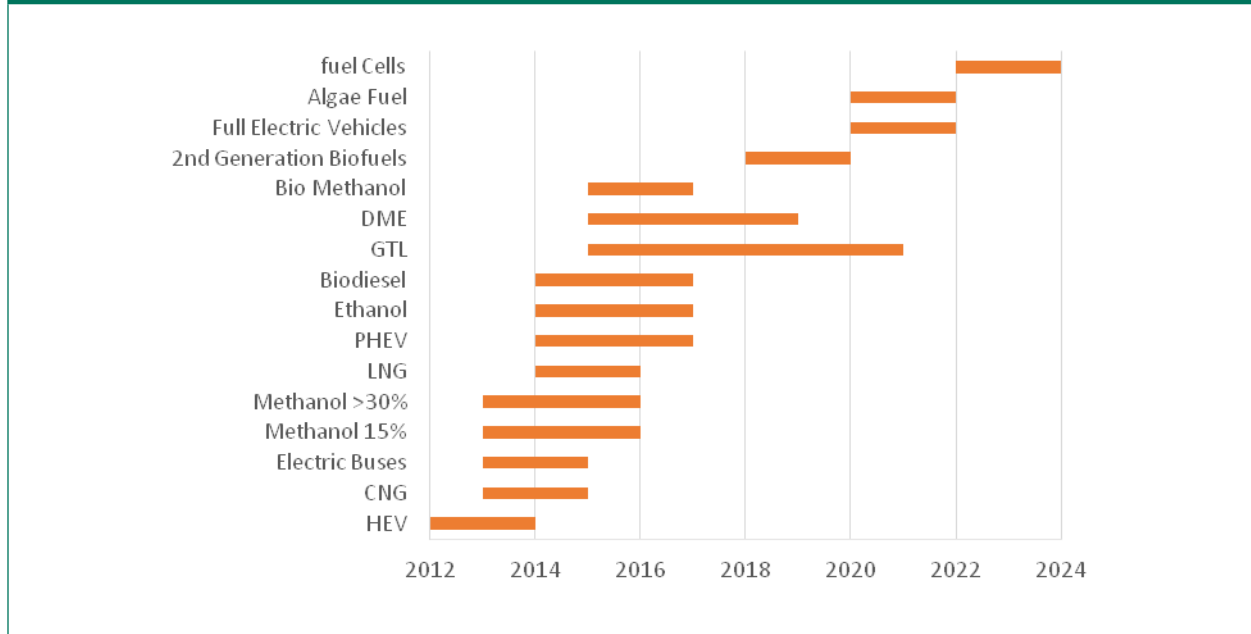
בפרק זה נסקור את תחליפי הדלקים הניתנים להטמעה במגזר התחבורה בישראל בטווח הקצר, ונעמיק בנוגע ליכולת של תחליפי הדלקים לתרום לביטחון האנרגטי של ישראל.

5.1 סקירת תחליפי דלקים

ישנו מגוון רחב של אפשרויות להטמעה של תחליפי דלקים במגזר התחבורה. פתרונות שונים מאומצים במדינות שונות על-פי התנאים המקומיים. תרשים 6 מציג הערכה לאפשרויות החדירה של תחליפי דלקים בשנים הקרובות בהתבסס על פיתוחים טכנולוגיים וכדאיות כלכלית, על-פי ניתוח של המנהלת לתחליפי דלקים במשרד ראש הממשלה (מנהלת לתחליפי דלקים, 2014). כדי לבחון את הטמעתם תחליפי דלקים במגזר התחבורה בטווח הקצר, נבחן את החלופות בעלות ההיתכנות הכלכלית והטכנולוגית ושזמן היציאה שלהן לשוק (Time To Market) הוא הקצר ביותר. הכוונה לחלופות הדורשות תקופת הסתגלות קצרה ובעלות מוכנות טכנית לייצור מסחרי:

- תחליפים מבוססי גז טבעי, כמו גז טבעי דחוס, גז טבעי נוזלי ומתנול
- אוטובוסים מונעי חשמל
- אפשר במידה מסוימת לייצר אתנול וביו-דיזל דרך מחזור פסולת, אך פוטנציאל הייצור בישראל זניח.

תרשים 6 – הערכת החדירה של טכנולוגיות תחליפי דלקים



מקור: המנהלת לתחליפי דלקים במשרד ראש הממשלה, 2014.

5.1.1 גז טבעי דחוס (גט"ד)

גז טבעי הוא דלק פוסילי המורכב מתערובת של גזים שהמרכיב העיקרי בה הוא מתאן. הגז הטבעי משמש כדלק לייצור חשמל, לשימוש על-ידי התעשייה, לצרכים ביתיים כמו חימום וכן כדלק לתחבורה. אפשר לעשות שימוש בגז הטבעי דחוס (גט"ד) כדלק ישיר, אך גם כבסיס וחומר גלם לייצור של דלקים נוספים כגון מתנול וגז טבעי נוזלי (גט"ן). אחד היתרונות הבולטים בשימוש בגז טבעי ובתוצריו במגזר התחבורה הישראלי הוא בהיבט הביטחון הלאומי, בשל יכולת ההפקה המקומית שלו. הטמעת הגז הטבעי ותוצריו בכלי הרכב בישראל היא למעשה הזדמנות להקטין את התלות בייבוא דלקים לתחבורה בכלל ושל נפט בפרט, ובכך גם להקטין את ההשפעות של זעזועים בהיצע הנפט ובמחיר הנפט על המשק המקומי.

הגז הטבעי בישראל מופק ממצבורים ימיים ועובר טיפול ראשוני. אחריו הגז זורם לרשת ההולכה בלחץ גבוה. מערכת ההולכה היא העורק הראשי לזרימת הגז – חלקה כבר קיים היום וחלקה בהקמה. בצמתים מרכזיים במערכת ההולכה הקיימת והעתידית מתוכננים לקום מפחיתי לחץ, ודרכם יזרם הגז אל רשת החלוקה בלחץ נמוך. רשת החלוקה מיועדת להגיע לקרבתו של כל צרכן שיבקש לצרוך גז טבעי. אפשר לחבר תחנות תדלוק ישירות למערכת החלוקה, או להקים מערכת של תחנות אם-בת (שינוע במשאיות של גט"ד מתחנת האם המחוברת לרשת החלוקה אל תחנת הבת, שבה מתבצע התדלוק של כלי הרכב), ובכך לעשות לשימוש ישיר בגט"ד לתחבורה.

תרשים 7 – רשת ההולכה הארצית לגז טבעי



מקור: משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים.

גז טבעי בתור דלק לתחבורה מוכר מתחילת המאה הקודמת. הטכנולוגיה לשימוש בגז טבעי לתחבורה מפותחת נמצאת ברמת בשלות גבוהה, ומיושמת במקומות שונים בעולם. כדי להבין מהם השיקולים לאימוץ של גז"ד בקטגוריות הרכב השונות ולבחירה בין כלי רכב ייעודיים (הצורכים גז"ד בלבד) לכלי רכב דו-דלקיים (המשלבים שימוש של גז"ד עם בנזין או סולר), נתייחס לכמה מאפיינים של גז"ד ושל כלי רכב מונעי גז"ד.

מחיר הדלק: טכנולוגית ההנעה לכלי רכב באמצעות גז"ד מוכרת ובשלה. היתרון העיקרי של השימוש בגז"ד לעומת בנזין או סולר נובע מהפקה מקומית של גז ומעלותו הנמוכה. מאחר שעלות ההובלה של גז טבעי גבוהה מאוד, לא מדובר בסחורה הנסחרת במחיר זהה בכל העולם, ומחירו משתנה על-פי מאפיינים מקומיים. בהנחה שמחירי הגז בישראל יהיו כ-6.5 \$ למיליון יחידות טרמיות בריטיות (MMBTU) – כך על-פי הניתוח של משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים – נמצא כי מחיר הגז"ד יהיה מקביל ל-1.19 \$ לשווה ערך ליטר בנזין לפני מסי הבלו והמע"מ (קבוצת פארטו, 2012). להשוואה, עלותו של בנזין בפברואר 2014 עמדה על 2.56 \$ לליטר (מחיר שער מפעל).

עלויות רכישה/המרה: לעומת מחירי הדלק הנמוכים, עלויות הרכישה של רכבי גז"ד גבוהה בהשוואה לכלי רכב קונבנציונליים. כלי רכב פרטיים ומסחריים קלים מונעי גז"ד יקרים רק במעט מכלי רכב המונעים בבנזין או בסולר: מדובר

בפער עלויות של 5-10 אחוזים, אך העלות הנוספת עבור אוטובוסים וכלי רכב כבדים המונעים בגט"ד, בהשוואה לרכב מקביל מונע סולר, היא כ-15% (קבוצת פארטו, 2012). כמו כן, אפשר להמיר כלי רכב ישנים לשימוש בגט"ד. עלות ההמרה מקבילה פחות או יותר לעלות ההחלפה ברכב חדש.

טווח נסיעה: לנוכח הנפח והמשקל של מכליות הגז, טווח הנסיעה של כלי רכב הצורכים גט"ד קטן יותר משל רכבי בנזין. שיעור ההפחתה בטווח הנסיעה עומד על 30-50 אחוזים עבור כלי רכב כבדים, וכ-30% עבור כלי רכב קלים.

תשתיות: פריסה בלתי מספקת של תחנות תדלוק היא אחד החסמים המרכזיים בחדירת מכוניות מונעות גט"ד. הנעה באמצעות גט"ד מצריכה פריסה של עמדות תדלוק ייעודיות. המחסור בתשתיות מוגדר לעתים כבעיית "ביצה ותרגולת", שכן בהיעדר כמות גדולה של כלי רכב מונעי גט"ד, אין הצדקה לפריסה רחבה של תחנות תדלוק, ומאידך, בהיעדר פריסה מספקת של תחנות תדלוק, לא צפוי גידול בכמות כלי הרכב.

ערך בתום תקופת הבעלות: לרכבי גט"ד אין כיום שוק משני, מאחר שאין בשוק כלי רכב ממונעי גט"ד כלל. עם זאת, אימוץ של כלי רכב חדשים או מומרים בקנה מידה מספק ייצור שוק לכלי רכב יד שנייה.

זמינות כלי רכב: ישנן כמה יצרניות של כלי רכב ממונעי גט"ד. באירופה קיימים כ-20 דגמי רכב לנוסעים וכ-13 כלי רכב מסחריים, רובם המכריע מאפשרים הנעה דו-דלקית של גט"ד ובנזין. כמו כן קיימים באירופה 13 דגמי אוטובוסים ו-7 דגמי משאיות המונעים בגט"ד בלבד (ללא שימוש בסולר). עבור משאיות מעל 34 טון, הזמינות מוגבלת מאוד (קבוצת פארטו, 2012).

תרשים 8 – שיקולים בהטמעה של כלי רכב ממונעי גט"ד

| פירוט | התאמה למגזר התחבורה |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| מחיר דלק | מתאים בעיקר לכלי רכב בעלי נסועה גבוהה כמו אוטובוסים, משאיות ומוניות, אך מתאים גם לכלי רכב קלים ומסחריים. |
| עלות רכישה/המרה | נמוך בכחצי מבנזין/סולר |
| טווח נסיעה | גבוה ב-5-15 אחוזים מרכב קונבנציונלי |
| תשתיות תדלוק | נמוך ב-30-50 אחוזים מרכב קונבנציונלי |
| תשתיות תדלוק | דרושה השקעה בתשתית |
| זמינות כלי רכב | יש מגוון מסוים של משאיות ואוטובוסים ייעודיים, וכן של כלי רכב קלים דו-דלקיים. המגוון של משאיות הכבדות מ-34 טון קטן. |
| זמינות כלי רכב | זמינות מוגבלת |

מקור: מכון מילקן, 2014.

תרשים 8 מסכם את סך השיקולים בכל הנוגע לאימוץ של כלי רכב מונעי גט"ד. אפשר לראות שעיקר המגבלות בהטמעת כלי רכב מונעי גט"ד במגזר התחבורה הישראלי נוגעות לחסמים של יצירת שוק יש מאין. בשוק מפותח שיש בו תשתיות תדלוק מתאימות, שוק מפותח של כלי רכב משומשים וזמינות של מגוון כלי רכב, אפשר להתגבר על החסמים העיקריים – טווח נסיעה מוגבל ועלות רכישה גבוהה.

לנוכח עלויות הרכישה הגבוהות ועלויות התדלוק הנמוכות, נראה שהחדירה של רכבי גט"ד לשוק הישראלי צריכה להיעשות דרך כלי רכב בעלי שיעורי נסועה גבוהים כמו משאיות, אוטובוסים ומוניות. בשל מחירי הדלק הנמוכים, ככל שהנסועה של הרכב גבוהה יותר כך קטנה העלות הכוללת של הבעלות על הרכב.

ההתאמה של אוטובוסים ומשאיות להנעה בגט"ד טובה למרות המגבלות של טווח הנסיעה והיעדר תשתית תדלוק מספקת. ציי אוטובוסים ומשאיות הם לרוב בעלי מסלולי נסיעה מוגדרים, ועל כן נוח להתאים בין הנסיעות השגרתיות לבין הצורך בתדלוק כלי הרכב. כמו כן, ציי רכב גדולים יכולים להקים עמדות תדלוק ייעודיות בחניונים, ולחסוך את הצורך בהקמת תשתית נפרדת.

דרך נוספת להתמודד עם טווחי הנסיעה הקצרים והתלות בתשתית תדלוק נפרדת היא שימוש בשיטות הנעה משולבות. כלי רכב קלים המונעים בגט"ד לרוב מצוידים בהנעה דו-דלקית של גט"ד ובנזין (Bi-Fuel). כלי רכב אלו מצוידים בשני מכלי תדלוק נפרדים, והמנוע מותאם לעבוד על שני הדלקים. המעבר בין הדלקים נעשה באופן ידני או אוטומטי. כאשר מכל הגז מתרוקן, כלי הרכב יכול להמשיך לנסוע בעזרת בנזין עד לתדלוק הבא. אשר לכלי רכב כבדים, ישנם כאמור כלי רכב המונעים על גט"ד בלבד, ואת האחרים אפשר להתאים להנעה דו-דלקית או להנעה דואלית (Dual-Fuel) המתבססת על מערכת אוטומטית שמאפשרת תערובת של בנזין וגט"ד תוך שילוב מיטבי ביניהם. אף שהניסיון בעולם בכל הנוגע להנעה דואלית ודו-דלקית בכלי רכב כבדים מוגבל, שיטות אלו יכולות להיות שלב ביניים – הקמת תשתית לאומית מספקת של תחנות תדלוק, שתאפשר לבסוף את המעבר לרכבי גט"ד ייעודיים.

5.1.2 גז טבעי נוזלי (גט"ן)

נוסף על השימוש הישיר בגז טבעי דחוס כדלק לתחבורה, אפשר להפיק ממנו תוצרים נוספים שיכולים להיות תחליף לדלקים מבוססי נפט. לדלקים נוזליים יש יתרון בולט בהיבט הביטחון הלאומי: גז טבעי דחוס אי-אפשר לאגור, והשינוע שלו מתבסס על צנרת ההובלה שעלולה להיות חשופה לנזקים ופגיעות. דלקים נוזליים, לעומת זאת, קל יותר לאגור ואפשר לשנע במשאיות.

גז טבעי נוזלי (גט"ן) הוא גז טבעי שמצב צבירתו משתנה מגז לנוזל בתהליכי קירור. נפחו של גט"ן הוא כ-40% מנפחו של גט"ד. מאחר שנפח הגז הנוזל קטן במידה ניכרת, אפשר לאחסן ולשנע כמות גדולה בנפח קטן יחסית. שימוש בגז טבעי נוזלי הוא לרוב כדאי יותר מבחינה כלכלית כאשר אין צנרת גז.

בדומה לגט"ד, גם גט"ן דורש בנייה של תשתית תדלוק ייעודית, וגם עלות כלי הרכב גבוהה יותר מעלותם של כלי רכב מונעי סולר. יתרונו הבולט של גט"ן בהשוואה לגט"ד בכל הנוגע להנעת כלי רכב הוא בהגדלת טווח הנסיעה: טווח הנסיעה בגט"ן דומה לטווח הנסיעה של רכב מונע סולר. עם זאת, לשימוש בגט"ן יש כמה חסרונות בולטים: מחירו יותר גבוה בגלל עלות ההנזלה של הגז ועלות השמירה על קירור, הוא דורש מכל דלק כבר ביותר, ואם לא נעשה בו שימוש במשך כמה ימים הוא עלול להתאדות ממכל הדלק.

באופן כללי נראה שהשימוש בגט"ן מתאים רק למשאיות כבדות שהנסועה שלהן גבוהה. בגלל עלות הדלק הגבוהה בהשוואה לגט"ד (אך הנמוכה בהשוואה לסולר), נדרשת נסועה גבוהה לצד צריכת דלק גבוהה כדי להחזיר את העלות התוספתית של הרכב. כמו כן, מכל הדלק הכבד מתאים רק לכלי רכב כבדים מאוד, ותדלוק הרכב צריך להיות מדוד, כדי שהגט"ן לא יתאדה ממכל הדלק.

5.1.3 מתנול

מתנול הוא חומר נוזלי המופק בין היתר מגז טבעי ומשמש לתחבורה ובתור חומר בסיסי בתהליכים תעשייתיים רבים. כיום ישראל מייבאת מתנול לצורכי תעשייה שונים וכן כחומר גלם לייצור MTBE – תוסף דלק לתחבורה. היקף השימוש במתנול כדלק לתחבורה בעולם קטן במידה ניכרת מהשימוש בתחליפי דלק אחרים, ובהם אתנול. כיום סין היא הצרכנית הגדולה ביותר של מתנול, עם יכולת ייצור משוערת של 18 מיליארד גלון בשנת 2018 – כשליש מהכמות הזאת מיועד לתחבורה ומחליף יותר ממאתיים מיליון חביות נפט בשנה (USESC, 2014). באירופה ובארה"ב ניתנה עד כה עדיפות לאתנול, בעיקר משיקולים סביבתיים אך גם משיקולים פוליטיים (לובי חקלאי חזק בארה"ב).

השימוש במתנול מתאים בעיקר לכלי רכב קלים, בשל היכולת לשלבו במנועי בנזין בשיעורי ערבוב משתנים. עם זאת ישנם כיום בעולם ניסיונות לבחון את היכולת להטמיע מתנול בכלי רכב כבדים יותר. כדי להבין מהם השיקולים לאימוץ של מתנול נתייחס לכמה ממאפייניו:

מחיר הדלק: צריכת המתנול בישראל מתבססת כיום על ייבוא, ומחירו נקבע בשוק העולמי. בהנחה שיהיה ייצור מקומי של מתנול (בהתבסס על מאגרי הגז בישראל, ומאחר שמדובר במוצר סחיר בשוק הבינלאומי), מחירו המקומי אינו צפוי לחרוג במידה רבה ממחירו בעולם. השוואה של מחירי המתנול למחירי בנזין בשנים 2010-2014 מצביעה על מחירי מתנול הנמוכים ב-5-20 אחוזים לפי ערך קלורי (ראו תרשים 7 בהמשך). על כן, בשיעורי ערבוב נמוכים הפרשי המחירים בהשוואה לבנזין לא צפויים להיות משמעותיים, וככל ששיעורי הערבוב גבוהים כך מחירי הדלק יורדים.

עלויות רכישה/המרה: המעבר להנעה במתנול בשיעורי מהילה של 15% ומעלה מחייב התאמות במכלולי הרכב ליצירת FFV (Flex Fuel Vehicle). העלות הנוספת של הסבת רכב קיים היא 500-1000 ₪ (קבוצת פארטו, 2012). רכבי FFV חדשים אינם צפויים לעלות יותר מכלי רכב קונבנציונליים.

טווח הנסיעה: הערך הקלורי של מתנול נמוך בכחצי מזה של בנזין. ככל שאחוז המתנול בדלק יהיה גבוה יותר, טווח הנסיעה יתקצר בהתאם. עם זאת, בשיעורי מתנול של עד 15%, ביזכות נצילות מנוע גבוהה יותר, טווח הנסיעה זהה לרכב המונע בבנזין.

תשתיות: נדרשת התאמה עבור דלקים בעלי ריכוזי מתנול גבוהים בתשתיות הערבוב, האחסון וההובלה. ברוב תחנות הדלק תשתית האחסון הקיימת מתאימה למתנול, אך יש צורך בהתאמת משאבת התדלוק, בעלות מוערכת של כ-35 אלף ₪ למשאבה.

ערך בתום תקופת הבעלות: מאחר שכלי הרכב הצורכים מתנול בשיעורים שונים מותאמים גם לצריכת בנזין בלבד, הם יכולים להשתלב בשוק הקיים של כלי הרכב המשושמים. לצד זאת, ערכם של כלי הרכב עלול להיפגע עד שהציבור ישוכנע שמתנול אינו מסב נזק נוסף לרכב.

זמינות כלי הרכב: באופן כללי אפשר להמיר כלי רכב לצריכה גבוהה יותר של מתנול, בעלות של 500-1000 ₪. עם זאת חשוב לציין שעל-פי צו הפעלת הרכב, כיום חל איסור על הפעלת כלי רכב בדלק שאינו בנזין, סולר או גט"ד (משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, 2014). לפיכך, ללא עדכון הצו, המרה של כלי רכב לצריכת מתנול היא עברה על

החוק. כמו כן, אין בעולם רכבי OEM (Original Equipment Manufacturer) המותאמים רשמית לצריכת מתנול, ויצרניות הרכב נוהגות להסיר את האחריות על כלי הרכב שעברו המרה.

| תרשים 9 – שיקולים בהטמעה של כלי רכב ממונעי מתנול | | | |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|
| התאמה למגזר התחבורה | M70 | M15 | |
| מתאים לכלי רכב קלים ממונעי בנזין | נמוך ב-10-15 אחוזים מבנזין | נמוך במעט מבנזין | מחיר דלק |
| | עלות המרה של 500-1000 ₪; אין עלות נוספת של רכב חדש | עלות המרה של 500-1000 ₪. אין עלות נוספת של רכב חדש | עלות רכישה/המרה |
| | נמוך בכ 40% מרכב קונבנציונלי | זהה לרכב קונבנציונלי | טווח נסיעה |
| | דורש השקעה נמוכה | דורש השקעה נמוכה | תשתיות תדלוק |
| | אפשרות לעלויות נוספות | אפשרות לעלויות נוספות | עלויות תחזוקה |
| | אפשרות להשתלב בשוק קיים | אפשרות להשתלב בשוק קיים | ערך בתום תקופת הבעלות |

מקור: מכון מילקן, 2014.

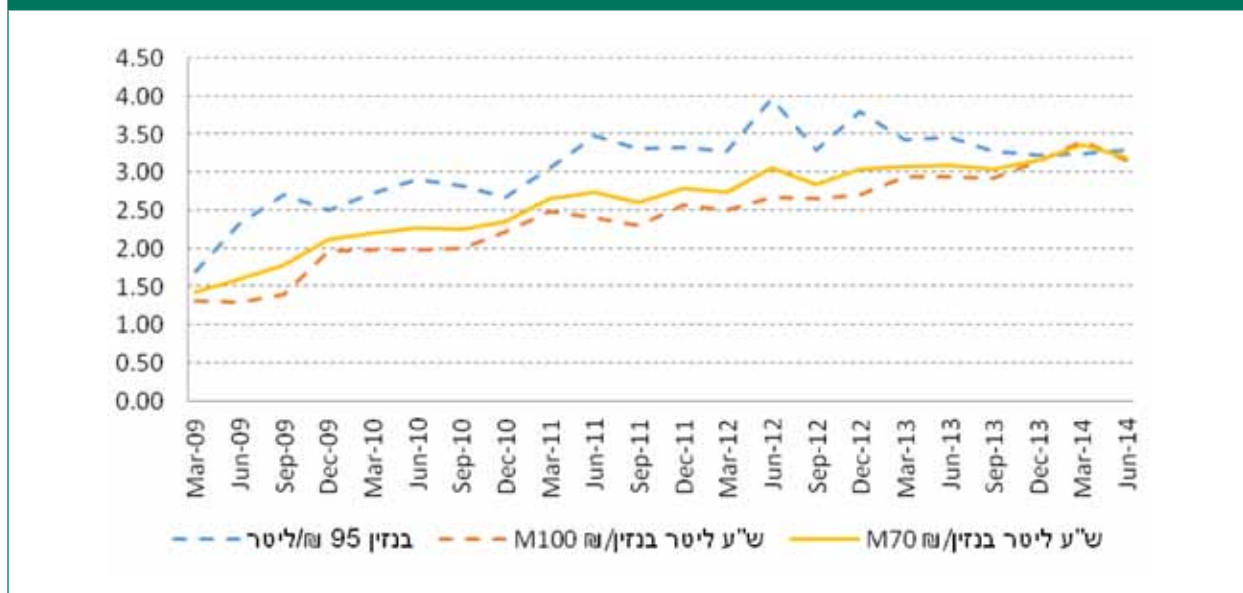
תרשים 9 מציג השוואה בין שילוב נמוך של 15% מתנול (M15) בדלק לבין שילוב גבוה של 70% מתנול (M70). M15 מפגין כדאיות כלכלית בהשוואה לבנזין, מאחר שעלות הדלק נמוכה יותר, וטווח הנסיעה זהה. מאחר שההתאמות של כלי הרכב והתשתית דומות ללא קשר לשיעור המהילה, ככל ששיעור המתנול בדלק גבוה יותר, כך הכדאיות הכלכלית גדלה.

בנוגע לביטחון אנרגטי, היתרון הבולט ביותר של מעבר לרכבי FFV הוא ביכולתו של הצרכן לבחור את בין שיעורי מהילה שונים של מתנול בדלק. כשיש מחסור בבנזין או כשמחירו עולה, אפשר לרכוש דלק בעל שיעור מתנול גבוה. ומצד שני, אם מחירי המתנול עולים בהשוואה למחירי הבנזין, אפשר לרכוש דלק בעל שיעורי בנזין גבוהים יותר. גמישות זו יכולה לתרום במידה משמעותית ליציבות אספקת הדלק ולמחיריו.

תרשים 7 מציג את מחירי הבנזין והמתנול בשנים 2009-2014. מחירי הבנזין מתבססים על נתוני משרד האנרגיה לפני מס הבלו ומע"מ (משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, 2014). מחירי המתנול הם לפי מדד מחירי methanex למחירי מתנול באירופה (Methanex, 2014), ומותאמים לשווה הערך האנרגטי של ליטר בנזין (יחס של 2.01 ליטר מתנול

עבור ליטר בנזין). הנחת היסוד היא שמאחר שהמתנול סחיר בשוק העולמי, מחיריו בישראל יהיו זהים למחיריו בעולם גם במקרה של ייצור מקומי (אם כי ישנה אפשרות שמחיריו יהיו מעט נמוכים מהמחיר העולמי, ויבטאו את החיסכון של עלויות ההובלה). תרשים 10 מציג גם את מחירו של תמהיל דלק בעל שיעור של 70% מתנול ו 30% בנזין (M70). כפי שאפשר לראות בתרשים, מחירי ה-M70 יציבים יותר בהשוואה למחירי המתנול או הבנזין בנפרד. בדומה למקרה של הטמעת מתנול, מאחר שגז טבעי יימכר בשוק הישראלי בחוזים ארוכי טווח, השימוש בגז"ד לתחבורה צפוי גם כן לתרום ליציבות מחירי הדלקים.

תרשים 10 - השוואה בין מחירי מתנול ובנזין, ש"ע/ליטר (שווה ערך) ליטר בנזין



מקור: משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, 2014; Methanex, 2014.

הטמעה של M15 בכלי רכב קיימים כאמור אינה בהכרח כדאית כלכלית, ואינה מאפשרת את אותה גמישות בבחירת תמהיל הדלק. עם זאת, בתהליך של הטמעת המתנול במגזר התחבורה בישראל, אפשר לשקול את ההטמעה של M15 לכלי רכב קיימים כחלק מתהליך מעבר של כלי רכב קלים לצריכה של מתנול בשיעורי מהילה גבוהים.

5.1.4 תחליפים מבוססי חשמל

רכב חשמלי הוא רכב המשתמש באנרגיה כימית האצורה בחבילת מצברים נטענים. אפשר להגדיר שני סוגי כלי רכב חשמליים הקיימים כיום בשוק: כלי רכב היברידיים פלאג-אין (Plug-in Hybrid Electric Vehicle - PHEV), בעלי שתי מערכות הנעה – מנוע בעירה פנימי ומנוע חשמלי (את המנוע החשמלי אפשר להטעין ישירות מרשת החשמל); וכלי רכב חשמליים (Electric vehicles – EV), הפועלים על מנוע חשמלי בלבד שאפשר להטעינו מרשת החשמל. ישנם גם כלי רכב היברידיים (Hybrid Electric Vehicle – HEV), המשלבים שתי מערכות הנעה משלימות של מנוע בעירה פנימי ומנוע חשמלי, שבהם המנוע החשמלי נטען מאנרגיה הקינטית של הרכב ואינו נטען מרשת החשמל. מאחר שמקור האנרגיה של כלי הרכב האלו הוא נפט בלבד, לא נתייחס אליהם בעבודה זו.

מחיר הדלק: עלות הדלקים היא עלות המשתנה באופן תדיר ומושפעת מאוד מתנאי היצע וביקוש דינמיים. לפי מחקר של משרד האנרגיה, עלות הנסיעה של כלי רכב חשמליים היא 40%-60% מהעלות של כלי רכב מונעי בנזין (חברת כיוון ומוסד שמואל נאמן, 2014). עבור כלי רכב בעלי נסועה גבוהה יותר, כגון אוטובוסים, עלות האנרגיה היא כ-25% מהעלות של כלי רכב מונעי סולר (קבוצת פארטו, 2014).

עלויות רכישה: עלות הרכישה של כלי רכב חשמליים קלים גבוהה ב-100%-150% מעלות של כלי רכב מונעי בנזין. העלות של אוטובוסים חשמליים גבוהה ב-60%-100% מעלות של אוטובוסים מונעי סולר (כיוון, 2014; פארטו, 2014).

עלויות תחזוקה: עלות התחזוקה של כלי רכב חשמליים קלים קטנה ב-50%-70% מעלות התחזוקה של כלי רכב מונעי בנזין. עלות התחזוקה של אוטובוסים חשמליים נמוכה ב-50% מעלות התחזוקה של אוטובוסים מונעי סולר (כיוון, 2014; פארטו, 2014).

טווח נסיעה: טווח הנסיעה של כלי רכב חשמליים נמוך במידה ניכרת מזה של כלי רכב קונבנציונליים. טווח הנסיעה של רכב חשמלי קל הוא לרוב 100-130 ק"מ בין טעינות. טווח הנסיעה בין טעינות של כלי רכב כבדים כגון אוטובוסים הוא 160-230 ק"מ (כיוון, 2014; פארטו, 2014). בהשוואה, טווח הנסיעה של כלי רכב קונבנציונליים הוא 500-700 ק"מ בין תדלוקים.

תשתיות: הטמעה של כלי רכב חשמליים קלים דורשת פריסת תשתית נרחבת, אך הניסיון העולמי מראה שאין מודל עסקי מצליח בתחום. רוב התשתית הקיימת בעולם כיום מתבססת על סבסוד ציבורי נרחב. עבור ציי רכב גדולים, כמו אוטובוסים, אפשר ליצור תשתית תדלוק ייעודית.

זמינות כלי רכב: ישנן כמה יצרניות המאפשרות היצע מסוים של כלי רכב חשמליים קלים מסוגים שונים. המגוון של כלי רכב חשמליים כבדים מוגבל יחסית.

למרות עלויות הנסיעה והתחזוקה הנמוכים, עלות הרכישה של כלי רכב חשמליים קלים גבוהה מאוד, וכיום השימוש ברכב חשמלי אינו פתרון כלכלי ותפעולי לשוק כלי הרכב הקלים. זאת נוסף על העובדה שהטמעה של כלי רכב חשמליים קלים תדרוש הטמעה של תשתית הטענה ציבורית יקרה ומורכבת לתפעול. עם צד, ייתכן שישנה תועלת כלכלית בהטמעה של כלי רכב חשמליים בציי רכב כבדים בעלי נסועה גבוהה ואפשרות לתשתית תדלוק ייעודית. מאחר שטווח הנסיעה של כלי רכב חשמליים נמוך, נראה שהטמעה כזאת יכולה להיעשות לעת עתה דרך ציי האוטובוסים העירוניים.

5.1.5 תחליפים מבוססי פסולת וביומסה

פיתוח של טכנולוגיות בעולם ליצירת דלקים לתחבורה מפסולת נמצאים בשלבים שונים של פיתוח טכנולוגי ויישום. אפשר להשתמש בשמנים ובשומנים משומשים קלים לטיפול (Yellow Grease) כדי להפיק ביודיזל בתהליך ותיק ומקובל. אך מאחר שמחירי השמן המשומש גבוהים, בשל שימושים אלטרנטיביים (ייצור מזון לבעלי חיים, מוצרי קוסמטיקה ודטרגנטים), לא נראה שיש לייצור של ביודיזל אופק כלכלי. ייצור של ביודיזל משמנים קשים לטיפול (Brown Grease), שעלותם נמוכה במידה ניכרת מעלות השמנים הקלים לטיפול, נמצא כיום בשלבים של מחקר ופיתוח, ולא יהיה ניתן ליישום בשנים הקרובות.

אפשר להשתמש גם בפסולת עירונית וחקלאית כדי לייצר אתנול, אם כי טכנולוגיית הגזיפיקציה וההידרוליזה לטובת ייצור האתנול נמצאת בראשית דרכה וכיום אין מתקנים מסחריים בעולם שעושים זאת. אפשר להשתמש במגוון סוגי פסולת לייצור

גז טבעי דרך עיכול אנארוכי, וישנם מאות מתקנים של עיכול אנארוכי ברחבי העולם, אך מרבית המתקנים הם בקנה מידה קטן (ברמת החווה) ומספקים חשמל וחום במתחם עצמו. אין שימוש מסחרי בטכנולוגיה לטובת ייצור CNG למערך התחבורה.

ללא הגבלות של מדיניות טיפול בפסולת בישראל, אפשר להפיק כ-14% מהביקושים לדלק לתחבורה כיום. תחת מגבלת מדיניות המחזור של המשרד להגנת הסביבה, שיעור זה פוחת לכ-9% מהביקושים (כיוון ומוסד שמואל נאמן, 2014). עם זאת, לנוכח חוסר הניסיון בהפקת הדלקים מפסולת בעולם בכלל ובישראל בפרט, ולנוכח חוסר הוודאות בכלכליות הייצור בארץ ובהתפתחות הטכנולוגיות לייצור דלקים אלו ואחרים, נראה כי פוטנציאל הייצור המרבי יהיה נמוך בהרבה – אחוזים בודדים בלבד מתוך סך הביקוש לדלק בישראל, ותרומתו לביטחון האנרגטי של ישראל בשנים הקרובות צפויה להיות מזערית.

5.2 ההרכב האופטימלי של תחליפי דלקים

תחליפי דלקים יכולים להיות מרכיב מרכזי בחיזוק הביטחון האנרגטי של מגזר התחבורה בישראל, והגיוון יכול לבוא לידי ביטוי בשלושה ממדים: הממד הראשון הוא של גיוון חומרי הגלם ומקורות הדלק של כלל המשק, מתוך התייחסות למגזר התחבורה כולו כמקשה אחת. הממד השני הוא גיוון סל הדלקים עבור כל אחת מהקטגוריות השונות של כלי הרכב – כלי רכב פרטיים, משאיות, אוטובוסים וכו'. הממד השלישי הוא גיוון סל הדלקים ברמת הרכב הבודד.

תרשים 11 - שלושה ממדי גיוון סל הדלקים במגזר התחבורה



מקור: מכון מילקן, 2014.

תרשים 11 מתאר את קשרי הגומלין בין שלושת הממדים. ככל שגיוון תחליפי הדלקים מתאפשר במעגל פנימי יותר, כך מתחזק הביטחון האנרגטי. ניקח לדוגמה את ההטמעה של גז טבעי בכלי רכב פרטיים:

גיוון דלקים בכלי הרכב הבודד: אם כל כלי הרכב הקלים יהיו מונעים בשילוב של גז טבעי ובנזין ויהיו מסוגלים לתמרן בין שתי החלופות במהלך הנסיעה, המעבר בין שני סוגי הדלק יוכל להיעשות בגמישות יחסית, וכלי הרכב יוכלו לצרוך סוג דלק אחד במקרה של זעזועים בהיצע ובמחיר של הדלק האחר.

גיוון דלקים בקבוצת הרכב: אם חלק מכלי הרכב הקלים יהיו מונעים בגז טבעי בלבד וחלקם האחר יהיו מונעים בבנזין בלבד, הפרעות באספקה ובמחירים של אחד הדלקים אמנם יפגעו בכלי רכב הקלים כקבוצה, אך באופן חלקי בלבד.

גיוון דלקים במגזר התחבורה כמקשה אחת: אם כלי רכב פרטיים יהיו מונעים בבנזין בלבד ומשאיות יהיו מונעות בגז"ד בלבד, הפרעות באספקה ובמחירים של אחד הדלקים עלולות להשבית קבוצת רכב שלמה, אך לא תפגע בכל מגזר התחבורה.

5.2.1 גיוון חומרי הגלם ומקורות הדלק במגזר התחבורה כמקשה אחת

תרשים 12 מציג השוואה בין דלקים מבוססי נפט לבין מקורות האנרגיה שיש להם פוטנציאל חדירה משמעותי בטווח זמנים קצר, על-פי סקירת הדלקים לעיל.

| תרשים 12 – ביטחון אנרגטי הנובע משימוש בדלקים השונים | | | | |
|-----------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|--|
| נפט | גז טבעי דחוס (CNG) | תוצרי גז טבעי נוזליים (LNG, מתנול) | חשמל | |
| היקף התלות בייבוא | תלות מוחלטת בייבוא | אפשרות להפקה מקומית | אפשרות להפקה מקומית מגז טבעי | |
| גיוון מקורות הייבוא | אין גיוון מקורות | מאפשר גיוון מקורות (אפשרות לייבוא מתנול) | גיוון רב, בזכות גיוון חומרי הגלם | |
| הקשר גיאופוליטי של מקורות הייבוא | הקשר גיאופוליטי בעייתי | הקשר גיאופוליטי מאפשר | הקשר גיאופוליטי מאפשר | |
| גיוון נקודות הקליטה | 2 נקודות קליטה | 1-2 נקודות קליטה, כולל של הפקה מקומית | 3 נקודות קליטה של חומרי גלם | |
| גיוון נקודות ההמרה | 2 נקודות המרה | 1-2 נקודות המרה | מגוון תחנות לייצור חשמל | |
| גיוון דרכי החלוקה | שינוע דרך מכליות כביש | שינוע דרך רשת החלוקה | רשת החשמל מבזרת | |
| היקף מאגרי החירום והמלאי התפעולי | אפשר לאגור | אי-אפשר לאגור | אי-אפשר לאגור (בעיקר מתנול) | |

מקור: מכון מילקן, 2014.

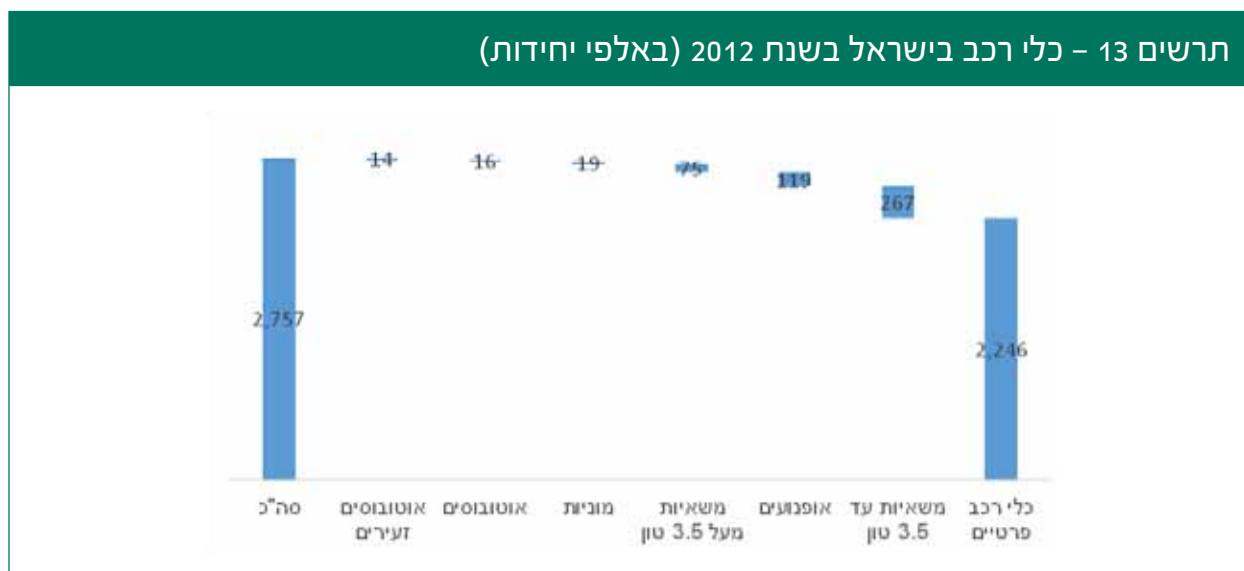
אחד היתרונות הבולטים שבהטמעת תחליפי דלקים הוא האפשרות להפקה מקומית של גז טבעי והמרתו לדלק לתחבורה. במקביל לשימוש בתוצרי הגז באופן ישיר בכלי הרכב, כלי הרכב החשמליים יצרכו חשמל שיופק גם הוא באופן חלקי מגז

טבעי. יתרון נוסף הוא שתוצרי הגז הטבעי הנוזליים כגון גט"ן ומתנול, וכן חומרי הגלם להפקת חשמל, נסחרים בשוק הבינלאומי ומקורות הייבוא שלהם מגוונים מאלו של הנפט הגולמי. לפיכך, גם תחליפי הדלקים שלא יתבססו בהכרח על הפקה מקומית של גז טבעי, יתרמו במידת-מה לביטחון האנרגטי של ישראל. הטמעה של תחליפי הדלקים תגוון גם את מספר נקודות הקליטה של חומרי הגלם, את נקודות ההפקה וההמרה של הדלקים, את דרכי החלוקה של הדלקים לתחנות הדלק ואת מגוון מאגרי החירום.

תרשים 12 מדגיש את העובדה שביטחון אנרגטי נובע מגיוון מקורות האנרגיה. אין מקור אנרגיה יחיד המאפשר לבדו ביטחון אנרגטי. החוזק מגיע מגיוון המקורות. לדוגמה, לגז הטבעי ולתוצריו אין יתרון יחסי בכל הנוגע לגיוון נקודות הקליטה, ההפקה וההמרה. פגיעה בנקודת קליטה בין אסדת הגז לבין המפעל ביבשה יכולה להשבית את מערכת אספקת הגז, ובמקרה של תלות מוחלטת בגז טבעי – לפגוע פגיעה משמעותית בביטחון האנרגטי. גז טבעי דחוס עובר דרך רשת ההולכה, שעלולה להיות יותר רגישה לפגיעות ולתקלות בהשוואה לדלקים נוזליים המשונעים במכליות בכבישים. לגז טבעי יש חיסרון בולט נוסף בהשוואה לנפט בכל הקשור לפיתוח מאגרי חירום. עלות האחזקה של מאגרי גט"ד וחשמל גבוהה בהשוואה לדלקים נוזליים. גם האחזקה של מאגרי גט"ן בעייתית, עקב עלויות הקירור הגבוהות והנזק הגדול שיכול להיגרם מפגיעה בתשתיות האחסון. הטמעה של מתנול, מנגד, תאפשר אגירה לעת חירום בדומה לבנזין וסולר.

5.2.2 גיוון הדלקים בפילוח לקטגוריות כלי הרכב השונות

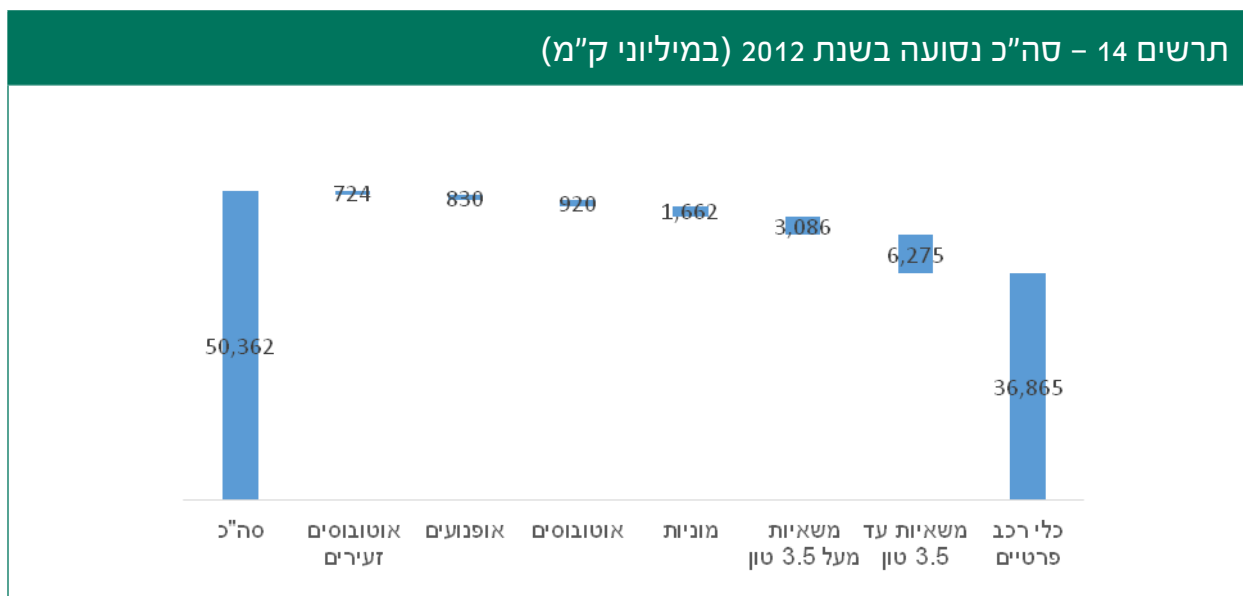
תחליפי הדלקים השונים לא בהכרח מתאימים לכל קבוצות הרכב במגזר התחבורה. בחינה של הביטחון האנרגטי צריכה להיעשות דרך היכולת של סוגי כלי הרכב השונים במגזר התחבורה להתמודד עם הפרעות באספקת הדלק.



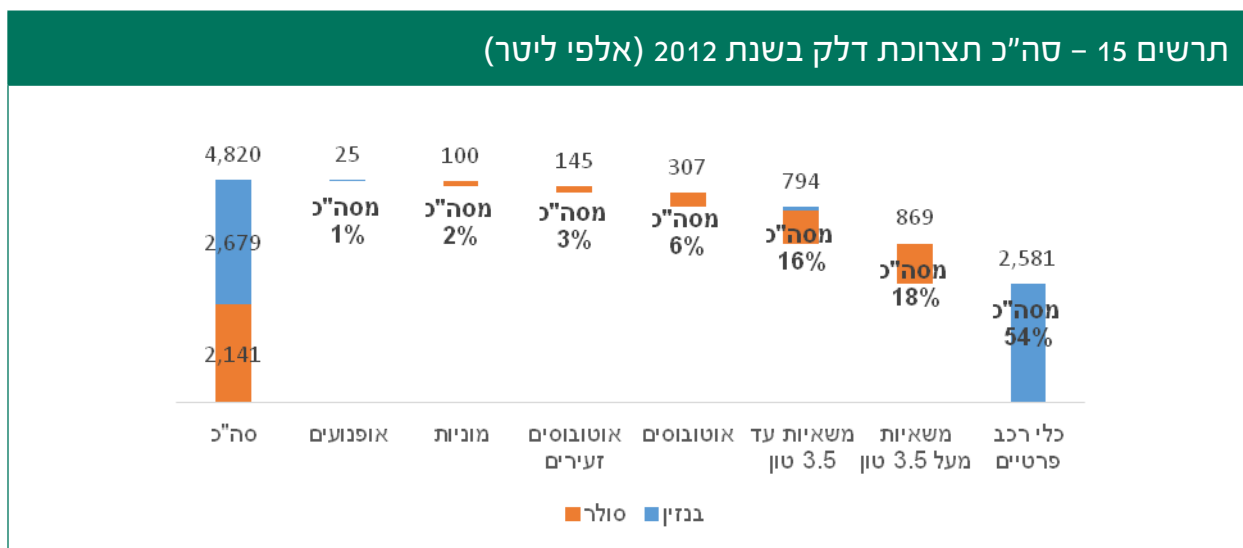
מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2012.

תרשים 13 מתאר את פריסת כלי הרכב בישראל בשנת 2012 על-פי הקטגוריות השונות. אפשר לראות שיותר מ-90% מכלי הרכב בישראל הם כלי רכב קלים או משאיות עד 3.5 טון. משאיות כבדות הן רק 3% מכלי הרכב, ואוטובוסים רק כ-1%.

עם זאת, כפי שאפשר לראות בתרשים 12 ובתרשים 13, כאשר מכניסים שיקולים של נסועה וצריכת דלק ממוצעת לקטגוריות הרכב השונות, שיעורם של כלי הרכב הכבדים נעשה משמעותי. שיעורן של משאיות כבדות בצריכת הדלק במגזר התחבורה מגיע ל-16%. שיעורם של האוטובוסים (כולל אוטובוסים זעירים) מגיע ל-9% מצריכת הדלק. כלומר, 4% מכלי הרכב בישראל צורכים 23% מהדלק לתחבורה. תרשים 14 מתאר גם כן את התפלגות צריכת הבנזין מול הסולר בקטגוריות הרכב השונות. באופן כללי, כל כלי הרכב הפרטיים הם מונעי בנזין, וכמעט כל כלי הרכב הכבדים והמסחריים מונעים בסולר.



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2013.



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2013.

תרשים 16 מסכם את התאמת הדלקים השונים לקטגוריות הרכב השונות בהתאם לסקירת הדלקים לעיל. כפי שתואר בפרק 5, בכלי רכב קלים מונעי בנזין אפשר לשלב מתנול וגט"ד בתמהיל הדלק. מערך המשאיות יכול לשלב גט"ד כמקור אנרגיה, וגם גט"ן במקרה של משאיות כבדות. עבור מערך האוטובוסים בישראל, אפשר לשלב כלי רכב מונעי גט"ד או גט"ן, ובמקרה של אוטובוסים עירוניים אפשר להתבסס גם על הנעה חשמלית. מערך המוניות, המאופיין בנסועה גבוהה ומבוסס ברובו על כלי רכב מונעי סולר, יכול גם כן לעבור לצריכת גט"ד כדלק ייעודי או בשילוב עם סולר ברכב דו-דלקי.

לצד האפשרות של הטמעת תחליפי דלקים בכל קבוצות הרכב בישראל, תרשים 16 מדגיש את החשיבות של שימור השימוש בבנזין ובסולר כדי לשמר את הגיוון האנרגטי. אי-צריכת בנזין או סולר אמנם תקטין את התלות הישראלית בנפט, אך לא בהכרח תתרום לביטחון האנרגטי. לדוגמה, אי-צריכת סולר עלולה להעביר את כל המשאיות בישראל לצריכת גט"ד. מעבר של כל המשאיות לצריכה של גט"ד עלול ליצור משבר עמוק במשק במקרה של הפרעות באספקת גט"ד.

| תרשים 16 - התאמת דלקים לפי קטגוריות כלי הרכב ופגיעה במשק עקב הפרעה באספקת הדלק | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------|------|------|------|-------|----------------------|
| פגיעה במשק עקב הפרעה באספקת הדלק: 1 - פגיעה קשה; 3 - פגיעה קלה | | | | | | |
| חשמל | מתנול | גט"ן | גט"ד | סולר | בנזין | |
| | ✓ | | ✓ | | ✓ | 2 כלי רכב פרטיים |
| | | | ✓ | ✓ | | 2 משאיות עד 3.5 טון |
| | | ✓ | ✓ | ✓ | | 1 משאיות מעל 3.5 טון |
| ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | | 1 אוטובוסים |
| | | | ✓ | ✓ | | 3 מוניות |

מקור: מכון מילקן, 2014.

נוסף על התאמת קבוצות הרכב השונות לדלקים השונים, מדידה של ביטחון אנרגטי צריכה להתייחס לדירוג קבוצות הרכב השונות לפי סדר החשיבות של שימור פעילתן בעתות חירום ובמקרים של הפרעות באספקת הדלק. תרשים 16 מדרג את הקבוצות לפי חשיבות שימור פעילתן, בהתבסס על שיחות עם גורמים רלוונטיים במשרדי הממשלה ועם מומחים בתחום.

בכל הנוגע למקרי חירום, נראה שהחשיבות העליונה היא לשמר את היציבות של מערך התובלה, מאחר שפגיעה בו עלולה לפגוע במידה רבה בפעילות המשק. עקב החשיבות שבשינוע אנשים לצרכים אזרחיים וביטחוניים בעתות חירום, אוטובוסים מקבלים דירוג גבוה בתרומתם לשימור הביטחון האנרגטי במקרי חירום. כאמור, אף שמשאיות ואוטובוסים

הם כ-4% מכלי הרכב בישראל, הם אחראיים לצריכה של 23% מהדלק. גיוון של מקורות הדלק לאחוז קטן מכלי הרכב שעל הכבישים יכול אפוא לחולל שינוי משמעותי מאוד בתמהיל הדלקים של המשק כולו.

כמו כן חשוב להתייחס לכך שבשעת חירום צה"ל עלול לגייס חלק גדול מהמשאיות והאוטובוסים שבמשק האזרחי. במקרה כזה, המשק האזרחי נאלץ להסתפק במערך התובלתי שאינו מגויס. משום כך יש הכרח בתכנון קפדני של אמצעי תובלה ושל שיטות ההנעה שימשיכו לפעול במשק האזרחי בשעת חירום, כדי לוודא את ניצולם הנכון והיעיל.

אמנם במקרי חירום חשוב לשמר גם את הפעילות של כלי רכב פרטיים ומוניות, אך נראה שלתקופות זמן קצרות, ולעומת משאיות ואוטובוסים, קבוצות אלו מסוגלות להפגין גמישות ברמת הפעילות. למשל, בעתות חירום של כמה ימים עד שבועות אפשר לצמצם את השימוש בכלי רכב פרטיים או להמיר אותם זמנית בתחבורה ציבורית.

5.2.3 גיוון הדלקים בכלי הרכב הבודד

בתהליך של חיזוק הביטחון האנרגטי, גיוון הדלקים ברכב הבודד הוא הכלי היעיל ביותר להתמודדות עם הפרעות באספקת הדלק. היכולת של כלי הרכב הבודד לבחור את תמהיל הדלק בשעת התדלוק מאפשר גמישות מרבית במעבר בין דלקים. כאשר רכב יכול לצרוך שני סוגי דלקים, זעזועים במחירים ובהיצע של דלק מסוים יקטינו את חלקו בתמהיל הדלק באופן מידי, ללא צורך במרווחי התאמה של הרכב לצריכה של דלק האלטרנטיבי.

בהתבסס על סקירת הדלקים שהוצגה לעיל, אפשר להסיק כי כלי רכב קלים מאפשרים את הגיוון המרבי של דלקים בכלי הרכב הבודד. הטמעה של כלי רכב המאפשרים צריכה משולבת של בנזין ומתנול, תאפשר למהול מתנול בשיעורים שונים בהתאם ליחסי המחירים של מתנול ושל בנזין. במקרה של זעזוע במחיר או בהיצע של בנזין, יהיה אפשר לצרוך דלק בעל שיעור מהילה גבוה של מתנול דוגמת M70 (70% מתנול). זעזוע במחיר או בהיצע של מתנול יגרור עלייה בצריכת דלקים בעלי שיעור מהילה נמוך של מתנול דוגמת M15 (15% מתנול). הוספה של תמהיל דלק נוסף בתחנת הדלק, כמו M56 (56% מתנול), תאפשר צריכה משולבת של מתנול ובנזין תוך גידור הסיכונים ושמירה על יציבות המחירים.

כלי רכב קלים אפשר לצייד במערכת דו-דלקית (Bi-Fuel), המאפשרת מעבר ידני בין צריכת בנזין לגט"ד. לכלי רכב אלו יהיו שני מכלי דלק, והנהג יוכל לבחור בכל רגע בין צריכת גט"ד לבין בנזין. מעבר להגנה שגיוון שכזה מספק לבעל הרכב מפני זעזועים במחיר או בהיצע של הדלקים השונים, הוא פותר את בעיית הטווח הקצר של רכבי גט"ד ייעודיים.

מאחר שמקורות האנרגיה שבאמצעותם מופק החשמל מגוונים (פחם, גז טבעי, סולר, מקורות מתחדשים כמו שמש ורוח וכו'), הטמעה של כלי רכב חשמליים תתרום גם לגיוון אנרגטי ברכב הבודד.

עבור מערך המשאיות, אפשר לשלב משאיות המבוססות על הנעה דו-דלקית (Bi-Fuel) או דואלית (Dual-Fuel) של סולר וגט"ד (או גט"ן במקרה של משאיות כבדות). הנעה דו-דלקית פירושה שאפשר לעבור באופן ידני בין שני הדלקים לפי בחירת הנהג. הנעה דואלית פירושה שהרכב משלב בין צריכה של שני הדלקים באופן היעיל ביותר מבחינה אנרגטית. עם זאת, הניסיון בעולם בכל הנוגע להנעה דואלית ודו-דלקית בכלי רכב כבדים מוגבל יחסית, ושיטות ההנעה הללו צפויות להיות מצב ביניים בלבד בדרך להטמעה של משאיות גט"ד ייעודיות.

6. אמידת הפגיעה של התלות בנפט על המשק

אף שתחליפי הדלקים אינם צפויים לבטל לגמרי את התנודתיות במחירי האנרגיה, הטמעה שלהם במשק יכולה לייצר תחרות במשק הדלק לתחבורה ולאפשר מעבר בין החלופות השונות (כולל בניזין וסולר). התועלת שבתחליפי דלקים, לצד ייצוב המחירים, היא ירידה במחירי הדלקים לצרכנים הפרטיים ולחברות, הגדלת התחרות בשוק הדלק בשל כניסת דלקים חדשים ושחקנים חדשים לשוק, הוזלת עלויות ההובלה ומחירי המוצרים, הרחבת הפעילות העסקית בישראל, וקידום החדשנות בתחום תחליפי הנפט בישראל.

בספרות המקצועית יש כמה מחקרים הבוחנים את ההשפעות המאקרו כלכליות של תנודתיות במחירי הדלק על המשק. מרבית המחקרים בוחנים את ההשפעה של התנודתיות על התוצר. בהתבסס על הספרות המקצועית נפרט כעת שלוש דרכים לאמוד את היקף הפגיעה של זעזועים בהיצע הנפט ובמחירו על התוצר המקומי של ישראל. הניתוחים הללו מציגים היקף פגיעה של 0.16% עד 0.24% על התמ"ג עקב התנודתיות בהיצע הנפט ובמחירו, שהם 1.5 עד 2.3 מיליארד ש"ח בשנה.

6.1 מודל 1: הפרעות במחיר

מחקר של הבנק המרכזי האירופאי (ECB) בחן את ההשפעות של זעזועים במחירי הנפט על הפעילות הכלכלית של מדינות ה-OECD (Jiménez-Rodríguez & Sánchez, 2004). המחקר מדגיש את האסימטריה של השפעת התנודתיות במחירי הנפט על התוצר: עליות במחירי הנפט פוגעות בתוצר בשיעור גבוה מהתרומה לתוצר הנובעת מירידות במחיר. ניתוח של מדינות אירופיות שהן יבואניות של נפט מראה שרגישות התמ"ג לזעזועים במחיר הוא 0.03 עד 0.05 (זעזוע של 1% במחירי הנפט פוגע בתמ"ג בשיעור של 0.03% עד 0.05%). מחקרים כלכליים אחרים שבחנו את ההשפעות של זעזועים במחירי הנפט על התמ"ג בארצות הברית מצביעים על רגישות התמ"ג לזעזועים במחיר בשיעור של 0.012 עד 0.078 (Beccue & Huntington, 2005). על-פי נתונים מקבילים של יבואניות נפט אחרות ב-OECD, אנו מניחים שגמישות התמ"ג של ישראל לזעזוע במחיר היא 0.04 (כלומר, זעזוע של 1% במחיר גורר ירידה בתמ"ג בשיעור של 0.04%).

על-פי מחקר ה-ECB נגדיר זעזוע במחירים ($Shock_t$) כמצב שבו ברבעון שנתי מסוים שיעור שינוי המחירים (P_t) גבוה בהשוואה לשיעור שינוי המחירים בארבעת הרבעונים שקדמו לו ($P_{t-1}, P_{t-2}, P_{t-3}, P_{t-4}$). גובה הזעזוע יהיה ההפרש בין שיעור השינוי ברבעון הנוכחי לבין שיעור השינוי המרבי מבין ארבעת הרבעונים שקדמו לו (Jiménez-Rodríguez & Sánchez, 2004):

$$Shock_t = \max \{ 0, P_t - \max \{ P_{t-1}, P_{t-2}, P_{t-3}, P_{t-4} \} \}$$

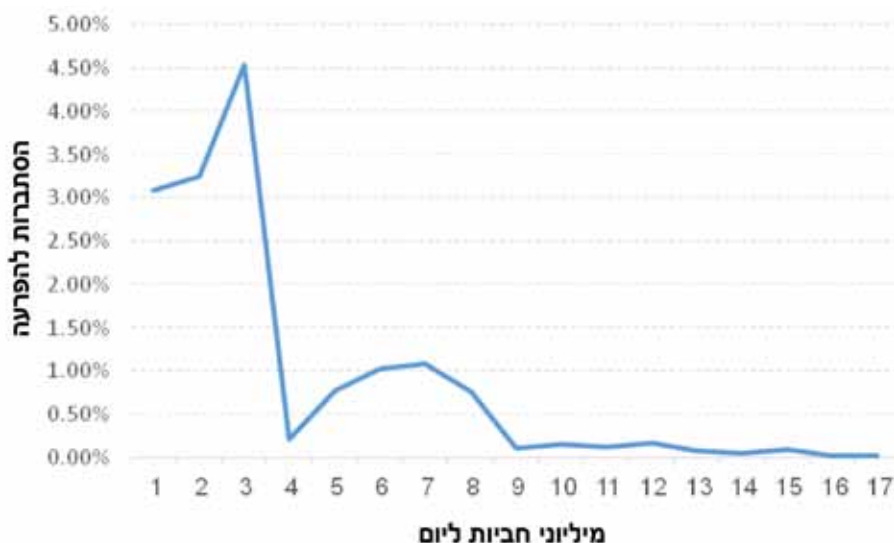
כדי לבחון את שיעור השינוי במחירי הנפט שנתמש במחירי חבית נפט BRENT בשנים 2004-2014 (Index Mundi, 2014), ונצמיד אותו למדד מחירי הסחורות (US Producer Price Index, 2014) כדי לקבל את שיעור השינוי המחירים הריאלי.

בהתאם לשיעור השינוי במחירים, נגדיר את היקף הפגיעה ($Shock_t$) בכל רבעון בשנים אלו ונגזור ממנו את היקף הפגיעה בתמ"ג בהתאם לגמישות שהוצגה לעיל. השינוי השנתי הממוצע בתמ"ג עקב תנודתיות במחירי הנפט לפי חישוב זה עומד על 0.24% (פירוט של החישוב – בנספח א'). במקרה של המשק הישראלי, המשמעות היא עלות שנתית של כ-2.3 מיליארד ש"ח בשנה מהתמ"ג, שהם כ-0.45 ש"ח עבור כל ליטר דלק מבוסס נפט הנצרך על-ידי מגזר התחבורה.

6.2 מודל 2: הפרעות בהיצע

מחקרים מראים שישנה חשיבות בהפרדה בין זעזועים במחירי הדלק הנובעים מעלייה בפריון ובעלייה בפעילות הכלכלית, ובין זעזועים הנובעים מהפרעות בהיצע ויוצרים ירידה בפעילות הכלכלית. לכן כאשר מודדים את הפגיעה של זעזועים במחירי הדלק על התמ"ג, חשוב להתייחס להפרעות בהיצע הדלק ולא רק לזעזועים במחירים עצמם. כדי לאמוד את ההשפעה של זעזועים בהיצע הדלק על התמ"ג בישראל, נתבסס על מחקר של Beccue and Huntington (Beccue & Huntington, 2005), אשר בחן את ההסתברות לאיומי הייחוס בכל הנוגע להפרעה באספקת הנפט. על-פי המחקר, כפי שאפשר לראות בתרשים 17, נניח שקיימות הסתברויות שונות להפרעה בהיצע הנפט העולמי בהתאם לגודל ההפרעה.

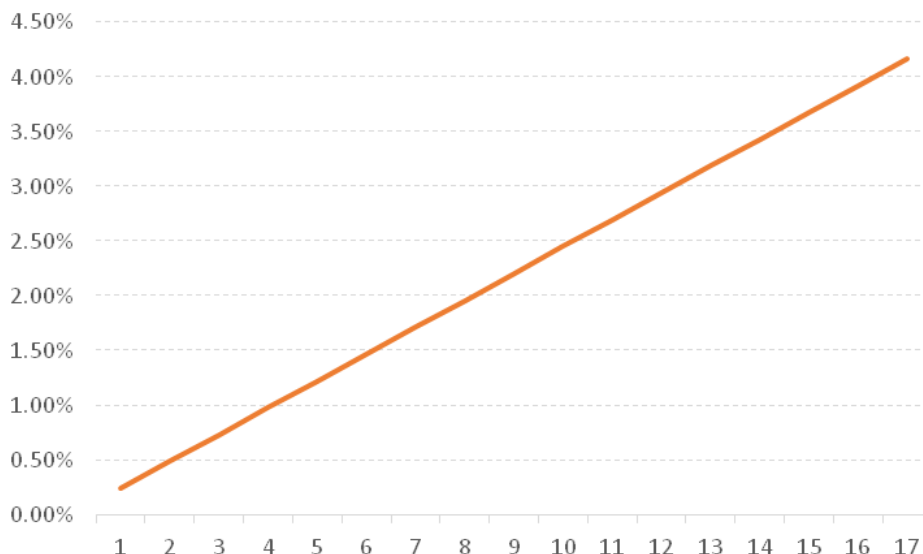
תרשים 17 – הסתברות להפרעה בהיצע הדלק העולמי (במיליוני חביות ליום)



מקור: Beccue & Huntington, 2005.

בכל יום שבו אין הפרעה בהיצע הנפט נמכרות בעולם כ-90 מיליון חביות נפט (CIA, 2014). על-פי המחקר של Stephen & Huntington (Stephen & Huntington, 2010), נניח שגמישות המחיר לירידה בהיצע היא 0.136. כלומר, על כל 0.13% הפרעה בהיצע הנפט, המחיר עולה ב-1% (או: על כל שינוי של 1% בהיצע, המחיר עולה ב-7.35%). נניח גם שרגישות התמ"ג בישראל לזעזועים במחיר היא 0.04 (כלומר, עלייה של 1% במחירים פוגעת בתמ"ג בשיעור של 0.04%). תרשים 18 מציג את שיעור השינוי בתמ"ג עבור איומי הייחוס השונים:

תרשים 18 – שיעור השינוי בתמ"ג על-פי היקף ההפרעה (במיליוני חביות ביום)



מקור: מכון מילקן, 2014.

מכפלה של ההסתברות למחסור בהיצע הנפט (תרשים 18) בשיעורי השינוי של התמ"ג במקרה של התממשות איומי הייחוס, מניבה את הפגיעה המשוערת במשק עקב זעזועים בהיצע הנפט. במקרה הנוכחי, הפגיעה המשוערת בתמ"ג של ישראל לאור הפרעות בהיצע הנפט העולמי היא 0.19% (פירוט של החישוב – בנספח ב'). המשמעות היא עלות שנתית של כ-1.6 מיליארד ש"ח בשנה מהתמ"ג, שהם כ-0.30% ש"ח עבור כל ליטר דלק מבוסס נפט הנצרך על-ידי מגזר התחבורה.

6.3 מודל 3: בלאק ושולס - תמחור אופציות

מודל בלאק ושולס (Black & Scholes) הוא מודל שפותח כדי למצוא תשובה הולמת לשאלת תמחורן של אופציות, תוך התחשבות בתנודתיות המחירים של הנכס וברמת הריבית בשוק. אופן נוסף להעריך את הערך של יציבות מחירי הנפט היא דרך מודלים של תמחור אופציות.

לצורך בחינת הערך של יציבות מחירי הדלק, נניח שבתי הזיקוק בישראל קונים אופציית מכר שתגן עליהם מפני שינוי מחיר. לצורך החישוב נניח שהאופציות הן לתקופה ממוצעת של חצי שנה, ושער הריבית הריאלי במשק הוא 2%. כמו כן נניח שסטיית התקן במחירים היא 42%, לפי הממוצע בשנים 2007-2014 (CBOE, 2014).

לפי מודל בלאק ושולס, שיעור הפרמיה השנתית עבור האופציה שתוארה לעיל הוא 11.2%. בהתבסס על מחירי נפט של 2,300 ש"ח לטונה נפט (הממוצע בשנים 2012-2013; Index Mundi, 2014), אפשר להעריך את עלות הפרמיה ב-257 ש"ח לטונה נפט. בהתבסס על צריכה של 6 מיליון שווה ערך טונות נפט על-ידי מגזר התחבורה בשנה (הלמ"ס, 2013), עלות זו מקבילה ל-1.55 מיליארד ש"ח בשנה, שהם 0.16% מהתמ"ג של ישראל.

7. כלים רגולטוריים להטמעה של תחליפי דלקים במגזר התחבורה

7.1 עקרונות מנחים

א. הטמעת תחליפי דלקים בשגרה להתמודדות עם מקרי חירום פוטנציאליים

ההטמעה של תחליפי דלקים במגזר התחבורה היא תהליך מורכב שעלול לדרוש מרווחי התאמה בהיבטים של הקמת תשתית ייעודית, יצירת רגולציה תואמת, התאמה של כלי הרכב וחינוך הציבור. לעומת זאת, אירועי חירום והפרעות באספקה הם אירועים נקודתיים וקצרי טווח. על כן, נראה שבכל הקשור להטמעה של תחליפי דלקים להתמודדות עם הפרעות באספקת דלק לתחבורה, אי-אפשר לגבש תכנית מגירה שתכנס לפעולה בעת חירום, אלא יש צורך לפזר סיכונים בשגרה כדי למתן את חשיפת המשק למשברים ובכך למנוע או למזער אותם מראש בשעת חירום.

ב. הימנעות מתלות במקור דלק בודד

תחליפי הדלקים לא באים להחליף לחלוטין את הדלקים מבוססי הנפט. מטרתם לאפשר למגזר התחבורה הישראלי בחירה בהתאם להיצע ולמחירים של כלל הדלקים. כדי לחזק את הביטחון האנרגטי ולאפשר גמישות במעבר בין הדלקים השונים, גיוון תחליפי הדלקים צריך לבוא לידי ביטוי בכל אחת מקבוצות הרכב השונות – כלי רכב קלים, משאיות קלות, משאיות כבדות ואוטובוסים. חשוב להדגיש שכדי לשמר גיוון אנרגטי, תחליפי הדלקים צריכים להתווסף לדלקים הקונבנציונליים כמו בנזין וסולר, ולא להחליפם לגמרי.

לנוכח החשיבות של שמירה על פעילות מערך התובלה בשעות חירום, נראה שיש צורך לתת עדיפות לכלים רגולטוריים שיתמכו בהטמעה של תחליפי דלקים במשאיות ובאוטובוסים. כמו כן, צריך לתת עדיפות לתחליפי דלקים המאפשרים גיוון של תחליפי דלקים בכלי הרכב הבודד (דוגמת רכב דו-דלקי או FFV).

ג. דגש על שימור הפעילות של משאיות ואוטובוסים

הפעילות הרציפה של משאיות ואוטובוסים חשובה לצורך שימור הפעילות של מערך התובלה של סחורות ושל היכולת לשנע אנשים לצרכים אזרחיים וביטחוניים בעתות חירום. יש חשיבות רבה גם בשימור הפעילות של כלי רכב פרטיים ומוניות במקרי חירום, אך נראה שלתקופות זמן קצרות קבוצות אלו מסוגלות להפגין גמישות ברמת הפעילות.

ד. הטמעת תחליפי דלקים בעלי אופק כלכלי וזמן כניסה קצר לשוק

כדי להטמיע את תחליפי הדלקים בשעת שגרה, יש צורך להביא בחשבון את ההיתכנות הטכנולוגית והכלכלית שלהם. צעדי המדיניות יהוו למעשה זרז, כך שהרכב הדלקים המוצע יהיה בר-קיימא בהיבט הכלכלי והטכנולוגי. כפי שתואר לעיל, כבר זוהו כמה תחליפי דלקים בעלי פוטנציאל גבוה לחדירה לשוק בטווח הזמנים הקצר: גט"ד, גט"ן, מתנול וחשמל.

ה. מזעור הנטל הרגולטורי והפגיעה בהכנסות המדינה

הטמעה של תחליפי דלקים בעלי אופק כלכלי וטכנולוגי תאפשר למזער את הנטל הרגולטורי לכדי פתרון החסמים של יצירת שוק יש מאין. כאשר ייווצר שוק תחליפי הדלקים, יקטן הצורך בתמיכה רגולטורית ויקטנו ההוצאות.

הערכת העלויות שהוצגה בפרק הקודם מצביעה על פגיעה בתמ"ג של 1.6 עד 3.0 מיליארד ₪ בשנה בשל התלות של מגזר התחבורה בנפט. אף שתחליפי הדלקים אינם צפויים לבטל לגמרי את התנודתיות במחירי האנרגיה לתחבורה, הם בהחלט עשויים למתן אותה ובכך לצמצם את הפגיעה במשק. הטמעה של תחליפי דלקים צפויה אף לחזק את מעמדה הגיאופוליטי של ישראל ולעודד תעשייה מקומית של ייצור דלקים. לצד בחינה של העלויות הציבוריות, בניית תמהיל של כלים רגולטוריים צריכה אפוא להתייחס לחיסכון המשקי הנובע מהטמעתם של תחליפי דלקים.

ו. תמיכה למגוון בעלי העניין במגזר התחבורה

התמיכה הרגולטורית צריכה לבוא לידי ביטוי במגוון רבדים הנוגעים לאספקה ולצריכה של תחליפי הדלקים. אפשר לחלק את התמיכה הרגולטורית לארבעה תחומים עיקריים: תחום הדלקים – בעיקר תמיכה דרך מס הבלו; תחום תשתית הדלק – תמיכה בשרשרת האחסון, ההפצה והמכירה דרך יצירת רשת ביטחון להבטחת הכנסה מינימלית, תכנית מענקים ופחת מואץ; תחום כלי רכב – דרך תמיכה במיסוי כלי הרכב, הסדר שירותי התחזוקה ויצירת רשת ביטחון לשוק הרכב המשומש; ותחום התעשייה מקומית – דרך תמיכה במפעלים המייצרים תחליפי דלקים.

ז. עדיפות לצריכה של אנרגיה מקומית ברמה האסטרטגית

צריכה של אנרגיה מקומית, בהתבסס על מצבורי הגז הימיים, תחזק את הביטחון האנרגטי של ישראל, תעודד ייצור של התעשייה המקומית, תקדים את הכנסות המדינה מתמלוגי מכירת גז ותשפר את מאזן התשלומים בזכות הקטנת הייבוא של נפט.

ח. הקטנת הנזק הסביבתי

תחליפי הדלקים אינם יכולים להרע, ובמידת האפשר אף צריכים למזער, את ההשפעות הסביבתיות הנובעות מפליטה ישירה של מזהמים על-ידי הרכב (Tank-to-Wheel). כמו כן, השימוש בתחליפי הדלקים אינו יכול להרע, ובמידת האפשר אף צריך למזער, את ההשפעות הסביבתיות העקיפות הנובעות מתהליכי הכרייה, הזיקוק והשינוע של הדלקים לתחנות הדלק (Well-to-Tank).

עבודה זו אינה מפרטת את ההשפעות הסביבתיות הנובעות משימוש בתחליפי הדלקים, ואת הכלים הרגולטוריים שיביאו לידי ביטוי את העלויות החיצוניות הסביבתיות הנובעות משימוש בתחליפי דלקים. עם זאת, ראוי לציין שתחליפי הדלקים הנסקרים בעבודה זו עומדים בתנאים של אי-פגיעה או מזעור הנזק הסביבתי בהשוואה לדלקים קונבנציונליים (סולר ודיזל) (רשות המסים, 2014).

7.2 סקירת חסמים

לאורך המחקר הוצג מגוון של חסמים העומדים בפני הטמעה של תחליפי דלקים במגזר התחבורה. תרשים 19 סוקר את החסמים הללו תוך הפרדה בין החסמים הטכנולוגיים, חסמי הכניסה והחסמים הרגולטוריים.

| תרשים 19 - סקירת חסמים להטמעת תחליפי דלק | | | |
|------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------|
| בעלי עניין | חסמים | קטגוריה | סוג חסם |
| צרכנים | מגוון כלי רכב נמוך | כל הקטגוריות | חסם טכנולוגי |
| | אי-היכרות עם דלקים שאינם מבוססי נפט | כל הקטגוריות | חסם כניסה |
| | היעדר שוק בתום תקופת הבעלות | כל הקטגוריות | חסם כניסה |
| | עלות רכישה/המרה גבוהה | גט"ד, גט"ן, חשמל | חסם טכנולוגי |
| | טווח נסיעה מוגבל | גט"ד, חשמל ומתנול | חסם טכנולוגי |
| | היעדר תשתיות תדלוק | כל הקטגוריות | חסם כניסה |
| | היעדר תקן להסבת כלי רכב | גט"ד, גט"ן, מתנול | חסם רגולטורי |
| | היעדר תקן לדלק | מתנול | חסם רגולטורי |
| יצרנים | שוק קטן וביקושים נמוכים | כל הקטגוריות | חסם כניסה |
| | ספקי תשתיות | מיעוט צרכנים; אי-ודאות בנוגע לביקושים עתידיים | כל הקטגוריות |
| עלויות גבוהות של הקמה/התאמה של תשתיות | | גט"ד, גט"ן, חשמל | חסם טכנולוגי |
| היעדר ניסיון בינלאומי | | מתנול | חסם טכנולוגי |
| יצרני הדלק | | מיעוט צרכנים; אי-ודאות בנוגע לביקושים עתידיים | כל הקטגוריות |
| | עלויות הקמה גבוהות | גט"ד, גט"ן ומתנול | חסם טכנולוגי |
| | היעדר תקינה | מתנול | חסם רגולטורי |

מקור: מכון מילקן, 2014.

להלן סקירה של החסמים העיקריים:

עלות הקמת תשתית גבוהה מול מיעוט צרכנים – חסם הכניסה העיקרי להטמעה של תחליפי דלקים במגזר התחבורה הוא היעדר תשתית תדלוק לצד מיעוט צרכנים, או בעיית "הביצה והתרנגולת": מצד אחד, מיעוט הצרכנים הופך את פריסת תשתיות התדלוק ללא כדאית, ומצד שני, המחסור בתשתיות תדלוק מונע מצרכנים פוטנציאליים להיכנס לשוק. הבעיה

גדלה עקב העובדה ששימוש בתחליפי דלקים כמו מתנול וגט"ד מקצר את טווח הנסיעה בין תדלוקים, ועל כן דורש פריסת תשתיות צפופה יותר.

מגוון כלי רכב נמוך – מגוון כלי הרכב המונעים בתחליפי דלקים נמוך במידה ניכרת ממגוון כלי הרכב המונעים בסולר ובבנזין. גם כאן ישנה בעיה של הביצה והתרנגולת - כל עוד מגוון כלי הרכב נמוך, הביקוש נמוך, וכל עוד הביקוש נמוך, מגוון כלי הרכב יישאר נמוך. אף שישנו בעולם מגוון מסוים של רכבי OEM מונעי גז טבעי וחשמל, מגוון כלי הרכב הדו-דלקיים נמוך ואין כלי רכב מונעי מתנול כלל. נוסף על כך, עקב מגבלות וטכנולוגיות ורגולטוריות, האפשרות להמיר כלי רכב לשימוש בתחליפי דלקים גם היא מוגבלת.

עלויות גבוהות של כלי הרכב – רכבי גט"ד וכלי רכב חשמליים יקרים במידה ניכרת מכלי רכב קונבנציונליים. אף שמחירי הדלק הנמוכים אמורים לפצות לאורך זמן על ההשקעה הראשונית, הציבור עלול להירתע מרכישת כלי רכב יקרים אשר אינם מוכרים לשוק המקומי.

טווח נסיעה מוגבל – כלי רכב מונעי גט"ד, חשמל ומתנול (בשיעורים גבוהים) הם בעלי טווח נסיעה קצר יותר בהשוואה לכלי רכב קונבנציונליים, ועל כן הם צריכים לתדלק לעתים קרובות יותר. כדי להתגבר על החסם הזה, יש צורך בפריסת תשתית תדלוק מספקת.

היעדר תקינה – התקינה הישראלית לכלי רכב מונעי גט"ד, גט"ן וחשמל, וכן התקינה לדלקים עצמם, תתבסס על התקינה אירופית. לצד זאת, עבור כלי רכב כבדים דו-דלקיים/דואליים ועבור כלי רכב קלים מונעי מתנול, אין ניסיון בינלאומי, וכן אין רכבי OEM ותקינה להמרת כלי רכב משומשים. הטמעה של תחליפי הדלקים וכלי הרכב המונעים בתחליפי דלקים תצטרך להיות משולבת בתהליכים ממשלתיים להתגברות על החסמים הרגולטוריים הללו.

לנוכח החסמים שתוארו לעיל, נראה שיש שתי דרכי חדירה עיקריות של תחליפי דלקים למגזר התחבורה:

חדירת תחליפי דלקים דרך ציי רכב כבדים: אחד הפתרונות לחסמי הכניסה נמצא בהטמעה של תחליפי הדלקים דרך ציי רכב גדולים. ציי אוטובוסים ומשאיות הם לרוב בעלי מסלולי נסיעה מוגדרים, ועל כן נוח יותר להתאים בין נתיבי הנסיעה לבין נקודות התדלוק. כמו כן, ציי רכב גדולים יכולים להקים עמדות תדלוק ייעודיות בחניונים, וכך לחסוך את הצורך בהקמת תשתית נפרדת. מאחר שציי האוטובוסים והמשאיות הם בעלי שיעורי נסועה גבוהים, יהיה להם קל יותר לפצות על עלויות הרכישה הגבוהות דרך עלויות התדלוק הנמוכות.

חדירת תחליפי דלקים דרך הטמעת כלי רכב דו-דלקיים: פתרון נוסף לחסמי הכניסה הוא בהטמעה של כלי רכב דו-דלקיים (מתנול/בנזין, גט"ד/בנזין וחשמל/בנזין לכלי רכב קלים; גט"ד/סולר וגט"ן/סולר למשאיות ואוטובוסים). כלי רכב אלו יכולים לצרוך בנזין או סולר, ובכך להתבסס על תשתית התדלוק הקיימת. האפשרות של כלי הרכב הללו לצרוך דלק נוסף מאפשרת לפתח תשתיות לאחר שהשוק כבר נוצר. עבור משאיות, ישנו ניסיון מוגבל בעולם בהנעה דו-דלקית או דואלית, ובאופן כללי שיטת הנעה זו כלכלית פחות בהשוואה להנעה המתבססת אך ורק על גט"ד או גט"ן. עם זאת, אפשר להתייחס לשיטת ההנעה הדו-דלקית/דואלית כחלק מהתהליך של יצירת שוק לתחליפי דלקים ושבירת חסם הכניסה של רכבי גט"ד/גט"ן ייעודיים.

7.3 כלים רגולטוריים

ישנם מגוון של כלים רגולטוריים הניתנים ליישום לצורך הטמעה של תחליפי דלקים במגזר התחבורה הישראלי. את הכלים הללו אפשר ליישם לאורך שרשרת הערך של ההפקה, האספקה והצריכה של הדלקים.

7.3.1 רגולציה בתחום הדלק

הטבה לטכנולוגיית ינוקא – המעבר לתחליפי דלקים יכול להגדיל את הביטחון האנרגטי של ישראל ולהקטין את התלות של המדינה בייבוא נפט. תועלות אלו אמורות להיות לבוא לידי ביטוי בהחלטות הצרכנים בשוק משוכלל שיש בו מגוון תשתיות, דלקים וכלי רכב מבוססי תחליפי דלקים. עם זאת, מאחר שקיימים כשלי שוק שאינם מאפשרים לשוק החופשי להוביל לפתרון האופטימלי, יש לשקול להעניק לטכנולוגיות חדשות הטבות ינוקא, הנחוצות לחדירת תחליפי נפט בטווח הקצר. מתווה ההטבה צריך לכלול כמה שנים של מיסוי נמוך על הדלק, עד שיהיה אפשר להגיע ליכולת מימון ורכישה עצמאיים ללא התערבות ממשלתית.

כדי שתחליפי הדלקים יצדיקו את הצורך בהטבת ינוקא, הטכנולוגיות צריכות להיות תחרותיות בטווח הארוך, וההשקעה בינוקא צריכה להיות כדאית למשק. כלומר, התועלות מחדירה הטכנולוגיה צריכות להיות גדולות מעלויות ההטבה. כאמור, תחליפי הדלקים המוצעים בעבודה זו עומדים בשני הקריטריונים הללו.

7.3.2 רגולציה בתחום הרכב

הטבה לטכנולוגיית ינוקא – בדומה להטבות ינוקא עבור הדלקים, אפשר לשקול מתווה של מיסוי נמוך לכלי רכב לאורך כמה שנים כדי לאפשר להגיע ליכולת מימון ורכישה עצמאיים ללא התערבות ממשלתית. ההטבה יכולה לכלול הטבת מס קנייה על העלות התוספתית של רכב (הטבה בגובה המס התוספתית היא נקודת איזון מבחינת הכנסות המדינה), הטבת מס לרכב דו-דלקי שתעודד צרכנים של כלי רכב קלים לבחור בדגם רכב בניזין דו-דלקי (ההטבה במס הרכישה לא מבטיחה שימוש בפועל בגט"ד, על כן לא יהיה זה נכון להבטיח שהצרכן יקבל את מלוא ההטבה רק לאחר שיישם בפועל את החלופה), או הקמת קרן למתן מענק ראשוני לכמות מוגבלת כלשהי של כלי רכב, כדי להתניע את השוק.

שירותי תחזוקה – אפשר לבחון הסדרת מתן שירותי תחזוקה לכלי רכב מונעים בתחליפי דלקים בכל המוסכים, וסבסוד בדיקת התקינות השנתית והבדיקות המקיפות שידרוש מכון התקנים.

רשת ביטחון להבטחת ערך הרכב בתום תקופת הבעלות – יש לבחון את האפשרות להבטיח מחיר גרט למשאיות/אוטובוסים הנעים על גט"ד. בהנחה שמהלך כזה יעודד את ההטמעה של כלי רכב מונעי תחליפי דלקים בשוק, שוק כלי הרכב המשומשים ייווצר מעצמו, וכך יקטן הצורך בהפעלת הביטוח.

7.3.3 רגולציה בתחום התשתיות

פחת מואץ - פחת מואץ הוא הטבת מס שבה ניתנת לעסק הזכות, במקרים הקבועים בחוק, להפחית את ערך הנכס בספרים בתוך מספר שנים קטן מהרגיל, ובכך להקטין את חבות המס שלו באותן שנים. הטבה זו נועדה להקל על העסק בכך שהיא מייטיבה עם תזרים המזומנים של העסק בשנים הראשונות. לדוגמה, אפשר לתת הטבת פחת מואץ לתחנות תדלוק CNG ולמתקן לייצור מתנול.

רשת ביטחון – אפשר להקים רשת ביטחון שתינתן למספר מוגבל של תחנות באזורים ספציפיים, ותופעל רק כאשר הכנסות התחנה יהיו נמוכות מגובה מסוים. היתרון של כלי זה הוא השימוש בו כרוך בהוצאות תקציביות רק במצבים שבהם הסיכון מתממש. במצב של רווחיות גבוהה, היזם אינו מקבל הטבה על חשבון הקופה הציבורית.

תכנית מענקים – המטרה של תכנית מענקים היא לעודד הקמת תחנות תדלוק ציבוריות אשר ישמשו בעיקר כלי רכב כבדים באזורי תעשייה, ולייצר פריסה מושכלת ומספקת של תחנות תדלוק. המענקים אמורים לא רק להקל על החברות מבחינה כלכלית, אלא גם להאיץ את התהליכים הרגולטוריים הכרוכים בהקמת התחנה.

7.3.4 רגולציה מנדטורית

אפשרות נוספת היא נקיטת מדיניות מנדטורית של שימוש בדלקים חלופיים בכלי התחבורה בישראל. מדיניות זו יכולה להיות מיושמת באמצעות דרישה להטמעה של תחליפי דלקים בכלי רכב קיימים, או דרישה ששיעור מסוים מכלי הרכב החדשים יהיו מבוססים על תחליפי דלקים. האפשרות הראשונה תביא לעלייה מהירה יותר בשימוש בתחליפי דלקים, אם כי אפשר ליישמה רק על דלקים שלא דורשים התאמה של כלי הרכב. מסקירת הדלקים התואמים את השוק הישראלי, המוצגים בעבודה זו, האפשרות לא נראית רלוונטית אף לא לאחד מהם. האפשרות השנייה מאפשרת התאמה של כלל כלי הרכב במגזר התחבורה, אך היא תלויה בקצב של החלפת כלי רכב, ועד להטמעתה עלולות לעבור כמה שנים.

למדיניות המנדטורית השפעה מיידית וקלה לחיזוי בהשוואה למדיניות הוולונטרית. עם זאת, מדיניות זו אינה מטפלת בהרבה מהחסמים, בהם עלויות הון גבוהות, עלויות תפעול גבוהות ואתגרים טכנולוגיים שונים.

8. ביבליוגרפיה

- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2012. כלי רכב מנועיים. ירושלים.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2012. שנתון סטטיסטי לישראל. ירושלים.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2013. שנתון סטטיסטי לישראל. ירושלים.
- המועצה הלאומית לכלכלה, משרד ראש הממשלה. 2010. דו"ח ועדת קנדל: המאמץ הלאומי לפיתוח טכנולוגיות המקטינות את השימוש העולמי בנפט בתחבורה. ירושלים.
- כיוון ומוסד שמואל נאמן. 2014. טכנולוגיות להפקת תחליפי דלקים לתחבורה מפסולות.
- כיוון ומוסד שמואל נאמן. 2014. שילוב רכב חשמלי והיברידי לסוגיו במערך התחבורה בישראל.
- ממשלת ישראל. 2012. הצעת חוק משק הדלק, התשע"ב-2012. ירושלים.
- מנהלת לתחליפי דלקים, משרד ראש הממשלה. 2014.
- משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים. מחירים היסטוריים של בנזין. <http://energy.gov.il/Subjects/Fuel/Pages/GxmsMniPricesatStation.aspx> [נצפה ב-24 ביוני 2014].
- משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים. משק הדלק בישראל. <http://energy.gov.il/Subjects/Fuel/Pages/GxmsMniFuelEconomyInIsrael.aspx> [נצפה ב-20 ביוני 2014].
- משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים. שימוע לקראת התקנת צו הפעלת רכב (מנועים ודלק) (הפעלת רכב בגז טבעי). <http://energy.gov.il/AboutTheOffice/NewsAndUpdates/Pages/GxmsMniNewsORShimoaZav.aspx> [נצפה ב-20 יוני 2014].
- פארטו. 2012. שילוב תחליפי נפט מבוססי גז טבעי במערך התחבורה בישראל.
- פארטו. 2014. בדיקת כדאיות כלכלית לשימוש באוטובוסים חשמליים במרחב העירוני.
- רשות המסים. 2014. טיוטת דו"ח מיסוי ירוק 3.
- Beccue, P. and Huntington, H. G. 2005. *Oil Disruption Risk Assessment*. Energy Modeling Forum Special Report 8. Stanford, CA: Stanford University.
- Brown S. and Huntington H. G. 2010. *Reassessing the Oil Security Premium. Resources for the Future Discussion Paper*.
- CBOE. *Crude Oil ETF Volatility Index*. <http://www.cboe.com/micro/oilvix/introduction.aspx> [accessed: May 17, 2014].
- Cherp, A. and Jewell, J. 2010. "Measuring energy security: From universal indicators to contextualised frameworks". In: B. Sovacool (Ed.), *The Routledge handbook to energy security*. Routledge: London.
- CIA. *World Fact Book*. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2241rank.html> [accessed: May 12, 2014].

- Index Mundi. *Crude Oil (Petroleum) Monthly Price*. <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=crude-oil&months=360> [accessed: May 20, 2014].
- Hamilton, J. 2013. Historical Oil Shocks. In: Parker E. and Whaples R. (Ed.), *Routledge Handbook of Major Events in Economic History*. Routledge: London. pp. 239-266.
- International Energy Agency (IEA). *Energy Security*. <http://www.iea.org/topics/energysecurity/> [accessed: June 24, 2014].
- International Energy Agency (IEA). *Key World Energy Statistics 2013*. <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf> [accessed: July 7, 2014].
- International Energy Agency (IEA). 2007. *Oil Supply Security*. OECD/IEA Publishing.
- Jewell, J. 2011. *The IEA Model of Short Term Energy Security (MOSES): Primary Energy Sources and Secondary Fuels*. IEA Working Paper.
- Jiménez-Rodríguez R. and Sánchez, M. 2004. *Oil Price Shocks and Real GDP Growth: Empirical Evidence for Some OECD Countries*. European Central Bank (ECB) Working Paper No. 362.
- Kruyt, B., D. P. van Vuuren, H.J.M. de Vries, and H. Groenenberg. 2009. "Indicators for energy security". *Energy Policy*, 37(6). pp. 2166-2181.
- Methanex Monthly Average Regional Posted Contract Price History*. <http://www.methanex.com/products/methanolprice.html> [accessed: July 10, 2014].
- Sovacool, B. and M.A. Brown. 2010. "Competing dimensions of energy security: An international perspective". *Annual Review of Environment and Resources*, 35(1). pp.77-108.
- US Department of Energy (USDOE). *Alternative Fuel Data Center*. <http://www.afdc.energy.gov/data/> [accessed: June 15, 2014].
- US Energy Security Council (USESC). 2014. *Update on methanol blending in China*.
- US Producer Price Index. Commodity Data*. <http://www.bls.gov/ppi/> [accessed: May 12, 2014].

9. נספחים

נספח א' – אמידת פגיעה של זעזועים במחיר הנפט על התמ"ג לפי מודל 1

| פגיעה בתמ"ג | Shock _t | שיעור שינוי במחיר | מחיר ריאלי, \$ / חבית | מדד מחירים | מחיר נפט נומינאלי, \$ / חבית | חודש |
|-------------|--------------------|-------------------|-----------------------|------------|------------------------------|--------|
| | | | 33.8 | 100.0 | 33.8 | Mar-04 |
| | | 1.21% | 34.2 | 102.9 | 35.19 | Jun-04 |
| | | 22.86% | 42.0 | 103.2 | 43.38 | Sep-04 |
| | | -10.12% | 37.8 | 105.0 | 39.65 | Dec-04 |
| -0.319% | 8.0% | 30.82% | 49.4 | 107.4 | 53.08 | Mar-05 |
| 0.000% | 0.0% | 1.92% | 50.4 | 107.8 | 54.31 | Jun-05 |
| 0.000% | 0.0% | 10.32% | 55.6 | 113.3 | 62.98 | Sep-05 |
| 0.000% | 0.0% | -10.33% | 49.8 | 113.9 | 56.75 | Dec-05 |
| 0.000% | 0.0% | 10.23% | 54.9 | 113.3 | 62.25 | Mar-06 |
| 0.000% | 0.0% | 8.02% | 59.3 | 116.1 | 68.86 | Jun-06 |
| 0.000% | 0.0% | -8.46% | 54.3 | 115.6 | 62.77 | Sep-06 |
| 0.000% | 0.0% | -0.85% | 53.8 | 115.7 | 62.31 | Dec-06 |
| 0.000% | 0.0% | -2.45% | 52.5 | 118.3 | 62.14 | Mar-07 |
| -0.151% | 3.8% | 11.80% | 58.7 | 121.5 | 71.32 | Jun-07 |
| 0.000% | 0.0% | 8.33% | 63.6 | 121.2 | 77.13 | Sep-07 |
| -0.135% | 3.4% | 15.18% | 73.3 | 124.8 | 91.45 | Dec-07 |
| 0.000% | 0.0% | 7.35% | 78.7 | 131.3 | 103.28 | Mar-08 |

| פגיעה בתמ"ג | Shock _t | שיעור שינוי במחיר | מחיר ריאלי, \$ / חבית | מדד מחירים | מחיר נפט נומינאלי, \$ / חבית | חודש |
|-------------|--------------------|-------------------|-----------------------|------------|------------------------------|--------|
| -0.222% | 5.5% | 20.73% | 95.0 | 140.1 | 133.05 | Jun-08 |
| 0.000% | 0.0% | -24.19% | 72.0 | 137.6 | 99.06 | Sep-08 |
| 0.000% | 0.0% | -51.64% | 34.8 | 119.4 | 41.58 | Dec-08 |
| 0.000% | 0.0% | 14.53% | 39.9 | 117.5 | 46.84 | Mar-09 |
| -0.826% | 20.7% | 41.39% | 56.4 | 121.7 | 68.59 | Jun-09 |
| 0.000% | 0.0% | -1.31% | 55.6 | 121.7 | 67.69 | Sep-09 |
| 0.000% | 0.0% | 7.83% | 60.0 | 124.5 | 74.67 | Dec-09 |
| 0.000% | 0.0% | 3.15% | 61.9 | 128.1 | 79.27 | Mar-10 |
| 0.000% | 0.0% | -5.69% | 58.4 | 128.2 | 74.84 | Jun-10 |
| 0.000% | 0.0% | 3.15% | 60.2 | 129.2 | 77.79 | Sep-10 |
| -0.288% | 7.2% | 15.02% | 69.2 | 132.6 | 91.8 | Dec-10 |
| -0.148% | 3.7% | 18.72% | 82.2 | 139.2 | 114.44 | Mar-11 |
| 0.000% | 0.0% | -2.89% | 79.8 | 142.5 | 113.76 | Jun-11 |
| 0.000% | 0.0% | -2.44% | 77.9 | 142.3 | 110.88 | Sep-11 |
| 0.000% | 0.0% | -0.72% | 77.3 | 139.6 | 107.97 | Dec-11 |
| 0.000% | 0.0% | 13.21% | 87.5 | 142.7 | 124.93 | Mar-12 |
| 0.000% | 0.0% | -21.80% | 68.5 | 139.6 | 95.59 | Jun-12 |
| -0.109% | 2.7% | 15.94% | 79.4 | 142.8 | 113.38 | Sep-12 |
| 0.000% | 0.0% | -1.91% | 77.9 | 140.8 | 109.64 | Dec-12 |
| 0.000% | 0.0% | -1.59% | 76.6 | 142.6 | 109.24 | Mar-13 |

| פגיעה בתמ"ג | Shock _t | שיעור שינוי במחיר | מחיר ריאלי, \$ / חבית | מדד מחירים | מחיר נפט נומינאלי, \$ / חבית | חודש |
|-------------|--------------------|-------------------|-----------------------|------------|------------------------------|------------------|
| 0.000% | 0.0% | -5.75% | 72.2 | 142.8 | 103.11 | Jun-13 |
| 0.000% | 0.0% | 8.47% | 78.3 | 142.5 | 111.62 | Sep-13 |
| 0.000% | 0.0% | 0.14% | 78.4 | 141.0 | 110.63 | Dec-13 |
| -2.20% | | | | | | סה"כ פגיעה בתמ"ג |
| -0.24% | | | | | | ממוצע שנתי |

נספח ב' – אמידת פגיעה של זעזועים במחיר הנפט על התמ"ג לפי מודל 2

| שינוי עודף צפוי בתמ"ג לליטר | שיעור פגיעה בתמ"ג (לפי גמישות של 0.04 למחיר) | שיעור שינוי במחיר (לפי גמישות של 0.136 להפרעה) | שיעור המחסור בנפט (מתוך 90 מ' חביות ליום) | הסתברות למחסור | הפרעה (מיליון חביות ליום) |
|-----------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 0.000% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 84% | 0 |
| 0.010% | 0.3% | 8.2% | 1.1% | 3% | 1 |
| 0.021% | 0.7% | 16.3% | 2.2% | 3% | 2 |
| 0.044% | 1.0% | 24.5% | 3.3% | 5% | 3 |
| 0.003% | 1.3% | 32.7% | 4.4% | 0% | 4 |
| 0.013% | 1.6% | 40.8% | 5.6% | 1% | 5 |
| 0.020% | 2.0% | 49.0% | 6.7% | 1% | 6 |
| 0.025% | 2.3% | 57.2% | 7.8% | 1% | 7 |
| 0.020% | 2.6% | 65.4% | 8.9% | 1% | 8 |
| 0.003% | 2.9% | 73.5% | 10.0% | 0% | 9 |

| שיעור פגיעה בתמ"ג (לפי גמישות של 0.04 למחיר) | שיעור פגיעה בתמ"ג (לפי גמישות של 0.136 להפרעה) | שיעור המחסור בנפט (מתוך 90 מ' חביות ליום) | שיעור הפגיעה (מיליון חביות ליום) | הסתברות למחסור | שינוי עודף צפוי בתמ"ג לליטר |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 3.3% | 81.7% | 11.1% | 10 | 0% | 0.005% |
| 3.6% | 89.9% | 12.2% | 11 | 0% | 0.004% |
| 3.9% | 98.0% | 13.3% | 12 | 0% | 0.007% |
| 4.2% | 106.2% | 14.4% | 13 | 0% | 0.004% |
| 4.6% | 114.4% | 15.6% | 14 | 0% | 0.002% |
| 4.9% | 122.5% | 16.7% | 15 | 0% | 0.005% |
| 5.2% | 130.7% | 17.8% | 16 | 0% | 0.001% |
| 5.6% | 138.9% | 18.9% | 17 | 0% | 0.001% |
| | | | | שיעור פגיעה בתמ"ג | |
| | | | | 0.19% | |

FELLOWS | MILKEN
PROGRAM | INSTITUTE

תוכנית עמיתי מכון מילקן
רחוב ושינגטון 4
ירושלים, 9418704

info@mifellows.org
www.mifellows.org