



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

סקירה בין-לאומית בנושא משאיות איסוף אשפה מונעות בחשמל

הוכן על ידי חברת "עדליא - ייעוץ כלכלי בע"מ" עבור המשרד להגנת הסביבה

יוני 2023



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

תמצית מנהלים

מחויבות ישראל להפחתת זיהום אוויר ולהפחתת פליטות גזי חממה מחייבת את תחום התחבורה לבצע שינויים ולעבור לתחבורה מאופסת פליטות. סקירה זו בוחנת את האפשרות לקדם מעבר למשאיות אשפה חשמליות. מעבר לאיסוף האשפה במשאיות מאופסות פליטות מהווה מענה לבעיות סביבתיות על ידי צמצום פליטות מזהמי אוויר וגזי חממה, צמצום מטרדי רעש ומאפשרת חיסכון כלכלי בתפעול שוטף ביחס לרכבים ממנוע מבעירה פנימית. לצד היתרונות, קיימים כמה חסמים: מבחינה כלכלית, עלות הרכישה עדיין גבוהה בשיעור ניכר ממחירה משאית המונעת בדיזל. נוסף על כך, עולה נושא טווח הנסיעה אשר מגביל את יכולות ההפעלה.

מסקירה בין-לאומית של דגמי המשאיות הזמינות כיום בשוק עולה כי מרבית יצרני המשאיות מציעים דגמי משאיות מותאמות לאיסוף אשפה המונע באנרגיה חשמלית. המאפיינים הטכניים (מספר הסוללות, טווח הנסיעה בין טעינות, משך הטעינה, קיבולת ומשקל המשאית) שונים מדגם לדגם. אך בזכות שיפורים טכנולוגיים במרבית הדגמים ניתן לבצע לפחות סבב איסוף עירוני אחד (-70 100 ק"מ) בין טעינה לטעינה.

מסקירת מקרי הבוחן בערים רוטרדם, לונדון, פריז ושיקאגו עלו מספר תובנות רלוונטיות ליישום משאיות איסוף אשפה חשמליות בישראל:

- במרבית הערים יישום המשאיות החשמליות החל **בפיילוט של מספר רכבים** קטן, איסוף נתונים והסקת מסקנות. בחלק מהערים, כדוגמת רוטרדם, שלב זה בוצע כחלק מיישום תוכנית אסטרטגית הכוללת תאריך יעד לאיסור כניסת רכבים מזהמים לאזורים מסוימים בעיר.
 - **טווח הנסיעה** בין טעינות הינו הפרמטר התפעולי החשוב ביותר. מרבית המשאיות הזמינות כיום, כוללות טווח נסיעה המאפשר ביצוע סבב איסוף מלא אחד בין טעינות.
 - **זמן הטעינה** נע בין 4 ל-8 שעות בממוצע, כפונקציה של תשתית הטעינה. בהקשר זה יש לקחת בחשבון שעלותן של עמדות טעינה מהירות (DC) גבוהה בסדרי גודל בהשוואה לעמדות האיטיות (AC) ולפיכך מוצע לשקול בשלב הראשון שימוש בעמדות טעינה איטיות.
- בשיח שהתקיים עם יבואני המשאיות בישראל עולות התובנות הבאות:
- מתוך שלושת היצרנים האירופים שפורסם שהחלו לייצר משאיות איסוף אשפה חשמליות (מאן, וולו/RENAULT ו DAF) רק וולו/RENAULT כבר החלו בייצור סדרתי והיבואן המקומי כבר



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

החל ביבוא משאיות חשמליות (כיום פועלות בישראל שלוש משאיות, שאינן משמשות לאיסוף אשפה).

- טעינה איטית AC (מטען KW22) ממצב אפס עד לטעינה מלאה אורכת כ- 11 שעות. המשמעות המעשית לכך היא שבטעינה איטית ניתן להפעיל את המשאית סבב איסוף אחד ביום בלבד. אומדן עלות עמדת טעינה איטית עומד על כ-5,000 ₪ ו-100,000 ₪ לעמדה מהירה המקצרת באופן משמעותי את זמן הטעינה וניתן להטעין באמצעותה שני כלי רכב במקביל.

- אינדיקציה לעלות הרכב:

משאית במשקל 15 טונות – משאית שמתאימה לרמסות וצפרדעים, פינוי גזם עם מנוף או דחסן אשפה קטן. עלות הרכישה המוערכת עומדת על כ- 280,000 € (לעומת כ 80,000 € למשאית דיזל מקבילה).

משאית במשקל 26 טונות – דגם שמתאים למשאיות פינוי אשפה עם דחסן סטנדרטי של 17/19 קוב (אופייני לתפעול דחסנים עירוניים). עלות הרכישה המוערכת עומדת על כ- 320,000 € (לעומת כ- 120,000 € למשאית דיזל מקבילה).

- על פי ניתוח כלכלי ראשוני המשווה את עלות משאית איסוף אשפה חשמלית למשאית מקבילה המונעת בדיזל, במונחי מחזור החיים של כלי הרכב, המשאית החשמלית יקרה יותר ממשאית הדיזל בכ-283,000 ₪ (בערך נוכחי). פער זה מושפע בעיקר מפערי העלות של כלי הרכב (מחיר ההון) ומיחס מחירי האנרגייה (מחיר הסולר לעומת מחיר החשמל).

לסיכום, עבודה זו מצביעה על כך שכיום קיימת זמינות של מספר דגמי משאיות איסוף אשפה חשמליות, בעלות תכונות תפעוליות המאפשרות ביצוע סבב איסוף מלא אחד לפחות ביממה. משאיות אלו, כבר פעילות במספר ערים גדולות ברחבי העולם והאינדיקציות לשביעות רצון של בעלי העניין, מובאות לידי ביטוי בתוכניות להרחבת הפיילוט לכלל הצי. מאידך, הפער בעלות הכלכלית (במונחי מחזור החיים של כלי הרכב) והמורכבות התפעולית, מחייבים התערבות ממשלתית בדרך של תמריצים כלכליים לגישור הפער והבטחת יישום של משאיות האיסוף החשמליות ברשויות המקומיות בישראל.



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

תוכן עניינים

- 2..... תמצית מנהלים
- 1. 5..... רקע
- 2. 7..... סקירה בין-לאומית של דגמי משאיות איסוף האשפה הזמינות כיום
- 3. 8..... משאיות איסוף אשפה מונעות בחשמל – מקרי בוחן מהעולם
- 4. 10..... תובנות למשק הישראלי
- 5. 11..... זמינות משאיות חשמליות בישראל
- 6. 12..... ניתוח כלכלי ראשוני
- 15..... מפתח מונחים
- 16..... רשימה ביבליוגרפית



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

1. רקע

במקביל לפיתוח רכבים חשמליים על ידי חברות הרכב, יצרניות המשאיות החלו בייצור משאיות חשמליות. הביקוש למשאיות חשמליות החל לאור מדיניות ממשלתית במדינות שונות על מנת להתמודד עם משבר האקלים ולפתור אתגרים סביבתיים. האיחוד האירופי למשל קבע יעד לאסור מכירה של מכוניות חדשות בעלות מנוע בעירה פנימית עד שנת 2035 ועד אז, מיישם את "מנגנון הפליטות האירופי" המטיל קנסות על יצרני רכב המשווקים בתחום האיחוד כלי רכב עם פליטה ממוצעת מעל ליעד שנקבע. החברות הראשונות אשר הראו עניין במשאיות מאופסות פליטה היו מחברות בעלות צי משאיות גדול העוסקות בשינוע סחורות כגון איקאה ואמזון.

אופי הפעילות של משאיות איסוף אשפה הופך אותן למתאימות למעבר לרכב חשמלי הן מתוך מניעי קיימות והן לאור העובדה שהן פועלות במסלולים קבועים, עם טווחי נסיעה ידועים מראש, עם ריבוי עצירות והאצות מחדש. כמו כן, משאיות חשמליות מתאפיינות בנסיעה שקטה יותר, תכונה המותאמת למאפייני השימוש במשאיות אשפה, קרי נסיעה בתוך שכונות מגורים בשעות בוקר מוקדמות. כמו כן, הסוללה של רכבים חשמליים מותאמת לאופי נסיעה פנים עירוני. למרות שסוג זה של נהיגה אינו אידיאלי למרבית כלי הרכב, הוא מאפשר למשאית האשפה החשמלית לנצל את מלוא היתרונות של הבלמים אשר לוכדים מחדש את האנרגייה הדרושה כדי לעצור את המשאית ובמקביל להטעין את המצבר.

חברות כגון BYD, RENAULT ו-Mack Trucks (חברת בת של VOLVO) היו הראשונות ליצור אב טיפוס למשאיות מסוג זה. משאיות איסוף אשפה חשמליות, בדומה ליתר כלי הרכב החשמליים, דורשות תחזוקה מופחתת בהשוואה למשאית המונעת במנוע בעירה פנימית. כמו כן, בשל מרכז הכובד שלהן לא קיימת סכנה שהן יתהפכו. החסכון הכלכלי מתבטא בפער בין עלות הדלק (הסולר) לבין עלות החשמל וכן בעלויות תחזוקה נמוכות.

סוללות הרכבים החשמליים בכלל ואלו של המשאיות מתאפיינות בשיפור טכנולוגי על ציר הזמן, לרבות התאמת ההספק לאורך חיים ארוך יותר, סיכון מופחת לשריפה ושיפור במהירות הטעינה. הסוללות הקיימות כיום במרבית דגמי משאיות האשפה החשמליות מאפשרות לבצע סבבים מלאים של פינוי (קרי סבב באורך זהה לזה שמבוצע על ידי משאיות דיזל) כך שמסלולי פינוי האשפה המתוכננים לא נפגעים. כמו כן, במשאיות חשמליות קיימים שיפורים טכנולוגיים רבים. כך למשל במשאיות איסוף אשפה החשמליות של VOLVO קיימת גישה מרחוק באמצעות אפליקציה לניטור המשאיות אשר מאפשר לתכנן את זמני השירות ולהבטיח שכל המסלולים המתוכננים מבוצעים כנדרש וכן להפיק דוחות מעקב.



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

ככלל, יש לרכבים חשמליים יתרון גם בתחום התחזוקה השוטפת. למנועים חשמליים יש הרבה פחות חלקים נעים מאשר למנועי בעירה פנימית. המשמעות היא שמכונות חשמליות דורשות פחות תחזוקה (ויכולות להיות זולות יותר לתפעול) מאשר מקבילותיהן השורפות דלק. סוללות EV כמעט ואינן דורשות תחזוקה לאורך חיי השירות שלהן. המעבדה הלאומית לאנרגייה מתחדשת של ארצות הברית צופה שאורך החיים של סוללות המשמשות ברכבים חשמליים ינוע בין 12 ל-15 שנים אם נעשה בהן שימוש באקלים מתון ובין 8 ל-12 שנים אם השימוש הקבוע ברכב מתרחש באקלים קיצוני.

נוסף על כך, משאיות איסוף אשפה חשמליות עתידיות צפויות להיות בעלות שמשות קדמית מוגדלת אשר הינה בטוחה יותר, בעלי מערכת בלימה אוטומטית, חיישני סטייה מנתיב ומצלמות של 360 מעלות.

לצד היתרונות הנ"ל, יש לקחת בחשבון מספר חסמים ההופכים את השימוש במשאית איסוף אשפה חשמלית למעט מורכב יותר. יתכנו חסמים אפקטיביים על התפתחות משק הרכבים החשמליים:

- עלות רכישת משאית פסולת חשמלית, עדיין גבוהה בשיעור ניכר, ביחס למחירה של משאית מקבילה המונעת בדיזל (ראה הרחבה בפרק 8 להלן). נוסף על כך, קיים קושי הנובע מטווח הסוללה, המשפיע על אורך הסבב האפשרי ועל היכולת להגיע לאזורים מרוחקים. בניגוד לכלי רכב קלים (רכבי נוסעים) ובינוניים (רכב מסחרי), משאיות חשמליות מציינות בפני היצרנים אתגר עקב העובדה שייעודו של הרכב הוא שינוע משאות במשקל ובנפח מרביים, זאת כאשר חלק משמעותי מהמשקל המותר נדרש לצורך הסוללה.

- מחסור הולך וגובר בליתיום - המהווה חומר גלם עקרי בייצור סוללות לכלי רכב חשמליים. כתוצאה למגבלות אספקה והן לעליה מתמשכת במחירים צפוי שיבוש ביעדי חדירת רכבים החשמליים ומחירי הסוללות צפויים בטווח הקצר לעלות. סוללות הליתיום צפויות ליצור בעיה עתידית בכל העולם בדבר סילוק כמויות עתק של סוללות אשר סיימו את חייהן. בעיה זו דורשת התערבות רגולטורית – קרי, הכנסת סוללת ליתיום למדינה תעשה בכפוף להצגת תוכנית לסילוק/מחזור של הסוללה בסוף חייה. דרישות רגולטוריות מעין אלו עלולים להעלות את מחירי הסוללות.

ככל שכמויות ה-BEV גדלות, עולה הצורך בהתאמת רשתות החשמל העירוניות. אתגר זה הביא למציאות בה לצד פיתוח משאיות חשמליות, יצרניות כלי הרכב בוחנות טכנולוגיות הנעה נוספות, שהעיקרית מבניהם כיום היא FCEV – רכב המונע בתא דלק מימני, המותאם במיוחד לכלי צמ"ה ומשאיות כבדות.



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

מטרתה של עבודה זו היא לבחון, על סמך סקירה בין-לאומית ומקומית, את תמונת המצב הנוכחית והתחזית העתידית בכל האמור באימוץ משאיות איסוף אשפה המונעות באנרגייה חשמלית.

2. סקירה בין-לאומית של דגמי משאיות איסוף האשפה הזמינות כיום

פרק זה בוחן את דגמי המשאיות המונעות באנרגייה חשמלית, אשר זמינות לשימוש כמשאיות לאיסוף אשפה (משאיות דחס), על בסיס סקירה של אתרי יצרני כלי הרכב.

להלן רשימת דגמי משאיות חשמליות מיצרנים שונים:

משקל (טונה)	טווח (ק"מ)	קיבולת סוללות (קוט"ש)	מספר סוללות	ארץ ייצור	שם הדגם	שם היצרן
8-44	340	185		גרמניה	4x2 או 6X2	MAN
27		300	5	אנגליה	eCollect	Dennis Eagle
10	122	200-40		סין	8	BYD
19,20	100	265-200	1	צרפת	D WIDE	RENAULT
44	300	540-180	6-2	צרפת	E-Tech	RENAULT
3.346	245	100		יפן	EV600	ISUZU
27	200	265-200	4-3	גרמניה	FE	VOLVO
16.7	300	395-200	6-3	גרמניה	FL	VOLVO
37	274	336		ארה"ב	Lion8	Lion electric
32		150	1	ארה"ב	LR Electric	Mack BEV
28				הולנד	ZE	EMOSS
27	100-150	300	3	גרמניה	E-Econic 300 L ENA 6X2/4	Mercedes Benz



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

3. משאיות איסוף אשפה מונעות בחשמל – מקרי בוחן מהעולם

בתקופה שבה העדיפות העליונה של הערים היא הפחתת פליטות מכלי רכב מזהמים, משאיות אשפה מונעות בעירה פנימית נמצאות גבוה בסדר עדיפויות. הסבת צי משאיות דחס לאיסוף אשפה ממשאיות המונעות במנוע בעירה פנימי למשאיות המונעות באנרגייה חשמלית כרוך באתגרים תפעוליים וכלכליים בלתי מבוטלים. בפרק הקודם סקרנו את דגמי המשאיות הזמינים כיום בשוק והמאפיינים העיקריים שלהם, פרק זה עוסק בסקירה של מקרי בוחן במטרופולינים גדולים בהם במערך איסוף האשפה שולבו משאיות חשמליות, בדרך כלל בשלב ראשון במסגרת הליך פיילוט. בסוף הפרק מובאות תובנות ומסקנות רלוונטיות למשק הישראלי.

3.1. רוטרדם (הולנד)

העיר רוטרדם הציבה יעד לפיו עד שנת 2030 רק כלי רכב מאופסי פליטות מזהמים יהיו רשאים לנוע בעיר. במסגרת זו החל פיילוט לשילוב משאיות חשמליות לאיסוף אשפה בעיר. טווח הנסיעה הנדרש לסבב איסוף אשפה הינו 80 ק"מ בממוצע ליום (פסולת עירונית לנפש במדינה (2020) – ק"ג/שנה - 544). בשלב ראשון, נרכשו שתי משאיות אשפה חשמליות חדשות שהושקו במאי 2019. יחידות הדחס בשני הדגמים (Geesink GPMV IV, EMOSS ZE): הורכבו על שלדת משאית תוצרת VOLVO. לצורך יישום הפרויקט, הוקם מערך טעינה בבסיס האם של המשאיות ב-Kleinpolderplein, אשר בנייתו ארכה למעלה משנה וחצי. בין היתר נדרשו הטמנת כבלי חשמל בקרקע ושדרוג השנאי. בהמשך לכך העירייה ערכה מכרז לאספקת משאיות איסוף אשפה במרכז העיר. ההצעה שזכתה כללה יחידת העמסה מדגם Geesink GPMV IV שתותקן על שלדת משאיות מדגם Volvo FE Electric:

נתונים תפעוליים יחידת העמסה Geesink GPMV IV :

משקל 27 טונות; סוללה: 4 סוללות ליתיום-יון 66 קילוואט; טעינה מחדש: 22 קילוואט AC במהלך הלילה או טעינה במהירות עד 150 קוט"ש; בלימה רגנרטיבית: מתאימה לאיסוף פסולת בזכות ריבוי עצירות.

לצד שביעות הרצון מהתועלות, העיר עדיין חווה קשיים המאפיינים שימוש בטכנולוגיה חדשה. קיבולת הסוללה עדיין לא מאפשרת הפעלה של שתי משמרות מלאות ולעתים לא ניתן להשלים אפילו סבב מלא אחד ולכן קיים קושי לקבוע את המסלולים.

3.2. לונדון (בריטניה)

The City of London Corporation, הגוף האחראי על איסוף האשפה בלונדון (פסולת עירונית לנפש במדינה (2020) – ק"ג/שנה - 457), החל בתהליך הסבת כלל הצי לחשמלי במרץ 2021 כאשר חמש משאיות ראשונות הגיעו למטה החברה בהפעלת חברת Veolia.



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

במקביל, בשנת 2020 הופעלו בווסטמינסטר שני רכבי איסוף האשפה חשמליים (eRCV). ה-eRCVs היו במקור משאיות איסוף פסולת ממונעות בדיזל שהגיעו לסוף חייהן. הפרויקט מתבצע בשיתוף עם Veolia ו-מועצת העיר Sheffield (אשר בה פועלים שני רכבים נוספים מאותו סוג). על פי ניתוח כלכלי של מחזור חיים של כלי הרכב, משאית מסוג זה צפויה לחסוך בממוצע £ 2,000 לחודש, בהשוואה לדגם מקביל המונע בדיזל (וזאת מבלי להחשיב את העלות הכלכלית של פליטת המזהמים, כדוגמת NO_x, הנאמדת בכ-£ 6,199 לטונה פליטה).

נתונים תפעוליים לדגם eRCV: משקל: 26 טונות; הנעה: חשמל המופק מהפסולת הנאספת.

3.3 פריז (צרפת)

בעיריית פריז נאספים מידי יום כ-3,000 טונות אשפה באמצעות 480 משאיות איסוף (פסולת עירונית לנפש במדינה (2020) – 536 ק"ג/שנה). חברת האיסוף "Pizzorno" החלה בפילוט ראשון בשנת 2015. מאז ספטמבר 2022, חברת איסוף אשפה "Sepur" החלה להפעיל 18 משאיות אשפה חשמליות של חברת Renault ברובע ה-13 בו מתגוררים כ-180 אלף תושבים. המשאיות החשמליות מבצעות כ-100 סבבי איסוף בכל שבוע. עם השלמת ההצטיידות, איסוף האשפה ברובע נעשה אך ורק בכלי רכב חשמליים ללא זיהום אוויר ומטרדי רעש.

דגם המשאית E-Tech D Wide מהווה משאית מותאמת להובלת פסולת. הדגם הוצג לראשונה באמצע שנת 2018: משקל עד 26 טונות; קיבולת סוללה: 120 ק"מ בין טעינות במסלולים של עד 90 ק"מ.

המעבר למשאיות חשמליות התאפשר בעקבות ההתפתחות הטכנולוגית שהגדילה את טווח הנסיעה של משאיות מסוג זה מ-40-60 ק"מ לכ-90 ק"מ. ריבוי העצירות של משאית האשפה גורם לכך שכ-40% מהחשמל הנצרך בסבב איסוף הוא אנרגייה מוחזרת.

3.4 שיקאגו (ארה"ב)

שיקאגו היא אחת מחלוצות הפעלת משאיות איסוף אשפה מונעת בחשמל (EV). בשנת 2014 התחילו בשימוש במשאית של חברת Motiv Power Systems. אך בשנת 2019 הגישה העיר תביעה משפטית נגד Motiv, בדרישה לפיצוי בסך 1.3 מיליון \$ וזאת עקב תפקוד לקוי של המשאית, אשר במשך תקופות ארוכות הושבתה ממתן שירות.

נתונים תפעוליים של משאית חברת Motiv Power Systems 2014:

קיבולת סוללה- 200 קוט"ש, זמן נסיעה- 60 מיילים (96.56 ק"מ) במהירות של עד 50 מייל לשעה בטעינה אחת של כשמונה שעות, כושר נשיאה – 9 טונות. יכולת דחיסה מכבש אשפה – 593 ק"ג למטר מעוקב.



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

שיקגו הייתה חלוצה בניסיון להכניס משאית איסוף אשפה חשמלית לעיר, אולם בשל אי בשלות טכנולוגית (2014), השבתות דחופות ובשל העובדה שהמשאית פותחה ע"י חברת Motiv Power Systems הפיילוט בעיר נכשל.

4. תובנות למשק הישראלי

- 1) הסבת צי משאיות איסוף אשפה ממנוע בעירה פנימית לרכב חשמלי מביא לתועלות משמעותיות בעיקר בשלושה פרמטרים:
 - א. הפחתה משמעותית בפליטת המזהמים, לרבות גזי החממה.
 - ב. הקטנה משמעותית של מפגע הרעש בשירות המתבצע בד"כ בסמוך או במקביל לשעות השינה, באזורים עירוניים צפופים.
 - ג. חיסכון כלכלי בתפעול השוטף של כלי הרכב בעקב הפער בעלויות האנרגייה (המושפע מיחס מחיר החשמל למחירי הדלקים) ובמידה פחותה בעלות התחזוקה.
- 2) מאפייני התפעול של משאיות איסוף אשפה שונות מכלי רכב אחרים במספר פרמטרים:
 - א. פעילות בסבבים חוזרים, נסיעה בסביבה עירונית, במהירות נסיעה יחסית נמוכה, כאשר אורך כל סבב הוא כ-70-90 ק"מ.
 - ב. ריבוי עצירות.
 - ג. צורך באיסוף כמות מקסימלית של אשפה בכל סבב (מאפיינים תפעול רצויים בדבר נפח ומשקל תפוסה מקסימלי).
- 3) בשאיפה להסב את צי משאיות איסוף האשפה לכלי רכב עם אפס זיהום, המאפיינים התפעוליים הני"ל, מחייבים את הרשות האחראית על איסוף האשפה להתמודד עם מספר אתגרים משמעותיים:
 - א. טווח הנסיעה – השיפור ביעילות הסוללות והטכנולוגיה המאפשרת המרת האנרגייה הכרוכה בבלימת הרכב לטעינה, הביאו למצב שבו כיום, טווח הנסיעה של משאיות איסוף האשפה מאפשר, בממוצע, קיום של סבב אחד מלא בין טעינות. כעולה מהסקירה, המרחק הממוצע של סבב בודד נע בטווח של 70-100 ק"מ. היכולת לבצע סבב איסוף מלא מגדילה את פוטנציאל החלפת משאיות הדיזל במשאיות איסוף מונעות בחשמל.
 - ב. זמן הטעינה – זמן הטעינה נע בין 4 ל-8 שעות בממוצע, כפונקציה של תשתית הטעינה. זמן טעינה זה מאפשר קיום של טעינה + סבב פינוי + טעינה נוספת בכל יממה.
 - ג. תשתית טעינה – הואיל ומדובר בצי תפעולי, נדרש תכנון דקדקני של תשתית הטעינה, אשר יכלול הקמה של HUB טעינה בחניון התפעולי של משאיות איסוף האשפה. הקמת מערך הטעינה, תהיה כרוכה לעיתים גם בשדרוג תשתית החשמל האזורית.



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

זמינות משאיות חשמליות בישראל

4.1. פוטנציאל ייצור וייבוא

שלושה יצרנים אירופיים פרסמו כי החלו ליצר משאיות חשמליות: RENAULT, VOLVO, MAN, DAF. בפועל מברור שערכנו עם היבואנים:

חטיבת המשאיות של VOLVO ו-RENAULT מייצרת משאיות איסוף אשפה חשמליות באופן סדרתי. באירופה נמכרו כ-1,000 משאיות חשמליות וקיים צבר הזמנות של כ-4,000 משאיות שיסופקו במהלך 2023. בשלב זה מרבית המשאיות החשמליות הן משאיות שמשמשות לעבודה בסביבה עירונית לצורכי חלוקה, פינוי אשפה, מערבלי בטון וכדומה.

יבואנית משאיות VOLVO ו-RENAULT בישראל- קבוצת מאיר, החלה ביבוא משאיות חשמליות. היבואן ערוך מבחינה מסחרית וטכנית לספק משאיות חשמליות ולתת להם שרות. כיום פועלות בארץ 3 משאיות ראשונות (2 רגילות ואחת משאית קירור), בשבועות הקרובים תגיע משאית נוספת (דגם FE) שמיועדת לבנייה והרכבה של אב טיפוס של דחסן אשפה.

MAN ו-DAF עדיין לא החלו ביצור סדרתי ולכן אין צפי אספקה בישראל ואין נתונים תפעוליים וכלכליים על המשאיות מתוצרתן שישווקו בישראל.

4.2. עלות צריכת האנרגייה

בהתבסס על הערכת היבואן, עלות האנרגייה בתפעול השוטף של חשמל לעומת דיזל הינה כ-25%. נתון זה משתנה בהתאם לתנודתיות בעלות הסולר ובהתאם ליכולת המשתמש להתייעל בעלות רכישת החשמל.

4.3. משטר טיפולים ותחזוקה שוטפת

הנחיות היצרן הן לבצע ביקורת למשאית כל 6 חודשים וזאת בהשוואה למשאית דיזל שנדרשת לטיפול תקופתי (החלפת שמנים וכד') - כל 3-4 חודשים.

4.4. עלות טיפולים ותחזוקה שוטפת

עדין לא נצבר מספיק ניסיון להערכה מדויקת; בהתבסס על הערכת היבואן, עלות התחזוקה השוטפת דומה למשאית דיזל; ברמה התאורטית תחזוקת משאית חשמלית אמורה להיות זולה בכ-15%-20% בהשוואה למשאית דיזל; יש לקחת בחשבון שחלקי החילוף למשאיות חשמליות יקרים יותר וקיימת אי ודאות כתוצאה מחוסר הניסיון.



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

4.5. עלויות ביטוח

בשל הפערים המשמעותיים בעלות ההצטיידות (משאית חשמלית יקרה בכ-160% ממשאית דיזל), סביר להניח כי עלות רכיב ביטוח הריסק יתייקר בהתאם. יתר רכיבי הביטוח: צד ג' וביטוח חובה לא אמורים להיות שונים ממשאית דיזל.

5. ניתוח כלכלי ראשוני

על סמך הנתונים שהתקבלו מהיבואנים וכן מידע והערכות על בסיס הניסיון שנצבר ב"עדליא", בוצע ניתוח כלכלי ראשוני המשווה מחזור חיים את עלות משאית איסוף אשפה חשמלית מאפיינת למשאית דומה המונעת בדיזל.

5.1. הנחות עבודה

פרמטר	הנחת עבודה	הערות
גיל החלפת משאית	8 שנים	
שיעור היוון	7.75%	פריים + 2%
ערך גרט	10% מעלות הרכב	ע"פ ממוצע אובדן ערך
נסועה שנתית ק"מ	26,000	לפי 5 ימים בשבוע, בכל יום משמרת באורך של 100 ק"מ
צריכת דיזל	0.57 ליטר לק"מ	
מחיר ליטר דיזל	8 ₪	מניח ביטול הסדר הבלו
צריכת חשמל	0.9 קוט"ש לק"מ	ע"פ מבדק שנערך ע"י חברת VOLVO
מחיר החשמל לקילוואט לשעה	0.6 ₪	
עלות אחזקה וטיפול	דיזל – 1 ₪ /ק"מ חשמלי – 85% מדיזל	
עלות ביטוח	4% מערך הרכב	
שער €	3.9	



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



אגף תחבורה

5.2 מתודולוגיה

נערך תזרים מזומנים רב שנתי מול תזרים ההוצאות (נטו) של חלופת משאית איסוף אשפה חשמלית בהשוואה למשאית דיזל. תזרימי המזומנים בהתאם לריבית ההיוון והפער בין הערך הנוכחי של שני תזרימי ההוצאות משקף את הפרש העלות הכלכלית.

5.3 תוצאות הניתוח הכלכלי:

מרכיבי ההשוואה	משאית איסוף אשפה מונעת בדיזל	משאית איסוף אשפה חשמלית	הפרש
עלות רכישת משאית - €	120,000	320,000	
עלות רכישת משאית - ₪	468,000	1,248,000	-780,000
העמסת השקעה בתשתית טעינה (איטית)		5,000	-5,000
סה"כ השקעה (₪)	468,000	1,253,000	-785,000
הוצאות אחזקה ותפעול שנתי (₪):			
עלות צריכת אנרגייה (הנחת נסועה שנתי 26,000 ק"מ)	118,560	14,040	104,520
עלות אגרת רישוי ומבחן רישוי	2,505	541	1,964
עלות ביטוח	18,720	49,920	-31,200
תחזוקה שוטפת (טיפולים, צמיגים, שמנים וכיו"ב)	26,000	22,100	3,900
העמסת פחת על תשתית הטעינה	0	1,000	-1,000
סה"כ הוצאות אחזקה ותפעול שנתי (₪)	165,785	87,601	78,184
ערך גרט (₪):			
ערך מכירה בתום 8 שנים	46,800	124,800	-78,000
היוון תזרים ההוצאות (₪):			
ערך נוכחי - PV בשיעור היוון 7.75% - פריים + 2%	-1,404,054	-1,687,535	283,481





מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

5.4. מסקנות

על פי האינדיקציות שאספנו, נכון להיום, למרות שעלות משאית אשפה חשמלית יקרה בסדר גודל של כ-200% מעלותה של משאית מקבילה המונעת בדיזל, עלות האנרגייה של משאית מונעת בחשמל נמוכה ביחס לעלות משאית ICE. נוסף על כך, קיים פער מסוים לטובת המשאית החשמלית בעלות התחזוקה השוטפת.

על פי האומדן הראשוני שערכנו, במונחי מחזור החיים של כלי הרכב, המשאית החשמלית יקרה יותר ממשאית הדיזל בכ-283,000 ש"ח (בערך נוכחי).

פער העלות מושפע בעיקר מהפרמטרים הבאים:

- מחיר המשאית החשמלית – ככל שירדו מחיר הסוללות ובהתאמה מחיר הרכב, תגדל הכדאיות הכלכלית של רכישת משאית חשמלית. בהתאם למודל שערכנו, נקודת האיזון תושג במחיר משאית של כמיליון ש"ח (נמוך בכרבע מיליון ש"ח מאומדן המחיר שהתקבל מהיבואן).
- מחיר הסולר – מחיר הסולר מתאפיין בתנודתיות. כמו כן צרכנים גדולים משיגים הוזלה מסוימת במחיר הסולר. ככל שמחיר הסולר גבוה יותר, כך עולה הכדאיות של המשאית החשמלית.
- שיעור הריבית – ככל ששיעור הריבית נמוך יותר, הכדאיות של המשאית החשמלית עולה.
- החלטות רגולציה – חלק ניכר מהחיסכון במשאית החשמלית נובע מהיעדר בלו על מחיר החשמל. ככל שיוטלו מס נשואה או מיסוי דומה על השימוש ברכב החשמלי, הכדאיות הכלכלית תפחת.



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

מפתח מונחים:

רכב חשמלי (מלא)	Battery electric vehicle	BEV
משאית דחס	Compactor Truck is used to collect waste and compress it within an enclosed bed in the rear of that truck. The compactor truck will generally feature a hydraulically operated plate that will crush bulkier items and then compress all trash items toward a fixed plate in the truck's bed, thereby creating more storage space for additional trash collection	Compactor Truck
רכב המונע בתא דלק מימני	Fuel-cell electric vehicle (hydrogen)	FCEV
גרם פליטה של פחמן דו חמצני לקילומטר נסיעה	Grammes of carbon dioxide per kilometer	gCO ₂ /km
גזי חממה	Greenhouse Gas	GHG
רכב היברידי	Hybrid electric vehicle	HEV
רכב עם מנועה בעירה פנימי	Internal combustion engine	ICE
רכב היברידי פלאג – אין	Plug-in hybrid electric vehicle	PHEV
רכב מאופס פליטות	Zero emission vehicle	ZEV
רכב בעל פליטות אפס או פליטות נמוכות	Zero low emission vehicle	ZLEV



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'נרי 2,
ירושלים 9195024



מדינת ישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

אגף תחבורה

רשימה ביבליוגרפית

להלן יוצגו מקורות המידע בהן נעשה שימוש לצורך כתיבת מסמך זה :

- Electric Trucks for Waste Collection: Let's jump on the e-Train | WMW (waste-management-world.com) .5.5
- Volvo FL Electric | Volvo Trucks .5.6
- <https://www.caranddriver.com/shopping-advice/a40957766/electric-car-maintenance/> .5.7
- <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/power-spike-how-battery-makers-can-respond-to-surging-demand-from-evs> .5.8
- Rotterdam introduces electric garbage trucks (themayor.eu) .5.9
- <https://www.geesinknorba.com/quiet-and-clean-waste-collection-in-rotterdam/> .5.10
- <https://www.statista.com/statistics/1336513/global-generation-of-municipal-solid-waste-per-capita-by-country/> .5.11
- Sepur généralise la collecte de déchets en camion électrique à l'échelle d'un arrondissement parisien (actu-environnement.com) .5.12
- Chicago sues electric truck maker Motiv, says \$1.3M electric garbage truck has been a lemon | Cook County Record .5.13
- <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023/trends-in-electric-heavy-duty-vehicles> .5.14
- עלויות חיצוניות סביבתיות של תחבורה כבישית (www.gov.il) .5.15



transport@sviva.gov.il



02-6553780



רחוב בנק ישראל 7, בניין ג'ירי 2,
ירושלים 9195024