



## עלויות חיצוניות של הפליטות לאוויר מכלל המקורות בישראל

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة  
Israel Ministry of Environmental Protection

הוכן בסיוע חברת אקוטרייזרס בע"מ

יוני 2021



## רקע

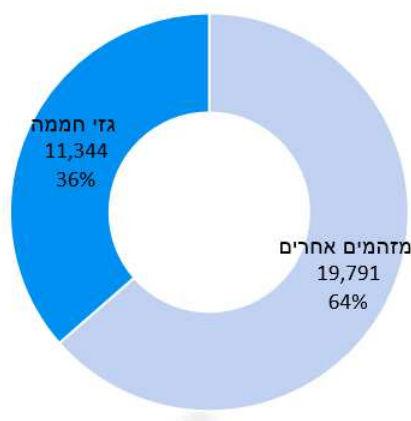
עלות חיצונית מבטאת כערך כספי את ההשפעות החיצוניות השליליות על בריאות האדם והסביבה. עלויות חיצונית מבטאות ערך כספי של אובדן רווחה חברתית מפליטת מזהמים וממפגעי סביבה שונים. מטרת חישוב עלויות חיצוניות סביבתיות היא לאפשר למקבלי החלטות להביא בחשבון את ערך הנזקים הללו בהחלטות מדיניות, וכן לסייע לשימוש בכלים כלכליים ורגולטוריים לטובת הפחתת הנזקים הסביבתיים. העלות החיצונית, המבטאת כערך כספי את ההשפעות החיצוניות השליליות על בריאות האדם והסביבה, מאפשרת קבלת תמונה רחבה לגבי כלל העלויות הכרוכות בפעילות כלכלית בשווקים השונים, ובפעילות האדם בכלל.

## ממצאי חישוב העלות החיצונית של הפליטות לאוויר בישראל

העלות החיצונית<sup>1</sup> של פליטות המזהמים לאוויר מכלל המקורות בישראל<sup>2</sup> בשנת 2018 עמדה על 31 מיליארד ₪.

עלות חיצונית זו מורכבת מ 11.3 מיליארד ₪ שמקורם בפליטת גזי חממה<sup>3</sup> ו- 19.8 מיליארד ₪ שמקורם בפליטת מזהמים המשפיעים על איכות האוויר ברמה המקומית<sup>4</sup> (18 חומרים מזהמים להם חושבו עלויות חיצוניות).

**איור 1 – התפלגות העלויות החיצוניות של הפליטות לאוויר בישראל בשנת 2018 – גזי חממה ומזהמים נוספים, מיליוני ₪**



<sup>1</sup> החישוב בוצע לפי העלויות החיצוניות המפורסמות ב- "[הספר הירוק: הערכה ומדידה של עלויות סביבתיות - עלויות חיצוניות של מזהמי אוויר וגזי חממה, המשרד להגנת הסביבה, יולי 2020](#)".

<sup>2</sup> [המשרד להגנת הסביבה, מציאת פליטות מזהמים לאוויר לשנת 2018, עדכון ספטמבר 2020. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, פליטות של גזי חממה לפי מקור בשנת 2018, לוח 22.7 שנתון סטטיסטי לישראל 2020.](#)

<sup>3</sup> פחמן דו-חמצני, חנקן דו-חמצני, מתאן, HFCs (גזי קירור).

<sup>4</sup> תחמוצות חנקן, תחמוצות גופרית, פחמן חד-חמצני, אמוניה, חומר חלקיקי עדין מרחף שקוטר חלקיקיו קטן מ-2.5 מיקרומטר, חומר חלקיקי עדין מרחף שקוטר חלקיקיו גדול מ- 2.5 מיקרומטר וקטן מ- 10 מיקרומטר, חומרים אורגניים נדיפים למעט מתאן (NMVOC), בנזן, פורמאלדהיד, 1,3-בוטאדיאן, בנזן-א-פירן, ארסן, כספית, ניקל, עופרת, קדמיום.



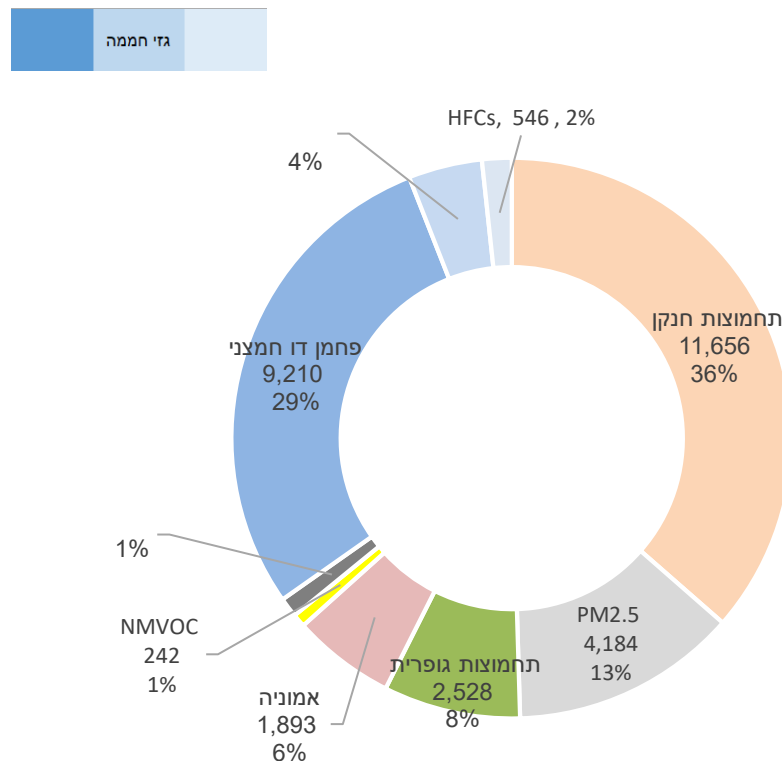
### התפלגות העלות החיצונית לפי חומרים מזהמים

המזהם שפליטתו גורמת לעלות החיצונית הגבוהה ביותר הוא תחמוצות חנקן – 36% מכלל העלות, אחריו פחמן דו חמצני עם 29% ולאחריהם חומר חלקיקי עדין מרחף שקוטר חלקיקיו קטן מ-2.5 מיקרומטר עם 13%, כמפורט באיור 2.

חומרים אורגנים נדיפים למעט מתאן (NMVOC), היא קבוצת מזהמים, אשר רוב התרכובות האורגניות הכלולות בה גורמות להיווצרות אוזון ומזהמים נוספים בתהליך פוטוכימי. זיהום אוזון זה מוגדר כזיהום שניוני, והעלות החיצונית של NMVOC בספר הירוק מחושבת עבור זיהום שניוני בלבד. חשוב לציין כי לחלק מהתרכובות הכלולות בקבוצת ה- NMVOC קיים בנוסף לנזק השניוני גם נזק ישיר משמעותי כגון גרימת מחלות סרטן. אולם עלויות הנזק הישיר אינן מכומתות בערך העלות החיצונית של NMVOC בדוח זה, אלא מכומתות עבור כל מזהם אורגני בנפרד. העלות החיצונית של תחמוצות חנקן ואמוניה כוללת גם את הנזק הישיר של המזהמים וגם את הנזק השניוני כתוצאה מהיווצרות חלקיקים שניוניים.

**איור 2 – התפלגות העלויות חיצוניות של הפליטות לאוויר בישראל בשנת 2018 – לפי מזהמים,**

**מיליוני ₪**

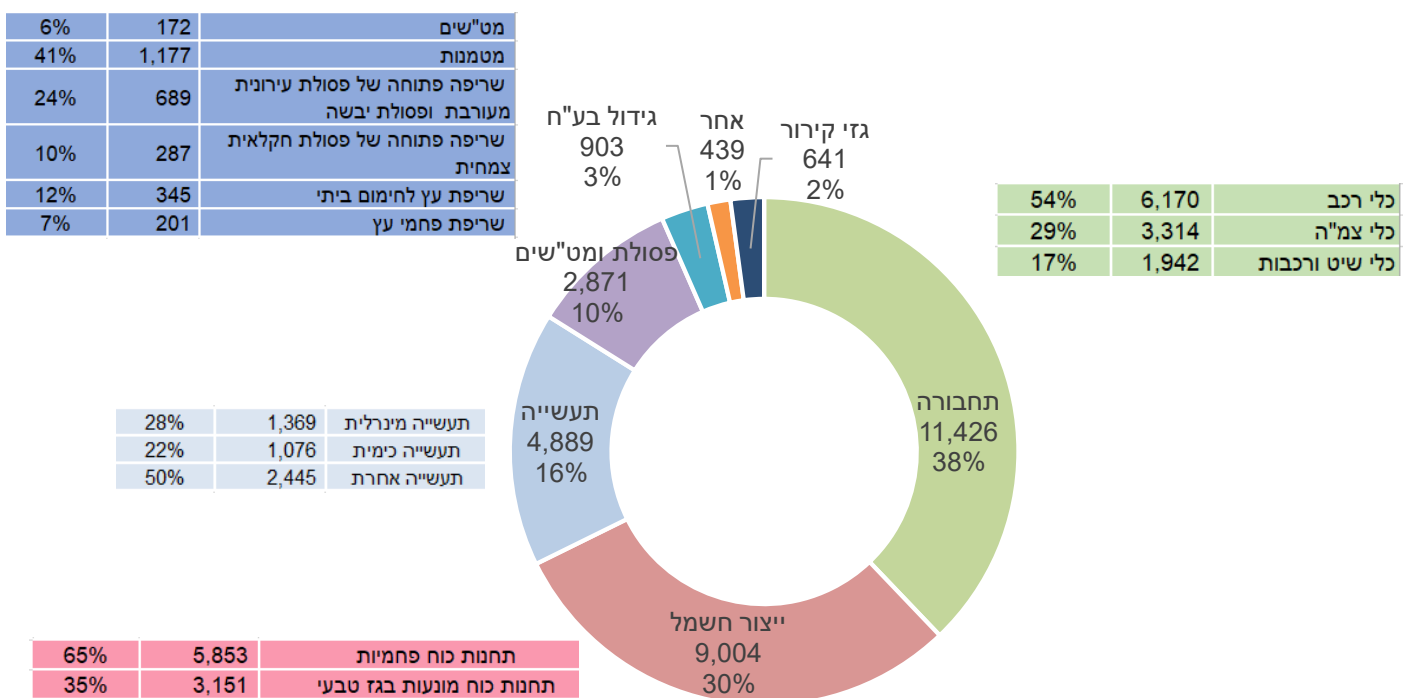




### התפלגות העלות החיצונית לפי מקור פליטה

מקור הפליטה הראשי מבחינת העלות החיצונית המוטלת על המשק היא התחבורה לסוגיה – 38%, לאחריה תחנות הכוח לייצור חשמל – 30% ולאחריהן התעשייה עם 16%, כפי שמפורט באיור 3 להלן. שריפת דלקים פוסיליים אחראית ליותר מ 70% מהעלות החיצונית של הפליטות לאוויר.

איור 3 – התפלגות העלויות החיצוניות של הפליטות לאוויר בישראל בשנת 2018 – לפי מקורות פליטה, מיליוני ₪



### הפחתת פליטות לאוויר בשנת 2019

העלות החיצונית בדוח זה חושבה עבור הפליטות שהתרחשו בשנת 2018. בשנת 2019 פחתו הפליטות מייצור חשמל ומהתעשייה עקב צמצום השימוש בפחם ובמזוט לייצור חשמל והתקנת אמצעים להפחתת פליטות על פי דרישת המשרד להגנת הסביבה. בעקבות זאת פחתה העלות החיצונית של הפליטות בכ-450 מיליון ₪ שהם כ 3% מעלות פליטות ייצור החשמל והתעשייה. מוערך כי הפחתה דומה התרחשה גם בשנת 2020.



**בדוח זה נבחנה גם ההשפעה על העלות החיצונית של הזיהום של שני שינויים משמעותיים שניתן לקדם במשק האנרגיה והתחבורה:**

**1. מעבר ל 40% יצור חשמל מאנרגיות מתחדשות בשנת 2030**

עמידה ביעד של 40% יצור חשמל מאנרגיה מתחדשת ב-2030 לעומת שיעור הייצור כיום העומד על כ-6%, צפויה לחסוך כ-4.5 מיליארד ₪ בשנה בעלות החיצונית. מתוכם כ-3 מיליארד ₪ בעלויות חיצוניות של פליטת גזי חממה.

יש לציין שמדובר בעלות חיצונית עבור שנת 2030, שכן העלות של כל מזהם גדלה מדי שנה, לפי מקדמי גידול שהוגדרו בספר הירוק. הגידול משקף גידול בתוצר לנפש וגם בצפיפות במדינה. לכן כשאנחנו מעריכים את ההשפעה העתידית, על יישום מדיניות בשנת 2030, יש להשתמש במחירי 2030.

**2. מעבר ל 25% רכבים פרטיים חשמליים בשנת 2030**

יישום התוכנית שמקדם המשרד להגנת הסביבה למעבר לתחבורה חשמלית הכוללת חיוב של כל אוטובוס עירוני חדש להיות ללא פליטת מזהמים החל מ 2025, חיוב כל רכב קל המיובא לישראל להיות מאופס פליטות החל מ 2030, רכש כלי רכב חשמליים בממשלה והשקעה בתשתיות טעינה, יחסוך בשנת 2030 כ 970 מיליון שקל (מתוכם כ-630 מיליון שקל בעלויות חיצוניות של פליטת גזי חממה), וסכום הולך ועולה בכל שנה לפי קצב יישום התוכנית. חישוב זה מתבסס על מעבר לרכבים חשמליים בהיקף של 25% ב-2030 (לעומת פחות מ-1% כיום) בעקבות יישום התוכנית.

**השוואה בין-לאומית של עלויות חיצוניות של הפליטות לאוויר**

הסוכנות להגנת הסביבה של האיחוד האירופי (European Environment Agency) פרסמה דוח המחשב את העלויות החיצוניות של הפליטות לאוויר מהמדווחים ל E-PRTR (ייצור חשמל, תעשייה, טיפול בפסולת ושפכים, גידול בע"ח) במדינות האיחוד לשנת 2017<sup>5</sup>.

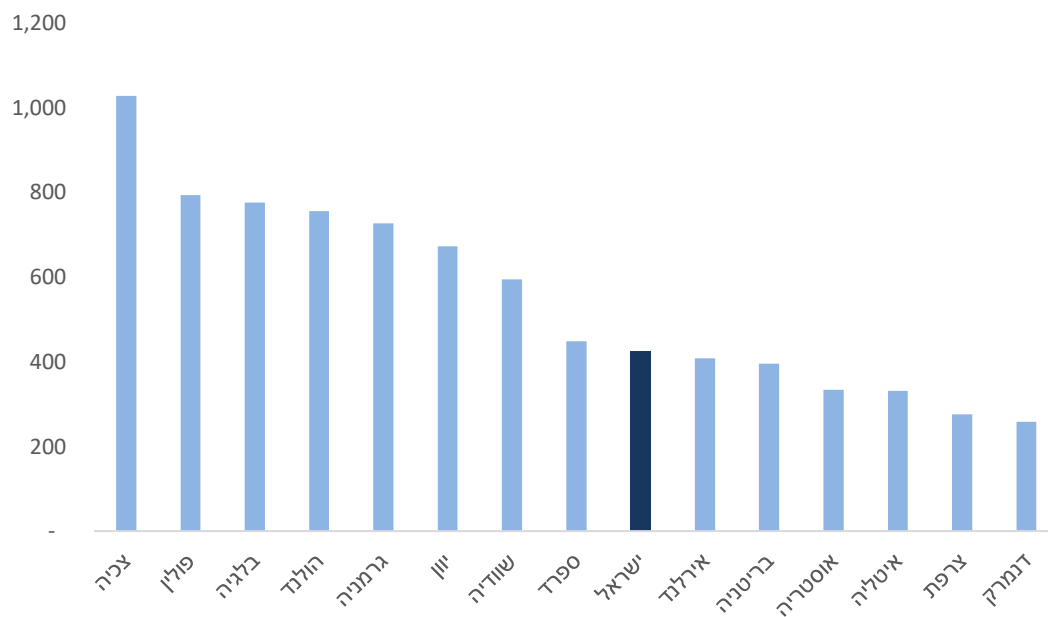
השוואה בין ממצאי דוח זה עבור העלות החיצונית של פליטות הענפים המדווחים למפלי"ס (ה-PRTR הישראלי) עם ממצאי הפרסום של הסוכנות להגנת הסביבה של האיחוד האירופי, מעלה שהעלות החיצונית לנפש בישראל נמצאת בטווח העלויות לנפש באיחוד האירופי (איור 4 להלן).

בנוסף לכך, השוואה של התפלגות מקורות הפליטה השונים המדווחים למפלי"ס בישראל עם התפלגות המקורות המדווחים ל E-PRTR של האיחוד האירופי מעלה ממצאים דומים – ענף ייצור החשמל הוא הגורם לעלות החיצונית הגבוהה ביותר ולאחריו התעשייה הכבדה.

<sup>5</sup> Costs of air pollution from European industrial facilities 2008–2017, European Topic Centre on Air pollution, transport, noise and industrial pollution, 2020



איור 4 – עלויות החיצוניות של הפליטות לאוויר בישראל בשנת 2018 ובמדינות באיחוד האירופי בשנת 2017, יורו לנפש





### נספח - מתודולוגיית החישוב

דוח זה כולל הערכת עלויות חיצוניות של הפליטות לאוויר של כלל המקורות המופיעים במצאי הפליטות לאוויר של המשרד להגנת הסביבה. מצאי זה אינו כולל פליטות משריפות חורש, פליטות מכלי טייס, פליטות מכלי רכב צה"ליים ללא מספר רישוי צהוב ופליטות מהדברה חקלאית ולפיכך העלות החיצונית של פליטות אלו אינו כלולות בדוח זה. כמו כן פליטות גזי חממה מכלי שייט אינן נכללות בלוח 22.7 בשנתון הסטטיסטי - פליטות של גזי חממה לפי מקור, לפיכך גם הן לא נכללות בדוח זה. העלויות החיצוניות מבוססות על ערכי הביניים המופיעים בספר הירוק.

### תעשייה ויצור חשמל

עבור תעשייה וייצור החשמל נעשה שימוש בעלויות החיצוניות ממקור פליטה ניח בהתאם לפילוח הפליטות לפי גבהי ארובות. עבור שאר הסקטורים, בהם מקור הפליטה ניח, נעשה שימוש בעלויות עבור מקור פליטה ניח מתחת ל-100 מ'.

#### טבלה 1 - עלויות חיצוניות עבור מזהמי האוויר המרכזיים, ש"ל טון

מזהם	מקור פליטה ניח ארובות מעל 100 מ'	מקור פליטה ניח ארובות מתחת ל-100 מ'	מקור פליטה נייד	תחבורה ימית
NOx	54,529	118,208	112,747	12,923
SOx	39,259	85,381	-	39,629
CO	323	323	323	323
NH3	47,812	103,803	114,528	-
PM10	77,010	151,738	150,568	60,306
PM2.5	124,536	270,760	774,162	105,966
PMco	8,539	16,773	8,497	8,497
NMVOC	7,217	7,217	6,839	2,154

#### טבלה 2 - עלויות חיצוניות עבור מזהמי אוויר נוספים, ש"ל טון

מזהם	ש"ל טון
Benzene	5,396
Formaldehyde	88,698
1,3 - Butadiene	13,794
benzo a pyrene	38,447
As	3,473,728
Hg	116,353,040
Ni	448,549
Pb	19,931,782
Cd	3,912,160

פילוח פליטות החלקיקים בין PM2.5 ל PM10 (להלן PMco מבטא ההפרש ביניהם) נעשה באופן הבא:



1. חושב היחס בין פליטות PM10 לבין פליטות PM2.5, על בסיס נתוני המשרד להגנת הסביבה על פליטה מוקדית לפי גבהי ארובות.
2. לפי יחס זה חושב הפילוח בין PM2.5 ו-PMco בפליטות המדווחות למפלי"ס.
3. הונח כי פילוח פליטות החלקיקים בין PM2.5 ו-PMco אחיד עבור כלל המפעלים בעלי ארובות מעל 100 מ' וכן אחיד עבור מפעלים בעלי ארובות מתחת 100 מ':

PMco	PM2.5	טונות בשנת 2018
33%	67%	ארובות מעל 100 מ'
25%	75%	ארובות מתחת ל-100 מ'

### גזי חממה

במצאי פליטות גזי החממה של הלמ"ס הפליטות מסקטור ייצור החשמל מסווגות כחלק מקטגוריית "תעשיות אנרגיה" הכוללת גם פליטות מזיקוק נפט. על מנת להפריד את סקטור ייצור החשמל נעשה שימוש בדיווחי פליטות פחמן דו-חמצני של תחנות כוח במפלי"ס. ההפרש בין פליטות תחנות הכוח במפלי"ס לבין הפליטות מסקטור "תעשיות אנרגיה" במצאי הלמ"ס, מופיע בדוח זה ב"תעשייה".

עבור גזי חממה נעשה שימוש בעלות של 140 ₪ לטון פחמן דו-חמצני. לצורך חישוב טון שווה-ערך פד"ח, נעשה שימוש בהמרות GWP ל-100 שנים: מתאן – 28 וניטרוס וניטרוס אוקסיד – 265.

פליטות גזי חממה משריפה פתוחה של פסולת - מצאי פליטות גזי החממה של הלמ"ס אינו כולל פליטות כתוצאה משריפה פתוחה של פסולת עירונית. על מנת לחשב פליטות אלו נעשה שימוש [במחשבון לחישוב פליטות לאוויר משריפה פתוחה של פסולת](#) של המשרד להגנת הסביבה. בנוסף בהתאם למצאי הפליטות לאוויר הונח כי כמות הפסולת העירונית שנשרפת באופן לא חוקי מהווה 250 אלף טון בשנה.

### תחבורה

העלויות החיצוניות עבור תחבורה כבישית נלקחו מהדוח- "עלויות חיצוניות סביבתיות של תחבורה כבישית"<sup>6</sup>. פליטות אלו כוללות עלויות מפליטות תחמוצות חנקן, חלקיקים ופחמן דו חמצני.

לצורך חישוב העלות החיצונית מפליטות תחבורה שאינה כבישית (כלי צמ"ה ורכבות) נעשה שימוש בממוצע פשוט של העלויות החיצוניות לפי מיקומי כביש (עירוני, בינעירוני ומטרופוליטן).

פליטות גזי החממה עבור תחבורה שאינה כבישית (כלי צמ"ה, רכבות) חושבו על בסיס ההפרש בין העלויות מפליטות התחבורה במצאי פליטות גזי החממה והעלויות שחושבו עבור תחבורה כבישית.

חישוב העלויות החיצוניות מכלי שייט בנמלים נעשה באמצעות שימוש בעלות עבור כלי שייט ימיים. כמו כן, בשל מחסור בנתונים לא נכללו פליטות גזי החממה עבור תת-סקטור זה.

<sup>6</sup> עלויות חיצוניות סביבתיות של תחבורה כבישית, המשרד להגנת הסביבה, ינואר 2021





מדינת ישראל  
המשרד להגנת הסביבה

אשכול תעשיות ורישוי עסקים

עלויות מפליטות גזי החממה כוללות פליטות מתעופה פנים ארצית, אך עלויות מפליטות שאר מזהמים לא כוללות רכיב זה בשל מחסור בנתונים.