



אגף איכות אוויר ושינוי אקלים – המשרד להגנת הסביבה

התכנית הלאומית לצמצום ומניעת זיהום אוויר

01 בינואר 2012



תוכן עניינים

5.....	רשימת טבלאות.....	
6.....	רשימת איורים.....	
1.....	1 תקציר מנהלים.....	
1.....	1.1 רקע.....	
2.....	1.2 מתודולוגיית העבודה.....	
3.....	1.3 עיקרי הממצאים.....	
4.....	1.4 הערכה מוניטרית לנוכחות המזהמים באוויר.....	
6.....	1.5 אמצעי מדיניות להפחתת ריכוזי המזהמים באוויר.....	
10.....	1.6 המלצות להמשך.....	
12.....	2 מבוא.....	
	2.1 כללי 12.....	
12.....	2.2 רקע לחוק אוויר נקי התשס"ח-2008.....	
13.....	2.3 יעדי התכנית הלאומית והיקפה.....	
13.....	2.4 דו"ח ועדת מומחים ציבורית.....	
14.....	2.5 המזהמים הכלולים בתכנית.....	
15.....	2.5.1 חלקיקים נשימים, PM.....	
16.....	2.5.2 אוזון, O ₃	
16.....	2.5.3 גפרית דו-חמצנית, SO ₂	
17.....	2.5.4 חנקן דו-חמצני NO ₂ (כחלק מתחמוצות חנקן).....	
17.....	2.5.5 תרכובות אורגניות נדיפות, NMVOC.....	
17.....	2.5.6 עופרת, Pb.....	
17.....	2.5.7 כספית, Hg.....	
18.....	2.5.8 בנזן, C ₆ H ₆	
18.....	2.5.9 1,3-בוטאדיאן, C ₄ H ₆	
18.....	2.6 הוועדה הבין-משרדית.....	
19.....	2.7 מבנה המסמך.....	
20.....	3 סקירת ספרות.....	
20.....	3.1 כללי.....	
20.....	3.2 עיקרי הממצאים.....	
24.....	4 תמונת מצב איכות האוויר בישראל בשנים 2010, 2015 ו-2020.....	
24.....	4.1 כללי.....	
24.....	4.2 מערך ניטור אוויר ופריסת תחנות הניטור בישראל.....	

4.3	תמונת מצב איכות האוויר לשנת 2010	26
4.4	שיטת גיבוש תחזית תמונת מצב של איכות אוויר לשנים 2015 ו-2020	27
4.4.1	בניית מצאי פליטות	27
4.4.2	הנחות תרחיש "עסקים כרגיל" (BAU – Business As Usual)	29
4.4.3	מודלים לפיזור וריכוז מזהמים	33
4.5	תמונת מצב איכות אוויר בשנים 2015 ו-2020	36
4.5.1	חלקיקים נשימים (PM_{10}) וחלקיקים נשימים עדינים ($PM_{2.5}$)	38
4.5.2	אוזון O_3	51
4.5.3	גפרית דו-חמצנית SO_2	58
4.5.4	חנקן דו-חמצני	67
4.5.5	כספית	74
4.5.6	עופרת	77
4.5.7	בנון	80
4.5.8	1,3-בוטאדיאן	85
4.5.9	סיכום תמונת מצב איכות אוויר נוכחית וחזויה	92
5	השפעות בריאותיות וכלכליות של זיהום אוויר	97
5.1	כללי	97
5.2	השפעות בריאותיות של זיהום אוויר	97
5.2.1	חלקיקים עדינים: PM_{10} , $PM_{2.5}$	97
5.2.2	אוזון O_3	100
5.2.3	ההשפעות הבריאותיות שנכללו בתחשיב ההשפעות הבריאותיות	101
5.2.4	מזהמים אשר לא בוצע לגביהם כימות השפעות בריאותיות (NO_2 , SO_2 , 1,3-בוטאדיאן, בנון, כספית ועופרת)	101
5.3	השיטה לכימות ההשפעות הבריאותיות בישראל כתוצאה מאי-עמידה בערכי היעד	102
5.3.1	תמותה	102
5.3.2	פונקציית מנה-תגובה (Concentration-Response function)	104
5.4	השיטה להערכה כלכלית של ההשפעות הבריאותיות	107
5.4.1	הערכה כלכלית של השפעות בריאותיות	107
5.5	הערכה מוניטרית של אי-עמידה בערכי היעד	109
5.5.1	$PM_{2.5}$ – הערכה מוניטרית של אי-עמידה בערך יעד שנתי של 25 מק"ג/מ"ג בשנה	110
5.5.2	PM_{10} – הערכה מוניטרית של אי-עמידה בערך יעד יומתי של 50 מק"ג/מ"ק	111
5.5.3	אוזון – הערכה מוניטרית של אי-עמידה בערך היעד 8-שעתי של 100 מק"ג/מ"ק	112
5.5.4	סיכום ההערכה המוניטרית של הכימות הבריאותי	113
6	המלצה על צעדי מדיניות נוספים	115
6.1	כללי	115
6.2	בחינת צעדי מדיניות נוספים	116

116.....	השיטה לבחינת צעדי המדיניות	6.2.1
117.....	שימוש בעלויות חיצוניות לצורך חישוב התועלת מצעדי מדיניות	6.2.2
118.....	הצגת צעדי המדיניות שנבחנו	6.3
119.....	צעדי מדיניות במגזר ייצור אנרגיה	6.3.1
127.....	צעדי מדיניות במגזר התעשייה	6.3.2
137.....	צעדי מדיניות בתחום התחבורה	6.3.3
150.....	צעדי מדיניות לטיפול בפליטות שמקורם במשקי הבית	6.3.4
152.....	צעדי מדיניות – סיכום	6.3.5
156.....	ניתוח תרחיש "אמצעי מדיניות" במודלים לחיזוי זיהום אוויר	6.4
156.....	כללי	6.4.1
156.....	סל אמצעי המדיניות שכומתו בתרחיש "יישום אמצעי המדיניות"	6.4.2
156.....	ניתוח תמונת מצב זיהום אוויר לפי מזהמים בתרחיש "יישום צעדי מדיניות"	6.4.3
163.....	סיכום תמונת המצב איכות אוויר למזהמים שנבחנו והמלצות	7
163.....	כללי	7.1
163.....	סיכום תמונת מצב איכות אוויר, אמצעי הפחתה והמלצות לפי מזהמים	7.2
163.....	ניתוח תמונת מצב איכות אוויר לחלקיקים, PM	7.2.1
165.....	ניתוח מצב איכות אוויר עבור אוזון	7.2.2
166.....	ניתוח מצב איכות אוויר עבור SO ₂	7.2.3
167.....	ניתוח מצב איכות אוויר עבור NO ₂	7.2.4
168.....	ניתוח מצב איכות אוויר עבור המזהמים כספית, עופרת, בנזן ו1,3-בוטאדיאן	7.2.5
169.....	ההשפעות הבריאותיות והכלכליות של זיהום האוויר בישראל	7.3
170.....	אמצעי מדיניות שנבחנו בתכנית	7.4
נספח 1: צוות עבודה בנושא – צעדי מדיניות של משרד התחבורה עבור התכנית הלאומית לצמצום זיהום האוויר		
171.....		
נספח 2: השוואה בין תוצאות הכימות הבריאותי של זיהום אוויר לבין התכנית הבריטית ומחקר שנערך באיטליה		
172.....		

רשימת טבלאות

2	טבלה 1: רשימת המזהמים הכלולים בתכנית הלאומית
5	טבלה 2: סיכום ההערכה המונית של כימות הנזקים הבריאותיים לשנות היעד
7	טבלה 3: סיכום אמצעי המדיניות שנבחנו
9	טבלה 4: הפחתת פליטות בעקבות החלת אמצעי המדיניות
15	טבלה 5: רשימת המזהמים הכלולים בתכנית וערכי היעד שנקבעו להם בתקנות אוויר נקי
15	טבלה 6: ערכי סביבה למזהמים כפי שנקבעו בתקנות אוויר נקי
22	טבלה 7: המזהמים הכלולים בתכנית הלאומית שנסקרו
26	טבלה 8: תיאור הכלים הקיימים לתיאור מצב איכות אוויר לשנת הבסיס
28	טבלה 9: מקורות פליטה במצאי
28	טבלה 10: מזהמים הכלולים במצאי פליטות לפי מגזרי הפעילות
36	טבלה 11: מודלי החיזוי בהם נעשה שימוש עבור המזהמים השונים
44	טבלה 12: שכיחות האפיזודות של חלקיקים
54	טבלה 13: אפיזודות נבחרות
75	טבלה 14: תוצאות דיגומים תקופתיים של כספית באזור אשדוד
76	טבלה 15: ריכוזים מרביים של עופרת מהרצות מודל AERMOD לשנת הבסיס-2010
78	טבלה 16: דיגומים של עופרת בסקרים סביבתיים
79	טבלה 17: ריכוזים מרביים של עופרת מהרצות מודל AERMOD לשנת הבסיס ולשנות היעד
81	טבלה 18: ריכוזי בנזן יומתיים שנמדדו בתחנות הניטור [מק"ג/מ"ק]
82	טבלה 19: ריכוזי בנזן שנתיים שהתקבלו בתחנות ניטור [מק"ג/מ"ק]
82	טבלה 20: ריכוזי מזהמים שהתקבלו בדיגומים
85	טבלה 21: פליטות 1,3-בוטאדיאן מתחבורה לפי שנים (ק"ג/שעה)
102	טבלה 22: רשימת ההשפעות הבריאותיות שנכללו בתחשיב הבריאותי של אי-עמידה בערכי היעד
106	טבלה 23: רשימת שיעורי הסיכון בתכנית הלאומית
106	טבלה 24: שיעורי רקע להשפעות בריאותיות
110	טבלה 25: תוצאים בריאותיים של חשיפה ממושכת לחלקיקים עדינים
111	טבלה 26: השפעות בריאותיות של חשיפה קצרת זמן לחלקיקים נשימים (PM_{10})
112	טבלה 27: אוזון – הערכת השפעות בריאותיות כתוצאה מחשיפה קצרת זמן לאוזון
114	טבלה 28: סיכום ההערכה המונית של הכימות הבריאותי לשנות היעד
115	טבלה 29: סיכום אמצעי המדיניות שנבחנו במסגרת התכנית
119	טבלה 30: אמצעי המדיניות שנבחנו – סקטור ייצור האנרגיה
127	טבלה 31: טבלת צעדי מדיניות במגזר התעשייה
137	טבלה 32: אמצעי המדיניות שנבחנו בסקטור התחבורה
145	טבלה 33: ניתוח עלות-תועלת לחדירת מוניות היברידיות למשק. השוואה בין מונית היברידית לבין מונית דיזל
147	טבלה 34: תחשיב עלות-תועלת לרכבי ליסינג
150	טבלה 35: צעדי המדיניות שנבחנו בסקטור משקי הבית
152	טבלה 36: צעדי המדיניות שנבחנו בתכנית הלאומית
153	טבלה 37: סיכום כימות הכלכלי של צעדי המדיניות (לשנה)
154	טבלה 38: סיכום הפחתת המזהמים בתרחישים השונים
162	טבלה 39: השוואה של ההשפעות הבריאותיות בין תרחיש "עסקים כרגיל" לבין תרחיש "יישום אמצעי מדיניות"
169	טבלה 40: סיכום התחשיב הכלכלי של ההשפעות הבריאותיות
170	טבלה 41: אמצעי מדיניות שנבחנו במסגרת התכנית
172	טבלה 42: השפעות בריאותיות שנכללו בתחשיב הבריאותי
173	טבלה 43: סיכום ההערכה המונית של ההשפעות הבריאותיות
176	טבלה 44: סיכום הערכים של אבדן שנות חיים למיליון איש עבור שינוי של 1% בשיעור התמותה
177	טבלה 45: השוואה בין ערכי VOLY שונים

רשימת איורים

25	איור 2 : פריסת תחנות הניטור בארץ
39	איור 4: התפלגות פליטת PM_{10} לפי שנים [ק"ג/שעה]
40	איור 5: התפלגות פליטת $PM_{2.5}$ לפי שנים [ק"ג/שעה]
42	איור 6: ממוצע שנתי של ריכוזי חלקיקים PM_{10}
43	איור 7: ממוצעים שנתיים של חלקיקי $PM_{2.5}$ כאחוז מערך היעד השנתי לשנת 2010
45	איור 8: מפות ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי עבור PM_{10} לאפיזודה של האפיק הפרסי
45	איור 9: אומדן חשיפה מרחבי הגבוה מערך היעד היממתי עבור PM_{10} לאפיזודה של האפיק הפרסי
46	איור 10: מפת ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי עבור PM_{10} לאפיזודה של שקע שרבי/שקע קר עמוק
46	איור 11: אומדן חשיפה מרחבי לערכים הגבוהים מערך היעד היממתי עבור PM_{10} לאפיזודה של שקע שרבי/שקע קר עמוק
48	איור 12: מפת ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי עבור $PM_{2.5}$ לאפיזודה של אפיק פרסי
48	איור 13: אומדן חשיפה מרחבי הגבוה מערך היעד היממתי עבור $PM_{2.5}$ לאפיזודה של אפיק פרסי
49	איור 14: מפת ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי עבור $PM_{2.5}$ לאפיזודה של שקע שרבי/שקע קר עמוק
49	איור 15: אומדן חשיפה מרחבי הגבוה מערך היעד היממתי עבור $PM_{2.5}$ לאפיזודה של שקע שרבי/שקע קר עמוק
51	איור 16: התפלגות פחמימנים אורגניים נדיפים NMVOC לפי שנים [ק"ג/שעה]
53	איור 17: מפת הריכוזים השמונה-שעתיים המרביים של אוזון
55	איור 18: ריכוזי אוזון מחושבים במיצוע שמונה-שעתי לאפיזודה של אפיק פרסי
55	איור 19: אומדן חשיפה מרחבי מעל ערך היעד במיצוע שמונה-שעתי לאפיזודה של אפיק פרסי
56	איור 20: ריכוזי אוזון מחושבים במיצוע שמונה-שעתי לאפיזודה של אפיק ים סוף
56	איור 21: אומדן חשיפה מרחבי מעל ערך היעד עבור ממוצע שמונה-שעתי לאפיזודה של אפיק ים סוף
58	איור 22: התפלגות פליטות גפרית דו-חמצנית לפי שנים [ק"ג/שעה]
60	איור 23: ממוצע שנתי (2010) של ריכוזי גפרית דו-חמצנית
62	איור 24: מפת ריכוזים שניים (2^{ND}) מרביים החורגים מערך היממתי בשריג חיפה
63	איור 25: מפת אומדן חשיפה מרחבי היממתי בשריג חיפה
64	איור 26: מפת ריכוזים שניים (2^{ND}) מרביים החורגים מערך היעד היממתי בשריג חדרה
64	איור 27: מפת אומדן החשיפה המרחבי לערכים החורגים מערך היעד בשריג חדרה
65	איור 28: מפת ריכוזים שניים מרביים החורגים מערך היעד היממתי בשריגים אשדוד ואשקלון
66	איור 29: אומדן החשיפה המרחבי בשריגים אשדוד ואשקלון
67	איור 30: התפלגות פליטה שעיתית של תחמוצות חנקן לפי סקטורים בכל אחת משנות הבחינה [ק"ג/שעה]
70	איור 32: ממוצעים שנתיים של NO_2 , דו"ח מנ"א 2010 (לפי תחנות כלליות)
71	איור 33: ממוצעים שנתיים של NO_2 , דו"ח מנ"א 2010 (לפי תחנות כלליות)
72	איור 34: מפת ריכוזים שנתיים גבוהים מערך היעד בגוש דן לשנת 2010
72	איור 35: מפת אומדן חשיפה מרחבי ל NO_2 בגוש דן לשנת 2010
73	איור 36: מפת ריכוזים שנתיים גבוהים מערך היעד ת"א לשנת 2010, לפי מניפולציית KRIGING
74	איור 37: התפלגות פליטת כספית [ק"ג/שעה]
77	איור 38: התפלגות פליטת עופרת [ק"ג/שעה]
83	איור 39: ריכוזי יממתי מרבי מחושב למצב הקיים ושנות היעד בתחנות נבחרות
84	איור 40: ריכוזי שנתי מרבי אשר חושב ע"י המודל למצב הקיים ושנות היעד בתחנות נבחרות
87	איור 41: ריכוזי יממתי מרבי - חיפה
87	איור 42: ריכוזי שנתי מרבי - חיפה
88	איור 43: ריכוזי יממתי מרבי - תל אביב
88	איור 44: ריכוזי שנתי מרבי - תל אביב
89	איור 45: ריכוזי יממתי מרבי - ירושלים
89	איור 46: ריכוזי שנתי מרבי - ירושלים
90	איור 47: ריכוזי יממתי מרבי - באר שבע
90	איור 48: ריכוזי שנתי מרבי - באר שבע

120	איור 50: אמצעי מדיניות סקטור האנרגיה
120	איור 51: גרף הפחתת פליטות (בעלויות חיצוניות) לפי אמצעים בסקטור האנרגיה
128	איור 52: תועלת כלכלית מאמצעי המדיניות שנבחנו בסקטור התעשייה
128	איור 53: הפחתת פליטות לפי אמצעים בסקטור התעשייה (בערכי עלויות חיצוניות)
139	איור 55: הפחתת פליטות לפי אמצעים בסקטור התחבורה (בערכי עלויות חיצוניות)
	איור 57: מפות ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי עבור PM_{10} לאפיזודה של האפיק הפרסי, לאחר יישום אמצעי המדיניות הנוספים
157	(ימין) ולפי BAU (שמאל)
	איור 58: מפות ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי עבור $PM_{2.5}$ לאפיזודה של האפיק הפרסי, לאחר יישום אמצעי המדיניות הנוספים
158	(ימין) ולפי BAU (שמאל)
	איור 59: מפות ריכוזים הגבוהים מערך היעד עבור אוזון לאפיזודה של האפיק הפרסי, לאחר יישום אמצעי המדיניות הנוספים (ימין) ולפי
159	BAU (שמאל)
	איור 60: מפות ריכוזים הגבוהים מערך היעד עבור אוזון לאפיזודה של שקע שרבי/שקע קר עמוק, לאחר יישום אמצעי המדיניות הנוספים
159	(ימין) ולפי BAU (שמאל)
	איור 61: מפת ריכוזים שניים ($2ND$) מרביים החורגים מערך היממתי בשריג חיפה לאחר יישום אמצעי המדיניות (ימין) הנוספים ולפי
161	BAU (שמאל)

1 תקציר מנהלים

1.1 רקע

זיהום האוויר בישראל מהווה את אחד המפגעים הסביבתיים החמורים ביותר המשפיעים על בריאות הציבור בארץ ועל איכות חייו וסביבתו. זיהום אוויר הינו גורם ישיר לעודף תחלואה ואף לתמותה באזורים רבים בארץ. מחקרים מדעיים מראים כי זיהום אוויר גורם להשפעות בריאותיות שליליות וביניהן: תמותה, סרטן ריאות, אסטמה ועוד. זיהום האוויר נגרם ממקורות רבים ומגוונים, ביניהם: תחבורה, תחנות כוח, מפעלי תעשייה ומקורות טבעיים. עם הגידול באוכלוסייה ועם העלייה ברמת החיים בארץ, צפוי כי מקורות הפליטה האנתרופוגניים (מעשה ידי אדם) אף יגבירו את השפעתם על איכות האוויר. מדינת ישראל פועלת בשנים האחרונות להעמיק את הטיפול בבעיית זיהום האוויר. ב-1.1.2011 נכנס לתוקף חוק אוויר נקי התשס"ח-2008 שנועד להסדיר את הטיפול בגורמי זיהום האוויר השונים במסגרת חוקית אחת (להלן: החוק).

בפרק ג' לחוק, סימן א', נקבע כי בתוך שנה מיום תחילת החוק, תאשר הממשלה, לפי הצעת השר להגנת הסביבה, **תכנית רב שנתית** לשם קידום מטרותיו של החוק שבה ייכללו בין השאר:

1. יעדים ארציים ואזוריים לצמצום זיהום האוויר בתוך פרק זמן שיקבע בתוכנית.
2. אמצעים ודרכים לעמידה ביעדים כאמור.
3. הוראות לפעילות שרי הממשלה ומשרדיהם, לעניין ביצוע התוכנית, בהתאם לשטחי הפעולה שעליהם הם ממונים.

כמו כן נקבע כי הממשלה, לפי הצעת השר להגנת הסביבה, או שרים אחרים תעדיכן את התוכנית מעת לעת ולפחות אחת לחמש שנים.

לטובת גיבוש התוכנית הלאומית מינה השר להגנת הסביבה תחילה ועדת מומחים אשר כללה אנשי מקצוע ואקדמיה בתחום (להלן: הוועדה). הוועדה מונתה במטרה למפות את מצב איכות האוויר העכשווי בישראל וליצור בסיס מדעי עדכני לתוכנית הלאומית לצמצום זיהום אוויר. הוועדה זיהתה בשיבותיה את מזהמי האוויר אשר להם מיוחסות ההשפעות הבריאותיות והסביבתיות החמורות ביותר בישראל.

קביעת המזהמים ויעדי ההפחתה בתכנית הלאומית נעשתה על פי מדיניות המשרד להגנ"ס והמלצות וועדת המומחים הציבורית שקמה לעניין התכנית הלאומית. המלצות אלו מביאות לידי ביטוי את מזהמי האוויר העיקריים אשר תורמים באופן לנזקים בריאותיים ועל כן מהווים יעד מרכזי לטיפול. המזהמים הכלולים בתכנית וערכי היעד עבורם, כפי שנקבעו בתקנות אוויר נקי (ערכי איכות אוויר) (הוראות שעה), התשע"א-2011 מפורטים בטבלה 1 מטה.

התכנית הלאומית למניעה וצמצום זיהום אוויר בישראל מהווה את אחד הנדבכים המרכזיים במדיניות המשרד להגנת הסביבה וממשלת ישראל לצמצום זיהום האוויר בישראל וכפועל יוצא מכך, לצמצום ההשפעות השליליות הנגרמות מזיהום אוויר. התוכנית הינה רב שנתית לשנים 2011-2020 והיא נבחנת בשתי שנות יעד עתידיות: שנת 2015 ושנת 2020 (להלן: שנות היעד). העמידה ביעדי התוכנית בתרחישים השונים, נבחנה אל מול נקודות זמן אלו.

טבלה 1: רשימת המזהמים הכלולים בתכנית הלאומית

המזהם	סימון או נוסחה כימית	ריכוז מירבי במק"ג/מ"ק	זמן מיצוע
1	PM ₁₀	50	יממה
		20	שנה
2	PM _{2.5}	25	יממה
		10	שנה
3	O ₃	100	שמונה שעות
4	SO ₂	500	10 דקות
		20	יממה
5	NO ₂	200	שעה
		40	שנה
6	Pb	2	יממה
		0.09	שנה
7	Hg	1.8	שעה
		0.3	שנה
8	C ₆ H ₆	3.9	יממה
		1.3	שנה
9	C ₄ H ₆	0.11	יממה
		0.036	שנה

1.2 מתודולוגיית העבודה

מתודולוגיית הכנת התכנית כללה בשלב הראשון סקר ספרות אודות תוכניות דומות במדינות בעלות מודעות סביבתית. שנית, בוצע מיפוי של סקטורים שונים המהווים מקורות פליטה משמעותיים עבור כל אחד מהמזהמים המטופלים במסגרת התוכנית (סקטור התעשייה, ייצור האנרגיה, התחבורה ומשקי הבית) בהמשך נבחנה המדיניות הנוכחית המונהגת על ידי המשרד להגטי"ס ומשרדי הממשלה הרלוונטיים והשלכותיה על איכות האוויר בשנות היעד שהוגדרו (תרחיש BAU – Business As Usual). כימות הפליטות העתידיות הצפויות בשנות היעד, על פי תרחיש BAU שימש כבסיס לחיזוי הריכוזים הסביבתיים הצפויים באמצעות המודלים של המשרד להגנת הסביבה לשנים 2010, 2015 ו-2020. בשלב הבא בוצע מיפוי של הפערים בין תחזית ריכוזי המזהמים לפי תרחיש של עסקים כרגיל ובין ערכי היעד שנקבעו בתקנות אוויר נקי וכן כומתו המשמעותיות הכלכליות של פערים אלה והשפעתם על בריאות הציבור. לאחר זיהוי הפערים הצפויים בעתיד בריכוזי המזהמים בהשוואה לערכי היעד, נבחנו אמצעי מדיניות נוספים לצמצום פליטות בסקטורים השונים. נערך אומדן של שיעור הפחתת הפליטות הצפוי מיישומם של האמצעים השונים, ובמקביל – של עלויות היישום המשקיות והתקציביות. התכנית כוללת המלצה על אמצעי המדיניות המועדפים ותכנית הפעולה ליישומם, לרבות פירוט לוחות הזמנים והגורמים האחראים לקידום.

1.3 עיקרי הממצאים

תמונת מצב איכות האוויר בשנות היעד בתרחיש "עסקים כרגיל"

בכפוף להנחות תרחיש "עסקים כרגיל", המשקפות את הפעילות הנוכחית והצפויה במשק בשנות היעד (2015 ו-2020) עולים הממצאים הבאים:

- **חלקיקים נשימים ($PM_{2.5}$, PM_{10}):** ישנו ריכוז רקע קבוע וגבוה של חלקיקים באוויר שמקורו בסופות חול ואבק. ריכוזי הרקע בתוספת תרומת פעילות בני האדם יוצרים ריכוזים גבוהים של חלקיקים מעל ערך היעד כיום ואף בעתיד. המדיניות הנוכחית של הממשלה צפויה להביא לירידה של הריכוזים באוויר אולם עדיין צפויים ריכוזים גבוהים מערך היעד. בשל כך יש לאמץ וליישם אמצעי מדיניות נוספים להפחתת הריכוזים הצפויים של חלקיקים בסביבה.

- **אוזון (O_3):** אוזון הינו מזהם שניוני פוטוכימי הנוצר בנוכחות תחמוצות חנקן, NMVOC וקרנת UV באטמוספירה. ריכוז הרקע של אוזון במדינת ישראל מוערך במוצע ארצי של כ-100 מיקרוגרם למ"ק, ריכוז השווה ערך לערך היעד. ריכוזי האוזון במצב הנוכחי גבוהים מערך היעד בעיקר באזור ההר ובפנים הארץ. המדיניות נוכחית צפויה להביא להפחתת פליטות של תחמוצות חנקן ובהתאם צפויה ירידה בריכוזי האוזון באזורים מסוימים בישראל. אולם, באזורים רבים עדיין צפויים ריכוזים גבוהים מערך היעד בשנות היעד. על מנת להפחית את ריכוזי האוזון יש ליישם אמצעי מדיניות נוספים להפחתת פליטות של תחמוצות חנקן ושל NMVOC.

- **גפרית דו חמצנית (SO_2):** באזורים נרחבים בישראל נרשמו ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי. בחינת איכות האוויר למזהם זה נעשתה לאזורים בהם קיים הפוטנציאל הגבוה ביותר לריכוזים גבוהים של SO_2 : חיפה, חדרה, אשדוד ואשקלון. הריכוזים הצפויים בשתי שנות היעד של התכנית גבוהים מערך היעד היממתי בכל ארבעת האזורים. גם במקרה זה יש ליישם אמצעי מדיניות נוספים על מנת להפחית את פליטות SO_2 ואת הריכוזים הצפויים במוקדים הבעייתיים.

- **חנקן דו חמצני (NO_2):** חנקן דו-חמצני הינו מזהם שנמצא בריכוזים גבוהים בשנת הבסיס בעיקר באזורים עירוניים, בסמוך לכבישים. בשנות היעד צפויה הפחתה של הריכוזים בסביבה אולם באזורים עירוניים ובעיקר במרכזי המטרופולינים, צפויים עדיין ריכוזים גבוהים.

- **כספית (Hg), עופרת (Pb):** בהתאם לנתונים הקיימים היום לא ניתן להעריך את איכות האוויר לגבי מזהמים אלו. הריכוזים הצפויים ואשר חושבו במסגרת עבודה זו נמוכים במספר סדרי גודל מערכי היעד, אולם אין הם כוללים בסיס מידע רחב של נתוני ניטור.

- **בנזן (C_6H_6):** מצב איכות האוויר בהתאם למספר סבבים של דיגומים סביבתיים מצביע על ריכוזים גבוהים מערכי היעד בעיקר באזורים בהם יש נסועה מוגברת או תעשייה פטרוכימית. על בסיס המידע הקיים, בשנות היעד תיתכן ירידה בריכוזים בעיקר בעקבות הפחתה בפליטות כלי רכב. למרות זאת, בשלב זה אין בסיס נתונים נרחב מספיק כדי להעריך את איכות האוויר העתידית לגבי מזהם זה.

- **1,3-בוטאדיאן:** בהתאם לנתונים הקיימים היום לא ניתן להעריך את איכות האוויר לגבי מזהם זה. הריכוזים שחושבו לשנת הבסיס מצביעים על חריגות רבות מערכי היעד בעיקר באזורים העירוניים. על פי המידע הקיים בשנות היעד תיתכן הפחתה משמעותית בריכוזים הנובעת מהפחתת הפליטות מכלי רכב.

1.4 הערכה מוניטרית לנוכחות המזהמים באוויר

זיהום אוויר מהווה מקור לבעיות בריאותיות רבות, החל מבעיות נשימה ואסטמה, סוגי סרטן למיניהם וכלה בתמותה אשר פוגעת בעיקר באוכלוסיות רגישות אך גם מובילה לפגיעה בתוחלת החיים של כלל האוכלוסייה. מחקרים מדעיים רבים מצביעים על חלקיקים ואוזון כשני המזהמים האחראים למרב הנזק הבריאותי.

כימות ההשפעות הבריאותיות נעשה בעזרת מתודולוגיה המקובלת בתכניות דומות בעולם. חישוב הנזק הבריאותי של זיהום אוויר נעשה באמצעות השוואת שני תרחישים של זיהום אוויר: תרחיש "עסקים כרגיל" ותרחיש ערכי היעד¹. הפער בריכוזי המזהמים בין שני התרחישים מהווה את מידת זיהום האוויר ה"עודף" המחושבת לצורך כימות הנזק הבריאותי.

באופן שיטתי, הכימות של ההשפעות הבריאותיות נעשה באמצעות הפעלת פונקציה (נוסחה) המקשרת בין משתנים בלתי-תלויים (רמות סביבתיות של ריכוז מזהמים באוויר) ובין משתנים תלויים (השפעות בריאותיות מגוונות ומוגדרות כתמותה ותחלואה). פונקציית מנה-תגובה היא השיטה המרכזית שבעזרתה ניתן לחשב את ההשפעות הבריאותיות, הכלכליות והסביבתיות של עלייה בריכוז מזהמים באוויר. ההשפעות הבריאותיות השונות תומחרו לכדי ערכים כספיים על מנת לאמוד את היקף העלות הכספית של חריגה בנוכחות מזהמים אלה באוויר מערכי היעד.

¹ **ערך יעד** הינו ערך ש"חריגה ממנו מהווה חשש לסיכון או לפגיעה בחיי אדם בבריאותם או באיכות חייהם של בני אדם, בנכסים או בסביבה, לרבות בקרקע, במים, בחי ובצומח"¹ (א). ערך זה נקבע לפי לרוב בהתאם להמלצות ארגון הבריאות העולמי (WHO) ו/או ה EPA. בבחינת עמידה בערך זה בסביבה החוק מציין ש"יש לשאוף להשיגם כיעד".

טבלה 2: סיכום ההערכה המוניטרית של כימות הנזקים הבריאותיים לשנות היעד

שנה	השפעה בריאותית	מספר מקרים (לשנת חריגה מערכי היעד)	ערך כלכלי למקרה (ערך מרכזי, ₪)	סך כל הנזק הכלכלי (₪)
2015	PM _{2.5} – תמותה כרונית	27,860 (שנות חיים)	280,000 (לשנת חיים)	7,800,913,639
	PM _{2.5} – תמותה מסרטן ריאות	166.8	לא כומת	לא כומת
	PM _{2.5} – תמותה ממחלות לב איסכמיות	448.11	לא כומת	לא כומת
	PM ₁₀ – מוות בטרם עת (אקוטית)*	149.2	280,000 (לשנת חיים)	41,786,784
	PM ₁₀ – אשפוזים קרדיווסקולאריים	53.9	8,997	475,762
	PM ₁₀ – אשפוזים נשימתיים	396.5	8,946	3,546,706
	PM ₁₀ – אסטמה (ימי שימוש בתרופות)	2,229.7	280	624,316
	אוזון – מוות בטרם-עת (אקוטית)	20.82	280,000 (לשנת חיים)	5,832,056
	אוזון – אשפוזים נשימתיים	44	8,946	390,494
	סה"כ			7,811,782,973
2020	PM _{2.5} – תמותה כרונית	30,310 (שנות חיים)	280,000 (לשנת חיים)	8,486,922,466
	PM _{2.5} – תמותה מסרטן ריאות	156.6	לא כומת	לא כומת
	PM _{2.5} – תמותה ממחלות לב איסכמיות	422.42	לא כומת	לא כומת
	PM ₁₀ – תמותה בטרם עת (אקוטית)*	135.3	280,000 (לשנת חיים)	37,892,197
	PM ₁₀ – אשפוזים קרדיווסקולאריים	47.9	8,997	431,247
	PM ₁₀ – אשפוזים נשימתיים	359.5	8,946	3,216,148
	PM ₁₀ – אסטמה	2,021.6	280	566,048
	אוזון – מוות בטרם-עת	26.7	280,000 (לשנת חיים)	7,477,396
	אוזון – אשפוזים נשימתיים	56	8,946	500,641
	סה"כ			8,499,113,647

*השפעות מוות בטרם עת כתוצאה מחשיפה ל PM₁₀ לא נכללות בסיכום על מנת להימנע מספירה כפולה עם ההשפעות הבריאותיות של PM_{2.5}.

ניתן לראות כי ההערכה המוניטרית של ההשפעות הבריאותיות כתוצאה מחריגה מערכי היעד של המזהמים: PM₁₀, PM_{2.5} ו-O₃, נאמדת בכ- 7.8 מיליארד ₪ בשנת 2015 ובכ- 8.5 מיליארד ₪ בשנת 2020.

ישנם נזקים בריאותיים נוספים שלא כומתו במסגרת זו הן בשל מחסור בנתונים בריאותיים הנוגעים לישראל והן בשל אי הסכמה בספרות לגבי מידת הנזקים הבריאותיים שגורמים מזהמים שונים. עם זאת, אין ספק בקרב הקהילה המדעית כי זיהום אוויר אחראי לעוד מגוון רחב של השפעות בריאותיות שאינן כלולות בתחשיב זה.

1.5 אמצעי מדיניות להפחתת ריכוזי המזהמים באוויר

לאחר זיהוי ריכוזים צפויים בסיבה העולים על ערכי היעד בתרחיש BAU בשנות היעד של התוכנית, וכימות העלות המשקית של חריגה זו עבור מזהמים נבחרים, נבחנו אמצעים נוספים שיש בהם כדי להביא לשיפור איכות האוויר. האמצעים המוצגים מטה הינם צעדי המדיניות המוצעים במסגרת התוכנית בחלוקה לפי הסקטורים שזוהו כמקורות משמעותיים לפליטת המזהמים השונים: סקטור ייצור האנרגיה, סקטור התעשייה, סקטור התחבורה וסקטור משקי הבית.

אמצעי המדיניות דורגו לפי ארבע אבני בוחן:

- **תרומתו של הצעד המוצע להפחתת המזהמים** – בשלב זה נבחנת התרומה של הצעד המוצע להפחתת הפליטות של המזהם.
- **בחינת עלות- תועלת המשקית של הצעד המוצע** – שלב זה מהווה את עיקר הבחינה הכלכלית של האמצעי ונועד להוות אומדן ראשוני של התועלת הנובעת מהפעלת האמצעי בהתחשב בכמות הפליטה הנחסכת. בצד התועלת כומתו מרכיבים שונים ובראשם התועלת הנובעת מהפחתת ההשפעות הבריאותיות אשר מיוחסות לפליטות של המזהמים השונים. הערכים הכספיים לכימות העלויות החיצוניות של פליטות המזהמים שחושבו במסגרת שלב זה, לקוחים מתוך עבודות שביצע באחרונה המשרד להגנת הסביבה. הערכת התועלת החיצונית מיישום הצעד המוצע חושבה לא רק עבור המזהמים המטופלים במסגרת התכנית, אלא גם עבור מזהמים נוספים כגון: CO₂, CO. מלבד העלויות החיצוניות, ניתן משקל גם לפרמטרים כמותיים נוספים כך למשל: חיסכון בעלויות הדלקים, שיפור מידת הבטיחות בדרכים וכדומה.
- בצד העלות נכלל מתן אומדן ראשוני של העלות המשוערת ליישום הצעד במונחים של עלות למשק. כמו כן במידת הצורך נערך תחשיב גם להיקף ההוצאה הממשלתית הנדרשת למימוש הצעד וכן העלות לגוף הפרטי הנדרש ליישם את הצעד המוצע.
- יש לציין שחלק מתחשיבי העלות-תועלת משמשים בעיקר להמחשת התועלות והעלויות החזויים וזאת בשל חסרונם של נתונים או קיומם של משתנים רבים אשר משפיעים על התחשיב ואינם ניתנים לכימות. תחשיבים אלו משמשים לצורך מתן קנה מידה לתועלות ולעלויות של כל צעד מדיניות.
- **מידת הישימות במשק הישראלי** – פרמטר זה בוחן מהי מידת הישימות של הפעלת האמצעי הנבחן הן מבחינה טכנית-מקצועית (קיומם של פערים טכנולוגיים, חוסר ידע וכד') שיקשו או אפילו ימנעו את יישום הצעד המוצע), והן מבחינת הישימות הרגולטורית (מידת ההתאמה לרגולציה הקיימת בישראל).
- **מידת השכיחות בנקיטת האמצעי המוצע בעולם** – היבט נוסף שנבחן הוא מידת השכיחות בהפעלת האמצעי הנבחן במדינות שונות בעולם. בחינה זו מיועדת ללמד על הישימות והאפקטיביות של האמצעי הנבחן, לצמצם את ממד האי-וודאות הקיים תמיד בהמלצות ליישום צעדי מדיניות ולהגביר מידת הביטחון של קובעי המדיניות ביחס ליישום ולתוצאות של אמצעי זה.

יש לציין כי ישנם צעדים שנבחנו במסגרת התכנית שלהם לא ניתן היה לבצע ניתוח כלכלי עקב מחסור בנתונים או קושי להעריך מה תהיה ההשפעה של הצעד הנבחן על המשק. פירוט הצעדים מובא בטבלה 3 מטה.

תקציר מנהלים

טבלה 3 : סיכום אמצעי המדיניות שנבחנו

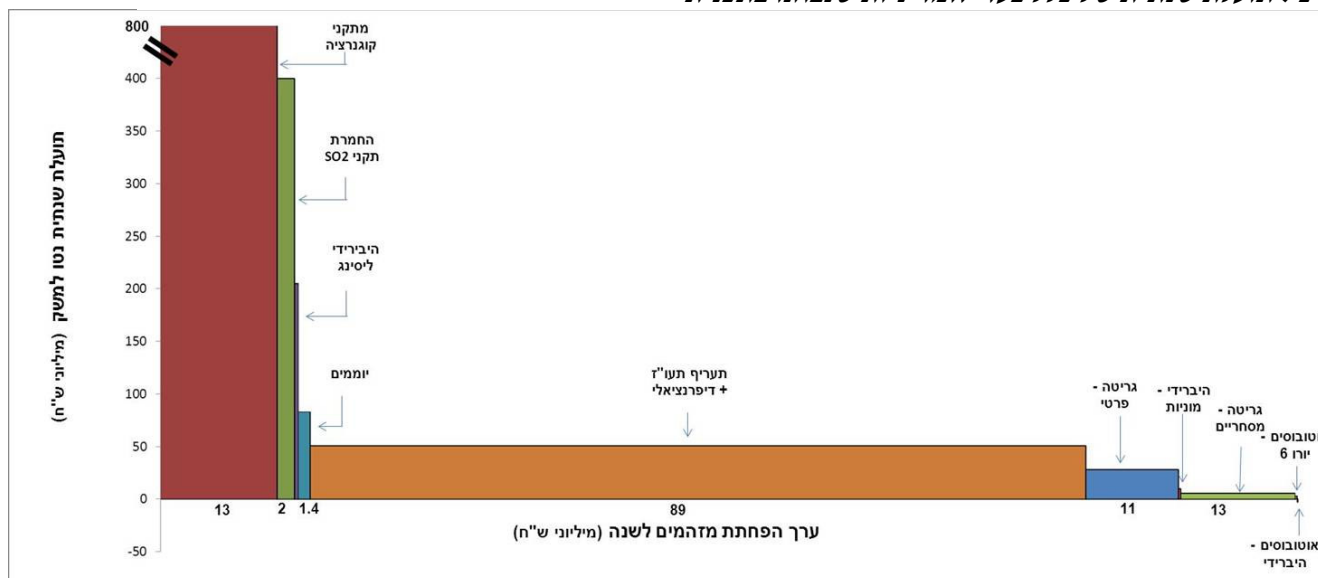
שכיחות	ישימות	תועלת שנתית נטו (מלש"ח)	צעד מדיניות	סקטור
בינונית	גבוהה	51	החלת תעריף תעו"ז למשקי בית	סקטור ייצור האנרגיה
	בינונית	37	החלת תעריף דיפרנציאלי לצרכן, בהתחשב בעלויות חיצוניות של זיהום אוויר	
	גבוהה	-	הפנמת עלויות חיצוניות של זיהום אוויר בשיקולי העמסת יחידות הייצור של מנהל המערכת	
גבוהה	גבוהה	799	קידום הקמת מתקני קוגנרציה ותשתית חלוקת הגז	
נמוכה	בינונית	לא בוצע ניתוח כלכלי	קידום התקנת תשתית מערכת חכמה (smart grid)	
גבוהה	גבוהה	לא בוצע ניתוח כלכלי	העמקת הטיפול במפעלים אשר מהווים גורם זיהום משמעותי	תעשייה
	בינונית	100	איסור שימוש במזוט לדודים בעלי הספק תרמי של עד MW 1	
	בינונית	400	קביעת תקן לפליטת SO ₂ לדודים בהספק תרמי MW 1-50	
נמוכה	בינונית	לא בוצע ניתוח כלכלי	עידוד ותמיכה בהתקנת מיזוג אוויר סולארי בתעשייה, במסחר ובמבנים ציבוריים	
	גבוהה	לא בוצע ניתוח כלכלי	הפנמת שיקולים סביבתיים בתכנית משרד התמ"ת להקמת מפעלים בפריפריה	
גבוהה	גבוהה	לא בוצע ניתוח כלכלי	קביעת מס דיפרנציאלי על סוגי מזוט שונים באופן שישקף את ההשפעות הסביבתיות הנגרמות כתוצאה משימוש בדלק זה	
		לא בוצע ניתוח כלכלי	גיבוש תכנית פעולה להפחתת פליטות חלקיקים ממחצבות	
		לא בוצע ניתוח כלכלי	טיפול ממוקד בהפחתת פליטות NMVOC ממוקדי תעשייה	
גבוהה	גבוהה	28	הרחבת תכנית לעידוד גריטת כלי-רכב פרטיים ישנים	תחבורה
גבוהה	גבוהה	6	החלת תכנית לגריטת כלי-רכב מסחריים ישנים במשקל עד 3.5 טון המונעים בדיזל	
גבוהה	בינונית	3 - (-3)	חיוב ותקצוב רכישת אוטובוסים עירוניים מופחתי זיהום לתחבורה ציבורית	
גבוהה	בינונית		ביצוע פרויקט חלוף להנעה של שלושה אוטובוסי תחבורה ציבורית בגז טבעי דחוס	
גבוהה	גבוהה	10	הכרה בפחת מואץ למוניות מופחתות זיהום	
גבוהה	בינונית	205**	קביעת תכנית לצמצום הנסועה ברכבי ליסינג ולעידוד השימוש ברכבי ליסינג מופחתי זיהום	
גבוהה	בינונית	83	החלת תכנית מענקים למעסיקים להפחתת זיהום אוויר מנסועת יוממים	
בינונית	בינונית	לא בוצע ניתוח כלכלי	קביעת שיטת תגמול חלופית ושוות ערך להטבת אחזקת רכב לעובדים הזכאים לכך מהמעסיק ללא הוכחת בעלות	
גבוהה	גבוהה	לא בוצע ניתוח כלכלי	קביעת תעריפים למתן עדיפות לכלי רכב בעלי מספר נוסעים גבוה ולתחבורה ציבורית בכבישי אגרה	
גבוהה	גבוהה	לא בוצע ניתוח כלכלי	הכנת תכנית ייעודית לטיפול בפליטות NMVOC בקרב משקי הבית	משקי בית

בגרף המובא להלן (איור 1) מוצגות תוצאות הניתוח הכלכלי להחלת האמצעים השונים במשק הישראלי, עבור אותם האמצעים אשר להם בוצע ניתוח כמותי ע"פ נתונים קיימים. כל עמודה מייצגת צעד מדיניות פרטני כאשר ציר ה- Y מייצג את התועלת המשקית השנתית במיליון ₪ הנובעת מהצעד הנבחן וציר ה- X מייצג את התועלת

תקציר מנהלים

הכספית השנתית המושגת כתוצאה מהפחתת העלויות החיצוניות של המזהמים הרלוונטיים המטופלים במסגרת התכנית. על מנת לסכום את היקף התועלת מהפחתת הפליטות של המזהמים השונים נעשתה המרה של היקף הפליטה לערכים כספיים.

איור 1 : תועלת שנתית של כלל צעדי המדיניות שנבחנו בתכנית



מהגרף המוצג לעיל עולות המסקנות הבאות :

- רובם המכריע של הצעדים הנבחנים הינם בעלי עלות נטו שלילית למשק, כלומר החלתם הינה כדאית ברמה המשקית.
- צעדי המדיניות המשמעותיים ביותר הינם :
 - ✓ החלת תעריף תע"ז בקרב סקטור משקי הבית.
 - ✓ הפעלת תעריף דיפרנציאלי המגלם את העלויות החיצוניות בתהליך ייצור החשמל.
 - ✓ הרחבת התוכנית לגריטת כלי רכב פרטיים.
 - ✓ הפעלת תוכנית לגריטת רכבים מסחריים המונעים בדיול.
 - ✓ עידוד הקמת מתקני קוגנרציה המחליפים שריפת דלק מסוג מזוט בגז.
 - ✓ עדכון תקן פליטה לדוודים בעלי הספק תרמי של MW 1-50.
 - ✓ תכניות תמיכה למעסיקים להפחתת הנסועה של עובדיהם

טבלה 4 להלן מציגה את שיעורי ההפחתה במונחי פליטה (ק"ג/שעה) של המזהמים השונים, בעקבות החלת אמצעי המדיניות להפחתת פליטות שנבחנו בתכנית. הטבלה מוצגת ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל" עבור כל אחת משנות היעד של התוכנית, השנים 2015 ו-2020. השינוי בפליטות בשנות היעד, בתרחיש "עסקים כרגיל" ולאחר יישום אמצעי המדיניות, מחושב ביחס לפליטות בשנת 2010.

טבלה 4 : הפחתת פליטות בעקבות החלת אמצעי המדיניות

מזהם	שיעורי הפחתה לשנת 2015 ביחס לשנת 2010		שיעורי הפחתה בשנת 2020 ביחס לשנת 2010	
	בתרחיש "עסקים כרגיל"	הפעלת אמצעים נוספים	בתרחיש "עסקים כרגיל"	הפעלת אמצעים נוספים
SO ₂	47%	86%	64%	85%
NOx	33%	62%	60%	68%
PM ₁₀	2%	17%	-3%	17%
NM VOC	32%	34%	30%	35%
PM _{2.5}	10%	22%	7%	21%
בנזן	76%	77%	85%	85%
3.1.בוטאדיאן	75%	76%	86%	86%

מטבלה 4 המוצגת לעיל ניתן להסיק את הממצאים הבאים :

1. צפויה הפחתה בפליטת המזהם PM₁₀ בשיעור של 2% בשנת 2015 ועליה בפליטות ב-3% בשנת 2020, ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל" בשנים אלו. יישום האמצעים המוצעים בתכנית יביא להפחתה בשיעור של 17% בפליטות בכל אחת מהשנים 2015 ו-2020, ביחס לשנת 2010. הפחתה זו מקורה בעיקר בצעדי מדיניות לטיפול פרטני במקורות פליטה משמעותיים וכן נקיטת צעדים להפחתת פליטות בתעשייה ומחצבות.
2. צפויה הפחתה בפליטת המזהם PM_{2.5} בשיעור של 10% בשנת 2015 ו-7% שנת 2020, ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל" בשנים אלו. יישום האמצעים המוצעים בתכנית יביא להפחתה בשיעור של 22% בפליטות בשנת 2015 ו-21% בשנת 2020, ביחס לשנת 2010. הפחתה זו מקורה בעיקר בצעדי מדיניות לטיפול פרטני במקורות פליטה משמעותיים וכן נקיטת צעדים להפחתת פליטות בתעשייה, מחצבות והפעלת התוכנית לגריטת כלי רכב מסחריים.
3. צפויה הפחתה משמעותית בפליטת המזהם SO₂ בשיעור של 47% בשנת 2015 ו-64% בשנת 2020, ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל" בשנים אלו. יישום האמצעים המוצעים בתכנית יביא להפחתה בשיעור של 86% בפליטות בשנת 2015 ו-85% בשנת 2020, ביחס לפליטות בשנת 2010. הפחתה זו מקורה בעיקר בצעדי מדיניות לטיפול פרטני במקורות פליטה משמעותיים (החלת תקני BAT בתחנות פחמיות לייצור חשמל) וכן החלת תקני פליטה מחמירים לדודי קיטור בתעשייה.
4. צפויה הפחתה משמעותית בפליטת המזהם NOx בשיעור של 33% בשנת 2015 ו-60% שנת 2020, ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל" בשנים אלו. יישום האמצעים המוצעים בתכנית יביא להפחתה בשיעור של 62% בפליטות בשנת 2015 ו-68% בשנת 2020, ביחס לפליטות בשנת 2010. הפחתה זו מקורה בעיקר בצעדי מדיניות

לטיפול פרטני במקורות פליטה משמעותיים (החלת תקני BAT בתחנות פחמיות לייצור חשמל) וכן נקיטת צעדים בסקטור התעשייה והתחבורה.

5. כמו כן צפויה הפחתה בנוכחות המזהם NMVOC עקב נקיטת פעולות בסקטור משקי הבית וכן צפויה ירידה בנוכחות המזהמים בנזן ו-1,3-בוטאדיאן שמקורה בצעדי מדיניות בסקטור התחבורה.

1.6 המלצות להמשך

- לטובת מימוש פוטנציאל ההפחתה ושיפור איכות האוויר בישראל יש לפעול להעמקת הטיפול בזיהום האוויר בסקטורי הפליטה המשמעותיים כפי שמופו במסגרת התוכנית, באמצעות יישום של צעדי המדיניות שפורטו לעיל.
- במיוחד יש לפעול פליטות של המזהמים הבאים:
 - **חלקיקים** – חלקיקים מהווים יעד מרכזי לטיפול בשל הנזק הבריאותי שנגרם כתוצאה מחשיפה ארוכה וקצרת זמן. יש להציב את הטיפול בחלקיקים בראש סדר העדיפויות של המשרד וליישם את צעדי המדיניות המוצעים לממשלה כמו גם לפעול למען נקיטת צעדים נוספים להפחתת פליטה של חלקיקים מסקטורי החצבות, ייצור החשמל, התחבורה והתעשייה.
 - **אוזון** – ריכוזי האוזון הגבוהים כיום ובשנות היעד של התכנית מחייבים את העמקת הטיפול במזהם זה. על פי תוצאות המודל ריכוזים גבוהים של אוזון מתקבלים למרות הפחתה בפליטות מבשרי האוזון, NO_x ו- NMVOC . על כן יש להמשיך ביישום צעדי ההפחתה נוספת משמעותית של מזהמים אלו בכל הסקטורים. לצורך כך יש לפעול להרחבת בסיס הידע בנוגע לתת-קבוצות החומרים הנחשבים כ- NMVOC בהתאם לרמת הריאקטיביות שלהם ולפוטנציאל ליצירת אוזון. זאת לשם מיקוד הפחתת פליטות NMVOC באופן שיצמצם יצירה של מזהם האוויר אוזון
 - **SO_2** – ישנם אזורים שנבחנו בתכנית (חיפה, חדרה, אשדוד ואשקלון) שבהם צפויים ריכוזים גבוהים מערכי היעד בשנות היעד של התכנית בתרחיש "עסקים כרגיל". על כן יש לפעול להחמרת התקנים לפליטת גופרית דו-חמצנית בתעשייה ולקידום המעבר לגז טבעי בתעשייה על מנת להוריד את הריכוזים באזורים אלו אל מתחת לערכי היעד.
 - **NO_2** – יש להמשיך ולקדם הטמעה של אמצעי תחבורה "ידידותיים" יותר לסביבה על מנת להוריד את ריכוז החנקן הדו-חמצני, במיוחד בערים הגדולות שבהן צפויים ריכוזים גבוהים כתוצאה מנפח תחבורתי משמעותי.
 - בהמשך להמלצותיה של וועדת המומחים מוצע לפעול להרחבת בסיס הידע אודות נוכחות המזהמים באוויר זאת באמצעות עיבוי מערך הניטור המופעל על ידי המשרד להגנת הסביבה, בדגש על מזהמים עבורם נדרש עדכון התחנות ועל מזהמים להם ישנו מחסור בנתוני ניטור רציף של אוזון באזור ההר וכן של בנזן ו-1,3-בוטאדיאן.
 - המשך ביצוע סקרים ייעודיים למיפוי פליטות המזהמים בסקטורים השונים וכן פיתוח מקדמי פליטה ייעודיים המותאמים למשק הישראלי על שימושי השונים.

- יש לפעול בשיתוף עם משרד הבריאות להעמקת הידע אודות הקשר בין נוכחות המזהמים באוויר לבין השפעות הבריאותיות השונות תוך שימוש במחקרים מקומיים ו/או התאמת מחקרים בינלאומיים למאפיינים הייחודיים לישראל.
- בקרה ומעקב אחר יישום צעדי המדיניות המהווים את הנחות BAU – מניתוח תמונת מצב איכות האוויר צפוי שיפור בריכוזם של מספר מזהמים, בעקבות יישום צעדי מדיניות שונים שהונחו בתרחיש "עסקים כרגיל" בשנות היעד. התוכנית הלאומית מבוססת על ההנחה כי תרחיש "עסקים כרגיל" יתקיים במלואו וכי המדיניות הקיימת תיושם. במידה ואמצעי מדיניות קיימים ייושמו באופן חלקי או באיחור, אזי צפויה החמרה של איכות האוויר החזויה ביחס לממצאי התוכנית. לפיכך, כחלק מיישום התוכנית הלאומית, חיוני לבצע מעקב ובקרה אחר מימוש האמצעים המהווים את הנחות תרחיש BAU.

2 מבוא

2.1 כללי

מזה מספר עשורים ניצב אתגר שיפור איכות האוויר בפני מעצבי המדיניות הסביבתית בארץ ובעולם. חשיבותו של נושא זה גוברת ככל שמתרבות העדויות המדעיות הקושרות בין זיהום אוויר לבין שלל השפעותיו השליליות על בריאות האדם, המערכת האקולוגית ורכוש כאשר מניעה וצמצום של ההשפעות הבריאותיות נמצאים במרכז המאמץ העולמי בתחום.

השפעותיו הבריאותיות של זיהום אוויר כוללות תחלואה מסוגים שונים כגון: התקפי לב, שבץ, אסטמה, סרטן הריאות, לויקמיה ועוד ותמותה מוקדמת. השפעות אלו מופיעות באופן מוגבר בקרב אוכלוסיות רגישות כגון חולים, קשישים וילדים. חשיפה ממושכת לרמות גבוהות של זיהום אוויר פוגעת בכלל האוכלוסייה ויש בה כדי להביא לירידה בתוחלת החיים הכללית

שיפור איכות האוויר נעשה באמצעות רגולציה ייעודית שמסדירה את הטיפול בגורמי הזיהום השונים, ועל ידי הטמעת שיקולים סביבתיים במערך קבלת ההחלטות במשק בכללותו.

הניסיון הרב שקיים בעולם בהתמודדות עם נושא זה מעיד כי שיפור איכות האוויר באמצעות יישום צעדי מדיניות שונים צפוי להביא תועלת בריאותית רבה לאזרחי המדינה ותועלת כלכלית למשק כולו.

2.2 רקע לחוק אוויר נקי התשס"ח-2008

חוק אוויר נקי, התשס"ח-2008 (להלן- "חוק אוויר נקי" או "החוק") החל דרכו בהצעת חוק פרטית, שגובשה על ידי עמותת "אדם טבע ודין" וקבוצה של חברי כנסת והוגש לכנסת בדצמבר 2005. המשרד להגנת הסביבה היה שותף להכנתה של הצעת החוק בוועדת הפנים והגנת הסביבה של הכנסת לפני הגשתה לקריאה שנייה ושלישית בכנסת. החוק אושר על ידי הכנסת בסוף יולי 2008 ונכנס לתוקף בינואר 2011.

מטרת החוק כפי שנקבעה בסעיף 1: "חוק זה מטרתו להביא לשיפור של איכות האוויר וכן למנוע ולצמצם את זיהום האוויר, בין השאר על ידי קביעת איסורים וחובות בהתאם לעיקרון הזהירות המונעת, והכל לשם הגנה על חיי אדם, בריאותם ואיכות חייהם של בני אדם ולשם הגנה על הסביבה, לרבות משאבי הטבע, המערכות האקולוגיות והמגוון הביולוגי, למען הציבור ולמען הדורות הבאים ובהתחשב בצורכיהם".

בחוק אוויר נקי שאף המחוקק להסדיר את הטיפול והניהול של משאב איכות האוויר במסגרת חוקית אחת ובאחריות המשרד להגנת הסביבה. בחוק נעשה ניסיון לקבוע באופן מפורט את החובות והסמכויות של הגורמים השונים לטיפול ומניעה של זיהום אוויר, הוטל על המשרד להגנת הסביבה לבצע פעולות לצורך ניהול משאב איכות האוויר, כגון הכנת התכנית הלאומית והקמת מערך ארצי לניטור אוויר, והוקנו לו סמכויות לטיפול בגורמי זיהום אוויר שונים כגון מקורות פליטה ניחים שונים ומקורות פליטה ניידים.

החוק נכתב בהתבסס על ניסיון וידע בין-לאומי בניהול משאב איכות האוויר, כאשר נושאים מסוימים נקבעו בהישען על עקרונות העומדים בבסיס החקיקה האירופאית בתחום איכות האוויר.

דבר החקיקה המרכזי ששימש לטיפול ומניעה של זיהום אוויר בטרם חקיקתו של חוק אוויר נקי היה החוק למניעת מפגעים, התשכ"א-1961. חוק זה קבע איסור על גרימת זיהום אוויר והקנה סמכויות כלליות לשר להגנת הסביבה לפעול למניעתו. חוק אוויר נקי, בעת כניסתו לתוקף, ביטל את החוק למניעת מפגעים, התשכ"א-1961, בכל הנוגע לנושא של איכות אוויר.

2.3 יעדי התכנית הלאומית והיקפה

סעיף 5 לחוק (פרק ג', סימן א': תכנית לאומית) מטיל על המשרד להגנת הסביבה להציע בפני הממשלה תכנית לאומית למניעה ולצמצום זיהום האוויר (להלן – "תכנית לאומית"), שתאושר הממשלה תוך שנה מכניסת החוק לתוקף. התכנית הלאומית למניעה וצמצום זיהום אוויר בישראל המוצגת במסמך זה, כוללת, כנדרש בחוק, את הנושאים הבאים:

- (1) יעדים ארציים ואזוריים לצמצום זיהום אוויר;
 - (2) אמצעים ודרכים לעמידה ביעדים אלו;
 - (3) הוראות לפעילות שרי ממשלה ומשרדים לעניין ביצוע התכנית.
- יצוין כי על פי חוק על הממשלה, לפי הצעת השר או שרים אחרים, לעדכן את התכנית מעת לעת ולפחות אחת לחמש שנים.
- התכנית הלאומית למניעה וצמצום זיהום אוויר בישראל המוצגת במסמך זה מהווה את אחד הנדבכים המרכזיים במדיניות המשרד להגנת הסביבה וממשלת ישראל לצמצום זיהום האוויר בישראל והשפעותיו השליליות.

התכנית הינה רב שנתית לשנים 2011-2020 ונבחנת בשתי שנות יעד עתידיות: שנת 2015 ושנת 2020 (להלן: שנות היעד). העמידה ביעדי התכנית בתרחישים השונים, תיבחן אל מול נקודות זמן אלו.

התכנית הלאומית כוללת את המדיניות הנוכחית המונהגת על ידי משרדי הממשלה השונים אשר מהווה תרחיש "עסקים כרגיל" עבור מדינת ישראל. לעניין זה תרחיש "עסקים כרגיל" הוא תרחיש המשקף את היקף פליטת המזהמים בישראל הצפויה בשנות היעד על פי המגמות הנוכחיות, מדיניות ממשלתית קיימת והרגולציה המיושמת נכון לשנת 2009. כל זאת תוך בחינת ההשלכות הכלכליות של אמצעי המדיניות האפשריים על המשק הישראלי.

מסמך זה מציג תחילה את המדיניות הנוכחית המונהגת על ידי משרדי הממשלה השונים והשלכותיה על איכות האוויר בשנות יעד שהוגדרו (תרחיש BAU – Business As Usual), באמצעות ניתוח וחיזוי איכות האוויר בשנים 2010, 2015 ו-2020; לאחר מכן יוצגו אמצעי מדיניות פוטנציאליים נוספים לצמצום פליטות בסקטורים השונים, ואלה ינותחו וידורגו על פי אמות מידה שונות. על סמך בחינה זו תוגש לממשלה המלצה מסכמת לאמצעי מדיניות אותם מוצע לאמץ במסגרת התכנית. אמצעי המדיניות המוצעים עשויים להביא ביישומם לעמידה בערכי היעד שאליהם יש לשאוף לטווח ארוך. כמו כן, כפועל יוצא מאישור התכנית, ייקבעו/יעודכנו תקני סביבה למספר מזהמים בהם הדבר נדרש.

2.4 דו"ח ועדת מומחים ציבורית²

באוגוסט 2010 מינה השר להגנת הסביבה את "ועדת המומחים הציבורית בנושא מצב איכות האוויר במדינת ישראל (תכנית לאומית חוק אוויר נקי)". הוועדה כללה אנשי מקצוע ואקדמיה בתחום, במטרה למפות את מצב איכות האוויר העכשווי בישראל וליצור בסיס מדעי עדכני להכנת תכנית לאומית לצמצום זיהום אוויר. הוועדה התכנסה לראשונה ב-7.9.2010 והגישה את המלצותיה בינואר 2011. לעבודתה של הוועדה ולהמלצותיה היה חלק חשוב בגיבוש התכנית הלאומית. הוועדה זיהתה בשיבותיה את מזהמי האוויר אשר להם מיוחסות ההשפעות הבריאותיות והסביבתיות החמורות ביותר בישראל: החלקיקים הנשימים העדינים (PM_{2.5}), האוזון

²"ועדת מומחים ציבורית בנושא מצב איכות האוויר בישראל" (תכנית לאומית – חוק אוויר נקי), ירושלים כ"ה אדר א' התשע"א, 1 במרץ 2003

(O_3) והחנקן הדו-חמצני (NO_2). מזהמים אלו המכונים "מזהמים קריטריונים" מרכזים את עיקר המאמץ בעולם לצמצום ריכוזם באוויר. הוועדה הצביעה על קבוצת התרכובות האורגניות הנדיפות (NMVOC's), כקבוצת מזהמי אוויר אשר השפעתם משמעותית בעיקר בשל תפקידם בתהליך יצירת האוזון בשכבת הטרופוספירה והשפעתם על הבריאות. בנוסף דנה הוועדה במזהמי אוויר נוספים כגון גפרית דו-חמצנית (SO_2), עופרת (Pb), בנזן (Benzene), והמלצותיה בעניין היו בעלות השפעה על קביעת יעדי התכנית המפרטים להלן בהמשך המסמך.

לצד המלצותיה על צעדי מדיניות להפחתת פליטות המליצה הוועדה גם על פעולות כלליות לצורך שיפור הבסיס המדעי מקצועי המשמש לניהול משאב האוויר בישראל וקבלת החלטות בתחום, לרבות הכנת תכנית לאומית, קביעת ערכי איכות אוויר למזהמים בסביבה, אסדרה וטיפול במקורות פליטה וכו'. להלן עיקרי המלצות הוועדה:

1. שיפור מצאי הפליטות הלאומי
2. שיפור עבודת המודלים לחיזוי של מזהמי אוויר
3. שיפור וביסוס מערך הניטור של השפעות בריאותיות הנוגעות לזיהום אוויר בדומה לאופן בו פועל מערך הרישום הלאומי של סרטן
4. העמקת בקרה ואכיפה של חוקים ותקנות בתחום זיהום אוויר

2.5 המזהמים הכלולים בתכנית

קביעת המזהמים ויעדי ההפחתה בתכנית הלאומית נעשתה על פי מדיניות המשרד להגני"ס והמלצות וועדת המומחים הציבורית שקמה לעניין התכנית הלאומית. המלצות אלו מביאות לידי ביטוי את המזהמים העיקריים אשר תורמים באופן מוכח לנזקים בריאותיים ועל כן מהווים יעד מרכזי לטיפול ולצמצום ריכוזיהם באוויר. המזהמים הכלולים בתכנית וערכי היעד שנקבעו עבורם בתקנות (תקנות אוויר נקי (ערכי איכות אוויר) (הוראת שעה), (התשע"א – 2011)) מפורטים בטבלה 5 ישנם מזהמים עבורם נקבעו גם ערכי סביבה. המזהמים וערכי הסביבה שנקבעו עבורם מפורטים בטבלה 6. לאחר הטבלה מצורף תיאור קצר אודות כל מזהם.

ערך יעד הינו ערך ש"חריגה ממנו מהווה חשש לסיכון או לפגיעה בחיי אדם בבריאותם או באיכות חייהם של בני אדם, בנכסים או בסביבה, לרבות בקרקע, במים, בחי ובצומח³. ערך זה נקבע משיקולים בריאותיים בלבד, לרוב בהתאם להמלצות ארגון הבריאות העולמי (WHO) ו/או ה-EPA. בבחינת עמידה בערכי היעד בסביבה החוק מציין ש"יש לשאוף להשיגם כיעד".

ערך סביבה הינו ערך ש"חריגה ממנו מהווה זיהום אוויר חזק או בלתי סביר⁴ ערכים אלה נקבעים "על בסיס ערכי היעד והידע המדעי והטכנולוגי העדכני, ובהתחשב באפשרות המעשית למניעת חריגה מערכי היעד (בחוק זה ערכי סביבה)".

³ מתוך חוק אוויר נקי, התשס"ח-2008 סעיף 6 (א)

⁴ מתוך חוק אוויר נקי, התשס"ח-2008 סעיף 6 (ב)

טבלה 5: רשימת המזהמים הכלולים בתכנית וערכי היעד שנקבעו להם בתקנות אוויר נקי

מס"ד	המזהם	נוסחה כימית	ריכוז מירבי במק"ג/מ"ק	זמן מיצוע
1	חלקיקים נשימים	PM ₁₀	50	יממה
			20	שנה
2	חלקיקים נשימים עדינים	PM _{2.5}	25	יממה
			10	שנה
3	אוזון	O ₃	100	שמונה שעות
4	גפרית דו-חמצנית	SO ₂	500	10 דקות
			20	יממה
5	חנקן דו-חמצני	NO ₂	200	שעה
			40	שנה
6	עופרת	Pb	2	יממה
			0.09	שנה
7	כספית	Hg	1.8	שעה
			0.3	שנה
8	בנזן	C ₆ H ₆	3.9	יממה
			1.3	שנה
9	1,3-בוטאדיאן	C ₄ H ₆	0.11	יממה
			0.036	שנה

טבלה 6: ערכי סביבה למזהמים כפי שנקבעו בתקנות אוויר נקי

מס"ד	מזהם	נוסחה כימית	ריכוז מרבי במק"ג/מ"ק	זמן מיצוע
1	חלקיקים נשימים	PM ₁₀	150	יממה
			60	שנה
2	אוזון	O ₃	230	חצי שעה
			160	שמונה שעות
3	גפרית דו-חמצנית	SO ₂	350	שעה
			125	יממה
4	חנקן דו-חמצני	NO ₂	200 מותרות שמונה חריגות שעתיים בשנה	שעה
5	עופרת	Pb	2	יממה
			0.09	שנה
6	בנזן	C ₆ H ₆	5	שנה

2.5.1 חלקיקים נשימים, PM

חומר חלקיקי הינם חלקיקים במצב מוצק או כחלקיקים מרחפים או נוזליים. חלקיקים נשימים גודלם קטן מ-10 מיקרון (PM₁₀) או חלקיקים נשימים עדינים שגודלם קטן מ-2.5 מיקרון (PM_{2.5}). המקורות של החלקיקים הנשימים הינם מקורות אנטרופוגניים (מעשה ידי אדם) ומקורות טבעיים.

החלקיקים הנשימים נפלטים בתהליכי שריפת דלקים בתחנות הכוח, תעשייה, תחבורה וחימום ביתי. מקור חשוב של החלקיקים הנשימים העדינים באזורנו הוא סופות האבק שמגיעות לאזור עם הזרימה בקנה המידה הסינופטי ומוצאן במדבריות צפון-אפריקה וערב הסעודית. מאחר ולחלקיקים הקטנים זמן שהות ארוך באטמוספירה, חלקיקים אלו עלולים להגיע למקומות מרוחקים מאזורי הפליטה. מבחינה בריאותית, אין סף בטוח בחשיפה נשימתית לחומר חלקיקי באוויר. סקרים אפידמיולוגיים רבים, מראים כי חשיפה נשימתית קצרת מועד ל- $PM_{2.5}$ עלולה לגרום, בתוך מספר שעות עד ימים אחדים, לעלייה בתמותה על רקע קרדיו-וסקולרי ורקע נשימתי. חשיפה נשימתית ארוכת טווח ל- $PM_{2.5}$ מעלה את הסיכון לתמותה ולתחלואה לרמה גבוהה יותר מזו של חשיפה קצרת טווח. חשיפה זו מתבטאת מעבר להשפעה הישירה על מערכות לב וריאות גם בפגיעה מערכתית, של מנגנוני התאים השונים של הגוף עם השפעה על מערכת החיסון, ובהאצה של התפתחותם של תופעות בריאות נוספות (סרטן הריאות ועוד). חלקיקי PM_{10} חודרים למערכת הנשימה אולם נעצרים בחלקיה העליונים ועלולים לגרום באזורים אלו השפעות בריאותיות שליליות בעוד שחלקיקי $PM_{2.5}$ חודרים לעומק הריאות.

2.5.2 אוזון, O_3

אוזון הוא מזהם שניוני, הנוצר כתוצאה מתגובה פוטוכימית בין מזהמים ראשוניים כדוגמת תחמוצות חנקן ופחמימנים NMVOC ("מבשרי האוזון") בנוכחות קרינת שמש. אוזון נוצר במורד הרוח, הרחק ממקורות הפליטה של המזהמים הראשוניים. המקורות העיקריים לפליטה של "מבשרי" האוזון הם כלי-רכב, שינוע דלק, תחנות הכוח, תעשיית זיקוק הנפט, ממיסים בתעשייה וכו'. בשנים האחרונות נמצא שהאוזון מהווה מזהם סביבתי בעל עוצמה רבה מאוד, הפוגע במערכות שונות של הגוף, לעתים בצורה חמורה במיוחד. נמצא גם שלעיתים תכופות, אוזון וחלקיקים עדינים פועלים בצורה משולבת. אוזון נחשב היום כגורם משמעותי למחלות קרדיו-וסקולאריות (בעיקר שבץ מוחי ויתר לחץ דם). חשיפה לאוזון קשורה לעלייה בתמותה בקרב קשישים, כתוצאה ממגוון פגיעות בלב וכלי דם. כמו כן קיימות היום עדויות רבות הגורמות לחשוד באוזון כגורם העלול להאיץ התפתחותם של גידולים סרטניים שונים. החשיפה לאוזון מחמירה את מצבם של חולי אסתמה, בעיקר אלה הזקוקים לנטילת תרופות באופן קבוע.

2.5.3 גפרית דו-חמצנית, SO_2

גפרית דו-חמצנית, נפלטת לאוויר כתוצאה משריפת דלקים המכילים גפרית. מקורות הפליטה העיקריים לפליטת גפרית דו-חמצנית בישראל הם ייצור חשמל ושריפת דלקים בתעשייה. באוויר החופשי SO_2 עובר מספר תהליכים כימיים הגורמים ליצירת חומצה גפריתית וחלקיקי סולפט גפרית. גפרית דו-חמצנית גורמת לגירויים בעיניים ובדרכי הנשימה העליונות ולשיעול, ויוצרת תגובות דלקתיות מקומיות העלולות להחמיר את מצבם של חולים הסובלים ממצב דלקתי של הסמפונות (חולי אסתמה וחולים במחלות ריאתיות כרוניות). בימים עם רמות גבוהות של גפרית דו-חמצנית נרשמו במחקרים שונים בעולם פניות מרובות יותר מהרגיל לחדרי מיון ולאשפוז בבתי-חולים, וכן נרשמה תמותה גבוהה יותר בשל מחלות לב. קיים קושי מתודולוגי להעריך את טיב ההשפעות הבריאותיות של החשיפה ארוכת טווח ל- SO_2 , היות וחשיפה זאת משולבת לרוב עם חשיפה למזהמים נוספים ובראשם החלקיקים העדינים.

2.5.4 חנקן דו-חמצני NO_2 (כחלק מתחמוצות חנקן)

תחמוצות החנקן הוא שם כולל לתרכובות הבאות: חנקן חד-חמצני (מזהם ראשוני הנפלט בעת תהליכי שריפה בטמפרטורות גבוהות), חנקן דו-חמצני (גז שניוני) ותחמוצות חנקן נוספות כ- NO_3 , HNO_3 - תחמוצות לא אקטיביות ועוד.

המקורות האנתרופוגניים העיקריים לפליטת תחמוצות חנקן הם תהליכי שריפה בטמפרטורות גבוהות, כגון אלה המתרחשים במנועי כלי-רכב, בדודי תחנות כוח ובכבשנים תעשייתיים. תחמוצות חנקן מקורן לרוב אינו רק בדלק הנשרף, אלא בעיקר כתוצאה מריאקציה בין החנקן והחמצן האטמוספירי בטמפרטורת השריפה הגבוהה. חלקה של התחבורה בגרימת זיהום אוויר במרכזי הערים, ובמיוחד של כלי-רכב מונעי דיוזל, הוא מהגדולים והבעייתיים ביותר, הן בשל הרכב המזהמים והן בשל סמיכות מקור הפליטה לאוכלוסייה. אין היום עדויות חד-משמעיות לגבי הופעתן של השפעות בריאותיות במקרה של חשיפה לחנקן דו-חמצני בלבד, אך ההשפעות הבריאותיות הרבות שתוארו בעבר הלא רחוק בספרות המדעית נקשרות היום למזהמים הנפלטים ביחד עם תחמוצות החנקן, בעיקר בפליטות מתחבורה. לכן, החנקן הדו-חמצני ממלא היום תפקיד של סמן למזהמי אוויר הנפלטים מתחבורה ואינם נמדדים ישירות בתחנות הניטור (חומרים אורגניים נדיפים וכד').

2.5.5 תרכובות אורגניות נדיפות, NMVOC

תרכובות אורגניות נדיפות NMVOC הנו קיצור ל- Non Methane Volatile Organic Compounds ומתייחס לקבוצת אם הפחמימנים. קבוצת מהמים זו מהווה חלק מ"מבשרי" האוזון הטרופוספרי. המקור העיקרי לפליטת תרכובות אורגניות נדיפות הינם: שימוש ביתי בחומרים כימיים (תרסיסים, חומרי ניקוי, צבע וכדומה) וכן שריפת בנזין בכלי-רכב, שינוע דלק, תחנות דלק, תחנות תדלוק, תעשייה פטרוגיימית, ממיסים בתעשייה, מטמנות ומט"שים.

מלבד הנזק הבריאותי כתוצאה מחשיפה לאוזון, חשיפה לחלק מהחומרים השייכים למזהמי ה NMVOC, שחלקם חשודים כמסרטנים או ידועים כמסרטנים יכולה לגרום להשפעות שליליות על הבריאות כתלות בסוג המזהם הספציפי.

2.5.6 עופרת, Pb

עופרת היא מתכת כבדה ורעילה.

עופרת נפלטת בעבר משריפת בנזין בכלי-רכב, בשל תכולת עופרת בבנזין. בשנים האחרונות חל איסור על הוספת עופרת לדלק. כיום מקורות הפליטה העיקריים של עופרת הם תהליכי ייצור בתעשיית המתכות ושריפת פחם לייצור חשמל. לעופרת, יש השפעה שלילית בעיקר על מערכת העצבים. בחשיפה סביבתית בריכוזים נמוכים ההשפעה הבריאותית הקריטית של העופרת היא פגיעה נירו-קוגניטיבית בקרב ילדים קטנים.

2.5.7 כספית, Hg

הכספית היא מתכת רעילה ומסוכנת.

מקורות הפליטה העיקריים של כספית כוללים תהליכי ייצור בתעשיית המתכות ושריפת פחם לייצור חשמל. חשיפה אקוטית (קצרת טווח) נשימתית לאדי כספית יכולה לגרום להשפעות שליליות על מערכת העצבים, מערכת העיכול והנשימה וכן על הכליות. חשיפה מתמשכת לאדי כספית יכולה לגרום לתופעה המוכרת כ "metal fume".

"fever" הכוללת עייפות, חום וצמרמורות. ההשפעות על מערכת הנשימה כוללות שיעולים, קוצר נשימה כאבים והתכווצויות בחזה וכן דלקת ריאות.

2.5.8 בנזן, C_6H_6

בנזן (Benzene) הינה תרכובת ארומטית השייכת למשפחת התרכובות האורגניות הנדיפות. הבנזן הוכח כמסרטן ודאי לבני אדם.

מקור הפליטה העיקרי של בנזן הינו שריפת בנזין בכלי-רכב. בנוסף נפלט בנזן בזמן מילוי דלק ומכלים בתחנות תדלק ובתהליכי ייצור ואחסון בתעשייה.

חשיפה אקוטית לבנזן יכולה לגרום לגירויים של האף והגרונ וכן לקריסת מערכת העצבים המרכזית. בחשיפה קצרת טווח, בנזן יכול לגרום לדיכוי של מערכת העצבים המרכזית (סחרחורת, כאבי ראש, בחילה, ואף עד איבוד הכרה ומוות ברמות חשיפה גבוהות). בחשיפה ארוכת טווח עיקר השפעתו של בנזן הינה על מח העצם באופן שיכול להביא לדיכוי ייצור תאי דם ולאנמיה. חשיפה ארוכת טווח ברמות גבוהות יכולה לגרום ללוקמיה. לבנזן לא קיים "ערך בטוח" כריכוז נמוך באוויר אשר חשיפה אליו אינה צפויה לגרום להשפעות שליליות על הבריאות⁵.

2.5.9 1,3-בוטאדיאן, C_4H_6

1,3-בוטאדיאן הינה תרכובות אורגנית נדיפה בלתי רוויה.

מקור הפליטה של 1,3-בוטאדיאן הינו תהליכי שריפה בעיקר מסקטור התחבורה ומייצור חשמל. הבוטאדיאן מוגדר ע"י ה-EPA כמסרטן. מחקרים שבוצעו הראו קשר ישיר בין חשיפה נשימתית לבוטאדיאן לבין הופעת מחלת הלוקמיה. לבוטאדיאן השפעות בריאותיות נוספות הנובעות מחשיפה נשימתית אקוטית וכרונית. שאיפה של בוטאדיאן יכולה לגרום לגירוי בעיניים, במערות האף, בגרון ובריאות. חשיפה לריכוזים גבוהים יכולה לגרום גם להשפעות נוירולוגיות כגון ראייה מטושטשת, עייפות, כאבי ראש ותחושת ורטיגו. מחקרים אפידמיולוגיים הראו שחשיפה נשימתית כרונית יכולה לגרום לעלייה במחלות לב-ריאה, ולהשפעה שלילית על מערכת הדם.

2.6 הוועדה הבין-משרדית

הוועדה הבין-משרדית שהוקמה על ידי מנכ"לית המשרד להגנת הסביבה נועדה ללוות את תהליך גיבוש של התכנית הלאומית משלביה הראשוניים. מטרת הקמת הוועדה הייתה להעמיק את שיתוף הפעולה בין גופים שונים ממשלתיים ולא-ממשלתיים בתחום זיהום האוויר, לאפשר שילוב של נציגי הציבור במהלך בניית התכנית ועירוב מוקדם של משרדי ממשלה ורשויות ממשלתיות אשר צעדי המדיניות לצמצום זיהום אוויר המומלצים בתכנית נמצאים בתחומי אחריותם. הוועדה כללה נציגים משרדי הממשלה השונים (אוצר, בריאות, תחבורה, תשתיות לאומיות, תמ"ת), רשויות ציבוריות (רשות המיסים, רשות החשמל), מרכז השלטון המקומי, התאחדות התעשיינים, חברת חשמל ונציגי ציבור וארגוני סביבה (אדם טבע ודין, תחבורה היום ומחר והקואליציה לבריאות הציבור וחיים וסביבה – שיוצג באמצעות החברה להגנת הטבע והפורום הישראלי לאנרגיה). בתהליך העבודה לגיבוש התכנית התקיימו מפגשים עתיים עם חברי הצוות בפורום רחב ובפורומים מצומצמים על פי העניין.

⁵Air quality Strategy –UK 2007

עבודת הוועדה התמקדה בשני תחומים עיקריים: סיוע בגיבוש הנחות תרחישי BAU "עסקים כרגיל" בשנות היעד של התכנית ובחינת צעדי המדיניות להפחתת זיהום אוויר.

2.7 מבנה המסמך

המסמך בנוי משבעה חלקים הכוללים תיאור תמונת מצב של זיהום האוויר בישראל בשנת הבסיס 2010 ובשנות היעד של התכנית: 2015 ו-2020, תחזית אודות ההשפעות הבריאותיות כתוצאה מאי עמידה בערכי היעד של זיהום האוויר הקבועים בתקנות אוויר נקי, ופירוט של צעדי מדיניות מומלצים להפחתת זיהום אוויר.

פרק 1 תקציר מנהלים

פרק 2 מבוא

פרק 3 מציג ממצעים עיקריים מתוך סקירת ספרות בה נבחנו תכניות לאומיות שונות העוסקות בצמצום זיהום אוויר (הסקירה המלאה פורסמה בנפרד).

פרק 4 מציג את תמונת מצב זיהום האוויר בישראל בשנת 2010 ובשנות היעד של התכנית: 2015 ו-2020. לצורך תיאור תמונת המצב של איכות האוויר בשנת 2010, נעשה שימוש בנתוני איכות אוויר שמקורם בתחנות הניטור הפרוסות ברחבי הארץ. הפרק נפתח בהסבר על מערך תחנות הניטור שמפעיל "מערך לניטור אוויר" (מנ"א) של המשרד להגנ"ס ועל המזהמים שנכללים בניטור התחנות. תיאור תמונת המצב לשנות היעד התבצע בעזרת שלושה מרכיבים עיקריים: (1) מצאי פליטות של המשרד להגנת הסביבה שנבנה לגבי סקטורים שונים במשק המהווים מקורות פליטה משמעותיים למזהמים השונים (2) הנחות תרחיש "עסקים כרגיל" (BAU – Business As Usual) לשנות היעד עבור הסקטורים הללו ו-(3) מודלים לריכוז ופיזור מזהמים אשר משתמשים בנתונים מטאורולוגיים וגיאוגרפיים על מנת לחזות את נתוני ריכוז המזהמים באוויר על סמך מצאי הפליטות המוזן למודל כקלט. על בסיס תהליך זה מוצגת בפרק תחזית לתמונת מצב איכות האוויר בישראל ביחס למזהמים השונים המטופלים במסגרת התכנית וניתוח ההשפעות הכלכליות של חריגות מערכי היעד בנוכחות המזהמים באוויר.

פרק 5 מציג את ההשפעות הבריאותיות בישראל כתוצאה מהפער בין ריכוז המזהמים באוויר לבין ערכי היעד הקבועים בתקנות אוויר נקי ואת העלות הכלכלית של השפעות אלו. לצורך כימות ההשפעות הכלכליות של נוכחות מזהמים באוויר נעשה שימוש במחקרים מדעיים המאפיינים את הקשר הסטטיסטי שבין עליה בנוכחות המזהמים באוויר לבין השפעות בריאותיות שונות. הפרק מציג מספר פונקציות מנה-תגובה הכוללת שיעורי סיכון יחסי (relative risk) המאפיינים את הקשר המדובר, פונקציות אלה נשענות על מחקרים מהימנים ומקובלים לשימוש בתוכניות דומות בעולם. בגוף הפרק מובא הסבר על המתודולוגיה בה נעשה שימוש להערכת ההשפעות הבריאותיות, המקורות המדעיים וכן תמחור העלויות הכלכלית של ההשפעות השונות.

פרק 6 מציג את צעדי המדיניות הנוספים שנבחנו במסגרת התכנית הלאומית. לאחר זיהוי הפערים הצפויים בריכוזי מזהמים בתרחיש BAU בשנות היעד של התכנית, אל מול ערכי היעד, נבחנו אמצעים נוספים שיש בהם כדי להביא להפחתה ברמת זיהום האוויר. עבור הצעדים השונים בוצע אומדן להפחתת פליטות המזהמים בעקבות יישום הצעד וכן כומתו עליות היישום המשקיות והתקציביות. בנוסף מכיל הפרק ניתוח תוצאות של תרחיש "יישום צעדי מדיניות", הכולל סל אמצעי מדיניות, שחושב במודל חיזוי זיהום אוויר.

פרק 7 סיכום ומסקנות

3 סקירת ספרות

3.1 כללי

על מנת להתוות עקרונות מנחים לתכנית הלאומית העתידית, העבודה בחנה בתחילה את הפרקטיקה הנהוגה בתוכניות לאומיות להפחתת זיהום אוויר במספר מדינות. צעד זה נעשה על מנת על מנת ללמוד, ככל הניתן, מניסיונם של אחרים לצורך יצירת תכנית אפקטיבית עבור ישראל. לשם כך נערכה סקירה של ארבע תכניות מקיפות לצמצום זיהום אוויר (שלוש תכניות לאומיות וכן התכנית האסטרטגית האירופית) כמובא להלן:

- התכנית הבריטית – The Air Quality Strategy for England, Scotland Wales and Northern Ireland.
 - עיקרי המדיניות האמריקאית להתמודדות עם זיהום אוויר וסקירת תוכניות מרכזיות שמפעילה הסוכנות להגנת הסביבה ה-EPA.
 - התכנית האסטרטגית האירופית לטיפול בזיהום אוויר – Thematic Strategy on Air Pollution.
 - יישום התכנית ההולנדית על פי המתכונת האסטרטגית שקבע האיחוד האירופי.
- כל תכנית נסקרה ונבחנה על פי ארבעה פרמטרים זהים:
- מבנה התכנית ורקע כללי ליישומה.
 - המזהמים הכלולים בתכנית ויעדיה.
 - מתודולוגיה לקבלת החלטות וניתוח עלות תועלת.
 - אמצעי מדיניות מוצעים לטיפול בזיהום אוויר.

להלן הממצאים העיקריים של סקירת הספרות שבוצעה. את המסמך המלא ניתן למצוא באתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה (<http://www.sviva.gov.il>).

3.2 עיקרי הממצאים

המסקנות מסווגות לארבע קבוצות בהתאם לחלוקה המוצגת בגוף המסמך: כללי, מזהמים, מתודולוגיה ואמצעים.

כללי:

התוכניות השונות שנסקרו שונות זו מזו באופיין.

התכנית האסטרטגית הבריטית לאיכות אוויר (AQS) – התכנית הבריטית עודכנה בשנת 2007. תכנית זו מכילה ניתוח עלות תועלת כלכלי למספר צעדי מדיניות שנועדו להפחית את רמת זיהום האוויר בבריטניה. התכנית הבריטית איננה מתמקדת רק בעמידה בתקני זיהום האוויר הקבועים בחוק הבריטי אלא ממליצה על אמצעי מדיניות שנועדו להוריד את זיהום האוויר מעבר לרף זה, ככל שהצעדים המוצעים הינם בעלי תועלת כלכלית. **מדיניות הטיפול בזיהום אוויר של הסוכנות להגנת הסביבה האמריקאית (EPA)** – בשונה מהנעשה בבריטניה, לארגון ה-EPA לא קיימת תכנית כוללת המאגדת את ניתוח ההשפעות הבריאותיות לצד אמצעי המדיניות להפחתת זיהום אוויר. ככלל, ניתן לומר כי המדיניות האמריקאית מכילה מגוון רחב של תכניות מסגרת שנועדו

לטפל בזיהום האוויר במדינה, לצד ניתוחי עלות תועלת כלכליים ומפורטים של ההשפעות הבריאותיות למוזהמים הקריטיים.

מדיניות האיחוד האירופי (EAP 6th, CAFÉ: Clean Air For Europe) – מכיוון שהאיחוד האירופי משמש כארגון גג למדינות הלאום באירופה, תכנית ה-CAFÉ איננה מהווה תכנית לאומית המכילה צעדי מדיניות כוללים כמו למשל בתכנית הבריטית. לתכנית ה-CAFÉ ישנן מספר מטרות, והעיקריות שבהן הינן: קביעת תקנים כלל-אירופאים למוזהמים, קביעת יעדי הפחתת פליטות פרטניים לכל מדינה על מנת להפחית את ההשפעות של "הסעת" זיהום אוויר (transboundary) ממדינה למדינה, קביעת מתודולוגיה אחידה לניתוחי עלות תועלת (CAFÉ-CBA) וקביעת מסגרת רגולציה מחייבת למדינות האיחוד (הדירקטיבות). לעומת זאת, אין בתכנית התמקדות בקביעת אמצעי מדיניות פרטניים לכל מדינה אלא הטלת אחריות על המדינות להציג תכניות לטיפול בזיהום אוויר בתחומן במידה והדבר נדרש.

הולנד: התכנית לשיתוף פעולה לאומי (NSL) – כאמור לעיל, האיחוד האירופי מטיל על מדינות האיחוד יעדי הפחתה לפליטות בתחומן, כמו גם מחויבות להצגת תכניות פרטניות לטיפול בזיהום אוויר. לצורך כך הולנד תכננה את תכנית שיתוף הפעולה ההולנדי אשר בוחנת את יכולתה של הולנד לעמוד בתקני זיהום אוויר של האיחוד ומציעה צעדי מדיניות לשם כך. מכיוון שהמשק ההולנדי מפותח באופן יחסי למדינות אחרות באירופה בתחום איכות הסביבה התכנית ההולנדית כוללת ניתוח עלות-תועלת למספר תרחישי הפחתת פליטות בהתאם לאפיון המשק ההולנדי, בהתבסס על מודל CAFÉ-CBA, על מנת לבחור את יעדי ההפחתה המיטביים למשק ההולנדי.

מוזהמים הכלולים בתכנית:

ישנם מספר הבדלים באופן בחירת המזהמים שנכללו בתוכניות השונות וביעדים שנקבעו לגביהם. אולם, ניתן לראות בברור כי בכל התוכניות שנסקרו הושם דגש על עמידה ביעדים והפחתת ריכוזים של שני המזהמים האחראיים להשפעות הבריאותיות המשמעותיות ביותר: חלקיקים, ואוזון. במסגרת ההתמקדות במוזהמים אלו, מטופלים המזהמים NO_x, NMVOC's, המהווים מבשרי-אוזון והמזהמים SO₂ ואמוניה אשר תורמים להיווצרות החלקיקים. חשוב לציין שעמידה ביעדי התקינה של זיהום אוויר היא רק צעד בדרך למטרה העיקרית של התוכניות – צמצום ההשפעות הבריאותיות. לכן, חלק מצעדי המדיניות מיועדים להביא להפחתות נוספות של ריכוז המזהמים אף מעבר לסף שנקבע בתקינה על מנת לצמצם את הנזקים הבריאותיות שמקורם בזיהום אוויר ככל הניתן.

פרק 3: סקירת ספרות

טבלה 7: המזהמים הכלולים בתכניות הלאומיות שנסקרו

מזהם	בריטניה	ארה"ב	EU/הולנד*	ישראל	הערות
PM ₁₀ חומר חלקיקי	V	V	V	V	
PM _{2.5} חומר חלקיקי	V	V	<u>V</u>	V	התקן האירופי מצוי עדיין בדיונים
O ₃ אוזון	V	V	V	V	באיחוד האירופי אין יעד הפחתה פרטני לאוזון אלא למזהמים NO _x ו-VOC' המהווים מבשרי אוזון
SO ₂ גפרית דו-חמצנית	V	V	<u>V</u>	V	
NO ₂ חנקן דו-חמצני	V	V	<u>V</u>	V	ב-EU, המזהם NO ₂ נכלל במסגרת מזהמי ה-NO _x הכוללים מלבד NO ₂ גם את המזהם NO.
NMVOCs	V		<u>V</u>	V	למזהם זה אין תקנים אלא יעדי הפחתה
Pb עופרת	V	V		V	
Hg כספית				V	
Benzene בנזן	V		V	V	
1,3-בוטאדיאן	V			V	
PAHs ⁶	V		V		
CO פחמן חד-חמצני	V	V	V		ע"פ חוות הדעת של הגורמים המקצועיים הוחלט לגרוע מזהם זה מהתכנית הלאומית של ישראל
NH ₃ אמוניה	V		<u>V</u>		

* המזהמים המסומנים ב-V הם חלק מהתכנית האסטרטגית האירופית. התייחסות לשאר המזהמים מופיעה במסגרת דירקטיבות אחרות של האיחוד האירופי.

ניתן לראות התמקדות במזהמים אשר ההשפעה הבריאותית הנובעת מחשיפה אליהם הינה חמורה ומוכחת. כתוצאה מכך מירב המאמצים לצמצום פליטות מתמקד בחומרים אלו. פרט לכך ניתן לקבוע שקיימת מידה רבה של התאמה בין המזהמים הכלולים בתוכניות שנסקרו ובין אלו הכלולים בתכנית הישראלית.

⁶ במסגרת התכנית הבריטית, המזהם בנזן-אלפא-פירן משמש כמדד לריכוז PHAs.

מתודולוגיה לניתוח עלות תועלת

ניתוח עלות תועלת הוא הכלי המרכזי בו נעשה שימוש לצורך קבלת החלטות על צעדי מדיניות שינקטו במדינה. שיטה זו מצויה בכל התוכניות שנסקרו ואופייה דומה. בצד התועלת, מחושב החיסכון הכלכלי המושג על ידי הפחתת השפעות הבריאותיות כתוצאה מהפחתת החשיפה לזיהום אוויר ועל ידי הפחתת השפעות שליליות נוספות כגון פגיעה ביבול ונזק למבנים ורכוש. מירב התועלת (הן מבחינת ההשפעה הבריאותית והן מבחינת הערך הכלכלי שניתן לה) מושגת מהפחתת מקרי מוות מוקדם שמפחיתה את הירידה בתוחלת חיים שמיוחסים לרמות גבוהות של זיהום אוויר. לצד הורדת שיעורי התמותה, נכללות השפעות בריאותיות נוספות כגון אשפוזים במחלקות לב-ריאה, עלייה בשיעורי סרטן, התגברות אסטמה, ברונכיטיס ועוד. כימות ההשפעות הבריאותיות של מקרי תמותה ותחלואה מושג באמצעות שימוש בפונקציה מנה-תגובה (concentration-response function) אשר קושרת בין עלייה של רמה נתונה בריכוז המזהם באוויר לבין עלייה בשיעורי ההשפעה הבריאותית. מתן ערך כלכלי להשפעה הבריאותית מסתמך על מחקרים כלכליים העושים שימוש בשיטות כגון: אמידת ערך החיים הסטטיסטי (VSL), אומדן ערך שנת חיים (VOLY), הערכת הנכונות לשלם (Willingness To Pay) עבור הפחתת ההשפעה, בדיקת מחירי השוק עבור הטיפול בהשפעה הבריאותית, אבדן ימי עבודה וכד'. חשוב לציין שבעוד שמרבית התכנית עושות שימוש בשיעורי סיכון דומים עבור ההשפעות הבריאותיות הרי שישנם הבדלים רבים בין מדינות ובין מחקרים לגבי הערכים הכלכליים. ניתן לראות בכל התכניות שהניתוח הכלכלי מתמקד בעיקר בחלקיקים ואוזון, מזהמים אשר מביאים למרב הפגיעה בבריאות ויש לגביהם קונצנזוס מדעי אודות מידת הסיכון בחשיפתם. אמנם ישנן תכניות אשר עורכות ניתוח כלכלי גם למזהמים נוספים כגון NO_2 ו- SO_2 , אך ניתוח כלכלי זה מצוי במחלוקת הן בשל עדויות שאינן חד-משמעיות הן לגבי מידת הנזק של מזהמים אלו והן בשל ההכללה של השפעת מזהמים אלו בהשפעתם של מזהמים אחרים. בכימות המוניטרי של החריגה מערכי היעד (יפורט בהמשך) נציג, על כן, את השפעות החריגה העיקריות הנובעות מחלקיקים ואוזון – אך יחד עם זאת ראוי לזכור כי בשל אי הכימות של חלק מהשפעות תחמוצות החנקן ותחמוצות הגופרית – כימות זה אינו מלא, והוא שמרני יחסית.

אמצעי מדיניות

אמצעי המדיניות העיקריים שכלולים בתוכניות הלאומיות, או שנבחנו במסגרת ניתוחי העלות תועלת של התוכניות, מתמקדים בשני הסקטורים שתורמים את רוב הפליטות של מזהמים: מגזר ייצור החשמל ומגזר התחבורה. צעדי מדיניות אלו כוללים בין היתר את הצעדים הבאים: קביעת תקנות ורגולציה מחמירה, שימוש בתמריצים כלכליים לעידוד נקיטת צעדים להפחתת פליטות או שימוש בטכנולוגיה נקייה יותר וגם עידוד לשינוי התנהגות, בעיקר של הפרטים, ותכנון ירוק. בתחום הייצור החשמל מירב הצעדים מתמקדים בהתקנת אמצעים טכנולוגיים להפחתת פליטות ומעבר לשימוש באנרגיה ירוקה יותר. בתחום התחבורה ישנו מגוון רחב של אמצעי מדיניות שנועדו הן להפחית את השימוש במקורות מזהמים (למשל, עידוד נסיעה באופניים והליכה ברגל, תכנון שבילים, מעבר לתחבורה ציבורית) והן להפחית פליטות מכלי-רכב (למשל תמרוץ לרכישת כלי-רכב ירוקים, החלפת ציי רכב, התקנת אמצעים טכנולוגיים להפחתת פליטות). מכיוון שמגזר התחבורה נוגע הן לשימוש של הפרטים בכלי-רכב והן לתכנון מרכזי של מערכות כבישים ומסילות, במגזר זה ישנם צעדי מדיניות רבים המשמשים להפחתת הפליטות מתחבורה.

4 תמונת מצב איכות האוויר בישראל בשנים 2010, 2015 ו- 2020

4.1 כללי

תמונת מצב זיהום אוויר למזהמים המטופלים במסגרת התכנית הלאומית המוצגת במסמך זה מתייחסת לשלוש תקופות זמן: תמונת המצב הנוכחית בישראל לשנת 2010 ולשנות היעד של התכנית: שנת 2015 ו- 2020 (להלן: שנות היעד). תחזית זיהום אוויר לשנות היעד גובשה באמצעות מודלים ממוחשבים לחיזוי איכות האוויר. בפרק זה מובאת תחילה הקדמה קצרה אודות מערך ניטור איכות האוויר המופעל על ידי המשרד להגנת הסביבה, בהמשך תוצג המתודולוגיה ליצירת תחזית איכות האוויר לשנות היעד ובתוך כך פירוט אודות מודלי החיזוי ששימשו את צוות העבודה. בחלק האחרון של הפרק תוצג תמונת מצב איכות האוויר עבור כל אחד מהמזהמים לשלוש תקופות הזמן: שנת 2010 ושנות היעד: 2015 ו- 2020.

4.2 מערך ניטור אוויר ופריסת תחנות הניטור בישראל

תמונת מצב נוכחי של איכות האוויר בישראל מתקבלת משני מקורות עיקריים: (א) מדידות מזהמי האוויר בתחנות לניטור איכות אוויר (מדידות רציפות) ו- (ב) דגימות סביבתיות.

א. מערך ניטור אוויר ארצי

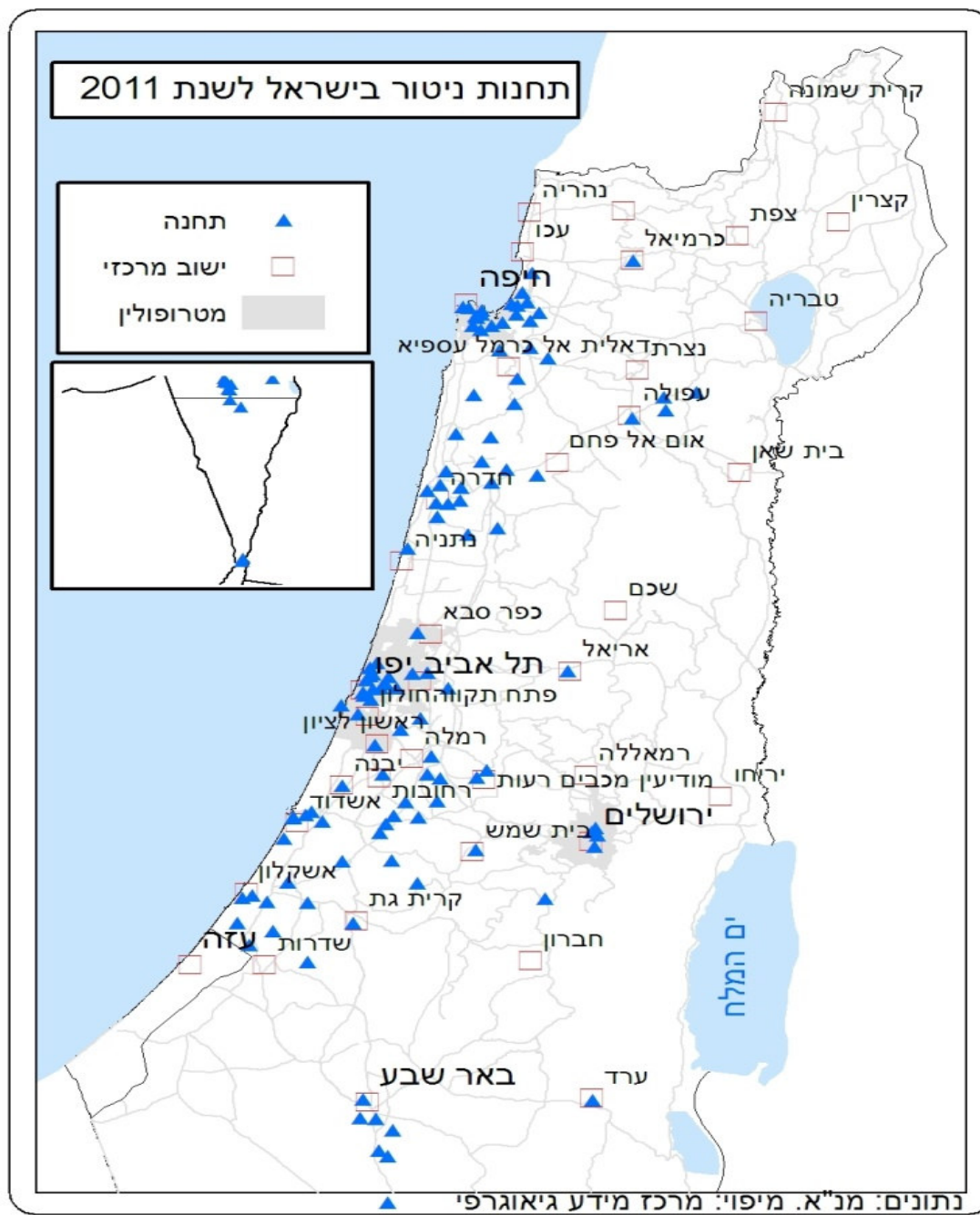
בישראל מופעלות למעלה מ- 100 תחנות ניטור אוויר הפזורות בכל הארץ מכרמיאל בצפון ועד אילת בדרום. התחנות ממוקמות בערים הגדולות, בפנים הארץ וסביב מקורות פליטה משמעותיים (ר' מפה). ניטור רציף של זיהום אוויר בישראל החל בשנות ה- 80 מסביב לתחנות הכוח שפועלות בחיפה, חדרה, תל-אביב, אשדוד ואשקלון. בעשר השנים האחרונות פועל הניטור הרציף באופן סדיר ובהיקף רחב יותר. תחנות הניטור מופעלות על ידי הגופים הבאים: איגודי ערים לאיכות סביבה (חיפה, שרון-כרמל, אשדוד-חבל יבנה ואשקלון), רשויות מקומיות, מקורות פליטה (חברת החשמל, מפעלי תעשייה, נמלי הים, שדה תעופה, תחנות מרכזיות) והמשרד להגנת הסביבה. תחנות הניטור מודדות את מזהמי האוויר באופן רציף בשני סוגי תחנות: תחנות כלליות ותחנות תחבורתיות.

תחנות כלליות הן תחנות הממוקמות באזור מייצג, בגובה של גגות הבניינים או בשטח כפרי פתוח ולא בקרבת מקורות פליטה ספציפיים, כדוגמת: מפעלי תעשייה או כבישים. תחנות אלה מאפיינות את ריכוזי המזהמים בחופה העירונית או הכפרית, ובקירוב את החשיפה של הציבור למזהמים הללו. בתחנות הללו נמדדים המזהמים החשובים והעיקריים הנמצאים באוויר, כמו: גפרית דו חמצנית - SO_2 , תחמוצות חנקן - NO_x , אוזון - O_3 , פחמן חד חמצני - CO וחלקיקים נשימים. המזהמים הללו נחשבים כאינדיקטורים להמצאות מזהמים נוספים באטמוספירה והם מוגדרים ע"י הסוכנות האמריקאית להגנה על הסביבה USEPA בשם Criteria Pollutants – מזהמים קריטריונים. כמו כן, במספר תחנות נמדדות גם תרכובות אורגניות נדיפות VOC ומימן גפרי H_2S .

תחנות תחבורתיות הן תחנות שממוקמות בגובה הכביש לאורך צירי תחבורה ראשיים. מדידה בגובה זה הופכת את הניטור בתחנות התחבורתיות למייצג בצורה מיטבית את ריכוז המזהמים אליו נחשפים הולכי רגל ונהגים בעיר. בתחנות הללו נמדדים המזהמים הראשוניים הנפלטים מכלי-רכב והם בעיקר תחמוצות חנקן (NO_x), פחמן חד חמצני (CO), חלקיקים נשימים עדינים (חלקיקים שקוטרם נמוך מ- 2.5 מיקרומטר) ותרכובות אורגניות נדיפות.

נתוני תחנות הניטור נאספים באופן אוטומטי במרכזי הבקרה כל 5 דקות. מנתונים אלה מחושבים ממוצעים המתאימים לערכי איכות אוויר. במשרד להגנת הסביבה מופקים דוחות תקופתיים (חודשיים ושנתיים). דוחות אלה מתפרסמים באתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה. www.sviva.gov.il

איור 2: פריסת תחנות הניטור בארץ



ב. דגימות סביבתיות

המשרד להגנת הסביבה ביצע בשנים האחרונות סקרים סביבתיים באזורים בעלי ריכוז רב של מקורות פליטה. הסקרים נערכו סביב אזורי תעשייה גדולים כדוגמת: חיפה, רמת חובב ואשדוד. כמו כן, נערכו סקרים לאפיון איכות האוויר בצירי תנועה ראשיים בירושלים, גוש דן וחיפה. בסקרים הללו נדגמו מזהמי אוויר שאינם נמדדים באמצעות מכשירי ניטור רציף והם חומרים רעילים שעלולים להשפיע על בריאות האדם והסביבה.

4.3 תמונת מצב איכות האוויר לשנת 2010

תמונת המצב של איכות האוויר לשנת 2010 למזהמים הכלולים בתכנית, נעשתה על סמך נתוני ניטור מזהמים מתחנות הניטור של מני"א. נתוני הניטור מבוססים על נתונים מסוכמים משנת 2010 שהתקבלו מהמשרד להגנת הסביבה. לכל מזהם נבחרו בקפידה תחנות הניטור המייצגות ביותר לתיאור נוכחות המזהם בסביבה על בסיס הידע הקיים. באמצעות נתוני תחנות הניטור אופיין מצב איכות האוויר ביחס לערכי היעד. כפי שניתן לראות בטבלה מטה, ישנם מספר מזהמים המטופלים במסגרת התכנית שאינם מנוטרים כלל או שמנוטרים באופן חלקי בתחנות ניטר בודדות. ביחס למזהמים אלה לא ניתן היה להיסמך על נתוני הניטור באפיון מצב איכות אוויר. מספר מזהמים שאינם מנוטרים באופן רציף נדגמו ע"י המשרד להגני"ס ואיגוד ערים חיפה בדיגומים אזוריים ותקופתיים. נתוני הדיגום נאספו גם הם לשימוש בניתוח ואפיון איכות האוויר, אולם על סמך מקבץ קטן יחסית של נתוני דיגום לא ניתן לאפיין מצב איכות אוויר בכל המדינה. במצבים אלה נותחו הנתונים, גם המועטים, על מנת לספק תמונה מהימנה תוך הסתייגות מהמידה בה משקפים נתונים אלה את מצב איכות האוויר בישראל כולה. בטבלה הבאה מפורט לכל מזהם הכלים אשר עמדו לתיאור ואפיון מצב איכות האוויר לשנת הבסיס. ממצאי ניתוח תמונת מצב איכות האוויר למזהמים השונים מובאת בהמשך פרק זה.

טבלה 8: תיאור הכלים הקיימים לתיאור מצב איכות אוויר לשנת הבסיס

מזהם	נתוני ניטור רציף	נתוני דיגום
*PM ₁₀	+	
*PM _{2.5}	+	
אוזון*	+	-
*SO ₂	+	-
NO ₂	+	-
עופרת	-	+/- חלקי
כספית	-	+/- חלקי
בנזן	+/- חלקי	+/- חלקי
1,3-בוטאדיאן	-	+/- חלקי

* מזהמים קריטריונים אשר נוטרו באופן רציף

4.4 שיטת גיבוש תחזית תמונת מצב של איכות אוויר לשנים 2015 ו-2020

4.4.1 בניית מצאי פליטות

השלב ראשון בתהליך בניית תחזית איכות אוויר לשנים עתידיות הוא גיבוש מצאי פליטות (אינוונטר) אשר כולל, ככל הניתן, את כלל מקורות הפליטה במשק הפולטים את מזהמי אוויר הנבחנים בתכנית הלאומית. מטרת גיבוש המצאי היא לאפשר יצירת תחזית זיהום אוויר מדויקת ככל הניתן אשר באמצעותה ניתן להסיק לגבי ההשפעות הבריאותיות, הסביבתיות והכלכליות של זיהום אוויר וכן למפות את המגזרים במשק אשר אחראיים לריכוזי המזהמים באוויר וזאת לצורך נקיטת צעדי מדיניות המיועדים להפחתת פליטות.

בניית מצאי הפליטות מורכב ממספר שלבים: השלב הראשון כולל הגדרת הסקטורים המהווים את מקורות הפליטה המשמעותיים לנוכחות המזהם באוויר, לכל מזהם המטופל במסגרת התוכנית. מקורות הפליטה כוללים: (1) מקורות פליטה מוקדניים: מתקני ייצור אשר פליטת המזהמים בהם נעשית דרך ארובות, וונטים וכדומה, ו-(2) מקורות פליטה שאינם מוקדניים: מקורות שאינם נחשבים למוקדניים כמפורט לעיל. מקורות אלו כוללים פליטות ממשטחי עבודה, מאחסון חומרים, מפעילות בשטח המתקן וכד'. להבדיל ממקורות מוקדניים אשר ברובם מנוטרים או נדגמים על בסיס קבוע ועל כן עבורם ניתן להשתמש בנתוני הנירטור והדיגום לצורך בניית המצאי, מקורות לא מוקדניים (פליטות שטח) מקבלים התייחסות שונה ולרוב הפליטה מהם מחושבת באמצעות שימוש במקדם פליטה מאפיין לפי סוג פעילות, שטח המתקן, כמות החומרים המצויים בו, אופי הפעילות וכד'. מצאי הפליטות מהמגזר התחבורתי (מקורות קווים) מחושב באמצעות מקדמי פליטה מותאמים לישראל. הפליטה מסקטור התחבורה מחושבת על ידי הכפלת מקדמי הפליטה בגודל הנסועה תוך כדי התייחסות לסוג וגיל כלי הרכב, מאפייני כביש כגון שיפוע ועוד. רשימת מקורות הפליטה לגיבוש מצאי הפליטות מופיעה בטבלה 9. המגזרים אשר כלולים במצאי 2010 מפורטים להלן: ייצור חשמל; תחבורה; תעשייה; בתי דפוס, מחצבות, מכבסות, מפעלי בטון, מתקני טיהור שפכים (מט"שים), תחנות דלק, מפעלי תעשייה – מקורות מוקדניים, מפעלי תעשייה – מקורות שטח; יערות, משקי בית וחקלאות. מצאי הפליטות מורכב מערכי פליטה שעתיים (ק"ג/שעה) וממודולציות המייצגות את השתנות הפליטות בזמן. ממצאי ניתוח מצאי הפליטות למזהמים השונים מובאים בהמשך פרק זה.

4.4.1.1 מקורות הפליטה במצאי

מקורות הפליטה הכלולים במצאי מקיפים מגוון רחב של תחומי פעילות במשק. רשימת המגזרים של המצאי כוללת את מגזר ייצור החשמל המהווה מקור מרכזי לפליטה של מזהמים רבים המלווים שריפת דלקים כ- SO_2 , חלקיקים, תחמוצות חנקן, ועוד; תחום התחבורה, התורם גם כן לפליטה של מזהמים רבים כגון חלקיקים נשימים $PM_{2.5}$, תחמוצות חנקן, בנזן, 1,3-בוטאדיאן ועוד; המגזר התעשייתי ובפרט בתי דפוס, מפעלים, מחצבות, תחנות דלק, מכוני טיהור שפכים, מטמנות, ומפעלי בטון; ומקורות נוספים כגון מגזר משקי הבית, התורם בעיקר לפליטה של תרכובות אורגניות (NMVOC's), ענף החקלאות, האחראי לפליטה של אמוניה כתוצאה מפרש בעלי חיים ופליטה טבעית של תרכובות אורגניות נדיפות מיערות. רשימת המקורות והמזהמים אשר מקושרים לפעילותם מופיעה בטבלה 10.

טבלה 9: מקורות פליטה במצאי

מקורות מוקדניים	מקורות לא מוקדניים (שטח)	מקורות קווים
תחנות כוח	מפעלי תעשייה	תחבורה
מפעלי תעשייה	בתי דפוס	
	מחצבות	
	תחנות דלק	
	מפעלי בטון	
	מכוני טיהור שפכים	
	מטמנות	
	מכבסות ניקוי יבש (מצאי 2010)	
	חקלאות (פרש בעלי חיים)	
	יערות	
	משקי הבית	

טבלה 10: מזהמים הכלולים במצאי פליטות לפי מגזרי הפעילות

מקור פליטה / מזהם	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	NM VOC	PM _{2.5}	עופרת	כספית	אמוניה ⁷	בזון
תחבורה	+	+	+	+	+			+	+
ייצור חשמל	+	+	+		+	+	+		
תחנות דלק				+					+
מחצבות			+		+				
מט"שים				+				+	
מפעלי בטון			+		+				
מכבסות ניקוי יבש				+					
בתי דפוס				+					
מטמנות				+					
מקורות מוקדניים	+	+	+	+	+	+	+	+	+
מקורות לא-מוקדניים			+	+					+
חקלאות – בע"ח								+	
יערות				+					
שימושים ביתיים				+				+	

⁷אמוניה נכללת במצאי הפליטות משום תרומתה ליצירת חלקיקים ואין היא נכללת במניין המזהמים של התכנית הלאומית לצמצום זיהום אוויר

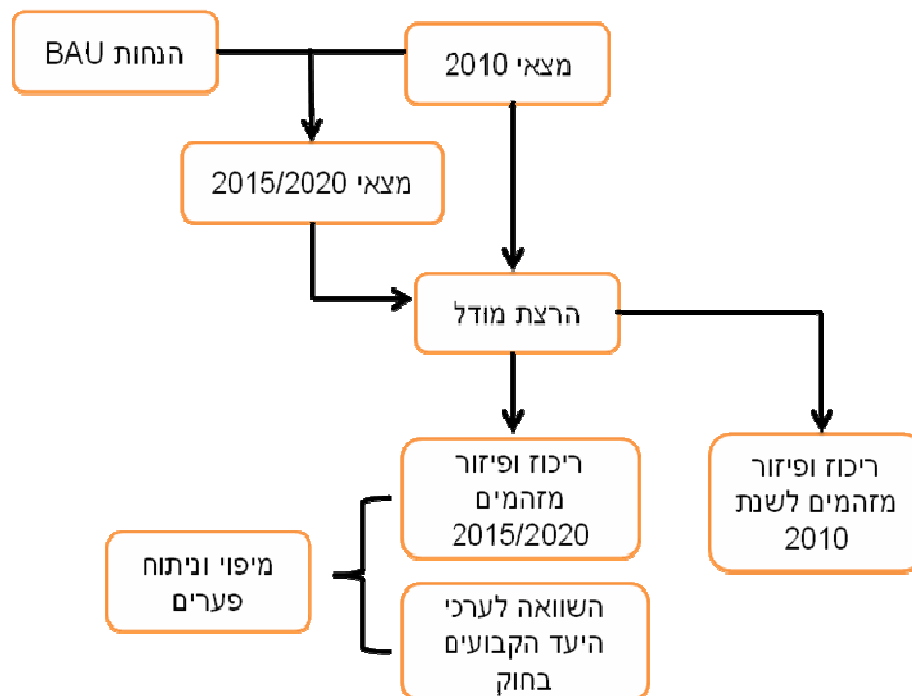
4.4.2 הנחות תרחיש "עסקים כרגיל" (BAU – Business As Usual)

4.4.2.1 מטרת קביעת הנחות לתרחיש עסקים כרגיל

קביעת הנחות תרחיש BAU נועדה לאפשר מתן תחזית איכות אוויר בשנות היעד של התכנית לצורך השוואה בין מצב איכות האוויר הצפוי, לאור המדיניות הממשלתית הקיימת, לבין ערכי היעד של איכות אוויר שהוגדרו בחוק אוויר נקי. השוואה זו מאפשרת ניתוח של המשמעות הבריאותית, הכלכלית והסביבתית כתוצאה מאי-עמידה ביעדי איכות אוויר שהוגדרו בחוק. הנחות תרחיש "עסקים כרגיל" (BAU – Business As Usual), כשמן כן הן, באות לשקף את היקף הפעילות העתידי במשק על סמך הנחות הנשענות על אפיון הפעילות הנוכחי והצפוי במשק ללא יישום אמצעי מדיניות נוספים לצמצום זיהום אוויר מעבר לכך. שילוב של הנחות תרחיש BAU לשנות היעד ומצאי הפליטות למזהמים שנבנה לשנת 2010 מאפשר לחזות את היקף הפליטות של המזהמים השונים בשנות היעד של התכנית: 2015 ו-2020.

בניית מערך ההנחות של תרחיש BAU נעשתה באמצעות מספר דרכים, ביניהם סקירת תכניות ממשלתיות קיימות שישנה וודאות גבוהה לביצוען, פגישות עם גורמים רלוונטיים במגזרים השונים כגון משרדי ממשלה שונים, חברת חשמל ועוד. כמו כן נעשה שימוש בחומר רב ממקורות שונים כגון: המשרד להגנת הסביבה, משרד התחבורה, משרד התמ"ת, קק"ל, הלמ"ס ועוד. כל ההנחות של תרחיש BAU, נבחנו במסגרת ישיבות צוותי העבודה של הוועדה הבין-משרדית. תיאור תהליך גיבוש תמונת מצב איכות האוויר לשנות היעד מוצג באיור 3.

איור 3: תהליך גיבוש תמונת מצב איכות האוויר לשנות היעד



4.4.2.2 סיכום של עיקרי הנחות תרחיש עסקים כרגיל

להלן מפורט סיכום של ההנחות העיקריות שהונחו בתרחישי עסקים כרגיל לשנות היעד עבור מגזרי הפעילות שנבחנו במסגרת המצאי.

4.4.2.2.1 הנחות עיקריות לגבי מקורות מוקדיים בתעשייה

תחזית הפליטות בתרחיש עסקים כרגיל ממקורות מוקדיים בתעשייה התמקדה בשלוש קבוצות של מקורות כדלקמן:

1. מפעלים הממוקמים במוקדי תעשייה (רמת חובב, מפרץ חיפה ואשדוד)

מפעלים באזורי התעשייה הגדולים בישראל הממוקמים ברמת חובב, מפרץ חיפה ואשדוד נבחנו באופן פרטני על פי מדיניות ודרישות המשרד להגנת הסביבה (צווים אישיים, חוק אוויר נקי ותנאים ברישיונות עסק). לצורך הערכת הפליטות החזויה במתקנים קיימים, נעשה שימוש בנתוני ייצור/ספיקות קיימים נכון לשנת 2010 ובערכי הפליטה בהם יידרשו המפעלים לעמוד על פי תנאי רישיונות העסק, צווים אישיים או היתרי פליטה. פליטות לאוויר ממתקנים חדשים העתידים להיבנות הוערכו באמצעות הסקרים והתוכניות אשר הוגשו על ידי המפעלים לרשויות ואושרו על ידן. בנוסף נבחנו שינויים בהיקפי הפעילות הצפויים לשנות היעד עבור המפעלים השונים. במקרים בהם קיים דיווח על שינויים כאלה, אזי היקפי הפעילות הצפויים שימשו לחישוב הפליטה העתידי תוך כדי התחשבות בערכי הפליטות המחייבים.

2. מפעלים נוספים התורמים משמעותית לפליטות

מפעלים נוספים שאינם נמנים עם הקבוצה לעיל (סעיף קטן 1) ואשר מהווים תורמים משמעותיים לפליטה נבחנו גם הם באופן פרטני. המצאי למצב קיים כולל 450 מפעלים. לצורך איתור המפעלים התורמים משמעותית לפליטה, חושבה התרומה היחסית מתוך סך הפליטות לכל מזהם, של כל המפעלים הקיימים במצאי. לכל מזהם נקבע סף תרומה שונה לפליטה הכוללת, אשר ממנו והלאה נבחנו המפעלים באופן פרטני כאשר סף התרומה נקבע בהתאם להתפלגות התרומה היחסית לפליטה לכל מזהם. עבור תחמוצות גפרית, תחמוצות חנקן וחלקיקים, על סמך התפלגות הפליטה בין המפעלים השונים, נלקח סף תרומה יחסית בשיעור של 10% ומעלה, כלומר כל מפעל התורם 10% או יותר לסך הפליטה של כלל המקורות המוקדיים (ללא חברת חשמל) – נבחן באופן פרטני. עבור פליטות NMVOC נלקח סף של 2%. חישוב הפליטה בשנות התחזית נעשה על בסיס ההגבלות לפליטת מזהמים בשנות התחזית תוך התייחסות ליישום חוק אוויר נקי במפעלים מהסקטורים המפורטים בתוספת השלישית לחוק, יישום תקני TA-Luft2002 לפליטות של NMVOC, תכניות פיתוח ושינויים צפויים ומאושרים במפעלים שנבחנו.

3. סקטור דודי הקיטור הקטנים מ- MW 50 תרמי

תחזית הפליטות לאוויר של מזהמים מדודי קיטור חושבה לדודי הקיטור שפעילותם תורמת תרומה משמעותית לפליטה הכוללת באזורים שהוגדרו להרצות המודלים (-שריגים). משום שברמה הארצית תרומתם של דודי הקיטור לפליטה השעתית הכוללת נמוכה יחסית, בעוד שהשפעתם ברמה המקומית יכולה להיות גבוהה, הוחלט כי תרומתם תיבחן ברמה המקומית ולא כפי שבוצע לגבי שתי הקבוצות האחרות של המקורות כפי שתואר לעיל. בכל אזור כומתה התרומה היחסית של דודי הקיטור, וחושבה תרומתה לפליטה הכוללת מהמקורות המוקדיים באותו אזור. הפליטה מדודי הקיטור שתורמתם לפליטה המקומית גבוהה יחסית חושבה לשנות התחזית לפי הערכים המותרים מה-TA-Luft2002. היות וב-TA-Luft מוגדרים ריכוזים ולא קצבי פליטה, חושבו קצבי הפליטה בשנות התחזית ע"י מכפלת הריכוז המותר בספיקה לפי שנת הבסיס.

4.4.2.2.2 הנחות עיקריות במגזר ייצור החשמל

1. **תכנית תש"ל להתייעלות אנרגטית 2010**: על פי תכנית תש"ל שהציבה כמטרה התייעלות אנרגטית של 20% בשנת 2020, תחזית ביקושים שנתית לחשמל לשנת 2015 תעמוד על 58.2 TWh, מספר המשקף התייעלות אנרגטית בשיעור של 13.8% לשנת 2015 (תחזית ללא התייעלות אנרגטית – 67.5 TWh). עם זאת בשל עיכוב בהתקדמות התכנית, לצורך עבודה זו הונח כי שיעור ההתייעלות האנרגטית בשנת 2015 יעמוד על 7%, המשקפים ביקוש של 62.8 TWh. בשנת 2020 הונח כי התכנית תעמוד ביעדיה ולפיכך הביקוש לחשמל יעמוד על 64.3 TWh.

2. **ייצור באנרגיות מתחדשות**: היעדים שקבע משרד התש"ל לגבי שילוב אנרגיות מתחדשות (החלטת ממשלה חכ/176 מיום 12.01.2009, מסמך מדיניות משרד התש"ל לשילוב אנרגיות מתחדשות במשק החשמל, פברואר 2010) הם ייצור של 5% מסך הביקושים לחשמל עד שנת 2014. נכון למועד כתיבת הנחות אלו טרם הושלמו כל האסדרות הנדרשות לשילוב אנרגיות שאינן סולאריות, ובהתחשב בתהליכי ההקמה הארוכים, קשה היה לראות כיצד המשק יעמוד ביעדים אלו ועל כן, הונח בשנת 2015 ייצור באנרגיות מתחדשות בהיקף של 2.5% מסך הביקושים לחשמל (כתוצאה ממימוש האסדרות לטכנולוגיות סולאריות), קרי ייצור של 1.45 TWh. יצוין כי, לאחר בחינת תרחיש "עסקים כרגיל" וכתובת טיוטת הדוח, ביולי – ספטמבר 2011 הושלמו ההסדרות לייצור 160 MW על בסיס ביוגז ו-800 MW המבוססים על אנרגיית רוח. בשנת 2020 יעמוד ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות על 10%, קרי ייצור של 6.43 TWh.

3. **יחידות ייצור חדשות**: הנחה לגבי יחידות ייצור חדשות של חברת חשמל נעשו בהתאם לתכנית הפיתוח המאושרת של החברה מדצמבר 2010. הנחות לגבי הקמתן של תחנות כוח פרטיות (יח"פים)⁸ מבוססות על רישיונות מותנים שהנפיקה הרשות לשירותים ציבוריים – חשמל, ליצרני חשמל פרטיים, והערכת הצוות המקצועי ברשות החשמל לגבי מועד תחילת ההפעלה המסחרית עד שנת 2015 ועד שנת 2020 לפי שנת הייחוס.

4. **תחנת הכוח באשקלון**: הונח כי בשנת 2020 יפעלו שתי יחידות ייצור באשקלון (פרויקט D) בגז טבעי, ושימוש בפחת ייעשה לצורכי גיבוי ובעת מצבי חירום. הספק מצטבר – 1260 MW.

5. **התקנת סולקנים**: עד שנת 2015 תושלם התקנת כלל האמצעים (אמצעים ראשוניים, FGD ו-SCR) ביחידות רוטנברג 1-4, ואורות רבין 5-6. ערכי הפליטה מהיחידות הפחמיות, בהן יותקנו אמצעי הפחתת פליטות, נקבעו ב- 'הוראות אישיות למניעת מפגעים מתחנות כוח של חברת החשמל לישראל בע"מ לפי סעיף 8 לחוק למניעת מפגעים, התשכ"א – 1961' שהוצאו על ידי השר להגנ"ס 26.11.2010 להלן - "הצו האיש"י" ונלקחו כהנחות BAU לצורך התכנית.

4.4.2.2.3 הנחות עיקריות במגזר התחבורה

1. הנחות העבודה לגבי תרחיש עסקים כרגיל בתחבורה כללו את המשך יישומן של תכניות רבות של משרד התחבורה במגוון תחומים אשר מטרתן לשפר את מצב התחבורה בישראל בשנים הבאות⁹. הכלים המרכזיים

⁸ ההנחות בדבר הקמת היח"פים גובשו בשיתוף עם הצוות המקצועי ברשות לשירותים ציבוריים – חשמל.
⁹ לפירוט נרחב של מדיניות משרד התחבורה ראה נספח 1 לתכנית הלאומית: "צעדי מדיניות של משרד התחבורה עבור התכנית הלאומית לצמצום זיהום אוויר"

ברשות הממשלה ומשרד התחבורה למזעור ההשפעות השליליות של התחבורה, הינם: פיתוח תשתיות בדגש על פיתוח מערכות להסעת המונים, עידוד השימוש בתחבורה ציבורית ושימוש בכלים תכנוניים, רגולטוריים ופיסקליים להבטחת פעילות תחבורתית באמצעי תחבורה פחותי זיהום (מיסוי ירוק, תקן דלק, תקני רכב ופליטה ואמצעי פיקוח ובקרה). צעדי המדיניות כוללים:

- כלים תכנוניים כגון: תמ"א 42, תכנית אב לתחבורה, תכנון תחבורה עירונית, תכנית אב מטענים ופיתוח מתחממים¹⁰.
- פיתוח מערכות להסעת המונים כגון: רכבות קלות וחשמליות, תעבורת אוטובוסים מהירה (BRT), הקמת רשות תחבורה ציבורית, הפעלת הסעים מאורגנים והקצאת נתיבים ייעודיים.
- שיפור הפיתוח והשימוש בתשתית מערכת הכבישים באמצעות יישום צעדים כגון: בקרת נתיבים, נתיבים מהירים בכניסה לערים, קביעת מדרג מהירויות ברשת הדרכים בישראל, ניהול ביקושי תנועה ועוד.
- 2. הנחות העבודה לגבי מצאי הפליטות במגזר זה כוללות בעיקר הנחות בדבר התפלגות גילאי הרכב הצפויים לנסוע על הכבישים בשנות היעד ושיעור כלי-רכב היברידיים וחשמליים מסך כלי הרכב. נתונים לגבי הנסועה בארץ בשנות היעד התקבלו מתוך מודלים מטרופוליניים וארציים שהורצו לטובת התכנית.
- 3. **התפלגות גיל כלי-הרכב:** הונח כי התפלגות גיל כלי-הרכב הקיימת כיום תישמר גם בשנות היעד של התכנית. כמו כן יישמר היחס שבין כלי-רכב המונעים בבנזין לבין כלי-רכב המונעים בסולר.
- 4. **רכב היברידי:** הונח כי שיעור הגידול במסירות כלי הרכב היברידיים, שנצפה בין שנת 2009 לבין שנת 2010, יימשך בשיעור זה עד לשנת 2020. בהתבסס על הנחה זו, שיעורן של המכוניות ההיברידיות מסך מצאי כלי הרכב עתיד לעמוד על 1.8% בשנת 2015 ו- 3.5% בשנת 2020.
- 5. **רכב חשמלי:** הונח כי בשנה 2015 שיעור הרכב החשמלי יהיה זניח. לעומת זאת בשנת 2020, 10% מכלל צי הרכב בישראל יהיו כלי-רכב חשמליים. יצוין כי שיעור זה נראה כהערכת יתר, עם זאת הוחלט לאמץ הנחה זו מהתכנית הלאומית להפחתת פליטות גזי חממה, על מנת לשמור על עקביות בין התוכניות השונות.

4.4.2.2.4 הנחות עיקריות בפליטות שטח במגזר התעשייה

1. **תחנות תידלוק:** הנחות בדבר צריכת דלק עתידית התקבלו ממנהל הדלק במשרד התשתיות והמשרד להגנת הסביבה. הנחת העבודה העיקרית היא התקנה של אמצעי השבת אדי דלק מסוג STAGE 2 בכל התחנות עד לשנת 2015.
2. **מחצבות:** בתחום זה לא נרשמו שינויים מהותיים בין המצב הקיים לשנות היעד. נלקחו בחשבון מספר מחצבות אשר עומדות להיסגר על פי נתוני משרד התשתיות. לצורך חישוב מצאי הפליטות בשנות היעד הוסכם על גידול של 1.7% בהיקף החציבה בהתאם לשיעור הגידול הטבעי של האוכלוסייה בישראל.
3. **מט"שים:** הנחת העבודה הינה גידול של 1.7% בשנה, בהתאם לשיעור הגידול הטבעי באוכלוסייה, בנפח הספיקה של מכוני הטיהור הקיימים על רישומי רשות המים.
4. **מפעלי בטון:** הנחת העבודה הינה גידול של 1.7% בשנה, בהתאם לשיעור הגידול הטבעי באוכלוסייה, בהיקף ייצור הבטון במפעלים הקיימים במצאי.

¹⁰ מתחמי הנייה ותחבורה משולבים

5. **בתי דפוס:** לצורך הערכת הפליטות לאוויר בתרחיש "עסקים כרגיל" מסקטור בתי הדפוס, הוערכה הפחתה של פליטות לאוויר מבתי הדפוס הגדולים כתוצאה מהתקנת RTO (ר' מסמך מתודולוגיה). עבור שאר בתי הדפוס הונחה פליטה קבועה כמו בשנת הבסיס.

6. **מטמנות:** מצאי הפליטות לשנות היעד מתבסס על המשך הטמנה של פסולת במטמנות על פי נתוני הטמנה ממוצעים כפי שהתקבלו מאגף פסולת מוצקה במשרד להגנת הסביבה. יש לציין שמדיניות המשרד להגנ"ס חותרת בעקביות לצמצום כמויות הפסולת המוטמנות בישראל ככלל ועד מניעת הטמנה של חומר אורגני פריק ביולוגית בפרט. בכלל זה ניתן למנות מהלכים כגון קידום הפרדת פסולת במקור במקטע הפנים עירוני, תמיכה במתקני קצה לטיפול בחומר האורגני, העלאת שכום היטל ההטמנה, חקיקת חוק האריזות ועוד. עם זאת, בשל הקושי הקיים בהערכת היקף ההשפעה המדויק של אמצעים אלו עבור שנות היעד נלקחה הנחה שמרנית ולפיכך חושבו כמויות ההטמנה השנתיות והכוללות בהתאם לכומר הקליטה של האתרים הפתוחים כיום ואלו שאמורים להיפתח בעתיד.

4.4.2.2.5 **מגזר משקי הבית:** במגזר זה הונח כי הפליטות יגדלו בשיעור קבוע בהתאם לשיעור הגידול הטבעי של האוכלוסייה. מניתוח נתוני תחזית האוכלוסין נמצא כי שיעור גידול הריבוי הטבעי בישראל עומד על 1.704%. לפיכך: בשנת 2015 יחיו בישראל כ- 8,290,800 נפש ובשנת 2020 כ- 9,021,700 נפש. בנוסף לכך הוספו מקורות פליטה חדשים: קריית הבה"דים, העיר חריש וגידול משמעותי בגודל העיר בית-שמש.

4.4.2.2.6 **חקלאות – פרש בעלי חיים:** לצורך מצאי הפליטות של שנות היעד הונח כי קצב הגידול הממוצע, על פי נתוני הלמ"ס, של בעלי החיים הרלבנטיים למצאי יימשך.

4.4.2.2.7 **יערות – פליטת מזהמים מעצים:** לצורך חישוב מצאי הפליטות לשנות היעד הונח שיעור בגידול הפליטה על פי נתוני נטיעות מתוכננות בהתבסס על מידע שהתקבל מהקרן קיימת לישראל.

4.4.3 מודלים לפיזור וריכוז מזהמים

על בסיס ההנחות שגובשו בשלב המתואר לעיל, גובש מצאי הפליטות עבור כל אחד מהמזהמים המטופלים במסגרת התכנית לכל אחת משנות היעד: 2015 ו- 2020. מצאי הפליטות הוזן למודלים מתקדמים לטובת חיזוי ריכוזי מזהמים באוויר בשנות היעד. מודלים אלו משלבים נתונים רבים כגון: מטאורולוגיה, שימושי קרקע (אזור עירוני, כפרי, תעשייתי, ים, יבשה, הרכב הקרקעות ועוד), טופוגרפיה, תהליכים כימיים וכד'. במסגרת העבודה נעשה שימוש בארבעה מודלים לפיזור מזהמי אוויר לשם חיזוי וריכוז המזהמים בשנות היעד של התכנית: שני מודלים גאוסיאניים: AERMOD ו-IMPACT ושני מודלים פוטוכימיים – CHIMERE ו-FARM. עבור כל אחד מהמזהמים נבחר מודל החיזוי המתאים למאפייניו הייחודיים וכן לפרק הזמן בו נמדד ערך היעד של המזהם (ר' טבלה 11). בכל מודל בוצעו הרצות של סימולציות למצב קיים (שנת 2010) ולמצב עתידי (שנים 2015, 2020). בשני המודלים הגאוסיאניים, AERMOD ו-IMPACT בוצעו הרצות לתקופות ארוכות טווח של מספר שנים. ואילו במודלים הנומריים הפוטוכימיים נעשה אפיון שנתי של המזהם הנבדק לפי הרצות של מספר אפיונות יומיות המייצגות שכיחות של מצבים סינופטיים ותנאים מטאורולוגיים ייחודיים. אפיונות יומיות נעשו עבור אזור

וחלקיקים (CHIMERE) ולחנקן דו חמצני (FARM). להלן הסבר פרטני אודות כל מודל בו נעשה שימוש בתכנית הלאומית.

4.4.3.1 מודל AERMOD¹¹

מודל פיזור גאוסייני אשר פותח ע"י הסוכנות להגנת הסביבה האמריקאית (US EPA) הינו מודל Steady-state plume ("פלומה קבועה ומתמשכת"), להערכת ריכוזי מזהמים (גזים לא ריאקטיביים ואורוסולים) ממגוון מקורות פליטה. ה-AERMOD יכול לדמות הסעה ופיזור מזהמים אוויר ממספר מקורות מוקדיים, מקורות שטח או נפח. הפיזור מחושב בין היתר על בסיס אפיון עדכני של שכבת הגבול הפלנטרית. מיקום מקורות הפליטה יכול להיות עירוני או כפרי, והקולטנים יכולים להיות ממוקמים בטופוגרפיה שטוחה או מורכבת. באמצעות אלגוריתם ה-PRIME, יכול ה-AERMOD לקחת בחשבון את השפעת המבנים, בקרבת מקורות הפליטה, על הריכוזים המחושבים (Plume downwash). המודל עושה שימוש בנתוני קלט מטאורולוגיים שעתיים, מתחנה מטאורולוגית מייצגת בסביבה, נתונים הנחשבים כנתוני קרקע. הנתונים המטאורולוגיים המינימליים הדרושים להרצת המודל כוללים: כיסוי עננים, טמפרטורה, לחץ, כיוון ומהירות רוח. הנתונים הללו יכולים לשמש להערכת הפרמטרים המטאורולוגיים ברום באמצעות מודל AERMET או בעזרת נתוני רום מדודים.

מודל ה-AERMOD משמש להערכת ריכוזים בסביבה בזמני מיצוע שונים משעה אחת עד מספר שנים. והוא מאושר ע"י המשרד להגנת הסביבה לשימוש בתסקירי השפעה על הסביבה ובסקר סביבתי המופיע בתקנות חוק אוויר נקי - היתרי פליטה.

המודל הורץ למזהמים: SO₂, כספית ועופרת.

4.4.3.2 מודל IMPACT¹²

כמו מודל ה-AERMOD גם מודל זה הוא מודל פיזור גאוסייני, המטפל בפיזור של מזהמים ממקורות תעשייתיים, תחבורתיים ומקורות שטח. המודל יכול לטפל במספר מקורות בו-זמנית. המודל אינו מתחשב בריאקציות כימיות. הערבול האטמוספרי במודל נקבע על פי מצבי יציבות לפי פסקוויל כברירת מחדל אבל קיימת בו אפשרות לשימוש בפרמטרזציות שונות ומתקדמות. במקרה של רוחות חלשות, המודל מתחשב במודל נשיפה (PUFF). עילוי התמרה במודל ניתן לבחירה במספר חלופות בהתאם לתנאי השטח. נתוני הקלט של המודל הינם: מצאי פליטות (תעשייה, תחבורה ומקורות שטח ונפח שונים), נתונים מטאורולוגיים מתחנות מטאורולוגיות מייצגות, נתוני טופוגרפיה ונתוני שימושי קרקע. המודל יכול לחשב פיזור ממספר מזהמים בו-זמנית.

המודל הורץ למזהמים: 1,3 בוטאדיאן ובנזן.

4.4.3.3 מודל FARM

מודל FARM (Flexible Air quality Regional model) הינו מודל הסעה נומרי פוטוכימי הנגזר ממודל STEM שפותח באוניברסיטת איוה (G.R. Carmichael, Center for Global and Regional Environmental Research, Univ. of Iowa). המודל יכול להיות מורץ ברזולוציה גבוהה של 500 X 500 מ"ר.

¹¹US EPA (2004) AERMOD Description of model formulation

¹²Aria technologies (2004) General design and user guide [version 1.2]

התכונות העיקריות של המודל: מתאים לכל סוגי המקורות, מתחשב בעילוי תמרה, תגובות כימיות של מזהמים בשלב הגזי, שקיעה יבשה של המזהמים כתלות בשימושי הקרקע ובמטאורולוגיה המקומית, שקיעה רטובה של המזהמים כתלות במשקעים. ניתן להריץ את המודל במספר שריגים (NESTING)

נתוני הקלט למודל: נתונים מטאורולוגיים שנלקחים ממודל ה-WRF (Weather Research and Forecasting), מצאי פליטות מקומי, טופוגרפי ושימושי קרקע.

המודל נחקר ושופר במהלך שני העשורים האחרונים ומשמש כמודל חיזוי איכות אויר במספר ערים באיטליה בריו בברזיל ובניו-דלהי בהודו. יכולת חיזוי המודל נחקרה רבות ונמצאה התאמה גבוהה בין ערכים מדודים לחזויים עבור אירוסולים, אוזון וחנקן דו-חמצני בערים גדולות. כיום משלבים את מודל ה-FARM במודלי חיזוי של איכות אויר בערים גדולות בעולם לשם קבלת יכולת חיזוי טובה יותר וברזולוציה גבוהה. המודל משמש ככלי תכנון של משאבי אויר להדמיות תרחישים עתידיים וחקירת אירועים.

המודל הורץ למזהם NO_2 .

4.4.3.4 מודל CHIMERE¹³

מודל CHIMERE הינו מודל הסעה פוטוכימי תלת-ממדי אשר נועד לספק תחזית יומית לאוזון ולמזהמים שניוניים ולמזהמים ראשוניים. התהליכים הכימיים מחושבים ב- 300 ריאקציות ויותר מ- 80 מרכיבים כימיים. המודל מסוגל לחשב את הריכוזים במגוון רחב של סקלות, החל מהסקלה הרגיונלית (regional scale) הכוללת טווח של אלפי ק"מ ועד לסקלה האורבנית (urban scale) הכוללת טווח של 100-200 ק"מ. ברזולוציה של 3 ק"מ. המודל מורץ בשלושה שריגים בגדלים שונים. נתוני הקלט למודל הם: נתוני מטאורולוגיה שנלקחים ממודל WRF (Weather Research and Forecasting) שפותח ע"י מספר מוסדות מחקר בעולם, מצאי פליטות אנתרופוגני מאירופה ומישראל וכן מצאי פליטות ממקורות טבעיים הכולל הסעה של אבק טבעי ממדבריות הסהרה והמזרח, טופוגרפיה. המודל הורץ על כל המדינה ומתקבלות מפות ריכוזים לפי המזהמים השונים ולפי ממוצעי הזמן בערכי היעד.

המודל הורץ למזהמים: $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , O_3 .

4.4.3.5 השוואת תוצאות המודל לתוצאות הניטור

מצב איכות האוויר אופיין כאמור ע"י נתוני הניטור והדיגום. בנוסף, נעשה שימוש בתוצאות הרצת המודלים לשנת הבסיס על מנת לקבוע baseline שביחס אליו ניתן יהיה לנתח את אופן ומידת השתנות מצב איכות האוויר בשנות היעד. תוצאות הרצת המודל לשנת הבסיס נבחנו ביחס לנתוני הניטור. בחינת הריכוזים המחושבים לשנת הבסיס כללה את השוואתם לתוצאות כדי לבחון את מהימנות הריכוזים המחושבים. השוואה זו נעשתה לכל המזהמים שהורצו במודלים השונים במסגרת התכנית הלאומית. מתוך ההשוואה נמצא כי הריכוזים המחושבים ע"י מודל AERMOD למזהם SO_2 שונים במידה משמעותית, מתוצאות הניטור. ההשוואה בין התוצאות נעשתה

¹³Documentation of the chemistry-transport model [version CHIMERE 2011]
<http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere/>

באותן נקודות ציון (נ.צ. של תחנות ניטור שהוכנסו כרצפטורים בודדים במודלים) ולגבי אותם פרקי זמן. ההבדלים הגדולים שנמצאו ובמטרה לשפר את יכולת התחזית של המודלים לשנות היעד, פותחו מקדמי ל- SO_2 . תוצאות המודלים למזהמים אלה בשנות היעד של התכנית הוכפלו במקדמי ההתאמה לקבלת ריכוזים מחושבים ומתוקננים. השוואת תוצאות מודל CHIMERE אשר הורץ לחלקיקים ואוזון הראתה התאמה טובה יחסית לנתוני הניטור ולכן הוחלט כי למזהמים אלה לא יפותח מקדם התאמה. תוצאות הרצת מודל AERMOD באמצעותו חושבו ריכוזים של כספית, $1,3$ -בוטאדיאן ועופרת לא נכללו בבניית מקדם ההתאמה. מזהמים אלה אינם מנוטרים באופן רציף ולכן ישנם פערי מידע שאינם מאפשרים לבצע השוואה בין תוצאות המודל לנתוני ניטור. כחלק מהמלצות לעדכון הבא של התכנית, מוצע להרחיב את מערך ניטור האוויר הקיים לניטור המזהמים הללו וזאת על מנת לקבל תמונת מצב מהימנה לנוכחותם באוויר.

טבלה 11: מודלי החיזוי בהם נעשה שימוש עבור המזהמים השונים

מזהם	תקן יעד	מודל חיזוי	רזולוציית הרצה
PM_{10}	יממתי	CHIMERE	ארצי- אפיזודות נבחרות
	שנתי		
$PM_{2.5}$	יממתי	CHIMERE	ארצי- אפיזודות נבחרות
	שנתי		
אוזון	8 שעות	CHIMERE	ארצי- אפיזודות נבחרות
SO_2	שעתי	AERMOD	4 שריגים: חיפה, חדרה, אשדוד ואשקלון
	יממתי	AERMOD	
NO_2	שעתי	FARM	ארצי- אפיזודות נבחרות הורץ לשריג תל אביב
	שנתי		
עופרת	יממתי	AERMOD	4 שריגים: אשדוד, אשקלון, חדרה, חיפה
	שנתי	AERMOD	
כספית	שעתי	AERMOD	4 שריגים: אשדוד, אשקלון, חדרה, חיפה
	שנתי	AERMOD	
בנזן	יממתי	IMPACT	4 שריגים: באר שבע, ירושלים, תל אביב, חיפה,
	שנתי	IMPACT	
$1,3$ -בוטאדיאן	יממתי	IMPACT	4 שריגים: באר שבע, ירושלים, תל אביב, חיפה,
	שנתי	IMPACT	

4.5 תמונת מצב איכות אוויר בשנים 2015 ו- 2020

בפרק זה תוצג תמונת מצב איכות האוויר של כלל המזהמים המטופלים במסגרת התכנית עבור שלוש תקופות זמן: שנת 2010 ו- שנות היעד 2015 ו- 2020. ההצגה המובאת להלן מורכבת מחמישה חלקים:

- הצגת מקורות הפליטה של המזהם:** כפי שהוצג בסעיף 3.4 לעיל, השלב הראשון בתהליך בניית תחזית איכות אוויר לשנים עתידיות הוא גיבוש מצאי פליטות אשר מונה את כלל מקורות הפליטה במשק זאת על מנת לאפשר יצירת תחזית זיהום אוויר. תיאור מצאי הפליטות והתפלגות התרומה היחסית של מגזרי הפליטה הרלוונטיים לנוכחות המזהם באוויר מובאים בחלק זה.

2. **תיאור מצב איכות האוויר של המזהם בשנת 2010:** בחלק זה מובאת תמונת המצב של נוכחות המזהם באוויר לשנת 2010. תמונת המצב גובשה על סמך נתוני ניטור מזהמים כפי שהתקבלו מתחנות הניטור בישראל. עבור מזהמים שאינם מנוטרים באופן רציף תמונת המצב נסמכת על נתוני דיגום אזוריים ותקופתיים שהתקבלו.

3. **תיאור מצב איכות האוויר של המזהם לשנות היעד:** בחלק זה מובאים תוצאות מודלי החיזוי לשנות היעד: 2015 ו- 2020. ממצאי המודלים לשנות היעד מוצגים באמצעות שני אמצעים:

א. **מפות ריכוזים:** מפות אלו מציגות את הריכוזים הממוצעים של המזהם באוויר לכל פוליגון. שטחי הפוליגונים נקבעו על פי קריטריון דמוגרפי ע"י הלמ"ס. לכל פוליגון נקבע ריכוז אחד המייצג את כל שטחו. הריכוז המייצג הינו ממוצע הריכוזים שחושבו בכל הרצפטורים הנמצאים בתחומו. אזורים ללא צבע במפות הם אזורים לגביהם הריכוז המחושב נמוך מערך היעד.

ב. **מפות אומדן חשיפה מרחבי:** אומדן החשיפה המרחבי משקף את מכפלת הריכוזים המחושבים בצפיפות האוכלוסייה בכל תא שטח נתון של אוכלוסייה. מפות המדד המרחבי הינם כלי ראשוני לזיהוי אזורים Hot Spots בהם הריכוזים גבוהים וכן צפיפות האוכלוסייה גבוהה. ערכי אומדן החשיפה המרחבי נחלקו בכל מפה לשלוש דרגות: נמוך, בינוני וגבוה כך שמדד חשיפה גבוה מתאר את האזורים בהם צפיפות האוכלוסייה והריכוזים המחושבים הם הגבוהים ביותר. חשוב להדגיש שגם אזורים לגביהם הוגדר אומדן חשיפה נמוך הם אזורים לגביהם חושבו ריכוזים הגבוהים מערך היעד. המקרא הבא הינו המקרא של כל מפות אומדן החשיפה המרחבי:

מדד חשיפה גבוה		מדד חשיפה בינוני		מדד חשיפה נמוך	
----------------	---	------------------	---	----------------	---

4. **סיכום תמונת מצב איכות האוויר של המזהם הנבחן:** בחלק זה מובאות המגמות שנצפו לאורך תקופות הזמן הנבחרות בנוכחות המזהם באוויר, תחזית לעמידה בערכי היעד של המזהם כפי שנקבעו בחוק וכו'. בנוסף לכך עבור המזהמים אוזון וחלקיקים מוצגת העלות הכלכלית הנגזרת מחריגה מערכי היעד כפי שחושבה באמצעות פונקציות המנה-תגובה.

5. **אמצעי מדיניות נבחנים:** בחלק זה מוצגים בקצרה אמצעי המדיניות שנבחנו במסגרת התכנית שיש בהם כדי להפחית את נוכחות המזהם באוויר. פירוט של כלל אמצעי המדיניות מובא בפרק 5 של מסמך זה.

4.5.1 חלקיקים נשימים (PM_{10}) וחלקיקים נשימים עדינים ($PM_{2.5}$)

4.5.1.1 הצגת מקורות פליטה של החלקיקים:

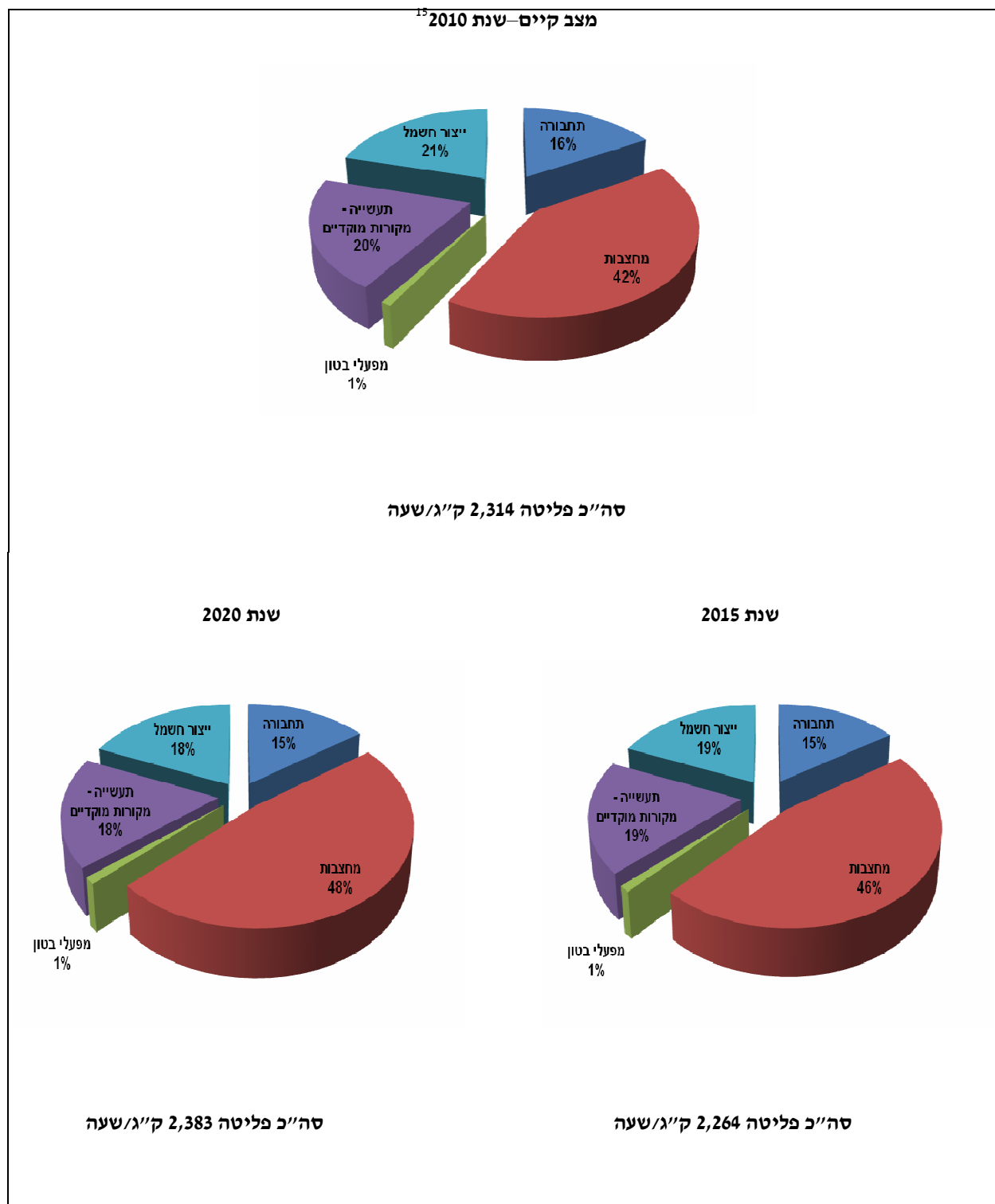
חלקיקים באטמוספירה מגיעים ממקורות טבעיים כגון סופות אבק וחול שמוצאן במדבריות צפון אפריקה ובערב הסעודית וממקורות אנטרופוגניים (מעשה ידי אדם) כגון תהליכי שריפה, חציבה, שחיקה וכדומה. בסעיף זה נתייחס לתרומתם של מקורות הפליטה האנטרופוגניים בלבד. מקורות הפליטה האנטרופוגניים הם בעיקר שריפת דלקים בתעשייה, תהליכי ייצור חשמל ונסיעת כלי-רכב. חלקיקים בכלל ו- PM_{10} בפרט נפלטים כתוצאה של תהליכים מכאניים של חציבה וקרייה ופעילות אחרת שאינה ייצור או שריפה כגון תנועת כלי-רכב על דרכים סלולות ולא סלולות וחיכוך הצמיגים בכביש. חלקיקי $PM_{2.5}$ נפלטים בעיקר משריפת דלקים מכל המגזרים וכן כזיהום שניוני כתוצאה מתגובות פוטוכימיות של חמצון גפרית דו-חמצנית, תחמוצות חנקן ותרכובות אורגניות נדיפות.

איורים 4-5 מציגים את התפלגות התרומה היחסית של המקורות העיקריים לפליטה השנתית של חלקיקים בחלוקה ל PM_{10} ו- $PM_{2.5}$ לשנת הבסיס ושנות היעד.

מהתרשימים המוצגים להלן, ניתן לראות כי סך כל פליטת PM_{10} אינה משתנה באופן משמעותי בין שנת הבסיס לשנות היעד. לפי תחזית עסקים כרגיל צפויה עלייה של כ- 70 ק"ג לשעה הנובעת מעלייה בגודל החציבה. העלייה בפליטה בין שנת 2015 לבין שנת 2020 נובעת בעיקר מהגברת הפעילות במחצבות ומתוספות קלות בפליטות מייצור חשמל ותחבורה. המחצבות הן מקור הפליטה העיקרי לחלקיקי PM_{10} בישראל¹⁴ ותרומתן נאמדת בערך ב- 42% בשנת 2010 ובערך ב- 48% בשנת 2020

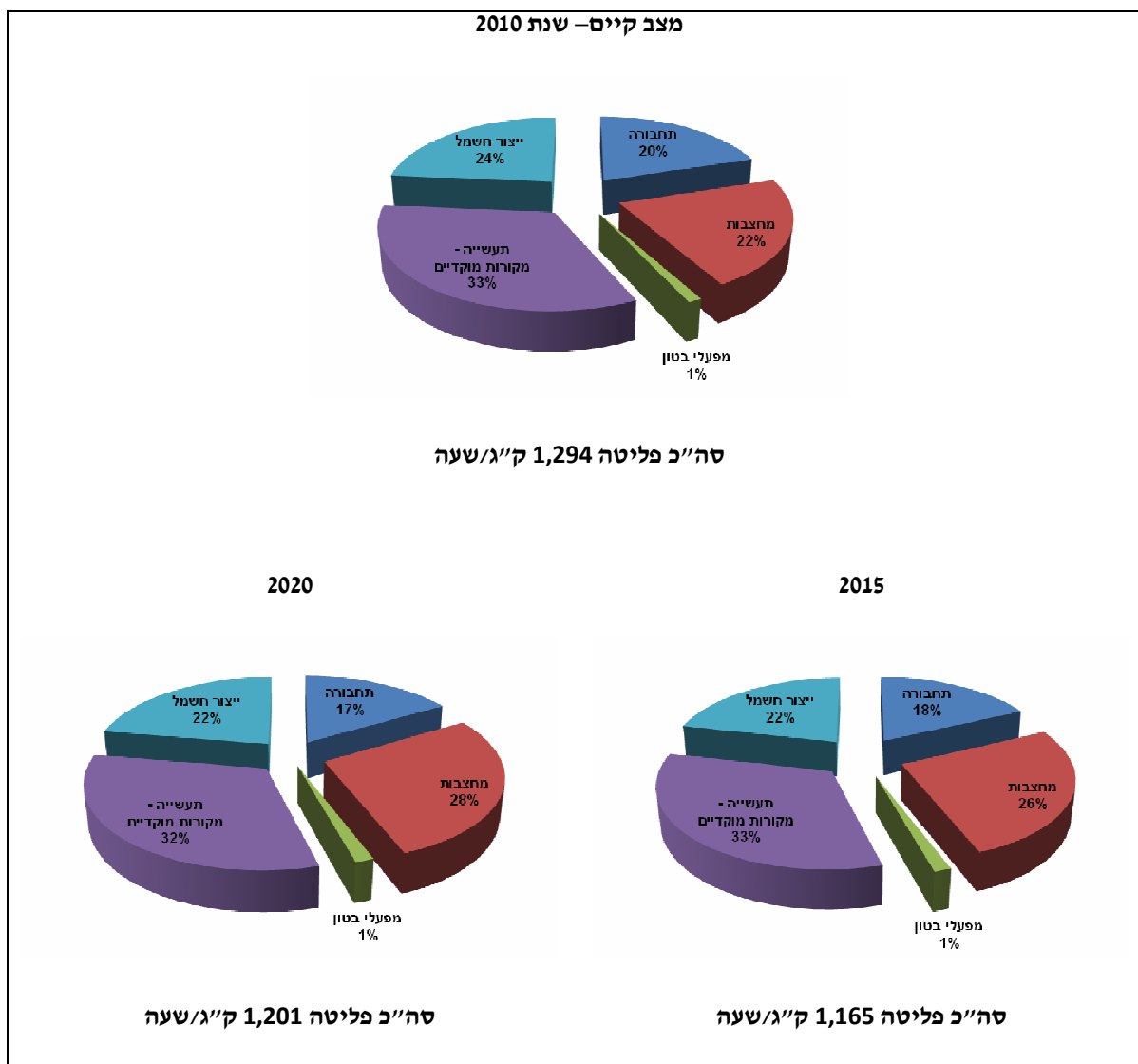
¹⁴ עקב מחסור במקור מידע מצאי הפליטות שגובש עבור חלקיקים אינו כולל פליטות מדרכים סלולות ודרכים שאינן סלולות.

איור 4: התפלגות פליטת PM₁₀ לפי שנים [ק"ג/שעה]



¹⁵מצאי פליטות לאוויר, המשרד להגנת הסביבה, עדכון 2010

איור 5: התפלגות פליטת $PM_{2.5}$ לפי שנים [ק"ג/שעה]



מהתרשימים המוצגים לעיל, ניתן לראות כי סך כל פליטת $PM_{2.5}$ אינה משתנה באופן משמעותי בין שנת הבסיס לשנות היעד. לפי תחזית עסקים כרגיל צפויה ירידה של כ- 90 ק"ג בפליטה השעתית. העלייה בפליטה בין שנת 2015 לבין שנת 2020 נובעת בעיקר מעליה בפעילות המחצבות ובנוסף מייצור בטון וחשמל. מקור הפליטה העיקרי הינם תהליכי ייצור ושריפה בתעשייה התורמים כ-33% ו-32% מהפליטה הכוללת של $PM_{2.5}$ במצב קיים ובשנת 2020 בהתאמה. מקור הפליטה השני בתרומתו הם המחצבות. שאר הפליטה נחלקת באופן שווה יחסית בין סקטור התחבורה, לבין סקטור הייצור החשמל ולבין תהליכי הייצור והשריפה בתעשייה.

4.5.1.2 תיאור מצב איכות האוויר של החלקיקים בשנת 2010

לחלקיקים שני ערכי יעד כפי שנקבע בתקנות:	
PM₁₀:	
50 מיקרוגרם למ"ק כערך במיצוע יממתי	
20 מיקרוגרם למ"ק כערך במיצוע שנתי	
PM_{2.5}:	
25 מיקרוגרם למ"ק כערך במיצוע יממתי	
10 מיקרוגרם למ"ק כערך במיצוע שנתי	

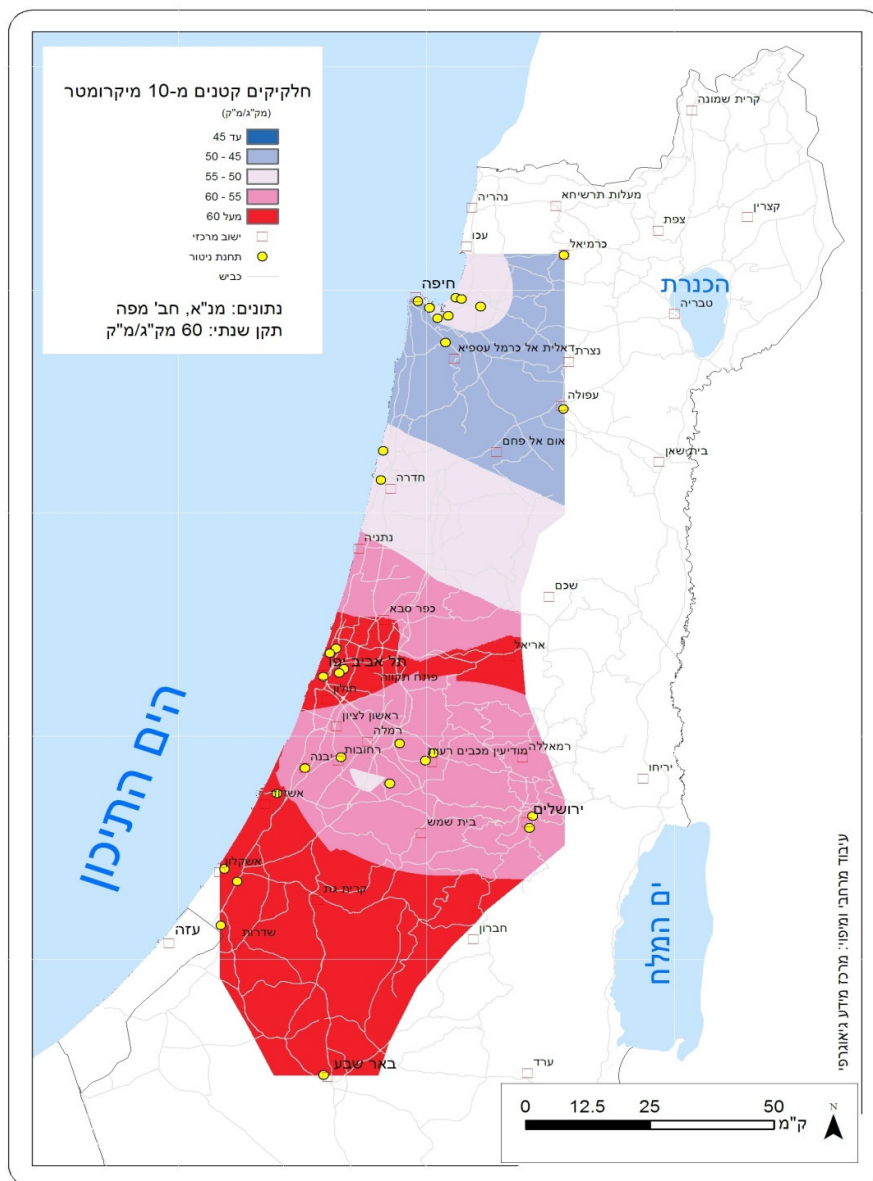
חלקיקי PM₁₀ נמדדים באופן רציף בתחנות ניטור של מני"א הפזורות ברחבי הארץ. הריכוזים היממתיים המרביים הנרשמים בתחנות הניטור לפי נתוני 2010 הם בטווח של 2026-366 מיקרוגרם למ"ק ומושפעים באופן מוחלט מימי סופות אבק. הריכוזים השנתיים שנמדדו בתחנות הניטור נעו בין 44 – 79 מק"ג/מ"ק.

מלבד סופות האבק הגורמות לריכוזי החלקיקים באוויר להיות בערכים של מאות עד אלפי מיקרוגרם למ"ק, קיים בישראל ריכוז רקע כמעט קבוע המוערך ב- 40 מיקרוגרם למ"ק בממוצע שנתי. ערך ריכוז רקע זה מהווה כ- 80% מערך היעד היממתי, וכ- 200% מערך היעד השנתי. ריכוז הרקע נקבע על בסיס המלצותיה של וועדת המומחים שכונסה ע"י המשרד להגנ"ס.

חלקיקי PM_{2.5} נמדדים באופן רציף בתחנות הניטור של מני"א. הריכוזים המרביים של PM_{2.5} לפי נתוני 2010, נעים בטווח של 100-324 מיקרוגרם למ"ק במיצוע יממתי ו- 19-29 מק"ג/מ"ק (37 מק"ג/מ"ק – ליד צירי תנועה ראשיים) במיצוע שנתי ל- PM_{2.5} ריכוז רקע קבוע במרבית חלקי ישראל המוערך ב- 20 מיקרוגרם למ"ק בממוצע שנתי. ערך ריכוז הרקע מהווה כ- 80% מערך היעד היממתי, וכ- 200% מערך היעד השנתי. ריכוז הרקע נקבע לפי מחקרו של פרופ' יגאל אראל וצוטט בסיכום וועדת המומחים של המשרד.

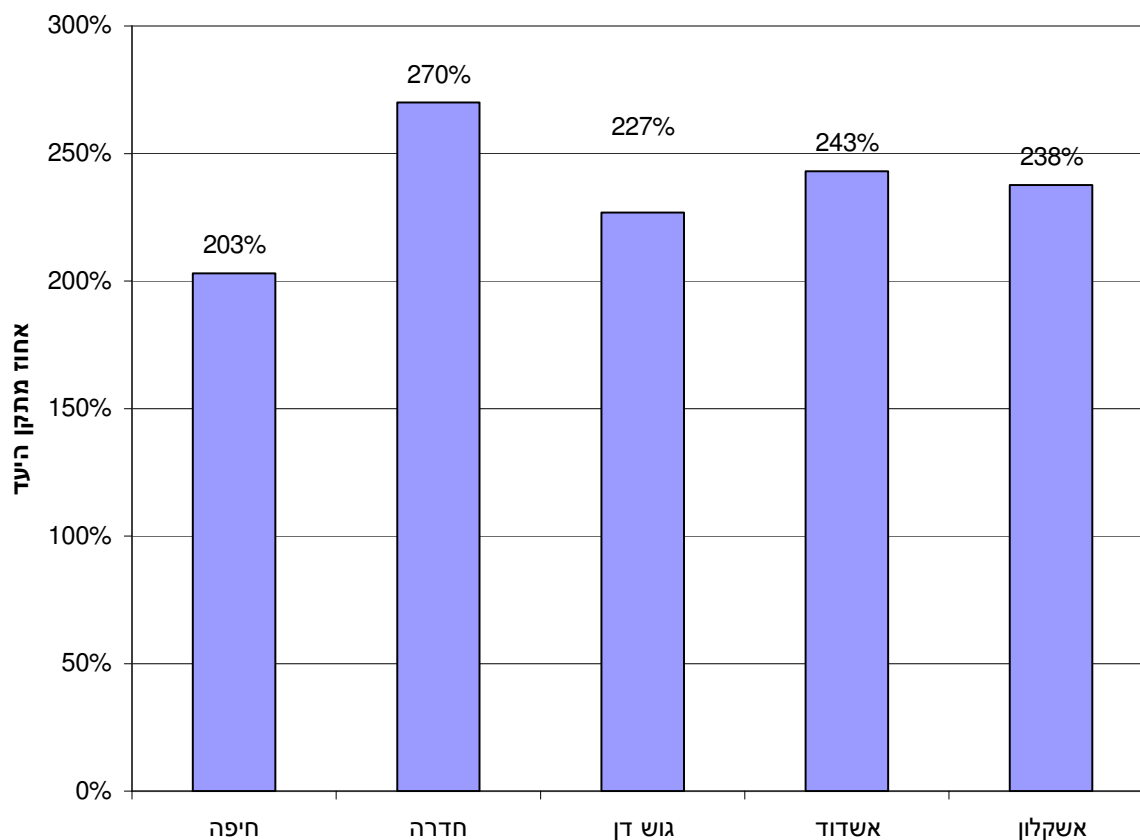
איור 6 מציג את מפת הריכוזים של הממוצע השנתי של PM₁₀.

איור 6: ממוצע שנתי של ריכוזי חלקיקים PM_{10}



המפה (איור 6) מראה שבכל חלקי הארץ ישנם ריכוזי PM_{10} גבוהים מערך היעד השנתי. באיור 7 ניתן לראות שגם לגבי חלקיקים עדינים ($PM_{2.5}$) הריכוזים הנמדדים גבוהים מאד מערך היעד בכל אזורי הארץ.

איור 7: ממוצעים שנתיים של חלקיקי $PM_{2.5}$ כאחוז מערך היעד השנתי לשנת 2010



4.5.1.3 מצב איכות אוויר שנת הבסיס ושנת היעד – תוצאות מודל

במסגרת התכנית הלאומית חושבו הריכוזים היממתיים של חלקיקים באמצעות מודל CHIMERE. מפאת משאבי זמן ונפח של מערכת המחשוב, חושבו ריכוזי החלקיקים למצבים הסינופטיים השכיחים בישראל על בסיס מיצוע יממתי. בשל העובדה כי הגורם המשפיע ביותר על ריכוזי חלקיקים הינו המצב הסינופטי המלווה בהסעה ארוכת טווח של חלקיקים, הונח, כי הריכוז היממתי המחושב לכל מצב סינופטי, על סמך אפיזודה בודדת, מאפיין ימים אחרים בהם מתקיים מצב סינופטי דומה. כמו כן, קיימת השפעה גם לתנאי הפיזור המתבטאים בעיקר בתנאים מטאורולוגיים בקנה המידה המקומי.

שכיחות האפיזודות אשר נבחנו בתכנית מוצגות בטבלה 12.

טבלה 12: שכיחות האפיזודות של חלקיקים

אפיזודה	מערכת סינופטית	שכיחות שנתית [%]
11.4.2010	שקע שרבי/שקע קר עמוק	4
18.11.2010	אפיק ים סוף (איחוד מצבים)	11
29.11.2010	רמה ממערב/מעל ישראל	13
15.12.2010	שקע מעל מזרח הים התיכון	5
20.8.2010	אפיק פרסי	67
סה"כ		100%

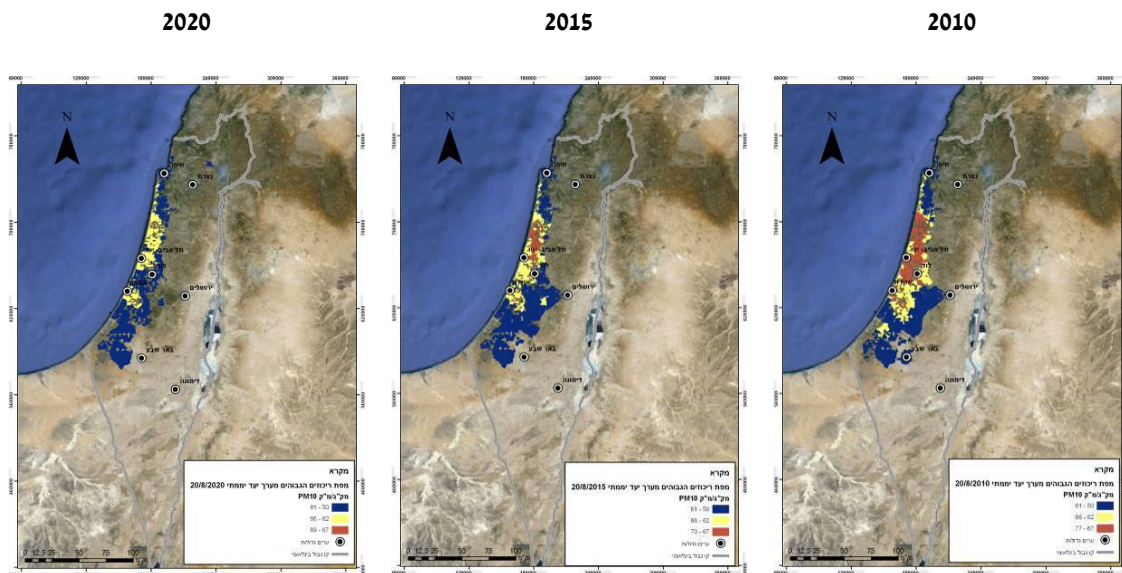
ניתוח מצב איכות אוויר בשנת הבסיס ובשנות היעד נעשה על סמך כל חמש האפיזודות. לצורך הצגת תוצאות הרצות המודל נבחרו שתי אפיזודות. האפיזודות שנבחרו לייצוג ריכוזי PM_{10} ו- $PM_{2.5}$ זהות. האפיזודות שנבחרו הן:

- 20/8 - אפיק פרסי: אפיזודה זו מציגה גודל ופיזור ריכוזים של חלקיקים באוויר במצב הסינופטי השכיח ביותר כ- 67% מהזמן בשנה.
- 11/4 - שקע שרבי/שקע קר עמוק: אפיזודה זו מציגה ימים בהם מתקבלים ריכוזים גבוהים של חלקיקים נשימים, האופייני לימים עם סופות אבק (כ- 4% מהזמן בשנה בלבד). ימים אלו הם ימים עם קיים זיהום אוויר קיצוני המאפיין מצב ייחודי לישראל מבחינת ריכוזי חלקיקים באוויר.

להלן מפות ריכוזים ומפות מדד החשיפה המרחבי:

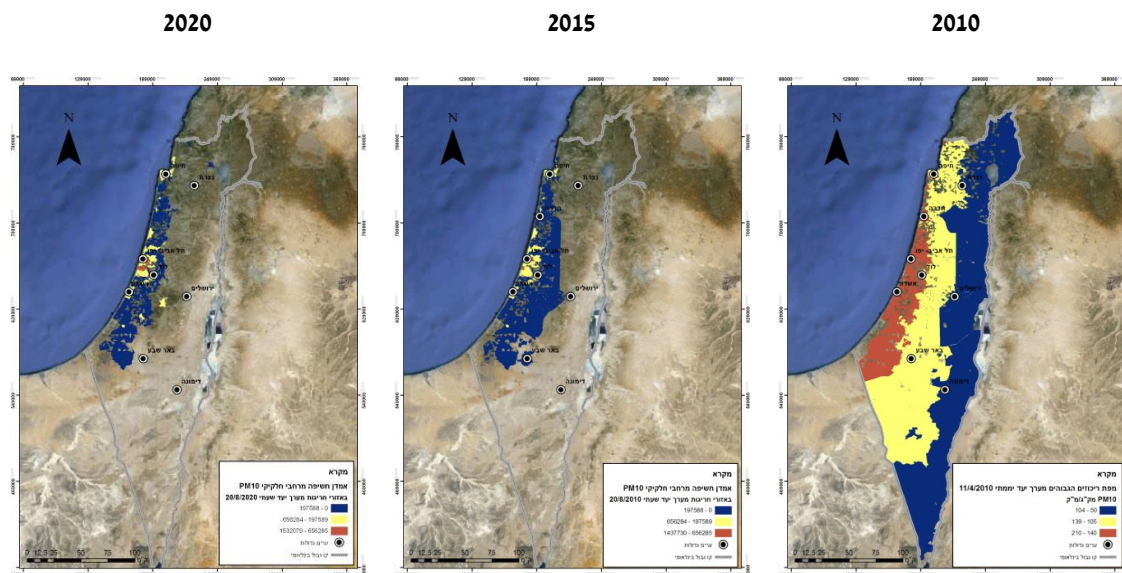
4.5.1.3.1 חלקיקים נשימים (PM_{10})

איור 8: מפות ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי עבור PM_{10} לאפיזודה של האפיק הפרסי



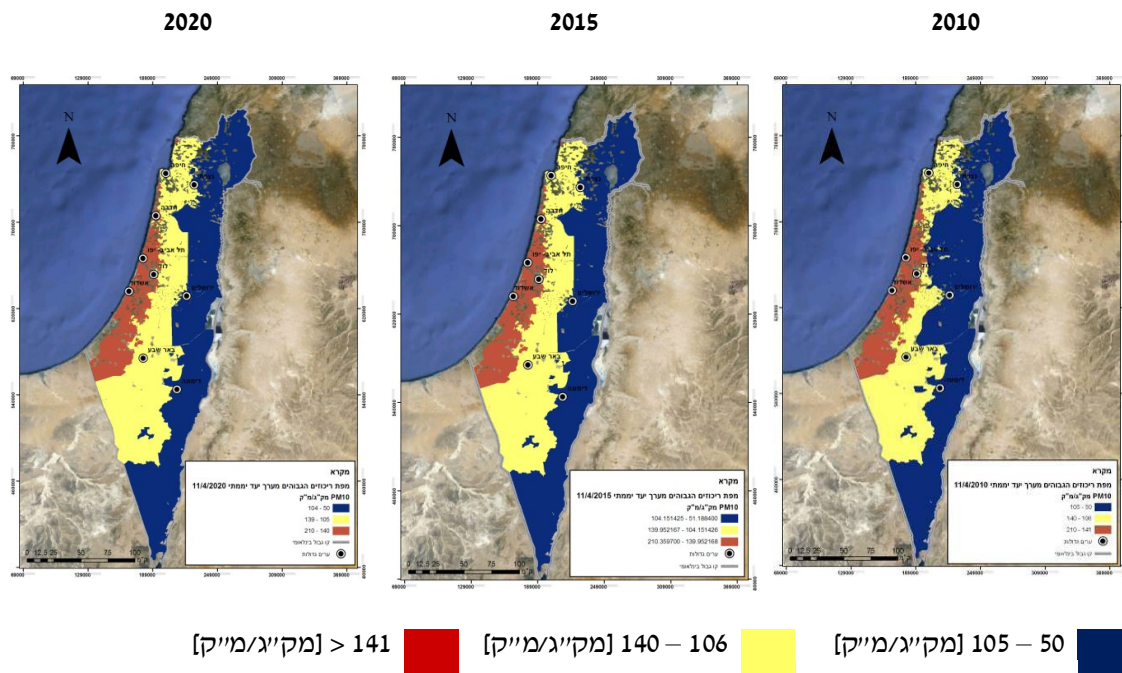
50 – 61 מק"ג/מ"ק 60 – 66 [מק"ג/מ"ק] >67 [מק"ג/מ"ק]

איור 9: אומדן חשיפה מרחבי הגבוה מערך היעד היממתי עבור PM_{10} לאפיזודה של האפיק הפרסי



מדד חשיפה גבוה 104 – 154 155 – 210 211 – 260

איור 10: מפת ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי עבור PM_{10} לאפיזודה של שקע שרבי/שקע קר עמוק

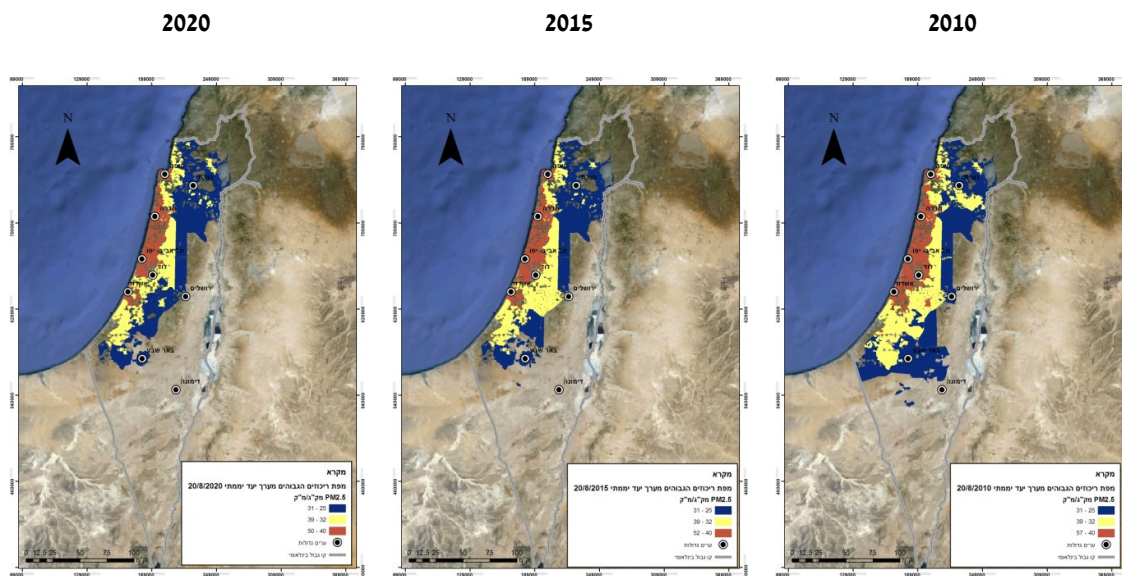


ניתוח תוצאות המודל עבור PM_{10}

- בבחינת שלוש מפות הריכוזים של PM_{10} המייצגות את האפיזודה של האפיק הפרסי, נראה כי ישנם אזורים בהם חלה ירידה בריכוזים המחושים לאורך השנים. הירידה בריכוזים המחושים באה לידי ביטוי בצמצום הפיזור המרחבי של הריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי.
- הירידה בריכוזים המחושים נובעת מהירידה הכללית בפליטות בתעשייה ובתחבורה. באזור הרי יהודה בסמיכות לבית שמש, נצפית דווקא עלייה בריכוזים המחושים לשנת 2015 וזאת בעקבות העלייה בפליטות במחצבות הסמוכות לבית שמש.
- בשנת 2020 עדיין צפויים ריכוזים הגבוהים מערך היעד באזורים נרחבים בעיקר לאורך מישור החוף. כמו כן, צפונית מזרחית לנצרת ובאזור הגבול המערבי עם לבנון חלה עליה בריכוזים הנגרמת מעלייה בפעילות המחצבות באזורים אלה.
- מפות האפיזודה המייצגת שקע שרבי/שקע קר מציגות תמונת מצב המאפיינת סופת אבק. במצב זה מקור הריכוזים הינו בעיקר טבעי ותרומת הפעילות האנתרופוגנית כמעט זניחה. הריכוזים המחושים לזמן זה גבוהים מערכי היעד בכל חלקי הארץ ומאפיינים איכות אוויר ירודה מאוד המתקיימת בעת סופת אבק. התנאים היוצרים סופת אבק במודל, שהם בעיקר תנאים פיזיים ומטאורולוגיים, נותרים קבועים בין שנת הבסיס לשנות היעד בעוד גודל הפליטה ממקורות אנתרופוגניים משתנה. מכאן, שלא נצפים הבדלים בין שלוש המפות.
- ניתוח מדד החשיפה המרחבי לשתי האפיזודות מציג את כל רצועת החוף ואזור יישובי הבשור (דרומית מערבית לחבל עזה) כאזורים בעלי אומדן חשיפה מרחבית גבוה כאשר לאזור תל אביב בו צפיפות האוכלוסייה היא הגבוהה ביותר מחושב המדד הגבוה ביותר.

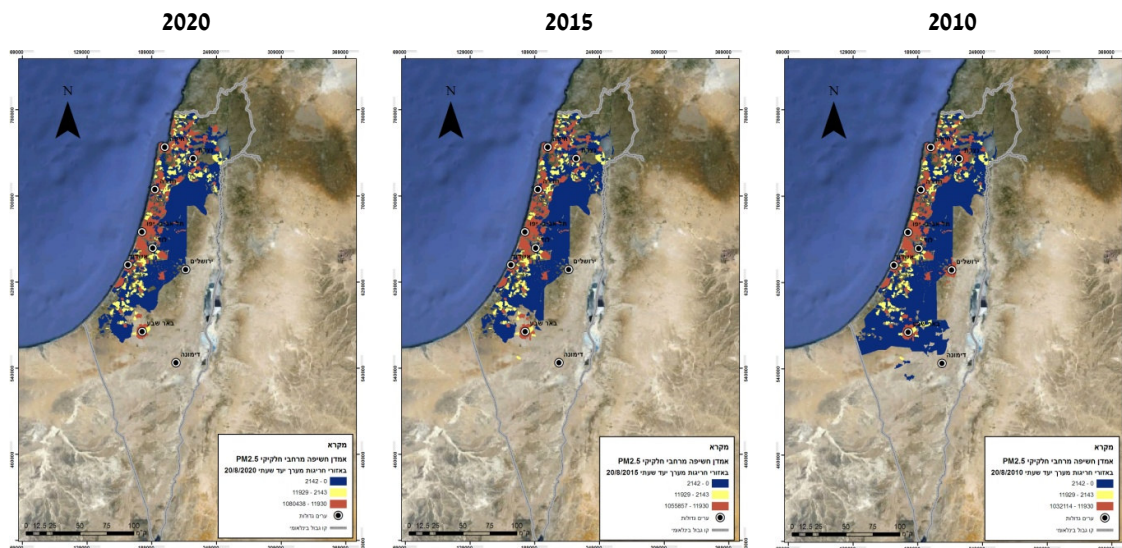
4.5.1.3.2 חלקיקים נשימים עדינים ($PM_{2.5}$)

איור 12: מפת ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי עבור $PM_{2.5}$ לאפיזודה של אפיק פרסי



31 – 25 [מק"ג/מ"ק] 39 – 32 [מק"ג/מ"ק] > 40 [מק"ג/מ"ק]

איור 13: אומדן חשיפה מרחבי הגבוה מערך היעד היממתי עבור $PM_{2.5}$ לאפיזודה של אפיק פרסי



מדד חשיפה גבוה מדד חשיפה בינוני מדד חשיפה נמוך

4.5.1.3.3 ניתוח תוצאות המודל עבור $PM_{2.5}$

בבחינת שלוש מפות הריכוזים של $PM_{2.5}$ המייצגות את האפיזודה של האפיק הפרסי, נראה כי ברוב חלקי הארץ יש ירידה בריכוזים היממתיים. באזורים מסוימים כגון צפון מערב הכינרת ובקעת בית שאן אין ירידה בריכוזים. באזורים בהם לא חזויה ירידה בריכוזים נמצא כי ישנן מחצבות פעילות אשר הונח כי היקף החציבה בהן גדל לאורך השנים. על אף שהפעילות במחצבות לא תורמת באופן המשמעותי ביותר לפליטה הארצית, בקנה מידה מקומי השפעתן על סביבתן ניכרת.

האפיזודה של השקע השרבי/שקע קר העמוק מייצגת סופת אבק. בבחינת שלוש מפות הריכוזים המייצגות אפיזודה זו, ניתן לראות חריגה בכל הארץ מערך היעד וזאת בגלל תרומתם של המקורות הטבעיים. עקב התרומה המשמעותית של האבק המדברי לא נראים שינויים בריכוזים המתקבלים בכל הארץ, למעט באזור הנמצא צפונית מערבית לכנרת אשר שם התרומה לעלייה בריכוזים נגרמת כתוצאה מעלייה בתרומת המחצבות לריכוזים ברמה המקומית.

על סמך ניתוח האירועים שלעיל, אותרו האזורים בהם מדד החשיפה המרחבי הוא הגבוה ביותר: נצרת, לאורך כל מישור החוף, ירושלים ובאר שבע. אזורים אלה הוגדרו כאזורי "hot spots".

4.5.1.4 סיכום תמונת מצב זיהום אוויר עבור חלקיקים נשימים PM_{10} ו- $PM_{2.5}$

ריכוזי רקע:

- ריכוזי החלקיקים הנשימים עולה מספר רב של פעמים מעבר לערכי היעד. עבור PM_{10} מתקבלים ריכוזים מעל ערך היעד היממתי (50 מק"ג/מ"ק) ומערך היעד השנתי (20 מק"ג/מ"ק). עבור $PM_{2.5}$ מתקבלים גם כן ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי (25 מ"ג/מ"ק) ומערך היעד השנתי (10 מ"ג/מ"ק). הריכוזים הגבוהים שמתקבלים בארץ, מושפעים בחלקם מריכוזי הרקע הגבוהים שמקורם בסופות חול ואבק. ריכוזי הרקע בישראל מוערך בכ-40 מ"ג/מ"ק ל- PM_{10} ובכ-20 מ"ג/מ"ק ל- $PM_{2.5}$. בממוצע שנתי ריכוזי הרקע של חלקיקים מהווים כ-80% מערך היעד היממתי ו-200% מערך היעד השנתי.
- ריכוזי הרקע הגבוהים מחייבים טיפול קפדני במקורות הפליטה אנתרופוגניים (מעשה ידי אדם) אשר תורמים לריכוזי חלקיקים בסביבה והשקעת מאמץ בצמצום הפליטה ממקורות אלו למינימום האפשרי.

תוצאות המודלים ותחנות הניטור:

- לפי נתוני הניטור ישנם ריכוזי חלקיקים העולים על ערכי היעד. ריכוזים הגבוהים מערך היעד השנתי נמדדים בתחנות הניטור בעיקר באזור החוף והשפלה.
- תוצאות הרצות המודלים לשנות היעד מצביעות על מגמה כללית של ירידה וצמצום בפיזור המרחבי של חלקיקים.
- באזורים מסוימים, בקרבת מחצבות פעילות מתקבלת עלייה מקומית בריכוזים בין שנת הבסיס לשנות היעד.
- הריכוזים של חלקיקים בשנות היעד צפויים להיות גבוהים מערך היעד. הריכוזים הגבוהים צפויים לשרור ברוב חלקי הארץ ובחלק ניכר מימות השנה.

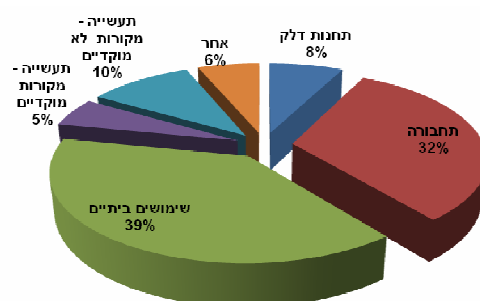
4.5.2 אוזון O_3

4.5.2.1 מקורות פליטה

אוזון הינו מזהם שניוני הנוצר בתהליך פוטוכימי באטמוספירה. המזהמים התורמים להיווצרות האוזון הם בעיקר פחמנים אורגנים נדיפים (NMVOC) ותחמוצות חנקן. מקורות הפליטה העיקריים של תחמוצות חנקן הם שריפת דלקים בתעשייה, בתהליכי ייצור חשמל ובתחבורה. המקורות העיקרי לפליטת תרכובות אורגניות נדיפות הינם: שימוש ביתי בחומרים כימיים (תרסיסים, חומרי ניקוי, צבע וכדומה) וכן שריפת בנזין בכלי-רכב, שינוע דלק, תחנות תדלוק, תעשייה פטרוכימית, ממיסים בתעשייה, מטמנות ומט"שים. יש לציין כי במדינת ישראל ריכוזי רקע גבוהים של אוזון, כאשר הריכוז במוצע שווה לכ- 50 ppb שהם כ- 100 מיקרוגרם למ"ק (שווה לערך היעד)¹⁶. באיור 16 מוצגת התפלגות מקורות הפליטה של מזהמי NMVOC התורמים להיווצרות האוזון (פליטת תחמוצות חנקן בישראל כפי שהוערכה מכלל המקורות לשנת 2009 מוצגת בסעיף 4.5.4).

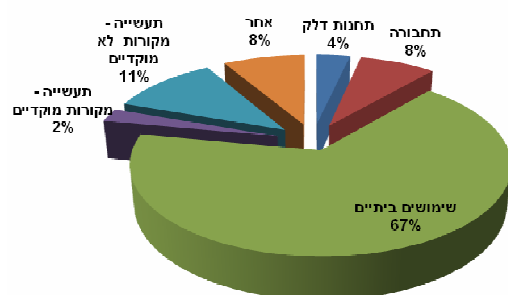
איור 16: התפלגות פחמימנים אורגנים נדיפים NMVOC לפי שנים [ק"ג/שעה]

מצב קיים



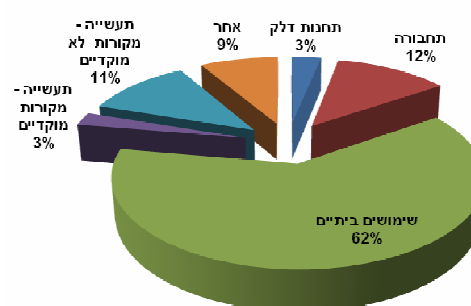
סה"כ 7,724 ק"ג/שעה

2020



סה"כ 5,391 ק"ג/שעה

2015



סה"כ 5,270 ק"ג/שעה

*אחר (מט"ש"ים, מכבסות ניקוי יבש, בתי דפוס, יערות, מטמנות)

¹⁶Asaf, D., Pedersen, D., Peleg, M., Matveev, V. and M. Luria (2008) Evaluation of background level of air pollutants over Israel. Atmospheric Environment 42, 8453-8463

מאיו 16 ניתן לראות כי מקור הפליטה העיקרי של NMVOC בשנת 2010 הוא שימושים ביתיים בחומרים המכילים NMVOC. חומרים אלו הם בעיקר מוצרי הדברה ומוצרי טיפוח. פליטת NMVOC משימוש במוצרים אלה תלויה באופן ישיר בגודל האוכלוסייה ולכן מקור זה נותר משמעותי בתרומתו לפליטה הכוללת גם בשנים 2015 ו- 2020. כמו כן, מאחר והפליטה בשאר הסקטורים פוחתת, עולה תרומתו היחסית של מגזר זה לפליטה השעתית הכוללת¹⁷. נסועת כלי-רכב הינה גורם משמעותי לפליטה השעתית ותרומתו היחסית של מגזר התחבורה פוחתת מ- 32% בשנת 2010 לכ- 8% בלבד בשנת 2020. הירידה בפליטה השעתית מנסועת כלי-רכב נובעת בעיקר מהצטברות גיל צי כלי הרכב בישראל ושיפור הטכנולוגיות בכלי הרכב החדשים. מקור פליטה נוסף שתורמתו פוחתת באופן משמעותי הינו תחנות הדלק. בשנת 2010 תרם תהליך אידוי ה- NMVOC מפעילות בתחנות הדלק כ- 8% מסך הפליטה השעתית בעוד בשנת 2020 ירדה תרומה זו לכ- 4% בלבד. ההפחתה בפליטה נובעת מיישום STAGE 2 בתחנות הדלק- מישוב אדים מתהליך התדלוק ומניעת פליטתם לאוויר.

פליטת תחמוצות חנקן, מזהם מבשר אוויר, בישראל כפי שהוערכה מכלל המקורות לשנת 2009 מוצגת בסעיף 4.5.4. כחלק מצגת תמונת המצב ל- NO_2 .

4.5.2.2 מצב איכות אוויר שנת בסיס- נתוני ניטור

לאוורן ערך יעד אחד כפי שנקבע בתקנות:

100 מיקרוגרם למ"ק במיצוע שמונה-שעתי

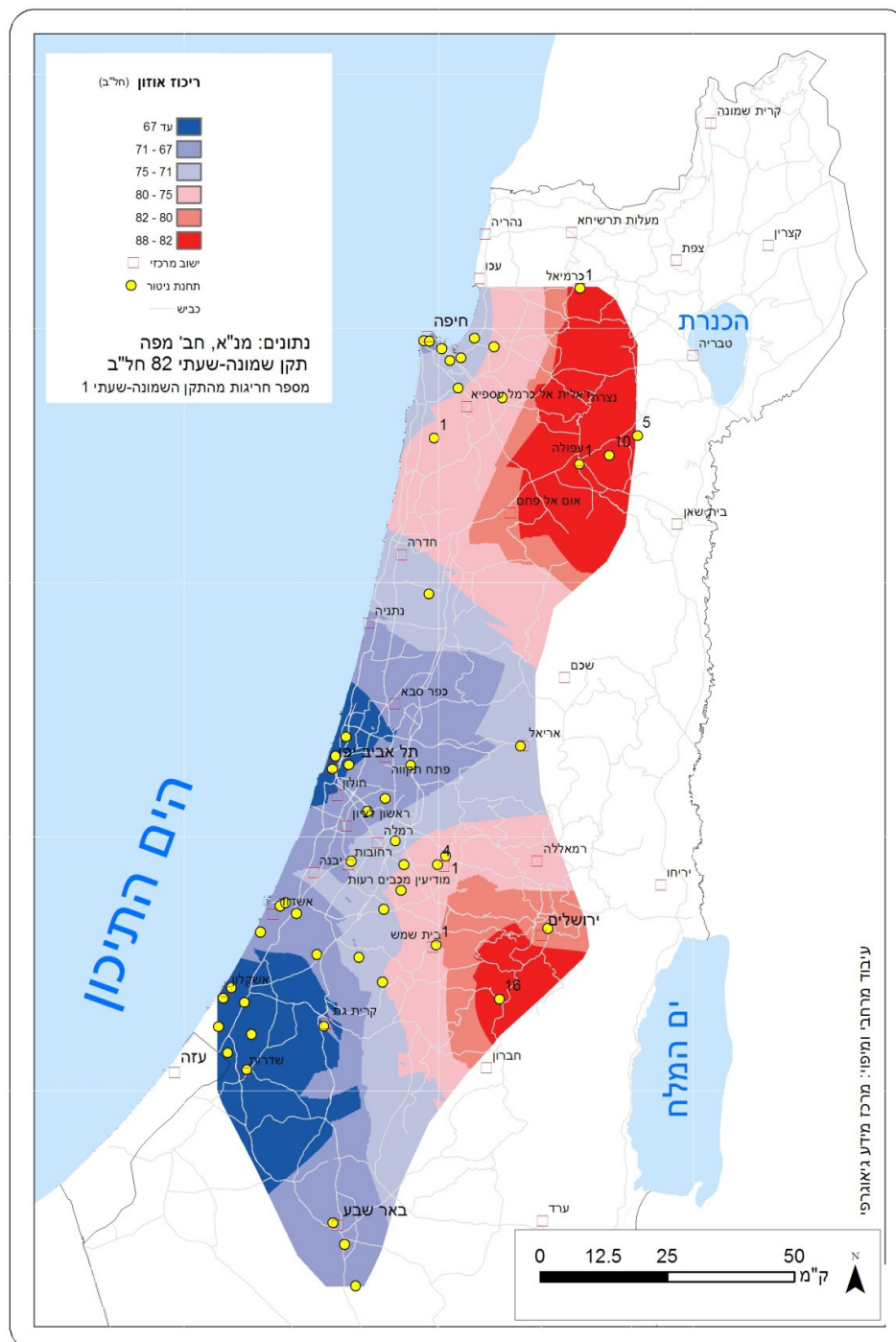
אוויר נמדד במספר תחנות ניטור ברחבי הארץ. ערך היעד השמונה-שעתי הינו 100 מיקרוגרם למ"ק. המפה המוצגת באיור 17 מציגה את הריכוזים השמונה-שעתיים המרביים שנמדדו בתחנות הניטור של מנ"א הפזורות ברחבי הארץ משנת 2010¹⁸. הריכוזים המרביים מבוססים בחל"ב (חלקיקים לביליון). התקן השמונה-שעתי המוצג ע"ג המפה הינו תקן הסביבה השווה ל- 82 חל"ב (כ- 160 מיקרוגרם למ"ק). לפי המפה נראה כי חריגות מערכי הסביבה מתקבלות בפנים הארץ. הריכוז הגבוה ביותר שנמדד (בגוש עציון) היה 101 חל"ב השווה לכ- 200 מיקרוגרם למ"ק, פי שתיים מערך היעד – ופי 1.23 מערך הסביבה. הריכוז הנמוך ביותר שנמדד שווה ל- 55 חל"ב המהווים כ- 110 מיקרוגרם למ"ק, גבוה בכ- 10% מערך היעד¹⁹.

¹⁷ יש לציין, ששיעור הפליטה הגבוה מהשימושים הביתיים מבוסס על מקדמי פליטה של ה- USEPA, המתאימים לאורח החיים בארה"ב. בכוונת המשרד לבחון את הנתונים הללו עבור מאפייני ישראל במסגרת ההמלצות של התכנית הלאומית.

¹⁸ מרכז ניטור איכות אוויר, אגף איכות אוויר, המשרד להגנת הסביבה (2011) ניטור איכות אוויר בישראל – לקוח מתוך דוח שנתי 2010 שעתיד לצאת במהלך שנת 2011.

¹⁹ באיור 17 מוצגת מפה לאחר אינטרפולצית Krigging והחלקה ועל כן יש שוני מסויים בין הנתונים המופיעים המפה לבין התוצאות שנמדדו..

איור 17 : מפת הריכוזים השמונה-שעתיים המרביים של אוזון



4.5.2.3 מצב איכות אוויר שנת בסיס ושנות היעד – תוצאות מודל

ריכוזים של אוזון לשנות היעד חושבו באמצעות המודל הפוטוכימי הנומרי CHIMERE. מודל זה דורש משאבי זמן ונפח מחשב גדולים. בשל מגבלה זו, הוחלט לאפיין את המהלך השנתי של ריכוזי אוזון (שמונה-שעתיים) באמצעות מצבים סינופטיים אופייניים לריכוזים הללו לתקופה שבין השנים 2008 – 2010 בישראל. המודל מחשב ריכוזים שעתיים במהלך יממה אחת ומתוצאות אלה מחושב הריכוז השמונה-שעתי המרבי לאותה יממה. אחד הגורמים המשפיעים ביותר על השתנות ריכוזי האוזון הינו התנאים המטאורולוגיים²⁰, לפיכך, הונח כי הריכוז השמונה-שעתי המרבי המחושב לכל מצב סינופטי מאפיין ימים אחרים בהם מתקיים מצב סינופטי דומה. בטבלה 13 מופיעות אפיזודות נבחרות בהתאם למצב הסינופטי ושכיחותן בשנה. לפי ניתוח נתוני הניטור והתנאים המטאורולוגיים הכוללים אפיון מצבים סינופטיים, מתקבל כי בכ- 42% מהימים בשנה נרשמים ריכוזים העולים על ערך היעד (השווה ל- 100 מק"ג/מ"ק). ביתר הימים בשנה (58%) נמדד ריכוז הנמוך מערך היעד (השווה ל- 100 מיקרוגרם למ"ק), האופייני לעונה הקרה (חודשים דצמבר - פברואר וגם במרץ, אוקטובר - נובמבר) ויכול להתקבל כמעט בכל מצב סינופטי. המועד שנבחר לאפיון הריכוזים הנמוכים הוא ה- 1.1.11. בטבלה שלהן מוצגות שש האפיזודות:

טבלה 13: אפיזודות נבחרות²¹

אפיזודה	מצב סינופטי/תנאים מטאורולוגיים	שכיחות בשנה [%]
27.4	אפיק ים סוף (איחוד מצבים)	5
20.8	אפיק פרסי	25
26.7	רמה מעל מזרח הים התיכון	10
1.6	שקע שרבי	0.5
18.6	לחץ נמוך מעל מזרח הים התיכון	1.5
1.1	עונה קרה	58
סה"כ		100

ניתוח מצב איכות אוויר בשנת הבסיס ובשנות היעד נעשה על סמך כל שש האפיזודות. לצורך הצגת תוצאות הרצות המודל נבחרו שתי אפיזודות. האפיזודות שנבחרו הן:

- **20/8 – אפיק פרסי:** מהלך חודשי הקיץ נמדדים ריכוזי אוזון הגבוהים ביותר. תוצאות המודל לזמן זה מאפיינות מצב סינופטי המופיע 25% מהזמן בשנה.
- **27/4 – אפיק ים סוף:** אפיזודה זו מייצגת מצב סינופטי המופיע בערך 5% מהזמן בשנה. אפיזודה זו נבחרה להצגה משום שנצפו בה ריכוזים גבוהים של אוזון בפיזור מרחבי מצומצם יחסית לשאר האפיזודות.

²⁰Effects of various meteorological conditions and spatial emission resolutions on the ozone concentration & ROG/NOx limitation in the Milan area, N. Bartsch-Ritter et. Al., 2003

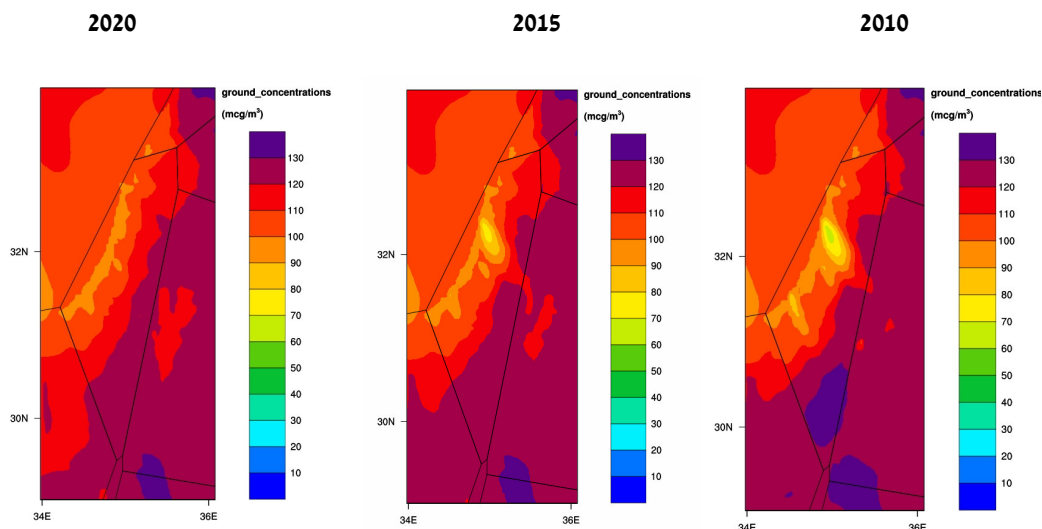
²¹תיאור אופן בחירת המצבים הסינופטיים ושכיחותם מתואר בפרוטרוט בחלק ג' פרק 3

חשוב לציין, שבכל חמש האפיזודות מלבד זו של תאריך 1/1 המייצגת 58% מהזמן בשנה, חושבו ריכוזים גבוהים מערך היעד. לאפיזודה מחודש ינואר לא חושבו ריכוזים הגבוהים מערך היעד כלל. הריכוז המרבי לאפיזודה זו חושב כ- 94 מיקרוגרם למ"ק.

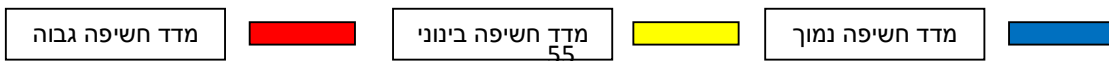
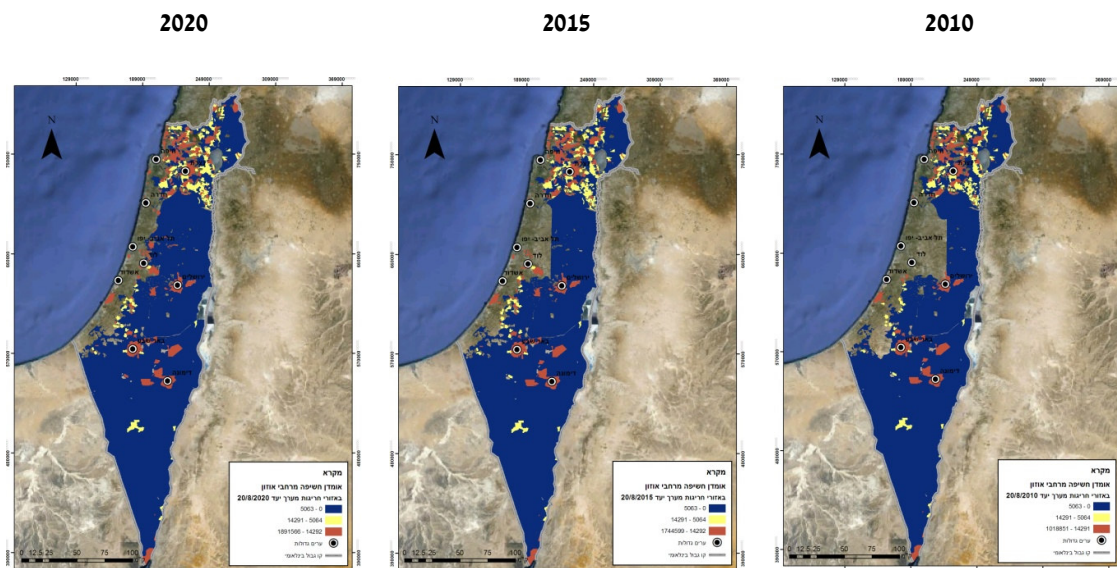
מפות האוזון המוצגות להלן הן המפות המתקבלות ישירות ממודל ה Chimere ומפות ריכוזים כפי שתוארו בסעיף 4.5 לעיל.

להלן מפות ריכוזים ומפות אומדן חשיפה מרחבי:

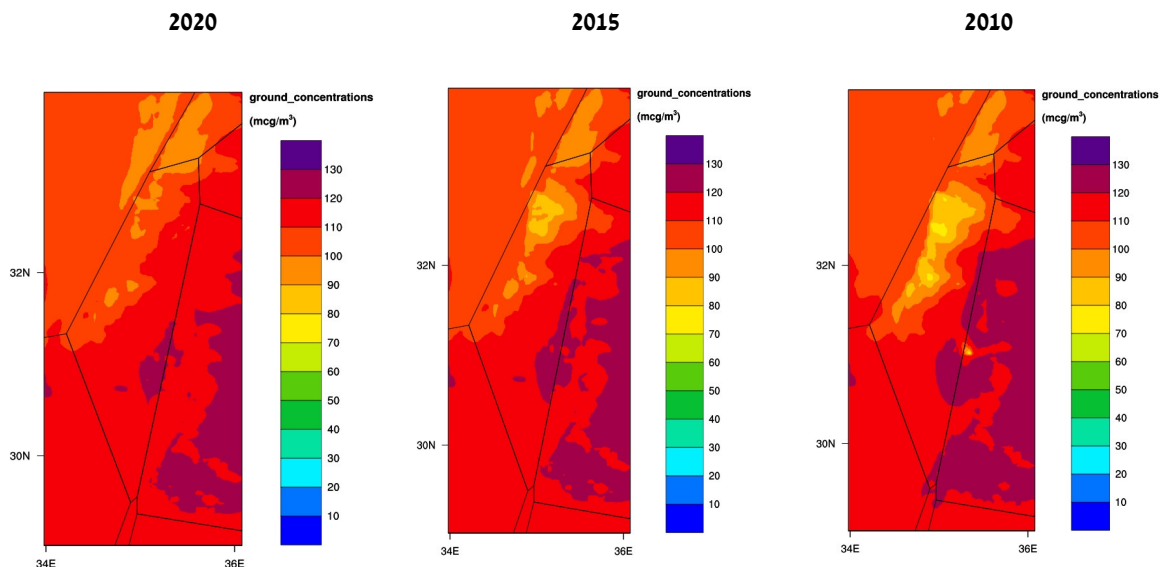
איור 18: ריכוזי אוזון מחושבים במיצוע שמונה-שעתי לאפיזודה של אפיק פרסי



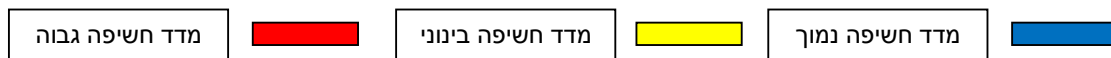
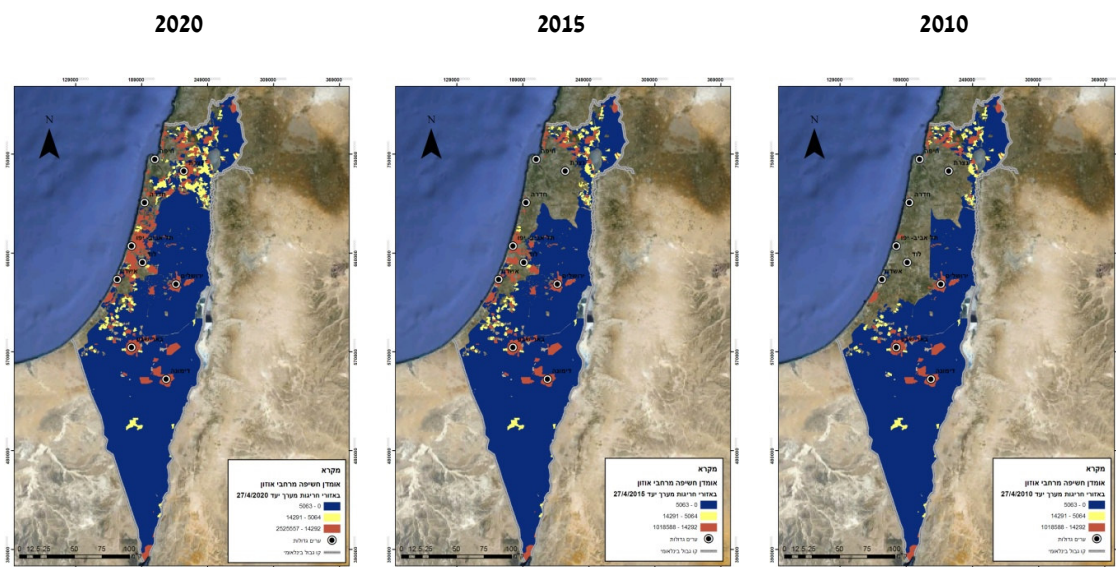
איור 19: אומדן חשיפה מרחבי מעל ערך היעד במיצוע שמונה-שעתי לאפיזודה של אפיק פרסי



איור 20: ריכוזי אוזון מחושבים במיצוע שמונה-שעתי לאפיזודה של אפיק ים סוף



איור 21: אומדן חשיפה מרחבי מעל ערך היעד עבור ממוצע שמונה-שעתי לאפיזודה של אפיק ים סוף



4.5.2.4 סיכום תמונת המצב עבור אוזון

- בחינת תוצאות הרצות המודל לעומת נתוני הניטור מעלה כי המודל מחשב את הריכוזים בהערכת חסר.
- למרות הערכת החסר הריכוזים המחושבים לשנות היעד צפויים להיות גבוהים מערך היעד באזורים נרחבים בישראל.
- תנאים מטאורולוגיים- עוצמת קרינה ובעיקר כיוון ומהירות רוח משפיעים באופן ניכר על הפיזור המרחבי המשמעותי של האוזון.
- מעיון בתוצאות המצב הקיים, ניכר כי הריכוזים הגבוהים ביותר נמדדים במורד הרוח ממקורות הפליטה העיקריים של תחמוצות החנקן והפחמנים. לכן, ניתן למצוא חריגות מערכי היעד באזור גב ההר והדרום.
- מעיון בתוצאות הרצת המודל לשנות היעד, ניכר כי באזורים בהם היו חריגות, חזויה ירידה בריכוזים, אבל עדיין נרשמות חריגות מערכי היעד. לאור זאת, יש לשים דגש על אמצעי מדיניות להפחתת פליטה נוספת של מבשרי האוזון.
- לאור מורכבות התהליכים של יצירת האוזון באטמוספירה, עולה הצורך בהרחבת המידע בו נעשה שימוש להרצת מודל CHIMERE לחישוב ריכוזי אוזון. מצאי הפליטות בו נעשה שימוש אינו מבחין בשלב זה, בין הסוגים השונים של ה NMVOC. יש לפתח מצאי NMVOC התואם את מטרת חישוב ריכוזי האוזון.
- מפות מדד החשיפה המרחבי מציגות את מרבית שטחי מדינת ישראל כאזורים בעלי מדד גבוה. כלומר כמעט בכל שטחי ישראל שוררים, בזמנים מסוימים לאורך השנה, ריכוזים גבוהים מערך היעד. מדד החשיפה הגבוה חושב בעיקר לאזורים בהם צפיפות האוכלוסייה היא הגבוהה ביותר.
- ריכוזי הרקע של אוזון בישראל מוערכים בכ- 100 מק"ג/מ"ק השווים לערך היעד.

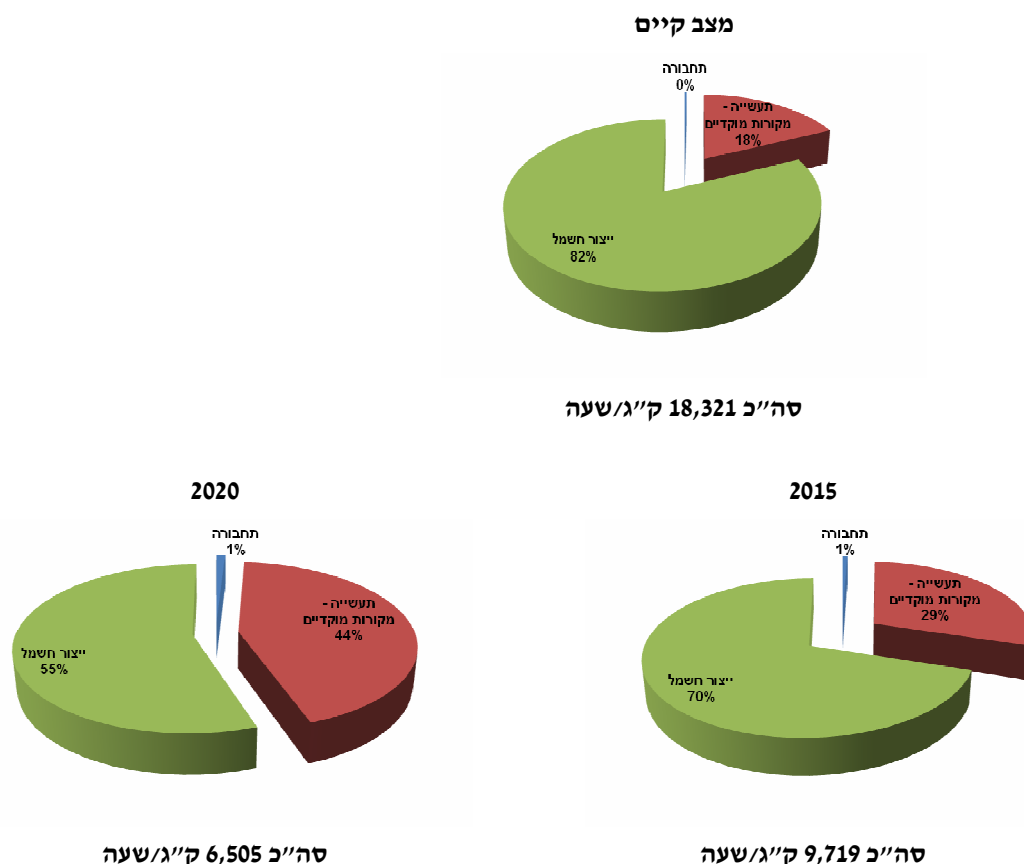
4.5.3 גפרית דו חמצנית SO₂

4.5.3.1 מקורות פליטה

גפרית דו-חמצנית, נפלטת לאוויר כתוצאה משריפת דלקים המכילים גפרית. מקורות הפליטה העיקריים לפליטת גפרית דו-חמצנית בישראל הם ייצור חשמל ושריפת דלקים בתעשייה. התפלגות פליטת תחמוצות גפרית בישראל במצב קיים²² ועל פי תחזית עסקים כרגיל מוצגת להלן באיור 22.

האיור לעיל מראה כי ייצור חשמל הינו התורם העיקרי לפליטת תחמוצות גפרית בישראל. לפי מצאי הפליטות התרומה של תחנות כוח פחמיות היא העיקרית בייצור החשמל בשנת הבסיס וכצפי לשנות היעד. תרומתו של סקטור זה מסתכמת בכ-82% ו-55% מהפליטה השעתית הכוללת של תחמוצות גפרית במצב קיים ובשנת 2020, בהתאמה. תרומתו של סקטור התעשייה מוערכת בכ-18% ו-44% לפליטה השעתית במצב קיים ובשנת 2020, בהתאמה. ראוי לציין כי שיעור תרומת הסקטור התעשייתי לפליטות תחמוצות גפרית מכלל כמות הפליטה עולה לאורך התקופה, מאחר והפליטה הכוללת פוחתת, בעיקר עקב הפחתת הפליטות בתחנות הכוח הפחמיות.

איור 22: התפלגות פליטות גפרית דו-חמצנית לפי שנים [ק"ג/שעה]



²²מצאי פליטות לאוויר, המשרד להגנת הסביבה, עדכון 2010

4.5.3.2 מצב איכות אוויר שנת הבסיס – נתוני ניטור

לגפרית דו-חמצנית שלושה ערכי יעד, כפי שנקבע בתקנות:

500 מיקרוגרם למ"ק כערך במיצוע של 10 דקות

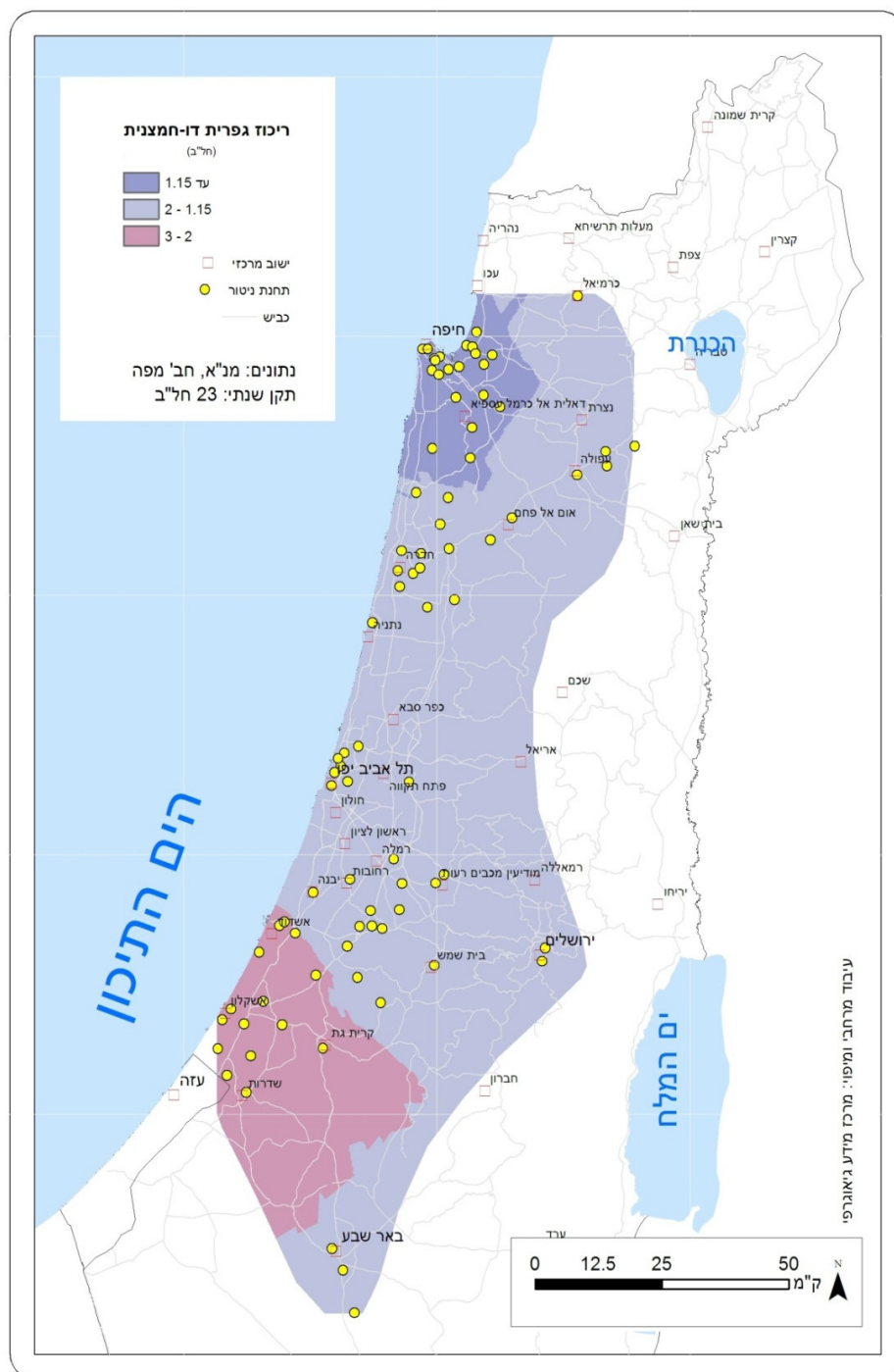
20 מיקרוגרם למ"ק כערך יומתי

20 מיקרוגרם למ"ק כערך שנתי עבור מערכת אקולוגית

גפרית דו-חמצנית נמדדת ברוב תחנות הניטור בארץ. מנתוני הניטור לשנת 2010 עולה כי הריכוזים קצרי הטווח (חצי שעתי ויומתי) המרביים של המזהם נמדדים באזור חיפה (נווה שאנן וכרמל מרכזי), אזור חדרה (בית אליעזר, פרדס חנה, גבעת עדה וגן שמואל), אזור אשדוד (אזור התעשייה וניר גלים) ואזור אשקלון (כרמיה וארז). הריכוזים היממתיים שנמדדו נעו בין 5 - 93 מיקרוגרם למ"ק. בכמחצית מתחנות הניטור המודדות SO_2 נמדד ריכוז מרבי הגבוה מערך היעד היממתי. עם זאת באף תחנה לא נמדד ריכוז הגבוה מערך הסביבה היממתי השווה ל- 125 מיקרוגרם למ"ק.

הריכוזים השנתיים שנמדדו בכל חלקי הארץ בשנת 2010, היו נמוכים מאוד והערך הגובה ביותר היה 4 חל"ב, או כ- 10 מיקרוגרם למ"ק.

איור 23 : ממוצע שנתי (2010) של ריכוזי גפרית דו-חמצנית



בהתאם לאמור לעיל, ריכוזי SO_2 חורגים מערך היעד היממתי ברוב חלקי הארץ ובעיקר באזורים הנמצאים בקרבת מוקדי תעשייה.

4.5.3.3 מצב איכות אוויר עבור שנת הבסיס ושנות היעד – נתוני מודלים

הריכוזים של גפרית דו-חמצנית חושבו באמצעות מודל AERMOD. מודל ה-AERMOD הורץ לארבעה אזורים בישראל, להלן שריגים, אשר נקבעו כאזורים בעלי הפוטנציאל הגבוה ביותר לריכוזים גבוהים. הפוטנציאל לריכוזים גבוהים נקבע על סמך נוכחות מקורות פליטה גדולים באזור אשר תורמים באופן המשמעותי ביותר לפליטה השעתית הכוללת. השריגים ומקורות הפליטה העיקריים בתחומם הם:

1. **חיפה** – בחיפה מספר רב של מפעלים ומקורות פליטה תעשייתיים ואחרים השורפים דלקים בעלי תכולת גפרית משתנה וכן קיים באזור זה בית הזיקוק ממנו נפלטות תחמוצות גפרית בתהליכי ייצור ופיצוח. כמו כן במפרץ חיפה ממוקמת תחנת כוח של חח"י.

2. **חדרה** – מקור הפליטה העיקרי באזור זה הינו תחנת הכוח אורות רבין המייצרת חשמל באמצעות שריפת פחם. בנוסף קיימים באזור זה מספר מפעלים בעלי דודי קיטור בהספקים שונים השורפים דלקים כגון מזוט וסולר לייצור אנרגיה. כאמור שריפת דלקים הינה התורמת המשמעותי ביותר לפליטת SO_2 .

3. **אשדוד** – באזור אשדוד ממוקמת תחנת הכוח אשכול של חברת חשמל וכן מספר רב של מפעלים השורפים דלקים בעלי תכולה משתנה של גפרית.

4. **אשקלון** – באשקלון ממוקמת תחנת כוח רוטנברג. תחנת הכוח שורפת פחם לייצור חשמל. כמו כן באשקלון אזור תעשייה בו ממוקמים מספר מפעלים התורמים לריכוזי SO_2 בסביבה.

בניתוח הריכוזים המחושבים נבחרו הריכוזים השניים הגבוהים ביותר (2^{nd}). השימוש במודל AERMOD מאפשר את זיהוי הריכוזים השניים הגבוהים ביותר. בחירת הריכוזים השניים הגבוהים נועדה לנטרל את הריכוזים המחושבים כריכוזים הגבוהים ביותר אשר לעיתים קרובות מתרחשים בשכיחות נמוכה מאוד ויכולים לנבוע ממצב מטאורולוגי יוצא דופן. הריכוז השני גבוה ביותר הוא הריכוז המומלץ לשימוש בניתוח תוצאות מודל ה-AERMOD ע"י ה-USEPA.

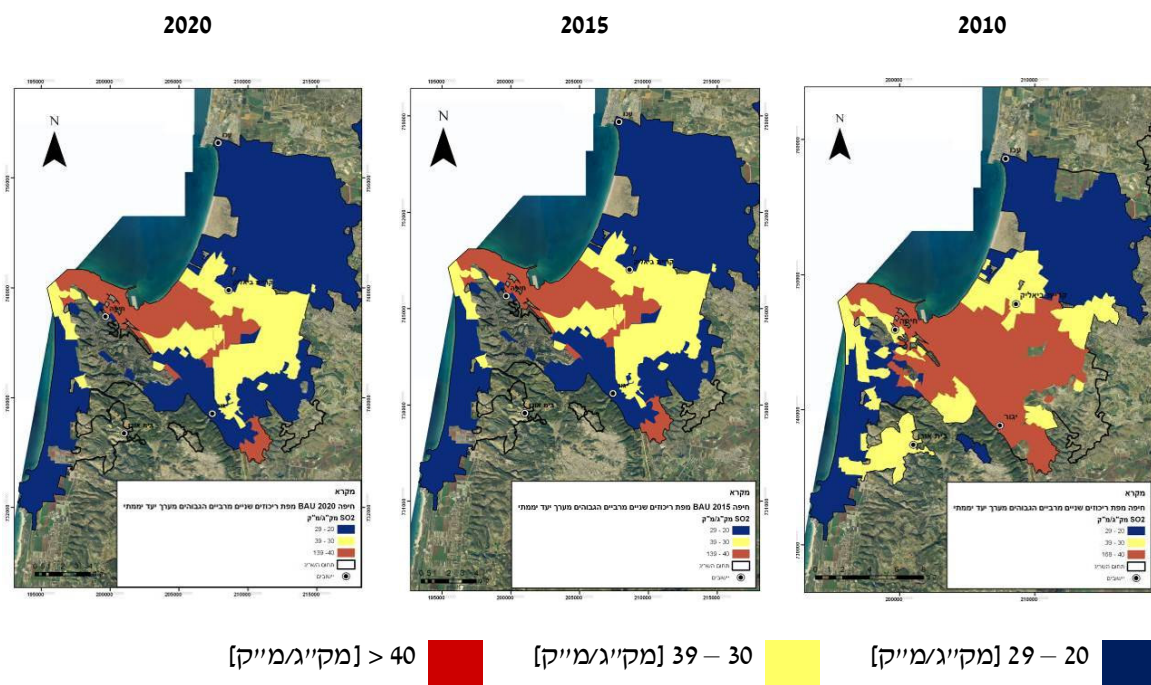
להלן ניתוח מצב איכות אוויר מבחינת SO_2 לארבעת השריגים:

4.5.3.4 SO_2 עבור שריג חיפה

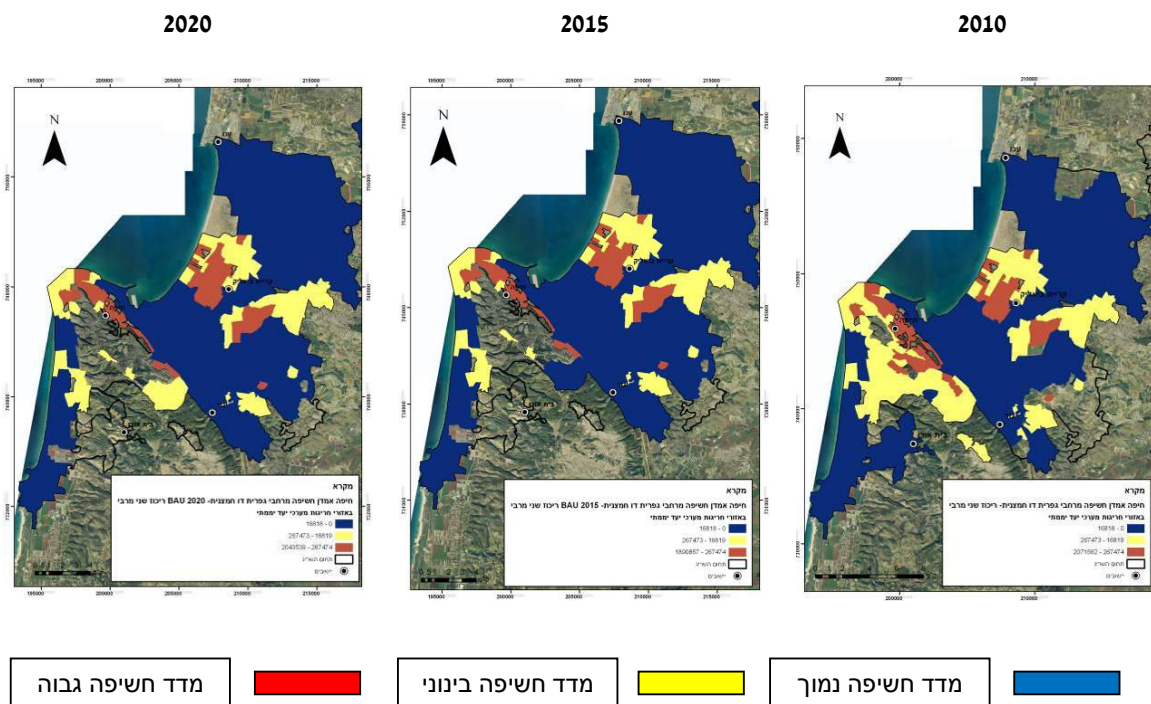
4.5.3.4.1 ערכי יעד יומתיים

בבחינת שלוש מפות הריכוזים שבאיור 24, ניתן לראות כי בהשוואה בין המפות של 2015 שנת לבין שנת 2010, קיים שינוי קל בפיזור המרחבי של המזהם, אולם השינוי שחל בריכוזים המתקבלים הינו משמעותי כאשר רואים שיפור באזור מתחם המפעלים הפטרוכימיים הנגרם כתוצאה מהחלת תקני הבועה ע"פ הצו האיש. בנוסף, ניתן לראות כי באזור הכרמל חל שיפור ניכר בריכוזים הנובעת משילוב של השיפור בפליטה מחברת החשמל ומהמפעלים הפטרוכימיים. הגורם להפחתת הפליטות מתחנת הכוח של חברת החשמל נובע מהמעבר לשימוש בגז טבעי במקום במזוט. כאשר משווים את המפות של שנת 2020 למפות של שנת 2015, ניתן לראות כי לא חל שינוי הן מבחינת פיזור המזהמים והן מבחינת הריכוזים וזאת משום שלא צפויה הפחתה נוספת בין שתי התקופות.

איור 24: מפת ריכוזים שניים (2^{nd}) מרביים החורגים מערך היממתי בשריג חיפה



איור 25: מפת אומדן חשיפה מרחבי היממתי²³ בשריג חיפה

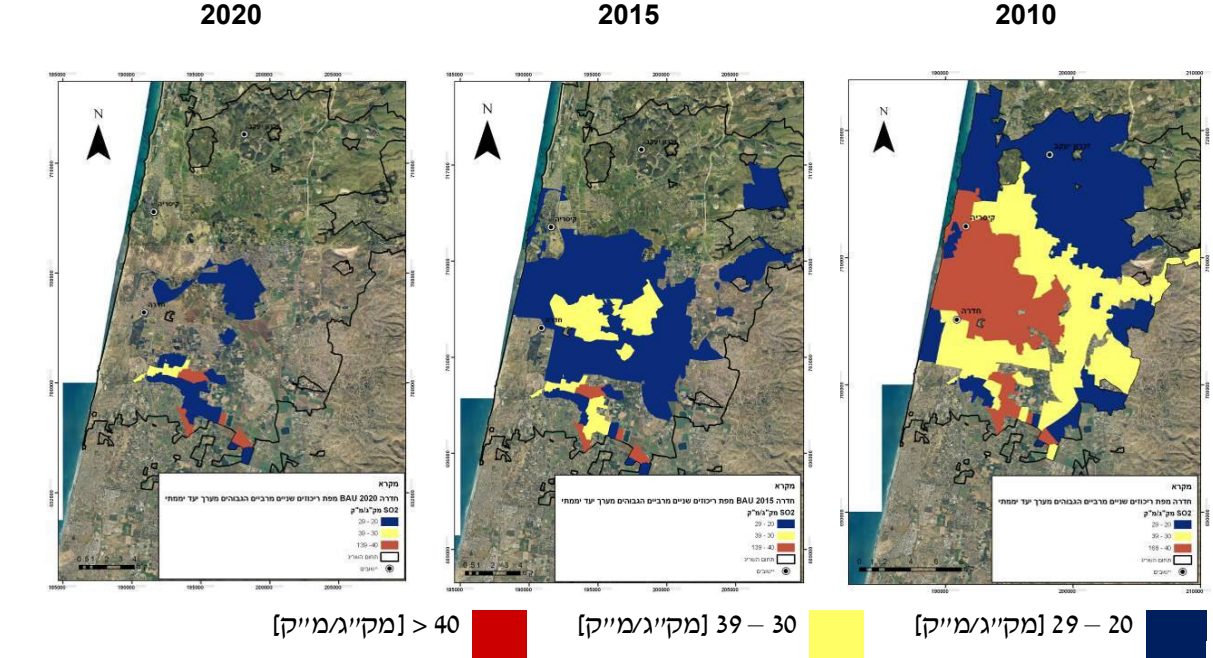


4.5.3.5 SO₂ עבור שריג חדרה

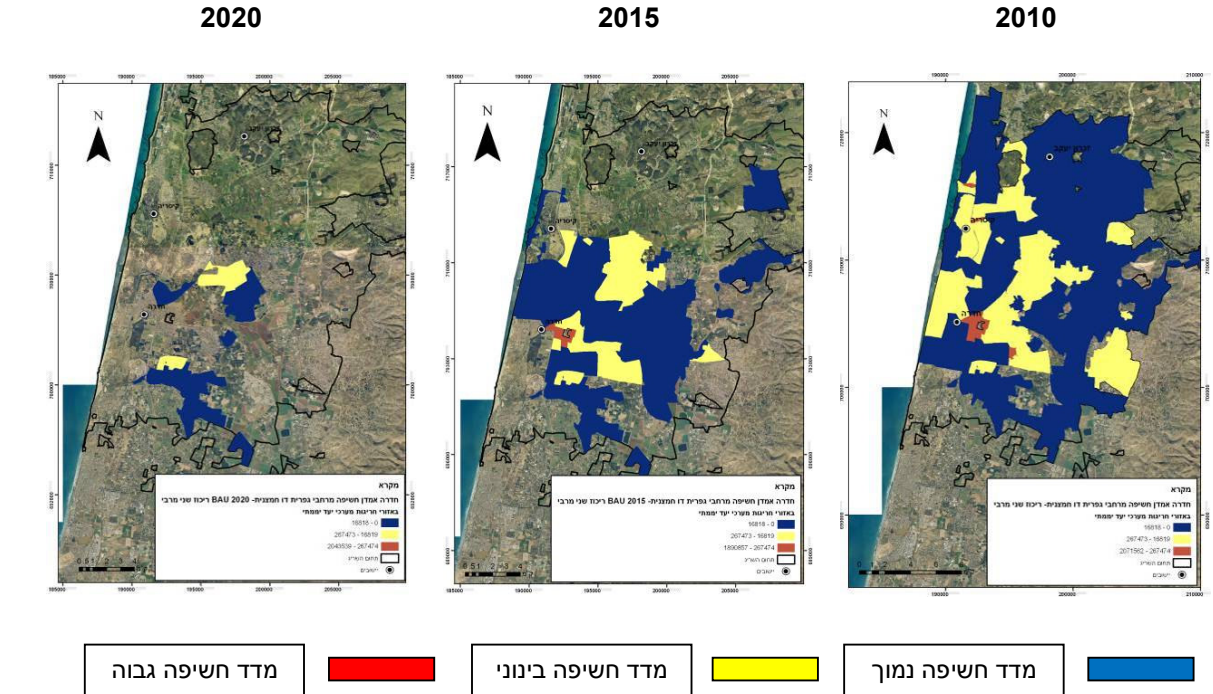
4.5.3.5.1 ערכי יעד יממתיים

בבחינת שלוש מפות הריכוזים שבאיור 26, ניתן לראות כי בהשוואה בין המפות של 2015 ל- 2010, קיים שינוי ניכר בפיוור המזהמים במרחב, כמו כן ישנה ירידה משמעותית בריכוזים המתקבלים מעל ערך היעד. ההפחתה בפליטות (שמובילה להפחתה בריכוזים) נגרמת כתוצאה מהחלה חלקית של הצו האישי על יחידות הייצור של תחנת הכוח אורות רבין בחדרה. כאשר משווים את המפות של שנת 2020 למפות של שנת 2015, ניתן לראות כי חל צמצום נוסף בפיוור המזהמים וירידה נוספת בריכוזים וזאת בשל החלת הצו האישי על כלל יחידות הייצור.

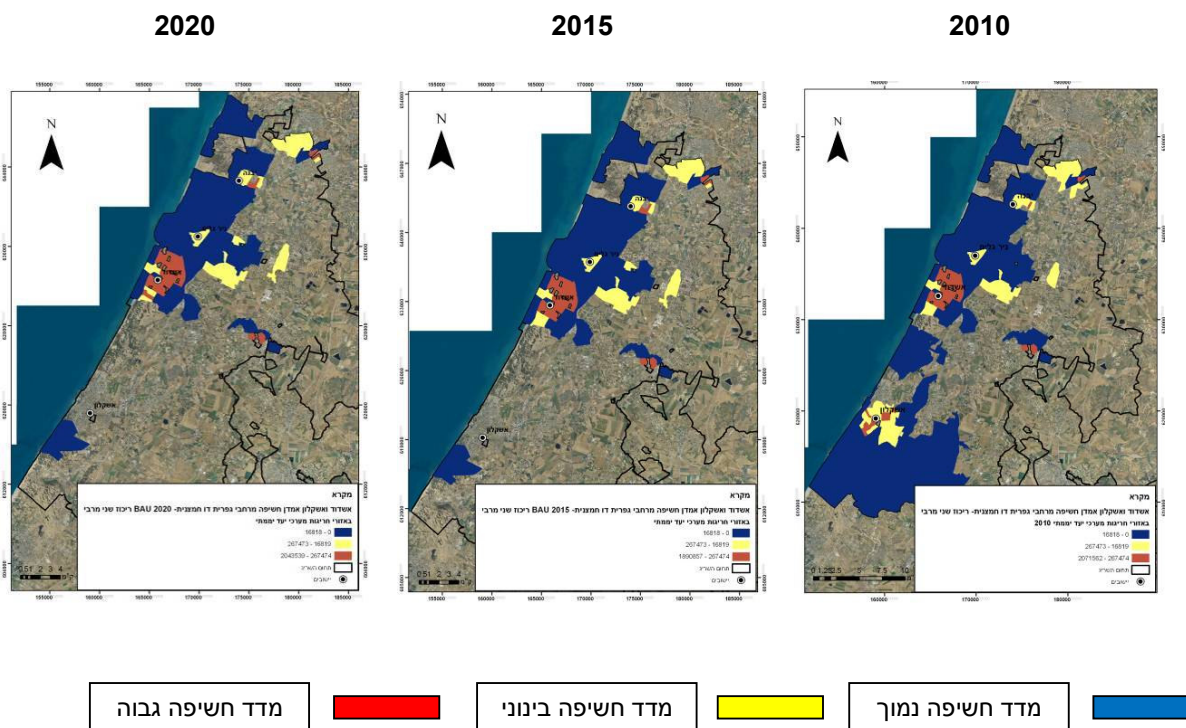
²³ אופן חישוב מדד החשיפה המרחבי מוצג בפירוט בחלק ג' פרק 3



שלעיל, ניתן לראות כי באזור המושבים אליכין וכפר הרא"ה (מקור עיקרי ממפעל פריגת), נחשפת האוכלוסייה לריכוזים הגבוהים מערך היעד וזאת למרות ההפחתה בפליטות. על כן, אזורים אלו יוגדרו כ "hot spot".



איור 29: אומדן החשיפה המרחבי בשריגים אשדוד ואשקלון



4.5.3.7 סיכום תמונת מצב ומסקנות עבור SO₂ (לארבעת השריגים)

תוצאות המודל ותחנות הניטור:

- ריכוזי SO₂ בשנת הבסיס, לפי נתוני הניטור גבוהים כמעט בכל חלקי הארץ מערך היעד היממתי. על פי תוצאות המודל גם בשתי שנות היעד של התכנית צפויים ריכוזים גבוהים מערך היעד היממתי בכל ארבעת השריגים.
- אזורים מסוימים בשריגים שנבדקו, זוהו כאזורי "hot spot". אזורים אלה מאופיינים בריכוזים גבוהים מערך היעד היממתי וכן בצפיפות אוכלוסייה גבוהה. אזורים אלו הם:
 - **חיפה:** באזור קריית אתא, קריית ים, קריית ביאליק, נשר, אזור חוף הכרמל וטירת הכרמל חושבו מדדי חשיפה מרחביים גבוהים מיתר האזורים. הריכוזים הגבוהים צפויים גם בשנת 2020.
 - **חדרה:** באזור שבין חדרה-קיסריה-פרדס חנה-כרכור חושבו ריכוזי זיהום גבוהים. מכפלת הריכוזים בצפיפות האוכלוסייה נותן אומדן חשיפה מרחבי גבוה באזורים אלה גם בשנת היעד 2020. בנוסף, גם באזור יד חנה (כיוון מורד הרוח מאורות רבין) מתקבלים ריכוזים גבוהים של גפרית-דו-חמצנית, אולם מכיוון שצפיפות האוכלוסין באזור זה נמוכה יותר – אומדן החשיפה המרחבי נמוך יותר.
 - **אשדוד ואשקלון:** באזור הסמוך לתחנת הכוח רוטנברג מתקבלים ריכוזים גבוהים מערך היעד ואומדן חשיפה מרחבי גבוה גם בשנת 2020. כמעט סביב כל העיר אשדוד כולל אזור מושב ניר גלים מחושב אומדן חשיפה מרחבי גבוה גם כן בשנת היעד 2020.

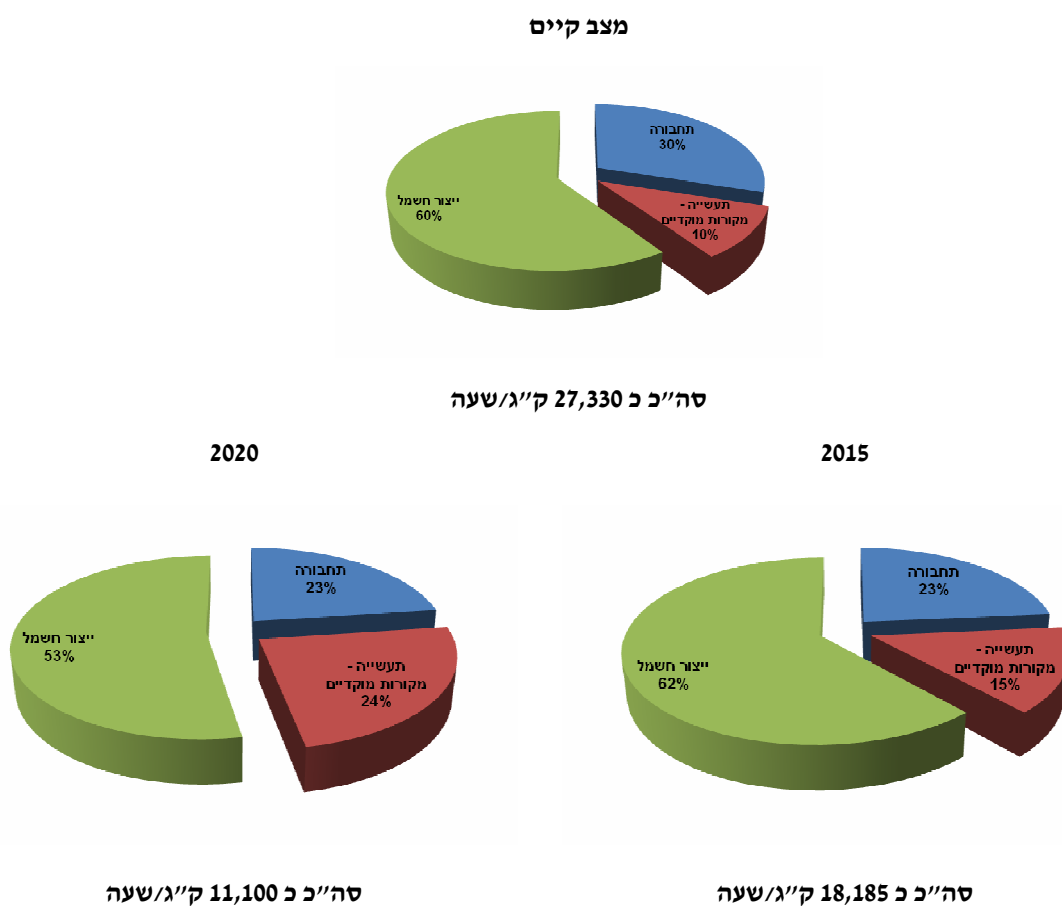
4.5.4 חנקן דו-חמצני

4.5.4.1 מקורות פליטה

תחמוצות חנקן נפלטות בעיקר מתהליכי שריפה בייצור חשמל, תעשייה ותחבורה. תחמוצות חנקן מזהם התורם להיווצרות אוזון.

מקורות הפליטה העיקריים של תחמוצות חנקן בישראל הם שריפת דלקים לייצור חשמל ובתחבורה. איור 30 מציג את התפלגות הפליטות השנתיות של המזהם לפי תרחיש עסקים כרגיל בשנים 2010, 2015 ו- 2020, בחלוקה לשלושת הסקטורים המשמעותיים ביותר לפליטה: ייצור חשמל, תחבורה ותעשייה.

איור 30: התפלגות פליטה שנתית של תחמוצות חנקן לפי סקטורים בכל אחת משנות הבחינה [ק"ג/שעה]



תרומתו של סקטור ייצור חשמל פוחתת לאורך השנים בעקבות החלת צווים אישיים ותנאי פליטה מחמירים בהיתרי הפליטה בשנים 2015-2016. תרומת סקטור זה מצטמצמת בכ- 30% בין השנים 2010 - 2015. לקראת שנת 2020 חלה ירידה נוספת, של כ- 50% בפליטות, אך סקטור ייצור החשמל עדיין צפוי לתרום מעל 50% מסך הפליטות של המזהם בשנה זו. תרומתו של סקטור התחבורה לפליטה השנתית הכוללת פוחתת בין השנים 2010 - 2015 בכ- 7%. הפחתה זו נובעת מירידה חזויה בפליטות בהיקף של כ 50%. לקראת שנת 2020 פוחתת הפליטה

מתחבורה בכ- 40% נוספים אולם סך תרומת הסקטור לפליטות הכלליות אינה משתנה. קצב הפליטה מסקטור התעשייה לא צפוי להשתנות באופן משמעותי לאורך השנים אולם תרומת הסקטור לפליטה השעתית הכוללת עולה וזאת בעקבות ההפחתות בסקטורים האחרים.

4.5.4.2 מצב איכות אוויר שנת בסיס – נתוני ניטור²⁴

ל NO_2 שני ערכי יעד כפי שנקבע בתקנות:

200 מיקרוגרם למ"ק כערך במיצוע שעותי

40 מיקרוגרם למ"ק כערך יממתי

בסעיף זה מוצגים נתוני הניטור מתחנות הניטור של מנ"א מהשנים 2009 ו- 2010. ריכוזי NO_2 נמדדו לאורך השנים בתחנות ניטור כלליות ותחבורתיות המתופעלות ומתוחזקות ע"י מערך הניטור הארצי. מצב איכות האוויר מבחינת NO_2 מוצג בסעיף זה באופן נפרד לנתונים שהתקבלו מתחנות כלליות ותחבורתיות.

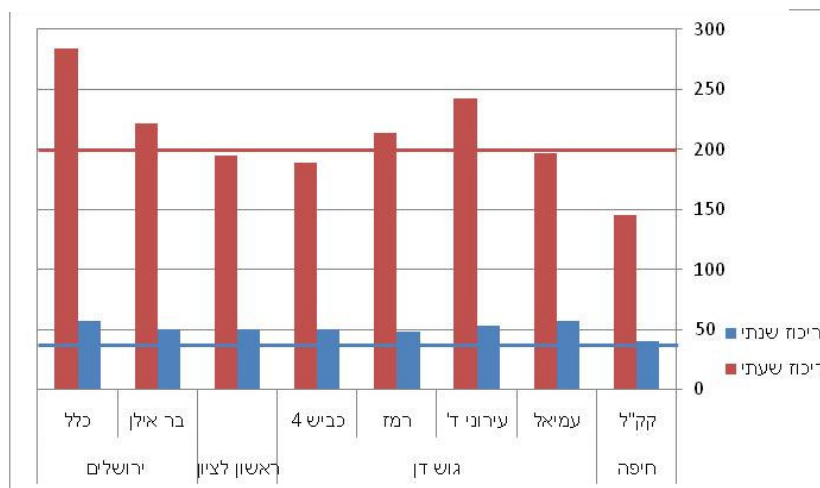
התחנות הכלליות מוצבות לרוב על גגות בתים ומתארות את מצב איכות האוויר בחופה העירונית. התחנות התחבורתיות ממוקמות סמוך לצירי תנועה סואנים ומוצבות על פני הקרקע.

מנתוני תחנות הניטור הכלליות משנת 2010, נראה כי במרבית חלקי הארץ לא נמדדו ריכוזים שעתיים גבוהים מערך היעד. הריכוזים השעתיים המרביים נמדדו בטווח שבין 76 ל- 317 מיקרוגרם/מ"ק. ערך היעד השעתי שווה ל- 200 מיקרוגרם למ"ק. ריכוזים גבוהים מערך היעד נמדדו בתחנות באזור התעשייה אשדוד, חולון ותל אביב. הריכוז השנתי נמדד בטווח של 1 - 27 מיקרוגרם למ"ק כאשר ערך היעד השנתי שווה ל- 40 מיקרוגרם למ"ק. ערכים גבוהים מערך היעד השנתי נמדדו בתל אביב ובחולון.

מנתוני תחנות הניטור התחבורתיות לשנת 2010. הריכוזים השנתיים מכל התחנות התחבורתיות גבוהים פי 1 עד 1.4 מערך היעד השנתי. הריכוזים השעתיים נמדדו בטווח של 143 - 280 מיקרוגרם. ריכוזים גבוהים מערך היעד השעתי נמדדו בגוש דן ובירושלים. איור 31 מציג את נתוני הניטור לשנת 2009 מהתחנות התחבורתיות. הקו הכחול מסמן את ערך היעד השנתי והאדום את ערך היעד היממתי.

²⁴ מרכז ניטור איכות אוויר, אגף איכות אוויר, המשרד להגנת הסביבה (2011) ניטור איכות אוויר בישראל – מתוך דו"ח שנתי 2010

איור 31: ריכוז שעותי ושנתי מתחנות תחבורתיות לשנת 2010, נתוני מ"א



מיקום התחנות תחבורתיות המוצגות באיור לעיל:

קק"ל – חיפה

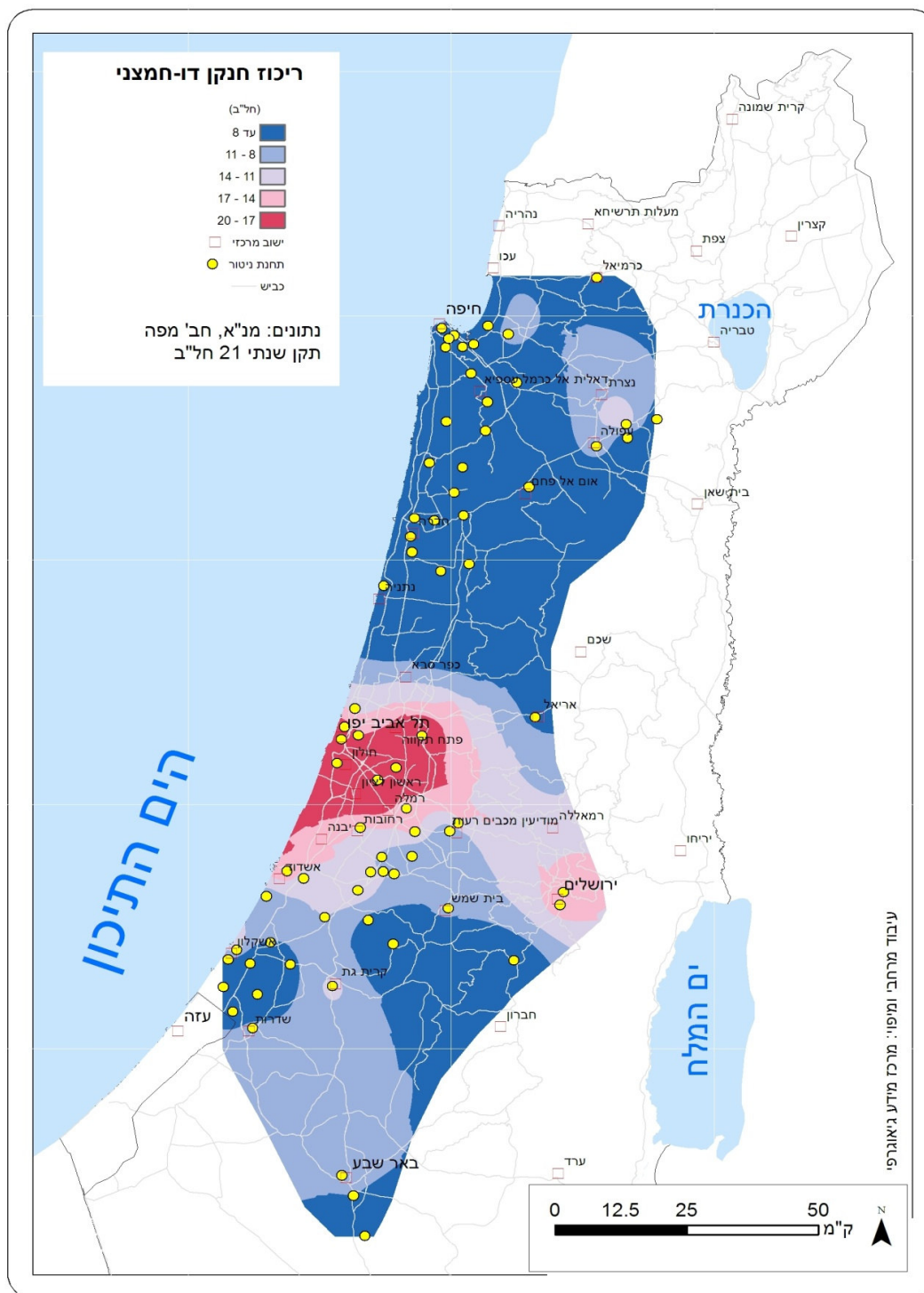
עמילאל, עירוני ד', רמז, כביש 4, ראשון לציון – גוש דן

בר אילן וכלל - ירושלים

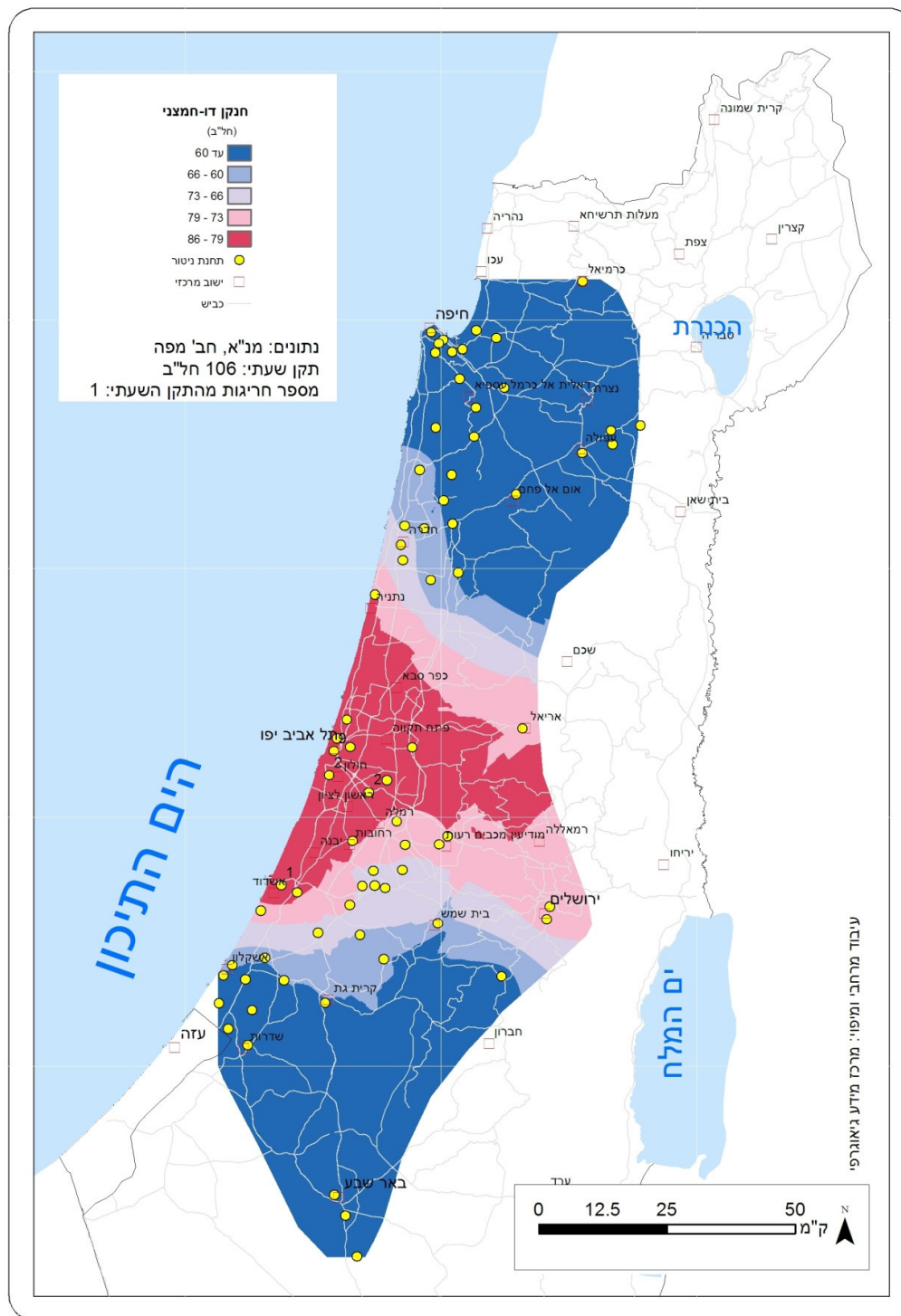
איור 32 - 33 (בעמוד הבא) מציגים את הריכוזים השנתיים והשעתיים של NO_2^{25} בהתאמה לפי התחנות הכלליות. לפי נתוני שנת 2010 הריכוזים השנתיים הגבוהים ביותר נמדדו באזור גוש דן. ריכוזים אלא שווים כמעט לערך היעד השנתי. באיור 33 המציג ריכוזים שעתיים, נראה כי הריכוזים הנמדדים בתחנות הכלליות נמוכים מערך היעד.

²⁵ לקוח מדו"ח ניטור איכות אוויר, מ"א 2010 שיראה אור במהלך שנת 2011.

איור 32: ממוצעים שנתיים של NO_2 , דו"ח מנ"א 2010 (לפי תחנות כלליות)



איור 33: ממוצעים שעתיים של NO_2 , דו"ח מנ"א 2010 (לפי תחנות כלליות)

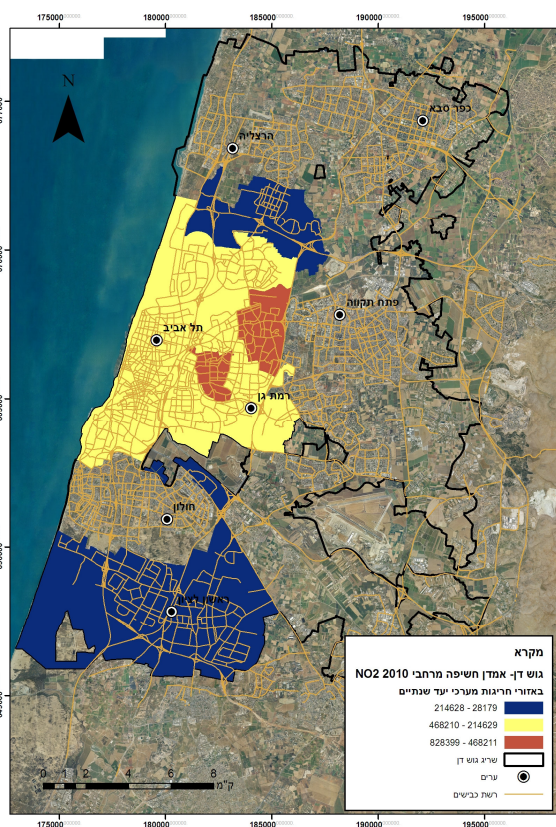


בהתאם לנתוני תחנות הניטור מהשנים 2008-2010 נראה כי ברוב חלקי הארץ יש עמידה בערכי היעד השנתי והשעתי ל NO_2 . עם זאת נראה כי הריכוזים הנמדדים בתחנות הניטור התחבורתיות מציגות מצב שונה בו נמדדות מספר רב של חריגות מערכי היעד. ההפרדה בניתוח התחנות הכלליות והתחבורתיות מאפשרת את האבחנה שבאזורים העירוניים בכלל ובפרט בחולון, תל אביב וירושלים יש ריכוזים גבוהים של NO_2 שמקורם כפי הנראה מתחבורה.

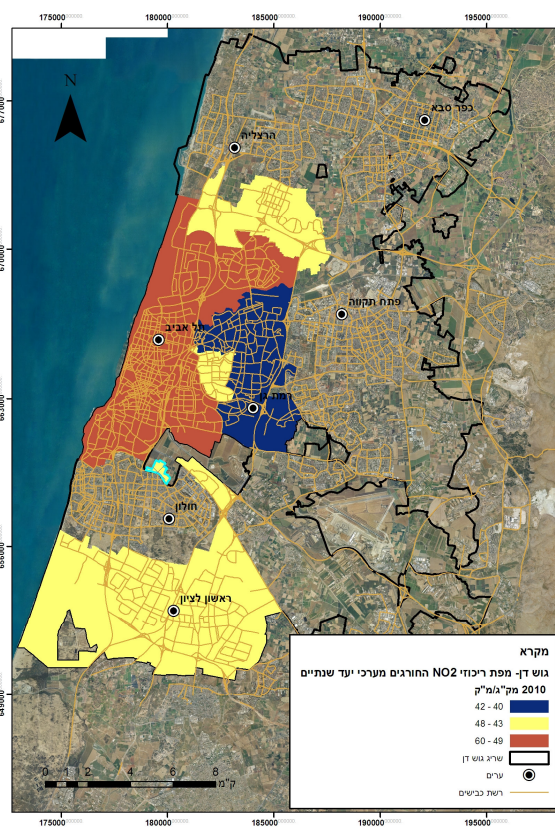
4.5.4.3 מצב איכות אוויר- שנות בסיס ויעד- נתוני מודל

המודל שהורץ הינו ה FARM. הריכוזים של NO_2 חושבו לאזור גוש דן בלבד, כמקרה בוחן למטרופולינים השונים. הריכוזים המחושבים ממודל ה FARM לאזור גוש דן הושוו לתוצאות תחנות הניטור²⁶ ונמצאו בהתאמה טובה. תוצאות המודל לשנת 2010 מופיעות להלן. בשנות היעד של התכנית, 2015 ו- 2020 לא חושבו ריכוזים הגבוהים מערך היעד בשריג הנבחן ולכן מפות לשנים אלו אינן מוצגות. על גבי שכבת הריכוזים והפוליגונים של האוכלוסייה, הונחה שכבה של כבישים המיוצגים ע"י קווים כתומים במפה.

איור 35 מפת אומדן חשיפה מרחבי ל NO_2 בגוש דן לשנת 2010



איור 34 מפת ריכוזים שנתיים גבוהים מערך היעד בגוש דן לשנת 2010



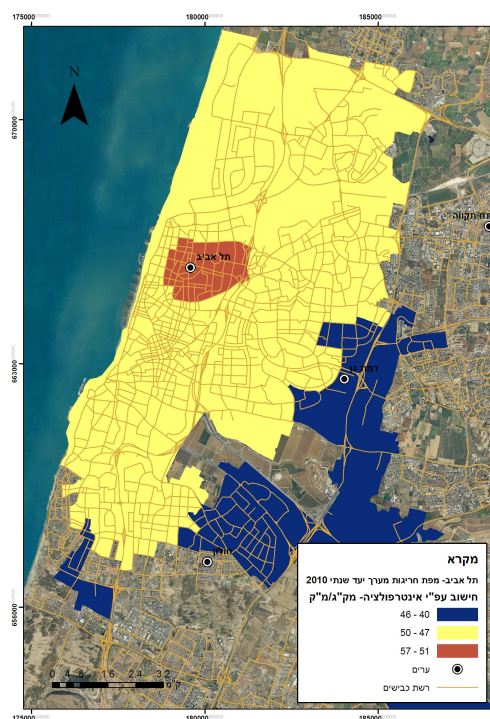
²⁶ השוואה מפורטת מופיעה בנספח המתודולוגי

תוצאות המודל מצביעות על ריכוזים שעתיים נמוכים מערך היעד. הריכוזים השנתיים חושבו כגבוהים מערך היעד במרכזי הערים: ת"א-יפו, ר"ג, בני ברק, גבעתיים, רמת השרון, צפון בת ים, מזרח חולון וראשון לציון. בשנת 2015 חושבו ריכוזים נמוכים מערכי היעד. הריכוזים הגבוהים ביותר חושבו לבת ים ות"א עם ריכוז ממוצע של 60 מיקרוגרם. בתוך שטחי ת"א-יפו הוצבו במודל 5 רצפטורים כאשר הריכוזים שחובו להם נעים בין כ 35 מיקרוגרם למ"ק. בממוצע שנתי ל 90 מיקרוגרם למ"ק.

מפת מדד החשיפה המרחבי מקשרת בין צפיפות האוכלוסייה לריכוזים המחושבים ומצביעה על אזורים בהם אוכלוסייה בצפיפות גבוהה יחסית נחשפת לריכוזים הגבוהים מערך היעד. ניתן לראות שהאזור סביב ציר זיבוטינסקי, בין נתיבי איילון לבין כביש 4 (ר"ג- בני ברק), קיבל את מדד החשיפה הגבוה ביותר ביחד עם האזור שבין יצחק שדה לבין נחלת יצחק בת"א-יפו ומערב ר"ג.

במפות שלעיל ניתן לראות שהעיר ת"א-יפו כולה מוגדרת ע"י ריכוז אחד שהינו כאמור ממוצע של ריכוזים מחמישה רצפטורים בלבד. לשם בחינת השינויים הפנימיים בריכוזים בתוך רחבי העיר נעשה שימוש בחישובי אינטרפולציה לפי שיטת ²⁷Kriging. באמצעות שיטה זו מחושבים הריכוזים הצפויים בין נקודות הרצפטורים. חשוב לציין שהאינטרפולציה "משטחת" את התוצאות. למרות זאת תוצאות האינטרפולציה מוצגות על מנת לזהות את המוקדים העירוניים בתוך ת"א-יפו בהם צפויים הריכוזים הגבוהים ביותר. המפה הבאה מציגה את הריכוזים לאחר ביצוע האינטרפולציה.

איור 36 : מפת ריכוזים שנתיים גבוהים מערך היעד ת"א לשנת 2010, לפי מניפולציית Kriging



²⁷ Loose-coupling an air dispersion model and a geographic information, system (GIS) for studying air pollution and asthma in the Bronx, New York City, Juliana A. Maantay^a; Jun Tu^a; Andrew R. Maroko^a

ניתן לראות שבמרכז העיר ת"א-יפו (רח' קפלן מצפון, רח' בן יהודה ממערב, נתיבי איילון ממזרח ואזור דרך שלמה מדרום), צפויים להיות הריכוזים הגבוהים ביותר. שאר חלקי ת"א-יפו ובת ים צפויים להיות בריכוזים אחידים, גבוהים מערך היעד אולם נמוכים במעט מאלו הצפויים במרכז העיר.

4.5.4.4 סיכום ומסקנות עבור NO_2

תוצאות המודל ותחנות הניטור:

- נתוני תחנות הניטור מהשנים 2008-2010 מראים כי ברוב חלקי הארץ יש עמידה בערכי היעד השנתיים והשעתיים של NO_2 . עם זאת נראה כי הריכוזים הנמדדים בתחנות הניטור התחבורתיות, הממוקמות במטרופולינים הגדולים במרכזי האוכלוסיה מציגים מצב שונה בו נמדדות מספר רב של ריכוזים גבוהים מערכי היעד. ניתוח נפרד של התחנות הכלליות ושל התחנות התחבורתיות מעלה כי באזורים העירוניים בכלל ובפרט בחולון, תל אביב וירושלים יש ריכוזים גבוהים של NO_2 שמקורם מתחבורה.
- הרצת מודל ה- FARM לאזור גוש דן לפי הנחות BAU בשנות היעד מצביעה על ריכוזים נמוכים מערך היעד בכל גוש דן.

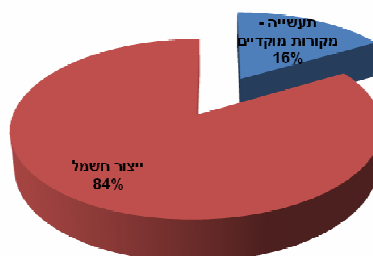
4.5.5 כספית

4.5.5.1 מקורות פליטה

מקורות הפליטה העיקריים של כספית כוללים תהליכי ייצור בתעשיית המתכות ושריפת פחם לייצור חשמל. מצאי הפליטות כולל פליטות ממקורות מוקדיים אשר נדגמים ומנוטרים בלבד. בשלב זה אין למשרד להגנת הסביבה תוצאות ניטור או דיגום של כספית ממקורות מוקדיים. כחלק מההמלצות לעדכון התכנית הלאומית בכלל ומצאי הפליטות בפרט מוצע לבצע דיגומים של מזהם זה על מנת לשפר את יכולת חיזוי הריכוזים בסביבה. פליטת כספית כפי שהוערכה במצאי של המשרד להגנת הסביבה, לשנת 2009 הסתכמה בכ- 0.6 ק"ג לשעה. הפליטה של כספית הוערכה כפליטה קבועה לאורך השנים, דהיינו לא חל כל שינוי בהיקף הפליטה בשנות היעד. להלן באיור 33 מוצגת התפלגות הפליטה השעתית של כספית.

איור 37: התפלגות פליטת כספית [ק"ג/שעה]

מצב קיים ושנות היעד



סה"כ 0.6 ק"ג/שעה

ייצור החשמל באמצעות פחם בתחנות הכוח אורות רבין ורוטנברג תורם לכ- 84% מהפליטה השעתית של כספית.

4.5.5.2 מצב איכות אוויר שנת בסיס- נתוני דיגום

לכספית שני ערכי יעד כפי שנקבע בתקנות: 1.8 מיקרוגרם למ"ק כערך במיצוע שעתי 0.3 מיקרוגרם למ"ק כערך שנתי
--

ריכוזי כספית אינם נמדדים באופן רציף ע"י תחנות הניטור של מנ"א. קיימות מספר תוצאות מדיגומים תקופתיים שנעשו באשדוד. תוצאות הדיגום מוצגות בטבלה 14:

טבלה 14: תוצאות דיגומים תקופתיים של כספית באזור אשדוד

אזור	תחנה	ריכוז יממתי, [מק"ג/מ"ק]	מקור
אשדוד	איגוד	<0.0012	ריכוז תוצאות סקר איכות אוויר באזור אשדוד – ספטמבר 2008
	ניר גלים	<0.0012	

ערך היעד הינו ערך שעתי השווה ל 1.8 מיקרוגרם למ"ק והדיגומים הם בממוצע יממתי. למרות זאת ניתן לומר שהריכוזים שנמדדו באשדוד נמוכים באופן משמעותי בהשוואה לערך היעד. היות והדיגומים ספורים ביותר ולאין נתוני ניטור ו/או דיגום אחרים לא ניתן להסיק ולנתח את מצב איכות האוויר מבחנת מזהם זה בשנת הבסיס על סמך נתוני ניטור/דיגום.

4.5.5.3 מצב איכות אוויר שנת הבסיס ושנות היעד – תוצאות המודל

הריכוזים של כספית חושבו באמצעות מודל AERMOD. המודל הורץ לשלושה אזורים בישראל(להלן: שריגים) אשר נקבעו כאזורים בעלי הפוטנציאל הגבוה ביותר לריכוזים גבוהים. הפוטנציאל לריכוזים גבוהים נקבע על סמך נוכחות מקורות פליטה רבים באזור אשר תורמים באופן המשמעותי ביותר לפליטה השעתית הכוללת. השריגים הם:

1. **אשקלון** – באשקלון ממוקמת תחנת כוח רוטנברג. תחנת הכוח שורפת פחם לייצור חשמל. כמו כן באשקלון אזור תעשייה בו ממוקמים מספר מפעלים אשר מהווים תורמים פוטנציאליים לריכוזי כספית בסביבה.
 2. **חדרה** – מקור הפליטה העיקרי באזור זה הינו תחנת הכוח אורות רבין המייצרת חשמל באמצעות שריפת פחם.
 3. **אשדוד** – באזור אשדוד ממוקמת תחנת הכוח אשכול של חברת חשמל וכן מספר רב של מפעלים.
- טבלה 15 מסכמת את הריכוזים הגבוהים ביותר שחושבו במודל לשלושת האזורים, בשני זמני המיצוע.

טבלה 15 : ריכוזים מרביים של עופרת מהרצות מודל AERMOD לשנת הבסיס-2010

זמן מיצוע	שריג	ריכוז מרבי, מיקרוגרם/מ"ק
יממה	אשדוד	0.013
שנה		0.001
יממה	אשקלון	0.0009
שנה		0.0003
יממה	חדרה	0.004
שנה		0.00009

4.5.5.4 סיכום

- הריכוזים המחושבים ע"י המודל נמוכים במספר סדרי גודל מערכי היעד.
- משום שאין נתוני ניטור רציף ו/או נתוני דיגום מספקים לא ניתן לקבוע אם נדרשים אמצעים להפחתת הפליטות של מזהם זה.
- על מנת לעקוב אחר ריכוזי המזהם בסביבה מומלץ להרחיב את היקף הדיגום התקופתי בכל הנוגע למזהם זה בעיקר באזורים הקרובים למקורות הפליטה של מזהם זה: תחנות כוח ואזורי תעשייה.

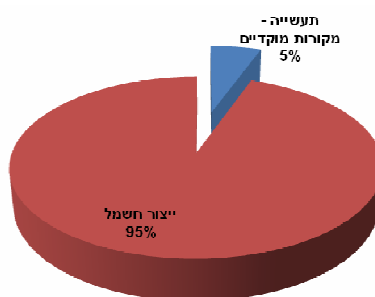
4.5.6 עופרת

4.5.6.1 מקורות פליטה

עופרת נפלטה בעבר משריפת בנזין בכלי-רכב, בשל תכולת עופרת בבנזין. בשנים האחרונות צומצמה תכולת העופרת בבנזין באופן משמעותי עד כדי אפס תכולה ושריפת בנזין חדלה מלהוות מקור פליטה של עופרת לאוויר. כיום מקורות הפליטה העיקריים של עופרת הם תהליכי ייצור בתעשיית המתכות ושריפת פחם לייצור חשמל. פליטת עופרת כפי שהוערכה במצאי של המשרד להגנת הסביבה, לשנת 2009 הסתכמה בכ- 8.84 ק"ג לשעה. מצאי הפליטות כולל פליטות ממקורות מוקדניים אשר מנוטרים בלבד. בשלב זה אין למשרד להגנת הסביבה תוצאות ניטור או דיגום של עופרת ממקורות מוקדניים. כחלק מההמלצות לעדכון התכנית הלאומית בכלל ומצאי הפליטות בפרט מוצע לבצע דיגומים של מזהם זה על מנת לשפר את יכולת חיזוי הריכוזים בסביבה. הפליטה של עופרת הוערכה כפליטה קבועה לאורך השנים, דהיינו לא חל כל שינוי בהיקף הפליטה בשנות היעד. באיור הבא מוצגת התפלגות הפליטה השעתית של עופרת לשנת הבסיס ולשנות היעד.

איור 38 : התפלגות פליטת עופרת (ק"ג/שעה)

מצב קיים ושנות היעד



סה"כ 8.84 ק"ג/שעה

ייצור חשמל באמצעות פחם בתחנות הכוח אורות רבין ורוטנברג תורם לכ 95% מהפליטה השעתית של עופרת.

4.5.6.2 מצב איכות אוויר שנת בסיס- נתוני דיגום

לעופרת שני ערכי יעד כפי שנקבע בתקנות:

2 מיקרוגרם למ"ק כערך במיצוע יומתי

0.09 מיקרוגרם למ"ק כערך שנתי

ריכוזי עופרת אינם נמדדים באופן רציף ע"י תחנות הניטור של מנ"א. קיימות מספר תוצאות מדיגומים תקופתיים שנעשו בעיקר בחיפה ואשדוד. תוצאות הדיגום מוצגות בטבלה 16 :

טבלה 16: דיגומים של עופרת בסקרים סביבתיים²⁸

מקור	ריכוז יממתי, [ng/m ³]	תחנה	אזור
דו"ח תקופתי : תוצאות אנליזות כימיות של מרכיבי החומר החלקיקי PM _{2.5} בטבעון לתקופה אוגוסט 2007 – פברואר 2008	ממוצע : 8.96 מרבי : 29.86	טבעון	חיפה
מצב איכות האוויר באזור חיפה בשנת 2009	ממוצע : 2.74 (PM10) מרבי : 8.3 (PM10) ממוצע : 2 (PM2.5) מרבי : 8.3 (PM2.5)	נווה שאנן	
	ממוצע : 3.74 (PM10) מרבי : 14.9 (PM10) ממוצע : 2.5 (PM2.5) מרבי : 6.8 (PM2.5)	קריית חיים	
	ממוצע : 3.4 (PM10) מרבי : 8.3 (PM10) ממוצע : 2.9 (PM2.5) מרבי : 7 (PM2.5)	איגוד	
	ממוצע : 2.1 (PM10) מרבי : 6 (PM10) ממוצע : 1.84 (PM2.5) מרבי : 6 (PM2.5)	טבעון	
	-	אחוזה	
	-	אלרואי	
ריכוז תוצאות סקר איכות אוויר באזור אשדוד – ספטמבר 2008	יממתי : 0.0173-0.0073	איגוד	אשדוד
	יממתי : 0.165-0.0263	ניר גלים	
אפיון איכות האוויר באזור התעשייה אשדוד וסביבותיו – נובמבר 2009	יממתי : 0.0577 – 0.0015	כללי	

מנתוני הדיגום עולה כי נמדדו ריכוזים נמוכים מערך היעד היממתי בכל המדידות בחיפה ואשדוד.

4.5.6.3 מצב איכות אוויר שנת הבסיס ושנות היעד – תוצאות המודל

הריכוזים של עופרת חושבו באמצעות מודל AERMOD. המודל הורץ לשלושה אזורים בישראל, (להלן : שריגים) אשר נקבעו כאזורים בעלי הפוטנציאל הגבוה ביותר לריכוזים גבוהים. הפוטנציאל לריכוזים גבוהים נקבע על סמך נוכחות מקורות פליטה רבים באזור אשר תורמים באופן המשמעותי ביותר לפליטה השעתית הכוללת. השריגים הם :

²⁸ העופרת נספחת על גבי חלקיקים. בתוך הסוגריים מצוינים סוג החלקיקים עליהם בוצע הדיגום

1. **אשקלון** – באשקלון ממוקמת תחנת כוח רוטנברג. תחנת הכוח שורפת פחם לייצור חשמל. כמו כן באשקלון אזור תעשייה בו ממוקמים מספר מפעלים התורמים לריכוזי עופרת בסביבה.
 2. **חדרה** – מקור הפליטה העיקרי באזור זה הינו תחנת הכוח אורות רבין המייצרת חשמל באמצעות שריפת פחם.
 3. **אשדוד** – באזור אשדוד ממוקמת תחנת הכוח אשכול של חברת חשמל וכן מספר רב של מפעלים.
- טבלה 17 מסכמת את הריכוזים הגבוהים ביותר שחושבו במודל, לשלושת האזורים, בשני זמני המיצוע.

טבלה 17: ריכוזים מרביים של עופרת מהרצות מודל AERMOD לשנת הבסיס ולשנות היעד

זמן מיצוע	שריג	ריכוז מרבי [מק"ג/מ"ק]
יממה	אשדוד	0.01
שנה		0.002
יממה	אשקלון	0.002
שנה		0.0004
יממה	חדרה	0.00004
שנה		

4.5.6.4 סיכום:

- הריכוזים המחושבים ע"י המודל נמוכים במספר סדרי גודל מערכי היעד.
- ערך הסביבה נקבע כערך יעד.
- מקורות הפליטה לעופרת הם מועטים ומטופלים באופן פרטני.

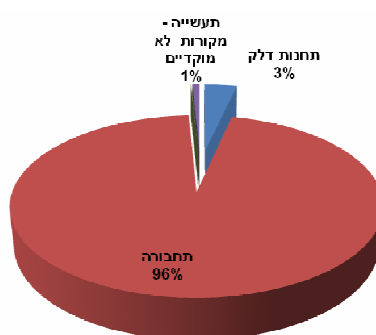
4.5.7 בנזן

4.5.7.1 מקורות פליטה

מקור הפליטה העיקרי של בנזן הינו שריפת בנזין בכלי-רכב. בנוסף נפלט בנזן בזמן מילוי דלק ומכלים בתחנות דלק ובתהליכי ייצור ואחסון בתעשייה. התפלגות פליטת בנזן בישראל במצב קיים²⁹ ועל פי תחזית עסקים כרגיל מוצגת להלן.

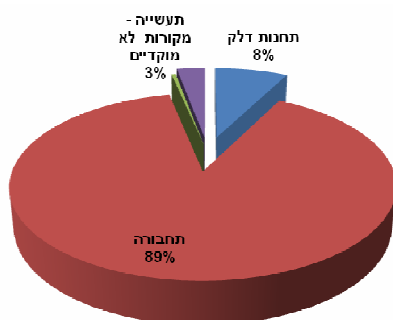
איור 36: התפלגות פליטה שעתית של בנזן לפי שנים (ק"ג/שעה)

מצב קיים



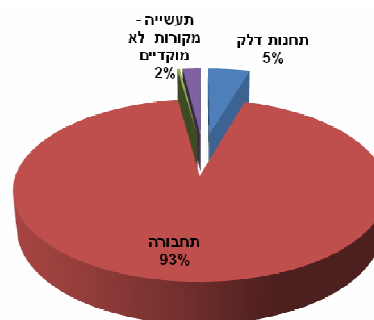
סה"כ 163 ק"ג/שעה

2020



סה"כ 25 ק"ג/שעה

2015



סה"כ 38 ק"ג/שעה

התורמים העיקריים לפליטה השעתית הינם כלי-רכב אשר תורמים כ-96% ו-89% מפליטות בנזן במצב קיים ובשנת 2020, בהתאמה.

²⁹מצאי פליטות לאוויר, המשרד להגנת הסביבה, עדכון 2010

4.5.7.2 מצב איכות אוויר שנת בסיס- נתוני דיגום

לבנון שני ערכי יעד כפי שנקבע בתקנות:

3.9 מיקרוגרם למ"ק כערך במיצוע יממתי

1.3 מיקרוגרם למ"ק כערך שנתי

בנון מנוטר החל משנת 2007 בתחנות אחוזה (תחבורתית) ואיגוד בחיפה ובתחנת עירוני ד' (תחבורתית) בתל אביב. החל משנת 2009, נוספו 5 תחנות נוספות: רמת חובב, חח"י פזורה, צ. הנגב, ירוחם ושגב השלום באזור באר שבע. בטבלה שלהלן מרוכזים הערכים המרביים, המזעריים והערך הממוצע שנמדד בתחנות הניטור.

טבלה 18: ריכוזי בנון יממתיים שנמדדו בתחנות הניטור [מק"ג/מ"ק]

תחנה	2007			2008			2009		
	מקס'	מיני'	ממוצע	מקס'	מיני'	ממוצע	מקס'	מיני'	ממוצע
אחוזה	12.12	0	0.64	24.24	0	4.46	10.53	0.32	2.87
איגוד	8.61	0	0.96	8.93	0	1.60	9.57	0	1.60
עירוני ד'	16.81	0.03	3.19	15.31	0	1.63	7.66	0	0.93
רמת חובב ³⁰							0.64	0	0
חח"י פזורה							3.83	0	0
ירוחם							0.64	0	0
צ. הנגב							0.96	0	0
שגב שלום							0.64	0	0

³⁰נתוני רמת חובב הם מתחנת הניטור המפורסמת בדו"חות מנ"א. ישנם נתוני דיגום וניטור נוספים של בנון מניטור רציף של המועצה המקומית ברמת חובב. אלה לא נכנסו לדו"ח התכנית הלאומית.

טבלה 19: ריכוזי בנזן שנתיים שהתקבלו בתחנות ניטור [מק"ג/מ"ק]

תחנה	2007	2008	2009	2007-2009
אחוזה	0.29	1.47	0.97	0.92
איגוד	0.37	0.61	0.61	0.54
עירוני ד'	1.07	0.50	0.29	0.51
רמת חובב			0.01	0.01
חח"י פזורה			0.04	0.04
ירוחם			0.00	0.00
צ. הנגב			0.02	0.02
שגב שלום			0.03	0.03

כפי שניתן לראות מהטבלה שלעיל, המידע הקיים בתחנות הניטור הינו דל (מלבד אזור רמת חובב המנוטר באופן נרחב ע"י המשרד להגני"ס ומועצה מקומית רמת חובב). בנוסף לניטור הרציף של בנזן בוצעו דיגומים אשר רוכזו ע"י מחוז תל אביב במשרד להגנת הסביבה. בטבלה שלהלן מוצגים נתוני הדיגומים:

טבלה 20: ריכוזי מזהמים שהתקבלו בדיגומים

בנזן		תחנה
שנתי	יממתי	
[מק"ג/מ"ק]		
3.47 – 2.62		תל אביב*

*דיגום פסיבי

מתוך המדידות המוצגות לעיל ניתן לראות כי הערך היממתי הממוצע עבור בנזן הינו כ-3 מק"ג/מ"ק. הערך השנתי המחושב מדיגומים בתל אביב גבוה באופן משמעותי מאשר התוצאות שבתחנות הניטור. מאחר והדיגומים נערכו בנקודות נבחרות ולא מתארים מצב קיים באופן כללי באזורים השונים נתייחס לתוצאות הניטור בתחנות תל אביב. לפיכך הערך השנתי הממוצע בתל אביב הינו 0.92 מק"ג/מ"ק.

היות ונתוני הניטור והדיגומים ספורים לא ניתן להסיק ולנתח את מצב איכות האוויר מבחינת מזהם זה בשנת הבסיס על סמך נתוני ניטור/דיגום.

4.5.7.3 מצב איכות אוויר - שנות בסיס ויעד-נתוני מודל

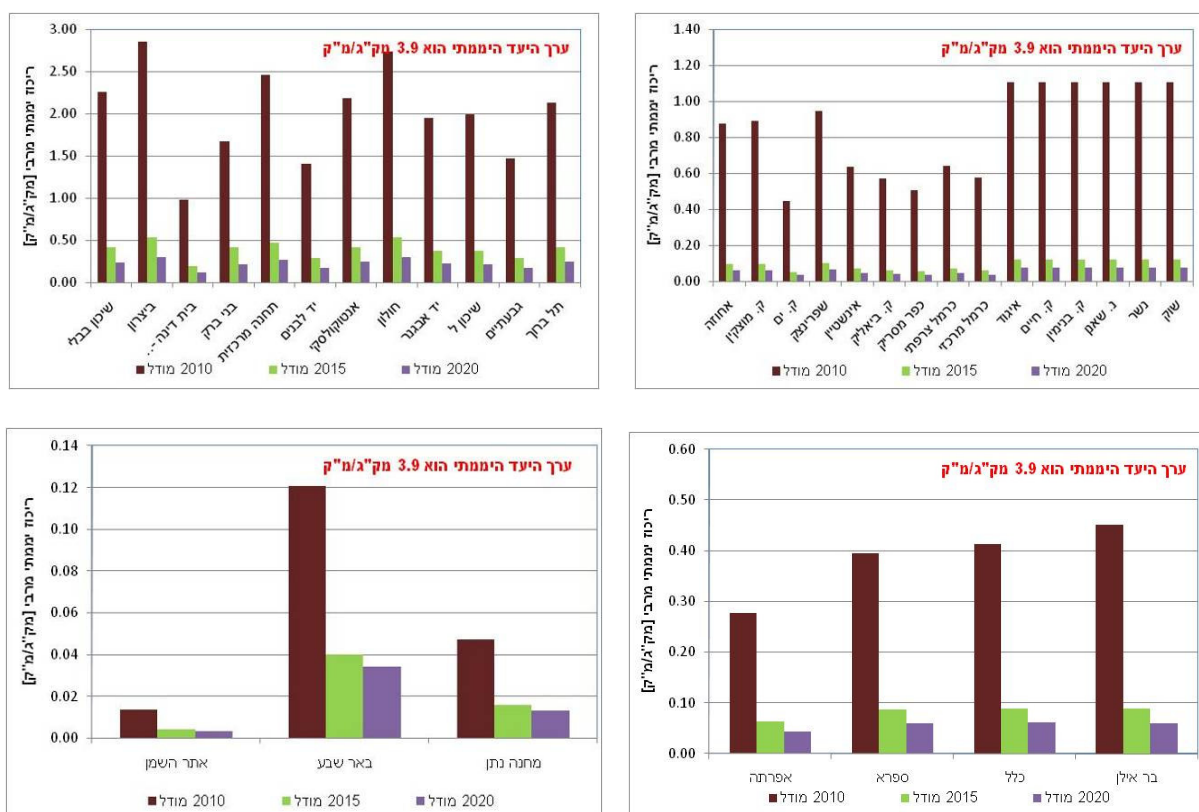
הריכוזים עבור בנזן חושבו באמצעות מודל ה- IMPACT. המודל הורץ לארבעה אזורים בישראל (להלן: שריגים) אשר נקבעו כאזורים בעלי הפוטנציאל הגבוה ביותר לריכוזים גבוהים. הפוטנציאל לריכוזים גבוהים נקבע על סמך נוכחות מקורות פליטה רבים ובעיקר כמות כלי-רכב ונסועה. השריגים הם:

1. מטרופולין חיפה - שריג זה כולל את העיר חיפה, הקריות, עכו, נשר וטירת הכרמל.
2. מטרופולין ת"א - שריג זה מרכזו בת"א כאשר גבולותיו הצפוניים נושקים לכפר סבא ממזרח והרצליה ממערב וגבולותיו הדרומיים נושקים לראשון לציון ממערב ולוד ממזרח.
3. מטרופולין ירושלים - שריג זה כולל את כל העיר ירושלים, מודיעין ובית שמש.
4. מטרופולין באר שבע - שריג באר שבע כולל את העיר באר שבע, עומר ולהבים מצפון ורמת חובב עד צומת הגנג מדרום.

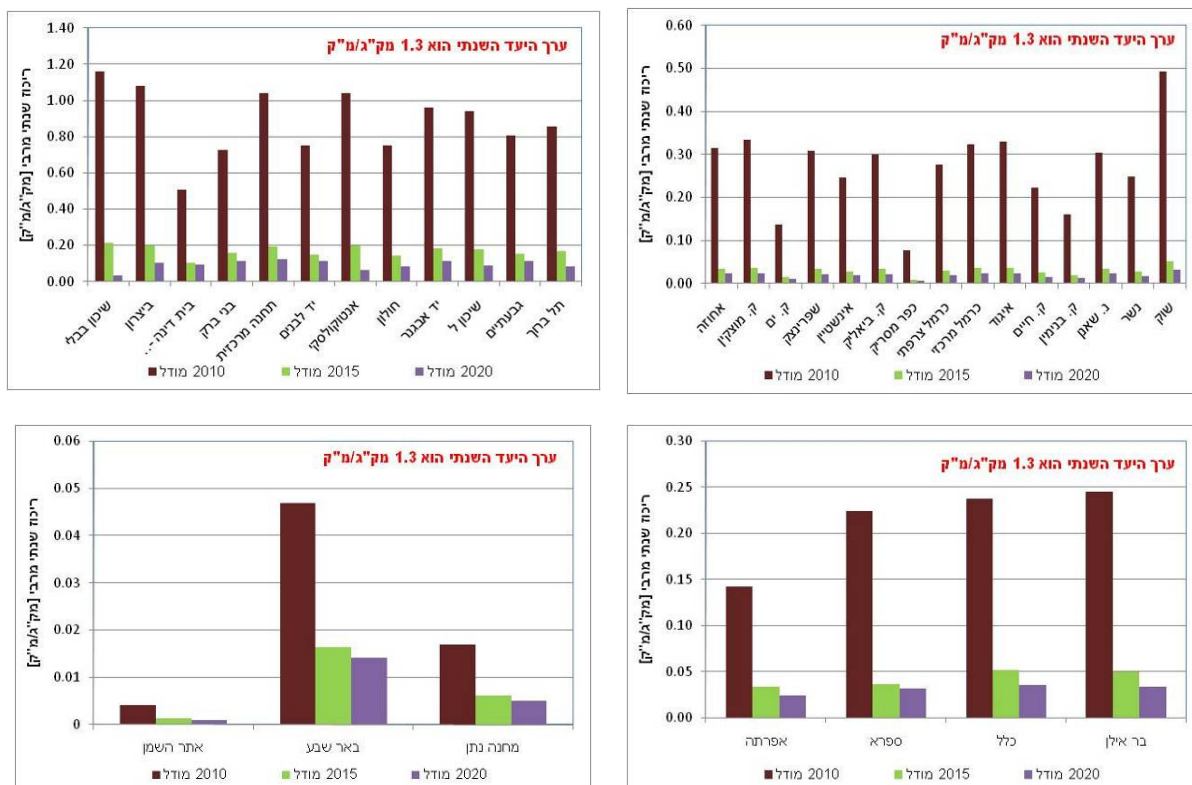
תוצאות הרצת המודל מוצגות ע"י איורים. איורי הריכוזים מציגים את הריכוז המרבי שחושב למספר נקודת ציון בכל שריג. נקודות הציון בהם "הושם" רצפטור בהרצות המודל הן נ.צ. של תחנות ניטור של מני"א. איורים אלו באים לשקף את המגמה המתקבלת מחישובי המודל לגבי גובה הריכוזים בכל שריג.

להלן הריכוזים המרביים אשר חושבו באמצעות המודל:

איור 39: ריכוז יממתי מרבי מחושב למצב הקיים ושנות היעד בתחנות נבחרות



איור 40: ריכוז שנתי מרבי אשר חושב ע"י המודל למצב הקיים ושנות היעד בתחנות נבחרות



- (1) השוואה איכותית בין נתוני תחנות הניטור לריכוזים המחושבים נראה כי המודל מחשב ריכוזים נמוכים מאלו המתקבלים בתחנות הניטור.
- (2) למרות העובדה שהריכוזים המחושבים נמוכים מהריכוזים המנוטרים ניתן להניח כי המגמה המתקבלת מתוצאות המודל לשנת הבסיס ושנות היעד הינה מגמה סבירה.
- (3) בשנות היעד צפויים ריכוזים נמוכים מאלו הקיימים בשנת הבסיס
- (4) הירידה בריכוזי המחושבים אשר נצפית ברוב האזורים שנבדקו נובעת מירידה בפליטות מתחבורה. הירידה בפליטות מתחבורה נובעת בעיקר מצפי להצטרת צי כלי הרכב בישראל בשנות היעד.

4.5.7.4 סיכום תוצאות עבור בנזן:

- מקור הפליטה העיקרי של בנזן הינו כלי-רכב ובמידה פחותה אידוי מפעילות מילוי מכלים ואחסון דלק בתחנות דלק.
- באזורים מסוימים בארץ נמדדים ערכים הגבוהים מערך היעד היממתי של בנזן בעיקר באזורים בהם יש נסועה מוגברת. הריכוזים השנתיים שנמדדו ברוב תחנות הניטור לאורך השנים נמוכים מערך היעד השנתי. עם זאת בדיגומים התקופתיים שבוצעו באשדוד ות"א נמדדו ערכים שנתיים הגבוהים עד פי 20 מערך היעד.
- ניתוח תוצאות המודל מצביע על ירידה בריכוזים הצפויים בשנות היעד ירידה זו נובעת מירידה של מעל 75% בפליטת המזהמים בעיקר בסקטור התחבורה.
- נכון למועד כתיבת התכנית הלאומית אין מספיק מידע בנוגע לריכוזי בנזן בסביבה.

- מומלץ להרחיב את היקף מערך הניטור בכל הנוגע למזהם זה בעיקר במרכזי הערים ובאזורים אחרים מאוכלסים בהם קיימת תנועה גדולה של כלי-רכב וגודש קבוע.
- אמצעי הפחתת הפליטות שנבחנו במסגרת התכנית הלאומית לסקטור התחבורה, סביר שיתרמו בעקיפין להפחתה נוספת בפליטות של מזהם זה.

4.5.8 1,3-בוטאדיאן

4.5.8.1 מקורות פליטה

מקור הפליטה של 1,3-בוטאדיאן הינו תהליכי שריפה. בשלב זה כולל מצאי הפליטות פליטות מסקטור התחבורה ומייצור חשמל בלבד. סקטור התחבורה הינו מקור הפליטה העיקרי. פליטת 1,3-בוטאדיאן בישראל כפי שהוערכה מתחבורה מוצגת להלן בטבלה להלן.

טבלה 21: פליטות 1,3-בוטאדיאן מתחבורה לפי שנים (ק"ג/שעה)

שנה	פליטת 1,3-בוטאדיאן (ק"ג/שעה)
מצב קיים	34
2015	9
2020	5

מהטבלה לעיל ניתן לראות כי צפויה הפחתה של כ-85% מהפליטות של 1,3-בוטאדיאן מתחבורה.

4.5.8.2 מצב איכות האוויר – שנות בסיס ויעד – תוצאות מודל

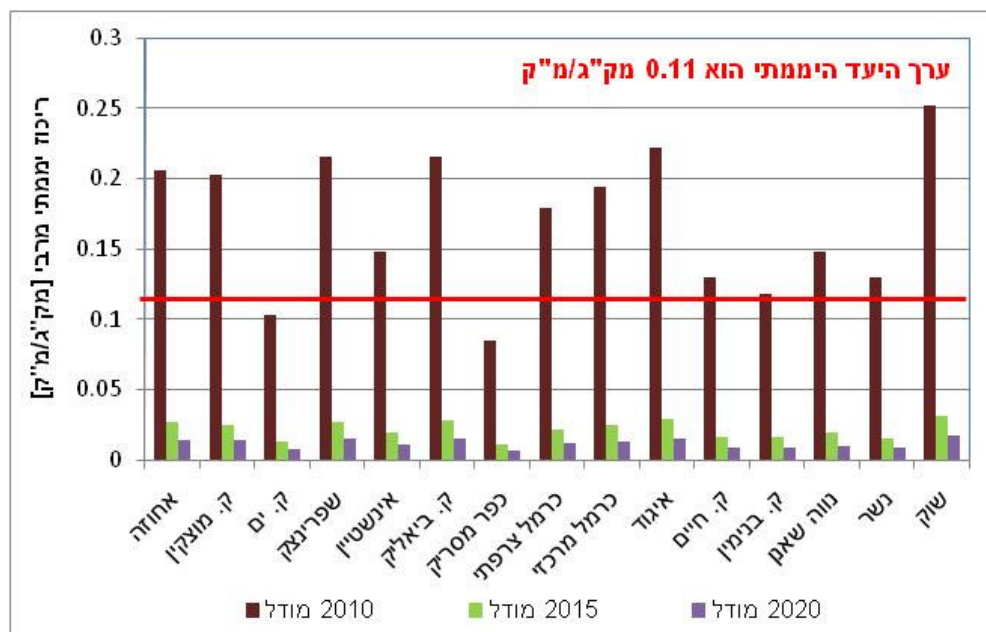
ל- 1,3-בוטאדיאן שני ערכי יעד כפי שנקבע בתקנות:	
מיקרוגרם למ"ק כערך במיצוע יממתי	0.11
מיקרוגרם למ"ק כערך שנתי	0.036

הריכוזים של בוטאדיאן חושבו באמצעות מודל ה-IMPACT. המודל הורץ לארבעה שריגים, אשר נקבעו כבעלי הפוטנציאל הגבוה ביותר לריכוזים גבוהים בעקבות נוכחות מקורות פליטה תחבורתיים רבים התורמים באופן משמעותי לפליטה השעתית הכוללת. השריגים הם:

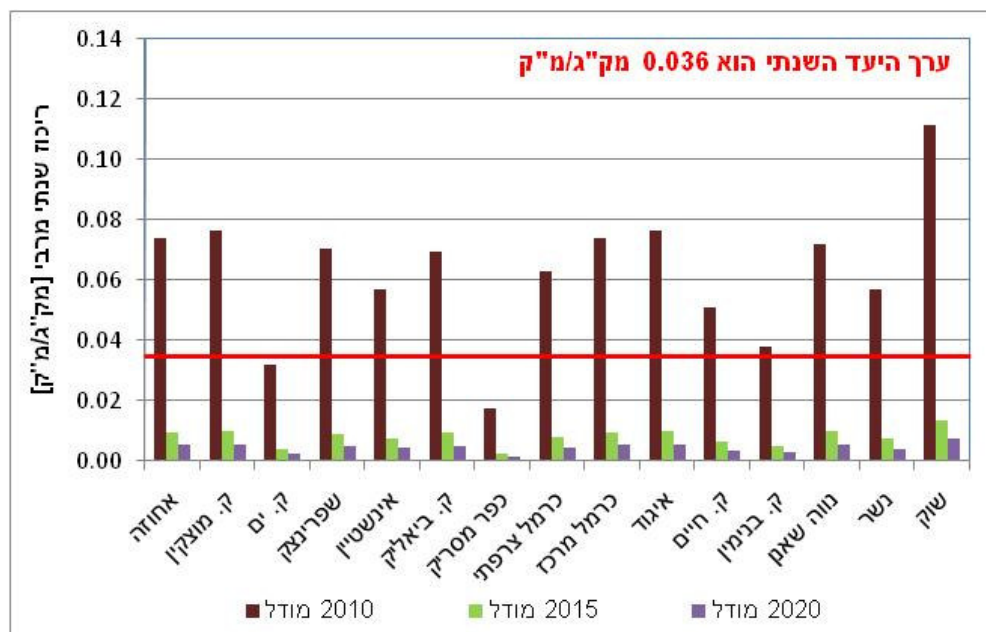
1. מטרופולין חיפה- שריג זה כולל את העיר חיפה, הקריות, עכו, נשר וטירת הכרמל.
 2. מטרופולין ת"א- שריג זה מרכזו בת"א כאשר גבולותיו הצפוניים נושקים לכפר סבא ממזרח והרצליה ממערב וגבולותיו הדרומיים נושקים לראשון לציון ממערב ולוד ממזרח.
 3. מטרופולין ירושלים- שריג זה כולל את כל העיר ירושלים, מודיעין ובית שמש.
 4. מטרופולין באר שבע- שריג באר שבע כולל את העיר באר שבע, עומר ולהבים מצפון ורמת חובב עד צומת הנגב מדרום.
- ניתוח מצב איכות האוויר באמצעות תוצאות המודל בוצע ע"י השוואה בין הריכוזים המרביים שהתקבלו בקולטנים בדידים הממוקמים בהתאם למיקום תחנות ניטור בכל שריג. הריכוז השנתי בו נעשה שימוש לניתוח מצב איכות האוויר הינו הריכוז הממוצע מהשנה בה חושב הריכוז השנתי הגבוה ביותר מבין שלוש השנים להן הורץ המודל, שנת 2008. היות והמטאורולוגיה נותרה זהה בין הרצות המודל בשנת הבסיס ובשנות היעד, הגורם היחיד שממנו נובעים השינויים בריכוזים ובפיזור הינו מיקום וגודל הפליטות. התוצאות המוצגות להלן הינן תוצאות אשר חושבו מהמודל בלבד וזאת מאחר ולא קיים ניטור רציף למזהם זה. נתוני דיגום ל- 1,3-בוטדיאן קיימים מדיגום אחד שבוצע בחיפה בשנת 2009. תוצאות הדיגום היו ריכוז יממתי של 0.6 מיקרוגרם למ"ק וריכוז שנתי של 0.1 מיקרוגרם למ"ק. שני הריכוזים הללו חורגים מערכי היעד היממתי והשנתי.
- לאור האמור לעיל, ניתוח תוצאות המודל הינו ניתוח איכותי המציג ובוחן את מגמות השינוי בגודל הריכוזים בנקודות ציון שהוגדרו מראש.
- האיורים שלהלן (איורים 41 – 48) מציגים את תוצאות חישובי ריכוזי המזהם באמצעות המודל תוך השוואה בין שנת הבסיס ושנות היעד.

תוצאות המודל לשריג חיפה

איור 41: ריכוז יממתי מירבי - חיפה

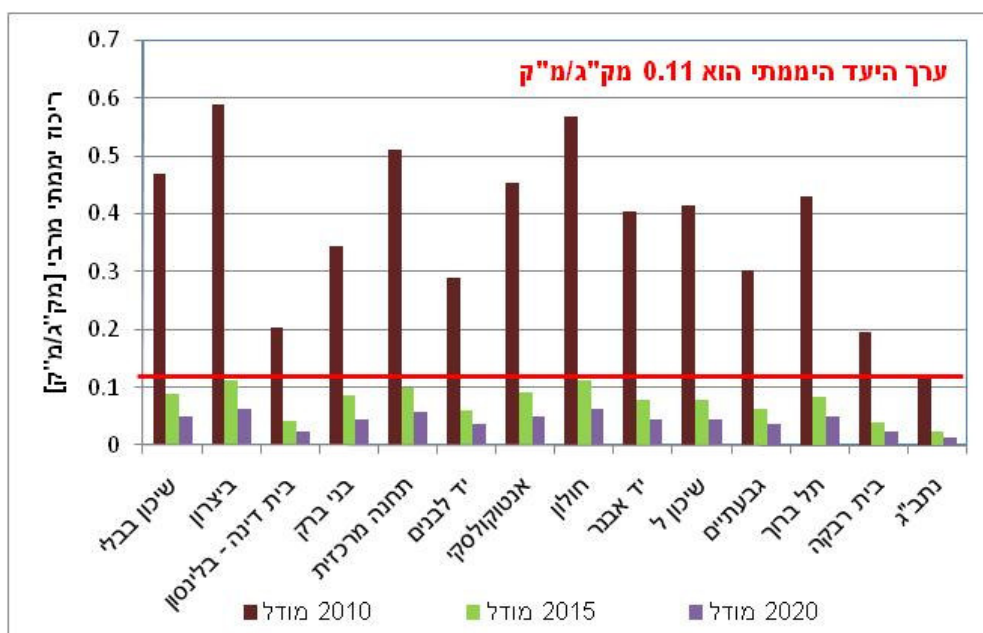


איור 42: ריכוז שנתי מירבי - חיפה

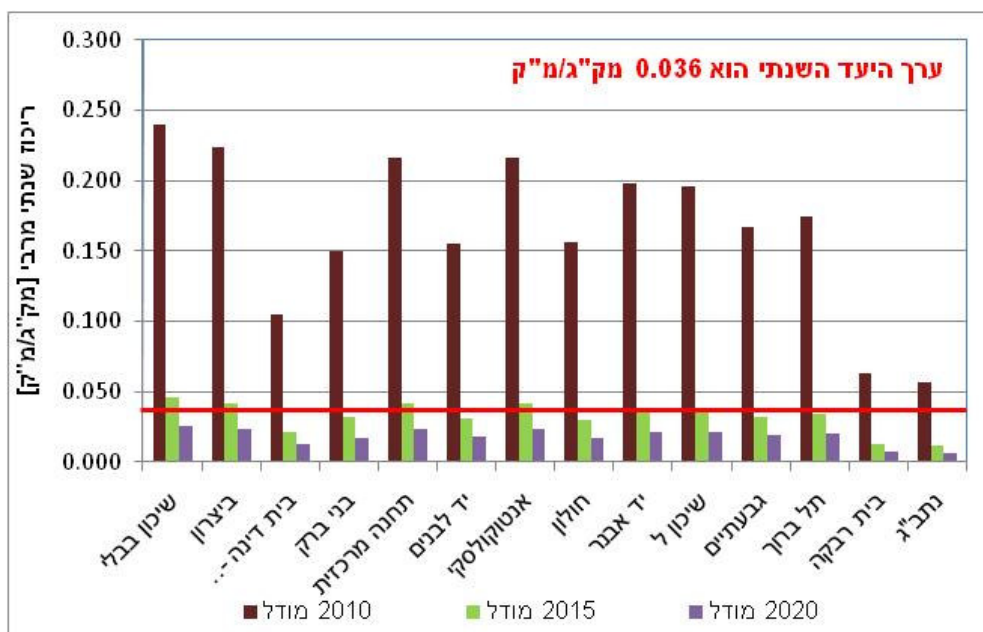


4.5.8.3 תוצאות המודל לשריג תל-אביב

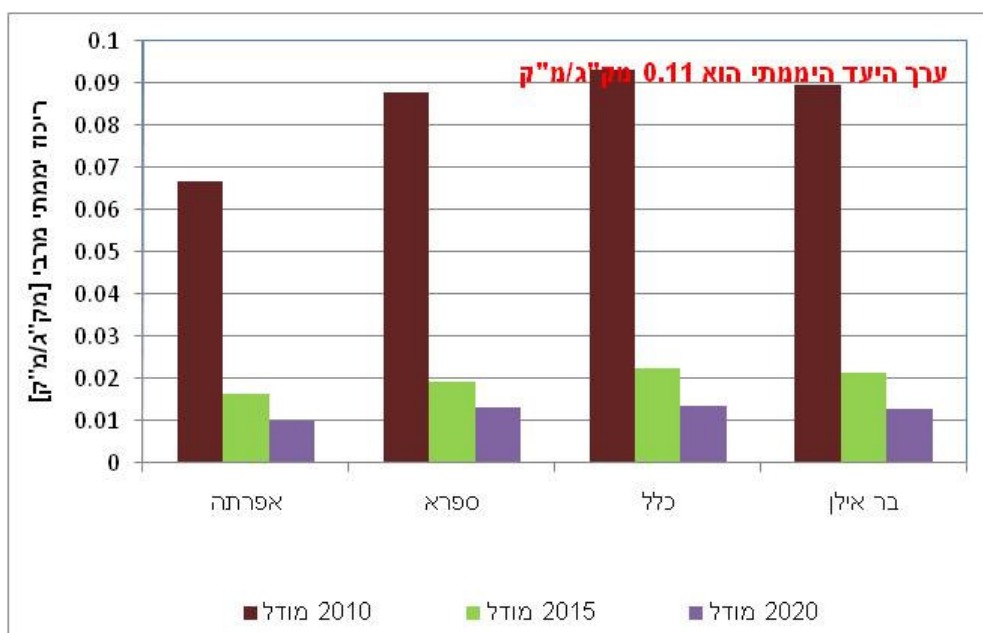
איור 43: ריכוז יממתי מרבי - תל אביב



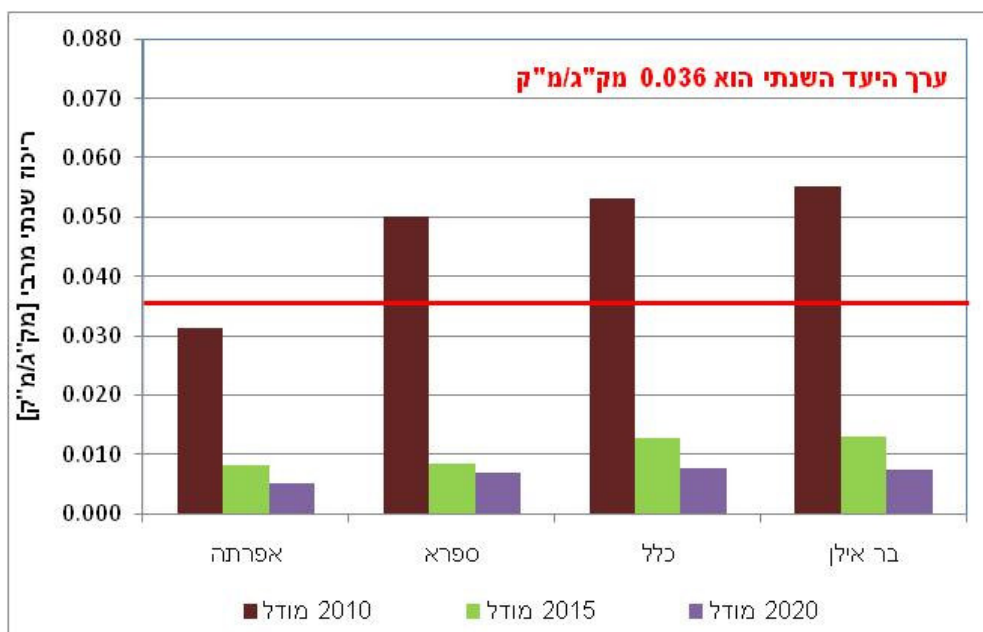
איור 44: ריכוז שנתי מרבי - תל אביב



4.5.8.4 תוצאות המודל לשריג ירושלים
איור 45: ריכוז יממתי מרבי – ירושלים



איור 46: ריכוז שנתי מרבי – ירושלים



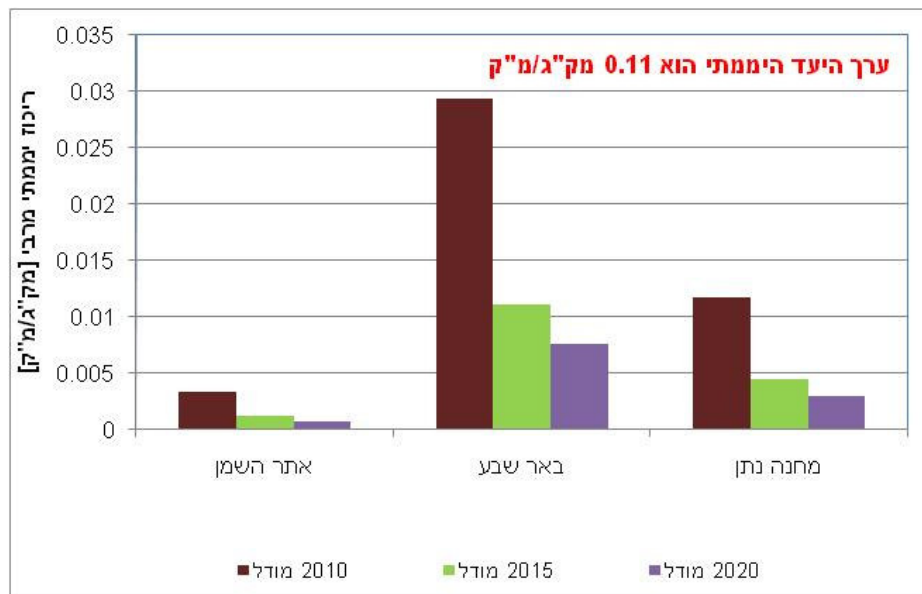
4.5.8.5 ניתוח איכותי של התוצאות עבור חיפה, תל-אביב וירושלים
(1) המגמות הנצפות לפי תוצאות המודל בחיפה, תל אביב וירושלים דומות

(2) הריכוז היממתי המרבי והריכוז השנתי של 1,3-בוטדיאן יורד בין שנת הבסיס לבין שנת היעד 2015 באופן משמעותי. כמו כן, צפויה ירידה נוספת בין 2015 ל- 2020, אולם פחות משמעותית.

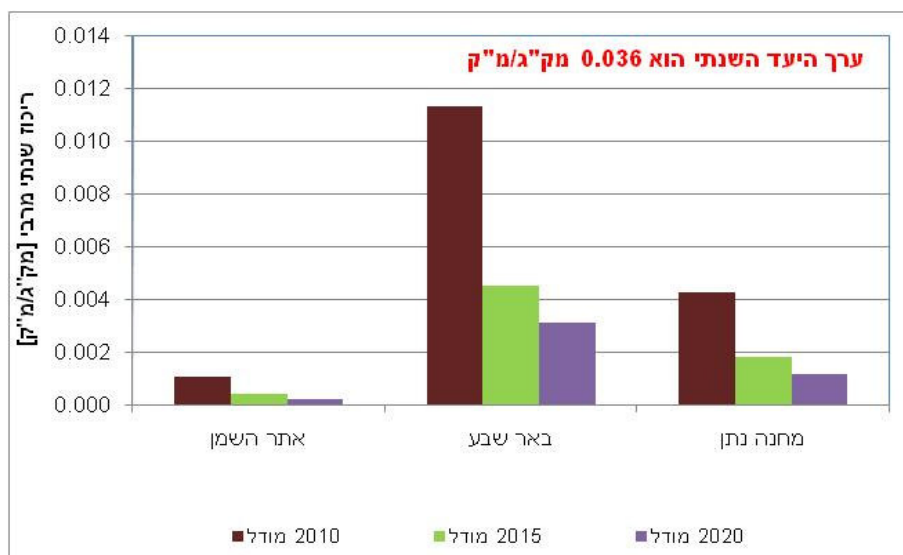
(3) הירידה הצפויה בריכוזי המזהם נובעת כפי הנראה בירידה בפליטות מכלי-רכב. הצערת צי כלי הרכב בישראל הצפויה בשנות היעד תורמת באופן משמעותי ביותר להפחתה בריכוזי 1,3-בוטדיאן בסביבה.

4.5.8.6 באר שבע

איור 47: ריכוז יממתי מרבי - באר שבע



איור 48: ריכוז שנתי מרבי - באר שבע



4.5.8.7 סיכום תוצאות המודל עבור באר-שבע

- (1) הריכוז היממתי המרבי והריכוז השנתי של 1,3-בוטדיאן יורד בין שנת הבסיס לשנת היעד 2015 באופן משמעותי מלבד מבאזור הדרומי של באר שבע המיוצג ע"י נקודת ציון ליד מחנה נתן.
- (2) הירידה הצפויה בריכוזי המזהם נובעת מהירידה בפליטות מכלי-רכב. הצערת צי כלי הרכב בישראל הצפויה בשנות היעד תורמת באופן משמעותי ביותר להפחתה בריכוזי 1,3-בוטדיאן בסביבה.

4.5.8.8 סיכום תוצאות עבור 1,3 בוטאדיאן:

- 1,3-בוטדיאן מוגדר ע"י ה-EPA כמסרטן.
- מקור הפליטה העיקרי של 1,3-בוטאדיאן הינו שריפת דלקים בתחבורה
- הפליטה השעתית של 1,3-בוטאדיאן מכלי-רכב צפויה לרדת בכ- 85% משנת הבסיס לשנות היעד.
- אין נתוני ניטור או נתוני דיגום מספקים של 1,3-בוטאדיאן.
- נצפית מגמת הפחתה בריכוזי המזהם בכל האזורים.
- הירידה בריכוזים נובעת מירידה בפליטה מתחבורה.
- נכון למועד כתיבת התכנית הלאומית אין מספיק מידע בנוגע לריכוזי 1,3-בוטאדיאן בסביבה.
- מומלץ להרחיב את היקף מערך הניטור בכל הנוגע למזהם זה בעיקר במרכזי הערים ובאזורים אחרים מאוכלסים בהם קיימת תנועה גדולה של כלי-רכב וגודש קבוע.
- אמצעי הפחתת הפליטות שנבחנו במסגרת התכנית הלאומית לסקטור התחבורה, צפויים לתרום בעקיפין להפחתה נוספת בפליטות של מזהם זה.

4.5.9 סיכום תמונת מצב איכות אוויר נוכחית וחזויה

4.5.9.1 סיכום תמונת מצב זיהום אוויר ל- PM_{10} ול- $PM_{2.5}$

ריכוזי רקע:

- ריכוזי החלקיקים הנשימים עולה מספר רב של פעמים מעבר לערכי היעד. עבור PM_{10} מתקבלים ריכוזים מעל ערך היעד היממתי (50 מק"ג/מ"ק) ומערך היעד השנתי (20 מק"ג/מ"ק). עבור $PM_{2.5}$ מתקבלים גם כן ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי (25 מק"ג/מ"ק) ומערך היעד השנתי (10 מק"ג/מ"ק). הריכוזים הגבוהים שמתקבלים בארץ, מושפעים בחלקם מריכוזי הרקע הגבוהים הנובעים ממיקומה הגאוגרפי של ישראל בסמוך למדבריות ערב. ריכוזי הרקע בישראל מוערך בכ-40 מק"ג/מ"ק ל- PM_{10} ובכ-20 מק"ג/מ"ק ל- $PM_{2.5}$. בממוצע שנתי ריכוזי הרקע של חלקיקים מהווים כ-80% מערך היעד היממתי ו-200% מערך היעד השנתי.
- ריכוזי הרקע הגבוהים מחייבים טיפול קפדני במקורות הפליטה אנתרופוגניים (מעשה ידי אדם) אשר תורמים לריכוזי חלקיקים בסביבה והשקעת מאמץ בצמצום הפליטה ממקורות אלו למינימום האפשרי.

תוצאות המודלים ותחנות הניטור:

- נתוני הניטור מציגים ריכוזי חלקיקים נשימים PM_{10} ו- $PM_{2.5}$ בממוצע שנתי העולים על ערכי היעד בכל הארץ.
- תוצאות הרצות המודלים לשנות היעד מצביעות על מגמה כללית של ירידה וצמצום בפיזור המרחבי של חלקיקים.
- באזורים מסוימים, בקרבת מחצבות פעילות מתקבלת עלייה מקומית בריכוזים בין שנת הבסיס לשנות היעד.
- הריכוזים של חלקיקים בשנות היעד צפויים להיות גבוהים מערך היעד. הריכוזים הגבוהים צפויים לשרור ברוב חלקי הארץ ובחלק ניכר מימות השנה.

מקורות פליטה ואמצעי לצמצום פליטות

- מקורות הפליטה העיקריים לחלקיקים נשימים הם ייצור חשמל, תעשייה ומחצבות. שני המגזרים הראשונים מטופלים בין היתר באמצעות הוראות אישיות למניעת נפגעים מתחנות הכוח של חברת חשמל, הליך מתן היתרי פליטה והליכים נוספים. בעקבות כך, קצב הפליטה ממגזרים אלו צפוי לרדת. בנוסף, התכנית כוללת מספר צעדי מדיניות נוספים אשר עניינם הפחתת הפליטות מתעשייה והפחתת הביקושים לחשמל (שמטרתה הפחתת פליטות מזהמים), וכן צעדי מדיניות נוספים.
- במשרד קיים ידע נרחב לגבי הפליטות ממגזר ייצור החשמל והתעשייה, ומרוב מגזרי התעשייה. יחד עם זאת לגבי פליטת חלקיקים ממחצבות בישראל יש מקום לשיפור בסיס הידע בנושא. כמות הפליטה ממחצבות צפויה לגדול כתוצאה מגידול בהיקפי החציבה אשר נובעים מגידול היקפי הבנייה המלווים את הגידול הטבעי של האוכלוסייה. בשל ההפחתה בפליטות מהמגזרים האחרים לעומת הגידול בהיקף הפליטה הצפוי ממחצבות, השיעור היחסי של הפליטה ממחצבות צפוי לגדול.
- העלייה בקצב הפליטה ממחצבות ותרומת פעילות זו לריכוזי החלקיקים בסביבה מחייבת את העמקת הטיפול בסקטור. יש הכרח בהעמקת הידע המקצועי הקיים כיום במשרד להגנת הסביבה בנושא המחצבות.

כמו כן יש לבחון את אופן הפחתת הפליטות ממחצבות ואת האמצעים הקיימים בעולם להפחתת הפליטות מסקטור זה.

- על כן אחת ההמלצות החשובות של התכנית הלאומית היא גיבוש תכנית פעולה ייעודית להפחתת פליטות של חלקיקים נשימים ממחצבות שתכלול אמצעי מדיניות מומלצים.
- גורם חשוב נוסף לפליטה של חלקיקים נשימים עדינים $PM_{2.5}$ הם כלי הרכב. בתכנית הלאומית נבחנו צעדים מדיניות נוספים מעבר לתרחיש עסקים כרגיל אשר מתמקדים בהפחתת הפליטות של חלקיקים עדינים כגון תכנית לגריטת רכבים מסחריים ישנים עד 3.5 טון. תכנית זו מטפלת במגזר הרכבים המסחריים המונעים בדיול, מגזר הפולט חלקיקים באופן מוגבר יחסית לרכבי בנזין וכן צעדים להפחתת נסועה מכלי רכב ומעבר לרכבים נקיים יותר.

4.5.9.2 סיכום תמונת מצב ומסקנות לאוזון

ריכוזי רקע:

- ריכוזי הרקע של אוזון בישראל מוערכים בכ- 100 מק"ג/מ"ק השווים לערך היעד.

תוצאות המודל ותחנות הניטור:

- נתוני הניטור עבור שנת 2010 ותחזיות ריכוזי האוזון לשנות היעד של התכנית מראים כי אוזון הינו אחד ממזהמי האוויר הבעייתיים היום בישראל. באזורים נרחבים ברחבי הארץ נרשמו ריכוזים הגבוהים באופן משמעותי מערך היעד השמונה-שעתי ובאזורים מסוימים (גב ההר, גוש עציון, מודיעין ועוד) נמדדות גם חריגות מערך הסביבה (= 160 מיקרוגרם למ"ק). תוצאות אלו מחייבות טיפול קפדני במקורות הפליטה של מזהמים התורמים להיווצרות אוזון NO_x ו- $NMVO$.
- הריכוזים המחושבים לשנות היעד צפויים להיות גבוהים מערך היעד באזורים נרחבים בישראל.
- תהליך היווצרות האוזון באטמוספירה מורכב ממספר תגובות פוטוכימיות. התרכובות והחומרים הלוקחים חלק בתהליך הם בין היתר: NO הידרוקסידים, CO , CO_2 , מימן, חמצן, HO_2 . תהליך היווצרות האוזון הינו תהליך מורכב.
- הפחתת הפליטה של תחמוצות חנקן ו- $NMVO$ משפיעה על קצב היווצרות האוזון במידה מסוימת אולם לא ניתן לאפיין את הקשר בין הפחתת הפליטה לקצב היווצרות האוזון כקשר ישיר. משמעות הדבר שהפחתה בסדר גודל של כ- 50% בפליטת תחמוצת חנקן אינה מובילה לירידה ב- 50% בריכוזי האוזון באטמוספירה. כנ"ל לגבי הפחתת פליטת ה- $NMVO$.
- היווצרות האוזון תלוי בתנאים מטאורולוגיים כגון מידת קרינה ועוצמה וכיוון הרוחות. במסגרת התוכנית הלאומית נבחנו חמש אפיוזדות המאפיינות מצבים סינופטיים שונים.

- הפחתת פליטות של תחמוצות חנקן ו NMVOC תורמת לירידה בריכוזי האוזון באזורים מסוימים בארץ ולעלייה בריכוזי האוזון בעקבות הפחתת קצב תהליך הטיטורציה (התורם לפירוק האוזון³¹), באזורים אחרים- בעיקר בכיוון מורד הרוח ממקורות פליטה גדולים של תחמוצות חנקן ו NMVOC.
- מומלץ להמשיך ולשפר את מצאי הפליטות הקיים תוך שימת דגש על מצאי מפורט של ה- NMVOC על מרכיביו הריאקטיביים ליצירת אוזון.

מקורות פליטה ואמצעים לצמצום פליטות:

- ריכוזי הרקע הגבוה של אוזון מחייב טיפול מעמיק במקורות אנתרופוגניים אשר תורמים לריכוזים הגבוהים של אוזון והפחתת מקורות פליטה אלו למינימום האפשרי.
- התורמים עיקריים לפליטה של תחמוצות חנקן הם ייצור חשמל, תעשייה ותחבורה. בשנות היעד של התכנית נרשמת ירידה משמעותית בפליטה של תחמוצות חנקן כתוצאה מהחלת צעדי מדיניות כגון מתן היתרי פליטה בתעשייה ובייצור החשמל והחלת צווים אישיים. בסקטור התחבורה צפויה גם כן הפחתה ניכרת הפליטות כתוצאה מהצעת גיל כלי הרכב בארץ. מלבד זאת התכנית הלאומית ממליצה להחיל צעדי מדיניות נוספים אשר עניינם הפחתת פליטות של תחמוצות חנקן בעיקר באמצעות הורדת הביקושים לחשמל, מעבר לכלי-רכב מזהמים פחות והפחתת הנסועה.
- המקורות העיקריים לפליטה של NMVOC הם שימושים הביתיים בחומרים המכילים NMVOC כגון צבעים, מוצרי קוסמטיקה, חומרי הדברה ועוד. מקור משמעותי נוסף הוא השימוש בחומרים המכילים NMVOC במגזר התעשייה. החלק של השימושים הביתיים מסך הפליטות עומד על מעל 60%. החשיבות בהפחתת ריכוזי האוזון באמצעות הפחתת הפליטות של NMVOC מחייב טיפול מיוחד במגזר השימושים הביתיים אשר מהווים תורם ראשי לפליטות. יש מקום להרחבת הידע המקצועי הקיים במשרד אודות אופן הערכת הפליטה של NMVOC ממגזר משקי הבית ואודות האמצעים להפחתת הפליטות ממזהם זה.
- כמו כן יש מקום להרחבת בסיס הידע בנוגע לתת-קבוצות החומרים הנחשבים כ- NMVOC בהתאם לרמת הריאקטיביות שלהם ולפוטנציאל ליצירת אוזון. זאת לשם מיקוד הפחתת פליטות NMVOC באופן שיצמצם יצירה של מזהם האוויר אוזון.

4.5.9.3 סיכום תמונת מצב ומסקנות עבור SO₂

תוצאות המודל ותחנות הניטור:

- ריכוזי SO₂ בשנת הבסיס, לפי נתוני הניטור גבוהים כמעט בכל חלקי הארץ מערך היעד היממתי. על פי תוצאות המודל גם בשתי שנות היעד של התכנית צפויים ריכוזים גבוהים מערך היעד היממתי בכל ארבעת השריגים.
- אזורים מסוימים בשריגים שנבדקו, זוהו כאזורי "hot spot". אזורים אלה מאופיינים בריכוזים גבוהים מערך היעד היממתי וכן בצפיפות אוכלוסייה גבוהה. אזורים אלו הם:

³¹היווצרות מזהמים שניוניים ותפרושתם בזמן ובמרחב בישראל, פרופ' אורי דיין המחלקה לגיאוגרפיה, פרופ' 'צחק מהרר המחלקה לחקר קרקע ומים, אילן לוי המחלקה לגיאוגרפיה, 2002

- **חיפה:** באזור קריית אתא, קריית ים, קריית ביאליק, נשר, אזור חוף הכרמל וטירת הכרמל חושבו מדדי חשיפה מרחביים גבוהים מיתר האזורים. הריכוזים הגבוהים צפויים גם בשנת 2020.
- **חדרה:** באזור שבין חדרה – קיסריה – פרדס חנה-כרכור חושבו ריכוזי זיהום גבוהים. מכפלת הריכוזים בצפיפות האוכלוסייה נותן אומדן חשיפה מרחבי גבוה באזורים אלה גם בשנת היעד 2020. בנוסף, גם באזור יד חנה (כיוון מורד הרוח מאורות רבין) מתקבלים ריכוזים גבוהים של גפרית דו-חמצנית.
- **אשדוד ואשקלון:** באזור הסמוך לתחנת הכוח רוטנברג מתקבלים ריכוזים גבוהים מערך היעד ואומדן חשיפה מרחבי גבוה גם בשנת 2020. **כמעט סביב כל העיר אשדוד כולל אזור מושב ניר גלים** מחושב אומדן חשיפה מרחבי גבוה גם כן בשנת היעד 2020.

הפחתת פליטות ואמצעי מדיניות:

בשנות היעד צפויה הפחתת פליטות של גפרית דו-חמצנית ממקורות הפליטה הגדולים: תחנות הכוח הפחמיות ומפעלי תעשייה. היקף הפליטות צפוי לקטון בכ- 50% בין שנת הבסיס לשנת היעד 2015 ובכ- 66% בין שנת הבסיס לשנת 2020. למרות הפחתת הפליטות, עדיין צפויים ריכוזים באוויר הגבוהים מערכי היעד היממתיים על כן יש להמשיך את הטיפול במקורות הפליטה. לצורך כך נדרש יישום של אמצעי הפחתה נוספים מעבר לאלו הקיימים לפי תכניות משרדי הממשלה. התכנית הלאומית מציעה מספר צעדים נוספים בעניין זה הנוגעים בעיקר לצמצום הביקושים לחשמל ולהפחתת הפליטות בסקטור התעשייה.

4.5.9.4 סיכום תמונת מצב ומסקנות עבור NO₂

מקורות פליטה ואמצעי הפחתה:

- מקורות הפליטה העיקריים הינם מסקטור החשמל, סקטור התחבורה ומסקטור התעשייה-מקורות מוקדניים. הפליטות מייצור חשמל מצטמצמות בכ- 30% בין שנת הבסיס ושנת היעד 2015 ובכ- 50% נוספים בין השנים 2015 - 2020. סה"כ חל צמצום של 65% בפליטות מסקטור החשמל. הפליטות מסקטור התחבורה צומצמו בכ- 50% בין שנת הבסיס לשנת היעד 2015 ובכ- 70% בין שנת הבסיס לבין שנת היעד 2020. הפליטות מהתעשייה הופחתו בין שנת הבסיס לשנת היעד 2015 בכ- 7% ולא חלה ירידה נוספת בשנת היעד 2020.
- הרצת מודל FARM לאזור גוש דן הראתה כי בשטחי המטרופולין כולו צפויים בשנת הבסיס ריכוזים הגבוהים מערך היעד, בפרט בערים: ת"א-יפו, ר"ג, בני ברק, גבעתיים, רמת השרון, בת ים, חולון וראשון לציון.
- בשנות היעד צפויים הריכוזים לרדת באופן משמעותי.
- תחמוצות חנקן מהוות מבשר אוזון ויש להפחית את פליטתם לאוויר לשם הפחתה של ריכוזי האוזון בסביבה. בנוסף, יש לטפל בצמצום ריכוזי מזהם זה בסביבה, בעיקר במרכזי הערים.
- לצורך הפחתת הריכוזים נדרש יישום של אמצעי הפחתה, מעבר לאלו הקיימים לפי תכניות משרדי הממשלה. את עיקר המאמץ בתחום ההפחתה יש לרכז באמצעי מדיניות אשר משפיעים על מרכזי הערים, קרי בעיקר צעדי מדיניות המפחיתים פליטות מתחבורה. בתחום זה ישנם מספר צעדי מדיניות שנבחנו שעניינם הפחתת הנסועה הכללית ועידוד שימוש בכלי רכב בעל דרגת זיהום נמוכה (פולט פחות מזהמים).

4.5.9.5 סיכום תמונת מצב ומסקנות עבור המזהמים כספית, עופרת, בנזן ו1,3-בוטאדיאן

כספית ועופרת

- מקורות הפליטה העיקריים של כספית עופרת הם תהליכי ייצור בתעשיית המתכות ושריפת פחם לייצור חשמל.
- על פי תוצאות המודל לא צפויות חריגות מערכי היעד לגבי מזהמים אלו. עם זאת יש לציין שקיים מחסור בדיגומים המאפשרים תיאור תמונת מצב מהימנה לגבי מזהמים אלו.
- על מנת לעקוב אחר ריכוזי המזהם בסביבה מומלץ להרחיב את היקף הדיגום התקופתי בכל הנוגע לכספית ועופרת בעיקר באזורים הקרובים למקורות הפליטה של מזהם זה: תחנות כוח ואזורי תעשייה.

בנזן ו-1,3-בוטאדיאן

- מקורות הפליטה העיקריים לבנזן ו-1,3-בוטאדיאן הינם פליטות מכלי-רכב.
- דיגום מזהמים אלו לשנת 2010 מצא אזורים בהם ישנה חריגה מערכי היעד.
- תוצאות המודל לשנות היעד של התכנית מצביעות על ירידה משמעותית בפליטות מזהמים אלו כתוצאה מהפחתת הפליטות מתחבורה הנובעות מהצעת גיל כלי הרכב והשיפור הטכנולוגי.
- קיים חוסר בדיגומים אלו שאינו מאפשר מתן תיאור איכות אוויר מהימנה באופן מספק. מומלץ להרחיב את היקף מערך הניטור בכל הנוגע למזהם זה בעיקר במרכזי הערים ובאזורים אחרים מאוכלסים בהם קיימת תנועה גדולה של כלי-רכב וגודש קבוע.
- אמצעי הפחתת הפליטות שנבחנו במסגרת התכנית הלאומית לסקטור התחבורה, צפויים לתרום בעקיפין להפחתה נוספת בפליטות של מזהם זה.

5 השפעות בריאותיות וכלכליות של זיהום אוויר

5.1 כללי

בפרק שלפנינו מובאת תחילה סקירה כללית של השפעות בריאותיות המקושרות לחשיפה לריכוזי חלקיקים ולאוזון, מזהמים קריטריונים אשר ממקדים את עיקר המאמצים לצמצום ריכוזם באוויר. למרות רשימת ההשפעות הארוכה הקשורה לזיהום אוויר, מספר ההשפעות שנכלל בפועל בתחשיב הבריאותי בתכנית הלאומית מועט יותר וזאת מפני שלגבי חלק מההשפעות הבריאותיות עדיין לא הוכח קשר סיבתי מובהק בין נוכחות של המזהמים באוויר להשפעות בריאותיות קונקרטיות. לכן, בשל הרצון להציג תחשיב בריאותי וכלכלי שעומד על קרקע מדעית יציבה, התכנית הלאומית אינה כוללת את כל ההשפעות הבריאותיות אלא רק את אלו מבינן אשר ישנו קונצנזוס יחסי בספרות המדעית לגבי טיב הקשר בינן לבין זיהום האוויר. בחלק השני של פרק זה תוצג השיטה לתרגום נוכחות המזהם באוויר להשפעות הבריאותיות השונות. כימות של ההשפעות הבריאותיות נעשה באופן שיטתי, באמצעות הפעלת פונקציה (נוסחה) המקשרת בין משתנים בלתי-תלויים (רמות סביבתיות של ריכוז מזהמים באוויר ונתוני אוכלוסייה) ומשתנים תלויים (השפעות בריאותיות מגוונות ומוגדרות של שיעורי תמותה, אשפוז ותחלואה). פונקציות אלו הנקראות פונקציות מנה-תגובה (concentration response function) או יחידות סיכון (risk units) הן משוואות המתארות את הסיכון של האוכלוסייה להשפעה בריאותית מסוימת (health end-point) בחשיפה לתוספת בריכוז מזהם כלשהו. בחלק השלישי של פרק זה מוצגת השיטה הכלכלית של כימות ההשפעות הבריאותיות לכדי ערכים כלכליים המבטאים את העלות המשקית של הנזק הבריאותי. בחלק האחרון תוצג העלות הכלכלית הנגזרת כתוצאה מאי עמידה בערכי היעד עבור המזהמים הרלוונטיים, בשתי שנות היעד של התכנית.

5.2 השפעות בריאותיות של זיהום אוויר

זיהום אוויר מהווה מקור לבעיות בריאותיות רבות החל מבעיות נשימה ואסטמה, בבעיות של הלב וכלי הדם, בסוגי סרטן למיניהם וכלה בתמותה אשר פוגעת בעיקר באוכלוסיות רגישות אך גם מובילה לפגיעה בתוחלת החיים של כלל האוכלוסייה. רוב המחקרים המדעיים מצביעים על חלקיקים ואוזון כשני המזהמים האחראים למירב הנזק הבריאותי ועל כן, תכניות רבות בעולם, כמו גם התכנית הישראלית, מתמקדות בטיפול במזהמים אלה. לצד מזהמים אלו, הקהילה הרפואית מצביעה גם על מזהמי אוויר נוספים הכלולים בתכנית כגון NO_2 , SO_2 , 1,3-בוטאדיאן, ובנוסף כמקושרים להשפעות בריאותיות שליליות. ישנן השפעות בריאותיות רבות אשר מקושרות לזיהום אוויר והעדויות המדעיות לגבי הקשר בין זיהום אוויר להשפעות בריאותיות מתווספות עם השנים. מידע מפורט יותר לגבי ההשפעות הבריאותיות של מזהמים אלו ומזהמים נוספים מצוי בנספח המתודולוגי של התכנית.

5.2.1 חלקיקים עדינים: PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$

לפי הספרות, עיקר הנזק בערים הגדולות בעולם המערבי נגרם כתוצאה מפליטת חלקיקי שריפה שמקורם בתחבורה, במיוחד כאשר מדובר בפליטה ממנועי דיזל, אך גם מתעשייה ייצור חשמל ומחצבות. בנוסף לתרומת מגזרים אלו לבעיית החלקיקים בישראל, אין להמעט בתרומתם של חלקיקי אבק טבעי המועבר ע"י הרוחות המזרחיות מהמדבריות.

חלקיקים ותמותה

עבודות מדעיות רבות קושרות בין חשיפה ל-PM לבין עליה בתמותה. קשר זה קיים הן לגבי חשיפה קצרת זמן והן לגבי חשיפה ממושכת. הסיכון המוגבר מתבטא בעיקר בעלייה בתמותה ממחלות לב, ריאות וסרטן. נתונים שהתפרסמו לאחרונה ע"י ארגון הבריאות העולמי מראים שחשיפה לחלקיקים גורמת להורדת תוחלת חיים של כשנה במדינות המערב, כאשר לא פחות מ-500,000 פטירות מוקדמות נרשמות מדי שנה במדינות אירופה כתוצאה מחשיפה לחלקיקים העדינים. בארה"ב מעריכים ש-15% מתוך ההארכה בתוחלת החיים, בשנים האחרונות, נובעת מהצלחת מדיניות אוויר נקי (Clean Air ACT) שהביאה להפחתת רמת החלקיקים העדינים ברחבי ארה"ב. הקשר בין ריכוז החלקיקים באוויר והתמותה היומית מובהק עוד יותר כשמתמקדים בעליה בריכוזי החלקיקים העדינים ביותר ($PM_{2.5}$). עבודות מארה"ב שהתפרסמו בשנים האחרונות, מראות שהקשר בין זיהום אוויר ותמותה קיים הן במקרים של חשיפה קצרה והן במקרים של חשיפה ממושכת. כמו כן, מחקרים רבים מראים את השפעת העלייה ברמת החלקיקים באוויר על "התמותה הכללית מכל הסיבות" גם יחד. עלייה בשיעורי תמותה עודפת הקשורה לזיהום אוויר, מתקבלת בשתי עונות עיקריות – חורף וקיץ. בקיץ – כתוצאה מיצירה מוגברת של סולפטים ושל אוזון (ישנה השפעה סינרגטית בחשיפה משולבת לרמות גבוהות של אוזון וחלקיקים), ובחורף – היות והחשיפה למזהמי אוויר מופיעה על רקע של החמרה עונתית בתחלואה במחלות לב וריאות.

חלקיקים עדינים ביותר (PM_1)

חלק חשוב של המחקרים מתמקד בחשיפה לחלקיקים העדינים ביותר, בקוטר 1 מיקרומטר (PM_1). הסיבות לכך נובעות מהעובדה שהחלקיקים הזעירים חודרים לעומק דרכי הנשימה לנאדיות הריאה, מתפרקים בחלקם במגע עם תאי הריאות ומרכיביהם חודרים למערכת הכללית של הגוף. לכן, חלקיקים אלה הם בעלי השפעה בריאותית ניכרת, וחמורה יותר משאר המרכיבים המרחפים באוויר¹. בנוסף, גודל החלקיקים האלה גורם להימצאותם בריכוזים משמעותיים גם בתוך מבנים, עובדה המטשטשת את ההפרדה בין זיהום אוויר סביבתי לזיהום אוויר תוך-מבני. ממחקרים שהתפרסמו, עולה שהחלקיקים העדינים ביותר אחראים לרוב התופעות הדלקתיות המערכתיות ולפגיעה המחמצנת בתאים השונים של הגוף, מלבד ריאות. מספר מחקרים אפילו הדגימו את האינטראקציה המורכבת של חלקיקים אלה עם מערכת החיסון. כל הסיבות האלה מציבות את החלקיקים העדינים ביותר כגורמים העיקריים לתמותה הקשורה לחשיפה לזיהום אוויר מחלקיקים עדינים².

קבוצות סיכון – קשישים, ילדים ואנשים שחולים במחלות כרוניות שונות.

ישנן קבוצות אוכלוסייה רגישות במיוחד להשפעתם של חלקיקים כגון ילדים, קשישים, אנשים הסובלים מעודף משקל, עוברים וחולים במחלות לב-ריאה כרוניות. קיים בסיס מחקרי להניח שקיים קשר בין חשיפה לרמות גבוהות של חלקיקים עדינים במהלך החודשיים הראשונים לחיים לבין תמותת תינוקות מסיבות נשימתיות, ותופעת מוות עריסה (SIDS). מלבד קיצור תוחלת החיים, החשיפה לחלקיקים עדינים גורמת למגוון רב של השפעות בריאותיות, כגון בעיות נשימה, פגיעה בהתפתחות העוברית אצל נשים בהריון, עם לידות במשקל לידה נמוך, דבר המהווה סיכון בריאותי רב לתינוק הנולד. השפעה משמעותית במיוחד יש לריכוז חלקיקים גבוה על חולי במחלות כרוניות כגון מחלות ריאה ומחלות לב וכלי דם.

חלקיקים ומערכת הנשימה

לפי הידע המדעי שהצטבר במהלך 16 השנים האחרונות נמצא קשר ברור בין זיהום אוויר ותסמונות נשימתיות. הורדת רמת ה- PM_{10} בעשרים מק"ג/מ"ק הביאה להורדת שכיחות השיעול ותסמונות COPD בכ- 4% בגרמניה.³ ירידה זו הייתה חדה עוד יותר בקרב נשים שלא עישנו אי פעם (8 עד 12% ירידה!). מחקרים בקליפורניה הראו שחשיפה לזיהום אוויר למשך פרקי זמן קצרים (כ-5 דקות) בדרך לבית הספר מספיקה להחמיר את המצב של ילדים חולי אסתמה, ובמיוחד של ילדים הסובלים לסירוגין מהתקפי אסתמה בעלי חומרה בינונית, וילדים עם רגישות אלרגית לחתולים או לפטרת המצויה.^{4,5} ניתן להעריך שהחשיפות הסביבתיות מסבירות כ-30% בירידת תפקודי הריאות של הנחשפים ומהוות כ-25% מגורמי החומרה של התקפי האסתמה.⁶ קיים בסיס עובדתי להשערה שחשיפה למזהמי אוויר בגיל מוקדם, מגבירה את הסיכון להתפתחות מחלת האסתמה מאוחר יותר. בעיקר ניתן למצוא קשר בין החשיפה למזהמי אוויר שמקורם בתחבורה לסיכון זה.⁷ מספר רב של סקרים מצביע על קשר בין עליה בריכוז PM באוויר לבין עלייה במספר הפניות לחדרי מיון כתוצאה ממחלות נשימתיות וקרדיוסקולריות, עליה בסימפטומים נשימתיים וירידה בתפקודי ריאה. העלייה באשפוזים אלו נובעת בעיקר מאסתמה, ברונכיטיס, דלקת ריאות, ומחלות של כלי הדם במוח. השפעות אלו נגרמות גם כתוצאה מחשיפה קצרת-זמן לרמה חריגה של חלקיקים עדינים אשר מספיקה להביא לעלייה בשכיחות של השפעות בריאותיות רציניות.

חלקיקים ומחלות לב

בשנים האחרונות התרבו הדיווחים על תופעות הקושרות בין החלקיקים למחלות לב כגון: אוטם שריר הלב. הירידה בהספקת חמצן ללב, כתוצאה מהפרעות נשימה, היא אומנם תופעה קיימת ובעלת משמעות כבדה, אבל מעבר לה, קיימות תופעות של האצת התהליך של טרשת עורקים (Atherosclerosis) ושל תופעות דלקתיות, שחומרתן גדולה עוד יותר.⁸ הירידה בקוטר ובגמישות העורקים הקטנים כתוצאה מטרשת עורקים כתוצאה מהחשיפה לזיהום אוויר מחלקיקים עדינים היא תופעה נפוצה בהרבה ממה שנטען עד עכשיו.^{9,10} תופעה זו קשורה להשפעה המחמצנת של חלק ממרכיבי החלקיקים העדינים. אמנם השפעה זו מתרחשת בקנה מידה קטן יותר מהפגיעה הזוהה המתפתחת בהשפעת החשיפה לאוזון, אבל בעוד טרשת עורקים המתפתחת בהשפעת האוזון גורמת בעיקר לתופעות בריאותיות כגון שבץ מוחי, במקרה של חלקיקים עדינים ההשפעה ממוקדת יותר ללב עצמו. הסיבה לכך היא נוכחותן של תופעות דלקתיות, לאחר חשיפה לחלקיקים עדינים, הגורמת לעלייה ברמות הפיברינוגן (Fibrinogen) בדם וכתוצאה מכך לעלייה של סמיכות הדם. הנוכחות של שילוב בין טרשת עורקים, דם סמיך יותר וירידה בהספקת החמצן, מאפשרת להבין את תופעות של עלייה בשכיחות אוטם שריר הלב, ותמותה מוגברת בקרב חולים שעברו בעברם אירוע של אוטם.

כיוון נוסף חשוב במחקר כיום בודק את החשד כי חשיפה לרמות חריגות של חלקיקים עדינים מובילה להפרעות קצב המהוות את הסיבה העיקרית לתמותה מיידית. לא מדובר רק בהפרעות קצב חריפות הגורמות למוות פתאומי אצל אנשים צעירים אלא גם בפגיעה במנגנוני תגובה של הגוף למצבים פיזיולוגיים העלולה לגרום לתמותה בקרב קשישים מסיבות משניות כגון שבץ¹¹. אכן, הפגיעה ביכולת הלב לשנות את קצבו בהתאם לצרכים (כגון בעת מעבר משכיבה לעמידה) יכולה לגרום לאי הספקה רגעית של דם וחמצן למוח או ללב עצמו. בעוד שתופעה זו אינה גורמת לתוצאות חמורות אצל אדם צעיר ובריא, היא עלולה להיות גורם ל"מפולת" קטלנית אצל קשיש הסובל כבר מטרשת עורקים, תופעה נפוצה ביותר. יש לציין שהשימוש במושג "רמות חריגות" של זיהום אוויר עלול להטעות משום שכל אדם עלול להגיב בצורה שונה לרמות שונות של זיהום אוויר.

חלקיקים וסרטן

על פי עדויות מדעיות רבות שהתווספו בשנים האחרונות, חשיפה כרונית לחלקיקים עדינים קשורה להתפתחות מחלת הסרטן. המחקרים שפורסמו בשנים האחרונות נוטים לזהות את החלקיקים שמקורם בפליטות מנועי דיזל כגורם בעל פוטנציאל מסרטן מתוך כלל החלקיקים¹². במחקרים הללו קיימת בעיה מתודולוגית הקשורה בקושי לכמת חשיפה אישית לחלקיקים העדינים לאורך זמן ממושך ולנטרל השפעתם של מסרטנים נוספים¹³. וכן העובדה שלמעשה החלקיקים העדינים אינם חומר הומוגני אלא הרכב של חומרים השונים בטיבם ובריכוזם היחסי, בהתאם לזמן ומקום. לכן הגישה היום היא להתמקד במרכיב בודד, הידוע כמסרטן מניסויים מעבדתיים או מתצפיות באווירה תעסוקתית, ושניתן למדדו בעזרת אנליזה של דגימות אוויר¹⁴. גישה אחרת היא לנסות לבצע הערכת סיכונים הקושרת בין חשיפה מתמשכת לרמות נתונות של חלקיקים של אוכלוסיות ייחודיות במצבים ייחודיים, לבין תחלואה מאוחרת יותר במחלת הסרטן¹⁵. פירוט נרחב יותר של ההשפעות הבריאותיות ניתן למצוא בנספח המתודולוגיה של התכנית.

כימות כלכלי לנוכחות החלקיקים באוויר

במסגרת התחשיב הכמותי של ההשפעות הבריאותיות נכללו שבע השפעות בריאותיות להן נמצאו עדויות מבוססות לגבי העלייה בשיעורן לאחר חשיפה לריכוזי חלקיקים גבוהים:

1. תמותה כרונית כתוצאה של חשיפה ממושכת ($PM_{2.5}$)
2. תמותה כתוצאה מסרטן ריאות ($PM_{2.5}$)
3. תמותה כתוצאה ממחלות לב איסכמיות ($PM_{2.5}$)
4. תמותה אקוטית (כתוצאה מחשיפה זמנית לריכוזים גבוהים (PM_{10}))
5. אשפוזים במחלקות לב וכלי דם (PM_{10})
6. אשפוזים במחלקות נשימה (PM_{10})
7. אסטמה בילדים (PM_{10})

5.2.2 אוזון O_3

הטיפול באוזון מקבל חשיבות גוברת והולכת בשנים האחרונות עם התגברות העדויות לגבי נזקי הבריאותיים. מחקרים מראים שחשיפה לאוזון מגבירה את שכיחותן של מחלות נשימה כגון אסתמה ומחמירה את מצבם של החולים הסובלים מהמחלה. התופעות הבריאותיות מתפתחות בעיקר בחולי אסתמה המטופלים באופן קבוע. בשנים האחרונות התברר שהחשיפה לאוזון פוגעת גם בכלי דם, דבר המוצא את ביטויו בעליית השכיחות של שבץ מוחי באוכלוסייה ובהגברת התמותה בקרב הקשישים. מחקרים חדשים מראים שהשפעה מזיקה זו על כלי הדם אינה מנת חלקם הבלעדית של האוכלוסייה המבוגרת אלא בעלת השלכות בריאותיות גם על ילדים. ממצא בעל חשיבות רבה ביותר, שהתקבל כתוצאה מניסוי של חשיפה מבוקרת של מתנדבים בריאים לאוזון, הוכיח שהופעתן של השפעות בריאותיות קשורה בעיקר לחשיפה זמנית לרמות גבוהות של ריכוז האוזון ("פיקים של אוזון") יותר מאשר לחשיפה ממושכת או לכמות המצטברת של אוזון ($Total\ Inhaled\ Dose$)¹⁶, ממצא הממחיש את החשיבות המיוחדת הקיימת בטיפול ברמות גבוהות של אוזון במיוחד באזורים בעייתיים ובעונות הקיץ. מלבד השפעות אלו, ניתן להצביע גם על בעיה של השפעה סינרגטית כאשר החשיפה לאוזון משתלבת עם חשיפה לחלקיקים

עדינים, בעיקר החלקיקים המכילים שיעורים גבוהים של גפרית. בנוסף החשיפה לאוזון סביבתי מעלה את הרגישות לאלרגנים.

התחשיב הכמותי של ההשפעות הבריאותיות כולל שתי השפעות בריאותיות אשר נמצאו עדויות מבוססות לעלייה בשיעורן בעקבות חשיפה לריכוזי אוזון גבוהים: תמותה בטרם-עת המתרחשת בעיקר אצל חולים קשישים ואוכלוסיות רגישות; ואשפוזים במחלקות פנימיות עקב בעיות נשימה.

כימות כלכלי לנוכחות החלקיקים באוויר

במסגרת התחשיב הכמותי של ההשפעות הבריאותיות נכללו שתי השפעות בריאותיות אשר נמצאו עדויות מבוססות לגבי העלייה בשיעורן לאחר חשיפה לריכוזי אוזון גבוהים:

1. תמותה מוקדמת כתוצאה מחשיפה קצרת זמן
2. עלייה בשיעורי אשפוז במחלקות פנימיות עקב בעיות נשימה (נבדק לגבי שתי קבוצות אוכלוסייה: גילאי 15-64 ומעל גיל 65)

5.2.3 ההשפעות הבריאותיות שנכללו בתחשיב ההשפעות הבריאותיות

ההשפעות הבריאותיות המקושרות לזיהום אוויר כוללות מגוון רחב של השפעות בריאותיות שליליות. חובה לציין שכל משתנה ומשתנה במגוון ההשפעות הבריאותיות המקושרות לזיהום אוויר חשוב בפני עצמו ואין בבחירת ההשפעות הבריאותיות המכומתות בתכנית כדי להעיד על חשיבותן או אי-חשיבותן. עם זאת וכאמור לעיל, האפשרות לחשב ערכים עבור כל השפעה בריאותית תלויה הן בקיומם של שיעורי סיכון (Relative Risk) מוסכמים ומקובלים בספרות המדעית והן בהימצאות וזמינות נתונים מתאימים במערכת הבריאות. במידה וקיימים הנתונים הללו ניתן לערוך ניתוח השפעות מדויק ואמין ככל הניתן. השפעות בריאותיות הכוללות בתחשיב ההשפעות הבריאותיות נבחרו בקפידה גם על סמך תכניות לאומיות ובין-לאומיות שכימתו את ההשפעות הבריאותיות של זיהום אוויר. רשימת ההשפעות הבריאותיות מרוכזת בטבלה 22.

5.2.4 מזהמים אשר לא בוצע לגביהם כימות השפעות בריאותיות (SO_2 , NO_2 , 1,3-בוטאדיאן, בנזן, כספית ועופרת)

ישנם מזהמים והשפעות בריאותיות אשר אינם כלולים בכימות הבריאותי בשל הסיבות שזכרו לעיל. לגבי המזהמים NO_2 ו- SO_2 ישנה מחלוקת בספרות המקצועית לגבי אמינות המחקרים המראים השפעה בריאותית כתוצאה מחשיפה למזהמים אלו. על אף שקיימים מחקרים קודמים הקושרים בין חשיפה למזהמים אלו ואף נעשו בחלק מהמדינות ניתוחים כלכליים למזהמים אלו, הוחלט שלא לכלול במסגרת התכנית הלאומית מתוך רצון להסתמך על קונצנזוס מדעי. אין מניעה שעם התפתחות הידע ויצירתם של מחקרים חדשים אשר יקשרו באופן מובהק יותר בין החשיפה למזהמים לבין מידת הנזק הבריאותי ניתן יהיה לכמת את הנזק הבריאותי גם של מזהמים אלו. עבור מזהמים כגון 1,3-בוטאדיאן ובנזן קיימות לגביהם יחידות סיכון אשר מגדירות את מידת הפגיעה הבריאותית כתוצאה מחשיפה ממושכת. ברם ישנן סיבות אשר מנעו את הכללתם בכימות ההשפעות הבריאותיות. לגבי המזהם 1,3-בוטאדיאן השפעתו הבריאותית אינה ידועה במדויק אלא הוא מוגדר כחומר מסרטן. על כן לא ניתן היה ליחס אליו השפעה בריאותית ברורה. יש לציין שגם בתוכניות שנסקרו בספרות (רי פרק 2) לא בוצע ניתוח מסוג זה עבורו. לעומת מזהם זה, בנזן מקושר להתפתחות לויקמיה כתוצאה מחשיפה

ממושכת. אך מכיוון שערכי הבנון בארץ נמוכים מהיעד השנתי על פי נתוני תחנות הניטור ותוצאות המודלים לא בוצע לגביו כימות בריאותי. גם לגבי המזהמים עופרת וכספית לא נערך ניתוח כלכלי של ההשפעות הבריאותיות מכיוון שנתוני הניטור והדיגום מראים שאין חריגה מערכי היעד המוגדרים בחוק.

טבלה 22: רשימת ההשפעות הבריאותיות שנכללו בתחשיב הבריאותי של אי-עמידה בערכי היעד

השפעה	מזהם
חשיפה ממושכת (השפעה כרונית)	
תמותה כללית	PM _{2.5}
תמותה מסרטן ריאות	PM _{2.5}
תמותה ממחלות איסכמיות	PM _{2.5}
חשיפה קצרת-זמן (השפעה אקוטית)	
תמותה כללית	PM ₁₀ , אוזון
אשפוזים (מחלות לב וכלי-דם)	PM ₁₀
אשפוזים (מחלות נשימה)	PM ₁₀ , אוזון
אסטמה	PM ₁₀

5.3 השיטה לכימות ההשפעות הבריאותיות בישראל כתוצאה מאי-עמידה בערכי היעד

כימות ההשפעות הבריאותיות נעשה בעזרת מתודולוגיה שנבנתה על סמך תכניות דומות בעולם (פירוט נוסף של מתודולוגיה זו מצוי בנספח המתודולוגיה של התכנית הלאומית בפרק העוסק בכימות ההשפעות הבריאותיות). חישוב הנזק הבריאותי של זיהום אוויר נעשה באמצעות השוואת שני תרחישים של זיהום אוויר: תרחיש "עסקים כרגיל" (מציאות עתידית על סמך המדיניות הנוכחית) ותרחיש ערכי היעד (עמידה בערכי היעד הקבועים בחוק אוויר נקי). הפער בריכוז המזהמים בין שני התרחישים מהווה את מידת זיהום האוויר המחושבת לצורך כימות הנזק הבריאותי. כך, ככל שהפער בין ערכי היעד הקבועים בחוק לבין ערכי הריכוזים שחזויים בתרחיש עסקים כרגיל גדול יותר, מידת ההשפעות הבריאותיות המוצגת בתכנית גדולה יותר. מלבד ההשוואה לערכי היעד, נעשו השוואות גם לתרחישים של הפחתה מדורגת בזיהום האוויר עד להגעה לערכי היעד.

5.3.1 תמותה

תמותה, היא כמובן ההשפעה החמורה ביותר שעלולה להיגרם מזיהום אוויר. מחקרים רבים שנעשו בעניין זה הצביעו על הקשר הסטטיסטי הברור שבין ריכוזי חלקיקים ואוזון גבוהים ובין עלייה בשיעורי התמותה. תמותה עלולה להיגרם הן כתוצאה מחשיפה ממושכת לזיהום אוויר (תמותה כרונית) אשר תוצאתה עשויה להתברר גם שנים רבות לאחר זמן החשיפה והן כתוצאה מחשיפה קצרת זמן (תמותה אקוטית) לריכוזים גבוהים של חלקיקים ואוזון. במקרה של תמותה הנגרמת כתוצאה מחשיפה קצרת זמן, רוב הנפגעים יבואו מקרב קבוצות אוכלוסייה

רגישות יותר כגון קשישים, חולים וילדים. לעומת זאת, חשיפה ממושכת לזיהום אוויר צפויה לפגוע בכל קבוצות האוכלוסייה ולהוריד את תוחלת החיים הכללית בחברה.

ישנם שני מדדים, המבוססים על שיטות מחקר שונות, בעזרתם מתבצע כימות של אבדן חיים:

(1) **כימות אבדן שנות חיים (תמותה כרונית)** מדד המתבסס על שימוש בלוחות תמותה ומטרתו להעריך את אבדן תוחלת החיים כתוצאה מחשיפה ממושכת לזיהום אוויר.

(2) **מקרי מוות בטרם-עת (תמותה אקוטית)** מדד המתבסס על שיעור מקרי מוות שנתיים.

5.3.1.1 תמותה כרונית (אבדן שנות חיים כתוצאה מחשיפה ממושכת)

כימות ההשפעה של תמותה כרונית נעשה על סמך מחקרי קוהורטה (cohort studies), אשר מנסים להעריך את הפגיעה בתוחלת החיים הכללית באוכלוסייה. השפעת זיהום האוויר על שיעורי התמותה נעשית באמצעות חישוב הפגיעה בתוחלת החיים של קבוצות גיל באוכלוסייה בעזרת לוחות תמותה (life table), אשר מעריכים את ההסתברות למוות (או לשרוד) של כל אדם בקבוצת גיל ומין מסוימת. לצורך כימות השפעה זו נעשה שימוש בלוחות התמותה של ישראל לשנים 2005-2009 הזמינים באתר הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. שיטה זו מאפשרת להעריך את השינוי בתוחלת החיים של האוכלוסייה תוך כדי הצגת נזקים בריאותיים במונחים של אבדן שנות חיים שנתי כולל לאוכלוסייה כאשר החשיפה הממושכת מחושבת כחשיפה לריכוז ממוצע שנתי. מבחינת כימות ההשפעות הבריאותיות, שיטה זו נחשבת אמינה יותר ומייצגת בצורה טובה יותר את ההשפעות הבריאותיות מכיוון שהיא מתמודדת עם ההשפעות הארוכות טווח של חשיפה ממושכת לזיהום אוויר.

עם זאת, הבעייתיות בשיטה זו היא שלא ניתן לדעת בכמה מקרי מוות נוספים מדובר מכיוון שהשיטה מודדת את אבדן סך שנות חיים על כלל האוכלוסייה למשך תקופת זמן ואינה מאפשרת להעריך בכמה מקרים מדובר וזאת להבדיל משיטות המציגות את ההשפעות הבריאותיות במונחים של מקרי מוות נוספים הצפויים בשנה בקבוצת האוכלוסייה הנתונה.

5.3.1.2 תמותה אקוטית (מוות בטרם-עת כתוצאה מחשיפה קצרת-מועד)

מלבד כימות של אבדן שנות חיים, ניתן לכמת את כמות מקרי המוות בשנה המקושרים לזיהום אוויר. שיטה זו מתבססת על מחקרי זמן (time-series studies) אשר מתמקדים בקבוצת אוכלוסייה החשופה לרמות משתנות של זיהום אוויר בפרק זמן נתון. שיטת הכימות המתבססת על מחקרים אלו עושה שימוש בשיעורי מקרי מוות **שנתיים** באוכלוסייה ובשיעורי סיכון של זיהום אוויר על מנת לכמת מה מספר מקרי המוות הנוספים בשנה המקושרים לשינוי ברמת הריכוזים באוויר. בשונה מהשיטה שהוצגה בסעיף 5.3.1.1 המודדת אבדן שנות חיים כולל, שיטה זו מאפשרת להציג תמונה פשוטה להבנה של מספר מקרי מוות שנתיים נוספים. עם זאת, חסרונה הגדול של שיטה זו הוא ביצוע הערכת יתר לגבי שיעורי התמותה משום שהיא כוללת הן את השפעותיה של תמותה אקוטית והן את השפעותיה של תמותה כרונית. למעשה, מקרי מוות שנתיים כתוצאה מחשיפה אקוטית מורידים את אוכלוסיית הסיכון בשנים הבאות ועל כן השלכה רב-שנתית לעתיד על סמך שיטה זו אינה מדויקת מספיק. מלבד זאת, מכיוון שתמותה כתוצאה מחשיפה קצרת-מועד למזהמים מתרחשת לרוב בקרב אוכלוסיות רגישות: חולים וקשישים, קשה להעריך האם מדובר בקיצור זמן חיים ארוך או רק במספר ימים. מסיבה זו, השימוש בה לצורכי התחשיב הכלכלי הוא בעייתי אך היא נוחה להבנה אינטואיטיבית יותר של הנזקים הבריאותיים. על כן ייעשה גם בה שימוש לצורכי הצגת ההשפעות הבריאותיות של מקרי תמותה אך ללא הערכה מוניתרית.

השיטה לחישוב מקרי מוות נוספים היא פשוטה יחסית ומסתמכת על הנוסחה הבאה:

$$\text{שיעור מוות שנתי } X \text{ גודל האוכלוסייה בסיכון } X \text{ שיעור סיכון ל-} PM_{2.5} \text{ מק"ג/מ"ק } X \text{ שינוי ב } PM_{2.5}$$

5.3.1.3 תמותה מוגברת של חולי סרטן ריאות ומחלות לב איסכמיות

מלבד מקרי מוות בקרב האוכלוסייה הכללית חושב גם השינוי בשיעור תמותה בקרב חולים בסרטן ריאות ובקרב חולים במחלות איסכמיות (כלליות). עלייה בריכוזי החלקיקים באוויר פוגעת באופן מיוחד בחולים אלו וביכולת ההתאוששות וההבראה מהמחלה ומובילה לעלייה משמעותית במקרי המוות בקרב אוכלוסיית חולים זו. יש לציין שחישוב מקרי המוות בקרב אוכלוסייה זו מחושב כבר במסגרת שתי שיטות האחרות לכימות השפעות תמותה: חישוב על סמך לוחות תמותה (תמותה כרונית) וחישוב על סמך מקרי מוות שנתיים (תמותה אקוטית) ועל כן כימות השפעה זו מהווה תוספת לאפיון התמותה ולא תוספת לכמות מקרי התמותה עצמה.

5.3.1.4 תחלואה

ישנן שלוש השפעות בריאותיות המכומתות במסגרת השפעות התחלואה בתכנית הלאומית: אשפוזים במחלקות נשימה, אשפוזים במחלקות לב וכלי-דם והתגברות או החמרת אסטמה בקרב ילדים. הנוסחה הבסיסית לחישוב מקרי אשפוז ותחלואה נוספים אלו זהה לנוסחה המשמשת לחישוב מקרי תמותה נוספים, כאשר במקום שיעורי המוות הנדרשים בסעיף הקודם, הנתונים הנדרשים הם שיעורי אשפוז או שיעורי היארעות אסטמה בישראל בקרב ילדים (ר' טבלה 24).

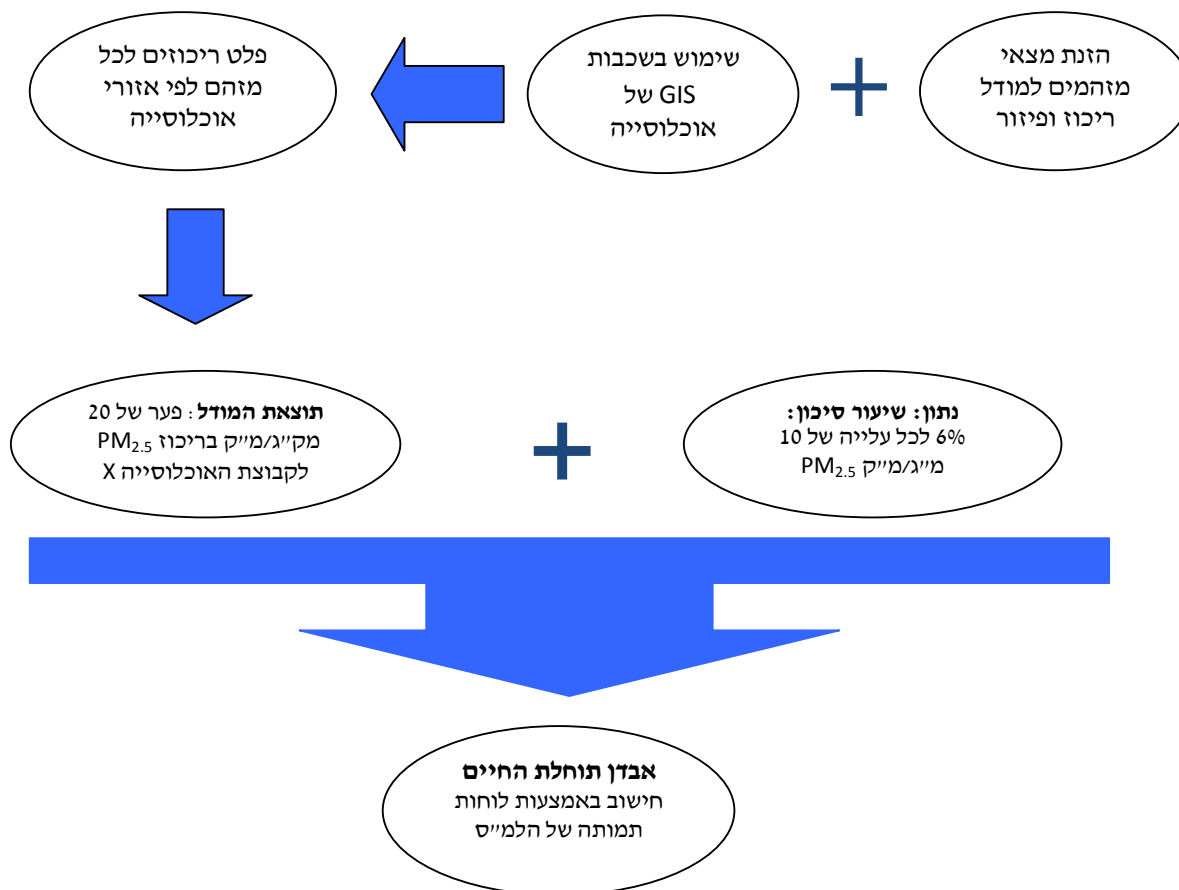
5.3.2 פונקציית מנה-תגובה (Concentration-Response function)

כימות ההשפעות הבריאותיות נעשה באמצעות הפעלת פונקציה (נוסחה) המקשרת בין משתנים בלתי-תלויים (רמות סביבתיות של ריכוז מזהמים באוויר) ומשתנים תלויים (השפעות בריאותיות מגוונות ומוגדרות כתמותה ותחלואה). פונקציית מנה-תגובה היא השיטה המרכזית שבעזרתה ניתן לחשב את ההשפעות הבריאותיות, הכלכליות והסביבתיות של עלייה בריכוז מזהמים באוויר. ניתן להפעיל את הפונקציה על רמות שונות של ריכוזים ובכך לערוך השוואה בין מצב איכות אוויר בפועל לבין מצב איכות אוויר רצוי, ולנתח את העלות המשקית הטמונה באי עמידה בערכי איכות האוויר הרצויים. משוואה זו מאפשרת כימות של נזקי איכות אוויר במונחים של השפעות בריאותיות כגון תמותה ותחלואה, ובמונחים של נזק כספי כתוצאה מהשפעות בריאותיות כמו גם מנזקים ליבול לרכוש.

הפעלת פונקציית מנה-תגובה מחייבת מספר נתונים ובהם כמות האוכלוסייה הנחשפת לזיהום, שיעורי הסיכון ללקות בהשפעה הבריאותית ושיעורי הרקע של ההשפעות הנבדקות. ללא אחד מהנתונים הנ"ל לא ניתן לבצע את החישוב. חישוב כמות האוכלוסייה הנחשפת לזיהום אוויר מתבצע בעזרת ניתוח תוצאות המודלים לפיזור וריכוז מזהמים ובעזרת שכבת GIS של ישראל בחלוקה לאזורי אוכלוסייה, בהתאם לנתוני הלשכה המרכזית

לסטטיסטיקה³². שיעורי הסיכון נלקחו מתוך הספרות המדעית המקובלת ועל סמך המלצת משרד הבריאות. נתונים לגבי שיעורי הרקע של אותן השפעות נמדדות נלקחו גם הם ממשרד הבריאות ומהלמ"ס.

איור 49: הפעלת פונקצית מנה-תגובה (דוגמה לכימות מקרי מוות כתוצא המעלייה בריכוז חלקיקים)



5.3.2.1 שיעורי הסיכון שנבחרו לתכנית הלאומית

כאמור, חלק מרכזי בנוסחת הכימות של ההשפעות הבריאותיות הוא הגדרת אומדני הסיכון הבריאותיים עבור שינויים של ריכוז המזהם באוויר. אומדנים אלו נבחרו על סמך הידע העדכני ביותר ועל סמך המלצות גופים כגון ה-WHO וה-EPA. השימוש בערכים המומלצים על ידי גופים אלו נועד להעניק לתכנית תשתית מדעית מהימנה אשר תשמש כבסיס לכימות ההשפעות הבריאותיות כל עוד אין בנמצא נתונים מומלצים אחרים אודות ישראל. המתודולוגיה נשענת על ניסיון רב בעולם ועל המלצות המוסדות הבין-לאומיים החשובים ביותר בתחום כארגון הבריאות העולמי (WHO) והסוכנות להגנת הסביבה האמריקאית (EPA). כאמור לעיל, הימצאותם של שיעורי סיכון אלו, והסכמה מדעית בקשר למהימנותם חיונית על מנת שיוכלו לשמש לכימות ההשפעות הבריאותיות. להלן

³² כימות ההשפעות הבריאותיות מכסה כ-86% מהאוכלוסייה בישראל.

שיעורי הסיכון בהם נעשה שימוש בתכנית הלאומית עבור המזהמים הרלוונטיים, רשימה זו גובשה בשיתוף עם משרד הבריאות.

טבלה 23: רשימת שיעורי הסיכון בתכנית הלאומית

השפעה	שיעור סיכון (RR)	95% CI	גיל	זמן מיצוע	מקורות
PM_{2.5} – חשיפה ממושכת (השפעות כרוניות)					
תמותה כללית	1.06	1.02-1.011	מעל 30	שנתי	Pope et al. (2002)
תמותה מסרטן ריאות	1.14	1.23 - 1.04	כל הגילאים	שנתי	Pope et al. (2011)
תמותה עקב מחלות לב איסכמיות	1.18	1.23 – 1.14	כל הגילאים	שנתי	Pope et al. (2011)
PM₁₀ – חשיפה קצרה (השפעות אקוטיות)					
תמותה כללית	1.006	1.004-1.008	כל הגילאים	יממתי	Anderson et al. (2004)
אשפוזים קרדיווסקולארי	1.003	1.000-1.006	כל הגילאים	יממתי	Biggeri, Bellini&Terracini (2004)
אשפוזים רספירטוריים	1.006	1.002-1.011	כל הגילאים	יממתי	Biggeri, Bellini&Terracini(2004)
אסטמה (שימוש בתרופות)	*1.005	0.981-1.029	5-14	יממתי	Hurley et al. (2005)
O₃ – חשיפה קצרה (השפעות אקוטיות)					
תמותה	1.003	1.001-1.004	כל הגילאים	8-שעתי	Anderson et al. (2004)
אשפוזים רספירטוריים	1.001	0.991-1.012	15-64	8-שעתי	Anderson et al. (2004)
אשפוזים רספירטוריים	1.005	0.998-1.012	מעל 65	8-שעתי	Anderson et al. (2004)

* שיעור סיכון שמשמעותו 144 ימי שימוש תרופתי נוספים בשנה לכל 1000 ילד לכל עלייה של 10 מק"ג/מק PM₁₀

5.3.2.2 שיעורי רקע של השפעות בריאותיות

נתונים לגבי שיעורי הרקע של ההשפעות הבריאותיות מהווים מרכיב הכרחי בכימות ההשפעות הבריאותיות ובלעדיהם לא ניתן לכמת את הקשר בין שינוי ברמת ריכוז המזהמים באוויר לבין ההשפעה הבריאותית. שיעורי הרקע בהן נעשה שימוש בתכנית הלאומית מפורטים בטבלה 24 והם לקוחים מתוך נתוני משרד הבריאות והלמ"ס.

טבלה 24: שיעורי רקע להשפעות בריאותיות

השפעה בריאותית	שיעורי רקע
תמותה שנתי	402.51 (למאה אלף איש)
אשפוזים קרדיווסקולאריים	283.3 (למאה אלף איש)
אשפוזים נשימתיים	1069.3 (למאה אלף איש)
הימצאות אסטמה	7.9%(מקרב ילדים בגילאי 5-14)
תמותה מסרטן ריאות	22 (למאה אלף איש)
תמותה ממחלות לב איסכמיות	49 (למאה אלף איש)

5.4 השיטה להערכה כלכלית של ההשפעות הבריאותיות

5.4.1 הערכה כלכלית של השפעות בריאותיות

מטרת חלק זה היא לתאר את השיטה לכימות הכלכלי של ההשפעות הבריאותיות השונות על המשק הישראלי. כאמור, בחלק הקודם תוארה המתודולוגיה לאפיון ההשפעות הבריאותיות בעקבות עליה בנוכחות המזהמים: PM_{10} , $PM_{2.5}$ ואוזון וכן תוארו מגבלותיה של מתודולוגיה זו בהתייחס לכימות השפעותיהם של מזהמים אחרים. כעת אנו מבקשים לתמחר את ההשפעות הללו לכדי ערכים כספיים על מנת לאמוד את היקף העלות הכספית של חריגה בנוכחות מזהמים אלה באוויר מערכי היעד.

ההשפעה הברורה והחמורה ביותר של זיהום אוויר היא ההשפעה על בריאות האדם. בריאות זו היא מהדברים החשובים ביותר לאדם ויש לנו עניין מיוחד במניעת פגיעה אפשרית בבריאותנו החל במניעת השפעות פחות חמורות של זיהום אוויר וכלה בקיצור תוחלת החיים.

הדרך למנוע ככל הניתן פגיעה בבריאות הינה הוצאה לפועל של אמצעי מדיניות אשר מטרתם הפחתת זיהום אוויר. ברור, ששאפה ראשונה במעלה היא להפחית את ההשפעות הבריאותיות של זיהום אוויר למינימום ולשפר את איכות החיים בצורה מרבית. עם זאת, מכיוון שהוצאה לפועל של צעדי מדיניות כרוכה לרוב בהוצאה כספית ניכרת במגבלות מסגרת התקציב ומחייבת יצירת סדרי עדיפויות, יש הצדקה לערוך תחשיב כלכלי לגבי העלות המשקית של ההשפעות הבריאותיות. תחשיב זה נועד להקל על קובעי המדיניות, לסייע להם ולתת בידם כלי לקבלת החלטות בעלות משמעות כלכלית רבה ולא להחליף את הצורך לשקול היבטים נוספים בתהליך קבלת ההחלטות. עניין זה נכון לכל תהליך של קבלת החלטות, אך הוא נכון כמה וכמה כאשר מדובר בהחלטות הנוגעות לבריאות האדם.

5.4.1.1 הערכת עלות תמותה

5.4.1.1.1 כימות ערך הסיכון הסטטיסטי לאבדן חיי אדם (VSL- Value of a Statistical Life)

הניסיון לקבוע ערך סטטיסטי של חיי אדם אינו בא להעריך את ערכם האובייקטיבי של חיי אדם (של אדם ספציפי או אדם כללי כלשהו) אלא להעריך מה המחיר אשר הפרט מוכן לשלם עבור הורדת הסיכון למות. מחקר המוכנות לשלם גוזרים ערך סטטיסטי של חיי אדם מתוך מיצוע העדפות של כל פרט המשתתף במחקר. תכנית CAFÉ לצמצום זיהום האוויר באירופה, למשל, הסתמכה על מחקר אשר בדק את הנכונות של הפרט לשלם עבור הורדה של שיעור הסיכון למות ב- 5/1000 (למשל הורדת שיעור הסיכון למות מ- 6/1000 ל- 1/1000) ומתוך כך גזרה ערך חיים סטטיסטי. להמחשה: אם הפרט מוכן לשלם 100 שקלים כל שנה עבור הורדת הסיכון ב 5/1000 במהלך 10 השנים הקרובות, ערך VSL שמתקבל הוא:

$$100(\text{ש"ח}) * 200 (\text{אוכלוסייה}) * 10 (\text{שנים}) = 200,000 \text{ ש"ח} (VSL).$$

5.4.1.1.2 שימוש במחקר של ה-OECD והתאמתו לישראל

לאחרונה נערך סמינר בנושא התאמת ערך VSL למדינת ישראל, שהועבר על ידי מר נילס-אקסל בראטן, כלכלן ומנהל בכיר בתחום הסביבה ב-OECD. בסמינר זה הוצג VSL מותאם לישראל של כ- 11/12 מיליון ש"ח. במחקר של ה-OECD שהוצג בסמינר, החוקרים השתמשו בטכניקה של העברת תועלות (benefit transfer) מ-846 הערכות

קיימות מכל העולם על מנת להגיע למודל כללי המסביר את ערך ה-VSL כפונקציה של משתנים שונים. החוקרים הגיעו לרמת הסבר גבוהה של כ-85% משוונות ההערכות השונות ל-VSL. בין המשתנים המסבירים המובהקים נמצאו הפרמטרים הבאים: רמת התוצר במשק (במדינות עשירות יותר היו האזרחים מוכנים לשלם יותר כדי להימנע מסיכון), רמת הסיכון ההתחלתית, סוג הסיכון (לדוגמא – סיכון תחבורתי מתומחר נמוך יותר מבריאות, סרטן יותר מסיכון בריאותי אחר וכד'), רמת הידע המוקדם לגבי טיבו של הסיכון ועוד. כאמור, על בסיס מחקר זה המליץ המרצה על ערך של 11/12 מיליון ₪ עבור ערך חיי אדם סטטיסטי לישראל. על בסיס המלצה זו נקבע ערך VSL של 11,174,280 ₪.

5.4.1.1.3 הערכת עלות שנת חיים (VOLY (Value Of a Life Year

בשל אופי דרך חישוב ההשפעות הבריאותיות אשר מפיק תוצאות בצורה של "אבדן שנות חיים" או "מקרי מוות בטרם-עת נוספים" לא ניתן להשתמש בערך VSL כפי שהוא ויש צורך להמיר אותו ליחידות אשר יאפשרו הערכה כלכלית של אותן השפעות בריאותיות שזכרו, זאת משום ש-VSL מייחס ערך כספי לחיים שלמים של אדם ואילו ההשפעות הבריאותיות נמדדות במונחים של שנות חיים. כאשר משתמשים בלוחות תמותה לצורך כימות תמותה כרונית או תקופת זמן קצרות יחסית כאשר מכמתים תמותה בטרם-עת (תמותה אקוטית), יש צורך לגזור מה-VSL ערך נוסף –VOLY –המשקף ערך של שנת חיים אחת. לצורך התכנית הלאומית, ובהתבסס על הנחות מקובלות בעולם, הונח שערך VOLY יקבע כתוצאה של חילוק VSL בארבעים על מנת לשקף את תוחלת החיים הממוצעת שנותרה לאדם בגיל ממוצע (על פי הנחת תוחלת חיים של 80 שנה). על בסיס הנחה זו עומד ערך שנת חיים (VOLY) על כ- 280,000 ₪.

5.4.1.1.4 הערכת עלות אשפוזים רפואיים

מניתוח מתודולוגיות מקובלות בעולם נמצא כי השיטה השכיחה להערכת עלות אשפוזים כוללת שלושה מרכיבים:

1. **משאבים רפואיים** –רכיב זה מגלם את העלות המשקית הישירה של המשאבים הרפואיים המושקעים בתקופת האשפוז של החולה בבית החולים. על מנת לחשב את העלות ובהעדר נתונים אחרים, נלקח מחירו של יום אשפוז במחלקות פנימיות כפי שנקבע על יד משרד הבריאות. נכון להיום העלות הינה 1,833 ₪ ליום. עם זאת מערך זה יש לגרוע את ההנחה שמקבלות קופות החולים מבתי החולים בשל הסכמים פרטניים³³. על כן הערך שנקבע ליום אשפוז הוא 1460.9 ₪. בהתייחסות עם היועץ האפידמיולוגי של המשרד להגני"ס, הונח ממוצע של 4 ימי אשפוז בבי"ח במחלקות השונות לפיכך סה"כ העלות של רכיב זה הינה: $4 * 1460.9 = 5843.6$ ₪ לאשפוז.

2. **אבדן ימי עבודה** –רכיב זה מגלם את העלות המשקית העקיפה של האשפוז כתוצאה מאבדן ימי עבודה עבור מספר ימי אשפוז ממוצע וימי התאוששות בבית.

³³ נכון לשנת 2011 (על פי נתונים מאגף חשבות במשרד הבריאות) ההנחה הממוצעת לבתי חולים עומדת על 20.3%. ממוצע זה חושב עבור בתי החולים הממשלתיים (חצי מכלל בתי החולים) ויש לשער שבבתי החולים האחרים המצב דומה.

- חישוב העלות של אבדן ימי עבודה מתבסס על נתונים אודות מספר ימי אשפוז ממוצעים שהתקבלו ממשרד הבריאות במחלקות השונות וכן על חישוב **שכר יומי ממוצע לחולה** (על פי ממוצע שכר לשכיר של 8,454 ₪ נכון ל-5/11).
- הממוצע שחושב כולל התפלגות החולים לפי קבוצות גיל, התפלגות ממוצע שכר לפי גיל, ואחוז המועסקים מתוך כלל האוכלוסייה באותה קבוצת גיל. לגבי תחלואת ילדים הונח כי משמעות יום אשפוז של ילד הינה אבדן יום עבודה להורה על פי **השכר הממוצע במשק**.
- השכר היומי הממוצע לחולה קרדיוסקולארי הוא: 186 ₪. השכר היומי הממוצע לחולה נשימתי הוא 178 ₪. לצורך החישוב הונח אבדן של שבעה ימי עבודה הכוללים ארבעה ימי אשפוז ושלושה ימי התאוששות בבית.

3. **אבדן רווחה**—רכיב זה מגלם את עלות הסבל, הצער, אי נעימות כתוצאה מהאשפוז הרפואי. הדרך המקובלת להעריך אבדן רווחה היא באמצעות מחקר של WTP עבור נושא זה. בהעדר נתונים מקומיים למשק הישראלי, נלקח עבור רכיב זה ערך המצוי בתכנית CAFÉ לאחר התאמתו לישראל על פי הנעשה במקרה של VSL. הערך בו נעשה שימוש בתכנית האירופית הוא ערך ממוצע של 468 יורו למקרה (2003). לאחר התאמה לישראל ערך זה עומד על כ- 1,850 ₪.

חיבור של שלושת הרכיבים המתוארים לעיל: עלות אשפוז, אבדן ימי עבודה ואבדן רווחה מסתכמת לערכים הבאים: סך עלות אשפוז למאושפז במחלקה קרדיוסקולאריות הינה 8,998 ₪ ו- 8,946 ₪ למאושפז במחלקת נשימה.

5.4.1.1.5 הערכת אסטמה

בדומה לשיטה לכימות העלות של אשפוזים רפואיים, גם הערכת תוספת תחלואה של אסטמה בקרב ילדים נאמדת באמצעות חיבור העלויות הישירות של התחלואה עם רכיב אובדן הרווחה של החולה. הערכת העלויות הישירות כומתה באמצעות אפיון של סל תרופות מייצג לחולה שנאמד בכ- 42 יורו ליום. רכיב אובדן הרווחה כומת באמצעות המרה שלמחקר WTP של הימנעות מתופעות אסטמה. מהמחקרים המקובלים בתחום עולה כי המוכנות לשלם עבור הימנעות מיום אחד של אסטמה עומדת על 15 יורו (מחירי 2003). בהתאמת הערכים לישראל מדובר על כ- 280 ₪/יום.

5.5 הערכה מוניטרית של אי-עמידה בערכי היעד

תחשיב ההשפעות הבריאותיות בודק מהן ההשלכות הבריאותיות והכלכליות של קיום פער בין ריכוזי האוזון החזויים, על פי המודלים, בשנות היעד לבין ערכי היעד הקובעים בחוק אוויר נקי (ניתוח איכותי מפורט יותר של מצב המזהמים באוויר בשנות היעד מפורט בסעיף 4.5.1. כאמור, ההשפעות המכומות במסגרת התחשיב אינן מהוות את כלל השפעות המיחוסות לחלקיקים ולאוזון אלא רק את אלו לגביהן נמצאו נתונים מתאימים במשרד הבריאות ושיעורי סיכון המוסכמים על הקהילה המדעית ועל משרד הבריאות. המתודולוגיה לכימות ההשפעות הבריאותיות ולהערכה כלכלית של השפעות אלו מפורטת בחלקים הקודמים ובמסמך המתודולוגיה המצורף לתכנית.

5.5.1 PM_{2.5} – הערכה מוניטרית של אי-עמידה בערך יעד שנתי של 25 מק"ג/מ"ג בשנה

חלקיקים נשימים עדינים מהווים את אחת הבעיות הגדולות ביותר מבחינת השפעות בריאותיות. הנזק כתוצאה מחשיפה ממושכת מתבטא בעלייה גדולה בשיעורי התמותה ובירידה בתוחלת החיים. ההשפעות הבריאותיות והעלויות הכלכליות המיוחסות לחלקיקים נשימים עדינים (PM_{2.5}) וכומתו בתחשיב הבריאותי הן:

- תמותה כתוצאה מחשיפה ממושכת – ערך כספי של 280,000 ₪ לשנת חיים (VOLY)

(יש להזכיר כי שתי השפעות בריאותיות אחרות המיוחסות לחשיפה לחלקיקים עדינים, התגברות תמותה מסרטן ריאות והתגברות תמותה ממחלות לב איסכמיות, לא קיבלו ערך מוניטרי בשל הרצון להימנע מספירה כפולה של מקרי מוות. מקרי מוות אלו נכללים במסגרת כימות השפעת תמותה כתוצאה מחשיפה ממושכת). טבלה 25 מציגה את סיכום התוצאים הבריאותיים של חשיפה ממושכת לחלקיקים.

טבלה 25 : תוצאים בריאותיים של חשיפה ממושכת לחלקיקים עדינים

עלות כספית (₪)			אבדן שנות חיים				
ערך עליון	ערך מרכזי	ערך תחתון	ערך עליון	ערך מרכזי	ערך תחתון		
14,294,568,687	7,800,913,639	2,601,339,669	51,052	27,860	9,290	תמותה	2015
-	-	-	238.0	166.8	56.4	תמותה מסרטן ריאות	
-	-	-	530.1	448.1	371.5	תמותה ממחלות לב	
15,551,626,610	8,486,922,466	2,830,100,306	55,542	30,310	10,108	תמותה	2020
-	-	-	225.4	156.6	52.4	תמותה מסרטן ריאות	
-	-	-	502.1	422.4	348.8	תמותה ממחלות לב	

לצורך כימות ההשפעות הבריאותיות של תמותה כתוצאה מחשיפה ממושכת, חושב ממוצע משוקלל אשר מתחשב הן בריכוזים השנתיים הממוצעים בכל פוליגון אוכלוסייה והן בכמות האוכלוסייה החשופה. כך, הממוצע הארצי ששוקלל מייצג את הריכוז הממוצע הארצי אליו חשופה כל האוכלוסייה. ההשפעה של תמותה נמדדת במונחי אבדן שנות חיים כתוצאה מחשיפה של שנה אחת לערכים החורגים מערכי היעד. כלומר, לצורך הכימות, הונח שקיימת חריגה חד-שנתית בריכוזי החלקיקים באוויר וזאת על מנת לאפשר השוואה של הנזק הבריאותי לצעדי מדיניות. מלבד זאת, הונח שההשפעות הבריאותיות של חשיפה ממושכת לחלקיקים נשימים על פני זמן רב וזמן ההשפעה שהונח לצורך הכימות הוא 20 שנה. קרי, שיעור הסיכון היחסי נפרס על פני 20 שנה.

בשנת 2015 הריכוז הארצי המשוקלל עמד על 33.3 מק"ג/מ"ק אשר מהווים חריגה של 8.3 מק"ג/מ"ק מערך היעד השנתי של 25 מק"ג/מ"ק. המשמעות של חריגה זו היא אבדן של 27,880 שנות חיים לאורך 20 שנה כתוצאה מחריגה של שנה אחת בערך היעד. בהנחת ערך שנת חיים של 280,000 ש' לשנת חיים. הערך המוניטרי של השפעה זו עומד על כ- 8 מיליארד ש' בשל שנת חריגה אחת מערכי היעד.

בשנת 2020 הריכוז הארצי המשוקלל דומה ועומד על כ- 32 מק"ג/מ"ק קרי חריג ממוצעת של 7 מק"ג/מ"ק לעומת ערך היעד השנתי של 25 מק"ג/מ"ק. משמעות חריגה של שנה אחת בשיעור זה היא אבדן של כ- 30,300 שנות חיים לאורך 20 שנה. הערך הכלכלי שמיוחס לאבדן שנות החיים עומד על כ- 8.5 מיליארד ש' בשל שנת חריגה אחת מערכי היעד.

5.5.2 PM₁₀ – הערכה מוניטרית של אי עמידה בערך יעד יממתי של 50 מק"ג/מ"ק

חלקיקים מהווים את אחד המזהמים הבעייתיים ביותר מבחינה בריאותית והעדויות על הקשר בין חשיפה, אפילו קצרת זמן, לבין השפעה בריאותית ידועה זמן רב. ההשפעות הבריאותיות והעלויות הכלכליות המיוחסות לחלקיקים נשימים (PM₁₀) וכומתו בתחשיב הבריאותי הן:

- תמותה בטרם עת (אבדן של 1 שנת חיים) – עלות של 280,000 ש' לשנת חיים (VOLY)
- אשפוזים כתוצאה של בעיות קרדיווסקולאריות – עלות של 8,997 ש' למקרה אשפוז
- אשפוזים כתוצאה מבעיות נשימה (רספירטורי) – עלות של 8,946 ש' למקרה אשפוז
- התגברות אסטמה בקרב ילדים בגילאי 5-14 – עלות של 280 ש' ליום

טבלה 26: השפעות בריאותיות של חשיפה קצרת זמן לחלקיקים נשימים (PM₁₀)

עלויות כספיות (ש')			כמות מקרים נוספים			חלקיקים	
ערך עליון	ערך מרכזי	ערך תחתון	ערך עליון	ערך מרכזי	ערך תחתון		
55,464,829	41,786,784	27,984,190	198.1	149.2	100	תמותה	2015
945,083	475,762	-	105.0	52.9	0	אשפוזים קרדיווסקולאריים	
6,429,482	3,546,706	1,192,996	718.7	396.5	133	אשפוזים נשימתיים	
-	-	-				אסטמה	
62,839,394	45,809,252	29,177,186	סה"כ				
50,308,733	37,892,197	25,369,276	180	135	91	תמותה	2020
57,000	431,247.85	-	95	48	0	אשפוזים קרדיווסקולאריים	
5,834,086	3,216,148	1,081,230.57	652	360	121	אשפוזים נשימתיים	
-	-	-				אסטמה	
56,999,820	41,539,593	26,450,507	סה"כ				

על פי האמור בטבלה ניתן לראות שבשנת 2015 צפויים כ- 150 מקרי מוות בטרם עת (ערך מרכזי) כתוצאה מאי-עמידה בערך יעד יממתי. כתוצאה משיפור קל בריכוזי החלקיקים בשנת 2020 על פי תחזיות המודלים, בשנה זו מספר מקרי מוות בטרם עת בשנה זו צפוי ולעמוד על 135 מקרי מוות בטרם עת (ערך מרכזי) בשנה. כתוצאה מהערכה של כ 280 אלף שם לשנת חיים, הנזק הכלכלי של מקרי מוות אלו מוערך ביותר מארבעים מיליון שם בשנת 2015 וקצת פחות מכך בשנת 2020. מלבד השפעות תמותה, חלקיקים ידועים גם כמזהם הגורם ומחמיר בעיות נשימה ובעיות קרדיווסקולאריות. על פי תוצאות המודלים בשנת 2015 צפויים כחמישים מקרים של אשפוז במחלקות קרדיווסקולאריות וכארבע מאות מקרים נוספים של אשפוז במחלקות נשימה כתוצאה מאי עמידה בערך היעד היממתי. בשנת 2020 צפויים גם כחמישים מקרי אשפוז בשל בעיות קרדיווסקולאריות וכ-360 אשפוזים במחלקות נשימה. סה"כ הנזק הכלכלי בשנת 2015 ובשנת 2020 בשל השפעות אלו עומד על כארבעים וחמישה מיליון שם וכארבעים ואחד מיליון שם בשנה בהתאמה.

5.5.3 אוזון – הערכה מוניטרית של אי-עמידה בערך היעד 8-שעתי של 100 מק"ג/מ"ק

אוזון הוא אחד משני המזהמים הקריטיים העיקריים אשר ממקדים את עיקר מאמצי ההפחתה וזאת בשל ההשפעות הבריאותיות המוכחות שמיוחסות לחשיפה אליו. ההשפעות הבריאותיות והעלויות הכלכליות המיוחסות לאוזון וכמותו בתחשיב הבריאותי הן:

- תמותה בטרם עת לכל הגילאים (אבדן של 1 שנת חיים) – עלות של 280,000 שם לשנת חיים (VOLY)
 - אשפוזים כתוצאה מבעיות נשימה (רספירטורי) לגילאי 15-64 – עלות של 8,946 שם למקרה אשפוז
 - אשפוזים כתוצאה מבעיות נשימה (רספירטורי) לאנשים מעל גיל 65 – עלות של 8,946 שם למקרה אשפוז
- טבלה 27: אוזון – הערכת השפעות בריאותיות כתוצאה מחשיפה קצרת זמן לאוזון הטבלה להלן מסכמת את ערכי התחשיב הבריאותי לאוזון.

טבלה 27: אוזון – הערכת השפעות בריאותיות כתוצאה מחשיפה קצרת זמן לאוזון

אוזון			מספר מקרים כתוצאה מאי-עמידה בערכי היעד			עלות כספית (שם)		
			ערך תחתון	ערך מרכזי	ערך עליון	ערך תחתון	ערך מרכזי	ערך עליון
2015	תמותה בטרם-עת	7	21	28	1,949,542	5,832,056	7,765,066	
	אשפוזים 15-64	-71	8	92	-	69,728	823,834	
	אשפוזים +65	-14	36	85	-	320,766	762,275	
	סה"כ				1,94,542	6,222,550	9,351,175	
2020	תמותה	9	27	36	2,499,697	7,477,396	9,955,450	
	אשפוזים 15-64	-91	10	118	-	89,405	1,055,971	
	אשפוזים +65	-19	46	109	-	411,236	977,067	
	סה"כ				2,499,697	7,978,037	11,988,487	

על פי האמור בטבלה ניתן לראות שבשנת 2015 צפויים 21 מקרי מוות בטרם עת (ערך מרכזי) כתוצאה מאי-עמידה בערך יעד שמונה-שעתי. כתוצאה מהחמרה בריכוזי האוזון בשנת 2020 על פי תחזיות המודלים, בשנה זו מספר מקרי מוות בטרם עת בשנה זו צפוי לגדול ולעמוד על 27 מקרי מוות בטרם עת (ערך מרכזי) בשנה. כתוצאה מהערכה של כ- 280 אלף שם לשנת חיים, הנזק הכלכלי של מקרי מוות אלו מוערך בכמעט שישה מיליון שם בשנת 2015 ובכשבעה מיליון וחצי שם בשנת 2020. מלבד השפעות תמותה האוזון הינו מזהם הידוע גם כגורם ומחמיר בעיות נשימה. על פי תוצאות המודלים בשנת 2015 צפויים 44 מקרים נוספים של אשפוז במחלקות נשימה כתוצאה מאי-עמידה בערך היעד השמונה-שעתי, ובשנת 2020 צפויים כ- 56 אשפוזים במחלקות נשימה. התחשיב הכלכלי מתבסס על ממוצע של ארבעה ימי אשפוז לכל מקרה בנוסף לשלושה ימי התאוששות בבית. סה"כ הנזק הכלכלי בשנת 2015 ובשנת 2020 בשל אשפוזים אלו עומד על כ- 390 אלף שם ו- 500 אלף שם בשנה בהתאמה.

5.5.4 סיכום ההערכה המוניטרית של הכימות הבריאותי

להלן מובא סיכום ההערכות המוניטריות של השפעות בריאותיות של חריגה מערכי היעד של חלקיקים ושל אוזון בשנות היעד של התכנית. בטבלה 28 מפורטים הערכים שחושבו לגבי כל השפעה בריאותית שכומתה והן הסיכום הנזק הכולל. יש לשים לב שבסיכום הכולל לא כלולה ההשפעה הבריאותית כתוצאה מחשיפה קצרת מועד לחלקיקים נשימים בשל הרצון להימנע מספירה כפולה (double counting).

טבלה 28: סיכום ההערכה המוניטרית של הכימות הבריאותי לשנות היעד

שנה	השפעה בריאותית	מספר מקרים (לשנת חריגה מערכי היעד)	ערך כלכלי למקרה (ערך מרכזי, ₪)	סך כל הנזק הכלכלי (₪)
2015	PM _{2.5} – תמותה כרונית	27,860 (שנות חיים)	280,000 (לשנת חיים)	7,800,913,639
	PM _{2.5} – תמותה מסרטן ריאות	166.8	לא כומת	לא כומת
	PM _{2.5} – תמותה ממחלות לב איסכמיות	448.11	לא כומת	לא כומת
	PM ₁₀ – מוות בטרם עת (אקוטית)*	149.2	280,000 (לשנת חיים)	41,786,784
	PM ₁₀ – אשפוזים קרדיווסקולאריים	53.9	8,997	475,762
	PM ₁₀ – אשפוזים נשימתיים	396.5	8,946	3,546,706
	PM ₁₀ – אסטמה (ימי שימוש בתרופות)	2,229.7	280	624,316
	אוזון – מוות בטרם-עת (אקוטית)	20.82	280,000 (לשנת חיים)	5,832,056
	אוזון – אשפוזים נשימתיים	44	8,946	390,494
	סה"כ			7,811,782,973
2020	PM _{2.5} – תמותה כרונית	30,310 (שנות חיים)	280,000 (לשנת חיים)	8,486,922,466
	PM _{2.5} – תמותה מסרטן ריאות	156.6	לא כומת	לא כומת
	PM _{2.5} – תמותה ממחלות לב איסכמיות	422.42	לא כומת	לא כומת
	PM ₁₀ – תמותה בטרם עת (אקוטית)*	135.3	280,000 (לשנת חיים)	37,892,197
	PM ₁₀ – אשפוזים קרדיווסקולאריים	47.9	8,997	431,247
	PM ₁₀ – אשפוזים נשימתיים	359.5	8,946	3,216,148
	PM ₁₀ – אסטמה	2,021.6	280	566,048
	אוזון – מוות בטרם-עת	26.7	280,000 (לשנת חיים)	7,477,396
	אוזון – אשפוזים נשימתיים	56	8,946	500,641
	סה"כ			8,499,113,647

*לא נכלל בחישוב סה"כ

6 בחינת צעדי מדיניות נוספים

6.1 כללי

לאחר זיהוי ריכוזי מזהמים בסביבה העולים על ערכי היעד בתרחיש BAU בשנות היעד של התכנית, וכימות העלות המשקית של חריגה זו עבור מזהמים נבחרים, נבחנו אמצעים נוספים שיש בהם כדי להביא לשיפור איכות האוויר בישראל. בהמשך מפורטים שיטת בחינת אמצעי המדיניות והאמצעים עצמם, בחלוקה לפי סקטורי הפליטה. בטבלה 29 מרוכזים כל אמצעי המדיניות שנבחנו במסגרת התכנית הלאומית והמזהמים שיופחתו כתוצאה מנקיטת הצעד הנבחן.

טבלה 29: סיכום אמצעי המדיניות שנבחנו במסגרת התכנית

סקטור	צעד מדיניות	המזהמים המטופלים בתכנית שיופחתו כתוצאה מצעד המדיניות שנבחן
האנרגיה	החלת תעריף תעו"ז למשקי בית	NOx, PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
	החלת תעריף דיפרנציאלי לצרכן בהתחשב בעלויות חיצוניות של זיהום אוויר	
	הפנמת עלויות חיצוניות של זיהום אוויר בשיקולי העמסת יחידות הייצור של מנהל המערכת	
	קידום הקמת מתקני קוגנרציה ותשתית חלוקת הגז	
	קידום התקנת תשתית מערכת חכמה (smart grid)	
תעשייה	העמקת הטיפול במפעלים אשר מהווים גורם זיהום משמעותי	NOx, PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
	איסור שימוש במזוט לדודים בעלי הספק תרמי של עד 1 MW	NOx, SO ₂
	קביעת תקן לפליטת SO ₂ לדודים בהספק תרמי 1-50 MW	SO ₂
	עידוד ותמיכה בהתקנת מיזוג אוויר סולארי בתעשייה, במסחר ובמבנים ציבוריים	NOx, PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
	הפנמת שיקולים סביבתיים בתכנית משרד התמ"ת להקמת מפעלים בפרפריה	כל המזהמים
	קביעת מס דיפרנציאלי על מזוט באופן שישקף את ההשפעות הסביבתיות הנגרמות כתוצאה מהשימוש בדלק זה.	SO ₂ , NOx
	גיבוש תכנית פעולה להפחתת פליטות חלקיקים ממחצבות	PM ₁₀
	טיפול ממוקד בהפחתת פליטות NMVOC's ממוקדי תעשייה	NMVOC
תחבורה	הרחבת תכנית לעידוד גריטת כלי-רכב פרטיים ישנים	1,3 Butadiene, בנזן, NOx, PM ₁₀ , NMVOC, SO ₂ , PM _{2.5}
	החלת תכנית לגריטת כלי-רכב מסחריים ישנים במשקל עד 3.5 טון המונעים בדיזל	
	חיוב ותקצוב רכישת אוטובוסים עירוניים מופחתי זיהום לתחבורה ציבורית	
	ביצוע פרויקט חלוץ להנעת שלושה אוטובוסי תחבורה ציבורית בגז טבעי דחוס	
	הכרה בפחת מואץ למוניות מופחתות זיהום	
	קביעת תכנית לצמצום הנסועה של רכבי ליסינג ולעידוד השימוש ברכבי ליסינג מופחתי זיהום	
	החלת תכנית מענקים למעסיקים להפחתת זיהום ואוויר מנסועת יוממים	
	קביעת שיטת תגמול חלופית ושוות ערך להטבת אחזקת רכב לעובדים הזכאים לכך מהמעסיק ללא הוכחת בעלות	
	קביעת תעריפים למתן עדיפות לכלי-רכב בעלי מספר נוסעים גבוה ולתחבורה ציבורית בכבישי אגרה	
משקי בית	הכנת תכנית ייעודית לטיפול בפליטות NMVOC בקרב משקי הבית	NMVOC

6.2 בחינת צעדי מדיניות נוספים**6.2.1 השיטה לבחינת צעדי המדיניות**

רשימת האמצעים שנבחנו גובשה על בסיס המלצות של גורמים מקצועיים וסקירת הספרות שנעשתה לצורך התכנית הלאומית. רשימת האמצעים גובשה בהתאם לשתי גישות משלימות: Top-Down ו-Bottom-Up. גישת Top-Down היא גישה אשר ראשיתה בניטור איכות האוויר או שימוש במודלים לחיזוי זיהום אוויר ומטרתה להפחית פליטות באזורים פרטניים בהם התגלה זיהום אוויר. היא נקראת כך מכיוון שראשיתה בבדיקה של תוצאות הפליטה ולאחר מכן ישנה "ירידה" אל מקורות הפליטה אשר גורמים לזיהום אוויר. הגישה המשלימה לגישה זו היא גישת Bottom-Up אשר כוללת טיפול רוחבי במגזרי פעילות אשר ידועים כמגזרים שאחראיים לרוב כמות הפליטות. גישה זו אינה מתחשבת, לכאורה, בתוצאות פעילות המגזרים בכל אזור אלא מטפלת באופן רוחבי וכולל במגזרים מזהמים. במסגרת התכנית הלאומית בישראל ישנה התייחסות לארבעה מגזרים: תחבורה, תעשייה, אנרגיה ומשקי בית.

דירוג אמצעי המדיניות הנבחרים:

בבחינת אמצעי המדיניות שהוצעו עבור כל מזהם נבדקו מספר אבני בוחן: הפחתת מזהמים, עלות-תועלת, ישימות ושכיחות.

1. הפחתת מזהמים – פרמטר זה מתייחס להשפעה הצפויה של צעד המדיניות על איכות האוויר ועל השיפור בריכוז המזהמים בסביבה לאור יישום צעד המדיניות הנבחר.

2. בחינת עלות-תועלת המשקית של הצעד הנבחר – שלב זה שמהווה את עיקר הבחינה הכלכלית של האמצעי ותוצרתו מהווה אומדן ראשוני של התועלת הנובעת מהפעלת האמצעי בהתחשב בכמות הפליטה הנחסכת. בצד התועלת כומתו מרכיבים שונים ובראשם התועלת הנובעת מהפחתת ההשפעות הבריאותיות אשר מיוחסות לפליטות של המזהמים כאמור. הערכים הכספיים לכימות העלויות החיצוניות של פליטות המזהמים שחושבו במסגרת שלב זה, לקוחים מתוך עבודות שביצע באחרונה המשרד להגנת הסביבה בעניין זה. בהקשר זה יצוין כי הערכת היקף התועלת החיצונית מיישום הצעד הנבחר חושבה לא רק עבור המזהמים המטופלים במסגרת התכנית, אלא גם עבור מזהמים נוספים כגון: CO₂, CO. מלבד העלויות החיצוניות, ניתן משקל גם לפרמטרים כמותיים נוספים כך למשל: חיסכון בעלויות הדלקים, שיפור מידת הבטיחות בדרכים וכדומה. בצד העלות בוצעה הערכה שנועדה לספק אומדן ראשוני של העלות המשוערת ליישום הצעד במונחים של עלות למשק. כמו כן במידת הצורך נערך תחשיב גם להיקף ההוצאה הממשלתית הנדרשת למימוש הצעד וכן העלות לגוף הפרטי הנדרש ליישם את הצעד הנבחר.

יש לציין שחלק מתחשיבי העלות-תועלת משמשים בעיקר להמחשת התועלות והעלויות החזויים וזאת בשל חסרונם של נתונים או קיומם של משתנים רבים אשר משפיעים על התחשיב ואינם ניתנים לכימות. תחשיבים אלו משמשים לצורך מתן קנה מידה לתועלות ולעלויות של כל צעד מדיניות.

3. מידת הישימות במשק הישראלי: פרמטר זה בוחן מהי מידת הישימות של הפעלת האמצעי הנבחר הן מבחינה טכנית-מקצועית (קיומם של פערים טכנולוגיים, חוסר ידע וכד') שיקשו או אפילו ימנעו את יישום הצעד הנבחר, והן מבחינת הישימות הרגולטורית (מידת ההתאמה לרגולציה הקיימת בישראל).

4. **מידת השכיחות בנקיטת האמצעי הנבחן בעולם:** היבט נוסף שנבחן הוא מידת השכיחות בהפעלת האמצעי הנבחן במדינות שונות בעולם. בחינה זו מיועדת ללמד על הישימות והאפקטיביות של האמצעי הנבחן, לצמצם את ממד האי-וודאות הקיים תמיד בהמלצות ליישום צעדי מדיניות ולהגביר מידת הביטחון של קובעי המדיניות ביחס ליישום ולתוצאות של אמצעי זה.

6.2.2 שימוש בעלויות חיצוניות לצורך חישוב התועלת מצעדי מדיניות

כאמור, תחשיב התועלת ליישום הצעד הנבחן במשק כלל בראש ובראשונה כימות של היקף העלויות החיצוניות הנחסכות כתוצאה מהפחתת פליטות המזהמים במשק. היקף העלויות החיצוניות משקף את העלות המשקית הנובעת מההשפעות הבריאותיות השליליות של נוכחות המזהמים באוויר במונחי **פליטה**. ערכי התועלות החיצוניות עבור המזהמים השונים נלקחו מהמקורות הבאים: בסקטורי התחבורה ובתעשייה הערכים נלקחו מעבודה שבוצעה באחרונה עבור המשרד להגנת הסביבה: "חישוב העלויות החיצוניות של זיהום אוויר מתחבורה ומתעשייה בישראל". ערכי העלויות חיצוניות שמקורם בסקטור האנרגיה מתבססים על המסמך: "עלויות חיצוניות של זיהום אוויר מייצור חשמל (אנרגיה) בישראל" שבוצעה עבור המשרד בשנת 2008. באחרונה ביצע אגף כלכלה ותקינה במשרד להגנ"ס עדכון של ערכים אלו, העדכון שימש בין היתר גם לכימות הכלכלי של תכנית זו.

6.2.2.1 חישוב עלויות חיצוניות בסקטור התחבורה

העלויות החיצוניות הבאות מבטאות את הנזקים הבריאותיים של זיהום האוויר הנגרמים מנסיעתם של כלי הרכב השונים במונחים כספיים. בכימות העלויות החיצוניות בתחום התחבורה נהוג להבחין בין כלי-רכב שונים, האזור הגיאוגרפי שבו מתבצעת הנסועה, היקף האוכלוסייה הנחשפת, נסועה עירונית ובין-עירונית ועוד.

עלות מזהמים בסקטור התחבורה (ש/טון):

PM _{2.5}	NOx	HC	CO ₂	CO	
134,045	68,446	19,919	103	13,644	ממוצע ארצי
862,733	119,820	52,310	103	13,644	נסיעה בגוש דן

מקדמי הפליטה של כלי הרכב השונים נלקחו מאתר של גוף המחקר הבריטי TRL³⁴. בעזרת נתונים אלו חושבה עלות הזיהום מכל אחת מקטגוריות הרכב במונחים שנתיים בשיטה הבאה:

עלות זיהום שנתי מכלי רכב = מקדמי פליטות לק"מ X עלות חיצונית לגרם X היקף הנסועה שנתי

³⁴ <http://www.trl.co.uk>

6.2.2.2 חישוב עלויות חיצוניות מייצור אנרגיה

העלויות החיצוניות לייצור אנרגיה מבטאות במונחים כספיים את הנזקים הבריאותיים של זיהום האוויר הנגרם משריפת דלקים בתהליך ייצור האנרגיה. כמובן שישנו שוני רב בנזק הנגרם מתחנות כוח שונות שנובע משריפת סוגי דלק שונים, טופוגרפיה, אמצעים טכניים וכמות אוכלוסייה נחשפת. עם זאת בשל הצורך לבטא, לצורכי התחשיב הכלכלי, עלות חיצונית כללית של קוט"ש מיוצר נעשה שקלול של עלות זיהום ממוצעת הנובעת מייצור יחידת אנרגיה במשק. לצורך התחשיב נבחר משטר ההפעלה החזוי של חברת החשמל לשנת 2015, ונתוני הפליטות (גרם פליטה לקוט"ש מיוצר) החזויים מכל תחנה בשנת 2015. כמות הפליטות הוכפלה בעלות המזהמים (ש"ח לטון) - עפ"י נתוני המשרד להגנת הסביבה. חשוב לציין שבשונה לנתוני הפליטות שמותאמים ל-2015, נתוני העלות נכונים לשנת 2010. ניתן להניח כי עד שנת 2015 רמת החשיפה לזיהום תגבר עקב ריבוי האוכלוסייה הטבעי ועל כן מחיר הזיהום יעלה. הנתונים נבחרו מתוך רצון להציג תחשיב שמרני.

עלות מזהמים בסקטור האנרגיה (ש"ח/טון):

CO2	SO2	NOX	PM10
103	33,883	19,622	48,362

על פי נתונים אלו העלות החיצונית הממוצעת לייצור קוט"ש הינה 9.58 אגורות.

6.2.2.3 חישוב עלויות משריפת דלקים בתעשייה

העלויות החיצוניות הבאות מבטאות את הנזקים הבריאותיים של זיהום האוויר משריפת דלקים בתעשייה בישראל במונחים כספיים:

עלות מזהמים בסקטור התעשייה (ש"ח/טון):

SO2	NOx	PM10
36,090	29,310	71,040

ערכים אלו רלוונטיים לצעדי המדיניות שנבחנו להפחתת פליטות של דודי הקיטור בסקטור התעשייה. העלויות החיצוניות הוכפלו בנתוני הפליטה של דודי קיטור רלוונטיים לכימות התועלות של הצעדים שנבחנו.

6.3 הצגת צעדי המדיניות שנבחנו

אמצעי המדיניות שנבחנו במסגרת התכנית נבחנו כאמור לאחר מיפוי תמונת המצב למזהמים המטופלים במסגרת התכנית הלאומית, כפי שמתואר בהרחבה בפרק 4 במסמך זה. האמצעים המוצגים בפרק זה מחולקים לפי הסקטורים שזוהו כמקורות משמעותיים לפליטת המזהמים השונים ואילו הם: סקטור ייצור האנרגיה, סקטור התעשייה, סקטור התחבורה וסקטור משקי הבית. עבור כל סקטור יוצג בתחילה סל האמצעים שנבחן להפחתת הפליטות וכן הצגה גרפית של הניתוח הכלכלי שבוצע לאמצעים השונים במונחי עלות-תועלת כספיים לשנה מייצגת של החלת האמצעי במשק. ראוי לציין בהקשר זה, כי ישנם צעדים שנבחנו במסגרת התכנית שלהם לא ניתן היה לבצע ניתוח כלכלי עקב מחסור בנתונים או קושי להעריך את השפעתם.

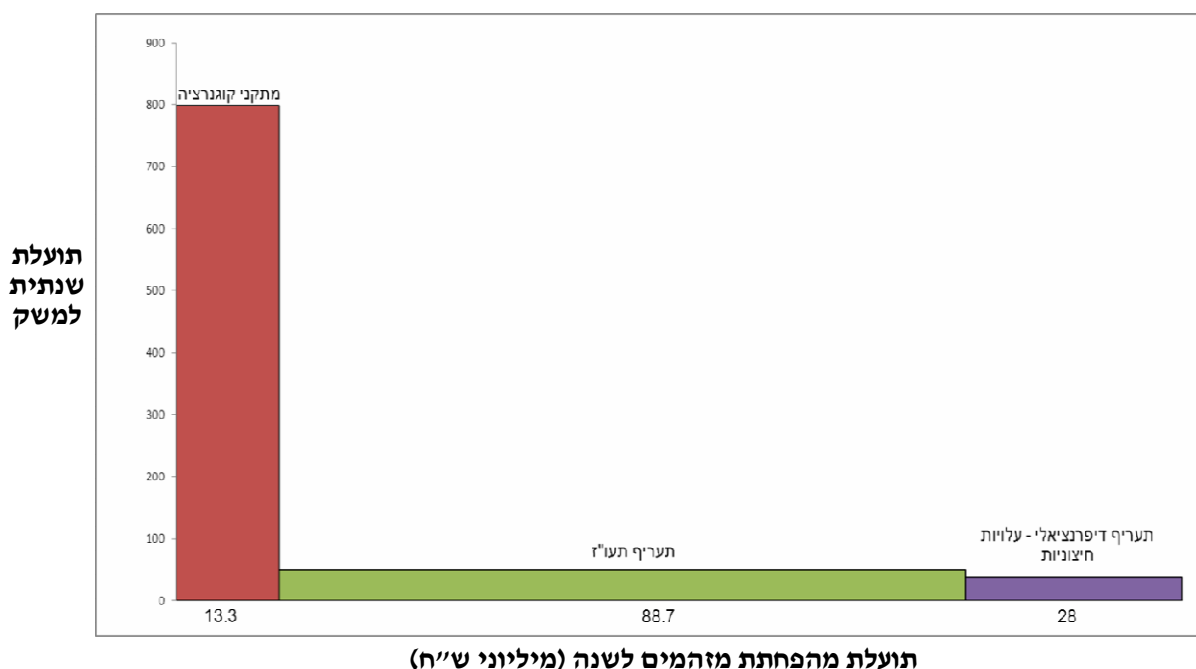
6.3.1 צעדי מדיניות במגזר ייצור אנרגיה

טבלה 30: אמצעי המדיניות שנבחנו – סקטור הייצור האנרגיה

המזהמים המטופלים בתכנית שיופחתו כתוצאה מצעד המדיניות שנבחן	צעד מדיניות	
NO _x , PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂	החלת תעריף תעו"ז למשקי בית	1
	החלת תעריף חשמל דיפרנציאלי לצרכן, בהתחשב בעלויות החיצוניות של זיהום האוויר	2
	הפנמת עלויות חיצוניות של זיהום אוויר בשיקולי העמסת יחידות הייצור של מנהל המערכת	3
	קידום הקמת מתקני קוגנרציה ותשתית חלוקת הגז	4
	קידום תשתית מערכת חכמה (smart grid)	5

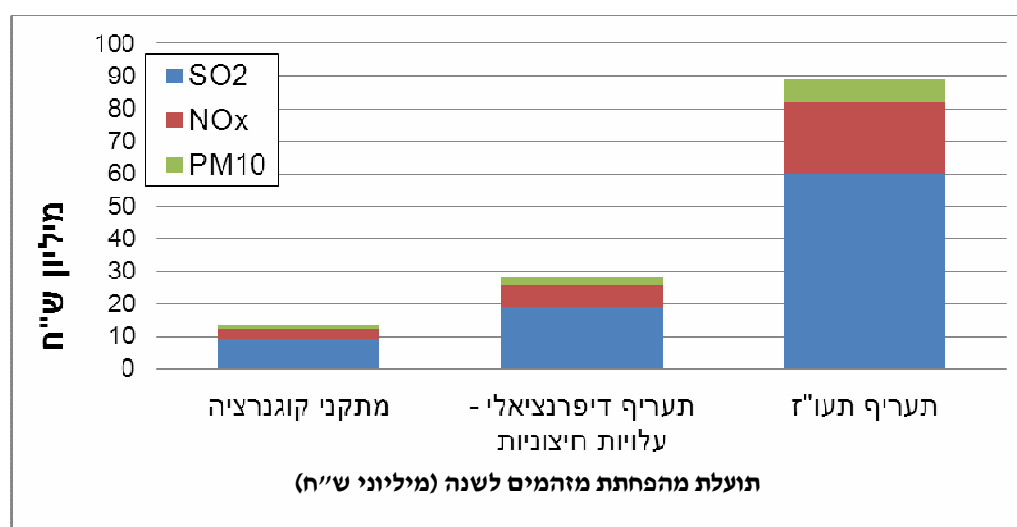
באזור 50 המובא להלן מוצגים שלושת אמצעי מדיניות בסקטור האנרגיה להם בוצע ניתוח כלכלי: החלת תעריף תעו"ז במשקי הבית, החלת תעריף דיפרנציאלי, ועידוד הקמת מתקני קוגנרציה בתעשייה. כל עמודה מייצגת צעד מדיניות כאשר ציר ה-Y מייצג את התועלת המשקית השנתית במיליון ₪ הנובעת מהצעד שנבחן, וציר ה-X מייצג את התועלת הכספית השנתית המושגת כתוצאה מהפחתת העלויות החיצוניות של המזהמים הרלוונטיים המטופלים במסגרת התכנית. על מנת לסכום את היקף התועלת מהפחתת הפליטות נעשתה המרה של היקף הפליטה לערכים כספיים. חשוב לציין שבחישוב התועלת המשקית של הצעדים השונים נלקח בחשבון גם החיסכון מהפחתת CO₂, תועלת זו באה לידי ביטוי כחלק מגרף תועלת נטו של התכנית (ציר ה-Y).

איור 50: אמצעי מדיניות סקטור האנרגיה



מהגרף המוצג עולה כי כלל הצעדים שנבחנו במסגרת סקטור האנרגיה הינם כדאיים כלכלית למשק (ציר Y חיובי). על רקע קושי מתודולוגי של חישוב ההשפעה ההדדית בין הצעדים השונים, הונחה הפחתה של 8% בצריכת החשמל הביתית כתוצאה מנקיטת כלל האמצעים (ציר ה-X). איור 51 לעיל מציג את הפחתת הפליטות השנתית הנובעת מכל צעד שנבחן בחלוקה לפי המזהמים הרלוונטיים לסקטור זה. ניתן להבחין שמרבית ההפחתה נובעת מצמצום בפליטת SO_2 מתהליך ייצור האנרגיה וכן צפויה הפחתה בנוכחות ה-PM ו- NO_x .

איור 51: גרף הפחתת פליטות (בעלויות חיצוניות) לפי אמצעים בסקטור האנרגיה



להלן פירוט האמצעים שנבחנו בסקטור האנרגיה.

האמצעים הבאים נועדו להפחית ביקושים במגזר ייצור החשמל. לכל צעד בוצע תחשיב פרטני המוצג בפרק זה. לצורך תחשיב הכולל של השפעת היישום על ריכוזי מזהמים כומתו שלושת הצעדים יחדיו:

6.3.1.1 החלת תעריף תעו"ז למשקי הבית

1. **רקע:** כיום, תעריף החשמל המשמש את רוב משקי הבית הינו תעריף אחיד. לעומתו, מחיר החשמל על פי תעריף התעו"ז (תעריף לפי עומס המערכת וזמן), משתנה בהתאם לעלות הייצור במקבצי השעות והתקופות השונות. השינוי בין תעריפי התעו"ז נובע מכך שעם הגידול בביקוש לחשמל נדרשת חברת החשמל להפעיל תחנות כוח שעלות ייצור החשמל בהן גבוהה יותר (כתוצאה מכך העלות השולית לקוט"ש מיוצר עולה). תעריף התעו"ז משקף את עלויות הייצור המשתנות בהתאם לעומס הנדרש לסיפוק הביקושים. כאמור, תעריף החשמל למשקי הבית הינו תעריף אחיד לכל מקבצי השעות, ולכן אינו מייצר כל תמריץ להסטת צריכה משעות פסגה וגבע לשעות שפל. מאחר וכלל זיהום האוויר הנגרם מכלל מערכת ייצור חשמל מגיע לשיאו בשעות פסגה וגבע, יש חשיבות בהורדת הביקוש בשעות אלו על מנת להפחית את תרומת סקטור החשמל לכלל הזיהום. על כן מוצע להחיל את תעריף התעו"ז על סקטור משקי הבית, בכדי ליצור קשר ישיר בין עלויות ייצור החשמל ואספקתו בשעות השונות ובין המחיר שמשלם הלקוח, ובכך להפחית את הצריכה בשעות השיא לנוכח העלויות הגבוהות במועד זה.³⁵ במקביל מוצע לפשט מבנה התעריף המוצע ולהתאימו לצרכן הביתי. חשוב לציין, כי כיום מוצע תעריף תעו"ז לצרכנים שצריכתם מעל 60,000 קוט"ש ולמפעלי תעשייה וכי מקודמות תכניות להפחתת רף הצריכה המחייב מונה תעו"ז ל- 20,000 קוט"ש בשנה. מוצע לבנות את תעריף התעו"ז באופן פשוט, כך שהתעריף לצרכן יהיה מושתת על עקרונות התעריף לתעשייה אך בצורה פשוטה ונגישה יותר לציבור הרחב. לדוגמה, במקום 9 מחירים הנהוגים בתעריף התעו"ז הקיים יהיו רק 3 מחירים – רק עפ"י שעות היממה ולא לפי עונות השנה. לשם המחשה נלקחה שיטה זו לצורך החישוב שלהלן, המחיר משוקלל בצורה אשר לוקחת בחשבון את הצריכה של משק בית ממוצע ואת שעות ההפעלה בכל מש"ב.

יש לבחון את החלת הורדת סף החיוב להתקנת מונה תעו"ז בשים לב להתקדמות הטמעת מערכת רשת חכמה (smart grid) בשל הקשר הקיים בין הצעדים. המונה המותקן במסגרת הרשת החכמה מהווה תחליף למונה התעו"ז ומשום כך יש צורך בתיאום בהחלת שני הצעדים.

2. **הצעד שנבחן:** להוריד את סף החיוב לתעריף לפי עומס המערכת וזמן הצריכה (תעו"ז) כך שיכלול גם את הצרכנים הביתיים, במקביל יש לפעול להנגשת והתאמת התעריף לצרכן זה.

3. עלות – תועלת:

1.1 העלות המשקית: החלת התעריף מחייבת החלפת המונה הקיים במונה אלקטרוני מיוחד, המתוכנת למטרות תעריף זה. עלות המונה והתקנתו משוערת ב- 280 ש"ח, יש בארץ 2.4 מיליון צרכנים ביתיים.³⁶ על כן עלות ראשונית של התקנת מונה תעו"ז תעלה למשק 672 מיליון ש"ח. חיי המונה מוערכים ב-10 שנים לפיכך **העלות השנתית הינה 67.2 מיליון ש"ח**. מוצע כי עלות התקנת המונה תושת על הצרכן ותופחת מידי חודש מחשבון החשמל השוטף. התקנת המונים תבוצע באופן מדורג בפריסה גיאוגרפית ותחל ביישובים בעלי מעמד סוציאקונומי גבוה בשל פוטנציאל הפחתה ניכר.

³⁵ ישנם משקי בית בהן מותקן מונה תעו"ז אך התקנה זו הינה על בסיס וולונטרי.

³⁶ התחשיב הכלכלי התבסס על התקנת תעו"ז במשקי בית פרטיים ולא כלל את מגזר העסקים הקטנים.

1.2 התועלת המשקית: על פי הערכות רשות החשמל וניסיון בינלאומי, התועלת נובעת משני גורמים מבחינת צריכת החשמל:

א. ירידה רוחבית בביקוש: כלל הביקוש לחשמל של משקי בית יפחת בשיעור נע בין 8%-4%. כתוצאה התועלות חיצוניות מחסכון בזיהום אוויר של מהלך זה מוערכות בכ- **118 מיליון ₪ לשנה** (כפוף להנחת הפחתה של 8%).

ב. הסטת ביקושים משעות שיא לגבע ושפל: שיטוח העקום ב-10%. רכיב זה לא כומת עקב הקושי לחזות את משטר ההפעלה של חח"י כתוצאה משיטוח העקום, וממילא להעריך את היקף העלויות הנחסכות כתוצאה מההסטה. יחד עם זאת וככלל, ניתן לומר שישנו יתרון מבחינה משקית וסביבתית לצמצום את נקודות השיא של צריכת החשמל, במיוחד בצמצום הצורך בהפעלת והקמת תחנות חשמל "פיקריות" – יחידות ייצור חשמל לצורך מענה לביקוש בשעות השיא.

בראייה משקית ישנה כדאיות כלכלית למהלך זה. **בחישוב שנתי (העלות מתפרסת על פני אורך חיי המונים – 10 שנים) התועלת נטו מהמהלך הינה 50.8 מיליון ₪ לשנה.**

1.3 היבט הצרכן: לטובת כימות הצעד מהיבט הצרכן נלקח היקף הצריכה של משק בית ממוצע תוך התחשבות בתקופות הצריכה השונות. נמצא כי במידה ומוחל תעריף התעו"ז, כפי שהוא קבוע כיום, על הצריכה הממוצעת של משק הבית, הצרכן הביתי עתיד ליהנות מחיסכון של **560 ₪ בשנה**.

4. הפחתת מזהמים: ההפחתה נובעת מצמצום היקף ייצור החשמל בסך 1,227 מיליון קוט"ש בשנה ומוצגת לפי מזהמים (בטונות) בטבלה הבאה:

PM10	NOx	SO2
141	1,116	1,241

5. ישימות: גבוהה. ביצוע צעד זה דורש החלטה של מליאת רשות החשמל, הנוגעת לצרכנים במשק החשמל ובהתקנת מוני התעו"ז, כאמור.

6. שכיחות: צעד זה מתקיים במספר מדינות. בהולנד לדוגמה, קיימים שני תעריפים לצרכן כבר מספר שנים.

6.3.1.2 החלת תעריף חשמל דיפרנציאלי לצרכן בהתחשב בעלויות החיצוניות של זיהום אוויר

1. רקע: התעריף לצרכני החשמל מבוסס על עיקרון העלות, קרי הוא נקבע באופן שמשקף את עלויות הייצור של החשמל הנצרך. כיוון שייצור זה כרוך גם בעלויות חיצוניות, יש מקום לבחון קביעת תעריף צרכני שיפנים את העלויות החיצוניות בייצור חשמל ובכך לקשור ישירות בין המחיר שמשלם הלקוח לבין העלות החיצונית של המזהמים הנפלטים בתהליך ייצור החשמל.

הפנמת העלויות החיצוניות בתעריף החשמל צפויה להביא לעלייה ניכרת במחיר לצרכן, ולכן להשפיע באופן שלילי על צריכת החשמל שלו – להוריד את כמות החשמל המיוצר. כתוצאה מכך צפויה הפחתה בכמות הפליטות וצמצום ריכוזי המזהמים באוויר. עם זאת, בשל הרצון להימנע מהשתת עלויות החשמל הגבוהות על

כלל הצרכנים ובשל העלייה הצפויה בתעריף, מוצע בשלב ראשון לקבוע תעריף הדיפרנציאלי רק לצרכנים החורגים באופן משמעותי מסל הצריכה הנורמטיבי. לצורך כך יהיה הכרח לקבוע מדרגת סף של צריכה נורמטיבית למשקי הבית אשר תשקף את כמות הצריכה הדרושה לקיום משק בית ברמת חיים טובה. מדרגת הסף לצריכה תשקף את היקף השימושים הביתיים במשק בית ותיקבע כפונקציה של מספר נפשות. כך רק צרכנים שיצרכו מעבר למדרגה זו ישלמו את התעריף הגבוה שמגלם באופן מדויק יותר את העלויות החיצוניות של ייצור הקוט"ש החורג.

בצעד זה יש ביטוי לעיקרון נורמטיבי חשוב: מי שמבזבז (צורך חשמל מעל מדרגה נורמטיבית של צריכה) – משלם. עיקרון זה נועד לגבות מחיר נוסף מצרכן המגזים בצריכת החשמל וזאת מבלי לפגוע באופן שאינו מידתי בציבור. אין ספק שבממוצע, צרכנים שחורגים מסף צריכה נורמטיבי הינם בעלי בתים גדולים, הצורכים חשמל רב לאורך כל שעות היממה וגורמים באופן זה לזיהום אוויר מוגבר שיש עניין רב בצמצומו. מכיוון שצעד זה מתמקד בסף צריכה כללית של חשמל ללא קשר ישיר לשעות הצריכה, ישנה חריגה מעקרון העלות ונוצר קושי לחשב את העלות החיצונית של כל צרכן בשל מאפייני צריכה שונים. על כן מוצע שבשלב ראשון תיקבע עלות חיצונית ממוצעת לקוט"ש אשר תוחל על צרכנים אלו ללא קשר לשעות הצריכה. מומלץ שבשלב שני, ישולב התעריף הדיפרנציאלי במסגרת החלת תעריפי תעו"ז לצרכן הביתי (ר' סעיף 6.3.1.1) והתקנת מוני תעו"ז אשר יאפשרו מתן ביטוי לעיקרון העלות כך שהתעריף לצרכן יגלם בצורה טובה יותר את העלויות החיצוניות כתוצאה מצריכת החשמל שלו.

פוטנציאל ההפחתה הגלום בצעד זה משתקף בנתוני חח"י המראים כי שני עשירוני הצריכה העליונים צורכים 42% מסך הביקושים של מגזר משקי הבית (נתוני חח"י).

2. **הצעד שנבחן:** החלת תעריף חשמל דיפרנציאלי בקרב משקי הבית באופן שהתעריף לצריכה החורגת באופן משמעותי מעל לנורמה, ישקף את העלויות החיצוניות של ייצור היחידה החורגת. היקף הצריכה הנורמטיבי יקבע בהתאם למידול היקף השימושים הממוצע של משקי הבית.

3. עלות – תועלת:

- 1.1 עלות משקית: למהלך זה אין עלות משקית, ישנה עלות על הצרכנים החורגים מהצריכה הנורמטיבית.
- 1.2 תועלות משקית: בהינתן שחשמל הינו מוצר נורמלי, השפעת התייקרות התעריף על חריגה מהמכסה תתבטא בירידה בצריכת החשמל של משקי הבית. מכאן, שההפחתה בזיהום האוויר, כתוצאה מיישום צעד זה, תושפע מגובה ההתייקרות, התפלגות הביקושים וקשיחות הביקושים לחשמל בטווחים הרלוונטיים, בדגש על הביקושים החורגים המהווים את פוטנציאל ההפחתה של צעד זה. על פי בדיקות שנעשו בעזרת נתוני למ"ס ונתוני חח"י עולה כי צריכה ממוצעת למשק בית עומדת על כ- 7,600 קוט"ש בשנה. לטובת הנחת השמרנות, הונח לצורך התחשיב כי תוחל עלות נוספת בגין צריכה החורגת מ-11 אלף קוט"ש (20% ממשקי הבית). לצורך התחשיב נבחר תרחיש בו כל משק בית משלם 25% יותר על כל קוט"ש מעל צריכה שנתית של 11,000 קוט"ש – סכום המייצג את העלות החיצונית בגין זיהום האוויר (כ-10 אגורות). פעולה זו מביאה להקטנה בהיקף הצריכה הביתית ע"י טיפול ספציפי בצריכה החורגת.

על פי נתוני חברת החשמל בנוגע לביקוש והתפלגות צריכה נמצא כי הצעד שנבחן עתיד להביא להפחתה של 388 מיליון קוט"ש בשנה. בהיבט של חיסכון בעלויות החיצונית התועלת של הצעד הנבחן מוערכת בכ- 37.1 מיליון ₪ בשנה.

1.3 **היבט הצרכן:** כאמור, לטובת התחשיב הונח כי הצעד יחול על שני עשירוני הצריכה העליונים. בעקבות יישום הצעד הנבחן, משק בית ממוצע, המשתייך לשני עשירוני הצריכה העליונים, עתיד להפחית את צריכת החשמל בכ-900 קוט"ש בשנה ולשלם כ-1,400 ₪ בשנה עקב העלייה בתעריף. התשלום העודף צפוי להביא לגידול בפדיון לחשמל בסך 544 מיליון ₪. מוצע כי סכום זה יועבר לקרן ייעודית שתקצה את הכסף לנושאים סביבתיים, הפחתת זיהום אוויר ופעולות הסברה בקרב משקי הבית.

4. **הפחתה:** הפחתה הפליטות נובעת מצמצום היקף ייצור החשמל בסך 388 מיליון קוט"ש בשנה. בטבלה הבאה מוצגת הפחתת הפליטות לפי מזהמים (טון/שנה):

PM ₁₀	NO _x	SO ₂
44	353	392

5. **ישימות:** בינונית. ביצוע צעד זה תלוי בשינוי החקיקה של "חוק משק החשמל". עם זאת, בשל הרצון להפנים כמו כן, כיוון שאמצעי זה יביא לסך תקבולים ממכירת חשמל הגבוה יותר מעלויות הייצור המוכרות לחח"י, יהיה צורך בקביעת מנגנון להפרדת התקבולים העודפים כתוצאה מצריכה העולה על מדרגת החרגה, מהתקבולים לה זכאית חח"י.

צעדים נוספים בסקטור ייצור החשמל:

6.3.1.3 הפנמת עלויות חיצוניות של זיהום אוויר בשיקולי העמסת יחידות הייצור של מנהל המערכת:

1. **רקע:** מנהל המערכת קובע את אופן העמסת יחידות הייצור השונות בהתאם למודל אופטימיזציה שמטרתו לספק את סך ביקושי החשמל בכל נקודת זמן, תוך מזעור עלויות הייצור, ובהינתן אילוצים תשתיתיים, אילוצים תפעוליים של היחידות השונות, ועוד. עם זאת, השיקול הסביבתי, והעלויות החיצוניות כתוצאה מפליטות מזהמים מייצור החשמל, אינם באים לידי ביטוי במודל ההפעלה. מוצע לבחון את האפשרות להפנים את העלויות החיצוניות בשיקולי מנהל המערכת לצורך קביעת משטר ההפעלה. לצורך כך תיקבע עלות כספית לכל גרם פליטה, לפי המזהמים השונים, שתשקף את העלות החיצונית של פליטות אלו. מהלך זה יביא להפעלה נכונה יותר מבחינה משקית של יחידות הייצור, שכן מודל האופטימיזציה יביא בחשבון את כלל העלויות המשקיות – כספיות וסביבתיות. בכך יינתן תמרוץ נוסף להפעלת יחידות מזהמות פחות, תוך התחשבות מובנית בשיקולי העלות והתועלת להפחתת הזיהום ביחידות ייצור החשמל.

2. **הצעד שנבחן:** הפנמת עלויות חיצוניות של זיהום אוויר בשיקולי העמסת יחידות הייצור של מנהל המערכת של חח"י.

3. עלות – תועלת:

בראייה משקית, ייצור חשמל המשקלל גם את העלות החיצונית בנוסף לעלויות ייצור אחרות יהיה חסכוני יותר למשק. מידת האפקטיביות של צעד זה תלויה במידת התאימות בין עלויות סוגי הדלק ועלויות הייצור ביחידות השונות, לבין רמות הפליטה מאותן יחידות. אם קיים יחס חיובי בין עלות הייצור לבין רמת

הפליטה, מידת האפקטיביות תהיה נמוכה כיוון שלא יהיה טעם לבצע הסטה של הייצור בין היחידות, אך במקרה זה, גם לא תושת כל עלות על ציבור הצרכנים. במידה ושינוי משטר ההפעלה יביא לשינוי בהרכב ייצור החשמל, תעריף החשמל לצרכן עשוי להתייקר.

4. **הפחתה:** ייצור חסכוני יותר מבחינת זיהום אוויר יביא להפחתה בכמות המזהמים. בשלב זה לא ניתן לכמת את השינוי הצפוי.

5. **ישימות:** גבוהה. ביצוע צעד זה תלוי בשינוי החקיקה ואמות המידה הקובעות את אופי העבודה של מנהל המערכת, כמו גם ניטור רציף של כלל יחידות הייצור. יש גם לבחון עד כמה המודלים הקיימים אצל מנהל המערכת מאפשרים לבצע הפנמה זו ללא התאמות נוספות.

6.3.1.4 קידום הקמת מתקני קוגנרציה ותשתית חלוקת הגז

1. **רקע:** מערכת קוגנרציה היא מערכת המייצרת חשמל וחום, כשהחשמל יכול לשמש לצריכה פרטית או אספקה לרשת החשמל, והחום יכול לשמש לייצור קיטור, חימום אוויר או מים, ו/או הפקת מוצרי תעשייה. מתקן קוגנרציה מוביל לחיסכון בדלק ומאופיין בשימוש יעיל יותר באנרגיה שכן בתהליך של ייצור חשמל באמצעות גנרטור או טורבינה קיים איבוד נרחב של אנרגיה וחום. הנצילות האנרגטית בתהליך חד תכליתי (ייצור קונבנציונאלי) היא 30%-35% לעומת הנצילות בתהליך הקוגנרציה שנעה בין 65%-85%, וזאת בשל השימוש בחום, בנוסף לחשמל המיוצר.

שימוש במתקני קוגנרציה כולל חיסכון אנרגטי בשל החיסכון בצריכת הדלק עקב היכולת לנצל שיירי אנרגיה הנפלטים מתהליך ייצור החשמל.

בנוסף ליתרונות האנרגטיים והסביבתיים של קוגנרציה, מדובר בפרוטנציאל להגברת התחרות במשק החשמל ורווחים משמעותיים ליזמים בתחום זה. מניתוח עסקי של מתקני קוגנרציה, אשר בוצע עבור 'רשות החשמל' עולה, כי התשואה מהקמת מתקן קוגנרציה היא בין 10%-20%.

2. **הצעד שנבחן:** מוצע לקדם הקמת מתקני קוגנרציה [כאשר ישנה עדיפות סביבתית למתקני קוגנרציה העושים שימוש בגז טבעי בלבד], ומחליפים דודי קיטור שמבוססים על שריפת מזוט, באמצעות יישום מספר צעדים:

- חידוש התקנות "משק החשמל – קוגנרציה" תוך שימור רשתות הביטחון ליזמות בגוף ההסדרה.
- סיוע מימוני ליזמים.
- לצורך התחשיב עלות תועלת הונח כי תקציב של 100 מלש"ח צפוי לסייע להקמת 4-8 מתקנים כאשר לשם הצגת תחשיב שמרני בוצע ניתוח כלכלי להקמת 4 מתקנים בלבד.

3. **ניתוח עלות-תועלת:**

(התחשיב בוצע עבור הקמת מתקן קוגנרציה הפועל על גז טבעי)

ישנן שתי תועלת כלכליות-סביבתיות למשק מהקמת מתקן קוגנרציה:

1. ייצור חשמל נקי והפחתת עלויות הולכה – תועלת זו משתנה בהתאם למיקום המתקן, משטר ההפעלה של חח"י ורשת ההולכה.
2. חסכון בשריפת דלקים לייצור הקיטור התעשייתי – מתקן קוגנרציה מייצג מחליף דוד המייצר 20 טון קיטור בשעה באמצעות שריפת מזוט. נעשה תחשיב הבחון את כמות הדלק המיובאת הנחסכת על פני אורך חיי המתקן. מדובר בעלות כוללת של 245 מיליון ₪ בעלות דלק למשק עפ"י הערכה כללית של ניצולת מתקן מייצג ושעות הפעלה ועלות יצירת קיטור ע"י מזוט (164 ₪ לטון קיטור).

3. התועלת הכלכלית במונחי עלויות חיצוניות נחשבות הינה 3.3 מיליון ₪ לשנה.
4. **הפחתה:** ההפחתה מצעד זה נובעת מההפרש הניכר בין הפליטות הנובעות משריפת מזוט לייצור קיטור לבין הפליטות הנובעות משריפת גז לייצור קיטור. בהינתן 4 מתקני קוגנרציה החיסכון השנתי בפליטות (טון/שנה) מוצג בטבלה הבאה:

PM	NOx	SOx
15	105	255

5. **ישימות: חסמים עיקריים**
להבנתנו, קיימים שני גורמים עיקריים, המהווים חסם להתפתחות ענף הקוגנרציה בארץ:
5.1 'תקנות משק החשמל – קוגנרציה' מעניקות ליזמים רשתות ביטחון קריטיות, לצורך קבלת מימון מהמערכת הבנקאית. תוקף תקנות אלו פג בתחילת 2011 ועתיד להתחדש בקרוב. המלצתנו היא לשמר את רשת הביטחון המוענקת ליזמים גם בתקנות החדשות.
5.2 פריסת תשתית הולכת הגז – רשת הולכת הגז הקיימת פרוסה באופן חלקי בלבד, בשל כך ניתן להקים בשלב זה מתקני קוגנרציה רק באזורים אליהם מגיעה הרשת. הקמת מתקני קוגנרציה בגז טבעי מחייבת את קידום פריסת רשת הולכת הגז הנדרשת להפעלתם.
6. **שכיחות:** הצעד נפוץ ביותר במדינות רבות בעולם.

6.3.1.5 קידום התקנת תשתית מערכת חכמה (smart grid)

1. **רקע:** רשת חשמל חכמה הינו שם כולל למגוון מערכות מתקדמות אשר משכללות ומיעילות את מערכת ההולכה וניהול הביקושים לחשמל. באמצעות טכנולוגיה זו סטרית, מיעלת רשת ההולכה את זמינות החשמל ומספקת מידע זמין בכל המקטעים הרלוונטיים. כמו כן מאפשרת המערכת לשלוט על מכשירים בבתי הצרכנים ומכונות במפעלים, במטרה לנהל את הביקושים מרחוק ולהגביר את המודעות לעלויות צריכת החשמל ובכך להביא לחסכון באנרגיה. מערכות נלוות מקטע הייצור וההולכה מאפשרות יצירת מידע מהימן בזמן אמת על אבודים ברשת, יעילות ההולכה וכשלים נקודתיים. יש לציין, כי בימים אלה מבוצע פיילוט של הנחת התשתית והתקנת מונים חכמים בבנימינה על ידי חברת חשמלו התבצעה עבודת מחקר בנושא ע"י רשות החשמל.
- יש לבחון את קידום הרשת החכמה בשים לב להחלת הורדת סף החיוב להתקנת מונה תעו"ז בשל הקשר הקיים בין הצעדים. המונה המותקן במסגרת הרשת החכמה מהווה תחליף למונה התעו"ז ומשום כך יש צורך בתיאום בהחלת שני הצעדים.
2. **הצעד שנבחר:** מוצע להמשיך ולקדם את שילוב המערכות חכמות לרשת החשמל הארצית, בין היתר על בסיס מסקנות הפיילוט המקודם כיום.
3. **עלות תועלת:**

3.1 עלות תקציבית – עלות הצעד נובעת מהתקנת המוניס החכמים בבתי הצרכנים, בבתי עסק ובמפעלים, בהנחת התשתיות הרלוונטיות והמכשור הנלווה. כמו כן, ישנה עלות אחזקה והתקנה שכוללת בין היתר הכשרת כוח אדם מיומן וזמין.

3.2 תועלת משקית: התועלת ממהלך זה מורכבת ממספר מרכיבים³⁷:

- א. ניהול ביקושים – הפחתת העומס על המערכת בשעות שיא.
 - ב. ייעול מערך ההולכה והפחתת האבידות במערכת.
 - ג. הגברת אמינות האספקה שתבטא ביכולת לצמצם את הרזרבות במשק האנרגיה.
- הערכות בנוגע לתועלת הנובעת מהתקנת smart grid נעות בין יחס השקעה-תועלת תקציבית של 1:2 ל-1:6 היחס משתנה כפונקציה של פרמטרים שונים במערכת כגון: ההצלחה של הטמעת המערכת, הטכנולוגיות המותקנות, רמת הבקרה והניטור של המערכת ומצב הבסיס של רשת החשמל.³⁸
4. **הפחתה**: מערך ייצור יעיל יותר יביא בהכרח לביקוש נמוך יותר של ייצור חשמל. הפחתת הביקוש תשפיע באופן ישיר על הפתחה של מזהמים עקב החיסכון בייצור אנרגיה. כאמור החיסכון נובע הן מהפחתת ביקושים, הן מהפחתת איבודים והן מיכולת לצמצם את הרזרבות.
 5. **ישימות**: בינונית. יש לבחון את מידת ההצלחה של הפיילוטס המבוצעים כיום וכן את העלויות הכרוכות בביצוע.
 6. **שכיחות**: ישנם מספר פיילוטס המבוצעים בעולם בשנים האחרונות (גרמניה, אנגליה, קליפורניה) יחד עם זאת המחקר בנושא ההשפעות הרחבות של המערכת עדיין נמצא בשלבים ראשוניים.

6.3.2 צעדי מדיניות במגזר התעשייה

טבלה 31: טבלת צעדי מדיניות במגזר התעשייה

סקטור	צעד מדיניות	המזהמים המטופלים בתכנית שיופחתו כתוצאה מצעד המדיניות שנבחן
תעשייה	העמקת הטיפול במפעלים אשר מהווים גורם זיהום משמעותי	כלל המזהמים
	איסור שימוש במזוט לדודים בעלי הספק תרמי של עד MW 1	NOx, SO ₂
	קביעת תקן לפליטת SO ₂ לדודים בהספק תרמי MW 1-50	SO ₂
	עידוד ותמיכה בהתקנת מיזוג אוויר סולארי בתעשייה, במסחר ובמבנים ציבוריים	NOx, PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
	הפגמת שיקולים סביבתיים בתכנית משרד התמ"ת להקמת מפעלים בפריפריה	כלל המזהמים
	קביעת מס דיפרנציאלי על מזוט באופן שישקף את ההשפעות הסביבתיות של השימוש בדלק זה	SO ₂ , NOx
	גיבוש תכנית פעולה להפחתת פליטות חלקיקים ממחצבות	PM ₁₀ , PM _{2.5}
	טיפול ממוקד בהפחתת פליטות NMVOC ממוקדי תעשייה	NMVOC

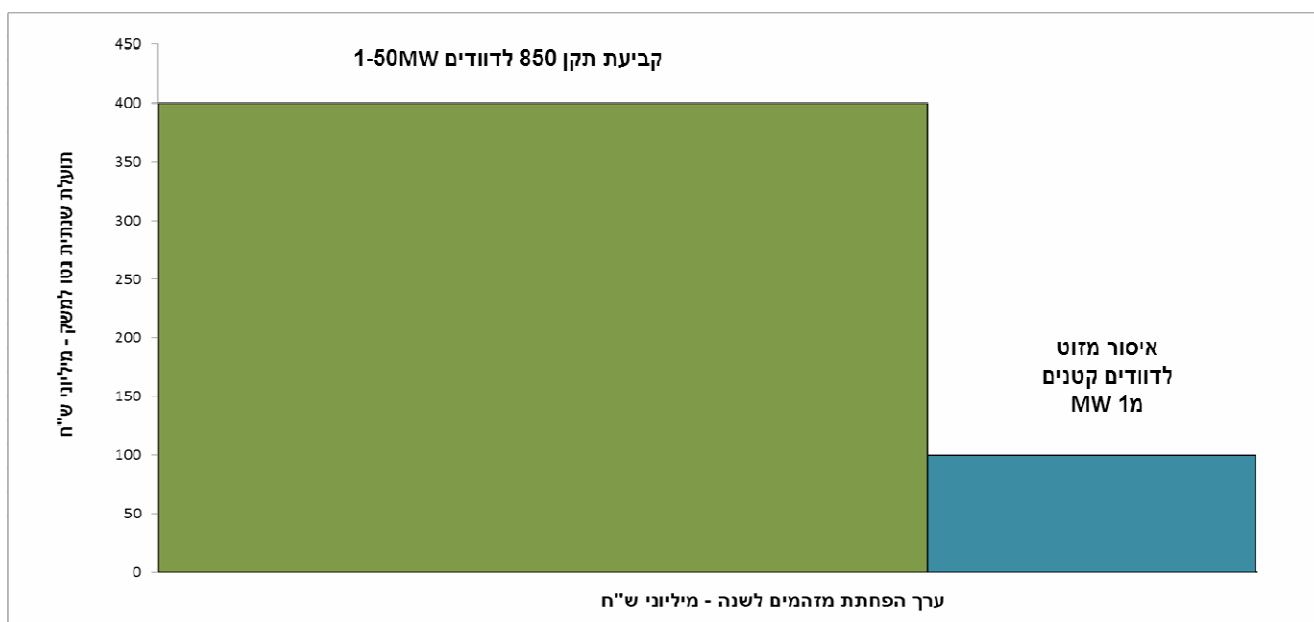
באזור 52 המובא להלן מוצגים שני אמצעי מדיניות בסקטור התעשייה להם בוצע ניתוח כלכלי: איסור שימוש במזוט לדודים בעלי הספק תרמי של עד MW 1 וקביעת תקן לפליטת SO₂ לדודים בהספק תרמי 1-50 MW. כל

³⁷ <http://www.smartgrid.epri.com>

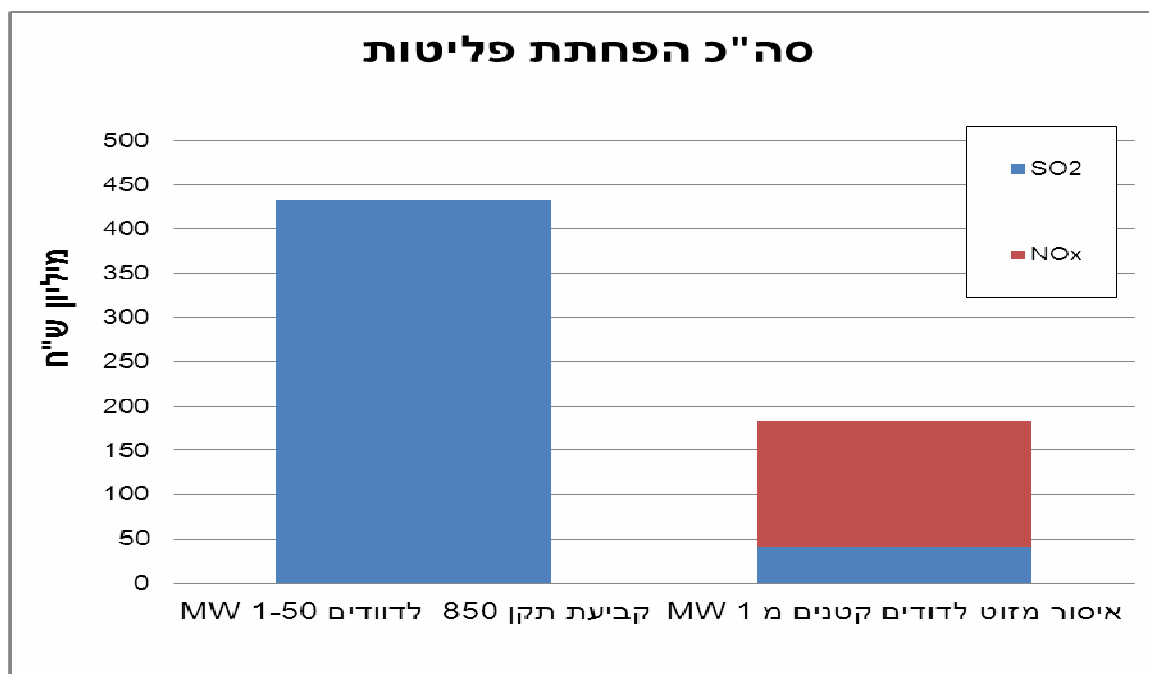
³⁸ המידע מבוסס על נתונים שהתקבלו מחברת החשמל לישראל.

עמודה מייצגת צעד מדיניות כאשר ציר ה-Y מייצג את התועלת המשקית השנתית (מיליוני ₪) הנובעת מהצעד המוצע, וציר ה-X מייצג את התועלת הכספית השנתית המושגת כתוצאה מהפחתת העלויות החיצוניות של המזהמים הרלוונטיים המטופלים במסגרת התכנית. על מנת לסכום את היקף התועלת מהפחתת הפליטות נעשתה המרה של היקף הפליטה לערכים כספיים.

איור 52: תועלת כלכלית מאמצעי המדיניות שנבחנו בסקטור התעשייה



איור 53: הפחתת פליטות לפי אמצעים בסקטור התעשייה (בערכי עלויות חיצוניות)



באזור 53 מוצגת הפחתת הפליטות כתוצאה מהחלת צעדי המדיניות במגזר התעשייה. הפליטות הנחסכות הן פליטות של SO₂ ו- NO_x.

6.3.2.1 העמקת הטיפול במפעלים אשר מהווים גורם זיהום משמעותי

1 רקע: מפעלי תעשייה התורמים תרומה משמעותית לפליטות מזהמים לאוויר. המשרד להגנת הסביבה מפעיל כבר כיום מספר תכניות שנועדו להפחית פליטות בסקטור התעשייה כגון: אימוץ הטכניקות המיטביות הזמינות עבור מפעלים טעוני היתר פליטה, עמידה בתקנים סביבתיים, תנאים בנושא איכות אוויר ברישיון עסק ועוד. עם זאת, על אף היקף ההפחתה הצפוי בשנות היעד בסקטור זה, עדיין ניתן לזהות מספר אזורים גיאוגרפיים בהם צפויים ריכוזים גבוהים מערכי היעד של המזהמים השונים. בפרט ניתן להצביע על מספר מקורות פליטה המהווים מקורות פליטה גדולים אשר פעילותם תורמת באופן משמעותי לריכוזים גבוהים מערך היעד בסביבה של מזהמים כגון גפרית דו-חמצנית, תחמוצות חנקן וחלקיקים. זיהוי מקורות הפליטה התבצע על סמך ניתוח של תוצאות מודלי החיזוי לשנות היעד שסייע למיפוי האזורים בהם צפויה חריגה בנוכחות המזהמים באוויר.

2 הצעד שנבחן: טיפול פרטני במפעלים אשר תורמים באופן משמעותי וניכר לנוכחות מזהמים באוויר באזורים גיאוגרפיים בהם צפויים ריכוזים גבוהים מערכי היעד של המזהמים המטופלים במסגרת התכנית כגון אזור חיפה ורמלה.

3 ניתוח עלות- תועלת

3.1 עלות: העלות המשקית של יישום הצעד הינה העלות המוטלת על המפעלים לטובת רכישת אמצעים להפחתת פליטות. עלו זה הינה משתנה התלוי בסוג המפעל, באמצעי ההפחתה שנדרשים ממנו ובכמות

ההפחתה הנדרשת. בשל אי הוודאות הגבוהה של רכיב זה העלות המשקית של יישום הצעד שנבחן לא כומתה. בעלות התקציבית לא צפויה עלות נוספת כיוון שחוק אוויר נקי מתיר למשרד לדרוש אמצעי הפחתה אשר מביאים את המפעלים לעמוד בערכי סביבה הקבועים בחוק.

3.2.2 תועלת: מצעד זה נובעת מהפחתת הריכוזים בסביבה ועמידה בערכי היעד שקובע חוק אוויר נקי. עם זאת מתווה התכנית הפרטנית טרם סוכם לפיכך יש קושי לאמוד את היקף התועלת שתיגזר מצעד זה. כימות התועלת תלוי במיקום המפעל, כמות הפליטה שהוא נדרש להפחית והקרבה למקומות ישוב אשר משפיעה על רמת החשיפה למזהמים אליה נחשפת האוכלוסייה.

4 **מידת הישימות במשק הישראלי: גבוהה.** בידי המשרד קיימת כבר כיום הסמכות לדרוש אמצעי הפחתה ועמידה בסטנדרטים סביבתיים ממפעלים ועסקים שונים.

צעדי מדיניות להפחתת פליטות גפרית דו-חמצנית בסקטור התעשייה ודודי הקיטור

6.3.2.2 איסור שימוש במזוט לדודי קיטור בעלי הספק תרמי הקטן מ- MW 1

1 **רקע:** איסור שריפת מזוט בדודי קיטור נועד להביא להפחתה בפליטות של SO_2 , NOx ו- PM . ריכוזם של מזהמים אלו צפוי להיות גבוה מערכי היעד בתרחיש BAU בשנות היעד. בסקירה שנעשתה על ידי חברת DHV עבור המשרד להגנת הסביבה נמצא כי קיימים כ- 1,000 דודי קיטור בהספק תרמי הקטן מ- MW 1 אשר חלק ניכר מהם אינו רשום. מניתוח השוק עולה כי שיעור גבוה מסך הדודים שורף מזוט. למרות הספקם התרמי הנמוך של הדודים אשר מוביל לכך שתרומתם של דודים אלו לסך הפליטה הארצית אינו גבוה הרי שמיקומם לצד ובתוך אזורים מאוכלוסים והחוסר באמצעי הפחתה שנקטים במקורות הפליטה אלו, מעלה את פוטנציאל הנזק של פליטת המזהמים ומחייב טיפול. על כן מוצע כי בדודים אלו תיאסר שריפת מזוט והדודים יחויבו לעבור לשימוש בסוגי דלקים חלופיים כגון גז וסולר.

2 **הצעד שנבחן:** איסור שימוש במזוט לדודי קיטור בעלי הספק תרמי הקטן מ- MW 1.

3 **ניתוח עלות- תועלת:** לצעד זה בוצע כימות כלכלי הן ברמה המשקית והן ברמת בעל דוד הקיטור כמוצג מטה. למרות התועלת הרבה הקיימת בחלופת הגז, הן מבחינת המחיר והן מבחינה סביבתית, לצורך החישוב הכלכלי נלקחה הנחה שמרנית של מעבר לשימוש בסולר. זאת, הן בשל אי-וודאות השוררת לגבי פריסת תשתית הגז, זמן הגעתו על הצרכן, והן משום שהכדאיות הכלכלית של צרכנים התלויה בהיקף השימוש בדוד ובמיקומו הגיאוגרפי ביחס לצינורות הגז.

3.1 ניתוח כלכלי ברמה המשקית:

1. **עלות:** העלות המשקית של צעד זה מוטלת על בעל דוד הקיטור אשר יידרש להשתמש בסוג דלק יקר יותר כגון סולר, במקום במזוט כדלק בעירה. בנוסף על כך צפויה עלות בהתאמת הדוד לסוג הדלק החדש. מכיוון שהסולר הינו האפשרות המעשית ביותר לצרכן אשר אינו יכול לשרוף גז, דבר המחייב תשתית הולכה, התחשיב הכלכלי נעשה עבור מעבר ממזוט לסולר. העלות הנקיה³⁹ של הסולר גבוהה בכ- 18% (ממוצע לשנת 2011) מעלות המזוט (על פי חישוב המחיר התיאורטי של תש"ל). לצורך התחשיב הונח כי דוד מייצג עובד 16 שעות ביום במשך 200 יום בשנה. כאשר מחשבים את תוספת העלויות השנתיות ללא מס הבלו (כלומר חישוב של עלות התאמת דוד סולר בנוסף למחיר הסולר בשער בית הזיקוק), תוספת

³⁹עלות נקיה הינה עלות ללא תוספת מיסים.

העלות השנתית כתוצאה ממעבר לסולר (ללא תוספת מס הבלו) יכולה להגיע למעל 200 אלף ₪. עקב מחסור בנתונים קשה לדעת את מספר הדוודים המדויק שקיים ואת סוגי הדלק בהם נעשה שימוש. על פי הנחה שכמחצית מהדוודים בקטגוריה זו שורפים מזוט כלומר 500 דוודים, **העלות הכוללת למשק מיישום הצעד שנבחן עומדת על כ-100 מיליון ₪.**

2. **תועלת:** התועלת המשקית נובעת מחיסכון בעלויות החיצוניות אשר משויכות לשימוש במזוט בעל תכולת גפרית של 1%, דלק אשר בעת שריפתו פולט תחמוצות גפרית בכמות הגבוהה משמעותית מסולר המכיל רק 0.1% גפרית. על פי אותן הנחות שימוש שנתיות המתוארות לעיל, החיסכון בעלויות החיצוניות מגיעות לכ- 420 אלף ₪ בשנה לדוד ההפחתה הינה בעיקרה של המזהם SO_2 . הכפלה של תועלת זו במספר הדוודים שהונחו במסגרת התחשיב מביאה לתועלת משקית כוללת של 210 מיליון ₪. מערכים אלו עולה שהתועלת המשקית נטו לדוד הינה חיובית בסך של כ- 200,000 ₪ לפיכך צפויה **תועלת משקית נטו כוללת חיובית המוערכת בכ- 110 מיליון ₪.**

3.2 ניתוח כלכלי ברמת בעל דוד הקיטור:

הניתוח הכלכלי ברמת בעל דוד הקיטור מציגה את העלות התוספתית עבורו הנגזרת מיישום צעד המדיניות שנבחן. כאמור, בעל דוד הקיטור יידרש להשתמש כעת בסוג דלק יקר יותר כגון סולר, במקום מזוט כדלק בעירה בדוודים כולל עלויות המיסוי, נוסף על כך צפויה עלות בהתאמת הדוד לסוג הדלק החדש עלות הסולר גבוהה בכ- 18% (ממוצע לשנת 2011) מעלות המזוט (על פי חישוב המחיר התיאורטי של תש"ל). בתוספת מס הבלו הנוכחי פער העלויות צומח לכ-50%.⁴⁰ בנוסף, ייתכן וחלק מהצרכנים יצטרכו לבצע החלפת מבער ומיכל קיבולת עקב המעבר דבר העלול לייקר פי 2 את העלות השעתית של מעבר ממזוט לסולר (בהנחת הלוואה של 100 אלף יורו ל-10 שנים בריבית של 8%). כאשר מביאים בחשבון את מס הבלו המוטל על הסולר הרי שהעלות לצרכן מכפילה את עצמה ומגיעה עד **לבעל דוד הקיטור עשויה להגיע לכ- 500 אלף ₪.**

3.3 הצגת תחשיב לדוד מייצג:

עלויות חיצוניות (₪/שנה)		פליטה (טון/שנה)		עלויות דלק (₪/שנה)	עלות דלק (₪/שעה)	סיכום עלות-תועלת לדוד
SOX	NOX	SOX	NOX			
392,660	131,310	10.88	4.48	749,736	234	מזוט דל גפרית (1%)
39,265	65,655	1.09	2.24	961,113	300	סולר

תוספת עלות מעבר ממזוט (1%) לסולר	₪ 211,378
חיסכון בעלויות חיצוניות	₪ 419,050
תועלת נטו ברמת הדוד המייצג	₪ 207,670

4 **הפחתה:** התועלת מצעד זה נובעת מהפחתת הפליטות של דוודי הקיטור כתוצאה ממעבר לשימוש בדלק נקי יותר. היקף הפחתת הפליטות עבור דוד מייצג מוערכת בשני טון/שנה NOx ובתשעה טון/שנה SO_2

⁴⁰יש לציין שקיים מתווה מתוכנן של העלאת מס הבלו על מזוט כך שפער העלויות העתידי צפוי להצטמצם אם כי לא במידה משמעותית.

כתוצאה משריפת סולר במקום מזוט. בהנחה שישנם 500 דוודים פעילים שמפסיקים לשרוף מזוט הפחתת הפליטות עומדת על כ- 100 טון/שנה NO_x וכ- 4500 טון/שנה SO_2 .

5 ישימות: בינונית. יישום הצעד משית עלות ניכרת על בעל דוד הקיטור בעיקר כתוצאה מפערי המחיר בין המזוט לסולר.

6.3.2.3 קביעת תקן של 850 מ"ג/מק"ת עבור פליטת SO_2 בדודי קיטור בעלי הספק תרמי של 1 - 50 MW

1 רקע: חלק ניכר מהפליטה של גפרית דו-חמצנית וחלקיקים בתעשייה מקורו בשריפת מזוט, בדודי קיטור. לגבי גפרית דו-חמצנית נמצא כי בתרחיש BAU בשנות היעד יהיו אזורים בהם הריכוז יעלה על ערכי היעד. על פי סקירה שנעשתה עבור המשרד להגנת הסביבה על ידי חברת DHV עולה כי קיימים כ- 1,000 דוודים אשר הינם בבעלי הספק תרמי של 1-50 MW, כאשר חלק ניכר מהם (כ-45%) שורף מזוט לסוגיו השונים. מיקומם של חלק מהדוודים בתוך אזורי תעשייה הסמוכים למקומות יישוב מגדיל את פוטנציאל החשיפה והפגיעה של האוכלוסייה למזהמים SO_2 , NO_x , וחלקיקים, הנפלטם כתוצאה מתהליכי שריפת דלקים.

2 הצעד שנבחן: קביעת תקן פליטה לגפרית דו-חמצנית של 850 מ"ג/מק"ת בדודי קיטור בעלי הספק תרמי של בין 1-50 MW. יש לציין שקיימת כדאיות כלכלית וסביבתית במעבר לשימוש בגז במיוחד ככל שהספק והיקף השימוש בדוד גבוהים יותר. עם זאת, בשל האי-וודאות ביחס להשלמת פריסת צינור הגז הארצי והאי-הגיון בחיוב עמידה בתקן נמוך יותר (האפשרי כאשר שורפים גז) כל עוד לא הושלמה פריסת צינור הגז, הונח כי המפעלים יעברו לשרוף מזוט איכותי יותר המכיל 0.5% גפרית. יחד עם זאת יצוין כי לשם עמידה התקן שנבחן ישנן אפשרויות נוספות כגון שימוש באמצעי הפחתה

3 ניתוח עלות- תועלת ברמה המשקית:

3.1 עלות: העלות המשקית של צעד זה מוטלת על בעל דוד הקיטור ונובעת מהעלות הכספית הגבוהה יותר של רכישת הדלק הנקי. לצורך התחשיב הונח כי הדלק השכיח בשימוש בדודי קיטור מסוג זה הינו מזוט בשיעור של 1%. מהנתונים שהתקבלו לטובת הניתוח עולה כי מחירי המזוט בשיעור של 0.5% גבוהים בשיעור של כ- 10% לעומת המזוט בשיעור גפרית של 1%. לצורך התחשיב הונח כי דוד מייצג בקטגוריה זו הינו דוד בינוני בהספק תרמי של 7 MW שפועל 16 שעות ביום במשך 200 ימים בשנה. כימות היקף העלות עבור דוד מייצג מוערכת בכ- 70 אלף שקלים. על פי הנחה שכמחצית מהדוודים בקטגוריה זו שורפים מזוט עם אחוז גפרית של 1% כלומר 500 דוודים, העלות הכוללת למשק מיישום הצעד שנבחן עומדת על כ- **35 מיליון ₪**.

3.2 תועלת: התועלת המשקית נובעת מהפחתת העלויות החיצוניות של פליטת גפרית דו-חמצנית בחצי כתוצאה מהורדת שיעור הגפרית בחצי (מ-1% ל-0.5%). סה"כ העלויות החיצוניות הנחסכות לדוד אחד כפוף לאותן הנחות עומד על כ- 870 אלף ₪ בשנה.

לפיכך התועלת הכוללת למשק מיישום הצעד שנבחן עומדת על כ- 435 מיליון ₪.

התועלת נטו לדוד אחד הינה חיובית ועומדת על כ- 800 אלף ₪ בשנה לפיכך צפויה **תועלת משקית נטו של 400 מלש"ח** מיישום הצעד שנבחן.

הערה: מכיוון שכיום המס על מזוט הינו ברמה אפסית הרי שאין הבדל בתשלומי המיסים בין שני סוגי המזוט בראיית בעל דוד הקיטור. לפיכך, לא בוצע תחשיב נפרד עבור בעל דוד הקיטור והעלות המשקית המפורטת לעיל זהה בראיית בעל הדוד.

3.3 הצגת תחשיב לדוד מייצג:

עלות חיצונית (₪/שנה)		פליטה (טון/שנה)		עלות (₪/שעה)	עלות דלק (₪/שעה)	עלות-תועלת לדוד
SOX	NOX	SOX	NOX			
1,730,255	578,610	47.94	19.74	749,735	234	מזוט דל גפרית (1%)
865,127	578,610	23.97	19.74	818,167	256	מזוט דל גפרית (0.5%)
				₪ 68,432	תוספת עלות מעבר ממזוט (1%) למזוט (0.5%)	
				₪ 865,125	חיסכון בעלויות החיצוניות	
				₪ 796,695	תועלת נטו לדוד מייצג	

4 **הפחתת פליטות:** הפחתת הפליטות לדוד אחד מוערכת ב- 24 טון/שנה SO_2 כתוצאה משריפת מזוט 0.5% במקום מזוט 1%. בהנחה שישנם 500 דוודים פעילים שעוברים למזוט דל גפרית הפחתת הפליטות עומדת על כ- 12,000 טון/שנה SO_2 .

5 **ישימות:** בינונית. קיים אי וודאות לגבי האפשרות של מתקני הזיקוק לספק מזוט באיכות זו. עם זאת מוערך כי בהתאם לעלייה בביקושים למזוט איכותי עם שיעור גפרית נמוך הכדאיות הכלכלית של בתי הזיקוק לייצר מזוט זה תגדל.

6.3.2.4 עידוד התקנת מיזוג אוויר סולארי בתעשייה, במסחר ובמבנים ציבוריים

- רקע:** מיזוג האוויר ותאורה בישראל מהווה כ- 30% מצריכת החשמל הלאומית (ישנם אומדנים שמעריכים שכ-20% מסך הצריכה מיוחס למיזוג אוויר). בנוסף על כך, צריכת החשמל לצורך מיזוג אוויר מתבצעת בשעות השיא של הביקוש וכך תורמת לצורך בייצור חשמל מזהם כתוצאה מהפעלת תחנות כוח שוליות ולכך שחברת החשמל מגיעה כמעט לגבול יכולת הייצור. בעזרת טכנולוגיה מתאימה, שימוש בחום סולארי לטובת מיזוג/חימום אוויר עשוי להביא להפחתת השימוש בחשמל ובדלק ויש בו פוטנציאל לחיסכון אנרגטי ותועלת כלכלית רבה. בשונה משימושים אחרים באנרגיה סולארית, מיזוג אוויר סולארי נדרש כאשר קרינת השמש היא החזקה ביותר ועל כן אנרגיה סולארית מתאימה ביותר למטרה זו. עם זאת, אינו נמצא כיום בשימוש בישראל בעיקר עקב חוסר ידע מספק ניסיון ותמיכה ממשלתית. העלות הנוכחית המוצגת בשוק גבוהה והופכת את ההשקעה בטכנולוגיה זו ללא כדאית כלכלית עבור הלקוח. גם כניסת הגז לשוק הייצור החשמל התורמת למחירי חשמל נמוכים יחסית הופכת השקעה זו לאינה כדאית עבור הלקוח. קידום תעריפי תעוז ללקוחות בינוניים וקטנים יותר אמורה לשפר את הכדאיות הכלכלית ללקוח.
- הצעד שנבחן:** תמיכה בתכנית משרד התשתיות לעידוד השימוש באנרגיית חום מהשמש (להבדיל משימוש לייצור חשמל) לטובת הפעלה של מערכת מיזוג אוויר.

3 עלות – תועלת: בצעד זה טעון פוטנציאל הפחתה גבוה בהתחשב ברמת המיזוג אוויר בארץ, בעיקר במוסדות ציבור, מבני תעשייה ומפעלים. מלבד זאת, העלות השולית לייצור החשמל שייחוסך כתוצאה מצעד זה גבוהה יחסית ותרומתו לזיהום גבוהה יותר מפני שהוא מיוצר בשעות הביקוש בהן מחיר החשמל יקר.

4 ישימות: בינונית. החסמים העיקריים העומדים בפני השימוש במיזוג אוויר סולארי הם חוסר הניסיון והיעדר ידע מספק של השוק (הן בצד ההיצע והן בצד הביקוש). חסמים אלו מטופלים באמצעות התמיכה של משרד התשתיות. יעד עם זאת יש לציין שהטכנולוגיה אינה חדשה והיא נוסתה בהצלחה במקומות רבים בעולם. הטכנולוגיה נמצאת בשימוש בעולם ואף נוסתה גם בארץ בשנות ה-80-70 (בי"ח תל השומר).

6.3.2.5 הפנמת שיקולים סביבתיים בתכנית משרד התמ"ת להקמת מפעלים לפריפריה:

1 רקע: אחד מהאמצעים לשיפור איכות האוויר באזורים בעייתיים מתמקד בהוצאת הגורם המזהם והעברתו לאזור המרוחק יותר ממרכזי אוכלוסייה, כמו למשל אזורים אשר המרוחקים ממרכזי ערים או אזורים פריפריה. צעד זה צפוי להביא לשיפור איכות האוויר ולהורדת מדד החשיפה של האוכלוסייה למזהמים. אמנם אין בצעד זה כדי להפחית פליטות, אלא רק להעביר את מקור הפליטה למקום גיאוגרפי אחר, אך ניתן לעשות בו שימוש במקרים שבהם יש צורך להוריד את רמת הריכוזים בסביבה באזורים בעייתיים במיוחד מבחינת זיהום אוויר (למשל אזורים תעשייה עמוסים הסמוכים לריכוזי אוכלוסייה).

מומלץ לשקול את עידודם של מפעלים הנמצאים באזורים הסמוכים לריכוזי אוכלוסייה ושבהם איכות האוויר אינה טובה, לעבור לאזורי תעשייה המרוחקים מריכוזי האוכלוסייה. באמצעות מעבר זה, ניתן לצפות כי איכות האוויר באזורים הבעייתיים תשתפר ויופחת מדד החשיפה של האוכלוסייה. חשוב לציין שלהעתקת מפעלים לפריפריה יש יתרונות בולטים לצד תרומה לאיכות האוויר, כגון הוצאת מרכזי התעשייה ממרכזי הערים צפופות, העברת מוקדי תעסוקה לפריפריה ופינוי שטחי קרקע יקרים לטובת מגורים ומסחר. מיצוי כל היתרונות הטמונים בצעד זה מחייב התערבות בשלבי התכנון ושינוי ייעוד הקרקע המתפנה.

מכיוון שמהלך של העתקת מפעלים הינו מהלך מורכב ואורך אשר כולל עלויות רבות, הסיכוי שמפעל יקבל החלטה להעתיק את מיקומו רק על בסיס תמריצים סביבתיים בהיקף מוגבל הוא נמוך. לכן כדאי לשלב צעד זה עם התכנית של משרד התמ"ת ליצירת/העתקת מפעלים לפריפריה (מסלול סיוע להקמת מפעלים מחוללי שינוי בפריפריה בישראל, הוראת מנהל מרכז ההשקעות 4.3).

2 הצעד שנבחן: עבור מפעלים אשר יועתקו ממקומות אשר הינם בעייתיים מבחינת איכות האוויר (על פי קריטריונים מוגדרים כגון ערכי סביבה או רמת ריכוזים מסוימת) תינתן תמורה כספית נוספת על זאת הקבועה במסגרת תכנית התמ"ת. תוספת כספית זו למפעלים המעוניינים להעתיק את מיקומם לפריפריה יכולה להגדיל את הכדאיות הכלכלית למעבר זה.

3 עלות-תועלת: נמוכה-בינונית, משמש כתמריץ נוסף להעתקת מפעלים לפריפריה והוצאתם ממרכזי אוכלוסייה.

4 הפחתה: קשה לכימות. תלוי בגודל המפעל ותרומתו לזיהום אוויר.

5 ישימות: גבוהה, ניתן לשלב במסגרת התמיכות הקיימות של משרד התמ"ת.

6.3.2.6 קביעת מס דיפרנציאלי על מזוט באופן שישקף את ההשפעות הסביבתיות של השימוש בדלק זה

1 רקע: מזוט נחשב לאחד מסוגי הדלק המזהמים ביותר והוא משמש באופן תדיר כחומר בעירה בתעשייה כמו גם במקומות נוספים. הפליטה של מזהמים כגון תחמוצות חנקן, חלקיקים ובעיקר גפרית דו-חמצנית, כתוצאה משריפת המזוט גבוהה לאין ערוך מאשר שריפת סולר ועל כן העלויות החיצוניות של פליטה זו גבוהים יותר. למרות הנזק הנגרם לסביבה, המזוט נפוץ בקרב צרכנים רבים בשל מחירו היחסי הנמוך. מחיר זה נובע בעיקר ממס בלו אפסי המוטל עליו (1.4 אגורות לליטר) לעומת המס המוטל על הסולר (2.82 ₪ לליטר). פער מיסוי זה, לא רק שאינו משקף את הנזק הסביבתי החמור יותר אשר גורם המזוט ואת העיקרון לפיו המזהם משלם, אלא אף מעודד צרכנים לשרוף מזוט זול ומזיק במקום סולר יקר ומזיק פחות. מלבד זאת, מחיר זה משקף מחיר הנמוך בעשרות ומאות אחוזים מהערכים המקובלים במדינות דומות לישראל באירופה. במדינות כמו דנמרק ושוודיה מס הבלו על המזוט אף מגיע לערכים הדומים למס הבלו על סולר. נושא זה נבחן על ידי הוועדה למיסוי ירוק בשנת 2008 אשר המליצה על מתווה להעלאת המס על הבלו עד שנת 2015 באופן שהתחשב בצורה טובה יותר בעלויות החיצוניות של המזוט ובשיעורי הגפרית (ומזהמים נוספים) המוכלים בסוגי המזוט השונים. עם זאת, גם לאחר המתווה המוצע להעלאת מס הבלו, ערך המס המקסימלי רחוק מאד מערך המס על הסולר ורחוק עוד יותר מערך העלות החיצונית של מזוט. יש לציין שבמהלך הזמן מסיום עבודתה של הוועדה למיסוי ירוק ועד לזמן זה, גם רוכבו המלצותיה של הוועדה בעניין המס הדיפרנציאלי על המזוט וגם נדחה יישומן שוב ושוב כאשר גם כיום, יותר משלוש שנים וחצי לאחר תום עבודתה לגבי מיסוי דיפרנציאלי של המזוט, המלצותיה בנושא זה טרם יושמו.

2 הצעד שנבחן: על מנת לתמרץ את התעשייה להפחית את השימוש במזוט, העלאת המס על הבלו באופן שיקשור בצורה טובה יותר בין ערך המס לבין העלות החיצונית של שריפתו. העלאת מס הבלו תיעשה בשלב הראשוני על פי המתווה המוצע בוועדה למיסוי ירוק ולאחר מכן יועלה המס על המזוט על לרמת המס על הסולר ובכל אופן לא יפחת מהערכים המקובלים בעולם.

בנוסף, צעד זה הוא בהתאם להמלצות דוח הביצועים הסביבתיים של ישראל שהוציא ארגון OECD בנובמבר 2011. אחת מהמלצות הדו"ח היא להסיר הקלות מיסוי אשר הן בעלות נזק סביבתי, במקרה זה המס הנמוך על הבלו לעומת המס הגובה על הסולר.

3 הפחתה: משמעותית. סביר להניח שכמות נכבדה של מפעלים תעבור בעקבות העלאת מס משמעותית לסוגי דלק חלופיים ונקיים יותר כסולר או גז במידה ותהיה אפשרות.

4 ישימות: גבוהה. קיים מתווה מוכן של רשות המיסים.

6.3.2.7 גיבוש תכנית פעולה להפחתת פליטות החלקיקים ממחצבות

1 רקע: מחצבות מהוות מקור פליטה משמעותי לחלקיקים נשימים ושיעורם מכלל מצאי הפליטות של חלקיקים הינו כחמישים אחוז. פליטת החלקיקים ממגזר המחצבות מתבצעת במהלך הכרייה, הטיפול השינוע וההעמסה של חומרי המחצבה כמו גם במהלך נסיעת המשאיות באתר המחצבה באופן טבעי וכפועל יוצא של פעילות כריית החומר הנחצב. חלק מהמחצבות ממוקמות בסמוך מאד ליישובים ומהוות מפגע בריאותי שיש לצמצמו. אמצעי ההפחתה העיקריים במגזר זה הם כירוי והרטבה של משטחי העבודה כך שהאבק לא יעוף לאוויר אלא יישאר על הקרקע.

2 הצעד שנבחר: על מנת להוריד את כמות הפליטות במגזר זה מוצע במסגרת התכנית הלאומית לתכנון תכנית פעולה כוללת שתשים לה למטרה להוריד את רמת הפליטות ממחצבות ב-10% עד שנת 2015 וב-20% עד שנת 2020. תכנית זו תכלול אמצעי הפחתה נוספים אשר המחצבות יחויבו לנקוט בהם והרטבה תכופה יותר של משטחי העבודה.

3 עלות-תועלת: לצעד זה לא בוצע תחשבי עלות-תועלת

4 ישימות: לא צפויה בעיית ישימות

6.3.2.8 טיפול ממוקד בהפחתת פליטות NMVOC ממוקדי בתעשייה (בדגש על חומרים ראקטיביים)

1 רקע: אחד המזהמים אשר יש להפחית באופן משמעותי את ריכוזם באוויר הוא האוזון. האוזון הוא מזהם שניוני הנוצר ממזהמי NMVOC's ומתחמוצות חנקן אשר באות במגע עם אור השמש. על כן, על מנת להוריד את רמת האוזון יש הכרח להפחית את רמת פליטות NMVOC אשר נפלטות מתעשייה. בתוך קבוצת מזהמים זו חשוב לעשות הבדלה בין מזהמים ראקטיביים יותר לבין מזהמי ראקטיבים פחות, תכונה אשר משפיעה באופן ישיר על מידת הפוטנציאל הפיכתם לאוזון. מזהמים ראקטיביים אשר פוטנציאל ההיקשרות שלהם לחמצן גבוה יותר יהפכו לאוזון בעוד שמזהמים ראקטיביים פחות מהווים בעיה פחותה. כיום פליטות NMVOC's מתעשייה מחושבות באופן כוללני אשר אינו עורך הבדלה בין סוגים שונים של מזהמי NMVOC's.

2 הצעד שנבחר: על מנת שהמשרד יוכל להעמיק את ידיעתו ואת יכולת אכיפת פליטות ה-NMVOC כך שיתרמו להפחתת רמות האוזון יש הכרח לערוך מיפוי של מפעלי תעשייה על פי החומרים בהם נעשה שימוש. מלבד זאת יש להחיל אמצעים כגון הרחבת ביצוע LDAR במקומות בהם היא קיימת (הגברת שכיחות הבדיקות) החלת LDAR במפעלים בהם לא קיימת המערכת, איתור מקורות לא מוקדדים נוספים אשר אינם נכללים במצאי הפליטות והגברת הפיקוח ושיפור המדידה של מזהם זה.

להביא להפחתה של 5% בפליטות NMVOC's עד שנת 2015 והפחתה של 10% עד שנת 2020.

3 עלות-תועלת: לצעד זה לא נערך ניתוח עלות-תועלת

4 ישימות: לא צפויה בעיה ליישם צעד זה

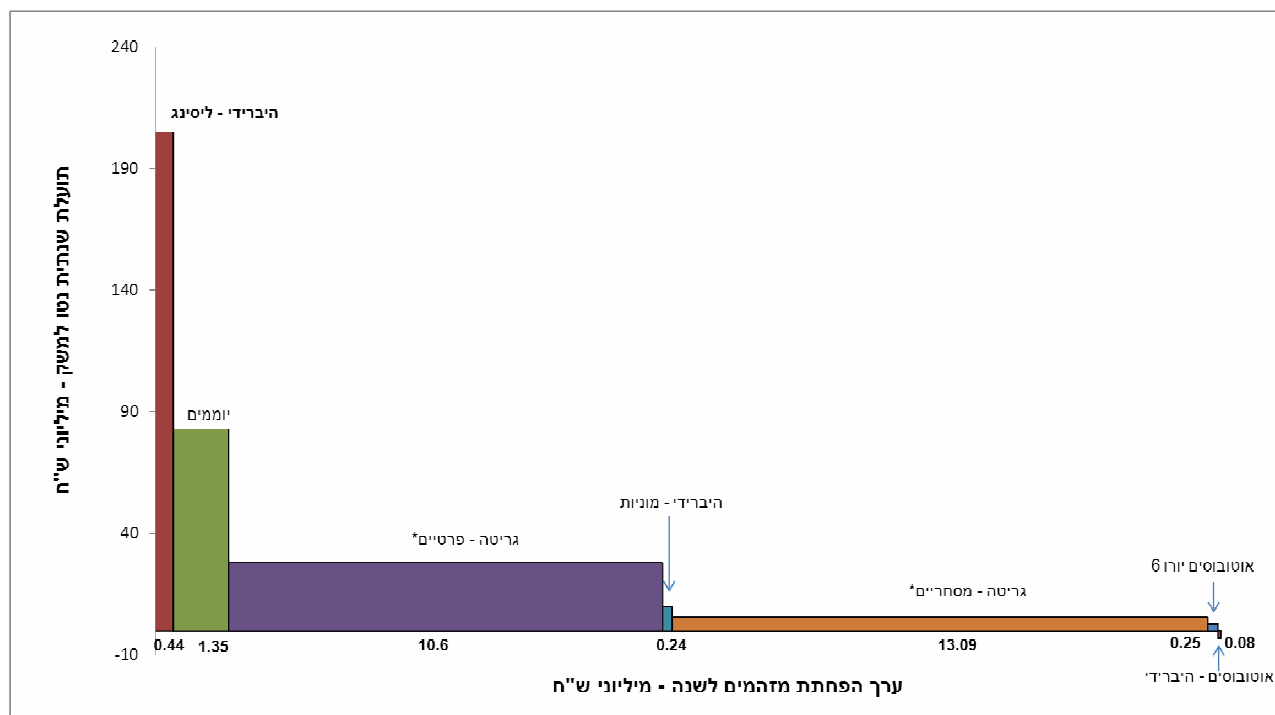
6.3.3 צעדי מדיניות בתחום התחבורה

טבלה 32: אמצעי המדיניות שנבחנו בסקטור התחבורה

סקטור	צעד מדיניות	המזהמים המטופלים בתכנית שיפחתו כתוצאה מצעדי המדיניות שנבחנו
תחבורה	הרחבת תכנית לעידוד גריטת כלי-רכב פרטיים ישנים	1,3-בוטאדיאן, בנזן, NMVOC, NOx, PM ₁₀ , PM _{2.5}
	החלת תכנית לגריטת כלי-רכב מסחריים ישנים במשקל עד 3.5 טון המונעים בדיזל	
	חיוב ותקצוב רכישת אוטובוסים עירוניים מופחתי זיהום לתחבורה ציבורית	
	ביצוע פרויקט חלוף להנעת שלושה אוטובוסי תחבורה ציבורית בגז טבעי	
	הכרה בפחת מואץ למוניות מופחתות זיהום	
	קביעת תכנית לצמצום הנסועה של רכבי ליסינג ולעידוד השימוש ברכבי ליסינג מופחתי זיהום	
	החלת תכנית מענקים למעסיקים להפחתת זיהום אוויר מנסועת יוממים	
	קביעת שיטת תגמול חלופית ושוות ערך להטבת אחזקת רכב לעובדים הזכאים לכך מהמעסיק	
	קביעת תעריפים מופחתיים בכבישי אגרה לכלי-רכב בעלי מספר נוסעים גבוה ולתחבורה ציבורית	

באזור 54 המובא להלן מוצגים חמשת אמצעי מדיניות בסקטור התחבורה להם בוצע ניתוח כלכלי: הרחבת התכנית לעידוד גריטת כלי-רכב ישנים, גריטת כלי-רכב מסחריים ישנים, חיוב ותקצוב רכישת אוטובוסים עירוניים מופחתי זיהום לתחבורה ציבורית, הכרה בפחת מואץ למוניות מופחתות זיהום וקביעת תכנית מענקים למעסיקים לצמצום נסועת עובדיהם והפחתת זיהום האוויר הנובע מכך. כל עמודה מייצגת צעד מדיניות כאשר ציר ה-Y מייצג את התועלת המשקית השנתית במיליון ₪ הנובעת מהצעד שנבחן, וציר ה-X מייצג את התועלת הכספית השנתית המושגת כתוצאה מהצעד שנבחן. חשוב לציין שכימות התועלת מגלם בתוכו את התועלת המושגת מהפחתת המזהמים נוספים מעבר לאילו המטופלים במסגרת התכנית (CO₂, CO) וכן תועלות נוספות כגון צמצום ביבוא הדלק, הפחתת עלויות תאונות דרכים וכו'. על מנת לסכום את היקף התועלת מהצעד שנבחן נעשתה המרה של התועלות השונות לערכים כספיים.

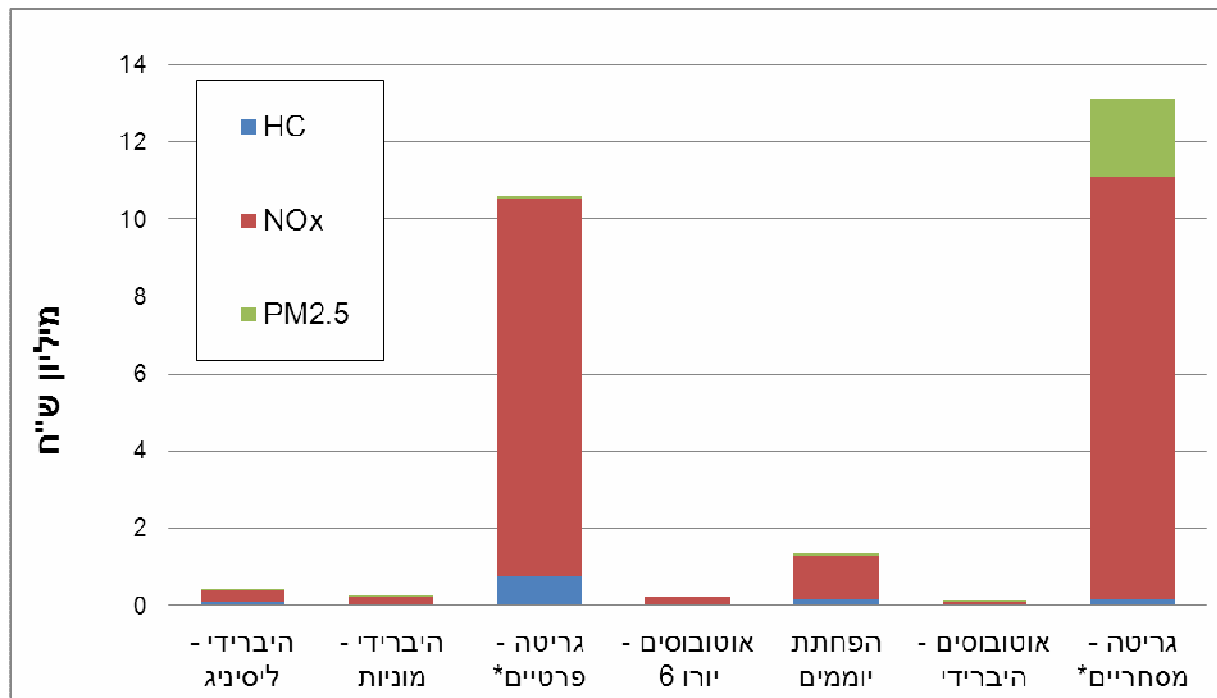
איור 54: גרף תועלת מאמצעי מדיניות בסקטור התחבורה



מהגרף המוצג עולה כי מרבית הצעדים שנבחנו במסגרת סקטור התחבורה הינם כדאיים כלכלית למשק (ציר Y חיובי) למעט התכנית לגריטת כלי-רכב מסחריים והפעלת מיסוי ירוק לאופנועים. תוצאות ניתוח זה מראות שהתועלת המשקית הגבוהה ביותר נובעת מחדירה מואצת של כלי-רכב היברידיים לצי רכבי הליסינג והמוניות.

איור 55 המובא להלן מציג את הפחתת הפליטות השנתית הנובעת מכל צעד שנבחן בחלוקה לפי המזהמים הרלוונטיים לסקטור זה.

איור 55: הפחתת פליטות לפי אמצעים בסקטור התחבורה (בערכי עלויות חיצוניות)



ניתן להבחין כי מירב התועלת הכספית מושגת מהפחתת NOx, כמו כן צפויה הפחתה בנוכחות המזהמים HC: (NMVOC) ו-PM_{2.5}, מזהם המופחת בעיקר כתוצאה מהחלת תכנית גריטה לכלי-רכב מסחריים.⁴¹

להלן רשימת הצעדים שנבחנו במסגרת סקטור התחבורה.

6.3.3.1 הרחבת התכנית לעידוד גריטת כלי-רכב פרטיים ישנים

1. **רקע:** אחד ממקורות זיהום האוויר העיקריים הינו הזיהום הנפלט מכלי-רכב כתוצאה מבעירת הדלק בעת הנסיעה. אמנם, בשנים האחרונות התקנות הסביבתיות והטכנולוגיה מאופיינים במתן מענה לנושא הזיהום, וכיום כלי-רכב חדשים מיוצרים בטכנולוגיות הולכות ומשתפרות המסייעות לצמצום זיהום האוויר הנובע מהם. יחד עם זאת, מצבת כלי הרכב בישראל עדיין כוללת גם לא מעט כלי-רכב ישנים. כלי-רכב אלה מאופיינים ברמת זיהום גבוהה וחלק גדול מזיהום האוויר מיוחס לכלי-רכב אלו. משרדי הגני"ס, התחבורה והאוצר החלו להפעיל בשנת 2010 תכנית לגריטת כלי-רכב פרטיים מעל גיל 20.⁴² במסגרת התכנית הפועלת כיום, מוצע תשלום של 3,000 ₪ עבור גריטת כלי-רכב שגילם 20 שנה ומעלה. החלטת הממשלה בנושא קבעה כי תכנית הגריטה תפעל במתכונת זו עד לשנת 2014. בשל הכדאיות הכלכלית של הפעלת תכנית זו וכתוצאה מבחינה כלכלית ראשונית שנעשתה בעניין, מוצע להרחיב את תכנית גריטת כלי הרכב הפרטיים מעבר למתוכנת הקיימת כיום ולהציע אותה לכלי-רכב פרטיים בשנתונים צעירים יותר.

⁴¹ לצורך העבודה הונח כי המזהמים HC ו-NMVOC הם אקוויוולנטיים על אף שקבוצת HC כוללת מתאן שאינו נכלל ב-NMVOC וקבוצת NMVOC כוללת תרכובות לא פחמימניות כגון אלדהידים קטוניים שאינם נכללים בקבוצת HC.

⁴² לניתן לעיין בתכנית גריטת הרכבים שביצעה קבוצת פארטו בע"מ עבור המשרד להגנת הסביבה ומצויה באתר המשרד.

2. **הצעד שנבחר:** להרחיב את תכנית הגריטה הקיימת לכלי-רכב פרטיים ולהחיל אותה משנת 2012 על כלי-רכב פרטיים מגיל 18 ומעלה עד לשנת 2015 (שנתון 1997 כולל).

3. **עלות – תועלת:**

3.1 **העלות התקציבית** של הצעד שנבחר הינה בגובה המענק המשולם לבעל הרכב מוכפל במספר כלי הרכב המשתתפים בתכנית. מניתוח תכנית הגריטה הקיימת כיום ובשל העובדה כי התכנית פונה לבעלי כלי-רכב בשנתון צעיר יותר, הונח כי המענק שיינתן יעמוד על 3,500 ₪.

שיעור ההשתתפות בתכנית הגריטה הפועלת כיום מוערך בכ- 30% מכלל פוטנציאל כלי הרכב, לצורך התחשיב הכלכלי - שיעור זה אומץ עבור הצעד שנבחר. כפוף להנחות אלו צפויה היענות של כ- 68 אלף כלי-רכב פרטיים שיתווספו לתכנית הקיימת. לפיכך העלות התקציבית של הצעד שנבחר הינה **239.5 מיליון ₪** על פני 4 שנות הפעלת התכנית (2012-2015).

תועלת תקציבית - זירוז של רכישת כלי-רכב במשק מגדילה תקבולי מס רכישה. על פי חישוב תקבולי המס הממוצעים בגין רכישת כלי-רכב פרטיים, עולה כי כל שנה של הקדמת רכישת רכב שווה 2,135 ₪ (על פי נתוני רשות המיסים ל-2009 מס רכישה ממוצע לרכב בניכוי מע"מ עומד על 32.7 אלף ₪ - בחישוב מהוון שנת הקדמה אחת שווה 2,135 ש"ח). בהנחה ש-10% מבעלי כלי הרכב שנגרטו עוברים לתחבורה ציבורית והיתר רוכשים רכב חדש (או שהרכישה מתבצעת במשק ומתורגמת בנקודת הקצה לרכב חדש) התכנית תזרז רכישת של 49 אלף כלי-רכב בתקופה של בין שנה אחת ל-7 שנים. על פי נתון זה **תקבולי המס כתוצאה מהפעלת התכנית מוערכים בכ- 672.3 מיליון ₪**. על כן מבחינה תקציבית, הצעד שנבחר נושא **תועלת תקציבית חיובית בגובה 432.8 מיליון ₪**.

3.2 **תועלת הצעד שנבחר:** התועלת ביישום הצעד שנבחר נובעת בעיקרה מהצעת צי הרכב בישראל קרי החלפת כלי-רכב ישנים בכלי-רכב חדשים המיוצרים בטכנולוגיות הולכות ומשתפרות המסייעות לצמצום זיהום האוויר הנובע מהם. בהקשר זה חשוב לציין כי אמנם אין הכרח שבעלי הרכב הנגרט ירכשו כלי-רכב חדש, אך נוצרת דחיפה כלפי מעלה ברמת הביקוש לכלי-רכב חדשים יותר. לצד התועלת מהפחתה בזיהום האוויר ישנן תועלות נוספות כגון הפחתה בחומרת תאונות דרכים כתוצאה מטכנולוגיות חדשות, גריטה תקנית מבחינה סביבתית והעלאת מודעות ציבורית לנושא. במסגרת התחשיב המוצג להלן כומתו התועלות כתוצאה מצמצום זיהום האוויר והתועלות הבטיחותיות של הצעד שנבחר. התועלות מושגות כתוצאה מחיסכון בפליטות לאורך כל תקופת החיים הפוטנציאלית של כלי-הרכב הנגרטים (10 שנים) ועומדת על **352.7 מיליון ₪**. מהשוואת ההוצאה התקציבית לשנה מול התועלת השנתית במונחי פרקי זמן זהים, כלומר על פני ארבע שנים, נמצא כי **התועלת השנתית נטו של תכנית זו הינה חיובית ועומדת על 28 מיליון ₪**.

4. **הפחתת מזהמים:** השפעות התכנית ילוו את הפליטות מסקטור התחבורה כ-7 שנים לאחר תום התכנית (בהתאם לאורך חיי הכלי-רכב המוחלפים אלמלא יישום התכנית). בהנחה שהתכנית מתחילה ב-2012 והשפעותיה נמשכות עד 2022 ניתן לשקלל (בטבלה) את ממוצע הפליטות הנחשבות לכל שנת הפעלה של **תכנית הגריטה המורחבת (טון/שנה):**

PM2.5	NOx	HC
0.65	142.5	39.1

5. **ישימות:** ישימות הצעד הינה גבוהה מאוד שכן התשתית קיימת והתכנית מיושמת כבר משנת 2010. כמו כן, הן הציבור והן בעלי התפקידים מכירים את הנהלים וישנו ניסיון מצטבר בדרגי התפעול והרישום במשרד להגנת הסביבה ובמשרד התחבורה.
6. **שכיחות:** גבוהה. תכניות דומות קיימות במספר רב של מדינות שמציעות גריטת כלי-רכב חדשים יותר מאשר מגיל כלי הרכב המוצע בצעד זה.

6.3.3.2 החלת תכנית לגריטת כלי-רכב מסחריים עד 3.5 טון ישנים המונעים בדיוזל:

1. **רקע:** במקביל להרחבת תכנית הגריטה מוצע בנוסף להחיל את התכנית גם על רכבי עבודה מסחריים שמשקלם הוא עד 3.5 טון (N1). כלי-רכב אלו, למרות היותם קבוצה יחסית קטנה במצאי התחבורה הכללי, אחראים לנתח משמעותי מזיהום האוויר מתחבורה. ישנם מספר הבדלים בין קטגוריית כלי-רכב זו לבין קטגוריית כלי-הרכב הפרטיים. ראשית, רכבי דיוזל ישנים מתאפיינים בפליטה מוגברת של $PM_{2.5}$ ו- NO_x . שנית, תקופת החיים של כלי-רכב מסחריים קצרה יותר לעומת כלי-רכב פרטיים ועל כן תקופת החיסכון בזיהום עקב תהליך הגריטה פחותה יותר. שלישית, עלות הכלי-רכב הינה יקרה יותר ועל כן יש צורך במתן מענק אשר יתמרץ בעלי כלי-רכב לגרוט את רכבם ולא למכור אותו בשוק המכוניות המשומשות.
2. **הצעד שנבחן:** להרחיב את תכנית הגריטה הקיימת לכלי-רכב מסחריים בעלי מנוע דיוזל עד 3.5 טון ולהחיל אותה משנת 2012 על כלי-רכב מגיל 15 ומעלה עד לשנת 2015 (שנתון 2000 כולל).

3. עלות – תועלת

3.1 **העלות התקציבית** של הצעד שנבחן הינה בגובה המענק המשולם לבעל הרכב כפול מספר הכלי-רכב המשתתפים. מניתוח תכנית הגריטה המוצעת כיום לכלי-רכב פרטיים ובחינת מחירוני כלי-רכב מסחריים בשנתונים הרלוונטיים, הונח כי המענק שיינתן יעמוד על 4,500 ₪. בדומה לשיעור הכלי-רכב הפרטיים ההנחה היא שההיענות תעמוד על 30% מכלל פוטנציאל כלי הרכב המסחריים המונעים בדיוזל. בכפוף להנחות אלה צפויה היענות של כ- 26.8 אלף כלי-רכב מסחריים במהלך שנות ההפעלה של התכנית. המשמעות התקציבית הינה **120.6 מיליון ₪** לכל אורך הפעלת התכנית (2012-2015).

3.2 **תועלת תקציבית** - זירוז של רכישת כלי-רכב במשק מגדילה תקבולי מס רכישה. לצורך חישוב שמרני נלקח הנתון הרלוונטי לכלי-רכב פרטיים – שווי של 2,135 ₪ לשנת הקדמה (על אף שכלי-רכב מסחריים יקרים יותר). בשונה מכלי-רכב פרטיים, ההנחה לגבי כלי-רכב מסחריים היא שכנגד כל רכב נגרט נכנס למשק רכב חדש במקומו. הסיבה לכך היא שעצם המצאות הרכב במשק עונה על צורך כלכלי קיים. התכנית תזרז רכישה של 26.8 אלף כלי-רכב בתקופה של בין שנה אחת ל-5 שנים. על פי נתון זה **תקבולי המס כתוצאה מהפעלת התוכנית מוערכים בכ- 507.7 מיליון ₪**. על כן מבחינה תקציבית, הצעד שנבחן נושא **תועלת תקציבית חיובית בגובה 387.1 מיליון ₪**.

3.3 **התועלת המשקית** הצפויה, בדומה לגריטת כלי-רכב פרטיים, נובעת מהשיפור ברמת הפליטות מכלי הרכב בתוספת השיפור היחסי באמצעי מיגון ובטיחות. התועלת הנצפית הינה לאורך כל חיי הרכב הפוטנציאליים של הכלי-רכב הנגרטים (עד שנת 2020) בסכום של **143 מיליון ₪**.

מהשוואת ההוצאה התקציבית לשנה מול התועלת השנתית במונחי פרקי זמן, כלומר על פני ארבע שנים, נמצא כי **התועלת השנתית נטו של תכנית זו נאמדת ב 5.6 מיליון ₪**.

4. **הפחתת מזהמים:** צעד זה מיועד לטפל באחד הגורמים המזהמים ביותר מבחינת חלקיקים נשימתיים (PM_{2.5}) בסקטור התחבורה. השפעות התכנית ילוו את הפליטות מסקטור התחבורה כ-5 שנים לאחר תום התכנית (בהתאם לאורך חיי הכלי-רכב המוחלפים). בהנחה שהתכנית מתחילה ב-2012 והשפעותיה נמשכות עד 2020 ניתן לשקלל ממוצע פליטות נחסכות לכל שנת הפעלה (טון/שנה):

PM _{2.5}	NO _x	HC
15.2	159.7	7.0

5. **ישימות:** ישימות הצעד הינה גבוהה מאוד שכן התשתית לצעד קיימת. ישנן התאמות שיש לבצע כדי להחיל את הקטגוריה החדשה מבחינה אדמיניסטרטיבית ברישומי משרד התחבורה.
6. **שכיחות:** גבוהה. תכניות דומות קיימות במספר מדינות בעולם דוגמת ספרד ורומניה.

6.3.3.3 הגדלת תקציב קרן ההצטיידות לרכישת אוטובוסים עירוניים מופחתי-זיהום:

1. **רקע:** התחבורה הציבורית בישראל מבוססת על מנועי דיזל ומתאפיינת בפליטה גבוהה של חלקיקים נשימים עדינים (PM_{2.5}) ותחמוצות חנקן (NO_x). בשנת 2014 עתידות להיכנס לתוקף תקנות אשר מחייבות עמידה בתקן יורו 6 לאוטובוסים חדשים הנכנסים לשימוש במשק. ישנה חשיבות גדולה לשימוש בתחבורה ציבורית נקיה ועל כן ברור הצורך למזער את הזיהום אוויר בתקופת הביניים עד למועד כניסת התקנות לתוקף, במיוחד במקטע הפנים עירוני, המאופיין בסיכון חשיפה גבוה למזהמי אוויר בשל פעילותו בתוך ריכוזי אוכלוסייה.

2. **הצעד שנבחן:** להטיל על משרדי האוצר והתחבורה להקדים את הרכישה של אוטובוסים מופחתי זיהום בתחבורה בציבורית באמצעות קרן ההצטיידות כך שלפחות 5% מהאוטובוסים שירכשו בשנת 2012 יהיו מופחתי זיהום ולפחות 30% מהאוטובוסים שירכשו בשנת 2013. משרד האוצר יגדיל את תקציב קרן ההצטיידות בשנים הרלוונטיות כך שלא ייפגע מספר האוטובוסים הנרכשים מדי שנה. כמו כן, מוצע שהאוטובוסים מופחתי הזיהום יהיו אלו הנוסעים במרכזי ערים שכן הם מהווים את גורמי הזיהום המשמעותיים ביותר בסקטור התחבורה. מוצע לאפשר לחברות התחבורה הציבורית לפעול על פי מערכת השיקולים העצמאית שלהם ולרכוש אחת מן החלופות שהוגדרו על ידי הצוות המשותף. הצעד שנבחן יופעל בין השנים 2012-2013, כמות האוטובוסים מופחתי הזיהום שתרכש בשנות ההפעלה מוערכת ב- 35 אוטובוסים.

3. **עלות – תועלת:** תחשיבי הכדאיות הכלכלית בוצעו עבור שני סוגים של אוטובוסים מופחתי זיהום שנמצאו רלוונטיים לשנות ההפעלה של התכנית: אוטובוס יורו 6 ואוטובוס היברידי.

3.1 אוטובוסים היברידים:

3.1.1 ניתוח עלות-תועלת

עלות המשקית – העלות המשקית של הצעד שנבחן הינה בגובה העלות התוספתית הנדרשת לרכישת אוטובוס היברידי בהשוואה לאוטובוס יורו 5 שהיה נרכש לו לא היה ננקט צעד המדיניות שנבחן.

מבדיקות שבוצעו נמצא כי עלות זו מוערכת בכ- 600 אלף ₪ לאוטובוס. עלות זו מוכפלת במספר האוטובוסים שירכשו בשנות הפעלת התכנית לפיכך סך העלות הכוללת של הצעד שנבחן נאמדת בכ- **21 מיליון ₪ בשנים 2012-2013**.

תועלת משקית – התועלת המשקית של הצעד מורכבת משני גורמים: העלויות החיצוניות הנחסכות כתוצאה ממעבר לרכב נקי יותר וכן החיסכון בעלות הדלק כתוצאה מצריכת דלק נמוכה יותר של הרכב ההיברידי. מבחינת עלויות חיצוניות (מותאמים לנסיעה פנים עירונית), אוטובוס דיזל העומד בתקנות יורו 5 פולט מזהמים בעלות של 141 אלף ₪ יותר מאשר אוטובוס היברידי (מחושב על פני אורך חיי האוטובוס). היקף החיסכון בדלק עבור אוטובוס היברידי לעומת אוטובוס רגיל העומד בתקן יורו 5 שווה כ- 300 אלף ₪ לאוטובוס. תועלות אלו מוכפלות במספר האוטובוסים שירכשו בשנות הפעלת התכנית לפיכך סך התועלת המשקית של הצעד שנבחן נאמדת בכ- **15.5 מיליון ₪**.

מבחינת תועלת משקית נטו המעבר בשיעורי התחלופה המוצעים מאוטובוסים יורו 5 לאוטובוסים היברידיים עומד על תועלת שלילית של 2.7 מיליון ₪ בשנה. עם זאת, ישנה חשיבות גדולה לקדם את השימוש בטכנולוגית הנעה מתקדמת על מנת לקדם את כניסתם לשוק.

3.1.2 **הפחתה:** עקב צריכת הדלק הנמוכה, אוטובוס היברידי פולט כמות מזהמים נמוכה יותר. בטבלה לעיל מוצגת התועלת השנתית ממהלך זה (טון/שנה):

PM2.5	Nox	HC
0.007	1.142	0.007

3.1.3 **ישימות:** בינונית, לטובת יישום הצעד שנבחן יש צורך בתקצוב קרן ההצטיידות בהיקף העלות התוספתית. מלבד זאת על חברות התחבורה הציבורית ללמוד את השימוש והטיפול בטכנולוגיה החדשה.

3.1.4 **שכיחות:** גבוהה. יש מספר דוגמאות של מערכות תחבורה ציבורית בעולם אשר מונעות בהנעה חלופית. כמו כן, קיים פיילוט בישראל לשימוש באוטובוסים היברידיים.

3.2 אוטובוסים קונבנציונאליים יורו 6:

3.2.1 ניתוח עלות – תועלת

עלות משקית: העלות המשקית של הצעד שנבחן הינה מורכבת משני גורמים: גובה העלות התוספתית הנדרשת לרכישת אוטובוס העומד בתקינת יורו 6 בהשוואה לאוטובוס יורו 5 שהיה נרכש לו לא היה ננקט צעד המדיניות המוצע וכן העלות התוספתית ברכישת הדלקים לרכב זה. מבדיקות שבוצעו נמצא כי עלות התוספתית ברכישה מוערכת בכ- 20 אלף ₪ לאוטובוס מאידך, אותם ההתקנים גורמים לעלייה בניצולת הדלק של הרכב (2%) ששוויה למשק עומד על אותו הסכום בדיוק. **לפיכך העלות המשקית ביישום הצעד שנבחן שווה לאפס.**

תועלת משקית – התועלת המשקית מורכבת מהחיסכון בעלויות חיצוניות כתוצאה ממעבר לרכב נקי יותר. אוטובוס דיזל יורו 5 מזהם בגובה של **213 אלף ₪** יותר מאוטובוס יורו 6 על פני אורך חיי האוטובוס. תועלות אלו מוכפלות במספר האוטובוסים שירכשו בשנות הפעלת התכנית לפיכך סך התועלת המשקית של הצעד שנבחן נאמדת בכ- **7.4 מיליון ₪**.

מבחינת תועלת משקית נטו המעבר בשיעורי התחלופה המוצעים מאוטובוסים יורו 5 לאוטובוס יורו 6 עומד על תועלת חיובית של 3.7 מיליון ₪ בשנה.

3.2.2 **הפחתה:** עקב ההתקנים המדוברים אוטובוס יורו 6 פולט כמות מזהמים נמוכה יותר. התועלת השנתית ממהלך זה הינה (טון):

PM2.5	Nox	HC
0.023	1.903	0.011

3.2.3 **ישימות:** בינונית, למהלך ישנן עלויות תקציביות מול חברות התחבורה הציבורית.

3.2.4 **שכיחות:** גבוהה.

6.3.3.4 ביצוע פרויקט חלוץ להנעת שלושה אוטובוסים בגז טבעי בתחבורה ציבורית

5. **רקע:** בנוסף וכהשלמה לצעד תקצוב קרן ההצטיידות לטובת רכישת אוטובוסים מופחתי זיהום מוצע להטיל על משרדי הממשלה להפעיל בשנת 2012 פרויקט חלוץ של הנעת שלושה אוטובוסי תחבורה ציבורית באמצעות גז טבעי דחוס לצורך בחינה וניסוי.

6. **הצעד שנבחן:** ביצוע פרויקט חלוץ להנעת אוטובוסים בגז טבעי בתחבורה ציבורית

7. **עלות-תועלת:** מכיוון שמדובר בפילוט ניסויי אשר על סמך תוצאותיו תבחן האופציה של הנעה בגז, לא צורפו לצעד מדיניות זה תחשיבים כלכליים.⁴³

8. **הפחתה:** צפויה הפחתה של פליטות מזהמים כתוצאה ממעבר לשימוש בגז טבעי במקום דיזל.

9. **ישימות:** ישימות תיבחן לאחר פרויקט החלוץ

6.3.3.5 הכרה בפחת מואץ למוניות פחותות זיהום

1. **רקע:** מוניות מהוות חלק לא גדול מכלל הכלי-רכב במשק אך הן אחראיות לנסועה רבה בעיקר במקטע הפנים עירוני אשר משלב אופי נסועה בעייתי מבחינת פליטות(מנועי דיזל, עצירות רבות, האצות, זמן המתנה עם מנוע דולק וכד') בשל מאפייני נסועה אלה מהווה צי המוניות יעד חשוב לטיפול בערים רבות בעולם. הצעד שנבחן נועד לעודד את נהגי המוניות לרכוש כלי-רכב מופחתי-זיהום. כמו כן רכישת של כלי-רכב מופחתי זיהום ע"י נהגי המוניות תביא להאצת הכניסה של כלי-רכב אלו לצי הרכב הפרטי, דבר שיניב תועלת נוספת למשק.

2. **הצעד שנבחן:** הכרה בפחת מואץ למוניות פחותות זיהום דרגת זיהום 2* ומטה. הצעד מורכב משני אמצעי מיסוי:

1. הכרה בפחת מואץ למונית על מנת לבטל את מס הקנייה לרכב פחות זיהום בתום תקופת פעילותו

כמונית קרי במועד כניסתו לצי הכלי-רכב הפרטיים (הכרה מלאה תוך 4 שנים לעומת 7 שנים כיום).

2. הכרה מוגברת בהוצאות פחת לרכב לצורכי מס הכנסה (33% במקום 25% כיום).

⁴³ ניתוח עלות-תועלת של שימוש בגז טבעי בתחבורה ציבורית בשיראל הוגש למשרד להגנת הסביבה על ידי חברת DHV MED. ניתן לעיין בעבודה באתר המשרד.

בנוסף ובמקביל, יפעל המשרד להגנת הסביבה מול הרשויות המקומיות על מנת שיתמרצו שימוש במוניות פחותות זיהום בתחומן באמצעות מתן הטבות.

להערכתנו נקיטת הצעד שנבחן, בשילוב עם צעדים אחרים אותם מקדמים יבואני הרכב⁴⁴, תביא לכך שכלי-רכב היברידיים יהוו כ- 10% מסך המסירות החדשות של מוניות הנכנסות לצי כלי הרכב (כ- 500 מוניות).

3. **עלות-תועלת:** על מנת לכמת צעד זה בוצע התחשיב לגבי מוניות היברידיות בהשוואה לרכב דיזל סטנדרטי הנרכש כיום ע"י נהגי המוניות.

3.1 עלות משקית – העלות של הצעד שנבחן הינה כגובה העלות התוספתית של רכישת רכב היברידי בהשוואה לרכב דיזל טיפוסי. ההפרש הינו בעלות ממוצעת של 30,000 ₪ (ללא הפרשי מיסוי) בין כלי-הרכב. בתרחיש החדירה של 500 מוניות מהיקף המסירות השנתי של המוניות מדובר בעלות משקית של **15 מיליון ₪ בשנה**.

3.2 תועלת משקית – התועלת הנובעת מכניסה של כלי-רכב היברידיים נובעת משילוב שני מרכיבים: ירידה בעלויות החיצוניות (מותאם לנסיעה פנים עירונית) כתוצאה ממעבר לרכב נקי יותר וכן ירידה בביקוש לדלק. היקף התועלת כתוצאה מהפחתת הפליטות נאמדת בכ- 13 אלף ₪ לטובת הרכב ההיברידי. תועלת נוספת הינה ההפחתה של עלויות יבוא הדלק בגובה 37 אלף ₪ למונית לכל אורך חייה. חישוב כלל המרכיבים המשקיים מפורט בטבלה להלן:

טבלה 33: ניתוח עלות-תועלת לחדירת מוניות היברידיות למשק. השוואה בין מונית היברידי לבין מונית דיזל

מונית דיזל	מונית היברידי	
17,676 ₪	4,816 ₪	עלות זיהום
0 ₪	30,000 ₪	הפרש בעלות רכב
123,975 ₪	87,031 ₪	עלויות יבוא דלק
141,651 ₪	121,847 ₪	סה"כ מונית בודדת
70,825,421 ₪	60,923,383 ₪	על פני כל הכלי-רכב

עפ"י תחשיב זה לחדירה של 10% מוניות היברידיות למשק יש תועלת שנתית בגובה של 9.9 מיליון ₪.

4. **הפחתה:** חדירת כלי-רכב היברידיים לסקטור המוניות הינה אומנם קטנה בהיקפה מבחינת מספר כלי-רכב, אך מבחינת זיהום מדובר בנתח גדול המושפע הן מסוג הדלק – סולר, הן מכמות הנסועה הגדולה ביותר לסקטור תחבורתי (87 אלף ק"מ בשנה למונית) וכן במיקום הזיהום. רובן המוחלט של המוניות פועלות במרכזי ערים ובאזורי גודש ועל כן שיפור סקטור זה הינו חשוב ביותר. מונית חדשה שנכנסת לשוק כלי-

⁴⁴ במקביל לצעד זה, חלק מיבואני הרכב ביצעו מצדם צעד של הארכת תקופת האחריות (עד 200 אלף קילומטר) בדומה לאחריות הניתנת כיום לרכבי דיזל.

הרכב משמשת כמונית לפחות 3 שנים ועוד תקופה לא מבוטלת לאחר מכן כרכב פרטי. במונחי חסכון של שנת הפעלה בודדת (טון/שנה):

PM2.5	NOx	HC
0.02	7.09	0.40

5. **ישימות:** גבוהה, מדובר בכלי מדיניות מיסוי פשוט שיש אישור עקרוני מצד רשות המיסים להחילו.
6. **שכיחות:** בערים ומדינות רבות בעולם ישנם כלי מיסוי ותמריצים כלכליים שונים לעידוד כניסת כלי-רכב מופחתי-זיהום. בניו יורק הונהגה תקנה המחייבת רכישת מוניות היברידיות ובלונדון קיימת מערכת מענקים לעידוד רכישה.

6.3.3.6 קביעת תכנית לצמצום הנסועה ברכבי ליסינג ולעידוד השימוש ברכבי ליסינג מופחתי-זיהום

1. **רקע:** רכבי ליסינג מהווים נתח משמעותי מצי כלי הרכב הפרטיים בישראל. מעבר למספרם הגבוה, הם גם מאופיינים ברמת נסועה גבוהה מהממוצע של כלל כלי-הרכב (32 אלף ק"מ בשנה). בשל כך, ישנה חשיבות גדולה לעודד את שוק הליסינג לעבור לכלי רכב מופחתי זיהום ולשנות את מערכת המיסוי כך שיוצרו תמריצים להמעיט את נסועת הליסינג. הפחתת הנסועה נכונה בעיקר למגזר העסקי שם מהווה הטבת הרכב (לרוב באמצעות הליסינג) הטבה אשר לעיתים קרובות מנתקת בין העלות האמיתית של הנסועה לבין העלות שמשלם המוטב. כך אין תמריץ לעובד שנהנה מההטבה להפחית את נסועתו משום שאינו רואה את כלל העלות. שינוי המיסוי בתחום זה צפוי אמנם לפגוע במידת מה ברווחת העובד ו/או המעסיק (משום שעלות השימוש ברכב תעלה) אך תייצר תמריץ חשוב להפחתת הנסועה ומכאן גם להפחתת הפליטות מתחבורה וצמצום זיהום האוויר. בשל הרצון להפחית את הפליטות מתחבורה באופן ניכר בשל ריכוזים גבוהים מאוד של חלקיקים, תחמוצות חנקן ושאר מזהמים, יש צורך לטפל בנושא זה אשר כאמור מהווה חלק נכבד משוק הרכב בארץ. צעד זה תואם להמלצות דו"ח ארגון ה-OECD על הביצועים הסביבתיים של ישראל לשנת 2011 הממליץ לבצע בחינה מחדש של מדיניות המיסוי על רכבי חברה.
2. **הצעד שנבחן:** שינוי מכשירי המיסוי בשוק הליסינג כך שיעודדו רכישת כלי רכב מופחתי זיהום ויתמרוזו הפחתת נסועה כללית ברכבי ליסינג.
3. **עלות-תועלת:** לצורך המחשה בלבד של תחשיב כלכלי כדוגמה רלוונטית לכלי-רכב מופחתי זיהום נבחן שוק כלי-הרכב ההיברידיים. לצורך עידוד הכנסת כלי-רכב היברידיים לצי רכבי הליסינג נעשתה עבודה בשיתוף יבואני רכב, ציי רכב גדולים, המשרד להגנת הסביבה ורשות המיסים לבניית צעד אשר יקדם רכישת כלי-רכב היברידיים במסגרת הסדרי הליסינג. כבר כיום ישנו צעד מדיניות המעודד נהגים לבחור בכלי-רכב היברידיים. הטבה זו הינה הנחה של 530 ₪ בשווי השימוש החודשי לרכב היבריד. פעולה זו אכן יוצרת מערכת תמריצים יעילה מבחינת נהג הרכב. עם זאת מבדיקת שוק רכבי הליסינג נמצא כי עדיין ישנו פער עלויות מנקודת מבטו של המעסיק. דמי ההחכר החודשיים של רכבי הליסינג גבוהים באופן משמעותי מהמתחרים (ממוצע של 600 ₪). פער זה נובע מעלותו הגבוהה של הרכב ואי הוודאות בשוק לגבי מכירה שלו בתום תקופת הסדר הליסינג. פער זה אומנם פוחת כתוצאה מההפרש בעלות הדלק, אך רק בנסועה גבוהה של מעל 35 אלף ק"מ בשנה לרכב, הרכב ההיבריד הופך להיות כדאי כלכלית. על מנת להפחית את דמי ההחכר הגבוהים של הכלי-רכב ההיברידיים מוצע להחיל, בתור דוגמה, הקלה במס לחברות הליסינג. הפחת המוכר כהוצאה לחברות הליסינג הינו 20% שנתי לכלי-רכב. ההצעה הינה להגדיל

את ההכרה בפחת לכלי-רכב היברידיים ל-33%⁴⁵. הרציונל העומד בבסיס הצעד הינו הגברת הכדאיות של חברות הליסינג להחזיר כלי-רכב היברידיים לשוק במטרה שהכדאיות תגולגל למעסיקים והעלות החודשית בעיני המעסיקים תקטן. לצורך בחינת הצעד מונח כי שיעור חדירת הכלי-רכב ההיברידיים לשוק רכבי הליסינג תעמוד על 10% מכלל הכלי-רכב החדשים (תוספת לכלי-רכב ההיברידיים הקיימים היום). על מנת לכמת צעד זה בוצע התחשיב לגבי כלי-רכב היברידיים בהשוואה לרכב בנזין סטנדרטי הנמצא בשימוש של חברות הליסינג.

- 3.1 עלות משקית – בדומה למוניות ההיברידיות, גם בצעד זה העלות למשק נעוצה במחירו הראשוני הגבוה יותר של הרכב ההיברידי לפני מס (לצורך החישוב נלקח ממוצע שלושה דגמים כלי-רכב נפוצים. בממוצע מדובר בפער של 25 אלף ₪ לרכב.
- 3.2 תועלת משקית – התועלת הנובעת מרכב היברידי לעומת רכב רגיל מורכבת מעלויות הדלק הנחסך בגובה 45 אלף ₪ והזיהום הנחסך בגובה 5 אלף ₪ הנגרם למשק כתוצאה מנסועת כלי הרכב לאורך חייו. בהנחה כאמור שצעד המדיניות יביא לחדירה של 8,400 כלי-רכב היברידיים על חשבון רכבי בנזין מתקבל התחשיב המשקי המוצג להלן בטבלה.

טבלה 34: תחשיב עלות-תועלת לרכבי ליסינג

ליסינג היברידי	ליסינג בנזין	
₪ 5,725	₪ 10,297	עלות זיהום
₪ 25,000	₪ 0	הפרש בעלות רכב
₪ 74,693	₪ 119,509	עלויות יבוא דלק
₪ 105,419	₪ 129,806	סה"כ רכב
₪ 885,517,567	₪ 1,090,369,984	על פני כל הכלי-רכב

עפ"י תחשיב זה לחדירה של 10% רכבי ליסינג היברידי למשק יש תועלת שנתית בגובה של 205 מיליון ₪.

4. הפחתה: כלי-רכב היברידיים מהווים אלטרנטיבה "ירוקה" לרכבי בנזין רגילים. הדבר נכון במיוחד כשמדובר בכלי-רכב פרטיים בעלי נסועה גבוהה במרכזי תעסוקה, כמו רכבי ליסינג. שנת פעילות של תכנית התמרוץ תביא לחסכון בזיהום ארוך טווח באורך שנות חיי כלי הרכב (הנחה שמרנית היא שמדובר ב-15 שנה). במונחי שנה בודדת, בהתייחס לכמות הכלי-רכב המדוברת (8,400) החיסכון הבא לידי ביטוי (טון):

PM2.5	NOx	HC
0.4	4.3	4.7

5. ישימות: צעד זה הינו ישים שכן מדובר בעדכון תקנות מיסוי.
6. שכיחות: בעולם ישנן דוגמאות רבות של תמרוץ רכבי ליסינג בפרט ופנייה למעסיקים בנושאי תחבורה ואנרגיה ירוקה בכלל.

⁴⁵אופציה נוספת הינה להפחית את ההכרה במס לרכבי ליסינג שאינם פחותי זיהום. החשיבות נעוצה ב**פער** בין רכב רגיל לרכב "ירוק" כך שמחירו של השני יפחת באופן יחסי לאלטרנטיבה.

6.3.3.7 החלת תכנית מענקים למעסיקים להפחתת זיהום אוויר מנסועות יוממים

1. **רקע:** על מנת להפחית את גודש התנועה ואת זיהום האוויר בשעות השיא מוצע לעודד מעסיקים גדולים במשק להפחית את זיהום האוויר הנפלט מנסיעת עובדיהם ע"י חבילות תמריצים. הכנת התוכנית יהיו באחריות המעסיקים עצמם בליווי המשרד להגנת הסביבה. יפותחו מספר אלטרנטיבות להפחתת נסועות יוממים (עובדים אשר מגיעים למקום עבודתם ברכב בכל יום במשך ימי העבודה בשעות הבוקר וחוזרים בשעות הערב). הצעדים המוצעים לקידום ויוצגו למעסיקים כאופציות הינם:

- א. עידוד עבודה מהבית.
- ב. עידוד תוכניות carpool.
- ג. הקמת מערך היסעים (שאטלים).
- ד. עידוד הסכמים בין מעסיקים לבין חברות תחבורה הציבורית.
- ה. תמריץ לשיפור ה"ציון הירוק" של כלי-רכב.
- ו. עידוד נסיעה לעבודה בתחבורה ציבורית.

מטרת המעסיקים תהיה לעמוד ביעדי הפחתת נסועה כדי לזכות במענק כספי משתנה. התכנית תהיה בנויה כך שכל מעסיק רשאי לבנות לעצמו את דרך הפעולה המיטבית שעולה בקנה אחד עם שיקוליו השונים. לשם המחשה הונח שמערכת התמריצים תוביל להפחתה של 1.5% מסך נסועת היוממים הארצית (25 אלף כלי-רכב). בנוסף לתמריץ הכספי ישנה תועלת נוספת מצד המעסיקים הבאה לידי ביטוי בתדמית "ירוקה" בעיני הציבור. מוצע שתכנית התמריצים הזו תפעל במשך 3 שנים ותוביל להטמעת נורמות נידות יעילות בשוק העבודה הישראלי, הן מבחינת המעסיקים והן מבחינת העובדים.

2. **הצעד שנבחן:** להעניק למעסיקים גדולים מענקים בתנאי עמידה בקריטריונים כפי שיקבעו ע"י המשרד להגנ"ס. מוצע לתקצב תכנית זו ב- 20 מיליון ₪ ל-3 שנים.

3. **עלות-תועלת:**

3.1 עלות תקציבית של צעד זה הינה 60 מיליון ₪ על פני 3 שנים (2012-1014).

3.2 תועלת משקית מהתכנית באה לידי ביטוי בצמצום הפליטות הנובע מהפחתת הנסיעה בשעות העומס וכן בחיסכון משקי בעלויות יבוא דלק. כאמור הפחתה של 25 אלף כלי-רכב בשעות העומס בבוקר ובערב במרכזי הגודש תביא להפחתה של 344 מיליון ק"מ נסועה. הפחתה זו מובילה לחיסכון בעלויות החיצוניות של זיהום אוויר מתחבורה בגובה של 9 מיליון ₪ בשנה. מבחינת חיסכון בדלק מדובר בהפחתה של 74 מיליון ₪ בשנה.

בהנחה הסבירה כי העלות המשקית של תוכנית זו זניחה. התועלת המשקית של תכנית זו הינה 83 מיליון ₪ בשנה. חשוב לציין בהקשר זה כי הניסיון הבינלאומי מראה שתוכניות אלו עשויות להביא לשינוי בנורמות התנהגות כלל משקיות לאורך זמן וגם אחרי קיומה של תכנית התמריצים. תועלת משקית נוספת אשר לא חושבה במסגרת הניתוח מצויה בהפחתת הגודש כתוצאה מכך חיסכון בזמן לשאר משתמשי הכביש ונסיעה רציפה יותר אשר היא כשלעצמה חסכונית יותר בדלק ומפחיתה פליטות.

4. **הפחתה:** הפחתת נסועות יוממים מביאה להפחתה בפליטות. חשוב להדגיש כי ההפחתה תתקבל בשעות השיא של התנועה בהן ריכוזי המזהמים בסביבה גבוהים ובמרכזי התעסוקה הצפופים. הפחתת זיהום (טון):

PM2.5	NOx	HC
0.5	16.7	7.1

5. **ישימות:** בינונית. מערכת תמריצים פוזיטיבית צפויה להתקבל באופן חיובי בקרב המעסיקים והציבור. יחד עם זאת צעד זה דורש יכולת ואמצעים של המשרד להגנת הסביבה ללוות ולפקח על התוכניות.
6. **שכיחות:** בערים ומדינות רבות בעולם ישנם תמריצים כלכליים שונים לעידוד הפחתת נסיעה, הדבר נפוץ לדוגמה בגרמניה, הולנד ובקליפורניה.

6.3.3.8 קביעת שיטת תגמול חלופית ושוות ערך להטבת אחזקת רכב לעובדים הזכאים לכך מהמעסיק ללא הוכחת בעלות

1. **רקע:** מסגרת תנאי ההעסקה של עובדים רבים במשק משמשת כתמריץ כלכלי לרכישת רכב או שכירת רכב לסינג. נורמות ההעסקה של משק העבודה הישראלי רואה בהטבות לאחזקת רכב כדבר מקובל ואף "מובן מאליו" בסקטורים רבים (עובדי מדינה, עובדי הייטק ועוד). מצב העניינים הנוכחי יוצר מצב המעודד אנשים לרכוש רכב פרטי. הצעד שנבחן הינו קביעת שיטה שתביא להשוואת הטבת אחזקת רכב ללא צורך בהוכחת בעלות על כלי-רכב. יקבע פתרון חוקי אשר יבטל את חובת הצגת הבעלות על כלי-רכב כך ששווי ההטבות הנלוות יינתנו לכלל העובדים (הטבת חנייה, הוצאות דלק, ביטוחים וכו') ללא חובה לרכישת רכב. פתרון זה יבטל את התמריץ לרכישת רכב ובכך יביא לצמצום רכישת הכלי-רכב הפרטיים במשק. בשלב ראשוני של צעד זה ולאור מורכבות הסכמי השכר תופעל תכנית ייעודית למגזר הממשלתי. בנוסף, המלצה ברוח זו קיימת בדו"ח OECD שהתפרסם בנובמבר 2011 על הביצועים הסביבתיים של ישראל. בדו"ח מובעת ההמלצה להמיר את הטבות המעודדות שימוש ברכב פרטי בהטבות שכר אחרות.
2. **הצעד שנבחן:** לאמץ שיטת תגמול חלופית ושוות ערך להטבות על אחזקת רכב הניתנות לעובדים הזכאים לכך, גם ללא הוכחת בעלות על כלי רכב.
3. **עלות-תועלת:** לצעד זה לא בוצע ניתוח עלות-תועלת. צעד זה אינו רק בעל משמעויות כלכליות של אלא בעל משמעות נורמטיבית חינוכית אשר מייצגת את מדיניות הממשלה להפחתת פליטות וקידום השימוש בתחבורה ציבורית.
4. **הפחתה:** לצעד זה לא חושבה הפחתת הפליטות. עם זאת צפויה הפחתה מסוימת בפליטות כתוצאה מירידת הכדאיות בשימוש בכלי-רכב פרטי.
5. **ישימות:** ישנה בעייתיות ביישום צעד זה בשל ההשלכות הכלכליות שיש להטבה על למסגרת השכרה מחושבת להפרשות פנסיוניות. הפיכת ההטבה על רכב למרכיב קבוע בשכר במקום רכיב החזר הוצאות מוסיפה חבות אקטוארית רבה.

6.3.3.9 קביעת תעריפים למתן עדיפות לכלי-רכב בעלי מספר נוסעים גבוה ולתחבורה ציבורית בכבישי אגרה

1. **רקע:** מתן עדיפות לכלי-רכב מרובי נוסעים בתשלום בכבישי אגרה:
- א. תחבורה ציבורית.

- ב. כלי-רכב מעל 4 נוסעים.
- בחלק מכבישי אגרה בישראל כיום (כביש 6, מנהרות הכרמל) אין עדיפות לכלי-רכב השייכים לתחבורה ציבורית. כמו כן, (פרט לכביש 1) אין עדיפות לכלי-רכב פרטיים אשר מסיעים 4 אנשים ומעלה. כלי מדיניות זה יביא לעידוד הפחתת נסיעה בכלי-רכב פרטיים ע"י עדיפות לתחבורה ציבורית ו-carpool בכבישים המדוברים וכפועל יוצא גם בכבישים הצדדיים. צעד זה הינו בעיקרו תודעתי וציבורי על כן לא נעשה חישוב כמותי של הצעד. חשיבותו כאמור הינה באמירה הערכית והציבורית שהוא מעלה.
2. **עלות-תועלת:** עלות הצעד שנבחן הינה נמוכה. מדובר בהנחה שתיתן לכלי-רכב המדוברים.
3. **הפחתה:** צעד זה הינו בעיקר תודעתי ואמור לתמרץ שימוש בנסיעה קבוצתית ולהוזיל עלויות ומהירות נסיעה בתחבורה הציבורית.
4. **ישימות:** גבוהה, מדובר בכלי מדיניות פשוט יחסית שדורש עדכון ההסדר מול מפעילי כבישי האגרה.
5. **שכיחות:** בערים ומדינות רבות בעולם ישנם תמריצים כלכליים שונים לעידוד הפחתת נסיעה בכלי-רכב פרטיים כגון זה, הדבר נפוץ לדוגמה בגרמניה ובקליפורניה.

6.3.4 צעדי מדיניות לטיפול בפליטות שמקורם במשקי הבית

טבלה 35: צעדי המדיניות שנבחנו בסקטור משקי הבית

סקטור	צעד מדיניות	המזהמים המטופלים בתכנית שיופחתו כתוצאה מצעד המדיניות שנבחן
	הכנת תענית ייעודית לטיפול בפליטות NMVOC בקרב משקי הבית	NMVOC

בהעדר מידע מספק, לא בוצע עבור צעד זה ניתוח כלכלי להחלתם במשק. להלן הצעד שנבחן בסקטור משקי הבית.

6.3.4.1 הכנת תכנית ייעודית לטיפול הפליטות NMVOC בקרב משקי הבית

1. **רקע:** מגזר משקי הבית אחראי לפליטה של קבוצת המזהמים NMVOC בהיקף נרחב. קבוצת מזהמים זו אחראית ביחד עם תחמוצות חנקן ליצירת אוזון. מניתוח תמונת מצב איכות האוויר בתרחיש BAU לשנות היעד נמצא כי ישנה חריגה של נוכחות המזהם באוויר מערכי היעד הקבועים בחוק. על כן, לצורך הפחתת ריכוזי האוזון ופליטת NMVOC יש הכרח להעמיק את הידע המקצועי לגבי טיבן של פליטות אלו, פירוט המזהמים הנפלטים הנכללים בקבוצת NMVOC, התכשירים מהם נפלטים המזהמים וכד'. לצורך כך יש להעמיק את הידע המקצועי של המשרד לגבי טיבם של מזהמים אלו, באמצעות ביצוע סקר שימושים ביתיים בעניין זה. בעקבות תוצאות הסקר יפעל המשרד לצורך קביעת אמצעים להפחתת פליטות NMVOC. בנוסף לאחר סיום עריכת הסקר, המשרד יוציא לפועל פעולות הסברה להגברת המודעות הסביבתית בשימוש בחומרים שונים.

ייתכן וצעד זה יחייב גם את הקמתו של גוף ייחודי בתוך אגף איכות אוויר שיטפל בנושא זה באופן מעמיק על מנת לגשר על פערי המידע בנושא.

תנאי מרכזי להצלחתן של תכניות הנוגעות להתנהגות סביבתית של האזרח הוא יצירת מודעות והעמקת הידע של האזרח אודות ההשלכות הסביבתיות של התנהגותו היומיומית. קמפיינים פרסומיים ותוכניות חינוכיות יכולים להוביל לשינוי התנהגותי משמעותי ובכך תרום להפחתת זיהום האוויר בהשקעה מתונה של משאבים כספיים. מטרת התכניות היא להעלות את רמת מודעות של הציבור לנושאים סביבתיים והשלכות הסביבתיות של התנהגות יומיומית. העלאת המודעות והעמקת רמת הידע בנוגע לנושאים אלו יכולים לשנות את התנהגות האזרחים ובכך לתרום למאמץ הכללי להפחתת פליטות.

1. **הצעד שנבחר:** לבצע סקר למיפוי, אפיון וכימות פליטה של מזהמי אוויר בדגש על תרכובות אורגניות נדיפות (NMVOC) משימושים ביתיים לטובת הפחתת פליטות מסקטור זה באמצעות רישוי תכשירים, תקנים והעלאת המודעות הציבורית בנושא.
2. **עלות-תועלת:** בשל הקושי האובייקטיבי לכמת את היקף ההפחתה הצפוי מהצעד שנבחר לא בוצע כימות כלכלי לצעד זה.
3. **הפחתת מזהמים:** ביצוע סקר אינו צפוי להביא להפחתה בפליטות, עם זאת העמקת בסיס הידע בתחום ופעולת ההסברה בעקבותיו צפויות להביא להפחתה בפליטות NMVOC ממשקי הבית. בשלב הנוכחי לא ניתן לכמת את ההשפעה הצפויה.
4. **ישימות:** גבוהה.

6.3.5 צעדי מדיניות – סיכום

לאחר זיהוי ריכוזי המזהמים המטופלים הגבוהים מערכי היעד בתרחיש BAU בשנות היעד של התכנית, וכימות העלות המשקית של חריגה זו עבור מזהמים נבחרים, נבחנו בשלב זה אמצעים נוספים שיש בהם כדי להביא לשיפור רמת איכות האוויר בישראל. ניתוח האמצעים השונים בוצע בשלושה שלבים, ראשית זוהו האמצעים השונים שיש בהם כדי להביא להפחתת הפליטות של המזהמים המטופלים במסגרת התכנית והמשך נותח פוטנציאל ההפחתה של יישומם במשק הישראלי. בחלק השלישי בוצע עבור מרבית הצעדים ניתוח כלכלי להערכת העלות והתועלת של החלתם במשק. היקף ההפחתה המשוער עבור כל אחד מהאמצעים נותח באמצעות כימות היקף הפליטה שתיחסך עבור שנת הפעלה אחת של האמצעי שנבחר. עלות הפעלתו של האמצעי שנבחר נותחה בהשוואה לאי הפעלת האמצעי בכפוף לתרחיש "עסקים כרגיל" עבור שנות היעד של התכנית.

טבלה 36 : צעדי המדיניות שנבחנו בתכנית הלאומית

סקטור	צעד מדיניות	המזהמים המטופלים בתכנית שיופחתו כתוצאה מצעד המדיניות שנבחר
האנרגיה	החלת תעריף תע"ז למשקי בית	NOx, PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
	החלת תעריף דיפרנציאלי לצרכן בהתחשב בעלויות חיצוניות של זיהום אוויר	
	הפנמת עלויות חיצוניות של זיהום אוויר בשיקולי העמדת יחידות הייצור של מנהל המערכת	
	קידום הקמת מתקני קוגנרציה ותשתית חלוקת הגז	
	קידום התקנת תשתית מערכת חכמה (smart grid)	
תעשייה	העמקת הטיפול במפעלים אשר מהווים גורם זיהום משמעותי	כל המזהמים
	איסור שימוש במזוט לדודים בעלי הספק תרמי של עד MW 1	NOx, SO ₂
	קביעת תקן לפליטת SO ₂ לדודים בהספק תרמי MW 1-50	SO ₂
	עידוד ותמיכה בהתקנת מיזוג אוויר סולארי בתעשייה, במסחר ובמבנים ציבוריים	NOx, PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
	הפנמת שיקולים סביבתיים בתכנית משרד התמ"ת להקמת מפעלים בפריפריה	כלל המזהמים
	קביעת מס דיפרנציאלי על מזוט באופן שישקף את ההשפעות הסביבתיות של השימוש בדלק זה	SO ₂ , NOx
	גיבוש תכנית פעולה להפחתת פליטות חלקיקים ממחצבות	PM ₁₀ , PM _{2.5}
	טיפול ממוקד בהפחתת פליטות NMVOC ממוקדי תעשייה	NMVOC
תחבורה	הרחבת תכנית לעידוד גריטת כלי-רכב פרטיים ישנים	1,3 Butadiene, NOx, PM ₁₀ , SO ₂ , NMVOC, PM _{2.5}
	החלת תכנית לגריטת כלי-רכב מסחריים ישנים במשקל עד 3.5 טון המונעים בדיזל	
	חיוב ותקצוב רכישת אוטובוסים עירוניים מופחתי זיהום לתחבורה ציבורית	
	ביצוע פרויקט חלוץ להנעת שלושה אוטובוסי תחבורה ציבורית בגז טבעי דחוס	

	הכרה בפחת מואץ למוניות מופחתות זיהום	
	קביעת תכנית לצמצום הנסועה של רכבי ליסינג ולעידוד השימוש ברכבי ליסינג מופחתי זיהום	
	החלת תכנית מענקים למעסיקים להפחתת זיהום אוויר מנסועת יוממים	
	קביעת שיטת תגמול חלופית ושוות ערך להטבת אחזקת רכב לעובדים הזכאים לכך מהמעסיק ללא הוכחת בעלות	
	קביעת תעריפים למתן עדיפות לכלי-רכב בעלי מספר נוסעים גבוה ולתחבורה ציבורית בכבישי אגרה	
NMVO	הכנת תכנית ייעודית לטיפול בפליטות NMVO בקרב משקי הבית	משקי בית

*התחשיב נערך לשני אוטובוסים.

**התחשיב נעשה להמחשה בלבד

כלל האמצעים שנותחו אוגדו לכדי תמונה משקית כוללת תוך התחשבות בהשפעות הצולבות של האמצעים השונים על המשק הישראלי (כך למשל: החלת תעריף תעו"ז על משקי הבית ותעריף חשמל דיפרנציאלי). התמונה הכוללת מייצגת את פוטנציאל ההפחתה וכן את עלות היישום המשקית של הצעדים שנבחנו. פירוט מלא של הצעדים מצוי בפרק 6 למסמך זה.

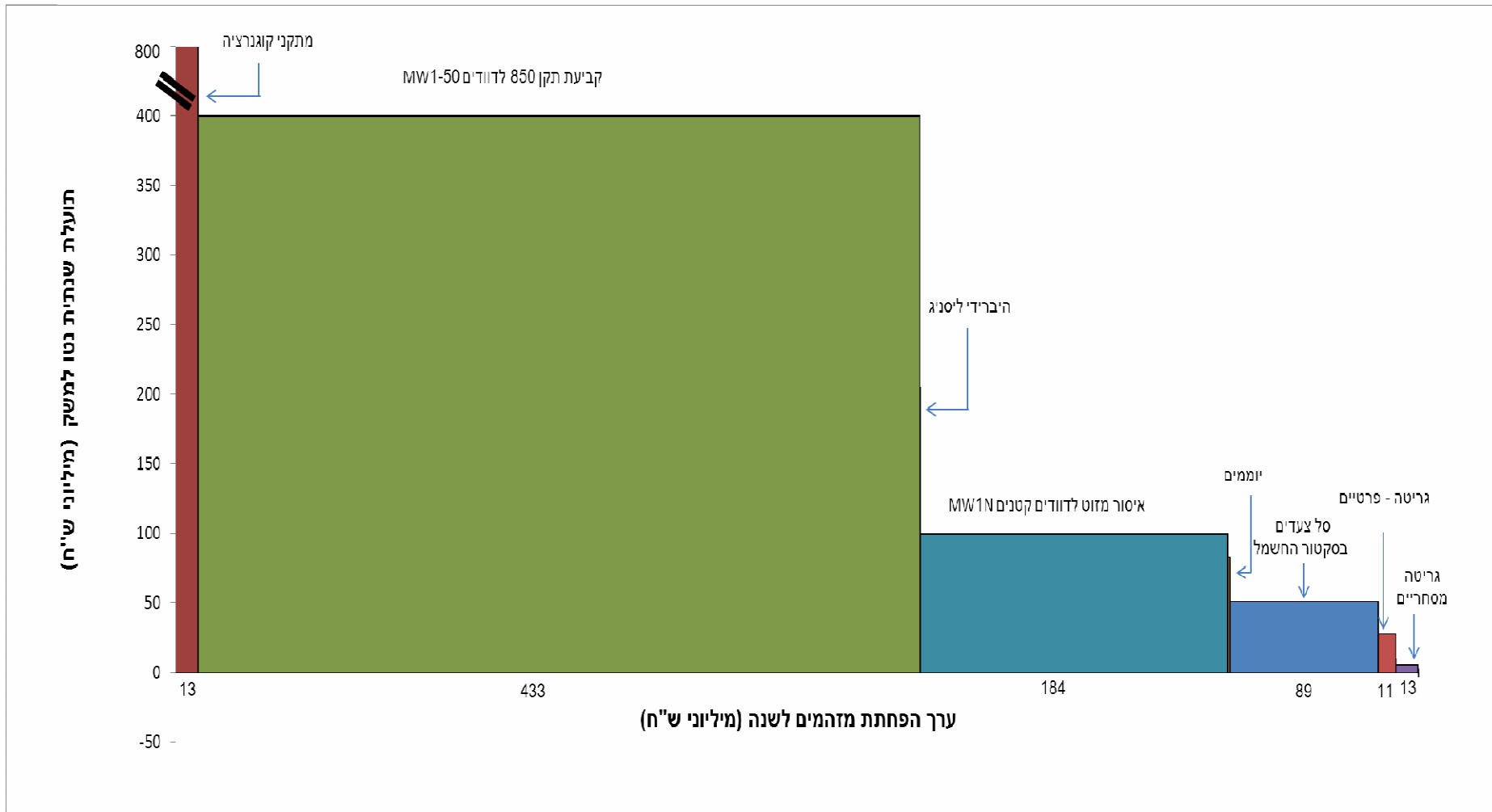
טבלה 37: סיכום כימות הכלכלי של צעדי המדיניות (לשנה)

תועלת נטו (מיליוני ₪)	הפחתת זיהום (מיליוני ₪)	אמצעי	
799	13	מתקני קוגנרציה	אנרגיה
37	28	תעריף דיפרנציאלי - הפנמת עלויות חיצוניות	
51	89	תעריף תעו"ז	
205	0.44	קביעת תכנית לעידוד מעבר לרכבי ליסינג פחותי זיהום	תחבורה
10	0.24	פחת מואץ למוניות היברידיות	
28	10.62	הרחבת תכנית לגריטת כלי רכב פרטיים	
3	0.25	חיוב ותקצוב אוטובוסים מופחתי זיהום (יורו 6)	
81	1.35	תכנית מענקים למעסיקים להפחתת נסועת יוממים	
-3	0.08	חיוב ותקצוב אוטובוסים מופחתי זיהום (היברידים)	
6	13.10	תכנית לגריטת כלי רכב מסחריים ישנים עד 3.5 טון	
400	435	קביעת תקן 850 לדוודים 1-50 MW	
100	210	איסור מזוט לדוודים קטנים מ MW 1	
			תעשייה

טבלה 38 מציגה את שיעור הפחתה בתרחיש "יישום אמצעי מדיניות" ביחס ל"תרחיש עסקים כרגיל". ניתן לראות שישנם מזהמים כגון SO_2 ו- NO_x בהם צפויה הפחתה משמעותית בכמות הפליטות כתוצאה מיישום צעדי המדיניות. לעומת זאת ישנם מזהמים כגון חלקיקים בהם עדיין קיים אתגר להפחתת הפליטות בשנות היעד.

טבלה 38: סיכום הפחתת המזהמים בתרחישים השונים

תרחישים נבחנים	SO_2	NO_x	PM_{10}	NM VOC	$PM_{2.5}$	עופרת	כספית	בנזן	-1,3 בוטאדיאן
שנת היעד 2015	73%	43%	15%	3%	13%	0%	0%	5%	4%
שנת היעד 2020	59%	20%	20%	7%	15%	0%	0%	1%	1%



6.4 ניתוח תרחיש "אמצעי מדיניות" במודלים לחיזוי זיהום אוויר

6.4.1 כללי

במהלך הפרק עד כה נבחנו אמצעי המדיניות באמצעות חישוב החיסכון בעלויות חיצוניות בהתאם לכמות הפליטה שצפויה להיחסך (ראה סעיף 6.2.2). מלבד בחינה זו שנועדה לבחון את עלות-תועלת של כל אמצעי הפחתת פליטות במונחי פליטה, נבחנו גם השפעת אמצעי המדיניות על ריכוזי המזהמים בסביבה באמצעות ביצוע הרצה של מודלים לחיזוי פיזור וריכוז מזהמים (ר' סעיף 4.4.3). הרצת המודלים התבצעה לסל כולל של אמצעי מדיניות נבחרים אשר צפויים להשפיע על ריכוז המזהמים באוויר. ניתוח תוצאות הרצת המודלים בהתאם לתרחיש "יישום אמצעי מדיניות" מאפשר חיזוי של כמות הפחתת הריכוזים בסביבה כתוצאה מיישום. המזהמים שנבחנו בפרק זה הם רק אלו שניתן לכמת עבורם את הפחתה החזויה בפליטות, בהם חלקיקים (PM_{10} , $PM_{2.5}$), אוזון ו- SO_2 . ישנם מזהמים נוספים (NO_2 , בנזן, 1,3-בוטאדיאן כספית ועופרת) המטופלים בתכנית אשר גם לגביהם צפויה הפחתה כתוצאה מיישום צעדי המדיניות. עם זאת, לגביהם הפחתה זו לא ניתנת לכימות.

6.4.2 סל אמצעי המדיניות שכומתו בתרחיש "יישום אמצעי המדיניות"

במסגרת הרצת תרחיש "יישום צעדי מדיניות" נבחנו מספר אמצעי הפחתה או תרחישי הפחתה אפשריים למזהמים השונים בסקטורים שנבחנו. לצורך תרחיש "יישום צעדי מדיניות" נלקחו צעדים המאפשרים את חיזוי הפחתת פליטות כתוצאה מיישום וצעדים אחרים אשר לגביהם נעשו הנחות לגבי השפעתם על הפחתת הפליטות. כך למשל הוערכה הפחתת פליטות חלקיקים ממחצבות לאור יישום התכנית היעודית בנושא.

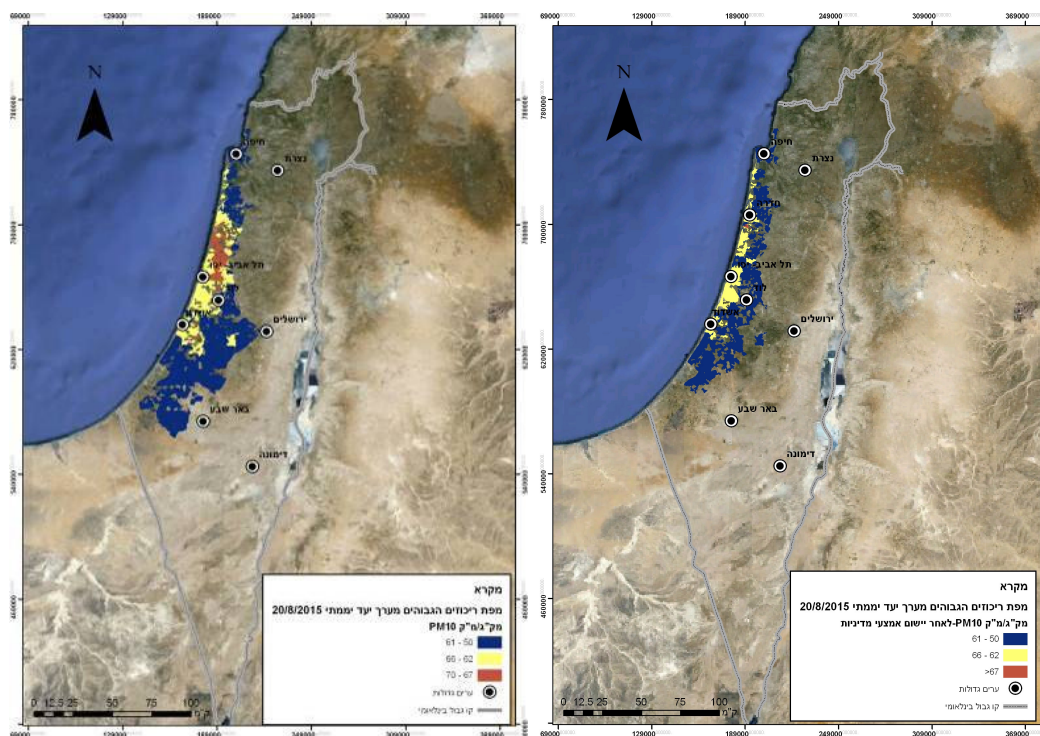
6.4.3 ניתוח תמונת מצב זיהום אוויר לפי מזהמים בתרחיש "יישום צעדי מדיניות"

6.4.3.1 חלקיקים- PM_{10}

נמצא כי ריכוזי חלקיקי PM_{10} לפי תרחיש BAU יהיו גבוהים מערכי היעד באפיזודות ללא סופות אבק, בעיקר באזור מישור החוף והשפלה. בתרחיש "יישום אמצעי מדיניות" צפויה בשנות היעד ירידה בריכוזים המחושבים. ירידה זו נובעת מהפחתת פליטות מתעשייה ומתחבורה. באזור הרי יהודה בסמיכות לבית שמש, נצפית דווקא עלייה בריכוזים המחושבים לשנת 2015 וזאת בעקבות העלייה בפליטות במחצבות הסמוכות לבית שמש. בשנת 2020 עדיין צפויים ריכוזים הגבוהים מערך היעד באזורים נרחבים בעיקר לאורך מישור החוף. כמו כן, צפונית מזרחית לנצרת ובאזור הגבול המערבי עם לבנון חלה עליה בריכוזים הנגרמת מעלייה בפעילות המחצבות באזורים אלה.

השפעת אימוץ אמצעי המדיניות להפחתת פליטות PM_{10} בא לידי ביטוי באיכות האוויר כפי שמופיע במפות הבאות:

איור 57 : מפות ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי עבור PM_{10} לאפיזודה של האפיק הפרסי, לאחר יישום אמצעי המדיניות הנוספים (ימין) ולפי BAU (שמאל)



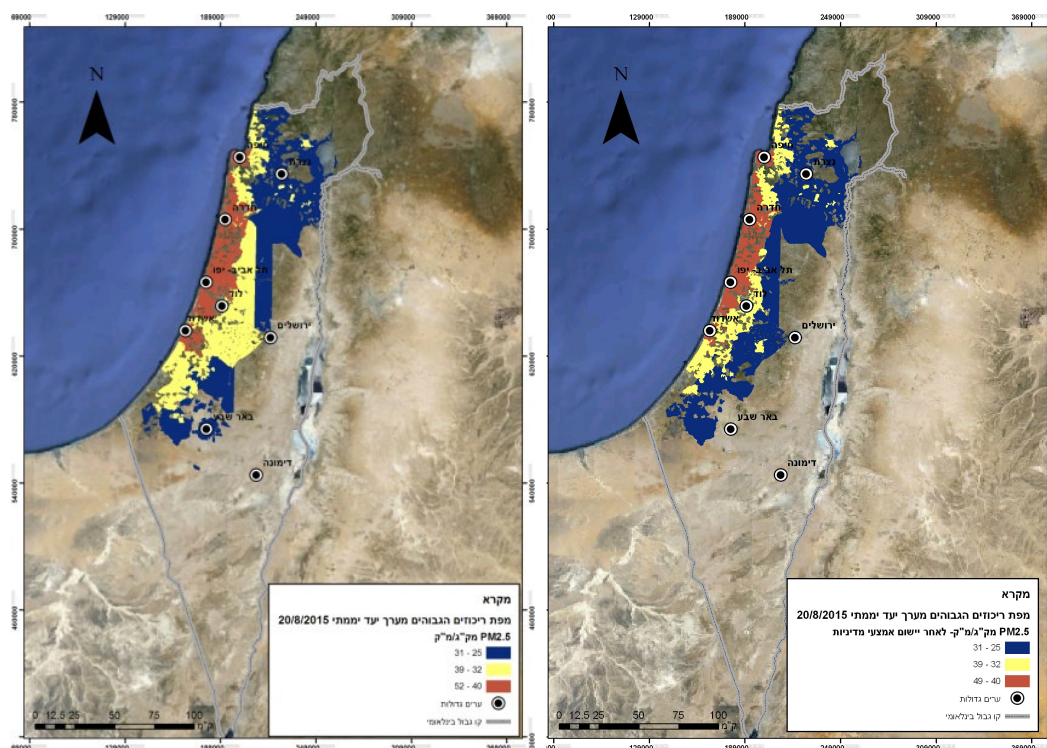
איכות האוויר לפי מצב עסקים כרגיל בשנת 2015 לאפיזודה של האפיק הפרסי (המייצגת 67% מהימים בשנה) מוצגת במפה מצד שמאל. כפי שתואר בפרק 4.5.1 נראה כי באזורים מישור החוף, בית שמש- ירושלים וישובי הבשור צפויים ריכוזים גבוהים מערך היעד. אמצעי המדיניות הנוספים שנבחנו בתוכנית, כוללים הפחתת פליטות חלקיקים מסקטור ייצור האנרגיה (ייצור חשמל ואנרגיה בתעשייה), ממחצבות ומנסועת כלי רכב. תוצאות הרצת המודל לאחר יישום אמצעי אלו, מוצגות במפה מצד ימין. נראה כי יישום אמצעי ההפחתה צפוי להוביל לירידה ניכרת בריכוזים בסביבה. בהתאם לתוצאות המודל באזורים נרחבים בסביבת ירושלים, בית שמש וישובי הבשור צפויים ריכוזים נמוכים מערך היעד בעקבות הפחתת הפליטה הנוספת מעבר ל BAU. כמו כן הריכוזים המחושבים בסביבת חדרה צפויים לרדת בכ 10% לעומת BAU. עם זאת לאורך מישור החוף, מחיפה ועד צפון עזה וכן באזור העיר לוד עדיין צפויים ריכוזים גבוהים מערך היעד. נראה כי התורם העיקרי לריכוזים הגבוהים המחושבים הינם תחנות הכוח הפחמיות – אורות רבין בחדרה ורוטנברג באשקלון וכן נסועת כלי רכב באזור מישור החוף. הפחתת ריכוזים מתחת לערכי היעד דורשת יישום אמצעי הפחתה מחמירים יותר כפי הנראה בעיקר בתחום התחבורה.

6.4.3.2 חלקיקים- $PM_{2.5}$

בבחינת תרחיש BAU נראה כי בשנות היעד צפויה ירידה בריכוזים ברוב חלקי הארץ. באזורים מסוימים כגון צפון מערב הכינרת ובקעת בית שאן אין ירידה בריכוזים. באזורים בהם לא חזויה ירידה בריכוזים נמצא כי ישנן מחצבות פעילות אשר הונח כי היקף החציבה בהן גדל לאורך השנים. על אף שהפעילות במחצבות לא תורמת

באופן המשמעותי ביותר לפליטה הארצית, בקנה מידה מקומי השפעתן על סביבתן ניכרת. השפעת אימוץ אמצעי להפחתת פליטות $PM_{2.5}$ באה לידי ביטוי באיכות האוויר כפי שמוצג במפות להלן:

איור 58 : מפות ריכוזים הגבוהים מערך היעד היממתי עבור $PM_{2.5}$ לאפיזודה של האפיק הפרסי, לאחר יישום אמצעי המדיניות הנוספים (ימין) ולפי BAU (שמאל)



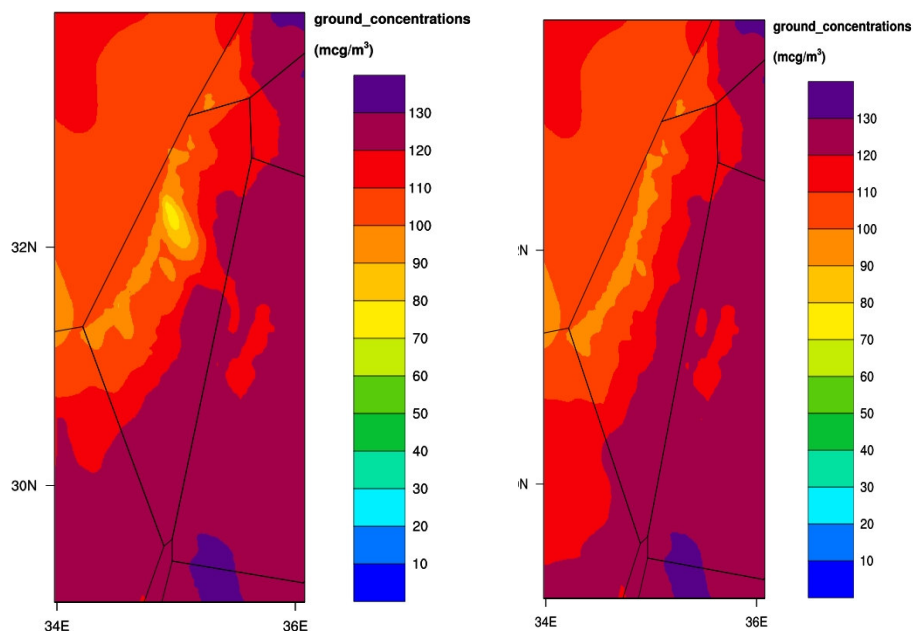
מצב איכות האוויר מבחינת $PM_{2.5}$ משתפר לאחר יישום אמצעי המדיניות שנבחנו מעבר ל-BAU. נראה כי הפחתת הפליטות משפיעה באופן משמעותי על מערב יהודה ושומרון וסביב באר שבע כך שהריכוזים המחושבים לאחר יישום האמצעים הנוספים נמוכים מערך היעד. גם באזור השפלה ואשדוד צפויה ירידה בריכוזים. עם זאת ולמרות הפחתת הפליטות עדיין צפויים ריכוזים הגבוהים מערך היעד במרבית האזורים לגביהם חושבו ריכוזים כאלו גם לפי תרחיש BAU. באזור חיפה ומישור החוף (חדרה עד גוש דן) כמעט ולא נצפה שינוי בריכוזים. מסקנה: על מנת להתקרב לערכי היעד של חלקיקי $PM_{2.5}$ נדרשת הפחתה נוספת בעיקר במקורות המשפיעים על ריכוזים לאורך מישור החוף. כפי הנראה נדרשת הפחתה נוספת בפליטות מזהמים מתחבורה.

6.4.3.3 אוזון

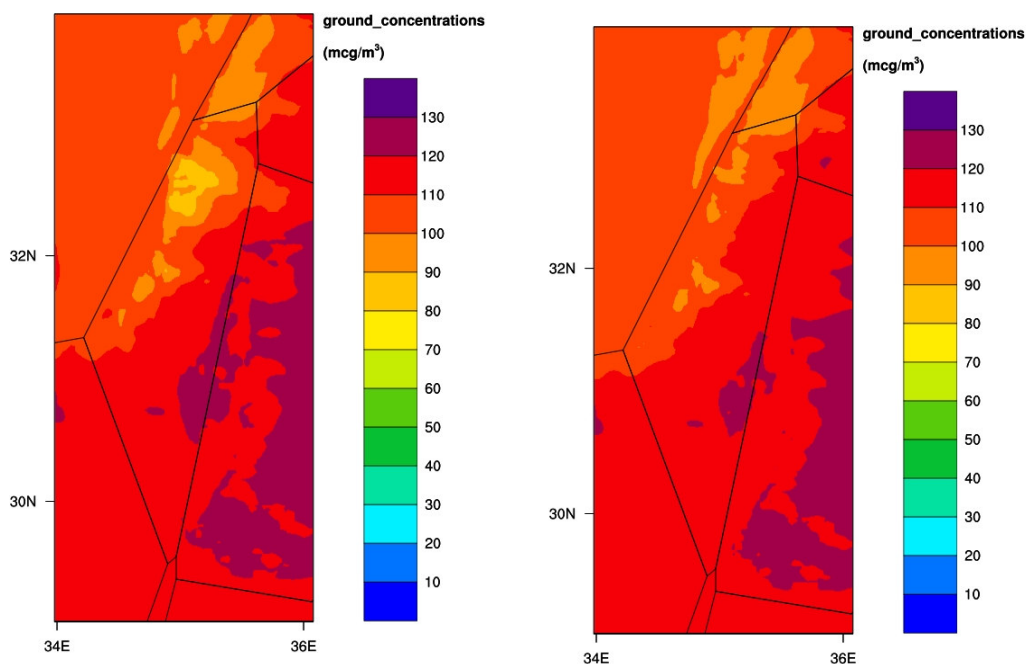
ריכוזי האוזון בישראל, לפי חישובי המודל צפויים להיות גבוהים בשנות היעד כשם שהם גבוהים בשנת הבסיס. לפי תרחיש BAU צפויה ירידה קטנה מאוד בריכוזים בעיקר בחלקה הדרומי של הארץ. במסגרת התוכנית

הלאומית הומלץ על יישום מספר אמצעים להפחתת המזהמים התורמים להיווצרות האוזון. השפעת אימוץ אמצעים אלה על הריכוזים בסביבה מוצגים במפות להלן:

איור 59 : מפות ריכוזים הגבוהים מערך היעד עבור אוזון לאפיזודה של האפיק הפרסי, לאחר יישום אמצעי המדיניות הנוספים (ימין) ולפי BAU (שמאל)



איור 60 : מפות ריכוזים הגבוהים מערך היעד עבור אוזון לאפיזודה של שקע שרבי/שקע קר עמוק, לאחר יישום אמצעי המדיניות הנוספים (ימין) ולפי BAU (שמאל)



במסגרת התוכנית הלאומית נבחנו חמש אפיזודות המאפיינות מצבים סינופטיים שונים. בדומה לניתוח תרחיש BAU גם בניתוח תרחיש "יישום אמצעי המדיניות" נותחו חמשת האפיזודות ומוצגות מפות של שתי אפיזודות מייצגות.

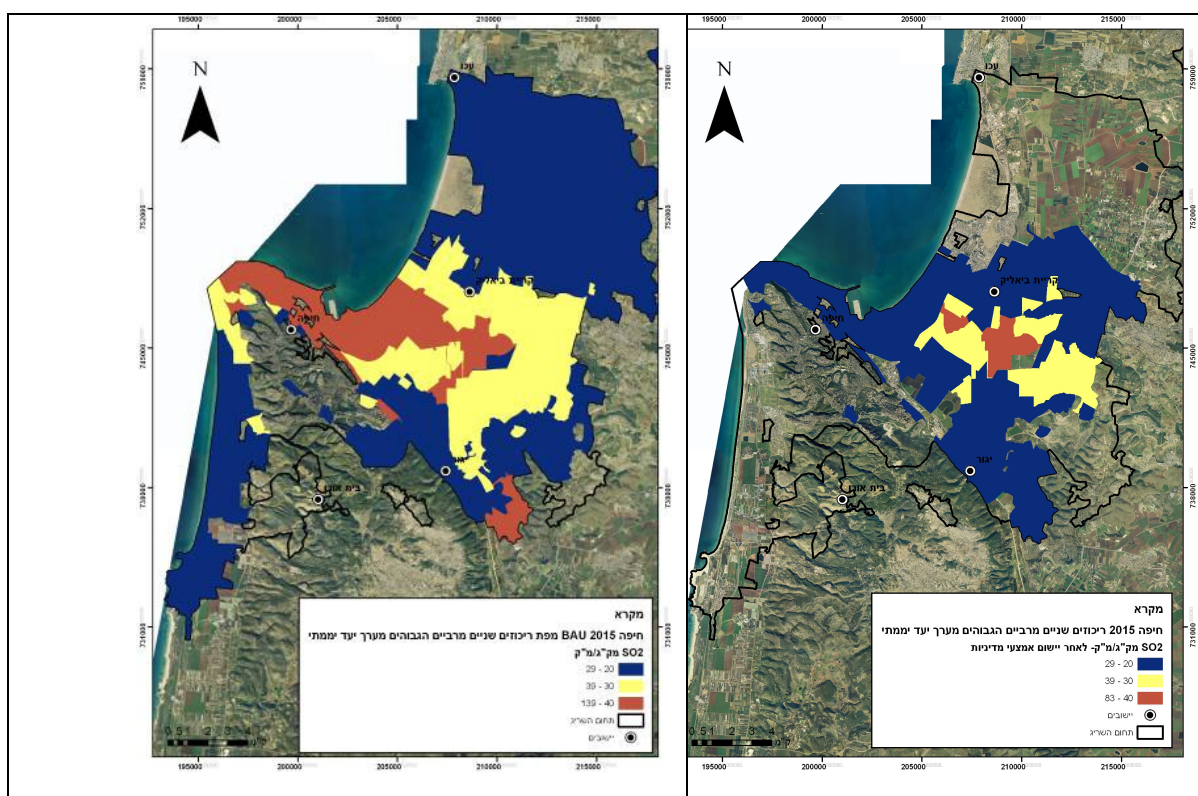
במפות שלעיל ניתן לראות שאימוץ אמצעי המדיניות להפחתת פליטות של תחמוצות חנקן ו- NMVOC תורם לירידה בריכוזי האוזון, בעיקר בדרום הארץ. עם זאת הפחתת הפליטה ממקורות גדולים מפחיתה את תהליך הטיטריציה התורם לפירוק האוזון וכתוצאה מכך, באזורים מסוימים בקרבת מקורות פליטה גדולים, מתקיים תהליך הפוך של עלייה בריכוזי האוזון. יחד עם זאת באזורים אלו כמעט ולא צפויות חריגות מערכי היעד בשל כך.

תהליך היווצרות האוזון הינו תהליך מורכב. הפחתת הפליטה של תחמוצות חנקן ו- NMVOC משפיעה על קצב היווצרות האוזון במידה מסוימת אולם לא ניתן לאפיין את הקשר בין הפחתת הפליטה לקצב היווצרות האוזון כקשר ישיר. משמעות הדבר שהפחתה בסדר גודל של כ 50% בפליטת תחמוצת חנקן אינה מובילה לירידה ב 50% בריכוזי האוזון באטמוספירה. כנ"ל לגבי הפחתת פליטת ה- NMVOC.

SO₂ 6.4.3.4

ריכוזי SO₂ חושבו לארבעה אזורים בישראל שהם כאמור האזורים בעלי הפוטנציאל הגבוה ביותר לריכוזים גבוהים. בתרחיש BAU חושבו ריכוזים הגבוהים מערך היעד בכל ארבעת השריגים בשתי שנות היעד- 2015 ו- 2020. בהתאם לכך הוצעו מספר אמצעי מדיניות להפחתת הפליטות בעיקר מסקטור ייצור החשמל ומסקטור התעשייה התורמים באופן המשמעותי ביותר לפליטות. אימוץ אמצעי המדיניות שנבחנו יוביל להפחתה משמעותית בריכוזים בסביבה כפי שניתן לראות במפות הבאות:

איור 61 : מפת ריכוזים שניים (2nd) מרביים החורגים מערך היממתי בשריג חיפה לאחר יישום אמצעי המדיניות (ימין) הנוספים ולפי BAU (שמאל)



המפה המוצגת לעיל היא של שריג חיפה. יישום אמצעי ההפחתה הנוספים מעבר להנחות יובילו להפחתת הריכוזים המחושבים מתחת לערכי היעד ל SO_2 בשלושת השריגים האחרים שנבדקו – חדרה, אשדוד ואשקלון ולכן לא מוצגות מפות לאזורים אלו. לעומת זאת, על אף שיישום אמצעי ההפחתה שנבחנו במסגרת התוכנית הלאומית צפוי להוביל להפחתה בריכוזים בסביבה, בחיפה עדיין צפויים להיות במידה מסוימת, ריכוזים מעל ערך היעד גם לאחר יישומם.

מקורות הפליטה העיקריים התורמים לריכוזים הגבוהים באזור חיפה הם מפעלי התעשייה הממוקמים במפרץ חיפה.

6.4.3.5 כימות הפחתת ההשפעות הבריאותיות של חלקיקים, PM_{10} , $PM_{2.5}$ כתוצאה מיישום צעדי המדיניות
כתוצאה מיישום צעדי המדיניות, כפי שמשתקפים מתוצאות הרצת המודל לחיזוי זיהום אוויר, צפויה הפחתה של ריכוזי PM_{10} במקומות רבים בארץ. בעקבות הורדת הריכוזים החזויה בשנת 2015:

- כמות ההשפעות הבריאותיות החזויה יורדת בכ- 15% לעומת תרחיש עסקים כרגיל ללא יישום של צעדי מדיניות נוספים.
- צפויה הפחתה של כ- 21 מקרי מוות בטרם עת לעומת תרחיש "עסקים כרגיל".

- הפחתה של 62 מקרי אשפוז במחלקות פנימיות.
- הפחתה של כ- 300 ימי שימוש בתרופות של חולי אסטמה.
- הערך הכספי הכולל שנחסך כתוצאה מהפחתת ההשפעות הבריאותיות של חלקיקי PM_{10} עומד על כ- 6 מיליון וחצי ₪.
- כתוצאה מיישום צעדי המדיניות צפויה הפחתה של בערך 1.5 מק"ג/מ"ק חלקיקי $PM_{2.5}$ במוצע השנתי המשוקלל לאוכלוסייה. המשמעות של הפחתת ריכוז חלקיקי $PM_{2.5}$ היא:
- חיסכון של 5,170 שנות חיים לעומת תרחיש עסקים כרגיל ללא יישום של צעדי מדיניות נוספים.
- הסכום הכספי הכולל שנחסך כתוצאה מהפחתת האבדן של שנות חיים כתוצאה מחשיפה לחלקיקי $PM_{2.5}$ הוא בערך 1.45 מיליארד ₪.

טבלה 39 : השוואה של ההשפעות הבריאותיות בין תרחיש "עסקים כרגיל" לבין תרחיש "יישום אמצעי מדיניות"

חלקיקי PM ₁₀			כמות מקרים נוספים (ערך מרכזי)			עלות כספית (₪)		
		BAU	אמצעי מדיניות	פער	BAU	אמצעי מדיניות	פער	
2015	תמותה	149.2	128.9	20.3	41,786,784	36,095,029	5,691,755	
	אשפוזים קרדיווסקולאריים	52.9	45.6	7.2	475,762	410,753	65,009	
	אשפוזים נשימתיים	396.5	342.5	54.0	3,546,706	3,063,611	483,095	
	אסטמה	2229.7	1925.6	304.1	624,316	539,177	85,139	
	סה"כ				46,433,568	40,108,570	6,324,998	
חלקיקי PM _{2.5}			אבדן שנות חיים			עלות כספית (₪)		
		BAU	אמצעי מדיניות	פער	BAU	אמצעי מדיניות	פער	
2015	תמותה	27,860	22,691	5,170	7,800,913,639	6,353,403,842	1,447,509,796	
	תמותה מסרטן ריאות	166.8	138.5	28	-	-	-	
	תמותה ממחלות לב	448.1	374.0	74	-	-	-	
	סה"כ				7,800,913,639	6,353,403,842	1,447,509,796	

7 סיכום תמונת המצב איכות אוויר למזהמים שנבחנו והמלצות

7.1 כללי

פרק זה מסכם את תמונת מצב איכות אוויר עבור המזהמים בתכנית הלאומית. הפרק מציג בתמציתיות את תמונת מצב איכות האוויר של המזהמים בשנות היעד בתרחיש "עסקים כרגיל" ובתרחיש "יישום צעדי מדיניות" ומכיל המלצות לגבי יישום צעדי המדיניות להפחתת פליטות.

7.2 סיכום תמונת מצב איכות אוויר, אמצעי הפחתה והמלצות לפי מזהמים

7.2.1 ניתוח תמונת מצב איכות אוויר לחלקיקים, PM

7.2.1.1 תמונת מצב לפי תרחיש "עסקים כרגיל"

ניתוח תמונת המצב לשנות היעד של התכנית בתרחיש "עסקים כרגיל" (ראה סעיף 4.5.1). מעלה מספר מסקנות עיקריות לגבי המזהם חלקיקים:

- נתוני הניטור לחלקיקים מצביעים על ריכוזים גבוהים מערך היעד כמעט בכל חלקי הארץ ובעיקר באזור מישור החוף והשפלה.
- תוצאות המודל מצביעות על ריכוזים גבוהים מערך היעד ל PM_{10} ול $PM_{2.5}$. ריכוזים אלה צפויים להיות במספר רב של ימים בשנה. הריכוזים הגבוהים שמתקבלים בארץ, מושפעים בחלקם מריכוזי הרקע הגבוהים שמקורם בסופות חול ואבק. ריכוזי הרקע בישראל מוערך בכ- 40 מק"ג/מ"ק ל- PM_{10} ובכ- 20 מק"ג/מ"ק ל- $PM_{2.5}$. בממוצע שנתי ריכוזי הרקע של חלקיקים מהווים כ- 80% מערך היעד היממתי ו- 200% מערך היעד השנתי.

7.2.1.2 מקורות פליטה עיקריים, ואמצעים להפחתת פליטות

- מקורות הפליטה האנטרופוגנים העיקריים לחלקיקים נשימים הם ייצור חשמל, תעשייה ומחצבות. שני המגזרים הראשונים מטופלים כיום, ע"י המשרד להגנ"ס, בין היתר באמצעות צווים אישיים, תנאים ברישיונות עסק ובעתיד – באמצעות היתרי פליטה.
- לצורך הפחתת פליטות חלקיקים נוספת מעבר לזו הצפויה לפי תרחיש "עסקים כרגיל", נבחנה ההשפעה של אמצעים נוספים על הפליטה והריכוזים בסביבה. אמצעים אלו צפויים להוביל להפחתת פליטות חלקיקים נוספת, מעבר לזו הצפויה לפי תרחיש BAU:
 - במגזר ייצור החשמל – ההפחתה מושגת בעיקר ע"י צמצום הביקוש לחשמל באמצעות צעדים שונים.
 - במגזר התעשייה – ההפחתה מושגת באמצעות עידוד מעבר לשריפת דלקים נקיים על פני דלקים מזהמים ותרחיש צמצום פליטות ממחצבות.
 - במגזר התחבורה – הפחתת הפליטות מושגת ע"י עידוד רכישת רכבים הפועלים על דלקים "ידידותיים" יותר לסביבה, גריטת כלי רכב ישנים ומזהמים והפחתת נסועת רכב פרטי.

- תוצאות הרצת המודל בתרחיש "יישום צעדי מדיניות" מראות כי אימוץ האמצעים שנבחנו בתכנית צפוי להפחית את קצב הפליטה הכולל של חלקיקים בשנת 2015 בכ- 15% לעומת הפליטה הצפויה לפי תרחיש BAU.
- על פי תוצאות המודל הירידה בריכוזים משמעותית במיוחד באזור ירושלים, בית שמש וישובי הבשור, שם צפויים ריכוזים נמוכים מערכי היעד (לעומת ריכוזים גבוהים מערכי היעד לפי תרחיש BAU). גם בסביבת חדרה צפויה ירידה בריכוזים לעומת תרחיש BAU. עם זאת לאורך מישור החוף, מחיפה ועד צפון עזה וכן באזור העיר לוד עדיין צפויים ריכוזים גבוהים מערך היעד.
- מניתוח תוצאות תרחיש "יישום צעדי מדיניות" עולה כי התורמים העיקריים לאי עמידה בערך היעד הינם פעילות מקומית של מחצבות, תחנות הכוח הפחמיות – אורות רבין בחדרה ורוטנברג באשקלון וכן במישור החוף - נסועת כלי רכב.
- כימות כלכלי של ההשפעות הבריאותיות שנחסכות בשל ההפחתה בריכוזי החלקיקים בתרחיש "יישום צעדי מדיניות" מצביע על תועלת כספית שנתית של כמיליארד וחצי ₪ החל משנת 2015, בעיקר בשל הפחתת אבדן שנות חיים כתוצאה מחשיפה לחלקיקי PM_{2.5}.

7.2.1.3 המלצות

- חלקיקים מהווים יעד מרכזי לטיפול בשל הנזק הבריאותי שנגרם כתוצאה מחשיפה ארוכה וקצרת זמן. יש להציב את הטיפול בחלקיקים בראש סדר העדיפויות של המשרד וליישם את צעדי המדיניות המוצעים כמו גם לפעול למען נקיטת צעדים נוספים להפחתת פליטה של חלקיקים.
- ריכוזי הרקע הגבוהים מחייבים טיפול קפדני במקורות הפליטה האנתרופוגניים (מעשה ידי אדם) אשר תורמים לריכוזי חלקיקים בסביבה והשקעת מאמץ בצמצום הפליטה ממקורות אלו למינימום אפשרי.
- המגזרים שתורמים את עיקר הפליטות הם תחבורה, ייצור חשמל, תעשייה ומגזר המחצבות.
- המחצבות מהוות מקור מרכזי לפליטת חלקיקים. בשל כך, יש לבחון את אופן הפחתת הפליטות ממחצבות ואת האמצעים הקיימים בעולם להפחתת הפליטות מסקטור זה. לצורך כך יגבש המשרד תכנית פעולה ייחודית להפחתת פליטות ממגזר המחצבות תוך כדי שיפור בסיס הידע הקיים והעמקתו בכל הנוגע לפליטות חלקיקים ממחצבות.
- מגזר ייצור חשמל מהווה גם הוא תורם מרכזי להפחתת פליטות. הפחתת הביקושים לחשמל על ידי יישום של אמצעי המדיניות המוצעים בתכנית מביאה להפחתה וודאית בפליטות כתלות ברמת הירידה בביקושים. בנוסף יש להמשיך ולקדם את התקנת סולקנים ואמצעי הפחתת פליטות כפי שנגזר מהוראות אישיות לחברת החשמל, בעניין התקנת אמצעים להפחתת פליטות מתחנות כוח פחמיות קיימות.
- תעשייה – יש להמשיך את הטיפול במפעלים במסגרת מדיניות המשרד להגנת הסביבה בדבר הפחתת פליטות מתעשייה לרבות מקורות פליטה טעוני היתר פליטה לפיה חוק ואף להחמיר את הדרישות במפעלים אשר מביאים לריכוזים חריגים בסביבה.
- גז טבעי – יש לקדם את פריסת רשת החלוקה של הגז הטבעי למרכזי התעשייה הגדולים ככל הניתן כך שמפעלים יעברו לשימוש בגז טבעי אשר הינו ידידותי לסביבה יותר מאשר הדלקים הנפוצים כיום בעיקר מזוט וסולר.

- תחבורה – ההתקדמות הטכנולוגית של ציי הרכב צפויה להביא לירידה בפליטות מכל כלי-רכב לצד עלייה בנסועה הכללית בארץ. עדיין צפויה פליטת מזהמים משמעותית מכלי תחבורה אשר תנבע מעלייה צפויה בגודש התנועה. יש לפעול ליישום אמצעי ההפחתה המוצעים בתכנית בתחום התחבורה כגון גריטת כלי רכב ישנים ומזהמים (למטרת הפחתת החלקיקים התכנית לגריטת כלי רכב מסחריים המונעים בדיול הינה משמעותית ביותר), תכניות עידוד למעסיקים להפחתת זיהום האוויר מנסועת עובדיהם, מתן תמריצים למוניות "נקיות יותר" ושאר הצעדים המוצעים בתחום התחבורה.

7.2.2 ניתוח מצב איכות אוויר עבור אוזון

7.2.2.1 תמונת מצב בשנות היעד ללא אמצעי מדיניות נוספים (תרחיש "עסקים כרגיל")

- ריכוזי הרקע של אוזון בישראל מוערכים בכ- 100 מק"ג/מ"ק השווים לערך היעד.
- ריכוזי האוזון הנמדדים בתחנות הניטור נמצאו כגבוהים מערך היעד כמעט בכל חלקי הארץ ונעים בין כ- 62 חל"ב (כ- 130 מיקרוגרם למ"ק) לבין הריכוז המרבי שנמדד – 88 חל"ב (כ- 170 מיקרוגרם למ"ק). הריכוזים הגבוהים ביותר נמדדים באזור גוש עציון, דרומית לירושלים.
- תוצאות המודל בשנות היעד, לפי תרחיש BAU מצביעות גם הן על ריכוזים גבוהים מערך היעד כמעט בכל חלקי הארץ בשנות היעד.
- לפי תרחיש BAU הירידה בריכוזי האוזון צפויה להיות קטנה ולהימצא בעיקר בחלקה הדרומי של ישראל.

7.2.2.2 מקורות פליטה עיקריים, ואמצעים להפחתת פליטות

- אוזון הינו מזהם שניוני הנוצר בתהליך פוטוכימי בנוכחות תחמוצות חנקן ו-NM VOC באטמוספירה.
- מקורות הפליטה העיקריים של תחמוצות חנקן הם ייצור חשמל, תחבורה ושריפת דלקים בתעשייה. מקור הפליטה העיקרי של NM VOC לפי מצאי הפליטות הוא השימושים הביתיים בחומרים המכילים NM VOC, כגון חומרי ניקיון, הדברה, קוסמטיקה, צבע ועוד.
- אמצעי המדיניות שנבחנו במסגרת העבודה ושמטרתם הפחתה נוספת של ריכוזי האוזון בסביבה הם :
 - הפחתת פליטת NOx – במגזר ייצור החשמל באמצעות צמצום הביקוש לחשמל ובמגזר התחבורה הפחתת פליטות באמצעות צעדים לעידוד רכישת רכבים הפועלים על דלקים "ידידותיים" יותר לסביבה, גריטת כלי רכב ישנים ומזהמים ומכלול צעדים להפחתת הנסועה.
 - הפחתת פליטות NM VOC: במגזר משקי הבית סקר שימושים ביתיים שמטרתו להביא ליישום צעדים להפחתת פליטות NM VOC משימושים ביתיים, בתעשייה גיבוש תכנית פעולה להפחתת הפליטות.
- ההפחתה האמורה בפליטה תורמת לירידה מסוימת בריכוזי האוזון. הירידה בריכוזים ניכרת בעיקר בדרום הריכוזים המחושבים עדיין גבוהים מערכי היעד.
- מניתוח תוצאות תרחיש "יישום צעדי מדיניות" עולה כי נוכחות תחמוצות חנקן ו-NM VOC באטמוספירה עדיין גדולה מספיק על מנת לייצר ריכוזי אוזון גבוהים מערכי היעד. על כן נדרשת הפחתה נוספת ומשמעותית יותר של מזהמים אלה בעיקר באזורי מישור החוף והשפלה.

- ניתוח תוצאות המודל עבור תרחיש "יישום אמצעי מדיניות" מעלה כי אין שינוי רב בריכוזי האוזון לאורך ריכוזי האוכלוסייה הגדולים לאורך החוף (ראה סעיף 7.2.2.3). על כן ההבדלים בהשפעות הבריאותיות בין תרחיש "עסקים כרגיל" לבין תרחיש "אמצעי מדיניות" אינם משמעותיים. ריכוזי האוזון הצפויים בשנות היעד של התכנית מוצגים בסעיף 4.5.2.5.

7.2.2.3 המלצות

- ריכוזי האוזון הגבוהים כיום ובשנות היעד של התכנית מחייבים את העמקת הטיפול במזהם זה. על פי תוצאות המודל ריכוזים גבוהים של אוזון מתקבלים למרות הפחתה בפליטות מבשרי האוזון, NOx ו-NM VOC. על כן יש להמשיך ביישום צעדי להפחתה נוספת משמעותית של מזהמים אלו בכל הסקטורים.
- הרחבת בסיס הידע בנוגע לתת-קבוצות החומרים הנחשבים כ- NM VOC בהתאם לרמת הריאקטיביות שלהם ולפוטנציאל ליצירת אוזון. זאת לשם מיקוד הפחתת פליטות NM VOC באופן שיצמצם יצירה של מזהם האוויר אוזון.

7.2.2.4 כימות ההשפעות הבריאותיות של אוזון בתרחיש "אמצעי מדיניות"

ניתוח תוצאות המודל עבור תרחיש "אמצעי מדיניות" מעלה כי אין שינוי רב בריכוזי האוזון באזור ריכוזי האוכלוסייה הגדולים לאורך החוף (ראה סעיף 7.2.2.3). על כן ההבדלים בהשפעות הבריאותיות בין תרחיש "עסקים כרגיל" לבין תרחיש "אמצעי מדיניות" אינם משמעותיים. ריכוזי האוזון הצפויים בשנות היעד של התכנית מוסברים ומפורטים בסעיף 4.5.2.5.

7.2.3 ניתוח מצב איכות אוויר עבור SO₂

7.2.3.1 תמונת מצב בשנות היעד ללא אמצעי מדיניות נוספים (תרחיש "עסקים כרגיל")

- נתוני הניטור לשנת 2010 מצביעים על כך שבכמעט מחצית מתחנות הניטור המודדות SO₂ נמדד ריכוז מרבי הגבוה מערך היעד היממתי.
- הרצות המודל בוצעו על ארבעה אזורים בארץ בהם קיים פוטנציאל זיהום גבוה ביותר של SO₂. האזורים הם: חיפה, חדרה, אשקלון ואשדוד.
- תוצאות המודל לפי תרחיש "עסקים כרגיל" מצביעות על כך שבשנת 2015 צפויים להיות ריכוזים גבוהים מערכי היעד בכל האזורים שנבדקו.

7.2.3.2 מקורות פליטה עיקריים, ואמצעי הפחתה שהורצו במודל בתרחיש "אמצעי מדיניות"

- מקורות הפליטה העיקריים הם ייצור חשמל ותעשייה. שני מגזרים אלה מטופלים כיום, ע"י המשרד להגנ"ס, בין היתר באמצעות צווים אישיים, תנאים ברישיונות עסק ובעתיד ע"י היתרי פליטה.
- לצורך הפחתת פליטות נוספת מעבר לזו הצפויה לפי התנאים הקיימים נבחנה ההשפעה של אמצעים נוספים על הפליטה והריכוזים בסביבה.

- אמצעי המדיניות שנבחנו במסגרת עבודה זו צפויים להוביל להפחתת פליטות נוספת, מעבר לזו הצפויה לפי תרחיש BAU. במגזר ייצור החשמל – בעיקר ע"י צמצום הביקוש, במגזר התעשייה בעיקר ע"י עידוד מעבר לשריפת דלקים נקיים יותר מאשר אלו שבהם נעשה שימוש היום.
- תוצאות הרצת המודל בתרחיש "יישום אמצעי מדיניות" מראות הפחתה משמעותית בריכוזים בסביבה. בעקבות הפחתת הפליטות מייצור חשמל ומפעלי תעשייה, צפויה הפחתה בריכוזים. הירידה בריכוזים משמעותית במיוחד בסביבת חדרה, אשדוד ואשקלון.
- יישום אמצעי ההפחתה שנבחנו במסגרת התוכנית הלאומית צפוי להוביל להפחתה בריכוזים בסביבה מתחת לערכי היעד בחדרה, אשדוד ואשקלון.
- ניתוח תוצאות הרצת המודל בתרחיש "יישום אמצעי מדיניות" לאזור חיפה מצביע על כך שלמרות הפחתת הפליטות עדיין צפויים ריכוזים מעל ערך היעד.
- מניתוח תוצאות תרחיש "יישום צעדי מדיניות" עולה כי התורם העיקרי להיווצרות הריכוזים הגבוהים באזור חיפה הם מפעלי התעשייה במפרץ חיפה.

7.2.3.3 המלצות (SO₂)

- יש להמשיך ביישום מדיניות המשרד בנוגע לפליטות של SO₂.
- בנוסף, יש להחמיר את התקינה של פליטות SO₂ משריפה דלקים בתעשייה על מנת להוריד את רמת הריכוזים בסביבה. על פי תרחיש "יישום צעדי מדיניות" הפחתת הפליטות של SO₂ מביאה לשיפור ניכר באזורים שנבחנו.

7.2.4 ניתוח מצב איכות אוויר עבור NO₂

- נתוני תחנות הניטור מהשנים 2008-2010 מראים כי ברוב חלקי הארץ יש עמידה בערכי היעד השנתיים והשעתיים של NO₂. עם זאת נראה כי הריכוזים הנמדדים בתחנות הניטור התחבורתיות מציגים מצב שונה בו נמדדות מספר רב ש לריכוזים גבוהים מערכי היעד. ניתוח נפרד של התחנות הכלליות ושל התחנות התחבורתיות מעלה כי באזורים העירוניים בכלל ובפרט בחולון, תל אביב וירושלים יש ריכוזים גבוהים של NO₂ שמקורם כפי הנראה מתחבורה.
- הרצת מודל ה-FARM לאזור גוש דן לפי הנחות BAU בשנות היעד מצביעה על ריכוזים נמוכים מערך היעד בכל גוש דן.
- על סמך תוצאות אלו ניתן להניח ירידה משמעותית בריכוזים של חנקן דו-חמצני גם במרכזי ערים אחרות בשנות היעד של התכנית.

7.2.5 ניתוח מצב איכות אוויר עבור המזהמים כספית, עופרת, בנזן ו-1,3-בוטאדיאן

כספית ועופרת

- מקורות הפליטה העיקריים של כספית עופרת הם תהליכי ייצור בתעשיית המתכות ושריפת פחם לייצור חשמל.
- על פי תוצאות המודל לא צפויות חריגות מערכי היעד לגבי מזהמים אלו. עם זאת יש לציין שקיים מחסור בדיגומים המאפשרים תיאור תמונת מצב מהימנה לגבי מזהמים אלו.
- על מנת לעקוב אחר ריכוזי המזהם בסביבה מומלץ להרחיב את היקף הדיגום התקופתי בכל הנוגע לכספית ועופרת בעיקר באזורים הקרובים למקורות הפליטה של מזהם זה: תחנות כוח ואזורי תעשייה.

בנזן ו-1,3-בוטאדיאן

- מקורות הפליטה העיקריים לבנזן ובוטאדיאן הינם פליטות מכלי-רכב.
- דיגום מזהמים אלו לשנת 2010 מצא אזורים בהם ישנה חריגה מערכי היעד.
- תוצאות המודל לשנות היעד של התכנית מצביעות על ירידה משמעותית בפליטות מזהמים אלו כתוצאה מהפחתת הפליטות מתחבורה הנובעות מהצעת גיל כלי הרכב והשיפור הטכנולוגי.
- קיים חוסר בדיגומים אלו שאינו מאפשר מתן תיאור איכות אוויר מהימנה באופן מספק. מומלץ להרחיב את היקף מערך הניטור בכל הנוגע למזהם זה בעיקר במרכזי הערים ובאזורים אחרים מאוכלסים בהם קיימת תנועה גדולה של כלי-רכב וגודש קבוע.
- אמצעי הפחתת הפליטות שנבחנו במסגרת התכנית הלאומית לסקטור התחבורה, צפויים לתרום בעקיפין להפחתה נוספת בפליטות של מזהם זה.

7.3 ההשפעות הבריאותיות והכלכליות של זיהום האוויר בישראל

המשמעות הכלכלית של השפעות בריאותיות בעקבות ריכוזי חלקיקים ואוזון מעל ערכי היעד כומתו לשנים 2015 ו-2020 והן נאמדו ב- 7.8 מיליארד ₪ בשנת 2015 וב- 8.5 מיליארד ₪ בשנת 2020. הערכה זו התקבלה על סמך כימות השפעות בריאותיות שונות כגון: תמותה, אשפוזים קרדיווסקולאריים ונשימתיים, עליה בתחלואת אסטמה וכו'.

טבלה 40 : סיכום התחשיב הכלכלי של ההשפעות הבריאותיות

שנה	השפעה בריאותית	מספר מקרים (לשנת חריגה מערכי היעד)	ערך כלכלי למקרה (ערך מרכזי, ₪)	סך כל הנזק הכלכלי (₪)
2015	PM _{2.5} – תמותה כרונית	27,860 (שנות חיים)	280,000 (לשנת חיים)	7,800,913,639
	PM _{2.5} – תמותה מסרטן ריאות	166.8	לא כומת	לא כומת
	PM _{2.5} – תמותה ממחלות לב איסכמיות	448.11	לא כומת	לא כומת
	PM ₁₀ – מוות בטרם עת (אקוטית)*	149.2	280,000 (לשנת חיים)	41,786,784
	PM ₁₀ – אשפוזים קרדיווסקולאריים	53.9	8,997	475,762
	PM ₁₀ – אשפוזים נשימתיים	396.5	8,946	3,546,706
	PM ₁₀ – אסטמה (ימי שימוש בתרופות)	2,229.7	280	624,316
	אוזון – מוות בטרם-עת (אקוטית)	20.82	280,000 (לשנת חיים)	5,832,056
	אוזון – אשפוזים נשימתיים	44	8,946	390,494
	סה"כ			7,811,782,973
2020	PM _{2.5} – תמותה כרונית	30,310 (שנות חיים)	280,000 (לשנת חיים)	8,486,922,466
	PM _{2.5} – תמותה מסרטן ריאות	156.6	לא כומת	לא כומת
	PM _{2.5} – תמותה ממחלות לב איסכמיות	422.42	לא כומת	לא כומת
	PM ₁₀ – תמותה בטרם עת (אקוטית)*	135.3	280,000 (לשנת חיים)	37,892,197
	PM ₁₀ – אשפוזים קרדיווסקולאריים	47.9	8,997	431,247
	PM ₁₀ – אשפוזים נשימתיים	359.5	8,946	3,216,148
	PM ₁₀ – אסטמה	2,021.6	280	566,048
	אוזון – מוות בטרם-עת	26.7	280,000 (לשנת חיים)	7,477,396
	אוזון – אשפוזים נשימתיים	56	8,946	500,641
	סה"כ			8,499,113,647

7.4 אמצעי מדיניות שנבחנו בתכנית

אמצעי המדיניות שנבחנו בתכנית הלאומית מוצגים בטבלה להלן. כלל האמצעים שנותחו אוגדו לכדי תמונה משקית כוללת המייצגת את פוטנציאל ההפחתה הגלום ביישומם.

טבלה 41: אמצעי מדיניות שנבחנו במסגרת התכנית

סקטור	צעד מדיניות	המזהמים המטופלים בתכנית שיופחתו כתוצאה מצעד המדיניות שנבחן
אנרגיה	החלת תעריף תעו"ז למשקי בית	NOx, PM ₁₀ , SO ₂
	החלת תעריף דיפרנציאלי לצרכן בהתחשב בעלויות חיצוניות של זיהום אוויר	
	הפנמת עלויות חיצוניות בשיקולי העמסת יחידות הייצור של מנהל המערכת	
	קידום הקמת מתקני קוגנרציה ותשתית חלוקת הגז	
	קידום התקנת תשתית מערכת חכמה (smart grid)	
תעשייה	העמקת הטיפול במפעלים אשר מהווים גורם זיהום משמעותי	NOx, PM, SO ₂
	איסור שימוש במזוט לדודים בעלי הספק תרמי של עד 1 MW	NOx, SO ₂
	קביעת תקן לפליטת SO ₂ לדודים בהספק תרמי 1-50 MW	SO ₂
	עידוד ותמיכה בהתקנת מיזוג אוויר סולארי בתעשייה, מסחר ובמבנים ציבוריים	NOx, PM ₁₀ , SO ₂
	הפנמת שיקולים סביבתיים בתכנית משרד התמ"ת להקמת מפעלים בפריפריה	כלל המזהמים
	קביעת מס דיפרנציאלי על מזוט כך שישקף את ההשפעות הסביבתיות של השימוש בדלק זה.	SO ₂ , NOx
	גיבוש תכנית פעולה להפחתת פליטות חלקיקים ממחצבות	PM ₁₀
	טיפול ממוקד בהפחתת פליטות NMVOC's ממוקדי תעשייה	NMVOC
תחבורה	הרחבת תכנית לעידוד גריטת כלי-רכב פרטיים ישנים	1,3 Butadiene, בנזן, NOx, PM ₁₀ , SO ₂ , NMVOC, PM _{2.5}
	החלת תכנית לגריטת כלי-רכב מסחריים ישנים במשקל עד 3.5 טון המונעים בדיל	
	חיוב ותקצוב רכישת אוטובוסים עירוניים מופחתי זיהום לתחבורה ציבורית	
	ביצוע פרויקט חלוף להנעת שלושה אוטובוסי תחבורה ציבורית בגז טבעי דחוס	
	הכרה בפחת מואץ למוניות מופחתות זיהום	
	קביעת תכנית לצמצום הנסועה של רכבי ליסינג ועידוד השימוש ברכבי ליסינג מופחתי זיהום	
	החלת תכנית מענקים למעסיקים להפחתת זיהום אוויר מנסועות יוממים	
	קביעת שיטת תגמול חלופית ושוות ערך להטבת אחזקת רכב לעובדים הזכאים לכך מהמעסיק ללא הוכחת בעלות	
	קביעת תעריפים למתן עדיפות לכלי-רכב בעלי מספר נוסעים גבוה ולתחבורה ציבורית בכבישי אגרה	
משקי בית	הכנת תכנית ייעודית לטיפול בפליטות NMVOC's בקרב משקי הבית	כלל המזהמים

**נספח 1: צוות עבודה בנושא – צעדי מדיניות של משרד התחבורה עבור התכנית
הלאומית לצמצום זיהום האוויר**

הנספח מצורף בקובץ נפרד



כ"ב בתמוז, התשע"א
24 יולי 11

סימוכין: 33884711
תיק: 4.1

צוות עבודה בנושא –

צעדי מדיניות של משרד התחבורה

עבור התכנית הלאומית לצמצום זיהום אוויר

כתבו –

- גב' עמליה פדון ומר אבי ירושלמי – אגף בכיר תכנון כלכלי
- גב' אסתר אלבאום אהד – אגף בכיר תכנון תחבורתי
- מר עידן עבודי – אגף הרכב

מדינת ישראל
משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים



רקע

1. משרד התחבורה והבטיחות בדרכים מופקד על מכלול הנושאים הקשורים לתנועה, הובלה, תפעול ותחזוקה של רכב במדינת ישראל.
2. מערכת התחבורה משמשת כחוליה מקשרת בין מוקדי פעילות חברתיים וכלכליים שונים, ומהווה בסיס חיוני לצמיחת המשק ושיפור איכות החיים. מערכת זו בעלת זיקה וקשרי גומלין הדוקים עם ענפי משק אחרים. מכאן, שפיתוח הענף ושיפור יעילותו משליכים ישירות לא רק על ענף התחבורה אלא אף תורמים לקידום ענפי המשק האחרים.
3. מדיניות המשרד הינה להבטיח ניידות ונגישות למשתמשים מתוך כוונה למזער ככל האפשר את ההשפעות השליליות הנובעות מהפעילות התחבורתית בהתייחס לגודש ותאונות דרכים, והשפעות סביבתיות שליליות כולל זיהום אוויר, רעש ועוד.
4. תחום הטיפול באיכות האוויר תופס מקום חשוב ומרכזי בעולם ובישראל. תחום זה מושפע מתחומי טיפול מרכזיים נוספים. הגידול בכמות כלי הרכב, צפיפות התנועה הגדלה באזורים עירוניים במיוחד, הצורך בשמירת הסביבה ובעיות הבטיחות בדרכים, מחייבים פעילות רב תחומית הנעשית בו זמנית.
5. הכלים המרכזיים ברשות הממשלה ומשרד התחבורה, למזעור ההשפעות השליליות של התחבורה, הינם: פיתוח תשתיות בדגש על פיתוח מערכות להסעת המונים, עידוד שימוש בתחבורה ציבורית ושימוש בכלים תכנוניים, רגולטורים ופיסקליים להבטחת פעילות תחבורתית באמצעי תחבורה פחותי זיהום (מיסוי ירוק, תקן דלק, תקני רכב ופליטה ואמצעי פיקוח ובקרה).
צעדי מדיניות מרכזיים:
 - א. כלים תכנוניים
 - ב. פיתוח מערכות להסעת המונים ועידוד השימוש בתחבורה ציבורית
 - ג. שיפור הפיתוח והשימוש בתשתית מערכת הכבישים



ד. בתחום הרכב ותפעולו: תקני רכב ודלק מתקדמים, עידוד שימוש ברכב "ירוק", תפעול "ירוק" של הרכב ועידוד פעילות לא מוטורית (הליכה, אופניים ועוד).

א. כלים תכנוניים

תכנון המערכת התחבורתית במשולב עם שימושי קרקע הינו כלי מרכזי ליצירת מערכות תחבורתיות ואורבניות יעילות התורמות לשיפור איכות החיים והסביבה. משרד התחבורה בשיתוף עם גורמי תכנון אחרים פועל לקידום ויישום תוכניות מגוונות שמטרתן, בין השאר, הפחתת זיהום האוויר. תכנון זה נעשה ברמות: ארצית, אזורית ומקומית. בין התוכניות המרכזיות ניתן לציין את:

תמ"א 42 - תכנית מתאר משולבת לדרכים לאופק 2020-2040, שמחליפה תכניות קודמות (תמא 3 לכבישים, תמ"א 23 למסילות ברזל תמ"א 23 לרכבות קלות ועירוניות). התכנית מבוצעת במשותף ע"י משרד התחבורה ומשרד הפנים באמצעות צוות רב תחומי. מטרת התכנית לשמר זכויות דרך לרשת הדרכים שתידרש בעתיד, תוך הבטחה של תכנון בר קיימא לרבות מזעור של פגיעה באיכות הסביבה.

תכנית אב לתחבורה: קביעת עקרונות המדיניות והתכנון של משרד התחבורה לאופק של שנת 2040 בהתחשב בצרכים העתידיים ותוך הבטחה של פיתוח בר קיימא כולל מיזעור נזקים סביבתיים וניצול מיטבי של מערכות התחבורה.

תכנון תחבורה עירונית - הנחיות לתכנון "הסדרה הירוקה"

תכנון זה מתייחס לתכנון מרקמים עירוניים חדשים ושדרוג מתחמים עירוניים קיימים ומבוצע ע"י משרד התחבורה ומשרד השיכון. המדובר בתכנון התשתית התחבורתית והסביבה העירונית, תוך השגת האיזון הנכון בין מגוון פעילויות הרחוב, שאמור להביא שירות ורווחה לתושבים בהיבטי העברת תנועת כלי הרכב,

מדינת ישראל
משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים



הולכי רגל ואופניים, בהתחשב באיכות הסביבה, בטיחות בדרכים וברצון התושבים והקהילה.

תכנית אב מטענים

מבוצעת בשלב זה במשרד התחבורה עבודה בנושא תכנית אב מטענים שכוללת גם התייחסות למיזעור ההשפעות השליליות של הובלת המטענים בתחום הסביבה והבטיחות, כולל זיהום אויר.

חניה ומרכזי תחבורה משולבים (מתחמי"ם)

פיתוח מתחמי"ם (מרכזי תחבורה משולבים) לשיפור הממשק בין אמצעי תחבורה שונים כולל רכב פרטי ותח"צ.

יצירת חניוני חנה וסע הקפיים צמודי מתחמי"ם

בניית תכנית לתקני חנייה, כולל צמצום תקני חנייה במקומות בהם יש נגישות משופרת של תח"צ בדגש על מערכות להסעת המונים



ב. פיתוח מערכות להסעת המונים ועידוד השימוש בתחבורה ציבורית

רכבות קלות וחשמליות, לשדרוג של כלל מערכת התחבורה הציבורית, בניית חלופה ראויה לרכב הפרטי, ומתן שירותי תחבורה ברמת איכות סביבה טובה יותר ממערכת התחבורה הציבורית הקיימת. המערכת הראשונה נמצאת בביצוע בעיר ירושלים, ובשנת 2007 נבחר זכיין שיקים את הקו הראשון במטרופולין תל אביב. במקביל מקודם התכנון לקווים נוספים במטרופולינים השונים. **רכבת**, קיימת תכנית פיתוח רב שנתית לרכבת ישראל לשנים 2003-2017 המהווה קפיצת מדרגה מבחינת סדר העדיפויות של הממשלה ומשרד התחבורה. התכנית נועדה לשפר בצורה משמעותית את רמת השירות בתחבורה הציבורית, ובכך להסיט תנועה מכבישים לאמצעי שהנו יעיל גם מבחינה סביבתית.

חשמול רכבת ישראל - חשמול הקווים המרכזיים של רכבת ישראל לאורך 420 ק"מ בעיקר בצירים מטרופוליניים, דבר שיפחית בצורה משמעותית את רמת זיהום האוויר והרעש ויתרום באופן ישיר ועקיף לשיפור רמת השירות, להעלאת רמת שביעות הרצון של הנוסע, להגדלת התועלות של שירות מסילתי ולהגדלת הביקושים לשירותי הרכבת.

עידוד התחבורה הציבורית

1. מערכות להסעת המונים - הקמת מערכות שישפרו בצורה ניכרת את רמת השירות למשתמשים. המטרה היא שמערכות אלה יסיטו בצורה משמעותית את התנועה מכלי רכב פרטיים ואמצעי תחבורה ציבורית אחרים, למערכת יעילה מבחינה סביבתית המשפרת את רמת הניידות והנגישות לכלל האוכלוסייה.

2. תעבורת אוטובוסים מהירה (BRT) - יצירת נתיבים ייעודיים לתחבורה ציבורית מהירה ונקייה ככל הניתן, בעיקר במרכזי הערים הגדולות.

מדינת ישראל
משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים



משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים

3. **רשות תחבורה ציבורית - שיפור ניהול התחבורה הציבורית באמצעות הקמת רשות לתחבורה ציבורית ארצית ורשויות מחוזיות תוך שיתוף מוגבר של רשויות מקומיות והמשתמשים.**

4. **אמצעים נוספים**

- א. הקצאת נתיבים יעודיים לאוטובוסים ותח"צ אחרת.
- ב. הפעלת הסעים מאורגנים (שאטלים) למקומות העבודה בשיתוף עם חברות התחבורה הציבורית.
- ג. הפחתה בתקני חניה באזורים המשורתים על ידי תחבורה ציבורית רבת קיבולת.



ד. שיפור הפיתוח והשימוש בתשתית מערכת הכבישים

תחום התשתית: פיתוח מערכות דרכים עירוניות ובינעירוניות, שמטרתן לשפר את זרימת התנועה ואת הנגישות תוך שמירה על רמת בטיחות גבוהה ככל שניתן, והקמת מחלפים והפרדות מפלסיות למניעת עיכובים ועצירות ועוד.

בקרת נתיבים - שימוש באמצעים הנדסיים לשיפור זרימת התנועה המשפיעים באופן ישיר או עקיף להפחתת פליטות מכלי רכב למשל, שיפור הזרימה באמצעות "גל ירוק" לצמצום האטות והאצות, בקרת רמזורים ממוחשבת במטרופולינים לחלוקת זמנים אופטימאלית לפי נפחי התנועה, "**נתיב מהיר**" – הנתיב המהיר בכביש מספר 1 בכניסה לת"א בא לשלב רעיון אגרת הגודש יחד עם מגמת העדיפות לתחבורה ציבורית. במתכונת זו ניתנת לקוי התחבורה הציבורית כניסה חינם. על מנת לשמור על מהירות הנסיעה, זרימה ורמת שרות סבירים מתבצע עדכון מחירים – בזמן אמת – אשר במסגרתו המחיר עולה כאשר הנפח בנתיב גבוה ולהפך. המטרה היא לעודד שימוש בתח"צ על ידי העדפתו ועידוד ה - CarPool על ידי מתן שימוש חינם לרכב פרטי בעל תפוסה של 4+ נוסעים בנת"צ. משרד התחבורה מתכנן הקמת נתיבים מהירים נוספים.

קביעת מדרג מהירויות ברשת הדרכים בישראל - מהירות הנסיעה בדרך היא אחד המאפיינים החשובים ביותר בכל שלבי התכנון, התפעול והאחזקה של רשת הדרכים. המהירות קשורה להגדרת המדרג התפקודי של הדרכים, המאפיינים הפיסיים והסדרי התנועה בדרך.

מהירויות נסיעה גבוהות יותר, מחד, מקצרות את זמני הנסיעה ובכך תורמות להתפתחות הכלכלית ולשיפור איכות החיים. מאידך, למהירויות גבוהות יש השפעות שליליות, בעיקר בהקשר של הרעת הבטיחות, פגיעה באיכות הסביבה (רעש, זיהום אוויר), ופגיעה באיכות החיים באזורים העירוניים.

מדינת ישראל
משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים



משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים

יצירת מדרג ברור במהירויות בין דרכים בעלות רמת בטיחות גבוהה ותנאי זרימה טובים, הנושאים את מירב התנועה ורמת אחזקה גבוהה, ובין דרכים בעלות מאפיינים נמוכים יותר, שבעיקרן הן כבישים מקומיים ואזוריים חד-מסלוליים, עם נפחי-תנועה נמוכים יביא לשיפור באיכות הסביבה באזורים השונים.

ניהול ביקושי תנועה

הדרישה להקטנת השימוש ברכב מנועי אינה דרישה גורפת לכל מגוון סוגי הנסיעות אלא לנסיעות המתבצעות בשעות ובאזורים גדושי תנועה. האמור יבוצע באמצעות האמצעים הבאים –

- איסור תנועת כלי רכב כבדים על צירים מרכזיים בשעות שיא התנועה בבוקר והפנייתם לצירי תנועה עוקפים.
- הכוונת תנועה ומידע סלולרי על עומסים.
- בחינת חלופות לייקור נסיעה מוטורית בשעות ובאזורי גודש בדגש על אזורים עירוניים צפופים.
- סגירת רחובות במרכזי הערים בשעות העמוס לתנועת כלי רכב פרטיים.
- הכשרת שבילי אופניים לאורך דרכים עירוניות ובינעירוניות.
- עידוד פרויקט השכרת אופניים ברשויות מקומיות.



ה. בתחום הרכב ותפעולו:

תקני רכב ודלק מתקדמים, עידוד שימוש ברכב "ירוק", תפעול "ירוק" של הרכב ועידוד פעילות לא מוטורית (הליכה, אופניים ועוד).

בתחום הרכב

באוקטובר 2007 התקבלה החלטת ממשלה "הפחתת זיהום אוויר מכלי רכב" הכוללת דרכים להפחתה וצמצום פליטות מכלי רכב, בין היתר, יישום בדיקות מתקדמות בעת מבחן הרישוי השנתי לכלי רכב בנזין ודיזל, גריסת כלי רכב ישנים, תוכנית לעידוד עובדים לצמצום השימוש ברכב הפרטי ומעבר לשימוש בתחבורה הציבורית ועוד.

1. התפתחות טכנולוגית

1.1. תקינה מחמירה ועדכנית- משרד התחבורה אימץ את התקינה האירופית בכללותה, דרישות החובה המציב משרד התחבורה כתנאי לייבוא כלי רכב מעודכנות מדי שנה על פי הדרישות המחמירות ביותר הנהוגות באירופה.

1.2. קביעת דרישות מחמירות, כאלה הנהוגות באירופה, לרמת הזיהום הנפלטת מכלי רכב בנזין ודיזל בעת מבחן רישוי השנתי

1.3. מתן תמריצים כלכליים לעידוד והטמעה מהירה של אמצעים טכנולוגיים המשפרים הנצילות והיעילות האנרגטית של כלי רכב עוד בטרם לתאריך היישום הרשמי.

1.4. בחינת טכנולוגיות הינע ודלקים חלופיים- האגף יעודד וייעתר לאישורם של ביצוע מבחני חלוץ שביכולתם לתרום לקבלת מסקנות שיהיה בהן בכדי לבחון את טכנולוגיות הנעה חדשות, ההשפעות הסביבתיות, התשתיות הנדרשות לשימוש רחב בטכנולוגיות הנבחנות, וקידום תהליכי תקינה ורישוי של כלי רכב המונעים בעזרתן. עם זאת על משרד התחבורה מוטלת האחריות לשמירה על בטיחותם של כל משתמשי הדרך ותקינות כלי הרכב.



1.5. רכב חשמלי- המעבר לרכב חשמלי דורש התגברות על אתגרים טכנולוגיים כמו גם חציית מכשולים שיווקיים. משרד התחבורה ומשרדי הממשלה הרלוונטיים זיהו את קשיי ההתאקלמות הצפויים לרכב החשמלי ומיהרו לפעול מבעוד מועד להכנת התשתית הדרושה להטמעה מהירה של הטכנולוגיה החדשה. הטבות מס, כגון "המיסוי הירוק" שהוחל בישראל מאז 2009 ומעודד רכישה ושימוש ברכב נטול פליטות, הינן תמריץ ישיר היכול לעודד את כניסת הרכב החשמלי לשוק. אך יחד עם זאת יש לעזור באימוץ והשתלבות טכנולוגית ההנעה החשמלית ע"י יצירת התנאים הדרושים ומניעת חסמים כגון הכנת תשתיות הטעינה, גיבוש התקינה, וקביעת נהלי טיפול ותחזוקה. העבודה לקביעת התקנים והנהלים לרכב חשמלי כבר בעיצומה. כמו כן נקבעים הקריטריונים בנוגע להסמכות המקצועיות הדרושות לטיפול ברכבים חשמליים. במשרד התחבורה מכירים בכך שעידוד המעבר לרכבים היברידיים וחשמליים יגדיל השימוש בהם, הטכנולוגיה תלך ותבשיל, מחירם יוזל, והשימוש בהם יואץ.

1.6. מחקר ופיתוח- מדינת ישראל הינה מדינה עתירת ידע ומוכרת כמקור לחדשנות וכמרכז פיתוח בתחומי הפיזיקה, הכימיה, הביוטכנולוגיה, והחקלאות. החשיבות ההולכת וגדלה שבמציאת מקורות אנרגיה חלופיים לתחבורה פותחת בפני מדינת ישראל חלון הזדמנויות שיכול להוות כרטיס כניסה לענף הרכב העולמי.

ממשלת ישראל החליטה לנתב משאבים גדולים בכדי לגייס את מיטב המוחות לטובת פיתוח תחליפי נפט לתחבורה. בעוד שנושאי המחקר אינם מתחום ההתמקצעות של משרד התחבורה, ביכולתו של אגף הרכב לספק את תנאים בעשויים לעזור להצלחת המחקרים ולביסוס והטמעת הפתרונות הקשורים במעבר לדלקים וסוגי הינע חלופיים ע"י :

- הכשרת כוח אדם מקצועי לתחום מערכות רכב החל משלב לימודי התיכון ועד שלבי הלימודים הגבוהים לתחום לימודי הרכב.
- הקצאת שטחים לניסויים מעשיים.



1.7. כחלק מתוכנית BRT במטרופולין חיפה-המטרופוליטית, יבחנו שישה אוטובוסים בעלי הנעה היברידית, בתום תקופת מבחן בת שנה יישקל המשך שילובם של אוטובוסים היברידים בצי האוטובוסים העירוניים.

1.8. תחבורה ציבורית "נקייה" - יחד עם הכנסת כלי רכב "נקיים", משרד התחבורה משקיע מאמצים לפיתוח מערכות עתירות נוסעים המבוססות על כלי רכב ידידותיים לסביבה: **רכישת אוטובוסים משופרים**, החל ממרץ 2007 מפעילי התחבורה מצטיידים באוטובוסים העונים לתקני זיהום אוויר מחמירים יורו 4 ומעלה, ובמהלך 2008/9 נרכשו חלק מהאוטובוסים בעיקר בינעירוניים העונים לתקני יורו 5.

2. שינויי צריכה ושינויים התנהגותיים של ציבור הנהגים

2.1. **תמריצים כלכליים** - "המדד הירוק", שבמסגרתו ניתנות הטבות מס לכלי רכב עפ"י רמת המזהמים הנפלטת ממנו והקלות מס לכלי רכב נקיים במיוחד, נתן פירותיו כבר בשנה הראשונה מהחלתו. יש להמשיך ולעדכן את מנגנוני המיסוי על ידי כך שיעודדו את הציבור לבחירה בכלי רכב יעילים יותר מבחינה אנרגטית וידידותיים יותר לסביבה וכן מתאימים יותר לצרכיהם.

2.2. בימים אלא בוחן צוות בין משרדי ברשות משרד האוצר אפשרויות לשינויים בתשלומים על כלי רכב באופן שהתשלומים ישקפו טוב יותר את מידת הנזק העקיף ובכללותו הזיהום הנגרם בפועל כתוצאה מהשימוש ברכב. השינויים שיבחרו צפויים להביא להתייעלות תחבורתית ולהפחתת הגודש בדרכים ויהיה בהם משום תרומה חברתית-כלכלית-סביבתית רבה. גם בהסדר התשלומים החדש, בעלי כלי רכב פחותי פליטות ימשיכו ליהנות מהטבות ותמריצים.

2.3. **תוכנית נהיגה אקולוגית** - נהיגה חכמה ומתוכננת עשויה לחסוך 10-20% מצריכת הדלק והפחתה בפליטת המזהמים בהתאם. אימוץ סגנון נהיגה חכם יביא להפחתת העומסים המופעלים על מערכות הרכב. ישמור על בלאי נמוך של המערכות השונות ויתרום לשמירת הרכב במצב תחזוקתי טוב. נהיגה

מדינת ישראל
משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים



משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים

חסכונית ושקולה הינה בהחלט נהיגה בטיחותית יותר שכן היא מחייבת את הנהג לראייה רחבה של הדרך, לצפיית אירועים ולביצוע תכנון מקדים של תמרוני הנהיגה; הפחתת צריכת הדלק תהווה תמריץ מעודד. הדרכות נהיגה אקולוגית תשפרנה משמעותית את יכולות הנהיגה, של נהגים בעלי ניסיון ושל נהגים צעירים כאחד.

משרד התחבורה מוצא לנכון להקים מרכז הדרכה לנהיגה אקולוגית בדומה לאלה הפועלים באירופה. בהדרכות שיערוך מרכז ההדרכה יושם דגש על כך שנהיגה אקולוגית אינה נהיגה חסכונית בלבד, אלא נהיגה בטוחה והתנהלות אופטימאלית; הנהג ילמד להבחין בקשר שבין התייעלות ובטיחות וילמד להשתמש בכלי צריכת הדלק כמדד לשתי התכונות.

פעילות משרד התחבורה לעידוד והטמעת סגנון נהיגה חסכוני תעשה בשלושה מישורים:

א. בעת לימוד הנהיגה.

ב. הדרכות לנהיגה אקולוגית- ההדרכות יתמקדו בשלושה מגזרים בהתאם לרמת ההתייעלות הפוטנציאלית של כל אחד מהם:

- מגזר ציי הרכב הקל
- מגזר הרכב הפרטי
- מגזר ציי הרכב הכבד ובכללם אוטובוסים ורכבי הסעות.

שני האחרונים הינם בעלי פוטנציאל ההתייעלות הגבוה ביותר מאחר ולמנהלי ציי הרכב יש סמכות לדרוש מן הנהגים התייעלות.

ג. פרסום, הסברה כצעד מלווה לפעילות ההדרכה להגברת המודעות והטמעת השינויים בדפוסי הנהיגה.

ד. שימוש במערכות ניהול ציי רכב ומערכות ניטור נתוני נסיעה ככלי מעקב אחר דפוסי נהיגה ומתן הטבות לנהגים הנוהגים ברמה טובה.

מדינת ישראל
משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים



משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים

נספח 2: השוואה בין תוצאות הכימות הבריאותי של זיהום אוויר לבין התכנית הבריטית⁴⁶ ומחקר שנערך באיטליה⁴⁷

מסמך זה נכתב לאחר קבלת התוצאות של התחשיב הבריאותי בתכנית הלאומית לצמצום זיהום אוויר על מנת לבחון את התוצאות שהתקבלו בכימות הבריאותי בהשוואה לתוצאות מחקרים אחרים בין-לאומיים אשר עסקו גם הם בכימות ההשפעות הבריאותיות של זיהום אוויר על מנת לוודא שתוצאות אלה עולות בקנה אחד עם תוצאות אחרות. חשוב לציין שבשל המאפיינים השונים של כל מדינה (בעיקר שיעורי תמותה שונים והרכב אוכלוסייה שונה) התוצאות שמתקבלות אינן צריכות להיות זהות. השוואה זו באה על מנת לספק קנה מידה בלבד לתוצאות שהתקבלו בתחשיב הבריאותי שנעשה במסגרת התכנית הלאומית.

א. כללי

במסגרת התכנית הלאומית בוצע תחשיב כלכלי של השפעות בריאותיות של זיהום אוויר. תחשיב זה כלל הן כימות של ההשפעות הבריאותיות והן הערכה כלכלית של השפעות אלו. התחשיב בדק מהי העלות הכלכלית ("מחיר" ההשפעות הבריאותיות) של אי-עמידה בערכי היעד הקבועים בתקנות אוויר נקי בשנות היעד של התכנית 2015 ו-2020. הכימות הכלכלי התמקד בנוזקים של חלקיקים ($PM_{2.5}$, PM_{10}) ושל אוזון. ההשפעות הבריאותיות שנבחנו כללו הן השפעות שהן תוצאה של חשיפה ממושכת (תמותה כרונית) והן השפעות של חשיפה קצרת טווח (תמותה אקוטית, אשפוזים ואסטמה) רשימת ההשפעות הבריאותיות שנבחנו והמזהמים הרלוונטיים מופיעה בטבלה 42.

טבלה 42 : השפעות בריאותיות שנכללו בתחשיב הבריאותי

מזהם	השפעה
חשיפה ממושכת (השפעה כרונית)	
$PM_{2.5}$	תמותה כללית
$PM_{2.5}$	תמותה מסרטן ריאות
$PM_{2.5}$	תמותה ממחלות איסכמיות
חשיפה קצרת-זמן (השפעה אקוטית)	
PM_{10} , אוזון	תמותה כללית
PM_{10}	אשפוזים (מחלות לב וכלי-דם)
PM_{10} , אוזון	אשפוזים (מחלות נשימה)
PM_{10}	אסטמה

⁴⁶ The Air Quality Strategy for England, Scotland, Wales and North Ireland

⁴⁷ Health Impact of PM_{10} and Ozone in 13 Italian cities

להשפעות הבריאותיות שכומתו במסגרת התכנית בוצעה הערכה כלכלית על פי שיטות שונות. הערכה של מקרי מוות/אבדן שנות חיים נעשתה באמצעות קביעת ערך הסיכון הסטטיסטי של חי אדם בשיטת "נכוונות לשלם" ואילו במקרה של השפעות אחרות כגון אשפוזים ואסטמה בוצע תחשיב שהעריך גם עלויות נוספות כגון משאבים רפואיים, אבדן פריון ואבדן רווחה. התוצאות שהתקבלו מוצגות בטבלה 43.

טבלה 43 : סיכום ההערכה המוניטרית של ההשפעות הבריאותיות

שנה	השפעה בריאותית	מספר מקרים (לשנת חריגה מערכי היעד)	ערך כלכלי למקרה (ערך מרכזי, ₪)	סך כל הנזק הכלכלי (₪)
2015	PM _{2.5} – תמותה כרונית	27,860 (שנות חיים)	280,000 (לשנת חיים)	7,800,913,639
	PM _{2.5} – תמותה מסרטן ריאות	166.8	לא כומת	לא כומת
	PM _{2.5} – תמותה ממחלות לב איסכמיות	448.11	לא כומת	לא כומת
	PM ₁₀ – מוות בטרם עת (אקוטית)*	149.2	280,000 (לשנת חיים)	41,786,784
	PM ₁₀ – אשפוזים קרדיווסקולאריים	53.9	8,997	475,762
	PM ₁₀ – אשפוזים נשימתיים	396.5	8,946	3,546,706
	PM ₁₀ – אסטמה (ימי שימוש בתרופות)	2,229.7	280	624,316
	אוזון – מוות בטרם עת (אקוטית)	20.82	280,000 (לשנת חיים)	5,832,056
	אוזון – אשפוזים נשימתיים	44	8,946	390,494
	סה"כ			*7,811,782,973
2020	PM _{2.5} – תמותה כרונית	30,310 (שנות חיים)	280,000 (לשנת חיים)	8,486,922,466
	PM _{2.5} – תמותה מסרטן ריאות	156.6	לא כומת	לא כומת
	PM _{2.5} – תמותה ממחלות לב איסכמיות	422.42	לא כומת	לא כומת

37,892,197	280,000 (לשנת חיים)	135.3	PM ₁₀ – תמותה בטרם עת (אקוטית)*
431,247	8,997	47.9	PM ₁₀ – אשפוזים קרדיוסקולאריים
3,216,148	8,946	359.5	PM ₁₀ – אשפוזים נשימתיים
566,048	280	2,021.6	PM ₁₀ – אסטמה
7,477,396	280,000 (לשנת חיים)	26.7	אוזון – מוות בטרם-עת
500,641	8,946	56	אוזון – אשפוזים נשימתיים
*8,499,113,647			סה"כ

* הסיכום לא כולל השפעות תמותה אקוטית כתוצאה מחשיפה ל-PM₁₀ על מנת להימנע מספירה כפולה

מעיון בטבלה ניתן לראות שהנזק הבריאותי המשמעותי והחמור ביותר הן במונחים בריאותיים והן במונחי עלות כלכלית הוא אבדן שנות חיים כתוצאה מחשיפה ממושכת לחלקיקים נשימים עדינים (PM_{2.5}). מכיוון שהשפעה זו מהווה את עיקר העלות הכספית ההשוואה בין התוצאות בתכניות השונות תתמקד בהשפעה זו.

המקורות שנבחנו: לצורך ההשוואה עם התכנית הישראלית נבחנו שני מקורות נוספים: התכנית הבריטית לצמצום זיהום אוויר⁴⁸ משנת 2007 ומחקר על 13 ערים באיטליה משנת 2006⁴⁹. מכיוון שבכל מחקר שונה במקצת באופן הצגת הנתונים ומתודולוגיית הבחינה הכלכלית בוצע נרמול של התוצאות על מנת שניתן יהיה להשוות ביניהן באופן פשוט להבנה.

מתודולוגיית החישוב של אבדן שנות חיים: חשוב לציין שלמרות שונותם של המקורות, המתודולוגיה בה נעשה שימוש אינה שונה באופן מהותי ועל כן ניתן לבצע את ההשוואה בין תוצאות התכניות השונות. כמו כן, החלק המשמעותי ביותר בבחינה הכלכלית – שיעורי הסיכון (פונקציית מנה-תגובה) לשינויי בתמותה כתוצאה מחשיפה ממושכת לחלקיקים – זהה בכל התכניות (6% שינוי בשיעור התמותה לכל 10 מק"ג/מ"ק חלקיקי PM_{2.5}).

המתודולוגיה שבאמצעותה חושבה ההשפעה של חשיפה ממושכת מסתמכת על שיעורי תמותה של האוכלוסייה שמופיעים בלוחות תמותה (life table). בלוחות התמותה מפורטים ההסתברויות של כל קבוצת גיל, לפי מין, למות (או לשרוד). למשל, לזכרים בישראל בקבוצת הגיל 30, ההסתברות למות היא 0.00069. (כלומר לכל 100,000 זכרים בני 30, צפויות כ- 69 מיתות בשנה).

⁴⁸ The Air Quality Strategy for England, Scotland, Wales and North Ireland

⁴⁹ Martuzzi et al.: Health impact of PM₁₀ and Ozone in 13 Italian cities. World Health Organization Regional Office for Europe. 2006

נתונים אלו מאפשרים לחשב את כמות שנות החיים האבודות כתוצאה מזיהום אוויר בהינתן שיעורי סיכון מסוימים. למשל, בהינתן פער של 10 מק"ג/מ"ק בריכוזי $PM_{2.5}$, לעומת ערך היעד שיעור התמותה יעלה ב- 6% (במקרה של קבוצת הזכרים בני ה-30 – $0.00069 * 1.06 = 0.00073$).

כאשר משווים בין תרחיש ללא זיהום אוויר לבין תרחיש עם זיהום אוויר ניתן לקבל את שנות החיים שאובדות כתוצאה מזיהום אוויר.

שיטת ההשוואה: בכל תכנית בוצע ניסיון של התוצאות כך שיתייחסו לאותו קנה מידה. לשם נוחיות נבחר קנה מידה של כמות שנות חיים לשינוי של 1% בשיעור התמותה. מכיוון ששיעור הסיכון עומד על 6% שינוי בשיעור התמותה לכל 10 מק"ג/מ"ק חלקיקי $PM_{2.5}$, המשמעות היא שינוי של 1.66 מק"ג/מ"ק בריכוז החלקיקים באוויר. ראשית מובאות התוצאות הרלוונטיות במלואן ולאחר מכן מתבצע ניסיון של התוצאות כך שניתן יהיה להשוות ביתר פשטות בין התכניות.

ב. תוצאות עבור אבדן שנות חיים כתוצאה מחשיפה ממושכת לחלקיקי $PM_{2.5}$

1. ישראל

התוצאות עבור ישראל מראות כי בשנת 2015 צפוי להיות פער של כ- 8.3 מק"ג/מ"ק בין הריכוזים הנמדדים (במודל) לבין ערכי היעד הקבועים בתקנות אוויר נקי (25 מק"ג/מ"ק בממוצע שנתי).

משמעות הפער היא אבדן של 27,860 שנות חיים (ערך מרכזי).

בניסיון לשנות חיים למיליון איש עבור עלייה של 1% בשיעור התמותה (1.66 מק"ג/מ"ק) מתקבל ערך של 796 שנות חיים.

2. אנגליה

התוצאות עבור בריטניה מראות כי לאורך שנה אחת של הפחתת זיהום אוויר ב- 1.66 מק"ג/מ"ק $PM_{2.5}$ ירידה של 1% בשיעור התמותה) מספר שנות החיים שנחסכות הוא 69,349.

האוכלוסייה בבריטניה עומדת על 58,279,138 איש.

בניסיון של התוצאות, מספר שנות החיים שנחסך למיליון איש עבור הורדה של 1.66 בריכוז החלקיקים עומד באנגליה על 1059 שנות חיים.

הסבר אפשרי להבדלים: ישנן שתי סיבות (שנובעות מאותו אפיון אוכלוסייה), שניתן בעיניי להסביר את הפער:

1. ניתן להסביר את המספר הנמוך יותר בישראל בשיעור אוכלוסייה צעירה מתחת לגיל 30 גבוה בהרבה מאשר באנגליה. שיעורי הסיכון אינם מתייחסים לקבוצות כגיל שמתחת ל-30 ועל כן עבורן לא חושבו השפעות בריאותיות.

2. משמעות נוספת של שיעור גדול יותר של אוכלוסייה צעירה בישראל ביחס לאנגליה משמעותו ששיעורי התמותה נמוכים יחסית ועל כן כאשר גדל שיעור התמותה באנגליה כתוצאה מזיהום אוויר יותר אנשים נפגעים.

3. איטליה

התוצאות נלקחו ממחקר שנערך בשנת 2006 על 13 ערים איטלקיות. מספר התושבים הכולל בערים אלו עמד על כ- 6.95 מיליון⁵⁰.

התוצאות עבור איטליה מראות כי עבור פער של 5 מק"ג/מ"ק בריכוזי $PM_{2.5}$ נחסכות 24,856 שנות חיים.

אם ננרמל את התוצאות ונבדוק את מספר שנות החיים שנחסך למיליון איש עבור הורדה של 1.66 בריכוז החלקיקים נראה שבאיטליה המספר עומד על 1187 שנות חיים.

נדמה שההסבר עבור הפער בין התוצאות באנגליה לבין התוצאות בישראל רלוונטי גם במקרה זה.

טבלה 44 מסכמת את הערכים השונים של אבדן שנות חיים למיליון איש עבור שינוי של 1% בשיעור התמותה.

טבלה 44 : סיכום הערכים של אבדן שנות חיים למיליון איש עבור שינוי של 1% בשיעור התמותה

מדינה	אבדן שנות חיים למיליון איש עבור שינוי של 1% בשיעור התמותה (שינוי של 1.66 מק"ג/מ"ק)
ישראל	796
בריטניה	1059
איטליה	1187

ג. השוואת הערכים הכלכליים שניתנו עבור אבדן שנות חיים:

במסגרת הניתוח הכלכלי ניתנה הערכה מוניטרית של אבדן שנות חיים. המתודולוגיה להערכה זו הסתמכה על מחקרים בין-לאומיים ועל המלצת הכלכלן נילס אקסל-בראטן כלכלן ומנהל בכיר בתחום הסביבה ב-OECD שהעביר בישראל סמינר בנושא זה. ערכים אלו נידונו מול משרדי הממשלה השונים והוצגו בפני הוועדה הבין-

⁵⁰ המחקר התבסס על תחנות ניטור לחלקיקי PM_{10} , כאשר שיעורי הסיכון להשפעות הבריאותיות הם לחלקיקי $PM_{2.5}$ עם מקדם של $0.7 \cdot (PM_{10} * 0.7 = PM_{2.5})$.

משרדית והגופים הרלוונטיים. הערך הכספי שהתקבל בתכנית הישראלית עומד על 280 אלף ₪ לשנת חיים. ערך זה נגזר מערך הסיכון הסטטיסטי לחיי אדם שעומד על כ- 11 מיליון ₪.

טבלה 45 מציגה השוואה בין ערכי VOLY (ערך שנת חיים) בתכניות שונות. מעיון בטבלה ניתן לראות שהערך שנלקח בתכנית הישראלית אינו שונה באופן מהותי מהערך בתכניות אחרות.

טבלה 45 : השוואה בין ערכי VOLY שונים

מקור	ערך מרכזי (שנת מחירים)	התאמה למחירי 2011 (שער חליפין מותאם PPP, ₪)	הערות
ישראל	280,000	-	נגזר מערך של 11,200,000 ₪
תכנית CAFÉ (Clean Air For Europe)	€ 52,800 (2000)	296,353.80	ערך חציוני של מחקר של NewExt שסקר 3 מדינות אירופאיות (אנגליה, איטליה וצרפת). הנחת אבדן של 37 יום
התכנית הבריטית	€ 40,340 (2003)	250,712.52	על סמך מחקר בריטי משנת 2004, מחושב על בסיס תוצאות של מחקר WTP עבור תוספת תוחלת חיים של חודש.
	€ 21,865	134,346.01	במקרה של מות בטרם עת (הנחות אבדן חיים של 2-6 חודשים)

ד. סיכום

מהשוואת הערכים שהתקבלו בתכניות שונות עולה כי הערכים שהתקבלו בתכנית הישראלית, הן בתחשיב הבריאותי והן בהערכה המוניטרית שניתנה לכל השפעה, נמצאים באותו קנה מידה כמו בתכניות אחרות שנעשו. במקרה של אבדן שנות חיים עבור שינוי מסוים בריכוז החלקיקים, כמות שנות החיים חושבה בישראל נמוכה מזו שחושבה בשתי תכניות דומות באנגליה ובאיטליה. עבור הערך הכלכלי של שנת חיים, הערך הישראלי נמצא בתוך טווח ערכים של תכניות אחרות.

- ¹**Delfino RJ, Sioutas C, Malik S.** Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health. *Environ Health Perspect.* 2005 Aug;113(8):934-46.
- ²**Lee D, Wallis C, Wexler AS, Schelegle ES, Van Winkle LS, Plopper CG, Fanucchi MV, Kumfer B, Kennedy IM, Chan JK.** Small particles disrupt postnatal airway development. *J Appl Physiol.* 2010 Jul 15.
- ³**Schikowski T, Ranft U, Sugiri D, Vierkötter A, Brüning T, Harth V, Krämer U.** Decline in air pollution and change in prevalence in respiratory symptoms and chronic obstructive pulmonary disease in elderly women. *Respir Res.* 2010 Aug 22;11:113.
- ⁴**McConnell R, Liu F, Wu J, Lurmann F, Peters J, Berhane K.** Asthma and school commuting time. *J Occup Environ Med.* 2010 Aug;52(8):827-8.
- ⁵**Mann JK, Balmes JR, Bruckner TA, Mortimer KM, Margolis HG, Pratt B, Hammond SK, Lurmann F, Tager IB.** Short-Term Effects of Air Pollution on Wheeze in Asthmatic Children in Fresno, California. *Environ Health Perspect.* 2010 Jun 22.
- ⁶**Mariani E, Veronesi L, Colucci ME, Zanelli R, Sansebastiano G.** Hospital admission of subjects with chronic obstructive bronchopulmonary disease (COPD) and air pollution in the city of Parma (Italy). A preliminary analysis. *IgSanitaPubbl.* 2010 Mar-Apr;66(2):155-65.
- ⁷**Clark NA, Demers PA, Karr CJ, Koehoorn M, Lencar C, Tamburic L, Brauer M.** Effect of early life exposure to air pollution on development of childhood asthma. *Environ Health Perspect.* 2010 Feb;118(2):284-90.
- ⁸**Adamopoulos D, Vyssoulis G, Karpanou E, Kyvelou SM, Argacha JF, Cokkinos D, Stefanadis C, van de Borne P.** Environmental determinants of blood pressure, arterial stiffness, and central hemodynamics. *J Hypertens.* 2010 May;28(5):903-9.
- ⁹**Lenters V, Uiterwaal CS, Beelen R, Bots ML, Fischer P, Brunekreef B, Hoek G.** Long-term exposure to air pollution and vascular damage in young adults. *Epidemiology.* 2010 Jul;21(4):512-20.
- ¹⁰**Iannuzzi A, Verga MC, Renis M, Schiavo A, Salvatore V, Santoriello C, Pazzano D, Licenziati MR, Polverino M.** Air pollution and carotid arterial stiffness in children. *Cardiol Young.* 2010 Apr;20(2):186-90.
- ¹¹**Anderson HR, Armstrong B, Hajat S, Harrison R, Monk V, Poloniecki J, Timmis A, Wilkinson P.** Air pollution and activation of implantable cardioverter defibrillators in London. *Epidemiology.* 2010 May;21(3):405-13.
- ¹²**Brenner DR, Hung RJ, Tsao MS, Shepherd FA, Johnston MR, Narod S, Rubenstein W, McLaughlin JR.** Lung cancer risk in never-smokers: a population-based case-control study of epidemiologic risk factors. *BMC Cancer.* 2010 Jun 14;10:285.
- ¹³**Eitan O, Yuval, Barchana M, Dubnov J, Linn S, Carmel Y, Broday DM.** Spatial analysis of air pollution and cancer incidence rates in Haifa Bay, Israel. *Sci Total Environ.* 2010 Sep 15;408(20):4429-39.

¹⁴**Raaschou-Nielsen O, Bak H, Sørensen M, Jensen SS, Ketzel M, Hvidberg M, Schnohr P, Tjønneland A, Overvad K, Loft S.:** Air pollution from traffic and risk for lung cancer in three Danish cohorts. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2010 May;19(5):1284-91.

¹⁵**Bagryantseva Y, Novotna B, Jr PR, Chvatalova I, Milcova A, Svecova V, Lnenickova Z, Solansky I, Sram RJ.:** Oxidative damage to biological macromolecules in Prague bus drivers and garagemen: Impact of air pollution and genetic polymorphisms. *ToxicolLett.* 2010 Aug 17.

¹⁶**Adams WC:** Comparison of chamber and face mask 6.6-hour exposure to 0.08 ppm ozone via square-wave and triangular profiles on pulmonary responses. *InhalToxicol.* 2003, 15(3): 265-81.