

ועדת מומחים ציבורית בנושא מצב איכות האויר בישראל

(תוכנית לאומית – חוק אויר נקי)

דוח הועדה

מוגש למשרד להגנת הסביבה

חברי הועדה

- פרופ' מנחם לוריא – יו"ר
- פרופ' יגאל אראל
- פרופ' פנחס אלפרט
- דר' דוד ברודאי
- דר' מיכאל גרבר
- דר' נדב דווידוביץ
- דר' מרים הרן
- דר' אילן סתר

ירושלים, כ"ה אדר א' התשע"א, 1 מרץ 2011

תוכן העניינים

3	1. פרק 1: תקציר הדוח והמלצות הועדה
3	א. תקציר מנהלים
5	ב. המלצות כלליות
7	ג. המלצות מפורטות לנקיטת אמצעים
12	2. פרק 2: מבוא
21	3. פרק 3: אפיון מצב איכות האויר בישראל
38	4. פרק 4: פליטות של מזהמי אויר בישראל ומגמותיהם
49	5. פרק 5: רשימת מקורות
	6. פרק 6 – נספחים
52	6.1: נספח 1 - כתב המינוי לועדה
53	6.2: נספח 2 - הפרוטוקולים של ישיבות הועדה
	6.3: נספח 3 - מאגר של מחקרים ומאמרים מדעיים בנושא זהום
60	האויר בישראל שהתפרסמו מאז שנת 2000

1. פרק א': תקציר הדוח והמלצות הועדה

א. תקציר מנהלים

ועדת מומחים ציבורית בנושא מצב איכות האוויר בישראל (לעניין התוכנית הלאומית – חוק אויר נקי, 2008), להלן "הועדה", התבקשה להתייחס למזהמים הקריטריונים (Criteria Pollutants): גופרית דו-חמצנית – SO_2 ; חנקן דו-חמצני – NO_2 ; חומר חלקיקי מרחף (Suspended Particulate Matter – SPM), או בקיצור Particulate Matter (=PM), חלקיקים נשימים (PM_{10}), חלקיקים נשימים-עדינים ($\text{PM}_{2.5}$); אוזון – O_3 ; בנזן – C_6H_6 וכן למזהמי אויר נוספים, בהתאם לשיקולי הועדה עצמה. יודגש כי הועדה לא התבקשה להתייחס לפחמן דו-חמצני המהווה גז חממה, הגורם לשנויי אקלים.

הועדה התכנסה לראשונה ביום 7.9.2010 וקיימה 8 דיונים. במסגרת הזמן המצומצם שעמד לרשותה, זיהתה הועדה את מזהמי האוויר בישראל אשר השפעתם על הסביבה והבריאות היא הגדולה ביותר: האוזון (O_3), החלקיקים הנשימים-עדינים ($\text{PM}_{2.5}$) והחנקן הדו-חמצני (NO_2). שלושת המזהמים האלה נמנים על קבוצת "המזהמים הקריטריוניים", שהם קבוצת מזהמי האוויר אשר לצמצום ריכוזיהם באוויר מקדיש העולם את עיקר המאמצים, וזאת במטרה לצמצם את השפעתם השלילית על הסביבה והבריאות. בנוסף, זיהתה הועדה את קבוצת התרכובות האורגניות הנדיפות (Volatile Organic Compounds – VOCs) כמזהם אויר שהשפעתו על הסביבה והבריאות הוא גדול, הן בשל מעורבותו בייצור האוזון באטמוספירה והן בגלל ההשפעות הבריאותיות כבדות המשקל של חומרים הכלולים במשפחת תרכובות זו.

מחקרים שנערכו בעולם ובארץ לגבי הנזקים הבריאותיים שגורמים מזהמי אויר למיניהם מראים כי:

- **גופרית דו-חמצנית (SO_2):** גופרית 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 גופרית דו-חמצנית נמצאו במחקרים שונים בעולם פניות מרובות יותר מהרגיל לחדרי מיון, לאשפוז בבתי החולים וכן תמותה גבוהה יותר בשל מחלות לב.
 - **פחמן חד-חמצני (CO):** חשיפה לריכוזים גבוהים של פחמן חד-חמצני פוגעת באספקת החמצן לאיברים חיוניים בגוף, עקב קשירה של ה- CO אל ההמוגלובין שבדם. חשיפה לריכוזים נמוכים יותר של CO גורמת לקושי באספקת חמצן סדירה לרקמות וכתוצאה מכך לעלייה בשכיחותם של התקפי לב, להפרעות קוגניטיביות ולפגיעה בתפקוד האינטלקטואלי של האדם. בנוסף, נשים בהיריון מהוות קבוצה בסיכון מיוחד, שכן חשיפה ל- CO עלולה לגרום ללידה מוקדמת וללידה של תינוקות במשקל נמוך, שני מצבים המסכנים את חיי התינוק.
 - **אוזון (O_3):** אוזון נחשב לגורם משמעותי למחלות לב-ריאה (בעיקר אסתמה, שבץ מוחי ויתר לחץ דם). לעיתים תכופות האוזון והחלקיקים הנשימים והנשימים-עדינים פועלים יחדיו בפעולה משולבת (סינרגיזם). לאחרונה נמצאו עדויות רבות המחשידות את האוזון שהוא עלול להאיץ התפתחות גידולים סרטניים שונים.
 - **חנקן דו-חמצני (NO_2):** נמצא כי חשיפה ארוכת טווח לחנקן דו-חמצני, הנמנה על משפחת תחמוצות החנקן, עלולה לגרום להשפעות בריאותיות שליליות, לירידה בתפקודי ריאה (בעיקר לאנשים הסובלים מאסתמה) ולסימפטומים נשימתיים שליליים בילדים.
 - **חלקיקים נשימים (PM_{10}) וחלקיקים נשימים-עדינים ($\text{PM}_{2.5}$):** החומר החלקיקי, הכולל את החלקיקים הנשימים (PM_{10}) ואת החלקיקים הנשימים-עדינים ($\text{PM}_{2.5}$), מסוכן מאד לבריאות האדם מאחר שחלקיקים אלה עלולים לחדור לעומק דרכי הנשימה, למקום בו מתבצע השיחלוף בין החמצן והפחמן הדו-חמצני. מבחינה זו החלקיקים הנשימים-עדינים מסוכנים יותר מאשר החלקיקים הנשימים בגלל שה- $\text{PM}_{2.5}$ חודר עמוק יותר מה- PM_{10} לתוך הריאות. חשיפה לחומר החלקיקי, ובפרט לחלקיקים נשימים-עדינים, עלולה לגרום לפגיעה בתפקודי הריאה, למחלות לב-ריאה וסרטן ריאות. אנשים הסובלים מבעיות נשימה, יתר לחץ דם ומחלות לב נמצאים בסיכון מוגבר עקב חשיפה לחלקיקים נשימים-עדינים.
- החומר החלקיקי סופח אליו מזהמי אויר רעילים המצויים באוויר, שמקורם בפעילות אנושית, כגון מתכות כבדות למיניהן (ואנאדיום – V, ניקל – Ni, כרום – Cr, כספית – Hg, ארסן – As, קדמיום – Cd ועופרת – Pb), פחמן

אורגני (OC), פחמן אלמנטרי (EC) ופחמימנים פוליциקליים ארומטיים – PAH (בפרט בנז-אלפא-פירן, דיאוקסנים ופוראנים). כל המזהמים הרעילים הללו הנספחים אל החומר החלקיקי מגדילים בהרבה, בהתאם לסוג המזהם שנספח אליהם, את הסיכון הנגרם בעת חשיפה להם.

- **עופרת (Pb):** לעופרת, הנמנית על משפחת המתכות הכבדות הרעילות, יש השפעה שלילית בעיקר על מערכת העצבים. בחשיפה סביבתית בריכוזים נמוכים ההשפעה הבריאותית הקריטית של העופרת היא פגיעה נוירו-קוגניטיבית בקרב ילדים קטנים. נזקי הבריאות הנגרמים ע"י חשיפה לעופרת היו הראשונים שהגיעו למודעות הציבור, זאת כתוצאה מהשימוש הרב בתרכובות עופרת כתוספים לבנזין.

- **בנזן (Benzene):** הוכח כמסרטן ודאי בבני אדם. בחשיפה קצרת טווח, בנזן יכול לגרום לדיכוי של מערכת העצבים המרכזית, דבר הבא לידי ביטוי בסחרחורת, כאבי ראש ובחילה (וברמות חשיפה גבוהות אף איבוד הכרה ומוות). 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.

בשנת 2003 התפרסם בישראל מחקר בריאותי מקיף שנערך באשדוד ובתל אביב לגבי ההשפעות של זיהום האוויר על בריאותם של ילדים ומבוגרים תושבי אזורים אלה. מחקר זה מצביע על עלייה משמעותית בתמותה, במספר המקרים של אשפוז בבתי חולים ובתחלואה שניתן לייחס לחשיפה לריכוזי מזהמי אוויר שנמדדו באשדוד ובתל אביב, בהם חלקיקים נשימים-עדינים ($PM_{2.5}$), חלקיקים נשימים (PM_{10}), אוזון (O_3), חנקן-דו-חמצני (NO_2) וגופרית-דו-חמצנית (SO_2):

- לחשיפה ל- $PM_{2.5}$ מייחס המחקר 8% ממקרי התמותה במבוגרים, 14% ממקרי התחלואה הנשימתית בילדים בתל אביב, 15% ממקרי התחלואה הנשימתית באשדוד ו-6% ממקרי האשפוז בבתי חולים של קשישים בגלל מחלות דרכי הנשימה.
- לחשיפה ל- PM_{10} מייחס המחקר 20% ממקרי התחלואה בילדים באשדוד, 14% ממקרי התחלואה בילדים בתל אביב ו-3% ממקרי האשפוז בבתי חולים של קשישים בגלל מחלות לב וכלי דם.
- לחשיפה ל- O_3 מיוחסים 8% מכל מקרי האשפוז בבתי חולים עקב תחלואה נשימתית בתל אביב ו-12% באשדוד.
- לחשיפה ל- NO_2 מיוחסים 4% מכל מקרי האשפוז עקב תחלואה נשימתית בתל אביב ו-2% באשדוד.

מחקרים נוספים שבוצעו בארץ במימון המשרד להגנת הסביבה, משרד הבריאות והקרן לבריאות הסביבה, בעיקר המחקר הבריאותי לגבי השפעות של זיהום אוויר על בריאותם של ילדים ומבוגרים באזור חדרה, מחזקים את התצפיות בארץ וברחבי העולם אשר מצביעות על קשר סיבתי בין חשיפה לזיהום אוויר ותחלואה, ועל הצורך בהפחתה משמעותית של זיהום האוויר בישראל.

חנקן-דו-חמצני, בדומה לאוזון, נוצר אף הוא באטמוספירה, אך בתהליך חמצון של חנקן חד-חמצני (NO) שנפלט בכל תהליך שריפה של דלק בטמפרטורה גבוהה. מאחר ו- NO_2 נוצר בשרשרת יצירת האוזון, צעדים הננקטים להקטנת רמות האוזון באוויר מביאים בהכרח גם להורדת רמות ה- NO_2 .

יש להדגיש כי כיום אין ניטור ישיר של NO_2 , ותוצאות הניטור של מזהם זה המתפרסמות ע"י מנ"א מחושבות כהפרש בין מדידות ריכוז כלל תחמוצות החנקן (NO_y) לבין ריכוז החנקן החד-חמצני (NO). באטמוספירה - בגלל התהליכים הפוטוכימיים המתרחשים בה - תחמוצות החנקן כוללות תרכובות של חנקן וחמצן שאינן NO ו- NO_2 . על כן, ההפרש בין תחמוצות החנקן והחנקן החד-חמצני במקרים רבים אינו מייצג היטב את ריכוזי החנקן הדו-חמצני (NO_2).

אוזון הוא מזהם אוויר שניוני אזורי הנוצר באטמוספירה בתהליך פוטוכימי של תגובה כימית בין תחמוצות חנקן (הנפלטות מהתעשייה והתחבורה) ותרכובות אורגניות נדיפות (שמקורן בתעשייה, בתחבורה וגם ממקורות טבעיים), בנוכחות קרינת השמש.

הועדה בדקה ומצאה כי הריכוזים המרביים של אוזון, חנקן-דו-חמצני וחלקיקים נשימים-עדינים שנמדדו בישראל ע"י מנ"א בשנים 2007, 2008 ו-2009, גבוהים מאלה שנמדדו במספר מדינות באירופה ובארה"ב.

ריכוזי האוזון בישראל עולים ככל שנעים מזרחה מחוף הים התיכון, זאת מאחר שאוזון נוצר בתוך גושי אוויר המכילים תחמוצות חנקן ותרכובות פחמימניות נדיפות ($VOCs$), בעיקר בלתי רוויות, הכלולות ב- $VOCs$. תחמוצות החנקן וה-

VOCs הללו נפלטות בעיקר באזור חוף הים התיכון והם מוסעים עם גושי האויר לפני הארץ. ריכוזי אוזון גבוהים נמדדים בפנים הארץ מעמק בית שאן בצפון ועד רמת-חובב ודרומה.

מן הנתונים ועבודות מחקר שהוצגו לוועדה, מתברר כי ריכוזי החלקיקים הנשימים-עדינים ($PM_{2.5}$) בארץ הינם מהגבוהים בעולם, וכי למעלה מ-50% מן החלקיקים הנשימים מקורם בהסעה ממרחקים, בעיקר מאירופה ומאזור הים התיכון. ריכוזים גבוהים במיוחד נמדדים בעונות המעבר ובחורף כתוצאה מהסעה ממדבריות ערב והסהרה. אבק טבעי זה סופח אליו בזמן ההסעה מזהמים אנתרופוגניים המגדילים את השפעותיו השליליות. מקורות אלו לא ניתנים למניעה, אך יחד עם זאת יש להזהיר את הציבור בעת אירועים שכאלה.

למרכיב הטבעי של החלקיקים הנשימים קיימת תוספת מקומית הנובעת ממקורות נקודתיים ותחבורתיים שמקורה בפעילות אנושית. במיוחד ניכר הדבר במרכזי הערים הגדולות, כתוצאה מפליטות של מזהמים מרכבים מונעי דיזל ממודלים קודמים.

מחקרים שהוצגו בפני הוועדה הראו כי הממוצע השנתי של ריכוזי החלקיקים הנשימים-עדינים שנמדדו בישראל אינו יורד אל מתחת לרמה של 20 מיקרוגרם למטר מעוקב. ריכוז רקע זה נובע ממקורות טבעיים מקומיים ומהסעה ממדינות שכנות. על כן, קביעת תקן יעד הנמוך מערך של 20 מיקרוגרם למטר מעוקב אינו מעשי. מעבר לכך, בימים של סופות אבק רמת החלקיקים הנשימים עולה באופן משמעותי. סופות אבק מתרחשות בעיקר בעונות המעבר והחורף בממוצע רב-שנתי במשך 5% מהזמן (כ-18 ימים בשנה). באותם ימים של חריגה טבעית של איכות האויר, ממליץ המשרד על נקיטת אמצעי זהירות לאוכלוסיות רגישות. הוועדה ממליצה לקבוע תקן שנתי ל- $PM_{2.5}$ בהתאם לרמת הרקע, שיהיה תקף לכ-95% מהזמן.

במהלך ישיבותיה קיבלה הוועדה סקירות לגבי 23 מזהמים נוספים כפי שהם כלולים בנוסח שהציע ב-2010 המשרד להגנת הסביבה בדבר תקנות איכות אויר מתוקף חוק אויר נקי, התשס"ח-2008 (משרד לה"ס, 2010). לאור מגבלות הזמן, לא הספיקה הוועדה לגבש המלצות בנוגע למזהמים נוספים אלו, וכן לגבי המסמך על תוכנית הדיגום הסביבתית השנתית של המשרד להגנת הסביבה שהובא לתשומת לב הוועדה (מנ"א, 2010). הוועדה דנה גם בעקרונות של יישום תקני איכות אויר והמליצה לעכב בשלב זה את הפרסום של תקני איכות אויר של אותם מזהמים שאינם מנוטים בארץ באופן ישיר (בפרט, החנקן הדו-חמצני) עד לאחר שיאסף מספיק מידע אמין על ריכוזיהם בתנאים של ישראל.

ב. המלצות כלליות

1. הקטנת ריכוזי האוזון וה-VOCs

הוועדה ממליצה כי במסגרת התוכנית הלאומית ינקטו צעדים לצמצום הפליטות לאויר של מבשרי האוזון (Precursors) שהם תחמוצות החנקן ותרכובות אורגניות נדיפות, בפרט מקבוצת הפחמימנים הנדיפים הבלתי רוויים הכלולה ב-VOCs שמקורם בפעילות אנושית: פליטות שמקורן במגזר התעשייתי (פליטות משריפת דלקים פחמניים למיניהם ופליטות מתהליכי ייצור בתעשייה), במגזר התחבורתי (בעיקר משריפת בנזין בכלי רכב והתנדפות לאויר בתהליכי השיווק) ובהסקה של מבני ציבור ומגורים (בדלקים גז, נפט, סולר ומזוט).

2. הקטנת ריכוזי ה- NO_2

הוועדה ממליצה כי במסגרת התוכנית הלאומית ינקטו צעדים לצמצום הפליטות לאויר של תחמוצות החנקן, בדומה לצעדים שינקטו לצמצום ריכוזי האוזון.

3. הקטנת הריכוזים של החומר החלקיקי, ובפרט של החלקיקים הנשימים-עדינים

הוועדה ממליצה כי במסגרת התוכנית הלאומית ינקטו צעדים לצמצום הפליטות של חומר חלקיקי שמקורן בכל הפעילויות האנושיות למיניהן: פליטות שמקורן במגזר התעשייתי (פליטות משריפת דלקים פחמניים למיניהם, תהליכי ייצור בתעשייה, כרייה וחציבה) במגזר התחבורתי (בעיקר השימוש בסולר) ובהסקה של מבני ציבור ומגורים (בדלקים גז, נפט, סולר ומזוט).

4. שיפור מצאי הפליטה הלאומיים

4.1 הועדה ממליצה לשפר את אומדני הפליטה הלאומיים של כל מזהמי האויר הנפלטים **ממקורות נייחים**, זאת באמצעות ביצוע מצאי פליטה מפורטים ועדכניים. בפרט יש להציג במצאי הפליטה של התרכובות האורגניות הנדיפות בנפרד את מצאי הפליטה של המיקטע הבלתי-רווי, זאת בגלל חשיבותו בתהליך יצירת האוזון באטמוספירה. תוצאות המתקבלות ממצאי פליטה אלה משמשים כנתוני קלט למודל הישראלי לחיזוי זהום האויר (ראו המלצה 5).

4.2 הועדה ממליצה לשפר את אומדני הפליטה הלאומיים של כל מזהמי האויר הנפלטים **ממקורות נייחים**, זאת באמצעות ביצוע מצאי פליטה מפורטים ועדכניים. בפרט יש להציג במצאי הפליטה של הפחמימנים הנדיפים בנפרד את מצאי הפליטה של המיקטע הבלתי-רווי. תוצאות המתקבלות ממצאי פליטה אלה משמשים כנתוני קלט למודל הישראלי לחיזוי זהום האויר (ראו המלצה 5).

4.3 יש להגביר באופן משמעותי את פעילות הניטור לגבי כל מזהמי האויר הנפלטים מארובות מפעלי תעשייה (ניטור הידוע כ-"דגימה בארובה"), בפרט באזורים בהם פועלת תעשייה כימית. תוצאות המתקבלות מדגימות בארובה משמשות אף הן כנתוני קלט למודל הישראלי לחיזוי זהום האויר (ראה המלצה 5). בנוסף, משמשות תוצאות הדגימות בארובה לצורך אכיפתם של תיקני פליטה, נושא שחשיבותו יהיה ניכר עם יישומו של חוק אויר נקי, 2008 (ראו המלצה 7).

5. מודל ישראלי לחיזוי זהום האויר

הועדה ממליצה לשפר ולהמשיך לפתח את מודל החיזוי של מזהמי אויר הפועל כיום במערכת הארצית לניטור אויר שבמשרד להגנת הסביבה (להלן מנ"א). התוצאות המתקבלות ממודל החיזוי לגבי רמות זהום האויר בישראל משלימות, מאמתות ומחזקות את התוצאות המתקבלות מרשת התחנות לניטור איכות האויר המופעלת על ידי מנ"א.

6. מערך ניטור בריאות

6.1 יש צורך להקים רשומות רפואיות לאומיות למחלות נשימה המושפעות מזהום אויר. נכון להיום קיים רישום סרטן לאומי אשר מסייע רבות לקביעת מדיניות בתחום זהום האויר. בדומה לכך יש צורך לבסס ולחזק רישומי תחלואה נשימתית (אסטמה ומחלות ריאה כרוניות) ותחלואה קרדיו-ואסקולרית אשר נמצאה אף היא כקשורה לזהום אויר.

6.2 ניטור החשיפה למזהמים באויר כיום מתבצע בעיקר על סמך ניטור איכות האויר. ניטור זה שהינו סביבתי מקשה להעריך באופן נכון את הקשר שבין חשיפה לתחלואה. יש צורך לגבש הערכת חשיפה גם ברמה האינדיבידואלית כדי להתקדם ולעסוק בנושא מדידת הקשר שבין חשיפה למזהמים ולתחלואה. לשם כך יש לחזק ולבסס מערך קבוע של ניטור ביולוגי, שנמצא כיום בראשית דרכו במשרד הבריאות.

6.3 יש צורך לבסס מאגרי נתונים, הן של חשיפה למזהמים והן של תחלואה ברמה ארצית, תוך שיתוף פעולה בין כל הגורמים שבידיהם יש נתונים. בהקשר זה יש חשיבות לקבלת נתונים של קופות החולים. קיים צורך לגבש דרכים להצלבת נתונים באופן שיטתי ומתמשך בין כל מאגרי הנתונים האלו. משרד הבריאות צריך להוביל את הנושא תוך שיתוף פעולה עם הגורמים השונים.

7. העמקת הבקרה והאכיפה של חוקים ותקנות

יש חשיבות להעמיק את הבקרה והאכיפה של כל החוקים בנושא צמצום פליטות מזהמים לאויר, בפרט חוק אויר נקי, התשס"ח-2008 והתקנות שיפורסמו מכוחו. את המאמץ העיקרי בפעילות הבקרה והאכיפה יש לכוון אל ה-VOCs, חומר חלקיקי ותחמוצות חנקן.

ג. המלצות מפורטות לנקיטת אמצעים

8. הפחתת פליטות מזהמי האויר ממקורות ניידים (תחבורה יבשתית וכלי שיט):

במטרה להפחית פליטות של תחמוצות חנקן, פחמימנים אורגניים נדיפים (ובפרט המיקטע הבלתי-רווי), וחלקיקים נשימים-עדינים, שמקורן במקורות ניידים יבשתיים, וכמו כן להפחית פליטות חומר חלקיקי וגופרית-דו-חמצנית מכלי שיט, ממליצה הועדה:

8.1. לקיים בדיקה בלתי תלויה של מזהמי האויר הנפלטים מרכב חדש המיובא לארץ, ועמידתו בתקינה האירופית הרלבנטית. כיום נבדקת רק הצהרת יצרן, ללא אימות של גורם חיצוני בלתי תלוי ביבואני הרכב.

8.2. לבצע אכיפה יעילה של האיסור על עומס יתר במשאיות. הועדה מדגישה כי פליטות המזהמים ממשאיות עולה בצורה חריפה עם המשקל העודף.

8.3. להאיץ את קצב הגריטה של רכבים ישנים, עם דגש על גריטה של רכבי דיזל וגם משאיות. הועדה מדגישה כי הפליטה מרכבים ישנים, ובפרט משאיות ישנות, שקולה לפליטה מעשרות כלי רכב חדשים יותר.

8.4. להרחיב במבחן השנתי של כל כלי הרכב את הבדיקות של פליטות המזהמים ולהעמיק את הפיקוח על ביצוע הבדיקות, כגון ביצוע בדיקה שנתי של פליטות זהום מרכב בהתאם לסוג הרכב.

8.5. במבחן השנתי של רכב דיזל, לבצע בדיקה של פליטות עשן המתבססות על ספירת חלקיקים, במקום על מדידת המסה של החלקיקים הנפלטים, כפי שמבוצע כיום. הועדה מדגישה כי במדידת המסה של פליטות עשן מרכב דיזל, חלקיקים קטנים הכלולים במגזר החלקיקים הנשימים-עדינים ($PM_{2.5}$) כמעט שאינם מיוצגים, וכי הנזק הסביבתי והבריאותי הנגרם ע"י פליטות העשן מרכב דיזל מתמקד דווקא בחלקיקים הקטנים הכלולים במגזר ה- $PM_{2.5}$.

8.6. להטיל הגבלות על פליטת מזהמי אויר מאוניות הנעות בקרבת חופי הארץ, בפרט לגבי חומר חלקיקי וגופרית-דו-חמצנית, הגורמים לעליה בזהום האויר סמוך לנמלי חיפה אשדוד ואילת.

9. הועדה ממליצה לנקוט בצעדים אשר יגדילו את השימוש בחשמל להנעת התחבורה

בין יתר האמצעים לצמצום הפליטות מהתחבורה, שקלה הועדה את האמצעים הבאים:

9.1. לעודד את המעבר לתחבורה ציבורית עירונית מונעת בחשמל (אוטובוסים חשמליים הניזונים ממצברים בלבד או הניזונים ממערכת אספקת חשמל עילית, כמקובל מזה שנים רבות בהרבה ערים בעולם) ואת המעבר לרכבת המונעת בחשמל (כיום הרכבת מונעת במנועי דיזל עתירי פליטה של חלקיקים ו- NO_x).

9.2. לעודד מעבר לרכב פרטי חשמלי ע"י מיסוי מופחת.

9.3. לעודד את השימוש ברכב דו-גלגלי חשמלי אשר יחליף את כל כלי הרכב המונעים במנוע שתי פעימות (קטנועים).

10. שינוי מקורות האנרגיה הנמצאים בשימוש ושיפור איכות הדלקים

במטרה לצמצם פליטות של חלקיקים נשימים ונשימים-עדינים, תחמוצות חנקן ופחמימנים נדיפים בלתי-רוויים, הנגרמות משימוש ושיווק דלקים למיניהם, ממליצה הועדה:

10.1. לעודד את השימוש בגז טבעי בכל מגזרי המשק, במיוחד בכל תחנות הכוח לייצור חשמל (כולל תחנות הכוח הפחמיות) ובמפעלי תעשייה גדולים המשתמשים במזוט, אך גם במפעלי תעשייה בינוניים וקטנים (כגון מאפיות, בתי חולים, מרכזי קניות ותעשיות קלות אחרות), זאת ע"י יצירת תשתית מתאימה של אספקת גז טבעי בכל הארץ.

10.2. לעודד ייצור של אנרגיות מתחדשות (כגון אנרגיה סולארית, רוח ואחרות) ובמקביל לעודד את השימוש בהן ככל שניתן. הועדה מדגישה כי אנרגיות מתחדשות עשויות להפחית בצורה ניכרת את פליטות המזהמים לאוויר.

- 10.3 להפחית בבנזין ובגפ"ם את תכולת הפחמימנים הבלתי רוויים .
- 10.4 להפחית עד כדי איסור כולל את השימוש במזוט כבד ותעשייה.
- 10.5 לשדרג את איכות הסולר המשווק בישראל לשימושים שאינם תחבורתיים לרמת הסולר המסופק לתחבורה לפי התקינה האירופית ולבדוק את איכות הסולר המשווק בישראל ע"י מעבדה חיצונית בלתי-תלויה. סולר באיכות ירודה המשווק כיום לצרכים שאינם תחבורתיים גורם לפליטות מוגברות של חלקיקים נשימים, תחמוצות חנקן וגופרית דו-חמצנית.
- 10.6 לפרסם תקינה לאומית מחייבת בנוגע להרכב ולתכונות הבנזין והגפ"ם, עם דגש על תכולת הפחמימנים הבלתי-רוויים. יש לאכוף תקינה זו ע"י פיקוח של מעבדות חיצוניות בלתי תלויות.
- 10.7 לעודד את השימוש בדלקים נקיים לחימום ביתי (גפ"ם, נפט וסולר תחבורתי, במקום הסולר המשווק כיום בישראל), במקביל לעודד את המעבר לאנרגיות מתחדשות (בעיקר אנרגיה סולארית ורוח) ולאסור את השימוש בפחם ועצים לחימום ביתי.
11. פליטות מזהמי אויר ממקורות נייחים נקודתיים
- במטרה לצמצם פליטות מזהמי אויר ממקורות נקודתיים בתעשייה, ובמתקני הסקה מרחבית במבנים למגורים ולשרותים, ממליצה הועדה:
- 11.1 להתקין אמצעים יעילים למניעת פליטת חלקיקים בתעשייה באותם מקומות בהם לא ניתן לעבור לשימוש בגז, ולהגביר שם את פעולות האכיפה על פליטות מזהמי האויר (שימוש בדגימות בארובות) (ראה גם המלצה 4.3).
- 11.2 להתקין אמצעים לצמצום פליטות NO_x בתחנות הכוח הקיטוריות ולנקוט צעדים לצמצום פליטות NO_x בתחנות כוח אחרות (טורבינות גז ומחז"ם).
- 11.3 להתקין בכל תחנות התדלוק בארץ אמצעים להשבת אדי דלק, זאת על מנת להפחית את הפליטות לאויר של הפחמימנים הנדיפים והמיקטע. לפי הנתונים שהוצגו בפני הועדה יש כיום מתקנים להשבת דלק רק בכ- 10% מתחנות התדלוק בישראל.
- 11.4 להעמיק את הבקרה וכן להגביר את האכיפה של תקני הפליטה ל- NO_x ו- VOCs בכל המקורות הנקודתיים ע"י הרחבה משמעותית של היקף הדגימות בארובות (ראו המלצה 4.3)
- 11.5 להרחיב ולהעמיק את הבקרה וכן להגביר את האכיפה של תקני פליטה במפעלי התעשייה הכימית, בפרט בכל הקשור למזהמים הייחודיים האופייניים לתעשייה זו (דיאוקסינים, כימיקלים נדיפים, תרכובות גופרית העלולות לגרום למטרדי ריח וכו'), תוך שימת דגש על מפרץ חיפה, אזור אשדוד ורמת-חובב.
- 11.6 להעמיק את הבקרה ולהגביר את האכיפה של תקני פליטה במפעלים למחזור מתכות, בפרט בכל הקשור למזהמים הייחודיים האופייניים לתעשייה זו (מתכות כבדות).
12. תקני איכות אויר
- 12.1 תקני הסביבה לאיכות האויר חייבים להביא בחשבון את רמות הרקע של המזהמים בישראל. הדברים אמורים במיוחד, אך לא רק, ביחס לחלקיקים הנשימים-עדינים ($\text{PM}_{2.5}$). אי לכך ממליצה הועדה לקבוע תקן שנתי לחלקיקים נשימים-עדינים לפי רמת הרקע, תוך ניכוי הזמן במשך השנה שבהם התחוללו סופות אבק (המוערך בכ- 18 ימים במשך השנה, שהם כ-95% מהזמן). בהתבסס על מחקרים עדכניים שהוצגו בפני הועדה, רמת הרקע באזור היא כ-20 מק"ג/מ"ק בממוצע שנתי.
- 12.2 יש לקבוע תקני איכות אויר ספציפיים נפרדים למרכיבים של החלקיקים הנשימים-עדינים. הדברים אמורים לגבי פיח (CARBON-BLACK או EC - Elemental Carbon), פחמן אורגני (Organic Carbon - OC), מבחר מתכות כבדות (כגון עופרת) וחלקיקי סולפאט. בדומה לתקן החלקיקים הנשימים-עדינים ($\text{PM}_{2.5}$) עצמו, יתבססו גם התקנים למרכיביו על 95% מהזמן (ראו המלצה 12.1).

12.3 הועדה דנה בעקרונות של יישום תקני איכות אויר והמליצה לעכב בשלב זה את הפרסום של תקני איכות אויר לאותם מזהמים שאינם מנוטרים בארץ באופן ישיר (בפרט, החנקן הדו-חמצני) עד לאחר שיאסף מספיק מידע אמין על ריכוזיהם בתנאים של ישראל.

13. מערך ניטור אויר (מנ"א)

לגבי מערך ניטור אויר הארצי, ממליצה הועדה:

- 13.1 ניתן לצמצם בכל הארץ את היקף הניטור של גופרית דו-חמצנית ופחמן חד-חמצני.
- 13.2 יש לעבות את מערך תחנות הניטור בישראל באזור הצפון, הדרום (מבאר-שבע ועד אילת) וממזרח לגב ההר, בפרט בכל הנוגע לניטור אוזון.
- 13.3 בכל תחנות הניטור הפנים-ארציות, יש לשים דגש על ניטור של חלקיקים נשימים-עדינים ($PM_{2.5}$) ואוזון.
- 13.4 הועדה ממליצה לתגבר בצורה משמעותית את מערך הניטור של תרכובות אורגניות נדיפות (VOCs) לסוגיהן בסביבת אזורים שבהם פועלת תעשייה כימית ופטרוכימית.
- 13.5 הועדה ממליצה לתגבר את מערך הניטור של מגזר ה-VOCs הבלתי-רוויים, זאת לאור השפעתם על תהליך יצירת האוזון באטמוספירה.
- 13.6 יש לבחון את שיטות המדידה של VOCs הנמצאות כיום בשימוש בארץ ולבדוק אפשרות לאמץ במקומן שיטות מדידה מתקדמות, כולל שיטות המתבססות על חישה מרחוק (Remote Sensing). יש ליישם בארץ בהקדם שיטות מדידה מתקדמות הנמצאות זה מכבר בשימוש בארצות אחרות.
- 13.7 בכל תחנות הניטור הפועלות באזורים בהם פועלת תעשייה כימית, או המוגדרים כ-Hot Spots, יש לשים דגש על ניטור פרטני של התרכובות האורגניות הנדיפות למיניהן. תוצאות הניטור האלה הן בעלות חשיבות רבה בגלל ההשפעות הבריאותיות השליליות שיש לחלק מן החומרים הכלולים במשפחת תרכובות זו.
- 13.8 חשוב להקים תחנות ניטור באזורים מרוחקים אשר ישמשו כתחנות לניטור הרקע של המזהמים בישראל. יש לשקול את האפשרות למקם מכשירים לניטור ריכוזי הרקע של מזהמי אויר על גבי אסדות לקידוח גז הפועלות כיום בים התיכון מול חופי ישראל. תחנות רקע אלה יאפשרו לזהות את התרומה של מזהמים המוסעים מחוץ למדינת ישראל לכלל הזהום הנמדד בישראל. בכך יתאפשר מעקב אחרי כמויות הזהום שלמדינה יש היכולת לנקוט צעדים לצמצום הזהום שלהם.
- 13.9 יש לנטר את המרכיבים של $PM_{2.5}$ - הפיח, הפחמן האורגני מתכות כבדות וחלקיקי סולפאט - זאת במקביל עם הליך קביעת תקן איכות האויר למרכיבים אלה (ראו המלצה 12.2).
- 13.10 קיימת בעיה עם תקנים של מזהמי אויר שלא ניתן למדוד אותם ישירות (כדוגמת NO_2). אי לכך, במקביל עם ההליכים לקביעת תקן איכות האויר לחנקן דו-חמצני, יש לבצע בארץ ניטור של NO_2 באמצעות מדידה ישירה בשני אתרים לפחות (ראו המלצה 12.3).

14. מחקר בנושא זהום אויר בישראל

במהלך עבודתה זיהתה הועדה מספר תחומים בנושא זהום אויר בישראל בהם ראוי להקדיש אמצעים לקידום המחקר בשנים הקרובות:

- 14.1 המשך הפיתוח של מודל לחיזוי זהום האויר בישראל במטרה לשדרגו ולאמת אותו (Validation), בפרט בכל הנוגע לאוזון (ראו המלצה 5).
- 14.2 בדיקה כמותית של היתרונות של החלופות התחבורתיות המבוססות על הנעה חשמלית לסוגיה (המלצה 9.1) בהשוואה לאמצעי הנעה אחרים, להפחתת זהום האויר בישראל. בדיקה זו צריכה לקחת בחשבון את כל המרכיבים הכלולים במעגל ייצור האנרגיה הנדרשת למגזר התחבורה (השימוש באנרגיה באמצעי התחבורה למיניהן מחד, וייצור האנרגיה הדרושה להם מאידך).

- 14.3 המשך הפיתוח של מצאי פליטה ארצי של מזהמי אויר, בפרט בכל הנוגע לפליטות של תרכובות אורגניות נדיפות, תוך מתן דגש על המגזר הבלתי-רווי (ראו המלצה 4).
- 14.4 ביצוע ניתוח סטטיסטי של הנתונים שהתקבלו בישראל ממדידות של חלקיקים נשימים וחלקיקים נשימים-עדינים, כולל הצגת הנתונים באמצעות מדדים של ממוצעים ואחוזונים (95%, 90% וכד').
- 14.5 אפיון המרכיבים השונים הכלולים ב- $PM_{2.5}$ וניתוח שכיחותם, הכמות היחסית והפיזור הגאוגרפי שלהם בישראל בהשוואה לנתונים המתקבלים מתחנות רקע (ראו המלצות 13.8 ו-13.3)
- 14.6 ביצוע מחקר לבדיקת שיטות לשיפור המבחן השנתי של רכב המתבסס כיום על האצה חופשית.
- 14.7 ביצוע סקר מפורט של שיטות לניטור מזהמי אויר בישראל המתבססות על חישה מרחוק (Remote Sensing), במטרה לקדם יישום שיטות אלה בישראל. הועדה מדגישה כי יש יתרונות גדולים ביישום שיטות חישה מרחוק באזורים נפגעי זהום אויר.
- 14.8 הרחבת ההשוואה בין רמות הזהום בישראל לאלה במקומות אחרים בעולם בהתבסס על הריכוזים של האחוזון ה-95 ולא הריכוזים המרביים (ראו סעיף 2.4 בדוח).

15. אזורים נפגעי זהום אויר

- 15.1 הועדה המליצה לקבוע קריטריונים ברורים (כ-10) לגבי התייחסות לאזורים נפגעי זהום אויר. ההכרזה על אזור נפגע זהום אויר חייבת להתבסס לפחות על 4 מן הפרמטרים המוזכרים, או לחילופין על מספר רב של חריגות מתקני איכות האויר. ברשימת האזורים נפגעי זהום אויר צריך לכלול אזורים בהם זהום האויר נגרם ע"י הסעה של מזהמים (לדוגמה, גוש עציון) וגם ע"י מקורות טבעיים (לדוגמה, באר-שבע).
- 15.2 הועדה מיפתה את האזורים שבהם רמות זהום האויר חריגות במיוחד ואת הגורמים העיקריים האחראים למפגעי איכות האויר, כמפורט להלן:

• **גוש דן:** באזור גוש דן ישנו עומס כבד של תחבורה, המתבטא במספר כלי הרכב ובעומסי תנועה כבדים, ובשל כך מושפע האזור מאד מזהום אויר תחבורתי. נוכח השימוש האינטנסיבי בכלי רכב פרטיים, מסחריים וציבוריים המונעים בבניין ובדיזל והמחסור במערכת הסעת המונים יעילה לתוך המטרופולין של גוש דן, ממנה ובתוכה, סובל האזור מלחץ ועומס תחבורה כבד. עומס תחבורה זה הוא המקור העיקרי לזהום האויר במחוז תל אביב. צפיפות האוכלוסיה והקרבה למקורות הזהום - כבישים וכלי רכב - חושפת את הציבור לאויר באיכות ירודה ומסכנת את בריאותו. זהום אויר מתחבורה כולל מזהמים רבים שחלקם רעילים ומסרטנים. המזהמים העיקריים המשויכים לזהום אויר מתחבורה הם תחמוצות החנקן, חלקיקים נשימים-עדינים ובניין וכן תרכובות אורגניות נדיפות נוספות (כגון פורמאלדהיד, 1,3 בוטאדיאן ותרכובות פוליאורומטיות).

• **מפרץ חיפה:** אזור מפרץ חיפה רגיש במיוחד לזהום אויר, עקב הפעילות התעשייתית הנרחבת במפרץ והתנועה הערה של כלי רכב. באזור זה יש ריכוז גדול של מקורות פליטה תעשייתיים, הכוללים את המתחם הפטרוכימי, תחנת כוח, מפעלים כימיים ומפעלי מתכת. כמו כן, באזור חיפה נמצא נמל ימי גדול וקיימת תנועה גדולה, אליו וממנו, של אוניות אשר שורפות דלקים באיכות ירודה ושל משאיות תובלה. ממקורות הזהום הללו נפלט מגוון רחב של מזהמי אויר: תחמוצות חנקן, תחמוצות גופרית, חומר חלקיקי, מתכות כבדות, תרכובות אורגניות נדיפות (כולל דיאוקסינים ופוראנים), תרכובות פוליאורומטיות וחומרים אנאורגאניים גזיים.

באזור חיפה והקריות לא נמצאו חריגות מערכי הסביבה לאותם מזהמים להם מוצע ערך סביבה בטיטות התקנות. יחד עם זאת נמצא כי אזור חיפה והקריות הוא אזור שיש בו חשש לפגיעה בבריאות הציבור וישנו עומס של מזהמי אויר שמקורם בתחבורה ובתעשייה. יש לציין כי למזהמים חנקן דו-חמצני וחלקיקים נשימים-עדינים (הקטנים מ-2.5 מיקרומטר), שהם מזהמים שכיחים באזור זה הנפלטם מתחבורה, אין ערך סביבה מוצע בטיטות התקנות.

• **רמת-חובב:** באזור התעשייה רמת-חובב ישנו ריכוז משמעותי של מפעלים כימיים בעלי היקף פעילות גדול. מפעלים אלו המשתמשים בחומרי גלם שונים, מיצרים ופולטים לאויר מגוון של מזהמי אויר שרבים

מהם רעילים ומסוכנים לבריאות או מסרטנים. במוקדי אוכלוסיה מרוחקים מהאתר לא נמצאו בדרך כלל ריכוזים העולים על ערכי היעד או על ערכי היחוס, אבל בתחום אזור התעשייה ובסביבתו הקרובה מתקבלים ריכוזים גבוהים בחלק מהמזהמים, החורגים מערכי היעד או מערכי היחוס קצרי הטווח וארוכי הטווח. יצוין כי הימצאותם באויר של מגוון מזהמים בו-זמנית, מגדילה יותר את הסיכון הבריאותי.

- **ירושלים:** בירושלים קיים עומס תחבורתי כבד המאופיין בין היתר במספר אוטובוסים גדול המונעים בדיזל וכן במאמץ יתר של הרכבים בשל המבנה הטופוגרפי של העיר אשר מביא לפליטת מזהמים מוגברת. בירושלים ובעיקר במרכז העיר, חשופים התושבים לזהום אויר תחבורתי, כולל חשיפה לחומרים הבאים: חנקן דו-חמצני, חלקיקים נשימים-עדינים הקטנים מ-2.5 מיקרומטר, תרכובות אורגניות נדיפות (בנזן, פורמאלדהיד, 1, 3 בוטאדיאן) ותרכובות פוליארומטיות.
- **פנים הארץ – כל האזור מזרחה מבית שאן בצפון, דרך גוש עציון במרכז ועד רמת חובב בדרום:** האזור סובל מריכוזי אוזון גבוהים כתוצאה מהסעת מזהמי אויר מבשרי אוזון מאזור החוף וחמצונם תוך כדי נדידתם מזרחה.
- **אזורי אשדוד, חדרה ואשקלון:** שלושת האזורים האלה שבמורד הרוח מתחנות הכוח הפחמיות הגדולות אשר לחוף הים התיכון, היו בעבר מוקדים של זהום אויר כבד. בשנים האחרונות יש באזורים אלה שיפור מסוים ברמת זהום האויר המנטרת שם, אף כי גם כיום נרשמים באזורים אלה מידי פעם ריכוזים גבוהים יותר של גופרית דו-חמצנית, תחמוצות חנקן וחלקיקים נשימים.

2. פרק ב': מבוא

2.1 הגדרת מטרות הועדה והרכבה

ב-1.1.2011 נכנס לתוקפו חוק אויר נקי התשס"ח-2008 (מדינת ישראל, 2008), המחליף ומשלים את החוק הוותיק בנושא איכות אויר שנחקק ע"י הכנסת עוד ב-1961 – החוק למניעת מפגעים, התשכ"א-1961 (מדינת ישראל, 1961). לפי חוק אויר נקי, התשס"ח-2008, סעיף 5, על השר להגנת הסביבה להכין תוכנית לאומית רב-שנתית שתקבל את אישור הממשלה, אשר מטרתה להביא לשיפור איכות האויר ולצמצום זיהום האויר בישראל. על התכנית לקבוע יעדים ארציים ואזוריים לצמצום זיהום האויר לשנים 2012-2020 ולהגדיר את האמצעים והדרכים לעמידה ביעדים אלה. כשלב ראשון להכנת התוכנית הלאומית מינה השר להגנת הסביבה ביום 25.8.2010 **ועדת מומחים ציבורית בנושא מצב איכות האויר בישראל** – להלן "הועדה" (ראה כתב מינוי של הועדה בנספח 1). בכתב המינוי צוין כי "הועדה תרכז את ממצאי המחקר בנושא איכות אויר בישראל, ריכוזי מזהמים, הרכבם, אפיונם, מקורותיהם והשפעותיהם הבריאותיות. המידע יאסף לצורך מיפוי וזיהוי הבעיות המרכזיות בנושא, לכדי יצירת בסיס מידע מדעי, עדכני ומקובל, להכנת תוכנית לאומית לאיכות האויר בישראל, לפי חוק אויר נקי". הועדה התבקשה לגבש את ממצאיה ולהגישם לשר להגנת הסביבה בדוח עד 1.1.2011.

2.1.1 מטרת הועדה

מטרת הועדה היא לייצור בסיס מדעי עדכני ואמין של מצב איכות האויר בישראל, אשר ישמש את השלב השני של התוכנית הלאומית, בה יבחנו אמצעי המדיניות הזמינים לצמצום זיהום אויר בישראל. מזהמי האויר שייסקרו ע"י הועדה הם המזהמים הקריטריוניים (Criteria Pollutants):

- גופרית דו-חמצנית – SO_2
- חנקן דו-חמצני – NO_2
- חומר חלקיקי (Particulate Matter – PM), חלקיקים נשימים (PM_{10}) וחלקיקים נשים-עדינים ($\text{PM}_{2.5}$)
- אוזון – O_3
- בנזן – C_6H_6
- מזהמי אויר נוספים, בהתאם לשיקולי הועדה עצמה.

2.1.2 תוצרי עבודת הועדה

תוצרי עבודת הועדה אשר יוכלו בדוח הועדה כוללים:

- מיפוי מצב איכות האויר בישראל: כבסיס לעבודת הועדה, ישמש "דוח מגמות איכות אויר המבוסס על נתוני ניטור קיימים" (מנ"א, 2010א). דוח זה מציג את נתוני איכות האויר בכל תחנות הניטור בארץ בעשור האחרון, ומצביע על מגמות ועל האזורים והמזהמים הבעייתיים.
- איסוף וריכוז ממצאי מחקר מהעבר וההווה: לכל מזהם יאספו ממצאי מחקר הכוללים: אפיון מקורות הזיהום (יבוא/מקומי), אפיון מרכיבי הזיהום, השפעות בריאותיות בריכוזי חשיפה שונים, איתור "Hot spots".
- השלמת מידע חסר: במקומות בהם יזוהו פערי ידע במחקר או בניטור, תנסה הועדה להשלימו או שתיתן הערכה מקצועית לעניין השלמת המידע החסר.
- הגדרת הבעיות המרכזיות: הועדה תנתח בראיה כוללת את המידע שהובא בפניה, תגדיר את הבעיות המרכזיות, את מוקדי הזיהום ואת אזורי השיא לחשיפת האוכלוסיה. הועדה תגבש המלצות לצורך הכנת התוכנית הלאומית, בהן מתבקשת הועדה להתייחס גם לסידרי העדיפות לקובעי המדיניות.

2.1.3 הצגת חברי הועדה (נספח 1)

- פרופ' מנחם לוריא – יו"ר
- פרופ' יגאל אראל
- פרופ' פנחס אלפרט
- דר' דוד ברודאי
- דר' מיכאל גרבר
- דר' נדב דוידוביץ
- דר' מרים הרן
- דר' אילן סתר

כמרכזת הועדה התמנתה גב' רעות רבי, לשכת סמנכ"ל תעשיות, המשרד להגנת הסביבה.

2.2 פרוטוקולים של ישיבות הועדה

לצורך הכנת הדוח התכנסה הועדה 8 פעמים ונפגשה עם גורמים רלבנטיים לקבלת מידע וחוות דעת בנושאים שבתחום המנדט שלה. הפרוטוקולים של ישיבות הועדה מוצגים בנספח מס' 2 לדוח זה.

2.3 ממצאי מחקרים מהעבר והווה

הועדה ערכה סקר בין חברי הועדה והמומחים שהשתתפו בישיבותיה לגבי מחקרים ומאמרים על זיהום אויר הרלבנטיים לישראל, שנערכו מאז שנת 2000. מאגר של מחקרים ומאמרים שנאספו במסגרת עבודת הועדה מוצג בנספח 3 לדוח זה. יצוין כי מאגר של מאמרים ופרסומים הנוגעים לזיהום אויר בישראל שהתפרסמו בעבר מאז שנת 1950 פורסם על ידי המשרד להגנת הסביבה (Graber, 1992).

2.4 השוואת איכות האויר בישראל עם זו שבארצות מפותחות בעולם

על מנת להשוות את מצב איכות האויר בישראל עם זו שבארצות אחרות בעולם, צריך קודם להגדיר את רמת זיהום האויר בישראל ולמצוא מדד שיאפיין אותו. לאחר מכן יש צורך למצוא מדדים המאפיינים את איכות האויר בארצות האחרות, שגם מאפשרים לערוך את השוואה הנדרשת.

ניתן לאפיין את איכות האויר ביישובים שונים ברחבי הארץ באמצעות מדד מתאים. מדד כזה, הנמצא בשימוש נפוץ במספר ניכר של ארצות בעולם וגם בישראל ידוע בשם "מדד זיהום האויר" (Air pollution Index – API) או "מדד איכות האויר" - מא"א - (Air Quality Index – AQI). מדד זה של זיהום האויר מעניק ציון, באמצעות מספר יחיד, למידת זיהום האויר באזור או בעיר לגביו מתייחס המדד. השימוש העיקרי במדד איכות אויר הוא בפרסום לציבור מידע עדכני ולא-טכני על רמות זיהום האויר הקיימות ביישובים מוגדרים וכן תחזיות קצרות-טווח לגבי איכות האויר החזויה באותם ישובים ביממה הקרובה.

המשרד להגנת הסביבה מפרסם לציבור מדי יום מדד איכות אויר (משרד לה"ס, 2010א). מדד זה מבוסס על המדד שפותח והוכנס לשימוש בארצות הברית ע"י הסוכנות להגנת הסביבה (USEPA, 2009). גם האיחוד האירופי מפרסם נתונים על איכות אויר בערים שונות באירופה באמצעות מדד איכות אויר (EU, 2010). בדוחות השנתיים על מצב איכות אויר בישראל שפרסם המשרד להגנת הסביבה ב-2007 (מנ"א, 2007), וגם בשנים קודמות לשנה זו, ניתנת טבלת סיכום שנתיית על מצב איכות האויר המבוסס על מא"א המחושב לגבי 24 ערים ויישובים שונים ברחבי הארץ. מטבלה זו מסתבר כי ביישובים בארץ בהם קיימת בעיית זיהום אויר, היא נגרמת על ידי ריכוזים גבוהים של חומר חלקיקי, חנקן דו-חמצני ואוזון.

הנתונים על רמות זיהום האויר בישראל, המנטרים ע"י רשת ארצית של תחנות ניטור ונאגרים במרכז נתוני אויר (מנ"א) שבמשרד להגנת הסביבה, מתפרסמים בדו"ח שנתי מאז 1997. הדו"ח השנתי האחרון שפרסם המשרד להגנת הסביבה מתייחס לשנת 2008 (מנ"א, 2008). נתוני הניטור מושווים לתקני איכות אויר הנמצאים כיום בתוקף בישראל (מדינת ישראל, 1992), או לתקנים המופיעים בהצעת תקנות אויר נקי (ערכי איכות אויר), 2010 (משרד לה"ס, 2010ב), או להנחיות ארגון הבריאות העולמי (WMO, 2006). להלן סיכום הממצאים לגבי מצב זיהום האויר בישראל בשנת 2008:

- במהלך שנת 2008 נרשמו חריגות מתקן איכות האויר השנתי לחנקן דו-חמצני (40 מיקרוגרם למטר מעוקב, להלן "מק"ג/מ"ק") בגוש דן בכל תחנות הניטור התחבורתיות וגם בשלוש תחנות ניטור כלליות וכן בתחנת הניטור בנתב"ג, לוד. במהלך שנה זו נרשמו גם חריגות מתקני איכות האויר לחנקן דו-חמצני לזמן קצר (שעה – 200 מק"ג/מ"ק; חצי שעה – 940 מק"ג/מ"ק) בתחנות הניטור התחבורתיות, וגם בתחנות הניטור הכלליות בגוש דן, ירושלים ובנתב"ג, לוד.
- במהלך שנת 2008 נרשמו חריגות מתקן איכות האויר השנתי לחלקיקים נשימים-עדינים $PM_{2.5}$ (שקוטרם קטן מ-2.5 מיקרומטר) בכל תחנות הניטור בהן נמדד פרמטר זה (ערך היחוס שנלקח בדוח זה היה 15 מק"ג/מ"ק). כמו כן נרשמה בפתח-תקווה חריגה מתקן איכות האויר השנתי לחלקיקים נשימים PM_{10} (שקוטרם קטן מ-10 מיקרומטר) (ערך היחוס שנלקח בדוח זה היה 60 מק"ג/מ"ק).
- במהלך שנת 2008 נרשמו חריגות בודדות מתקן איכות האויר החצי-שעתי לאוזון (230 מק"ג/מ"ק) וגם מן התקן ה-8 שעתי (160 מק"ג/מ"ק) בפארק הכרמל, בחיפה בקרית-שפרינצק ובכרמל הצרפתי, וכן במפרץ חיפה, בקרית אתא ובקרית טבעון. בנוסף, במורד הרוח ממפרץ חיפה נרשמו חריגות מהתקן לאוזון גם בתחנות מרוחקות יותר (בגבעת המורה ובכרם מהר"ל). ריכוזי אוזון החורגים מן התקן נרשמו גם בתחנות הנמצאות כללית מזרחה מגוש דן (אריאל, מודיעין, כרמי יוסף, גמזו), מזרחה לאשדוד (בית-שמש, גוש עציון) ומזרחה ודרומה לאשקלון (כפר-מנחם, באר-שבע ורמת חובב).
- מן הדוחות השנתיים עולה כי קיימת בעיה קשה ומתמשכת של זיהום אויר הנגרם מפליטות של כלי רכב בגוש דן ובירושלים, המאופיינת בעיקר ברמות גבוהות של ריכוזי חנקן דו-חמצני. במהלך שנת 2008 נרשמו בגוש דן 30 ימים עם זיהום אויר גבוה, ובירושלים 20 ימים. יחד עם זאת יש לציין כי יש מגמה של ירידה משמעותית עם השנים במספר הימים במהלך השנה בהם קיים מצב זיהום אויר קשה.
- במהלך שנת 2008 נרשמו בדרך כלל רמות נמוכות של ריכוזי גופרית דו-חמצנית. יחד עם זאת, נרשמו שתי חריגות מהתקן הקיים החצי-שעתי (500 מק"ג/מ"ק), האחת בפרדס-חנה והשנייה באזור התעשייה מצפון אשדוד.
- במהלך שנת 2008, כמו בשנים קודמות, ריכוזי הפחמן החד-חמצני שנמדדו היו נמוכים מאד ולא נרשמו חריגות מן התקן למזהם זה.

באתר האינטרנט של הסוכנות הפדראלית להגנת הסביבה בארה"ב (USEPA, 2010) ניתן לייצר דוחות על נתוני איכות האויר בכל אחת ממדינות ארה"ב. בדיקה של ריכוזי השיא שנמדדו ב-2008 במדינות הדרומיות של ארה"ב (החמות ויבשות יחסית - קליפורניה, טקסס ופלורידה) וגם בניו-יורק, לעומת ריכוזי השיא של מזהמי אויר שנמדדו בישראל ב-2007, 2008 וב-2009 (מנ"א, 2007; מנ"א, 2008; מנ"א, 2009) ובפריז, צרפת ב-2010 (AirParif, 2010), מציגה את התמונה הבאה:

מזהם (מק"ג/מ"ק) (ק)	זמן מיצוע	קליפורניה	טקסס	פלורידה	ניו-יורק	ישראל 2007	ישראל 2008	ישראל 2009	פריז, צרפת תחבורתי לא תחבורתי
NO_2	1 שעה	194	207	103	186	216	282	288	378 203
NO_2	1 שנה	41	30	17	68	54	65	64	105 43
O_3	1 שעה	308	230	210	245	255 (שעתי)	282 (שעתי)	334 (שעתי)	175 186
O_3	8 שעות	258	182	196	210	186	188	204	160 162
SO_2	1 שעה	516	498	527	212	500 (שעתי)	673 (שעתי)	432 (שעתי)	94 149
SO_2	24 שעות	71	118	81	76	97	66	86	35 35
$PM_{2.5}$	24 שעות	107.6	42.7	36.6	41.2	216	226	381	120 154
$PM_{2.5}$	1 שנה	22.5	13.2	11.1	15.9	30	25	29	30 18
PM_{10}	24 שעות	144	243	80	-	920	704	*1055	204 198
PM_{10}	1 שנה	56	55	29	-	78	74	65	53 26

* ערך זה נמדד בגבעתיים. יצוין כי ב-2009 נמדד בבאר-שבע ריכוז של PM_{10} של 1350 מק"ג/מ"ק במהלך סופת אבק כבדה.

הטבלה הנ"ל מציגה את ריכוזי השיא שנמדדו בישראל לעומת ריכוזי השיא שנמדדו במקומות אחרים ציחיים למדי בעולם (קליפורניה, טקסס) וגם במקומות ציחיים פחות (פלורידה, ניו יורק ופריז). יצוין כי ריכוזי החומר החלקיקי הנמדדים בישראל מושפעים מאד מסופות האבק, שאין לאדם כל שליטה בהן. מומלץ על כן להרחיב את ההשוואה

המוצגת בטבלה לעיל ולהוסיף השוואה של תוצאות הניטור של החומר החלקיקי בישראל עם אלה במקומות אחרים בעולם המתבססת על האחוזון ה-95 של תוצאות הניטור (ראה המלצה 14.8).

מפרסומים של סוכנות הסביבה האירופית (European Environment Agency – EEA) מסתבר שגם באירופה הבעיות החמורות של זיהום האוויר מתמקדות באוזון (EEA, 2009; 2010) ובמזהמים חנקן דו-חמצני וחלקיקים שמקורם בפליטות מכלי רכב (EEA, 2006). פרסום של ה-EEA על זיהום האוויר מכלי רכב שנמדד בערים שונות באירופה בשנת 2000 (EEA, 2006), מציג את התמונה הבאה:

עיר	NO ₂ במק"ג/מ"ק ממוצע שנתי	PM ₁₀ במק"ג/מ"ק ממוצע שנתי
אתונה	51	48
סלוניקי	38	41
מרסיי	43	31
ליסבון	45	42
מילנו	-	45
ברלין	25	31
לונדון	60	35
פריז	58	25
אנטוורפן	33	-

בישראל דיווח מנ"א כי בשנת 2008 ארעו בגוש דן 30 ימים של זיהום אוויר גבוה שמקורו תחבורתי (זאת בהתבסס על ערכי סף של 200 מק"ג/מ"ק ל-NO₂ ו-150 מק"ג/מ"ק ל-PM₁₀) (מנ"א, 2008). יש להניח כי חלקם הגדול של הימים שהוגדרו כימים עם זיהום אוויר גבוה נבעו מן החריגה בריכוזי החלקיקים הנשימים, וכי הפחתת הסף של ה-PM₁₀ בהגדרת יום זיהום גבוה בישראל (150 מק"ג/מ"ק) לערך שנלקח באירופה (50 מק"ג/מ"ק) היה מגדיל בצורה משמעותית את מספר הימים המזהמים בשנה, לערכים הדומים לאלה שנמדדו באירופה.

יש לציין כי מרבית הדוחות על איכות האוויר באירופה (ובפרט בבריטניה וגרמניה) מציגים רק נתונים על ריכוזים שנתיים ממוצעים ועל מספר הימים שבהם היו חריגות מערכי התקן ואינם מפרטים את הריכוזים המרביים, כפי שמפרטים הדיווחים של ה-USEPA (ראו DEFRA, 2009; UBA, 2009).

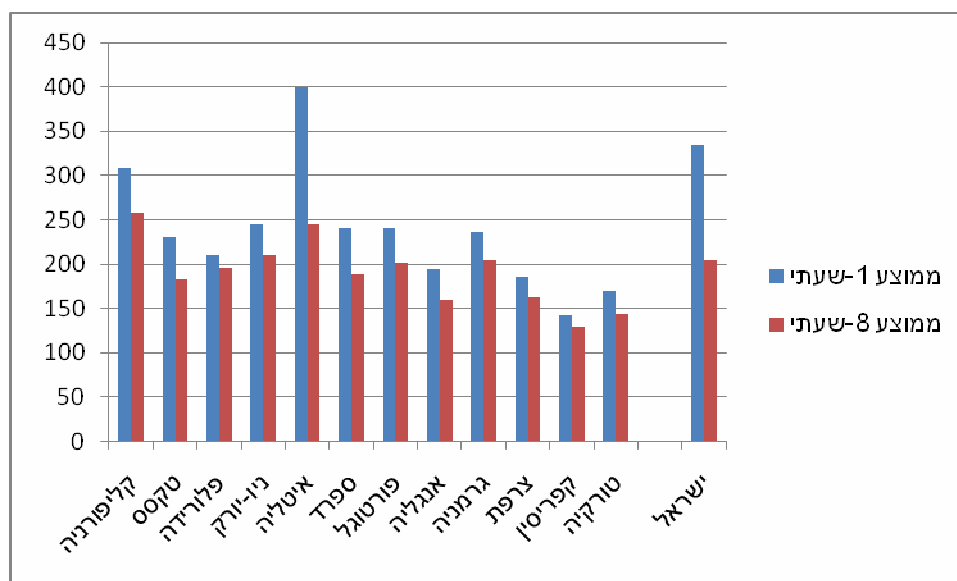
שני פרסומים נוספים של ה-EEA על ריכוזי האוזון שנמדדו בארצות שונות באירופה בקיץ (אפריל עד ספטמבר) (EEA, 2009; 2010) מציגים את התמונה הבאה לגבי ריכוז השיא של אוזון שנמדדו שם ב-2008 ו-2009.

ערכים שעתיים מרביים של O₃ (מק"ג/מ"ק) שנמדדו במספר ארצות אירופה בקיץ של השנים 2008 ו-2009

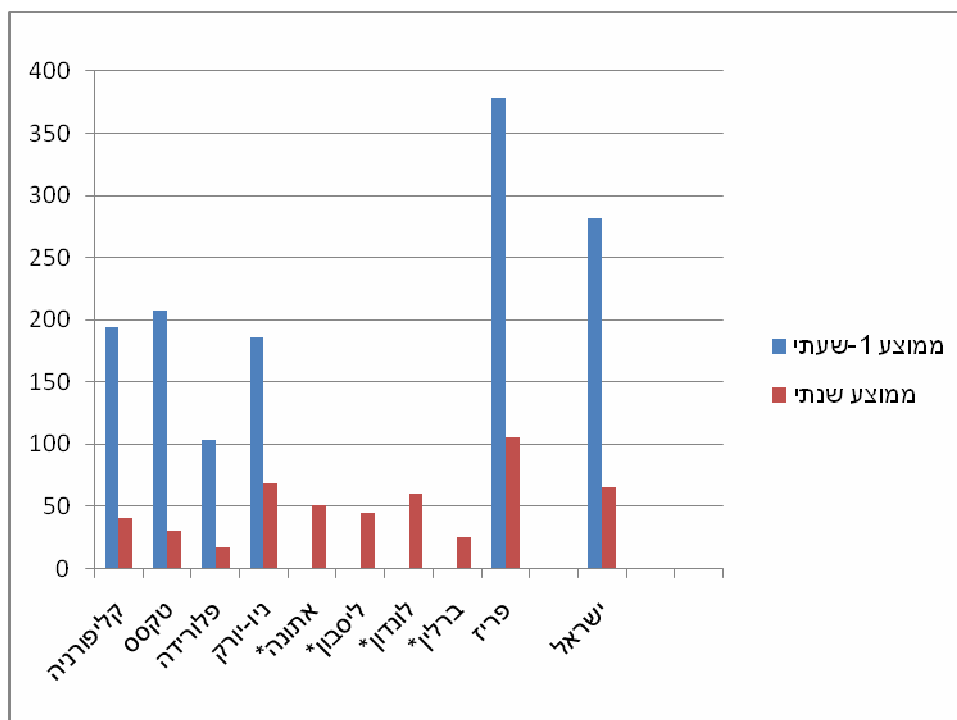
ארץ	שנת 2008 ממוצע 1-8 שעות	שנת 2009 ממוצע 1-8 שעות	שנת 2008 ממוצע 1-8 שעות	שנת 2009 ממוצע 1-8 שעות	אזורים בעייתיים
קפריסין	142	129	157	142	-
איטליה	399	245	279	240	מדריד, ברצלונה
ספרד	241	189	274	173	מדריד, ברצלונה
פורטוגל	240	202	240	214	פורטו
אנגליה	194	159	258	167	-
גרמניה	236	204	226	190	ברלין, פרנקפורט
צרפת	236	196	284	222	פריז, מרסיי עד ברצלונה
טורקיה	170	144	100	-	-

לשם השוואה, לפי דוח מנ"א על מצב איכות האוויר בישראל לשנת 2008 ו-2009 (מנ"א, 2008; 2009), היה בישראל ריכוז האוזון החצי-שעתי המרבי 282 מק"ג/מ"ק והריכוז ה-8-שעתי המרבי 188 מק"ג/מ"ק, וב-2009 היה הריכוז החצי-שעתי המרבי 334 מק"ג/מ"ק והריכוז ה-8-שעתי המרבי היה 204 מק"ג/מ"ק. השוואה גרפית של נתוני איכות האוויר שנמדדו בישראל ב-2007, 2008 ו-2009 עם נתונים שנמדדו בארצות אחרות בעולם מוצגים באיורים שלהלן:

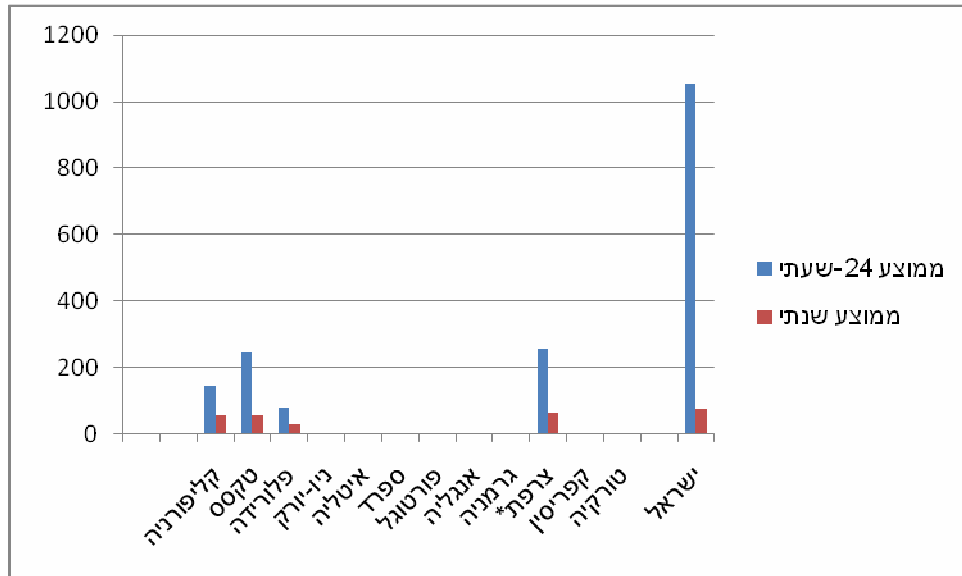
ריכוזים מרביים של אוזון (O_3), במק"ג/מ"ק (ממוצע 1-שעתי וממוצע 8-שעתי), שנמדדו בישראל במהלך 2007, 2008 ו-2009 בהשוואה לארצות אחרות בעולם ב-2008



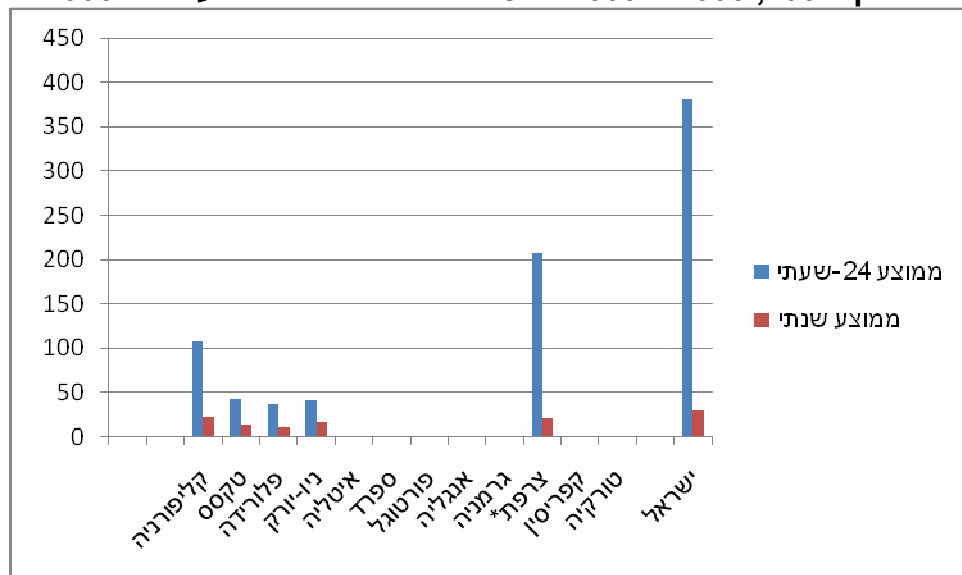
ריכוזים מרביים של חנקן דו-חמצני (NO_2), במק"ג/מ"ק (ממוצע 1-שעתי וממוצע שנתי), שנמדדו בישראל במהלך 2007, 2008 ו-2009 בהשוואה למקומות אחרים בעולם ב-2008 (הנתונים לגבי הערים המסומנות ב-*)



ריכוזים מרביים של PM_{10} במק"ג/מ"ק (ממוצע 24-שעתי וממוצע שנתי), שנמדדו בישראל במהלך 2007, 2008 ו-2009 בהשוואה לארצות אחרות בעולם ב-2008 (הנתונים לגבי צרפת הם עבור פריז בלבד)



ריכוזים מרביים של $PM_{2.5}$ במק"ג/מ"ק (ממוצע 24-שעתי וממוצע שנתי), שנמדדו בישראל במהלך 2007, 2008 ו-2009 בהשוואה לארצות אחרות בעולם ב-2008



סיכום: השוואה ראשונית זאת של נתוני איכות האוויר בישראל לזו שבמקומות אחרים בעולם מראה כי רמות השיא של המזהמים באוויר בישראל משתווה ולעיתים אף גבוהות מאלו המנטרות בארצות אחרות בעולם המפותח. כאמור, הועדה ממליצה להרחיב ולהעמיק השוואה זו בהתבסס על האחוזון ה-95 (המלצה 14.8).

2.5 סקירה עדכנית של ההשפעות הבריאותיות של זיהום אוויר בישראל

מחקרים אפידמיולוגיים בעולם ובישראל מצביעים על ההשפעות השליליות של זיהום אוויר על הבריאות, הן בטווח הקצר והן בטווח הארוך. על פי הערכות ארגון הבריאות העולמי זיהום אוויר גורם לתמותה מוקדמת של כשני מיליון בני אדם בשנה (WHO, 2008). ההשפעות השליליות של זיהום אוויר על הבריאות כוללות מחלות לב וכלי דם, מחלות נשימה, סרטן ריאות ואף השפעה על התפתחות עוברים. כיום מתברר כי ההשפעה השלילית של חלקיקים נשימים-עדינים ($PM_{2.5}$) הסופחים אל פניהם מגוון של מזהמים אחרים הוא משמעותי ביותר. על פי נתונים הנאספים בישראל במרכז הלאומי לבקרת מחלות (מלב"ם - ICDC) הפועל מאז 1994 (קאופמן, 2010), פונים כל שנה למיון כ-10,000 איש בשל תלונות על אסתמה, כ-18,000 בשל קוצר נשימה וכ-69,000 בשל כאבים בחזה (גרטו, 2010). על פי ה-WHO עשויות תלונות אלה להיות מושפעות בין היתר מזהום סביבתי, כולל זיהום אוויר. יש לציין כי שכיחות האסתמה עלתה משמעותית בשני העשורים האחרונים ואפשר שזהו האוויר הוא אחד הגורמים לעלייה זאת.

במחקר שפורסם על ידי קבוצת חוקרים מישראל וארה"ב, בהובלתו של פרופ' פיטר פרוס מהסוכנות הפדרלית להגנת הסביבה בארה"ב (USEPA), נבדק הקשר שבין נתוני ניטור אוויר לבין נתוני בריאות באשדוד ובתל אביב בין השנים 1995-1999 (Preuss, Goren, Haran, Nezer, Warburg, 2003). במחקר מקיף זה נמצאו הממצאים הבאים:

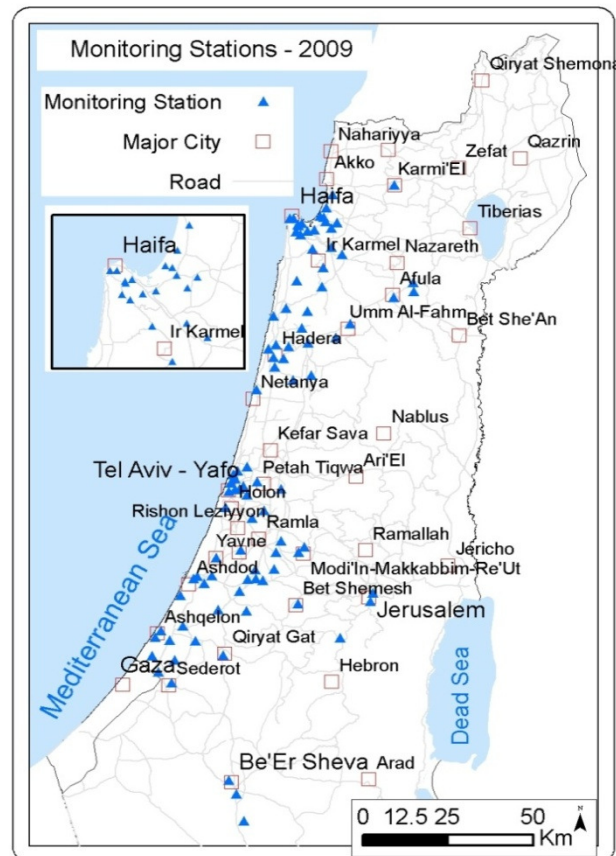
- **תמותה:** כתוצאה מחשיפה ממושכת לחלקיקים נשימים-עדינים ($PM_{2.5}$) תוצרי אדם בקרב בני 30 ומעלה חושב ערך תמותה עודפת של 620 מקרים באזור תל אביב ו-90 מקרים באזור אשדוד, נתון השווה ל-8% משיעור התמותה הבסיסי. הערכת התמותה בעקבות חשיפה לאוזון בשני אזורים אלה הסבירה אחוז אחד מסך התמותה הכללי.
- **אשפוזים:** ב-1997 כ-2% מסך האשפוזים בכל הגילאים עקב כל מחלות הנשימה יוחסו לחלקיקים נשימים-עדינים ($PM_{2.5}$) תוצרי-אדם. בקרב בני 65 ומעלה, יוחסו 6% מסך האשפוזים כתוצאה ממחלות נשימה (800 מקרי תמותה עודפים) ו-3% מסך האשפוזים כתוצאה ממחלות לב וכלי דם (1220 מקרים עודפים) לחשיפה ל- PM_{10} . החשיפה לאוזון גרמה ל-8% (1120 מקרים עודפים) ו-12% (180 מקרים עודפים) מסך מקרי האשפוז עקב תחלואה נשימתית באזור תל אביב ואזור אשדוד בהתאמה בשנת 1997. החשיפה ל- SO_2 גרמה בשני האזורים לכ-6% ממקרי האשפוז עקב תחלואה נשימתית (1000 מקרים עודפים באזור תל אביב ו-220 מקרים עודפים באזור אשדוד). החשיפה ל- NO_2 גרמה ל-4% (615 מקרים עודפים) ו-2% (60 מקרים עודפים) מסך מקרי האשפוז עקב תחלואה נשימתית באזור תל אביב ואזור אשדוד בהתאמה בין השנים 1995-7.
- **תחלואה נשימתית:** בין השנים 1997-1999 כ-20% ממקרי התחלואה הנשימתית בילדים בגילאים 7-14 באזור תל אביב נמצאו מיוחסים לחשיפה ל- PM_{10} (28,000 מקרים) וכ-14% (20,000 מקרים) יוחסו לחשיפה ל- $PM_{2.5}$. באזור אשדוד ההערכה היא כי חשיפה ל- PM_{10} גרמה ל-20% מהתחלואה הנשימתית בילדים בגילאים 7-14 (6,000 מקרים) וכ-15% (4,400) ממקרי התחלואה הנשימתית בילדים עקב חשיפה ל- $PM_{2.5}$. בשני האזורים כ-1% ממקרי האסתמה בכל הגילאים יוחסו לחשיפה ל- SO_2 .
- **המלצות:** דוח המחקר ממליץ ליישם בישראל תוכנית מקיפה לניהול משאבי אוויר בישראל במטרה להקטין את הסיכון הבריאותי של זיהום האוויר בישראל. הדגש בהמלצות אלה מתמקדות בעיקר במזהמי האוויר $PM_{2.5}$, O_3 ו- NO_x .

בנוסף למחקר זה, התבצעו ומתבצעים בישראל מחקרים שונים בנושא בריאות וזיהום אוויר (זאת במימון המשרד להגנת הסביבה, משרד הבריאות והקן לבריאות וסביבה), המחזקים את התצפיות ברחבי העולם המצביעות על קשר סיבתי בין חשיפה לזיהום אוויר ותחלואה ועל הצורך בצמצום זיהום האוויר באופן שיפחית תחלואה ותמותה וכך יחסוך כסף רב למערכת הבריאות.

בפני הועדה הוצגו תוצאות שהתקבלו ממחקר שבו נבדק הקשר בין נתוני בריאות ונתוני זיהום אוויר בילדים באזור חדרה בשנים 1996 ו-1999, ובמבוגרים בשנים 2003-2005 (דובנוב, ברחנא, פורטנוב, יוגב-בג'וי, הראל ורשפון, 2010). רשימת מחקרים נוספים בנושא בריאות וזיהום אוויר שפורסמו משנת 2000 ואילך כלולה בנספח 3 לדוח זה. רשימת מחקרים בנושא בריאות וסביבה שהתפרסמו לפני שנת 2000 כלולה בנספח 6 לדוח המחקר הנ"ל (Preuss et al., 2003).

2.6 מערך הניטור הארצי (מנ"א): תאור הרשת הארצית של התחנות לניטור איכות האויר ומודל החיזוי הארצי

בישראל פועלות כיום למעלה מ-100 תחנות לניטור איכות אויר, 25 מהן מופעלות ע"י המשרד להגנת הסביבה והשאר ע"י איגודי הערים לאיכות הסביבה (באזורי חיפה, חדרה, אשדוד ואשקלון), ע"י עיריית פתח תקווה, המועצה המקומית התעשייתית רמת-חובב, רשות שדות התעופה (סביב שדה התעופה בן-גוריון) וחברת החשמל (סביב חלק מתחנות הכוח שהיא מפעילה). להלן מפה המפרטת את מיקומן של התחנות לניטור איכות האויר (מנ"א, 2010 א'):



תחנות הניטור הפועלות בישראל נחלקות לשני סוגים: תחנות לניטור כללי ותחנות תחבורתיות. התחנות הכלליות ממוקמות באזורים מאוכלסים שאינם בקרבת מקורות פליטה ספציפיים. המזהמים המנוטרים הם המזהמים הקריטיים שצוינו בסעיף 2.1.1. בנוסף מנוטרים בתחנות הכלליות פרמטרים מטאורולוגיים כמו מהירות הרוח, כיוונה, טמפרטורה, לחות יחסית, קרינת שמש וכמות הגשם. התחנות התחבורתיות ממוקמות לצד צירי תחבורה פעילים, והן מנטרות מזהמים האופייניים לכלי רכב: פחמו חד-חמצני, תחמוצות חנקן, חומר חלקיקי ופחמימנים.

מרבית התחנות לניטור איכות האויר בישראל הוקמו סביב תחנות הכוח של חברת החשמל הפועלות, או שפעלו, בחיפה, תל-אביב, אשדוד, חדרה ואשקלון. תחנות חדשות המופעלות ע"י מנ"א התווספו במטרה לאפיין את איכות האויר גם באזורים אחרים בארץ: בכרמיאל בגליל, ביד אבנר והתחנה המרכזית בתל-אביב, במודיעין, בכיכר ספרא בירושלים ובבאר-שבע בדרום.

מפת פריסת תחנות הניטור לעיל מראה בברור כי בחלק המזרחי של מדינת ישראל לא פועלות תחנות לניטור איכות האויר. הועדה ממליצה על כן לעבות את מערך תחנות הניטור בישראל ממזרח לגב ההר, בפרט בכל הנוגע לניטור האוזון(המלצה 13.2). כמו כן מסתבר כי בישראל אין ניטור של איכות האויר בשמורות הטבע ובגנים הלאומיים (משרד לה"ס, 2010 ג').

הועדה דנה בהרחבה בכך שאין במסגרת מנ"א ניטור נאות של תרכובות אורגניות נדיפות (VOCs) באזורים בהן פועלת התעשייה, ובפרט התעשייה הכימית והפטרוכימית. ניטור כזה חשוב שיבוצע משיקולים של אבטחת איכות אויר נאותה כנדרש על פי תקני איכות האויר הקיימים בישראל, ובנוסף לצורך קביעת ערכם של תקני יעד ותקני אתראה, כפי שנדרש בחוק אויר נקי, 2008 (המלצה 13.4).

3. פרק ג' : אפיון מצב איכות האויר בישראל

3.1 כללי

יש להבחין בין שני סוגים של מזהמי אויר:

- **מזהמי אויר מקומיים** – קבוצה זו כוללת את כל המזהמים שהם תוצאה מפעילות אנושית מקומית, הנפלטת ממקורות נקודתיים בעיקר נייחים. השפעתם ברובה מקומית. ניתן למנוע את פליטתם לאויר בעזרת אמצעים טכנולוגיים מקובלים וידועים לתעשייה המלווים באכיפה יעילה.

בארץ ישנם כיום שני מוקדים עיקריים למזהמים אלו: האחד בצפון במפרץ חיפה, והשני בדרום ברמת-חובב ומישור חותם. מטריד במיוחד המצב במפרץ חיפה, בעיקר בגלל קרבתו למרכזי אוכלוסיה. הגופרית הדו-חמצנית היוותה בעבר מרכיב עיקרי בקבוצה זו, אך פליטתה לאטמוספירה ירדה משמעותית עם צמצום השימוש במזוט, המעבר לשימוש בפחם בעל תכולת גופרית נמוכה יותר, המעבר לדלקים דלי גופרית (סולר וגז טבעי) והתקנת סולקנים בתחנות הכוח הפחמיות. מזהם נוסף שגרם לדאגה בעבר אך כיום השפעתו על איכות האויר היא משנית הוא הפחמן החד-חמצני. עם הכנסתם לשימוש של ממירים קטליטיים בכלי רכב עם מנוע בנזין ירדו פליטות הפחמן החד-חמצני באופן ניכר וכיום ריכוזי ה- CO שנמדדים אפילו בצמתים עמוסים הם זניחים. חריגות מתקן איכות האויר ל- CO אינן נרשמות יותר בארץ. מזהמים אחרים הנכללים בקבוצה זו הם תרכובות אורגניות נדיפות (VOCs – Volatile Organic Compounds). ה- VOCs מצויים באטמוספירה בצורת גזים וחלקם רעילים או שיש להם השפעה שלילית על הסביבה. ה- VOCs נמצאים בד"כ בשימוש התעשייה. מרבית ה- VOCs הם פחמימנים, כאשר התרכובות התורמות ביותר לייצור האוזון באטמוספירה הם הפחמימנים הבלתי-רוויים.

- **מזהמי אויר אזוריים** – קבוצה זו, המהווה בעיה הרבה יותר מורכבת, כוללת את האוזון (O_3) וכן את החנקן הדו-חמצני (NO_2) השייך למשפחה של תרכובות חנקן הידועה בשם הכולל "תחמוצות חנקן" (ראה סעיף 3.2.2). לאוזון אין מקור הפולט אותו לאויר, אלא הוא נוצר בתוך האטמוספירה בתהליך פוטוכימי שבו מתרחשת תגובה כימית בהשפעת השמש בין תחמוצות החנקן לבין התרכובות האורגניות הנדיפות (VOCs). לעומת זאת, נוכחותם באויר של תחמוצות החנקן והתרכובות האורגניות הנדיפות היא תוצאה מפעילות אנושית, בעיקר של שימוש בדלק ושריפתו לייצור אנרגיה בתעשייה, בתחנות כוח ובתחבורה. בישראל ריכוזי האוזון עולים ככל שנעים מזרחה מחוף הים התיכון, זאת מאחר והאוזון נוצר בתוך גושי אויר המכילים תחמוצות חנקן ו- VOCs המוסעים מחוף הים לפני הארץ. לפיכך, נמדדים ריכוזי אוזון גבוהים בפנים הארץ, מעמק בית שאן בצפון ועד רמת חובב ודרומה. תחמוצות החנקן והתרכובות האורגניות הנדיפות ידועות על כן כמבשרי האוזון (Ozone precursors). לתהליך זה של יצירה פוטוכימית של האוזון נדרש משך זמן של מספר שעות ולכן ריכוזי האוזון הגבוהים ביותר נמדדים רק במרחק עשרות ואפילו מאות קילומטרים במורד הרוח מן הנקודה בה נפלטו מבשרי האוזון לאויר. אי לכך מוצאים בארץ את השיאים של ריכוזי האוזון הרחק מזרחה מאזור מישור החוף של הים התיכון, שבו כידוע מתרכזת עיקר הפעילות התעשייתית והתחבורתית של המדינה ושם גם נפלטת עיקר הכמות של מבשרי האוזון. כך אנו מוצאים בארץ את ריכוזי האוזון המרביים באזורים שונים בבית שאן ובגב ההר (החל מהשומרון בצפון, המשך בהרי יהודה וכלה דרומה מבאר שבע), זאת למרות שהמבשרים של האוזון (VOCs ותחמוצות החנקן) נפלטת בעיקר באזור תל-אביב והמרכז, ובעיקר מתחבורה מוטורית. הקטנת האוזון מחייבת טיפול במקורות המרוחקים משמעותית ממוקדי הבעיה.

3.2 אפיון ארצי – מצב נוכחי על פי ממצאי הניטור וניתוח מגמות

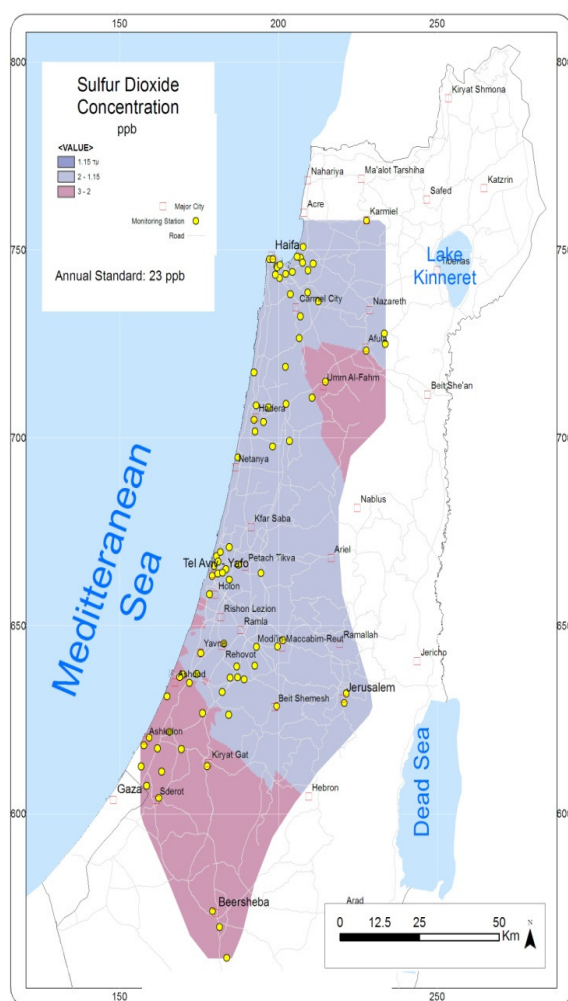
3.2.1 גפרית דו-חמצנית (SO_2)

גופרית דו-חמצנית נפלטת כתוצאה משריפת דלק פחמני בעל תכולה גבוהה של גופרית, כאשר המקורות העיקריים הם תחנות הכוח, בתי הזיקוק והתעשייה הכבדה, המשתמשים בדלקים עתירי גופרית (מזוט ופחם). מקור נוסף לגופרית דו-חמצנית באויר מהווה ההסקה הביתית באזורי מגורים המשתמשים בסולר המכיל גופרית (רכבי הדיזל משתמשים אף הם בסולר אולם תכולת הגופרית בו מופחתת). בשנות ה-70 וה-80 של המאה שעברה, כאשר מרבית

ייצור החשמל בארץ התבסס על מזוט, ותכולת הגופרית שבו הגיעה ל-3.5%, היוותה הגופרית הדו-חמצנית בארץ את מזהם האויר הבעייתי ביותר, בעיקר באזור אשדוד (Graber et al., 1981) ובמפרץ חיפה. עוד בשנת 1989 מדווח עיתון "הביוספירה" על הקמת צוות בדיקה של אירוע זהו אור חריג במפרץ חיפה שהתרחש ביום 30.4.1989. ביום זה נמדדו בשתי תחנות ניטור בחיפה ריכוזי גופרית דו-חמצנית העולים על 1,560 מק"ג/מ"ק (הביוספירה, 1989). בתוכנית אב למניעת זהו אור (תמז"א), שיזם המשרד לאיכות הסביבה ב-1987, מהווה נושא צמצום ריכוזי הגופרית הדו-חמצנית בסביבה באמצעות הפחתת תכולת הגופרית בדלק את אחד הנושאים המרכזיים של התוכנית (הביוספירה, 1987). המעבר לייצור חשמל מפחם בשנות ה-80 לא פתר את בעיית זהו אור מגופרית דו-חמצנית, זאת בגלל שגם בתחנות הכוח הפחמיות החדשות השתמשו בתחילה בפחם בעל תכולת גופרית גבוהה (3% ויותר) מבלי שיותקנו בהם גם סולקנים שיצמצמו את פליטות הגופרית הדו-חמצנית לאויר. כיום, בעיית ריכוזי הגופרית הגבוהים צומצמה מאד בעוקבות הפסקת ייצור החשמל במזוט, המעבר לפחם דל-גופרית ובעיקבות המגמה כיום להתקין בתחנות הכוח הפחמיות סולקנים לצמצום פליטות הגופרית הדו-חמצנית. עם המגמות העכשוויות בעולם למזער את תכולת הגופרית גם בסולר התחבורתי, יש לצפות בעתיד לירידה נוספת בפליטות הגופרית הדו-חמצנית בארץ מרכז דיזל.

להלן מפה המציגה את הפריסה הארצית של ריכוזי גופרית דו-חמצנית שנרשמו ב-2008 (מנ"א, 2010):

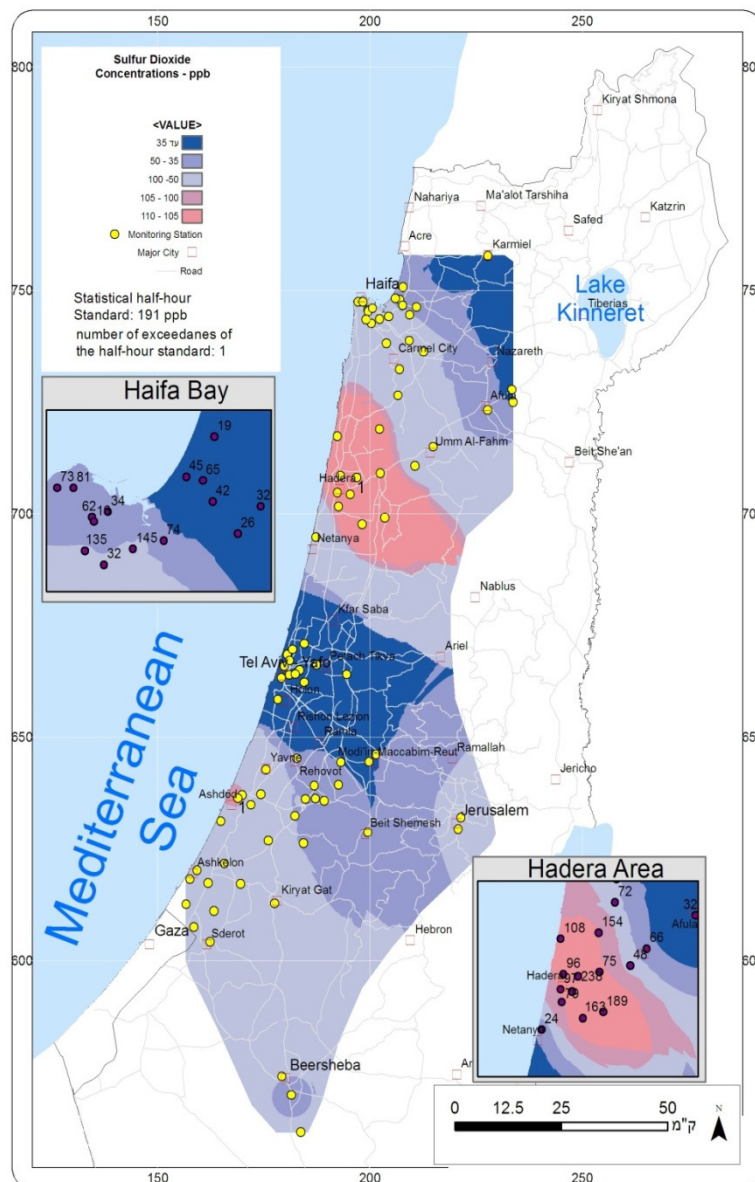
ריכוזי גופרית דו-חמצנית (SO_2) בישראל המוצגים כממוצע שנתי (מנ"א, 2010)



מן המפה ניתן לראות שריכוזי הגופרית הדו-חמצנית בישראל נמוכים למדי, כאשר הממוצע השנתי המרבי שנרשם הגיע לערך של 30% מהתקן הישראלי למזהם זה, שנמדד באחת מתחנות הניטור באשדוד (18 מיקרוגרם למטר מעוקב, שהם 7 חל"ם).

המפה הבאה מציגה את הפריסה הארצית של הריכוזים החצי-שעתיים המרביים שח גופרית דו-חמצנית שנרשמו ב-2008 (מנ"א, 2010א'). מן המפה ניתן לראות כי הריכוזים החצי-שעתיים המרביים של גופרית דו-חמצנית נמדדים במורד הרוח ממקורות הפליטה הגדולים, שכן תחנות הכוח הפחמיות בחדרה ובאשקלון וכמו כן התעשיות הפטרוכימיות במפרץ חיפה. הריכוזים החצי-שעתיים הגבוהים ביותר בארץ נמדדים סביב תחנת הכוח בחדרה ובמורד הרוח ממנה. בתחנות הניטור שאינן ממוקמות סביב תחנות הכוח, ריכוזי הגופרית הדו-חמצנית הם בד"כ נמוכים, אף כי לעיתים נרשמים בתחנות הניטור הללו ערכים גבוהים יותר הנגרמים ע"י פליטות ממקורות בלתי ידועים.

ריכוזי גופרית דו-חמצנית (SO_2) בישראל המוצגים כממוצע חצי-שעתי מרבי (מנ"א, 2010א')



3.2.2 תחמוצות החנקן

המקור העיקרי למכלול תחמוצות החנקן באויר הם החנקן החד-חמצני (NO) והחנקן הדו-חמצני (NO_2) הנפלטים לאויר בתהליך שריפת דלקים בתחנות כוח ליצור חשמל, בתעשייה ליצירת חום, באזורי מגורים לצורכי הסקה, וגם להנעת כלי רכב. החום הגבוה שנוצר בתהליך השריפה מעודד תגובה כימית בין החנקן והחמצן שבאויר שיוצרת בעיקר חנקן חד-חמצני (NO) ומעט חנקן דו-חמצני (NO_2), הנפלטים לאויר עם גזי השריפה האחרים. תהליך חמצון ה- NO לחנקן דו-חמצני NO_2 מתרחש מהר. בעקבות ה- NO_2 נוצרים באויר בקצב איטי יותר תוצרי חמצון אחרים, כגון HNO_3 , PAN (Peroxy Acetyl Nitrate), אלקיל-ניטראטים ותרכובות נוספות. את ה- NO וה- NO_2 מסמנים ב- NO_x , ואת ה- HNO_3 , PAN ו-אלקיל-ניטראטים ב- NO_y . מכלול תרכובות החנקן באטמוספירה מסומנת כ- NO_y (ראה איור להלן: לוריא, 2010).

Atmospheric Chemistry 7

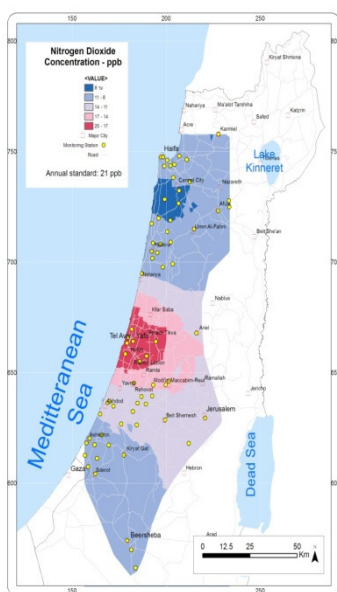
The Composition of Nitrogen Oxides (NO_y)

Emission	NO	$\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$
Immediate product	NO_2	
Oxidation Products	HNO_3 , PAN, Alkyl-nitrate	NO_z
Entire Group	NO_y	$\text{NO}_y = \text{NO}_x + \text{NO}_z$

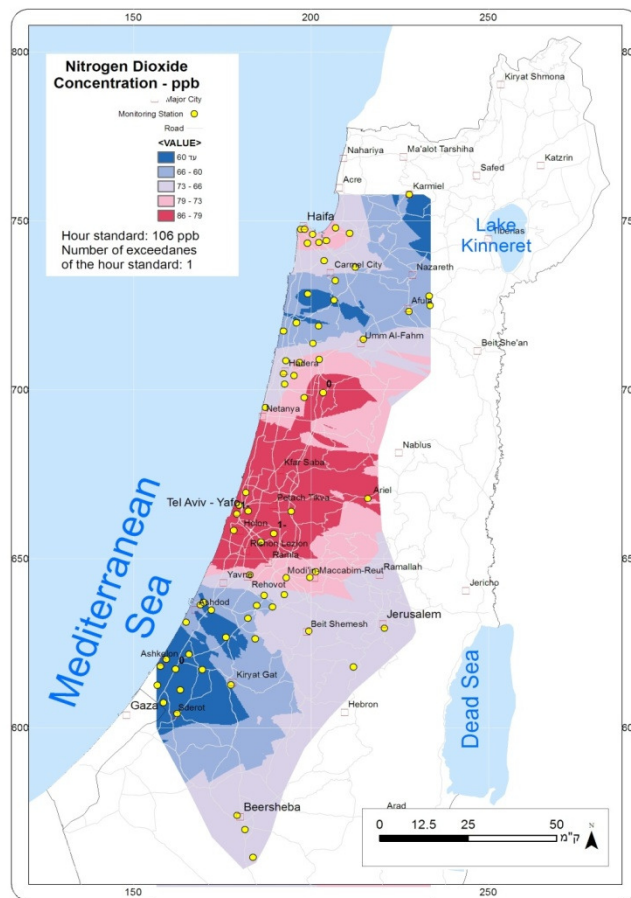
מכאן הבעייתיות בהצגת תוצאות ה- NO_2 , המתקבלות מחיסור ריכוז ה- NO הנמדד במכשירי הניטור, מריכוז מכלול תחמוצות החנקן (NO_y) הנמדד גם הוא במכשירי הניטור. בקרבת מקור הפליטה $\text{NO}_z = 0$ ואכן מה שנמדד (NO_y) באמת שווה ל- NO_x . ככל שמתרחקים מהמקור, $\text{NO}_z \neq 0$ ואז הריכוז שנמדד (NO_y) עלול להיות שונה מאד ממה שהוגדר כ- NO_x . מסתבר שבתחנות ניטור תחבורתיות, המודדות את ריכוזי תחמוצות החנקן בקרבת הפליטה מכלי הרכב, מייצגת המדידה היטב את ריכוזי ה- NO_2 .

בשתי המפות שלהלן (מנ"א, 2010) ניתן לראות את הערכים הגבוהים של חנקן דו-חמצני הנרשמים בגוש דן, הן כממוצעים קצרי זמן (שעה אחת) והן כממוצע שנתי.

ריכוזי חנקן דו-חמצני (NO_2) בישראל המוצגים כממוצע שנתי (מנ"א, 2010)



ריכוזי חנקן דו-חמצני (NO_2) בישראל המוצגים כממוצע שעותי מרבי (מנ"א, 2010א')

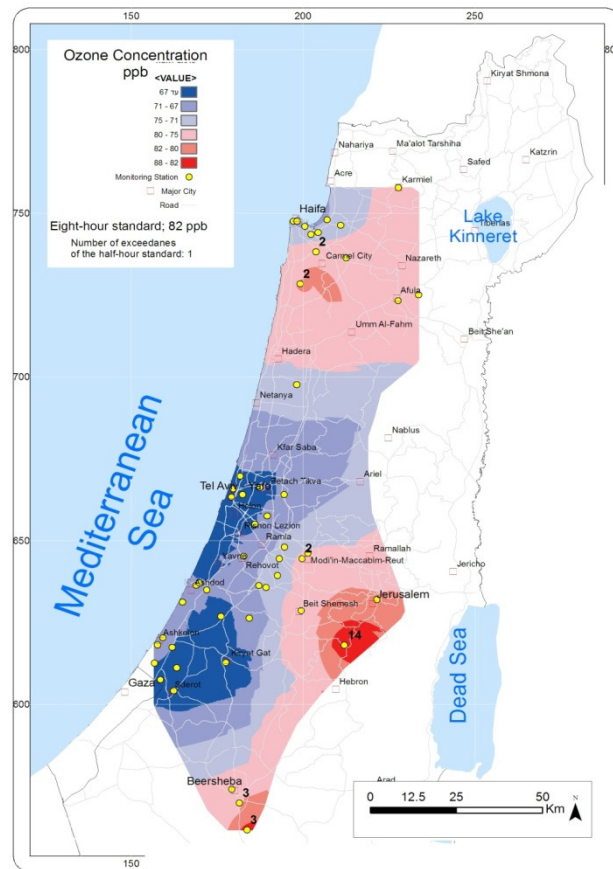


10

(O₃) ΙΙΤΙΚΑ 3.2.3

כידוע, אוזון הוא מזהם מישני, הנוצר באוויר מתגובה פוטוכימית. להלן מפה המתארת את ריכוזי האוזון הנמדדים במחצית המערבית של ישראל, בין כרמיל בצפון ועד באר שבע בדרום (מנ"א, 2010א). בגלל העדר ניטור של ריכוזי האוזון בפנים הארץ, המפה אינה מראה את הריכוזים הגבוהים יותר של אוזון הקיימים בארץ מבית שאן בצפון עד דרומה מרמת חובב בדרום (פרט לגוש עזיון, שם פועלת תחנת ניטור), כפי שפורסמו לדוגמה ע"י Ranmar et al. (2002) וע"י Luria M. et al. (1996).

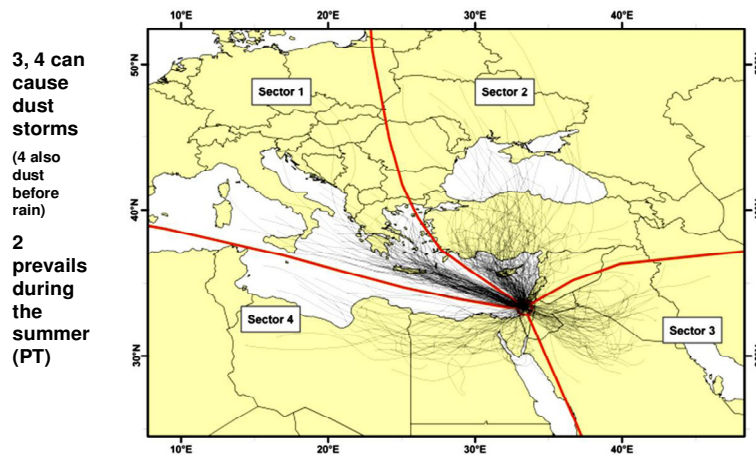
ריכוזי אוזון (O_3) בישראל המוצגים כממוצעים שעתיים מרביים (מנ"א, 2010)



3.2.4 חומר חלקיקי (אבק)

- את החומר החלקיקי (אבק) נהוג לחלק לשתי קבוצות, **החלקיקים הנשימים**, שגודלם פחות מ-10 מיקרומטר - PM_{10} , והחלקיקים הקטנים מ-2.5 מיקרומטר - $PM_{2.5}$ (הידועים כ**חלקיקים נשימים-עדינים**). ריכוזי החלקיקים הנשימים והנשימים-עדינים הנמדדים בארץ הינם מהגבוהים בעולם. מחקרים הראו כי (אראל, 2010):
- עיקר החומר החלקיקי הנמדד בישראל הוא אבק מדברי המורכב ברובו ממינרלים (קלציט, גבס, קוורץ ודולומיט). מרכיב נוסף של החומר החלקיקי הנמדד בארץ מקורו בהסעה מחוץ לגבולות ישראל (Dayan & Levy, 2005).
 - יחד עם זאת, קיימות גם בעיות מקומיות של חלקיקים שמקורם בפליטות מקומיות. החומר החלקיקי המנוטר בישראל מכיל סולפאטים, ניטראטים, אמוניום, פחמן שחור או אלמנטרי (BC או BE) ופחמן אורגני (BO). יש חשיבות למדוד את רמות ה-BC וה-BO בעיקר בחלקיקים הנשימים-עדינים (ראו המלצה 13.9).
 - יש להקדיש תשומת לב מיוחדת לחלקיקים הנשימים-עדינים ($PM_{2.5}$), מאחר והמחקרים האפידמיולוגיים מראים שהם דומיננטים בגרימת נזקים בריאותיים לבני אדם (ראו המלצה 14.5).
 - הנזק הבריאותי הנגרם מחלקיקים נשימים-עדינים מוגבר ע"י מתכות קורט כגון עופרת, קאדמיום, ארסן, ואנאדיום וגם ברזל, הנספחות אל החלקיקים (Erel et al., 2006). יחד עם זאת, מתכות אלה יכולות לשמש כטביעת אצבעות לזיהוי המקור של החומר החלקיקי.
 - שני מקורות זיהום גדולים מאד באזור האגן המזרחי של הים התיכון הם המטרופולינים של קהיר ואיסטנבול. קיימת הסעה של חומר חלקיקי משם לישראל, אשר סופח אליו את מזהמי האוויר הנפלטים במטרופולינים אלה (Erel et al., 2007; Butler et al., 2008).

90% the air trajectories within the atmospheric mixed layer reach Israel from : 1) North West Europe, crossing the Mediterranean Sea (36%); 2) Eastern Europe & Turkey (30%); 3) the Arabian Peninsula & Jordan (5%); 4) North African (19%) (After Dayan & Levy, 2005)



T.M. Butler et al. / Atmospheric Environment 42 (2008) 703–719

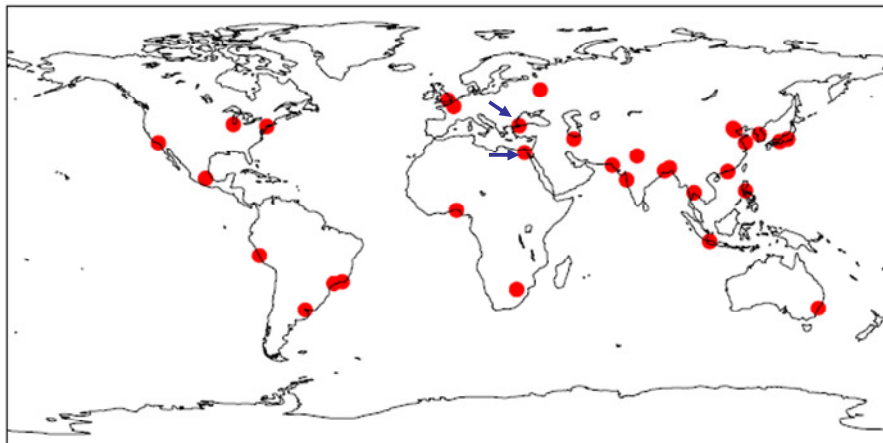


Fig. 1. Locations of the "megacities" considered in this study, shown in red.

- לגבי חלקיקים נשימים-עדינים ($PM_{2.5}$) קיימת הערכה כי יותר מ-60% מהם מגיעים לארץ בהסעה מחוץ לגבולות המדינה, והשאר מקורם מקומי (בעיקר פליטות מרכב דזל) (von Schneidemesser et al., 2010).
- הערכים הנמוכים ביותר של $PM_{2.5}$ שנמדדו באזור ארץ ישראל הם באילת - כ-20 מק"ג/מ"ק לממוצע שנתי - והם המשקפים את ריכוזי הרקע בישראל (von Schneidemesser et al., 2010).

לחלקיקים הנשימים-עדינים באויר יש ארבעה מקורות שונים:

- מקור ראשון הוא הסעה ממדבריות הסהרה וסעודיה. תופעה זו מורגשת בעיקר בעונות המעבר ובמיוחד באביב. בעת אירועים של סופות אבק מגיע ריכוז החלקיקים הנשימים לרמות הכפולות מהתקן ולמרות שחלקיקים אלו קשורים לתופעות טבע הם מסוכנים לבריאות. יכולתנו למנוע את התופעה מוגבלת לחלוטין.
- מקור שני קשור להסעה של מזהמי אויר ממרחקים, בעיקר מדרום-מזרח אירופה. מחקרים שנעשו בארץ בשנות השמונים והתשעים הראו כי כמחצית מכמות הסולפאטים הנמדדת בארץ מקורה מהסעה ממרחקים, עובדה המקשה מאוד על נקיטת אמצעים לצמצום רמתם בסביבה. עם זאת, מחקרים שנעשו בשנים האחרונות הראו על ירידה בפרמטר זה, קרוב לוודאי כתוצאה מהקטנת הפליטות במזרח אירופה. יש

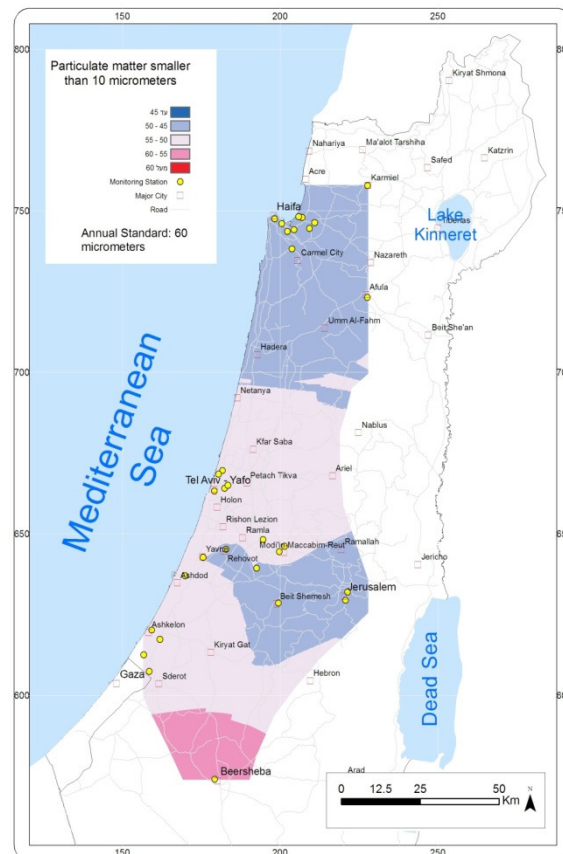
להדגיש כי בישראל לא מבוצע ניטור רציף של הסולפאטים (המרכיב העיקרי של ה- $PM_{2.5}$) וזאת למרות שלפרמטר זה יש תקן איכות אויר מחייב.

- מקור שלישי הינו יצירה פוטוכימית במעגלים הקשורים ליצירת האוזון. אמצעים שנימנו בדוח זה לצמצום ריכוזי האוזון באויר יגרמו גם להקטין את כמויות החלקיקים ממקור זה.
- המקור הרביעי הינו פליטה של חלקיקים מכלי רכב מוטוריים, במיוחד אלה המונעים בדיזל, ובמיוחד אלה המונעים במנועים ישנים. למקור זה השפעה מקומית (במרכזי ערים) וניתן להקטין פליטתם באמצעות תקינה נאותה בתחום הרכב ואכיפה יעילה.

לאור ממצאים מדעיים אלה, ברור כי לא ניתן ליישם בישראל תקן איכות אויר לחלקיקים נשימים-עדינים של 15 מק"ג/מ"ק, כפי שנקבע בהנחיות ארגון הבריאות העולמי בג'נבה - WHO (2006). בשל חוסר היכולת להקטין את רמות הרקע הגבוהות באזורנו ממליצה הועדה לקבוע תקן איכות אויר חלקיקים נשימים-עדינים של 20 מק"ג/מ"ק, שיהיה תקף ל 95% מהזמן (ראו המלצה 12.1).

להלן מפה המציגה את פריסת החלקיקים הנשימים (PM_{10}) בישראל במוצע שנתי ב-2008 (מנ"א, 2010):

ממוצע שנתי של חלקיקים נשימים (PM_{10}) ב-2008 (מנ"א, 2010)



3.2.5 מזהמי אויר אחרים

הועדה התייחסה בקצרה למזהמי אויר נוספים המפורטים במסמך המסכם את ממצאי הועדה המייעצת שדנה לאחרונה בקביעת ערכי איכות אויר בישראל (מנ"א, 2010ב), וכפי שהוצגו בפניה ע"י במסמך שהוכן ע"י המשרד להגנת הסביבה (מנ"א, 2010ג):

1. פחמן חד-חמצני (CO) – נמצא אמנם ברשימת המזהמים הקריטריוניים (Criteria Pollutants), אולם כיום אינו מהווה יותר בעייה סביבתית אקוטית. מאז אמצע שנות ה-90 של המאה שעברה, כאשר כל רכבי הבנזין החדשים

בישראל חויבו בהתקנת ממירים קטליטיים והוחמרו הדרישות לגבי פליטות CO מרכבי בנזין ישנים, פסק הפחמן החד-חמצני להוות בארץ בעיה סביבתית של זיהום אוויר. CO נמצא באוויר בריכוזים גבוהים רק במקומות סגורים (גרבר, 1993).

2. אמוניה (NH_3) – בישראל האמוניה אינה מהווה בעיה סביבתית, פרט לבעיה נקודתית ידועה במפרץ חיפה, שהיא למעשה בעיה בטיחותית.

3. סולפאטים (SO_4^{2-}) – מזהם חשוב המהווה מרכיב ניכר בחומר החלקיקי. בישראל קיים תקן איכות אוויר לסולפאטים (מדינת ישראל, 1992), אבל בפועל לא מבצעים בארץ כל מדידות לצורך מעקב אחרי מזהם זה. הועדה ממליצה לבצע בתחנות הרקע מדידות של מתכות כבדות ותכולת הסולפאטים ב- $\text{PM}_{2.5}$, זאת במקביל עם מרכיבים אחרים בחומר החלקיקי דוגמת BC ו-BO (ראו המלצה 12.2).

4. מזהמי אוויר מקבוצת התרכובות האורגניות הנדיפות (VOCs):

- בוטאדיאן 1,3 (1,3 Butadiene) – מזהם גזי המצוי בגפ"ם, החשוד כמסרטן לבני אדם. זהו פחמימן בלתי-רווי הפעיל מאד מבחינה פוטוכימית. הועדה ממליצה להגביל ולפקח על תכולת הבוטאדיאן בגפ"ם במסגרת התקנים לאיכות הגפ"ם (ראו המלצה 10.6).
- בנזן (C_6H_6) – הבנזן הוא מזהם מסרטן מוכח לבני אדם ועל כן מהווה בעיה סביבתית חשובה. מקורו במתקנים המאחסנים ומשווקים בנזין (תחנות תדלוק וחוות מיכלי בנזין במסופי הדלק) וגם משריפת דלק בכלי רכב.
- בנזו-אלפא-פירן [Benzo(a)pyrene (BaP)] – כיום יש מגמה לכלול מזהם זה ברשימת המסרטנים המוכחים לבני אדם. חשיבותו כסמן לקבוצה של מזהמים הקרויה תרכובות פוליארומטיות (ובקיצור, פוליארומטיים).
- דיכלורומתאן=מתילן כלוריד (Dichloromethane=Methylene chloride) – מזהם אוויר חשוב החשוד כמסרטן לבני אדם, הנמצא בשימוש רחב בתעשייה בארץ כממיס אורגני. לדיכלורומתאן נקבע בישראל תקן איכות אוויר (מדינת ישראל, 1992).
- מימן גופרי (H_2S) – מזהם אוויר חשוב הגורם למפגעי ריח קשים סביב בתי הזיקוק, מתקנים לטיפול בשפכים ומערכות ביוב פתוחות. למימן גופרי נקבע בישראל תקן איכות אוויר (מדינת ישראל, 1992).
- פורמאלדהיד (Formaldehyde) – מזהם אוויר חשוב שהוא מסרטן מוכח. פורמאלדהיד הוא התוצר הסופי של כל התגובות הפוטוכימיות באוויר. לפורמאלדהיד נקבע בישראל תקן איכות אוויר (מדינת ישראל, 1992).
- דיכלורואתאן = אתילן די כלוריד (Dichloroethane = Ethylene dichloride) – חשוד כמסרטן לבני אדם. לדיכלורואתאן נקבע בישראל תקן איכות אוויר (מדינת ישראל, 1992).
- טטרה-כלורואתילן (Tetra chloroethylene = PERC) – חשוד כמסרטן לבני אדם. לטטרה-כלורואתילן נקבע בישראל תקן איכות אוויר (מדינת ישראל, 1992).

5. מזהמי אוויר מקבוצת המתכות:

- עופרת (Pb) – מזהם אוויר שהוא מתכת כבדה. העופרת נמצאת ברשימת המזהמים הקריטריוניים. עם צמצום השימוש בתרכובות עופרת כתוסף לשיפור האוקטן בבנזין ועד להפסקת השימוש המוחלטת כיום, ירדו ריכוזי העופרת האופייניים, שהגיעו בתחילת שנות ה-80 של המאה שעברה ל-500 מק"ג/מ"ק, ל-20-5 מק"ג/מ"ק כפי שנמדדו בעשור הזה (אראל, 2010; Malenky et al., 1983). כתוצאה מכך פחת מאד הצורך בנקיטת אמצעים למניעת פליטות לאוויר של מזהם זה. עם זאת יש לציין כי ריכוזים גבוהים של עופרת ממשיכים להמדת בקרבת המפעל למחזור עופרת הממוקם באשדוד, וכי במשך עשרות השנים בהם היו תרכובות העופרת בשימוש כתוספת לבנזין נוצרו במקומות רבים, בעיקר לצידי דרכים, משקעים המכילים עופרת. חלקיקי עופרת ממשקעים אלה עלולים לזהם את האוויר כתוצאה מתהליכי הרחפה. מומלץ לבצע מעקב אחר תכולת העופרת בחומר החלקיקי בצידי דרכים. לעופרת נקבע בישראל תקן איכות אוויר (מדינת ישראל, 1992).

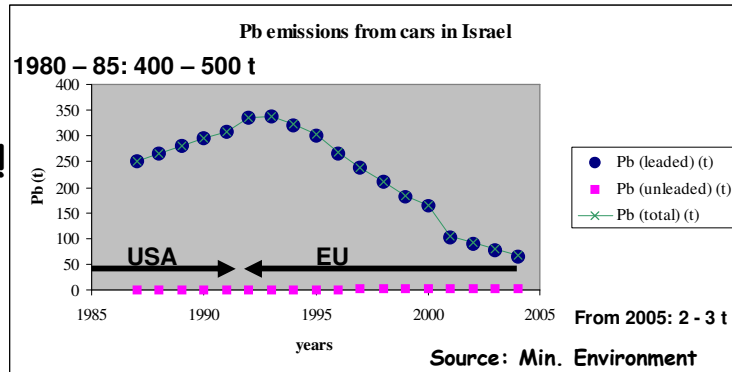
Lead (Pb) content of aerosols in Jerusalem

1. Early 1980's: ~500 ng/m³ (Malenky et al., 1983)

2. 1997: 20 - 25 ng/m³

3. 2001 - 2003: 5 - 20 ng/m³ (up to 170 during dust storms)

2005: no more leaded Pb!



- ואנאדיום (V) – מתכת כבדה שמקורה בעיקר משריפת דלק נוזלי כבד – מזוט. לואנאדיום נקבע בישראל תקן איכות אויר (מדינת ישראל, 1992).
- ניקל (Ni) – חשוד כמסרטן. מקורו בעיקר בשריפת פחם ומזוט.
- כרום (Cr) – הכרום ה-6 ערכי (Cr⁶⁺) הוא מסרטן מוכח. הכרום ה-3 ערכי (Cr³⁺) דווקא חיוני בגוף האדם לתפקוד פיזיולוגי תקין.
- כספית (Hg) – מקורה בשריפת פחם. חשוב לדגום את הכספית בפאזה הגזית ולא כפי שמתבצע כיום בפאזה החלקיקית.
- ארסן (As) – מסרטן מוכח.
- קאדמיום (Cd) – חשוד כמסרטן. לקאדמיום נקבע בישראל תקן איכות אויר (מדינת ישראל, 1992).

מוקדי זיהום בישראל

3.3

סעיף 11 לחוק אויר נקי, התשס"ח-2008, נוגע להכרזה של השר להגנת הסביבה על אזור נפגע זיהום אויר. אזור נפגע זיהום אויר מוגדר בחוק כאזור שבו קיימים חריגה מתמשכת או חוזרת ונשנית מערכי הסביבה או זיהום אויר חריג. נתוני מדידות של ריכוזי מזהמים חריגים באזורים שונים בארץ של אוזון (O₃), חנקן דו-חמצני (NO₂), חלקיקים נשימים-עדינים (PM_{2.5}) ושל מזהמי אויר אחרים, מפורטים בדוח שהוצג בפני הוועדה (מנ"א, 2010ג'). יש להדגיש כי לאור סעיף 11 לחוק אויר נקי, יש לקביעת תקני סביבה לאיכות אויר השלכות מעשיות כבדות ביותר על פעילות הממשלה והמשרד להגנת הסביבה וגם על פעילות המשק כולו.

קיימים בישראל שלושה מוקדים עיקריים של זיהום אויר מקומי (מנ"א, 2010א'; 2010ג'):

- גוש דן (מחוזות ת"א והמרכז) – אזור שנפגע ע"י ריכוזים גבוהים של חלקיקים נשימים ושל תחמוצות חנקן, שמקורם בעיקר מרכבי דיזל לא חדישים
- מפרץ חיפה - כמו גוש דן, ובנוסף תרכובות אורגניות נדיפות ותרכובות גופרית הגורמות למטרדי ריח (כגון H₂S)
- רמת-חובב – אזור שנפגע ע"י חומרים אורגניים נדיפים שמקורם בתעשייה הכימית המקומית



אזור התעשייה הגדול במפרץ חיפה כולל תעשייה פטרוכימית המאופיינת בצריכה גדולה של מזוט, שהוא דלק פחמני כבד ועתיר גופרית. מדרום למפרץ חיפה ממוקמת תחנת כוח פחמית גדולה בחדרה. במרכז הארץ צפיפות כלי הרכב היא גבוהה ביותר, ופליטות הזהום מהתחבורה הוא הגורם העיקרי לבעיות זהום האוויר באזור.

בדרום הארץ קיימים שני אזורים תעשייה סמוכים יחסית זה לזה, באשדוד ובאשקלון, הכוללים בית זיקוק ושתי תחנות כוח הפועלות אחת על גז טבעי (באשדוד, מאז 2005) והשנייה על פחם (באשקלון). בחלק מיחידות ייצור החשמל בתחנת הכוח הפחמית באשקלון מותקנים סולקנים לצמצום פליטות הגופרית הדו-חמצנית ותחמוצות החנקן. בנוסף יש באשדוד מפעלים לייצור חומרי הדברה לחקלאות ולמחזור מתכות (גרוטאות ברזל ומצברי עופרת). ברמת-חובב שמדרום לבאר שבע נמצא אזור המיועד לתעשייה הכימית, המאופיין בשימוש, וגם פליטות, של כמויות גדולות של חומרים כימיים מסוכנים. ברמת חובב ממוקם גם מפעל לסילוק חומרים מסוכנים.

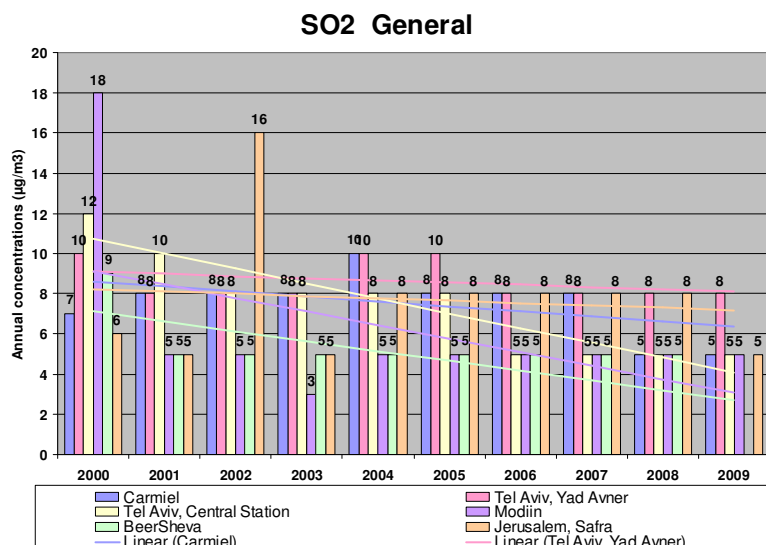
יש לציין שבשנים האחרונות יש שיפור מסוים ברמות זהום האוויר המנטרים באשדוד, חדרה ואשקלון. יחד עם זאת, אזור חדרה מאופיין ברמות גופרית דו-חמצנית (בממוצעים חצי-שנתיים) גבוהות יותר בהשוואה לאזורי חיפה, אשדוד ואשקלון.

3.4 ריכוזי מזהמים ומגמותיהם

מגמות השינוי בריכוזי מזהמי האוויר בישראל, החלקיקים הנשימים (PM_{10}), החלקיקים הנשימים-עדינים ($PM_{2.5}$), הגופרית הדו-חמצנית (SO_2), אוזון (O_3), תחמוצות החנקן (NO_x), פחמן חד-חמצני (CO), עופרת (Pb) ובנזן (C_6H_6), מוצגים במסמך שפרסם המשרד להגנת הסביבה (משרד לה"ס, 2010ד').

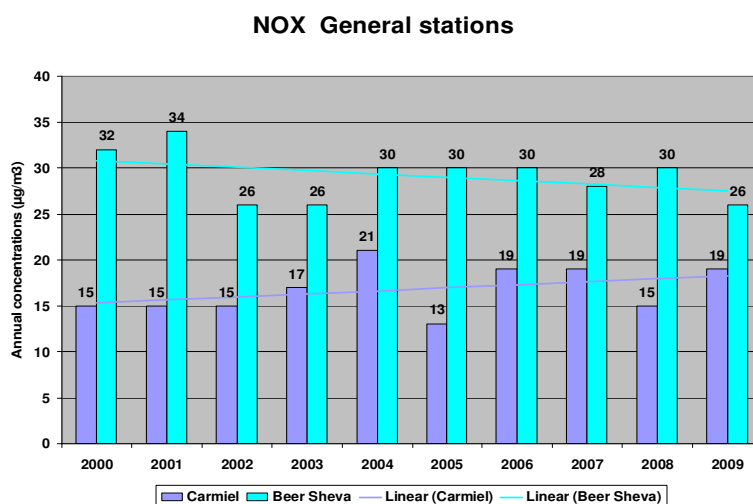
3.4.1 מגמות ריכוזי גפרית דו-חמצנית

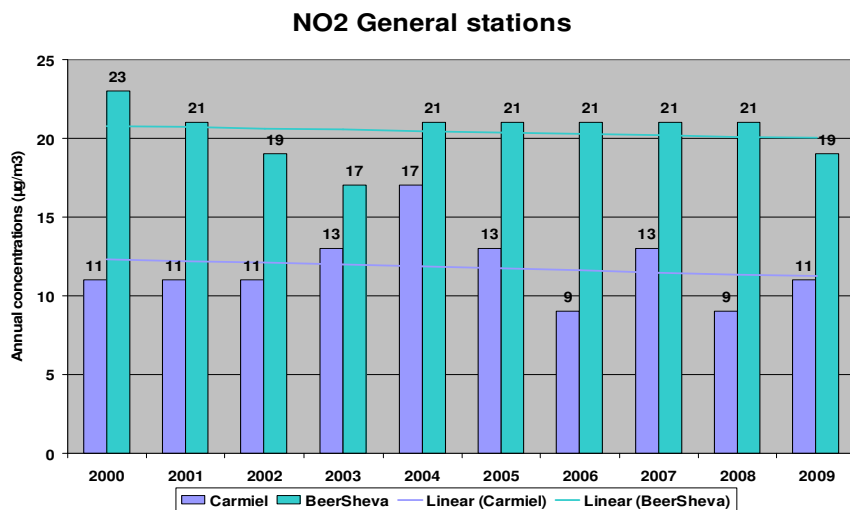
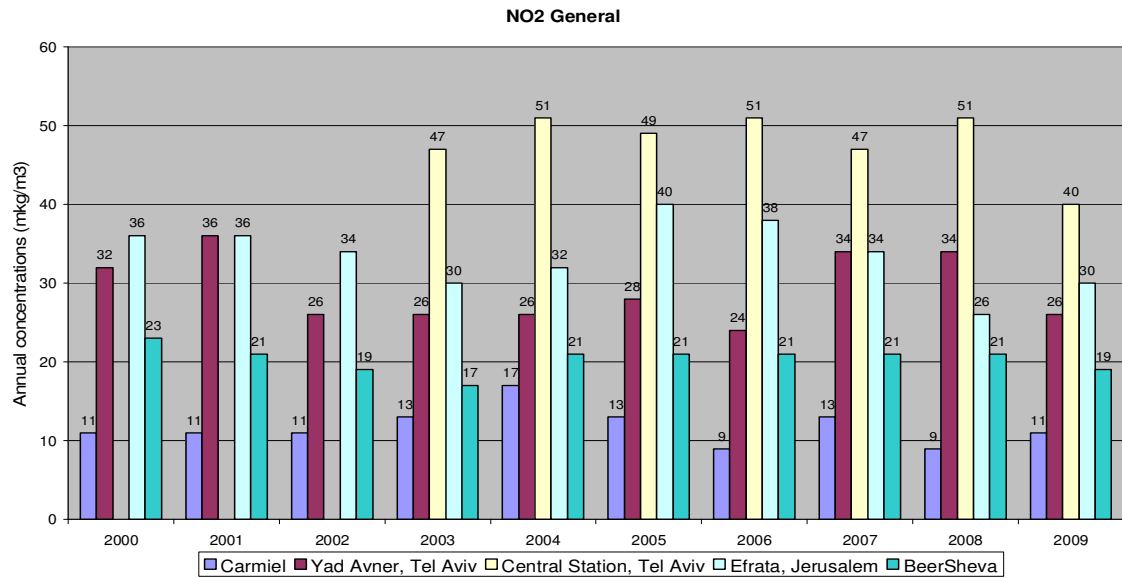
להלן גרף המראה את המגמות בריכוזי הגופרית הדו-חמצנית שנרשמו בשנים 2000-2009 בתחנות ניטור כלליות. בתל-אביב בתחנה המרכזית, בחיפה בכרמל, בבאר-שבע ומודיעין קיימת מגמת ירידה בריכוזים השנתיים של גופרית דו-חמצנית. לעומת זאת בכרמיאל, בירושלים ובתל-אביב ביד אבנר, הריכוזים השנתיים של גופרית דו-חמצנית הם כמעט לא שינוי (מנ"א, 2010א):



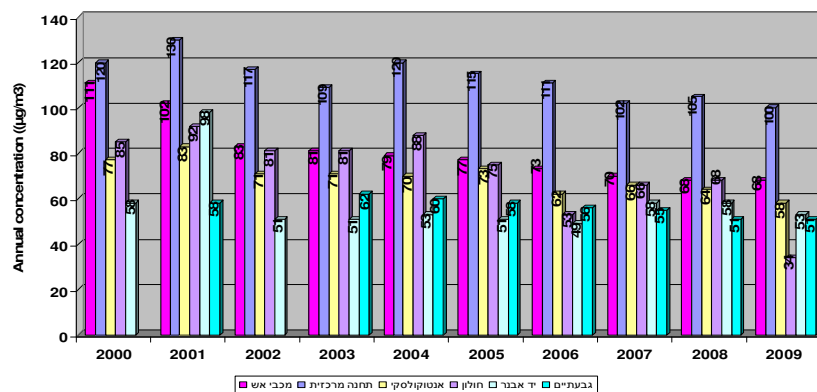
3.4.2 מגמות בריכוזי תחמוצות החנק (NO_x) וחנקן דו-חמצני (NO_2) בישראל

באופן כללי אפשר לציין כי חלה ירידה קלה בריכוזים של תחמוצות החנק (NO_x) וחנקן דו-חמצני (NO_2) שנמדדו בישראל בעשור הקודם. יחד עם זאת, יש להדגיש כי בריכוזים השנתיים של החנקן דו-חמצני הנמדדים בישראל נרשמים ערכים החורגים מהתקן השנתי המומלץ ע"י ארגון הבריאות העולמי, שהוא 40 מיקרוגרם למטר מעוקב (WHO, 2006). להלן דיאגרמות המציגות את המגמות בריכוזי תחמוצות החנקן והחנקן דו-חמצני שנמדדו בשנים 2000-2009, כפי שנמדדו בתחנות ניטור כלליות במקומות שונים בישראל וכן בתחנות ניטור תחבורתיות באזור תל-אביב (מנ"א, 2010):

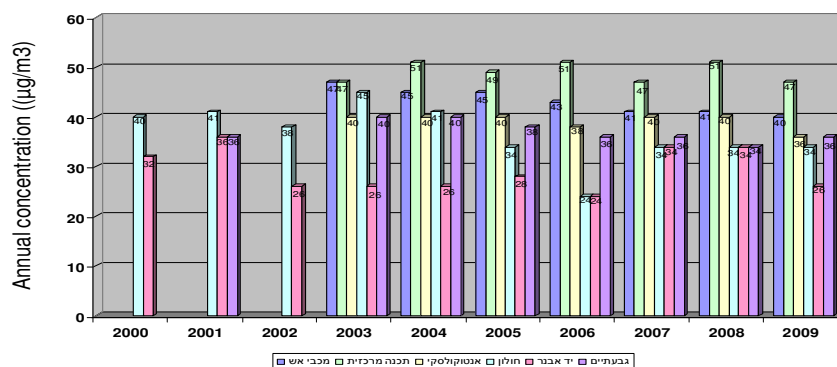




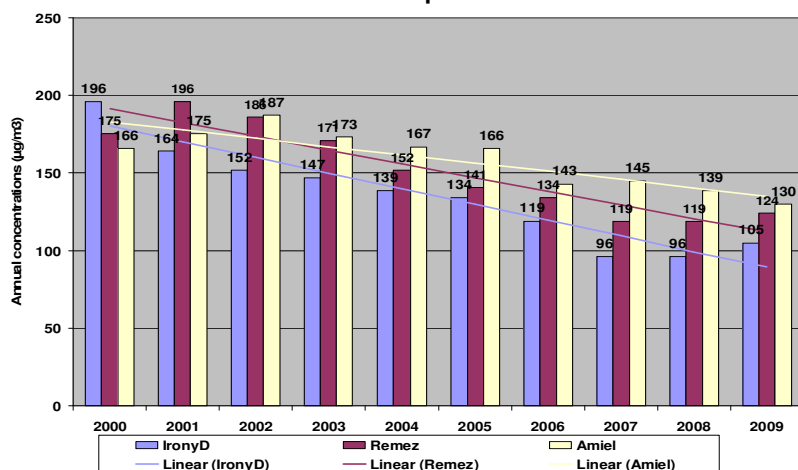
Nox - general stations Tel Aviv metropolitan



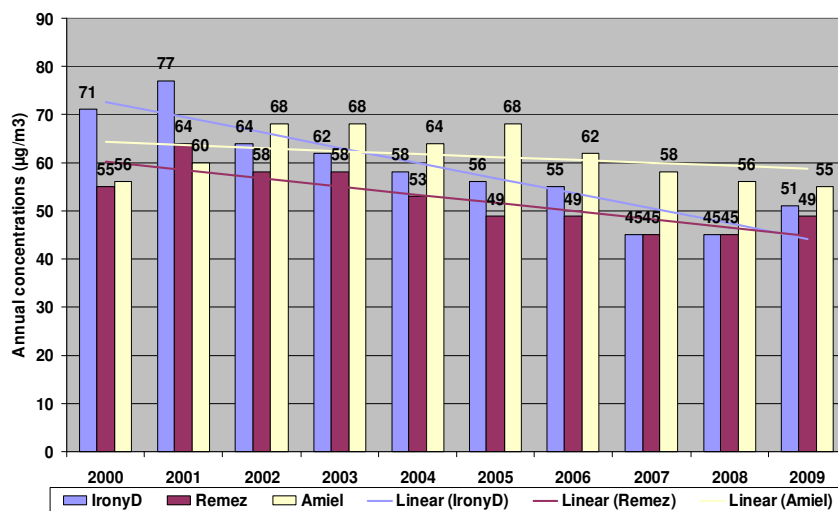
NO₂ general stations Tel Aviv metropolitan



NO_x - transportation stations Tel Aviv metropolitan area



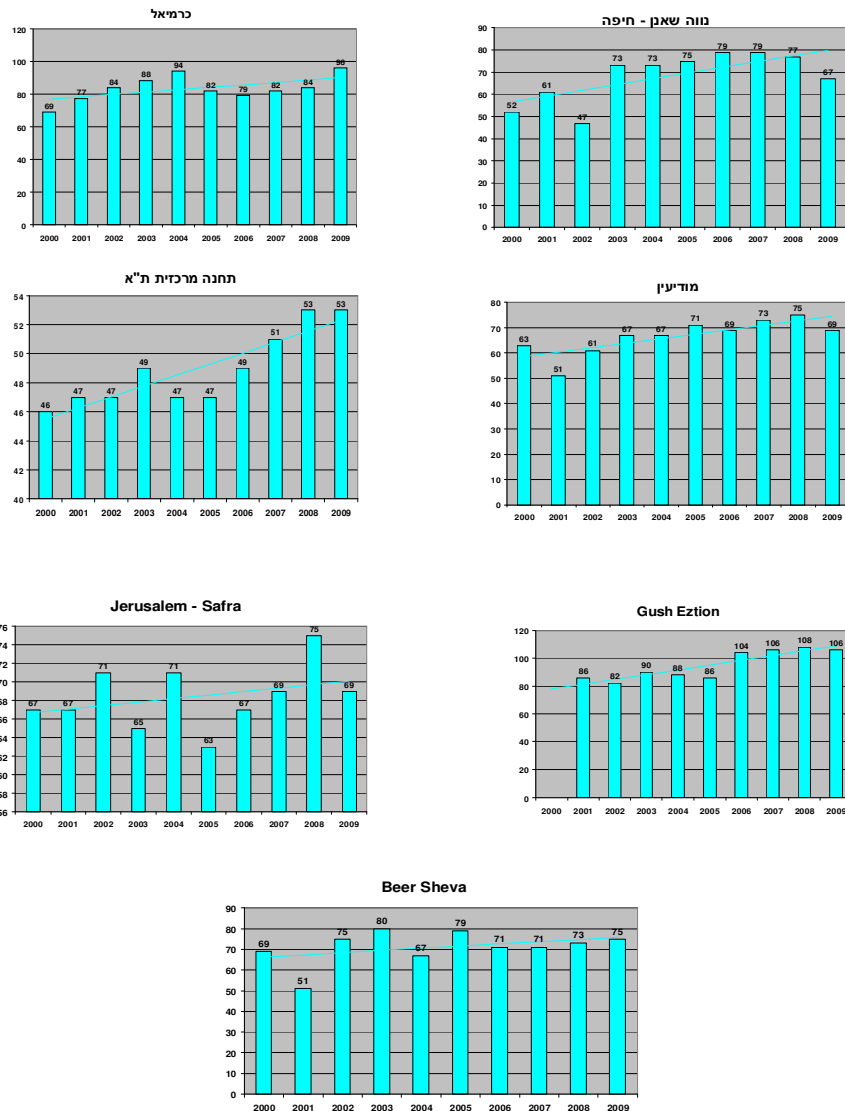
NO₂ transportation stations Tel Aviv metropolitan area



3.4.3 מגמות בריכוזי אוזון (O_3) בישראל

בכל תחנות הניטור בישראל בהן מנטר האוזון – חיפה, כרמיאל, עפולה, תל-אביב, רחובות, בית-שמש, ירושלים, גוש עציון, מודיעין ובאר שבע - ניכרת מגמת עליה עם השנים בריכוזי האוזון (מנ"א, 2010 א'):

מגמות של ריכוזי אוזון

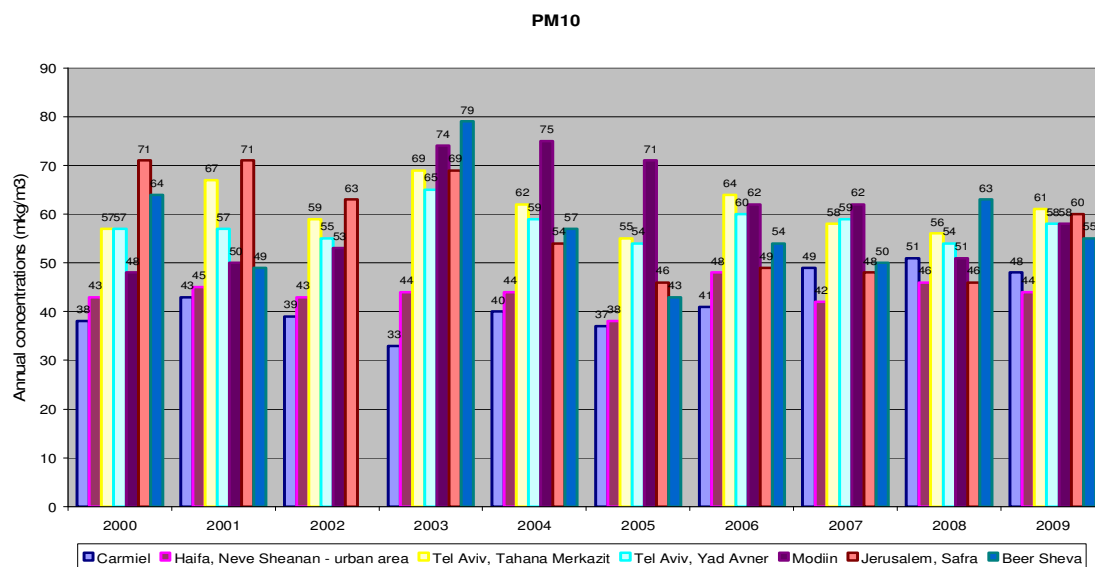


דרך נוספת להציג את מגמת העלייה בריכוזי האוזון בישראל היא באמצעות מספר הימים בשנה בהם נחשפת האוכלוסיה לריכוזי אוזון חריגים. בטבלה להלן מוצגים מספר החריגות במשך שנה ומספר הימים במשך השנה בהם נרשמו חריגות מן הערך המומלץ ע"י ארגון הבריאות העולמי (WHO, 2000) (תקן סביבה לאוזון ברמה של 100 מיקרוגרם למטר מעוקב כממוצע 8-שעתי):

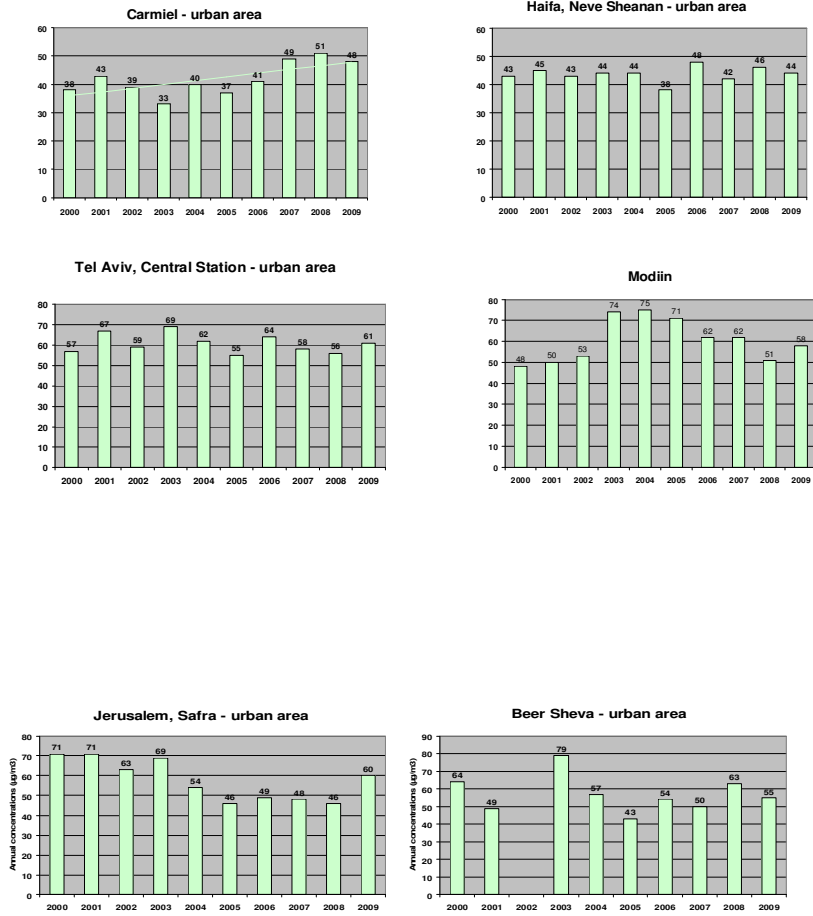
	מספר הימים בשנה עם חריגות מתקן איכות אויר לאוזון המומלץ ע"י WHO			מספר החריגות במשך השנה מתקן איכות אויר לאוזון המומלץ ע"י ה-WHO		
מקום	2006	2007	2008	2006	2007	2008
כרמיאל	94	140	133	121	192	233
עפולה	56	132	167	58	134	183
תל-אביב	70	102	75	86	141	110
רחובות	136	87	77	146	90	84
בית שמש	179	139	153	224	148	176
ירושלים	45	88	123	57	100	149
גוש עציון	260	270	260	556	583	593
מודיעין	140	138	142	143	154	161
באר-שבע	128	145	163	135	167	185

3.4.4 מגמות של ריכוזי חלקיקים נשימים (PM_{10})

להלן גרפים המייצגים את ריכוזי החלקיקים הנשימים (PM_{10}) שנרשמו בתחנות ניטור בחיפה, תל-אביב, ירושלים ובאר-שבע בשנים 2000-2009. בגרפים אלה לא ניכרת מגמת שינוי בולטת:



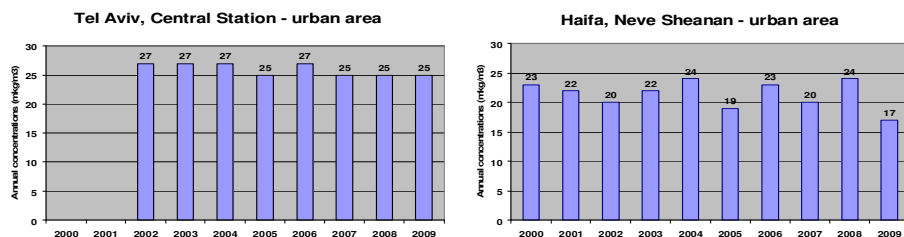
מגמות של ריכוזי חלקיקי PM10



3.4.5 מגמות של ריכוזי חלקיקים נשימים-עדינים (PM_{2.5})

בגרף להלן מוצגים ריכוזי חלקיקים נשימים-עדינים (PM_{2.5}) שנרשמו בתחנה המרכזית בתל-אביב ובנוה-שאן בחיפה בשנים 2000-2009. בשני גרפים אלה ניכרת מגמת שינוי קלה להקטנת הריכוזים:

מגמות של ריכוזי חלקיקי PM2.5



4. פרק ד': פליטות של מזהמי אויר בישראל ומגמותיהם

4.1 מצאי פליטות של מזהמי אויר שמקורם בתעשייה ובתחנות כוח לייצור חשמל

מצאי פליטות ארצי המשקף את פליטות מזהמי האויר בישראל החל משנת 2005 הוכן ע"י חב' DHV (2010, DHV). מצאי הפליטה הזה מקיף את כל המקורות בישראל הפולטים זהום לאויר, כולל מפעלי תעשייה כבדה ותעשייה זעירה, תחנות כוח, תחבורה, משקי בית, מתקני טיפול בשפכים, אתרים לסילוק פסולת, מחצבות ועוד. מצאי פליטות ארצי קודם המכסה את השנים 2001-2003 בוצע ע"י חב' מטאו-טק, אולם תוצאות העבודה לא הוצגו בפני הועדה (ראה סעיף 4.2.4 להלן).

במסגרת דיוניה זיהתה הועדה שהנתונים המתקבלים ממצאי הפליטה שנערכו בישראל אינם מלאים ואינם מעודכנים. הועדה ממליצה לשפר את אומדני הפליטה הלאומיים של כל מזהמי האויר הנפלטות בישראל ממקורות נייחים, זאת באמצעות ביצוע מצאי פליטה מפורטים ומעודכנים (ראו המלצה 4.1).

מצאי הפליטה הנ"ל מתייחס למזהמים הבאים: תחמוצות גופרית (SO_x), תחמוצות חנקן (NO_x), חלקיקים נשימים (ידועים גם כחומר חלקיקי מרחף) (PM_{10}), פחמן חד-חמצני (CO) ורכובות אורגניות נדיפות לא כולל מתאן ($NM VOC$) שידוע גם כ- $VOCs$. מצאי הפליטה מספק נתונים על עוצמת מקור הפליטה בק"ג/שעה, וכן על מיקומו הגאוגרפי. מצאי הפליטה מתעדכן באופן תקופתי. להלן הממצאים של סקר הפליטה:

מצאי פליטה ארצי של מזהמי אויר ממקורות נייחים (בק"ג/שעה)					
תאריך העידכון	מספר המפעלים הכלולים במצאי הפליטה	תחמוצות גופרית SO_x	תחמוצות חנקן NO_x	חלקיקים נשימים PM_{10}	תרכובות אורגניות נדיפות לא כולל מתאן $NM VOC$
יולי 2010	447	19,866	21,076	1003	684
דצמבר 2009	447	19,943	20,913	1074	701
מאי 2008	374	17,674	19,976	2332	572
אוקטובר 2007	380	17,780	20,038	3306	604

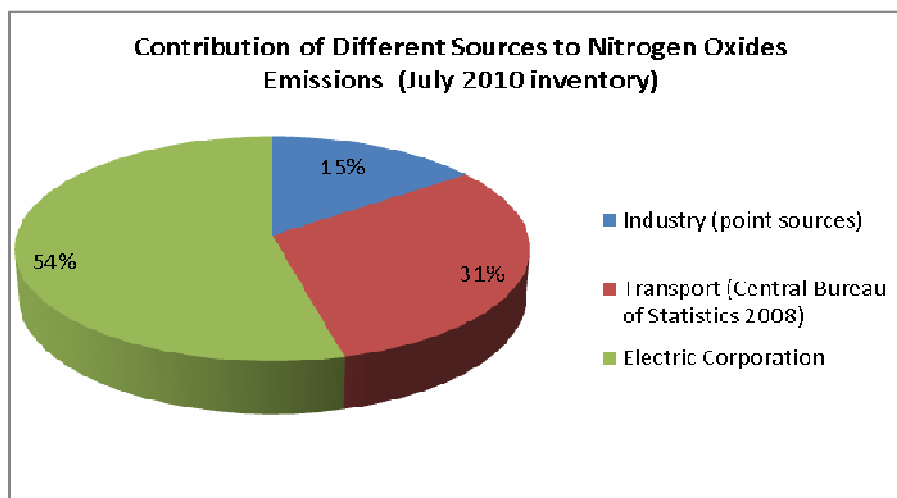
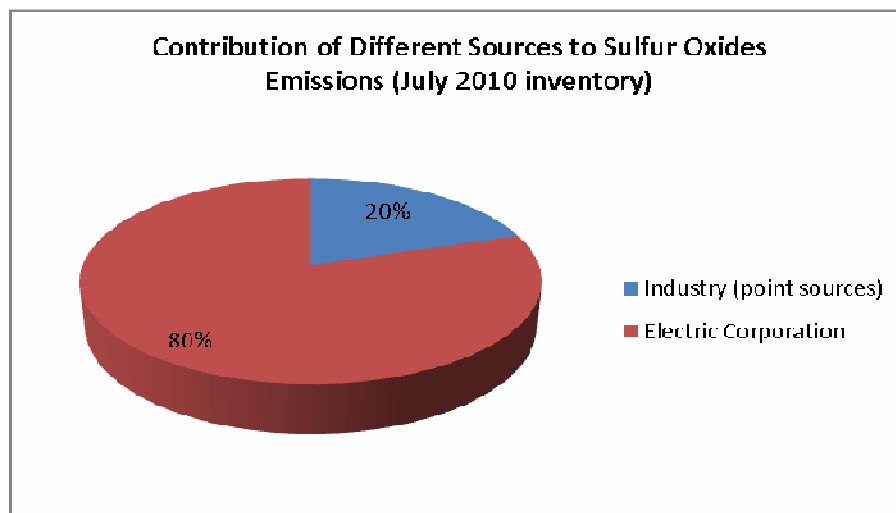
הגידול בכמויות מזהמי האויר שנפלטו ב-2009 לעומת 2008 ו-2007 נובע בעיקר מהגידול במספר המפעלים שהוכללו במצאי הפליטה. לגבי פליטות ה- PM_{10} , יש לציין כי מרבית הפליטות הן ממפעל הפוספטים בצין. הנתון לגבי 2007 הוא שגוי, אבל הצמצום בפליטות משנת 2008 ל-2009 נובע מהתקנת אמצעים למניעת פליטות חלקיקים במפעל בצין ובמפעלים אחרים. הנתונים של ה- $VOCs$ אינם כוללים את הפליטות מתחנות הכוח הפחמיות בחדרה ובאשקלון.

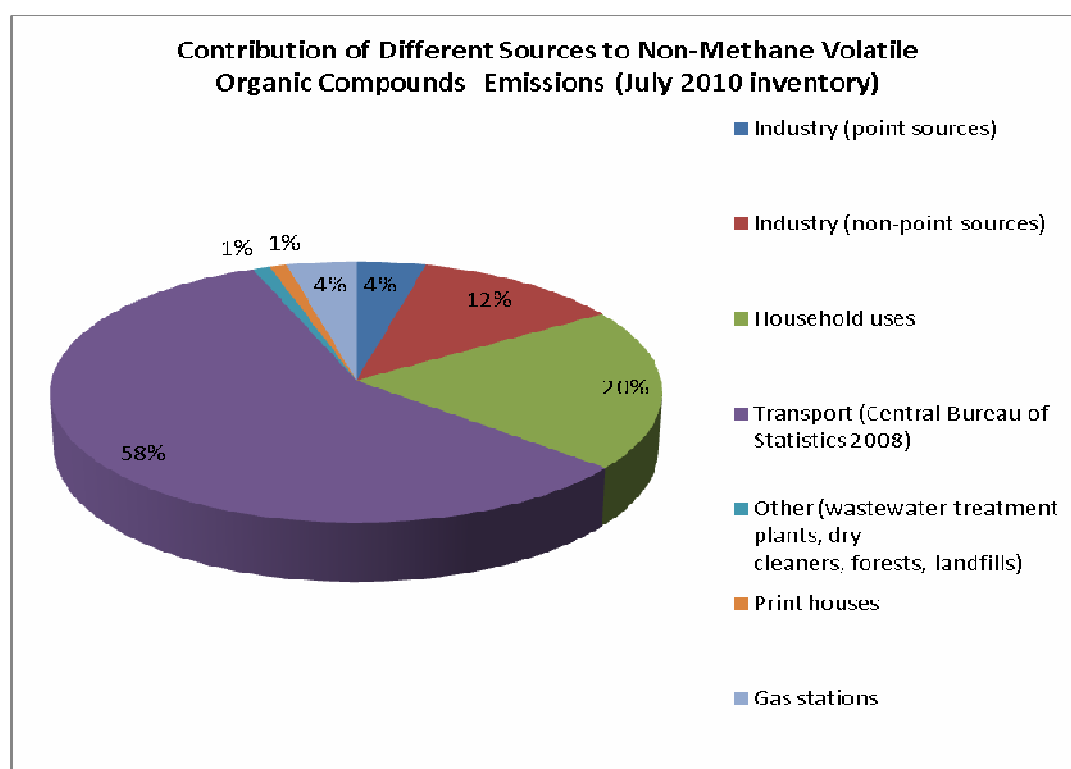
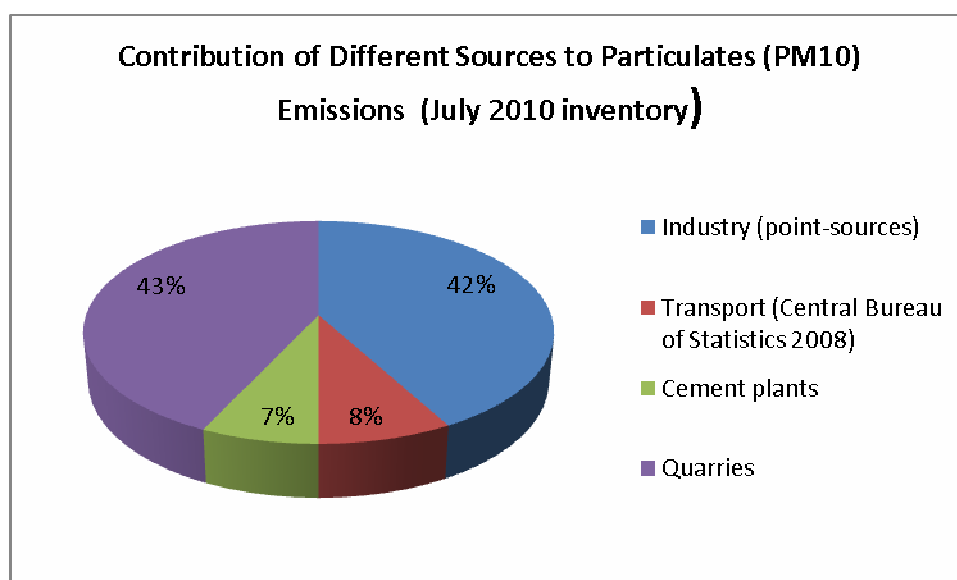
נתוני הפליטה ממקורות נייחים נקודתיים מתבססים על תוצאות של דגימות בארובות המפעלים. נתוני מצאי הפליטה השעתיים המוצגים בטבלה אינם לוקחים בחשבון שינויים בקצב הייצור במהלך השנה, ועל כן אין להסיק מנתונים אלה על פליטות הזהום השנתיות. DHV שוקדת עכשיו על מתודולוגיה לחישוב הפליטות השנתיות.

מצאי פליטה ארצי של תרכובות אורגניות נדיפות לא כולל מתאן (NMVOC) ממקורות לא-מוקדיים (בק"ג/שעה)		
תאריך העדכון	מספר המפעלים הכוללים במצאי הפליטה	תרכובות אורגניות נדיפות לא כולל מתאן (NMVOC)
דצמבר 2009	57	1852
מאי 2008	45	2,298
אוקטובר 2007	28	1,510

יש לציין כי מצאי הפליטה הנוכחי של VOCs אינו כולל פליטות ממקורות לא-מוקדיים (Fugitive Emissions). כמו כן מצאי הפליטה של VOCs אינו כולל את הכמויות המשמעותיות מאד של אדי בנזין הנפלטות מתחנות התדלוק בארץ (שמספרן למעלה מ-1000) וכן ממערכות אספקת הבנזין ממסופי הדלק ועד הגעתו לתחנות התדלוק.

הגרפים הבאים מציגים את התרומות היחסיות של מגזרים שונים במשק לכלל פליטות המזהמים לגבי תחמוצות גופרית, תחמוצות חנקן, חלקיקים נשימים (PM₁₀) ו-VOCs (נתונים נכונים ליולי 2010),





מגמות בפליטות של גפרית דו-חמצנית בשנים 2000-2009

4.2

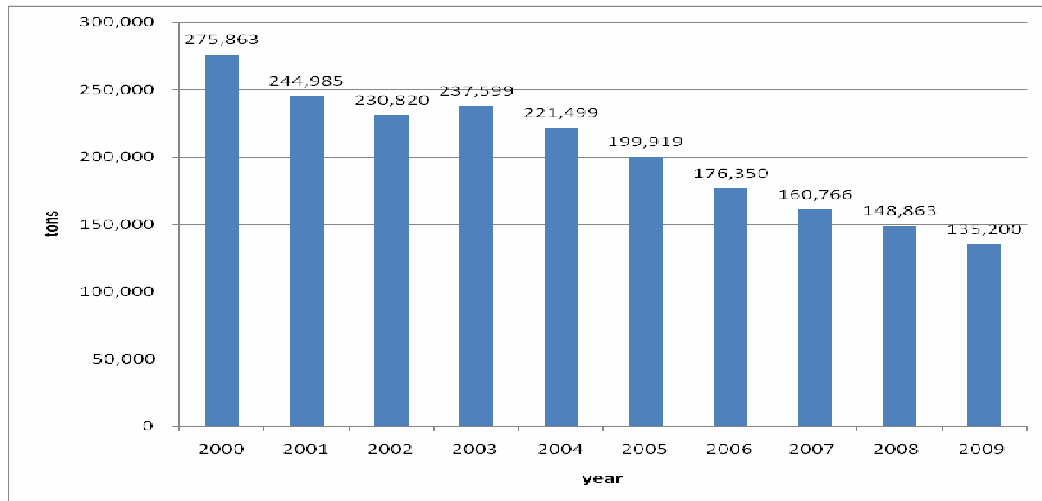
4.2.1 גפרית דו-חמצנית

גופרית דו-חמצנית נפלטת לאויר כתוצאה משריפת דלק פחמני לסוגיו, כאשר המקורות העיקריים בישראל הם תחנות כוח, בתי זיקוק ותעשייה כבדה, המשתמשים בדלקים עתירי גופרית (מזוט ופחם). מקור נוסף לגופרית דו-חמצנית באויר מהווה ההסקה הביתית באזורי מגורים, המשתמשים בסולר המכיל גופרית. רכבי דיזל משתמשים בסולר שתכולת הגופרית בו מופחתת. בעיקבות המגמות בעולם למזער את תכולת הגופרית בסולר התחבורתי, יש לצפות בעתיד לירידה נוספת בפליטות הגופרית הדו-חמצנית בארץ מרכב דיזל.

להלן איור המציג את מגמת הירידה בכמות הכוללת של הגופרית הדו-חמצנית שנפלטת לאויר בישראל בשנים 2000-2009, וטבלה אחת המציגה את המגמות של כמויות ה- SO_2 שנפלטו לאויר כתוצאה מהשימוש בסוגי דלקים פחמניים למיניהם (גז טבעי, גפ"ם, בנזין, קרוסין ונפט, סולר, מזוט לסוגיו ופחם). טבלה שנייה מציגה את המגמות של כמויות

ה-SO₂ שנפלטו לאוויר כתוצאה משימוש בדלקים פחמניים במגזרי המשק השונים (הסקה במבני ציבור ומגורים, תחבורה בבנזין וסולר, תעשייה וייצור חשמל) (מנ"א, 2010):

מגמות בפליטות גופרית-דו-חמצנית בשנים 2000-2009, בטונות (מנ"א, 2010)



פליטות גופרית-דו-חמצנית בשנים 2000-2009, לפי סוג הדלק (מנ"א, 2010)

סוג דלק	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
גז טבעי	0	0	0	0	176	135	297	230	304	366
גפ"ם	101	103	113	112	107	114	119	120	125	123
בנזין	595	595	455	446	406	206	213	225	234	48
קרוסין ונפטא	863	795	861	985	781	786	670	832	818	845
סולר	4,862	3,083	3,837	3,229	2,143	3,238	3,263	4,175	3,339	791
מזוט קל	2,744	2,761	3,953	4,028	5,150	6,324	6,749	7,211	7,223	7,993
סה"כ מזוט כבד	129,219	107,689	93,206	92,611	79,658	73,397	54,735	33,786	28,374	23,066
מזה: מזוט כבד דל-גופרית	42,763	37,648	31,152	30,837	18,296	14,520	31,852	20,555	22,252	19,240
מזה: מזוט כבד אחר	86,456	70,041	62,053	61,774	61,361	58,877	22,883	13,231	6,123	3,827
פחם	132,230	125,497	125,137	133,466	131,904	116,893	113,025	117,444	112,849	107,216
סה"כ פליטות	275,863	244,985	230,820	237,599	221,499	199,919	176,350	160,766	148,863	135,200

פליטות גופרית-דו-חמצנית בשנים 2000-2009 לפי מקור הפליטה (מנ"א, 2010)

צרכן	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
הסקה ביתית	707	699	762	808	757	806	691	591	536	521
תחבורה	2,620	2,184	2,121	1,378	628	419	433	453	457	93
מזה: רכב בנזין	595	595	455	446	406	206	213	225	234	48
תעשייה	272,536	242,102	227,937	235,413	220,113	198,694	175,226	159,722	147,870	134,586
מזה: ייצור חשמל	196,541	171,597	163,315	170,703	156,135	137,259	129,894	131,161	124,344	113,600

משתי הטבלאות הנ"ל ניתן לראות כי עיקר הפליטות לאויר של גופרית דו-חמצנית בישראל הן משריפת פחם ומזוט כבד, בעיקר לצורך ייצור חשמל. כמו כן ניתן לראות כי פליטות גופרית דו-חמצנית בישראל קטנו מאז תחילת העשור מ-275.9 אלף טון ל-135.2 אלף טון, ירידה של כ-51%.

4.2.2 פליטות של תחמוצות חנקן

המקור העיקרי לפליטות תחמוצות חנקן לאויר הוא מתהליך שריפת דלקים פחמניים המתבצע בטמפרטורות גבוהות. החום הגבוה שנצרך בתהליך השריפה מעודד תגובה כימית בין החנקן והחמצן שבאויר ליצירת חנקן חד-חמצני (NO) וחנקן דו-חמצני (NO_2), הנפלט לאויר עם גזי השריפה האחרים. קרוב למקור הפליטה מהווה ה-NO את המרכיב העיקרי של פליטות ה- NO_x , אולם בתגובת חמצון מהירה באויר הופך מרבית ה-NO שנפלט ל- NO_2 היציב יותר. בהמשך מתחמצן באויר גם ה- NO_2 לתחמוצות חנקן עם דרגת חמצון גבוהה יותר כמו HNO_3 , PAN, ואלקיל-ניטראט (לוריא, 2010).

4.2.3 פליטות של VOCs מתחנות תדלוק

מאחר שכל אדי הבנזין מהווים למעשה VOCs, נדרשות תחנות התדלוק בישראל להתקין אמצעים להשבת אידי הבנזין, זאת כדי למנוע פליטות לאויר של VOCs הן בעת מילוי מיכלי האגירה התת-קרקעיים בתחנות התדלוק (מערכות Stage I) והן בשעת מילוי מיכלי הדלק של כלי הרכב ליד משאבות הדלק (מערכות Stage II). קיימת דרישה נוספת להתקין אמצעים להשבת אדים במשאבות הדלק בכל תחנות התדלוק הממוקמות באזורי מגורים, בעיקר כדי למנוע חשיפה של האוכלוסיה שבתחנות התדלוק ובסביבתן לבנזין (C_6H_6). מנתונים שהוצגו בפני הועדה על ידי חברות הדלק (ראה פרוטוקול של ישיבה 3 של הועדה, בסעיף 6.2.3 בהמשך דוח זה), מסתבר שרק בכ-10% מתחנות התדלוק בישראל מותקנים אמצעים להשבת אדי דלק (בכ-100 תחנות תדלוק מתוך למעלה מ-1000 הפועלות כיום בישראל) (ראו המלצה 11.3).

4.2.4 אומדן פליטות מזהמי אויר מכלי טייס וכלי שיט

אומדן פליטות כללי, המתייחס לרוב הסוגים של פליטות תוצר אדם (אנתרופוגניות) של מזהמי אויר בארץ, נערך בישראל בשנים 2001 – 2003 בהזמנת המשרד להגנת הסביבה. בהמשך לעבודה זו הזמין המשרד להגנת הסביבה עדכון לשנת 2007 המתייחס גם לפליטות מזהמים מכלי טייס וכלי שיט, וכן לפליטות של VOCs (מטאו-טק, 2010). כלי טייס ושיט שורפים דלקים פחמניים ומטבע הדברים מהווים מקורות פליטה לשורה של מזהמים הנפלט לאויר כרכיבי גזי השריפה (בעיקר תחמוצות חנקן, גופרית דו-חמצנית, פחמימנים אורגניים נדיפים, פחמן חד-חמצני וחומר חלקיקי לסוגיו). להלן הממצאים שהתקבלו ממצאי הפליטה הנ"ל המתייחסים לכלי טייס וכלי שיט. עבודה זו הראתה כי הפליטות מכלי טייס מהוות את האחוזים הבאים מכלל הפליטות בשנים 2001-2003:

•	NO_x	0.77 %
•	SO_2	0.053 %
•	CO	0.89 %
•	VOCs	0.10 %
•	$\text{PM}_{2.5}$	0.15 %
•	CH_4	0.010 %
•	CO_2	0.050 %

נראה כי התרומה של המזהמים הנפלט לאויר בארץ כתוצאה מפעילויות התעופה לסך פליטות המזהמים, הינה קטנה יחסית והיא פחותה מ-1% עבור כל אחד ממזהמי האויר הנ"ל.

תוצאות האומדן של פליטות מזהמי האויר, הנוצרים בארץ כתוצאה מפעילות ימית, מצביעות על כך כי פליטות אלו אינן גדולות, אולם חלקן גבוהות משמעותית מהפליטות הנגרמות ע"י פעילויות התעופה. בנוסף, לפליטות לאויר של $\text{PM}_{2.5}$, NO_x ו- SO_2 יש השפעה מסוימת על רמות זיהום האויר באזור נמל חיפה ונמל אשדוד. להלן התרומה של פליטות מכלי השיט לפליטות הכוללות:

4.40 %	NO _x	•
1.78 %	SO ₂	•
0.69 %	CO	•
0.26 %	VOCs	•
5.58 %	PM _{2.5}	•
0.003 %	CH ₄	•
0.61 %	CO ₂	•

כאמור לעיל, עומדת התרומה של התחבורה הימית לפליטות לאויר של PM_{2.5}, תחמוצות חנקן וגופרית דו-חמצנית על כ- 5.6%, 4.4% ו- 1.78% בהתאמה. המזהמים הנ"ל נפליטים בעיקר ממנועים של ספינות גדולות בזמן השיט במים הטריטוריאליים של ישראל אל וממקום העגינה בנמל. התרומה העיקרית היא מספינות המגיעות לנמלי חיפה ואשדוד.

סך כל פליטות המזהמים לאויר מכלי טייס וכלי שיט המשתתפים בייצור הפוטוכימי של מזהמים שניוניים (VOCs) עומדת על 0.36% בלבד, המהווה רמה נמוכה בהשוואה עם הערך המקביל שנרשם במדינות באירופה.

תוצאות העבודה מצביעות באופן חד-משמעי, כי למזהמים הנפליטים לאויר עקב פעילויות התעופה אין למעשה השפעה על איכות האויר בקנה מידה ארצי. יחד עם זאת, הפעילות האינטנסיבית של התעופה המתרחשת בנמלי התעופה נתב"ג, אילת/עובדה, שדה דב ובמידה פחותה בשדות התעופה הרצליה, חיפה, מחניים ובאר שבע, עלולה להשפיע באופן מקומי על איכות האויר. לבסוף, יש לציין שבעבודה זו מרבית כמות המזהמים נפלטת ממטוסים חדשים יחסית, המתאפיינים במקדמי פליטה נמוכים. לאור זאת, אין לצפות כי שינויים ושיפורים בצי המטוסים המשרתים את ישראל יביאו בעתיד הנראה לעין צמצום משמעותי בזהום האויר הארצי.

4.2.5 זהום אויר הנפלט מתנורי הסקה ביתיים

בישראל נהוג להסיק בתים בתנורי חימום השורפים סולר, גפ"ם או עצים. בירושלים שבה הטמפרטורות בחורף נמוכות יותר, נפוץ השימוש בנפט (קרוסין) שנקודת הקיפאון שלו נמוכה יותר. בשנים האחרונות הולך ומתרחב חימום בתים באמצעות מזגנים, כאשר המזגנים פועלים כמשאבות חום. הבעיות הסביבתיות הנגרמות בישראל ע"י פליטות הזהום מארובות מתקני הסקה ביתיים, בין שהם שורפים עצים או סולר, מוצגות במספר כתבות שהופיעו לפני למעלה משני עשורים בעיתון "הביוספירה" (לוי וולפסון, 1983; גרבר, 1987; רייכמן, 1987; לקרץ, 1991).

יש לציין כי אחת מהתקנות הראשונות שפורסמו ב-1972 מתוקף החוק למניעת מפגעים מתייחסת לאיסור להשתמש במזוט להסקה ביתית (מדינת ישראל, 1972). כידוע, המזוט הוא דלק כבד ומזהם במיוחד שהיה מצוי בשימוש נרחב בתחנות הכוח של חברת החשמל ובתעשייה הכבדה. כמו כן, מכון התקנים פרסם ב-1972 תקן ישראלי לארובה בהסקה דיריתית (מכון התקנים, 1972).

עם עליית מחירי הדלקים הפחמניים בעולם לפני למעלה משלושים שנה, הפך השימוש בעץ כחומר דלק לחימום בתים לפופולרי מאד, בעיקר בכמה ממדינות ארה"ב, אירופה ובמידה מסיימת גם בארץ. בגלל כמויות הזהום הגדולות הנפלטות מתנורי עץ וכן הארובות הנמוכות דרכם נפלט הזהום לאויר, עלולים תנורי העץ לגרום למפגעים סביבתיים קשים. אי לכך ממליצה הועדה להגביל את השימוש בעצים כחומר הסקה בבתי מגורים (ראו המלצה 10.7).

מחקרים רבים בוצעו בארה"ב ובאירופה במטרה לכמת את הפליטות מתנורי עץ, בהשוואה לפליטות מתנורי הסקה ביתיים השורפים דלק הסקה (הידוע כסולר) או גז. נהוג לכמת את פליטות המזהמים לאויר ממקור נתון באמצעות מאפיין הקרוי מקדם פליטה (Factor Emission). הסוכנות הפדראלית להגנת הסביבה של ארה"ב פרסמה, וממשיכה לעדכן לעיתים מזומנות, מסמך המפרט את מקדמי הפליטה של מספר גדול של פעילויות שריפת דלק ותעשייה (USEPA, 1998). בנוסף, התפרסמו שני דוחות המסכמים ממצאים על פליטות מזהמי אויר מתנורי הסקה ביתיים בצורת מקדמי פליטה, האחד באוסטריה (IIASA, 1999) והשני בבריטניה (UK-DEFRA, 2003).

הפרסומים הנ"ל מראים כי עיקר הזהום הנפלט מתנורי עץ הוא חומר חלקיקי. מסתבר שלסוג העץ הנשרף, איכות ומידת ניקיונו יש השפעה רבה על כמות החלקיקים הנפלטת, וכי יש שונות גדולה במקדמי הפליטה לשריפת עצים המדווחת בספרות.

להלן טבלה המציגה ערכים מייצגים של מקדמי פליטה לחומר חלקיקי שנמדדו באחים (אש פתוחה – Fireplace) ובתנורי הסקה ביתיים המשתמשים בעץ, בתנורי הסקה ביתיים המשתמשים בסולר (Heating Oil) ותנורי הסקה ביתיים המשתמשים בגז (גפ"ם או גז טבעי). הערכים מתייחסים לתנורים שלא הותקנו בהם אמצעים לצמצום הפליטות, המשקף את מצב תפעול התנורים המקובל בישראל.

מקדמי פליטה לחומר חלקיקי הנפלט מתנורי הסקה ביתיים (ביחידות גרם/מגה-ג'ול)

חלקיקים נשימים - PM_{10}	כלל חומר חלקיקי - TSP	אח (אש פתוחה)
0.805	0.875	תנור להסקה בעץ
0.724	0.787	תנור להסקה בסולר
0.001 – 0.002	0.001 – 0.030	תנור להסקה בגז טבעי
0.0005	0.0009	

הנתונים בטבלה מראים כי האח הביתית וגם התנור להסקה בעץ פולטים את הזהום המרבי, כאשר הזהום הנפלט מתנור להסקה בסולר קטן בהרבה, ואילו הזהום מתנור להסקה בגז הוא מזערי. הנתונים מראים כי תנור להסקה בסולר פולט חומר חלקיקי (TSP) פי 33 יותר מאשר תנור להסקה בגז וחלקיקים נשימים (PM_{10}) פי 4 יותר. הפליטות מתנור להסקה בעץ או אח גדולות מאלה מתנור להסקה בגז פי כ-1,600.

יש לציין כי הדלק הנוזלי בארץ המשמש להסקה ביתית (כאמור, הסולר) דומה בתכונות רבות לדלק המשמש להנעת רכב עם מנועי דיזל והקרוי גם הוא "סולר". יחד עם זאת, הסולר התחבורתי נבדל מהסולר להסקה בשתי תכונות שיש להן השפעה רבה על כמות הזהום הנפלטת בעת שריפתו: תכולת האפר ותכולת הגופרית. בכל העולם וגם בארץ יש הגבלה מחמירה על כמות האפר והגופרית שמותר לסולר התחבורתי להכיל (0.01% לאפר ו-0.05% לגופרית), זאת במטרה למנוע תקלות בפעולת מנוע הרכב. לעומת זאת, אין כל הגבלות על תכולות האפר והגופרית בסולר להסקה ביתית וערכיהם עשויים להיות גבוהים פי 10 ויותר מערכיהם בסולר התחבורתי. בהתאם, גם פליטות החלקיקים משריפת הסולר בתנורי הסקה ביתיים גבוהים פי עשר ויותר מאשר היו פולטים לו השתמשו בסולר התחבורתי הנקי יותר.

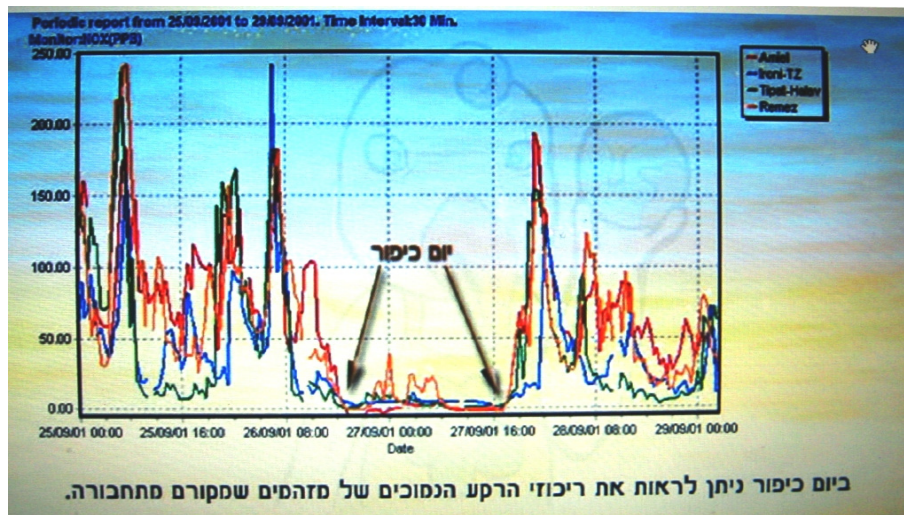
חסרון גדול נוסף של העץ כדלק להסקה הוא שאין כל אפשרות לפקח על סוג העץ הנשרף, על איכותו או מידת ניקיונו. בניגוד לדלק הנוזלי והגז שאיכותם וניקיונם נמצאים בפיקוח רשמי באמצעות תווי תקן של מכון התקנים, אין כל תקנים רשמיים בארץ (וככל הנראה גם בעולם) המתייחסים לאיכותו או למידת ניקיונו של העץ המשמש כחומר דלק להסקה ביתית.

מכל האמור לעיל ברור כי במטרה להפחית באזורים מיושבים את פליטות מזהמי האוויר החלקיקיים, יש הצדקה להפסיק כליל את שימוש באחים ובתנורים להסקה בעץ, ולעבור לדלק הסקה נקי יותר כגון גז, נפט (קרוסין) או סולר תחבורתי (ראו המלצה 10.7). כמו כן יש הצדקה לעודד את המעבר לחימום בתים באמצעות מזגנים (משאבות חום), בהם מקור האנרגיה הוא חשמל. מידת הזהום הנפלטת מאספקת חימום באמצעות משאבות חום קטנה בהרבה לעומת מתקני הסקה השורפים דלק, זאת מאחר והאנרגיה החשמלית הנדרשת לחימום ע"י מזגנים מושקעת בשאיבת חום מבחוץ ולא בייצור חום.

4.2.6 פליטות מזהמי אויר מכלי רכב

העלייה ברמת החיים יחד עם הגידול הניכר של האוכלוסיה בישראל הובילו לגידול במספר כלי הרכב בכבישי ישראל, לגידול ברמת המימון (מספר כלי הרכב ביחס למספר התושבים) ולגידול בנסועה השנתית (המרחק הממוצע שנסע כלי רכב בשנה). ב-2009 הגיע מספר כלי הרכב בישראל ל-2.5 מיליון כלי רכב, זאת בהשוואה ל-1.8 מיליון כלי רכב בשנת 2000 (וכמילון כלי רכב ב-1990). רמת המימון עלתה בהתאם מ-220 כלי רכב ל-1000 תושבים ל-330 כלי רכב ל-1000 תושבים. במשך שני העשורים האחרונים גדל מספר כלי הרכב ב-151% והנסועה גדלה ב-176%. לעומת זאת, גדל אורך הכבישים בישראל בתקופה זו רק ב-39% (משרד לה"ס, 2010ג'). למגמות אלה יש השפעה ברורה על העלייה בעומס של כלי הרכב בכבישים, ועל זהום האוויר הנגרם מכלי הרכב (המשרד לה"ס, 2010ג').

עיקר בעיית זהום האוויר מתחבורה בישראל מתמקד באזור גוש דן (מושל ושות', 2003). הוכחה בולטת לתרומת כלי הרכב לזהום האוויר בגוש דן הם תוצאות הניטור של איכות האוויר בגוש דן בימי כיפור, ימים שבהם יש הפסקה כמעט מוחלטת של התחבורה והמזהמים הנמדדים באופן תדיר בריכוזים ניכרים נעלמים כמעט לגמרי (קורדובה, 2007):



בשנים האחרונות הוקצבו משאבים רבים לשיפור התחבורה הציבורית (בממוצע, כ-3.5 מיליארד ש"ח בשנה), בעיקר למערכת הרכבות הבינעירונית אך גם למערכות הסעה המונית בירושלים ובחיפה. במקביל, גדל מספר הנוסעים השנתי ברכבת ב-1300% מ-1990 ל-2009 (מ-2.5 מליון נוסעים ל-35 מליון נוסעים - והתחזיות הן כי מספר הנוסעים ברכבת בישראל יגיע ב-2015 ל-60 מליון). לשם השוואה, בישראל פעלו ב-2009 16 חברות אוטובוסים שהפעילו כ-6000 אוטובוסים והסיעו כ-654 מליון נוסעים (משרד לה"ס, 2010).

כמות הבנזין ששווקה ב-2009 למשק התחבורה בישראל היא כ-2,521,000 טון, ואילו כמות הסולר היתה כ-2,601,000 טון (זלצברג, 2010):

משרד התשתיות הלאומיות
מינהל הדלק

מוצר	יחיד	מספר 2009
גפמ	משק	533
גז	פטרולימיה	75
פרופילן	פטרולימיה	149
סה"כ גז		756
בנזין 95 נ.ע.	משק	2,414
בנזין 96 נ.ע.	משק	88
בנזין 98 נ.ע.	משק	19
סה"כ בנזינים לרכב		2,521
מרכיבי בנזין	פטרולימיה	326
נפטא	משק	18
נפטא	פטרולימיה	624
סה"כ נפטא		642
קרוסין	משק	363
קרוסין	תעופה אזרחית	761
סה"כ קרוסין		1,124
סולר הסקה	משק	173
סולר תחבורה	משק	2,601
סה"כ סולר משק		2,774
סולר הסקה	חשמל	210
סולר הסקה	אוויות	31
סה"כ סולר		3,014
תזקיקים סה"כ		8,383
מזוט כבד	משק	164
מזוט כבד	צריכה עצמית בנזן	639
מזוט כבד	אוויות	326
סה"כ מזוט כבד		1,128
מזוט ד.ג.	משק	626
מזוט ד.ג.	חשמל	152
מזוט קל	משק	101
מזוט קל	אוויות	0
סה"כ מזוט קל		101
סה"כ מזוט		2,008
זפת	משק	263
HVGO	משק	53
גפרית	משק	33
סה"כ מוצרים		10,741

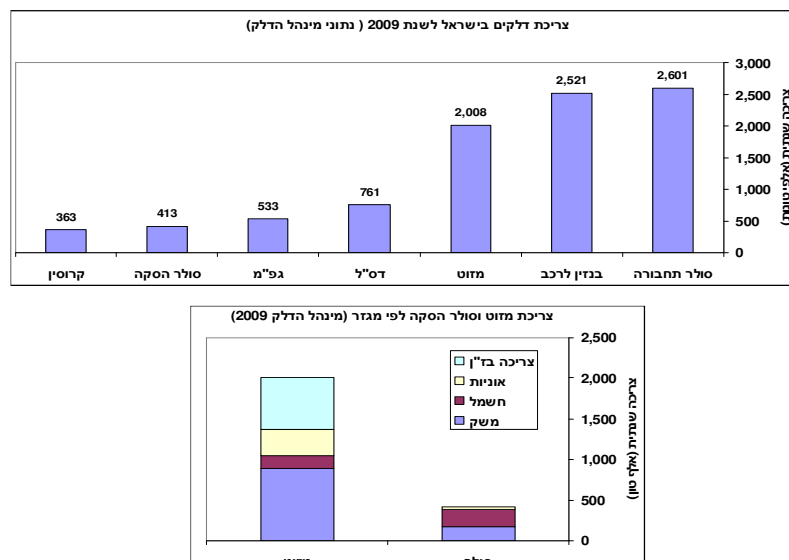
החברות המייבאות רכב בנזין ורכב דיזל לישראל חייבות לעמוד בדרישות התקינה האירופית Euro 5 לגבי פליטות מזהמי אויר (זלצברג, 2010):

- דרישות הייבוא של כלי רכב חדשים הינם בהתאם לתקינת היורו
- החל מ- 1995 רכבי בנזין חייבים בממיר קטליטי

European emission standards for passenger cars (Category M*), g/km								
Tier	Date	CO	THC	NMHC	NO _x	HC+NO _x	PM	P ^{***}
Diesel								
Euro 1†	July 1992	2.72 (3.16)	-	-	-	0.97 (1.13)	0.14 (0.18)	-
Euro 2	January 1996	1.0	-	-	-	0.7	0.08	-
Euro 3	January 2000	0.64	-	-	0.50	0.56	0.05	-
Euro 4	January 2005	0.50	-	-	0.25	0.30	0.025	-
Euro 5	September 2009	0.500	-	-	0.180	0.230	0.005	-
Euro 6 (future)	September 2014	0.500	-	-	0.080	0.170	0.005	-
Petrol (Gasoline)								
Euro 1†	July 1992	2.72 (3.16)	-	-	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	January 1996	2.2	-	-	-	0.5	-	-
Euro 3	January 2000	2.3	0.20	-	0.15	-	-	-
Euro 4	January 2005	1.0	0.10	-	0.08	-	-	-
Euro 5	September 2009	1.000	0.100	0.068	0.060	-	0.005**	-
Euro 6 (future)	September 2014	1.000	0.100	0.068	0.060	-	0.005**	-

* Before Euro 5, passenger vehicles > 2500 kg were type approved as **light commercial vehicles** N₁-I
 ** Applies only to vehicles with direct injection engines
 *** A number standard is to be defined as soon as possible and at the latest upon entry into force of Euro 6
 † Values in brackets are **conformity of production** (COP) limits

עם הגידול הניכר במספר כלי הרכב, גדלה גם כמות הבנזין והסולר שנצרכו בישראל על ידי התחבורה (זלצברג, 2010):



מאמץ ניכר הושקע בעשור האחרון לשיפור איכות הדלקים המשווקים בישראל, הנדרשים לעמוד בדרישות האיכות שנקבעו באירופה. הבנזין המשווק בישראל מאז 2004 הוא כולו נטול עופרת והדרישה לתכולת הגופרית בסולר מתחילת 2009 עומדת על 10 חל"ם, בהתאם לדרישות התקנים האירופאים EN228 לבנזין ו-EN590 לסולר התחבורתי (זלצברג, 2010):

מאפייני דלקים בהתאם לדרישות התקן

מוצר	צריכה 2009	תקן ישראלי	רשמי	תקן אירופי	תכולת גופרית מירבית (מ"ג לק"ג)	אחוז אוליפינים מירבי	הערות
סולר תחבורה	2,601	ת"י 107	+	EN590	10	-	תוספי חובה, אין סולר פרמיום
בנזין לרכב	2,521	ת"י 90	+	EN228	10	18	תוספי חובה, RON MON 85, 95
מזוט	2,008	ת"י 116			5,000 - 50,000	-	9 מיני מזוט
דס"ל	761	ת"י 5563		DEF 91	3,000	-	
גפ"מ - מטרות כלליות	533	ת"י 1134			150	20	
גפ"מ אוטומטיבי		ת"י 5202	+	EN589	50	10	
סולר הסקה	413	ת"י 107	+		1,000	-	
קרוסין	363	ת"י 100			600	-	

בין האמצעים שנוקטת הממשלה לצמצום פליטות המזהמים מכלי רכב ניתן למנות אמצעי פיקוח ובקרה על תקינות כלי הרכב הנעים בכבישים, כולל (זלצברג, 2010):

- בדיקות זהום אויר תקופתיות במכוני הרישוי: הבדיקות לרכב המונע בבנזין הן בהתאם לתקינה האירופית:
- רכב משנות ייצור לפני שנת 1995: בדיקת הפליטות מן המנוע של CO ו-HC בהילוך סרק
- רכב שיוצר אחרי שנת 1995: בדיקה בהילוך סרק של CO ובדיקה בסל"ד גבוה של CO ולמדא, בהשוואה לערכי סף הנקבעים לפי דגם הרכב.

בדיקת תקינות רכב הדיזל (המונע בסולר) מתבססת על מדידת סמיכות העשן בגזים הנפלטים מהרכב, באמצעות מדידת בליעת האור.

בנוסף, מבצעים המשרד להגנת הסביבה, עיריית ירושלים ומלר"ז (מלר"ז, 2010) בדיקות של כלי רכב הנעים בהתאמה בכל כבישי הארץ, בירושלים ובאזור גוש דן (תל-אביב, רמת-גן, חולון, פתח-תקווה וכפר סבא). ניידות ממוכשרות מוצבות בצידי הכביש ועוצרות לבדיקה כלי רכב העוברים בכביש. ב-2009 נבדקו כ-20,000 כלי רכב (משרד לה"ס, 2010).

בנוסף, מקיימת הממשלה פרויקט לסלק מהכבישים כלי רכב ישנים ומזהמים. הרכבים הישנים ניגרטים ובעליהם זכאים לגמול כספי.

המשרד להגנת הסביבה (אגף איכות אויר ולשכת המדען הראשי) השקיע בעשור האחרון משאבים רבים בייזום מחקרים שמטרתם לאפיין את פליטות מזהמי האויר מכלי הרכב בתנאים של מדינת ישראל (ראה נספח 3 לדוח זה, בשפה העברית). בפרט, הוזמנו עבודות מחקר שיציעו דרכים לשיפור הבדיקות התקופתיות המבוצעות במכוני הרישוי למשאיות דיזל (זבירין ושות', 2005), לרכב בנזין (זבירין ושות', 2002) ולאופנועים (טרטקובסקי ושות', 2001; 2008) וכן בדיקות המבוססות על שימוש בשיטות חישה מרחוק (Remote Sensing) (טרטקובסקי ושות', 2000). המשרד גם מימן מחקרים שמטרתם להציע דרכים לצמצם את פליטות העשן מאוטובוסים וההשפעות הסביבתיות של שימוש בכלי רכב המונעים בגז טבעי ובדלקים מתחדשים.

4.2.7 צמצום פליטות מזהמי אויר מתחבורה

בפברואר 2010 החליטה הממשלה ליזום פרויקט לאומי לפיתוח טכנולוגיות שיביאו לצמצום השימוש בדלק פחמני במגזר התחבורה (המשרד לה"ס, 2010).

הועדה קיימה דיונים על שימוש ביתרונות הסביבתיים המתקבלים משימוש בחשמל במגזר התחבורתי ברכב הפרטי, באוטובוסים וברכבת. בכל המקרים, קיים יתרון גדול בשימוש בחשמל בהשוואה למנועי שריפה פנימיים השורפים דלק פחמני במניעת החשיפה הישירה של האוכלוסיה לזהום אויר שמקורו ממפלטי כלי רכב הקרובים אליהם. הועדה ציינה כי את האנרגיה הדרושה לכלי הרכב המונעים בחשמל ייצרו ברוב המקרים בתחנות כוח בהן נפלטים מזהמי אויר מארובות גבוהות במרחק רב מן המקום בו נושמים בני אדם את האויר. יתר על כן, היעילות האנרגטית של תחנות הכוח עדיפה בהרבה על היעילות הנמוכה יחסית של מנועי השריפה הפנימית למיניהם המותקנים בכלי רכב. כמו כן, כיום קיימת בישראל האופציה לייצר חשמל מדלק נקי יחסית (בפרט, גז טבעי), כאשר פליטות מזהמי האויר מבוקרים ע"י מתקנים יעילים וזמינים המצמצמים את פליטות הזהום מארובות תחנות הכוח. בנוסף, יתכן שבעתיד חלק מהחשמל בישראל יסופק ממקורות אנרגיה נקיים – מקורות מתחדשים של אנרגיה.

בדיוניה זיהתה הועדה שהנתונים המתקבלים ממצאי הפליטה שנערכו בישראל אינם מלאים ואינם מעודכנים. הועדה ממליצה לשפר את אומדני הפליטה הלאומיים של כל מזהמי האויר הנפלטים בישראל ממקורות ניידים, זאת באמצעות ביצוע מציאת פליטה מפורטים ומעודכנים (ראו המלצה 4.2).

במסגרת הזמן הקצר שעמד לרשות הועדה, לא היתה לועדה האפשרות לחשב באופן כמותי את היתרונות שיש לתחבורה המבוססת על חשמל (רכב פרטי, אוטובוסים, רכבת) ולהציג מידע זה כאן בדוח.

אי לכך, ממליצה הועדה לבצע בהקדם עבודת מחקר שתבדוק באופן כמותי את היתרונות שמעניקה תחבורה מבוססת חשמל להפחתת זזהום האויר בישראל, כאשר נלקחים בחשבון כל מרכיביו של מעגל ייצור האנרגיה הדרוש למגזר זה (השימוש באנרגיה בכלי הרכב מחד וייצור האנרגיה הדרושה לכלי הרכב מאידך) (ראו המלצה מס' 14.2).

5. פרק ה': רשימת מקורות

5.1 מקורות בעברית

1. אראל י., 2010: זהום אויר חלקיקי בישראל, מצגת PP שהוצגה לוועדה ב-22.12.2010
2. גרבר מ., 1987: זהום אויר מהסקה ביתית, השרות לאיכות הסביבה, הביוספירה, כרך טז/8, מאי 1987: עמ' 7-6.
3. גרבר מ., 1993: הפחמן החד-חמצני שאנו נושמים, אקולוגיה וסביבה, כרך 1(1), ספטמבר 1993, החברה להגנת הטבע והמשרד להגנת הסביבה: 41-49.
4. גרוטו א., 2010: נתונים ומחקרי בריאות בתחום בריאות וסביבה בישראל, מצגת PP שהוצגה לוועדה ע"י פרופ' איתמר גרוטו, מנהל שרותי בריאות הציבור במשרד הבריאות, 20.10.2010.
5. דובנוב י., מ. ברחנא, ב. א. פורטנוב, ת. יוגב-בג'ו, ר. כראל, ש. רשפון, 2010: תוצאות המחקר סביב תחנת הכוח אורות רבין, חדרה, ביה"ס לבריאות הציבור – אונ' חיפה, מצגת PP שהוצגה לוועדה ע"י דר' יונתן דובנוב, 10.10.2010.
6. די.אץ' וי. DHV, 2010: מצאי פליטות לאויר, ת. בן אברהם, DHV, נוב' 2010, מצגת PP שהוצגה לוועדה ב-15.11.2010.
7. הביוספירה, 1987: תוכנית אב למניעת זהום אויר, כרך טז/11-10, יולי-אוגוסט 1987, השרות לשמירת איכות הסביבה, משרד הפנים: עמ' 2-9.
8. הביוספירה, 1989: דוח צוות הבדיקה של ארוע זהום אויר במפרץ חיפה, כרך י"ח 10-11, אוגוסט 1989, המשרד לאיכות הסביבה: 31-36.
9. זבירין י., י. דיין, מ. גוטמן, ל. טרטקובסקי וא. מושל, 2002: הצעת תקן לבדיקת פליטת פחמימנים ממנועי בנזין בסיבובי סרק, מחקר המשרד לה"ס מס' 1-58, 1.11.2002: עמ' 57.
10. זבירין י., ל. טרטקובסקי ומ. גוטמן, 2005: הערכת מקדמי פליטה ממשאיות דיזל כבדות בישראל, הטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 1-518, 1.1.2005: עמ' 45.
11. זלצברג א., 2010: סקירה בנושא איכויות דלקים ותקינת רכב, מצגת PP שהוצגה לוועדה ב-29.10.2010.
12. טרטקובסקי ל., י. זבירין ומ. גוטמן, 2000: הערכת פליטת מזהמים מכלי רכב בעזרת שיטות חישה מרחוק, מחקר המשרד לה"ס מס' 8-510, יולי, 2000: עמ' 44.
13. טרטקובסקי ל., מ. גוטמן, י. אליניקוב, מ. ויינבלט וי. זבירין, 2001: הערכת מקדמי פליטה מקטנועים בישראל, הטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 0-57, דצמ. 2001: עמ' 23+ עמ' נספח.
14. טרטקובסקי ל., מ. גוטמן, מ. ויינבלט, ו. בייניקוב וי. זבירין, 2008: פיתוח הצעת תקן לבדיקת פליטות מזהמים מרכב דו-תלת-גלגלי הנמצאים בשימוש, הטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 6-303, 1.11.2008: עמ' 57.
15. לוי ר. וז. וולפסון, 1983: השפעת ההסקה בעץ על איכות האויר בישראל, מדור איכות אויר, השרות לשמירת איכות הסביבה, הביוספירה, כרך יב/5, פבר. 1983: עמ' 9-8.
16. לוריא מ., 2010: התהליכים הכימיים שיוצרים את מכלול תחמוצות החנקן (NO_x) באויר, מצגת PP שהוצגה לוועדה ב-22.12.2010.
17. לקרץ י., 1991: אופנת תנורי העץ וזהום אויר, היחידה לאיכות הסביבה, איגוד ערים – חדרה, הביוספירה, כרך כ/6, מרץ 1991: עמ' 7.
18. מדינת ישראל, 1961: חוק למניעת מפגעים, התשכ"א-1961, ס"ח 332, התשכ"א, 23.3.1961, עמ' 58.
19. מדינת ישראל, 1972: תקנות למניעת מפגעים (זהום אויר ממבערי מזוט להסקה ביתית), תשל"ג-1972, ק"ת 2927, תשל"ג (2.11.1972), עמ' 200.
20. מדינת ישראל, 1992: תקנות למניעת מפגעים (איכות אויר), התשנ"ב-1992, ק"ת 5435, 16.4.1992, עמ' 972-974.
21. מדינת ישראל, 2008: חוק אויר נקי, התשס"ח-2008, ס"ח 2174, כ"ח בתמוז התשס"ח, 31.7.2008, עמ' 752-792.
22. מושל א., נ. שפיצר, א. טל וע. רייטר, 2003: גיבוש יעדי הפחתה לאומיים לצמצום זהום האויר מתחבורה, אגף א"א, המשרד להגנת הסביבה, נוב. 2003: עמ' 59.
23. מטאו-טק, 2010: אמדני פליטות זהום אויר מכלי טייס ומכלי שיט ואמצעים לצמצום הזהום, חב' מטאו-טק בע"מ, מחקר מס' 8-107, מוגש למדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה, 6 עמ'.
24. מלר"ז, 2010: דוח פעילות צוות נידת ניטור אויר "על אם הדרך" לשנת 2009, המועצה למניעת רעש וזהום אויר – מלר"ז, תל-אביב, יוני 2010: עמ' 26. זמין באתר האינטרנט של מלר"ז.

25. מכון התקנים, 1972: תקן ישראלי מס' 838, חלק 3, ארובה בהסקה דירית, ספטמבר 1972.
26. מנ"א, 2007: ניטור איכות אויר בישראל – דוח על נתוני שנת 2007, המשרד להגנת הסביבה, ירושלים.
27. מנ"א, 2008: ניטור איכות אויר בישראל – דוח על נתוני שנת 2008, המשרד להגנת הסביבה, ירושלים.
28. מנ"א, 2009: ניטור איכות אויר בישראל – דוח על נתוני שנת 2009, דוח פנימי, המשרד להגנת הסביבה, ירושלים.
29. מנ"א, 2010: איכות אויר בישראל לשנים 2000-2009, ל. קורדובה-ביז'נר, מנ"א, אגף איכות אויר ושינוי אקלים, המשרד להגנת הסביבה, ירושלים, מצגת PP שהוצגה לוועדה ב-7.9.2010.
30. מנ"א, 2010: ערכי איכות אויר – מסמך מלווה ומסכם של דיוני הוועדה המייעצת בנושא, אגף איכות אויר ושינוי אקלים, המשרד להגנת הסביבה, 19.1.2010: 70 עמ'.
31. מנ"א, 2010: אזורי נפגעי זיהום אויר בישראל, אגף איכות אויר ושינוי אקלים, המשרד להגנת הסביבה, דצמבר 2010: 24 עמ'.
32. מנ"א, 2010: תוכנית דיגום סביבתית שנתית, טיוטה 2, 3.10.2010, 2 עמ'.
33. משרד לה"ס, 2010: מדד איכות אויר, זמין באתר המשרד להגנת הסביבה באינטרנט.
34. משרד לה"ס, 2010: הצעת תקנות אויר נקי (ערכי איכות אויר), התש"ע-2010, זמין באתר המשרד להגנת הסביבה באינטרנט.
35. משרד לה"ס, 2010: שינוי אקלים ואיכות אויר, פרק 5, דוח מדינת ישראל ל-OECD לקראת הכנת דוח ה-OECD על הביצועים הסביבתיים של ישראל, משרד להגנת הסביבה, ספטמבר 2010: 111 עמ' (באנגלית).
36. משרד לה"ס, 2010: איכות הסביבה בישראל – מדדים, נתונים ומגמות, עורכים: י.בראור וא. מצנר, לשכת המדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה, אוג. 2010: 229 עמ'.
37. קאופמן ז., 2010: המרכז הלאומי לבקרת מחלות – מלב"ם (ICDC), מצגת PP שהוצגה לוועדה ע"י דר' זלמן קאופמן, מלב"ם, משרד הבריאות, 20.10.2010.
38. קורדובה ל., 2007: מצב זיהום אויר בתל-אביב רבתי, מצגת PP, מנ"א, אגף א"א, המשרד להגנת הסביבה, נוב' 2007: 33 שקפים. זמין באתר האינטרנט של המשרד לה"ס.
39. רייכמן ג., 1987: תנורי ארובה להסקה דירית – כיצד נמנע מטרידים סביבתיים, אגף איכות הסביבה, עיריית ירושלים, הביוספירה, כרך טז/8, מאי 1987: עמ' 7-9.

5.2 מקורות בלועזית

1. AirParif, 2010: Le Qualité de l'air en Île-de-France en 2008, 2^{eme} Edition, April, 2009, Available at: www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/bilan_2008_2edition.pdf
2. Butler T., M. Lawrence, B. Gurjar, J. van Ardenne, M. Schulz, J. Lelieveld, 2008: The Representation of Emissions from Megacities in Global Emission Inventories, Atm. Env., Vol. 42: 703-719.
3. Dayan U. & I. Levy, 2005: The influence of Meteorological Conditions and Atmospheric Circulation Types on PM10 and Visibility in Tel Aviv, JAM, Vol. 44: 609-619.
4. DEFRA, 2009: Air Pollution in the UK – 2008, DEFRA, London, UK, Accessed on the Internet at: www.airquality.co.uk/annualreport/annualreport2008.php.
5. DEFRA, 2003: Emission Factor Program – Task 7 – Review of Residential and Small Scale Commercial Combustion Sources, Report No. AEAT/ENV/R/1407/Issue1, August 2003 to DEFRA. Accessed at: www.airquality.co.uk/reports/cat08/0407081208_Task7_combustion_report_issue1.pdf
6. EEA, 2006: Air Pollution at Street Level in European Cities, Report 1/2006, Brussels
7. EEA, 2009: Air Pollution by Ozone across Europe during Summer (April-September) 2008, EEA Technical Report 1/2009, European Environment Agency, Copenhagen: 32pp.
8. EEA, 2010: Air Pollution by Ozone across Europe during Summer (April-September) 2009, EEA Technical Report 2/2010, European Environment Agency, Copenhagen: 36p.
9. Erel Y., B. Kalderon-Asael, U. Dayan & A. Sandler, 2007: European pollution imported by cooler air masses to the Eastern Mediterranean during the summer, ES&T, Vol. Vol. 41: 5198-5203.

10. Erel Y., U. Dayan, R. Rabi, Y. Rudich & M. Stein, 2006: Transboundary Transport of Pollutants by Atmospheric Mineral Dust, ES&T, Vol. 40(9): 2996-3005.
11. EU, 2010: Air Quality Now in Europe. Accessed on the Internet at:
www.airqualitynow.eu/comparing_home.php
12. Graber M., U. Dayan & J. Lasnow, 1984: Development of a Dispersion Model for Power Plant Siting Applications in Coastal Israel, Fourth Joint Conference of Applications of Air Pollution Meteorology, 16-19.10.1984, Portland OR, USA, AMS Conference Volume: 268-269..
13. Graber M., 1991: Clean Air in Israel, In: Clean Air Around the World, 2nd Edition, L. Murley (Ed.), International Union of Air Pollution Prevention Associations (IUAPPA), Brighton UK: 175-202.
14. Graber M., 1992: Air Pollution and Atmospheric Dispersion in Israel – A Compilation of Research Papers and Surveys published since 1950, Air Quality Division, Ministry of the Environment, December 1992: 39p.
15. IIASA, 1998: Fuel Combustion in Stationary Sources. Accessed at:
www.iiasa.ac.at/~rains/PM/docs/documentation.html#EPA_1998b
16. Preuss P, Y. Goren, M. Haran, S. Nezer, P Warburg, 2003: A Comparative Assessment of Air Pollution Public Health Risks in Two Israeli Metropolitan Areas – 1995 to 1999, Israel Ministry of Environmental Protection, Israel Union of Environmental Defense, Ashdod-Yavne Regional Association of Towns for Environmental Protection and the USA Environmental Protection Agency, January 2003: 34+51p. Available at:
http://www.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/index_pirsumim/p0256b_1.pdf
17. Luria M., M. Peleg, D. Alper Siman-Tov, V. Matviev, Y. Tzachi, I. Setter & I. Lapidot, 1996: The formation of O₃ over Israel - a growing concern and a potential international issue, In: The Proceedings of the 6th International Conference of ISEEQS, Y. Steinberger (Ed.), Jerusalem, 30.6-2-7.1996, Jerusalem: 13-16.
18. Malenky B., R. Van Grieken, L. Vant Dack & M. Luria, 1983: Atmospheric Trace Element Concentrations in Israel, Atm. Env., Vol. 17(4): 819-822.
19. Ranmar D.O., V. Matveev, U. Dayan, M. Peleg, J. Kaplan, A.W. Gertler, M. Kuria, G. Kallos, P. Katsafados & Y. Mahrer, 2002: Impact of coastal transportation emissions on inland air pollution over Israel – Utilizing numerical simulations airborne measurements, and synoptic analysis, JGR, Vol. 107(D17): Article No. 4331.
20. USEPA, 2009: Technical Assistance Document for Reporting of Daily Air Quality –The Air Quality Index (AQI), Report No. EPA-454/B-09-001, Feb. 2009: 50p.
21. WHO, 2000: Air Quality Guidelines for Europe, 2nd Edition, Regional Office for Europe, Copenhagen: 273+10 p. Available on the Internet at: www.euro.who.int/data/assets/pdf-file/0005/74732/E71922.pdf
22. WHO, 2006: Air Quality Guidelines - Global Update 2005 – For SO₂, NO_x, Particulates, World Health Organization, Geneva. Available from: www.who.int/phe/health_topic/outdoorair_aqq/en/
23. WHO, 2008: Air Quality and Health, Fact Sheet #313, Aug. 2008. Available from:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/index.html>
24. UBA, 2009: Entwicklung der Luftqualitaet in Deutschland, UBA, Germany. Available from:
www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-1/3760/pdf
25. USEPA, 1998: Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Sec.7.1, Residential Wood Combustion, 5th Edition, Document AP-42.
26. USEPA, 2009: Technical Assistance Document for Reporting of Daily Air Quality –The Air Quality Index (AQI), Report No. EPA-454/B-09-001, Feb. 2009: 50p.
27. USEPA, 2010: Air Quality Data for the US States, Accessed on the Internet at:
www.epa.gov/air/data/geosel.html

6. פרק ו': נספחים

6.1 נספח 1 – כתב המינוי לוועדה



השר להגנת הסביבה

ט"ו אלול, תשי"ע
25 אוגוסט, 2010
סימוכין: 25021

לכבוד

פרופ' מנחם לוריא (יו"ר)
פרופ' יגאל אראל
פרופ' פנחס אלפרט
ד"ר מיקי הרן
ד"ר מיכאל גרבר
ד"ר אילן סתר
ד"ר דוד ברודאי
ד"ר נדב דוידוביץ'

שלום רב,

הנדון: ועדת מומחים ציבורית בנושא מצב איכות האוויר בישראל
(תכנית לאומית – חוק אוויר נקי) - כתב מינוי

הנכם מתמנים בזאת כחברים בוועדת מומחים ציבורית בנושא מצב איכות האוויר בישראל (תכנית לאומית - חוק אוויר נקי).

הוועדה תרכז ממצאי מחקר בנושא איכות האוויר בישראל, ריכוזי מזהמים, הרכבם, אפיונם, מקורותיהם והשפעותיהם הבריאותיות. המידע ייאסף לצורך מיפוי וזיהוי הבעיות המרכזיות בנושא, לכדי יצירת בסיס מידע מדעי, עדכני ומקובל, להכנת תכנית לאומית לאיכות האוויר בישראל, לפי חוק אוויר נקי.

ממצאי הוועדה יגובשו כמסמך אשר יוגש עד ל-01.01.2011.

בברכה,

ח"כ גלעד ארדן
השר להגנת הסביבה

העתקים:

ד"ר יוסי ענבר, מנכ"ל המשרד
עו"ד דלית דרור, היועצת המשפטית
גב' שולי נזר, ראש אגף איכות אוויר ושינוי אקלימי
גב' לבנה קורדובה ביזיונר, מנהלת מדעית מערך ניטור אוויר ארצי
גב' רעות רבי, אגף איכות אוויר ושינוי אקלימי, מרכזת הוועדה

6.2 נספח 2 פרוטוקולים של ישיבות הועדה

6.2.1 פרוטוקול ישיבה מס' 1 – ישיבת פתיחה בהשתתפות השר להגנת הסביבה המשרד להגנת הסביבה, ירושלים, 7.9.2010, 09:00

א. משתתפים

חברי וועדת המומחים הציבורית: ה"ה מנחם לוריא (יו"ר הועדה), פנחס אלפרט, יגאל אראל, דוד ברודאי, מיכאל גרבר, מיקי הרן, אילן סתר. התנצל: נדב דוידוביץ.

מוזמן: פרופ' אורי דיין.

ב. משתתפים נוספים:

ה"ה שולי נזר, לבנה קורדובה, אבי מושל, רעות רבי, אמיר זלצברג, גלי דינס, אריק קרסטני. השר להגנת הסביבה מר גלעד ארדן פתח את הישיבה בהכרזה כי הטיפול במניעת זיהום האוויר בישראל הוא אחד מחמשת הנושאים הסביבתיים החשובים ביותר בהם מטפל המשרד להגנת הסביבה. השר ציין שוועדת המומחים הציבורית (להלן "הועדה") מטרתה להכין מיפוי של מצב איכות האוויר העכשווי בישראל ולבדוק את אמצעי המדיניות הזמינים לצמצום זיהום האוויר בישראל. מיפוי זה ישמש בסיס מדעי עדכני לגורם שאמור להכין בהמשך את התוכנית הלאומית הרב-שנתית שתקבע בהמשך היעדים הארציים והאזוריים לצמצום זיהום האוויר בישראל לשנים 2010-2012. בהתאם לנדרש בסעיף 5 לחוק האוויר הנקי-2008, על הממשלה לאשר תוכנית לאומית זו בינואר 2012. בהתאם לכך, נדרשת הועדה לסיים את עבודת המיפוי והגשת הדוח שלה עד תחילת ינואר 2011.

ג. פרופ' מנחם לוריא, יו"ר הועדה, ערך סבב הכרות בין חברי הועדה והציג את סדר היום של הישיבה (ראו מסמך 1, להלן).

ד. גב' שולי נזר הציגה בפני הועדה מצגת ובה סקירה של עיקרי חוק האוויר הנקי – 2008, אשר יכנס לתוקף בינואר 2011 (מסמך 2 להלן). כמו כן הציגה גב' רעות רבי בפני הועדה מצגת ובה המתווה לעבודות ההכנה של התוכנית הלאומית לצמצום זיהום האוויר בישראל ואת שני שלבי התוכנית (מסמך 3), וכן הציגה את התוכנית הלאומית שהכין המשרד להגנת הסביבה בביריטניה כמודל (מסמך 4). לחברי הועדה חולקו העתקים של תקנות שהתפרסמו כבר, או שעומדים להתפרסם בקרוב מתוקף חוק האוויר הנקי מתייחסים להיתרי פליטה, מניעת זיהום אוויר מייצור חשמל וערכי איכות אוויר (מסמכים 5, 6 ו-7).

ה. תקנת חוק אוויר נקי שטרם נכנסה לתוקף היא תקנת ערכי איכות אוויר (מסמך 7), וזאת לאור חילוקי דעות על הערכים שיש לקבוע לגבי חלק ממזהמי אוויר הכלולים בהצעת התקנות. החוק דורש כי בתקנות אלה יקבעו ערכי יעד אשר ישמשו בסיס לקביעת היעדים בתוכנית הלאומית, ערכי סביבה שחריגה מהם מהווה זיהום אוויר חזק או בלתי סביר, וערכי התרעה, שחריגה מהם עלולה לגרום לסיכון בריאותי ויש לנקוט אמצעים מידיים למניעת החריגה. הועדה, מתוקף מומחיותה, מתבקשת לכלול גם המלצות לגבי ערכי יעד וערכי סביבה עבור אוזון (O_3), חנקן דו-חמצני (NO_2), חומר חלקיקי PM_{10} , וחומר חלקיקי $PM_{2.5}$.

ו. דר' לבנה קורדובה הציגה בפני הועדה מצגת המפרטת, על סמך הנתונים הקיימים במרכז הניטור הארצי של זיהום אוויר (מנ"א), את מצב איכות האוויר בישראל עכשיו, וכן את מגמות השינויים שהסתמנו בעשור החולף (מסמך 8).

ז. חברי הועדה קיימו דיון על הנושאים בהם תדון הועדה בישיבותיה עד סיום עבודתה, מועד הישיבות ומיקומן. הוחלט כי מזכירות הועדה במשרד תודיע לקראת הישיבה השנייה את נושאים שידונו בישיבות הבאות, את מועדיהן ומיקומן.

ח. להלן מסמכי רקע שחולקו לחברי הועדה ומצגות שהוצגו בפניה בישיבה:

1. סדר היום לישיבה מ' 1 (30.8.2010).
2. מצגת: חוק אוויר נקי – 2008 (ס"ח 2174, 31.7.2008, עמ' 752-792) – עיקרי החוק.
3. מצגת: מתווה עבודת הועדה לתוכנית הלאומית – חוק אוויר נקי (4.8.2010).
4. UKDEFRA, 2007: The Air Quality Strategy for England, Scotland, Wales and Northern Ireland, Vol.2, July 2007, Para.1.3.5: 57-66
5. תקנות אוויר נקי (היתרי פליטה), התש"ע-2010 (ק"ת 6904, 1.7.2010, עמ' 1335).
6. הצעת נוסח תקנות למניעת מפגעים (מניעת זיהום אוויר מייצור חשמל), התשס"ט-2009.
7. הצעת נוסח תקנות חוק אוויר נקי (ערכי איכות אוויר), התש"ע-2010.
8. מצגת: מגמות איכות אוויר בישראל לשנים 2000-2009.

רשם: מיכאל גרבר

6.2.2 פרוטוקול ישיבה מס' 2 – מיפוי ארצי של מוקדי זיהום אוויר ותחלואה המשרד להגנת הסביבה, ירושלים, 20.10.2010, 16:00

א. משתתפים

חברי וועדת המומחים הציבורית: ה"ה מנחם לוריא (יו"ר הועדה), יגאל אראל, דוד ברודאי, מיכאל גרבר, נדב דוידוביץ, מיקי הרן, אילן סתר. התנצל: פנחס אלפרט.

מוזמנים: פרופ' איתמר גרוטו, ראש שרותי בריאות הציבור, משרד הבריאות; דר' זלמן קאופמן, מלב"ם, משרד הבריאות; דר' יונתן דובנוב, משרד הבריאות-חיפה ואונ' חיפה; דר' חווה פרץ, הפקולטה לרפואה, אונ' תל-אביב. משתתפים נוספים: ה"ה שולי נזר, לבנה קורדובה, אבי מושל, רעות רבי, אמיר זלצברג, גלי דינס, אריק קרסטני. המומחים המוזמנים הציגו את עבודותיהם:

1. פרופ' גרוטו הציג את מאגרי הנתונים של משרד הבריאות המתבססים על נתונים שהתקבלו במפרץ חיפה, רמת חובב, תחנת הכוח אשקלון ומקופות החולים. בנוסף, הוצגו מחקרים ספציפיים לגבי ניטור ביולוגי לקביעת חשיפה (Exposure assessment).
 2. דר' זלמן קאופמן הציג מסדי נתונים קיימים מסקרים בריאותיים לאומיים, כולל KAP, INHIS, תזונה ובריאות, ACSIS. צוין כי קיימים סקרי תחלואת אסטמה, עישון, ונתוני תמותה המתעדכנים פעמיים בחודש (למעקב אחרי עודף תמותה משפעת).
 3. דר' דובנוב הציג את מחקרי הבריאות שבוצעו באזור תחנת הכוח בחדרה.
 4. דר' חווה פרץ הציגה עבודה על האימפקט הבריאותי של זהום אויר בישראל. כל המומחים התבקשו להעביר למזכירות הועדה מאמרים ופרסומים רלבנטיים.
 - ג. בנוסף, הציג פרופ' דוד ברודאי, חבר הועדה עבודות מחקר וסקרים על זהום אויר ובריאות בעיקר במפרץ חיפה.
 - ד. התקיים דיון בממצאים שהוצגו בפני הועדה.
- צוין כי אין בישראל אף גורם המטפל בנושא של זהום אויר פנימי (בתוך מבנה מגורים, אף כי כיום דעת המומחים היא כי החשיפה בתוך בתים למזהמים מסוימים גבוהה בהרבה מזו שנחשפים לה באויר הפתוח. כמו כן צוין כי המשרד להגנת הסביבה פרסם בימים אלה תוכנית דיגום ארצית של מזהמי אויר (באמצעות קניסטרם). המשרד מבקש מן המומחים הנוכחים בישיבה להעביר את הערותיהם על תוכנית זו.

רשם: מיכאל גרבר

6.2.3 פרוטוקול ישיבה מס' 3 – דלקים ותחבורה המשרד להגנת הסביבה, ירושלים, 25.10.2010, 09:00

א. משתתפים

חברי וועדת המומחים הציבורית: ה"ה מנחם לוריא (יו"ר הועדה), יגאל אראל, דוד ברודאי, מיכאל גרבר, נדב דווידביץ, מיקי הרן, אילן סתר. התנצל: פנחס אלפרט
מוזמנים: ה"ה חן בר-יוסף, מנהל מנהל הדלק; עמרם אזולאי, ס' מנהל מנהל הדלק; יהודה גסנר, מינהל הדלק; עידן עבודי, אגף הרכב, משרד התחבורה; עמירם גרובס, כמאי ראשי, בז"ן חיפה; לאוניד טרטקובסקי, המעבדה למנועי שריפה פנימית, הטכניון חיפה; משה בוסאני, טכנולוג ראשי, חב' דלק; משה ווטשטיין, טכנולוג ראשי, חב' פז, בית זיקוק אשדוד.
משתתפים נוספים: ה"ה שולי נזר, אבי מושל, רעות רבי, אמיר זלצברג, גלי דינס.

- ב. אמיר זלצברג הציג מצגת (מסמך 1) הסורקת את כמויות הדלקים הנוזליים שסופקו למגורים השונים במשך ב-2009. צריכת הגז הטבעי בישראל הוערכה בין 2 ל-3, ואולי BCM 4/שנה (כאשר BCM 1 הם כ-0.9 מליון טון). כמו כן נסקרו איכויות הדלקים הנוזליים המסופקים למשק בישראל. איכותם ותכונותיהם של הדלקים המשווקים בישראל נקבעת ע"י תקנים ישראליים, כאשר הדרישות הכלולות בהם זהות בחלקם לתקינת איכות הדלק באירופה. הודגש כי בישראל, בשונה מאירופה, קיימת דרישה על פי החוק להכניס תוספים לדלק התחבורתי.
- ג. הועדה קיימה דיון עם המומחים המוזמנים:
1. תכונות דלקים לסוגיהם המשפיעים על נדיפותם וכמויות המזהמים הנפלטות לאויר בתהליכי התנדפות:
 - תכולת הפחמימנים הבלתי רוויים, בפרט האולפינים (C_nH_{2n} , בעלי קשר פחממני כפול יחיד), בבנזין ובגפ"ם, מידת התנדפותם לאויר והשפעתם על גרימת זהום אויר פוטוכימי (אוזון) (מסמך 2 ו-3).
 - תכולת הפחמימנים הארומטיים בבנזין, בפרט הבנזן.
 - מספר האוקטן $[(M+R)/2]$ בבנזין, בארץ ($M=85$, $R=95$), באירופה ובארה"ב $[(M+R)/2=87]$, ותלות מספר האוקטן בתכולת הפחמימנים הבלתי רוויים.
 - מספר הצטאן (ערך שנמדד) ואינדקס הצטאן (ערך שמחושב) בסולר המשמש כדלק למנועי דיזל בארץ (54), ובאירופה (בסולר התחבורתי סופר = 55).
 - תכולת הפחמימנים הבלתי רוויים ותכולת הגופרית בסולר (מסמך 4).
 - הרכב הגפ"ם המשווק בישראל (יחס בוטאן/פרופאן ותכולת הפרופילן).
2. תכונות דלקים לסוגיהם המשפיעים על הכמויות הנפלטות לאויר בתהליך שריפתם:
 - תכולת הפחמימנים הבלתי רוויים, בפרט האולפינים, בבנזין ובגפ"ם, והשפעתו על הערך הקלורי של הדלק, ועל יצירת פיח ושרפים.

- הגבלת תכולת הגופרית בדלקים התחבורתיים (בנזין, סולר וגפ"ם) בתקינה האירופית והישראלית, כאמצעי לצמצום פליטת חלקיקים, ותכולת הגופרית בגפ"ם (הוספת מתיל-מרקאפטן).
 - תכולת הגופרית בדלקים המשמשים להסקה, כאשר בארץ התקינה התיישרה עם התקינה האירופית.
 - בעיות ביישום בישראל של הדרישה בתקני EURO להתקין מסננים לחלקיקים ברכבי דיזל.
 - בדיקות מעבדתיות בארץ לגבי מספר האוקטן והצטאן בדלקים התחבורתיים המשווקים בישראל.
3. נושאים אחרים שעלו לדיון:
- העדר בדיקות של כלי רכב מיובאים במעבדות בארץ, כדי לוודא כי הם עומדים בתקנים ובתקנות שבתוקף ואכיפת דרישות תקינת הרכב בישראל (החלטת ממשלה 2452 משנת 2007).
 - אכיפה לקווה של דרישות התקנים והתקנות למניעת פליטות זהום אויר מרכב (בדיקת פליטות מרכב במבחן שנתי ובצידי הדרך בשיטת האצה חופשית), בפרט, בכל הנוגע להתקנת מסננים ברכב דיזל לצמצום פליטות חלקיקים.
 - בפליטות החלקיקים מרכב דיזל חשוב לנטר את החלקיקים הקטנים המסוכנים (ספירת חלקיקים) במקום ניטור של מסת החלקיקים, המייצגת רק את החלקיקים הגדולים יותר.
 - החל מאוקטובר 2010 תבוצע בישראל בדיקה שנתית של פליטות זהום אויר מרכב בהתאם לסוג הרכב.
 - אכיפה של הגבלות על עומס יתר
 - התפתחויות עתידיות בטכנולוגיות של מנועי כלי רכב (רכב חשמלי, היברידי, מנועים רב-דלקיים, רכב גפ"ם, רכב גז טבעי, אוטובוסים עירוניים חשמליים המזונים מרשת עילית), ויישום תקן EURO-6.
 - השוואת זהום אויר הנגרם מרכב דיזל לזה הנגרם מרכב בנזין.
 - הצעה לבצע בדיקות של פליטות מזהמים מכלי רכב בהתבסס על שיטות חישה מרחוק
 - רק בכ-10% מתחנות התדלוק בישראל (בכ-100 מתוך יותר מ-1000 תחנות תדלק הפועלות כיום בישראל) מותקנים אמצעים להשבת אידי הבנזין הנפלטים בזמן מילוי מיכלי הדלק התת-קרקעיים ובזמן מילוי מיכלי הדלק של כלי הרכב.
 - הצעה שנציגים מישראל יהיו נוכחים באירופה בוועדות המעדכנות (פעמיים בשנה) את תקני הרכב EURO לצורך מעקב והתעדכנות.
 - דלק דמוי סולר להסקה ("נוזל חימום") המשווק ללא פיקוח ע"י מפעלים למחזור שמני מנוע.
- ד. להלן מסמכים ומצגות שהוצגו בפני הוועדה:
1. מצגת: סקירה בנושא איכויות דלקים ותקינת רכב
 2. מסמך באדיבות חב' דלק:
 - CONCAWE, 2004: Fuel effects on emissions from modern gasoline vehicles, Part 2 – Aromatics, Olefins and Volatility effects, Report No. 2/04, Brussels, 37p.
 3. מסמך באדיבות חב' פז: תכונות של בנזין נטול עופרת 95 אוקטן המשווק ע"י "פז", בהתאם לת"י 90, חלק 2, נובמבר 2007, ובהתאם לתקן האירופי EN228.
 4. מסמך באדיבות חב' בזן, חיפה: תכונות סולר תחבורה מימני תוצרת בזן – החל משנת 2012
- רשם: מיכאל גרבר

6.2.4 פרוטוקול ישיבה מס' 4 – מודלים (מערכת חיזוי) ומצאי פליטות המשרד להגנת הסביבה, תל-אביב – מנ"א, 15.11.2010, 10:30

- א. **משתתפים**
- חברי וועדת המומחים הציבורית: ה"ה מנחם לוריא (יו"ר הוועדה), פנחס אלפרט, יגאל אראל, דוד ברודאי, מיכאל גרבר, מיקי הרן, אילן סתר. התנצל: נדב דוידביץ.
- מוזמנים:** ה"ה אורי שטיין (HP), אסנת יוסף (HP), תומר בן-אברהם (DVH).
- משתתפים נוספים:** ה"ה לבנה קורדובה, רעות רבי.
- ב. אורי שטיין הציג את מודל החיזוי המשופר שיוכנס בקרוב לשימוש של המשרד להגנת הסביבה של החברה הצרפתית ARIA, המבוסס על מודל מטאורולוגי WFR של NCAR עם סריג של 3 ק"מ ועל מודל פוטוכימי צרפתי CHIMERE
- הוצג הטיפול של WFR בפליטות של מזהמים, כולל במצאי הגלובלי לקביעת תנאי השפה (GIEA EMEP), בפליטות ביוגניות מצמחייה (MEGAN) ואבק מדברי PM₁₀ ע"פ Bergametti. מצאי הפליטות של המודל מחייב קלט של 4 פרמטרים: NO_x, VOCs (COV), CO ו-SO₂. מה-NO_x מחושבים ריכוזי ה-NO₂ (0.85), ה-NO (0.1), ו-HONO (0.05). במודל יש התייחסות לפליטות של מקורות גדולים (ארובות גבוהות), עוצמות קרינה של השמש, דפוויציה יבשה ו-Wet Scavenging.

- ג. אסנת יוסף הציגה את תוצאות האימות (וולידציה) שנערכו למודל הפוטוכימי CHIMERE במקומות שונים ממזרח למוקדי הפליטות של NO_x ו- VOCs בארץ: גוש עציון, כרמיאל ועוד.
- ד. תומר בן-אברהם הציג את מודל מצאי הפליטות שחב' DHV מכינה כקלט למודל החיזוי. המודל כולל 5 מזהמים: PM_{10} , SO_x , CO , NMVOCs , NO_x . למודל יתווסף בקרוב גם $\text{PM}_{2.5}$ ו- NH_3 . מודל מצאי הפליטות מתעדכן לגבי מקורות לא-מוקדיים (מעשה-אנוש) פעמיים בשנה, ולגבי מקורות מוקדיים פעם אחת בשנה. לגבי מקורות לא-מוקדיים טבעיים מתעדכן המודל פעם אחת בשנתיים. המודל מבוסס על נתונים מתחנות הכוח של חב' החשמל ומנתונים ממפעלי תעשייה (מהמפעלים עצמם או מהמשרד להגנת הסביבה). נתוני פליטה מהתחבורה מסופקים ע"י חב' PGM
- ה. חברי הועדה העירו את ההערות הבאות:
- יש הסתייגות משיטת האימות בה משתמשים המבוססת על Nearest Neighbor. מוצע להציג Scatter Plot כשלא משתמשים בשיטת Nearest Neighbor.
 - מוצע לבדוק את מקדמי הפליטה המשמעותיים של ה- VOCs , ולהציג לחוד את הפחמימנים הלא-רוויים והפעילים יותר והפחות פעילים (בפרט את האיזופרן, שנחקר ע"י דן יקיר).
 - במצאי הפליטה חסרים נתונים על פליטות גפ"מ. חיוני להכליל מידע זה.
 - יש חשיבות לחשיפה לזהום אויר פנימי. מדידות שנעשו לאחרונה בשיטת הקניסטרים בתוך בתים מראים שם ריכוזים גבוהים במיוחד.
- ו. סיכום פעילות הועדה עד כה ע"י היו"ר:
- הועדה קיימה דיונים על מזהמי האויר ועל ההשפעות הבריאותיות שלהם (ישיבה 2, 20.10.2010)
 - הועדה קיימה דיון על דלקים ותחבורה (ישיבה 3, 25.10.2010)
 - הועדה קיימה דיון על מודלים לחיזוי איכות האויר ואימות המודלים (15.11.2010)
 - בישיבה הבאה (22.11.2010) יתקיים דיון על אוזון. בישיבה שלאחריה יתקיים דיון על חומר חלקיקי.
- ז. להלן המצגות שהוצגו בפני הועדה:
- מצגת: המודל לחיזוי איכות האויר של חב' ARIA
 - מצגת: מצגת: תוצאות האימות של ריכוזי האוזון ותחמוצות החנקן שנחזו ע"י המודל הפוטוכימי CHIMERE
- רשם: מיכאל גרבר
- 6.2.5 פרוטוקול ישיבה מס' 5 – אוזון, VOCs ו- NO_x המשרד להגנת הסביבה, תל-אביב – מנ"א, 22.11.2010, 12:00**
- א. **משתתפים**
- חברי וועדת המומחים הציבורית: ה"ה מנחם לוריא (יו"ר הועדה), פנחס אלפרט, יגאל אראל, דוד ברודאי, מיכאל גרבר, מיקי הרן. התנצלו: נדב דוידוביץ, אילן סתר.
- משתתפים נוספים:** ה"ה לבנה קורדובה, אבי מושל, רעות רבי, אמיר זלצברג.
- ב. מנחם לוריא הציג את הבעייתיות של ניטור האוזון בכלל, ובישראל בפרט. בעוד שהמזהמים האחראים ליצירת האוזון, ה- NO_x וה- VOCs , נפלטים בישראל בעיקר בקו החוף של הים התיכון, מתקבלים הריכוזים הגבוהים של אוזון מזרחה יותר. מודל של ארז ויינרוט מראה כי ריכוזי האוזון מגיעים לשיאם בשטח ממלכת ירדן. עבודת מחקר שבה נוטר האוזון בארץ במעוז חיים, ובירדן בטייבה ובאירביד, מאשר את תוצאות המודל של ויינרוט. יתר על כן, באזור החוף של הים התיכון, בגלל הפליטות המאסיביות בשעות הבוקר של NO שמקורן בתחבורה, קיים תהליך של טיטרציה של האוזון וריכוזו באזור החוף עצמו בשעות הבוקר הוא אפסי.
- ג. הנסיון בארצות אחרות, בפרט בקליפורניה, מורה כי ניתן להפחית את ריכוזי האוזון באויר או ע"י הגבלת הפליטות של תחמוצות חנקן, או ע"י הגבלת הפליטות של ה- VOCs . מקורן של פליטות ה- NO_x הוא בעיקר מתחנות כוח עם ארובות גבוהות, ואילו מקורן של פליטות ה- VOCs הוא מתחבורה ומערך הדלק לתחבורה. בארץ לא נעשה מספיק להגביל את פליטות ה- VOCs , ואין לנו מספיק מידע מהימן על פליטות ה- VOCs כדי להפעיל מערך בקרה יעיל להגבלת פליטות ה- VOCs .
- ד. התקיים דיון קצר בנושא היתרונות של הרכב החשמלי. חברי הועדה והמשתתפים האחרים העירו את ההערות הבאות:
- התקיים דיון על האזורים הקרובים (בתחום מדינת ישראל) והרחוקים (ממזרח לישראל) בהם ריכוזי האוזון באויר נשלטים בעיקר ע"י פליטות ה- NO_x או ע"י פליטות ה- VOCs . בהקשר זה צוינו מפות ריכוזי האוזון במודל של ויינרוט

(עבור ימים רגילים), להבדיל ממפות ריכוזי האוזון הספציפיים לימי כיפור (כאשר אין פליטות של NO_x ו- VOCs מתחבורה).

- בייבוא הדלק לארץ וייצורו בארץ אין התחשבות בפרמטר "היחס פחמן מימן" (C/H). בשיקולים של איכות האוויר בישראל חיוני להתייחס למידע זה.
 - ריכוזי אוזון גבוהים נמדדו ע"י תחנות הניטור של מנ"א בגוש עציון, באר-שבע, ערד ואילת.
 - מרבית פליטות המזהמים מרכב הם באזור תל-אביב (70%).
 - חשוב לזהות את הצעדים שניתן לנקוט לצמצום פליטות ה- NO_x וה- VOCs מכלי רכב (בין היתר: הקטנת תכולת הפחמימנים הרוויים בבנזין; מזעור פליטות המזהמים מרכב חדש באמצעות פיקוח יעיל על הרכבים המיובאים; פיקוח הדוק יותר על מכוני הרישוי הבודקים ברישוי השנתי את הפליטות מרכב בשימוש).
 - יש לשקול לכלול במפרטי היבוא של כלי רכב חדשים דרישה להגבלת פליטות VOCs .
 - לגבי פליטות מרכב בנזין קיים, צריך לבצע ברישוי השנתי בדיקה לגבי תקינות הממיר (CO בסרק, CO בסל"ד גבוה, λ); ליעיל את תהליך הבדיקה ברישוי השנתי ע"י תגבור מחשוב הבדיקה; למקד את הבדיקות ברישוי השנתי לכלי רכב בעייתיים; לקיים בדיקה תקופתית של פליטות מזהמים גם מאופנועים 50 סמ"ק עם 2 פעימות; להכין תוכנית גריטה לאופנועים עם 2 פעימות.
 - פליטות NO_x ממשאיות מושפעות מתנאי הדרך (עליות) ועומס יתר. חשוב על כן להגביר את הפיקוח למניעת תופעת עומס היתר.
 - יש לעודד: תחבורה ציבורית שפולטת מעט זהום; מסלולים יעודיים לתחבורה ציבורית; אזורי עומס (Congestion Zones).
 - יש לשקול את יעילות הצעד של הדממת מנועים ברמזורים.
 - חסר מצאי פליטה אמין של VOCs מתחנות התדלוק. מצאי הפליטה בשימוש היום (חב' מט-אוטק) מבוסס על מקדמי פליטה מהספרות ולא על מדידות. כיום רק בחלק קטן מתחנות התדלוק הקיימות בארץ (1008) פועלים מתקני Stage 2 לצמצום פליטות ה- VOCs . חשוב להתקין בהקדם מתקני Stage 2 בכל תחנות התדלוק בארץ.
 - יש מקורות פליטה של VOCs בארץ שלא ידוע עליהם דבר והם גם אינם כלולים במצאי הפליטה, כגון בתי דפוס. יש לקבוע לגבי מקורות אלה מקדמי פליטה מהימנים בהתבסס על הספרות ומדידות בשטח.
 - חשוב לקדם כלי רכב פרטיים המונעים בחשמל, וכן אוטובוסים לתחבורה ציבורית המונעים בחשמל.
- ה. סיכום פעילות הועדה עד כה ע"י היו"ר:
- הישיבה הבאה ב-22.12.2010. הועדה תדון בפליטות NO_x ממקורות נייחים ותמשיך בדיון על חומר חלקיקי.
 - תתקיים ישיבה נוספת של הועדה בתחילת ינואר 2011 לסיכום דיוני הועדה.

שם: מיכאל גרבר

6.2.6 פרוטוקול ישיבה מס' 6 – NO_x וחלקיקים, המשרד להגנת הסביבה, ירושלים, 22.12.2010, 10:30

א. משתתפים

חברי וועדת המומחים הציבורית: ה"ה מנחם לוריא (יו"ר הועדה), פנחס אלפרט, יגאל אראל, דוד ברודאי, מיכאל גרבר, נדב דוידוביץ, מיקי הרן. התנצל: אילן סתר.

משתתפים נוספים: ה"ה לבנה קורדובה, רעות רבי, גלי דינס, אורנה מצנר.

- ב. כהמשך לדיון בישיבה הקודמת, הציג מנחם לוריא מצגת המסבירה את התהליכים הכימיים של יצירת מכלול תרכובות החנקן באטמוספירה, שתחילתן בפליטות החנקן החד-חמצני NO הנוצר בתהליכי שריפת דלק בטמפרטורה גבוהה. תהליך חמצון ה- NO לחנקן דו-חמצני NO_2 מתרחש מהר, ובעקבותיו בקצב איטי יותר נוצרים תוצרי חמצון אחרים כגון HNO_3 , PAN, אלקיל-ניטראטים ותרכובות נוספות. את ה- NO וה- NO_2 מסמנים ב- NO_x , ואת ה- HNO_3 , PAN ו-אלקיל-ניטראטים ב- NO_y . מכלול תרכובות החנקן באטמוספירה מסומנות כ- NO_y . מכאן הבעייתיות בהצגת תוצאות ה- NO_2 , המתקבלות מחיסור ריכוזי ה- NO הנמדדים מריכוזי תחמוצות החנקן הנמדדות (NO_y). בקרבת מקור הפליטה $\text{NO}_2=0$ ואכן מה שנמדד (NO_y) באמת שווה ל- NO_x . ככל שמתרחקים מהמקור, $\text{NO}_2 \neq 0$ ואז הריכוז שנמדד (NO_y) עלול להיות שונה מאד ממה שהוגדר כ- NO_x . מסתבר שבתחנות תחבורתיות המודדות את ריכוזי תחמוצות החנקן בקרבת מקור הפליטה, שהם כלי הרכב, מייצגת המדידה היטב את ריכוזי ה- NO_2 .

- ג. יגאל אראל הציג מצגת בנושא זהום אויר חלקיקי. מחקרים לגבי הרכב החומר החלקיקי בישראל מראים כי:
- עיקר החומר החלקיקי הנמדד בישראל הוא אבק מדברי המורכב ברובו ממינרלים, מרכיב נוסף של החומר החלקיקי הנמדד מקורו בהסעה מחוץ לגבולות הארץ. קיימות בעיות מקומיות של חלקיקים שמקורם בפליטות מקומיות.
 - החומר החלקיקי מכיל סולפאטים, ניטראטים, אמוניום, פחמן שחור או אלמנטרי (BC או BE) ופחמן אורגני (BO). יש חשיבות למדוד את רמות ה-BC וה-BO בחלקיקים הנשימים ובחלקיקים הנשימים-עדינים.
 - אל החומר החלקיקי נספחים מזהמי אויר הנחשבים כמתכות קורט כגון ברזל, עופרת, קאדמיום, ארסן. מתכות אלה יכולות לשמש כטביעת אצבעות לזיהוי המקור של החומר החלקיקי.

- שני מקורות זהם גדולים מאד באזור האגן המזרחי של הים התיכון הם קהיר ואיסטנבול ויש הסעה של חומר חלקיקי משם לישראל. קיימת ספיחה של הזהם לחומר החלקיקי המגיע לארץ.
- לגבי חלקיקים נשימים-עדינים ($PM_{2.5}$) קיימת הערכה כי כ-1/3 מקורו מקומי (בעיקר פליטות מרכב דיזל), ו-2/3 מגיע מהסעה מחוץ לגבולות המדינה.
- מקור נוסף של חלקיקים נשימים-עדינים הם תהליכים בהם מוחזרים חלקיקי זהם לאוויר ע"י הרחפה של אבק מן הקרקע, זאת כתוצאה מפעילות של הרוח או למשל בגלל נסיעות רכב בשטחים פתוחים.
- הערכים הנמוכים ביותר של $PM_{2.5}$ שנמדדו בישראל הם באילת - כ-20 מק"ג/מ"ק לממוצע שנתי - המשקפים את ריכוזי הרקע בישראל. תקן איכות האוויר לחלקיקים נשימים-עדינים של 15 מק"ג/מ"ק המוצע ע"י WHO לא ניתן להשגה בישראל.
- ד. חברי הועדה והמשתתפים האחרים העירו את ההערות הבאות:
 - מומלץ לקבוע תקן איכות אוויר שנתי לחלקיקים נשימים-עדינים ($PM_{2.5}$) ברמה של 20 מק"ג/מ"ק, שאין לחרוג ממנו במשך 95% מהזמן של השנה. מחקרים מראים כי בישראל מתרחשים במשך 17 ימים בשנה סופות אבק שבהם ריכוזי החלקיקים באוויר חורגים מערך זה.
 - מומלץ לתמוך במעבדה לאומית שתבצע מדידות של המזהמים המוכלים בדגימות של החומר החלקיקי, בפרט ה-BC ו-BO.
 - יש לשקול לקבוע תקני איכות אוויר למזהמים העיקריים שנמדדים בחומר החלקיקי.
 - חשוב לנקוט צעדים למניעת פליטות חלקיקים נשימים-עדינים, בפרט בשריפת סולר בתחבורה ובתעשייה.

רשם: מיכאל גרבר

6.2.7 פרוטוקול ישיבה מס' 7 – מזהמי אוויר אחרים המשרד להגנת הסביבה, ירושלים, 29.12.2010, 10:30

- א. **משתתפים**
- חברי וועדת המומחים הציבורית: ה"ה מנחם לוריא (יו"ר הועדה), יגאל אראל, דוד ברודאי, מיכאל גרבר, מיקי הרן, אילן סתר. התנצלו: פנחס אלפרט, נדב דוידביץ.
- משתתפים נוספים: ה"ה שולי נזר, לבנה קורדובה, רעות רבי, גלי דינס, אורנה מצנר.
- ב. הועדה דנה באופן תמציתי במזהמי האוויר הבאים:
1. פחמן חד-חמצני (CO) – נמצא ברשימת מזהמי הקריטריונים (Criteria Pollutants), אולם כיום אינו מהווה בעיה סביבתית. נמצא בריכוזים גבוהים רק במקומות סגורים.
 2. אמוניה (NH_3) – בישראל האמוניה אינה מהווה בעיה סביבתית, פרט לבעיה נקודתית ידועה במפרץ חיפה, שהיא למעשה בעיה בטיחותית.
 3. סולפאטים (SO_4^{2-}) – מזהם חשוב המהווה מרכיב ניכר בחומר החלקיקי. בישראל קיים תקן איכות אוויר לסולפאטים אבל לא מתבצעים כל מדידות לצורך מעקב אחרי מזהם זה. הועדה ממליצה לבצע בתחנות הרקע מדידות של ריכוז הסולפאטים ב- $PM_{2.5}$, זאת במקביל עם מרכיבים אחרים בחומר החלקיקי דוגמת BC ו-BO.
 4. מזהמי אוויר מקבוצת התרכובות האורגניות:
 - בוטאדיאן 1,3 ($1,3 \text{ Butadiene}$) – מזהם גזי המצוי בגפ"ם, החשוד כמסרטן לבני אדם. זהו פחמן בלתי רווי ופעיל מאד מבחינה פוטוכימית. הועדה ממליצה להגביל ולפקח על תכולת הבוטאדיאן בגפ"ם במסגרת התקנים לאיכות הגפ"ם.
 - בנזן (C_6H_6) – הבנזן הוא מזהם מסרטן מוכח לבני אדם ועל כן הוא מהווה בעיה סביבתית חשובה. מקורו במתקנים המאחסנים ומשווקים בנזין (תחנות תדלוק וחוות מיכלי בנזין במסופי הדלק) וגם משריפת דלק בכלי רכב.
 - בנזו-אלפא-פירן [$\text{Benzo(a)pyrene (PaP)}$] – כיום יש מגמה לכלול מזהם זה ברשימת המסרטנים המוכחים לבני אדם. חשיבותו כסמן לקבוצה של מזהמים הקרויים פוליארומטיים.
 - דיכלורומתאן=מתילן כלוריד ($\text{Dichloromethane=Methylene chloride}$) – מזהם אוויר חשוב החשוד כמסרטן לבני אדם, הנמצא בשימוש רחב בתעשייה בארץ כממס אורגני.
 - מימן גופרי (HS) – מזהם אוויר חשוב הגורם למפגעי ריח קשים סביב בתי הזיקוק, מתקנים לטיפול בשפכים ומערכות ביוב פתוחות.
 - פורמאלדהיד (Formaldehyde) – מזהם אוויר חשוב שהוא מסרטן מוכח. גורם, שהוא התוצר הסופי של כל התגובות הפוטוכימיות באוויר.
 - דיכלורואתאן=אתילן די כלוריד ($\text{Dichloroethane=Ethylene dichloride}$) – חשוד כמסרטן לבני אדם.
 - טטרה-כלורואתילן ($\text{Tetra chloroethylene=PERC}$) – חשוד כמסרטן לבני אדם.
5. מזהמי אוויר מקבוצת המתכות:

- עופרת (Pb) – מזהם אויר שהוא מתכת כבדה. העופרת נמצאת ברשימת מזהמי הקריטריונים. עם צמצום השימוש בתרכובות עופרת כתוסף לדלק לשיפור האוקטן עד להפסקת השימוש המוחלטת כיום, פחת הצורך בנקיטת אמצעים למניעת פליטות לאויר של המזהם הזה. ריכוזים גבוהים שלו נמדדו בקרבת המפעל למחזור עופרת הפועל באשדוד. בנוסף צויין כי במשך עשרות השנים בהם היו תרכובות העופרת בשימוש כתוספות לבנזין, נוצרו במקומות רבים, בעיקר לצידי דרכים, משקעים המכילים עופרת. חלקיקי עופרת ממשקעים אלה עלולים לזהם את האויר כתוצאה מתהליכי הרחפה. מומלץ לבצע מעקב אחר תכולת העופרת בחומר החלקיקי בצידי דרכים.
 - ואנאדיום (V) – מתכת כבדה שמקורה בעיקר משריפת דלק נוזלי כבד – מזוט.
 - ניקל (Ni) – חשוד כמסרטן. מקורו בעיקר בשריפת פחם ומזוט.
 - כרום (Cr) – הכרום ה-6 ערכי הוא מסרטן מוכח. הכרום ה-3 ערכי דוקא חיוני בגוף האדם לתפקוד פיזיולוגי תקין.
 - כספית (Hg) – מקורה בשריפת פחם. חשוב לדגום את הכספית בפאזה הגזית ולא כפי שמתבצע כיום בפאזה החלקיקית.
 - ארסן (Ar) – מסרטן מוכח.
 - קאדמיום (Cd) – חשוד כמסרטן.
- ג. גלי דינס הציגה את סעיף 11 לחוק אויר נקי, התשס"ח-2008 בנוגע להכרזה של השר להגנת הסביבה על אזור נפגע זהום אויר. אזור נפגע זהום אויר מוגדר בחוק כאזור שבו קיימים חריגה מתמכך או חוזרת ונישנית מערכי הסביבה או זהום אויר חריג. בהמשך, מציגה לבנה קורדובה נתוני מדידות של ריכוזי מזהמים חריגים באזורים שונים בארץ של אוזון (O_3), חנקן דו-חמצני (NO_2) וחלקיקים נשימים-עדינים ($PM_{2.5}$). שולי נזר הדגישה את ההשלכות המעשיות הכבדות שיש לקביעת תקני סביבה לאיכות אויר על הממשלה, על המשרד להגנת הסביבה ועל המשק.
- ד. לבנה קורדובה הציגה לוועדה סיכום ראשוני של מנ"א של נתוני ניטור באזורים נפגעים זהום אויר של מזהמי קריטריונים ושל מזהמים אחרים הנזכרים בסעיף ב' לעיל. הועדה תמשיך בדיון בנושא זה בישיבה הבאה, לאחר שיוצג בפניה המסמך הסופי.
- רשם: מיכאל גרבר

6.2.8 פרוטוקול ישיבה מס' 8 – סיכום עבודת הועדה: המלצות המשרד להגנת הסביבה, ירושלים, 5.1.2011, 10:00

- א. משתתפים
- חברי וועדת המומחים הציבורית: ה"ה מנחם לוריא (יו"ר הועדה), פנחס אלפרט, יגאל אראל, דוד ברודאי, מיכאל גרבר, נדב דוידביץ, מיקי הרן, אילן סתר.
- משתתפים נוספים: ה"ה שולי נזר, לבנה קורדובה, רעות רבי, אמיר זלצברג, גלי דינס, אורנה מצנר, אביבה טרכטמן.
- ב. היו"ר הציג בפני הועדה מסמך טיוטה של תקציר מנהלים והמלצות, שהוכן ע"י היו"ר ומיכאל גרבר. חברי הועדה העירו את הערותיהם למסמך.
- ג. לבנה קורדובה הציגה לוועדה מסמך בנושא אזורים נפגעים זהום אויר בישראל, נושא שהוצג על ידה לוועדה בישיבה הקודמת. בהקשר לתקני סביבה לאיכות אויר ולתקני יעד הדרושים על פי סעיף 11 בחוק אויר נקי לקביעת אזורים נפגעים זהום אויר, העירו חברי הועדה את ההערות הבאות:
- מומלץ לקבוע תקני סביבה לאיכות אויר למזהמי האויר האחרים שנדונו בישיבה הנוכחית רק לגבי אותם מזהמים הגורמים בישראל למפגעים סביבתיים בולטים.
 - מומלץ לא לקבוע תקני סביבה לאיכות אויר למזהמי אויר אשר לגביהם לא פורסמו בעולם תקנים באלה.
 - מומלץ להתאים את ערכי הריכוזים בתקני סביבה לאיכות אויר הנקבעים בישראל בהתאם לתנאים ייחודיים הקיימים בישראל, ובפרט, בהתאם לריכוזי הרקע. כך לדוגמה, בקביעת תקני סביבה לאיכות אויר לחלקיקים נשימים-עדינים, יש להתחשב בעובדה כי בישראל קיימים ריכוזי רקע גבוהים והממוצע השנתי של החומר החלקיקי הנמדד בתחנות הנקיות ביותר גבוה מן התקן השנתי המוצע למזהם זה בארצות אחרות. כמו כן, סופות אבק המתרחשות בישראל במשך כ-5% מהזמן של השנה, גורמות לריכוזים גבוהים במיוחד וחריגים של החומר החלקיקי באויר שאין לאדם כל שליטה בהם.
- ד. הועדה החליטה לבקש פגישה עם השר להגנת הסביבה שבה תציג הועדה את ממצאיה והמלצותיה בפני השר. נציגי המשרד יטפלו בקביעת המועד של הפגישה עם השר.
- רשם: מיכאל גרבר

6.3 נספח מס' 3: מאגר של מחקרים מדעיים בנושא זהום אויר בישראל שהתפרסמו מאז שנת 2000

[הערה: דוחות של מחקרים שבוצעו עבור המשרד להגנת הסביבה זמינים באתר האינטרנט של המשרד בכתובת:

[http://www.sviva.gov.il/Enviroment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDi\[at=Zone&enDispWho=pirsum_Mechkarim&enZone=pirsum_Mechkarim](http://www.sviva.gov.il/Enviroment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDi[at=Zone&enDispWho=pirsum_Mechkarim&enZone=pirsum_Mechkarim)

- אפשטיין מ., 2001: זהום אויר ובריאות הציבור בישראל, הספרייה הווירטואלית של מט"ח, <http://lib.cet.ac.il> עמודים 13-58, זמין באינטרנט בכתובת:
- אראל י., 2006: קביעת ריכוזי רקע של חלקיקים נשימים-עדינים באטמוספירה של ישראל ואפיון הרכבם של החלקיקים הטבעיים לעומת המלאכותיים, האונ' העברית, מחקר המשרד לה"ס מס' 2-509, 31.12.2006: 25 עמ'.
- ביבי ח., ידובנוב ד., ברודאי מ., ברחנא י., דובובסקי ב., פורטנוב, וח. כרכבי, 2010: השפעת זהום אויר על בריאות הילדים באזור מפרץ חיפה, ביה"ח כרמל – חיפה, מחקר המשרד לה"ס מס' 7-2-9, אוג' 2010: 57 עמ'.
- גוטמן מ., מ. ויינבלט, ו. בייביקוב, י. זבירין, ד. פופסקו ול. טרטקובסקי, 2008: הערכת יעילות ותקינות ממירים קטליטיים בכלי רכב בנזין בישראל, בתלות בסוג וגיל הממיר הקטליטי, סוג הדלק וסיווג המנוע, הטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 12-3/38, נוב' 2008: 52 עמ'.
- גורן ע. וש. הלמן, 2000: השפעת זהום אויר התחבורתי על המצב הבריאותי של ילדי תל-אביב, אונ' ת"א, מחקר עבור המשרד לה"ס, נוב' 2000: 36 עמ'.
- גרטי י., 2002: סקר מצאי ואיכות אויר סביב תחנת הכוח בחדרה – ניטור מזהמי אויר הנפלטים מתה"כ באמצעות חזזיות, אונ' ת"א, מחקר המשרד לה"ס מס' 0-500, 1.12.2002: 76 עמ'.
- דובנוב י., מ. ברחנא, ב. א. פורטנוב, ת. יוגב-בג'ו, ר. כראל, ש. רשפון, 2010: תוצאות המחקר סביב תחנת הכוח אורות רבין, חדרה, ביה"ס לבריאות הציבור – אונ' חיפה, מצגת שהוצגה לוועדת המומחים ליישום חוק אויר נקי, 10.10.2010.
- דיין א., ר. ניראל, י. מרר, א. לוי, וש. אגמי, 2008: איכות אויר בגוש דן – ניתוח התרומה היחסית של תנאים מטאורולוגיים שונים לתפרוסת המזהמים בזמן ובמרחב, הצעת מחקר למשרד לה"ס, 1.8.2008: 63 עמ'.
- דיין א. וי. מרר, 2002: היווצרות מזהמים שניוניים ותפרוסתם הזמן ובמרחב בישראל, האונ' העברית, מחקר המשרד לה"ס מס' 9-500, 1.1.2002: 82 עמ'.
- דנון י., ע. גורן וש. הלפמן, 2000: שכיחות גנחת הסימפונות (אסתמה) במתבגרים באזורים שונים של ישראל והקשרה לזהום אויר, ביה"ס לרפואה, אונ' ת"א, מחקר עבור המשרד לה"ס, 1.3.2000: 29 עמ'.
- זבירין י., ב. ארנוב, ל. טרטקובסקי וד. פופסקו, 2008א': פיתוח מודל סימולציה של תהליכי רגנרציה במלכודת חלקיקים, הטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 4-107, 1.5.2008: 39 עמ'.
- זבירין י., ל. טרטקובסקי ומ. גוטמן, 2008ב': סקר על נסיון השימוש בדלקים מתחדשים בכלי רכב בעולם, הטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 7-101, ספט' 2008: 29 עמ'.
- זבירין י., ל. טרטקובסקי ומ. גוטמן, 2005: הערכת מקדמי פליטה ממשאיות דיזל כבדות בישראל, הטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 1-518, 1.1.2005: 45 עמ'.
- זבירין י., ל. טרטקובסקי ומ. גוטמן, 2003: שימוש בגז טבעי להנעת כלי רכב, הטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 6-301, 1.1.2008: 73 עמ'.
- זבירין י., י. דיין, מ. גוטמן, ל. טרטקובסקי וא. מושל, 2002: הצעת תקן לבדיקת פליטת פחמימנים ממנועי בנזין בסיבובי סרק, מחקר המשרד לה"ס מס' 1-58, 1.11.2002: 57 עמ'.
- טרטקובסקי ל., מ. גוטמן, מ. ויינבלט, ו. בייביקוב וי. זבירין, 2008: פיתוח הצעת תקן לבדיקת פליטות מזהמים מרכב דו-תלת-גלגלי הנמצאים בשימוש, הטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 6-303, 1.11.2008: 57 עמ'.
- טרטקובסקי ל., מ. גוטמן, י. אלייניקוב, ו. בייביקוב, מץ ויינבלט וי. זבירין, 2003: הפחתת פליטת מזהמים ממנועי אוטובוסים ע"י שימוש בממירים קטליטיים מחמצנים, הטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 9-504, 1.9.2003: 35 עמ'.
- טרטקובסקי ל., מ. גוטמן, י. אלייניקוב, מ. ויינבלט וי. זבירין, 2001: הערכת מקדמי פליטה מקטנועים בישראל, הטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 0-57, דצמ. 2001: 35 עמ' + 23 נספח.
- טרטקובסקי ל., י. זבירין ומ. גוטמן, 2000: הערכת פליטת מזהמים מכלי רכב בעזרת שיטות חישה מרחוק, מחקר המשרד לה"ס מס' 8-510, יולי, 2000: 44 עמ'.
- לוזנסקי וי., י. בקרמן ול. בליאך, 2003: חשיפת מקורות זהום אויר בבאר-שבע, עמותה רשומה "מדעני הדרום", מחקר המשרד לה"ס מס' 310-3, ע, 10.12.2003: 20 עמ'.

- לוריא מ., מ. פלג, ד. פדרסן, י. מטבייב ול. יעקובי, 2007: מדידות ריכוזי רקע של מזהמים פוטוכימיים בישראל, מחקר המשרד לה"ס מס' 2-510, 1.1.2007: 18 עמ'.
- לין ש., ח. פרץ, מ. פריגר, י. אמיתי, א. פלד וק. אגאי-שי, 2010: זהום אויר והסיכון למומים מולדים בישראל, אונ' חיפה, מחקר המשרד לה"ס מס' 7-2-7, נוב, 2010: 10 עמ'.
- מטאו-טק, 2009: אמדני פליטות זהום אויר מכלי טייס ומכלי שיט ואמצעים לצמצום הזהום, חב' מטאו-טק, מחקר המשרד לה"ס מס' 8-107, 2009: 6 עמ'.
- מלך ה. ולדגן, 2008: מצאי פליטות דיאוקסנים ופוראנים בישראל לשנת 2005, חב' מטאו-טק, מחקר המשרד לה"ס מס' 5-001, 31.7.2008: 160 עמ'.
- ממן י., פ. שלזינגר, ס. וואסר וא. גרישק, 2005: הסעה של חלקיקים ביולוגיים עם סופות אבק למזרח הים התיכון, הטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 4-019, 1.1.2005: 91 עמ'.
- ניראל ר., ד. פפרמן, א. דיין וו. לנצמן, 2000: ניתוח תהליכי זהום אויר בישראל בזמן ובמרחב, מחקר עבור המשרד לה"ס, מאי 2000: 125 עמ'.
- סערני ה., ב. זיו וט. אומן, 2007: בחינת הקשר בין התנאים הסינופטיים ורמות זהום אויר מתחמוצות חנקן באזור תל-אביב, המח' לגאוגרפיה, אונ' תל-אביב והאונ' הפתוחה, רעננה, מחקר המשרד לה"ס מס' 6-801, 2007: 88 עמ'.
- פורטנוב ב.א., ח. ביבי, י. דובנוב, מ. ברחנא, ות. יוגב-בגין, 2010: ניתוח השפעות של מזהמי אויר על תחלואת נשימה בישראל באמצעות שימוש בערכות חשיפה אישיות, אונ' חיפה, מחקר המשרד לה"ס מס' 7-2-4, 31.3.2010: 45 עמ'.
- פיסטינר א. וד. אינגמן, 2007: ניטור דליפות דלק (בקווי צנרת להובלת דלק), המשרד לה"ס והטכניון, מחקר המשרד לה"ס מס' 61-905, 31.12.2007: 47 עמ'.
- פרץ ח., ד. שטיינברג ומ. זמל, 2005: יישום שיטות סטטיסטיות מתקדמות לצורך הערכת האפקטים קצרי-זמן של זהום אויר על התמותה, ביה"ס לרפואה, אונ' ת"א, מחקר המשרד לה"ס מס' 2-502, 1.7.2005: 34 עמ' (מופיע גם כעבודת מסטר של מ. זמל, 160 עמ').
- קירובה-אייזנר א., י. בונפיל ומ. ברנד, 2007: פיתוח שיטה לקביעת ריכוזים נמוכים של מתכות כבדות עופרת, כספית וקאדמיום ב-: מים, אויר, קרקע, צמחים, נוזלים פיזיולוגיים ורקמות, בעזרת המסה אנודית, אונ' ת"א, מחקר המשרד לה"ס מס' 9-503, 18.9.2007: 26 עמ'.
- שכטר מ. וי. זבירין, 2003: היבטים סביבתיים וכלכליים של זהום אויר מרכב במטרופולין תל-אביב, הצעת מחקר למשרד לה"ס, 1.9.2003: 60 עמ'.
- שר ע. וח. פרסיקו-קרקש, 2005: התקנת מסנני חלקיקים למנועי דיזל באוטובוסים, אונ' בן-גוריון, מחקר המשרד לה"ס מס' 1-519, 30.11.2005: 30 עמ'.
- Abu-Allaban M., W.A. Gertler & D.H. Lowenthal, 2002: A preliminary apportionment of the sources of ambient PM₁₀, PM_{2.5} and VOCs in Cairo, *Atm. Env.*, Vol: 36: 5549-5557.
- Alpert P., P. Kishcha & A. Karnieli, 2008: Analysis of aerosol effects, as a result of global climate change, on public health, Final report of project #03414141, Prepared for the Ministry of Environmental Protection, Jerusalem: 17 p.
- Alpert P., P. Kishcha, Y.J. Kaufman & R. Schwarzbard, 2005: Global dimming or local dimming? – Effect of urbanization on sunlight availability, *Geophys. Res. Letters*, Vol. 32: L17802.
- Alpert P., P. Kishcha, A. Shtivelman, S.O. Krichak & J.H. Joseph, 2004: Vertical distribution of Saharan dust based on 2.5-year model predictions, *Atm. Res.*, Vol. 70(2): 109-130.
- Alpert P., S.O. Krichak, M. Tsidulko, H. Shafir & J.H. Joseph, 2002: A dust prediction system with TOMS initialization, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 130(9): 2335-2345.
- Andreae T. W., M.O. Andreae, C. Ichoku, W. Maenhaut, J. Cafmeyer, A. Karnieli & I. Orlovsky, 2002: Light scattering by dust and anthropogenic aerosol at a remote site in the Negev desert, Israel, *JGR*, Vol. 107(D1-D2).
- Barkan J. & P. Alpert, 2008: Synoptic patterns associated with dusty and non-dusty seasons in the Sahara, *Theoret. & Appl. Climat.*, Vol. 94(3-4): 153-162.

- Barkan J., H. Kutiel & P. Alpert, 2004: Climatology of dust sources over the North-African region, based on TOMS data, *Indoor-Built Envir.*, Vol. 13: 407-419.
- Boersma K.F., D. J. Jacob, M. Trainic, Y. Rudich, I. De Smedt, R. Dirksen & H.J Eskes, 2009: Validation of Urban NO₂ concentrations and their diurnal and seasonal variations observed from SCIAMACH and OMI sensors using in-situ surface measurements in Israeli cities, *Atm. Chem. & Phys.*, Vol. 9: 3867-3879.
- Dayan U. & J. Koch, 2002: Dispersion of PCB in the environment following an atmospheric release caused by a fire, *Sci. Total Env.*, Vol. 285(1-3): 147-153.
- Dayan U., B. Ziv, T. Shoop & Y. Enzel, 2007: Suspended dust over South-Eastern Mediterranean and its relation to atmospheric circulation, *Int. J. Climat.*: DOI 10.1002/joc1587.
- Dayan U. & I. Levy, 2005: The influence of meteorological conditions and atmospheric circulation types on PM₁₀ and visibility in Tel Aviv, *JAM*, Vol. 44: 609-619.
- Dayan U. & I. Levy, 2002: Relationship between synoptic-scale atmospheric circulation and ozone concentrations over Israel, *JGR*, Vol. 107(D24), 4813: DOI 10.1029/2002JD002147.
- Dayan U., B. Lifshitz-Goldreich & K. Pick, 2001: Spatial and Structural variations of the atmospheric boundary layer during summer in Israel – Profiler and Rawindsonde measurements, *JAM*, Vol. 41: 447-457.
- Dubnov J., M. Barchana, S. Rishpon, A. Leventhal, I. Segal, R. Carel & B.A. Portnov, 2007: Estimating the effect of air pollution from a coal-fired power station on the development of children's pulmonary function, *Env. Res.*, Vol. 103: 87-98.
- Eitan O., Yuval, M. Barchana, J. Dubnov, S. Linn, Y. Carmel & D.M. Broday, 2010: Spatial analysis of air pollution and cancer incidence rates in the Haifa Bay area in Israel, *Sci. Total. Env.*, 408(20): 4429-4439.
- Erel Y., B. Kalderon-Asael, U. Dayan & A. Sandler, 2007: European pollution imported by cooler air masses to the Eastern Mediterranean during the summer, *ES&T*, Vol. 41: 5198-5203.
- Erel Y., U. Dayan, R. Rabi, Y. Rudich & M. Stein, 2006: Trans-boundary transport of pollutants by atmospheric mineral dust, *ES&T*, Vol. 40(9): 2996-3005.
- Erel Y., T. Axelrod, A. Veron, Y. Mahrer, P. Katsafados & U. Dayan, 2002: Trans-boundary atmospheric lead pollution, *ES&T*, Vol.36(15): 3230-3233.
- Falkovich A.H., G. Schkolnik, E. Ganor & Y. Rudich, 2004: Adsorption of organic compounds pertinent to urban environments onto mineral dust particles, *JGR (Atmos.)*, Vol. 109(D2): DOI 10.1029/2003JD003919.
- Falkovich A.H., E. Ganor, Z. Levin, P. Formenti & Y. Rudich, 2001: Chemical and mineralogical analysis of individual mineral dust particles, *JGR*: Vol.106 (D16): 18,029-18,036.
- Freiman M.T., N. Hirshel & D.M. Broday, 2006: Urban scale variability of ambient particulate matter attributes, *Atm. Env.*, Vol. 40: 5670-5684.

- Ganor E, A. Stupp, I. Osetinsky & P. Alpert, 2010: Synoptic classification of lower tropospheric profiles for dust days, JGR, Vol. 115: DOI 10.1029/2009JD012500.
- Ganor E., I. Osetinsky, A. Stupp & P. Alpert, 2010: Increasing trend of African dust over 49 years in the Eastern Mediterranean, JGR, Vol. 115: DOI 10.1029/2009JD012.
- Ganor E., A. Stupp & P. Alpert, 2009: A method to determine the effect of mineral aerosols on air quality, *Atm. Env.*, Vol. 43:5463-5468.
- Ganor E. & H. Foner, 2001: Mineral dust concentrations, depositions, fluxes and deposition velocities in dust episodes over Israel, JGR, Vol. 106(D16): 18,431-37.
- Givati A. & D. Rosenfeld, 2007: Possible impact of anthropogenic aerosols on water resources of the Jordan River and the Sea of Galilee, *Water Resource Res.*, Vol: 43: 15p
- Givati A. & D. Rosenfeld, 2004: Quantifying precipitation suppression due to air pollution [in California and Israel], *JAM*, Vol. 43: 10038-1056.
- Graham B., A. H. Falkovich, Y. Rudich, W. Maenhaut, P. Guyon & M. O. Andreae, 2004: Local and regional contributions to the atmospheric aerosols over Tel-Aviv, Israel, *Atm. Env.*, Vol. 38(11): 1593-1604.
- Herut B., M. Nimmo, A. Medway, R. Chester & M. D. Krom, 2001: Dry atmospheric inputs of trace metals at the Mediterranean coast of Israel – Sources and fluxes, *Atm. Env.*, Vol.35: 803-813.
- Kalderon-Asael B., Y. Erel, A. Sandler & U. Dayan, 2009: Mineralogical and chemical characterization of suspended atmospheric particles over the East Mediterranean based on synoptic-scale circulation patterns, *Atm. Env.*, Vol. 43: DOI 10.1016/j.atmosenv.2009.03.057.
- Kassomenos P. A., O. A. Sindosi, C. A. Lolis & A. Chaloulakou, 2003: On the relation between seasonal synoptic types and spatial air quality characteristics in Athens, Greece, *JA&WMA*, Vol. 53: 309-324.
- Lelieveld J., P.J. Crutzen & Z. Levin, 2002: Global air pollution crossroads over the Mediterranean, *Science*, Vol. 298: 794-799.
- Levin Z., A. Teller, E. Ganor, B. Graham, M. O. Andreae, W. Maenhaut, A. H. Falkovich & Y. Rudich, 2003: The role of aerosol size and composition in nucleation scavenging within clouds in a shallow cold front, *JGR(Atmos.)*, Vo. 108(22), 4700: DOI 10.1029/2003JD03647.
- Levy I., U. Dayan & Y. Mahrer, 2010: Differing atmospheric scales of motion and their impact on air pollutants, *Int. J. Climate*: DOI 10.1002/joc.1905.
- Levy I., Y. Mahrer & U. Dayan, 2009: Coastal and synoptic recirculation affecting air pollutant dispersion – A numerical study, *Atm. Env.*, Vol.43: 1991-99.
- Levy I., U. Dayan & Y. Mahrer, 2008a: A 5-yr study of the coastal recirculation and its effect on air pollutants over the East Mediterranean Region, JGR, Vol.113: DOI 10.1029/2007JD009529.
- Levy I., U. Dayan & Y. Mahrer, 2008b: Studying coastal recirculation with a simplified analytical land-sea breeze model, JGR, Vol. 113: DOI 10.1029/2007JD008628.

- Luria M., R.E. Imhoff, R. J. Valente & R. L. Tanner, 2003. Ozone yields and production efficiencies in a large power plant plume. *Atm. Env.*, Vol. 37(25): 3593-3603.
- Luria M., R. E. Imhoff, R.J. Valente, W. J. Parkhurst & R. L. Tanner, 2001: Rates of conversion of sulfur dioxide to sulfate in a scrubbed power plant plume, *JA&WM*, Vol. 51(10): 1408-1413.
- Matveev V., U. Dayan, I. Tass & M. Peleg, 2002: Atmospheric sulfur flux rates to and from Israel, *Sci. Total. Env.*, Vol. 291: 143-154
- Matveev V., M. Luria, D. Alper-Siman Tov & M. Peleg, 2002: Long-range transportation of air pollutants from Europe to Israel, *Isr. J. Earth Sci.*, Vol. 51: 17-28.
- Nirel R. & U. Dayan, 2001: On the ration of SO₂ to NO_x as an indicator of air pollution sources, *JAM*, Vol: 40: 1209-1222.
- Peled R., A. Friger, A. Bolutin, H. Bibi, L. Epstein, D. Pilpel et al., 2005: Fine particles and meteorological conditions associated with lung functions in children with asthma living near two power plants (in Israel), *Publ. Health*, 119(5): 418-425.
- Peled R., Bibi H., C.A. Pope 3rd, P. Niv, R. Shiachi, & S. Scharff, 2001: Difference in lung fuction among school children in communities in Israel, *Arch. Environ. Health*, Vol. 56(1): 89-95.
- Portnov B. A., J. Dubnov & M. Barchana, 2007: On Ecological fallacy, assessment errors stemming from misguided variable selection, and the effect of aggregation on the outcome of an epidemiological study, *J. Exposure Sci. & Env. Epidem.*, Vol 17:106-121.
- Preuss P, Y. Goren, M. Haran, S. Nezer, P Warburg, 2003: A Comparative Assessment of Air Pollution Public Health Risks in Two Israeli Metropolitan Areas – 1995 to 1999, Israel Ministry of Environmental Protection, Israel Union of Environmental Defense, Ashdod-Yavne Regional Association of Towns for Environmental Protection and the USA Environmental Protection Agency, January 2003: 34+51p (with Hebrew abstract). Available at:
http://www.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/index_pirsumim/p0256b_1.pdf
- Rabi R., Y. Erel, U. Dayan & M.Stein, 2004: Tracing natural and anthropogenic contributions to modern dust storms – Sr and Pb isotopes and trace elements in Jerusalem's suspended dust, *Geochim. Cosmochim. Acta*, Vol. 68(11), Suppl. S (June 2004): A464.
- Ranmar D. O., V. Matveev, U. Dayan, M. Peleg, J. Kaplan, A. W. Gertler, M. Luria, G. Kallos, P. Katsafados & Y. Mahrer, 2002: Impact of coastal transportation emissions on inland air pollution over Israel: Utilizing numerical simulations, airborne measurements, and synoptic analyses. *JGR*, Vol. 107(D17): DOI 10.1029/2001JD000808.
- Ranmar D. O. M. Luria, J. Kaplan & Y. Mahrer, 2001: Utilization and integration of interdisciplinary computer models into a tool for analyzing ozone production from transportation sources. *Int. J. Env. & Pollut.*, Vol. 16(1-6): 191-203.
- Rudich, Y.J. Kaufman, U. Dayan, Y. Hongbin & R.G. Kleidman, 2008: Estimation of Transboundary Transport of Pollution Aerosols by Remote Sensing in the Eastern Mediterranean, *JGR(Atmos)*, Vol.113 (D14): D14S13.

- Rudich Y., A. Sagi & D. Rosenfeld, 2003: The influence of the Kuwait oil fires (in 1991) on the microphysical development of clouds, *JGR(Atmos.)*, Vol. 108(D15), 4478: DOI 10.1029/2003JD3472.
- Saaroni H., B. Ziv, T. Uman, 2010: Does a Synoptic Classification Indicate the NO(x) Pollution Potential? The Case of the Metropolitan Area of Tel Aviv, Israel, *Water Air & Soil Pollut.*, Vol. 207(1-4): 135-155.
- Saaroni H., A. Chudnovsky & E. Ben-Dor, 2010: Reflectance spectroscopy is an effective tool for monitoring soot pollution in an urban suburb, *Sci. Total Env.*, Vol. 408(5): 1102-1110.
- Sahin M., I. Selahattin, S. Topcu & A. Yildrin, 2001: Analysis of atmospheric conditions during air pollution episodes in Ankara, Turkey, *JA&WMA*, Vol. 51: 972-982.
- Steinvil A., L. Kordova-Biezuner, I. Shapira, S. Berliner & O. Rogowski, 2008: Short-term exposure to air pollution and inflammation-sensitive biomarkers (in Tel-Aviv), *Env. Res.*, Vol. 106: 51-61.
- Tas E., V. Matveev, J. Zingler, M. Luria, M. Peleg, 2003: Frequency and extent of ozone destruction episodes over the Dead Sea, Israel. *Atm. Env.*, Vol. 37(34): 4769-4780.
- Teutsch N., Y. Shaked, U. Dayan, B. Lazar, M. Stein & Y. Erel, 2008: Characterization of atmospheric dust in the Gulf of Akaba, *Geochim. Cosmochim. Acta*, Vol. 72(12): A943.
- Teutsch N., Y. Erel, L. Halicz & A. Banin, 2001: The distribution of natural and anthropogenic lead in Mediterranean soils, *Geochim. Cosmochim. Acta*, Vol. 63: 2853-2864.
- Tsidulko M., S.O. Krichak, P. Alpert, O. Kakaliago, G. Kallos & A. Papadopoulos, 2002: A numerical study of a very intensive East-Mediterranean dust storm – 13-16 March 1998, *JGR(Atmos.)*, Vol. 107(D21): 4581.
- von Schneidemesser E., J. Zhou, E.A. Stone, J.J. Schauer, R. Qasrawi, Z. Abdeen, J. Shpund, A. Wanger, G. Sharf, T. Moise, Sh. Brenner, K. Nassar, R. Saleh, Q.M. Al-Mahasneh & J. A. Sarnat, 2010a: Seasonal and spatial trends in the sources of fine particle organic carbon in Israel, Jordan and Palestine, *Atm. Env.*, Vol. 44: 3669-3678.
- von Schneidemesser E., J. Zhou, E. A. Stone, J.J. Schauer, J. Shpund, Sh. Brenner, R. Qasrawi, Z. Abdeen & J. A. Sarnat, 2010b: Spatial variability of carbonaceous aerosol sources in East and West Jerusalem, *ES&T*, Vol. 44(6): 1911-1917.
- Wanger A., M. Peleg, G. Sharf, Y. Mahrer, U. Dayan, G. Kallos, V. Kotroni, K. Lagouvardos, M. Varinou, A. Papadopoulos & M. Luria, 2000: Some observational and modeling evidence of long-range transport of air pollutants from Europe toward the Israeli coast, *JGR*, Vol. 105(D6): 7177-7186.
- Yuval & D.M. Broday, 2009: Assessing the long-term impact of power plant emissions on regional air pollution using extensive monitoring data, *J. Env. Monitor.*, Vol. 11: 425-433.
- Yuval, B. Flicstein & D.M. Broday, 2008: The impact of forced reductions in traffic volumes on urban air pollution, *Atm. Env.*, Vol. 42: 428-440.

- Yuval, Y. Dubowski & D.M. Broday, 2007: Allocation of routinely monitored mixing ratios of NO_x to their sources, ES&T, Vol. 41: 7215-7221.
- Yuval & D.M. Broday, 2006: High resolution spatial patterns of long-term air pollution concentrations in the Haifa Bay area, Atm. Env., Vol. 40: 3653-3664.
- Yuval, D. M. Broday & Y. Carmel, 2005: Mapping spatio-temporal variables – The impact of the averaging window width on the spatial accuracy, Atm. Env., Vol. 39: 3611-3619.
- Zalel A., Yuval & D.M. Broday, 2008: Revealing source signatures in ambient BTEX concentrations, Env. Pollut., Vol. 156: 553-56.