



מה אתה רוצה לנסוק כשתהיה אזן?

דו"ח גרינפיס ישראל:
משבר זיהום האוויר בגוש דן
והשפעותיו על בריאות ילדינו

GREENPEACE

מה אתה רוצה לנשום כשתהיה גדול

דו"ח גרינפיס ישראל

משבר זיהום האוויר בגוש דן והשפעותיו על בריאות ילדינו

כתבו: אניב מן, ד"ר יונתן אייקנבאום

עוזרת מחקר: פרופ' ג'ני קיין

עריכה: ענבל פארן

תמונות: תומר אפלבאום עבור גרינפיס

אוקטובר 2018

תוכן עניינים

7	מבוא
8	זיהום אוויר מתחבורה
8	המזהמים השונים
10	כיצד המזהמים חודרים לגוף שלנו ומטיילים בו?
11	כיצד מזהמים אלה משפיעים על הבריאות שלנו?
13	מדוע ילדים רגישים יותר לזיהום אוויר?
18	השוואה בין נזקי עישון סיגריות לזיהום אוויר מרכבים
21	זיהום אוויר מגיע לעיר
21	פיזור המזהמים
22	תקנים של זיהום אוויר
22	מגמות זיהום אוויר בגוש דן
24	הגורמים המגבילים את הפחתת זיהום האוויר בגוש דן
27	פחות רכבים פרטיים, יותר חלופות

מבוא

רכב הוא סמל לחירות, אבל בעיר הגדולה הוא מכתוב לנו את החיים ולא להפך. מערך הרכבים קובע היכן מותר מעבר של הולכי רגל ואיפה הוא אסור, אילו דרכים בטוחות והיכן מסוכן, באיזה קצב ננוע, היכן ניתקע ולכמה זמן; גם מפלס הרעש בעיר, המושפע מטרטורי מנועים וקולות צופרים, משתנה בהתאם.

אולם בראש ובראשונה הרכב משפיע על איכות האוויר שאנו וילדינו נושמים. עם ריכוז מזהמים גבוה משמעותית מהמלצות ארגון הבריאות העולמי, גוש דן הוא אזור מזהם. זיהום אוויר מתחבורה הוא הגורם המשמעותי ביותר לתמותה ממקור סביבתי. הערכות ה OECD הן כי לפחות 1,000 בני אדם מתים כל שנה בטרם עת בגלל זיהום אוויר מתחבורה בישראל. בגוש דן מדובר במאות מקרים של תמותה מוקדמת מדי שנה עקב זיהום אוויר מתחבורה.

מזהמים כמו תחמוצות חנקן גורמים לגירוי הריאות ומעלים את הסיכון למחלות ריאות, ברונכיטיס ואסטמה. אולם המזהם החמור ביותר שמקורו מתחבורה הוא חלקיקים נשימים עדינים מאוד, שקוטרם אינו עולה על 2.5 מיקרוגרם. אלו חלקיקים זעירים ביותר שעוברים את מחסום כלי הדם. הם אוטמים את כלי הדם באזור הלב או המוח ועלולים לגרום לאוטם שריר הלב או לשבץ מוחי.

ילדים חשופים יותר ממבוגרים. נמצא קשר בין חשיפה לזיהום אוויר ובין בעיות התפתחותיות בקרב ילדים; ראשו של ילד או תינוק בעגלה נמצא בגובה האגזוז; רבים מבתי הספר נמצאים ליד צירי תנועה ראשיים, והתנועה ערה עוד יותר בשעות ההסעות לבתי הספר; ילדים נפגעים מזיהום אוויר לא רק בסביבת בית הספר אלא ברכבים עצמם, שמרכזים ומשמרים את מזהמי האוויר הנפלטים מכלל כלי הרכב בסביבה.

בישראל חיים כשני מיליון וחצי ילדים מתחת לגיל 14. מתוכם, חיים במחוז תל אביב כ 127,000 ילדים מתחת לגיל ארבע (וכ 200,000 במחוז מרכז).¹ מדובר באוכלוסייה רחבה מאוד, אשר חשיפתה לזיהום אוויר היא חמורה ומשמעותית יותר מזו של מבוגרים.

הורים חושבים, ובצדק, שלילדים שלהם מגיע הטוב ביותר. אולם, מדיניות שמעודדת שימוש ברכב בעיר לא רק שאינה מאפשרת להורים לתת לילדיהם את הטוב ביותר, היא גם מונעת מהם את הדברים הבסיסים ביותר: אוויר נקי שלא פוגע בבריאות, שקט וחופש תנועה. הורים נמנעים מלעשן ליד ילדיהם. אם כך, מדוע הם משלימים עם מצב שבו עשרות ומאות אלפי אגזוזים מעשנים עליהם חלקיקים מזהמים יום-יום ושעה-שעה?

האחריות הכוללת לתחבורה במדינה מוטלת על משרד התחבורה, אולם לרשויות המקומיות יש כוח עצום, ביכולתן לשנות את חיי הילדים שחיים בעיר ולהצילם. בגוש דן יש פי שלושה יותר מקומות חניה למספר מקומות תעסוקה מאשר באזורים דומים בערים אחרות בעולם. ראש עיר שמתיר הוספת מקומות חניה, במקום לקדם פתרונות ניידות מקיימים, אחראי לכך שיותר מדי רכבים מגיעים לעיר, נתקעים בפקקים וגורמים לזיהום אוויר חריג שפוגע בבריאות ילדינו. ראש עיר צריך לשמור על האינטרס הציבורי ולצמצם את השימוש ברכב פרטי בתוך עירו, ובו בזמן לקדם חלופות ולעודד את השימוש בהן.

על רקע חילופי משמרות ברשויות המקומיות, דו"ח זה אשר סוקר את השפעת זיהום האוויר על הבריאות שלנו בכלל, ואת השלכותיו על בריאות הילדים שאנו מגדלים בעיר בפרט.

הדו"ח מורכב משני חלקים: החלק הראשון הוא סקירת ספרות עדכנית בנושא זיהום אוויר מתחבורה, השפעתו על הבריאות והשלכותיו על אוכלוסיית הילדים; החלק השני בוחן את העיוות הישראלי שלפיו תיעדפו הרשויות לאורך עשרות שנים את השימוש ברכב פרטי על פני מציאת חלופות; עיוות שאחראי לכך שערים גדולות, ובראשן ערי גוש דן, סובלות מזיהום אוויר חמור, מרעש ומהפקעת המרחב הציבורי מהולכי הרגל ורוכבי אופניים לטובת הרכבים הפרטיים.

¹ http://www.cbs.gov.il/shnaton69/st02_19x.pdf

זיהום אוויר מתחבורה

על פי הערכות ארגון הבריאות העולמי (WHO) זיהום אוויר גורם לכ 2,200 מקרים של תמותה מוקדמת בקרב ישראלים מדי שנה, כמחציתם מתחבורה. מדובר על 1,100 ישראלים לפחות שהמודל התחבורתי שלנו גורם למותם, בנוסף לתאונות דרכים.

ברמה העולמית, זיהום אוויר אחראי למקרים רבים של תחלואה, של מבוגרים וילדים כאחד, ולאובדן ימי עבודה. הוא אחראי לכרבע מסרטני הריאות, ל 17% מן הפטירות ממחלות ריאות אקוטיות, ל 16% מכלל הפטירות משבץ מוחי, ל 15% מן הפטירות מהתקפי לב ול 8% מהפטירות ממחלות ריאות כרוניות.²

זהו ללא ספק משבר חמור מאוד, אך מאחר שתוצאות אלה מלוות אותנו כבר עשרות שנים הן נתפסות כמובנות מאליהן, מקובלות ולא חריגות. אולם מצב זה אינו מחויב המציאות. זיהום אוויר תחבורתי גורם לפטירה אחת מתוך ארבעים, כלומר 2.5% מהתמותה בישראל שבה ניתן לטפל דרך שינוי מערך התחבורה שלנו.

המזהמים השונים

שימוש ברכבים גורם לשחרור כמות גדולה של מזהמים לאוויר, שחלקם גז, כמו חנקן דו חמצני ואוזון, וחלקם חומר חלקיקי (Particulate Matter). למזהמים השונים מבנה כימי וגודל משתנים. שני גורמים עיקריים משפיעים על הבריאות: עוצמת החשיפה ומשך החשיפה.

תחמוצות חנקן (NO_x)

תחמוצות חנקן הן שם כולל למולקולות חנקן שקשורה לחמצן אחד או יותר. הן נפלטות מכלי רכב וממפעלי תעשייה וכוללות את החנקן הדו חמצני NO₂, שהוא גז רעיל הנפלט במהלך תהליכי שריפה.³ באזורים עירוניים כמות החנקן הדו חמצני באוויר היא מדד לזיהום אוויר מרכבים, היות והזיהום הוא בעיקר תוצר פליטה של גורם זה.⁴ יתר על כן, בישראל הראו שביום כיפור חלה ירידה דרמטית בריכוזי NO_x באוויר.⁵ תחמוצות החנקן השונות, ובכללן החנקן הדו חמצני, מגיבות בתהליכים כימיים ויוצרות תוצרי לואי שניוניים רעילים, כגון אוזון (O₃) שנוצר בין היתר מריאקציה של תחמוצות חנקן עם אור השמש⁶ וחלקיקים נשימים עדינים.

אוזון O₃

האוזון מורכב משלוש מולקולות חמצן (בניגוד לשתי מולקולות חמצן, שהן החמצן שאותו אנו נושמים). זהו כימיקל חשוב משום שביכולתו לסנן את קרינת השמש בטרופוספירה (השכבה הנמוכה ביותר באטמוספירה של כדור הארץ, שמשפיעה בין היתר גם על תהליכי מזג אוויר) וכן בשל יכולתו להגיב עם תרכובות כימיות אחרות בתהליך שנקרא חמצון. האוזון הוא גז אשר נוצר

² <http://www.who.int/airpollution/ambient/health-impacts/en/>

³ The Ministry of Environmental Protection - Reports in Europe, W. H. O. R. O. f. (2003)

⁴ Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide : report on a WHO working group, Bonn, Germany 13-15 January 2003.

⁵ Dayan, U., Erel, Y., Shpund, J., Kordova, L., Wanger, A. & Schauer, J., J. (2011) The impact of local sources and meteorological factors on nitrogen oxide and particulate matter concentrations: A case study of the Day of Atonement in Israel, Atmospheric Environment. 45, 3325-3332.

⁶ Ibid, Whorof, 2003

כתוצאה מתהליכים כימיים שבמסגרתם מולקולות כימיות שונות, למשל חנקן דו חמצני, מגיבות ביחד עם האור.⁷

חומר חלקיקי (PM) Particulate Matter

PM הם חלקיקים הנישאים באוויר שעשויים מתערובת מורכבת של גופרית, חנקות, אמוניה, סודיום כלוריד, אבק מינרלי ומים, וכמעט 50% מהתכולה שלהם היא פיח.⁸ הם יכולים להימצא במצב צבירה מוצק, נוזל או שילוב של שניהם.⁹ ניתן למצוא חלקיקים אלה בגדלים משתנים ומכאן שמם. PM0.1 הינו חלקיק שגודלו עד 0.1 מיקרון, PM2.5 הינו חלקיק שגודלו בין 0.1 ל-2.5 מיקרון, ואילו PM10 הינו חלקיק שגודלו 10 ל-2.5 מיקרון. החלקיקים נוצרים כתוצאה משריפה של דיזל במנוע (גם בנזין אחראי לתהליך זה אך בסדרי גודל קטנים מהדיזל), אשר גם להרכב שלו עצמו יש חשיבות ביצירת החלקיקים והמבנה שלהם. למשל, דיזל העשיר בעופרת ובגופרית יניב חלקיקים בעלי אחוזי פיח גדולים יותר.¹⁰ שריפה של דיזל-מנועי מרכבים יכול להפיק חלקיקים משלל סוגים:¹¹

1. חלקיקים גסים שנוצרים מתהליך שריפה של חומרים לא דליקים (ולכן לא התפרקו בתהליך זה).

2. חלקיקים יותר קטנים שנוצרים מהתעבות של חומרים שהתאדו בתהליך השריפה.

3. חלקיקים שניוניים שנוצרו מריאקציות אטמוספיריות של תחמוצות חנקן וגופרית שהשתחררו בתהליך הבעירה.

לגודל החלקיק חשיבות רבה בבריאות האדם, כיוון שהוא משפיע על הקלות שבה יישאף החלקיק ויחדור לגוף בתהליך הנשימה.¹²

חשוב לציין כי יש עוד סוגים רבים של גזים, לדוגמה volatile organic compounds (VOC), הנפלטים הם גם מכלי רכב. אולם אין מחקרים על השפעותיהם כי קשה למדוד אותם, והם אינם נכללים במערכת הניטור הכללית. מתוך כך גם אין עליהם רגולציה. אך הללו לא פחות רעילים מתחמוצות חנקן.¹³

המזהמים בקיצור

- **תחמוצות חנקן (NOx):** במגע עם חומרים נוספים באוויר (אמוניה, לחות) חודרות תחמוצות אלה עמוק אל תוך הריאות וגורמות לתגובה דלקתית, ברונכיטיס וקוצר נשימה.
- **אוזון (O3):** אוזון באטמוספירה מגן עלינו מפני קרני השמש. אוזון בגובה האף גורם לדלקות ומפחית את תפקוד הריאות.
- **חלקיקים נשימים עדינים (PM):** בעלי קוטר קטן מאוד, פחות מ-10µg. החלקיקים הגדולים יחסית חודרים לריאות, אבל הקטנים ביותר עוברים את מחסום הדם ומגיעים לאזור הלב ולמוח. נוסף על מחלות ריאות הם אחראים גם להתקפי לב ולשבץ מוחי.
- **חומרים אורגנים נדיפים (VOC):** חומרים מסרטנים שנפלטים מתוצרי נפט אך לא ניתנים למדידה בקלות.

⁷ Ibid, Who working group, 2003

⁸ Ibid, Whorof, 2003, And,

Mohankumar, S. & Senthilkumar, P. (2017) Particulate matter formation and its control methodologies for diesel engine: A comprehensive review, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 80, 1227-1238.

⁹ Who working group, 2003

¹⁰ Ibid. Mohankumar, S.

¹¹ Ibid, Who working group, 2003

¹² Ibid

¹³ מתוך ראיון שנעשה עם האפידמיולוג ד"ר רענן רז מביה"ח הדסה עין כרם

כיצד המזהמים חודרים לגוף שלנו ומטיילים בו?

דפוסי החשיפה של בני האדם למזהמים תלויים לא רק בסוג המזהמים אלא גם באורח החיים ומשתנים מאדם לאדם, מנהגים לרכיבי אופניים להולכי רגל.¹⁴ רוב המזהמים, אם לא כולם, חודרים לגוף שלנו בעיקר בתהליך הנשימה.¹⁵ עם זאת, חומר חלקיקי קטן מאוד יכול להיכנס גם דרך האף ישירות למוח ולהשפיע על תפקודו.

באופן כללי, הגזים (תחמוצות חנקן ואוזון) לא עוברים מהריאות למערכת הדם. אולם חומר חלקיקי, חדירתו לגוף תלויה מאוד בריכוזו באוויר ובגודלו של החלקיק עצמו. חלקיקים בעלי קוטר קטן מ 5 מיקרון מגיעים עד לנאדיות שבראות ושוקעים שם, ואילו חלקיקים בעלי קוטר גדול מ 5 מיקרון מגיעים רק עד קנה הנשימה, ושם הם מפונים על ידי הפרשות ריריות.¹⁶ כאמור, ככל שהחלקיק קטן יותר, כך הוא חודר עמוק יותר.

חלקיקים בקוטר PM2.5-PM0.1 משפיעים מאוד על בריאות האדם כיוון שגודלם הקטן מאפשר להם להתפזר למרחק רב בטרם יגיעו לקרקע.¹⁷ כניסתם לריאות היא מהירה ומידית, אך מנגנון הפינוי שלהם מהריאות משתנה מאוד ויכול לנוע בין פינוי מידי לכמה ימים.¹⁸ כאשר חלקיקים אלה נשאפים דרך הנשימה לריאות הם משפיעים על כמה סוגי תאים באיבר,¹⁹ והחלקיקים הקטנים ביותר (הנקראים גם: "ultrafine") גם מסוגלים לחדור את תאי הריאות ולעבור למחזור הדם.²⁰

תחמוצות חנקן, אשר נמצאות במגע עם חומרים נוספים באוויר, כגון אמוניה ולחות, יכולות לחדור עמוק אל תוך הריאות בתהליך הנשימה. שם הן עלולות לעורר תגובה דלקתית, המתפשטת בסופו



של דבר גם למחזור הדם.²¹ בדומה לתחמוצות החנקן, האוזון גם הוא מגיע לריאות ומעורר תגובה דלקתית שעלולה להתפשט באופן מערכת.²²

¹⁴ (2017) What are the effects on health of transport-related air pollution?

¹⁵ Kampa, M. & Castanas, E. (2008) Human health effects of air pollution, Environ Pollut. 151, 362-7.

¹⁶ Sydbom, A., Blomberg, A., Parnia, S., Stenfors, N., Sandström, T. & Dahlén, S.-E. (2001) Health effects of diesel exhaust emissions.

¹⁷ Gorr, M. W., Falvo, M. J. & Wold, L. E. (2017) Air Pollution and Other Environmental Modulators of Cardiac Function, Compr Physiol. 7, 1479-1495.

¹⁸ Ibid, Gorr et al.

¹⁹ Ibid

²⁰ Ibid, Sydbom et al

²¹ Johannson, K. A., Balmes, J. R. & Collard, H. R. (2015) Air pollution exposure: a novel environmental risk factor for interstitial lung disease?, Chest. 147, 1161-1167.

²² Ibid, Johannson et al.

כיצד מזהמים אלה משפיעים על הבריאות שלנו?

כפי שצוין בחלק הקודם, הרוב המוחלט של המזהמים פוגעים בעיקר בריאות, זאת באמצעות מגוון רחב של מנגנונים. לאנשים בעלי נטייה למחלות ריאות, כמו אסתמה,²³ סיכוי גבוה יותר להיפגע מהמזהמים המפורטים כאן, בהשוואה לשאר האוכלוסייה.²⁴ את דרגת החומרה של השפעת המזהמים על בריאות האדם ניתן לחלק באופן הבא:

$$^{25}.PM_{2.5} > PM_{10} > O_3 > NO_2$$

מחקרים רבים מגדירים את PM כמזהמים הפוגעים באופן החמור ביותר בבריאות שלנו, מאחר שהללו משפיעים בעיקר על מערכת הנשימה ומערכת הלב.²⁶ PM עלולים לגרום למחלות במערכת הלב וכלי הדם (המערכת הקרדיווסקולרית) בדרך ישירה או עקיפה: כלומר, מעבר ישיר למחזור הדם דרך הריאות או אינטראקציה של החלקיקים עם הריאות, המשפיעה בעקיפין.²⁷

בדרך הישירה: החלקיקים מגיעים לתאי הלב וגורמים לנזק בתפקודם.²⁸ מחקרים הראו שהאפקט ההרסני של PM חמור יותר במצב של סוכרת, מה שיכול להעיד על כך שאנשים מאוכלוסיות מוחלשות בריאותית עלולים לסבול יותר מחשיפה לחלקיקים אלה.²⁹

בדרך העקיפה: חשיפה לחלקיקים גורמת לדלקת מערכתית כרונית שפוגעת בתפקוד של הלב. כאשר השוו את רמות החומרים הדלקתיים בדמם של ילדים שגרים באזור עם זיהום אוויר גבוה לאלו שבדמם של ילדים שגרים באזור פחות מזוהם ראו שלילדים שגרים באזור המזוהם היו רמות גבוהות יותר של תסמינים דלקתיים בדמם, מה שמעיד על "דלקת מתמשכת".³⁰

כאשר אנו שואפים PMs לריאות התגובה העיקרית היא דלקת. תאי מערכת החיסון מופעלים בתגובה לחדירה של PMs ומתחילים להפריש מגוון רחב של חומרים דלקתיים שמאותתים למערכת החיסון להתחיל לעבוד, כך "מתגייסים" גורמים ביולוגיים רבים שקשורים למערכת החיסון. אמנם תאי מערכת החיסון מגיעים מכל הגוף דרך מחזור הדם, אך התגובה הדלקתית מופיעה בעיקר בריאות.³¹

תגובה נוספת שקשורה באופן הדוק לדלקת היא עקה חמצונית. זו מתרחשת בעיקר כאשר ה PMs מגיבים עם תאי האפיתל שבריאות. תאי האפיתל הם שכבה של תאים בצורות ובגדלים שונים שמצפה ומרפדת מבנים חלולים בגוף. בריאות תפקיד תאי האפיתל הוא לבדוד, לשמור על לחות להגן מכנית ולהגן מפני פתוגנים (מחוללי מחלה, כמו חיידקים ווירוסים) או חלקיקים זרים. התגובה של PMs עם תאי האפיתל שמרפדים את הריאות מעוררת שלל תגובות תוך-תאיות שהתוצר הסופי שלהן הוא גם דלקת, כפי שצוין לעיל.³² נוסף על כך, מחקרים עדכניים מראים כי הרעילות של החלקיקים לא נובעת רק מיצירת דלקת, אלא גם מהיותם רדיואקטיביים, והצטברותם ברקמות עלולה לחולל סרטן.

²³ Tzivian, L. (2011) Outdoor air pollution and asthma in children, J Asthma. 48, 470-81.

²⁴ Ibid, Johansson et all.

²⁵ Ibid, Tzivian

²⁶ Ibid, Gorr et all

²⁷ Ibid, Gorr et all

²⁸ Zuo, L., Youtz, D. J. & Wold, L. E. (2011) Particulate matter exposure exacerbates high glucose-induced cardiomyocyte dysfunction through ROS generation, PLoS One. 6, e23116

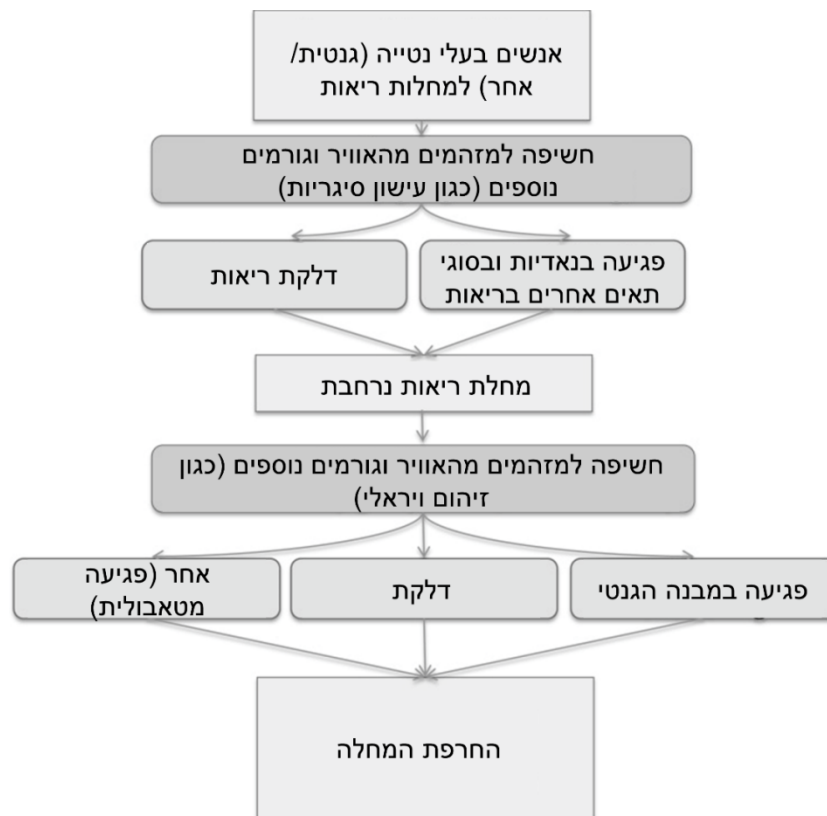
²⁹ Ibid, Zuo et all

³⁰ Calderon-Garciduenas, L., Villarreal-Calderon, R., Valencia-Salazar, G., Henriquez-Roldan, C., Gutierrez-Castrellon, P., Torres-Jardon, R., Osnaya-Brizuela, N., Romero, L., Solt, A. & Reed, W. (2008) Systemic inflammation, endothelial dysfunction, and activation in clinically healthy children exposed to air pollutants, Inhal Toxicol. 20, 499-506.

³¹ Ibid, Gorr et all

³² Ibid, Gorr et all

חשיפה לתחמוצות חנקן יכולה לגרום לתסמינים שונים הקשורים לפתחי האוויר, כגון גירויים באף ובגרון שיכולים לגרום להתכווצות של הברונכייט ולקוצר נשימה, בעיקר אצל אנשים אסתמטיים.³³ כמו כן, חשיפה זו עלולה להחריף זיהומים ויראליים או זיהומים חיידקיים שקשורים בדרכי הנשימה, וכן לגרום לנפחת (מחלה המתבטאת בהתנפחות רקמות).³⁴ אוזון עשוי לגרום לדלקת ריאות בשל ההשפעה הדלקתית שלו על התאים בגוף, ונמצא כי הוא עלול לגרום להפחתה כללית בתפקודי ריאות.³⁵ בהקשר של תוחלת חיים, קיימים מודלים שיוצרים הקבלה בין חשיפה לזיהום אוויר לבין שנות חיים. למשל, מחקר שנעשה ברומא שבאטליה הראה כי באזורים שבהם חלה הפחתה משמעותית בזיהום האוויר כתוצאה מירידה בכמות הרכבים חלה עלייה בתוחלת החיים בהיקף של כ 3.4 שנים לאדם.³⁶ מחקר אחר שנעשה בלונדון שבבריטניה בדק את העלייה בתוחלת החיים בעקבות שינוי מדיניות שהתווה הקונגרס בשימוש ברכבים.³⁷ מחקר זה הצביע על עלייה של 183 שנים בתוחלת החיים לכל 100,000 אנשים.



מנגנון מוצע לקשר בין זיהום אוויר ומחלות ריאות (תורגם מאנגלית ממאמרם של Johansson et al. 2015).³⁸ המנגנון המוצע כאן מסביר כיצד זיהום אוויר עלול להשפיע על אנשים בעלי נטייה למחלות ריאות (לדוגמה, אנשים אסתמטיים) ואף להחריף את מחלת הריאות המדוברת. הערה: "פגיעה במבנה הגנטי" עלולה להוביל להתפתחות של סרטן.

³³ Ibid, Kampa et all

³⁴ Ibid, Kampa et all

³⁵ Ibid, Kampa et all

³⁶ Cesaroni, G., Boogaard, H., Jonkers, S., Porta, D., Badaloni, C., Cattani, G., Forastiere, F. & Hoek, G. (2012) Health benefits of traffic-related air pollution reduction in different socioeconomic groups: the effect of low-emission zoning in Rome, *Occup Environ Med.* 69, 133-9.

³⁷ Tonne, C., Beevers, S., Armstrong, B., Kelly, F. & Wilkinson, P. (2008) Air pollution and mortality benefits of the London Congestion Charge: spatial and socioeconomic inequalities, *Occup Environ Med.* 65, 620-7.

³⁸ Ibid, Johansson et all

מדוע ילדים רגישים יותר לזיהום אוויר?

מערכת החיסון של תינוקות שנולדו זה עתה איננה מפותחת דיה, ולפיכך הם חשופים יותר לנזקי זיהומים, וגופם מתקשה יותר להילחם בזיהומים.³⁹ כמו כן, שכבת תאי האפיתל בריאות של ילדים לא מפותחת לחלוטין,⁴⁰ וחומרים מזהמים יכולים לחדור דרכה מהריאות אל מחזור הדם.⁴¹ יתר על כן, בהשוואה למבוגרים ילדים שואפים נפחי אוויר הרבה יותר גבוהים ביחס למשקל גופם, מה שחושף אותם יותר למזהמים שבאוויר וגורם למזהמים אלה להצטבר יותר בריאות.⁴² ישנן מערכות נוספות שאינן מפותחות דיין אצל ילדים, כמו לדוגמה מערכת העצבים המרכזית והמערכת האנדוקרינית (הורמונלית), וגם הן חשופות לנזקי הזיהומים, במיוחד בשלבים של גדילה והתפתחות מהירים.⁴³ בטווח הקצר חשיפה לאוזון גורמת לקוצר נשימה, ותחמוצות חנקן ו PM גורמים לגירויים באף ובגרון.⁴⁴ בטווח הארוך ההשפעות שונות ומגוונות. בפרק זה נסקור את העיקריות שבהן.

התפתחות (עוברית ובמהלך השנים הראשונות לחיים)

חשיפה למזהמים באוויר, בהם חנקן דו חמצני, במהלך ההיריון מקושרת לעיכוב התפתחותי רחמי (intrauterine growth restriction),⁴⁵ לילודה במשקל נמוך⁴⁶ וללידה מוקדמת.⁴⁷ כמו כן, חשיפת האם לזיהום אוויר נמצאת בהלימה לפגיעה בתפקוד ריאות בילודים בימיהם הראשונים ובשנים הראשונות לחייהם.⁴⁸ אחד המחקרים היסודיים בנושא תפקודי ריאות, אשר בוצע בקליפורניה שבארצות הברית, מצא שילדים שחיו בסביבה שבה זיהום אוויר גבוה יותר (נמדד בין היתר דרך PM10 ו PM2.5 וחנקן דו חמצני) שכיחות הפגיעה בתפקודי הריאות שלהם עלתה.⁴⁹ יתרה מכך, ילדים שבילו זמן רב יותר בחוץ נחשפו

³⁹ Ibid, Tzivian et al

⁴⁰ להרחבת קריאה על שלבי ההתפתחות השונים של מערכת הנשימה ודרגת הפגיעות מחשיפה לזיהום אוויר בכל שלב, ראו את מאמרם של Goldizen et al.

⁴¹ Ibid, Tzivian et al

⁴² Ibid, Tzivian et al

⁴³ Ibid, Tzivian et al

⁴⁴ Goldizen, F. C., Sly, P. D. & Knibbs, L. D. (2016) Respiratory effects of air pollution on children, *Pediatr Pulmonol.* 51, 94-108.

⁴⁵ Liu, S., Krewski, D., Shi, Y., Chen, Y. & Burnett, R. T. (2003) Association between gaseous ambient air pollutants and adverse pregnancy outcomes in Vancouver, Canada, *Environ Health Perspect.* 111, 1773-8.

Pedersen, M., Giorgis-Allemand, L., Bernard, C., Aguilera, I., Andersen, A. M., Ballester, F., Beelen, R. M., Chatzi, L., Cirach, M., Danileviciute, A., Dedele, A., Eijsden, M., Estarlich, M., Fernandez-Somoano, A., Fernandez, M. F., Forastiere, F., Gehring, U., Grazuleviciene, R., Gruziova, O., Heude, B., Hoek, G., de Hoogh, K., van den Hooven, E. H., Haberg, S. E., Jaddoe, V. W., Klumper, C., Korek, M., Kramer, U., Lerchundi, A., Lepeule, J., Nafstad, P., Nystad, W., Patelarou, E., Porta, D., Postma, D., Raaschou-Nielsen, O., Rudnai, P., Sunyer, J., Stephanou, E., Sorensen, M., Thiering, E., Tuffnell, D., Varro, M. J., Vrijkotte, T. G., Wijga, A., Wilhelm, M., Wright, J., Nieuwenhuijsen, M. J., Pershagen, G., Brunekreef, B., Kogevinas, M. & Slama, R. (2013) Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE), *Lancet Respir Med.* 1, 695-704.

⁴⁶ Ibid, liu et al and

Ha, E. H., Hong, Y. C., Lee, B. E., Woo, B. H., Schwartz, J. & Christiani, D. C. (2001) Is air pollution a risk factor for low birth weight in Seoul?, *Epidemiology.* 12, 643-8.

⁴⁷ Ibid, liu et al and

Zhao, Q., Liang, Z., Tao, S., Zhu, J. & Du, Y. (2011) Effects of air pollution on neonatal prematurity in Guangzhou of China: a time-series study, *Environ Health.* 10, 2.

⁴⁸ Morales, E., Garcia-Esteban, R., de la Cruz, O. A., Basterrechea, M., Lertxundi, A., de Dicastillo, M. D., Zabaleta, C. & Sunyer, J. (2015) Intrauterine and early postnatal exposure to outdoor air pollution and lung function at preschool age, *Thorax.* 70, 64-73.

⁴⁹ Gauderman, W. J., Urman, R., Avol, E., Berhane, K., McConnell, R., Rappaport, E., Chang, R., Lurmann, F. & Gilliland, F. (2015) Association of improved air quality with lung development in children, *N Engl J Med.* 372, 905-13.

יותר לזיהום האוויר, והפגיעה בתפקוד הריאות שלהם החמירה כתוצאה מכך.⁵⁰ עם זאת, הראה המחקר כי כאשר חל שיפור בזיהום האוויר חל גם שיפור כללי בהתפתחות ובתפקודי הריאות של הילדים באותה אוכלוסייה.⁵¹

אסתמה

מחקרים רבים בדקו את הקשר בין חשיפה לזיהום אוויר מרכבים ובין התפתחות מחלת האסתמה בילדים. מרביתם אכן הוכיחו שקיים קשר שכזה.⁵² מחקר עדכני⁵³ ערך סקירה ספרותית שכללה רבים מאותם מחקרים על מנת לבחון אם העבודות המוצגות אכן מצביעות על אותה מגמה, או שמא הדיווחים סותרים. ממצאי המחקר הצביעו על כך שקיים מתאם ברור בין חשיפה לחנקן דיאוקסיד בינקות לבין שכיחות של הופעת מחלת האסתמה עד גיל 6. הממצאים אף הראו כי קיים קשר בין חשיפה לתחמוצות חנקן לבין שכיחות של קוצר נשימה בטווח גילאים זה. ממצאים דומים עלו גם בהקשר של חומר חלקיקי PM2.5. כלומר, קיים קשר ברור בין חשיפה לזיהום אוויר מרכבים בשנים הראשונות להתפתחות ובין התפתחות אסתמה או קוצר נשימה בילדים.

דלקות ריאות

נוסף על אסתמה וקוצר נשימה, זיהום אוויר בפרט חשיפה לחנקן דיאוקסיד, PM2.5 ו PM10 מגביר את הסיכון לדלקות ריאות, בין אם עקב חשיפה במהלך ההיריון או במהלך השנים הראשונות לחיים.⁵⁴ יתרה מכך, מחקרים הוכיחו כי השפעה זו הינה חריפה במיוחד באוכלוסיית ילדים הסובלים מאסתמה.⁵⁵ זאת ועוד, אמנם Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) נחשבת מחלה של מבוגרים, אך

⁵⁰ Gauderman, W. J., McConnell, R., Gilliland, F., London, S., Thomas, D., Avol, E., Vora, H., Berhane, K., Rappaport, E. B., Lurmann, F., Margolis, H. G. & Peters, J. (2000) Association between air pollution and lung function growth in southern California children, *Am J Respir Crit Care Med.* 162, 1383-90.

⁵¹ Ibid, Gauderman et al

⁵² Esplugues, A., Ballester, F., Estarlich, M., Llop, S., Fuentes-Leonarte, V., Mantilla, E., Vioque, J. & Iniguez, C. (2011) Outdoor, but not indoor, nitrogen dioxide exposure is associated with persistent cough during the first year of life, *Sci Total Environ.* 409, 4667-73.

Patel, M. M., Quinn, J. W., Jung, K. H., Hoepner, L., Diaz, D., Perzanowski, M., Rundle, A., Kinney, P. L., Perera, F. P. & Miller, R. L. (2011) Traffic density and stationary sources of air pollution associated with wheeze, asthma, and immunoglobulin E from birth to age 5 years among New York City children, *Environ Res.* 111, 1222-9.

Clark, N. A., Demers, P. A., Karr, C. J., Koehoorn, M., Lencar, C., Tamburic, L. & Brauer, M. (2010) Effect of early life exposure to air pollution on development of childhood asthma, *Environ Health Perspect.* 118, 284-90.

Carlsten, C., Dybuncio, A., Becker, A., Chan-Yeung, M. & Brauer, M. (2011) Traffic-related air pollution and incident asthma in a high-risk birth cohort, *Occup Environ Med.* 68, 291-5.

Ryan, P. H., LeMasters, G., Biagini, J., Bernstein, D., Grinshpun, S. A., Shukla, R., Wilson, K., Villareal, M., Burkley, J. & Lockey, J. (2005) Is it traffic type, volume, or distance? Wheezing in infants living near truck and bus traffic, *J Allergy Clin Immunol.* 116, 279-84.

⁵³ Bowatte, G., Lodge, C., Lowe, A. J., Erbas, B., Perret, J., Abramson, M. J., Matheson, M. & Dharmage, S. C. (2015) The influence of childhood traffic-related air pollution exposure on asthma, allergy and sensitization: a systematic review and a meta-analysis of birth cohort studies, *Allergy.* 70, 245-56.

⁵⁴ Ibid, Goldizen et al and

MacIntyre, E. A., Gehring, U., Molter, A., Fuytes, E., Klumper, C., Kramer, U., Quass, U., Hoffmann, B., Gascon, M., Brunekreef, B., Koppelman, G. H., Beelen, R., Hoek, G., Birk, M., de Jongste, J. C., Smit, H. A., Cyrys, J., Gruzjeva, O., Korek, M., Bergstrom, A., Agius, R. M., de Vocht, F., Simpson, A., Porta, D., Forastiere, F., Badaloni, C., Cesaroni, G., Esplugues, A., Fernandez-Somoano, A., Lerxundi, A., Sunyer, J., Cirach, M., Nieuwenhuijsen, M. J., Pershagen, G. & Heinrich, J. (2014) Air pollution and respiratory infections during early childhood: an analysis of 10 European birth cohorts within the ESCAPE Project, *Environ Health Perspect.* 122, 107-13.

⁵⁵ Ibid, Goldizen et al and

Chauhan, A. J. & Johnston, S. L. (2003) Air pollution and infection in respiratory illness, *Br Med Bull.* 68, 95-112.

נמצא קשר בין חשיפה לזיהום אוויר בילדות ובין התפתחות של קוצר נשימה, אסתמה או דלקות ריאות כרוניות לבין התפתחות של COPD לאחר מכן בבגרות.⁵⁶ כלומר, לחשיפה לזיהום אוויר בילדות השפעות ארוכות טווח שעלולות להוביל להתפתחות של מחלות בגיל מבוגר יותר.

סרטן

זיהום אוויר נחשב גם כמגביר סיכון לתחלואה בסרטן בילדים. מחקר שנערך באונטריו שבקנדה התמקד בזיהום אוויר בקרב נשים הרות במהלך הטרימסטר הראשון ומצא קשר מובהק בין חשיפה לחנקן דו חמצני ו PM2.5 בתקופה זו של ההיריון לבין התפתחות של סרטן מסוג acute lymphoblastic leukemia ומסוג אסטרוציטומה, בהתאמה, בילודים.⁵⁷ מחקר אחר, שנערך בדנמרק, הראה מתאם בין ריכוזי חנקן דו חמצני באוויר אליהם נחשפו אמאות בהיריון לבין שכיחות מקרי סרטן מסוג לימפומה שאובחנו אצל ילדיהן.⁵⁸

השפעה על מערכת העצבים המרכזית (המוח)

מחקרים מצביעים על כך שחשיפה לזיהום אוויר, במיוחד לחומר חלקיקי ולתחמוצות חנקן, עלולה לגרום לסיבוכים מוחיים, לדלקת מוחית ולנזק לתאים השונים באיבר זה.⁵⁹

תקופת ההיריון והשנים הראשונות לחיים הן חלון חשוב בהתפתחות המוחית של כל אדם, וחשיפה לזיהום אוויר בתקופות אלה עלולה לגרום לשינויים בלתי הפיכים במוח, אפילו בחשיפה לריכוזים נמוכים של מזהמים.⁶⁰ כמה מחקרים בדקו את הקשר בין חשיפה לזיהום אוויר ובין התפתחות קוגניטיבית.⁶¹

⁵⁶Eisner, M. D., Anthonisen, N., Coultas, D., Kuenzli, N., Perez-Padilla, R., Postma, D., Romieu, I., Silverman, E. K. & Balme, J. R. (2010) An official American Thoracic Society public policy statement: Novel risk factors and the global burden of chronic obstructive pulmonary disease, *Am J Respir Crit Care Med.* 182, 693-718.

⁵⁷ Lavigne, E., Belair, M. A., Do, M. T., Stieb, D. M., Hystad, P., van Donkelaar, A., Martin, R. V., Crouse, D. L., Crighton, E., Chen, H., Brook, J. R., Burnett, R. T., Weichenthal, S., Villeneuve, P. J., To, T., Cakmak, S., Johnson, M., Yasseen, A. S., 3rd, Johnson, K. C., Ofner, M., Xie, L. & Walker, M. (2017) Maternal exposure to ambient air pollution and risk of early childhood cancers: A population-based study in Ontario, Canada, *Environ Int.* 100, 139-147.

⁵⁸ Raaschou-Nielsen, O., Hertel, O., Thomsen, B. L. & Olsen, J. H. (2001) Air pollution from traffic at the residence of children with cancer, *Am J Epidemiol.* 153, 433-43.

⁵⁹Guxens, M., Lubczynska, M. J., Muetzel, R. L., Dalmau-Bueno, A., Jaddoe, V. W. V., Hoek, G., van der Lugt, A., Verhulst, F. C., White, T., Brunekreef, B., Tiemeier, H. & El Marroun, H. (2018) Air Pollution Exposure During Fetal Life, Brain Morphology, and Cognitive Function in School-Age Children, *Biol Psychiatry.* 84, 295-303.

⁶⁰ Ibid, Guxens et al.

⁶¹ Guxens, M. & Sunyer, J. (2012) A review of epidemiological studies on neuropsychological effects of air pollution, *Swiss Med Wkly.* 141, w13322.

Suades-Gonzalez, E., Gascon, M., Guxens, M. & Sunyer, J. (2015) Air Pollution and Neuropsychological Development: A Review of the Latest Evidence, *Endocrinology.* 156, 3473-82.

Chiu, Y. H., Hsu, H. H., Coull, B. A., Bellinger, D. C., Kloog, I., Schwartz, J., Wright, R. O. & Wright, R. J. (2016) Prenatal particulate air pollution and neurodevelopment in urban children: Examining sensitive windows and sex-specific associations, *Environ Int.* 87, 56-65.

Sentis, A., Sunyer, J., Dalmau-Bueno, A., Andiarana, A., Ballester, F., Cirach, M., Estarlich, M., Fernandez-Somoano, A., Ibarluzea, J., Iniguez, C., Lertxundi, A., Tardon, A., Nieuwenhuijsen, M., Vrijheid, M. & Guxens, M. (2017) Prenatal and postnatal exposure to NO2 and child attentional function at 4-5years of age, *Environ Int.* 106, 170-177.

Sunyer, J., Esnaola, M., Alvarez-Pedrerol, M., Forns, J., Rivas, I., Lopez-Vicente, M., Suades-Gonzalez, E., Foraster, M., Garcia-Esteban, R., Basagana, X., Viana, M., Cirach, M., Moreno, T., Alastuey, A., Sebastian-Galles, N., Nieuwenhuijsen, M. & Querol, X. (2015) Association between traffic-related air pollution in schools and cognitive development in primary school children: a prospective cohort study, *PLoS Med.* 12, e1001792.

Lubczynska, M. J., Sunyer, J., Tiemeier, H., Porta, D., Kasper-Sonnenberg, M., Jaddoe, V. W. V., Basagana, X., Dalmau-Bueno, A., Forastiere, F., Wittsiepe, J., Hoffmann, B., Nieuwenhuijsen, M., Hoek, G., de Hoogh, K., Brunekreef, B. & Guxens, M. (2017) Exposure to elemental composition of outdoor PM2.5 at birth and cognitive and psychomotor function in childhood in four European birth cohorts, *Environ Int.* 109, 170-180.

מחקרים אלה מצאו כי קיים קשר בין החשיפה לזיהום אוויר בשנים הראשונות לחיים ו/או במהלך ההיריון לבין תפקודים קוגניטיביים ופסיכומטוריים נמוכים יותר ושכיחות גבוהה יותר של בעיות התנהגותיות, כולל אוטיזם.

לדוגמה, מחקר שנערך בספרד⁶² בדק את הקשר בין חשיפה לחנקן דו חמצני במהלך ההיריון ואחרי הלידה ובין פגיעה ביכולת הריכוז בילדים. מחקר זה הראה כי קיים קשר בין חשיפה לחנקן דו חמצני, בעיקר במהלך ההיריון, ובין פגיעה ביכולת הריכוז בילדים בני 4 ו-5. מחקר אחר, שבוצע בדלהי על קבוצת מדגם של קרוב ל-1,000 ילדים בני 9 ו-17, הראה כי לחשיפה לחומר חלקיקי יש קשר מובהק ל-ADHD (attention deficit hyper activity disorder).⁶³

יש לציין כי מחקרים אלה, ואחרים שצינו לעיל, הסתמכו בעיקר על כלים פסיכולוגיים אבחוניים. אולם מחקר עדכני נוסף⁶⁴ בדק אם לאפקט הקוגניטיבי התנהגותי של חשיפה לזיהום אוויר יש נדבך מבני מוחי, קרי האם מתרחשים שינויים ברקמת המוח בעקבות החשיפה לזיהום אוויר? מחקר זה התמקד בילדים ברוטרדם שבהולנד בין השנים 2002 ו-2006 ועשה שימוש בדימות מוחי, נוסף על כלים אבחוניים פסיכולוגיים. ממצאי מחקר זה מצאו כי חשיפה לזיהום אוויר במהלך ההיריון, ובמיוחד לחומר חלקיקי, גרמה לשינויים מבניים במוח באזור קליפת המוח (אזור שקשור לעיבוד מידע ולשליחת אותות מוטוריים לשרירי השלד).

כפי שצינו לעיל, ישנן ראיות לקשר בין חשיפה לזיהום אוויר לבין התפתחות של אוטיזם. מחקר שנערך בקליפורניה שבארצות הברית בשנות ה-2000 הראה כי קבוצה של כ-280 ילדים שאובחנו על הספקטרום האוטיסטי לבין קבוצה של כ-250 ילדים שהתפתחו ללא אבחון כזה (קבוצת ה"ביקורת").⁶⁵ במחקר זה נמצא כי ילדים שהובחנו על הספקטרום האוטיסטי התגוררו בשנה הראשונה לחייהם ובמהלך ההיריון באזורים בהם קיימות רמות גבוהות של זיהום אוויר מתחבורה ביחס לקבוצת ה"ביקורת". כמו כן, נמצא קשר מובהק בין חשיפה ל-PM2.5 ולתחמוצות חנקן במהלך ההיריון ובשנה הראשונה לחיים לבין אבחון של אוטיזם. מסקנות מחברי המאמר הן שיש קשר ברור בין חשיפה לתחמוצות חנקן ולחומר חלקיקי במהלך ההיריון ובשנה הראשונה לחיים לבין אוטיזם. מחקר אחר, אשר נערך בטיוואן,⁶⁶ בדק את הקשר בין שכיחות של ילדים בני שנה עד ארבע שנים שאובחנו על הספקטרום האוטיסטי לבין קיום של מזהמים באוויר. נמצא בו כי שכיחות זו עולה ביחס ישיר עם עלייה בריכוזם באוויר של המזהמים השונים, כגון תחמוצות חנקן ואוזון. באופן ספציפי, הצביע המחקר על עלייה של 59% ו-340% (!) בשכיחות הילדים המאובחנים, על כל עלייה של 10 ppb (part per billion) באוזון ובתחמוצות חנקן, בהתאמה. מסקנות המחקר גורסות כי חשיפה למזהמים אלה בשנים הראשונות לחיים בהחלט עלולה להעלות את הסיכון להתפתחות אוטיזם בקרב ילדים אלה.

מחלות לב וכלי דם (מחלות קרדיווסקולריות)

אמנם מחלות קרדיווסקולריות נחשבות מחלות של מבוגרים, ונעשו מחקרים מעטים יחסית בילדים בנושא זה, אבל ישנן עדויות לכך שההשפעה של זיהום האוויר על מחלות אלה מתחילה כבר בשלב הילדות, כאשר בשנות הבגרות הראשונות ניתן לראות את התסמינים של השפעה זו.⁶⁷ יתר על כן, קיים

⁶² Ibid Centis et al.

⁶³ Siddique, S., Banerjee, M., Ray, M. R. & Lahiri, T. (2011) Attention-deficit hyperactivity disorder in children chronically exposed to high level of vehicular pollution, *Eur J Pediatr*. 170, 923-9.

⁶⁴ Ibid, Guxens et al.

⁶⁵ Volk, H. E., Lurmann, F., Penfold, B., Hertz-Picciotto, I. & McConnell, R. (2018) Traffic-Related Air Pollution, Particulate Matter, and Autism, *JAMA Psychiatry*. 70, 71-77.

⁶⁶ Jung, C. R., Lin, Y. T. & Hwang, B. F. (2013) Air pollution and newly diagnostic autism spectrum disorders: a population-based cohort study in Taiwan, *PLoS One*. 8, e75510.

⁶⁷ Breton, C. V., Mack, W. J., Yao, J., Berhane, K., Amadeus, M., Lurmann, F., Gilliland, F., McConnell, R., Hodis, H. N., Kunzli, N. & Avol, E. (2016) Prenatal Air Pollution Exposure and Early Cardiovascular Phenotypes in Young Adults, *PLoS One*. 11, e0150825.

מחקר עדכני ביותר שמצביע על כך שחשיפת האם לזיהום אוויר (PM2.5) במהלך ההיריון גורמת לעלייה בלחץ הדם של הילד אחד מהתסמינים שעלולים להוביל למחלות קרדיווסקולריות כבר בשלב הילדות (ילדים בני 3-9).⁶⁸

מדוע ילדים חשופים יותר לזיהום אוויר מתחבורה?

1. מערכת החיסון שלהם לא מפותחת כמו זו של מבוגר
2. רקמת ההגנה בריאות (תאי האפיתל) לא מפותחת לגמרי
3. ילדים שואפים יותר אוויר ממבוגרים ביחס למשקלם
4. הם חשופים יותר לגובה אגזוז הרכב

זיהום אוויר מתחבורה מגביר משמעותית את הסיכון שילדים יסבלו מ:

- קוצר נשימה
- גירויים באף ובגרונ
- בעיות בתפקוד ריאות ואסטמה
- סרטן מסוג acute lymphoblastic leukemia ואסטרוציטומה
- מחלות לב וכלי דם
- דלקת מוחית
- ילודה במשקל נמוך
- לידה מוקדמת
- בעיות התפתחויות, ADHD



Lenters, V., Uiterwaal, C. S., Beelen, R., Bots, M. L., Fischer, P., Brunekreef, B. & Hoek, G. (2010) Long-term exposure to air pollution and vascular damage in young adults, *Epidemiology*. 21, 512-20.

⁶⁸ Zhang, M., Mueller, N. T., Wang, H., Hong, X., Appel, L. J. & Wang, X. (2018) Maternal Exposure to Ambient Particulate Matter ≤ 2.5 microm During Pregnancy and the Risk for High Blood Pressure in Childhood, *Hypertension*. 72, 194-201.

השוואה בין נזקי עישון סיגריות לזיהום אוויר מרכבים

בשל הדמיון בין פרופיל הזיהום של עישון סיגריות לבין זה המופק משריפת דלק מנועי ובשל ההשפעות הדומות שלהם על הבריאות, ניתן לבצע השוואה גסה בין שני גורמי הזיהום הללו על ידי יצירת "מפתח המרה" של כמות סיגריות בעישון פאסיבי לנזקי זיהום אוויר מרכבים, עבור קריטריון בריאותי מסוים.

השוואה כזאת מוצגת בצורה מעניינת במאמרם של Van der Zee שהתמקד בתחמוצות חנקן ובחומר חלקיקי⁶⁹ (PM_{2.5}) והתייחס למדדים בריאותיים, כגון משקל בלידה, תפקודי ריאות, תמותה כתוצאה ממחלות קרדיווסקולריות וסרטן הריאות. בהתבסס על נתונים של ארגון הבריאות העולמי ועל מקורות נוספים בנושא הרגלי עישון ואורח חיים⁷⁰ חישוב מחברי המאמר מהי כמות הסיגריות הממוצעת שילד "מעשן" באופן פאסיבי אם הוריו (אחד מהם או שניהם) מעשנים בבית. ממצאיהם הצביעו על כך שילד להורים מעשנים נחשף ל 9 סיגריות בעישון פאסיבי ביום.

בהתבסס על נתון זה ועל נתונים נוספים מהספרות הקשורים בהערכת סיכון לתחלואה חישוב החוקרים את הערכות הסיכון הבריאותיות (לפי המדדים שלעיל) הנובעות מחשיפה לעישון פאסיבי של סיגריות, לעומת אי חשיפה לעישון פאסיבי, בבית. כמו כן, הם חישוב את הערכות הסיכון הבריאותיות עבור אותם מדדים כתוצאה מחשיפה לכמות מוגדרת (בהתייחס לערך הנפוץ בשימוש בספרות כדי לתאר עליה: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) של מזהמי האוויר השונים PM_{2.5} וחנקן דו חמצני. לאחר מכן, ביטאו מחברי המאמר את ההשפעה של $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{2.5} או של החנקן הדו-חמצני על כל אחד מהמדדים הבריאותיים במספר סיגריות בעישון פאסיבי ליום. לצורך ביצוע השוואה זו נלקחו בחשבון פרמטרים מתמטיים שונים, כך שבסופו של דבר הם פיתחו נוסחה שאפשרה להם לבצע את ההמרה.

להלן דוגמא המסכמת את הנושא: בעקבות ניתוב מחדש של כבישים בתוך העיר האג פחתה כמות המכוניות בכביש פנימי מסוים ב 50%. לפני השינוי ואחריו בוצעו מדידות זיהום אוויר, ונמצא כי הריכוז של חנקן דיאוקסיד ($11.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) פחת במידה השווה ל 4 סיגריות בעישון פאסיבי ביום בהקשר של תמותה כתוצאה ממחלות קרדיווסקולריות, במידה השווה ל 2 סיגריות בהקשר של סרטן הריאות, ובמידה השווה לסיגריה וחצי בהקשר של ילודה במשקל נמוך.

אם מסתמכים על נתונים אלה בבואנו להשוות למתרחש בתל אביב, ניתן להתרשם כי בתחנת רכבת השלום, למשל, הממוצע החודשי של חנקן דיאוקסיד הינו $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$. הפחתה של 20% מערך זה מקבילה להפחתה של כ 3 סיגריות בעישון פאסיבי בהקשר של ילודה במשקל נמוך, לדוגמה.

ככלל, אדם שמעשן סיגריות חשוף לכמות PM_{2.5} הגדולה פי 300 מאדם ממוצע שמוגדר כמעשן פאסיבי.⁷¹ בהנחה שהנזקים של העישון הפאסיבי שתוארו בחלק זה נרחבים ודומים מאוד לנזקי זיהום האוויר, נתון זה ממחיש עוד יותר את הנזקים הבריאותיים של עישון סיגריות לאדם המעשן באופן אקטיבי.

⁶⁹ Van der Zee, S. C., Fischer, P. H. & Hoek, G. (2016) Air pollution in perspective: Health risks of air pollution expressed in equivalent numbers of passively smoked cigarettes, Environ Res. 148, 475-483.

⁷⁰ Öberg, M. J., MS. Prüss-Üstün, A. Schweizer, C. Woodward, A. (2014) WHO | Second hand smoke: Assessing the burden of disease at national and local levels, WHO.

⁷¹ Ibid, Van der Zee et al

Pope, C. A., 3rd, Burnett, R. T., Krewski, D., Jerrett, M., Shi, Y., Calle, E. E. & Thun, M. J. (2009) Cardiovascular mortality and exposure to airborne fine particulate matter and cigarette smoke: shape of the exposure-response relationship, Circulation. 120, 941-8.



זיהום אוויר מגיע לעיר

פיזור המזהמים

באופן כללי, ריכוזם באוויר של רוב המזהמים עולה בין פי 2 ל-3 בקרבת דרכים סואנות לעומת אזורים מרוחקים יותר מתחבורה. גם החשיפה בתוך הרכב לחומר חלקיקי ולמזהמים ראשוניים שמשתחררים כתוצאה משריפת דלק מנועי היא גבוהה במיוחד.⁷²

חומר חלקיקי מתפזר באוויר בהתאם לגודלו ככל שהחלקיק קטן יותר כך יינשא למרחקים גדולים יותר ויישאר זמן רב יותר באוויר.⁷³ כאמור לעיל, חומר חלקיקי מסוגים שונים מהווה תוצר של תהליך הפליטה של שריפת דלק מנועים, לכן ריכוזיו באוויר יעמדו בהלימה להיקף השימוש ברכבים באזור המדובר. עם זאת, חשוב לציין שבישראל אחוז קטן מהחומר החלקיקי (PM2.5 ו-PM10) הוא תוצר של תחבורה מקומית, הרוב המוחלט של מזהמים אלה נוצר במדינות אחרות ונישא לכאן עם משבי הרוח.⁷⁴

פיזור של תחמוצות חנקן, ובפרט חנקן דו חמצני, תלויים בעיקר בהימצאותם של מקורות פליטה, כגון רכבים המונעים במנוע דיזל. כאמור לעיל, החנקן הדו חמצני יכול להוות מדד להיקף זיהום מרכבים.⁷⁵ מחקר שנעשה במדינת ישראל בדק כמות מזהמים באוויר בסמוך לכמה מרכזי ערים לפני יום כיפור, במהלכו ואחריו.⁷⁶ ממצאי המחקר העיקריים מצביעים על ירידה של עד 90% בריכוזי חנקן דו חמצני באוויר ביום כיפור עצמו בהשוואה ליום שאחריו (מבוסס על ממוצע מדידות במשך 24 שעות לאורך 9 שנים בשלושה מרכזי ערים), מה שממחיש את התרומה הכמעט בלעדית של כלי הרכב לריכוזו של מזהם זה באוויר.

במקרה של אוזון, ריכוזיו תלויים במידה רבה בריכוזים של חומרי המוצא שלו באוויר; היות והוא תוצר של אינטראקציה בין חומרי מוצא הנמצאים באוויר ובין האור, יש לצפות שיימצאו כמויות גדולות שלו בסמוך למרכזי פליטה של כימיקלים אלה (כמו למשל במרכזי ערים שבהן תנועת רכבים ערה).

אך לא תמיד הדבר כך: כשיש הצטברות של כמויות גבוהות של תחמוצות חנקן באטמוספירה האוזון מתפזר בעיקר דווקא לכיוונם של אזורים פרבריים או כפריים שסמוכים למרכזי העיר.⁷⁷ מאידך, אוזון

⁷² Michal Krzizanowski, Particulate matter and health: Update on WHO's view on air pollution, presentation made at workshop on the health impact of airborne dust, Amman 2015, ppt download in <https://slideplayer.com/slide/8997353/>

⁷³ Ibid, Mohankumar et all.

⁷⁴ Erel, Y., Axelrod, T., Veron, A., Mahrer, Y., Katsafados, P. & Dayan, U. (2002) Transboundary atmospheric lead pollution, Environ Sci Technol. 36, 3230-3.

Erel, Y., Dayan, U., Rabi, R., Rudich, Y. & Stein, M. (2006) Trans boundary transport of pollutants by atmospheric mineral dust, Environ Sci Technol. 40, 2996-3005.

Kalderon-Asael, B., Erel, Y., Sandler, A. & Dayan, U. (2009) Mineralogical and chemical characterization of suspended atmospheric particles over the east Mediterranean based on synoptic-scale circulation patterns, Atmospheric Environment. 43, 3963-3970.

Erel, Y. O. T., N. Kessler, U. Dayan, S. Belkin, M. Stein, A. Sandler, J. J. Schauer (2013) Atmospheric Particulate Matter (PM) in the Middle East: Toxicity, Trans-boundary Transport, and Influence of Synoptic Conditions | SpringerLink, SpringerLink.

Erel, Y., Kalderon-Asael, B., Dayan, U. & Sandler, A. (2007) European atmospheric pollution imported by cooler air masses to the Eastern Mediterranean during the summer, Environ Sci Technol. 41, 5198-203.

⁷⁵ Ibid, Report on WHO

⁷⁶ Ibid, Dayan et all.

⁷⁷ Ibid, Report on WHO

יכול לעבור שינוע אטמוספרי על פני מרחקים רבים, כך שהוא נחשב לבעיה זיהומית גדולה מאוד וחוצת תחומים.⁷⁸ היות והוא תלוי בכמויות אור ליצירתו, פיזור האוזון תלוי גם בעונות השנה הכמויות הגדולות ביותר שלו יימצאו בתקופת הקיץ בשעות אחר הצהריים.⁷⁹

תקנים של זיהום אוויר

Euro 4, Euro 5, Euro 6 i (2009) Euro 6 i (2014) הם תקנים אירופיים לפליטות של כלי רכב ממונעים. הגבלות הפליטה של תקן Euro ה קובעות את שיעור הפליטה המותר של מזהמים ספציפיים, כמו NOx, מכלי רכב הנבדק בתנאי מעבדה בביצוע מחזור נהיגה ספציפי. תקן Euro 5 באיחוד האירופי מתיר לכלי רכב מונעים בדיזל רמת פליטה של NOx הגבוהה פי שלושה ויותר מהרמה המותרת לכלי רכב המונעים בבנזין. על אף שערכי הפליטה שנמדדו בתנאי בדיקה ירדו במעבר לתקני יורו מחמירים יותר, מחקרים שנערכו לאחרונה מצביעים על כך שבפועל פליטות NOx מכלי רכב המונעים בדיזל לא השתנו במהלך העשור האחרון, זאת בעקבות הגידול בנפחי התחבורה.⁸⁰

מגמות זיהום אוויר בגוש דן

לגבי העיר תל אביב ופרבריה, איכות האוויר מושפעת מגורמים שונים שהינם ייחודיים למחוז זה. צפיפות האוכלוסין הגבוהה בארץ, תנאים מטאורולוגיים התורמים לפיזור מזהמי האוויר והעובדה שאין מערכת תחבורת המונים מפותחת ויעילה הינם רק חלק מגורמים אלו. דו"חות איכות אוויר המסכמים ממצאים של ניטורי אוויר שנעשו בתל אביב בשנת 2016 מצביעים על חריגות רבות במהלך היממה בריכוזי תחמוצות חנקן, בחלקיקי PM_{2.5} או בשניהם יחד באזורים רבים, בהם תחנת רכבת השלום, תחנת רכבת ההגנה, רחוב אלנבי ומחלף קיבוץ גליות.⁸¹

ערכים של מזהמי האוויר בתל אביב ובגוש דן מדאיגים ומהווים עול בריאותי שהיה אפשר לפתור אם הייתה מדיניות אחרת בנושא תחבורה. הטבלה הבאה מסכמת את ריכוזי המזהמים שנמדדו בחודש אפריל 2018 בכמה אזורים נבחרים ואת מידת החריגה מהמלצות ארגון הבריאות העולמי בנושא.⁸²

מקום	חלקיקים עדינים 2.5 (µg/m³)			חנקן דו חמצני (µg/m³)		
	המלצת WHO	ריכוז	חריגה מ WHO	המלצת WHO	ריכוז	חריגה מ WHO
אחד העם, ת"א	10	23	130%	40	37	-8%
עירוני ד, ת"א	10	18	80%	40	31	-23%
אלנבי, ת"א	10	21	110%	40	68	70%
ירושלים בר אילן	10	15	50%	40	47	18%
השלום, ת"א	10	44	340%	40	109	173%
ההגנה, ת"א	10	37	270%	40	77	93%

⁷⁸ Ibid, Report on WHO, 2003

⁷⁹ Ibid, Report on WHO, 2003

⁸⁰ Ibid, Whorof, 2003.

⁸¹ (2018) דו"חות ניטור אוויר מתחנות ניידות מחוז תל אב

⁸² <http://www.svivaagm.net/Default.rtl.aspx>

בשונה מן הערכים של ארגון הבריאות העולמית (הנקראים גם ערכי יעד) המשרד להגנת הסביבה פועל על פי שני סוגים של ערכים: ערכי סביבה וערכי התרעה. ערכי יעד הם ערכים שמתחתם הסיכון הסביבתי נחשב זניח. ערכי סביבה הם ערכים שחריגה מהם מהווה זיהום אוויר חזק או בלתי סביר. ערכי התרעה הם ערכים שחריגה מהם, אפילו לזמן קצר, גורמת או עלולה לגרום לסיכון או לפגיעה בבריאותם של בני אדם.⁸³

זיהום אוויר מתחבורה פוגע בבריאותם של רוב תושבי ישראל. אולם ישנם אתרים שבהם החשיפה לזיהום אוויר מתחבורה היא החמורה ביותר, אלו הן תחנות הרכבת הסואנות של גוש דן, אשר בהן קיימת חריגה מתמדת מערכי הסביבה של המשרד להגנת הסביבה, כפי שמצוין בטבלה הבאה:⁸⁴

תחנת ניטור	מספר חריגות יומיות PM2.5	מספר חריגות יומיות Nox	מספר חריגות שעתיות No2
רכבת השלום	19	21	72
רכבת יוספטל	19	20	12
רכבת ההגנה	12	1	4
ערכי סביבה	37.5	560	200

התמקדות בריכוזי חלקיקים (שקוטרם $2.5\mu\text{g}$ או פחות) בשנה האחרונה מראה תנודות לאורך השנה, אולם בכל מצב הריכוזים חורגים בהרבה מהמלצות ארגון הבריאות העולמי:

שנה	2018												2017												חודש
	07	06	05	04	03	02	01	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	12	11	10	09	08	
אחד העם, ת"א	22	20	28	23	31	31	22	28	24	20	20	21	22	20	28	23	31	31	22	28	24	20	20	21	
יפו יפת, ת"א	26	21	26	22	29	31	25	27	22	16	21	26	26	21	26	22	29	31	25	27	22	16	21	26	
כביש 4, ת"א	19	17	25	20	26	26	21	24	21	18	18	21	19	17	25	20	26	26	21	24	21	18	18	21	
עירוני ד, ת"א	17	16	23	18	25	24	20	26	17	14	15	18	17	16	23	18	25	24	20	26	17	14	15	18	
ראשל"צ, ת"א	17	16	24	20	25	25	20	24	20	16	18	22	17	16	24	20	25	25	20	24	20	16	18	22	

אם עורכים בדיקה של התפתחות המזהמים לאורך כמה שנים אנו רואים מגמה כללית של ירידה, ועם זאת הריכוזים עדיין גבוהים מאוד והחריגה חמורה. כך עם חלקיקים נשימים עדינים מאוד (PM2.5):

מיקום	2011	2014	פער 2014-2011	2017	פער 2017-2011	הערות
עמיאל תל אביב	23.2	18.3	-21%	19.4	6%	
עירוני ד תל אביב	23.1	21.5	-7%	17.9	-17%	
רמז תל אביב	27.1			21.1	-22%	2017-2011
כביש 4 תל אביב	25.7	22.4	-13%	20.8	-7%	
אחד העם תל אביב	21.6			16.5	-24%	2017-2011
ראשון לציון	22.8	20.6	-10%			
יפת יפו תל אביב		21.5		19.4	-10%	

⁸³ <http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/SvivaAir/Laws/Pages/toxicityvalue.aspx>

⁸⁴ <http://www.svivaqam.net/Default.rtl.aspx>

ולהלן המגמת בנוגע לתחמוצות חנקן, שהן כאמור המדד המהימן לזיהום אוויר מתחבורה:

Location	2011	2014	פער 2011 2014	2017	פער 2014 2017	הערות
עמיאל תל אביב	26.6	25.8	-3%			
עירוני ד תל אביב	27.3			19.4	-29%	2017 2011
רמז תל אביב	24.5					
כביש 4 תל אביב	23.3	23.9	3%			
אחד העם תל אביב	21.4	26	21%			
ראשון לציון	25.8			23.8	-8%	2017 2011
יפת יפו תל אביב		16		15.1	-6%	2017 2011

התמונה המצטיירת היא שחלה ירידה מתונה ברמות זיהום האוויר במהלך השנים האחרונות. מאחורי ירידה זו עומדות שלוש מגמות: האחת, כניסה של רכבים נקיים יותר בעקבות מדיניות מיסוי ירוק של רשות המסים, תרמה לירידה; השנייה, גידול משמעותי בכמות כלי הרכב בישראל; והשלישית, החמרת הגודש. שתי האחרונות בלמו את הישגיה של המגמה הראשונה.

הגורמים המגבילים את הפחתת זיהום האוויר בגוש דן

הגורם העיקרי שעומד מאחורי הירידה היחסית בזיהום האוויר מתחבורה בשנים האחרונות הוא מדיניות מיסוי ירוק של רשות המסים, שמעודדת מזה כעשור קנייה של רכבים מזהמים פחות על ידי הציבור הישראלי. מיסוי ירוק קובע דרגות מיסוי בהתאם לרמות הפליטות של מזהמי התחבורה העיקריים, בהתאם לטבלה הבאה:⁸⁵

דרגת זיהום	מס קניה ממוצע	דרגת זיהום	מס קניה ממוצע
1 נטול פליטות	10%	8	63%
2 Plug-In	19%	9	67%
2 היברידי	29%	10	70%
3	37%	11	68%
4	49%	12	70%
5	51%	13	72%
6	60%	14	76%
7	63%	15	81%

מדיניות המיסוי הירוק עודדה רכישה של רכבים מזהמים פחות, אולם התוצאה שלה מבחינת זיהום הייתה קצת אחרת: הלקוחות קנו רכבים פחות מזהמים אבל כמות הרכבים שנקנו גדלה באופן ניכר, והפער בין קצב גידול מספר הרכבים ובין פיתוח התשתיות הגביר באופן משמעותי את הגודש בכבישי ישראל.

⁸⁵ <https://taxes.gov.il/about/periodicreports/documents/skitrarehev/rechev2016.pdf>

השוואה בין ישראל ושאר מדינות ה OECD מגלה שרשת הכבישים בארץ היא הצפופה ביותר במערב.⁸⁶ באופן מפתיע, בהשוואה למדינות מערביות אחרות, בישראל יש דווקא פחות כלי רכב בבעלות פרטית ביחס למספר התושבים.⁸⁷ משנת 1960 ועד היום הוכפל אורך הכבישים בישראל פי שלושה, ובאותו פרק זמן הוכפל מספר הרכבים הפרטיים פי 47! בעוד מספר האוטובוסים הוכפל פי 8 בלבד!⁸⁸ סכומי עתק הושקעו בתחבורה הפרטית, ואילו התחבורה הציבורית הוזנחה.⁸⁹

שנה	רכבים פרטיים	גידול	סך כלי הרכב	אחוז רכבים פרטיים מסך כלי הרכב	גידול שנתי במספר כלי הרכב
1952	10,636		37,993	28	
1960	23,980	125%	69,580	34.5	17.5
1970	147,785	516%	266,233	55.5	12.5
1980	409,518	177%	539,525	75.9	3.1
1990	803,021	96%	1,015,404	79.1	3.2
2000	1,396,947	74%	1,831,530	76.3	6.1
2010	2,053,248	47%	2,566,191	80	5.5
2017	2,856,959	39%	3,373,139	84.7	4.8

אנחנו רואים שכמות הרכבים הפרטיים בישראל לא הפסיקה לזנק בשנים האחרונות. הגודש הנלווה לתופעה הזו החמיר את המצב: רכב שעומד בפקק מזהם פי שניים מרכב שנע ללא הפרעה.

בהתבסס על מקדמי פליטות לתחבורה ועל עלויות חיצוניות של המשרד להגנת הסביבה ניתן לשקלל ולהעריך את ההשפעה הסביבתית של כלי רכב במצבים שונים.⁹⁰ הטבלה הבאה מסכמת את העלות החיצונית הנגרמת מזיהום אוויר של כלי רכב שנוסע לאורך קילומטר אחד בשלושה מצבי תנועה שונים: תנועה זורמת, תנועה איטית ומצב פקוק.

עלויות חיצוניות	כביש עירוני זורם	כביש עירוני פקוק	כביש עירוני פקוק
רכב ממוצע שנת 2015	3 אג'	4 אג'	7 אג'
אוטובוס בתקן יורו 6	17 אג'	20 אג'	50 אג'

גם עבור אוטובוס וגם עבור רכב פרטי, אנו רואים כי העלות החיצונית גדלה באופן משמעותי בגלל הגודש. **פקקים אחראים לכך שרכב פרטי מזהם פי שניים ואוטובוס פי שלושה לאותה נסיעה.** כך בטבלה הבאה:

סוג רכב	רכב ממוצע שנת 2015	אוטובוס חשמלי	אוטובוס בתקן יורו 6	אוטובוס בתקן יורו 5
עלויות חיצוניות	3 אג'	12 אג'	17 אג'	71 אג'
שווי במספר רכבים		3	5	21

⁸⁶ <https://www.themarker.com/dynamo/1.4456142>

⁸⁷ http://www.cbs.gov.il/shnaton68/st24_25.pdf

⁸⁸ http://www.cbs.gov.il/shnaton68/st24_11.pdf

⁸⁹ OECD 1,400 לירות שטרלינג לתושב לעומת 10,000 בממוצע במדינות ה <https://www.knesset.gov.il/mmm/data/pdf/m03196.pdf>

⁹⁰ אנו מתבססים על כמות הזמהמים הבאים שנפלטת לקילומטר נסיעה: פחמן דו חמצני, פחמן דו חמצני, חנקן דו חמצני, חנקן חד חמצני, חלקיקים נשימים עדינים וחומרים אורגנים נדיפים. אי אפשר לסכם את הכמויות הנפלטות לסכום כולל, אולם אפשר לחשב עבור כל סוג מזהם מהי העלות החיצונית שלו בכסף ולסכם את סך העלויות החיצוניות של כלל המזהמים.

הטבלה מראה שאוטובוס מזהם יותר מרכב פרטי. אולם בין האוטובוסים ישנם הבדלים משמעותיים. אוטובוס חשמלי (שמתבסס על חשמל)⁹¹ נקי יותר מאוטובוסים שמונעים בסולר. בין האוטובוסים שמונעים בסולר, אוטובוס בתקן יורו 6 נקי הרבה יותר מאוטובוסים ישנים יותר. אוטובוס יכול להסיע עד 50 נוסעים. לעומת זאת רכב פרטי יכול להסיע עד 5 נוסעים, אך רוב הזמן במיוחד בשעות הבוקר משמש נוסע אחד או שניים בלבד. אי לכך, ברוב המקרים, נסיעה אוטובוס מזהמת הרבה פחות מנסיעה ברכב פרטי.



פגז, פחם מתחדשות, בהתאם לתמהיל החשמל הישראלי⁹¹

פחות רכבים פרטיים, יותר חלופות

במשך עשורים הופקע המרחב הציבורי לטובת הרכבים הפרטיים, הפקעה שהובילה למצב של אי-שוויון משווע ולפגיעה בזכות הנייד של אוכלוסיות מוחלשות מבחינה סוציו-אקונומית או חברתית (בעיקר סטודנטים, קשישים ותושבי הפריפריה). אי-השוויון הקיצוני יצר מפלצת תחבורתית שמשתקת, בסופו של דבר, את כל המדינה.

כל הגורמים הנוגעים בדבר, בהם משרד התחבורה והרשויות המקומיות, מבינים כי מדובר במשבר חמור. השאלה היא מה עומק השינוי שהם מוכנים להוביל. רוב סוגיות התחבורה צריכות להיפתר על ידי שיתוף פעולה הדוק בין משרד התחבורה לבין הרשויות המקומיות ובין הרשויות המקומיות עצמן. חשוב וחינוי שלרשויות המקומיות יהיו חזון שאפתני בנושא תחבורה ומדיניות נועזת כדי לממשו.

קיים כשל של אחריות בתחום התחבורה, והילדים שלנו הם אלה שמשלמים על כך בבריאותם. משרד התחבורה מאשים את הרשויות המקומיות בחוסר שיתוף פעולה, והרשויות המקומיות מאשימות בחזרה את משרד התחבורה, או מטילות את האשמה זו על זו.

אנחנו מתרכזים כאן ברשויות המקומיות של אזור גוש דן ומצביעים על המהלכים שעליהן לנקוט כדי לשפר את איכות האוויר בתחומן.

1) לצמצם כניסת רכבים המגיעים מחוץ לתל אביב

כ 300,000 בני אדם מגיעים מדי יום לתל אביב כדי לעבוד. הם מגיעים בבוקר וחוזרים בערב, רובם ברכב פרטי. עוד רבים מגיעים לערים אחרות בגוש דן ומביאים איתם את הזיהום ואת הפקקים. תושבי ערי גוש דן מתרעמים על הדרישה לוותר על הרכב הפרטי כשיום-יום ממשיכים מאות אלפים נהגים לנהור לאזור מבחוץ ברכבם הפרטי. גם מי שמגיע לעבוד באזור המרכז רוצה אוויר נקי ומעדיף לא לבלות שעות בפקקים.

אנו חושבים שיש לצמצם באופן דרסטי את מקומות החניה באזורי התעסוקה באזור המרכז. במקומם, על הרשויות המקומיות ומשרד התחבורה לעודד הקמת מערך הסעות לאזורי התעסוקה השונים וביניהם.

2) לאסור על כניסת רכבי דיזל ישנים לתוך מרכזי הערים

רכבי דיזל שורפים סולר, הדלק המזוהם ביותר. קיימים כמה תקנים לדיזל וכל תקן פולט כמות מסוימת של מזהמי אוויר, כשרק תקן יורו 6 מעיד על רכב דיזל לא מזהם יחסית. שאר רכבי הדיזל, מיורו 1 עד יורו 5, מזהמים עד מאוד וכניסתם למרכזי הערים מסכנת את בריאות הציבור ובפרט את בריאות ילדינו. לשם כך פתח המשרד להגנת הסביבה בתוכנית לצמצום נסועה ברכבי דיזל במרכזי הערים חיפה וירושלים. תל אביב, משום מה, לא הצטרפה להסדר.

כל ראשי הערים בגוש דן חייבים לאסור על נסיעות רכבי דיזל ישנים במרחב העירוני. לאחר הקמת חניונים לטעינת אוטובוסים חשמליים יוכל ראש העיר לדרוש להוציא כל אוטובוס שאינו חשמלי ממרחב העיר.

3) להתעקש על פתרונות של תחבורה שיתופית חכמה ולקדם השכרת רכב גמישה יותר

רוב תושבי המרכז יהיו מוכנים לוותר על הרכב הפרטי ולהשתמש בחיי היום-יום באופניים או באוטובוס חשמלי שקט אם לא תשלל מהם החירות להתנייד לאן שהם רוצים ומתי שהם רוצים. בעלות על רכב פרטי סיפקה את החירות הזו בעבר, אך כאמור, הכמות הגדולה של רכבים פרטיים בערים הגדולות מונעת אותה.

יש לחתור ולהבטיח את החירות הזו בדרכים חלופיות. הדרך האחת היא לאפשר מערכות חכמות לתחבורה שיתופית, כמו אובר. משרד התחבורה התנגד לקידום תחבורה שיתופית בישראל, למרות הפוטנציאל האדיר שלה להפחתת הגודש וזיהום האוויר, מסיבה אחת ויחידה: לחץ של נהגי המוניות על שר התחבורה ישראל כץ. מחובתם של ראשי ערים ללחוץ על משרד התחבורה, ואף להקים באופן עצמאי מערכות לתחבורה שיתופית. דרך אחרת היא הקמת מערך להשכרת רכב גמישה. כמו שיש חבילות גלישה לאינטרנט וחבילות לסלולר, כך צריכות להיות חבילות השכרת רכב חודשיות או שנתיות. כל תושב גוש דן, ובוודאי כל הורה, יעשה חישוב עלויות ויבין מהר מאוד היכן האינטרס שלו: לוותר על הרכב הפרטי, על עלויות הביטוח, על הדלק ועל התיקונים ולרכוש חבילת השכרה שתאפשר לו ליהנות מרכב פרטי חשמלי מתי שהוא צריך. ראשי ערים יכולים כבר היום לקדם פתרונות כאלה.

(4) לקדם נתיבי תחבורה ציבורית

על ראש העיר הבא להמיר חניות לרכבים פרטיים, הממלאות כיום את הרחובות בנתיבי העדפה לתחבורה ציבורית, לתחבורה שיתופית ולאופניים. נתיבי העדפה לתחבורה ציבורית ולתחבורה שיתופית מקודמים בימים אלה תחת המסגרת של תוכנית מהיר לעיר. מהיר לעיר היא תוכנית בסיסית שתוציא את האוטובוסים מהפקקים בגוש דן. חיוני שהתוכנית הזו תצא לפועל כמה שיותר מוקדם ושהמועמדים לראשות העיר יבהירו חד משמעית שהם תומכים בה. ראשי ערים צריכים להשלים צעד זה על ידי תעדוף אקטיבי של תחבורה ציבורית ברמזורים בתוך העיר. מהפכת נתיבי התחבורה הציבורית חייבת לבוא יחד עם מהפכת האוטובוסים החשמליים, שתלויה כאמור בהקמה של חניונים ייעודיים לכך.

(5) להקים מגרשי אוטובוסים חשמליים

אוטובוסים חשמליים הם חלק מהותי ממהפכת התחבורה הציבורית בערים הגדולות. הם לא מזהמים את האוויר, הם שקטים ונוחים יותר. אבל אוטובוסים חשמליים חייבים מגרשים לטעינה. ראשי ערים בגוש דן לא נותנים עד כה מענה ראוי לסוגיית מגרשי האוטובוסים החשמליים. הם מעדיפים לתת זכויות בנייה לנדל"ן על מגרשים פנויים ונרתעים מלהפקיע חניונים לרכבים פרטיים כדי להפוך אותם לחניונים עם עמדות טעינה לאוטובוסים חשמליים. מדיניות זו מונעת לא רק את חשמול האוטובוסים, אלא גם את פריסתם הנכונה במרכזי הערים, תנאי הכרחי לרישות נאות ולעמידה בזמנים. יתרה מכך, טיפול במחדל החניונים במרכזי הערים הכרחי כדי שיהיו מקומות מנוחה לנהגי האוטובוסים. היעדר מקומות מנוחה לנהגי אוטובוסים היא אחת הסיבות העיקריות למשבר הנהגים בישראל. יש להמיר חניות לרכבים פרטיים במגרשי אוטובוסים חשמליים כדי לאפשר פריסה אופטימלית של תחבורה ציבורית נקייה ושקטה, ולספק לנהגי האוטובוסים מקום שבו יוכלו לנוח, ואחר כך לתת שירות אדיב יותר לנוסעים.

(6) לקדם נתיבי אופניים

רציפות של נתיבים היא חובה כדי להפוך את האופניים לבסיס מהפיכת הניידות הנקייה במרכזי הערים. ערי גוש דן הן מישוריות ולכן אידיאליות לרכיבה באופניים, חשמליים וגם לא חשמליים. אבל לרוכבים אין מקום בעיר. אם רוכב נוסע על הכביש באופניים הוא עלול להיפגע על ידי רכב, ולכל הפחות רכבים פרטיים צופרים לו ומאיימים עליו; אם הוא נוסע על המדרכה כדי לא להסתכן הוא מסכן הולכי רגל; אם הוא נוסע באחד מנתיבי האופניים הוא מוצא את עצמו על המדרכה פתאום, ללא כל התרעה, ושומר רושם לו דו"ח!

חייבים לפתח רציפות של נתיבי אופניים על ידי הפקעת חניות לרכבים פרטיים ברחובות ולא על ידי צמצום המדרכה והמרחב של הולכי הרגל. ברגע שתהיה רציפות רבים יוותרו בשמחה על הרכב הפרטי וירכבו בתוך העיר על אופניים, ואף יסיעו את ילדיהם לבתי הספר באופניים.

תוכנית לנתיבי תחבורה ציבורית בגוש דן 'מהיר לעיר'

תוכנית 'מהיר לעיר' היא פרי מאמצים מתמשכים אשר נועדו לפתור את בעיות הגודש ההולכות ומחריפות בגוש דן. התוכנית תוסיף כ-330 קילומטרים של נתיבי תחבורה ציבורית (הרחבה של יותר מ-300%) באזור המרכז, בתוך הערים וביניהן. מדובר ב-330 קילומטרים של כבישים מרכזיים בגוש דן שמהווים כיום מוקדים לפקקים. יישום "מהיר לעיר" יאפשר לתחבורה הציבורית לחסוך עשרות אחוזים מזמני הנסיעה במקטעים אלה.

התוכנית 'מהיר לעיר' מאופיינת ביכולת יישום מיידית ובהבנה של מתכנניה שמשבר התחבורה ההולך ומחריף אינו משאיר כל פתח לדחייה. את התוכנית אישרו כל הגורמים הרלוונטים והיא יצאה לדרך לפני שנה וחצי. יישומה הוא שלב ראשון והכרחי לפתרון משבר התחבורה בישראל, אשר יתמרץ את הנוסעים לבחור באפשרות הניידות השפויה: תחבורה ציבורית חכמה ונקייה.

למרבה הצער, התוכנית הכה-חיונית לישראל בעת הזו עלולה להחטיא את המטרה שלשמה נוצרה קידום תחבורה ציבורית לפני שיתוק תחבורתי מוחלט. יש לכך שתי סיבות:

1. פיתוח נתצ"ים בתוך הערים מצריך במקרים רבים שימוש במקומות חניה קיימים. לקראת הבחירות המקומיות קיים חשש כי תושבים אשר ייפגעו מכך ילחצו על ראשי ערים לסגת ממנה.
2. באשר לנתצ"ים בין-עירוניים, משרד התחבורה בחר באפשרות היקרה והארוכה של סלילת נתיב נוסף או הפיכת שול לנתצ"י, אפשרות שדוחה את יישום החלק הבין-עירוני של התוכנית לשנת 2020 לפחות.

ניתן להבטיח את מימושה המידי של 'מהיר לעיר'. אם עירייה תחליט לסגת מהתוכנית, יש לשר כץ סמכות לפי חוק הפקיע קטע כביש עירוני כדי לערוך בו שינויים שיתרמו להפחתת זיהום האוויר. בקטעים הבין-עירוניים יש לסמן נתיבים קיימים כנתצ"ים ולא לעכב את יישום התוכנית על ידי ביצוע עבודות תשתית יקרות ולא חיוניות.



GREENPEACE