

בחינת ההשפעה של בנייה למגורים בצמוד לתחנות דלק

בעקבות שינוי 1 לתמ"א 18 / 4

מאי 2017

תוכן עניינים

2	מבוא	.1
3	השפעות בריאותיות של מגורים ליד תחנת דלק	.2
3	מזהמים שמקורם בתחנות דלק	.2.1
4	מחלות שנגרמות עקב חשיפה למזהמים באוויר	.2.2
6	ריכוז המזהמים באוויר ביחס למרחק מתחנת הדלק	.2.3
13	השפעה על הבריאות כתוצאה ממגורים בקרבת תחנות דלק	.2.4
22	תוספת דירות בעקבות השינוי	.3
22	מתודולוגיה	.3.1
23	ממצאים	.3.2
25	סיכום ומסקנות	.4
26	ביבליוגרפיה	.5
30	נספח	.6

1. מבוא

ביוני 2016 אישרה ממשלת ישראל את שינוי 1 לתכנית מתאר ארצית לתחנות דלק - תמ"א 18 / 4. מטרת התמ"א היא לקבוע הוראות למיקומן של תחנות דלק, זאת על מנת להתאים את מערך תחנות הדלק לצורכי האוכלוסייה, תוך מניעת מפגעים תחבורתיים, בטיחותיים, סביבתיים ותברואתיים.¹ מטרת השינוי, כמצוין בהוראות התכנית, היא לשנות "מרחקים מינימליים בין תחנות תדלוק לשימושי קרקע אחרים".

עיון בשינוי מראה כי הוא מצמצם את הטווח המותר לבניית מבני מגורים מתחנות דלק מ-40 מטרים אל 20 מטרים. שינוי זה עולה בקנה אחד עם מטרות ממשלת ישראל בשנים האחרונות להגדיל את היצע הדירות, שנעשה בין היתר באמצעות הסרת חסמים על הליכי התכנון. המשמעות של צמצום הטווח היא לאפשר לבנות דירות מגורים בקרבת תחנות דלק, בשטחים ובניינים שעד היום חל איסור לייעד אותם למגורים.

עבודה זאת באה לאמוד את התועלות והנזקים הצפויים של צעד זה. מחד, מתן היתרי בניה ליחידות דיור נוספות תגדיל את היצע הדירות בישראל, ובכך לתת מענה למטרות הממשלה. מאידך, בספרות המקצועית קיימת עדות חד משמעית לחומרים מזהמים שנמצאים בסביבת תחנות הדלק, אשר מסכנים את בריאות הציבור.

תחילה בדקנו את הנזקים הבריאותיים הצפויים לבני אדם שגרים בקרבת תחנות דלק (פרק 2). לאחר מכן ערכנו בדיקה פרטנית של סביבת תחנות הדלק בחמש הערים הגדולות בישראל, כדי לאמוד את פוטנציאל הבניה והמגורים של שינוי זה (פרק 3). בדיקה זו נתנה לנו אינדיקציה לתועלות והנזקים כתוצאה משינוי מספר 1.

בסיום העבודה מצאנו שתי מסקנות מרכזיות. מבחינת ההשפעה על שוק הדיור - גילינו שהפוטנציאל הקיים קטן מאוד ועומד על כ-600 יחידות דיור בלבד,² מספר זעום ביחס להיקפי הבניה השנתיים. כלומר, השפעת המהלך על היצע הדירות ועל מחירי הדירות זניח. מבחינת ההשפעה על בריאות הציבור - מצאנו שקיים חשש לריכוז גבוה של מזהמים באוויר בקרבת תחנות הדלק, ושנאשים שיתגוררו בסביבתן יהיו בסיכון מוגבר לחלות במחלות שונות וקשות כגון לוקימיה, אנמיה אפלסטית, non-Hodgkin lymphoma (NHL) ואסתמה. התוצאות עשויות להיות חמורות עוד יותר מפני שהחישובים שלנו אמדו השפעות של בנזן בלבד, והם מבוססים על מדידות זיהום שנערכו בישראל בעונת החורף, בעת שרמות הזיהום נמוכות מאשר בקיץ.

מפתיע היה לגלות בראשית הדרך כי הממשלה לא ערכה ניתוח עלות-תועלת לשינוי בתמ"א - לא מבחינת הגידול הצפוי בהיצע הדירות, לא מבחינת בדיקת הזיהומים הצפויים בטווחים החדשים ולא מבחינת אומדן הסיכונים הבריאותיים. מצב זה אינו תקין לטעמנו והיה טוב אם הגופים הרשמיים היו עורכים בחינה מסודרת טרם קבלת החלטות מסוג זה.

העבודה מציגה את המשמעויות בהחלטה שעומדת לפתחם של קובעי המדיניות. האם במטרה להוריד את מחירי הדיור אנו מוכנים להסתכן בכך שעוד אנשים יחלו במחלות קשות?

¹ תוכנית מתאר ארצית לתחנות דלק, תמ"א 18, שינוי מספר 4 - תחנות זעירות ותיקון הוראות, נוסח משולב התשס"ו - 2006

² בחמש הערים הגדולות בישראל

2. השפעות בריאותיות של מגורים ליד תחנת דלק

המטרה של חלק זה היא לאמוד את הנזקים הבריאותיים הנובעים ממגורים בקרבת תחנת דלק. לשם כך נפעל בארבעה שלבים עוקבים: ראשית, נפרט את המזהמים שמקורם בתחנות הדלק. שנית, נבדוק אילו מחלות נגרמות עקב החשיפה למזהמים אלה. שלישית, נאמוד את ריכוז המזהמים באוויר ביחס למרחק מתחנת הדלק. ורביעית, נאמוד כיצד הגידול בחשיפה למזהמים משפיע על שכיחות המחלה. ארבעת השלבים יאפשרו לנו לאמוד את הנזק הבריאותי הנוסף שנובע ממגורים קרובים יותר לתחנת דלק - במרחק של 20 מטרים במקום 40 מטרים, כפי שצפוי להיות לאחר השינוי.

2.1 מזהמים שמקורם בתחנות דלק

דלק הוא חומר תעשייתי, המשחרר אנרגיה רבה בעת שריפתו. בתחנות דלק לרכבים אזרחיים נפוצים בעיקר דלקים מסוג בנזין וסולר, המורכבים מחומרים נדיפים וחצי-נדיפים שבחלקם אף רעילים. בנזין למשל מופק מנפט גולמי ומורכב בעיקר מפחמימנים בעלי 5-12 אטומים של פחמן בכל מולקולה. בתהליך הייצור שלו בבתי הזיקוק מוסיפים ומסירים אליו חומרים מסוימים אשר מצד אחד נועדו לשפר את ביצועי המנוע, אך מצד שני פוגעים בבריאות האדם ובסביבה.

נהוג לחלק את הזיהומים הנגרמים מתחנות דלק לשלושה סוגים עיקריים:

א. זיהום אוויר הנגרם מדלק נדיף (שלא נשרף). תכונת הנדיפות של הדלק גורמת לו להתפזר באוויר בעיקר בסביבת עמדות התדלוק (ובתהליך התדלוק), בעמדות מילוי המכלים ובצנרת הובלת דלקים. המזהמים העיקריים באוויר המוזכרים בספרות הם הבנזן (**Benzene**), הקסילן (**Xylene**) והטולואן (**Toluene**) - חומרים המוגדרים כמסרטנים ודאיים על פי ארגון הבריאות העולמי³ ובעלי השלכות בריאותיות נרחבות אחרות. הספרות גם מתייחסת אל הסכנות הנובעות מאתיל בנזן (**EthylBenzene**), הבוטדיאן (**Butdien**), אן-הקסן (**N-hexen**) וסיקלו-הקסן (**Cyclo-hexen**), אך בצורה מינורית יחסית.

ב. זיהום קרקע ומי תהום הנגרם מדליפת דלק (בעיקר דרך מכלים תת-קרקעיים). חומרים אורגניים נדיפים שמשחררים בדליפה לתת הקרקע יכולים לנדוד למרחק עשרות מטרים⁴. חומרים אלה מחלחלים אל מי התהום ולעתים אף חודרים למבנים סמוכים. ידועה התופעה של התרכוזת החומרים המזהמים במרתפים ובחללים היורדים אל מתחת לקרקע, כגון מעליות, חדרי מדרגות וממ"דים, ודרכם מתפשטים לשאר חלקי המבנה. סקר שערך המשרד להגנ"ס בדק 179 מקלטים תת קרקעיים במחוז תל אביב, וב-177 מהם התגלו חומרים אורגניים נדיפים. ב-18 מהם היה ריכוז החומרים באוויר המקלט ברמה של עשרות עד אלפי אחוזים מעל ערכי היעד הקבועים בתקנות אוויר נקי⁵.

ג. זיהום אוויר הנגרם מתנועת מכוניות באזור התחנה. ברכב מותנע יש תהליך של פליטת מזהמים מהאגוז, כתוצאה מבעירת הדלק. מבין המזהמים הנפלטים לאוויר יש חומר חלקיקי

³ WHO Regional Office for Europe. Chapter 5.2 Benzene. Air Qual. Guide

⁴ מכתב של עמותת "במקום", "השגה לתמ"א 18/4/1 – תכנית מתאר ארצית לתחנות תדלוק, שינוי מס' 1", 16 במארס, 2015.

⁵ המשרד להגנת הסביבה – מחוז תל אביב, ממצאי מזהמים נדיפים במרתפים ומקלטים ציבוריים במחוז תל אביב, 2008-2010, דצמבר 2011

(particulate matter) מסוגים שונים (2.5 PM ו-10 PM), בנון ועוד. חומרים אלה גורמים לנזק משקי גבוה, שנאמד בכ-6.5 מיליארד ש"ח לשנת 2011.⁶

בעבודה זו נתמקד רק באומדן זיהום האוויר הנגרם מדלק נדיף (סעיף א' לעיל). את זיהום הקרקע אין דרך לאמוד ביחס למרחק מתחנת הדלק, את זיהום מי התהום לא נכון לאמוד משום שמגורים בקרבת תחנת דלק אינם מבטיחים שתייה שלהם, ואת זיהום האוויר הנגרם מתנועת מכוניות בתוך תחנת הדלק אין אפשרות לבדד מהזיהום שמקורו בדרכי הגישה לתחנה. כלומר, המדד שלנו בעבודה זו משקף הערכת חסר של הזיהומים אליהם נחשפים אנשים הגרים בקרבת תחנות דלק.

2.2 מחלות שנגרמות עקב חשיפה למזהמים באוויר

קיימת ספרות מחקרית ענפה שמקשרת בין חומרי ה-BTEX (בנון, טולואן, אתיל בנון וקסילנים) לבין מחלות שונות ותופעות רפואיות שונות. החומר שנחשב למזהם העיקרי הוא בנון ולכן גם מושקעת עבודה רבה מצד רגולטורים, ממשלות וסוכנויות שונות. מאמצים נועד להפחית את השימוש בבנון במוצרים שונים, ומאידך לעודד שימוש בכלים שיצמצמו את הזיהומים הנובעים ממנו. הדרך שבה בנון משפיע על הבריאות אינה ברורה לחלוטין, ומאמרים רבים עוסקים במנגנונים הגופניים המושפעים ממנו. עם זאת, יש לציין כי השפעתו על הבריאות מוכחת מבחינה מחקרית (לפחות אלו שמופיעות בטבלה להלן). טבלה 1 מציגה את המחלות שנגרמות עקב חשיפה באוויר למזהמים המרכזיים.

⁶ דוח הוועדה למיסוי ירוק 3 - תחליפי נפט לתחבורה, לוח 47, עמוד 185.

טבלה 1 - מזהמים מרכזיים בקרבת תחנות דלק והמחלות הנגרמות מהם

מחלות	חומר
לוקימיה (AML, ALL, CML, CLL) ⁷	בנזן
non-Hodgkin lymphoma ⁸ (NHL)	
אנמיה אפלסטית ⁹	
אסתמה ¹⁰	
פגיעה במערכת העצבים המרכזית	טלואן ¹¹
הפסקת הריונות	
רגישות בעיניים ובגרון, סחרחורת	אתיל בנזן ¹²
בחילות, כאבי ראש, בלבול, חולשה, "מזג חם", הקאות ותגובות איטיות	קסילין ¹³

הספרות מתייחסת לבנזן כמזהם העיקרי והחמור ביותר,¹⁴ מה גם שאפשר להתרשם מהטבלה שלעיל שהוא גורם למחלות קשות. בנוסף, יש חשש שבנזן גורם למחלות כגון סכרת, סרטן ריאות, SCC, Atopic Dermatitis ומחלות נשימתיות שונות כגון אסטמה ו-Allergic Rhinitis. בנזן אף גורם

⁷ Khalade, Abdul, et al. "Exposure to benzene at work and the risk of leukemia: a systematic review and meta-analysis." *Environmental Health* 9.1 (2010): 31.

⁸ Cocco, P., et al. "Occupational exposure to solvents and risk of lymphoma subtypes: results from the Epilymph case-control study." *Occupational and Environmental Medicine* 67.5 (2010): 341-347.

⁹ Smith, Martyn T. "Overview of benzene-induced aplastic anaemia." *European Journal of Haematology* 57.S60 (1996): 107-110.

¹⁰ Rumchev, K., et al. "Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children." *Thorax* 59.9 (2004): 746-751.

¹¹ WHO Regional Office for Europe. Chapter 5.2 Benzene. Air Qual. Guide

¹² ATSDR -Ethylbenzene- ToxFAQs™

¹³ Kandyala, Reena, Sumanth Phani C. Raghavendra, and Saraswathi T. Rajasekharan. "Xylene: An overview of its health hazards and preventive measures." *Journal of oral and maxillofacial pathology* 14.1 (2010):

¹⁴ Yimrungruang, Duangduan, et al. "Characterization and health risk assessment : ראו למשל: of volatile organic compounds in gas service station workers." *Environment Asia* 2 (2008): 21-29. או לחילופין:

Durmusoglu, Ertan, Fatih Taspinar, and Aykan Karademir. "Health risk assessment of BTEX emissions in the landfill environment." *Journal of hazardous materials* 176.1 (2010): 870-877.

לרשימה ארוכה של תופעות פחות חמורות בחומרתן, כגון ירידה בספירת תאי דם לבנים וטסיות דם.¹⁵

2.3 ריכוז המזהמים באוויר ביחס למרחק מתחנת הדלק

לאחר שמיפינו את המזהמים בתחנות הדלק ואת המחלות הנגרמות מהן, נאמוד את הנזקים הבריאותיים כתוצאה ממגורים בקרבת תחנות דלק. באופן מדויק יותר - נאמוד את ההבדל בנזקים הבריאותיים שנובעים ממגורים במרחק 20 עד 40 מטר. לשם כך נרצה לדעת מה ריכוז המזהמים באוויר במרחקים שונים מתחנות הדלק.

בשלב הראשון מצאנו כי בעולם נערכו בדיקות שאומדות את ריכוז הזיהומים באוויר של חומרים שונים מסביב לתחנות הדלק ובתוך תחנות הדלק, אם כי יש שונות גבוהה בתוצאות.¹⁶ השונות נובעת ממספר סיבות, וביניהן שוני באקלים (לרבות חוזק הרוחות וגובה הטמפרטורה שמשפיע על נדיפות הדלקים), בתוואי הגיאוגרפי של התחנות הנבדקות, בהרכב הדלקים במדינת המחקר, בטכנולוגיית התדלוק, בכמות הדלק המסופקת בכל תחנה ועוד. מכיוון שמדידות מהעולם אינן יכולות לספק לנו מידע בעל ערך על המצב בישראל, עלינו להסתמך על מדידות שנעשו בישראל. יחד עם זאת בסוף חלק זה נשתמש במדידות מהעולם שמתוארות בספרות המקובלת בתור אינדיקציה למציאת טווח הערכים המקובל.

הבדיקה המעודכנת של מזהמים בקרבת תחנות דלק פורסמה בינואר 2016 על ידי המשרד להגנת הסביבה, על בסיס מדידה שנערכה בין נובמבר 2015 ל-ינואר 2016.¹⁷ הבדיקה נערכה רק עבור בנזן, ולכן מעתה ואילך נתמקד במדידות ובמחלות שנובעות ממזהם זה בלבד.

נזכיר כי בנזן הוא תרכובת ארומטית שנוצרת בתהליכים כימיים, ומשמשת תעשיות רבות בתהליכי ייצור של פלסטיק, תרופות, חומרי ניקוי, חומרי הדברה ועוד.¹⁸ נהוג להוסיף אותו לתמהיל הבנזין ("דלק למכוניות"), משום שהוא מקטין את תכונת הדליקות של הבנזין (מעלה את מספר האוקטן) ומשפר באופן כללי את פעילות המנוע של הרכב. הבנזן נדיף מאוד, ולפיכך יכולת הנדידה שלו גבוהה וההתפרקות שלו איטית ביותר. בשל הנזקים הבריאותיים המיוחסים לו (כמתואר בסעיף 2 לעיל), השיעור שלו בבנזין מוגבל ל-1%, והחל מ-2011 בארה"ב הוא מוגבל לפחות מאחוז.¹⁹ נראה שהמשרד להגנת הסביבה ערך בדיקות בסביבות תחנות דלק רק עבור בנזן משום שהוא נחשב המזהם העיקרי על פי הספרות והקהילה המדעית²⁰ (אם כי במדינות אחרות קיימות גם בדיקות של מזהמים אחרים).

¹⁵ LAN, Q., ZHANG, L., LI, G., VERMEULEN, R., WEINBERG, R. S., DOSEMECI, M., RAPPAPORT, S. M., SHEN, M., ALTER, B. P., WU, Y., KOPP, W., WAIDYANATHA, S., RABKIN, C., GUO, W., CHANOCK, S., HAYES, R. B., LINET, M., KIM, S., YIN, S., ROTHMAN, N. & SMITH, M. T. 2004. Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene. Science, 306, 1774-6

¹⁶ למשל מחקרים על חשיפה לזיהומים של אנשים בשעת תדלוק ועל עובדי תחנת הדלק.
¹⁷ מכיוון שמדובר על חודשי החורף קיים חשש שמדובר על ערכי מינימום שכן ככל שעולות הטמפרטורה הנדיפות של החומרים המזהמים לאוויר עולה.

¹⁸ המשרד להגנת הסביבה, [הגדרה לבנזן](#)

¹⁹ "Control of Hazardous Air Pollutants From Mobile Sources". U.S. Environmental Protection Agency. 2006-03-29. p. 15853. Retrieved 2008-06-27.

²⁰ ראו הערת שוליים 14 לעיל.

לפני שנתאר את ערכי הבנון שנמדדו סביב תחנות הדלק בישראל, נציין כי בספרות המקצועית יש ממצאים רבים לכך שבקרבת תחנות דלק זיהום האוויר גבוה מ"זיהום הרקע" הקיים בכל עיר.²¹ זיהום הרקע הוא הזיהום הממוצע בעיר, שנובע ממקורות זיהום שונים (בעיקר תחבורה ותעשייה). ממסמך שהכין המשרד להגנת הסביבה עולה כי הריכוז הממוצע שנמדד בתל אביב הוא 1.6 מק"ג/מ"ק (מעתה ואילך כל יחידת מק"ג/מ"ק תכונה "יחידת זיהום").²² נתייחס לערך זה כאל זיהום הרקע העירוני בישראל, ונראה בהמשך כי זיהום הבנון באוויר בקרבת תחנת דלק גבוה מזיהום הרקע.

2.3.1. ריכוז בנון בישראל, לפי מרחקים שונים

כאמור לעיל, מציאת ריכוזי הבנון באוויר על פי המרחק מתחנות דלק תתבסס על מדידות שבוצעו על ידי המשרד להגנת הסביבה. עם זאת, הבדיקות שנעשו בתחנות הדלק בישראל אמדו את רמות הזיהום של בנון במרחקים שונים בכל תחנה. למשל, בתחנה אחת נמדד ריכוז הבנון במרחק של 18 ו-30 מטרים מהתחנה, ואילו בתחנה אחרת נמדד הבנון במרחק של 22 ו-46 מטרים מהתחנה. כמו כן, המדידות נעשו בכיוון אחד מתחנת הדלק, ללא התחשבות בכיוון הרוחות.

עם זאת, המידע שקיים מספק לנו תשתית עובדתית כדי לקבוע שבקרבת תחנת דלק נמצא זיהום אוויר גבוה יותר מאשר בשאר המרחבים העירוניים. להלן נפרט את השלבים שביצענו כדי לדעת בסופו של דבר מה ריכוז הבנון באוויר בטווח של 20 ו-40 מטרים.

ריכוזו בשלב ראשון את שיעור החשיפה לבנון באוויר במרחקים שונים מתחנות דלק:

טבלה 2 - שיעור החשיפה לבנון באוויר, מק"ג/מ"ק

מרחק (מטרים)	10	18	22	23	30	46	67
חשיפה מינימאלית	3.49	0.486	4.02	0.122	0.698	2.98	0.118
חשיפה ממוצעת	12.80	3.09	4.74	2.41	3.53	3.74	3.3
חשיפה מקסימאלית	22.8	4.47	5.15	5.99	5.57	4.35	5.09

מקור: עיבוד לערכים שנמדדו לבנון בסקירה של המשרד להגני"ס.²³ הערכים המקוריים מופיעים בטבלה 1 בנספח.

טבלה 1 מעלה במבט ראשון ממצאים תמוהים בחלקם. עולה ממנה שהחשיפה לבנון אינה בהכרח יורדת עם הגידול במרחק. למשל, החשיפה הממוצעת (או המינימאלית) במרחק של 23 מטרים נמוכה יותר מאשר זאת שנמדדה במרחק של 30 מטרים. כדי להתמודד עם בעיה זאת, וכדי לאמוד את החשיפה

²¹ WHO Regional Office for Europe. Chapter 5.2 Benzene. Air Qual. Guide

²² דוח איכות אוויר- תחנה ניידת, מרכז ניטור אוויר ארצי, אגף איכות אוויר ושינוי אקלים, המשרד להגני"ס, 08/02/16

²³ מסמך רקע לעדכון ערכי איכות אוויר, מסמך של המשרד להגני"ס, אגף איכות אוויר ושינוי אקלים, 20 בינואר 2016.

לבנון בכל מרחק מתחנות הדלק, הרצנו מספר רגרסיות שהצליחו לאמוד בצורה טובה יחסית את כמות הבנון החזויה בכל מרחק מתחנת הדלק.

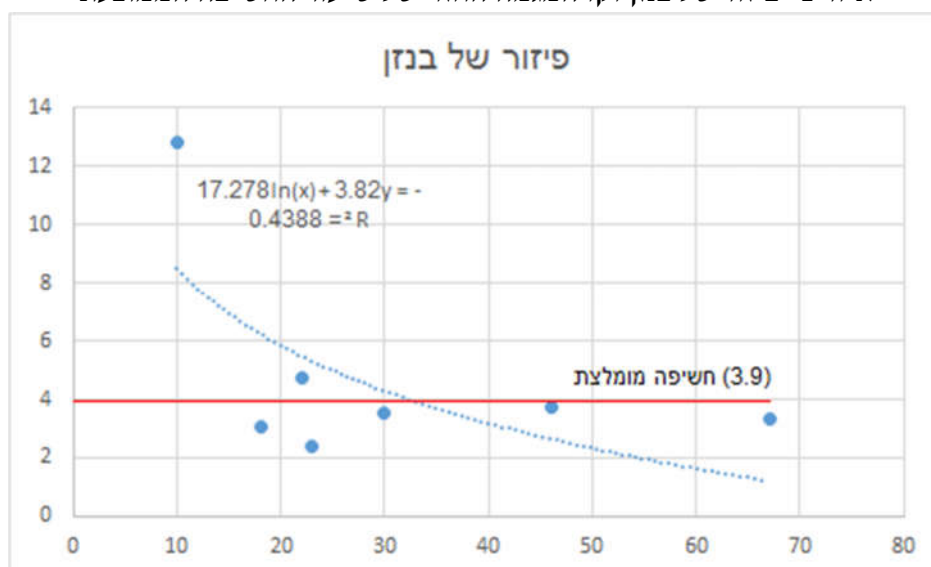
2.3.1.1 חשיפה ממוצעת לבנון באוויר

הרצנו שני סוגים של רגרסיות הן על החשיפה הממוצעת והן על החשיפה המקסימלית. עבור ערכי החשיפה הממוצעת הרגרסיה הליניארית הצליחה להסביר 23% מהשונות בנתונים בעוד הרגרסיה הלא-ליניארית הצליחה להסביר 44% מהשונות. לכן בחרנו ברגרסיה השנייה להסבר התוצאות, כמתואר בטבלה 3. באיור 1 מוצגים הנתונים הגולמיים על גרף יחד עם קו המגמה.

טבלה 3 - שיעור החשיפה הממוצעת לבנון באוויר, מק"ג/מ"ק

מרחק (מטרים)	10	18	22	23	30	46	67
תחזית חשיפה ממוצעת	8.48	6.24	5.47	5.30	4.29	2.65	1.22

איור 1- פיזור של בנון וקו המגמה החזוי של שיעור החשיפה הממוצעת



קל לראות בטבלה 2 ובגרף כי רמת הזיהום באוויר של בנון עד למרחק של 60.6 מטרים מתחנת הדלק גבוהה מזיהום הרקע. כמו כן, עד מרחק של 30 מטרים החשיפה לבנון היא מעל ערך החשיפה המקסימאלי שנקבע לבנון על ידי המשרד להגנת הסביבה (3.9, מק"ג/מ"ק).²⁴

²⁴ לפי מסמך רקע לעדכון ערכי איכות אוויר, מסמך של המשרד להגנת הסביבה, אגף איכות אוויר ושינוי אקלים, 20 בינואר 2016. עמ' 81.

2.3.1.2 חשיפה מקסימאלית לבנון באוויר

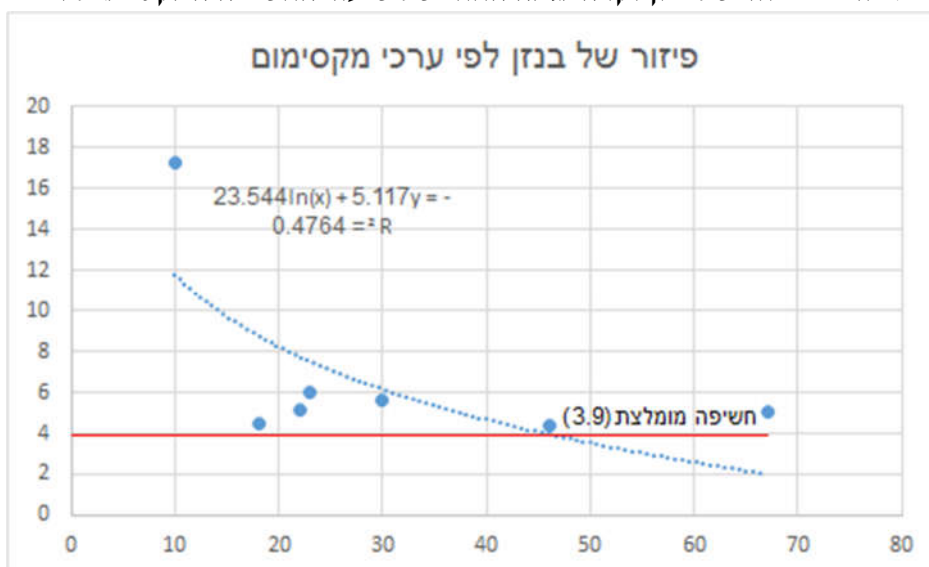
אמדנו את ערכי הרגרסיה גם עבור החשיפה המקסימאלית לבנון במרחקים שונים מתחנות הדלק. עשינו זאת משום שנקודת המדידה מסביב לתחנות הייתה יחידה (בניגוד למספר נקודות המפוזרות מסביב לה), ולכן אפשר להניח שכאשר כיווני הרוח היו בכיוון ההפוך לנקודת המדידה התקבלו ערכים נמוכים במיוחד (ראו למשל הערך המינימאלי במרחק 18 מטר בטבלה מס' 1). מצב זה רלוונטי בייחוד כאשר יש בנייה מסביב לתחנת דלק, ואז תמיד אחד הכיוונים יסבול מחשיפה מקסימאלית לזיהום.

הרגרסיה הליניארית עבור ערכי המקסימום הסבירה 24% מהשונות בנתונים בעוד שהרגרסיה הלא-ליניארית הסבירה 47.6% מהשונות בנתונים, ולפיכך בחרנו בתוצאות הרגרסיה הלא-ליניארית. תוצאות אלו מובאות בטבלה 3. באיור 2 מוצגים הנתונים הגולמיים על גרף יחד עם קו המגמה.

טבלה 4 - שיעור החשיפה המקסימאלית לבנון באוויר, מק"ג/מ"ק

67	46	30	23	22	18	10	מרחק (מטרים)
0.67	3.45	6.62	8.59	8.92	10.41	14.76	תחזית חשיפה מקסימאלית

איור 2 - פיזור של בנון וקו המגמה החזוי של שיעור החשיפה המקסימאלית



קל לראות מטבלה 4 שגם במרחק של 30 מטרים החשיפה לבנון גבוהה מערך היעד של המשרד להגניס העומד על 3.9 יחידות זיהום. למעשה, רק במרחק של 43.3 מטרים ומעלה ערכי הזיהום נמוכים מערך היעד (שהוא ערך מקסימאלי לחשיפה). ערך הרקע (1.6 יחידות זיהום) מושג לפי רגרסיה זאת רק במרחק של 59.1 מטרים מתחנת הדלק.

2.3.1.3 סיכום חשיפה לבנון באוויר

הממצאים בישראל בנוגע לחשיפה לבנון באוויר, גם בערכי הממוצע וגם בערכי המקסימום, מראים כי צמצום המרחק המותר לבניית מגורים מתחנות דלק תגדיל את חשיפת הדיירים למזהמים. ממצאים אלו עקביים עם הספרות בעולם שתפורט בהמשך. בשל השונות בין תחנות הדלק, בחרנו לסכם את הנתונים על ידי טווח של ערכי הממוצע וערכי המקסימום של ריכוזי הבנון שנצפו בכל מרחק. טווח זה ישמש אותנו בשלבים הבאים בעבודה. טבלה 5 מסכמת את הממצאים.

טבלה 5 - טווח של שיעור החשיפה לבנון באוויר לפי מרחק, מק"ג/מ"ק

40 מטרים	30 מטרים	20 מטרים	בתחנת הדלק- מרחק 0 מטרים	בנון
3.19 - 4.49	4.29 - 6.62	5.83 - 9.62	17.3 - 31.83	

2.3.2 ריכוז מזהמים באוויר בסביבת תחנות דלק - המקרה העולמי

על מנת לאשש את הטווחים שנמצאו בישראל בדקנו את רמות החשיפה לבנון באוויר שנמצאו בסביבת תחנות דלק במקומות שונים בעולם. הסקירה העלתה שלושה ממצאים עיקריים: ראשית, עיקר הבדיקות נעשו עבור בנון, אשר נחשב המזיק ביותר לבריאות האדם מבין מרכיבי הדלק; שנית, שיש שוני בתוצאות בין מדינות שונות. יתכנו סיבות רבות לשוני זה, לרבות שימוש בסוגי דלקים שונים, אקלים שונה וכו'. ממצא זה מחזק את ההחלטה שלנו להסתמך בעבודה זה על בדיקות שנעשו בישראל בלבד; ושלישית, על אף השוני, רמות הזיהום באוויר שנמצאו בעולם הן בסדרי גודל דומים. טבלה 5 שבסוף סעיף זה מרכזת את כלל תוצאות המדידה.

ספרד

בבדיקה שנערכה בקרבת תחנות דלק בעיר מרסיה שבדרום ספרד, עולה כי שיעורי חשיפה באוויר לבנון בתחנת הדלק עומדים על 9.4 יחידות, במרחק של 20 מטר מתחנת דלק עומדים על 3.4 יחידות, במרחק של 30 מטר עומדים על 3.3 יחידות, במרחק של 50 מטר עומדים על 3.1 יחידות ובמרחק של 100 מטר הם עומדים על 2.9 יחידות.²⁵ בעת הבדיקה הייתה מותקנת בתחנת הדלק מערכת vapor recovery שתפקידה להפחית את פליטת המזהמים לסביבה.²⁶ אמנם הערכים שהתקבלו במדידה בספרד גבוהים מהערכים הקיימים בישראל, אך גם הם מציגים ברגרסיה קשר לא ליניארי שמסביר כמעט את כל השונות בנתונים (76.65%). גם עבור הנתונים בישראל השתמשנו במשוואה דומה כדי לתאר את זיהום האוויר מבנון לפי מרחק מתחנות דלק.

²⁵ Morales Terrés, Isabel M., Marta Doval Miñarro, Enrique González Ferradas, Antonia Baeza Caracena, and Jonathan Barberá Rico. "Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings." *Journal of Environmental Management* 91.12 (2010): 2754-2762

הערכים המצורפים הם ממוצע של שתי בדיקות שנערכו בחודשים שונים.
²⁶ vapor recovery stage 2 היא מערכת שמתקנת בתחנות דלק ונועדה להפחית את כמויות הבנון באוויר. היעילות שלה מוטלת בספק גם בישראל וגם בעולם בעיקר במצב של רוחות חזקות.

המחקר מציין כי התפשטות המזהמים לסביבה גדלה ככל שהטמפרטורה עולה, זאת משום שבעת התדלוק חל גידול בכמות המזהמים שמתאדים. נקודה זו יכולה ללמדנו על החשיבות של שימוש במדידות שנערכו בישראל, שכן קשה לתרגם מדידות ממדינות אחרות לאקלים הישראלי. יתרה מכך, יש לזכור שהמדידות בישראל נערכו בחודשי החורף, ואילו היו נערכות בחודשי הקיץ ערכי החשיפה אף עלולים להיות גבוהים יותר.

יוון

חוקרים ביוון בחנו את ריכוזי הבנזן בקרבת תחנות דלק עירוניות, חצי-עירוניות וכפריות ביוון.²⁷ הם מצאו כי זיהום הרקע בעיר עומד על 4 יחידות, ואילו באזור התחנה החצי-עירונית והכפרית הזיהום נמוך יותר. בכל תחנות הדלק ברחבי המדינה נמצא כי רמת הזיהום ליד תחנות הדלק מגיעה ל-50 יחידות, ואילו במרחק 100 מטר מהתחנה החשיפה היא בין 2 ל-11 יחידות. כמו כן מציינים החוקרים כי רמת הזיהום יורדת ככל שמתרחקים מהמשאבות אך לא מציינים באיזה קצב.

ברזיל

בברזיל אין חובה להתקין Vapor Recovery System שמפחיתה את כמות הבנזן באוויר, מה שמגדיל את טווח ההשפעה של הזיהום מתחנות הדלק. כמו כן נראה שהרכב הדלקים הנמכרים בברזיל מגדיל מאוד את שיעור הבנזן באוויר התחנה.²⁸ מנתונים שהעביר לנו החוקר הברזילאי,²⁹ עולה כי שיעורי חשיפה באוויר לבנזן במרחק של 25 מטר מתחנות דלק עומדים על 117 יחידות, במרחק של 50 מטר עומדים על 74.7 יחידות, במרחק של 75 מטר עומדים על 49.4 יחידות ובמרחק של 100 מטר הם עומדים על 43.3 יחידות. כן נמצא כי ההשפעה של תחנות דלק על זיהום בנזן באוויר מגיעה גם ל-250 מטר מהתחנה עצמה.

אמנם הערכים שהתקבלו במדידה בברזיל גבוהים בשיעור ניכר מהערכים הקיימים בישראל, אך גם הם מציגים ברגסיה קשר לא ליניארי שמסביר כמעט את כל השונות בנתונים. גם עבור הנתונים בישראל השתמשנו במשוואה דומה כדי לתאר את זיהום האוויר מבנזן לפי מרחק מתחנות דלק.

ארה"ב

במחקר שנערך בניו ג'רזי שבארה"ב נבדקה רמת זיהום האוויר בתוך בתים שנמצאים בקרבת מוקדי זיהום שונים, כגון תחנות דלק, כבישים בין עירוניים, מכבסות ועוד. המחקר מצא כי כמות הבנזן באוויר במרחק הקטן מ-50 מטרים מתחנות הדלק הוא פחות מ-2 יחידות.³⁰ ממצא מעניין על פי המחקר הוא ששיעור החשיפה לבנזן יורדת ככל שהטמפרטורות עולות, זאת בניגוד לממצאים מהמחקר הספרדי. ייתכן כי הסיבה לכך היא שהחוקרים בדקו את נתוני הזיהום שנמצאים בתוך הבתים (ולא מחוצה להם) ואנשים פותחים את החלונות דווקא בטמפרטורות נמוכות יותר. בכל מקרה אין במאמר הסבר על תוצאה זאת שנראית בהחלט לא אינטואיטיבית.

²⁷ Karakitsios, Spyros P., Vasileios K. Delis, Pavlos A. Kassomenos, and Georgios A. Pilidis.

"Contribution to ambient benzene concentrations in the vicinity of petrol stations: Estimation of the associated health risk." *Atmospheric Environment* 41.9 (2007): 1889-1902

²⁸ Correa, Sergio M., et al. "The impact of BTEX emissions from gas stations into the atmosphere." *Atmospheric Pollution Research* 3.2 (2012): 163-169.

²⁹ לאחר קריאת המאמר המוזכר בהערות שוליים 28, פנינו אל החוקר שהוביל את המחקר (Prof. Sergio Machado Correa) ובתכתובות המיילים הוא העביר לנו את הנתונים שלא התפרסמו במחקר עצמו.

³⁰ Kwon, Jaymin, et al. "Source proximity and outdoor-residential VOC concentrations: results from the RIOPA study." *Environmental science & technology* 40.13 (2006): 4074-4082.

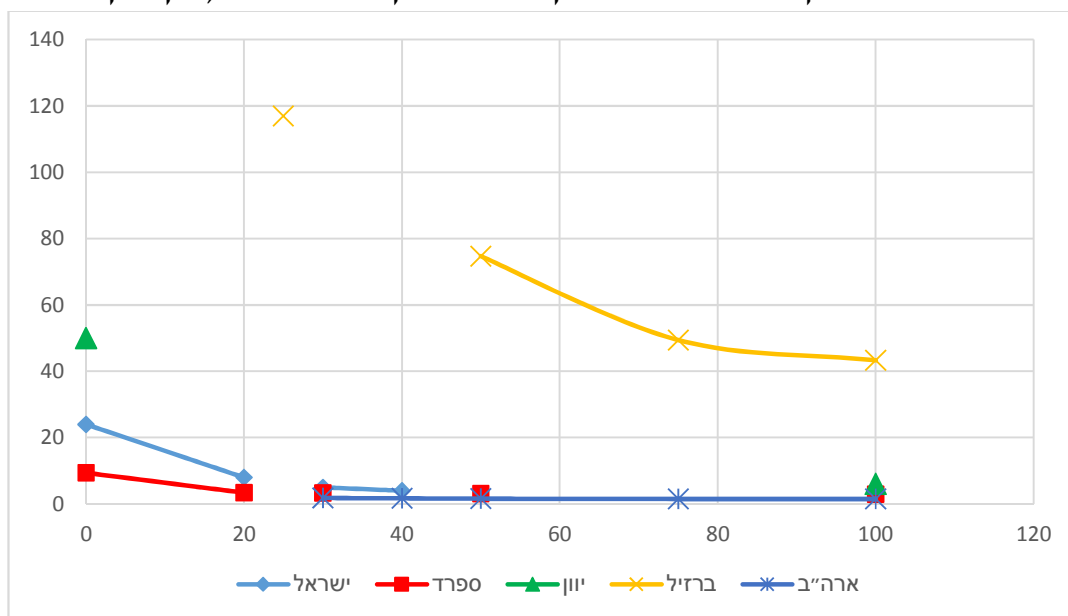
צרפת

במחקר שנערך בצרפת בדקו החוקרים את החשיפה לבנזן עם ובלי מערכת Vapor Recovery Stage 2. החוקרים מצאו שהמערכת אינה יעילה במצב של רוחות חזקות. במדידות שהם עשו בתחנת הדלק ובקרבתה נמדדו 4 - 12 יחידות של בנזן כתלות במרחק, ברוח ובמצב הפעולה של המערכת (לא הופיעו במחקר תוצאות המדידה כתלות בפרמטרים).

טבלה 6- ריכוז מזהמים בסביבת תחנות דלק, נתונים ממחקרים בינלאומיים

100 מטרים	75 מטרים	50 מטרים	40 מטרים	30 מטרים	25 מטרים	20 מטרים	0 מטרים (בתחנה)	
			3.19 - 4.49	4.29 - 6.62		5.83 - 9.62	17.3 - 31.83	ישראל
2.9		3.1		3.3		3.4	9.4	ספרד
2 - 11							50	יוון
43.3	49.4	74.7			117			ברזיל
פחות מ-2								ארה"ב

איור 3 - ריכוז בנזן באוויר כתלות במרחק מתחנת הדלק במדינות שונות, מק"ג/ק"ג



*לשם פשטות ההצגה הגרפית, האיור מציג את ממוצע ערכי טווח הזיהום (כשיש כזה)

Vapor Recovery Stage 2³¹ היא מערכת שמותקנת בתחנות דלק ונועדה להפחית את כמויות הבנזן באוויר. היעילות שלה מוטלת בספק גם בישראל וגם בעולם.

Gonzalez-Flesca, Norbert, Sotiris Vardoulakis, and André Cicoella. "BTX concentrations near a stage II implemented petrol station." *Environmental Science and Pollution Research* 9.3 (2002): 169-174.

2.4. השפעה על הבריאות כתוצאה ממגורים בקרבת תחנות דלק

בסעיף 2 בפרק זה ראינו כי חשיפה לבנון גורמת למחלות שונות, כשהמרכזיות שבהן הן Leukemia, Aplastic Anemia ו- Non Hodgkins Lymphoma (להלן NHL). מכיוון שעבודה זו באה לאמוד את הנזקים הבריאותיים של מגורים בקרבת תחנות דלק, נבדוק בסעיף זה בכמה צפוי לגדול הסיכון לחלות במחלות אלה כתוצאה מחשיפה לבנון. בסעיף 3 חישבנו את ריכוז הבנון באוויר בישראל על פי המרחק מתחנות דלק. כעת נחשב את הקשר בין רמת החשיפה לבנון בכל מרחק לבין הסיכון לחלות במחלות. כך נוכל להבין כיצד צמצום הטווח המותר לבנייה למגורים מתחנות דלק מ-40 מטרים ל-20 מטרים ישפיע על בריאות הציבור.

ההנחה שלנו לאורך החישוב היא שאישור בנייה למגורים בקרבת תחנות דלק יגדיל את החשיפה לבנון מרמת החשיפה הממוצעת לבנון שעומדת על 1.6 יחידות ("זיהום הרקע") אל רמת הזיהום שבמרחק של 20 עד 40 מטרים.³² הנחה זו סבירה לטעמנו משום שמתן האישור לא "יקרב" לתחנה אנשים שגרו במרחק 40 מטרים ממנה למרחק של 20 מטרים, אלא יאפשר לאנשים שבעבר נחשפו לרמת הרקע העירונית לגור בקרבת תחנת דלק.

הנתונים יוצגו גם בהתאם לחשיפה הממוצעת וגם בהתאם לחשיפה המקסימאלית, כפי שהוצג בסעיף 3.

2.4.1 לוקימיה

חאלדה ואחרים (2010) מצאו כי חשיפה מוגברת לבנון מעלה את הסיכון לחלות בלוקימיה, כאשר הקשר בין רמת החשיפה לסיכון אינו ליניארי (כלומר, בחשיפות נמוכות הסיכון גובר).³³ השתמשנו במדד הסיכון היחסי (Relative Risk) המתואר במחקרם, שמציג כיצד חשיפה למשך שנים ארוכות משפיעה על הסיכון לחלות בלוקימיה. הנחנו שהחשיפה הרגילה (ערך הרקע) מייצגת את ההסתברות לחלות בלוקימיה באוכלוסייה הכללית ולכן הסיכון המוגבר שיתואר להלן בחלק זה מובא באחוזים מעבר לסיכון הבסיסי שנובע מערך הרקע. נציין כי חלק מהמחקרים ששימשו אותנו הם מחקרים תעסוקתיים (שבחנו רמות זיהום במקומות עבודה, תעשייתיים לרוב) אך במקרים אלה השתמשנו רק בחלקים שמתארים חשיפה בהיקפים דומים לאלו שיש בתחנות דלק בישראל.

טבלה 7 - הגידול בסיכון לחלות בלוקימיה כתלות במרחק מגורים מתחנות דלק בישראל, באחוזים

40 מטרים	30 מטרים	20 מטרים	
69.34%	95.49%	132.10%	חשיפה ממוצעת
100.19%	150.87%	222.31%	חשיפה מקסימאלית

³² ההתייחסות אל זיהום הרקע העירוני מבוססת על כך שהבדיקה שלנו בהמשך העבודה נעשתה עבור חמש הערים הגדולות בישראל, מה גם שהשינוי צפוי להשפיע על מגורים בסביבה העירונית.

³³ Khalade, Abdul, et al. "Exposure to benzene at work and the risk of leukemia: a systematic review and meta-analysis." *Environmental Health* 9.1 (2010): 31.

ניתן לראות שמגורים בטווח של בין 20 ל-40 מטר מתחנת דלק מגדילים משמעותית את הסיכון לחלות בלוקימיה, כשהטווח נע בין כ-70% לכ-220%.

אך מהו הסיכון הממוצע לחלות בלוקימיה בישראל ולכמה מקרים נוספים הזיהום צפוי לגרום? על פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, כ-9 גברים מתוך 100 אלף וכ-6 נשים מתוך 100 אלף חולים בלוקימיה.³⁴ ההנחה היא שערכים אלה נכונים עבור החשיפה לזיהום הרקע בערים בישראל. הנחה זאת נראית סבירה משום שמרבית האוכלוסייה בישראל חיה בערים הגדולות. אמנם חלק מהאוכלוסייה נחשף לכמות מזהמים גדולה יותר (עקב קירבה למקורות זיהום כגון תעשייה או תחנות דלק) אך מנגד יש חלקים באוכלוסייה שחיים מחוץ לסביבה העירונית ואינו נחשף למוזהמים אלו כמעט כלל. טבלה 8 מסכמת את מספר מקרי הלוקמיה הצפויים במגורים בסביבת תחנות הדלק בישראל לאחר השינוי. היא משקלת הגידול בסיכון לחלות במחלה ביחס לסיכון הממוצע באוכלוסייה.

טבלה 8 - מספר החולים בלוקימיה (מתוך 100,000 תושבים) במרחקים שונים מתחנות הדלק

בזיהום הרקע	ב-40 מטרים		ב-30 מטרים		ב-20 מטרים			
	מספר החולים הנוסף, ביחס לזיהום הרקע	מספר החולים הצפוי	מספר החולים הנוסף, ביחס לזיהום הרקע	מספר החולים הצפוי	מספר החולים הנוסף, ביחס לזיהום הרקע	מספר החולים הצפוי		
6	1.72	7.72	2.92	8.92	4.59	10.59	נשים	חשיפה ממוצעת
9	2.59	11.59	4.37	13.37	6.88	15.88	גברים	
6	3.13	9.13	5.44	11.44	8.7	14.7	נשים	חשיפה מקסימאלית
9	4.7	13.7	8.16	17.16	13.05	22.05	גברים	

ניתן לראות מהטבלה שגם במרחק 40 מטרים מתחנות הדלק הסיכון לחלות בלוקימיה גבוה בהרבה מאשר באוכלוסייה הכללית. אך סיכון זה עולה משמעותית כאשר מצמצמים את המרחק ל-20 מטרים. צמצום המרחק כפי שמוצע בשינוי התמ"א צפוי להגדיל בקרב נשים את מספר מקרי הלוקימיה ב 4.59 - 8.7 לכל 100 אלף נשים. בקרב גברים צפוי צמצום המרחק לתרום 6.88 - 13.05 מקרים לכל 100 אלף גברים.

טבלה 9- תוספת מקרי לוקימיה ל-1000 נפשות

תוספת חולים	
0.0384	חשיפה ממוצעת
0.072	חשיפה מקסימאלית

*בהנחה של התפלגות זהה גברים נשים והתפלגות שווה במרחקים

³⁴ הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, שנתון סטטיסטי 2016 לוח 6.13

2.4.2 אנמיה אפלסטית

לפי יאנג ואחרים (2008) אנמיה אפלסטית היא מחלה נדירה שמתרחשת רק אצל 2 אנשים מתוך מיליון בעולם המערבי ובערך פי 2-3 יותר מכך באסיה.³⁵ לפי מאלוף ואחרים (2009) חשיפה לבנזן מגדילה פי 4.2 את הסיכון לחלות באנמיה אפלסטית, אך לא ברורה לשיטתם מהי מידת החשיפה המדוברת.³⁶ ככל הנראה מדובר בחשיפה תעסוקתית שהיא גבוהה יחסית מהערכים עליהם מדובר בנייר זה.

לפי סמית' (1996) אנמיה אפלסטית מתרחשת אצל 1 מתוך 10,000 אנשים בחשיפה של 10-20 PPM של בנזן בשנה.³⁷ להערכתם, ברמה שבין 1-10 PPM בשנה הסיכוי לחלות באנמיה אפלסטית היא 1 ל-100,000. כלומר חשיפה זאת מגדילה את הסיכוי למחלה פי 5 עד 10 ביחס לאוכלוסיה הכללית. לפיכך, ניתן להבין שכל עלייה של 1 PPM בחשיפה מעלה את מספר החולים במקרה אחד ל-100,000 אנשים.³⁸ טבלה 10 תציג את מספר המקרים שאנחנו צופים לראות בכל מרחק מתחנת הדלק.

טבלה 10- מספר החולים באנמיה אפלסטית (ל-100,000 תושבים) במרחקים שונים מתחנות הדלק

בזיהום הרקע	ב-40 מטרים		ב-30 מטרים		ב-20 מטרים		
	מספר החולים הנוסף, ביחס לזיהום הרקע	מספר החולים הצפוי	מספר החולים הנוסף, ביחס לזיהום הרקע	מספר החולים הצפוי	מספר החולים הנוסף, ביחס לזיהום הרקע	מספר החולים הצפוי	
0.15	0.85	1.00	1.19	1.34	1.68	1.83	חשיפה ממוצעת
0.15	1.26	1.41	1.93	2.08	2.87	3.02	חשיפה מקסימאלית

טבלה 11- תוספת מקרי אנמיה אפלסטית ל-1000 נפשות

תוספת חולים	
0.012	חשיפה ממוצעת
0.020	חשיפה מקסימאלית

³⁵ Young, Neal S., Phillip Scheinberg, and Rodrigo T. Calado. "Aplastic anemia." *Current opinion in hematology* 15.3 (2008): 162.

³⁶ Maluf, Eliane, et al. "Incidence and risk factors of aplastic anemia in Latin American countries: the LATIN case-control study." *Haematologica* 94.9 (2009): 1220-1226.

³⁷ PPM-Particales Per Million

Smith, Martyn T. "Overview of benzene-induced aplastic anaemia." *European Journal of Haematology* 57.S60 (1996): 107-110.

³⁸ כדי לעבור מ-PPM ליחידות הזיהום עליהן אנחנו מדברים בעבודה זאת (מק"ג/מ"ק) צריך לחלק את מספר יחידות הזיהום ב-3.19. כלומר כל 3.19 מק"ג/מ"ק הן 1 PPM.

*בהנחה של התפלגות זהה גברים נשים והתפלגות שווה במרחקים

NHL (non-Hodgkin lymphoma) 2.4.3

לפי קוקו ואחרים (2010) והיאס ואחרים (1997) בנזן גורם ל-non-Hodgkin lymphoma, או בקיצור NHL.³⁹ במחקר מטה-אנליזה שערכו סטיינמאוס ואחרים (2008) נמצא כי יש קשר ודאי בין חשיפה לבנזן לבין חולי ב-NHL.⁴⁰ הסיכון הבסיסי שדווח עליו הוא RR=1.22 כלומר, חשיפה לבנזן מעלה ב-22% את הסיכון לחלות ב-NHL לעומת אנשים שלא נחשפו לבנזן כלל.⁴¹ כאשר כותבי המאמר מסננים מאמרים מסוימים שעלולים להיות מוטים הם מגיעים גם ל-RR=2.12, כלומר להערכה שהחשיפה לבנזן מעלה ב-עד 112% את הסיכון לחלות ב-NHL.

על פי היאס ואחרים (1997) ה-RR של אנשים שנחשפים לבנזן מעל 10 שנים הוא 4.2. כלומר חשיפה ממושכת לבנזן מגדילה את הסיכוי שלהם לחלות ב-3.2% לכל PPM (לשנה) לעומת אחרים שלא נחשפו כלל.⁴² למעשה רק החשיפה שהתרחשה לפני מעל 10 שנים מצליחה להסביר בצורה טובה את התוצאות, מה שמעיד על כך שהשפעותיה הן ארוכות טווח. טבלה 12 מסכמת את מספר מקרי ה-NHL הצפויים במגורים בסביבת תחנות הדלק בישראל לאחר השינוי.

טבלה 12- הסיכון לחלות ב-NHL במרחקים שונים מתחנות דלק בישראל (באחוזים)

40 מטרים	30 מטרים	20 מטרים	
168.00%	225.93%	307.03%	חשיפה ממוצעת
236.34%	348.63%	506.88%	חשיפה מקסימאלית

מטבלה 12 ניתן לראות שמעבר למגורים בסביבת תחנת דלק מגדילה את הסיכויים לחלות באנמיה אפלסטית בכ-170% עד כ-500%.

השכיחות של NHL בישראל מוערכת ב-15 מקרים ל-100,000, נכון לשנת 2006.⁴³ על פי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, "לימפומה ממאירה" התרחשה אצל 17 נשים מתוך 100,000 ו-19 גברים מתוך

³⁹ ראו למשל: Hayes, Richard B., et al. "Benzene and the dose-related incidence of hematologic neoplasms in China." *Journal of the National Cancer Institute* 89.14 (1997): 1065-1071. או לחילופין:

Cocco, P., et al. "Occupational exposure to solvents and risk of lymphoma subtypes: results from the Epilymph case-control study." *Occupational and Environmental Medicine* 67.5 (2010): 341-347.

⁴⁰ Steinmaus, Craig, et al. "Meta-analysis of benzene exposure and non-Hodgkin lymphoma: biases could mask an important association." *Occupational and environmental medicine* 65.6 (2008): 371-378.

⁴¹ RR- Relative Risk

⁴² Hayes, Richard B., et al. "Benzene and the dose-related incidence of hematologic neoplasms in China." *Journal of the National Cancer Institute* 89.14 (1997): 1065-1071.

⁴³ לימפומה שאינה הודג'קין - [Non-hodgkin lymphoma](#), מתוך אתר 'ויקי רפואה', נבדק בתאריך 01.05.2017.

100,000 בשנת 2006.⁴⁴ מכאן אנו למדים שכל או מרבית הלימפומה הממאירות הן מסוג NHL, ולפיכך נשתמש בנתוני הלמ"ס כמייצגים. טבלה 13 מציגה את מספר החולים שנצפה לראות במרחקים שונים מתחנות דלק לכל 100,000 איש.

טבלה 13- מספר החולים ב-NHL (ל-100,000 אנשים) במרחקים שונים מתחנות הדלק בישראל

בזיהום הרקע	ב-40 מטרים		ב-30 מטרים		ב-20 מטרים		
	מספר החולים הנוסף, ביחס לזיהום הרקע	מספר החולים הצפוי	מספר החולים הנוסף, ביחס לזיהום הרקע	מספר החולים הצפוי	מספר החולים הנוסף, ביחס לזיהום הרקע	מספר החולים הצפוי	
17-19	8.18	26.18	13.84	31.84	21.76	39.76	חשיפה ממוצעת
17-19	14.86	32.86	25.83	43.83	41.28	59.28	חשיפה מקסימאלית

טבלה 14- תוספת מקרי NHL ל-1000 נפשות

תוספת חולים	
0.146	חשיפה ממוצעת
0.273	חשיפה מקסימאלית

*בהנחה של התפלגות זהה גברים נשים והתפלגות שווה במרחקים

[2.4.4 אסתמה](#)

בספרות יש מחקרים רבים שמוצאים קשר בין חשיפה לבנון לבין סיכון גובר לחלות באסתמה לאורך החיים. ניקולאי ואחרים (2003) למשל מזהים קשר ברור בין חשיפה לבנון לבין הסיכון לחלות באסתמה בקרב ילדים. במחקר הם בודקים 3 רמות חשיפה לבנון ומצאו כי חשיפה גבוהה לבנון מכפילה פי 2 את הסיכון לחלות באסתמה.⁴⁵ מכיוון שאסתמה היא מחלה די שכיחה בישראל (כ-8% עד 10% מהציבור חולה באסתמה),⁴⁶ הכפלת הסיכון לחלות באסתמה משמעה גידול של כ-80 מקרים ל-1000 תושבים.⁴⁷ לפי מחקר אחר של אחמד ואחרים (2007) ה-Odds Ratio (יחס הסיכויים) של אסתמה בחשיפה לבנון

⁴⁴ הלמ"ס, שנתון סטטיסטי 2016 לוח 6.13

⁴⁵ Nicolai T, Carr D, Weiland SK, Duhme H, von Ehrenstein O, Wagner C, von Mutius E: Urban traffic and pollutant exposure related to respiratory outcomes and atopy in a large sample of children. European Respiratory Journal. 2003, 21: 956-963.

⁴⁶ משרד הבריאות, המחלקה לאם לילד ולמתבגר - [אסתמה](#)

⁴⁷ מכון הריאה בית חולים הדסה עין כרם, [אסתמה בישראל בעשור האחרון: ירידה בשכיחות ובחומרה](#).

הוא 1.33 (כלומר החשיפה לבנון מעלה את הסיכוי לחלות באסתמה פי 1.33). חשוב לציין שהמחקר מצא קשר חזק יותר של בנון להתקפי אסתמה חמורים וקשר חלש יחסית להתקפי אסתמה חלשים.⁴⁸

רומציב ואחרים (2004) מצאו בקרב ילדים Odds Ratio של 2.922 בעלייה בחשיפה של בנון ב-10 מק"ג/מ"ק. כלומר עלייה של 10 יחידות זיהום מכפילה כמעט פי 3 את מספר חולי האסתמה בקרב ילדים.⁴⁹ אנו נשתמש בממצאי מחקר זה כדי להעריך את מספר חולי האסתמה ל-1000 אנשים במרחקים שונים מתחנות הדלק.⁵⁰

טבלה 15 - מספר החולים באסתמה (ל-100,000 אנשים) במרחקים שונים מתחנות הדלק בישראל

בזיהום הרקע	ב-40 מטרים		ב-30 מטרים		ב-20 מטרים		
	מספר החולים הנוסף, ביחס לזיהום הרקע	מספר החולים הצפוי	מספר החולים הנוסף, ביחס לזיהום הרקע	מספר החולים הצפוי	מספר החולים הנוסף, ביחס לזיהום הרקע	מספר החולים הצפוי	
80-100	36.77	126.77	52.14	142.14	76.83	166.83	חשיפה ממוצעת
80-100	55.09	145.09	91.11	181.11	157.55	247.55	חשיפה מקסימאלית

טבלה 16 - תוספת מקרי האסתמה ל-1000 נפשות

תוספת חולים	
55.25	חשיפה ממוצעת
101.25	חשיפה מקסימאלית

2.4.5 סיכום ביניים – תוספת מחלות בעקבות חשיפה לבנון

בחלק זה ראינו את התוספת הצפויה של מקרי לוקימיה, אנמיה אפלסטית, NHL ואסתמה כתלות במרחק המגורים מתחנת דלק. טבלה 15 מסכמת את מספר החולים הנוספים הצפויים לכל 1,000 איש שייחשפו לרמות הזיהום של בנון הקיימות במרחק 20 עד 40 מטר מתחנות דלק בישראל.

⁴⁸ Arif, Ahmed A., and Syed M. Shah. "Association between personal exposure to volatile organic compounds and asthma among US adult population." *International archives of occupational and environmental health* 80.8 (2007): 711-719

⁴⁹ Rumchev, K., et al. "Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children." *Thorax* 59.9 (2004): 746-751.

⁵⁰ ה-Odds Ratio של רומציב ואחרים רלוונטי יותר מזה של אחמד ואחרים, משום שהמחקר של האחרון השתמש בחשיפה נמוכה לבנון, יותר מהחשיפות שבחנו בעבודה זו.

טבלה 15 - מקרי מחלה נוספים צפויים עבור 1000 איש שיגורו בקרבת תחנת דלק (20-40 מטרים)

מספר חולים נוסף, לכל 1,000 איש	מחלה
0.0384 - 0.072	לוקימיה
0.012 - 0.02	אנמיה אפלטטית
0.146 - 0.273	non-Hodgkin lymphoma
55.25-101.25	אסתמה

2.4.6 נזקים נוספים של בנזן על הבריאות

עד כה הערכנו ארבע מחלות חמורות שנגרמות כתוצאה מחשיפה מוגברת לבנזן, ואת העלייה בסיכון לחלות במחלות אלה כתוצאה ממגורים בקרבת תחנות דלק. האומדן הוגבל לארבע מחלות מטעמים של מחסור במידע - רק עבורן מצאנו נתונים שמהם ניתן לחשב את הקשר בין החשיפה לבנזן לבין הסיכוי לחלות במחלה. עם זאת, הצגה זו יכולה להיות מטעה משום שהספרות המקצועית מראה כי חשיפה לבנזן גורמת למחלות רבות, מה גם שיש עוד מחלות שהקשר בינן לבין בנזן עדין נבדק, כך שיתכן שלא כל נזקיו ידועים.

הבנזן גורם למחלות מסוגים שונים, כגון בעיות התפתחות, בעיות במערכת הרבייה, בעיות במערכת החיסון, מחלות נשימתיות, מחלות במערכת הדם וכו', ומשפיע בייחוד על ילדים ועוברים (פירוט בהמשך).⁵¹

כך, למשל, הספרות מוצאת כי חשיפה לבנזן משפיעה על התפתחות ילדים, ומגבירה את הסיכוי לשדרה שסועה (Spina Bifida – התפתחות לקויה של עמוד השדרה שעלולה להוביל לנכויות קשות ולחסך תחושת בגיפיים); לשינוי בהיקף ראש כך שיהיה קטן מהרגיל (שינוי בקוטר בפייריאטלי – שלו קשר הדוק להתפתחות לקויה בגודל המוח העוברי ובעקבות כך דרגות שונות של פיגור מוטורי ושכלי); למשקל לידה נמוך, שעלול להוביל לתפקוד לקוי של מערכת הורמונלית ואף עלול להיות קשור לחולשת מערכת החיסון; וללידה מוקדמת, שמתרחשת בעיקר לפני הפיכת הריאות לתפקודיות באופן מלא, ועלולה לגרום לכשל ריאתי ולנזק מוחי בלתי הפיך.

כמו כן, מחקרים בתחום מערכות הרבייה מוצאים כי לבנזן השפעות גם על הזרע של גברים. בין השאר יש ירידה בספירת זרע, ניעות זרע וחיות הזרע, שהם ביטויים שונים לאיכות הזרע העלולים להוביל לירידה ביכולת הפרייון ועד לעקרות מוחלטת. בנזן גם מגדיל את הסיכוי לאקזמה (זיהום עורי שיכול להתפשט אל תוך מחזור הדם ולגרום לזיהום כלל מערכתי); מגדיל את הרגישות לפולנים (אלרגנים); ולירידה בספירת תאי דם לבנים שמחלישה את המערכת החיסונית.

מחקרים על השפעות נשימתיות מצאו (מעבר לאסתמה שכבר הוזכרה) סיכויים גוברים לזיהום ריאות, סיכוי גובר לברונכיטיס ואיבוד פונקציונאליות של הריאות (הן מבחינת נפח והן מבחינת זרימה), אשר

⁵¹ Bolden, Ashley L., Carol F. Kwiatkowski, and Theo Colborn. "New look at BTEX: are ambient levels a problem?." *Environmental science & technology* 49.9 (2015): 5261-5276.

כולם עלולים לגרום לדלקת ריאות ולכשל נשימתי. ירידה בפונקציונאליות של הריאות עלולה אף להוביל למחלת ריאה חסימתית כרונית (COPD). בספרות יש גם השפעות אחרות (בעיקר בקרב ילדים) כגון ירידה בהמוגלובין, ירידה בנפח תאי הדם האדומים (המטוקריט) וירידה בספירת תאי דם אדומים. אלו עלולים להוביל לאנמיה, חולשה ותשישות, ולעתים אף למחלות לב.

הספרות המקצועית מתייחסת גם להשפעת הבנון על ילדים ונשים בהריון, זאת מתוך ההבנה שאוכלוסיות אלה פגיעות יותר לחומרים מזהמים. למשל, ברוסלין ואחרים (2009) מראים שמגורים בקרבת תחנות דלק מעלים את הסיכון לחלות בלוקימיה בקרב ילדים.⁵² מאידך, סטפן ואחרים (2004) בדקו את הקשר בין מחלת לוקימיה אצל ילדים לבין רמת החשיפה של אמן לבנון בתקופת ההריון, אך לא מצאו קשר מובהק סטטיסטית ברמה מספקת.⁵³ (כן נמצא קשר בין חשיפת האם בזמן ההריון לבין מחלות ותופעות כגון עיכוב התפתחות ושינוי בהיקף הראש, כפי שצוין כבר).

קרוסינגני ואחרים (2004) מצאו שהסיכון היחסי (relative risk) ללוקימיה בקרב ילדים הוא 1.51 בטווח של עד 10 יחידות זיהום, ואילו חשיפה של מעל ל-10 יחידות זיהום מעלה משמעותית את הסיכון ל-3.91 (כלומר, כמעט פי 4).⁵⁴ מדובר בערכים גבוהים מאוד שרלוונטיים לישראל (כאמור מצאנו כי החשיפה המקסימאלית לבנון במרחק של 20 מטר מתחנת דלק עומדת על 9.62).

מכל האמור לעיל עולה כי החשיפה לבנון משפיעה בצורה דרמטית על בריאות הציבור, והנזקים שלה חמורים ביותר. החשיפה לבנון משפיעה על מערכות שונות בגוף, ובייחוד על אוכלוסיות בסיכון. לגידול במחלות הציבור יש גם נזק כלכלי שמוטל הן על הפרט החולה ועל משפחתו, והן על מערכת הבריאות והמשק בכללו. נזקים בריאותיים פוגעים באיכות החיים של הציבור, ונראה כי השפעתם השלילית גבוהה ממה שהצלחנו לכמת בסקירה זו.

טבלה 16 בעמוד הבא מסכמת את הנזקים הבריאותיים הנוספים שנגרמים מחשיפה לבנון.

⁵² Brosselin, Pauline, et al. "Acute childhood leukaemia and residence next to petrol stations and automotive repair garages: the ESCALE study (SFCE)." *Occupational and environmental medicine* 66.9 (2009): 598-606.

⁵³ Steffen, Christoph, et al. "Acute childhood leukaemia and environmental exposure to potential sources of benzene and other hydrocarbons; a case-control study." *Occupational and Environmental Medicine* 61.9 (2004): 773-778.

⁵⁴ Crosignani, Paolo, et al. "Childhood leukemia and road traffic: a population-based case-control study." *International Journal of cancer* 108.4 (2004): 596-599.

טבלה 16 – הנזקים הבריאותיים שנגרמים עקב חשיפה לבנון

<ul style="list-style-type: none"> • סיכוי גובר לשדרה שסועה (Spina Bifida) • שינוי בקוטר ביפאריטלי (biparietal diameter) • משקל נמוך בלידה • שינוי היקף ראש • לידה מוקדמת 	<p>השפעה התפתחותית על ילדים</p>
<ul style="list-style-type: none"> • ירידה בספירת זרע • ירידה בניעות זרע (asthenospermic) • ירידה בחיות זרע (viable) 	<p>השפעות על מערכת הרבייה</p>
<ul style="list-style-type: none"> • אקזמה • רגישות לפולנים (sensitization to pollen) • נטייה תורשתית לתגובות אלרגיות (atopy) • ירידה בספירת תאי דם לבנים 	<p>פגיעה במערכת החיסון</p>
<ul style="list-style-type: none"> • סיכויים גוברים לזיהום בריאות • סיכוי גובר לברונכיטיס • איבוד פונקציונאליות של הריאות (הן נפח והן זרימה) • גידול בסיכון לדלקת ריאות בקרב מזדקנים 	<p>השפעות נשימתיות</p>
<ul style="list-style-type: none"> • ירידה בהמוגלובין • ירידה בנפח תאי הדם האדומים (hematocrit) • ירידה בספירת תאי דם אדומים 	<p>השפעות פיזיולוגיות</p>

3. תוספת דירות בעקבות השינוי

3.1 מתודולוגיה

הרעיון המרכזי בצורת הבדיקה שבחרנו היה לבדוק בצורה פרטנית את סביבת תחנות הדלק הקיימות, ולבחון כמה שטחים פנויים יתפנו כתוצאה מצמצום מגבלת הבנייה למגורים מ-40 מטר ל-20 מטר. מתוך הנחה שמגבלות הבנייה בקרבת תחנות דלק רלוונטיות לערים הגדולות בישראל, בחנו את סביבת תחנות הדלק ב-5 הערים הגדולות - ירושלים, תל-אביב - יפו, חיפה, ראשון-לציון ופתח-תקווה.⁵⁵ לפי נתוני משרד האנרגיה, בערים אלה 240 תחנות דלק ציבוריות⁵⁶ (חלוקה מפורטת לפי עיר בטבלה 21). מדובר בכ-20% מסך תחנות הדלק הציבוריות הרשומות בישראל.

בבואנו לאמוד את מספר יחידות הדיור החדשות שיתווספו כתוצאה מהשינוי, עמדה בפנינו דילמה בנוגע לצורת החישוב - האם לבחון את ייעוד השטח בתכניות המתאר המקומיות (שכוללות פירוט מדויק על ייעוד הקרקע ועל מספר יחידות הדיור המאושרות - להלן: 'התכניות המפורטות'), או שמא לאמוד את השטח הפוטנציאלי שיתפנה תוך שקלול צפיפות הבנייה המקובלת בעיר הנבדקת. מכיוון שסביר להניח שלאחר הסרת מגבלות הבנייה בקרבת תחנות דלק התכניות המפורטות ישונו, בחרנו להתבסס על ניתוח תיאורטי של תכניות המתאר ולא על התכניות הקיימות.

סקרנו את האיזור של כל אחת מ-240 תחנות דלק, על פי הנתונים הזמינים במאגר המפות הממשלתי.⁵⁷ עבור תחנות הנמצאות באיזור סטטיסטי שאינו מוגדר למגורים (כגון תעשייה ומתחם ציבורי)⁵⁸ הנחנו כי אין פוטנציאל בנייה חדש, זאת משום שצמצום מגבלת הבנייה לא רלוונטית לאיזורים אלה (45% מסך התחנות נמצא באיזור שאינו למגורים). עבור תחנות הדלק שנמצאות באיזורי מגורים, חישבנו את השטח הפוטנציאלי החדש רק עבור תחנות שאין בקרבתן בנייני מגורים במרחק 20 מטר (בניינים ישנים שנבנו טרם כניסת התקנות הקיימות לתוקף) ושאינן בקרבתן קרקע בשימוש אחר (דרך, מבני מסחר ותעשייה, גינה ציבורית וכו').

ככל הנראה מדובר באומדן חסר בשל ההנחה שלא יהיה שינוי בייעוד הקרקע (כמו למשל הפיכת מבנה למסחר אל מבנה למגורים), ומשום שלא נלקחו בחשבון תוספת קומות שתאפשר לאחר כניסת השינוי לתוקף. מנגד, יתכנו מגבלות נוספות שלא ידועות לנו, למשל מטעמים ביטחוניים או בריאותיים אחרים (כגון קירבה לאנטנה).

לפני הצגת הממצאים נציין כי בחישוב השטחים הפוטנציאליים הפנויים חושב ההפרש שבין 20 מטר ל-40 מטר (אם כי לעתים השטח הפנוי החדש היה גדול מההפרש, כשבקרבת התחנה היה שטח לא מנוצל במרחק מעט גדול יותר מ-40 מטר), וכן התחשבנו במגבלות תוואי השטח (לדוגמה, אי אפשר לבנות בקרבת תחנת דלק אם היא נמצאת בקרבת מצוק).

⁵⁵ השנתון הסטטיסטי 2016, לוח 2.25: יישובים, אוכלוסייה וצפיפות לקמ"ר, לפי מטרופולין ויישובים נבחרים, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2016

⁵⁶ משרד האנרגיה, רשימת תחנות דלק ציבוריות רשומות.

⁵⁷ מאגר המפות הממשלתי - www.govmap.gov.il

⁵⁸ האיזורים הסטטיסטיים מוגדרים על פי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, כמופיע במערכת היישובים.

לאחר שאמדנו את סה"כ השטח הפוטנציאלי הפנוי כתוצאה מהשינוי, חישבנו את מספר יחידות הדיור החדשות שייבנו תוך שימוש בצפיפות המינימאלית המתוארת בתמ"א 35 / 1.59 מספר זה יאפשר לנו לדעת בכמה גדל היצע הדירות כתוצאה מהשינוי, וכמה תושבים נוספים יגורו בקרבת תחנות הדלק. חישבנו את מספר התושבים על ידי שקלול ממוצע הנפשות למשק בית על פי יישוב.⁶⁰

3.2. ממצאים

טבלה 20 מסכמת את ממצאי הבדיקה שערכנו לסביבת תחנות הדלק בחמש הערים המרכזיות בישראל. עולה ממנה כי סה"כ השטח הפוטנציאלי הפנוי לבנייה למגורים כתוצאה מצמצום טווח הבנייה המותר למגורים מתחנות דלק הוא 42.5 דונם. שימוש בצפיפות הבנייה המינימאלית כפי שנקבעה בתמ"א 35 מראה כי סך יחידות הדיור שיתווספו עומד על כ-600. על פי ממוצע הנפשות הקיים במשקי בית בכל עיר, מספר התושבים החדשים הצפוי לגור בקרבת תחנות הדלק בחמש הערים הגדולות הוא כ-1600.

מדובר בשטח זעום ביחס לשטחי הערים. תחום השיפוט הכולל של חמש הערים הגדולות עומד על כ-330 אלף דונם, כך ש-42.5 דונם הם טיפה בים. כמו כן, סך הדירות למגורים בחמש ערים אלה עומד על כ-700 אלף, כך שהתוספת הצפויה של דירות מגורים קטנה מפרומיל.

טבלה 20 - צפי למספר יחידות דיור חדשות ומספר תושבים חדשים, לפי עיר

מספר תושבים חדשים	ממוצע נפשות למשק בית	מספר יחידות דיור חדשות שייתווספו	צפיפות בנייה מינימלית ביחיד לדונם נטו	סה"כ שטח פוטנציאלי פנוי, מ"ר	
446	3.91	114	12	9,500	ירושלים
714	2.23	320	16	20,010	תל-אביב - יפו
177	2.47	72	11	6,500	חיפה
179	3.06	59	15	3,900	ראשון-לציון
118	3.02	39	15	2,600	פתח-תקה
1,633		604		42,510	סה"כ

הבדיקה שלנו מצאה כי תחנות הדלק באזורי מגורים היא תופעה שרווחת בעיקר בשתי הערים הגדולות - ירושלים ותל אביב. בערים אלה 80% מתחנות הדלק בעיר נמצאות באזורי מגורים. בערים הקטנות יותר בסדר יורד, נראה שגם שיעור תחנות הדלק באזורי מגורים נמצא בירידה - בין 43% ל-32%. ממצא זה מהווה חיזוק לבחירה שלנו להתמקד בערים הגדולות בישראל, שכן נראה שהשינוי האמור רלוונטי בייחוד להן. הפרטים המלאים מופיעים בטבלה 21.

⁵⁹ תמ"א 35 / 1. לוח 1

⁶⁰ משקי בית ומשפחות: תכונות דמוגרפיות 2012-2013 על פי סקרי כ"א, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2016

טבלה 21 - מספר תחנות הדלק באזורי מגורים, בערים מרכזיות

תחנות דלק באזורי מגורים	מספר תחנות דלק	
80%	54	ירושלים
80%	46	תל-אביב - יפו
43%	72	חיפה
30%	37	ראשון-לציון
32%	31	פתח-תקוה
55%	240	סה"כ

טבלה 21 מראה כי מקרב 240 תחנות הדלק שנבדקו בערים הגדולות, רק כ-55% מהן נמצאות באזורי מגורים. כלומר, לשינוי האמור יש פוטנציאל בנייה למגורים רק לחצי מהן, עוד לפני שבדקנו פרטנית את סביבת תחנות הדלק. לאחר הבדיקה הפרטנית מצאנו כי מבין כלל תחנות הדלק, השינוי צפוי להשפיע רק על 25 תחנות, כ-10% מכלל התחנות. גם כאן, שיעור התחנות הרלוונטיות בכל עיר גבוה בשתי הערים הגדולות - ירושלים ותל אביב - 15% ו-20% בהתאמה, ונמוך בשאר הערים הנבדקות - 5%-6%.

טבלה 22 - מספר תחנות דלק שהשינוי צפוי להשפיע על סביבתן, לפי עיר

מספר תחנות דלק בעיר שהשינוי משפיע עליהן	מספר תחנות דלק בעיר שהשינוי משפיע עליהן	מספר תחנות דלק כולל	
15%	8	54	ירושלים
20%	9	46	תל-אביב - יפו
6%	4	72	חיפה
5%	2	37	ראשון-לציון
6%	2	31	פתח-תקוה
	25	240	סה"כ

יוצא שההשפעה של שינוי התמ"א אמורה להיות זעומה מאוד - להגדיל את פוטנציאל הבנייה סביב מספר לא גדול של תחנות דלק, תוך הוספת כ-600 יחידות דיור בלבד לשוק הדיור. נציין כי תמונה בעינינו העובדה כי באף מקום בדברי ההסבר לשינוי לתמ"א לא הובאה הערכת גורמי מקצוע להשפעת צעד זה על שוק הדיור. גם משיחות שקיימנו עם גורמי מקצוע ממשלתיים הבנו כי אומדנים כאלה אינם נמצא. להערכתנו, גם אם תבוצע בחינה מפורטת יותר של השטחים מסביב לתחנות הדלק, ומספר יחידות הדיור יגדל בסדרי גודל, עדין באופן יחסי התוספת לשוק הדיור היא זעומה.

4. סיכום ומסקנות

בעבודה זו אמדנו את ההשלכות בפועל של שינוי מספר 1 לתמ"א 18 / 4, אשר יאפשר בנייה למגורים בקרבת תחנות דלק. מצאנו כי בחמש הערים הגדולות בישראל צפויות להיבנות כ-600 דירות למגורים נוספות, בהן יגורו כ-1,600 איש בסביבת תחנות הדלק. מדובר במספר זעום יחסית של יחידות דיור שייבנו על פני מספר שנים, שצפוי להוריד את מחירי הדירות בשיעור זניח. לפיכך, אם הממשלה מצפה להגדיל את היצע הדירות בדרך זו, נראה כי צעד זה אינו אפקטיבי דיו.

כמו כן, בדיקות שנערכו בארץ ובעולם הראו כי בקרבת תחנות דלק יש מזהמים שונים באוויר ובקרקע, לרבות של בנזן, טולואן, אתיל-בנזן, קסילן ועוד. בספרות המקצועית יש קשר חזק בין חשיפת הציבור למזהמים אלה לבין הגברת הסיכון לחלות במחלות קשות (כגון סרטן הדם ואנמיה אפלסטית) וכן במחלות שכיחות (כגון אסתמה, בעיות בפוריות, בעיות בהתפתחות ילדים ועוד). קירבה למקור הזיהום מגדילה בסדרי גודל את החשיפה למזהמים, והבדיקה שנערכה בישראל בנוגע לבנזן מראה כי בטווח אליו מתייחס השינוי, מרחק של 20 עד 40 מטר מתחנות הדלק, יש חשיפה לבנזן מעל הרמות המומלצות. מצאנו כי מגורים של 1,600 איש נוספים בקרבת תחנות דלק תגרור עוד כ-100-150 חולי אסתמה, ומגדילה במידת מה את הסיכוי לחלות במחלות קשות אחרות.

נציין כי חישוב יחידות הדיור הנוספות לא לקח בחשבון את תוספות הבנייה במסגרת תמ"א 38, ויתכן כי המספר הסופי גדול יותר. אך גם אם מספר הדירות יהיה גדול פי כמה, עדין לא מדובר בסדרי גודל משמעותיים שישפיעו על צד ההיצע. מנגד, גם הנזקים הבריאותיים חושבו בחסר בשל ההתמקדות בבנזן ולא בחומרים נוספים, בשל ההתמקדות בזיהומי אוויר ולא בזיהומי קרקע ומשום שנתונים על הזיהום מבנזן בישראל נערכו בחורף (בקיץ רמות הזיהום עולות). למרות המגבלות המתודולוגיות, נציין שזו העבודה היחידה שאמדה את השלכות השינוי, לאור העובדה שהממשלה לא בחנה נושא זה בעצמה.

לפי כל אלה אפשר לומר בוודאות גבוהה כי קיימת תחלופה בין הוספת יחידות דיור בהיקף לא גדול לבין פגיעה בבריאות הציבור. הוספת יחידות דיור בקרבת תחנות דלק תגרום למחלות בריאותיות בקרב הציבור.

- 1 ATSDR -Ethylbenzene- ToxFAQs™
- 2 ATSDR, (2015). ADDENDUM for BENZENE Supplement to the 2007 Toxicological Profile for Benzene, Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, Atlanta.
- 3 Arif, Ahmed A., and Syed M. Shah. "Association between personal exposure to volatile organic compounds and asthma among US adult population." *International archives of occupational and environmental health* 80.8 (2007): 711-719.
- 4 Bahadar, Haji, Sara Mostafalou, and Mohammad Abdollahi. "Current understandings and perspectives on non-cancer health effects of benzene: a global concern." *Toxicology and applied pharmacology* 276.2 (2014): 83-94.
- 5 Blankart, Carl Rudolf, et al. "Cost of illness and economic burden of chronic lymphocytic leukemia." *Orphanet journal of rare diseases* 8.1 (2013): 32.
- 6 Bolden, Ashley L., Carol F. Kwiatkowski, and Theo Colborn. "New look at BTEX: are ambient levels a problem?." *Environmental science & technology* 49.9 (2015): 5261-5276.
- 7 Bradley CJ, Bednarek HL, Neumark D. Breast cancer and women's labor supply. *Health Serv Res.* 2002;37:1309–1328.
- 8 Brosselin, Pauline, et al. "Acute childhood leukaemia and residence next to petrol stations and automotive repair garages: the ESCALE study (SFCE)." *Occupational and environmental medicine* 66.9 (2009): 598-606.
- 9 Chen Q, Jain N, Ayer T, et al: Economic burden of chronic lymphocytic leukemia in the era of oral targeted therapies in the United States. *J Clin Oncol* 35:166-174, 2017
- 10 Cocco, P., et al. "Occupational exposure to solvents and risk of lymphoma subtypes: results from the Epilymph case-control study." *Occupational and Environmental Medicine* 67.5 (2010): 341-347.
- 11 Correa, Sergio M., et al. "The impact of BTEX emissions from gas stations into the atmosphere." *Atmospheric Pollution Research* 3.2 (2012): 163-169.
- 12 Crosignani, Paolo, et al. "Childhood leukemia and road traffic: a population-based case-control study." *International Journal of cancer* 108.4 (2004): 596-599.
- 13 CRUMP, K. & ALLEN, B. Quantitative estimates of risk of leukemia from occupational exposure to benzene. Washington, DC, US Department of Labor, 1984 (OSHA Docket H-059b, Exhibit 152, Annex B).
- 14 Dowling, Emily, et al. "Burden of illness in adult survivors of childhood cancers." *Cancer* 116.15 (2010): 3712-3721.
- 15 Durmusoglu, Ertan, Fatih Taspinar, and Aykan Karademir. "Health risk assessment of BTEX emissions in the landfill environment." *Journal of hazardous materials* 176.1 (2010): 870-877.

- 16 Edokpolo, Benjamin, Qiming Jimmy Yu, and Des Connell. "Health risk assessment of ambient air concentrations of benzene, toluene and xylene (btx) in service station environments." International journal of environmental research and public health 11.6 (2014): 6354-6374.
- 17 Ershler, William B., et al. "Economic burden of patients with anemia in selected diseases." Value in Health 8.6 (2005): 629-638.
- 18 Fontes, Tania, Nelson Baros and Maria Conceição Manso. "Human health risk for the population living in the vicinity of urban petrol stations." International Conference on Urban Risks, At CaixaGest, Lisboa, June 2016.
- 19 Foster, Talia, et al. "Economic burden of follicular non-Hodgkin's lymphoma." Pharmacoeconomics 27.8 (2009): 657-679.
- 20 Frey, Simon, Carl R. Blankart, and Tom Stargardt. "Economic burden and quality-of-life effects of chronic lymphocytic leukemia: a systematic review of the literature." Pharmacoeconomics 34.5 (2016): 479-498.
- 21 Glass, Deborah C., et al. "Leukemia risk associated with low-level benzene exposure." Epidemiology 14.5 (2003): 569-577.
- 22 Gonzalez-Flesca, Norbert, Sotiris Vardoulakis, and André Cicoella. "BTX concentrations near a stage II implemented petrol station." Environmental Science and Pollution Research 9.3 (2002): 169-174.
- 23 Hayes, Richard B., et al. "Benzene and the dose-related incidence of hematologic neoplasms in China." Journal of the National Cancer Institute 89.14 (1997): 1065-1071.
- 24 Ho Hyun Kim, Young-Wook Lim, Dong-Chun Shin, Jong Ryeul Sohn, Ji-Yeon Yang, "Risk assessment of Volatile Organic Compounds (VOCs) and Formaldehyde in Korean Public Facilities: Derivation of Health Protection Criteria Levels", Asian Journal of Atmospher
- 25 Issaragrisil, Surapol, et al. "The epidemiology of aplastic anemia in Thailand." Blood 107.4 (2006): 1299-1307.
- 26 Kandyala, Reena, Sumanth Phani C. Raghavendra, and Saraswathi T. Rajasekharan. "Xylene: An overview of its health hazards and preventive measures." Journal of oral and maxillofacial pathology 14.1 (2010):
- 27 Karakitsios, Spyros P., Vasileios K. Delis, Pavlos A. Kassomenos, and Georgios A. Pilidis. "Contribution to ambient benzene concentrations in the vicinity of petrol stations: Estimation of the associated health risk." Atmospheric Environment 41.9 (2007): 1889-1902
- 28 Khalade, Abdul, et al. "Exposure to benzene at work and the risk of leukemia: a systematic review and meta-analysis." Environmental Health 9.1 (2010): 31.
- 29 Kim, Jihyun, et al. "Symptoms of atopic dermatitis are influenced by outdoor air pollution." Journal of Allergy and Clinical Immunology 132.2 (2013): 495-498.
- 30 Knight, C., et al. "Rituximab (MabThera®) for aggressive non-Hodgkin's lymphoma: systematic review and economic evaluation." (2004).
- 31 Kwon, Jaymin, et al. "Source proximity and outdoor-residential VOC concentrations: results from the RIOPA study." Environmental science & technology 40.13 (2006): 4074-4082.
- 32 LAN, Q., ZHANG, L., LI, G., VERMEULEN, R., WEINBERG, R. S., DOSEMECI, M., RAPPAPORT, S. M., SHEN, M., ALTER, B. P., WU, Y., KOPP, W., WAIDYANATHA, S., RABKIN, C., GUO, W., CHANOCK, S., HAYES, R. B., LINET, M., KIM, S., YIN, S., ROTHMAN, N. & SMITH, M. T. 2004. Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene. Science, 306, 1774-6

- 33 Maluf, Eliane, et al. "Incidence and risk factors of aplastic anemia in Latin American countries: the LATIN case-control study." *Haematologica* 94.9 (2009): 1220-1226.
- 34 Morales Terrés, Isabel M., Marta Doval Miñarro, Enrique González Ferradas, Antonia Baeza Caracena, and Jonathan Barberá Rico. "Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings." *Journal of Environmental Management* 91.12 (2010): 2754-2762
- 35 Moran JR, Short PF, Hollenbeak CS. Long-term employment effects of surviving cancer. *J Health Economics*. 2011;30:505–514.
- 36 Nabhan, Chadi, and Anthony R. Mato. "Economic modeling of the cost of chronic lymphocytic leukemia therapy: It is about the model." *Journal of Clinical Oncology* (2017): JCO-2016.
- 37 Nicolai T, Carr D, Weiland SK, Duhme H, von Ehrenstein O, Wagner C, von Mutius E: Urban traffic and pollutant exposure related to respiratory outcomes and atopy in a large sample of children. *European Respiratory Journal*. 2003, 21: 956-963.
- 38 Nissenson, Allen R., et al. "Economic burden of anemia in an insured population." *Journal of Managed Care Pharmacy* 11.7 (2005): 565-574.
- 39 PAXTON, M.B. ET AL. Leukaemia risk associated with benzene exposure in the pliofilm cohort. II. Risk estimates. *Risk analysis*, 14: 155–161 (1994).
- 40 Pénard-Morand, Céline, et al. "Long-term exposure to close-proximity air pollution and asthma and allergies in urban children." *European Respiratory Journal* 36.1 (2010): 33-40.
- 41 Rumchev, K., et al. "Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children." *Thorax* 59.9 (2004): 746-751.
- 42 Smith, Martyn T. "Overview of benzene-induced aplastic anaemia." *European Journal of Haematology* 57.S60 (1996): 107-110.
- 43 Sorahan, T., L. J. Kinlen, and R. Doll. "Cancer risks in a historical UK cohort of benzene exposed workers." *Occupational and Environmental Medicine* 62.4 (2005): 231-236.
- 44 Steffen, Christoph, et al. "Acute childhood leukaemia and environmental exposure to potential sources of benzene and other hydrocarbons; a case-control study." *Occupational and Environmental Medicine* 61.9 (2004): 773-778.
- 45 Steinmaus, Craig, et al. "Meta-analysis of benzene exposure and non-Hodgkin lymphoma: biases could mask an important association." *Occupational and environmental medicine* 65.6 (2008): 371-378.
- 46 WHO Regional Office for Europe. Chapter 5.2 Benzene. *Air Qual. Guide*
- 47 Yabroff KR, Lawrence WF, Clauser S, Davis WW, Brown ML. Burden of illness in cancer survivors: findings from a population-based national sample. *J Natl Cancer Inst*. 2004;96:1322–1330.
- 48 Yabroff, K. Robin, et al. "Economic burden of cancer in the United States: estimates, projections, and future research." *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers* 20.10 (2011): 2006-2014.
- 49 Yimrungruang, Duangduan, et al. "Characterization and health risk assessment of volatile organic compounds in gas service station workers." *Environment Asia* 2 (2008): 21-29.
- 50 Young, Neal S., Phillip Scheinberg, and Rodrigo T. Calado. "Aplastic anemia." *Current opinion in hematology* 15.3 (2008): 162.

- 51 [אקולוגיה וסביבה, "ריכוזי בנזן באוויר בתחנות דלק ובסביבתן הקרובה בגוש דן", צחי אסא, מאי 2011, גליון 2, \(עמ' 87-85\)](#)
- 52 אקשטיין, צ', ק' גייר, ש' ארליך וחי' לוי (2001), מודל מחירי דירות למגורים, אפלייד אקונומיקס בע"מ
- 53 [אתר ויקי רפואה, נבדק בתאריך 01.05.2017](#)
- 54 בן טובים, נילי (2016), אמידת גמישות הביקוש לדירות ביחס למחיר בישראל, בנק ישראל
- 55 המשרד להגנת הסביבה- מצגת של אגף שפכי תעשייה וקרקעות מזוהמות
- 56 המשרד להגנת הסביבה – מחוז תל אביב, זיהום קרקע וגזי קרקע במחוז תל אביב: ממצאי הטיפול וסיכום פעילות. נובמבר 2008.
- 57 המשרד להגנת הסביבה – מחוז תל אביב, ממצאי מזהמים נדיפים במרתפים ומקלטים ציבוריים במחוז תל אביב, 2008-2010, דצמבר 2011.
- 58 המשרד להגנת הסביבה, אגף איכות אוויר ושינוי אקלים, "מסמך עבודה להכנת תכנית לאומית למניעה צמצום של זיהום האוויר בישראל", ינואר 2012.
- 59 המשרד להגנת הסביבה, דוח איכות אוויר- תחנה ניידת, מרכז ניטור אוויר ארצי, אגף איכות אוויר ושינוי אקלים, 08/02/16
- 60 מכון הריאה בית חולים הדסה עין כרם, אסתמה בישראל בעשור האחרון: ירידה בשכיחות ובחומרה.
- 61 מכתב של עמותת "במקום", "השגה לתמ"א 18/4/1 – תכנית מתאר ארצית לתחנות תדלוק, שינוי מס' 1", 6 במארס, 2015.
- 62 מסמך רקע לעדכון ערכי איכות אוויר, מסמך של המשרד להגנ"ס, אגף איכות אוויר ושינוי אקלים, 20 בינואר 2016.
- 63 משרד האוצר, רשות המסים, דוח הוועדה למיסוי ירוק 3- תחליפי נפט לתחבורה, מרץ 2016.
- 64 משרד הבריאות, המחלקה לאם לילד ולמתבגר- אסתמה.
- 65 [פורום "סרטו- אבחון טיפול ומניעה" תאריך כניסה 05.05.17](#)

טבלה 1- תוצאות מדידת בנזן בתחנות דלק שונות ברחבי הארץ

ריכוזים ממוצעים יממתיים (מק"ג/מ"ק)	מרחק מתחנת דלק	נקודת דיגום
15 (7-8/12/15) 9.6 (8-10/12/15) 18.5 (24-25/11/15)	10	רח' הרב קוק 72 הרצליה
18.9 (7-8/12/15) 18.9 (8-10/12/15) 20.6 (24-25/11/15)	10	רח' ז'בוטינסקי 67 ר"ג
8.18 (8-10/12/15) [בדיקה שנערכה 8 שעות] 3.49 (7-8/12/15) [בדיקה שנערכה 8 שעות] 20.9 (24-25/11/15)	10	רח' אלוף שדה (בית הכנסת שמעון) ר"ג
8.72 (7-8/12/15) 22.8 (8-10/12/15)	10	רח' ההגנה 42 ת"א
6.9 (8-10/12/15)	10	רח' הזוהר 45 ת"א
1.41 (23-24/11/15) 0.122 (12-13/1/16) 5.99 (13-14/1/16)	23	רח' ז'בוטינסקי 67 ר"ג
0.118 (23-24/11/15) 4.72 (12-13/1/16) 5.09 (13-14/1/16)	67	
4.32 (23-24/11/15) 4.47 (12-13/1/16) 0.486 (13-14/1/16)	18	רח' אלוף שדה (בית הכנסת שמעון) ר"ג
4.35 (23-24/11/15) 5.57 (12-13/1/16) 0.698 (13-14/1/16)	30	
4.02 (23-24/11/15) 5.05 (12-13/1/16) 5.15 (13-14/1/16)	22	רח' הזוהר 45 ת"א
3.9 (23-24/11/15) [המדידה נערכה 21.6 שעות עקב תקלה] 2.97 (12-13/1/16) 4.35 (13-14/1/16)	46	