

לחישוב פיזור ענן האמוניה הקר כגז כבד ולחישוב ההסתברות למוות עקב החשיפה. סיבה נוספת היא בחינה של תנאי הפיזור (התנאים המטאורולוגיים בכלל, ומשטר הרוחות בפרט) השוררים בפועל באזור הנחקר.

שיטת ניתוח בעזרת הערכת סיכונים היא שימושית מאוד, ואף הפכה למחייבת בכל המתקנים הכימיים במטרה למזער את הסיכון. אם כן, המודל שפותח הוא כלי חשוב בקבלת החלטות ובהשוואה בין חלופות תוך שילוב בטיחות לאוכלוסייה, שמירה על הסביבה וקיום תעשייה משגשגת.

**מקורות**

- [1] דו"ח הרצל שפיר. 2007. הוועדה הציבורית המייעצת לבחינת ההערכות והטיפול בחומרים מסוכנים ברגיעה ובשע"ח, בראשות הרצל שפיר. סיכום עבודת הוועדה.
- [2] שפירא ע. 2013. מודל הערכת סיכונים עקב פריצת חומר קריאוגני רעיל מקרה מבחן: מיכל האמוניה בחיפה (עבודת גמר לתואר שני). תל-אביב: אוניברסיטת תל-אביב.
- [3] Mannan S (Ed). 2005. Lee's loss prevention in the process industries, Vol. 1-3. Oxford: Butterworth-Heinemann.

אטמוספירית ניטרלית (D) ובזמן חשיפה של שעה. אזורי הסיכון בתנאים אלה מתוארים בנספח 1 באתר כתב העת. הצפי בתנאים אלה הוא כ-14,000 הרוגים.

אולם בבחינת משטר הרוחות באזור המתקן, נראה כי נוכחות הר הכרמל מתעלת את הרוח מכיוונים של צפון-מערב ודרום-מזרח. במקרים אלה נסחף הענן לים או לאזור דל-אוכלוסין יחסית. כמו כן, יש הסתברות נמוכה מאוד (פחות מעשירית האחוז) לרוח בכיוון שהוגדר כמסוכן ביותר.

בשלב השני בוצע ניתוח סטטיסטי בעזרת שיטת מונטה-קרלו, של כלל התנאים המטאורולוגיים לפי הסתברותם (על פי נתוני ניטור בתחנת איגוד ערים חיפה, הממוקמת בצומת הצ'ק-פוסט, עבור 2008 כשנה מייצגת). עבור 68% מהאירועים התקבל פילוג עם מספר הרוגים ממוצע של 180, ובתחום של 0 ועד 600.

המודל שפותח הוא כלי ניתוח סטטיסטי של תוצאות תאונה במפעל כימי. ביישום המודל עבור תרחיש פריצת מכל האמוניה בחיפה, נראה כי המודל חוזה מספר הרוגים שנמוך באופן משמעותי מתוצאות סקרים שנעשו בעבר, ומהנתונים המוצגים בדיון הציבורי. סיבה אחת לכך היא שימוש בשיטות חישוב ובמודלים מורכבים ומעודכנים המתאימים לחישוב האידי, ו

בקצרה

מדידת רעש מנסיעת הרכבת הקלה | צילום: דנה זיו



הרעש שמקורו מתחבורה. חשיבות הבדיקה היא בכך שזוהי הרכבת הקלה הראשונה שפועלת בארץ, שעתידים להתווסף לה קווים נוספים בירושלים ומחוצה לה.

רעש מוגדר כ"קול לא רצוי, בשל עוצמתו או תוכנו". ההנחיה המחייבת האירופית [2] מפרטת את ההגדרה, ומוסיפה "רעש חיצוני לא רצוי או מזיק, שמקורו בפעילות אנושית, כולל רעש מכבישים, מרכבות, מנמלי תעופה ומאזרי תעשייה". מפגע רעש נחשב מטרד סביבתי ואיום על בריאות הציבור, במיוחד במקומות עירוניים שבהם הוא משפיע על אוכלוסיות גדולות. באירופה מוערך אבדן של כמיליון "שנות חיים" בכל שנה עקב רעש מתחבורה בלבד, או ספציפית יותר, עקב המטרד והפרעות השינה הנגרמות מרעש מתחבורה [5]. רעש ברמה של 70 דציבלים ומעלה עלול לגרום ליקויי שמיעה, בעיות לב ולחץ דם, לחץ נפשי,

**בדיקת מפלסי רעש מתחבורה בעקבות הפעלת הרכבת הקלה בירושלים**

גדי קולקר ודנה זיו\*

חוג למדעי בריאות הסביבה, המכללה האקדמית הדסה  
dana.zivi@mail.huji.ac.il \*

באוגוסט 2011 נפתח לציבור הקו הראשון של הרכבת הקלה בירושלים. אחת ממטרותיה של הרכבת החשמלית היא צמצום הנזק הסביבתי שנגרם עקב תחבורה המונעת בדלקים, דהיינו זיהום אוויר מקומי ומפגעי רעש. להלן תיאור מחקר שבוצע במטרה לבדוק אם הרכבת עמדה ביעדה והפחיתה את מפגע

מכשיר נייד מדד בכל נקודה פעמיים, וכל אחת מהמדדות נמשכה שעתיים. המדידות נערכו בשעות שיא התנועה ביום, 7:00-9:00, ובשעות שיא התנועה בלילה, 22:00-24:00 (בהתאם לחלוקה הנהוגה של היממה, שלפיה הלילה מתחיל ב-22:00). מאחר שנקודות המדידה היו בתחנה או בקרבתה, מהירות הרכבת לא הייתה מרבית ולכן היא לא הפיקה מפלס רעש מרבי. מכשיר שני, נייד, שימש לבדיקה בנקודות חלופיות. מדידה בנקודות חלופיות, שמפלט הרעש מהרכבת בהן הוא מרבי, אפשרה לאפיין בצורה נכונה יותר את מפלס הרעש הכללי. כמו כן, נערכו מדידות ברחובות 'אגריפס' ו'הנביאים', שתנועת האוטובוסים וכלי הרכב הוסטה אליהם בעקבות הפעלת הרכבת. נוסף על כך ביצענו מדידה בתחנת רכבת ובתחנת אוטובוס, לשם השוואת מפלסי הרעש של אוטובוס מול רכבת בהגעה לתחנה, בהמתנה בה וביציאה ממנה. כדי לאפיין את השינוי שחל במפלסי הרעש, תוצאות המדידות הושושו לממצאי תסקיר ההשפעה על הסביבה משנת 2000, שבמסגרתו נבדקו מפלסי רעש מתחבורה לאורך התוואי העתידי של הרכבת הקלה, ובוצעה תחזית למפלס הרעש המצטבר (רעש הרקע והרעש מהרכבת).

**תוצאות המדידות** מראות שהרכבת עצמה אכן עומדת בקריטריון הרעש שהוצב עבורה, ושמתחשב ברעש רקע גבוה ומעלה את הסף המקורי (65 דציבלים ביום ו-55 בלילה) ב-3 דציבלים נוספים. בשל כך, בשלוש מבין חמש הנקודות נמדדו תוצאות גבוהות מהקריטריון המקורי לרעש ביום (איור 1), ונמדדה חריגה בכל הנקודות במדידות הלילה (איור 2).

נוסף על כך, נמדדו מפלסי רעש מעל 70 דציבלים ברחובות 'אגריפס' ו'הנביאים'. מפלס הרעש (כולל רעש הרקע) מאוטובוס בתחנה היה 76 דציבלים, בעוד מפלס הרעש (כולל רעש הרקע) מרכבת בתחנה היה 67 דציבלים. משמעות השוואה היא שמפלס הרעש מאוטובוס גבוה פי 8 מזה של הרכבת הקלה.

**לסיכום**, על פי מדידות הרעש, הרכבת עומדת בקריטריון שהוצב עבורה. יש לציין כי בשל רעש הרקע הגבוה, רמות הרעש גבוהות עדיין מן הרצוי. נוסף על כך, על פי השוואת תוצאות המדידות בתחנה, רכבת מפיקה רעש נמוך בהרבה מאוטובוס, וזאת בזכות ההנעה החשמלית. חשוב לציין שלמרות הפחתת הרעש לאורך תוואי הרכבת, יש בירושלים אזורים אחרים, כמו הרחובות שתנועת האוטובוסים הוסטה אליהם, שמפלסי הרעש מתחבורה בהם גבוהים מהמומלץ לשמירה על הבריאות (70 דציבלים). אנו ממליצים להשקיע בהפחתת רעש הרקע במקומות נוספים בעיר, שתחבורה רגילה עוברת בהם, ולא הרכבת הקלה. צעדי מדיניות מוכרים שנמצאים בשימוש הם תכניות עידוד למעבר לתחבורה ציבורית, הפעלת אוטובוסים שקטים, קידום הליכה או רכיבה על אופניים וצעדים להפחתת השימוש ברכב הפרטי. אנו ממליצים לבדוק את מפלסי הרעש לאחר יישום מדיניות מתאימה.



על פי מדידות הרעש, הרכבת עומדת בקריטריון שהוצב עבורה | צילום: יהודית אמיר ©

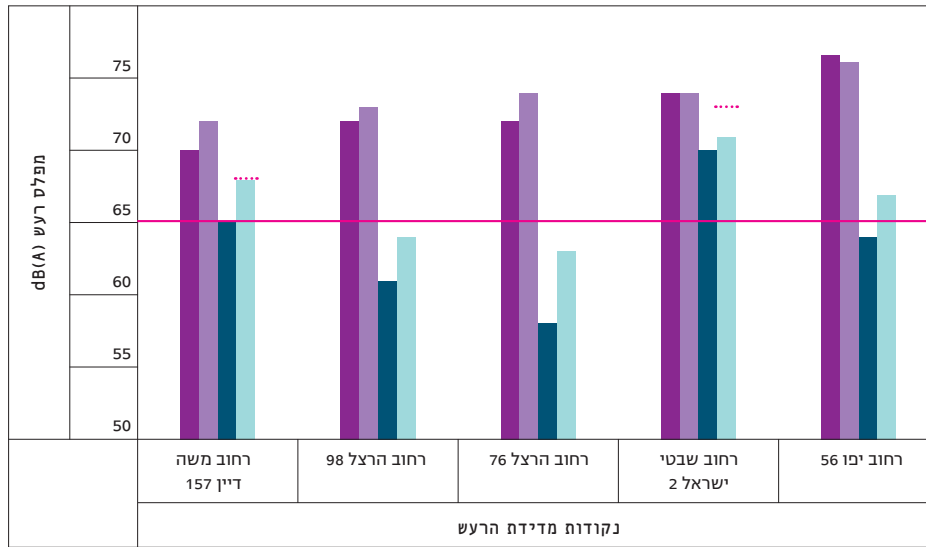
הפרעות קוגניטיביות אצל ילדים והפרעות שינה<sup>[3]</sup>. מוערך שכ-64% מתושבי ישראל מוטרדים מרעש, וכשליש מהם חשופים לעוצמות רעש שעלולות לפגוע בבריאות<sup>[4]</sup>.

בהתאם לכך, לרכבת הקלה הוגדר סף מרבי למפלס הרעש המופק ממנה: 65 דציבלים בשעות היום ו-55 דציבלים בשעות הלילה. אם מפלס רעש הרקע גבוה יותר מהסף המרבי, מותר לרכבת להפיק מפלס רעש הגבוה ממפלס רעש הרקע ב-3 דציבלים לכל היותר. זאת בשל אי-היכולת של האדם להבחין בין רעשים שהפרש עוצמתם הוא עד 3 דציבלים.

**שיטות העבודה** כללו מדידות רעש בחמש נקודות, שנקבעו על-ידי המשרד להגנת הסביבה והיחידה הסביבתית של עיריית ירושלים, בשל קרבתן למבני מגורים. בהזמנת גורמים אלה בוצעו המדידות הראשונות בשלבי ההפעלה הניסיונית (קיץ 2011) והמסחרית (ספטמבר 2011) על-ידי חברת אפשטיין אקוסטיקה, ולאחר מכן (במהלך 2012), באותן הנקודות, על-ידינו, וזאת כדי לאפיין את השינוי שחל במפלסי הרעש בעקבות הפעלת הרכבת הקלה.

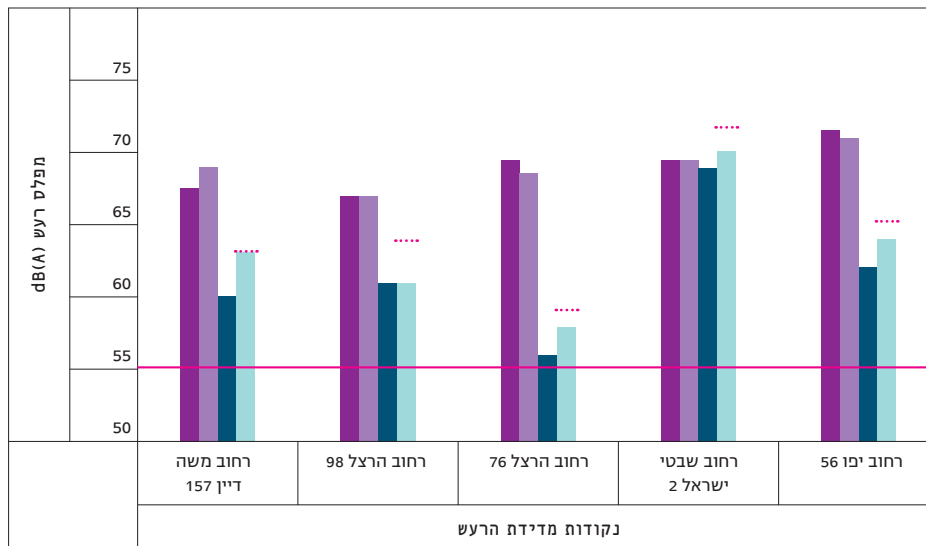
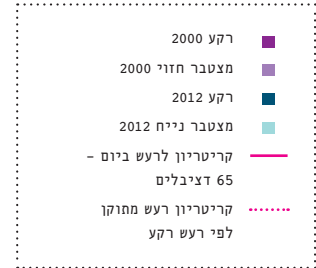
מדידת הרעש בוצעה על פי ההנחיות למדידת רעש מדרכים קיימות<sup>[1]</sup>. את המדידות ביצענו בעזרת שני מכשירים זהים, מסוג Mediator Sound Level Meter של חברת Brüel & Kjær מדגם 2236. המכשירים כונו למדוד את מפלס הרעש בסקלה dB(A) - A. שמותאמת לרגישות השמיעה של האדם בתדרי הקול השונים.

בקצרה



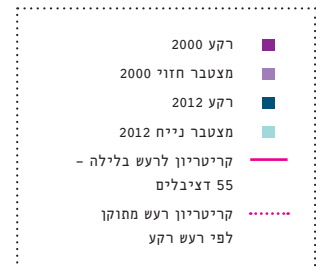
איור 1. רעש בשעות היום

מפלסי רעש הרקע והרעש המצטבר שנחזו בשנת 2000 ונמדדו במהלך פעילות הרכבת הקלה ב־2012, ביום.



איור 2. רעש בשעות הלילה

מפלסי רעש הרקע והרעש המצטבר שנחזו בשנת 2000 ונמדדו במהלך פעילות הרכבת הקלה ב־2012, בלילה.



- [2] European Commission. 2002. Directive 2002/49/EC relating to the assessment and management of environmental noise.
- [3] Gabbay S. 1998. The environment in Israel. Jerusalem: Ministry of the Environment.
- [4] Passchier-Vermeer W and Passchier WF. 2000. Noise exposure and public health. *Environmental Health Perspectives* 108(Suppl. 1): 123–131.
- [5] World Health Organization. 2011. Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life year lost in Europe.

**תודות**

מחקר זה נעשה בהנחיית ד"ר סטיליאן גלברג, ראש אגף מניעת רעש וקרינה, המשרד להגנת הסביבה וד"ר גאולה שרף, מרכזת החוג למדעי בריאות הסביבה, המכללה האקדמית הדסה.

**מקורות**

- [1] המשרד לאיכות הסביבה. תקנות למניעת מפגעים (רעש בלתי סביר), התש"ן-1990.