

מחלקת מחקר

אומדן חשיפה תעסוקתית פוטנציאלית לרטט מכני בתעשיית העץ, המתכת, החקלאות והשיש

המחקר הוא מחקר ישומי בתחום הבריאות התעסוקתית

מטרת המחקר היא להעריך שכיחות וחשיפה פוטנציאלית לרטט גפה עליונה ולרטט כל-גופי בתעשיית העץ, המתכת, החקלאות והשיש על מנת לגבש כלים להתמודדות עם גורם סיכון זה. חשיבות המחקר היא בייזום הטיפול בנושא "רדום" בתחום בריאות העובד בישראל ובאספקת מידע וכלים שיתרמו לקידום תחיקה יעודית מתאימה לכל ענפי התעסוקה בהם נוכח גורם הסיכון.

חיים בן ארי
ד"ר אשר פרדו

תודה לכל המסייעים להבאת מחקר זה לגמר

תקציר

רקע: רטט הינו גורם סיכון פיזיקלי. הרטט שמייצר כלי העבודה מועבר לעובד דרך האיבר שבא במגע עם הכלי (ידני, בישיבה או בעמידה עליו). רטט הגפה העליונה פוגע בעיקר בידיים, רטט כל גופי גורם בעיקר לפגיעה בגב התחתון ולטראומה בעמוד השדרה. חשיפה לרטט קושרה מלבד לבעיות שריר-שלד גם לתחלואות שונות הקשורות לכלי הדם, כאבי ראש, סוכרת וסרטן הערמונית

מטרת המחקר היא להעריך שכיחות וחשיפה פוטנציאלית לרטט גפה עליונה ולרטט כל-גופי בתעשיית העץ, המתכת, החקלאות והשיש על מנת לגבש כלים להתמודדות עם גורם סיכון זה. חשיבות המחקר היא בייזום הטיפול בנושא "רדום" בתחום בריאות העובד בישראל ובאספקת מידע וכלים שיתרמו לקידום תחיקה יעודית מתאימה לכל ענפי התעסוקה בהם נוכח גורם הסיכון.

שיטה: המחקר הוא מחקר חתך תצפיתי שבוצע בארבעה ענפי תעסוקה: עץ, מתכת, חקלאות ושיש. המחקר כיסה 766 עובדים, הבאים במגע עם רטט מכני, ב-101 מקומות עבודה. הציוד הרוטט שנבדק כלל כלי עבודה ידניים ניידים, כלים ידניים ניחים וכלי רכב. בכל אתר עבודה סווגו עובדים בקבוצות בעלות חשיפה דומה (SEG). החשיפה הפוטנציאלית הוערכה על פי נתוני המכשירים ותשאול העובדים לגבי אופן ומשך השימוש במכשיר.

ממצאים ומסקנות: חשיפה פוטנציאלית ניכרת לרטט יד-זרוע נמצאה בנגריות, מפעלי מתכת ומוסכים, ובהם נאמדו אחוזי חריגה גבוהים מרמת הפעולה ומהרמה המרבית המשוקללת המותרת לחשיפה. ממצאי החשיפה הפוטנציאלית של רטט כל גופי מצביעים על במספר ענפים חקלאיים בהם אחוזי החריגה מרמת הפעולה גבוהים. מומלץ לקדם תקנו ייחודיות ורגולציה לנושא הרטט המכני ולנקוט באמצעים הגנה הנדסיים וניהוליים טובים יותר להגנה על העובדים. כמו כן מומלץ לפעול להגברת מודעות העובדים לחשיפה לרטט, נזקי גורם הסיכון ודרכים לצמצום החשיפה.

תוכן

4.....הצגת הנושא.....

4.....מבוא וסקירת ספרות מדעית.....

4.....פרמטרים פיסיקליים של רטט מכני.....

5.....השפעות בריאותיות.....

6.....היקפי חשיפה לרטט.....

7.....הערכת פגיעות בשל חשיפה לרטט.....

7.....תקנות.....

8.....שיטות מחקר.....

8.....מערך המחקר ומשתתפים.....

9.....כלי מחקר.....

9.....מדדים ומשתנים.....

10.....עיבוד הנתונים.....

12.....תוצאות.....

13.....חשיפה פוטנציאלית לרטט יד זרוע.....

 אומדני חשיפה פוטנציאלית ממוצעת לרטט הגפה העליונה על פי ענפי תעסוקה

13.....בחלוקה ראשית ובהשוואה לרמות מרביות מותרות.....

 אומדני חשיפה פוטנציאלית ממוצעת לרטט הגפה העליונה על פי תת ענפי תעסוקה

17.....קבוצות עיסוק בענפים הראשיים ובהשוואה לרמות מרביות מותרות.....

 אומדני חשיפה לרטט הגפה העליונה על פי קבוצות עיסוק בענפי תעסוקה ראשיים

19.....ובתת עיסוק.....

25.....חשיפה פוטנציאלית לרטט כל-גופי.....

25.....אומדני חשיפה פוטנציאלית לרטט כל גופי בענפי תעסוקה ראשיים ובתת ענפים... ..

29.....אומדני חשיפה על פי קבוצות עיסוק.....

31.....השוואת רמות חשיפה לתקני חשיפה שונים.....

33.....דיון ומסקנות.....

37.....המלצות.....

39.....ביבליוגרפיה.....

43.....נספחים.....

43.....נספח 1: שאלון הערכת חשיפה לרטט גפה עליונה וכלל-גופי.....

48.....נספח 2: שאלון לעובד במכשור רוטט (ויברציות).....

51.....נספח 3: נוסחאות להערכת החשיפה לרטט.....

54.....נספח 4: ערכי תאוצה פוטנציאלית של רטט הגפה העליונה.....

86.....נספח 5: ערכי תאוצה פוטנציאלית של רטט כל-גופי.....

הצגת הנושא

רטט מכני הוא תופעה פיסיקלית הנגרמת כאשר גוף מתנדנד כאשר מופעלים עליו כוחות חיצוניים ופנימיים. מהיבט של חשיפה תעסוקתית מבחינים בין רטט הגפה העליונה (hand-arm vibration), או יד-זרוע לבין רטט כל-גופי (whole-body vibration), כאשר מהות הראשון היא העברת אנרגיה מכנית לגפיים העליונות מכלי עבודה רוטטים, ומהות השני היא העברת אנרגיה לכלל אזורי הגוף ממכונות, כלים ממונעים וגורמים מכניים אחרים. רטט מכני בסביבת העבודה מהווה גורם סיכון לבריאות העובדים החשופים אליו. על אף הידע המבוסס שהצטבר לגבי חשיפה לרטט מכני בעולם, לא נעשתה בישראל הערכת חשיפה מסודרת, היקף ושכיחות החשיפה אינם ידועים ולא נוצרה עדיין תחיקה ספציפית להגנת עובדים חשופים.

מטרת המחקר העיקרית היא להעריך חשיפה פוטנציאלית לרטט גפה עליונה ולרטט כל-גופי בתעשיית העץ, המתכת, השיש ובענף החקלאות. מטרה נוספת היא לבחון את הצורך בחקיקה ספציפית לרטט לצורך הגנה על עובדים.

מבוא וסקירת ספרות מדעית

פרמטרים פיסיקליים של רטט מכני

בתחום הבריאות והגיהות בתעסוקה משתייך רטט מכני למשפחת גורמי הסיכון הפיסיקליים. נושא רטט הגפה העליונה דן ברטט המועבר לידיים ולזרועות במהלך הפעלה ומגע של כלי עבודה ידני רוטט (כגון פטיש אוויר), מכשיר ממונע רוטט המנווט בתנועתו על ידי הידיים (בדומה למכסחת דשא), או עיבוד חלק במכונה רוטטת (בדומה להשחתת חלק במשחת עמוד). נושא הרטט הכל-גופי דן ברטט המועבר לכלל הגוף בשלושת הצירים האורתוגונליים כאשר הגוף נמצא בעמידה או ישיבה. הרטט מועבר לגוף האדם כולו באמצעות חלק גוף האדם הבא במגע עם משטח תומך, כגון מגע העכוז עם כיסא של כלי רכב, או כפות הרגליים של אדם העומד על משטח מכונה רוטטת [1, 2].

רטט מוגדר ע"י עוצמתו (magnitude) ומבוטא ביחידות תאוצה (m/s^2) ותדירותו (frequency) המבוטאת ביחידות הרץ (Hz). תחום התדירויות המשמעותי מהיבט בריאותי לרטט הגפה העליונה הינו 8Hz – 1000Hz. במקביל, תחומי תדירויות משמעותיים להשפעות בריאותיות, נוחות ותחושות של רטט כל-גופי הם 0.5Hz – 80Hz וכן 0.5Hz – 1Hz כאשר אחד השיקולים להגדרת התחום הנמוך הוא מחלת תנועה (motion sickness) ממנה מושפעים עובדים וציבור רחב [3]. תחום תדירות משמעותי נוסף לרטט כל-גופי הוא 8Hz – 4Hz עקב אפשרות לתהודה (resonance) עם תדירויות טבעיות עצמיות של הגוף. תגובת הגוף לעוצמת הרטט, ובעקבות כך הסיכון לנזק בריאותי, אינה שווה לאורך כל תחום התדירויות של הרטט ולכן, לצורך הערכת חשיפה לרטט מכני, משתמשים במקדמי שקלול

של התאוצה מותאמים לטווחים השונים של התדירויות, בדרך כלל בטווח של שליש אוקטבה. הערכת החשיפה לרטט מכני, הן לגפה עליונה והן לכל-גופי מתחשבת גם בהתפשטות הכיוונית (וקטור) של התנודה בשלושה צירים אורתוגונליים – שניים לטרליים (X ו-Y) ואחד אורכי (Z), כאשר לתאוצת כל אחד מהם מקדם שקלול, ועוצמת החשיפה הכוללת מורכבת מסכימה של התאוצות המשוקללות על פי עקרון שורש ממוצע הריבועים (RMS -Root Mean Square) בתחום התדירויות הנמדד בשלושת הצירים.

השפעות בריאותיות

התמשכות חשיפה לרטט הגפה העליונה עלולה לגרום להשפעות בריאותיות שליליות, אשר מתרחשות בעיקר כאשר החשיפה לרטט הינה שגרתית ומהווה חלק משמעותי מהפעילות היומית של העובד [4]. חשיפה ארוכת טווח של הגפה העליונה עלולה לגרום להפרעות בזרם הדם ההיקפי ולפגיעה בשרירים, בעצמות, בפרקים ובעצבים של הידיים והזרועות - הפרעות המוכרות בשם הכולל "תסמונת רטט יד-זרוע" (hand-arm vibration syndrome). בתסמונת זו ידועה התופעה של "אצבע לבנה מרטט" (vibration white finger), אשר נגרמת בעיקר עקב נזק לכלי הדם באצבעות ובידיים, וכתוצאה מכך הפחתה של אספקת הדם לאצבעות. עוויתות לסירוגן (מיקרו-טראומה) בכלי הדם העדינים באצבעות גורמות לצמצום באספקת הדם לאצבעות, וכתוצאה מכך האצבעות הופכות לבנות, ובמקרים קשים, עם התמשכות החשיפה, האצבעות יכולות להופיע בגוון כחול. מחקרים אפידמיולוגים מציעים שההיארעות של אצבע לבנה מרטט עולה עם העלייה במשך החשיפה לרטט. קיימות כמה ראיות שחשיפה מצטברת לפני הופעה של אצבע לבנה היא בערך פרופורציונלית הפוכה לגודל החשיפה לרטט, כלומר, אם גודל הרטט מוכפל, מחצית מהשנים של החשיפה נדרשים ליצירת אותה השפעה. המחקרים מראים שתסמונת ריינו הופיעה ב- 10% מעובדים חשופים במשך 1, 2, 4, 8 שנים כאשר התאוצה המשוקללת ל- 8 שעות עבודה (A8) היתה, בהתאמה, 3.7, 7.14, 26 m/sec² [5].

תסמינים תחושתיים באצבעות וביד, כתוצאה מפגיעה בעצבים הסנסוריים, כוללים כאבים, עקצוץ, חוסר תחושה באצבעות, פגימה בתחושת מגע וטמפרטורה, תחושת קור באצבעות הידיים, הזעה בכף היד, פגימה בחוזק התפיסה של האצבעות ומיומנות הפעלתן [6,7,8]. תסמונת רטט הגפה העליונה יכולה לגרום למוגבלות ולהפחתה בביצועים הפיסיים של העובדים הנחשפים. חוסר התחושה והעקצוצים באצבעות יכולים לגרום לפגיעה ביכולת ביצוע פעולות עבודה עדינות. אובדן הכוח בידיים יכול להוביל גם לפגיעה ביכולת ביצוע עבודה באופן זהיר ובטוח [9,10]. עובדים הנחשפים לרטט המועבר דרך היד יכולים להיות מושפעים מהפרעות עצביות וואו כלי דם בנפרד או במקביל [5]. הפרעות אלו נכללו ברשימה האירופית של מחלות המוכרות כמחלות מקצוע. הוערך ש- 1.7% עד 3.6% מהעובדים באיחוד האירופי ובארצות הברית נחשפים לרמות רטט יד-זרוע גבוהות בעלות פוטנציאל לגרום לתסמונת הנ"ל.

בעוד שרטט הגפה העליונה פוגע בעיקר בידיים, רטט כל גופי גורם בעיקר לפגיעה בגב התחתון ולטראומה בעמוד השדרה [1]. חשיפה לרטט כל-גופי קושרה עם תחלואת שלד-שריר ועלולה לגרום לפגיעות גו, כתפיים וצוואר [11], למחלות קרדיווסקולריות, בעיות עיכול, כאבי ראש, סחרחורות, מחלת תנועה ועלייה בסיכון לסכרת (type II). חשיפה לשני סוגי הרטט קושרה גם לעלייה בסיכון לסרטן (סרטן הערמונית) עקב שינויים הנגרמים בתא בהעתקת גנים, שהגורמים להם יכולים להיות עקה חימצונית ועלייה מצב דלקתי סיסטמי.

היקפי חשיפה לרטט

היקפי החשיפה התעסוקתית לרטט מכני גדולים מבחינה כלל עולמית והמחיר הבריאותי מכך גבוה גם הוא. באירופה עצמה מוערך שלמעלה מ- 25 מיליון עובדים חווים חשיפה לרטט הגפה העליונה יום-יום [12]. מינהל הבטיחות הבריטי (HSE) מעריך שכ- 5 מיליון עובדים בבריטניה נחשפים לרטט דרך הגפה העליונה באופן שגרתי, 2 מיליון מהם נמצאים בסיכון לפתח "תסמונת רטט הגפה העליונה" ונכון ל- 1999 נאמד מספר הסובלים מתסמונת "אצבע לבנה" בדרגה זו או אחרת ב- 800,000 עובדים [13]. בענפי תעסוקה רבים מתרחשת חשיפת הגפה העליונה לרטט ובהם ענף הבנייה, ענף התשתיות (סלילת דרכים ותחזוקתן), מחצבות, יצור רכב ותחזוקתו, תעשיית המתכת, תעשיית השיש, תעשיית העץ ונגרות, כרייה, גננות וייעור, עבודות חקלאיות, טכנאות שיניים. בהתייחס לחשיפה לרטט במסגרת סקר שבוצע בשנת 2005 באיחוד האירופי נמצא שבממוצע עובד אחד מבין שלושה עובדים נחשף לרטט, ואחד מארבעה נחשף לכך לפחות ברבע מזמן עבודתו [14]. בשיעורים אלה לא חל שינוי ב-15 שנים שקדמו לשנת ביצוע הסקר. אין בסקר הפרדה בין רטט כל-גופי לרטט הגפה העליונה. שיעורי החשיפה המתמשכת לפחות רבע מזמן העבודה השתנו באופן איטי גם בסקרים המקבילים שנערכו בשנים 2010 ו- 2015 וירדו ל- 23% ו- 20%, בהתאמה [15]. סקירת מומחה באיחוד האירופי מעריכה שנתח העובדים החשופים לרטט מכני (ללא הפרדה במשך החשיפה היומי) שונה בין מדינות באירופה ונע, ככלל, בין 14% ל- 34%, אעפ"י שבחלוקה לסקטורים תעסוקתיים מירב החשופים הם בענפי הבנייה (63% מהעובדים), תעשייה ומכרות (44%) וחקלאות ודיג (038%) [1]. חשיפתם של רוב העובדים המפעילים כלים ידניים רוטטים במשך יום העבודה עלולה לחרוג מ"רמת הפעולה" שמוגדרת חצי ערך הרמה המרבית המותרת לחשיפה. רמת הפעולה, על פי הרגולציה במדינות שונות, היא רמת חשיפה שבהתרחשות חשיפה גבוהה ממנה על המעסיק לנקוט באמצעי בקרה המפחיתים את החשיפה ולהציע לעובד השגחה רפואית. אלה מבין מפעילי כלים ידניים הולמים כגון פטיש אוויר והלמן צפויים להיות חשופים מעל הרמה המרבית המותרת אם משך הפעלת המכשירים עולה על שעה או שעתיים [1]. בהתייחס לחשיפה לרטט כל-גופי באירופה, חשיפתם של רוב העובדים על כלים ומכונות בענפי החקלאות והייעור, המשתמשים בדרכים לא סלולות בתדירות גבוהה, צפויה לחרוג מרמת הפעולה. גם חשיפתם של נהגי מלגזות המפעילים מלגזה למעלה מ- 4 שעות ונהגי משאיות הנוסעים כל יום העבודה צפויה לחרוג מרמת הפעולה [1]. בשבדיה, נזקי רטט הם השכיחים ביותר כסיבה לקבלת פיצוי על פגיעות בעבודה. במדינה זו 13% מכוח העבודה

הגברי ו- 3% מכוח העבודה הנשי חשופים לרטט הגפה בעליונה לפחות שעתיים ביום [7], ובסקטור הבנייה מדווחים 70% מהעובדים על חשיפה יומית למכשירים רוטטים. בנוסף למחקר הנוכחי כאן, נעשתה בישראל לפני למעלה מ- 20 שנים הערכה של שכיחות החשיפה של עובדים לרטט במגזרי תעסוקה שונים, אך שכיחות זו אינה רלוואנטית לתקופה הנוכחית. בסקר בעבר נמצא שב- 7.1% מהמפעלים מתרחשת בפועל חשיפת עובדים לרטט הגפה העליונה ובקרוב- 13.4% מהעובדים במדינה קיימת חשיפה פוטנציאלית לרטט זה [16].

הערכת פגיעות בשל חשיפה לרטט

הרוב המכריע של חשופים לרטט מכני על צורותיו השונות הם גברים ובאירופה חלק גדול מהם הוא מעל גיל 40 וצבר לא מעט שנות ותק. אחוז הצעירים החשופים לרטט עולה בעבודות שמושקע בהן מאמץ פיסי, כגון בנייה. צפוי שכ- 80% - 90% מהעובדים הנחשפים לרטט דרך הגפה העליונה יפתחו כמה צורות של פגיעות המיוחסות לרטט [17]. החומרה של הפגיעה עולה באופן משמעותי ביחס ישר למספר שעות החשיפה. דווח שתסמינים התפתחו לאחר מספר מועט יחסית של שעות חשיפה ביחס לתקופת עבודה מלאה, לדוגמה, 2000 שעות [18]. בריטניה מספקת נתוני הארעות של תסמונת יד-זרוע (HAVS) ותסמונת התעלה הקרפלית (CTS) בשנים האחרונות [19]. על פי נתונים אלה בין השנים 2012-2021 דווחו 3,950 מקרים חדשים של עובדים שנפגעו בתסמונת יד-זרוע מרטט מכני, כאשר מתוכם רק 10 נשים. לשם השוואה, דווחו באותה תקופה בבריטניה 1,920 מקרים חדשים של תסמונת התעלה הקרפלית כתוצאה מפגיעה בעבודה כאשר 115 מהם הן נשים. מוערך שעד 300,000 ימי עבודה הולכים לאיבוד בכל שנה בבריטניה עקב היעדרות כתוצאה מנכות הגפה העליונה. המכון הלאומי הספרדי לבריאות ובריאות בעבודה העריך את הסיכון למחלות שלד-שריר בענף הבנייה בסוף העשור הראשון למאה הנוכחית בצפי מקרים ב- 36% מכוח העבודה בענף זה. בפועל, המספר הגבוה ביותר של מקרי מחלות מקצוע מרטט מכני, השייכות למחלות שלד-שריר, מגיע מתעשיית הבנייה בה 23.5% מהעובדים נפגעים בתסמונת רטט הגפה העליונה ו- 12.9% נפגעים מרטט כל-גופי. במקום השני ניצב מספר הנפגעים בסקטור התעשייתי - 16.6% מתסמונת רטט הגפה העליונה ו- 7.8% מרטט כל-גופי [20].

תקנות

רטט מכני, כגורם פיסיקלי מזיק, מופיע בספרון תקני החשיפה של הגוף האמריקאי ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). הרמות המרביות המותרות המופיעות בספרון זה אומצו בחוק הישראלי (הספרון נקרא "הספר" בתקנות) ולכן, בהעדר תקנה ייחודית לרטט בישראל, תקף ערך הרמה המרבית המותרת לחשיפה המופיע בספרון ה- ACGIH [2]. מחצית הרמה המרבית המשוקללת המותרת מוגדרת כ"רמת הפעולה". בחירת "רמת הפעולה" כמדד להשוואה נובעת מהגדרת ערך זה כערך שמעליו נכלל עובד בישראל בפיקוח סביבתי ורפואי כאשר גורם סיכון מסויים נכלל בתקנות יחודיות. אמנם אין עדיין תקנה יחודית לרטט מכני בישראל ולכן רמת הפעולה אינה תקפה מבחינה

רגולטורית, אך היא משמשת במדינות אחרות סמן להשגת יעד בקרה, כיוון שחשיפה לתחום התאוצות שמתחתיה מצמצמת מאד את ההסתברות הסטטיסטית לחרוג מהרמה המרבית המותרת בתרחישי חשיפה ואת הסיכון לנזק. ערכי הרמות המרבית והפעולה לרטט הגפה העליונה זהים באיחוד האירופי וב- ACGIH והם 5 m/sec^2 ו- 2.5 m/sec^2 , בהתאמה. ערכי רמות המרבית והפעולה לרטט כל-גופי גבוהים יותר באיחוד האירופי (1.15 m/sec^2 ו- 0.50 m/sec^2 , בהתאמה) לעומת ב- ACGIH (0.87 m/sec^2 ו- 0.43 m/sec^2 , בהתאמה) [2,20].

רמת החשיפה לרטט הגפה העליונה מושפעת גם מהמאמץ הפיסי שמפעיל העובד בזמן הפעלת מכשיר רוטט ומתנחת גופו או תנוחת הגפה העליונה בזמן ההפעלה. בנוסף, נוצר עומס ביומכני ותנוחתי על אברי גוף שונים כגורם סיכון ארגונומי לשלד-שריר בעצמו. אחד הכלים שפותח להערכת חשיפה של עובדים לסיכונים ארגונומיים הוא ה- RULA (Rapid Upper Limb Assessment). כלי זה מעריך אצל העובד האינדיבידואלי אם העומס הביומכני והתנוחתי על הצוואר, הגו והגפיים העליונות, בעקבות דרישות של מטלת עבודה נתונה ותנוחת העבודה, גבוה מהנדרש כדי להגן על העובד מנזקי שלד-שריר. צפוי קשר ישר בין העומס הביומכני (ציון המבחן) לבין עוצמת החשיפה לרטט הגפה העליונה.

בישראל חסר בסיס נתונים עדכני על חשיפה תעסוקתית לרטט מכני. כאמור, חסרה גם תקנת פיקוח ספציפית לרטט, בדומה לתקנת חשיפה לרעש מזיק, על אף הכללת הרטט כגורם סיכון בתקנת "גורמים מזיקים". מטרותיו של המחקר הנוכחי הן: (1) להתחיל בהקמת מאגר נתונים לגבי חשיפה פוטנציאלית בסקטורים תעסוקתיים שונים (2) במקביל יכיל נתונים על כלי עבודה רוטטים. (3) בניית מודל המבוסס על נתוני המכשירים ותצפיות לגבי הפעלתם לצורך הערכת היקפי חשיפה פוטנציאלית. אלה יסייעו בהערכת החשיפה הפוטנציאלית ובתכנון דרכים הנדסיות, ניהוליות ואישיות להגנת עובדים מאמר זה מציג סיכום ממצאי מחקר מקיף אשר בחן את נתוני השימוש במכשירים מיצרי רטט בארבעה ענפי תעסוקה ובנה מודל הערכה פוטנציאלית של רטט גפה עליונה ורטט כלל-גופי.

שיטות מחקר

מערך המחקר ומשתתפים

המחקר הוא מחקר חתך תצפיתי שבוצע בארבעה ענפי תעסוקה: עץ, מתכת, חקלאות ושיש. בענף העץ נכללו נגריות בלבד, בענף המתכת נכללו מפעלים ובתי מלאכה בהם מבצעים עיבוד מתכת, במוסכים ובפנצ'ריות לתיקון תקרים. בענף החקלאות נסקרו ענפי משנה הכוללים נוי, גיד"ש, מטעים, ייצור מזון לבעלי חיים ורפתות. ובענף השיש נבדקו בתי מלאכה בהם מעבדים שיש. המחקר כיסה 766 עובדים, הבאים במגע עם רטט מכני, ב-101 מקומות עבודה. הציוד הרוטט שנבדק כלל כלי עבודה ידניים ניידים, כגון מברגה ופטיש אוויר, כלים ידניים נייחים, כגון משחזת עמוד ומסור שולחני וכלי רכב, כגון מלגזה וטרקטור.

בכל אתר עבודה סווגו עובדים בקבוצות בעלות חשיפה דומה (SEG) כאשר הקריטריון לסיווג בכל קבוצה הוא שימוש בסוגי כלים דומים, דמיון בסוג הרטט, בעיסוק, בתהליך העבודה ומטלותיו, בתנאי העבודה והסביבה, משך ממוצע ותדירות החשיפה ובאמצעי ההגנה אם היו קיימים. סיווג זה איפשר להעריך את פוטנציאל החשיפה של כל עובדי הקבוצה על בסיס שאלון התצפית גם אם לא מולא עבורם שאלון אישי.

כלי מחקר

כלי המחקר שבעזרתם נאספו נתונים הם תצפיות ושאלונים. בכל מקומות העבודה שהשתתפו במחקר נאספו הנתונים ע"י סוקר שערך תצפיות במקומות במשך יום עבודה או יותר ומילא שאלון תצפית על העבודה ומאפייניה ושאלון אישי. בשאלון התצפית, שכלל שאלות פתוחות וסגורות, רוכז מידע גיהותי ונתונים על גורמי הסיכון ועל מאפייני החשיפה בסוג העיסוק. דוגמת השאלונים מוצגת [בנספחים](#) 1 ו-2. איסוף הנתונים בשאלון התצפית התמקד בהכרת מוקדים פוטנציאליים לחשיפה בתהליכים ומטלות, זיהוי גורמי חשיפה אפשריים, לימוד האינטראקציה בין העובד למקור החשיפה, הכרת שיטות עבודה, איתור דרכי חשיפה, תיעוד משך ותדירות חשיפה, פעילויות מיוחדות שיש להן השפעה על החשיפה לגורם הסיכון בסביבה וסקירת אמצעי בקרה והגנה כנגד גורמי הסיכון. השאלון האישי כלל מספר פרטים דמוגרפיים, הערכת מאמץ פיסי על פי סולם [21], מידע על מודעות לסיכונים במקומות העבודה ונהלי הדרכת עובדים.

מקור נתוני תאוצה של כלים ומכשירי עבודה

תאוצת הרטט של הכלי התקבלה משני מקורות עיקריים:

- א. דיווח יצרן הכלי, כפי שמצוינת בדפי המידע והוראות ההפעלה הצמודות לכלי, או באתר החברה באינטרנט.
- ב. מאגרים של גופים ממשלתיים ומוסדיים המספקים מידע על תוצאות מדידות תעסוקתיות [22,23,24,25].

הערכת החשיפה התעסוקתית הפוטנציאלית לרטט בוצעה בהתאם להנחיות הדירקטיבה האירופית לגורמים פיסקליים (רטט) ISO 2631 ו-ISO 5349 וסטנדרטים [3,10,26]. ההערכה התבססה על מדד תאוצת הרטט (m/s^2) של הכלי, כפי שסופקה ע"י יצרן הכלי, ומשך השימוש בו במהלך יום העבודה, כפי שהוערך ע"י סוקר באמצעות תשאול מנהלים ועובדים.

מדדים ומשתנים

משתני המחקר כוללים משתנים שמייים ומשתנים אינטרוואליים רציפים. המשתנים השמייים משמשים לסיווג קבוצות חשיפה על פי קטגוריות של ענפי תעסוקה ועיסוקים.

מדד אומדן התאוצה המשוקללת ל-8 שעות עבודה – משתנה תלוי הנגזר משילוב תאוצת הכלי הרוטט ומשך החשיפה של העובד כמשתנים בלתי תלויים. האומדן מחושב על סקלה מרווחית

רציפה ומבטא את אומדן רמת החשיפה הפוטנציאלית. שתי הוריאציות של מדד זה הן ממוצע גיאומטרי וממוצע אריתמטי בלתי מוטה (unbiased), כאשר הראשון מבטא את הערך המרכזי של ההתפלגות הלא סימטרית (לוג-נורמלית) של אומדני תאוצת הרטט הנובעת מהכלים בשימוש והשני, שנגזר מההתפלגות הלוג-נורמלית, מבטא את משמעות החשיפה והסיכון לטווח ארוך בהשוואה לרמות חשיפה קבילות.

- **ענף תעסוקה ראשי** – המשתנה מכיל 4 ענפים ראשיים במחקר זה.
- **ענף תעסוקתי משני** – חלוקת ענף ראשי לענפי משנה. המשתנה מכיל 10 ענפי משנה.
- **עיסוק ראשי** – משתנה מסווג למקצועות ועיסוקים בתוך ענפי התעסוקה. המשתנה מכיל 7 עיסוקים ראשיים.
- **עיסוק משני** – חלוקת עיסוק ראשי לעיסוקי משנה. המשתנה מכיל 14 עיסוקי משנה.
- **משך חשיפה אופייני ביום בדיקה** – משתנה רציף.
- **תאוצת כלי העבודה וערך הגבול העליון והתחתון של אי הוודאות** - משתנה רציף הלקוח מנתוני הכלי הרוטט המופיעים על גבי הכלי, או מגליונות טכניים של יצרנים, או מבסיסי נתונים של מקורות שונים כגון מינהל הבריאות והבטיחות בבריטניה [22,23,24,25].
- **משתנים דמוגרפיים** - המשתנים האינטרוואליים בסעיף זה הם גיל, שנות השכלה, ותק חשיפה לרטט הגפה העליונה (יד-זרוע), ותק חשיפה לרטט כל-גופי.

עיבוד הנתונים

עיבוד הנתונים המתייחסים לתאוצת הרטט בוצעה בהתאם להנחיות תקנים EN12096 ו- 15350CEN/TR [27,28]. נתוני תאוצה אלה הם הנתונים המסופקים ע"י יצרנים ולא נתונים ניסויים של המחקר הנוכחי. רמת הרטט הוערכה ע"י יצרני כלים רוטטים בשלושה צירים (X,Y,Z). בכל ציר נמדדת התאוצה ע"י היצרן כשורש ריבועי של ממוצע ריבועי התאוצות (Root Mean Square – RMS) על פני תחום תדירויות נתון. כלי עבודה אוגדו למשפחות כלים בעלי מכנה משותף על מנת לאפיין תכונות התורמות לחשיפה. במקרה של רטט כל-גופי, הסיכון לנזק אינו שווה לכל הצירים ולכן תוצאת התאוצה של כל ציר הוכפלה במקדם שיקלול. ערכי התאוצה של שני הצירים הצידיים (Y,X) הוכפלו במקדם שיקלול שערכו 1.4, בעוד הערך בציר האנכי (Z) הוכפל במקדם שיקלול שערכו 1. ברטט כל-גופי התאוצה האקווילנטית להערכת החשיפה התקבלה מהגבוהה ביותר בין אלו שהתקבלו בשלושת הצירים. במקרה של רטט הגפה העליונה מניחים שהנזק שווה ביחס לכל הצירים ולכן אין גורם הכפלה. ההערכה התבססה על חישוב כלל התאוצה משוקללת-תדירות [23,26]. נוסחאות חישוב החשיפה משוקללת יומית לרטט A(8) של עובד מובאות [בנספח מספר 3](#).

אומדני החשיפה הפוטנציאלית בקבוצות בעלות חשיפה דומה בענפים שנבדקו הושוו לערך הרמה המרבית הממוצעת ומשוקללת המותרת לחשיפה ולמחצית ערך זה (רמת הפעולה). כמו כן, מוינו כל ערכי החשיפה הפוטנציאלית בין שלוש קטגוריות של תחומי חשיפה: 1. ערכים נמוכים מרמת הפעולה 2. ערכים בתחום שבין רמת הפעולה לרמה המרבית המותרת 3. ערכים גבוהים מהרמה המרבית המותרת.

בנוסף לערך הממוצע המשוקלל מוצגים ליד כל ערך ממוצע גם גבול הבטחון העליון וגבול הבטחון התחתון של הממוצע. ערכים אלה מבטאים את הגבולות שעד אליהם יכול אומדן הממוצע של תאוצת כלי רוטט נתון להגיע ברמת סמך של 95% עקב אי ודאות (k) אינהרנטית בתהליך האמידה ומשפיעים על ערך החשיפה הממוצעת ומשוקללת. גבול הבטחון העליון של אומדן התאוצה הממוצעת מסומן ב- $(a+k)$ וגבול הבטחון התחתון מסומן ב- $(a-k)$. אומדנים אלה חושבו עבור כל פרט במדגם ומהם נגזר ממוצע כל הפרטים.

ניתוח סטטיסטי של הנתונים נעשה באמצעות תוכנת SPSS לאחר קידוד מתאים. הנתונים נותחו על ידי סטטיסטיקה תיאורית. ניתוחי שונות חד כיווניים (ANOVA) נערכו לבדיקת הבדלים בין מדדי חשיפה רציפים בקטגוריות שונות של משתנים בלתי תלויים כגון ענפי תעסוקה. על מנת לקבוע שונות סטטיסטית בין קבוצות משתנים בלתי תלויים מול משתנה תלוי אחד (השוואות מרובות) הופעל מבחן Bonferroni כמבחן השוואה (pairwise comparisons) בדיעבד (post hoc) לאחר מציאת שונות מובהקת סטטיסטית במבחן one-way ANOVA. מובהקות סטטיסטית הוגדרה כ- $p \leq 0.05$. הבדלים בין משתנים קטגוריאליים נבדקו באמצעות מבחן χ^2 .

תוצאות

הדו"ח מסכם נתוני חשיפה פוטנציאלית שנאספו ב-101 אתרי עבודה בתהליכים בהם חשופים עובדים לרטט מכני. באתרים אלה נכללים 38 אתרי חקלאות, 15 נגריות, 36 אתרי עיסוק במתכת או מוצריה ו-12 אתרי עיבוד שיש.

מספר העובדים החשופים פוטנציאלית לרטט מכני באתרים אלו הגיע ל-766. טבלה מס' 1 מציגה נתונים על גיל, השכלה וותק חשיפה לרטט בקרב העובדים שנכללו בתצפיות שנערכו. התפלגות מספר העובדים במדגם (באחוזים) ע"פ ענפי התעסוקה שנבדקו מובאת באיור מס' 1, ואילו טבלה מס' 2 מציגה את התפלגות סוגי הרטט בין העובדים. ואילו

מכלל המדגם (766), מספר הנבדקים בענפי התעסוקה שנסקרו עבור רטט כל-גופי ועבור רטט הגפה העליונה אינו זהה כיוון שלא כל העובדים החשופים לשני סוגי הרטט. בד"כ כלל, עובדים החשופים לרטט כל גופי עקב הפעלת כלי רכב וציוד מכני כבד חשופים בו-זמנית גם לרטט הגפה העליונה (יד-זרוע), אולם לא כל החשופים לרטט הגפה העליונה חשופים לרטט כל-גופי מפני שאינם מפעילים כלים הגורמים לרטט זה. 67% מהעובדים שנסקרו נחשפו לרטט הגפה העליונה בלבד (בעבודה במכשירים ידניים מטלטלים או נייחים), כ-33% נחשפו לשילוב של רטט הגפה העליונה וכל-גופי (במהלך נהיגה בכלים מכניים).

רוב משתתפי המחקר הם גברים (99.3%). אחוז המעשנים בקרב המרוואיינים שענו על שאלה זו (421 עובדים) הוא 33%. חציון וותק החשיפה למכשירים ידניים רוטטים, הגורמים לחשיפת גפה עליונה, הוא 10 שנים, וחציון השימוש בכלים הגורמים לרטט כל-גופי הוא 13 שנים.

טבלה 1: נתוני גיל, השכלה וותק של עובדים חשופים לרטט מכני

תחום	חציון	שכיח	סטיית תקן	ממוצע	
18-82	42.0	58.0	14.4	43.2	גיל (שנים)
5-20	12.0	12.0	2.3	11.9	השכלה (שנים)
0.5-60	10.0	2.0	12.7	14.7	ותק חשיפה לרטט יד זרוע (שנים)
0.5-64	13.0	20.0	13.8	17.0	ותק חשיפה לרטט כל- גופי (שנים)

טבלה 2: התפלגות עובדים בין שני סוגי רטט

סה"כ	מספר עובדים נחשפים		ענף ראשי
	שילוב רטט גפה עליונה + רטט כל-גופי (אחוז מתוך העובדים בענף)	רטט גפה עליונה בלבד (אחוז מתוך העובדים בענף)	
סה"כ עובדים (אחוז מכלל המשתתפים במדגם)			
225 (29%)	191 (85%)	34 (15%)	חקלאות
98 (13%)	3 (3%)	95 (97%)	עץ
410 (54%)	45 (11%)	365 (89%)	מתכת
33 (4%)	8 (24%)	25 (76%)	שיש
766 (100%)	247 (33%)	519 (67%)	סה"כ

חשיפה פוטנציאלית לרטט יד-זרוע

אומדני חשיפה פוטנציאלית ממוצעת לרטט הגפה העליונה על פי ענפי תעסוקה בחלוקה ראשית ובהשוואה לרמות מרביות מותרות

אומדני התאוצה הפוטנציאלית הממוצעת ומשוקללת לרטט הגפה העליונה על פי ענפי תעסוקה ראשיים מוצגים בטבלה מס' 3 ומומחשים באופן גרפי באיור מס' 2. פרוט מלא של התוצאות מובא [בנספח מס' 4](#).

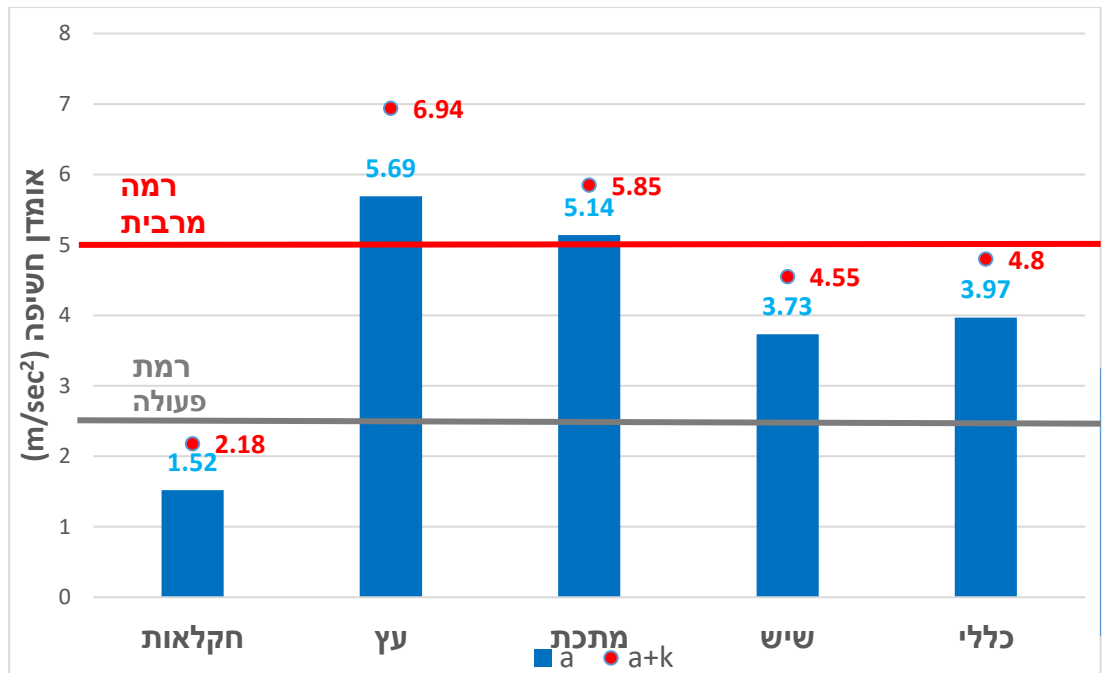
טבלה 3: אומדן חשיפה פוטנציאלית לרטט גפה עליונה על פי ענפי תעסוקה בחלוקה ראשית*

ענף	**N	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	תחום ערכים (m/sec ²)
עץ	98	4.88 (4.38, 5.45) ^{***}	1.74	5.69 (5.10, 6.36)	4.80	0.80-12.20
מתכת	410	2.43 (2.16, 2.73)	3.41	5.14 (4.57, 5.79)	3.80	0.10-15.20
שיש	33	2.75 (2.11, 3.59)	2.18	3.73 (2.86, 4.86)	3.20	0.40-11.90
חקלאות	225	1.18 (1.08, 1.30)	2.03	1.52 (1.38, 1.66)	1.10	0.30-6.80
כלל המדגם	766	2.16 (2.00, 2.34)	3.01	3.97 (3.67, 4.29)	2.70	0.10-15.20

* חשיפה ממוצעת משוקללת ליום עבודה (8hr), על פי ערך אמצע (a)
 ** מס' עובדים בקבוצות בעלות חשיפה דומה.
 *** הערכים בסוגריים מציינים רווח בר-סמך (CI₉₅) של האומדן

בתוך ענפי התעסוקה שנבדקו נאמדה החשיפה הממוצעת הגבוהה ביותר לרטט הגפה העליונה של עובדים בתהליכי נגרות והנמוכה ביותר בעבודות בענף החקלאות, כאשר הראשונה גבוהה למעלה מפי שלוש מהאחרונה. תמונה דומה התקבלה גם לגבי חציון התאוצה המשוקללת שנמצא גבוה ביותר בענף הנגרות. איור מס' 1 מציג גם את ממוצע הגבול העליון של תחום אי הוודאות של התאוצה המשוקללת (ברמת סמך של 95%). גבול זה אינו משנה את המצב היחסי של החשיפה בענפים השונים ביחס לרמה המרבית המותרת לחשיפה, אך בענף הנגרות מגיע הממוצע האריתמטי הבלתי מוטה לכ- 40% מעל הרמה המרבית המותרת, נתון המצביע על חשיפת יתר של אחוז גבוה מבין הנגרים.

בחינת החשיפה הפוטנציאלית המשוקללת בהשוואה לרמה המרבית המשוקללת המותרת לחשיפת עובדים לרטט הגפה העליונה ולרמת הפעולה מומחשת יותר באיור מס' 1. ניתן לראות שאומדן הממוצע האריתמטי הבלתי מוטה של חשיפה בנגריות ובענף המתכת גבוה מהרמה המרבית. אומדן הממוצע של חשיפת העובדים בענף השיש גבוה מרמת הפעולה, אולם נמוך מהרמה המרבית. האומדן הממוצע של חשיפת כלל העובדים נמצא בין רמת הפעולה לרמה המרבית המותרת לחשיפה. עבור 24% (184 עובדים) מכלל העובדים שנבדקו נאמדה חשיפה לרטט הגפה העליונה גבוהה מהרמה המרבית המשוקללת המותרת לחשיפה, ו- 28% מהתוצאות נעו בין רמת הפעולה לרמה המרבית המותרת לחשיפה. רמה נמוכה מרמת הפעולה נאמדה ב- 48% מהתוצאות.



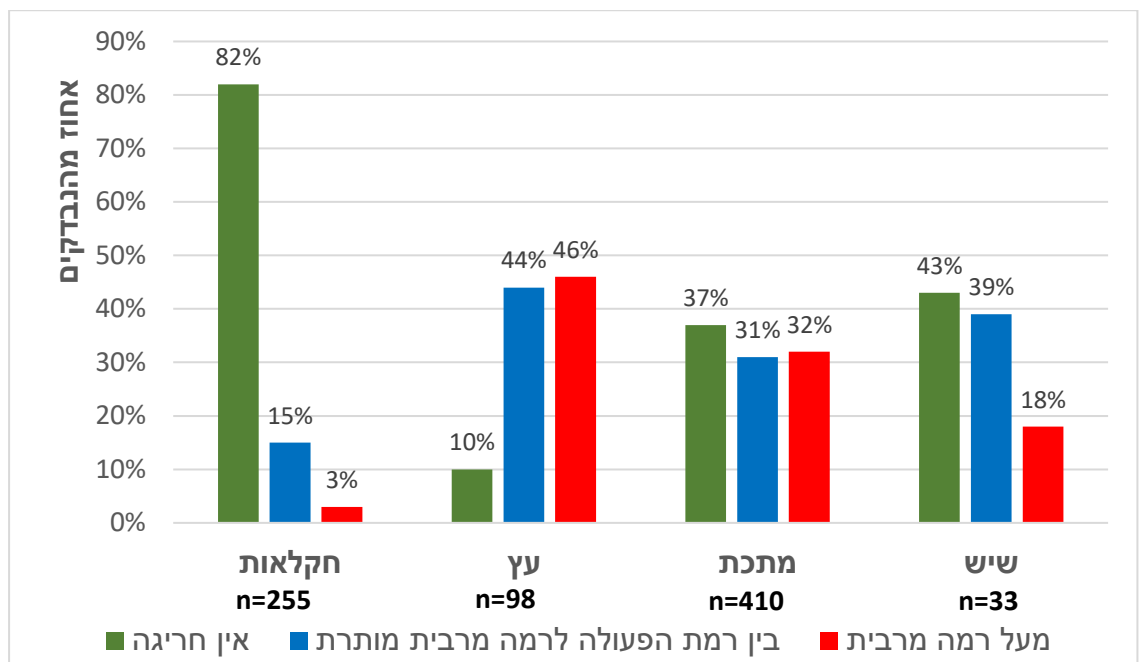
איור 1: התפלגות אומדני חשיפה ממוצעת ומשוקללת (a) וגבול בטחון עליון (a+k) לרטט הגפה העליונה בין שלושה תחומי חשיפה על פי ענפי תעסוקה ראשיים

בטבלה מס' 4 ולשם המחשה גרפית גם באיור מס' 2 מוצגים נתוני ההתפלגות באחוזים של אומדן החשיפה הפוטנציאלית לרטט הגפה העליונה בין שלושה תחומי חשיפה בכל אחד מארבעת הענפים שנבדקו. אומדן החשיפה הממוצעת ומשוקללת לרטט הגפה העליונה מצביע על ערך גבוה מהרמה המרבית המשוקללת המותרת לחשיפה באחוז משמעותי של המקרים בתהליכי נגרות ועיבוד מתכת, שם בהתאמה, הגיע האחוז ל- 46% ו- 32%. בענפי השיש והחקלאות האומדנים הממוצעים החורגים מהרמה המרבית המותרת לחשיפה נמוכים יותר (18% ו- 3% בהתאמה), בנוסף, בקרב 39% מהעובדים בשיש ו-15% בחקלאות הוערך אומדן החשיפה הפוטנציאלית בין רמת הפעולה לרמה המרבית המותרת לחשיפה במשך משמרת עבודה סטנדרטית.

טבלה 4: התפלגות אומדני חשיפה לרטט גפה עליונה בין שלושה תחומי חשיפה על פי ענפי תעסוקה ראשיים*

סה"כ		מעל רמה מרבית		בין רמת הפעולה לרמה מרבית מותרת		נמוך מרמת הפעולה		ענף ראשי
אחוז (%)	שכיחות	אחוז (%)	שכיחות	אחוז (%)	שכיחות	אחוז (%)	שכיחות	
100.0	225	2.7	6	14.7	33	82.7	186	חקלאות
100.0	98	45.9	45	43.9	43	10.2	10	עץ
100.0	410	31.7	130	30.7	126	37.6	154	מתכת
100.0	33	18.2	6	39.4	13	42.4	14	תעשיית שיש
100.0	766	24.4	187	28.1	215	47.5	364	סה"כ

$X^2=193.23, df=6, p<.001$



איור 2: התפלגות אומדני חשיפה לרטט גפה עליונה בין שלושה תחומי חשיפה על פי ענפי תעסוקה ראשיים

אומדני חשיפה פוטנציאלית ממוצעת לרטט הגפה העליונה על פי תת ענפי תעסוקה בענפים הראשיים ובהשוואה לרמות מרביות מותרות

אומדני החשיפה הפוטנציאלית הממוצעת ומשוקללת (ממוצע אריתמטי בלתי מוטה) בתת-ענפים מתוך הענפים שנבדקו מוצגים בטבלה מס' 5. תת הענפים ממויינים בכל ענף ראשי בסדר יורד של החשיפה הממוצעת המבוטאת ע"י הממוצע האריתמטי הבלתי מוטה. שכיחות החריגה בחשיפות הפוטנציאליות מעל הרמה המרבית המשוקללת המותרת לחשיפה מוצגים עבור תת הענפים בטבלה מס' 6 בסדר יורד בכל ענף ראשי ובשיעור אחוזי גם באיור מס' 3. אומדני החשיפה הממוצעים ואחוזי החריגות הגבוהים ביותר בהשוואה לרמה מרבית מותרת נמצאו בנגריות ובמפעלי המתכת (46% ו- 36% בהתאם). במוסכים, ששוייכו לענף המתכת, שכיחים אומדני חשיפה שרמתם בין רמת הפעולה לרמה המרבית המותרת (66%), אך 20% מהחשיפות חרגו מהרמה המרבית המותרת. בענף החקלאות הוערכו אומדני החשיפה והחריגות הגבוהים ביותר בתחום הנוי ובייצור מזון לבעלי חיים (12% ו- 3.6%, בהתאמה). האומדן באחוזים של חשיפה החורגת מהרמה המרבית המותרת גבוה בנגריות פי 19 מהאומדן הממוצע בכלל תת ענפי החקלאות.

טבלה 5: אומדן חשיפה פוטנציאלית לרטט הגפה העליונה על פי חלוקה לתת-ענפים*

**N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	ענף משני	
98	0.80-12.20	4.80	5.69 (5.10,6.36)	1.74	4.88 ****(4.38,5.45)	נגריה***	1
311	0.10-15.20	2.90	5.45 (4.69,6.34)	3.90	2.16 (1.86,2.51)	מפעלי מתכת	2
89	0.90-9.50	4.00	4.17 (3.83,4.54)	1.50	3.83 (3.52,4.17)	מוסך	3
10	1.20-2.00	1.85	1.67 (1.45,1.92)	1.26	1.62 (1.41,1.87)	פנצ'ריה	6
33	0.40-11.90	3.20	3.73 (2.86,4.86)	2.18	2.75 (2.11,3.59)	עיבוד שיש***	4
40	0.40-6.80	2.70	3.01 (2.43,3.72)	1.99	2.37 (1.92,2.94)	נוי	5
28	0.50-5.40	1.20	1.53 (1.23,1.89)	1.78	1.29 (1.04,1.60)	מזון בע"ח	7
66	0.50-2.90	1.10	1.26 (1.15,1.37)	1.42	1.18 (1.08,1.29)	גד"ש	8
38	0.30-4.90	0.90	1.19 (0.96,1.46)	1.92	0.96 (0.78,1.18)	רפת	9
53	0.30-3.60	0.70	1.04 (0.84,1.27)	2.13	0.78 (0.63,0.95)	מטע	10

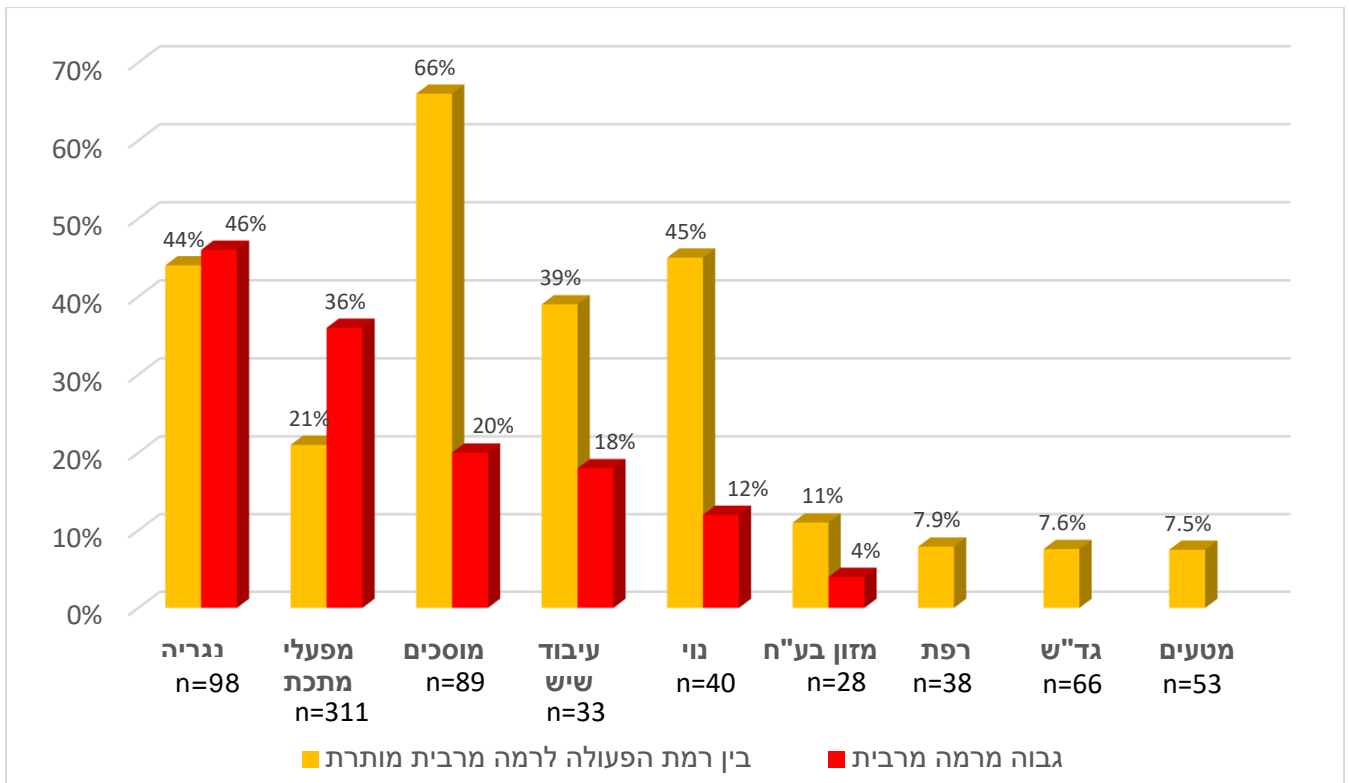
766	0.10-15.20	2.70	3.97 (3.67,4.29)	3.01	2.16 (2.00,2.34)	כלל המדגם	
F(9,756)=24.44, p<.001, eta=.23							

* חשיפה ממוצעת משוקללת ליום עבודה (8hr), על פי ערך אמצע (a)
 **מס' עובדים בקבוצות בעלות חשיפה דומה.
 ***הערכים בסוגריים מציינים רווח בר-סמך (CI₉₅) של האומדן
 ****נגריות וענף השיש אינם ממויינים לענפי משנה.

טבלה 6: התפלגות שכיחות אומדני חשיפה לרטט גפה עליונה בין שני תחומי חשיפה על פי ענפי תעסוקה בחלוקה משנית*

ענף ראשי	ענף משני	מס' נבדקים N	נמוך מרמת הפעולה	בין רמת הפעולה לרמה מרבית מותרת	גבוה מרמה מרבית
עץ	נגריה	98	10	43	45
מתכת	מפעלי מתכת	311	132	67	112
	מוסך	89	12	59	18
	פנצ'ריה	10	10	0	0
עיבוד שיש	עיבוד שיש	33	14	13	6
חקלאות	נוי	40	17	18	5
	מזון בע"ח	28	24	3	1
	רפת	38	35	3	0
	גד"ש	66	61	5	0
	מטעים	53	49	4	0

$X^2=312.77, df=18, p<.001$



איור 3: התפלגות אומדני חשיפה ממוצעת לרטט גפה עליונה בין שני תחומי חשיפה על פי ענפי תעסוקה בחלוקה משנית

אומדני חשיפה לרטט הגפה העליונה על פי קבוצות עיסוק בענפי התעסוקה הראשיים ובתת ענפים

סעיף זה מציג תוצאות של אומדן חשיפה על פי העיסוקים של העובדים שחשופים לרטט הגפה העליונה. עיסוקים דומים יכולים להופיע בענפי תעסוקה שונים. נתונים של אומדן החשיפה הממוצעת והתפלגות החריגות מרמת הפעולה והמרבית לפי קבוצות עיסוק מובאות בטבלאות 7 ו-8. איור מספר 4 ממחיש באופן גרפי את רמות החשיפה הממוצעות והתפרשותן בין שלושה תחומי חשיפה. האיור מציג גם את ערכי האי ודאות (k) של ממוצעי החשיפה ברמת סמך של 95%. חשיפה ממוצעת גבוהה מהרמה המרבית המותרת נמצאה בקרב הצבעים, עובדים במתכת ונגרים, ובהתאם לכך גם אחוזי החריגות הגבוהים ביותר מהרמה המרבית (52%, 48%, 33%, בהתאמה). בהיבט קבוצתי של עיסוק מעבדי שיש מנבא האומדן שגם הערכים המרביים האפשריים של החשיפה הממוצעת (ערכי k) לרטט יד-זרוע לא יחרגו מהרמה המרבית המותרת על אף שמבחינת חשיפה פרטנית בקרב 18.2% מהם אומדן החשיפה גבוה מרמה זו. במקביל, בקרב חקלאים ומשנעים מנבא אומדן החשיפה הממוצעת בהיבט קבוצתי של העיסוק שגם הערכים המרביים האפשריים של החשיפה הממוצעת (ערכי k) לרטט יד-זרוע לא יחרגו מרמת הפעולה על אף שמבחינת חשיפה פרטנית בקרב 13% מהחקלאים נאמדה

חשיפה גבוהה מרמת הפעולה ובקרב 2.3% מהם אומד החשיפה גבוה מהרמה המרבית. מדגם החשמלאים קטן מדי כדי להסיק מסקנה כלשהי.

טבלה 7 : אומדן חשיפה פוטנציאלית לרטט הגפה העליונה על פי קבוצת עיסוק ראשית*

**N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	קבוצת עיסוק ראשית
31	0.80-11.20	5.90	6.34 (5.05,7.96)	1.91	5.14 *** (4.10,6.46)	צבעים
364	0.10-15.20	3.80	5.62 (4.95,6.39)	3.46	2.60 (2.29,2.95)	עובדים במתכות
82	0.80-12.20	4.80	5.61 (5.00,6.30)	1.70	4.88 (4.35,5.47)	נגרים
33	0.40-11.90	3.20	3.73 (2.86,4.86)	2.18	2.75 (2.11,3.59)	מעבדי שיש
3	1.60-4.10	3.20	3.11 (1.79,5.40)	1.63	2.76 (1.59,4.79)	חשמלאים
216	0.30-6.80	1.10	1.45 (1.32,1.59)	2.00	1.14 (1.04,1.25)	חקלאים
37	0.40-1.20	1.10	0.98 (0.88,1.10)	1.43	0.92 (0.82,1.03)	משנעים
766	0.10-15.20	2.70	3.97 (3.67,4.29)	3.01	2.16 (2.00,2.34)	כלל המדגם
F(5,757)=43.37, p<.001, eta=.22						

* חשיפה ממוצעת משוקללת ליום עבודה (8hr), על פי ערך אמצע (a)
 ** מס' עובדים בקבוצות בעלות חשיפה דומה.
 *** הערכים בסוגריים מציינים רווח בר-סמך (CI₉₅) של האומדן

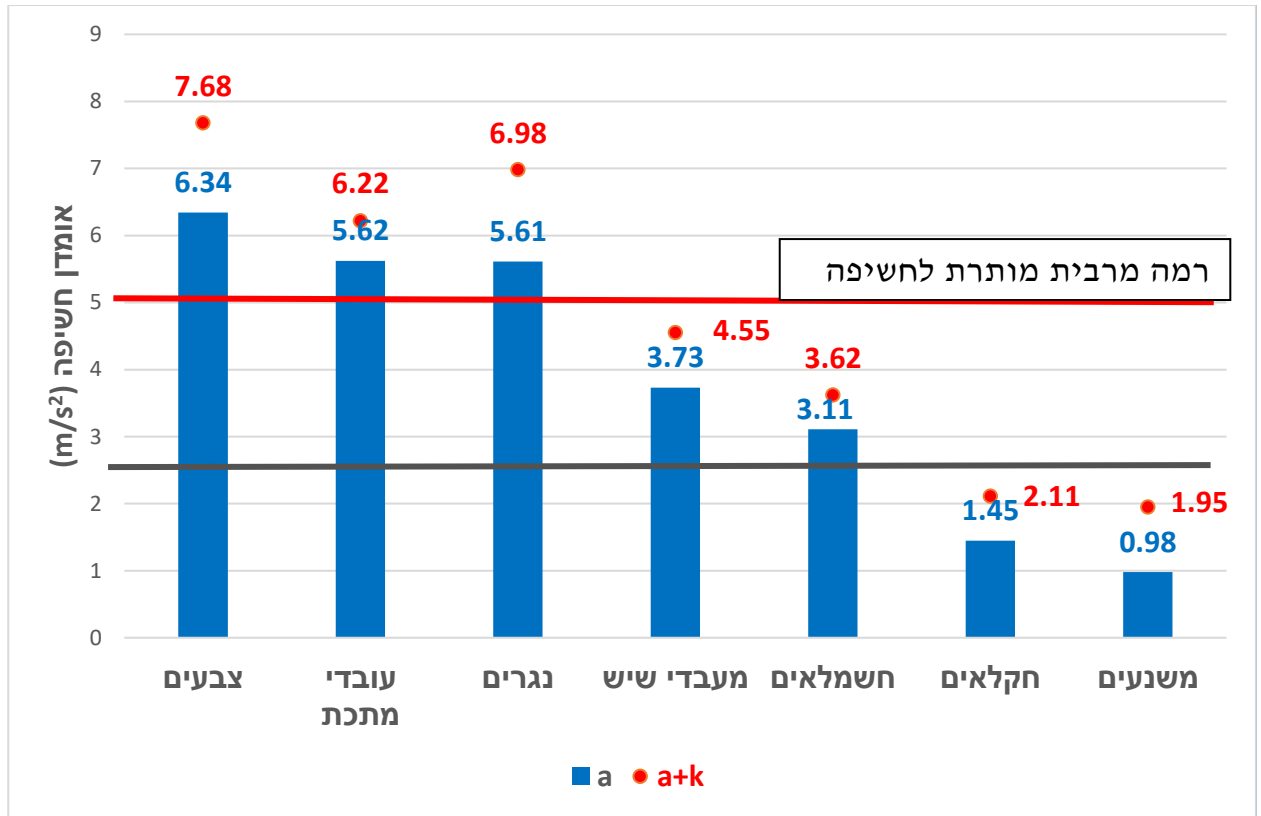
טבלה 8 : התפלגות אומדני חשיפה לרטט גפה עליונה בין שני תחומי חשיפה על פי קבוצות עיסוק בחלוקה ראשית*

גבוה מרמה מרבית מותרת		בין רמת הפעולה לרמה מרבית מותרת		מס' נבדקים	עיסוק ראשי
אחוז	שכיחות	אחוז	שכיחות		
51.6	16	35.5	11	31	צבעים
47.6	39	41.5	34	82	נגרים
33.2	121	34.9	127	364	עובדים במתכות
18.2	6	39.4	13	33	מעבדי שיש
2.3	5	13.0	28	216	חקלאים
0.0	0	66.7	2	3	חשמלאים

0.0	0	0.0	0	37	משנעים
-----	---	-----	---	----	--------

$$X^2=269.73, df=12, p<.00$$

*ההפרש בין סך האחוזים בכל שורה לבין 100% הוא אחוז החשופים פוטנציאלית מתחת לרמת הפעולה.



איור 4: התפלגות אומדני חשיפה ממוצעת ומשוקללת (a) וגבול בטחון עליון (a+k) לרטט הגפה העליונה בין שלושה תחומי חשיפה על פי קבוצות עיסוק בחלוקה ראשית.

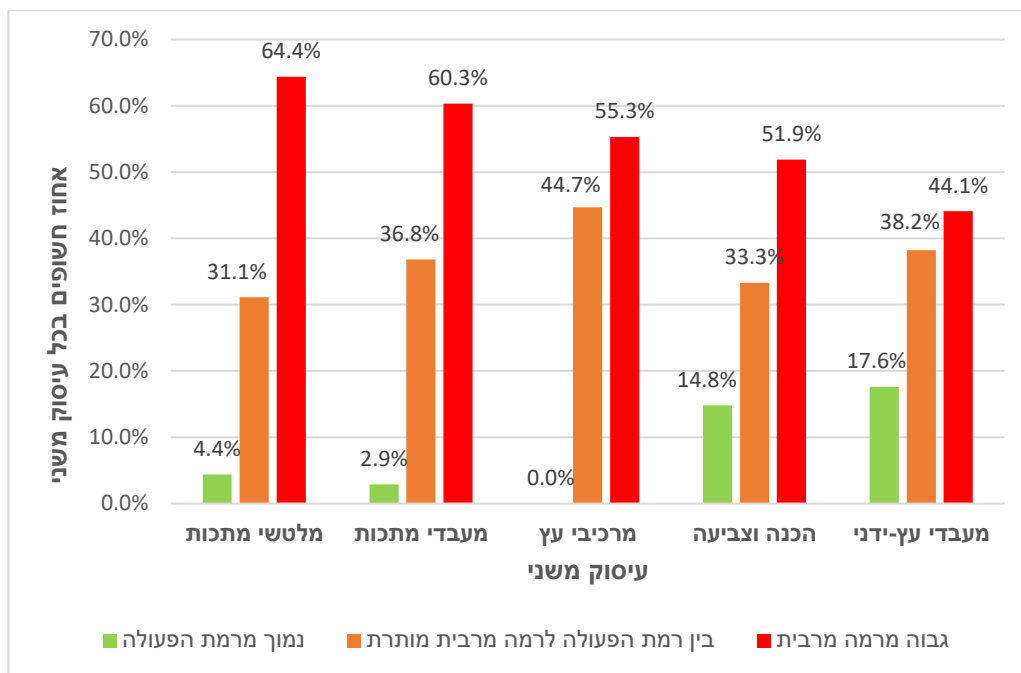
העיסוקים הראשיים מויינו עוד לעיסוקים משניים המציינים את עיסוקם הישיר של העובדים בתוך קטגוריות העיסוק הראשי. אומדני החשיפה הממוצעת בעיסוקי המשנה מוצגים בטבלה 9 ומומחשים באיור מס' 5 לגבי עיסוקים בהם בולטת חריגה מרמה מותרת לחשיפה. נמצא שהחשיפה הממוצעת הגבוהה ביותר נמצאה בקרב הצבעים, עובדים במתכת ונגרים, ובהתאם גם אחוזי החריגות הגבוהים ביותר מהרמה המרבית (52%, 48%, 33%, בהתאמה). קבוצות משנה שמספר העובדים בהן היה נמוך מ-10 לא נכללו בטבלה, ביניהם מייצרי תבניות, עובדי יציקת מתכת, מלטשי עץ וחשמלאים של רכב קל. בקרב חשמלאים של רכב קל מגמת החשיפה מצביעה על רמת חשיפה ממוצעת גבוהה מרמת הפעולה (3.11 מטר/שנייה²), אולם בשלוש תת-קבוצות האחרות מגמת החשיפה מצביעה על חשיפה גבוהה הרמה המרבית המותרת, כאשר ממוצעי החשיפה הבלתי מוטים נעו בתחום 6.6 – 7.4 מטר/שנייה², אך רמות החשיפה המקסימליות נעו בתחום 7.4 – 11.2 מטר/שנייה².

טבלה 9 : אומדן חשיפה פוטנציאלית לרטט הגפה העליונה על פי קבוצת עיסוק משנית*

תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) ^{***} (m/sec ²)	סטיית תקן גאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	**N	קבוצת עיסוק משנית	ענף ראשי
2.50-12.20	6.60	6.48 (5.61,7.49)	1.58	5.85 (5.06,6.76)	38	מרכיבי עץ	נגרים
1.50-10.00	4.80	5.00 (4.29,5.82)	1.57	4.51 (3.87,5.25)	34	מעבדי עץ-ידני	
0.80-9.70	3.50	4.04 (2.64,6.19)	2.06	3.12 (2.04,4.77)	11	מעבדי עץ-CNC	
0.80-10.40	6.50	6.31 (4.89,8.14)	1.97	5.02 (3.89,6.48)	27	עובדים בהכנה וצביעה	עובדי מתכת
2.20-9.00	5.70	6.01 (5.36,6.75)	1.49	5.56 (4.95,6.24)	45	מלטשי מתכת	
1.50-9.70	5.50	5.19 (4.72,5.69)	1.48	4.80 (4.37,5.27)	68	מעבדי מתכת	
1.50-15.20	2.60	3.90 (3.44,4.41)	1.67	3.41 (3.02,3.86)	67	מרכיבים מתכת	
1.10-5.40	4.63	3.90 (3.08,4.94)	1.62	3.47 (2.74,4.40)	16	עובדי תחזוקה	
1.90-7.40	4.00	4.23 (3.47,5.17)	1.44	3.96 (3.25,4.83)	13	פחחי רכב קל	עובדי מוסכים
2.80-7.40	3.50	4.10 (3.46,4.86)	1.40	3.87 (3.27,4.59)	15	מכונאים רכב הנדסי	

0.90-6.40	4.00	4.04 (3.65,4.48)	1.45	3.77 (3.41,4.18)	50	מכונאים רכב קל	
1.40-11.90	3.30	4.11 (3.34,5.05)	1.73	3.54 (2.88,4.35)	27	מעבדי שיש-ידני	עיבוד שיש
1.70-6.80	2.80	3.52 (3.05,4.07)	1.49	3.25 (2.82,3.76)	29	עובדים בנוי-כללי	נוי
2.10-3.60	2.80	2.86 (2.52,3.24)	1.25	2.79 (2.46,3.16)	12	עובדים בגד"ש-מפעילי כלים הנדסיים ותחזוקה	גד"ש
F(23,714)=51.70, p<.001, eta=.63							

- * קבוצות משנה שמספר הנבדקים בהן נמוך מ- 10 לא נכללו בטבלה, ביניהם מייצרי תבניות, עובדי יציקת מתכת, מלטשי עץ וחשמלאים של רכב קל.
- ** חשיפה ממוצעת משוקללת ליום עבודה (8hr), על פי ערך אמצע (a)
- *** מסי עובדים בקבוצות בעלות חשיפה דומה.
- **** הערכים בסוגריים מציינים רווח בר-סמך (CI₉₅) של האומדן



איור 5 : התפלגות אומדני חשיפה לרטט גפה עליונה בין שלושה תחומי חשיפה על פי קבוצות עיסוק משניות

חשיפה פוטנציאלית לרטט כל-גופי

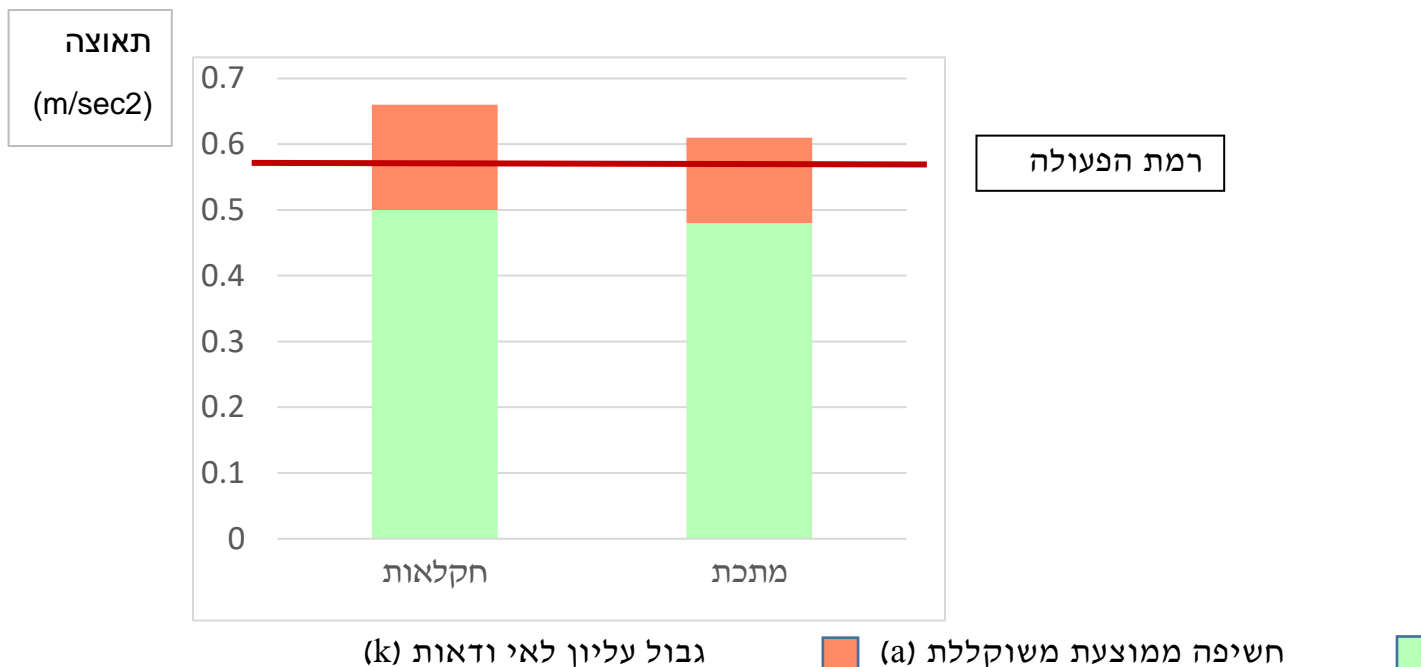
אומדני חשיפה פוטנציאלית לרטט כל-גופי בענפי תעסוקה ראשיים ובחלוקה משנית
 רטט כל-גופי נבדק בענפי התעסוקה שבהם נבדק גם רטט הגפה העליונה. המדגם כלל 247 עובדים שנחשפו לרטט כל-גופי. נתוני החשיפה הממוצעת ומשוקללת עבור ענפי התעסוקה הראשיים שנבדקו מוצגים בטבלה מס' 10. אומדן הממוצע האריתמטי הבלתי מוטה הגבוה ביותר התקבל בענף החקלאות וסמוך לו הממוצע בענף המתכת. ממוצעי החשיפה בענפי השיש והעץ נמוכים יותר באופן משמעותי גם בהשוואה לערכיהם המקבילים בחשיפה לרטט יד-זרוע, אולם המספר הקטן של עובדים שחשופים לרטט כל-גופי בענפים אלה אינו מאפשר להתייחס לערכים שהתקבלו כערכים מייצגים. עם זאת, יצויין שהסיבה למספר קטן של עובדים בענפי העץ והשיש נובע מכך שמהות העבודה שם אינה כוללת כלל ועיקר חשיפה לרטט כל-גופי, למעט בודדים. איור מס' 6 מציג את ממוצעי החשיפה בענפי חקלאות והמתכת בלבד יחד עם מירווח אי הוודאות העליון (k) של הממוצע האריתמטי הבלתי מוטה. אומדן החשיפה הפוטנציאלית של 43% מהעובדים שנבדקו לרטט כל-גופי היה בין מחצית החשיפה המרבית המותרת לבין הרמה המרבית המותרת, ואילו כ- 2% בלבד, השייכים רק לענף החקלאות, חרגו מהרמה המרבית המותרת. מבין ארבעת ענפי התעסוקה הראשיים שנבדקו, הרוב המכריע של החשופים לרטט כל-גופי אותר בענף החקלאות. כאשר באים להשוות את רמות החשיפה לרמות מרביות מותרות נמצא שעבור 38% מהעובדים החשופים בענף החקלאות ו- 67% בענף המתכת אומדן החשיפה גבוה מרמת הפעולה, אולם נמוך מהרמה המרבית המשוקללת המותרת לחשיפה.

טבלה 10: אומדן חשיפה פוטנציאלית ממוצעת ומשוקללת* לרטט כל-גופי על פי ענפי תעסוקה ראשיים

ענף ראשי	**N	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה* (M) (m/sec ²)	אי ודאות K m/s ²	חציון (m/sec ²)	תחום ערכים (m/sec ²)
חקלאות	191	0.41 *** (0.37, 0.44)	1.89	0.50 (0.45, 0.54)	0.66	0.50	0.10-1.30
מתכת	45	0.41 (0.35, 0.48)	1.71	0.48 (0.41, 0.56)	0.61	0.52	0.10-0.90
תעשיית שיש	8	0.15 (0.09, 0.26)	2.20	0.21 (0.12, 0.36)	0.22	0.10	0.10-0.60

0.10-0.20	0.20	0.21	0.17 (0.11,0.27)	1.49	0.16 (0.10,0.25)	3	עץ
0.10-1.30	0.50	0.64	0.48 (0.44,0.52)	1.92	0.39 (0.36,0.42)	247	כלל המדגם
F(2,241)=9.48, p<.001, eta=.07							

* חשיפה ממוצעת משוקללת ליום עבודה (8hr), על פי ערך אמצע (a)
 **מסי עובדים בקבוצות בעלות חשיפה דומה.
 ***הערכים בסוגריים מציינים רווח בר-סמך של הממוצע (CI₉₅)



איור 6: אומדני חשיפה ממוצעת ומשוקללת (a) והגבול העליון של תחום אי הוודאות (a+k) לרטט כל-גופי בענפי החקלאות והמתכת.

בהתבוננות בטבלה מסי' 11 המציגה ענפים בחלוקה משנית ניתן להצביע על עבודות בענפי הנוי, גד"ש, מזון בעלי חיים ומפעלי מתכות ככאלה שעלולות לגרום לעובדים להחשף מעל רמת הפעולה. ענפי משנה נוספים שנבדקו הם ענף המשנה נגריות, השייך לענף העץ כענף ראשי, וענף משנה פנצ'ריה (תיקון תקרים). גם בענפי משנה אלה מספר הנבדקים קטן מאד ואינו מאפשר להתייחס לערכים שהתקבלו כערכים מייצגים. ניתן לומר שבאופן חישובי התקבלו בענפי המשנה נגריה ופנצ'ריה, בהתאמה, ממוצעים

אריתמטיים בלתי מוטים בגובה 0.17 ו- 0.10 מטר/שנייה², ותחום ערכים בין 0.10 – 0.20 ו- 0.10 – 0.10 מטר/שנייה² המצביעים על מגמה של רמות חשיפה פוטנציאליות נמוכות מרמת הפעולה.

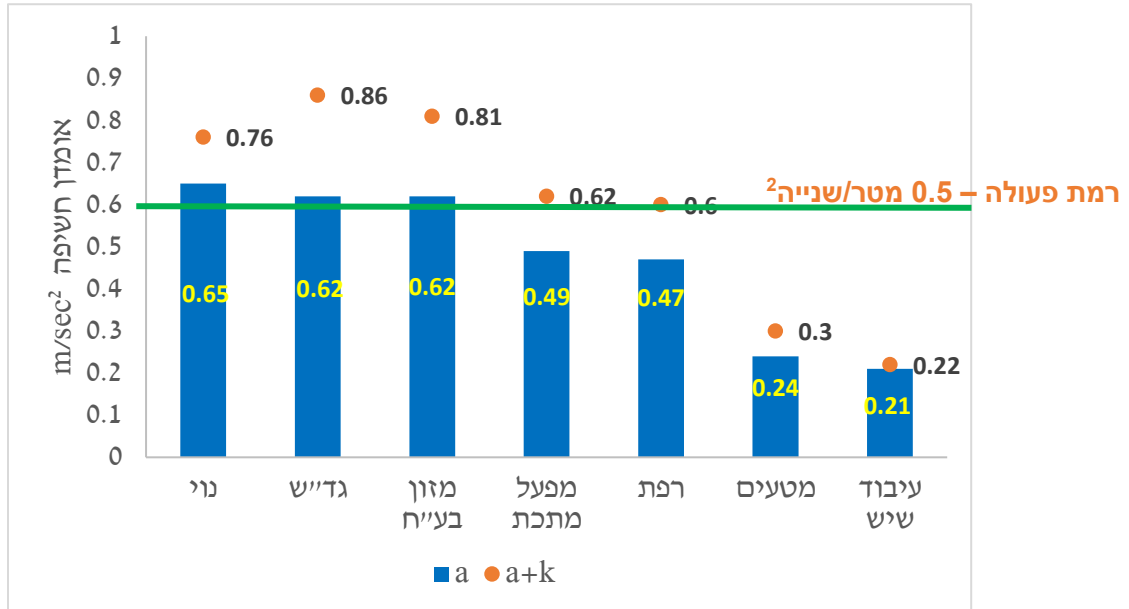
באיור מס' 7 מוצגים אומדני החשיפה הממוצעת ומשוקללת (a) וגבולות עליונים של אי ודאות הממוצע ברמת סמך של 95% (a+k) לרטט כל-גופי על פי 7 ענפי תעסוקה בחלוקה משנית. גם ערכי אי הוודאות העליונים של ממוצע החשיפה אינם חורגים מהרמה המרבית המותרת אם כי בענפי משנה הכוללים מפעלי מתכת ורפת הם גבוהים מרמת הפעולה.

טבלה 11: אומדן חשיפה פוטנציאלית לרטט כל-גופי על פי ענפי תעסוקה משניים*

**N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	ענף משני
13	0.20-1.10	0.60	0.65 (0.45,0.93)	1.94	0.52 *** (0.36,0.75)	נוי
66	0.20-1.25	0.50	0.62 (0.57,0.67)	1.38	0.59 (0.54,0.63)	גד"ש
25	0.20-1.30	0.60	0.62 (0.51,0.75)	1.63	0.55 (0.45,0.67)	מזון בע"ח
42	0.20-0.90	0.52	0.49 (0.44,0.55)	1.48	0.46 (0.41,0.51)	מפעלי מתכת
36	0.10-0.70	0.50	0.47 (0.39,0.55)	1.69	0.41 (0.34,0.48)	רפת
51	0.10-0.60	0.20	0.24 (0.20,0.27)	1.70	0.20 (0.18,0.24)	מטעים
8	0.10-0.60	0.10	0.21 (0.12,0.36)	2.20	0.15 (0.09,0.26)	עיבוד שיש
F(6,234)=33.04, p<.001, eta=.46 כולל נגריה ופנצ'ריה						

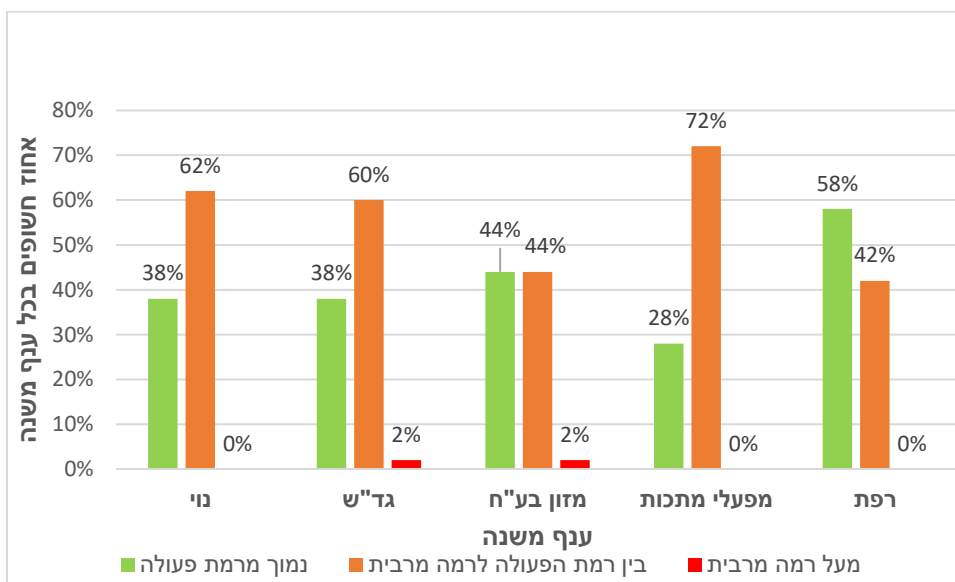
* חשיפה ממוצעת משוקללת ליום עבודה (8hr), על פי ערך אמצע (a)
 **מס' עובדים בקבוצות בעלות חשיפה דומה.
 ***הערכים בסוגריים מציינים רווח בר-סמך (CI₉₅) של האומדן

רמה מרבית – 1.15 מטר/שנייה²



איור 7: אומדני חשיפה ממוצעת ומשוקללת (a) וגבול עליון של אי ודאות (a+k) לרטט כל-גופי על פי ענפי תעסוקה בחלוקה משנית

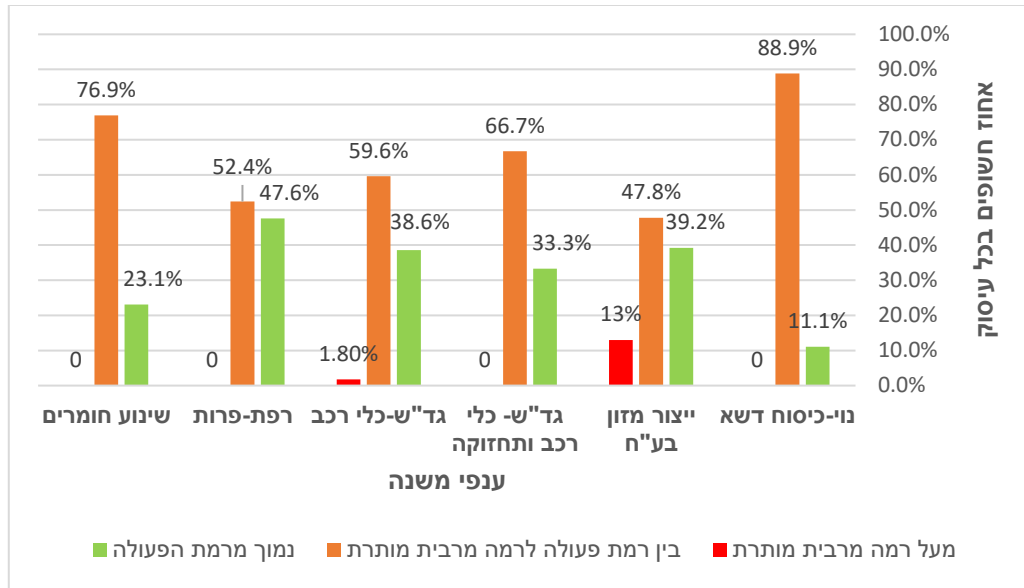
עקב שכיחותם של כלי רכב חקלאיים בענף החקלאות כמקור לרטט כל-גופי ניתן כאן מידע נוסף באיור מס' 8 בו מוצגת התפלגות של אומדני החשיפה בענף החקלאות על פי שלושה תחומי חשיפה ועל פי ענפי התעסוקה בחלוקה משנית. ענף המטעים לא נכלל באיור עקב ממצאי אומדן חשיפה נמוך בתחום שבין רמת הפעולה לרמה המרבית המותרת (7.5%) והעדר רמות חשיפה גבוהות מהרמה המרבית.



איור 8: התפלגות אומדני חשיפה לרטט כל-גופי בין שלושה תחומי חשיפה על פי ענפי תעסוקה משניים בחקלאות

אומדני חשיפה על פי קבוצות עיסוק

רוב העיסוקים שנכללו במחקר שייך לענף החקלאות. טבלה מס' 12 מציגה אומדני חשיפה ממוצעים בעיסוקים השונים בחקלאות. ממוצע החשיפה הגבוה ביותר נאמד בקרב עובדי נוי המשוייכים לענף החקלאות ולאחריהם מפעילי כלי רכב בתעשיית יצור מזון לבעלי חיים ומפעילי כלים הנדסיים בגידולי שדה המשוייכים אף הם לענף החקלאות. בשלושה עיסוקים אלה הייתה רמת החשיפה הממוצעת גבוהה מרמת הפעולה, אך נמוכה מהרמה המרבית המותרת. לעומת זאת, חלק ממפעילי כלים הנדסיים בתהליכי יצור של מזון בעלי חיים ובגידולי שדה חשופים לרמה גבוהה מהרמה המרבית המותרת. מתוך 247 נבדקים לרטט כל-גופי רק 3 מעבדי עץ (נגרים) היו מעורבים בעבודות בהן הם חשופים לרטט זה. מגמת החשיפה מצביעה על חשיפה ממוצעת נמוכה אף מחצי רמת הפעולה, כאשר הרמה הגבוהה ביותר שהוערכה היא 0.2 מטר/שנייה². קבוצות נוספות קטנות מאד, על פי הגדרת עיסוקן, בהן הוערכה חשיפתם של העובדים לרטט כל-גופי היו מורכבות מעובדי תחזוקה בענפים שונים, מטפלים בעגלים ברפת, מלטשי מתכת, מרתכים בקשת חשמלית ומתקני תקרים בכלי רכב. מגמת החשיפה בקבוצות אלה מצביעה על חשיפה ממוצעת נמוכה מרמת הפעולה (נספח 5ד). השיעור הנמוך של חריגת החשיפה לרטט כל-גופי מהרמה המרבית המותרת בעיסוקים החקלאיים השונים בולט באיור מס' 10.



איור 9: התפלגות אומדני חשיפה לרטט כל-גופי בין שלושה תחומי חשיפה על פי עיסוקים שונים בענף החקלאות

טבלה 12: אומדן חשיפה פוטנציאלית לרטט כל-גופי גבוה מרמת הפעולה על פי קבוצות עיסוק בענף החקלאות* (הרשימה המלאה מובאת [בנספח מס' 5](#))

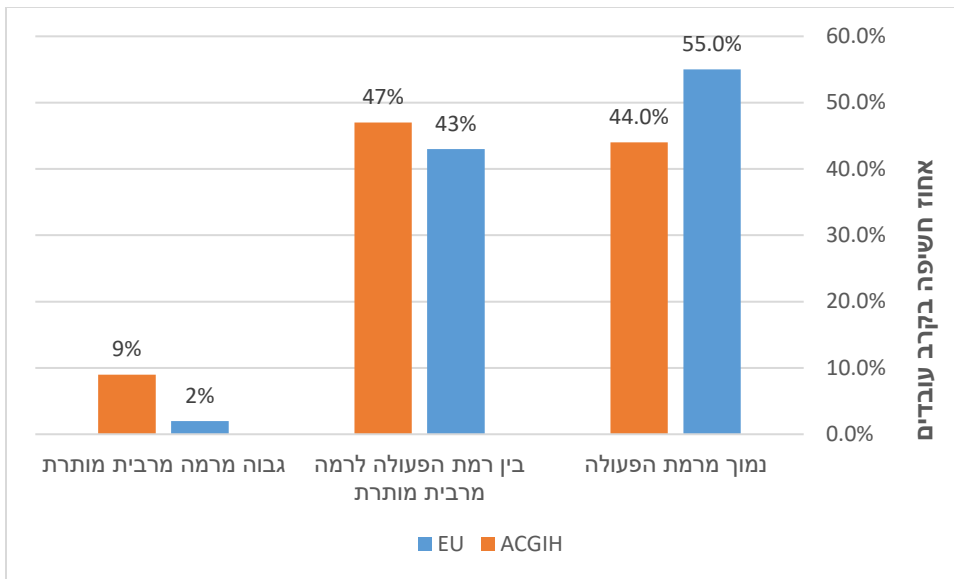
**N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון m/sec ²	אי ודאות K m/s ²	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	קבוצת עיסוק משנית
9	0.40-1.10	0.80	0.12	0.81 **(0.65,1.01)	1.40	0.76 (0.61,0.95)	עובדים בנוי-כיסוח דשא
23	0.30-1.30	0.60	0.20	0.65 (0.55,0.77)	1.49	0.60 (0.51,0.71)	ייצור מזון בע"ח- מפעילי כלי רכב הנדסיים
57	0.20-1.25	0.50	0.07	0.63 (0.58,0.69)	1.41	0.60 (0.55,0.65)	עובדים בגד"ש- מפעילי כלים הנדסיים
12	0.40-0.60	0.50	0.36	0.52 (0.48,0.56)	1.15	0.51 (0.47,0.56)	עובדים בגד"ש- מפעילי כלים הנדסיים ותחזוקה

21	0.30-0.70	0.50	0.15	0.52 (0.48,0.58)	1.24	0.51 (0.47,0.56)	עובדים ברפת-טיפול בפרות
39	0.20-0.90	0.52	0.13	0.51 (0.46,0.57)	1.42	0.48 (0.43,0.53)	משנעים- שינוע חומרים
F(8,206)=44.24, p<.001, eta=.63							

* חשיפה ממוצעת משוקללת ליום עבודה (8hr), על פי ערך אמצע (a)
 **מס' עובדים בקבוצות בעלות חשיפה דומה.
 ***הערכים בסוגריים מציינים רווח בר-סמך (CI₉₅) של האומדן.

השוואת רמות חשיפה לתקני חשיפה שונים

קיים הבדל בין תקן החשיפה המרבית המותרת שנקבע על פי איגוד הגיהותנים הממשלתיים בארה"ב (ACGIH), שתקניו אומצו ע"י החוק הישראלי, לבין התקן של ארגון התקינה הבינלאומי (ISO) המיושם באיחוד האירופי ובמדינות רבות אחרות, לרבות ישראל. ההבדל בתקנים יוצר הבדל בשיעור אומדני החשיפה לרטט כל-גופי, הגבוהים מהרמה המרבית המותרת לחשיפה ומרמת הפעולה. איור מס' 10 מציג התפלגות של אומדן החשיפה הפוטנציאלית לרטט כל-גופי בין שלושה תחומי חשיפה לכלל העובדים שנבדקו, בהשוואה לתקן האירופי ולתקן הגוף האמריקאי ACGIH. ניתן לראות שמאחר וערכי הרמות המרבית והפעולה לרטט כל-גופי גבוהים יותר באיחוד האירופי לעומת הערכים ב-ACGIH, החריגות גבוהות יותר ע"פ תקן ACGIH הן מהרמה המרבית (9% לעומת 2%) והן מרמת הפעולה (47% לעומת 43%).



איור 10 : התפלגות אומדני חשיפה לרטט כל גופי בין שלושה תחומי חשיפה - השוואת חריגות מתקנים ע"פ תקן האיחוד האירופי (EU) לעומת תקן הגוף האמריקאי ACGIH

דיון ומסקנות

רטט מכני שכיח בתעשייה, בבניין ובחקלאות. בתעשייה שכיח רטט הגפה העליונה יותר מאשר רטט כל-גופי. בענף הבנייה קיים שילוב שכיח של שני סוגי הרטט ובחקלאות יש שכיחות גבוהה לעבודות בהן חשופים העובדים לרטט כל-גופי. בענפי תעסוקה בהם שכיח שימוש במכשירים רוטטים הוערכה חשיפה פוטנציאלית לרטט הגפה העליונה במספר תהליכים. על פי מדגם המחקר הנוכחי, בנגריות שולטת מגמה של חשיפת יתר בקרב העובדים (טבלה 4). חשיפת יתר זו מעלה את הסיכון לנזקים בריאותיים. המגמה הנצפית בתהליכים בהם מעורב יצור או עיבוד של מתכת ובשירותים הניתנים למוצרי מתכת מצביעה על אחוז ניכר של עובדים החשופים בתחום שבין רמת הפעולה לרמה המרבית המותרת ועל אחוז לא מבוטל של עובדים החשופים חשיפת יתר (טבלה 4).

שכיחות הערכת החשיפה לרטט והסיכון נמוכה בקרב מעסיקים בעולם ועוד יותר מכך קטנה מדידה בפועל של החשיפה באמצעים מכשירניים (לדוגמה, כ- 5% בפנילנד). מספר המעבדות המוסמכות למדידת רטט הגפה העליונה ורטט כל-גופי אינו גבוה, כנראה עקב מורכבות המדידה [1]. עובדות אלה נכונות גם למדינת ישראל. אי לכך, שימוש בשיטה הבריטית להערכת חשיפה פוטנציאלית מהווה פיצוי להעדר יכולת וזמינות להערכה כמותית של החשיפה התעסוקתית באמצעות מדידה ונותן תמונה טובה לגבי היקף הסיכון לעובדים ולגבי הצורך בהפעלת דרכי בקרה ומניעה של החשיפה.

ממחקרים אפידמיולוגיים נלמד שמסתמן יחס הפוך בין ותק החשיפה בשנים לבין רמת החשיפה לרטט יד-זרוע ובטבלה מס' 13 מוצגים ערכי יחס זה שנמצאו כגורמים ל- 10% מהעובדים החשופים להפגע בתסמונת רינו [5]. אומדן חשיפתם המשוקללת (A8) של חלק מהעובדים בנגריות, במפעלי מתכת ובעיבוד שיש מגיע, על פי תוצאות המחקר הנוכחי, לתחום שבין 3.7 ל- 12 m/sec² וחציון הוותק בקרב עובדים אלו הוא כ- 10 שנים כך שמשוער, על פי היחס שנבנה בין ותק חשיפה לבין עוצמת חשיפה [5] שכ- 10% מעובדים אלה נמצאים בסיכון לפגיעה מסוג "אצבעות לבנות". בסוגי עבודות שנבדקו בענף החקלאות מתונה יותר מגמת החשיפה של רטט הגפה העליונה. רוב העובדים אמנם חשופים בתחום נמוך מרמת הפעולה, אך אומדן החשיפה של כ- 15% מהם היה בין מחצית החשיפה המרבית המותרת לבין הרמה המרבית המותרת, רובם בענפי הגד"ש, נוי והכנת מזון לבעלי החיים. לייצוג אומדן החשיפה נבחר הממוצע האריתמטי הבלתי מוטה. ממוצע זה הוא הממוצע הנגזר מהתפלגות אסימטרית לוג-נורמלית של מדגם נתונים. ממוצע זה

משקף טוב יותר את הקשר שבין חשיפה לבין הסיכון הבריאותי מאשר הממוצע הגיאומטרי של התפלגות אסימטרית המשקף יותר את ההתנהגות הסביבתית של פיזור הנתונים.

בחינת הנתונים הדמוגרפיים (טבלה 1) מציגה שכיח גיל שמתקרב ל- 60 ומצביע על ריבוי עובדים מבוגרים כאשר חציון הגיל הגבוה יחסית (42) מאשש זאת. יתכן וצעירים אינם נוטים לבחירה של עבודות המערבות רטט מכני ומשוער שבחירה בעבודות בהן יש חשיפה לרטט יד-זרוע נמוכה מבחירה בעבודות בהן חשופים עובדים לרטט כל-גופי עקב מורכבות סוג העבודה והעניין בה. חציון ותק החשיפה לרטט יד-זרוע (10 שנים) נמוך בהשוואה לפוטנציאל שנות עבודה הנע סביב 45 שנים. חצי מהעובדים שהשתתפו במחקר הם בעלי השכלה תיכונית בלבד ורובם אינו מודע לנזקי רטט מכני ודרכים להגנה מפניו.

בהערכת החשיפה הפוטנציאלית לרטט כל גופי נאמדו רמות חשיפה מתונות יותר מאלה שנאמדו לגבי רטט יד-זרוע. רק בקרב 2% מהנבדקים חרגו רמות החשיפה מהרמה המרבית המותרת לחשיפה, אך בקרב 43% מהנבדקים נאמדה רמת חשיפה בתחום שבין רמת הפעולה לבין הרמה המרבית המותרת, כאשר בפילוח ענפי הגיע אחוז החשופים פוטנציאלית בתחום זה ל- 38% בענף החקלאות ול- 67% בענף המתכת. תקן ISO-2631 לרטט כל גופי מציין שקיים סיכון לנזק בריאותי בחשיפה ארוכת טווח גם כאשר רמות החשיפה גבוהות מרמת הפעולה ונמוכות עדיין מהרמה המרבית המותרת לחשיפה [3]. אי לכך מוגדר אזור רמות חשיפה אלה כאזור התרעה. אין להתעלם מגורם אי הוודאות (uncertainty) של ערכי חשיפה, המלווה הערכת חשיפה לרטט הן כאשר ההערכה היא של חשיפה פוטנציאלית והן כאשר ההערכה היא אקטואלית בעקבות מדידה. תקני ISO מדגישים גורם זה היכול להגיע לאחוזים ניכרים מההערכה. אמנם ערך ה- K שמהווה את גבול הבטחון העליון של תחום אי הוודאות עונה על התחשבות בגורם זה, אך עדיין הוא תלוי בתנאי המדידה של יצרנים שחייבים לספק את ערכי אי הוודאות של תאוצה ממוצעת של כלי עבודה נתון וזאת על פי דירקטיבה אירופית.

ההערכה הפוטנציאלית במחקר זה התבססה על תאוצת כלי העבודה כפי שסופקה ע"י יצרן המכשיר. מחקרים שבדקו מיתאם בין ערך המוצהר ע"י יצרן לבין ערך מדוד בפועל הראו בחלק נכבד מההשוואות ערך מדוד גבוה יותר מהערך שסופק ע"י היצרן. ההבדל בערכים יכול להיות גבוה אף מ- 50% [29], ועובדה זו מעלה את החשש שהערכה איכותנית עלולה להוות הערכת חסר בהשוואה להערכה כמותית על פי מדידה. אי לכך נקבעו מקדמי תיקון לערכי היצרן המתחשבים בסוג המכשיר הרוטט ובמשך הזמן האופייני לשימוש בו במהלך משמרת עבודה. מקדמים אלה מופיעים

במסמך טכני – CEN/TR 15350 שפורסם בשנת 2013 ע"י ועדת התקנים האירופאית – CEN, שבה חברות 33 מדינות באירופה הכוללות גם את מדינות האיחוד האירופי. ערכי החשיפה הפוטנציאלית במחקרנו, שנלקחו מהצהרות יצרנים לגבי המכשיר שהיה בשימוש, תוקנו על פי מקדמי התיקון ולכן קרובים יותר לערכים הריאליים בעת חשיפה. מחקר איטלקי שבדק שימוש בערכים מתוקנים ומאגר נוסף של ערכים מתוקנים מהמכון הלאומי האיטלקי לבטיחות ומניעה בעבודה (ISPESL) מצא שמקדמי הקורלציה בין ערכים מתוקנים של תאוצת רטט לבין ערכים מדודים נעים בתחום 0.729 – 0.977 [30]. המחקר האיטלקי מצא גם שבהשוואה לערכים מדודים הראו ערכים מתוקנים על פי מקדמי התיקון של CEN הערכת יתר של עוצמת הרטט ב- 27% מהמקרים והערכת חסר של העוצמה ב- 42% מהמקרים. לעומת זאת, בהעדר תיקון ע"י המקדמים נמצא שבהשוואה לערכים מדודים הראה אומדן החשיפה הפוטנציאלית הערכת יתר והערכת חסר ב- 16% ו-73% מהמקרים, בהתאמה. מחקר נוסף שבדק 105 כלים ידניים רוטטים מצא מיתאם פירסון בגובה 0.665 – 0.694 בין ערכים מדודים למנובאים על פי הערכה איכותנית [31]. אם לשפוט על פי ממצאי המחקרים האלה, הערכים המוצגים במחקרנו מנבאים באופן ראשוני טוב את חשיפת העובדים, אולם ניתן להסיק שהם מציגים טווח בין תת-הערכה לבין ערכים ריאליים יותר מאשר הערכת יתר. דבר זה מדגיש יותר את הצורך במדידה כמותית של החשיפה לרטט ובהיערכות נכונה לצמצום הסיכון הבריאותי.

בכלי תנועה ורכב שונים כגון מלגוזות ומשאיות קיים מרכיב של רטט כל גופי משולב במרכיב של רטט יד-זרוע כתוצאה ממגע ישיר בין ידי העובד לבין חלקים שונים בכלי הנע. אולם, מרכיב רטט היד-זרוע בכלים בהם רוכב עובד אינו גבוה בהשוואה למרכיב הרטט הכל-גופי בכלים אלה. ביטוי לכך ניתן לראות בטבלאות 3 ו-10 בממוצע המשוקלל האריתמטי הבלתי מוטה של התאוצה בענפי התעסוקה שנבדקו. בעוד שממוצע החשיפה (ממוצע אריתמטי בלתי מוטה) לרטט הגפה העליונה בענף העץ הוא הגבוה ביותר מבין ענפי התעסוקה הראשיים, הממוצע בענף זה הוא הנמוך ביותר כאשר מדובר ברטט כל-גופי. המגמה בענף החקלאות הפוכה. הסיבה לכך היא, כאמור, דומיננטיות מרכיב הרטט הכל-גופי בענף החקלאות עקב שימוש רב בכלים חקלאיים, ביניהם כבדים, לעומת דומיננטיות מרכיב רטט היד-זרוע בענף הנגרות המייצג ענף תעשייתי, עקב שימוש רב בכלי יד רוטטים ומיעוט שימוש בכלים נעים שעליהם רוכב העובד.

הרוב המכריע של התצפיות נערך על עבודה בה נוכח רטט גפה עליונה. הערכת חשיפה פוטנציאלית בעבודות בהן נוכח רטט כל-גופי ללא מדידתה באמצעים מכשירניים מלווה בקשיים. קשיים אלה נובעים מהעדר נתונים על שינויים ברטט כתוצאה משינוי

במרכיבי המערכת הגורמת לרטט. לדוגמה, טרקטור או כלי חקלאי אחר מהווים מקור חשיפה לרטט כל-גופי לעובד, אולם בתרחיש בו רתומים לטרקטור כלים חקלאיים אחרים או עגלות עלולה תאוצת הויברציות להשתנות כתלות בגורמים שונים וביניהם מסת הכלי הרתום, תוואי השטח ורמת החיכוך עם הקרקע. המחקר עוסק באומדן חשיפה פוטנציאלית על סמך נתוני הכלים הרוטטים ולא על סמך מדידה. העדר נתונים על תרחישים מורכבים יוצר קושי בהערכת החשיפה. ברירת המחדל בתרחישים כגון אלה היא הסתמכות על נתוני מקור הרטט בלבד.

תקני הרמה המרבית המותרת לרטט גפה עליונה (5 מ"שנייה²) ולרטט כל-גופי (1.15 מ"שנייה²) שאליהם הושוו תוצאות האומדן, מעוגנים בתקנות הבטיחות והגיהות בישראל. רטט מכני הוא גורם מזיק פיסיקלי המופיע בספר התקנים של הגוף האמריקאי (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ACGIH שתקניו אומצו בחוק הישראלי. בהעדר תקנה יחודית לרטט בישראל, תקף ערך הרמה המרבית המותרת לחשיפה המופיע בספר ה- ACGIH. רמת הפעולה, לעומת הרמה המרבית, תקפה מבחינת החוק רק כאשר יש לגורם הסיכון תקנה יחודית, או כאשר הוא מופיע ברשימת הגורמים המזיקים טעוני הניטור בתקנת "גורמים מזיקים". בהעדר תקנה כתובה לא תקפה רמת הפעולה, אך ההשוואה שנערכה אליה מצביעה על מצב חזוי אם תכנס לתוקף תקנה על רטט מכני. כמו כן, יכולה רמת הפעולה להוות יעד לבקרת חשיפה ומבחינה זו מצביעות התוצאות בחלק גדול מהמקרים שנבדקו על פער בין החשיפה הצפויה בפועל לבין השגת היעד.

שלוש מגבלת עיקריות מלוות את המחקר הנוכחי. האחת היא אי דיוק אפשרי בהערכת משך החשיפה הממוצע והמרבי של עובדים כיוון שנתונים אלה, הנחוצים להערכה האיכותנית, הושגו על סמך דיווח עצמי של העובדים שחשיפתם הוערכה. המגבלה השנייה היא אי יכולת השגה של תאוצת מכשירים מסויימים, כיוון שערך התאוצה וערך אי הוודאות שלה (K) לא היו מצויינים על המכשיר או במקור כתוב אחר. במקרים אלה התבססה ההערכה על ערכים שנאספו ממאגרים שונים עבור כלים דומים או מאותה משפחת כלים. עובדה זו עלולה ליצור סטייה מסויימת בערכי התאוצה של המכשירים שנסקרו במקומות העבודה ולא נמצאו עבורם נתוני תאוצה. המגבלה השלישית המובנית בשיטת ההערכה שננקטה במחקר זה ובמחקרים אחרים נובעת מכך שתאוצות המוצהרות ע"י יצרנים עבור כלים רוטטים, על אף היותן אמינות והדירות עקב מדידתן על פי תקנים מחמירים, נמדדות בתנאי מעבדה ובמצבי עבודה מוגדרים לצורך המדידה ועל כן לא בהכרח מייצגות את עוצמת החשיפה בפועל בשטח העבודה. אף על פי כן, גם אם אומדן ההערכה הפוטנציאלית עלול לסטות במידה מסויימת מהערכים האקטואליים בשטח הוא משקף את פוטנציאל החשיפה באופן

המאפשר הערכת סיכונים ריאלית וקבלת החלטות על דרכים ואמצעים מתאימים להגנה על העובד במצב נתון.

המלצות

תחיקה ורגולציה

קידום תקינה של תקנה ייחודית לרטט מכני. על התקנה לכלול:

- הוראות מחייבות להגנת עובדים מחשיפה לרטט הגפה העליונה ולרטט כל-גופי
- כללים מחייבים לניטור סביבתי-תעסוקתי לרטט גפה עליונה ולרטט כל-גופי.
- בקרה רפואית סדירה לעובדים הנמצאים בסיכון לפגיעה בריאותית מחשיפה לרטט מכני.

מעסיקים ועובדים

הגנה הנדסית

רכישת כלי עבודה רוטטים בעלי מנגנון שיכוך המסומן על הכלי בקוד A/V. התקנת משככים (dampers) בכלים קיימים ללא מנגנוני שיכוך מובנים בכלי (built-in).

התקנת משטחים בולמי זעזועים על רצפה או משטחי עבודה רוטטים כדי לצמצם חשיפה לרטט כל-גופי.

התקנת ריפוד בולם רטט בכסאות ומושבים.

הגנה אדמיניסטרטיבית ואישית

- מומלץ להגביל את משך זמן השימוש בכלי עבודה רוטטים, בהתאם לעוצמת הרטט הנוצר בהם ומשך הזמן המרבי עד להגעה לרמה המרבית המותרת לחשיפה..
- מומלץ לבצע הפסקות עבודה (לדוגמה, 10 דקות לכל שעת עבודה רצופה) למניעת חשיפה רצופה לרטט.
- מומלץ לתכנן עמדות עבודה כך שבמכשירים יושקע מאמץ פיסי מופחת והכוח המופעל באחיזת הכלי יהיה נמוך ככל האפשר.
- מומלץ לשמור על חום הידיים כאשר טמפרטורת האוויר נמוכה מ- 16°C.

- אפשר להשתמש בכפפות מפחיתות רטט המאושרות על פי תקנים בינלאומיים כגון ISO 10819.
- מומלץ להדריך עובדים על תופעת הרטט, נזקיה ודרכים למניעתה.

מקורות ספרות

1. European Agency for Safety and Health at work. Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review. European Risk Observatory Report, oju-my- Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities (2008).
2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): TLVs and BEIs based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents. 201-207, 211-225, (2023).
3. ISO 2631, Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration, 1997-05-01
4. Krajnak, K., Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole-body vibration. *J. of toxicol. and environ. health*, part B, 21(5):320-334 (2018).
5. ISO 5349-1: Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. International Standard, 1st ed., 2001-05-01.
6. Burgess, M., Foster G., Overview of the occupational exposure limits for hand-arm and whole-body vibration. In: Proceedings of Acoustics, Fremantle, Australia (2012).
7. Devine, R., Hand-arm vibration exposure in warm climate: promoting awareness of health effects and controls to employees, management and contractors. *Acoust. Aust.*, 44:107-112 (2016).
8. Tekavec, E., Lofqvist, L., Larsson, A., Fisk, K., Riddar, J., Nilsson, T., Nordander, C. Adverse health manifestations in the hands of vibration exposed carpenters - a cross sectional study. *J. Occ. Med. Toxicol.*, 16:16 (2021).

9. Sauni, R., Toivio, P., Paakkonen, R., Malmstrom, J., Uitti, J., Work disability after diagnosis of hand-arm vibration syndrome. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 88:1061-1068 (2015).
10. Edlund, M., Gerhardsson, L., Hagberg, M., Physical capacity and psychological mood in association with self-report work ability in vibration-exposed patients with hand symptoms. *J. Occup. Med. Toxicol.*, 7:1-7 (2012).
11. Charles, L.E., Ma, C.C., Burchfiel, C.M, Dong R.G. Vibration and ergonomic exposure association with musculoskeletal disorders of the shoulder and neck. *Safety and Health at Work*, 9:125-132 (2018) Vibrosense Dynamics.
12. VibroSense Dynamics. Scientific publication provides strong support for new method for Screening of workers exposed for vibration. Press releases, 19.8.2019 (2019).
13. Atlas Copco. Vibration exposure assessment for industrial power tool. A pocket guide based on the Physical Agents (Vibration) Directive (2002/44EC). Jetlag/Boardwalk, Sweden, (2015).
14. Eurofound - European foundation for the improvement of living and working conditions. Fourth European Working Conditions Surveys, Chapter 3: Physical risk factors, Publications Office of the European Union, Luxembourg, (2007).
15. Eurofound - European foundation for the improvement of living and working conditions. Fifth European Working Conditions Surveys, Publications Office of the European Union, Luxembourg, (2015).
16. פעולה מונעת ומחקר בבריאות ובבטיחות בעבודה, (2006). פרויקט מיפוי סיכונים גהותיים פוטנציאליים בתעשייה 1994 – 2000. המכון הארצי לבריאות תעסוקתית וסביבתית ומשרד התעשייה, המסחר והתעסוקה (נכתב ע"י מ. מיימן).
17. Pelmea, P.L., Epidemiology of hand-arm vibration syndrome. In: Pelmea, P.L., Wasserman, D.E. (eds.) *Hand-Arm Vibration- A*

- Comprehensive Guide for Occupational Health Professionals. Pp. 103-126. OEM Press, Benevery Farms (1998).
18. Miyashita, K., Shiomi, S., Itoh, N., Kasamatsu, T., Iwata, H., Epidemiological study of vibration syndrome in response to total hand-tool operating time. *Br. J. Ind. Med.*, 40 (1). 92-98, (1983).
 19. Health and Safety Executive. Hand arm vibration in Great Britain. Retrieved from the Web May 2, 2022. [Hand-arm vibration in Great Britain - HSE](#).
 20. López-Alonso, M., Pacheco Torres, R., Jadraque Gago, E., Javier Ordoñez García, J., The health effects of vibrations on the upper extremities of workers. Global virtual conference, April 8-12, (2013).
 21. Borg, G., Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand. J. Work Environ. Health.*, 16(suppl 1):55-58 (1990).
 22. Health and Safety Executive. Sources of vibration magnitude data. <http://www.hse.gov.uk/vibration/hav/source-vibration-magnitude-app3.pdf>.
 23. Health and Safety Executive (HSE): Hand-arm vibration, the control of vibration at work regulations 2005, L140, Published by TSO (The Stationery Office), a Williams Lea Company, (2019).
 24. The Physical Agents Portal (PAF). Physical Agents Laboratory of the "USL 7 Siena" Health Agency Prevention Department in the frame of the "Targeted Plan for Risks arising from Physical Agents" approved by the Tuscany Region Committee Decree No. 5888 of 1 December 2008. https://www.portaleagentifisici.it/fo_wbv_list_macchinari_avanza.ta.php?lg=EN&page=33.
 25. Health & Safety Executive (HSE). Whole-body vibration on agricultural vehicles: evaluation of emission and estimated exposure levels. Prepared by Silsoe Research Institute and RMS Vibration Test Laboratory for the Health and Safety Executive, (2005).

26. European Parliament and of the Council, Directive 2002/44/EC, 25 June 2002.
27. EN 12096, Declaration and verification of vibration emission values, DIN EN 12096:1997-09.
28. Mechanical vibration- guideline for the assessment of exposure to hand-transmitted vibration using available information including that provided by manufacturers of machinery, PD CEN/TR 15350:2013.
29. Girard, B., LLaona, M.L., Ben Ayed, H. Vibrations main-bra: contribution d'un SST a la mise en oeuvre du decret du 4 juillet 2005. Colloque " Bruit au vibration au travail" – 2 au 4 mars, 2011- Paris – France.
30. Nitty, R., De Santis, P., Nataletti, P. Assessment of hand-arm vibration exposure by means estimation methodologies: comparison between vibration databases (ISPESL) and information provided by tool manufacturers. *Canadian Acoustics*, 39 (2):106-107, 2011.
31. Rimell, A.N., Notini, L., Mansfield, N.J., Edwards, D.J. Vibration between manufacturers' declared vibration emission values and those measured under simulated workplace conditions for a range of hand-held power tools typically found in the construction industry. *Int. J. Ind. Ergonomics*, 38:661-675, 2008.

נספחים

נספח מס' 1

שאלון הערכת חשיפה לרטט גפה עליונה וכלל-גופי

א. מידע כללי על האתר

1. סוג אתר: |___| חקלאות (1), בניה ותשתיות (2), עץ (3), מתכת (4)
2. שם אתר: _____
3. כתובת אתר: _____
4. איש קשר לאתר: _____
5. תפקיד איש קשר: _____
6. טלפון איש קשר: _____
7. מייל איש קשר: _____
8. תאריכי ביקור: |___|/|___|/|___| |___|/|___|/|___|
9. מספר עובדים באתר: |___|

ב. מידע מסייע לאיתור פוטנציאל גבוה לחשיפה (1-כן, 2-לא, 0-לא רלוונטי)

10. האם מתבצעים זיהוי והחלפה של כלים רוטטים ישנים בחדשים? |___|
11. האם קיימת מדיניות לרכישת כלים בעל מאפיינים נוגדי רטט? |___|
12. האם מבצעים תחזוקה תקופתית של הכלים להפחתת הרטט? |___|
13. האם מתבצעים הדרכות והנחיות עובדים להגנה בפני רטט? |___|
14. האם מתבצעת בקרה רפואית לעובדים ברטט? |___|
15. האם משתמשים בכלי עבודה ידניים ממונעים בעלי פעילות סיבובית (rotary action power) ליותר מבערך שעה ביום? |___|
16. האם משתמשים בכלי עבודה ידניים ממונעים בעלי פעילות פטיש (hammer action power) ליותר מאשר בערך 15 דקות ליום? |___|

17. האם מתקיימות "נסיעות שטח" לתקופות ארוכות, כמה שעות או יותר

ליום? |__|

18. האם הנסיעות מתאפיינות בטלטלות, רעידות או תנודות? |__|

ג. פרוט מאפייני חשיפה

19. 1 - 4 עד 5 בשבוע; 2 - 2 עד 3 בשבוע; 3 - פעם בשבוע; 4 - פעם עד פעמיים בחודש

<u>מקור</u>	<u>ערך חשיפה</u> (m/s ²)	<u>תדירות חשיפה</u>	<u>משך שימוש מרבי בכלי</u> (שעות)	<u>משך חשיפה בפועל ביום בדיקה</u> (שעות)	<u>מספר בדיקה</u>	<u>כלי עבודה</u>	<u>מטלה</u>	<u>קבוצת עיסוק</u>	<u>מחלקה</u>
								שם קבוצה	שם מחלקה
								מספר עובדים בקבוצה: הערות:	מספר עובדים במחלקה: הערות:

ד. גורמים המשפיעים על החשיפה

אופי שטח : 1-כביש, 2-שטח סלול, 3-שטח לא אחיד, 4-שטח מהמורות, 5-רד, 6-קשה. בכל מקרה שלא רלוונטי : 0

מספר בדיקה	סוג הכלי	הכרת העובד את הכלי	גיל הכלי	התאמת הכלי למטלה	מצב מכני של הכלי	מצב מכני של ריפוד הכיסא	תחזוקת הכלי וכיסא	סוג ידית	סוג פעילות הכלי	האם המעבד בהתאם להמלצת היצרן	אופי שטח\ חומר מעובד	טמפ' סביבה מתחת ל-16 מעלות
	1- ידני, 2- רכב, 3- מתקן		1-חדש 2-ישן	1-מתאים 2-גדול 3-קטן	1-טוב 2- ירוד	1-טוב 2-בלוי	1-במלואה, 2- חלקית, 3-לא מתבצעת	1-חלק, 2-שקעים	1-סיבובי, 2- הקשה 3-משולבת			

ה. גורמי חשיפה נוספים ואמצעי מיגון ובקרה (1- כן, 2- לא, 0-לא רלוונטי)

שינוי תהליכים להפחתת חשיפה	פעולות לקיצור משך המטלה	קיצור משך חשיפה רוטציית עבודה/ מטלות	שימוש בבגדי מגן מסוג A/V	שימוש בכפפות 1-אין 2-רגיל 3-A/V	חיבור הכלי לכלים נוספים (רשימת כלים)	כיסא מצויד A/V ב-	משטח מצויד A/V ב-	מרכיבי A/V מתחזקים תקופתית	הכלי מצויד בהתקני A/V	סוג חשיפה 1-רצוף 2-בלתי רצוף	סוג רטט 1-יד זרוע 2-כלל גוף 3-משולב	סימון בדיקה
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

נספח מס' 2

שאלון לעובד במכשור רוטט (ויברציות)

(השאלון הוא בעילום שם)

תאריך: | | | | | | | | | | | |

ענף: _____

שם אתר: _____

שם מחלקה: _____

א. סיווג מקור רוטט בעבודה

וوتק עבודה	לא	כן	
	2	1	האם הנך מפעיל/ה מכשירים ידניים רוטטים?
	2	1	האם הנך מפעיל/ה רכב הנדסי?

ב. הדרכה

האם הודרכת ביחס לרטט והגנה מפניו? | | | | | | | | | | | | (1- כן 2-לא

ג. מודעות

טוב מאד	טוב	במידה בנזנית	מעט	כלל לא	מודעות חשיפה לרטט :
5	4	3	2	1	באיזו מידה אתה/את מכיר/ה רטט בסביבת העבודה שלך?
5	4	3	2	1	באיזו מידה אתה/את מכיר/ה את <u>הנזקים הבריאותיים</u> שעלולים להגרם עקב חשיפה לרטט?
5	4	3	2	1	באיזו מידה אתה/את מכיר/ה את <u>דרכי הפעולה בעזרתן תוכל/י להגן על עצמך</u> מפני חשיפה לרטט?

ד. פרטים אישיים

גיל [] מין [] (1- זכר 2-נקבה) גובה [] . [] משקל []
 מספר שנות לימוד []
 האם אתה מעשן ? [] (1- כן 2-לא) כמה שנים אתה מעשן ? []
 כמה קופסאות ביום ? []

ה. פרטי תדירות ומשך שימוש ודירוג מאמץ בביצוע העבודה

דרג/י את המאמץ שאתה/את משקיעה בעת ביצוע העבודה בכלי ידני:												משך שימוש מרבי	משך שימוש יומי	תדירות שימוש	מספר בדיקה + כלי	
קשה מאד מאד			קשה מאד		קשה		בינוני	קל	קל מאד	קל מאד	אין מאמץ כלל					
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0.5	0					<input type="text"/>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0.5	0					<input type="text"/>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0.5	0					<input type="text"/>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0.5	0					<input type="text"/>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0.5	0					<input type="text"/>

נספח מס' 3

נוסחאות להערכת החשיפה לרטט

1. רטט יד-זרוע (hand-arm vibration) – הגדרות ונוסחאות

חשיפה יומית לרטט A(8) של עובד:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

כאשר:

a_{hv} גודל הרטט, במטר לשנייה בריבוע (m/s^2),

T משך החשיפה לרטט שעוצמתו a_{hv} ,

T_0 משך הרפרנס של 8 שעות (28,800 שניות).

A(8) מבוטא ביחידות m/s^2

גודל הרטט a_{hv} :

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

כאשר:

a_{hwx} , a_{hwy} , a_{hwz} הינם שורש של ריבוע גודל התאוצה, ב- m/s^2 , נמדד בשלושה צירים X, Y, Z בפני השטח הרוטט שבא במגע

עם היד, ומשוקלל-תדירויות תוך שימוש במשקלל W_h .

במקרה והעבודה היא כזאת שמתבצעות ביום העבודה שניים או יותר פעולות עם ערכי רטט שונים, החשיפה היומית $A(8)$ לשילוב של הפעולות הוא :

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i}$$

כאשר :

n – מספר הפעולות של האדם הנבדק בתוך יום העבודה,

a_{hvi} – גודל הרטט לתהליך i ,

T_i – משך התהליך i .

2. רטט כל-גופי (Whole-body vibration) – הגדרות ונוסחאות

חשיפה יומית לרטט $A(8)$ של אדם :

$$A(8) = k a_w \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

כאשר :

a_w – גודל הרטט (שורש ממוצע בריבוע, משוקלל-תדירויות של גידל רטט) באחד משלושת הכיוונים הניצבים X, Y, Z במשטח התומך,

T - הוא משך החשיפה לגודל רטט a_w ,

T_0 – משך רפרנס של 8 שעות (28,800 שניות),

יחידות $A(8)$ הינם m/s^2

החשיפה היומית לרטט $A(8)$ מוערך באופן נפרד לצירים X, Y, Z של הרטט.

k – גורם הכפלה: לצירים X ו-Y: k=1.4 ו- a_w מתקבל תוך שימוש W_k שקלול תדירויות. ההגדרות לשקלול תדירויות ניתנות בסטנדרט הבין לאומי ISO 2631-1: 1997 אם יום העבודה הוא כזה שכלל החשיפה ביום העבודה מורכב משתי פעולות או יותר עם גודל רטט שונה, החשיפה היומית A(8) לשילוב של פעולות הינו:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 T_i}$$

כאשר:

n – מספר הפעולות של האדם הנבדק בתוך יום העבודה,

A_{wi} – גודל הרטט לתהליך i

T_i – משך התהליך i

3. נוסחה לחישוב מדרג השפעה פוטנציאלי של כלי ידני – הגדרות ונוסחאות

$$\text{מדרג השפעה פוטנציאלית} = \frac{\text{מאמץ } X \text{ (} a \text{) תאוצה } X \text{ משך חשיפה אופייני}}{\text{ניקוד מקסימלי של מאמץ } X \text{ (} a+k \text{) תאוצה מקסימלית } x 480}$$

כאשר:

משך חשיפה אופייני (דקות)

תאוצה a+k (m/sec²)

תאוצה a (m/sec²)

מאמץ - ניקוד מקסימלי של מאמץ: 10

נספח מס' 4

ערכי תאוצה פוטנציאלית של רטט הגפה העליונה

א. אומדן ערכי תאוצה פוטנציאלית לרטט הגפה העליונה ע"פ ענפים ראשיים

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
חשיפה ממוצעת משוקללת (8hr) (חשיפה יומית על פי ערך אמצע ליד זרוע)						
98	0.80-12.20	4.80	5.69 (5.10, 6.36)	1.74	4.88 (4.38, 5.45)	עץ
410	0.10-15.20	3.80	5.14 (4.57, 5.79)	3.41	2.43 (2.16, 2.73)	מתכת
33	0.40-11.90	3.20	3.73 (2.86, 4.86)	2.18	2.75 (2.11, 3.59)	שיש
225	0.30-6.80	1.10	1.52 (1.38, 1.66)	2.03	1.18 (1.08, 1.30)	חקלאות
766	0.10-15.20	2.70	3.97 (3.67, 4.29)	3.01	2.16 (2.00, 2.34)	כלל המדגם
F(3,762)=50.59, p<.001, eta=.17						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
98	0.40-11.00	3.10	3.97	1.93	3.20	עץ
410	0.01-13.20	2.40	6.48	5.99	1.30	מתכת
33	0.20-6.40	2.30	2.64	2.20	1.94	שיש
225	0.01-5.10	0.60	2.07	6.22	0.39	חקלאות

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
766	0.01-13.20	1.90	5.33	6.08	1.04	כלל המדגם
F(3,762)=44.73, p<.001, eta=.15						
גבול אי ודאות עליון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך עליון ליד זרוע)						
98	1.10-13.40	6.30	6.94	1.66	6.10	עץ
410	0.20-17.10	4.70	5.85	2.90	3.31	מתכת
33	0.70-14.00	4.10	4.55	2.08	3.48	שיש
225	0.30-8.60	1.70	2.18	2.01	1.71	חקלאות
766	0.20-17.10	3.40	4.80	2.68	2.96	כלל המדגם
F(3,762)=51.75, p<.001, eta=.17						

ב. אומדן ערכי תאוצה פוטנציאלית לרטט הגפה העליונה ע"פ ענפים משניים

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
חשיפה ממוצעת משוקללת (8hr) (חשיפה יומית על פי ערך אמצע ליד זרוע)						
98	0.80-12.20	4.80	5.69 (5.10,6.36)	1.74	4.88 (4.38,5.45)	נגריה
311	0.10-15.20	2.90	5.45 (4.69,6.34)	3.90	2.16 (1.86,2.51)	מפעל מתכות
89	0.90-9.50	4.00	4.17 (3.83,4.54)	1.50	3.83 (3.52,4.17)	מוסך
33	0.40-11.90	3.20	3.73 (2.86,4.86)	2.18	2.75 (2.11,3.59)	עיבוד שיש
40	0.40-6.80	2.70	3.01 (2.43,3.72)	1.99	2.37 (1.92,2.94)	נוי
10	1.20-2.00	1.85	1.67 (1.45,1.92)	1.26	1.62 (1.41,1.87)	פנצ'ריה
28	0.50-5.40	1.20	1.53 (1.23,1.89)	1.78	1.29 (1.04,1.60)	מזון בע"ח
66	0.50-2.90	1.10	1.26 (1.15,1.37)	1.42	1.18 (1.08,1.29)	גד"ש
38	0.30-4.90	0.90	1.19 (0.96,1.46)	1.92	0.96 (0.78,1.18)	רפת
53	0.30-3.60	0.70	1.04 (0.84,1.27)	2.13	0.78 (0.63,0.95)	מטעים
766	0.10-15.20	2.70	3.97 (3.67,4.29)	3.01	2.16 (2.00,2.34)	כלל המדגם
F(9,756)=24.44, p<.001, eta=.23						

גבול אי ודאות תחתון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
40	0.10-5.10	1.70	2.11	2.34	1.47	נוי
66	0.01-2.20	0.50	1.23	7.16	0.18	גד"ש
38	0.10-4.30	0.80	1.03	1.93	0.83	רפת
28	0.01-4.80	1.00	4.28	9.86	0.31	מזון בע"ח
98	0.40-11.00	3.10	3.97	1.93	3.20	נגריה
10	0.70-1.60	1.40	1.21	1.44	1.13	פנצ'ריה
33	0.20-6.40	2.30	2.64	2.20	1.94	עיבוד שיש
53	0.01-2.80	0.40	1.24	5.96	0.25	מטעים
311	0.01-13.20	2.20	7.68	7.33	1.06	מפעל מתכות
89	0.70-6.30	2.70	3.02	1.52	2.77	מוסך
766	0.01-13.20	1.90	5.33	6.08	1.04	כלל המדגם
40	0.40-8.60	3.70	4.12	2.01	3.22	נוי
66	0.90-4.00	2.10	2.11	1.39	2.00	גד"ש
38	0.30-5.50	0.90	1.35	1.92	1.10	רפת
28	0.50-6.00	1.55	2.03	1.92	1.64	מזון בע"ח
98	1.10-13.40	6.30	6.94	1.66	6.10	נגריה
10	1.50-2.40	2.35	2.04	1.27	1.98	פנצ'ריה
33	0.70-14.00	4.10	4.55	2.08	3.48	עיבוד שיש
53	0.40-4.50	1.20	1.54	1.97	1.22	מטעים
311	0.20-17.10	4.40	6.08	3.26	3.03	מפעל מתכות
89	1.20-11.10	5.60	5.24	1.51	4.81	מוסך
766	0.20-17.10	3.40	4.80	2.68	2.96	כלל המדגם
40	0.40-8.60	3.70	4.12	2.01	3.22	נוי

F(9,756)=25.83, p<.001, eta=.24

ג. אומדן חשיפה פוטנציאלית לרטט כל גופי על פי קבוצת עיסוק ראשית

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
חשיפה ממוצעת משוקללת (8hr) (חשיפה יומית על פי ערך אמצע ליד זרוע)						
185	0.10-1.30	0.50	0.50 (0.46,0.55)	1.91	0.41 (0.37,0.45)	חקלאים
37	0.20-0.90	0.52	0.50 (0.45,0.57)	1.43	0.47 (0.42,0.53)	משנעים
14	0.10-0.60	0.35	0.35 (0.25,0.50)	1.97	0.28 (0.19,0.40)	עובדים במתכות
8	0.10-0.60	0.10	0.21 (0.12,0.36)	2.20	0.15 (0.09,0.26)	מעבדי שיש
3	0.10-0.20	0.20	0.17 (0.11,0.27)	1.49	0.16 (0.10,0.25)	נגרים
247	0.10-1.30	0.50	0.48 (0.44,0.52)	1.92	0.39 (0.36,0.42)	כלל המדגם
F(3,240)=8.97, p<.001, eta=.10						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
3	0.10-0.20	0.10	0.14	1.49	0.13	נגרים
14	0.10-0.50	0.25	0.26	1.91	0.21	עובדים במתכות
8	0.10-0.50	0.10	0.19	2.01	0.15	מעבדי שיש
185	0.01-1.24	0.30	0.39	2.47	0.26	חקלאים
37	0.20-0.70	0.40	0.39	1.40	0.37	משנעים
247	0.01-1.24	0.30	0.37	2.32	0.26	כלל המדגם
F(3,240)=3.71, p=.01, eta=.04						
גבול אי ודאות עליון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך עליון ליד זרוע)						
3	0.10-0.30	0.20	0.21	1.74	0.18	נגרים

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
14	0.10-0.90	0.45	0.45	2.20	0.33	עובדים במתכות
8	0.10-0.70	0.10	0.22	2.29	0.16	מעבדי שיש
185	0.10-1.90	0.60	0.67	1.97	0.53	חקלאים
37	0.30-1.20	0.70	0.64	1.39	0.60	משנעים
247	0.10-1.90	0.60	0.64	2.01	0.50	כלל המדגם

F(3,240)=12.04, p<.001, eta=.13

ד. אומדן חשיפה פוטנציאלית לרטט כל-גופי על פי קבוצת עיסוק משנית

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
9	0.40-1.10	0.80	0.81 (0.65,1.01)	1.40	0.76 (0.61,0.95)	עובדים בנוי- כיסוח דשא
23	0.30-1.30	0.60	0.65 (0.55,0.77)	1.49	0.60 (0.51,0.71)	ייצור מזון בע"ח- מפעילי כלי רכב הנדסיים
57	0.20-1.25	0.50	0.63 (0.58,0.69)	1.41	0.60 (0.55,0.65)	עובדים בגד"ש- מפעילי כלים הנדסיים
12	0.40-0.60	0.50	0.52 (0.48,0.56)	1.15	0.51 (0.47,0.56)	עובדים בגד"ש- מפעילי כלים הנדסיים ותחזוקה
21	0.30-0.70	0.50	0.52 (0.48,0.58)	1.24	0.51 (0.47,0.56)	עובדים ברפת-טיפול בפרות

39	0.20-0.90	0.52	0.51 (0.46,0.57)	1.42	0.48 (0.43,0.53)	משנעים-שינוע חומרים
7	0.20-0.60	0.40	0.42 (0.32,0.55)	1.45	0.39 (0.30,0.52)	עובדי תחזוקה
1	0.40-0.40	0.40	0.40 (0.40,0.40)	1.00	0.40 (0.40,0.40)	מלטשי מתכת
6	0.10-0.70	0.20	0.30 (0.16,0.55)	2.16	0.22 (0.12,0.41)	עובדים ברפת-טיפול בעגלים
6	0.10-0.50	0.25	0.29 (0.19,0.47)	1.78	0.25 (0.16,0.40)	מנהלים
23	0.10-0.50	0.20	0.24 (0.20,0.30)	1.63	0.22 (0.18,0.27)	עובד מטעים-מפעיל כלים הנדסיים
4	0.20-0.30	0.20	0.23 (0.19,0.28)	1.22	0.22 (0.18,0.27)	עובדים בנוי-כללי
8	0.10-0.60	0.10	0.21 (0.12,0.36)	2.20	0.15 (0.09,0.26)	מעבדי שיש-ידני
2	0.20-0.20	0.20	0.20 (0.20,0.20)	1.00	0.20 (0.20,0.20)	מרתכים-קשת חשמלית
23	0.10-0.40	0.20	0.18 (0.15,0.22)	1.57	0.17 (0.14,0.20)	עובד מטעים מפעיל כלים הנדסיים ותחזוקה
3	0.10-0.20	0.20	0.17 (0.11,0.27)	1.49	0.16 (0.10,0.25)	מעבדי עץ-CNC
3	0.10-0.10	0.10	0.10 (0.10,0.10)	1.00	0.10 (0.10,0.10)	מתקני תקרים בגלגלי רכב
247	0.10-1.30	0.50	0.48 (0.44,0.52)	1.92	0.39 (0.36,0.42)	כלל המדגם
F(8,206)=44.24, p<.001, eta=.63						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן החשיפה הממוצעת						

חשיפה יומית על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
7	0.20-0.40	0.30	0.30	1.33	0.29	עובדי תחזוקה
4	0.10-0.30	0.10	0.15	1.73	0.13	עובדים בנוי-כללי
9	0.30-1.10	0.70	0.72	1.49	0.67	עובדים בנוי- כיסוח דשא
39	0.20-0.70	0.40	0.39	1.40	0.37	משנעים-שינוע חומרים
3	0.10-0.10	0.10	0.10	1.00	0.10	מתקני תקרים בגלגלי רכב
8	0.10-0.50	0.10	0.19	2.01	0.15	מעבדי שיש-ידני
21	0.10-0.50	0.30	0.34	1.41	0.32	עובדים ברפת-טיפול בפרות
6	0.10-0.50	0.20	0.26	1.96	0.21	עובדים ברפת-טיפול בעגלים
3	0.10-0.20	0.10	0.14	1.49	0.13	מעבדי עץ-CNC
23	0.20-0.80	0.50	0.46	1.50	0.42	ייצור מזון בע"ח- מפעילי כלי רכב הנדסיים
57	0.20-1.24	0.30	0.38	1.36	0.36	עובדים בגד"ש- מפעילי כלים הנדסיים
23	0.10-0.30	0.10	0.17	1.64	0.15	עובד מטעים-מפעיל כלים הנדסיים
12	0.30-0.50	0.40	0.38	1.21	0.38	עובדים בגד"ש- מפעילי כלים הנדסיים ותחזוקה

23	0.01-0.30	0.20	0.22	4.76	0.07	עובד מטעים מפעיל כלים הנדסיים ותחזוקה
2	0.10-0.10	0.10	0.10	1.00	0.10	מרתכים-קשת חשמלית
1	0.30-0.30	0.30	0.30	1.00	0.30	מלטשי מתכת
6	0.10-0.40	0.20	0.22	1.76	0.19	מנהלים
247	0.01-1.24	0.30	0.37	2.32	0.26	כלל המדגם
F(8,206)=25.62, p<.001, eta=.50						
גבול אי ודאות עליון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך עליון ליד זרוע)						
7	0.30-0.90	0.50	0.56	1.44	0.53	עובדי תחזוקה
4	0.20-0.40	0.20	0.25	1.41	0.24	עובדים בנוי-כללי
9	0.60-1.20	0.90	0.93	1.30	0.90	עובדים בנוי- כיסוח דשא
39	0.30-1.20	0.70	0.64	1.38	0.61	משנעים-שינוע חומרים
3	0.10-0.10	0.10	0.10	1.00	0.10	מתקני תקרים בגלגלי רכב
8	0.10-0.70	0.10	0.22	2.29	0.16	מעבדי שיש-ידני
21	0.40-0.90	0.70	0.67	1.27	0.65	עובדים ברפת-טיפול בפרות
6	0.20-0.90	0.30	0.39	1.75	0.33	עובדים ברפת-טיפול בעגלים

3	0.10-0.30	0.20	0.21	1.74	0.18	מעבדי עץ-CNC
23	0.40-1.90	0.70	0.85	1.55	0.77	ייצור מזון בע"ח- מפעילי כלי רכב הנדסיים
57	0.30-1.50	0.70	0.88	1.43	0.83	עובדים בגד"ש- מפעילי כלים הנדסיים
23	0.10-0.60	0.20	0.30	1.59	0.27	עובד מטעים-מפעיל כלים הנדסיים
12	0.50-0.80	0.75	0.70	1.20	0.69	עובדים בגד"ש- מפעילי כלים הנדסיים ותחזוקה
23	0.10-0.50	0.30	0.25	1.84	0.21	עובד מטעים מפעיל כלים הנדסיים ותחזוקה
2	0.20-0.20	0.20	0.20	1.00	0.20	מרתכים-קשת חשמלית
1	0.50-0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	מלטשי מתכת
6	0.20-0.60	0.40	0.39	1.63	0.35	מנהלים
247	0.10-1.90	0.60	0.64	2.01	0.50	כלל המדגם
F(8,206)=46.10, p<.001, eta=.64						

ה. אומדן חשיפה פוטנציאלית לרטט כל-גופי על פי מחלקות

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
26	0.70-1.25	0.70	0.83 (0.77,0.89)	1.20	0.82 (0.76,0.87)	גד"ש
13	0.20-1.10	0.60	0.65 (0.45,0.93)	1.94	0.52 (0.36,0.75)	נוי
24	0.20-1.30	0.60	0.64 (0.53,0.76)	1.57	0.57 (0.48,0.69)	ייצור מזון לבעלי חיים
21	0.30-0.70	0.50	0.52 (0.48,0.58)	1.24	0.51 (0.47,0.56)	פרות
39	0.20-0.90	0.52	0.51 (0.46,0.57)	1.42	0.48 (0.43,0.53)	שינוע
40	0.20-0.60	0.50	0.48 (0.45,0.51)	1.19	0.47 (0.45,0.50)	גד"ש
6	0.20-0.60	0.40	0.41 (0.30,0.56)	1.48	0.38 (0.28,0.51)	תחזוקה
4	0.10-0.50	0.35	0.36 (0.18,0.72)	2.04	0.28 (0.14,0.56)	ניהול
6	0.10-0.70	0.20	0.30 (0.16,0.55)	2.16	0.22 (0.12,0.41)	יונקיה
3	0.20-0.40	0.20	0.27 (0.17,0.43)	1.49	0.25 (0.16,0.40)	עיבוד מתכת
51	0.10-0.60	0.20	0.24 (0.20,0.27)	1.70	0.20 (0.18,0.24)	מטעים
8	0.10-0.60	0.10	0.21 (0.12,0.36)	2.20	0.15 (0.09,0.26)	עיבוד שיש

3	0.10-0.20	0.20	0.17 (0.11,0.27)	1.49	0.16 (0.10,0.25)	נגרות
3	0.10-0.10	0.10	0.10 (0.10,0.10)	1.00	0.10 (0.10,0.10)	פנצ'ריה
247	0.10-1.30	0.50	0.48 (0.44,0.52)	1.92	0.39 (0.36,0.42)	כלל המדגם
F(7,214)=43.22, p<.001, eta=.59						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
3	0.10-0.20	0.10	0.14	1.49	0.13	נגרות
13	0.10-1.10	0.60	0.60	2.43	0.40	נוי
6	0.20-0.40	0.30	0.30	1.37	0.29	תחזוקה
39	0.20-0.70	0.40	0.39	1.40	0.37	שינוע
40	0.20-0.50	0.30	0.34	1.20	0.34	גד"ש
6	0.10-0.50	0.20	0.26	1.96	0.21	יונקיה
3	0.10-0.10	0.10	0.10	1.00	0.10	פנצ'ריה
8	0.10-0.50	0.10	0.19	2.01	0.15	עיבוד שיש
21	0.10-0.50	0.30	0.34	1.41	0.32	פרות
4	0.10-0.40	0.25	0.27	1.82	0.22	ניהול

24	0.20-0.80	0.45	0.45	1.53	0.41	ייצור מזון לבעלי חיים
51	0.01-0.40	0.20	0.23	3.33	0.11	מטעים
26	0.30-1.24	0.30	0.44	1.47	0.41	גד"ש
3	0.10-0.30	0.10	0.18	1.89	0.14	עיבוד מתכת
247	0.01-1.24	0.30	0.37	2.32	0.26	כלל המדגם
$F(7,214)=18.66, p<.001, \eta=.38$						
גבול אי ודאות עליון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך עליון ליד זרוע)						
3	0.10-0.30	0.20	0.21	1.74	0.18	נגרות
13	0.20-1.20	0.70	0.76	2.00	0.60	נוי
6	0.30-0.90	0.50	0.56	1.48	0.52	תחזוקה
39	0.30-1.20	0.70	0.64	1.38	0.61	שינוע
40	0.30-0.80	0.60	0.65	1.17	0.64	גד"ש
6	0.20-0.90	0.30	0.39	1.75	0.33	יונקיה
3	0.10-0.10	0.10	0.10	1.00	0.10	פנצ'ריה
8	0.10-0.70	0.10	0.22	2.29	0.16	עיבוד שיש
21	0.40-0.90	0.70	0.67	1.27	0.65	פרות

4	0.20-0.60	0.50	0.47	1.64	0.42	ניהול
24	0.30-1.90	0.70	0.83	1.60	0.74	ייצור מזון לבעלי חיים
51	0.10-0.80	0.30	0.30	1.81	0.25	מטעים
26	1.00-1.50	1.00	1.18	1.19	1.17	גד"ש
3	0.20-0.50	0.20	0.31	1.70	0.27	עיבוד מתכת
247	0.10-1.90	0.60	0.64	2.01	0.50	כלל המדגם
F(7,214)=47.38, p<.001, eta=.61						

1. אומדן ערכי תאוצה פוטנציאלית של משפחות כלים הגורמים לרטט כל-גופי

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ ענף
פליטה ממוצעת משוקללת על פי ערך אמצע לכל-גופי						
47	0.50-1.97	0.70	0.98 (0.86,1.12)	1.59	0.88 (0.77,1.01)	טרקטורון
5	0.51-1.20	1.04	0.95 (0.71,1.28)	1.40	0.90 (0.67,1.21)	מכסחת דשא טרקטורון
42	0.40-1.17	0.58	0.74 (0.67,0.82)	1.41	0.70 (0.63,0.77)	שופל
381	0.30-2.00	0.56	0.67 (0.64,0.69)	1.43	0.63 (0.61,0.65)	טרקטור
97	0.50-1.40	0.60	0.66 (0.63,0.70)	1.32	0.64 (0.60,0.68)	מלגזה
20	0.50-0.80	0.70	0.64 (0.59,0.69)	1.19	0.63 (0.58,0.68)	סלף
57	0.52-0.60	0.60	0.58 (0.57,0.59)	1.07	0.58 (0.57,0.59)	קומביין
2	0.40-0.48	0.44	0.44 (0.37,0.53)	1.14	0.44 (0.37,0.52)	מחלקת מזון משאית
651	0.30-2.00	0.60	0.69 (0.67,0.70)	1.41	0.65 (0.63,0.66)	כלל המדגם
F(1,5)=10.57, p<.001, eta=.08						

גבול אי ודאות תחתון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
5	0.35-0.93	0.80	0.76	1.50	0.70	מכסחת דשא טרקטורון
57	0.36-0.60	0.60	0.54	1.25	0.52	קומביין
97	0.34-1.10	0.48	0.50	1.33	0.48	מלגזה
47	0.25-1.45	0.60	0.74	1.70	0.64	טרקטורון
42	0.30-1.01	0.47	0.60	1.47	0.55	שופל
381	0.01-1.45	0.43	0.53	1.93	0.43	טרקטור
20	0.34-0.60	0.60	0.49	1.31	0.47	סלף
2	0.30-0.36	0.33	0.33	1.14	0.33	מחלקת מזון משאית
651	0.01-1.45	0.48	0.55	1.76	0.47	כלל המדגם
$F(1,5)=6.16, p<.001, \eta=.05$						
גבול אי ודאות עליון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך עליון ליד זרוע)						
5	0.67-1.70	1.14	1.14	1.40	1.08	מכסחת דשא טרקטורון

57	0.60-0.68	0.60	0.62	1.06	0.62	קומביין
97	0.60-1.96	0.74	0.83	1.35	0.79	מלגזה
47	0.67-2.49	0.90	1.25	1.57	1.13	טרקטורון
42	0.50-1.33	0.69	0.89	1.39	0.84	שופל
381	0.50-3.22	0.77	0.93	1.41	0.88	טרקטור
20	0.66-1.20	0.90	0.85	1.21	0.83	סלף
2	0.50-0.59	0.55	0.55	1.12	0.54	מחלקת מזון משאית
651	0.50-3.22	0.76	0.90	1.42	0.85	כלל המדגם
F(1,5)=19.67, p<.001, eta=.13						

ז. אומדן ערכי תאוצה פוטנציאלית של סוגי כלים הגורמים לרטט גפה עליונה

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
1481	0.17-20.00	6.20	8.36 (7.93,8.83)	2.87	4.79 (4.54,5.06)	כלי רכב ידני

70	2.50-10.00	4.35	5.34 (4.65,6.14)	1.81	4.48 (3.90,5.15)	מתקן
650	0.50-5.00	1.25	1.35 (1.33,1.38)	1.25	1.32 (1.30,1.34)	כלי רכב
2201	0.17-20.00	4.00	5.72 (5.47,5.98)	2.88	3.27 (3.13,3.42)	כלל המדגם
F(1,2)=488.72, p<.001, eta=.31						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן הפליטה הממוצעת (פליטה על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
1481	0.01-17.00	4.00	8.16	4.22	2.90	כלי רכב ידני
650	0.01-2.77	0.60	1.22	9.28	0.10	כלי רכב
70	1.00-9.50	1.50	2.85	2.29	2.02	מתקן
2201	0.01-17.00	2.40	14.28	9.75	1.07	כלל המדגם
F(1,2)=881.54, p<.001, eta=.45						
גבול אי ודאות עליון של אומדן הפליטה הממוצעת (פליטה על פי ערך עליון ליד זרוע)						
1481	0.25-25.30	8.00	9.57	2.38	6.57	כלי רכב ידני
650	0.40-3.29	2.50	2.19	1.27	2.12	כלי רכב
70	4.00-11.20	5.85	7.14	1.61	6.37	מתקן

2201	0.25-25.30	5.30	7.00	2.44	4.70	כלל המדגם
F(1,2)=550.70, p<.001, eta=.33						

ח. אומדן ערכי תאוצה פוטנציאלית ממוצעת ע"פ מטלות ראשיות לרטט גפה עליונה

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
161	2.50-20.00	11.00	10.30 (9.22,11.51)	2.05	7.95 (7.11,8.89)	הברגה
152	1.25-12.00	8.70	7.68 (7.03,8.38)	1.74	6.58 (6.02,7.19)	ליטוש
354	2.50-16.80	7.50	7.14 (6.96,7.32)	1.28	6.93 (6.75,7.11)	השחזה
238	1.25-12.00	3.95	4.81 (4.51,5.12)	1.64	4.25 (3.99,4.53)	ניסור
177	1.13-5.00	1.25	1.41	1.32	1.36	שינוע

			(1.36,1.47)		(1.31,1.42)	
112	0.17-2.50	0.17	0.28 (0.24,0.32)	2.04	0.22 (0.19,0.25)	ריתוך
230	2.60-15.60	6.50	7.84 (7.30,8.42)	1.73	6.74 (6.28,7.24)	פרוק והרכבה
84	1.25-18.00	10.50	9.01 (7.54,10.76)	2.29	6.38 (5.35,7.62)	קדיחה
89	2.50-9.00	4.00	4.84 (4.41,5.30)	1.56	4.38 (4.00,4.81)	הידוק
4	19.40-19.40	19.40	19.40 (19.40,19.40)	1.00	19.40 (19.40,19.40)	דחיסה
354	1.25-2.50	1.25	1.27 (1.26,1.29)	1.10	1.27 (1.25,1.28)	עיבוד קרקע
78	0.50-10.50	5.90	6.22 (5.30,7.29)	2.05	4.81 (4.10,5.64)	כיסוח
28	3.00-8.20	5.80	5.68 (4.89,6.60)	1.50	5.23 (4.50,6.08)	גיזום
31	1.40-13.00	3.00	5.02 (3.92,6.43)	2.02	3.93 (3.07,5.02)	ניקוי
58	1.25-1.25	1.25	1.25 (1.25,1.25)	1.00	1.25 (1.25,1.25)	איסוף תוצרת חקלאית
13	1.25-1.25	1.25	1.25 (1.25,1.25)	1.00	1.25 (1.25,1.25)	ריסוס
38	1.25-2.77	2.50	2.08 (1.84,2.36)	1.48	1.92 (1.70,2.18)	ייצור מזון בעלי חיים
2201	0.17-20.00	4.00	5.72 (5.47,5.98)	2.88	3.27 (3.13,3.42)	כלל המדגם
F(1,15)=580.38, p<.001, eta=.80						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן הפליטה הממוצעת (על פי ערך מינימום לרטט הגפה העליונה)						
161	1.00-17.00	9.50	9.74	2.80	5.73	הברגה
152	0.50-7.34	6.00	5.32	1.93	4.28	ליטוש
354	0.90-15.30	5.00	5.06	1.48	4.69	השחזה
238	0.50-10.50	2.50	3.36	2.12	2.53	ניסור
177	0.01-2.77	0.01	0.81	10.04	0.06	שינוע

112	0.01-2.40	0.09	0.14	4.31	0.05	ריתוך
230	1.70-14.00	4.67	5.51	1.78	4.67	פרוק והרכבה
84	0.50-14.00	9.00	8.28	3.21	4.19	קדיחה
89	2.00-3.90	2.40	2.57	1.20	2.53	הידוק
4	13.50-13.50	13.50	13.50	1.00	13.50	דחיסה
354	0.01-2.40	0.63	0.94	8.29	0.10	עיבוד קרקע
78	0.01-8.50	3.90	4.94	2.88	2.82	כיסוח
28	1.00-5.90	3.80	3.81	2.04	2.96	גיזום
31	0.10-11.50	1.00	4.34	4.59	1.36	ניקוי
58	0.01-0.63	0.63	1.15	6.47	0.20	איסוף תוצרת חקלאית
13	0.01-0.01	0.01	0.01	1.00	0.01	ריסוס
38	0.01-2.40	2.25	3.78	5.14	0.99	ייצור מזון בעלי חיים
2201	0.01-17.00	2.40	14.28	9.75	1.07	כלל המדגם
F(1,15)=286.16, p<.001, eta=.66						
גבול אי ודאות עליון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך עליון לרטט הגפה העליונה)						
161	2.60-23.00	12.50	11.62	1.80	9.78	הברגה
152	1.87-14.00	10.10	9.26	1.62	8.23	ליטוש
354	2.60-18.30	9.00	8.85	1.25	8.63	השחזה
238	1.87-17.00	5.80	6.25	1.52	5.73	ניסור
177	1.26-3.29	2.50	2.25	1.33	2.16	שינוע
112	0.25-3.75	0.25	1.03	2.69	0.63	ריתוך
230	2.90-22.30	7.63	10.08	1.75	8.62	פרוק והרכבה
84	2.00-21.00	12.00	10.23	1.95	8.18	קדיחה
89	2.60-13.00	6.00	7.69	1.88	6.31	הידוק
4	25.30-25.30	25.30	25.30	1.00	25.30	דחיסה
354	1.26-2.60	1.87	2.14	1.19	2.11	עיבוד קרקע
78	0.40-12.50	7.90	8.33	1.99	6.57	כיסוח
28	5.00-9.90	7.80	7.62	1.34	7.30	גיזום
31	3.40-14.50	5.00	6.87	1.58	6.19	ניקוי
58	1.87-2.50	1.87	2.04	1.14	2.03	איסוף תוצרת חקלאית
13	2.50-2.50	2.50	2.50	1.00	2.50	ריסוס

38	1.26-3.29	2.60	2.51	1.52	2.30	ייצור מזון בעלי חיים
2201	0.25-25.30	5.30	7.00	2.44	4.70	כלל המדגם
F(1,15)=382.20, p<.001, eta=.72						

ט. אומדן ערכי תאוצה פוטנציאלית ממוצעת במטלות משניות לרטט גפה עליונה

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
4	19.40-19.40	19.40	19.40 (19.40,19.40)	1.00	19.40 (19.40,19.40)	דחיסת חומר
83	2.50-15.50	11.00	11.19 (10.10,12.40)	1.61	9.98 (9.00,11.06)	הברגה במתכת
12	1.25-18.00	5.38	10.51 (4.97,22.20)	3.75	4.39 (2.08,9.27)	קדיחה בשיש
71	2.60-15.60	9.72	10.24 (9.12,11.48)	1.64	9.06 (8.07,10.16)	פרוק והרכבת גלגלים
61	2.50-12.00	9.00	9.10 (8.16,10.15)	1.55	8.28 (7.42,9.23)	ליטוש עץ
78	2.50-20.00	9.00	8.94 (7.41,10.79)	2.33	6.24 (5.17,7.53)	הברגה בעץ
35	2.50-15.50	10.50	8.91 (6.99,11.36)	2.08	6.81 (5.34,8.68)	קדיחה בעץ
37	2.50-15.00	10.50	8.67 (6.92,10.87)	2.01	6.79 (5.41,8.50)	קדיחה במתכת
8	7.00-9.00	8.00	8.01 (7.30,8.79)	1.14	7.94 (7.23,8.71)	הידוק מתכת
62	1.50-12.00	8.70	7.32 (6.40,8.36)	1.71	6.33 (5.54,7.24)	ליטוש מתכת
354	2.50-16.80	7.50	7.14 (6.96,7.32)	1.28	6.93 (6.75,7.11)	השחזת מתכת
159	2.60-15.60	5.39	6.77 (6.24,7.35)	1.69	5.91 (5.45,6.41)	פרוק והרכבת חלקים
68	1.40-10.50	5.90	6.59 (5.90,7.37)	1.60	5.90 (5.28,6.60)	כיסוח צמחיה
37	2.50-12.00	5.80	6.23 (5.26,7.39)	1.69	5.43 (4.58,6.43)	ניסור מתכת

7	3.50-7.90	7.90	6.13 (4.44,8.46)	1.55	5.57 (4.04,7.69)	גיזום שיחים
35	1.25-9.50	6.50	5.81 (4.63,7.29)	1.98	4.60 (3.67,5.77)	ניסור שיש
21	3.00-8.20	5.00	5.56 (4.68,6.61)	1.50	5.13 (4.31,6.09)	גיזום עצים
29	1.25-6.40	6.20	5.23 (4.23,6.47)	1.79	4.41 (3.57,5.45)	ליטוש שיש
31	1.40- 13.00	3.00	5.02 (3.92,6.43)	2.02	3.93 (3.07,5.02)	ניקוי עלים
81	2.50-9.00	4.00	4.51 (4.12,4.94)	1.52	4.13 (3.77,4.53)	הידוק עץ
158	2.50- 11.00	3.50	4.37 (4.09,4.67)	1.53	3.99 (3.74,4.27)	ניסור עץ
8	2.50-4.50	3.50	3.52 (2.83,4.38)	1.37	3.35 (2.70,4.17)	הקצעה
38	1.25-2.77	2.50	2.08 (1.84,2.36)	1.48	1.92 (1.70,2.18)	ייצור וחלוקת מזון
16	1.25-2.50	1.25	1.80 (1.52,2.15)	1.43	1.69 (1.42,2.01)	קלטור
167	1.13-5.00	1.25	1.43 (1.37,1.49)	1.33	1.37 (1.31,1.43)	שינוע חומרים
10	0.50-2.40	1.20	1.36 (0.98,1.88)	1.68	1.19 (0.86,1.64)	כיסוח דשא
42	1.25-1.25	1.25	1.25 (1.25,1.25)	1.00	1.25 (1.25,1.25)	קציר
338	1.25-1.25	1.25	1.25 (1.25,1.25)	1.00	1.25 (1.25,1.25)	תהליכי עיבוד קרקע
13	1.25-1.25	1.25	1.25 (1.25,1.25)	1.00	1.25 (1.25,1.25)	ריסוס צמחיה
16	1.25-1.25	1.25	1.25 (1.25,1.25)	1.00	1.25 (1.25,1.25)	קטיף
10	1.13-1.25	1.19	1.19 (1.15,1.23)	1.05	1.19 (1.15,1.23)	שינוע עובדים

112	0.17-2.50	0.17	0.28 (0.24,0.32)	2.04	0.22 (0.19,0.25)	ריתוך קשת חשמלית
2201	0.17- 20.00	4.00	5.72 (5.47,5.98)	2.88	3.27 (3.13,3.42)	כלל המדגם
F(1,29)=348.10, p<.001, eta=.82						
פליטה ממוצעת משוקללת (על פי ערך מינימום לרטט הגפה העליונה)						
78	1.00- 17.00	7.50	8.15	3.34	3.95	הברגה בעץ
354	0.90- 15.30	5.00	5.06	1.48	4.69	השחזת מתכת
61	1.00-7.30	6.00	5.11	1.61	4.57	ליטוש עץ
81	2.00-3.90	2.40	2.53	1.20	2.49	הידוק עץ
37	1.00- 10.50	4.30	5.31	2.31	3.74	ניסור מתכת
35	1.00- 14.00	9.00	8.32	3.00	4.56	קדיחה בעץ
71	1.85-8.70	8.20	6.98	1.57	6.30	פרוק והרכבת גלגלים
159	1.70- 14.00	3.50	4.82	1.78	4.09	פרוק והרכבת חלקים
68	0.40-8.50	4.30	4.65	2.08	3.56	כיסוח צמחיה
10	0.01-2.50	0.60	1.95	4.73	0.58	כיסוח דשא
31	0.10- 11.50	1.00	4.34	4.59	1.36	ניקוי עלים
21	1.00-5.90	3.00	3.70	2.05	2.86	גיזום עצים
8	1.00-3.00	2.00	2.06	1.80	1.73	הקצעה
167	0.01-2.77	0.01	0.70	9.99	0.05	שינוע חומרים
16	1.24-2.40	1.24	1.75	1.40	1.66	קלטור
38	0.01-2.40	2.25	3.78	5.14	0.99	ייצור וחלוקת מזון
42	0.63-0.63	0.63	0.63	1.00	0.63	קציר
112	0.01-2.40	0.09	0.14	4.31	0.05	ריתוך קשת חשמלית

338	0.01-0.65	0.63	0.75	7.94	0.09	תהליכי עיבוד קרקע
13	0.01-0.01	0.01	0.01	1.00	0.01	ריסוס צמחיה
16	0.01-0.01	0.01	0.01	1.00	0.01	קטיף
29	0.60-4.90	4.70	4.06	2.08	3.10	ליטוש שיש
62	0.50-7.34	7.30	6.15	2.10	4.67	ליטוש מתכת
158	1.00-9.00	2.00	2.86	1.96	2.28	ניסור עץ
35	0.50-8.00	4.00	4.26	2.40	2.90	ניסור שיש
83	1.00-14.00	9.50	10.20	1.96	8.12	הברגה במתכת
37	1.00-13.50	9.00	8.03	2.82	4.69	קדיחה במתכת
4	13.50-13.50	13.50	13.50	1.00	13.50	דחיסת חומר
12	0.50-14.00	4.25	8.49	5.01	2.32	קדיחה בשיש
7	1.50-5.90	5.90	4.29	2.08	3.28	גיזום שיחים
10	0.53-0.63	0.58	0.58	1.10	0.58	שינוע עובדים
8	3.00-3.00	3.00	3.00	1.00	3.00	הידוק מתכת
2201	0.01-17.00	2.40	14.28	9.75	1.07	כלל המדגם
F(1,29)=177.04, p<.001, eta=.70						
פליטה ממוצעת משוקללת (על פי ערך עליון לרטט הגפה העליונה)						
78	2.60-23.00	10.50	10.38	2.01	8.13	הברגה בעץ
354	2.60-18.30	9.00	8.85	1.25	8.63	השחזת מתכת
61	2.60-14.00	12.00	11.11	1.42	10.44	ליטוש עץ
81	2.60-13.00	6.00	7.09	1.85	5.87	הידוק עץ
37	2.60-13.50	7.30	7.39	1.48	6.84	ניסור מתכת

35	4.00-17.00	12.00	10.23	1.74	8.78	קדיחה בעץ
71	2.90-22.30	11.20	13.44	1.75	11.49	פרוק והרכבת גלגלים
159	3.35-22.30	7.55	8.64	1.67	7.58	פרוק והרכבת חלקים
68	3.40-12.50	7.90	8.65	1.40	8.18	כיסוח צמחיה
10	0.40-2.60	1.80	1.78	1.86	1.47	כיסוח דשא
31	3.40-14.50	5.00	6.87	1.58	6.19	ניקוי עלים
21	5.00-9.90	7.00	7.49	1.34	7.18	גיזום עצים
8	4.00-6.00	5.00	5.02	1.24	4.90	הקצעה
167	1.26-3.29	2.50	2.28	1.33	2.18	שינוע חומרים
16	1.26-2.60	1.26	1.85	1.45	1.73	קלטור
38	1.26-3.29	2.60	2.51	1.52	2.30	ייצור וחלוקת מזון
42	1.87-1.87	1.87	1.87	1.00	1.87	קציר
112	0.25-3.75	0.25	1.03	2.69	0.63	ריתוך קשת חשמלית
338	1.56-2.50	1.87	2.16	1.17	2.13	תהליכי עיבוד קרקע
13	2.50-2.50	2.50	2.50	1.00	2.50	ריסוס צמחיה
16	2.50-2.50	2.50	2.50	1.00	2.50	קטיף
29	1.87-7.90	7.70	6.51	1.71	5.63	ליטוש שיש
62	2.60-14.00	10.10	8.59	1.56	7.77	ליטוש מתכת
158	2.50-17.00	5.00	5.89	1.45	5.49	ניסור עץ
35	1.87-11.00	8.00	7.13	1.81	5.98	ניסור שיש
83	4.00-17.00	12.50	12.54	1.47	11.64	הברגה במתכת
37	4.00-16.50	12.00	9.87	1.73	8.50	קדיחה במתכת

4	25.30- 25.30	25.30	25.30	1.00	25.30	דחיסת חומר
12	2.00- 21.00	6.50	11.45	3.15	5.93	קדיחה בשיש
7	5.50-9.90	9.90	8.08	1.37	7.70	גיזום שיחים
10	1.73-1.87	1.80	1.80	1.04	1.80	שינוע עובדים
8	13.00- 13.00	13.00	13.00	1.00	13.00	הידוק מתכת
2201	0.25- 25.30	5.30	7.00	2.44	4.70	כלל המדגם
F(1,29)=232.30, p<.001, eta=.76						

י. משפחות כלים להם התרומה הגדולה ביותר לחשיפה העסוקתית הכוללת בתרחישי עבודה עם שילוב כלים הגורמים לרטט גפה עליונה

*N	תחום ערכים (%)	חציון (%)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (%)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (%)	תעשייה/ענף
(% תרומת הכלי לחשיפה היומית המשוקללת) (על פי ערך אמצע לחשיפה ליד זרוע)						
145	0.50-97.90	35.00	65.83 (52.28,82.88)	4.12	24.18 (19.21,30.45)	מברגה
144	2.40-99.70	48.00	53.21 (47.63,59.44)	1.97	42.28 (37.85,47.23)	מפתח ברגים פניאומטי
127	1.00-96.00	41.00	48.33 (40.87,57.16)	2.62	30.36 (25.67,35.90)	מלטשת
22	7.10-95.00	28.00	45.91 (31.12,67.72)	2.54	29.78 (20.19,43.93)	פטישון
272	1.00-100.00	32.50	41.93 (37.34,47.08)	2.65	26.08 (23.22,29.28)	משחזת זווית
63	1.00-82.00	21.00	37.25 (26.00,53.36)	4.29	12.91 (9.01,18.49)	מקדחה
23	21.00-64.00	29.20	38.26 (33.38,43.86)	1.40	36.19 (31.57,41.48)	מגזמת קצרה
76	2.00-77.00	30.80	37.07 (28.31,48.54)	3.32	18.06 (13.79,23.65)	מסור קצר
23	1.00-81.80	17.80	34.59 (20.43,58.56)	3.63	15.09 (8.91,25.55)	מפוח
44	10.00-60.00	28.00	34.24 (29.29,40.02)	1.70	29.78 (25.48,34.81)	חרמש
7	10.00-87.00	10.00	31.94 (14.70,69.38)	2.85	18.46 (8.50,40.10)	סלף
61	1.00-94.10	7.30	24.56 (16.78,35.95)	4.56	7.77 (5.31,11.37)	מהדקת סיכות

42	3.00-47.80	16.00	23.37 (18.16,30.06)	2.30	16.52 (12.84,21.25)	משחזת תבנית
41	1.00-99.00	7.00	22.24 (15.36,32.22)	3.36	10.69 (7.38,15.49)	מסור שולחני
10	0.80-91.00	1.00	17.82 (5.66,56.14)	6.37	3.21 (1.02,10.12)	טרימר
26	1.90-53.00	7.00	16.53 (10.30,26.51)	3.42	7.76 (4.84,12.45)	מהדקת מסמרונים
57	0.30-65.00	5.00	16.22 (11.65,22.59)	3.58	7.19 (5.16,10.01)	ראצט
21	4.00-40.00	10.00	14.13 (10.97,18.20)	1.81	11.86 (9.21,15.28)	משחזת עמוד
3	13.00- 13.00	13.00	13.00 (13.00,13.00)	1.00	13.00 (13.00,13.00)	מגזמת טלסקופית
135	0.00-47.00	5.00	11.17 (9.52,13.11)	2.50	7.35 (6.26,8.62)	טרקטור
8	0.00-12.00	12.00	11.13 (8.87,13.96)	1.33	10.69 (8.52,13.41)	טרקטורון
4	3.00-16.00	10.00	10.78 (5.16,22.53)	2.12	8.13 (3.89,16.98)	שופל
67	0.00-55.00	0.00	10.33 (4.46,23.91)	3.10	5.44 (2.35,12.59)	רתכת
5	10.00- 10.00	10.00	10.00 (10.00,10.00)	1.00	10.00 (10.00,10.00)	קומביין
9	4.00-26.00	8.00	9.72 (6.55,14.44)	1.83	8.09 (5.45,12.02)	מסור טלסקופי
34	0.00-60.00	3.00	9.18 (6.33,13.32)	2.98	5.06 (3.49,7.35)	מלגזה
2	1.50-7.00	4.25	5.86 (1.30,26.54)	2.97	3.24 (0.72,14.66)	מכסחת דשא טרקטורון
19	2.20-16.20	5.00	4.89 (3.97,6.02)	1.59	4.39 (3.57,5.41)	רוטור
10	1.30-11.00	3.70	4.10 (2.59,6.48)	2.09	3.12 (1.97,4.93)	מסורית

1500	0.00- 100.00	20.00	38.05 (35.66,40.59)	3.49	17.42 (16.32,18.58)	כלל המדגם
$F(1,21)=25.08, p<.001, \eta=.28$						

נספח מס' 5 : ערכי תאוצה פוטנציאלית של רטט כל-גופי

א. אומדן ערכי תאוצה פוטנציאלית לרטט כל-גופי ע"פ ענפים ראשיים

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
חשיפה ממוצעת משוקללת (8hr) (חשיפה יומית על פי ערך אמצע ליד זרוע)						
191	0.10-1.30	0.50	0.50 (0.45,0.54)	1.89	0.41 (0.37,0.44)	חקלאות
45	0.10-0.90	0.52	0.48 (0.41,0.56)	1.71	0.41 (0.35,0.48)	מתכת
8	0.10-0.60	0.10	0.21 (0.12,0.36)	2.20	0.15 (0.09,0.26)	תעשיית שיש
3	0.10-0.20	0.20	0.17	1.49	0.16	עץ

			(0.11,0.27)		0.10,0.25)	
247	0.10-1.30	0.50	0.48 (0.44,0.52)	1.92	0.39 (0.36,0.42)	כלל המדגם
F(2,241)=9.48, p<.001, eta=.07						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
191	0.01-1.24	0.30	0.38	2.44	0.26	חקלאות
3	0.10-0.20	0.10	0.14	1.49	0.13	עץ
45	0.10-0.70	0.40	0.37	1.69	0.32	מתכת
8	0.10-0.50	0.10	0.19	2.01	0.15	תעשיית שיש
247	0.01-1.24	0.30	0.37	2.32	0.26	כלל המדגם
F(2,241)=3.36, p=.04, eta=.03						
גבול אי ודאות עליון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך עליון ליד זרוע)						
191	0.10-1.90	0.60	0.66	1.95	0.53	חקלאות
3	0.10-0.30	0.20	0.21	1.74	0.18	עץ
45	0.10-1.20	0.70	0.61	1.79	0.51	מתכת

8	0.10-0.70	0.10	0.22	2.29	0.16	תעשיית שיש
247	0.10-1.90	0.60	0.64	2.01	0.50	כלל המדגם
F(2,241)=13.23, p<.001, eta=.10						

ב. אומדן ערכי תאוצה פוטנציאלית לרטט כל-גופי ע"פ ענפים משניים

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
חשיפה ממוצעת משוקללת (8hr) (חשיפה יומית על פי ערך אמצע ליד זרוע)						
13	0.20-1.10	0.60	0.65 (0.45,0.93)	1.94	0.52 (0.36,0.75)	נוי
66	0.20-1.25	0.50	0.62 (0.57,0.67)	1.38	0.59 (0.54,0.63)	גד"ש
25	0.20-1.30	0.60	0.62 (0.51,0.75)	1.63	0.55 (0.45,0.67)	מזון בע"ח
42	0.20-0.90	0.52	0.49 (0.44,0.55)	1.48	0.46 (0.41,0.51)	מפעל מתכות
36	0.10-0.70	0.50	0.47 (0.39,0.55)	1.69	0.41 (0.34,0.48)	רפת

51	0.10-0.60	0.20	0.24 (0.20,0.27)	1.70	0.20 (0.18,0.24)	מטעים
8	0.10-0.60	0.10	0.21 (0.12,0.36)	2.20	0.15 (0.09,0.26)	עיבוד שיש
3	0.10-0.20	0.20	0.17 (0.11,0.27)	1.49	0.16 (0.10,0.25)	נגריה
3	0.10-0.10	0.10	0.10 (0.10,0.10)	1.00	0.10 (0.10,0.10)	פנצ'ריה
247	0.10-1.30	0.50	0.48 (0.44,0.52)	1.92	0.39 (0.36,0.42)	כלל המדגם
F(6,234)=33.04, p<.001, eta=.46						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
13	0.10-1.10	0.60	0.60	2.43	0.40	נוי
66	0.20-1.24	0.30	0.38	1.34	0.36	גד"ש
36	0.10-0.50	0.30	0.31	1.57	0.28	רפת
25	0.20-0.80	0.40	0.44	1.56	0.40	מזון בע"ח

3	0.10-0.20	0.10	0.14	1.49	0.13	נגריה
3	0.10-0.10	0.10	0.10	1.00	0.10	פנצ'ריה
8	0.10-0.50	0.10	0.19	2.01	0.15	עיבוד שיש
51	0.01-0.40	0.20	0.23	3.33	0.11	מטעים
42	0.10-0.70	0.40	0.38	1.54	0.35	מפעל מתכות
247	0.01-1.24	0.30	0.37	2.32	0.26	כלל המדגם
F(6,234)=20.78, p<.001, eta=.35						
גבול אי ודאות עליון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך עליון ליד זרוע)						
13	0.20-1.20	0.70	0.76	2.00	0.60	נוי
66	0.30-1.50	0.70	0.86	1.40	0.81	גד"ש
36	0.20-0.90	0.60	0.60	1.53	0.55	רפת
25	0.30-1.90	0.70	0.81	1.64	0.72	מזון בע"ח
3	0.10-0.30	0.20	0.21	1.74	0.18	נגריה
3	0.10-0.10	0.10	0.10	1.00	0.10	פנצ'ריה
8	0.10-0.70	0.10	0.22	2.29	0.16	עיבוד שיש
51	0.10-0.80	0.30	0.30	1.81	0.25	מטעים

42	0.20-1.20	0.70	0.62	1.48	0.58	מפעל מתכות
247	0.10-1.90	0.60	0.64	2.01	0.50	כלל המדגם
F(6,234)=39.25, p<.001, eta=.50						

ג. אומדן חשיפה פוטנציאלית לרטט כל-גופי על פי קבוצת עיסוק ראשית

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
חשיפה ממוצעת משוקללת (8hr) (חשיפה יומית על פי ערך אמצע ליד זרוע)						
185	0.10-1.30	0.50	0.50 (0.46,0.55)	1.91	0.41 (0.37,0.45)	חקלאים
37	0.20-0.90	0.52	0.50 (0.45,0.57)	1.43	0.47 (0.42,0.53)	משנעים
14	0.10-0.60	0.35	0.35 (0.25,0.50)	1.97	0.28 (0.19,0.40)	עובדים במתכות
8	0.10-0.60	0.10	0.21 (0.12,0.36)	2.20	0.15 (0.09,0.26)	מעבדי שיש
3	0.10-0.20	0.20	0.17 (0.11,0.27)	1.49	0.16 (0.10,0.25)	נגרים

247	0.10-1.30	0.50	0.48 (0.44,0.52)	1.92	0.39 (0.36,0.42)	כלל המדגם
F(3,240)=8.97, p<.001, eta=.10						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
3	0.10-0.20	0.10	0.14	1.49	0.13	נגרים
14	0.10-0.50	0.25	0.26	1.91	0.21	עובדים במתכות
8	0.10-0.50	0.10	0.19	2.01	0.15	מעבדי שיש
185	0.01-1.24	0.30	0.39	2.47	0.26	חקלאים
37	0.20-0.70	0.40	0.39	1.40	0.37	משנעים
247	0.01-1.24	0.30	0.37	2.32	0.26	כלל המדגם
F(3,240)=3.71, p=.01, eta=.04						
גבול אי ודאות עליון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך עליון ליד זרוע)						
3	0.10-0.30	0.20	0.21	1.74	0.18	נגרים
14	0.10-0.90	0.45	0.45	2.20	0.33	עובדים במתכות
8	0.10-0.70	0.10	0.22	2.29	0.16	מעבדי שיש

185	0.10-1.90	0.60	0.67	1.97	0.53	חקלאים
37	0.30-1.20	0.70	0.64	1.39	0.60	משנעים
247	0.10-1.90	0.60	0.64	2.01	0.50	כלל המדגם
F(3,240)=12.04, p<.001, eta=.13						

ד. אומדן חשיפה פוטנציאלית לרטט כל-גופי על פי קבוצת עיסוק משנית

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
9	0.40-1.10	0.80	0.81 (0.65,1.01)	1.40	0.76 (0.61,0.95)	עובדים בנוי-כיסוח דשא
23	0.30-1.30	0.60	0.65 (0.55,0.77)	1.49	0.60 (0.51,0.71)	ייצור מזון בע"ח-מפעילי כלי רכב הנדסיים
57	0.20-1.25	0.50	0.63 (0.58,0.69)	1.41	0.60 (0.55,0.65)	עובדים בגד"ש-מפעילי כלים הנדסיים
12	0.40-0.60	0.50	0.52 (0.48,0.56)	1.15	0.51 (0.47,0.56)	עובדים בגד"ש-מפעילי כלים הנדסיים ותחזוקה
21	0.30-0.70	0.50	0.52 (0.48,0.58)	1.24	0.51 (0.47,0.56)	עובדים ברפת-טיפול בפרות
39	0.20-0.90	0.52	0.51 (0.46,0.57)	1.42	0.48 (0.43,0.53)	משנעים-שינוע חומרים

7	0.20-0.60	0.40	0.42 (0.32,0.55)	1.45	0.39 (0.30,0.52)	עובדי תחזוקה
1	0.40-0.40	0.40	0.40 (0.40,0.40)	1.00	0.40 (0.40,0.40)	מלטשי מתכת
6	0.10-0.70	0.20	0.30 (0.16,0.55)	2.16	0.22 (0.12,0.41)	עובדים ברפת- טיפול בעגלים
6	0.10-0.50	0.25	0.29 (0.19,0.47)	1.78	0.25 (0.16,0.40)	מנהלים
23	0.10-0.50	0.20	0.24 (0.20,0.30)	1.63	0.22 (0.18,0.27)	עובד מטעים- מפעיל כלים הנדסיים
4	0.20-0.30	0.20	0.23 (0.19,0.28)	1.22	0.22 (0.18,0.27)	עובדים בנוי-כללי
8	0.10-0.60	0.10	0.21 (0.12,0.36)	2.20	0.15 (0.09,0.26)	מעבדי שיש-ידני
2	0.20-0.20	0.20	0.20 (0.20,0.20)	1.00	0.20 (0.20,0.20)	מרתכים-קשת חשמלית
23	0.10-0.40	0.20	0.18	1.57	0.17	עובד מטעים מפעיל כלים

			(0.15,0.22)		(0.14,0.20)	הנדסיים ותחזוקה
3	0.10-0.20	0.20	0.17 (0.11,0.27)	1.49	0.16 (0.10,0.25)	מעבדי עץ-CNC
3	0.10-0.10	0.10	0.10 (0.10,0.10)	1.00	0.10 (0.10,0.10)	מתקני תקרים בגלגלי רכב
24 7	0.10-1.30	0.50	0.48 (0.44,0.52)	1.92	0.39 (0.36,0.42)	כלל המדגם
F(8,206)=44.24, p<.001, eta=.63						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
7	0.20-0.40	0.30	0.30	1.33	0.29	עובדי תחזוקה
4	0.10-0.30	0.10	0.15	1.73	0.13	עובדים בנוי-כללי
9	0.30-1.10	0.70	0.72	1.49	0.67	עובדים בנוי-כיסוח דשא
39	0.20-0.70	0.40	0.39	1.40	0.37	משנעים-שינוע חומרים
3	0.10-0.10	0.10	0.10	1.00	0.10	מתקני תקרים בגלגלי רכב

8	0.10-0.50	0.10	0.19	2.01	0.15	מעבדי שיש-ידני
21	0.10-0.50	0.30	0.34	1.41	0.32	עובדים ברפת-טיפול בפרות
6	0.10-0.50	0.20	0.26	1.96	0.21	עובדים ברפת-טיפול בעגלים
3	0.10-0.20	0.10	0.14	1.49	0.13	מעבדי עץ-CNC
23	0.20-0.80	0.50	0.46	1.50	0.42	ייצור מזון בע"ח-מפעילי כלי רכב הנדסיים
57	0.20-1.24	0.30	0.38	1.36	0.36	עובדים בגד"ש-מפעילי כלים הנדסיים
23	0.10-0.30	0.10	0.17	1.64	0.15	עובד מטעים-מפעיל כלים הנדסיים
12	0.30-0.50	0.40	0.38	1.21	0.38	עובדים בגד"ש-מפעילי כלים הנדסיים ותחזוקה
23	0.01-0.30	0.20	0.22	4.76	0.07	עובד מטעים מפעיל כלים הנדסיים ותחזוקה

2	0.10-0.10	0.10	0.10	1.00	0.10	מרתכים-קשת חשמלית
1	0.30-0.30	0.30	0.30	1.00	0.30	מלטשי מתכת
6	0.10-0.40	0.20	0.22	1.76	0.19	מנהלים
24 7	0.01-1.24	0.30	0.37	2.32	0.26	כלל המדגם
F(8,206)=25.62, p<.001, eta=.50						
גבול אי ודאות עליון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך עליון ליד זרוע)						
7	0.30-0.90	0.50	0.56	1.44	0.53	עובדי תחזוקה
4	0.20-0.40	0.20	0.25	1.41	0.24	עובדים בנוי-כללי
9	0.60-1.20	0.90	0.93	1.30	0.90	עובדים בנוי-כיסוח דשא
39	0.30-1.20	0.70	0.64	1.38	0.61	משנעים-שינוע חומרים
3	0.10-0.10	0.10	0.10	1.00	0.10	מתקני תקרים בגלגלי רכב

8	0.10-0.70	0.10	0.22	2.29	0.16	מעבדי שיש-ידני
21	0.40-0.90	0.70	0.67	1.27	0.65	עובדים ברפת-טיפול בפרות
6	0.20-0.90	0.30	0.39	1.75	0.33	עובדים ברפת-טיפול בעגלים
3	0.10-0.30	0.20	0.21	1.74	0.18	מעבדי עץ-CNC
23	0.40-1.90	0.70	0.85	1.55	0.77	ייצור מזון בע"ח-מפעילי כלי רכב הנדסיים
57	0.30-1.50	0.70	0.88	1.43	0.83	עובדים בגד"ש-מפעילי כלים הנדסיים
23	0.10-0.60	0.20	0.30	1.59	0.27	עובד מטעים-מפעיל כלים הנדסיים
12	0.50-0.80	0.75	0.70	1.20	0.69	עובדים בגד"ש-מפעילי כלים הנדסיים ותחזוקה
23	0.10-0.50	0.30	0.25	1.84	0.21	עובד מטעים-מפעיל כלים הנדסיים ותחזוקה

2	0.20-0.20	0.20	0.20	1.00	0.20	מרתכים-קשת חשמלית
1	0.50-0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	מלטשי מתכת
6	0.20-0.60	0.40	0.39	1.63	0.35	מנהלים
24 7	0.10-1.90	0.60	0.64	2.01	0.50	כלל המדגם
$F(8,206)=46.10, p<.001, \eta=.64$						

ה. אומדן חשיפה פוטנציאלית לרטט כל-גופי על פי מחלקות

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
26	0.70-1.25	0.70	0.83 (0.77,0.89)	1.20	0.82 (0.76,0.87)	גד"ש
13	0.20-1.10	0.60	0.65 (0.45,0.93)	1.94	0.52 (0.36,0.75)	נוי
24	0.20-1.30	0.60	0.64 (0.53,0.76)	1.57	0.57 (0.48,0.69)	ייצור מזון לבעלי חיים
21	0.30-0.70	0.50	0.52 (0.48,0.58)	1.24	0.51 (0.47,0.56)	פרות
39	0.20-0.90	0.52	0.51 (0.46,0.57)	1.42	0.48 (0.43,0.53)	שינוע
40	0.20-0.60	0.50	0.48 (0.45,0.51)	1.19	0.47 (0.45,0.50)	גד"ש
6	0.20-0.60	0.40	0.41	1.48	0.38	תחזוקה

			(0.30,0.56)		(0.28,0.51)	
4	0.10-0.50	0.35	0.36 (0.18,0.72)	2.04	0.28 (0.14,0.56)	ניהול
6	0.10-0.70	0.20	0.30 (0.16,0.55)	2.16	0.22 (0.12,0.41)	יונקיה
3	0.20-0.40	0.20	0.27 (0.17,0.43)	1.49	0.25 (0.16,0.40)	עיבוד מתכת
51	0.10-0.60	0.20	0.24 (0.20,0.27)	1.70	0.20 (0.18,0.24)	מטעים
8	0.10-0.60	0.10	0.21 (0.12,0.36)	2.20	0.15 (0.09,0.26)	עיבוד שיש
3	0.10-0.20	0.20	0.17 (0.11,0.27)	1.49	0.16 (0.10,0.25)	נגרות
3	0.10-0.10	0.10	0.10 (0.10,0.10)	1.00	0.10 (0.10,0.10)	פנצ'ריה
247	0.10-1.30	0.50	0.48 (0.44,0.52)	1.92	0.39 (0.36,0.42)	כלל המדגם

F(7,214)=43.22, p<.001, eta=.59						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן החשיפה הממוצעת						
(חשיפה יומית על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
3	0.10-0.20	0.10	0.14	1.49	0.13	נגרות
13	0.10-1.10	0.60	0.60	2.43	0.40	נוי
6	0.20-0.40	0.30	0.30	1.37	0.29	תחזוקה
39	0.20-0.70	0.40	0.39	1.40	0.37	שינוע
40	0.20-0.50	0.30	0.34	1.20	0.34	גד"ש
6	0.10-0.50	0.20	0.26	1.96	0.21	יונקיה
3	0.10-0.10	0.10	0.10	1.00	0.10	פנצ'ריה
8	0.10-0.50	0.10	0.19	2.01	0.15	עיבוד שיש
21	0.10-0.50	0.30	0.34	1.41	0.32	פרות
4	0.10-0.40	0.25	0.27	1.82	0.22	ניהול
24	0.20-0.80	0.45	0.45	1.53	0.41	ייצור מזון לבעלי חיים
51	0.01-0.40	0.20	0.23	3.33	0.11	מטעים
26	0.30-1.24	0.30	0.44	1.47	0.41	גד"ש
3	0.10-0.30	0.10	0.18	1.89	0.14	עיבוד מתכת

247	0.01-1.24	0.30	0.37	2.32	0.26	כלל המדגם
F(7,214)=18.66, p<.001, eta=.38						
גבול אי ודאות עליון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך עליון ליד זרוע)						
3	0.10-0.30	0.20	0.21	1.74	0.18	נגרות
13	0.20-1.20	0.70	0.76	2.00	0.60	נוי
6	0.30-0.90	0.50	0.56	1.48	0.52	תחזוקה
39	0.30-1.20	0.70	0.64	1.38	0.61	שינוע
40	0.30-0.80	0.60	0.65	1.17	0.64	גד"ש
6	0.20-0.90	0.30	0.39	1.75	0.33	יונקיה
3	0.10-0.10	0.10	0.10	1.00	0.10	פנצ'ריה
8	0.10-0.70	0.10	0.22	2.29	0.16	עיבוד שיש
21	0.40-0.90	0.70	0.67	1.27	0.65	פרות
4	0.20-0.60	0.50	0.47	1.64	0.42	ניהול
24	0.30-1.90	0.70	0.83	1.60	0.74	ייצור מזון לבעלי חיים
51	0.10-0.80	0.30	0.30	1.81	0.25	מטעים
26	1.00-1.50	1.00	1.18	1.19	1.17	גד"ש

3	0.20-0.50	0.20	0.31	1.70	0.27	עיבוד מתכת
247	0.10-1.90	0.60	0.64	2.01	0.50	כלל המדגם
F(7,214)=47.38, p<.001, eta=.61						

1. אומדן ערכי תאוצה פוטנציאלית של משפחות כלים הגורמים לרטט כל-גופי

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
פליטה ממוצעת משוקללת (פי ערך אמצע לכל-גופי)						
47	0.50-1.97	0.70	0.98 (0.86,1.12)	1.59	0.88 (0.77,1.01)	טרקטורון
5	0.51-1.20	1.04	0.95 (0.71,1.28)	1.40	0.90 (0.67,1.21)	מכסחת דשא טרקטורון
42	0.40-1.17	0.58	0.74 (0.67,0.82)	1.41	0.70 (0.63,0.77)	שופל
381	0.30-2.00	0.56	0.67 (0.64,0.69)	1.43	0.63 (0.61,0.65)	טרקטור
97	0.50-1.40	0.60	0.66 (0.63,0.70)	1.32	0.64 (0.60,0.68)	מלגזה

20	0.50-0.80	0.70	0.64 (0.59,0.69)	1.19	0.63 (0.58,0.68)	סלף
57	0.52-0.60	0.60	0.58 (0.57,0.59)	1.07	0.58 (0.57,0.59)	קומביין
2	0.40-0.48	0.44	0.44 (0.37,0.53)	1.14	0.44 (0.37,0.52)	מחלקת מזון משאית
651	0.30-2.00	0.60	0.69 (0.67,0.70)	1.41	0.65 (0.63,0.66)	כלל המדגם
F(1,5)=10.57, p<.001, eta=.08						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך מינימום ליד זרוע)						
5	0.35-0.93	0.80	0.76	1.50	0.70	מכסחת דשא טרקטורון
57	0.36-0.60	0.60	0.54	1.25	0.52	קומביין
97	0.34-1.10	0.48	0.50	1.33	0.48	מלגזה
47	0.25-1.45	0.60	0.74	1.70	0.64	טרקטורון
42	0.30-1.01	0.47	0.60	1.47	0.55	שופל
381	0.01-1.45	0.43	0.53	1.93	0.43	טרקטור

20	0.34-0.60	0.60	0.49	1.31	0.47	סלף
2	0.30-0.36	0.33	0.33	1.14	0.33	מחלקת מזון משאית
651	0.01-1.45	0.48	0.55	1.76	0.47	כלל המדגם
F(1,5)=6.16, p<.001, eta=.05						
גבול אי ודאות עליון של אומדן החשיפה הממוצעת (חשיפה יומית על פי ערך עליון ליד זרוע)						
5	0.67-1.70	1.14	1.14	1.40	1.08	מכסחת דשא טרקטורון
57	0.60-0.68	0.60	0.62	1.06	0.62	קומביין
97	0.60-1.96	0.74	0.83	1.35	0.79	מלגזה
47	0.67-2.49	0.90	1.25	1.57	1.13	טרקטורון
42	0.50-1.33	0.69	0.89	1.39	0.84	שופל
381	0.50-3.22	0.77	0.93	1.41	0.88	טרקטור
20	0.66-1.20	0.90	0.85	1.21	0.83	סלף
2	0.50-0.59	0.55	0.55	1.12	0.54	מחלקת מזון משאית
651	0.50-3.22	0.76	0.90	1.42	0.85	כלל המדגם
F(1,5)=19.67, p<.001, eta=.13						

ז. אומדן ערכי תאוצה פוטנציאלית ממוצעת במטלות ראשיות לרטט כל-גופי

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
אומדן פליטה ממוצעת משוקללת על פי ערך אמצע לרטט כל-גופי						
10	0.51-1.50	1.04	1.09 (0.90,1.32)	1.36	1.04 (0.86,1.26)	כיסוח
37	0.48-1.97	0.70	0.99 (0.85,1.16)	1.62	0.89 (0.76,1.03)	ייצור מזון בעלי חיים
13	0.56-0.72	0.72	0.70 (0.67,0.73)	1.09	0.70 (0.67,0.73)	ריסוס
354	0.30-2.00	0.60	0.68 (0.65,0.71)	1.45	0.64 (0.61,0.66)	עיבוד קרקע
179	0.40-1.40	0.58	0.65 (0.63,0.68)	1.30	0.63 (0.60,0.65)	שינוע
58	0.51-0.60	0.60	0.58	1.07	0.58	איסוף תוצרת חקלאית

			(0.57,0.59)		(0.57,0.59)	
651	0.30-2.00	0.60	0.69 (0.67,0.70)	1.41	0.65 (0.63,0.66)	כלל המדגם
F(1,5)=12.76, p<.001, eta=.09						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן הפליטה הממוצעת (על פי ערך מינימום לרטט כל-גופי)						
179	0.25-1.10	0.47	0.48	1.31	0.46	שינוע
354	0.01-1.38	0.43	0.55	2.00	0.43	עיבוד קרקע
10	0.35-1.40	0.92	0.95	1.49	0.88	כיסוח
58	0.35-0.60	0.60	0.53	1.27	0.52	איסוף תוצרת חקלאית
13	0.44-0.53	0.53	0.52	1.05	0.52	ריסוס
37	0.34-1.45	0.60	0.78	1.59	0.70	ייצור מזון בעלי חיים
651	0.01-1.45	0.48	0.55	1.76	0.47	כלל המדגם
F(1,5)=8.33, p<.001, eta=.06						
גבול אי ודאות עליון של אומדן הפליטה הממוצעת (על פי ערך עליון לרטט כל-גופי)						

179	0.50-1.96	0.74	0.82	1.34	0.79	שינוע
354	0.50-3.22	0.85	0.95	1.41	0.89	עיבוד קרקע
10	0.67-1.70	1.14	1.23	1.32	1.18	כיסוח
58	0.60-0.68	0.60	0.61	1.05	0.61	איסוף תוצרת חקלאית
13	0.63-0.94	0.94	0.90	1.13	0.90	ריסוס
37	0.59-2.49	0.90	1.26	1.62	1.12	ייצור מזון בעלי חיים
651	0.50-3.22	0.76	0.90	1.42	0.85	כלל המדגם
F(1,5)=22.79, p<.001, eta=.15						

ח. אומדן ערכי תאוצה פוטנציאלית ממוצעת במטלות משניות לרטט כל-גופי

*N	תחום ערכים (m/sec ²)	חציון (m/sec ²)	ממוצע אריתמטי בלתי מוטה (M) (m/sec ²)	סטיית תקן גיאומטרית (GSD)	ממוצע גיאומטרי (GM) (m/sec ²)	תעשייה/ענף
פליטה ממוצעת משוקללת (על פי ערך אמצע לרטט כל-גופי)						
10	0.51-1.50	1.04	1.09 (0.90,1.32)	1.36	1.04 (0.86,1.26)	כיסוח דשא
16	0.68-1.25	1.05	1.04 (0.98,1.10)	1.13	1.03 (0.97,1.10)	קלטור
37	0.48-1.97	0.70	0.99 (0.85,1.16)	1.62	0.89 (0.76,1.03)	ייצור וחלוקת מזון
10	0.50-1.05	0.78	0.78 (0.61,1.00)	1.48	0.72 (0.57,0.92)	שינוע עובדים
13	0.56-0.72	0.72	0.70 (0.67,0.73)	1.09	0.70 (0.67,0.73)	ריסוס צמחיה

338	0.30-2.00	0.56	0.66 (0.64,0.69)	1.44	0.62 (0.60,0.65)	תהליכי עיבוד קרקע
169	0.40-1.40	0.58	0.64 (0.62,0.67)	1.29	0.62 (0.60,0.65)	שינוע חומרים
42	0.60-0.60	0.60	0.60 (0.60,0.60)	1.00	0.60 (0.60,0.60)	קציר
16	0.51-0.52	0.52	0.52 (0.51,0.52)	1.01	0.52 (0.51,0.52)	קטיף
651	0.30-2.00	0.60	0.69 (0.67,0.70)	1.41	0.65 (0.63,0.66)	כלל המדגם
F(1,8)=13.85 , p<.001, eta=.15						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן פליטת הרטט הממוצעת (על פי ערך מינימום לרטט כל-גופי)						
10	0.35-1.40	0.92	0.95	1.49	0.88	כיסוח דשא
169	0.30-1.10	0.47	0.48	1.29	0.47	שינוע חומרים
16	0.52-1.38	0.55	0.64	1.35	0.61	קלטור
37	0.34-1.45	0.60	0.78	1.59	0.70	ייצור וחלוקת מזון

42	0.60-0.60	0.60	0.60	1.00	0.60	קציר
338	0.01-1.01	0.43	0.55	2.02	0.43	תהליכי עיבוד קרקע
13	0.44-0.53	0.53	0.52	1.05	0.52	ריסוס צמחיה
16	0.35-0.36	0.36	0.36	1.01	0.36	קטיף
10	0.25-0.55	0.40	0.40	1.52	0.37	שינוע עובדים
651	0.01-1.45	0.48	0.55	1.76	0.47	כלל המדגם
F(1,8)=7.72, p<.001, eta=.09						
גבול אי ודאות תחתון של אומדן פליטת הרטט הממוצעת (על פי ערך עליון לרטט כל-גופי)						
10	0.67-1.70	1.14	1.23	1.32	1.18	כיסוח דשא
169	0.50-1.96	0.69	0.81	1.32	0.78	שינוע חומרים
16	0.55-1.38	1.38	1.30	1.29	1.25	קלטור
37	0.59-2.49	0.90	1.26	1.62	1.12	ייצור וחלוקת מזון
42	0.60-0.60	0.60	0.60	1.00	0.60	קציר
338	0.50-3.22	0.77	0.93	1.41	0.88	תהליכי עיבוד קרקע
13	0.63-0.94	0.94	0.90	1.13	0.90	ריסוס צמחיה

16	0.61-0.68	0.68	0.65	1.06	0.65	קטיף
10	0.75-1.55	1.15	1.16	1.47	1.08	שינוע עובדים
651	0.50-3.22	0.76	0.90	1.42	0.85	כלל המדגם
F(1,8)=18.70, p<.001, eta=.19						