

פרק ו. רעש - השפעתו על הבריאות

כושר השמיעה הוא אחת המתנות היקרות ביותר שניתנו לאדם. בלעדיו קשה מאוד לחיות חיים מלאים, בעבודה או מחוצה לה.

רעש חזק מדי עלול לפגוע בכושר השמיעה, ויכול גם להעיק על חלקים אחרים של גופנו, ובכללם הלב.

רוב ההשפעות של הרעש אינן ניתנות לריפוי, ולכן מניעת חשיפה מופרזת לרעש היא הדרך היחידה למנוע נזקים בריאותיים.

שמינה

הנזק שנגרם על-ידי חשיפה לרעש תלוי בעיקר בעוצמת הרעש ובמשך החשיפה אליו. גם לתדירות יש השפעה. תדירויות גבוהות (טונים גבוהים) מפריעות ומזיקות יותר מאשר תדירויות נמוכות.

הרעש עלול לעייף את האוזן הפנימית ולגרום לאובדן שמיעה זמני. לאחר סיום המשמרת באה תקופת מנוחה, שבמהלכה עשויה השמיעה לחזור לקדמותה. אולם במקרים רבים העובד חוזר לעבודתו זמן קצר בלבד לאחר התאוששות שמיעתו. לכן האוזן הפנימית נמצאת למעשה במצב עייפות כמעט ברציפות.

כשהחשיפה לרעש נמשכת, מאבדת האוזן בהדרגה את כושרה להחלים מאובדן השמיעה הזמני והנזק נעשה בלתי-הפיך. הפגיעה מתרחשת באיטיות ובדרך כלל העובד אינו מודע לכך בתחילת התהליך. אובדן שמיעה תמידי הוא תוצאה של הרס התאים באוזן הפנימית - שאין שום אפשרות להחליפם או לתקנם (ראה איור מס' 1). נזק כזה יכול להיגרם על-ידי חשיפה ממושכת לרעשים חזקים או, במקרים מסוימים, על-ידי חשיפות קצרות לרעשים חזקים מאוד.

הרעש במקום העבודה משפיע תחילה על הכושר לשמוע צלילים בעלי תדירות גבוהה. פירוש הדבר: אף שהאדם עדיין מסוגל לשמוע רעשים מסוימים, ייתכן שהוא שומע קולות דיבור וקולות אחרים בצורה בלתי ברורה או מעוותת. טענה אופיינית לעובדים ששמיעתם נפגמה היא: "אני שומע אותך, אבל אני יכול להבין אותך".

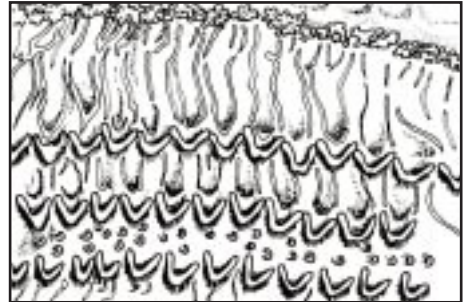
העיוות קיים במיוחד כשיש רעשי רקע חזקים, או כשאנשים רבים מדברים בבת-אחת. ככל שאדם מתקשה להבין שיחות, הוא נעשה מבודד ממשפחתו ומחבריו; הוא גם אינו מסוגל עוד ליהנות ממוסיקה ומקולות הטבע.

בעזרת עזרי שמיעה אפשר לשמוע את הדיבור בקול רם יותר. אולם העזרים אינם יכולים לעשות את הקול ברור יותר. רק לעתים רחוקות עשויים עזרי שמיעה לשמש פתרון מספק לאובדן שמיעה מסוג זה.

עובדים הסובלים מאובדן שמיעה שנגרם על ידי רעש, עלולים להתנסות גם בצלצול בלתי פוסק באוזניים. צלצול זה ידוע בשם "טיניטוס". עד עתה לא נמצאה תרופה לטיניטוס.



תאי שיערות שנהרסו על-ידי רעש



תאי שיערות שלא נפגעו

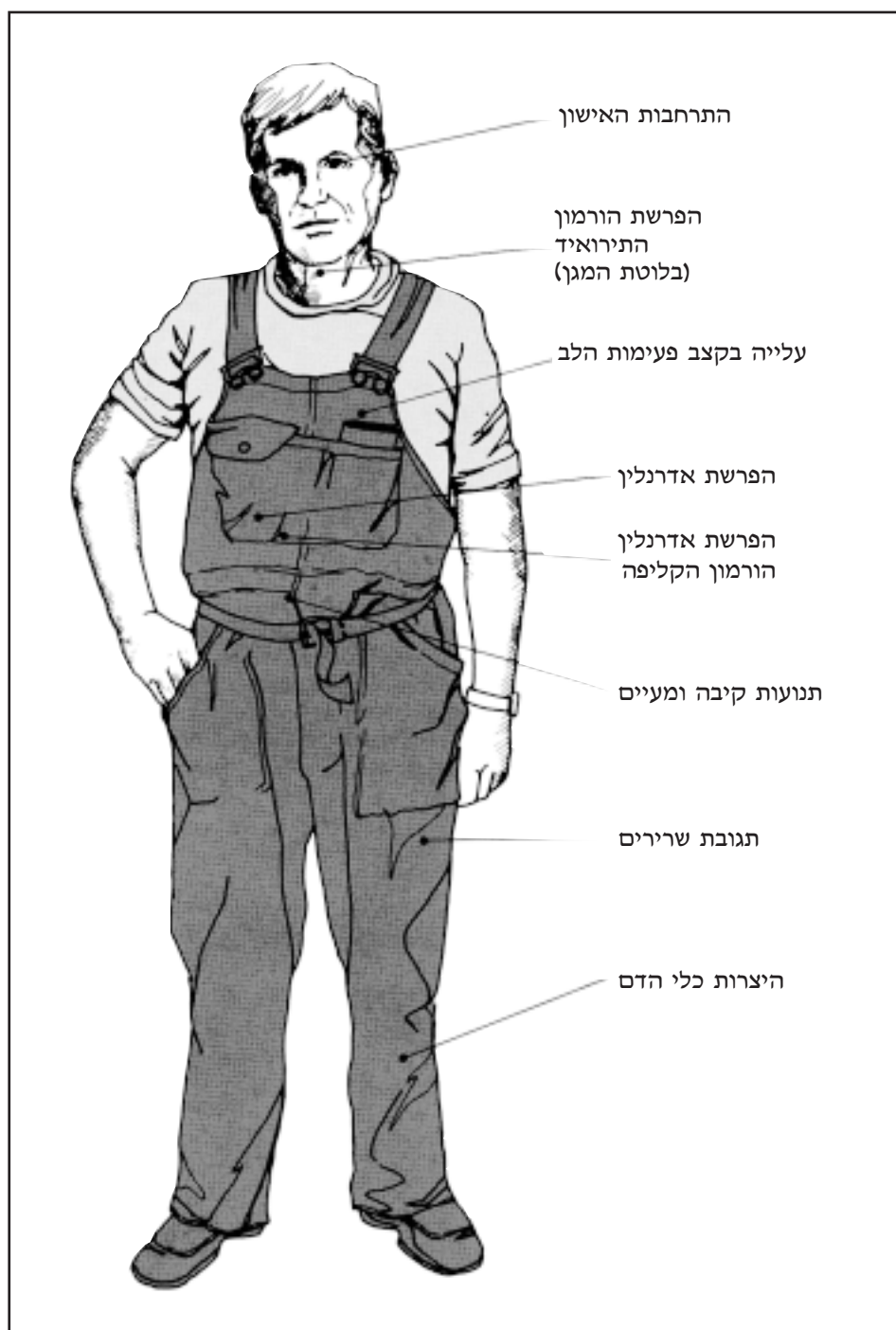
איור מס' 1. תאי השיעירות של איבר השמיעה, מוגדלים מאוד

השפעות נוספות

אף כי המחקרים בהשפעות הרעש עדיין לא הושלמו, כבר עתה ידוע שרעש יכול לגרום להחשת קצב הדופק, ללחץ דם מוגבר ולהיצרות כלי הדם. במשך הזמן עלולות השפעות אלה להטיל עומס נוסף על הלב ועל מערכות אחרות בגוף.

רעש עלול להטיל עומס גם על איברים אחרים של הגוף, וזאת משום שהוא גורם להפרשות חריגות של הורמונים ולמתיחת שרירים (ראה איור מס' 1).

עובדים החשופים לרעש מתאוננים לפעמים על עצבנות, על חוסר שינה ועל עייפות. חשיפה מופרזת לרעש יכולה לפגוע גם ברמת הביצועים בעבודה, ולגרום לתאונות רבות.



איור מס' 2. נוסף לעובדה שהרעש גורם לאובדן שמיעה על-ידי הרס האוזן הפנימית, הוא גם מפעיל עומס על איברים אחרים של הגוף, על-ידי גרימת תגובות כמו אלו שצוינו באיור.

פרק 2. בקרת רעש: מושגים ומונחים בסיסיים

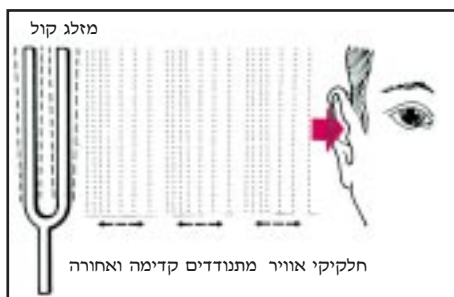
בקרת רעש הינה נקיטת כל האמצעים הדרושים לצמצום הרעש. לפני שנפרט את השיטות לבקרת רעש נסביר מספר מושגי יסוד.

קול

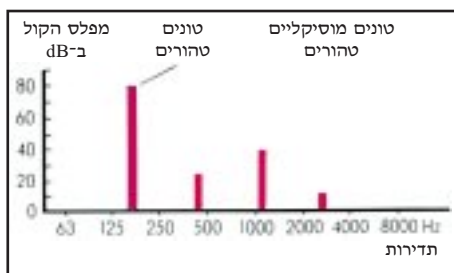
הקול נוצר כשמקור קול מניע את האוויר הקרוב אליו ביותר בתנועה גלית. התנועה מתפשטת אל חלקיקי אוויר הרחוקים ממקור הקול. הקול נע באוויר במהירות של 340 מטר בשנייה בקירוב. מהירות התפשטות הקול גדולה יותר בנוזלים ובמוצקים. במים, למשל, מהירותו 1500 מטר בשנייה ובפלדה - 5000 מטר בשנייה.

תדירות (Hz)

תדירותו של גל קול היא מספר התנודות בשנייה והיא נמדדת ביחידות של הרץ (Hz). לדוגמה, 50 תנודות בשנייה מהוות תדירות של 50 Hz. תחום שמיעת הקול אצל בני אדם רחב למדי. אצל צעירים הוא בין 20 Hz לבין 20,000 Hz. הגבול בין התדירויות הגבוהות לנמוכות נקבע בדרך כלל ב-1000 Hz. קול בעל תדירות יחידה נקרא "טון". הקול יכול להיות מורכב מטון (צליל) טהור יחיד, אך לרוב הוא מורכב מטונים אחדים בעוצמות משתנות.



איור מס' 3. מקור הקול (במקרה זה - קולן או "מזלג קול") רוטט ומשפיע על חלקיקי האוויר הפוגעים בעור בתוף של האוזן



איור מס' 4. טון טהור מאופיין על-ידי עמוד יחיד, המציג את התדירות ואת עוצמת הקול. טונים מוסיקליים מכילים טונים אחדים, בעלי תדירויות ועוצמות שונות

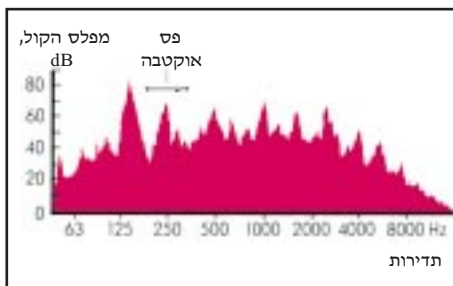
רעש

לכל קול בלתי רצוי נהוג לקרוא בשם "רעש". ההשפעה המטרידה של הרעש תלויה הן בעוצמתם והן בתדירותם של גלי הקול. למשל, תדירויות גבוהות מטרידות יותר מתדירויות נמוכות. טונים טהורים מטרידים יותר מקולות המורכבים מטונים רבים.

בספר מופיעים לסרוגין שני המונחים - קול ורעש. "קול" מופיע בדרך כלל בהקשר עם תופעה או תכונה פסיקלית ואילו "רעש" מתקשר בדרך כלל להפרעה.

גלי קול תת-קוליים ועל-קוליים

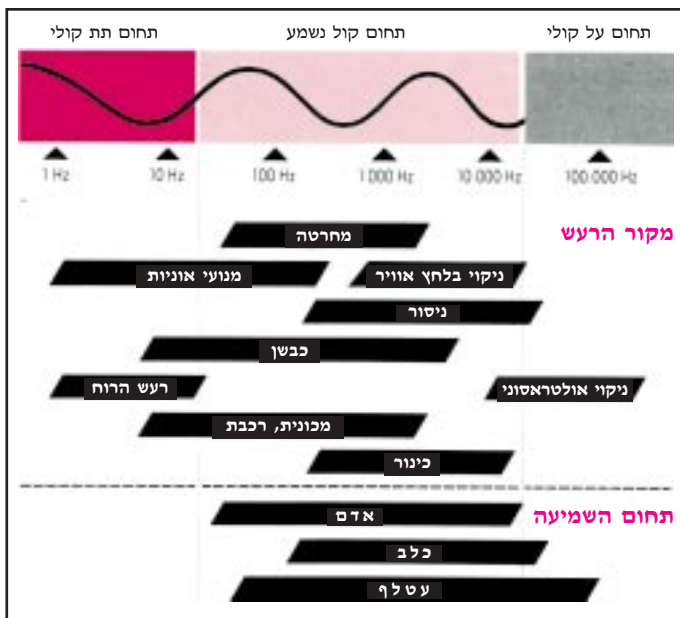
קולות שתדירותם פחות מ-20 Hz נקראים תת-קוליים; קולות שתדירותם גבוהה מ-20,000 Hz נקראים על-קוליים. יש ראיות שגם קולות אלה, אף כי



אינם נשמעים, עלולים, בתנאים מסוימים, לסכן את בריאות העובדים. בספר זה נעסוק ברעש שתדירותו בתחום הנשמע.

איור מס' 5. תמונת רעש של מחרטה - תערובת אקראית של טונים בתדירויות רבות

דוגמאות לתדירויות רעש שכיחות



איור מס' 6. רעש משאית מטריד פחות מנשיבה או יניקה של אוויר באותה עוצמה, משום שתדירותו נמוכה יותר

מפלס הרעש בדציבלים (dB)

אוזן האדם רגישה ללחץ גלי הקול, הפועל על תוף האוזן. לכן עוצמת הלחץ יכולה להגדיר את עוצמת הרעש. אולם להגדרה כזו יש שני חסרונות:

א. היחס בין הקול החלש ביותר, שאוזן האדם יכולה להבחין בו - סף השמיעה, לבין רעש הגורם לכאב - סף הכאב, הוא אחד לעשרה מיליון. תחום כל כך רחב גורם לקשיים בשימושים, למשל במדידות.

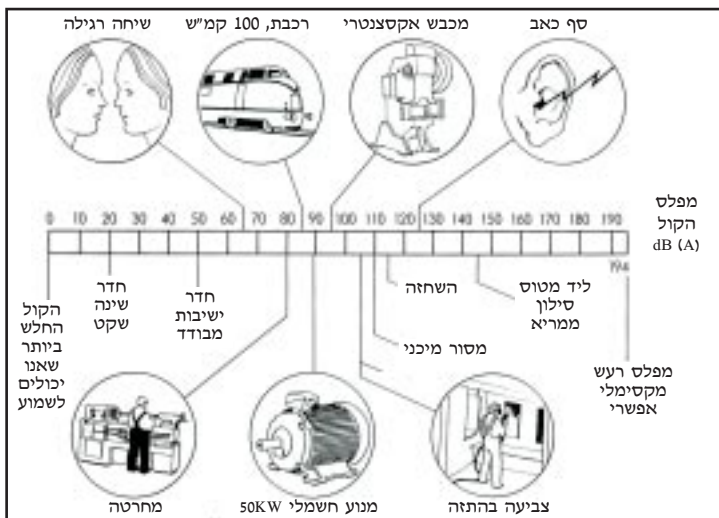
ב. רגישות האוזן לרעש אינה גדלה באותו היחס כמו הגידול בלחץ על תוף האוזן. הגדלת הלחץ פי שניים לא תגרום להגדלה פי שניים של הרעש שנקלט על-ידי האוזן. לכן משתמשים ביחידות אחרות, המתקבלות על-ידי נוסחה מתמטית ונקראות דציבלים. סף השמיעה הוא 0dB ואילו סף הכאב הוא 140dB.

הגדלת עוצמת הרעש ב-10dB מורגשת על-ידי האוזן כהכפלת עוצמת הרעש. באותה מידה הקטנת הרעש ב-10dB תורגש כהפחתת הרעש למחציתו.

מדידת מפלס הרעש

למדידת מפלס הרעש משתמשים במכשירים הדומים לאוזן האדם ברגישותם לרעש המורכב מתדירויות משתנות. המכשירים מודדים את מה שמכונה "מפלס הרעש עם שקלול A", ביחידות הנקראות dB(A).

תוצאות מדידות רעש במקומות עבודה מציינות את מפלסי הרעש המשולבים של רעש המופק מכלי עבודה מכמה מקורות (מכוונות לעיבוד חומרים) ורעש הרקע (ממערכות אוורור, מדחסי קירור, משאבות סחרור וכו').



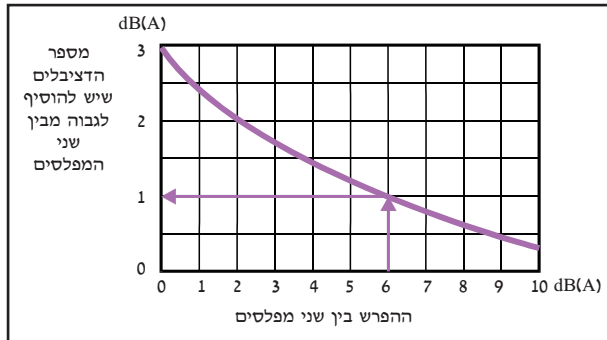
איור מס' 7.
דוגמאות אופייניות של מפלס רעש

כדי לזהות בדייקנות את כל בעיות הרעש במקום העבודה, צריך למדוד את הרעש מכל מקור בנפרד. מדידות בשלבי ייצור שונים יכולות להועיל כששוקלים אמצעי בקרה אפשריים.

חיבור מפלסי רעש

אי-אפשר לחבר באופן פשוט את מספרי הדציבלים של שני קולות או יותר. איור מס' 8 מראה כיצד ההשפעה המשותפת של שני קולות תלויה בהבדל בין המפלסים שלהם. שני קולות או יותר, בעלי אותו מפלס, משתלבים ומגיעים למפלס קול גבוה יותר.

איור מס' 8.
מפוח יוצר מפלס רעש של 50dB(A) . מפוח אחר יוצר מפלס רעש של 56dB(A) . ההפרש ביניהם הוא 6dB(A) . נעלה בדיאגרמה מ- 6dB(A) עד העקומה. מנקודת המפגש נמשיך שמאלה ונגיע למספר הדציבלים שצריך להוסיף לגבוה מבין שני המפלסים: 1dB(A) . כששני המפוחים יפעלו יחד, התוצאה תהיה מפלס של 57dB(A)



פסי אוקטבה

מקובל לחלק את תחום התדירויות שאנו יכולים לשמוע לשמונה פסי אוקטבה. מפלס הקול נרשם אז לכל פס אוקטבה. התדירות העליונה בפס אוקטבה היא תמיד פי שתיים מהתדירות התחתונה של אותה אוקטבה. ניתן להתייחס לפס אוקטבה לפי התדירות המרכזית שלו. למשל, 500Hz היא התדירות המרכזית בפס האוקטבה הכולל את תחום התדירויות $354 - 708\text{Hz}$.

העברת קול

המילה "קול" בדרך כלל מתייחסת לגלי קול הנעים באוויר, אולם במציאות גלי הקול יכולים לנוע גם במוצקים ובנוזלים. גלי קול אלה יכולים לעבור לאוויר, וליצור קול שאנו יכולים לשמוע.

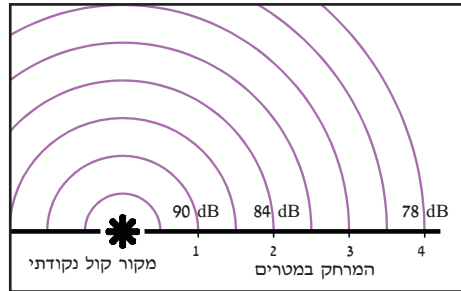
תהודה (Resonance)

תדירות עצמית היא אותו מספר תנודות, בהן הגוף רוטט "בקלות". די בכוח קטן כדי להרטיט גוף בתנודות העצמיות שלו - והרטט נמשך זמן רב, אף ללא המשך הפעלת הכוח. לכל גוף יש לפחות תדירות עצמית אחת - ולעתים יותר מאחת.

כאשר כוח חיצוני פועל על גוף בתדירות הזוה או קרובה לתדירות העצמית של הגוף, עוצמת הרטט מתגברת. לתופעה זו קוראים תהודה (Resonance).

החלשת הקול בתלות במרחק

קול המתפשט באוויר החופשי ונמדד במרחק מסוים מן המקור, נחלש בערך ב-6 dB עם כל הכפלה של המרחק הזה. הקול נחלש פחות כשהוא מתפשט בתוך חלל סגור. (ראה איור מס' 9)



איור מס' 9.
אם מקור קול נקודתי קטן יוצר מפלס קול של 90dB במרחק 1 מ', מפלס הקול במרחק 2 מ' יהיה 84dB, במרחק 4 מ' 78dB, וכו'.

הפסד העברת קול (Sound Transmission Loss - TL)

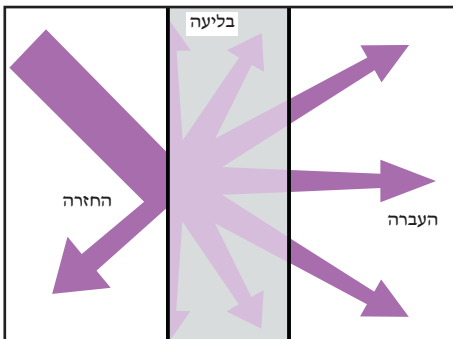
כאשר גל קול פוגע בקיר, רק חלק קטן של הקול עובר דרך הקיר, בעוד רוב הקול מוחזר. כושרו של הקיר לחסום את מעבר הקול נמדד על-ידי מידת הפסד ההעברה שלו (TL), הנמדדת בדציבלים. הפסד ההעברה של הקיר אינו משתנה, בכל דרך שמשתמשים בו.

הפחתת רעש (Noise Reduction - NR)

הפחתת רעש היא הירידה במפלס הרעש המושג על-ידי מבנה עוטף (Enclosure), או על-ידי מחסום. אפשר למדוד מספר זה על-ידי השוואת מפלסי הרעש לפני התקנת מבנה עוטף מעל מקור רעש ואחרי ההתקנה. ה-NR וה-TL אינם בהכרח שווים.

בליעת קול

קול נבלע כשהוא פוגע בחומר נקבובי. חומרים בולעי קול הנמצאים בשימוש מסחרי בולעים בדרך כלל 70 אחוז או יותר מהקול הפוגע בהם.



איור מס' 10.
חלק מהקול הפוגע בקיר מוחזר, חלק נבלע וחלק מועבר. הפסד ההעברה (TL) של הקיר נקבע על-ידי חלק הרעש שאינו מועבר דרך הקיר.