

תקציר בנושא

רעש במקומות עבודה

מאת ר. וייזינגר M.Sc

הקול – מושגי יסוד

סקלת המדידה ומשמעותה

ספקטרום התדרים

הגורם הסובייקטיבי שברעש

השפעת הרעש על האדם

בקרה ואמצעי מניעה

תקנות



© כל הזכויות שמורות

למוסד לבטיחות ולגיהות – מחלקת הוצאה לאור

אין לשפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר – כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה אלא ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל.

תוכן העניינים

5.....הקדמה

5.....א. הקול - מושגי יסוד

5.....1. הגדרה

5.....2. איפיוני גל הקול

6.....ב. סקלת המדידה ומשמעותה

6.....1. יחידת המדידה

6.....2. המשמעות של הדציבל

6.....3. סדרי גודל לרעשים שונים

7.....4. חיבור מיפלסי הרעש

8.....ג. ספקטרום התדרים

8.....1. פס אוקטבה

9.....2. פס 1/3 אוקטבה

9.....ד. הגורם הסובייקטיבי שברעש

9.....1. עקומות שוות שמיעה

10.....2. מסננים A, B, C

10.....ה. השפעת הרעש על האדם

11.....1. השפעה על מערכת השמיעה

11.....2. השפעה חוץ שמיעתית של הרעש

12.....ו. בקרה ואמצעי מניעה

12.....1. גישות כלליות

13.....2. ציוד מגן אישי

13.....ז. תקנות

הקדמה

בעיית הרעש במקום העבודה משותפת למפעלים רבים בענפים מגוונים. לפי האומדנים, כ-1/3 מהאוכלוסייה העובדת בארץ נחשפת לרעש מזיק. חשיפה בהיקף גדול שכזה קשורה גם לנזקים הבריאותיים הכרוכים בחשיפה לרעש. ואכן, מבין מחלות המקצוע המטופלות והמדווחות לביטוח הלאומי, תופסת החירשות כתוצאה מהחשיפה לרעש את המקום הראשון.

הרעש הוא רק אחד מבין הגורמים הסביבתיים שבהם עוסקת הגיהות התעסוקתית, אך עקב היקף החשיפה והיקף הבעיה אנו מתייחסים אליו בנפרד.

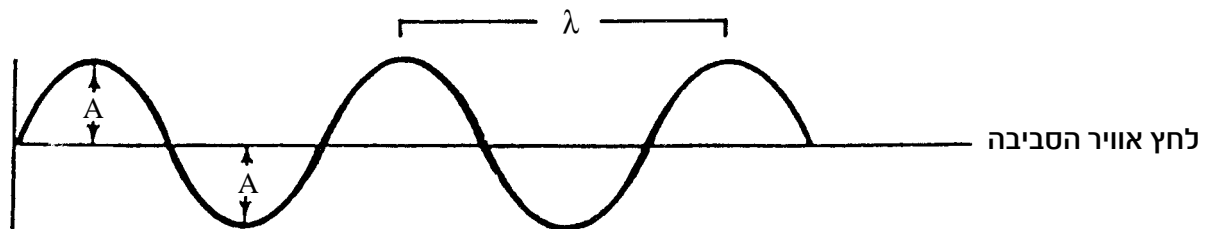
החומר המוגש בתקציר יוכל לסייע בהבנת ההיבטים השונים של הרעש: התקנות, הבקרה, המדידה והנזקים.

א. הקול – מושגי יסוד

1. הגדרה

מבחינה פיזיקלית ניתן להגדיר את הקול כתופעה גלית של שינויי לחצים במדיום. שינויי הלחצים הם שינויים, זעירים יחסית, מעל ומתחת ללחץ הקיים בסביבה. הם נגרמים ע"י תנודות מישטח רוטט. גלי הקול שייכים למשפחת "הגלים האלסטיים" והתקדמותם אפשרית רק בתוך מדיום (תווך) או חומר (בניגוד לגלים האלקטרומגנטיים שעוברים גם בריק).

כדי להסביר את התופעה הגלית ניעזר באיור מס' 1 המתאר גל קול טהור. את גל הקול אנחנו מאפיינים ע"י מדדים בסיסיים כמו: תדירות, משרעת, אורך גל.



איור 1 - גל הקול

2. אפיוני גל הקול

- **תדירות** - התדירות היא מספר המחזורים שהגל מבצע ביחידת זמן, מסומנת באות (f) ומבוטאת בהרץ (Hz). הרץ הוא מספר המחזורים שהגל מבצע בשנייה. לדוגמה: גל שתדירותו 2000 הרץ מבצע 2000 מחזורים בשנייה. תחום התדירויות שאנחנו מסוגלים לשמוע (תחום-השמע) הוא 20-20,000 הרץ. מעשית, תחום התדרים הזה הולך ומצטמצם עם ההתבגרות. תחום תדירות הדיבור הוא 300-3000 הרץ.
 - **משרעת** - משרעת הגל מבטאת את גודל שינויי הלחץ ומסומנת באות (A). יחידות הלחץ בהם נעסוק הן ניוטון למ"ר (N/m²). ככל שהמשרעת של גל הקול גדלה - נשמע את הקול בעוצמה חזקה יותר, אך זאת כאשר הגלים הם בתדירות נתונה.
 - **אורך הגל** - אורך הגל הוא המרחק שהגל עובר במהלך מחזור אחד. מסומן באות λ ונמדד ביחידות אורך (מטרים). לאורך הגל השפעה על "התנהגותו". לדוגמה: בעקיפת מחסומים, מחיצות וכו'.
 - **מהירות הקול** - המהירות שבה גל הקול מתקדם תלויה בתכונות המדיום שבו הוא עובר. לצרכים מעשיים, אנו עוסקים במעבר הקול באוויר ובמהירות קבועה של 344.4 מטר לשנייה.
- הקשר בין התדירות (f). אורך הגל (λ) והמהירות (c) נתון בנוסחה:

$$C = \lambda \cdot f$$

מכיוון שמהירות הקול באוויר בתנאים נתונים היא קבועה, הגדלת התדירות כרוכה בהקטנה מתאימה של אורך הגל לדוגמה: גל בתדירות 1000 הרץ יהיה באורך של 0.344 מטר; וגל בתדירות 100 הרץ יהיה באורך 3.44 מטר וכו'.

ב. סקלת המדידה ומשמעותה

1. יחידת המדידה

מיפלס הרעש מבוטא בדציבלים. המעבר לשימוש בדציבלים במקום ביחידות לחץ הוא מעשי מעיקרו, ונובע מכך שאוזן האדם מגיבה לטווח גדול מאוד של שינויי לחצים. שינוי הלחץ הנמוך ביותר שאוזן האדם מסוגלת לקלוט הוא 0.00002 ניוטון/מ"ר - לחץ זה מכונה **סף שמיעה**. הלחץ הגדול ביותר שאנחנו מסוגלים לסבול הוא 200 ניוטון/מ"ר. לחץ זה נקרא **סף הכאב**. היחס בין סף השמיעה לסף הכאב הוא $1:10^7$. התחום הגדול הזה של שינויי לחצים אשר האוזן מגיבה אליהם, גרם לקשיים מעשיים (במדידה, לדוגמה) ולכן הוחלט להשתמש בסקלה הלוגריתמית, תוך הגדרת יחידה חדשה - דציבל (dB).
הגדרת מיפלס לחץ הקול בדציבל:

$$L_p = 20 \text{ Log } \frac{P_1}{P_0} \text{ dB}$$

L_p - מיפלס לחץ הקול בדציבל (dB).

P_1 - הלחץ הנמדד.

P_0 - לחץ ייחוס (לצרכינו 2×10^{-5} ניוטון/מ"ר).

כדי להשתמש בנוסחה עלינו להציב בה את הערך של 2 הפרמטרים: P_1 ו- P_0 . כאשר P_1 מבטא את הלחץ כפי שהוא נמדד ע"י המכשיר, ו- P_0 מבטא לחץ ייחוס שערכו לצרכינו 2×10^{-5} ניוטון/מ"ר (סף השמיעה).

דוגמאות לשימוש בנוסחה:

(1) לחץ הקול הנמדד הוא 0.2 ניוטון/מ"ר. מהי עוצמת הרעש בדציבלים?

P_0 - נציב תמיד את ערך סף השמיעה: 2×10^{-5}

P_1 - הלחץ הנמדד במקרה זה 0.2 ניוטון/מ"ר

$$20 \text{ Log } \frac{P_1}{P_0} = 20 \text{ Log } \frac{0.2}{2 \times 10^{-5}} = 80 \text{ dB}$$

(2) מהו חישוב עוצמת סף הכאב בדציבלים?

P_0 - 2×10^{-5} ניוטון/מ"ר

P_1 - לחץ סף הכאב שהוא 200 ניוטון/מ"ר

$$20 \text{ Log } \frac{P_1}{P_0} = 20 \text{ Log } \frac{200}{2 \times 10^{-5}} = 140 \text{ dB}$$

2. המשמעות של הדציבל

חשוב להבין שהדציבל שונה מיחידות אחרות המוכרות לנו, כגון משקל, אורך וכד'. מיפלס הקול של אפס (0) דציבל, אין פרושו חוסר רעש או שקט מוחלט, אלא שעוצמת הקול הנבדקת זהה לעוצמת הייחוס. הדציבל הוא יחידה לוגריתמית ולכן אי-אפשר לחבר או לחסר מיפלסי רעש כשם שאנחנו עושים כרגיל. שינויים קטנים במיפלס הרעש הנמדד מורים על שינויים גדולים בעוצמתו.

כך, לדוגמה, כאשר מיפלס הרעש עולה ב-3 דציבל, עוצמת מקור הרעש תוכפל. (לדוגמה: כאשר מיפלס הרעש עולה מ-80 ל-83 dB או מ-65 ל-68 dB עוצמת הרעש מוכפלת). באופן דומה, כאשר בעקבות טיפול להקטנת רעש ירד המיפלס ב-3 דציבל, פחתה למעשה האנרגיה של מקור הרעש ב-50%, ואם נוריד את מיפלס הרעש "רק" ב-6 דציבל - האנרגיה של המקור תיפחת ב-75%.

3. סדרי גודל לרעשים שונים

מיפלסי רעש של מספר קולות מוכרים מובאים בטבלה 1. בטבלה ניתנים גם שינויי הלחץ המקבילים למיפלסים השונים, כדי להדגים את היתרון בשימוש בדציבל לעומת יחידות הלחץ והטווח האדיר שלהן.

טבלה 1 - סדרי גודל לרעשים שונים*

מקור	מיפלס (דציבל)	לחץ (ניוטון/מ"ר)
סף השמיעה	0	0.00002
רשרוש עלים	20	0.0002
לחישה	30	0.00063
משרד שקט	40	0.002
ציוץ ציפורים	50	0.0063
דיבור רגיל	60	0.02
שואב אבק	70	0.063
מסעדה רועשת	80	0.2
אבן משחזת	90	0.63
צופר רכב	100	2.0
תזמורת	110	6.3
גנרטור גדול	120	20.0
מנוע סילון (סף הכאב)	140	200.0

* כל המדידות בוצעו במרחק 1-15 מטר מהמקור

המעבר לסקלה הלוגריתמית מצמצם את סקלת המדידה לתחום של 0 דציבל (סף השמיעה) עד 140 דציבל (סף הכאב). השימוש בסקלה הלוגריתמית נמצא מוצדק גם משום שהאוזן מגיבה לגירויים הקוליים באופן לוגריתמי ולא לינארי.

4. חיבור מיפלסי הרעש

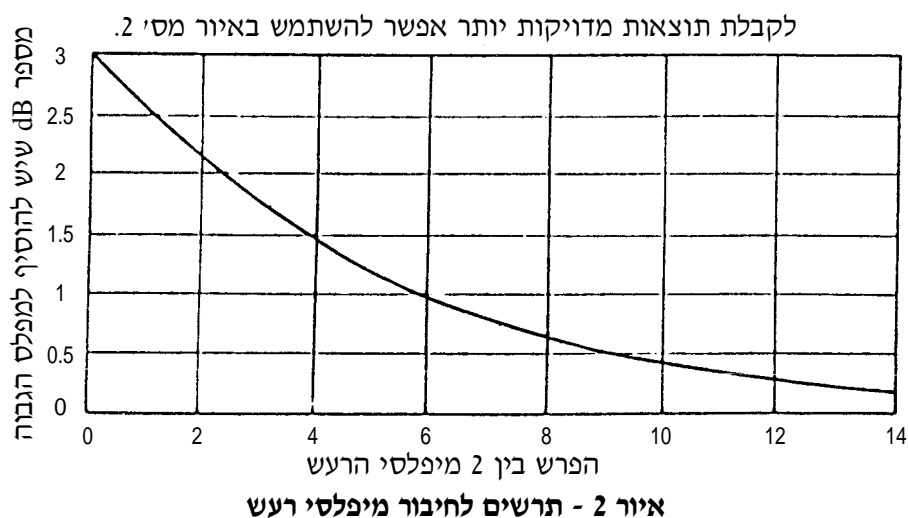
כאמור, האופי הלוגריתמי של הסקלה הדציבלית איננו מאפשר חיבור חשבוני פשוט של מיפלסי הרעש. דוגמה: אם ליד מכונה הגורמת לרעש של 90 דציבל נציב מכונה זהה, יהיה הרעש הנמדד כתוצאה מהפעלת שתי המכונות בו-בזמן, כ-93 דציבל ולא 180 (אפשר להוכיח זאת ע"י שימוש בנוסחאות לוגריתמיות). כדי לעקוף את הצורך בחישובים מתמטיים מסורבלים, לצורך חיבור רעשים, נוכל לבצע חיבור דציבלים בשיטה מקורבת, תוך שימוש בטבלה מס' 2.

השיטה המקורבת לחיבור דציבלים:

כדי לחבר שני מיפלסי רעש, צריך לחשב את ההפרש בין המיפלסים אותם אנו רוצים לחבר, ולהוסיף למיפלס הגבוה מבין השניים. את הערך המתאים (מתוך טבלה 2 או איור 2). כאשר צריך להעריך את ההשפעה המשולבת של מספר מקורות רעש, אפשר לחבר אותם באופן דומה ע"י חיבור שני רעשים בכל פעם.

טבלה 2 - טבלה מקורבת לצורך חיבור מיפלסי רעש

הפרש בין 2 מיפלסי הרעש	מספר dB שיש להוסיף למיפלס הגבוה
0 - 1	3
2 - 4	2
5 - 9	1
≥ 10	0



דוגמאות:

1. חיבור שני מיפלסי רעש:

רעש הנמדד ליד מכונה הוא 84 דציבל. מה יהיה מיפלס הרעש אם נציב בסמוך מכונה נוספת שמיפלס הרעש שלה הוא 81?

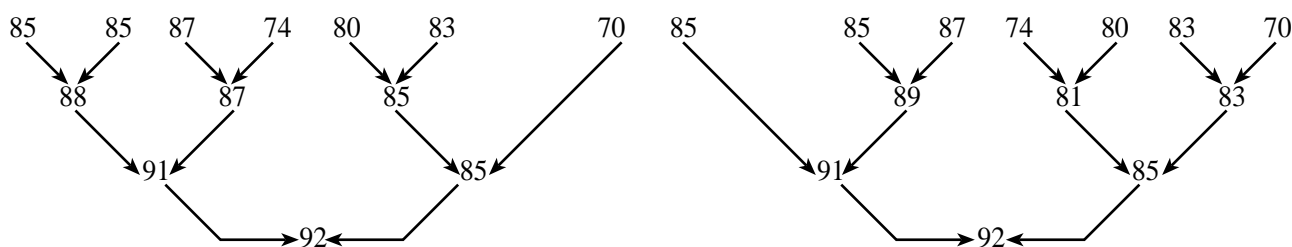
א. ההפרש בין 2 הרעשים: $84 - 81 = 3$.

ב. לפי הטבלה המקורבת יש להוסיף למקור הרעש הגבוה 2 דציבל, ולכן מיפלס הרעש משתי המכונות יהיה $84 + 2 = 86$.

2. חיבור מספר מיפלסי רעש:

לאיזה מיפלס רעש נצפה כאשר נפעיל בו בזמן 7 מכונות, שמיפלס הרעש שלהן הוא כדלקמן: 85, 85, 87, 74, 80, 83, 70.

כדי לפתור את הבעיה נוכל לחבר כל שני רעשים שנבחר, כך למעשה, קיימות אפשרויות שונות להגיע לפתרון. להלן שתיים מהן:



ג. ספקטרום התדרים

באיור מסי' 1 הדגמנו גל קול שיש לו תדירות אחת - טון טהור. במציאות, הרעשים והקולות שמקיפים אותנו הרבה יותר מורכבים ומכילים שילובים של הרבה תדירויות.

טווח התדירויות הרלוונטי לגבינו הוא רחב למדי - 20-20,000 הרץ.

במקרים רבים אנו נדרשים למידע מפורט יותר על התדירויות, ולשם כך אנחנו מפרקים את תחום התדרים לטווחים צרים יותר - פסים.

1. פס אוקטבה

החלוקה הנפוצה והמקובלת לצורך מדידות רעש היא החלוקה לפסי אוקטבה. התדירות העליונה של כל פס אוקטבה גדולה פי 2 מהתדירות התחתונה שלו. לכל פס הוגדרה תדירות מרכזית, שהיא הממוצע הגיאומטרי של התדירות העליונה והתחתונה שבו.

לפי החלוקה הבינלאומית המוסכמת נעסוק בתדירויות המרכזיות הבאות:

16,000, 8,000, 4,000, 2,000, 1,000, 500, 125, 63, 31.5 הרץ.

כל תדירות מרכזית מייצגת את טווח התדירויות, שבפס, כפי שמפורט בטבלה מסי' 3. לדוגמה: תדירות מרכזית של 2000 הרץ היא המספר המייצג של הפס המשתרע בתחום 1400-2800.

במדידות רעש אפשר לבדוק את עוצמת הרעש (dB) לכל פס אוקטבה. בצורה כזו אנו מקבלים אינפורמציה מספקת לגבי חלוקת אנרגיית הרעש לתדירויות השונות תוך ביצוע מספר סביר של מדידות (מדידה לכל פס, 10 מדידות בסה"כ).

טבלה מספר 3 - חלוקה לפסי אוקטבה

22.4	45	90	180	355	710	1400	2800	5600	11200	תדירות תחתונה
31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	תדירות מרכזית
45	90	180	355	710	1400	2800	5600	11200	22400	תדירות עליונה

2. פס 1/3 אוקטבה

לפעמים, בעיקר כאשר עוסקים בטיפול הנדסי לרעש, יש צורך במידע **מפורט** יותר על אופי הקול. במקרים כאלה אפשר להשתמש בפסים ברוחב $1/3$ אוקטבה (ופחות). התדירות העליונה בכל פס $1/3$ אוקטבה גדולה פי $\sqrt[3]{2}$ מהתחתונה שבו. למעשה, כל פס אוקטבה חולק ל-3 פסים של $1/3$ אוקטבה.

ד. הגורם הסובייקטיבי שברעש

תחושת הקול, או במילים אחרות עוצמת הקול כפי שהיא נשמעת לנו, נקראת רום הקול (ובאנגלית loudness) ותלויה בלחץ הקול, המתבטא במשרעת וגם בתדירותו. קול בתדר מסוים יכול להישמע חזק יותר מקול בתדר אחר, גם אם לחץ הקול שלהם זהה. התדירות ולחץ הקול הם ערכים פיזיקליים הניתנים למדידה אובייקטיבית; אבל הקשר בין המדידה הפיזיקלית האובייקטיבית לתחושת השמיעה הסובייקטיבית איננו פשוט. הקשר הנ"ל מודגם בעקומת שווה השמיעה.

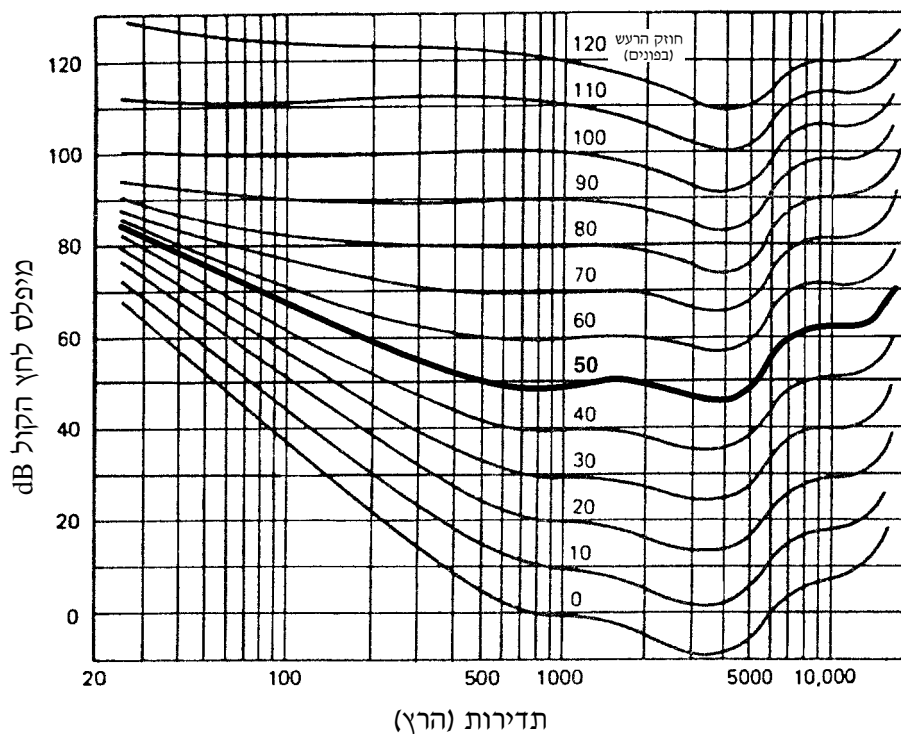
1. עקומת שוות שמיעה

העקומה שבאיור 3 מסבירה את הקשר שבין עוצמת הרעש הנמדד (גודל פיזיקלי) לבין עוצמת הרעש כפי שאנחנו שומעים אותו, בהתאם לתדירויות השונות.

לצורך בניית העקומה הגדירו את יחידת ההרגשה הסובייקטיבית - הפון. ערך הפון זהה לערכי הדציבל בתדירות 1000 הרץ.

כדי ליצור את העקומה, השמיעו לנבדקים, לסירוגין, טון ייחוס (בתדירות 1000 הרץ) וטון נבחן. הנבדק התבקש להתאים את עוצמת הטון הנבחן עד שיישמע לו זהה לטון הייחוס. העקומה הורכבה מהתוצאה של מבחנים אלה כפי שנתקבלה מנבחנים רבים.

הקווים שבעקומה מייצגים את עוצמת לחצי הקול בכל תדירות, אשר מעוררים בנבדק הממוצע תחושה דומה לעוצמת הקול. לדוגמה: העקומה המודגשת באיור 3 היא זו העוברת ב-50 dB בתדירות 1000 הרץ. מתוך העקומה מסתבר שאנחנו שומעים בעוצמה של 50 פון - קולות שתדירותם 2000 הרץ ומיפלסם (הנמדד) 60 dB; או 80 הרץ במיפלס 58 dB, או 35 הרץ בעוצמה של 80 dB.



איור 3 - עקומות שוות שמיעה

2. מסננים A, B, C

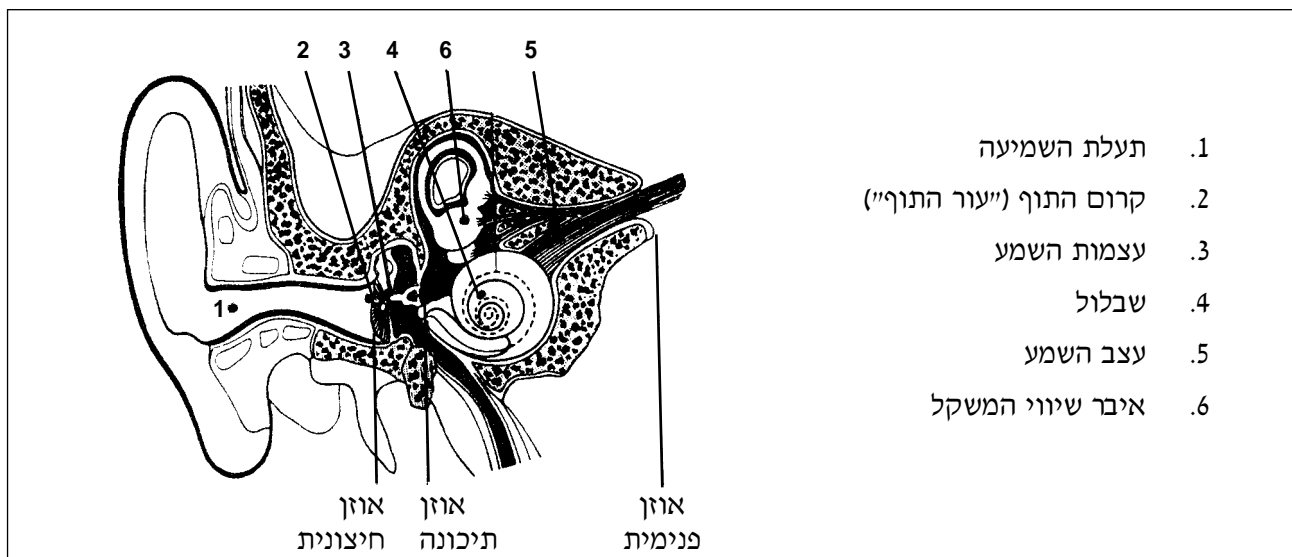
בכדי להתאים ולקרב בין תוצאות המדידה הפיזיקלית האובייקטיבית של מכשירי המדידה לבין תגובתנו הסובייקטיבית לרעש, הותקנו על גבי מכשירי המדידה מסננים שונים. המסננים הנפוצים יותר הם מסנני A, B, C כיום, בעקבות הסכמה בין-לאומית, מבוצעות בדיקות רעש לצורך הערכת החשיפה במקומות עבודה באמצעות מסנן A. תוצאת המדידה נרשמת בהתאם: dB(A). את בדיקות הרעש ניתן לבצע ב-dB או ב-dB(A) בהתאם למטרת המדידה. ישנה אפשרות לעבור מ-dB ל-dB(A) תוך ביצוע תיקונים חשבוניים.

טבלה 4 - תגובת מד הרעש למסננים השונים, בהתאם לתדירות.

תדירות Hz.	התיקון ל-dB(A)	התיקון ל-dB(B)	התיקון ל-dB(C)
31.5	-39.4	-1.17	-3.0
63	-26.2	-9.3	-0.8
125	-16.1	-4.2	-0.2
250	-8.6	-1.3	0
500	-3.2	-0.3	0
1000	0	0	0
2000	+1.2	-0.1	-0.2
4000	+1.0	-0.7	-0.8
8000	-1.1	-2.9	-3.0

ה. השפעת הרעש על האדם

בפרק זה נפריד בין הפגיעה במערכת השמע לבין השפעה חוץ שמיעתית. ההשפעה ה"חוץ שמיעתית" כוללת את כל סוגי ההשפעה שאין להם קשר לפגיעה בחוש השמע.



איור 4 - מבנה האוזן

1. השפעה על מערכת השמיעה

מבנה האוזן

מקובל לחלק את האוזן לחיצונית, תיכונה ופנימית (ראה איור 4). **האוזן החיצונית** כוללת את האפרכסת ותעלת השמע; בינה לבין האוזן התיכונה חוצץ עור התוף. **באוזן התיכונה** נמצאים 3 עצמימי השמע: הפטיש, הסדן והארכובה. **האוזן הפנימית** כוללת את השבלול ואיבר שיווי המשקל.

במרכז השבלול נמצא "איבר קורטי". איבר קורטי מכיל תאי חישה המצויידיים באלפי ריסים זעירים מאוד והוא מהווה, למעשה, את מרכז חוש השמע. בתאי חישה אלה נעשית המרת האנרגיה המכנית של הקול לדחפים עצביים, אשר מפורשים ע"י המוח כ"קולות". תאי חישה באזורים שונים לאורך השבלול מגיבים לתדירויות שונות של הקול.

הפגיעה במערכת השמיעה

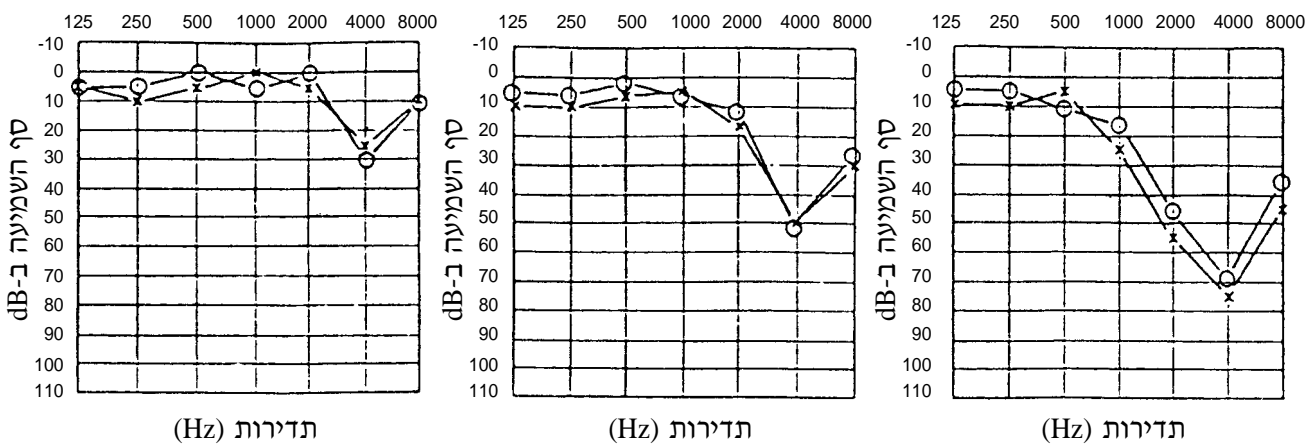
חשיפה קצרה לרעש תגרום להיסט סף זמני או לפגיעה זמנית ביכולת השמיעה. כושר השמיעה עשוי לחזור למצבו הנורמלי אחרי תקופת מנוחה, והודות ליכולת החלמה מסויימת של האוזן. חשיפה חוזרת או מתמשכת לרעש גורמת לשינויים פתולוגיים בשבלול, ולהיסט סף קבוע ביכולת השמיעה - תופעה המכונה **נזק מושרה רעש**.

השפעת הרעש על השמיעה תלויה בגורמים רבים, כמו מיפולס הרעש, אופי הרעש, משך החשיפה; כמו גם תכונות הנפגע. הפגיעה ביכולת השמיעה מתרחשת באיטיות, ובדרך כלל העובד לא מודע לכך בתחילת התהליך.

תהליך אובדן השמיעה מן הסוג הזה, אם החל, איננו הפיך, והנזק איננו ניתן לתיקון. כאשר האדם מודע לאובדן השמיעה הנזק כבר גדול.

איתור הפגיעה בשלבים ההתחלתיים יכול להיעשות ע"י בדיקת כושר השמיעה בעזרת מכשיר הנקרא אודיומטר. הבדיקה קצרה יחסית ופשוטה. במהלכה משמיעים לנבדק, היושב בתא מבודד, טונים בתדירויות שונות בעוצמה גוברת, ועליו לסמן לבדוק כאשר הוא מתחיל לשמוע. התוצאה נרשמת בטופס מיוחד - אודיוגרמה.

באיור 5 מוצגת סידרת תרשימי אודיוגרמיה אשר מצביעים על פגיעה טיפוסית (הולכת וגדלה) כתוצאה מחשיפה מתמשכת לרעש. אובדן השמיעה המקסימלי הוא בד"כ בתדירות 4000 הרץ.



איור 5 - תרשימי אודיוגרמה

2. השפעה חוץ-שמיעתית של הרעש

פגיעת הרעש במערכת השמיעה מובנת ומוכרת; אך לרעש יש גם השפעה נוספת על הגוף, מעבר למערכת השמע. כך, לדוגמה, יש לרעש השפעה פיזיולוגית על הגוף (החשת קצב פעימות הלב, שינויים בלחץ הדם); השפעה פסיכולוגית (עייפות, מתח, פגיעה בריכוז) ועוד. חלק מהתופעות הללו ידועות כתגובה של הגוף למצבי לחץ בכלל.

ההשפעה החוץ-שמיעתית של הרעש מוכרת פחות ונחקרת כיום בהרחבה. מעבר לנזק הבריאותי שתופעות אלה עלולות לגרום, יש לרעש גם השפעה שלילית על כושר הביצוע של העובד ו/או להגברת הסכנה לתאונות עבודה.

1. בקרה ואמצעי מניעה

1. גישות כלליות

אמצעי בקרה לבעיית הרעש משמשים בעיקר להורדת הרעש למיפלס סביל ככל האפשר, מתחת ל-85 dB(A), כדי למנוע נזק למערכת השמיעה. יחד עם זאת, הנמכת מיפלס הרעש גם תורמת להגדלת פרוץ העבודה, להקטנת שגיאות שנעשות במהלך העבודה ולהקטנת הסיכונים לאירועי תאונות בעבודה.

פעולה נכונה נגד הרעש תיעשה כבר בשלב התכנון של המבנה או הציוד. זוהי הדרך היעילה מכל הפתרונות האחרים, אשר נעשים בשלבים מאוחרים יותר.

בחלק גדול מהמקרים לא נלקחים אמצעי הבקרה בחשבון בשלב התכנון ואז, כאשר ניתן, עדיף לסלק את מקור הרעש עצמו ממקום העבודה או להעביר את העובדים לאזורים שאינם רועשים.

בבעיית הרעש ניתן לטפל בדרכים רבות ומגוונות, חלקן מוכרות בטבלה הבאה:

הפחתת הרעש במקור ע"י
■ החלפת ציוד ותהליכי עבודה
■ הכנסת שינויים בציוד הקיים
■ תחזוקה נכונה
הפחתת הרעש במסלול ע"י:
■ בידוד חלקי מכונה רועשים
■ בידוד המכונה
■ הגדלת הטווח בין המכונה לאדם
■ ציפוי תקרה, רצפה, קירות.
הגנה על העובד ע"י:
■ אמצעי מגן אישיים:
* אוזניות
* אטמים
■ אמצעים אדמיניסטרטיביים

הדרך הנכונה והעדיפה לפתור את בעיית הרעש היא הטיפול באמצעים טכניים הנדסיים במקור הרעש או בעדיפות שניה: במהלך המסלול שלו אל האדם העובד.

באופן זמני ועד ליישום אמצעים הנדסיים, ניתן לספק לעובד ציוד מגן אישי או לנקוט באמצעים ניהוליים. מסיבות הידועות לכל העוסקים בתחום, הפתרונות האחרונים מהווים "קו הגנה אחרון" שאין להסתפק בו. גם המחוקק נתן את דעתו לבעייתיות בשימוש בציוד להגנת השמיעה (צל"ש): **"השימוש במגיני אוזניים יהיה עד אשר יופחתו מיפלסי הרעש הגבוהים באמצעים טכניים-הנדסיים ויגיעו לרמה הנמוכה מהחשיפה המרבית המותרת. השימוש במגיני אוזניים לא יהווה תחליף לטיפול הנדסיים, אלא אם קבע מפקח עבודה אזורי אחרת"**.

למרות זאת במקומות עבודה רבים עדין מסתמכים על צל"ש, ולכן נתייחס מעט לנושא.

2. ציוד מגן אישי

סוגי הציוד הנפוצים נחלקים ל-3 קבוצות עיקריות:

- **אטמים** - מוכנסים לתוך תעלת האוזן ואוטמים אותה.
- **אוזניות** - עוטפות את האפרכסת ומפחיתות חדירת רעש לתוכה.
- **קשת אטמים** - ציוד חדיש יחסית, אשר מונח על פתח תעלת האוזן וחוסם את חדירת הרעש לתוכה.

שיקולים בבחירת צל"ש

בין השיקולים הרבים לבחירה נכונה של ציוד להגנת שמיעה יש להתייחס ל:

- **המשתמש** - ידוע כיום שהמשתמש הוא גורם קריטי בהגנה שהציוד מקנה בפועל. חשוב לשתף את המשתמש בשיקולי הבחירה, כדי להגדיל את נכונותו ואת המוטיבציה שלו לעשות שימוש בציוד. מעבר לכך, תכונות מסוימות שיש למשתמש עלולות לפגוע ביעילות ההגנה, לדוגמה: שיער ארוך או משקפיים.
- **כושר הנחתה** - בבחירת צל"ש יש להתחשב בכושר ההנחתה שלו, בהתאם לאופי הרעש במפעל.
- **תנאים סביבתיים**: חשוב להתייחס לסביבת העבודה, לדוגמה: סביבה לחה וחמה, סביבה מזוהמת ועוד.

כושר הנחתה של צל"ש

סוגי צל"ש תקינים מסופקים עם נתוני הנחתה שלהם. הנתון המעשי לצרכינו הוא מספר NRR. מספר זה, שהתקבל מתוך מבחני מעבדה, מציין בכמה דציבלים מוריד הצל"ש את הרעש שבסביבה. הדבר נעשה תוך שימוש בנוסחה:

$$\text{רמה מוערכת באוזן } \text{dB(A)} - \text{NRR} = \text{dB(A)} \text{ מיפלט מדוד}$$

דוגמא לשימוש בנוסחה:

נתונים: בעמדת עבודה נמדד רעש של 95 dB(A). לפי נתוני היצרן ה-NRR של הצל"ש הוא 18.

חישוב: הרעש המשוער באוזנו של העובד הוא: $95 - 18 = 77$

חשוב: למעשה, הערך המתקבל לגבי הרעש המשוער באוזן, רחוק מלהיות מדויק. הוא מבוסס על מבחני מעבדה שאינם משקפים את המצב בשטח. לפיכך יש להפחית מערך NRR 20%-50% מנתוני היצרן, תלוי בצל"ש עצמו. חשוב לזכור: **כדי שההגנה תהיה טובה ככל האפשר - חובה להקפיד על שימוש רצוף בצל"ש (ולא להסירו בסביבה רועשת) ועל אטימה מוחלטת של הציוד מפני פליטת רעש.**

ז. תקנות

עניין הרעש במקומות עבודה נדון, בעיקרו, בתקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים ברעש), התשמ"ד-1984.

לפי התקנים מוגדר **רעש מזיק** כרעש שמיפלסו גבוה מהערכים המותרים בתקנות, ואשר עלול לגרום לנזק בריאותי לעובד החשוף לו במקום עבודתו. הערכים המותרים בתקנות מפורטים בטבלאות 5 ו-6, שלהלן.

לפי התקנות נחשב כ"עובד ברעש מזיק" גם מי שעובד באחד מתהליכי העבודה הבאים:

1. חציבה, פיצוץ, גריסה וטחינה;
2. ניפוט, טוויה, שזירה ואריגה מכניים;
3. ניסור, השחזה וליטוש מכניים;
4. נגרות מכנית;
5. מסגרות ופחחות, לרבות סימור, וחיתוך מתכות בגזים;

6. הפעלת ציוד מכני הנדסי וטרקטורים ללא תא מפעיל סגור;
7. הפעלת פטישים פנאומטיים;
8. ניקוי עם או התזה בעזרת אוויר דחוס;
9. הפעלת מכבשים, למעט מכבשים הידראוליים;
10. הפעלת מלגוזות בדיזל או בגז, ללא תא מפעיל סגור;
11. הסקת דודי קיטור בדלק נוזלי;
12. הפעלת מדחסי אוויר.
13. הפעלת טורבינות וגנרטורים, מכסחות דשא, חרמשים ממונעים ומשורי שרשרת המונעים באמצעות מנוע של שריפה פנימית.

טבלה 5 - חשיפה משוקללת מותרת לרעש מתמשך והתקפי

משך החשיפה המרבי המותר ליום עבודה	מיפלס הרעש דציבל(A) - dB(A)
שעות	
24	80
16	82
8	85
4	88
2	91
1	94
דקות	
30	97
15	100
7.5	103
3.75	106
1.88	109
0.94	112
0.5	*115

* החשיפה לרעש משוקלל שמיפלסו מעל 115 dB(A) אסורה

טבלה 6 - חשיפה מרבית מותרת לרעש התקפי

מספר ההתקפים המירבי המותר של רעש התקפי ביום עבודה בן 8 שעות	מיפלס הרעש בדציבל*
100	**140
1,000	130
10,000	120

* כפי שנמדד ב-dB Peak במכשיר מדידה מכויל המיועד לרעש התקפי.
 ** חשיפה למיפלס רעש התקפי שמעל 140 דציבל אסורה.

בהתאם לתקנות, כאשר במקום העבודה עובדים ברעש מזיק או כאשר מיפלסי הרעש גבוהים מהמותר, על המעביד לנקוט בשורה של אמצעים כגון:

- עריכת בדיקות סביבתיות אחת לשנתיים לפחות;
- הפחתת מיפלס הרעש אליו חשוף העובד באמצעים טכניים הנדסיים;
- בידוד מקום העבודה המרעיש;
- הדרכת עובדים לגבי הנזק הבריאותי;
- אספקת מגיני אוזניים מתאימים ותקינים לעובדים.

המוסד לבטיחות ולגיהות

ההנהלה, מחלקת מנגנון

תל-אביב, רחוב מזא"ה 22, ת.ד. 1122, מיקוד 61010,
טל' (03)5266444, פקסי (03)5266457

מחלקת כספים

תל-אביב, רחוב מזא"ה 22, ת.ד. 1122, מיקוד 61010,
טל' (03)5266458, פקסי (03)5266457

מחלקת הנדסה, מחלקת גיהות

תל-אביב, רחוב מזא"ה 22, ת.ד. 1122, מיקוד 61010,
טל' (03)5266439, פקסי (03)5266456

מרכז מידע

תל-אביב, רחוב מזא"ה 22, ת.ד. 1122, מיקוד 61010,
טל' (03)5266455, פקסי (03)5266456

מחלקה לפיתוח ויישום פרויקטים

תל-אביב, רחוב מזא"ה 22, ת.ד. 1122, מיקוד 61010,
טל' (03)5266481, פקסי (03)6208230

מחלקת הדרכה

בת-ים, מגדלי הים התיכון, רח' הים 2,
טל' 5553070-1, (03)5553003, פקסי (03)6593449

מחלקת הוצאה לאור

תל-אביב, רחוב מזא"ה 22, ת.ד. 1122, מיקוד 61010,
טל' (03)5266476, פקסי 03-6208232

ענף הפצה

בת-ים, מגדלי הים התיכון, רח' הים 2,
טל' (03)6575147, פקסי (03)6675148

סניפי המוסד

ירושלים: רח' דרך בית לחם 118/ב', ת.ד. 2282, מיקוד 91022
טל' 6732880, (02)6723110, פקסי (02)6732880
תל-אביב: רח' מזא"ה 22, ת.ד. 1122, מיקוד 61010
טל' (03)5266465; (03)5266466, פקסי (03)6208596
חיפה: דרך העצמאות 60, ת.ד. 616, מיקוד 31006
טל' 8669062, 8672077, 8671483, (04)8645586, פקסי (04)8671483
באר-שבע: רח' קרן היסוד 21/29, ת.ד. 637, מיקוד 84105
טל' 6276389, (07)6275129, פקסי (07)6275129