

רעש מזיק במקומות עבודה

מאת: רון וייזנגר

- ◀ מהו קול ומהו רעש?
- ◀ איך אוכל לדעת אם מקום העבודה שלי רועש מדי?
- ◀ מהן בדיקות הרעש במקומות עבודה?
- ◀ מהי התייחסות החוק לרעש מזיק במקומות עבודה?

בעיית החשיפה לרעש משותפת למקומות עבודה רבים בענפי תעסוקה רבים כמו: הבניין, החקלאות והתעשייה. חשיפה בהיקף גדול כזה מעלה את הסיכוי לנזקים הבריאותיים הכרוכים מהרעש המזיק. ואכן, הפגיעה בשמיעה היא מחלת מקצוע רווחת מאוד (הפגיעה בשמיעה במקום ראשון או שני) בארץ ובעולם.

הרעש הוא מקור לדאגה גם במשרדים רועשים, באולמות לקבלת קהל, באולמות שמחה ובבתי ספר שבהם הוא קיים בעיקר כמטרד.

אומנם פגיעתו של הרעש בשמיעה מוכרת יותר, אך לרעש גם השפעות נוספות לאדם העובד, כמו תגובות דמויות לחץ (דופק מואץ, עליה בלחץ דם). רעש גבוה פוגע בפריון העבודה ומהווה סיכון בטיחותי.

הדרך העדיפה לטפל ברעש היא לרכוש מלכתחילה מכוונות רועשות פחות, או להפחית את הרעש תוך שימוש בטכנולוגיות הנדסיות במקור היווצרותו. ציוד מגן אישי נחשב כפתרון זמני - גם על פי חוק.

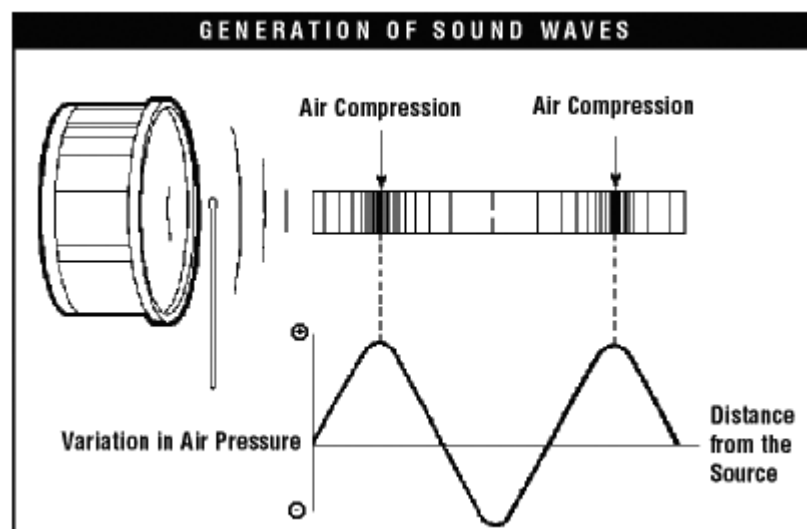
הצעד הראשון בטיפול בבעיית הרעש הוא זיהוי אזורים ותהליכים רועשים.

מהו קול ומהו רעש?

קיימות הגדרות רבות לרעש ולקול אך מקובל ש: קול הוא מה שאנחנו שומעים ורעש הוא קולות לא רצויים. ההבדל בין רעש וקול תלוי במאזין ובנסיבות. מוזיקת רוק יכולה להיות קול נעים לאחדים מאיתנו, ולאחרים - רעש בלתי נסבל. גם התזמורת באולם החתונות לחלקנו נעימה ולאחרים היא מהווה "חור בראש". הרעש אם כך הוא גורם סובייקטיבי. בכל מקרה, רעש בעוצמות גבוהות בחשיפה מתמשכת עלול לגרום לפגיעה בריאותית. מבחינה פיזיקלית, קול הוא תופעה גלית של שינויי לחצים בסביבה.

כיצד נוצר הקול?

באוויר, התקדמות הקול היא השתנות לחצים (P) מעל ומתחת ללחצי האטמוספירה בסביבה. הגורם המוכר יותר להיווצרות הקול הוא ויברציה של עצמים שיוצרת שינוי לחץ. שינויים אלו בלחץ האוויר עוברים כגל דרך האוויר (או חומרים אחרים) ויוצרים את הקול. באוויר, רואים מקל שמכה על תוף. התוף רוטט קדימה ואחורה ותנועתו דוחפת או מושכת את האוויר ויוצרת לחץ גבוה ולחץ נמוך. כך, רוטט התוף יוצר שינוי לחץ שמתקדמים כגל.



מה עוד כדאי לדעת על גל הקול?

לגל הקול מספר מאפיינים שכדאי להכירם בכדי להבין בהמשך נושאים חשובים כמו בחירת ציוד מגן אישי, אמצעי בקרה ומדידות.

משרעת (אמפליטודה)

המשרעת- גובה הגל - (A) משקפת את השינוי בלחצים, קול חזק - שינוי גדול במשרעת, קול חלש - שינוי קטן יותר.

בתדירויות מסוימות - ככל שהמשרעת גדולה יותר הקול נשמע חזק יותר.



תדירות (f)

בהגדרה: מספר המחזורים שמבצע גל ביחידת זמן. כאשר מדובר בגלי קול - מספר מחזורי גל הקול בשנייה. יחידת המידה של התדירות היא הרץ (Hz). הרץ הוא מספר המחזורים שגל הקול מבצע בכל שנייה. האוזן האנושית רגישה לתחום תדירויות רחב - בין 20 הרץ ל-20,000 הרץ (אוזן בריאה של אדם צעיר). לתדירויות שמעל או מתחת לערכים אלה, למרות שאינן נשמעות באזני האדם, יש השפעה על הבריאות, בהתאם למשך החשיפה ולעוצמת הקול. קול בתדירות נמוכה מ-20 הרץ נקרא תת-קול (אינפרה-סאונד). קול בתדירות גבוהה מ-20,000 הרץ נקרא על-קול (אולטרה-סאונד). התדירויות של קולות דיבור אנושי הן בטווח של 300-4000 הרץ.

אורך גל

בהגדרה: המרחק שעובר הגל במהלך מחזור אחד. אורך הגל מסומן באות λ ונמדד ביחידות אורך (מטרים). לאורך הגל יש השפעה על התנהגות הגל (בעקיפת מחסומים, מחיצות וכו').

מהירות הקול:

מהירות התקדמות הגל בחומר תלויה בצפיפות החומר. מהירות גל הקול באוויר היא 344.4 מטר לשנייה. מהירות זו נמוכה בהרבה ממהירות תנועתם של גלי האור באוויר (כ-300,000 ק"מ/שנייה). זו הסיבה לכך שהברק נראה לעינינו לפני שנשמע הרעם. מהירות גל הקול בנוזלים ובמוצקים גבוהה יותר, במים: כ-1,500 מטר/שנייה, בפלדה: כ-6,000 מטר/שנייה.

הקשר בין מהירות הקול לתדירות:

בין אורך הגל התדירות והמהירות קיימת נוסחה מקשרת. היות וגלי הקול מתפשטים בתווך מסוים במהירות קבועה, ניתן לחשב את אורכם כך:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

כאשר:

f = תדירות
 v = מהירות ההתפשטות (באוויר 344.4 מטר לשנייה)

איך אוכל לדעת אם מקום העבודה שלי רועש מדי?

אם התשובה לאחת מהשאלות הבאות היא חיובית במקום העבודה תיתכן בעיית רעש.

- האם העובדים צריכים להרים קולם כאשר הם מדברים?
- האם לעובדים יש צלולים באוזניים בסיום המשמרת?
- האם כאשר העובדים יוצאים בסוף יום העבודה הם צריכים להעלות את עוצמת הרדיו יותר מדרכם אל העבודה.
- האם לעובדים הוותיקים יש בעיה להבין את מה שמדברים אליהם?

אם יש בעיית רעש, או אם אתם חושדים שקיימת בעיה כזו, יש לבצע במקום העבודה סקר רעש לקביעת המקורות לרעש ומי מהעובדים חשוף לרעש.

מהן בדיקות הרעש במקומות עבודה?

על פי דרישת התקנות (רעש מזיק במקומות עבודה) יש לבצע הבדיקות הבאות:

- בדיקות שטח (מיפוי) לצורך סימון ציוד רועש.
- בדיקות אישיות (באמצעות מד רעש או דוזימטר) לקביעת חשיפת העובד.
- לאחר ביצוע הבדיקות מעביר הבודק את תוצאות הסקר ביחידות dB(A).

קיימות בדיקות נוספות לרעש בהתאם למטרת הבדיקה: למשל בדיקה לצרכי בקרת מכשור, בדיקת ספקטרום תדרים ועוד.

מי מבצע את הבדיקות ואיך אפשר להזמין אותן?

את הבדיקות יבצע בודק מעבדתי שהוסמך לכך ע"י אגף הפיקוח שבמשרד התמ"ת. רשימה מעודכנת של הבודקים המוסמכים נמצאת באתר התמ"ת.

מהו הדיציבל?

יחידות המדידה - דיציבלים

עוצמת הקול נמדדת ביחידות לחץ. יחידות הלחץ המקובלות באקוסטיקה הן ניוטון/מ"ר (כוח על יחידת שטח). אוזן האדם מגיבה לטווח גדול מאד של שינויי לחצים. שינוי הלחץ הנמוך ביותר שאוזן האדם מסוגלת לקלוט (סף השמיעה) הוא 0.00002 ניוטון/מ"ר (2×10^{-5}) ב- 1000 הרץ. שינוי הלחץ הגבוה ביותר שאנו מסוגלים לסבול (סף הכאב) הוא 200 ניוטון/מ"ר. היחס בין שני הגדלים הללו הוא: $1:10^7$.

התחום הרחב הזה, שאליו מגיבה האוזן האנושית גורם לקשיים מעשיים במדידה. בתחומי הפיזיקה, במקרים שבהם עוסקים בטווחים רחבים מאוד - נהוג להשתמש בסקאלה לוגריתמית, אשר מכווצת את הסקלה (הסבת סקאלה לסקאלה לוגריתמית גורמת לצמצום ניכר בטווח של הסקאלה המקורית). כך נעשה גם בנוגע לטווח הרחב של לחצי הקול שהאוזן האנושית מגיבה אליהם. הקולות החלשים ביותר שהאוזן שלנו יכולה לקלוט הם צלילים שעוצמתם גבוהה מ- 0 דציבלים (סף השמע). הקולות החזקים ביותר שאנו מסוגלים לסבול הם קולות ברמת רעש של 120 (סף הכאב).

מהי המשמעות של הדיציבל?

חשוב להבין שהדיציבל שונה מיחידות אחרות המוכרות לנו, כגון משקל, אורך וכד'. הדיציבל - יחידה לוגריתמית, ולכן אי אפשר לחבר או לחסר מיפלי רעש כשם שאנחנו עושים כרגיל. שינויים קטנים במיפלי הרעש הנמדד מורים על שינויים גדולים בעוצמתו. כך, לדוגמה, כאשר מיפלי הרעש עולה ב- 3 דציבל, עוצמת מקור הרעש תוכפל. (לדוגמה: כאשר מיפלי הרעש עולה מ- 80 ל- 83 dB עוצמת הרעש מוכפלת). באופן דומה, כאשר בעקבות טיפול להקטנת רעש ירד המיפלי ב- 3 דציבל, פחתה למעשה עוצמת מקור הרעש ב- 50%; ואם נוריד את מיפלי הרעש "רק" ב- 6 דציבל - האנרגיה של המקור תיפחת ב- 75%.

סדרי גודל לרעשים שונים

להלן טבלת מיפלי רעש של מספר קולות מוכרים. בעמודה הראשונה - מיפלי הרעש בדציבלים. בעמודה השנייה - הלחץ ביחידות לחץ.

מקור הקול	מיפלי (דציבל)	לחץ (ניוטון למ"ר)
סף השמיעה	0	0.00002
לחישה	30	0.00063
משרד שקט	40	0.002
דיבור רגיל	60	0.02
מסעדה רועשת	80	0.2
אבן משחזת	90	0.63
תזמורת	110	6.3
גנרטור גדול	120	20.0

תחום התדרים

ההסברים לגבי גל הקול התרכזו, עד כה, בצליל ה"טהור". במציאות - הרעשים המקיפים אותנו מורכבים הרבה יותר, וכוללים שילוב של הרבה מאוד תדריות. במקרים רבים, בעיקר כאשר עוסקים בבקרת רעש, יש צורך במידע מפורט יותר על התדריות. לצורך כך חולק תחום התדרים לטווחים צרים יותר הנקראים פסים.

פסי אוקטבה

החלוקה הנפוצה והמקובלת לצורך מדידות ספקטרום הקול היא החלוקה לפסי אוקטבה. ספקטרום התדריות הנשמע לאוזן האנושית (מ- 20 עד 20,000 הרץ) חולק ל- 10 פסים, שכל אחד מהם נקרא "פס אוקטבה". התדריות העליונה של כל פס אוקטבה גדולה פי 2 מן התדריות התחתונה שלו. לכל פס הוגדרה תדריות מרכזית, שהיא הממוצע הגיאומטרי של התדריות העליונה והתדריות התחתונה. 10 התדריות המרכזיות של פסי האוקטבה הן: 31.5 הרץ; 63; 125; 500; 1,000; 2,000; 4,000; 8,000; ו- 16,000 הרץ.

תדריות תחתונה	22.5	45	90	180	355	710	1,400	2,800	5,600	11,200
תדריות מרכזית	31.5	63	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000	16,000
תדריות עליונה	45	90	180	355	710	1,400	2,800	5,600	11,200	22,400

כדי לתאר פס אוקטבה משתמשים בתדריות המרכזית שלו. לדוגמה: תדריות מרכזית 500 מייצגת את פס האוקטבה הנע בתחום שבין 355 עד 710 הרץ. במדידות אפשר לבדוק את עצמת הרעש (dB) לכל פס אוקטבה. ביצוע מדידה לכל פס (10 מדידות) נותנת מידע לגבי חלוקת אנרגיית הרעש לתדריות השונות.

מדוע מדידות הרעש מבוצעות ביחידות dB(A)?

מסננים A, B, C

מדידות רעש מבוצעות באמצעות מכשירים הן בדיקות אובייקטיביות אך תגובת האוזן לרעש היא סובייקטיבית. האוזן רגישה פחות לתדרים הנמוכים מאוד והגבוהים במיוחד. כדי להתאים בין תוצאות המדידה הפיזיקלית האובייקטיבית של מכשירי המדידה לבין התגובה האנושית, הסובייקטיבית, לרעש בתדריות שונות, ולקרב ביניהן הותקנו על גבי מכשירי המדידה מסננים שונים, שתכונותיהם מבוססות על התגובות של מערכת השמיעה האנושית לתדריות השונות. המסננים הידועים הם מהסוגים הנקראים A, B, ו- C. במקומות עבודה, נקבע שהערכת החשיפה תבוצע עם מסנן מסוג A. לכן מדידות הרעש במקומות עבודה מבוצעים עם מסנן A ומסומנות כ dB(A) = דציבל A.

כיצד מחברים מיפלסי רעש

כאמור לא ניתן לבצע חיבור חשבוני פשוט של מיפלסי רעש (תכונות לוגריתמיות). חיבור מפלסי רעש מצריך שימוש בנוסחאות לוגריתמיות. כדי לפשט את החישוב ניתן להיעזר בדוגמה הבאה שנותנת תוצאה מקורבת.

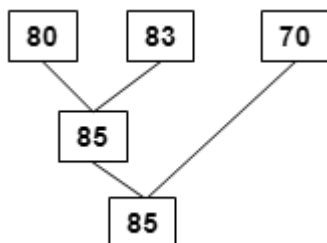
דוגמה לחיבור בין מיפלסי רעש:

מהו מיפלס הרעש בסביבת שתי מכוניות, שמיפלסי הרעש שלהן הם 80 ו-82 דציבלים מופעלות בו זמנית?
השלב הראשון: חישוב ההפרש בין המיפלסים שאותם רוצים לחבר. במקרה שלנו: $82 - 80 = 2$
השלב השני: הוספת ערך מתאים למיפלס הגבוה מבין השניים, עפ"י הטבלה הבאה:

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

כאשר ההפרש הוא 2 (כמו במקרה שלנו) - יש להוסיף למקור הרעש הגבוה, לפי הטבלה, 2 דציבלים. לכן: מיפלס הרעש בסביבת המכוניות הוא: 84 דציבלים ($82 + 2 = 84$).

נתאר מצב שבו מוצבות 3 מכוניות (או יותר) באולם אחד במפעל, היוצרות רעש בו זמנית. חישוב מיפלס הרעש הכללי הוא:



דוגמה לחיבור 3 מיפלסי רעש:

עוצמת הרעש של 3 המכוניות: 80, 83, ו-70 דציבלים.
שלב ראשון: נחבר שני המיפלסים (לדוגמה: 80 ו-83) לפי החישוב הקודם.
ההפרש בין העוצמות: $83 - 80 = 3$.
מוסיפים 2 דציבלים למיפלס הגבוה. הרעש הכולל = 85 דציבלים.
שלב שני: נחבר את הרעש הכולל עם מיפלס הרעש השלישי:
ההפרש בין העוצמות: $85 - 70 = 15$. הרעש הכולל = 85.
מוסיפים 0 דציבלים למיפלס הגבוה. רעש כולל = 85 דציבלים.

הערה: מדובר בהערכה בלבד. נכון לשדה רעש פתוח. אין לצפות שהתוצאה המתקבלת בפועל תהיה זהה.

מהי התייחסות החוק לרעש מזיק במקומות עבודה?

בתקנות לנושא הרעש המזיק במקומות עבודה מפרטות מספר דרישות - רובן מהמעסיק. להלן הנושאים העיקריים שבתקנות*:

- עריכת בדיקות סביבתיות**
- בתקנות מוזכר הצורך לביצוע בדיקות רעש.
- הדרכת עובדים לגבי הנזקים לבריאות**
- "המעביד חייב להדריך את העובדים ברעש מזיק, הן בכתב והן בעל פה, אחת לשנה לפחות, לגבי הנזק הבריאותי מרעש מזיק, והאמצעים שיש לנקוט להשגת גיהות תעסוקתית מתאימה להגנה מפני רעש מזיק."
- טיפול באמצעים הנדסיים**
- המעביד יפחית את מיפלס הרעש באמצעים טכניים והנדסיים שונים. זהו הטיפול המועדף והמומלץ למניעת המיפגע.
- טיפול באמצעים מינהליים**
- המעביד חייב להפחית את משך השהייה של עובד בסביבת רעש מזיק, אל מתחת לזמן החשיפה המירבי המותר עפ"י החוק.
- הספקת אמצעי הגנה לעובדים**
- במקום עבודה או בתהליך עבודה, שבהם נמצאו מיפלסי רעש גבוהים מרמת החשיפה המרבית המותרת, המעביד חייב לספק לכל ה"עובדים ברעש מזיק" מגיני אוזניים מתאימים ותקנים. העובדים חייבים להשתמש במגינים שקיבלו ולשמור על שלימותם וניקיונם. השימוש במגיני אוזניים נדרש כל עוד לא הופחתו מיפלסי הרעש הגבוהים באמצעים טכניים-הנדסיים עד לרמה נמוכה מרמת החשיפה המירבית המותרת. השימוש במגיני אוזניים אינו תחליף לטיפול באמצעים הנדסיים, אלא אם מפקח העבודה האזורי קבע אחרת.
- עריכת בדיקות רפואיות**
- בדיקת קבלה לעבודה**
- בדיקה חוזרת**
- דרישות מן העובד**
- העובד נדרש, בחוק, להשתמש באמצעי המיגון שסיפק לו המעביד ולשמור על שלמותם. כמו כן עליו להגיע במועד לבדיקות הרפואיות שנקבעו לו.

* להכרת עניין התקנות יש לעיין בתקנה במלואה. ראו להלן רכוז התקנות בנושא רעש.

