

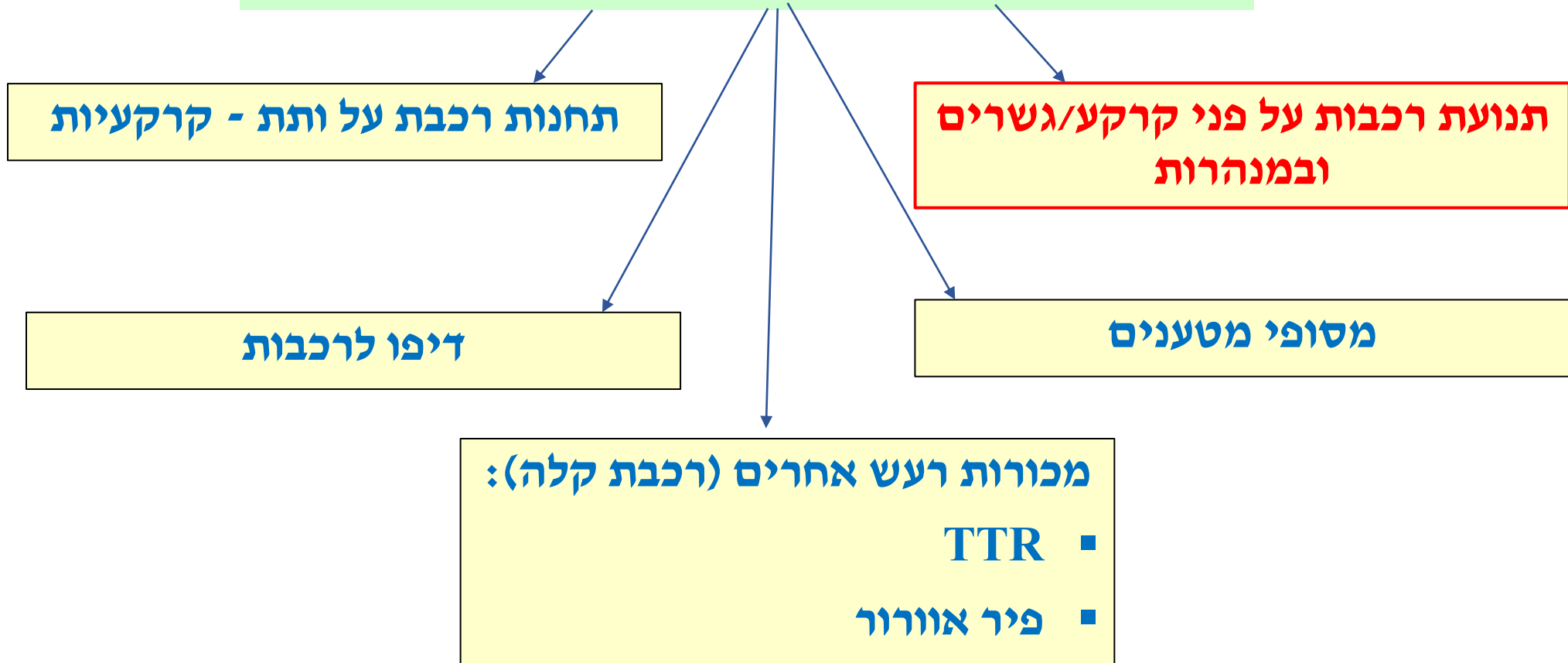


רעש ורעידות ממסילות ברזל





היבטי רעש ורעידות ממסילת ברזל בשלב קבע ובשלב הקמה





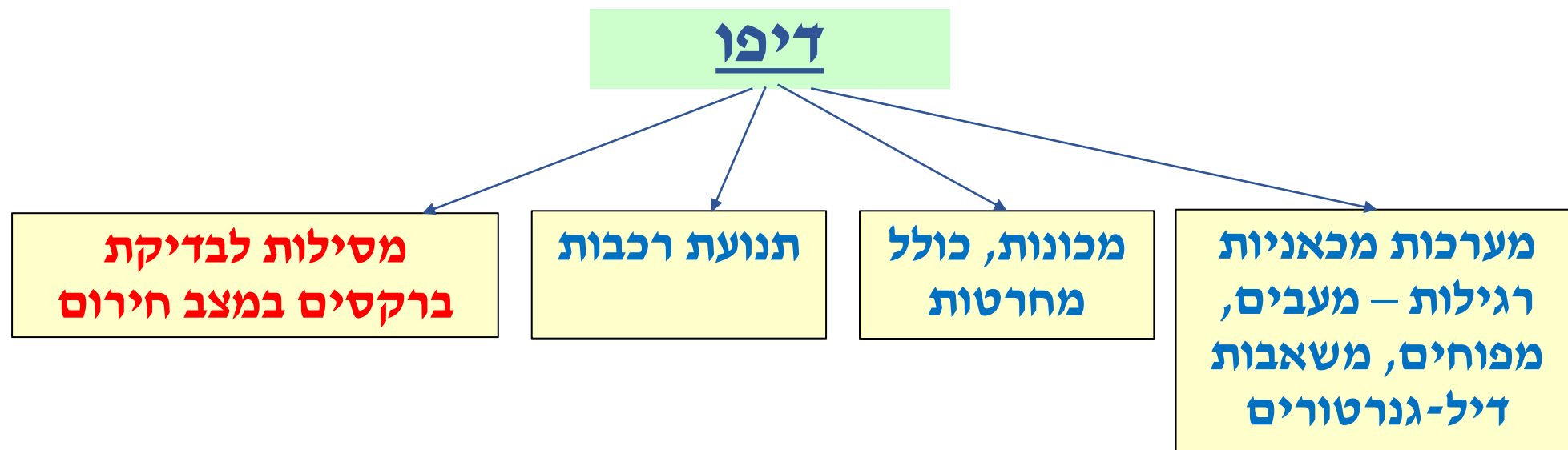
תחנות רכבת

רעש ורעידות סביבתיים

- מערכות מכאניות רגילות – מעבים, מפוחים, משאבות, דיל-גנרטורים
- מערכות כריזה
- **מערכות אורור למנהרות**

רעש ורעידות בתחנות עצמן

- מערכות מכאניות רגילות – מעבים, מפוחים, משאבות, דיל-גנרטורים
- הדהוד בעולם המתנה ומובנות דיבור במערכות כריזה
- **רעש ורעידות מתנועת רכבות**
- **מערכות אורור למנהרות**



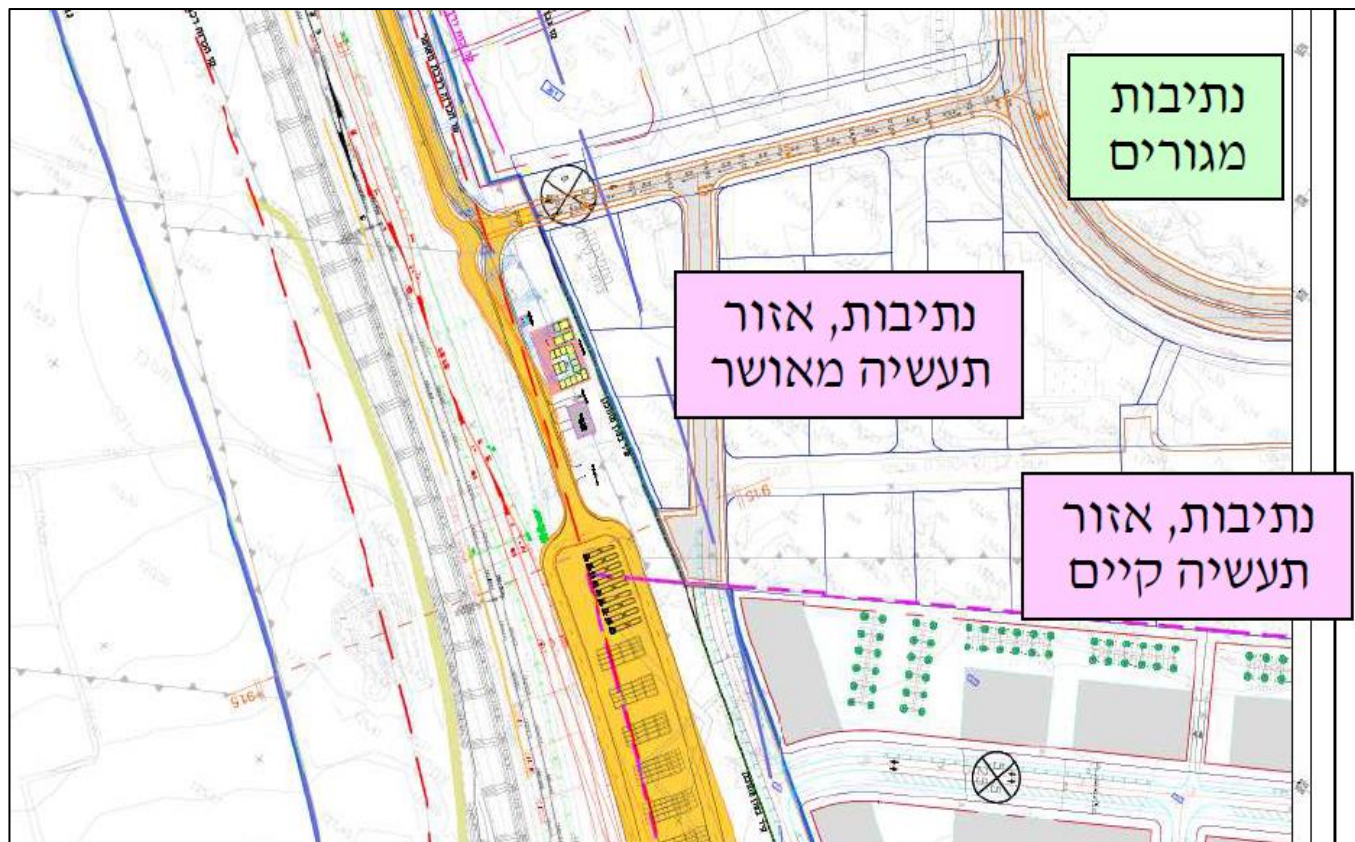


מסופי מטענים

תנועת משאיות למסוף וממנו

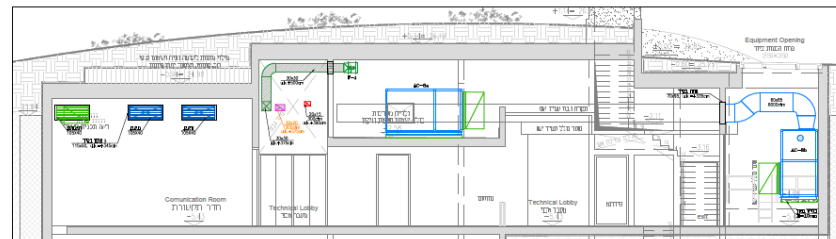
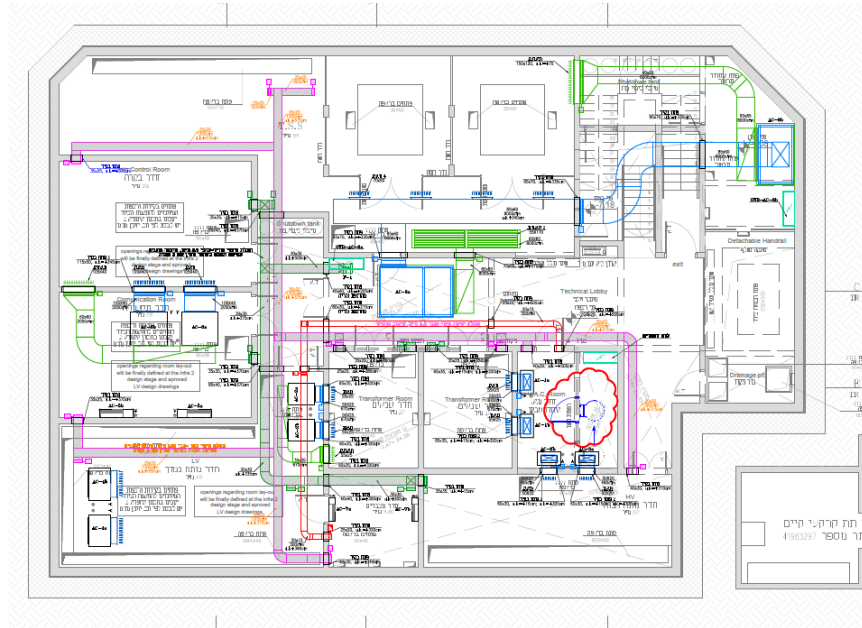
פעולת מחולנופים

תנועת רכבות





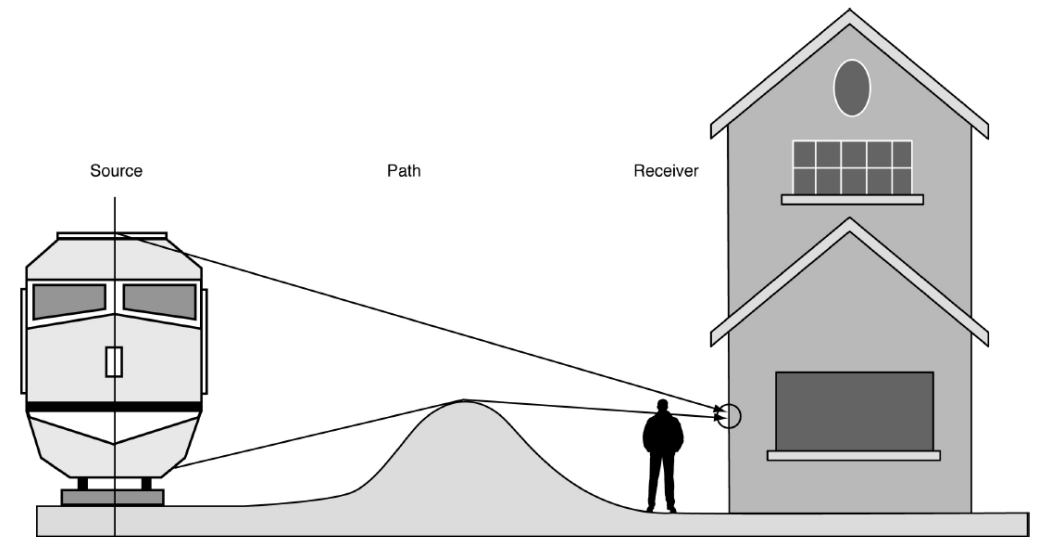
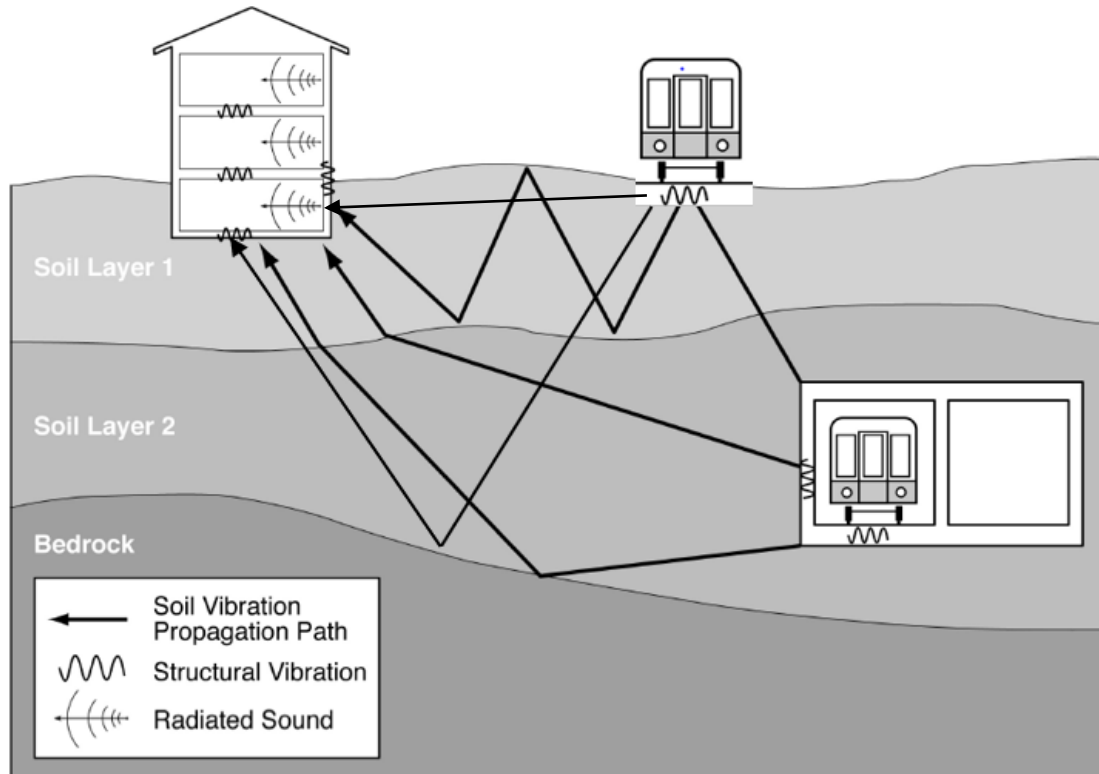
מכורות רעש אחריים (רכבת קלה): TTR, פירי אורור



צו"ח C-C
150

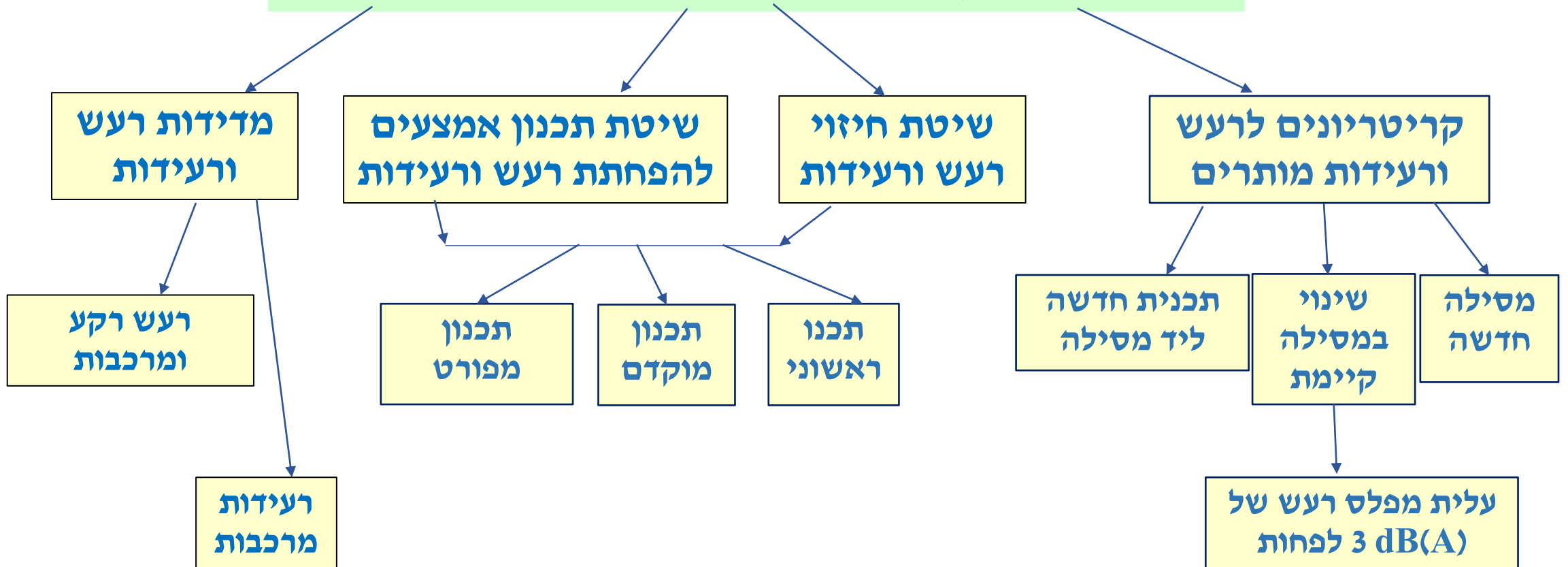


היבטי רעש ורעידות מתנועת רכבות





מערכת תכנון אקוסטי למסילת רכבת לשלב קבע





דרישות לקריטריונים לרעש ורעידות מותרים

מתואמים עם מערכת
חיזוי רעש ורעידות

מתואמים עם
קריטריונים אחרים
בארץ

מקובלים בעולם



קריטריונים לרעש

חלופה קריטריונים

מפלס רעש שווה ערך לשעות יום ולילה L_{dn} ,
 $dB(A)$, כתלות ברעש הרקע

קריטריונים קיימים

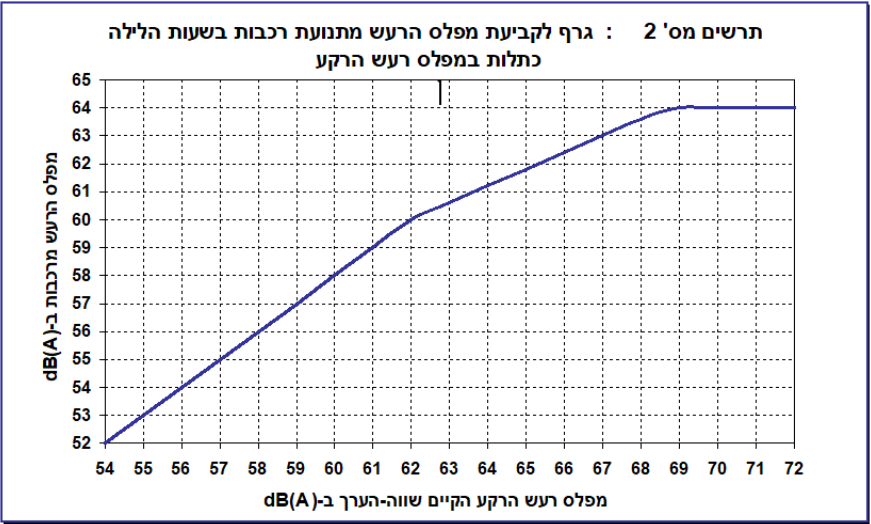
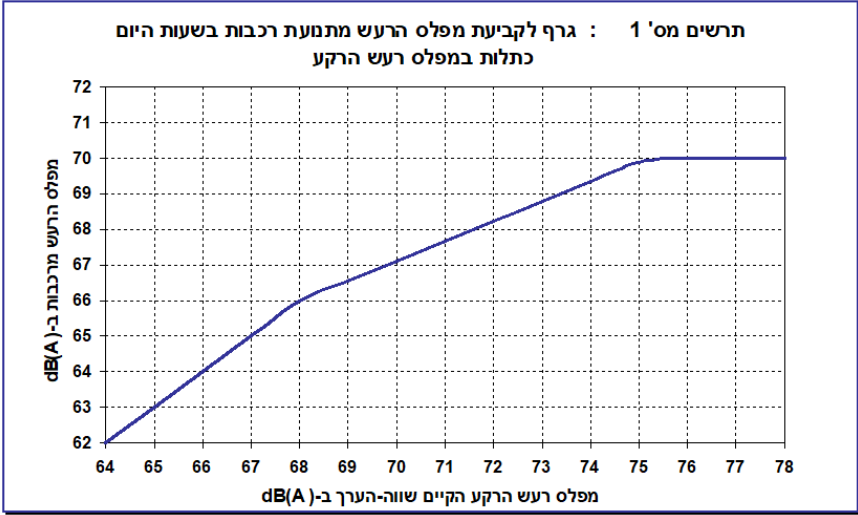
(תקנות מסילות הברזל (רעש ורעידות שמקורם במעבר רכבת)
התש"ס – 2000)

סקר קריטריונים (1995-2000) המקובלים באולם:

- מפלס רעש שווה ערך לשעות יום L_d , $dB(A)$, כתלות ברעש הרקע
- מפלס רעש שווה ערך לשעות לילה L_n , $dB(A)$, כתלות ברעש הרקע
- מפלס רעש לסוג רכבת SEL , $dB(A)$



קריטריונים קיימים



מפלס רעש שווה ערך, dB(A)

עמודה ב'		עמודה א'
רעש מחוץ למבנה		סוג מבנה
Ln	Ld	
52	62	א
55	65	ב
59	69	ג
59	69	ד

מפלס רעש לסוג רכבת SEL, dB(A)

עמודה ב'	עמודה א'
102	שעות היום
97	שעות הלילה



קריטריונים לרעידות (FTA)

מפלסי מהירות הרעידות של רצפות במבנים ב-dB(V), ביחס ל - 5×10^{-8} מ' לשנייה

עמודה א'	עמודה ב'
סוג מבנה	* תחום של מפלסי רעידות עבור עד ל-70 אירועי מעבר רכבות ביממה
בית מגורים, בית חולים, בית החלמה, בית הבראה, בית אבות	66-74
בית ספר, משרדים באזור המיועד ומשמש למגורים ולאחד או יותר מהשימושים הבאים: מסחר, מלאכה ובידור	69-77

* לא יעלה מפלס הרעידות מאף סוג הרכבות, העוברות במסילות, על הערך של הגבול העליון של תחום מפלסי הרעידות, המתואר בעמודה ב'.

לא מוגבל מספר אירועי מעבר רכבות מכל סוגיהן שיגרמו למפלס הרעידות שנמוך יותר מאשר הערך של הגבול הנמוך של תחום מפלסי הרעידות, המתואר בעמודה ב'.



קריטריונים למצלול גוף (FTA)

מפלס רעש מירבי למעבר רכבת ב-dB(A) לזמן מיצוע של 1s

מתודולוגיה לתכנון אקוסטי לרכבות (FTA)

קריטריון היום - 35 dB(A) בשעות לילה

Land Use Category	GBN Impact Levels (dBA re 20 micro Pascals)		
	Frequent Events	Occasional Events	Infrequent Events
Category 1: Buildings where vibration would interfere with interior operations.	N/A**	N/A**	N/A**
Category 2: Residences and buildings where people normally sleep.	35 dBA	38 dBA	43 dBA
Category 3: Institutional land uses with primarily daytime use.	40 dBA	43 dBA	48 dBA



שיטת חיזוי רעש (FTA)

נוסחאות לחישוב התפשטות הרעש

תיקונים ל-

- מרחק,
- בליעת רעש על ידי קרקע
- בליעת רעש על ידי אוויר,
- הפחתת רעש עקב קירות סוללות, חפיר
- ועוד

מאפיינים אקוסטיים של רכבות

תיקונים ל-

- מהירות תנועה,
- מספר קטרים/קרונוות,
- מצב פסים,
- מסילה על גשר
- עוד

מפלס רעש למצב ייחוס ל-

- קטר דיזל,
- קטר חשמלי,
- קרונועים דיזל-חשמליים,
- קרונועי חשמל,
- קרונוות נוסעים,
- קרונוות משא



חישוב התפשטות הרעש (FTA). השפעת מרחק וקררע

$$L_{dn} \text{ or } L_{eq} = (L_{dn} \text{ or } L_{eq}) \Big|_{15 \text{ m}} - 10 \log \left(\frac{D}{15} \right) - 10G \log \left(\frac{D}{13} \right) \quad \text{for fixed-guideway rail car passbys}$$

$$L_{dn} \text{ or } L_{eq} = (L_{dn} \text{ or } L_{eq}) \Big|_{15 \text{ m}} - 10 \log \left(\frac{D}{15} \right) - 10G \log \left(\frac{D}{8.8} \right) \quad \text{For fixed-guideway locomotive and rubber-tired vehicle passbys, highway vehicle passbys and horns}$$

Source Heights:

$H_s = 8$ ft, trains **with** diesel-electric locomotives

2 ft, trains **without** diesel-electric locomotives

0 ft, automobiles

3 ft, 2-axle city buses

8 ft, 3-axle commuter buses

Note: Equations for H_{eff} remain valid even when $H_b = 0$.

Ground Factor

For soft ground:


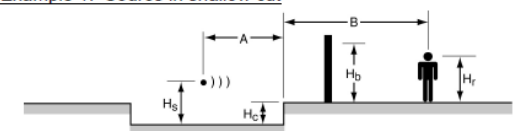
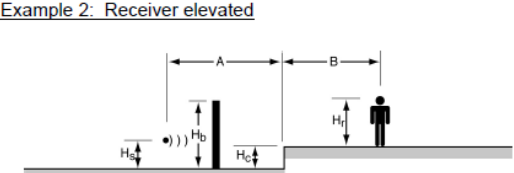
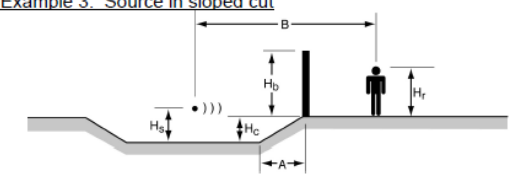
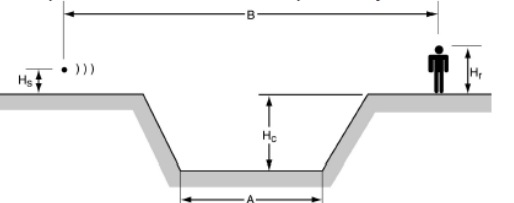
$$G = \begin{cases} 0.66 & H_{eff} \leq 5 \\ 0.75 \left(1 - \frac{H_{eff}}{42} \right) & 5 \leq H_{eff} \leq 42 \\ 0 & H_{eff} \geq 42 \end{cases}$$

For hard ground:

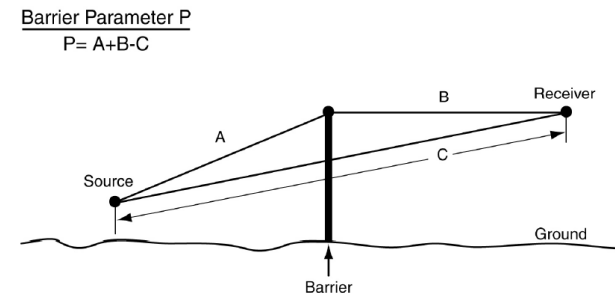
$G=0$



חישוב התפשטות הרעש (FTA). קירות, סוללות

IN GENERAL: H_{eff} = sum of average path heights on either side of barrier	
	$H_{eff} = \frac{H_s + 2H_b + H_r}{2} \quad (1)$
Example 1: Source in shallow cut 	For $B \leq \frac{A}{2}$, $H_{eff} = \frac{H_s + 2H_b + H_c + H_r}{2}$ * Otherwise use Equation (1)
Example 2: Receiver elevated 	For $H_b \geq H_c$, $H_{eff} = \frac{H_s + 2H_b - H_c + H_r}{2}$ For $H_b \leq H_c$, $H_{eff} = \frac{H_s + H_c + H_r}{2}$
Example 3: Source in sloped cut 	For $A \leq \frac{B}{2}$, use equation (1) For $A \geq \frac{B}{2}$, $H_{eff} = \frac{H_s + 2H_b + H_c + H_r}{2}$
Example 4: Source and receiver separated by trench 	For $A \geq \frac{B}{2}$, $H_{eff} = \frac{H_s + 2H_c + H_r}{2}$ For $A \leq \frac{B}{2}$, $H_{eff} = \frac{H_s + H_r}{2}$

Condition	Equation [†]
For <i>non-absorptive</i> transit barriers within 5 feet of the track:	$A_{barrier} = \min\{12 \text{ or } [5.3 \times \log(P) + 6.7]\}$
For <i>absorptive</i> transit barriers within 5 feet of the track:	$A_{barrier} = \min\{15 \text{ or } [5.3 \times \log(P) + 9.7]\}$
For all other barriers, and for protrusion of terrain above the line of sight:	$A_{barrier} = \min\left\{15 \text{ or } \left[20 \times \log\left(\frac{2.51\sqrt{P}}{\tanh[4.46\sqrt{P}]}\right) + 5\right]\right\}$
Barrier Insertion Loss	$IL_{barrier} = \max\left\{0 \text{ or } \left[A_{barrier} - 10(G_{NB} - G_B) \log\left(\frac{D}{50}\right)\right]\right\}$
D = closest distance between the receiver and the source, in feet P = path length difference, in feet (see figure below) G_{NB} = Ground factor G computed <i>without barrier</i> (see Figure 6-5) G_B = Ground factor G computed <i>with barrier</i> (see Figure 6-5)	
[†] The term "tanh(variable)" stands for hyperbolic tangent, available on many scientific calculators. If "tanh" is not available, then compute $E = \exp(\text{variable})$, and set $\tanh(\text{variable}) = (E - 1/E) / (E + 1/E)$, where $\exp(\text{variable})$ is the "exponential" function, also written as e^x on calculator keypads.	





מערכות ממוחשבות לחיזוי רעש

- תכנות Excel, פשוטות ומלאות
- תכנות מורכבות כלליות נפוצות כמו Sound Plan, Cadna
- תכנות "פרטיות" הנועדות לתכנון לרכבות



שיטת חיזוי רעידות (FTA). תכנון ראשוני ומוקדם

- תיקונים ל-**
- מהירות תנועה,
 - מבנה בו/עליו עוברת מסילה,
 - סוג ומצב פסים,
 - מצב גלגלים,
 - אמצעים קיימים להפחתת רעידות,
 - התפשטות יעילה של רעידות,
 - מבנה הקולט,
 - קומה עם הקולט
 - ועוד

עקומות ייחוס של דעיכת רעידות

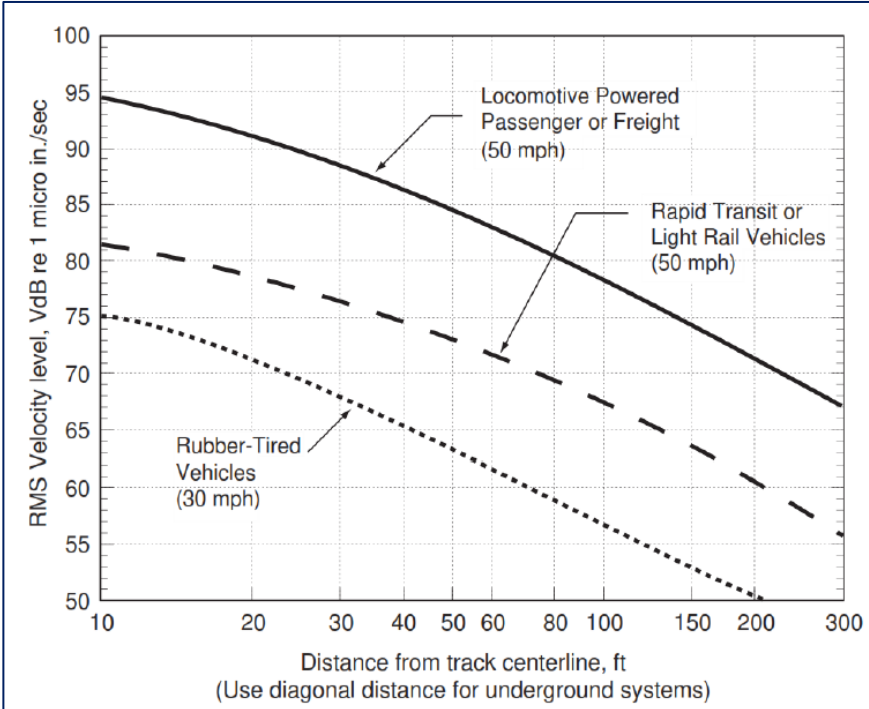


Figure 6-4 Generalized Ground Surface Vibration Curves



שיטת חיזוי רעידות (FTA). תכנון מפורט

חישוב התפשטות רעידות בתנאי קרקע בפועל





שיטת חיזוי מצלול גוף (FTA)

תכנון מפורט

תכנון ראשוני ומוקדם

חישוב בפסי 1/3 אוקטבה

$$LpA = Lv + 6 - KA$$

חישוב מפלס רעש כולל ב-dB(A)

Noise Level in dBA	Peak frequency of ground vibration:	
	Low frequency (<30 Hz)	-44 dB
	Mid Frequency (peak 30 to 60 Hz)	-29 dB
	High frequency (>60 Hz)	-14 dB



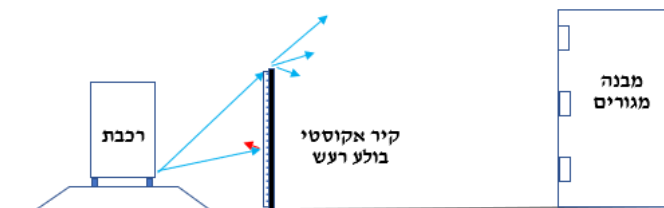
אמצעים להפחתת הרעש



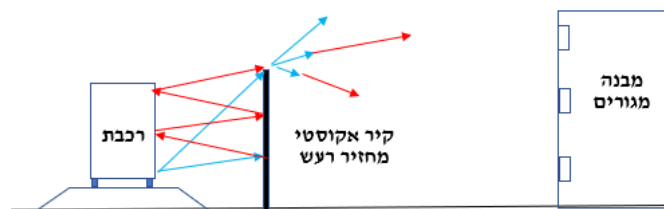


קירות אקוסטיים קרובים

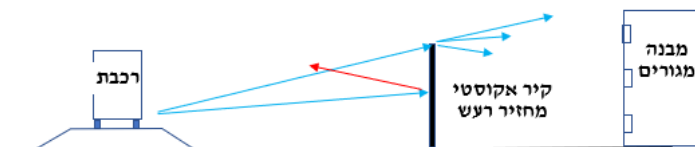
קיר בולע רעש קרוב למסילה



קיר מחזיר רעש קרוב למסילה



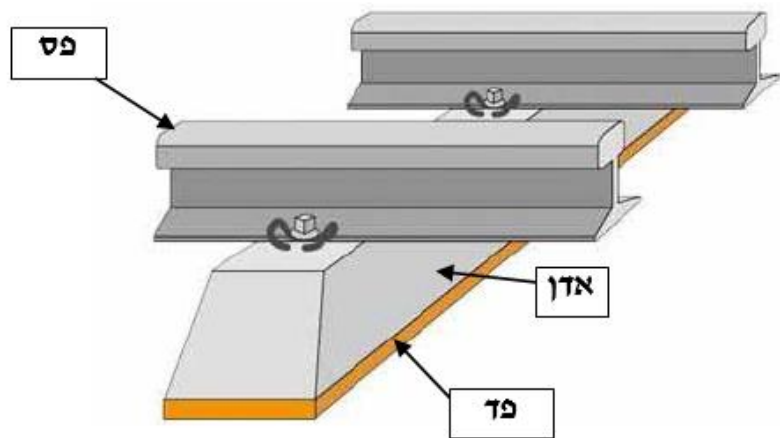
קרי מחזיר רעש רחוק מהמסילה



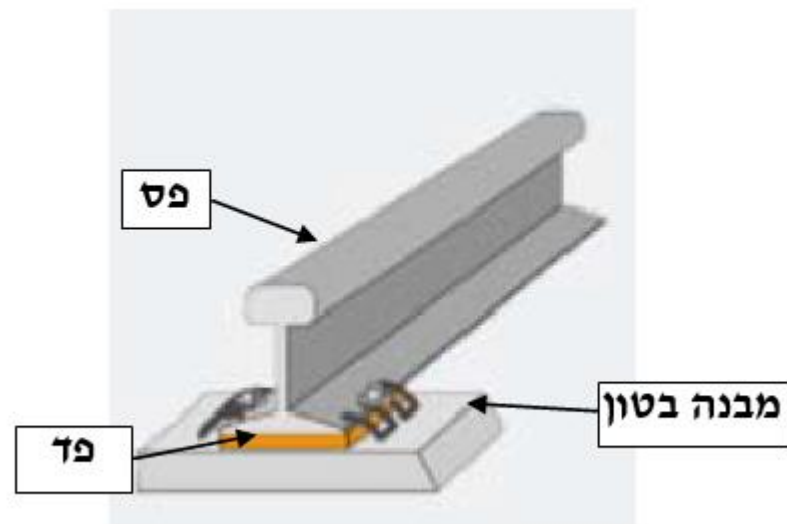


אמצעים להפחתת רעידות. בידוד רעידות למסילות במקור

בידוד רעידות לאדנים



בידוד רעידות לפסים



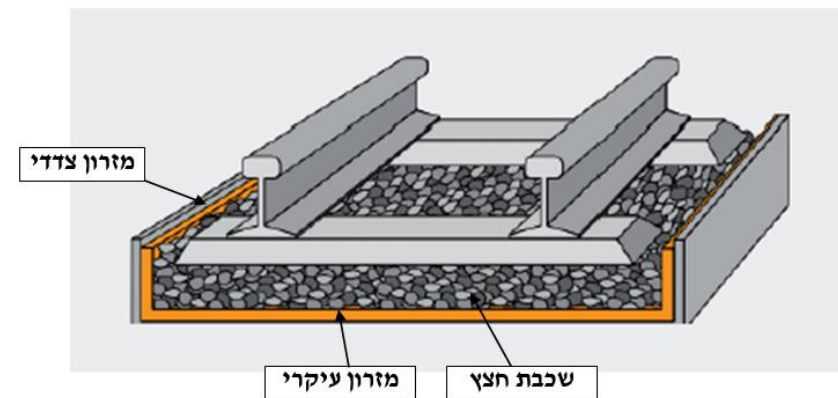


אמצעים להפחתת רעידות. בידוד רעידות למסילות. המשך

רצפות צפות. מזרונים, פדים מתחת לפלטת בטון



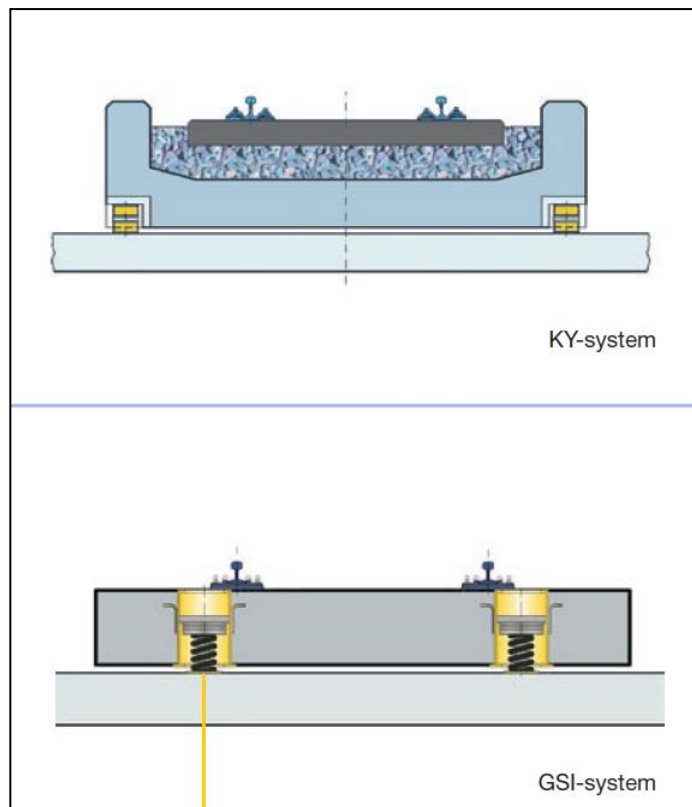
מזרונים מתחת לחצץ ומזרונים צדדיים





אמצעים להפחתת רעידות. בידוד רעידות למסילות. המשך

רצפות צפות על קפיצי פלדה או בולמי זעזועים מגומי



FST with ballast trough, Puchon Station - Korea



אמצעים להפחתת רעידות. בידוד רעידות למבנים

בולמי זעזועים קפיציים של חברת Gerb

