

# מדידת רעידות בזמן פיצוץ

שלמה צמח 15 יפה נוף

ירושלים

דו"ח 21901002-R2



הוכן עבור:

נכתב ע"י: **בארי ספינוזי**  
אושר בידי: **רמי שחר**  
בתאריך: **מאי 2020**

## תוכן העניינים

3.....	מבוא	.1
3.....	ציוד המדידה	.2
3.....	מאפייני המדידה	.3
4.....	תקנים רלוונטיים	.4
6.....	מערך המדידה	.5
8.....	הצגת התוצאות	.6
8.....	ממצאים עיקריים ומסקנות	.7

## 1. מבוא

- 1.1. התקבלו תלונות שהתקבלו מתושבים בשכונת יפה-נוף בירושלים, בנוגע לרמת רעידות גבוהה ונוזק לכאורה בבתייהם עקב פיצוצים במנהרות הר נוף.
- 1.2. לפיכך הוחלט שחברת "דינמיקה" תבצע מדידת אימות עבור אירוע פיצוץ במנהרת הר נוף.
- 1.3. מדידה זו תבוצע במקביל למדידה של נציג מטעם חברת "גיאוטק".
- 1.4. המדידה בוצעה ברחוב שלמה צמח 15 שבשכונת יפה נוף בירושלים, על ידי נציג חברת "דינמיקה" רוני חרמר, בתאריך 12/05/20 בשעה 14:00.
- 1.5. המדידה בוצעה על פי תקן DIN 4150 המתייחס לשרידות מבנים בעת רעידות ולחשיפה של בני אדם לרעידות (Human exposure).
- 1.6. דו"ח זה מציג את סיכום המדידות הנ"ל.
- 1.7. מהדו"ח עולה כי רמת הרעידות בזמן הפיצוץ **עומדת בתקן**, הן בהיבט של שרידות מבנים והן בהיבט של חשיפת בני אדם לרעידות.

## 2. ציוד המדידה

- 2.1. המספריים הסידוריים מופיעים בטבלה בנספח ב'.
- Signal analyzer - Brüel & Kjær data acquisition systems Type 3050-B-060.
  - Accelerometer – 3 Wilcoxon Research, ultra-quiet and ultra-low frequency seismic accelerometers type 731-207 (10 V/g sensitivity).
  - Software - Brüel & Kjær's PULSE LabShop FFT and CPB analysis module type 7700, complying with IEC 61260-1995 <sup>[1]</sup> class 1 and ANSI S1.11-2004 <sup>[2]</sup>.
- 2.2. כיוול מכשירי המדידה
- הכיוול מבוצע כל שנה בהתאם להגדרות הכיוול של מכון התקנים האמריקאי.
- US National Institute of Standards and Technology (NIST)
- כיוול מדי התאוצה נעשה באמצעות מדיד תאוצה ייחוס של חברת Brüel & Kjær, מסוג 8305, מספר סידורי 2423446 ובוצע בהתאם לנוהל כיוול של חברת "דינמיקה" M-VIB-1-13.

## 3. מאפייני המדידה

- כחלק מעיבוד הנתונים, ההתמרה למישור התדר (בעזרת FFT) בוצעה עם הפרמטרים הבאים:
- תדר מינימלי – 1 Hz
  - תדר מקסימלי – 200 Hz
  - רזולוציה בתדר -  $\Delta f = 0.125$  Hz
  - מיצוע - Linear, משך – 30sec
  - חפיפה – 66.67%

<sup>[1]</sup> Electroacoustics - octave-band and fractional-octave-band filters.

<sup>[2]</sup> Specification for octave-band and fractional-octave-band analog and digital filters.

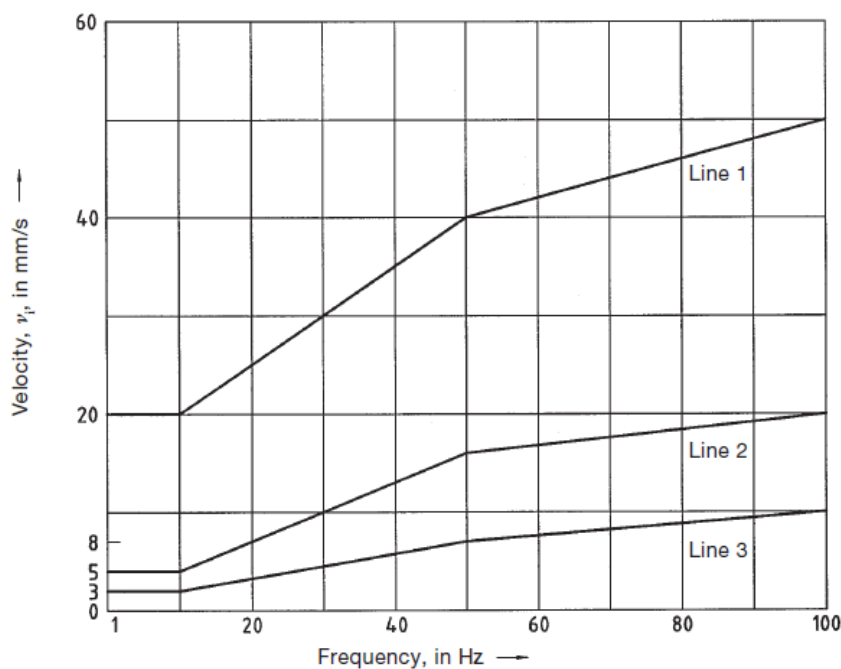
**.4 תקנים רלוונטיים**

- .4.1 לא קיים תקן ישראלי הנוגע לתחום זה ולכן התקן הישים הוא התקן הגרמני DIN 4150, המשמש להגדרת שרידות מבנים לרעידות ולחשיפת בני אדם לרעידות.
- .4.2 עבור שרידות מבנים, החלק הרלוונטי בתקן הינו DIN 4150-3.
- .4.3 הקריטריונים בתקן זה עבור רמת הרעידות מתוארים בטבלה ובגרף למטה (המקרה הרלוונטי במדידה זו מסומן באדום).

**Table 1: Guideline values for vibration velocity to be used when evaluating the effects of short-term vibration on structures**

Line	Type of structure	Guideline values for velocity, $v_r$ , in mm/s			
		Vibration at the foundation at a frequency of			Vibration at horizontal plane of highest floor at all frequencies
		1 Hz to 10 Hz	10 Hz to 50 Hz	50 Hz to 100 Hz*)	
1	Buildings used for commercial purposes, industrial buildings, and buildings of similar design	20	20 to 40	40 to 50	40
2	Dwellings and buildings of similar design and/or occupancy	5	5 to 15	15 to 20	15
3	Structures that, because of their particular sensitivity to vibration, cannot be classified under lines 1 and 2 and are of great intrinsic value (e.g. listed buildings under preservation order)	3	3 to 8	8 to 10	8

\*) At frequencies above 100 Hz, the values given in this column may be used as minimum values.



- .4.4 עבור חשיפת בני אדם לרעידות, החלק הרלוונטי בתקן הינו 2-4150.DIN
- .4.5 הקריטריון בתקן זה עבור רמת הרעידות הינו פרמטר  $KB_{Fmax}$ .
- .4.6 פרמטר זה משווה לפרמטר A המפורט על פי הטבלה הבאה (המקרה הרלוונטי במדידה זו מסומן באדום).

**Table 1: Guideline values for evaluating human exposure to vibration in dwellings and similar spaces**  
 ( $A_u$  = lower limit,  $A_o$  = upper limit,  $A_r$  = value for comparison with  $KB_{FTr}$  values)

Line	Location of building	Day			Night		
		$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o$	$A_r$
1	Buildings in purely industrial areas, where the only dwellings are intended for plant owners or managers, superintendents, stand-by service personnel, etc. (comparable with 'Industriegebiet' as defined in article 9 of the <i>Baunutzungsverordnung</i> *)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Buildings in predominantly commercial areas (comparable with 'Gewerbegebiet' as defined in article 8 of the <i>Baunutzungsverordnung</i> *)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Buildings in areas which are neither predominantly commercial nor predominantly residential (comparable with 'Kerngebiet' as defined in article 7, 'Mischgebiet' as in article 6 or 'Dorfgebiet' as in article 5 of the <i>Baunutzungsverordnung</i> *)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Buildings in areas which are predominantly or purely residential (comparable with 'reines Wohngebiet' as defined in article 3, 'allgemeines Wohngebiet' as in article 4 or 'Kleinsiedlungsgebiet' as in article 2 of the <i>Baunutzungsverordnung</i> *)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Buildings in specially protected areas (such as hospitals) or in health resorts	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

\*) The categories specified in the *Baunutzungsverordnung* (cf. clause 2) are only equivalent to those listed here, since the classification in this standard only considers buildings in terms of human exposure to vibration, while in the *Baunutzungsverordnung* planning needs and other factors are taken into account.

## 5. מערך המדידה

- 5.1. במבנה המדובר מוקמו 3 מדידי תאוצה. כאשר כיווני המדידה מוקמו בצורה הבאה:
- מדיד אחד בכיוון אופקי – על הציר בין מזרח ומערב
  - מדיד אחד בכיוון אופקי – על הציר בין צפון ודרום
  - מדיד אחד בכיוון אנכי
- 5.2. נקודת המדידה מוקמה על רצפת המבואה מחוץ לדירה בסמוך לקיר יסוד במבנה (תמונה 1 למטה), בדירה הסמוכה לדירה ממנה הגיעו התלונות.



תמונה 1 - מערכת המדידה

- 5.3. נקודת המדידה נמצאת במרחק אווירי של כ-400 מטר מנקודת הפיצוץ שנמדד.
- 5.4. תצלום של אזור המדידה מוצג בתמונה 2 למטה.



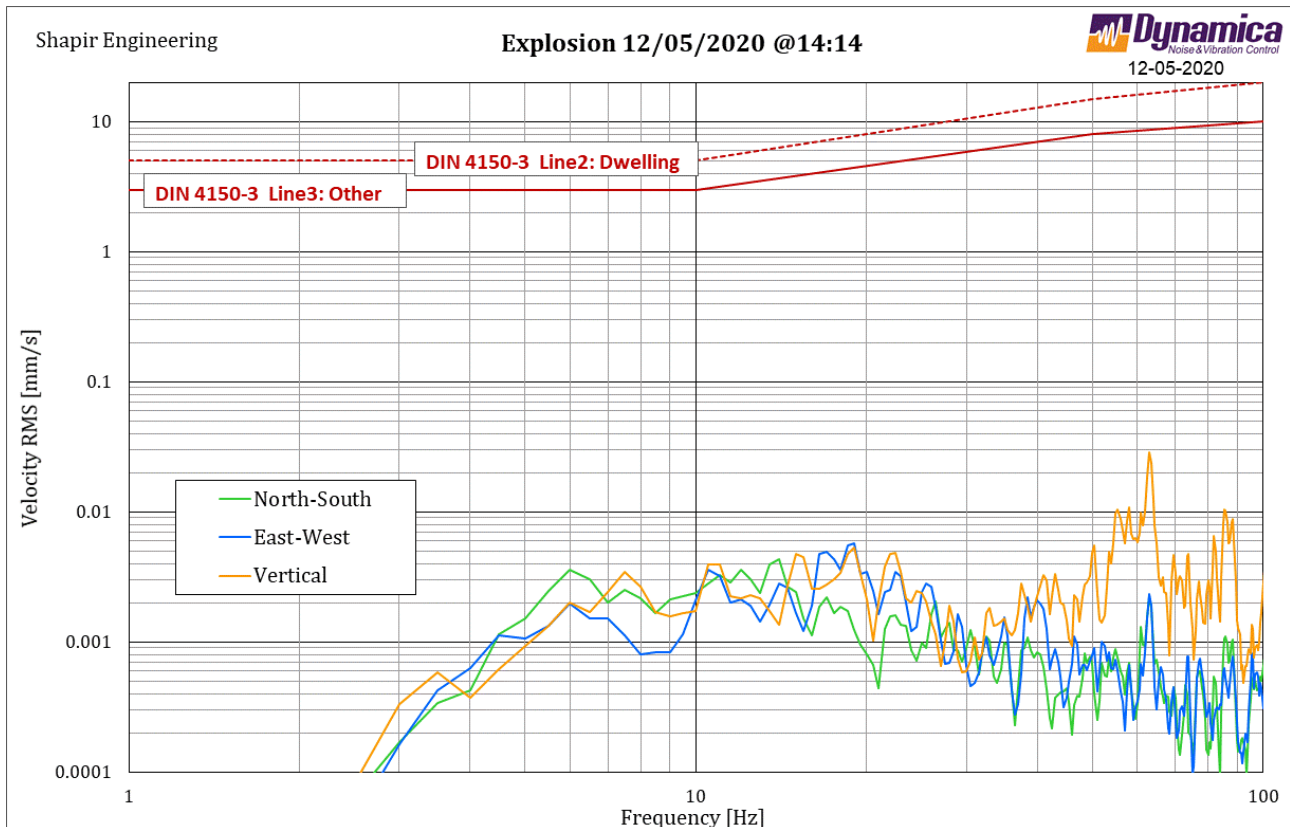
תמונה 2 - אזור המדידה והפיצוץ

## 6. הצגת התוצאות

6.1 רמת הרעידות בזמן הפיצוץ, בשלושת כיווני המדידה, מוצגת במישור הזמן בנספח א'.

6.2 רמת הרעידות בזמן הפיצוץ, בשלושת כיווני המדידה, מוצגת במישור התדר ומושווית

לקריטריון בתקן DIN 4150-3 בגרף למטה.



גרף 1 - רמת רעידות במישור התדר בהשוואה לתקן DIN 4150-3

## 7. ממצאים עיקריים ומסקנות

7.1 לפי תקן DIN 4150-3, בהיבט של שרידות מבנים, רמת הרעידות שנמדדה בזמן הפיצוץ **עומדת בתקן** והינה מתחת לסף שיכול לגרום לנזקים למבנה כפי שמוצג באופן השוואתי בגרף 1 למעלה.

7.2 בהיבט של חשיפת בני אדם לרעידות, תקן DIN 4150-2 משתמש בפרמטר  $KB_{Fmax}$ . כאשר עבור אירועים הקורים במהלך היום, דרוש  $KB_{Fmax} < 3$  (במבנים המשמשים למגורים).

7.3 מניתוח התוצאות עולה כי במדידה זו  $KB_{Fmax} = 0.14$ .

7.4 מתוך כך, ניתן לומר כי גם בהיבט של השפעת הרעידות בעקבות פיצוץ בעוצמה זו ניתן למעשה גם לבצע מספר רב של פיצוצים מבלי לעבור את הסף המומלץ עבור בני אדם, ולכן

רמת הרעידות **עומדת בתקן**.



# נספח א'

מהירות רעידה במישור הזמן

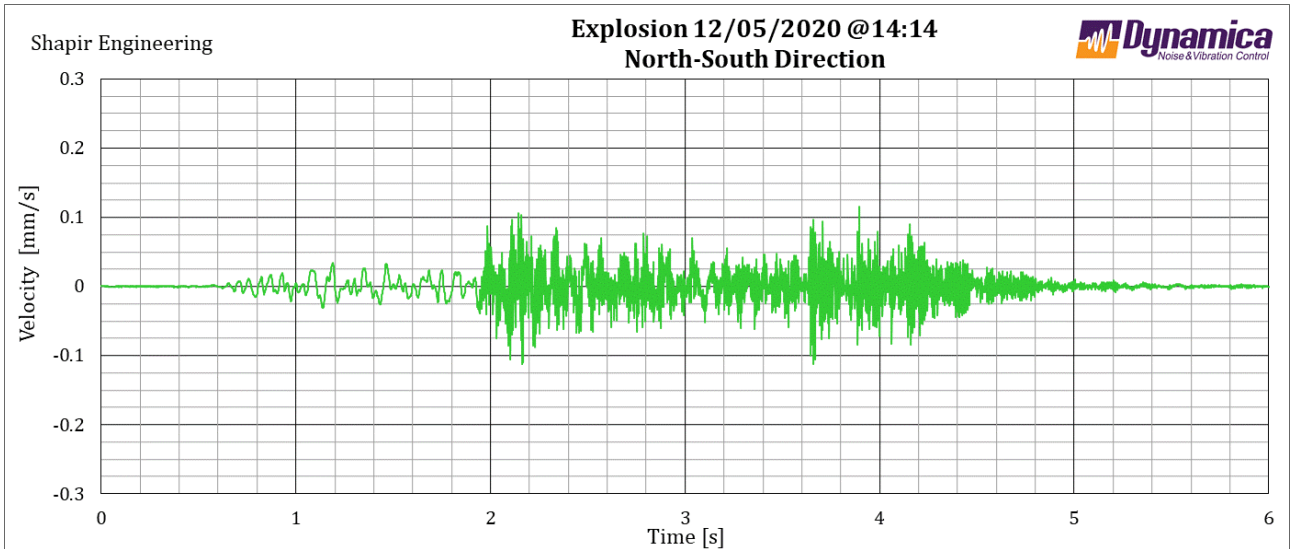


Figure 1

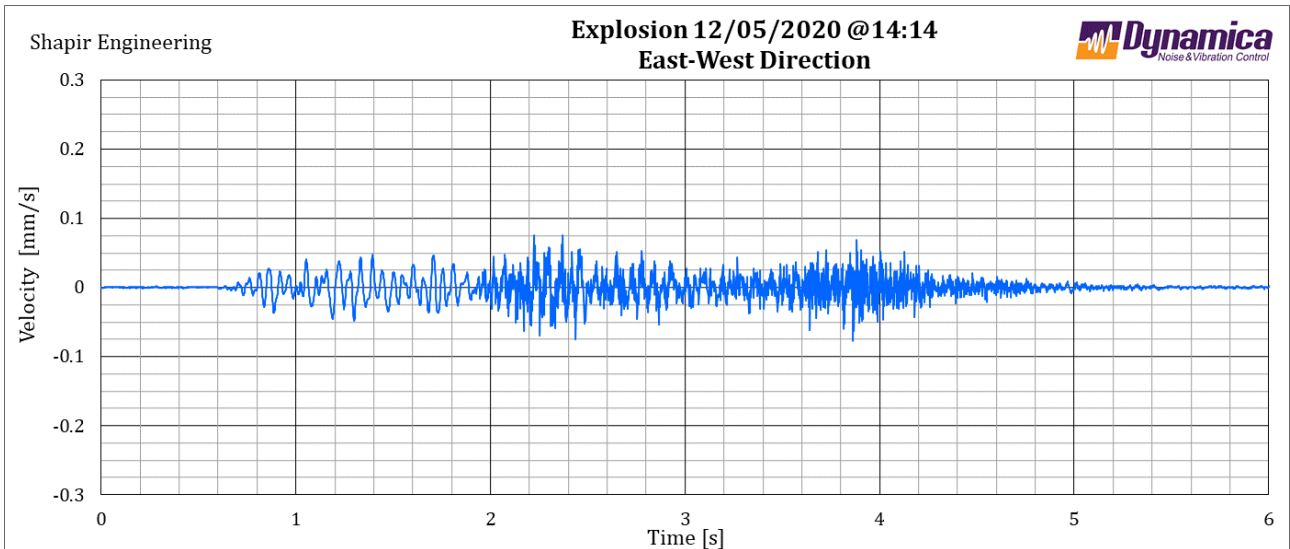


Figure 2

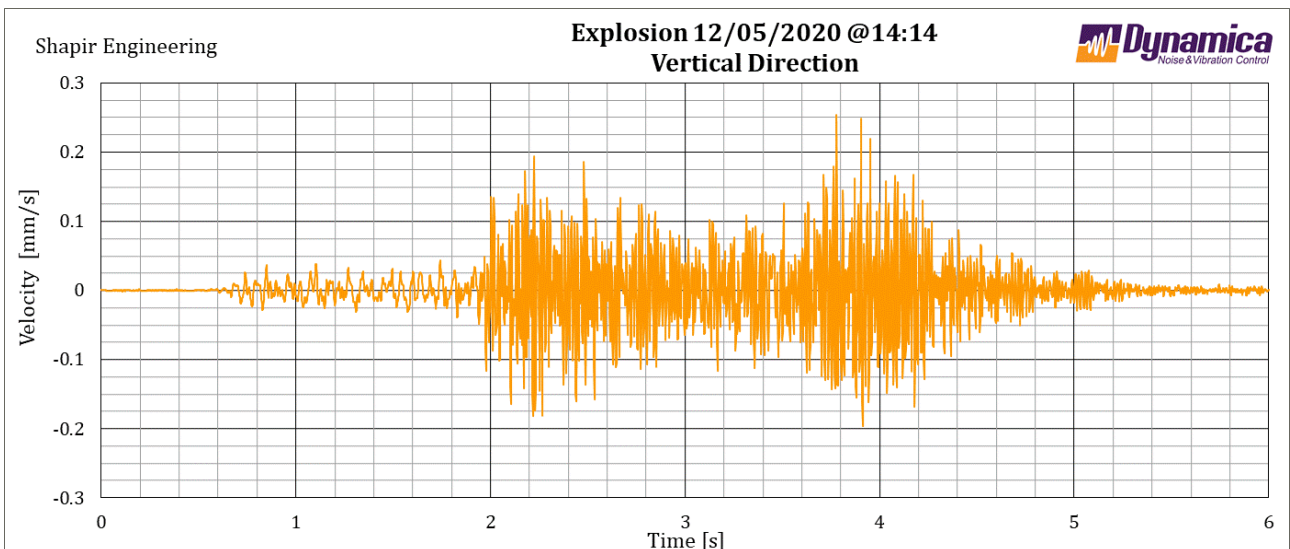


Figure 3

# נספח ב'

## מספרים סידוריים

<b>Item</b>	<b>Description</b>	<b>Manufacturer</b>	<b>Type</b>	<b>Serial</b>
1	Analyzer	Brüel & Kjær	3050-B-060	106894
2	Accelerometer	Wilcoxon Research	731-207	2155
3	Accelerometer	Wilcoxon Research	731-207	2156
4	Accelerometer	Wilcoxon Research	731-207	2158