


דו"ח מס' NH-346	המעבדה לבדיקות אל-הרס
דיווח זה מכיל 11 עמודים ואין להשתמש בו אלא במלואו. עמוד 1 מתוך 11 עמודים	ביקורת הנדסית של המבנים
	ניסוי העמסה של ריצוף עם תשתית לא-קשיחה מאגרגט קל פומיס

מספר הסכם	708541
שם המזמין	פומיס ישראל בע"מ
מען המזמין	המסגר 53, תל אבי - יפו
שם הפרויקט	ריצוף על בסיס פומיס
כתובת האתר	מעבדת איזוטופ אזור תעשייה עד הלום
שם השטח	מעבדת איזוטופ

	מהנדס ראשי לבדיקות מיוחדות	ד"ר לאוניד שרשבסקי PhD
10.11.2020	מבצע הבדיקה	מהנדסים
תפוצה מאושרת	<p>הפרטים על המדגם הינם כפי שנמסרו ע"י המזמין. התוצאות מתייחסות לפריט שנבדק בלבד. יש להתייחס למסמך זה במלואו ובשלמותו ואין להעתיק או לפרסם ממנו קטעים או חלקים כלשהם.</p> <p>דיווח זה מכיל 11 עמודים ואין להשתמש בו אלא במלואו</p>	

דו"ח מס' NH-346	המעבדה לבדיקות אל-הרס
דיווח זה מכיל 11 עמודים ואין להשתמש בו אלא במלואו. עמוד 2 מתוך 11 עמודים	ביקורת הנדסית של המבנים
	ניסוי העמסה של ריצוף עם תשתית לא-קשיחה מאגרגט קל פומיס

1. מטרת הניסוי

בדיקת התאמת אגרגט קל פומיס שמקורו באי היווני YALI לייעודו כשכבת תשתית לא-קשיחה במערכות ריצוף בבניינים .
המטרה הייתה לבדוק את התנהגות הריצוף כתוצאה מהעמסתו בעומס מרוכז ובעומס מחולק שווה גדול מ-5 ק"נ/מ"ר וליצר מאגר נתונים של השקיעות תחת העמסה רציפה, כולל התנהגות עם הזמן תחת עומס סטטי מרבי מרוכז ומחולק של 535 ק"ג/מ".
לבקשת הלקוח הושאו התוצאות שנתקבלו עם תוצאות של חומרי תשתית לא-קשיחה אחרים שנתקבלו במחקר של ד"ר הדסה באום וד"ר יובל מנטל בטכניון ושנמצאו מתאימים לייעודם.

2. תיאור כללי

- דו"ח זה בוצע על סמך הזמנת עבודה שהתקבלה מחברת פומיס ישראל בע"מ - להלן המזמין.
- הדו"ח מפרט את תהליך הכנת המדגם לבדיקה, את שיטת ההעמסה ומדווח על תוצאות ניסוי העמסה אשר בוצעו ע"י מעבדה איזוטופ המוסמכת לבדיקות לא הרסניות.
- לבקשת המזמין, "איזוטופ" הקצתה משטח יצוק בטון בחצר המעבדה לעריכת הניסויים.
- המזמין סיפק את כל החומרים הדרושים לתיחום שטח הריצוף ובנוסף את הפומיס לשכבת התשתית הלא-קשיחה, את מלט הטיט החרושתית לריצוף ואת מרצפות הקרמיקה במידות 50X50 ס"מ.
- עבודות הריצוף בוצעו על-ידי המזמין.
- כל התהליך של הספקת החומרים, ההכנות וביצוע עבודת הריצוף תועד ונעשו תחת בקרה צמודה של המעבדה.
- בכל מהלך הכנת משטח הבדיקה והבדיקה היה המשטח המרוצף תחת גג קירוי להגנה מפני קרינת שמש ישירה ופגעי מזג אוויר. אם זאת בארבעת הימים האחרונים נחשף המשטח לרטיבות מגשם.
- במהלך העבודה ניטלו מדגמי פומיס משכבת התשתית הלא-קשיחה וממלט הטיט לביצוע בדיקות פיזיקליות ומכאניות.
- ראה בהמשך דיווח ותמונות המתעדות את התהליך.
- תוכנית הריצוף והעמסת העומסים הוכנו על-ידי המזמין, לדבריו, לדבריו על בסיס מחקרם של ד"ר הדסה באום וד"ר יובל מנטל בטכניון משנת 2008. התוכנית כללה את אופן העמסה המרוכזת והמחולקת שווה ואת נקודות המדידה המבוקשות. התוכנית מוצגת בהמשך לדוח זה.
- שיטת המדידה וניתוח התוצאות נקבעו ובוצעו על-ידי המעבדה.

דו"ח מס' NH-346	המעבדה לבדיקות אל-הרס
דיווח זה מכיל 11 עמודים ואין להשתמש בו אלא במלואו. עמוד 3 מתוך 11 עמודים	ביקורת הנדסית של המבנים
	ניסוי העמסה של ריצוף עם תשתית לא-קשיחה מאגרגט קל פומיס

- העמסה בוצעה ברצף בעזרת בלוקי בטון במידות 20/20/40 ס"מ במשקל של 21.5 ק"ג ליחידה.
- העמיסה בשטח הנבדק לעומס מרוכז הייתה על ידי 4 בלוקים במשקל כולל של 86 ק"ג שהוצבו על שטח של 0.16m², עומס של 537.5 ק"ג/מ"ר שהם 5.27 ק"ג/נ"מ"ר.
- העמיסה בשטח הנבדק לעומס מחולק שווה הייתה על ידי 18 בלוקים במשקל כולל של 387 ק"ג שהוצבו על שטח של 0.72 מ"ר, עומס של 537.5 ק"ג/מ"ר שהם 5.27 ק"ג/נ"מ"ר.
- מדידת השקיעות הייתה רצופה ונמדדה בעזרת מדדי תזוזה מסוג LVDT בדיוק מדידה של 1/100 מ"מ. המערכת חוברה ל- DATA LOGGER לאיסוף רציף של נתונים.
- הדו"ח מפרט את תהליך הכנת משטח הריצוף, את שיטת ההעמסה, מדווח על תוצאות ומשווה אותם לתוצאות של חומרי התשתית האחרים.
- פרוט כול התוצאות הבדיקה הועברו למזמין במדיה דיגיטאלית.

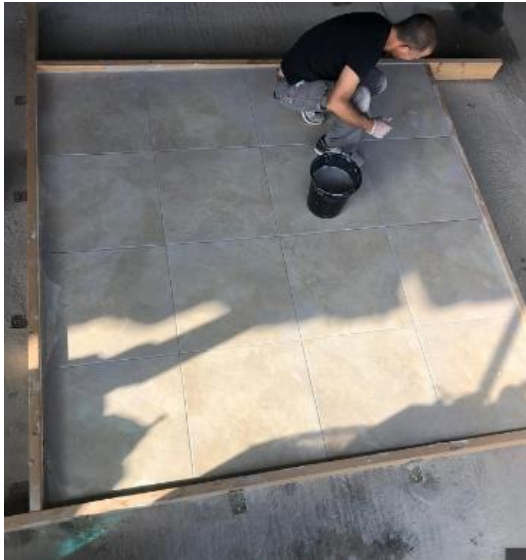
3. חומרי שכבות הרצפה

- **גודל המשטח המרוצף:** 200 x 200 cm.
- **שכבת הבסיס:** ריצפת בטון קיימת;
- **שכבת תשתית לא-קשיחה:** חצץ פומיס שמקורו באי YALI שביוון. גודל גרגרים 0-10 מ"מ. עובי השכבה 120 מ"מ. משקל מרחבי של הפומיס כ- 850 ק"ג/מ"ק
- **שכבת הדבקה:** דבק טיט אבקתי מוכן לריצוף אריחי קרמיקה בשם בי. ג'י. פורצלנית 477 של חברת B.G. BOND. עובי השכבה 20 מ"מ.
- **המישקים:** מולאו ברובה צמנטית מסחרית שנועדה למילוי מישקים בריצוף.
- **ריצוף קרמיקה:** מרצפות במידות 500x500 מ"מ סוג א.

4. בניית מערכת הריצוף

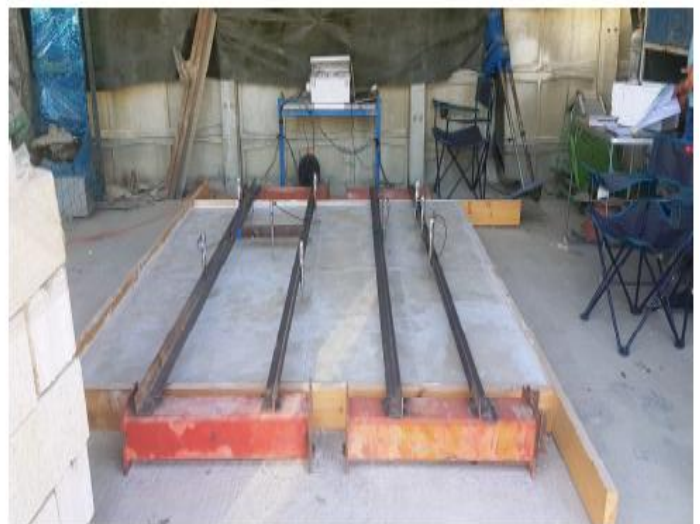
- **מערכת הריצוף נבנתה בשלבים הבאים:**
 - בניית מסגרת עץ בעובי 50 מ"מ ועיגונו לרצפה בהמצאות זוויתנים מתאימים. למחרת,
 - פיזור שכבת התשתית הלא-קשיחה מפומיס בעובי 12 ס"מ.
 - הדבקת האריחים שכללה: הכנת הדבק על פי הערות היצרן ופיזור על פי התקדמות הריצוף על שכבת התשתית. שכבה דקה נמרחה גם על גב האריחים. האריחים הונחו על גבי שכבת ההדבקה ופולסו תוך השארת מישק בין אריח לאריח של כ- 3 מ"מ.
 - 72 שעות לאר הריצוף המישקים מולאו ברובה מתועשת.
 - המשטח עבר סה"כ הליך אשפרה של 28 ימים מיום הריצוף ועד יום העמסתו במשקולות הבלוקים.

<p>דו"ח מס' NH-346</p>	<p>המעבדה לבדיקות אל-הרס</p>
<p>דיווח זה מכיל 11 עמודים ואין להשתמש בו אלא במלואו. עמוד 4 מתוך 11 עמודים</p>	<p>ביקורת הנדסית של המבנים ניסוי העמסה של ריצוף עם תשתית לא-קשיחה מאגרגט קל פומיס</p>



5. הכנת המשטח למדידות גובה

הרכבת מדי הגובה: לקראת גמר הליך האשפורה הורכבו מעל המשטח שתי זוגות של מוטות יחוס מפלדה מיוצבים לבסיס הבטון. לזוג מוטות אחד חוברו ארבעה מדי גובה לבדיקת האזור במשטח של העומס המרוכז ולזוג שני חוברו חמישה מדי הגובה לבדיקת האזור במשטח של העומס המחולק שווה.



דו"ח מס' NH-346	המעבדה לבדיקות אל-הרס
דיווח זה מכיל 11 עמודים ואין להשתמש בו אלא במלואו. עמוד 5 מתוך 11 עמודים	ביקורת הנדסית של המבנים
	ניסוי העמסה של ריצוף עם תשתית לא-קשיחה מאגרגט קל פומיס

6. העמסת משקלות הבלוקים על גבי המשטח

- בגמר האשפורה המערכת נבדקה וכוילה.
- המשטח הועמס בעומס מרוכז על-ידי 4 בלוקים במשקל כולל של 86 ק"ג שהוצבו על שטח של 0.16 מ"ר, עומס של 537.5 ק"ג/מ"ר שהם 5.27 ק"ג/נ"מ"ר
- ובנפרד הועמס גם בעומס מחולק שווה על-ידי 18 בלוקים במשקל כולל של 387 ק"ג שהוצבו על שטח של 0.72 מ"ר, עומס של 537.5 ק"ג/מ"ר שהם 5.27 ק"ג/נ"מ"ר.

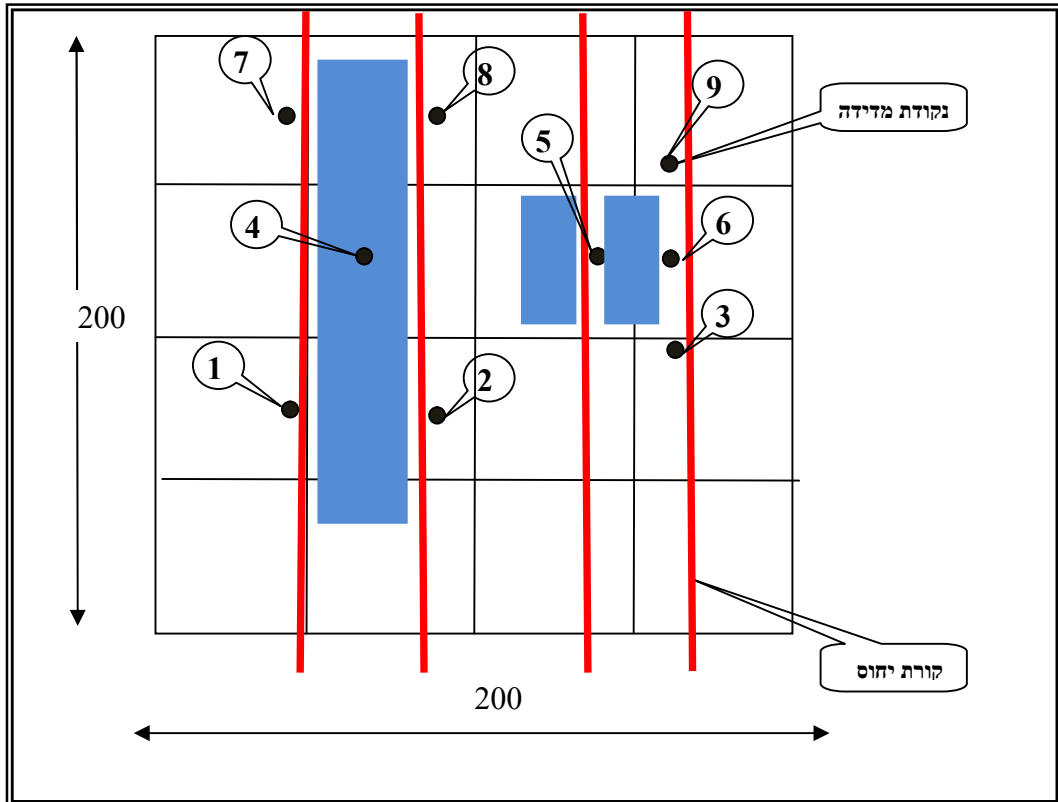


על פי בקשת הלקוח, שיטת העמסה הייתה דומה לשיטת העמסה שבוצעה במחקר המוזכר בטכניון. להלן תמונה מדווח המחקר בטכניון.



<p>דו"ח מס' NH-346</p>	<p>המעבדה לבדיקות אל-הרס</p>
<p>דיווח זה מכיל 11 עמודים ואין להשתמש בו אלא במלואו. עמוד 6 מתוך 11 עמודים</p>	<p>ביקורת הנדסית של המבנים ניסוי העמסה של ריצוף עם תשתית לא-קשיחה מאגרגט קל פומיס</p>

- מיקום העומסים ומדי התזוזה מוצגים בתרשים הבא:



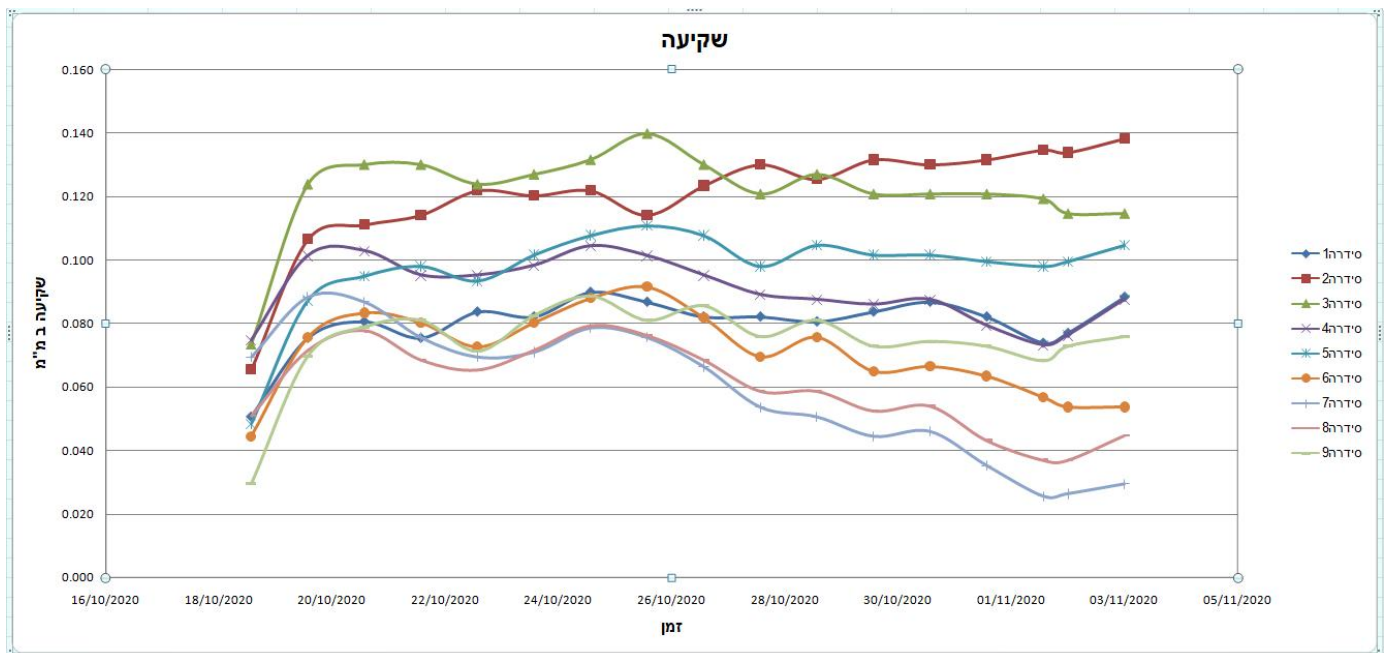
דו"ח מס' NH-346	המעבדה לבדיקות אל-הרס
דיווח זה מכיל 11 עמודים ואין להשתמש בו אלא במלואו. עמוד 7 מתוך 11 עמודים	ביקורת הנדסית של המבנים
	ניסוי העמסה של ריצוף עם תשתית לא-קשיחה מאגרגט קל פומיס

7. תוצאות מדידות שקיעה

מיד עם העמסה החלה שקיעה מקומית זעירה בכל נקודות הבדיקה שנמשכה כיומיים. לאחר תקופה זאת השקיעה בכל הנקודות התייצבה לאורך כל המשך הבדיקה ובחלקן ירדה. פענוח סטטיסטי השקיעה שנמדדו בכל נקודה מצוינת בטבלה הבאה:

נקודה מספר	1	2	3	4	5	6	7	8	9
שקיעה אחר יומיים (מ"מ)	0.081	0.111	0.103	0.087	0.078	0.130	0.095	0.083	0.079
שקיעה ממוצעת	0.080	0.119	0.091	0.063	0.062	0.123	0.097	0.073	0.074
שקיעה מינימאלית	0.051	0.066	0.073	0.026	0.037	0.074	0.048	0.044	0.030
שקיעה מקסימלית	0.090	0.135	0.104	0.088	0.079	0.140	0.111	0.091	0.089
סטית התקן	0.009	0.017	0.010	0.019	0.013	0.015	0.015	0.012	0.014

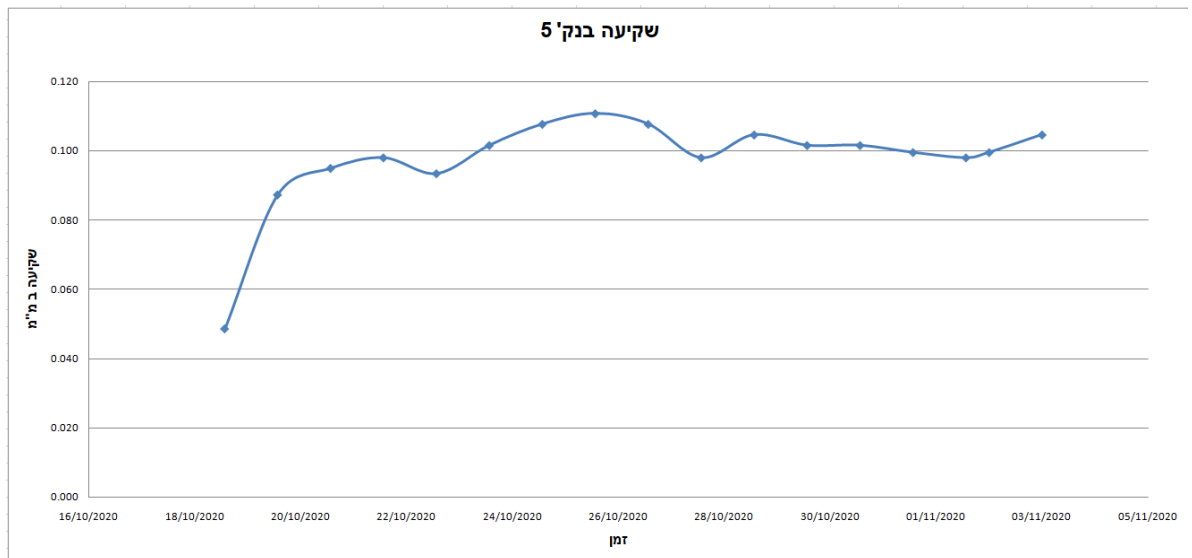
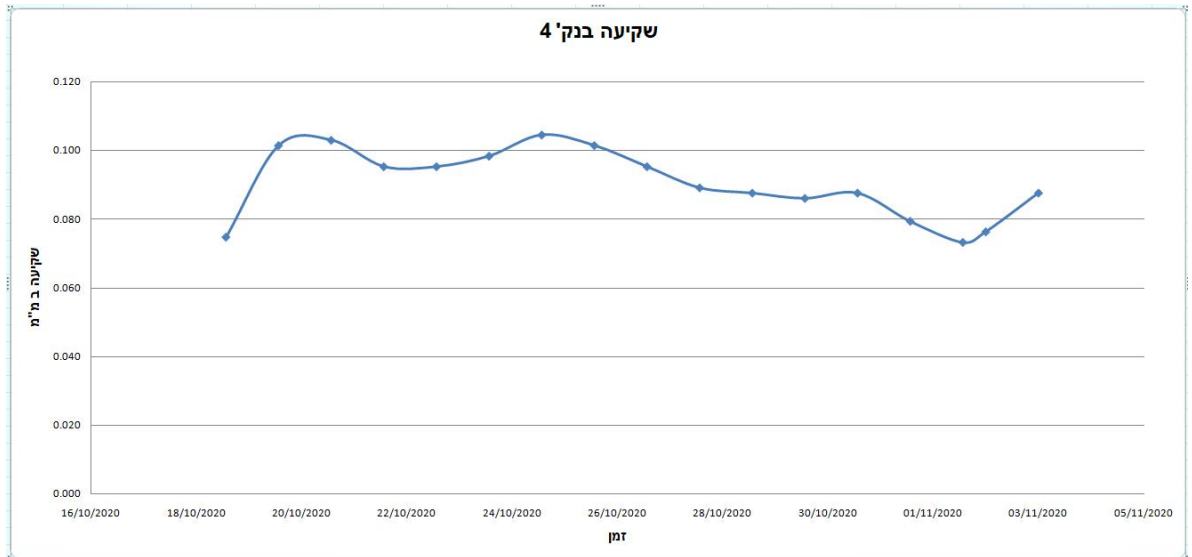
גרף שקיעות רצוף ללא השפעת שינויים תקופתיים בכל נקודות הבדיקה (יום – לילה).



<p>דו"ח מס' NH-346</p>	<p>המעבדה לבדיקות אל-הרס</p>
<p>דיווח זה מכיל 11 עמודים ואין להשתמש בו אלא במלואו. עמוד 8 מתוך 11 עמודים</p>	<p>ביקורת הנדסית של המבנים ניסוי העמסה של ריצוף עם תשתית לא-קשיחה מאגרגט קל פומיס</p>

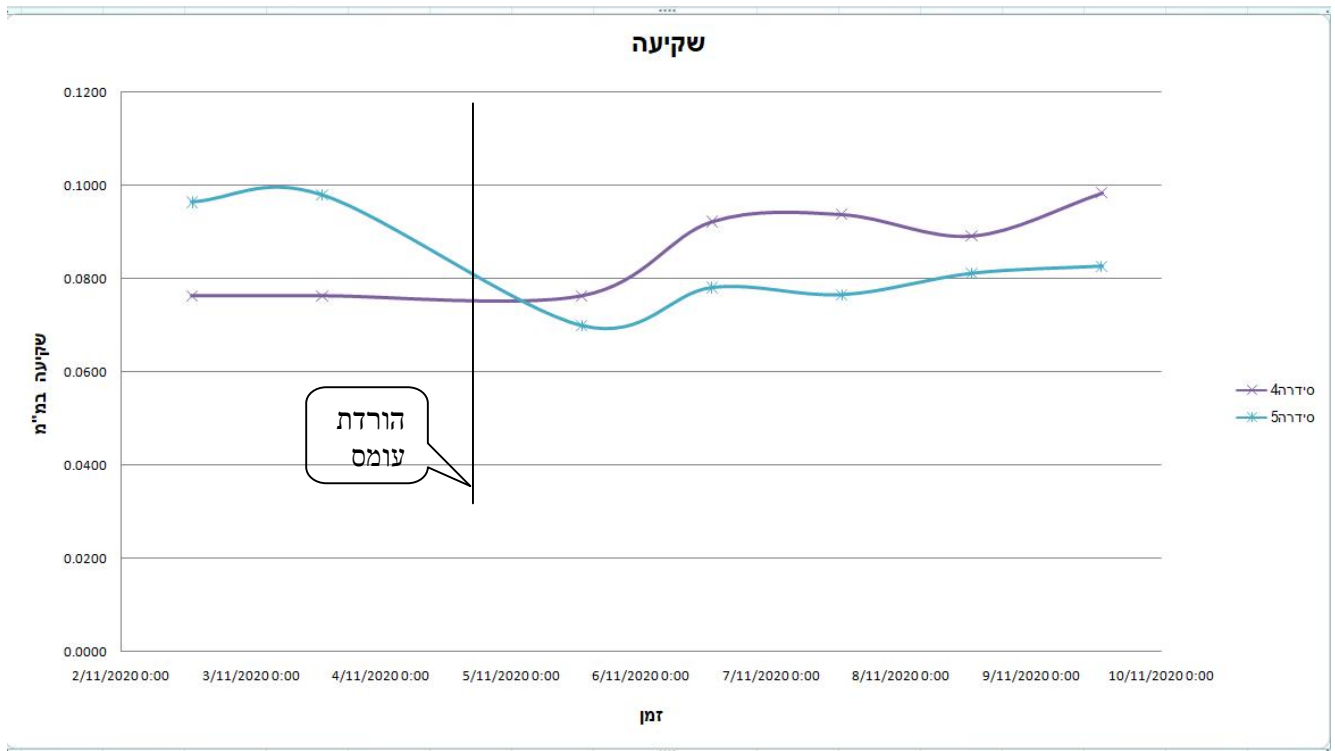
- חשוב לציין כי נתצפתה גם השפעה מחזורית בשקיעות בשל שינויי טמפרטורה בין היום ללילה ברמה של כ- ± 0.03 מ"מ.

נקודות המרכז, 5 לעומס מרוכז ו-4 לעומס מחולק שווה מוצגים להלן בנפרד ללא השפעת השינויים התקופתיים שבין היום ללילה



דו"ח מס' NH-346	המעבדה לבדיקות אל-הרס
דיווח זה מכיל 11 עמודים ואין להשתמש בו אלא במלואו. עמוד 9 מתוך 11 עמודים	ביקורת הנדסית של המבנים
	ניסוי העמסה של ריצוף עם תשתית לא-קשיחה מאגרגט קל פומיס

לאחר הורדת העומס מהריצוף נמדדה שינוי השקיעה במשך 5 ימים. להלן גרף שקיעות רצוף ללא השפעת שינויים תקופתיים בכל נקודות הבדיקה 4 ו5 (יום -לילה).



5	4	נקודה מספר
0.078	0.092	שקיעה אחר יומיים (מ"מ)
0.067	0.066	שקיעה ממוצעת
0.055	0.045	שקיעה מינימאלית
0.088	0.098	שקיעה מקסימלית
0.007	0.015	סטית התקן

דו"ח מס' NH-346	המעבדה לבדיקות אל-הרס
דיווח זה מכיל 11 עמודים ואין להשתמש בו אלא במלואו. עמוד 10 מתוך 11 עמודים	ביקורת הנדסית של המבנים
	ניסוי העמסה של ריצוף עם תשתית לא-קשיחה מאגרגט קל פומיס

9. סיכום תוצאות הבדיקה

- הרצפה הנבדקת עם תשתית לא-קשיחה מאגרגט פומיס הועמסה בעומס מרוכז ובנפרד בעומס החולק שווה של 5.27 ק"נ/מ"ר עומס זה גדול בכ- 31% מעל הנדרש בתקני הריצוף לסוגיהם (נדרש 4.0 ק"נ/מ"ר).
- השקיעה המקסימלית במרכז שטח העמיסה בעומס מחולק שווה, נקודה 4, היה 0.088 מ"מ.
- השקיעה המקסימלית במרכז שטח העמיסה בעומס מרוכז, נקודה 5, היא 0.079 מ"מ.
- הפרשי השקיעה סביב העומסים היא בתחום של כ- ± 0.02 מ"מ.
- הפרשי שקיעה משינויי טמפרטורה תקופתיים יומיים היא בתחום של כ- ± 0.03 מ"מ.
- השקיעות שנתקבלו עם תשתית לא-קשיחה מפומיס קטנות משקיעות שנתקבלו במחקר בטכניון בשימוש בחול טבעי ובסומסום וגדולות מהשקיעות שנתקבלו בשימוש בחול דולומיטי.
- בנקודות המרכז שטחי העמסה 4 ו 5 השינוי לאחר הסרת העומס היה זניח. להלן טבלת השוואת התוצאות:

שקיעה מקסימאלית (מ"מ)				
חומרי תשתית במחקר הטכניון שנמצאו מתאימים לייעודם			חצץ פומיס	סוג התשתית הלא-קשיחה
חול מחצבה דולומיטי	סומסום	חול טבעי		
0.03	0.37	0.63	0.079	עומס מרוכז
0.01	0.15	0.15	0.088	עומס מחולק שווה
0.02	0.41	0.32	0.088±0.098	לאחר הורדת העומס

דו"ח מס' NH-346	המעבדה לבדיקות אל-הרס
דיווח זה מכיל 11 עמודים ואין להשתמש בו אלא במלואו. עמוד 11 מתוך 11 עמודים	ביקורת הנדסית של המבנים
	ניסוי העמסה של ריצוף עם תשתית לא-קשיחה מאגרגט קל פומיס

נספח מס' 1

תוצאות בדיקת חומר מצע.

חומר מצע (פומיס) לקבלת תכונות מכאניות. משקל מרחבי הינו 850 ק"ג/מ"ק.

תוצאות בדיקת החוזק של מלט ההדבקה (דו"ח בדיקה מס' BB-18800)

חוזק לחיצה (מגפ"ס)	חוזק כפיפה (מגפ"ס)	גיל המזגם
10.7	1.3	7 ימים
18.1	4.6	28 יום