



עלות הבנייה הירוקה

ברבי קומות למגורים

ברמות התעדה שונות בתקן הבנייה הירוקה

כתיבה ועריכה: בני כהן, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה
גיא סטינקמפ, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה

יעוץ אקדמי: פרופ' אביתר אראל, אוניברסיטת בן גוריון
ליווי מקצועי: קרן שוץ, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה

הוגש למשרד להגנת הסביבה

דצמבר 2020



תוכן

4	רשימת איורים
4	רשימת טבלאות
5	תודות
6	תקציר מנהלים
8	1 רקע
10	1.1 סקירת מחקרים קודמים בתחום עלויות בנייה ירוקה למבני מגורים
12	2 מטרת המחקר
13	3 מתודולוגיה
13	3.1 בחירת מבני המגורים
14	3.2 תהליך איסוף הנתונים
15	3.3 תהליך רישום, עיבוד וניתוח הנתונים
15	3.3.1 אחסון הנתונים
15	3.3.2 הזנת הנתונים
16	3.3.3 ניכוי הנתונים
17	3.3.4 תיקנון הנתונים
19	3.3.5 מקורות לשונות נוספת בנתונים
20	3.3.6 ניתוח הנתונים
21	4 תיאור המיזמים הנבחרים
22	4.1 פרויקט כוכב אחד
23	4.2 פרויקט שני כוכבים
25	4.3 פרויקט שלושה כוכבים
27	5 ניתוח השוואתי
27	5.1 סקירת הנתונים הגולמיים
28	5.1.1 ניקוד
30	5.1.2 עלות
30	5.2 ניתוח הנתונים המנוכים והמתוקננים
31	5.2.1 ניקוד
35	5.2.2 עלות
38	5.3 ניתוח פרק האנרגיה
38	5.3.1 ניתוח ניקוד
39	5.3.2 ניתוח עלות
40	6 דיון בממצאים
47	7 סיכום ומסקנות
49	8 נספחים

רשימת איורים

- איור 1- ניקוד מקסימלי בפרקים השונים בתקן 5281 גרסת 2011 למגורים, גליון התיקון 2014 8
 איור 2 - תצלום אוויר של הפרויקט הרצליה הילס. בניין 102 מסומן בעיגול (2019)..... 22
 איור 3 - הדמיה של פרויקט הרצליה הילס. 23
 איור 4 - תצלום אוויר של הבניין הנבחן (מסומן) על רקע פרויקט חלומות ראש העין 24
 איור 5 - הדמיה של פרויקט חלומות ראש העין, מקור: חברת שיכון ובינוי נדל"ן בע"מ 24
 איור 6 - תצלום אוויר של הבניין הנבחן, השמאלי (מסומן), על רקע פרויקט חלומות גנים. 25
 איור 7 - הדמיה של פרויקט חלומות גנים. מקור חברת שיכון ובינוי נדל"ן בע"מ. 26
 איור 8 - ניקוד הפרקים על פי נתונים גולמיים..... 28
 איור 9 - משקל הניקוד בפרקים השונים, בממוצע בעבור שלושת הפרויקטים, בנתונים הגולמיים..... 29
 איור 10 - עלות הפרקים השונים, נתונים גולמיים, בש"ח. 30
 איור 11 - ניקוד הפרקים בכל רמת התעדה, לאחר ניכוי ותיקון הנתונים. 33
 איור 12 - תוספת עלות הבנייה ירוקה, לאחר ניכוי ותיקון הנתונים, בש"ח. 35
 איור 13- חלקם היחסי של עלויות הפרקים השונים ביחס לעלות הכוללת בכל רמת התעדה, עבור הנתונים המנוכים
 המתוקנים. 37

רשימת טבלאות

- טבלה 1- דירוג כוכבים בבנייה ירוקה על פי מספור..... 8
 טבלה 2- ניקוד מינימלי בפרק האנרגיה לצורך דירוג הכוכבים של הבניין 9
 טבלה 3 - גודל דירה מזערי, מירבי וממוצע בפרויקטים הנבדקים. 18
 טבלה 4- סקירה של שלושת הפרויקטים שנבחנו במחקר. 21
 טבלה 5 - העלויות (בש"ח) עבור יח"ד לא מתוקנת והניקוד שהושג בפרקים התקן לבנייה ירוקה, ברמות ההתעדה השונות. 27
 טבלה 6 - העלויות (בש"ח) והניקוד שהושג בפרקים השונים ברמות ההתעדה השונות, לאחר ניכוי ותיקון הנתונים. 31
 טבלה 7- הפרשי ניקוד במעבר בין רמות הכוכבים השונות, לאחר ניכוי ותיקון הנתונים. הצבעים מסמלים את מגמת השינוי
 בניקוד בין רמות ההתעדה, ירוק= שינוי חיובי (תוספת ניקוד), צהוב=אין שינוי, אדום= שינוי שלילי (ירידה בניקוד)..... 34
 טבלה 8 - הפרשי עלות במעבר בין רמות הכוכבים השונות (בש"ח), לאחר ניכוי ותיקון הנתונים. הצבעים מסמלים את מגמת
 השינוי העלות בין רמות ההתעדה, ירוק= שינוי חיובי, צהוב=אין שינוי, אדום= שינוי שלילי. 36
 טבלה 9 - שיעור הפרשי עלות במעבר בין רמות הכוכבים השונות בפרקים השונים, לאחר ניכוי ותיקון הנתונים, כאחוז מסך
 הפרש העלות בין רמות הכוכבים. הצבעים מסמלים את מגמת השינוי העלות בין רמות ההתעדה, ירוק= שינוי חיובי,
 צהוב=שינוי קל, אדום= שינוי שלילי. 37
 טבלה 10 - הצגה מורחבת של סעיפי פרק האנרגיה בהם התקבל ניקוד, לאחר ניכוי ותיקון הנתונים. 38
 טבלה 11 - תוספת עלות הבנייה הירוקה עבור יח"ד מתוקנת בגודל 118 מ"ר במעבר מרמת כוכבים אחת לאחרת, ביחס
 לתוספת העלות של בנייה בכוכב אחד. 40
 טבלה 12- תוספת עלות הבנייה הירוקה עבור יח"ד מתוקנת בגודל 118 מ"ר ברמות הכוכבים השונות, ביחס לעלות בנייה של
 יח"ד גרירת ברמות עלות שונות. 40
 טבלה 13- פירוט סעיף 1.1.3, דרישות וניקוד. 42
 טבלה 14 - פירוט הניקוד והעלויות בסעיפים 2.4.2 ו- 2.5 בפרויקטים השונים. 44

תודות

בהנגשת הנתונים, בעזרה בפירושים וניתוחם, ובסיוע מקצועי נוסף לקחו חלק השותפים הבאים להם תודתנו נתונה:

אבישי קימלדרוף: שיכון ובינוי יזמות ונדל"ן בע"מ
אושרת מליחי: חברת סולל בונה
מירב ברדוגו
אביעד שר שלום
חן שליטא: אלפא פרויקטים ירוקים בע"מ
שחר מילוא
גל גדג': חברת אזורים
מאיר שמחה: חברת אזורים
לירן אפריאט: חברת אשטרום
קרין יונוביץ: חברת אשטרום
יפעת סלע דדון: סלע תכנון וייעוץ לבנייה ירוקה
יקיר למדן: AES מערכות מתקדמות לקירור ומיזוג אוויר
אורי דגן: סיוון הנדסה
תמי הירש: תמי הירש אדריכלות ובנייה ירוקה
צחי מנשבק: חברת סולל בונה
עופר יונג: מהנדס סביבה ובנייה ירוקה
נתנאל פלד: לשם שפר איכות סביבה
ליאור איילון: IQC המכון לבקרה ואיכות
לירון זקס: מכון התקנים הישראלי
עופרי טלסניק: מכון התקנים הישראלי
גליה שטנג וייס: ESD פיתוח סביבה וקיימות
נרית עמיר: ESD פיתוח סביבה וקיימות
נתנאל דדון: ESD פיתוח סביבה וקיימות
שרון אוחנה, יועץ אלומיניום
אריה וואחלינובסקי, יועץ זיגוג: Pilkington
מיה קרבטרי: פורום ה-15

תקציר מנהלים

במרץ 2020 הכריז מנהל התכנון כי החל משנת ממרץ 2022 בנייה ירוקה תהא מחייבת בכלל מבני המגורים בישראל בכוכב אחד לפחות, על פי תקן ישראלי (ת"י) 5281. לאור הכרזה זו צפויה צמיחה משמעותית בתחום הבנייה הירוקה. בזמן שרמת התעדה של כוכב אחת תהפוך מחייבת בכל הארץ בשנים הקרובות, עולה השאלה מה היא תוספת ההשקעה הכספית הנדרשת למעבר מרמת התעדה של כוכב אחד, לרמות ההתעדה של שניים ושלושה כוכבים, בעבור גורמים בשוק הבנייה הירוקה השואפים לבדל עצמם ולהציג התקדמות ומצוינות בבנייה מעל הרמות המחייבות.

המחקר, במימון המשרד להגנת הסביבה, בוצע במחלקת מחקר ופיתוח של המועצה לבנייה ירוקה וביעוץ פרופ' אביתר אראל, כלל איסוף נתונים בגין הביצועים והעלויות של סעיפי הבנייה הירוקה השונים, בשלושה מבני מגורים שזכו להתעדה של אחד, שניים ושלושה כוכבים, באזורי אקלים ב' ותוך שאיפה לשמירה על מאפיינים פיזיים ומרחביים דומים ככל האפשר בבחירת המבנים.

לאחר ניכוי ותיקנון של הנתונים, נערכה השוואה בין רמות ההתעדה השונות בכדי להבין מה הם פערי הניקוד והעלות בין רמות הכוכבים השונות ומאילו פרקים, סעיפים ותתי סעיפים הם נובעים.

העלויות (בש"ח) והניקוד שהושג בפרקים השונים ברמות ההתעדה השונות, לאחר ניכוי ותיקנון הנתונים:

שלושה כוכבים		שני כוכבים		כוכב אחד		פרק בתקן הבנייה הירוקה
עלות בש"ח	ניקוד	עלות בש"ח	ניקוד	עלות בש"ח	ניקוד	
11,179	30.5	14,560	24.1	6,993	14.6	פרק 1 - אנרגיה
264	11.2	230	10.1	567	9.6	פרק 2 - קרקע
1,168	11.9	1,756	14.7	282	10.6	פרק 3 - מים
-	12.5	-	9.0	-	9.0	פרק 4 - חומרים
4,872	5.1	99	2.8	145	1.6	פרק 5 - בריאות ורווחה
1,048	2.0	1,131	2.0	650	2.0	פרק 6 - פסולת
1,269	2.0	1,330	4.0	1,127	4.0	פרק 7 - תחבורה
2,702	1.9	738	1.6	4,252	2.4	פרק 8 - ניהול
-	-	-	-	-	-	פרק 9 - חדשנות
1,228	-	739	-	767	-	תכנון והתעדה
23,731	77.1	20,582	68.3	14,783	53.8	סכום כולל

נמצא כי ביח"ד שנבדקו עלויות המעבר הן:

- מרמת כוכב אחד לרמת שני כוכבים עומדת על כ- 5,800 ש"ח ליח"ד.
- מרמת שני כוכבים לשלושה הכוכבים עומדת על כ- 3,150 ש"ח ליח"ד.
- מרמת כוכב אחד לרמת שלושה כוכבים עומדת על כ- 8,950 ש"ח ליח"ד.

בהשוואה לעלויות בנייה גנריות בסך 700 אלף ש"ח ליח"ד, תוספת הבנייה הירוקה הוערכה באופן הבא:

- 2.1% תוספת עלויות לבנייה ירוקה בכוכב אחד
- 2.9% תוספת עלויות לבנייה ירוקה ברמת שני כוכבים
- 3.4% לבנייה ירוקה ברמת שלושה כוכבים.

שיעורי עלויות אלו מתיישבים היטב עם הערכות אחרות שנעשו בתחום הבנייה הירוקה במחקרים קודמים בארץ ובעולם.

הפרקים: אנרגיה, קרקע, חומרים, בריאות ורווחה נמצאו כפרקים בהם הייתה צמיחה ברורה בין רמות ההתעדה השונות: כלומר, המעבר מרמת התעדה אחת לגבוהה ממנה היה כרוך בעליה בניקוד. צמיחה זו מסבירה את מרבית הפער בסך הציון הכולל של רמות ההתעדה, כאשר השינוי בפרק האנרגיה היה גדול יותר מהשינוי בפרקים האחרים גם יחד.

בפרט נמצא כי עיקר השוני בעלויות ובניקוד נובע מפרק האנרגיה. במעבר מכוכב אחד לשני כוכבים תרם פרק זה 9.5 נקודות נוספות, מתוך סך של 14.5 נקודות הבדל בין רמות ההתעדה. במעבר משניים לשלושה כוכבים תרם פרק זה 6.5 נקודות, מתוך סך של 8.8 נקודות הבדל בין רמות ההתעדה. בתוך כך נמצא כי סעיף 1.1.3 - דירוג אנרגטי לפי ת"י 5282 חלק 1, הינו משמעותי ביותר מבחינת ניקוד, עלויות, והיכולות לצמצום בעלויות, כך שתכנון אנרגטי ואקלימי מושכל (אשר נדרש להתבצע בשלבים מוקדמים של תכנון הפרויקט), עשוי להביא להישגים גבוהים בתקן הבנייה הירוקה, תוך תוספת עלות זניחה ואף תוך חיסכון כספי.

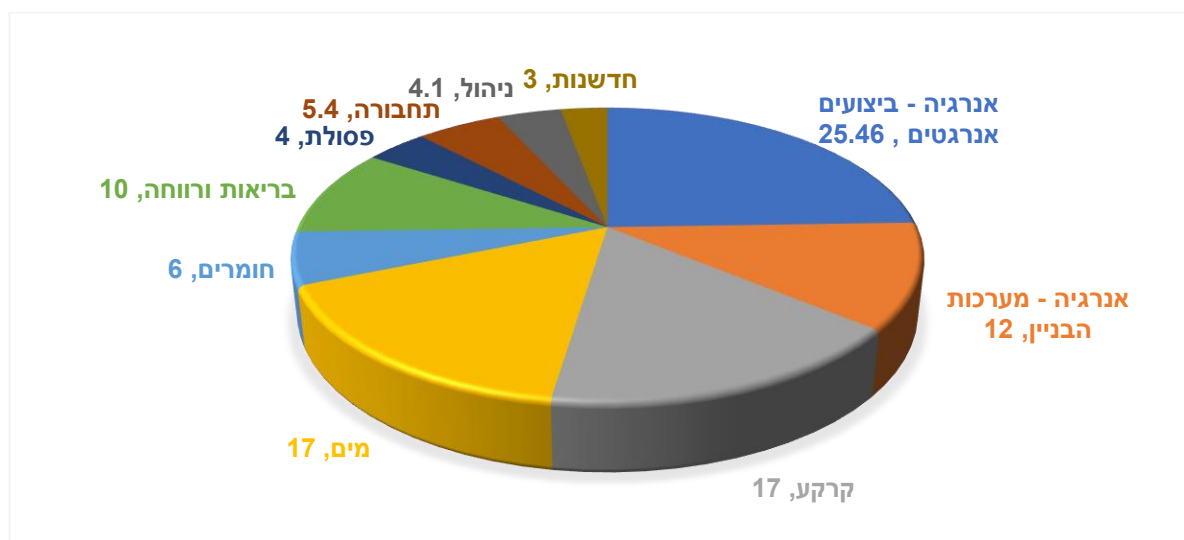
מחקר זה לא אמד את החזרי ההשקעה שנובעים מההתייעלות האנרגטית וההתייעלות במשק המים של המבנים, אלא התמקד בתוספת הישירה לעלות הבנייה בלבד. בהינתן כי מבנה ירוק יעשה שימוש מושכל במערכות האנרגיה והמים המותקנות בו, יש בכך בכדי לחסוך בעלויות משמעותיות לאורך חיי הפרויקט ובכך להפחית מעלות ההשקעה נטו באלמנטים של בנייה ירוקה בפועל.

תובנות מחקר זה עשויות לסייע בקידום רמות ההתעדה הגבוהות יותר בתקן הבנייה הירוקה, ולהוות בסיס תומך להחלטה לפורום ה-15 ושאר רשויות אשר עד כה הקדימו את כלל השוק בתחום זה.

1 רקע

התקן הישראלי לבנייה בת קיימה (בנייה ירוקה) ת"י 5281 נועד לצמצם את ההשפעות השליליות של תהליך הבנייה ושל השימוש במבנים על הסביבה. בשנת 2011 הושק תקן ישראלי מקיף לבנייה ירוקה לסוגי שימושים שונים כמו מגורים, משרדים, מבני תיירות, חינוך, בריאות ועוד. בשנת 2014 הוצא גיליון תיקון עבור כל חלקי התקן. בשנת 2016 פורסמה רביזיה מקיפה נוספת של התקן הישראלי לבנייה ירוקה. התקן מעניק ניקוד עבור עמידה בדרישות מפורטות בקריטריונים מתחומים שונים, ודירוג המבנה נקבע לפי סך הנקודות הכולל שנצבר בכל הפרקים, ועמידה בתנאי קדם שונים.

מחקר השוואתי זה מתמקד במבנים שהוסמכו על פי התקן מגרסת 2011, גיליון תיקון 2014. זאת לאור זמינות טובה של נתונים עבור פרויקטים מרמות התעדה של אחת, שניים ושלושה כוכבים בתקן הבנייה הירוקה מגרסה זו של התקן, במבנים בעלי מאפיינים דומים, כפי שיוסבר בפרק המתודולוגיה. איור 1 מציג את סך הניקוד המקסימלי אותו ניתן לצבור בכל פרק בתקן 5281 על פי גרסת גיליון התיקון 2014, חלק 2 – מבני מגורים :



איור 1- ניקוד מקסימלי בפרקים השונים בתקן 5281 גרסת 2011 למגורים, גיליון התיקון 2014 .

הגדרת פרויקט כ"בניין ירוק" מתבצעת בשיטת דירוג (5-1 כוכבים), והדירוג נקבע בהתאם לנקודות שנצברו.

טבלה 1- דירוג כוכבים בבנייה ירוקה על פי מספור

ניקוד כולל מינימלי	דירוג בניינים בני-קיימה
55	בניין ירוק כוכב אחד
65	בניין ירוק שני כוכבים
75	בניין ירוק שלושה כוכבים
83	בניין ירוק ארבעה כוכבים
90	בניין ירוק חמישה כוכבים

בפרק האנרגיה קיימת אף הגדרת ערכים מינימאליים לשם השגת דרגות הניקוד השונות (טבלה 2).

טבלה 2- ניקוד מינימלי בפרק האנרגיה לצורך דירוג הכוכבים של הבניין

ניקוד מינימלי לצורך דירוג הבניין					המאפיין
ירוק חמישה כוכבים	ירוק ארבעה כוכבים	ירוק שלושה כוכבים	ירוק שני כוכבים	ירוק אחד כוכב	
20.75	18.26	15.77	13.28	9.96	1.1.1. ביצועים אנרגטיים של הבניין
8.0	7.20	6.40	5.60	4.80	1.1.2. מערכות הבניין (כגון תאורה חשמלית; חימום וקירור)
A+	A+	A	B	C	1.1.3. דירוג אנרגטי לבניין חדש לפי התקן הישראלי ת"י 5282 חלק 1

התקן עומד לבחינה מחודשת בכל חמש שנים כדי לשמור על עדכניותו ולצורך הטמעת שינויים.

ביוני 2013 התקבלה החלטה בפורום ה-15 (פורום הערים העצמאיות בישראל), לאימוץ בהדרגה של התקן לבנייה ירוקה עבור מבני מגורים ושאר המבנים עליהם חל התקן¹ כדי להעניק להענקת היתרי בנייה. בשנת 2014, בעקבות החלטת הממשלה לאשר קידום בנייה ירוקה בישראל (החלטה 1806), מינהל הדירוג הממשלתי קבע שכל המבנים הציבוריים שבבעלותו ייבנו או ישופצו על פי התקן לבנייה ירוקה². רוב הרשויות החברות בפורום ה-15 מחייבות עמידה בדרגת הבסיס של תקן הבנייה הירוקה, ומזה מספר שנים שכמה רשויות בפורום ה-15 העלו את רף הדרישות לעמידה בדירוג אנרגטי גבוה או עמידה בדרישות מסוימות מתוך התקן. כמו כן, קיימות מספר רשויות הדורשות עמידה בדירוג של שני כוכבים לפחות עבור רבי קומות למגורים ולשימושים אחרים בהיקפי בנייה גדולים, מתוקף ההנחיות המרחביות של הועדה המקומית³. אימוץ התקן לבנייה ירוקה על ידי פורום ה-15 האיץ את תהליך ההיכרות של השוק עם התקן. בעת החלטת אימוץ התקן צוין שלאחר מספר שנים יבחן פורום ה-15 מעבר מחיוב של כוכב אחד עבור מבני מגורים בבנייה ירוקה לחיוב של שני כוכבים⁴.

¹ אתר פורום ה-15 [אימוץ בנייה ירוקה בעיריות פורום ה-15](https://www.gov.il/he/departments/policies/2014_dec1806)
² החלטת ממשלה מספר 1806 בנושא "קידום בנייה ירוקה בישראל": https://www.gov.il/he/departments/policies/2014_dec1806
³ כך לדוגמה בהנחיות המרחביות של עיריית תל אביב יפו, וכן בהנחיות המרחביות עיריית ר"ג.
⁴ גרוסמן מיכל, בלבן גלר אנני, דו"ח בנושא חיוב בנייה ירוקה בתקנות התכנון והבנייה, AVIV AMCG עבור המשרד להגנת הסביבה, 2018, ראש העין.

עד כה נבנו בישראל למעלה מ-15,500 יחידות דיור על פי התקן הישראלי, ולמעלה מ-100,000 יחידות דיור נמצאות כיום בתהליכי בנייה ותכנון⁵. מעל ל-95% מבנייני המגורים בישראל אשר הותעדו על פי התקן הישראלי לבנייה ירוקה והוגדרו "בניינים ירוקים" נבנו בסטנדרט של כוכב אחד בבנייה ירוקה⁶.

בחודש מרץ 2020 התקבלה החלטה במועצה הארצית לתכנון ובנייה לאמץ באופן מדורג את התקן הישראלי לבנייה ירוקה בכל רחבי הארץ, מתוקף תקנות התכנון והבנייה. החלטה זו קובעת שהחל ממרץ 2022 כל בניין מגורים רב קומות יחויב לעמוד בדירוג של כוכב אחד בבנייה ירוקה, ובשנת 2025 סקטור זה אף יידרש לעמוד בדירוג של שני כוכבים, ואילו מגורים בבנייה רוויה יחויבו לעמוד בדירוג של כוכב אחד החל מיולי 2024⁷.

מזה למעלה מעשור שנים נבנים מבני מגורים על פי התקן לבנייה ירוקה בישראל, וכך גם מבנים בעלי יעודים אחרים. שוק הבנייה הירוקה נמצא לאחר שלב ההיכרות הראשונית עם התקן לבנייה ירוקה. הוא תחרותי ומתקדם בהדרגה, וקיימים פתרונות בנייה, טכנולוגיות, מוצרים, ידע תכנוני, ומגוון אפשרויות התעדה במספר מעבדות בדיקה⁸.

1.1 סקירת מחקרים קודמים בתחום עלויות בנייה ירוקה למבני מגורים

מספר מחקרים בחנו בעבר את תוספת העלות של בנייה ירוקה לבנייני מגורים⁹, ביניהם מחקרם של חגי קוט ודוד כץ שפורסם ב-2013 מטעם המועצה הישראלית לבנייה ירוקה. המחקר אמד את הבדלי העלויות הכלכליות של בנייה ירוקה בדרגת כוכב אחד (על פי גרסת התקן הישראלי משנת 2005) בהשוואה לבנייה קונבנציונאלית, ומצא ששיעור ההשקעה הנוספת הנדרשת לעמידה בתקן הבנייה הירוקה עומד על 2.1%-4.1% מעלות הבנייה עצמה¹⁰.

מחקר נוסף, אשר בוצע על ידי נגה לב ציון, מצא כי תוספת העלות בבנייה ירוקה היא כ-160 ש"ח למ"ר, המתבטאת בעלייה של כ-2.65%-5.3% בעלות הבנייה הכוללת¹¹.

מחקר של חברת AVIV AMCG עבור המשרד להגנת הסביבה השווה בין סוגי מבנים שונים שנבנו בבנייה ירוקה לעומת בנייה רגילה, ביניהם 16 מבני מגורים שנבנו בבנייה ירוקה לעומת 7 מבני מגורים בבנייה קונבנציונאלית. המחקר מצא שיחיד בת 100 מ"ר שנבנתה בבנייה רגילה יקרה יותר ב-36,000 ש"ח בקירוב

⁵ מרום יהונתן, דו"ח עתודות בנייה ירוקה בישראל 2018, המשרד להגנת הסביבה אגף תכנון סביבתי ובנייה ירוקה, אשכול תכנון ומדיניות, ירושלים.

⁶ נתוני המשרד להגנת הסביבה : https://www.gov.il/he/departments/topics/green_building

⁷ https://ilgbc.org/gb_regulation/

⁸ מרום יהונתן, דו"ח עתודות בנייה ירוקה בישראל 2018, המשרד להגנת הסביבה אגף תכנון סביבתי ובנייה ירוקה, אשכול תכנון ומדיניות, ירושלים.

⁹ עלויות ותועלות של בנייה ירוקה בישראל ובעולם, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2015 : <http://assets.ilgbc.org/files/costing-israelandworld.pdf>

¹⁰ קוט, חגי וד"ר דויד כץ- עלויות בנייה ירוקה בבנייני מגורים בישראל. המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2013 : <http://assets.ilgbc.org/files/costing-israelandworld.pdf>

¹¹ לבציון-נדן, נוגה. עלויות בנייה ירוקה, חברת Greeneye, 2014.

לעומת דירה בבנייה ירוקה. כמו כן, נמצא שאחוז העלויות הבלתי צפויות קטן ב- 6% (32,000 ש"ח ליח"ד) בבנייה ירוקה לעומת בנייה רגילה. עלות היועצים הייתה גבוהה יותר בבנייה ירוקה בכ- 2,300 ש"ח ליח"ד¹².

מחקר נוסף של חברת AVIV AMCG עבור המשרד להגנת הסביבה בחן את תוספת העלות בבנייה ירוקה למגורים במיזמי דיור ציבורי למעוטי יכולת של חברת עמיגור ומצא שתוספת העלות היא בין 3%-1.2%¹³. על מחקרים נוספים שנעשו בחו"ל ניתן ללמוד בסקירה של המועצה הישראלית לבנייה ירוקה משנת 2015¹⁴.

כל המחקרים אשר תוארו לעיל עסקו רק בבנייני מגורים אשר זכו לדירוג של כוכב ירוק אחד. עד כה לא נבחנו הפרשי העלות בין כוכב אחד לשניים ושלושה כוכבים¹⁵. כעת, לאור אישור התקנות הארציות המחייבות ולאור ההתקדמות במתווה המדורג של פרום ה-15, בשלו התנאים לבחינת עלויות המעבר בבנייה ירוקה במבני מגורים מכוכב אחד, לשניים ושלושה כוכבים.

¹² בלבן גלר אנני, רותם אלה. ליווי מדעי פרלמוטר דוד (המכון לחקר המדבר – אוני' בן גוריון בנגב). דו"ח ביניים מחקרי: סיכום שלב הבנייה במבני מגורים של פרויקט חלוץ. AVIV AMCG עבור המשרד להגנת הסביבה, 2019.

¹³ בלבן אנני. סיכום סקירת עלויות בנייה ירוקה – חברת עמיגור, AVIV AMCG, 2017.

¹⁴ עלויות ותועלות של בנייה ירוקה בישראל ובעולם, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2015: <http://assets.ilgbc.org/files/costing-israelandworld.pdf>

¹⁵ למעט מחקר פנימי של חברת שיכון ובינוי שנכתב על ידי יפעת סלע ודדון ויקיר למדן בשנת 2016. המחקר לא פורסם לציבור, אך נמסר למועצה לבנייה ירוקה לצורך מחקר זה.

2 מטרת המחקר

עולם התכנון והבנייה מכיר בבנייה הירוקה ויתרונותיה. המחקר הרב שנעשה בנושא בארץ ובעולם¹⁶ הינו על פי רוב אחיד בתוצאותיו ובמסקנותיו ומוכיח כי תוספת העלות של בנייה ירוקה עבוד יח"ד הינה נמוכה ביחס לעלות הכוללת של הבנייה עצמה ועלות הקרקע. בנוסף, תוספת העלות עבור הבנייה הירוקה מסייעת בהליך השיווק הנדל"ני, כמו גם מועילה בצמצום העלות הכוללת של הבניין ואחזקתו לאורך שנים, בין השאר באמצעות: חיסכון כספי כתוצאה משימוש מופחת במים וחשמל, שיפור הרווחה והבריאות הפיזית והנפשית של הדיירים, והפחתה בהשפעות ועלויות חיצוניות שליליות שונות אשר החברה כולה נדרשת לשלם.

מחקר זה בוחן את תוספת עלות הבנייה הנדרשת ליחידת דיור בגודל 118 מ"ר בכדי לעבור מדירוג של כוכב אחד לדירוג של שניים או שלושה כוכבים על פי תקן הבניין הירוקה. בתוך כך, בוצע ניתוח של מרכיבי העלות בפרקים והסעיפים השונים במטרה לזהות את האלמנטים הירוקים העיקריים התורמים, הן מבחינת ניקוד והן מבחינת עלויות.

מטרת המחקר היא לספק נתונים מבוססים עבור השוק הפרטי, הרשויות המקומיות ומקבלי החלטות נוספים בדבר המשמעויות של העלאת רף הדרישות והביצועים בתחום הבנייה הירוקה אל מעבר לזאת הנדרשת ברמת הכוכב האחד, אשר תעשה מחייבת החל ממרץ 2022.

¹⁶ עלויות ותועלות של בנייה ירוקה בישראל ובעולם, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2015 : <http://assets.ilgbc.org/files/costing-israelandworld.pdf>

3 מתודולוגיה

3.1 בחירת מבני המגורים

על מנת לבחון את פערי העלויות של הסעיפים השונים בין דרגות הכוכבים השונות בת"י 5281, נבחרו למחקר זה 3 מבני מגורים אשר זכו לדירוג של 1-3 כוכבים והותעדו על פי גרסה זהה של התקן לבנייה ירוקה - גרסת 2011 (גיליון תיקון 2014). אמנם קיימת גרסה עדכנית יותר של התקן שפורסמה בשנת 2016, אך טרם נבנו על פיה מבנים רבים ברמות כוכבים שונות ולכן לא הייתה רלוונטית למחקר זה¹⁷.

שימוש באותה גרסת תקן ואותו אזור אקלימי סיפקו אחידות בהתייחסות למבנים השונים ובתהליך ניתוח הנתונים. המבנים דומים במיקומם הגיאוגרפי ותנאי האקלים, ומיועדים לאוכלוסייה בעלת מאפיינים חברתיים-כלכליים דומים. שלושת המבנים בנויים במחוז מרכז, ברצועת מישור החוף של ישראל, באזור המוגדר כאזור אקלים ב' לפי ת"י 1045 חלק 10, ובתקן הבנייה הירוקה¹⁸.

בנוסף, ברשויות בהן נבדקו הפרויקטים השונים במחקר זה בפרט, וברשויות הנמצאות באזור המרכז בכלל, מקובלת הדרישה לעמידה במסמך הנחיות מרחביות בו נמצאים מספר היבטים סביבתיים דומים המשפיעים על תקן הבנייה הירוקה. כך למשל קיימות הדרישות הבאות בשלושת הרשויות בהן אנו עוסקים במחקר זה: חניות אופנים, בנייה משמרת מים, דרישות אקוסטיות ועוד¹⁹. חיוב דרישות אלו על ידי הרשות המקומית מייצר מציאות תכנונית דומה עבור שלושת המבנים ומצמצמת את הפערים שעשויים לנבוע מעמידה או אי עמידה בתקן הירוק ובדרגותיו השונות.

במחקר בחרנו להתמקד בבנייני מגורים ירוקים מסוג "רבי קומות"²⁰, שכן מנתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה עולה כי בשנת 2018 45% מהתחלות הבנייה במבני מגורים היו בניינים בני 9 קומות ומעלה²¹. סביר שמבנים אלו יהיו גם הנוף השולט בתרבות הבינוי הישראלית בשנים הקרובות נוכח הציפוף העירוני המתוכנן.

¹⁷ על פי נתוני המשרד להגנת הסביבה בניין המגורים שהותעד על פי שלושה כוכבים ונבדק במחקר זה הינו היחיד בארץ נכון לזמן כתיבת המחקר ראו: [מבנים ירוקים בישראל – המשרד להגנת הסביבה](#).

¹⁸ ביתן אריה ושרה רובין, אטלס אקלימי לתכנון פיסי וסביבתי בישראל, שרות המטאורולוגי, (נדרש על פי ת"י 1045), ישראל. משרד האנרגיה והתשתית. האגף למחקר ופתוח, אוניברסיטת תל-אביב. החוג לגיאוגרפיה, 2000.

¹⁹ ראו מסמך הנחיות מרחביות [בהרצליה](#), בעיריית [פתח תקווה](#), ובעיריית [ראש העין](#).

²⁰ ראו הגדרה מתוך תקנות התכנון והבניה: בניין בו הפרש הגובה בין מפלס הכניסה הקובעת לבניין לבין מפלס הכניסה לקומה הגבוהה ביותר המיועדת לאכלוס, שהכניסה אליה דרך חדר מדרגות משותף, עולה על 29 מטרים.

²¹ נתוני הלמ"ס: [התחלות הבנייה בשנת 2018](#).

3.2 תהליך איסוף הנתונים

איסוף נתוני הניקוד כלל מעבר על דוחות שהוגשו למכוני הבדיקה ושיחות עם יועצי בנייה ירוקה בכל אחד משלושת הפרויקטים, בהן מופו אסטרטגיות הבנייה הירוקה.

בכל מבנה, העלויות עבור כל סעיף שזכה לניקוד התקבלו באחת מהדרכים הבאות:

1. **קבלת נתוני העלויות ממנהלי הפרויקטים מטעם קבלני הביצוע של הפרויקטים הנבחרים**, וכן משיחות עם נציגי היזם בפרויקטים השונים (הערה: בפרויקט שני הכוכבים הועברו נתונים בש"ח למ"ר, שהומרו על ידי צוות המחקר לעלות ליח"ד ממוצעת).
2. **קבלת נתוני עלויות מיועצים שונים**: יועצי הבנייה ירוקה, יועצים תרמיים, אלומיניום וזיגוג. בכל הפרויקטים יועצי הבנייה הירוקה מיפו מספר סעיפים שנכללו במסגרת עבודתם, סעיפים אלו תומחרו בעבודת היועץ ולא בעלות הסעיף, כיוון שעלות זו הינה שקועה וקבלת ניקוד בסעיפים הקשורים בכך לא היוותה תוספת עלות.
3. **נתוני עלויות ממחירון דקל (2020) וכתבי הכמויות לפרויקט**: עבור שני סעיפים בפרויקט שלוש הכוכבים (סעיפים 2.4, 5.10) נמשכו נתונים ממחירון דקל. עבור שלושה סעיפים נמשכו נתוני עלויות ממחשבון הבנייה הירוקה שנבנה על ידי אדריכלית תמי הירש עבור המשרד להגנת הסביבה (לא פורסם לציבור) (בסעיפים 6.1, 7.2 בכל הפרויקטים, ובסעיף 1.2.4 עבור פרויקט הכוכב האחד).
4. **הזנת נתוני עלויות על פי הידע המקצועי במועצה הישראלית לבנייה ירוקה, תוך התייעצות עם אנשי מקצוע בתחום**: מאפיין סעיפים שלא היה בהם תוספת עלות או תוספת זניחה. לדוגמא, סעיף 1.2.1 ביצועים אנרגטיים של תאורה, העוסק בתכנון התאורה ובבקרה על צריכת החשמל מגופי התאורה שבשטחים המשותפים. בסעיף זה הידע הקיים במועצה ואצל יועצים נוספים מצביע על תוספת עלות נמוכה מאוד או אפסית.

מאחר ולא ניתן לעמוד בדרישות התקן ללא עמידה בתנאי סף, הוערכה גם תוספת העלות בגין עמידה בתנאי הסף בהם לא התקבל ניקוד. פירוט מקור הנתונים השונים מצוין בגיליון העבודה הראשי של המחקר.

בפועל, מרבית נתוני העלויות התקבלו מהקבלן המבצע. נתונים נוספים הועברו על ידי היועצים שהיו אחראים לתהליך ההתעדה של הבניין, או החברה היזמית עצמה. הסתמכות על עלויות בפועל או מאנשי השטח אשר סיפקו אנשי מקצוע שהיו מעורבים בניהול הפרויקט הינה מדויקת יותר בהשוואה להסתמכות על הערכה של רכיבים על בסיס כתבי כמויות. כתבי כמויות מכילים הערכות יתר רבות המותירות יתרות שלא נעשה בהן שימוש בגמר הביצוע, והן מועברות לפרויקטים אחרים. כמו כן, העלויות בפועל שהתקבלו ישירות מאנשי המקצוע כללו בתוכן את עלות השינוע, הביצוע, ההרכבה ועוד, בעוד שמחיר הרכיבים בלבד אינו כולל עלויות מהותיות אלו.

3.3 תהליך רישום, עיבוד וניתוח הנתונים

3.3.1 אחסון הנתונים

במחקר זה נעשה בתוכנת אקסל (Excel). מכיוון שבכל סעיף בתקן ישנן כמה אפשרויות ניקוד שונות, כל שורה בגיליון (טבלה באקסל) ייצגה דרגת ניקוד נפרדת עבור כל תת סעיף מתוך תקן הבנייה הירוקה 5281. עמודות הגיליון מייצגות את שלושת המבנים שנבחנו. בכל שורה הוזנה תוספת העלות לסעיף זה ביחס למבנה קונבנציונאלי בו לא מתקיים סעיף זה, וכן הניקוד שהתקבל עליו. בסך הכול ישנם 78 סעיפים שונים בהם התקבל ניקוד במבנים השונים, חלקם משותפים לכל המבנים וחלקם לא, היות ובכל אחד מהמבנים יושמה אסטרטגיה שונה לעמידה בדרישות התקן הירוק ובתוך כך נבחרו סעיפים שונים לביצוע.

3.3.2 הזנת הנתונים

על פי רוב נתוני העלות שהתקבלו ממקורות המידע (היזמים, הקבלנים והיועצים) בסעיפי התקן השונים, הינם עבור עלויות הבנייה הירוקה בלבד, כלומר עלויות שאינן קיימות כלל בתחום הבנייה הקונבנציונאלית. למשל, **סעיף 3.2 אמצעי מדידה משניים ובקרה**, מערכת לניטור דליפות, איננה בגדר דרישת בנייה קונבנציונאלית.

עם זאת במקרים מסוימים קיימות עלויות שבתוכן מסתתרות עלויות של בנייה קונבנציונאלית. לכן לדוגמא בסעיף **3.1 חסכון בשימוש במים שפירים בבניין**, הוזנה עלות תוספות הרכיבים החסכניים בלבד (כמו חסכמים), ללא עלות הברזים או המקלחים. דוגמא נוספת בסעיף **2.4 תופעת אי החום העירוני**, בו הוזנה העלות הנוספת של ריצוף מחלחל ביחס לעלות ריצוף קונבנציונאלי בשטח הפיתוח. כל התערבות שכזו בנתונים מצוינת בגיליון העבודה באקסל.

3.3.3 ניכוי הנתונים

מניתוח ראשוני של הצוות ומשיחות שנעשו עם היזמים, הקבלנים, יועצי הבנייה הירוקה וכן הגופים המתעדים של פרויקטים אלו לתקן הבנייה הירוקה, נמצא שמספר שיקולים תלויי מקום או החלטה תכנונית חריגה הגדילו משמעותית את עלות הבנייה הירוקה בסעיפים מסוימים, אף שלא נדרשו על מנת לעמוד בדרישות להתעדה בדרגה המבוקשת.

חלק מהמרכיבים שישומו נעשו בתוספת עלות משמעותית גם בידיעה שלא תתקבל עבורם תוספת ניקוד משמעותית. מכיוון שמטרת מחקר זה הינה השוואה בין עלויות הבנייה הירוקה ברמות כוכבים שונות, היה צורך לבדוד עלויות אשר נוספו לפרויקט רק בהתאם לסוגיות מקומיות או תכנוניות כפי שמוצג מטה.

בתהליך ניכוי הנתונים, נמצאו שלושה סעיפים אשר הצריכו שינוי או החרגה של נתוני העלות כיוון שסעיפים אלו היו תלויי מקום או החלטה תכנונית יוצאת דופן. במקרים שבהם הוחרגו לחלוטין העלויות, הוחרג גם הניקוד שהתקבל באותו סעיף.

אלו הם הסעיפים ואופן הטיפול בהם:

- 1. בידוד תרמי (החלטה תכנונית חריגה) - עלות הביצוע של הבידוד התרמי (אשר בא לידי ביטוי בסעיף 1.1.3)** בפרויקט הכוכב האחד הגיעה ל 17,000 ש"ח ליחיד. העלות הגבוהה נובעת משתי החלטות תכנוניות המחמירות מעבר לדרישות התקן, והן:
 - שימוש בזוגות בידודית מסוג Sunergy Clear, עם ערך U (מוליכות תרמית כוללת) של 2.2 (ראו נספח 1). מערכת זיגוג זו הוגדרה ע"י הקבלן בתוספת עלות של כ- 300 ש"ח למ"ר ביחס לזכוכית הבידודית אשר הותקנה בפרויקטים האחרים. החלטה זו נבעה בין השאר על מנת לתת מענה למפתחים הרחבים לכיוון מערב. לטענת היועצת התרמית של הפרויקט ניתן היה לעמוד בדרישות התקן גם עם זכוכית בידודית בעלת ערכים תרמיים נמוכים יותר ובעלות נמוכה יותר.
 - בשטחי המעטפת של הפרויקט בוצע בידוד מסוג Foamglas. לטענת מנהל הפרויקט, בידוד זה, אשר הותקן בצורה יבשה בין הבטון לבין חיפוי המעטפת, נחשב כבעל ערכים תרמים טובים והינו בעל עלות גבוהה יותר, הן בשל עלותו הגולמית והן בשל שיטת הביצוע של רכיב זה.

אם כן, עלות סעיף 1.1.3 בפרויקט זה הייתה גבוהה יותר מהפרויקטים האחרים שנבחנו במחקר, על אף שפרויקט זה הגיע לדירוג הנמוך ביותר, דירוג C, לעומת דירוגים B ו-A בפרויקטים שניים ושלושת הכוכבים בהתאמה.

בכדי להתמודד עם הטיה משמעותית זו בנתונים, שונה מחיר הבידוד בסעיף 1.1.3 בפרויקט הכוכב האחד, למחיר בידוד תרמי גנרי, אשר הושג כמיצוע עלויות בידוד בשלושה מיזמים של מבנים אחרים בעלי דירוג של כוכב אחד²².

2. מערכות מיזוג אוויר (החלטה תכנונית חריגה) - בפרויקט הרצליה הילס הוחלט על התקנת מזגנים בעלי דירוג אנרגטי A אשר זכו לניקוד בסעיף 1.2.4.2 מערכות מיזוג אוויר מיני מרכזיות בדירות. ניכר כי אלמנט זה הינו יקר וחריג בנוף התכנוני בארץ בכלל, ובפרט בניתוח הנוכחי בו לא הותקנו מזגנים כאלה בפרויקטים

²² בלבן אנני, סיכום סקירת עלויות בנייה ירוקה – חברת עמיגור, AVIV AMCG, 2019.



האחרים. לאור העלות הגבוהה של אלמנט זה, אשר איננה נדרשת על מנת לעמוד בדירוג של כוכב אחד, סעיף זה, עלותו והניקוד שהתקבל בו, הוחרגו בשלב ניתוח הנתונים המעמיק.

3. קרקעות מזוהמות (תלוי מיקום גיאוגרפי) - פרויקט הכוכב האחד נבנה מעל אתר פסולת ובשל כך הנהלת הפרויקט נדרשה לבצע טיפול ופינוי של קרקעות מזוהמות בהתאם להנחיות המשרד להגנת הסביבה. הטיפול והפינוי זיכו את הפרויקט בניקוד בסעיף 2.1.2 - שיקום טיפול בקרקעות מזוהמות. מכיוון שטיפול זה הינו פרטני ותלוי מקום וגורר עמו עלויות נכבדות (1,666 ש"ח בסעיף 8.2 בפרויקט הכוכב האחד), סעיף זה, עלותו והניקוד שהתקבל בו, הוחרגו בשלב ניתוח הנתונים המעמיק.

הערה בנושא זכוכית "בידודית": בכל המבנים שנבחנו במחקר נעשה שימוש בזכוכית "בידודית"²³ במעטפת המבנה. ממחקר שיטות הבידוד בישראל של משרד הבינוי והשיכון עולה שזכוכית בידודית הותקנה בכ- 75% מהבניינים רבי הקומות החדשים בישראל (2019)²⁴. כמו כן, גם משיחות עם שני יזמים גדולים בתחום, עולה שזכוכית בידודית היא סטנדרט בינוי שהתקבע בכל אזור מרכז הארץ. בשל כך, ומכיוון שעלות זו חוזרת גם במקרי הבוחן השונים במחקר זה, הוחלט שלא לכלול עלות זו בסך עלויות הבנייה הירוקה, שכן עלות זו היא בגדר "בנייה קונבנציונאלית".

3.3.4 תיקון הנתונים

המבנים אשר נבחנו במחקר נבחרו בהתאם לזמינות הנתונים והניסיון לשמור על מספר קומות דומה עד כמה שניתן, שכן מספר בנייני מגורים אשר הגיעו לדרגת שניים ושלושה כוכבים בבנייה ירוקה אינו גדול. לאור השוני הקיים בין מספר הקומות, שטחי הפיתוח ויחידות הדיור בשלושת המבנים, **הוחלט להשתמש ביחידת דיור מתוקנת כיחידת המידה למחקר**. לשם כך ביצענו את הפעולות הבאות:

1. בעבור כל פרויקט חישבנו את העלויות בעבור המבנה כולו ושטחי הפיתוח שבו, וחילקנו אותן במספר יחידות הדיור שבו, לקבלת מחיר ליחיד לפרויקט.
2. חישבנו את גודל הדירה הממוצעת המשוקללת בעבור כל בניין בנפרד, תוך התחשבות בגודל ומספר יחידות הדיור מכל סוג (טבלה 3).
3. חישבנו את גודל יחיד הממוצעת של שלושת המבנים: $118.3 \sim 118 = (111 + 113 + 131) / 3$ אליה נתייחס מעתה כ- "יחידת הדיור המתוקנת".

המרנו את עלויות יחיד הממוצעת המשוקללת בכל פרויקט לעלויות עבור יחיד "מתוקנת". כך למשל בפרויקט כוכב אחד נמצא שגודל יחידת דיור ממוצעת הינו 111 מ"ר, ואילו גודל הדירה הממוצעת עבור כל שלושת הפרויקטים הוא 118 מ"ר. חילקנו את העלויות השונות ב-111, בכדי לקבל עלות למ"ר, ואז הכפלנו ב- 118 בכדי לקבל את העלויות המותאמות לדירה בגודל 118 מ"ר, היא יחידת הדיור "המתוקנת". אם בפרויקט כוכב אחד בסעיף 1.1.3 נרשמה עלות של 6,500 ש"ח, אזי העלות המתוקנת הושגה על ידי חלוקת העלות בגודל יחיד ממוצעת משוקללת לפרויקט, לקבלת עלות למ"ר, והכפלה של עלות זו בגודל יחיד מתוקנת, כך:

$$6,500/111 * 118 = 6,910$$

²³ זוגיות בידודית הינה זכוכית כפולה המוכבת משתי זכוכיות אשר ביניהן מרווח אוויר ליצירת בידוד תרמי ואקוסטי.
²⁴ ממחקר שיטות הבידוד בישראל של משרד הבינוי והשיכון, 2019:

https://www.gov.il/BlobFolder/reports/r1086/he/documents_r1086.pdf

4. מכאן הנחת העבודה היא שכל יחידות הדיור הינן בעלות גודל ממוצע וזהה.

טבלה 3 – גודל דירה מזערי, מירבי וממוצע בפרויקטים הנבדקים.

שם הפרויקט	כוכב אחד	שני כוכבים	שלושה כוכבים
גודל דירה ממוצע (מ"ר)	111	113	131
גודל דירה מזערי (מ"ר)	65	70	119
גודל דירה מירבי (מ"ר)	174	168	178

לסיכום, הצגת וניתוח הנתונים מורכבים משני שלבים: ראשית, הצגה וניתוח בסיסיים עבור הנתונים הגולמיים שנאספו. בשלב השני, הצגה, ניתוח עומק, דיון והצגת מסקנות עבור נתונים מנוכים מעלויות שנוספו לפרויקטים השונים כתוצאה ממיקומם הפיזי או כתוצאה מהחלטות יזמיות חריגות, ומתוקננים לגודל יח"ד מתוקנת.

מובהקות סטטיסטית של המחקר: מזמיני ועורכי המחקר מודעים לכך שמדגם של 3 מבנים אינו מייצג מבחינה סטטיסטית. עם זאת וכפי שיוצג בהמשך, תוצאות הניתוח מראות מגמה ברורה בשינוי העלויות במעבר בין רמות הכוכבים השונות. אם כן, להערכתנו מחקר זה עשוי להוות סמן לטווחי המחירים האפשריים ולמגמה הכללית בשוק במעבר בין כוכב אחד לשניים ולשלושה כוכבים.

3.3.5 מקורות לשונות נוספת בנתונים

נציין נושאים נוספים אשר עלולים להטות את תוצאות הבדיקה והם:

1. **סטנדרט שונה של דרישות תכנון סביבתי ובנייה ירוקה בכל רשות:** ההבדל המרכזי בין הדרישות המרחביות השונות בכל רשות היא הדרישה לחיוב עמידה בתקן לבנייה ירוקה. בעוד שהרצליה חייבה עמידה בתקן בשנים המדוברות, בראש העין ופתח תקווה לא הייתה דרישה דומה בעת בניית המבנים (כיום פתח תקווה מחייבת עמידה בתקן). ההנחיות המרחביות בכל רשות קובעות מספר דרישות המשפיעות על גורמים שונים בתקן הבנייה הירוקה, כגון: חניות אופניים, הפרדת פסולת, הנחיות לבנייה משמרת מים, דרישות להתנהלות סביבתית בזמן הבנייה, ועוד. דרישות אלו משפיעות על בחירת האסטרטגיה לבנייה ירוקה וכתוצאה על צבירת הניקוד בתקן הבנייה הירוקה בין הפרויקטים השונים ומכאן גם על נתוני העלויות.
2. **דרישות מקבילות בתקנים אחרים:** התקן הישראלי לבנייה ירוקה מפנה למספר תקנים אחרים כמו לתקנות הנדרשות בחוק התכנון והבנייה: ת"י 1045 (בידוד תרמי), תקנות למניעת מפגעי רעש, תקן 1004 חלק 1- בידוד אקוסטי בבנייני מגורים ועוד. תקנים אלו נדרשים בכל בנייני המגורים ברחבי הארץ. עם זאת, לעיתים קרובות הבקרה המקיפה ביותר שנעשית לבדיקת יישום תקנים אלו נעשית דווקא בגלל החיוב בעמידה בתקן הבנייה הירוקה ובדיקת המעבדה הנדרשת מתוקף עמידה בתקן זה. במחקר זה תומחרו רכיבי הבנייה הירוקה שהוטמעו בכל פרויקט והתגלה קושי לתמחר רכיבים אשר נעשים במסגרת תקנים אחרים הנדרשים גם בתקן הבנייה הירוקה.
3. **תנאי מגרש ושטח שונים עבור כל פרויקט:** קיים שוני בתנאי השטח של המגרשים, דבר המייצר שונות גדולה אשר משפיעה על כמות השטחים הפתוחים, על ההעמדה של הבניין וכן על תנאים נוספים אשר משפיעים על צבירת הניקוד בתקן הבנייה הירוקה. ניתן לראות דוגמא לכך ביצירת החזית הרחבה כלפי מערב וצפון מערב בפרויקט הכוכב האחד, אשר נבחרה על מנת לאפשר נוף לים. להחלטה זו הייתה השפעה רבה על התכנון הביו-אקלימי של הפרויקט והתבטאה גם בסימולציות התרמיות ובעלות הכוללת של הפרויקט. דוגמא נוספת עלתה בבדיקת הפרויקט שני הכוכבים בו ההבדלים הטופוגרפיים בשטח המגרש השפיעו על עלות ניהול מי הנגר, תכנון השטח הפתוח ועוד.
4. **טווחים בשיטת הדירוג והאסטרטגיה לבנייה ירוקה:** נוכח הטווחים הקיימים לרמות ההתעדה בתקן הבנייה הירוקה, היחס בין עלות הבנייה הירוקה לדירוג לו זכה פרויקט מסוים עשוי לעיתים להיות מטעה. כך עלות בנייה בכוכב אחד עשויה להיות דומה מאוד לעלות בנייה בשני כוכבים, כאשר הדבר היחיד שמפריד בין הפרויקטים בפועל הוא מספר מצומצם של נקודות שהתקבלו בבחינת הבנייה הירוקה, מספר שהעביר פרויקט אחד לרמת שני כוכבים בעוד שהפרויקט הדומה לו נשאר ברמת הכוכב האחד.



3.3.6 ניתוח הנתונים

ניתוח הנתונים התבצע באמצעות כלי ה- Pivot Table בתוכנת האקסל אשר מאפשר חיתוך וניתוח נוח ומהיר של הנתונים. כך סכמנו את הניקוד והעלויות השונות עבור יח"ד במבנה, ויצרנו טבלאות וגרפים ברורים להצגת הממצאים.

לאור המדגם הקטן במחקר זה ($N=3$), לא נעשה שימוש בכלים סטטיסטיים ולא הוצג ניתוח מעמיק של השונות בתת הסעיפים של הפרקים השונים. עם זאת, לאורך הניתוח והדיון מוסברים חלקים מהפערים בעלויות בעזרת ידע שהצטבר במועצה הישראלית לבנייה ירוקה, ושיחות עם קבלנים, מנהלי פרויקטים ויועצי בנייה ירוקה שונים ששמשם הוזכר בפרק התודות.

4 תיאור המיזמים הנבחרים

עתה יפורטו שלושת הפרויקטים שנבחרו למחקר זה. טבלה 4 משווה בין הפרויקטים, ולאחריה יתואר כל פרויקט בנפרד.

טבלה 4- סקירה של שלושת הפרויקטים שנבחנו במחקר

שם הפרויקט	כוכב אחד	שני כוכבים	שלושה כוכבים
שם הפרויקט	הרצליה הילס	חלומות ראש העין	חלומות גנים ויטנברג
כתובת ושם הרשות	אריק איינשטיין, הרצליה (בניין 102)	יונתן רטוש, ראש העין (בניינים 471-472)	ויטנברג, פתח תקווה (בניינים 2004-2005)
מספר בניינים שנבנו במתחם	6	2	2
מספר קומות	18	23	15
יחידות דיור בבניין	97	106	110
סך הכול יחידות דיור במתחם	600	212	110
גודל דירה ממוצע	111	113	131
שטח בנוי (מ"ר)	15,366	20,563	7,040
ניקוד לפי ת"י 5281	55.6 נקי	68.3	77.1
יזם	אזורים	שיכון ובינוי נדל"ן בע"מ	שיכון ובינוי נדל"ן בע"מ
תכנון הבנייה הירוקה	חברת ESD	חברת אלפא פרויקטים ירוקים בע"מ	חברת אלפא פרויקטים ירוקים בע"מ
אזור אקלים לפי ת"י 1045	ב	ב	ב

להלן פירוט מאפייני שלושת הבניינים שנבחנו, תצלומים והדמיות:

4.1 פרויקט כוכב אחד

בניין המגורים שנבחן, בניין 102, הוא המגדל הצפוני ביותר בפרויקט הרצליה הילס של חברת אזורים (רחוב אריק איינשטיין 6). בפרויקט שני מבנים מאורכים הכוללים כ- 600 יחידות דיור ב-10 מגדלים שונים של 18 קומות, 11 קומות, ומבנים מרקמיים בעלי 4 קומות. הבניין הותעד לרמה של כוכב אחד בציון של 55.6. הפרויקט נמצא במקום מרכזי סמוך למחלף הסירה ולכביש החוף ברחוב אריק איינשטיין בהרצליה. בפרויקט משולבים גם מתחם משרדים, מרכז ספורט, מסחר ומבני ציבור וחינוך בסמוך למבני המגורים.

בניין 102 הוא בניין בעל 18 קומות המאופיין כמו שאר הבניינים בפרויקט, בקומת מסד מאורכת ממנה צומחים מגדלים. לבניין חזית רחבה לכיוון צפון (עם הסטה קלה למערב) וחזית מערבית פחות רחבה אך דומיננטית הפונה לכיוון נוף הים. קומת המסד היא בעלת גוון אדום והבניין שצומח מצופה באריח פורצלן לבן. רוב הדירות הן בעלות 4 ו-5 חדרים, כאשר 30% מהדירות בבניין הן בעלות 2 או 3 חדרים.

הפרויקט נבנה על אתר אשר שימש בעבר כתחנת מעבר לפסולת בניין. לכן היזם חויב על ידי הרשות המקומית בפינוי הפסולת ובטיפול בקרקע המזוהמת, בעלות שהייתה חריגה ביחס למיזמים האחרים שנבדקו במחקר.



איור 2 - תצלום אוויר של הפרויקט הרצליה הילס. בניין 102 מסומן בעיגול (2019)



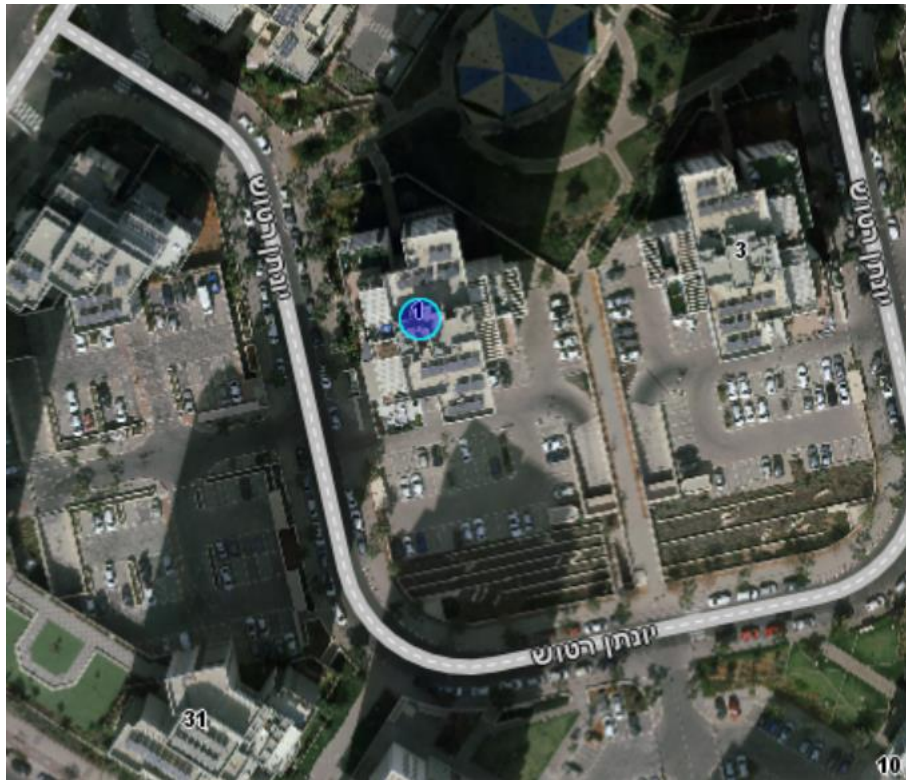
איור 3 - הדמיה של פרויקט הרצליה הילס.

4.2 פרויקט שני כוכבים

בניינים 471 – 472 נבנו בהינף אחד והליך ההתעדה היה אחד עבור שני הבניינים, שזכו לציון זהה של 68.3, אשר זיכה את הבניינים בשני כוכבים. הפרויקט נבנה על פי דרישות הבנייה הירוקה בהתאם להחלטת היזם, חברת שיכון ובינוי נדל"ן בע"מ, בליווי חברת אלפא פרויקטים ירוקים בע"מ. לא היו דרישות לבנייה ירוקה מצד הרשות.

בפרויקט נבנו 106 יחידות דיור ב- 23 קומות מגורים בכל בניין, מעל 2 קומות מרתף. הפרויקט נבנה ברחוב יונתן רטוש בראש העין. על אף שכל המיזמים שנבחנו מסווגים לאותו אזור אקלים (ב'), קיים הפרש גובה טופוגרפי ביניהם: הפרויקט בראש העין נמצא בגובה 140 מ' מעל פני הים, כ-100 גבוה יותר מהפרויקטים האחרים.

הפרויקט מאופיין בחזיתות רחבות לכיוון צפון מזרח ודרום מערב, ולחזיתות צרות לכיוון צפון מערב ודרום מזרח. הוא נבנה באתר ריק ומסביבו נבנו מספר בנייני מגורים נוספים. חזיתות הבניין נבנו בשיטת ברנוביץ' והן מחופות באבן בהירה.



איור 4 - תצלום אוויר של הבניין הנבחר (מסומן) על רקע פרויקט חלומות ראש העין.



איור 5 - הדמיה של פרויקט חלומות ראש העין, מקור: חברת שיכון ובינוי נדל"ן בע"מ

4.3 פרויקט שלושה כוכבים

חלומות גנים הוא פרויקט של שני מבני מגורים (2004 ו-2005) בני 17 קומות מעל 2 קומות מרתף, הכוללים 110 יחידות דיור סה"כ (55 יח"ד בכל בניין). הפרויקט הגיע לציון של 77.1 נקודות אשר זיכה אותו בשלושה כוכבים. על פי נתוני המשרד להגנת הסביבה, זהו פרויקט המגורים עם הדירוג הגבוה ביותר בארץ (נכון לזמן כתיבת המחקר²⁵). היזם הינו חברת שיכון ובינוי נדל"ן בע"מ, והקבלן המבצע סולל בונה. את הבנייה הירוקה בפרויקט תכננה חברת אלפא פרויקטים ירוקים בע"מ.

הבניין הנבחן, הדרומי מבין השניים, נמצא ברחוב יצחק ויטנברג, 6 בעיר פתח תקווה. גובה הפרויקט הוא כ- 40 מטרים מעל פני הים והוא מוגדר כאזור אקלימי ב'. הבניין מאופיין בחזיתות רחבות בכיוונים צפון ודרום, וחזיתות צרות יותר למזרח ומערב.

בפרויקט זה בוצעה עבודת תכנון אקלימי כבר בשלב התכנון הקונספטואלי. תכנון זה השפיע על ההעמדה של המבנה וגודל הפתחים וכן הביא את המבנה לעמידה בדירוג אנרגטי A על פי ת"י 5282.



איור 6 - תצלום אוויר של הבניין הנבחן, השמאלי (מסומן), על רקע פרויקט חלומות גנים.

²⁵ מבנים ירוקים בישראל – המשרד להגנת הסביבה.



איור 7 - הדמיה של פרויקט חלומות גנים. מקור חברת שיכון ובינוי נדל"ן בע"מ.

5 ניתוח השוואתי

5.1 סקירת הנתונים הגולמיים

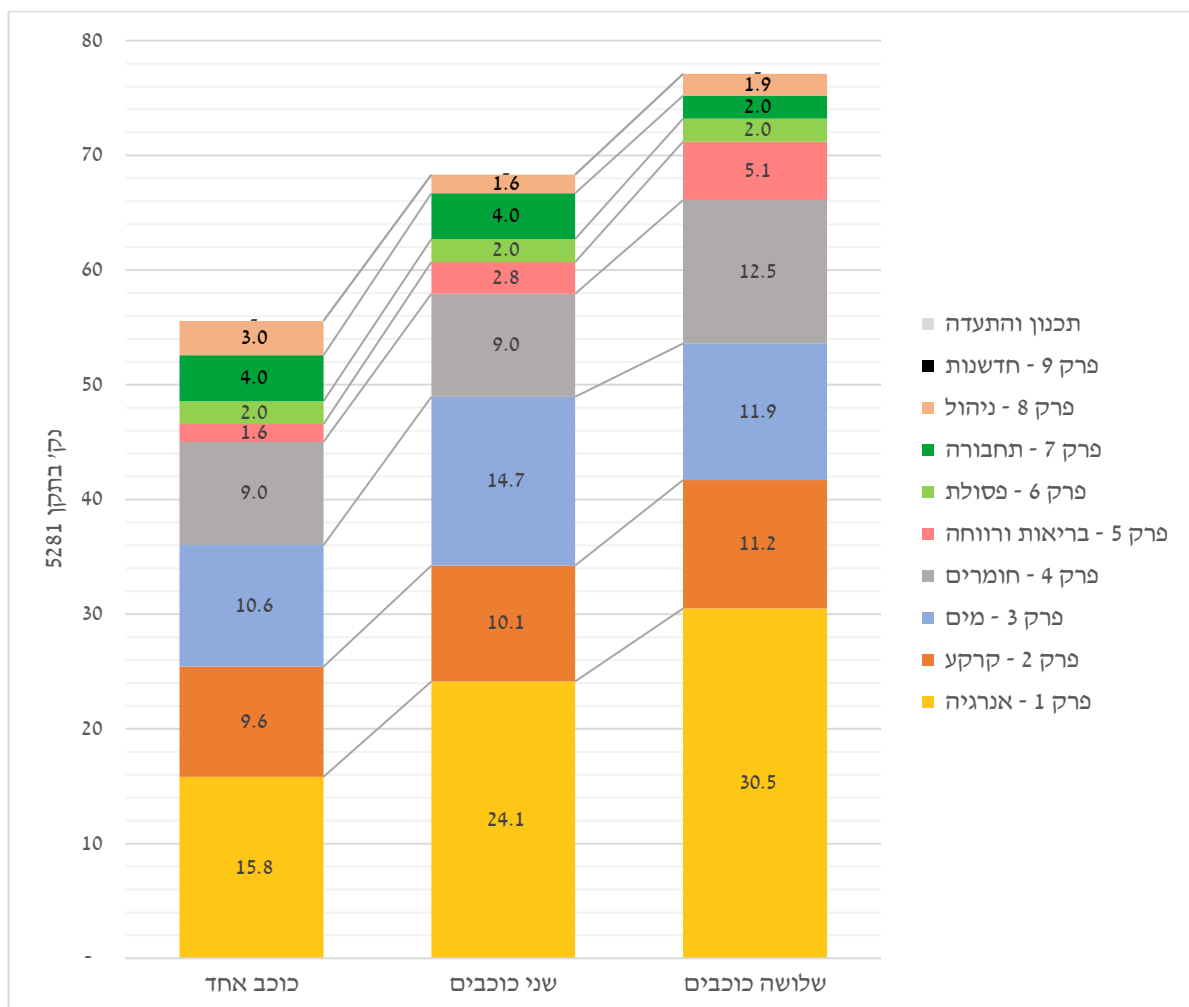
בפרק זה נציג בקצרה את הנתונים הגולמיים שעלו במחקר, לפני ניכוי ותקנון שיעשו בפרק הבא. טבלה 5 מציגה את הניקוד שהתקבל, והעלויות שקשורות אליו עבור כל אחד מהפרויקטים, תוך חלוקה לפרקים השונים שבתקן הבנייה הירוקה, ויחד עם עלויות התכנון וההתעדה המוצגות גם הן. עלויות אלו כוללות גם את עלות יועץ הבנייה הירוקה והוצאות נדרשות להתעדת הפרויקט.

טבלה 5 - העלויות (בש"ח) עבור יח"ד לא מתוקננת והניקוד שהושג בפרקים התקן לבנייה ירוקה, ברמות ההתעדה השונות.

שלושה כוכבים		שני כוכבים		כוכב אחד		
עלות בש"ח	ניקוד	עלות בש"ח	ניקוד	עלות בש"ח	ניקוד	פרק בתקן הבנייה הירוקה
13,410	30.5	13,943	24.1	24,878	15.8	פרק 1 - אנרגיה
293	11.2	220	10.1	533	9.6	פרק 2 - קרקע
1,297	11.9	1,681	14.7	265	10.6	פרק 3 - מים
-	12.5	-	9.0	-	9.0	פרק 4 - חומרים
5,409	5.1	94	2.8	136	1.6	פרק 5 - בריאות ורווחה
1,164	2.0	1,083	2.0	611	2.0	פרק 6 - פסולת
1,409	2.0	1,274	4.0	1,060	4.0	פרק 7 - תחבורה
3,000	1.9	707	1.6	5,666	3.0	פרק 8 - ניהול
-						פרק 9 - חדשנות
1,364	-	708	-	722	-	תכנון והתעדה
27,345	77.1	19,710	68.3	33,872	55.6	סכום כולל

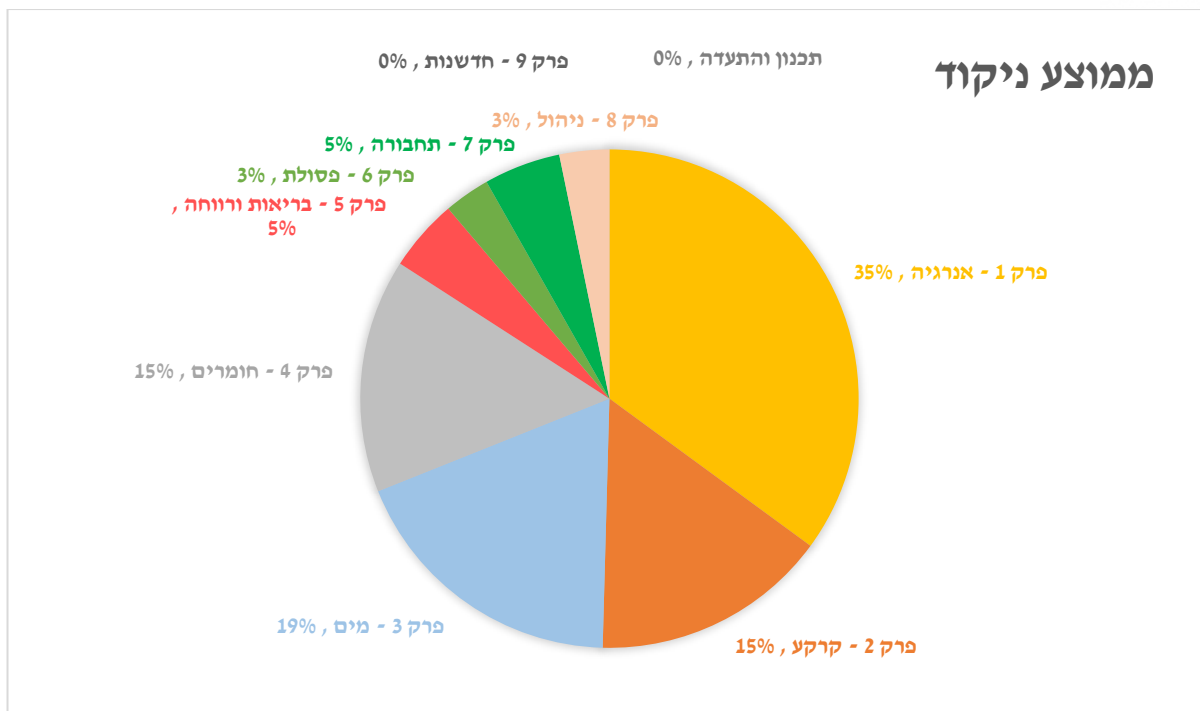
5.1.1 ניקוד

בהסתכלות על הנתונים הגולמיים שנאספו, ניכר כי ישנה צמיחה בכיוון הצפוי בניקוד המתקבל בפרקי התקן בין רמות הכוכבים השונות (איור 8), כאשר פרק האנרגיה הינו הגורם המשמעותי והמסביר העיקרי להפרש הניקוד הכולל.



איור 8 - ניקוד הפרקים על פי נתונים גולמיים

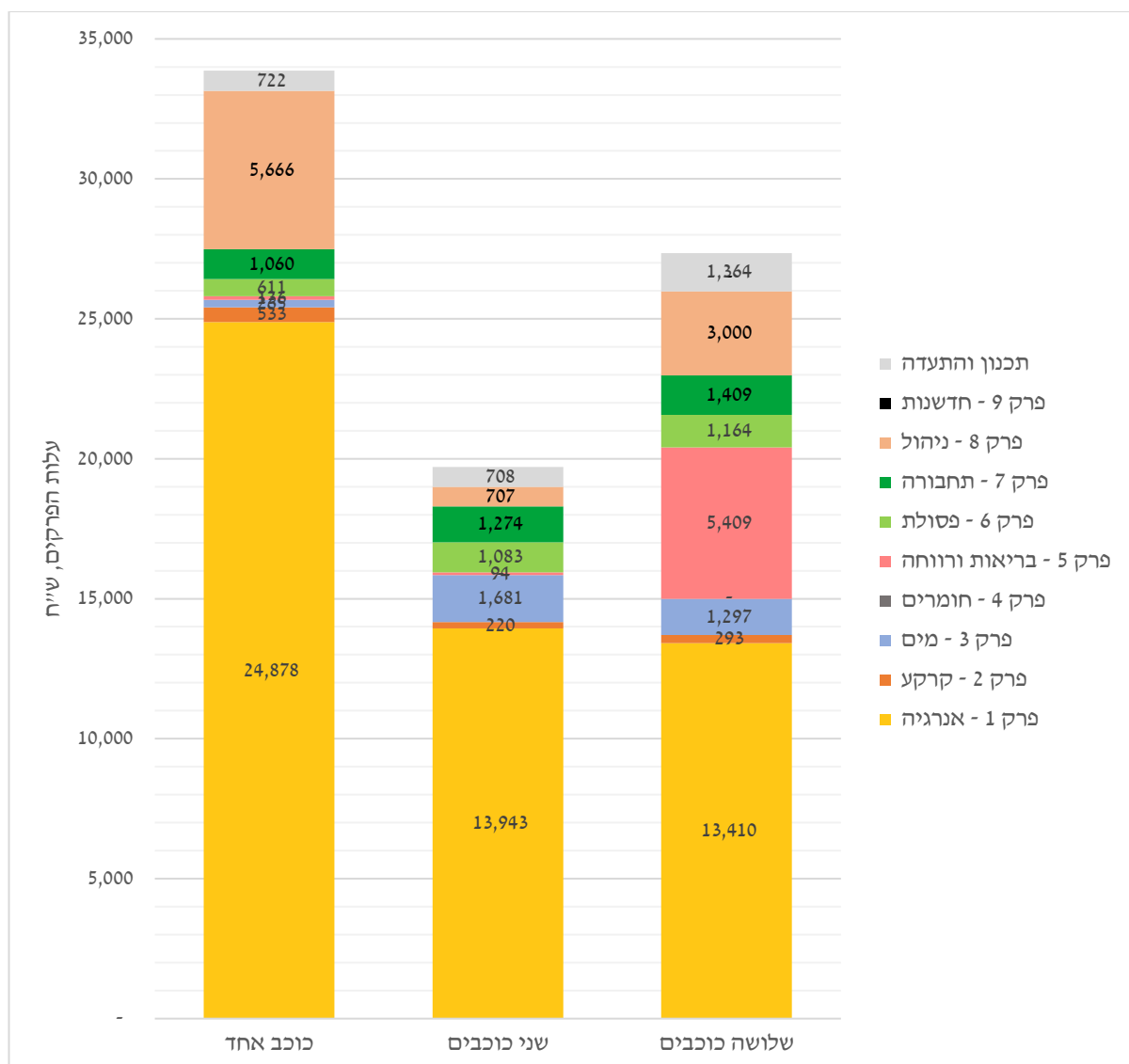
ניכר כי עבור שלושת רמות הכוכבים (איור 9), פרק האנרגיה מהווה בממוצע 35% מהניקוד (עם טווח של 28%-38%). כל אחד משלושת הפרקים קרקע, מים וחומרים, מהווים 15-18% מסך הניקוד, ושאר הפרקים תורמים כ- 3%-5% מסך הניקוד (למעט פרק החדשנות שלא קיבל ביטוי במקרי הבוחן).



איור 9 - משקל הניקוד בפרקים השונים, בממוצע בעבור שלושת הפרויקטים, בנתונים הגולמיים.

5.1.2 עלות

בבחינת העלויות, ניכר כי פרק האנרגיה הינו היקר ביותר (איור 10). עם זאת, ראוי לציין במיוחד כי חלקו היחסי של פרק האנרגיה בפרויקט שלושת הכוכבים דווקא נמוך משמעותית ביחס לפרויקטים האחרים.



איור 10 - עלות הפרקים השונים, נתונים גולמיים, בש"ח.

לאור ההטיה שנגרמת בשל עלויות ייחודיות שונות בפרק האנרגיה ופרק הניהול (בו נמצאות עלויות ניקוי הקרקע) בפרויקט הכוכב האחד, ולאור השוני בגודל הדירה הממוצעת המשוקלת בין הפרויקטים, נעבור עתה לבחינת הנתונים המנוכים והמתוקנים.

5.2 ניתוח הנתונים המנוכים והמתוקנים

שיטות הבנייה ועלויותיהן במבנים שנבחרו למחקר זה, כמו רוב המבנים הישראליים באופן כללי, מושפעות מהמיקום של המבנים ומהחלטות תכנוניות נוספות מעבר לשיקולי הבנייה הירוקה או היעילות הכלכלית. כפי שהוסבר בפרק המתודולוגיה, במהלך המחקר נמצא כי בפרויקט הכוכב האחד התגלו משתנים תלויי



מקום והחלטות תכנוניות אשר לא היו מתקבלות בהכרח במצב אחר (בידוד אקוסטי ותרמי יקר במיוחד, ניקוי קרקע מזוהמת והתקנת מזגנים יקרים במיוחד). בכדי לאפשר השוואה טובה יותר בין הפרויקטים השונים בוצע ניכוי עלויות הללו. לאחר תיקון או ניכוי העלויות החריגות האלה, ולאחר תיקון (סטנדרטיזציה) של גודל יח"ד ממוצעת בפרויקטים השונים ל- 118 מ"ר כפי שהוסבר בפרק המתודולוגיה, נבחן עתה את הנתונים המתוקננים המאפשרים השוואה טובה יותר בין עלויות הבנייה הירוקה בין רמות כוכבים שונות (ראו פירוט הפרקים והסעיפים בנספח 4).

טבלה 6 - העלויות (בש"ח) והניקוד שהושג בפרקים השונים ברמות ההתעדה השונות, לאחר ניכוי ותיקון הנתונים.

שלושה כוכבים		שני כוכבים		כוכב אחד		
עלות בש"ח	ניקוד	עלות בש"ח	ניקוד	עלות בש"ח	ניקוד	פרק בתקן הבנייה הירוקה
11,179	30.5	14,560	24.1	6,993	14.6	פרק 1 - אנרגיה
264	11.2	230	10.1	567	9.6	פרק 2 - קרקע
1,168	11.9	1,756	14.7	282	10.6	פרק 3 - מים
-	12.5	-	9.0	-	9.0	פרק 4 - חומרים
4,872	5.1	99	2.8	145	1.6	פרק 5 - בריאות ורווחה
1,048	2.0	1,131	2.0	650	2.0	פרק 6 - פסולת
1,269	2.0	1,330	4.0	1,127	4.0	פרק 7 - תחבורה
2,702	1.9	738	1.6	4,252	2.4	פרק 8 - ניהול
-	-	-	-	-	-	פרק 9 - חדשנות
1,228	-	739	-	767	-	תכנון והתעדה
23,731	77.1	20,582	68.3	14,783	53.8	סכום כולל

5.2.1 ניקוד

ניכוי העלויות הייחודיות לא שינה באופן מהותי את הניקוד הכולל של המיזמים. השינוי היחיד היה עבור פרויקט הכוכב האחד, בהפחתת של 1.2 נק' בפרק האנרגיה **סעיף 1.2.4.2 מערכות מיזוג אוויר מיני מרכזיות בזירות**, ובהפחתת 0.6 נק' בפרק הניהול **סעיף 8.2 שימוש חוזר וסילוק פסולת בניין** (לאור עלויות חריגות, ראו פרק המתודולוגיה).

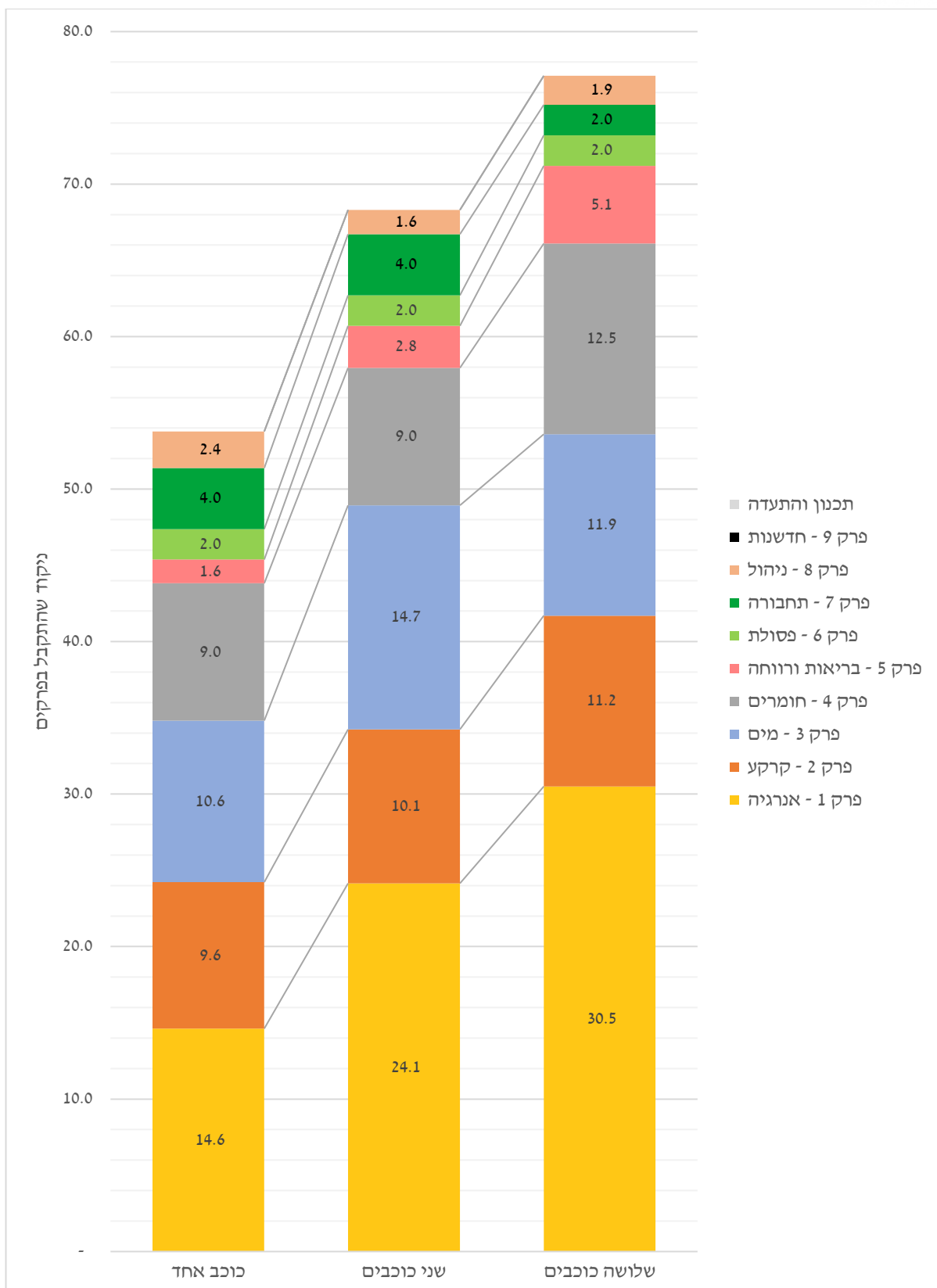
התרומה היחסית של כל אחד מפרקי התקן לניקוד הכולל במעבר בין רמות ההתעדה השונות נשארה בעינה)

איור 11). כעת ניתן לומר ביתר ביטחון כי בעוד שהקשר בין רמת ההתעדה לבין הניקוד בחלק מהפרקים הוא צפוי, קרי עליה ברמת ההתעדה תתבטא בעליה בכמות הניקוד בפרקים (כמו למשל פרק האנרגיה ופרק



הבריאות ורווחה), ישנם פרקים אשר לא מראים מגמה ברורה של צמיחה ואף מראים לעיתים מגמה שלילית במעבר בין רמות ההתעדה, למשל פרק המים, פרק התחבורה ופרק הניהול (טבלה 6 ו, לאחר ניכוי ותיקנון הנתונים).

טבלה 7).



איור 11 - ניקוד הפרקים בכל רמת התעדה, לאחר ניכוי ותיקון הנתונים.



טבלה 7- הפרשי ניקוד במעבר בין רמות הכוכבים השונות, לאחר ניכוי ותיקון הנתונים. הצבעים מסמלים את מגמת השינוי בניקוד בין רמות ההתעדה, ירוק = שינוי חיובי (תוספת ניקוד), צהוב = אין שינוי, אדום = שינוי שלילי (ירידה בניקוד).

במעבר			
מאחד לשלושה כוכבים	משניים לשלושה כוכבים	מאחד לשני כוכבים	פרק בתקן הבנייה הירוקה
15.88	6.36	9.52	פרק 1 - אנרגיה
1.60	1.10	0.50	פרק 2 - קרקע
1.30	-2.80	4.10	פרק 3 - מים
3.50	3.50	-	פרק 4 - חומרים
3.54	2.33	1.21	פרק 5 - בריאות ורווחה
-	-	-	פרק 6 - פסולת
-2.00	-2.00	-	פרק 7 - תחבורה
-0.50	0.30	-0.80	פרק 8 - ניהול
-	-	-	פרק 9 - חדשנות
-	-	-	תכנון והתעדה
23.30	8.79	14.51	סך ניקוד

מכאן ניתן להסיק כי במחקר זה, הפרקים :

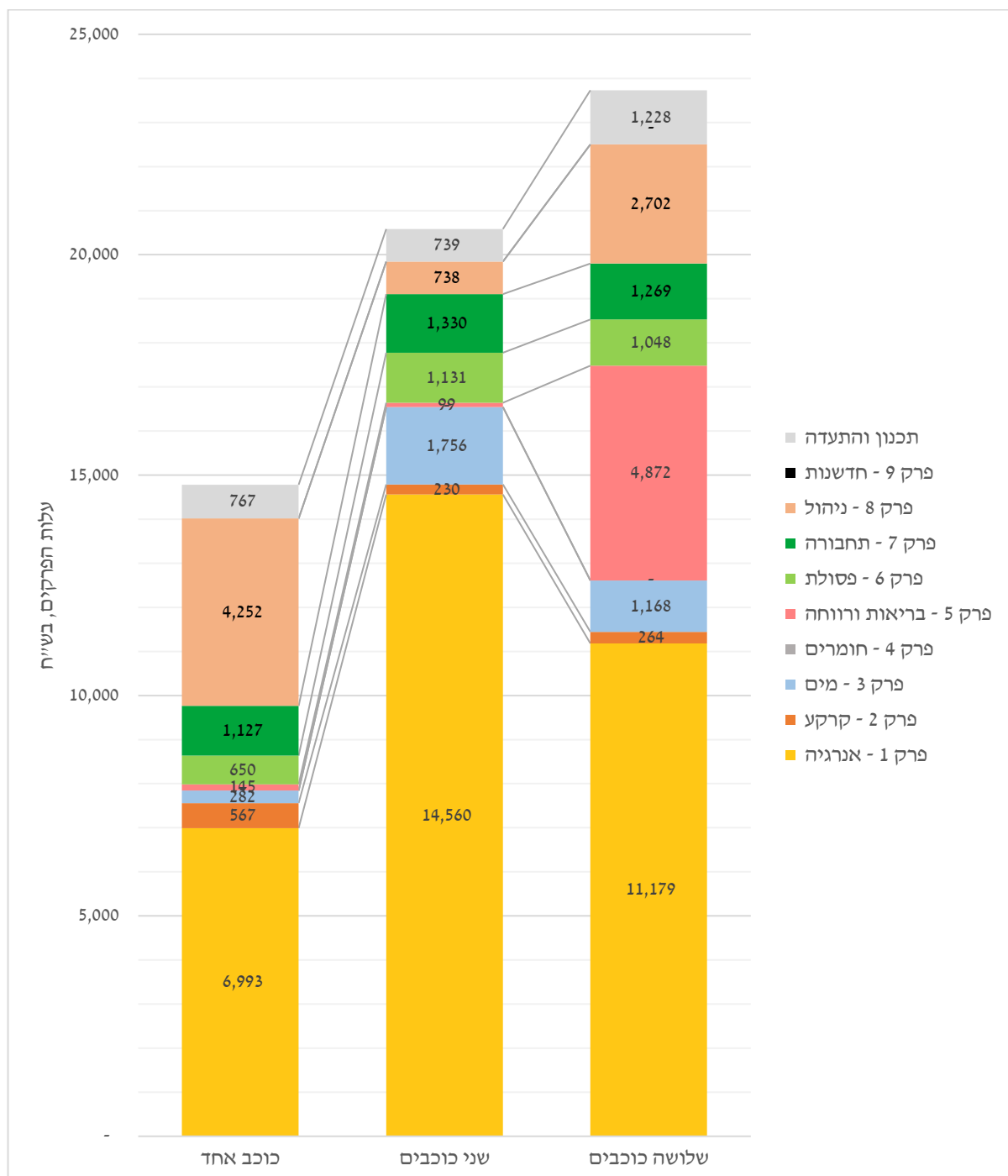
- 1 אנרגיה
- 2 קרקע
- 4 חומרים
- 5 בריאות ורווחה

הם הפרקים בהם הייתה צמיחה ברורה בין רמות ההתעדה השונות (כלומר המעבר מרמת התעדה אחת לגבוהה ממנה לווה בעליה בניקוד בפרקים אלו (ראו, לאחר ניכוי ותיקון הנתונים).

טבלה 7), צמיחה אשר מסבירה את מרבית הפער בסך הציון הכולל של רמות ההתעדה, כאשר השינוי בפרק האנרגיה היה גדול יותר מהשינוי בכל הפרקים האחרים גם יחד. שאר הפרקים לא הציגו שינוי שיטתי ומשמעותי בין רמות ההתעדה. הסיבות לכך אינן בהכרח נעוצות באופן ישיר במבנה עצמו, כפי שיפורט בדיון. לאור מיעוט מקרי הבוחן לא נערכה במחקר זה בדיקה בכלים סטטיסטיים.

5.2.2 עלות

כפי שניתן לראות באיור הבא (איור 12), במעבר מרמת התעדה של כוכב אחד לרמת התעדה של שני כוכבים ישנה צמיחה ניכרת בעלויות בעיקר בפרק האנרגיה, ובאופן משני בפרקי המים, פסולת ותחבורה (טבלה 8). לעומת זאת, במעבר בין רמת שני כוכבים לרמת שלושת הכוכבים, הפרש העלות העיקרי הינו בפרק הבריאות והרווחה, ואילו פרק האנרגיה ותהליכי התכנון והתעדה הינם מסבירים משניים לעלויות בעלויות.



איור 12 - תוספת עלות הבנייה ירוקה, לאחר ניכוי ותיקנון הנתונים, בש"ח.



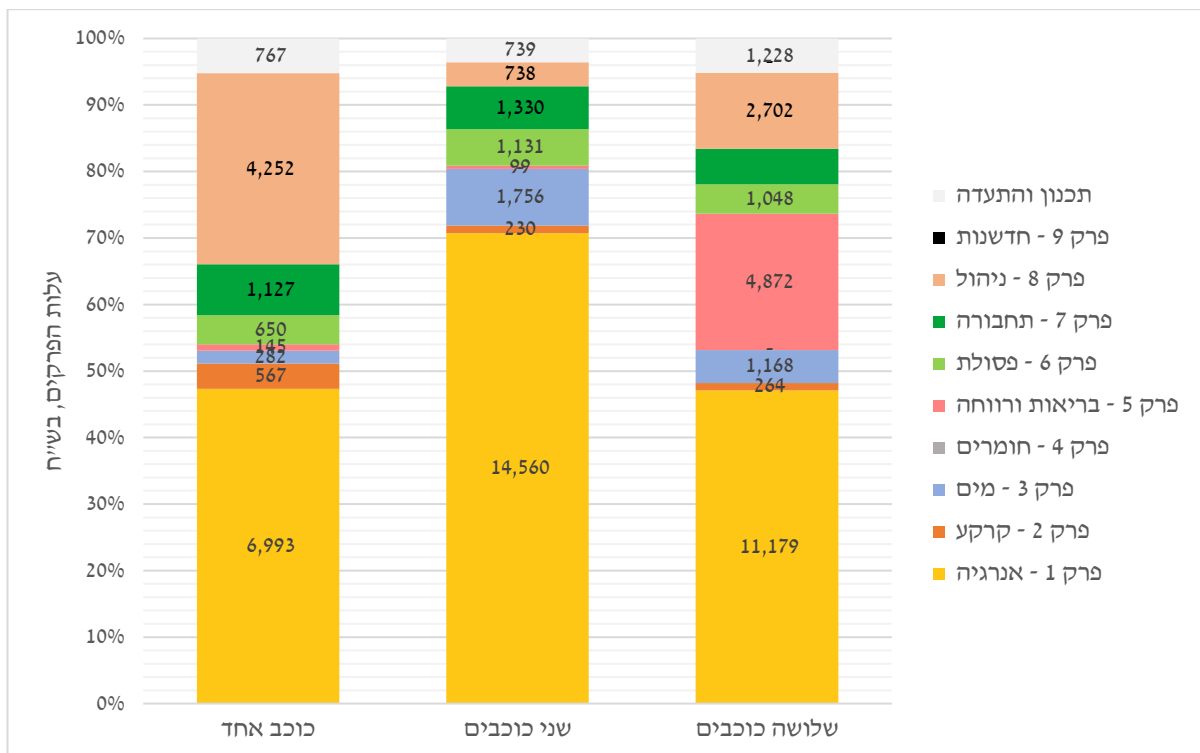
טבלה 8 - הפרשי עלות במעבר בין רמות הכוכבים השונות (בש"ח), לאחר ניכוי ותיקנון הנתונים. הצבעים מסמלים את מגמת השינוי העלות בין רמות ההתעדה, ירוק = שינוי חיובי, צהוב = אין שינוי, אדום = שינוי שלילי.

במעבר			
מאחד לשלושה כוכבים	משניים לשלושה כוכבים	מאחד לשני כוכבים	פרק בתקן הבנייה הירוקה
4,185	-3,381	7,566	פרק 1 - אנרגיה
-303	34	-337	פרק 2 - קרקע
887	-587	1,474	פרק 3 - מים
-	-	-	פרק 4 - חומרים
4,727	4,774	-46	פרק 5 - בריאות ורווחה
399	-83	481	פרק 6 - פסולת
142	-61	203	פרק 7 - תחבורה
-1,550	1,964	-3,514	פרק 8 - ניהול
-	-	-	פרק 9 - חדשנות
461	489	-28	תכנון והתעדה
8,948	3,149	5,799	סך הפרש עלות

בחינת העלויות של הפרקים השונים מתוך סך עלות הבנייה הירוקה בעבור כל רמת התעדה (איור 13) מראה כי ההשקעה בפרק האנרגיה, שהינה ההשקעה הגדולה ביותר מבין כל הפרקים בתקן, הולכת ופוחתת בערכה היחסי ככל שעולים ברמת ההתעדה, כלומר היא גבוהה במעבר מכוכב אחד לשני כוכבים ונמוכה יותר במעבר בין שני כוכבים לשלושה כוכבים. בהתאמה (אם כי לא בצורה שיטתית) עולה חלקם של הפרקים האחרים בעלות הכוללת (טבלה 9). בפרט ניכר כי פרק הבריאות והרווחה מהווה קפיצה משמעותית מבחינת עלויות במעבר בין שניים לשלושה כוכבים (וכמובן גם בין כוכב אחד לשלושה כוכבים).



איור 13- חלקם היחסי של עלויות הפרקים השונים ביחס לעלות הכוללת בכל רמת התעדה, עבור הנתונים המנוכחים והמתוקנים.



טבלה 9 - שיעור הפרשי עלות במעבר בין רמות הכוכבים השונות בפרקים השונים, לאחר ניכוי ותיקון הנתונים, כאחוז מסך הפרש העלות בין רמות הכוכבים. הצבעים מסמלים את מגמת שינוי העלות בין רמות התעדה, ירוק = שינוי חיובי, צהוב = שינוי קל, אדום = שינוי שלילי.

במעבר בדרגת הדירוג			פרק בתקן הבנייה הירוקה
מאחד לשלושה כוכבים	משניים לשלושה כוכבים	מאחד לשני כוכבים	
47%	-107%	130%	פרק 1 - אנרגיה
-3%	1%	-6%	פרק 2 - קרקע
10%	-19%	25%	פרק 3 - מים
0%	0%	0%	פרק 4 - חומרים
53%	152%	-1%	פרק 5 - בריאות ורווחה
4%	-3%	8%	פרק 6 - פסולת
2%	-2%	4%	פרק 7 - תחבורה
-17%	62%	-61%	פרק 8 - ניהול
0%	0%	0%	פרק 9 - חדשנות
5%	16%	0%	תכנון והתעדה
100%	100%	100%	סך הכול

5.3 ניתוח פרק האנרגיה

כפי שתואר בפרקים הקודמים, פרק 1 - פרק האנרגיה בתקן, הינו הפרק העיקרי, הן בבחינת משקל הניקוד בו והן בבחינת עלויות הסעיפים. לשם הבנה טובה יותר של פרק זה נערך עתה בדיקה מעמיקה יותר של הסעיפים, הנקודות, העלויות והיחס ביניהן עבור פרק זה בלבד.

טבלה 10 - הצגה מורחבת של סעיפי פרק האנרגיה בהם התקבל ניקוד, לאחר ניכוי ותיקנון הנתונים.

שלושה כוכבים		שני כוכבים		כוכב אחד		
עלות	ניקוד	עלות	ניקוד	עלות	ניקוד	
11,178	30.5	14,559	24.1	6,993	14.6	פרק 1 - אנרגיה
4,201	22.1	11,282	16.5	6,910	9.8	1.1 ביצועים אנרגטיים של הבניין
-	4.0	-	3.0	-	1	1.1.1 תכנון ביו אקלימי - חימום וקירור פסיבי
-	4.7	-	4.2	-	3.8	1.1.2 תכנון ביו-ואקלימי - שמש וצל
4,070	12.5	11,136	8.3	6,910	5	1.1.3 דירוג אנרגטי לפי ת"י 5282 חלק 1
131	1.0	146	1.0	-	-	1.1.5 חלל יבוש
6,977	8.4	3,277	7.6	83	4.8	1.2 מערכות הבניין
52.4	3.2	49.3	3.2	83	4	1.2.1 ביצועים אנרגטיים של תאורה
1,801	2.0	3,228	3.6	-	-	1.2.2 חימום מים
-	1.6	-	-	-	-	1.2.5 אמצעי מדידה משניים ובקרת אנרגיה
5,123	0.8	-	-	-	-	1.2.6 מערכת ניהול אנרגיה במבנה (BEMS)
-	0.8	-	0.8	-	0.8	1.2.7 מעליות

5.3.1 ניתוח ניקוד

הסעיף היחיד בו מתקבלות יותר מ-10 נק' הוא:

1.1.3 דירוג אנרגטי לפי ת"י 5282 חלק 1

סעיף זה הינו תנאי סף לעמידה בתקן הבנייה הירוקה, ועל כן כל הפרויקטים נדרשו לעמוד בו ברמה מינימאלית, בהתאם לרמת הכוכבים הרצויה להשגה.

הסעיפים בהם מתקבלות 3 נק' או יותר הן:

1.1.1 תכנון ביו אקלימי - חימום וקירור פסיבי

1.1.2 תכנון ביו-ואקלימי - שמש וצל

1.2.1 ביצועים אנרגטיים של תאורה

1.2.2 חימום מים

גם לסעיפים אלה תרומה משמעותית יחסית, כאשר עמידה ברמה גבוהה בכ-3 סעיפים עשויה לקדם פרויקט בנייה ירוקה מרמת התעדה אחת לאחרת (לשם מעבר מרמת התעדה אחת לאחרת נדרשות 10 נק').

ניכר, אם כן, שמבחינת יכולת השגת ניקוד משמעותי אשר יעביר פרויקט מרמת התעדה אחת לאחרת, פרק האנרגיה מסתמן כפרק בעל פוטנציאל גדול ובעל מגוון אסטרטגיות שונות אשר עשויות לקדם השגת מטרה זו, כאשר הסעיפים המצוינים מעלה נמצאו כמשמעותיים ביותר בכל שלושת הפרויקטים.

5.3.2 ניתוח עלות

נבחין כי קיימים מספר סעיפים אשר אינם מצריכים תוספת עלות, או תוספת נמוכה ביותר (פחות מ- 150 ש"ח) בעבור ניקוד נוסף, והם:

1.1.1 תכנון ביו אקלימי - חימום וקירור פסיבי

1.1.2 תכנון ביו-אקלימי - שמש וצל

1.1.5 חלל יבוש

1.2.1 ביצועים אנרגטיים של תאורה

1.2.5 אמצעי מדידה משניים ובקרת אנרגיה

1.2.7 מעליות

על פניו (בהעדר מובהקות סטטיסטית) אלה סעיפים אשר רצוי לממש בכל מצב, שכן אין בהם עלות נוספת משמעותית. עם זאת, ניתן לראות שקיימים עוד סעיפים אחרים רבים שעשויים לענות להגדרה זו, בפרק האנרגיה ושאר הפרקים.

בניגוד אליהם, ניכר כי סעיפים אחרים הינם מהיקרים ביותר בתקן ופרק האנרגיה, והם:

1.1.3 דירוג אנרגטי לפי ת"י 5282 חלק 1

1.2.2 חימום מים

1.2.6 מערכת ניהול אנרגיה במבנה (BEMS)²⁶

כאן נשאלת שאלה מורכבת יותר: האם עלויות גבוהות מגיעות, באופן יחסי, עם תוספת משמעותית גם בניקוד. למענה על שאלה זו מוצע לבחון במחקר המשך את עלות הניקוד של הסעיפים השונים בתקן והתועלת הנוספת של סעיפים מבחינת החזרי השקעה, חיסכון באנרגיה ומים עבור דיירי הבניין, וחיסכון משקי דרך הפחתת השפעות חיצוניות שליליות.

²⁶ Building Energy Management System - מערכת לבקרת אנרגיה.

6 דיון בממצאים

הממצאים מעלים תובנות מהותיות בנוגע לעלות המעבר בין רמות ההתעדה השונות, הדינמיקה התכנונית, תהליכי קבלת החלטות וההשקעה הכספית בפרויקטים של בנייה ירוקה. כמו כן, ניכר כי תוצאות מחקר זה מתיישבות היטב עם תוצאות מחקרים קודמים בארץ ובעולם ושנסקרו בפרק הרקע בעבודה זו.

בחינת הנתונים המנוכחים והמתוקננים הראתה כי מעבר בין רמות ההתעדה השונות בפרויקטים שנבדקו, עבור דירה מתוקננת בגודל של 118 מ"ר, מסתכם בתוספת עלות של כ- 5,800 ש"ח ליח"ד עבור מעבר מרמת כוכב אחד לשני כוכבים, 3,150 ש"ח ליח"ד במעבר משניים לשלושה כוכבים, וכ- 8,950 ש"ח ליח"ד במעבר מכוכב אחד לשלושה כוכבים, וכל זאת ביחס לעלות הבנייה ירוקה ברמת כוכב אשר עמדה על כ- 14,783 ש"ח ליח"ד.

טבלה 11 - תוספת עלות הבנייה הירוקה עבור יח"ד מתוקננת בגודל 118 מ"ר במעבר מרמת כוכבים אחת לאחרת, ביחס לתוספת העלות של בנייה בכוכב אחד.

מעבר מ	תוספת עלות במעבר בין רמות כוכבים, בש"ח
כוכב אחד לשני כוכבים	5,800
שני כוכבים לשלושה כוכבים	3,150
כוכב אחד לשלושה כוכבים	8,950

מכיוון שלא התקבלו במחקר זה נתוני העלויות הכוללות של המיזמים השונים, ואף לא מחירי המכירה שלהן, אמדנו את שיעור תוספת העלות הזאת ביחס למחירי עלות בנייה גנריים (טבלה 12).

טבלה 12 - תוספת עלות הבנייה הירוקה עבור יח"ד מתוקננת בגודל 118 מ"ר ברמות הכוכבים השונות, ביחס לעלות בנייה של יח"ד גנרית ברמות עלות שונות.

מבנה	תוספת עלות הבנייה הירוקה כפי שנמצאה במחקר	שיעור תוספת עלות הבנייה הירוקה ליח"ד בעלות בנייה של 500 אלף ש"ח	שיעור תוספת עלות הבנייה הירוקה ליח"ד בעלות בנייה של 700 אלף ש"ח ²⁷	שיעור תוספת עלות הבנייה הירוקה ליח"ד בעלות בנייה של מיליון ש"ח	ערך ממוצע עבור כל רמת כוכבים
כוכב אחד	14,783	3.0%	2.1%	1.5%	2.2%
שני כוכבים	20,582	4.1%	2.9%	2.1%	3.0%
שלושה כוכבים	23,731	4.7%	3.4%	2.4%	3.5%

²⁷ הערכת עלות בנייה זו מבוססת על נתונים מאתר אדריכלות ובנייה בישראל:

https://www.architecture.org.il/menu_mimun.php, ועל פי נתונים פנימיים של המועצה הישראלית לבנייה ירוקה.

במחקר של קוט וכץ (2013) נמצא כי תוספת עלויות הבנייה הירוקה ביחס לעלות הבנייה הרגילה עומדת על סדר גודל של 4.1%-2.1% מעלות הבנייה עצמה. בהתאמה לתוצאות מחקר זה ומחקרים אחרים בעולם (כפי שהוצג ברקע למחקר הנוכחי), וכפי שנוכל לראות לעיל בטבלה 12, תוספת עלות הבנייה הירוקה בעבור רמת הכוכב האחד עומדת על 2.1% בעבור בנייה בעלות של 700 אלף ש"ח ליח"ד. שאיפה להשגת רמות כוכבים גבוהה יותר תצריך השקעה נוספת בגובה של כ- 1% נוסף (ואף פחות) עבור מעבר מרמה דירוג אחת לאחרת בדירוג הכוכבים, בממוצע עבור כל התרחישים.

הפרקים: אנרגיה, קרקע, חומרים, בריאות ורווחה נמצאו כפרקים בהם הייתה צמיחה ברורה בין רמות ההתעדה השונות: כלומר, המעבר מרמת התעדה אחת לגבוהה ממנה היה כרוך בעליה בניקוד. צמיחה זו מסבירה את מרבית הפער בסך הציון הכולל של רמות ההתעדה, כאשר השינוי בפרק האנרגיה היה גדול יותר מהשינוי בפרקים האחרים גם יחד.

בכל אחד מהפרויקטים נמצא שפרק 1 - אנרגיה היה בעל העלות הגבוהה והמשמעותית ביותר מבין כל הפרקים. בהתאמה, נמצא שפרק זה הוא גם בעל התרומה הגבוהה ביותר לניקוד: במעבר מכוכב אחד לשני כוכבים תרם פרק זה 9.5 נקודות נוספות, מתוך סך של 14.5 נקודות הבדל בין רמות ההתעדה. במעבר משניים לשלושה כוכבים תרם פרק זה 6.5 נקודות, מתוך סך של 8.8 נקודות הבדל בין רמות ההתעדה.

מרכיב עיקרי שהשפיע על העלות הגבוהה בפרק האנרגיה הוא דרישת הסף לעמידה בתקנים:

ת"י 5282, התקן לדירוג אנרגטי של מבנים

ת"י 1045, התקן לבידוד תרמי של מבנים

עמידה בדרישות תקנים אלה משוקללת בסעיף 1.1.3- לדירוג אנרגטי לפי ת"י 5282 חלק 1 (יש לציין שבתקן 5281 מהדורה 2016 לא כך הדבר והתקנים התרמיים השונים מופרדים לשני סעיפים שונים). על מנת לעמוד בתקנים אלו ובסעיף 1.1.3 בוצעו בכל המבנים סימולציות אנרגיה בשלב התכנון והוגדרו פרטי הבידוד ומאפייני מערכות הזיגוג על פי הדרישות השונות בתקנים אלו.

בהתאם לדרישות סעיף 1.1.3, משקל הניקוד שהתקבל בפרויקטים השונים תואם לדרישות הדירוג המינימלי בת"י 5282, קרי פרויקט כוכב אחד עמד בדרישת דירוג אנרגטי C, פרויקט שני הכוכבים עמד בדרישת דירוג אנרגטי B, ופרויקט שלושה כוכבים עמד בדירוג אנרגטי A (טבלה 13). הניקוד עבור סעיף זה הוא מהמשמעותיים ביותר בתקן, מבחינת משקל הנקודות ומבחינת יכולת המעבר של מבנה בבנייה ירוקה מרמת דירוג אחת לרמת דירוג אחרת. כך למשל, אם פרויקט הכוכב האחד היה מקבל דירוג אנרגטי A במקום דירוג C, משמעות הדבר הייתה עלייה בשתי דרגות בדירוג אנרגטי, ועליית הפרויקט לרמת שני כוכבים. לכן, למרות שנמצא כי המחיר עבור נקודה בסעיף זה גבוה יחסית לסעיפים האחרים, הוא גם טומן בחובו פוטנציאל גדול מבחינת התקדמות בהשגת הניקוד בתקן הבנייה הירוקה.

טבלה 13 - פירוט סעיף 1.1.3, דרישות וניקוד.

ניקוד	דרישה	תת סעיף	סעיף	פרק
5	עמידת הבניין בדרישות המפורטות בת"י 5282, חלק 1, לפי הטבלה הבאה: דרגה C	1.1.3	1.1 ביצועים אנרגטיים של הבניין	פרק 1 - אנרגיה
8.3	עמידת הבניין בדרישות המפורטות בת"י 5282, חלק 1, לפי הטבלה הבאה: דרגה B	אנרגטי לפי ת"י 5282		
12.45	עמידת הבניין בדרישות המפורטות בת"י 5282, חלק 1, לפי הטבלה הבאה: דרגה A	חלק 1		

יחד עם זאת, על אף שפרויקט שלושת הכוכבים הגיע לדירוג אנרגטי A בסעיף 1.1.3, תוספת העלות עבור הישג זה הייתה הנמוכה ביותר מבין כלל הפרויקטים שנבחנו. את ההסבר לעלות נמוכה זו ניתן להסביר בשתי דרכים:

1. **כניסתו של מתכנן הבנייה הירוקה לתכנון עוד בשלבים המוקדמים של תכנון הבניין**, כך שהוטמעו

האסטרטגיות הבאות: העמדה מיטבית של המבנה, הקפדה על אוורור פסיבי, אופטימיזציה של גדלי הפתחים והצללה פאסיבית חיצונית. כל אלו אפשרו לבניין להגיע לדירוג אנרגטי A בעלויות נמוכות. בשיחה עם יועץ הבנייה הירוקה צוין כי תכנון מקדים זה צמצם את הדרישה לרכיבי בידוד ואקלום מתקדמים יותר, כאשר במקומם נעשה שימוש במערכת זיגוג סטנדרטית, וויתור על ציפוי Low E לחלונות, אשר חסכו בעלויות בניה.

2. **עמידה בסעיף 5.10 - איכות אקוסטית, מעבר רעש מבעד לקירות ותקרות בניין, שכן בסעיף זה**

קיימת חפיפה לבידוד בסעיף 1.1.3. לדוגמא בקירות בין דירות בוצע בלוק איטונג 15 וחיפוי גבס המקנה גם בידוד תרמי, ובין קומות הושם בידוד אקוסטי מסוג אטומיקס (סומסום + גומי) המגולם גם בסימולציה התרמית. פרויקט הכוכב אחד ושני הכוכבים לא עמדו בדרישות סעיף זה, ומכאן שסעיף זה לא תומחר תחת הרכיבים התרמיים.

בנוסף, פרק האנרגיה מחולק לתכנון פאסיבי של המבנה - **סעיף 1.1 ביצועים אנרגטיים של הבניין**, ולמערכות אנרגיה - **סעיף 1.2 מערכות הבניין**. מנתוני המחקר נמצאה התאמה בין העלייה ברמת הדירוג לעלייה ברמת הניקוד בחלקים אלו. לדוגמא: לאחר תקנון הנתונים, פרויקט הכוכב האחד קיבל 5 נקודות **בסעיף 1.2 מערכות הבניין**, פרויקט שני הכוכבים הגיע ל-7.6 נקודות, ואילו פרויקט השלושה כוכבים הגיע ל-8.4 נקודות.

בין פרויקט הכוכב האחד, לשניים והשלושה כוכבים בולטת השפעתו של **סעיף 1.2.2 חימום מים העוסק** בפתרונות חימום מים חסכניים באנרגיה מעבר לדרישות החוק. תת סעיף זה לא בוצע מעבר לדרישות החוק בפרויקט הכוכב האחד ועל כן לא התקבל שם ניקוד. בפרויקט שני הכוכבים תת סעיף זה צבר את מלוא הניקוד (3.2 נק') ופרויקט השלושה כוכבים צבר ניקוד חלקי (2 נק'). עלות הפתרונות החסכניים לחימום מים הביאו לתוספת עלות של 3,228 ש"ח ליחיד עבור פרויקט שני הכוכבים, ולעלייה של 1,802 ש"ח ליחיד בפרויקט השלושה כוכבים. על אף ששני הפרויקטים בעלי הדירוג הגבוה יותר בוצעו על ידי אותו יזם, ובוצעה בהם מערכת חימום מים דומה המשלבת מערכת חימום בגז עם מערכת חימום סולארית, נמצא שהעלות ליחיד הייתה גבוהה יותר בפרויקט שני הכוכבים, כאשר מקור ההבדל הוא מספר הקומות. פרויקט שני הכוכבים הוא בעל 23 קומות לבניין ובוצעה בו מערכת חימום מים חסכנית עבור 100% מהדירות, ואילו פרויקט השלושה כוכבים הוא בן 15 קומות לבניין, ובוצעה בו מערכת חימום מים עבור 50% מהדירות בלבד.



על מנת להבטיח חימום חסכני גם עבור הקומות התחתונות יש צורך בהשקעה כספית גדולה יותר הכוללת עבודות אינסטלציה מורכבות יותר.

ניתן לראות עליה הדרגתית בניקוד בפרק האנרגיה בין רמות הכוכבים שונות. פרק האנרגיה מגלם הזדמנויות רבות לחיסכון כספי במהלך זמן החיים של המבנה, הן ברמת המבנה ושטחי הפיתוח, והן ברמת יחידות הדיור עצמן. על כן, חישוב החזרי ההשקעה ממנו עשוי להעלות תמונה שונה מאוד ברמת העלויות שלו בפועל לאורך חיי הפרויקט.

פרק 2 – קרקע: נמצאו מספר סעיפים המאפשרים קבלת ניקוד בתקן בשל דרישות התב"ע או בשל התנאים הפיזיים של המגרש, וללא עלות נוספת:

1. **סעיף 2.1 בחירת אתר** מקנה ניקוד לפרויקטים שהוקמו בקרקע מופרת או על גבי אתר בנוי וקיים. כך קיבלו פרויקט הכוכב האחד והשלושה כוכבים נקודות רבות יותר בגין הימצאותם בסביבה עירונית מופרת. בנוסף פרויקט הכוכב האחד קיבל ניקוד בתת סעיף זה בסעיף 2.1.3 **הפיתוח ממוקם בסביבה בנויה באשכול חברתי 1-4 של הלמ"ס (ברמה סוציו-אקונומית נמוכה)**. כלל תתי הסעיפים בסעיף זה אינם מצריכים השקעה כספית נוספת.
2. **בסעיף 2.2 קרקעות מזוהמות**, כל הפרויקטים קיבלו ניקוד על בדיקה היסטורית של שטח המגרש. פרויקט הכוכב האחד קיבל ניקוד בתת סעיף נוסף בסעיף זה עבור הצגת סקר מזהמי קרקע. הגשת דו"חות אלו לא הצריכה עלות נוספת, משום שדו"חות אלו הוצגו במסגרת דרישת הרשות המקומית. טיפול בזיהום הקרקע בפרויקט הכוכב האחד אפשר קבלת ניקוד בתת סעיף 2.1.2 נוסף על השיקום והטיפול בקרקע המזוהמת, וכן הביא לעלויות גבוהות בפינוי הקרקע המזוהמת, עלות שנוכחה בחישוב ההשוואה כפי שהוזכר לעיל.
3. **סעיף 2.3 צפיפות הבנייה והפיתוח** העניק ניקוד בעל משמעות גדולה על צפיפות הבנייה ביחס לצפיפות המוגדרת בתמ"א 35. ניקוד בסעיף זה נצבר בשלושת הפרויקטים שנבחנו ללא תוספת השקעה. הפרויקטים נדרשו לעמוד בצפיפות שונה כפי שנקבע בדרישות התב"ע. פרויקט הכוכב האחד קיבל 2 נקודות בסעיף זה, ואילו פרויקטי השניים והשלושה כוכבים קיבלו 4 נקודות בסעיף זה, בהתאמה לרמות צפיפות הבנייה בהן נבנו.
4. **בסעיף 2.7.1 אקולוגיית האתר** ניתן גם כן לצבור נקודה אחת בלא עלות נוספת על סקירה אקולוגית של האתר והצגתה, שכן סקירה זו נעשתה על ידי חברת תכנון הבנייה הירוקה. ניקוד זה בתת סעיף זה בכל הפרויקטים.
5. **סעיף 2.8 התאמת הבניין לתבליט הטבעי ולתוואי השטח:** פרויקט שני הכוכבים קיבל 0.5 נקודות רק על מילוי שנעשה בהתאם לתנאי השטח ולעמידה בדרישות התקן שלא היוו תוספת עלות.
6. **בסעיף 2.9 תמהיל דירות** קיבלו פרויקט הכוכב האחד והשני כוכבים 0.4 נקודות רק בשל מגוון דירות בגדלים שונים. דרישת התב"ע והחלטה יזמית הם אלו שהביאו להחלטה זו, אשר לא הביאה לתוספת עלות. פרויקט השלושה כוכבים לא קיבל ניקוד בסעיף זה.

בנוסף קיימת חפיפה בין דרישת התקן בסעיפים הבאים בתוך פרק הקרקע: **סעיף 2.4 הפחתת אי החום העירוני** (בדגש על תת סעיף 2.4.2 **מיתון תופעת אי החום בשטחי הפיתוח**) לבין סעיף 2.5 **מירוב השימוש בקרקע** (בשטחי חוץ התומכים בקיימות). כך למשל נטיעת עצים בוגרים, שטחים מגוננים, מרצפות ושבילים מחלחלים ובעלי גוון בהיר, בריכה אקולוגית, מקומות ישיבה מוצללים שבוצעו בשלושת הפרויקטים ובגינם התקבלה תוספת ניקוד הן בסעיף 2.4.2 והן בסעיף 2.5 (ראו טבלה 14).

טבלה 14 - פירוט הניקוד והעלויות בסעיפים 2.4.2 ו- 2.5 בפרויקטים השונים.

מספר הכוכבים בפרויקט			תת סעיף
שלושה	שניים	אחד	
0.8	0.5	0.8	סעיף 2.4.2 מיתון תופעת אי החום בשטחי הפיתוח
1.5	0	1.3	סעיף 2.5 מירוב השימוש בקרקע
292	135	533	העלות הכוללת בש"ח ליח"ד

החפיפה בין הטמעת הרכיבים הירוקים בשטח הפיתוח בא לידי ביטוי בסעיפים המוזכרים לעיל, אך גם בסעיפים אחרים בפרק הקרקע. כך לדוגמה בפרויקט הכוכב האחד הפיכת קרקע מזוהמת לשטח פיתוח מגוון בתוספת עצים בוגרים הביאה לקבלת ניקוד (0.7 נק') גם בסעיף 2.7.3 שיפור אקולוגיית האתר.

השקעה בסעיפים שונים בפרק הקרקע יכולה להוות בסיס לתוספת ניקוד גם בפרקים אחרים בתקן הבנייה הירוקה. כך למשל תוספת עומק קרקע לשטחים המגוננים, או תוספת ריצוף מחלחל בשטח הפיתוח, הביאה לתוספת ניקוד בסעיף 3.4 בטיפול והשהייה של מי נגר בכל הפרויקטים. פעולה זו לצד שתילת עצים בוגרים במיקום שיפחית השפעות טורדניות של רוח הביאה לתוספת ניקוד בסעיף 5.1 תכנון ביו-אקלימי- רוח בפרויקטי שניים ושלושה כוכבים ללא תוספת עלות.

בפרק 3 - מים נמצא שפרויקט שני הכוכבים קיבל ניקוד גבוה יותר מפרויקט הכוכב האחד ומפרויקט השלושה כוכבים, ובהתאם נמצא שההשקעה הכספית בפרק זה הייתה גבוהה יותר גם כן. ניתן להסביר את העלות הגבוהה בשל בחירת מספר אסטרטגיות, שחלקן נבעו מהחלטת יזם וחלקן נבעו מתנאי השטח:

1. **סעיף 3.3 - חסכון במי השקיה**: בפרויקט שני הכוכבים נבחרו שתי אסטרטגיות שהקנו לפרויקט את הניקוד הגבוה ביותר (2.7 נק') בסעיף זה. אסטרטגיות אלו כללו איסוף מי מזגנים לצורכי השקיה ושימוש בצמחייה אקסטנסיבית בעלות של 785 ש"ח ליח"ד. לעומת זאת, בפרויקט הכוכב האחד והשלושה כוכבים נבחרה האסטרטגיה של שימוש בצמחייה אקסטנסיבית בלבד שלא הייתה כרוכה בתוספת עלות.
2. **סעיף 3.4 - טיפול ושימור מי נגר**: בסעיף זה פרויקט שני הכוכבים קיבל את הניקוד הגבוה ביותר (4 נק') באמצעות חפירת תעלה בסלע גיר לניקוז ולהשהיית מי הנגר בשטח הפרויקט, בהתאם לתנאי השטח. אסטרטגיה זו הייתה בעלת העלות הגבוהה ביותר ברמת הפרויקט לסעיף זה, כאשר העלות תומחרה ב-690 ש"ח ליח"ד. פרויקט השלושה כוכבים קיבל ניקוד נמוך יותר עבור סעיף זה (2 נק'). האסטרטגיה שנבחרה הייתה קידוח של 12 בורות חלחול בשטח הפרויקט, בהשקעה כספית נמוכה יותר לפרויקט ביחס לפרויקט השני כוכבים, אך בעלות גבוהה יותר ליחידת דיור (983 ליח"ד). פרויקט הכוכב האחד גם כן צבר 2.7 נקודות בגין סעיף זה, אשר תומחר בעלות הנמוכה (175 ליח"ד). ניתן להסביר עלות זו בבחירת האסטרטגיה של השהיית מי הנגר, מכיוון שלא ניתן לחלחל מים אל תת הקרקע בשל זיהום הקרקע בשטח המגרש.



פרק 4 - חומרים נמצא כמשתלם ביותר מבחינת עלותו ביחס לצבירת ניקוד בתקן הבנייה הירוקה. הפרויקטים אשר דורגו בכוכב אחד ושני כוכבים קיבלו בפרק זה 9 נק', ופרויקט שלושת הכוכבים קיבל בפרק זה 12.5 נק'. על פי הצהרות הקבלנים במהלך המחקר ומידע שקיים במועצה, הניקוד בכל רמות הכוכבים התקבל ללא כל תוספת עלות. קבלת ניקוד בפרק החומרים תלויה ב:

1. זמינות של חומרים בעלי השפעה סביבתית נמוכה שמוכחת ע"י הצהרות גורם צד שלישי (כמו תו תקן ירוק).
2. זמינות של חומרים בעלי השפעה סביבתית נמוכה שמוכחת מתוקף הצהרות היצרן (כמו חומרים ממוחזרים וחומרים מקומיים).

לאור זמינות גבוהה של מוצרים מסוג זה בשוק הישראלי, מוערך כי אין בהם תוספת עלות ממשית ביחס לחומרים דומים שחסרים את ההצהרות הסביבתיות הללו.

בפרק 5 - בריאות ורווחה, בכל הפרויקטים שנבחנו נמצא שעלייה ברמת הדירוג מתבטאת גם בעלייה ברמת הניקוד הנצבר. בפרויקט השלושה כוכבים נמצאה תוספת עלות משמעותית ביחס לפרויקטים האחרים. תוספת עלות זו נובעת בעיקר מהחלטת היזם לעמוד בדרישות **סעיף 5.10 איכות אקוסטית** מעבר רעש מבעד לקירות ותקרות בבניין. רכיב זה תומחר ב- 4,053 ש"ח ליח"ד. עלות נוספת משמעותית נמצאה גם **בסעיף 5.12 קרינה אלקטרומגנטית**, שתומחרה ב- 833 ש"ח ליח"ד בשל הצורך במיגון קרינה, וזאת מעבר לעלויות יועץ קרינה ובדיקות קרינה שתומחרו גם בפרויקטים האחרים (בסביבות 100-150 ש"ח ליח"ד).

בפרק 8 - ניהול האתר מתקיימת חפיפה בין סעיף **8.1 פתרונות הפרדת פסולת בנייה באתר**, וסעיף **8.2 שימוש חוזר וסילוק פסולת בניין**. החפיפה מתרחשת בשל ההפחתה הצפויה בפסולת הבנייה ובעלות פינויה לאור ההפרדה באתר לזרמים, ואיסוף הפסולת ע"י ממחזרי פסולת (לדוגמה למחזור עץ וברזל) וע"י החברות היצרניות אשר מספקות חומרים שונים ומוכנות לקבל בחזרה עודפים ופחת (משטחים, גבס, אלומיניום). בפרויקטים של השניים והשלושה כוכבים התקיימה הפרדת פסולת ל- 6 זרמים שזיכתה את הפרויקטים בתוספת של 0.4 נקודות, ניקוד אשר לטענת הקבלנים לא גרם תוספת עלות. בפרויקט הכוכב האחד בוצעה הפרדה ל- 4 זרמים שזיכתה את הפרויקט ב- 0.3 נקודות. סעיף **8.2 שימוש חוזר וסילוק פסולת בניין** מקנה ניקוד עבור אחוז פסולת הבנייה שפונתה לטיפול באתר מורשה. העלות בפרויקט שני הכוכבים, 738 ש"ח ליח"ד, נמצאה נמוכה מפרויקט הכוכב האחד שם העלות הוערכה ב- 4,252 ש"ח ליח"ד ע"י הקבלן, ומפרויקט השלושה כוכבים שעלותו הוערכה ב- 2,702 ש"ח ליח"ד. את הבדל העלויות בתמחור ניתן להסביר במספר דרכים:

1. בפרויקט הכוכב האחד הופרדו פחות זרמים של פסולת באתר, מה שסביר להניח הגדיל את כמות ההטמנה.
2. פרויקט הכוכב האחד שימש כאתר מעבר לפסולת בנייה בעבר, והיזם דיווח על עלויות גבוהות יותר של פינוי פסולת בנייה בשל כך.
3. בפרויקט השני כוכבים התבצע פנוי של עד 70% מפסולת הבנייה לעומת 90% ומעלה של פסולת הבנייה בפרויקטים של הכוכב האחד והשלושה.
4. בפרויקט השני כוכבים, נמסר מידע חלקי על עלויות ההטמנה בשל פשיטת רגל של הקבלן שהחל בעבודות באתר.

לסיכום, במבט על ניתן לראות שבכל פרויקט בוצעו מספר סעיפים הייחודים לפרויקט. ניתן להסביר שונות זו במספר אופנים:

1. באסטרטגיות הרבות והמגוונות בהם ניתן לצבור ניקוד בתקן הבנייה הירוקה.
2. באפשרויות וההזדמנויות השונות העומדות בפני כל יזם וקבלן מבחינת רכש והיכרות של חומרי בנייה. למשל בפרויקט הכוכב האחד בו הוחלט לעשות שימוש בטכנולוגיה בידוד Foamglas, כיוון שהייתה לקבלן העדפה לעבודה עם חומר זה.
3. באפשרויות, ההזדמנויות והדרישות השונות העומדות בפני המתכננים אשר נובעות ממיקום הפרויקט.
4. בדרישות השונות אשר מציבות הרשויות המקומיות.
5. בדרישות הסף לניקוד בפרק האנרגיה עבור כל רמת דירוג.

עם זאת, כן נמצאה אחידות מסוימת ביישום האסטרטגיות הבאות: ניהול מי הנגר העילי מעבר לדרישת הסף, פינוי פסולת הבנייה מעבר לדרישת המינימום, הפרדת הפסולת הביתית, אספקת חניות אופניים מעבר לדרישת המינימום, בדיקת רמת הקרינה. ניתן להסביר את הדמיון בעמידה בדרישות אלה כתולדה של הנחיות עירוניות מרחביות דומות, תקנות התכנון והבנייה ודרישות בתוכניות המתאר הארציות והמחוזיות, וכן בסטנדרט הבינוי שהתקבע בשוק.

במהלך הניתוח נמצאה התאמה גדולה בין הסעיפים שבוצעו בפרויקטים של השניים והשלושה כוכבים:

- בפרק האנרגיה: בסעיף **1.1.5 חלל ייבוש כביסה**.
- בפרק החומרים: התאמה בין מספר סעיפים וניקוד בסעיף מיקור אחראי של חומרים שלא יושם בפרויקט הכוכב האחד.
- בפרק המים: הותקנה מערכת לאיסוף מי המזגנים, וכן הותקנה מערכת לניטור ואיתור דליפות.
- בפרק הבריאות: בפרק זה ניכרת התאמה בין מספר סעיפים שלא נלקחו בפרויקט הכוכב האחד, כך למשל בסעיפים הבאים: סעיף **5.7 אור טבעי ונוחות ויזואלית**, וסעיף **5.8 סנוור הנובע מתאורה פנימית/ חיצונית**.

ניתן להסביר את הדמיון בסעיפים ובאסטרטגיות הירוקות שנבחרו עבור שני הפרויקטים בשני גורמים עיקריים:

1. שני הפרויקטים נבנו על ידי אותו יזם.
2. שני הפרויקטים תוכננו על ידי אותה חברת תכנון בנייה ירוקה.

7 סיכום ומסקנות

הנתונים הגולמיים במחקר זה הראו מגמה לא צפויה בעלות הבנייה הירוקה, במעבר בין רמות הכוכבים, כאשר עלות הבנייה הירוקה ברמת הכוכב האחד נמצאה כיקרה ביותר מבין הפרויקטים. בניכוי ותקנון נתונים שנובעים מהחלטות תכנוניות (כגון בחירה בחומרים ומוצרים יקרים) אשר אינן תוצאה של דרישות התקן או תנאים פיזיים חריגים (כגון זיהום קרקע), נמצא כי תוספת העלות במעבר בין כוכב אחד לשניים או שלושה כוכבים מתנהגת כמצופה, קרי עליה ברמת הכוכבים גוררת עליה בעלות הבנייה הירוקה.

עבור דירה מתוקנת בגודל של 118 מ"ר, מעבר מרמת כוכב אחד לרמת שני כוכבים (תוספת של 14.5 נק' בתקן) לווה בתוספת עלות של כ- 5,800 ש"ח ליח"ד. מעבר מרמת שני כוכבים לרמת שלושה כוכבים (תוספת של 8.8 נק' בתקן) לוותה ב 3,150 ש"ח ליח"ד.

מחקרם של קוט וכץ (2013) הראה כי תוספת עלויות הבנייה הירוקה עומדת על סדר גודל של 1.1%-2.1% מהעלות הכוללת של הבנייה עצמה בעבור בנייה ברמת כוכב אחד. בהתאמה לתוצאות מחקר זה ומחקרים אחרים בארץ ובעולם, וכמובא בניתוחים בטבלה 12 בדיון, במחקר זה נמצא כי שיעור תוספת הבנייה הירוקה ברמת הכוכב האחד עומד על כ-2.1% מעלות הבנייה עצמה. שאיפה להשגת רמות כוכבים גבוהה יותר תצריך השקעה נוספת בגובה של 1% נוסף ביחס לעלות הבנייה (ואף פחות) עבור מעבר מרמת דירוג אחת לאחרת בדירוג הכוכבים, (עבור התרחישים שנבחנו).

במחקר זה, הפרקים אנרגיה, קרקע, חומרים, בריאות ורווחה נמצאו כפרקים בהם הייתה צמיחה ברורה בין רמות ההתעדה השונות. כלומר, המעבר מרמת התעדה אחת לגבוהה ממנה לווה בעליה בניקוד בפרקים אלו, צמיחה אשר מסבירה את מרבית הפער בסך הציון הכולל של רמות ההתעדה. השינוי בפרק האנרגיה היה גדול יותר מהשינוי בכל הפרקים האחרים גם יחד.

פרק האנרגיה הינו מרכיב העלות היקר ביותר והגורם המכריע בהפרשי הניקוד אשר קובעים במידה רבה את רמת ההתעדה של פרויקט בבנייה ירוקה. למעט העלויות הנובעות מדרישות פרק האנרגיה, וההשקעה הכספית בפרק הבריאות והרווחה בפרויקט שלושת הכוכבים, ההשקעה הכספית בפרק התקן השונים משתנות במעבר בין הפרויקטים, ואיתן גם הניקוד. כפי שהוסבר במהלך המחקר, עלות וניקוד הבנייה הירוקה מושפעת מגורמים שונים ובהם: התנאים הפיזיים של המגרש, החלטות יזמיות, החלטות הנובעות מדרישות הרשות המקומית או חוקי התכנון והבניה, ידע ושיטות עבודה בבנייה ירוקה שנצברו אצל היוזם ועוד.

בפרט, במחקר נמצא שככל שעולים ברמות הדירוג, נצברים יותר רכיבים בפרק האנרגיה ובפרק הבריאות והרווחה. לפרקים אלו יש תועלות כלכליות ובריאותיות עבור הדיירים כגון: חסכון בצריכת האנרגיה ברמת הדירה וברמת הבניין ושטחי הפיתוח, נוחות תרמית גבוהה יותר, בידוד מפני נזקי רעש, הפחתת החשיפה לקרינה, ועוד.

יחד עם זאת, ניכר כי ישנם סעיפים מסוימים אשר חוזרים על עצמם לאורך כלל הפרויקטים, וגם הם נגזרים לעיתים קרובות מכוחות שוק ורגולציה שונים כגון דרישות הרשות המקומית, דרישות תקנים אחרים, וסטנדרטים של בנייה שהתקבעו בשוק, כנראה כתוצאה מיחס עלות-תועלת גבוה. כך למשל, אין דרישה מחייבת בתקן הבנייה הירוקה לביצוע זכוכית בידודית, אך נמצא שזהו סטנדרט בינוי שהתקבע. דוגמאות נוספות ניתן למצוא ברכיבים כגון: בקר מים ובקר השקיה, מעלית בעלת מערכת לוויסות מהירות, גופי



תאורה בעלי נצילות אורית גבוהה ועוד. אלה נמצאו בכל הפרויקטים שנבחנו, אף שאין היזם מחויב לבצע רכיבים אלו. בשיחות עם הקבלנים השונים הובהר שמדובר ברכיבים הנחשבים בעניינם כסטנדרט מקובל.

המחקר העלה שבחלקים מסוימים בארץ קיים סטנדרט בינוי שהתקבע עם הזמן והדרישות המקומיות, כמו הטמעת זכוכית בידודית במבני מגורים. עם הפיכת תקן הבנייה הירוקה כמחייב ברמה הארצית, ניתן לשער שעלויות הבנייה הירוקה ברשויות בפריפריה של ישראל, בהן לא מקובע סטנדרט בינוי זה, עשויות להיות גבוהות יותר מהעלויות באזורים בהם רכיבים מסוימים בתקן הבנייה הירוקה התקבעו כסטנדרט בנייה, כיוון שהשקעות מסוג זה יחשבו כבנייה ברמה גבוהה, יוקרתית ואיכותית יותר.

ולסיום, אסטטגיות רבות בבנייה ירוקה אינן מחייבות עלות נוספת ניכרת. ניתן לחסוך ברכיבים פיזיים ובעלויות ניכרות ע"י שימוש מושכל במודלים אנרגטיים ומיקרו אקלימיים בשלבים המוקדמים של הפרויקט, בכדי להשפיע על התכנון המבנה והעמדתו. אז ניתן להשפיע רבות על משתנים כגון כיווני אוויר, אופטימיזציה של התכנון הביו-אקלימי, העמדת המבנה, חשיפת החללים לתאורה טבעית והצללה על מבנים הסובבים, ועוד משתנים אשר תורמים רבות להשגת ניקוד גבוה בפרק האנרגיה, שהוא הפרק הדומיננטי ביותר בתקן הבנייה הירוקה.

התקן לבנייה ירוקה משמש גם מסגרת בקרה ומקדם עמידה בתקנים ובדרישות אחרות, למשל עמידה בתקנים התרמיים (ת"י 1045 ות"י 5282). בכל הפרויקטים שנבחנו נמצא שנעשה טיפול בפסולת הבנייה בדרגות שונות: הפרדה באתר ושליחת פסולת לאתרים מורשים. טיפול זה קדם לתיקון הצעת החוק לשמירת הניקיון (2018) המחייב טיפול בפסולת הבנייה. ניתן להסיק מכך שהתקן מקדם מהלכים וחוקים סביבתיים הקיימים כיום אך לא נאכפים כראוי, או שנמצאים בתהליך חקיקה במסלולים שונים בממשלה והרשויות המקומיות.

8 נספחים

נספח 1 - מפרט הבידודית במיזמים השונים

שם הפרויקט	סוג הזגוגית	נתונים תרמיים עיקריים
הרצליה הילס	בידודית 6+12+6 עם ציפוי Low-E מסוג Sunergy clear	U = 2.2 (מוליכות תרמית כוללת) SHGC = 0.52 (מקדם רווח חום סולארי) VT = 0.61 (מעבר אור)
חלומות ראש העין	בידודית שקופה 6+12+6	U = 3.3 (מוליכות תרמית כוללת) SHGC = 0.7 (מקדם רווח חום סולארי) VT = 0.81 (מעבר אור)
חלומות גנים	בידודית שקופה משני סוגים: 6+6+4, 4+6+8	U = 3.478 (מוליכות תרמית כוללת) SHGC = 0.65 (מקדם רווח חום סולארי) VT = 0.91 (מעבר אור)

נספח 2- נתונים לחישוב גודל זירות ממוצע משוקלל שהתקבלו מיזמי הפרויקטים ויועצי הבנייה הירוקה.

פרויקט כוכב אחד, הרצליה הילס. מתוך טבלאות טיפוסיות דירות (גודל פלדלת), חברת אזורים.

טבלת טיפוסיות דירות עפ"י שטחי אדר' (פלדלת)

שם טיפוס	מס' חדרים	שטח מ"ר	שטח מרבסת/גינה	בניין 1	בניין 2	בניין 3	בניין 4	בניין 5
2A	2	65.00	13.50	5		2		
3A	3	86.00	13.50	5		2		
3B	3	87.50	12.00	13		13		13
3B א	3	87.50		4		4		4
3C	3	87.35	13.00		4		4	
3D	3	84.00	18.80		2		2	
3E	3			2		2		2
Minipent 3A	3	102.70	53.00	1		1		1
Minipent 3B	3	102.70	135.00	1		1		
Minipent 3B(א)	3							1
3.5A	3.5	110.00	13.45			3		3
4A	4	119.00	30.85	1		1		1
4A א	4	119.00	30.85	1		1		1
4B	4	119.00	20.00	2		2		2
4B א	4	119.00	20.00	2		2		2
Minipent 4A	4	109.45	75.00	2		1		
Minipent 4B	4	109.45	167.95			1		1
4C	4	109.45	13.45	26		26		28
4D	4							1
4.5A	4.5	128.00	31.20	2		2		2
4.5B	4.5	128.00	20.00	10		10		10

טבלת טיפוסים דירות עפ"י שטחי אדר/ (פלדת)

בניין 5		בניין 4		בניין 3		בניין 2		בניין 1		שטח מרובעת/גנה	שטח מ"ר	מס' חדרים	שם טיפוס
מספר יחיד לטיפוס	מספר יחיד לטיפוס	מספר יחיד לטיפוס	מספר יחיד לטיפוס	מספר יחיד לטיפוס	מספר יחיד לטיפוס	מספר יחיד לטיפוס	מספר יחיד לטיפוס						
2		2				2		138.70	135.40	5	PENTISA		
10		10				10		20.00	135.40	5	5A		
2		2				2		20.00	135.40	5	5B		
2		2				2		116.00	174.00	5	PENTISB		
						1		106.70	77.7 + 88.25 (מרתף)	3	GAN 3A		
		1						103.00	77.7 + 88.25 (מרתף)	3	GAN 3B		
1								103.00	77.7 + 88.25 (מרתף)	3	GAN 3C		
		1						120.00	79.9 + 115.4 (מרתף)	3.5	GAN 3.5A		
1								119.90	79.6 + 115.4 (מרתף)	3.5	GAN 3.5B		
						1		79.60	75.8 + 117.25 (מרתף)	4	GAN 4A		
						1		216.60	84.6 + 115.4 (מרתף)	4	GAN 4B		
						1		68.30	65.5 + 111 (מרתף)	4	GAN 4C		
		1						80.00	75.6 + 117.25 (מרתף)	4	GAN 4D		
		1						245.00	84.5 + 117.25 (מרתף)	4	GAN 4E		
1								316.00	84.5 + 117.25 (מרתף)	4	GAN 4F		
1								272.00	84.5 + 117.25 (מרתף)	4	GAN 4G		
					1			96.25	78.6 + 134.2 (מרתף)	4	GAN 4H		
	1							113.80	78.6 + 134.2 (מרתף)	4	GAN 4J		
92	7	94	7	97	סה"כ יחיד לבניין								
297					סה"כ יחיד למבנין 102								

פרויקט שני כוכבים, חלומות ראש העין. מתוך מצגת לקבלת התו הירוק שהוגשה למכון התקנים ע"י חברת אלפא פרויקטים ירוקים בע"מ:

פרטי הבנין - לשימוש הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה

תאריך	גודל הדירות לפי מספר חדרים		בניה ברוטו - לפי יעוד	
	מספר דירות	מספר חדרים	השטח בהתאם להיתר	פרוט היעוד למגורים, בית מלון וכו' '
היתר		1 חדר		
		2 חדרים		
התחלת	14	3 חדרים		
	48	4 חדרים		
גמר הו	41	5 חדרים		
	3	6 חדרים		
מספר ה				
קומת עו				
מפולו	106	סה"כ הכל		

בפרויקט שלושה כוכבים, חלומות גנים. נתונים התקבלו מדו"ח תרמי מפורט שהוגש לקבלת תקן ירוק, ע"י חברת אלפא פרויקטים ירוקים בע"מ, לא לפרסום.

נספח 4- טבלת מסכמת של הפרקים והסעיפים בתקן הבנייה הירוקה, עלותם ונקודות שהתקבלו ברמות ההתעדה השונות במחקר, אחרי ניכוי הנתונים. עלות בש"ח.

שלושה כוכבים		שני כוכבים		כוכב אחד		
עלות	ניקוד	עלות	ניקוד	עלות	ניקוד	
11,179	30.5	14,560	24.1	6,993	14.6	פרק 1 - אנרגיה
4,201	22.1	11,282	16.5	6,910	9.8	1.1 ביצועים אנרגטיים של הבניין
-	4.0	-	3.0	-	1.0	1.1.1 תכנון ביו אקלימי - חימום וקירור פסיבי
-	4.7	-	4.2	-	3.8	1.1.2 תכנון ביו-אקלימי - שמש וצל
4,070	12.5	11,136	8.3	6,910	5.0	1.1.3 דירוג אנרגטי לפי ת"י 5282 חלק 1
-		-		-		1.1.3 דירוג אנרגטי לפי ת"י 5282 חלק 5
-		-		-		1.1.4 תאורה טבעית בשטחי ציבור פנימיים
131	1.0	146	1.0	-		1.1.5 חלל יבוש
6,977	8.4	3,278	7.6	83	4.8	1.2 מערכות הבניין
52	3.2	49	3.2	83	4.0	1.2.1 ביצועים אנרגטיים של תאורה
1,802	2.0	3,228	3.6	-		1.2.2 חימום מים
-		-		-		1.2.3 אנרגיה מתחדשת באתר
-		-		-		1.2.4 מערכות חימום אוורור ומיזוג אוויר
-		-		-		1.2.4.1 מערכות מיזוג אוויר מרכזיות
-		-		-		1.2.4.2 מערכות מיזוג אוויר מיני מרכזיות בדירות
-		-		-		1.2.4.3 מזגן בודד
-		-		-		1.2.4.4 מערכת חימום מרכזית
-		-		-		1.2.4.5 אגירת חום, קור וחשמל
-	1.6	-		-		1.2.5 אמצעי מדידה משניים ובקרת אנרגיה
5,124	0.8	-		-		1.2.6 מערכת ניהול אנרגיה במבנה (BEMS)
-	0.8	-	0.8	-	0.8	1.2.7 מעליות
264	11.2	230	10.1	567	9.6	פרק 2 - קרקע
-	2.8	-	1.3	-	3.7	2.1 בחירת אתר
-		-		-	0.5	2.2 קרקעות מזוהמות
-	4.0	-	4.0	-	2.0	2.3 צפיפות הבנייה והפיתוח
172	2.0	175	1.5	-	0.8	2.4 תופעת אי החום העירוני
92	1.5	-		567	1.3	2.5 מירוב השימוש בקרקע
-		-	0.5	-		2.6 שימור אדמת חישוף וקרקע מקומית לשימוש חוזר



שלושה כוכבים		שני כוכבים		כוכב אחד		
עלות	ניקוד	עלות	ניקוד	עלות	ניקוד	
-	0.9	55	1.9	-	0.9	2.7 אקולוגיית האתר
-		-	0.5	-		2.8 התאמת הבניין לתבליט הטבעי ולתוואי השטח
-		-	0.4	-	0.4	2.9 תמהיל דירות
1,168	11.9	1,756	14.7	282	10.6	פרק 3 - מים
77	5.4	90	5.4	106	5.4	3.1 חסכון בשימוש במים שפירים בבניין
108	2.6	157	2.6	-	1.3	3.2 אמצעי מדידה משניים ובקרה
-	1.2	820	2.7	-	1.2	3.3 חסכון במים שפירים להשקיה בגינון
983	2.7	690	4.0	175	2.7	3.4 ניהול מי נגר עילי וניקוז
-	12.5	-	9.0	-	9.0	פרק 4 - חומרים
-		-		-		4.1 בחירת חומרים ומוצרים בעלי תו ירוק
-	11.0	-	8.0	-	8.0	4.2 חומרים ממוחזרים
-	1.0	-	0.5	-	1.0	4.3 חומרים ומוצרים מקומיים
-	0.5	-	0.5	-		4.4 מיקור אחראי של חומרים
-		-		-		4.5 הערכת מחזור חיים
-		-		-		4.6 חומרים בשימוש חוזר
4,872	5.1	99	2.8	145	1.6	פרק 5 - בריאות ורווחה
-	1.3	-	0.9	-	-	5.1 תכנון ביו-אקלימי - רוח
4,053	0.5	-		-		5.10 איכות אקוסטית - מעבר רעש
-		-		-	0.5	5.11 הגבלה של תרכובות אורגניות נדיפות, (VOC) תרכובות ברום (BFR) וקרינה רדיואקטיבית
819	0.7	99	0.7	145	0.7	5.12 קרינה אלקטרומגנטית וקרינה מיקרומגנטית
-		-		-		5.13 פליטת תחמוצות חנקן (Nox)
-	1.3	-		-		5.2 אוורור נוחות
-	-	-	-	-	-	5.3 אספקת אויר צח ממקור נקי
-		-		-		5.4 איכות האויר בתוך בניין בעל מערכות אויר מאולצות
-	0.7	-	0.7	-		5.5 שליטה ברמת המשתמש - תאורה טבעית בוחק וסנוור
-	-	-		-		5.6 שליטה ברמת המשתמש - טמפרטורה
-	0.2	-	0.5	-		5.7 אור טבעי ונוחות ויזואלית
-	0.4	-	0.1	-		5.8 סנוור הנובע מתאורה פנימית/חיצונית
-		-		-	0.5	5.9 איכות אקוסטית - רמת רעש מרבית
1,048	2.0	1,131	2.0	650	2.0	פרק 6 - פסולת
1,048	2.0	1,131	2.0	650	2.0	6.1 ניהול הפסולת הביתית (פסולת מעורבת/מוצקה)



שלושה כוכבים		שני כוכבים		כוכב אחד		
עלות	ניקוד	עלות	ניקוד	עלות	ניקוד	
1,269	2.0	1,330	4.0	1,127	4.0	פרק 7 - תחבורה
-		-		-		7.1 נגישות לתחבורה ציבורית/חלופית
1,269	2.0	1,330	4.0	1,127	4.0	7.2 מתקנים וחנייה לאופניים
-		-		-		7.3 מסלולים בטוחים עבור הולכי רגל ורוכבי אופניים
2,702	1.9	738	1.6	4,252	2.4	פרק 8 - ניהול
-	0.4	-	0.4	-	0.3	8.1 הפרדה ואחסון באתר הבנייה פסולת בניין הניתנת למחזור או לשימוש חוזר
2,702	0.9	738	0.6	4,252	1.2	8.2 שימוש חוזר וסילוק פסולת בניין
-	-	-	-	-	-	8.3 מזעור השפעות אתר הבנייה
-	0.3	-	0.3	-		8.5 מדריך למשתמש בבניין
-	0.3	-	0.3	-	0.3	8.6 חברת ניהול לבנייה רווייה
-		-		-	0.6	8.4 בדיקות לפני מסירה
-		-		-		פרק 9 - חדשנות
-		-		-		9.1 שימוש בשיטות בנייה חדשניות
-		-		-		9.2 כושר הסתגלות של הבניין
-		-		-		9.3 חדשנות
1,228	-	739	-	767	-	תכנון והתעדה
573	-	345	-	329	-	עלויות יועץ בנייה ירוקה
655	-	394	-	438	-	עלות מכון התעדה
23,731	77.1	20,582	68.3	14,783	53.8	סכום כולל