



בית הספר תמיר בראשון לציון – נבנה בבנייה ירוקה עם דגש על שטחי חוץ מגוונים | צילום: ליאור אביטן – Avitan Lior: Photography  
אדריכלות: כנפו-כלימור אדריכלים

## בנייה ירוקה של בתי ספר בישראל – עלות ותועלת

נורית מירון<sup>[1]</sup> \* ויצחק מאיר<sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup> אדריכלית ומתכנתת סביבתית

<sup>[2]</sup> המחלקה לאדם במדבר ע"ש בונה טרה, המכונים לחקר המדבר ע"ש "בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

nuritmeron@gmail.com\*

### תקציר

בנייה ירוקה הולכת ונעשית מקובלת בקרב בעלי מקצוע, מקבלי החלטות והקהל הרחב. הצלחת התחום תלויה רבות בהערכה נכונה של העלויות הכרוכות בו והתועלת הנובעת ממנו. במחקר זה בחנו באופן חדשני סוגיות בשוק הבנייה והחינוך באשר לבניית בתי ספר ירוקים בארץ. נבחנו תוספת העלות הנדרשת לבניית בית ספר ירוק אל מול התועלת הכלכלית שמתבטאת בתפעולם השוטף של בתי הספר ואל מול שביעות רצון צוות ההוראה ממבנה בית הספר. נמצא כי תוספת העלות הנדרשת לבניית בית ספר כמבנה ירוק היא של 8.9% מעלות המבנה. החיסכון בצריכת חשמל בבתי הספר הירוקים שנבדקו היה 23%, והחיסכון שנמצא בצריכת המים היה 24% בהשוואה לבתי ספר רגילים. לעת עתה בישראל תקופת החזר הצפויה היא של שנים רבות (כ-45 שנים), ובהיבט זה הבנייה הירוקה לא מצדיקה את ההשקעה. נקודת החוזק שנמצאה במחקר היא שביעות רצון מובהקת של צוות ההוראה, שהביע עמדות חיוביות עקביות באשר לרכיבי המבנה השונים, והצביע על העדפת המבנה הירוק על פני בית ספר בבנייה רגילה. יש לזכור כי לבנייה ירוקה סוגים שונים של תועלת שלא נבחנו במחקר הנוכחי (תועלת כלכלית משקית עקיפה, תועלת בהישגים בלימודים ובפריון בעבודה ותועלת בסביבה בריאה למשתמשים). בחינה של כלל סוגי התועלת עשויה לשנות את פני התמונה. כמו כן, יש לזכור שבנייה ירוקה מספקת מוצר איכותי יותר למשתמש, עובדה המשתקפת בעלות הגבוהה יותר.

מילות מפתח: בית ספר ירוק · חיסכון · מבני ציבור · משאבים · שביעות רצון מורים · תקן 5281



## מבוא

## בניית בתי ספר ירוקים

בתי ספר הם מוסדות ציבור היקרים לליבנו ולכיסנו. ילדינו מבליים בהם שעות רבות ביום במשך כתשעה חודשים בשנה. על כן, סביר שלמבנים אלה השפעה רבה על בריאותם של הילדים ועל הישגיהם הלימודיים. בתי ספר נבנים בשכונות חדשות, וישרתו דורות רבים של ילדים לפני שיחודשו. לכן, זהו מקרה קלאסי שבו תועלת הנובעת מבניית מבנה כירוק עשויה להיות משמעותית. נוסף על כך, המבנים הללו ציבוריים: בנייתם ממומנת על-ידי הממשלה ותחזוקתם על-ידי הרשות המקומית. מאחר שמדובר בכסף ציבורי, רווח או הפסד בעקבות בנייתם כירוקים ישפיעו בצורה עקיפה על האזרח.

במהלך עשרים השנים האחרונות נבנו בעולם בתי ספר רבים בבנייה ירוקה, בהתאם לכלי מדידה שונים (ת"י 5281, LEED, BREEAM ועוד) [7, 8, 15]. החוקר האמריקאי Gregory Kats [13] מציין מספר יתרונות של בתי ספר ירוקים על פני מקביליהם שנבנו בבנייה קונבנציונלית. ליתרונות, הבאים לידי ביטוי לאחר אכלוס המבנים, היבטים כלכליים, בריאותיים וסביבתיים. הוא מצביע על כך שבמבני בתי ספר ירוקים בארה"ב צריכת האנרגיה נמוכה בכ- 35% בהשוואה לבתי ספר שנבנו בבנייה קונבנציונלית, וזאת בגלל השימוש במעטפת בניין מבודדת, במערכות בקרת אנרגיה, בתאורה חסכונית ובמבנה המנצל תאורה טבעית באופן מיטבי. החיסכון מביא לעלויות תחזוקה מופחתות לרווחת הרשות המתחזקת. מבנים צורכים נתח עיקרי מצריכת האנרגיה הלאומית לצורך אקלום, תאורה ומערכות בניין: כ-36% בארה"ב, כ-40% באירופה [9] וכ-62% בישראל [2, 3]. אי לכך, חלקם ביצירת זיהום האוויר (על-ידי פליטת חלקיקים וגזים, ובהם גזי חממה) משמעותי. גם צריכת המים בבתי הספר שחקר Kats הייתה נמוכה בכ-32%. חיסכון זה מתבטא גם הוא בעלויות תחזוקת המבנה לרשות המקומית לאורך עשרות שנים ובחיסכון בצריכת מים ובתשתיות נדרשות בשוק הלאומי.

בתי ספר בבנייה ירוקה מספקים סביבה פורייה ללימודים ולעבודה, לתלמידים ולמורים. מאפייני הבניין היוצרים זאת הם אוורור טבעי, תאורה טבעית, תנאים אקוסטיים נאותים, שליטה של המשתמש בטמפרטורה ובתאורה בסביבתו ושימוש בחומרי בניין דלי-רעלים. מחקרים הצביעו על כך שלמאפייני בניין אלה השפעה חיובית על שביעות הרצון ממקום העבודה, על פריון העבודה ועל הישגים אקדמיים [10, 14, 16, 17].

אם כך, מדוע בנייה ירוקה של בתי ספר בישראל נמצאת עדיין בחיתוליה?

ישנו פער בין פוטנציאל החיסכון הכספי והתועלת החברתית שצוינה, לבין בנייה ירוקה מועטה של בתי ספר. מכאן נובע הצורך לבחון יתרונות אלה. ראשית, העניין הכלכלי: הנחה קיימת בשוק היא שבנייה ירוקה יקרה יותר. מקורות אפשריים לתוספת התקציבית הנדרשת לשם בניית המבנה כירוק הם שימוש במוצרי בנייה איכותיים

יותר, מערכות בניין שעלותן גבוהה יותר ותהליך תכנון מוקפד ומתקלל (אינטגרטיבי). השאלות הנשאלות הן: מהי תקופת ההחזר להשקעה הנוספת? האם מההיבט הכספי גרידא הבנייה הירוקה מוצדקת? שאלות נוספות נוגעות לתועלת למשתמשים במבנה, תלמידים ומורים. האם הם מודעים לתועלת הנובעת מהמבנה כפי שנמצא במחקרים קודמים? האם הם נהנים ממנה? אם כן, התועלת הזו יכולה להטות את המשקל לעבר בנייה ירוקה של בית הספר ללא קשר לשאלת העלות.

## עלויות בנייה ירוקה בעולם ובישראל

בשנת 2013 קיבצה המועצה העולמית לבנייה ירוקה (WGBC) [18] מחקרים ממספר מדינות, שבחנו את העלות הנוספת לבנייה ירוקה למבנים (העלות נאמדה בכלי מדידה שונים). במחקר נבחנו מבנים בעלי שימושים שונים (מבני מגורים, מבני חינוך, משרדים, מבני ציבור ובריאות) באוסטרליה, בבריטניה, בישראל, בסינגפור ובארה"ב. המבנים נבנו בין השנים 2000-2012. נמצא כי תוספת התקציב הנדרשת לבניית מבנה כירוק היא של עד 12% בהשוואה לבנייה של מבנה דומה בבנייה קונבנציונלית. בהתייחס למבני חינוך הצביע המחקר על תוספת תקציבית נדרשת של 0.25-6.80% בהתאם לכלי המדידה הבריטי BREEAM לבניית בתי ספר ירוקים. מחקר שערך Kats [13] בחן עלות ותועלת של בתי ספר בבנייה ירוקה בארה"ב. הוא בחן כ-30 בתי ספר, ומצא כי בנייתם הייתה יקרה בכ-2% מתקציב מקובל לבניית בית ספר. Kats ציין כי עלויות נוספות אלה אחזו בחלקן בשל החיסכון הנובע מעקרונות הבנייה הירוקה. למשל, הפניה נכונה של הבניין וניצול מיטבי של אור השמש עשויים לצמצם את הצורך בתשתיות תאורה ולהביא לחיסכון כספי. איזון זה מתאפשר אם הבנייה הירוקה מוטמעת משלבי התכנון הראשוניים. Kats מצא כי בנייה ירוקה מביאה לחיסכון כספי בשיעור של פי 20 מההשקעה הראשונית הנוספת בבניין, לאורך חיי הבניין (כ-20 שנה). הוא מחשב את החיסכון בתפיסה רחבה: חיסכון ישיר בעלויות תפעול (מים ואנרגיה) של המבנה לאורך שנים, חיסכון כספי בשל תחלופת מורים פחותה (בשל שביעות רצון גבוהה ממקום העבודה) והשפעה חיובית של סביבת הלמידה על בריאות המשתמשים וכן העדרויות פחותות (מורים ותלמידים). הוא מרחיב עוד מעבר לכך, ומביא בחשבון הוצאות פחותות על בריאות, הפחתה בפליטות גזי חממה שגם לה היבט כספי, והישגי תלמידים משופרים התורמים גם הם לכלכלת המשק כולו. בנייה ירוקה קשורה קשר הדוק לאתר המבנה במובנו הרחב: האקלים מחייב התייחסות ספציפית בתהליך התכנון; שוק הבנייה המקומי על היצעו ומגבלותיו ישפיע על העלויות, ותשתיות חינוכיות מקובלות קובעות את מבנה בית הספר. אי לכך, כמו בהיבטים רבים אחרים של בנייה ירוקה וצריכת אנרגיה, בדיקת הנתונים בישראל חשובה, ולא ניתן לקבל החלטות רק על סמך נתוני מחקרים שנערכו ברחבי העולם.

המורים. במקרה של בניין ירוק העלות היא התוספת הכספית הנדרשת לבנייתו כך שיעמוד בתנאי התקן או כלי המדידה, בהשוואה לבניית מבנה קונבנציונלי. סוגי התועלת שבדקנו הם התועלת הכספית הישירה הצפויה בתפעול המבנה לאורך שנים והתועלת משביעות רצון המשתמשים (צוות ההוראה) ממקום עבודתם.

בשיטת המחקר שבחרנו לבחינת העלויות הנוספות, השתמשנו בעלויות בנייה בפועל עבור בניינים ירוקים ובהשוואתן להערכת עלויות של אותם בניינים ללא התוספות הירוקות. בד בבד בדקנו תועלת משני סוגים: א. תועלת כלכלית: נבדקו הוצאות בפועל של בתי ספר על אנרגיה (לאקלום ולתאורה) ועל מים. ב. תועלת התנהגותית: נבדקה שביעות רצון המורים. לפירוט מלא של שיטות המחקר ראו **נספח 1** באתר כתב העת.

### תוצאות

**עלויות נוספות של בנייה ירוקה של בתי ספר:** בבואנו לבחון את תוספת העלות הנדרשת לבניית בתי ספר אלה כעונים לתקן לבנייה ירוקה, אנו רואים כי קיים טווח אפשרויות, שמוצג באיור 1. כדי לעמוד בתקן בנייה ירוקה ת"י 5281 בדירוג של כוכב אחד הוספו למבנה רכיבים שעלותם הנוספת הייתה 370–450 ש"ח למ"ר. עלותן היחסית הממוצעת של התוספות היא כ-8.9% מעלות בניית המבנה, ובממוצע עלותן בשוק כיום היא 404 ש"ח למ"ר. נתון זה שקול לכ-5.3% מתקציב המיזם כולו (כולל פיתוח החצר). לבנייה בדירוג גבוה יותר בתקן נדרשת תוספת תקציבית נוספת.

**התועלת הכלכלית** שכומתה במחקר היא תועלת ישירה בלבד ונוגעת לצריכת אנרגיה ולצריכת מים במבני בתי הספר שנבחנו. כלי המדידה השונים מצריכים מפרטים טכניים שמטרתם הפחתת צריכת משאבים (כגון אנרגיה ומים) במטרה להקטין את הפגיעה בסביבה. בהתחשב בכך שבמהלך חיי הבניין הוצאות התפעול והתחזוקה גדולות באופן משמעותי מעלויות הבנייה עצמה, החיסכון בעלויות הללו עשוי לשמש הצדקה כלכלית לבנייה ירוקה. במדינת ישראל מושגות עלויות התפעול השוטף של בתי הספר על הרשות המקומית. הוצאות תפעול נמוכות לאורך שנים עשויות לשמש תמריץ להשקעה ראשונית גדולה יותר במבנה בית הספר. **צריכת החשמל** הממוצעת במבנה ירוק נמוכה מצריכת החשמל הממוצעת במבנה בנייה קונבנציונלית ב-23%, שהם 41,000 קוט"ש לשנה בממוצע (איור 2). המשמעות הכספית של הפרש צריכה ממוצע זה היא 24,190 ש"ח בשנה.

נתוני **צריכת המים** של בתי ספר דלים במיוחד. הדבר נובע מאי-בהירות בחברות המים העירוניות ומקושי בהשגת הנתונים מהרשויות המקומיות הרלוונטיות. נבחן בית ספר ירוק אחד בלבד. ניתן להתייחס אליו כאל חקר מקרה (איור 3). צריכת המים השנתית שנמצאה במבנה הירוק נמוכה ב-24% מזו שבמבנה קונבנציונלי. הפרש זה עומד על כ-1,039 מ"ק לשנה בממוצע. המשמעות

על קצה המזלג

- \* בתי ספר הם מוסדות ציבור שילדים מבלים בהם שעות רבות, ועל כן יש אינטרס ציבורי לבדוק את כדאיות בנייתם בבנייה ירוקה.
- \* השיקול התקציבי הוא חסם משמעותי בפני בניית בתי ספר ירוקים. חסם זה מתחזק בשל המחסור בידע על אודות התועלת – כלכלית ואחרת – המושגת מבניית בתי ספר ירוקים.
- \* המחקר תורם לצמצום פער הידע: הוא כימת את שיעורי החיסכון בצריכת משאבים וכן מצא שביעות רצון מובהקת של צוותי ההוראה.
- \* תוצאות המחקר מראות כי הזמן הדרוש להחזר ההשקעה בבניית בית ספר ירוק בישראל ארוך מאוד – 45 שנים. הדבר נובע מאמידה חלקית בלבד של מגוון סוגי התועלת וכן ממרכיבי בנייה לא הכרחיים שתועלתם נמוכה.

המערכת

בשנת 2013 נערך מחקר<sup>[4]</sup> של עלויות בפועל של מבני מגורים שנבנו בבנייה ירוקה בישראל. המחקר בחן שני מבני מגורים שעברו הסמכה לתקן הישראלי לבנייה ירוקה<sup>[7]</sup> ובדק עלויות בפועל של רכיבים ירוקים שהוטמעו במבנים, ושעלותם שונה מזו של רכיבים בבנייה קונבנציונלית. תוספת התקציב שנדרשה במקרים אלה הייתה של 1.1%–4.2% מעלות הבנייה. שיעור זה תואם את משרעת הממצאים ממחקרים דומים בחו"ל.

בשנת 2014 נערכה בדיקה בנושא עלות בנייה ירוקה של בתי ספר בישראל<sup>[5]</sup>. הבדיקה התבססה על הערכות מתכננים באשר לתוספות עלות בבתי ספר בתכנונם. נמצא כי העלות הנוספת של רכיבי הבנייה הירוקה בבתי ספר עומדת על 2.5%–6.3% מעלות הבנייה הכוללת.

### שיטת המחקר

מחקרנו מציג ניתוח עלות-תועלת לבדיקת הכדאיות של בנייה ירוקה מנקודת מבטו של יזם הבנייה (רשות מקומית או משרד החינוך) ומנקודת מבטה של אחת מקבוצות המשתמשים במבנה:

פחות שנערכו לאחרונה (2013–2014) בישראל. הם עומדים על כ־8.9% מעלות בניית המבנה, השקולה ל־5.3% מתקציבו הכולל של המיזם. נתוני החיסכון בצריכת אנרגיה ומים תואמים מחקרים דומים שנערכו ברחבי העולם, ועומדים על חיסכון של כ־23% בצריכת אנרגיה (חשמל) ושל כ־24% בצריכת מים.

מספר שנות החזר ההשקעה בשל נתוני צריכת אנרגיה ומים הוא הנתון המפתיע. בבדיקה תיאורטית שנעשתה עבור עיריית תל־אביב<sup>[3]</sup> בוצעה הערכה של תקופות החזר של 3–10 שנים למערכות הבניין השונות. בפועל, ניתן להסיק מנתוני האמת שלפנינו שתקופת החזר של תוספת התקציב לצורך השגת תקן בנייה ירוקה גדולה משמעותית, ועומדת על כ־45 שנים, וזאת ללא שימוש בשיעור ניכיון. יש לציין, שבבדיקה עבור עיריית תל־אביב התייחסו לעלות ישירה של מערכת הבניין, והעריכו תוך כמה זמן תחזיר את עלותה הנוספת. הזנחה עלות נוספת של מערכות בניין שלא שותפות לחיסכון הכספי לאורך שנים, אך נדרשות לשם בניית בניין ירוק העומד בתקן. אלמנטים כדוגמת תקרות אקוסטיות, גג ירוק, גובה חללים גבוה מהתקן ועלויות תקינה, מעמיסים כספית על תקציב המיזם, ולא שותפים לחיסכון הכספי הישיר לאורך שנים.

### סיכום ומסקנות

בבסיס תקופת החזר הארוכה עומדת עלות בנייה גבוהה של מבני בתי הספר אל מול יכולת חיסכון מוגבלת בהוצאות התפעול (טבלה 1). כפי שצוין, ישנם מאפייני בנייה שאינם מצריכים תוספת תקציבית או שהתוספת הנדרשת עבורם קטנה, כמו העמדת מבנה נכונה, מעטפת יעילה, הצללות בתקציב נמוך, גופי תאורה ואמצעים לחיסכון במים. מומלץ לשים דגש על מאפיינים אלה ולא להיקלע להשקעה במערכות בניין יקרות, שאינן הכרחיות ושהחזר ההשקעה בהן אינו מובטח. ממחקרנו עולה כי גם בנייה ירוקה דלת־תקציב היא אפשרית, ואנו ממליצים על תכנון ברוח זו. מימוש המלצה זו מותנה בהכוונה ובהצבת גבולות תקציביים מצד הרשות המזמינה מחד גיסא, ובתכנון מודע תקציבית של אנשי המקצוע מאידך גיסא. הסבר נוסף לפערים בין מחקרים קודמים לבין המצב בפועל בבתי הספר שנבדקו במחקר הנוכחי טמון במימוש חלקי של פוטנציאל החיסכון במבנים הירוקים. נדרש תהליך של הסתגלות והטמעה של נהלים חדשים וטכנולוגיות חדשות בבתי הספר הירוקים. ניסיון העבר מראה שישנם חבלי לידה לתפעול בית ספר בבנייה ירוקה. כדי למצות את המרב מהמבנה יש לאפשר לאנשים המתפעלים אותו ליווי והדרכה<sup>[4]</sup>. בתי הספר שנבחנו נבנו לפני שנים ספורות (עד שלוש שנים), וניכר שהאנשים והצוותים עדיין נמצאים בשלבי למידה והסתגלות. כדי לשפר את החיסכון הכספי מהמערכות צריך לתמוך בצוות התחזוקה של בית הספר ולספק הדרכה מתאימה להנהלה ולצוות ההוראה. הגורם האנושי הוא קריטי בניצול נכון של התועלת מהמבנה, וייתכן שכרגע הוא חסם למימוש פוטנציאל החיסכון הקיים.

הכספית של הפרש צריכה ממוצע זה היא 2,108 ש"ח בשנה. **תועלת התנהגותית המתבטאת בשביעות רצון המורים מבנייה ירוקה של בתי ספר:** בכל ארבעת בתי הספר שנבחנו הצביעו תשובות סגל ההוראה על שביעות רצון רבה ממבנה הכיתות בבית הספר הירוק. דירוג שביעות הרצון הכללי שהעניקו למבנה הכיתה היה 4.20 (בסולם של 1–5). דירוג זה גבוה ב־20% ממוצע מהדירוג שניתן לכיתה בבית הספר הקונבנציונלי (איור 4).

הדירוג הגבוה משתקף בהתייחסות לכל הפרמטרים המבניים שנבדקו. הפערים הבולטים ביותר בשביעות הרצון בין שני סוגי המבנים נמצאו בהתייחס לרמת התאורה הטבעית. דירוג שביעות הרצון בנושא זה בבתי הספר הירוקים גבוה בכ־30% מהדירוג שניתן לו בבית הספר הקונבנציונלי. נושאים שנמצא בהם פער של כ־15–20% היו שביעות רצון מרמת התאורה המלאכותית, מהתנאים האקוסטיים ומשטחי החוץ בבית הספר. פער נמוך יחסית, של כ־10%, נמצא באשר לשביעות הרצון מהטמפרטורה השוררת בכיתה. הממצא מפתיע לאור העובדה שאחד מיסודות הבנייה הירוקה הוא יצירת תנאי אקלים משופרים במבנה.

### דיון

הנחת המחקר הייתה כי בנייה ירוקה של בתי ספר בישראל יקרה מבנייה קונבנציונלית באחוזים בודדים, וכי הפרש כספי זה יקוזז לאחר שנים בודדות (עד 10 שנים) בעקבות הוצאות תפעול מבנה פחותות. תועלת נוספת שציפינו לה היא שביעות רצון גבוהה יותר של צוות ההוראה המועסק במבנים אלה. בפועל, ההנחות אומתו באופן חלקי בלבד.

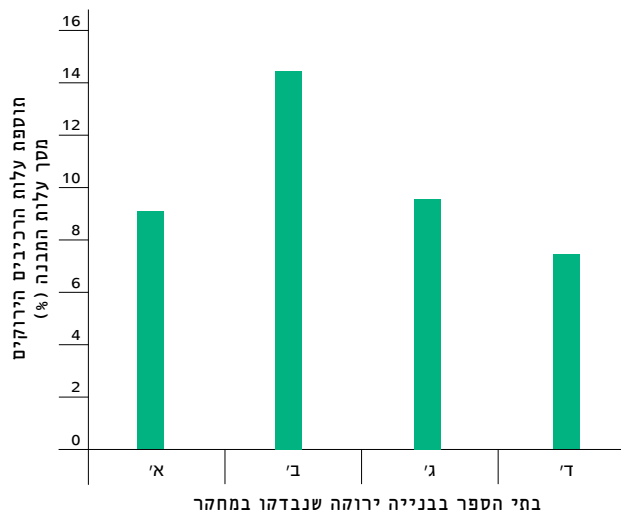
נתוני העלויות הנוספות שנמצאו במחקר גבוהים מאלה שנמצאו במחקרים שנערכו בארה"ב ובאירופה, ותואמים בדיקות מקיפות



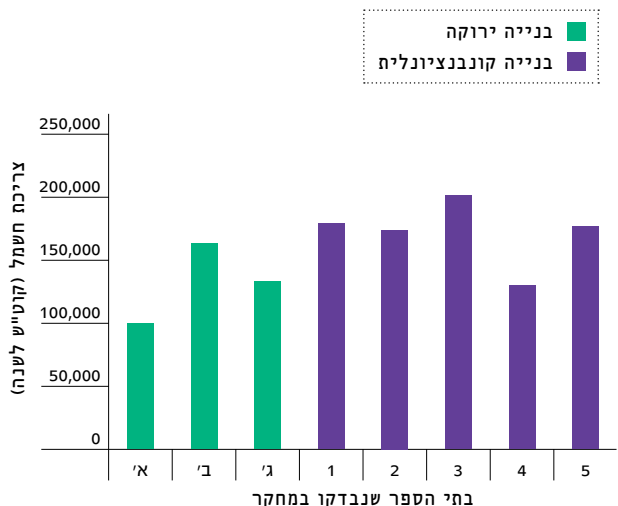
בית הספר צוקי אביב בצפון תל־אביב, שפתח את שעריו ב־2016, נמצא בתהליך הסמכה לתקן בנייה ירוקה | צילום: גי קרטגינר, באדיבות אדריכלית בתיה סבירסקי-מלול



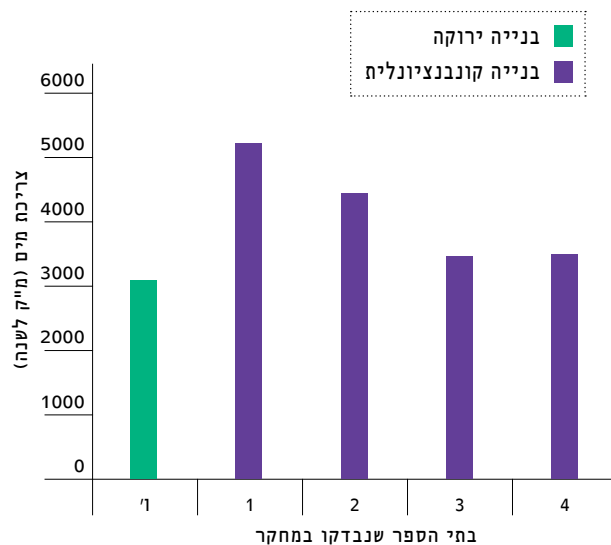
**איור 1.** עלויות בפועל של רכיבים ירוקים בבנייה ירוקה: חוספת העלות מסך עלות המבנה באחוזים



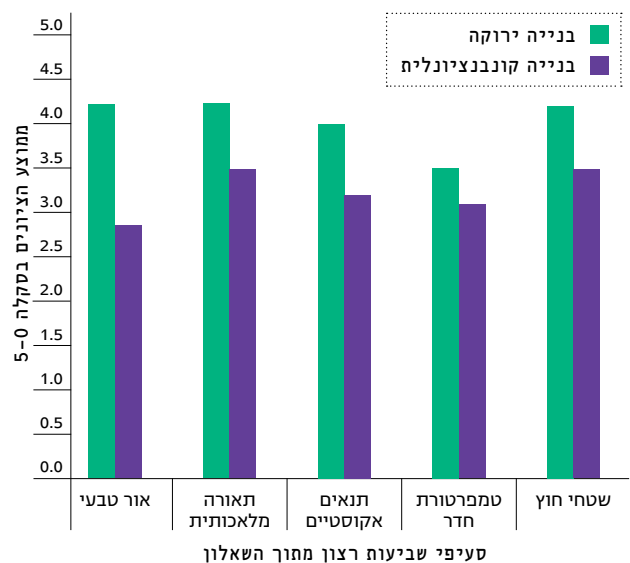
**איור 2.** צריכת חשמל של בתי ספר ירוקים ובתי ספר קונבנציונליים



**איור 3.** צריכת מים של בית ספר ירוק ובתי ספר קונבנציונליים



**איור 4.** ממצאים של שביעות רצון ממבנה כיתה בבתי ספר ירוקים ובבתי ספר בנייה קונבנציונלית



חזית המחקר

המורים הנשאלים שבעיני רצונם מסביבת עבודתם הפיזית. בהתייחסותם לפרמטרים מבניים כדוגמת: רמת תאורה טבעית; נוחות ממערכת תאורה מלאכותית; תנאים אקוסטיים; גודלם חמינותם של שטחי החוץ – כולם דורגו גבוה יותר בבתי הספר הירוקים. מעבר לכך, נמצאה שביעות רצון גבוהה יותר של צוות ההוראה המועסק בבתי ספר ירוקים ממקום עבודתו. אי לכך, ניתן לראות בהיבט זה מרכיב משמעותי

מידת שביעות הרצון של חברי צוות ההוראה ממקום עבודתם היא ממצא חשוב. כאמור, שביעות הרצון הייתה גבוהה ב-26% מאשר בבית ספר שאינו ירוק. כנזכר, במחקרים קודמים נמצאו שיפור בשביעות רצון כללית ממקום העבודה, מחויבות גדולה יותר למקום העבודה, היעדרויות פחותות ותחלופת עובדים נמוכה יותר של עובדים בבניינים ירוקים<sup>[12, 11]</sup>. בחינה מפורטת של מאפייני בניין שונים העלתה כי

**טבלה 1. השקעה כספית נוספת בבניית בית ספר ירוק אל מול תועלת כלכלית והתנהגותית**<sup>161</sup>

מספר שנות החזר ההשקעה הכספית הנוספת הוא 45 בממוצע.

ממוצע ההשקעה הכספית הנוספת	חיסכון שנתי בצריכת האנרגיה	חיסכון שנתי בצריכת המים	סך התועלת הכלכלית השנתית מחיסכון במשאבים	עלייה בשביעות הרצון הכללית של צוות ההוראה
₪ 1,193,368	₪ 24,190	₪ 2,108	₪ 26,298	
8.9% מעלות הבנייה 5.3% מעלות המים	23%	24%	23.08%	26%

ומשרד קנפו כלימור אדריכלים על שסיפקו ידע וחומר תיעודי רב ויקר ערך. נודה גם לאדריכלים אבינועם ליון, פרלה קאופמן ובתיה סבירסקי-מלול, ליועצי הבנייה הירוקה יפתח הררי, עמוס חלפון וערן קפטן, ולמנהלי המיזמים פטריק אליקים וגלעד כרמל. תודה למנהלות בתי הספר יעל מזור, מירב מזור, עליזה סוקל ושיר קידר על שפתחו דלתותיהן בפנינו, ולגב' אילנית שושני, ראש מנהל פיתוח במשרד החינוך.

רוב תודות לבית הספר פורטר ללימודי סביבה, אוניברסיטת תל-אביב, על שאפשר את עריכת המחקר.

**מקורות**

ראו **נספח 2** באתר כתב העת.

בתועלת מהמבנה ונדבך חשוב בהצדקה של בניית המבנים הירוקים. יש לזכור כי לבנייה ירוקה מגוון רחב של סוגי תועלת שלא נבחנו במחקר הנוכחי, כגון: תועלת כלכלית משקית עקיפה, תועלת בהישגים בלימודים ובפיריון העבודה ותועלת בסביבה בריאה למשתמשים. לכל אלה משמעות כלכלית. בחינה של כלל סוגי התועלת עשויה לשנות את פני התמונה גם בהיבט הכלכלי. כמו כן, יש לזכור שבנייה ירוקה מספקת מוצר איכותי יותר למשתמש, עובדה המשתקפת בעלות הגבוהה יותר.

**תודות**

תודת המחברים לפרופ' צביקה נאמן מבית הספר לכלכלה ע"ש איתן ברגלס באוניברסיטת תל-אביב, על תרומתו; ליונתן מאירי

**הלכה למעשה**

ישנו קושי מובנה בהערכת תוספת העלות הכרוכה בבנייה ירוקה של בתי ספר בשל מספר סיבות: מיעוט מספר בית הספר הירוקים שנבנו בארץ; בניית חלק מהם כ'בית ספר דגל' בהתאם למפרט עשיר, הכולל אלמנטים שכלל אינם נדרשים במבנה ירוק; השונות הגדולה בין בתי ספר בערים השונות בגלל השוני בסטנדרטים שלהם לבניית בתי ספר.

הנתונים העדכניים שבידי מצביעים על כך שההפרש בין בנייה ירוקה של בית ספר (לפי מפרט משרד החינוך) לבנייה קונבנציונלית ירד לכ-5% בלבד, וזאת בשל שינויים בתקן הבנייה הירוקה והוזלת

חומרים. בעבר הבנייה הירוקה הרתיעה קבלנים ואנשי מקצוע אחרים, אך כיום זו פרקטיקה שכיחה, ואלמנטים שונים בה (למשל בתחום האקוסטיקה) אף הפכו למחייבים בתקני בנייה קונבנציונליים. לו משרד האוצר היה מוסיף לתקצוב בניית בית ספר חדש את ההפרש הנדרש לבנייה ירוקה, מספר בתי הספר הירוקים היה גדל משמעותית, והם היו נבנים גם בפריפריה החברתית והגיאוגרפית.

**רונן קט**

סגן מנהל תחום בינוי, החברה למשק ולכלכלה של השלטון המקומי בע"מ

