

## ירוק זה כדאי? ניתוח עלות-תועלת של בתי ספר ירוקים בישראל

רוסלנה רחל פלטניק<sup>[1], [2]</sup>\*, אילת דוידוביץ'<sup>[1]</sup>,  
חמר טרופ<sup>[1], [3]</sup> ואופירה אילון<sup>[1], [3]</sup>

<sup>[1]</sup> המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה

<sup>[2]</sup> החוג לכלכלה וניהול, מכללת עמק יזרעאל

<sup>[3]</sup> החוג לניהול משאבי טבע וסביבה, הפקולטה לניהול, אוניברסיטת חיפה

\* rachelpa@yvc.ac.il



חזית המסלול

בית הספר ש"י עגנון, כפר סבא. בעולם גלובלי וטכנולוגי המשתנה תדיר בתוך משבר אקולוגי מחרף, הלמידה צריכה לא רק להגיש מידע ולכלול שינון תכנים, אלא גם לעודד סקרנות ופתיחות להתבוננות בסביבה הטבעית והחברתית ולתת מקום לדמיון ולכושר ההמצאה | תכנון אדריכלי: קנפו כלימור אדריכלים. תכנון נוף: יהלום צור. | צילום: ליאור אביטן

## תקציר

בנייה ירוקה היא רכיב חשוב בשיפור איכות החיים ובצמצום מזהמים וצריכת משאבים. עם זאת, שאלת הכדאיות הכלכלית של בנייה ירוקה נותרה פתוחה. במחקר בחנו, לראשונה בישראל, את התועלת החברתית הנקייה (social net benefit) הגלומה בבנייה ירוקה של בתי ספר. אומדן התועלת הנקייה נערך עבור כל בתי הספר שהוסמכו כירוקים עד 2016, תוך שימוש בשתי שיטות: ההשוואתית והתוספתית. ממצאי האמידה בשיטה התוספתית מצביעים על תוספת עלות של למעלה מ-7% עבור בנייה ירוקה לעומת קונבנציונלית. עוד נמצא, שחרף מגבלותיהן של שיטות הבדיקה, האומדות בחסר את התועלת הישירה והחיצונית מבתי ספר ירוקים, תוצאותיהן מצביעות על צפי להחזר של תוספת העלות בטווח זמן של כעשור. המשמעות היא כי הציבור והמשק בישראל מרוויחים מכל בית ספר שנבנה בבנייה ירוקה. המחקר מציע מספר הסברים לתוספת העלות הכרוכה בבנייה בתי ספר ירוקים, כמו גם כלים לאמידה מדויקת יותר בעתיד של עלות ותועלת, שיפורים רצויים בתקן ת"י 5281 בהיבטים הנוגעים לבתי ספר, דרכים להגברת היעילות הכלכלית, ופרמטרים שונים (כגון צריכת חשמל ומים) שראוי לנטר באופן מתמשך.

**מילות מפתח:** אנרגיה · בנייה ירוקה · מים · מזהמי אוויר · משאבי טבע · ת"י 5281

## מבוא

בנייה ירוקה מקודמת במדינות רבות בעולם כגישה מערכתית לצמצום השפעות חיצוניות של מבנים על משאבי טבע וסביבה, ולאספקת סביבה בריאה יותר למשתמש. בהתייחס למבני ציבור בכלל, ולמבני חינוך בפרט, בנייה ירוקה צפויה להגדיל את הרווחה החברתית במגוון מישורים, בהם הפחתת תחלואה, אפחתת (mitigation) שינוי האקלים, הקטנת הצריכה של משאבי טבע מתכלים, שיפור איכותו של השירות הציבורי, והגברת פריון המורים והתלמידים [1,7,14,17]. עם זאת, חרף הפוטנציאל הגבוה הגלום בה [22], עקרונות הבנייה הירוקה מיושמים בישראל בהיקפים מצומצמים יחסית, משום שהיא נתפסת כיקרה יותר מבנייה קונבנציונלית [1]. תפיסה קצרת רואי זו, המתמקדת בעלויות הבנייה הישירות בלבד, איננה מגלמת את מגוון סוגי העלות והתועלת, הישירות והחיצוניות, שמבנים ירוקים טומנים בחובם לטווח הארוך.

בראייה כלכלית, ניתן להגדיר בנייה ירוקה כמוצר ציבורי המאופיין בחוסר "יריבות" חלקית בתועלת. כלומר, היזם (במקרה זה, משרד החינוך או הרשות המקומית) נושא בעלויות של בנייה ירוקה, בעוד שהצרכן וכלל החברה (דורות של מורים, תלמידים, והורים) נהנים מהתועלת. פועל יוצא מכך הוא נטיית השווקים להערכת חסר של התועלת הגלומה בבנייה ירוקה, וכנגזר מכך – לתת-אספקה של מוצר זה [10].

תהליך ההסמכה של מוסדות חינוך כ"ירוקים" הוא חלק מתוכנית חינוך לקיימות שמשרד החינוך מקדם בשנים האחרונות בשיתוף עם המשרד להגנת הסביבה [5]. לם טוען כי יש ללוות שינוי חינוכי בשינוי אדריכלי כדי לסייע בהמחשת הערכים החינוכיים ובהפנמתם [4].

לנוכח המתואר לעיל, נראה כי להכנת אומדן עדכני ותקף של מכלול העלויות וסוגי התועלת הנובעים מהקמה של בתי ספר ירוקים, שבוצע בישראל לראשונה במסגרת מחקר זה, תהא תרומה משמעותית לקבלת החלטות מושכלות בנושא. תועלת חברתית נקייה (social net benefit) מוגדרת כפער בין תועלת (הישירה והחיצונית) לבין העלות (הישירה והחיצונית). אם תועלת חברתית נקייה של מיזם היא חיובית, אזי ביצוע המיזם – במקרה שלנו בית ספר בבנייה ירוקה – כדאי לציבור. במחקר השתמשנו במגוון שיטות לאמידת תוספת העלות הכרוכה בבנייה ירוקה של בתי ספר מול תוספת התועלת החברתית הצפויה מכך לצורך הערכת תועלת חברתית נקייה של בתי ספר בבנייה ירוקה.

## הממצאים

במסגרת המחקר נבחנו כל חמשת בתי הספר שהוסמכו כמבנים ירוקים עד סוף שנת 2016. שלושה מתוכם הוסמכו לפי התקן הישראלי (ת"י 5281) [2] (נספח 1, באתר כתב העת), ועיקר הבדיקה התמקדה בהם: נופי ים בתל-אביב (דירוג של כוכב אחד, נספח 2), ש"י עגנון בכפר סבא (כוכב אחד, נספח 3) ורקפות בקריית ביאליק (שני כוכבים). השניים הנוספים הם דרויאנוב בתל-אביב, שנמצא בתהליכי הסמכה מתקדמים לפי התקן הישראלי (כוכב אחד), וצוריאל בראשון לציון, שהוסמך לפי תקן LEED [20]. לצורך בחינת עלות-תועלת השתמשנו במחקר במגוון שיטות, ונבדקה רגישות הממצאים לשינויים הן בפרמטרים המרכזיים הן בהנחות העבודה שעמדו בבסיס המחקר. תהליך המחקר מוצג באיור 1.



כ־17%. להתרשמותנו, שיטת הבדיקה ההשוואתית איננה משקפת כראוי את תוספת העלות, מסיבות שונות:

א. גודל המדגם: חמישה בתי ספר ירוקים וחמישה בתי ספר בבנייה רגילה הם מדגם קטן מאוד ובעל שונות פנימית גבוהה;

ב. שונות בדירוג: שניים מבתי הספר קיבלו דירוג של כוכב אחד, והשלישי קיבל שני כוכבים, שמשמעותם, לרוב, השקעה גבוהה יותר;

ג. שונות אדריכלית: המבנים מכילים מגוון רכיבים אדריכליים שאינם משרתים, בהכרח, מטרות סביבתיות, אולם השפעתם על העלות הכוללת משמעותית;

ד. שונות ביכולות של רשויות מקומיות: רשויות מקומיות מאשכולות חברתיים-כלכליים גבוהים יותר יכולות להוסיף סכום גבוה יותר למימון המתקבל ממשרד החינוך, עבור בתי ספר רגילים וירוקים כאחד;

ה. שונות בחוזי הבנייה: הואיל וחלק מבתי הספר נבנים בשיטה "פאושלית" (pauschale, כללית, הקבלן מבצע הערכה כללית לעלות הבנייה הכוללת ומשקלל בה גם ניהול סיכונים), בעוד אחרים נבנים בשיטת כתב כמויות (מפורטת), קשה לבודד את סעיפי החוזה ולהשוות בין רכיבי העלות;

ו. בחלק מהמקרים הקבלן נותן הנחה על המחיר הכולל, שלא ניתן לייחס אותה לרכיב ספציפי בבנייה. עקב מגבלות השיטה ההשוואתית נערך אומדן גם בשיטה התוספתית שסיפקה ממצאים תקפים יותר.

**השיטה התוספתית** משווה בין עלויות בפועל של מבנים ירוקים לבין עלויות מוערכות של מבנים היפותטיים אלה, לו היו

על קצה המזלג

\* לבנייה ירוקה תועלת חברתית מובהקת. כאשר מבני ציבור בכלל ובתי ספר בפרט, נבנים לפי עקרונות אלה, יש אף רכיבים נוספים לתועלת זו (למשל שיפור בהישגים לימודיים).

\* כדי לבחון את הכדאיות הכלכלית של בנייה כזו יש לכמת את עלויות הבנייה ולאמוד את התועלת ממנה.

\* המחקר מצא כי בנייה ירוקה של בית ספר מחייבת השקעה של 7% נוספים ביחס לעלות בנייה קונבנציונלית.

\* בזכות התועלת שמניבה הבנייה, השקעה זו מוחזרת תוך עשור, ותוך עשור נוסף מביאה לחיסכון של כמיליון ש"ח.

\* יש הצדקה לתמיכת המדינה בבניית בתי ספר ירוקים.

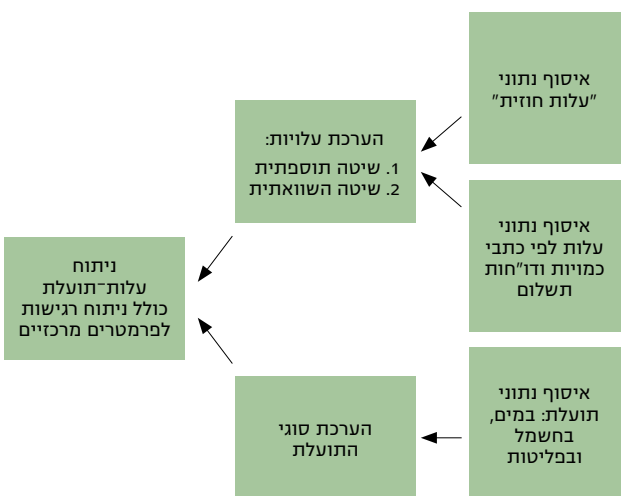
המערכת

**אמידת תוספת העלות**

אחד האתגרים באמידת תוספת העלות הכרוכה בבניית בתי ספר ירוקים בישראל היה היעדר תיעוד אחיד זמין של נתונים. לפיכך, הנתונים לוקטו מחוזי הבנייה של בתי הספר, מכתבי כמויות, וממידע שנאסף בראיונות עומק עם מומחים בתחום. בהמשך שימשו הנתונים לאמידת תוספת העלות בשתי שיטות מקובלות: השיטה ההשוואתית והשיטה התוספתית<sup>[6,12,15]</sup>.

**השיטה ההשוואתית** משווה בין עלויות בפועל של מבנים העומדים בתקן בנייה ירוקה לבין עלויות בפועל של מבנים קונבנציונליים בעלי מאפיינים דומים, שנבנו בסמיכות זמנים ובסמיכות גיאוגרפית לבתי הספר הירוקים<sup>[15,12]</sup>. במסגרת המחקר הושו עלויות הבנייה של חמשת בתי הספר הירוקים לאלה של חמישה בתי ספר שנבנו בבנייה רגילה, במונחים של תוספת עלות ממוצעת למ"ר ולתלמיד, לפי נתוני החוזים ונתוני דו"חות התשלום. תוצאות ההשוואה לפי נתוני החוזים מצביעות על תוספת עלות של כ־29% בבניית בתי ספר ירוקים בהשוואה לרגילים, ואילו ההשוואה לפי דו"חות התשלום מצביעה על תוספת עלות נמוכה יותר, של

**איור 1.** מהלך המחקר



הנובעת מחיסכון בחשמל ובמים ומצמצום בפליטת מזהמי אוויר. אמידת התועלת נשענה על השוואת נתוני הצריכה הממוצעת של חשמל ומים בשלושת בתי הספר שהוסמכו לפי התקן הישראלי, לממוצעים המקבילים בבתי ספר רגילים, שאמדו במסגרת תוכנית תג הסביבה [3].

בהתייחס לשלושת ההיבטים הללו, נמצא שתוספת התועלת השנתית מבנייה ירוקה נאמדת בכ־97 אלף ש"ח בממוצע (במחירי 2016), כמוצג באיור 3. כ־22% מסכום זה מקורם בחיסכון בעלויות חימום של שריפת דלקים לייצור חשמל ולהפקת מים. החיסכון חשוב לפי הכמויות המדווחות ובהתאם למקדמי הפליטה המוצגים בתוכנית תג סביבה [3]: מקדם הפליטה הממוצע לצריכת חשמל לשנים 2011–2013 (לפי אומדני חברת החשמל) עמד על 0.75 ק"ג פחמן דו־חמצני לקוט"ש, ומקדם הפליטה לצריכת מים (לפי אומדני רשות המים) עמד על 1.466 ק"ג פחמן דו־חמצני למ"ק מים. התועלת שהושגה מחיסכון בעלויות חימום נאמדת בכ־17.33 אג"ק פחמן דו־חמצני [3].

חשוב לציין כי תוספת התועלת כמחושב לעיל משקפת אומדן חסר, שאיננו כולל שורה ארוכה של סוגי תועלת ידועים, שאמידתם חרגה מהיקפו של המחקר הנוכחי, בהם שיפור בפריור, בהישגים ובבריאות (הפחתת ימי מחלה והיעדרויות) של מורים ותלמידים השוהים במבנה ירוק, בעקבות שיפורים בנוחות התרמית, בתאורה הטבעית, בתנאי האוויר, בנוחות האקוסטית ועוד [2, 12]. כמו כן, לא הובאה בחשבון התרומה לאוריינות הסביבתית של התלמידים.

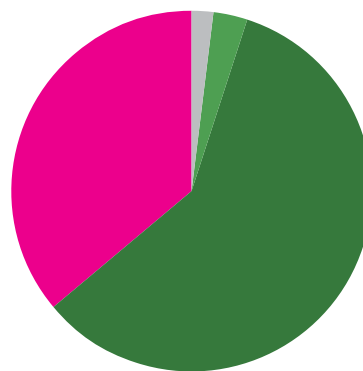
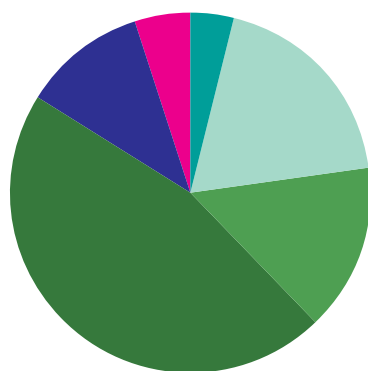
נבנים בבנייה רגילה [12, 16]. בבדיקה זו נכללו שלושת בתי הספר שהוסמכו לפי התקן הישראלי, והאומדן התייחס לכתבי הכמויות המפורטים שלהם. רכיבי הבנייה הירוקה הרלוונטיים בכתבי הכמויות מפורטים **בנספח 4**. אומדן התוספת הסגולית של כל רכיב לעלות הכוללת מושתת על מידע שלוקט בראיונות עומק עם יועצי בנייה ירוקה, שליוו את בניית בתי הספר. תוצאות האמידה מצביעות על תוספת עלות ממוצעת של כ־975,000 ש"ח (במחירי 2016) עבור בנייה ירוקה, שהם תוספת של כ־7.5% לעלות הבנייה בלבד, וכ־4% לעלות הכוללת של המיזם.

גם בהתייחס לשיטה זו ראוי לסייג את הממצאים בשל השונות הגבוהה בין בתי הספר מבחינת רכיבי הבנייה הירוקים (כמוצג באיור 2). עם זאת, חשוב לציין שהשיטה התוספתית מאפשרת לכמת בצורה תקפה יותר את תוספת העלות גם במקרה שהמבנים הירוקים נבנו לפי סטנדרט גבוה יותר. יתרון חשוב זה נעוץ בכך שתוספת העלות נבחנת ביחס לאותו מבנה, ולא ביחס למבנה אחר שנבנה לפי סטנדרטים שונים. בהתחשב ביתרונות השיטה התוספתית ובסוג הנתונים הזמין, נראה שהאומדנים המתקבלים באמצעותה מתאימים יותר לניתוח עלות מול תועלת, כמוצג בחלק הבא.

הערכת תוספת התועלת

בד בבד עם בחינה של תוספת העלויות, נבחנה גם תוספת התועלת הישירה והחינוכית מבנייה ירוקה של בתי ספר. בדומה למתועד במחקרים קודמים [19], התמקדנו באומדן התועלת

איור 2. תוספת בעלויות הבנייה הקשורות לרכיבים ירוקים בבתי ספר שנבדקו במחקר



**בית הספר רקפות, קריית ביאליק**

עבודות בנייה	4%
עבודות איטום	19%
עבודות חשמל	15%
עבודות טיח	46%
עבודות אלומיניום	11%
אלמנטים	
מתועשים בבניין	5%

**בית הספר ש"י עגנון, כפר סבא**

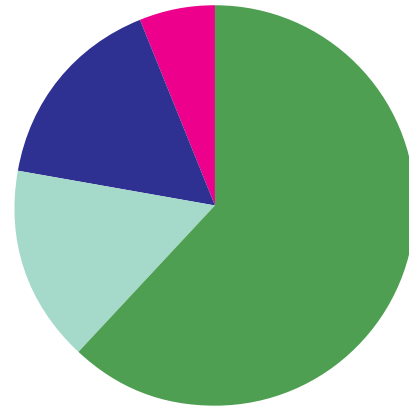
עבודות טיח	59%
אלמנטים	
מתועשים בבניין	36%
מתקני תברואה	2%
עבודות חשמל	3%





בית הספר רקפות, קריית ביאליק. בית הספר הוא חלק מחזון העיר להקים מרחב למידה אטרקטיבי ולהשקיע בחינוך דור העתיד להיות שגירים סביבתיים. הרעיון התכנוני המוביל נרקם סביב מתן פתיחות לטבע ושילוב רב־גוני בין חלי החוץ ואזורי הלימוד, המאפשרים יצירת תווך למרחבי למידה ולאזורי פעילויות בלתי פורמליים | תכנון אדריכלי: קנפו כלימור אדריכלים. תכנון נוף: אב אדריכלות נוף. צילום: אלעד גונן

איור 3. רכיבי התועלת השנתית בבית ספר ירוק



ריאליים וקבועים, ועל שער היוון חברתי ריאלי אפסי, ניתן להגיע תוך עשר שנים לנקודת איזון ולהחזר השקעה בבתי ספר ירוקים, וכעבור 20 שנים לתועלת נקייה של כמיליון ₪ (במחירי 2016). לתוצאות החישוב נערך ניתוח רגישות בהתייחס לפרמטרים המרכזיים, שכלל שינויים בשער ההיוון בטווח של עד 10%, ושינויים במחירי החשמל והמים בהתאם למגמות השינוי בעשור האחרון (נספח 5). כצפוי, נמצא שעלייה בשער ההיוון מקטינה את התועלת הנקייה, בעוד שעלייה במחירי החשמל והמים מגדילה את התועלת מהחיסכון ולכן גם את התועלת הנקייה. עם זאת, ניתוח הרגישות מלמד כי המסקנה הכללית, שלפיה בתי ספר שנבנו בבנייה ירוקה משפרים את הרווחה החברתית, נותרת בעינה גם בתרחישים של ערכים קיצוניים בפרמטרים הנדונים. בהקשר זה ראוי לציין, שעם התפתחות ענף הבנייה הירוקה של מבני ציבור בכלל, ושל מבני חינוך בפרט, הכדאיות הכלכלית של בנייה ירוקה צפויה לגדול, הן בשל החלת העלויות הן כתוצאה מהתרחבות בסיס האמידה של התועלת.

### דיון ומסקנות

תוצאות המחקר מצביעות על תועלת חברתית נקייה חיובית למשק מבנייה ירוקה של בתי ספר. המשמעות היא, שהציבור והמשק בישראל מרוויחים מכל בית ספר שנבנה בבנייה ירוקה. עם זאת, בשלב זה ניתן להתייחס לממצאים כאינדיקטיביים בלבד, שכן הם נשענים על בדיקה של מספר מצומצם של בתי ספר ירוקים הפועלים זמן קצר. חרף המגבלות, המחקר הנוכחי הניב מספר תובנות והמלצות, כמפורט להלן:

#### תובנות והמלצות ביחס לבנייה ירוקה של בתי ספר בישראל

- ממצאי המחקר עולים בקנה אחד עם ממצאים ממחקרים קודמים שעסקו בתוספת העלות הכרוכה בבנייה ירוקה של משרדים ומבני מגורים בישראל<sup>[6, 7, 11]</sup>, ולפיהם טווח התוספת נע בין 4% ל-20%. הם גם עולים בקנה אחד עם הממצאים המתועדים בספרות באשר לבנייה ירוקה של בתי ספר, שלפיהם טווח התוספת נע בין אחוזים בודדים ועד ל-46%<sup>[12, 15, 18, 19]</sup>.
- אחד האתגרים המורכבים במחקר היה להשוות בין בתי הספר הירוקים, שהתאפיינו בשנות גבוהה ביניהם, בהשוואה לשונות הקיימת בין בתי הספר הרגילים שנכללו במחקר. הרושם המתקבל הוא, שבשל ייחודיותם וחדשנותם היחסית של בתי הספר הירוקים בישראל, הגורמים המזמינים והמתכננים נותנים משקל יתר לשיקולי עיצוב לא סטנדרטיים, כמו למשל קירוי ייחודי ומרשים בבית ספר רקפות, ועיצוב נוף בלתי שגרתית בבית ספר ש"י עגנון בכפר סבא. אלמנטים אלה תורמים, אמנם, לבולטות החזותית ולייחודיות האדריכלית של המבנה, אך אינם

יתרה מכך, עקב הניסיון הקצר (כ-2–4 שנים בלבד) שנצבר עד כה בתפעול של בתי ספר ירוקים, לא ניתן היה לאמוד כהלכה את החיסכון בעלויות התחזוקה של מערכות ירוקות (לרבות הצורך בשרד או חידוש מערכות מתיישנות), כמו גם את התועלת למשק מצמצום הצורך להרחיב תשתיות לאספקת חשמל ומים.

#### ניתוח עלות-תועלת

בחנית הכדאיות לחברה הנובעת מבנייה ירוקה של בתי ספר נעשתה באמצעות ניתוח עלות-תועלת<sup>[9, 13]</sup>. הסבר על השיטה וניתוח רגישות של התוצאות לשינויים בפרמטרים המרכזיים מופיעים בנספח 5.

סוגיה מרכזית המודגשת בספרות העוסקת בניתוח עלות-תועלת של מיזמים ציבוריים היא קביעת שער ההיוון, שמשפיע מאוד על תוצאות הניתוח<sup>[6]</sup>. ככל שהשער גבוה יותר, כך הערך המהוון של התקבולים העתידיים יהיה נמוך יותר. במיזמים ציבוריים מקובל לקבוע שער היוון שווה לגובה התשואה על אגרות חוב חסרות סיכון, העומד כיום על כ-1.75%, או נמוך ממנו. עם זאת, יש הדוגלים בשימוש בריבית שלילית בהערכת כדאיות של מיזמים המפחיתים סיכונים עתידיים, כגון כאלה המאפחיתים את שינוי האקלים או מגדילים עמידות לאירועי קיצון<sup>[8]</sup>. לאור זאת, לתרחיש הבסיסי בחרנו בשער היוון אפסי, שאינו מפלה את הדורות הבאים ביחס לדור הנוכחי. בתרחיש הבסיסי, הנשען על מחירי חשמל ומים



בית הספר רקפות, קריית ביאליק. בית הספר תוכנן כמבנה ירוק בראייה אדריכלית פסיבית בעזרת העמדה נכונה, בידוד משמעותי, תכנון מערכות הצללה לחללי הפנים והחוף ושימוש בחומרים ירוקים. בבנייה שולבו מערכות חכמות לשימור האנרגיה | צילום: אלעד גונן

ד. לאור הדינמיות הגבוהה של ההתפתחות הטכנולוגיות בענף הבנייה הירוקה ראוי לעדכן את הממצאים מדי תקופה ביחס לעלות ולתועלת, הישירות והחיצוניות, באמצעות מחקרים שיושגו על בחינת מספר גדל והולך של בתי ספר שיזכו להסמכה. מומלץ כי במסגרת מחקרים עתידיים ייערך גם ניטור מתמשך של פרמטרים שונים, כגון תחלואה, פרוץ המורים, הישגי התלמידים ועלויות תפעול ותחזוקה. נוסף על שימוש בניתוח עלות-תועלת, יש מקום לשימוש בשיטת Option Value <sup>[21]</sup> שמתמקדת בזיהוי התפתחויות בגורמי אי-ודאות, שיש להם משקל משמעותי בניתוח כדאיות של מיזמים הנבנים בבנייה ירוקה.

**תובנות והמלצות ביחס לתקן הישראלי (ת"י 5821)**

- א. קיים מתאם נמוך בין הדרישות להסמכה על פי התקן הישראלי, כפי שהן באות לידי ביטוי בסעיפים השונים, לבין העלות הכוללת הנדרשת לקבלתו. אי לכך, ניתן לקבל ניקוד גבוה בסעיפים מרכזיים (כמו אנרגיה ובריאות) בהשקעה נמוכה יחסית (כמו איטום וטיח) ולזכות בהסמכה. כמו כן, ניתן להשיג ניקוד מרבי בהשקעה פחותה ותוך השגת תועלת סביבתית חלקית בלבד.
- ב. התקן מאפשר לחסוך בעלויות וכך להביא לירידה ניכרת בנוחות (כמו למשל, חיסכון במיזוג שיביא לירידה בנוחות תרמית) ולפגיעה משמעותית בתועלת הפוטנציאלית מבנייה ירוקה. לכן, אנו ממליצים כי התקן יחייב מעקב מתמשך אחר יעילות התכנון ומימושו בפועל.
- ג. נקודות החולשה של התקן הישראלי מצביעות על הצורך להשלים אותו ולקבוע מדד ליעילות בהשגת הניקוד. כמו כן, חשוב להתאים את התקן למאפיינים הייחודיים של בתי ספר. דגש מיוחד יש לתת לפרק האנרגיה, המותאם יותר למבני מסחר, ומתאפיין גם בריבוי כפילויות בסעיפי אנרגיה ובריאות.

לסיכום, במחקר נמצאה תועלת חיובית נקייה לחברה ולמשק בישראל מבנייה ירוקה של בתי ספר. עם זאת, ראוי לנסח בצורה ברורה יותר את מרכיבי המבנה הרצוי של בית ספר ירוק, לקבוע תבחינים של יעילות כשיקולים במתן ניקוד בתהליך ההסמכה לפי התקן הישראלי, ולעצב כלי מדיניות שיעודדו את הגורמים המעורבים לממש בנייה ירוקה בבתי ספר בהיקפים רחבים יותר.

**תודות**

מחברות המאמר מודות למשרד הגנת הסביבה על התמיכה בביצוע המחקר. המאמר מבוסס על הדו"ח המלא שהוגש למשרד הגנת הסביבה ונמצא בקישור [www.bit.ly/2otcl8L](http://www.bit.ly/2otcl8L).

תורמים בהכרח למידת הקיימות שלו, וייתכן שניתן היה להשיג את המטרות הפונקציונליות בעלויות פחותות בהרבה. פועל יוצא מכך הוא שהאלמנטים הללו מובילים לתוצר אדריכלי מרשים, אך גם מייקרים באופן משמעותי את הבנייה ונוגסים בתקציב שניתן היה ליעד לאלמנטים אחרים, שהיו עשויים לשפר עוד את הביצועים הסביבתיים של המבנה. השערה זו מתבססת על התרשמות חזותית ועל חוות דעת סובייקטיבית של המומחים, ואין בידינו נתונים כמותיים לתקף אותה. בעתיד ראוי לבחון השערה זו באופן מעמיק, שיושגת על מספר גדול מספיק של בתי ספר שיזכו להסמכה. נוסף על כך, חשוב להגדיר למתכננים ולמבצעים בצורה מפורשת, מפורטת וחד-משמעית את מרחב התמרון בבנייה ירוקה, תוך הבחנה בין רכיבים שתומתם הסביבתית ברורה, לכאלה שתומתם צפויה במישורים שאינם חיוניים למימוש מטרות הבנייה הירוקה.

ג. לצורך שיפור התקפות של אומדן התועלת יש להציב מדי מים וחשמל ייעודיים בכל סוגי בתי הספר - רגילים וירוקים כאחד. הנתונים הקיימים כיום הם ברמה של ממוצע ארצי, ואינם משקפים את התנאים הייחודיים השוררים בכל בית ספר. נוסף על כך, יש לנטר באופן סדיר ולאורך זמן את ההתנהלות של בתי הספר בהיבטים של נוחות תרמית, נוחות רכיבי העיצוב הירוק, הוצאות התחזוקה והצורך להחליף או לשדרג תשתיות ומבנים. ניטור כזה יכול גם לתרום ליעול השימוש במשאבים, בחזקת "מה שנמדד - מנוהל".

Educational Facilities.

- [13] Henderson DR. 2008. Present value – Concise encyclopedia of economics, 2nd ed. Indianapolis: Library of Economics and Liberty.
- [14] Issa MH, Rankin JH, and Christian AJ. 2010. Canadian practitioners' perception of research work investigating the cost premiums – Long term costs and health and productivity benefits of green building. *Building and Environment* 45: 1698-1711.
- [15] Katz G. 2006. Greening America's schools: Costs and benefits. USA. A capital E report for USGB Council.
- [16] Katz G. 2010. Greening our built world: Costs, benefits, and strategies. Washington, D.C.: Island Press.
- [17] Matisoff DC, Douglas SN, and Mallory EF. 2016. Policy monitor – Green buildings: Economics and policies. *Review of Environmental Economics Policy* 10(2): 329-346.
- [18] Ramli NH, Masri MH, Taib MZHM, and Abd Hamid N. 2012. A comparative study of green school guidelines. *Procedia – Social and Behavioral Science* 50: 462-471.
- [19] Shrestha PP and Nitisha P. 2012. Comparative analysis of energy consumption of green and non-green school buildings. ICSDC: Integrating Sustainability Practices in the Construction Industry.
- [20] Taileb A and Dekkiche H. 2013. Environmental effect of building materials to a LEED Gold Building: The case of 180 Brookside Public School in Toronto, Canada. Proceeding of the 2nd International Conference on Applied Life Sciences, ICALS2013.
- [21] Torani K, Rausser G, and Zilberman D. 2016. Innovation subsidies versus consumer subsidies: A real options analysis of solar energy. *Energy Policy* 92: 255-269.
- [22] Zuo J and Zhao ZY. 2014. Green building research – Current status and future agenda: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30: 271-281.

### הלכה למעשה

משרד החינוך בשיתוף המשרד להגנת הסביבה אישר תוספת 7% למפתח עלות בנייה חדשה (למ"ר), עבור עמידה בתקן בנייה ירוקה. תוספת זו מגיעה מתוך מסגרת התקציב הקיים לבינוי כיתות. תוספת זו תאושר בשלב ראשוני (פיילוט) עבור מספר מוסדות חינוך "חדשניים". הרחבת המיזם מחייבת סיכום עם משרד האוצר על תוספת תקציבית לנושא העמידה בתקן.

משרד החינוך

### מקורות

- [1] אלעזר י, פלצור ג, מאיר י ואחרים. 2013. רב-שיח בנושא בנייה ירוקה – טוב לסביבה וטוב לכיס. אקולוגיה וסביבה 4(3): 267-255.
- [2] המשרד להגנת הסביבה. מבנים ירוקים בישראל. [www.bit.ly/GreenConstructionIsrael](http://www.bit.ly/GreenConstructionIsrael). נצפה ב-23 יוני 2016.
- [3] כרמל מ וגולדרט ט. 2013. סיכום שלב א – תכנית תג הסביבה – ספטמבר 2013. מרכז השלטון המקומי.
- [4] לם צ. 1988. ארכיטקטורת בית-הספר ופילוסופיה של החינוך. עיונים בחינוך 48: 29-34.
- [5] משרד החינוך. חינוך לקיימות. [www.bit.ly/kayamut-tochniyot](http://www.bit.ly/kayamut-tochniyot). נצפה ב-21 בפברואר 2017.
- [6] קוט ח וכ"ץ ד. 2013. עלויות בנייה ירוקה בבנייני מגורים בישראל. המועצה הישראלית לבנייה ירוקה.
- [7] קוט ח ונתניאל י. 2014. עלויות וחיסכון של בנייה ירוקה במבני משרדים בישראל. המועצה הישראלית לבנייה ירוקה.
- [8] Begg I. 2017. Social investment and its discount rate. In: Hemerijck A (Ed). *The Uses of social investment*. Oxford: Oxford University Press.
- [9] Boardman NE. 2006. *Cost-benefit analysis: Concepts and practice*, 3rd ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall.
- [10] Dwaikat LN and Kherun AN. 2016. Green buildings cost premium: A review of empirical evidence. *Energy and Buildings* 110: 396-403.
- [11] Gabay H, Meir IA, Schwartz M, and Werzberger E. 2014. Cost-benefit analysis of green buildings: An Israeli office buildings case study. *Energy and Buildings* 76: 558-564.
- [12] Gordon DE. 2010. *Green schools as high performance learning facilities*. Washington, D.C.: National Clearinghouse for



בית הספר נופי ים, תל-אביב-יפו. הצללת חצר משחקים | צילום: אילת דוידוביץ

