



ILGBC
המועצה הישראלית
לבנייה ירוקה

כדאיות כלכלית של בנייה ירוקה

בחינת עלויות ותועלות בבניה ירוקה בפרויקטים שהוסמכו על פי LEED

כתיבה: כרמית ליאור
עריכה וליווי מקצועי: קרן שוץ

תוכן עניינים

עמוד

3	מבוא
4	פרק א. רוחחיותה של הבנייה הירוקה
5	פרק ב. החזרי השקעה: עד כמה זה שווה לנו?
7	פרק ג. מה בפרקטיקה?
9	פרק ד. השפעה נרחבת-מה ברמה הלאומית?
10	פרק ה. כמה זה עולה לנו?
14	פרק ו. אז למה לא כולם בונים ירוק?
18	פרק ז. הטמעת הבניה הירוקה כחלק מהפרוגראמה
19	פרק ח. כלים להצלחה
21	פרק ט. סיכום

מבוא

הניסיון העולמי המצטבר בבנייה ירוקה מאפשר לבחון עד כמה אימוץ השימוש במערכות ובחומרים ירוקים הוא כדאי להשגת יעדים "ירוקים" ועד כמה הוא כלכלי.

מטרת הבנייה הירוקה היא יצירת מבנים המעניקים נוחות ורווחה למשתמשים תוך צמצום צריכת משאבים וצמצום השפעות סביבתיות שליליות נלוות. את הנתונים הכלכליים של השגת המטרה יש לבחון במדדים של רווחיות.

מטרת המסמך להציג את המשתנים המרכיבים את עלות הבנייה הירוקה לצד הכדאיות הכלכלית שביישומם. יוצגו בו שיקולים ומניעים העומדים בבסיס ההחלטה לבנות ירוק, ניתוח החסמים העומדים בפני הבוחרים לבנות ירוק והדרכים להנחלת הבנייה הירוקה כפרקטיקה מקצועית מרכזית. המסמך מתבסס על מספר מקורות בינלאומיים (הפניה בגוף הטקסט) כאשר מרבית הנתונים לקוחים ממחקרים שנערכו בארה"ב בהתבסס על יישום תקן ה-LEED.

שני דוחות עיקריים עליהם מתבסס הכתוב הם מחקריו של דיוויד לנגדון. הראשון, מ-2004, סוקר החלטות וצעדים שננקטו במהלך תכנון ויישום בניין בעל תקן LEED וההשלכות הכלכליות של החלטות אלו. הדוח השני מ-2007, עורך סקירה מחודשת ומקיפה יותר בזכות גידול במלאי הפרויקטים בעלי תקן. לטובת בידוד משתנה כלכלי אשר נמצא בדו"ח מ-2004 כמרכזי, נחלקים הפרויקטים הנבחנו לקבוצות על-פי ייעוד המבנה, ונערכת השוואה כלכלית לפי ייעודם: מוסדות לימוד אקדמיים, ספריות, מרכזים קהילתיים ומרכזים רפואיים. דוח נוסף, מ-2006, נעשה בארה"ב ע"י גרגורי כץ ביוזמה ומימון של המועצה האמריקאית לבנייה ירוקה, ארגון המורים האמריקאי וארגון האדריכלים האמריקאי סוקר עלויות ותועלות של בניית בתי-ספר ירוקים בארצות-הברית.

דוח נוסף, נערך על-ידי חברת Deloitte ב-2008, הסוקר את הכדאיות הכלכלית שבשיפוץ מבנים קיימים והסבתם למבנים ירוקים.

בנוסף לדוחות הנ"ל, מובאים נתונים משני דוחות שהפיקה המועצה האוסטרלית לבנייה ירוקה. הראשון, דוח מקיף מ-2006 המציג את הבנייה הירוקה, את המדד האוסטרלי למבנה ירוק ואת התנהלות המועצה האוסטרלית לבנייה ירוקה. הדוח פורט, בעזרת דוגמאות, את היתרונות הכלכליים שבבנייה הירוקה לצד חסמים ואתגרים העומדים בפני יישומה וקידומה כפרקטיקה מרכזית. הדוח השני מ-2008 מהווה עדכון לקודמו.

הנתונים האמריקאים מבוססים על יחידות מקומיות: עלות בדולר אמריקאי ויחידת שטח ברגל רבוע.

לשם הבהירות:

1 מ"ר = 10.76 רגל רבוע (sf) בקירוב

10 רגל רבוע (sf) = 0.929 מ"ר בקירוב

א. רווחיותה של הבנייה הירוקה

כדאיות הבנייה הירוקה נמדדת בערכים של רווחיות. לעיתים הרווח הוא ישיר, מידי ומדיד, ולעיתים הוא עקיף, ארוך טווח וקשה לכימות. מכאן שרווחיות הבנייה הירוקה צריכה להיבחן בקשת רחבה מהמקובל. רווחיותה של הבנייה הירוקה עומדת בבסיס ההחלטה להשקיע מאמצים ביישום פרקטיקה טובה יותר, והיא גם מושא בחינת הכדאיות הכלכלית של הבנייה הירוקה כפי שנחקר ונמדד בעולם.

את צריכת המשאבים של המבנה הבודד ניתן לבודד ולמדוד בקלות: מים, אנרגיה ונושאים הקשורים בניצול הקרקע נמדדים ביחידות מידה מספריות מוסכמות וניתן לערוך השוואה ביניהן. גם מושגים איכותיים כמו רווחת המשתמש ואטרקטיביות הנכס ניתן למדוד בעזרת מדדים עקיפים המעידים כמו: מספר ימי היעדרות, תפוקת עובדים והשגיות, כושר השכרת/מכירת נכס וכולי.

אולם, על מנת למדוד את האימפקט הכלכלי האמיתי של הבנייה הירוקה יש להרחיב את היריעה ולבחון את הרווחיות בפרקי זמן ארוכים יותר.

כמו-כן יש לבחון את מידת ההשפעה של מסה קריטית של בנייה ירוקה, השפעה החורגת מהשפעתו של המבנה הבודד, ולהתייחס לתועלות חיצוניות כמו חסכון כלכלי למדינה בביטול הצורך שבהקמת תשתיות לאומיות כגון תחנות כוח.

לסיכום, מדידת הרווחיות של הבנייה הירוקה היא בטווחי זמן ארוכים ובמעגל השפעה רחב הבוחן גם תועלות חיצוניות ברמה הלאומית.

ב. החזרי השקעה: עד כמה זה שווה לנו?

לפי ההנחה הרווחת, לבניית פרויקט ירוק נדרשת השקעה כספית ראשונית גדולה יותר. נשתמש במונח פרמיה ירוקה על-מנת לייצג את ההשקעה הכספית הראשונית בפרויקט ירוק ונבחן את שיעורה ואת הרכבה. **הפרמיה הירוקה** היא העלות הכספית המתווספת לעלות של בנייה שאינה מוגדרת כירוקה ונתפסת על-ידי יזמים כהשקעה שצריכה "להחזיר את עצמה".

ניתן להכליל בפרמיה הירוקה את עלות השימוש בחומרים יקרים יותר (מחיר הנובע מצורך ביבוא, מחקר, ייצור מיוחד, עלות תקינה), במערכות מכאניות יעילות ויקרות יותר, ובתהליך תכנון מורכב וממושך הכולל שימוש במודלים אנרגטיים, כלכליים וסימולציות.

מחקריו של דיוויד לנגדון¹ מ-2004 ומ-2007 סקרו את הפעולות בהן נקטו יזמים ומתכננים על מנת להשיג תקן LEED², ביחס לרווחיות שלהן. בחינת 93 מבנים בעלי תקן LEED הראתה שיש מספר רב של פעולות פשוטות וזולות (לעיתים ללא עלות נוספת כלל) המעניקות למבנה דירוג בתקן. לדוגמא: קידוח בורות חלחול, בחירה בצבע בהיר לריצוף חוץ, שמירה על שטחים פתוחים באתר, הצבת מתקני אופניים ומקלחות לרוכבים, התקנת מיכלי הדחת אסלות קטנים, התקנת מצללות, שימוש בחומרים בעלי תוכן ממוחזר, ניהול הפרדת פסולת וכו'.²

בין הפעולות היקרות נמנות הצבתן של מערכות טכנולוגיות מורכבות שעלותן הראשונית יקרה, אך פעילותן משפיעה באופן מיידי ומשמעותי על האנרגיה הנצרכת. כגון התקנת מערכת פוטו-וולטאית לייצור חשמל, יישום גג ירוק, התקנת חיישנים ובקרת הפעלה.

¹ David Langdon, *Costing Green: A Comprehensive Cost Database and Budgeting Methodology*, The David Langdon Knowledgebase, July 2004.
David Langdon, *Cost of Green Revisited*, The David Langdon Knowledgebase, July 2007.

² LEED - Leadership in Energy and Environmental Design.
כלי מדידה שנוסח בסוף שנות ה-90 על ידי המועצה האמריקאית לבנייה ירוקה במטרה למדוד ולדרג בניינים ירוקים ברחבי ארה"ב. רמות הדירוג הקיימות הן: מוסמך, כסף, זהב ופלטינום.
ה LEED הפך למושג רווח בארה"ב ובעולם, הוא מהווה מקור מהימן ובסיס למחקר, מקור השראה לבנייה איכותית ולתקינה ירוקה ברחבי העולם.

דו"ח של חברת Deloitte³ מ-2007 סוקר את שיעור הפרמיה הירוקה ומציג נתוני תוספת עלות עבור 1300 מבנים בעלי תקן LEED.

תוספת לעלות הראשונית	% פרויקטים מתוך 1300 פרויקטים שנבחנו
בין 1% ל-5%	ב-37% מהפרויקטים
בין 5% ל-10%	ב-38% מהפרויקטים
יותר מ-10%	ב-25% מהפרויקטים

כדאיות ההשקעה במערכות חסכוניות טמונה במועד ההחזרה הקצר: לפי דו"ח של המועצה האוסטרלית לבנייה ירוקה מ-2008⁴ צמצום עלויות תפעול באמצעות התקנת מערכות חסכוניות מתבטא בחיסכון של עד 58% מהוצאות התפעול השנתיות.

לפי דו"ח אמריקאי שבחן את כדאיות הבנייה הירוקה בבתי-ספר⁵ החסכון הממוצע בצריכת אנרגיה הוא של 33%, ובצריכת המים חיסכון ממוצע של 32%. נתוני חיסכון אלו מתייחסים למבנה הבודד מבלי להתייחס להשלכות כלכליות נרחבות של צמצום הזיהום וצמצום הצורך בהקמת תשתיות וכן לצפי עליית מחירי המים והחשמל.

את רמת ההשפעה החיובית של מבנה ירוק על תחושת הבריאות והרווחה מעריכים בעלייה של בין 13.5% ל-87%. ההשפעה נמדדת בתפוקתם של המשתמשים במבנה (מהירות הדפסה ועריכה, הבנת נקרא, חשיבה יצירתית, נוכחות) לצד צמצום עלויות טיפול בתסמיני "מבנה חולה" (עלות טיפול בתסמיני אסטמה ומחלות חורף, עלות ימי היעדרות מעבודה, צמצום עלויות ביטוח).

הדו"ח מצביע על כדאיות ההשקעה: פרמיה ירוקה של 2% במוצע היא בעלת החזר של פי 4 ברמת המבנה הבודד ועד פי 20 ברמה מערכתית.

לפי סקר שנערך באפריל 2008 ע"י Costar and LEED בקרב 1300 בניינים בעלי תקן LEED עולה כי עלות ההשכרה גבוהה יותר במוצע של 11.24 דולר/רגל רבוע ביחס לבניינים ללא תקן, אחוז השטחים המושכרים בפועל גבוה ב-3.8%, ומחירי המכירה גבוהים במוצע ב-171 דולר/רגל רבוע.

לסיכום:

1. ההשקעה הנוספת בבניה ירוקה כוללת מרכיבים זולים ויקרים כאחד.
2. הפרמיה הירוקה משתנה בהתאם להיקף הפרויקט.
3. החזר ההשקעה בגין שילוב מערכות חסכוניות מתבטא בטווח הקצר.

³ *The dollars and sense of green retrofits*, Charles Lockwood and Deloitte, 2008

⁴ *The Dollars and Sense of Green Buildings*, Green Building Council Australia, 2008

⁵ *Greening America's Schools, cost and benefits*, Gregory Kats, October 2006.

ג. מה בפרקטיקה?

הדו"ח של לנגדון סוקר את הניקוד של תקן ה-LEED ומדרג את עלות שילובם של אלמנטים ירוקים שונים בתכנון. חלק מהיישומים הנחשבים לירוקים מחויבים על פי תקנים ותקנות מקומיים בחלק מהמקומות (התקנות בארה"ב משתנות ממדינה למדינה) או מוטמעים בפרקטיקה הרווחת ואינם מהווים תוספת לפרמיה הירוקה, בעוד שאחרים מהווים השקעה נקודתית גבוהה.

פעולות שעלותן נמוכה: הצבת מתקני אחסון לאופניים ומקלחות, הקצאת חניות לרכבים עם דלק חלופי, שימוש בצמחייה מקומית וחסכונית במים, התקנת מערכות טיהור מים אפורים, צביעת משטחים בצבעים בהירים, שימוש בחומרים בעלי תוכן ממוחזר, שיפור הנצילות האנרגטית על ידי שימוש במודלים, שיפור מעטפת, ניצול שמש ישירה, שילוב אנרגיה גיאותרמית עם אוורור, התקנת מערכות בקרה נגישות וגליויות, אוורור טבעי מחלונות נפתחים והגדרה מחודשת של מערכת המיזוג, בחירת חומרים שאינם מנדפים גזים רעילים, חינוך והסברה, אחזקת המבנה וכינון יחסי קהילה.

פעולות שעלותן משמעותית עד יקרה: יישום גג ירוק, בניית חניון תת-קרקעי רב-קומות, יצור אנרגיה באתר, זיגוג מבודד, שיקום קרקעות, בנייה תת-קרקעית.

עלות היישום תלויה גם במיקום הגיאוגרפי של הפרויקט ומושפעת מזמינותם של שירותים ותשתיות:

אתר עירוני ישיג בקלות דירוג עבור ציפוף עירוני, קרבה לתחבורה חלופית ושימוש בקרקע מופרית, בעוד שאתר כפרי ישיג בקלות דירוג עבור שימור שטחים פתוחים, שיקום בתי גידול, השתיית מי נגר וכו'. עוד עולה כי בחירה ביישום של אלמנט ירוק מסוים הוא פועל יוצא של בחירת האתר והאפשרויות שהאתר מזמן, ולרוב הוא אינו מניע ראשוני.

מרכיב נוסף ומשמעותי בעלות הבנייה הירוקה היא רמת המקצועיות של צוותי התכנון והבנייה. צוות תכנון מיומן יזדקק לפחות זמן על מנת להגדיר ולבחון את יעדי החיסכון על ידי מודלים כלכליים ואנרגטיים, לתכנן על פיהם ולהנחות את צוותי הבנייה. צוותי בנייה מיומנים ישגו פחות, לא יירתעו מיישום טכנולוגיות חדישות, הצעות המחיר המוגשות תהיינה נמוכות יותר מתוך היכרות ממשית עם עלות הבנייה וכך גם פרמיית הביטוח והסיכון. כפי שנצפה בחמש השנים האחרונות במדינות מערב אירופה וצפון אמריקה, **התבססותה של קהילת מתכננים ומבצעים מקצועית ובעלת ניסיון הוזילה את הפרמיה הירוקה.**

קיומה של תקינה ורגולציה מקומית הכוללת חוקים, תקנות, הנחיות בקרה ואכיפה היא מקור להוזלת עלויות הבנייה הירוקה מאחר שהיא הופכת להכרח.

אל מערכת הכללים מתווסף כלי חשוב לעמידה ביעדים כלכליים ולהצלחת הפרויקט והוא הירתמות הצוותים המתכננים והמבצעים לשם השגת היעדים.
יש חשיבות רבה למעורבות היזם כמעורר במתכננים ובמבצעים רצון לשיתוף פעולה הנתמך בלימוד הדדי, בהכשרה ובתגמול, מכאן **שלהירתמות ראשונית של היזם יש השפעה כלכלית על הפרויקט.**

היקף הפרויקט הוא גורם נוסף המשפיע על רווחיותו

לעיתים הכדאיות הכלכלית שביישום אלמנטים מסוימים תלוי באופן ישיר בגודלו. הדבר מוצא את ביטוייו במיוחד ביישום מערכות טכנולוגיות יקרות.
גם למימד הזמן יש השפעה על רווחיות הבנייה. חברת Deloitte תומכת בביצוע מיידי של בנייה ירוקה על-מנת למקסם את רווחיותה, וזאת בזכות העובדה שפרויקט ירוק נהנה מיתרון תדמיתי ומפרסום המתבטא בכושר מכירה והשכרה גבוה יותר של הנכס.

פרויקט ירוק נחשב כמוביל בתחום ולכן אטרקטיבי יותר. ייחודיות זו פוחתת ככל שהבנייה הירוקה הופכת לרווחת יותר. בנוסף, פרויקטים חדשנים ומובילים זוכים להתעניינות משקיעים, לסבסוד על-ידי קרנות מחקר ולהקלות במיסוי. זהו יתרון זמני בשוק הפונה לעבר חיוב משפטי של בנייה ירוקה ויש לנצל על-מנת למקסם רווחיות.

נקודה חשובה העולה מסקרי הכדאיות הכלכלית של הבנייה הירוקה בארצות-הברית המתבססים על דירוג ה-LEED היא שעל פי רוב יישום של אלמנט אחד הוא בעל השפעה על מספר גורמים וכפועל יוצא יישום של אלמנט אחד זוכה לניקוד בכמה קטגוריות. הרווחיות הכלכלית של יישום אלמנט בודד משול ל"תפיסת שתי ציפורים במכה". לדוגמא, ליישום גג ירוק יש השפעה על רמת הבידוד ועל צריכת האנרגיה במבנה, על המגוון הביולוגי, על צמצום תופעת אי חום עירוני, על השחיית מי נגר, על רווחת המשתמשים ועוד.

לסיכום, המרכיבים המשפיעים על עלות היישום של הבנייה הירוקה:

1. **שילוב אלמנטים ירוקים יקרים בפרויקט.**
2. **המיקום הגיאוגרפי של הפרויקט וזמינותם של שירותים ותשתיות.**
3. **רמת המקצועיות של צוותי התכנון והבניה.**
4. **מעורבות היזם והירתמותו הראשונית ליעדי הפרויקט הירוקים.**
5. **היקף הפרויקט (בעיקר בהטמעה של מערכות טכנולוגיות יקרות- יתרון לפרויקט גדול).**
6. **יישום אלמנטים המעניקים ניקוד במספר קטגוריות במקביל.**

ד. השפעה נרחבת- מה ברמה הלאומית?

מהדוח הסוקר את כדאיות הבנייה הירוקה בבתי ספר בארצות-הברית ניתן להבין את היקף הערך המוסף החורג מהרווח הכלכלי ברמת המבנה הבודד. קל לזהות ולמדוד את הכדאיות הכלכלית של המבנה הבודד בעיקר כאשר יזם הבנייה הוא גם בעליו וגם מאכלס את המבנה ובכך נהנה ישירות מהחזרי ההשקעה, אולם על מנת לזהות את הערך הכלכלי המוסף, קרי התועלות החיצוניות, יש להרחיב את היריעה.

כתוצאה מצמצום צריכה פרטנית של מספר גדל של מבנים מצטמצמת הצריכה הכללית במשאבים כדוגמת אנרגיה ומים. המדינה, ספקית המשאבים, מעוניינת בהקטנת ההוצאות הכרוכות בהקמתם ובתפעולם של מערכות לאספקת משאבים. נשתמש בנתוני שיעור החיסכון במים בכדי להמחיש את ההשפעה: צמצום של 33% בצריכת המים של מבנה בישראל הוא חיסכון של 63 ליטר מים לנפש ביום בממוצע, שהם 23 מ"ק מים לנפש בשנה. צמצום של 33% בצריכת המים בקרב שלישי מאוכלוסיית ישראל הוא חיסכון של כ-50 מיליון מ"ק בשנה, כמות מים השווה לזו של מתקן התפלה בינוני, או ל-30 ס"מ במפלס הכנרת. ברמה הלאומית מדובר בחסכון כלכלי אדיר.

נוסף על צמצום הדרישה באספקת חשמל ומים יש לבנייה ירוקה בהיקף רחב השפעות עקיפות וארוכות טווח. לדוגמא: ריבוי של שטחים פתוחים וגגות ירוקים מסייע להשהיית מי-נגר עילי דבר המפחית את העומס על מערכות הניקוז העירוניות ומונע את קריסתן בעת ספיקת שיא ומצמצם את הצורך בהקמת מערכות נוספות בעלות ספיקה גדולה. שטחים פתוחים מסייעים גם לטיהור האוויר ומי גשם ממזהמים ובכך תורמים באופן ישיר לעלות הכרוכה בטיפול בהם ובאופן עקיף בעלות הטיפול בתחלואות.

לסיכום:

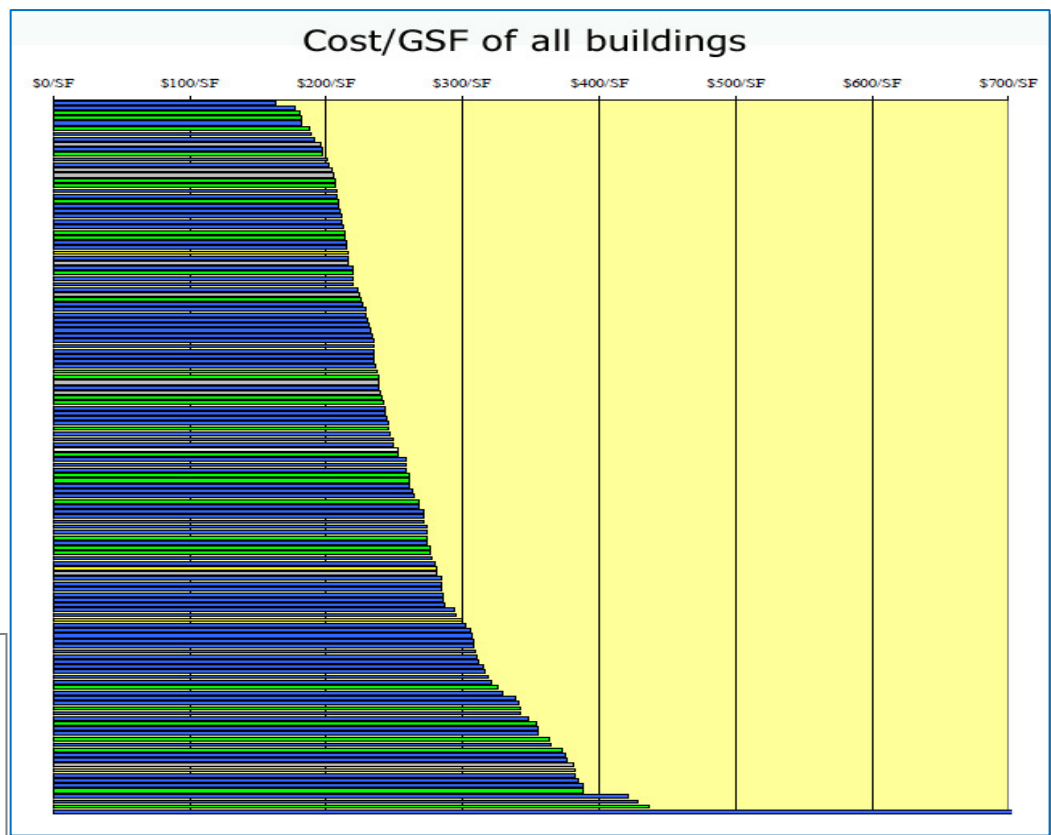
נתוני התועלות החיצוניות של הבנייה הירוקה, שאינן עומדות לנגד עיניו של המשקיע הפרטי, צריכות לעמוד לנגד עיניהם של מקבלי ההחלטות וגורמי ממשל הן ברמה הלאומית והן ברמה מוניציפלית, על-מנת להגדיל את היקף יישום הבנייה הירוקה ובכך להגדיל את השפעתה.

ה. כמה זה עולה לנו?

מחקריו של דויד לנגדון עוסקים בהשוואת עלויות הבנייה של בניינים בעלי תקן LEED בדרגות שונות (מוסמך, כסף, זהב, פלטינום) לעומת עלויות הבנייה של בניינים ללא תקן. מההשוואה לא עולה מגמת התבלטות של דירוג מסוים, למעשה ניתן לראות משרע מחירים רחב מאוד (מ-180 דולר/רגל רבוע ועד 700 דולר/רגל רבוע) עבור מכלול הפרויקטים ובתוכם גם עבור הפרויקטים הירוקים. גם בבחינה של הפרויקטים הירוקים ניתן להבחין כי הפרויקטים בעלי הדירוג הנמוך ביותר אינם בהכרח הפרויקטים הזולים ביותר.



גרף 1: עלות בניינים (\$/רגל רבוע) לפי ארבע קטגוריות, מתוך לנגדון 2004.

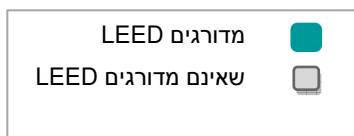
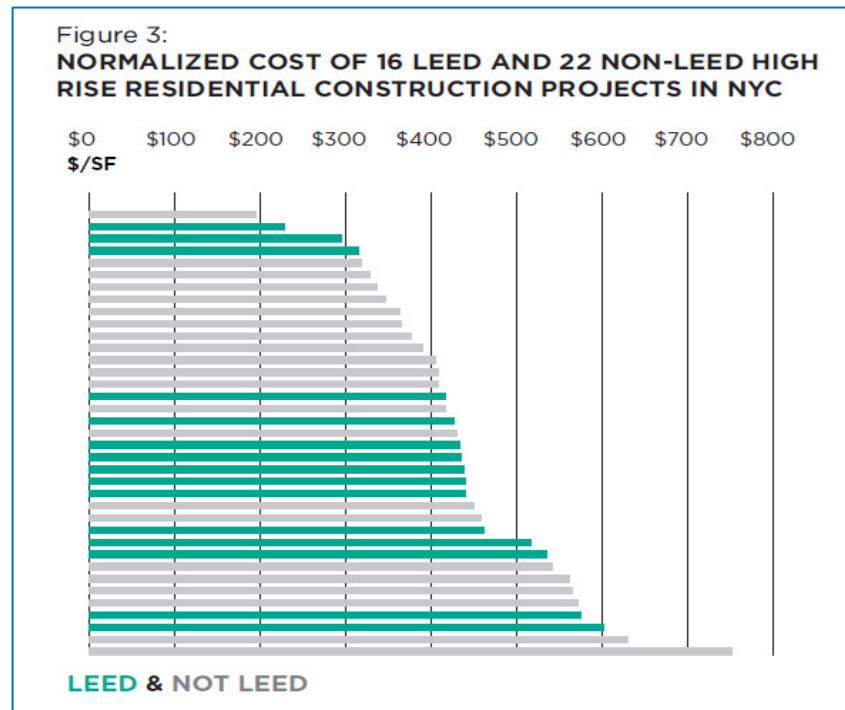


בחינת עלויות הבנייה של פרויקטים בעלי תקן LEED ביחס לעלויות הבנייה של פרויקטים ללא דירוג לא מצביעה על מגמה כלכלית חד משמעית.

מנתונים אלו נגזר ניתוח פרטני עבור כל ייעוד. גם בניתוח זה לא ניתן להצביע על מגמה כלכלית חד משמעית המעמידה את הפרויקטים הירוקים בראש רשימת הפרויקטים היקרים.



גרף 2: עלות בנייני מגורים (מחיר ב\$ /רגל רבוע) מתוך סקר מחירי בנייה ירוקה בניו-יורק 2009.



10 רגל רבוע (sf) = 0.929 מ"ר בקירוב

בחינת עלויות הבנייה של פרויקטים בעלי תקן LEED ביחס לעלויות הבנייה של פרויקטים ללא דירוג לא מצביעה על מגמה כלכלית חד משמעית.

מתוך הגרפים (1,2) ניתן ללמוד כי עלות בניית בניין מוסמך LEED אינה גבוהה יותר או נמוכה יותר באופן מובהק מעלות בניין ללא LEED. כמו-כן, לא ניתן בהסתמך על ניתוח נתונים אלו בלבד לתקצב עלות בנייה של בניין מוסמך LEED.

יחד עם זאת, ובניגוד למסקנות העולות מקריאת הנתונים הכספיים, ההנחה הרווחת היא שעבור בנייה ירוקה נדרשת השקעה כספית גבוהה. בארצות-הברית מעריכים את גובה ההשקעה הנוספת (פרמיה ירוקה) בשיעור שבין 5% ל-10%, בקנדה מעריכים אותה ב-8% ובישראל מצטרפים להערכה האמריקאית.

בסקר עלות בנייה ירוקה בניו-יורק שנערך ב-2009⁶ נבחנו 107 פרויקטים מתוכם 63 מבנים מוסמכי LEED. 38 מתוך ה-63 הם פרויקטים למגורים בבניה גבוהה ו-25 מתוך ה-63 הם פרויקטים של שיפוץ פנים למשרדים. בפרויקטים של מגורים בבניה גבוהה נמצאה תוספת של \$4 לרגל רבוע בפרויקטים מוסמכי LEED, בעוד בפרויקטים של שיפוץ פנים בחללי משרדים ומסחר נמצאה עלות נמוכה יותר לפרויקטים מוסמכי LEED.

⁶ Cost of green in NYC , Urban Green and U.S Building Council, Fall 2009

הסקר העלה את הנתונים הבאים:

מבנה מגורים גבוה	עלות ממוצעת לפרויקט	חציון
ללא LEED	\$436 / רגל רבוע	\$407 / רגל רבוע
מוסמך LEED	\$440 / רגל רבוע	\$439 / רגל רבוע

10 רגל רבוע (sf) = 0.929 מ"ר בקירוב

שיפוץ פנים- משרדים	עלות ממוצעת לפרויקט	חציון
ללא LEED	\$204 / רגל רבוע	\$163 / רגל רבוע
מוסמך LEED	\$191 / רגל רבוע	\$158 / רגל רבוע

10 רגל רבוע (sf) = 0.929 מ"ר בקירוב

Deloitte מנתח את שיעור התוספת הכספית שנדרשה על מנת להסב בניין קיים לבניין ירוק לפי ההתפלגות הבאה:

תוספת לעלות ראשונית	% פרויקטים מתוך 1300 פרויקטים שנבחנו
בין 5% ל- 10%	38%
בין 1% ל- 5%	37%
יותר מ- 10%	25%

(התפלגות זו זהה להתפלגות התוספת הנדרשת לבניית מבנה חדש, בעל תקן LEED)

בחינת שיעור תוספת התקציב עבור בניית 30 בתי-ספר ירוקים בארצות-הברית הראתה עלות נלוות של \$3/רגל רבוע שהם פחות מ-2%. לצד התוספת מוצגת התועלת הכספית ליחידת שטח עבור שמונה משתנים כפי שמציג הגרף הבא:



גרף 3: ערך כלכלי ליחידת שטח לפי תחום השפעה, מתוך סקר בנייה ירוקה בבתי-ספר בארצות-הברית, 2006.

Energy	\$9
Emissions	\$1
Water and Wastewater	\$1
Increased Earnings	\$49
Asthma Reduction	\$3
Cold and Flu Reduction	\$5
Teacher Retention	\$4
Employment Impact	\$2
Total	\$74
Cost of Greening	(\$3)
Net Financial Benefits	\$71

לסיכום:

בחינת עלויות הבנייה של פרויקטים בעלי דירוג LEED ביחס לעלויות הבנייה של פרויקטים ללא דירוג אינה מצביעה על מגמה כלכלית חד משמעית. כמו כן, נמצא כי הפרמיה הירוקה אינה עולה ביחס ישר לרמת הדירוג של המבנה וניתן למשל למצוא מבנים בדירוג כסף שעלותם גבוהה מאלו שדירוגם זהב. במקרים מסוימים כגון בשיפוץ חללים מסחריים נמצא כי הפרויקטים הירוקים היו זולים מפרויקטים מקבילים ללא דירוג LEED.

1. אז למה לא כולם בונים ירוק?

אם ההשקעה בבנייה ירוקה הינה כדאית ורווחית ולעיתים אף נמוכה יחסית כפי שמצביעים הדוחות, מדוע לא כולם בונים ירוק?

חם 1: תפישה רווחית כי בנייה ירוקה הינה יקרה יותר

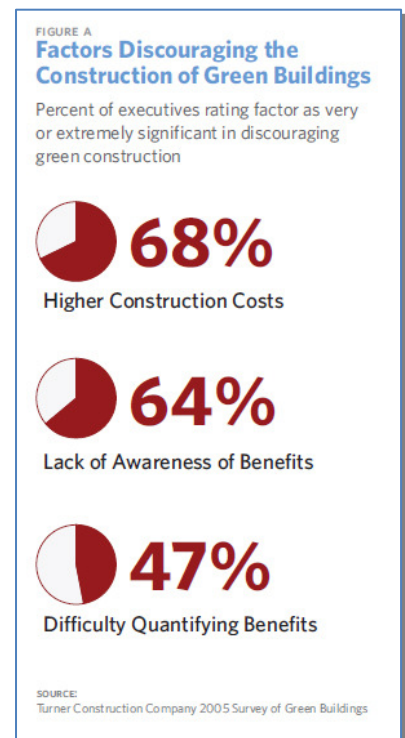
לפי סקר שערך ב-2007 כתב העת המקצועי Building Design & Construction בקרב מהנדסים, אדריכלים ואנשי מקצוע מענף הבנייה ענו 78% שלדעתם התוספת לבנייה ירוקה הינה יקרה מאוד. בסקר דומה שנערך בינואר 2008 על-ידי CoreNet Global/Jones Lang LaSalle: 30% מקרב הנשאלים ענו שלדעתם התוספת נעה בין 5%-ל-10%, 22% מקרב הנשאלים העריכו את התוספת ביותר מ-10%.

הגרף הבא מדרג את המשתנים העומדים בבסיס ההחלטה שלא לבנות ירוק כאשר המרכיב הכלכלי צוין על-ידי 68% מקרב הנשאלים.



גרף 4: המשתנים העומדים בבסיס ההחלטה לא לבנות ירוק, מתוך סקר בנייה ירוקה בבתי-ספר בארה"ב, 2006.

מאמינים כי בנייה ירוקה היא יקרה יותר	68%
לא מודעים לתועלות שבבנייה ירוקה	64%
מתקשים בהערכת היתרונות שבבנייה הירוקה	47%



הבנייה הירוקה מצריכה היערכות מחודשת של תהליך התכנון והבנייה על מנת להטמיע פרקטיקה חדשה, מוצרים חדשים וטכנולוגיה חדישה ויעילה.

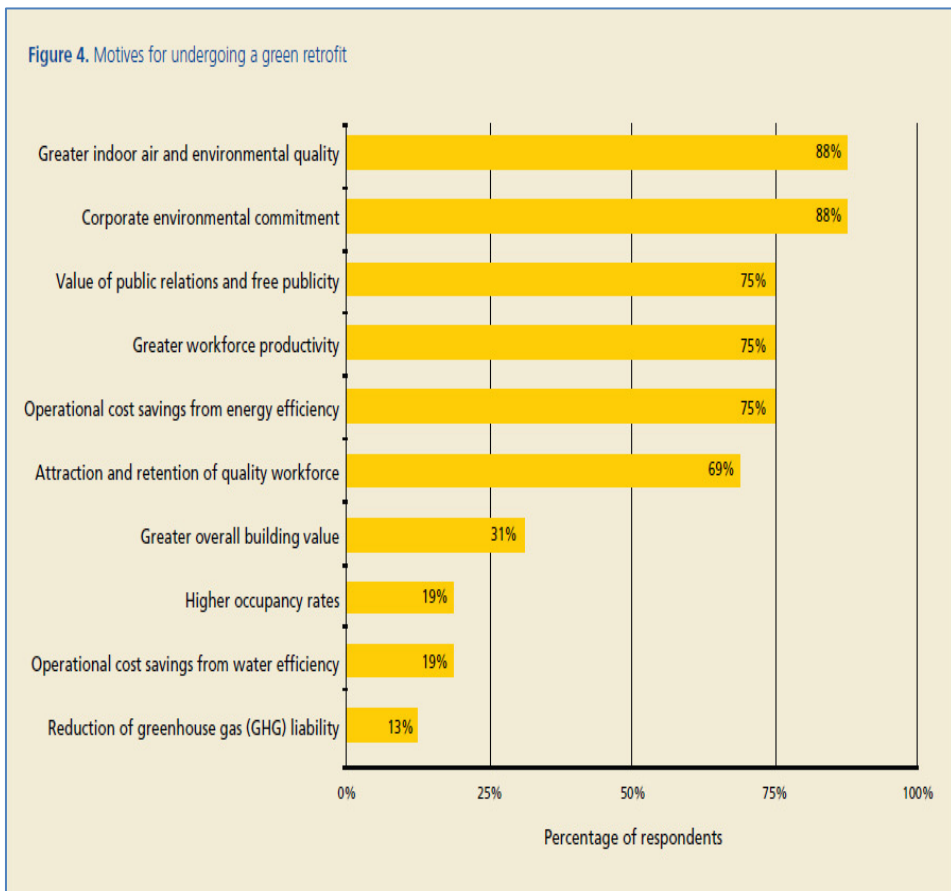
גם בישראל אנו עדים לרתיעה מכניסה לתחום חדש המחייב לימוד והיערכות מחודשת והעדפה של טכנולוגיות ותהליכי בנייה מוכרים.

נסייג ונאמר שבמרבית הפרויקטים בעלי תקן LEED בדירוג כסף שנבדקו בסקר של לאנגדון השתמשו בטכנולוגיות מוכרות ורווחות. מכאן ניתן להסיק כי למחסום התפיסתי יש משקל מכריע יותר מאשר לכוח המחסום הטכנולוגי או החומרי.

מיפוי המניעים להחלטה לבנות על פי הבניה הירוקה מעלים כי כאשר יזמים מחליטים לבנות ירוק, היבטים הקשורים בכדאיות כלכלית ובעיקר חסכון בהוצאות כפועל יוצא של התייעלות אנרגטית, מהווים את אחד המניעים המרכזיים להחלטה.



גרף 5: מניעי היזמים העומדים בבסיס ההחלטה לבנות ירוק, מתוך סקר Deloitte על שדרוג ירוק של מבנים, 2008.



ציינו איכות אוויר-פנים-מבנה גבוהה יותר וסביבה פנים-מבנה איכותית יותר כמניע.	88%
ציינו אחריות ומחויבות תאגידית לסביבה כמניע.	88%
ציינו תהודה ציבורית ופרסומת ללא תשלום כמניע.	75%
ציינו חסכון עלויות הודות להתייעלות אנרגטית כמניע.	75%
ציינו אטרקטיביות לכוח עבודה איכותי כמניע.	69%
ציינו עליית ערכו הכלכלי של המבנה כמניע.	31%
ציינו עלייה בתפוסת שטחים להשכרה כמניע.	19%
ציינו חסכון עלויות הודות להתייעלות השימוש במים כמניע.	19%
ציינו צמצום פליטת גזי חממה כמניע.	13%

חם 2: העדר ידע מקצועי

בגלל חוסר ההיכרות של מתכננים ומבצעים עם דרישות הבנייה הירוקה הם נמנעים מלגשת למכרזים המוגדרים כירוקים, מכאן שמספר המתמודדים על מכרז קטן וההצעות אינן עומדת לתחרות שוק רחבה דיה. מרבית המתכננים והמבצעים תופסים את הבנייה הירוקה כתוספת, ולכן מתקצבים אותה כתוספת. **זוהי התנהגות של שוק חדש ולא מיומן החושש מפגיעה כלכלית הנובעת מחדשנות ולכן מבטח את עקומת הלימוד שלו בערך כלכלי גבוה.**

עד שזוותי ביצוע לא יתנסו בבנייה ירוקה ויבינו כי היא אינה כרוכה בתוספת, הם ימשיכו לתמחר אותה עם מקדמי בטיחות גבוהים, דבר שיקשה להפריך את ההנחה שירוק עולה יותר. ניסיון בבנייה ירוקה יכול להופיע בעקבות דרישת שוק, רגולציה, ותמריצים כלכליים. ככל שיגדל הניסיון בתחום יתרחב גם היצע המתכננים והמבצעים ומחירי הבנייה הירוקה ירדו, כפי שמצביע דו"ח Deloitte על התמורה שחלה בשוק הבנייה האמריקאי בחמש השנים שקדמו לכתיבת הסקר.

חם 3: מחסור בחומרים ובמוצרים ירוקים

חם נוסף לאימוץ הבנייה הירוקה הוא העדר חומרים ירוקים או טכנולוגיות ירוקות בגלל היענות איטית של יצרנים מקומיים ושל יבואנים. זוהי תופעה של "ביצה ותרנגולת" אשר את ניצני היסדקותה אנו רואים בדמות חברות המשיקות קווי ייצור למוצרים ירוקים המקבילים לייצור הקיים וליבואנים המתמקדים ביבוא מוצרים ירוקים, אם כי מעט מהם בענף הבנייה.

חם 4: העדר תקן דומיננטי למדידה ודירוג של מבנים ירוקים.

הבלבול הגדול שיוצר שפע המדדים וזילות השימוש במונח ירוק לא מאפשר לקהל הלא מקצועי להבחין בין תוצר בנייה העומד ביעדי הבנייה הירוקה לבין תוצר המתיימר לכך. קיומה של תקינה מפורשת, איכותית ומוסכמת תהווה מדד לצרכן ותסייע לשוק לפעול לפי חוקי הביקוש וההיצע.

דירוג מוסכם, קרי תקן לבנייה ירוקה, יאפשר עריכת מחקרים, סקרים ודו"חות המציגים את כדאיות הבנייה הירוקה בהסתמך על מדד אחיד. קיומם של סקרים כלכליים יסייע בהעלאת מודעות הצרכנים ויעלה את הדרישה ליישום בנייה ירוקה.

חם 5: העדר רגולציה או רגולציה מגבילה

חוסר תמיכה מערכתית מגבילה את התרחבות יישום הבנייה הירוקה על-ידי: הגבלת אימוץ תהליכי בנייה חדשניים, איסור שימוש בחומרים ובטכנולוגיות חדשניות, הטלת קשיים ומגבלות בירוקרטיות המרפות את ידיהם של המבקשים לבנות לפי עקרונות בנייה הירוקה.

יתרה מכך, העדר תמריצי בנייה למתכננים, למבצעים ולתעשיינים לא מאפשר לפרוץ את ההנחה לפיה הבנייה הירוקה יקרה יותר, ומותיר את מחירה גבוה בגלל תחרות מצומצמת, סיכונים גבוהים והעדר פיקוח.

ז. הטמעת הבניה הירוקה כחלק מהפרוגרמה

הפרמיה הירוקה מורכבת משימוש בחומרים ירוקים שהם לעיתים יקרים יותר, יישום מערכות טכנולוגיות יקרות, אימוץ תהליכי בנייה יקרים, תכנון קפדני ורמת ביצוע גבוהה המלווה בתיאום ופיקוח קפדניים. במחצית מהפרויקטים שבחן לאנגדון לא היה גידול בתקציב הסופי של הפרויקט, וזאת הודות לחישוב עלות האלמנטים הירוקים בהערכה הראשונית. בפרויקטים בהם נוספו 3% לתקציב, הפנתה תוספת התקציב לרכישה ולהתקנה של ציוד ספציפי כגון מערכות פוטו-וולטאיות וגג ירוק.

כיצד יתכן שתקציב כולל של מבנים ירוקים אינו גבוה יותר?

1. התנהלות לפי תפישה תכנונית הרואה בבנייה הירוקה חלק מהפרוגרמה ולא תוספת, תפישה המוצאת את ביטויה בחלוקת התקציב.

2. פתיחת השוק למוצרים ירוקים המביאה לירידת מחירים.

3. העובדה כי צוותי תכנון ובנייה לומדים לעבוד באופן אינטגרטיבי המשלב גישות שונות ומביא לצמצום עלויות.

עמידה בתקציב הפרויקט הופכת קלה יותר כאשר מטרות הפרויקט ויעדי הצריכה שלו מוגדרים בשלב ראשוני. גם שילובם של אלמנטים ירוקים בשלבי תכנון מוקדמים מסייעים לעמידה בתקציב הפרויקט. **פרויקטים שראו באלמנטים ירוקים תוספת נלווית, נטו לחרוג מהתקציב.**

כדי להבין את עלותה האמיתית של הבנייה הירוקה יש לשקלל את עלות הפרמיה הירוקה לפי יחידת שטח, כנהוג בתמחור בענף, ולא באופן פרטני עבור כל אלמנט.

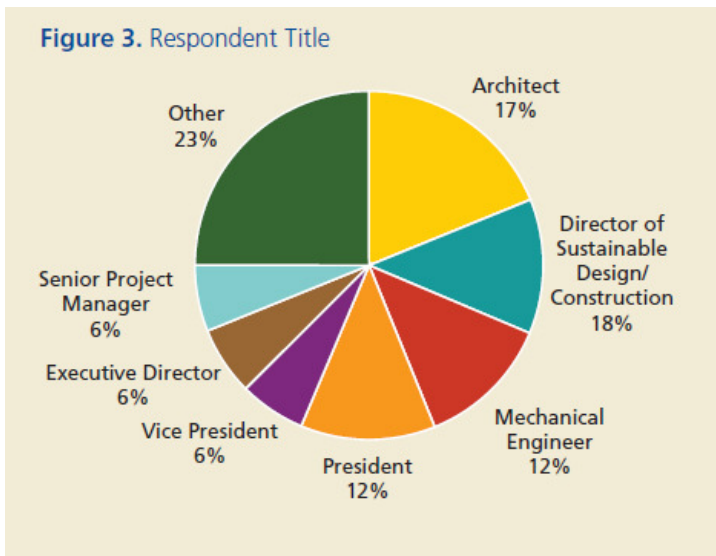
ח. כלים להצלחה

הצלחתו של פרויקט בנייה ירוקה הוא בראש ובראשונה הגדרת היעדים והירתמותם של המשקיעים. על ידי הבנת היתרונות הכלכליים הגלומים בבנייה הירוקה ניתן להגדיר יעדים מדידים לחיסכון, להתייעלות ולצמצום בצריכת משאבים.

לאנגדון מציין רבות את חשיבות הבנת הפרויקט ככלי להצלחה, הן בקרב המשקיעים והן בקרב כל חבר בצוות התכנון והבנייה. הבנה לפיה הקיימות היא חלק בלתי נפרד מהגדרת הפרוגרמה ולא תוספת. לאנגדון מציע להחליף את השאלה "כמה צריך להוסיף?" בשאלה "איך נעשה זאת?" ולהציבה בשלב מוקדם ככל הניתן ככלי להשגת מטרות ולגיבוש מחויבות הצוות. הצהרה ברורה של מטרת הפרויקט באופן שכל משתתף יבין אותה ויקבל אותה.



גרף 6: מידת ההיענות לבנות ירוק לפי חתך תפקיד, מתוך סקר Deloitte על שדרוג ירוק של מבנים, 2008



מקרב האדריכלים מוכנים לקחת חלק בפרויקט בנייה ירוקה.	17%
מקרב המהנדסים ומהמתכננים בתחום הקיימות מוכנים לקחת חלק בפרויקט בנייה ירוקה.	18%
מקרב מהנדסי המכונות מוכנים לקחת חלק בפרויקט בנייה ירוקה.	12%
מקרב נשיאי חברות יזמיות מוכנים לקחת חלק בפרויקט בנייה ירוקה.	12%
מקרב סגני נשיאי חברות יזמיות מוכנים לקחת חלק בפרויקט בנייה ירוקה.	6%
מקרב מנהלים בפועל של חברות יזמיות מוכנים לקחת חלק בפרויקט בנייה ירוקה.	6%
מקרב מנהלי פרויקטים בכירים מוכנים לקחת חלק בפרויקט בנייה ירוקה.	6%
מקרב בעלי מקצוע אחרים בתחום הבנייה מוכנים לקחת חלק בפרויקט בנייה ירוקה.	23%

לבחירת הצוותים יש משקל מכריע בהיתכנות הצלחת הפרויקט. מעבר למחויבות הצוות לעמידה ביעדי הבנייה הירוקה יש לבחון את היכולת המקצועית שלו לאור ניסיונו והכשרתו בתחום, את אמצעי התכנון והיישום שהוא מעמיד לטובת כך ואת הפתיחות והנכונות ללמוד ולהטמיע חידושים.

את מיומנות הצוותים ניתן לשכלל באמצעות הכשרות ייעודיות, הסמכה, התנסויות ולימוד תיאורטי. ככלל, לנגישותן של הכשרות ומקורות מידע בתחום הבנייה הירוקה יש חשיבות רבה לקידומה ולהתרחבות יישומה. עובדת היות התחום חדש לרוב הקבלנים דורשת מצוות התכנון לתפקד כמגשר בין צוותי העבודה, המומחים והמתקינים. צוות התכנון יוסיף להצלחת הפרויקט אם ייתן הסבר והנחייה לדרישות, יתאם וילווה ליווי צמוד את היישום תוך תיאום ובקרה.

עבודה בצמוד לרשימת יעדים במהלך התכנון ובמהלך הבנייה הם עזר חשוב, כמו-כן שימוש במודלים ממוחשבים למדידת יעול צריכת המשאבים במקביל למודלים כלכליים הינו כלי אפקטיבי המאפשר הגדרת תקציב מול פרוגרמה.

למרות התפיסה שהגדרת אסטרטגיית קיימות בשלב שבו התכנון עדיין לא מגובש היא מוקדמת מידי וחלקית מידי, הרי שכלל שיותר מרכיבים מזוהים בשלב ראשון כך קל יותר לשלבם בתכנון ובתקצוב.

כמו-כן לקיומו של תקן בנייה יש השפעה ניכרת על כדאיותה הכלכלית של הבנייה הירוקה.

1. הגדרת יעדים לפרויקט ועמידה בהם הופכת נוחה יותר אל מול תקן קיים.
2. התקן מהווה מסגרת לתכנון.
3. התקן מסייע להפחתת אי הודאות הכרוכה בפרויקט בנייה ירוקה.
4. מפעל שעמד ביעדים כפי שהגדיר תקן, יוכל להציג אסמכתא רשמית, המהווה כלי מדידה וכלי זיהוי.
5. פרויקט המזוהה עם תקן מקובל יקבל הד תדמיתי גדול יותר מפרויקט שעמד ביעדים מבלי יכולת של הציבור להתוודע אליהם.
6. ההכרה הציבורית בתקן תעלה את דרישת השוק לתוצרי בנייה העומדים בו ותהפוך את הבנייה הירוקה למבוקשת ולזולה יותר.

ט. סיכום

מסקור מבנים בעלי תקן LEED בארצות-הברית עולה כי אין תשובה חד משמעית לשאלת עלות הבנייה הירוקה ואין כלל אצבע לתיקצובה. מרבית המבנים בעלי תקן LEED לא נדרשו לתוספת תקציב, באחרים שימשה תוספת התקציב למערכות טכנולוגיות ייחודיות.

עוד עולה כי הבדלי עלות בין פרויקטים נובעים מהבדלים בהגדרת הפרוגרמה ומהבדלים ביעוד המבנה ולא מהגדרת יעדים ירוקים. למעשה אין התבלטות של פרויקטים בעלי תקן LEED בקבוצת הפרויקטים היקרים.

הקיימות היא חלק בלתי נפרד מהגדרת הפרוגרמה ולא תוספת. על מנת להצליח בתקצוב פרויקט ירוק יש לזכור שירוק הוא חלק מהפרוגרמה ולא תוספת שלה, כאשר הירוק נתפס כתוספת גם התכנון והביצוע להשגת היעדים הירוקים יחושבו כתוספת כספית. למעשה, ההחלטות המתקבלות במהלך התכנון הן אלו שיכריעו לבסוף אם הבניין הוא בר קיימא, ולא התקציב.

היענות הגדולה לבנייה לפי LEED בארצות-הברית (רבע מהיתרי הבנייה בניו יורק ב-2007) מעידה כי שחקני השוק השכילו למצוא דרכים ליישום פרקטיקות העומדות ביעדי הבנייה הירוקה.

השגת יעדים ירוקים אינה עומדת ביחס ישיר לעלות-לעיתים די בהטמעת אלמנט אחד בכדי להשיג מספר יעדים. כפי שהראו הסקרים, פרויקטים שראו באלמנטים ירוקים תוספת נלווית, נטו לחרוג מהתקציב. כדי להבין את עלותה האמיתית של הבנייה הירוקה יש לשקלל את עלות הפרמיה הירוקה לפי יחידת שטח, כנהוג בתמחור בענף, ולא באופן פרטני עבור כל אלמנט.

הבנת מכלול ההשפעות מאפשרת ליזם לקבל החלטה מודעת, ולשקול את פוטנציאל ההשקעה הכספית אל מול פוטנציאל ההשפעות הסביבתיות. כפי שעולה מסקרי העלות, להירתמות הראשונית של היזם יש השפעה כלכלית רבה על הפרויקט, מכאן שלהבנת ההשפעות הסביבתיות והכלכליות יש מקום מכריע בתהליך הבנייה.

לשאלת הכדאיות הכלכלית מוסיף דו"ח Deloitte את משתנה הזמן. על מנת שחברה עסקית תוכל להפיק יתרון כלכלי גדול מבנייה ירוקה (נוסף על הצמצום בצריכת מים וחשמל, העלאת התפוקה, צמצום היעדרויות והוצאות בריאות, משיכת עובדים חזקים והישארותם, שיפור דו"חות ותדמית בתחום הסביבה והקהילה, הקלות במיסוי ועוד) עליה להקדים ולאמץ את הבנייה הירוקה בכדי לייצר יתרון בשוק.

כדי ליהנות מיתרון שיווקי ותדמיתי המסייע במשיכת משקיעים, עובדים וצרכנים על חברה להפגין מנהיגות וחלוציות בטרם יהפוך העניין שבבנייה הירוקה לדבר שבשגרה.

ב-Deloitte מעריכים שחברה שלא נערכה ליירוק, תהיה תוך שלוש שנים בעמדת נחיתות ביחס לחברות מקבילות בתחום שאימצו יעדים ירוקים, וזאת בשל: עלויות תפעול גבוהות, יעילות נמוכה, קושי בגיוס עובדים, מחירי השכרה ומכירה גבוהים של נכסים, חוסר יכולת ליהנות מתמריצי מיסוי ובאופן כללי יסבלו מתדמית שלילית.

לפי הדוח של Deloitte סיקור עלויות הבנייה של מבנים בעלי תקן LEED בארצות-הברית במשך חמש שנים מצביע על ירידת מחירים לצד עליית שביעות רצון המשקיעים. נתון זה לצד נתוני שיעור הפרמיה הירוקה ושיעורי החזרי ההשקעה עשויים להשפיע גם על תודעת השוק הישראלי שתגרום בתורה לדרישה גוברת ליישום יעדי הבנייה הירוקה.

הבנת מכלול ההשפעות של הבנייה הירוקה צריכה לעמוד לנגד עיניהם של מקבלי החלטות ומתווי מדיניות בתחום התקינה והחקיקה. תפקידם הוא להגדיר כלים שיאפשרו את התרחבותה, התבססותה והנחלתה של הבנייה הירוקה בפרקטיקה מרכזית.

כלים כגון **תמריצים כלכליים** יאפשרו לפרוץ את ההנחה לפיה הבנייה הירוקה יקרה יותר. קיומה של **תקינה** מחייבת תהפוך הגדרת יעדים לנוחה יותר וניתנת להשגה, התקן יסייע להפחתת אי הודאות הכרוכה בפרויקט בנייה ירוקה ותהיה לו השפעה ניכרת על כדאיותה הכלכלית. **הכשרות** והסמכות לקהילת המתכננים והמבצעים יאפשרו היכרות עם גישות ופרקטיקות המיוחסות לבנייה הירוקה ויביאו להתמקצעות ולהתבססות הקהילה כמובילה בתחום.