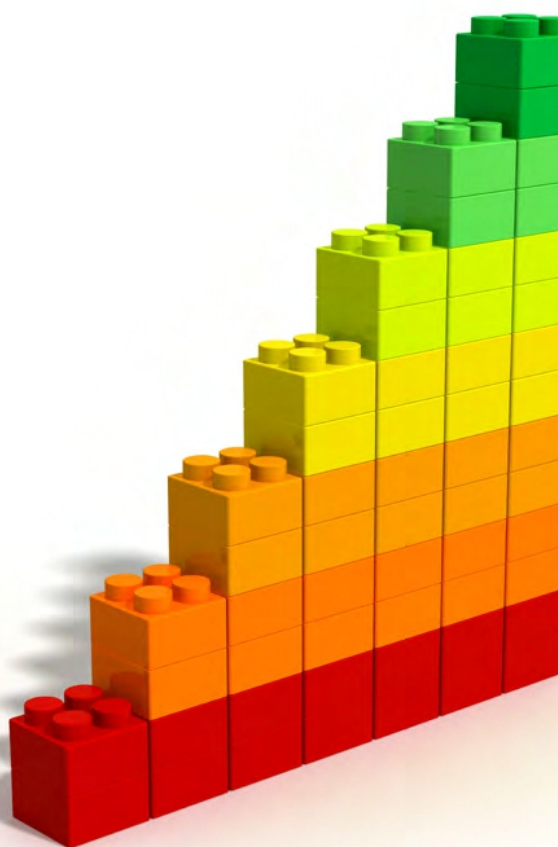


אנרגיה וסביבה | 04/23

בנייה ירוקה בישראל

סיכום והמלצות דיון פורום אנרגיה 53

פרופ' גרשון גרוסמן
נעמה שפירא



מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית





מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית

בנייה ירוקה בישראל

סיכום דיון והמלצות

פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן

מיום 17/01/2023

פרופ' גרשון גרוסמן

נעמה שפירא

אפריל, 2023

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.

הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחברים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

רשימת משתתפי הפורום

אדריכל אברהם רן – מנהל אגף א', בנייה ירוקה תקינה ותיווי, המשרד להגנת הסביבה
גב' אופק אסתר – מנהלת אגף תקנות והנחיות בנייה, מנהל התכנון
פרופ' אילון אופירה – עמיתת מחקר בכירה, ראש תחום אנרגיה וסביבה, מוסד שמואל נאמן
פרופ' אראל אביתר – המחלקה למדעי הסביבה, גאואינפורמטיקה ותכנון ערים, אוניברסיטת בן גוריון
גב' ארנון אלכסנדרה – מנהלת תחום בכירה מדיניות תקינה וקשרי חוץ, משרד הכלכלה והתעשייה
פרופ' בקר רחל – הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון
אדריכלית גבעולי איריס – רכזת הפורום הרשותי להטמעת התקנות, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה
ד"ר גולדרט טל – יועצת סביבה ואנרגיה, מרכז השלטון המקומי, והמחלקה להנדסה כימית, מכללת שנקר
פרופ' גרוסמן גרשון – ראש פורום האנרגיה, מוסד שמואל נאמן
גב' הוד עידית – יועצת סביבתית, פורום ה-15
מהנדסת טלסניק עפרי – נציגת מעבדות הבדיקה של תקני האנרגיה והבנייה הירוקה
פרופ' יזיאורו אברהם – הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון
אדריכלית כהן ליס אסתי – מנהלת תחום תכנון תוכניות בינוי עירוניות, משרד הבינוי והשיכון
מר כרמל גלעד – מנהל פרויקטים, פיטלסון שילה יעקובסון אדריכלים
מר נחמני נועם – חבר הוועד המנהל של איגוד יועצי הבנייה הירוקה בישראל
ד"ר נתניאן יונתן – הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון
אדריכל סער יאשי – מנהל אגף בכיר רישוי תקנות ומכונים, אגף רגולציה, מנהל התכנון
פרופ' פרלמוטר דוד – גאוגרפיה ופיתוח סביבתי, אוניברסיטת בן גוריון
ד"ר קיזר בועז – ראש תחום הקיימות, עיריית תל אביב-יפו
פרופ' קפלוטו גדי – דיקן הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון
מר רביב רן – מרכז השל
גב' רוזנפלד סיגל – מכון התקנים
גב' שקד ליטל – מכון התקנים
גב' שפירא נעמה – חוקרת בצוות אנרגיה וסביבה, מוסד שמואל נאמן

הבעת תודה

המחברים מודים למרצים על המידע שהציגו ולכלל משתתפי הפורום על תרומתם לדיון הפתוח.

תוכן העניינים

2.....	רשימת משתתפי הפורום.....
4.....	תקציר מנהלים.....
8.....	1. הקדמה.....
9.....	2. רקע.....
11.....	3. מידע: בנייה ירוקה בישראל.....
19.....	4. דיון.....
31.....	5. סיכום והמלצות.....
35.....	נספח 1: תוכנית פורום האנרגיה.....

תקציר מנהלים

מגזר המבנים בישראל, מבוסס בעיקרו, נכון לשנת 2021, על שטחי בנייה למגורים (כ-75% משטח התחלות הבנייה), ומקצתו (כ-25%) על בנייה שאינה למגורים – מסחר, תעסוקה, תעשייה, חינוך, בריאות ועוד. הסביבה הבנויה אחראית לכ-28% מצריכת האנרגיה במשק (15% במגזר הביתי ו-13% במגזר המסחרי-ציבורי), כ-56% מצריכת החשמל (31% במגזר הביתי ו-25% במגזר המסחרי), ולכ-33% מסך הפליטות של גזי חממה מהמשק הישראלי.

זאת ועוד, קצב גידול האוכלוסייה בישראל הינו מהגבוהים מבין המדינות המפותחות דבר המצריך המשך פיתוח של מבנים למגורים ולצורכי תעסוקה ושירותים. מכאן, שיעדים ממשלתיים להתייעלות וצמצום צריכת האנרגיה במשק נדרשים בטיפול והפחתת הצריכה במגזרים אלה, אם באמצעות בניית מבנים יעילים באנרגיה, אם באמצעות התייעלות במכשירי חשמל, ואם באמצעים אחרים המכוונים לשינוי בדפוסי ההתנהגות.

בנייה ירוקה, או בנייה בת-קיימא, הינה גישה רב תחומית המבקשת לעשות שימוש בתהליכים אחראיים סביבתית וחסכוניים במשאבים לאורך כל מחזור החיים של הבניין מבחירת מיקומו ועד שלבי התכנון, הבנייה, התפעול, התחזוקה, השיפוץ וההריסה.

על אף היתרונות המובנים של בנייה ירוקה, יישום וולונטרי עלול להיתקל בקשיים משמעותיים. בנייה ירוקה מחייבת הטמעת תהליכים ואמצעים חדשניים ואילו שוק הבנייה מתאפיין בשמרנות גבוהה. בטווח המיידי, בנייה ירוקה הינה בדרך כלל יקרה בכמה אחוזים מבנייה שאינה ירוקה, אך היא בעלת פוטנציאל לחיסכון כלכלי בטווח הארוך. ובנוסף, לעיתים ישנו קונפליקט בין בעלי העניין השונים – יזמים, בעלי נכסים ומשתמשים – כיוון שלא תמיד ישנה זהות בין המשלם לנהנה. לאור זאת, ישנה חשיבות רבה לביסוס רגולציה מסודרת בתחום ואכיפתה.

תקן הבנייה הירוקה בישראל – תקן ישראלי (ת"י) 5281 – נכתב בשנת 2005, ועודכן בשנים 2011 ו-2016. בשנת 2013 הוחלט בפורום ה-15 להטמיע את התקן באופן הדרגתי כמפרט מחייב בבנייה חדשה בתחומי הרשויות חברות הפורום, ובשנת 2014 הוחלט יחד עם מנהל הדיור הממשלתי, כי בנייה ו/או שיפוץ של מבנים ממשלתיים ייעשו בהתאם לתקן. בשנת 2020 אישרה המועצה הארצית לתכנון ולבנייה תקנה המחייבת בניית מבנים חדשים על פי התקן. בהתאם לכך, בחודש מרץ 2022 נכנס לתוקפו, כתקן מחייב, תקן הבנייה הירוקה, והוא יוחל בצורה הדרגתית על מרבית הבנייה החדשה עד ספטמבר 2023.

התקן נוגע בהיבטים שונים של תהליך התכנון והבנייה של מבנים ומציב דרישות מינימום של איכות, וככזה מהווה סמן וזרז לבנייה איכותית ומתקדמת יותר, ויוצר השפעה מיטיבה על שוק הבנייה בישראל. עם זאת, התקן אינו מבטיח טיפול בכל ההיבטים שנכללים בו כיוון שהוא מחייב עמידה במספר סעיפי סף ומאפשר צבירת נקודות נוספות בהתאם לבחירת המתכנן. בפועל, צבירת הניקוד בתקן מתבצעת בגין סעיפים קלים ליישום וכדאיים כלכלית, בעוד שהיבטים אחרים, כאלה שנכללים בתקן וגם כאלו שלא, נותרים לא מטופלים.

בנוסף, תקן הבנייה הירוקה מתמקד בהיבטי תכנון וביצוע של בניינים, והסמכת הפרויקטים על פי התקן נעשית לאחר גמר ביצוע הפרויקט, ולא נעשית מדידה על ביצועי המבנה והמערכות המתוכננות לאחר האכלוס. יתרה מכך, במחקרים שבוצעו בארץ נמצא כי החיסכון בצריכת החשמל המתקבל בפועל הוא צנוע בהשוואה לפוטנציאל החיסכון המחושב בסימולציות, ואמנם דירות חדשות (לא בהכרח דירות בבנייה ירוקה) הן אכן יעילות יותר מדירות ישנות, אך ישנה שונות גבוהה בין דירות, מה שמדגיש שלהתנהגות הדיירים השפעה מכרעת על צריכת החשמל, ובנייה יעילה היא אולי תנאי הכרחי לחיסכון, אך ככל הנראה לא מספיק.

זאת ועוד, היבטים אנרגטיים ניתן למדוד בקלות יחסית (בהינתן מידע נגיש), אך היבטים אחרים כגון איכות החיים ושביעות הרצון של המשתמשים במבנה, שהינם בעלי חשיבות מכרעת, מורכבים מאוד לכימות ודורשים תהליכי הערכה חלופיים.

צוות המומחים שהשתתף בפורום העלה מספר המלצות שחשוב ליישם כדי להבטיח את המשך פיתוח תחום הבנייה הירוקה בישראל.

הנגשת מידע ונתונים – זמינות של מידע ונתונים היא קריטית לצורך שיפור תהליכי התכנון וקידום אמצעי מדיניות מתאימים. שימוש בנתונים מהשטח בשלבי התכנון מאפשר לייצר חיזויים מהימנים שיובילו להחלטות נכונות בשלבים האלה; הערכה לאחר אכלוס מאפשרת להבין מאיפה הפערים נובעים ואיך אפשר לצמצם אותם; והבנת הגורמים המשפיעים על הצריכה מאפשרת בניית כלי מדיניות שישפיעו על חיסכון.

- מומלץ לבחון מנגנונים לקביעת דרישת חובה להנגשת נתונים, בעיקר בכל הנוגע לגופים בעלי נגיעה משמעותית להיבטים ציבוריים, כגון, רשויות מקומיות, חברת החשמל ועוד. יש לשאוף לתכולה רחבה של חובת ההנגשה (למשל, כך שתחול גם על בתי ספר בניהול עצמי), וליצירת מסדי נתונים ברמת פירוט גבוהה.
- מומלץ לבחון תקינה שתבטיח רמת ידע גבוהה לגבי חומרים המשמשים בתחום הבנייה, ובתוך כך מידע לגבי טביעת הרגל הפחמנית שלהם.

- יש לקדם מחקר, לצורך ביסוס ידע מקומי בתחום, מחקר שיעשה שימוש בנתונים מקומיים ויסייע להתאמת נתונים ממקומות אחרים לתנאים בישראל. כדאי להרחיב ולהעמיק את המחקר גם בנוגע למבני ציבור, בדגש על מבני חינוך.

אפיון תחום הבנייה הירוקה – נדרשת חשיבה מערכתית בשיתוף בעלי עניין שונים, לגבי הגדרתה ותכולתה של הבנייה הירוקה בישראל, לשם קידום ישראל לעמידה בסטנדרטים בין-לאומיים מתקדמים בבנייה. תהליך זה נדרש להתייחס לנושאים כגון:

- שילוב היבטים המתמקדים במשתמשים ולא במבנים בלבד, כגון בריאות האדם והרווחה שלו.
- תכנון מעגלי בכלל, וחישובי אנרגיה הוליסטיים בפרט, תוך התייחסות למחזור חיים מלא של אמצעי ייצור וחומרים שונים.
- מודלים של מבנים יצרניים, בהיבט האנרגטי, אך גם בהיבטים נוספים, כגון ייצור מזון.
- קני מידה שכונתיים ועירוניים, עירוב שימושים, והשפעות הדדיות בתוך הסביבה הבנויה, למשל, השפעות צפויות לכניסת רכבים חשמליים, או השפעות על תופעת אי החום העירוני.
- הטמעת אופטימיזציה לתכנון סביבתי בשלבים מוקדמים בתכנון, לצורך השגת תוצאות מיטביות בסביבה הבנויה.

עדכונים לתקן הקיים – יש לבחון במסגרת התקן הקיים מספר היבטים שדורשים עדכון:

- מדד ליעילות אנרגטית – עצימות האנרגיה של בתי אב קטנים (שטח רצפה נמוך) הינה גבוהה מעצימות האנרגיה של בתי אב גדולים, אך הצריכה הכוללת שלהם נמוכה יותר. מוצע לבחון את המדד ליעילות האנרגטית של יחידות דיור ולהחמיר את הדרישות בתקינה לגבי דירות גדולות (בדומה למנגנון המיושם בתקן LEED למגורים, אשר משקלל גם את שטח הדירה וגם את מספר חדרי השינה בבית, כמדד למספר הנפשות שהבית משרת).
- פילוחים בהתאם לשימושים. מומלץ להרחיב את פילוח מבני הציבור שהינם בעלי שונות גבוהה (מבנה חינוך אינו דומה לאולם ספורט, למתנ"ס או למקווה), ולהתאים את הדרישות למאפיינים הייחודיים.

יישום – יש לפעול לקידום יישום מיטבי של התקן בכלל הבנייה בישראל.

- הבנייה הציבורית יכולה להוות מנוף משמעותי לכל התפיסה של הבנייה הירוקה והחיסכון באנרגיה. מומלץ לקדם את יישום התקן גם במשרדי הממשלה.
- יש לבחון אמצעים לשיפור מבנים קיימים, באמצעות קישור התקינה הירוקה לבנייה הקיימת. לא בהכרח צריך להתמקד במבנים שצורכים אנרגיה רבה, כי בהחלט ייתכן שבמבנים שבהם צריכת האנרגיה נמוכה, הדבר נובע מכך שמתגוררת בהם אוכלוסייה שלא יכולה להרשות

לעצמה לאקלם אותם, וחשוב לנסות לשפר את איכות החיים של האנשים במבנים אלו, גם אם השינוי יתבטא בעלייה בצריכת האנרגיה.

- יש לקדם פיתוח ידע מקצועי לעוסקים בתחום, ובתוך כך, לאשר תוכנות חדשות לדירוג אנרגטי ולבחון את ההטמעה של מודל הייחוס בתוכן, וכן לייצר ולידציה לתהליך הביצוע באופן שיצמצם את האפשרות לטעויות.

צעדים משלימים לתקן – מומלץ ליזום צעדים משלימים גם לשם עידוד לחיסכון (כגון, תעריף חשמל מדורג לפי צריכה) וגם לצורך ייצור אנרגיה מבוזרת (כגון, הסרת חסמים בירוקרטיים ומימוניים). יש להתאים כלים שונים לייעודים ומשתמשים שונים – אמצעים לבתי מגורים בהם יש זהות בין מי שמשלם על חשבונות החשמל למי שמשתמש במבנה, לא בהכרח יתאימו למוסדות חינוך או בריאות, ולהיפך.

1. הקדמה

מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית, במסגרת פעילותו בתחום האנרגיה, מקיים מפגשי "פורום אנרגיה" המוקדשים לדיון בנושאים בעלי חשיבות לאומית בתחום. בפורום האנרגיה מתקיים דיון ממוקד בנושאים מוגדרים, בהשתתפות צוות מומחים המוזמנים לפי הנושא. המטרה היא להתרכז בשאלות רלוונטיות ומוגדרות, לתאם בין הגורמים ולהגיע להמלצות על דרכי פעולה לקידום הנושא, שניתן להציגן בפני מקבלי החלטות.

המפגש הדין בנושא: "בנייה ירוקה בישראל", התקיים ב-17 לינואר 2023 באופן מקוון. השתתפו בו מומחים בתחום מהיבטיו השונים, וכן נציגים של הממסד הציבורי. המשתתפים בפורום, שנבחרו בקפידה הודות למומחיותם, מהווים, ללא ספק, קבוצה ייחודית ובעלת ידע מקצועי ראשון במעלה בתחום.

בחלקו הראשון של המפגש הציגו חלק מהמשתתפים מצגות בנושא הדיון על היבטיו השונים. מצגות המשתתפים אשר אושרו על ידם לפרסום נמצאות תחת [מפגש פורום האנרגיה](#) באתר מוסד שמואל נאמן. בחלק השני התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. בפני משתתפי הדיון עמדו מספר שאלות, שהוכנו מראש, כמפורט בתוכנית הפורום (נספח 1).

תמצית הדיונים מסוכמת בדו"ח להלן, וכמו בדיונים הקודמים, הוא יוגש למקבלי ההחלטות במטרה להביא אל סדר היום את מכלול השיקולים, האתגרים וההזדמנויות בנושא של בנייה ירוקה בישראל.

2. רקע

מגזר המבנים בישראל, מבוסס בעיקרו, נכון לשנת 2021, על שטחי בנייה למגורים (כ-75% משטח התחלות הבנייה), ומקצתו (כ-25%) על בנייה שאינה למגורים – מסחר, תעסוקה, תעשייה, חינוך, בריאות ועוד¹. הסביבה הבנויה אחראית לכ-28% מצריכת האנרגיה במשק (15% במגזר הביתי ו-13% במגזר המסחרי-ציבורי)², כ-56% מצריכת החשמל (31% במגזר הביתי ו-25% במגזר המסחרי)³, ולכ-33% מסך הפליטות של גזי חממה מהמשק הישראלי⁴.

ניתוח השינוי בעצימות האנרגטית (צריכת אנרגיה ליחידת תוצר) של המגזרים השונים בשנים 2013-2017 העלה כי עיקר הירידה בעצימות האנרגטית התרחשה במגזר התעשייתי והמסחרי-ציבורי, מגזר התחבורה נמצא כבעל השפעה חיובית מצומצמת, ואילו המגזר הביתי הינו גורם מעכב להתייעלות באנרגיה במשק⁵. מגמה זו מיוחסת בין השאר לעלייה באיכות החיים הבאה לידי ביטוי, בין היתר, בגידול הצריכה לנפש – שימוש גובר במוצרים הצורכים אנרגיה ועלייה בגודל דירות המגורים, ובנוסף, שיקולי האנרגיה אינם זוכים למשקל משמעותי בקבלת ההחלטות של הצרכנים.

זאת ועוד, קצב גידול האוכלוסייה בישראל הינו מהגבוהים מבין המדינות המפותחות דבר המצריך המשך פיתוח של מבנים למגורים ולצורכי תעסוקה ושירותים. מכאן, שיעדים ממשלתיים להתייעלות וצמצום צריכת האנרגיה במשק נדרשים בטיפול והפחתת הצריכה במגזרים אלה, אם באמצעות בניית מבנים יעילים באנרגיה, אם באמצעות התייעלות במכשירי חשמל, ואם באמצעים אחרים המכוונים לשינוי בדפוסי ההתנהגות.

מטרתם של תקנים לבנייה ירוקה היא להפחית את ההשפעות של מבנים על הסביבה באמצעות עיצוב מקיים. תקני בנייה ירוקה מוכרים בעולם מאז סוף המאה ה-20, עם השקתם של תקן ה-BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) הבריטי בשנת 1990, ותקן LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) האמריקאי בשנת 2000⁶.

¹ הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2022). [התחלת וגמר בנייה – סיכום שנת 2021](#).

² משרד האנרגיה (2020). [התוכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה 2020-2030](#).

³ רשות החשמל (2022). [זו"ח מצב משק החשמל 2021](#).

⁴ המשרד להגנת הסביבה (2022). [עתודות בנייה ירוקה בישראל 2021](#).

⁵ משרד האנרגיה (2020). [התוכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה 2020-2030](#).

⁶ WBDG (2022). [Green Building Standards and Certification Systems](#). retrieved 23/02/2023.

תקן הבנייה הירוקה בישראל – תקן ישראלי (ת"י) 5281 – נכתב בשנת 2005, ועודכן בשנים 2011 ו-2016. בשנת 2013 הוחלט בפורום ה-15 להטמיע את התקן באופן הדרגתי כמפרט מחייב בבנייה חדשה בתחומי הרשויות חברות הפורום, ובשנת 2014 הוחלט יחד עם מנהל הדיור הממשלתי, כי בנייה ו/או שיפוץ של מבנים ממשלתיים ייעשו בהתאם לתקן. בשנת 2020 אישרה המועצה הארצית לתכנון ולבנייה תקנה המחייבת בניית מבנים חדשים על פי התקן. בהתאם לכך, בחודש מרץ 2022 נכנס לתוקפו, כתקן מחייב, תקן הבנייה הירוקה, והוא יוחל בצורה הדרגתית על מרבית הבנייה החדשה עד ספטמבר 2023.

תכליתו של התקן הישראלי היא "להפחית את הפגיעה בסביבה, לתכנן ולבנות מרחב בריא למשתמש המעודד חיסכון במשאבים, לרבות צריכת חשמל ומים, להרחיב את מחזור הפסולת ולשפר את תנאי המחיה בבניין"⁷. התקן מתייחס להיבטים שונים בתהליך התכנון והבנייה של מבנים, ובהם אנרגיה, קרקע, מים, חומרים, בריאות ורווחה, פסולת, תחבורה, ניהול וחדשנות. התקן מחייב עמידה במספר סעיפי סף ומאפשר צבירת נקודות נוספות בהתאם לסעיפים אחרים, עד להשגת הניקוד המינימלי הדרוש לצורך כוכב אחד, שמהווה את דירוג הבסיס לצורך עמידה בתקן, ועד להשגת חמישה כוכבים, שהיא הדרגה הגבוהה ביותר בתקן. שיטת הכוכבים מסמלת את מידת השפעה של בניינים על הסביבה, באופן שמספר רב יותר של כוכבים מסמן השפעה נמוכה יותר.

דו"ח עתודות הבנייה הירוקה בישראל מזהה מגמת ירידה במרבית המדדים המצביעים על אימוץ בנייה ירוקה בשנת 2021 לעומת השנים הקודמות (2018-2020) – הן ירידה אבסולוטית במספר יחידות הדיור הירוקות שאושרו, והן ירידה בשיעור היחידות הירוקות מכלל היחידות שאושרו⁸. עם זאת, בעקבות הפיכתו של התקן לתקן מחייב, המשרד להגנת הסביבה צופה צמיחה משמעותית בהיקפי הבנייה הירוקה – עלייה של כ-120% בפעימה הראשונה וכ-180% בפעימה השנייה⁹. על פי המשרד להגנת הסביבה, חיוב הבנייה בתקן צפוי להביא לצמצום של פליטות גזי החממה ממבנים, לצמצום בצריכת החשמל, בעיקר לאקלום ולתאורה, ולצמצום בכמות הפסולת. כמו כן הוא צפוי להעלות את איכות החיים במבנים בזכות שימוש בחומרים ידידותיים יותר לסביבה ולאדם¹⁰.

⁷ המשרד להגנת הסביבה (2022). [לרגל כניסתן לתוקף של התקנות החדשות לבנייה ירוקה, סיירו השרה להגנת הסביבה תמר זנדברג ומנכ"לית המשרד גלית כהן במבנים ירוקים פורצי דרך בחדרה ובהרצלייה](#). אוחר בתאריך 23/02/2023.

⁸ המשרד להגנת הסביבה (2022). [עתודות בנייה ירוקה בישראל 2021](#).

⁹ המשרד להגנת הסביבה (2022). [לרגל כניסתן לתוקף של התקנות החדשות לבנייה ירוקה, סיירו השרה להגנת הסביבה תמר זנדברג ומנכ"לית המשרד גלית כהן במבנים ירוקים פורצי דרך בחדרה ובהרצלייה](#). אוחר בתאריך 23/02/2023.

¹⁰ המשרד להגנת הסביבה. [תקני בנייה ירוקה בישראל](#). אוחר בתאריך 23/02/2023.

3. מידע: בנייה ירוקה בישראל

בחלק זה של הדו"ח ניתנת תמצית המידע שהוצג על ידי חלק מן המשתתפים, כל אחד לפי בחירתו ומומחיותו. קבצי המצגות שהוכנו על ידי הדוברים מוצגים, תחת [מפגש פורום האנרגיה](#), באתר מוסד שמואל נאמן. מטבע הדברים, קיימת חפיפה מסוימת בין הדוברים השונים, אולם עורכי הדו"ח החליטו להביאם כאן כפי שהוצגו ובאותו הסדר (ראה תוכנית הפורום בנספח 1). מידע זה חשוב ומהווה בחלקו בסיס לדיון הפתוח שהתקיים לאחר מכן, כפי שמובא בפרק 4.

פרופ' רחל בקר – הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון

תקן ישראלי (ת"י) 5282 חלק 1 משנת 2023 – אנרגיה בבניינים: דרישות חובה לתפקוד אנרגטי וכללים לדירוג אנרגטי – בנייני מגורים

תקן 5282 חלק 1, הוא תקן חדש שעבר אישור של הוועדה הטכנית לפני כשבועיים, אך הוא עדיין לא מופיע ברשומות של מכון התקנים כי הוא כרגע בתהליכי חתימה סופית, ולאחר מכן יפורסם לציבור¹¹.

התקן הוכן על רקע שתי תקנות בהתאם לחוק התכנון והבנייה וחוק מקורות אנרגיה, אשר כוללות הפנייה לת"י 5282 – התקנה הראשונה¹² מחייבת כל בניין מעל גובה מסוים להיות מדורג על פי ת"י 5281 בדרגה C בדרך כלל, והתקנה השנייה¹³ קובעת שאם יחידת דיור דורגה בדירוג אנרגטי, אז צריך להציג את הדירוג לקונה פוטנציאלי.

התקן הוכן על ידי קבוצת מומחים מורחבת של כ-13 חברים (בשונה מתקנים רגילים שמגובשים על ידי ועדה של 5 מומחים), שמונו במשותף על ידי הוועדה הטכנית לאנרגיה בבניינים והוועדה הטכנית של איכות הסביבה, כך שמדובר על קונצנזוס רחב.

תקן 5282 חלק 1 הוא התקן על פיו קובעים את התכנון האנרגטי של הדירות ושל הבניין וקובעים את הדירוג האנרגטי שלו. חלק זה עוסק בבניינים למגורים וחלק 2 עוסק בבניינים שאינם למגורים.

תקן זה בא להחליף שני תקנים שהיו קיימים בישראל, שיצרו מצב של סתירות, חפיפות וחסרים, כיוון שנכתבו על ידי ועדות שונות – ת"י 5280 חלק 1.1 (2018) שעסק בדרישות שחלות על יחידת התכנון

¹¹ התקן החדש פורסם לציבור בחודש פברואר 2023.

¹² תקנות התכנון והבנייה (תכן הבנייה) (בנייה בת-קיימה), התש"ף-2020, אשר קבעו את ת"י 5281 (תקן הבנייה הירוקה) כתקן מחייב לגבי מרבית הבנייה החדשה בארץ ויחולו בהדרגה על כל סוגי המבנים. עמידה בת"י 5282 לדירוג אנרגטי מהווה תנאי סף בת"י 5281.

¹³ תקנות מקורות אנרגיה (הצגת דירוג אנרגטי ליחידת דיור), תש"ף-2020.

כדרישות מחייבות, ות"י 5282 חלק 1 (2017) שעסק בדירוג אנרגטי. במקביל לתקנים אלו יש גם את ת"י 1045 שעוסק בבידוד תרמי ונשאר בתוקף כפי שהוא.

המטרה המרכזית של התקן הייתה להרים את הרף ולקבוע את הנורמות התכנוניות בנושא של אנרגיה בבניינים על פי הרמה העכשווית, ובהתאם לכך בוצעה הרביזיה ביחס לתקנים ששימשו בסיס לתקן המעודכן. התקן עוסק בחלקי הבניין והמעטפת, לרבות מכללי הזיגוג¹⁴, הוא לא עוסק במערכות הבניין, שחוסות תחת תקנים נפרדים. כלומר, כיום אין סינרגיה בין שני האלמנטים – הבניין מתוכנן, והמערכות משובצות בתוכו, אלו שתי החלטות נפרדות ואין trade-off ביניהן. נקודת המוצא היא שגם אם נעשה וגם אם לא נעשה שימוש במערכות יעילות, הבניין עצמו עדיין צריך להיות מתוכנן בצורה יעילה אנרגטית.

התקן מפרט את הדרישות המחייבות של התפקוד האנרגטי (תנאי סף) לכל יחידת תכנון בבניינים חדשים – דרישות מינימליות לא רק לבניין עצמו, אלא גם לכל יחידת דיור. בבניין חדש, אחרי שהבטחנו שהדירה היא יעילה אנרגטית ברמת המינימום, היא תדורג אנרגטית, והתקן מפרט את הכללים לצורך כך, כאשר כל יחידת תכנון חייבת לזכות בדרגה D לפחות. בבניין קיים, נדרש להראות שהבידוד התרמי ביחידת התכנון עומד בדרישות של ת"י 1045 (כפי שהיו בזמן הוצאת ההיתר לבנייתה). אם זה לא מתקיים היחידה תדורג בדרגה F. אם זה כן מתקיים, היחידה תדורג בדירוג אנרגטי בדומה ליחידה חדשה, ובנוסף היא תיבדק כנגד דרישות הסף – אם היחידה אינה עומדת בהם דרגתה תופחת ברמה אחת, ודרגתה המרבית תהיה C.

תנאי הסף כוללים מספר אלמנטים:

- בידוד תרמי מזערי לפי ת"י 1045 חלק 1, כולל בגשרים התרמיים, מה שמבטיח מעטפת מבודדת כהלכה על פי הנורמות המחייבות כיום (כאשר עדכון הנורמות של ת"י 1045 בעתיד, ישפיעו גם על ת"י 5282, בהתאם);
- ת"י 1045 עוסק רק באלמנטים הבנויים, ולכן נוספו בת"י 5282 דרישות המתייחסות לזיגוג – מכלל הזיגוג (בגודל שמעל 0.5 מ"ר) יוגן בפני קרינת השמש באמצעות תריס חיצוני, מערכת הצללה אינטגרלית, או תכונות מכלל הזיגוג – זוהי הגדרה שמאפשרת להטמיע פתרונות חדשניים, אך אלו נדרשים לעמוד בכללים מסוימים¹⁵, כאשר הדגש הוא על הגנה מפני קרינה סולארית בקיץ;
- העברה תרמית מרבית של מכלל הזיגוג (קירות המסך, חלונות, דלתות);
- אטימות לאוויר של מכללי החלונות, קירות המסך ומעטפת יחידת התכנון;

¹⁴ מכלל הזיגוג כולל לא רק שמשות אלא גם את המסגרת ואמצעי הצללה אינטגרליים, אם קיימים. מכלל זיגוג מתואר על ידי שלושה מדדים: מעבר אור (בתחום הנראה), רווח חום סולרי, והעברה תרמית.

¹⁵ הכללים החלים על מכלל הזיגוג כוללים, הגבלה על מקדם הבליעה הסולארית של הצד החיצוני, זכוכית אחת לפחות בעלת ציפוי Low-E, הגבלה של טמפרטורת המשטח הפנימי והגבלה של מקדם רווח החום הסולארי.

▪ וכן דרישה להעברת אור מזערית של מכללי הזיגוג, כדי להבטיח שהטיפול בהצללות לא יפגע באור המוחזר ליחידה.

גם לצורך הבטחת העמידה בדרישות וגם לצורך הדירוג האנרגטי, התקן מפרט שני מסלולי תכן חלופיים (שתי אפשרויות מבחינת העבודה הטכנית שנעשית) – המסלול התפקודי והמסלול המרשמי. מתכנן יכול להחליט על מסלול תכן לכל יחידת תכנון בנפרד.

המסלול המרשמי מאפשר דירוג אנרגטי בדרגות D או C בלבד בבניין חדש (ובבניין קיים גם דרגות E ו-F), ולא ניתן לדרג באמצעותו יחידות תכנון בבנייה קלה מאוד או בבנייה קלה ללא תריסים חיצוניים. מסלול זה מאפשר לדרג את היחידה המתוכננת בהתאם למאפייניה. במסלול זה יחידות התכנון צריכות לעמוד בשני פרמטרים מעבר לדרישות הסף – הפרמטר הראשון עוסק במכלול התרמי של המעטפת, המורכב משני גורמים: הקומפקטיות של יחידת התכנון והשטח המרבי של מכלל הזיגוג; והפרמטר השני, אשר נדרש רק לצורך דירוג בדרגה C, מציב דרישות משופרות בנוגע לתכונות מכלל הזיגוג וההגנה מפני קרינת השמש.

במסלול התפקודי אין שום אילוצים נוספים מעבר לתנאי הסף, וקיימת גמישות מרבית בתכנון, אך יש להוכיח כי שקלול כלל האלמנטים ביחידת התכנון מקנה לה ביצועים מסוימים מבחינה אנרגטית. המסלול דורש לחשב את תצרוכת האנרגיה החשמלית השנתית ליחידת שטח רצפה של יחידת התכנון, ולעשות חישוב דומה ליחידת ייחוס אשר דומה במיקומה למיקום יחידת התכנון. השוואת תוצאות החישובים תדגים את השיפור היחסי באחוזים ונקבע ציון (IP), אשר קובע את הדירוג האנרגטי של היחידה. בהתאם לדרגה האנרגטית ניתן ליחידת התכנון ציון (G), כמתואר בטבלה להלן.

טבלה 1: דירוג אנרגטי וציון הדרגה האנרגטית בהתאם לשיפור צריכת האנרגיה ביחס ליחידת הייחוס

IP ≥ 40%	40% > IP ≥ 30%	30% > IP ≥ 20%	20% > IP ≥ 10%	10% > IP ≥ 0	IP
A+	A	B	C	D	דירוג אנרגטי
5	4	3	2	1	ציון הדרגה האנרגטית*

* דרגה אנרגטית E מעניקה ציון של אפס, ודרגה F ציון של -1.

לצורך קביעת הדירוג האנרגטי של הבניין השלם, יחידת תכנון שהיא בעלת אזור טבעי למטרת חיסכון באנרגיה זוכה לציון הטבה המצטרף לציון הדרגה האנרגטית שלה. הציון האנרגטי של הבניין השלם (GB) מחושב לפי ממוצע משוקלל של ציוני כל יחידות התכנון בו, והדרגה האנרגטית של הבניין נקבעת לפי הציון האנרגטי שהתקבל (כמתואר בטבלה 1 לעיל).

פרופ' אביתר אראל, המחלקה למדעי הסביבה, גאואינפורמטיקה ותכנון ערים, אוניברסיטת בן גוריון הקשר בין הדירוג האנרגטי של יחידת תכן לבין הצריכה בפועל, על בסיס נתוני סקר ומדידות הדברים המוצגים להלן מבוססים על שני מחקרים שמומנו וממומנים על ידי משרד האנרגיה.

דו"ח שהוזמן על ידי המשרד להגנת הסביבה¹⁶ הראה שאכן בנייה ירוקה מביאה לחיסכון בצריכת החשמל. ממצא זה אינו תואם את הממצאים מהמחקר שלנו¹⁷ שניתח את הקשר בין צריכת החשמל לאקלום לפי ת"י 5282 (שחושבה באמצעות תוכנה שפותחה בטכניון והייתה מקובלת אז – ENERGYui), לבין צריכת אנרגיה לאקלום לפי חשבונות חשמל במדגם של כ-120 דירות בירושלים ובנשר. במחקר מצאנו כי המתאם בין הצריכה המחושבת לאקלום לבין הצריכה בפועל נמוך מאוד. אי ההתאמה הרבה ביותר נמצאה בדירות בשטח גדול. הממצא הזה מדגיש שמה שמספיע על הצריכה הם הדיירים, אשר לא בהכרח משתמשים בדירה כפי שאנחנו מניחים בהנחות שהיו בבסיס הסימולציות לתקן. ישנה שונות גדולה מאוד בין הדירות השונות במדגם, גם בירושלים וגם בנשר – ישנן דירות שבהן העצימות האנרגטית (קוט"ש למ"ר רצפה בשנה) היא 20-30 ויש דירות שבהן היא מעל 100, וזה תלוי בהתנהגות הדיירים. בדקנו מאפייני התנהגות, לדוגמה נבדקה הטמפרטורה אליה חוממו הדירות בירושלים בחורף 2013, ונמצא שאכן הטמפרטורה הממוצעת הייתה 20.1 מ"צ (טמפרטורת הייחוס בתקן היא 20 מ"צ, ולכן התקן הביא בחשבון את הערך הממוצע הנכון), אך השונות הייתה גדולה – גם משרעת גדולה לאורך החודש וגם שונות בין הדירות, כך שבדירה החמה ביותר, טמפרטורת המקסימום הייתה כ-27 מ"צ, ובדירה הקרה ביותר, טמפרטורת המינימום הייתה כ-10 מ"צ. וזה מסביר, לפחות חלק מההבדלים בצריכת החשמל לאקלום.

בסקר שאנו מבצעים כיום¹⁸ נכללים 822 בתי אב, גם צמודי קרקע וגם דירות, המהווים מדגם ארצי מייצג. גם בסקר זה נמצאה שונות גדולה מאוד בצריכת החשמל לאקלום – ישנם בתי אב שכמעט לא צורכים אנרגיה ואחרים שצורכים קרוב ל-100 קוט"ש למ"ר לשנה, אך המגמה היא שהעצימות האנרגטית של בתי אב קטנים (שטח רצפה נמוך) הינה גבוהה מהעצימות האנרגטית של בתי אב גדולים. לעומת זאת, כאשר בוחנים את צריכת החשמל השנתית הכוללת עדיין מתקבלת שונות גבוהה, אך גם רואים שהמגמה היא הפוכה – בתים גדולים יותר צורכים יותר חשמל לאקלום. העצימות

¹⁶ בלבן א. וקול ד. (2018). דוח סיכום ממצאי סקר צריכת חשמל השוואתי בין דירות ירוקות ודירות. המשרד להגנת הסביבה.

¹⁷ אראל א. ופורטנוב ב. (2016). קידום התנהגות חוסכת אנרגיה בבנייני מגורים בישראל. משרד האנרגיה, המים והתשתיות הלאומיות, RD-08-15

¹⁸ אראל א., קיסינגר מ. ובוגין ד. (2022). השפעת הבנייה הירוקה על צריכת חשמל בבנייני מגורים בישראל. משרד האנרגיה, המים והתשתיות הלאומיות, חוזה מס' 030-11-218. דו"ח ביניים במחקר.

האנרגטית היא המדד ליעילות האנרגטית של יחידת דיור בת"י 5282, והמשמעות היא שדירות גדולות מזורגות כיעילות יותר אנרגטית, אך בפועל הן צורכות יותר חשמל.

השפעת התקינה – בסופו של דבר אנחנו רוצים לראות שלאורך שנים התקינה מביאה לשיפור ביעילות האנרגטית של דירות. בחינת צריכת החשמל החודשית (קוט"ש) של דירות הסקר (צריכת החשמל חולצה מתוך חשבונות החשמל של הדיירים באמצעות מתודולוגיה שפותחה, שלא כללה מדידה ישירה של צריכת חשמל לאקלום) מגלה בצורה שיטתית ומובהקת כי ביחידות דיור חדשות יותר העצימות האנרגטית החודשית נמוכה יותר – הדירות החדשות יותר הן אכן יותר יעילות.

במחקר זה אנו גם מבצעים מדידה ישירה באמצעות מונים חכמים (המדידה אמורה להתבצע ב-150 דירות, אך תוצאות הביניים להלן מתייחסות למדידה ב-50 דירות) ואנו מנסים להשוות דירות ירוקות (שהוסמכו על פי תקן הבנייה הירוקה) ודירות סטנדרטיות. הממצאים מההשוואה אינם לגמרי עקביים – בחינת צריכת החשמל הכוללת מעלה כי דירות ירוקות הן מעט יותר יעילות בחורף (חיסכון של כ-3%), בחינת העצימות האנרגטית מעלה כי דירות ירוקות הן אכן יעילות יותר אנרגטית (חיסכון של כ-8%), אך שבוחנים את הצריכה לנפש אין שום שיפור או הבדל בין דירות ירוקות לכאלו שאינן ירוקות. הדירות שנסקרו, נבנו כולן בשנים האחרונות, מה שיכול לרמז שאולי גם הדירות שלא הוסמכו יישמו בפועל חלק מהדרישות בתקינה החדשה.

לסיכום, יש שיפור באיכות התרמית של בנייני המגורים בארץ, ככל הנראה בהשפעת התקינה. המתאם בין הצריכה לאקלום בסימולציה לבין הצריכה בפועל הוא חלש מאוד, זה בוודאי בשל התנהגות הדיירים, והפער בולט במיוחד בדירות גדולות. השונות בין משקי הבית היא גדולה מאוד, כלומר, להתנהגות הדיירים השפעה מכרעת על צריכת החשמל. החיסכון בצריכת החשמל המתקבל בפועל הוא צנוע בהשוואה לפוטנציאל החיסכון המחושב בסימולציות, גם כשמדובר רק בצריכה לאקלום – אם בתקן שיפור של 10% מאפשר עלייה בדרגה, בפועל אנחנו מקבלים הבדלים קטנים מכך בין הדירות הירוקות לסטנדרטיות.

הנושאים שכדאי להמשיך ולדון בהם:

- חלק מהגידול בצריכת החשמל נובע מכך שהדירות נעשות יותר גדולות כחלק ממגמה של עלייה ברמת החיים. מוצע להחמיר את הדרישות בתקינה לגבי דירות גדולות. יש כבר התייחסות בתקן לנושא באמצעות מקדם הקומפקטיות (בשיטה המרשמית בלבד), אך כרגע הדירוג האנרגטי נעשה לפי צריכת חשמל למ"ר. מוצע לשקול דירוג לפי צריכה כוללת במקום צריכה למ"ר, משום שבשיטה הנוכחית דירות גדולות עלולות לקבל דירוג גבוה, אך למרות שהן לכאורה 'יעילות' הרי שהצריכה הכוללת בהן גבוהה מאוד.

בתקן LEED למגורים יש תיקון לגודל הבית שמתבטא, מצד אחד, בכך שככל ששטח הדירה יותר גדול, יש דרישה יותר מחמירה כדי לקבל את ההסמכה (נדרשות יותר נקודות בכדי לעמוד בתקן). ומהצד השני, התיקון מתחשב גם במספר חדרי השינה בבית, כמדד למספר הנפשות שהבית משרת, באופן כזה שעבור שטח נתון, ככל שמספר חדרי השינה גדול יותר, התיקון בגין השטח פחות מחמיר. כלומר, תקן LEED מצא לנכון להתייחס בצורה שונה לדירות גדולות וקטנות, מה שמקבל אצלנו בתקן ביטוי חלקי בלבד.

- מומלץ ליזום צעדים משלימים לעידוד חיסכון, כגון תעריף חשמל מדורג לפי צריכה. צריך להבין שתקינה בלבד, ככלי שיביא לחיסכון באנרגיה במבני מגורים, כנראה לא תספיק.

ד"ר יונתן נתניאן, הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון

מעבר לבנייה ירוקה – שיטות מתקדמות לחקר תפקוד סביבתי בארכיטקטורה

במעבדה שלי לחקר ביצועים סביבתיים בארכיטקטורה, אני מחפש לבנות את הגשר בין תהליך התכנון האדריכלי לבין מחקר כמותי בתחום ההנדסה הסביבתית. מצד אחד ישנם כלים חישוביים להערכת התפקוד שמתפתחים מהר מאוד עד יישומי למידת מכונה ובינה מלאכותית, ומצד שני האינטואיציה – העקרונות הפשוטים והיכולת לשאול את השאלות הנכונות לפני העבודה על המחשב, יכולת שנעשית מאוד חשובה במיוחד בסיטואציה מורכבת שבה צריך לנווט בין מספר גורמים ולבצע אינטגרציה ביניהם בתכנון. כדי לחקור את הנושא בפרספקטיבה רחבה, אנחנו עובדים במעבדה בשלושה קודקודים שונים של משולש ידע, לקראת גישה אינטגרטיבית של תכנון סביבתי – לכידת data מהסביבה הבנויה, בקני מידה שונים, החל מאמצעי חישה מרחוק ועד לאיסוף מידע סביבתי כמותי בתוך מבנים; רתימת יכולות מחשוב לצורך ביצוע חישובים ברזולוציה גבוהה ובקני מידה שונים; וויזואליזציה של הנתונים לקהלים שונים באמצעים ויזואליים אינטגרטיביים.

הקונטקסט הישראלי הוא אתגר והזדמנות, משלב רגישות שהיינו חייבים ליישם לאספקטים האקלימיים בתכנון בעידן טרום מיזוג האוויר, וחוסר רגישות באימוץ טכנולוגיות ושיטות תכנון שבהרבה מקרים גורמים לנו לפתור בעיות עם עוד טכנולוגיה. גם ברמה העירונית, ובמיוחד לאור התחזיות הדמוגרפיות, מדובר באתגר לא פשוט, וחוסר מידע כמותי כדי לעזור לנו להחליט איך החתיכה הבאה בפסיפס הטיפולוגי שלנו, הארצישראלי, צריכה להראות.

אתמקד בשש שאלות שלדעתי מאוד חשובות להמשך פיתוח תחום הבנייה הירוקה בישראל.

1. מהם גבולות הגזרה בבנייה האקלימית? הפרספקטיבה העולמית בבנייה אקלימית מתקדמת – מהעידן הפאסיבי, לעידן המערכות, לתכנון היברידי, תכנון מאופס אנרגיה, ועד

לתכנון הרגנרטיבי-המעגלי-הדיגיטלי (regenerative design), כאשר הסטנדרטים מתעדכנים בהתאם. בארץ אנחנו נמצאים איפשהו בין התייעלות לאיפוס אנרגיה, כאשר בינתיים הצעד הבא, היותר הוליסטי, שבו אנרגיה יושבת לצד מדדים אחרים חשובים, מזמן נדון בעולם סביבנו. והמטרות האלה גם מולידות צורך בכלים חדשים שמאפשרים לנו לבחון ולהעריך מספר גורמים יחד. השאלה על גבולות הגזרה היא חשובה שכן היא יכולה לשנות את הפרספקטיבה ואת התשובה הכמותית שניתן למשל לשאלה 'האם הבניין הוא ירוק?' ויש לה מספר שאלות משנה – מה הפרמטרים לבנייה ירוקה? איך מודדים את אותם פרמטרים? איך ואיזה משתני תכנון ישפיעו על התפקוד הסביבתי בקונטקסט שלנו?

2. **מהו גבול התפקוד הסביבתי אליו נוכל להגיע בסביבה צפופה בתרחישי תכנון שונים?**

בשנת 2012 הובלתי מחקר על האדפטציה של איפוס אנרגיה לקונטקסט הישראלי בעבור המשרד להגנת הסביבה, וזאת אחת השאלות שעלתה – האם נוכל לכוון לתפקוד סביבתי בישראל ב-2050 כאשר אנחנו עומדים להכפיל את הסביבה הבנויה? וזה הניע אותי לפתח גישה מרובת משתנים במרחב של הבלוק העירוני, שמאפשרת בחינת מספר רב של חלופות באופן פרמטרי, כאשר ייצור וצריכת אנרגיה נבחנים ביחד עם פרמטרים של איכות סביבתית – זמינות תאורה טבעית וניתוחי נוחות תרמית בשטחי חוץ, כדי לבדוק את התיעדוף ביניהם. המתודולוגיה הופעלה על חמש טיפולוגיות שונות, בניסיון לענות על השאלה איזה טיפולוגיה תאפשר לנו להגיע קרוב יותר לאיפוס אנרגיה בתרחישי צפיפות שונים, בתרחישי טכנולוגיה שונים, ובשימושים שונים (מגורים ומשרדים).

3. **כיצד מיקרו האקלים העירוני משפיע על התפקוד הסביבתי בתרחישים שונים? התמקדנו**

בהשפעה של נוחות בשטחי חוץ. מעבר לאנליזות ממוחשבות, חייבים ככל הניתן לבצע קליברציה וולידציה של המודלים שלנו על ידי מדידות בשטח, גם כדי לצמצם את פער הביצוע.

4. **כיצד נבצע אופטימיזציות תפקוד סביבתי בקני מידה גדולים? כיצד שוקלים כל אחת**

מהמטרות כדי להגיע לחלופה המיטבית מתוך ראייה של כמה פרמטרים ביחד, כאשר הפרמטרים יכולים להשתנות (אנחנו בוחנים למשל גם פרמטרים של צפיפות נתפסת, הליכתיות ועוד)?

5. **מהן המשמעויות התפקודיות של מגוון טיפולוגיות ושימושים במרחב העירוני? נבדק**

הפוטנציאל האנרגטי של סביבות מגוונות, גיוון לא רק בתצורת המבנה אלא גם בעירוב שימושים, ובאופן עירוב השימושים – גלום פוטנציאל בשילוב עקומות הצריכה של מגורים ומשרדים בקנה המידה הבנייני ביחד. השילוב מסייע לשטח את עקומת הצריכה, לייצר נקודת פתיחה טובה יותר ולצמצם את הצורך באגירה. לצורך כך פיתנו מתודולוגיה לאופטימיזציה של שילוב שימושים וטיפולוגיות ברובע העירוני – בשלב הראשון, מבוצעת אופטימיזציה אוטומטית המונחית על ידי איזון אנרגטי בשילוב הבטחת זכויות השמש לסביבה הבנויה. שלב

זה מסייע לסימון הפתרונות העדיפים על חזית הפארטו. בשלב השני אנחנו בוחנים פרמטרים נוספים באופן אינטראקטיבי.

6. **כיצד נוכל לתקשר את הנתונים והתוצאות באופן אפקטיבי לקהלים שונים?** איך מציגים

את כל המידע הזה לכמה שיותר סוכנים בתהליך התכנון? נדרשת מתודולוגיה לויזואליזציה של נתונים אקלימיים שנתיים, ואנו מקיימים שיתופי פעולה עם גופים מחוץ לישראל (– CIL City Intelligence Lab), כדי להפוך את המידע לאינטראקטיבי. הרעיון הוא לחבר את השיטות שפיתחנו לאנליזה מהירה בקני מידה שונים, באופן שיאפשר לתקשר את התפקוד הסביבתי של התכנון באופן ויזואלי.

בהמשך, נרצה להרחיב את הבחינה של השפעת הצמחייה על תפקוד הסביבה הבנויה, בחינת פתרונות מונחי משתמשים ואינטגרציה שלהם בחיזוי אנרגיה ואיכות סביבתית, בחינת שילוב הערכת מחזור חיים כפרמטר חשוב. אלו הן שאלות נוספות וחשובות לקידום תחום הבנייה הירוקה בארץ.

4. דיון

לאחר מצגות המשתתפים התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג, ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. הדיון התמקד בשאלות:

- מהן מטרותיו של תקן הבנייה הירוקה?
- האם יש נושאים מהותיים שלא נכללים בתקן?
- האם התקן עשוי להשיג את מטרותיו?
- האם נעשה או נקבע תהליך הערכה לתקן?
- האם קיימות נקודות חולשה במבנה התקן וביישומו?
- מהם החסמים ליישום התקן?

דברי המשתתפים מובאים כאן בסדר בו נשמעו וללא עריכה, לאחר שעברו ביקורת על ידי אומריהם.

עפרי טלסניק: אני מנהלת מעבדה לבדיקות של בנייה ירוקה ושל דירוג אנרגטי. הדבר הכי קריטי שאנחנו רואים בשטח, מהעבודה היומיומית, הוא החשיבות לוולידציה של שיטות של דירוג אנרגטי. לאחרונה, עם הירידה של ENERGYui (התוכנה שנבנתה במיוחד עבור ת"י 5282), מחפשים כל מיני שיטות אחרות לעשות את החישובים של הדירוג האנרגטי, כאשר היועצים מחפשים את הדרכים הכי יעילות (cost-effective) לעשות זאת, ואנחנו רואים שונות מאוד גדולה בין השיטות ובין הדירוג האנרגטי שמתקבל באמצעותן, שנובעים גם מהעדר ידע של הממדל עצמו ושל מי שעורך לאחר מכן את ההשוואה, כאשר מדובר בעיקר על חישוב על פי השיטה התפקודית שהיא הרווחת כיום במגורים (פחות מאחוז אחד מהפרויקטים מוגשים בשיטה המרשמית). יכול להיות שבעקבות תקן 5282 חלק 1 החדש, תהיה היענות גדולה יותר לשיטה המרשמית, אך כרגע השיטה התפקודית היא השיטה המובילה, והיא גם זאת שיכולה להשיג את הדירוג האנרגטי הגבוה יותר בתקן החדש. הפערים בביצוע הם מאוד גדולים, כך שלאחר שמיישמים הערות שקיבלו מאיתנו הדירוג יכול לרדת בשתי דרגות (מ-A ל-C). המשמעות היא שבהעדר מעבדה שבדקה את הדיווח ודרשה תיקונים, יכול להיות שבניין היה מאושר בדירוג אנרגטי A למרות שבפועל הדירוג שלו הוא C, ואף גרוע מכך. אנחנו רואים את הפערים בכל מיני היבטים – למשל, בניית מבני ייחוס עם ערכים לא הגיוניים, תוצאות הרצה שבהן דרישת האנרגיה לחימום גבוהה יותר מהדרישה לקירור (במישור החוץ), ועוד. לכן, חשוב לייצר ולידציה לתהליך הביצוע ולא רק לתוכנת החישוב – לצמצם את האפשרות לטעויות ולשפר את רמת הידע של העוסקים בעניין.

פרופ' גדי קפלוטו: אני רוצה לברך את פרופ' רחל בקר ואת הצוות שעבד על תקן 5282 חלק 1 החדש, כי מעבר לוויכוח האם באמת ועד כמה התקן משפיע על הורדת צריכת האנרגיה של מבנים, התקן מייצר לאורך שנים שינוי במודעות של אנשים לגבי הערך שבנייה ירוקה מייצרת, וזה כשלעצמו נושא

מאוד חשוב. אך יחד עם זאת, חייבים באיזשהו אופן להיות קשובים למגמות שרואים בשוק של עלייה מתמדת בגודל הדירות לאורך השנים, ולהקטנה של גודל משקי הבית, כך שאנחנו אולי מקבלים בהתאם לתקן צריכת אנרגיה נמוכה יותר למטר מרובע, אך הצריכה הכוללת גדלה. לדעתי, תקינה ירוקה צריכה להעביר מסר גם לגבי אורח החיים שלנו, ואני מציע שכולנו ביחד נחשוב איך אפשר להתייחס לנושא הזה כדי שיהיה שינוי אמיתי בהקטנת צריכת האנרגיה הכוללת ולא רק בעצימות האנרגיה¹⁹.

רן רביב: המחקרים שהציג פרופ' אביתר אראל הם מתסכלים שכן הם מצביעים על כך שלמרות הציפייה זה לא באמת עובד, ומצד שני הם תואמים לאינטואיציה שהייתה לי ששינוי התנהגות הוא מרכיב הכרחי (לא בלעדי אלא משלים), אך לא ברור כיצד ניתן ליישם אותו. אני לא בטוח אם יש לכך ביסוס מחקרי, אך יתכן כי חשבון דיפרנציאלי (בדומה לחשבון המים) יכול להביא לשינוי, לעומת הסברה וקמפיינים לחיסכון, שהם כשלעצמם נדמה לי לא יכולים להביא לשינוי משמעותי בצריכת האנרגיה.

פרופ' רחל בקר: כיוון שנצבר הרבה ניסיון בתקנים הקודמים, וכן התקבלו הערות מהציבור, כולל ממכוני הבדיקה, הבנו שצריך לפרט הרבה יותר – והתקן היום הרבה יותר מפורט בכל מה שנוגע להזנת הנתונים לתוך ההרצות. עשינו גם השוואה בין תוכנות שונות, באמצעות עבודה שנעשתה במשרד האנרגיה, כדי שנצליח לכלול את כל הנתונים הנדרשים בצורה מפורשת. לכן, אנחנו מניחים שהנושא הזה פתור בתקן החדש הרבה יותר טוב, גם מבחינת המתכננים ומבצעי החישובים, וגם מבחינת ציבור בודקי ההגשות. כמובן שאפשר לתקן עוד בהמשך בהתאם להערות שיגיעו מהשטח.

בנוסף, כדי שלמי שמבצע את החישובים יהיה מקור להתייחסות לגבי מכנה הייחוס, הוכנה טבלה של ערכי הייחוס המחושבים בגרסה מסוימת של EnergyPlus שמתמשים בה כיום. אפשר להשתמש בערכים אלו ולא צריך לחזור על החישוב של ערכי הייחוס אם משתמשים בדיוק באותה גרסה. מי שמתמש בגרסה אחרת צריך לעשות את החישוב לבד, אבל יש לו את הבסיס להשוות ולראות האם החישוב בוצע נכון.

אנחנו מקווים שהמענים שהתקן החדש נותן, תורמים גם לשלב של הבדיקה, ומבטיחים שעובדים נכון עם התקן. זאת נקודה חשובה, כדי שלא יעשה גרינווש באמצעות התוכנה שלא יהיה לו אחיזה במציאות.

¹⁹ Capeluto, I. G. (2022). [The Unsustainable Direction of Green Building Codes: A Critical Look at the Future of Green Architecture](#). *Buildings*, 12(6), 773.

עפרי טלסניק: מה שנעשה עם ההרצות של מבני הייחוס זה בנצ'מרק מצוין לוולידציה, כי אם הממדל מוכיח שהוא הגיע לערך הזה אז אפשר גם להסתמך באיזושהי רמה על התוצאות שלו לגבי המבנה המתוכנן.

פרופ' אביתר אראל: נתונים נוספים שלא הצגתי במצגת מתייחסים להשפעה של גורמים שונים על צריכת החשמל בדירות הסקר שביצענו (מעל 800 דירות, שבודדו לאחר תהליך יסודי של טיוב הנתונים, כאשר במקור השתתפו בסקר 1,500 דירות). אם נדע מה משפיע על הצריכה נוכל לכוון למהלכים שישיפיעו על חיסכון. אך ההשפעה על צריכת האנרגיה היא מורכבת – אפשר להניח שנושאים כמו הכנסה, השכלה, או אזור אקלים ישפיעו; אך ראינו הבדלים בין אוכלוסיות שונות – למשל, האוכלוסייה החרדית הרבה יותר חסכונית בצריכת החשמל בהשוואה לאוכלוסייה משכילה עם מודעות סביבתית גבוהה, וזה נובע כנראה מכך שמדובר באוכלוסייה אמידה יותר, שחיה בדירות גדולות יותר עם סגנון חיים אחר לגמרי. אני גם יכול להעיד שחינוך מהבית לא מבטיח התנהגות חסכונית. מכאן שזה נושא קשה לפיצוח, למשל, גם אם יעלו את תעריף החשמל, אוכלוסיות אמידות ימשיכו לנהוג כפי שנהגו עד עכשיו. כאשר ניסיתי לבחון אפשרות לחיסכון בבית שלי מצאתי שהחיסכון הגבוה ביותר שהצלחתי להשיג הוא של כ-5%, וזה נובע מכך שישנם דפוסי התנהגות מקובעים שנובעים מסוג הבית שבו חיים, דוד השמש המותקן וסגנון החיים המאפיין שלא ממש ניתן לשנותם. ולכן אני מניח שגם מסעות הסברה בתחום לא יחוללו חיסכון משמעותי. במסע ההסברה שהתקיים לפני שנים אחדות בנושא של 'ישראל מתייבשת' ואשר לווה בעלייה משמעותית של פי שלוש בתעריף המים, הצליחו להביא לחיסכון של כ-10%. התקינה, שאני שותף לניסיון לשפרה הרבה שנים, היא חלק חשוב, אך היא לא יכולה להיות כל הסיפור.

צריך להתייחס לשינוי ביחס בין מספר הדיירים לגודל הדירות – בפועל גרים פחות אנשים בדירות יותר גדולות, והדירות הגדולות צורכות יותר חשמל לאקלום.

ד"ר יונתן נתניאן: אני מצטרף לברכות לפרופ' בקר ואראל על קידום הנושאים בתקינה, ואני חושב שזה שהגענו לדבר על פערי הביצוע זה מצוין. זה מאוד חשוב כי אין כל כך בישראל תרבות של העברת מידע, וצריך ביחד לחשוב איך מייצרים אותה. פער ביצוע יכול לקרות גם אצל משתמש התוכנה, גם בתוכנה עצמה וגם בהתנהגות הדיירים. זאת אינה בעיה ייחודית לישראל, וגם בעולם מנסים להבין איך אפשר לצמצם את הפער בכל מיני דרכים ואמצעים.

אחד מהאמצעים הבסיסיים ביותר הוא לחזור לבניינים שתוכננו בהתאם לאמות מידה מסוימות ולהבין איך הם מתפקדים בפועל. צריך לחשוב איך והאם תהליכים של הערכה לאחר אכלוס (Post

Occupancy Evaluation) מתממשים עם התקן. מאוד חשוב לבצע את ההערכה הזאת כדי שנבין מאיפה הפערים נובעים ואיך אפשר לצמצם אותם. תהליך הערכה כזה מייצר מידע שממנו ניתן ללמוד.

היבט נוסף הוא קבלת מידע – למשל, כיום קשה מאוד עד בלתי אפשרי לקבל מידע מחברת חשמל. רק אם נוכל לקבל מידע, נוכל לנתח אותו, לסמן את הפערים ולחפש פתרונות לצמצום הפערים. וצריך לעשות זאת לא רק ברמת הבניין אלא גם ברמת הרובע, ברמת הבלוק העירוני. ברמה העירונית צריך לחשוב איך בשלבים ראשונים של תכנון ניתן ליצור חיזויים מהימנים שיוכלו להחלטות נכונות בשלבים האלה.

נועם נחמני: אני מציע שהרגולטור ימנה גורם רשמי שיהיה מוסמך לאשר תוכנות חדשות לדירוג אנרגטי וכן יבחן את ההטמעה של מודל הייחוס בתוך התוכנה, וזאת כדי לוודא שהדירוג האנרגטי הוא אחיד ומדויק.

שאלה לד"ר יונתן נתניאן – איך מטמיעים אופטימיזציה לתכנון סביבתי בשלבים מוקדמים בתכנון, בשלבי התב"ע ששם טמון היתרון הגדול? יכול להיות שזה יכול להיכנס למדד של שכונה 360.

גלעד כרמל: רוב המחקרים והעבודות בתחום נעשו לגבי מגורים, ולדעתי כדאי להרחיב ולהעמיק את הבדיקה גם בנוגע למבני ציבור, בדגש על מבני חינוך. הבנייה הציבורית יכולה להוות מנוף משמעותי לכל התפיסה של הבנייה הירוקה והחיסכון באנרגיה.

נעמה שפירא: בתוכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה (2020)²⁰ ובהחלטת ממשלה 541 מאוקטובר 2021, מדובר על הקמת מערכת לניטור, דיווח והשוואה של צריכת אנרגיה בפועל במבנים. האם הנושא מוקדם?

רן אברהם: מבני חינוך הם מבנים שקיימים בכל הרשויות המקומיות ומהווים חלק מרכזי מהבנייה הציבורית המנוהלת על ידי השלטון המקומי. בשנים האחרונות, בעוד שהרשויות המקומיות מחויבות על פי חוק מקורות אנרגיה בביצוע סקרי אנרגיה של הצרכנים המרכזיים שלהן, לרבות מבנים, בצורה פרדוקסלית, דווקא מבני החינוך יצאו מהתמונה, שכן מרבית הרשויות המקומיות העבירו את בתי הספר למודל של ניהול עצמי, כיחידה עסקית נפרדת (שמקבלת חשבון חשמל נפרד), ואלו לא מדווחים בסקרי האנרגיה המוגשים למשרד האנרגיה. המשמעות היא שיש לנו פער מאוד גדול באינפורמציה שאמורה להיות נגישה לרגולטור. יש מספר רשויות שמבינות את הלקונה ועורכות סקרים גם במבני החינוך, שהם בעצם עיקר הנכסים הפיזיים של הרשות, מלבד מבני העירייה עצמה ואולי עוד כמה

²⁰ משרד האנרגיה (2020). [התוכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה 2020-2030](#).

מבנים שקשורים למחלקות הרווחה. רוב המבנים במרבית הרשויות המקומיות הם בתי ספר וגני ילדים, אך במודל הניהול העצמי הרשויות לא חשופות, לא משלמות ולא אחראיות על חשבונות החשמל, וגם לא יודעות אם המוסדות מתנהלים ביעילות. העירייה מעבירה למוסדות תקציב על פי מפתח מסוים ומתוך כך משולמים החשבונות. אני מקווה שבשנים הבאות הרשויות כן ידווחו גם על מבני החינוך ונוכל לדעת קצת יותר טוב האם מבנים שנבנים בשיטות בנייה יעילות יותר, בהתאם לתקינה המתקדמת, באמת מפגינים ביצועים טובים יותר.

בתי הספר כיום עובדים כמעט מסביב לשעון – מתקיימים בהם לימודים עד שעות הצהריים ומיד לאחר מכן נכנסות פעילויות קהילתיות, כגון, צהרונים, חוגי ילדים ומבוגרים. ולכן כאשר מנתחים דפוס שימוש במבנה חשוב לא לשכוח את הדפוס שלשמו תוכנן, ואת הרכב התפקוד של המבנה. לפעמים מבנה תוכנן לשימוש מסוים – בשעות מסוימות ובמשטר הפעלה מסוים, אך בפועל הוא פועל אחרת לגמרי, ואנחנו לא צריכים להיות מופתעים אלא להיות מודעים להיבט הזה.

בשיתוף משרד האנרגיה והלשכה המרכזית לסטטיסטיקה אנחנו מבצעים סקר שאמור לייצר עבורנו נתון לגבי עצימות האנרגיה (Energy Use Intensity – EUI) במבני משרדים בישראל, הסקר בוחן מדגם רחב לפי סוגי בנייני, אזורי אקלים ועוד, ואמור לפעול לפי המתודולוגיה של ה-EnergyStar האמריקאי. אנחנו מקווים שזה יהיה הצעד הראשון לקראת קבלת החלטות יותר מושכלת גם בתקינה.

נעמה שפירא: צריכת האנרגיה המדווחות של הרשויות היא כללית מאוד, איך היא תורמת להבנת הנושא של יעילות אנרגטית, בהינתן ומבני החינוך אכן יכללו בדיווח?

רן אברהם: הנושא של סקרי האנרגיה הוא בסמכות משרד האנרגיה. רשויות מקומיות שהן צרכן כבד של אנרגיה מחויבות בסקרי אנרגיה, ובסקרים עצמם ישנו פירוט נרחב, ברמת המבנה, ולפעמים אף מפורט הציוד במבנה, וכן מפורט גיל המבנה. אני חושב שלאחרונה משרד האנרגיה הכניס גם התייחסות לסוג הבנייה. ההערכה היא כי מרבית המבנים ברשויות כיום הם מבנים ותיקים שלא נבנו על סמך תקנים מתקדמים. על פי חיתוך סביר של גיל המבנה ושל נתונים נוספים שהמשרד להגנת הסביבה מפרסם לגבי בנייה ירוקה, ניתן לבצע את ההצלבה ולהבין טוב יותר את ההיבטים האנרגטיים, אך חשוב להדגיש שהרשויות מחויבות לדווח לרגולטור שיכול להפעיל אמצעי מדיניות בהתאם לכך, אך זהו אינו מידע שמפורסם לציבור.

אנרגיה היא וקטור מוביל בעולם הבנייה הירוקה אך היא לא הווקטור היחיד. עולמות נוספים שמעניינים את המשרד להגנת הסביבה כוללים את הנושא של פליטות, מניעת חשיפה למזהמי סביבה, נגישות לערכים גבוהים יותר של נוחות, והסתכלות עירונית. במסגרת הדיונים על הרביזיה של תקן הבנייה הירוקה, שאמנם עוסק ברמת המבנה והמגרש, אנחנו גם מגדירים פרמטרים שעוסקים קצת מעבר

לתחום המגרש – השפעת המבנה על סביבתו, השפעת הסביבה על המבנה, פחמן גלום (embedded carbon), ניתוח מחזור חיים (Life Cycle Assessment – LCA). אנחנו רואים את זה גם בתקינה הירוקה בעולם, זה לא רק אנרגיה.

נעמה שפירא: האם יש נושאים (שאינם סעיפי סף), שעל אף שהם נמצאים בתקן לא נעשה בהם שימוש בפועל, והאם יש נושאים אחרים חשובים שאין להם כלל ביטוי בתקן?

עפרי טלסניק: אם יש נושאים חשובים נשמח להתייחס אליהם במסגרת הרביזיה של התקן.

בתקן כיום יש סעיפים שקל יחסית לצבור בגינם ניקוד, וזה אכן קורה בדרך כלל, סעיפים אחרים קשה יותר ליישם אם זה בגלל שנדרשת השקעה גדולה יותר של תקציבים או שהם מתנגשים עם אלמנטים אחרים שמונעים יישום שלהם, וישנם גם סעיפים בודדים שכמעט לא מוגשים, למשל, מערכות פסיביות, מערכות אנרגיה מתחדשת (לאחרונה קצת יותר), שכונה בת קיימא, מגוון ביולוגי, חומרים בשימוש חוזר, ניתוחים מתקדמים של תאורה טבעית, הפרדת פסולת בשלב הבנייה.

במצגת של פרופ' אביתר אראל נראתה מגמה של ירידה בצריכת האנרגיה ביחידות דיור שנבנו בעשור האחרון, לעומת בנייה ישנה יותר, בלי קשר האם המבנים החדשים נבנו על פי תקן הבנייה הירוקה, ומהניסיון שלי זה אכן נכון, ואני חושבת שזה כן קשור לבנייה הירוקה. מאז שהתחלנו לבדוק על פי התקן, והגשנו הערות, זה בהחלט העלה את המודעות של המתכננים והמבצעים לנושא הזה, וזה השליך גם על יחידות שהן לא בבנייה ירוקה.

רן אברהם: זה מאוד מורכב לנסות לבדד את ההשפעה העקיפה של הסטנדרט שיצרה הבנייה הירוקה, גם על פרויקטים שאינם בבנייה ירוקה. אבל ראינו בעבר שחברות בנייה שנדרשו לעמוד בתקן הבנייה הירוקה בערים מסוימות (למשל, ערי פורום ה-15), בנו את אותם מבנים בדיוק, עם אותם מפרטים גם בערים אחרות שבהן לא נדרשו לעמידה בתקן.

איריס גבעולי: ממשק בין תקן הבנייה הירוקה לנושאים עירוניים – המועצה לבנייה הירוקה מקיימת פורום להטמעת התקנה לבנייה ירוקה ברשויות מקומיות מאז מרץ 2022, עם כניסתה לתוקף של התקנה שמחייבת עמידה ברמה של כוכב אחד ברחבי הארץ. אנחנו מתרשמים מאוד לטובה מהכוח הענק שמצוי בתוך הרשויות, ומההשפעה המשמעותית שאפשר לקדם בעבודה מולם. ההטמעה של התקנה מייצרת השפעה על נושאים עירוניים שיכולים לבוא לידי ביטוי בתב"עות, כתשתית להטמעת התקן בעבודה היומיומית, למשל, הנושא של מי נגר.

שיפור מבנים קיימים – מבני ציבור רבים ברשויות, ובפרט מבני חינוך, נמצאים במצב ירוד, למשל ללא בידוד תרמי וללא חלונות מבודדים, ונדרשת לגביהם הרבה מאוד עבודה. במבנים אלו נמצאים צוותי

הוראה, ילדים וקהילות שמתחברות, עם הרבה מאוד צמא לעשות שינוי. בתי ספר הם בהחלט מקום עם פוטנציאל לייצר שינוי ולהשפיע על הקהילה, ומאוד נשמח לקדם פרויקטים, לדוגמה תחרויות לבתי ספר ליצירת שיפור בהיבטים של בנייה ירוקה.

פיתוח ידע מקצועי לאדריכלי העתיד – מיזם נוסף שעסקנו בו ושגילינו בו כר פורה לפעילות עם הרבה מאוד צמא ורעב ואפילו חוסר ידע, כוון לאקדמיה. תחרות שנקראה 'עתיד דל פחמן' ועסקה בנושאים של אנרגיה כציר מרכזי אך גם בהיבטים נוספים של בנייה ירוקה, בשאיפה ללמד ולהטמיע אצל אדריכלי העתיד את תכני התקן, גם ברמה הטכנית אבל גם מעבר לזה.

פרופ' אברהם יזיאורו: אני רוצה לחזור ולהדגיש את הנושא של הנגשת נתונים. חוסר גישה לנתונים חוסמת את האפשרות לביצוע מחקרים. כחלק מהרצון להגיע לסביבות מקיימות יותר, זה סוג מידע שאנחנו לא יכולים לחסום. אנחנו בונים מערכות, תוכנות ושיטות אבל חסר המרכיב של הידע מהשטח שיכול להשלים את התמונה. במקומות אחרים בעולם זה קיים כברירת מחדל וכחובה אפילו. אני לא רואה סיבה למה זה חסום, סוגיות של פרטיות ניתנות לפתרון.

הממד הנוסף שעולה פה בפורום, מעבר לאנרגיה ולדברים מדידים, הוא המרכיב של האנשים בתוך הבנייה הירוקה, ואני רוצה להעלות למודעות גם אספקטים אחרים שאינם מדידים שמתייחסים לתרבות, לסוגיות של תפיסת חלל ואיכות הסביבה שאנחנו מייצרים – אספקטים שגם עומדים בפני עצמם, וגם משלימים להיבטים אחרים. לדוגמה, תקן WELL שבוחן אספקטים שקשורים לבני האדם ולא רק למבנה עצמו, ואלו אספקטים שצריך לתת עליהם את הדעת.

עידית הוד: אנחנו, כפורום ה-15 וכרשויות מקומיות מחוברים מאוד לתהליכי הרישוי, כלומר, כל מה שאחרי הרישוי יכול להתפסס אצלנו. וצריך באמת לייצר כלי שיוכל לבדוק, גם אחרי אכלוס, שהמבנים אכן עומדים במה שתוכנן.

יש היום נטייה רחבה לחפות מגדלים בציגוג, שאולי מבודדים היטב את הבניין פנימה, אבל זה מקרין חום החוצה (וגם מסנוור) ומשפיע מאוד לרעה על המרחב הציבורי – שמתחמם גם ישירות מהשמש וגם בעקיפין דרך החזרה ממבנים. זה נושא שלא נכלל בתקן וצריך לטפל בו.

טעינת רכבים חשמליים עשויה לעוות את תמונת המצב של צריכת האנרגיה במבנים, אשר יהוו מעיין תחנות דלק קטנות, דבר שהתקן מעודד, וצריך לחשוב איך מבודדים אותו.

הנושא האנרגטי הוא מאוד חשוב אך צריך גם לשים דגש על היבטים של בריאות, רווחה, ועירוב שימושים בקרקע. משאב הקרקע נמצא בישראל במחסור ומכאן שצריך לקדם גם הקטנה של הדירות

וגם עירוב שימושים. כדאי לדבר גם על הנושאים של שימוש בגגות לייצור מזון, בטחון תזונתי וחוסן אקלימי.

נאה דורש, נאה מקיים – מדברים בעיקר על מגורים, אבל אולי כדאי לחקור וליישם גם במשרדי ממשלה. אנחנו היינו רוצים בתקן החדש פילוחים של מבני הציבור, כי מבנה חינוך אינו דומה לאולם ספורט, למתנ"ס או למקווה. צריך לפלח את השימושים ולתת תשובות גם לנושאים האנרגטיים או למזערם כדי שהם לא יהוו מכשול לעמידה בדרישות.

פרופ' אביתר אראל: נגישות מידע – זה שאנחנו לא מצליחים לקבל נתונים על צריכת החשמל מחברת החשמל (או מחברת נגה), לקנה מידה שהוא קטן מיישוב שלם, לשום מחקר כבר שנים, מונע מאיתנו להבין מה מניע את הצריכה.

נועם נחמני: סעיף מערכות פאסיביות בתקן כמעט ולא מוגש באף פרויקט, ואני מעריך שיש עוד נושאים שכמעט לא מוגשים, או מוגשים באופן נדיר, וצריך לבדוק איך ניתן ליעל אותם. אנחנו פיתחנו תוכנה שבמסגרתה יועברו רוב ההגשות לבדיקה ואז יהיה לנו מידע מדויק על הסעיפים שמוגשים – באיזה דירוג אנרגטי, באיזה אזור בארץ. נוכל לשתף במידע הזה גם גופים כמו המשרד להגנת הסביבה, ונוכל ללמוד ולשפר.

פרופ' רחל בקר: ישנה חשיבות למעקבים לאורך זמן. עבודה שבוצעה בארה"ב הראתה שכאשר מעלים את הסטנדרטים של הבנייה בהיבט האנרגטי, לא תמיד רואים ירידה בתצרוכת האנרגיה, אבל כשבוחנים גם את שביעות הרצון ואורחות החיים שהתפתחו, בעיקר במגורים, רואים את ההשפעה לטובה. צריך לזכור שחלק מהאוכלוסייה מתגוררת בפריפריה, במקומות בהם איכות הבנייה הייתה הרבה יותר גרועה לפני כן, ואנשים לא מצליחים לחמם את הדירות בחורף או להגיע לנוחות תרמית ראויה בקיץ, והפיצוי הוא בדרכים שונות – בהתנהלות, בביגוד, בחוסר שביעות רצון, ובסבל. כאשר המבנים מתוכננים נכון יותר, הדברים לא תמיד יתבטאו בחיסכון באנרגיה, לפעמים אפילו יתבטאו בעלייה בצריכת האנרגיה, כי פתאום ניתן לחמם ולקרר את הדירות, והשימוש האנרגטי בא לידי ביטוי בכך שרמת החיים עולה ושביעות הרצון עולה, ולכך יש השפעות פסיכולוגיות וסוציאוקונומיות משמעותיות.

הגברת רגולציה ואכיפה – ת"י 1045 היה מחייב על פי החוק בישראל משנת 1985, וזאת הייתה עבירה פלילית שלא לעבוד על פיו. יחד עם זאת, הבנייה בישראל הייתה כולה נגועה בעבירות בנייה בהקשר הזה וכמעט ולא הקפידו על כך. רשויות בודדות בלבד הקפידו על הנושא של ביזוד תרמי, אך לרוב זלזלו בכך. מאותו רגע שהתחילה מודעות לגבי בנייה ירוקה והתחילה איזושהי אכיפה, דרך פורום ה-15, אנחנו רואים שינוי דרמטי בהקשר הזה, ופתאום כולם מקפידים על ת"י 1045. האווירה שישנה בישראל

ובעולם כולו, של הפחתת הרגולציה, ושל הורדת אכיפה, תפגע מאוד ביכולת לשיפור איכות הבנייה. אין דרך להבטיח את איכות הבנייה ולהבטיח יישום של נושאים שדובר עליהם כאן בלי רגולציה מסודרת ואכיפה שבלעדיהם משק הבנייה מתנהל כמו עולם שלישי.

ד"ר טל גולדרט: רשויות מקומיות מחויבות בדיווח צריכה שנתי למשרד האנרגיה מדי שנה²¹. זהו דיווח שנתי וכללי מאוד – צריכה שנתית של כל מתקני הרשות, עם פילוח לתאורת רחובות, ומבני חינוך. כמו שרן אברהם ציין, הרבה פעמים מדובר היה בדיווח חסר, כיוון שהרשויות מוציאות מחברת החשמל מידע לגבי המונים שברשות העירייה, והן לא רואות את המידע לגבי בתי הספר שנמצאים בניהול עצמי. כדי להתגבר על המשוכה הזאת, משרד האנרגיה הוסיף סעיף שהוא למעשה הצהרה של הרשות לגבי צריכת האנרגיה במבני חינוך, ושם נדרשים לציין גם כמה תלמידים לומדים באותם מוסדות וכמה תלמידים יש ברשות בסך הכול, מתוך כוונה לעשות אקסטרפולציה ולהעריך את צריכת האנרגיה לגבי מוסדות שלא נכללו במסגרת הדיווח. בסך הכול רשויות מדווחות את הדיווח הזה באופן סביר, גם אם לא מושלם, וגם נעשה ניסיון לטיוב של הנתונים אם דיווח נראה לא הגיוני, תוך פנייה לרשות בכדי לאמת את הנתונים. בדיווח זה אין חיוב לגבי מספר בתי ספר, סוג בנייה או כל פירוט אחר.

בנוסף, לרשויות בינוניות-גדולות עם צריכת אנרגיה גבוהה, בהתאם למה שנקבע בתקנות מקורות אנרגיה²², יש מחויבות לעשות סקר אנרגיה אחת לארבע וחצי שנים. רשויות קטנות לא נדרשות לכך כלל. בסקר הזה²³ יש פירוט לגבי סוגי צרכנים, כמה ומי הם. בגיליון של מבני ומוסדות חינוך ישנה שאלה האם המבנה הוא בניהול עצמי או בניהול הרשות. הרשות מעבירה למשרד האנרגיה את רשימת כל הצרכנים שבבעלותה, ומשרד האנרגיה שולף מתוך הרשימה באופן מושכל מספר צרכנים (5-10) שעליהם הרשות נדרשת לעשות סקר מפורט, כלומר, לאפיין את מרכיבי הצריכה, לספור נורות, מזגנים ועוד.

השגת נתונים – במחקר אקדמי שאני שותפה לו, מטעם מכללת שנקר, ויחד עם חוקרים מאוניברסיטת בן גוריון ומאוניברסיטת תל אביב, אשר ממומן על ידי משרד האנרגיה, הצלחנו לקבל קצת נתונים מחברת החשמל, באדיבות משרד האנרגיה כגורם מגשר, אך גם זה רק באופן אגרגטיבי, בטח לא באופן שיאפשר ניתוח פר בית ספר, אולי נצליח לאפיין רשויות בתחומי הקו הכחול. זה דרך אגב גם החסם של רשויות לקבל מידע לגבי בתי ספר בניהול עצמי – לרשות אין שום מעמד חוקי במוסדות

²¹ משרד האנרגיה. [דיווח צריכת אנרגיה שנתית לרשויות מקומיות](#).

²² תקנות מקורות אנרגיה (ביצוע סקר לאיתור פוטנציאל לשימור אנרגיה), תשע"ט-2018

²³ מרכז השלטון המקומי בישראל, משרד האנרגיה. [כלי ניהול צריכת אנרגיה ברשות המקומית](#).

אלו, ובתי הספר צריכים לחתום ולאשר שגורם חיצוני יראה את הנתונים, וזה כרוך בהרבה בירוקרטיה, ונתקל בקשיים רבים. זו לקונה ידועה שמנסים לפתור מכמה כיוונים, ואני מקווה שכן תמצא הדרך.

ד"ר יונתן נתניאן: מעבר לבנייה ירוקה – באירופה מדברים על regenerative design, בחינה של נושאים נוספים מעבר להיבטים האנרגטיים. גם באירופה התקנים מופרדים, יש תקני בנייה ירוקה ויש את תקן WELL או Living Building Challenge. השאלה היא אם אנחנו רוצים לעשות טעויות חדשות או טעויות ישנות. אנחנו צריכים לחשוב טוב על הממשק בין תקנים כאלה לבין תקן הבנייה הירוקה, ואיך ניתן לשלב אותם לתוך התקן הישראלי לבנייה ירוקה. הנושא של שילוב פרמטרים שונים בתוך הערכה של תפקוד סביבתי של מבנה ורובע הוא מאוד חשוב, וצריך לעשות תיעדוף בין הגורמים השונים.

הערכת מחזור חיים (LCA) – חסר בארץ מאגר ידע של נתוני הערכת מחזור חיים בישראל. אין כזה וחייבים שיהיה.

איפוס אנרגיה – בעולם כאשר מדברים על איפוס אנרגיה מתייחסים לצריכת האנרגיה אשר מגלמת את מלוא עלות האנרגיה וכוללת גם את שלבי כריית ושינוע האנרגיה, ולא רק את שלב השימוש באתר עצמו. בארץ מסתכלים רק על האנרגיה הנצרכת באתר, שזאת הסתכלות מאוד לא מתקדמת. גם בנושא זה נדרש לייצר מקדמים מקומיים שיגלמו את העלות המלאה לגבי כל דלק ודלק. אנחנו חייבים להתייחס להיבטים אלו כדי לעשות הערכה יותר הוליסטית של איזון אנרגטי כשבוחנים את צרכן הקצה.

רן אברהם: אני חושב שאנחנו צריכים להיות מספיק מדויקים בפערים המהותיים שמתקיימים בינינו לבין מדינות אירופה וצפון אמריקה בהקשרים של מאפייני צריכת האנרגיה במרחב הבנוי. בישראל אנחנו פחות צרכני חום, למעט יוצאים מהכלל. המבנים שלנו בעיקר צורכים חשמל, ובנוסף, במדינות מסוימות יש גם משמעות לגזי הקירור שהמבנים צורכים במסגרת המערכות שלהם. לדעתי אנחנו צריכים להתמקד בזה. אין ספק שהמרחב הבנוי יכול לתרום מאוד לשינוי בתמהיל הדלקים של מדינת ישראל ולעצימות הפליטות של רשת החשמל. הכיוון של מבנים שתורמים לייצור של אנרגיה מתחדשת במרחב המבונה, מודלים של איפוס אנרגיה או של מבנים יצרניים, שבא ומחבר בין ההתייעלות לייצור זה אתגר שאנחנו צריכים לשאוף לפצח, ולא בטוח שנעשה זאת כמו מדינות אחרות, כי למשק הישראלי יש מאפיינים ייחודיים של בינוי, אקלים, רשת חשמל ועוד.

אין ספק שכניסת הרכבים החשמליים למרחב הבנוי, גם אם לתקופת מעבר, תהיינה לה השפעות על האופן שבו המרחב, התנועה, הצרכנים השונים פועלים בתוך המרחב, וצריך גם בזה יהיה להתחשב בתקינה העתידית.

ד"ר יונתן נתניאן: אני מסכים שהרעיון של שמירה על איזון בין ייצור וצריכה זה משהו שאנחנו צריכים לשקול ואני בעד זה. אני פשוט חושב שברמת החישוב של אנרגיה אנחנו יכולים להיות יותר הוליסטיים באמצעות גיבוש מתודולוגיה שתגלם את סך העלות האנרגטית, ותבחין למשל בין ייצור אנרגיה באמצעות פחם, גז מחצבי או פאנלים סולאריים. כרגע זה לא קיים בישראל וחבל.

הדוגמא של הרכבים החשמליים היא בדיוק ההזדמנות לקחת את מה שקורה בעולם צעד קדימה, אלו דברים חדשים שאנחנו כבר יכולים להכניס לתוך המודלים שלנו, ובעצם להוביל בתחום הזה ולא להיגרר מאחור ולנסות להבין מה עשו במקומות אחרים.

פרופ' גדי קפלוטו: רוב הבנייה הקיימת זו בנייה שנבנתה לפני שהיו תקנים של בנייה ירוקה, וזו בנייה שדורשת טיפול, ולא בהכרח צריך להתמקד במבנים שצורכים אנרגיה רבה, כי בהחלט ייתכן שבמבנים קיימים שבהם צריכת האנרגיה נמוכה, הדבר לא נובע מטיב המבנים אלא מכך שמתגוררת בהם אוכלוסייה שלא יכולה להרשות לעצמה לאקלם אותם. הנושא של בנייה ירוקה ושדרוג אנרגטי של מבנים יכולים להוות תרומה חשובה וצריך לקשור את התקינה הירוקה לבנייה הקיימת ולנסות לשפר לא רק את הביצועים האנרגטיים של המבנים אלא גם איכות החיים של האנשים בתוכם, שזה לא פחות חשוב מחיסכון באנרגיה.

פרופ' אברהם יזיאורו: במחקר נוכחי שאני כרגע מבצע חסרים נתונים על התפקוד של חומרים, למשל, טביעת הרגל הפחמנית שלהם, ואנחנו נאלצים להשתמש בנתונים ממקומות אחרים ולהתאימם לתנאים בארץ, ולכן חשוב לקדם את רמת הידע בנושא הזה אם באמצעות תקינה על החומרים ואם באמצעות מחקר.

נעמה שפירא: דו"ח עתודות הבנייה הירוקה בישראל מזהה מגמת ירידה במרבית המדדים המצביעים על אימוץ בנייה ירוקה בשנת 2021 לעומת השנים הקודמות (2018-2020) – הן ירידה אבסולוטית במספר יחידות הדיור הירוקות שאושרו, והן ירידה בשיעור היחידות הירוקות מכלל היחידות שאושרו²⁴. האם ישנם חסמים מהותיים ליישום?

רן אברהם: הנתון בדו"ח העתודות אכן מצביע על ירידה ביחס לשנים הקודמות שבהן חלה עלייה, אך הדו"ח בעצם מנתח את כל תוכניות בניין הערים שקיבלו תוקף במסגרת מוסדות התכנון הארציים והמחוזיים שבהם נקבעה הוראה לחיוב בנייה ירוקה באותה שנת בדיקה. את הירידה שראינו בדו"ח על שנת 2021 (וגם בדו"ח החדש שאנחנו עובדים עליו לגבי שנת 2022) אנחנו מייחסים לעובדה שבמרץ 2022 נכנסו לתוקפן התקנות המחייבות בנייה ירוקה, ואנחנו מעריכים שהדבר הזה צינן את מוסדות

²⁴ המשרד להגנת הסביבה (2022). [עתודות בנייה ירוקה בישראל 2021](#).

התכנון מלקבוע הוראה מחייבת. אנחנו ממשיכים לראות הוראות מחייבות שקבועות בערי פורום ה-15 מהסיבה הפשוטה שבערים אלו קיימת מדיניות עצמאית מרחיבה ומתקדמת יותר מאשר התקנות המינימליות בנושא בנייה ירוקה. לכן ככל הנראה אנחנו עדיין רואים הוראות מחייבות לבנייה ירוקה, שבדרך כלל רשומות בהוראה גנרית שפורום ה-15 ממליץ לרשויות להכניס, שמציינת שיש לעמוד בדרישות הבנייה הירוקה בהתאם למדיניות העירונית או להנחיות המרחביות שמפרסם מהנדס הוועדה, מכיוון שההנחיות האלה מתעדכנות אחת לכמה זמן, ואולי בהמשך נראה מדיניות חדשה שהיא בדרך כלל מתקדמת יותר.

שוק הבנייה הירוקה עשה כברת דרך, אם היינו מקיימים את המפגש לפני עשר שנים השיח היה אחר לחלוטין. יש היום שוק ייעוץ מאוד רחב, יש מספר רב של מעבדות שבודקות ואוכפות את התקן. יש תמיד מקום לשיפור, התקן הוא מאוד פעיל וחי, ועובר כל הזמן עדכונים. בימים אלו התקן עובר רביזיה שזה מהלך מאוד רחב, שבוחן את המיקוד של התמות המרכזיות שצריך לעסוק בהן בשנים הקרובות, לצד עדכונים של תקני האנרגיה – כפי שפרופ' בקר תיארה הסתיימה העבודה על החלק שעוסק במבני מגורים ותתחיל העבודה על החלק שעוסק במבנים שאינם למגורים. במדינת ישראל כ-80% מהבנייה היא בנייה למגורים, גם בשטח וגם בהתחלות הבנייה, וכ-20% זה כל היתר – מסחר, תעסוקה, תעשייה, חינוך ועוד. אבל על פי הנתונים האגרטיביים האחרונים שפרסמה חברת החשמל, כ-54% מצריכת החשמל מתרחשת בסקטור שאינו למגורים, וכ-46% בסקטור המגורים, כלומר, סקטור המגורים הוא קצת יותר יעיל, אולי כי יש זהות בין מי שמשלם על השבונות החשמל למי שמשלם במבנה, בעוד שהבנייה האחרת מתאפיינת בהעדר בעל בית, גורם אחר משלם ואף אחד לא מכבה את האור במסדרון בסוף היום (אולי בבתי ספר קצת יותר), ושם יש הרבה מאוד עבודה לעשות וצורך להפעיל הרבה כלים שיקדמו התייעלות וחיסכון בצריכה, וגם ייצור אנרגיה.

5. סיכום והמלצות

בנייה ירוקה, או בנייה בת-קיימא, הינה גישה רב תחומית המבקשת לעשות שימוש בתהליכים אחראיים סביבתית וחסכוניים במשאבים לאורך כל מחזור החיים של הבניין מבחירת מיקומו ועד שלבי התכנון, הבנייה, התפעול, התחזוקה, השיפוץ וההריסה. מבנים ירוקים נועדו להפחית את ההשפעה הכוללת של הסביבה הבנויה על בריאות האדם והסביבה הטבעית. מכאן, שבנייה ירוקה מסייעת בהתמודדות עם שני אתגרים משמעותיים הניצבים בפתחנו, הן ברמה הגלובלית והן ברמה הלאומית – משבר האקלים והמעבר למשק ולכלכלה מעגליים²⁵.

על אף היתרונות המובנים של בנייה ירוקה, יישום וולונטרי עלול להיתקל בקשיים משמעותיים. בנייה ירוקה מחייבת הטמעת תהליכים ואמצעים חדשניים ואילו שוק הבנייה מתאפיין בשמרנות גבוהה. בטווח המיידי, בנייה ירוקה הינה בדרך כלל יקרה בכמה אחוזים מבנייה שאינה ירוקה, אך היא בעלת פוטנציאל לחיסכון כלכלי בטווח הארוך. ובנוסף, לעיתים ישנו קונפליקט בין בעלי העניין השונים – יזמים, בעלי נכסים ומשתמשים – כיוון שלא תמיד ישנה זהות בין המשלם לנהנה. לאור זאת, ישנה חשיבות רבה לביסוס רגולציה מסודרת בתחום ואכיפתה.

תקני בנייה ירוקה נועדו למיסוד ולהגדרת הבנייה הירוקה. בישראל, תקן הבנייה הירוקה (ת"י 5281) פורסם לראשונה בשנת 2005. החלטת הממשלה הראשונה שעסקה ישירות ובלעדית בקידום תחום הבנייה הירוקה התקבלה בשנת 2014²⁶. אך רק בחודש מרץ 2022 נכנס לתוקפו תקן הבנייה הירוקה, כתקן מחייב, והוא יוחל בצורה הדרגתית על מרבית הבנייה החדשה עד ספטמבר 2023.

התקן נוגע בהיבטים שונים של תהליך התכנון והבנייה של מבנים ומציב דרישות מינימום של איכות, וככזה מהווה סמן וזרז לבנייה איכותית ומתקדמת יותר, ויוצר השפעה מיטיבה על שוק הבנייה בישראל. עם זאת, התקן אינו מבטיח טיפול בכל ההיבטים שנכללים בו כיוון שהוא מחייב עמידה במספר סעיפי סף ומאפשר צבירת נקודות נוספות בהתאם לבחירת המתכנן. בפועל, צבירת הניקוד בתקן מתבצעת בגין סעיפים קלים ליישום וכדאיים כלכלית, בעוד שהיבטים אחרים, כאלה שנכללים בתקן וגם כאלו שלא, נותרים לא מטופלים.

בנוסף, תקן הבנייה הירוקה מתמקד בהיבטי תכנון וביצוע של בניינים, והסמכת הפרויקטים על פי התקן נעשית לאחר גמר ביצוע הפרויקט, ולא נעשית מדידה על ביצועי המבנה והמערכות המתוכננות לאחר האכלוס. כך למשל, דו"ח המעקב השנתי אחר יישום התוכנית והיעדים הלאומיים להפחתת

²⁵ המשרד להגנת הסביבה (2021). [בנייה ירוקה ככלי להתמודדות עם שינויי האקלים וקידום כלכלת משאבים מעגלית](#).

²⁶ משרד ראש הממשלה (2014). [החלטת ממשלה 1806 בנושא 'קידום בנייה ירוקה בישראל'](#), מיום 03/07/2014.

פליטות גזי חממה ומחויבות ישראל לאמנת האקלים²⁷ מציינ כי התעדת מבנים לתקן בנייה ירוקה בשנים 2016-2019 הובילו לחיסכון בפועל של 46 ג'יגה-ואט-שעה בשנת 2019, אך מדגיש כי אומדן ההפחתה מתבסס על הפער בין צריכה חזויה (תרחיש ייחוס) לבין צריכה בפועל, וכי אין בידי המשרד נתוני יישום פרטניים לכלי מדיניות שונים. יתרה מכך, במחקרים שבוצעו בארץ (ראו פרק 3 לעיל) נמצא כי החיסכון בצריכת החשמל המתקבל בפועל הוא צנוע בהשוואה לפוטנציאל החיסכון המחושב בסימולציות, ואמנם דירות חדשות (לא בהכרח דירות בבנייה ירוקה) הן אכן יעילות יותר מדירות ישנות, אך ישנה שונות גבוהה בין דירות, מה שמדגיש שלהתנהגות הדיירים השפעה מכרעת על צריכת החשמל, ובנייה יעילה היא אולי תנאי הכרחי לחיסכון, אך ככל הנראה לא מספיק.

זאת ועוד, היבטים אנרגטיים ניתן למדוד בקלות יחסית (בהינתן מידע נגיש), אך היבטים אחרים כגון איכות החיים ושביעות הרצון של המשתמשים במבנה, שהינם בעלי חשיבות מכרעת, מורכבים מאוד לכימות ודורשים תהליכי הערכה חלופיים.

צוות המומחים שהשתתף בפורום העלה מספר המלצות שחשוב ליישם כדי להבטיח את המשך פיתוח תחום הבנייה הירוקה בישראל.

הנגשת מידע ונתונים – זמינות של מידע ונתונים היא קריטית לצורך שיפור תהליכי התכנון וקידום אמצעי מדיניות מתאימים. שימוש בנתונים מהשטח בשלבי התכנון מאפשר לייצר חיזויים מהימנים שיובילו להחלטות נכונות בשלבים האלה; הערכה לאחר אכלוס מאפשרת להבין מאיפה הפערים נובעים ואיך אפשר לצמצם אותם; והבנת הגורמים המשפיעים על הצריכה מאפשרת בניית כלי מדיניות שישפיעו על חיסכון.

- מומלץ לבחון מנגנונים לקביעת דרישת חובה להנגשת נתונים, בעיקר בכל הנוגע לגופים בעלי נגיעה משמעותית להיבטים ציבוריים, כגון, רשויות מקומיות, חברת החשמל ועוד. יש לשאוף לתכולה רחבה של חובת ההנגשה (למשל, כך שתחול גם על בני ספר בניהול עצמי), וליצירת מסדי נתונים ברמת פירוט גבוהה.
- מומלץ לבחון תקינה שתבטיח רמת ידע גבוהה לגבי חומרים המשמשים בתחום הבנייה, ובתוך כך מידע לגבי טביעת הרגל הפחמנית שלהם.
- יש לקדם מחקר, לצורך ביסוס ידע מקומי בתחום, מחקר שיעשה שימוש בנתונים מקומיים ויסייע להתאמת נתונים ממקומות אחרים לתנאים בישראל. כדאי להרחיב ולהעמיק את המחקר גם בנוגע למבני ציבור, בדגש על מבני חינוך.

²⁷ המשרד להגנת הסביבה (2021). הפחתת פליטות גזי חממה בישראל – דו"ח מעקב שנתי אחר יישום התוכנית והיעדים הלאומיים להפחתת פליטות גזי חממה ומחויבות ישראל לאמנת האקלים.

אפיון תחום הבנייה הירוקה – נדרשת חשיבה מערכתית בשיתוף בעלי עניין שונים, לגבי הגדרתה ותכולתה של הבנייה הירוקה בישראל, לשם קידום ישראל לעמידה בסטנדרטים בין-לאומיים מתקדמים בבנייה. תהליך זה נדרש להתייחס לנושאים כגון:

- שילוב היבטים המתמקדים במשתמשים ולא במבנים בלבד, כגון בריאות האדם והרווחה שלו.
- תכנון מעגלי בכלל, וחישובי אנרגיה הוליסטיים בפרט, תוך התייחסות למחזור חיים מלא של אמצעי ייצור וחומרים שונים.
- מודלים של מבנים יצרניים, בהיבט האנרגטי, אך גם בהיבטים נוספים, כגון ייצור מזון.
- קני מיזדה שכונתיים ועירוניים, עירוב שימושים, והשפעות הדדיות בתוך הסביבה הבנויה, למשל, השפעות צפויות לכניסת רכבים חשמליים, או השפעות על תופעת אי החום העירוני.
- הטמעת אופטימיזציה לתכנון סביבתי בשלבים מוקדמים בתכנון, לצורך השגת תוצאות מיטביות בסביבה הבנויה.

עדכונים לתקן הקיים – יש לבחון במסגרת התקן הקיים מספר היבטים שדורשים עדכון:

- מדד ליעילות אנרגטית – עצימות האנרגיה של בתי אב קטנים (שטח רצפה נמוך) הינה גבוהה מעצימות האנרגיה של בתי אב גדולים, אך הצריכה הכוללת שלהם נמוכה יותר. מוצע לבחון את המדד ליעילות האנרגטית של יחידות דיור ולהחמיר את הדרישות בתקינה לגבי דירות גדולות (בדומה למנגנון המיושם בתקן LEED למגורים, אשר משקלל גם את שטח הדירה וגם את מספר חדרי השינה בבית, כמדד למספר הנפשות שהבית משרת).
- פילוחים בהתאם לשימושים. מומלץ להרחיב את פילוח מבני הציבור שהינם בעלי שונות גבוהה (מבנה חינוך אינו דומה לאולם ספורט, למתנ"ס או למקווה), ולהתאים את הדרישות למאפיינים הייחודיים.

יישום – יש לפעול לקידום יישום מיטבי של התקן בכלל הבנייה בישראל.

- הבנייה הציבורית יכולה להוות מנוף משמעותי לכל התפיסה של הבנייה הירוקה והחיסכון באנרגיה. מומלץ לקדם את יישום התקן גם במשרדי הממשלה.
- יש לבחון אמצעים לשיפור מבנים קיימים, באמצעות קישור התקינה הירוקה לבנייה הקיימת. לא בהכרח צריך להתמקד במבנים שצורכים אנרגיה רבה, כי בהחלט ייתכן שבמבנים שבהם צריכת האנרגיה נמוכה, הדבר נובע מכך שמתגוררת בהם אוכלוסייה שלא יכולה להרשות לעצמה לאקלם אותם, וחשוב לנסות לשפר את איכות החיים של האנשים במבנים אלו, גם אם השינוי יתבטא בעלייה בצריכת האנרגיה.

- יש לקדם פיתוח ידע מקצועי לעוסקים בתחום, ובתוך כך, לאשר תוכנות חדשות לדירוג אנרגטי ולבחון את ההטמעה של מודל הייחוס בתוכן, וכן לייצר ולידציה לתהליך הביצוע באופן שיצמצם את האפשרות לטעויות.

צעדים משלימים לתקן – מומלץ ליזום צעדים משלימים גם לשם עידוד לחיסכון (כגון, תעריף חשמל מדורג לפי צריכה) וגם לצורך ייצור אנרגיה מבוזרת (כגון, הסרת חסמים בירוקרטיים ומימוניים). יש להתאים כלים שונים לייעודים ומשתמשים שונים – אמצעים לבתי מגורים בהם יש זהות בין מי שמשלם על חשבונות החשמל למי שמשתמש במבנה, לא בהכרח יתאימו למוסדות חינוך או בריאות, ולהיפך.

נספח 1: תוכנית פורום האנרגיה

13:00 פתיחה – פרופ' גרשון גרוסמן

13:10 פרופ' רחל בקר, הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון

דרישות חובה לתפקוד אנרגטי וכללים לדירוג אנרגטי – בנייני מגורים (ת"י 5282)

13:20 פרופ' אביתר אראל, המחלקה למדעי הסביבה, גאואינפורמטיקה ותכנון ערים, אוניברסיטת בן גוריון

הקשר בין הדירוג האנרגטי של יחידת תכן לבין הצריכה בפועל

13:30 ד"ר יונתן נתניאן, הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון

מעבר לבנייה ירוקה – שיטות מתקדמות לחקר תפקוד סביבתי בארכיטקטורה

13:45 **דיון פתוח**, תוך התמקדות בשאלות:

- מהן מטרותיו של תקן הבנייה הירוקה?
- האם יש נושאים מהותיים שלא נכללים בתקן?
- האם התקן עשוי להשיג את מטרותיו?
- האם נעשה או נקבע תהליך הערכה לתקן?
- האם קיימות נקודות חולשה במבנה התקן וביישומו?
- מהם החסמים ליישום התקן?

מפגשי פורום האנרגיה של מוסד נאמן (www.neaman.org.il)

2022	פורום האנרגיה ה-52: תחנת כוח גרעינית בישראל
2021	פורום האנרגיה ה-51: אתגר רשת החשמל – הולכה, ניצול אופטימלי של משאבי הרשת וייצור מקומי פורום האנרגיה ה-50: דו-שימוש בקרקע חקלאית לייצור חשמל פוטו-וולטאי
2020	פורום האנרגיה ה-49: שילוב מימן במשק האנרגיה פורום האנרגיה ה-48: אנרגיה בעיר חכמה
2019	פורום האנרגיה ה-47: מערכות פוטו-וולטאיות משולבות אגירה לייצור חשמל מאנרגיית השמש פורום האנרגיה ה-46: הפקת אנרגיה מפסולת
2018	פורום האנרגיה ה-45: חסמים וזרזים להקמת מתקני ייצור חשמל פרטיים בישראל פורום האנרגיה ה-44: שיקולים סביבתיים, כלכליים וביטחוניים במיקום אסדת הטיפול בגז ממאגר לויתן פורום האנרגיה ה-43: הסרת הבידוד האנרגטי מעל ישראל פורום האנרגיה ה-42: היבטים פסיכולוגיים והתנהגותיים של חיסכון באנרגיה
2017	פורום האנרגיה ה-41: רכב היברידי וחשמלי פורום האנרגיה ה-40: גז טבעי לתחבורה בישראל
2016	פורום האנרגיה ה-39: מיקרו-גריד ורשת חשמל חכמה בעידן של ייצור מבוזר ואנרגיות מתחדשות פורום האנרגיה ה-38: צעדים ליישום לאחר אישור מתווה הגז בישראל פורום האנרגיה ה-37: ביטחון באספקת אנרגיה בישראל
2015	פורום האנרגיה ה-36: התייעלות אנרגטית בישראל: שדרוג מערכות פורום האנרגיה ה-35: אגירת אנרגיה בייצור חשמל פורום האנרגיה ה-34: ייצור משולב של חום וחשמל פורום האנרגיה ה-33: הרפורמה במשק החשמל בישראל
2014	פורום האנרגיה ה-32: ניצול מיטבי של הגז הטבעי המקומי, לרבות סוגיית הייצוא פורום האנרגיה ה-31: כיומסה לאנרגיה בישראל
2013	פורום האנרגיה ה-30: חשמל מאנרגיה סולארית בישראל פורום האנרגיה ה-29: עיר חכמה
2012	פורום האנרגיה ה-28: תחבורה יבשתית בת קיימא: היבטי אנרגיה וסביבה פורום האנרגיה ה-27: רשת חשמל חכמה כמנוע צמיחה לתעשייה בישראל פורום האנרגיה ה-26: ניצול פצלי שמן בישראל
2011	פורום האנרגיה ה-25: משק האנרגיה בישראל – חזון 2028 פורום האנרגיה ה-24: אנרגית שמש לבנייני מגורים בישראל פורום האנרגיה ה-23: ניצול אנרגית הרוח בישראל פורום האנרגיה ה-22: תחנת כוח גרעינית בישראל פורום האנרגיה ה-21: שיפוץ אנרגטי של בניינים
2010	פורום האנרגיה ה-20: מערכות פוטו-וולטאיות מחוברות-רשת למגזר הביתי והמסחרי פורום האנרגיה ה-19: חיסכון באנרגיה במערכות תאורה פורום האנרגיה ה-18: מיזוג אוויר סולארי בישראל
2009	פורום האנרגיה ה-17: השלכות חדירת גז טבעי למשק האנרגיה של ישראל פורום האנרגיה ה-16: רשת חשמל חכמה פורום האנרגיה ה-15: התייעלות אנרגטית ברשויות המקומיות בישראל
2008	פורום האנרגיה ה-14: רכב חשמלי והיברידי פורום האנרגיה ה-13: תחנות כוח סולאריות בישראל פורום האנרגיה ה-12: אנרגיה במשק המים פורום האנרגיה ה-11: בנייה חסכונית באנרגיה
2007	פורום האנרגיה ה-10: השפעות בריאותיות וסביבתיות של השימוש בגז טבעי בישראל פורום האנרגיה ה-9: מקומה של ישראל בשוק הביו-אתנול העולמי פורום האנרגיה ה-8: ניהול ביקושים ואספקה פורום האנרגיה ה-7: ביו-דלקים להפקת אנרגיה פורום האנרגיה ה-6: חיסכון במערכות מיזוג אוויר
2006	פורום האנרגיה ה-5: צורכי המחקר באנרגיה חלופית בישראל פורום האנרגיה ה-4: אנרגיית השמש להפקת חום פורום האנרגיה ה-3: הפקת אנרגיה מפסולת פורום האנרגיה ה-2: מערכות משולבות ליצירת חום וחשמל (קו-גנרציה) פורום האנרגיה ה-1: חשמל ממערכות פוטו-וולטאיות



neaman.org.il

מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית | קרית הטכניון,
חיפה 3200003 | טל. 04-8292329 | info@neaman.org.il

אנרגיה וסביבה