

ערכות מידע בנושא

בנייה ירוקה וחוסן

חשיבה סביבתית ליצירת חוסן
אקלימי, ביטחוני וקהילתי



04 | הקדמה

07 | פרק א
חוסן וביטחון אנרגטי

13 | פרק ב
שיטות בנייה מתועשות

21 | פרק ג
בידוד תרמי ועמידות אש

27 | פרק ד
זיגוג ועמידות בפני הדף וניפוץ

33 | פרק ה
חוסן ועצמאות מים

כתיבה: נגה הרץ, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה

ליווי מקצועי: עומר לביא, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה | יקיר למדן, המשרד להגנת הסביבה

תודות:

רן אברהם, המשרד להגנת הסביבה

אביאל ילינק

חברת ESD, פיתוח סביבה וקיימות

יקיר תמם, סולאר אדג'

עיצוב גרפי: דנה פיקל-נועם, סטודיו BrandNew

© כל הזכויות שמורות למועצה הישראלית לבנייה ירוקה והמשרד להגנת הסביבה. 2024.

הקדמה

מסמך זה מבקש להתוות קווים מנחים לתכנון מחודש, בראי הקיימות, של מבנים ובתים במרחב הכפרי אשר ניזוקו ונחרבו בשבת השחורה ובתקופת מלחמת 'חרבות ברזל'. המסמך מאגד נושאים נבחרים מתוך עולם המושגים של התקן לבנייה ירוקה (ת"י 5281) ותכנון בר-קיימה, שאימוצם יקדם מרכיבי חוסן ביטחוני וקהילתי אשר יתלוו לשיקום הפיסי. המסמך משלים פעולות נוספות והינו חלק מתהליך המחשבה על היום שאחרי, על השיקום, ועל הבנייה המחודשת של מרחב החיים ב"עוטף ישראל".

בניית מבנים "צמודי קרקע" אינה מחויבת בעמידה בדרישות התקן לבנייה ירוקה על פי חוק. יחד עם זאת, אימוץ נושאים נבחרים ורלוונטיים מתוכו בשילוב עם עקרונות ביטחוניים, יתרום מבחינה סביבתית וסייע ביצירת חוסן.

מטרת ערכות המידע היא להציג מידע שימושי ולהנגיש את הנושאים הרלוונטיים שנרצה להניח על סדר היום, על מנת לתת כלים לגורמי התכנון הציבוריים והפרטיים בבנייה המחודשת.

בנייה ירוקה ותכנון מקיים

התקן הישראלי לבנייה ירוקה, ת"י 5281, מעודד בנייה המצמצמת את הפגיעה בסביבה ובריאה יותר למשתמש. בנייה ירוקה חוסכת במשאבים הנדרשים לתפעול מבנים, לרבות צריכת חשמל ומים, מקדמת מחזור פסולת, ומשפרת את תנאי המשתמש בבניין.

תכנון מקיים נועד לייעל את צריכת המשאבים ולצמצם פליטות מזהמות. הוא שואף להישען על התחדשות של משאבים ונכסים עירוניים, ולייצר מערכת מחזורית של פעילות וצריכה במקום המערכת הלינארית האופיינית לפעילות האנושית והעירונית היום. הגישה שואפת להשתמש במשאבי הטבע לרווחת האדם במסגרת שמאפשרת למשאבים אלו להתאושש ולהמשיך לתפקד במצב מאוזן ובריא, למען הסביבה ולמען הדורות הבאים. פיתוח בראי הקיימות מבטא גם תהליך של למידה, הגדרה והסתגלות לתנאים משתנים וחוסר וודאות. עקרונות ברי-קיימה אלו יכולים לייצר דפוס פעילות כלכלי, חברתי וסביבתי אשר יאפשרו למרחב להתמודד טוב יותר עם השינויים הגלובליים המתעצמים.

חוסן - היכולת של מערכת לספוג הפרעות מבלי לפגוע בתפקודה

על פי הגדרת תוכנית מאה ערי חוסן, '100 Resilient Cities', מושג החוסן ותכניות החוסן השונות עוזרות לערים להסתגל ולהתאים עצמן לקראת השינויים והאתגרים הצפויים והלא צפויים. חוסן עירוני מוגדר כיכולת של בודדים, קהילות, מוסדות, עסקים ומערכות העיר השונות לשרוד, להסתגל ולצמוח מבלי להיפגע מלחצים וזעזועים אקוטיים שהן חוות.

בתפיסת 'חוסן עירוני' יש חשיבות רבה למוכנות, לניהול ולפיתוח של יכולות הכלה ומדידה של סיכונים ואתגרים, תוך התחשבות בצרכים חברתיים, כלכליים ופיזיים של כלל בעלי העניין בעיר.²

חוסן אקלימי וביטחוני - הממשק בין בנייה ירוקה, קיימות וחוסן

לכאורה, חוסן אקלימי וביטחוני יכולים להיתפס כרחוקים ואף מנוגדים אחד לשני. חוסן אקלימי מתקיים, בין היתר, כאשר רמות הצריכה ופליטות גזי החממה תואמות ליכולת של הסביבה להכיל את אותן השפעות ולהתחדש, וכך נוצרת מערכת מחזורית ומאוזנת של צריכת משאבים בד בבד עם התחדשותם. בעוד שחוסן ביטחוני מבוסס על תכנון המתחשב בתחזית של סיכונים ואתגרים עתידיים המסכנים את חוסנה של החברה, והנותן מענה למגוון מצבים, שימושים ואירועים, כדוגמת התקפות טרור, התמוטטות כלכלית או אסונות טבע.

במסמך זה מודגש הקשר החזק בין השניים. ההתחממות הגלובלית וההשלכות הבלתי צפויות שלה, כמו גם איומים ביטחוניים, מאתגרים את שיטות התכנון הנוכחי ועיצוב המרחב. לתכנון מקיים, כמו לתכנון לחוסן, יש תפקיד משמעותי בהבטחת עתיד בטוח, וזאת על ידי קביעת סט של החלטות ופעולות המסייעות להתמודד עם מגוון רחב של אירועים וסיכונים פוטנציאליים.

1 <https://www.rockefellerfoundation.org/100-resilient-cities>

2 מדדי איכות חיים, קיימות וחוסן לאומי, ממשלת ישראל, 2016.

פרק א

חוסן וביטחון אנרגטי



מבנים אחראים לכ-60% מכלל צריכת החשמל, לכ-30% מכלל צריכת האנרגיה בישראל וכן לכשליש מסך פליטות גזי החממה. גידול האוכלוסייה, העלייה ברמת החיים ושינויי האקלים מביאים לכך שהביקוש לחשמל צפוי להמשיך לגדול. בעוד שמדינות אחרות בעולם יכולות להתחבר לרשתות החשמל של מדינות שכנות, ובכך להגביר את יציבות הרשת, לישראל אין קשרי חשמל עם מדינות שכנות. מצב זה מחייב את ישראל לשלב בין מרכיבי הביטחון לעצמאותה האנרגטית. בניית בתים ומבנים עם יכולת ייצור חשמל עצמאית חיונית להפחתת עומסים על רשת החשמל ולהגדלת הבטחון והיציבות האנרגטית. כמו כן היא מסייעת למאבק בשינויי האקלים ולעמידה ביעדים אותם הציבה הממשלה בתחום זה. בהקשר זה, בניית מבנים מאופסי אנרגיה, בהם סך צריכת האנרגיה השנתית שווה לאנרגיה המתחדשת המיוצרת בהם, היא אמצעי חשוב לצמצום צריכת האנרגיה בסקטור הבנייה ולהגדלת שיעור הפקת האנרגיה ממקורות מתחדשים.³

כדי להגיע לאיפוס אנרגיה בבתים יש לייעל ולצמצם את הצריכה כמו גם לייצר אנרגיה. ייצור אנרגיה ניתן לבצע באמצעים שונים, כאשר הנפוץ בהם הוא יישום של פאנלים פוטו-וולטאים על הגגות. התקן הישראלי לבנייה ירוקה מייחס משקל רב לנושא ההתייעלות האנרגטית בשלב התכנון, באמצעות עידוד היישום של אסטרטגיות פאסיביות (כדוגמת העמדת המבנה ביחס למסלול השמש, אוורור ותאורה טבעית, ועוד), וגם התקנת מערכות יעילות וחסכוניות (חשמל, תאורה, מיזוג אוויר, ועוד). בנוסף, התקן לבנייה ירוקה מפנה לתקן משלים (ת"י 5282), אשר קובע דירוג אנרגטי למבנים. דירוג זה נקבע על ידי שקלול של מאפייני תכנון שונים (כדוגמת מעטפת המבנה, ההפניה, מערכות הזיגוג, ועוד).



ביטחון אנרגטי: בין חוסן אקלימי לחוסן ביטחוני



ביטחון אנרגטי של מדינה מוגדר כיכולת לספק לכלל אזרחיה את כל צורכי האנרגיה (חשמל ודלק) בכל זמן, ברציפות, במחיר ברי השגה ותוך שמירה על הבריאות והסביבה. מאחר שאנרגיה חיונית לקיום החיים, לביטחון האנרגטי משקל כבד בביטחון הלאומי. מדינות אשר רוב המקורות האנרגטיים שלהן מבוססות על דלקים פוסיליים חשופות ופגיעות לאי יציבות הנובעת משינויים וממשברים גיאופוליטיים, כלכליים ומאלו הנגזרים משינויי האקלים.

השפעות משבר האקלים, כמו השפעה של מצב ביטחוני זה או אחר, עלולות לפגוע ביכולת לספק אנרגיה ולפגוע ברמת החיים. עם זאת, אנרגיה המבוססת על מקורות מתחדשים מגבירה את הביטחון האנרגטי לצד הביטחון הלאומי.⁴

הרחבת השימוש במקורות אנרגיה מתחדשת מגבירה את הביטחון האנרגטי של הפרט והקהילה ותורמת בהשגת עתיד אנרגטי בר קיימא ובטוח בהיבט המשקי.

תועלות וערך

לסביבה ולמשק

- ◀ ביטחון אנרגטי בשגרה וחירום
- ◀ הפחתת פליטות
- ◀ הפחתת עומסי צריכת חשמל למשק
- ◀ שמירה על שטחים פתוחים

לתושבים ולקהילה

- ◀ עצמאות אנרגטית בשגרה וחירום
- ◀ חסכון כלכלי

3 מבנים מאופסי אנרגיה בישראל - פרויקטים מעוררי השראה, משרד האנרגיה והמועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2022.

4 סביבה, אקלים וביטחון לאומי: חזית חדשה לישראל: ביטחון אנרגטי לנוכח משבר האקלים, שחר דולב ורם עמר, המכון למחקרי ביטחון לאומי, אוניברסיטת תל אביב, 2021.

מקור האנרגיה המתחדשת העיקרי בישראל הוא השמש. ייצור אנרגיה מהשמש, מטבעו, מתרחש בשעות האור ובהיקף הגדול ביותר בשעות הצהריים, באופן שאינו מתלכד עם שיא הביקוש. כמו כן ייצור האנרגיה פוחת בימי החורף. זה מציב שני אתגרים מורכבים לרשת החשמל: אספקה זמינה של חשמל לאורך כל עונות השנה ומיתון עומס על קווי הולכה בשעות שיא הייצור. הפתרון לאתגרים אלו הוא אגירת אנרגיה. באמצעות שילובם של אמצעי אגירה ניתן לייצר את האנרגיה על פי הזמינות, לאגור אותה, ולהזרים אותה לרשת על פי הביקוש. כך, ניתן לחסוך בהפעלת אמצעי ייצור יקרים ומזהמים וניתן יהיה להניב למשק החשמל תועלות בדמות ביזור, יעילות, יציבות ובטחון הרשת. פיתוח והטמעה של טכנולוגיות האגירה נמצא בעיצומו של המאמץ הגלובלי ומחקר אינטנסיבי לאיתור ופיתוח חומרים מיוחדים שישתלבו וישפרו טכנולוגיות אגירה נערך במקומות רבים.

אגירה מבוצרת בבתיים ובשכונות, בין באופן פרטי או כחלק ממערכות מיקרו רשתות, מאפשרת יכולת עבודה אוטונומית במנותק מהרשת הארצית ובכך תורמת לחוסן הלאומי ולביטחון האנרגטי. גגות סולאריים בשילוב אגירה (הן בבתיים פרטיים והן על מבני ציבור ומסחר) יכולים להבטיח עצמאות אנרגטית מלאה, להפחית עומס מהרשת ולספק חשמל גם בחירום. אגירת אנרגיה הכרחית אפוא למשק האנרגיה העתידי ובלעדיה לא יתכן שילוב יעיל של מקורות אנרגיה.

אגירה - תקנה ורגולציה

בחודש נובמבר 2023 אישרה ממשלת ישראל את תוכנית המתאר הארצית לאגירת אנרגיה (תמ"א/19/1). התוכנית מסדירה את הליכי התכנון והוצאת היתרי הבנייה ומאפשרת הקמת מתקני אגירה במנעד רחב של הספקים, ייעודי קרקע ומיקומים לצורך מתן מענה למגוון השימושים. היתרונות של שילובם של מתקני האגירה יבטיחו, בין השאר, גיבוי גם למתקני ייצור חשמל. מכוח התמ"א, ניתן יהיה להקים מתקני אגירה בצמוד למתקנים פוטו-וולטאים, במתקנים הנדסיים בתחנות תדלוק בהן יש עמדות טעינה לכלי רכב חשמליים וגם בבתי מגורים. אלו יאפשרו לייעל את השימוש ברשת, לווסת את צריכת החשמל באזורי הביקוש ולתת מענה בעת הפסקות חשמל.

התוכנית מסדירה את הליכי התכנון לקידום מתקני האגירה ומאפשרת מכוחה הוצאת היתרים למתקני אגירה זעירים עד גדולים. מתקני אגירה גדולים מאוד יקודמו בהליכי הפקדת תוכנית ברמה המחוזית והארצית. התמ"א מגדירה מדרג של מתקני אגירת אנרגיה בחלוקה לפי הספק, וכן קובעת עקרונות תכנון, מיקומים מותרים להקמה והוראות לאופן בחינת היבטים סביבתיים.

5 אגירת אנרגיה - סקירת טכנולוגיות עיקריות לאגירת אנרגיה והתאמתן לישראל, משרד האנרגיה, אגף הכלכלה, 2019.

אגירת אנרגיה בסוללות (אגירה אלקטרו-כימית)⁶

אגירת אנרגיה באמצעות סוללות נמצאת כיום בלב המעבר של משקי החשמל מדלקים פוסיליים לאנרגיות מתחדשות ויכולה לספק שירותים רבים לרשת החשמל ואף לצרכן הפרטי.

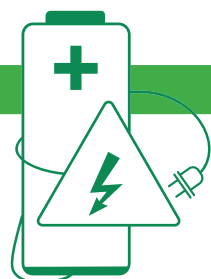
סוללה נטענת ממירה באמצעות שינויים כימיים אנרגיה חשמלית לצורה הניתנת לאחסון, ובחזרה, בעת הצורך. ישנו מבחר רב ושונות בין סוגי סוללות הליתיום הקיימות, סוללות יוני-ליתיום (Lithium ion) הן מהמתאימות לאגירת אנרגיות מתחדשות בעלות יעילות טעינה גבוהה ופריקה ספונטנית נמוכה. בדומה לטכנולוגיות אחרות בתחום האנרגיות המתחדשות עלות ההשקעה של הסוללות צפויה לרדת בכ-50%-60% עד שנת 2030.

יתרון גדול של הסוללות הוא המודולריות שלהן המאפשרת הצבה של מקבץ המתאים לכל קנה מידה, החל מסוללה אחת לשימוש ביתי ועד אלפי סוללות המחוברות יחד לכל רמת אנרגיה נדרשת. באופן זה בנק הסוללות יכול לצמוח במקביל לתחנות אנרגיה מתחדשות באופן שיאפשר שילובן וניהולן ברשת החשמל.

יתרונות

חסרונות

- ◀ מודולריות גבוהה
- ◀ מחיר במגמת ירידה
- ◀ מענה למגוון ייעודים
- ◀ צפיפות אנרגיה גבוהה
- ◀ כמות אנרגיה ליחידת משקל אשר ניתן לאגור בטכנולוגיה מסוימת)
- ◀ יכול להוות מפגע סביבתי
- ◀ זמן חיים מוגבל, נדרש החלפה ותפעול
- ◀ מתח נמוך
- ◀ (אנרגיה במתח נמוך היא איכותית פחות בגלל יכולתה לעשות עבודה פחות)



6 אגירת אנרגיה - סקירת טכנולוגיות עיקריות לאגירת אנרגיה והתאמתן לישראל, משרד האנרגיה, אגף הכלכלה, בשיתוף משרד א. חפץ יעוץ כלכלי וד"ר שוקי וולפוס 2019.

פרק ב

שיטות בנייה מתועשות



BIPV - תאים פוטו-וולטאים משולבי מבנה

תאים פוטו-וולטאים משולבי מבנה (BIPV - Photovoltaics Integrated Building) הם תאי PV אשר משולבים במעטפת הבניין וממלאים מספר פונקציות בו זמנית: ייצור חשמל, הצללה, הגנה על הבניין מפגעי הסביבה (רוח, משקעים, חפצים, אבק) ומהווים פתרון אסתטי. התאים יכולים להיות משולבים בגג, בקירות, בפתרונות הצללה, בחלונות ובאלמנטים מבניים נוספים. דוגמאות למוצרי BIPV הם רעפים, זכוכית לחלונות ולחזיתות, לוחות משולבי מבנה ואריחים סולאריים. טכנולוגיות BIPV מאפשרות לנצל את שטח מעטפת הבניין להפקת חשמל במלואה או בחלקה. BIPV משולב בזכוכית או באביזרי הצללה יכול להוסיף ייצור חשמל לאלמנט של הצללה, במקום שימוש במוצרים נוספים אשר רק מצלים (חלונות כהים או תריסים). כיום, ישנם מאות מוצרי BIPV שונים בעולם, אשר נותנים פתרונות ייצור אנרגיה מגוונים למעטפת המבנה. עם זאת, מכיוון שהטכנולוגיה יחסית חדשה ונצבר ניסיון מועט בשוק הישראלי בשימוש בה בקרב בעלי המקצוע, היא עודנה יקרה ביחס למוצרי מעטפת בניין קונבנציונאליים וביחס לפאנלים פוטו-וולטאים רגילים. בנוסף חסר ידע באשר ליישום הטכנולוגיה ולאורך החיים שלה.



בנייה מתועשת: בין חוסן אקלימי לחוסן ביטחוני

חוסן
ביטחוני

חוזק
ועמידות

מהירות —

מקומיות —

איכות —

ערך תרמי
ואנרגטי

חוסן
אקלימי

האתגר העומד כרגע בפני כלל העוסקים בבנייה בישראל הוא להוכיח שניתן לבנות מהר ויעיל ובו בזמן לספק איכות ועמידות גבוהה יותר מהמקובל בשיטות הבנייה המיושנות.⁸ על בנייה בראי של חוסן וקיימות לתעדף שיטות בנייה שמהוות פתרונות אדריכליים והנדסיים איכותיים, מקומיים עד כמה שאפשר, חזקים ועמידים בפני המכשעים השונים. שיטות בנייה בעלות ערכים תרמיים משופרים מבודדות את המבנה אקלימית מסביבתו ובכך מצטמצמת הסתמכותו על מערכות אלקטרו מכניות ליצירה של נוחות תרמית למשתמשיו. מבנה מבודד יצרוך באופן מובהק פחות אנרגיה לחימום וקירור ובכך תופחת צריכת האנרגיה וטביעת הרגל הפחמנית.



תועלות וערך

לסביבה ולמשק

- ◀ הפחתת פליטות
- ◀ חיזוק שוק מקומי
- ◀ חוזק ועמידות

לתושבים ולקהילה

- ◀ דירוג אנרגטי גבוה
- ◀ נוחות תרמית
- ◀ חסכון כלכלי
- ◀ בנייה מהירה, מדויקת ואיכותית

8 אתר חברת SID, סקירת שיטות בנייה מתקדמות www.sid-center.co.il

לשיטת הבנייה השפעה משמעותית על התפקוד התרמי של מעטפת המבנה (קירות, תקרות ורצפות), קרי, על היכולת של מעטפת המבנה לבודד את המבנה מהטמפרטורה החיצונית ולשמור בו על טמפרטורה נוחה. הערכים התרמיים של השכבות השונות המרכיבות את אלמנטי הבנייה מחושבים ומשוקללים לכדי ערך התנגדות תרמית שניתן לחלקי המעטפת השונים. ערכים אלו, בנוסף לנתונים אחרים, הם הבסיס לקביעת הדירוג האנרגטי של המבנה. בנוסף, מעטפת מבנה בעלת ערכי התנגדות תרמיים גבוהים (בעלת יכולת בידוד גבוהה), תורמת גם לעמידות בפני רטיבות, לחות וטחב.

שיטות הבנייה השונות מספקות למבנה חוזק ועמידות ותורמות לחוסן הביטחוני בחירום. בשל ההרס הרב בישובים שנפגעו במלחמה, נוצר צורך של בנייה מחודשת ומהירה שתתן מענה איכותי ובטוח ותאפשר את חזרת התושבים לאזור. עם זאת, בשל לקחי העבר, ברור שמהירות הבנייה אינה צריכה לבוא על חשבון איכות המבנים. בנייה מחודשת בשיטות מתועשות מתקדמות, אשר מיוצרות במפעל או בשטח, יכולות לתת מענה מדויק ומהיר, ולספק מוצר בעל עמידות גבוה לתרחישי שגרה וחירום. הבנייה המתועשת, לה יתרונות רבים לדייר כמו גם לסביבה, יכולה לתת מענה איכותי ומקיים לאורך שנים. בחירה בבנייה בשיטות המבוצעות ומיוצרות בישראל תתרום גם לחיזוק הכלכלה המקומית.



בנייה טרומית

בנייה מודולארית - שיטה בה חללי הבית המתוכנן לבנייה מיוצרים במפעל המתמחה בכך. בסיום הייצור במפעל, מובילים את החללים לאתר הבנייה ומרכיבים את הבית על גבי יסודות שיצקו באתר. לעתים, משלבים ביחידות גם את המערכות האלקטרו מכניות, כדי לחסוך את התקנתן באתר.

בנייה באלמנטים טרומיים - בבנייה זו משתמשים ברכיבים מבטון מזוין המיוצרים במפעלים, לצורך הרכבת המבנה באתר. אלמנטים יכולים לכלול עמודים, קורות, קירות שלמים ולוחות לקירוי (כגון לוחות חלולים דרוכים - לוח"דים). שיטה זו מעט גמישה יותר מאשר בנייה מודולארית עם חדרים מוכנים שלמים, ומפשטת את הובלת הרכיבים מהמפעל לאתר בשל מימדיהם.

יתרונות

ייצור מהיר ומדויק במפעל תחת בקרת איכות
הרכבה מהירה וחסכונית בשטח
הכנה ייעודית למערכות אפשרית בפס הייצור
עמידות מבנה גבוהה ביחס לשיטות קונבנציונאליות והתאמה לאירועי קיצון

חסרונות

חוסר גמישות לשינויים והתאמות בשטח
טביעת רגל כחמנית וסביבתית יחסית גבוהה
נדרשת הוספת בידוד תרמי לשיפור ביצועים אנרגטיים

בנייה קלה - פלדה דקת דופן (LGS או Light Gauge Steel)

שיטה זו כוללת שלד מפרופילי פלדה דקת דופן, לוחות חיפוי (גבס, צמנטבורד וכדומה) ובידוד המיושם בין הלוחות בתוך עובי הקיר. בין חומרי החיפוי הקיימים: פאנלים מבודדים, קירות רב שכבתיים, בלוקים, עץ וכן חומרים קשיחים לצורך שיפור המיגון. בנייה מתועשת קלה כוללת לרוב יסודות, רצפת בטון וממ"ד שנוצקו באתר.⁹

בנייה בשיטת בטון יצוק (ICF או Insulated concrete forms)

בשיטה זו משתמשים בתבניות מכולסטרין מוקצץ (קלקר) ליציקת קירות בטון, שנתרים לאחר מכן כחלק מהבית המוגמר. קלות הרכבת התבניות, שמתחברות אחת לשנייה בפשטות, ואליהן מושחל ברזל הזיון ללא צורך בקשירות, מאפשרת בנייה מהירה יחסית. לאחר האכלוס מבודדות התבניות את פנים הבית ובכך תורמות לחסכון באנרגיה. חברות שונות מציעות חומרים עמידים כדוגמת בלוק צמנטי כחלק מהתבניות המקנים לקיר תכונות נוספות ומקנות עמידות גבוה יותר.

יתרונות

ייצור מדויק ואיכותי במפעל
זמן הרכבה מהיר באתר - חסכון בעלויות ועמידה בלוחות זמנים מהירים
אפשרות הרכבה של לוחות וחומרי בידוד תרמי ואקוסטי
בנייה יעילה לסביבה - טביעת רגל פחותה

חסרונות

הוספת מרחב מוגן בנפרד למבנה
חוסר גמישות לשינויים והתאמות בשטח
עמידות נמוכה לסדיקה, רעידות אדמה והדף
יש להוסיף הגנה לעמידות מפני אש
מסה תרמית נמוכה יחסית
הטכנולוגיה מתאימה לבנייה נמוכה

יתרונות

מעטפת מבודדת ומסה תרמית משמעותית
בטיחות גבוהה - עמידות גבוהה לסדיקה, רעידות אדמה, הדף וכפיעה ישירה
ייצור מדויק ואיכותי במפעל
זמן הרכבה מהיר באתר - חסכון בעלויות ועמידה בלוחות זמנים מהירים

חסרונות

עמידות לאש - שלד בטון עמיד אך יש לטפל בתבניות הפוליסטירן
טביעת רגל כחמנית וסביבתית יחסית גבוהה

9 תמחור שיטות בידוד - בנייה מתועשת בישראל, משרד הבינוי והשיכון, 2019.

עלויות בנייה מתועשת

במסמך שפורסם על ידי משרד הבינוי והשיכון בשנת 2019¹⁰ ניתן למצוא ניתוח עלויות בנייה למעטפות שונות של טיפוס בנייה נפוצים, בניהן מבנה צמוד קרקע, בהתאם לטכנולוגיות בנייה שונות וחתכי הקיר האופייניים להן. כל טיפוס הבנייה שנבחנו תוכנו כך שיעמדו גם בדרישות ת"י 1045 (בידוד תרמי של בניינים) וגם בדרישות התכנון של ת"י 5282 (דירוג בניינים לפי צריכת אנרגיה) לדירוג A בכל אזורי האקלים בישראל. מערכת הקיר שתומחרה כוללת את כל המרכיבים הדרושים להבטחת בידוד, איטום, יציבות, הפרדת אש וכדומה, למעט מערכות זיגוג וגמר פנים.

להלן עיקרי הניתוח למבנים צמודי קרקע:

מחיר למ"ר מעטפת	דירוג אנרגטי לפי ת"י 5282	בידוד שנבחן	חומר עיקרי	טכנולוגית בנייה
546 ש"ח	A	תבניות קלקר משני צידי הקיר	בטון 15 ס"מ	שיטת ICF ליציקת קירות מבודדים
962 ש"ח	A	בידוד בעובי הקיר (כדוגמת: צמר סלעים)	שלד פלדה דקת דופן	בנייה קלה
652 ש"ח *חושב לטיפוס מבנה גבוה	B/C	לוח בידוד תרמי וחסין אש 4 ס"מ	בטון 20 ס"מ	קיר מתועש

*המחירים מבוססים על מאגר מחירי בנייה "דקל", מהדורת יולי 2017, ומודל ממ"צים של חברות בינאריות, וכוללים תשומות עבודה, ימי עבודה של משאיות מנוף, עגורנים, משאבות בטון וכדומה.

10 מתמחר שיטות בידוד - בנייה מתועשת בישראל, משרד הבינוי והשיכון, 2019.



פרק ג

בידוד תרמי ועמידות אש

שיפור מיגון במבנה קיים¹¹

שיפור מיגון מאפשר לחזק או לשפר את רמת המיגון של חדר או יותר במבנה קיים. פתרון זה רלוונטי כאשר רוצים למגן חללים נוספים בבית, פרט למרחב המוגן (מקלט, ממ"ד), אך הוא נותן מענה מיגוני פחות בהשוואה אליו.

במפרט דרישות שפרסם הג"א מפורטות שיטות שיפורי המיגון המאפשרות לתכנן, כאשר לכל שיטה ישנה גרסה לשיפור מיגון בסיסי ולשיפור מיגון מוגבר:



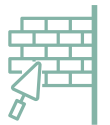
שיפור מיגון "שני"

שיפור מיגון עצמאי, יצירת חלל מחוזק בתוך חדר קיים או חדש, באמצעות פחי פלדה.



שיפור מיגון קל

ביצוע חיזוק חדר קיים באמצעות פחי פלדה.



שיפור מיגון מבטון

ביצוע חיזוק חדר קיים ע"י תוספת בטון לקירות קיימים או על ידי בניית קירות בטון חדשים.

11 מפרט שיפור מיגון - פיקוד העורף, 2022.

לסביבה ולמשק

- התייעלות אנרגטית
- הפחתת פליטות
- הגבלת התפשטות אש
- עיכוב בעירה בחירום

לתושבים ולקהילה

- בידוד תרמי משפר נוחות תרמית
- חסכון בהוצאות אנרגיה
- בטיחות ועמידות לאש



כיום 30% מסך צריכת האנרגיה של המשק הישראלי מקורה בצריכה הביתית, כאשר החלק המרכזי נובע מהצורך לאקלם את הדירה לטמפרטורה נוחה. נתונים אלו ואחרים מדגישים את החשיבות שיש לייחס לנושא שימור האנרגיה במבנים בישראל.¹²

אחת מהדרכים הבסיסיות לחיסכון באנרגיה היא כאמור בידוד מעטפת הבניין. בידוד תרמי מונע כניסת חום בלתי רצוי בימי הקיץ, ומגביל איבוד חום נחוץ במשך החורף. מעבר להפחתה בצריכת אנרגיה לחימום ולקירור, בידוד נכון של מבנים גם מונע עיבוי לחות בחללי פנים והתפתחות עובש ופטריות, העלולים לגרום לבעיות בריאותיות רבות.¹³

תקן הישראלי מייחס משקל רב להתייעלות אנרגטית בשלב התכנון. התייעלות זו מבטאת בדירוג אנרגטי המחושב עבור כל מבנה בשקלול דירוגי המשנה של כל יחידה (דירה, משרד או כיתה) המרכיבים אותו. הדירוג האנרגטי מחושב באמצעות שקלול מאפייני תכנון כגון אפיון המעטפת, הפניה, זיגוג, מאפייני המסה התרמית ועוד, בהתייחס לאזור האקלימי שבו מצוין המבנה הנבחן.¹⁴

בידוד תרמי: בין חוסן אקלימי לחוסן ביטחוני

חוסן אקלימי — שימור אנרגיה — נוחות — הפחתת פליטות — עמידות אש — עיכוב בעירה בחירום — חוסן ביטחוני

מעטפת המבודדת מעומסי האקלים החיצוניים ומסה תרמית, אשר משמרת את הטמפרטורה שנאגרת בקירות הפנימיים, יוצרים יחדיו תחושת נוחות בבית. אך בידוד תרמי יכול להוות נקודת תורפה במבנה בהתייחס להתפשטות אש. בידוד תרמי משופר וחסין בעירה ושילוב טכנולוגיות בידוד עמידות יכולים להפחית את הסיכון להתפשטות אש לגובה הבניין ולעכב בעירה בשעת חירום.

12 מדריך לתקן 1045 - בידוד תרמי של בניינים, משרד האנרגיה והתשתיות, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2017.

13 תמחור שיטות בידוד - בנייה מתועשת בישראל, משרד הבינוי והשיכון, 2019.

14 בנייה בת קיימה - מדריך טכני, המשרד להגנת הסביבה בסיוע המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2018.

התקן קובע דרישות מינימליות עבור רמת בידוד תרמי של יסודות מעטפת הבניין. התקן מגדיר כיצד לחשב את עובי שכבת הבידוד בהתאם לחומר הבידוד וכולל הגדרות המתייחסות למניעת גשרים תרמיים. בנוסף להגדרת ערכי סף לכל אלמנט מעטפת בנפרד, מאמץ התקן את דרישות ת"י 5280 לערכי מקסימום של "הפסדים ליחידת שטח רצפה" עבור יחידת המגורים. זהו ערך משוקלל של ההולכה התרמית של כל אחד מרכיבי המעטפת בהתאם לשטחו.¹⁵

מבנה העומד בתקן לבנייה ירוקה נדרש להגיש דו"ח המוכיח עמידה בתקן 1045 ולהציג התייחסות לתכונות התרמיות של חומרי הבנייה השונים, כמו גם חישובי התנגדות תרמית לאלמנטי הבנייה והמעטפת.

חלוקה לאזורי אקלים

- אזור א' - אזור רצועת החוף
- אזור ב' - אזור מישור החוף, השפלה, הנגב (למעט הר-הנגב) והעמקים הצפוניים
- אזור ג' - אזור ההר
- אזור ד' - אזור בקעת הירדן

כל תקני האנרגיה והבידוד מגדירים את דרישותיהם בהתאם לאקלים בו הבניין נמצא על פי החלוקה לאזורי אקלים שנקבעה בחלק 10 של ת"י 1045:

15 תמחור שיטות בידוד - בנייה מתועשת בישראל, משרד הבינוי והשיכון, 2019.

בנוסף לאכיוון שכבת הבידוד על-ידי הגדרת רמות ההתנגדות התרמית של אלמנט המעטפת, שכבת הבידוד נדרשת לעמוד גם בדרישות עמידות לאש.

- ת"י 755 המסווג את חומרי הבניין השונים בהתאם לדרגת עמידותם לאש.
- ת"י 921 (לחלקיו) המגדיר דרישות לשימוש בחומרי בנייה לפי תגובותיהם לשריפה בבניינים.

תקן 921 - "תגובות בשריפה של חומרי בנייה"

תקן ישראלי מספר 921 מפרט דרישות לסיווג חומרי גימור פנים של קירות, תקרות ושל רצפות לפי תגובותיהם בשעת שריפה, לפי ייעודי המבנה ולפי האזור במבנה שחומרי הגימור מושמים בו. כמו כן, תקן זה קובע דרישות לסיווג חומרי פלסטיק שונים ודרישות לסיווג גגות לפי תגובותיהם להתפשטות אש חיצונית והן במסגרת כביסה. התקן גם מגדיר באילו מקומות ומצבים בבניין ניתן להתקין חומרים שונים לפי סיווגם בתקן ת"י 755 אשר מפרט את הסיווג של מוצרי בנייה ואלמנטי בניין לפי תגובותיהם בשרפה. ת"י 755 מאמץ את התקן האירופאי ואת תקן NFPA 101 האמריקני.

בתקן 921 ישנה בחינה של עמידות לאש של חומרי בידוד מוקצפים פוליאוריתניים/פוליסטרניים (קלקר) אשר משמשים ונותנים מענה לטיפול בגשרי הקור במבנה הנוצרים בקורות, עמודים, תקרות ורצפות.

המלצות והנחיות בטיחות אש בנוגע לבידוד מתוך התקן

בפתרונות בידוד של גשרים תרמיים על גבי קורות ועמודים, שכבת הבידוד התרמי שסיווגו CLASS E (זמן בעירה של עד 15 דק') תכוסה בשכבה בלתי דליקה בעובי שאינו קטן מ-15 מ"מ.

במידה ונעשה שימוש בבידוד פולימרי מוקצף, כגון חיפויים חיצוניים וציפויים, הנ"ל ייבדקו בנפרד בעובי המיועד לשימוש לפי תקן 755 ועל כל רכיב לעמוד בדרגת התלקחות B לפחות.

במידה ונעשה שימוש בחומר פולימרי לבידוד גשרי הקור במבנה, יש לחפותם בחומרים מינרליים כגון: לוחות מינרליים, אבן טבעית, שליכט מינרלי בעל סיווג A1 לפחות בעובי של 1.5 ס"מ לפחות.

לחלופין ניתן להשתמש בלוחות זכוכית מוקצפת בעובי 2.5 ס"מ.

פרק ד זיגוג ועמידות בפני הדף וניפוח

המלצות לחומרי בידוד תרמי על פי התקן

להלן פתרונות תרמיים העומדים בסיווג A1 - B (זמן עמידות לאש בין שעה עד שעה וחצי ומעלה) המותאמים לאזור אקלים ב' (אזור מישור החוף והשפלה, הנגב למעט הר הנגב, עמקי הצפון - אזור עוטף עזה):

*המסמך נותן כללי אצבע לבידוד מתוך תקן 921 ואינו מחליף ייעוץ תרמי מקצועי ותכנון פרטני.

חומרים המתאימים לשיטת בנייה בטון יצוק

שם החומר	עובי (ס"מ)	סיווג אש
בלוק איזולציה מבטון תאי	6	B
לוח זכוכית מוקצפת	2.5	A1
צמר סלעים 24 ק"ג/מ"ק	2.5	A1

עבור שיטת בנייה קונבנציונלית (שלד בטון+בלוקים)

שם החומר	עובי (ס"מ)	סיווג אש
בלוק בטון משולב פוליסטירן	25	A1
בלוק בטון תאי	22	A1
בלוק קרמי	22	A1
בלוק המפקריט	20	B

בידוד ממ"ד

הממ"ד יבודד באמצעות צמר סלעים 24 ק"ג/מ"ק בעובי 1 אינץ' (2.5 ס"מ) + לוח גבס בעובי 1.2 ס"מ.

גשרי קור

גשרי הקור (עמודי בטון, קורות וכו') יבודדו באמצעות פוליסטרן מוקצף קשיח בעובי 2 ס"מ מהצד החיצוני. את לוחות הפוליסטירן יש לחפות בחומר אינו דליק בעובי מינמלי של 1.5 ס"מ.

גשרי קור בחיבור מרפסת

מעל תקרת הבטון - באמצעות יריעות פוליאטילן מוקצף בעובי 2 ס"מ או מילוי פומיס בעובי 12 ס"מ.
מתחת לתקרת הבטון - באמצעות לוח בטון קל משולב אגרגט פוליסטירן מוקצף בעובי 3 ס"מ או באמצעות הנמכת תקרה עם צמר סלעים 24 ק"ג/מ"ק בעובי 1 אינץ' (2.5 ס"מ) + לוח גבס בעובי 1.2 ס"מ.

בידוד גג עליון

בידוד באמצעות לוח זכוכית מוקצפת בעובי 5 ס"מ.

לסביבה ולמשק

חסכון אנרגטי והפחתת פליטות

גזי חממה

עמידות ובטיחות בחירום -

הפחתת סיכון ונזק בעת הדף ופיצוץ

לתושבים ולקהילה

זיגוג כחלק מתכנון אקלימי

המאפשר אוורור ותאורה טבעית

מעטפת אנרגטית, חסכון בהוצאות חשמל

פתרונות מיגון אפשריים ליצירת חוסן

ביטחוני



הזיגוג הוא רכיב ממעטפת המבנה שלו פוטנציאל השפעה רחב על תכנון ביו-אקלימי מיטבי. תכנון כזה מאפשר מצד אחד את רתימת האנרגיות הזמינות באתר ליצירת תנאי נוחות בבניין באופן טבעי, ומצד שני, ניצול הזדמנויות טבעיות לסילוק אנרגיה עודפת שהצטברה בחלל. כמות האנרגיה שניתן לחסוך על-ידי יישום עקרונות התכנון הביו-אקלימי תלויה באופי הפרויקט, באקלים שבו הוא ממוקם ובתפועל נכון של משתמשי הבניין.

ניצול קרינת השמש לחימום פסיבי של חללי פנים דרך זיגוג המבנה בעונת החורף יעיל מאוד בישראל, בשל רמות הקרינה הגבוהות בכל אזורי האקלים. כך מתאפשרת קליטת האנרגיה הסולארית ואגירת החום ברצפות ובקירות המבנה להם מסה תרמית גבוהה.

חלונות אשר גודלם ומיקומם מתוכננים באופן אופטימלי מאפשרים קירור פאסיבי בעונות החמות אשר יכול למתן את הטמפרטורה, בעיקר בשעות הלילה, ובכך לחסוך מאוד בהוצאות האנרגיה לקירור. למכלולי הזיגוג תפקיד משמעותי בהקטנת צריכת האנרגיה ואלו מחושבים כחלק מהמעטפת התרמית ונמדדים בהתאם לתרומתם לשיפור הדירוג האנרגטי של המבנה.¹⁶



זיגוג: בין חוסן אקלימי לחוסן ביטחוני

חוסן אקלימי — מעטפת אנרגטית — אוורור, תאורה טבעית וחימום פאסיבי — בטיחות הדף וניפוץ — חוסן ביטחוני

כאשר בוחנים את מעטפת הבית מבחינת בטיחות וחוסן, החלונות עלולים להיות הנקודה החלשה בהקשר של הדף, שברים וניפוץ. רכיבי זיגוג רגילים עלולים להישבר כבר בפעולת הדף בעוצמות נמוכות מאוד עליהם, כאשר מוקד הפיצוץ יכול להיות מרוחק עשרות רבות ואף מאות מטרים מהמבנים הנפגעים. שברי הזיגוג החדים מאוד הנוצרים כתוצאה מפעולת עומסי ההדף עלולים לעוף אל תוך המבנים, ולפגוע קשה באנשים השוהים בהם. שברי זכוכית אלה מהווים למעשה רסס משני.¹⁷

¹⁶ המדריך לבנייה ביו-אקלימית בישראל, אוניברסיטת בן גוריון, משרד התשתיות הלאומיות, 2010.

¹⁷ עקרונות התכן של מבנים לעמידות בפני הדף פיצוץ, דוד ינקלביסקי, סטפן שוורץ. המכון הלאומי לחקר הבנייה, הטכניון, 2012.

סוגי זיגוג נפוצים הנותנים מענה בידודי אקלימי א' וביטחוני ב'



זכוכית בידודית

זכוכית מסוג זה מורכבת משתי שכבות זכוכית רגילות, שביניהן מרווח הממולא באוויר או בסוגי גז אחרים, במטרה לשפר את יכולת הבידוד התרמי של חלונות הבית. שיפור הבידוד התרמי, גם בפרופיל החלון, מבטל את בעיית גשרי הקור של חלונות הבית, ומאפשר לתכנן מפתחים גדולים מבלי להגדיל את הוצאות האנרגיה עבור אקלום הבית.



זכוכית מחוסמת

זכוכית הנחשבת בטיחותית בשל העברתה תהליך של חימום לטמפרטורה גבוהה וקירור מהיר. הטיפול מגביר את חוזקה של הזכוכית המחוסמת עד פי חמש ביחס לזכוכית סטנדרטית. במקרה של שבירה הזכוכית המחוסמת מתנפצת לחתיכות קטנות בלבד, ללא שברים גדולים ומסוכנים. זכוכית זו מתאימה בעיקר למוסדות ולמבני ציבור, וכחות שימושית לצרכים ביתיים, אלא אם משלבים אותה במערכת חלון כזכוכית בידודית במקום טריפלקס.



זכוכית רבודה (טריפלקס)

פתרון זיגוג המורכב מ-3 שכבות, שתי שכבות זכוכית חיצוניות ביניהם שכבת PVB (שכבת ביניים של פלסטיק, Polyvinyl butyral). במקרה של שבירה, מחזיקה יריעת ה-PVB את השברים על מנת שלא יתנפצו ויתפזרו בחלל, ובכך מונעת פציעות מסוכנות. תכונה נוספת של הטרופלקס היא ששכבת ה-PVB מסננת חלק ניכר מקרני ה-UV ובנוסף מהווה פתרון אקוסטי טוב. זכוכית הטרופלקס הנפוצה בארץ אינה מהווה פתרון תרמי אידאלי, משום שהיא מעבירה מעל 60% אור וחום ואינה תורמת למניעת בזבז אנרגיה.



זכוכית Low-E

זכוכית רפלקטיבית בעלת ציפוי מתכתי המפחית את קרינת האור האינפרא אדום מהשמש, הגורמת לחום רב, וכמעט אינו מפחית את האור הנראה לעין. כאשר הטמפרטורה בחוץ נמוכה מאשר בפנים, אנרגיית החום מוחזרת מהזכוכית אל תוך הבית, וכך נשמר החום בפנים. ואילו בקיץ, כאשר הטמפרטורה בתוך הבית נמוכה מזו שבחוץ, מוחזרות קרני השמש מהזכוכית החוצה ולא אל פנים הבית, וכך הבית שומר על טמפרטורה נמוכה מזו שבחוץ.



זכוכית בידודית בשילוב זיגוג טריפלקס או מחוסמת

זיגוג זה עם מרווח אויר של עד 12 מ"מ, מאפשר לקבל מקדם הולכה נמוך במיוחד מבחינה תרמית. ניתן גם לשלב הרכבים שונים של זכוכיות עם ציפויים מסוג Low-E ואחרים.

מיגון חלונות מפני תרחישי פיצוץ, הדף ורסס

על מנת לשפר את התפקוד, הבטיחות והמיגון שניתן להקנות לבניינים או לחללים מסוימים בבניינים, האמורים להיות מוגנים בפני השפעות של פיצוצים, נהוג בדרך כלל להתקין בפתחי חלונות הכוללים זיגוג גם **כנף מגן חיצונית מפלדה** המיועדת לסגירה בשעת חרום. כנף מגן כזאת מקטינה מצד אחד את רמת לחצי ההדף שעלולים לפעול על החלון המזוגג ומצד שני מקנה גם הגנה בפני רסס לאנשים השוהים באזורים המוגנים של בניינים אלה.¹⁸

בנוסף קיימים בשוק מגוון **ציפוי מגן** העשויים משכבות פולימר שקוף ומותקנים על גבי החלונות הקיימים, אשר מאפשרים את חיזוק הזכוכית ומניעה מרסיסי הזכוכית ושברי החלון לעוף לתוך המבנה ולפגוע בשוהים בחדר בתרחישים שונים. ציפויים אלה ניתנים לשילוב עם ציפוי מגן שמש עדווחה כ-80% מאנרגיית החום ומפחית עד כ-7 מעלות ובכך מקטין את הוצאות החשמל על קירור ומיזוג בעשרות אחוזים.

אפשרות נוספת היא שימוש **בתריסי גלילה נגד ירי** היכולים לסייע בהגנה מפני כדורים, כמו גם מאיומים אחרים כגון פורצים, ונדלים והצתות. בנוסף, תריסי גלילה יכולים לעזור להפחית את רמות הרעש ומספקים שכבת הצללה ואף בידוד נוספת, המסייעת לשמור על המבנה קריר יותר בחודשי הקיץ וחמים יותר בחודשי החורף. הסוג הנפוץ ביותר הוא תריס פלדה חסיני כדורים, שנועד לספוג את האנרגיה של כדור בפגיעה. סוגים נוספים של תריסים כוללים תריסי פוליקרבונט, המיועדים להסיט כדורים, ותריסי אלומיניום בדירוג בליסטי, שנועדו לספוג את האנרגיה של כדור ואז להסיט אותו מהמבנה.

18 עקרונות התכנון של מבנים לעמידות בפני הדף פיצוץ, דוד ינקלובסקי, סטפן שוורץ. המכון הלאומי לחקר הבנייה, הטכניון, 2012.

פרק ה

חוסן ועצמאות מים

פתרונות הצללה מועילים

פתרונות הצללה כגון פרגולות, גגונים וסוככים על חלונות הם רלוונטיים ברוב חודשי השנה באקלים החם בכל חלקי הארץ. בחבל ארץ כמו בעוטף עזה אשר נדרש להתמודד עם איומים ביטחוניים רבים, הבנייה הותאמה כדי לתת פתרונות שונים של הגנה לאורך השנים. בדוגמה של גן הילדים הממוגן מקיבוץ אור הנר, שתוכנן ע"י סטודיו זרתא, ניתן לראות תכנון של גגון רחב שוליים העשוי מבטון אשר הובלט סביב המבנה באופן המאפשר הצללה רחבה על כניסת ורחבת המבנה ומהווה שכבת הגנה נוספת.

פתרונות הצללה ממוגנים, כמו בדוגמה, יכולים להפחית את הנזק הנגרם כתוצאה מפיצוץ ולהגן על חזיתות המבנה ועל הזיגוג, ולהוריד את הסיכון לפגיעה במשתמשי המבנה באירוע ביטחוני. בנוסף, ניתן גם לשלב פנלים פוטו-וולטאים על גבי פתרונות ההצללה ולנצל אותם כשטחי גג נוספים ליצירת אנרגיה מקיימת וחוסן אנרגטי.



צילום: ירדן ביידר



ישראל שוכנת באזור חצי מדברי ומשאבי המים בה מוגבלים. שינויים אקלימיים, מיעוט מי גשמים, אירועי בצורת ועלייה בביקוש המים עקב גידול האוכלוסייה, גורמים ליצירת מאזן שלילי ומחסור. שימוש חוזר במים למטרות שאין שתייה, כגון השקיה או הדחה, יקנו חוסן ועצמאות למבנה בעת חירום. בית מגורים, מקבץ או יישוב אשר יכולים לספק אחוז מסוים ממי הרשת אותם צורכים באופן עצמאי, יכולים להיות ערוכים לניתוק מרשת המים למספר שעות או אפילו ימים במצב קיצון.

ישנן מספר שיטות להגעה לעצמאות במים המפורטות בהמשך, בניהן: איסוף מי עיבוי מזגנים, מחזור מים אפורים ואיסוף מי גשם. השימוש החוזר במים מבטיח מגוון תועלות לצרכן ולסביבה והוא חלק מיצירת מרכיב חוסן למבנה ולקהילה.

תועלות וערך



לסביבה ולמשק

- שימור משאבים והפחתת טביעת רגל אקולוגית
- הקטנת עומס על מערכת הניקוז העירונית

לתושבים ולקהילה

- הפחתת צריכת מים וחסכון כלכלי
- עצמאות במי שתייה בשגרה ובעת חירום
- הפיכת 'מטרד' למשאב

השמירה על מקורות המים במדינת ישראל היא אחד מהאתגרים הגדולים ביותר במדינה. תנאי מחסור משליכים בין השאר על ניצול יתר של מקורות טבעיים ומתחדשים לצד תלות גוברת במתקני התפלה. על מנת להמשיך ולספק לאוכלוסיית המדינה את כל צורכי המים הנדרשים מיושמת מדיניות ניהול מים בת-קיימה הכוללת חיסכון במים. בעקבות התייעלות המגזר החקלאי והתעשייתי ומעבר לשימוש במי קולחין מושבים (שפכים שטוהרו) כמקור עיקרי, נותר המגזר הפרטי של משקי הבית כבעל הפוטנציאל הגדול ביותר להתייעלות. בבתי מגורים ניתן להפחית את השימוש במים על ידי הקטנת הכמות הנצרכת, בייחוד עבור מערכות סניטריות, ולהשיב מים במגוון שיטות.

הצורך בחסכון במים והמודעות הגוברת בצורך בהטמעת פתרונות ידידותיים לסביבה במרחב הבנוי, הביאו למציאת פתרונות אזוריים חסכוניים ויחסית זולים. כך בשנים האחרונות, לדוגמה, אנו רואים עלייה בשימוש בניצול מי מזגנים לצרכים ביתיים בעיקר לצורך השקיית הגינות הביתיים (בשילוב תוספים מינרליים). זהו מקור מים שהשבתו לשימוש קלה יחסית, בכפיפות למגבלות סביבתיות ותברואתיות, ולו יתרונות כלכליים וסביבתיים ברורים.

פרק המים בתקן לבנייה ירוקה משלב התייחסות לאמצעי חסכון בשימוש וצריכת מים לצד שילוב טכנולוגיות רלוונטיות. אמצעי חסכון בשימוש במים שפירים הינם קבועות ואביזרים סניטריים אשר מגבילים ומפחיתים את הצריכה כגון: וסתי ומגבילי ספיקה לברזים ולמקלחים, אביזרי חסכון בהדחת אסלות ומשתנות, וכן תכנון של גינה חסכונית במים, ניטור ובקרה של ההשקיה וניטור דליפות. בנוסף, בתקן ניתן תמריץ ליישום שיטות וטכנולוגיות שמסייעות לשימוש במים חוזרים, כדוגמת: הפניית עודפי מי הגשם להשקיה עתידית, יישום ברזים אלקטרוניים מבוקרים ואיגום מי עיבוי ממזגנים למטרות גינון, כיבוי אש ולהדחת אסלות (בעיקר במבנים גדולים המנוהלים על ידי חברות אחזקה מקצועיות).

מערכת מים נאספים¹⁹

איסוף מים המותרים לשימוש חוזר לצורך גינון, כיבוי אש והדחת אסלות אשר מקורם במערכות הבאות: מי עיבוי מזגנים, מי גשם ומי רכז של מתקני התפלה למי שתיה.



בשל הרצון לחסוך במים, עלתה דרישה ציבורית לאפשר שימוש במים נאספים. נכון להיום, השימוש המותר בבנייני מגורים הינו קיום מערכת מים נאספים למטרות גינון וכיבוי אש וכן למטרת הדחת אסלות, אך זאת ללא איסוף מי גשם. יש לאגור את המים הנאספים במיכל ייעודי בהתאם ליישום הנחיות שמטרתן אבטחת איכות המים ולקיום תחזוקה קבועה לפי הדרישות של משרד הבריאות.

ניצול מים אפורים²⁰

מים אפורים הם שפכים ביתיים, שלא באו במגע עם נזלים מתאי שירותים, כדוגמת: כיורי מטבח, מדיחי כלים, מקלחות, כיורי אמבט ומכונות כביסה. סוג נוסף הינו מים "אפורים בהירים" שבהם אין מים מכיורי מטבח, מדיחי כלים ומכונות כביסה (המכילים ריכוזים גבוהים יחסית של חומר אורגני, דטרגנטים ומלחים).



נכון להיום, הנחיות משרד הבריאות מאפשרות שימוש במים אפורים מטופלים להדחת אסלות וגינון בתנאים מוגדרים כגון בעסקים טעוני רישוי, במתקנים של רשויות מקומיות, או במבנים השייכים לגורם ציבורי המבצע בהם אחזקה, אך ישנו איסור להתקנת מתקני מים אפורים לשימוש בבתי מגורים פרטיים.

קציר מי גשם

חלק גדול מכמויות הגשם שיורדות בישראל אינן מנוצלות, מגיעות אל מערכות הניקוז המוניציפליות וזורמות לים. עם התרחבות השטחים הבנויים והיעדר שטחי חלחול טבעיים, מי הגשם הופכים לנגר עירוני שעלול לגרום להצפות באזורים נמוכים. קציר מי גשם הינו שיטת איסוף המים מגג או ממרפסות המבנה, בתנאי שלא מתקיימת בהם פעילות מזהמת, אגירתם לתוך מיכלים ושימוש בהם לשתייה ו/או להשקיה.



19 הנחיות לניצול מים נאספים - חוזר ראש שירותי בריאות הציבור, משרד הבריאות, 2012.
20 השבת מים אפורים בישראל - המחלקה לבריאות הסביבה, משרד הבריאות, 2013.

