

# חוות דעת בנושא תועלות כלכליות

התנגדות תושבי מודיעין לתכנית המתאר הכוללנית למודיעין מד/2040  
תכנית מספר 420-0514364

הערכה כלכלית-סביבתית



כותב ההערכה : אביאל ברנשטיין  
הנחייה מקצועית : ד"ר שירי צמח-שמיר

יולי 2020

## תוכן עניינים

3.....	תקציר מנהלים
4.....	הקדמה
5.....	אנרגיה סולארית
7.....	וויסות אקלים מקומי, גלובלי ואיכות אויר
9.....	בנייה ירוקה
11.....	מקורות
13.....	נספחים
13.....	• אנרגיה סולארית
14.....	• וויסות אקלים מקומי, גלובלי ואיכות אוויר
17.....	• בנייה ירוקה

## תקציר מנהלים

תכנית המתאר הכוללת מד/2040 הינה תכנית המתאר של העיר מודיעין לשנת 2040. התכנית במתכונתה הנוכחית לוקחת בחשבון את גידול האוכלוסייה הצפוי עד שנת 2040, בה עתידה העיר לגדול מכ-100,000 תושבים כיום, לכ-250,000 תושבים בשנת 2040. גידול אוכלוסייה צפוי זה מחייב את הרחבת שטחי המגורים בעיר. יחד עם זאת, הרחבת הבנייה המוצעת בתכנית הנוכחית באה על חשבון חלק מהשטחים הפתוחים של העיר, להם ערך כלכלי, חברתי וסביבתי. כחלק משאיפת תושבי מודיעין להמשיך ולחיות בסביבת מגורים המכבדת את אורח החיים המודרני, יחד עם שמירה על יכולת הנשיאה של הסביבה הטבעית ושימורה, נבדקו מספר תועלות כלכליות לשילוב בתכנית המתאר מד/2040, בנושאים הבאים:

1. **אנרגיה סולארית:** בהערכה זו, נבחן פוטנציאל השטח להתקנה וייצור אנרגיה סולארית בשטח העיר מודיעין, לפי תוואי השטח הקיים. נמצא **שכבר היום** ניתן להתקין מתקנים סולאריים בעלי הספק של כ-19 MW, אשר יאפשרו ייצור שנתי ראשוני של כ-32,510 MWh, עם תועלת של כ-11 מיליון ₪ בשנה הראשונה. חיסכון זה עתיד לגדול ככל שיורחב השימוש באנרגיה סולארית בשטחי העיר.
  2. **ויסות אקלים מקומי:** לצמחייה הטבעית סביב מודיעין תועלות בוויסות האקלים המקומי ע"י יכולת ספיחת חום שמקורו מאור השמש. תועלת זו באה לידי ביטוי בעיקר בחודשי מזג האוויר החמים, בדמות הפחתת השימוש במיזוג אוויר מלאכותי, ובהפחתת השימוש בחשמל. **החיסכון הממוצע לשנה** עומד על כ-400 אלף ₪.
  3. **ויסות אקלים גלובלי ואיכות אוויר:** בנוסף לספיחת חום מקרני השמש, לצמחייה סביב מודיעין תועלות ספיחת חלקיקים מזהמים הנפלטים מפעילות אנושית, כגון: תעשייה, תחבורה וייצור אנרגיה. צמחייה זו משמשת כמסנן לאוויר אותו נושמים תושבי מודיעין וכן להפחתת הצטברות גזי חממה באטמוספירה, ואלה בעלי תועלות כלכליות **בגובה ממוצע** של מעל 16 מיליון ₪ בשנה.
  4. **בנייה ירוקה:** סקטור הבנייה בצורתו הנוכחית מהווה חלק עיקרי בפליטת גזי החממה בעולם, בעקבות השימוש הנרחב במשאבי הטבע, הן לבנייה והן ע"י שינוי תוואי השטח הטבעי כחלק מתהליך הבנייה. לאור הצורך בתנאי מחייה נאותים, תוך התחשבות במשאבי הטבע ובתוואי השטח, נוצרו תקנים בינלאומיים לתהליך בנייה המתחשבים באותם אילוצים - תקני הבנייה הירוקה. הטמעת תקנים אלה בתהליך הבנייה תאפשר את שיפור איכות חיי האדם תוך התחשבות בסביבה. לסוג בנייה זה תועלות כלכליות הנוגעות במספר תחומים ע"י שימוש מופחת במשאבים, תוך דגש על ניצול מקסימלי של תאי השטח ומאפייניהם. הטמעה מחייבת של תקני בנייה ירוקה מחמירים בתכנית המתאר יספקו תועלות הנאמדות במעל 22 מיליון ₪ **בממוצע בכל שנה**, עד שנת 2040.
- לסיכום, סך התועלת הכלכלית מהטמעת ההמלצות נאמדת **בממוצע שנתי** של מעל 52 מיליון ₪, עד שנת 2040. הערכה זו נועדה להציע שדרוג לתכנית המתאר מד/2040, תוך התחשבות בתושבי העיר הנוכחיים והעתידיים, בדמות חיסכון כלכלי ושיפור איכות החיים, יחד עם ההכרח לשמור על הסביבה הטבעית בעיר מודיעין, לטובת התושבים והמערכת האקולוגית עליה נשענים כלל צורות החיים.

תכלול התועלות הכלכליות בהערכה זו (מהוון):

נושא	ממוצע שנתי	מצטבר 2020-2040
אנרגיה סולארית	12,335,602 ₪	259,047,646 ₪
ויסות אקלים מקומי	398,532 ₪	
ויסות אקלים גלובלי ואיכות אוויר	16,881,574 ₪	354,513,055 ₪
בנייה ירוקה	22,754,321 ₪	477,840,735 ₪
<b>סה"כ</b>	<b>52,370,029 ₪</b>	<b>1,091,401,436 ₪</b>

## הקדמה

בשאלות של פיתוח מול שמירה על שטחים פתוחים, יש לשים את הדעת, לא רק על הערך הכלכלי של השטח המיועד לבנייה אלא גם לגבי הפוטנציאל הכלכלי-סביבתי של השטח שנשאר טבעי. מטרתו של מסמך זה היא להציג את תועלות שירותי המערכת הטבעית בשטח מודיעין בהתייחס לתכנית המתאר מד/2040. המסמך מכמת במונחים כספיים חלק מתועלות מאפייני סביבה זו, תוך התחשבות בפתרונות מקיימים, כגון: ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת, שמירת השטחים הפתוחים, הטמעת תקני בנייה ירוקה וצמצום זיהום האוויר. המסמך נועד לסייע למקבל ההחלטות לדעת האם, מתי ואילו אזורים כדאי לפתח, שכן במתן ערך כלכלי לאזורים שונים, ניתן לאמוד את חשיבות האזור בערכים כספיים. ערך כספי של אזור, בו קיימים מגוון רחב של שירותי מערכת, אשר מהווה בית גידול למספר מינים רחב של חי וצומח, מחייב דיון ותשומת לב לשינויים ביכולת שירותי המערכת, עם דגש לנזקים העלולים להיגרם באותה מערכת אקולוגית. כדי לאמוד את ערך האזור, יש צורך בהצמדת ערכים כספיים לתועלות הטבעיות המסופקות מאותם תאי שטח בצורתם הנוכחית, מתוך כוונה לשמירה על אזורים אלה, תוך התחשבות באילוצי הפיתוח העתידיים בעיר מודיעין.

## אנרגיה סולארית<sup>21</sup>

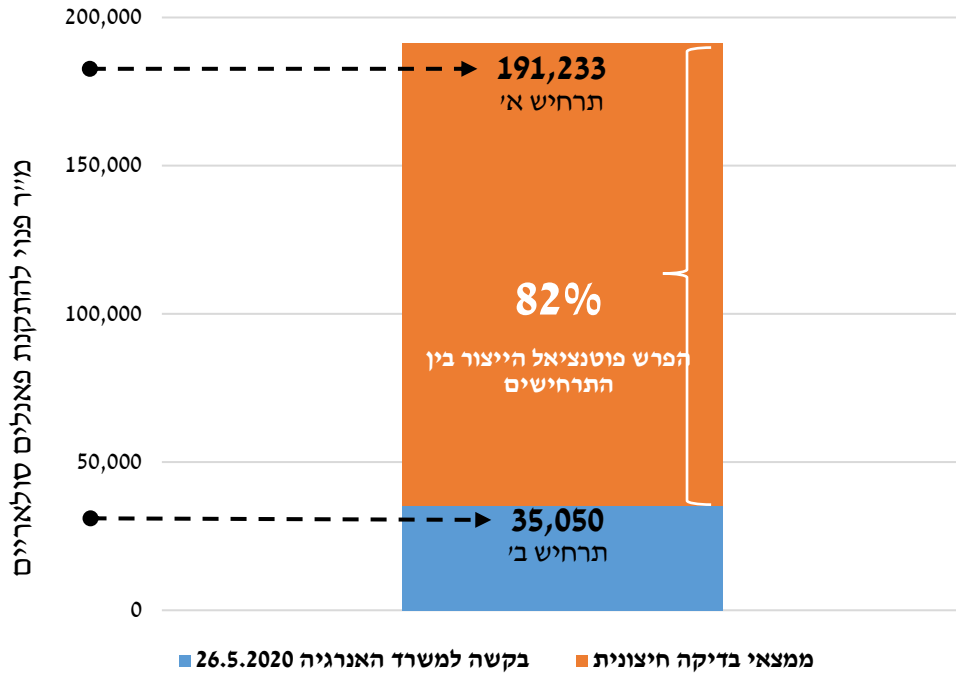
אנרגיה זו שואפת לקצור את האנרגיה המגיעה לכדה"א באופן תמידי ממקור הכוח העיקרי בגלקסית שביל החלב - השמש. כמות האנרגיה המגיעה מהשמש לכדה"א בכל יום עולה בעשרות מונים על **הצורך השנתי** של כלל האנושות לאנרגיה, מכלל המקורות ולכלל השימושים. זוהי אנרגיה נקייה, זולה ואמינה, שבאפשרותה לשרת את המין האנושי ואת כלל היצורים החיים למיליארדי שנים קדימה. שימוש בטכנולוגיה זו בדמות התקנת פאנלים סולאריים בטכנולוגיה פוטו-וולטאית (או PV), טומנת בחובה מספר יתרונות. ראשית, ייצור חשמל בטכנולוגיה זו מפחית פליטות חלקיקי CO<sub>2</sub> וגזי חממה נוספים בתהליך ייצור החשמל. שנית, טכנולוגיה זו מאפשרת עצמאות אנרגטית (כתלות בשטח הפנוי ובחשיפה לאור השמש). שלישית, אנרגיה סולארית מהווה מקור השקעה, על ידי יצירת אנרגיה ומכירתה. לא בכדי טכנולוגיה זו (יחד עם אנרגיית רוח) מיושמת ברחבי העולם כחלק מהמאבק העולמי להפחתת התלות בדלקים מאובנים, ולכן יישומה בכלל השטחים הפוטנציאליים במודיעין, יכול להועיל בהיבטים כלכליים, חברתיים וסביבתיים. בסעיף 5.6.8 משתמשת תכנית המתאר בנוסח לא מחייב בנוגע להתקנת פאנלים סולאריים על גגות מבנים: "במסגרת תכנית מפורטת **ניתן לקבוע** הוראות בדבר חובת שילוב מתקנים פוטו-וולטאים (PV) לייצור חשמל מאנרגיית שמש במסגרת בניה חדשה ו/או הנחיות לניצול סככות, גגונים, תחנות אוטובוס וכיו"ב להתקנת פאנלים פוטו-וולטאים."

לטובת כימות הפוטנציאל לייצור חשמל בטכנולוגיית PV, נוצר מחשבון שמטרתו הערכת כמות האנרגיה הסולארית הניתנת לייצור על פי כמות המ"ר הפנוי המשוער בעיר מודיעין ([טבלה 2](#)). אופן החישוב: 1 מ"ר פאנל סולארי הינו בעל פוטנציאל ייצור אופטימלי שנתי של כ-170 kWh. לפי האסדרה הנוכחית מול חברת חשמל, כל 1 kWh המיוצר מפאנלים סולאריים **שאינו** מנוצל בו במקום, יימכר לחברת חשמל בתעריף של 0.48 ₪ מיצרנים קטנים (משקי בית שהתקינו פאנלים סולאריים בשטחם, עד גודל מערכת של 15 קילו-וואט). ו-0.45 ₪ מיצרנים בינוניים (מערכות של בין 15-200 קילו-וואט). בממוצע, כל 1 קילו-וואט מותקן בגודל מערכת מהווה 10 מ"ר של פאנלים סולאריים. מכאן, המשוואה להלן:

$$\text{ייצור החשמל הפוטנציאלי השנתי (kWh)} = \text{השטח הפנוי הפוטנציאלי (במ"ר)} * 170 \text{ kWh}$$

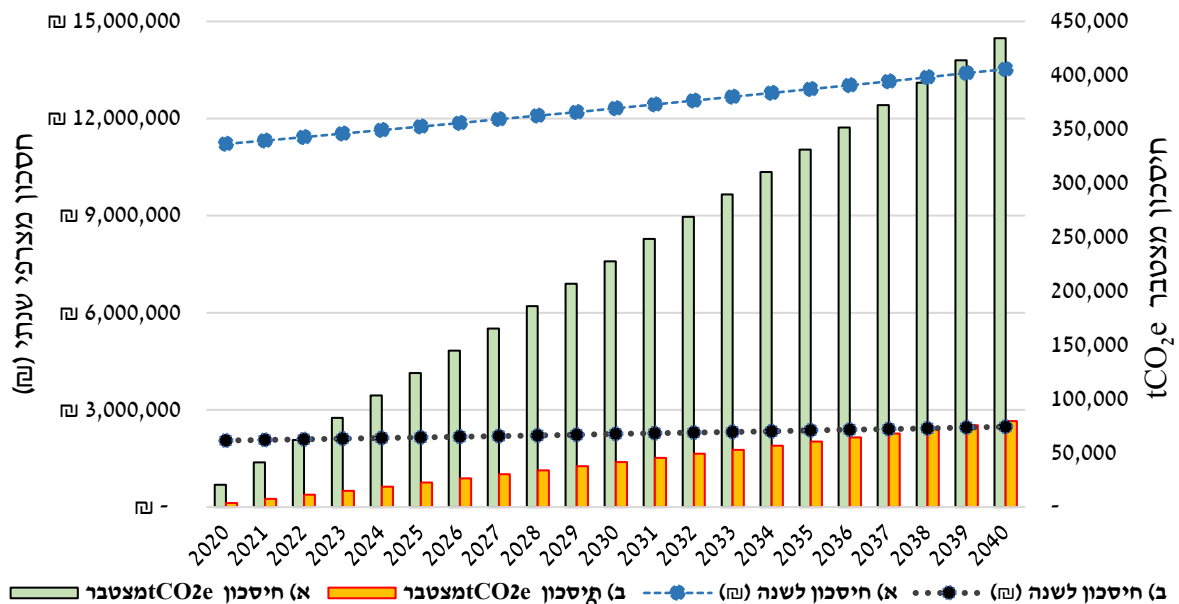
בנוסף, המחשבון מציג את כמות הפחתת חלקיקי CO<sub>2</sub>, בהינתן ייצור כמות האנרגיה המשוערת. לפי מחקר במרכז הבינתחומי הרצליה, נמצא שייצור 1 kWh חשמל מגז טבעי פולט כ-500 גרם חלקיקי CO<sub>2</sub>, ואילו ייצור 1 kWh מפחם פולט כ-1,000 גרם חלקיקי CO<sub>2</sub>. מכאן, ניתן לחשב את כמות חלקיקי CO<sub>2</sub> הנחסכים על ידי מעבר לאנרגיה סולארית. בתאריך 26.5.2020, כחלק ממהלך ארצי להטמעת מערכות PV ברשויות מקומיות<sup>3</sup>, פרסם משרד האנרגיה את בקשת ההלוואה מצד הרשויות המקומיות, ובתוכן מודיעין, להתקנת פאנלים סולאריים על גגות מבני ציבור בשטחן. לפי נתוני הבקשה<sup>4</sup> מטעם העיר, ההתקנה הקרובה מעידה על 35,050 מ"ר פנויים להתקנת מערכות PV על גגות מבני ציבור. לעומת זאת, לפי הערכת פוטנציאל השטח הפנוי שבוצעה ע"י מר עומר כהנא, נמצא שלפי תכנית המתאר הנוכחית (תחת ייעודי שטח ציבורי, תעשייה ועירוני מעורב), קיים פוטנציאל התקנה כולל על סך 191,233 מ"ר (גרף 1). כלומר, כבר היום, פוטנציאל הייצור עומד על מעל פי חמישה, כפי שניתן להסיק מנתוני בקשת ההלוואה.

גרף 1: השוואת מ"ר פנוי לייצור אנרגיה סולארית בעיר מודיעין (נתוני 2020)



בהתבסס על תוצאות ההערכה שביצע מר עומר כהנא, בוצע תחשיב מגמה המעיד על החיסכון הכספי לשנה (ש), יחד עם החיסכון המצטבר של פליטות גזי חממה (tCO<sub>2</sub>e), על סמך פוטנציאל הייצור הקיים בשנת 2020 בלבד לאורך טווח הזמן 2020-2040. לפי גרף 2, ניתן לראות את הפרש התועלות מניצול מיטבי של השטח הקיים להתקנת מערכות PV, כפי שנמצא בהערכתו של מר עומר כהנא (תרחיש א'), לעומת התועלות הפחותות המבוססות על נתוני משרד האנרגיה ובקשת ההלוואה של מודיעין (תרחיש ב'). מכאן, החיסכון הכלכלי של תרחיש א' בהשוואה לתרחיש ב' עומד על כ-200 מיליון ₪ בין השנים 2020-2040, תוך הערכה שמרנית, עקב ההתבססות ההערכה על תוואי השטח הקיים, כאשר עדכון נוסח תכנית המתאר מד/2040 לחובת התקנת פאנלים סולאריים בתפוקה פוטנציאלית מרבית בשטח העיר מודיעין, תגדיל את החיסכון מעבר להערכה זו.

גרף 2: תרחישי מעבר לייצור חשמל בטכנולוגיית PV בעיר מודיעין, 2020-2040, לפי נתוני 2020 (מהוון)



## וויסות אקלים מקומי, גלובלי ואיכות אוויר<sup>7 6 5</sup>

שירותי הוויסות הינם תהליכים בהם המערכת האקולוגית, על סמך רכיביה הביולוגיים, מעורבת בפעולתם, ואלה מספקים תועלת ישירה או עקיפה לחיי האדם. תהליכים אלה כוללים וויסות אקלים מקומי וגלובלי, וויסות אוויר, ספיחת קרקעות, וויסות שיטפונות ועוד. שירותים אלה מהווים בסיס משמעותי לחיי האדם, אך אינם באים לידי ביטוי באופן מוחשי אלא כאשר פעילותם נפגעת (לרוב כתוצאה מפעולה אנושית). מטרתו של חלק זה בהצגת ופירוט תועלות שירותי הוויסות וחשיבותן לאדם בכלל, תוך מיקוד בשירותי הוויסות הניתנים לתושבי מודיעין, והסתמכות על נתונים כלכליים התומכים בשימור תועלות אלה.

תחת נושא זה הוערכו שלושה תתי-נושאים:

### א. וויסות אקלים מקומי<sup>8</sup>

וויסות האקלים המקומי מתבסס על תכסית הצומח אשר משמשת כווסת טמפרטורה לטובת האדם, החי והצומח, על ידי הפחתת קרינת השמש הישירה, שבסופה יכולה לאפשר הפחתה של בין 2-4 מעלות צלזיוס לגורמים הסובבים את תכסית הצמחייה הרלוונטית. מנגנוני הוויסות של האקלים המקומי הינם הצללה (על ידי צמרות) והחזרת קרני שמש מוודיות. בימי הקיץ, תחת יערות נטועים, חורשים ועצים הנטועים בשדרות ובפארקים, תתקיים ירידה של בין 2-4 מעלות צלזיוס בהשוואה לשטחים הפתוחים הסמוכים. הפחתות אלו מקטינות משמעותית את עומס החום הנחוה על ידי האדם, וכך מאפשר חיסכון במיזוג אוויר מלאכותי. לטובת כימות כלכלי של התועלות מוויסות אקלים מקומי, החישוב מתייחס לעלות הורדת הטמפרטורה במבנים סמוכים לאזורי צמחייה. בהערכה זו ניתן לחשב את החיסכון התפעולי (ונגזרותיו בפן הכלכלי והסביבתי) בהפחתת שימוש במזגנים על ידי התושבים אשר בתיהם סמוכים לאזורי הצמחייה, תוך ההנחה שאזורי צמחייה אלה מפחיתים את הטמפרטורה של השטח הסובב אותן על ידי הצלה ו/או ספיחת או השמש. בכדי לכמת את הפחתת השימוש במזגנים בבתי אב, היה צורך בכימות הפרמטרים הבאים: שעות שימוש מזגן יומיות בהתפלגות שנתית, עלות קוטי"ש, עלות הפחתת מעלת צלזיוס בעזרת מיזוג אוויר ושיעור בתי האב המושפעים. לפי עבודתם של מתן תמרי וטל בראון מהמרכז הבינתחומי הרצליה, ישנן שתי תקופות זמן מהותיות להתפלגות השימוש במזגן במשך השנה:

- תקופה 1 - 50 יום: חודשי יולי-אוגוסט, המתאפיינים בטמפי גבוהה, עם 10 שעות פעילות מיזוג ביממה בממוצע.
- תקופה 2 - 225 יום: חודשי ספטמבר-נובמבר, וחודשי מרץ-יוני (החסרת חודשי החורף דצמבר-פברואר), המתאפיינים בטמפי בינונית-גבוהה, עם שעות פעילות מיזוג בעלי שונות גבוהה.

נניח שתועלות השטחים הפתוחים מפחיתות 2 מעלות צלזיוס, וכן שכ-5,000 בתי אב בשטח העירוני מקבלים תועלת מאותם שטחים פתוחים (מתוך 23,000~ בתי אב במודיעין בשנת 2020). הנמכת 1 מעלת צלזיוס בשימוש במזגן בעל דירוג אנרגטי A, צורך 0.935 קוטי"ש בשעה. הדבר שווה ערך לעלייה של 5% צריכה, וכן תעריף ביתי ל-1 קוטי"ש העומד על

0.5246 ₪ (כולל מע"מ), יאפשרו לנו לייצר משוואת אמידה. כדי להפריד בין תועלות התקופות השונות, נגדיר מקדמים שונים: "מקדם חודשי הקיץ" הוגדר כ-1, ו"מקדם שאר החודשים" הוגדר כ-0.5. מכאן, ניתן להרכיב את המשוואה הבאה:

**מס' בתי אב \* מס' ימי שימוש במזגן בעונה \* צריכת החשמל ע"י המזגן (קוט"ש) \* 10 שעות עבודה ביום \* 5% עלייה בקוט"ש בצריכת המזגן \* שינוי טמפרטורה (מ"צ) מהיעדר שטח פתוח \* מחיר קוט"ש לצרכן פרטי \* מקדם ("חודשי הקיץ" (1) / "שאר החודשים" (0.5)).**

• משוואה תקופה 1:

$$5,000 * 50 * 0.935 * 10 * 0.05 * 2 * 0.5246 * 1 = 122,625.25 \text{ ₪}$$

• משוואת תקופה 2:

$$5,000 * 225 * 0.935 * 10 * 0.05 * 2 * 0.5246 * 0.5 = 275,906.81 \text{ ₪}$$

סכימת המשוואות מראה שכ-5,000 בתי אב מקבלים תועלת הנאמדת בכ- **398,532** ₪ בשנה, פר מזגן יחיד.

ב. וויסות אקלים גלובלי

המערכות האקולוגיות הנמצאות בישראל תורמות לוויסות האקלים הגלובלי על ידי לכידת חלקיקי CO<sub>2</sub> (גז החממה השכיח ביותר הנפלט על ידי פעילות אנושית), אשר ממתנת את ריכוזו באטמוספירה, ומכאן מפחיתה את אפקט ההתחממות הגלובלית. CO<sub>2</sub> לרוב מתקבע בצמחים וביצורים נוספים המבצעים תהליך הנקרא פוטוסינתזה, המאפשר את קיומם ומהווה את אבני הבניין לחומר האורגני ממנו יצורים אלה מורכבים. לכידת הפחמן בישראל מבוססת ברובה על תהליך הפוטוסינתזה, כאשר חלקן הארי של הפליטות (שמקורן מתעשייה ותחבורה) אינן נלכדות ומתרכזות באטמוספירה. לפי מסמך בנושא מטעם "המארג"<sup>9</sup> שפורסם בשנת 2017, רק 6% מסך פליטות CO<sub>2</sub> בשנה בישראל נלכדות על ידי צמחים ויצורים נוספים (יערות נטועים ומערכות אקולוגיות הנמצאות במים הכלכליים של ישראל). לטובת כימות כלכלי של התועלות מוויסות אקלים גלובלי, החישוב מתייחס ליכולת ספיחת חלקיקי CO<sub>2</sub> בשטחים הפתוחים (סובב מודיעין). הערכה זו נעשתה על ידי חישוב יכולת ספיחת חלקיקי CO<sub>2</sub> באזורי הצמחייה הסובבים את מודיעין המוגדרים בשטח שיפוטה. לפי דוח "המארג" וסקירת הקרקע של מכון דש"א משנת 2007, השטחים הפתוחים הסובבים את מודיעין מאופיינים בצומח שיחני ועשבוני, אשר יכולתם ללכוד CO<sub>2</sub> פחותה מיערות וחורשים, אם זאת, אלה בעלי ערך ספיחה בהינתן תוואי השטח, כפי שניתן לראות בגרף 4.

ג. איכות אוויר<sup>10 11 12</sup>

לתכסית הצומח של כלל המערכות היבשתיות בישראל יש חלק בהפחתת ריכוזי גזים וחלקיקי אבק באוויר, הפוגעים בבריאות האדם ולעתים ביכול גידולים חקלאיים. ההפחתה מתבצעת בעיקר באמצעות לכידה וספיחה של החלקיקים הנשימים, על פני שטח הענפים והעלווה ובקליטה של גזים לתוך העלים. לטובת כימות כלכלי של התועלות מוויסות איכות האוויר, החישוב מתייחס ליכולת הצמחייה לספוח מזהמים והערכת



תועלת זו על ידי הפחתת עלות הטיפול במצב של הסרת אותם אזורי צמחייה. הערכה זו נעשתה על ידי חישוב יכולת ספיחת גזי חממה מזהמים באזורי הצמחייה הסובבים את מודיעין אשר מוגדרים בשטח שיפוטה, כפי שניתן לראות בגרף 4.

גרף 4 מציג את סך התועלת משמירת השטחים הפתוחים, על ידי ספיחת חלקיקי CO<sub>2</sub> ו-SO<sub>x</sub>, אשר מהווים סכנה בריאותית ואקלימית לאדם, לחי ולצומח. ע"פ הממצאים, תועלת השטחים הפתוחים והצמחייה במודיעין נאמדת בממוצע שנתי של כ- 16 מיליון ₪, ותועלת מצטברת של כ- 345 מיליון ₪, לאורך תקופה של 20 שנה (2020-2040). כלומר, לאותם אזורים קיימות תועלות כלכליות-סביבתיות שלא באות לידי ביטוי כיום כחלק משירותי המערכת האקולוגית הסובבת את מודיעין. הניתוח מצביע על השפעה מצטברת לאורך השנים, כאשר בשנת 2020 התועלת של אותה צמחייה בא לידי ביטוי בחוסר התערבות אנושית בתוואי שטח אזורים אלה שלא לצורך. שינוי תוואי השטח עלול לייקר את המחיה באזור ובכך לפגוע בטיב חווית המגורים ובבריאותם של תושבי העיר. המשוואה להלן מציגה את אופן החישוב הנעשה לכל סוג מזהם ולכל סוג צומח לפי יכולת ספיחת המזהמים:

$$\text{יכולת ספיחת מזהם} * \text{עלות הטיפול למזהם} * \text{מרכיבי תכסית השטח} * \text{פריסת מרכיבי תכסית השטח} \\ = \text{תועלת וויסות האקלים הגלובלי/וויסות איכות האוויר}$$

גרף 4: תועלת כלכלית שנתית מספיחת מזהמים 2020-2040 (מהוון לפי מחירי 2020)

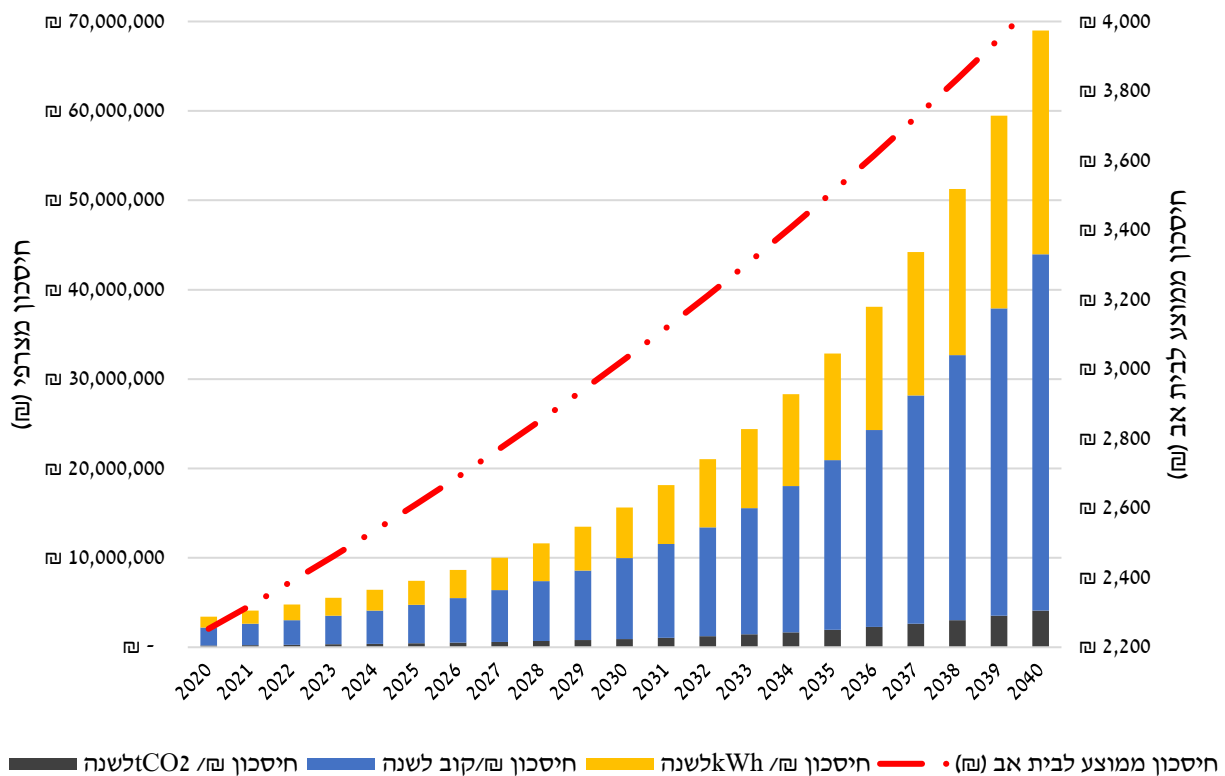


### 14 13 בנייה ירוקה

תחום הבנייה מהווה גורם מרכזי לשימוש במשאבים טבעיים ובפליטות מזהמים לאוויר כחלק ממעגל חיי החומרים הגולמיים. בטון ומלט, המהווים חומר בסיס למבנים מסוגים שונים, הינם אחד מגורמי פליטת CO<sub>2</sub> המשמעותיים בעולם. לאור אלה, תחום הבנייה הירוקה תפס תאוצה, בכדי לסייע לצמצם את השפעות תחום הבנייה על הסביבה, תוך שימוש בידע ובטכנולוגיות הקיימות כיום, ליצירת סביבה בנויה המתחשבת בצרכי הדור הנוכחי מבלי לגרוע מצרכי הדורות הבאים. תחת נושא זה, בוצע חישוב לתועלות ממעבר לבנייה ירוקה, תוך מתן דגש על הפחתת שימוש באנרגיה, מים וחשמל. בטבלה 5 ניתן לראות הערכה לחיסכון השנתי (פר בית אב ומצרפית), תוך התחשבות באחוז גידול האוכלוסייה החדשה במודיעין עד שנת 2040, עם צפי לתוספת של כ-

125,000 תושבים, בשטחים בהם עתידים להיבנות מבני מגורים חדשים. התועלות שעל בסיסן בוצעו החישובים, מתייחסות להערכת ממוצע התועלות למעבר מבנייה סטנדרטית לאימוץ תקני בנייה ירוקה, כאשר ככל שתקן הבנייה הירוקה גבוה יותר (מדרג של 1-5 כוכבים - [התקן הישראלי לבנייה ירוקה 5281](#)), עלויות הבנייה הראשוניות תהיינה גבוהות יותר מחד<sup>15</sup>, והתועלות לאורך השנים תהיינה בעלות השפעה גבוהה יותר מאידך (הפחתה משמעותית בשימושי אנרגיה, מים וחשמל, אשר **יובילו לחיסכון כלכלי גבוה יותר לאורך השנים**). ממצאי ההערכה מוצגים בגרף 5, המציג את החיסכון המצרפי מהפחתת השימושים במקורות אלה. ניתן לראות שלאורך השנים 2020-2040, תוך אימוץ התקן הישראלי לבנייה ירוקה, מתקבלת תועלת כלכלית-סביבתית מצרפית הנאמדת בכ- **476 מיליון ₪**, וחיסכון ממוצע שנתי הנאמד ב- **22.7 מיליון ₪**. תועלת זו מיוחסת להטמעת תקני בנייה ירוקה במבני מגורים חדשים במודיעין, כאשר החלת התקנים גם על מבני הציבור ותעשייה בשטח מודיעין תגדיל את התועלות הכלכליות-סביבתיות בשיעור ניכר.

גרף 5: חישוב חיסכון ממעבר לבנייה ירוקה במבני מגורים 2020-2040 (במחירי 2020)



## מקורות

1. סטולרו, ש. מימון, ע. ברנשטיין, א. המרכז הבינתחומי הרצליה, הקליניקות הכלכליות (יולי 2019). אומדן כלכלי להצעת חוק לתיקון חוק מקרקעין (הקמת פאנלים סולאריים על גג בית משותף).
2. אתר חברת חשמל. (מאי 2020). תעריפי חברת חשמל לצרכנים ביתיים.  
<https://www.iec.co.il/homeclients/pages/currenttariffs.aspx>
3. הודעת דוברות, משרד האנרגיה (מאי 2020).  
[https://www.gov.il/he/departments/news/solar\\_energy\\_260520](https://www.gov.il/he/departments/news/solar_energy_260520)
4. לוח מחוון לבקשת העיר מודיעין להתקנת מערכות PV על גגות מבני ציבור.  
<https://bit.ly/2A5OwqC>
5. מערכות אקולוגיות ורווחת האדם - הערכה לאומית (דוח ביניים). המארג (מאי 2007).  
<https://bit.ly/2U8y3ZY>
6. מערכת מידע גאוגרפית (GIS), עיריית מודיעין מכבים רעות. (מאי 2020). אוחזר מתוך:  
<https://gismod.taldor.co.il/ModiinGis/#/>
7. אדיב ג. שלף, ג. ברנשטיין, א. רמון, א. ועוד. סובב מודיעין - סקר נוף וסביבה. (דצמבר 2007).  
<https://deshe.org.il/wp-content/uploads/209/0/ModiinSurvey.pdf>
8. בראון, ט. תמרי, מ. פארק אידית' וולפסון - משאב טבע עירוני בעל מרכיב כלכלי- אקולוגי בתל אביב. המרכז הבינתחומי הרצליה.
9. מערכות אקולוגיות ורווחת האדם הערכה לאומית, המארג. (2007).  
<https://bit.ly/30tBBcU>
10. Raviv O., Zemah Shamir S., Izhaki I., Sagie H., Negev M., Mazor-Tregerman M., Collins-Kreiner N., Mansfeld Y., & Lotan A. (2020). The socioeconomic value of multiple ecosystem types at a biosphere reserve as a baseline for one holistic conservation plan. *Ecosystem Services* 40 0043
11. Negev, M., Sagie, H., Orenstein, D. E., Zemah Shamir, S., Hassan, Y., Amasha, H., & Wittenberg, L. (2009). Using the ecosystem services framework for defining diverse human-nature relationships in a multi-ethnic biosphere reserve. *Ecosystem Services*, 39, 00989.
12. Peled Y., Zemah Shamir S., Shechter M., Rahav E. and Israel A. (2008). A new perspective on valuating marine climate regulation: The Israeli Mediterranean as a case study. *Ecosystem services* 29(A), 83-90
13. המשרד להגנת הסביבה (אוקטובר 2018).  
[http://www.sviva.gov.il/subjectsenv/greenbuilding/benefits/documents/energy\\_consumption\\_survey\\_0208.pdf](http://www.sviva.gov.il/subjectsenv/greenbuilding/benefits/documents/energy_consumption_survey_0208.pdf)
14. וילבל, ת. צירקין, א. המרכז הבינתחומי הרצליה. (יוני 2020). כיצד יישום מחייב של תקן לבנייה ירוקה ישפיע על מחירי הדירות בארץ?!
15. המועצה הישראלית לבנייה ירוקה. (פברואר 2004). עלויות ותועלות של בנייה ירוקה בישראל ובעולם.  
<https://bit.ly/2W9FGk2>

- .16 אתר העיר מודיעין. (מאי 2020).  
<https://www.modiin.muni.il/ModiinWebSite/ChannelArticle.aspx?PageID=8344>
- .17 אתר העיר מודיעין. (מאי 2020).  
<https://www.modiin.muni.il/ModiinWebSite/ChannelArticle.aspx?PageID=8344>
- .18 אתר רשות המים. (מאי 2020) תעריפי המים והביוב לצרכנים הביתיים בתאגידי מים וביוב עירוניים. <http://www.water.gov.il/Hebrew/Rates/Pages/Rates.aspx>

## נספחים

### אנרגיה סולארית

טבלה 1: חישוב פאנלים סולאריים - נתוני 2020 (מהוון)

טבלה זו מציגה את חישוב פוטנציאל התועלות הכלכליות ממעבר לייצור חשמל בעזרת פאנלים סולאריים, תחת שני תרחישים:

- תרחיש א': מתייחס להערכתו של מר עומר כהנא לפוטנציאל השטח הקיים בשנת 2020.
- תרחיש ב': מתייחס לנתוני בקשת ההלוואה של מודיעין למשרד האנרגיה, המציגה את הערכת פוטנציאל השטח לשנת 2020.

לפי הממצאים, התועלות הכלכליות לתרחיש א' גדולות מעל לפי חמישה מאשר התועלות הכלכליות בתרחיש ב'.

הפרש	טבלת נתוני משרד האנרגיה		טבלת נתוני עומר כהנא		שנה
	חישוב לשנה (ה)ה	חישוב tCO2e מצטבר	חישוב לשנה (ה)ה	חישוב tCO2e מצטבר	
	2,055,683 ₪	3,793	11,215,809 ₪	20,692	2020
	2,075,006 ₪	7,586	11,321,238 ₪	41,384	2021
	2,094,511 ₪	11,379	11,427,657 ₪	62,076	2022
	2,114,200 ₪	15,172	11,535,077 ₪	82,768	2023
	2,134,073 ₪	18,965	11,643,507 ₪	103,460	2024
	2,154,134 ₪	22,758	11,752,956 ₪	124,152	2025
	2,174,383 ₪	26,551	11,863,434 ₪	144,844	2026
	2,194,822 ₪	30,344	11,974,950 ₪	165,536	2027
	2,215,453 ₪	34,137	12,087,514 ₪	186,228	2028
	2,236,278 ₪	37,930	12,201,137 ₪	206,920	2029
	2,257,299 ₪	41,723	12,315,828 ₪	227,612	2030
	2,278,518 ₪	45,516	12,431,597 ₪	248,304	2031
	2,299,936 ₪	49,309	12,548,454 ₪	268,996	2032
	2,321,555 ₪	53,102	12,666,409 ₪	289,688	2033
	2,343,378 ₪	56,895	12,785,473 ₪	310,380	2034
	2,365,406 ₪	60,688	12,905,657 ₪	331,072	2035
	2,387,641 ₪	64,481	13,026,970 ₪	351,764	2036
	2,410,084 ₪	68,274	13,149,423 ₪	372,456	2037
	2,432,739 ₪	72,067	13,273,028 ₪	393,148	2038
	2,455,607 ₪	75,860	13,397,795 ₪	413,840	2039
	2,478,690 ₪	79,653	13,523,734 ₪	434,532	2040
<b>211,568,250 ₪</b>	<b>47,479,396 ₪</b>		<b>259,047,646 ₪</b>		<b>חישוב מצטבר</b>
<b>10,074,679 ₪</b>	<b>2,260,924 ₪</b>		<b>12,335,602 ₪</b>		<b>חישוב ממוצע לשנה</b>

**טבלה 2 : מחשבון פוטנציאל אנרגיה סולארית**

הטבלה שלהלן נועדה לבחון את התועלות הכלכליות מפוטנציאל התקנת פאנלים סולאריים ע"ב הנתונים הקיימים ובהתייחס לתרחישים השונים (תרחיש א' ותרחיש ב' - פירוט טבלה 1).

אופן החישוב: המשתנה התלוי הינו כמות המ"ר הפנויים ליצירת אנרגיה סולארית. כאשר כמות המ"ר הפנוי מעודכנת, שלל המשתנים הנוספים מתעדכנים בהתאם: גדול המערכת, כמות הייצור האופציונאלית, רווח (חיסכון) שנתי לכמות הייצור הפוטנציאלית והפחתת כמות גזי החממה (שווה ערך טון CO<sub>2</sub>, או tCO<sub>2</sub>e).

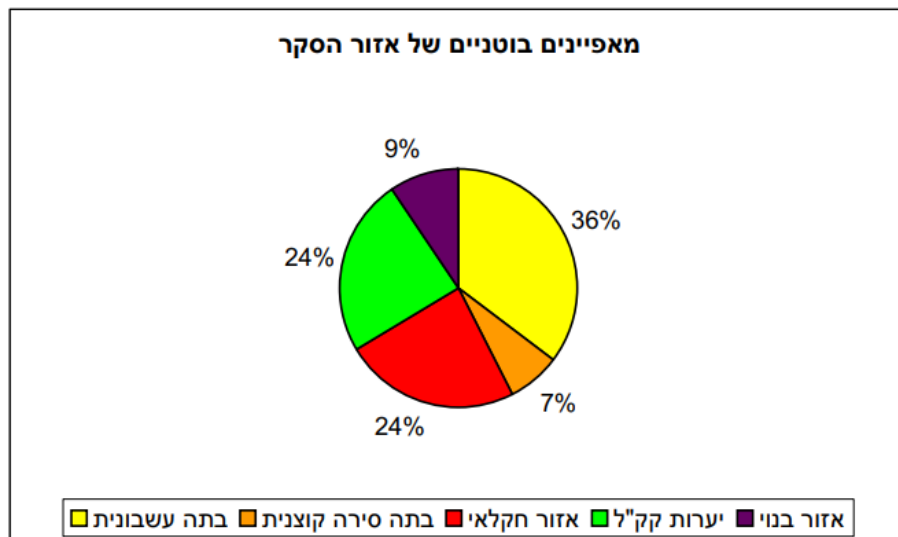
נתוני הערכה עומד כהנא	נתוני משרד האנרגיה	
191,233	35,050	מ"ר פנוי לאנרגיה סולארית*
11,215,809 ₪	2,055,683 ₪	רווח (חיסכון) שנתי - שנה 1
19.12	3.51	גודל מערכת (MW מותקן)~
19,123	3,505	גודל מערכת (kW מותקן)~
32,510	5,959	ייצור חשמל MWh
32,509,591	5,958,500	ייצור חשמל kWh
20,692	3,793	הפחתת גזי חממה (tCO <sub>2</sub> e/kWh)
20,692,354,445	3,792,585,250	הפחתת גזי חממה (gCO <sub>2</sub> e/kWh)

\*הנחה: מתוך סך השטחים שנמצאו כפוטנציאלים להתקנת מערכות סולאריות ולאור שימושים נוספים באותם תאי שטח, נניח שאחוז השטח המתאים להתקנת פאנלים סולאריים עומד על 75%.

**וויסות אקלים מקומי, גלובלי ואיכות אוויר**

**תמונה 1: ניתוח ממצאי סקר מכון דש"א - שטח יער מודיעין**

ממצא מתוך סקר מכון דש"א המציג את חלוקת השטחים הפתוחים מסביב לשטח השיפוטי של מודיעין. הסקר נערך בשנת 2007, אך הממצאים רלוונטיים גם לשנת 2020, לאחר הערכה שבוצעה ע"י מר עומר כהנא.



שטחו של יער מודיעין הנטוע על ידי קק"ל הוא כ - 8,540 דונם. היער מורכב מ - 37% עצים המוגדרים כעצים מחטניים הכוללים בעיקר מינים שונים של אורנים (35%) ומינים שונים של ברושים (2%). כ - 63% מיער מודיעין מורכב מעצים המוגדרים כרחבי עלים. יער זה כולל איקליפטוסים (3%), זיתים (7%), חורש ים תיכוני (52%) ושיטים (1%). כ - 67% מהיער (כ - 5,700 דונם) הינו יער ותיק שניטע לפני שנת 1997. יתר שטחו של היער (כ - 33% מהיער כ - 2,800 דונם) הינו יער צעיר שניטע לאחר שנת 1997.

**טבלה 3 : תועלות וויסות אקלים גלובלי ואיכות אוויר - שטח פתוח ללא בנוי וחקלאות בשנה (לא מהוון)<sup>4</sup>**

טבלה זו מציגה את התועלות הכלכליות מוויסות אקלים גלובלי (ספיחת SO<sub>x</sub>) ואיכות אוויר (ספיחת CO<sub>2</sub>) ע"י הצמחייה בשטחים הפתוחים בתחום השיפוט של מודיעין. הטבלה מתכללת את יכולות הספיחה של סוגי הצמחייה באזור, פריסת השטח פר סוג צמחייה, הערכה כלכלית של עלות הטיפול לפליטת טון, חיסכון כלכלי מתועלות סביבתיות והפחתת מזהמים מצטברת.

סה"כ	סוג צמחייה								
	שיטים	ברושים	אקליפטוס	זיתים	אורנים	חורשים תיכוניים	בתה קוצנית	בתה עשבונית	
	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82			ספיחת CO <sub>2</sub> טון/דונם
	0.018	0.018	0.038	0.038	0.038	0.018			ספיחת SO <sub>x</sub> טון/דונם
<b>100%</b>	0.26%	0.53%	0.79%	1.85%	9%	14%	8%	66%	% שטח פתוח ללא שטח בנוי
<b>30,902,083</b>	81,500	163,000	244,500	570,500	2,852,500	4,238,000	2,377,083	20,375,000	מ"ר שטח פתוח ללא שטח בנוי
<b>30,902</b>	81.5	163	244.5	570.5	2,852.50	4,238.00	2,377.10	20,375.00	דונם שטח פתוח ללא שטח בנוי
	107 ₪	107 ₪	107 ₪	107 ₪	107 ₪	107 ₪	- ₪	- ₪	עלות טיפול CO <sub>2</sub> ליח' פליטה/דונם
	936 ₪	936 ₪	1,976 ₪	1,976 ₪	1,976 ₪	936 ₪	- ₪	- ₪	עלות טיפול SO <sub>x</sub> ליח' פליטה/דונם
								131 ₪	עלות טיפול CO <sub>2</sub> לטון
								52,000 ₪	עלות טיפול SO <sub>x</sub> לטון
<b>919,900 ₪</b>	8,752 ₪	17,504 ₪	26,256 ₪	61,264 ₪	306,322 ₪	455,107 ₪	4,670 ₪	40,025 ₪	חיסכון טיפול CO <sub>2</sub> שטח פתוח ללא בנוי
<b>11,442,600 ₪</b>	76,284 ₪	152,568 ₪	483,132 ₪	1,127,308 ₪	5,636,540 ₪	3,966,768 ₪	- ₪	- ₪	חיסכון טיפול SO <sub>x</sub> שטח פתוח ללא בנוי
<b>6,683</b>									הפחתה מצטברת CO <sub>2</sub> טון
<b>220</b>									הפחתה מצטברת SO <sub>x</sub> טון

**טבלה 4 : חישוב חיסכון מזהמים - 2020-2040 (נתוני 2020)**

הטבלה שלהן מהווה חישוב לתועלות הכלכליות הנובעות מוויסות אקלים גלובלי ואיכות אויר לטווח של 20 שנה, ע"ס נתוני טבלה 4. ממצאי הטבלה מראים שע"פ תועלות הוויסות הקיימות היום, תוך התייחסות לריבית 3%, ניתן לראות תועלות כלכליות המצטברות למאות מיליוני ₪ בין השנים 2020-2040.

שנה	מספר בתי אב	חיסכון טיפול CO2	חיסכון טיפול SOx	חיסכון מצרפי	הפחתת tCO2e מצטברת	הפחתת tSOx מצטברת
2020	23,000	919,900	11,442,600	12,362,500	6,683	220
2021	24,143	947,497	11,785,878	12,733,375	13,366	440
2022	25,343	975,922	12,139,454	13,115,376	20,049	660
2023	26,603	1,005,200	12,503,638	13,508,838	26,732	880
2024	27,925	1,035,356	12,878,747	13,914,103	33,415	1,100
2025	29,313	1,066,416	13,265,110	14,331,526	40,098	1,320
2026	30,769	1,098,409	13,663,063	14,761,472	46,781	1,540
2027	32,299	1,131,361	14,072,955	15,204,316	53,464	1,760
2028	33,904	1,165,302	14,495,143	15,660,445	60,147	1,980
2029	35,589	1,200,261	14,929,998	16,130,258	66,830	2,201
2030	37,358	1,236,269	15,377,898	16,614,166	73,513	2,421
2031	39,214	1,273,357	15,839,234	17,112,591	80,196	2,641
2032	41,163	1,311,557	16,314,412	17,625,969	86,879	2,861
2033	43,209	1,350,904	16,803,844	18,154,748	93,562	3,081
2034	45,357	1,391,431	17,307,959	18,699,390	100,245	3,301
2035	47,611	1,433,174	17,827,198	19,260,372	106,928	3,521
2036	49,977	1,476,169	18,362,014	19,838,183	113,611	3,741
2037	52,461	1,520,455	18,912,874	20,433,329	120,294	3,961
2038	55,068	1,566,068	19,480,261	21,046,329	126,977	4,181
2039	57,805	1,613,050	20,064,668	21,677,719	133,660	4,401
2040	60,678	1,661,442	20,666,608	22,328,050	140,343	4,621
		26,379,499	328,133,556	<b>354,513,055</b>	1,543,773	50,832
		1,256,167	15,625,407	<b>16,881,574</b>	73,513	2,421



## בנייה ירוקה

טבלה 5: חישוב חיסכון ממעבר לבנייה ירוקה - 2020-2040 (מחירי 2020 מהוון)

הטבלה שלהלן מציגה את התועלות הכלכליות ממעבר לבנייה ירוקה במודיעין, ע"י חיסכון בתחומי המים, החשמל והאנרגיה. הטבלה מציגה את התועלות לתרחיש בו מודיעין בנויה לפי תקני הבנייה הירוקה הישראלים 5281, תוך התייחסות לתועלות הממוצעות בנושאי מים, חשמל ואנרגיה ממעבר לבנייה ירוקה בהשוואה לבנייה סטנדרטית.

שנה	בתי אב <sup>16</sup>	חיסכון חסכוני/שנה tCO <sub>2</sub> e/שנה	חיסכון חסכוני/שנה/קוב לשנה <sup>17</sup>	חיסכון חסכוני/שנה/קוב לשנה <sup>18</sup>	חיסכון מצרפי (ש"ח)	חיסכון ממוצע לבית אב (ש"ח)
2020	1,525	198,304	1,989,356	1,248,023	3,435,684	2,253
2021	1,769	243,663	2,376,883	1,491,138	4,111,684	2,320
2022	2,052	282,649	2,757,184	1,729,720	4,769,553	2,390
2023	2,380	327,872	3,198,334	2,006,476	5,532,682	2,462
2024	2,761	380,332	3,710,067	2,327,512	6,417,911	2,536
2025	3,203	441,185	4,303,678	2,699,914	7,444,777	2,612
2026	3,716	511,775	4,992,266	3,131,900	8,635,941	2,690
2027	4,310	593,659	5,791,029	3,633,004	10,017,692	2,771
2028	5,000	688,644	6,717,594	4,214,285	11,620,522	2,854
2029	5,800	798,827	7,792,409	4,888,570	13,479,806	2,940
2030	6,727	926,639	9,039,194	5,670,741	15,636,575	3,028
2031	7,804	1,074,902	10,485,465	6,578,060	18,138,427	3,119
2032	9,052	1,246,886	12,163,140	7,630,550	21,040,575	3,212
2033	10,501	1,446,388	14,109,242	8,851,438	24,407,067	3,308
2034	12,181	1,677,810	16,366,721	10,267,668	28,312,198	3,408
2035	14,130	1,946,259	18,985,396	11,910,494	32,842,149	3,510
2036	16,391	2,257,661	22,023,059	13,816,174	38,096,893	3,615
2037	19,013	2,618,886	25,546,749	16,026,761	44,192,396	3,724
2038	22,055	3,037,908	29,634,229	18,591,043	51,263,180	3,835
2039	25,584	3,523,973	34,375,705	21,565,610	59,465,288	3,950
2040	29,678	4,087,809	39,875,818	25,016,108	68,979,735	4,069
		28,312,028	276,233,518	173,295,189	<b>477,840,735</b>	<b>64,605</b>
		1,348,192	13,153,977	8,252,152	<b>22,754,321</b>	<b>3,076</b>