



תכנית מס' 507-1221969

תא/מק/5135- התחדשות עירונית דרך השלום 93-101

תל אביב-יפו



נספח אנרגיה

לפי הנחיות מחלקת קיימות



ירושלים – מרץ 2024

לשם שפר איכות סביבה בע"מ

רח' הנטקה 36, ת.ד. 3694, ירושלים 9678236,

טלפון 02-6427684, פקס. 02-6427103

דוא"ל shl@shl.co.il

הועדה המקומית לתכנון ולבניה תל-אביב - יפו

שם התכנית 507-1221969 תא/מק/5135 התחדשות דרך השלום 93 - 101

אפשרה למתן תוספת לאזור דיון בהתנגדויות):

תאריך 09/02/2022	פרוטוקול 222-0004	החלטה 8
תאריך 25/12/2024	פרוטוקול 24-0025	החלטה 8
תאריך 25/06/2025	פרוטוקול 25-0013	החלטה 1

ליאור שפירא, עו"ד

מנהל האגף

מנהל האגף

יור"ר הועדה/יו"ר ועדת המשנה

אחוד גרמלי, אדרי

ומ"מ יור"ר ועדת המשנה לתכנון ובניה



נספח אנרגיה

הנספח הוכן ע"י:
עבור:

לשם - שפר איכות סביבה בע"מ
אורון נדל"ן

עורך הנספח:
מודל חשיפה לשמש:

נדב גבינג, Eng.
שרית בניהו





תוכן העניינים

4.....	פרק א' תיאור הפרויקט	
4.....	דברי הסבר לתכנית	1.1
5.....	תקציר מנהלים	1.2
6.....	דרך חישוב הפוטנציאל	1.3
7.....	מידול הפרויקט	
9.....	חשיפה לשמש בגגות	1.4
10.....	חשיפה לשמש בחזיתות	1.5
11.....	נתוני קרינת שמש שנתיים על גגות וחזיתות דרומיות	1.6
12.....	פרק ב' הקמת מערכת ייצור חשמל מתאים פוטו-וולטאים	
12.....	מערכת BAPV (Building Applied Photovoltaics)	2.1
12.....	מערכת BIPV (Building integrated Photovoltaics)	2.2
14.....	חישוב שטחי התקנה וחובת ייצור בפרויקט	2.3
.....	פרק ג' מערכת סולארית לחימום מים	
.....	מבוא	3.1
.....	מערכת חימום מים סולארית	3.2
.....	ביצועי מערכת סולארית לחימום מים	3.3
.....	מסקנות	3.4
16.....	פרק ד'	
16.....	הגדרות להתייעלות אנרגטית במתחם	
16.....	תקינה לבניה בת קיימה	4.1
16.....	המלצות כלליות בתחום התאורה	4.2
16.....	מערכות חימום מים	4.3
17.....	אקלים - חימום קירור	4.4





מבוא

מסמך זה בוחן את פוטנציאל ייצור האנרגיה ממקורות מתחדשים (אנרגיית השמש) בתכנית "דרך השלום 93-101" בתל אביב, (תכנית מס' 507-1221969) ובאמצעותו לגזור יעד ייצור אנרגיה. המסמך נערך בהתאם להנחיות מחלקת קיימות בעיריית תל-אביב.





פרק א' תיאור הפרויקט

1.1 דברי הסבר לתכנית

פרויקט דרך השלום 93-101 הוא פרויקט של התחדשות עירונית בדרום מזרח תל אביב-יפו. התכנית מציעה לפנות 5 מבנה "רכבת" קיימים ולהקים 5 מבני מגורים של 8 קומות, שני מגדלים של 19 קומות ושצ"פ ומבנה ציבור. ביצוע הפרויקט יביא לניצול יעיל יותר של הקרקע יחד עם שיפור רווחת הדיירים ומרחב ציבורי גדול פי כמה ואיכותי יותר. הפרויקט יספק דיור חליפי לתושבים ותמהיל יחידות מגוון.

הפרויקט נמצא באזור אקלים א' לפי מפת אזורי האקלים של המשרד להגנת הסביבה.



תרשים א.1: תשריט מצב מאושר





תרשים א.2: תשריט מצב מוצע



1.2 תקציר מנהלים

להלן ריכוז הנחות העבודה וההמלצות ליישום במסגרת מימוש התכנית:

השקלול כולל התייחסות לדרישות רגולטוריות, שילוב בין מערכות ומורכבות האחזקה העתידית שלהן.

- במסגרת בחינת פוטנציאל הייצור של הפרויקט לאנרגיה מתחדשת (אנרגית שמש), התקבל כי התפוקה המקסימלית של הפרויקט הכוללת חזיתות וגגות היא כ-1.06 מיליון קוט"ש בשנה, כאשר היקפי הפוטנציאל המקסימלי לייצור על גגות בלבד מסתכם בכ-958 אלף קוט"ש בשנה.
- המלצת סקר זה היא על התקנת מערכות לייצור אנרגיה מתחדשת בהיקף מינימלי של 50% מסך פוטנציאל הייצור – כ-530 אלף קוט"ש בשנה.
- עבור הפקת האנרגיה הנדרשת, ניתן להתקין פאנלים פוטו-וולטאיים על כ-52% מסך שטחי הגגות החשופים לשמש.

התוכנית תכלול המלצות התייעלות באנרגיה המפורטות בסעיף 5 בתחום הבנייה הירוקה, התאורה, חימום מים ואקלום.



1.3 דרך חישוב הפוטנציאל

להלן הגדרות וביאורים למונחים בהנחיות להכנת הנספח:

- אנרגיה מתחדשת / אנרגיה ממקורות מתחדשים - אנרגיה שמקורה בקרני השמש (אנרגיה סולארית), אנרגיית רוח, אנרגיית גלי ים, חום שיורי, אנרגיה גאותרמית ומקורות אנרגיה נוספים שאינם נוצרים כתוצאה משריפה.
- מודל לחיזוי ייצור אנרגיה שנתית ממקורות מתחדשים – מודל בינוי תלת מימדי המבוסס על נספחי הבינוי והוראות התכנית המוצעת, לגביו נבחן השטף המצטבר השנתי של קרינה סולארית בהתאם למתודולוגיה הקבועה.
- פוטו-וולטאי - photovoltaic או PV. שיטה להמרת קרינה שמקורה מן השמש לחשמל בזרם ישר באמצעות תאים סולאריים עשויים מוליכים למחצה אשר בהם פוטונים של אור הנבלעים בחומר גורמים לעירור של אלקטרונים לרמת אנרגיה גבוהה.
- קוט"ש – KWh. (קילו וואט-שעה) - יחידה למדידת כמות אנרגיה חשמלית, בין אם היא מיוצרת או נצרכת. כל יחידות מדידה אחרות לאנרגיה יש להמיר לצורך ביצוע חישוב בהתאם למסמך זה ליחידות KWh.
- קו"ט פיק, הספק מותקן - kilowatt-peak – kWp יחידת המידה התקנית להספק של מערכת פוטו-וולטאית להפקת חשמל, המבטאת את ההספק המתקבל כאשר התאים חשופים לשטף קרינת שמש של 1 קילוואט למ"ר.

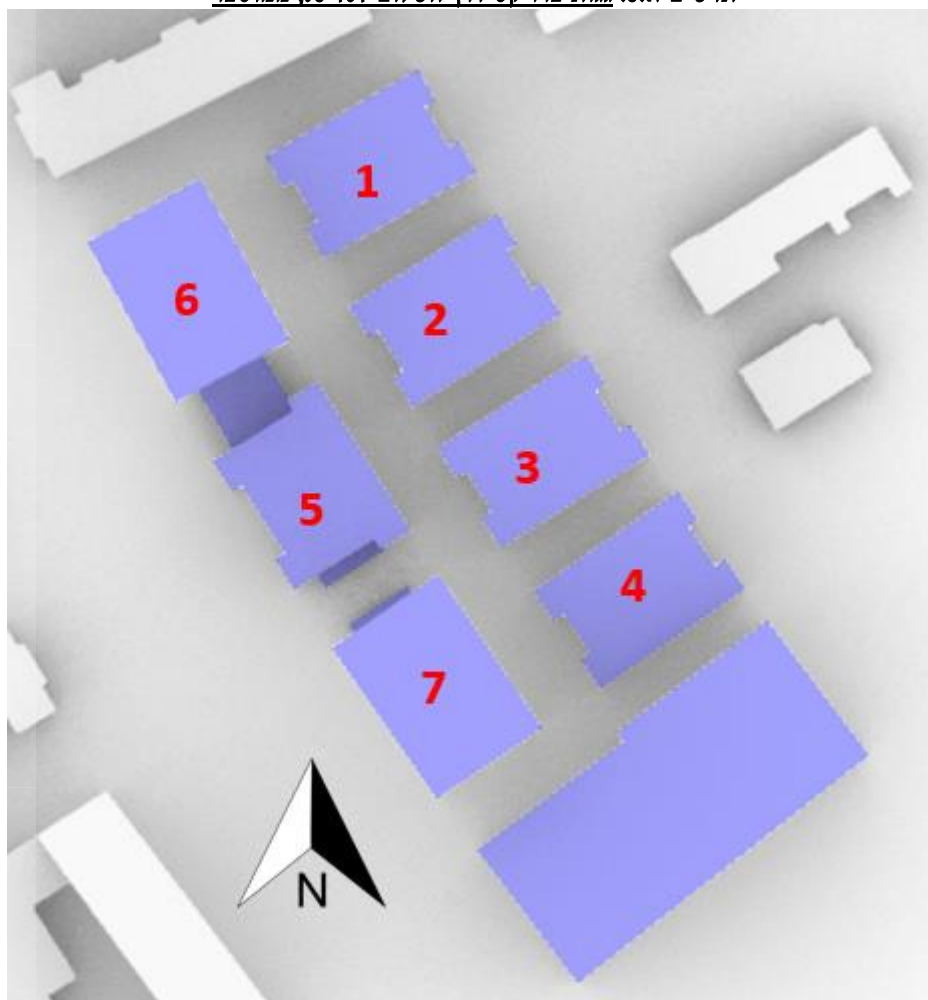




מידול הפרויקט

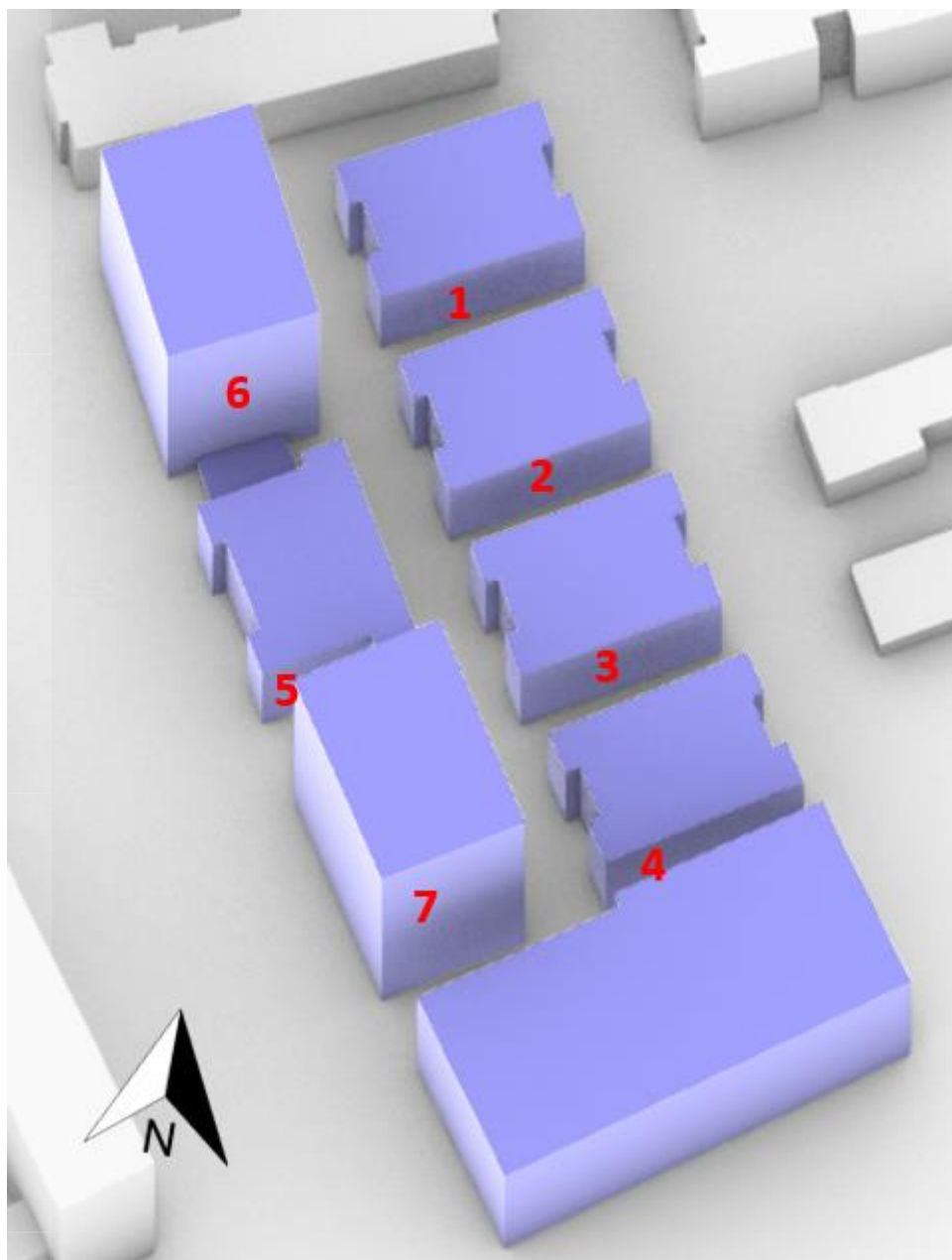
להלן מוצג מידול הפרויקט לחישוב פוטנציאל יצור החשמל. בפרויקט מתוכננים חמישה מבני מגורים מרקמיים בעלי 8 קומות, אשר צפויים להכיל 42 יח"ד כל אחד. בנוסף, מתוכננים שני מגדלי מגורים בגובה 19 קומות, המכילים 105 יח"ד כל אחד. התכנית כוללת שצ"פ בשטח של כ-2 דונם, ושב"צ בגודל דומה.

תרשים א.3: גגות פרויקט דרך השלום 93-101, ממוספר





תרשים א.4: חזיתות דרומיות פרויקט דרך השלום 93-101, ממוספר





1.4 חשיפה לשמש בגגות

על מנת להעריך פוטנציאל ייצור אנרגיית שמש, נבדקה חשיפה לשמש על גגות מבנים ביום הקצר בשנה, ה-21 לדצמבר, בין השעות 9:00-15:00.

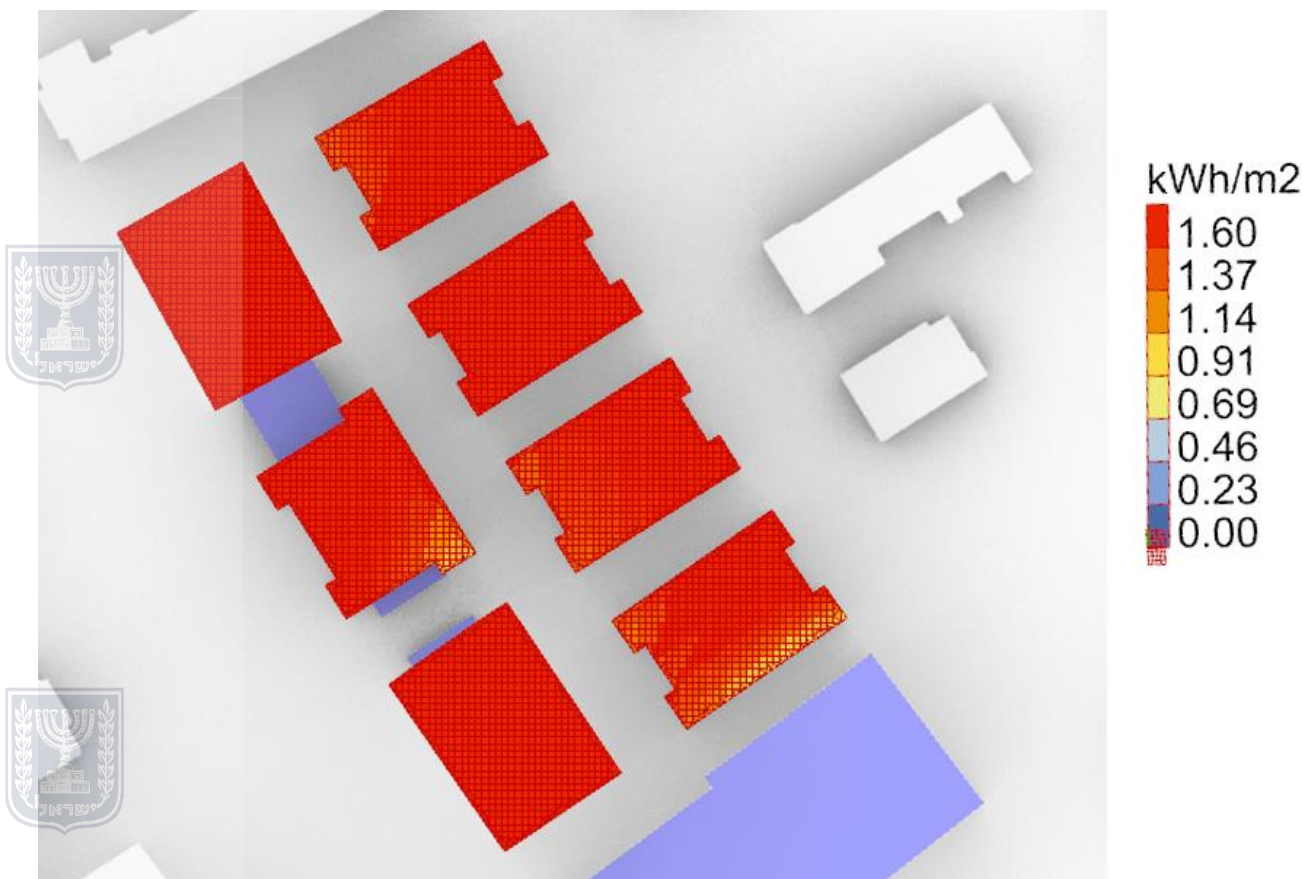
שטחי הגג שחשופים ל-1.6 קוט"ש למ"ר (שווה ערך ל-4 שעות שמש) ביום הזה, נחשבים גגות עם פוטנציאל לייצור אנרגיה סולארית במהלך כל השנה (למעט תנאי מזג אוויר המגבילים קרינת שמש ישירה).

מידת החשיפה לשמש בגגות המבנים המתוכננים חושבה באמצעות תכנת 1.4 LADYBUG. שהינה תכנה

ייעודית לחישובים אקלימיים על בינוי מתוכנן בתכנת המידול Rhinoceros 7. להלן פלט הבדיקה של חשיפה לשמש בגגות המבנים המתוכננים:



תרשים 5.א: שעות שמש על גגות הבינוי המוצע ביום 21.12 בין השעות 9:00-15:00



מתוך שטח גגות כולל של 4,132 מ"ר, 3,167 (76%) נחשבים שטחים אפקטיביים להתקנת פאנלים סולאריים.

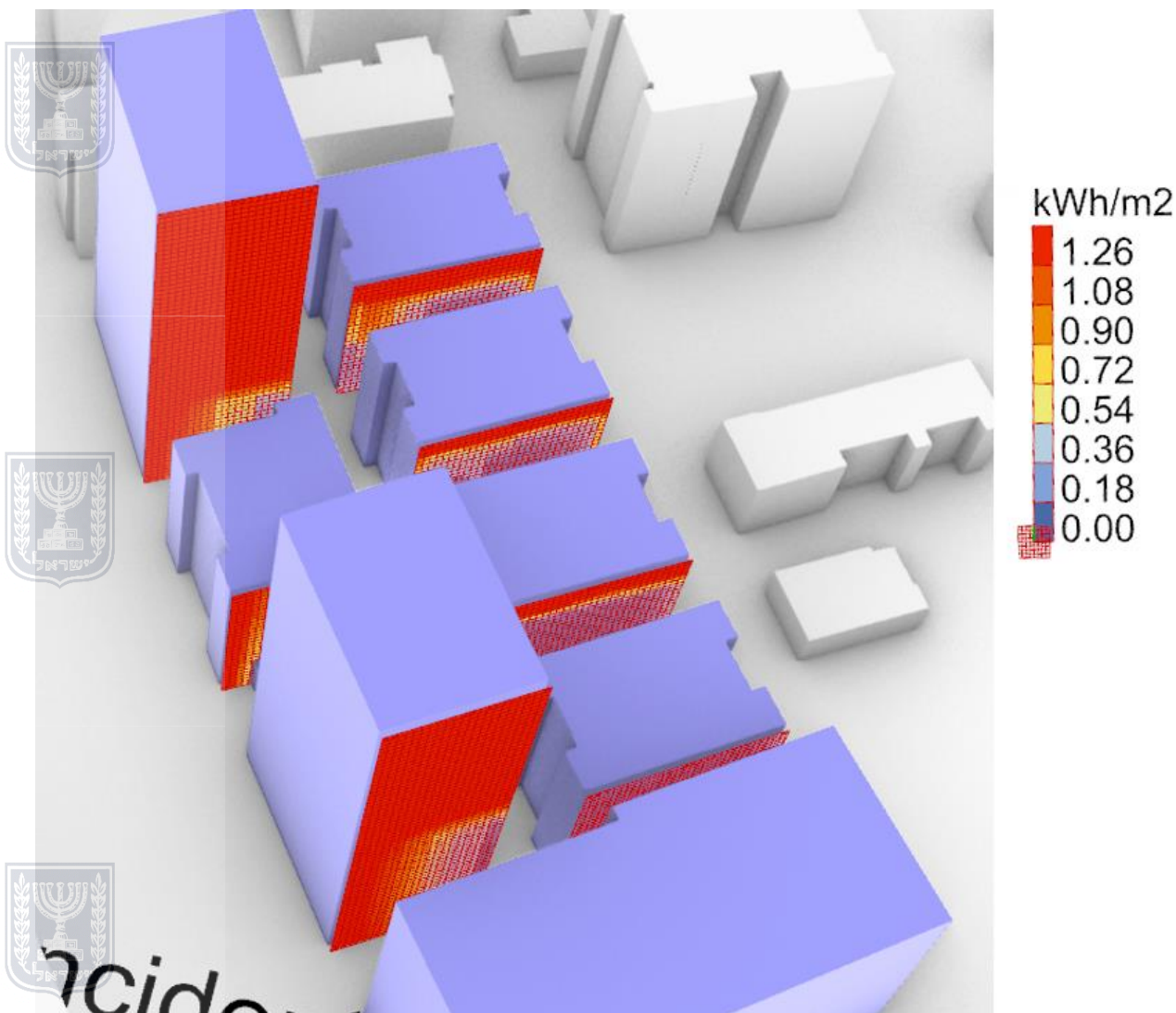




1.5 חשיפה לשמש בחזיתות

על מנת להעריך פוטנציאל ייצור אנרגיית שמש, נבדקה חשיפה לשמש על חזיתות המבנים ביום הקצב בשנה, ה-21 לדצמבר, בין השעות 09:00-15:00. שטחי חזית שחשופים ל-1.26 קוט"ש למ"ר (שווה ערך ל-4 שעות שמש) ביום הזה, נחשבים חזיתות עם פוטנציאל לייצור אנרגיה סולארית במהלך כל השנה כולו (למעט תנאי מזג אוויר המגבילים קרינת שמש ישירה).

תרשים א.6: שעות שמש על חזיתות הבינוי המוצע ביום 21.12 בין השעות 09:00-15:00



סך שטח החזיתות הדרומיות בפרויקט מסתכם בכ-6,625 מ"ר. מתוכם, רק כ-2,260 מ"ר (34%) נחשבים שטחים אפקטיביים לייצור חשמל סולארי.





1.6 נתוני קרינת שמש שנתיים על גגות וחזיתות דרומיות

1.7.1 נתוני קרינת שמש על גגות התכנית

טבלה א-1: ריכוז נתוני מודל חשיפת הגגות לשמש

מספר	שטח כולל [מ"ר]	שטח אפקטיבי [מ"ר]	קרינה מצטברת [קוט"ש/מ"ר/שנה]	פוטנציאל ייצור חשמל שנתי [קוט"ש]
1	555	416	1,672	113,624
2	558	558	1,770	161,245
3	558	245	1,806	72,391
4	558	251	1,629	66,780
5	558	368	1,715	103,115
6	675	675	2,007	221,172
7	670	670	2,007	219,534
סה"כ	4,132	3,184		957,862

סך הכל פוטנציאל ייצור על הגגות: 957,862 קוט"ש בשנה

1.7.2 נתוני קרינת שמש על חזיתות דרום בתכנית

טבלה א-2: ריכוז נתוני מודל חשיפת החזיתות הדרומיות לשמש

מספר	שטח כולל [מ"ר]	שטח אפקטיבי [מ"ר]	קרינה מצטברת [קוט"ש/מ"ר/שנה]	פוטנציאל ייצור חשמל שנתי [קוט"ש]
1	825	132	928	5,531
2	827	91	896	3,680
3	828	91	811	3,335
4	827	0	0	0
5	615	62	543	1,508
6	1451	1059	1036	49,546
7	1418	837	1059	40,002
סה"כ	6791	2271		103,602

• סה"כ פוטנציאל ייצור על החזיתות הדרומיות: 103,602 קוט"ש בשנה.

• סה"כ פוטנציאל ייצור על הגגות והחזיתות יחד: 1,061,464 קוט"ש בשנה.

• יעד ייצור מחייב (לפי 50% מפוטנציאל הייצור): 530,732 קוט"ש בשנה.

* אין מדובר על חובת התקנת מערכת על החזיתות – אופן מימוש הפוטנציאל נתון בידי היזמים.





פרק ב' הקמת מערכת ייצור חשמל מתאים פוטו-וולטאים

תא פוטו-וולטאי (PV) או תא סולארי הוא התקן סולארי להפקה ישירה של אנרגיה חשמלית על ידי קליטת קרינה אלקטרומגנטית (אור) מן השמש.

מערכת PV מאפשרת לצרכן לייצר חשמל בצורה מקומית מניצול אנרגיה זמינה (אנרגיה מתחדשת). בסעיף זה נבחן את פוטנציאל הייצור הפוטו וולטאי על המבנים במתחם.



2.1 מערכת BAPV (Building Applied Photovoltaics)

ייצור חשמל ממערכת BAPV הוא ייצור אנרגיה מתחדשת ע"י התקנת פנלים פוטו-וולטאיים על גג או חזית המבנה (על התשתית הקיימת). כיום פתרון זה מיושם בעיקר באמצעות התקנת תאים פוטו-וולטאים על גגות ומתקנים. פתרון זה מבצע שימוש כפול בשטח בנוי גם לייצור אנרגיה. הירידה העקבית בעלויות מתקנים פוטו-וולטאים הביאה לכך כי הפקת אנרגיות בשיטות אלו זולה יותר מאשר הפקה באמצעות דלקי מאובנים. לכן, היקפי יישום פתרון זה נמצא בגידול מתמיד.

במבנים נמוכים, ניתן לייצר הרבה אנרגיה יחסית לשטח הקרקע ולצריכת החשמל של הבניין. בבנייה רוויה ברבי קומות ייצור החשמל ביחס לשטח הכולל נמוכה בהרבה והמבנה מצליח לייצר אחוזים בודדים מצריכת האנרגיה שלו (יחס שטח גג/שטח בנוי נמוך).



2.2 מערכת BIPV (Building integrated Photovoltaics)¹

תאים פוטו-וולטאים משולבי מבנה מהווים חלק ממעטפת הבניין וממלאים מספר פונקציות בו זמנית: ייצור חשמל, הגנה על הבניין והצללה מהשמש. טכנולוגיה זו מהווה פתרון כולל לבעיות מערכת ה-BAPV (שטח מצומצם להתקנה). ישנם כיום מגוון מוצרים למערכות BIPV בעולם, המספקים פתרונות ייצור אנרגיה ומעטפת לגגות, חזיתות ולחלונות. בעולם כבר הוקמו ושופצו בניינים עם מערכות אלו.

בדומה לטכנולוגיות חדשות רבות אחרות, מכיוון שמדובר על טכנולוגיה חדשה אשר מכניסה מימד חדש ומורכב לענף הבנייה, יישום מוצרי BIPV לרוב יקר באופן ניכר לעומת מוצרי BAPV או מוצרי מעטפת. כמו כן, קיימת חוסר מודעות וידע בנושא.



בשוק הישראלי הנוכחי, מחיר החשמל נמוך יחסית למקובל בעולם המפותח, ואינו כולל עלויות חיצוניות מלאות כגון השפעה של פליטות זיהום אוויר וגזי חממה על הבריאות, התשתיות ועל הסביבה. כמו כן, העדר שוק BIPV מקומי, גורר מחיר יישום BIPV גבוה מאשר אירופה.



¹ נתונים בנוגע למערכות BIPV נלקחו מתוך "סקר התכנות ליישום תאים פוטו-וולטאים משולבי מבנה בבניינים מסחריים בישראל" מס' מחקר במשרד להגנת הסביבה: 165-4-10.



המלצות אדריכליות להתקנת מערכות BIPV

לשם אופטימיזציה של ייצור אנרגיה סולרית על גבי בניינים, יש לתכננם בצורה המותאמת להתקנת BIPV, למשל:

- להעדיף התקנת המערכת בחזית מאווררת, אשר שומרת על ה-BIPV בטמפ' נמוכה, ושומרת על יעילות מערכת גבוהה יותר.

- לעודד התקנת BIPV בזווית על חזיתות, לשם ניצול אופטימלי של קרינת השמש.



- כאשר מתוכנן בניין עם מערכות BIPV בחזיתות, יש לבחון האם הקונטקסט העירוני ישפיע בצורה ניכרת על ביצועי המערכת (שילוב השפעות/הצללות המבנים בסביבה על ביצועי המערכת). במקרים בהם הקונטקסט העירוני משמעותי, מומלץ שלא ליישם מערכות BIPV בקומות התחתונות.





2.3 חישוב שטחי התקנה וחובת ייצור בפרויקט

עבור מימוש חובת הייצור, יש לבחון את השטחים הנדרשים, ולהשוותם לשטחים הקיימים. ההנחה היא כי תתאפשר התקנת פאנלים על כ-50% משטחי הגגות, כאשר יתר הגג משמש עבור מערכות ו/או שימושים אחרים לטובת הדיירים. אזורים נוספים המתאימים להתקנת פאנלים, לפי סדר עדיפות, הם גגות מבני הציבור, והחזית הדרומית של מגדל התעסוקה.

המלצתנו היא להימנע, ככל הניתן, מהתקנת פאנלים על חזיתות מבני ומגדלי המגורים.

עבור פאנלים סולאריים מתקדמים (Tier 1) יידרש שטח של כ-6 מ"ר עבור כל KW סולארי מותקן.

התפוקה הטיפוסית באזור זה עבור מערכת של 1 KW, הינה כ-1,800-2,000 KWh לשנה. עבור החישובים, נלקח הערך העליון, מתוך התחשבות בהתפתחות הטכנולוגית הצפויה.



טבלה ב-1: תפקת אנרגיה מתחדשת בתכנית

מספר	שטח גג אפקטיבי [מ"ר]	50%*	הספק מותקן [KW]	תפוקה שנתית [KWh]
1	416	278	46	92,000
2	558	279	46	92,000
3	246	246	41	82,000
4	251	251	42	84,000
5	368	279	46.5	93,000
6	675	337	56	112,000
7	670	335	56	112,000
סה"כ	3,184	2,005	333.5	667,000

*50% משטח הגג, פרט למקרים בהם השטח האפקטיבי קטן מ-50% משטח הגג. במצב זה, נלקח בחשבון כל השטח האפקטיבי.

פוטנציאל הייצור הריאלי בפרויקט עומד על כ-667,000 קוט"ש בשנה, המהווים כ-63% מסך פוטנציאל הייצור.

לפי דרישות העירייה, יש להתקין מערכות לייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים אשר ייצרו 52% מסך פוטנציאל הייצור. על כן, יש להתקין בפרויקט מערכות לייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים בהיקף ייצור מינימלי של 530,732 קוט"ש בשנה.



עבור עמידה בחובת הייצור בעזרת פאנלים סולאריים על הגגות בלבד, יהיה צורך בהתקנת מערכות בהיקף כולל של כ-265 KW. עבור סך המערכות, יידרש שטח גגות כולל של בין 1,590-1,855 מ"ר.

מומלץ לאפשר ניווד של חובת הייצור בין המבנים השונים, על מנת למקסם את שטחי הגגות האפקטיביים.





פרק ג' טעינת רכבים חשמליים

על פי דרישות העירייה, יש להכין תשתית יבשה עבור חיבור 100% מעמדות החניה לעמדות לטעינת רכבים חשמליים, בדגש מיוחד על גודל החיבור החשמלי הנדרש. יש לקבל התייחסות מיועץ החשמל של הפרויקט.

כמו כן, יש להתקין בפועל עמדות טעינה ב-15% מעמדות החניה.

על פי מדיניות העירייה, יש לתעדף את התקנת עמדות הטעינה במפלסים הגבוהים, ובעמדות הקרובות לכניסה לחניון, ככל ואלו אינן משויכות לגורם פרטי.



יש להתקין מערכת ניהול טעינה דינאמית, המאפשרת התחברות למגוון רחב של דגמים. על המערכת להיות מנוהלת מרחוק, בעלת כושר ניהול עומסים דינאמי, ויכולת תמחור דיפרנציאלי.

את העמדות והמערכת יקים היזם על חשבון, או שיתקשר עם ספק מורשה אשר יתקין, יטפל ויספק את שרותי העמדות והמערכת, תוך עלות אפסית ליזם, בתמורה לרווחים מתפעול העמדות.





פרק ד'

הגדרות להתייעלות אנרגטית במתחם

4.1 תקינה לבניה בת קיימה

1. תקינה לבנייה ירוקה – המבנים בתחום התכנית יעמדו בתקן ת"י 5281 לבנייה ירוקה ברמת 4 כוכבים.
2. תקינה ליעילות אנרגטית – המבנים בתחום התכנית יעמדו בתקן ת"י 5282 בדירוג אנרגטי A.



4.2 המלצות כלליות בתחום התאורה

1. נצילות ועוצמת נורות וגופי התאורה יותאמו לשימושים השונים ויתוכננו לפי תקני 8995, 5281, 12464.
2. שליטה בתאורת פנים – יותקנו מנגנונים לכיבוי אוטומטי של תאורה, כגון חיישני נוכחות במבני ציבור ובמבני חינוך.
3. שליטה בתאורת חניונים – חניונים יחולקו לאזורי הפעלה שונים, בהתאם למרחק ממקור תאורת טבעית (אם קיים). בנוסף יותקנו מנגנונים אוטומטיים לכיבוי תאורה, כגון: חיישני נוכחות או חיישני אור.
4. יותקנו מנגנון כיבוי תאורה אוטומטי בתאורת חוץ.
5. שליטה מרכזית – תותקן מערכת מרכזית לכיבוי תאורה (כגון מערכת ניהול תאורה או שעון מרכזי במבני ציבור באזורים משותפים).



4.3 מערכות חימום מים

1. מערכות חימום המים יעמדו בדרישות תקנות התכנון והבנייה (תיקון – אספקת מים חמים בבניין מגורים) התשע"ט 2019.
2. חימום המים יתבצע על ידי המערכות הבאות:
 - א. מערכות תרמו סולריות.
 - ב. משאבות חום ביעילות מינימלית של COP 2.5.
 - ג. מערכות מבוססות על חום שיורי.
 - ד. שילוב בין המערכות לעיל.
 - ה. יותקנו אמצעים אוטומטיים לניהול המים החמים של כל בניין / יחידות דיור. כגון: קוצבי זמן (טיימר).





4.4 אקלום - חימום קירור

1. בפרויקט יותקנו מערכות מיזוג יעילות העומדות בתקנות מקורות האנרגיה.
2. מערכות מ"א בעלות תפוקה של עד 18 קו"ט יהיו בדירוג A בהתאם לתקנות מקורות האנרגיה.
3. מערכות מ"א בעלות תפוקה הגבוהה מ-19 קו"ט יהיו בדירוג אנרגטי מינימלי של COP 3.5 (יעילות מזערית בעומס מלא בקירור).
4. בדיוור מוגן תעשה חלוקה לאזורים בעלי שליטת משתמשים עצמאית ובקרת טמפרטורה אזורית בכל החללים המאוכלסים.
5. התקנת חישני נוכחות לשליטה במיזוג בדיוור מוגן ובניינים שאינם מגורים.

