



סקר אנרגיה לשלב תכנון תב"ע

רוטשילד 50 | 6 ספטמבר, 2021



תקציר מנהלים

במסגרת התב"ע המתוכננת במתחם רוטשילד 50, מתוכנן מגדל בגובה 40 קומות ומבנה לשימור בגובה 9 קומות בעירוב שימושים הכולל שטחי מגורים, מלונאות, ומסחר, ולהוות פרויקט מתקדם בהיבטי הבנייה הירוקה, באלמנטי החיסכון האנרגטי המותקנים בו ובתכנון העירוני של הפרויקט.

עיריית תל אביב הציבה חזון לבניה מאופסת פחמן, ובמסגרת מדיניות העירייה נדרש תכנון אנרגטי מתקדם בפרויקטים המוקמים בעיר, במטרה לצמצם צריכת אנרגיה לכלל המשתמשים תוך שמירה על איכות הסביבה ועמידה ביעדים הלאומיים של צמצום פליטת פחמן.

תכנון השואף לחיסכון אנרגטי משמעותי נשען בראש ובראשונה על תכנון אקלימי פאסיבי מיטבי להפחתת עומסי קירור וחימום במקור ובחירת מערכות אלקטרומכניות חסכוניות. עם התפתחות הטכנולוגיות, נושא ייצור האנרגיה המתחדשת באתר נהיה נפוץ בשוק הישראלי, כדאיות ההתקנה עולה ומתרחב מנעד הפתרונות האפשריים ליישום. כמו כן, עם התרחבות הפריסה הארצית של רשת הולכת הגז הטבעי, נפתחות בפני יזמים האפשרות לשלב מערכות מקומיות לייצור חשמל בגז, וזאת במקביל לחיבור החשמל הקונבנציונאלי ובכך להקטין את צריכת האנרגיה הכוללת של הפרויקט. המהלך עוד בחיתוליו והניסיון בארץ מועט, אך מספר ההצעות להקמת מתקן שהוגשו לרשות החשמל בהקצאה האחרונה מלמדת כי מצב זה עשוי להשתנות בזמן הקרוב.

מטרת עבודה זו הינה בחינת כלל המרכיבים שיביאו לתכנון הוליסטי בפן האנרגטי של הפרויקט המתוכנן:

- ניתוח וחיזוי אופיין הצריכה העצמית של הפרויקט על בסיס הנחות עבודה (מפאת שלב התכנון הראשוני, הפרויקט נמצא בשלב התב"ע בלבד) ובהתאם למידול אנרגטי ברמה שעתית שבוצע לבניינים בעלי אופיין צפוי זהה.
- המלצות ליישום אמצעים לחיסכון אנרגטי הכוללים אמצעים פאסיביים ואקטיביים (מערכות חסכוניות).
- בחינת פוטנציאל ייצור אנרגיה מתחדשת באופן מקומי בהתאם למתודולוגיה העדכנית שפורסמה.
- בחינה פוטנציאל לייצור אנרגיה באתר על מנת לצמצם את צריכת האנרגיה ממקורות חיצוניים ולהגדיל למקסימום את כמות הצריכה העצמית של אנרגיה מיוצרת בראיה של תועלת כלכלית וסביבתית לפרויקט.



יסקי-מור-סיון אדריכלים





ממצאי הדו"ח –

- בהיבט הפאסיבי סולארי, העמדת המבנה המתוכנן הינה אופטימלית ומאפשרת, בתכנון מעטפת נכון, תנאי נוחות וחיסכון אנרגטי מירבי. כמו כן, בפרויקט המתוכנן קיים עירוב שימושים (משרדים, מגורים, מלון ומסחר) המאפשר שילוב וניצול מירבי של תכנון המערכות האקטיביות וצריכת האנרגיה (הסטת אנרגיה, שימוש בחום שיורי, הקמת מרכז אנרגיה מאוחד ככל האפשר וכו').
- בהתאם להנחות העבודה המפורטות בדו"ח הצריכה השנתית הכוללת של הפרויקט צפויה להיות כ- 6.8 מגה-וואט שעה.

ייצור אנרגיה מתחדשת:

- יישום מערכות פוטו-וולטאיות ו/או תרמוסולאריות על גג המגדל הינו כדאי כלכלית באופן מובהק ואנו ממליצים לקדם את שילוב המערכות בשלב מוקדם ככל האפשר ולתקף את הבדיקה בשלב התכנון המפורט ובהתאם לתכנון האדריכלי.
- נכון לזמן כתיבת הדו"ח - אין כדאיות כלכלית לשילוב ניכר של PV על חזיתות הבניינים, אך עם זאת - להערכתנו, הדרישה לייצור חשמל באנרגיות מתחדשות תלך ותגדל. לכן, ככל שישנה התקדמות בפיתוח הפאנלים הפוטו-וולטאים וירידת המחירים (בהתאם לצפי ולמגמה העולמית בתחום), ועל פי הקיום המנחים של התכנון האדריכלי של חזיתות הפרויקט, אנו ממליצים לבחון את שילוב המערכות בשלב התכנון המתקדם.
- לצורך עמידה בדרישת ייצור האנרגיה המתחדשת (פוטו-וולטאית או תרמוסולארית) של העירייה נדרש ייצור אנרגיה שנתי מינימלי בפרויקט של כ-260,000 קוט"ש (המהווה כ-3.8% מהצריכה השנתית החזויה לפרויקט). אנו ממליצים לענות על דרישה זו בשילוב הטכנולוגיות הבאות:
 - שילוב קולטים תרמוסולאריים על הגג אשר יספקו מים חמים למגורים (צריכה שנתי של דירה עומדת על 2,206 קוט"ש) עבור כמות דירות גבוהה ככל האפשר. יישום סעיף זה יאפשר עמידה גם בתקנות חימום מים למגורים ויצמצם את הדרישה ליישום PV משמעותית באמצעות טכנולוגיה בעלת נצילות גבוהה יותר.
 - יישום PV על הגג הטכני של הפרויקט בהספק גבוה ככל האפשר, במידה שלא ייושם פתרון תרמו-סולארי הדרישה לייצור עומדת על כ-160 קילוואט מותקן (דרישת שטח של כ-1,100 מ"ר).



ייצור חשמל בגז:

- קיימת אי ודאות לגבי לוח"אספקת הגז לאזור הפרויקט – תואי מתוכנן נוכחי מגיע עד בית חולים איכילוב (שלב פריסה ראשון של חברת סופר NG) כאשר בשלב השני התואי המתוכנן מתקדם לכיוון צפון ת"א ולא לאיזור הפרויקט. לשיקול היזם לתכנן הכנה למערכות גז, בהיבט סימון מיקום עתידי של כל המערכות הנחוצות ליישום המערכת, לשם שמירת האופציה של חיבור עתידי לגז, מתוך ראייה של כדאיות כלכלית. קיימת היתכנות נמוכה לאספקת הגז עם שלב הקמת הפרויקט.



סיכום והמלצות:

- ככל שהוצג במסמך זה, אנו ממליצים לשאוף ליעדי חיסכון גבוהים בשילוב אמצעי התייעלות וחסכון אנרגטי מתקדמים, בהתאם לחזון הפרויקט ועיריית ת"א.
- להערכתנו, הדרישה לייצור חשמל באנרגיות מתחדשות תלך ותגדל. אנו ממליצים לקדם את שילוב המערכות הפוטו-וולטאיות על גג הבניין מוקדם ככל האפשר בתכנון הגג, בשילוב מערכות תרמו-סולאריות למגורים (בשלב זה אין תכנון גגות מפורט ובכללן תכנון מערכת תרמו-סולארית PV-1, אך מומלץ לבחון שילובן בהקדם). יישום מערכות פוטו-וולטאיות על החזית הדרומית אינה כדאית בשלב זה אך צפויה להתקדם משמעותית בשנים הקרובות ומומלץ לבחון עם גיבוש חזיתות הפרויקט (שלב תכנית העיצוב).
- עמדות לטעינת רכבים חשמליים- בשל העובדה שהפרויקט מכיל שימושים שונים, ייתכן ובעתיד ועם התקדמות התכנון והמודלים המסחריים, תהיה כדאית כלכלית ליישום עמדות נוספות – מכאן המלצתנו, ככל שניתן בכפוף להגבלות תכנוניות, לתכנון תשתית מתאימה לאחוז גבוה מהאחוז המינימלי הנדרש ע"י הרשויות והתקנים הרלוונטיים, בייחוד בדירות המגורים המתוכננים בפרויקט שם צפויה דרישה גבוה לעמדות חשמליות.
- קיימת אי ודאות לגבי לוי"ז אספקת הגז לאזור הפרויקט. מסיבה זו לא בשלב זה לא מומלץ לשלב תשתית מתאימה ליישום המערכת למרות הכדאיות הכלכלית הגבוהה. במידה והפרויקט מעוניין לקבל חיבור לגז, עליו לפנות לחברת החלוקה האזורית סופר NG על מנת לקדם את התהליך בתיאום עם זמני הקמת הפרויקט ולא לחכות באופן פאסיבי להגעת התשתית.
- יש לתקף את הבדיקה הראשונית שבוצעה במסמך זה ע"פ הנחות עבודה ותכנוניות שלב התב"ע עם התקדמות התכנון המפורט. נוסיף כי בהתאם לקול קורא שפרסמה רשות החשמל, בכוונתה לערוך שינויים משמעותיים במש"בים ובתע"וז, כלומר בתעריפי צריכת חשמל בשעות השונות במהלך השנה. כחלק מהשינויים, מספר שעות הפסגה לעונות הקיץ והחורף יצומצם משמעותית, דבר אשר צפוי לשנות את כדאיות ייצור האנרגיה העצמי מכיוון והיא נמדדת ביחס לעלות הרכישה מחח"י. על כן ישנה חשיבות משמעותית לתיקוף הבדיקה עם התקדמות התכנון.

דו"ח זה מוגש בשלב תכנון ראשוני של הפרויקט. כלל המלצות הדו"ח יהיו תקפות רק לאחר ביצוע בדיקות התכנות טכניות וניתוחים כלכליים בשלב התכנון המפורט.

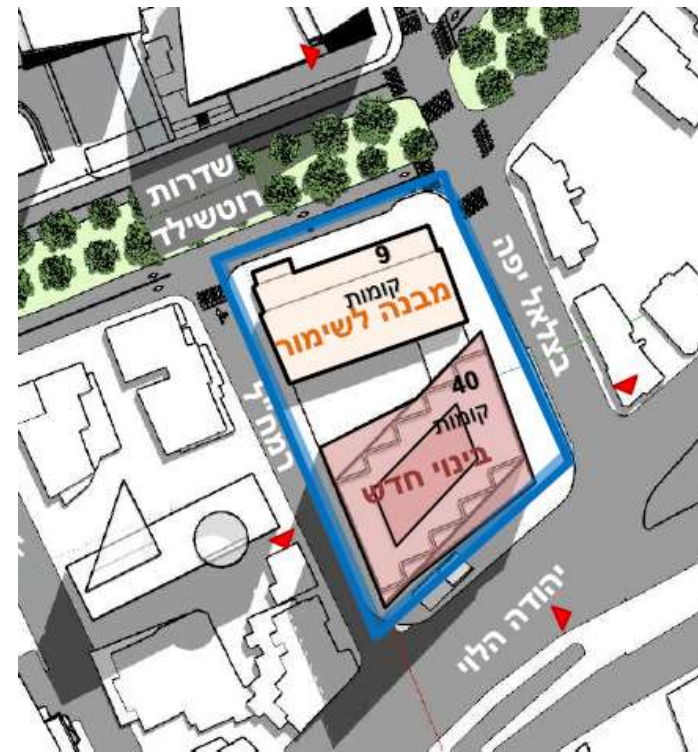
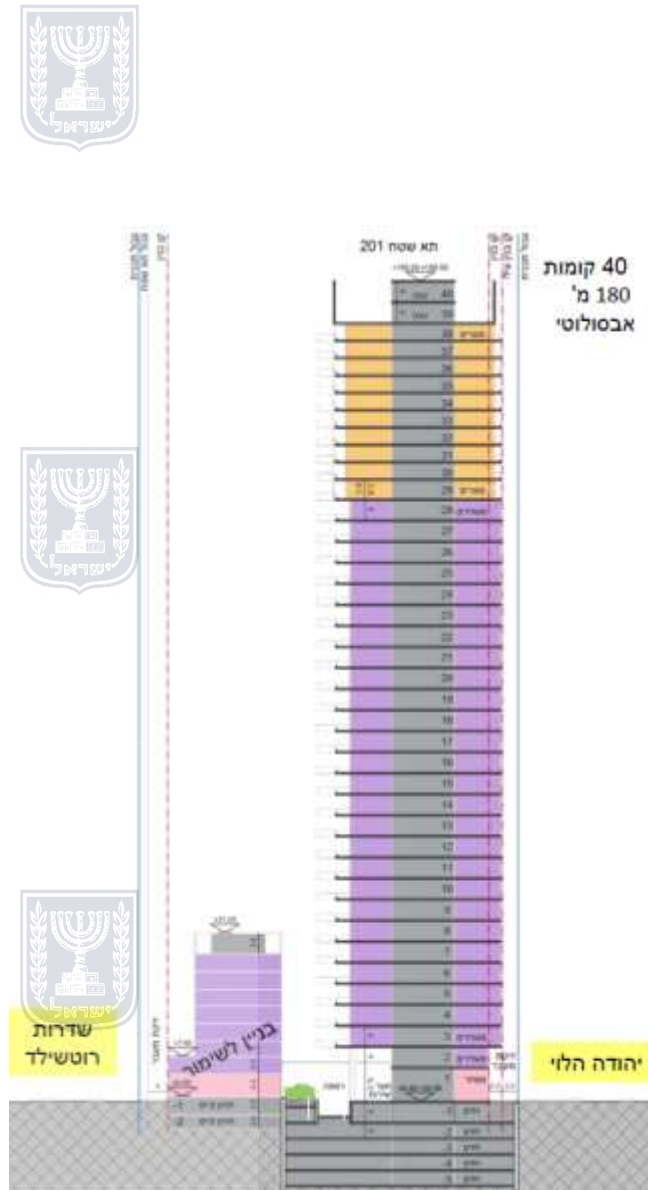
אין לראות בהמלצות הראשוניות בדו"ח זה הנחיה מחייבת, עד לביצוע אנליזות מפורטות משלימות.



1. התכנון המוצע

מתחם רוטשילד 50 גובל ברחוב יהודה הלוי מדרום, רחוב רוטשילד מצפון ובצלאל יפה ורמח"ל ממזרח ומערב בהתאמה. הפרויקט מגדל בגובה 40 קומות ובניין לשימור בגובה 9 קומות בעירוב שימושים הכולל שטחי מגורים, מלונאות, ומסחר בהיקף שטח כולל של כ-95,000 מ"ר בנוי על קרקע ע"פ החלוקה הבאה:

שימוש	שטח (מ"ר)
מסחר	1,000
משרדים	34,740
מגורים	11,900
תת קרקע	12,500



חלוקת השימושים בפרויקט, יסקי-מור-סיון אדריכלים

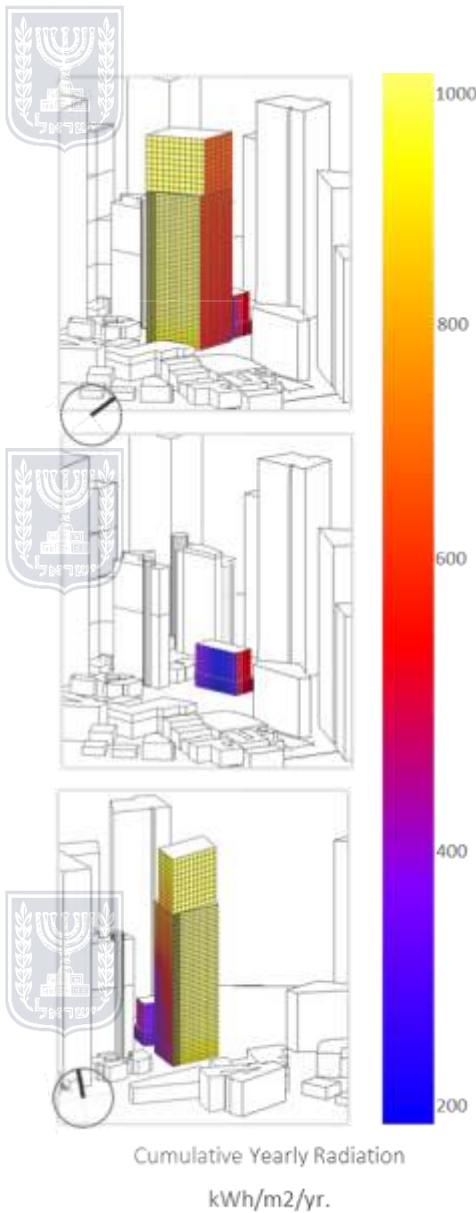
2. אמצעים פאסיביים להתייעלות אנרגטית

התכנון המפורט שיבוצע לאחר אישור התב"ע יתמקד בתכנון פאסיבי סולארי נכון ואמצעים אקטיביים להתייעלות אנרגטית של המבנים והסינרגיה ביניהם במטרה להבטיח צריכת אנרגיה עתידית נמוכה ככל האפשר. קרינת השמש מספקת אנרגיה רצויה התורמת לחימום הבניין בחורף, ומאיךך (במשקל גבוה יותר) אנרגיה בלתי רצויה המגדילה את עומס החום על המבנה בקיץ. לכן, בעונות החמות יש צורך לחסום את השמש בעזרת הצללה מתאימה ובעונות הקרות רצוי לאפשר חדירה של קרינת שמש למבנה. ניתן לעשות זו באופן מיטבי ופשוט על ידי תכנון הצללה התואמת לתפקוד החזית.

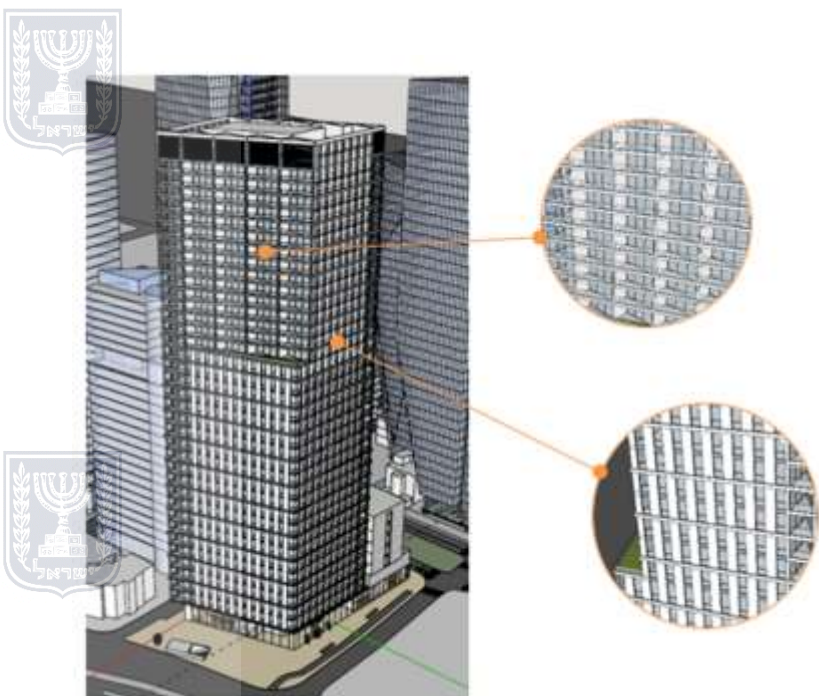
התכנון האדריכלי של הפרויקט שם דגש על העמדה מיטבית (חזיתות ארוכות לכיווני דרום וצפון), כולל אלמנטי הצללה אפקטיביים, ויאופיין בזיגוג סלקטיבי מתקדם - זאת לצורך מיקסום חשיפה לאור טבעי ללא סנזור וצמצום עומסי החום עקב חסימת קרינת השמש הישירה בעונה החמה וחימום פאסיבי בעונת החורף.

אנו ממליצים להטמיע את האמצעים הבאים לניצול מיטבי של יתרונות ההעמדה:

- תכנון הצללה על מישורי הזיגוג בחזיתות הדרומיות באמצעות שיקוע מישורים בדירוג, יישום מרפסות או הצללות חיצוניות. בשל הפרש רום השמש בין העונות, ההצללה משפיעה רק על קרני השמש הגבוהות בקיץ ומונעת מהן לחמם את המבנה, בעוד שבחורף היא מאפשרת חדירת קרינת שמש לחימום.
- תכנון יחס חלון קיר מינימלי או הצללות אפקטיביות בחזיתות המזרחיות והמערביות אשר אינן מוצלות בחודשי הקיץ בעיקר (ראו ניתוח קרינה על החזיתות משמאל) למניעת סנזור וחדירת קרינה. בשל זווית השמש בעונת הקיץ יש שטף קרינה רב על חזיתות אלה בשעות העבודה והשעות החמות. שימוש במזדולים אטומים בשילוב עם זיגוג ביחס של 40-60% יהווה פתרון מתאים.
- שימוש במעטפת סלקטיבית מתקדמת, אשר מפחיתה את מעבר החום כלפי החלל הפנימי. באמצעות זיגוג זה ניתן לחסום את קרינת השמש הישירה בעונה החמה ולמנוע פליטה של החום מהחלל הפנימי בעונת החורף. בכך יתאפשר מיקסום החשיפה לאור טבעי, הגברת נוחות המשתמשים וצמצום עומסי החום.
- היות ואין בעיית קרינת יתר על החזיתות הצפוניות נמליץ על תכנון יחס קיר חלון מקסימלי בחזיתות הללו.




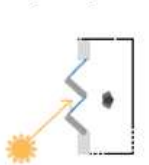
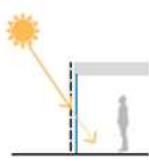
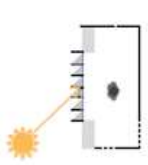
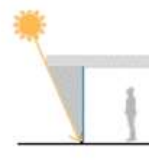
אנליזת קרינה שנתיית על חזיתות הפרויקט. ניתן לראות כי קיימת הצללה הדדית בין הבניינים



התכנון הראשוני (שלב תב"ע) כולל, מרפסות משוקעות הפחתה ביחס חלון קיר המסייעים בהפחתה משמעותית של הקרינה על גבי החזיתות ומתן מבטים לנוף.

משמאל – מודל אדריכלי (יסקי מור סיוון).

מלמטה- הטעמת סוג הצללה לחזית הבניין הנבחרת.

גריד	הפניית חלון לכיוון צפון	מסך	הצללה אנכית	הצללה אופקית	
					
חתך	תכנית	חתך	תכנית	חתך	
✓		✓	✓	✓	
✓	✓	✓	✓		
○	○	○	○	○	
○	○	○	○	○	
					גבוה ○
					בינוני ○
					נמוך ○
					חזית דרומית
					חזית מזרחית/מערבית
					מבט לנוף
					נוחות ויזואלית (העדר סנוור)

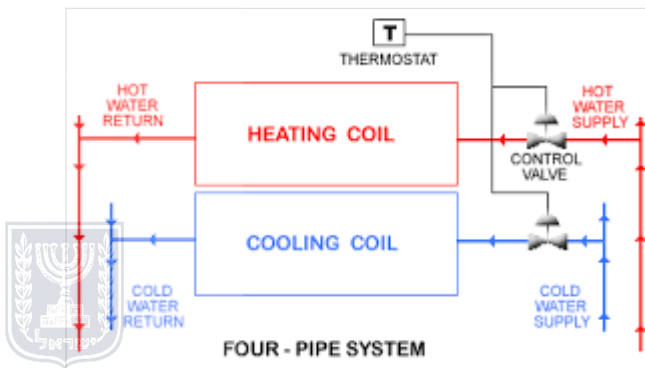
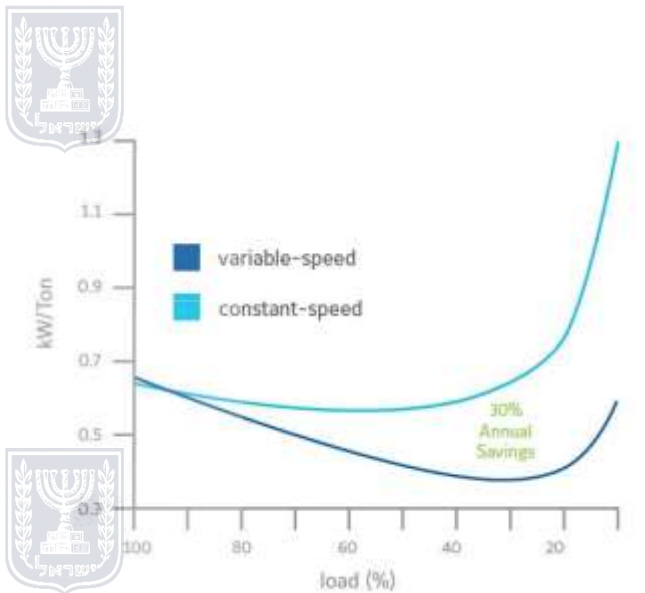
3. אמצעים אקטיביים להתייעלות אנרגטית

כחלק מייעדי הפרויקט, אנו ממליצים לבחון שילוב אמצעים מתקדמים לחיסכון אנרגטי ע"מ להביא לחיסכון מקסימלי. להלן אלמנטים מומלצים לבחינה בשלב התכנון המפורט להשגת היעד (שלב תכנון תב"ע), ייתכנו שינויים):

- שאיפה לאיחוד שימושים מבחינה אנרגטית ככל הניתן ובחינת תכנון מרכזי אנרגיה הכוללים צ'ילרים בעילות גבוהה במיוחד בטכנולוגיית אינוורטר עם הנעת מדחסים משתנה - טכנולוגיה המאפשרת שליטה טובה יותר על פעולת המדחסים ע"פ תפוקה נדרשת ו-NPLV (Non-standard Part Load Value rating) גבוה. אנו ממליצים על מרכז אנרגיה מקורר מים על פני מקורר אוויר מכיוון שמערכות אלה יעילות יותר אנרגטית ומאפשרות לפנות שטחי גג לייצור אנרגיה מתחדשת עתידית.
- היות ובפרויקט קיימים מספר בניינים ושימושים שונים, מומלץ לבחון תכנון של מרכז אנרגיה אחוד בתצורת 4 צינורות. תצורה זו מביאה לידי מיקסום שילוב אמצעים יעילים ביותר לחימום הקומות (רלוונטי בעיקר לקומות המגורים, כתחליף לגופי חימום חשמליים) וניצול חום שיורי ומשאבות חום בעילות גבוהה במרכז האנרגיה לחימום מי צריכה. כמו כן, הקמת מרכז אנרגיה אחוד מאפשר השנאה של אנרגיה ותכנון יעיל יותר של ההספקים הנדרשים להבטחת תנאי הנוחות בפרויקט.
- מפוחים מתקדמים וחסכוניים (EC) ביחידות אספקת אוויר צח – אלו מנועים המשלבים רוטור מגנטי מווסת ע"י בקר אלקטרוני המשולב בגוף המנוע ומאפשר עבודה רציפה בנקודות עבודה בעילות מקסימלית.
- שילוב מערכות מתקדמות לבקרה וניטור של אנרגיה בבניין (BEMS ומערכת מנייה חכמה קומתית).
- מעליות חסכוניות בעלות מערכות להשבת אנרגיה (פוטנציאלית לחשמלית).
- תכנון תאורה יעילה אנרגטית (LED) ושימוש בגלאי נוכחות ומעגלי תאורה- תאורה צפויה להוות עד כ-28% מצריכת האנרגיה במבנה. שילוב תאורה יעילה תביא לחיסכון הן בהיבט הישיר והן בהיבט עקיף של הפחתת עומסי חום פנימיים שתשפיע על צריכת הקירור במבנה.

מדידה ודירוג ביצועים מצד השוכרים

שטחי השוכרים מהווים רוב משטחי הפרויקט. למעט התייעלות בשטחים הציבוריים ובמערכות מיזוג האוויר המשותפות, התכנון יאפשר לכל שוכר מדידה פנימית אחר צריכת המים והאנרגיה שלו על מנת לעודד התייעלות לאורך זמן. זו היא נקודת התחלה לשיפור היעילות ושיתוף מידע לצורך דירוג הנכס.



למעלה – יעילות צ'ילר (COP) כתלות בעומס עבור עבודה במהירות קבועה מול עבודה במהירות משתנה (אינוורטר).
למטה – תצורת 4 צינורות לאספקת מים חמים וקרים לבניין.

4. נתוני צריכת אנרגיה

הפרויקט נמצא בשלב התב"ע ובהתאם, שלב התכנון הינו ראשוני בלבד. לצורך הערכה ראשונית של צריכת האנרגיה השנתית של הפרויקט, הוגדרו מקדמי EUI (Energy Use Intensity) לכל סוג שימוש ע"פ הנתונים המופיעים בטבלה:

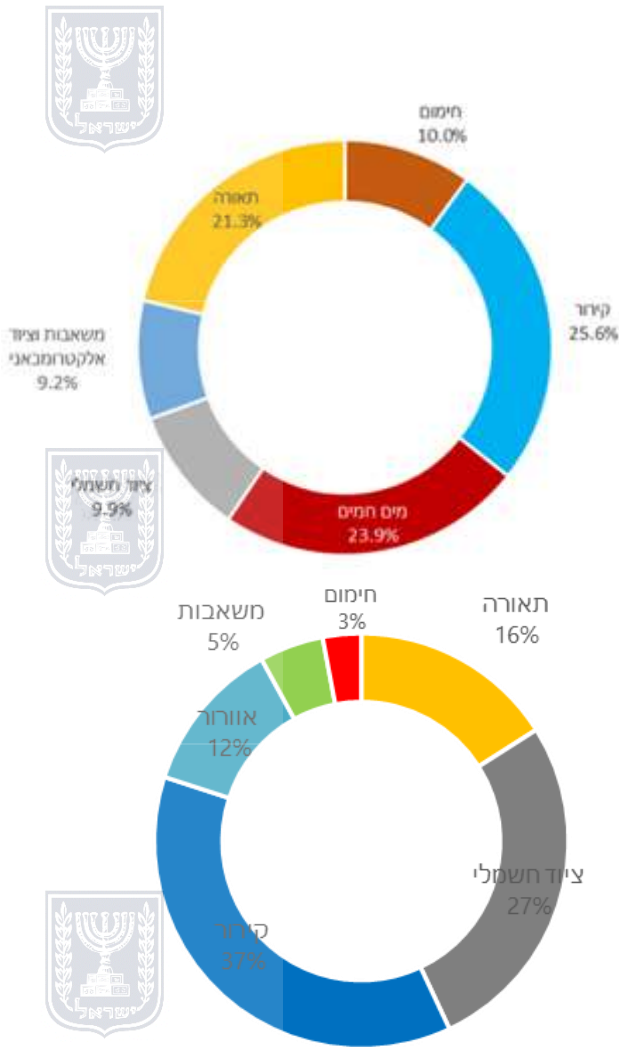
טבלה 1 - מקדמי EUI לפי סוג שימוש

שימוש	EUI (kWh/m ² /year)	מקור
מסחר	220	ע"פ CB ECS – סקר אנרגיה לאומי בארה"ב באזור אקלים הרלוונטי
תעסוקה	160	ע"פ סקרים פנימיים של צריכות מבנים לאחר אכלוס
מגורים	66	סקר צריכת חשמל – המשרד להגנת הסביבה
חניות	20	ע"פ סקרים פנימיים של צריכות מבנים לאחר אכלוס.

על סמך הנחות אלה ועל בסיס אנליזות אנרגטיות שבוצעו בחברה עבור מבנים בעלי אופיין שימוש ואזור אקלים דומה הופק קובץ נתוני צריכה שעתיים חזויים למבנה המתוכנן (ר' גרף בעמוד הבא).

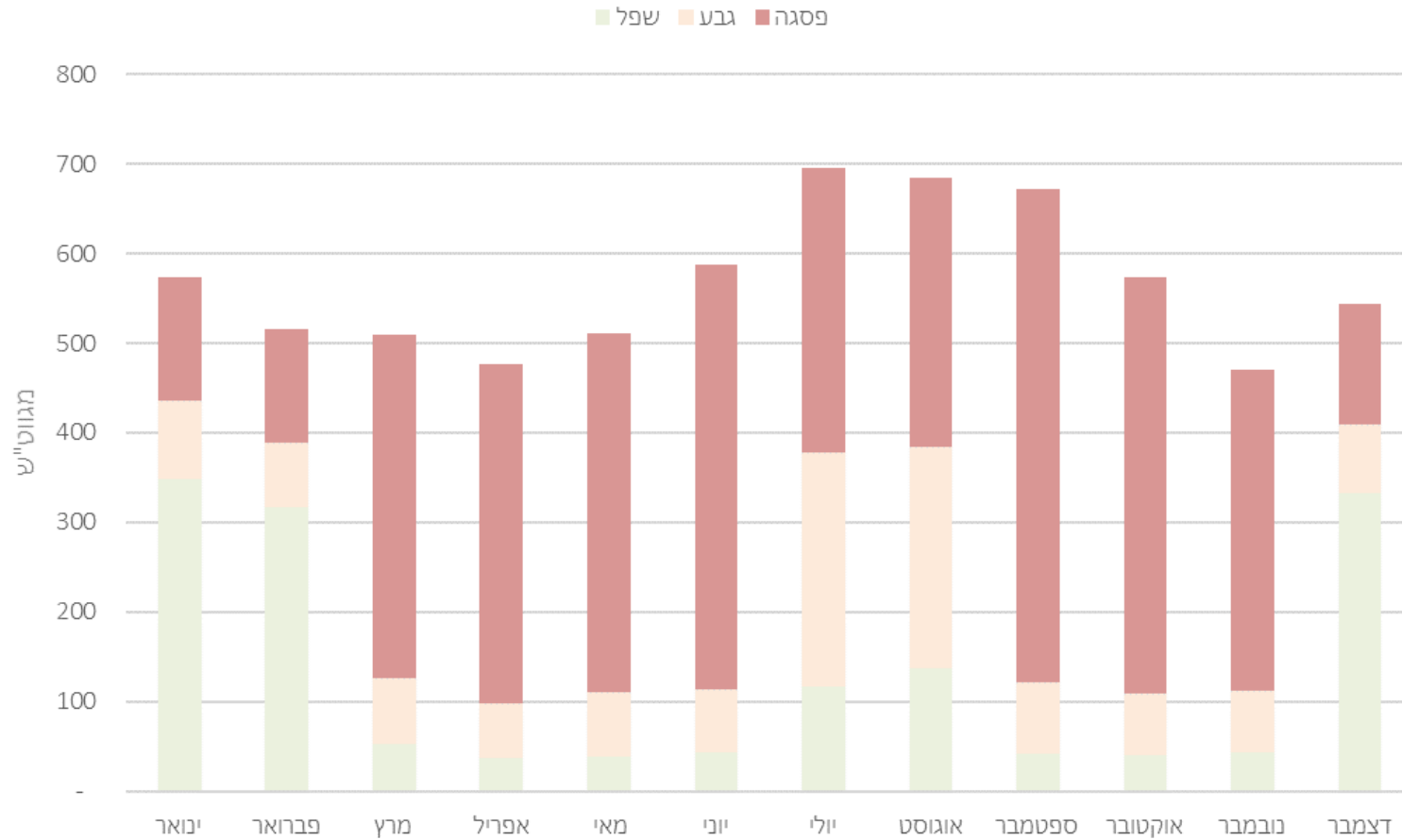
ע"פ הנחות העבודה לעיל אנו צופים כי כך יראה פילוח הצריכה של המבנה:

- כ-50% מהצריכה החזויה בשטחי המשרדים הינה לצרכי מיזוג אוויר (קירור, חימום, משאבות ואוורור) וכ-40% בשטחי מגורים.
- שאר הצריכה מחלוקת בין תאורה לציוד חשמלי וצריכה מועטה למים חמים במשרדים ובמסחר לעומת 30% בשטחי מגורים.
- שאר הצריכה מחלוקת בין תאורה וציוד חשמלי.



חלוקת הצריכה החזויה לפי צרכני קצה (למעלה - מגורים, למטה - משרדים). ע"פ אנליזות אנרגטיות לפרויקטים דומים בישראל.

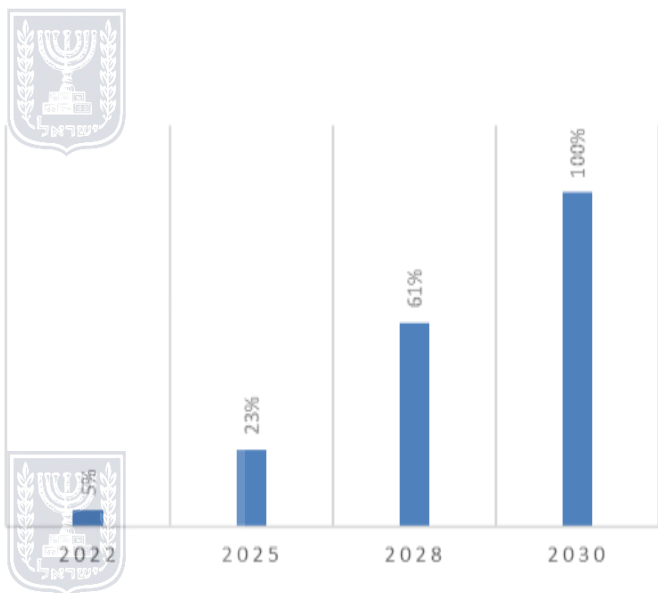
5. נתוני צריכת אנרגיה חודשיים חזויים לפי מש"בים



ניתוח נתוני צריכה לפי מש"בים בפילוח חודשיים

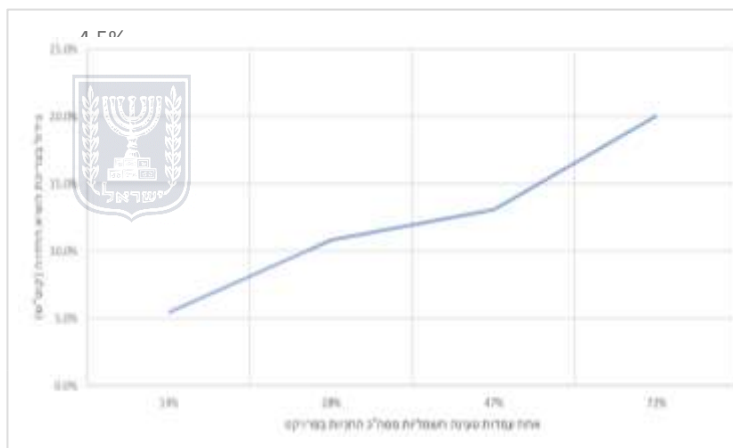
בתכנון חסכוני באנרגיה הצריכה השנתית הצפויה עומדת על כ- 6,800 מגו"ט-שעה לשנה .
 חודשי יולי אוגוסט מהווים כ-28% מהעלות החשמל השנתית והעלות רכישת האנרגיה הממוצעת היא 0.42 ש"ק/קו"ט"ש ללא מע"מ (לפי תעו"ז 2021).

6. אופיין צריכה לטעינת רכבים חשמליים



למעלה- יעדי משרד האנרגיה – שיעור מכירת רכבים חשמליים מסך הרכבים החדשים.

למטה- ההשפעה על צריכת השיא בפרויקט בשילוב אחוזים שונים של עמדות טעינה מתוך סה"כ החניות המתוכננות בפרויקט



שוק הרכבים החשמליים בישראל נמצא עדיין בשלבו הראשוניים. מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית הוציא ביולי 2020 מסמך "מדריך היערכות לתחבורה רשויות מקומיות פרטית חשמלית", בו מצוין כי בישראל קיימים כיום כ-1000 כלי רכב חשמליים בלבד, אך הצפי הינו שמספרם יעלה משמעותית בעשור הקרוב. מחירי הסוללות (בין הגורמים המגבילים כניסת רכבים אלה לשוק) צפויים לרדת בשנים הקרובות.

מיקומו האסטרטגי של הפרויקט עשוי לסייע לעידוד חניית רכבים חשמליים בתחומו, בין אם על ידי משתמשי הבניין הקבועים ובין אם על ידי מבקרים. אי לכך ההנחה היא שקצב השימוש במטענים יעלה מהר יחסית.

בתהליך התכנון המפורט יתוכננו עמדות טעינה לרכבים חשמליים 5% מסך החניות בפרויקט לכל הפחות, כאשר המטענים שיוקנו יהיו מסוג Level 2, אשר מאפשרים טעינה בחיבור תואם של 208-240 volts או יותר ובדר"כ בעלי הספק של 7kW או יותר (ממוצע, עבור טעינה מהירה נדרש הספק גבוה יותר).

הבחינה כללה התייחסות לתחזיות עלייה בשימוש ברכבים חשמליים לפי שימושים. תחזיות עולמיות צופות עלייה משמעותית בשנים הקרובות בקרב רכישת רכבים חשמליים במגזר הפרטי כאשר בעלי הרכבים יעדיפו לטעון את רכביהם בבית.

בשל העובדה שהפרויקט מכיל שימושים שונים (מגורים, משרדים ומסחר), ועם התקדמות התכנון והמודלים המסחריים, קיים צפי לכדאיות כלכלית ליישום עמדות נוספות – **מכאן המלצתנו, ככל שניתן בכפוף להגבלות תכנוניות, לתכנן תשתית מתאימה לאחוז גבוה מהאחוז המינימלי הנדרש ע"י הרשויות והתקנים הרלוונטיים.** על כן חישוב ההספק הנדרש להוספת עמדות טעינה באחוזים שונים (מתוך סה"כ החניות):

מקדם בו זמניות	סה"כ הספק [kW]	הספק עמדה [kW]	סה"כ מספר חניות חשמליות	אחוז משוקלל של חניות חשמליות בפרויקט (מסך החניות המתוכנן)	אחוז מסך החניות שאר שימושים)	אחוז מסך החניות (מגורים)
0.7	75	7.0	15	10%	5%	25%
0.7	150		31	21%	10%	50%
0.5	195		56	38%	25%	75%
0.5	325		93	63%	50%	100%

7. ייצור אנרגיה

צוות הפרויקט נדרש לבחון מקורות אנרגיה אפשריים לפרויקט. בעדיפות ראשונה ייצור חשמל ממקורות אנרגיה מתחדשים, בעדיפות שנייה ייצור חשמל בגז טבעי ובעדיפות אחרונה צריכה מח"ח", במגמה לשאוף לתכנון מבנים מאופסי אנרגיה.

להלן האמצעים הרלוונטיים לייצור אנרגיה באתר שיבחנו בעבודה זו:

- **פאנלים פוטו-וולטאיים** – מערכות פוטו-וולטאיות נפוצות בשוק הישראלי ומחירן יורד בעקביות בעשור האחרון. יחד עם זאת דרישת השטח שלהן גבוהה ולכן יש קושי לשלבן במגדלים גבוהים בעלי יחס גג למ"ר נמוך. בשל השלב המוקדם בו נמצא הפרויקט, טרם תוכננה תכנית גגות מפורטת בה מופיעות המערכות השונות, אך ניתן לומר כבר בשלב זה כי שטח גג הפרויקט בהתאם לתב"ע מוגבל במקום. עם התקדמות הטכנולוגיה ניתן לראות שילובים לא קונבנציונליים של מערכות אלה על חזיתות המבנה. בדומה לגז הטבעי, הניסיון בארץ דל אך צפוי להשתנות עם התפתחות הטכנולוגיה.
- **פאנלים תרמו-סולארים** – ייצור מים חמים באמצעות אנרגיה תרמית מתחדשת לדירות המגורים במתחם (ר' הסבר על התקנה החדשה משמאל).
- **ייצור חשמל בגז** – שילוב מנוע או טורבינה לייצור חשמל בגז טבעי באתר. עם כניסת גז טבעי ופריסתו ברחבי הארץ נפתחת בפני חברות האפשרות לשלב, לצד חיבור החשמל הקונבנציונאלי, מערכות מקומיות לייצור חשמל בגז. המהלך עוד בחיתוליו והניסיון בארץ דל, אך מספר ההצעות להקמת מתקן שהוגשו לרשות החשמל מלמד כי מצב זה עשוי להשתנות בזמן הקרוב.



דרישה למערכות יעילות לחימום מי צריכה מתוקף חוק התכנון והבניה

ע"פ התקנה החדשה (פרק י"א: מערכות לחימום מים והפקת אנרגיה) בכל בניה חדשה למגורים תותקן מערכת יעילה לאספקת מים חמים לכל הדירות ו**בנוסף** מערכת לייצור אנרגיה מתחדשת בבניין בהיקף שהוגדר (ר' נספח א').

עד היום, חובת חימום מים למגורים באמצעות מערכת תרמו-סולארית הייתה תקפה רק ל-7 הקומות העליונות ואילו בדירות הנמוכות הותקנו דודי חשמל. התקנות החדשות אוסרות על התקנת דוד חשמלי ומחייבות שימוש במערכת סולארית או משאבת חום לאספקת מים לכל הדירות בבניין.

התקנה מגדירה היקף הפקת אנרגיה לשימוש הבניין מאנרגיית שמש, רוח או חום שיורי, כאשר **עבור בניין רב קומות יש לייצר לפחות 76,744 קוואט"ש בשנה**.



7.1 ייצור אנרגיה – תאים פוטו-וולטאיים

בסקר זה בחנו את פוטנציאל ייצור האנרגיה באמצעות תאים פוטו-וולטאיים על גגות המבנים והחזיתות הדרומיות. פאנלים פוטו-וולטאים על חזיתות המבנה מתאימים לבניינים גבוהים בעלי יחס גג למ"ר נמוך, אך יש להם שלושה חסרונות בולטים:

- א. יעילותם נמוכה יותר - יעילותם של התאים הפוטו-וולטאים תלויה בהפניה ובשיפוע בהם הם מונחים. המצב האופטימלי הוא המצב בו התאים מופנים לדרום ובשיפוע זוויתי של 25-30 מ"צ. ככל שהזווית גדולה יותר, היעילות נמוכה יותר. בנוסף, הפאנלים שונים ברמת הנצילות שלהם מבחינה טכנולוגית/חומרית ויעילותם נמוכה יחסית ולכן ההספק המותקן ליחידת שטח יהיה קטן יותר.
- ב. מחירם גבוה יותר.
- ג. באיזורים צפופים, כאשר מתקיימת הצללה הדדית בין מבנים ההיתכנות הכלכלית יורדת.

בחלופה זו הפאנלים מותקנים על חזיתות המבנה במקום הקיר המתוכנן, כאשר היצע המוצרים הקיימים להם עבירות אור (מחליפים קיר מסך סטנדרטי) ויעילותם הנמוכה מביאים לכדאיות נמוכה ולכן ההמלצה הינה יישום על חזיתות / חלקים אטומים בלבד.



מוצר PV אפשרי ליישום על חזיתות בניינים של חברת KROMATIX (אטום). משולב במספר מועט של פרויקטים בעולם.



הנחות כלכליות לחישוב ייצור PV על הגג	
מיקום	גג
טכנולוגיה	Mono-crystalline
יעילות פאנל	20.4%
קיים	25 שנה
דגרגציה	0.5% שנתי
עלות מערכת*	3,200 ש"ק/קו"ט
עלות תחזוקה	80 ש"ק/קו"ט
* הערכה כולל קונסטרוקציה מוגבהת	

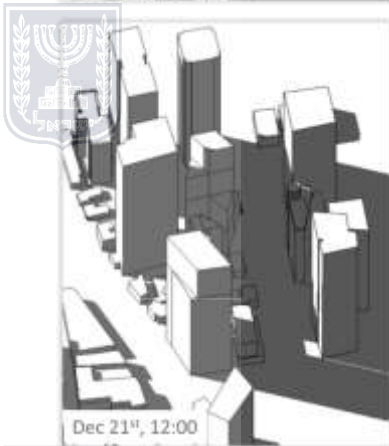
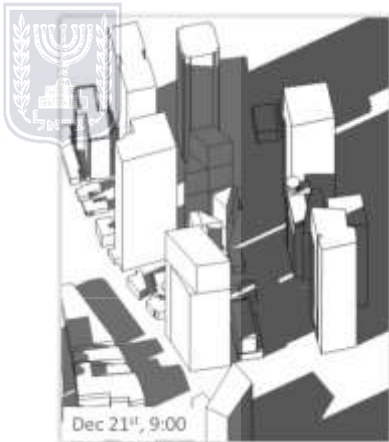


הנחות כלכליות לחישוב ייצור PV על חזית	
מיקום	חזיתות דרומיות
טכנולוגיה	Mono-crystalline Color Integrator, technique Deposition atomic
יעילות פאנל	10-14%
קיים	25 שנה
דגרגציה	0.5% שנתי
עלות מערכת*	800 ש"מ"ר (כולל התקנה והפחתת עלות עקב החלפת קיר סטנדרטי)
עלות תחזוקה	50 ש"ק/קו"ט



7.2 חישוב דרישת ייצור אנרגיה מתחדשת שנתית במתודולוגיה

בהתאם לעדכון המתודולוגיה העדכני שפורסם, נדרשת בחינה של פוטנציאל ייצור האנרגיה בפרויקט כתלות בשטחי החזיתות הדרומיות (30% משטח החזיתות שאינן מוצללות) ו-90% משטח הגג החשוף לשמש, סעיף 6.5 במתודולוגיה. ייצור האנרגיה השנתית המינימלית שהפרויקט מחויב לייצר מחושבת באמצעות השלבים הבאים:



שלב חישובי	פירוט	נתון עבור הפרויקט
1	<ul style="list-style-type: none"> חישוב 90% משטחי כלל הגגות שאינם מוצלים חישוב 30% שטח החזיתות הדרומיות שאינן מוצלות <p>חישובי ההצללה מוצגים בהתאם לאנליזה ביום ה-21/12 כנדרש במתודולוגיה ע"מ להעריך את ההיתכנות להתקנת פאנלים. ראה איור משמאל</p>	<p>סך שטחים החשופים לשמש: 1,270 מ"ר גגות עליונים</p> <p>6,450 מ"ר - חזיתות דרומיות חשופות לקרינה.</p> <p>מתוכם נלקחו 90%-ו-30% בהתאמה</p>
2	<p>חישוב פוטנציאל הייצור הכולל (גג וחזית) בהתאם להנחות העבודה המפורטות במסמך זה ושלב חישובי 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> גג - פאנלים בנצילות גבוהה של 20.4% (450 וואט) בזווית של 10 מעלות. 5.5 מ"ר לקילוואט מותקן נטו (ללא מרווחים). חזית - פאנלים אדריכליים בנצילות של 10% * ללא מרווחים. 	<p>הספק מותקן אפשרי: גגות = 205 kWp חזיתות = 190 kWp</p>
3	<p>ייצור אנרגיה מתקבל בהתאם לאנליזה שנתית שבוצעה בתכנה ייעודית לחישוב אנרגיה סולארית:</p> <ul style="list-style-type: none"> גג - 1621 קוט"ש לקילוואט מותקן. חזית - 936 קוט"ש לקילוואט מותקן 	<p>ייצור שנתי פוטנציאלי כולל של כ-520,000 קוט"ש לשנה.</p>
4	<p>דרישה מינימלית לייצור 50% מסך הייצור השנתי הפוטנציאלי באתר</p>	<p>סה"כ ייצור שנתי מינימלי נדרש ע"פ מתודולוגיה = 260,000 קוט"ש.</p>

*כתלות במוצר שיבחן בתכנון המפורט



דרישת אנרגיה שנתית לדירה 2,206 קוט"ש
 טמפ' מי רשת 15 מ"צ
 טמפ' מים חמים 60 מ"צ

7.3 ייצור אנרגיה – חימום מים תרמו-סולארי (מגורים)

בנוסף לעמידה בדרישת ייצור האנרגיה המתחדשת המפורטת בפרוטוקול זה, התקנה החדשה למבני מגורים בחוק התכנון והבניה קובעת כי יש לספק מים חמים לכל הדירות בבניין באמצעים המוגדרים כיעילים אנרגטית. להערכתנו קיימות 2 חלופות רלוונטיות לפרויקט שיאפשרו עמידה בתקנה זו:

- חלופה א' – מערכת תרמו – סולארית בהספק שנתי שווה ערך ל-76,744 קוט"ש לשנה (כ- 35 דירות) + משאבות חום ביעילות גבוהה לכל שאר הדירות בבניין.
- חלופה ב' – משאבות חום לכל הדירות + ייצור אנרגיה סולארית ב-PV בהספק של כ-60 קילוואט.

ייצור אנרגיה מתחדשת תרמוסולארי יצמצם את דרישת ייצור האנרגיה ב-PV בפרויקט ויאפשר שימוש במערכת ביעילות גבוהה מאוד עבור דירות המגורים.

בוצעה בדיקה כלכלית בין שתי החלופות בהשוואה מול חלופת אפס – אספקת מים חמים ע"י דודים חשמליים פרטיים לכל דירה (לצורך השוואה בלבד, כלל הנתונים יהיו ל-35 דירות בלבד):

- עדיפות מבחינת ROI לחלופה התרמו סולארית (זאת בהנחה כי החסכון לדייר יתורגם לדמי אחזקה גבוהים יותר). עם זאת, היות וקיים המערכת התרמו-סולארית עומד על 13 שנים, מתקבל IRR גבוה יותר לחלופת משאבות החום + PV בבחינה על פני 20 שנים.
- עבור הדייר, החסכון לדירה מגיע ל-88% ו-71% עבור חלופה א' וב' בהתאמה (כ-700 ₪ בשנה).
- בהמשך המסמך ייבחן נושא חימום מי רשת ל-45 מ"צ ע"י חום שיורי פוטנציאלי ממערכות מיזוג אוויר / ייצור חשמל בגז. תוספת החימום מגיעה ממשאבות חום/בוסטרים המחממים את המים ל-60 מ"צ.

לסיכום:

- עם התקדמות תהליך התכנון אנו ממליצים לבחון את שתי החלופות בהיבטי עלות הקמה ותחזוקה תוך עמידה בדרישות התקנה החדשה.
- במידה וישולב מרכז אנרגיה לפרויקט, מומלץ לבצע שימוש חוזר בחום שיורי לחימום מי צריכה עבור המגורים.

משאבות חום ל-35 דירות + PV	תרמו סולארי ל-35 דירות	יחידות	עלות מערכת (דלתא מול חלופת האפס)
490,000	293,000	₪	קיים (שנים עד החלפת מערכת) 25 (החלפת ממירים אחרי 12 שנים)
16,900	7,200	₪/שנה	עלות תחזוקה וחשמל
55,200	27,400	₪/שנה	חסכון שנתי
14.0%	12.5%	%	IRR
6	6	שנים	ROI



7.4 ייצור אנרגיה – אנרגיה מתחדשת (התכנות כלכלית)



- יישום מערכות פוטו-וולטאיות על גג המגדל הינו כדאי כלכלית באופן מובהק ואנו ממליצים לקדם את שילוב המערכות ולתקף את הבדיקה בשלב התכנון המפורט ובהתאם לתכנון האדריכלי. נכון לזמן כתיבת הדו"ח - אין כדאיות כלכלית לשלב יישום PV על חזיתות הבניינים בהספק ניכר, אך עם זאת - להערכתנו, הדרישה לייצור חשמל באנרגיות מתחדשות תלך ותגדל. לכן, ככל שישנה התקדמות בפיתוח הפאנלים הפוטו-וולטאים וירידת המחירים (בהתאם לצפי ולמגמה העולמית בתחום), ועל פי הקיום המנחים של התכנון האדריכלי של חזיתות הפרויקט, אנו ממליצים לבחון את שילוב המערכות בשלב התכנון המתקדם.
- לצורך עמידה בדרישת ייצור האנרגיה המתחדשת (פוטוולטאית בלבד או בשילוב מערכת תרמו-סולארית) של העירייה נדרש ייצור אנרגיה שנתי מינימלי בפרויקט של כ- 260,000 קוט"ש (המהווה כ-3.81% מהצריכה השנתית החזויה לפרויקט). אנו ממליצים לבחון את שילוב הטכנולוגיות הבאות למענה על הדרישות:
 - שילוב קולטים תרמו-סולאריים על הגג אשר יספקו מים חמים למגורים (צריכה שנתית של דירה עומדת על 2,206 קוט"ש). יישום סעיף זה יאפשר עמידה גם בתקנות חימום מים למגורים ויצמצם את הדרישה ליישום PV משמעותית באמצעות טכנולוגיה בעלת נצילות גבוהה מאוד.
 - לדוגמא, שילוב מערכת תרמו-סולארית למספר דירות מינימלי לפי תקנות התכנון והבניה יביא לדרישה להתקנת כ-112 קילוואט PV בלבד. מאותה סיבה, מומלץ ליישם ייצור מים חמים תרמו-סולארי לכמה שיותר דירות גם בפן הכלכלי היות ולכל דירה שאין לה הזנה של מים חמים תרמו-סולאריים נדרש ע"פ חוק לספק מערכות יעילות כדוגמאת משאבות חום. מכיוון ובאחריות היזם לספק מערכות אלה ולהן החזר השקעה נמוך, החזר השקעה של כל חלופה שלוקחת בחשבון משאבות חום יהיה נמוך יותר.
 - יישום PV על הגג הטכני של הפרויקט בהספק גבוה ככל האפשר, במידה שלא ייושם פתרון תרמו-סולארי הדרישה לייצור עומדת על כ-160 קילוואט מותקן (דרישת שטח של כ-1,100 מ"ר).
 - ניתן לראות מטה השוואה בין 2 חלופות אפשריות לשילוב הטכנולוגיות למענה על הדרישות. אנו ממליצים על שילוב קולטים תרמו-סולאריים באופן מקסימלי למענה על דרישות חימום המים של המגורים ושילוב פאנלים פוטוולטאיים בהספק מותאם לשארית ייצור האנרגיה הנדרשת.



סיכום נתונים	חלופה 0 – רכישה מחח"י	חלופה 1 – ייצור חשמל תרמו-סולארי לכל הדירות PVI על הגג	חלופה 2 – ייצור חשמל תרמו-סולארי לפי דרישה + משאבות חום PVI על הגג
עלות הקמה	₪ -	₪ 720,000	₪ 1,320,000
IRR	%	11.4%	5.3%
ROI	שנים	8	12
צריכה עצמית של הבניין	קוט"ש/שנה	6,815,000	
הספק מערכת PV	קוו"ט	24	112
ייצור אנרגיה שנתי לחימום מים בקולטים תרמו-סולאריים	קוט"ש/שנה	220,600	76,744
דרישת שטח בגג עליון	מ"ר	660	970



ייצור אנרגיה – ייצור חשמל בגז (היתכנות יישום)

כאמור, עם התרחבות הפריסה הארצית של רשת הולכת הגז הטבעי, נפתחות בפני יזמים האפשרות לשלב מערכות מקומיות לייצור חשמל בגז, וזאת במקביל לחיבור החשמל הקובנציונאלי. עיריית ת"א מקדמת פריסת תשתיות רחבה בעיר וכחלק מסקרי האנרגיה שמבוצעים לפרויקטים משמעותיים בעיר, העירייה דורשת הצגת סקרי היתכנות ליישום מערכת משולבת לייצור חשמל בגז.

המערכות הרלוונטיות ליישום במגדלים הינן מנועי גז (קוגנרציה / טריגנרציה) או לחילופין טורבינות/מיקרוטורבינות. מערכות אלה מציגות בדרך כלל כדאיות כלכלית גבוהה יחסית ($IRR > 12\%$) והחזר השקעה טיפוסי של 5-7 שנים). ייצור חשמל במנוע גז הינו בנצילות גבוהה משמעותית מאשר בטורבינה, אך עם זאת, לפרויקט בו ניתן לבצע שימוש חוזר בחום השיורי, ייתכן וקיים יתרון לייצור אנרגיה בטורבינה / מיקרוטורבינה אשר הינה ישימה יותר טכנית בשל מימדיה ואפשרות מיקומה גם על גג הפרויקט.

תכנון מערכת נכון כולל התאמת סוג הטכנולוגיה וגודל יחידת הייצור באופן שממקסם את השימוש באנרגיה המיוצרת. במצב אידאלי מבחינה כלכלית, המערכת תפעל בשעות השימוש בלבד ותספק לכל היותר את דרישת החשמל של המתקן (מינימום הזרמה לרשת). ייצור מעבר לדרישה העצמית של המתקן ומכירת עודפים לצרכנים ייצוניים או למנהל המערכת (חח"י) מקטין את הכדאיות מכיוון שהתקבול עבור עודפי חשמל נמוך (14 אג' בממוצע לכל קווס"ש).

אך עם זאת, קיימת אי ודאות לגבי לו"ז אספקת הגז לאזור הפרויקט ולכן לא בוצעה בדה"ת טכנו כלכלית מלאה – התוואי המתוכנן הנוכחי מגיע עד בית חולים איכילוב (שלב פריסה ראשון של חברת סופר NG) כאשר בשלב השני התוואי המתוכנן מתקדם לכיוון צפון ת"א ולא לאזור הפרויקט. לשיקול היזם לתכנן הכנה למערכות גז, בהיבט סימון מיקום עתידי של כל המערכות הנחוצות ליישום המערכת, לשם שמירת האופציה של חיבור עתידי לגז, מתוך ראייה של כדאיות כלכלית. להערכתנו, קיימת היתכנות נמוכה לאספקת הגז עם שלב הקמת הפרויקט.

יש לציין כי בהיבט הסביבתי בראיה גלובלית, לא קיימת מוסכמה באשר לתיעדוף לייצור החשמל בגז באתר. מצד אחד קיים יתרון לייצור מרוכז ומפוקח באדיקות, ומצד שני ייצור באתר מפחית משמעותית את איבודי האנרגיה בהולכה (יכול להגיע על לכ-30%) ומאפשר שימוש בחום שיורי באתר (בעיקר בפרויקט מסוג זה בעל עירוב שימושים).



בי"ח איכילוב עתיד להיות מחובר לצינור החלוקה בשנתיים הקרובות ע"פ התכנית המפורטת של משרד האנרגיה. אין תכנית ככל הידוע לנו להמשיך את הקו לכיוון דרום.