



תוכנית פיתוח אינטגרטיבית למערכת הייצור והמסירה עד שנת 2030

מובהר בזאת כי תכנית הפיתוח טרם אושרה ע"י שרת האנרגיה כנדרש בחוק משק החשמל, והיא מוצגת בזאת להערות הציבור לפני אישור התכנית. לפיכך אין להסתמך על האמור בתכנית זו לצורך החלטות עסקיות / אחרות – כל העושה כן על אחריותו בלבד.

הדו"ח הוכן ע"י:

פיתוח מערכת הייצור	פיתוח מערכת המסירה	תכנון סטטוטורי ואיכות סביבה	סמנכ"ל תכנון ופיתוח
	גיל יהודה	רחל לוטן	
מחלקת פיתוח מערכת הייצור	מחלקת פיתוח מערכת המסירה	מחלקת תוכניות מתאר ותאום הנדסי	מחלקת מיחשוב ומידע גיאוגרפי
ד"ר ולדימיר גורביץ	פבל קולבנקוב	שחר ניצן	ד"ר ילנה גילבוכ
יואל שטרנטל	בן צדוק	דנית גופר	יאנה הררי
אושרי גולוב	מירי סמואל	גיא גריצמן	
דוד אפללו	אולגה גופמן		
סיגלית פינטו	ולדימיר גולדמן		
עוזי דנה	איגור מארדר		
רועי מאיר	יהודית קליין		
שלומית משה-שנער	אורן שרעבי		
	יבגניה סקליארסקי		
	יעל בן פורת		
	אברהם רבינוביץ		
	יגאל גודיק		
	ליאור כהן		
	אורן ויטני		
	ליאורה ברמן		
	שמעון כהן		
מחלקת דינמיקת המערכת	מחלקת אמינות המערכת וציוד		לשכת הסמנכ"ל
נעמי עציון	חן מארצ'יני		יעקב (קובו) ניומן
אולגה פוליאק	שמואל מזל טוב		
זוהר בטושנסקי	ד"ר גרגורי לויטין		
גפן בן יוסף			

מאשר

ד"ר עוזי זרחיה

תוכן עניינים

5	תקציר
17	פרק 1: רקע
19	פרק 2: פוטנציאל ייצור אנרגיות מתחדשות
19	2.1 מבוא
19	2.2 רקע רגולטורי (תוכניות מתאר ואמות המידה)
20	2.3 מטרות ומתודולוגיה
21	2.4 איסוף המידע
23	2.5 פוטנציאל שאינו בר-מימוש עד 2030
23	2.6 סיכום היקפי שטחים
24	2.7 סיכום
33	פרק 3: תוכנית פיתוח מערכת הייצור
33	3.1 מבוא
35	3.2 הנחות יסוד
52	3.3 מתודולוגיה
56	3.4 תרחישים לבדיקה
59	3.5 סוגיות בתפעול המערכת בעידן האנרגיות המתחדשות
66	3.6 תוצאות
81	3.7 ניתוח סיכוני מזג אויר המובילים לירידה בקרינת השמש
91	3.8 סיכום
96	3.9 המלצות
97	פרק 4: היבטים דינמיים בתוכנית פיתוח המערכת
97	4.1 מבוא
98	4.2 אתגרים דינמיים בשילוב אנרגיות מתחדשות
99	4.3 סקר שירותי עתודה ליציבות התדר

100	4.4 מתודולוגיות לבדיקות הדינמיות
102	4.5 השלכות תקלה בה מתנתקת יחידת ייצור על תדר המערכת
120	4.6 ניתוח מצב האינרציה במערכת
124	4.7 תחזית תנודות בייצור סולארי והשפעתן על התדר
130	4.8 מסקנות והמלצות
132	פרק 5: תוכנית פיתוח מערכת המסירה
132	5.1 תקציר הפרק
145	5.2 מבוא
163	5.3 תיאור מערכת המסירה הארצית הקיימת
171	5.4 מטרות ומתודולוגיה להכנת תוכנית הפיתוח
177	5.5 תוכנית פיתוח מערכת מתח על – 400 ק"ו
192	5.6 תוכנית פיתוח מערכת מתח עליון - 161 ק"ו
253	5.7 שילוב מתקני אגירה ברשת החשמל
259	5.8 מתקני ייצור קונבנציונליים
262	5.9 מבקשי חיבור פרטיים לרשת ההולכה
272	5.10 הזנת צרכנות ברשות ביו"ש
274	פרק 6: התנעת התכנון הסטטוטורי לקידום פרויקטים בתוכנית הפיתוח
282	פרק 7: סיכום תוצאות
282	7.1 מיפוי פוטנציאל ייצור אנרגיות מתחדשות
284	7.2 תוכנית פיתוח מערכת הייצור והיבטים דינמיים בתוכנית הפיתוח
285	7.3 תוכנית פיתוח מערכת המסירה (הולכה והשנאה)
287	7.4 סיכום והמלצות עיקריות
288	נספח פרק 3 (תוכנית פיתוח מערכת הייצור)

תקציר

לראשונה מוגשת תוכנית פיתוח מקיפה המשלבת פיתוח ייצור (כולל אגירה) הולכה והשנאה כמקשה אחת תוך אינטגרציה בין כלל מרכיביה ותוך עמידה ביעדי הממשלה לקידום אנרגיות מתחדשות. תוכנית הפיתוח האינטגרטיבית לייצור ולמסירה המוגשת בעבודה זו הינה בהתאם למחויבות ע"פ רישיון החברה מיוני 2020. תוכנית הפיתוח המוצגת מאתגרת, הן בהיקפי הפיתוח הנדרשים בה והן במתן פתרונות שישמרו על יציבות המערכת בכל התרחישים. תוכנית זו תומכת ביעד הממשלה המכתיב ייצור בשיעור של 30% באנרגיות מתחדשות עד שנת 2030, עם יעד ביניים של 20% אנרגיות מתחדשות עד שנת 2025.

תכנון אחראי של פיתוח המערכת מצריך יצירת מידה סבירה אך מספקת של גיבוי גם במקרה שתוכנית הפיתוח האופטימלית, המתוכננת בהתאם ליעדי הממשלה, אינה מיושמת במלואה. לכן, תוכנית הפיתוח המומלצת התבססה לא רק על פיתוח מיטבי בהנחת מימוש מלא של היעד הממשלתי לאנרגיות מתחדשות, אלא גם על ממצאי בדיקות הרגישות למימוש חלקי של היעד, בהנחה שחלקן של האנרגיות המתחדשות בשנת 2030 יגיע ל-24% או 18%.

במשק הישראלי רוב הפוטנציאל של אנרגיות מתחדשות מתבסס על אנרגיה סולארית. עם השגת יעד האנרגיות המתחדשות בשנת 2030, חלקו של הייצור הסולארי בישראל צפוי להיות כ-27%. נכון להיום, מאפיין זה ייחודי למשק הישראלי. כפי שיפורט בהמשך דוח זה, שילוב מאסיבי של אנרגיה סולארית מעמיד בפני המשק אתגרים רבים, בניית תוכנית פיתוח כוללת שתאפשר להגיע ליעד הממשלה הינה מורכבת ביותר.

אחת מהתובנות המרכזיות בעבודה הינה העובדה שלצורך שילוב אנרגית שמש במערכת בהיקפים הנדרשים יהיה צורך בשילוב אגירה בהיקפים משמעותיים וזאת לצורך שמירה על אמינות ושרידות מערכת החשמל. שילוב אמצעי אגירה בהיקפים גדולים מהווה את אחד האתגרים המרכזיים בתוכנית. האגירה הינה טכנולוגיה שטרם שולבה בישראל בהיקפים גדולים ומהווה תנאי הכרחי לקידום התוכנית.

תוכנית הפיתוח כוללת מספר חלקים מרכזיים המשולבים יחדיו ומהווים את תוכנית הפיתוח עד שנת 2030. בחלקו הראשון עוסק הדו"ח במיפוי האתרים הפוטנציאליים ליצור אנרגיות מתחדשות בפריסה גיאוגרפית שנעשו בתיאום ובשיתוף פעולה עם רשות החשמל וצמשרד האנרגיה. לראשונה תוכנית הפיתוח כוללת את הערכת מנהל המערכת להתפתחות הייצור הסולארי הצפוי לקום בישראל.

בחלקו השני מגיש הדוח, לראשונה תוכנית פיתוח למערך הייצור הכוללת את יחידות הייצור הפוסיליות והאגירה הנדרשות למשק לפי טכנולוגיות ושנים. תוכנית זו הינה תוכנית מאוזנת ואחראית המתחשבת באי הוודאות במשק החשמל.

חלקו השלישי של הדו"ח מטפל בסוגיות הדינמיות ובפתרונות להם שייווצרו במערכת העתידית. מערכת העתידית שתהיה מבוססת על תמהיל הכולל 70% גז טבעי ו-30% מתחדשות שרובן מבוססות שמש מציג אתגר דינמי משמעותי לשמירה על שרידות מערכת. אתגר שלא היה קיים בעבר.

בחלקו הרביעי של התוכנית מוצגת תוכנית הפיתוח של מערכת ההולכה וההשנאה. לראשונה, מנהל המערכת מציג גישה אקטיבית שמבצעת פיתוח רשת כמענה לצריכה/יצור עתידיים צפויים ללא מיקום מדויק או וודאות ברורה להקמתם וכבר מתחיל לתכנן את מערכת ההולכה וההשנאה לאותם איזורים. במסגרת תוכנית זו נעשתה עבודה ייחודית לקביעת מיקום מתקני אגירה בהיקפים גדולים ברחבי הארץ שישימשו הן לצורך הסטות עומס והן לצורך הקלת הגודש ברשת. לצורך כך פותחו אלגוריתמים ייחודיים.

להלן תקציר הנושאים המרכזיים של תוכנית הפיתוח:

א. מיפוי פוטנציאל ייצור אנרגיות מתחדשות

עבודת המיפוי סקרה את פוטנציאל השטחים עבור מתקני ייצור באנרגיה סולארית, אשר קיימת רמת ישימות סבירה למימוש עד שנת 2030, בהתייחס לפריסתם הגיאוגרפית. תוצאות המיפוי יהווו בסיס להכנת תוכנית הפיתוח של מערכת המסירה.

היקף השטחים שאותרו הוא כ-170,000-180,000 דונם, ועבור היקף הייצור האפשרי בשטחים אלו נבנתה תוכנית הפיתוח. חשוב לציין כי השטחים שאותרו אינם כוללים את שטחי מערכת הביטחון, מתקנים אגרו-וולטאיים ומתקנים על מטמנות, בתי קברות וכו' (לגביהם אין כיום מידע).

נמצא כי עיקר פוטנציאל השטחים מתרכז באזור הנגב המערבי, הגולן, עמק בית שאן, עמק יזרעאל והערבה. בהתאם לניתוח צפיפות שטחי פוטנציאל הייצור ביחס לשטחי אזורי ההזנה, המאפשר זיהוי של האזורים בהם תידרש תוספת השנאה, נמצא שבאותם האזורים נדרשת תוספת השנאה ומסתמן שגם באזור ערד.

תידרש עבודת המשך לצורך הבנת מגמות המימוש של הייצור באנרגיות מתחדשות, בהתייחס לשינויים הצפויים בחקיקה וברגולציה.

בעת סיכום היקפי השטחים הפוטנציאליים למתקני ייצור באנרגיה מתחדשת, עלתה סוגיית היקפי המתקנים על גבי גגות. יתרונם של מתקנים אלו טמון באפשרות להרחבת הייצור במרכז הארץ. באזורי המרכז לא ניתן להקים מתקנים קרקעיים והגגות מהווים את עתודת השטח המשמעותית ביותר. בנוסף, אין צורך בפיתוח מערכת הולכה משמעותית במרכז, היות והמערכת הקיימת מסוגלת כבר כיום לקלוט היקפי ייצור משמעותיים. לאור זאת, בחרנו להגדיל את הצפי למימוש המתקנים על גגות לכ-150% מההערכה הבסיסית שהתקבלה בהתאם לנתוני רשות החשמל, כפי שמוצג בטבלת הסיכום שלהלן:

סה"כ	מחלפים	בריכות דגים	מאגרים	גגות 150%	קרקעי מתח גבוה	קרקעי מתח עליון	
187,265	3,155	8,311	23,378	51,472	38,684	62,265	דונם
100%	2%	4%	12%	28%	21%	33%	אחוזים

ב. תוכנית פיתוח מערכת הייצור והיבטים דינמיים בתוכנית הפיתוח

בעשור האחרון חלו התפתחויות משמעותיות במשקי חשמל בעולם. התקופה אופיינה בחדירה משמעותית של מתקני ייצור המבוססים על אנרגיה מתחדשת. הכרה עולמית בצורך בתכנון בר-קיימא וברצון להפחית פליטת מזהמים למיניהם, ובראשם פליטת גזי חממה, גרמה לחיפוש אינטנסיבי אחר מקורות אנרגיה וטכנולוגיות שיסייעו בהגשמת מטרות אלה. המגמות הללו לא פסחו גם על ישראל.

יישום יעד הממשלה, קרי חדירה מסיבית של אנרגיה סולארית, מהווה אתגר עבור משק החשמל בישראל. בעידן החדש, עם היקף ייצור באנרגיה מתחדשת של 30%, מנהל המערכת יחויב לשנות באופן מהותי את משטר ההפעלה הנהוג כיום של יחידות הייצור. העלייה החדה בהיקף הייצור של התחנות הסולארית בשעות הבוקר, ולאחריה, הירידה החדה לא פחות בהיקף הייצור של יחידות אלו לקראת השקיעה, משנות באופן משמעותי את הדרישות התפעוליות עבור יחידות הייצור הקונבנציונליות. פיתוח משק החשמל חייב לתת מענה לסוגיות המורכבות הצפויות בעידן חדש זה. שילוב אמצעי ייצור פוטו-וולטאיים בהיקפים כה גדולים ישנה את פעולת מערכת הייצור באופן חסר תקדים. מעבר ממערכת יציבה בעלת אופי מונוטוני לגבי שינויים בעומס, למערכת מורכבת בה העומס עולה ויורד באופן דרמטי, מחייב שילובם של כלים חדשים שיאפשרו התמודדות עם המורכבות הקיימת במערכת מסוג זה. בחינה מעמיקה של הכלים הקיימים בשוק מגלה ששילובם של אמצעי אגירה במצברים הינו הכלי היעיל ביותר להתמודדות עם בעיות התפעול שיוצרו במערכת כזו.

מתודולוגיה מפורטת שנבנתה לתכנון הפיתוח של מערכת הייצור תחת אי-וודאות, מתוארת בפרק 3 (סעיף 3), ויש לציין את הנקודות הבאות:

תוכניות הפיתוח של מערכת ייצור החשמל לטווח ארוך נועדו לקבוע את תוספת יחידות הייצור הנדרשות במערכת, סוגן, הספקן ומועד הפעלתן. אי-הוודאות, הנובעת בעיקר מטווח התכנון הארוך, מכתובה את הגדרת מרחב התרחישים העתידיים האפשריים ובחינת תוכניות הפיתוח של מערכת ייצור החשמל בכל אחד מהם. כל תרחיש מתאר צירוף אפשרי של אירועי העתיד כגון תחזית הביקוש לחשמל והיקף הייצור באנרגיה מתחדשת. במטרה לכסות מספר רב של מצבים אפשריים, יש לבחון את חלופות הפיתוח בתרחישים עתידיים שונים הנקבעים בהתאם לטווח אי-הוודאות.

עבור כל אחד מהתרחישים העתידיים מחשבים, על ידי שימוש במודלים ייעודיים, את תוכנית הפיתוח האופטימלית לתנאים הייחודיים של כל תרחיש נתון. בתוך התהליך שמתבצע על ידי המודלים, יש לחולל חלופות פיתוח שונות ולהשוותן מנקודת ראות של מטרות שהוגדרו מראש. מאחר שמורכבותן של בעיות מעשיות מונעת הגעה לפתרון הבעיה כבעיה רבת קריטריונים, מקובל לבחור פונקציית מטרה כקריטריון עיקרי, ואת יתר הקריטריונים להביע כאילוצים שיש לעמוד בהם. העלות הכוללת של תוכנית הפיתוח בדרך כלל משמשת כפונקציית מטרה כשיתר האילוצים הם עמידה בקריטריונים מוכתבים של אמינות ההספקה, דרישות סביבתיות, הגבלות על הספקת דלק לסוגיו והיקף ייצור באנרגיה מתחדשת. העלות הכוללת, שהיא הקריטריון העיקרי, היא הסכום המהווה של עלות ההון, עלות הדלק, עלות התפעול והאחזקה ועלות הפליטות על פני כל תקופת התכנון.

אופטימיזציה של פיתוח מערכת הייצור לטווח ארוך בכל תרחיש מתבצעת תוך ניצול אופציית התכנון הדינאמי (Dynamic Programming) שבמודל EGEAS (Electric Generation Expansion Analysis System), אשר פותחה בארה"ב על ידי EPRI, MIT וחברת Stone&Webster לצורך תכנון הפיתוח של מערכת ייצור החשמל.

בבניית תוכניות הפיתוח האופטימליות עבור התרחישים השונים, נסקרה לעומק האפשרות להוסיף טכנולוגיות לייצור חשמל, אשר עדיין אינן בשימוש בארץ או לחילופין שנכנסו למערכת רק לאחרונה כגון, יחידות אגירה שאובה, סוגים מתקדמים של יחידות במחזור משולב ושל טורבינות גז יעילות ואגירה למיניהן.

קיימת אי וודאות לגבי מימוש היעד של הממשלה. לקצב חדירת יחידות ייצור באנרגיה מתחדשת יש השפעה ניכרת על תוכנית פיתוח מערכת ייצור החשמל, לכן נבחנו 3 תרחישים: עלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 30%, 24% ו-18% בשנת 2030. בנוסף, קיימת אי וודאות בנוגע לתחזית הביקוש. בשנים האחרונות התרחשו מספר אירועים שגרמו לגידול מאוד משמעותי באי-הוודאות לגבי הביקוש לחשמל הצפוי בעתיד:

- מגפת הקורונה שהתפרצה בעולם בסוף 2019 גרמה להאטה בכלכלה העולמית. עדיין לא ברור מתי המגפה תפוג ואיך הכלכלה תתפתח בהמשך.
- החדירה המסיבית הצפויה של רכבים חשמליים במדינה אמורה להגדיל את הביקוש לחשמל. ההיקף העתידי של הרכבים החשמליים ואופי טעינתן הינם גורמי אי-וודאות המשפיעים לא רק על צריכת החשמל אלא גם על הפרופיל היומי שלה.

בעקבות רמת אי-הוודאות הגדולה לגבי תחזית הביקוש לחשמל ולגבי היקף הייצור באנרגיות מתחדשות, נבנתה תוכנית פיתוח מומלצת של מערכת הייצור שתיתן מענה לטווח רחב של תרחישים אפשריים.

היבט נוסף של הכנת תוכנית הפיתוח הוא זיהוי אתגרים דינמיים שיאפיינו את המערכת בשנים הקרובות עד שנת 2030, הנובעים משילוב יחידות מחז"מ חדשות ויעילות עם הספקים גדולים מאלה שקיימים במערכת עד היום, והגעה ליעד הממשלה של 30% ייצור באנרגיה מתחדשת עד 2030.

בעבודה נבחנו ההשלכות של אירועים שונים על התנהגות התדר ואילו פתרונות יאפשרו עמידה בקריטריוני התכנון שיוגדרו. העבודה נעשתה בעזרת תוכנות שפותחו למטרה זו ואפשרו ניתוח בהיקף נרחב מאוד של נתונים.

לאור העובדה שקיימת אי וודאות רבה לגבי משטרי תפעול הייצור שיהיו בפועל, קריטריוני התכנון שנדרש להגדיר הם הסתברותיים, למשל:

1. מה אחוז הסיכון המירבי להשלט עומס עקב התנתקות יחידת ייצור המועמסת ביותר במערכת (או הגדולה ביותר שקיימת במערכת, קריטריון חמור יותר) שישפיע על תכנון העתודות.

2. מה רמת האינרציה שצריכה להישמר במערכת כדי להבטיח שניתוק היחידה הגדולה ביותר במערכת לא יגרום לקצב שינוי תדר שיגרור התנתקות יחידות ייצור נוספות.

3. מה ההסתברות של ההספק המירבי של תנודות בייצור הסולארי הנובעות מתנודות עננים שיש לתכנן לפיו כך שלא תהיה השלט עומס (תנודות של דקות בודדות ושל חצי שעה).

דרכי ההתמודדות עם האתגרים הדינמיים שזוהו בעבודה זו הובילו להמלצות שלהלן:

עבור תקלה הנובעת מהתנתקות יחידת ייצור

- נדרשת עתודה מיידיית לבקרת תדר רציפה מסוג FFR (Fast Frequency Response) כדלהלן:

- בשנת 2023 בהיקף של 400 מגוואט לרבע שעה לפחות.
- לקראת 2025-2026 תוספת בהיקף של 100 מגוואט לרבע שעה לפחות (יישום עתודה זו בסוללות ייעודיות לבקרת תדר רציפה ייבחן בהמשך).
- ניתן לפזר את מתקני האגירה לבקרת תדר מהירה ורציפה בכל מקום פנוי ברשת ההולכה.
- הסוללות המתוכננות להסטת עומס צריכות להיות בעלות יכולת תגובה באירועי תדר חריגים.
- יש להגדיר את הדרישות הטכניות מיחידות הייצור החדשות וממתקני האגירה כך שיתנו את התמיכה הנדרשת לתדר.
- יש להגביל את הספק היחידה הגדולה ביותר כך שלא יעלה על 670 מגוואט, בהתאם לתוכנית הפיתוח עד ל-2030.

מצבי אינרציה נמוכה במערכת העתידית

עקב צמצום משמעותי בכמות היחידות הסינכרוניות במערכת, שגורם לירידה באינרציה ובחוזק המערכת, נדרש:

- ביצוע עדכון של הדרישות הטכניות מיחידות הייצור ועדכון ההוראות לכוונן ההגנות.
- הוספת אינרציה למערכת ע"י שילוב אמצעים מתקדמים שיספקו שירות נילוה זה.

עבור תנודות בייצור הסולארי

על סמך תנודות ההספק בייצור סולארי יוגדרו סוגים שונים של עתודות שיותאמו לעונות השנה ולשעות היממה.

ג. התנעת התכנון הסטטוטורי לקידום פרויקטים בתוכנית הפיתוח

ההליך הסטטוטורי לקידום תוכניות מתאר עבור תשתיות מערכת המסירה מהווה כיום מרכיב משמעותי ואולי אף קריטי בפרוייקטים השונים לתשתיות אלה. ההליך מתנהל במוסדות תכנון מחוזיים וארציים שבהם מיוצגים בעלי אינטרסים שונים המשפיעים בהכרח על מיקומה הסופי של התשתית, מאפייניה הפיזיים ולא פחות מכך על משך הזמן שידרש עבור אישור התוכנית (שבלעדיו לא תיתכן הקמתה). הרגישות הגוברת בציבור ובמוסדות התכנון להשלכות הסביבתיות של תשתיות מערכת המסירה - הן בהיבטי קרינה ושדות אלקטרו מגנטיים והן בהיבטים חזותיים – משפיע על לוחות הזמנים לאישור תוכניות מתאר לתשתיות אלו, ומחייב בהתאם התחשבות בהליך הסטטוטורי בעת גזירת לוחות זמנים לתוכנית הפיתוח של מנהל המערכת.

ד. תוכנית פיתוח מערכת המסירה (הולכה והשנאה)

מטרת הפיתוח של מערכת המסירה לאפשר אספקת חשמל תוך הבטחת אמינות, שרידות ויציבות מערכת במשטרי הפעלה שונים. מערכת המסירה אחראית לקליטת החשמל ממקורות ייצור ואספקתו לצרכנים ולספק מענה לצרכים המשתנים של משק האנרגיה בישראל, הכוללים:

- שילוב של צרכנים בטכנולוגיות מגוונות, גידול העומסים בהתמדה, התייעלות אנרגטית.
- חדירה משמעותית של אנרגיות ממקורות מתחדשים בהתאם להחלטות הממשלה – 30% בשנת 2030.
- חיבור ייצור מבזר בהיקפים גדולים למערכת החלוקה, קליטת מתקני ייצור במערכת ההולכה.
- מעבר לשימוש משמעותי בגז, לעומת הפחתה של ייצור בפחם.

מערכת המסירה מתוכננת בהתבסס על יעדי ממשלה, צריכת החשמל העתידית, קריטריוני תכנון ויעדים לאמינות ושרידות המאושרים ע"י משרד האנרגיה והחלטות רשות החשמל.

תוכנית הפיתוח של מערכת המסירה מתבססת על הפיתוח הנדרש של מערכת הייצור (תחנות כוח ומתקני ייצור/אגירה).

תוכנית הפיתוח של מערכת המסירה כוללת פרויקטים במערכת ההולכה וההשנאה, הנדרשים לצורך עמידה יעדים לשרידות, אמינות ואיכות אספקת החשמל. הפרויקטים כוללים: הקמת קווי 400 ק"ו ו-161 ק"ו חדשים, שדרוג קווים קיימים, הקמת תחנות מיתוג 400/161 ק"ו ותחנות משנה חדשות, הרחבות ועבודות בתחנות מיתוג ותחנות משנה קיימות, פרויקטי אגירה מערכתיים, ועוד.

תוכנית הפיתוח כוללת את הפרויקטים הנדרשים לצורך אספקת חשמל, קליטת אנרגיות מתחדשות, עמידה בדרישות לשרידות, אמינות ואיכות אספקת החשמל ולוקחת בחשבון התפתחות טכנולוגית, רשת חכמה ותקשורת רחבת פס, איומי סייבר ודופק אלקטרומגנטי (EMP) בהיבטים השונים של תוכנית הפיתוח.

תוכנית הפיתוח כוללת מועדים חזויים לביצוע הפרויקטים, אשר נקבעו בהתאם ללוח ליקודם תוכנית מתאר, רישוי והקמה. מנהל המערכת פועל לקידום הפרויקטים הנדרשים ומנהל מעקב על התקדמות הפרויקטים, במידה והיו דחיות מהמועדים החזויים, יבוצעו פעולות תיקון כולל פרויקטי גישור.

מערכת 400 ק"ו כוללת פרויקטים רחבי היקף, אשר לוחות הזמנים להקמתם מתמשכים על פני יותר מעשור, מסיבה זו נכללו בתוכנית פרויקטי 400 ק"ו מעבר לשנת 2030.

נציין כי:

- קיימים פערים בין לוח"ל הנ"ל לבין לוחות הזמנים הנדרשים עפ"י יעדי הממשלה בנושא האנרגיות המתחדשות;
- קיים איום על לוחות הזמנים הנדרשים לפרויקטים לאספקת החשמל בגוש דן.

תוכנית פיתוח מערכת המסירה כוללת את הפרויקטים הבאים:

- הקמת קווי 400 ק"ו חדשים ושדרוג קווים קיימים.
- הקמת תחנות מיתוג 400/161 ק"ו חדשות, הרחבות ועבודות בתחנות מיתוג קיימות.
- הקמת תחנות משנה 161 ק"ו חדשות, הרחבות ועבודות בתחנות משנה קיימות.
- הקמת קווי 161 ק"ו חדשים ושדרוג קווים קיימים.
- פרויקטים מערכתיים מהיבט שרידות, למשל: הקמת מעקפים לשעת חירום.
- פרויקטים לחיבור מתקני ייצור וצריכה למערכת ההולכה.
- פרויקטים בתחום מיגון (בניה אזרחית) ואבטחת מידע (סייבר).
- פרויקטים שהסתיימו, ופרויקטים שבטלו.

קריטריוני התכנון

תכנון מערכת ההולכה וההשנאה מתחשב ברמת היתירות הרצויה שתבטיח פעולה תקינה, התמודדות עם תקלות אפשריות, יכולת תפעול ותחזוקה של הציוד בהתאם להמלצות, להוראות היצרנים ולניסיון התפעולי הנצבר.

קריטריוני התכנון מגדירים את המצבים התפעוליים השונים עימם צריכה המערכת להתמודד מבלי שייגרם נזק לציוד במערכת המסירה ולמשתמשיה. רמת יתירות משפיעה על רמת האמינות של המערכת, מערכת המסירה מתוכננת כך שמחד גיסא תתקבל אמינות גבוהה, ומאידך ניתן יהיה להגביל את ההשקעות הנדרשות.

המערכת הקיימת והמתוכננת נבחנת בהתייחס למדדים כדלקמן:

- התאמה – יכולת המערכת לספק חשמל בצורה תקינה, בתחום הפרמטרים הטכניים המותרים (תדר, מתח, זרם ורמת זרמי הקצר). מדדי התאמה מיוחסים למשטרים תפעוליים שונים במצב המתמיד.
- בטיחות (שרידות) – יכולת המערכת להתמודד עם תקלות, או גרימת נזקים בלתי הפיכים לציוד תוך דגש על מניעת מצבי עלטה. מדדי שרידות מיוחסים לתופעות מעבר, כגון היכולת למנוע מצבים של הפרדת המערכת ל"איים" ולאבדן סנכרון במצב תקלה.
- תהליך התכנון מבוסס על הנחות יסוד, מסדי נתונים, קריטריוני תכנון וסימולציות מורכבות. בתהליך מבוצעות הדמיות ונערכים חישובים לחלופות פיתוח רלוונטיות של מערכת המסירה, מהיבטים של זרימות עומס, זרמי קצר, יציבות, קריטריוני אמינות ועוד.

מסדי הנתונים עליהם בין היתר מתבסס תכנון מערכת המסירה:

- תחזית הביקוש – מערכת ההשנאה נקבעת בהתאם לתחזית הביקוש הארצית ותחזית הביקוש העונתית.
- מערכת המסירה הקיימת והמתוכננת – כל מרכיב קיים במערכת, הנתונים הפיזיקליים והנומינאליים שלו, לרבות: תחנות משנה, תחנות מיתוג, וקווי מסירה.
- מערכת הייצור הקיימת והמתוכננת בהתאם לתוכנית פיתוח מערכת הייצור המוצגת בדוח זה.
- מסד נתונים הכולל מידע בנוגע למתקנים סולאריים עתידיים, לרבות פוטנציאל הייצור בפריסה ארצית בהתאם לאזורי הזנה ולפי סוגים שונים (קרקעים גדולים, בינוניים, גגות, דואליים וכו').
- טכנולוגיה של מסדרי מיתוג וקווים – המערכת מתוכננת בהתאם לטכנולוגיות ציוד אפשריות הנבחרות על בסיס שיקולים טכנו-כלכליים ומותאמות לאתר שבו יותקנו. טכנולוגיות לקווים נבחרות עפ"י שיקולים דומים.
- תקנים וקריטריונים סביבתיים – תקנים ותקנות הכוללים בין השאר עמידה בעוצמת שדות אלקטרו מגנטיים, רעש, רוחב פרוזדורים והיתרי הקמה/הפעלה.

- אזור התכנון – האזור בארץ שבתחומו מתבצע התכנון.
- סיכויי מימוש של פרויקטים – במהלך התכנון נבחנות מספר חלופות לפיתוח מערכת המסירה באזור המתוכנן. סיכויי המימוש של החלופות השונות משפיע על החלופה המועדפת שהוכנסה לתוכנית הפיתוח.
- דרישות, עקרונות, והוראות למתקנים חשמליים, כגון: דרישות אמינות, דרישות סביבתיות וטכנולוגיות בתיאום עם הגורמים הרלוונטיים.
- תוכניות אב של הגופים השונים, הנחות יסוד, בסיסי נתונים במטרה להשתלב ולקדם יעדי פיתוח לטווח ארוך עבור פרויקטים במערכת המסירה.

התאמת תוכנית הפיתוח לתנאי אי-ודאות

מטבע הדברים בתוכנית פיתוח של פרויקטי תשתית קיימת אי-ודאות משמעותית לגבי מתכונת הפרוייקטים ומועדי אישור תוכניות המתאר, כמו כן קיימת אי ודאות לקבלת אישורים הנדרשים ע"פ חוק לביצוע מגורמים רבים. לפיכך מתעדכנת התוכנית באופן שוטף. חשוב לציין, כי מועדי ההפעלה המוזכרים בדוח זה ובדוחות הקודמים, הינם בגדר לוח זמנים שמותנה בקבלת האישורים וההיתרים הנדרשים, כאשר משכי הטיפול מבוססים על נסיון מנהל המערכת ומידע שהתקבל מחברת החשמל לגבי משכי הזמן האופייניים.

מנהל המערכת פועל לקידום הפרוייקטים הנדרשים וינהל מעקב על התקדמות הפרוייקטים, במידה ויהיו דחיות מלוחות הזמנים המשוערים, יבוצעו פעולות תיקון עד כדי הכללה בתוכנית הפיתוח של פרויקטי גישור.

ה. סיכום תוכנית פיתוח למערכת הייצור לשנים 2022-2030

להלן תוכנית הפיתוח המומלצת, הכוללת הקדמת מועדי הפעלה של סוללות בהתחשב באילוצי מערכת ההולכה:

שנה	מחז"מ/מ"ט*ג	אגירה	מתקני גז בחלוקה*	אגירה שאובה*	פוטוולטאי משולב אגירה*	רוח*	הדממה
2022	644	0	100	0	0	0	-1,148
2023	1,456	**400	140	344	168	271	-720
2024	0	0	0	0	350	113	0
2025	0	300	0	0	309	104	0
2026	0	**100	0	156	0	0	0
2027	100	100	0	0	0	0	-912
2028	670	400	0	0	0	0	0
2029	670	500	0	0	0	0	0
2030	0	500	0	0	0	0	0

* תוספת עד שנת 2026 (ומחז"מ בהספק 100MW בשנת 2027) הינן פרויקטים מתכוננים כבר היום
 ** מתקני אגירה בהיקף של כ-500 MW לרבע שעה לפחות לצורך אספקת שירותים נלווים

1. **סיכום תוכנית הפיתוח של מערכת המסירה לשנים 2022-2030**

מערכת	מרכיב המערכת	שנת 2021	הערכה לסוף ת"פ-2030	שינוי
הולכה 400 ק"ו [ק"מ מעגל]	אורך מעגלי מתח על	794	1,554.50	760.50
	תגבור יכולת Uprating מתח על		337.2	
	בניה מחדש והעתקת קווים מתח על		9.5	
השנאה - תחנות מיתוג 400/161 ק"ו	מספר תחמ"ג 400/161 ק"ו	9	15	6
	יכולת ההשנאה בתחמ"ג 400/161 ק"ו קיימות וחדשות [מגווא"א]	12,945	24,225	11,280
	אורך רשת עילית מ"ע	4,765.00	5,756.64	991.64
הולכה 161 ק"ו [ק"מ מעגל]	בניה מחדש והעתקת קווים מ"ע		530.4	
	תגבור יכולת בקווים קיימים מ"ע		1112.1	
	אורך רשת תת-קרקעית מ"ע	164	452.56	288.56
	אורך רשת 115 ק"ו [ק"מ מעגל]	42	42	0
השנאה - תחנות משנה 161 ק"ו של חברת החשמל	מספר תחמ"ש קבועות	122	195	73
	מספר תחמ"ש ארעיות	9	2	-7
	מספר תחמ"ש ניידות	24	7	-17
	סה"כ יכולת ההשנאה [מגווא"א]	18,822	30,493	11,671
סוללות קבלים [מגווא"ר]	הספק סוללות קבלים מ"ג	2,261	5,054	2,793
	הספק סוללות קבלים מ"ע	444.3	984.3	540

לסיכום ניתן לומר כי, על מנת לגבש תוכנית פיתוח מערכת ההולכה והשנאה שתענה על הצרכים הדינאמיים של המשק הלאומי, ועם זאת שתהיה ישימה ותוך צמצום היקף ההשקעות, יש לבחון ולהתחשב בכל ההיבטים שצוינו לעיל. הדבר ניתן רק תוך שימוש בכלי סימולציה ממוחשבים מתקדמים וביצוע אינטגרציה של כל מקורות המידע והידע האפשריים.

מנהל המערכת רואה לנכון לציין את החשיבות לקבלת מלוא הנתונים הנדרשים מכל הגופים השוטפים למשק החשמל כדי שיוכל לראות את התמונה הכוללת ומגמות התפתחות משק החשמל לצורך תכנון המערכת. קיים חוסר ודאות בנושא רכב חשמלי וחישמול התעשייה.

2. סיכום והמלצות עיקריות

1. מימוש תוכנית הפיתוח המוצגת מהווה אתגר שלצורך יישומו תדרש התגייסות של כלל גורמי המשק. היקף השקעות גדול בלוח זמנים קצר הנדרש לצורך עמידה ביעד והחסמים העומדים בדרכה ידרוש תוכנית אגרסיבית של מעקב צמוד והסרת חסמים.
2. הקמת צוות הסרת חסמים הכולל את הגורמים הרלוונטיים בקידום תוכניות מערכת המסירה ובכלל זה רפרנט חסמים במינהל התכנון.
3. קידום והרחבת הטמנת קווים במערכת ההולכה כחלק מהמאמץ להסרת חסמים.
4. מימוש הפוטנציאל של מתקני אנרגיה מתחדשת באזור המרכז הינו הכרחי להשגת יעד הממשלה לשנת 2030.
5. מימוש הנחיית מינהל התכנון להליך הקמת קווי 161 ק"ו (מסמך בינת שוורץ), כך שתתאפשר התאמת קווי 161 ק"ו קיימים ליעדים הנדרשים. מומלץ לבטל מגבלת המרחק של 2 ק"מ בהנחיה.
6. קביעת תחנות המשנה כצורך ציבורי בחוק התכנון והבניה, כך שניתן יהיה לקבל זכויות בקרקע לצורך הקמת תחנות המשנה.
7. קידום התהליכים הנדרשים להקמת שני מחז"מים חדשים שיקומו החל משנת 2028.
8. קידום התהליכים הנדרשים להקמת מתקני אגירה בהיקף של כ- 1,800-2,000 מגוואט.
9. בימים אלו מבוצעת עבודה שבוחנת את היקפי מתקני האגירה ופריסתם המומלצת לצורכי מערכת ההולכה בשנים הקרובות, בדגש על פריסת מתקני אגירה באזור הצפון.
10. הבטחת השליטה של מנהל המערכת על משטר ההפעלה של מתקני אגירה הן ברשת ההולכה והן ברשת החלוקה באמצעות אסדרה מתאימה.
11. קידום אסדרה שמטרתה לספק עתודה לבקרת תדר מהירה ורציפה בהיקף של כ-MW 400 החל משנת 2023 ועוד כ-MW 100 בשנים 2025 או 2026.
12. ביצוע מעקב שוטף אחר קצב שילוב מתקני PV במערכת וקצב החדירה של רכבים חשמליים. בהתאם להתפתחויות, יש לעדכן את תוכנית הפיתוח.

פרק 1: רקע

חברת ניהול מערכת החשמל פועלת להכנת תוכניות פיתוח אינטגרטיביות למערכות הייצור והמסירה בהתאם לרישיון ניהול המערכת שפורסם ביוני 2020. כהגדרתו ברישיון:

- "בעל הרישיון יגיש לשר ולרשות תוכנית לפיתוח מקטע הייצור שתכלול המלצה על כושר הייצור והאגירה הנדרשים לשם עמידה בקריטריונים, וכן התמהיל, המיקום והעיתוי המיטביים לשילוב אמצעי ייצור ואגירה".

- "בעל הרישיון יגיש לשר ולרשות תוכנית פיתוח למערכת המסירה. התוכנית תכלול הקמה ושדרוג של מעגלי מתח על-עליון ועליון, תחנות מיתוג ותחנות משנה. בעל הרישיון יכלול בתוכנית הפיתוח למערכת המסירה לוחות זמנים לביצועה".

משרד האנרגיה הנחה את החברה להמליץ בסוף שנת 2021 על תוכנית פיתוח למערכות הייצור והמסירה עד שנת 2030. התוכנית שהוכנה תומכת ביעדי הממשלה להגעה ל-30% ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות עד שנת 2030 (החלטת הממשלה 465 מיום 25.10.2020). כמו כן נקבע ע"י הממשלה יעד ביניים של 20% אנרגיות מתחדשות עד שנת 2025.

התוכנית המפורטת בעבודה זו היא תוכנית הפיתוח המקיפה הראשונה מזה עשרות שנים המשלבת פיתוח מערכות ייצור ומסירה כמקשה אחת. התוכנית הוכנה תוך שיתוף פעולה מלא בין המומחים בתחומי פיתוח מערכת הייצור, הבטחת יציבות, אמינות ושרידות המערכת, פיתוח מערכת המסירה, אמינות ותכנון סטטוטורי לקידום הפרויקטים הכלולים בתוכנית הפיתוח.

אופטימיזציה של תוכנית הפיתוח מספקת המידע הדרוש לקברניטי המשק לצורך קבלת החלטות לגבי קידום המהלכים הנדרשים בטווח הקצר והבינוני, שבלעדיהם לא ניתן יהיה להשיג את יעדי המדיניות ארוכת הטווח.

לפיכך, ההמלצות לגבי תוכנית הפיתוח האופטימלית לשנים עד 2030 (שכבר ניתן להגדיר כטווח בינוני) נגזרו מאופטימיזציה של פיתוח המערכת לטווח ארוך עבור מרחב התרחישים שיש לו פוטנציאל להשפיע משמעותית על החלופה הנבחרת עד 2030.

ההסברים, התוצאות וההמלצות המובאים במסמך זה לגבי סוג יחידות הייצור והאגירה, הספקן, מועד ומיקום שילובן במערכת, וכן הצורך בהקמה או שדרוג של מערכות ההולכה וההשנאה שיאפשרו חיבור ותפעול יעיל של יחידות אלו הינם פרי עבודה איטרטיבית בינתחומית בדגש על השגת יעד הממשלה לאנרגיות מתחדשות.

המסמך הנוכחי מסביר בפירוט את רמת המורכבות הגבוהה הגלומה במעבר המהיר לייצור חשמל בקנה מידה נרחב באמצעות אנרגיה סולארית, המציבה בפני מתכנני מערכת החשמל ומקבלי ההחלטות במגזרים שונים במשק הלאומי אתגרים חסרי תקדים. ככל שרמת המורכבות של התוכנית עולה, כך עולה מידת אי הוודאות לגבי מימושה המלא בפועל בזמן הנדרש.

מנקודת המבט הנוכחית, נראה כי בכל שרשרת הפיתוח של מערכת החשמל טבועה מידה ניכרת של אי ודאות: לגבי קצב התקדמות ההליכים הסטטוטוריים, קצב התפתחות תשתיות ההולכה, ההשנאה והחלוקה וקצב ההקמה של תשתיות אגירה. בנוסף, קיימת אי ודאות רבה לגבי עומק השליטה העתידית של מנהל המערכת על משטרי הפעולה של מתקני ייצור ואגירה מבוזרים.

כל אלו יכולים להשפיע הן על קצב הפיתוח של ייצור חשמל באמצעות מקורות אנרגיה מתחדשים והן על יכולת המערכת לעמוד בדרישות של אמינות ואיכות אספקת החשמל. לכן, תכנון אחראי של פיתוח המערכת מצריך יצירת מידה סבירה אך מספקת של גיבוי גם במקרה שתוכנית הפיתוח האופטימלית, המתוכננת בהתאם ליעדי הממשלה, אינה מיושמת במלואה.

בהתאם לאמור לעיל, תהליך קביעת תוכנית הפיתוח המומלצת עד שנת 2030 התבסס לא רק על פיתוח מיטבי בהנחת מימוש מלא של היעד הממשלתי לאנרגיות מתחדשות (30% מסך הייצור במערכת) אלא גם על ממצאי בדיקות הרגישות למימוש חלקי של היעד, בהנחה שחלקן של האנרגיות המתחדשות בשנת 2030 יגיע ל-24% או 18%.

העבודה הנוכחית מדגישה בבירור את החשיבות המיוחסת למעקב רציף אחר קצב פיתוח התשתיות ושינויי המדיניות במשק האנרגיה ולעדכון מיידי של תוכניות הפיתוח בעת הצורך.

בתנאים שנוצרו עם כניסת משק החשמל לעידן של אנרגיות מתחדשות וייצור מבוזר חברת נגה - ניהול מערכת החשמל רואה חשיבות רבה בעדכון תוכניות הפיתוח של מערכת החשמל הלאומית בתדירות גבוהה מבעבר והיא תעשה זאת בהתאם לתחומי האחריות המוטלים עליה במסגרת הרישיון.

פרק 2: פוטנציאל ייצור אנרגיות מתחדשות

2.1 מבוא

החלטת הממשלה 465 מיום 25.10.2020 על הגדלת יעדי ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות לשנת 2030 ל 30%, דורשת היערכות משמעותית של כלל משק החשמל, והכנתה של תוכנית פיתוח אשר תשקף את צרכי משק החשמל בהתאם לפריסת מתקני האנרגיה המתחדשת.

הערכות ותחזיות אשר פורסמו בעבר על ידי גופים שונים ובהם משרדי ממשלה, מכוני מחקר ועוד, באשר לקידום של מתקני הייצור באנרגיה מתחדשת, התייחסו רובם ככולם להיקפי הייצור הארציים הכוללים, ומבלי לכוון לאזורים גיאוגרפיים ספציפיים. המידע המרוכז לגבי המיקומים הגאוגרפיים חיוני לצורך תכנון מערכת החשמל, וזהו הרציונל שעומד מאחורי עבודה זו.

מטרת העבודה בפרק זה הינה ריכוז המיקום הגיאוגרפי של מתקני הייצור הפוטנציאליים באנרגיה מתחדשת ובחינתו ביחס לאזורי ההזנה של תחנות המשנה הקיימות. בחינה זו מהווה, כאמור, בסיס נדרש להגדרת צרכי פיתוח מערכת המסירה. צרכי הפיתוח המבוססים על המידע הנ"ל יתורגמו בהמשך לתוכניות מתאר לתחנות ההשנאה ולקווי ההולכה הנדרשים.

יודגש כי עבודה זו עוסקת במתקני ייצור באנרגיה מתחדשת אשר עדיין לא הוקמו ונמצאים בשלבי קידום שונים (החל בתוכניות מאושרות שטרם מומשו ועד למתקנים שיש לגביהם כוונות תכנוניות עקרוניות עם ישימות/היתכנות למימוש עד שנת 2030).

עוד יודגש כי בשלב מקדים לעבודה זו נאספו נתונים מגורמי תכנון, רשויות ומשרדי ממשלה והועלו לבסיס נתונים גיאוגרפי, שבעקבותיהם נמצא כי עיקר האנרגיה המתחדשת הצפויה בשנים הקרובות הינה אנרגיה סולארית. בהתאם לכך עבודה זו מתרכזת במתקני ייצור באנרגיה סולארית בלבד.

2.2 רקע רגולטורי (תוכניות מתאר ואמות המידה)

תמ"א 10 ד' 10 אשר אושרה בשנת 2011 מתייחסת להקמת מתקנים פוטו-וולטאיים קטנים ובינוניים, עד 750 דונם. התוכנית קובעת שני מסלולי טיפול, האחד בהיתרי בניה והשני בתוכניות מתאר. במסלול היתר, התמ"א מאפשרת מתן היתרי בניה למתקנים פוטו-וולטאיים, מכוחן של תוכניות הכוללות הוראות מפורטות, על גגות מבנים וחזיתות, מבני משק ומבני תעשייה, וכן ביעודי קרקע כדוגמת מאגרים, בריכות דגים וחניונים. בנוסף, מאפשרת התמ"א אישור תוכניות למתקנים פוטו-וולטאיים מכוחה, בשטחים בהיקף של עד 750 דונם.

שינוי מספר 1 לתמ"א, משנת 2016, מבקש לכלול בכלל ההיבטים לבחינת הקמת מתקנים פוטו-וולטאיים על מאגרים ובריכות דגים, גם את השיקול האקולוגי.

שינוי מספר 2 לתמ"א אומנם טרם אושר, אולם הוא כולל שינויים המאפשרים מתן היתרים למתקנים פוטו וולטאיים בשימושים כפולים וביעודי קרקע ושימושי קרקע נוספים כדוגמת מחלפים, מתקנים בטחוניים ועוד. בנוסף, תאפשר התוכנית הקמת מתקני אגירת חשמל בתחומי תוכניות למתקנים פוטו וולטאיים שאושרו בעבר.

אמות המידה של רשות החשמל, מתייחסות גם הן למתקנים פוטו-וולטאיים. בהתאם לאמות המידה גודל חיבור חדש של מיתקן לרשת מתח עליון יעלה על 10 מ"א ויפחת מ-250 מ"א (אמת מידה 35ל/ט/א/1). כל מתקן מעל 16 מ"א מחייב חיבור למתח עליון, כאשר רצועת החיבור למערכת ההולכה תכלול בתוכנית המתאר של המתקן.

2.3 מטרות ומתודולוגיה

מידע באשר לפוטנציאל השטחים למתקנים סולאריים מהווה בסיס לבניית קבצי המערכת הנדרשים ליצור תכנון ארוך טווח של מערכת המסירה וקביעת פרויקטים במערכת ההשנאה וההולכה.

כפי שצויין במבוא, התרכזת עבודה זו במתקנים סולאריים. במסגרת איסוף החומר, הן הנוגע למתקנים המעוגנים בתוכנית מיתאר והן הנוגע לאלו אשר יוקמו מתוקף היתרי בניה, נמצא כי הנתונים כוללים הן את שטח המתקן והן את ההספק הצפוי. בחרנו להתרכז במידע הנוגע לשטח המתקן מתוך הבנה כי נתון זה הינו קבוע, ואילו ההספק המתקן עשוי להשתנות בהתאם לטכנולוגיה אשר תיבחר לעת הקמת המתקן. מסיבה זו, הוצגו נתוני פוטנציאל הייצור ביחידות שטח (דונם), כאשר ההמרה ליחידות ההספק חשמלי תעשה בשלב מאוחר יותר של הכנת תוכנית הפיתוח.

מערכת ההשנאה מבוססת על פריסה ארצית של תחנות משנה. ניתן להגדיר את המרחב הגיאוגרפי שסביב כל תחנה, ואשר הצרכנים והיצרנים (הקיימים והעתידיים) הנמצאים בו, יחוברו לאותה תחנת משנה, כ "אזור הזנה". שטחי האזורים משתנים בהתאם לצפיפות הצרכנים והיצרנים באותו אזור ונעים בין 1 קמ"ר באזורים עירוניים צפופים כדוגמת גוש דן, לבין מאות קמ"ר בנגב ובערבה. זוהי החלוקה הבסיסית המאפשרת ניתוח של מערכת המסירה והיא זו שהיוותה בסיס לניתוח הנתונים המופיעים בעבודה. חלוקה אזורית כללית יותר, מחלקת את השטח ל "אזורי השנאה" אשר כל אחד מהם כולל מספר אזורי הזנה בעלי מאפיינים חשמליים דומים (צפיפות עומס, סוג עומס וכו').

העבודה כללה 3 שלבים עיקריים:

1. איסוף כלל המידע הנוגע למתקנים סולאריים עתידיים ופוטנציאל הייצור שלהם – נאסף מידע אודות פוטנציאל הייצור של מאות מתקנים פוטו-וולטאיים הן קרקעיים והן על גבי מאגרים, בריכות, גגות וכו'. מקורות המידע כללו את ועדות התכנון, רשויות ומשרדי ממשלה (מפורט בהמשך). עבור כל מתקן, למעט מתקנים על גבי גגות, נקלט בבסיס הנתונים מיקומו הגיאוגרפי ושטחו. באשר לגגות, נאספו נתונים המרכזים את כלל שטחי הגגות המהווים פוטנציאל לייצור חשמל בהתאם לחלוקה לרשויות.

2. ריכוז נתוני אזורי הזנה – בהתאם למיקום תחנות המשנה הקיימות של חח"י, בוצע ריכוז של תחומי אזורי ההזנה של כל אחת מתחנות המשנה, ואלו גובשו לכלל מפה ארצית הכוללת 165 אזורי הזנה. מפת אזורי ההזנה מפורטת בתרשים 1, ורשימת האזורים מופיעה בתרשים 2.

3. חישוב כלל היקף השטחים המהווים פוטנציאל לייצור חשמל בהתייחס למפת אזורי ההזנה – בוצע ניתוח אשר סוכם את השטחים הפוטנציאליים למתקנים סולאריים בהתאם לאזורי ההזנה, הן באופן מוחלט, היינו מהו סך כל השטח המהווה פוטנציאל לייצור חשמל באנרגיה מתחדשת בכל אזור הזנה, והן כחישוב הפוטנציאל הסגולי, היינו, מהו פוטנציאל השטחים לייצור אנרגיה מתחדשת ביחס לשטח אזור ההזנה. תרשימים 3 ו 3א בהתאמה, מציגים את היקפי השטחים המהווים פוטנציאל לייצור חשמל בהתאם לחלוקה ארצית לאזורי הזנה ולאזורי השנאה (כמוסבר בראשית פרק זה). תרשים 4 מציג את הפוטנציאל הסגולי אשר חושב בהתאם [%]:

$$\frac{\text{שטח הפוטנציאל לייצור חשמל באנרגיה מתחדשת} \times 100}{\text{שטח כולל של אזור ההזנה}}$$

2.4 איסוף המידע

איסוף המידע נעשה תוך התייחסות לשש קטגוריות:

1. מתקנים קרקעיים במתח עליון
2. מתקנים קרקעיים במתח גבוה
3. מתקנים על מאגרים
4. מתקנים על בריכות דגים
5. מתקנים במחלפים
6. מתקנים על גגות

פירוט:

1. מתקנים קרקעיים במתח עליון – מתקנים פוטו-וולטאיים בהספק הגדול מ 16 מ"א מחוייבים בתוכנית מתאר ויחוברו לרשת ההולכה. תוכניות אלו מקודמות בועדות המחוזיות ובגופי התכנון הארציים, חלקן כתוכניות מפורטות וחלקן ברמה מתארית (תמ"א 41). נתוני התוכניות נאספו מועדות התכנון המחוזיות ומינהל התכנון ועודכנו במאי 2021. בהיקף השטחים הפוטנציאליים נלקחו בחשבון גם מתקנים אשר טרם חוברו, אולם הוכן עבורם סקר חיבור מחייב, וכן הערכה של הועדה המחוזית באשר לפוטנציאל של כ 4,000 דונם בחלקה הדרומי של רצועת עזה, והוא מסתכם בכ 62,000 דונם, רובם באזור הגולן, הנגב המערבי והערבה. ראה תרשים 5.

2. מתקנים קרקעיים במתח גבוה – מתקנים פוטו-וולטאיים המוקמים מתוקף תוכניות המקודמות בועדות המחוזיות דרום וצפון כאשר היקף כל תוכנית אינו עולה על 750 דונם והיקף הייצור בו מתאים לחיבור לרשת המתח הגבוה. נתוני התוכניות נאספו מועדות התכנון המחוזיות ועודכנו במאי 2021. למעלה ממאתיים תוכניות נמצאות בשלבי קידום שונים בועדות, כשישים מהן מאושרות וטרם חוברו לרשת החשמל. בהיקף השטחים הפוטנציאליים נלקחה בחשבון הערכה של הועדה המחוזית דרום באשר לפוטנציאל בהיקף של כ 8,000 בשטח שבין בסיס נבטים לערערה שבנגב (אזור ערד).
 סה"כ אותרו כ 37,000 דונם של פוטנציאל קרקעי לחיבור במתח גבוה. ראה תרשים 6.
3. מתקנים על מאגרים – ניצול שטחם של מאגרי מים ובריכות דגים לייצור חשמל בטכנולוגיה פוטו-וולטאית אפשרי מתוקף תמא 10 ד 10. מאגרי המים נחלקים למאגרי קולחין ומאגרי מי שתיה ונמצאים בפיקוחם של משרד הבריאות ורשות המים אשר הוציאו הנחיות באשר לרמת הכיסוי האפשרי של מאגרי הקולחין בפאנלים פוטו-וולטאיים. בהתאם להנחיות אלו רמת הכיסוי מותנת באיכות המים ונעה בין 10%-50%. במאגרים באיכות "להשקיה בלא מגבלות" לא הוגדרה הגבלה לגבי דרגת הכיסוי.
 רשימת המאגרים המהווים פוטנציאל ייצור כוללת כ- 350 מאגרים. נתוני המאגרים התקבלו ממשרד האנרגיה. בעבודה שנעשתה על ידי רשות הטבע והגנים אותרו למעלה מ 100 מאגרי מים אשר הוגדרו חיוניים לצורך שמירה על בתי גידול לחים, צירי נדידת ציפורים וכו'. מאגרים אלו הוחרגו מרשימת המאגרים המהווים פוטנציאל לייצור פוטו-וולטאי. סה"כ שטחי המאגרים המהווים פוטנציאל לייצור פוטו-וולטאי הינו כ 23,000 דונם. ראה תרשים 7.
4. מתקנים על בריכות דגים – בריכות הדגים נמצאות בפיקוחו של משרד החקלאות אשר הגביל את אחוז הכיסוי ל - 30% משטח המים ברום העליון של בריכת הדגים. נלקחו בחשבון בריכות דגים אשר השטח הפוטנציאלי למתקנים פוטו-וולטאיים גדול מ 5 דונם. סה"כ שטחי הבריכות המהווים פוטנציאל לייצור פוטו-וולטאי הינו כ 8,300 דונם. ראה תרשים 8.
5. מתקנים במחלפים – הקמת מתקנים פוטו-וולטאיים בשטחי מחלפים מתאפשרת מתוקף תמא 10 ד 10 שינוי 2. בשלב ראשון הוכנה על ידי רשות החשמל רשימה בסיסית אשר כללה רשימה של 138 מחלפים והוערך כי ניתן לנצל כ- 50% משטח המחלף עבור מתקנים פוטו-וולטאיים. בשלב שני התקבלה הערכה מחודשת ומדוייקת יותר מחברת נתיבי ישראל ובהתאם לה נערכו המפות. השטח הכולל הינו כ- 3,100 דונם. ראה תרשים 9.
6. מתקנים על גגות – חישוב פוטנציאל הגגות נלקח מתוך נתוני רשות החשמל אשר סקרה את כלל גגות המבנים בתחומי הקו הירוק תוך הפרדה בין מבני מגורים (בהתחשב במספר הקומות) ובין סקטורים אחרים (מבני ציבור, חקלאות, תעשייה וכו'). בוצעה הערכה של יכולת מימוש פוטנציאל הגגות בכל אחת מהקטגוריות, עבור כל הרשויות ברחבי הארץ. סך פוטנציאל הגגות שנמצא (למעט יהודה ושומרון ושטחים ללא זיהוי גיאוגרפי) היה כ 52,000

דונם. להערכת רשות החשמל ומניתוח נתוני חח"י באשר להיקף הגגות המחוברים לרשת וכן היקף המתקנים אשר קיבלו תשובת מחלק חיובית (מלאה או חלקית), ניתן להניח כי היקף הגגות המחוברים הינו כ 18,500 דונם. יחד עם זאת, לאור אי הבהירות בנתונים, פוטנציאל הגגות חושב בהתייחס לממוצע המימוש, לאחר גריעת הנתונים השגויים, כאשר טרם מומשו כ- 2/3 מפוטנציאל הגגות. לאור היתרון הגלום במימוש מתקנים על גגות הן בהיבט חסכון הקרקע והן באפשרות מימוש המתקנים במרכז הארץ, הונח כי יעשה מאמץ מיוחד לקידום מתקנים אלו ונלקח מקדם של 1.5 בחישוב היקף פוטנציאל הגגות. השטח הכולל המחושב הינו כ 51,000 דונם. ראה תרשים 10.

חוות טורבינות רוח – קיימים היום מספר מתקנים מאושרים ובהקמה, ובנוסף מתוכננות מספר חוות רוח נוספות אולם חיבורן למערכת (בהיקף של כ 320 מגוואט) נלקח בחשבון בתוכנית הפיתוח, ובהתאם להערכות לא צפויה הקמתן של חוות רוח נוספות בהספק משמעותי.

2.5 פוטנציאל שאינו בר-מימוש עד 2030

בנוסף לקטגוריות אשר פורטו להלן, ישנם שטחים רבים נוספים אשר יתכן כי בעתיד יהוו פוטנציאל לייצור אנרגיות מתחדשות, אולם לא נלקחו בחשבון לאור אי הוודאות והחסמים הרגולטוריים אשר אינם מאפשרים מימושם עד שנת 2030. בשנים הקרובות, עם השינויים הצפויים בתחום זה וכניסתם של גורמים נוספים, יעשה עידכון הן של הקטגוריות הנלקחות בחשבון והן של הפריסה הגיאוגרפית של המתקנים. בקטגוריות אלו כלולים שטחי מערכת הבטחון (שטחי אימונים, בסיסים צבאיים), קירות תמך, שטחי מטמנות, בתי עלמין, מתקנים אגרו-וולטאיים וכו'. בנוסף, יתכן כי שינויי רגולציה יאפשרו היקפי מימוש משמעותיים יותר על גגות.

2.6 סיכום היקפי שטחים

לעת סיכום היקפי השטחים הפוטנציאליים למתקני יצור באנרגיה מתחדשת, עלתה סוגיית היקפי המתקנים על גבי גגות. יתרונם של מתקנים אלו טמון באפשרות להרחבת הייצור במרכז הארץ. באזורים אלו לא ניתן להקים מתקנים קרקעיים והגגות מהווים את עתודת השטח המשמעותית ביותר, ובנוסף, אין צורך בפיתוח מערכת הולכה משמעותית, היות והמערכת הקיימת המסוגלת כבר כיום לקלוט היקפי ייצור משמעותיים. לאור זאת, בחרנו להגדיל את הצפי למימוש המתקנים על גגות ל-150% מההערכה הבסיסית שהתקבלה בהתאם לנתוני רשות החשמל.

טבלת סיכום עבור מימוש גגות ב 100%:

קרקעי מ"ע	קרקעי מ"ג	גגות	מאגרים	בריכות דגים	מחלפים	סה"כ (דונם, %)
62,265	36,984	34,315	23,378	8,311	3,155	168,408
36.97	21.96	20.38	13.88	4.94	1.87	100%

טבלת סיכום עבור מימוש גגות ב 150%:

	קרקעי מתח עליון	קרקעי מתח גבוה	גגות 150%	מאגרים	בריכות דגים	מחלפים	סה"כ
דונם	62,265	38,684	51,472	23,378	8,311	3,155	187,265
אחוזים	33%	21%	28%	12%	4%	2%	100%

2.7 סיכום

בפרק זה בעבודה נסקר פוטנציאל השטחים של מתקני ייצור באנרגיה סולארית, אשר קיימת רמת ישימות סבירה למימושם עד שנת 2030, בהתייחס לפריסתם הגיאוגרפית. העבודה מהווה בסיס להכנת תוכנית הפיתוח של מערכת המסירה.

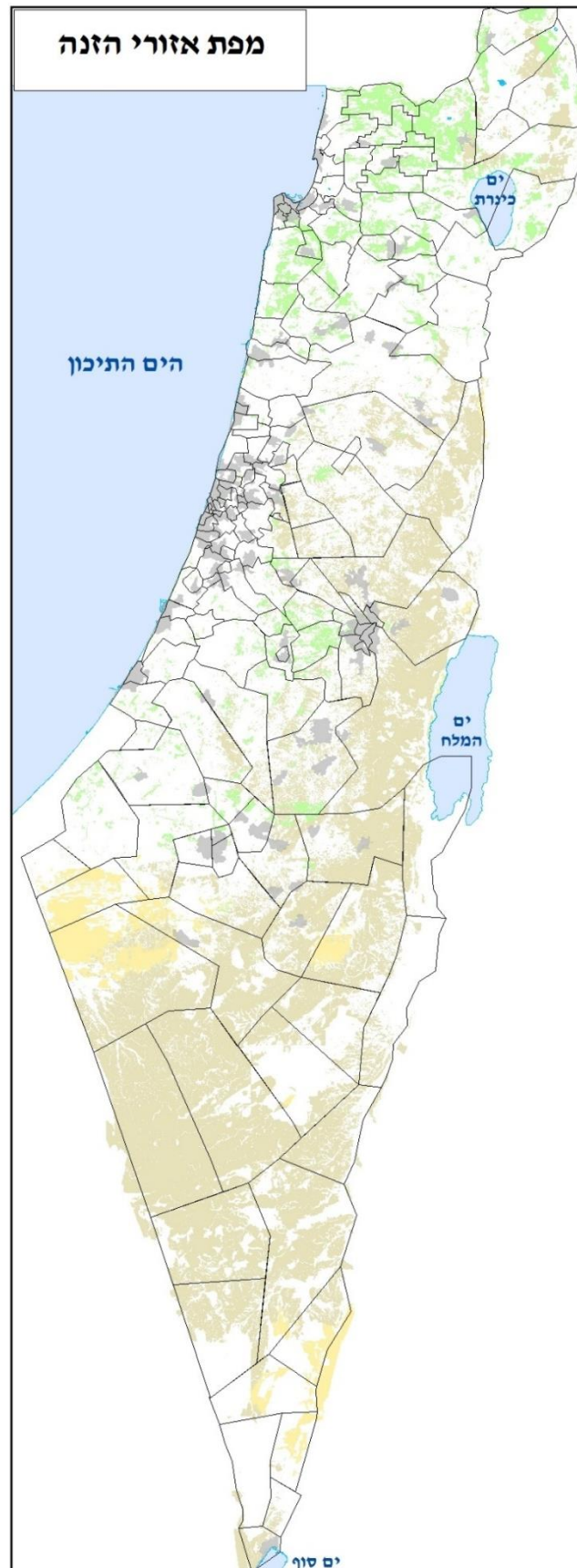
היקף השטחים שאותרו הוא כ 170,000-180,000 דונם, ועבור היקף הייצור האפשרי בשטחים אלו נבנתה תוכנית הפיתוח. חשוב לציין כי השטחים שאותרו אינם כוללים את שטחי מערכת הבטחון, מתקנים אגרו-וולטאיים ומתקנים על מטמנות, בתי קברות וכו'.

נמצא כי עיקר פוטנציאל השטחים מתרכז באזור הנגב המערבי, הגולן, עמק בית שאן, עמק יזרעאל והערבה.

ניתוח צפיפות שטחי פוטנציאל הייצור ביחס לשטחי אזורי ההזנה מאפשר זיהוי של האזורים בהם תידרש תוספת השנאה. צפיפות גדולה קיימת בגולן, עמק בית שאן ועמק יזרעאל, מערב הנגב, אזור ערד ובערבה.

מסתמן כי תידרש עבודת המשך לצורך הבנת מגמות המימוש של הייצור באנרגיות מתחדשות, בהתייחס לשינויים הצפויים בחקיקה וברגולציה.

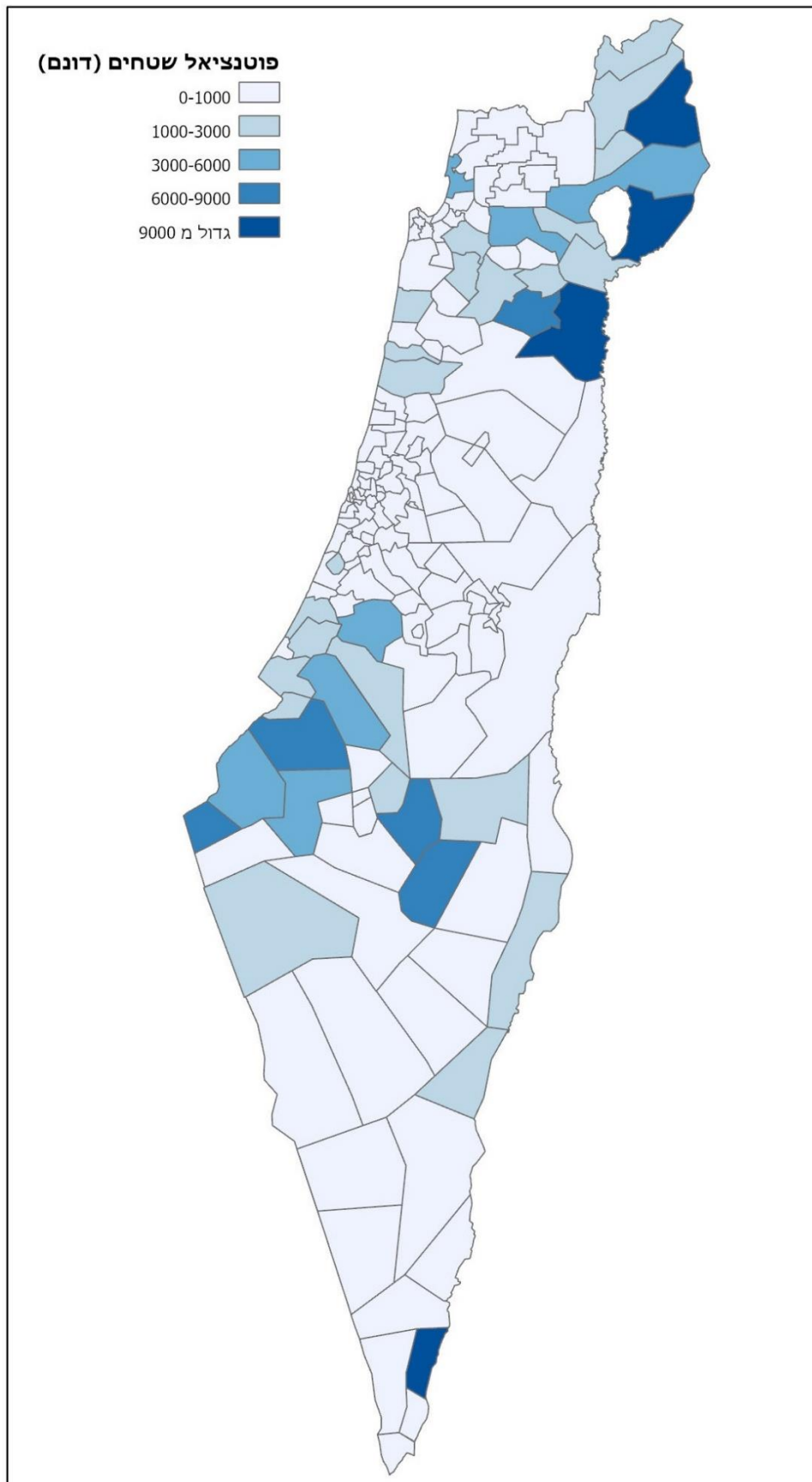
תרשים 1 - מפת אזורי ההזנה



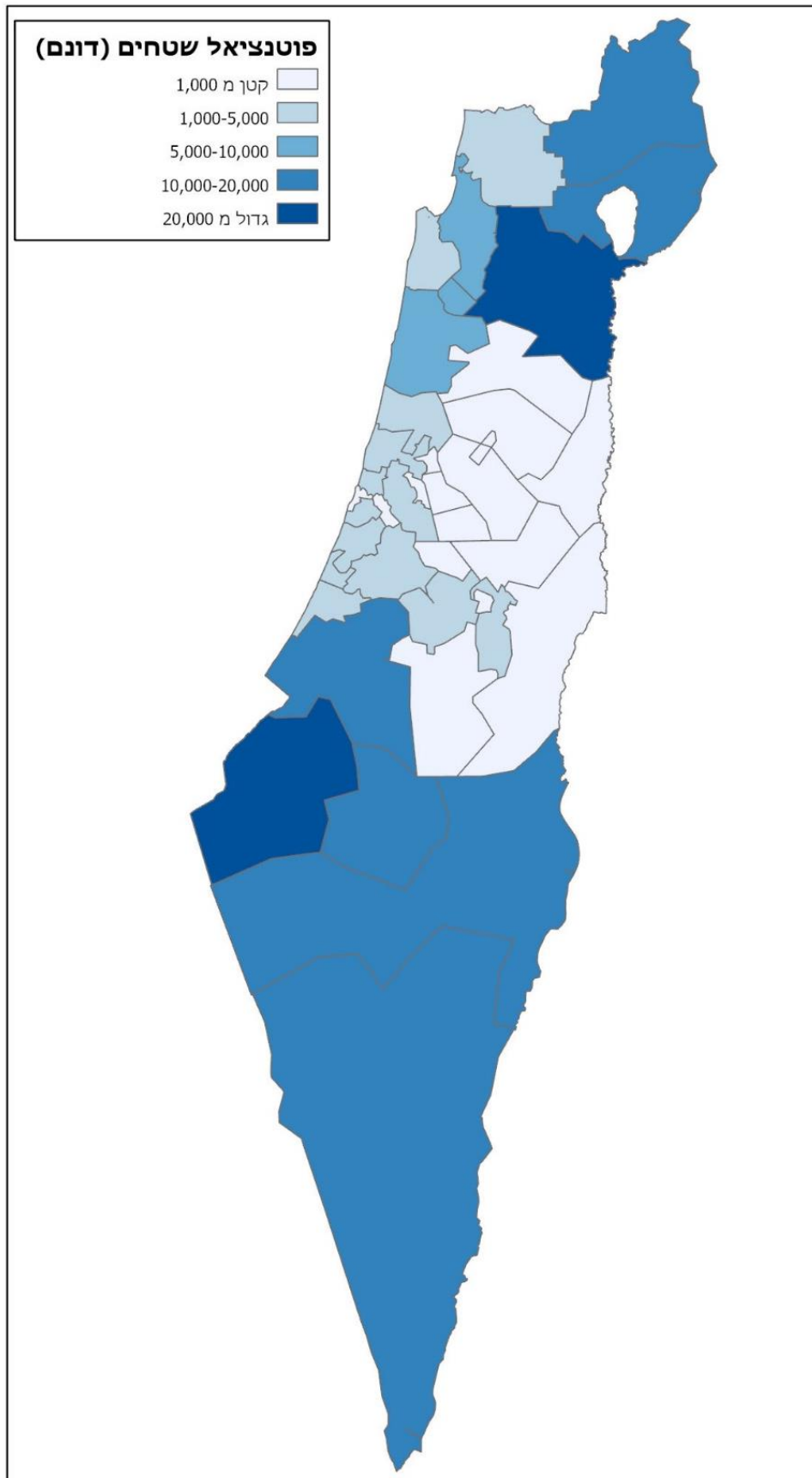
תרשים 2 - רשימת אזורי ההזנה

אבן ספיר	הר טוב	משאבי שדה	קריות
אבן עזר 2	הרצליה	משאבי שדה 2 אשלים	קרית גת
אבן עזר 3	זבולון	משגב	קרית הלאום
אבנת	זכרון יעקב	נבלוס	קרית שמונה
אדמירליטי	זמורות	נהריה	ראש העין
אונו	זמיר	נחל צופים	ראש פינה
אופקים	חבצלת	נחל שחורת	ראשון לציון
אופקים 2	חברון	נייר חדרה	ראשון לציון מזרח
אור יהודה	חולה	ניר גלים	רוממה
איל	חולון	ניר יצחק	רותם
אילת	חריש	נס ציונה	רותם 2
איתן	טייבה	נעמן	רמת אביב
אלון תבור	יבנה	נצרת	רמת גן
אלעד	יהלום	נתיבות	רמת חובב
אלפי מנשה	יוטבתה	נתניה דרום	רמת רחל
אנילביץ	יוטבתה לוטן	סדום צפון	רעות
אריאל	יוקנעם	סיתריה	רעננה
אריאל 2	יזרעאל	עטרות	שביב
אשדוד	ירושלים ג	עין חרוד	שדרות
אשקלון	ירושלים ד	עירון	שוהם
באר שבע	ירושלים ה	עמנואל	שיקמונה
באר שבע מערב	כברי	עמק חפר	שלום
באר שבע צפון	כורסי	ערד	שער אפרים
בארות יצחק	כינורות	ערד 2	שער הגיא
ביכורים	כמון	עתידיים	שפיים
בית יהושע	כנות	עתלית	שפרינצק
בית שאן	כפר אוריה	פארן	שפרעם/אבליים
בית שמש	כפר סבא מזרח	פארן 2	שרון
ביתר	כרמיאל	פארן 3	תל אביב דרום
בר לב	להבים	פארן ספיר	תל אביב מזרח
בשור	לוד	פוריה	תל אביב מרכז
ג'נין	מבוא הכרמל	פתח תקוה	תל אביב צפון
גאליה	מגדל העמק	צומת כרמיה	תל אור
גבעת שאול	מודיעין	צור שלום	תל גיבורים
גזר	מכבית	ציפורית	תל שוקת
גן רווה	מנשיה	צפית	תמנע
גן שורק	מעלה אפרים	צפת	תמנע 2
דימונה	מעלות	קיסריה	תעשיה אדומים
דלית אל כרמל	מצדה	קישון	תפן
הוד השרון	מצפה רמון	קניונים	תקומיא
הכפר הירוק	מצפה רמון 2	קצרין	
	מצפה רמון 3	קריה	

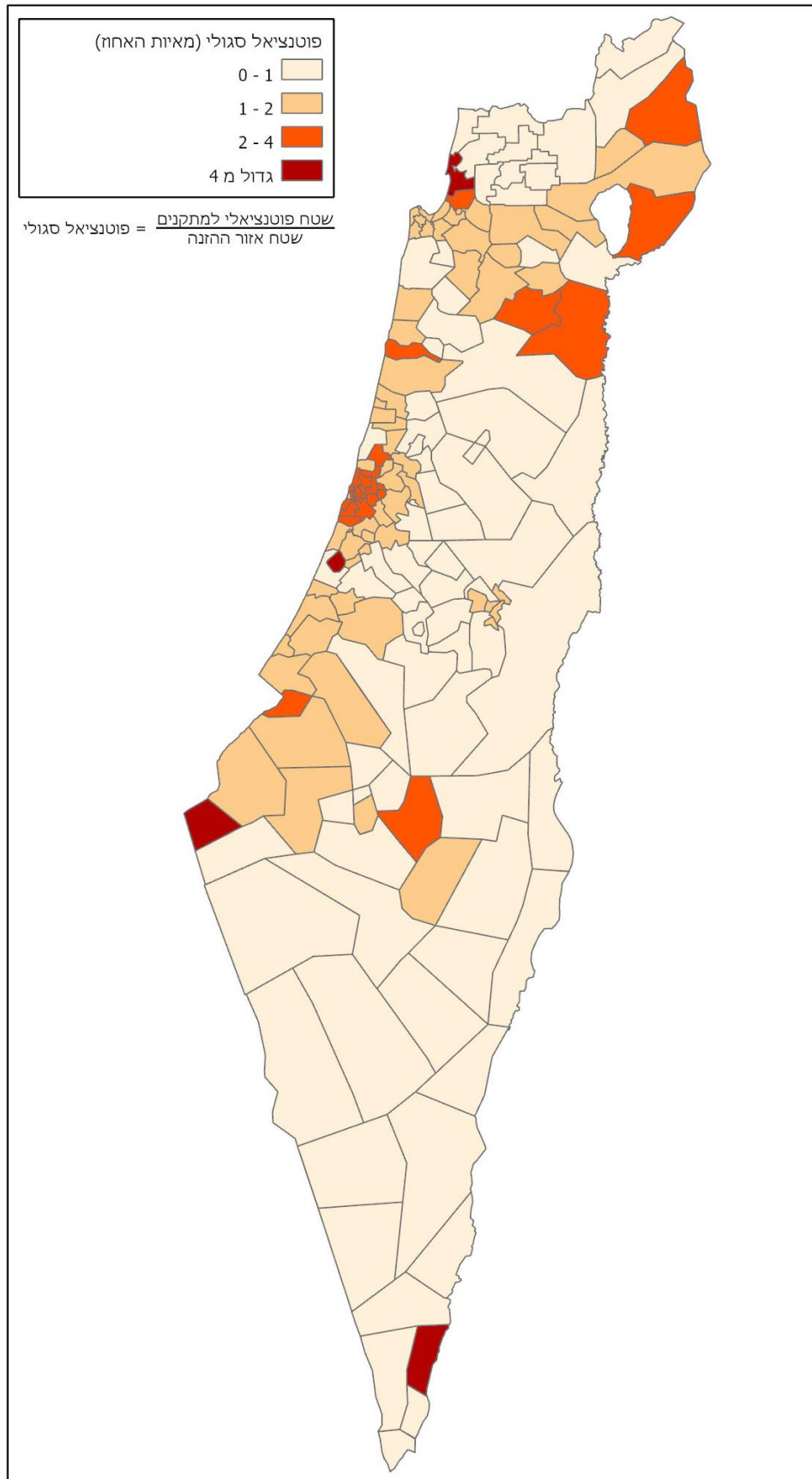
תרשים 3 - מפת סיכום פוטנציאל (בחלוקה לאזורי הזנה)



תרשים 3א - מפת סיכום פוטנציאל (בחלוקה לאזורי השנאה)

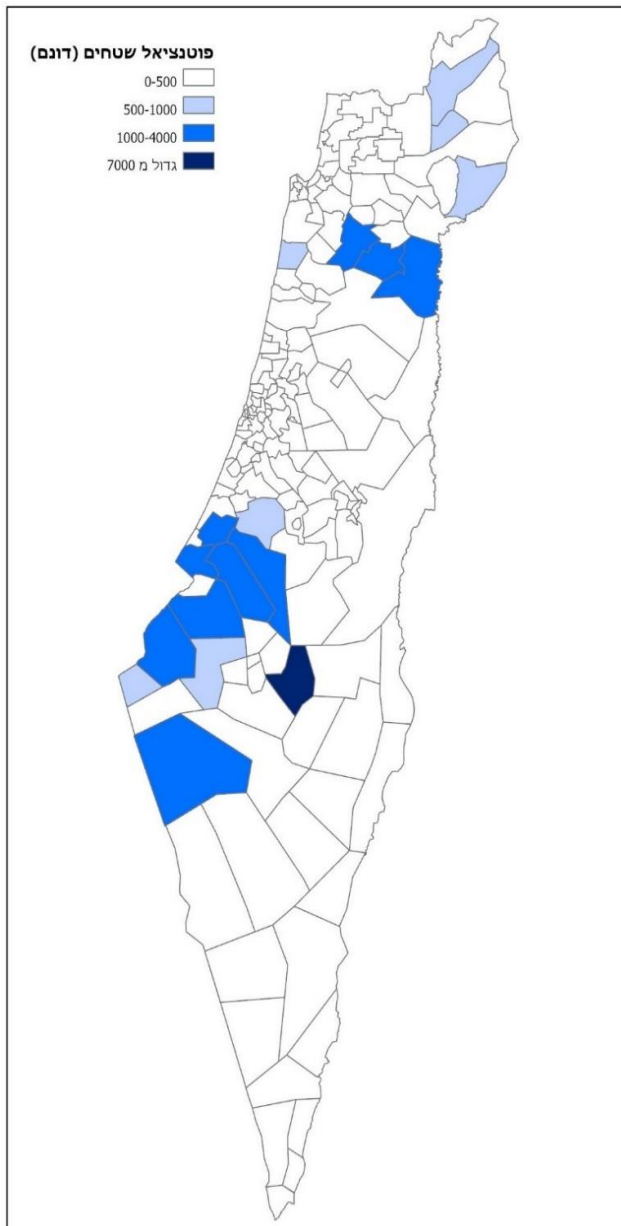


תרשים 4 - מפת צפיפות פוטנציאל המתקנים הפוטו-וולטאיים, ביחס לשטח אזורי ההזנה

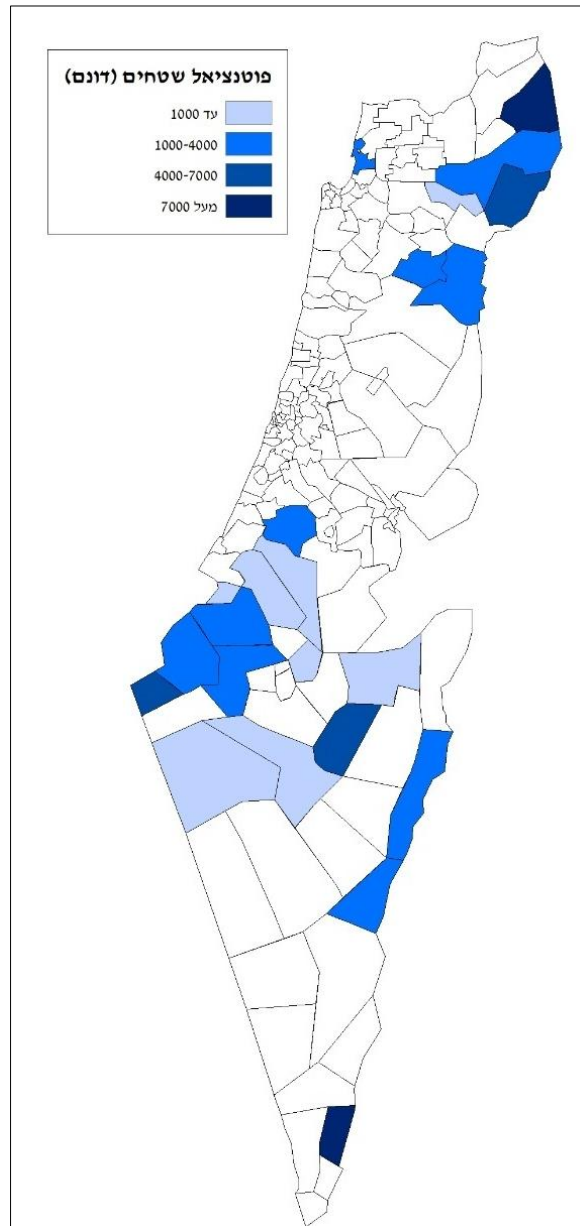


ניתוח פיזור פוטנציאל הייצור בהתאם לאזורי ההזנה:

תרשים 6 - מתקנים קרקעיים במתח גבוה

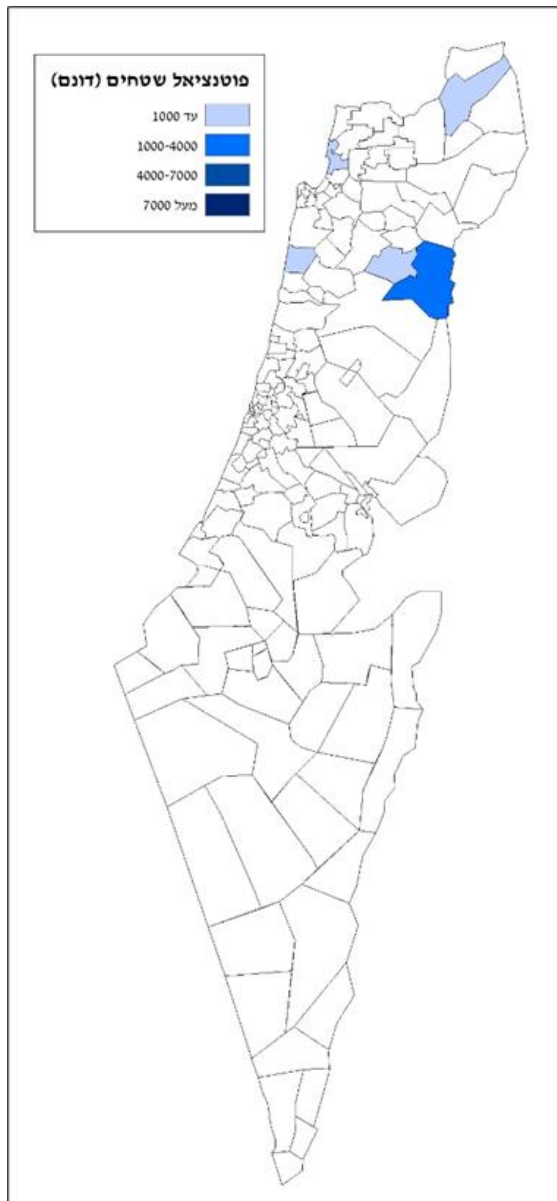


תרשים 5 - מתקנים קרקעיים במתח עליון

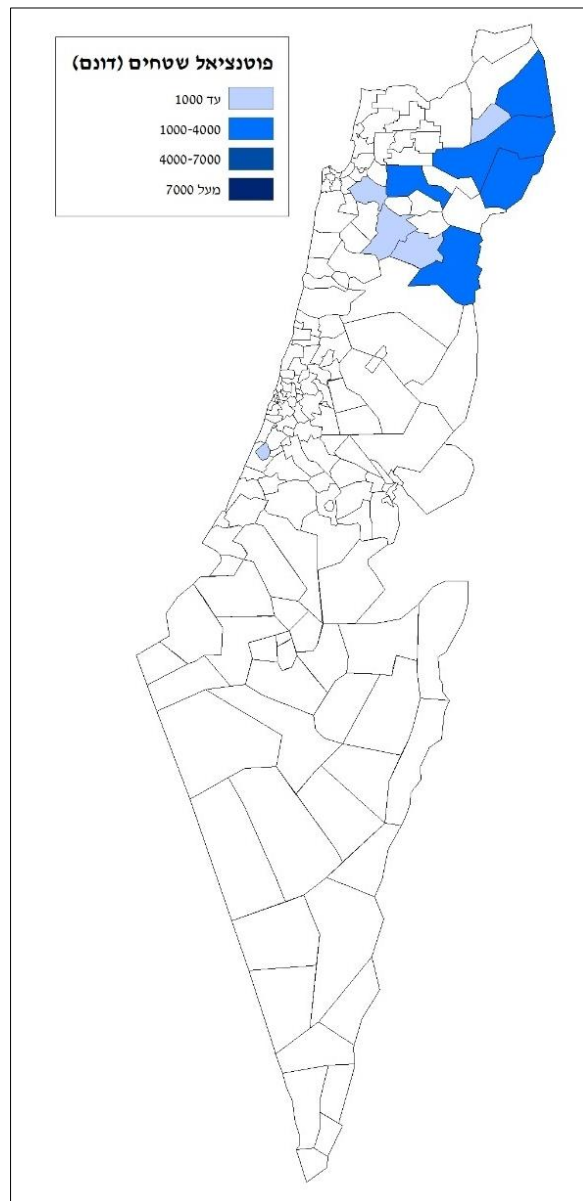


ניתוח פיזור פוטנציאל הייצור בהתאם לאזורי ההזנה:

תרשים 8 - בריכות דגים

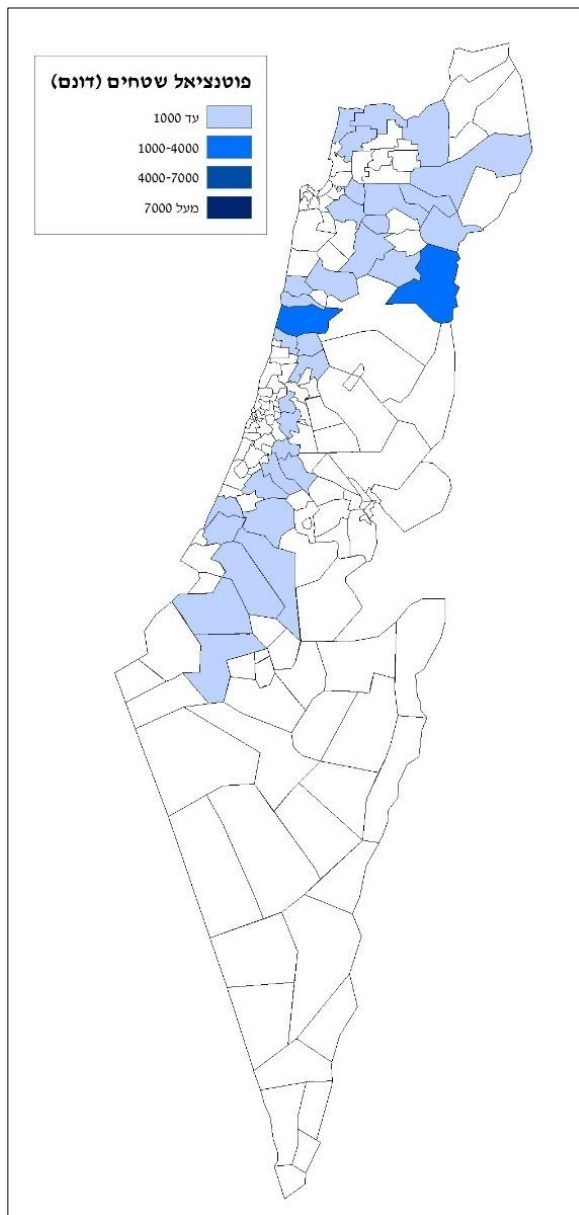


תרשים 7 - מאגרים

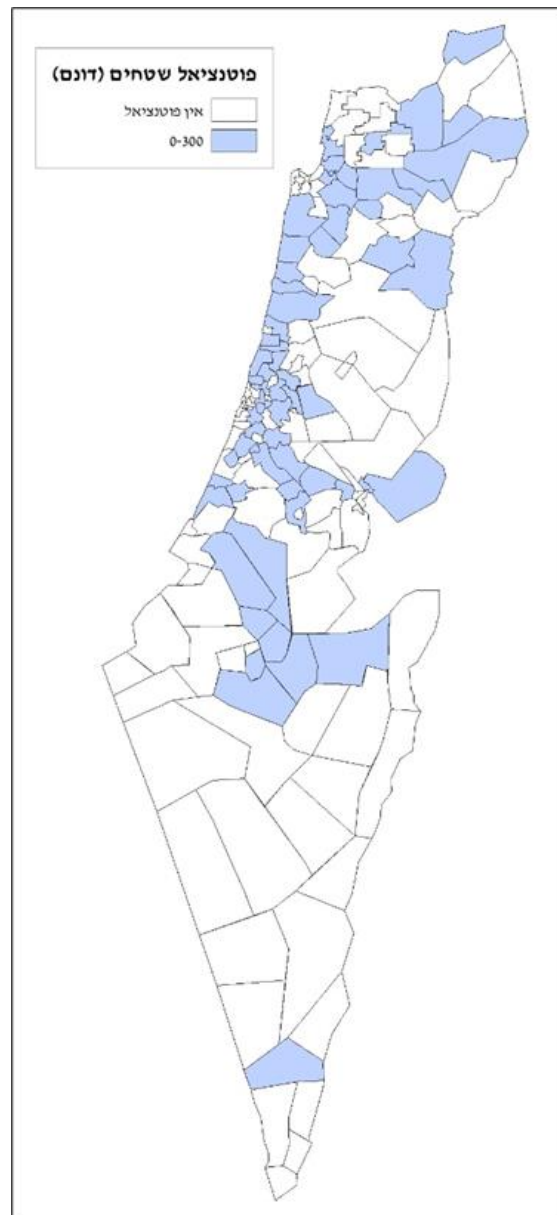


ניתוח פיזור פוטנציאל הייצור בהתאם לאזורי ההזנה:

תרשים 10 - גגות



תרשים 9 - מחלפים



פרק 3: תוכנית פיתוח מערכת הייצור

3.1. מבוא

בעשור האחרון חלו התפתחויות משמעותיות במשקי חשמל בעולם. התקופה אופיינה בחדירה משמעותית של מתקני ייצור המבוססים על אנרגיה מתחדשת. הכרה עולמית בצורך בתכנון בר-קיימא וברצון להפחית פליטת מזהמים למיניהם, ובראשם פליטת גזי חממה, גרמה לחיפוש אינטנסיבי אחר מקורות אנרגיה וטכנולוגיות שיסייעו בהגשמת מטרות אלה. המגמות הללו לא פסחו גם על ישראל.

ב- 25/10/2020 התקבלה החלטת ממשלה להגדיל באופן משמעותי את ייצור החשמל באמצעות אנרגיה מתחדשת ולהגיע בשנת 2030 להיקף של 30% מסך הייצור וזאת כשרוב הפוטנציאל של אנרגיה מתחדשת בישראל מתבסס על אנרגיה סולארית.

יישום יעד ממשלה, קרי חדירה מסיבית של אנרגיה סולארית, מהווה אתגר עבור משק החשמל בישראל. בעידן החדש, עם היקף ייצור באנרגיה מתחדשת של 30%, מנהל המערכת יחויב לשנות באופן מהותי את משטר ההפעלה הנהוג כיום של יחידות הייצור. העלייה החדה בהיקף הייצור של התחנות הסולאריות בשעות הבוקר, ולאחריה, הירידה החדה לא פחות בהיקף הייצור של יחידות אלו לקראת השקיעה, משנות באופן משמעותי את הדרישות התפעוליות עבור יחידות הייצור הקונבנציונליות. פיתוח משק החשמל חייב לתת מענה לסוגיות המורכבות הצפויות בעידן חדש זה. היקף הייצור באמצעות אנרגיה מתחדשת בשנת 2020 היה כ- 5.7% בפועל ובשנת 2021 הוא צפוי להגיע לכ- 7.4% בפועל. קצב ההשתלבות הנוכחי של מתקנים סולאריים מעיד על קיום אי וודאות בנוגע להגעה לשיעור ייצור של 30% באמצעות אנרגיה מתחדשת בשנת 2030.

אחת המטרות העיקריות של עבודה זו היא להמליץ על תוכנית פיתוח עד שנת 2030 שתבטיח הספקה אמינה של חשמל, תוך מזעור עלויות והתחשבות באי-הוודאות הקיימת במספר גורמים כגון תחזית הביקוש לחשמל והיקף הייצור העתידי באנרגיה מתחדשת.

בעקבות רמת אי-הוודאות הגדולה לעיל, נבדקו בעבודה הנוכחית מספר תרחישים ונבנתה תוכנית פיתוח מומלצת של מערכת הייצור שתיתן מענה לטווח רחב של תסריטים אפשריים. במסגרת העבודה גובשה מתודולוגיה לבניית תוכנית פיתוח מומלצת עד שנת 2030.

חשוב לציין שתוכנית הפיתוח המומלצת מכתיבה בין היתר, את הצעדים שחייבים להתבצע באופן מיידי. כל דחייה בביצוע צעדים חיוניים אלו, תסכן את יישום הפרויקטים המצוינים בתוכנית המומלצת במועדים הנדרשים.

בבנייה תוכניות הפיתוח האופטימליות עבור התרחישים השונים, נסקרה לעומק האפשרות להוסיף טכנולוגיות לייצור חשמל, אשר עדיין אינן בשימוש בארץ, או לחילופין - ששולבו במערכת רק

לאחרונה כגון יחידות אגירה שאובה, סוגים מתקדמים של יחידות במחזור משולב/טורבינות גז יעילות וסוללות למיניהן.

לאמצעי ייצור קונבנציונליים ישנם אילוצים טכניים, כגון מגבלת ההספק המינימלי, זמני ההפעלה וההפסקה המינימליים, מגבלות על יכולת המעקב אחר העומס ופרופילי התנעה והשבחה. חוסר גמישות תפעולית ביחידות אלו, עלול להביא למצבים שיאלצו את מנהל המערכת להפסיק או לצמצם את הייצור של מתקני סולאריים. תכנון ותפעול משק החשמל העתידי אמורים לצמצם ואף למנוע מצבים שביארו לקיטום אנרגיה סולארית. יחד עם העיקרון של מתן עדיפות לאנרגיות מתחדשות בסדר ההעמסה, יש לצמצם עד כמה שניתן את מספר התנעות של אמצעי ייצור קונבנציונליים, מכיוון שכל התנעה מהווה סיכונים תפעוליים ומלווה בעלויות לא מבוטלות של דלק, חשמל, תפעול ותחזוקה.

לפיכך, בהתחשב בטבע האקראי של זמינות אנרגיה שמש ובתנודתיות המאפיינת אותה, קליטת הטכנולוגיה הזו בהיקף עצום במערכת המבודדת של ישראל, מהווה אתגר משמעותי עבור מתכנני משק החשמל ומחייבת לחקור לעומק את ההשלכות על משטרי תפעול של יתר אמצעי הייצור במערכת.

עם שילוב כמויות גדולות של אנרגיה מתחדשת בתמהיל מקורות האנרגיה לייצור חשמל, עולה גם החשיבות של שילוב אמצעי אגירת אנרגיה במערכת, אשר מצד אחד יתרום להגדלת יעילות השימוש באנרגיות מתחדשות על ידי ניצולן בזמן הרצוי ומאידך יהווה כלי רב ערך להבטחת רמת הגמישות הנדרשת בתפעול משק החשמל.

3.2. הנחות יסוד

3.2.1 תחזיות הביקוש לחשמל לטווח ארוך

3.2.1.1 רקע

הביקוש לחשמל משמש כקלט מרכזי לקביעת תוספת הגנרציה הנדרשת לתפעול מערכת הייצור בצורה אמינה.

התפתחות צריכת החשמל מושפעת מ- 3 גורמים עיקריים והם: כלכלה, דמוגרפיה ואקלים. הקשר בין צריכת החשמל לגורמים אלו מבוסס בעזרת מודלים אקונומטריים. לכל אחד מענפי המשק נבנה מודל אקונומטרי ספציפי, המבטא את הקשר בין צריכת החשמל בענף לבין המשתנים המשפיעים על התפתחותו. תחזית הביקוש לחשמל של כל אחד מענפי המשק נגזרת מהמודל הענפי אשר מוזן בתחזיות כלכליות, דמוגרפיות ואקלימיות. התחזית הכוללת של צריכת החשמל הינה סיכום של כל התחזיות הענפיות. חשוב להדגיש שכל סטייה מהתחזית הכלכלית ו/או הדמוגרפית ו/או האקלימית תגרום לסטייה בתחזית צריכת החשמל.

העדכון האחרון של התחזית לטווח הארוך בוצע על ידי המחלקת לסטטיסטיקה בחברת החשמל באוגוסט 2017, טרם מעבר המחלקה לחברת נגה ניהול מערכת החשמל. תחזית זו נבנתה בשלושה תרחישים לגבי שיעור הגידול השנתי בתמ"ג: 3%, 3.5% ו- 4% (ראה נספח א').

כל התרחישים נבנו בתנאי מזג אוויר קיצוני (טמפרטורות גבוהות בימי הקיץ).

על פי ההנחות דאז, התרחיש המומלץ לשימוש לתכנון המערכת הניח גידול שנתי בתמ"ג של 3.5%, דבר שהצביע על גידול שנתי של כ- 2.8% בייצור החשמל. תחזית זו מתוארת בטבלה מס' 3.1.

טבלה מס' 3.1: תחזית הביקוש המשקי לחשמל בהנחה שהתמ"ג יעלה ב 3.5% לשנה
(עדכון אוגוסט 2017)

שנה	ייצור משקי * (מיליוני קוט"ש)	שיא ביקוש בעומס חום/קור קיצוני (מגוואט)	
		קיץ	חורף
2021	76,112	15,292	14,360
2022	78,196	15,711	14,753
2023	80,342	16,142	15,158
2024	82,552	16,585	15,575
2025	84,824	17,042	16,004
2026	87,166	17,513	16,446
2027	89,578	17,997	16,901
2028	92,064	18,496	17,369
2029	94,620	19,010	17,852
2030	97,256	19,540	18,349

* כולל ייצור עבור רש"פ

בשנים האחרונות התרחשו מספר אירועים שיצרו אי-ודאות מאוד גדולה לגבי תחזית הביקוש לחשמל העתידית. יש לציין ביניהם את פנדמיית הקורונה והחדירה הצפויה של רכבים חשמליים במדינת ישראל.

3.2.1.2 השפעת פנדמיית הקורונה על תחזית הביקוש

פנדמיית הקורונה שהתפרצה בעולם בסוף 2019 גרמה להאטה בכלכלה העולמית והדבר השפיע, בין היתר, על צריכת החשמל.

בעקבות אי-הוודאות בכל הקשור להתפשטות המחלה, יחד עם ההשלכות השונות בכל התחומים הקשורים לעניין, בניית תחזיות ביקוש עתידיות הפכה להיות משימה מורכבת ביותר.

יחד עם זאת, לא ניתן לעצור את הפיתוח של המערכות השונות בתחום החשמל והמומחים בנושא נאלצים לקבוע תחזיות מעודכנות בהתאם לדינמיקה של האירועים.

בהתחשב בהתפתחות המשק מבחינת כלכלית, סביר להניח שהגידול השנתי בתמ"ג יהיה נמוך יותר. בהתאם לתחזית שהוכנה בשנת 2017, גידול שנתי בתמ"ג של 3%, הצביע על גידול שנתי בייצור החשמל של כ- 2.5%. תחזית זו מתוארת בטבלה מס' 3.2.

טבלה מס' 3.2: תחזית הביקוש המשקי לחשמל בהנחה שהתמ"ג יעלה ב 3.0% לשנה
(עדכון אוגוסט 2017)

שיא ביקוש בעומס חום/קור קיצוני (מגוואט)		ייצור משקי * (מיליוני קוט"ש)	שנה
חורף	קיץ		
14,271	15,197	75,638	2021
14,616	15,565	77,469	2022
14,971	15,942	79,351	2023
15,336	16,331	81,285	2024
15,710	16,730	83,268	2025
16,095	17,140	85,309	2026
16,491	17,561	87,407	2027
16,898	17,994	89,564	2028
17,316	18,440	91,779	2029
17,746	18,898	94,059	2030

* כולל ייצור עבור רש"פ

3.2.1.3 השפעת חדירת הרכבים החשמליים על תחזית הביקוש

נקודה נוספת משמעותית לציון הינה העלייה הצפויה בשימוש בכלי רכב חשמליים בעולם.
 על פי התחזית האחרונה של משרד האנרגיה, מספר הרכבים החשמליים בישראל אמור להגיע
 לכ- 600 - 700 אלף רכבים בשנת 2030. תחזית זו מתוארת בטבלה מס' 3.3.

טבלה מס' 3.3: כמות הרכבים החשמליים השנתיים על פי התחזית של משרד האנרגיה

שנה	כמות הרכבים החשמליים (באלפים)
2023	38
2024	67
2025	111
2026	170
2027	247
2028	346
2029	470
2030	625

כמות הרכבים החשמליים במהלך השנים הקרובות תלויה בין היתר באפשרויות טעינה. יתכן שפיתוח איטי של תשתיות ציבוריות ימנע מרוכשים פוטנציאליים, ללא אפשרות ביצוע טעינה ביתית, לרכוש רכב מסוג זה.

קיימת אי-ודאות גדולה בכל נושא הקשור לרכבים החשמליים כגון הכמות הצפויה של רכבים בישראל בשנים הקרובות, סוגי המצברים, תשתיות וטכנולוגיות טעינה וכו'. כל זה יקבע את ההיקף ופרופיל הטעינה השעתי שישפיעו באופן ישיר על תחזית הביקוש לחשמל.

בעבודה זו, נבדקו שלוש תחזיות ביקוש לחשמל עד שנת 2030.

התחזיות מבוססות על ערכי הביקוש שהתקבלו בשנת 2017 (ראה טבלאות מס' 3.1 ו- 3.2) ועל הנחות שונות לגבי מספר הרכבים החשמליים ופרופיל הטעינה הצפויים בישראל. בכל תחזית הונחה התקדמות שונה לגבי קצב פיתוח תשתיות ציבוריות לטעינה ודרגות שונות של שימוש בטכנולוגיות טעינה מתקדמות.

תרחיש ביקוש מס' 1 : מבחינה כלכלית תרחיש זה מבוסס על גידול שנתי בתמ"ג של 3%. בנוסף, ערכי התחזית המתוארת בטבלה מס' 3.2 לעיל הוגדלו כדי לתת ביטוי לביקוש הנוסף שיווצר בעקבות הטעינה של הרכבים החשמליים.

תרחיש זה משקף קצב פיתוח איטי של תשתיות ציבוריות עבור טעינת רכבים חשמליים כך שרוב הטעינה תתבצע בבתים בשעות הערב ללא שימוש משמעותי בטכנולוגיות מתקדמות לטעינה. כמות הרכבים החשמליים בתרחיש זה מתאימה לעדכון האחרון שהתקבל ממשרד האנרגיה.

תרחיש ביקוש מס' 2 : בעקבות אי-הוודאות הגדולה בקביעת תחזית הביקוש, יש חשיבות לבחון בעבודה הנוכחית את התרחיש שהוגדר כבסיסי בתחזית של שנת 2017, המבוסס על גידול שנתי בתמ"ג של 3.5% (ראה טבלה מס' 3.1).

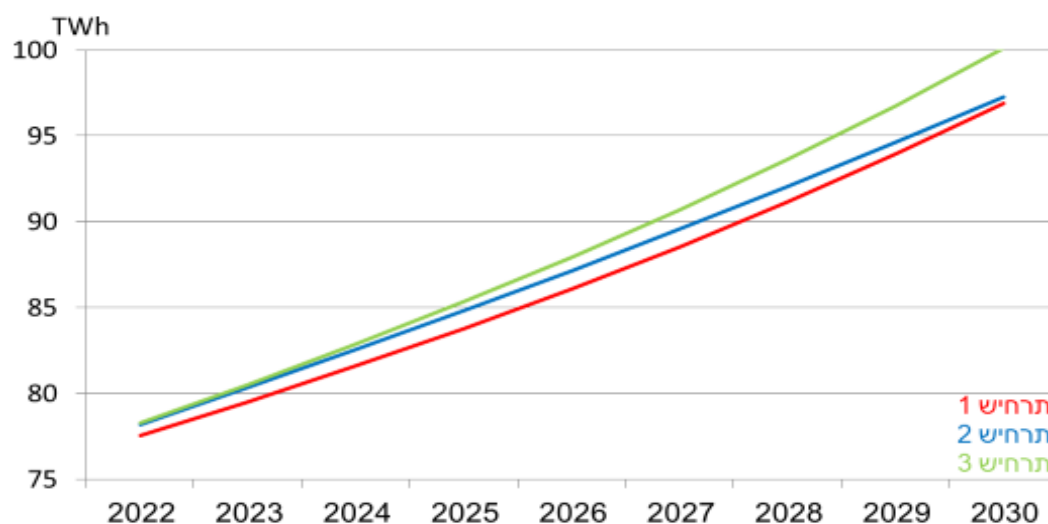
ניתן להסתכל על תחזית זו כתרחיש המניח מצד אחד, ירידה בגידול השנתי בתמ"ג (מ-3.5% ל-3%) ומצד שני, מניח תוספת ביקוש בעקבות החדירה של הרכבים החשמליים. תרחיש זה משקף פיתוח תשתיות ציבוריות לטעינת רכבים בקצב מואץ ושימוש מורחב בטכנולוגיות מתקדמות המאפשרות פיזור מתוחכם של הטעינה של הרכבים במהלך השעות השונות של היום. כתוצאה מכך, כמות הרכבים החשמליים בתרחיש זה גדולה יחסית לתרחיש 1, בעיקר בשנים הקרובות, כשהפער מצטמצם לקראת שנת 2030.

תרחיש ביקוש מס' 3 : תרחיש קיצוני המניח כמות מוגברת של רכבים חשמליים ופרופיל טעינה המשקף שילוב של טעינה ביתית וטעינה ציבורית, כשהחלק היחסי של הטעינה הביתית גדל בהדרגה ומגיע לכ- 50% מהטעינה הכוללת לקראת שנת 2030. המטרה של תרחיש 3 הינה לבדוק

מצב קיצוני לגבי הייצור ושיאי הביקוש. הייצור השנתי ושיאי הביקוש בעונות השונות של השנה בתרחיש זה גבוהים במיוחד יחסית לתרחישים 1 ו-2. למרות שהסתברות ההתרחשות של תרחיש זה נמוכה, קיימת חשיבות לבצע ניתוח סיכונים על מנת לבחון צעדים נדרשים במידת הצורך.

איור מס' 3.1 מתאר את הייצור השנתי בשלושת התרחישים לעיל.

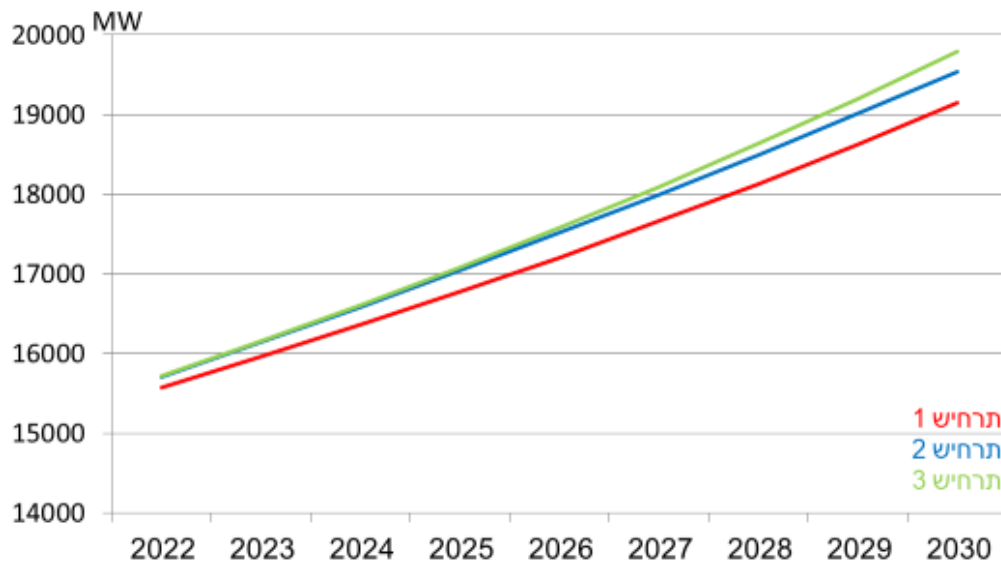
תרחיש 2 מניח היקף פיתוח מורחב של תשתיות ציבוריות לטעינת רכבים וזאת, ביחס לתרחיש 1. שימוש מורחב בטכנולוגיות מתקדמות יאפשר פיזור מתוחכם של טעינת הרכבים במהלך השעות השונות של היום. כתוצאה מההנחות לעיל, צפויה בתרחיש זה, עלייה משמעותית במספר הצרכנים של רכבים חשמליים בשנים הקרובות ובהתאם, הייצור בתרחיש 2 גדול בהשוואה לתרחיש 1. תרחיש 3 כפי שצוין, הינו תרחיש קיצוני וכמובן הייצור השנתי בתרחיש זה הינו גבוה בהשוואה לתרחישים 1 ו-2.



איור מס' 3.1: ייצור שנתי לפי תרחישים שונים בשנים 2022 - 2030

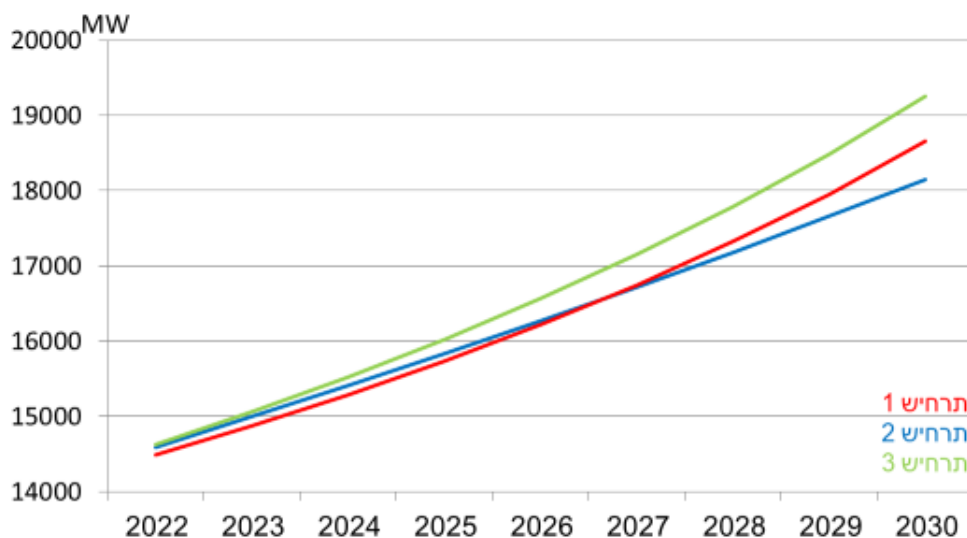
שיאי הביקוש בשעות הצהריים ושעות הערב בקיץ וכן בשעות הערב בחורף בכל שנה מתוארים באיורים מס' 3.2-3.4 בהתאמה עבור שלושת תרחישי הביקוש לעיל.

שיאי הביקוש בשעות הצהריים של הקיץ בתרחיש 1 הינם הנמוכים ביותר מבין שלושת התרחישים לעיל מכיוון שבתרחיש זה המשקף קצב פיתוח איטי של תשתיות ציבוריות לטעינת רכבים חשמליים, רוב הטעינה תתבצע בבתים בשעות הערב (ראה איור מס' 3.2).

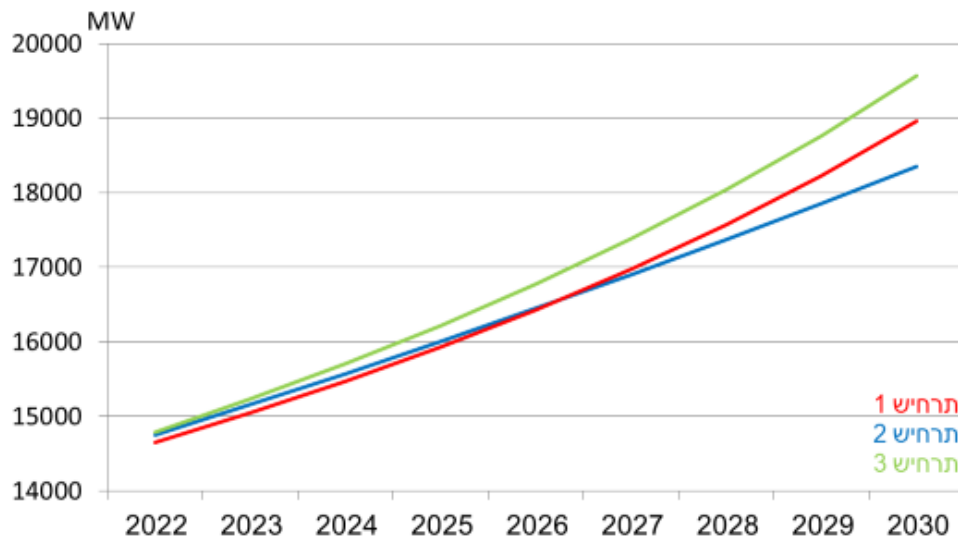


איור מס' 3.2: שיא קיץ (צהריים) לפי תרחישים שונים בשנים 2022 - 2030

לעומת זאת, שיאי הביקוש בשעות הערב בתרחיש 1 גבוהים מאלו שבתרחיש 2 וזאת, החל מאמצע העשור הנוכחי. הסיבות לכך, הינן שבתרחיש 1, בנוסף להנחה שרוב הטעינה תתבצע בבתים בשעות הערב, גם היקף הרכבים החשמליים אמור לגדול במהלך השנים בקצב גבוה יותר וזאת בעקבות העלייה באפשרויות ביצוע טעינה ביתית כתוצאה מפיתוח תשתיות בבנייה החדשה (ראה איורים מס' 3.3-3.4).



איור מס' 3.3: שיא קיץ (ערב) לפי תרחישים שונים בשנים 2022 - 2030



איור מס' 3.4: שיא חורף לפי תרחישים שונים בשנים 2022 - 2030

טבלה מס' 3.4 מרכזת נתוני הייצור השנתי ושיאי הביקוש לעיל עבור שלושת תרחישי הביקוש לעיל.

טבלה מס' 3.4: תחזיות ביקוש לפי תרחישים שונים בשנים 2022 – 2030

שנה	תרחיש 1				תרחיש 2				תרחיש 3			
	שיא קיץ	שיא קיץ	שיא קיץ	שיא חורף	שיא קיץ	שיא קיץ	שיא קיץ	שיא חורף	שיא קיץ	שיא קיץ	שיא קיץ	שיא חורף
	TWh	MW	MW	MW	TWh	MW	MW	MW	TWh	MW	MW	MW
2022	78	15,572	14,492	14,653	78	15,711	14,595	14,753	78	15,718	14,628	14,790
2023	80	15,957	14,878	15,046	80	16,142	14,996	15,158	81	16,157	15,063	15,233
2024	82	16,358	15,289	15,466	83	16,585	15,408	15,575	83	16,612	15,526	15,705
2025	84	16,774	15,736	15,925	85	17,042	15,832	16,004	85	17,086	16,026	16,219
2026	86	17,208	16,222	16,426	87	17,513	16,269	16,446	88	17,581	16,568	16,777
2027	89	17,659	16,747	16,970	90	17,997	16,719	16,901	91	18,095	17,152	17,380
2028	91	18,131	17,324	17,570	92	18,496	17,183	17,369	94	18,633	17,790	18,041
2029	94	18,626	17,954	18,229	95	19,010	17,660	17,852	97	19,196	18,484	18,765
2030	97	19,146	18,653	18,960	97	19,540	18,153	18,349	100	19,788	19,250	19,563

3.2.2 אנרגיה מתחדשת

בהתאם ליעדי הממשלה שיעור הייצור באנרגיה מתחדשת אמור לגדול לכ- 30% בשנת 2030. קצב הגידול בשנים 2020 ו- 2021 מעיד על קיום אי וודאות בנוגע להגעה לשיעור ייצור של 30% באמצעות אנרגיה מתחדשת בשנת 2030. בעקבות זאת, בעבודה הנוכחית נבדקו מספר תרחישים לגבי היקף הייצור באנרגיה מתחדשת כדלקמן:

- עלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 30% בשנת 2030 תוך שמירה על היקף זה (באחוזים) בשנים שלאחר מכן.
- עלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 24% בשנת 2030 ועלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 30% בשנת 2035 תוך שמירה על היקף זה (באחוזים) בשנים שלאחר מכן.
- עלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 18% בשנת 2030 ועלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 30% בשנת 2040 תוך שמירה על היקף זה (באחוזים) בשנים שלאחר מכן.

3.2.3 עלות סגולית של אנרגיה בלתי מסופקת

העלות הסגולית של האנרגיה הבלתי מסופקת לצרכן, הינה מדד המשמש לצורך חישוב אומדן הנזק שייגרם למשק כתוצאה מאי-הספקת החשמל. על בסיס אומדן זה מחושבת הכדאיות הכלכלית בפיתוח משק החשמל, קרי הצורך בהקמת תחנות כוח חדשות והשקעות במערכת המסירה.

היות והתלות של הצרכן בהספקה אמינה של החשמל עולה עם השנים באופן מתמיד, קיימת חשיבות לבצע עדכון של מדד זה מדי מספר שנים.

בהתאם לעבודה האחרונה שבוצעה על ידי משרד האנרגיה לגבי העלות הסגולית של האנרגיה הבלתי מסופקת (מבוססת על המסמך "אומדן עלות אי הספקת חשמל מצד הביקוש" מאת פרופ' אשר בלס, חברת ERCG, 2011), עלות זו שוות ערך לכ- 30 דולר לקו"ט"ש. ערך זה משמש אותנו בעבודה הנוכחית.

3.2.4 קריטריון האמינות

LOLH הינו מדד הסתברותי הנותן ביטוי למספר השעות הצפוי של חוסר יכולת הספקת מלוא הביקוש. בכל נקודת זמן ניתן לחשב את ההסתברות לכך שיכולת הייצור של המערכת תהיה נמוכה מהביקוש הכולל החזוי. מחישוב הסתברות זו עבור כל העומסים השעתיים לאורך השנה, מתקבל המדד של מספר צפוי של שעות שבהן לא ניתן לספק את מלוא הביקוש השעתי לחשמל במהלך אותה שנה.

הערך המספרי של קריטריון האמינות תלוי במודלים המשמשים לתכנון לטווח ארוך. בחטיבת תכנון ופיתוח בנגה חישוב קריטריון האמינות האופטימלי מההיבט הכלכלי-חברתי לתכנון מערכת ייצור החשמל לטווח ארוך מבוצע באמצעות מודל EGEAS המשמש לאופטימיזציה של פיתוח מערכת הייצור.

קריטריון האמינות לתכנון הפיתוח של מערכת הייצור לטווח ארוך, באמצעות מודל EGEAS, הינו: **לא יותר מ- 2.9 שעות חוסר יכולת הספקת מלוא הביקוש לשנה** ($LOLH=2.9$); וזאת בהנחה שהעלות הסגולית של אנרגיה בלתי מסופקת היא 30 דולר לקוט"ש (דוח RD-715 בנושא "קריטריון האמינות לתכנון מערכת ייצור החשמל לטווח ארוך" שבוצע במאי 2014 על ידי אגף תפ"ט בחח"י, היום חטיבת תכנון ופיתוח בנגה).

ביצוע אופטימיזציה של פיתוח המערכת ללא הפעלת קריטריון האמינות, אך בהתחשב בעלות האנרגיה הבלתי מסופקת בלבד, מוביל לתוצאות המצביעות, ברוב השנים, על ערכי אמינות קרובים לאלו שהתקבלו בעקבות הפעלת קריטריון האמינות האופטימלי המתאים לאותו ערך של עלות האנרגיה הבלתי מסופקת.

יחד עם זאת, על מנת למנוע תנודתיות ברמת האמינות השנתית במערכת בכל שנות התכנון, נכון להפעיל קריטריון הסתברותי מומלץ כגון LOLH ולא להתבסס רק על עלות האנרגיה הבלתי מסופקת.

חשוב לציין שקיימים גורמים נוספים מלבד העלות הסגולית של אנרגיה בלתי מסופקת שלהם השפעה ניכרת על ערך קריטריון האמינות האופטימלי, כגון:

- מאפיינים טכנו-כלכליים של יחידות הייצור הקיימות והחדשות ובמיוחד של יחידות הייצור המיועדות להספקת שיאי העומס.
- צורת עקום העומס (למשל, השפעת חדירה מסיבית של רכבים חשמליים על פרופיל הביקוש).

3.2.5 שער ניכיון

לצורך תכנון מערכת ייצור החשמל לטווח ארוך נעשה שימוש בשער ניכיון ריאלי של 3.5% לשנה. שער ניכיון הינו שער ריבית שבו נעשה הוון של כל תקבול או הוצאה עתידיים לערך נוכחי. שער הניכיון נקבע, בין היתר, על פי הריבית חסרת הסיכון הקיימת במשק. בישראל, לצורך הערכת ריבית חסרת סיכון מקובל להתייחס לתשואת אגרות החוב של ממשלת ישראל לטווח ארוך. בשנים האחרונות בנק ישראל נוקט במדיניות מוניטרית שדוגלת בהפחתת הריבית. מגמה זו מתבטאת גם בהפחתת שיעורי הריבית בעולם. לאור זאת, התקבלה החלטה להקטין את שער הניכיון לצורך תכנון מערכת ייצור החשמל לטווח ארוך בישראל, לערך של 3.5% לשנה. החלטה דומה התקבלה גם במשרד להגנת הסביבה לצורך בדיקת כדאיות פרויקטים ממשלתיים לטווח ארוך עבור כל משרדי הממשלה (ראה 'מחיר ההון הפרטי והחברתי המלצה לחישוב שער ניכיון חברתי' מינואר 2016, המשרד להגנת הסביבה).

3.2.6 עתודה סובבת

לצורך תכנון מערכת ייצור החשמל לטווח ארוך נלקחה בחשבון דרישה לעתודה סובבת של 600 מגוואט.

3.2.7 עלות פליטות מזהמים

עלות פליטות מזהמים (בהתאם לספר הירוק של המשרד להגנת הסביבה – עדכון דצמבר 2020, על בסיס שער הדולר של 3.28 ש"ח) מתוארת בטבלה מס' 3.5.

טבלה מס' 3.5: עלות פליטות מזהמים

(עדכון דצמבר 2020 לפי הספר הירוק בהנחת שער הדולר של 3.28 ש"ח)

מזהם	דולר לטון
CO2	39
SO2	25,860
NOX	35,804
חלקיקים	63,985

3.2.8 מועמדים נבחרים לפיתוח מערכת הייצור

המועמדים הפוטנציאליים לפיתוח מערכת הייצור משתנים באופן דינאמי ורשימת המועמדים מתעדכנת לפי הצורך על ידי מחלקת פיתוח טכנולוגיות אנרגיה בחטיבת תכנון ופיתוח בנגה. מספר המועמדים הפוטנציאליים הוא רחב והדבר דורש ביצוע בדיקות מקדימות במטרה לסנן את המועמדים הנבחרים לפיתוח מערכת הייצור.

הבדיקות המקדימות לעיל כוללות, בין היתר, מספר רב של הרצות של המודלים לאופטימיזציה מערכתית שברשותנו.

הרשימה המעודכנת של המועמדים הנבחרים לפיתוח מערכת הייצור מתוארת בטבלה מס' 3.6.

יש לציין שיחידות הייצור המוסקות בגז טבעי המתוארות בטבלה מס' 3.6 יופעלו במשטר הפעלה Two Shift (ידרשו כ-250-300 התנעות בשנה).

טבלה מס' 3.6: מועמדים נבחרים לפיתוח מערכת הייצור

הספק ברוטו	יחידה
MW	
670	מחז"מ עם ט"ג תעשייתית בטכנולוגיה H, טכנולוגיה מוכחת
120	ט"ג סילונית
100	מתקני אגירת אנרגיה ל- 4 שעות
200	אגירה שאובה 10 שעות אחסון 8 שעות ייצור

3.2.9 הנחות לגבי אתרי חח"י

אתר רדינג: הדממת רדינג ד' 3-4 באמצע שנת 2022.

אתר אשכול: סגירת היחידות 6-9 באתר בסוף שנת 2026.

אורות רבין 1-4:

- הדממת אורות רבין 1,2 והפעלת מחז"מ אורות רבין 80 בהספק 644 מגוואט בשנת 2022
 - הדממת אורות רבין 3,4 והפעלת מחז"מ אורות רבין 70 בהספק 644 מגוואט בשנת 2023
- המחז"מים יופעלו במשטר הפעלה Two Shift ולפחות אחד מהם חייב לעבוד עקב דרישות ההולכה.

כל החישובים בעבודה הנוכחית בוצעו בהתחשב בהשבתות הצפויות של היחידות הפחמיות הקיימות, לצורך הסבתן לגז טבעי.

מועדי ההשבתה של היחידות הפחמיות להסבתן לגז מתוארים בטבלה מס' 3.7.

הנתונים לעיל התקבלו ממנהל אגף פרויקטי ייצור שבחברת החשמל ב- 8.2021.

טבלה מס' 3.7: מועדי השבתה של היחידות הפחמיות להסבתן לגז

השבתה	יחידה
2022	רוטנברג 1
2024	רוטנברג 2
2024	רוטנברג 4
2025	אורות רבין 5
2025	רוטנברג 3
2026	אורות רבין 6

3.2.10 יצרנים פרטיים המתוכננים להשתלב במערכת

רשימת היצרנים הפרטיים המתוכננים להשתלב במערכת בשנים הקרובות במתח על/עליון מבוססת על תחזית שהוכנה בחטיבת התפעול בחברת נגה. לצורך תכנון המערכת, נלקחו בחשבון רק היחידות שעברו סקר חיבור מחייב על פי עדכון 8/2021 כמפורסם באתר החברה (www.noga-iso.co.il).

תוכנית שילוב של יחידות הייצור הקונבנציונליות של יצרנים פרטיים מתוארת בטבלה מס' 3.8. פירוט ההספק של יחידות הייצור באנרגיה מתחדשת (לא כולל יחידות PV) מתואר בטבלה מס' 3.9.

יחידת החשכ"ל פרסמה מכרז להקמת תחנת כוח סולארית בדימונה. במסגרת המכרז תידרש הקמה ותפעול של מתקן אגירה כמפורט במסמכי המכרז. אסדרת פעילות המתקן המשולב מתוארת בהחלטת רשות החשמל מס' 59903. פרטי המתקן מתוארים בטבלה מס' 3.10.

רשות החשמל פרסמה שני מכרזים להקמת מתקנים בטכנולוגיה פוטו-וולטאית בשילוב אגירה המחוברים לרשת החלוקה. תוצאות הליך תחרותי מס' 1 מתוארות בהחלטת רשות החשמל מס' 58401 ותוצאות הליך תחרותי מס' 2 מתוארות בהחלטת מס' 59601. פרטי ההנחות לגבי מועדי ההפעלה של המתקנים האלו מתוארים בטבלה מס' 3.11.

טבלה מס' 3.8: יחידות ייצור קונבנציונליות של יצרנים פרטיים המתוכננות להשתלב במערכת

טכנולוגיה	שם חברה/יזם	גודל מתקן MW	מועד חיבור צפוי	חיבור
קונבנציונלי	אתגל	186	2023	רשת הולכה
	צומת אנרגיה	396	2023	רשת הולכה
	אלון תבור MRC	230	2023	רשת הולכה
	התפלת אשדוד	100	2027	רשת הולכה
קוגנרציה	מתקני גז	60	2022	רשת חלוקה
	מתקני גז	100	2022	רשת חלוקה
	מתקני גז	140	2023	רשת חלוקה
אגירה שאובה	כוכב הירדן בע"מ	344	2023	רשת הולכה
	מנרה	156	2026	רשת הולכה

טבלה מס' 3.9: פירוט ההספק באנרגיה מתחדשת (לא כולל יחידות PV)

טכנולוגיה	גודל מתקן MW	חיבור	מועד חיבור צפוי
תרמו סולארי	242	רשת הולכה	מחובר כיום

רוח	27	רשת חלוקה	מחובר כיום
	109	רשת הולכה	2022
	189	רשת הולכה	2023
	82	רשת חלוקה	2023
	113	רשת חלוקה	2024
	104	רשת חלוקה	2025

אחר	26	רשת חלוקה	מחובר כיום
	6	רשת חלוקה	מחובר כיום

טבלה מס' 3.10: מתקן משולב בדימונה על פי המכרז של המדינה

טכנולוגיה	שם חברה/יזם	גודל חיבור MW	גודל PV MW	גודל אגירה MW	חיבור	מועד חיבור צפוי
פוטו-וולטאי + אגירה	מכרז של החשכ"ל	180	300	50	רשת הולכה	2025

טבלה מס' 3.11: מכרזים של מתקנים משולבים ברשת החלוקה

טכנולוגיה	שם חברה/יזם	גודל חיבור MW	גודל PV MW	גודל אגירה MW	חיבור	מועד חיבור צפוי
פוטו-וולטאי + אגירה	מכרז 1	168	לפי יצרן	168	רשת חלוקה	2023
	מכרז 2	300	לפי יצרן	300	רשת חלוקה	2024
	מכרז 2	309	לפי יצרן	309	רשת חלוקה	2025

3.2.11 כללי שוק

מערכת ייצור החשמל בישראל כוללת יצרנים מסוגים שונים עם אסדרות שונות. מאפיין בולט שלה הוא ריבוי אסדרות, בעיקר של יצרנים קונבנציונליים. הריבוי המתואר מקשה מאוד על תהליך האופטימיזציה של הקצאת היחידות לייצור, שמטרתו למזער את עלות ייצור החשמל עבור משק החשמל. הצורך לטפל באופן פרטני ביצרנים הופך את המשימה למורכבת ומסובכת.

להלן סקירה קצרה על כל קבוצה/אסדרה והכללים המרכזיים המאפיינים אותה, המשפיעים על מנהל המערכת בעת הקצאת היחידות לייצור אנרגיה, במסגרת תהליך האופטימיזציה:

1. **חברת החשמל** – יחידות חברת החשמל הן יחידות שזמינות באופן מלא למנהל המערכת. בהתאם לכך הן נדרשות להשתתף בשמירה על העתודות השונות ולספק שירותים נלווים נוספים. הפעלת היחידות הללו על ידי מנהל המערכת מתבצעת על בסיס המאפיינים הבאים: פרמטרים טכנו כלכליים של כל יחידה, מחיר הדלק המשמש את היחידה, מרכיב משתנה של עלות תפעול ואחזקה ועלות התנעה לפי סוג. התשלום עבור אנרגיה מבוסס על ההוצאות בפועל.

2. **יצרנים פרטיים קונבנציונליים בזמינות משתנה (אסדרה 241)** – במסגרת האסדרה פועלים היצרנים: דוראד, דליה 2, נשר רמלה, אשדוד אנרגיה, רמת נגב אנרגיה, דור אלון סוגת, אי.פי.פי דלק גבעת המורה ואי.פי.פי שורק. היצרנים הללו מחויבים לייצר אנרגיה עבור צרכניהם בשעות פסגה וגבע ובשעות שפל ניתנת להם הזכות לרכוש את האנרגיה הנדרשת עבור צרכניהם ממנהל המערכת בתעריף תע"ז. בשעות בהן מתוכנן ייצור עבור הצרכנים, היצרן נדרש להגיש הצעת מחיר להורדת העומס המתוכנן עבור צרכניו "Bid Down". הספק פנוי מעבר לייצור עבור צרכנים מוצע למנהל המערכת במסגרת הצעת מחיר "Bid Up" כשהתשלום מתבצע בשיטת "Pay As Bid", תשלום בהתאם להצעה. יש לציין שכפועל יוצא ממאפיינים שונים של האסדרה המתוארת, הצעת המחיר על האנרגיה העודפת של היצרן היא מפוקחת ומוגבלת (Price Cap). יצרנים בזמינות משתנה לא משתתפים בשמירה על עתודות ושירותים נלווים נוספים, פרט לאלו שמוגדרים כתנאי חובה לרישיון ייצור.

3. **יצרנים פרטיים קונבנציונליים בזמינות קבועה ומשתנה (אסדרה 241)** – במסגרת האסדרה הזאת פועלת יחידה מס' 1 של היצרן דליה אנרגיות. כמו כל יצרן של זמינות קבועה, הוא מחויב להשתתף בשמירה על עתודות ושירותים נלווים נוספים. העמסת היחידה ע"י מנהל המערכת מתבצעת בהתאם למאפיינים שהוכרו ליצרן במסגרת הרישיון והם: פרמטרים טכנו כלכליים של היחידה, מחיר הדלק המשמש את היחידה, מרכיב משתנה של עלות תפעול ואחזקה והתנעה לפי סוג. **במסלול זמינות קבועה אין ליצרנים זכות להעמסה עצמית.** ליצרן הפועל באסדרה זו קיים גם חלק קטן שמוגדר כזמינות משתנה ועקרונות ההפעלה במסלול זה תוארו בסעיף הקודם.

4. **מכרז חברת החשמל להפעלת תחנת כוח על ידי יצרן פרטי** – במסגרת האסדרה הזאת פועלת OPC רותם. הכללים נקבעו במכרז שפרסמה חברת החשמל. מודל ההפעלה מזכיר את המודל של זמינות משתנה כאשר כאן, היצרן נדרש לייצר אנרגיה עבור צרכניו בכל שעות היממה. היצרן מציע את ההספק הפנוי על בסיס העלות התוספתית ליצור אנרגיה שהוכרה ליצרן ברישיון. כמו כן, הוא מגיש הצעת מחיר להורדת עומס "Bid Down". אין חובה במסלול הזה להשתתף בשמירה על עתודות ושירותים נלווים נוספים, פרט לאלו שמוגדרים כתנאי חובה לרישיון ייצור.

5. **יצרנים פרטיים קונבנציונליים בזמינות קבועה (אסדרה 914)** – במסגרת האסדרה הזאת פועלת יחידה של היצרן אי.פי.אם באר טוביה ובשנים הבאות יפעלו גם יחידות של היצרנים צומת אנרגיה ואתגל. היצרנים הללו מוגדרים כיצרני זמינות קבועה ולכן הם מחויבים להשתתף בשמירה על עתודות וכל השירותים הנלווים הנוספים. העמסת היחידות על ידי מנהל המערכת מתבצעת בהתאם להצעות מחיר שהיצרן מגיש והן כוללות: עלות התנעה לפי סוג, עלות ייצור במינימום ועלות תוספתית עבור העלאת עומס מעבר למינימום. הצעות המחיר של היצרנים הללו **מפוקחות** ולכן הן צריכות לשקף את עלויות הייצור הנורמטיביות שהוכרו ליצרן ברישיון. התשלום עבור הייצור הוא בהתאם להצעות שהוגשו, כלומר היצרן מקבל תשלום בהתאם לעלויות הנורמטיביות שהוכרו.

6. **יצרנים פרטיים קונבנציונליים בזמינות קבועה (אמות מידה גנריות)** – באסדרה הזאת פועלים כל היצרנים שרכשו את יחידות הייצור מחח"י במסגרת הרפורמה וגם היחידות שיימכרו בעתיד. נכון להיום, היחידות שנמצאות באתרים שכבר נמכרו הן: אלון תבור ורמת חובב. בחודש יוני 2022 צפויה להתבצע מכירת המחז"מים התלת צי"ים באתר חגית ושנה לאחר מכן ביוני 2023 מכירת אתר אשכול. בנוסף, היחידה החדשה שתוקם במתקן ההתפלה באשדוד, ויחידות תרמיות נוספות שיקומו גם צפויות לפעול לפי האסדרה המתוארת. כאמור, היצרנים הללו פועלים במסלול זמינות קבועה ולכן הם נדרשים להשתתף בשמירה על העתודות השונות וכל השירותים הנלווים הנוספים.

העמסת היחידות מתבצעת בהתאם להצעות מחיר שהיצרן מגיש והן כוללות: עלות התנעה לפי סוג, עלות ייצור במינימום ועלות תוספתית עבור העלאת עומס מעבר למינימום. הצעות המחיר של היצרנים הללו **אינן מפוקחות** ואין חייבות לשקף באופן מדויק את עלויות הייצור של היצרן. תשלום עבור האנרגיה שהוזרמה לרשת היא בשיטת "Pay As Clear" בהתאם למחירי השוק הלא מאולצים "SMP-System Marginal Price". ליצרנים קיים מנגנון הגנה "Uplift Payment" שמבטיח הכנסה מינימאלית ברמה יומית, בהתאם להצעות המחיר שהוגשו. כלומר, אם ביום מסוים ההכנסות שנקבעו על בסיס מחירי השוק הלא מאולצים "SMP" אינן מכסות את ההוצאות היומיות, כפי שהן באות לידי ביטוי בהצעת המחיר של היצרן, הוא יקבל תשלום "Uplift Payment" שיוביל לכך שהיקף ההכנסות יהיה שווה להצעת המחיר שלו.

7. **יצרני קוגנרציה** – באסדרה הזאת פועלים היצרנים הבאים: פז"א 1+2, אי.פי.פי אשקלון, ים המלח ורמת גבריאלי (נילית). יצרני קוגנרציה מתבססים על העיקרון שהחום המיוצר במסגרת תהליך ייצור החשמל משמש גם תהליך ייצור נוסף שהוא אינו ייצור חשמל. בצורה הזאת ניתן להגיע לנצילות גבוהה מאוד. בשל המאפיינים שתוארו, ליצרנים עדיפות בהפעלה על פני יחידות אחרות. לכן ליחידות הללו קיימת הזכות להעמסה עצמית בהתאם לצרכי המפעל ופרופיל הצרכנים של המספק. כמו כן, קיים הסדר נוסף שמאפשר ליצרנים להזרים אנרגיה לרשת במסגרת העמסה עצמית ולקבל עבורה תעריף ידוע מראש ומתגמל. ברוב המקרים היצרנים הללו יפעלו במשטר Must Run ברמת העמסה די יציבה, במשך כל שעות היממה. יצרני קוגנרציה לא משתתפים בשמירה על עתודות ושירותים נלווים נוספים, פרט לאלו שמוגדרים כתנאי חובה לרישיון ייצור.

8. **יצרניים עצמיים** – באסדרה הזאת פועלים היצרנים הבאים: רותם אמפרט, ים המלח ונשר רמלה. יצרנים אלו פועלים בעיקר על מנת לספק את הביקוש לחשמל של המפעל בו הם נמצאים. אי לכך, במסגרת האסדרה ניתנה להם האפשרות להעמסה עצמית. לרוב, היצרנים הללו יפעלו במשטר Must Run בעומס די יציב במשך כל שעות היממה. יצרנים עצמיים לא משתתפים בשמירה על עתודות ושירותים נלווים נוספים, פרט לאלו שמוגדרים כתנאי חובה לרישיון ייצור.

9. **אגירה שאובה** – במסגרת הזאת פועל המתקן מעלה גלבוע ובעתיד יצטרפו המתקנים בכוכב הירדן ומנרה. יצרני אגירה שאובה פועלים לפי הכללים של זמינות קבועה. בהתאם לכך, הם נדרשים להשתתף בשמירה על העתודות השונות ושירותים נלווים נוספים. משטר ההפעלה של היצרנים הללו נקבע על ידי מנהל המערכת והוא נועד לתמוך ולסייע לפעולת המערכת. מנגנון התשלום ליצרנים עבור אנרגיה מבוסס על העיקרון של כיסוי עלות רכישות חשמל במסגרת תהליך השאיבה והייצור. הכיסוי לעיל משקף פרמטרים נורמטיביים שהוכרו ברישיון.

10. **אנרגיות מתחדשות** – במערכת הייצור קיימות אנרגיות מתחדשות מסוגים שונים כגון, מתקנים תרמו סולארים, יחידות פוטו-וולטאיות, טורבינות רוח, ומתקני ביו גז. ברמה הכללית ניתן לחלקם לשניים: מתקנים גדולים שמחוברים לרשת ההולכה ומתקנים קטנים יותר שמחוברים לרשת החלוקה. להלן מתקנים המחוברים לרשת ההולכה: אשלים, קטורה, חרובית, חלוציות, נאות חובב, זמורות, נבטים, משאבי שדה, צאליים ותמנע. האסדרה הנוכחית של היחידות הללו מאפשרת הזרמה של האנרגיה המיוצרת במתקן ללא קשר לצורך של מנהל המערכת בייצור בזמן נתון. גם במקרים בהם מנהל המערכת יבצע קיטום אנרגיה מסיבות תפעוליות, היצרן יקבל תשלום מלא המבוסס על תעריף קבוע וידוע מראש. כיום, רוב היחידות שנמצאות במערכת אינן יכולות לספק שירותים נלווים כאשר בעתיד חלק מהיחידות יספקו שירותים מסוימים.

3.3 מתודולוגיה

תוכניות הפיתוח של מערכת ייצור החשמל לטווח ארוך נועדו לקבוע את תוספת יחידות הייצור הנדרשות במערכת, סוגן, הספקן ומועד הפעלתן. אי-הוודאות, הנובעת בעיקר מטווח התכנון הארוך, מכתיבה את הגדרת מרחב התרחישים העתידיים האפשריים ובחינת תוכניות הפיתוח של מערכת ייצור החשמל בכל אחד מהם. כל תרחיש מתאר צירוף אפשרי של אירועי העתיד כגון תחזית הביקוש לחשמל והיקף הייצור באנרגיה מתחדשת. במטרה לכסות מספר רב של מצבים אפשריים, יש לבחון את חלופות הפיתוח בתרחישים עתידיים שונים הנקבעים בהתאם לטווח האי-הוודאות.

עבור כל אחד מהתרחישים העתידיים מחשבים, על ידי שימוש במודלים ייעודיים, את תוכנית הפיתוח האופטימלית לתנאים הייחודיים של כל תרחיש נתון. בתוך התהליך שמתבצע על ידי המודלים, יש לחולל חלופות פיתוח שונות ולהשוותן מנקודת ראות של מטרות שהוגדרו מראש.

מאחר שמורכבותן של בעיות מעשיות מונעת הגעה לפתרון הבעיה כבעיה רבת קריטריונים, מקובל לבחור פונקציית מטרה כקריטריון עיקרי, ואת יתר הקריטריונים להביע כאילוצים שיש לעמוד בהם.

בדרך כלל משמשת העלות הכוללת של תוכנית הפיתוח כפונקציית מטרה כשיתר האילוצים הם עמידה בקריטריונים מוכתבים של אמינות ההספקה, דרישות סביבתיות, הגבלות על הספקת דלק לסוגיו והיקף ייצור באנרגיה מתחדשת. העלות הכוללת, שהיא הקריטריון העיקרי, היא הסכום המהווה של עלות ההון, עלות הדלק, עלות התפעול והאחזקה ועלות הפליטות על פני כל תקופת התכנון.

אופטימיזציה של פיתוח מערכת הייצור לטווח ארוך בכל תרחיש מתבצעת תוך ניצול אופציית התכנון הדינאמי (Dynamic Programming) שבמודל EGEAS (Electric Generation Expansion Analysis System), אשר פותחה בארה"ב על ידי EPRI, MIT וחברת Stone&Webster לצורך תכנון הפיתוח של מערכת ייצור החשמל.

בתהליך האופטימיזציה נבחנות בכל שנה כל התוספות האפשריות של אמצעי ייצור, ומתבצע ניפוי של המצבים שאינם עומדים בקריטריון אמינות ההספקה וביתר האילוצים שנקבעו. לכל מצב שלא נופה מחושבות עלויות ההון, הדלק, הפליטות, התפעול והאחזקה, ונבנה עץ מצבים שבו כל מסלול מתאר תוכנית פיתוח אפשרית.

תוכנית הפיתוח האופטימלית בתרחיש הנדון היא זו שעלות המסלול שלה היא הנמוכה ביותר מבין כל המסלולים האפשריים.

לאחר קבלת תוכנית הפיתוח האופטימלית בכל תרחיש באמצעות מודל EGEAS, מתבצע דימוי שעתי מפורט של פעולת המערכת באמצעות מודל UCOD (Unit Commitment - Optimal Dispatch), אשר פותח באגף תפ"ט בחח"י (כיום חטיבת תכנון ופיתוח בנגה) ונמצא בשימוש גם ברשות החשמל. המודל, אשר מתחשב בדרישות תפעוליות ספציפיות של משק החשמל בארץ,

מאפשר דימוי מפורט של מגבלות בהספקת הגז, תוך הקפדה על הכמות השעתית והיומית, המרבית והמזערית. בעקבות ביצוע תהליך מפורט של הקצאת היחידות לתפעול, המודל מאפשר לשפר את דיוק הדמיית ההפעלה של מתקני אגירת אנרגיה וגם לכמת תועלות נוספות, כגון התרומה למעקב אחר העומס, צמצום מספר ההתנעות של יחידות קונבנציונליות ועוד. אלגוריתמים שפותחו מאפשרים לבצע הדמיה של שוק החשמל תוך התחשבות בחוזים בילטרליים והצעות מחיר למכירת/קניית אנרגיה (Bid Up/Down). כמו כן, קיימת התייחסות לאסדרות הקיימות, כולל אופן הפעלת יחידות הייצור של חברת החשמל, אלו שנמכרו ואלו שתימכרנה בשנים קרובות במסגרת הרפורמה. לאחרונה, המודל הותאם להדמיית פעולת המערכת בנוכחות אנרגיות מתחדשות בהיקפים רחבים שמובילה לעומס שיורי (ביקוש מנוכה ייצור מאנרגיות מתחדשות) נמוך מאוד ואף שלילי בנקודות זמן מסוימות. יש לציין במיוחד את השינויים שנעשו באלגוריתם להדמיית פעולת מתקני אגירה במצבים של ייצור עודף שמתרחש בשעות שיא השמש כתוצאה מייצור מוגבר של מתקנים סולארים, דבר המוביל לאנרגיה מושלכת (Dump Energy). כל האלגוריתמים שתוארו משמשים בתהליך אופטימיזציה של הקצאת יחידות הייצור להפעלה (Unit Commitment) והעמסתן האופטימלית (Optimal Dispatch) בהתאם לדרישות מדיניות התפעול.

המטרה העיקרית של העבודה הנוכחית היא להמליץ בפני מקבלי ההחלטות על הצעדים המיטביים בהם יש לנקוט להבטחת אמינות ההספקה ולמזעור עלויות במשק החשמל וזאת, תוך התחשבות באי-הוודאות הגוברת בנתוני קלט רבים הנדרשים לתכנון הפיתוח של מערכת הייצור.

מאחר שכל תוכנית פיתוח היא אופטימלית עבור התרחיש הספציפי בו נבנתה, בתנאי אי-ודאות, התוכנית המומלצת אמורה להיות תוכנית רובאסטית שתוכל להתמודד היטב עם כל התרחישים האפשריים.

לפיכך, מסלול הפיתוח הרצוי לטווח ארוך צריך, מצד אחד, להתחשב בהנחות היסוד, הנתונים והאילוצים הנוכחיים ומצד שני, גם צריכה להיות בו גמישות מספקת כדי להתאימו לתנאים משתנים בעתיד. לשם כך נדרש גם מעקב צמוד אחרי התפתחות הגורמים המשפיעים, כדי לאפשר אבחון התרחיש המתגשם והתאמת תוכנית הפיתוח לצרכים המעודכנים.

מתודולוגיה מפורטת לבניית תוכנית רובאסטית:

כפי שצוין לעיל, קיימת אי-ודאות רבה לגבי חלק מהנחות היסוד. קביעת תוכנית פיתוח מערכת ייצור החשמל נדרשת גם במצבי אי-וודאות. התוכנית הרובאסטית מהווה מענה למצב מורכב זה.

להלן פירוט התהליך לבניית התוכנית הרובאסטית:

נניח שיש לבנות תוכנית פיתוח לתקופה $[Year_b, Year_e]$. ברשותנו רשימת טכנולוגיות מועמדות לפיתוח. עבור כל שנה $y \in [Year_b, Year_e]$, כאשר y יש להחליט כמה יחידות ייצור מכל טכנולוגיה נדרש להקים בשנה זו.

ניתן להציג תוכנית פיתוח כווקטור P :

$$P = \{p_y: y = Year_b, \dots, Year_e\}$$

כאשר

$$p_y = (p_y^1, p_y^2, \dots, p_y^m)$$

- m מספר טכנולוגיות שברשותנו
- p_y^i מספר יחידות בטכנולוגיה i שהוקמו עד שנת y (כולל)

תמיד

$$p_y^i \geq p_{y-1}^i$$

אם

$$p_y^i = p_{y-1}^i$$

זאת אומרת שבשנת y לא מקימים יחידות בטכנולוגיה i

אם

$$p_y^i > p_{y-1}^i$$

אזי בשנת $y = Year_b$ מקימים p_y^i יחידות בטכנולוגיה i ובשנים $y \in [Year_b + 1, Year_e]$ מקימים $p_y^i - p_{y-1}^i$ יחידות בטכנולוגיה i .

בין הנחות היסוד בהן קיימת אי-וודאות, יש לבחור את אלו המשפיעות על התוכנית הפיתוח. בהתאם לכך, מגדירים תרחישים $\{S_\mu: \mu = 1, \dots, NS\}$ המכסים מגוון מצבים בהתחשב באי-וודאות הקיימת בהנחות היסוד אלו.

עבור כל תרחיש S_μ בונים תוכנית פיתוח אופטימאלית $P(\mu)$

$$P(\mu) = \{p_y(\mu): y = Year_b, \dots, Year_e\}$$

כאשר

$$p_y(\mu) = (p_y^1(\mu), p_y^2(\mu), \dots, p_y^m(\mu))$$

m - מספר טכנולוגיות שברשותנו
 $p_y^i(\mu)$ - מספר יחידות בטכנולוגיה i שהוקמו עד שנת y (כולל) בתרחיש S_μ

עבור כל שנה y וכל טכנולוגיה i מחשבים

$$mt_y^i = \min\{p_y^i(\mu) : \mu = 1, \dots, NS\}$$

$$Mt_y^i = \max\{p_y^i(\mu) : \mu = 1, \dots, NS\}$$

מגדירים תחום Ω הכולל את כלל התוכניות הפיתוח האפשריות P כדלקמן:

$$\Omega = \{P : mt_y^i \leq p_y^i \leq Mt_y^i\}$$

תחום $\Omega^{feasible}$ כולל תוכניות הפיתוח $P \in \Omega$ שעומדות בכל דרישות אמינות ותפעוליות עבור כל תרחיש S_μ .

בין תוכניות הפיתוח $P \in \Omega^{feasible}$ בוחרים את תוכנית הפיתוח הרובאסטית P^{prob} המביאה למזעור סכום העלויות עבור כל התרחישים S_μ , $\mu = 1, \dots, NS$.

במידה וקיימת הערכה לגבי הסתברות המימוש של כל תרחיש, ניתן להתייחס לסכום העלויות המשוקלל למטרת קביעת התוכנית הרובאסטית.

יש לציין שבתרחיש המניח יישום יעד הממשלה (שיעור ייצור של 30% באמצעות אנרגיות מתחדשות בשנת 2030) קיימות דרישות תפעוליות המחייבות הקדמת הקמת מתקני אגירה. דרישות אלו מצמצמות את תחום $\Omega^{feasible}$ באופן משמעותי.

3.4. תרחישים לבדיקה

בעבודה הנוכחית נבדקו תשעה תרחישי פיתוח מערכת הייצור הבנויים משילוב של התרחישים הבאים:

שלושה תרחישים של תחזית הביקוש כפי שמתואר בסעיף 3.2.1:

- תרחיש ביקוש מס' 1 :** מבחינה כלכלית תרחיש זה מניח גידול שנתי בתמ"ג של 3%. בנוסף, ערכי התחזית המתוארת בטבלה מס' 3.2 לעיל הוגדלו כדי לתת ביטוי לביקוש שיוצר בעקבות טעינת הרכבים החשמליים.

תרחיש זה משקף קצב פיתוח איטי של תשתיות ציבוריות עבור טעינת רכבים חשמליים כך שרוב טעינת רכבים של צרכנים פרטיים תתבצע בבתיים בשעות הערב ללא שימוש משמעותי של טכנולוגיות מתקדמות לטעינה. כמות הרכבים החשמליים מתאימה לעדכון האחרון שהתקבל ממשרד האנרגיה.
- תרחיש ביקוש מס' 2 :** בעקבות אי-הוודאות הגדולה בקביעת תחזית הביקוש, יש חשיבות לבחון בעבודה הנוכחית את התרחיש שהוגדר כבסיסי בתחזית של שנת 2017, המבוסס על גידול שנתי בתמ"ג של 3.5% (ראה טבלה מס' 3.1).

ניתן להסתכל על תחזית זו כתרחיש המניח מצד אחד, ירידה בגידול השנתי בתמ"ג (מ-3.5% ל-3%) ומצד שני, מניח תוספת ביקוש בעקבות החדיירה של הרכבים החשמליים. תרחיש זה משקף פיתוח תשתיות לטעינת רכבים בקצב מואץ ושימוש מורחב בטכנולוגיות מתקדמות המאפשרות פיזור מתוחכם של הטעינה של הרכבים במהלך השעות השונות של היום. כתוצאה מכך, כמות הרכבים החשמליים בתרחיש זה גדולה יחסית לתרחיש 1 בעיקר בשנים הקרובות כשהפער מצטמצם לקראת שנת 2030.
- תרחיש ביקוש מס' 3 :** תרחיש קיצוני המניח כמות מוגברת של רכבים חשמליים ופרופיל טעינה המשקף שילוב של טעינה ביתית וטעינה ציבורית כשחלק היחסי של הטעינה הביתית גודל בהדרגה ומגיע לכ- 50% מהטעינה הכוללת לקראת שנת 2030.

בהדרגה ומגיע לכ- 50% מהטעינה הכוללת לקראת שנת 2030.

שלושה תרחישים של גידול היקף הייצור באנרגיה מתחדשת כפי שמתואר בסעיף 3.2.2:

- עלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 30% בשנת 2030 תוך שמירה על היקף זה (באחוזים) בשנים שלאחר מכן
- עלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 24% בשנת 2030 ועלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 30% בשנת 2035 תוך שמירה על היקף זה (באחוזים) בשנים שלאחר מכן
- עלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 18% בשנת 2030 ועלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 30% בשנת 2040 תוך שמירה על היקף זה (באחוזים) בשנים שלאחר מכן

ההספק המותקן במערכת באנרגיה מתחדשת (פרט למתקני PV עצמאיים) בכל תשעת התרחישים לעיל מתואר בטבלה מס' 3.12.

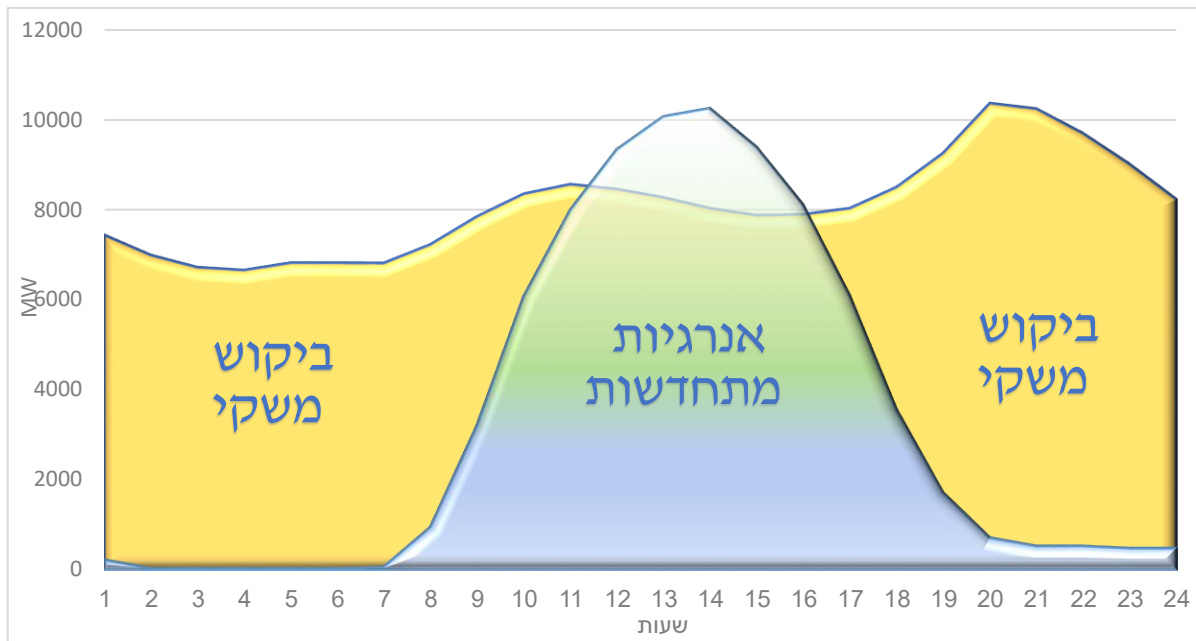
ההספק המותקן המצטבר הנדרש בכל שנה במתקני PV הינו פונקציה של הביקוש ושל היקף הייצור באנרגיה מתחדשת שהונחו עבור כל תרחיש. ההספק המותקן המצטבר במתקני PV עצמאיים עבור כל תרחיש לעיל מתואר בטבלה מס' 3.13.

**טבלה מס' 3.12: הספק מותקן מצטבר באנרגיה מתחדשת (מגוואט)
(לא כולל הספק של מתקני PV עצמאיים)**

שנה	תרמו סולארי	רוח	מתקנים משולבים (אגירה + סולארי)	אחר
2022	242	136	0	32
2023	242	407	168	32
2024	242	520	468	32
2025	242	624	827	32
2026	242	624	827	32
2027	242	624	827	32
2028	242	624	827	32
2029	242	624	827	32
2030	242	624	827	32

טבלה מס' 3.13: הספק מותקן מצטבר במתקני PV עצמאיים (מגוואט)

טרחיש ביקוש 3			טרחיש ביקוש 2			טרחיש ביקוש 1			שנה
18%	24%	30%	18%	24%	30%	18%	24%	30%	
3,040	3,771	4,501	2,978	3,688	4,397	2,971	3,677	4,384	2022
3,538	4,633	5,728	3,444	4,508	5,572	3,433	4,493	5,553	2023
4,035	5,495	6,955	3,910	5,329	6,748	3,895	5,309	6,722	2024
4,532	6,357	8,183	4,376	6,150	7,923	4,357	6,124	7,891	2025
5,029	7,220	9,410	4,843	6,971	9,098	4,820	6,940	9,060	2026
5,527	8,082	10,637	5,309	7,791	10,274	5,282	7,755	10,229	2027
6,024	8,944	11,865	5,775	8,612	11,449	5,744	8,571	11,398	2028
6,521	9,807	13,092	6,241	9,433	12,625	6,206	9,387	12,567	2029
7,018	10,669	14,319	6,707	10,254	13,800	6,669	10,202	13,736	2030



איור מס' 3.6: עקום ביקוש משקי ועקום ייצור מאנרגיות מתחדשות – עונת האביב שנת 2030

3.5.2. סוגיות תפעוליות במהלך היום

שעות עליית השמש (בוקר)

בשעות עליית השמש אמצעי ייצור פוטו-וולטאים מתחילים בייצור אנרגיה ובהזרמתה לרשת. כתוצאה מכך, קיימת ירידה חדה בעקום הייצור השירי (איור מס' 3.5, הקו ירוק). בשנת 2030 קצב הירידה האופייני לשעות הללו הוא 8,000-9,500 מגוואט בארבע שעות. בשעות הללו, מנהל המערכת יידרש להוריד את רמת העמסה בחלק גדול מיחידות הייצור שבפעולה ולהפסיק יחידות אחרות. כמו כן, בשעות הללו יחידות אגירה יחלו בפעולת אגירת האנרגיה.

שעות שיא השמש (צהריים)

בשעות הצהריים היקף הייצור מיחידות פוטו-וולטאיות הוא בשיא. בשעות הללו שיעור האנרגיה המתחדשת במערכת מגיע לכ- 60%-140 מסך הביקוש השעתי.

בחלק הזה של היום קיימים שני אתגרים מרכזיים:

- 1. מעקב אחרי העומס :** במערכת בה יחידות ייצור רבות מבוססות על אנרגיית שמש צפויה תנודתיות בייצור של היחידות לעיל שנובעת בעיקר מתנועתם של העננים בשמים. התנודתיות עשויה לבוא לידי ביטוי בשינויי עומס של כ- 1,000 מגוואט, תוך מספר דקות, ביחידות פוטו-וולטאיות בשנת 2030. על מנת להתמודד עם הבעיה המתוארת ולהצליח לעקוב אחר העומס המשתנה, יש לשמור על עתודה סובבת, כלפי מעלה וכלפי מטה בהיקפים גבוהים. לשם כך, נדרש מספר לא קטן של יחידות ייצור בפעולה על מנת לספק מענה לדרישות העתודה. מנגד, בשעות הללו העומס השירי נמצא בשפל היומי ומספר היחידות התרמיות שפועלות הוא הנמוך

ביותר ביחס לכמות המופעלת בשאר השעות באותו יום. בנוסף, גם היחידות שפועלות צפויות להיות ברמות העמסה נמוכות, מה שמקשה עוד יותר על שמירת עתודה כלפי מטה. אי לכך, על מנת לעמוד בדרישות העתודה המערכתיות שיאפשרו הפעלה תקינה ורציפה של המערכת, נדרש תכנון מדויק של תמהיל יחידות קונבנציונליות בשילוב עם יחידות אגירה.

2. **אנרגיה מושלכת (Dump Energy):** המערכת צפויה להגיע למצבים בהם הייצור של היחידות פוטו-וולטאיות גבוה מהביקוש. תופעה זו מתרחשת בעיקר בעונות המעבר, בסופי שבוע ובחגים, שמתאפיינים בביקושים נמוכים יחסית. מעבר למצבים שתוארו, למערכת קיים גם סף עומסי מינימום ביחידות הפוסיליות שנובע ממגבלות טכניות ותפעוליות, כ- 2,000-3,000 מגוואט, שממנו לא ניתן לחרוג. מאיור מס' 3.5 ניתן ללמוד על כמות האנרגיה המושלכת הצפויה בהנחה שאין אמצעי אגירה במערכת. השטח הכלוא בין הקו החום המקווקו לבין הקו הירוק מייצג את כמות האנרגיה המושלכת הצפויה. הוספת אמצעי אגירה תוביל לעלייה של הקו הירוק כלפי מעלה ולצמצום השטח הכלוא בין הקו החום לקו הירוק. כלומר, כמות האנרגיה המושלכת תקטן. באיור מס' 3.5 כמות ההספק התרמי שלא ניתן להפסיק (MustRun) שווה לכ- 2,500 מגוואט. בנוסף, בסביבות השעה שתיים בצהריים הייצור מאנרגיות מתחדשות גבוה מהביקוש בכ- 2,200 מגוואט. על מנת לצלוח יום כזה ללא קיטום של יחידות פוטו-וולטאיות נדרשת אגירה בהספק של 4,700 מגוואט.

שעות ירידת השמש (ערב)

שעות ירידת השמש הן שעות קשות ומורכבות מבחינת תפעול המערכת. בשעות הללו קיימת עלייה חדה בעקום הייצור השיורי (Residual Load) שמתרחשת עם הירידה בהיקף הקרינה בשעות השקיעה ועלייה בביקוש המשקי לחשמל (עונות חורף ומעבר). גם כאן, קצב שינוי העומס הוא גדול ומגיע לכ- 9,000-10,000 מגוואט לארבע שעות בתקופת החורף, ולכ- 8,000 מגוואט לארבע שעות בתקופת הקיץ. בשני המקרים שתוארו, קצב השינוי לשעה מגיע לכ- 4,000 מגוואט (67 מגוואט לדקה).

בשעות הללו מנהל המערכת יידרש לבצע מספר רב מאוד של פעולות בזמן קצר ובמקביל הכוללות:

- התנעות של יחידות מחז"מ
- התנעות של ט"ג במחזור פתוח
- העלאת עומס חדה ביחידות הייצור הפחמיות המוסבות לגז
- מעבר ממצב אגירה למצב ייצור ביחידות אגירה שאובה
- מעבר ממצב טעינה למצב ייצור באגירה

היות ועם עליית השמש היה צורך להפסיק את פעולתם של מחז"מים רבים, הרבה יחידות לא יהיו זמינות להתנעה בשל דרישה טכנית לזמן הפסקה מזערי. המשמעות היא שבזמן שקצב עליית העומס השיורי צובר תאוצה, לא כל היחידות זמינות להתנעה, מה שהופך את ההתמודדות עם

השינויים החדים בעומס למורכבת הרבה יותר. מערכת הכוללת בעיקר יחידות "כבדות" כגון מחז"מים, שמתאפיינות בתהליכי התנעה ממושכים ואיטיים ובזמני הפסקה מזעריים ארוכים עשויה להוביל לאנרגיה בלתי מסופקת על בסיס קבוע. כמובן שכמות הפעולות הגדולה, שאינה מזכירה ולו במעט את התפעול הנוכחי, תגדיל את רמת הסיכון והסיכוי לכשלים במערכת הייצור, בעיקר אלו הנובעים מתהליכי ההתנעה של היחידות.

בטבלה מס' 3.14 ניתן לראות דוגמא למקרה שתואר, בו המערכת לא מצליחה להתמודד עם עליית העומס שמתרחשת בשעות ירידת השמש. להלן תיאור קצר של הפעלת המערכת בשעות הרלוונטיות:

- בין השעות 8:00 ל-10:00, עם התעצמות קרינת השמש ועלייה בהיקף הייצור הסולארי מתבצעת הפסקה של 10 מחז"מים
 - החל משעה 14:00, השעה בה השמש מתחילה לדעוך יחידות מחז"מ נכנסות לתהליכי ההתנעה
 - בשעה 14:00 יש 6 מחז"מים שנמצאים בתהליכי התנעה
 - בשעות 15:00 ו-16:00 יש 12 מחז"מים שנמצאים בתהליכי התנעה
 - בשעות לעיל ניתן לראות שכל הפיקרים הזמינים מופעלים
 - העומס ביחידות מוסבות וקוגנרציה עולה לרמה המקסימאלית האפשרית
 - יחידות אגירה שאובה עוברות ממצב שאיבה למצב ייצור
- למרות כל הפעולות שנעשו, עם ירידת התפוקה ביחידות ה-PV, בשעות 17:00 ו-18:00 אין אפשרות לספק את כל הביקוש, מכיוון שלא כל המחז"מים מצליחים לסיים את תהליכי ההתנעה ולעבור לרמות העמסה גבוהות.

טבלה מס' 3.14: תפעול מערכת בה תמהיל היחידות אינו מאפשר לעמוד בקצב שינוי העומס בשעות הערב (MW)

שעות	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
ביקוש משקי	9,512	10,378	10,756	10,935	10,955	10,915	11,097	11,073	11,136	11,887	12,270	12,266	12,049
אנרגיות מתחדשות	3,564	7,502	9,401	10,508	10,705	9,457	7,782	5,347	2,848	740	129	103	79
ייצור (+)/אגירה (-) אגירה שאובה	-150	-800	-800	-800	-800	-800	-800	-328	0	800	800	800	800
ביקוש בנייני מתחדשות ואגירה	6,098	3,677	2,155	1,228	1,050	2,258	4,115	6,053	8,288	10,347	11,341	11,363	11,169
יח' פחמיות מוסבות וקוגנרציה	2,547	2,005	1,379	1,379	1,379	1,379	2,005	2,005	2,416	2,849	2,845	2,005	2,005
מחז"מ במפעל	3,552	1,671	776	568	568	583	631	1,472	3,179	3,943	6,503	8,382	8,382
מחז"מ בהתנעה	0	0	0	0	0	0	930	1,715	1,755	1,600	640	0	0
ט"ג במחזור פתוח ופיקרים נוספים	0	0	0	0	0	296	548	861	937	1,494	1,353	975	782
אנרגיה בלתי מסופקת (+)/אנרגיה מושלכת (-)	0	0	0	-719	-897	0	0	0	0	461	0	0	0

3.5.3. משטר ההפעלה של יחידות קונבנציונליות

משטר ההפעלה הצפוי בעידן החדש של אנרגיות מתחדשות (30%) יחייב את מנהל המערכת לשנות באופן מהותי את המשטר הנהוג כיום. ירידת העומס החדה, ולאחריה עליית העומס החדה לא פחות, לא תאפשר להשאיר עתודה סובבת בהיקפים רחבים, שתוכל לתמוך בעליית העומס בשעות השקיעה. לכן, מנהל המערכת יידרש לבצע מספר רב מאוד של התנעות והדממות בכל יום בזמן קצר מאוד ובמקביל.

לצורך המחשה, מספר ההתנעות הנדרשות ביום טיפוסי בשנת 2030 (30% ייצור באנרגיה מתחדשת) בשעות שקיעת השמש הוא כ- 10 התנעות של מחז"מים גדולים ועוד כ- 25 התנעות של יחידות קטנות ובינוניות. כל ההתנעות לעיל חייבות להתבצע תוך שלוש עד ארבע שעות, כאשר בזמן הזה המערכת נמצאת במצב קצה, מבחינת קצב עליית העומס ומבחינת הספק זמין להפעלה מיידית. לצורך השוואה, כיום, מנהל המערכת מתניע וסוגר עד 4 יחידות מחז"מ מסוג F ביממה. מאפיין בולט של התנעות המחז"מים כיום הוא שרובן הגדול של ההתנעות אינן מבוצעות במקביל לעליית העומס, אלא מתבצעות בשעות שמוגדרות כרגועות. כלומר, מנהל המערכת מנסה להגיע למצב בו היחידות מסיימות את תהליכי ההתנעה עוד לפני עליית העומס, מצב שלא יתאפשר כאשר עקום העומס הוא בצורת Duck Curve.

לכן, על כל היצרנים הקונבנציונליים הגדולים יהיה להיערך ולבצע את ההשקעות הנדרשות בכדי שהיחידות יוכלו לפעול במשטר Two Shift, הכולל 250-300 התנעות בשנה. לצורך השוואה, כיום

רוב יחידות המחז"מים מסוג F של חח"י מבצעות כ- 30 התנעות בשנה, ויח"פים גדולים מבצעים מספר התנעות בודדות.

התנעות- נתוני יצרן וניסיון תפעולי

כפי שתואר עד כה, תהליכי ההתנעה צפויים לתפוס מקום משמעותי בתפעול המערכת בעידן החדש, כשהדגש יהיה על התהליך ומשך ההתנעה. ככל שהתהליך יהיה קצר יותר, והיקף האנרגיה שהיחידה תספק תוך כדי ההתנעה יהיה גדול יותר, ניתן יהיה להקל על מנהל המערכת באתגר של התמודדות עם עליית העומס.

אמות מידה 85 קובעת שבהתנעה חמה (עד 12 שעות הפסקה) מחז"מים צריכים להגיע לעומס מלא תוך 65 דקות, ובהתנעה פושרת (12-48 שעות הפסקה) תוך 100 דקות. יצרני הציוד המובילים בעולם, מצהירים, ברמת נתוני היצרן, שהם עומדים בסטנדרטים של אמות המידה. אולם, ראוי לציין, שהניסיון התפעולי של חברת החשמל מעיד על כך שקיימת בעיה לעמוד בסטנדרטים שתוארו. לרוב, תהליכי ההתנעה הם ארוכים ומורכבים יותר. כמו כן, הניסיון התפעולי שנצבר מלמד שעבודה במתכונת של התנעות מרובות Two Shift:

- מקטינה את זמינות היחידות.
- מקצרת משמעותית את תוחלת הזמן בין השיפוצים.
- גדילה בצורה ניכרת את עלות התחזוקה.

אי לכך, קיימת חשיבות רבה לדאוג ולהבטיח במסגרת אסדרתית, שהיחידות החדשות שישולבו במערכת יוכלו לבצע מספר רב של התנעות, תוך עמידה בסטנדרטים שהציבה הרשות באמות המידה. אי עמידה בסטנדרטים עלולה לגרום לבעיה של אי יכולת לספק את מלוא הביקוש בשעות בהן דרוש קצב עלייה גבוה.

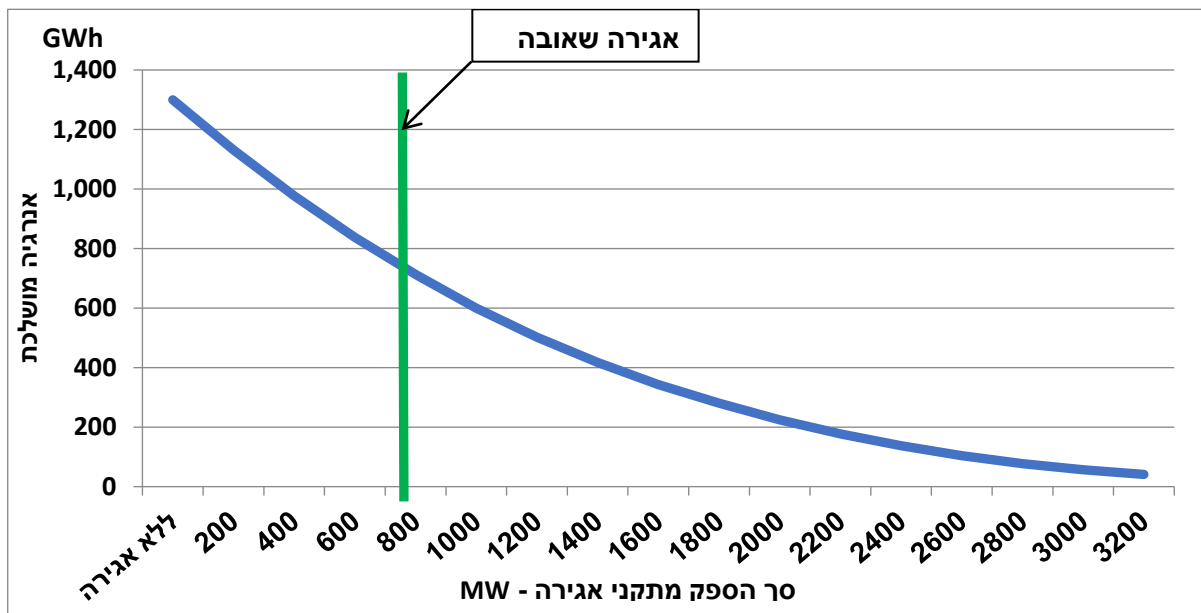
3.5.4 תועלות משילוב מתקני אגירת אנרגיה

שילוב אמצעי ייצור פוטו-וולטאיים בהיקפים כה גדולים ישנו את פעולת מערכת הייצור באופן חסר תקדים. מעבר ממערכת יציבה בעלת אופי מונוטוני לגבי שינויים בעומס, למערכת מורכבת בה העומס עולה ויורד באופן דרמטי, מחייב שילובם של כלים חדשים שיאפשרו התמודדות עם המורכבות הקיימת במערכת מסוג זה. בחינה מעמיקה של הכלים הקיימים בשוק מגלה ששילובם של אמצעי אגירה הינו הכלי היעיל ביותר להתמודדות עם בעיות התפעול שיוצרו במערכת כזו.

להלן מספר יתרונות הקיימים בשילוב אגירה במערכת הייצור:

1. אגירת אנרגיה בשעות הצהריים מעלה את העומס ומצמצמת מצבים בהם קיימת אנרגיה מושלכת. איור מס' 5.3 ממחיש את הקשר בין היקף אמצעי האגירה במערכת לכמות האנרגיה המושלכת בשנת 2030, בהנחה שחלקו של הייצור מאנרגיה מתחדשת יגיע ל- 30%. ניתן לראות שככל שהיקף אמצעי האגירה במערכת גדל (הציר האופקי), כמות האנרגיה המושלכת

קטנה (הציר האנכי). כמו כן, כאשר היקף אמצעי האגירה במערכת מגיע לכ- 3,000 מגוואט, כמות האנרגיה המושלכת הצפויה הינה זניחה.



איור מס' 3.7: היקף אמצעי אגירה נדרשים על מנת לצמצם את כמות האנרגיה המושלכת בשנת 2030

- יכולתם של מתקני האגירה לבצע מעבר ממצב טעינה למצב ייצור או ממצב המתנה למצב ייצור באופן מיידי, מאפשרת ליחידות הללו להשתתף בתרומה לעתודה סובבת המערכת בכל מצב פעולה. כתוצאה מכך, משתפר כושר ההתמודדות של המערכת עם התנודתיות בייצור ביחידות פוטו-וולטאיות, בשעות שיא השמש, בהן אין אלטרנטיבות אחרות.
- אגירה אנרגיה בשעות הצהריים ופריקת אנרגיה אגורה בשעות הערב מצמצמת פערים בעומס ומקטינה צורך בהתנעות/הפסקות מיותרות.

3.6. תוצאות

3.6.1. תוכניות פיתוח אופטימליות

כפי שמתואר במתודולוגיה, לאחר קביעת התרחישים לבדיקה, מקבלים עבור כל תרחיש, באמצעות ביצוע אופטימיזציה מערכתית, את התוכנית הפיתוח האופטימלית. התוכנית האופטימלית הינה התוכנית עם העלות הכוללת (הסכום המהוון של עלות ההון, עלות הדלק, עלות התפעול והאחזקה ועלות הפליטות על פני כל תקופת התכנון) הנמוכה ביותר. בנוסף, תוכנית זו חייבת לעמוד בכל האילוצים שנקבעו מראש כגון, עמידה בקריטריונים מוכתבים של אמינות ההספקה, דרישות סביבתיות, הגבלות על הספקת דלק לסוגיו והיקף ייצור באנרגיה מתחדשת.

למרות שהעבודה הנוכחית מתייחסת להחלטות במסגרת תוכנית הפיתוח עד שנת 2030, יש לציין שהתכנון נעשה לתקופה ארוכה יותר. הסיבה לכך הינה שבבדיקת הכדאיות של שילוב יחידות חדשות במערכת עד שנת 2030 יש להתחשב גם בעלויות ובתועלות העתידיות בהשוואה בין תוכניות פיתוח שונות.

בנקודה זו, יש לציין, כפי שמתואר בסעיף 3.5, שדרישות ייצור באנרגיה מתחדשת בהיקפים גדולים, מחייבות שילוב של אמצעי אגירה במערכת בכמות מוגברת וזאת על מנת למנוע אנרגיה מושלכת (ראה תוספת גנרציה נדרשת באגירה בתרחישים המניחים היקף ייצור באנרגיה מתחדשת של 30% בשנת 2030 בטבלאות מס' 3.15-3.17).

ככל שהיקף הייצור באנרגיה מתחדשת יורד, נחיצות השילוב של אמצעי אגירה במערכת גם יורדת. יחד עם זאת, הצורך והכדאיות הכלכלית מהקמת יחידות קונבנציונליות חדשות גדלים. בתרחישים האלו (עם היקף ייצור באנרגיה מתחדשת של 24% ו-18% בשנת 2030), המועמד המועדף בין המועמדים לפיתוח שנבחנו הינו המחז"מ H בהספק של 670 מגוואט (ראה טבלאות מס' 3.17-3.15).

השוואה בין תוכניות הפיתוח שהתקבלו ע"פ תרחיש ביקוש מס' 1 (טבלה מס' 3.15) וע"פ תרחיש ביקוש מס' 2 (טבלה מס' 3.16) מגלה תוספת גנרציה נדרשת בתרחיש ביקוש מס' 1 גדולה במעט מזו של תרחיש ביקוש מס' 2 עד שנת 2030. הסיבה לזו הינה שלמרות שהייצור בתרחיש ביקוש מס' 1 קטן יותר (ראה איור מס' 3.1), שיאי הביקוש בשעות הערב גבוהים יותר וזאת בעקבות ההנחה שעיקר הטעינה של הרכבים החשמליים יתרחש בשעות הערב בתרחיש זה (ראה איורים מס' 3.3 ו-3.4 בהתאמה). יש להדגיש שוב בנקודה זו שבהנחת היקף ייצור סולארי מוגבר, השעות הקובעות את ההספק הנדרש במערכת לעמידה בקריטריון האמינות הינן השעות הערב.

תוספת הגנרציה הנדרשת בתרחיש ביקוש מס' 3 הינה גדולה יותר (ראה טבלה מס' 3.17). כפי שצוין לעיל, תרחיש זה הינו תרחיש קיצוני עם הסתברות התרחשות נמוכה יותר.

טבלה מס' 3.15: תוספת גנרציה נדרשת מעבר ליחידות הייצור המתוכננות להשתלב במערכת על פי הנחות היסוד (מגוואט) (תרחיש ביקוש מס' 1)

היקף ייצור באנרגיה מתחדשת בשנת 2030						שנה
18%		24%		30%		
אגירה	מחז"מ H	אגירה	מחז"מ H	אגירה	מחז"מ H	
0	670	0	0	100	0	2027
0	0	0	670	700	0	2028
100	670	0	670	500	0	2029
0	670	0	670	700	0	2030
300	670	300	670	400	670	2031
100	670	700	0	300	0	2032
100	670	700	0	200	670	2033
300	670	400	670	0	1,340	2034
1,000	670	900	670	100	1,340	2035

טבלה מס' 3.16: תוספת גנרציה נדרשת מעבר ליחידות הייצור המתוכננות להשתלב במערכת על פי הנחות היסוד (מגוואט) (תרחיש ביקוש מס' 2)

היקף ייצור באנרגיה מתחדשת בשנת 2030						שנה
18%		24%		30%		
אגירה	מחז"מ H	אגירה	מחז"מ H	אגירה	מחז"מ H	
0	670	0	0	0	0	2027
0	0	0	670	700	0	2028
0	670	0	670	500	0	2029
0	670	200	0	600	0	2030
0	670	100	670	400	0	2031
0	670	400	0	100	670	2032
100	0	400	0	0	0	2033
0	670	500	0	0	670	2034
300	670	500	670	300	670	2035

טבלה מס' 3.17: תוספת גנרציה נדרשת מעבר ליחידות הייצור המתוכננות להשתלב במערכת על פי הנחות היסוד (מגוואט) (תרחיש ביקוש מס' 3)

היקף ייצור באנרגיה מתחדשת בשנת 2030						שנה
18%		24%		30%		
אגירה	מחז"מ H	אגירה	מחז"מ H	אגירה	מחז"מ H	
0	670	0	670	200	0	2027
0	670	0	670	700	0	2028
0	670	0	670	500	0	2029
100	670	0	670	600	670	2030
0	1,340	300	670	600	0	2031
0	670	800	0	200	670	2032
100	670	300	670	300	670	2033
1,000	0	900	0	0	1,340	2034
1,100	670	1,000	670	200	1,340	2035

3.6.2. תוכנית פיתוח מומלצת

המטרה העיקרית של העבודה הנוכחית היא להמליץ בפני מקבלי ההחלטות על הצעדים המיטביים בהם יש לנקוט להבטחת אמינות ההספקה ולמזעור עלויות במשק החשמל וזאת, תוך התחשבות באי-הוודאות הגוברת בנתוני קלט רבים הנדרשים לתכנון הפיתוח של מערכת הייצור כגון גידול בתמ"ג, קצב חדירת ואופן טעינתם של רכבים חשמליים והיקף הייצור העתידי באנרגיה מתחדשת. מאחר שכל תוכנית פיתוח שמתוארת לעיל בסעיף 3.6.1, היא אופטימלית עבור התרחיש הספציפי בו נבנתה, בתנאי אי-ודאות, התוכנית המומלצת אמורה להיות תוכנית רובאסטית שתוכל להתמודד היטב עם כל התרחישים הרלוונטיים.

מסלול הפיתוח הרצוי לטווח ארוך צריך, מצד אחד, להתחשב בהנחות היסוד הכוללת בין היתר את הנתונים והאילוצים הנוכחיים ומצד שני, גם צריכה להיות בו גמישות מספקת כדי להתאימו לתנאים משתנים בעתיד. לשם כך נדרש גם מעקב צמוד אחרי התפתחות הגורמים המשפיעים, כדי לאפשר אבחון התרחיש המתגשם והתאמת תוכנית הפיתוח לצרכים המעודכנים.

קיימת אי-ודאות רבה לגבי מימוש יעד הממשלה של ייצור באמצעות אנרגיה מתחדשת בשיעור של 30% בשנת 2030.

בהתאם למעקב אחר שילוב מתקני פוטו-וולטאי במערכת, קצב ההשתלבות של המתקנים הרבה יותר איטי מהנדרש על מנת להגיע בשנת 2030 ליעד הממשלה. הנתונים מתוארים בטבלה מס' 3.18.

טבלה מס' 3.18: מעקב אחר שילוב מתקני פוטו-וולטאי במערכת בשנת 2021

ספטמבר	יוני	מרץ	
882	588	294	הספק מצטבר מתוכנן* (MW)
468	268	146	הספק מצטבר בפועל (MW)
53	46	50	רמת המימוש (%)

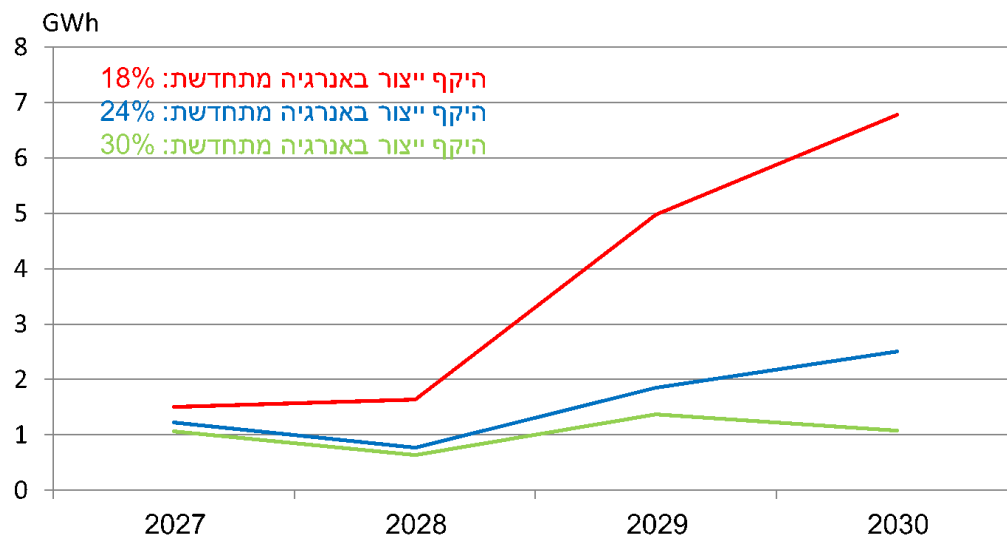
* במטרה להגיע לשיעור ייצור באנרגיה מתחדשת של 30% בשנת 2030, בהתחשב בהספק המותקן במתקני פוטו-וולטאי בסוף 2020, בהספק של מתקני PV בשילוב אגירה המתוכננים ובהנחת תוספת הספק חודשית קבועה.

לקצב חדירת יחידות ייצור באנרגיה מתחדשת יש השפעה ניכרת על תוכנית פיתוח מערכת ייצור החשמל.

כמו שכבר צוין לעיל, מתקני אגירה הינם הכרחיים במערכת עם היקף ייצור באנרגיה מתחדשת מוגבר. בצד שני, בהנחה שהיקף הייצור באנרגיה מתחדשת יגדל בקצב איטי עד שנת 2030, תוספת גרעיה של יחידות קונבנציונליות עד שנת 2030 הינה הכרחית על מנת להבטיח את הספקת חשמל ברמת האמינות הנדרשת.

בהתאם לתוכניות הפיתוח האופטימליות שהתקבלו בסעיף 3.6.1, בהנחה שהיקף הייצור באנרגיה מתחדשת בשנת 2030 יגיע לכ- 30%, נדרשת תוספת של מתקני אגירה בהיקף של 1,800-2,000 מגוואט עד שנת 2030 וזאת מעבר למתקני אגירה המתוכננים להשתלב במערכת על פי ההנחות היסוד.

יחד עם זאת, כפי שמתואר באיור מס' 3.8, בהנחה שהיקף הייצור באנרגיה מתחדשת בשנת 2030 יגיע רק ל- 18%, תוספת של 2,000 מגוואט באמצעי מתקני אגירה בלבד, ללא תוספת יחידות קונבנציונליות תצביע על היקף אנרגיה בלתי מסופקת לא רצוי.



**איור מס' 3.8: אנרגיה בלתי מסופקת בהנחת תוספת של כ-2000 מגוואט
 אגירה עד 2030 (ללא תוספת מחז"מים)**

בהתחשב באי-הוודאויות לעיל תוכנית הפיתוח הרובאסטית חייבת לכלול תוספת אמצעי אגירה בהיקף המאפשר לקיים את יעד הממשלה ("יצור באנרגיה מתחדשת בהיקף של 30%) ומצד שני, תוספת אמצעי ייצור קונבנציונליים הנדרשת בהנחת התממשות תרחיש עם היקף ייצור באנרגיה מתחדשת הרבה יותר קטן.

יש לציין שוב **שתוכנית הפיתוח הרובאסטית נתונה לשינויים בטווח הביניים** בהתחשב בהתפתחויות במשק ובבדיקות ההתממשות השוטפות של התרחישים השונים.

בהתחשב בהנחות היסוד של העבודה הנוכחית, בתרחישים שנבדקו ובתוספת הגנרציה וההדממות המתוכננות בשנים הקרובות כפי שמתואר בטבלה מס' 3.19, גובשה תוכנית הפיתוח הרובאסטית המתוארת בטבלה מס' 3.20. תוכנית זו הינה התוכנית בעלת העלות הנמוכה ביותר שתאפשר מצד אחד, יישום יעד הממשלה לגבי היקף הייצור באנרגיה מתחדשת ומצד שני אמורה להבטיח את תפעול מערכת ייצור החשמל באמינות הנדרשת בהתחשב בתרחישים השונים.

טבלה מס' 3.19: תוספת הגנרציה* וההדממות המתוכננות עד שנת 2027

שנה	מחז"מ / ט"ג	אגירה	מתקני גז בחלוקה	אגירה שאוברה	פוטו-וולטאי משולב אגירה	רוח	הדממה
1.7.2021- 31.12.2021	0	0	60	0	0	109	0
2022	644	0	100	0	0	0	-1,148
2023	1,456	0	140	344	168	271	-720
2024	0	0	0	0	350	113	0
2025	0	0	0	0	309	104	0
2026	0	0	0	156	0	0	0
2027	100	0	0	0	0	0	-912

* פרט לתוספת של יחידות PV המשתנה בהתאם לתרחיש (ראה טבלה מס' 3.13)

טבלה מס' 3.20: תוכנית הפיתוח הרובאסטית עד שנת 2030

(מעבר לפיתוח המתוכנן שבטבלה מס' 3.19)

שנה	מחז"מ	אגירה
2027	0	100
2028	0	600
2029	670	500
2030	0	600

כמתכנני המערכת, חובתנו לדאוג להספקת חשמל אמינה בהתחשב באירועים בלתי צפויים. בהקשר זה, יש לציין הנקודות הבאות:

- טרם נצבר במשק הישראלי ניסיון בהפעלת מערכת עם היקף כה גדול של אמצעי אגירה
- קיימת אי-ודאות לגבי פרמטרים טכנו-כלכליים של מתקני אגירה
- קיימת אי-ודאות לגבי קצב חדירת רכבים חשמליים למדינה ואופן הטענתם

בהתחשב בנקודות לעיל, ללא תלות באי הוודאות בקצב העלייה בייצור באנרגיה מתחדשת ובהיקף ופרופיל הביקוש העתידיים:

- קיימת חשיבות עליונה, להקדים מועדי השילוב של אמצעי אגירה במערכת במטרה לצבור ניסיון תפעולי עם היקף מוגבר של יחידות אלו.

- במטרה למנוע אי הספקת חשמל מאירועים בלתי צפויים, כל עוד לא נצבר ניסיון במערכת התלויה באופן משמעותי בייצור באמצעי מתקני האגירה, יש לקדם תהליכים להקמת מחז"מ נוסף במערכת לקראת שנת 2028 וזאת, מעבר למחז"מ המתואר בטבלה מס' 3.20.

תוכנית הפיתוח עד שנת 2030 בהתחשב בחוסר הניסיון התפעולי עם מערכת בעלת היקף מוגבר של מתקני אגירה מתוארת בטבלה מס' 3.21.

טבלה מס' 3.21: תוכנית פיתוח מערכת הייצור עד שנת 2030 בתנאי אי-וודאות (מעבר לפיתוח המתוכנן שבטבלה מס' 3.19)

שנה	מחז"מ	אגירה
2027	0	100
2028	670	600
2029	670	500
2030	0	600

יש לציין, שיחידות הייצור המרכיבות את תוכנית הפיתוח המומלצת לעיל הינן אותן יחידות המרכיבות את תוכנית הפיתוח האופטימלית עבור כל תרחיש כפי שמתואר בסעיף 3.6.1 כשההבדל היחידי מתבטא בהקדמות ו/או דחיות במועד הפעלתן.

תוספת הגרציה המתוארת בטבלה מס' 3.21 לעיל הינה התוספת המומלצת טרם התחשבות בדרישות מערכת החשמל מבחינת דינמיקת המערכת ומבחינת מערכת המסירה.

בהתאם לדרישות דינמיקה המערכת, כפי שיפורט בפרק 4, נדרשת תוספת של אגירה בהיקף של 500MW לרבע שעה לפחות לצרכי שירותים נלווים (ראה טבלה מס' 3.22).

טבלה מס' 3.22: תוכנית פיתוח מערכת הייצור עד שנת 2030 בתנאי אי-וודאות

בהתחשב בדרישות דינמיקת המערכת

(מעבר לפיתוח המתוכנן שבטבלה מס' 3.19)

שנה	מחז"מ	אגירה
2023	0	*400
2024	0	0
2025	0	0
2026	0	*100
2027	0	100
2028	670	600
2029	670	500
2030	0	600

* אגירה בהיקף של 500MW לרבע שעה לפחות לצרכי שירותים נלווים

בהתאם לדרישות מערכת המסירה, כפי שיפורט בפרק 5, נדרשת הפעלה של חלק מהאגירה המתוארות בתוכנית הפיתוח לעיל במועד מוקדם יותר.

בהתאם לכך, **תוכנית הפיתוח המומלצת של מערכת הייצור עד שנת 2030** בהתחשב בכל אי-הוודאויות לעיל, בדרישות דינמיקת המערכת ובדרישות מערכת המסירה מתוארת בטבלה מס' 3.23.

טבלה מס' 3.23: תוכנית פיתוח מערכת הייצור עד שנת 2030 בתנאי אי-וודאות
 בהתחשב בדרישות דינמיקת המערכת ומערכת המסירה
 (תוכנית הפיתוח המומלצת)

(מעבר לפיתוח המתוכנן שבטבלה מס' 3.19)

שנה	מחז"מ	אגירה
2023	0	*400
2024	0	0
2025	0	300
2026	0	*100
2027	0	100
2028	670	400
2029	670	500
2030	0	500

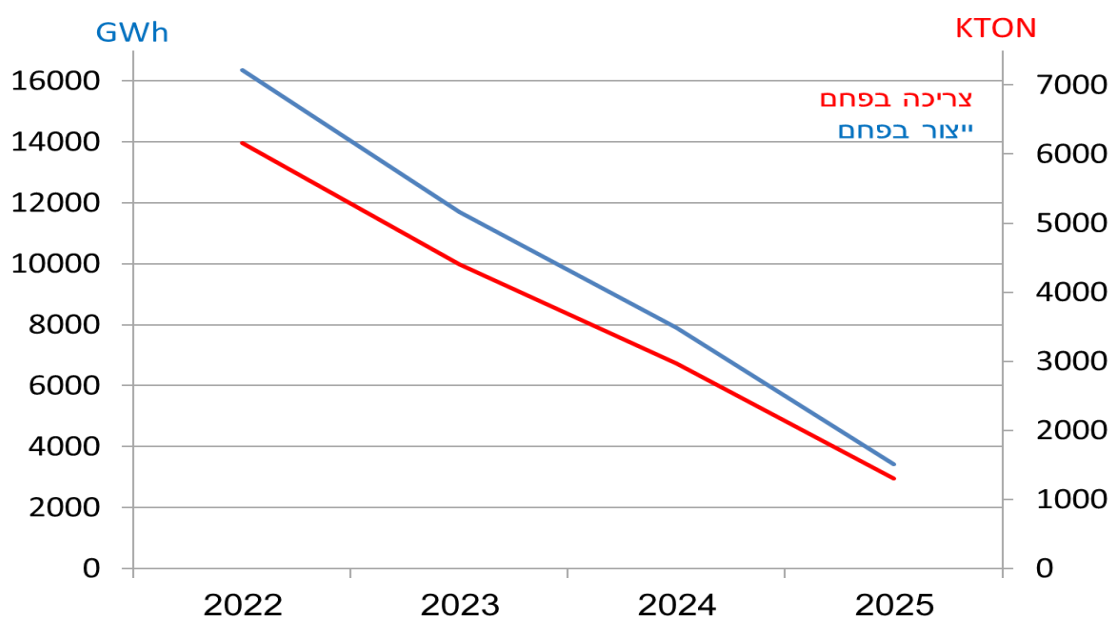
* אגירה בהיקף של 500MW לרבע שעה לפחות לצרכי שירותים נלווים

יש לציין שתוכנית הפיתוח המתוארת בטבלה מס' 3.23 תעמוד בדרישות האמינות גם במקרה
 של החמרת הקריטריון לתכנון מערכת הייצור הנוכחי הקובע לא יותר מ- 2.9 שעות חוסר יכולת
 הספקת מלוא הביקוש לשנה.

3.6.3. דלקים ופליטות

בהתבסס על תוכנית הפיתוח המומלצת (סעיף 3.6.2), מתואר באיורים מס' 3.9-3.18 את כמות הדלקים והיקף הפליטות שהתקבלו בתרחישים השונים לגבי הביקוש לחשמל ולגבי הייצור באנרגיה מתחדשת.

לא צפוי הבדל משמעותי הן בצריכה והן בייצור בפחם בתרחישים השונים בעקבות המשטר ההפעלה המאולץ של היחידות הפחמיות בעומס מינימלי. התוצאות מתוארות באיור מס' 3.9. ניתן לראות ירידה בערכים לעיל במהלך השנים הקרובות כתוצאה מההסבה הדרגתית של היחידות הפחמיות לגז עד סוף שנת 2025.

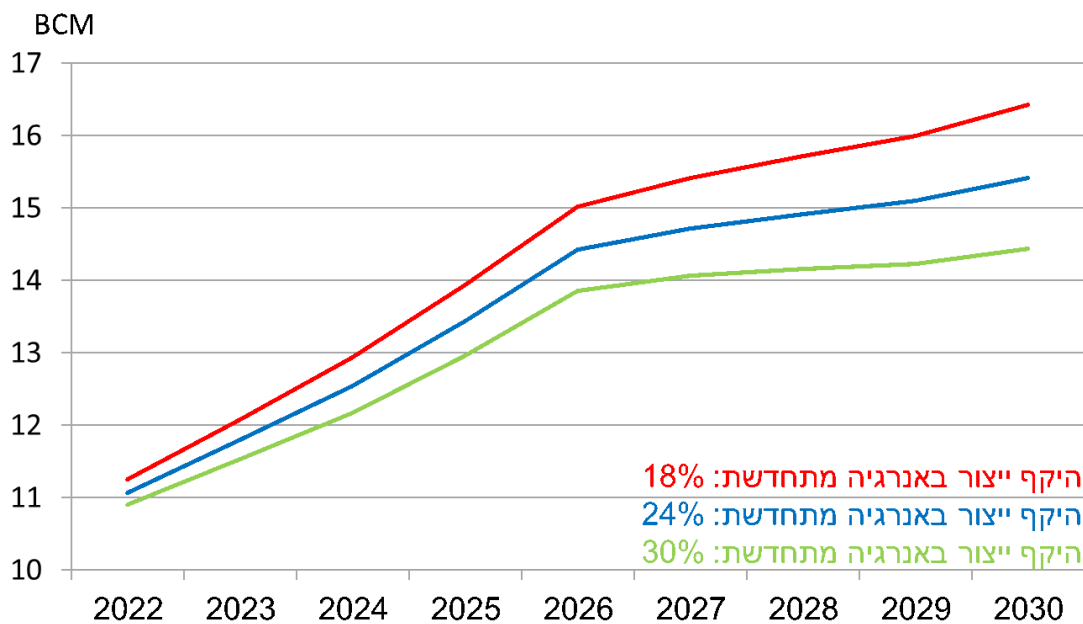


איור מס' 3.9: צריכה וייצור בפחם בשנים 2022 - 2025

צריכת הגז הצפויה עד שנת 2030 מתוארת באיור מס' 3.10 וזאת עבור תרחישי היקף ייצור באנרגיה מתחדשת שונים (ערכים ממוצעים בתרחישי ביקוש שונים). העלייה החדה בצריכת הגז עד שנת 2026 נובעת גם כאן מההסבה ההדרגתית של היחידות הפחמיות לגז עד סוף 2025.

החל משנת 2026, למרות העלייה בביקוש, הצריכה בגז עולה בקצב מתון יותר. הדבר נובע מההיקף הייצור יותר משמעותי באנרגיה מתחדשת יחד עם השילוב של אגירה במערכת בשנים האלו.

הייצור על ידי אגירה יתבצע בעיקר בשעות הערב במקום ייצור ביחידות המוסקות בגז וזאת כשעיקר הטעינה של האגירה מתבצעת מאנרגיה סולארית. כמובן, צריכת הגז קטנה עם העלייה בהיקף הייצור באנרגיה מתחדשת.



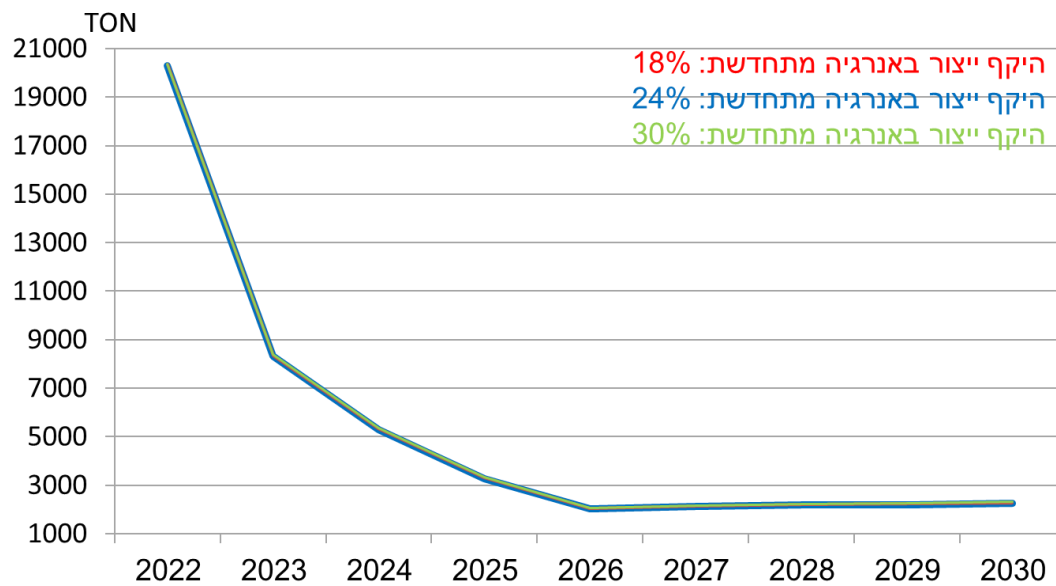
איור מס' 3.10: צריכת הגז בשנים 2022 – 2030 (BCM)

היקף פליטות מזהמים בשנים 2022-2030 מתוארת באיורים מס' 3.11-3.14.

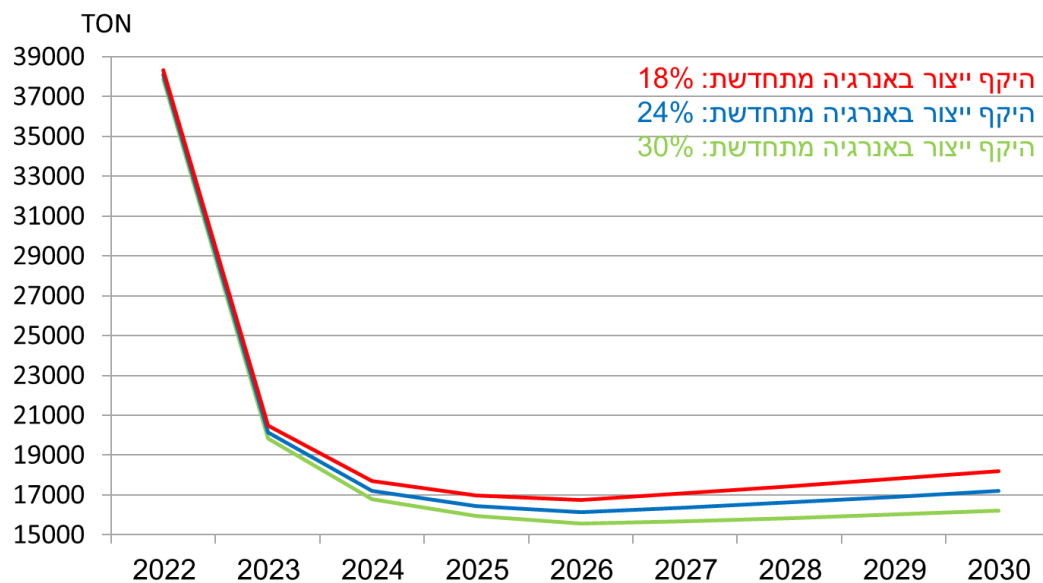
ניתן לראות באופן בולט את הירידה החדה בהיקף הפליטות עד שנת 2026 כתוצאה מהסבה ההדרגתית של היחידות הפחמיות לגז עד סוף שנת 2025.

החל משנת 2026, למרות העלייה בביקוש, היקף הפליטות (פרט ל- CO_2) עולה בקצב מאוד מתון. גם כאן, הדבר נובע מהיקף הייצור היותר משמעותי באנרגיה מתחדשת יחד עם השילוב של אגירה במערכת בשנים האלו.

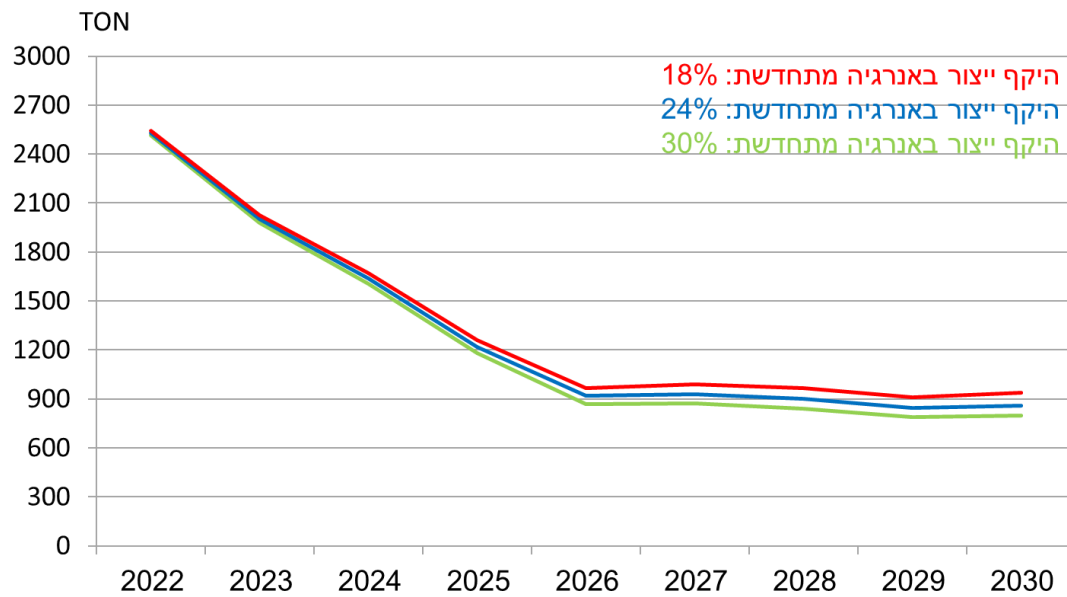
לגבי CO_2 , אחרי שנת 2026 רואים עלייה פחות מתונה בהיקפו יחסית למזהמים אחרים. הסיבה לכך הינה שבניגוד למזהמים השונים, היחס טון מזהם לטון דלק במקרה של CO_2 יחסית גבוה גם בגז טבעי. יחד עם זאת, כפי שצוין בהמשך, כמות ה- CO_2 ליחידת אנרגיה מיוצרת צפויה לרדת במהלך השנים.



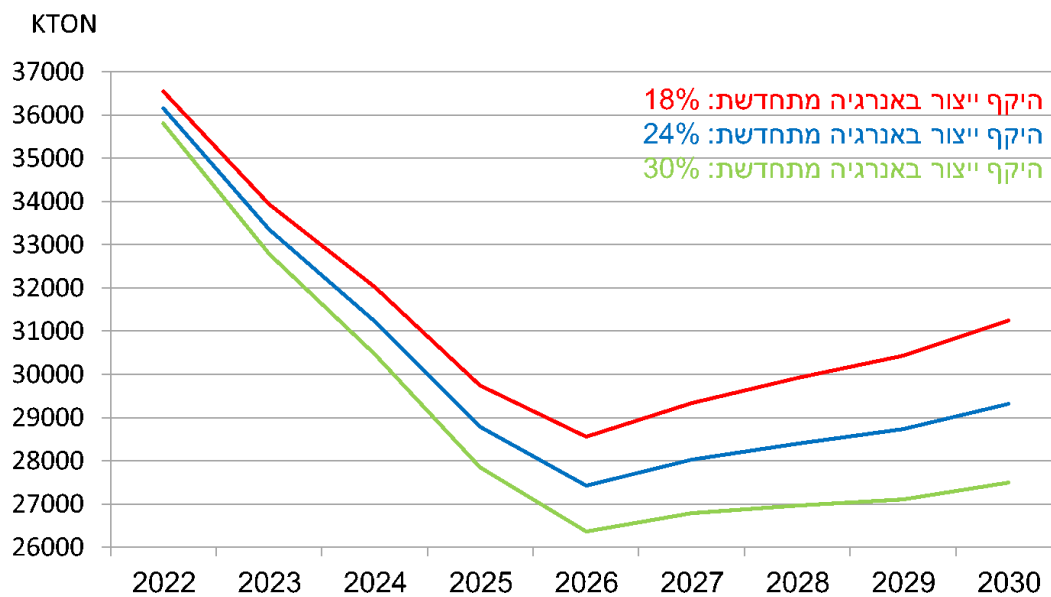
איור מס' 3.11: היקף SO_2 בשנים 2022 – 2030 (TON)



איור מס' 3.12: היקף NO_x בשנים 2022 – 2030 (TON)

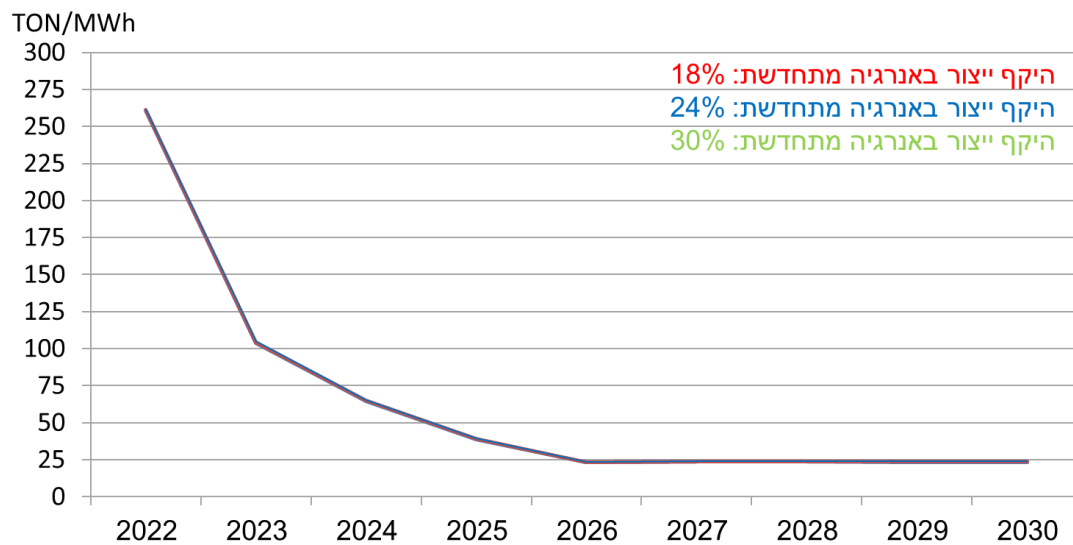


איור מס' 3.13: היקף חלקיקים בשנים 2022 – 2030 (TON)

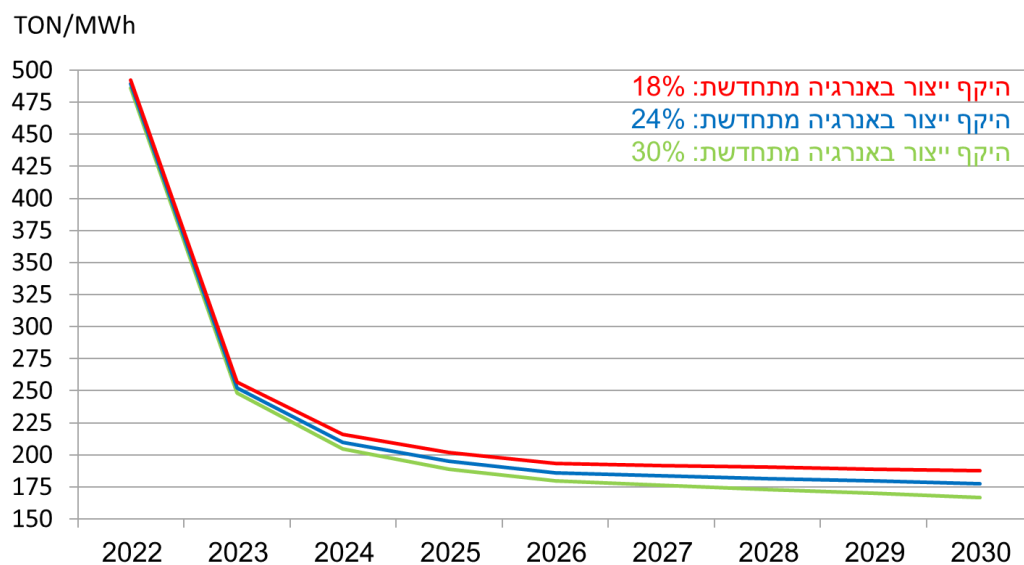


איור מס' 3.14: היקף CO₂ בשנים 2022 – 2030 (KTON)

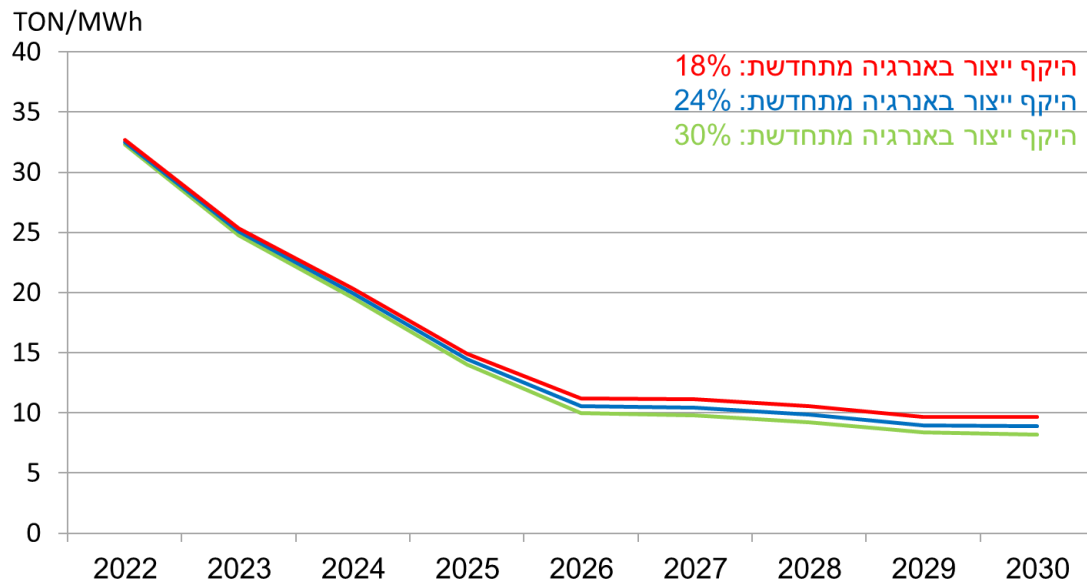
כמות הסגולית של הפליטות (מדד הנותן ביטוי להיקף הפליטות ליחידת אנרגיה מיוצרת) מתוארת באיורים מס' 3.15-3.18. כפי שניתן לראות צפויה ירידה מתמדת במהלך השנים במדד זה בכל סוגי הפליטות וזאת, בכל התרחישים שנבדקו.



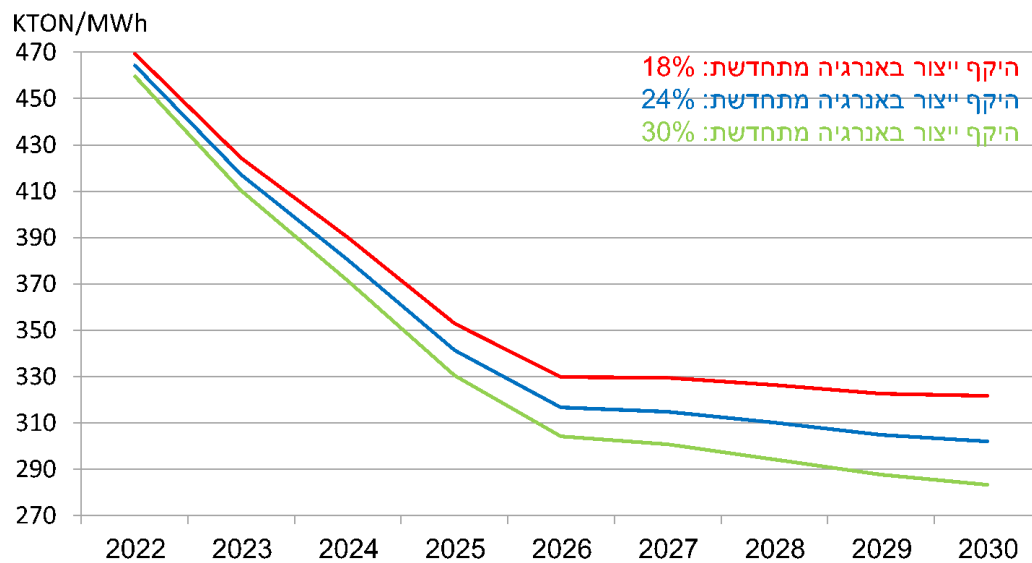
איור מס' 3.15: כמות סגולית של SO_2 בשנים 2022 – 2030 (TON/MWh)



איור מס' 3.16: כמות סגולית של NO_x בשנים 2022 – 2030 (TON/MWh)



איור מס' 3.17: כמות סגולית של חלקיקים בשנים 2030 – 2022 (TON/MWh)

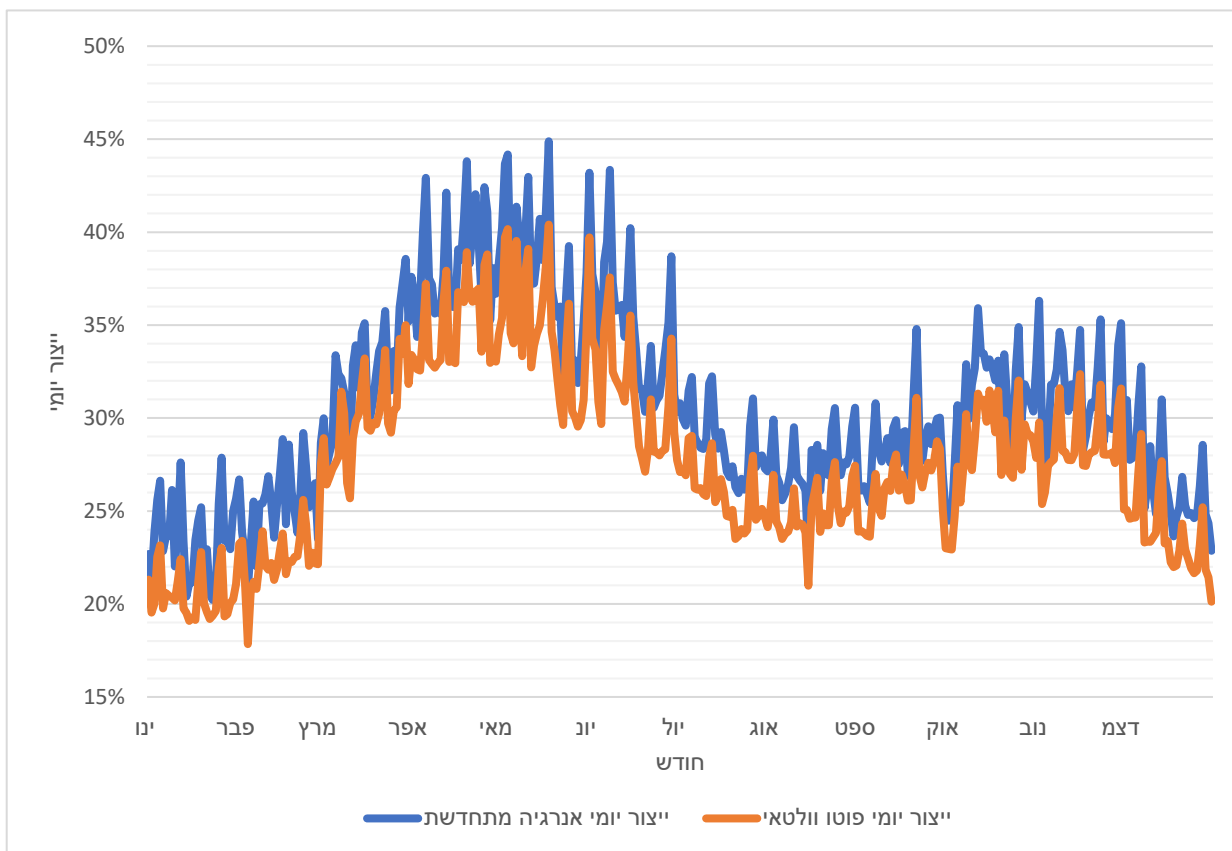


איור מס' 3.18: כמות סגולית של CO₂ בשנים 2030 – 2022 (KTON/MWh)

3.7. ניתוח סיכוני מזג אויר המובילים לירידה בקרינת השמש

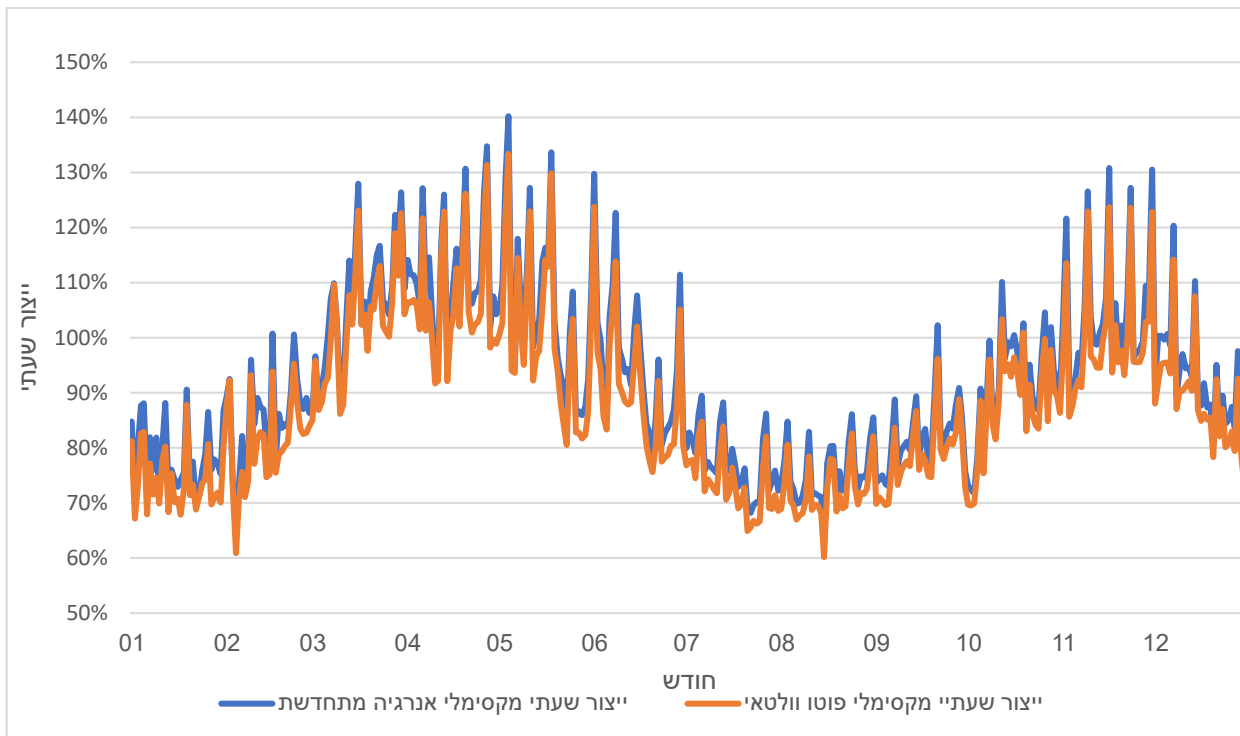
3.7.1 רקע

מימוש יעד הממשלה בישראל צפוי להתבצע בעיקר ע"י הקמת מתקנים פוטו-וולטאיים הניזונים מאנרגיית השמש. המתקנים הללו יתפסו חלק משמעותי בייצור החשמל. שיעורם בייצור המשקי צפוי להיות כ-27% מתוך 30% ייצור מאנרגיות מתחדשות בשנת 2030. ברמה יומית, המתקנים הללו יהוו 18% - 40% מהייצור היומי כאשר האנרגיה המתחדשת במערכת צפויה להיות בטווח של 20% - 45%. איור מס' 3.19 ממחיש את הנושא שתואר.



איור מס' 3.19: שיעור הייצור היומי בשנת 2030

בחינה שעתית של שיעור הייצור ממתקני פוטו-וולטאים ביחס לביקוש היומי מגלה ששיעור הייצור מהמתקנים הללו בפרט ומאנרגיות מתחדשות בכלל צפוי להיות גבוה מ-100% בחלק לא מבוטל מהשעות בשנה. איור מס' 3.20 מתאר את שיעור הייצור השעתי המקסימלי בכל יום מהמתקנים שתוארו. ניתן לראות שבעונות המעבר המתאפיינות בביקושים נמוכים, שיעור הייצור השעתי המקסימלי הוא גדול מ-100%, כלומר היקף הייצור השעתי מהמתקנים הללו צפוי להיות גבוה באופן משמעותי מהביקוש. כפי שהוסבר בסעיף 3.5, שימוש באמצעי אגירה נדרש בין היתר בכדי לקלוט את עודפי האנרגיה שיווצרו.



איור מס' 3.20: שיעור ייצור שעותי מקסימאלי בשנת 2030

3.7.2 אירועי מזג אויר שגורמים לירידה ברמת קרינת השמש על הקרקע

מימוש יעד הממשלה לייצור של 30% באנרגיות מתחדשות בשנת 2030 יכלול בעיקר הקמה של מתקנים פוטו-וולטאים. היקף ההספק של מתקנים הללו בשנת 2030 צפוי להיות גבוה מ 15GW ושיעור הייצור השנתי צפוי להיות כ-27%. הישענות גדולה כל כך על מקור אנרגיה המבוסס על קרינת השמש, מחייבת בדיקה מעמיקה של הסיכונים הרלוונטיים הנובעים במערכת מהסוג הזה.

למרות שמדינת ישראל היא מדינת שטופת שמש, קיימים מצבים בהם מתרחשת ירידה לא צפויה ברמת קרינת השמש על פני הקרקע באזורים מסוימים או בכל הארץ במקביל. כמובן שהירידה המתוארת מובילה להפחתת היקף הייצור במתקנים המבוססים על אנרגיית השמש ובמקרים ממסוימים היא אף גורמת להפסקת המוחלטת.

להלן שני סוגים של אירועי מזג אויר שגורמים לירידה משמעותית בקרינת השמש על פני הקרקע:

1. **סערת חורף הכוללת משקעים וטמפרטורות נמוכות:** סערות חורף כוללות עננות כבדה שמכסה את השמיים ואת השמש שמובילה לממטרים כבדים ומתאפיינת בטמפרטורות נמוכות. אירועים מהסוג הזה יכולים להיות מקומיים או כלל ארציים, והם יכולים להתרחש בעיקר מתחילת דצמבר עד סוף מרץ. לרוב, סערה יכולה להימשך מספר ימים עם הפוגות. בחלק מהמקרים עשויים להיקבע שיאי ביקוש עונתיים או שנתיים. סערות חורף הם אירוע שכיח שמתרחש מספר פעמים בכל שנה בעוצמות שונות. בצד הייצור, בימי הסערה, קיימת ירידה

חדה בהיקף הייצור של המתקנים הסולאריים. במקרים מסוימים, כאשר קיימת עננות כבדה, היחידות הללו מפסיקות לייצר חשמל.

2. **סופת אבק ואובך:** סופות אבק ואובך מתרחשת כתוצאה מריכוז חלקיקי אבק וחול הנישאים מהמדבר. לרוב המערכות הללו כוללות רוח חזקה והן מגיעות מכיוון דרום או מזרח. בהתאם לכך, האזורים הדרומיים ומזרחיים הם הראשוניים שיושפעו ממזג האוויר לעיל שעשוי להתפשט לכל הארץ. מסגרת הזמן הם חודשים ספטמבר עד יוני. משך אירוע הוא עד שלושה ימים בעוצמות שונות. בחלק מהאירועים מהסוג הזה שיתרחשו בחורף עשויים להיקבע גם שיאי ביקוש עונתיים או שנתיים. בצד הייצור, גם כאן ניתן לראות שקיימת ירידה בהיקף הייצור של המתקנים הסולאריים, בהתאם לעוצמת האירוע.

3.7.3 הגדרת תרחישים

לצורך בדיקת היכולת של מערכת הייצור לספק את הביקוש לחשמל, בהינתן אירוע מזג אוויר שמוביל לירידה בהיקף הייצור של יחידות סולאריות, בוצעה בדיקה שבחנה את מוכנות המערכת למצבים הללו. במסגרת הזאת, הוגדרו 10 תרחישים המניחים הפחתה בהיקף הייצור מהמתקנים הללו בשיעור של 10% עד 100% ובוצעה השוואה לתרחיש ייחוס המניח ייצור שגרתי של מתקנים סולאריים.

לצורך הבדיקה, נבחרו שלושה שבועות המתאפיינים בשיא ביקוש עונתי (קיץ, חורף ותקופת מעבר) בשנת 2030 ובהם בוצעה ההפחתה של הייצור הסולארי. חשוב להדגיש שההפחתה התבצעה באופן שווה למשך כל השבוע, כלומר, בתרחיש הפחתה של 10% מתקיימת הפחתה של 10% בייצור פוטו-וולטאי למשך כל השבוע, מיום ראשון ועד שבת. לגבי יחידות תרמו סולאריות באשלים, בשל הטכנולוגיה היחודית של היחידות הללו, הן רגישות יותר לרמת קרינת השמש. המשמעות היא שמתחת לרמה מסוימת של קרינה, היחידות מפסיקות לעבוד. בהתאם לכך, הוחלט שבתרחישים בהם הפחתת ייצור שווה או גבוהה מ 60% היחידות יפסיקו לייצר. בתרחישים המניחים הפחתה של 10% עד 50%, הפחתת הייצור ביחידות הללו תתבצע באופן פרופורציונלי לייצור המתוכנן.

חשוב להדגיש שמטרת הבדיקה היא לבחון כיצד המערכת מתמודדת עם הפחתה ממושכת בהיקף הייצור הסולארי, כזאת שמשפיעה על אמצעי אגירת החשמל במהלך היום, ומשליכה על יכולתן להשתתף בייצור בשעות השיא. הבדיקה לא בחנה כיצד הפחתה רגעית בהיקף הייצור הסולארי משפיעה על המערכת.

לצורך ביצוע החישובים, בוצע דימוי כרונולוגי מפורט של פעולת מערכת הייצור עבור התרחישים המתוארים לעיל באמצעות מודל UCOD החישובים התבססו על הנחות היסוד של תרחיש המניח 30% ייצור מאנרגיות מתחדשות וביקוש קיצוני (תרחיש ביקוש מס' 3).

3.7.4 מהלך הבדיקה

- אותרו שלושה שבועות בהם מתרחשים שיא ביקוש עונתי עבור כל אחת מעונות השנה: חורף, קיץ ועונת מעבר.
- בשבועות הנבחרים הופחתה האנרגיה המיוצרת ממתקנים פוטו-וולטים בהתאם לתרחיש שנבדק.
- עבור מתקנים תרמו סולארים עד הפחתה של 50% (כולל) הופחת הייצור באופן פרופורציונלי בהתאם לתרחיש. בתרחישים הגבוהים יותר, 60% עד 100% הוחלט להשבית את היחידות לחלוטין, בדומה למצב בפועל.
- עבור מתקנים משולבים הכוללים יחידות פוטו-וולטיות ואמצעי אגירת אנרגיה, בוצעה הדמיה מחודשת למציאת משטר ההפעלה האופטימלי הרצוי בהתאם לתרחיש.
- בוצעה הרצה כרונולוגית הסתברותית מפורטת באמצעות מודל UCOD עבור תרחישי זמינות שונים של יחידות הייצור והאגירה לצורך מציאת היקף אנרגיה בלתי מסופקת.

3.7.5 תוצאות

תוצאות החישובים שמוצגות בטבלה 3.22 מלמדות על היקף האנרגיה הבלתי ממסופקת הצפוי כתוצאה מהפחתת הייצור ביחידות סולאריות.

טבלה מס' 3.22: אנרגיה בלתי מסופקת לפי עונות השנה
בהתאם לתרחיש ההפחתה בייצור של מתקנים סולאריים (GWh)

שיעור ההפחתה/עונה	מעבר	חורף	קיץ
0%	0.0	0.0	0.5
10%	0.0	0.0	0.6
20%	0.0	0.0	0.8
30%	0.0	0.0	1.7
40%	0.0	0.0	2.3
50%	0.0	0.0	3.5
60%	0.0	0.0	5.5
70%	0.0	0.0	9.6
80%	0.0	0.0	17.7
90%	0.0	0.0	30.4
100%	0.0	0.1	47.3

מניתוח התוצאות ניתן ללמוד שהפחתת הייצור ביחידות הסולאריות שמתרחשת בחורף או בעונות מעבר אינה מובילה לעלייה משמעותית באנרגיה הבלתי מסופקת במערכת. מנגד, הפחתה שמתרחשת בקיץ צפויה להשפיע בצורה משמעותית יותר.

להלן הסבר לתוצאות לעיל:

בהתאם לתרחיש שנבדק במסגרת בדיקת הסיכונים היקף ההספק המותקן במערכת בשנת 2030 כולל:

- 18,490MW הספק תרמי
- 800MW אגירה שאובה
- 1,800MW מתקני אגירה
- 827MW מתקני אגירה במסגרת מתקנים משולבים עם אמצעי ייצור פוטו-וולטאים

באירורים מס' 3.21-3.23 המוצגים בהמשך הסעיף, ניתן לראות עקומי ייצור שיורי (ביקוש מנוכה אנרגיות מתחדשות) לשנת 2030 עבור יום בו מתקיים שיא ביקוש עונתי. העקומים מכילים את כל התרחישים שנבדקו בעבודה. העקום הכתום התחתון מתאר את עקום הייצור השיורי מתרחיש הייחוס המניח ייצור מלא של אנרגיה סולארית. העקום העליון הירוק מתאר את עקום הייצור השיורי מהתרחיש המניח השבתה מוחלטת של מתקנים סולאריים (100%). כל העקומים ביניהם מתארים את תרחישי ההפחתה בייצור הסולארי מ 10% ועד 90% אחוז הפחתה. הקו המקווקו החום מתאר את ההספק הזמין לפי עונה והקו המקווקו הירוק מתאר את ההספק הזמין לפי עונה מנוכה תקלות. שני הקווים כוללים הספק תרמי, אגירה שאובה ומצברים עצמיים, הם אינם כוללים מתקני אגירה במסגרת מתקנים משולבים.

כללי

הפחתת הייצור של יחידות סולאריות בהתאם לתרחיש ההפחתה תוביל לשינויים הבאים בעקום הביקוש השיורי (ביקוש מנוכה אנרגיות מתחדשות):

בשעות השמש צפויה עלייה שנובעת מירידה משמעותית של הייצור ביחידות פוטו-וולטאיות עצמאיות שמהוות כ-85% מהייצור הסולארי במערכת.

בשעות הערב, לאחר שקיעת השמש צפויה עלייה מתונה בעקום הייצור השיורי. העלייה מתרחש כתוצאה מהפחתה בייצור של יחידות תרמו סולאריות, שחלקן ממשיכות לייצר גם לאחר שקיעת השמש, לרוב בהיקפים נמוכים. בנוסף, קיימים מתקנים פוטו-וולטאים משולבים עם אמצעי אגירה שמהווים חלק משמעותי מהייצור "הסולארי" בשעות הערב. מכיוון שהיחידות הללו נדרשות לפעול בהתאם לצרכים המערכתיים, נדרשה בחינה מעמיקה של המשטרים הצפויים לאחר הפחתת הייצור במתקנים הללו. לכן, עבור כל תרחיש שנבדק בוצעה הדמיה שבוחנת את משטר ההפעלה

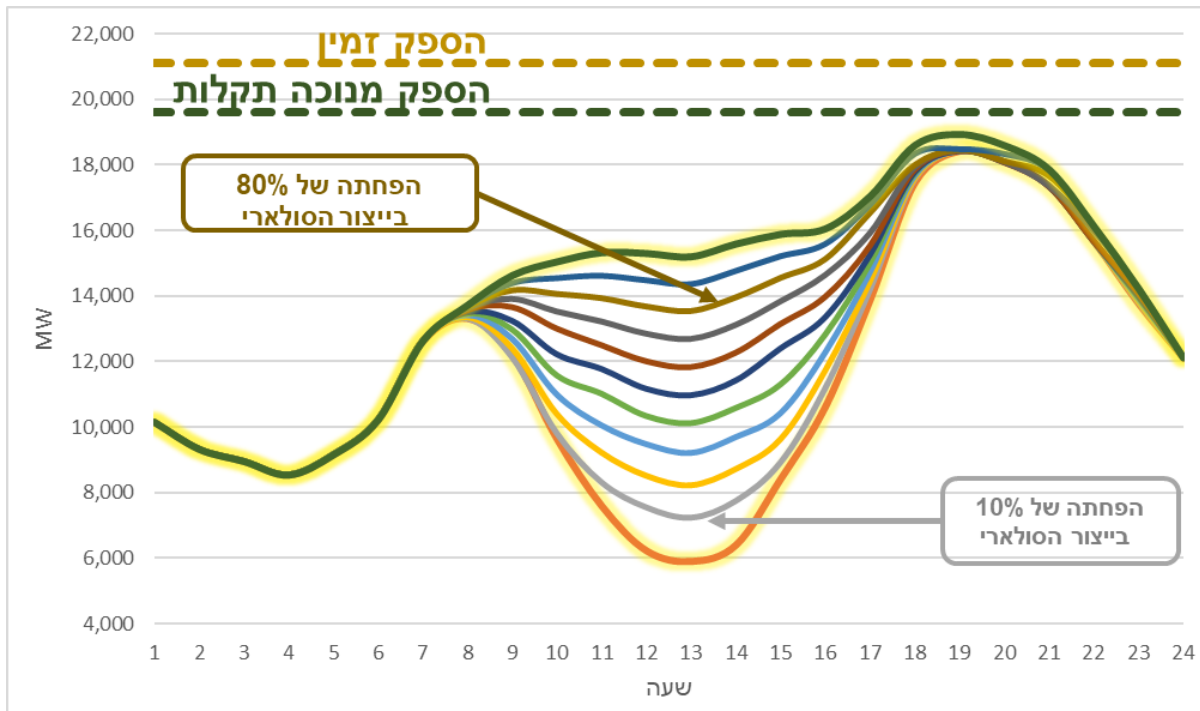
האופטימלי הרצוי מבחינה מערכתית עבור המתקנים הללו. תוצאות האופטימיזציה הצביעו על כך שבכל רמות ההפחתה בחורף, מנהל המערכת ידרוש מהמתקנים הללו לאגור אנרגיה בשעות היום ולפרוק את האנרגיה שנאגרה בשעות הערב, בהן מתרחש לרוב שיא הביקוש. כלומר, גם בתרחיש בו מתקיימת הפחתה משמעותית בהיקף הייצור הסולארי, היחידות יאגרו את כל האנרגיה שמייצרים הפנאליים בשעות הצהריים ויוכלו להשתתף בייצור בשעות השיא. לגבי הקיץ והסתיו, ברמות הפחתה נמוכות משטר ההפעלה יהיה בהתאם למשטר של החורף. עבור רמות הפחתה גבוהות, שמסיתות את שיא הביקוש מהערב לצהריים, תצומצם הטעינה בשעות הצהריים ובמקומה יתבצע ייצור ישיר לרשת. בימים בהם היקף העתודה הוא נמוך מאוד, לא יהיה ניתן לבצע טעינה בשעות הצהריים.

חורף

ביקוש שיורי ושיאי ביקוש: איור מס' 3.21 מלמד על העקום הייצור השיורי בחורף בהתאם לתרחישי ההפחתה. ניתן לראות שבעונת החורף השיא מתרחש בשעות הערב, ללא תלות בהיקף הייצור של יחידות סולאריות במערכת. בשעות הללו אין ייצור של יחידות פוטו-וולטאיות עצמאיות שמהוות כ-85% מהייצור הסולארי במערכת. לעומת זאת, בשגרה (תרחיש ייחוס) בשעות הערב צפוי ייצור מיחידות תרמו סולאריות וממתקנים המשלבים יחידות פוטו-וולטאיות עם אמצעי אגירה. לגבי יחידות תרמו סולאריות: הונח שהיקף הייצור של היחידות הללו בשעות הערב הוא נמוך באופן יחסי ולכן הפחתה בהיקף הייצור של היחידות הללו כמעט ולא תורגש. לגבי מתקנים פוטו-וולטאים משולבים עם אמצעי אגירה, שמהווים חלק גדול יותר מהייצור: עבור כל התרחישים שנבדקו בוצעה הדמיה שבוחנת את משטר ההפעלה האופטימלי הרצוי מבחינה מערכתית עבור המתקנים הללו. תוצאות ההדמיה הצביעו על כך שבכל תרחישי ההפחתה, מנהל המערכת ידרוש מהמתקנים הללו לאגור אנרגיה בשעות היום ולפרוק את האנרגיה שנאגרה בשעות הערב, בהן מתרחש שיא הביקוש. כלומר, גם בתרחיש בו מתקיימת הפחתה משמעותית בהיקף הייצור הסולארי, היחידות יאגרו את כל האנרגיה שמייצרים הפנאליים בשעות הצהריים ויוכלו להשתתף בייצור בשעות השיא בערב. לסיכום, הפחתה בהיקף הייצור הסולארי בהתאם לתרחישים שנבדקו, משנה באופן מינורי את שיא הביקוש השיורי בחורף.

משטר הפעלה של אמצעי אגירה והספק זמין במערכת: משטר הפעלה של אמצעי אגירה באירועים מהסוג שבחנו הוא קריטי למערכת. פרמטר חשוב שמאפשר למערכת לעבור אירועים מהסוג הזה הוא האפשרות להטעין את אמצעי האגירה לפני שעות השיא. היקף ההספק התרמי במערכת בתרחישים שנבדקו הוא כ-17150 MW ו-2600 MW מתקני אגירה עצמאיים הכוללים אגירה שאובה ומצברים. בחינה של התוצאות שמוצגות באיור מס' 7.3 מגלה שגם בתרחיש בו אין ייצור סולארי, קיימות מספיק שעות לפני שעות השיא בהן ההספק התרמי במערכת מאפשר לבצע טעינה של מתקני אגירה בהיקף הנדרש. לשם כך, מתקני האגירה ישנו את משטר הפעולה שלהן. בשגרה, אמצעי האגירה צפויים לאגור אנרגיה בעיקר בשעות הצהריים, בהן הביקוש השיורי הוא נמוך באופן

יחסי. מכיוון שבתרחישים שנבדקו הביקוש השיורי בשעות הצהריים עולה ביחס לביקוש השיורי בשעות הלילה, צפויה הסתה של אגירת אנרגיה לשעות הלילה.



איור 3.21: עקומי ייצור שיורי ביום שיא חורף לפי תרחישי הפחתה שתוארו

סיכום:

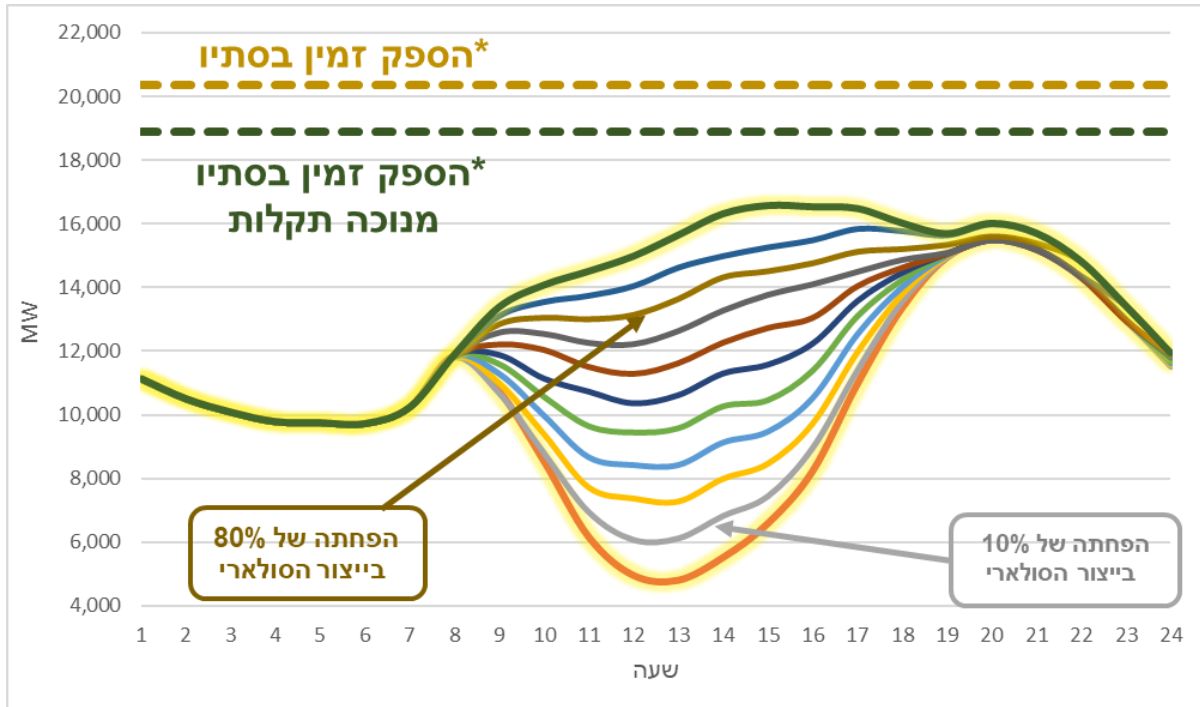
1. שיא הביקוש השיורי בחורף כמעט ואינו מושפע מההפחתה בייצור הסולארי והוא נשאר בשעות הערב בכל תרחישי ההפחתה.
2. מספר השעות בהן מתרחש שיא הביקוש לא משתנה באופן מהותי כתוצאה מההפחתה ולכן לא צפויה פגיעה ביכולת של אמצעי אגירה להשתתף הייצור.
3. היקף העתודה בחורף נפגע באופן מינורי, באופן שמאפשר לעבור אירועי מזג אוויר מהסוג שנבדק.

סתיו (עונת מעבר)

ביקוש שיורי ושיאי ביקוש: איור מס' 3.22 מלמד על העקום הייצור השיורי בסתיו בהתאם לתרחישי ההפחתה. כאשר אירוע מזג האוויר מוביל לירידה של עד 70% בייצור הסולארי, שיא הביקוש השיורי צפוי להתרחש בשעות הערב. הפחתה שמעבר ל-70% תעביר את שיא הביקוש השיורי לשעות הצהריים.

משטר הפעלה של אמצעי אגירה והספק זמין במערכת: גם כאן בדומה לחורף, בתרחישים המניחים הפחתה משמעותית בייצור הסולארי, אגירת אנרגיה תעבור משעות הצהריים לשעות הלילה. כמו

כן, בשל העתודה הגבוהה הקיימת בתקופה הזאת, לא צפויה בעיה לבצע את הטעינה נדרשת לאמצעי האגירה, גם בתרחיש הקיצון המניח שלא יהיה ייצור סולארי במערכת כתוצאה מאירוע מזג אויר.



*בתקופת הסתיו קיימת הפחתה בהספק של ט"ג ומחז"מים בשיעורי של כ-5% בממוצע

איור 3.22: עקומי ייצור שיורי ביום שיא בסתיו לפי תרחישי הפחתה שתוארו

סיכום:

1. בעונת מעבר הפרמטר המרכזי שמשפיע על יכולת המערכת לעבור אירוע מהסוג שנבדק הוא היקף העתודה במערכת. בשגרה, בעונות הללו קיימת עתודה בהיקפים משמעותיים ולכן המערכת צפויה להתמודד בהצלחה עם אירועים מהסוג שבחנו.
2. בסתיו ובאביב (ספטמבר, אוקטובר, מאי ויוני) הפחתה משמעותית בהיקף הייצור הסולארי מביאה להתארכות מספר השעות בהן מתרחש שיא הביקוש. לכן, תיתכן השפעה על יכולת מתקני האגירה להשתתף בייצור בכל שעות השיא.

היץ

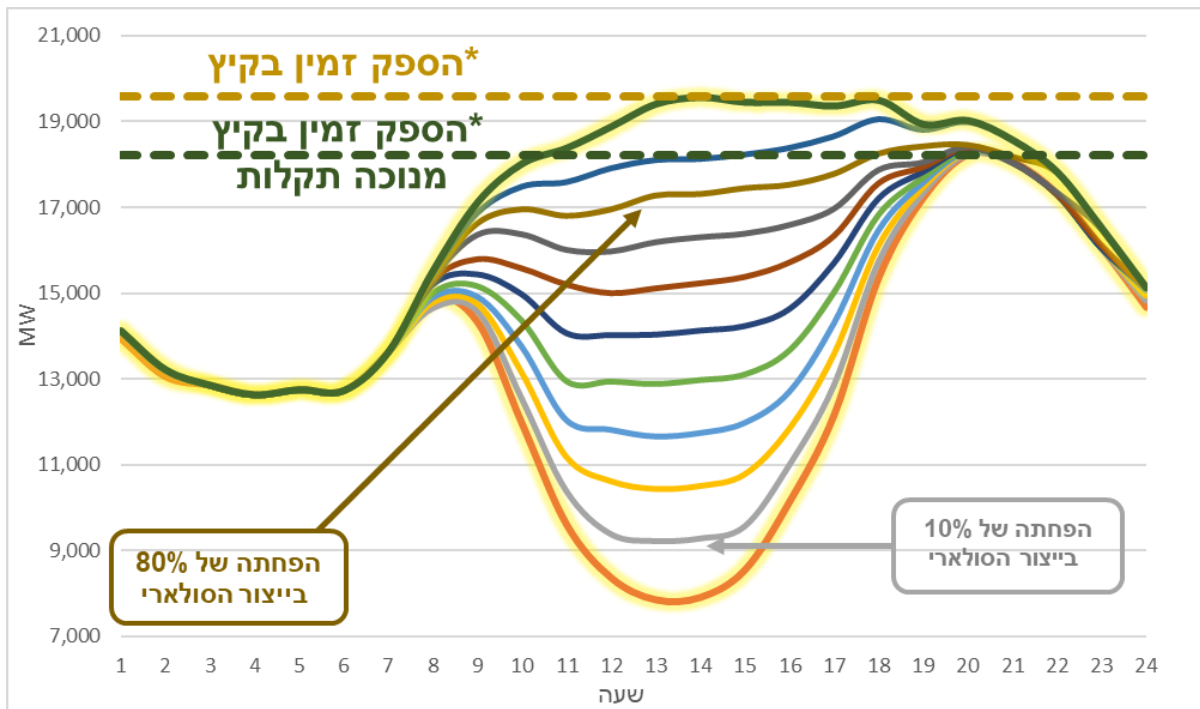
ביקוש שיורי ושיאי ביקוש

איור מס' 3.23 מלמד על העקום הייצור השיורי בקיץ בהתאם לתרחישי ההפחתה. כאשר אירוע מזג אויר מוביל לירידה של עד 70% בייצור הסולארי, שיא הביקוש השיורי צפוי להתרחש בשעות הערב, הפחתה שמעבר ל-70% תעביר את שיא הביקוש השיורי לשעות הצהריים.

משטר הפעלה של אמצעי אגירה והספק זמין במערכת:

בקיץ היקף העתודה במערכת הוא הקטן ביותר בשנה. בתקופה הזאת הביקוש לחשמל נמצא בשיא בדומה לעונת החורף. בנוסף, קיימת הפחתה בהספק הזמין של ט"ג ומחז"מים. ההפחתה נגרמת מהטמפרטורה הגבוהה בשילוב עם הלחות, אשר מקשים על הפעולה של ט"ג והמחז"מים. בממוצע קיימת ירידה של כ-10% בהספק הזמין של היחידות הללו שמהוות כ-80% מההספק התרמי במערכת ולכן להפחתה הזאת השפעה מכרעת על העתודה במערכת. בשנת 2030 היקף הירידה בהספק הזמין בקיץ כתוצאה מהשפעות שתוארו היא כ-1300MW. המשמעות היא שגם אם שיא הביקוש בחורף זהה לשיא הביקוש בקיץ, עדיין היקף העתודה במערכת יהיה קטן יותר בקיץ. באיור מס' 3.23 ניתן לראות הקו הירוק המקווקו, שמתאר את ההספק הזמין מנוכה תקלות, חותך את העקום השיורי בשעות הערב, גם בתרחיש הייחוס. כלומר, קיימת אנרגיה בלתי מסופקת בהיקף זניח גם ללא הפחתת הייצור הסולארי כתוצאה מאירוע מזג אויר. בהתאמה, רואים שככל שהיקף ההפחתה בייצור הסולארי עולה קיימת עלייה בהיקף האנרגיה הבלתי מסופקת.

בתרחישי ההפחתה הגבוהים (החל מ-80% הפחתה), רואים קפיצה משמעותית בהיקף האנרגיה הבלתי מסופקת. מאיור מס' 3.23 ניתן לראות שהחל מתרחיש 80% הפחתה, שיא הביקוש השיורי מתחיל בשעה 13:00 במקום בשעה 19:00 בתרחישים עם הפחתה קטנה יותר. המשמעות הישירה היא התארכות דרמטית של משך שיא הביקוש השיורי. מכיוון שבמערכת קיימים מספר אמצעי אגירה עם קיבולת ייצור של 4 שעות, הם לא יוכלו להשתתף בייצור החשמל בכל שעות השיא שנמשכות כ-9 שעות רצופות. בהתאם למתואר אגירת אנרגיה תעבור משעות הצהריים לשעות הלילה.



*בתקופת הקיץ קיימת הפחתה בהספק של ט"ג ומחז"מים בשיעורי של כ-10% בממוצע

איור 3.23: עקומי ייצור שיורי ביום שיא קיץ לפי תרחישי הפחתה שתוארו

סיכום:

1. הפחתת הייצור הסולארי צפויה להוביל לעלייה בהיקף האנרגיה הבלתי מסופקת כאשר היא תתרחש בימים בהם מתקיים שיא ביקוש עונתי וזאת כתוצאה מעתודה נמוכה.
2. בתרחישי ההפחתה הנמוכים, עיקר ההשפעה מיוחסת לירידת הייצור ביחידות תרמו סולאריות וליחידות המשלבות מתקנים פוטו-וולטאים עם מתקני אגירת אנרגיה.
3. בתרחיש ההפחתה הגבוהים, מעבר של שיא הביקוש השיורי לשעות הצהריים והתארכות מספר השעות בהן מתרחש שיא הביקוש לעיל יגבילו את האפשרות של אמצעי אגירה להשתתף בייצור בשעות הללו ובהתאם יובילו לעלייה משמעותית בהיקף האנרגיה הבלתי מסופקת במערכת.
4. חשוב להדגיש שבניגוד לאירועי מזג האוויר שתוארו בחורף ובעונת מעבר, שמתרחשים כמעט בכל שנה בעוצמות שונות (בעיקר נמוכות), אירועי מזג אוויר קיצוניים בקיץ, מהסוג שבחנו בבדיקה הם מאורע נדיר יותר.

3.8. סיכום

המטרה העיקרית של העבודה הנוכחית הינה להמליץ בפני קברניטים משק החשמל בישראל על הצעדים המיטביים בהם יש לנקוט להבטחת אמינות ההספקה ולמזעור עלויות החשמל וזאת, תוך התחשבות באי-הוודאות הגוברת בנתוני קלט רבים הנדרשים לתכנון הפיתוח של מערכת הייצור. בניית תוכנית פיתוח מתבססת בעיקר על תחזית הביקוש לחשמל. בשנים האחרונות התרחשו מספר אירועים שגרמו לגידול מאוד משמעותי באי-הוודאות לגבי הביקוש לחשמל הצפוי בעתיד. יש לציין ביניהם את הנקודות הבאות:

- פנדמיה הקורונה שהתפרצה בעולם בסוף 2019 גרמה להאטה בכלכלה העולמית. עדיין לא ברור מתי הפנדמיה תפוג ואיך הכלכלה תתפתח בהמשך.
- החדירה המסיבית הצפויה של רכבים חשמליים במדינה אמורה להגדיל את הביקוש לחשמל. היקף העתידי של הרכבים החשמליים ואופי טעינתן הינם גורמי אי-וודאות המשפיעים לא רק בצריכה החשמל אלא גם בפרופיל היומי שלה.

ב- 25/10/2020 התקבלה החלטת ממשלה להגדיל באופן משמעותי את ייצור החשמל באמצעות אנרגיה מתחדשת ולהגיע בשנת 2030 להיקף של 30% מסך הייצור.

הגידול ההדרגתי בהיקף ייצור החשמל באמצעות אנרגיה מתחדשת יגרום לירידה מתמדת במהלך השנים בכמות הסגולית של פליטות מזהמים למיניהן וגזי חממה (פליטות ליחידת אנרגיה מיוצרת) וזאת, למרות העלייה בביקוש.

רוב הפוטנציאל של אנרגיה מתחדשת בישראל מתבסס על אנרגיה סולארית. כתוצאה מהגדלת הייצור באנרגיה סולארית לרמות גבוהות, שיאי הביקוש השיוריים היומיים בחודשי הקיץ יזוזו משעות הצהריים לשעות הערב, דבר שישפיע על אופי משק החשמל גם מבחינת תפעולית וגם מבחינת מסחרית. בעידן החדש, בעל היקף ייצור צפוי באנרגיה מתחדשת של 30%, מנהל המערכת יחויב לשנות באופן מהותי את משטר ההפעלה הנהוג כיום של יחידות הייצור.

היקף ייצור באמצעות אנרגיה מתחדשת בשנת 2020 היה כ- 5.7% בפועל ובשנת 2021 צפוי להגיע לכ- 7.4% בפועל. ניתן לראות שעל פי קצב ההשתלבות הנוכחי של מתקני סולאריים, קיימת אי וודאות לגבי השגת היעד של הממשלה המניח שיעור ייצור באמצעות אנרגיה מתחדשת של 30% בשנת 2030.

בעקבות רמת האי-הוודאות הגדולה לגבי תחזית הביקוש לחשמל ולגבי היקף הייצור באנרגיה מתחדשת, נבדקו בעבודה הנוכחית מספר תרחישים ונבנתה תוכנית פיתוח מומלצת של מערכת הייצור שתיתן מענה לטווח רחב של תסריטים אפשריים.

מתודולוגיה מפורטת שנבנתה לתכנון הפיתוח של מערכת הייצור תחת אי-וודאות, מתוארת בסעיף 3.3 ויש לציין הנקודות הבאות:

- תוכניות הפיתוח של מערכת ייצור החשמל לטווח ארוך נועדו לקבוע את תוספת יחידות הייצור הנדרשות במערכת, סוגן, הספקן ומועד הפעלתן. כל תרחיש מתאר צירוף אפשרי של אירועי העתיד כמו תחזית הביקוש לחשמל והיקף הייצור באנרגיה מתחדשת. במטרה לכסות מספר רב של מצבים אפשריים, יש לבחון את חלופות הפיתוח בתרחישים עתידיים שונים הנקבעים בהתאם לטווח האי-הוודאות.

בבנייה תוכניות הפיתוח האופטימליות עבור התרחישים השונים, נסקרה לעומק האפשרות להוסיף טכנולוגיות לייצור חשמל, אשר עדיין אינן בשימוש בארץ או לחילופין שנכנסו במערכת רק לאחרונה כגון, יחידות אגירה שאובה, סוגים מתקדמים של יחידות במחזור משולב ושל טורבינות גז יעילות ומתקני אגירה למיניהם.

- מאחר שכל תוכנית פיתוח היא אופטימלית עבור התרחיש הספציפי בו נבנתה, בתנאי אי-ודאות, התוכנית המומלצת אמורה להיות תוכנית שתוכל להתמודד היטב עם כל התרחישים האפשריים.

- מסלול הפיתוח הרצוי לטווח ארוך צריך, מצד אחד, להתחשב בהנחות היסוד הכוללות בין היתר את הנתונים והאילוצים העכשוויים, אך, מצד שני, גם צריכה להיות בו גמישות מספקת כדי להתאימו לתנאים משתנים בעתיד. לשם כך נדרש גם מעקב צמוד אחרי התפתחות הגורמים המשפיעים, כדי לאפשר אבחון התרחיש המתגשם והתאמת תוכנית הפיתוח לצרכים המעודכנים.

בהתחשב בהנחות היסוד של העבודה הנוכחית, תוספת הגנרציה וההדממות המתוכננות בשנים הקרובות הינן כפי שמתואר בטבלה מס' 3.23.

טבלה מס' 3.23: תוספת הגנרציה* וההדממות המתוכננות עד שנת 2027 (מגוואט)

שנה	מחז"מ / ט"ג	אגירה	מתקני גז בחלוקה	אגירה שאובה	פוטו-וולטאי משולב אגירה	רוח	הדממה
1.7.2021-31.12.2021	0	0	60	0	0	109	0
2022	644	0	100	0	0	0	-1,148
2023	1,456	0	140	344	168	271	-720
2024	0	0	0	0	350	113	0
2025	0	0	0	0	309	104	0
2026	0	0	0	156	0	0	0
2027	100	0	0	0	0	0	-912

* פרט לתוספת של יחידות PV המשתנה בהתאם לתרחיש (ראה טבלה מס' 3.13)

כפי שצוין לעיל, שילוב אמצעי ייצור פוטו-וולטאים בהיקפים כה גדולים ישנו את פעולת מערכת הייצור באופן חסר תקדים. מעבר ממערכת יציבה בעלת אופי מונוטוני לגבי שינויים בעומס, למערכת מורכבת בה העומס עולה ויורד באופן דרמטי, מחייב שילובם של כלים חדשים שיאפשרו התמודדות עם המורכבות הקיימת במערכת מסוג זה. בחינה מעמיקה של הכלים הקיימים בשוק מגלה ששילובם של אמצעי אגירה הינו הכלי היעיל ביותר להתמודדות עם בעיות התפעול שיוצרו במערכת כזו.

בהתאם לתוכנית הפיתוח האופטימלית, בהנחה שהיקף הייצור באנרגיה מתחדשת בשנת 2030 יגיע לכ- 30%, נדרשת תוספת של מתקני אגירה בהיקף של 1,800-2,000 מגוואט עד שנת 2030 וזאת מעבר למתקני אגירה המתוכננים להשתלב במערכת על פי ההנחות היסוד. אגירה אנרגיה בשעות הצהריים ופריקת אנרגיה אגורה בשעות הערב במערכת בעלת היקף גדול של יחידות סולאריות, מצמצמת פערים בעומס ומקטינה צורך בהתנעות/הפסקות מיותרות של יחידות ייצור אחרות. בנוסף, יש לציין שפעולת מתקני אגירה במערכות כאלו, מעלה את העומס בשעות הצהריים וכתוצאה, מצמצמת מצבים בהם קיימת אנרגיה מושלכת בשעות האלו.

יחד עם זאת, בהנחה שהיקף הייצור באנרגיה מתחדשת בשנת 2030 יגיע רק ל- 18%, תוספת של 2,000 מגוואט באמצעי מתקני אגירה בלבד, ללא תוספת יחידות קונבנציונליות תצביע על היקף אנרגיה בלתי מספקת לא רצוי.

תוכנית פיתוח מערכת הייצור עד שנת 2030 שתיתן מענה לטווח רחב של תסריטים אפשריים בהתחשב גם בחוסר הניסיון התפעולי עם מערכת בעלת היקף מוגבר של מתקני אגירה מתוארת בטבלה מס' 3.24.

טבלה מס' 3.24: תוכנית פיתוח מערכת הייצור עד שנת 2030 בתנאי אי-וודאות
(מעבר לפיתוח המתואר בטבלה מס' 3.23)

שנה	מחז"מ	אגירה
2027	0	100
2028	670	600
2029	670	500
2030	0	600

תוספת הגנרציה המתוארת בטבלה מס' 3.24 לעיל הינה התוספת המומלצת טרם התחשבות בדרישות מערכת החשמל מבחינת דינמיקת המערכת ומבחינת מערכת המסירה.

בהתאם לדרישות דינמיקה המערכת, כפי שיפורט בפרק 4, נדרשת תוספת של אגירה בהיקף של 500MW לרבע שעה לפחות לצרכי שירותים נלווים (ראה טבלה מס' 3.25).

טבלה מס' 3.25: תוכנית פיתוח מערכת הייצור עד שנת 2030 בתנאי אי-וודאות
בהתחשב בדרישות דינמיקת המערכת
(מעבר לפיתוח המתוכנן שבטבלה מס' 3.23)

שנה	מחז"מ	אגירה
2023	0	*400
2024	0	0
2025	0	0
2026	0	*100
2027	0	100
2028	670	600
2029	670	500
2030	0	600

* אגירה בהיקף של 500MW לרבע שעה לפחות לצרכי שירותים נלווים

בהתאם לדרישות מערכת המסירה, כפי שיפורט בפרק 5, נדרשת הפעלה של חלק מהאגירה המתוארות בתוכנית הפיתוח לעיל במועד מוקדם יותר.

בהתאם לכך, **תוכנית הפיתוח המומלצת של מערכת הייצור עד שנת 2030** בהתחשב בכל האי-הוודאויות לעיל, בדרישות דינמיקת המערכת ובדרישות מערכת המסירה מתוארת בטבלה מס' 3.26.

טבלה מס' 3.26: תוכנית פיתוח מערכת הייצור עד שנת 2030 בתנאי אי-וודאות בהתחשב בדרישות דינמיקת המערכת ומערכת המסירה

(תוכנית הפיתוח המומלצת)

(מעבר לפיתוח המתוכנן שבטבלה מס' 3.23)

שנה	מחז"מ	אגירה
2023	0	*400
2024	0	0
2025	0	300
2026	0	*100
2027	0	100
2028	670	400
2029	670	500
2030	0	500

* אגירה בהיקף של 500MW לרבע שעה לפחות לצרכי שירותים נלווים

בהתבסס בתוכנית הפיתוח המומלצת לעיל, נבחנה מוכנות המערכת לאירועי מזג אויר שיובילו לירידה בהיקף הייצור של יחידות סולאריות לדרגות שונות. על פי תוצאות הבדיקה, אירועים אלו לא אמורים להוביל לאי הספקת חשמל בהיקפים רחבים.

3.9. המלצות

- קידום התהליכים הנדרשים להקמת שני מחז"מים חדשים החל משנת 2028.
- קידום התהליכים הנדרשים להקמת מתקני אגירה בהיקף של כ- 1,800-2,000 מגוואט עד שנת 2030 וזאת החל משנת 2025, ובנוסף בהיקף של כ- 400-500 מגוואט מתקני אגירה לתגובת תדר מהירה החל משנת 2023.
- מניעת דחייה בביצוע התהליכים לעיל, במטרה לא להביא את המערכת למצב חירום עם פגיעה ביכולת הספקת החשמל.
- ביצוע מעקב שוטף אחר קצב השילוב של מתקני PV במערכת וקצב החדירה של רכבים חשמליים. בהתאם להתפתחויות, יש לעדכן את היקף הנדרש של היחידות לעיל.
- ביצוע מעקב אחר השתלבות של מתקני אגירה הנדרשים במערכת. במידה שמסיבות לא צפויות, הפרויקטים האלו לא יתממשו במועד הנדרש, יש לשקול שילוב אמצעי ייצור חלופיים.
- הבטחת השליטה של מנהל המערכת על משטר ההפעלה של מתקני אגירה הן ברשת ההולכה והן ברשת החלוקה באמצעות אסדרה מתאימה.

פרק 4: היבטים דינמיים בתוכנית פיתוח המערכת

מבוא 4.1

ניתוח התופעות הדינמיות בוצע עבור תוכנית פיתוח הייצור המומלצת הכוללת 30% ייצור באנרגיה מתחדשת לפי יעד הממשלה לשנת 2030. בנוסף, נבדקו השלכות של שילוב אנרגיה מתחדשת בהיקף נמוך יותר של 18% ו-24% עד שנת 2030.

נבחנה יכולת המערכת להתמודד עם מצבי תקלה, מחד, ולתפקד באופן מספק במצב שגרה, מאידך. במסגרת זו נבדקה תקלה מסוג הפסקה מאולצת של יחידת ייצור, ונבחנה השפעת התנודות בייצור הסולארי עקב תנועת עננים במצב שגרה.

מטרת העבודה היא להגדיר קריטריונים להבטחת יציבות התדר, ולקבוע את הצעדים הנדרשים כדי להבטיח שהמערכת תעמוד בקריטריונים אלו במצבי תקלה ובשגרה.

העבודה המוצגת בפרק זה הינה תוצר של אינטגרציה של מידע שהתקבל ממקורות שונים בחברת נגה.

מחלקת טכנולוגיות ומודלים לייצור ואגירה סייעה בהגדרת פתרונות שונים אפשריים שישמשו כעתודות להבטחת התגובה לתיקון התדר, והשוואה בין הטכנולוגיות השונות.

ממחלקת פיתוח מערכת הייצור התקבלו תסריטי הייצור השונים שנבדקו, כולל תסריטים ששימשו להערכת עלויות של חלופות ייצור שונות במהלך חיפוש אופטימלי אחר פתרונות שיבטיחו שמירה על יציבות התדר בתקלות.

ממחלקת תוכניות מיתאר וממחלקת פיתוח מערכת המסירה התקבל הפיזור החזוי של השטחים המיועדים לייצור אנרגיה סולארית עד 2030, שמוקמו בעזרת צוות GIS של נגה על המפות על מנת לשייכם לנקודות מהן אנו מקבלים מדידות קרינה ולהעריך את ההספק שייצור בכל אזור.

מחטיבת התפעול התקבלו מדידות של התנהגות יחידות הייצור בכל אחד מהאירועים בהם הייתה נפילת יחידת ייצור שהתבטאה בירידת תדר, שעזרו להתאים את המודלים שבהדמיות למציאות בשטח. בנוסף, התקבל מחטיבת התפעול היקף הייצור ממתקנים סולאריים בכל זמן נתון, מידע שמשמש להתאמת המודלים להערכת תנודות ההספק עקב תנועות עננים.

הניתוח הסטטיסטי נעשה בעזרת היחידה לחיזוי ולמידע, והוא ישמש ככלי לקביעת קריטריונים להגדרת העתודות.

הנחות היסוד ששימשו לביצוע ההדמיות מפורטות בתחילת הפרקים הרלבנטיים.

פרק זה מציג את המסקנות וההמלצות שהתקבלו עד לנקודת זמן זו. יש להמשיך ולנתח את הצורך במתן פתרונות לאתגרים הדינמיים שנבעים משילוב אנרגיות מתחדשות בהיקף נרחב.

4.2 אתגרים דינמיים בשילוב אנרגיות מתחדשות

שילוב אנרגיות מתחדשות מעלה אתגרים דינמיים משמעותיים שיש להתייחס אליהם בבניית התוכנית האינטגרטיבית. האתגרים העיקריים הינם: **יציבות התדר, יציבות המתח, ויציבות מעבר.**

א. **יציבות התדר** מוגדרת לפי היכולת של מערכת ההספק לחזור לשיווי משקל לאחר הפרעה משמעותית, וללא חריגה בתדר העלולה לגרום להפסקת יחידות ייצור או צרכנים. כדי למנוע חריגות בתדר יש לשמור על איזון בין היקף ייצור ההספק הממשי וצריכתו בכל עת.

שלושה גורמים עיקריים משפיעים על יציבות התדר: **אינרציה, עתודות, וגודל ההפרעה.**

האינרציה משפיעה ישירות על קצב שינוי התדר בקורות אירוע הגורם לחוסר איזון בין ייצור לצריכה. הגדלת השימוש באנרגיות מתחדשות חסרות אינרציה, כמו מתקנים סולאריים, תבוא על חשבון הפעלת יחידות בעלות אינרציה רבה, ולכן צפויה ירידת אינרציה מערכתית הדרגתית, שתגרום השתנות תדר מהירה, ועקב כך התדר פחות ניתן לניהול בעזרת מערכות הבקרה הקיימות.

עתודות נדרשות כדי לשמור על איזון בין ההספק הממשי המיוצר מחד, והצרכנות מאידך, בשגרה ובעת תקלה. ישנם סוגים שונים של עתודות המוגדרות בעיקר על פי מהירות היכולת לספק אותן: מיידית, סובבת, וקרה.

גודל ההפרעה משפיע ישירות על חוסר האיזון הנוצר ועל חומרת החריגה של התדר. כניסת יחידות ייצור עם הספקים גבוהים מעלות את גודל ההפרעה האפשרי.

מעבר לכך ישנה גם הפרעה מסוג תנודתיות בהספק המיוצר באנרגיות מתחדשות. המקור העיקרי לתנודתיות הינו הייצור הסולארי שיהיה בעל נתח משמעותי ביותר, ומושפע בעיקר מתופעות צפויות יותר כגון זריחה ושקיעה, וצפויות פחות כמו תנועת עננים.

ב. **יציבות המתח** הדינמית מוגדרת כיכולת המערכת לשמור על רמות מתח סבירות במהלך ולאחר קצרים. בעתיד, עקב העובדה שהממירים כמעט ואינם תורמים לזרמי קצר, תהיה ירידה כללית בזרמי הקצר, שתביא לירידה בחוזק המערכת ולירידה בביצועים הדינמיים של המערכת. ירידה בזרמי הקצר עלולה לפגוע גם בפעילות ההגנות, ותייצור קושי לזהות ולסלק קצרים, דבר שמהווה בעיה בטיחותית.

לאחר הקצר, מהירות ואיכות התאוששות רמות המתח תלויות בסך ההספק הריאקטיבי של יחידות הייצור. ירידה בהספק הריאקטיבי עקב מיעוט יחידות סינכרוניות עלולה להתבטא בהתאוששות איטית של המתח ובתנודות מתח משמעותיות.

המחסור בהספק ריאקטיבי במצב שגרה יוביל לסטיות גדולות יותר של מתח וליותר אירועים של שקיעות מתח.

הפתרון הנדרש יכלול אספקת הספק ריאקטיבי במקומות ספציפיים.

ג. **יציבות המעבר** מתארת את היכולת של מערכת ההספק להישאר בסנכרון כאשר היא נחשפת להפרעה חמורה חולפת. אם מאבדים היקף גדול של ייצור עקב אובדן יציבות המעבר אזי המערכת עלולה להתמוטט. עם גידול היקף המתחדשות יהיו פחות יחידות סינכרוניות ופחות אינרציה במערכת, דבר שיפגע ביציבות המעבר שלה. יציבות המעבר ויציבות המתח קשורות זו לזו ויש לנקוט למניעתן בפעולות דומות. יציבות זו מושפעת משני גורמים עיקריים: מומנט הסנכרון, ומומנט הריסון.

מעבר לאתגרים דלעיל, במצב עלטה נדרש להתחיל את המערכת ע"י התנעה שחורה. כאשר רוב הייצור מבוסס על מתחדשות, יהיו פחות יחידות שמתאימות לביצוע שיקום המערכת. תוכניות המגירה המוכנות למסלולי שיקום המערכת תצטרכנה להשתנות בהתאם. הפתרון האפשרי הוא להשתמש בממירים שיתאימו לבצע התנעה שחורה (למשל מסוג grid forming).

בעיה נוספת הנובעת מהפחתת מספר הגנרטורים הסינכרוניים והעלאת השימוש במקורות מבוססי ממירים היא פגיעה באיכות החשמל, כי הם מגדילים את הזרקה ההרמוניות לרשת. גם חיבור כבלים ארוכים בחלקים החלשים של המערכת, למשל לצורך חיבור טורבינות רוח, מוסיף תהודה שעלולה להגביר את העיוות ההרמוני.

הטכנולוגיות החדשות דורשות שימוש בכלי הדמיה מתאימים ושימוש במודלים דינמיים מעודכנים, כולל איסוף כמויות גדולות של נתונים ואפשרויות לתת תחזית להיערכות לאירועי מזג אוויר.

4.3 סקר שירותי עתודה ליציבות התדר

על מנת לשמור על איזון בין ההספק הנצרך למיוצר וכדי לשמור על תקינות התדר, ידרשו בעתיד שירותי עתודה אשר יספקו על ידי שוק מתאים וירכשו ע"י מנהל המערכת. כחלק מהתוכנית האינטגרטיבית, נדרש להגדיר את העתודות ואת היקפן כפי שיידרשו לאורך השנים. במסגרת עבודה זו ועבודות ההמשך שלה יוגדרו העקרונות הרלבנטיים לניהול המערכת, כגון נוהל עקרונות התפעול אשר יש לעדכן.

לטובת אלו נעשה סקר ספרות של שירותי העתודה ויציבות התדר בעולם, אשר כולל ארבעה אזורים: אירופה, אוסטרליה, אנגליה ואירלנד.

מהסקר ניתן להבחין שבנוסף ליישום העתודות המוכרות המתקבלות מבקרה ראשונית, שניונית ושלישונית, קיים צורך בעתודות נוספות, מהירות יותר ומגוונות יותר. במדינות שונות כבר החלו ליישם עתודות מסוגים מתקדמים אלה.

4.4 מתודולוגיות לבדיקות הדינמיות

העבודה על התוכנית האינטגרטיבית הסתמכה על מספר כלים ושיטות עבודה שאיפשרו ניתוח סטטיסטי וחצי-אוטומטי של עשרות אלפי תרחישים לאורך השנים.

לניתוח המערכת בזמני שגרה, ולהתחשבות בתנודות הספק הנובעות מתנועת עננים נעשה שימוש בתוכנת "ברכת החמה" שפותחה בחטיבת תכנון ופיתוח, ועברה שדרוגים והתאמות רבות במהלך השנה האחרונה.

התוכנה משתמשת במדידות קרינה שמצטברות ממקומות שונים החל משנת 2018, במידע על ייצור הספק ממתקני ייצור סולאריים ברמות המתחים השונות במערכת, ובמידע על הפיזור הגיאוגרפי הקיים והמתוכנן של מתקני הייצור הסולאריים. על בסיס מידע זה מחושבות התנודות הצפויות בהספק המיוצר ממתקנים אלה, ונעשה ניתוח סטטיסטי שיאפשר קבלת החלטות למה יש להיערך וכיצד להגדיר את העתודות הנדרשות.

לניתוח המערכת בתרחישי תקלה נעשה שימוש בתוכנת סימולייט (Simulate) המאפשרת לדמות את התנהגות התדר, והושקע מאמץ משמעותי בפיתוח כלי אוטומציה המאפשרים לבצע ניתוח של עשרות אלפי תרחישים.

תוכנת סימולייט, שכוללת הצגה מתמטית של מרכיבי מערכת הייצור, פותחה בחטיבת תכנון ופיתוח לפני מספר שנים, ועודכנה במהלך השנתיים האחרונות, בעיקר כדי לתמוך בהדמיות של תגובת התדר של מתקני ייצור באנרגיה מתחדשת ושל מתקני אגירה.

כלי האוטומציה להרצות בסימולייט נבנו גם כן במהלך השנתיים האחרונות, ופתחו דלת לשיטות עבודה אוטומטיות ולניתוח סטטיסטי. עשרות אלפי התרחישים שנבחנו הסתמכו בעיקר על קבצים שהתקבלו מתוכנת UCOD.

בוצעו הדמיות של התנהגות תדר המערכת בעקבות הפסקה של יחידת ייצור עבור כל שעה בשנה בטווח השנים 2023 עד 2030, כאשר העמסת היחידות במשך שעות השנה נקבעה לפי תוכנית הייצור שהתקבלה מתוכנת UCOD.

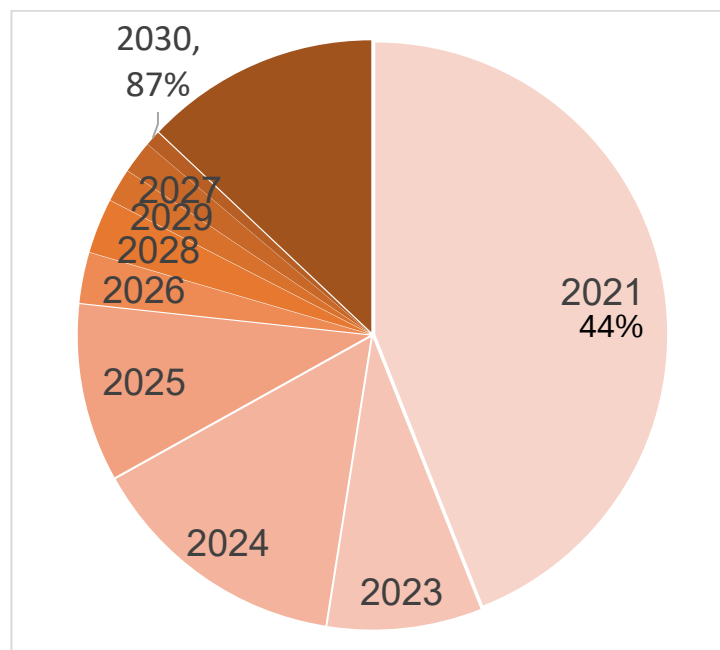
בנוסף, המודלים בהם משתמשת תוכנת סימולייט נבדקו ושופרו בעקבות שיחזורים של עשרות אירועים בהם חרג התדר מגבולותיו התקינים במהלך השנים האחרונות, וזאת ע"י השוואה בין המדידות שהתקבלו מחטיבת התיפעול, שתיארו את התנהגות המערכת בזמן אמת, לבין תוצאות ההדמיות.

סוגי הבדיקות שנבנו ויושמו הינן:

א. הדמיית תגובת התדר בעת הפסקת היחידה הגדולה ביותר, כולל חישוב השלות העומס הצפויות;

- ב. הדמיית תגובת התדר בעת הפסקת יחידה בהספקים קבועים שהוגדרו מראש (למשל בתחום 100-700 מגוואט) והערכת היקף השלות העומס;
- ג. ניתוח מדדים שעתיים המצביעים על יכולת המערכת להגיב בעת האירועים שגורמים לשינויי התדר;
- ד. ניתוח השפעת מתקני אגירה בהיקפים שונים ועם תכונות שונות של תגובה לתדר על היקף השלות העומס;
- ה. ניתוח תגובת התדר במהלך אירועים בהם חרג התדר מגבולותיו התקינים בהשוואה למדידות שנרשמו במהלך האירועים;
- ו. ניתוח התלות בין העומס לתדר והגדרת המקדם שיילקח בחשבון עבור תלות זו.

במסגרת ניתוח מדדים שעתיים המצביעים על יכולת המערכת להגיב לשינויי התדר חושב לדוגמא מדד System Non-Synchronous Penetration (SNSP – החלק היחסי מההספק הרגעי שמגיע ממקורות לא סינכרוניים וחסרי אינרציה). הערכים המירביים של מדד זה לאורך השנים עד 2030 מוצגים באיור 4.1.



איור 4.1: מדד SNSP מירבי החל משנת 2021 (החלק היחסי מההספק הרגעי שמגיע ממקורות לא סינכרוניים וחסרי אינרציה)

ממד SNSP המירבי ניתן לראות את השפעת הגידול הצפוי בייצור באנרגיות מתחדשות, כך שבשנת 2030 יהיו שעות בהן 87% מהייצור יגיע ממקורות לא סינכרוניים.

4.5 השלכות תקלה בה מתנתקת יחידת ייצור על תדר המערכת

4.5.1 הנחות להדמיות דינמיות

4.5.1.1 הנחות כלליות

- דרישה לעתודה סובבת רגילה נקבעה ל- 600 MW, אלא אם מסומן במפורש ערך אחר.
- מקדם תלות העומס בתדר נקבע בכל הבדיקות $Df = 1 \%MW/\%Hz$, אלא אם מסומן במפורש ערך אחר.
- הונח שהמערכת האוטומטית להשלט העומס נשארת ללא שינוי במשך כל השנים.

4.5.1.2 התנהגות דינמית של מתקני אגירה שאובה

- במסגרת הבדיקות הונח שהשתתפות מתקני אגירה שאובה בוויסות התדר היא כדלהלן:
- במשטר ייצור: שינוי בהספק האקטיבי באופן יחסי לסטיית התדר, בהעמסה חלקית.
 - במשטר שאיבה: עומס קבוע בהתאם להספק הנומינלי של היחידה (תלות העומס בתדר נלקחה בחשבון), והפסקה בתת-תדר.
 - בחישוב של תרומה לעתודה סובבת הונח שיחידות אגירה שאובה במצב שאיבה ובמצב המתנה לא מספקות עתודה.

4.5.1.3 התנהגות דינמית של סוללות לבקרת תדר רציפה

על מנת להתמודד עם תופעות חריגות במערכת (כמו הפסקה פתאומית של יחידת ייצור) יהיה צורך בתוספת תגובה מהירה מאוד, בנוסף לתגובות של יחידות ייצור הקיימות במערכת כעת. כדי לדמות תגובה מהירה מאוד הוחלט לבצע בדיקות עם תוספת של מתקני אגירה בסוללות לבקרת תדר רציפה.

הונח שסוללות לבקרת תדר רציפה מגיבות תמיד (מצב המיטען בסוללה מאפשר פריקה או טעינה בהספק מלא במשך 15 דקות לפחות). הפרמטרים של המודל:

- קבוע וויסות תדר: $DROOP = 1\%$,
- תחום אי רגישות: $DEADBAND = 0.02 \text{ Hz}$,
- קבוע זמן: 200 ms (טיפוסי לממירים).

4.5.1.4 התנהגות דינמית של מתקני אגירה להסטת עומס (4 שעות)

על מנת להכין את המערכת ולהגדיר דרישות לשרידות, יש לקחת בחשבון שמתקני אגירה להסטת עומס יכולים להיות בטכנולוגיות שונות. יכולת תגובה לשינוי תדר יכולה להשתנות ממצב "ללא תגובה" לתגובה מהירה מאוד, כתלות בסוג הטכנולוגיה. לכן נבדקו 2 אפשרויות של תגובה לשינוי תדר:

1. מתקני אגירה של 4 שעות אינם מגיבים;

2. מתקני אגירה של 4 שעות הינם מצברים שכן מגיבים לשינויי תדר עם הפרמטרים הבאים של המודל:

- קבוע וויסות תדר: $DROOP = 2\%$,
- תחום אי רגישות: $DEADBAND = 0.2 \text{ Hz}$,
- קבוע זמן: 200 ms (טיפוסי לממירים).

4.5.2 תוצאות הבדיקות – התנתקות יחידת ייצור עקב תקלה

4.5.2.1 גודל התקלה

הבדיקות להתנהגות התדר במצב של תקלה נערכו עבור הפסקה של יחידת הייצור המועמסת ביותר בכל שעה של השנה בהתאם לתוכנית העמסה שהתקבלה מתוכנת UCOD. הבדיקה הזאת מתחשבת גם במצבי העמסה נמוכה (כאשר היחידה אינה מועמסת בהספק המירבי שלה).

מבדיקת השתנות הערך הממוצע של התקלה במהלך השנים, נמצא כי במצב הנוכחי היחידות הגדולות ביותר, שהן בהספק 575 MW, כמעט ואינן מועמסות בהספק מלא עקב מדיניות איכות הסביבה, ולכן גודל התקלה בשנה 2021 נמוך יחסית. בשנת 2023 יש קפיצה בגודל התקלה, וזאת עקב כניסת יחידות מחז"מ מסוג H בהספק 644 MW בתחנת הכוח אורות רבין. עליה נוספת התקבלה בשנת 2028, עם כניסת יחידות מחז"מ של 670 MW. יחידות מחז"מ חדשות אלה הינן יעילות, פועלות בגז טבעי, ולכן מועמסות בהספק גבוה שעות רבות.

4.5.2.2 תוצאות הדמיה של הפסקת היחידה המועמסת ביותר

על מנת להכין את המערכת ולהגדיר דרישות לשרידות, יש לקחת בחשבון, שיכולת התגובה לשינויי תדר של מתקני אגירה להסטת עומס יכולה להשתנות ממצב "ללא תגובה" לתגובה מהירה מאוד כתלות בסוג הטכנולוגיה. לכן בוצעו בדיקות עבור 2 מצבים:

1. מתקני האגירה להסטת עומס (ל-4 שעות) אינם מגיבים לשינויי תדר (איור 4.2).

2. מתקני אגירה להסטת עומס (ל-4 שעות) מגיבים לשינויי תדר (איור 4.3).

בחלק א' של האיורים 4.2 ו-4.3 מופיע אחוז השעות בשנה בהן יש סיכון להשלט עומס עקב תדר נמוך.

בחלק ב' של האיורים מופיעה הכמות המירבית של העומס שעלול להיות מושל בשנה שנבדקה, ובנוסף מופיעים הערכים הממוצעים של העומס שעלול להיות מושל, כאשר ערכים אלו מחושבים בשתי דרכים:

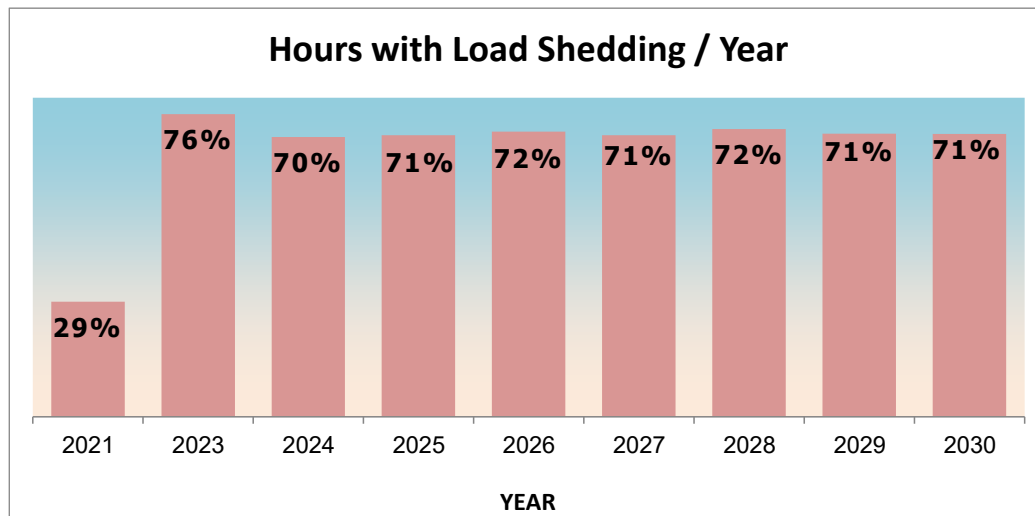
בירוק – ממוצע ההשלט בכל השעות בהן היה סיכון להשלט עומס

בוורוד – ממוצע ההשלט על פני כל שעות השנה, כולל שעות בהן לא היה סיכון להשלט עומס (השלה 0).

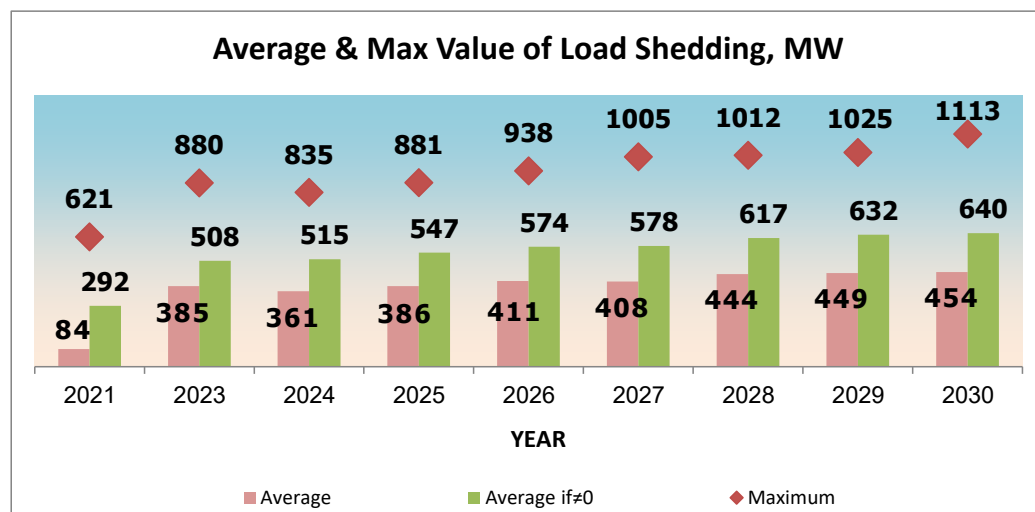
מתוצאות הבדיקה עולה כי כבר בשנה 2023 המערכת אינה מסוגלת להתמודד עם הפסקה של יחידה וקיים סיכון גדול להשלט עומס. ב- 76% מהשעות של שנת 2023 התקבלה השלטה עומס של צרכנים רגילים בהיקף ממוצע של 508 MW (כאשר ממצעים רק את המקרים בהם הייתה השלטה) ושל 385 MW (כאשר ממצעים על פני כל 8760 שעות השנה). השלטה העומס המירבית הייתה של 880 MW.

יש לציין שבחלק משעות השנה הייתה גם השלטה של מתקני אגירה שאובה (ממצב שאיבה), וביחד עם השלטה עומס, אחוז שעות אלו היה 93% מסך כל השעות בשנה 2023. תוצאה זו מצביעה על חוסר חריג של יכולת תגובה במערכת, ודרישה להוספת אמצעים שיאפשרו תגובה מהירה ומהירה מאוד.

מהשוואה בין איורים 4.2 ו- 4.3 ניתן לראות שקיים שיפור מסויים בהתמודדות של המערכת עם התקלה בשנה 2025, ושיפור נוסף החל משנה 2028, בהתאם לקצב כניסת מתקני אגירה להסטה עומס. אם מתקני האגירה להסטה עומס יהיו זמינים ויגיבו לשינויי תדר, כפי שנקבע בהנחות בסעיף 4.5.1.4, אזי הם יכולים לתרום להקטנת מספר השעות בשנה בהן יש סיכון להשלטה עומסים, ולהקטנת הספק העומס שיושל.

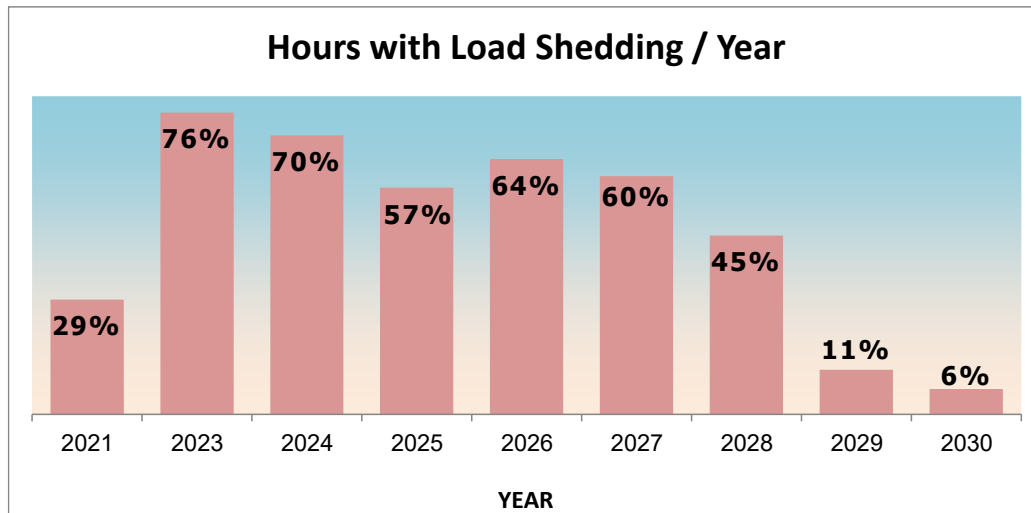


(א)

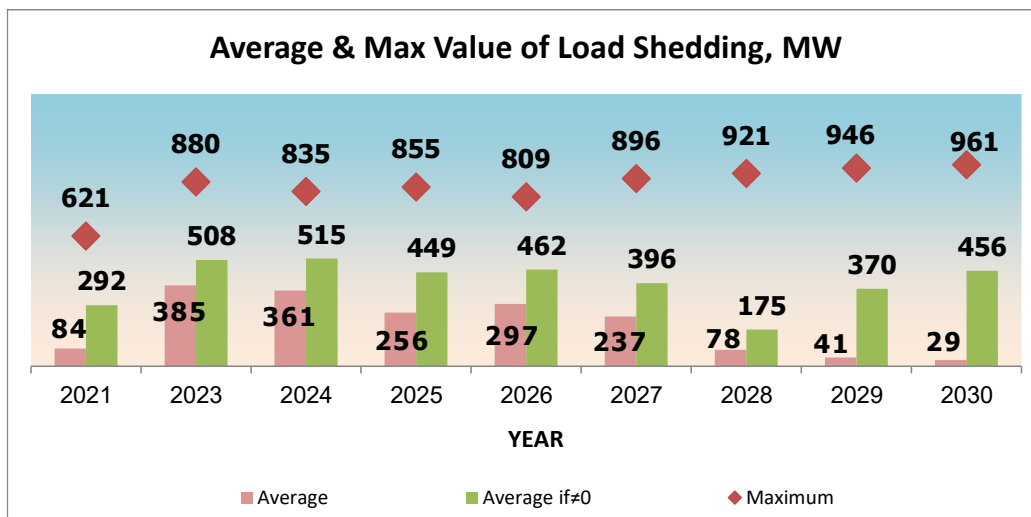


(ב)

איור 4.2: אחוז של מספר השעות בשנה בהן יש סיכון להשלת עומס (א), והספק העומס שעלול להיות מושל (ב), ללא תגובה של מתקני אגירה להסטת עומס, תוכנית פיתוח מומלצת עם 30% אנרגיות מתחדשות



(א)



(ב)

איור 4.3: אחוז של מספר השעות בשנה בהן יש סיכון להשלטת עומס (א), והספק העומס שעלול להיות מושל (ב), עם תגובה של מתקני אגירת להסטת עומס, תוכנית פיתוח מומלצת עם 30% אנרגיות מתחדשות

4.5.2.3 ניתוח מפורט של תוצאות עבור שנה 2023

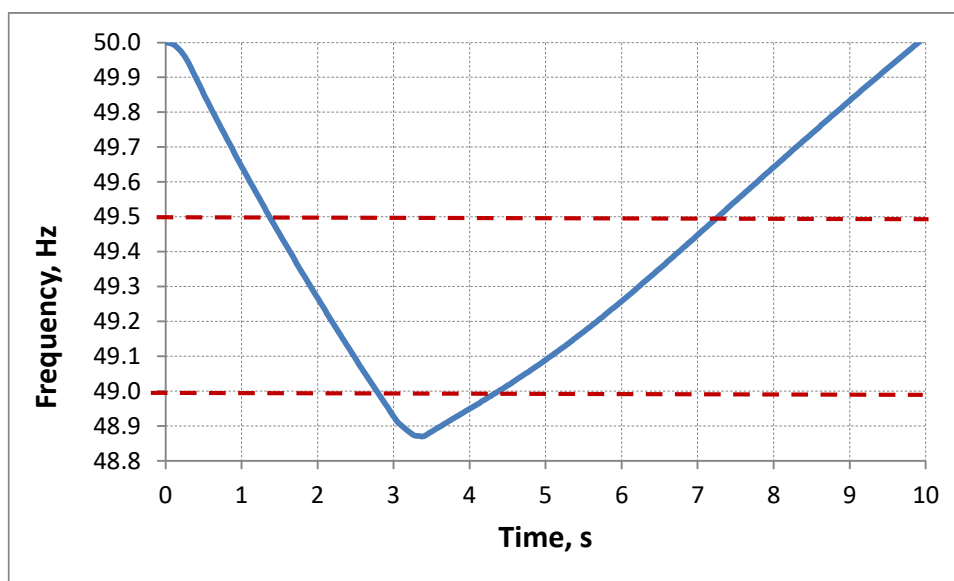
עבור שנת 2023 בוצע ניתוח מפורט על מנת לבדוק את מצב המערכת בשעות שונות של היממה, וכתלות בייצור במתקנים הסולאריים. מהבדיקות נמצא כי:

- היחידה הגדולה ביותר (שמתנתקת בתקלה) מועמסת קרוב להספק הנומינלי שלה במשך כל שעות היממה, עם ירידה קלה בשעות הלילה עקב עומסים נמוכים ובשעות הצהריים עקב ייצור סולארי.

- בכל אחת משעות היום היה סיכון להשלת עומס, כאשר המצב היה חמור יותר בשעות הבוקר והערב בהם השלת עומס אף היתה מעל 90%.
- היו פחות מקרים של השלת עומס בשעות הלילה ובשעות הצהריים עקב ירידה בהעמסת יחידות, ובעיקר עקב הפסקה של מתקני אגירה שאובה, שעבדו בשעות האלה בשאיבה, וניתן להפסיק אותן בהדרגה החל מתדר 49.5 הרץ, ובכך למנוע השלת צרכנים, שמתחילה כשהתדר מגיע ל- 49 הרץ.

על מנת להמחיש את מהירות התופעה מוצגת באיור 4.4 דוגמא של התנהגות התדר במקרה של התנתקות יחידה באורות רבין בהספק של 644 מגוואט, בשעה 11 בחודש אפריל 2023. העומס המערכתי נמוך כי זו עונת מעבר, ובשעה זו יחידות אגירה שאובה עדיין לא במצב שאיבה, ולכן אי אפשר להיעזר בהפסקתן כתמיכה לירידת התדר.

מהאיור ניתן לראות ירידת תדר מהירה לסף 49.5 הרץ תוך 1.3 שניות, וירידת תדר לסף 49.0 הרץ תוך 2.8 שניות. תדר ברמה כזו יגרום להשלת עומס נרחבת, ובגלל מהירות הירידה, הבקרה הראשונית של יחידות הייצור שפועלות לא תספיק להגיב במהירות ובכמות הנדרשת. כדי לעצור את ירידת התדר בזמן כל כך קצר נדרשים אמצעים עם תגובה מהירה מאוד.



איור 4.4: התנהגות התדר באירוע הפסקה של 644 MW בשעה 11 בחודש אפריל בשנת 2023

הגורמים שמשפיעים על תמונת המצב החמורה שהתקבלה החל משנת 2023:

- כניסה של יחידות מחז"מ גדולות בהספק 644 MW, שלאור יעילותן הן מועמסות בהספק מלא ברוב שעות השנה, וכך גדל הסיכון לתקלה משמעותית יותר.
- הדממת יחידות מ"ד 1-4 בתחנת כח אורות רבין, אשר להן תגובה מיידיית מצוינת לבקרת תדר.
- יחידות ייצור עם תגובה איטית בעקבות הגבלות הנובעת משמירה על איכות הסביבה.

- רוב יחידות הייצור הן מחז"מ עם יחידה קיטורית ללא יכולת לתגובה מיידית.

הניתוח שבוצע מבהיר שהחמרת המצב בעמידות הדינמית של המערכת בשנה 2023 נגרמת מהרכב היחידות המתוכנן, וההשפעה של הייצור הסולארי איננה העיקרית. נדרשים אמצעים לשיפור יכולת התגובה בכל שעות היממה, ולא רק בשעות הצהריים. לכן הוחלט להתבסס על סוללות מצברים לבקרת תדר רציפה כמקור מצוין לתגובה מהירה מאוד.

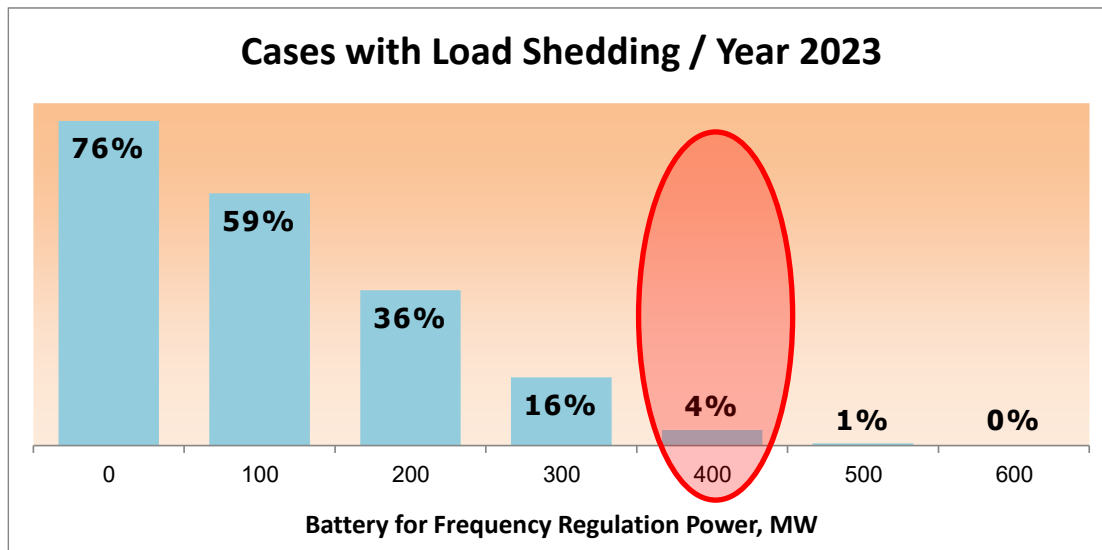
4.5.2.4 הוספת סוללות לבקרת תדר רציפה

מהבדיקות נמצא שיש צורך בהוספת אמצעים עם תגובה מהירה מאוד כבר בשנת 2023. סוללות לבקרת תדר רציפה מתאימות לפתרון בעיה זו, והשימוש בהן מקובל במקומות שונים בעולם בהם שולבו אנרגיות מתחדשות. לפיכך, במסגרת הבדיקות וההדמיות הדינמיות הוחלט לממש את התגובה המיידית הנדרשת בעזרת סוללות מצברים לבקרת תדר רציפה.

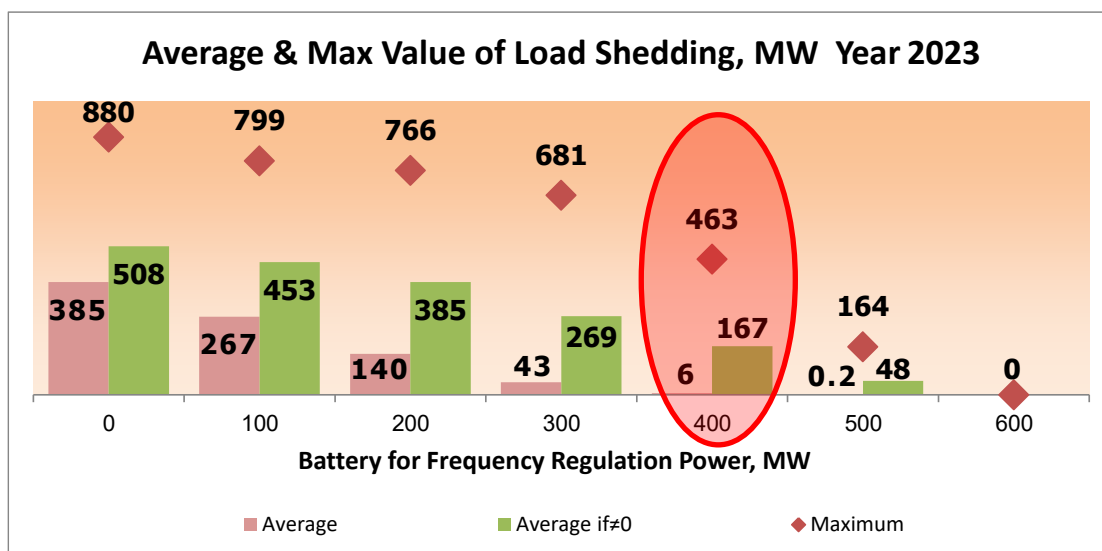
כדי להעריך את גודל הסוללה שייתן פתרון טכנו-כלכלי ראוי בוצעו הדמיות עם סוללות לבקרת תדר רציפה בגדלים שונים עבור תוכנית הפיתוח המומלצת לשנת 2023. תגובת הסוללות לבקרת תדר היא רציפה ובהתאם למה שפורט בהנחות היסוד בסעיף 4.5.1.3.

התוצאות שהתקבלו מוצגות באיור 4.5.

מהתוצאות עולה כי סוללה לבקרת תדר רציפה בהספק של 600 MW מונעת לחלוטין השלת עומס עקב תקלה של יחידת ייצור בודדת בשנה 2023. השיפור המשמעותי ביותר מופיע עבור הגדלת הסוללה ל- 400 MW. עם סוללה לבקרת תדר רציפה של 400 MW השלת העומס התקבלה רק ב- 4% משעות השנה, בהיקף ממוצע של 167 MW (מחושב בין המקרים עם השלה) ושל 6 MW (ממוצע המחושב על פני 8760 שעות השנה). השלת עומס מירבית הייתה של 463 MW. לכן ניתן להחליט כי **סוללות לבקרת תדר רציפה בהיקף של 400 MW יתנו מענה משמעותי כעתודה מיידית למניעת השלת עומס באירוע של הפסקת יחידת ייצור, וזו ההמלצה העיקרית לשנת 2023.**



(א)



(ב)

איור 4.5: אחוז השעות עם סיכון להשלת עומס (א), והספק העומס שעלול להיות מושל (ב) בשנה 2023, עם השפעה של סוללות לבקרת תדר רציפה בהספקים שונים

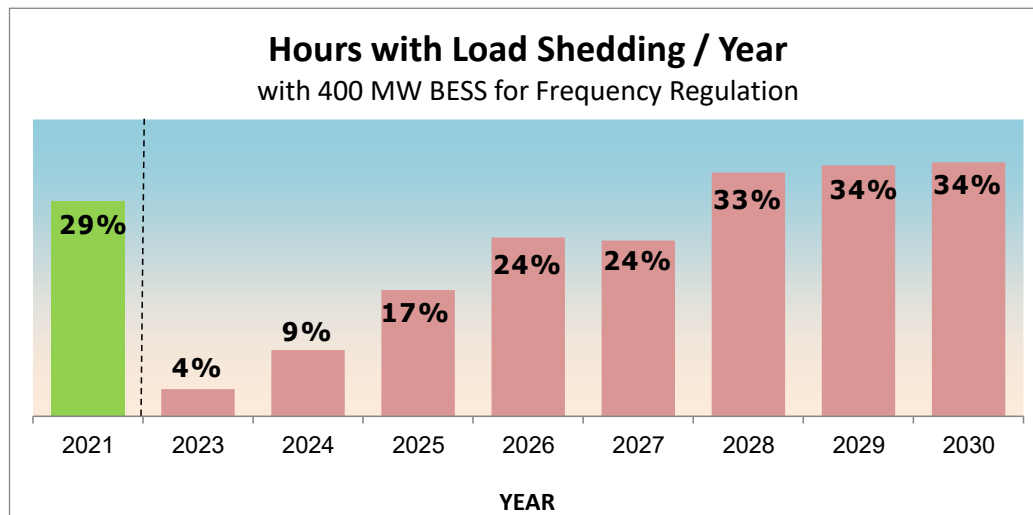
בשלב הבא נדרש היה לבחון עד כמה פתרון זה יהיה יעיל לאורך התקופה מ-2023 עד 2030. לשם כך נערכו הדמיות עבור תוכניות פיתוח הייצור לשנים אלה כאשר משולבות במערכת סוללות לבקרת תדר רציפה בהיקף של 400 מגוואט.

התוצאות שהתקבלו מוצגות באיור 4.6.

מהתוצאות עולה כי בשנים 2023-2024 סוללות לבקרת תדר רציפה בהיקף של 400 מגוואט נותנות מענה טוב. החל משנים 2025 – 2026 נדרשת תוספת עתודה מיידית שתתן תגובה מהירה מאוד. סיבה אפשרית לכך היא הגידול בצרכנות במערכת, שילוב מתקנים סולאריים ללא בקרת תדר

מהירה, ואי הוספת יחידות ייצור סינכרוניות חדשות בשנה זו. מהבדיקות שנערכו נמצא כי תוספת סוללות לבקרת תדר רציפה בהיקף של כ- 100 מגוואט יתנו את המענה הנדרש.

יש לציין, כי בשנת 2025 מתוכננות להיכנס למערכת סוללות להסטת עומס בהיקף של 300 מגוואט. במידה שניתן יהיה לקבל עתודה מהירה גם מסוללות אלה, בהיקף של כ- 100 מגוואט, אזי לא יהיה צורך בתוספת סוללות ייעודיות לבקרת תדר רציפה בשנה זו, וניתן יהיה להסתפק ב- 400 מגוואט שכבר נמצאות במערכת.



איור 4.6: אחוז שעות עם סיכון להשלת עומס בשנים 2021 – 2030 עם סוללה 400 MW לבקרת תדר רציפה, תוכנית פיתוח מומלצת של מערכת הייצור, עם 30% אנרגיה מתחדשת

ניתוח זה בוצע עבור מצב בו מתקני אגירה להסטת עומס אינם מגיבים לשינויי תדר.

4.5.2.5 השפעת מקדם תלות העומס בתדר

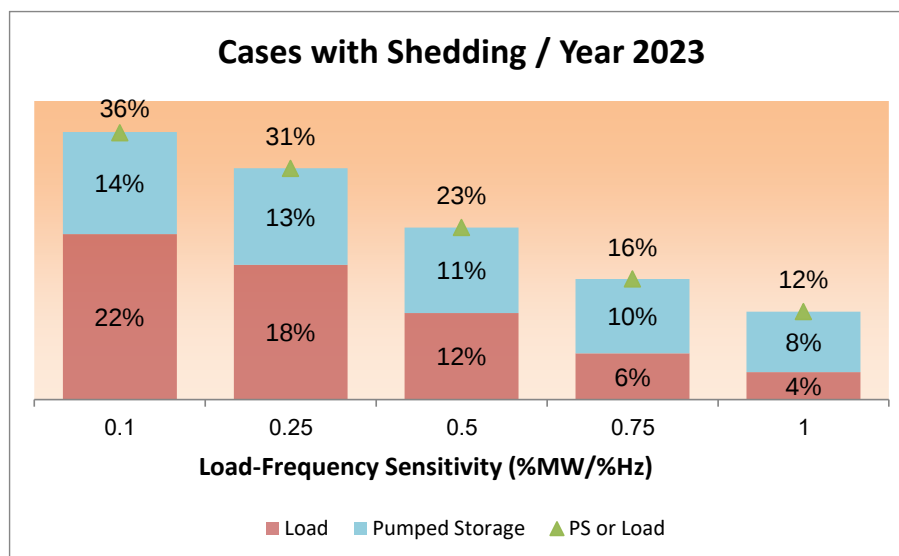
בניתוח אירועים במערכות הספק חשוב שיהיה מודל מתמטי מייצג עבור הרכיבים המשמעותיים להדמיית המערכת. לגבי יחידות ייצור ישנם מודלים עם פרמטרים מוגדרים. לגבי המודל של העומס החשמלי הבעיה קשה יותר. מטיבעו, העומס החשמלי משתנה באופן רציף במשך שעות היממה, גם בגודל וגם בהרכב. כמו כן, קיימים הבדלים משמעותיים בין ימות השבוע ועונות השנה. לכן עבור עומס מערכתי מקובל לבחור מודל משוקלל, המאפיין את התנהגות כלל העומס בהתאם לשינויי פרמטרים מערכתיים כמו מתח ותדר.

באירוע הפסקת יחידת ייצור הקשר המשמעותי ביותר הוא בין גודל ההספק הפעיל הנצרך על ידי העומס לבין תדר המערכת. ניתן להעריך התנהגות של עומס כלל מערכתי עקב ירידת תדר על סמך אירועים שהתרחשו בהם הפסקת יחידות ייצור ללא השלת עומס. על סמך הניתוחים שבוצעו הערך הממוצע של מקדם תלות העומס בתדר D_f היה קרוב ל- $1 \text{ } \% \text{ MW} / \% \text{ Hz}$.

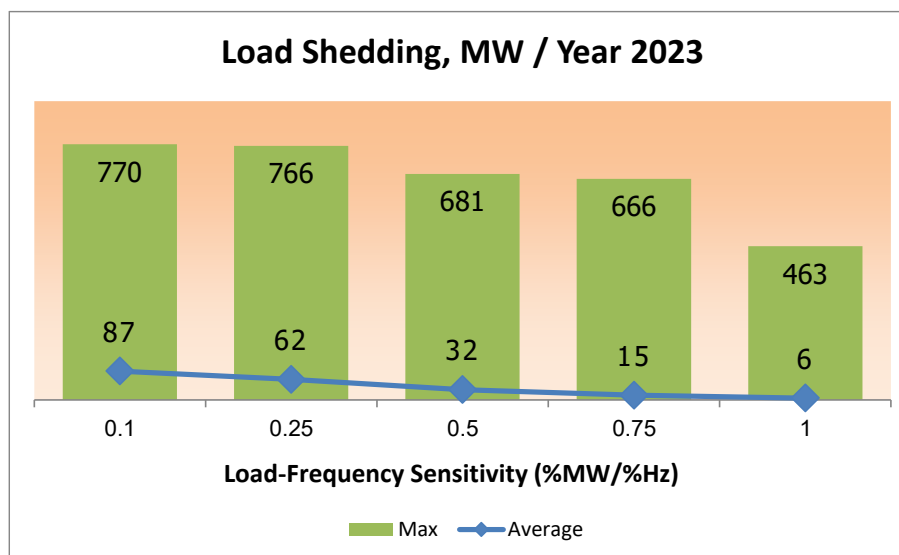
עומסים המחוברים למערכת החשמל דרך ממירים (כמו מזגני אינוורטר) אינם מושפעים מירידת תדר. בהנחה ששילוב של עומסים מסוג זה ילך ויגדל, הערך של המקדם D_f צפוי לרדת. ירידה

בתלות העומס בתדר תגרום לירידת תדר חזקה יותר באירוע של הפסקה מאולצת של יחידת ייצור ועלולה להגדיל את הסיכון להשלט עומס. לכן יש חשיבות רבה לניתוח של תלות העומס בתדר והתחשבות בירידתו בעתיד, כדי להתאים את התכנון של שירותי העזר הנדרשים לתפעול תקין של המערכת.

באיור 4.7 מופיעות תוצאות הניתוח שבוצע עבור ערכים שונים של מקדם תלות העומס בתדר D_f , בתחום מ-0.1 ל-1 %MW/%Hz, בשנת 2023, בהנחה שיש במערכת 400 מגוואט סוללות לבקרת תדר רציפה.



(א)



(ב)

איור 4.7: אחוז השעות עם סיכון להשלט עומס ולהשלט אגירה שאובה (א), והספק העומס שהושל (ב) בשנה 2023, עם 400 MW סוללות לבקרת תדר רציפה, עבור מקדם משתנה של תלות העומס בתדר

מהאיור ניתן לראות שאם במצב כיום מקדם תלות העומס הוא בסביבות 1, אזי ככל שתלות זו תקטן המצב מחמיר והסיכון להשלט עומס גדל גם במספר השעות בשנה וגם בהיקף העומס המושל. ההיערכות לכך תהיה ע"י תוספת של סוללות לבקרת תדר רציפה. סעיף זה תומך גם בהמלצה להוספת 100 MW סוללות לבקרת תדר רציפה בשנה 2026.

בעולם יש מי שעבר לתכנן לפי מקדם תלות העומס בתדר של 0.5. אנו נמשיך לעקוב באמצעות ניתוח אירועים על מגמת ההשתנות של מקדם זה, ונתאים את ההדמיות למצב בשטח.

4.5.2.6 כדאיות כלכלית של התקנת סוללות לבקרת תדר רציפה

בנוסף לקבלת עתודה מיידיית מסוללות לבקרת תדר רציפה, ניתן לקבל עתודה מיידיית גם מחלק מהיחידות הסינכרוניות המסתובבות ומייצרות במערכת בהספק הנמוך מההספק הנומינלי שלהן.

כדי להשוות בין שני פתרונות אלו לעתודה מיידיית, נערך חישוב כלכלי להערכת עלות תסריט שמפעיל את יחידות הייצור הסינכרוניות תוך הבטחת עתודה מיידיית בשנת 2023.

בנוסף, בדוח "הערכה טכנו-כלכלית של שימוש בסוללות ליתיום-יון לצורך וויסות תדר במערכת החשמל" שנערך בחטיבת תכנון ופיתוח, חושבה העלות של סוללות לבקרת תדר רציפה במשטרי תפעול שונים, שנותנים מענה למצב תקלה, למצב שגרה ולפעולה משולבת.

מהניתוח לשנת 2023 נמצא שקיים יתרון בולט להבטחת עתודה מיידיית מסוללות לבקרת תדר רציפה על פני זו מיחידות סינכרוניות.

4.5.2.7 מדד עלות השלת עומס

מדד עלות השלת העומס נותן מענה להערכה כלכלית של הנזק הנגרם מהשלט עומס, ומאפשר השוואה בין חלופות שונות והשוואת פתרונות מבחינת כדאיות כלכלית. מדד זה לוקח בחשבון את רמות ההעמסה השונות של כל אחת מיחידות הייצור ואת היקף השלת העומס.

עלות השלת עומס בשנה 2023

על מנת לחשב את עלות השלת עומס בשנה 2023 בוצעו סדרות של הדמיות דינמיות שנתיות עבור תקלות בהספקים שונים.

בטבלה 4.1 ניתן לראות שעלות השלת העומס עלולה להגיע ל- 49 מיליון \$, כאשר שילוב של סוללות לבקרת תדר רציפה בהיקף של 400 MW מוריד עלות זו ל- 0.1 מיליון \$.

טבלה 4.1: מדד עלות השלת עומס עבור שנה 2023

שנה	2021	2023 ללא סוללות לבקרת תדר רציפה	2023 עם 400 MW סוללות לבקרת תדר רציפה
אנרגיה בלתי מסופקת (אב"מ) עקב השלת עומס (MWh)	255	1643	3.44
עלות אב"מ לפי עלות סגולית 30\$/kWh (Million \$)	7.6	49	0.1

היסיכון בעלות השלת עומס שנתית שנובע מהכנסת סוללות לבקרת תדר רציפה גדול יותר מהעלות השנתית של סוללות אלה, עובדה שמצביעה על כדאיות המימוש של הפתרון הנ"ל.

עלות השלת עומס בשנה 2030

בצורה דומה חושבה עלות השלת עומס בשנה 2030 והתוצאות מוצגות בטבלה 4.2.

טבלה 4.2: מדד עלות השלת עומס עבור שנה 2030

שנה	2021	2030 ללא סוללות לבקרת תדר רציפה	2030 עם 400 MW סוללות לבקרת תדר רציפה
אנרגיה בלתי מסופקת (אב"מ) עקב השלת עומס (MWh)	255	4267	224
עלות אב"מ לפי עלות סגולית 30\$/kWh (Million \$)	7.6	128	6.7

4.5.2.8 היקף אופטימלי של עתודה סובבת

אפשרות נוספת שנבחנה לפתרון השלת עומס הייתה העלאת העתודה הסובבת הכללית, בהנחה שכל שיש יותר עתודה סובבת במערכת כמות השלת העומס תיפחת.

מהחישובים נמצא כי הגדלת העתודה הסובבת אמנם מקטינה את הסיכון להשלת עומס, אבל באופן שאיננו מספק, בהתחשב בכך שעלות התפעול של המערכת עולה עם הגדלה של הדרישה לעתודה סובבת.

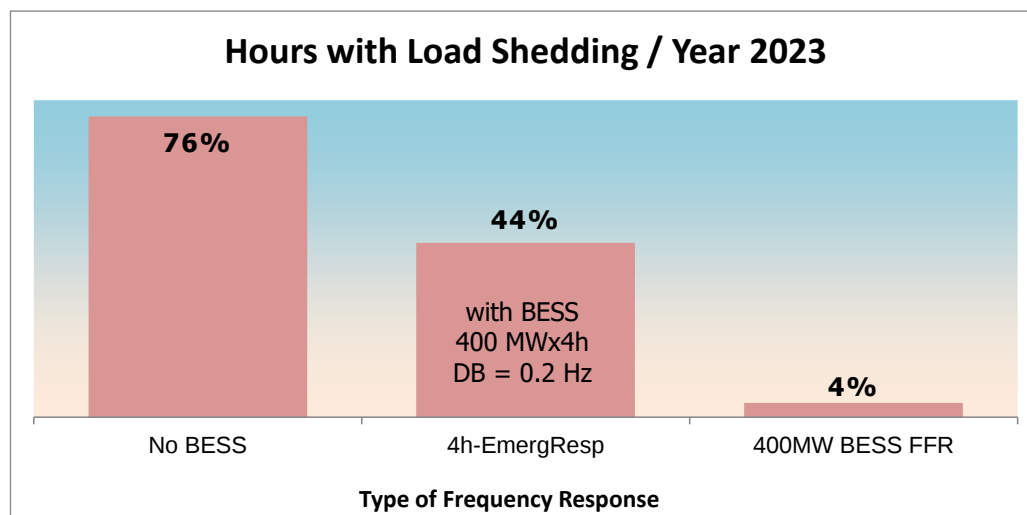
לאור העובדה שמחשוב הסכום של עלות השלת העומס ושל עלות העתודה הסובבת הכללית לא התקבלה מובהקות לעלות כוללת מינימלית, הוחלט לא להשתמש בשיטה זו להמלצה על עתודה סובבת אופטימלית כמקור לעתודה מיידית.

4.5.2.9 הקדמה של 400 מגוואט אגירה להסטת עומס משנים 2025-2027 לשנה 2023

לאור העובדה שמתוכנן לשלב בתוכנית פיתוח הייצור המומלצת סוללות להסטת עומס החל משנת 2025, נבדקה האפשרות להקדים 400 מגוואט מסוללות אלה כבר לשנת 2023 ולהשתמש בהן לבקרת תדר באירועים חריגים, ובכך לשפר את יכולת המערכת להתמודד עם התקלה.

באיור 4.8 מוצגים זה לצד זה 3 מצבים עם אחוז סיכון להשלת עומס בשנת 2023 כאשר:

- אין בכלל סוללות שמגיבות לשינויי תדר (76%),
- יש 400 מגוואט סוללות ל- 4 שעות להסטת עומס שהוקדמו ל- 2023 ומגיבות לתדר (לפי הנחות היסוד בפרק 4.5.1.4) כאשר הוא חורג מהערכים התקינים (44%),
- יש במערכת 400 מגוואט סוללות (לפי הנחות היסוד בפרק 4.5.1.3) לבקרת תדר רציפה (4%).



איור 4.8: אחוז שעות עם סיכון להשלת עומס בשנה 2023, עם הקדמה של מתקני אגירה להסטת עומס בהיקף 400 MW

מהאיור נראה שנוכחות של אגירה להסטת עומס עם יכולת מהירה לבקרת תדר, כפי שאפשרי בסוללות, משפרת באופן משמעותי את מצב המערכת, ואחוז השעות עם סיכון להשלת עומס ירד מ- 76% ל- 44%. אולם, ניתן לראות שהשפעתה של אגירה להסטת עומס היא הרבה פחות משמעותית מהשפעה של סוללות לבקרת תדר רציפה באותו הספק (400 MW) עקב ההבדלים בתכונות ובמצבי ההעמסה השונים. יש לציין כי הקדמה זו כרוכה בעלויות נוספות.

4.5.2.10 בדיקת תרחישים נוספים

באזור 4.9 מופיעות תוצאות ניתוח עבור שנה 2030 עם 30% אנרגיות מתחדשות, כאשר הונח שקיימים במערכת 1,800 מגוואט מתקני אגירה להסטת עומס ל-4 שעות, והם מגיבים לירידת תדר במקרים בהם הוא חורג מהרמה התקינה. ההנחה היא שהם זמינים לפעול במידה שהם לא נמצאים בייצור מלא, בהתאם למה שפורט בהנחות היסוד בסעיף 4.5.1.4.

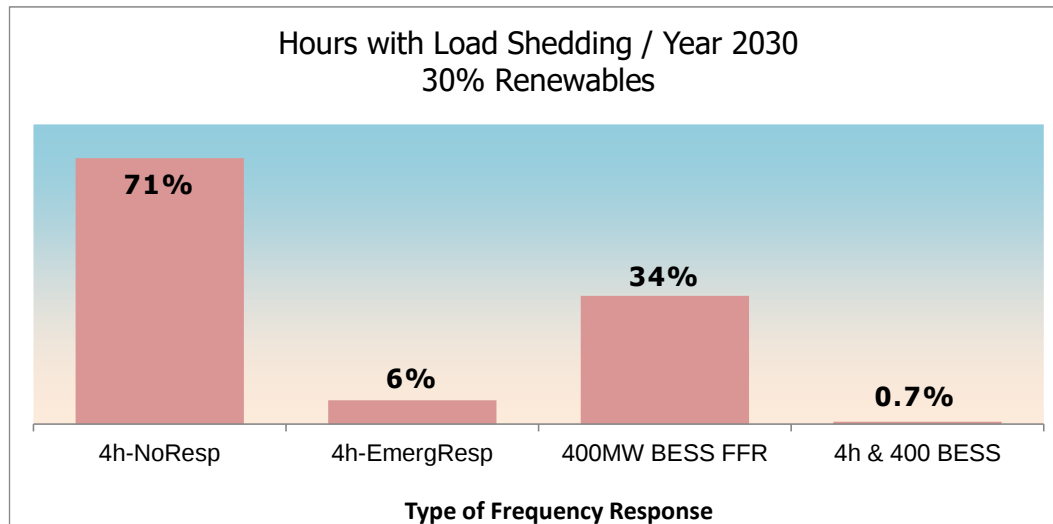
מהאזור עולה שאם כל המתקנים להסטת עומס שמתוכננים להקמה במערכת עד שנה 2030 (1,800 MW) ימומשו באמצעות סוללות מצברים מסוג Lithium Ion ויגיבו לתדר כפי שהונח בסעיף 4.5.1.4, הסיכון להשלטת עומס יצטמצם מ-71% ל-6% משעות השנה. השיפור הינו משמעותי ומספק, אך קיימת אי וודאות לגבי הקמת מתקנים אלה, בסוג האגירה וביכולות המתקנים להגיב לשינויי תדר ולהשתתף בבקרת התדר.

במידה שהטכנולוגיה מאפשרת, ויהיו סוללות להסטת עומס שיכולות לספק עתודה מיידית, יש לכלול בדרישות הטכניות שלהן תמיכה בתדר, לפחות באירועים בהם התדר חורג מהערכים התקינים שלו, כלומר יורד מתחת ל-49.8 הרץ או עולה מעל 50.1 הרץ.

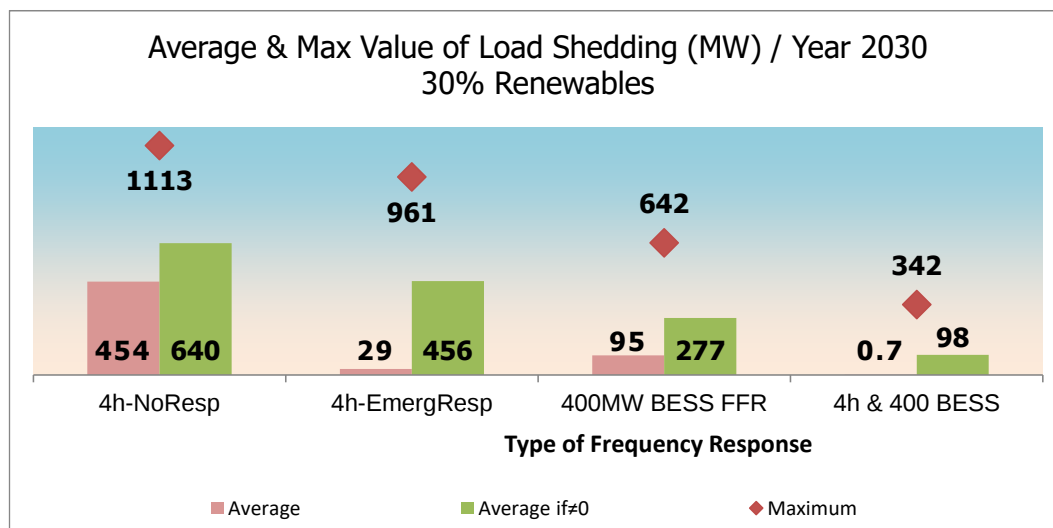
הוספת סוללות לבקרת תדר רציפה בהיקף 400 MW מורידה את הסיכון להשלטת עומס ל-34% משעות השנה ב-2030, עם הספק ממוצע של 95 MW. לתוצאה מיטבית הומלץ להוסיף 100 MW נוספים של סוללות לבקרת תדר רציפה כבר בשנים 2025 - 2026 (סעיף 4.5.2.4).

שימוש במתקני אגירה להסטת עומס למטרת בקרת תדר במצבי שגרה, כמו למשל למעקב רציף אחר השינויים בייצור המתחדש, עלול לצמצם את זמינות האגירה, להשפיע על אורך החיים של האגירה (תלוי בסוג האגירה), וידרוש גודל חיבור מלא (ללא קיזוז בין הספק ייצור סולארי לבין אגירה). הסוללות לבקרת תדר רציפה הן אלה שיהיו אחראיות להחזרת התדר ל-50 הרץ. שילובן במערכת כבר ב-2023 יאפשר את יכולת המערכת להתמודד עם תקלות ולשמור על תדר בשגרה, ללא תלות בסיכויי ההקמה, בסוג ובמצבי ההעמסה של מתקני האגירה להסטת עומס.

האפשרות הרביעית באזור מציגה מצב אופטימי הנובע מההשפעה של סוללות לבקרת תדר רציפה ביחד עם תגובה של מתקני אגירה להסטת עומס, באותן ההנחות שפורטו לעיל.



(א)



(ב)

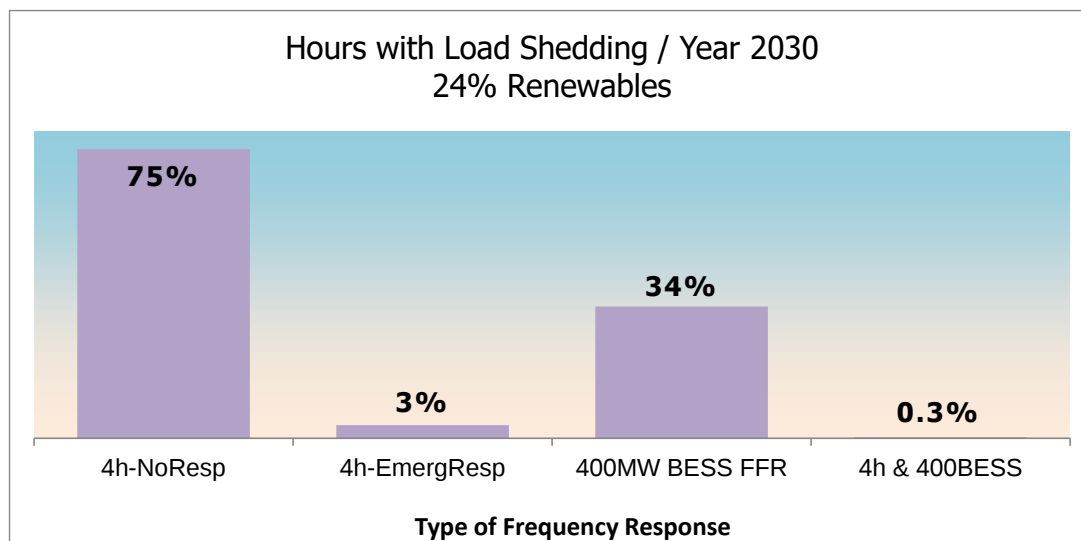
איור 4.9: אחוז השעות עם סיכון להשלט עומס (א), והספק העומס שעלול להיות מושל (ב) בשנה 2030, תרחיש 30% אנרגיות מתחדשות, כולל גם השתתפות סוללות בבקרת תדר

במסגרת תוכנית פיתוח הייצור המומלצת נבדקו גם אפשרויות שבהן המערכת לא תגיע ליעד הממשלה של 30% אנרגיות מתחדשות ב-2030. במסגרת זו נבדקו תרחישי ייצור עם היקף של 18% ו-24% אנרגיה מתחדשת בשנת 2030.

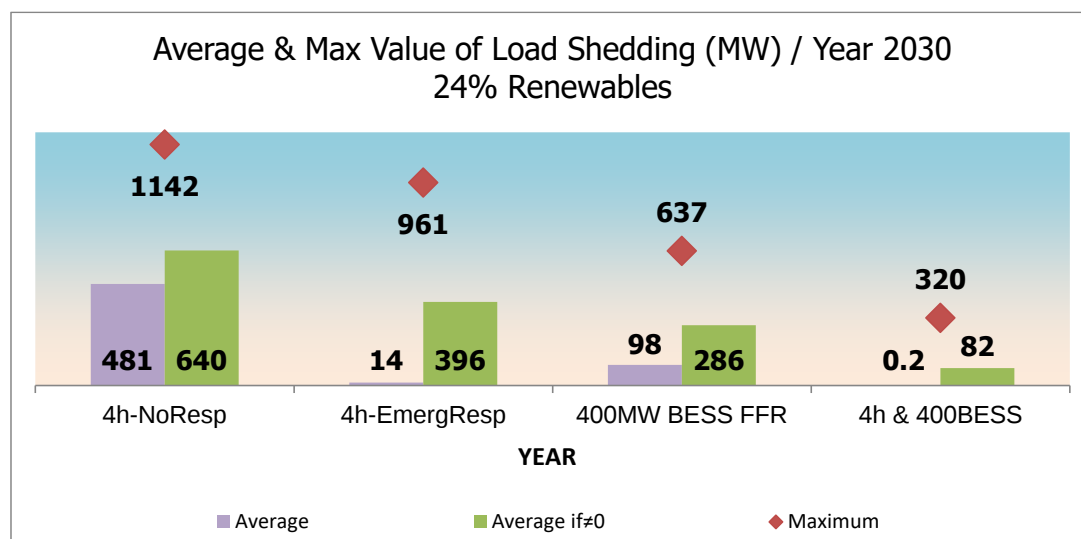
החישובים נערכו בדומה לחישובים שנערכו עבור תסריט עם 30% מתחדשות. בכל התסריטים המתוכננים בשנת 2030 יש 1,800 מגוואט מתקני אגירה ל-4 שעות להסטת עומס.

באיור 4.10 מובאות תוצאות החישובים עבור תסריט עם 24% אנרגיה מתחדשת ב-2030.

ובאיור 4.11 מובאות תוצאות החישובים עבור תסריט עם 18% אנרגיה מתחדשת ב-2030.

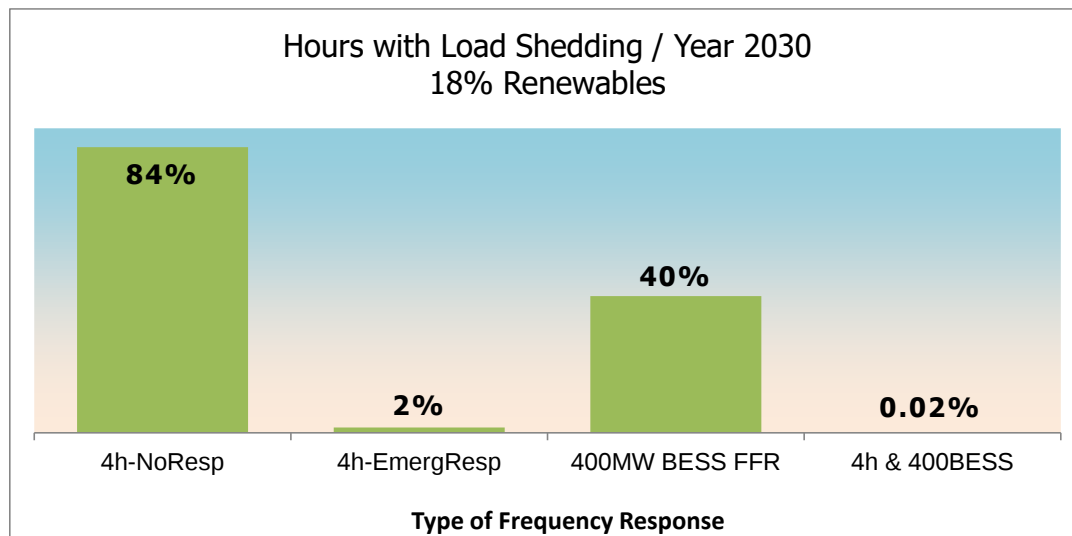


(א)

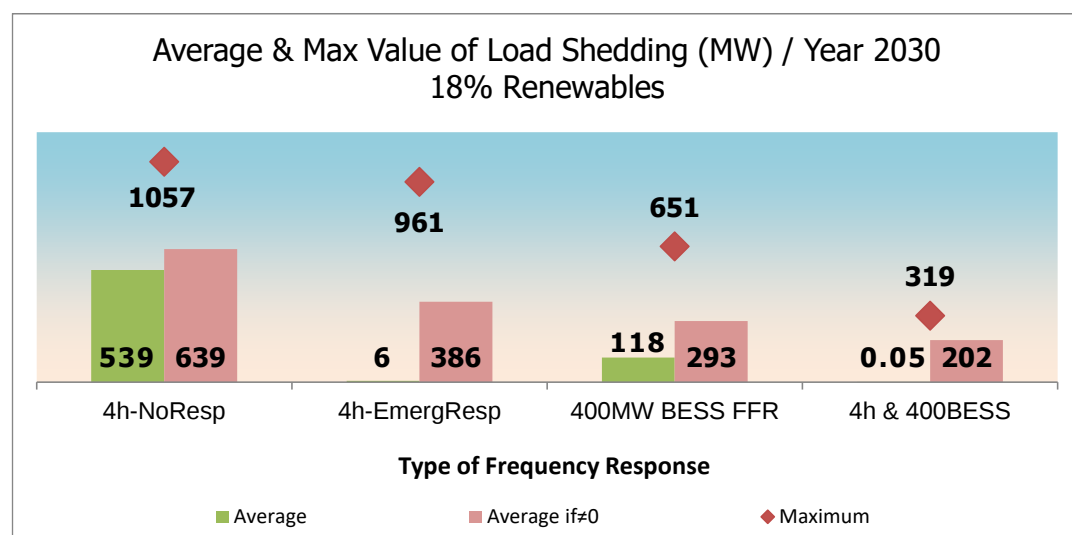


(ב)

איור 4.10: אחוז שעות עם סיכון להשלטת עומס (א), והספק העומס שעלול להיות מושל (ב) בשנה 2030, תרחיש 24% אנרגיות מתחדשות, עבור שילובים שונים של סוללות



(א)



(ב)

איור 4.11: אחוז שעות עם סיכון להשלט עומס (א), והספק העומס שעלול להיות מושל (ב) בשנה 2030, תרחיש 18% אנרגיות מתחדשות, עבור שילובים שונים של סוללות.

מאיורים 4.10 ו- 4.11 ניתן לראות שללא סוללות המצב ב- 2030 הוא בעייתי מאוד ויש חשש להרבה מאוד שעות של השלט עומס, והיקף העומס שיושל הוא גדול. בהנחה שמתקני האגירה המתוכננים להסטת עומסים, בהיקף של 1,800 מגוואט ל- 4 שעות, ייושמו בעזרת סוללות, הם יכולים לתרום ליציבות התדר במידה שהם יגיבו לשינויי תדר כשהתדר יורד מתחת לערך התקין שלו. הסוללות לבקרת תדר רציפה בהיקף של 400 מגוואט לבדן מפחיתות את הסיכון בכ- 50%, אך לא מספיקות ברוב המקרים כדי להתמודד עם נפילת היחידות הגדולות שיהיו במערכת בהספק של 670 מגוואט. שילוב של סוללות לבקרת תדר רציפה עם הסוללות להסטת עומס שיגיבו לשינויי תדר חריגים יתן תגובה נאותה ויוכל להחזיר את התדר לערך הנומינלי שלו, 50 הרץ.

4.5.3 מסקנות והמלצות מניתוח אירוע של התנתקות יחידת ייצור

- נדרשת עתודה מיידיית לבקרת תדר רציפה מסוג FFR (Fast Frequency Response) כדלהלן:

- בשנת 2023 בהיקף של 400 מגוואט לרבע שעה לפחות.
- לקראת 2025-2026 תוספת בהיקף של 100 מגוואט לרבע שעה לפחות (יישום עתודה זו בסוללות ייעודיות לבקרת תדר רציפה ייבחן בהמשך).
- ניתן לפזר את מתקני האגירה לבקרת תדר מהירה ורציפה בכל מקום פנוי ברשת ההולכה.
- הסוללות המתוכננות להסטת עומס צריכות להיות בעלות יכולת תגובה באירועי תדר חריגים.
- יש להגדיר את הדרישות הטכניות מיחידות הייצור החדשות וממתקני האגירה כך שיתנו את התמיכה הנדרשת לתדר.
- יש להגביל את הספק היחידה הגדולה ביותר כך שלא יעלה על 670 מגוואט, בהתאם לתוכנית הפיתוח עד ל-2030.
- נדרשת אסדרה שתגדיר את התשלום על אספקת שירותים נילווים.
- ככל שהיקף המתחדשות יגדל יהיה צורך באספקת שירותים נלווים מסוגים שונים (למשל אינרציה) בהיקף מוגבר.

בכל התרחישים שנבדקו, הסוללות לבקרת תדר רציפה שיפרו בצורה משמעותית ועקבית את יכולת המערכת להתמודד עם מצב תקלה וצימצמו את הסיכון להשלט עומס ואת עלותה. הקמת מתקנים אלה מאפשרת למערכת להתמודד עם תקלות ולשמור על תדר בשגרה, ללא תלות בהקמה, בסוג ובמצבי ההעמסה של מתקני האגירה להסטת עומס.

על סמך בדיקות כלכליות שבוצעו, להבטחת עתודה מיידיית באמצעות סוללות לבקרת תדר רציפה יש יתרון כלכלי בולט על פני שמירת עתודה מיידיית ביחידות ייצור סינכרוניות. ללא הקמה של מתקני אגירה אלה עלות השלת העומס לשנת 2023 עלולה להגיע ל-49 מיליון \$, והיא תורמת להורדת עלות השלת העומס לכ-0.1 מיליון \$.

4.6 ניתוח מצב האינרציה במערכת

שילוב מתקני אנרגיה מתחדשת המחוברים למערכת הספק דרך ממירים בהיקפים גבוהים גורם לצמצום משמעותי בכמות היחידות הסינכרוניות במערכת, ויחד עם זה לירידה באינרציה ובחוזק המערכת.

בתקלה טיפוסית, כמו הפסקה של יחידת ייצור בודדת, עלול להופיע קצב שינוי תדר גבוה מאוד, וזאת עקב הירידה בכמות יחידות הייצור הסינכרוניות, שמתבטאת בירידה באינרציה המערכתית. תופעה זו לא הייתה קיימת במערכת בעבר.

הופעת קצב שינוי תדר גבוה תגרום לסיכונים הבאים:

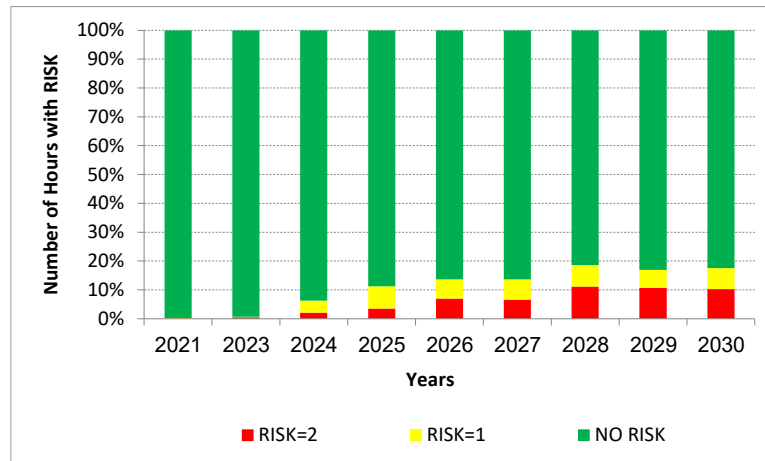
- חוסר זמן לתגובה של בקרה ראשונית ביחידות סינכרוניות;
- השלת עומס בהיקפים נרחבים;
- מאמצים מכניים ביחידות ייצור סינכרוניות שגורמים לעייפות החומר ולקיצור אורך החיים;
- פעולה שגויה של מערכות הגנה;
- ניתוק של ייצור מבוצר בנוסף לתקלה והחמרת המצב;
- ניתוק של יחידות ייצור נוספות ותגובת שרשרת עד למצב עלטה.

4.6.1 בדיקת מצב האינרציה במערכת בתוכנית הפיתוח

עבור תוכנית הפיתוח המומלצת, בתרחיש עם הגשמת יעד הממשלה של 30% ייצור באנרגיה מתחדשת ב-2030, פותחו מספר מדדים להערכת הסיכון במערכת בעקבות אינרציה נמוכה.

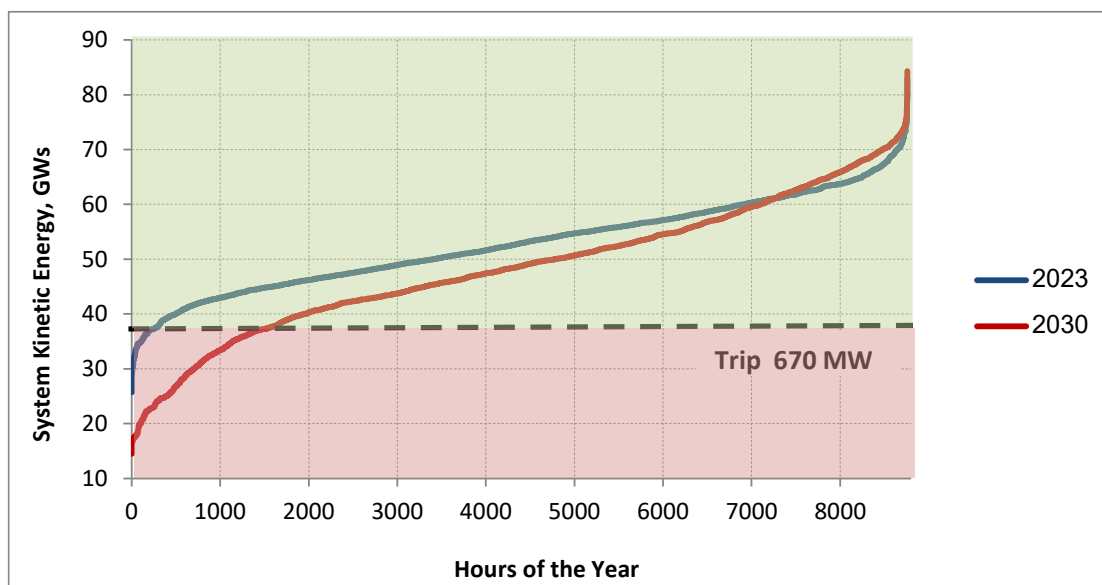
מדד הסיכון שמוצג באיור 4.12 מסתמך על קצב שינוי התדר ברגע ההפסקה ($ROCOF(0)$) בתרחישים שונים וכולל שלוש דרגות סיכון: גבוה, בינוני ונמוך (מסומנים באדום, צהוב וירוק, בהתאמה).

עם שילוב אנרגיות מתחדשות בהיקף נרחב, קיים סיכון לקצב שינוי תדר מעל 0.5 Hz/s באירוע של הפסקת יחידה בודדת, במשך מספר שעות ביום, ברוב ימות השנה.



איור 4.12: מדד הסיכון (RISK) עקב אינרציה נמוכה בשנים 2021 - 2030

חישוב האינרציה המערכתית בשנים 2023 ו-2030 בוצע עבור כל 8760 תרחישי הייצור השעתיים ומוצג באיור 4.13. סף האינרציה שהוגדר וסומן באיור הוא 37.5 GWs, והוא נקבע לפי ההגבלה של $ROCOF(0) = 0.5 \text{ Hz/s}$ בהפסקה של 670 MW (היחידה הגדולה ביותר). משמעות סף זה היא שאם באירוע של הפסקת יחידת ייצור של 670 מגוואט סך כל האנרגיה הקינטית במערכת קטן מ-37.5 GWs, קצב שינוי התדר בעקבות התקלה עלול לחרוג מעל 0.5 Hz/s.



איור 4.13: Duration Curve של האינרציה המערכתית בשנים 2023 ו-2030 לעומת ערך הסף

מצבים עם אינרציה נמוכה בשנת 2023 התקבלו בעונות המעבר ובסופי שבוע עקב עומסים נמוכים בשעות השמש. כאשר העומס המערכתי נמוך והייצור במתקנים הסולאריים גבוה, אז מספר היחידות הסינכרוניות שמייצרות הינו נמוך במיוחד. ב-2030 התרחב משמעותית מספר הימים עם אינרציה נמוכה משום שהעליה בייצור הסולארי גורמת לירידה בערכים ולעליה במספר השעות של

האינרציה הנמוכה. בנוסף, כניסה של מתקני אגירה להסטת עומס בשנת 2030 גרמה לירידת אינרציה גם בשעות שאין בהם ייצור סולארי, אלא פריקה של האנרגיה ממתקני האגירה.

4.6.2 **בדיקת מצב האינרציה במערכת בתרחישי ייצור עם 24% ו- 18% אנרגיה מתחדשת**

ככל שייצור האנרגיה המתחדשת הולך וגדל כך גם המצב של האינרציה המערכתית מחמיר. בטבלה 4.3 מוצג מספר השעות עם אינרציה מערכתית מתחת לערך הסף של 37.5 GWs, כאשר היקף ייצור האנרגיה המתחדשת משתנה מ- 30% ל- 24%, ול- 18%.

טבלה 4.3: חישוב כמות השעות השנתיות עם סיכון של קצב שינוי תדר גבוה

18%	24%	30%	תרחיש אנרגיה מתחדשת בשנת 2030
298	770	1549	מספר שעות עם $E_{KSYS} < 37.5 \text{ GWs}$

במערכת יש יחידות ייצור שניתן להניח שהן מסוג must run, וניתן להניח שהאנרגיה הקינטית שלהם מגיעה לכ- 23 GWs. רק במספר שעות מצומצם מאוד האנרגיה הקינטית נמצאת מתחת לערך זה, ויש להימנע מעבודה במצב זה ע"י הפעלת יחידות סינכרוניות נוספות. החוסר באנרגיה קינטית יכול להיות מ- 23 GWs לכ- 37.5 GWs והוא כ- 15 GWs. יש למצוא פתרון עבור השעות בהן קיים חוסר זה.

4.6.3 **פתרונות אפשריים להתמודדות עם בעיית אינרציה נמוכה וקצב שינוי תדר גבוה**

ניתן לפתור את הבעיה על ידי ההגבלות הבאות:

- קיטום ייצור סולארי בשעות ובימים עם אינרציה נמוכה, על מנת לשמור במערכת מספר גדול יותר של יחידות סינכרוניות (עלול לפגוע בהשגת יעד 30% מתחדשות),
- הגבלת העמסה ביחידות המסונכרנות למערכת בשעות אלה למניעת קצב שינוי תדר גבוה,
- שילוב של שתי השיטות הנ"ל.

נבחנת אפשרות לפתח כלים שיתנו למפקח את המידע על מצב האינרציה במערכת בזמן אמת (פעילות מו"פ).

הוספת אינרציה למערכת אפשר לממש על ידי חיבור קונדנסורים סינכרוניים. הקונדנסורים הם מעין גנרטורים סינכרוניים מסתובבים שלא מייצרים הספק אקטיבי אחרי ההנעה שלהם ולכן לא שורפים דלק, הם בעלי אינרציה, ויכולים לספק הספק ריאקטיבי ולתמוך במתח. ייתכן מצב בו הייצור הסינכרוני הנדרש לחוזק המערכת הינו גבוה יותר מהייצור הסינכרוני הנדרש משיקולי אינרציה.

בעבודת המשך תתבצע בדיקה מערכתית על מנת לקבוע מקומות אופטימליים לחיבור קונדנסורים סינכרוניים למערכת.

פתרון חדש ומתפתח של הוספת אינרציה למערכת הוא בעזרת ממירים מסוג GRID FORMING. ממירים אלה הם בעלי אינרציה וירטואלית ויכולים לדמות תכונות של גנרטורים סינכרוניים. ממירים מסוג GRID FORMING נמצאים בשלבי פיתוח ויישום ראשוני, ומומלץ לשלב ממירים מסוג זה במתקני אגירה בסוללות, ולהוסיף דרישה אופציונלית לכלול יכולת לאספקת אינרציה במתקני אנרגיה מתחדשת ברמות מתח עליון וגבוה.

בנוסף, קיימת אפשרות לשינוי המגבלה של קצב שינוי תדר ל- 1 Hz/s במקום 0.5 Hz/s . מהלך חלקי אך יותר קל ליישום הוא הגדרת הדרישה מיחידות חדשות לעמוד בקצב שינוי תדר של 1 Hz/s .

במקביל יש לבחון אפשרות לכיוונון מתאים של הגנות לזיהוי התנתקות מהרשת של יחידות ייצור סינכרוניות במ"ג, הגנות Loss of Main, כך שיתחשבו ברמות הגבוהות יחסית של קצב שינוי התדר שעלולות להופיע במערכת בשנים הבאות, ולא יגרמו לניתוק ייצור נוסף שלא לצורך.

4.6.4 מסקנות והמלצות בנושא אינרציה

- במערכת במצב הנוכחי אין סכנה של קצב שינוי תדר הגדול מ- 0.5 Hz/s בהפסקה של יחידת ייצור בודדת.
- בשנת 2023, עם כניסת יחידות מחז"מ חדשות ועלייה בייצור סולארי, במשך כ- 260 שעות בשנה עלול להיות חוסר אינרציה בהיקף של עד 12 GWs
- בשנת 2030, עם 30% ייצור מתחדש, עלול להיות חוסר אינרציה בהיקף של עד 23 GWs במשך כ- 1,550 שעות.
- ניתן לצמצם את תוספת האינרציה הנדרשת לכ- 15 GWs ללא פגיעה משמעותית בייצור מתחדש.
- במסגרת פעולות של הכנת המערכת להיקפים גבוהים של ייצור אנרגיה מתחדשת חשוב לבצע עדכון של הדרישות הטכניות מיחידות הייצור ושל ההוראות לכוונון ההגנות:
- שינוי דרישות לעמידה בקצב שינוי תדר (ROCOF) ליחידות ייצור סינכרוניות חדשות: אסור להתנתק בקצב שינוי תדר של 1 Hz/s שנמדד בחלון זמן של 500 מילישניות.
- שינוי הגדרות להגנה נגד עבודה באי (Loss Of Main) לייצור מבזר. הערך המומלץ הינו: 1 Hz/s עם השהיית זמן של 500 מילישניות.

המלצות ופעילות המשך:

- נדרשת גמישות ויכולת Ramp Rate גבוהה ביחידות סינכרוניות MUST RUN (אורות רבין ורוטנברג) אחרי ההסבה לגז.

- להכניס אילוץ של אינרציה מינימלית בתוכנות לתכנון הייצור, על מנת לחשב את העלויות עקב אילוץ אינרציה והשוואה בין הפתרונות השונים.
- פיתוח יישום מדידת אינרציה מערכתית בזמן אמת בחטיבת התפעול (פרויקט מו"פ).
- להבטיח אפשרות תוספת אינרציה על ידי:
 - דרישות טכניות מממירים מסוג Grid Forming;
 - התקנה של קונדנסורים סינכרוניים במקומות עם בעיות חוזק והספק ריאקטיבי.
- נדרש המשך בדיקות לקביעת פתרון אופטימלי שיכול לכלול שילוב אמצעים שונים.
- נדרשת בדיקת חוזק המערכת להגדרת רמה מינימלית של ייצור סינכרוני חיוני.
- יש להגביל את הספק היחידה הגדולה ביותר כך שלא יעלה על 670 מגוואט, בהתאם לתוכנית הפיתוח עד ל-2030.
- נדרשת אסדרה לשירותי אינרציה (שירות נלווה חדש).

4.7 תחזית תנודות בייצור סולארי והשפעתן על התדר

מתקני ייצור באנרגיות מתחדשות, כמו מתקנים סולאריים וטורבינות רוח, מושפעים מאוד מתנאי מזג האוויר. גידול בהיקף הייצור הסולארי ל-30% ב-2030 יגרום להשפעה משמעותית יותר של שינויי קרינה, למשל עקב תנועת עננים ותנאי אובך.

ניתוח תנודות ההספק הצפויות עקב שינויי קרינה נעשה בעזרת תוכנת "ברכת החמה" שפותחה בחטיבת תכנון ופיתוח, ועברה שדרוגים והתאמות רבות במהלך השנה האחרונה.

העבודה כוללת ניתוח סטטיסטי, בשיתוף היחידה לחיזוי ומידע, של שינויים בהספק הסולארי בעקבות תנועת עננים, ותאפשר קבלת החלטות לגבי העתודות הנדרשות במצב שיגרה כדי להבטיח את יציבות התדר המערכת.

4.7.1 מקור הנתונים

המחקר התבסס על מדידות של קרינה סולארית גלובלית, מיפוי פוטנציאל שטחים להתקנת ייצור סולארי עתידי בשנת 2030 לפי המידע מחטיבת תכנון ופיתוח ומרשות החשמל, ומיפוי יכולת מותקנת קיימת של ייצור סולארי על בסיס מידע מחח"י.

4.7.2 הנחות יסוד

1. מקדמי ההמרה משטח פוטנציאלי של מתקן סולארי ליכולת המותקנת של הפנלים (DC) באותו שטח נקבעו לפי נתונים של רשות החשמל, על מנת לשמור על אחידות.

2. היחס בין ההספק המותקן של פנלים סולאריים (DC) לבין ההספק של הממירים המתחברים לרשת (AC) נקבע בהתאם לנתוני רשות החשמל, על מנת לשמור על אחידות.
3. הנצילות של יחידות הייצור הסולאריות אחידה לכל המתקנים ולאורך השנים, וכלולה במקדמים של רשות החשמל.
4. כל הייצור, הקיים והחזוי, שיוך לתחנות מדידה לפי קירוב גאוגרפי.
5. טיוב נתוני מדידות הקרינה נעשה בהנחה שהתנהגות דינמית של אתר מדידה מסוים, הדומה להתנהגות של קבוצה של תחנות אחרות, מאפשרת להשלים את המידע בהסתמך על הדמיון הזה.
6. אומדן התנודות מבוסס על מדידת קרינה גלובלית נקודתית תוך התחשבות באפקט ההחלקה ובקיצוז הנובע מפיזור גאוגרפי.

4.7.3 התפלגות התנודות

תנודות ההספק הצפויות עבור היכולת המותקנת החזויה לשנת 2030 חושבו על סמך נתוני הקרינה בשנים 2018-2020.

תנודות ההספק המחושבות הינן עבור חלונות זמן של דקה אחת, 3 דקות ו-30 דקות.

בטבלה 4.4 מוצגים הערכים המירביים שהתקבלו עבור השנים 2020-2030 עבור חלונות זמן של דקה אחת, 3 דקות ו-30 דקות.

dP הוא גודל תנודת ההספק במגוואט.

טבלה 4.4: ערכים מירביים של תנודות ההספק [MW] בייצור סולארי הצפויות בשנים 2020-2030

Year	dP 1min	dP 3min	dP 30min
2020	90	190	590
2021	130	300	850
2022	180	380	1140
2023	220	450	1400
2024	270	580	1700
2025	310	700	2020
2026	380	810	2350
2027	440	930	2670
2028	510	1060	3000
2029	560	1200	3350
2030	620	1340	3680

ההתפלגות של כמות התנודות השליליות בייצור סולארי בשנת 2030 בחלון זמן של דקה אחת על בסיס נתוני קרינה סולארית של שנת 2020 מופיעה בחלק א' של איור 4.14. התנודות השליליות בייצור ההספק הן אלו שגורמות לירידת התדר ולהשלול עומסים.

בהתפלגות רואים שרוב התנודות מתרכזות בתחילת הגרף, תנודות עם הספק נמוך, ורק מעט יחסית מופיעות עם הספקים גבוהים יותר. המטרה של הניתוח הסטטיסטי של התוצאות היא להגדיר קריטריון היכן לחתוך את עקום ההתפלגות ועבור אילו ערכים של תנודות הספק לתכנן את העתודות במערכת.

במסגרת הניתוח הסטטיסטי הוגדרו Q1, Q2, Q3 שהינם רבעונים שמתאימים ל- 50%, 75%, 25% תנודות מסך כל אירועי התנודות.

שיטה אחרת להגדיר חיתוך אירועים קיצוניים מהתכנון היא להגדיר למשל ערך 1%, שמשמעותו היא שב- 99% מהמקרים ערך תנודת ההספק שתתקבל יהיה קטן מהערך שהוגדר.

לפי שיטה זו צוינו בתרשים ערכי 0.01%, 0.1%, 1%, עם הערך של תנודת ההספק המירבית המתאימה לו.

ההתפלגות שהתקבלה קרובה מאוד להתפלגות גמא, כפי שניתן לראות בחלק ב' של איור 4.14. לצורך השוואה מופיעה התפלגות גמא מנורמלת, בהתאם לפרמטרים (α, β) שחושבו מהתפלגות התנודות, ביחד עם התפלגות מנורמלת של תנודות ההספק.

בנוסף, על מנת לראות את ערכי התנודות הגדולות שבקצה ההתפלגות, מוצגות התוצאות בסקלה לוגריתמית בחלק ג' של איור 4.14. באיור מופיע גם גודל התנודה המירבית שהתקבלה.

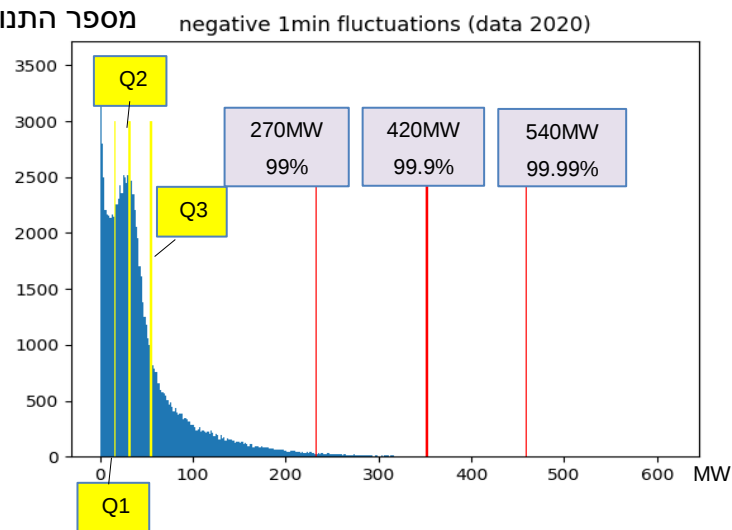
בצורה דומה נערכו החישובים של תנודות ההספק החיוביות והשליליות וההתפלגויות שלהן לפי חלונות זמן של דקה אחת, 3 דקות ו-30 דקות.

בטבלה 4.5 מסוכמים הפרמטרים של התפלגויות תנודות ההספק בייצור סולארי ב- 2030.

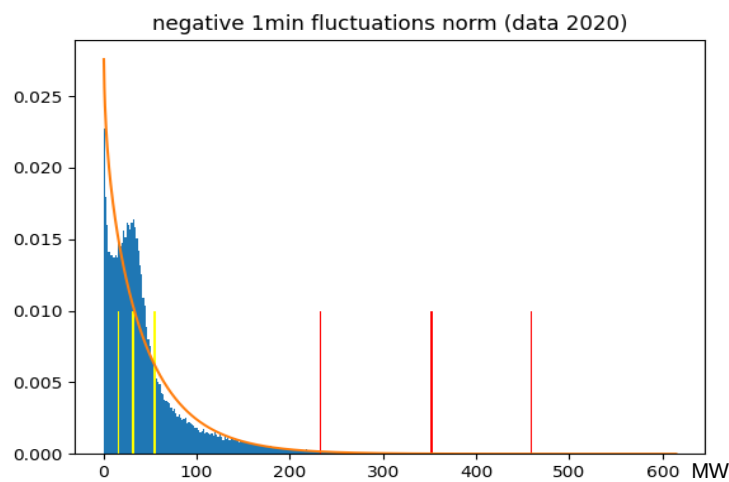
טבלה 4.5: פרמטרים של התפלגות התנודות השליליות בייצור הסולארי הצפויות בשנת 2030

Resolution	2030 Negative dP [MW]			
	dP max	z1 (99.99%)	p2 (99.9%)	z3 (99%)
1 min	620	540	420	270
3 min	1340	1130	880	590
30 min	3680	3520	3100	2370

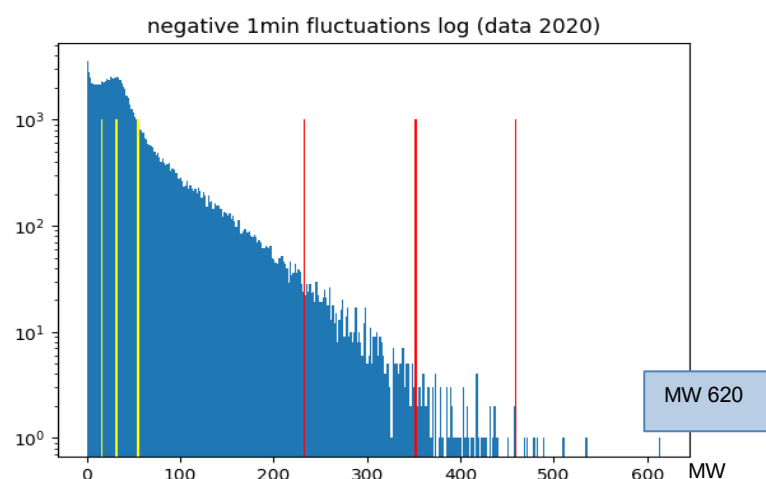
מספר התנודות



(א)



(ב)



(ג)

איור 4.14: התפלגות של כמות התנודות השליליות בייצור סולארי בשנת 2030 בחלון זמן של

דקה 1 על בסיס נתוני קרינה סולארית של 2020

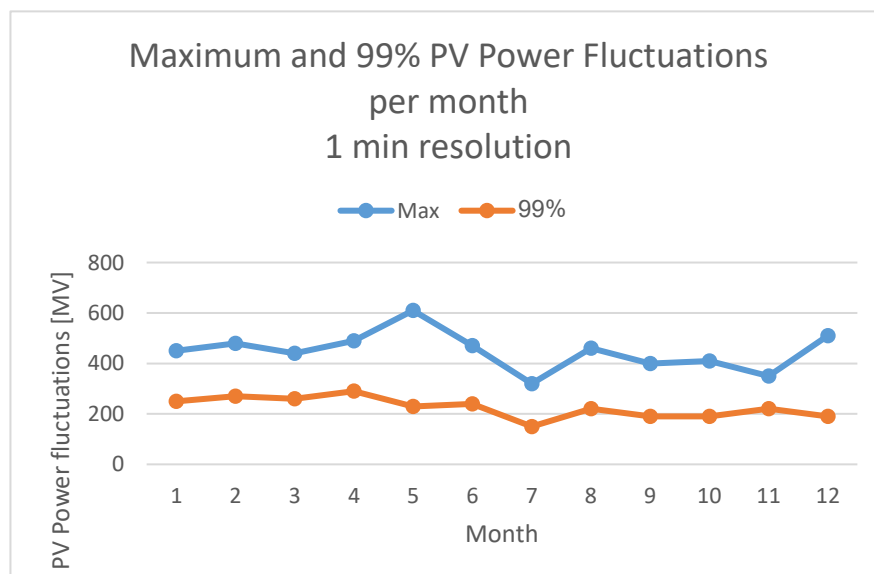
(א) התפלגות תנודות ההספק, (ב) התפלגות תנודות מנורמלת בהשוואה להתפלגות גמא,
 (ג) התפלגות עם סקלה לוגריתמית

4.7.4 התפלגות תנודות בייצור סולארי לפי חודשי השנה

בהנחה שתנאי הקרינה אינם אחידים לאורך כל עונות השנה, נעשה ניתוח התפלגות תנודות ההספק עבור כל אחד מחודשי השנה בנפרד. התוצאות שהתקבלו עבור תנודות בחלון זמן של דקה מרוכזות בטבלה 4.6. ערכים מקסימליים וערכי 1% מוצגים באיור 4.15. ניתוח דומה נעשה גם עבור חלונות זמן של 3 ו- 30 דקות.

טבלה 4.6: התפלגות התנודות בייצור הסולארי לפי חודשים בחלון זמן של דקה אחת

1min fluctuations per month [MW]				
month	max	-0.01%	-0.10%	-1%
1	450	440	340	250
2	480	470	400	270
3	440	420	380	260
4	490	480	410	290
5	610	540	320	230
6	470	460	370	240
7	320	300	250	150
8	460	440	350	220
9	400	390	320	190
10	410	400	290	190
11	350	340	300	220
12	510	360	280	190



איור 4.15: התפלגות התנודות בייצור הסולארי לפי חודשים בחלון זמן של דקה אחת

מהתרשים ניתן לראות כי המקרים החמורים ביותר מהווים מיעוט מכלל התנודות, וזה מתבטא גם בפער בין העקום של הערך המירבי לעומת העקום של ערך 1%.

בחודשי הקיץ התקבלו תנודות קטנות יותר לעומת חודשי החורף ועונות המעבר בכל חלונות הזמן שנבדקו. לפיכך, יידרשו עתודות גדולות יותר בחודשים עם התנודות הגדולות יותר.

יהיה צורך להמשיך ולנתח את התוצאות מהיבט של המלצה דיפרנציאלית עבור העתודות בהתאם לעונות השנה ולשעות היום.

4.7.5 סיכום ומסקנות בנושא תנודות של ייצור סולארי

1. בוצעה השלמה וטיוב המידע של מדידות הקרינה משנים 2018-2020.
2. שודרגה תוכנת "ברכת החמה" לביצוע ההדמיות לשיערוך תנודות ההספק בייצור הסולארי, כך שבמקום להתמקד בערכים המירביים של תנודות ההספק, היא מאפשרת כיום לבצע ניתוחים סטטיסטיים ולקבל את התפלגויות התנודות והתחזית שלהן לאורך השנים עד 2030.
3. הותאמה התפלגות תנודות ההספק השנתית על בסיס נתוני קרינה של 3 שנים.
4. על מנת לתת המלצות להתמודדות עם תנודות הספק הנובעות מתנوعات עננים ולהגדיר קריטריונים כמו עתודה מיידית ועתודה מהירה, יש להמשיך את העבודה בנושאים הבאים:
 - א. עבור מצבי הקצה, המהווים אחוז קטן מאוד מהתנודות הצפויות, יש לבצע את בדיקת השפעתם על יציבות התדר ועל היקף השלת העומס בעקבותם, ובהתאם לכך לקבוע היכן תהיה נקודת החיתוך ההסתברותית.
 - ב. לנתח את התוצאות מהיבט של המלצה דיפרנציאלית עבור העתודות בהתאם לחודשי השנה ולשעות היום.
 - ג. על סמך ההתפלגויות ניתן לתת תחזיות הסתברותיות גם עבור השנים 2023 עד 2030 כדי להתאים את העתודות לצרכים לאורך כל התקופה.

4.8 מסקנות והמלצות

במסגרת העבודה זוהו אתגרים דינמיים שמאפיינים את המערכת בשנים הקרובות עד 2030, הנובעים משילוב יחידות מחז"מ חדשות ויעילות עם הספקים גדולים מאלה שקיימים במערכת עד היום, והגעה ליעד הממשלה של 30% ייצור באנרגיה מתחדשת עד 2030.

בעבודה נבחנו ההשלכות של אירועים שונים על התנהגות התדר ואילו פתרונות יאפשרו עמידה בקריטריוני התכנון שיוגדרו. העבודה נעשתה בעזרת תוכנות שפותחו למטרה זו ואיפשרו ניתוח בהיקף נרחב מאוד של נתונים.

לאור העובדה שיש אי וודאות רבה לגבי משטרי תפעול הייצור שיהיו בפועל, קריטריוני התכנון שנדרש להגדיר הם הסתברותיים, למשל:

1. מה אחוז הסיכון המירבי להשלט עומס עקב התנתקות יחידת ייצור הכי מועמסת במערכת (או הכי גדולה שקיימת במערכת, קריטריון חמור יותר) שישפיע על תכנון העתודות.
 2. מה רמת האינרציה שצריכה להישמר במערכת כדי להבטיח שניתוק היחידה הגדולה ביותר במערכת לא יגרום לקצב שינוי תדר שיגרור התנתקות יחידות ייצור נוספות.
 3. מה ההסתברות של ההספק המירבי של תנודות בייצור הסולארי הנובעות מתנועות עננים שיש לתכנן לפיו כך שלא תהיה השלט עומס (תנודות של דקות בודדות ושל חצי שעה).
- הגדרת הקריטריונים צריכה לכלול שיקולים טכנו-כלכליים, חלקם כבר ניתנים להגדרה על סמך עבודה זו, וחלקם יוגדרו בעבודות ההמשך.
- דרכי ההתמודדות עם האתגרים הדינמיים שזוהו פורטו במהלך העבודה, בסיום כל פרק, ונציין את ההמלצות המשמעותיות ביותר:

המלצות להתמודדות עם תקלה הנובעת מהתנתקות יחידת ייצור

- נדרשת עתודה מיידית לבקרת תדר רציפה מסוג FFR (Fast Frequency Response) כדלהלן:
 - בשנת 2023 בהיקף של 400 מגוואט לרבע שעה לפחות.
 - לקראת 2025-2026 תוספת בהיקף של 100 מגוואט לרבע שעה לפחות (יישום עתודה זו בסוללות ייעודיות לבקרת תדר רציפה ייבחן בהמשך).
 - ניתן לפזר את מתקני האגירה לבקרת תדר מהירה ורציפה בכל מקום פנוי ברשת ההולכה.
- הסוללות המתוכננות להסטת עומס צריכות להיות בעלות יכולת תגובה באירועי תדר חריגים.
- יש להגדיר את הדרישות הטכניות מיחידות הייצור החדשות וממתקני האגירה כך שיתנו את התמיכה הנדרשת לתדר.
- יש להגביל את הספק היחידה הגדולה ביותר כך שלא יעלה על 670 מגוואט, בהתאם לתוכנית הפיתוח עד ל-2030.

המלצות להתמודדות עם מצב האינרציה במערכת העתידית

- שינוי דרישות לעמידה בקצב שינוי תדר (ROCOF) ליחידות ייצור סינכרוניות חדשות: אסור להתנתק בקצב שינוי תדר של 1 Hz/s שנמדד בחלון זמן של 500 מילישניות.
- שינוי הגדרות להגנה נגד עבודה באי (Loss Of Main) לייצור מבוזר. הערך המומלץ הינו: 1 Hz/s עם השהיית זמן של 500 מילישניות.
- נדרשת גמישות ויכולת Ramp Rate גבוהה ביחידות סינכרוניות MUST RUN (אורות רבין ורוטנברג) אחרי ההסבה לגז.
- הכנסת אילוף של אינרציה מינימלית בתכנון הייצור, שלא יפחת מ- 38 GWs.
- פיתוח יישום מדידת אינרציה מערכתית בזמן אמת בפיקוח (פרויקט מו"פ).
- פתרון אופטימלי יכלול שילוב אמצעים שונים לתוספת אינרציה, עקב מצבים בהם עלול להתקבל חוסר באינרציה בהיקף של כ- 15 GWs בשנת 2030, כמו:
 - דרישות טכניות מממירים מסוג Grid Forming;
 - התקנה של קונדנסורים סינכרוניים במקומות עם בעיות חוזק והספק ריאקטיבי.

המלצות להתמודדות עם תנודות בייצור הסולארי

- על מנת לתת המלצות להתמודדות עם תנודות הספק הנובעות מתנודות עננים ולהגדיר קריטריונים כמו עתודה מיידית ועתודה מהירה, יש להמשיך את העבודה בנושאים הבאים:
- א. עבור מצבי הקצה, המהווים אחוז קטן מאוד מהתנודות הצפויות, יש לבצע את בדיקת השפעתם על יציבות התדר ועל היקף השלת העומס בעקבותיהם, ובהתאם לכך לקבוע היכן תהיה נקודת החיתוך ההסתברותית.
 - ב. לנתח את התוצאות מהיבט של נתינת המלצה דיפרנציאלית עבור העתודות בהתאם לחודשי השנה ולשעות היום.
 - ג. על סמך ההתפלגויות ניתן לתת תחזיות הסתברותיות גם עבור השנים 2023 עד 2030 כדי להתאים את העתודות לצרכים לאורך כל התקופה.

המלצות כלליות

- נדרשת אסדרה שתגדיר את התשלום על אספקת שירותים נילווים כמו למשל FFR ואינרציה. ככל שהיקף המתחדשות יגדל יהיה צורך באספקת שירותים נלווים מסוגים שונים בהיקף מוגבר.

פרק 5: תוכנית פיתוח מערכת המסירה

5.1 תקציר הפרק

תוכנית הפיתוח של מערכת המסירה כוללת פרויקטים במערכת ההולכה וההשנאה, כגון: פרויקטים מערכתיים הנדרשים לשמירה על שרידות ואמינות המערכת, שדרוג וחדוש מתקנים קיימים וחיבור מתקנים חדשים. הגדרת הצרכים להקמת תחנות כוח לרבות מיקום תחנות אלו ומועד הפעלתן הנדרש, הגדרת הצרכים למתקני אגירה היקפים מיקום ומועד נדרש להקמתם.

מטרתה של תוכנית הפיתוח לספק מענה לצרכים הדינמיים של משק האנרגיה במדינה:

- עומסים הגדלים בהתמדה מחד גיסא, מול התייעלות אנרגטית מאידך גיסא
 - חדירה משמעותית של אנרגיות ממקורות מתחדשים בהתאם להחלטות הממשלה – 30% לשנת 2030.
 - שילוב משמעותי של יצרנים וצרכנים פרטיים בטכנולוגיות מגוונות
 - חיבור יצור מבוזר בהיקפים גדולים למערכת החלוקה
 - מעבר לשימוש משמעותי בגז, לעומת הפחתה של ייצור בפחם
- תוכנית הפיתוח כוללת את הפרויקטים הנדרשים לצורך אספקת חשמל, קליטת אנרגיות מתחדשות עמידה בדרישות לשרידות, אמינות ואיכות אספקת החשמל.
- תוכנית הפיתוח כוללת מועדים לפרויקטים, קביעת מועדים אלו בהתאם לל"ז לקידום תוכניות מתאר, רישוי ולהקמה.
- קיימים פערים בין ל"ז הנ"ל לבין לוחות הזמנים הנדרשים ע"פ יעדי הממשלה בנושא האנרגיות המתחדשות.
- קיים איום על ל"ז הנדרשים לפרויקטים לאספקת החשמל בגוש דן.
- תוכנית הפיתוח לוקחת בחשבון התפתחות טכנולוגית, רשת חכמה ותקשורת רחבת פס, איומי סייבר ודופק אלקטרומגנטי (EMP) בהיבטים השונים של תוכנית הפיתוח.
- מערכת 400 ק"ו כוללת הפרויקטים רחבי הקף אשר ל"ז שלהם מתמשכים על פני יותר מעשור, מסיבה זו נכללו בתוכנית פרויקטי 400 ק"ו מעבר לשנת 2030.

5.1.1 תוכנית הפיתוח כוללת את הפרויקטים הבאים:

- הקמת קווי 400 ק"ו חדשים ושדרוג קווים קיימים.
- הקמת תחנות מיתוג 400/161 ק"ו חדשות, הרחבות ועבודות בתחנות מיתוג קיימות.
- הקמת תחנות משנה 161 ק"ו חדשות, הרחבות ועבודות בתחנות משנה קיימות.
- הקמת קווי 161 ק"ו חדשים ושדרוג קווים קיימים.
- פרויקטים מערכתיים מהיבט שרידות למשל, הקמת מעקפים לשעת חירום.
- פרויקטים לחיבור מתקני ייצור וצריכה למערכת ההולכה.
- פרויקטים בתחום מיגון (בניה אזרחית) ואבטחת מידע (סייבר).
- פרויקטים שהסתיימו, ופרויקטים שבטלו.

5.1.2 מטרות וכלים בתכנון מערכת ההולכה וההשנאה

- לצורך הבטחת אמינות, איכות ושרידות מערכת החשמל הארצית ועמידה ביעדי הממשלה בנוגע לפיתוח משק החשמל, מבוצע תכנון מערכת המסירה בהתאם למטרות ובכלים הבאים:
- הבטחת יכולת העברת האנרגיה המיוצרת במתקני הייצור אל מרכזי הצריכה ברמת האמינות והאיכות הנדרשת, תוך שילוב יחידות ייצור בטכנולוגיות שונות, הגברת היעילות האנרגטית והפחתה ככל הניתן של עלויות ייצור והולכת החשמל.
 - זיהוי ואפיון של צרכי המשק הלאומי והתפתחותו הצפויה, כגון:
 - מתן מענה הולם להתפתחות ביקוש החשמל במדינת ישראל
 - מתן מענה לקליטת אנרגיה ממקורות מתחדשים בהתאם ליעדי הממשלה
 - חיבור מתקני ייצור וצריכה פרטיים ברמת האמינות הנדרשת, תוך בחינה ושילוב טכנולוגיות נוספות
 - גיבוש המלצות למקבלי החלטות בממשלה
 - התאמת קריטריוני התכנון לשילוב משמעותי של אנרגיה מתחדשת ומתקני אגירה במערכת החשמל וזאת תוך הבטחת רמת אמינות ושרידות מערכתיים, ומתן מענה לצרכי המשק הלאומי בראייה עתידית.
 - סקירה, מעקב ושיתופי פעולה ברחבי העולם, במגוון נושאים של מחקר ופיתוח טכנולוגיות שונות של רכיבים במערכת החשמל.

5.1.3 קווים מנחים לקביעת קריטריוני התכנון

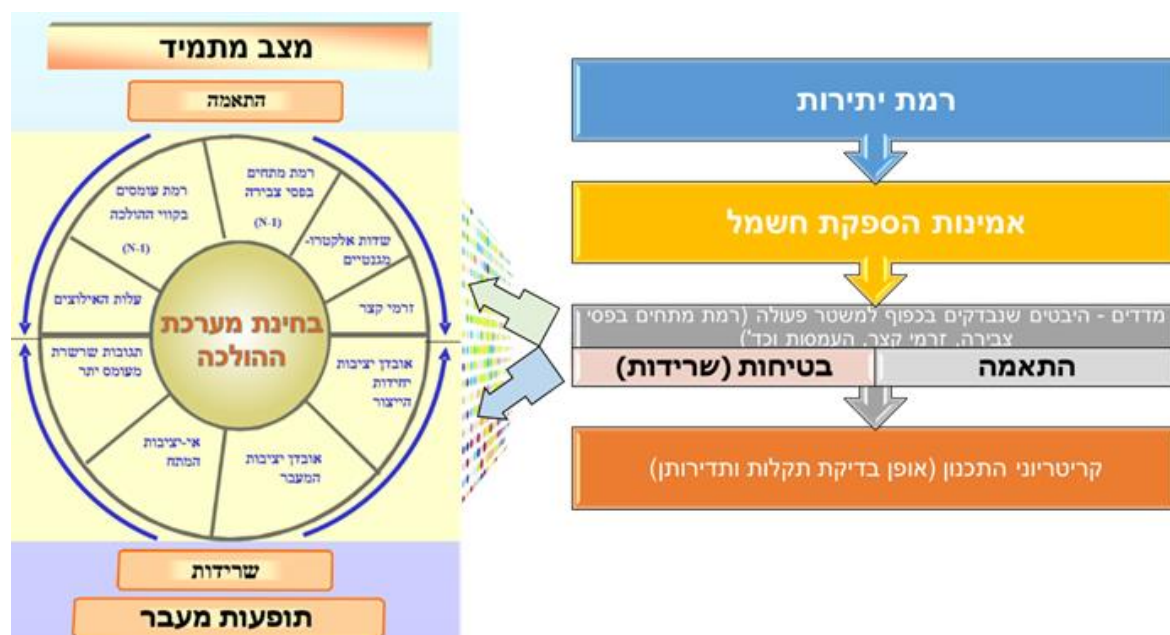
תכנון המערכת מתחשב ברמת היתירות הרצויה שתבטיח פעולה תקינה, התמודדות עם תקלות אפשריות, ויכולת תפעול ותחזוקה של הציוד בהתאם להמלצות, להוראות היצרנים ובהתאם לניסיון התפעולי הנצבר.

קריטריוני התכנון מגדירים את המצבים התפעוליים השונים עימם צריכה המערכת להתמודד מבלי שייגרם נזק לציוד במערכת המסירה ומשתמשיה. היקף הנזקים כתוצאה מתקלות במערכת הארצית עשוי לנוע מנזק למרכיבי המערכת, ניתוק מאות צרכנים ובמקרים מסוימים עלול לגרום להפסקת חשמל אזורית ואפילו התדרדרות למצב עלטה. היקף הנזק תלוי בסוג התקלה ובמרכיב ו/או המרכיבים בהם התרחשה התקלה. היקף הנזק תלוי בסוג התקלה ובמרכיב ו/או המרכיבים בהם התרחשה התקלה. רמת יתירות משפיעה על רמת האמינות של המערכת, מערכת המסירה מתוכננת כך שמחד גיסא תתקבל אמינות גבוהה, ומאידך ניתן יהיה להגביל את ההשקעות הנדרשות.

המערכת הקיימת והמתוכננת נבחנת בהתייחס למדדים כדלקמן:

התאמה – יכולת המערכת לספק חשמל בצורה תקינה, בתחום הפרמטרים הטכניים המותרים (תדר, מתח, זרם ורמת זרמי הקצר). מדדי התאמה מיוחסים למשטרים תפעוליים שונים במצב המתמיד.

בטיחות (שרידות) – יכולת המערכת להתמודד עם תקלות, או גרימת נזקים בלתי הפיכים לציוד תוך דגש על מניעת מצבי עלטה. מדדי שרידות מיוחסים לתופעות מעבר, כגון היכולת למנוע מצבים של הפרדת המערכת ל"איים" ולאבדן סנכרון במצב תקלה.



איור 5.1: היבטי יתירות, אמינות ומדדים בתכנון מערכת המסירה

5.1.4 הכנת תוכנית הפיתוח

מערכת המסירה מתוכננת בהתבסס על יעדי ממשלה, בסיסי נתונים, קריטריוני תכנון וסטנדרטים המאושרים ע"י משרד האנרגיה ובכפוף לאמות מידה, כך שתהיה אמינה, שרידה ויציבה במשטרי הפעלה שונים, ותוך התחשבות בתחזית לביקוש החשמל, ופיתוח מערכת הייצור, לרבות עמידה ביעדי ממשלה לקליטת אנרגיה מתחדשת.

לצורך פיתוח מערכת המסירה נדרש מנהל המערכת לקבל נתונים ממשתמשי המערכת על בסיס קבוע, בהתאם לקבוע באמות המידה ורישיון החברה.

5.1.4.1 עקרונות לתכנון מערכת המסירה

תהליך התכנון מבוסס על הנחות יסוד, מסדי נתונים, קריטריוני תכנון, וסימולציות מורכבות. בתהליך מבוצעות הדמיות ונערכים חישובים לחלופות פיתוח רלוונטיות של מערכת המסירה, מהיבטים של זרימות עומס, זרמי קצר, יציבות, קריטריוני אמינות ועוד.

5.1.4.2 מסדי הנתונים עליהם בן היתר מתבסס התכנון מפורטים להלן:

5.1.4.2.1 תחזית הביקוש – מערכת ההשנאה נקבעת בהתאם לתחזית הביקוש הארצית ותחזית ביקוש עונתית. מנהל המערכת יקבל על פי דרישתו נתונים מכלל הגורמים לצורך מילוי תפקידו, לרבות: קריאות המונים של כלל הצרכנים במדינת ישראל, כולל מזרח ירושלים, יהודה ושומרון ורצועת עזה ומבעלי רישיון החלוקה, לרבות צרכנים במתח גבוה ומתח נמוך, וכן מבנה רשת החלוקה המאגדת את הצרכנים לתחנות המשנה המחוברות למתח עליון.

5.1.4.2.2 מערכת והמסירה הקיימת והמתוכננת – כל מרכיב קיים במערכת, הנתונים הפיזיקליים והנומינאליים שלו, לרבות: תחנות משנה, תחנות מיתוג, וקווי מסירה.

5.1.4.2.3 מערכת הייצור הקיימת והמתוכננת בהתאם לתוכנית הייצור במוצגת בדו"ח תכנון אינטגרטיבי-2030 זה, שמספקת מענה לאספקת חשמל בהתאם לביקושים לרבות מתן מענה לקליטת אנרגיה ממקורות מתחדשים בהתאם ליעדי הממשלה וצרכי משק החשמל להקמת תחנות כוח קונבנציונליות ומתקני לאגירת אנרגיה.

5.1.4.2.4 מסד נתונים הכולל מידע הנוגע למתקנים סולאריים עתידיים. נתונים המרכזים את כלל השטחים הקרקעיים, הגגות, ומתקנים דואליים המהווים פוטנציאל לייצור חשמל בפריסה ארצית. מתודולוגיה ותוצאות עבודה בנושא ריכוז הנתונים אודות מתקני הייצור והפוטנציאל לאנרגיה מתחדשת מוצג בדוח תוכנית פיתוח אינטגרטיבי -2030 זה. על בסיס עבודה הנ"ל הוכן מסד הנתונים של פוטנציאל הייצור בפריסה ארצית

בהתאם לאזורי הזנה ולפי סוגים שונים (קרקעים גדולים, בינוניים, גגות, דואליים וכו').

5.1.4.2.5 טכנולוגיה של מסדרי מיתוג וקווים – המערכת תתוכנן בהתאם לטכנולוגיות ציוד אפשריות שייבחרו על בסיס שיקולים טכנו-כלכליים ויותאמו אל האתר שבו יותקנו. טכנולוגיות לקווים ייבחרו עפ"י שיקולים דומים.

5.1.4.2.6 תקנים וקריטריונים סביבתיים – תקנים ותקנות הכוללים בין השאר עמידה בעוצמת שדות אל"מ, רעש, רוחב פרזדורים והיתרי הקמה/הפעלה.

5.1.4.2.7 אזור התכנון – האזור בארץ שבתחומו מתבצע התכנון.

5.1.4.2.8 סיכויי מימוש של פרויקטים – במהלך התכנון נבחנות מספר חלופות לפיתוח מערכת המסירה באזור המתוכנן. סיכויי המימוש של החלופות השונות משפיע על החלופה המועדפת שהוכנסה לתוכנית הפיתוח.

5.1.4.2.9 פיתוח מערכת המסירה כולל שינוי של דרישות, עקרונות, והוראות למתקנים חשמליים, כגון: דרישות אמינות, דרישות סביבתיות וטכנולוגיות בתיאום עם הגורמים הרלוונטיים.

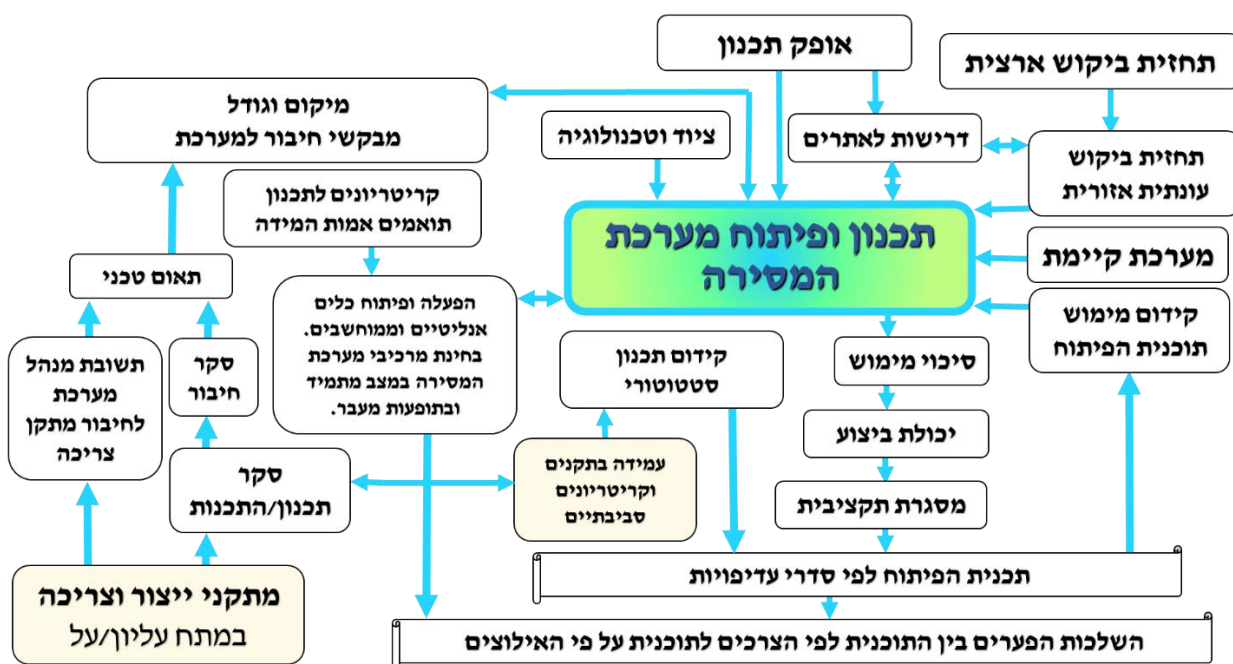
5.1.4.2.10 מנהל המערכת נסמך על תוכניות אב של הגופים השונים, הנחות יסוד, בסיסי נתונים במטרה להשתלב ולקדם יעדי פיתוח לטווח ארוך עבור פרויקטים במערכת המסירה וצרכי המשק העתידיים, בשל פרקי זמן ארוכים של תהליכי תכנון וביצוע. מנהל המערכת מגדיר לאזורים נבחרים תוכנית אב רעיונית חשמלית של מערכת המסירה שתשמש כמפת דרכים למוסדות התכנון השונים.

5.1.4.3 תיאור מילולי של תהליך הכנת תוכנית הפיתוח:

- תכנון הוא זיהוי ואפיון צריכת החשמל של המשק הלאומי והתפתחותו הצפויה לטווח ארוך. פריסת העומס החזוי וחלוקתו לאזורים נגזרת בהתבסס על: נתוני התפתחות דמוגרפית, כלכלית, חברתית וניתוח הצריכה הצפויה של האזורים השונים.
- תחילה, מתבצע ניתוח תחזית הביקוש של המשק הלאומי וההתפתחות הצפויה לתקופה של 10 השנים הבאות. שלב זה כולל פריסה של העומס הצפוי על פי אזורי הזנה ע"פ תחזית הביקוש האזורית, וקביעת שיעור העמסת תחמ"ש קיימות המזינות כל אזור.
- מהיבט ייצור - תכנון המערכת מתבסס על פריסת מתקני הייצור הקיימים ברשת החלוקה ועל קליטת מתקני ייצור קונבנציונלי וממקורות מתחדשים (בדגש על צפי וזמינות של שטחים לטובת מתקני פ"ו, כגון: קרקעיים, גגות מבנים ודו-שימוש).

- על בסיס דרישות לאספקת אנרגיה וקליטת יצור מבוזר, נקבעת תוספת השנאה הנדרשת. הגדלת יכולת ההשנאה לעיל ניתנת לביצוע ע"י הקמת תחנות משנה 161 ק"ו חדשות ו/או הרחבת תחמ"ש קיימות.
- תכנון המערכת מתבסס על יעדים ופריסת מתקני אנרגיה מתחדשת בפיזור ארצי, ודרישות המערכת למתקני אגירת אנרגיה.
- תכנון המערכת מתבסס על תוכנית פיתוח של מערכת היצור שמגדירה היקפים, צרכים ויעדים למתקני יצור, וכן גיבוש המלצות למיקומן ותיעדוף של יחידות הייצור הנדרשות – מתקני ייצור בגיוון הטכנולוגי ויחידות אגירת אנרגיה.
- לאחר מכן, בהתחשב במיקום וגודל אמצעי הייצור הקיימים והמתוכננים נבחנת מערכת ההולכה באמצעות סימולציה של זרימות העומסים בקווים במשטרים שונים, רמת זרמי הקצר הצפויה ועמדה בדרישות דינאמיות. בהתאם לתוצאות הבחינה מתגבשות המלצות להקמה או הרחבה של תחנות מיתוג 400/161 ק"ו, הקמת קווי הולכה 400-161 ק"ו נוספים, או הגדלת יכולת של קווי הולכה קיימים.
- בתכנון זה מתחשבים במערכת הקיימת, בזמינות אתרים לתחנות משנה ולתחנות מיתוג, ישימות הסדרת תוואים והקמת קווי הולכה חדשים וכו'.
- בתוכנית ניתנה התייחסות לפרויקט הקמת תחמ"ש בתחום הרשות הפלסטינית וצפי לגידול מהיר של הביקוש בעקבות הפעלתן.

תהליך תכנון פיתוח מערכת המסירה



איור 5.2: דיאגרמת מלבנים של תהליכים וגורמים המעורבים בהכנת תוכנית הפיתוח

5.1.5 יעדי תוכנית הפיתוח

תכולת תוכנית פיתוח מערכת ההולכה והשנאה:

- פיתוח המערכת הארצית במתח על - 400 ק"ו.
- התאמת ההשנאה 400/161 ק"ו בתחמ"ג.
- התאמת יכולת מערכת ההולכה 161 ק"ו.
- המלצה לשילוב מתקני אגירה במערכת.
- המלצה להקמת יחידות יצור קונבנציונליות באזור ובמועד נדרש.
- התאמת מערכת ההשנאה ממתח 161 ק"ו למתחי החלוקה 12.6/22/33 ק"ו כולל הרחבת תחנות משנה קיימות והקמת חדשות.

היעדים העיקריים של תוכנית פיתוח מערכת ההולכה והשנאה הינם:

- אספקת חשמל באיכות ואמינות לצרכנים
- התאמה לתוכניות המתאר האזוריות והארציות למגורים, תעסוקה, מסחר ותעשייה.
- התאמת מערכת ההולכה וההשנאה לקליטת אנרגיה ממקורות מתחדשים בהתאם ליעדי ממשלה לשנת 2030
- הבטחת ישימות הפרויקטים ע"י קביעת לוחות הזמנים בהתאם לניתוח סיכויי מימוש.
- בחינה והתאמה קריטריוני תכנון במערכת ההולכה 161 ק"ו. בהגדרת קריטריוני התכנון נשקלות סביריות לתקלות מול ההשלכות על המערכת, מתקני הייצור והצריכה.
- היועצות עם חברת החשמל כך שתהיינה ערוכה לעמידה ביעדים להבטחת ישימות של תוכנית הפיתוח.
- מנהל המערכת יוסיף/יגרע, ישנה את תכולת הפרויקטים, לצורך אבטחת עמידה ביעדים.
- הטמעת טכנולוגיות חדשות.
- מזעור ההשפעה הסביבתית של מערכת ההולכה וההשנאה
- מזעור עלויות פיתוח המערכת תחת האילוצים הנ"ל.

5.1.6 מערכת 400 ק"ו

מערכת ההולכה במתח על - 400 ק"ו הינה בעלת חשיבות אסטרטגית והיא מהווה את "עמוד השדרה" של מערכת המסירה. המערכת מהווה מקור הזנה לתחנות המיתוג הראשיות, אליהן מחוברות מערכות ההולכה וההשנאה הקיימת במתחים 161 ק"ו ו-400 ק"ו. למערכת 400 ק"ו, ישנה חשיבות עליונה בכל הנוגע לחיבור תחנות כוח במערכת החשמל ולשרידות מערכת המסירה כולה, במילים אחרות, למניעת הפסקת חשמל או אזורית עלטה ארצית.

מטרות הפיתוח של מערכת 400 ק"ו כדלקמן:

- התאמת יכולת העברת הספק חשמלי בהקפים גדולים לתחזית היצור והצריכה, וחיבור תחנות מיתוג 400/161 ק"ו חדשות למערכת 400 ק"ו
- הגדלת יכולת העברת הספק חשמלי בין מערכת 400 ק"ו למערכת 161 ק"ו באמצעות ההשנאה בתחנות המיתוג 400/161 ק"ו
- הבטחת אמינות ושרידות מערכת המסירה באמצעות פיתוח מערכת 400 ק"ו

פרויקטים עיקריים במערכת 400 ק"ו בתכנית הפיתוח:

- אשכול צפון הכולל את תחמ"ג גליל 400/161 ק"ו וקו 400 ק"ו מקיסריה לגליל
- אשכול שרון הכולל את תחמ"ג חפר 400/161 ק"ו וקו 400 ק"ו שני בשרון מקיסריה לפ"ת
- אשכול דן הכולל את תחמ"ג עתידים ושני מסעפי 400 ק"ו לחיבורה למערכת 400 ק"ו
- השלמת הפעלת קו חוצה גוש דן ב-400 ק"ו בין איילון לעתידים
- הקמת קו 400 ק"ו שני צפית-קאסם
- אשכול נגב הכולל תחמ"ג דימונה סולארי 400/161 ק"ו וקו 400 ק"ו מצפית לדימונה סולרית
- אשכול ירושלים הכולל תחמ"ג באתר ירושלים ד' וקו 400 ק"ו מצפית/גזר לתחמ"ג ירושלים
- תחמ"ג אבן ספיר - השלמת תחמ"ג והתקנת שנאי קישור 400/161 שלישי

פרויקטים נוספים לתכנית הפיתוח:

- תחמ"ג גליל – התקנת שנאי קישור 400/161 ק"ו שלישי
- תחמ"ג קיסריה- החלפת 2 שנאי קישור 400/161 ק"ו, ותוספת שנאי קישור שלישי
- תחמ"ג דן (מורשה) 400/161 ק"ו -תחמ"ג נוספת בגוש דן
- הקמת שני מסעפים דו-מעגליים 400 ק"ו מתחמ"ג דן (מורשה) לקו עתידים-פ"ת
- תחמ"ג הנגב 400/161 ק"ו
- קו 400 ק"ו מתחמ"ג נגב לתחמ"ג גן שורק
- תגבור קווי 400 ק"ו קיימים:
- קיסריה - גזר 400 ק"ו
- מ"ד - חפר

קידום סטטוטורי של הפרויקטים הבאים:

- קו 400 ק"ו מתחמ"ג דן (מורשה) לתחמ"ג גן שורק
- תחמ"ג זמורות 400/161 ק"ו – תחמ"ג באזור שפלה
- הקמת שני מסעפים דו מעגליים 400 ק"ו מתחמ"ג זמורות לקו נגב - גן שורק
- תחמ"ג שוקת 400/161 ק"ו – תחמ"ג באזור ערד-תל שוקת
- מסעף דו מעגלי 400 ק"ו מתחמ"ג שוקת 400/161 ק"ו לקו רמת חובב-צפית
- תחמ"ג ערבה 400/161 ק"ו – תחמ"ג באזור ערבה
- קו 400 ק"ו מאתר תחמ"ג דימונה סולרי לתחמ"ג ערבה
- תחמ"ג מבואות גלבע 400/161 ק"ו – תחמ"ג באזור תעשיה חבר
- קו 400 ק"ו מתחמ"ג מבואות גלבע לאזור תחמ"ג פ"ת

5.1.7 היקף תוכנית הפיתוח

תוכנית הפיתוח לתקופה של 2022-2030 כוללת תכנון להקמה והפעלה כדלהלן:

5.1.7.1 הקמה או הפעלה של מעגלי הולכה במתח 400 ק"ו באורך 760.5 [ק"מ מעגל].

בחישוב נכלל הפעלת מעגל 400 ק"ו שני בקו איילון-פתח תקוה באורך של 15.5 ק"מ מעגל.

5.1.7.2 הקמת תחנת מיתוג 400/161 ק"ו:

- עתידים
- דימונה סולארי
- גליל
- חפר
- ירושלים
- דן
- נגב מערבי

5.1.7.3 תוספת השנאה בתחנת מיתוג 400/161 ק"ו קיימות:

- אבן ספיר
- זבולון
- קיסריה

5.1.7.4 מערכת 161 ק"ו

מערכת 161 ק"ו כוללת תחנות משנה בהן מותקנים שנאים להעברת אנרגיה למתח החלוקה וקווי 161 ק"ו המחברים את תחנות המשנה ביניהן ולתחנות המיתוג ותחנות הכוח. בתוכנית הפיתוח לשנים 2022-2030 מתוכננים:

- הקמת קווים עיליים - תוכנית הפיתוח של מערכת ההולכה 161 ק"ו כוללת הקמת כ-991 ק"מ מעגל. בתוכנית הפיתוח עד לסוף שנת 2021 נכללו מספר פרויקטים של הקמת קווי 161 ק"ו אשר טרם הסתיימה בהם הפעילות:
 - קו קיסריה-תנבות-שער אפריים באורך מצרפי של 61 ק"מ מעגל.
 - אשכול הנגב באורך מצרפי של 193 ק"מ מעגל.
 - קו תמנע-אילת באורך מצרפי של 46 ק"מ מעגל.
- הנחת כבלים - בהתאם לתוכנית הפיתוח יונחו כ-288.5 ק"מ מעגלי כבלים תת-קרקעיים 161 ק"ו.
- בניה מחדש העתקת קווים - בהתאם לתוכנית הפיתוח לפי צרכים הנדסיים, במהלך תוכנית הפיתוח יעברו מספר קווים רקונסטרוקציה וחלקם יועתקו לצורך "הימנעות נבונה" באורך כולל של 530.4 ק"מ מעגל.
- תגבור יכולת בקווים קיימים - בהתאם לתוכנית הפיתוח בשנים הבאות מתוכנן לבצע של קווים 1122.1 ק"מ מעגל.
- הקמת 73 תחנות משנה קבועות חדשות בהספק כולל של 9816 מגו"א, כולל הסבת תעשייה אדומים וקצרין לקבועות, ושלביות של הסבת תחנות משנה עמק חפר וירושלים ד' במסגרת הקמת מסדרי 161 ק"ו לתחנות מיתוג 400/161 ק"ו חפר, וירושלים.
- הגדלת יכולת ההשנאה בתחנות משנה קיימות ב-2900 מגו"א, מהן פורקה תחמ"ש 161 ק"ו ת"א מזרח, ויפורקו לאורך השנים תחנות משנה אשר יוסבו לתחנות מיתוג: ירושלים ד', עמק חפר.
- פירוק תחמ"ש לא קבועות: ניידות בהספק 360 מגו"א, וארעיות בהספק 604 מגו"א.

טבלה 5.1: היקף תוכנית הפיתוח הצפוי בין השנים 1.2022-12.2030 [עודכן 07/2022]

מערכת	מרכיב המערכת	שנת 2021	הערכה לסוף ת"פ-2030	שינוי
הולכה 400 ק"ו [ק"מ מעגל]	אורך מעגלי מתח על	794	1,554.50	760.50
	תגבור יכולת Uprating מתח על		337.2	
	בניה מחדש והעתקת קווים מתח על		9.5	
השנאה - תחנות מיתוג 400/161 ק"ו	מספר תחמ"ג 400/161 ק"ו	9	15	6
	יכולת ההשנאה בתחמ"ג 400/161 ק"ו קיימות וחדשות [מגווא"א]	12,945	24,225	11,280
	אורך רשת עילית מ"ע	4,765.00	5,756.64	991.64
הולכה 161 ק"ו [ק"מ מעגל]	בניה מחדש והעתקת קווים מ"ע		530.4	
	תגבור יכולת בקווים קיימים מ"ע		1112.1	
	אורך רשת תת-קרקעית מ"ע	164	452.56	288.56
השנאה - תחנות משנה 161 ק"ו של חברת החשמל	אורך רשת 115 ק"ו [ק"מ מעגל]	42	42	0
	מספר תחמ"ש קבועות	122	195	73
	מספר תחמ"ש ארעיות	9	2	-7
סוללות קבלים [מגווא"ר]	מספר תחמ"ש ניידות	24	7	-17
	סה"כ יכולת ההשנאה [מגווא"א]	18,822	30,493	11,671
	הספק סוללות קבלים מ"ג	2,261	5,054	2,793
	הספק סוללות קבלים מ"ע	444.3	984.3	540

5.1.7.5 סטטוס אזורי פיתוח לצורך קליטת אנרגיה מתחדשת בהתאם ליעדי הממשלה



איור 5.3: סטטוס אזורי פיתוח לצורך קליטת אנרגיה מתחדשת בהתאם ליעדי הממשלה

5.1.7.6 התאמת תוכנית הפיתוח לתנאי אי-ודאות

מטבע הדברים בתוכנית פיתוח של פרויקט תשתית קיימת אי-ודאות משמעותית לגבי מתכונת הפרוייקטים ומועדי אישור תוכניות המתאר, כמו כן קיימת אי ודאות לקבלת אישורים הנדרשים ע"פ חוק לביצוע מגורמים רבים. לפיכך מתעדכנת התוכנית באופן שוטף. חשוב לציין, כי מועדי ההפעלה המוזכרים בדו"ח זה ובדוחות הקודמים, הינם בגדר לוח זמנים שמונתה בקבלת האישורים וההיתרים הנדרשים, כאשר משכי הטיפול מבוססים על נסיון מנהל המערכת ומידע שהתקבל מחברת החשמל לגבי משכי הזמן האופייניים.

מנהל המערכת פועל לקידום הפרוייקטים הנדרשים וינהל מעקב על התקדמות הפרוייקטים, במידה ויהיו דחיות מלוחות הזמנים המשוערים, יבוצעו פעולות תיקון עד כדי הכללה בתוכנית הפיתוח של פרויקט גישור.

ראוי לציין שדחיית מועד פרויקט גדול כדוגמת הקמת תחנת כוח ברדינג חייב היערכות מחדש של התכנון המערכתי.

לסיכום ניתן לומר כי, על מנת לגבש תוכנית פיתוח מערכת ההולכה והשנאה שתענה על הצרכים הדינאמיים של המשק הלאומי, ועם זאת שתהיה ישימה ותוך צמצום היקף ההשקעות, יש לבחון ולהתחשב בכל ההיבטים שצוינו לעיל. הדבר ניתן רק תוך שימוש בכלי סימולציה ממוחשבים מתקדמים וביצוע אינטגרציה של כל מקורות המידע והידע האפשריים.

מנהל המערכת רואה לנכון לציין את החשיבות לקבלת מלוא הנתונים הנדרשים מכל הגופים השוטפים למשק החשמל כדי שיוכל לראות את התמונה הכוללת ומגמות התפתחות משק החשמל לצורך תכנון המערכת. קיימת חוסר ודאות בנושא רכב חשמלי וחישובול התעשייה.

5.2 מבוא

5.2.1 מטרת דוח

מטרת הדוח הינה הצגת תוכנית פיתוח של מערכת המסירה לתקופה 2022-2030 הכוללת את הפרויקטים הארציים בהולכה והשנאה, במתח על – 400 ק"ו ומתח עליון - 161 ק"ו. התוכנית כוללת מועדי פרויקטים הנגזרים מהצרכים המערכתיים בהתאם לסיכויי המימוש, בהתחשב במכלול האילוצים.

על מנהל המערכת מוטלת החובה לעדכן את התוכנית באופן שוטף במערכות החברה ואחת לשנה להביא את התוכנית עם המועדים המעודכנים והנימוקים לעדכונים לאישור שר האנרגיה ורשות החשמל.

תוכנית פיתוח זו בסימן "מתן מענה לקליטת אנרגיה ממקורות מתחדשים בהתאם ליעדי הממשלה ותמיכה בצרכי משק החשמל".

תוכנית פיתוח זו מתבססת על מסדי הנתונים המפורטים בפרק של פוטנציאל יצור באנרגיה מתחדשת לדו"ח זה שהתקבלו או נאספו ממקורות שונים.

מועדי פרויקטים להקמת תחנות משנה המצוינים בתוכנית הפיתוח מתבססים על הערכת לו"ז למימוש פוטנציאל היצור האזורי.

קביעת מועדי הפרויקטים מתחשבים בגורמים רבים, אך בממוצע נקבעים המועדים כך שסיכויי המימוש לעמוד בהם הוא כ- 70%.

5.2.2 מטרות וכלים לתכנון מערכת ההולכה וההשנאה

לצורך הבטחת אמינות, איכות ושרידות מערכת החשמל הארצית ועמידה ביעדי הממשלה בנוגע לפיתוח משק החשמל, מבוצע תכנון מערכת המסירה בהתאם למטרות ובכלים הבאים:

5.2.2.1 הבטחת יכולת העברת האנרגיה המיוצרת במתקני הייצור אל מרכזי הצריכה ברמת האמינות והאיכות הנדרשת, תוך שילוב יחידות ייצור בטכנולוגיות שונות, הגברת היעילות האנרגטית והפחתה ככל הניתן של עלויות ייצור והולכת החשמל.

5.2.2.2 זיהוי ואפיון של צרכי המשק הלאומי והתפתחותו הצפויה, כגון:

5.2.2.2.1 מתן מענה הולם להתפתחות ביקוש החשמל במדינת ישראל

5.2.2.2.2 מתן מענה לקליטת אנרגיה ממקורות מתחדשים בהתאם ליעדי הממשלה

5.2.2.2.3 חיבור מתקני ייצור וצריכה פרטיים ברמת האמינות הנדרשת, תוך בחינה ושילוב טכנולוגיות נוספות

5.2.2.2.4 גיבוש המלצות למקבלי החלטות בממשלה

5.2.2.3 התאמת קריטריוני התכנון לשילוב משמעותי של אנרגיה מתחדשת ומתקני אגירה במערכת החשמל וזאת תוך הבטחת רמת אמינות ושרידות מערכתיים, ומתן מענה לצרכי המשק הלאומי בראייה עתידית.

5.2.2.4 סקירה, מעקב ושיתופי פעולה ברחבי העולם, במגוון נושאים של מחקר ופיתוח טכנולוגיות שונות של רכיבים במערכת החשמל.

5.2.3 תכולת דוח

תכולת הדוח כוללת פרקי מידע אודות מערכת המסירה להלן:

- הסבר על תפקוד המערכת ומרכיביה העיקריים.
- תיאור המערכת הקיימת.
- המתודולוגיה, קריטריוני התכנון והנחות היסוד המשמשים לצורך הכנת תוכנית הפיתוח.
- תיאור הפרויקטים האסטרטגיים הנדרשים.

תכולת הדוח כוללת פרויקטים נדרשים של הרחבה ושיפור במערכת הקיימת במטרה להתאימה למתן מענה לקליטת אנרגיה ממקורות מתחדשים בהתאם ליעדי הממשלה, לרמת הביקוש הצפויה וצרכי משק החשמל, בהתאם לקריטריוני התכנון, תוך התחשבות בזמינות אתרים, התאמה לאילוצים ויכולת ביצוע של חברת החשמל למימוש הפרויקטים. בדוח תוכנית הפיתוח יפורטו מגוון פרויקטים המחולקים למספר סוגים עיקריים להלן:

- הקמת קווי 400 ק"ו חדשים ושדרוג קווים קיימים. הקמת קווי 400 ק"ו חדשים ושדרוג קווים קיימים.
- הקמת תחנות מיתוג 400/161 ק"ו חדשות, הרחבות ועבודות שונות בתחנות מיתוג קיימות.
- הקמת תחנות משנה 161 ק"ו חדשות, הרחבות ועבודות שונות בתחנות משנה קיימות.
- הקמת קווי 161 ק"ו חדשים ושדרוג קווים קיימים.
- פרויקטים לחיבור מתקני ייצור וצריכה למערכת ההולכה.

5.2.4 יעדי תוכנית הפיתוח

תכולת תוכנית פיתוח מערכת ההולכה והשנאה:

- פיתוח המערכת הארצית במתח על - 400 ק"ו.
- התאמת ההשנאה 400/161 ק"ו בתחמ"ג.
- התאמת יכולת מערכת ההולכה 161 ק"ו.
- המלצה לשילוב מתקני אגירה במערכת.

- המלצה להקמת יחידות יצור קונבנציונליות באזור ובמועד נדרש.
- התאמת מערכת ההשנאה ממתח 161 ק"ו למתחי החלוקה 12.6/22/33 ק"ו כולל הרחבת תחנות משנה קיימות והקמת חדשות.

היעדים העיקריים של תוכנית פיתוח מערכת ההולכה והשנאה הינם:

- אספקת חשמל באיכות ואמינות לצרכנים.
- התאמה לתוכניות המתאר האזוריות והארציות למגורים, תעסוקה, מסחר ותעשייה.
- התאמת מערכת ההולכה וההשנאה לקליטת אנרגיה ממקורות מתחדשים בהתאם ליעדי ממשלה לשנת 2030
- הבטחת ישימות הפרוייקטים ע"י קביעת לוחות הזמנים בהתאם לניתוח סיכויי מימוש .
- בחינה והתאמה קריטריוני תכנון במערכת ההולכה 161 ק"ו. בהגדרת קריטריוני התכנון נשקלות סביריות לתקלות מול ההשלכות על המערכת, מתקני הייצור והצריכה.
- היועצות עם חברת החשמל כך שתהיינה ערוכה לעמידה ביעדים להבטחת ישימות של תוכנית הפיתוח.
- מנהל המערכת יוסיף/יגרע, ישנה את תכולת הפרוייקטים, לצורך אבטחת עמידה ביעדים.
- הטמעת טכנולוגיות חדשות.
- מזעור ההשפעה הסביבתית של מערכת ההולכה וההשנאה.
- מזעור עלויות פיתוח המערכת תחת האילוצים הנ"ל.

5.2.5 תחזית הביקוש לחשמל ופילוח אזורי

5.2.5.1 חלק זה הוכן על סמך תחזית הביקוש הקיימת

בהתאם להחלטות שהתקבלו בעבר, התחזית המשמשת לצורך תכנון מערכת ההולכה וההשנאה הינה תחזית משק החשמל לתסריט גל חום קיצוני בקיץ ובהנחה שהתמ"ג יעלה ב-3.5% כפי שהתפרסמה ע"י מח' חיזוי וסטטיסטיקה.

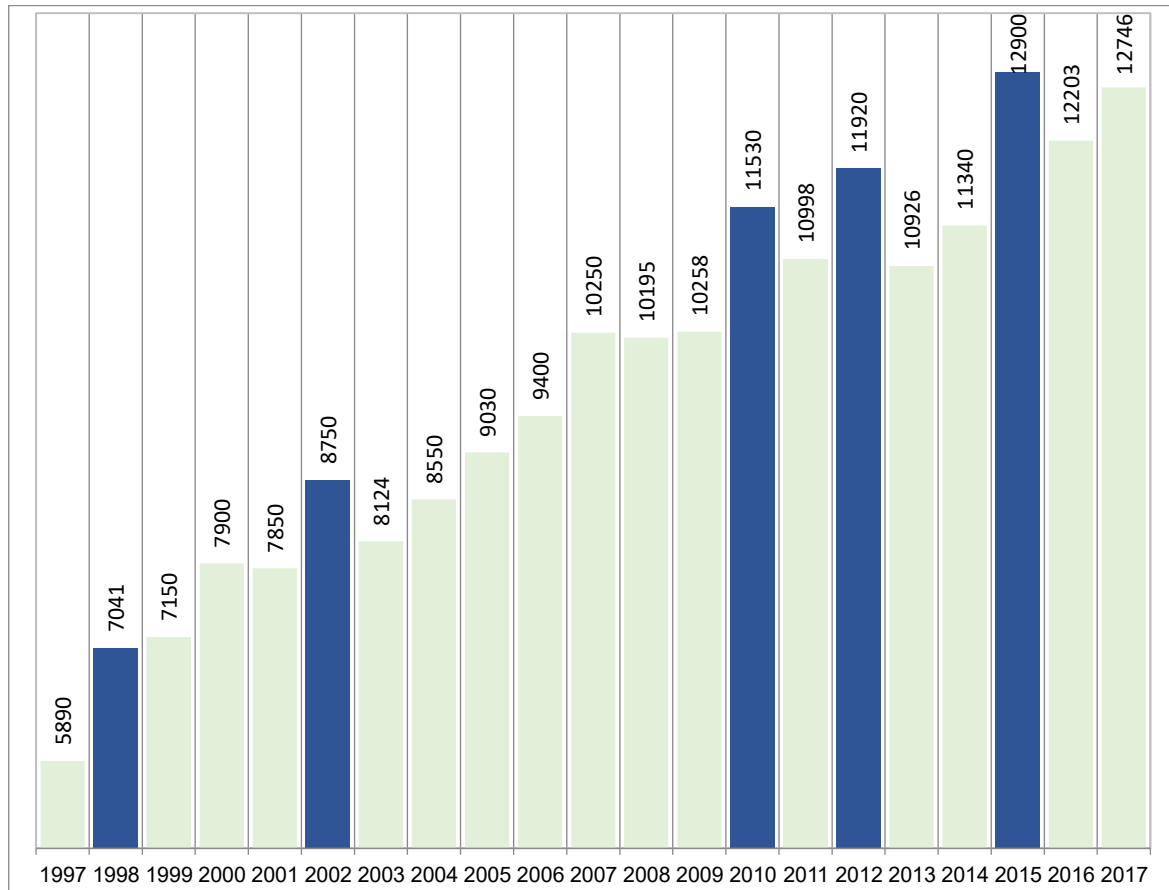
תחזית טווח ארוך מתבססת על הקשר בין התמ"ג לנפש וצריכת החשמל לנפש.

בעשור הקרוב צפוי ייצור החשמל המשקי לגדול ב 2.5% לשנה לעומת 1.8% לשנה בשנים 2010 – 2015.

ההנחה של עומס חום קיצוני מדי שנה, למרות שההסתברות להתממשותו הוא 1 ל-4 שנים, נובעת מכך:

1. לא ניתן לחזות את מזג אוויר לתקופה העולה על 10 ימים .

2. הנזק שעלול להיווצר במשק בימי קיץ לוהטים כתוצאה ממחסור בחשמל הנובע מעלייה חדה בשיא הביקוש הוא לא רק כלכלי אלא גם בריאותי.



איור 5.4: התפתחות שיא הביקוש הקיצי במשק החשמל לאורך השנים [מגוואט]

אם בעבר על כל 1% גידול בתמ"ג לנפש גדלה גם צריכת החשמל לנפש ב 1%, כיום הגידול בצריכת החשמל לנפש הינו רק 0.55%. הסיבה נעוצה ברוויה בצריכת החשמל ובהתייעלות האנרגטית. התחזית ניתנת ב-3 תרחישים כלכליים בהם התמ"ג לנפש יגדל מדי שנה ב: 4.0% , 3.5% ו- 3.0%.

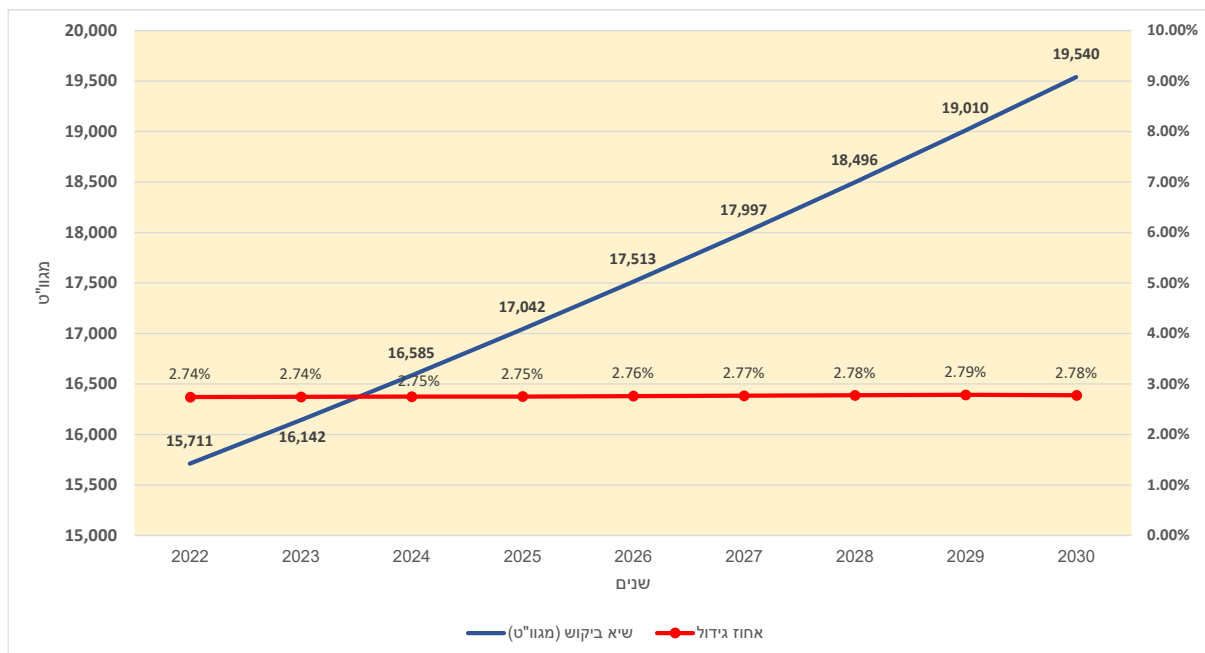
על מנת להיערך לחידוש הצמיחה הכלכלית בישראל מצד אחד, וההקצנה במזג אוויר מצד שני מומלץ לבסס את תכנון המערכת והתכנון הפיננסי על גידול שנתי של 3.5% בתמ"ג לנפש וגל חום קיצוני.

טבלה 5.2: תחזית משק החשמל בהנחה שהתמ"ג יעלה ב 3.5% (עדכון אוגוסט 2017)

שנה	ייצור שנתי (אלפי קוט"ש)	שיא ביקוש (מגוואט)	
		שנתי	חורף
2022	78,196,000	15,711	14,753
2023	80,342,000	16,142	15,158
2024	82,552,000	16,585	15,575
2025	84,824,000	17,042	16,004
2026	87,166,000	17,513	16,446
2027	89,578,000	17,997	16,901
2028	92,064,000	18,496	17,369
2029	94,629,000	19,010	17,852
2030	97,256,000	19,540	18,349

שיא הביקוש המשקי החזוי בעומס חום קיצוני עשוי להגיע לכ-17,042 מגוואט בשנת 2025, עליית הביקוש החזויה עפ"י תחזית זו משפיעה כמובן על הרחבה תואמת של פיתוח מערכת ההשנאה: הן מהיבט תחמ"ש חדשות והן מהיבט הרחבה של תחמ"ש קיימות.

התחזית הארצית המעודכנת ל-2017.8 מובאת בטבלה 5.2, ואיור 5.5 - אחוז גידול הביקוש השנתי ושיאי ביקוש חזויים – קיץ.

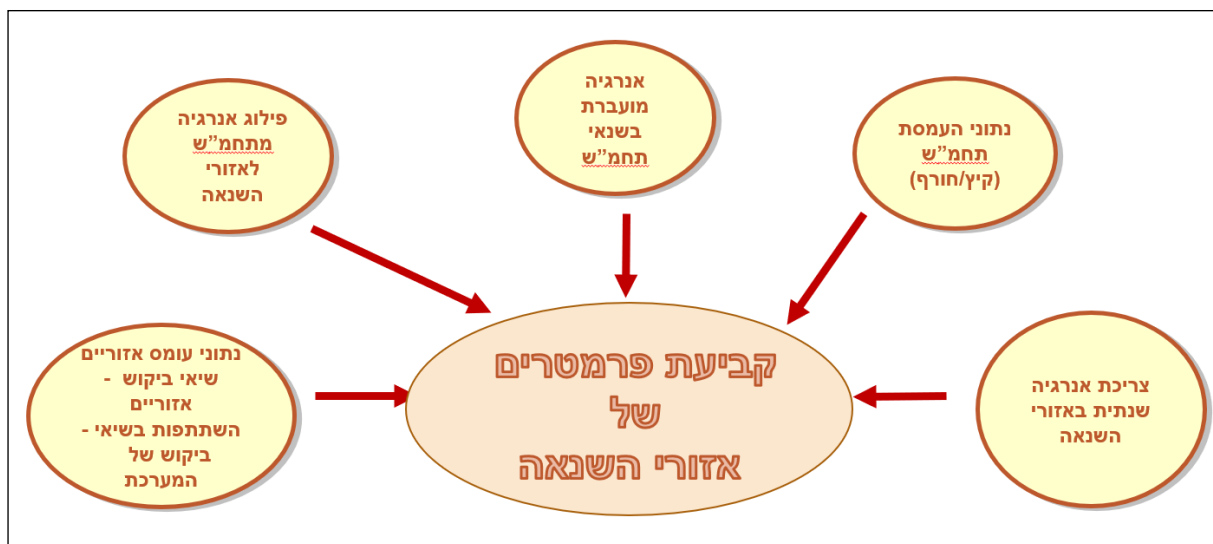


איור 5.5: אחוז גידול הביקוש השנתי ושיאי ביקוש חזויים - קיץ

5.2.5.2 פריסת העומס בין אזורי ההשנאה

תכנון מערכת ההולכה והשנאה הארצית מצריך מידע מפורט לגבי נתוני מצב הצריכה הקיים בהשוואה לתחזית העומס הצפוי בכל אחד מן האזורים הגיאוגרפיים של הארץ. אין די בפריסת תחזית הצריכה בין האזורים השונים, אלא נדרש מידע מעמיק בנושאים הבאים:

- שיאי ביקוש חזויים במגוואט ובמגווא"א של כל אזור השנאה בקיץ ובחורף
- שיעור ההשתתפות של אזורי ההשנאה בשיאים העונתיים בקיץ ובחורף של המערכת הארצית במגוואט ובמגווא"א
- פילוג הצריכה החזויה בין תחנות המשנה בבעלות פרטיות ובבעלות חברת החשמל



איור 5.6: קביעת פרמטרים של אזורי ההשנאה

נתונים אלה מהווים את הבסיס לגיבוש תוכנית פיתוח מערכת ההולכה והשנאה לצורך:

- קביעת צרכי תוכנית פיתוח מערכת ההשנאה ע"י חיזוי שיאים אזוריים
- קביעת השתתפות תחמ"ש בשיא הביקוש הארצי העונתי
- סיוע לגיבוש תוכנית פיתוח ההשנאה 400/161 ק"ו בתחמ"ג המחוברות למערכת החשמל הארצית, ע"י חיזוי שיאי העמסת תחמ"ש באזורי ההשנאה, במגוואט ובמגווא"א, תוך התחשבות במשטרי הגנרציה השונים
- קביעת הצרכים מבחינת שטחים לאתרי תחמ"ש ותחמ"ג
- ניצול אופטימאלי של עתודות ההשנאה בתחמ"ש

כמו כן יש צורך בקביעת האופיינים הכמותיים המציינים את תכונות העומס בכל אזור השנאה. כידוע קיים שוני בולט ב"אופי" העומס בין אזורים גיאוגרפיים, כתוצאה ממספר גורמים:

- הרכב מגזרי הצריכה השונים (ביתי, מסחרי, תעשייה, שאיבת מים, חקלאות, תחבורה חשמלית, חוות שרתים, מתקני אגירה)
- הכוונה יזומה של בניית אזורים מגורים ותעסוקה ע"י משרדי הממשלה העוסקים בכך
- רמת הפיתוח של האזור ורמת החיים של אוכלוסייתו (מדד סוציו-אקונומי)
- גורמים אקלימיים

מאפייני האזור ניתנים לביטוי באמצעות גדלים כמותיים המבטאים את הקורלציה הסטטיסטית בין צריכת האנרגיה לבין שיאים אבסולוטיים עונתיים, מידת השתתפות האזור בשיאי המערכת העונתיים, שיאים אבסולוטיים במגוון א וכו'. קביעת האופיינים הנ"ל אפשרית לאחר עיבוד סטטיסטי של נתוני ההעמסה עבור האזור הנדון במשך תקופה ממושכת וזאת, כדי לנפות את הגורם האקראי ואת שגיאות המדידה.

5.2.6 עקרונות התכנון של מערכת המסירה

5.2.6.1 מהות קריטריוני התכנון של מערכת ההולכה

יש להדגיש כי תכנון מערכת ההולכה והשנאה לצורך מתן מענה לכל המשטרים, ובכללם כאלו בעלי סבירות נמוכה, היה דורש השקעות עתק. תכנון כזה אינו מקובל גם במערכות זרות. מכאן שמטרת קריטריוני התכנון היא להגדיר את המצבים בהם המערכת צריכה להמשיך ולתפקד בצורה תקינה, בפרמטרים תקינים וללא ניתוק מתקני צריכה וצימצום ההגבלות על הפעלת מתקני ייצור.

5.2.6.1.1 קריטריוני התכנון מגדירים את המצבים התפעוליים השונים עימם צריכה המערכת להתמודד ולספק את החשמל מבלי לגרום נזק לציוד במערכת ומשתמשיה. כך שיתקבל איזון בין מערכת אמינה ברמה הרצויה, לבין היקף ההשקעות הנדרשות.

5.2.6.1.2 בהגדרת קריטריוני התכנון נשקלות סביריות לתקלות מול ההשלכות על המערכת ומשתמשיה.

אי-עמידה בקריטריוני התכנון כתוצאה מעיכובים והכנסה לניצול של פרויקטים מאוחר מהנדרש גורמת לסיכון-יתר לאי אספקת חשמל. סיכון זה הינו מעבר לסיכון הייחוס המתקבל במערכת העומדת בקריטריוני התכנון.

5.2.6.1.3 רמת סיכון-יתר תלויה ברמת היתירות הקיימת במערכת, בהשוואה לרמת היתירות הנדרשת ע"י קריטריוני התכנון. היקף הנזקים כתוצאה מתקלות במערכת הארצית עשוי לנוע מניתוק מאות צרכנים ועד להפסקת חשמל אזורית ואפילו עלטה ארצית. במקרים מסוימים עלול אף להיגרם נזק למרכיבי המערכת. היקף הנזק תלוי בסוג התקלה ובמרכיב ו/או המרכיבים בהם התרחשה התקלה.

5.2.6.1.4 רמת היתירות הרצויה תבטיח פעולה תקינה, התמודדות עם תקלות אפשריות, ויכולת תפעול ותחזוקה של הציוד בהתאם להמלצות, להוראות היצרנים ובהתאם לניסיון התפעולי הנצבר. רמת יתירות משפיעה על רמת האמינות של המערכת.

5.2.6.1.5 בהתאם לרמת היתירות של המערכת ניתן לסווג את השפעת התקלות ביחס למדדים כדלקמן:

- פגיעה בהתאמה (פגיעה ב – Adequacy): פגיעה באספקת החשמל – חלק מהצרכנים לא מקבלים את האנרגיה הנדרשת כתוצאה מחוסר אמצעי ייצור, ו/או אמצעי העברה, ו/או מקורות השנאה וכדומה. פגיעה באיכות החשמל – אספקת חשמל באיכות ירודה, עקב שינוי בערכי תדר ומתח.

- פגיעה בבטיחות (פגיעה ב – Security): פגיעה הגורמת לאובדן שליטה על סנכרון במערכת עד כדי גרימת עלטה, או גרימת נזקים בלתי הפיכים לציוד.

5.2.6.1.6 לגבי תקלות הגורמות לאי-אספקה פתאומית של אנרגיה חשמלית, שיעור השפעתן יכול להשתנות, כאמור, ממספר מועט של צרכנים ועד למיליוני צרכנים. ניתוקי צרכנים המתרחשים כתוצאה מתקלות במערכת המסירה שונים בהיקפם, מישכם ותדירות הופעתם מאלה המתרחשים כתוצאה מניתוקים במערכת החלוקה. בעוד שרוב האירועים הגורמים לניתוק צרכנים מקורם ברשת החלוקה ומספר הצרכנים המנותק במקרה זה הינו קטן יחסית, הרי שכמות ההפרעות הגורמות לניתוק עומסים במערכת הארצית (כתוצאה מניתוק קווי הולכה, שנאים ומתקני מיתוג) היא מועטה, אבל השפעתן על משק החשמל משמעותית וניכרת על מספר רב יותר של משתמשים. תקלות אלו מורגשות הן כלכלית והן חברתית בהיקף גדול יותר. יתרה מזאת, התגובה הציבורית חריפה יותר לאירועים מסוג זה. כעקרון, ניתוק משתמשים עד לעלטה ארצית מתרחשת כתוצאה מצירוף של מספר אירועים ולא של אירוע בודד. אירועים אלו יכולים לנבוע מהסיבות להלן:

- מערכת המופעלת ברמת יתירות נמוכה - "מערכת מתוחה"
- מרכיבים חשובים וציוד עיקרי במערכת המסירה שנמסרו לאחזקה
- אירועים הגורמים להוצאה מניצול של מספר מרכיבי המערכת בו-זמנית
- תגובת שרשרת כתוצאה מתקלה במערכת ההגנה
- טעויות אנוש

5.2.6.1.7 התגובה הציבורית

הניסיון מראה שהציבור מגלה בד"כ סבלנות לתקלות מקומיות כל עוד תדירות הופעתן ומשכן הינה נמוכה יחסית. מאידך, תגובת הציבור להפסקות חשמל אזוריות, או לעלטה ארצית הינה שלילית ביותר במיוחד באותם מקרים בהם המקור לתקלה אינו גורם טבעי שניתן להצדיק כמו פגעי מזג אוויר לא שגרתיים. לאור חשיבות שרידות המערכת מנהל המערכת פועל לפיתוח המערכת כולל פרויקטים שמטרתם למנוע הפסקות חשמל ועלטה ופרויקטים שמטרתם החזרה מהירה של אספקת החשמל

5.2.6.1.8 סיווג תקלות כמקובל בספרות המקצועית

ניתן לסווג את התקלות במערכת ההולכה 400 ק"ו של בעל רישיון הולכה המבוססת על קווים דו-מעגליים (לשם ניצול מירבי של שטח הפרוזדורים הנדרשים לקווי ההולכה), כמקובל בספרות המקצועית לשתי סוגי תקלות:

- **הראשונה** - תקלות שגורמות ליציאה מניצול של מעגל אחד. מרכיבי המערכת צריכים להיות מועמסים מתחת ליכולת שהוגדרה במשטרים הכוללים יציאה מניצול של מרכיב בודד. קריטריון זה מוכר בעולם כקריטריון N-1.
- **השנייה** - תקלות הגורמות ליציאה מניצול בו-זמנית של 2 המעגלים הנמצאים על אותו עמוד (**Common-Cause Failure**). מרכיבי המערכת צריכים להיות מועמסים מתחת ל-120% מהיכולת שלהם במשטרים הכוללים יציאה מניצול של קו דו-מעגלי 400ק"ו (בעל 2 מעגלים על עמוד משותף). קריטריון זה מוכר כקריטריון N-2.
- בנוסף, לקריטריונים לעיל ישנן תקלות שיכולות לגרום ליציאה מניצול בו-זמנית של יותר מעגלים העוברים בתוואי משותף, למשל שריפה שיוצאת משליטה.
- בהתאם לניתוח התקלות שנרשמו במערכת ההולכה סווגו התקלות בהתאם לגורמיהן (סיווג זה מקובל גם במערכות חשמל זרות) – ראה/י טבלה 5.3 להלן:

טבלה 5.3: סיווג התקלות לפי גורמיהן והשפעתן על קווי הולכה

מספר עמודים בתוואי	קו דו-מעגלי בודד	מעגל בודד	
		—	גורמים לתקלות
	*	*	קריעת חוט פאזה
	*		קריעת חוט הארקה
*	*		עמוד פגוע או פגיעה בקו
		*	זיהום
	*	*	שרשרת מבודדים פגועה
*	*		ברקים
*	*		שריפה
	*	*	טעות אנוש
	*	*	תקלה בתחנת מיתוג
	*	*	פעולת הגנה
	*	*	עצים
	*	*	גשר שרוף
		*	ציפור
1/10000	1/600	1/100	תדירות לתקלות לטווח לק"מ קו

בהתבסס על נתונים אלה והיות שמערכת 400 ק"ו בנויה על בסיס קווים דו-מעגליים, עשויה תקלה בודדת אחת, להוציא בו-זמנית שני מעגלים או יותר הממוקמים באותו תוואי.

השפעת תקלה מסוג זה תלויה בין השאר, בשלבי ההתפתחות של המערכת. ככל שמערכת ההולכה נמצאת בשלבי פיתוח מתקדמים יותר, היא מרושתת יותר (Network Meshed) ולפיכך הינה בעלת יכולת עמידה טובה יותר באירועי תקלה מסוגים אלו. מאידך, מערכת הנמצאת בשלבי התפתחותה הראשונים, בדומה למערכת 400 ק"ו הנוכחית, הינה פגיעה יותר. אי לכך קיימת סכנה שאירוע בודד במקום קריטי, עלול לגרום להתדרדרות של המערכת לעלטה.

בהתאם לכך, לאור העובדה שמערכת 400 ק"ו במדינת ישראל נמצאת בשלבי הפיתוח הראשוניים שלה, חשיבות של מערכת 161 ק"ו כחלק ממערכת ההולכה התומכת במערכת 400 ק"ו הינה גבוהה. מצב זה מוביל לעיתים, לצורך חיזוק מערכת 161 ק"ו כתוצאה מדחייה בהקמת קווי 400 ק"ו.

התייחסות לאירועים אלה (מהיבט תכנון המערכת), תלויה בהיקף השפעת האירוע ובהסתברות הופעתו.

5.2.6.1.9 תכנון המערכת מתחשב ברמת היתירות הרצויה שתבטיח פעולה תקינה, התמודדות עם תקלות אפשריות, ויכולת תפעול ותחזוקה של הצידוד בהתאם להמלצות, להוראות היצרנים ובהתאם לניסיון התפעולי הנצבר. קריטריוני התכנון מגדירים את המצבים התפעוליים השונים עימם צריכה המערכת להתמודד מבלי שייגרם נזק לצידוד במערכת המסירה ומשתמשיה. היקף הנזקים כתוצאה מתקלות במערכת הארצית עשוי לנוע מנזק למרכיבי המערכת, ניתוק מאות צרכנים ובמקרים מסוימים עלול לגרום להפסקת חשמל אזורית ואפילו התדרדרות למצב עלטה. היקף הנזק תלוי בסוג התקלה ובמרכיב ו/או המרכיבים בהם התרחשה התקלה.

5.2.6.1.10 היקף הנזק תלוי בסוג התקלה ובמרכיב ו/או המרכיבים בהם התרחשה התקלה. רמת יתירות משפיעה על רמת האמינות של המערכת, מערכת המסירה מתוכננת כך שמחד גיסא תתקבל אמינות גבוהה, ומאידך ניתן יהיה להגביל את ההשקעות הנדרשות.

5.2.6.2 רמת הסיכון במערכת ההולכה

בהגדרת קריטריוני התכנון נשקלות סבירויות לתקלות מול ההשלכות על המערכת והצרכנים. אי-עמידה בקריטריוני התכנון כתוצאה מעיכוב בסיום והכנסה לניצול של פרויקטים גורמת לסיכון-יתר לאי הספקת החשמל. סיכון זה הינו מעבר לסיכון הייחוס המתקבל במערכת העומדת בקריטריוני התכנון. רמת סיכון היתר תלויה ברמת היתירות הקיימת במערכת בהשוואה לרמת היתירות הנדרשת ע"י קריטריוני התכנון.

5.2.6.3 קווים מנחים לקביעת קריטריוני התכנון

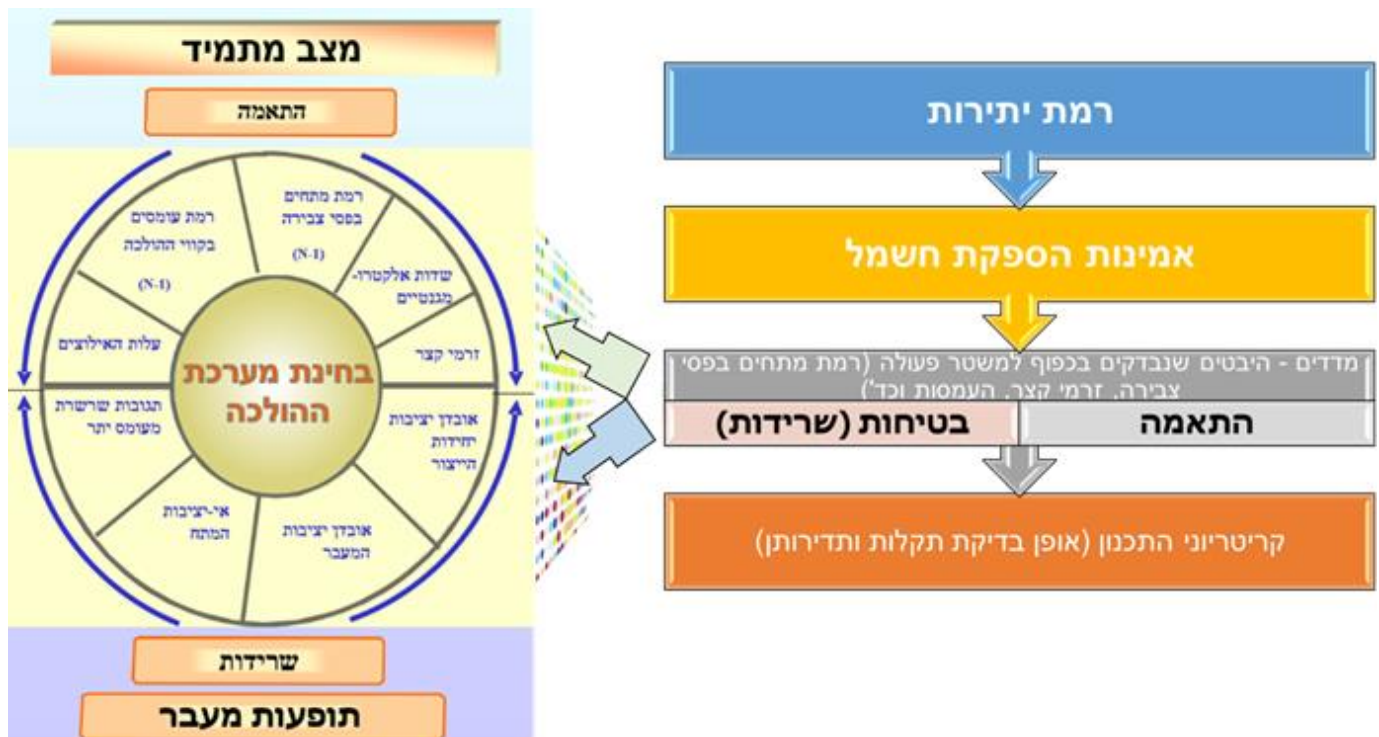
תכנון המערכת מתחשב ברמת היתירות הרצויה שתבטיח פעולה תקינה, התמודדות עם תקלות אפשריות, ויכולת תפעול ותחזוקה של הצידוד בהתאם להמלצות, להוראות היצרנים ובהתאם לניסיון התפעולי הנצבר.

קריטריוני התכנון מגדירים את המצבים התפעוליים השונים עימם צריכה המערכת להתמודד מבלי שייגרם נזק לצידוד במערכת המסירה ומשתמשיה. היקף הנזקים כתוצאה מתקלות במערכת הארצית עשוי לנוע מנזק למרכיבי המערכת, ניתוק מאות צרכנים ובמקרים מסוימים עלול לגרום להפסקת חשמל אזורית ואפילו התדרדרות למצב עלטה. היקף הנזק תלוי בסוג התקלה ובמרכיב ו/או המרכיבים בהם התרחשה התקלה. רמת יתירות משפיעה על רמת האמינות של המערכת, מערכת המסירה מתוכננת כך שמחד גיסא תתקבל אמינות גבוהה, ומאידך ניתן יהיה להגביל את ההשקעות הנדרשות.

5.2.6.4 המערכת הקיימת והמתוכננת נבחנת בהתייחס למדדים כדלקמן:

התאמה – יכולת המערכת לספק חשמל בצורה תקינה, בתחום הפרמטרים הטכניים המותרים (תדר, מתח, זרם ורמת זרמי הקצר). מדדי התאמה מיוחסים למשטרים תפעוליים שונים במצב המתמיד.

בטיחות (שרידות) – יכולת המערכת להתמודד עם תקלות, או גרימת נזקים בלתי הפיכים לצידוד תוך דגש על מניעת מצבי עלטה. מדדי שרידות מיוחסים לתופעות מעבר, כגון היכולת למנוע מצבים של הפרדת המערכת ל"איים" ולאבדן סנכרון במצב תקלה.



איור 5.7: היבטי יתירות, אמינות ומדדים בתכנון מערכת המסירה

5.2.6.4.1 זרמים

במידה והזרם במרכיבי המערכת השונים עובר את הרמה המותרת, עלולות להיווצר בעיות בטיחות (התקרבותם של תילי הקווים לעצמים בקרבת הקו וחשש להתחשמלות), ופגיעה נזיקת בצידוד תחמ"ש ו/או בקווים. ניתוק הצידוד העמוס מעבר למותר במטרה להגן עליו, עלול לגרום לתגובת שרשרת ובסופו של דבר גם להפסקת חשמל אזורית. יחד עם זאת, לפרקי זמן קצרים ניתן להעמיס את הצידוד ברמה גבוהה במקצת מהערכים הנומינליים וזאת תוך ניצול זמן זה לפעולות תפעוליות (שינוי משטר ההפעלה של יחידות הייצור, שינויים בהעמסת השנאים וכו').

קריטריונים תכנוניים מהיבט זרמי העומס הינם כדלקמן:

- מרכיבי המערכת צריכים להיות מועמסים מתחת ליכולת שהוגדרה במשטרים הכוללים יציאה מניצול של מרכיב בודד. קריטריון זה מוכר בעולם כקריטריון N-1.

- במקרים בהם העמסת המרכיבים תלויה בהפעלת מתקני אגירה שאובה (אג"ש), ניתן לתכנן עד להעמסה של 120% ביציאת מרכיב בודד ובתנאי שהפסקת השאיבה במתקן אג"ש תפחית את רמת העמסה לגבול היכולת התרמית.
- במקרים בהם העמסת המרכיבים תלויה בהפעלת מתקני יצור באנרגיה מתחדשת, ניתן לתכנן עד להעמסה של 120% ביציאת מרכיב בודד ובתנאי שקיטום יצור במתקני אנרגיה מתחדשת יפחית את רמת העמסה לגבול היכולת התרמית וזאת בכפוף כי מתקני היצור ברשת חלוקה ניתנים לשליטה באופן אגרסיבי ברמה של תחמ"ש על-ידי מנהל המערכת וקיטום היצור לא תפגע בשרידות המערכת.
- מרכיבי המערכת צריכים להיות מועמסים מתחת ל-120% מהיכולת שלהם במשטרים הכוללים יציאה מניצול של קו דו-מעגלי 400ק"ו (בעל 2 מעגלים על עמוד משותף). קריטריון זה מוכר כקריטריון N-2. תכנון המערכת מתחשב ברמת היתירות הרצויה שתבטיח פעולה תקינה, התמודדות עם תקלות אפשריות, ויכולת תפעול ותחזוקה של הציוד בהתאם להמלצות, להוראות היצרנים ובהתאם לניסיון התפעולי הנצבר.

5.2.6.4.2 זרמי קצר

- זרמי קצר לסוגיהם מהווים גורם חשוב בתכנון מערכת המסירה. יחד עם גורמים אחרים הם משפיעים על קביעת קונפיגורציית המערכת, בחירת רמת המתח, ומכתיבים פרמטרים של שנאים, קווים, וציוד מיתוג מתח עליון ועל. ערכי זרמי הקצר הצפויים עשויים לחייב החלפות של ציוד מיתוג, בנייה מחדש של מתקנים קיימים ושינוי סכמות תפעוליות (כגון הפרדות). רמת זרמי הקצר במערכת נקבעת על פי: היקף יחידות הייצור המחוברות למערכת, מורכבות המערכת הארצית במתח עליון ועל, טופולוגיה (תפעולית) של תחנות מיתוג ומשנה (מצב מקשרים/קווים).
- במערכת מתרחשים באופן אקראי קצרים אותם יש לסלק בפרק זמן מוגדר. לצורך כך קיימות מערכות הגנה שתפקידן לאבחן מצב הפרעת, לאתר את מיקום התקלה ולהעביר אות שתשמש למניעת התפשטותה במערכת ולצורך בידוד הקטע הפגוע.
- לצורך סילוק הקטע שבו מתרחשת התקלה, מותקנים במערכת מפסקי זרם בעלי יכולת להפסקת זרם קצר. במידה וקצר לא יסולק בפרק הזמן הדרוש, יתכנו הפרעות מערכתיות כתוצאה מאיבוד יציבות, אסימטריה של רמות מתחים במערכת, אובדן "יציבות המעבר" ויציאת יחידות ייצור מסנכרון. כמו כן, עלול להיגרם נזק בלתי הפיך לציוד כתוצאה ממאמצים מכאניים או אפקטים תרמיים, ותיתכן היווצרות תנאים להתפתחות שריפה באתר בו מותקן הציוד (למשל תחמ"ש).
- חוסר יכולת להפסיק את זרם הקצר תוך פרק הזמן הנדרש עלול לגרום לסיכון חיי אנשים העובדים במתקן.

- בהתאם לקריטריון עמידה בזרמי הקצר יכולת ההפסקה של מפסיקי הזרם המותקנים במערכת צריכה להיות גבוהה יותר מרמת זרמי הקצר הצפויה. בנוסף למפסקי הזרם, על יתר מרכיבי המערכת להיות בעלי יכולת עמידה ברמת זרמי הקצר הצפויה (תרמית ומכנית).
- הסטנדרט התכנוני במערכת המסירה:
 - מתח עליון 161ק"ו: 40-50 ק"א.
 - מתח על 400ק"ו: 63 ק"א.
 - יכולת הצידוד הנדרשת לעמידה בזרמי קצר תיקבע בסקר החיבור / תיאום טכני, או תשובת מנהל המערכת לצרכן מ"ע / תיאום טכני.

5.2.6.4.3 רמת המתח

- רמת המתחים במערכת ההולכה 161 ק"ו ו-400 ק"ו מוגדרת כתקינה על פי קריטריוני תכנון כל עוד תימצא בתחום של $\pm 5\%$ סביב רמת המתח הנקוב, כך שרמת המתח תישמר בין גבולות 95-105% ברמת המתח הנקוב עליון או על.
- במידה שרמת המתח על פני הצידוד תעלה מעל המותר עלולים להיווצר תנאים לכשל הבידוד שיובילו להתפתחות קצר במערכת. במידה שרמת המתח תהיה נמוכה מהמותר, מערכות וויסות המתח לא יוכלו להבטיח רמת מתח תקינה אצל הצרכנים ועלול להיגרם נזק לצידוד הצרכנים (בעיקר מנועים).

5.2.6.4.4 יציבות המתח

- מוגדרת כיכולת המערכת לשמור לאחר הפרעות על ערכי מתחים יציבים בכל פסי הצבירה במערכת, תוך שמירה על איזון בין דרישות העומס ליכולת לספק אותן.
- גידול חריג בהעמסת הקווים ו/או השנאים, למשל עקב תקלות במערכת המסירה, או עקב גידול חריג בעקומת העומס היומית, או עקב שינוי פתאומי בהרכב יחידות הייצור, גורם למשטר עבודה המתאפיין בהידרדרות איטית של המתחים. תהליך הידרדרות מתחים ממושך עלול להגיע לשלב של ירידת מתחים חדה ומואצת המובילה לאובדן יציבות המתחים, כאשר מערכות בקרת המתח אינן מסוגלות למנוע את התהליך. ירידת מתח זו מביאה לניתוק מסיבי של צרכנות (במטרה למנוע את הנזק למתקנים ולעצור את התהליך) או לקריסה של המתחים במערכת. יכולת המערכת לשמור על יציבות המתח מבוצעת ע"י בדיקות דינאמיות של המערכת, תוך הפעלת משטרים שונים ודימוי מערכות הוויסות הקיימות. במקרים קיצוניים נבדקת התקנת מערכות השלת עומס שמגיבות לפרמטר של מתח ככלי תכנוני להתמודדות עם בעיות בערכי המתח.

5.2.6.4.5 עמידה במתחי יתר

המערכת תתוכנן כך שמתחי-יתר העלולים להופיע עקב הפרעות, קצרים, נחשולי מיתוג, ברקים וכו' יהיו נמוכים בכל מקטע של המערכת מרמת עמידות מרכיבי המערכת למתחי-יתר. במהלך תופעות מעבר עלולים להופיע במערכת המסירה מתחי-יתר עקב גלי הלה (למשל כתוצאה מפגיעות ברקים בקווי מערכת ההולכה העיליים), או עקב נחשולי מיתוג (למשל בעת חיבור קו שנמצא במצב ריקם ו/או במשך תהליך לחיבור חוזר). סיווג מתחי-יתר מתבצע בהתאם למשך חזית גל המתח ולאורכו. כל ציוד מאופיין ע"י מדדי עמידות הבידוד שלו בפני מתחי-יתר השונים (לדוגמה: PFWV, SIL, BIL). לצורך בחירת האמצעים הדרושים להבטחת עמידות הבידוד של הציוד בפני מתחי-יתר מהסוגים השונים נערכות הדמיות של התופעות האלקטרומגנטיות (מסוג EMT) ומחושבים גלי המתח הנוצרים במהלך אירועים שונים. בהתאם לממצאי הסימולציה יקבעו למשל, המקומות בהם יש צורך להתקנת מגיני ברק להגבלת מתחי-יתר ולהגנה על ציוד במתקן החשמל (כגון: תחמ"ש).

5.2.6.4.6 עמידה בתנודות הספק

מוגדרת יכולת המערכת להבטיח ריסון תנודות הספק בעקבות שינויים שגרתיים במשטר התפעולי (למשל פעולות מיתוג, שינוי בהעמסת יחידות, שינוי עומס), והתייצבות יחידות הייצור על מצב תפעולי תקין. ריסון התנודות תלוי בחוזק מערכת המסירה שמחברת את יחידות הייצור לרשת, ולמערכות הבקרה של היחידות (למשל מערכת העירור). לצורך בדיקת יכולת המערכת לשמור על יציבות יחידות הייצור, מבוצעות בדיקות דינאמיות של המערכת, תוך בדיקת משטרים שונים של הפעלת מערכת הייצור וההולכה, ודימוי מערכות בקרת יחידות הייצור הקיימות.

5.2.6.4.7 יציבות מעבר

מוגדרת יכולת המערכת הנחשפת להפרעה חמורה (למשל קצר) להישאר במצב שבו כל יחידות הייצור יישארו בפעולה ומסונכרנות לאחר סילוק גורם ההפרעה. לדוגמה: במקרה של קצר, הפרת האיזון בין האנרגיה המכאנית המועברת מהטורבינות לגנרטורים לבין האנרגיה החשמלית שהגנרטורים מספקים לרשת, גורמת להאצת הגנרטורים. אם הקצר לא יסולק מספיק מהר עלולים גנרטורים לצאת מסנכרון. לצורך בדיקת מצב יציבות המעבר של המערכת מבוצעות סימולציות דינאמיות של מערכת, תוך בדיקת הזמן המרבי המותר לסילוק הקצר. זמן זה נקרא "הזמן הקריטי". פירוש הדבר שבקצר תלת-פאזי הגנות המערכת צריכות לזהות ולנתק את הקטע הפגום בזמן שלא עולה על הזמן הקריטי וזאת במטרה לשמור על המערכת ולא לגרום לניתוק יחידות הייצור.

5.2.6.4.8 יציבות תדר

מוגדרת יכולת מערכת ההספק לשמור על תדר יציב לאחר הפרעה חמורה הנובעת מחוסר איזון משמעותי בין ייצור לצריכה. יציבות התדר תלויה ביכולת לשמור או לשחזר את שיווי המשקל במערכת, בין הייצור מחד לבין הצריכה מאידך בעזרת מינימום של השלות עומס לא מתוכננות. אי-

יציבות תדר מאופיינת בתנודות תדר ממושכות שעלולות לגרום לניתוק יחידות ייצור נוספות ולהחמרת המצב.

הבטחת הערך הנקוב של התדר חשובה לאיכות החשמל לצרכן, לשמירה על אורך החיים של הטורבינות במערכת הייצור, ולמניעת מצב של הידרדרות עד לעלטה כללית עקב התנתקות של יחידות ייצור רבות ברחבי המדינה.

הפרעות שעלולות לגרום לאובדן יציבות התדר הן למשל: התנתקות פתאומית של יחידות ייצור שגורמת לירידת התדר, התנתקות פתאומית של עומס בהיקף נרחב שגורמת לעליית התדר, תפקוד לקוי או חסר של מערכות הבקרה במתקני הייצור שאמורות להגיב לשינויי התדר ולפעול לטובת החזרתו לערך תקין, חוסר התאמה בין היקף העומס המחובר למערכת השלת עומס לפי תדר לבין ההיקף הנדרש לתגובה התקינה.

לצורך בדיקת מוכנות המערכת לשמירה על יציבות התדר מבוצעות הדמיות דינמיות של המערכת עבור הפרעות שגורמות לחוסר איזון בין הייצור לצריכה, הערכת היקף העתודות הנדרשות, בחינת תפקוד מערכות הבקרה והיקף השלת עומס בדרגות התדר השונות כפעולות תיקון שיבטיחו את יציבות התדר.

5.2.6.4.9 הספק ראקטיבי

- הספק ראקטיבי ניתן לייצר ביחידות ייצור קונבנציונליות, מתקני ייצור ממקורות אנרגיה מתחדשים, מתקני אגירת אנרגיה (אג"ש, סוללות לאגירת אנרגיה, וכד') ובסוללות קבלים במתח גבוה ובמתח עליון.
- לצורך ניהול הספק ראקטיבי ועמידה בהיבטי התכנון מנהל מערכת מגדיר דרישות בעניין הספק ראקטיבי עבור מתקני ייצור המשולבים במערכת החשמל בכל רמות המתחים ובסוגי הטכנולוגיות המגוונות.
- סוללות קבלים מאפשרות להקטין עומסים בקווי הולכה ובשנאי תחמ"ש. יש לשמור על מאזן ייצור וצריכת הספק ראקטיבי בחלקי המערכת השונים לצורך שמירה על פרופיל מתחים תקין, מזעור האיבודים וניצול יעיל של יכולת ההולכה. החלטה על הוספת סוללת קבלים מתח גבוה מתקבלת על סמך ניתוח רמת המתח באזור במשטרים שונים והעמסת השנאים בתחמ"ש. כדי להגביל את קפיצת המתח בזמן מיתוג הסוללה מוגבל גודל המודול המרכיב את סוללת מ"ג. החלטה על התקנת סוללת קבלים מתח עליון מתקבלת על סמך ניתוח רמות המתחים במשטרים שונים ומשטרי העבודה של יחידות הייצור.

5.2.6.5 תכנון מערכת ההשנאה

תחנות המשנה הסטנדרטיות של חח"י כוללות 2-4 שנאים לתחנה. חיבור תחנות המשנה למערכת ההולכה מתבצע באמצעות 2 מעגלים (או יותר). פיתוח מערכת ההשנאה נעשה במטרה לספק מענה לקליטת אנרגיה ממקורות מתחדשים בהתאם ליעדי הממשלה ותמיכה בצרכי משק החשמל ומתן מענה לגידול הביקוש, הנעשה ע"י הוספת שנאים או החלפת שנאים בתחמ"ש קיימת ו/או הוספת תחמ"ש חדשות באזור. באזורים המאופיינים ע"י צפיפות גבוהה של מתקני ייצור ברשת החלוקה או צפיפות עומס גבוהה, מתוכננות תחמ"ש עם היקף השנאה גבוה (בד"כ במתכונת שנאי 75 מגווא"א לשלב סופי).

פיתוח מערכת ההשנאה מתבצע על בסיס אזורי, כלומר עם הגדלת יכולת ההשנאה באתר תחמ"ש קיימת או הקמת תחמ"ש חדשה, מועברים אליה חלק מהעומסים שהיו מוזנים קודם לכך מתחמ"ש סמוכות.

לשם קביעת המועד בו יש לתגבר את יכולת ההשנאה באזור מסוים יש לקבוע מראש את העומס המרבי בו יועמסו השנאים בתחמ"ש. לצורך זה נקבעים מקדמי עתודת ההשנאה המינימאליים המוגדרים כיחס בין ההספק המותקן בתחמ"ש במגווא"א לשיא העומס השנתי של תחמ"ש במגווא"א.

מטרת עתודת ההשנאה היא לאפשר את רציפות אספקת החשמל במקרה של יציאה מניצול של אחד מהשנאים המותקנים בתחנה (קריטריון N-1). בהקשר לכך יש לציין את ההבדל בין העתודה במערכת הייצור לבין עתודות ההשנאה בתחנות המשנה. העתודה במערכת הייצור הינה ארצית כשכל יחידות הייצור קשורות זו לזו ע"י מערכת ההולכה וההשנאה הארצית. במקרה של תחנות המשנה, עתודת ההשנאה הינה מקומית או אזורית ומוגבלת לשנאים הנמצאים באותה תחמ"ש עם גיבוי חלקי מתחמ"ש שכנות כתלות במערכת החלוקה באותו אזור.

יציאה מניצול של שנאי עשויה להתרחש עקב הופעת תקלה בשנאי או עקב התרחשות תקלה באחד ממרכיבי סכמת הזנה של תחמ"ש.

ניתן לסווג את התקלות בהתאם לחומרתן באופן הבא:

1. תקלות חמורות (בדרך כלל בשנאי עצמו – MAJOR FAULTS) שמתאפיינות במשך זמן תיקון ארוך. לדוגמה: שריפת ליפוף של שנאי הינה תקלה שדורשת מסגרת זמן תיקון של מספר ימים, עד כשבוע. מאידך, תדירות תקלות מסוג זה הינה נמוכה.
 2. תקלות המתאפיינות ע"י מסגרות זמן תיקון קצרים ובינוניים - עד מספר שעות, ותדירות תקלות גבוהה יותר יחסית, במיוחד בתחמ"ש בעלות מסדר מ"ע 161 ק"ו חיצוני.
- על התקלות מהסוג הראשון מתגברים ע"י שמירת רמת עתודה ארצית של שנאים במלאי, בכמויות הנקבעות ע"י חישובים הסתברותיים של מלאי שנאים נדרש. מטרת עתודת ההשנאה הקיימת

בשנאי תחמ"ש המותקנים הינה לצמצם בתקופה זו, של יציאת השנאי מניצול ותיקונו, את האנרגיה הבלתי מסופקת לצרכנים.

על התקלות מהסוג השני מתגברים ע"י עתודת השנאה בתחמ"ש תוך שאיפה לעבור את האירוע ללא אנרגיה בלתי מסופקת לצרכנים.

קביעת מקדם עתודת השנאה אופטימאלי, בהתאם לאופטימיזציה של פונקציית עלות אשר כוללת את המרכיבים הבאים:

- עלות השקעות נדרשות במערכת
- עלות איבודים בשנאי תחמ"ש
- עלות אנרגיה בלתי מסופקת
- עלות שיעור קיצור אורך חיי השנאי כתוצאה מעומסי יתר

כתוצאה מביצוע אופטימיזציה זו נקבעו רמות מקדמי עתודת ההשנאה בתחמ"ש בעלות 2-4 שנאים בתקופת שיא הביקוש בעונת הקיץ והחורף. מקדמי עתודה אלה מיוצגים על ידי רמות ההעמסה התכנוניות המרביות – ראה/י טבלה 5.4.

טבלה 5.4: קריטריונים לתוספת השנאה - העמסה באחוזים מההספק הנקוב

3-4 שנאים		2 שנאים		
עירונית	כפרית	עירונית	כפרית	עונה סוג צריכה
96%	96%	80%	77%	קיץ
100%	100%	96%	87%	חורף
המספרים בטבלה מהווים רמת העמסה מותרת של השנאים באחוזים, ביחס להספק נקוב של השנאי המוגדר ב-65 מעלות עליית טמפר' ממוצעת של הליפוף.				

הנחיות מנהל המערכת לקליטת יצור מבוזר מהיבט המערכת:

- מנהל המערכת מפרסם דרישות טכניות מערכתיות לרשת החלוקה, למתקני יצור ברשת החלוקה ודרישות הטכניות למתקני אגירת אנרגיה.
- מנהל המערכת רשאי להורות על שינויים בתוכנית הייצור במתקני יצור, מתקני אגירה מבוזרים בחלוקה כדי להתמודד עם תקלות במערכת.
- ניתן לקלוט מתקנים פוטו-וולטאים משולבי אגירה עד הספק מצטבר של 100% מהספקו הנקוב של השנאי.
- ניתן לקלוט מתקנים פוטו-וולטאים עד הספק מצטבר של 60% מהספקו הנקוב של השנאי (בכוונת מנהל המערכת לעדכן הנחיה זו ל 100% ע"י התאמת הדרישות הטכניות והתאמת תוכנית הפיתוח של מערכת החלוקה).

- מתקני יצור בביו גז – יבדקו פרטנית, השתתפותם תלויה במשטר העבודה שיסוכם במסגרת תשובת המחלק.
- מתקני טורבינות רוח (ט"ר) – יבדקו פרטנית, השתתפותם תלויה במשטר הרוחות באזור הרלוונטי, מנהל המערכת ינחה את חח"י בנושא.

5.3 תיאור מערכת המסירה הארצית הקיימת

5.3.1 הרכב מערכת ההולכה וההשנאה

מערכת המסירה הקיימת ניתן להגדיר כצירוף 4 תת-מערכות:

- מערכת ההולכה במתח על - 400 ק"ו
- מערכת ההשנאה 400/161 ק"ו
- מערכת ההולכה במתח עליון - 161 ק"ו
- מערכת ההשנאה 161 ק"ו (לרמות מתח גבוה ברשת החלוקה)

5.3.2 מערכת ההולכה מתח על - 400 ק"ו

מערכת ההולכה 400 ק"ו הפועלת משנת 1989 הינה בעלת חשיבות אסטרטגית ומהווה את "עמוד השדרה" של הולכת החשמל. הבחירה במתח 400 ק"ו נעשתה על בסיס שיקולים טכנו-כלכליים לקראת קבלת החלטה על הכנסת רמת מתח תפעולי חדש למערכת. מערכת 400 ק"ו נבנתה כדי לאפשר חיבור יחידות ייצור גדולות (המערכת הופעלה בו-זמנית עם קליטת תח"כ רוטנברג א' בעלת 2 יחידות 575 מגוואט כ"א), העברת אנרגיה מהן אל אזורי הצריכה בעלות מינימלית ובאמינות הדרושה, ובמטרה להקטין את השפעת יחידות הייצור החדשות על רמת זרמי הקצר במערכת 161 ק"ו.

קווי 400 ק"ו מאפשרים להעביר הספקים גדולים למרחקים גדולים בהשוואה לקווי 161 ק"ו, בפחות הפסדים ותוך צמצום השקעות וניצול טוב יותר של תוואי קווי ההולכה.

מערכת 400 ק"ו כמו כן משפרת את יתירות, אמינות, איכות ושרידות מערכת החשמל הארצית ומאפשרת להתמודד עם בעיות של חריגה בערכי זרמי קצר של יכולת הציוד במערכת 161 ק"ו, איכות החשמל ועוד.

מאחר שלא קיימת צרכנות המחוברת במתח 400 ק"ו, יש צורך במשאבי השנאה ממתח 400 ק"ו למתח 161 ק"ו בהיקף המתאים להעברת מלוא ההספק של יחידות הייצור המחוברות למתח 400 ק"ו למערכת 161 ק"ו.

המערכת מהווה מקור הזנה לתחנות המיתוג הראשיות, אליהן מחוברת מערכת ההשנאה 400/161 ק"ו במספר תחנות מיתוג הקיימות. מערכת ההולכה 400 ק"ו מתוכננת על בסיס קריטריון תכנוני N-2 על עמוד משותף. מכיוון שהמערכת הקיימת מתבססת על קו דו-מעגלי בודד (לרוב אורכה מצפון לדרום), קריטריון זה מכתב הקמת ציר ההולכה נוסף צפון-דרום. העובדה כי רוב רובו של הייצור מוקם בקצוות המדינה (דרום או צפון מדינת ישראל), נוצר חוסר איזון בין ייצור לצריכה ומחייב העברת הספקים גדולים בין קצוות המדינה למרכזי הצריכה מדרום ומצפון. כתוצאה מכך, נוצר הצורך בחיזוק של מערכת ההולכה, כמו קו שלישי – צפית-פתח תקווה, פתח תקווה-קיסריה, אשכול הצפון, אשכול הנגב.

כיום נמצאת המערכת בשלבי פיתוח מואצים והשאפה היא שבמהלך העשור הבא תתפתח המערכת ותושגת ברובה על מבנה טבעתי שיעמוד בקריטריונים ויבטיח שרידות ואמינות ברמה הנדרשת.

עתה, כוללת המערכת כ-794 ק"מ מעגלי 400 ק"ו המחברים בין תחנות המיתוג 400/161 ק"ו ובין תחנות המיתוג לאתרי הייצור.

5.3.3 שנאי הקישור 400/161 ק"ו

שנאי הקישור 400/161 ק"ו מוסרים אנרגיה בין מערכת 400 ק"ו, למערכת 161 ק"ו.

סה"כ יכולת ההשנאה ב-9 אתרי השנאה 400/161 ק"ו עד סוף שנת 2021 הינה 12,945 מגו"א:

זבולון

קיסריה

צפית

פתח תקווה

גזר

רמת חובב

אבן ספיר

גן שורק

איילון

נכון ל-12/2021 למערכת 400 ק"ו מחוברים 6 אתרי ייצור של חח"י בהספק מצרפי של 6,178

מגוואט ו-4 תח"כ פרטיות בהספק 2,862 מגוואט, להלן פירוט:

יחידות ייצור חח"י:

- תח"כ רוטנברג - 2*550 מגוואט + 2*575 מגוואט
- מאור דוד ב' - 2*575 מגוואט
- אתר חגית - 4*115 מגוואט + 359 מגוואט
- אתר עין תות (חגית) - 375 מגוואט
- אתר גזר - 4*148 מגוואט + 2*372 מגוואט
- אתר צפית - 1*248 מגוואט

יח"פ * :

- אתר רמת חובב - 126+125+388 מגוואט
- אתר פרטי דוראד - 860- מגוואט
- אתר פרטי דליה - 912- מגוואט
- אתר פרטי באר טוביה - 451- מגוואט
- (*) הערה: הספקים בהתאם לרישיון ייצור

5.3.4 מערכת ההולכה מתח עליון 161 ק"ו

מערכת 161 ק"ו מהווה בשלב זה (כאשר מערכת 400 ק"ו עדיין לא הושלמה) את מערכת ההולכה הראשית. התפתחותה החלה בתחילת שנות ה-60, כאשר הוחלט להחליף בהדרגה את מערכת 115 ק"ו שהייתה קיימת. מערכת זו מעבירה אנרגיה ממערכת 400 ק"ו באמצעות תחמ"ג 400/161 ק"ו, וכן את האנרגיה המיוצרת בתח"כ המחוברות למערכת 161 ק"ו ומעבירה אותה ל-156 תחמ"ש בבעלות חח"י ובבעלות פרטית של צרכני מתח עליון, הפזורות ברחבי מדינת ישראל בסמוך למרכזי הצריכה.

במערכת 161 ק"ו מחוברות 37 יחידות יצור של חח"י בהספק כולל של 5042 מגוואט (תח"כ אלון תבור ורמת חובב נמכרו לחברה פרטית), וכן 32 יחידות יצור פרטיות בהספק של 4089 מגוואט. מערכת מתח 161 ק"ו נכון לדצמבר 2021 כוללת כ-330 מעגלים באורך כולל של כ-4929 ק"מ מעגל.

מסה"כ אורך המעגלים כ-164 ק"מ הינם כבלים תת-קרקעיים 161 ק"ו. שרידי מערכת 115 ק"ו באורך מעגלים כולל של 42 ק"מ.

בעבר, קודמו קווי 161 ק"ו בתהליך של הרשאות. כיום קיימת דרישה ממשד הפנים להכנת תוכניות מתאר גם עבור קווי 161 ק"ו. בשל כך התארכו מסגרות הזמן עד לאישור הקמה של קווי ההולכה וכפועל יוצא מתן פתרונות מהירים לצרכי המערכת והתאמתה ללוחות הזמנים הנדרשים לקליטת יצרנים פרטיים הוגבלו.

5.3.4.1 מערכת 161 ק"ו העילית

- **קווים חד-מעגליים** - באזורים בהם צפיפות עומס הינה נמוכה במיוחד, למשל באזור ים המלח והערבה נבנו קווים חד-מעגליים. יש לציין שהקמת קו חד-מעגלי אינה מקטינה את רוחב פרודור הנדרש לקו.
- **קווים דו-מעגליים** - עמוד משותף לשני מעגלים. מבנה זה מביא לניצול מיטבי של תוואי הולכה ובאופן "טבעי" עונה על קריטריון N-1. קווים עיליים דו-מעגליים מהווים את חלק הארי של קווי 161 ק"ו. עלות קו דו-מעגלי גבוהה ב-30% מקו חד-מעגלי.
- **קווים רב-מעגליים** - במידה וקיים מחסור בתוואים באזור מסוים ויש צורך בהעברת יותר מ-2 מעגלים בתוואי, עולה נחיצות של קידום קו רב-מעגלי אשר עמוד משותף יכול לכולל בין 3 ל-4 מעגלים. מתכונת זו יכולה להוות פגיעה ברמת אמינות המערכת – למשל בתרחיש של הפסקה יזומה לצורך ביצוע עבודות בתכולת הקו כגון עמוד, או בתקלה פתאומית המשוייכת לעמוד, אזי מספר מעגלים יצאו מניצול וייתכן סיכון לאספקת חשמל לאזור. מערכת ההולכה הקיימת כוללת מספר ק"מ בודדים של קווים רב-מעגליים הכוללים 3 או 4 מעגלים על אותו עמוד.

5.3.4.2 מערכת 161 ק"ו תת-קרקעית

הזנת תחמ"ש הנמצאות באזורים צפופים של הערים הגדולות: חיפה, גוש דן וירושלים מצריכה הנחת כבלים תת-קרקעיים 161 ק"ו או שילובם עם קווים עיליים. מערכת זו הינה אמינה, אך במקרה של תקלה, זמן התיקון של הכבל ארוך מאוד. עלות הנחת כבל תת-קרקעי יקרה עד פי 7-8 מעלות קו עילי, כמו כן יש לציין שיכולת ההולכה של כבלים תת-קרקעיים הינה נמוכה מיכולת ההעברה של הקווים העיליים. למרות מגבלות טכניות וכלכליות שהוזכרו לעיל השימוש בכבלים תת-קרקעיים באזורים צפופי אוכלוסין נדרש.

בשנים האחרונות עלתה דרישה של מוסדות התכנון ושל הציבור להטמין קווי הולכה בשטחים הפתוחים. בעשור הקרוב נדרשת הקמת מאות קילומטרים של קווי מתח עליון העוברים בחלקם בשטחים הפתוחים, חלק משטחים אלו בעלי ערכי טבע ונוף. הצפי שהדבר יוביל לדרישה להקמת קווים תת קרקעיים. על כן, הוקם בחברת "נגה" צוות לבחינה מדיניות וקריטריונים להטמנת קווי הולכה והכנת המלצות בנושא, שהתייחס לנושאים הבאים:

- השפעות סביבתיות של קווי הולכה עיליים ותת קרקעיים
 - היבטים טכניים של קווי הולכה תת קרקעיים והשוואה לקווים עיליים
 - הטמנת קווי הולכה בעולם ובישראל - מדיניות ושיעורי הטמנה
 - עמדת מוסדות התכנון וגופים ציבוריים
 - השפעת השינוי במדיניות הטמנת קווי 161 ק"ו על העלות למשק ועל התעריף לצרכנים
 - המלצות למדיניות הטמנת קווי הולכה מתוכננים בישראל.
- בדוח הוגדרו 4 חלופות לקריטריונים/שינוי מדיניות בנושא הטמנת קווי הולכה מתוכננים, ובהמשך הוצגו המלצות המתייחסות לחלופות אלו.
- חלופה 1 - אימוץ עיקרון המדיניות הנוהגת בהולנד ובלגיה, מדינות קטנות יחסית בדומה לישראל, והיא הקפאת המצב הקיים של אורך קווי המתח העליון העיליים הקיימים במדינה, דהיינו הקמתם של קווי המתח העליון החדשים באופן תת-קרקעי או הטמנת קו עילי קיים, במידה שנבנה קו עילי חדש.
- חלופה 2 - הגדרת אזורים רגישים ערכיים, שבהם תבוצע באופן גורף הטמנת קווי מתח עליון. אזורים אלו יהיו האזורים שבהם לקווים עיליים חדשים צפויה ההשפעה הסביבתית המשמעותית ביותר על ציבור נרחב, בעיקר בהיבט הנופי/אקולוגי.
- חלופה 3 - חלופה זו דומה לחלופה מספר 2 אלא שעפ"י המלצה זו, באזורים שיוגדרו רגישים תבוצע בחינה סביבתית של חלופת הטמנה ולא הטמנה באופן גורף. הבחינה תהיה ע"י הכנת מסמך סביבתי לבחינת חלופות.

חלופה 4 - קביעה רגולטורית של שיעור הטמנה מכלל קווי ה- 161 ק"ו המתוכננים (חסם עליון לתוספת עלויות). שיעור ההטמנה ייקבע ע"י רשות החשמל. ההטמנה בחלופה זו יכולה להיות באזורים רגישים כאמור בחלופה 2, או בהתאם לבחינה פרטנית לכל פרויקט והחלטת מוסד תכנון. בחלופה זו המרכיב הדומיננטי בהחלטה על ההטמנות הינו תוספת העלות הגבוהה הנדרשת, בעוד שבחלופות הקודמות ההיבטים הסביבתיים היוו את המרכיב הדומיננטי בקבלת ההחלטה. בחלופה זו ההטמנות תתבצענה עפ"י חסם עלויות, על בסיס החלטה לגבי "כושר הנשיאה" של התוספת בעלות החשמל ע"י הציבור.

מכיוון שהחסם העיקרי בנושא ההטמנה הוא העלויות הגבוהות, החלופות מהוות מדרג מבחינת התועלת הסביבתית מחד והעלויות הנדרשות למימושן מאידך. לחלופה מספר 1 התועלת הסביבתית והעלות הגבוהות ביותר, ולחלופה מספר 4 התועלת הסביבתית והעלות הפחותות ביותר. ככל שהתועלת הסביבתית גבוהה יותר, ניתן לשער שתהיינה פחות ההתנגדויות לתוכניות, ולכן ניתן יהיה לממש את תוכנית הפיתוח ביתר קלות.

המלצות הצוות בהתייחס לחלופות שהוגדרו:

חלופה מס' 1 הינה המיטבית בהיבט הסביבתי - תכנוני, אך זו החלופה היקרה ביותר ויישומה מותנה בבחינת היכולת של הציבור "לספוג" את התוספת לתעריף החשמל. בהנחה שחלופה 1 אינה ישימה בהיבט הכלכלי, ההמלצה היא לבחון את חלופה 4 - קביעת שיעור הטמנה מכלל קווי המתח העליון המתוכננים, ובהתאם לחסם זה הטמנה באזורים רגישים. לצורך יישום חלופה זו נדרש:

- קביעת חסם עלויות ע"י הרגולטור:
- מוצע שייקבע חסם עליון לתוספת העלות הנדרשת למרכיב ההולכה בתעריף החשמל, עבור קביעת שיעור הטמנה של קווי מתח עליון (לפרק זמן מסוים, למשל לחומש הקרוב). חסם העלויות ייקבע ע"י רשות החשמל, וככל שתמצא לנכון בהתייעצות עם גורמים נוספים, כגון המשרד להגנת הסביבה, רשות הטבע והגנים.
- קביעת אזורים מוסכמים שבהם ברירת המחדל תהיה להטמין את קווי המתח העליון. האזורים המוצעים בשלב זה מתבססים, בין היתר, על המידע שהתקבל מהגופים החיצוניים עמם נפגש הצוות והמידע שעלה מסקר הספרות העולמית, והינם:
 - אזורים אורבאניים (בהתאם למדיניות ההטמנה הקיימת) וכן שטחי התיישבות כפרית, לרבות שטחים פתוחים בתוך ובשולי אזורים אלו.
 - שמורות טבע, פארקים וגנים לאומיים.
 - אזורים רגישים מבחינת פוטנציאל התנגשויות ציפורים - אזורים שהוגדרו ברגישות גבוהה או גבוהה מאד במודל הגאוגרפי שהוכן במסגרת שת"פ בין רט"ג, החברה להגנת הטבע וחח"י.
- במקביל, מוצע שתבוצע בהקדם עבודה אינטגרטיבית של מומחים בנושא, לצורך קביעת אזורים רגישים מוסכמים, בעיקר בהיבטים נופיים ואקולוגיים, כמפורט להלן.

5.3.5 מערכת ההשנאה 161 ק"ו

מערכת ההשנאה 161 ק"ו מיועדת להעברת אנרגיה ממערכת ההולכה למתח החלוקה 13,24,36 ק"ו. בדצמבר 2021 מערכת זו כוללת : 122 תחנות משנה קבועות 9 ארעיות, 24 ניידות ו- 52 פרטיות (מתוכן 8 בבעלות משותפת ו-4 בבעלות פלסטינית) הפזורות ברחבי הארץ, בסמוך למרכזי הצריכה (סה"כ 207 תחמ"ש). בתחמ"ש הנמצאות בבעלות מעורבת מותקנת יכולת ההשנאה של חח"י להזנת צרכנות בסביבה ויכולת ההשנאה של צרכן מתח עליון להזנת המתקן הפרטי שלו.

ההספק מותקן בכל שנאי חח"י הינו כ-18894.4 מגו"א בדצמבר 2021.

פירוט ההספק ההשנאה המותקן בטבלה מס' 5.5.

טבלה 5.5: פירוט יכולת ההשנאה של חח"י (עדכון ליולי 2022)

שינוי	12.2030	הערכה לסוף שנת 2021	מספר תחמ"ש 161 ק"ו (חח"י):
73	195	122	תחמ"ש קבועות
-7	2	9	תחמ"ש ארעיות
-17	7	24	תחמ"ש ניידות
11671	30493	18822	יכולת ההשנאה חח"י 161 ק"ו [מגו"א]

הספק המותקן של תחמ"ש בבעלות פרטית של צרכני מ"ע המחוברים למערכת ההולכה בדצמבר 2021 הינו כ-4044 מגו"א .

במספר תחמ"ש מחוברות למסדרי מ"ג טורבינות גז קטנות יחסית בהספק כולל של כ-504 מגוואט. אתרי הייצור הללו מפוזרים בדרך כלל בקצוות המערכת (אילת, עטרות, כינרות) ומטרתם להקל על העברת הספקים במערכת ההולכה ולאפשר אספקת אנרגיה במשטרי דחק קיצוניים. לצורך יעול מערכתי וזמינות אנרגיה ריאקטיבית במהלך שעות היממה לצרכי אספקת החשמל במשק הלאומי, ניצבת נחיצותם של מתקני ייצור ממקורות מתחדשים המבוססים על אלקטרוניקת הספק כדוגמה ממירים, שיאפשרו שירות נלווה זה כמפורט בהנחיות מנהל המערכת במסמכי הדרישות לחיבור מתקנים.

5.3.5.1 סוללות קבלים

- סוללות קבלים במתח גבוה:

סוללות הקבלים ברמות המתח הגבוה: 13,24,36 ק"ו (מחוברות למסדרי מ"ג של תחנות המשנה) משמשות כאמצעי לקיזוז ההספק הראקטיבי למטרות הבאות: הקטנת ההעמסה של מרכיבי מערכת ההולכה וההשנאה, הקטנת איבודי האנרגיה במערכת, שמירה על רמת המתחים. בנוסף להתקנה של סוללות קבלים במסדרי מ"ג מותקנות סוללות קבלים בקווי חלוקה של 24 ק"ו ובתחנות טרנספורמציה עירוניות במתח נמוך. התקנות אלו מתואמות עם חברת החשמל ומשלימות את התקנת הסוללות בתחמ"ש. סה"כ ההספק הראקטיבי המותקן בתחמ"ש חח"י בצד מ"ג בדצמבר 2021:

טבלה 5.6: סה"כ ההספק הראקטיבי המותקן בתחמ"ש חברת החשמל בצד מ"ג, עודכן יולי

2022

שנה	ס"ק מ"ג מותקנות - 2021[מגווא"ר]	סה"כ ס"ק לשנת 2030 [מגווא"ר]
סה"כ	2261	5054

- סוללות קבלים במתח עליון:

במערכת מותקנות מס' סוללות קבלים 161 ק"ו, אשר תפקידן העיקרי הוא לתמוך ברמת המתחים במשטרים השונים.

טבלה 5.7: סה"כ ההספק הראקטיבי המותקן בתחנות חברת החשמל בצד מ"ע, עודכן ביולי

2022

שנה	ס"ק מ"ע מותקנות - 2021[מגווא"ר]	סה"כ ס"ק לשנת 2030 [מגווא"ר]
סה"כ	444.3	984.3

5.4 מטרות ומתודולוגיה להכנת תוכנית הפיתוח

5.4.1 הנחות יסוד ומטרות התכנון

תוכנית הפיתוח כוללת את רשימת הפרויקטים שיש להקים לצורך התאמת מערכת ההולכה והשנאה לצורכי משק החשמל לתקופה שבין השנים 2022-2030, תוך התחשבות בזמינות האתרים, יכולת לממש את הפרויקטים והתאמה למסגרת התקציב הנגזרת מתעריף החשמל.

תוכנית הפיתוח מתבססת על (ראה/י איור 5.8) :

- פריסה גיאוגרפית של העומס התואמת את תחזית הביקוש הארצי שהוכנה ע"י מחלקת סטטיסטיקה וחקר שווקים.
- תוכנית הפיתוח של מערכת הייצור.
- קריטריוני התכנון.
- יישום טכנולוגיות מתקדמות ומוכחות במערכת ההולכה והשנאה.
- ניתוח סיכויי מימוש של הפרויקטים.
- התחשבות באילוצים פנימיים וחיצוניים.

מטרות התכנון של פיתוח מערכת ההולכה וההשנאה הן לענות על הצרכים הבאים:

- הבטחת תנאי תפעול אופטימאליים של מערכת הייצור, תוך התחשבות בפילוג הגיאוגרפי הצפוי של העומסים ובתסריטים סבירים שונים של הפעלת יחידות הייצור.
 - הבטחת אמינות אספקה נאותה לצרכנים במקרים של תקלות ביחידות הייצור, במעגלי הולכה והשנאה, במסדרי מיתוג של תחמ"ש, בשנאי קישור ובשנאי תחנות משנה.
 - הבטחת שרידות המערכת.
 - שמירה על איכות האנרגיה החשמלית המסופקת.
 - אופטימיזציה טכנו-כלכלית של חלופות שונות אשר עונות לצרכים לעיל.
- מנהל המערכת מחויב להכין את תוכנית הפיתוח כדי שתהיה ערוכה לעמידה ביעדים. כל שינוי ביעדים מחייב את אישור שר האנרגיה. מנהל המערכת יעקוב אחרי קידום הפרויקטים ויעדכן את התוכנית בהתאם לסיכויי המימוש שלהם, על פי המתודולוגיה המוסברת בדו"ח.
- מנהל המערכת יוסיף/יגרע, ישנה את תכולת הפרויקטים, לצורך אבטחת עמידה ביעדים. השינויים הנ"ל יפורטו וינומקו בעדכון המוגש לשר.

תהליך תכנון פיתוח מערכת המסירה



איור 5.8: דיאגרמת מלבנים של תהליכים וגורמים המעורבים בהכנת תוכנית הפיתוח

5.4.2 מתודולוגיה לתכנון "פיתוח מערכת ההולכה וההשנאה"

תהליך תכנון הפיתוח של מערכת ההולכה וההשנאה כולל הפקת גרסה המתעדכנת פעמיים בשנה מוצג באיור 5.8.

שלב א' בתכנון הפיתוח הוא זיהוי ואפיון צריכת החשמל של המשק הלאומי והתפתחותו הצפויה לטווח של כ-20 שנה. על בסיס ניתוח הצריכה הצפויה ונתוני התפתחות דמוגרפית, כלכלית וחברתית של האזורים השונים, נגזרת פריסת העומס החזוי בחלוקה לאזורים -42 (ראה/י איור 5.6).

בשלב ב' מגובשות חלופות לפיתוח מערכת ההולכה וההשנאה העומדות בקריטריוני התכנון (ראה/י פרק 5.2) מבחינת איכות ואמינות אספקת החשמל ומבחינת בטיחות המערכת. בעת הגדרת חלופות אלה נלקחים בחשבון פריסת העומס, זמינות האתרים לתחמ"ש ותחמ"ג, זמינות תוואים לקווי 161-400 ק"ו, מצב המערכת הארצית הקיימת, תסריטי פיתוח של מערכת הייצור והפעלה של יחידות הייצור ובמצבם של פרויקטים שבשלבי התכנון וההקמה. מחלופות אלה מגובשות ההצעות לפרויקטים ופריסות לאתרים, כאשר כל הצעה נבדקת מהיבטי זמינות ומשיקולים טכנו-כלכליים. יש להדגיש כי קיימות מספר טכנולוגיות של ציוד להקמת תחנות משנה (טכנולוגיה עם בידוד אוויר AIS, וטכנולוגיה עם בידוד בגז מיוחד GIS).

בשלב זה נבחנת הטכנולוגיה המתאימה ביותר מהיבטים מערכתיים הנדסיים סביבתיים מבוססת על מעקב שוטף אחר טכנולוגיות חדישות והשפעתן על עלות מחזור החיים של הפרויקט. כמו כן מבוצע ניתוח סיכויי מימוש במטרה לגלות בזמן נקודות תורפה לגבי מועד מימוש הפרויקט ביחס ללו"ז הנדרש.

בשלב ג' לאחר סיווג החלופות ובתיאום עם כל הגורמים המעורבים בחברה ומחוצה לה (רשויות מקומיות, מועצות מקומיות, איכות הסביבה, רשות מקרקעי ישראל וכו') נקבעת החלופה המועדפת. בבחירת החלופה המועדפת נלקח בחשבון מועד ההכנסה לניצול שנגזר מקריטריוני הנחיצות החשמלית ובהתייחס לתנאי אי-הודאות של משך ההליכים הסטטוטורי והרישוי. לצידה נמצאות תוכניות מגירה למקרים בהם יתעוררו קשיי מימוש.

בשלב ד' מתבצעת התאמת מועדי הפרוייקטים, הנגזרים משיקולי נחיצות (ונתמכים ע"י קריטריוני התכנון) ומשיקולי הישימות לסדרי העדיפויות המערכתיים.

כלומר, נוצרות למעשה 2 תוכניות ע"פ הסדר הבא:

- א. **תוכנית הצרכים המערכתיים** - הנקבעת ע"י קריטריוני התכנון, ואליה יש לשאוף.
- ב. **התוכנית המותאמת למשכי הזמן החזויים** - לוקחת בחשבון את האילוצים החיצוניים והפנימיים, ולכן היא למעשה התוכנית האפשרית והראלית.
- בתוכנית זו, מתואמים מועדי הפרוייקטים והיקפם, הן לסיכויי מימוש (אילוצים סטטוטוריים), והן לאילוצים החיצוניים הנוספים (אישורי מעבר, פינוי פולשים, וכו') וגם לזמני ההקמה של חח"י. התאמה זו מבוצעת באמצעות מתן עדיפויות לפרוייקטים, בהתחשב בראייה אינטגרטיבית של צרכים+ישימות, בסדר הבא:

- בטיחות
- שרידות
- נחיצות על פי חוק ורגולציה, אבטחת מידע וסייבר
- פרויקטים מערכתיים כמענה לגידול העומס
- פרויקטים מערכתיים לקליטת אנרגיות מתחדשות
- פרויקטים לחיבור לקוחות
- פרוייטים לחיבור תחנות כח
- הזמנות עבודה של גופים חיצוניים, העתקת קווים וכו'

בדו"ח הנוכחי מופיעים היקפי הפרויקטים ע"פ התוכנית המשקפת את הצרכים, לו"ז הכולל הליך הסטטוטורי, הליך הרשאות, לו"ז להקמה שמתואמים עם חח"י כך שמתקבלת תוכנית המותאמת למכלול האילוצים, ע"פ סדרי העדיפויות הנ"ל.

לצורך ביצוע הבדיקות הטכניות והכלכליות הקשורות לבדיקת מצב המערכת ובחירת חלופת פיתוח מתאימה, מופעלים מספר כלים ותהליכים להכנת תוכנית הפיתוח של מערכת המסירה – ראה/י איור 5.9.



איור 5.9: כלים ותהליכים להכנת תוכנית הפיתוח של מערכת המסירה

הליך של מעקב ובקרה מתבצע באופן שוטף אחר קידום מימוש תוכנית הפיתוח, המהווה משוב לגבי הצפי לעמידה במועדי ההפעלה של הפרויקטים. מידע זה מהווה בסיס:

- לביצוע עדכון שוטף של תוכנית הפיתוח בהתאם להתקדמות הפרויקטים (לוז ו/או תכולות) ברמת הפרויקט הבודד (שלב ג')
- לבחינת המשמעויות לגבי הפרויקטים שבתכנון ו/או הקמה
- לבחינה במידת הצורך, אם דרוש חלופות גישור ו/או חרום בהתאם למימוש תחזית הביקוש העדכניים.

5.4.3 הערכת סיכוי המימוש של הפרויקטים במועד המתוכנן

לאחר קביעת הפרויקטים ומועדי ההפעלה הנדרשים במערכת ההולכה וההשנאה (קווים, תחנות מיתוג, תחנות משנה וכו') בהתאם למתודולוגיה שהוצגה, נבחנת יכולת העמידה בלוח"ז הנדרשים.

הערכת סיכויי מימוש לעמידה במועד ההפעלה המתוכנן (תחנות מיתוג, תחנות משנה וקווים) מבוססת על:

- הערכות מעודכנות לגבי: הערכת פרקי זמן לרכישת קרקע; לאישור תוכנית המתאר; למועדי קבלת היתרי בניה. הערכות מעודכנות למשך ההקמה, התנגדויות גופים חיצוניים, סיכונים, הליכים משפטיים.
- מידע המתקבל מחברת החשמל, מידע מיצרנים פרטיים לגבי הפרויקטים שלהם, מידע מלקוחות מ"ע פרטיים לגבי המתקנים שלהם.
- ממצאי ניתוח סיכויי המימוש שמבוצע על ידי צוות בין אגפי באופן שוטף פעמים בשנה (צוות בו שותפים נציגי אגף תפ"ט, אגף תכנון הנדסי, אגף ביצוע פרויקטים, אגף לוגיסטיקה ונכסים, אגף הולכה והשנאה והמחוזות). ניתוח סיכויי המימוש נעשה בעזרת מודל שפותח באגף תפ"ט.
- ישיבות תיאום ובקרה של אגף תפ"ט עם הנהלת המחוזות.

דו"ח זה מציג את הצרכים העיקריים המתוכננים שסוכמו, נכון למועד כתיבתו.

כל מועדי ההפעלה המפורטים בדו"ח זה ובדוחות קודמים, הינם מועדים משוערים בלבד, אשר עמידה בהם כרוכה בתיאום עם גורמים רבים ובקבלת היתרים ואישורים שונים. מובהר, למען הסר כל ספק, כי איחורים ועיכובים בטיפול מצד גורמים אלה – הגורמים לדחיית מועדי ההפעלה – אינם בשליטת החברה ואינם ניתנים לחיזוי מראש ע"י החברה.

הליך בחינת סיכויי המימוש מתבצע באופן סדיר, פעמיים בשנה לכל הפרויקטים הנמצאים בשלב הקדם וכן לקראת פרסום דו"ח העברת הפרויקט להקמה ע"י חח"י.

כפי שצוין לעיל, קיימות אי ודאויות רבות בנוגע למימוש שלבים שונים בתהליך הסטטוטורי וגם בתהליך קבלת האישורים. משמעותם, למועד הפעלת הפרויקט יכול להיגרם עיכוב שאינו בשליטת החברה. ע"י מעקב ובקרה צמודים לכל שלבי יישום הפרויקטים שבתוכנית הפיתוח מנסה המתכנן לשלב את אחוז סיכויי המימוש בתהליך קבלת החלטות.

ניתוח סיכויי המימוש לעמידה בלוח"ז המתוכנן, מבוצע באמצעות "כימות" האי ודאות שבפרויקט (ובכל אחת מהפעילויות המרכיבות אותו).

5.4.4 סיכונים ללוחות הזמנים של הפרויקטים

בעבודה הנוכחית מוצגים בין היתר פרויקטים אסטרטגיים אשר מימושם יבטיח עמידה בקריטריוני האמינות שאושרו לצורך תכנון מערכת ההולכה וההשנאה לטווח ארוך ותפקוד סביר של המערכת כמקשה אחת.

לרוב הפרויקטים נקבע מועד צפוי להפעלתם על בסיס ניתוח סיכונים מפורט לעמידה בל"ז להפעלתו בסיכוי של כ-70%. על בסיס ניסיון של שנים רבות בקידום הפרויקטים מול רשויות התכנון, אפשר לציין שההצלחה למימוש הפרויקטים בהתאם לל"ז המצוין בעבודה הנוכחית הינה מוגבלת.

בין המגבלות לעמידה חלקית בל"ז להפעלת הפרויקטים ניתן לציין:

- עיכובים בתהליך הסטאטוטורי שבמסגרתו נדרשים לבחון מספר חלופות לכל פרויקט עד שמתכנסים לחלופה מסכמת.
- תאומים רבים מול עשרות גורמים (לאחר הסכמה על המיקום) לצורך השתלבות נופית, דרכי גישה, עמידה בדרישות המשרד להגנת הסביבה, בעיקר לצורך היתר קרינה ועוד.

תוכנית הפיתוח כוללת מועדי הפעלה על בסיס ניתוחי סיכונים שלוקחים בחשבון פרקי זמן סבירים ידועים כיום. חשוב לציין שמועדים אלו לפעמים מאוחרים בהשוואה לתוכנית שהועברה לרשות לשירותיים ציבוריים חשמל ולמשרד האנרגיה בעבר.

מנהל המערכת עוקב אחר התקדמות הפרויקטים ומעדכן באופן שוטף את המועד החזוי להשלמת הפרויקטים. תדירות העדכון היא של פעמיים בשנה ועל בסיס ההתפתחות הדינמית של הפעילות הפרויקטאלית מתקבלים איחורים לא מעטים בל"ז.

ניתן לציין כי הליכי הרישוי (הסטטוטוריקה) נמצאים במגמה מתמדת של הקשחה וסרבול, עד כדי כך שכמעט לא ניתן ליישם פתרונות זמניים בלוחות זמנים קצרים ע"י קבלת היתר חריגים, כפי שהיה בעבר.

מנהל המערכת ממליץ לקדם תיקון למסמך הנחיות בינת שוורץ בנושא הפעולות המותרות בקווי מ"ע קיימים על מנת שיהיה ניתן ללענות בל"ז מתאים לצרכים הנובעים מיעדי הממשלה לאנרגיות מתחדשות.

5.5 תוכנית פיתוח מערכת מתח על – 400 ק"ו

מערכת מתח על 400 ק"ו הינה בעלת חשיבות אסטרטגית ומהווה את "עמוד השדרה" של המערכת הארצית. מערכת זו משמשת מקור הזנה לתחנות המיתוג הראשיות 400/161 ק"ו, אליהן מחוברת מערכת הולכה והשנאה הקיימת.

למערכת 400 ק"ו, חשיבות עליונה בכל הנוגע לחיבור תחנות כוח ולשרידות מערכת החשמל, או במילים אחרות למניעת עלטה ארצית או אזורית. לפיכך, יש חשיבות מערכתית לעמידה בל"ז הפרויקטים של 400 ק"ו, במטרה לחזק את "עמוד השדרה". יתר על כן, כל סטייה מהל"ז מחייבת מתן פתרונות חלופיים ושינויים מהתכנון המקורי. עמידה בל"ז של פרויקטי 400 ק"ו מהווה מפתח לתפעול תקין של המערכת הארצית, תוך מתן פתרונות לנושאים כגון:

- א. שמירה על שרידות המערכת תוך הקטנת הסיכוי להיווצרות עלטה ארצית או אזורית
- ב. הבטחת הוצאת אנרגיה מתח"כ מחוברות למתח 400 ק"ו בצורה אמינה וללא מגבלות
- ג. הרחבת היקף ההשנאה 400/161 ק"ו בהתאם לגידול הביקוש ופיתוח היצור
- ד. הקטנת עומס בקווי הולכה 161 ק"ו
- ה. הגבלת רמת זרמי הקצר במערכת 161 ק"ו בהתאם ליכולת הציוד
- ו. שיפור איכות החשמל

בנוסף תיתן מערכת 400 ק"ו מענה לנושאים הבאים:

- א. חיבור יחידות ייצור חדשות למערכת 400 ק"ו.
- ב. הגדלת יכולת ההשנאה 400/161 ק"ו לצורך העברת אנרגיה המיוצרת ביחידות המחוברות למערכת 400 ק"ו למערכת 161 ק"ו אליה מחוברות תחמ"ש חח"י וצרכנים פרטיים.
- ג. אפשרות למקם מתקני ייצור באנרגיות מתחדשות בהיקפים משמעותיים בדרום ובצפון ולהעביר את האנרגיה למרכזי הצריכה.
- ד. הקטנת איבודי האנרגיה במערכת החשמל הארצית.
- היעד העיקרי של תכנון מערכת ההולכה 400 ק"ו הינו להבטיח אמינות העברת אנרגיה ושרידות גבוהה למערכת המסירה.
- יש לציין שבד בבד עם פיתוח הייצור באנרגיות מתחדשות אשר בחלקן נמצאות באזורים מרוחקים מאזורי הצריכה גדלה חשיבותה של מערכת 400 ק"ו כמוביל החשמל הארצי.

5.5.1 פיתוח מערכת 400 ק"ו בתקופת 2022-2030

שלבי פיתוח מערכת 400 ק"ו קשורים להקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו לצורך העברת האנרגיה המיוצרת בפריפריה לתחמ"ג הנמצאות באזורי הצריכה ומספקות חשמל לאזורים אלו.

5.5.1.1 פרויקטים במערכת 400 ק"ו, אשר הוקמו עד סוף 2021

קו איילון-פתח תקווה (חוצה גוש דן) – קו 400 ק"ו דו-מעגלי באורך כ-15.5 ק"מ, שהוקם במתכונת 400 ק"ו, אך הופעל בשלב ראשון ב-161 ק"ו.

הפרויקט הנ"ל היה פרוייקט חירום חיוני לשרידות המערכת. חח"י קידמה את האישורים להפעלת קו זה ב-400 ק"ו במסלול מהיר ככל האפשר - ב 8/2015 ניתן צו שר האוצר (כממונה על מינהל התכנון) להפעלה זמנית של הקו ב 400 ק"ו למשך 4 שנים. במהלך תקופה זו קודמה תמ"א 12/ג/10 – תוכנית מתאר ארצית להפעלת הקו ב 400 ק"ו. ב 5/2019 אושרה תמ"א 12/ג/10 בממשלה (קבינט הדיור).

בשנת 2022, עם הקמת תחמ"ג עתידים, יופעל גם המעגל השני ב-400 ק"ו.

לצורך הרחבת כביש 4 יש צורך בפינוי תשתיות ובכלל זה קו ה-400 ק"ו הקיים שמתוכנן לעבור למנהרת תשתיות לעת ההקמה (במסגרת תת"ל 110). במנהרת תשתיות זו יהיו נקודות גישה בסמוך לתחמ"ג איילון ולתחמ"ג עתידים (ירקון). מנהרת התשתיות תכלול קו 400 ק"ו וקווי 161 ק"ו תת-קרקעיים ועם הקמתה יועתק קו חוצה גוש דן לתוך המנהרה ויפורק הקו העילי הקיים.

קליטת תח"כ פרטית חרובית –דליה - בשנת 2015 הופעלה מסחרית תח"כ דליה הכוללת 2 מחז"מ בהספק כולל של 912 מגוואט. תח"כ דליה כוללת מסדר 400 ק"ו (חרובית) בעל חשיבות מערכתית, הממוקם בצמוד לתחמ"ג צפית. ריכוז מעגלי 400 ק"ו באזור זה, הביא לעליה בזרמי הקצר אל מעבר ליכולת הציוד הקיים. לפיכך חולקו המעגלים בין צפית לחרובית, במטרה לבצע הפרדות אשר יגבילו את זרמי הקצר לרמה הנדרשת.

קליטת תח"כ נוספות בדרום הארץ והקמת קווי 400 ק"ו חדשים, תדרוש שדרוג מסדר 400 ק"ו בצפית ליכולת עמידה ברמת זרמי קצר של 63 ק"א.

קליטת תח"כ פרטית IPM באר טוביה - בשנת 2021 הופעלה מסחרית תח"כ אי.פי.אמ. באר טוביה הכוללת מחז"מ אחד בהספק של 451 מגוואט. תח"כ באר טוביה, כוללת מסדר 400 ק"ו בעל חשיבות מערכתית.

לצורך חיבור תח"כ למערכת 400 ק"ו הוקם מסעף חיבור באורך כ-2 ק"מ ובוצע ובוצעה בניה מחדש של קו 400 ק"ו באורך כ-8 ק"מ.

5.5.1.2 שלבי פיתוח מערכת 400 : פרויקטים מתוכננים עד שנת 2026

להלן בטבלה 5.8 הובא פירוט של הפרויקטים הרלוונטיים הנמצאים בשלב זה:

טבלה 5.8: מצב פרויקטי 400 ק"ו עד שנת 2026

פרויקט	ק"מ מעגל	לוח תכנית הפיתוח
תחמ"ג עתידים - הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו - חיבור 2 מעגלי 400 ק"ו - חיבור ב 4 מעגלי 400 ק"ו - שינויים באזור פתח תקווה		א. קיים עיכוב בלוח (מועד מקורי 01.2022). ב. 09.2022 במועד חשמול שנאי הקישור. ג. מועד 12.22. ד. מועד 4.2023 דחיה בהפעלת שנאי קישור בעתידים (לוח מקורי 11.2022).
חיבור תחמ"כ צומת אנרגיה חיבור תחמ"כ למערכת	3	6.2022
חיבור תחמ"ג דימונה סולרי וקו 400 ק"ו צפית-רמת חובב-דימונה סולארי - הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו דימונה סולארי - הקמת קו 400 ק"ו מצפית/חרובית לכיוון רמת חובב ודימונה סולרי(1)		12.2023
תחמ"ג גליל - הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו - הקמת קו 400 ק"ו גליל-קיסריה	176	5.2025
תחמ"ג חפר - הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו - הקמת קו 400 ק"ו קיסריה-חפר-פתח תקווה (2)	124	5.2026
תחמ"ג ירושלים - הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו - הקמת מסעף 400 ק"ו מקו צפית-ירושלים	80	7.2026
קו צפית-גזר-קאסם - קו נוסף צפית – גזר - קו נוסף גזר-קאסם	56	12.2023 1.2026
הערות: - הפעלה ב- 161 ק"ו בשלב ראשון - הפעלת קטע קיסריה-תנובות-שער אפרים ב-161 ק"ו בשלב ראשון		

להלן הסבר לגבי הפרויקטים לעיל:

תחמ"ג עתידים-הפרויקט מתוכנן להיכנס לניצול במהלך שנת 2022. בשנים הקרובות תוכנן להמשיך ולחבר מספר יחידות ייצור למערכת 400 ק"ו, זאת בנוסף ליחידות הייצור שהוקמו קודם לכן. ללא הקמת פרויקט תחמ"ג עתידים צפויים עומסי יתר בשנאי קישור של תחמ"ג איילון ופתח תקווה וכתוצאה מכך קשיים באספקת ביקושים באזור המרכז.

אשכול הנגב - תחמ"ג דימונה-סולארי וקו 400 ק"ו צפית-רמת חובב-דימונה

כחלק ממתן המענה ליעדי הממשלה בדבר הרחבת ייצור החשמל באמצעות אנרגיה מתחדשת, משרד התשתיות הלאומיות האנרגיה והמים מקדם את תת"ל 82 - מתחם סולארי דימונה דרום. המתחם יתוכנן לייצר במגוון טכנולוגיות ושילוב ביניהן, ההספק הכולל בסדר גודל של 235 מגוואט ועד 600 מגוואט.

לצורך הוצאת האנרגיה מאזור זה מקודם קו 400 ק"ו מתחמ"ג צפית לכיוון מישור רותם, כולל מסעף לתחמ"ג רמת חובב. קו זה יאפשר קליטת הייצור הנוסף בדרום, כולל ייצור בהיקפים גבוהים באנרגיות מתחדשות.

קו זה נתקל בשנים האחרונות בקשיים עקב מעבר בשטחים בהם קיים בינוי לא חוקי. לפרויקט אושרה תוכנית המתאר.

לאור הקשיים בשדרוג קו 161 ק"ו דימונה-איתן קטע מ"אשכול הנגב" יופעל באופן זמני ב-161 ק"ו (כפתרון גישור) בין דימונה לאיתן ב-12/2021.

כתוצאה ממיצוי היכולת במערכת 161 ק"ו הקיימת, יש לבצע חיבור יחידות הייצור באזור זה למערכת 400 ק"ו.

הקמה מסיבית של הייצור בדרום הארץ מנציבה נחיצות להקמת קו 400 ק"ו נוסף מצפית לפתח תקווה, גם בהנחה שיופעל קו חוצה גוש דן ב-400 ק"ו.

תח"כ צומת אנרגיה

תח"כ צומת אנרגיה מתוכננת לקום מערבית לצומת פלוגות. ההספק של תחנת הכוח צומת אנרגיה כ - 396 מגוואט סה"כ.

לצורך חיבור תח"כ לרשת ההולכה, יוקם מסדר 400 ק"ו, בטכנולוגית GIS, הכולל 2 שדות קווים 3 שדות שנאים ושדה שנאי עתידי.

החייבור למערכת המסירה של חח"י יהיה במסעף דו מעגלי באורך - 4 ק"מ, ממעגל קרוב צפית רמת חובב – 400 ק"ו, כך שתח"כ תהיה מחוברת במעגל אחד לתחמ"ג צפית ובמעגל שני לתחמ"ג רמת חובב.

תוכנית פיתוח המערכת לתקופה זו כוללת פרויקטים הנמצאים בשלבים רעיוניים ובשלב זה נדרשות פעולות והשקעות מזעריות בלבד. יחד עם זאת אזכור פרויקטים אלה במסגרת תוכנית פיתוח מאפשר ראייה כוללת לגבי כיווני פיתוח מערכת 400 ק"ו לטווח ארוך.

אשכול השרון- קו 400 ק"ו –קיסריה-חפר-פ"ת

נחיצות:

מערכת 400 ק"ו באזור כיום בין תחמ"ג פ"ת לתחמ"ג קיסריה מתבססת על קו דו-מעגלי בודד. לצורך הבטחת אמינות ושרידות מערכת החשמל באזור השרון נדרשת הקמת קו 400 ק"ו שני באזור מתחמ"ג קיסריה לתחמ"ג פתח תקווה. הנחיצות נובעת מהגידול בעומס באזור ומתוספת של יחידות ייצור חשמל בטכנולוגיות שונות בצפון הארץ כולל מתקני האגירה השאובה. כתוצאה מהגורמים הנ"ל צפוי לגדול ההספק שיזרום בין החלק הצפוני לחלק הדרומי של המערכת לשיעורים בהם לא תתמוך המערכת הקיימת.

מצב הפרויקט:

תוכנית המתאר של "אשכול השרון" מקודמת במועצה הארצית לתכנון ובניה.

ב 10.2.2015 התקיים דיון וולנת"ע (וועדת משנה של המועצה הארצית לתכנון ובניה) שאישרה את החלופה כפי שהומלצה בתסקיר ההשפעה על הסביבה (תסקיר חלופות) ביחס לתוואי קו 400 ק"ו בשרון ומיקום תחנת מיתוג 400 ק"ו חדשה על בסיס תחנת משנה עמק חפר. תסקיר סביבתי של החלופה הנבחרת לרצועת הקווים ותחמ"ג 400/161 ק"ו הועברו לבדיקת משרד הג"ס בשנת 2017. בשנת 2018 התקבלה חו"ד משרד הגנת הסביבה שמאפשרת את קידום תוכנית המתאר. בשנת 2019 התקיימו מספר דיוני עורכי תמ"א 10 לבחינת חלופות תוואי קו ה 400 ק"ו באזור בו מתוכנן מחלף עתידי של כביש 57/4. במהלך החודשים הקרובים מתוכנן פרסום התוכנית להערות הוועדות המחוזיות והשגות הציבור.

תחמ"ג 400/161 ק"ו חפר – הזנת אזור השרון מבוצעת עתה באמצעות קווי 161 ק"ו היוצאים מתחמ"ג קיסריה דרומה וקווי 161 ק"ו היוצאים מתחנות המיתוג פתח תקווה ועתידיים צפונה. בהמשך, עם הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו באתר עתידיים תוגדל העברת הספק להזנת אזור השרון מתחמ"ג זו. יחד עם זאת ניתן לצפות שלקראת תחילת העשור הבא יהיה צורך בהקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו באזור השרון. האתר המקודם הינו אתר התחמ"ש הקיימת עמק חפר בסביבת צומת בית ליד בכביש מס' 4.

אשכול הצפון - האשכול כולל תחמ"ג וקו 400 ק"ו מסביבות תחמ"ג קיסריה לתחמ"ג גליל, שתוקם עד הישוב רביד, באורך של כ-100 ק"מ. מטרת הפרוייקט לתמוך במערכת ההולכה 161 ק"ו באזור צפון מזרח, שלאחר שנים רבות של פעולה הגיעה לקצה גבול יכולתה.

התחמ"ג תזין את אזור הגליל ורמת הגולן ותאפשר הפעלה של מתקני אגירה שאובה בהספק של מאות מגוואט בצפון וכן קליטה של טורבינות רוח בהספק של כ-300-400 מגוואט ברמת הגולן.

תוכנית המתאר לפרוייקט אושרה לאחר תהליך סטטוטורי ארוך ומחלוקות על קטעי הקו האזור ואדי ערה.

אשכול ירושלים- (תחמ"ג 400/161 ק"ו ירושלים)

לקראת מחצית העשור הבא יהיה צורך בהקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו נוספת באזור ירושלים וקו 400 ק"ו שני להזנת האזור. הנחיצות נובעת מפיתוח אזור ירושלים והסביבה ובעקבותיהם הגידול הצפוי בצריכת האנרגיה החשמלית. תחמ"ג זו תצטרף לתחמ"ג 400/161 ק"ו אבן ספיר. שתי תחמ"ג - הקיימת והחדשה נועדו להזנת עומסים בתחום ירושלים והסביבה, והן תהווה מקור הזנה עיקרי לאזור הבירה.

קו 400 ק"ו לירושלים מקודם במוסדות התכנון במתכונת קו עילי. התוואי המוצע מאזור צפית במקביל לקו 400 ק"ו קיים עד לקרבת אתר תחמ"ג 400/161 ק"ו אבן ספיר ובהמשך לכיוון אתר ירושלים ד' על בסיס תוואי 161 ק"ו קיימים. המתכונת הסופית תקבע בהתאם לתוכנית המתאר שתאושר.

אשכול הנגב- (קו 400 ק"ו צפית-רמת חובב-מישור רותם)

לפני מספר שנים, קיבלה חח"י הנחייה ממשרד התשתיות הלאומיות, להכין את מערכת ההולכה לקליטת יצרנים פרטיים בכלל ואנרגיות מתחדשות בפרט, בהיקפים משמעותיים באיזור מישור רותם.

בעקבות ההנחיה הנ"ל החלה חח"י להתניע תהליכים סטטוטוריים להכנת תוכנית מתאר ארצית – תמ"א 9/10/ג/400 ק"ו ממישור רותם לכיוון רמת חובב וצפונה לכיוון תחמ"ג צפית. אורך הרצועה כ-120 ק"מ.

התוכנית אשר אושרה כללה סימון של "כתם" עבור תחמ"ג באזור מישור רותם, מתוך הנחה, כי ניתן יהיה לשלב את מסדר המיתוג באחת מתחנות הכח הפרטיות שיקומו באזור ואילו יחוברו כלל מתקני הייצור בסביבה. אכן, כאשר יצאה לדרך תוכנית מתאר להקמת מתחם למתקני ייצור סולריים באיזור

דימונה בהובלת משרד האנרגיה, דאג מנהל המערכת לשלב בתוכו אפשרות להקמת תחנת מיתוג 400/161 ק"ו שמטרתה לקלוט אנרגיה ממתקן זה ומתקני הייצור שיקומו באזור.

כיום נמצא הקו הנ"ל בשלבי ביצוע מתקדמים, כאשר הקמתו נתקלת בקשיים עקב המצאות בניה בלתי חוקית, בתוך הרצועה המאושרת. נושא זה מטופל בצוות חסמים בהשתתפות גורמים שונים לרבות הרשות לפיתוח והתיישבות הבדואים בנגב. מועד הפעלתו של הקו (ותחמ"ג) בתוכנית הפיתוח שאושרה בשנת 2019 ע"י שר האנרגיה – 12/2023.

בשל העובדה כי קו 161 ק"ו דימונה – איתן מהווה כיום צוואר בקבוק להוצאת האנרגיה ממתקני ייצור בדרום ולאור חוסר היכולת לשדרג את הקו בגלל בניה בלתי חוקית בקרבתו, הוחלט להפעיל חלק מאשכול הנגב כבר בסוף שנת 2021, בקטע שבין דימונה לאיתן ב 161 ק"ו, כדי לתת פתרון זמני לשחרור צוואר הבקבוק הנ"ל. עם השלמתו של אשכול הנגב בשנת 2023, יופעל הקו לכל אורכו במתח 400 ק"ו ויחבר את מתקני הייצור באיזור דימונה-רותם, דרך תחנת המיתוג לקו 400 ק"ו הנ"ל שיזרים את האנרגיה צפונה לכיוון צפית ומשם למרכז הארץ.

הקמה משמעותית של הייצור בדרום הארץ מכתובה נחיצות להקמת קו 400 ק"ו נוסף מצפית לפתח תקווה.

5.5.1.3 שלבי פיתוח מערכת 400 ק"ו - פרויקטים מתוכנים עד סוף תוכנית הפיתוח

בתוכנית הפיתוח הוגדרו פרויקטים במערכת 400 ק"ו בנוסף לפרויקטים שמתוארים בסעיף הקודם, לצורך מתן מענה ל:

- **אספקת אנרגיה לאזור מרכז הארץ**
- **העברת אנרגיה בהיקפים גדולים מאזורים בהם יש פוטנציאל רב להקמת מתקני ייצור באנרגיה מתחדשת למרכזי הביקוש**

להלן טבלה 5.9 הכוללת פירוט של הפרויקטים הרלוונטיים, המצויים בשלב זה:

טבלה 5.9: פרויקטי 400 ק"ו עד סוף תוכנית הפיתוח

פרויקט	ק"מ מעגל	לוח תכנית הפיתוח
תחמ"ג קיסריה		12.2026
- החלפת שני שנאי קישור של 460 מגו"א ל 650 מגו"א - התקנת שנאי קישור שלישי 650 מגו"א - השלמת מסדר מתח על בקיסריה		
תחמ"ג גליל		12.2027
הוספת שנאי קישור שלישי		
תחמ"ג דן	2	12.2030
- הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו - הקמת שני מסעפים דו-מעגליים		
תחמ"ג נגב מערבי	60	מועד חזוי 2031
- הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו - הקמת קו 400 ק"ו מתחמ"ג נגב מערבי לגן שורק		
קו קיסריה- פתח תקווה 400 ק"ו		12.2026 12.2027
- תגבור יכולת הקו לטמפרטורה של 80 מעלות. - תגבור יכולת הקו לטמפרטורה של 100 מעלות והתאמת ציוד במסדרי 400 ק"ו.		
קו קיסריה- פתח תקווה 400 ק"ו		12.2028
תגבור יכולת הקו לטמפרטורה של 80 מעלות.		
קידום סטטוטורי		
תחמ"ג זמורות		
- הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו - הקמת שני מסעפים דו מעגלים		
תחמ"ג תל שוקת		
- הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו - הקמת מסעף דו מעגלי		
תחמ"ג באזור ערבה		
- הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו - הקמת קו 400 ק"ו מדימונה סולארי לתחמ"ג ערבה		
תחמ"ג בצפון הארץ	80-120	
- הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו - קו נוסף מתחמ"ג לאזור קסם		

להלן הסבר לגבי נחיצות הפרויקטים לעיל:

תחמ"ג דן 400/161 ק"ו – הזנת גוש דן

לצורך אבטחת אספקת האנרגיה למרכז הארץ באמינות והשרידות הנדרשת כפתרון חלופי לתח"כ באתר רדינג, נדרשים פרויקטים הבאים :

1. הקמת תחמ"ש רוקח (רמת אביב החדשה) ותגבור מערכת 161 לאזור.
2. הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו "דן" וחיבורה למערכת 400 ק"ו ו 161 ק"ו.

תחמ"ש רוקח (רמת אביב החדשה) ראה/י טבלה 5.10 - מקודמת במסגרת תוכנית תמ"א 3/א/10
ותוכנית תא 4140 של עיריית ת"א. המגרש מערבית לתחנת רכבת קלה לישראל - קו ירוק ומזרחית לבית הלוויית.

תחמ"ש תתוכנן כתחמ"ש סגורה (GIS). תחמ"ש תכלול 6 שנאים.

טבלה 5.10: פרויקטי תחמ"ש רוקח (רמת אביב החדשה)

מספר סידורי	שם	תאור	סיום חזוי	סוג הפרויקט	מתח [ק"ו]	אורך הקו (ק"מ)
1	161 ק"ו רוקח	הנחת 2 מעגלי כבלים תת-קרקעי לכיוון תחמ"ש תל אביב צפון	06.2027	הקמה תת"ק	161	3.3
2	161 ק"ו רוקח	הנחת 2 מעגלי כבלים תת-קרקעי לכיוון תחמ"ש עתידים	06.2027	הקמה תת"ק	161	0.1
3	תחמ"ש רוקח	תחמ"ש רוקח (רמת אביב חדשה) 6 שנאים.	06.2027	הקמה תחמ"ש	161	
4	161 ק"ו רוקח	הנחת 2 מעגלי כבלים תת-קרקעי רוקח – רב מכר	10.2030	הקמה תת"ק	161	7.4

להלן פירוט הפרויקטים:

תחמ"ג דן וחיבורה למערכת 400 ק"ו ו-161 ק"ו

בשלב הפעלתה, תחמ"ג תחובר למערכת 400 ק"ו על ידי 2 מסעפים דו-מעגליים תת-קרקעיים מקו עתידים – פתח תקווה (4 מעגלי 400 ק"ו).

לקראת אמצע עשור הבא יוקם קו דו-מעגלי 400 ק"ו תת קרקעי נוסף לכיוון תחמ"ג גן שורק.

טבלה 5.11: פרויקטי תחמ"ג דן וחיבורה למערכת 400 ק"ו ו-161 ק"ו

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח בתכנית הפיתוח (*)
1.	הקמת תחמ"ג דן 400/161 ק"ו	הקמת תחמ"ג דן באתר מורשה* (בכפוף לאישור תכנית מתאר). תחמ"ג תכלול: מסדר 400 ק"ו סגור. 4 שנאי קישור 400/161 ק"ו, 2 שנאים בשלב ראשון. מסדר 161 ק"ו, 2 שנאי הספק 161/24 ק"ו, (4 בשלב סופי) ומסדרי מ"ג בהתאם.	לוח משוער לאישור תכנית 06.24	12.30
2.	שני מסעפי 400 ק"ו לתחמ"ג דן	הקמת 2 מסעפים עיליים 400 ק"ו דו-מעגלי, תיילים 3*593 סג-אל לפאזה, מותאם ל-100 מעלות, באורך כ-1 ק"מ		12.30
3.	קו 400 ק"ו גן שורק-איילון-דן (תת"ל 110)	הטמנת קווי 400 ק"ו בציר גן שורק-איילון-דן (מורשה)-תת"ל 110	בהתאם למועד אישור תכנית.	בהתאם למועד אישור תכנית.
4.	קו 400 ק"ו גן שורק-דן	הקמת קו 400 ק"ו דו-מעגלי תת"ק גן שורק-דן בבידוד גז GIL באורך כ-23 ק"מ. הערה: הקו יוקם במתווה/תוואי תת"ל 110, בתנאי שהתת"ל תקודם בלוח זמנים מתאים.	צפוי קושי בקידום תכנית מתאר נפרדת לתת"ל 110.	12.36
5.	קו דן - הרצליה/כפר הירוק 161 ק"ו	הנחת 2 מסעפים דו-מעגליים תת-קרקעיים לקו הרצליה/כפר הירוק 161 ק"ו, כבלים בחתך 2000 ממ"ר נחושת, גיד אחד לפאזה (על בסיס ציר		12.30

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח בתכנית הפיתוח (*)
		הנופש ע"א, אורך כ-3.5 ק"מ.		
6.	קו דן - נמיר 161 ק"ו	הנחת 2 מעגלי 161 ק"ו תת-קרקעיים, כבלים בחתך 2000 ממ"ר נחושת, גיד אחד לפאזה מתחמ"ג דן לתחמ"ש נמיר (על בסיס ציר הנופש ע"א), אורך כ- 7 ק"מ.		12.30
7.	קו דן - הוד השרון/שביב 161 ק"ו	הנחת מסעף תת-קרקעי, כבלים בחתך 2000 ממ"ר נחושת, 2 גידים לפאזה, אורך כ-8 ק"מ. הקמת 2 טרמינלים דו-מעגליים לחיבור הקטע העילי.		12.30
8.	קו דן - בני ברק 161 ק"ו	הנחת 2 קווים דו-מעגליים תת"ק בחתך 2000 ממ"ר נחושת, מתחמ"ג דן לכיוון בני ברק באורך כ- 2 ק"מ		12.32
9.	קו דן - הרצליה (רב מכר) 161 ק"ו	הנחת 2 מעגלי 161 ק"ו תת-קרקעיים, כבלים בחתך 2000 ממ"ר נחושת, גיד אחד לפאזה מתחמ"ג דן לתחמ"ש הרצליה (רב מכר, על בסיס ציר הנופש ע"א), אורך כ- 5 ק"מ, כבל סיב אופטי בתעלה משותפת.		12.32

(*) הערה: מועד ראשוני, ראה התייחסות לסיכונים, אישור תוכנית מתאר, תאום עם פרויקט תחבורה, הצורך המערכתי 2026-27.

תחמ"ג דן - לוח (התייעצות עם בעל רישיון הולכה)

בהתאם לחוק משק החשמל, בסעיף הנוגע לתוכנית הפיתוח (סעיף 19 א2), התקיימו מספר פגישות בין חברת נגה (בעל הרישיון לניהול מערכת החשמל) עם חח"י (בעל רישיון ההולכה) בנוגע ללוחות הזמנים לביצוע הפעולות הכלולות בפרויקט (תכנון, היתרים וביצוע).

להלן ניתוח לוחות הזמנים להליך אישור התת"ל :

המועד החזוי להקמת תחמ"ג דן" והקווים המחברים אותה למערכת ההולכה - 12.2030 (למעט חיבור קו 400 ק"ו למעגל גן שורק-גזר המתוכנן ל 12.2036)

מועד מתוכנן לאישור התת"ל - 06/2024 משך ההליך לאישור התת"ל מבוסס על ההנחה כי **עד ל 4.2023 יהיה איתור מתואם-ישים** של כל הקווים המחוברים את התחמ"ג למערכת ההולכה (ברמת תכנון הנדרשת לשלב הסטאטוטורי - לקביעת "קו כחול", ולהכנת תסקיר השפעה על הסביבה).

לוח"ז	פעילות
1.8.2022	דיון ות"ל - החלטה על אתר לתחנת מיתוג מורשה
4.2023	תאום תכנון הנדסי לקווים ולתחנה
9.2023	הגשת תסקיר ההשפעה על הסביבה (לאחר השלמות)
4.2024	אישור התכנית בות"ל
6.2024	אישור ממשלה

תחמ"ג נגב מערבי וקו 400 ק"ו מהתחמ"ג לתחמ"ג גן שורק

אזור נגב המערבי הינו אחד האזורים בהם קיים פוטנציאל רב למתקני אנרגיה מתחדשת. הפרויקט נדרש למתן מענה לקליטת אנרגיה מתחדשת באזור נגב מערבי.

קידום סטטוטורי של הפרויקטים הבאים:

- תחמ"ג זמורות – תחמ"ג באזור שפלה - כחלק ממתן מענה לקליטת אנרגיה מתחדשת באזור השפלה
- תחמ"ג שוקת – תחמ"ג באזור ערד-תל שוקת - כחלק ממתן מענה לקליטת אנרגיה מתחדשת באזור
- קו 400 ק"ו מאתר תחמ"ג דימונה סולרי לערבה - כחלק ממתן מענה לקליטת אנרגיה מתחדשת באזור הנגב וערבה
- קו 400 ק"ו מאזור תחמ"ג פתח תקווה (קסם) לתחמ"ג רעיונית באזור הצפון.

5.5.2 קידום סטטוטורי של פרויקטים במערכת 400 ק"ו

סטטוס של קידום סטטוטורי לקווי 400 ק"ו ותחנות מיתוג

- הקמת תחנת מיתוג 400/161 ק"ו:
 - דימונה סולארי – תוכנית מאושרת
 - גליל מזרחי – תוכנית מאושרת
 - חפר – לקראת הפצה להערות ועדות מחוזיות והשגות הציבור
 - ירושלים – בשלב הכנת תסקיר השפעה על הסביבה
 - דן – לקראת התנעת הליך תכנוני
- הקמת קווי 400 ק"ו:
 - אשכול נגב – תוכנית מאושרת
 - אשכול צפון – תוכנית מאושרת, ישנם 2 מקטעים בהם מתנהל הליך תיקון לתוואי האחד באזור נאעורה והשני בואדי ערה
 - אשכול שרון – לקראת הפצה להערות ועדות מחוזיות והשגות הציבור
 - אשכול ירושלים – לקראת הפצה להערות ועדות מחוזיות והשגות הציבור
 - קווי 400 ק"ו לחיבור תחמג דן: גן שורק – דן + 2 מסעפי חיבור דו-מעגלי לחיבור תחמ"ג – לקראת התנעת הליך תכנוני
 - קו צפית – גזר – תוכנית מאושרת
 - קו גזר – קאסם (תתל 109) – בשלב הכנת תסקיר השפעה על הסביבה
- פרויקטים נוספים בקידום סטטוטורי:
 - תחמ"ג נגב מערבי (זרועה) – לקראת התנעת הליך תכנוני
 - קו 400 ק"ו נגב מערבי – גן שורק (אשכול שקמה) לקראת התנעת הליך תכנוני – מאשדוד תוכנית מאושרת
 - תחמ"ג שוקת – אין הליך תכנוני
 - קו 400 ק"ו דימונה סולארי – ערבה טרם הונע הליך תכנוני
 - תחמ"ג זמורות לקראת התנעת הליך תכנוני במסגרת התוכנית של קו 400 ק"ו נגב מערבי
 - תחמ"ג נוספת באזור הצפון (מבואות גלבוע) לקראת הפצה מחודשת להערות ועדות מחוזיות והשגות הציבור (106 ב')
 - קו 400 ק"ו נוסף מאזור קאסם לתחמ"ג נוספת באזור הצפון טרם הונע הליך תכנוני

גורמי חסמים בפרויקטים מרכזיים

- חוסר וודאות למגמות התכנון של אנרגיות מתחדשות והמציאות התכנונית שתהייה
- נגיסת פרודדורי החשמל על ידי שימושים אחרים באופן חוקי ובלתי חוקי
- הגבלות חוק הקרינה הבלתי מייננת
- תיאומים רבים וארוכים ושינוי עמדות לאורך התהליך
- קושי באיתור פרודדורים פנויים
- בקשות להטמנת קווי הולכה באזורים פתוחים

פירוט הפרויקטים בתחנות המיתוג:

#	פרויקט תחמ"ש/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח"ז בתכנית הפיתוח/ לוח"ז נדרש "נגה"	התייחסות חח"י
פרויקטים בתכנית הפיתוח					
1	תחמ"ג דימונה-סולרי	הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו	תכנית מאושרת	12.23	12.23 נכון להיום צפוי להסתיים בדצמבר 2023
2	תחמ"ג אבן ספיר	הרחבת תחמ"ג והתקנת שנאי קישור 400/161 ק"ו	תכנית מאושרת	06.24	צפויה דחיה ל 06.26
3	תחמ"ג ירושלים	הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו	תכנית בהכנה	07.26	הוגשה בקשה לקבלת היתר למבנה 161 על בסיס התב"ע הקיימת, בכל אופן הקמת מבנה 400 תלוי בהשגת תב"ע. נכון להיום צפי ביצוע לקראת חודש 07.27
4	תחמ"ג גליל	הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו. הקמת קו 400 ק"ו אשכול צפון ומסעפי 161 ק"ו לתחמ"ג, כולל כניסות כבלים.	תכנית מאושרת	05.25	05.25

#	פרויקט תחמ"ג/ש/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח"ז בתכנית הפיתוח/ לוח"ז נדרש "נגה"	התייחסות חח"י
5	תחמ"ג חפר	הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו. הקמת קו 400 ק"ו אשכול השרון ושינוי סכמת מערכת 161 ק"ו באזור השרון.	12.22 צפי לאישור תכנית	05.26	בהתאם להנחת העבודה שתב"ע תאושר עד סוף 2023 הפרויקט צפוי להסתיים בשנת 2027
6	תחמ"ג עתידים	הפעלת תחמ"ג עתידים	תכנית מאושרת	01.22	2 אוטושנאים ראשונים צפויים להיכנס לעבודה ב- 09.22, אוטושנאי שלישי ב 11.22
פרויקטים נוספים לתכנית הפיתוח					
7	תחמ"ג גליל	התקנת שנאי קישור שלישי 400/161 ק"ו	תכנית מאושרת	12.27	נבקש לאחד את התכולה עם הקמת תחמ"ג גליל כך שכלל הפרויקט יבוצע בחודש מאי 2025.
8	תחמ"ג גליל	גליל- תיקון תוכנית מתאר- הגדלת אחוזי בניה	לוח"ז משוער לתיקון תכנית 12.23		
9	תחמ"ג דן	הקמת תחמ"ג דן באתר מורשה (בכפוף לאישור תכנית מתאר).	לוח"ז משוער לאישור תכנית 06.24	12.30	
10	תחמ"ג קיסריה	החלפת שני שנאי קישור 400/161 ק"ו. התקנת שנאי קישור שלישי.	תכנית מאושרת	12.26	12.26
11	תחמ"ג הנגב	הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו	נמצא בהליך תכנוני, צפי לאישור 07.28	12.31	
פרויקטים לטווח עתידי - קידום סטטוטורי					
12	תחמ"ג מבואות (חבר) גלבו	הקמת תחמ"ג, עם 3 שנאי קישור 400/161 ק"ו.	טרם נקבע לוח"ז עקב מורכבות הפרויקט ואורך הקו הרב.		
13	תחמ"ג זמורות	הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו באזור שפלה			
14	תחמ"ג שוקת	הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו באזור שוקת			
15	תחמ"ג ערבה	הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו באזור ערבה			

5.6 תוכנית פיתוח מערכת מתח עליון - 161 ק"ו

5.6.1 פיתוח יכולת ההשנאה במערכת 161 ק"ו

5.6.1.1 כללי

הקמת תחנות משנה ותוספות השנאה בתחנות משנה קיימות נעשת בהתאם לתכנון רב-שנתי, תוך התחשבות בפריסה גיאוגרפית של הביקוש וקריטריוני התכנון.

יש לציין שקיימת גם העברת "הספק מותקן" בין אזורי ההזנה. כלומר, הקמת תחמ"ש חדשה באזור הזנה כל שהוא, מאפשרת הרחבת הזנת הצרכנות הנמצאת באזורי הזנה הסמוכים לאותו אזור. פירוש הדבר שתכנון מערכת ההשנאה אומנם אזורי, אך בהתחשב במכלול אזורי/מחוזות סמוכים. במטרה לענות על צרכי מערכת ההשנאה על פי תחזית זו יש צורך בהקמת תחמ"ש קבועות חדשות, ובהוספת השנאה בתחמ"ש קיימות.

בתאום עם חברת החשמל בנוגע להשפעות על פיתוח רשת החלוקה, ובמטרה להגיע לאופטימיזציה כוללת של ההשקעה במערכות ההשנאה והחלוקה, גובשה תוכנית הפיתוח של המערכת המוצגת בפירוט והתאמתה לקריטריוני ההשנאה.

ביצוע התוכנית במלואה ובמועדים הנקובים יבטיח אמינות אספקת אנרגיה ברמה הנדרשת ממערכת המסירה.

ההספק המותקן של כלל שנאי תחנות המשנה במערכת הארצית (בתחמ"ש קבועות, ארעיות וניידות בבעלות חח"י ובתחמ"ש בבעלות פרטית של צרכני מתח עליון).

יש לציין שחלק מהביקוש מסופק מתחמ"ש פרטיות ומיצרני חשמל קטנים שיחוברו ישירות למערכת החלוקה.

תוכנית הפיתוח של מערכת ההשנאה מתבססת על קריטריוני התכנון ולקחת בחשבון גם את סיכויי מימוש, כאשר המועדים שנקבעו הינם על פי רוב בעלי סבירות של 70% ומעלה.

5.6.1.2 ליו"ז להקמת תחנות משנה חדשות

קביעת מסגרת הזמן להקמת תחנות משנה חדשה מתבססת על משך הזמן הנורמטיבי לביצוע הקמת תחמ"ש:

- תחמ"ש פתוחה במתכונת (AIS) – 3 שנים
- תחמ"ש סגורה (GIS) – 4 שנים, ממועד העברת הפרויקט לשלב אופרטיבי מנגה לחח"י.

5.6.1.3 פיתוח מערכת ההשנאה לקליטת אנרגיה מתחדשת ברשת חלוקה

5.6.1.3.1 מטרה ומתודולוגיה

תכנון מערכת ההשנאה לצורך קליטת אנרגיה מתחדשת הוא חלק מתוכנית פיתוח אינטגרטיבית עד שנת 2030 של מנהל המערכת.

מטרה - הכנת תוכנית פיתוח מערכת ההשנאה לצורך קליטת אנרגיה מתחדשת במתח גבוה ומתח נמוך בהתאם ליעדי הממשלה.

מתודולוגיה

התכנון כולל מספר שלבים עקרוניים :

- איסוף מידע על הספק מחובר של מתקני פי וי
- ניתוח מידע על פוטנציאל אנרגיה מתחדשת שהוכן במסגרת תוכנית פיתוח אינטגרטיבי במסגרת דו"ח זה
- התאמה, עיבוד ונרמול הנתונים
- הכנת בסיס נתונים של פוטנציאל מתקנים פוטו-וולטאים במתח גבוה ונמוך בפריסה ארצית בהתאם ל אזורי השנאה/העמסה, אזורי הזנה של תחנות משנה
- איסוף מידע על אזורי השנאה/העמסה. שטח ישראל מחולק ל-29 אזורי העמסה/השנאה, שעבורם מבצעים תכנון מערכת ההשנאה האזורי
- איסוף מידע על אזורי ההזנה
- ניתוח מידע באמצעות מערכות GIS
- איסוף מידע על טכנולוגיות מתקני יצור אנרגיה מתחדשת
- איסוף מידע על טכנולוגיות אגירת אנרגיה, שליטה ובקרה
- איסוף נתונים של מתקנים פוטו-וולטאיים משולבי אגירה שמתוכננים להתחבר לרשת חלוקה בהתאם למכרזי רשות החשמל

תכנון מערכת ההשנאה לצורך קליטת אנרגיה מתחדשת ברשת חלוקה מתבסס על תוכנית פיתוח מערכת ההשנאה הקיימת ומגדיר פרויקטים נוספים בהשנאה.

קביעת קריטריונים והנחות יסוד עבור העמסת שנאים בתחנות משנה

תכנון מערכת ההשנאה לקליטת אנרגיה מתחדשת מתבסס על קריטריון של קליטת היצור בהספק מצרפי עד עד 100% של הספק השנאה מותקן בתחמ"ש.

הגדרת כללים לתכנון מערכת ההשנאה ע"י אופטימיזציה של השקעות כוללות תוך עמידה תחת

קריטריוני התכנון

פרמטרים לאופטימיזצית תכנון המערכת:

- צפיפות הספק יצור
- הספק התחנה
- עומס מותר של הקווים
- מרחק בין תחנות סמוכות
- עלות הקו והוצאות קבועות
- עלות התחנה והוצאות קבועות
- עלות היציאות, כמות היציאות ועוד

קביעת צרכי מערכת ההשנאה בהתייחס למיקום הגיאוגרפי

- השוואת נתוני הספק מתקני פי-וי בכל אזור הזנה מול נתוני השנאה בהתאם לתוכנית פיתוח נוכחית
- איתור אזורים, שבהם נדרש להוסיף השנאה מעבר לתוכנית הקיימת

הערכת אפשרות חיבור מתקני פי-וי לתחנות סמוכות ע"י שינוי גבולות תפעוליות

- הנושא נבדק על סמך נתונים וקטורים ואלפא נומרים שברשות מנהל המערכת
- בוצע תאום עם המחלק.

בדיקת ישימות הוספת/ החלפת שנאים בתחנות קיימות מעבר לתוכנית הנוכחית

- בדיקת ישימות הוספת ההשנאה בתחמ"ש חח"י קיימות/מתוכננות בוצעה ע"י יחידת תכנון רעיוני לתחמ"ש של מנהל המערכת.
- בוצע תאום עם המחלק-חטיבת שרותי הרשת וחטיבת הפרויקטים של חח"י.

הערכת אפשרות הוספת שנאי חח"י בתחנות משנה פרטיות

- בדיקת ישימות הוספת השנאת חח"י בתחנות פרטיות בוצעה ע"י יחידת חקר מערכת מסירה ועל ידי יחידת תכנון סטטוטורי של מנהל המערכת.

איסוף מידע על תחנות רעיוניות

- בדיקת קידום הקמת תחמ"ש הנמצאות בסטטוס רעיוני בוצעה ע"י יחידת פיתוח מערכת השנאה, ע"י יחידת בקרת תוכניות פיתוח, ע"י יחידת סיוע טכני ומידע גיאוגרפי וע"י יחידת תכנון סטטוטורי של מנהל המערכת..

איתור פוליוגונים לתחנות משנה חדשות

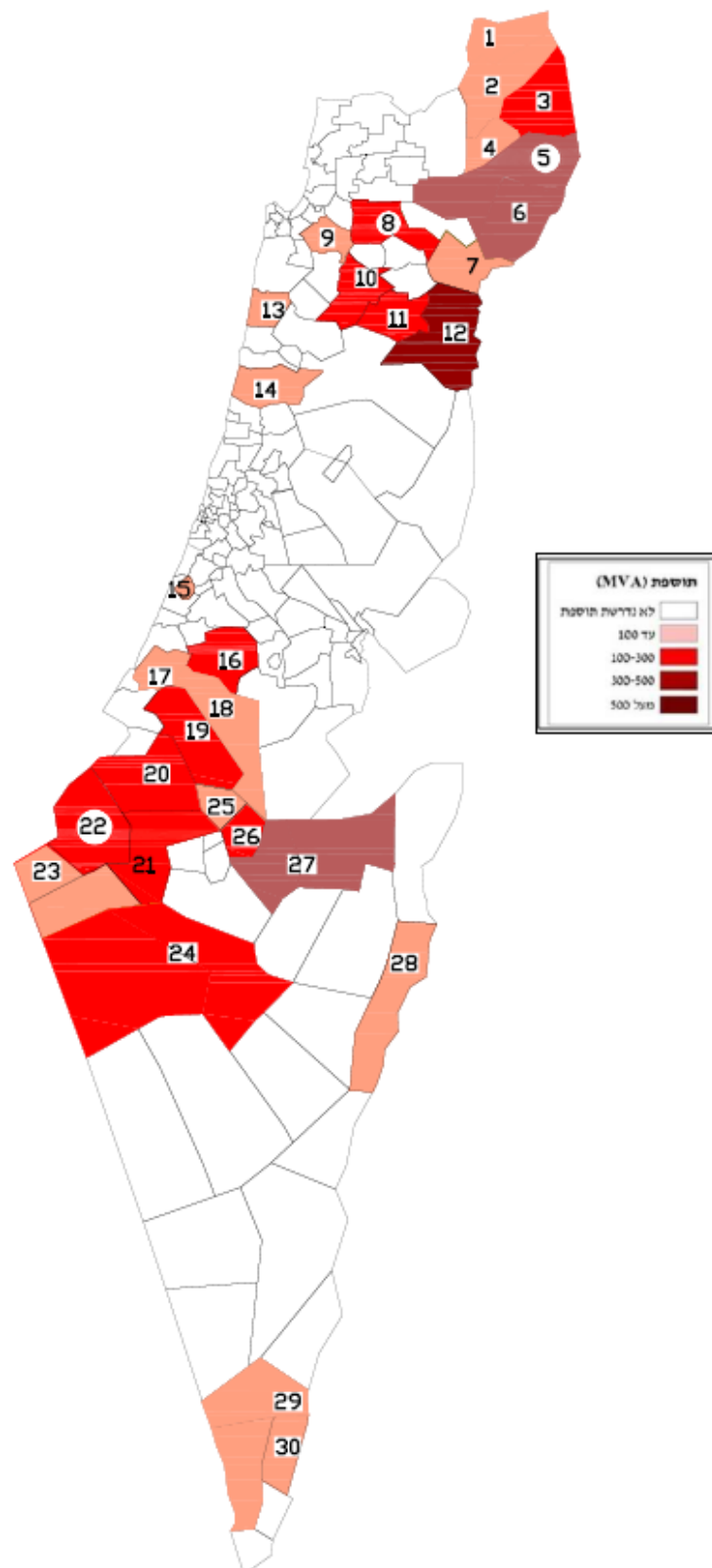
- התנעת תוכניות מתאר, איתור מגרשים לתחמ"ש חדשות בוצע ע"י עורכי התוכנית וע"י יחידת תכנון סטטוטורי של מנהל המערכת. בוצע תאום ראשוני עם המחלק (אגפי הרשת ומנר"א).

סדר עדיפויות לאפשרויות

- עדיפות ראשונה - שינוי גבולות תפעוליות והעברת מתקני יצור מבוזר לתחנות סמוכות, שלא עמוסות ע"י מתקני היצור
- עדיפות שנייה - הוספת השנאה בתחנות קיימות
- עדיפות שלישית - הוספת השנאת חח"י בתחנות פרטיות קיימות
- עדיפות רביעית - קידום תחנות רעיוניות
- עדיפות חמישית - איתור פוליוגונים לתחנות חדשות

5.6.1.3.2 תוספת השנאה הנדרשת

בתרשים להלן מוצגים אזורים שבהם נדרשת הוספת השנאה בהתייחס למיקום גיאוגרפי.



איור 5.10: אזורים שבהם נדרשת הוספת השנאה בהתייחס למיקום הגיאוגרפי, טבלה 5.12 משויכת

טבלה 5.12: אזורים שבהם נדרשת תוספת השנאה עבור קליטת אנרגיה מתחדשת

מספר אזור ההזנה במפה	אזור ההזנה	תוספת השנאה [מגו"א]
1	קריית שמונה	7
2	חולה	32
3	קצרין	147
4	ראש פינה	63
5	כנרות	309
6	כורסי	311
7	תל אור	50
8	ציפורית	274
9	זבולון	37
10	יזרעאל	107
11	עין חרוד	163
12	בית שאן	798
13	זיכרון יעקב	83
14	שרון	29
15	גן רווה	30
16	צפית	114
17	זמורות	38
18	קריית גת	80
19	איתן	187
20	נתיבות	197
21	אופקים	58
22	בשור	124
23	ניר יצחק	8
24	משאבי שדה	200
25	להבים	15
26	תל שוקת	185
27	ערד	464
28	סדום צפון	8
29	תמנע	27
30	יוטבתה	19

כתוצאת מהעבודה שבוצעה נקבעה **תוספת** לתוכנית הפיתוח של מערכת ההשנאה עבור קליטת מתקני PV ברשת החלוקה.

טבלה 5.13: הקמת תחמ"ש חדשות של חברת החשמל לצורך קליטת מקורות אנרגיה מתחדשים ברשת החלוקה

שנה	2025	2026	2027	2028	2029	2030	סה"כ
סה"כ תוספת השנאה	100	200	800	200	400	450	2150
סה"כ מספר התחנות	1	2	5	1	3	4	16

טבלה 5.14: הרחבה בתחמ"ש קיימות (*) לצורך קליטת מקורות אנרגיה מתחדשים ברשת החלוקה

שנה	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	סה"כ
סה"כ תוספת השנאה	156.8	217.2	400.8	250	303.6	350	216.8	200	2095.2
סה"כ מספר התחנות	3	4	7	2	5	5	5	4	35
(*) – מתוכן תוספת השנאה בהספק מצרפי של 350 מגו"א עבור מחלק (חח"י) ב 4 תחנות משנה פרטיות (**) – 35 פרויקטים להרחבה/תוספת השנאה ב- 31 תחמ"ש.									

5.6.1.4 פרויקטים במערכת ההשנאה שהוכנסו לניצול בשנים 2020-2021

טבלה 5.15: הקמת תחמ"ש קבועות של חברת החשמל- הספק השנאה מותקן

שם	תקופה	סה"כ השנאה [מגו"א]
סה"כ : חריש ולהבים	בין השנים 2020-2021	200

טבלה 5.16: תוספת השנאה בתחמ"ש קיימות של חברת החשמל- הספק מותקן

שם	תקופה	סה"כ תוספת השנאה [מגו"א]
סה"כ	בין השנים 2020-2021	כ-800

טבלה 5.17: הסבת תחמ"ש ארעיות לתחמ"ש קבועות של חברת החשמל- הספק מותקן

שם	תקופה	סה"כ תוספת השנאה [מגו"א]
סה"כ: קצרין ותעשייה אדומים	בין השנים 2020-2021	-

5.6.1.5 פרויקטי השנאה לתקופת תוכנית הפיתוח עד שנת 2030

תוכנית פיתוח מערכת ההשנאה נבנתה על פי תחזית העומס, קריטריוני התכנון, קליטת יצור מבוזר בהתאם ליעדי הממשלה ויכולת המימוש כפי שהוסבר לעיל, בטבלה 5.1 מתואר שינוי יכולת ההשנאה המותקנת בתחמ"ש קבועות וארעיות וניידות שבבעלות חח"י בהתאם לתוכנית הפיתוח ובהתאם לתוכנית המותאמת ליכולת הביצוע.

טבלה 5.18: הקמת תחנות קבועות חדשות של חברת החשמל - שינוי ביכולת השנאה עקב

מ 2021 לשנת 2030 - הספק מותקן [מגו"א]

שנה	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	סה"כ עד 2030
סה"כ באגף רשת	100.4	750.4	1688	600	1064	1002	1505	802	962	1100	9573.8

טבלה 5.19: השנאה בתחנות חברת חשמל קבועות ותחמ"ש פרטיות (לצרכי המחלק-פרויקט

באחריות חח"י) - שינוי ביכולת השנאה מ 2021 לשנת 2030 - הספק מותקן [מגו"א]

שנה	עד 2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	סה"כ עד 2030
סה"כ באגף רשת	17675.6	677.6	288	634.2	500.6	150	383	185.6-	216.8	216.8	20557

עבודות פיתוח מערכת ההשנאה מחולקות לשלושה סוגים עיקריים:

א. הקמת תחנות משנה חדשות

פרויקטי הקמת תחמ"ש הוגדרו בתוכנית הפיתוח בהתאם לנחיצותם לפי סדר העדיפויות הבא:
עדיפות א' – אי מימוש הפרויקט במועד יביא לחריגה משמעותית מן הקריטריון התכנוני, אין חלופה סבירה (קבועה או זמנית) להעברת עומסים לתחמ"ש אחרות. או, קיימת התחייבות לגורם חיצוני (נדרשת אספקת חשמל ללקוח, או קיימת התחייבות לפירוק תחמ"ש ארעית וכד').

עדיפות ב' – אי מימוש הפרויקט במועד יביא לחריגה משמעותית מן הקריטריון התכנוני, קיים פתרון זמני להעברת עומסים לתחמ"ש אחרות.

עדיפות ג' – אי מימוש הפרויקט במועד יביא לחריגה קלה מן הקריטריון התכנוני, קיים פתרון זמני להעברת עומסים לתחמ"ש אחרות או שטרם הופעלו/תוכננו פרויקטים ארעיים.

יש לציין שבמהלך חיי הפרויקט קיימות מספר נקודות בקרה בהקשר למועד הפעלה נחוץ (למשל במידה ומורגשת האטה בקצב גידול הביקוש הפרויקט נדחה במספר שנים) ומתכונת הפרויקט (למשל שינוי יכולת ההשנאה בשלב הפעלה). החשובה מבין נקודות הבקרה הללו הינו מעבר לשלב אופרטיבי. בנקודה זו מוגש דו"ח מפורט למנכ"ל החברה עם פירוט הסיבות להקמת הפרויקט, מתכונתו, אומדן עלות ולו"ז. עם אישור המנכ"ל למעבר לשלב אופרטיבי עובר הפרויקט לאחריות חט' פרויקטים הנדסיים לביצוע. ההשקעות המשמעותיות לפרויקט מבוצעות בשלב זה.

סה"כ הקמת תחנות משנה חדשות:

- **תוכנית הפיתוח הנוכחית כוללת 73 תחנות משנה חדשות שיוקמו בין השנים 2022-2030**
- **בהספק מצרפי של 9816 מגו"א.**
- **מתוכן 16 תחנות לצורך קליטת מתקני ייצור באנרגיות מתחדשות ברשת החלוקה בהספק מצרפי של 2150 מגו"א.**

טבלה 5.20: פירוט הקמת תחנות קבועות חדשות של חברת החשמל לצורך קליטת מקורות אנרגיה מתחדשים ברשת החלוקה מ 2022 לשנת 2030

תאריך סיום בת"פ	שם פריט	אתר	אזור
31/12/2025	ניר יצחק-הקמת תחמ"ש חיצונית 161/24 ק"ו	ניר יצחק	ירושלים-נגב
30/06/2026	טירת צבי/דוראל-הקמת תחמ"ש חיצונית 161/24 ק"ו	טירת צבי/דוראל	צפון
31/12/2026	קרית המודיעין- הקמת תחמ"ש פרטית	קרית המודיעין	ירושלים-נגב
30/10/2027	בית הגדי- הקמת תחמ"ש חיצונית 161/24 ק"ו	בית הגדי	ירושלים-נגב
30/12/2027	בית אלפא-הקמת תחמ"ש חיצונית 161/24 ק"ו	בית אלפא	צפון
30/06/2028	יונתן 2- הקמת תחנת משנה חיצונית 161/24 ק"ו	יונתן 2	צפון
31/12/2027	תל אביטל-הקמת תחנת משנה חיצונית 161/24 ק"ו	תל אביטל	צפון
31/12/2027	כוכב מיכאל - הקמת תחמ"ש חיצונית	כוכב מיכאל	דן-חוף
31/12/2028	רמת הצבאים-הקמת תחנת משנה חיצונית 161/24 ק"ו	רמת הצבאים	צפון
31/12/2029	בית השיטה-הקמת תחנת משנה חיצונית 161/24 ק"ו	בית השיטה	צפון
31/12/2029	חספין-הקמת תחנת משנה חיצונית 161/24 ק"ו	חספין	צפון
31/12/2029	עמק שרה(מכתשים)-הקמת תחמ"ש חיצונית	עמק שרה	דן-חוף
31/12/2030	יתיר-הקמת תחנת משנה חיצונית 161/36 ק"ו	יתיר	ירושלים-נגב
31/12/2030	כסיף-הקמת תחנת משנה חיצונית 161/36 ק"ו	כסיף	ירושלים-נגב
31/12/2030	מולדה-הקמת תחנת משנה חיצונית 161/24 ק"ו	מולדה	ירושלים-נגב
31/12/2030	שוקת-הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו, בשלב ראשון	שוקת	ירושלים-נגב

ב. שינויים בתחמ"ש קיימות

דחייה בקבלת היתרים לאתרי תחמ"ש קבועות, בהשוואה למועדים הנדרשים על בסיס שיקולי נחיצות, יוצרת פער בין יכולת ההשנאה הנדרשת ויכולת ההשנאה הניתנת ליישום.

באזורים עירוניים צפופי אוכלוסין צפוי קושי גדל והולך בפיתוח מערכת ההשנאה. תופעה זו בולטת במיוחד בתחומי העיר ת"א אשר בה נמצאים רוב אתרי ההשנאה במצב של מיצוי יכולת הפיתוח ואילו האפשרות למציאת אתרי השנאה נוספים הופכת קשה יותר ויותר.

במספר תחמ"ש במרכז הארץ נרשמו במהלך השנים האחרונות העמסות החורגות משמעותית מקריטריוני התכנון. האזורים הבולטים הינם: נתניה, רעננה-הרצליה, פתח תקווה, ראשל"צ ואשקלון.

כפתרון למצוקה הנ"ל, קיימים בתוכנית הפיתוח פרויקטים של תגבור השנאה בתחמ"ש קיימות – הוספת שנאים או החלפה לשנאים בעלי הספק גבוה יותר ושדרוג תחמ"ש ישנות. הרחבות ושינויים בתחנות משנה קיימות שבפעולה בשנים 2020-2030/01.

סה"כ תוספת השנאה:

- מתוך תוכנית הפיתוח תוספת השנאה בכ- 50 תחנות משנה קיימות בהספק מצרפי של 2900 מגו"א.
 - מתוך 35 פרויקטים ב 31 תחנות משנה קיימות לצורך קליטת מתקני ייצור באנרגיות מתחדשות ברשת החלוקה בהספק מצרפי של 2095.2 מגו"א.
- מתוך תוכנית הפיתוח הנ"ל תוספת יכולת השנאה שנדרשת לצורך מתן מענה לקליטת אנרגיה מתחדשת ברשת חלוקה:

טבלה 5.21: פירוט תוספת השנאה בתחנות קבועות של חברת החשמל ופרטיות (לצרכי המחלק חח"י), לצורך קליטת מקורות אנרגיה מתחדשים ברשת החלוקה מ 2022 לשנת

2030

אזור	אתר	שם פריט	תאריך סיום בת"פ
דן-חוף	איתן	איתן- החלפת שנאי	31/12/2024
דן-חוף	איתן	איתן- התקנת שנאי רביעי 161/24 ק"ו	31/06/2025
דן-חוף	כוכב מיכאל	כוכב מיכאל- התקנת שנאי שלישי 161/24 ק"ו	31/12/2028
דן-חוף	כנות	כנות-התקנת שנאי שלישי 161/24 ק"ו	31/12/2029
דן-חוף	קרית גת (אינטל)	קרית גת-התקנת שנאי רביעי 161/24 ק"ו	31/12/2029
דן-חוף	שדרות	שדרות- הוספת שנאי שלישי	31/12/2024
ירושלים-נגב	אופקים	אופקים-הוספת שנאי רביעי (524)	31/12/2028
ירושלים-נגב	אשלים	אשלים-התקנת 2 שנאים	31/12/2025
ירושלים-נגב	בית הגדי	בית הגדי-התקנת 2 שנאים 161/24	31/12/2029
ירושלים-נגב	יוטבתה	יוטבתה-התקנת שנאי 161/36 ק"ו 532	30/12/2027
ירושלים-נגב	יוטבתה	יוטבתה- פירוק תחמ"ש ניידת	31/12/2027
ירושלים-נגב	להבים	להבים-התקנת שנאי שלישי	31/12/2025
ירושלים-נגב	משאבי שדה	משאבי שדה-החלפת שנאי 532 33 לשנאי	31/12/2023
ירושלים-נגב	ניר יצחק	ניר יצחק-התקנת 2 שנאים 161/24	31/12/2028
ירושלים-נגב	סדום צפון	סדום צפון-החלפת שנאי מגו"א	31/12/2025
ירושלים-נגב	ערד	ערד-החלפת 2 שנאים 33 ל-2 שנאים, הוספת שנאי רביעי	31/12/2025
ירושלים-נגב	קטורה	קטורה-הוספת שנאי	30/12/2030
ירושלים-נגב	קטורה	קטורה-אישור תוכנית מתאר להרחבת התחנה	31/12/2024
ירושלים-נגב	קרית המודעין	קרית המודעין-התקנת 2 שנאים 161/24 כ"א	31/12/2026
ירושלים-נגב	שניאור(צאלים)	שניאור(צאלים)-התקנת שנאי עבור המחלק בתחנה פרטית	31/12/2030
ירושלים-נגב	תמנע	תמנע-הוספת שנאי שני 50 מגו"א	31/10/2027
צפון	בית שאן	בית שאן-התקנת שנאי חמישי 161/24 ק"ו	30/06/2025
צפון	גבעת אלה (נצרת צפון)	גבעת אלה-התקנת שנאי שלישי 161/24 ק"ו	31/12/2029
צפון	זכרון יעקב	זכרון יעקב-התקנת שנאי שלישי 161/24 ק"ו	
צפון	זכרון יעקב	זכרון יעקב-התקנת שנאי רביעי 161/24 ק"ו	31/12/2029
צפון	חולה	חולה- החלפת שנאי	31/12/2029
צפון	כוכב הירדן	כוכב הירדן-התקנת 2 שנאים 161/24 ק"ו	31/12/2026
צפון	כוכב הירדן	כוכב הירדן-קידום סטטוטורי	31/12/2023
צפון	כורסי	כורסי- החלפת שנאי, והתקנת 2 שנאים	31/12/2024
צפון	כינרות	כינרות-החלפת 2 שנאים	30/11/2024
צפון	עין חרוד	עין חרוד-התקנת שנאי רביעי 161/24 ק"ו	30/12/2030
צפון	צחר	צחר-התקנת 2 שנאים 161/24 כ"א.	31/12/2027
צפון	ציפורית	ציפורית- החלפת 2 שנאים	31/12/2023
צפון	ציפורית	ציפורית-התקנת 2 שנאים 161/24 ק"ו	31/12/2027
צפון	קצרין	קצרין- החלפת 2 שנאים	31/12/2023
צפון	קרית שמונה	קרית שמונה-התקנת שנאי שלישי	31/12/2030
צפון	תל אור	תל אור-התקנת שנאי שלישי 161/24 ק"ו	31/12/2028
צפון	יזרעאל	החלפת 2 שנאים	31/12/2027

ג. הקמת תחנות משנה ניידות וארעיות

כפי שהוזכר קודם לכן, במקרים מסוימים מתקשה חח"י לממש את הפרויקטים הנדרשים לצורך התאמת יכולת ההשנאה המותקנת בתחמ"ש לביקוש לחשמל האזורי בהתאם לקריטריוני התכנון. כפתרון גישור עד להקמת תחמ"ש קבועה באזור.

תחמ"ש ניידות -

ברשות חח"י קיימות מספר תחנות משנה ניידות שנרכשו במהלך שנות ה-90. תחמ"ש ניידת הינה מתקן המורכב על 2 טריילרים גדולים וכולל ציוד מתח עליון 161 ק"ו, שנאי בודד 20 מגו"א, מסדר חלוקה מ"ג בעל 3-4 יציאות ומערכת הגנה, שליטה ובקרה בהתאם. מתקנים הללו מוצבים בהתאם לצורכי המערכת ומנוידים למקום חדש עם השלמת הפרויקט הקבוע של הרחבת מערכת ההשנאה. יש לציין שהזנת צרכנים מתחמ"ש ניידות/ארעיות וחיבורם למערכת הינו בעייתי:

- המתקנים הללו כוללים בדרך כלל שנאי בודד, וגם אם הם מותקנים באתר תחמ"ש הקבועה, הם אינם מגובים על ידי מסדרי מ"ג אחרים באתר (אין מפסק מקשר במ"ג בין המסדר הקבוע לבין מסדר נייד/ארעי). כתוצאה מכך יציאת שנאי מניצול גורמת להפסקת אספקת החשמל לצרכנים עד לפיזור העומסים לשנאים אחרים דרך ביצוע פעולות מיתוג ברשת החלוקה (אם ניתן).
- חיבור תחמ"ש ארעית/ניידת בהסתעפות מקווי מ"ע 161 ק"ו הינו חיבור באמינות ירודה שלא בהתאם לסטנדרטים הנהוגים בחח"י וגורם לירידה של אמינות מערכת 161 ק"ו המהווה שלד של המערכת הארצית. היו מקרים שתקלה בניידת/ארעית גרמה ליציאה מניצול של קו הולכה 161 ק"ו חשוב. כמו כן קיימת בעיה בהוצאת הקווים הללו לעבודות תחזוקה ופיתוח. במקרים חריגים בהם למעגל מחוברות מספר ניידות יש צורך בביטול חיבור חוזר בקו (מסיבות טכניות).

לצורך החזרת המערכת לסטנדרטים התכנוניים המקובלים, פועלת חח"י במספר מישורים:

- קידום תחמ"ש קבועות תוך התייחסות לפירוק תחמ"ש ארעיות, ושחרור תחמ"ש ניידות.
- פעילות לקידום מכרז לניידות בהספק שנאים של 30 מגו"א.

טבלה 5.22: תחנות ניידות של חברת החשמל - שינוי ביכולת השנאה מ 2021 לשנת 2030 -

הספק מותקן [מגו"א]

שנה	עד 2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	סה"כ
סה"כ באגף רשת	480	0	-140	0	-70	-60	-30	-20	-20	140

תחמ"ש ארעיות-

תחמ"ש ארעית הינה מתקן השנאה זמני, המתוכנן ל-1-2 שנאים בסטנדרט חסכוני יותר מתחמ"ש סטנדרטית.

בהתאם למדיניות שאושרה בחח", הוקמו תחמ"ש ארעיות באתרים שבסביבתם מתוכננת תחמ"ש קבועה והפעלתן תהיה לתקופה של שנתיים-שלוש לפחות. ככלל פרק הזמן שהיא מופעלת לא תוכן לעבור 5 שנים.

עד סוף 2021 היו במערכת 9 תחנות משנה ארעיות בהספק של 772.4 מגו"א.

- בתקופה האחרונה פורקה תחמ"ש ארעית בנימין.
- בתקופה האחרונה הוסבו תחנות ארעיות לתחנות קבועות: תעשיה אדומים, קצרין.
- בשנים הקרובות התחנות הארעיות הבאות תפורקנה עם ההכנסה לניצול של תחנות קבועות: גאליה, גן רווה, מכבית, נס ציונה, שער אפרים, מנחת, וראש פינה.
- תחמ"ש ארעיות תשארנה בניצול בשנת 2030 בהספק של 168 מגו"א.

טבלה 5.23: תחנות ארעיות של חברת החשמל - שינוי ביכולת השנאה מ 2021 לשנת 2030

- הספק מותקן [מגו"א]

שנה	עד 2021	2022	2023	2024	2025	2026	סה"כ
סה"כ	772.4	-206.8	-185.2	-100.4	-78.4	-33.6	168

בעקבות הכנסה לניצול של פרויקטים שיסתיימו ב-5 השנים הקרובות צפויות לצאת מניצול מספר תחמ"ש ניידות וארעיות.

ד. סיכום פרק השנאה:

הספק מותקן בתחמ"ש חברת החשמל

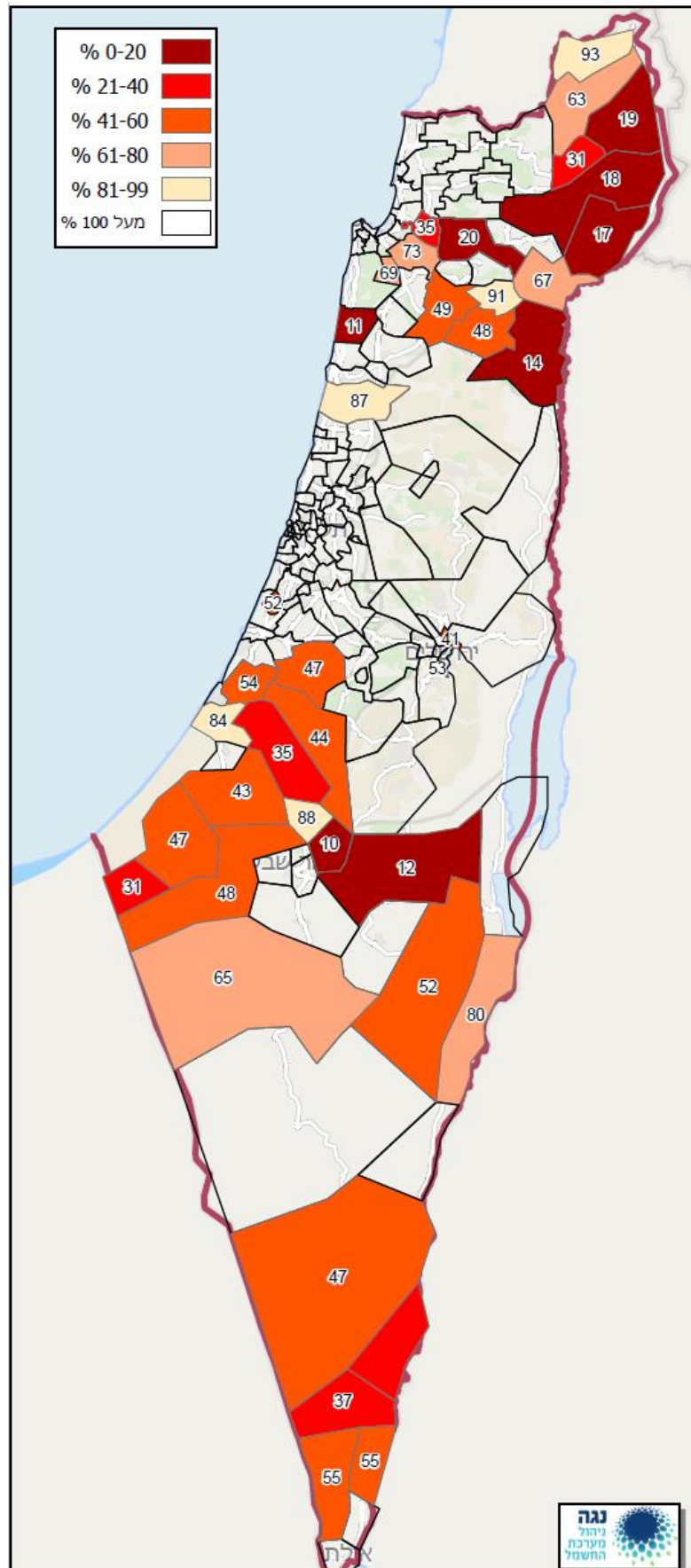
טבלה 5.24: סיכום השנאה בבעלות חברת החשמל - הספק מותקן בתחמ"ש [מגו"א]

סוג תחמ"ש	עד 12/2021	עד 12/2030
קבועות קיימות	17469.8	20370.2
קבועות חדשות	100.4	9815.8
ארעיות	772.4	168
ניידות	480	140
סה"כ הספק מותקן	18822.6	30494

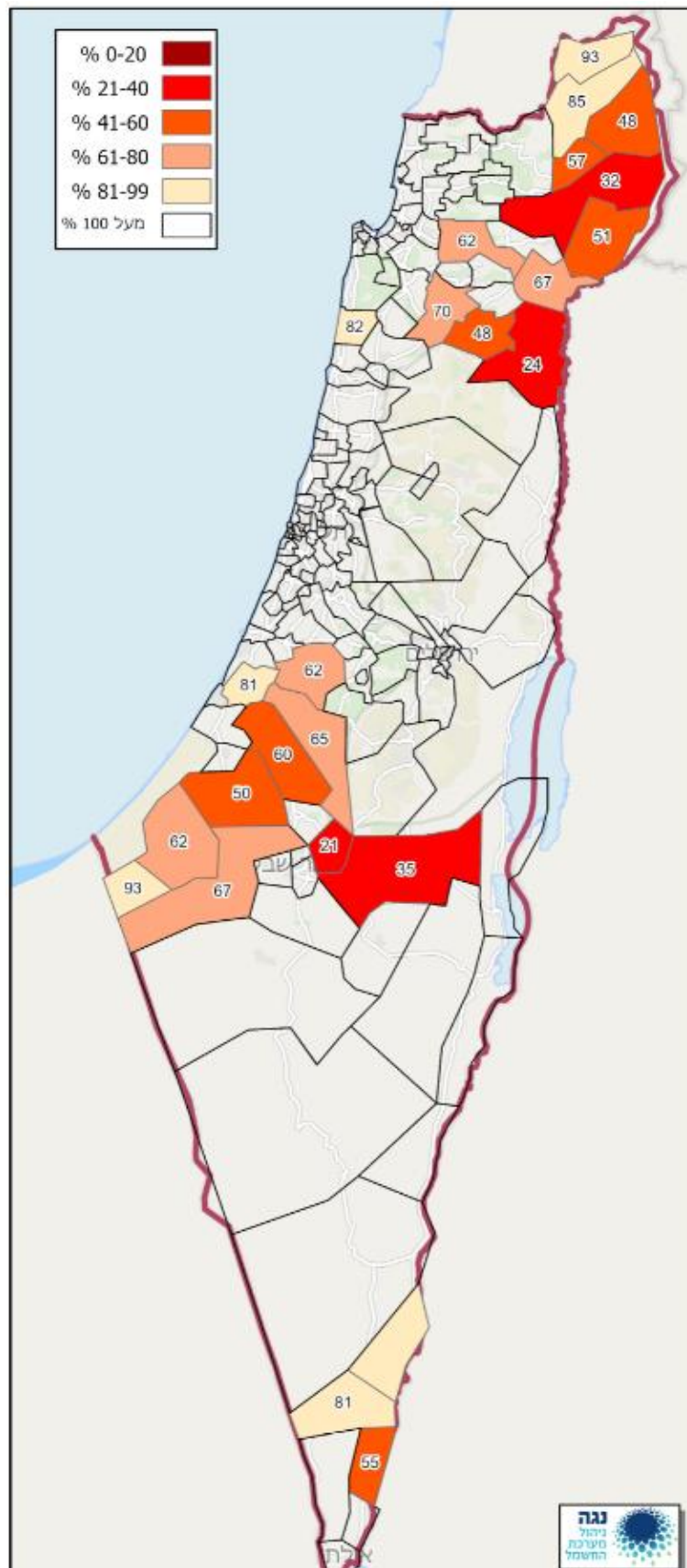
טבלה 5.25: סיכום השנאה בבעלות פרטית של צרכני מתח עליון - הספק מותקן בתחמ"ש
[מגו"א]

עד 12/2026	עד 12/2021	סוג תחמ"ש
5186.8	4043.8	סה"כ הספק מותקן

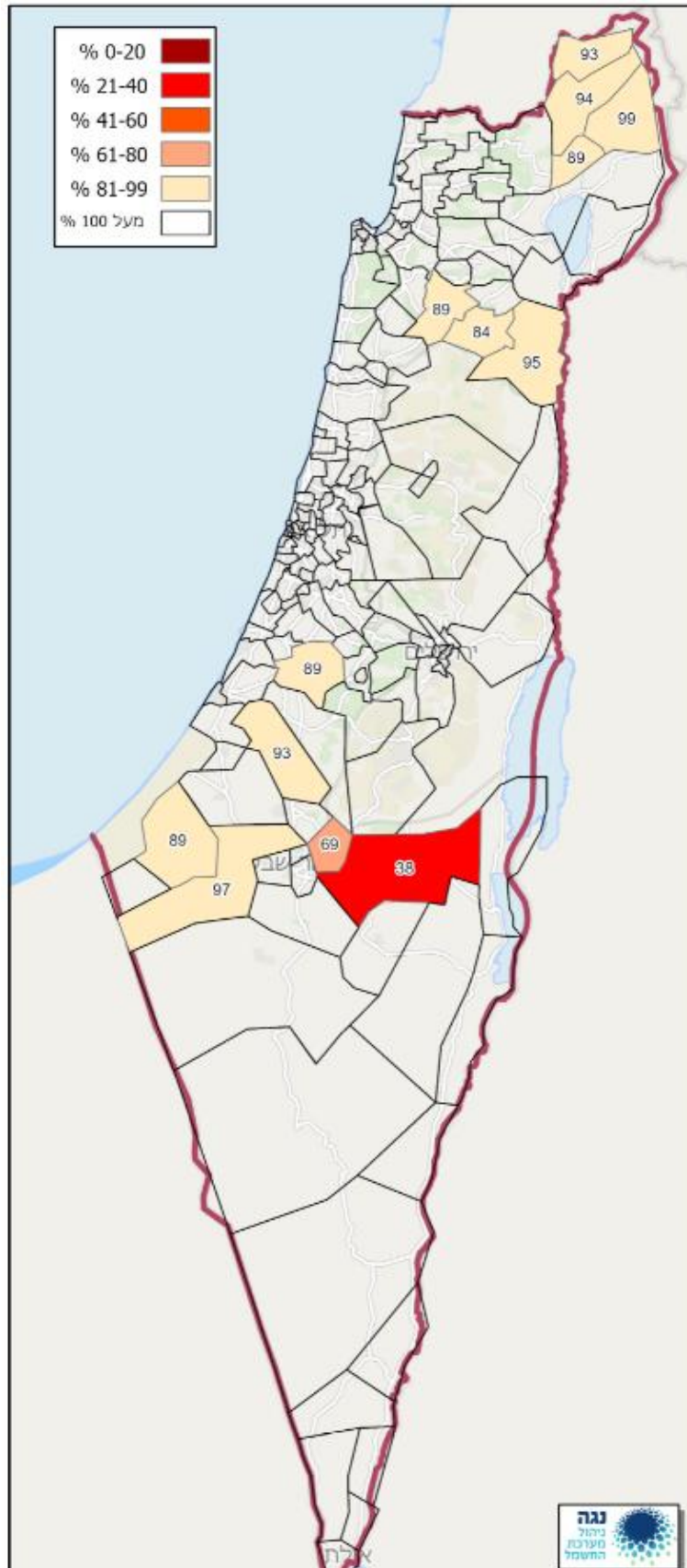
בהתאם להערכת מנהל המערכת להיקף והמועדים שבהם ימומש פוטנציאל האנרגיות המתחדשות ובהתאם ליעדי הממשלה, הגדיר מנהל המערכת באמצעות כלי הפיתוח של שברשותו פרויקטים ופתרונות למערכת ההשנאה, הכוללים הקמת תחנות משנה והרחבה של תחמ"ש קיימות. פריסה ארצית של יכולת קליטת אנרגיה ממקורות סולאריים באחוזים, מוצג עבור השנים 2021-מצב קיים, 2025 ו- 2029 במפות להלן.



איור 5.11: השנאה באזור – בהתאם לתוכנית הפיתוח לשנת 2021
 אחוזים ביחס לפוטנציאל אזורי



איור 5.12: השנאה באזור – בהתאם לתוכנית הפיתוח לשנת 2025
אחוזים ביחס לפוטנציאל אזורי



איור 5.13: השנאה באזור – בהתאם לתוכנית הפיתוח לשנת 2029
אחוזים ביחס לפוטנציאל אזורי

5.6.2 פיתוח מערכת ההולכה 161 ק"ו

5.6.2.1 תכנון מערכת ההולכה נבחן באופן תקופתי, במטרה להתאים את יכולת ההעברה של

הרשת לקריטריוני התכנון ולהנחות המעודכנות של תחזית העומס באזורים השונים

ולמשטרי העבודה הצפויים של יחידות היצור הקיימות והמתוכננות

פיתוח הרשת כולל מספר סוגים של פרויקטים:

א. הקמת קווי הולכה לחיבור תחנות משנה ותחנות מיתוג. כיום קווים אלו נכללים בתוכניות המתאר של תחמ"ש

ב. הקמת קווי הולכה לחיבור תחנות כוח

ג. הקמת צירי הולכה ראשיים בין תחנות המיתוג

ד. שדרוג צירי הולכה קיימים ע"י ביצוע תגבור יכולת (uprating) בקו קיים או הקמה מחדש (רקונסטרוקציה) או החלפה לתיילים המתאימים לטמפ' עבודה גבוהה במיוחד (ACSS)

ה. הקמת קווי הולכה להזנת אזורים מרוחקים

ו. ביצוע פעולות שיקום או שדרוג קווי הולכה קיימים עקב מצב פיזי ירוד או יכולת נמוכה שאינה מתאימה לדרישות המערכת

יכולת ההולכה של הקווים נקבעת ע"י סוג התיילים, הטמפרטורה אליה מתוכנן הקו והאזור בו נמצא הקו.

יש לציין כי לצרכי תכנון משתמשים ביכולת לזמן ממושך.

במקרים מסוימים קיים בקצות הקו ציוד קצה המגביל את היכולת והוא מוחלף בהתאם לצורך.

5.6.2.2 תוכניות פיתוח בכבלים תת-קרקעיים 161 ק"ו

1. חיבור תחמ"ש חדשות הנמצאות באזורים צפופים בערים הגדולות מצריכה הנחת כבלים תת-

קרקעיים 161 ק"ו או שילובם עם קווים עיליים (1):

- במחוז חיפה- חיבור תחמ"ש ביכורים ע"י כבלים מרוממה ומשפרינצק (2)
- במחוז דן- מסעפים לאוניברסיטת ת"א ולגבעתיים
- במחוז ירושלים-מסעף לנחל צופים

הערות:

(1) פרויקטי כבלים הינם עתירי השקעות.

(2) פרויקט הנחת קו תת"ק בעיר חיפה בין רוממה לשפרינצק הינו משמעותי ביותר בעיר לצורך אבטחת אמינות אספקת האנרגיה לעיר.

קיימים פרויקטי חיבור תחמ"ג חדשות למערכת 161 ק"ו בכניסות כבלים: תחמ"ג עתידים ותחמ"ג גליל.

2. קווים חדשים בהם נדרשים קטעים תת-קרקעיים-

- במחוז הדרום- כבל בין מצפה רמון לפארן באזור המכתש.

3. הטמנת כבלים במסגרת שידרוג קווים- לדוגמה הגדלת יכולת הכבלים בכניסה לתחמ"ג גזר עקב הגבלת הכבלים הקיימים את יכולת הקו –הסתיים.

5.6.2.3 הליך הקמת קווים-עיליים 161 ק"ו

בעבר הוקמו קווי 161 ק"ו בהליך של הרשאות, שעוגן בחוק התכנון והבניה (התשכ"א – 1965) ובחוק משק החשמל (התשנ"ו – 1996) ובתקנות התכנון והבניה (הסדרת הולכה, חלוקה והספקה של חשמל 1998),

הליך זה, שלא דרש הכנת תוכנית מתאר, אפשר את הקמתם של קווי 161 ק"ו בלוח זמנים קצר, יחסית לקווי 400 ק"ו, שהוקמו בהליך של תוכנית מתאר ארצית (תמ"א 10).

בתאריך 11.10.2004, ניתנה הנחיית מנהל מינהל התכנון במשרד הפנים, לפיה אין לאשר קווי מ"ע בהליך הרשאות שהיה כאמור, מקובל עד אז, אלא בהליך של תוכנית מתאר. חברת החשמל לא הסכימה לקביעה זו והמחלוקת הובאה לפתחו של המשנה ליועמ"ש, אשר קיבל את עמדת חח"י ואמר כי במקרה שאין תוכנית מתאר המחייבת תוכנית מפורטת לקווי 161 ק"ו ניתן לקבל לגביהם הרשאה, בעקבות זאת הוציא משרד הפנים הנחייה גורפת לכל הוועדות המחוזיות, כי עליהן לקדם תוכניות מתאר מחוזיות, אשר יקבעו כי אין להקים קווי 161 ק"ו, אלא באמצעות תוכנית מתאר.

בשנת 2008, אושרה תוכנית המתאר של מחוז דרום – תמ"מ 64/14/4 א', שעגינה הנחייה זו וקבעה שקווי 161 ק"ו יוקמו אך ורק מכוח תוכנית.

כנגד אישור התמ"מ הנ"ל, וכנגד הנחיית מנהל התכנון, עתרה חח"י לבג"צ (מס' 6646/08 בעניין חח"י נגד המועצה הארצית לתכנון ובניה). בדיון שהתקיים בבית המשפט העליון ביום 1/10/2009, הנחו השופטים את הצדדים לנסות ולהגיע לפשרה.

מאותו מועד התקיים מו"מ, בחסות המשנה ליועמ"ש, ובהשתתפות נציגי משרד התש"ל. בתום דיונים רבים וארוכים שידעו עליות ומורדות, הגיעו הצדדים לנוסח פשרה, אשר איפשר בתקופת ביניים (עד 12/2015), עבודות שדרוג ואחזקה העונות על שורה של קריטריונים, וכן הקמת מספר קווים שאינם בתחום מחוז הדרום, על פי רשימה מוסכמת. בתום תקופת הביניים, יוקמו קווי 161 ק"ו באמצעות תוכניות מתאר.

כחלק מההסכמות הוחלט לתקן את תמ"מ 4/14/64 א על מנת לאפשר את הקמת חלק מהקווים במחוז הדרום של משרד הפנים ללא תוכנית.

בנוסף, פנתה חח"י בבקשה ל"הכרזה", עם רשימה של מספר קווים שלא אושרו ברשימת ההחרגות, לקידום בתהליך מקוצר בות"ל.

מנהל המערכת פועל על פי הנחית מנהל התכנון במסמך בינת שוורץ הכולל עקרונות מנחים, מה הפעולות המותרות בקווים קיימים, לראית מנהל המערכת כל פעולה שאינה משנה את אופיו של הקו ואינה יורדת מהיקף ההזרמה בקו המותר במסגרת היתר הסוג שניתן ע"י המשרד להגנת הסביבה הינה פעולות תחזוקה הנועדה להמשך פעילות הקו.

לשינוי תהליך קידום קווי 161 ק"ו כך שתדרש תוכנית מתאר לפעולות ההתאמה הנ"ל, השלכות על משכי הזמן וההתכנות של התאמת המערכת ליעדי הממשלה בתחום האנרגיות המתחדשות והצרכים לרבות צרכי המשק בכלל והיכולת להתחייב לקליטת יצרנים פרטיים ולקוחות מתח עליון בפרט.

מנהל המערכת מתכוון לפעול בשיתוף כל הגופים הסטטוטורים להסדרת הנושא כך שתהיה ודאות סטטוטורית בפיתוח משק החשמל לרבות משכי זמן קצובים לפעילויות השונות הנדרשות.

5.6.2.4 פרויקטי הולכה בקווי 161 ק"ו עד שנת 2030

- **הקמת קווים עיליים** - תוכנית הפיתוח של מערכת ההולכה 161 ק"ו כוללת הקמת כ-991 ק"מ מעגל.

בתוכנית הפיתוח עד לסוף שנת 2021 נכללו מספר פרויקטים של הקמת קווי 161 ק"ו אשר טרם הסתיימה בהם הפעילות:

- קו קיסריה-תנובות-שער אפריים באורך מצרפי של 61 ק"מ מעגל.
- אשכול הנגב באורך מצרפי של 193 ק"מ מעגל.
- קו מצפה רמון-פארן באורך מצרפי של 89 ק"מ מעגל.
- קו תמנע-אילת באורך מצרפי של 46 ק"מ מעגל.
- **הנחת כבלים** - בהתאם לתוכנית הפיתוח יונחו כ-288 ק"מ מעגלי כבלים תת-קרקעיים 161 ק"ו.
- **תגבור יכולת בקווים קיימים** - בהתאם לתוכנית הפיתוח בשנים הבאות מתוכנן לבצע של קווים 1112 ק"מ מעגל.
- **בניה מחדש העתקת קווים** - בהתאם לתוכנית הפיתוח לפי צרכים הנדסיים, במהלך תוכנית הפיתוח יעברו מספר קווים רקונסטרוקציה וחלקם יועתקו לצורך "הימנעות נבונה" באורך כולל של 530 ק"מ מעגל.

טבלה 5.26: פירוט פרויקטים עיקריים נוספים אשר נדרשים לצורך קליטת אנרגיה מתחדשת:

#	פרויקט תחמ"ש/קו	תיאור פרויקט	לוח"ז בתוכנית הפיתוח/ לוח"ז נדרש	התייחסות חח"י
אזור ערבה הר הנגב : פרויקטים קיימים בתוכנית הפיתוח				
1	רמת חובב-אילת	השלמת פרויקט קו דו מעגלי כולל תת"ק במכתש רמון	12.21	01/02/2022
2	רמת חובב-אשלים	הקמת קו דו מעגלי מרמת חובב עד המסעף לאשלים, אורך כ-19.5 ק"מ :	08.23	, לוח"ז סיום בסיכון ממשי
		שלב א – קבלת הרשאות בלוח"ז 12/2022.		08/2023 חסם מהותי
		שלב ב – הקמת קו		נושא" הרשאות, "אינו בשליטת החברה, יצאה פניה למנכ"ל משרד האנרגיה, לוח"ז סיום בסיכון ממשי יש לעדכן את תאריך הסיום על פי תאריך קבלת ההרשאה.
3	אשכול נגב 161 ק"ו	הפעלת קו אשכול הנגב ב-161 ק"ו בין דימונה לצומת מנוחה	12.21	אין מועד ליישום מתווה פינוי בנייה בלתי חוקית בתוואי אשכול נגב, משפיע 9.5 ק"מ מתיחת תייל, בנוסף לא התקבלו הפסקות OPC,
4	אשכול נגב 400 ק"ו	קו 400 ק"ו בין תחמ"ג דימונה סולארית לבין תחמ"ג צפית	12.23	
6	איתן - דימונה	הקמת קו דו-מעגלי, אורך 70 ק"מ :	12.23	חסם מהותי- נושא "הרשאות", אינו בשליטת החברה, יצאה פניה למנכ"ל משרד האנרגיה, לוח"ז סיום בסיכון ממשי. בנוסף- התיישבות הפזורה, תלות בחשמול אשכול נגב ב-161 ק"ו, הפסקות. יש לעדכן את תאריך הסיום על פי תאריך קבלת ההרשאה, בקטעים בהם תידרש הסטה בעקבות ריכוז התיישבות ובנייה בלתי חוקית יחייב אישור תוכניות מתאר מתאימות
		שלב א – קבלת הרשאות בלוח"ז 12/2022.		
		שלב ב – הקמת קו		
7	רמת חובב -ב"ש	החלפת התיילים 161 ק"ו לתיילים מסוג BOBOLINK 775 ACSS :	12.23	01/12/2023 יש לעדכן את תאריך הסיום על פי תאריך קבלת ההרשאה, בקטעים בהם ידרש הסטה בעקבות ריכוז התיישבות ובנייה בלתי חוקית יחייב אישור תוכניות מתאר מתאימות
		שלב א – קבלת הרשאות בלוח"ז 12/2022.		
		שלב ב – הקמת קו		
8	רמת חובב -דימונה	ביצוע UPRATING ל- 100 מעלות	03.22	31/03/2022

#	פרויקט תחמ"ש/קו	תיאור פרויקט	לוח בתוכנית הפיתוח/ לוח נדרש	התייחסות חח"י
אזור ערבה הר הנגב : פרויקטים קיימים בתוכנית הפיתוח				
9	פארן- ספיר- סדום דרום- דימונה סולארי	הקמת קו 161 ק"ו דו- מעגלי בין ספיר לחצבה, 32 ק"מ	12.23	12/2023, מותנה בקידום חציות מ"ג, סה"כ 14 חציות
		הקמת קו 161 ק"ו דו מעגלי בין פארן לספיר, 54 ק"מ	12.26	01/12/2026
		שלב א – אישור תוכנית מתאר בלוח 6/2023.		
		שלב ב – הקמת קו		
		בניית קו 161 ק"ו דו- מעגלי בין חצבה-סדום דרום של 20 ק"מ במקום קו 161 ק"ו חד מעגלי קיים :	12.26	01/12/2026 יש לעדכן את תאריך הסיום על פי תאריך קבלת ההרשאה, הפרויקט ישים רק במידה ונקבל הרשאה לבנות הקו החדש במקביל. במידה ולא תתקבל הרשאה - יהיה צורך בהכנת תוכנית מתאר
		שלב א – קבלת הרשאות בלוח 12/2022.		
		שלב ב – הקמת קו דו מעגלי		
		בניית קו 161 ק"ו דו מעגלי בין סדום דרום - דימונה סולארי, 40 ק"מ		
		קטע 1 בין דימונה סולארי- מישור רותם (לקצה תוכנית אשכול נגב עמ' 20252 (הקמה של קו במתכונת 400 ק"ו, הפעלה במתח 161 ק"ו).	12.26	12-26 אגף פרויקטי הולכה תכנן והפיץ תוכנית לקידום 2 הקווים במקביל 161 ו-400 ק"ו בתוואי עמוס בחציות רכבת קיימת ומתוכננת, ביצוע של 2 הקווים מעל החציות של הרכבת והעובר בשטח בטחוני (קמ"ג) תוכנן להתבצע יחד ולכן מומלץ להקים את 2 הקווים בו זמנית.
		קטע 2 בין עמ' 20252 עד צומת צפית : ידרש עדכון תוכנית	12.26	12-26 עדכון אגף פרויקטי הולכה : תיקבע ישיבה עם מתכנן המחוז, תומר גוטהולץ, במטרה לקבוע מתווה לקידום הפרויקטים ולבצע תיאום ציפיות. על סמך תוצאות הישיבה ניתן אם תידרש תוכנית מתאר ולהעריך את לוח הפרויקטים
		קטע 3 מצומת צפית עד סדום דרום : בנייה מחדש על בסיס תוואי קיים של קו דו-מעגלי במקום חד מעגלי : שלב א' – הרשאות ב 12/2022 שלב ב' - הקמה.	12.26	12-26

#	פרויקט תחמ"ש/קו	תיאור פרויקט	לוח בתוכנית הפיתוח/ לוח נדרש	התייחסות חח"י
אזור ערבה הר הנגב : פרויקטים קיימים בתוכנית הפיתוח				
		קטע 4 מסדום דרום לסדום צפון בנייה מחדש של קו תלת מעגלי על בסיס קו חד מעגלי קיים	12.26	12-26

המשך טבלה 5.26

#	פרויקט תחמ"ש/קו	תיאור פרויקט	לוח בתוכנית הפיתוח/ לוח נדרש	התייחסות חח"י
אזור ערבה הר הנגב : פרויקטים חדשים				
10	דימונה-רותם דשנים	אפרייטינג של קו ל-100 מעלות באורך 16 ק"מ : שלב א – קבלת הרשאות בלוח 12/2022 שלב ב- ביצוע	12.26	נדרש להשלים לוח לפי הרשאות (שלב א), 12/2022 לצורך שדרוג הקו נדרשת בניה מחדש, סיכוי קלוש מאוד שבהליך הרשאה ניתן להקים את הקו הזה
11	ערד -רותם- צומת צפית שני שלבים : שלב א' : תוכנית מתאר 07.2024 שלב ב' : הקמה 6/2028	הקמת קו דו-מעגלי 774 באורך כ-18 ק"מ מערד לרותם	6.2028	
		הקמת קו 161 ק"מ דו- מעגלי מרותם לעמוד 15535 במקום קו חד מעגלי קיים רותם-סדום דרום, אורך כ-1.9 ק"מ. תיילים 774 סג-אל ל-100 מעלות.		
		הקמת קו 161 ק"מ דו- מעגלי מעוד 15535 עד עמוד 15540 (צ. צפית) במקום קו דו-מעגלי רותם-סדום דרום/דימונה – פריקלאס קיים, אורך כ- 1.1 ק"מ. תיילים 774 סג- אל ל-100 מעלות.		בניה 42 חודש מאישור תוכנית (6/2028)
12	דימונה – כורנוב צומת צפית	קטע א Upgrading ל-100 מעלות של קו דו-מעגלי דימונה – כורנוב/פריקלאס מדימונה לעמוד 5982 באורך כ-11 ק"מ	מועד 07.2025 שלב א' – קבלת הרשאות לוח 12/2022 שלב ב' – ביצוע	30 חודש לאחר קבלת אישורים (הרשאות) בתנאי שלא נדרשת תוכנית מתאר, כפוף לקבלת הפסקות, מדובר בקו עמוס בקשת כורנוב למסעף של שני קווים חד מעגליים בעמודים נפרדים. מתכונת ראשונית.
		קטע ב בניית קו דו מעגלי מעמוד 5982 עד לצומת צפית במקום 2 קווים חד מעגליים 161 ק"מ קיימים ,		

#	פרויקט תחמ"ש/קו	תיאור פרויקט	לוי"ז בתוכנית הפיתוח/ לוי"ז נדרש	התייחסות חח"י
אזור ערבה הר הנגב : פרויקטים חדשים				
		1.5 ק"מ. תיילים 774 סג- אל ל-100 מעלות.		
		קטע ג		
		בנייה מחדש של מסעף דו- מעגלי לכורנוב עם תיילים 774 סג-אל ל-100 מעלות.		
13	ערד – איתן/דימונה	בניה מחדש של קו דו- מעגלי, 774	06.28	42 חודש מאישור תוכנית מתאר(6/2028). קיימת התיישבות מסיבית לאורך הקו.
		שלב א – קבלת הרשאות, בקטעים בהם לא ניתן לקבל הרשאה תקודם תוכנית מתאר להעתקה 12/2024.		
		שלב ב – הקמת קו		
14	סדום צפון – צומת צפית	בניית קו דו מעגלי מצומת צפית עד לסדום צפון על בבסיס קו חד-מעגלי קיים, 16 ק"מ	06.26	קווים קיימים חד מעגליים נמוכים. אין סיכוי להתקדם לפי הרשאות- נדרש לקדם תוכנית מתאר. יחד עם סעיף 9 קטע 3- עדכון אגף פרויקטי הולכה : תיקבע ישיבה עם מתכנן המחוז, תומר גוטהולץ, במטרה לקבוע מתווה לקידום הפרויקטים ולבצע תיאום ציפיות. על סמך תוצאות הישיבה ניתן אם תידרש תוכנית מתאר ולהעריך את לוי"ז הפרויקטים
		שלב א – קבלת הרשאות, 12/2022		
		שלב ב – הקמת קו		

המשך טבלה 5.26

#	פרויקט תחמ"ש/קו	תיאור פרויקט	לוח בתוכנית הפיתוח/ לוח נדרש	התייחסות חח"י
אזור נגב מערבי : פרויקטים קיימים בתוכנית הפיתוח				
15	נתיבות-צומת כרמיה	uprating של מעגל מתחמ"ש צ. כרמיה עד עמוד 9464 ל-100 מעלות, אורך כ-17 ק"מ	12.2021	
16	אופקים-שדרות-- שינוי סכמה	שינוי סכימת חיבור של תחמ"ש שדרות , חיבור במסעף ממעגל אופקים צומת כרמיה כולל :	12.2021	
		1. ביטול הצלבת מעגלים בעמוד 9464		
		2. הצלבת מעגלים בעמוד 9506.		
17	אופקים-שדרות	UPRATING של קטע קו בין אופקים לעמוד 9506 ל-100 מעלות , באורך כ-8 ק"מ.	12.2021	
18	קו בשור-אופקים- עמ"א- עמי' 10787- 10774	העתקת קו דו-מעגלי 161 ק"ו בין עמודים 10775-10786 , תיילים 774 סג- אל, אורך 6.2 ק"ו.	09.2022	
19	מסעף ליכני	הקמת מסעף 161 ק"ו דו-מעגלי ממעגל שדרות-אופקים, תיילים 774 סג-אל ל- 100 מעלות, אורך כ-2 ק"מ.	12.2022	
20	בשור-נתיבות	UPRATING של קו נתיבות- בשור ל- 100 מעלות , באורך כ-18.8 ק"מ.	12.2022	
21	בשור-אופקים	UPRATING של קו אופקים- בשור ל- 100 מעלות , באורך כ-24 ק"מ.	12.2022	
22	צומת כרמיה- נתיבות	החלפת התיילים 161 ק"ו לתיילים מסוג ACSS 322/32 ל-200 מעלות המעגל המערבי צומת כרמיה-נתיבות, אורך כ- 20 ק"מ,	12.2024	בתנאי שלא נדרש אישור תוכנית מתאר, מותנה בקבלת הפסקות
23	קו לניר יצחק קבועה מבשור	בנייה מחדש של מסעף 161 ק"ו חד- מעגלי כמסעף דו-מעגלי מקו בשור- חלוציות , תיילים 774 סג-אל, באורך של כ- 8.7 ק"מ, מעמוד 6571 עד ל"ניר יצחק" קבועה.	12.2025	לפי עדכון נגה מ 21.11 צפי לאישור תוכנית מתאר 06.2023. לוח : 42 חודש מאישור תוכנית מתאר
		הקמת קו דו מעגלי 161 ק"ו מתחמ"ש קבועה ניר יצחק לבשור		
		הוספת 2 שדות קו 161 ק"ו בבשור		

המשך טבלה 5.26

#	פרויקט תחמ"ש/קו	תיאור פרויקט	לוח בתוכנית הפיתוח/ לוח נדרש	התייחסות חח"י
אזור נגב מערבי : פרויקטים שנדרש להוסיף לתוכנית הפיתוח				
24	שינוי סכמות חיבור בצומת כרמיה	שינוי סכמת חיבור של רוטנברג והתפלה אשקלון : חיבור קו מאיתן ב 2 מעגלים לצומת כרמיה, חיבור קו מרוטנברג והתפלה אשקלון לצומת כרמיה.	6.2025	18 חודש לאחר הקמת שדות
25	צומת כרמיה - איתן	החלפת התיילים 161 ק"ו באורך 18.8 לתיילים מסוג ACSS 322/32 ל-200 מעלות (בשני מעגלים) שלב א - הרשאה 12.2022 שלב ב - הקמה	6.2025	מוצע לטפל בהקדם האפשרי בתוכנית מתאר לקו 161 ק"ו איתן-כרמיה, בשל כך שמדובר על קו ישן מאוד, ובנוסף יצמצם את היקף הפסקות מתח הנדרשות במקביל במס' קווים באזור זה ולאחר מועד 12/2025.
26	צ. כרמיה – אשקלון	תגבור יכולת (UPRATING) המעגל באורך כ- 5.7 ק"מ ל-100 מעלות	6.2025	6.2025.
27	צ. כרמיה - שדרות	החלפת התיילים 161 ק"ו באורך 11.3 לתיילים מסוג ACSS 322/32 ל-200 מעלות	6.2025	2025 בתנאי שלא נדרש אישור תוכנית מתאר, מותנה בקבלת הפסקות
28	אופקים – ב"ש מערב	החלפת התיילים 161 ק"ו באורך 16 ק"מ לתיילים מסוג ACSS 322/32 ל-200 מעלות	6.2025	2025 בתנאי שלא נדרש אישור תוכנית מתאר, מותנה בקבלת הפסקות
29	נתיבות – ב"ש מערב	תגבור יכולת) (UPRATING קטע מעגל בין עמודים 9464 ל- 9506 באורך כ- 12 ק"מ ל- 100 מעלות	6.2025	12.2022
30	בשור – צומת כרמיה (דרך נתיבות)	הקמת קו דו מעגלי 161 ק"ו תייל X2593 באורך כ- 40 ק"מ, 100 מעלות (נמצא בקידום סטטוטורי) שלב א – תוכנית מתאר בלוח 12/2024. שלב ב – הקמת קו	12.2028	48 חודש מאישור תוכנית מתאר (12.2028)
31	בשור - אופקים	הקמת קו דו מעגלי 161 ק"ו X2593 באורך כ- 24 ק"מ, 100 מעלות (נמצא בקידום סטטוטורי) הטמנת קטע קו באזור אופקים (מעגל אחד) באורך כ- 1.1 ק"מ שלב א – תוכנית מתאר בלוח 12/2024. שלב ב – הקמת קו	6.2028	42 חודש מאישור תוכנית מתאר (2028)
32	צ. כרמיה - שדרות – עמוד 9463	הצמדת מעגלים עד עמוד 9463	12.2028	

#	פרויקט תחמ"ש/קו	תיאור פרויקט	לוח בתוכנית הפיתוח/ לוח נדרש	התייחסות חח"י
אזור נגב מערבי : פרויקטים שנדרש להוסיף לתוכנית הפיתוח				
33	אופקים – שדרות	החלפת התיילים 161 ק"ו באורך 25.5 ק"מ לתיילים מסוג 322/32 ACSS ל-200 מעלות שלב א – הרשאות בלוי"ז 12/2022 שלב ב – הקמת קו	6.2026	2026 בתנאי שלא נדרש אישור תוכנית מתאר, מותנה בקבלת הפסקות
34	תחמ"ג נגב מערבי	הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו קידום תוכנית מתאר מתחמ"ג נגב מערבי עד לפרוזדור מאושר תמ"א 4ג10 (אזור ניר גלים)	2031 שלב א – תוכנית מתאר 12/2027. שלב ב – הקמת פרויקטים 12/2031	2027 לא ריאלי, לא פחות מ- 4 שנים מאישור תוכנית מתאר (2031)
	קו 400 ק"ו תחמ"ג נגב מערבי - גן שורק	הקמת קו 400 ק"ו באורך של כ 60 ק"מ		
	קו נגב מערבי- זמורות	הקמת קו 161 ק"ו דו- מעגלי חדש		
	מסעפים לחיבור התחמ"ג	חיבור תחמ"ג נגב מערבי למערכת 161 ק"ו באמצעות 4 קווים דו-מעגליים : א. נגב מערבי- נתיבות ב. נגב מערבי - ב"ש מערב/אופקים ג. נגב מערבי- יכני- שדרות/צומת כרמיה		
	נתיבות-תחמ"ג נגב מערבי	החלפת תיילים 161 ק"ו באורך כ- 4 ק"מ לתיילים מסוג 322/32 ACSS ל-200 מעלות (למעט קטעים שהוחלפו כבר ל- ACSS במסגרת ת.פ)		



טבלה 5.27: פירוט הפרויקטים העיקריים הקיימים בתכנית הפיתוח באזור הצפון לצורך קליטת אנרגיות מתחדשות:

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח"ז בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י למועד
אזור צפון: פרויקטים בתכנית הפיתוח					
1.	כרמיאל – כמון-צפת	תגבור יכולת ל-100 מעלות בקו כרמיאל-כמון-צפת, אורך כ-22 ק"מ.		12.22	12.22
2.	אלון תבור – נצרת	הקמת קו דו-מעגלי 161 ק"ו אלון תבור-נצרת שני, אורך כ-11 ק"מ.	תכנית מאושרת	02.23	
3.	כנורות-צפת	החלפת תיילים ל-322/32 ACSS בקו כנורות-צפת אורך כ-14 ק"מ.		02.24	02.24
4.	חולה-מנרה	בניה מחדש של קטע קו דו-מעגלי 161 ק"ו מחולה למתקן אג"ש מנרה, אורך כ-6 ק"מ.		03.25	03.25
5.	תחמ"ג גליל	הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו גליל, קו 400 ק"ו אשכול צפון ומסעפי 161 ק"ו לתחמ"ג, כולל כניסות כבלים.	תכנית מאושרת	05.25	05.25
6.	תחמ"ג זבולון	זבולון-הרחבת תחמ"ג 400/161 ק"ו ואוטושנאי. השלמת דיאמטר 5 במסדר 400 ק"ו. התקנת אוטושנאי 400/161 ק"ו רביעי, הרחבת מסדר 161 ק"ו, כולל: הוספת 2 שדות קווים נוספים		05.25	05.25
7.	בית שאן	בית שאן - הקמת מסדר פתוח 161 ק"ו חדש הכולל בניית 10 שדות, בניין פיקוד ובניין מסדרי מ"ג		06.25	06.25
8.	תחמ"ג חפר	הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו "חפר", קו 400 ק"ו אשכול השרון ושינוי סכמת מערכת 161 ק"ו באזור השרון.	12.22 צפי לאישור תכנית	05.26	בהתאם להנחת העבודה שתב"ע תאושר עד סוף 2023 הפרויקט צפוי להסתיים בשנת 2027

המשך טבלה 5.27

פירוט הפרויקטים העיקריים החדשים שיתווספו לתכנית הפיתוח באזור הצפון לצורך קליטת אנרגיות מתחדשות:

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח"ז בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י למועד
אזור צפון: פרויקטים חדשים שיתווספו לתכנית הפיתוח					
9.	זבולון-צלמון	להניע מחדש. קידום סטטוטורי בלבד, ביעד של 6.25	צפי לאישור תכנית 6.25	06.25	
10.	מסעף לקצרין	הקמה מחדש של קו 161 ק"ו מאזור שדה אליעזר לקצרין, באורך 14 ק"מ.	תכנית מאושרת	12.25	12.25 נדרש התנעה בתחילת 2023. הפרויקט היה משדה אליעזר עד עמק הבכא. יהיה שינוי ניסוח של הפרויקט
11.	מסעפים לגליל	ביצוע שתי הצלבות בין מעגלים 161 ק"ו מתוכננים באזור		05.25	מותנה בקבלת הפסקות
12.	כנורות-צלמון	תגבור יכולת במעגל כחול (דרומי) בקטע קו כנורות צלמון, אורך כ- 4.4 ק"מ. שלב א: בדיקת יכולת המעגל - לוח"ז 12.22. שלב ב': תגבור יכולת המעגל (מותנה בתוצאות בדיקה שלב א').		12.25	12.25 ייתכן כי המעגל כבר מותאם ל 100 מעלות, סיום בדיקה עד 12.22
13.	כורסי-יהודיה	תגבור יכולת של קו דו-מעגלי, באורך של כ- 10 ק"מ שלב א: בדיקת יכולת המעגל - לוח"ז 12.22. שלב ב': תגבור יכולת המעגל (מותנה בתוצאות בדיקה שלב א').		12.25	תיבדק ישימות לתגבור יכולת ע"י החלפת מבדדים. לא ניתן לקבל הפסקות אלא בלילה. (הערכת שאפשר יהיה להתאים ל 80 מעלות בלבד) סיום בדיקה עד 12.22
14.	תל אור-בית שאן	החלפת תיילים ל ACSS 322/32 בקו דו-מעגלי תל אור-בית שאן, באורך כ 23 ק"מ		12.25	12.25

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י למועד
אזור צפון: פרויקטים חדשים שיתווספו לתכנית הפיתוח					
15.	כניסות כבלים לגליל-הנחת 8 מעגלי כבלים	הנחת 8 מעגלי כבלים תת-קרקעיים 161 ק"ו ביציאות מתחמ"ג גליל במנהור בתוואים נפרדים, באורך כ- 1 ק"מ כ"א.	תכנית מאושרת	12.25	12.25
16.	תחמ"ג קיסריה	החלפת שני שנאי קישור 400/161 ק"ו. התקנת שנאי קישור שלישי.	תכנית מאושרת	12.26	12.26
17.	מעגל 400 ק"ו קיסריה-גזר	התאמת מעגל קיסריה-גזר 400 ק"ו לעבודה בטמפרטורה של 80 מעלות, באורך 83.5 ק"מ		12.26	12.26
18.	מעגל 400 ק"ו קיסריה-גזר	התאמת מעגל קיסריה-גזר 400 ק"ו לעבודה בטמפ' 100 מעלות, 83.5 ק"מ.	תכנית מאושרת	12.27	12.27
19.	עין חרוד-בית השיטה	החלפת תילים ל ACSS 775, במעגל עין חרוד - בית השיטה, 7.5 ק"מ		12.27	12.27
20.	תחמ"ג גליל-שנאי קישור שלישי	התקנת שנאי קישור שלישי 400/161 ק"ו	תכנית מאושרת	12.27	
21.	יהודיה-יונתן ²	הקמת קו דו-מעגלי תת"ק, כבלים 2000 מ"מ נחושת, באורך כ 19 ק"מ (אורך מותנה במיקום יונתן 2). שלב א : תכנית מתאר בלוח 06.25 שלב ב' : הקמה	כחלק מתכנית תחמ"ש, לוח משוער לאישור תכנית 6.25	06.28	בהנחת סיום תכנית ב לוח 06.25 להתאמת תחנה פתוחה, ביצוע 3 שנים מתכנית מתאר. לוח 06.28
22.	יהודיה-כנורות	בניה מחדש של קו מיהודיה לכנורות במתכונת קו עילי דו-מעגלי, באורך של כ- 14 ק"מ. הערה : נדרש תכנית מתאר לקו חדש. שלב א : תכנית מתאר בלוח 6.25 שלב ב' : הקמה	לוח משוער לאישור תכנית 6.25	06.28	בהנחת סיום תכנית ב 06.25. הקמה תוך 3 שנים, לוח 06.28
23.	מעגל 400 ק"ו קיסריה-פ"ת	התאמת המעגל 400 ק"ו קיסריה-פ"ת לעבודה בטמפ' 80 מעלות, 54 ק"מ.	תכנית מאושרת	12.28	12.28

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י למועד
אזור צפון: פרויקטים חדשים שיתווספו לתכנית הפיתוח					
24.	זבולון-צלמון	החלפת תילים ל 322/32 ACSS בקטע מעגל, באורך של כ- 31 ק"מ. תגבור יכולת בקטע מעגל 161 ק"ו מזבולון, באורך כ 3 ק"מ.		12.28	12.28 נדרשת החלפת עמודים רבים. בשלב זה 2028 נראה סביר. יתכן ונדרש תוכנית מתאר. חוצה שפרעם, סכנין עראבה, דיר חנא, לשם.
25.	כרמיאל- כמון-צפת	החלפת תילים ל ACSS 322/32 בקו דו-מעגלי, אורך כ- 22 ק"מ.		12.28	הערה: נמצאים בעבודות Uprating. בקטעים שאפשר יוחלף כבר כעת ל ACSS -
26.	נצרת -זבולון	החלפת תילים ל ACSS (מתאים ל593) בקו 161 ק"ו דו-מעגלי, באורך של כ- 29 ק"מ.		12.28	12.28 נדרש אספקת ACSS התואם לקו בחתך SAG593
27.	כנרות-גליל	1. הקמה מחדש של קטע קו מכנרות, תיל 775 ACSS, באורך כ 1.2 ק"מ. 2. החלפת תילים ל ACSS (המתאים לתיל 593) בקו דו- מעגלי, באורך כ- 9.5 ק"מ. הערה: עד 12.22 תיבדק חלופה נוספת לפרויקט 2 לגבי מתכונת הקמת אחד מהמסעפים החדשים לגליל, באורך של כ- 9.5 ק"מ.		12.28	12.28
28.	מ"ד-חפר	תגבור יכולת מעגל 400 ק"ו מ"ד – חפר (קטעים קיימים) לעבודה בטמפרטורה של 80 מעלות, באורך של כ 33 ק"מ	תכנית מאושרת	12.28	12.28
29.	זבולון-נילית	החלפת תיילים ל 322/32 ACSS, סה"כ אורך 16.2 ק"מ.		12.28	12.28
30.	אלון תבור-עין חרוד	החלפת תיילים ל 322/32 ACSS באורך של כ 14 ק"מ.		12.28	12.28
31.	יזרעאל-מגדל העמק	העתקת מתוך מגדל העמק, תיילים 300/50 ל-100 מעלות. שלב א: תכנית מתאר בלוח	נדרשת תכנית מתאר - צפי 6.25	12.28	בהנחת סיום תכנית מתאר ב6.25, לוח

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י למועד
אזור צפון: פרויקטים חדשים שיתווספו לתכנית הפיתוח					
		06.25. שלב ב': הקמה.			לביצוע 12.28
32.	חיספין-תל אור	הקמת קו דו-מעגלי 161 ק"ו, אורך כ- 25 ק"מ.	נדרש תכנית מתאר - צפי 6.26	12.29	בהנחת שסיום תוכנית מתאר 4 שנים (6.26). לוח' 12.29 .
33.		הנחת קו תת-קרקעי, 2 כבלים לפאזה, אורך 10 ק"מ.			
34.	תל אור-בית שאן קו חדש	הקמת קו חדש, באורך כ 23 ק"מ. שלב א': תכנית מתאר בלוח' 12.27. שלב ב': הקמה.	31/12/2027 אישור תכנית. אזור רגיש מאד	12.30	בהנחת אישור תוכנית מתאר ב 12.27. סיום הפרויקט 12.30.

**המשך טבלה 5.27: פירוט הפרויקטים הנדרשים לקידום סטטוטורי באזור הצפון לצורך
קליטת אנרגיות מתחדשות :**

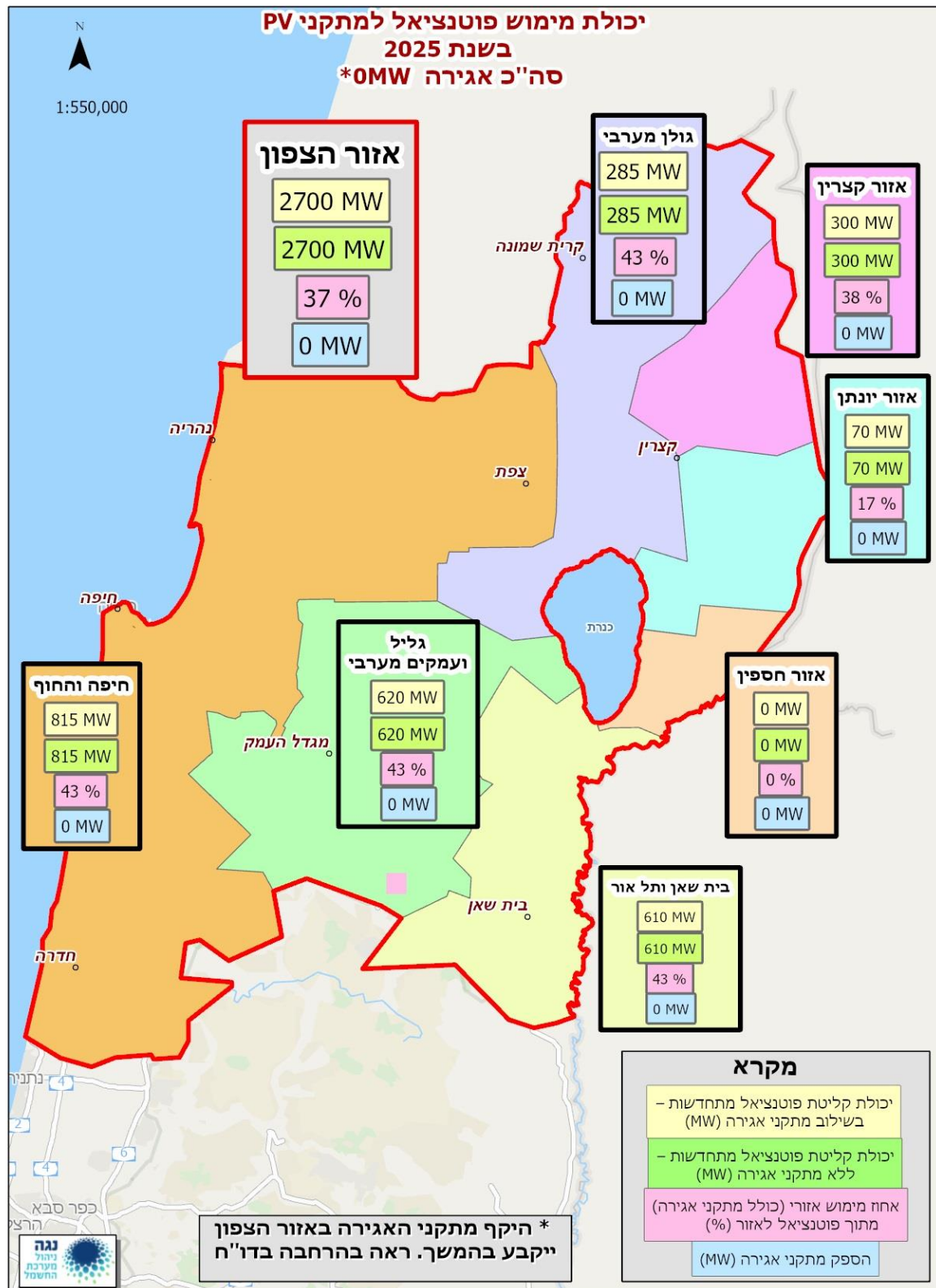
#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י למועד
אזור צפון: לקידום סטטוטורי					
35	מבואות גלבע (חבר)	תחמ"ג מבואות גלבע: קידום סטטוטורי של הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו מבואות גלבע (חבר), עם 3 שנאי קישור.	טרם נקבע לוח' עקב מורכבות הפרויקט ואורך הקו הרב	נדרש קידום סטטוטורי של קו 400 ק"ו מבואות גלבע- קסם	
		קידום סטטורי של מסעפי 161 ק"ו למבואות גלבע (חבר):	טרם נקבע לוח' עקב מורכבות הפרויקט ואורך הקו הרב		
		קו 400 ק"ו מבואות גלבע- קסם/פ"ת- קידום סטטוטורי: קידום סטטוטורי של הקמת קו 400 ק"ו שלישי באזור השרון, מתחמ"ג חבר/מבואות גלבע לאזור קסם/פ"ת	טרם נקבע לוח' עקב מורכבות הפרויקט ואורך הקו הרב		

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח"ז בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י למועד
אזור צפון: לקידום סטטורי					
36	ציפורית-כנרת	תגבור יכולת קו ציפורית-כנרת, ל 100 מעלות בקטע עם הצמדת מעגלים, באורך של כ 12.5 ק"מ. בלוח"ז של תחמ"ג חבר.			
37	תל אביטל-שדה אליעזר	קידום סטטורי להקמת קו דו-מעגלי נוסף מאזור רמת הגולן (תחמ"ש "תל אביטל") עד לאזור שדה אליעזר, באורך של כ- 35 ק"מ. הערה: בתחמ"ש "תל אביטל" נדרש 4 שדות קווים למערכת ההולכה.	צפי לאישור 12.26		

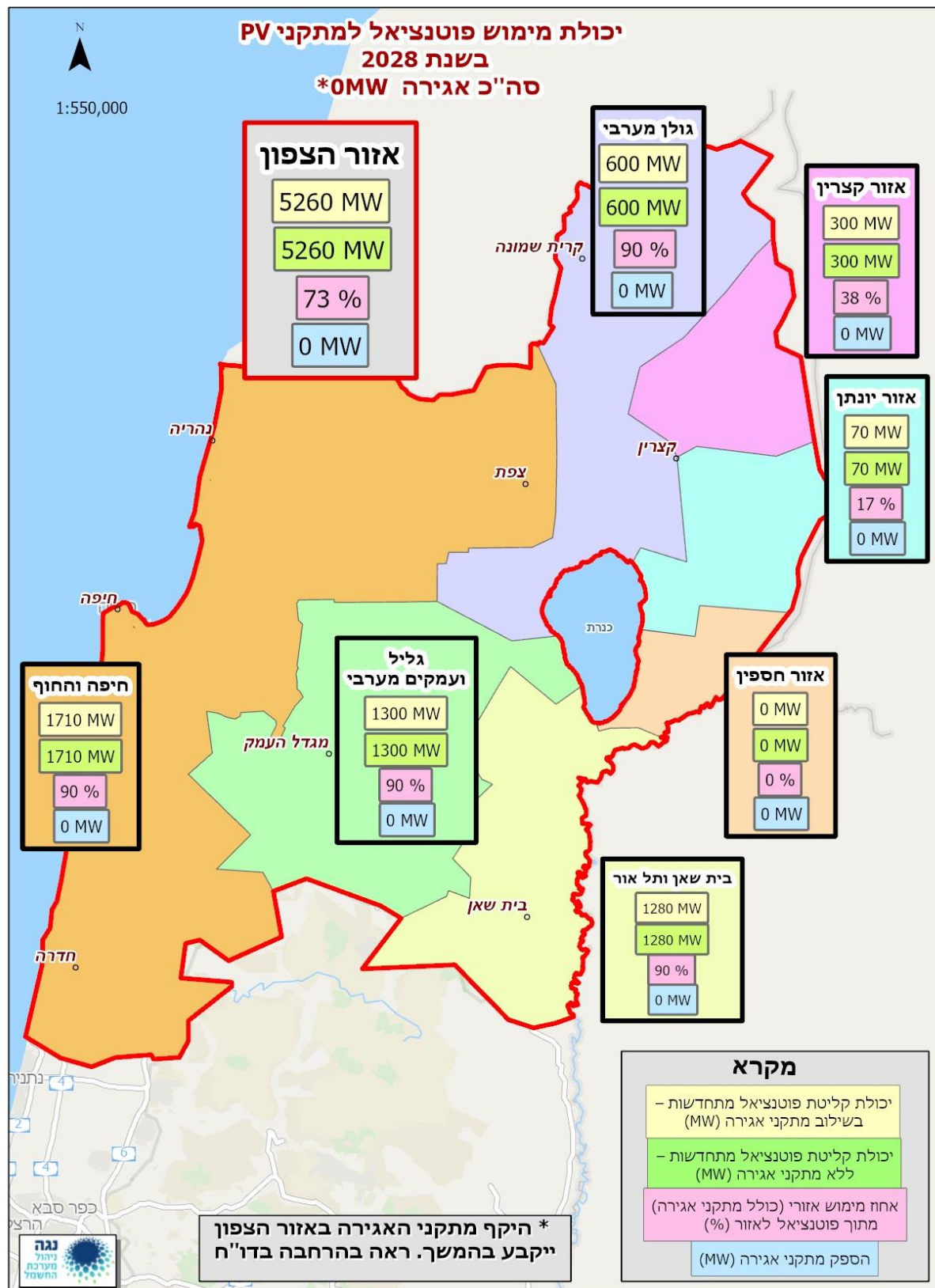
בטבלאות שלעיל הוצגו הפרויקטים הנדרשים לצורך קליטת אנרגיות מתחדשות עד לשנת 2030. בהתאם לתכנון המערכת ובהתבסס על פרויקטי הולכה המוגדרים לעיל, מוצגת יכולת מערכת ההולכה לקלוט מתקני אנרגיה מתחדשת באזור הצפון בחלוקה לתת אזורים:

- חיפה והחוף
- גולן מערבי
- קצרין
- יונתן
- חספין
- בית שאן ותל אור
- גליל ועמקים

לצורך הצגת שלביות הפיתוח, מוצגות 3 מפות לשנים 2025, 2028, 2030 (סוף תוכנית הפיתוח). הניתוח בוצע עבור שני תסריטי פיתוח: עם מתקני אגירת אנרגיה וללא מתקני אגירת אנרגיה, כאשר הספקים של מתקני אגירת אנרגיה מוצגים עבור כל אזור. היקף מתקני האגירה ופריסתם באזור הצפון תיקבע בהתאם לעבודה שמבוצעת בימים אלו – ראה/י בהרחבה בפרק 5 "פריסת מתקני אגירה עד לשנת 2030" בהתאם ללוח"ז ביצוע הפרויקטים כפי שפורט בטבלאות שלעיל, להלן איורים המציגים את הספק הייצור (הפוטנציאלי) שניתן לקלוט באזור הצפון לשנים 2025, 2028 ו 2030:



איור 5.15: יכולת מערכת ההולכה באזור הצפון לקליטת פוטנציאל מתחדשות בשנת 2025



איור 5.16: יכולת מערכת ההולכה באזור הצפון לקליטת פוטנציאל מתחדשות בשנת 2028

טבלה 5.28: פירוט הפרויקטים העיקריים הקיימים בתכנית הפיתוח באזור המרכז ומשמשים גם לצורך קליטת אנרגיות מתחדשות:

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י
אזור מרכז: פרויקטים בתכנית הפיתוח					
1.	חיבור עתידים למע' 400 ק"ו מסעף לעתידים-חיבור תחמ"ג-2 מסעפים	שלבי חיבור: א. חיבור 2 מעגלי 400 ק"ו. ב. חיבור ב 4 מעגלי 400 ק"ו. ג. ביצוע הצלבות באזור פ"ת.	תכנית מאושרת	א. מועד 9.22 במועד חשמול שנאי הקישור. ב. מועד 12.22 ג. מועד 4.2023 דחיה בהפעלת שנאי קישור בעתידים (לוח מקורי 11.2022)	
2.	תחמ"ג עתידים	הפעלת תחמ"ג עתידים	תכנית מאושרת	קיים עיכוב בלוח (מועד מקורי 01.2022)	2 אוטושנאים ראשונים צפויים להיכנס לעבודה ב- 09.2022, אוטושנאי שלישי ב 11.2022
3.	עתידים-כפר ירוק/הרצליה	החלפת תיילים ל- ACSS 775 באורך 7.5 ק"מ		12.23	12.23
4.	קו עתידים-הכפר הירוק/הרצליה-טרמינלים	בניית טרמינל נוסף לקו עתידים-הכפר הירוק/הרצליה (לצורך חיבור תת קרקעי למסדר 161 ק"ו חדש על-ידי שני כבלים בפאזה)		07.22	07.22
5.	עתידים-רמת גן	כבלים לח"י בני ברק- ע"א-הנחת כבלים	תכנית מאושרת	06.24 דחיה ממועד מקורי (12.23)	הועברה בקשה לנגה לדחיה ל 06.24
		כבל עתידים-רמת גן-קטע עתידים-טרמינל	תכנית מאושרת	06.24 דחיה ממועד מקורי (12.23)	הועברה בקשה לנגה לדחיה ל 06.24

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י
אזור מרכז: פרויקטים בתכנית הפיתוח					
6.	תחמ"ש אוניברסיטה	הקמת תחנת משנה פנימית 161/24 ק"ו	תכנית מאושרת	05.23	מסתמן דחיה ל 5.25 אין מועד מוגדר
7.	תחמ"ש אוניברסיטה - טרמינלים	הקמת טרמינלים למעבר בין קטע עילי לתת-קרקעי .	לא נדרשת תכנית, הטרמינלים בתכנית מאושרת	05.23	מסתמן דחיה ל 5.25 אין מועד מוגדר
8.	מסעף לאוניברסיטת ת"א	הנחת כבלים תת"ק 161 ק"ו (2 מעגלים), באורך של כ-1 ק"מ.		05.23	מסתמן דחיה ל 5.25 אין מועד מוגדר
9.	כבל לרוקח- עתידים	הנחת 2 מעגלי כבלים תת-קרקעי בחתך 2000*2 ממ"ר נחושת לפאזה, אורך כ-0.1 ק"מ.		06.27	06.27 מבקשים לבדוק חלופה דרומית
10	כבל לרוקח- ת"א צפון	הנחת 2 מעגלי כבלים תת-קרקעיים בחתך 2000 ממ"ר נחושת, אורך כ-3.3 ק"מ.	צפי לאישור תכנית 6/23	06.27	06.27 מבקשים לבדוק חלופה דרומית
11	רוקח (רמת אביב החדשה)	הקמת תחמ"ש פנימית	תכנית לקראת אישור	06.27	06.27
12	כבל רוקח-רב מכר	הקמת קו דו-מעגלי תת-קרקעי 161 ק"ו באורך כ-7 ק"מ, כבל 2000 ממ"ר.		10.30	10.30
13	מסעף עילי לתל השומר	הקמת מסעף דו- מעגלי 161 ק"ו, תיילים 593 סגסוגת אלומיניום, אורך כ- 1.3 ק"מ. הקמת טרמינלים לחיבור הקטע העילי.	תכנית מאושרת	10.28	10.28 נבחנת הקדמה ל 2026
14	מסעף תת"ק לתל השומר	הנחת כבלים תת- קרקעיים 161 ק"ו (2 מעגלים) 2000 ממ"ר נחושת, באורך של כ- 0.5 ק"מ.	תכנית מאושרת	10.28	10.28 נבחנת הקדמה ל 2026
15	תל השומר	תל השומר- הקמת תחמ"ש פנימית 161/24 ק"ו	תכנית מאושרת	10.28	10.28 נבחנת הקדמה ל 2026
16	קו גזר-סתריה	תגבור יכולת של קו דו-מעגלי-100 מעלות, אורך כ-8 ק"מ.		12.23	12.23

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י
אזור מרכז: פרויקטים בתכנית הפיתוח					
17	קו גזר-סתריה	הטמנת קטע קו דו-מעגלי 2000 ממ"ר נחושת באורך כ-1 ק"מ עד מסדר 161 ק"ו בגזר, כולל החלפת קטע כבל 1200 ממ"ר קיים.		12.23	12.23
18	גזר-אריאל	תכולת מקטעי הפרויקט: א. החלפת כבלים בכניסה לגזר. ב. תגבור יכולת של מעגל מ"ע. ג. החלפת תיילים ל-ACSS 322/32.		12.23	אילוח - קבלת הפסקות, תיתכן דחייה.
19	קו 400 ק"ו גן שורק-איילון	החלפת תיילים בקו קיים 400 ק"ו לתיילים מסוג ACSS 3*322/32 ל-200 מעלות, אורך כ-9.1 ק"מ.	תכנית מאושרת	12.23	אילוח - קבלת הפסקות, תיתכן דחייה.
20	קו 400 ק"ו צפית-גזר	הקמת קו דו-מעגלי 400 ק"ו שני, תיילים 3*593 סגסוגת אלומיניום לפאזה מותאם ל-100 מעלות, אורך כ-26 ק"מ.	תכנית מאושרת	12.23	אילוח - קבלת הפסקות, תיתכן דחייה.
21	קו 400 ק"ו גזר-קאסם	הקמת קו דו-מעגלי 400 ק"ו שני בין גזר עד לצומת קסם, תיילים 3*593 סגסוגת אלומיניום לפאזה, אורך כ-28 ק"מ.	הרוב מאושר חלק בתת"ל 109 צפי לאישור 04.23	06.26	

המשך טבלה 5.28: פירוט הפרויקטים העיקריים החדשים שיתווספו לתכנית הפיתוח באזור המרכז לצורך קליטת אנרגיות מתחדשות:

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוי'ז בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י
אזור מרכז: פרויקטים חדשים שיתווספו לתכנית הפיתוח					
22.	תחמ"ש אוניברסיטה - שינויים בקו העילי עתידים - רמת אביב/ת"א צפון	ביצוע הצלבות בין מעגלים בקו עתידים - רמת אביב/ת"א צפון		05.23	מסתמן דחיה ל 5.25 אין מועד מוגדר
23.	שוהם-אלעד-אבן העזר	תגבור יכולת, תיילים 593, למעגל ל-100 מעלות, כ 12 ק"מ. שלב א: תכנון עד 12.22 שלב ב: ביצוע 12.25		12.25	12.25 תיבדק היכולת להתאמה ל 100 מעלות. סיום בדיקה עד 12.22
24.	איילון-תל גיבורים	תגבור יכולת 680/85 למעגל ל-100 מעלות, כ 6 ק"מ שלב א: בדיקת יכולת המעגל - לוי'ז 12.22. שלב ב': תגבור יכולת המעגל - לוי'ז 12.2028 (מותנה בתוצאות בדיקה שלב א').	יש לבדוק האם נדרשת תכנית	12.28	12.28 תיבדק היכולת להתאמה ל 100 מעלות. סיום בדיקה עד 12.22
25.	הקמת תחמ"ג דן 400/161 ק"ו	הקמת תחמ"ג דן באתר מורשה* (בכפוף לאישור תכנית מתאר). תחמ"ג תכלול: מסדר 400 ק"ו סגור. 4 שנאי קישור 400/161 ק"ו, 2 שנאים בשלב ראשון. מסדר 161 ק"ו, 2 שנאי הספק 161/24 ק"ו, (4 בשלב סופי) ומסדרי מ"ג בהתאם.	לוי'ז משוער לאישור תכנית 06.24	12.30	
26.	שני מסעפי 400 ק"ו לתחמ"ג דן	הקמת 2 מסעפים עיליים 400 ק"ו דו-מעגלי, תיילים 593*3 סג-אל לפאזה, מותאם ל-100 מעלות, באורך כ-1 ק"מ		12.30	

#	פרייקט בתחנה/קו	תיאור פרייקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח"ז בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י
אזור מרכז: פרייקטים חדשים שיתווספו לתכנית הפיתוח					
27.	קו 400 ק"ו גן שורק-איילון-דן(תת"ל 110)	הטמנת קווי 400 ק"ו בציר גן שורק-איילון-דן (מורשה)-תת"ל 110	בהתאם למועד אישור תכנית.	בהתאם למועד אישור תכנית.	
28.	קו 400 ק"ו גן שורק-דן	הקמת קו 400 ק"ו דו-מעגלי תת"ק גן שורק-דן בבידוד גז GIL באורך כ-23 ק"מ. הערה: הקו יוקם במתווה/תוואי תת"ל 110, בתנאי שהתת"ל תקודם בלוח זמנים מתאים.	צפוי קושי בקידום תכנית מתאר נפרדת לתת"ל 110.	12.36	
29.	קו דן - הרצליה/כפר הירוק 161 ק"ו	הנחת 2 מסעפים דו-מעגליים תת-קרקעים לקו הרצליה/כפר הירוק 161 ק"ו, כבלים בחתך 2000 ממ"ר נחושת, גיד אחד לפאזה (על בסיס ציר הנופש עע"א), אורך כ-3.5 ק"מ.		12.30	
30.	קו דן - נמיר 161 ק"ו	הנחת 2 מעגלי 161 ק"ו תת-קרקעיים, כבלים בחתך 2000 ממ"ר נחושת, גיד אחד לפאזה מתחמ"ג דן לתחמ"ש נמיר (על בסיס ציר הנופש עע"א), אורך כ-7 ק"מ.		12.30	
31.	קו דן - הוד השרון/שבבי 161 ק"ו	הנחת מסעף תת-קרקעי, כבלים בחתך 2000 ממ"ר נחושת, 2 גידים לפאזה, אורך כ-8 ק"מ. הקמת 2 טרמינלים דו-מעגליים לחיבור הקטע העילי.		12.30	
32.	קו דן - בני ברק 161 ק"ו	הנחת 2 קווים דו-מעגליים תת"ק בחתך 2000 ממ"ר נחושת, מתחמ"ג דן לכיוון בני ברק באורך כ-2 ק"מ		12.32	

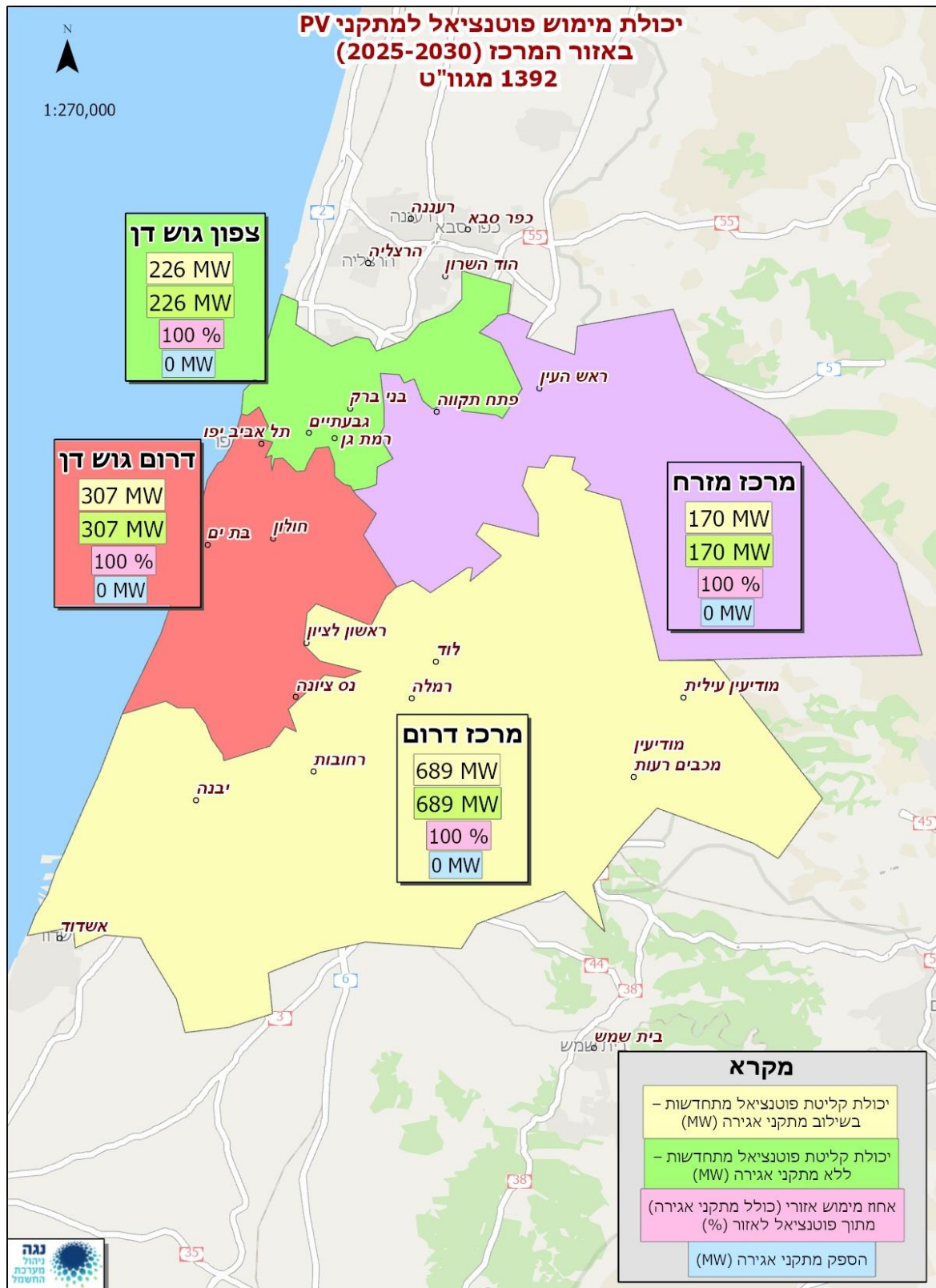
#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י
אזור מרכז: פרויקטים חדשים שיתווספו לתכנית הפיתוח					
33.	קו דן - הרצליה (רב מכר) 161 ק"ו	הנחת 2 מעגלי 161 ק"ו תת-קרקעיים, כבלים בחתך 2000 ממ"ר נחושת, גיד אחד לפאזה מתחמ"ג דן לתחמ"ש הרצליה (רב מכר, על בסיס ציר הנופש ע"א), אורך כ- 5 ק"מ, כבל סיב אופטי בתעלה משותפת.		12.32	

בטבלאות שלעיל הוצגו הפרויקטים הנדרשים לצורך קליטת אנרגיות מתחדשות עד לשנת 2030. בהתאם לתכנון המערכת ובהתבסס על פרויקטי הולכה המוגדרים לעיל, מוצגת יכולת מערכת ההולכה לקלוט מתקני אנרגיה מתחדשת באזור הצפון בחלוקה לתת אזורים:

- צפון גוש דן
- דרום גוש דן
- מרכז מזרח
- מרכז דרום

לצורך הצגת שלביות הפיתוח, מוצגת מפה לשנים 2025-2030. הניתוח בוצע עבור שני תסריטי פיתוח: עם מתקני אגירת אנרגיה וללא מתקני אגירת אנרגיה, כאשר הספקים של מתקני אגירת אנרגיה מוצגים עבור כל אזור.

בהתאם ללוח"ז ביצוע הפרויקטים כפי שפורט בטבלאות שלעיל, להלן איור המציג את הפוטנציאל שניתן לקלוט באזור המרכז לשנים 2030-2025:



איור 5.18 : יכולת מערכת ההולכה באזור המרכז לקליטת פוטנציאל מתחדשות בשנים 2025-2030

טבלה 5.29: פירוט הפרויקטים העיקריים הקיימים בתכנית הפיתוח באזור השפלה לצורך קליטת אנרגיות מתחדשות:

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לויז בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י
אזור שפלה: פרויקטים בתכנית הפיתוח					
1.	מעגל צפית- איתן	תגבור יכולת של מעגל		06.22	צפויה דחיה לסתיו 22
2.	קו איתן- חברון	תגבור יכולת ל-100 מעלות		12.22	12.22
3.	קו ביתר- כנות	החלפת תיילים ל- ACSS 322/32		10.22	צפויה דחיה
4.	קו כנות- ביתר	החלפת תיילים ל- ACSS 322/32		10.22	צפויה דחיה
5.	מעגל איתן- קרית גת	החלפת תיילים ל- ACSS במעגל		12.22	מבקשים דחייה ל 12.23
6.	אשכול נגב	קו איתן-אספקת אויר תגבור יכולת ל-100 מעלות, כ 15 ק"מ		12.22	12.22
		הפעלת אשכול נגב 400 ק"ו. הקמת קו 400 ק"ו צפית-מנוחה תיילים 3*593 אורך כ-10 ק"מ.	תכנית מאושרת	12.23	12.23
7.	אשכול נגב	אשכול הנגב, הפעלה ב- 161 ק"ו	תכנית מאושרת	הפרויקט בעיכוב (לויז מקורי 12.21)	מותנה בהסדרת הבניה הבלתי חוקית באזור עמק שרה
8.	קו איתן- דימונה	קו איתן-דימונה, בניה מחדש, 72.5 ק"מ	לא מקודמת תכנית	12.23	חסמים - קבלת הרשאות. צפויה דחיה.
9.	מעגל ירושלים ג'-ביתר	החלפת תיילים ל ACSS 322/32 במעגל		12.23	12.23
10.	מעגל הרטוב - סתריה	תגבור יכולת של מעגל		12.23	12.23
11.	קו 400 ק"ו ירושלים-צפית	הקמת קו 400 ק"ו ירושלים-צפית, אורך 40 ק"מ	תכנית בהכנה	07.26	07.26
12.	מסעף לשחר	מסעף לשחר ממעגל איתן-צפית	תכנית בהכנה צפי לאישור 12.24	12.27	בהנחת אישור תב"ע עד 12.24, מועד 12.27
13.	מעגל איתן- תרקומיא	החלפת תיילים ל מסוג ACSS 322/32		12.24	12.24
14.	חיבור אינטל 2	חיבור אינטל 2-חיבור התחמ"ש למערכת		12.22	12.22

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י
אזור שפלה: פרויקטים בתכנית הפיתוח					
15.	מעגל צפית- איתן	תגבור יכולת של מעגל		צפויה דחיה (מועד מקורי 6.21)	צפויה דחיה לסתיו 22
16.	קידום סטטוטורי של מסעף לאינטל	מסעף לאינטל	תכנית בהכנה צפי לאישור 4.23		

המשך טבלה 5.29: פירוט הפרויקטים העיקריים הקיימים בתכנית הפיתוח באזור השפלה לצורך קליטת אנרגיות מתחדשות:

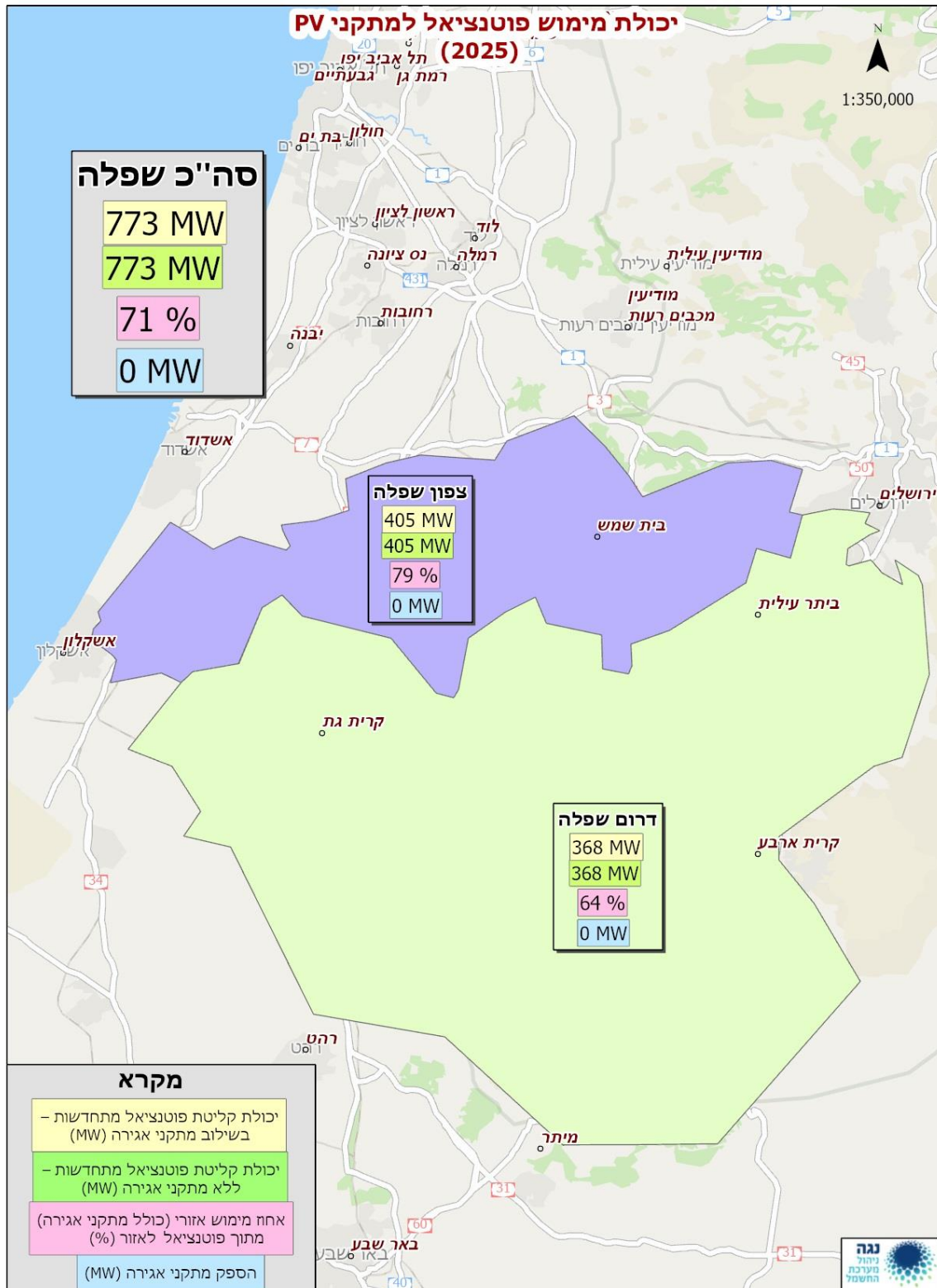
#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	התייחסות נגה להוצאת תכנית מתאר	לוח בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י
אזור שפלה: פרויקטים בתכנית הפיתוח					
17.	אשקלון-ניר גלים	תגבור יכולת הקו ל- 100 מעלות, כ 20 ק"מ		06.26	06.26
18.	מעגל חבצלת- סתריה	תגבור יכולת מעגל תיילים 593, ל- 100 מעלות, כ 5 ק"מ		06.26	06.26

בטבלאות שלעיל הוצגו הפרויקטים הנדרשים לצורך קליטת אנרגיות מתחדשות עד לשנת 2030. בהתאם לתכנון המערכת ובהתבסס על פרויקטי הולכה המוגדרים לעיל, מוצגת יכולת מערכת ההולכה לקלוט מתקני אנרגיה מתחדשת באזור השפלה בחלוקה לתת אזורים:

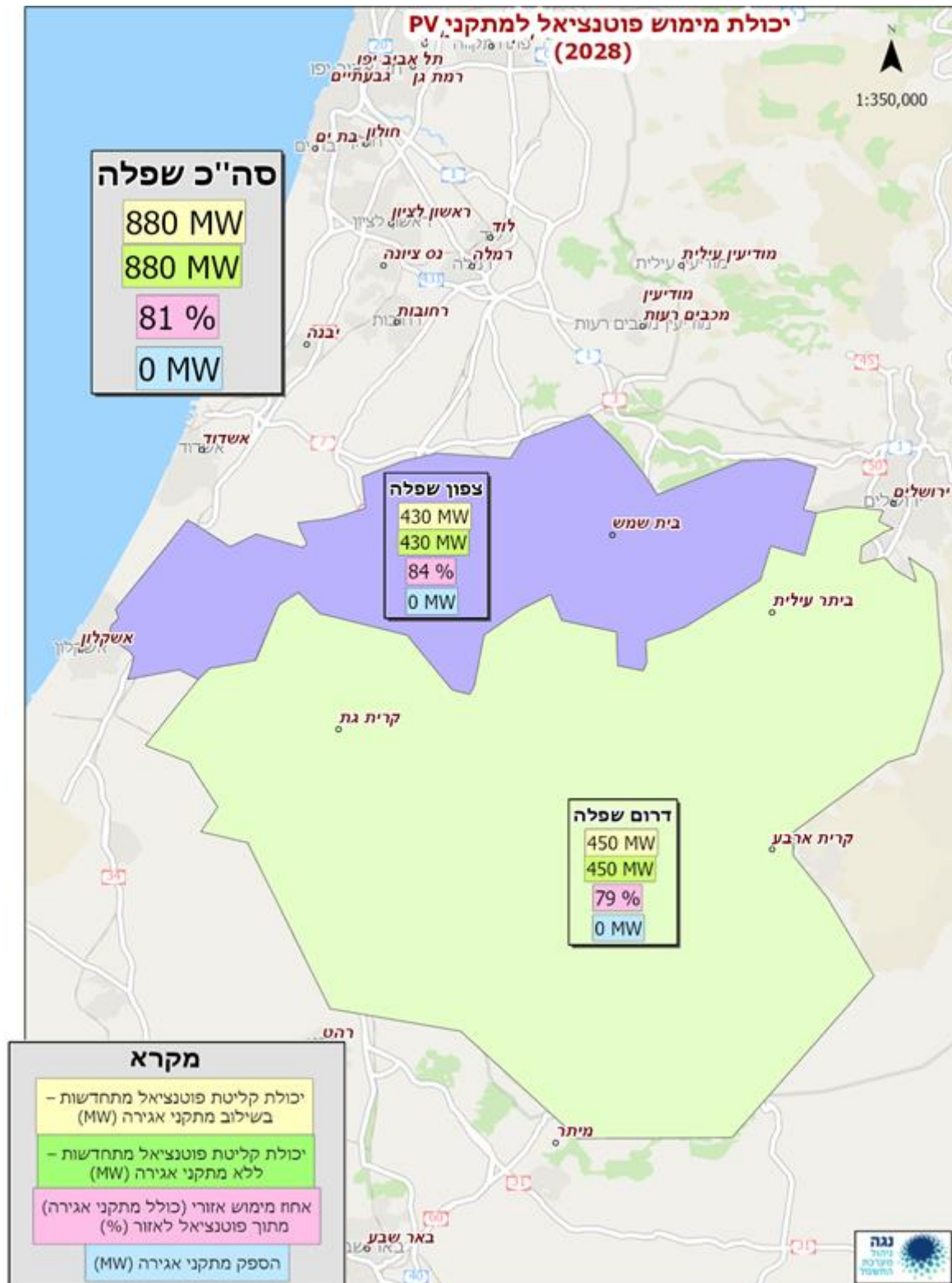
- צפון שפלה
- דרום שפלה

לצורך הצגת שלביות הפיתוח, מוצגת מפה לשנים 2025, 2028 ו 2030 (סוף תכנית הפיתוח). הניתוח בוצע עבור שני תסריטי פיתוח: עם מתקני אגירת אנרגיה וללא מתקני אגירת אנרגיה, כאשר הספקים של מתקני אגירת אנרגיה מוצגים עבור כל אזור.

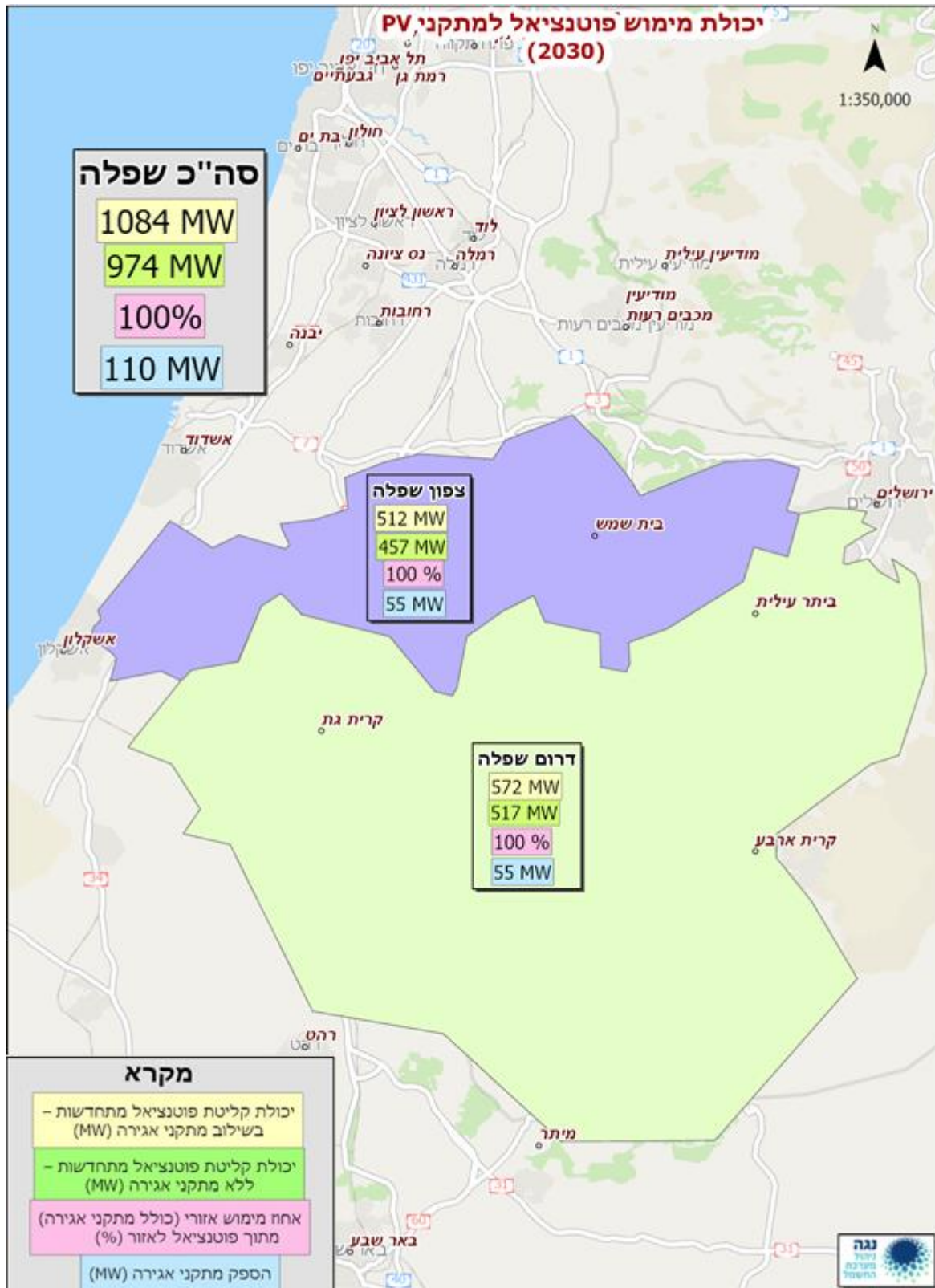
בהתאם ללוח"ז ביצוע הפרויקטים כפי שפורט בטבלאות שלעיל, להלן איורים המציגים את הספק הייצור (הפוטנציאלי) שניתן לקלוט באזור השפלה לשנים 2025, 2028 ו 2030:



איור 5.19: יכולת מערכת ההולכה באזור השפלה לקליטת פוטנציאל מתחדשות בשנת 2025



איור 5.20: יכולת מערכת ההולכה באזור השפלה לקליטת פוטנציאל מתחדשות בשנת 2028



איור 5.21: יכולת מערכת ההולכה באזור השפלה לקליטת פוטנציאל מתחדשות בשנת 2030

טבלה 5.30: פירוט הפרויקטים העיקריים החדשים בציוד, באזור הצפון שיתווספו לתכנית הפיתוח לצורך קליטת אנרגיות מתחדשות:

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	לוח בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י
אזור צפון: פרויקטי ציוד				
1.	חולה	החלפת מנתק בשדה מקשר מ"ע	12.25	12.25
2.	חולה	החלפת מ"ז, משנק, ותיילים בשדה מ"ע. החלפת תיילים בפ"צ	12.25	12.25
3.	חולה	החלפת מנתקים בשדה מ"ע	12.25	12.25
4.	צפת	החלפת מנתקים בשדה מ"ע	12.25	12.25
5.	כנרת	החלפת משנק בשדה מ"ע	12.25	12.25
6.	יזרעאל	החלפת מנתקים, מ"ז, משנק ותיילים בשדה מ"ע.	12.25	12.25
7.	נצרת	החלפת משנק ותיילים בשדה מ"ע. החלפת תיילים בשדה מ"ע אחר.	12.25	12.25
8.	נעמן	החלפת משנק בשדה מ"ע.	12.25	12.25
9.	עין חרוד	החלפת משנק בשדה מ"ע	12.25	12.25
10.	יהודיה	הרחבת תחמ"ש ב 2 שדות מעגלים חדשים	06.28	06.28
11.	תחמ"ג גליל	הקמת תחמ"ג גליל – עדכון – התאמת 2 שדות מעגלים לכנרת ל 2 כבלים לפאזה.	05.2025	05.25
12.	תחמ"ג גליל	התקנת שנאי קישור שלישי 400/161 ק"ו	12.27 הנושא ייבדק. סיום בדיקה עד 12.22	נבקש לאחד את התכולה עם הקמת תחמ"ג גליל כך שכלל הפרויקט יבוצע בחודש מאי 2025.
13.	גליל 161/24 ק"ו	הוספת 2 שנאים 161/24 ק"ו	05.25	בבדיקה
14.	תל אור	החלפת משנק בשני שדות מ"ע	12.25	12.25
15.	קיסריה 400 ק"ו	התקנת דיאמטר 6 ושנאי קישור 400/161 ק"ו שלישי.	12.26	12.26

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	לוח בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י
אזור צפון: פרויקטי ציוד				
		החלפת 2 שנאי קישור קיימים.		
16.	קיסריה 161 ק"ו	החלפת מנתקים ומפסקים בשלוש שדות מ"ע	12.26	12.26
17.	כנרות	החלפת מנתקים, מ"ז, משנקים ותיילים בשני שדות מ"ע.	06.28	06.28
18.	קיסריה 400 ק"ו	החלפת מ"ז, גומיות והתאמת צנרת בשדה מתח על	12.27	12.27
19.	גזר 400 ק"ו	החלפת מנתקים, מפסק ומ"ז בשדה מתח על	12.27	12.27
20.	כנרות	החלפת מנתקים, מ"ז ותיילים בשני שדות מ"ע	12.28	12.28
21.	כנרות	החלפת מקשר ופסי צבירה מ"ע	12.28	12.28
22.	כנרות	החלפת מ"ז ותיילים בשדה מ"ע	12.28	12.28
23.	צפת	החלפת מ"ז ותיילים בשדה מ"ע	12.28	12.28
24.	צפת	החלפת משנק בשדה מ"ע. החלפת מנתקים בשדה מ"ע אחר.	12.28	12.28
25.	צלמון	החלפת משנק בשני שדות מ"ע	12.28	12.28
26.	כרמיאל	החלפת מנתקים, מ"ז בשדה מ"ע. החלפת מנתקים בשדה מ"ע אחר.	12.28	12.28
27.	כמון	החלפת מנתקים בשני שדות מ"ע	12.28	12.28
28.	נצרת	החלפת מנתקים, בשדות מ"ע. החלפת תיילים בפ"צ.	12.28	12.28
29.	זבולון	החלפת מ"ז, בשדה מ"ע. החלפת מ"ז ומשנק בשדה מ"ע אחר.	12.28	12.28
30.	פוריה	החלפת מפסק ומשנק בשדה מ"ע	12.28	12.28
31.	פוריה	החלפת מפסק, ומשנק בשדה מ"ע	12.28	12.28
32.	תל אור	החלפת משנק בשדה מ"ע	12.28	12.28
33.	עין חרוד	החלפת מ"ז ומשנק ותיילים בשדה מ"ע.	12.28	12.28

#	פרויקט בתחנה/קו	תיאור פרויקט	לוי"ז בתכנית הפיתוח	התייחסות חח"י
אזור צפון: פרויקטי ציוד				
		החלפת מ"ז ותיילים בשדה מ"ע אחר.		
34.	תל אור	הוספת 2 שדות מעגלים חדשים	12.29	12.29
35.	חולה	החלפת מנתק בשדה מ"ע	12.30	12.30
36.	בית שאן	הוספת 2 שדות מעגלים (מותנה בקידום קו תל אור-בית שאן)	12.30	12.30
37.	עין חרוד	הוספת 2 שדות מעגלים חדשים	12.30	12.30



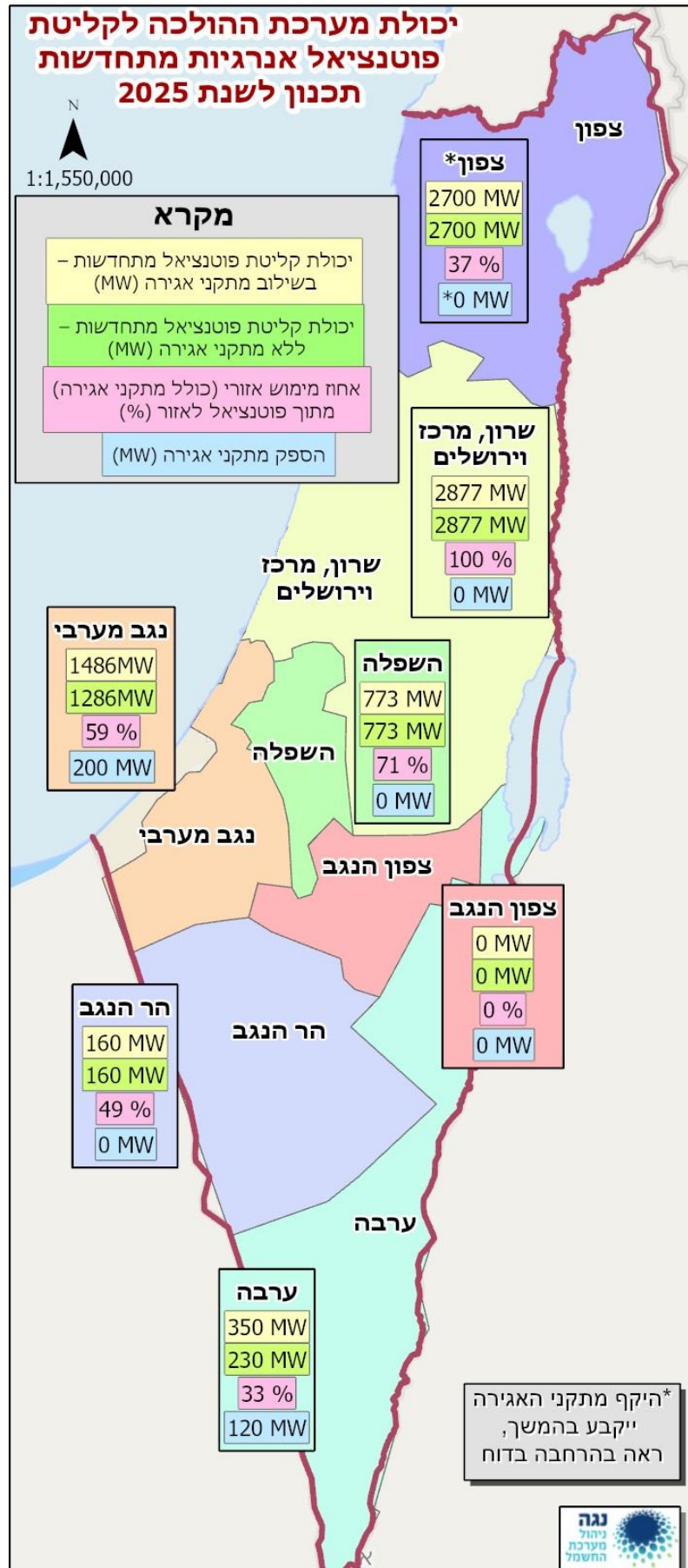
אזורים 1,2,3,5,6 – הפרויקטים בתוכנית הפיתוח נותנים מענה מלא לקליטת אנרגיה מתחדשת.

אזור 4 – הפרויקטים בתוכנית הפיתוח יקודמו ביחד עם קידום תוכניות מתאר לאנרגיה מתחדשת באזור.

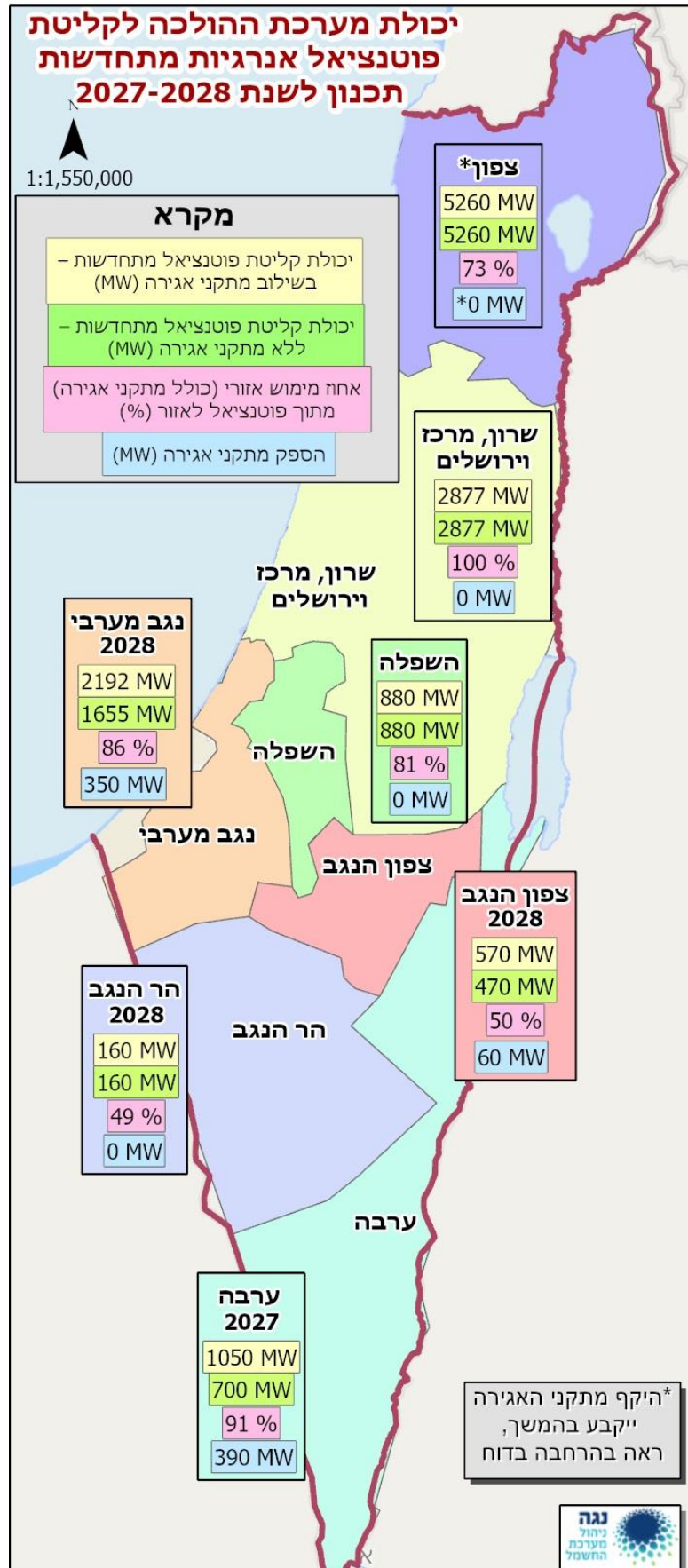
איור 5.22: סטטוס אזורי הפיתוח לקליטת אנרגיה מתחדשת מהיבט מערכת ההולכה 161 ק"ו

5.6.2.5 תיאור יכולת קליטת אנרגיה מתחדשת

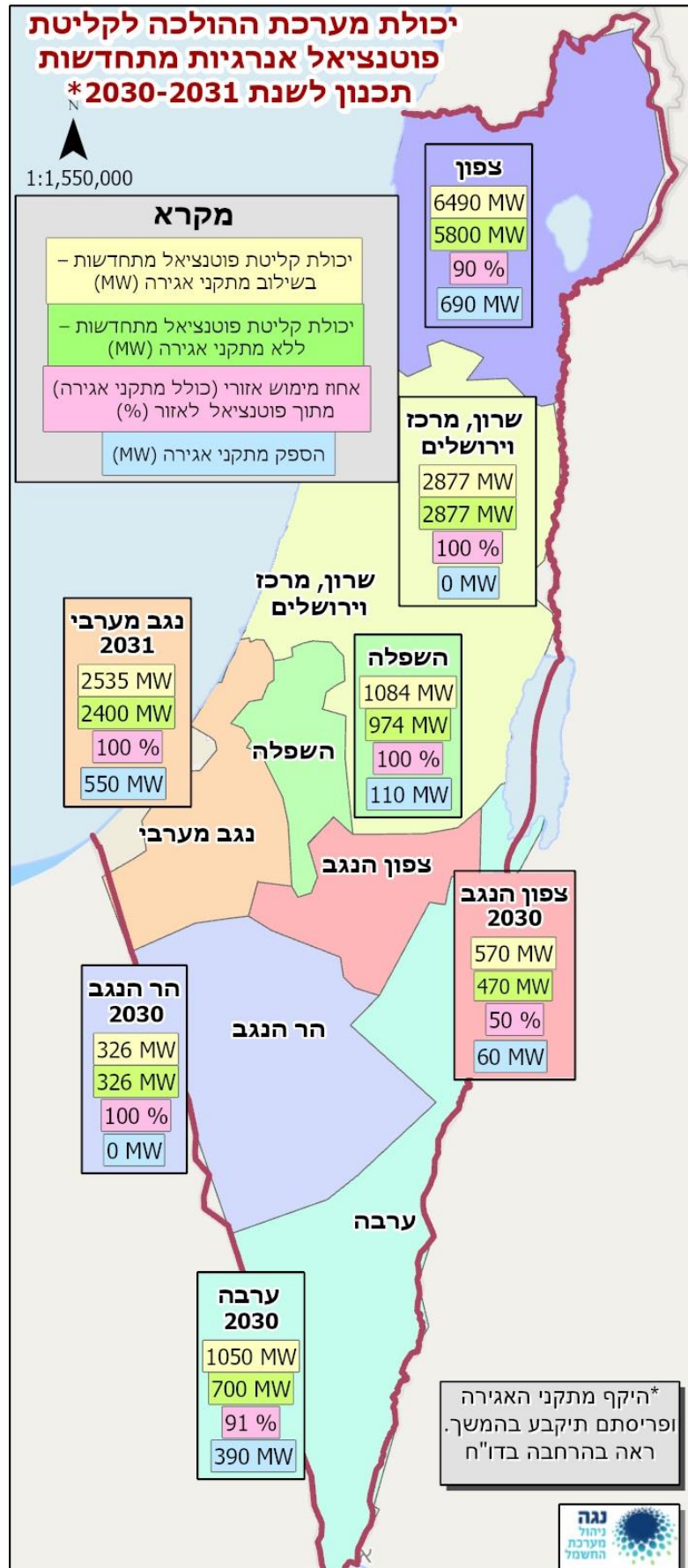
באיורים להלן, בהתאם לתכנון המערכת ובהתבסס על פרויקטי הולכה המוגדרים לעיל, מוצגת יכולת מערכת ההולכה לקלוט מתקני אנרגיה מתחדשת בשנים 2025, 2028, ובסוף תוכנית הפיתוח. הניתוח בוצע עבור שני תסריטי פיתוח: עם מתקני אגירת אנרגיה וללא מתקני אגירת אנרגיה, כאשר הספקים של מתקני אגירת אנרגיה מוצגים עבור כל אזור.



איור 5.23: יכולת קליטת אנרגיה מתחדשת מהיבט מערכת ההולכה בשנת 2025



איור 5.24: יכולת קליטת אנרגיה מתחדשת מהיבט מערכת ההולכה בשנים 2027-2028



איור 5.25: יכולת קליטת אנרגיה מתחדשת מהיבט מערכת ההולכה בסוף תוכנית הפיתוח

בהתאם להערכת מנהל המערכת להיקף והמועדים שבהם ימומש פוטנציאל האנרגיות המתחדשות ובהתאם ליעדי הממשלה, מנהל המערכת רואה צורך בהתקנת מתקני אגירת אנרגיה בהספק מצרפי באזור הנגב המערבי, אילת והערבה: עד שנת 2025 כ-300 מגוואט, עד שנת 2028 כ-800 מגוואט וזאת לצורך קידום קליטת אנרגיה מתחדשת ובהתחשב בפרויקטי ההולכה הנמצאים בתוכנית הפיתוח.

בהמשך יבחן מנהל המערכת את קצב החדירה של אנרגיות מתחדשות באזור הצפון, השפלה וצפון הנגב. בהתאם לתוצאות בחינה זו מנהל המערכת ימליץ על המועדים פרויקטים של מתקני אגירה באזורים אלה.

5.6.2.6 תכנון אספקת האנרגיה לאזור גוש דן

לצורך אבטחת אספקת האנרגיה למרכז הארץ באמינות והשרידות הנדרשת כפתרון חלופי לתח"כ באתר רדינג, נדרשים פרויקטים הבאים:

1. הקמת תחמ"ש רוקח (רמת אביב החדשה) ותגבור מערכת 161 לאזור.
2. הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו "דן" וחיבורה למערכת 400 ק"ו ו 161 ק"ו.

פירוט הפרויקטים לעיל מובא בסעיף 5.5.1.3 לעיל.

5.6.2.7 חסמים בביצוע תוכנית הפיתוח

חסמים במעגלי 161 ק"ו:

- חוסר וודאות למגמות התכנון של אנרגיות מתחדשות והמציאות.
- התכנונית שתהייה.
- נגיסת פרודורי החשמל על ידי שימושים אחרים באופן חוקי ובלתי חוקי.
- הגבלות חוק הקרינה הבלתי מייננת.
- תיאומים רבים וארוכים ושינוי עמדות לאורך התהליך.
- קושי באיתור פרודורים פנויים
- בקשות להטמנת קווי ההולכה באזורים פתוחים.
- דרישת אישור פרודורי קווי 161 ק"ו בתוכנית מתאר החל מינואר 2016 "מסמך בינת" + שינוי 64 ב' לתמ"מ 14/4 .

דוגמאות לחסמים במעגלי 161 ק"ו:

קו דימונה-איתן - בעיית התיישבות בלתי חוקית בתוך פרוזדור הקו מונעת את היכולת לשדרגו.

קו ערד – נווה זוהר – מתעכב שנים עקב התנגדויות של הצבא והרט"ג בגין מחלוקות בנושא התוואי.

קו מ. רמון-פארן – התעכב במשך שנים עקב הדרישה להטמנת הקו בשטח המכתש.

קו תנובות - שער אפרים – מתעכב שנים בגלל בניה בלתי חוקית בתוך רצועה מאושרת באזור קלנסוואה ודרישה לתוכנית מתאר חדשה בתוואי עוקף.

5.6.3 היבטים מערכתיים

5.6.3.1 רמת זרמי הקצר במערכת

חישוב זרמי הקצר הינו חלק בלתי נפרד מהליך תכנון המערכת.

חישוב זרמי הקצר הינו חלק בלתי נפרד מהליך תכנון המערכת. רמת זרמי הקצר במערכת 161 ק"ו עולה עם פיתוח המערכת והוספת יחידות יצור. במספר מסדרי תחמ"ש חרגו ערכים מיכולת מפסקי הזרם המותקנים.

פתרונות תכנוניים לבעיה זו, הינן שינויי סכמה מערכתית ב- 161 ק"ו, וביצוע הפרדות. באתרים שבהם הפתרון התכנוני אינו אפשרי, יש צורך בהחלפת מפסקי זרם.

בתחנות מיתוג זבולון, קישון, קיסריה, יבנה, צפית ופתח תקווה רמת זרמי הקצר חרגה את יכולת הניתוק של מפסקי הזרם. הוחלט על עבודת מסדרים אלו בצורה מופרדת (מפסיקי הזרם בשדות מקשרים יהיו פתוחים). פתרון זה, בתחמ"ג הללו מאפשר להקטין רמת זרמי הקצר עד לרמה הנדרשת ללא סיכון לאמינות המערכת האזורית.

בתחנות משנה: קישון, איתן, רמת גן, קריות, בארות יצחק ויבנה עברה רמת זרמי הקצר את יכולת המנתקים לפיכך יש צורך בהחלפת כ-100 מנתקים.

5.6.4 איפיון הציוד העיקרי בתחמ"ש/תחמ"ג

הציוד העיקרי בתחנות המשנה והמיתוג כולל את המרכיבים הטכנולוגיים העיקריים והמורכבים ביותר של רשת ההולכה וחיבורה לרשתות החלוקה. ציוד זה כולל:

א. מסדרי 400 ק"ו ו-161 ק"ו בתחנות פנימיות כולל מסדרי GIS מבודדים בגז SF₆, ותחנות פתוחות (חיצוניות) AIS שחלק מהציוד בתוכן מבודד ע"י אוויר. המסדרים כוללים רכיבים שונים כגון מפסקי זרם, מנתקים, משני מתח, משני זרם ומגיני ברק.

ב. שנאי קישור 400/161 ק"ו המקשרים את הרשת על עליון (400 ק"ו) לרשת במתח עליון (161 ק"ו).

- ג. שנאי הספק כגון 161/24 ק"ו המאפשר השנאה אנרגיה מהמערכת ההולכה לרשתות חלוקה במתח 24 ק"ו (בהתאמה יש גם שנאים למתחים 13.8 ק"ו או 36 ק"ו)
- ד. מסדר אפס (סלילי כיבוי או נגדים) ומגבילי זרם.
- ה. סוללות קבלים במערכת 161 ק"ו או לרשתות החלוקה במתחי 13.8/24/36 ק"ו.
- ו. תחמ"ש ניידות.

הציוד הנ"ל מתוכנן לתפקד במערכת 30-40 שנה , ולכן דורש איפיון שיענה על דרישות המערכת לטווח ארוך. מסיבה זו, כל ההיבטים הנדסיים של רכישת הציוד (כתיבת מפרטי הציוד או בדיקות הצעות ספקים, אישור תכנון הציוד, אישורי בדיקות דגם ושיגרה, אישור התייעוד המלווה את הציוד) חייבים להתבסס על ראייה מערכתית ולקחת בחשבון את השינויים הטכנולוגיים והתמורות שעשויות להתרחש במערכת בשנים הבאות.

לאור זאת הגוף המתכנן את המערכת גם מאשר את הציוד ליצרנים ולצרכנים המחוברים למתח עליון או על עליון בהתאם לאותם השלבים שתוארו לעיל.

בתקופה האחרונה שולבו למפרטי הציוד , בנוסף לשינויים המתחייבים מן התקנים המעודכנים וההתפתחות הטכנולוגית, גם דרישות סייבר ובהדרגתיות דרישות הערכות ל-EMP.

5.6.5 אמצעים להגדלת שרידות המערכת

מערכת החשמל במדינת ישראל הינה מבודדת, ועקב כך חשופה לתופעות חריגות בסבירות גבוהה יותר מאשר מערכות חשמל מקושרות. **היעדר סגירת הטבעת במערכת 400 ק"ו גורם אף הוא להקטנת שרידות המערכת במצבים חריגים.**

שרידות הינה יכולת המערכת להתמודד עם תופעות מעבר ולחזור למצב יציב במקרה של תקלות. כלומר, יכולת המערכת לעמוד בפני אירועים העשויים להוביל אותה לעלטה אזורית או ארצית. עלטה כללית או אזורית של המערכת יכולה להתרחש בעקבות תופעות כמו: התמוטטות מתחים, הפסקות קווים בשרשרת, תנודות הספק ממושכות, איבוד סנכרון, וירידת תדר.

השימוש באמצעים אוטומטיים מאפשר לנקוט בפעולות תיקון מהירות, על מנת לשמור על שרידות המערכת בתופעות מהסוג הנ"ל, במקרים בהם מורכבות הבעיה ומהירות התגובה הנדרשת הן מעבר ליכולת המפקח ביחידה לניהול המערכת. יש לציין שבהתאם לממצאי חקירת עלטות שהתרחשו בעולם בשנים האחרונות, מומלץ להרחיב התקנת מערכות לאבטחת שרידות המערכת. שילוב של אוטומציה מקומית, המבוססת על ממסרים ייעודיים, עם אוטומציה מרכזית, המבוססת על המחשב המרכזי שביחידת ניהול המערכת, מבוסס על העיקרון שהאוטומציה המקומית אמורה

לפעול במהירות לעצירת הידרדרות המצב, ועל ידי כך לאפשר לאוטומציה המרכזית ולמנהל המערכת לבצע את פעולות התיקון הנדרשות להחזרת המצב למצב תפעולי תקין.

ניתן לציין מערכות אוטומציה מקומיות עיקריות:

- מערכת להשלת עומס בתדר ירוד, המותקנת בהיקף נרחב במערכת, פועלת בהצלחה שנים רבות (במצבי חוסר גנרציה זמניים) והוכיחה את עצמה מבחינה תפעולית.
- מערכת להשלת עומס במתח ירוד. מערכת זו הותקנה על סמך בדיקות שנערכו בהיקף נרחב לאיתור תחמ"ש בהם מערכות אלו יתרמו למניעת התמוטטות המתחים. הממסרים הראשונים הותקנו בשנים 9-1998. המקומות להתקנת הממסרים מתעדכנים בהתאם לתסריטי הפיתוח. כיום נמצאים בניצול 18 מתקנים מסוג זה. לאחרונה הוחלט על מימוש השלת עומס המתח יחד עם ממסרים חדשים להשלת עומס לפי תדר המתאימים למטרה זו.
- מערכת השלת עומס לפי עומס יתר בקווים למניעת הפסקת קווים בשרשרת. מסריקה מקיפה של תקלות אפשריות, זוהו הקווים שהתנתקו עלולה לגרום להתפשטות התקלה לתקלה אזורית או ארצית. בשלב הראשון הותקנו 17 ממסרים למטרה זו, כאשר הממסרים הראשונים הותקנו בשנת 2000. על סמך בדיקות העוקבות אחר השינויים במערכת המסירה מתעדכנות ההמלצות על התקנת ממסרים נוספים ועל שינוי מיקום חלק מהממסרים הקיימים.
- הגדרת דרישות טכניות ממתקני יצור בחלוקה, לרבות תמיכה במתח בזמן תקלה, השתתפות בויסות התדר, מחקרי חלוץ בתחום השטטפות הצרכנים בתמיכה בתדר, מחקרים בתחום אינרציה סינטטית במטרה למנוע תופעות חריגות במערכת החשמל מחד, ולמניעת התפשטות תקלות מאידך. על ידי כך מערכות אלה משפרות את יציבותה ושרידותה של מערכת החשמל.

5.7 שילוב מתקני אגירה ברשת החשמל

5.7.1 שילוב אמצעי אגירת אנרגיה מהיבט רשת החשמל ושרידות המערכת

תכנון ותפעול משק החשמל מהווה משימה מורכבת, והאתגרים גדלים משמעותית עם הגידול בייצור מבוזר והשימוש בייצור באנרגיות מתחדשות.

למתקני אגירת אנרגיה, קיימות תועלות רבות למערכת החשמל, הן בהיבט התפעולי והן בהיבט התכנוני להלן עיקרי יכולות המתקנים:

- Time Shifting - אגירת אנרגיה ממתקני ייצור באנרגיות מתחדשות, ושימוש באנרגיה זו בשעות ביקוש בהתאם לצרכי המערכת ובהתאם להנחיות מנהל המערכת.
- Peak Shaving – אספקת אנרגיה בשעות שיא הביקוש - שחרור אנרגיה בשעות שיא ביקוש (החלפת תפקיד יח' ייצור פיקריות).
- Congestion Relief - הקלה על גודש ברשת ע"י הסטת האנרגיה - אגירת אנרגיה בשעות בהם הרשת עמוסה ושחרור האנרגיה בשעות שהרשת פנויה.
- הגדלת יכולת קליטת מתקני ייצור באנרגיות מתחדשות על בסיס רשת החשמל הקיימת. (מאפשר קליטה רחבה יותר של מתקני ייצור)
- Voltage Support and Frequency Control - השתתפות בייצוב המתח והתדר (איזון אספקת חשמל מאנרגיות מתחדשות – רוח, שמש, עננות - ריסון תנודות).
- Ancillary services - שירותים נלווים- ויסות תדר ומתח רציף, התנעה שחורה, אינרציה סינטטית.
- Spin /Non Spin Reserves – שימוש לצרכי עתודה סובבת (חיסכון בהדממות והתנעות מחזמ"ים).

5.7.2 שילוב אמצעי אגירת אנרגיה מהיבט מערכת הייצור

לאור הצפי לגידול בהיקף הייצור מאנרגיות מתחדשות בהתאם ליעד של 30%, הפעלת מערכת הייצור צפויה להפוך לאתגר יום-יומי מורכב. הסיבה לכך היא שעקום הייצור השיורי לאחר הפחתת האנרגיות המתחדשות (Residual Load) יקבל את צורת ה-"Duck Curve" עקום הברווז – עקום הייצור השיורי לאחר הפחתת האנרגיות המתחדשות (Residual Load) מתאפיין בשינויים חדים ומהירים והוא מקבל את צורת ה-Duck Curve שמקשים מאוד על תפעול המערכת.

אגירה אנרגיה בשעות הצהריים ופריקת אנרגיה אגורה בשעות הערב תצמצם קיטום יזום של אנרגיה בשעות שיא השמש. הקטנת הצורך בהתנעות/הפסקות מיותרות של מחז"מ. כמו כן, האפשרות של מתקני אגירה לבצע מעבר ממצב טעינה למצב ייצור או ממצב המתנה למצב ייצור באופן מיידי, תסייע בהתמודדות עם האתגרים התפעוליים הנובעים מצורתו של עקום העומס, הנובעת מעליה

מהירה ביצור מתחדש עם זריחת השמש וירידה מהירה ביצור לקראת שקיעת השמש בשילוב עקום העומס האופייני לצרכנות.

לסיכום, בהתאם לניתוח מערכתי, נדרשים אמצעי אגירת אנרגיה בהיקפים משמעותיים, זאת בהתייחס ליעדי הממשלה ל- 30% אנרגיות מתחדשות עד סוף העשור.

שילוב מתקנים אגירה בהיקפים נדרשים מבטיח:

1. צמצום אנרגיה מושלכת מיחידות באנרגיה מתחדשת בדגש על פוטו-וולטאיות
2. צמצום מספר ההתנעות של מחז"מים ואבטחת אמינות אספקת החשמל
3. מענה לשינויי עומס חדים שמתרחשים בשעות זריחת ושקיעת השמש
4. התמודדות עם התנודתיות בעומס של יחידות פוטו-וולטאיות
5. איפשור חדירה גבוהה של מתקנים PV מהיבט רשת ההולכה
6. שיפור אמינות ההספקה (מותנה בניהול אגרגטיבי, של המתקנים בהתאם לצרכי המערכת האזוריים והארציים)

כתוצאה מתכנון מערכת היצור המוצג בדוח תכנון אינטגרטיבי-2030 זה, נמצא שהשגת יעד ממשלה, לפיו ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות בשנת 2030 יגיע לשיעור של 30%, מחייב הקמת מתקני האגירה עד סוף העשור הנוכחי בהיקף:

- 1,800 מגוואט בעלי קיבולת של 4 שעות פעולה

וזאת בנוסף ל:

- תקנים המשולבים בהסדרת PV + אגירה, בהספק מצרפי של כ- 770 מגוואט
- יחידות אגירה שאובה (מעלה גלבע - מחובר, כוכב הירדן ומנרה) בהספק מצרפי של 800 מגוואט ל 8 שעות יצור בהספק מלא.

5.7.3 מתקני אגירת אנרגיה ברמות מתח שונות

בהתאם לרישיון, מנהל המערכת ישלוט ישירות במתקנים ברמת מתח עליון (161 ק"ו). בכדי לאפשר תועלות ממתקני אגירה במתח גבוה (המתחברים לרשת החלוקה) ושמירה על אמינות, איכות ושרידות מערכת החשמל הארצית והתמודדות עם אירועי קיצון נדרשת יכולת לניהול וקביעת משטר ההפעלה אגרגטיבי ע"י מנהל המערכת במתקני אגירת האנרגיה ברמת שנאי תחמ"ש.

אנו מעריכים כי מתקני אגירה ברמת מתח נמוך, יותקנו בהתאם לאיתות כלכלי הנובע ממבנה התע"ז, וכן על מנת לספק אמינות אספקה מקומית (UPS), חשמל כשר.

5.7.4 אופטימיזציה לשילוב מתקני אגירה מהיבט מערכת ההולכה

במסגרת תוכנית הפיתוח, בוצעה בחטיבת תכנון אופטימיזציה של שילוב מתקני אגירה במערכת ההולכה תוך ניצול מיטבי של משאבי הרשת לקליטת מתקני יצור באנרגיות מתחדשות. המטרה היא לקבוע את התמהיל האופטימלי לפיתוח המערכת לרבות הקמת קווים תחמש"ם ומתקני אגירה. באמצעות אופטימיזציה זו ניתן להצביע על מיקומם והספקם הנדרש של מתקני האגירה. האופטימיזציה בוצעה באמצעות כלים סטוכסטיים המבצעים הדמית המערכת הסתברותית, המתבססת על מודל מתמטי של מערכת ההולכה, תחזיות שעתיות של ביקוש לחשמל וייצור האנרגיה. מטרת האופטימיזציה לנצל באופן אופטימלי את משאבי רשת ההולכה תוך שימוש במתקני האגירה לקליטת אנרגיות מתחדשות.

5.7.4.1 מתודולוגיה

בוצעה אופטימיזציה לקביעת מיקום והיקף של מתקני אגירה באמצעות תוכנת TERA. אלגוריתם הסימולציה מבצע קטימת יצור מינימלית של מתקני פי-וי, על מנת לסלק העמסות יתר במערכת ההולכה במטרה לשמור על אמינות אספקת האנרגיה במערכת. התקנת מתקני אגירה המתחברים דרך רשת ההולכה או דרך רשת החלוקה לתחנות משנה שבהן האנרגיה הקטומה גבוהה ביותר, כך שהאנרגיה PV הקטומה (Curtailed Energy) עקב גודש במערכת ההולכה תהיה מינימלית. עבור כל מיקום רלוואנטי (בו כמות האנרגיה הקטומה מירבית) נבדקו הוספת היקפים שונים של מתקני אגירת אנרגיה, וחושבה עבור כ"א כמות אנרגיה PV קטומה וההפחתה באנרגיה הקטומה לפי הספק אגירת האנרגיה המותקן וכן את משטר העבודה (שעות טעינה/פריקה) של מתקני האגירה.

5.7.5 שילוב מתקני אגירה ברשת החלוקה מהיבט המערכת

במסגרת הכנת תוכנית פיתוח אינטגרטיבית לצורך עמידה ביעד הממשלה ובהתאם לרישיון שניתן לחברת "נגה", להנחות בדבר דרישות מערכתיות הקשורות לקליטת ייצור מבוזר ואגירה במערכת החלוקה, פותחה תוכנת אופטימיזציה על מנת לבדוק את היעילות של התקנת מתקני אגירת אנרגיה ברשת החלוקה ובאמצעותה ניתן למצוא מיקום ומשטר הפעלה אופטימליים של מתקני האגירה.

5.7.5.1 מתודולוגיה

מטרת האופטימיזציה הינה למזער את עומס השיא בקו החלוקה, בקטע הקו היוצא מתחמ"ש, בכפוף לאילוצי זרם ומפל מתח.

התוכנה מספקת את המיקום של מיתקן אגירה ומשטר טעינה ופריקה האופטימליים, עקומת העומס יומית בקו החלוקה המחובר לפס הצבירה של התחמ"ש והודעות על חריגות מתח וזרם (מיקום וגודל החריגה) במקרים שהם קיימים.

התוכנה מבוססת על Load flow AC אשר מקבלת את הזרם והמתח עבור כל פס וקו במהלך היממה על בסיס מיקום נתון ומשטר טעינה ופריקה נתון של מתקן האגירה.

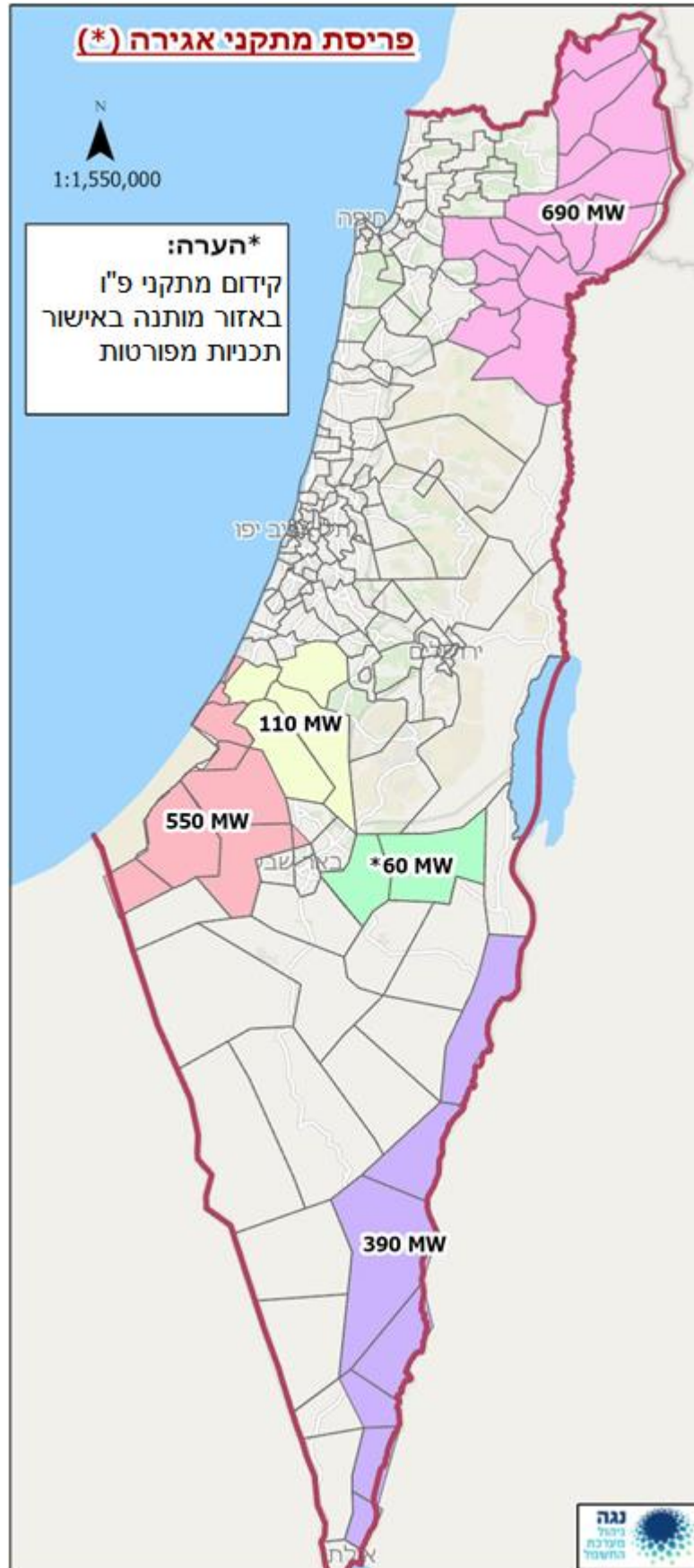
אלגוריתם גנטי משמש כמנוע אופטימיזציה. אלגוריתם זה מייצר פתרונות אקראיים (מיקום ומשטר) ומכוון חיפוש לקראת פתרונות טובים יותר בהתבסס על הערכת איכות הפתרון המסופקים מ-Load flow AC.

לצורך הערכת עקרונות הבסיסיים וניסוח המלצות כלליות בוצעה האופטימיזציה על מספר קווי מתח גבוה בתסריטי ייצור וצריכה שונים, מיקום שונה של יחידות ייצור וריכוז שונה של הצריכה לאורך הקו.

5.7.6 סיכום

- ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות בהיקף של 30% מחייב הקמת מתקני האגירה.
- מיקום מתקני אגירה נקבע ע"י מנהל המערכת לקבלת התועלות המירביות ממתקנים אלו:
 - ניצול אופטימלי של משאבי הרשת (ההולכה וההשנאה).
 - הגדלת יכולת המערכת לקלוט מתקני ייצור באנרגיות מתחדשות
 - צמצום השקעות תוך שמירה על קריטריוני התכנון.
- ההמלצה למיקום גיאוגרפי של מתקני אגירה במתח עליון ומתח גבוה נקבעה בהתאם לפריסת המתקנים באנרגיות מתחדשות.
- העדיפות להקמת מתקני האגירה הינה לאתרים בהם אחוז האנרגיה הקטומה עקב גודש בהולכה הוא הגדול ביותר, כאשר מתקני אגירה אלו מביאים להפחתה מרבית של כמות אנרגיית PV קטומה תוך יעילות מרבית של מתקני האגירה וניצול משאבי הולכה.
- קיימת תועלת בהתקנת מתקני אגירה ברשת החלוקה כאשר מותקן הספק ייצור גבוה של PV במערכת החלוקה באזור שיאפשר צמצום השקעות, מהיבט של פיתוח רשת חלוקה והשנאה בתחנות המשנה.
- החלוקה בין מתקני אגירה ברשת מתח עליון לבין מתקני אגירה ברשת מתח גבוה הינה באופן היחסי להספק הייצור של PV באותו אזור.

- הנחיית מנהל המערכת למיקום מתקני אגירה ברשת החלוקה: כאשר היקף ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות בקו הינו דומיננטי ביחס לביקוש לחשמל, מיקום מתקן האגירה האופטימלי הוא בין יחידת הייצור ותחמ"ש, בסמיכות למתקן הייצור.
 - התועלת המערכתית מהתקנת מתקני אגירה ברשת החלוקה הינה בתנאי שמשטר העבודה של מתקנים אלו יקבע אגרגטיבית ברמת שנאי תחמ"ש ע"י מנהל המערכת.
 - מנהל המערכת ממשיך באופן שוטף לעדכן את הצורך במתקני אגירה הן בהיבט מיקום והן בהיבט גודל וזאת בהתחשב בכלל צרכי המשק ובאילוצים הנגזרים.
 - נדרש המשך תכנון לקליטת מתקני אגירה במערכת. בימים אלו מבוצעת עבודה שמטרתה:
 - לבחון את היקפי מתקני האגירה ופריסתם המומלצת לצורכי מערכת ההולכה בשנים הקרובות באזור הצפון.
 - ביצוע אופטימיזציה להיקפים של מתקני האגירה בפריסה ארצית, לצורך ניצול אופטימלי של משאבי מערכת ההולכה ביחד ליעדים לקליטת אנרגיה מתחדשת.
 - בחינת צורך בהקדמת מתקני אגירה והספקם ביחס לפריסה שנקבעה בתכנית מערכת הייצור.
 - הכנת תכנית לקליטת מתקני אגירה, בפילוח שנתי ואזורי עד לשנת 2030.
- בהתאם לקריטריונים המתוארים לעיל, בתרשים להלן מתוארת פריסה של מתקני אגירת אנרגיה שנקבעו ע"י תוכנית פיתוח מערכת הייצור המוצג בדו"ח זה, בהספק מצרפי כ- 1800 מגוואט, לפי אזורים שונים.



איור 5.26: פריסה של מתקני אגירת אנרגיה, בהספק מצרפי כ- 1800 מגוואט, שנקבעו ע"י תוכנית פיתוח מערכת היצור

5.8 מתקני ייצור קונבנציונליים

5.8.1 דרישות מנהל המערכת בתוכנית הפיתוח

חברת ניהול המערכת הוקמה מכח החלטת ממשלה ורישיון שניתן לה בין לצורך ניהול ופיתוח מערכת החשמל ובכלל זה תכנון הפיתוח במערך הייצור, תכנון הפיתוח במערך המסירה ותכנון הנדסי סטאטוטורי שלה.

בהתאם לסמכויות שהוקנו לנגה להלן עמדתנו בנושא קידום תחנות כח מופעלות בגז.

התייחסות כללית:

יעדי הממשלה לקליטת אנרגיה מתחדשת בשילוב אגירת אנרגיה בהיקפים גדולים, מביאה לעדיפות מערכתית להתקנת יחידות ייצור במחזור משולב. למרות הנ"ל, לאור חוסר הוודאות הטכנולוגית העתידית, מומלץ לאפשר בתוכניות המתאר לאתרי ייצור בגז שתהיה אפשרות להתקנת ט"ג ו/או מחז"מ.

הנ"ל בהתאם לתוכנית פיתוח מערכת הייצור שמתוארת בדוח תכנון אינטגרטיבי זה.

בדרום הארץ עתידים להתחבר מתקני ייצור באנרגיה מתחדשת בהספקים גבוהים ביותר. העברת האנרגיה מהמתקנים אל מרכזי הצריכה-אזור ירושלים ואזור מרכז הארץ, תנצל עד תום את תשתיות החשמל הקיימות והמתוכננות בהתאם לתוכנית הפיתוח הקיימת, להערכת מתכנן המערכת ידרשו תשתיות הולכה משמעותיות נוספות. הקמת יחידות ייצור מסוג מחז"מ בדרום, תקטין את יכולת המערכת לקלוט ייצור באנרגיות מתחדשות בדרום. הקמת תחנות הכוח תידרש קידום והקמת תשתיות הולכה נוספות לצורך העברת האנרגיה למרכז הארץ.

בצפון הארץ, ברמת הגולן, אזור בית שאן ועמק יזרעאל עתידים להתחבר מתקני ייצור באנרגיה מתחדשת בהספקים גבוהים ביותר. העברת האנרגיה ממתקנים אלה אל מרכזי הצריכה-אזור השרון ואזור מרכז הארץ, תנצל עד תום את תשתיות החשמל הקיימות והמתוכננות בהתאם לתוכנית הפיתוח הקיימת, להערכת מתכנן המערכת ידרשו תשתיות הולכה משמעותיות נוספות. הקמת יחידות ייצור מסוג מחז"מ בצפון, תקטין את יכולת המערכת לקלוט ייצור באנרגיות מתחדשות בצפון.

בהתאם לתוכנית פיתוח מערכת הייצור, עד שנת 2030 נדרש לחבר למערכת ההולכה הארצית שתי יחידות מחז"מ בהספק של 670 מגוואט כ"א.

להלן עדיפות להקמת תחנות כוח על פי אזורים המופיעים במפה:

עדיפות 1. הקמת תחנת כוח במרכז גוש דן ואזור ירושלים תהיה קרובה ביותר למוקדי הצריכה, לידיעת מנהל המערכת אין זמינות אתרים להקמת תחנות כוח באזורים אלו (פרט לאתר תחנת הכח רדינג).

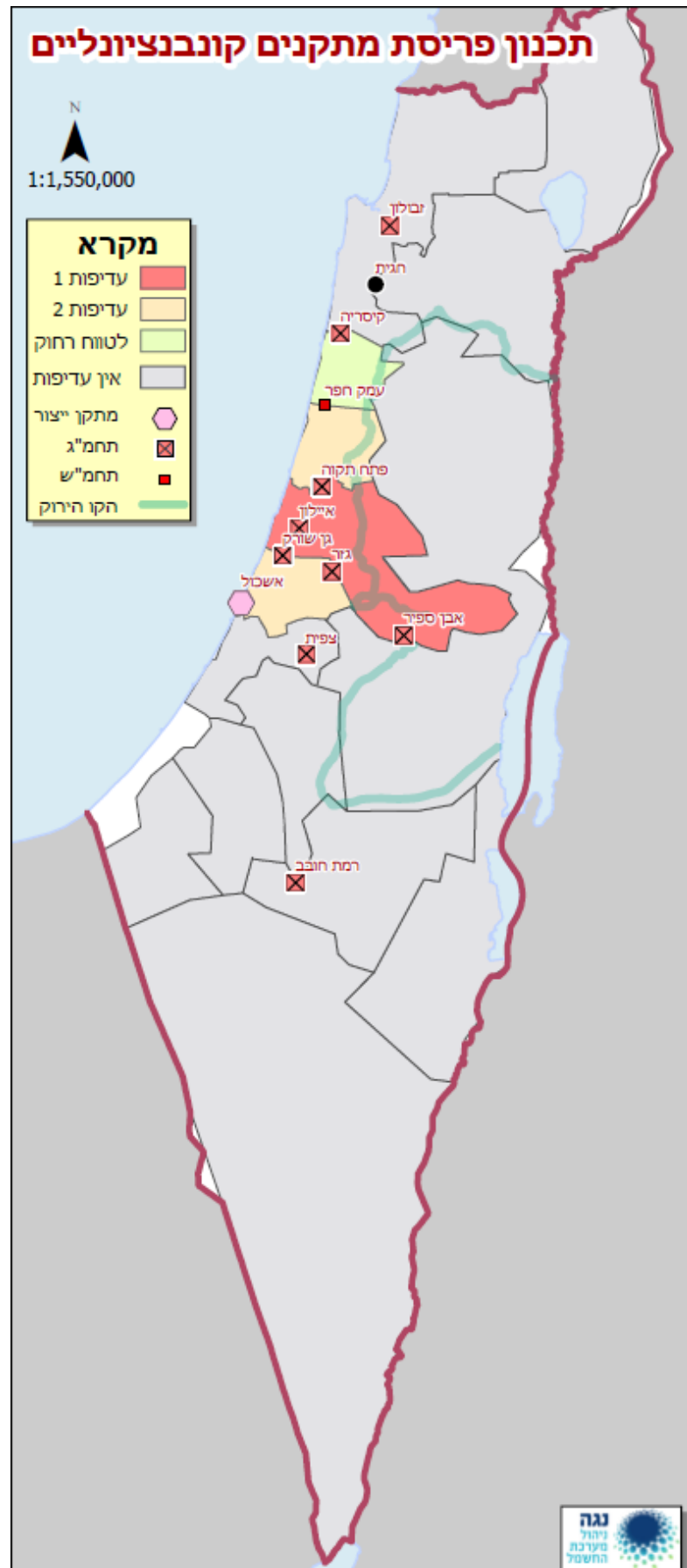
עדיפות 2.

- מנהל המערכת ממליץ להקים מחז"מ אחד באזור המשתרע מצפון גוש דן ועד נתניה. הקמת מחז"מ זה בנוסף להקמת פרויקטי הולכה נוספים באזור גוש דן אשר יאפשרו להפסיק את הפעילות בתחנת הכח הקיימת ברדינג (נדרשים החל משנת 2026).
- מנהל המערכת ממליץ להקים מחז"מ אחד נוסף באזור המשתרע מדרום לגוש דן ועד לאשדוד (ההפעלה נדרשת לקראת סוף העשור).

עדיפות טווח רחוק

אזור קיסריה – חדרה הינו אזור מתאים להקמת תחנת כח לטווח שמעבר לתוכנית הפיתוח 2030. באזור זה יש לשמור על גמישות תכנונית עבור הקמת יחידות יצור מסוג טורבינות גז ("פיקריות") או מסוג מחז"מ.

באזור הבא מתוארת מפה עם ציון תיעדוף של הקמת תחנות כח באזורי הארץ בהתאם לצויין לעיל.



איור 5.27: תיעדוף אזורי הקמת תחנות כוח קונבנציונליות

5.9 מבקשי חיבור פרטיים לרשת ההולכה

5.9.1 יח"פ – יחידות ייצור פרטיות

5.9.1.1 מבוא

בהתאם להחלטות הממשלה וחוק משק החשמל ישתלבו יחידות ייצור פרטיות במערך ייצור החשמל בישראל.

התהליך של שילוב יצרנים למערכת המסירה מתבצע תוך התחשבות בתחזית העומס ופיתוח מערכת הייצור לצרכים הדינמיים והעתידיים של משק החשמל וזאת בהתאם לקריטריוני התכנון והסטנדרטים המקובלים והמאושרים ע"י משרד האנרגיה, החלטות רשות החשמל ובכפוף לרישיון של חברת נגה לניהול מערכת החשמל.

כחלק מהתחייבות מנהל המערכת אל יצרנים פרטיים מבוצעת בקרה על יישום הפרויקטים במערכת ההולכה וההשנאה לטווחי זמן שונים. בקרה ועדכון בתוכנית הפיתוח של מערכת המסירה בראייה רב שנתית עד למועד הפעלתם של מתקני הייצור בהתאם ליעד שנקבע בתוכנית הפיתוח המאושרת.

5.9.1.1.1 דרישות טכניות מיחידות ייצור ואגירה בנושא הספק ריאקטיבי

5.9.1.1.2 חיבור מערכת המסירה ו/או מעבר קווי חשמל בשטחן של מדינות או רשויות בהתאם לתנאים פרטניים של האתר, הסכמים משפטיים, החלטות רשות החשמל והסכמים בילטרליים בין מדינת ישראל והמדינה/רשות בה ממוקם מתקן החשמל

5.9.1.2 סקירה כללית על יח"פ בישראל

שילוב יצרנים פרטיים למערכת המסירה יתבצע ע"י מנהל המערכת על פי תהליכים לקליטת מתקן ייצור במערכת ההולכה המוגדרים באמות המידה. לצורך קבלת מידע בדבר האפשרות של קליטת מתקן ייצור ומצב המערכת אליה יתחבר המתקן, יוכלו המעוניינים להשיג מידע באמצעות הערוצים: איתור מרכז לאתר ספציפי המפורסם ע"י המדינה, או בדיקת מכסה במסגרת הסדרה של רשות החשמל, או תמונת מצב המתעדכנת מעת לעת ע"י מנהל המערכת, המציגה עבור כל אחת מהשנים המוגדרות את מגבלות מערכת ההולכה ברחבי הארץ.

כיום קיימות יוזמות להקמת מתקני ייצור, הנ"ל נמצאים בשלבי קידום שונים של הפרויקט, החל מסקר תכנון, סקר חיבור, שלבים טכניים ועד לבדיקות חישמול והפעלתו של מתקן הייצור.

ניתן לחלק את היזמות בתחום ייצור החשמל האמורה, למספר קבוצות בהתאם לטכנולוגיה:

- פוטו-וולטאי ותרמו-סולרי
- טורבינות רוח.
- אגירה שאובה.

- טכנולוגית ביו-גז
 - הפקת קיטור לצרכי התהליך התעשייתי, בנוסף לייצור החשמל.
 - טורבינות גז ומחזור משולב.
- כיום מחוברים למערכת ההולכה 38 יצרנים פרטיים בהספק כולל של 6,953 מגוואט ע"פ הפירוט הבא:

טבלה 5.27: מתקני יצור פרטיים פועלים ברשת ההולכה נכון ל-12.2021

הספק (מגוואט)	כמות	
4,973	19	קונבנציונלי
713	7	קוגנרציה
220		יצור עצמי
747	11	פוטו-וולטאי ותרמו-סולרי
300	1	אגירה שאובה
6,953	38	סה"כ:

5.9.1.3 חיבור יח"פ לרשת מתח נמוך ומתח גבוה

הרשות הסדירה חיבור מתקני יצור קטנים, בהספק של עד 0.630 מ"א, כחיבור במתח נמוך. מתקנים אלו אינם נדרשים לסקרי היתכנות ויח"פ מחויבת לחברם לרשת החשמל. כל הפעילות המסחרית והטכנית הקשורה לחיבורים מתבצעת ביח"פ.

אתרי ייצור קטנים שגודל החיבור שלהם נע בין 0.630 מ"א לבין 8 מ"א מחוברים בד"כ למערכת החלוקה במתח גבוה.

בתאם לרישיון הניתן למנהל המערכת, באחריות תפ"ט :

- להנחות את בעל רישיון חלוקה, המכין תוכנית פיתוח בכל ההיבטים הקשורים לנקודות החיבור והשפעות הגומלין בין מערכת המסירה למערכת החלוקה.
- להנחות את בעל רישיון חלוקה בדבר דרישות מערכתיות הקשורות לקליטת ייצור מבוזר ואגירה במערכת החלוקה. לקבוע עקרונות וקריטריונים שעל פיהם יוכנו סקרים במקטע החלוקה על ידי בעל רישיון חלוקה, וכן יקיים מנגנון השגה על אופן יישום הקריטריונים בתוצאות הסקר, הכול לפי הכללים.
- רשאי לתת הוראות לבעל רישיון חלוקה בדבר תיקון הסקר, ככל שמצא שהסקר נערך שלא בהתאם לקריטריונים.

מנהל המערכת מנחה את חברת החשמל בנוגע לקליטת מתקני ייצור ברשת מתח גבוה ונמוך ל 100 אחוז העמסה בשנאים למתקנים קטנים, בנוסף לכך קובע מנהל המערכת דרישות טכניות לרשת החלוקה, לרבות הנחיה למתקני אגירת אנרגיה, וכן רשאי להורות על שינויים בתוכנית הייצור כדי להתמודד עם תקלות במערכת.

5.9.1.4 חיבור יח"פ לרשת מתח עליון ועל

אתרי ייצור גדולים שגודל החיבור שלהם גדול מ-16 מ"א יחוברו ע"פ אמות מידה למערכת 161 ו-400 ק"ו.

בחודש נובמבר 2019 פורסמה הרשות עדכון לאמות מידה 35 כו – חיבורים במתח עליון. במסגרת עדכון אמות המידה ביטלה הרשות סקר היתכנות ראשוני. בהתאם לאמות מידה המעודכנות על היזם שרוצה להקים מתקן ייצור המתחבר לרשת ההולכה יש לבצע סקר תכנון אשר מהווה אחד התנאי להזמנת סקר חיבור. בדומה לסקר היתכנות, סקר תכנון אינו מקנה זכות לשמירת מקום ברשת.

להלן טבלה המרכזת את מספר הסקרים שנמצאים כעת בשלבי הכנה וכמות הפרויקטים שנמצאים בתיאומים טכניים לאחר הזמנת חיבור.

טבלה 5.28: ריכוז שמירת מקום ברשת, סקרי חיבור בהכנה והזמנות חיבור
(מעודכן ל-12.2021)

הספק ⁽¹⁾ (מגוואט)	כמות	
4,040	25	פרויקטים להם שמור מקום ברשת
130	2	סקר חיבור בביצוע
950	8	הזמנות חיבור

הערות:

- (1) – ההספק מתייחס רק להספק שאושר בסקר האחרון שהוזמן
 (2) – בחלק מהסקרים המועד האפשרי להוצאת אנרגיה אינו תואם בקשת היזם

5.9.1.5 יח"פ שקיבלו התחייבות לחיבור במערכת ההולכה

בהתאם לאמות מידה פרק ג' לחיבורים לרשת סימן ד'-חיבור למתח עליון ולמתח על, סקר החיבור הינו הנדבך העיקרי לשמירת מקום ברשת ההולכה עבור מתקני ייצור פרטיים.

בנוסף להתחייבות לשמירת מקום ברשת ההולכה סקרי חיבור בתוקף, מנהל המערכת שומר מקום ברשת למכרזים ממשלתיים באזור דימונה (380 מגוואט), 2 מחז"מ באתר אורות רבין (1260 מגוואט), ולהרחבת תח"כ פרטית אלון תבור (230 מגוואט). נכון ל-12.2021 מנהל המערכת שומר מקום ברשת ההולכה עבור יחידות ייצור בהספק של כ-4,040 מגוואט.

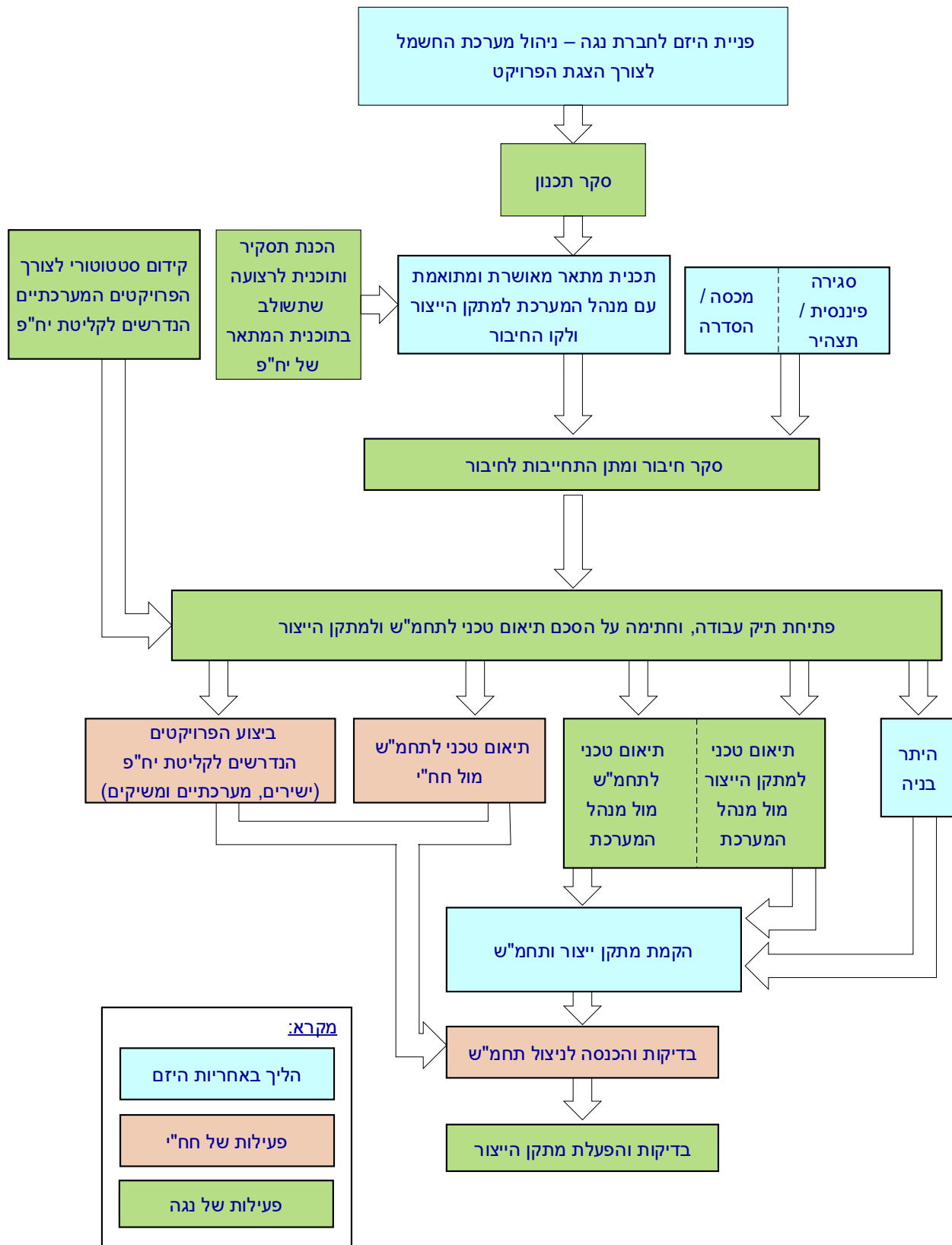
טבלה 5.29: שמירת מקום לפי טכנולוגיה- עדכון ל-12.2021

הספק (מגוואט)	כמות	
837	11	PV
500	2	אגירה שאובה
2287	8	קונבנציונאלי
9	1	קוגנרציה
407	3	רוח
4040	25	סה"כ התחייבות לשמירת מקום ברשת ההולכה

5.9.1.6 דיאגרמת מלבנים של חיבור יח"פ למערכת ההולכה

בהתאם לאמות מידה פרק ג': חיבורים לרשת, סימן ד': חיבור למתח עליון ולמתח על, שקובעת את המתווה לחיבור יצרני חשמל פרטיים, מבצע מנהל המערכת פעילות ענפה במהלך השלבים השונים שעובר יצרן פרטי החל מפנייתו לנגה – ניהול מערכת החשמל ועד חיבורו לרשת ההולכה ע"י חברת החשמל כפי שמפורט בתרשים שלהלן:

תרשים תהליך חיבור מתקן יצור פרטי במ"ע – בהתאם לאמות מידה



5.9.1.7 תיאור מילולי של תהליך חיבור יח"פ למערכת ההולכה

להלן הסבר על פעילויות בתהליך חיבור יצרן פרטי לרשת ההולכה בהתאם לתרשים התהליך שלעיל המבוסס כאמור על אמות מידה פרק ג': חיבורים לרשת, סימן ד': חיבור למתח עליון ולמתח על

5.9.1.7.1 הכנת סקר תכנון

יזם המבקש להתחבר לרשת ההולכה עם מתקן יצור פרטי פונה למנהל המערכת ומבקש סקר תכנון. סקר תכנון נותן אינדיקציה ראשונית להיתכנות החיבור מהיבטים טכניים והיבטי לוח"ז. חטיבת תכנון ופיתוח מרכזת הכנת הסקר לרבות הכנת החלק הטכני, ביצוע סימולציות הנדסיות תוך תיאום עם יחידות נוספות בחברה.

סקר זה מהווה את אחד התנאים להגשת בקשה לביצוע סקר חיבור הנדרש לו להמשיך התהליך. מנהל המערכת מחויב על פי אמות מידה חיבורים במתח עליון 35(כו)(2)(6) לבצע את הסקר תוך 60 ימי עבודה. במסגרת הסקר נקבעת סכמת חיבור ראשונית, ישימות חיבור המתקן למערכת, קביעת פרויקטים המערכתיים והישירים הנדרשים לצורך החיבור וההשפעה האפשרית של חיבור המיתקן על חיבור מיתקנים אחרים. כל זאת בהתייחס לתאריך החיבור המבוקש ע"י היזם ולנתונים הראשוניים שנמסרו על ידו.

5.9.1.7.2 הכנת תסקיר ותוכנית לרצועת קווים המשולבת בתוכנית המתאר של יח"פ

לאחר קבלת סקר התכנון ולאחר תאום התוכנית מול מנהל המערכת מתניע היזם פנייה למוסד התכנון לפתוח בהליך סטטוטורי לקידום התוכנית. היזם ישלב בתוכניות שהוא מגיש למוסדות התכנון, את המסמכים שהוכנו על ידי מנהל המערכת לצורך השלמת הקידום הסטטוטורי. תכנון של חיבור מתקן החשמל למערכת המסירה והכנת המסמכים הנדרשים להליך הסטטוטורי לרבות החלק הרלוונטי בתוכנית המתאר ובתסקיר השפעה על הסביבה/מסמך סביבתי יתבצעו ע"י מנהל המערכת בתיאום עם יזם התוכנית.

5.9.1.7.3 הכנת סקר חיבור

עם פרסום ברשומות תוכנית מתאר מאושרת ומתואמת עם מנהל המערכת למתקן הייצור ולקו המסעף, פונה היזם למנהל המערכת בבקשה להכנת סקר חיבור לשם קבלת התחייבות לחיבור. התחייבות לחיבור מוגבלת בזמן ותקפה לתקופה המורכבת מצירוף של 12 חודשים מביצוע תשלום עבור "התחייבות החיבור" ושל המועד להפעלה מסחרית (לכל היותר עד ל-36 חודשים ממועד הסגירה הפיננסית). אם בחלוף 12 חודשים היזם לא המציא את אישור הרשות לסגירה פיננסית או אם המכסה נתפסה ע"י מבקש חיבור אחר וההספק שנותר במכסה המבוקשת נמוך מההספק המרבי, תפקע התחייבות החיבור.

חטיבת תכנון ופיתוח מרכז את הכנת הסקר לרבות בדיקת תוכניות היזם תוך תיאום עם יחידות נוספות בחברת נגה – ניהול מערכת החשמל. בחטיבת תכנון ופיתוח מתבצעות בדיקות דינאמיות ליחידות הייצור, ומתבצעות סימולציות הנדסיות.

5.9.1.7.4 התאמת מערכת ההולכה לקליטת יצרנים פרטיים

כאמור לעיל, כחלק מהכנת סקרי תכנון וסקרי חיבור, מבוצעות בחטיבת תכנון ופיתוח חברת נגה סימולציות מערכתיות והנדסיות שונות כגון: זרימות עומס במערכת ההולכה, חישוב זרמי קצר ועוד, בדיקות אלו נועדו לקביעת הפרויקטים הנדרשים לקליטת מתקן הייצור. בכל מתקן ייצור שנבדק מתבצע למעשה תכנון אסטרטגי וטקטי של מערכת ההולכה שהתוצר שלו הינו רשימת פרויקטים במערכת ההולכה שביצועם יאפשר לקלוט את תחנת הכוח הפרטית הנבדקת, תוך עמידה בקריטריוני תכנון מקובלים.

5.9.1.7.5 פתיחת תיק חיבור, ותיאום טכני לתחמ"ש עד למעבר לשלב אופרטיבי

לאחר קבלת התחייבות לחיבור פותח היזם תיק עבודה אצל מנהל המערכת. בשלב זה מתחיל התיאום הטכני עם היזם שנמשך עד למעבר לשלב אופרטיבי.

חטיבת תכנון ופיתוח מרכז את התיאום הטכני מול היזם ומול כל גורמי חח"י, שבמסגרתו נבדקות תוכניות תחמ"ש של הלקוח, הצידוד העיקרי, מבוצעים תיאומי תקשורת למתקן ועוד מספר רב של נושאים טכניים שונים.

במקביל מתבצע תיאום טכני למתקן הייצור ע"י יחידת ניהול המערכת בחברת נגה – ניהול מערכת החשמל.

5.9.1.7.6 אישור צידוד עיקרי למסדר של יח"פ

מטרת אישור צידוד עיקרי הינה לבחון את התאמת הצידוד למערכת כך שהוא יכול לעמוד בכל מצבי התפעול כגון: מצבי תקלה, פעולות מיתוג וכד' זאת כדי להבטיח שהצידוד שהינו חלק מהמערכת הותאם אליה, כך שבכל המצבים התפעוליים תישמר שרידות המערכת ורמת הבטיחות של העובדים. הבדיקה המערכתית נעשית בן השאר בסימולציה של המערכת בתנאי מעבר המפורטים לעיל כגון רמת יציבות המערכת, רמת הבידוד ורמת זרמי קצר.

לאחר הקמת המתקן הפרטי ובפרט מסדר המיתוג המהווה את נקודת החיבור בין מערכת ההולכה לבין תחנת הכוח, מסדר המיתוג עובר לאחריות תפעולית ותחזוקתית של חח"י. כמו כן, המסדר הפרטי והצידוד המותקן בו מעצם היותו מחובר למערכת ההולכה, יש בו כדי להשפיע בתרחישים מסוימים על מערכת ההולכה ועל אמינותה. עקב כך, נדרשת בדיקה יסודית ומעמיקה של הצידוד המותקן בו. הבדיקה מתבצעת בחטיבת תכנון ופיתוח, האמונה על אפיון טכני של הצידוד העיקרי ואישורו לרכישה למסדרי המיתוג של חח"י ושל לקוחות הפרטיים.

בדיקת הציוד של היצרן הפרטי כוללת בדיקה של מסמכים טכניים רבים המאפיינים את הציוד, כגון: מפרטים טכניים, שרטוטי ציוד, דפי נתונים, תעודות בדיקה, ספרי הדרכה והפעלה, שרטוטי מבודדים, נתוני שלט ועוד.

בסיום הבדיקה מופק מסמך הערות המועבר ללקוח לתיקון הפרמטרים החשמליים או דרישה להשלמת מסמכים נוספים. מבוצעת בדיקה חוזרת למסמכים המתוקנים וחוזר חלילה.

5.9.1.7.7 העברת הפרויקט לשלב אופרטיבי

העברת פרויקט ממנהל המערכת לנציגי חברת החשמל, מתבצעת ע"י ישיבה בהשתתפות הלקוח, חטיבת תכנון ופיתוח בחברת נגה – ניהול מערכת החשמל וגורמים מקצועיים הרלוונטיים בחח"י שהשתתפו בתהליך התיאום הטכני.

5.9.1.7.8 תוכנית מתאר לפרויקט הולכה מערכתי הנדרש לקליטת יח"פ

קיימים מתקני ייצור פרטיים רבים, שנמצאים בהליך סטטוטורי של הכנת תוכנית מתאר. פעילות חטיבת תכנון ופיתוח בהכנת תוכנית המתאר של הלקוח הינה הכנת תוכנית מתאר לקו החשמל המחבר את המתקן והכנת תסקיר השפעה על הסביבה של הקו הנ"ל, בכדי לשלבם בתוכנית המתאר הכוללת של תחנת הכוח של היזם.

לפרויקטי הייצור הפרטיים נדרשים גם שדרוגים שונים במערכת ההולכה כפרויקטים משיקים, כגון: הקמת קווים חדשים והקמת תחנות מיתוג חדשות, שלהם נדרשת תוכנית מתאר. על פי הכללים, ביצוע הפרויקטים הללו אמור להיות רק לאחר הזמנת חיבור ע"י היזם.

5.9.1.7.9 פרויקטים מערכתיים הנדרש לקליטת יח"פ שהזמין ופתח תיק חיבור

בסקרי החיבור מפורטים הפרויקטים לביצוע במערכת ההולכה לטובת קליטת מתקני הייצור הפרטיים. על הפרויקטים הללו מנהל המערכת התחייב בל"ז מוגדר. חלק מהפרויקטים הינם לצורך חיבור פיזי של ת"כ פרטית למערכת ההולכה (החיבור הישיר) וחלקם פרויקטים מערכתיים של חיזוק מערכת ההולכה "במעלה הזרם" לצורך קליטת המתקן הנבדק ובכדי לעמוד בקריטריוני התכנון. עם מתן התחייבות לחיבור, כל הפרויקטים הנדרשים לקליטת המתקן הפרטי מוכנסים לתוכנית הפיתוח לביצוע.

פרויקטים מערכתיים לקליטת יח"פ

ניתן להבחין במספר אזורים בהם התרכז מספר רב של יזמים. באזורים אלה קיימת מגבלת תשתית ההולכה:

אזור דרומי (נגב ואילת/ים המלח/מישור רותם/רמת חובב) – במרחב זה התקבלו דרישות לביצוע סקרי תכנון בהספק נרחב עבור מתקנים בטכנולוגיות אנרגיה מתחדשת ויצור קונבנציונלי/קוגנרציה.

באזור זה קיים פוטנציאל רב להקמת מתקנים פוטו-וולטאים. זאת מהיבט שטחים פנויים ומתאימים הקמת המתקנים ותנאי אקלים מועדפים ליצור מאנרגיה שמש. בשנים אחרונות חוברו מתקנים סולאריים בהספק מצרפי של מאות מגוואט במערכת ההולכה באזורים אשלים, קטורה, משאבי שדה ואחרים. בשנים הקרובות יחובר מתקן סולארי בהספק של 500 מגוואט באזור דימונה. חוברו מספר רב של המתקנים במתח גבוה ונמוך.

כמו כן, מתוכננים מתקני יצור באנרגיה קונבנציונלית כולל קוגנרציה. הסיבה לכך הינה בריכוז מפעלי תעשייה כבדה באזור הדורשת קיטור לתהליכים פנימיים, זמינות שטח, ריחוק ממרכזי אוכלוסייה. לאור הספק כולל כה גדול יש צורך להעביר חלק מהיזמים לחיבור למערכת 400 ק"ו.

לצורך קליטת מתקני יצור באזור זה חברת החשמל מקימה פרויקט "אשכול הנגב 400 ק"ו" שכולל קו 400 ק"ו באורך של 112 ק"מ ותחנת מיתוג 400/161 ק"ו באזור דימונה, קו 161 ק"ו מרמת חובב לאילת באורך של 200 ק"מ.

בנוסף מנהל המערכת מקדם פרויקטי הולכה :

- קו 161 ק"ו חדש דימונה-סדום-פארן, באורך כ- 110 ק"מ.
- קו 161 ק"ו חדש מדימונה לאזור איתן, באורך של 70 ק"מ.
- שדרוג קו קיים מרמת חובב לבאר שבע.

קו צפית-גזר-קסם – מרבית פרויקטי היצור שקמו לאחרונה, בשלבים שונים של הקמה, ואלה שיקומו בעתיד, נמצאים בדרום הארץ. כתוצאה מכך נוצר עודף ייצור על פני צריכה בחלק הדרומי של המערכת ומצב הפוך במרכז הארץ, האזור בו ביקוש לחשמל גבוה ביותר. לאור זאת יש צורך להתאים את מערכת ההולכה להעברת האנרגיה בהספקים הנ"ל מן הדרום למרכז.

קליטת יחידות יצור נוספות בדרום מותנית בהקמת קו 400 ק"ו שני מתחנות מיתוג צפית וחרובית עד לקסם עקב התחייבות מנהל המערכת לקלוט מספר רב של יצרני חשמל באזור הדרום וכן מספר פרויקטי PV בהספק של מאות מגוואט.

אזור גליל מזרחי ורמת הגולן – במרחב זה התקבל מידע על יזמים בהספק נרחב הסיבה לכך הינה בתנאים המתאימים להקמת יחידות ייצור על בסיס אגירה שאובה ואנרגיית רוח. לאור הספק כה גדול, יש צורך להאיץ את הקמת תחמ"ג 400/161 ק"ו גליל מזרחי וקו 400 ק"ו לאזור.

עמק בית שאן - באזור זה בוצעו מס' רב של סקרי תכנון. לאור זאת נשקלת באפשרות להקים באזור מסדר 400 ק"ו (במסגרת אחד הפרוייקטים הפרטיים), שיחבר את מתקני היצור שיוקמו באזור הנ"ל לקו 400 ק"ו המתוכנן לעבור בסמוך, במסגרת האשכול הצפוני.

5.9.2 צרכני מתח עליון

52 תחנות משנה פרטיות במערכת החשמל בדצמבר 2021. חלק מהצרכנים המסחריים והתעשייתיים הינם מפעלים עתירי אנרגיה-צריכת ההספק שלהם הינה מעל 8 מגו"א, כדוגמא: מפעלי פלדה וכימיה ומתקני שאיבת מים של חברת מקורות, חלק נוסף שבהתפתחות הינו צרכנות עבור תחבורה, כדוגמה חישובול רכבת ישראל. צרכנות זו מוזנת במ"ע. תעריף האספקה במ"ע נמוך בכ-21% מתעריף האספקה במ"ג. ההספק המצרפי המותקן בתחנות משנה פרטיות בבעלות צרכני מ"ע תהיה 4044 מגו"א.

בין הצרכנים הנ"ל קיימים כאלו בעלי כושר יצור עצמי (יצרנים פרטיים) כמו בתי זקוק, מתקן התפלה אשקלון, מפעלי ים המלח ועוד.

צרכן פרטי המבקש חיבור במתח עליון, עובר תהליך של תאום טכני בדומה ליצרן פרטי. צרכני מ"ע הנמצאים כיום בתהליך תאום טכני הינם 9 תחנות השנאה רכבתיות (תה"ר) ו-5 צרכנים נוספים.

5.10 הזנת צרכנות ברשות ביו"ש

5.10.1 מבוא

- מנהל המערכת הציג תוכנית אב לפיתוח מהמערכת הולכה והשנאה ביו"ש תוכנית האב מתבססת על פיתוח השנאה ע"י חברת החשמל עבור הצרכות הישראלית ביו"ש ועל הקמת תחמ"ש פרטיות להזנת הצרכנות הפלסטינאית ביו"ש.
- תוכנית הפיתוח ביו"ש תתואם עם קצין מטה אנרגיה במנהל האזרחי ועם רשות החשמל.
- לצורך הכנת תוכנית הפיתוח נדרש מידע לגבי צרכנות באזורים אלו ומגמות פיתוח בתחומי הרשות הפלסטינאית.
- מנהל המערכת יפעל לקבלת נתונים אלו מחברת החלוקה הפלסטינאית מחברת החשמל מזרח ירושלמית (חמ"י) בתיאום עם קמ"ט אנרגיה במנהל האזרחי.

5.10.2 תוכנית אב לפיתוח רשת החשמל ביהודה ושומרון

- תוכנית הפיתוח לרשת ההולכה וההשנאה ביהודה ושומרון הינה תוכנית אסטרטגית, יסודית ומקיפה.
- התוכנית מהווה בשורה אמיתית ומאוד משמעותית לתושבי יהודה ושומרון, הן הישראלים והן הפלסטינאים.
- מטרת העל: אספקת חשמל רציפה ואיכותית ביהודה ושומרון, מתן מענה מלא לצרכי הפיתוח של האוכלוסייה ביהודה ושומרון, הן הפלסטינאית והן הישראלית עד אופק שנת 2040, תוך שמירה על שרידותה של מערכת החשמל.
- העברת האחריות לחלוקת ואספקת החשמל לצרכנות הפלסטינאית לידי הרשות הפלסטינאית ומתן רוח גבית להקמת תחנות משנה ולהקמת רשת חלוקה פלסטינאית (הזנת תחמ"ש פלסטינאיות במתח עליון מרשת הולכה של חח"י).
- פיתוח תשתית לקידום מירבי של מיזמי פיתוח אנרגיות מתחדשות (רוח, שמש) ביהודה ושומרון.
- רשת החשמל ביו"ש תוכננה על פי הקריטריונים הקיימים בתוכנית פיתוח המערכת, להבטחת שרידות אמינות ובטיחות.
- התוכנית מציגה את המצב הנוכחי של רשת החשמל ביהודה ושומרון ואת התכנון לשלושה טווחי זמן: טווח קצר (עד לשנת 2025), טווח בינוני (עד לשנת 2030), טווח ארוך (עד לשנת 2040).

התוכנית במספרים:

טווח הזמן	תחנות משנה פלסטיניות חדשות	תחנות משנה ומיתוג ישראליות חדשות	אורך קווי הולכה ומסעפים 161/400 ק"ו חדשים (ק"מ)
קצר - 2025	3	2	114
בינוני - 2030	4	1	62
ארוך - 2040	1	3	133
סה"כ	8	6	309

פרק 6: התנעת התכנון הסטטוטורי לקידום פרויקטים בתוכנית

הפיתוח

כללי

תשתיות מסירת (הולכה והשנאה) החשמל החדשות בדומה לתשתיות הולכה אחרות (גז, דלק ומים) נדרשות לתוכניות מתאר המקודמות במוסדות התכנון השונים במדינת ישראל.

תוכנית מתאר הינה אסופת מסמכים הכוללת בדרך כלל הוראות ומפות גיאוגרפיות המכונות בעגה המקצועית תשריטים. התשריט העיקרי בתוכנית הינו תשריט המצב המוצע הכולל בתוכו מרחב גאוגרפי מוגדר בו חלה התוכנית (גבול זה מכונה גם "הקו הכחול") וכן את ייעודי הקרקע החלים במרחב זה. התשריט מבחין בין ייעודי הקרקע השונים באמצעות צבעים, כאשר כל צבע מסמל יעוד קרקע אחר (מגורים, מסחר, תעשייה וכד'). תשריטים נוספים יכולים להיות נושאים (תשתיות, תנועה וכד') ותוקפם יכול להיות מחייב או מנחה.

הוראות תוכנית המתאר קובעות בעיקרן את השימושים המותרים עבור כל יעוד קרקע וכן הוראות בנושאים שונים דוגמת הוראות בניה, הוראות לתשתית, הוראות בנושא איכות סביבה, מרחקי בטיחות ועוד. בנוסף לאמור לעיל הוראות התוכנית קובעות גם דברי הסבר - מעין רקע או מבוא לתוכנית, פרטי מסגרת על התוכנית דוגמת מיקומה, רשימת הגושים והחלקות שבתחומה, ציון מוסד התכנון שמוסמך לאשרה, ציון תוכניות אחרות שקדמו לה ויחסה אליהן, וכן התייחסות לנושא הוראות לחלוקה מחדש של המגרשים והאם ניתן להוציא מכוחה היתרים או הרשאות לבניה.

בנוסף לאמור לעיל הוראות התוכנית קובעות גם את זכויות הבניה המותרות במגרשים השונים, מספר קומות וגובה מעל הקרקע וכן הוראות נוספות בנושא תאומים, התייעצויות, תנאים לקבלת היתר והרשאה והוראות בדבר מניעת מפגעים ושמירה על הסביבה, שלביות ביצוע ועוד.

מוסדות התכנון בישראל

הגוף האמון על נושא התכנון והבניה בארץ הינו מנהל התכנון שכפוף למשרד הפנים. מנהל התכנון קובע את מדיניות התכנון בארץ ותחתיו פועלים מוסדות התכנון השונים בהירארכיה המבוססת בעיקר על גיאוגרפיה. בראש ההירארכיה נמצאת המועצה הארצית לתכנון ולבניה שבסמכותה לאשר תוכניות ברמה הלאומית, שלרוב אינן מכילות הוראות לתוכנית מפורטת אלא מתוות דרך. תוכניות אלה יכולות להיות כלליות ולקבוע הנחיות ארציות לתכנון ופיתוח או נושאים. התוכניות הנושאות קובעות למשל הנחיות לפיתוח ארצי של דרכים, שדות תעופה, אתרי פסולת ועוד. בתחום החשמל התוכנית המנחה הינה תמ"א 41 (טרם אושרה סופית).

עם זאת, בסמכות המועצה הארצית לתכנון ולבניה ללוות ולאשר תוכניות המכילות הוראות של תוכנית מפורטת וניתן להוציא מכוחן היתרים ו/או הרשאות לבניה. תוכניות אלה הן למשל תוכניות

לתשתית לאומית שחוצה מספר רב של אזורים גיאוגרפיים או רשויות מקומיות ויש להן חשיבות ברמה הלאומית. דוגמה לתוכנית כזאת, היא תמ"א 10 על חלקיה השונים שקובעת, בין היתר, מסדרונות תשתית ארציים לקווי חשמל.

תחת כנפיה של המועצה הארצית ישנן וועדות שדנות בסוגיות רחבות היקף או סוגיות עקרוניות כמו למשל הוועדה לשמירה על קרקע חקלאית ושטחים פתוחים (ולקחש"פ) או הוועדה לשמירה על הסביבה החופית (ולחו"ף). וועדות נוספות הפועלות תחת המועצה הארצית לתכנון ולבנייה, הוקמו על – מנת לקדם פרויקטים לאומיים בהליכים מהירים יחסית למוסדות תכנון אחרים. דוגמאות לוועדות מסוג זה הן הוועדה לתשתיות לאומיות שמאשרת בהליכים מזורזים תשתיות בעלות חשיבות לאומית גם אם הן בקנה מידה מקומי או אזורי והוועדה לתכנון מתחמים מועדפים לדיור המאשרת בהליכים מזורזים תוכניות הכוללות יחידות דיור בהיקפים גבוהים.

שניות בהירארכיה למוסדות התכנון הארציים שפורטו לעיל הן הוועדות המחוזיות: צפון, חיפה, מרכז, ירושלים ודרום (התכנון והבניה באזור יו"ש מתנהלים בהליכים אחרים שאותם מרכז המנהל האזרחי בהתאם לחוק הירדני או בהתאם לצו אלוף הפיקוד). וועדות אלה מלוות ומאשרות גם מסדרונות תשתית עבור קווי הולכה וכן תוכניות סטטוטוריות לתחנות משנה. ההליכים הסטטוטוריים בוועדות אלה מתנהלים לרוב באופן איטי יותר בהשוואה למוסדות התכנון הארציים וזאת בשל ריבוי התיקים שמובאים לפתחן וכן בשל המשקל היחסי הגבוה יותר של בעלי עניין דוגמת הגופים הירוקים, ארגונים אזרחיים שונים ועוד.

ברמה המקומית אמונות על תחום התכנון והבניה הוועדות המקומיות לתכנון ולבניה שתחום אחריותן חופף לרוב לגבולות הרשות המקומית שבתחומה הן פועלות ובראשן עומד מהנדס הרשות. אין בסמכותן של וועדות אלה לאשר תוכניות לתשתיות מערכת המסירה, אבל יש להן השפעה רבה במוסדות התכנון ובוועדות המחוזיות בפרט, ואין הוועדות המחוזיות או הארציות דנות בתוכניות שבסמכותן לאשר מבלי שיתקיים דיון בוועדה המקומית לתכנון ולבניה שבתחומה חלה התוכנית במלואה או בחלקה ומבלי שתישמע עמדתם של מוסדות אלה.

יודגש, שוועדות התכנון במדינת ישראל הינן סוברניות (זכות בלעדית) להחלטתן ועל פי חוק התכנון והבניה אין נקודת אל – חזור בהליך, לוועדות זכות להחזיר את התוכנית אחורה בכל שלב ללא קשר לתאומים והחלטות קודמות שהתקבלו.

תכנון תשתיות חשמל בעבר ובהווה

עד לשנים האחרונות הוקמו רבות מתשתיות מערכת המסירה ללא צורך בתוכנית מתאר וגם היום מרבית מקווי ההולכה במתח עליון (161 ק"ו) הפרוסים ברחבי המדינה וחלק מתחנות המשנה הוקמו ללא תוכנית מתאר. מציאות זו השתנתה עם קידום תוכניות מתאר ארציות (תמ"א/10 על סעיפיה השונים) והקמתם של קווי מתח העל הראשונים בראשית שנות התשעים. הליך זה הואץ מאוד עם

פרסומו של "מסמך בינת" מאת הגב' בינת שוורץ יו"ר מנהל התכנון שקבע שהחל משנת 2015 כלל קווי הולכת החשמל במתח עליון יקודמו בהליך סטטוטורי של תוכנית. המסמך מפרט גם מהם היוצאים מהכלל שאינם נדרשים לתוכנית והם קווים העוברים הליך של שדרוג או שינויים מערכתיים מינוריים הדורשים הגבהה של עמודים או העתקתם למרחקים של עד 10 מ' מבסיס העמוד המקורי בשטח בנוי ו-15 מ' בשטחים פתוחים.

יצוין, שלשונו התמציתית של מסמך בינת יוצרת פתח לפרשנויות שלו כאשר מוסדות התכנון ובפרט הוועדות המחוזיות נוקטות בדרך כלל בפרשנות מצמצמת יותר, המחייבת תוכנית גם עבור שדרוג מקומי של קווים ובפרט כאשר מדובר במקטעים ארוכים. הדרישה ההולכת ועולה שתהליך שדרוג הקווים הקיימים יהיה מכוח תוכניות מתאר ולא מכח הרשאה, מהווה חסם לפיתוח מערכת מסירת החשמל וגוררת לוחות זמנים ארוכים מהנדרש לפיתוח המשק.

מבנה תוכנית מתאר לתשתיות חשמל

תוכנית מתאר עבור קווי הולכה, על אף שהיא דומה במבנה שלה ובמסמכים המרכיבים אותה לכל תוכנית אחרת, שונה מעט מתוכניות הכוללות בינוי של ממש. ראשית, משום שלתשתית הולכת החשמל אין זכויות בקרקע ולכן תוכניות לקווי הולכה אינן כוללות בתוכן טבלת זכויות בניה או ואינן דורשות הפקעת קרקע, חכירתה או הסדר מקרקעיני אחר הנדרש לטובת מבנים אחרים לרבות תשתיות ליצור והשגאה של חשמל. בהתאם לכך, ככל שהדבר נדרש ובהיעדר אפשרות אחרת, ניתן לכלול בתחום תוכנית לקווי הולכה גם קרקעות פרטיות, הגם שלרוב משתדלים להימנע מכך בשל הקשיים הנגרמים במצב זה בעת הקמת הקו ובעיקר סביב אישורי הכניסה לקרקע.

שנית, ברוב המקרים תוכנית לקווי הולכה תכלול רק יעוד קרקע אחד "מגבלות בניה ופיתוח" שמאפשר שימושים רבים בקרקע ומהווה "מעין תוספת תכלית" על השימושים הקיימים. כל זאת, ובלבד שלא תתאפשר שהיית קבע של בני אדם בתחום התוכנית מטעמי בטיחות ובריאות. תוכניות למסדרונות חשמל מחייבות תאום של תשתיות בתחומן על – מנת להימנע מהשפעות הדדיות הכוללות השראה חשמלית, קורוזיה, התחממות, אדי גז ודלק נפיצים ותשתיות דרכים שעלולות להוות סכנה ליציבות העמוד.

רוחב הרצועה המוגדרת בתוכניות למסדרון תשתיות למעבר קווי חשמל תלוי בסוג הקווים המתוכננים לעבור בו. קווי מתח על (400 ק"ו) נדרשים לרצועה מינימאלית ברוחב של 70 מ', 35 מ' משני צידיו של ציר הקו. קווי מתח 161 ק"ו נדרשים לרצועה מינימאלית ברוחב של 40 מ', 20 מ' משני צידיו של ציר הקו. המרחקים הנ"ל הינם נגזרת של מרחקי הבטיחות מתשתיות החשמל ונקבעו בדוח וועדת המומחים כמרחקים מספקים גם בהקשרים של זהירות מונעת מהשדות האלקטרו - מגנטיים (שא"מ) הנוצרים בסביבת הקווים. מרחקים אלה קיבלו תוקף גם בחוק הקרינה

הבלתי מייננת שקבע שעד לפרסומן של תקנות שבנושא מרחק מתשתיות החשמל יש לנהוג על – פי הקבוע בדוח וועדת המומחים. תקנות אלה טרם פורסמו.

בפועל מסדרונות החשמל הנקבעים בתוכניות רחבים יותר מהכתוב לעיל בשל מספר טעמים. ראשית משום שעריכת התוכנית נעשית על-פי רוב לפני התכנון המפורט לביצוע הקו ולכן יש צורך בשמירה על גמישות תכנונית. גמישות זו כוללת על – פי רוב 20 מ' נוספים על הדרוש עבור תכנון הקווים עם אזורים מורחבים יותר ("משפכים") בכניסה למתקני ההשנאה. עם זאת, תוכניות למסדרונות למעבר תשתיות חשמל כוללות תמיד הוראה הקובעת שלאחר הקמת הקו יצומצם המסדרון כך שמרחק

הקו מגבול התוכנית לא יפחת מ - 20 מ' עבור קווי 161 ק"ו ומ - 35 מ' עבור קווי 400 ק"ו. עדכון המסדרון וצמצומו יבוצעו על-פי רוב על ידי פרסום תשריט מעודכן לתוכנית.

מכיוון שלתוכניות מתאר עבור תשתיות יש השפעה משמעותית על הסביבה בהיבטי נראות ובהיבטי שימושים מותרים בסמוך אל שדות אלקטרו מגנטיים, הן מלוות בתסקיר השפעה על הסביבה או במסמך סביבתי. המסמכים הנ"ל כוללים בהתאם לממצאים שפורטו בהם הוראות למניעת מטרדים סביבתיים הנכנסים להוראות התוכנית.

יתר הסעיפים בהוראות התוכנית לתשתיות ההולכה דומים לכל תוכנית מתאר אחרת וכוללים הוראות לתאומים עם בעלי עניין בתוכנית, תנאים להוצאת הרשאה, חובת תאום עם משרד הביטחון, רשות שדות התעופה, שלביות ביצוע ועוד. התשריטים כוללים מצב סטטוטורי מאושר של תוכניות מקומיות ומפורטות וכן של תוכניות מחוזיות וארציות, נספח תשתיות ועוד.

תהליכים בתכנון תשתיות חשמל

ייזום תוכנית מתאר לתשתית חשמל נוצר על – פי רוב כנגזרת של שני תהליכים נפרדים שאינם בהכרח קשורים זה בזה. הליך ראשון הוא "גזירת זמן לאחור" בהתאם לתוכנית הפיתוח של משק החשמל. **תוכנית הפיתוח קובעת את הצרכים החשמליים במדינה, האזורים בהם נדרש הפיתוח ושנת היעד המשוערת להשלמת פיתוח זה. התוכנית מתחשבת בקביעת התאריכים בהליכי התכנון והבניה הנדרשים על מנת לבצע את הפרויקטים.**

כך למשל, אם תוכנית הפיתוח של חברת החשמל קובעת שקו מנקודה A לנקודה B ידרש עד לשנת X, יוחל בקידום הליך סטטוטורי להקמת הקו בשנה X-5, כלומר כ - 5 שנים לפני המועד בו נדרש הקו. עיכובים בקידום תוכניות מתאר לפיכך, הנגרמים בשל התנגדויות לתוכנית או דרישות לשינויה (לדוגמא בחינת תוואי נוסף שלא עלה קודם, או הטמנת הקו) עלולים ליצור עיכובים בתוכנית הפיתוח. עם זאת, יצוין שמשך הזמן להכנת תוכניות המתאר לפרויקטים השונים אינו קבוע והינו תלוי משתנים רבים כגון סוג הפרויקט בהשנאה, אורך הפרויקט בהולכה, מיקום ורגישות השטח, דרישות סביבתיות, עמדות רשויות, התנגדויות ועוד.

ההליך השני הוא, "השתלבות בתוכנית של אחרים" והוא תוצר של דרישה של יזמים שונים דוגמת רשות מקרקעי ישראל - רמ"י, משרד הבינוי והשיכון – משהב"ש, או יזמים פרטיים לקדם תוכנית שתכלול חיבור מתקני חשמל הנדרשים לקו הולכה, העתקת תשתית קיימת או לחילופין תוכנית הכוללת היקפים גדולים של מגורים, מסחר, תעשייה ותעסוקה הדורשים תוספת השנאה.

משעולה הצורך בתשתית חשמל הדורשת הליך סטטוטורי מתחילה הפעילות התכנונית ובכלל זה הבנת הצורך בתשתית והסכמה החשמלית, הליך איתור גאוגרפי וגיבוש חלופות ראשוניות. שלב זה נעשה לאחר שנבדקו יעודי הקרקע המאושרים בשטח בו נדרשת התשתית, בדיקת תוכניות בהליך סטטוטורי שטרם אושרו, התייעצות עם נציגי רשויות מקומיות ובדיקה ראשונית של תשתיות על פי המידע שנמצא במאגרי החברה. איתור התוואי נעשה גם באמצעות סיורי שטח בליווי גורמי מקצוע.

במסגרת ההליך התכנוני עולות סוגיות הדורשות לעיתים שינויים, הוספת חלופות לבחינה וכיו"ב בתאומים עם בעלי העניין בנוגע למיקום התשתית החשמל ולאמצעים שיש לנקוט כדי למנוע קונפליקטים עם צרכים אחרים במרחב.

ההחלטה על הפקדת התוכנית להתנגדויות (או הערות הציבור) הינה אבן דרך משמעותית בהליך התכנוני, במסגרת ההתנגדויות מתקבלות הערות והשגות הנדונות במוסד התכנון. בתום הדיונים מחליט מוסד התכנון על הפקדת התוכנית ולמתנגדים ניתן בד"כ פרק זמן של 60 יום למסור את עמדתם בכתב. לאחר הדיון בהתנגדויות מחליט מוסד התכנון אם לאמץ את ההתנגדויות או חלקן ולתקן את התוכנית בהתאם לקראת אישורה. במקרה של תוכנית ארצית, התוכנית מועברת לאישור הממשלה.

שינויים ותמורות שחלו בשנים האחרונות בתכנון תשתיות חשמל

חוק הקרינה הבלתי מייננת והמלצות המשרד להגנת הסביבה – כפי שנכתב לעיל, חוק הקרינה הבלתי מייננת מאמץ את המרחקים מתשתיות הולכה שקבע דוח וועדת המומחים שבהם אסורה שהיית קבע של בני אדם והם: 20 מ' מציר קו מתח עליון (161 ק"ו) ו- 35 מ' מציר קו מתח על עליון (400 ק"ו). זאת, עד לקביעת תקנות בנושא ובהתאם לעיקרון הזהירות המונעת מחשיפה לשדות אלקטרו מגנטיים ובהיעדר קורלציה מוכחת בין חשיפה ארוכת טווח לשדות אלקטרו מגנטיים גבוהים להשפעה שלילית על בריאות האדם.

עם זאת, המשרד להגנת הסביבה אימץ גישה מחמירה יותר האוסרת על שהיית קבע של בני אדם במרחק בו ערך השדות האלקטרו – מגנטיים מתשתית ההולכה עולה על 4 מיליגאוס. על – אף שלהמלצות המשרד להגנת הסביבה אין תוקף של תקנות, רבים ממוסדות התכנון, וכן יזמים של תוכניות פועלים בהתאם להמלצות הנ"ל. כך, כאשר מדובר בתשתית חדשה עולה לעיתים הדרישה להימנע מקרבה ליעודי קרקע מאושרים או שימושי קרקע קיימים או מתוכננים באופן שיבטיח שערכי השא"מ בהם יהיו קטנים מ- 4 מיליגאוס. כאשר מדובר באזורים צפופים מדובר בחסם משמעותי

לתכנון כיוון שפעמים רבות ערכים אלה נמדדים במרחקים גדולים ממה שמחייב החוק והומלץ ע"י וועדת המומחים. זאת ועוד, המשרד להגנת הסביבה מתייחס למודלים שבהם הקו המתוכנן "מועמס" ב – 100% ואז ערכי השא"מ הם הערכים המרביים וזאת בשעה שעל – פי רוב הקווים "מועמסים" במידה פחותה מהיכולת המרבית שלהם ולכן גם ערכי השא"מ נמוכים יותר.

יצוין שגישת המשרד להגנת הסביבה יוצרת מצב של הרחקת קווי ההולכה לשטחים הפתוחים באופן שמגביר את הקונפליקטים בין התשתיות הנ"ל לבין ערכי טבע ומורשת הנמצאים בהן. תכנון מערכת ההולכה נוקט בגישה של "תכנון חכם" שקובע בתוכניות רצועה סטטוטורית העונה על דרישות החוק, לצד קביעת תוואי הנמצא במרחק סביר משימושים רגישים באופן שמבטיח שלא יחולו בהם ערכי שא"מ גבוהים כתוצאה מהשפעת הקו על סביבתו.

הטמנת קווי הולכה

עד לאחרונה, קווי 161 ק"ו תוכננו כקווים תת קרקעיים רק באזורים מבונים, אך לאור התפיסה שהתוותה בשנים האחרונות הבנה שקווים עיליים פוצעים את הנוף יותר מקווים טמונים, בולטים יותר למשתמשי הדרכים ופוגעים בערכי טבע סביבם ובפרט ציפורים גוברת הדרישה להקים את קווי ההולכה כתת קרקעיים גם בשטחים הפתוחים.

הקמת קווי הולכה תת קרקעיים בעלי אותה יכולת הולכה כמו קווים עיליים דורשת עלויות גבוהות בהרבה. בנוסף, קווים מוטמנים אמינים יותר מקווים עיליים, אך יוצרים סיכון מוגבר למערכת החשמל בשל הקושי בתפעול תקלות ומשך זמן גבוה הנדרש לכך (שבועות וחודשים במקום שעות וימים עבור קטע קו דומה בתוואי עילי). עם זאת, החלת התביעה לבחון חלופות להטמנת קווים בכל תוכנית חדשה אילצה את חברת "נגה" והרגולטורים הנוגעים בדבר "לחשב מסלול מחדש" ולייצר מדיניות שקופה ומושכלת לקביעת שיעור הטמנת קווי ההולכה ואפיון המקרים בהם נדרש לתכנן קו טמון. עבודת מטה לגיבוש מדיניות בנושא נעשית בימים אלה.

כלל רצועה סטטוטורית עבור קו תת קרקעי אינה שונה מרצועה עבור קו עילי, כשהוראות התוכנית קובעות שמרחק הקו מגבול התוכנית יהיה בהתאם להיתרים הניתנים על – ידי המשרד להגנת הסביבה.

תחנות משנה, מיקומן ומאפייניהן

בדומה לכתוב באשר לקווי הולכה והמגמות הרווחות בציבור ובמוסדות התכנון, גם תחנות משנה ומתקני מסירה אחרים נדרשים כיום לתוכניות מתאר תוך התחשבות באילוצים שבעבר היו שכיחים פחות. כך למשל, רווחת הדרישה לצמצם ככל שניתן את השטח הנדרש עבור מתקני ההשנאה, לשלבם בתוכניות אחרות, להקים מתקנים סגורים ואף מתקנים משולבים במבנים או תת – קרקעיים. בהתאם למגמות אלה חל צמצום בשטח הנדרש לתחנות משנה פתוחות מ – 8 דונם ל – 6 דונם

ומקודמות יותר תוכניות הקובעות הוראות לתחמ"ש סגורה ששטחה יכול להצטמצם עד 4 דונם ואף פחות מכך. רבות מהתוכניות לתחנות השנאה המקודמות כיום מתוכננות במסגרת תוכניות אחרות לתשתית (מטרו, למשל) בתחומי מחלפים או שטחים כלואים בין תשתיות דרך וכל זאת במטרה לחסוך בשטח. תחנות משנה ספורות אף משולבות במבנים, בעיקר במחוז תל – אביב.

שיקול נוסף בתכנון תחנות משנה ומתקני מסירה שלא נלקח בחשבון בעבר הוא הצורך בקו הולכה שיחבר אותן לרשת הארצית. כאמור לעיל, בעבר כלל לא נדרשה תוכנית עבור קווי הולכה ולכן מיקום האתר לתחמ"ש ביחס לקווי ההולכה הסמוכים כלל לא נלקח בחשבון. כיום רוב מתקני ההשנאה מקודמים בסמוך לקווי הולכה קיימים באופן שיצמצם למינימום את אורך המסעף החשמלי הנדרש לחיבורם לרשת הארצית.

מגמות עתידיות אנרגיות מתחדשות

החלטת הממשלה על מעבר משק החשמל ל – 30% אנרגיה מתחדשת עד לשנת 2030 יוצרת אילוצים משמעותיים ביותר על תכנון סטטוטורי לתשתיות חשמל. יצור חשמל באנרגיות מתחדשות בהיקפים גדולים אפשרי בעיקר בפריפריה שבה יש שטחים פנויים בעוד שהביקושים לאנרגיה גדלים בעיקר במרכז הארץ. הקמת מתקני יצור באנרגיה מתחדשת בפריפריה תחייב הוספת תחנות משנה רבות וכן ק"מ רבים של קווי הולכה שרק מיעוטם יוכלו להיות בתת – הקרקע. לפיכך כבר כעת ניכר קושי לקדם תוכניות לקווי הולכה ממתקני היצור המתוכננים בפריפריה ועד למוקדי הביקושים במרכז הארץ.

בנוסף, יש לתת את הדעת על כך שיצור חשמל באנרגיה מתחדשת הינו "זולל קרקע". כלומר, נדרשת קרקע בשיעור רב יותר עבור הפקת חשמל מאנרגיה מתחדשת בהשוואה לקרקע הנדרשת עבור הפקת חשמל בדלקים פוסיליים. אחד מהפיתרונות המוצעים בימים אלה להתמודד עם סוגיה זו הוא תכנון שימושים דואליים המאפשרים הקמת תשתיות ליצור חשמל באנרגיה מתחדשת על שימושי קרקע אחרים דוגמת בריכות דגים, מתקנים חקלאיים ואף גגות בנייני מגורים. כבר כעת ישנן תוכניות מתאר ארציות שנועדו לתת מענה לסוגיות אלה, דוגמת תמ"א/10/ד/10. עם זאת, גם פתרון זה אינו חף מבעיות הדורשות התייחסות ובהן סוגיית הולכת החשמל ממערכת מבוזרת לצרכנים, התמודדות עם אגירת החשמל ועוד.

סיכום

ההליך הסטטוטורי לקידום תוכניות מתאר עבור תשתיות מערכת המסירה מהווה כיום מרכיב משמעותי ואולי אף קריטי בפרויקטים השונים לתשתיות אלה. ההליך מתנהל במוסדות תכנון מחוזיים וארציים שבהם מיוצגים בעלי אינטרסים שונים המשפיעים בהכרח על מיקומה הסופי של התשתית, מאפייניה הפיזיים ולא פחות מכך על משך הזמן שידרש עבור אישור התוכנית (שבלעדיו

לא תיתכן הקמתה). הרגישות הגוברת בציבור ובמוסדות התכנון להשלכות הסביבתיות של תשתיות מערכת המסירה - הן בהיבטי קרינה ושדות אלקטרו מגנטיים והן בהיבטים חזותיים – משפיע על לוחות הזמנים לאישור תוכניות מתאר לתשתיות אלו, ומחייב בהתאם התחשבות בהליך הסטטוטורי בעת גזירת לוחות זמנים לתוכנית הפיתוח של מנהל המערכת.

המלצות

על מנת לאפשר את הקידום הסטטוטורי הנדרש לעמידה ביעדי תוכנית הפיתוח יש לקדם את הפעולות הבאות:

1. תיקון הנחיית מינהל התכנון להליך הקמת קווי 161 ק"ו (מסמך בינת), כך שיתאפשר שדרוג קווי 161 ק"ו קיימים ללא תוכנית מתאר עבורם.
2. קביעת תחנות המשנה כצורך ציבורי בחוק התכנון והבניה, כך שניתן יהיה לקבל זכויות בקרקע עבור הקמת תחנות המשנה.
3. הקמת צוות חסמים הכולל את הגורמים הרלוונטיים בקידום תוכניות מערכת המסירה ובכלל זה רפרנט חסמים במינהל התכנון.

פרק 7: סיכום תוצאות

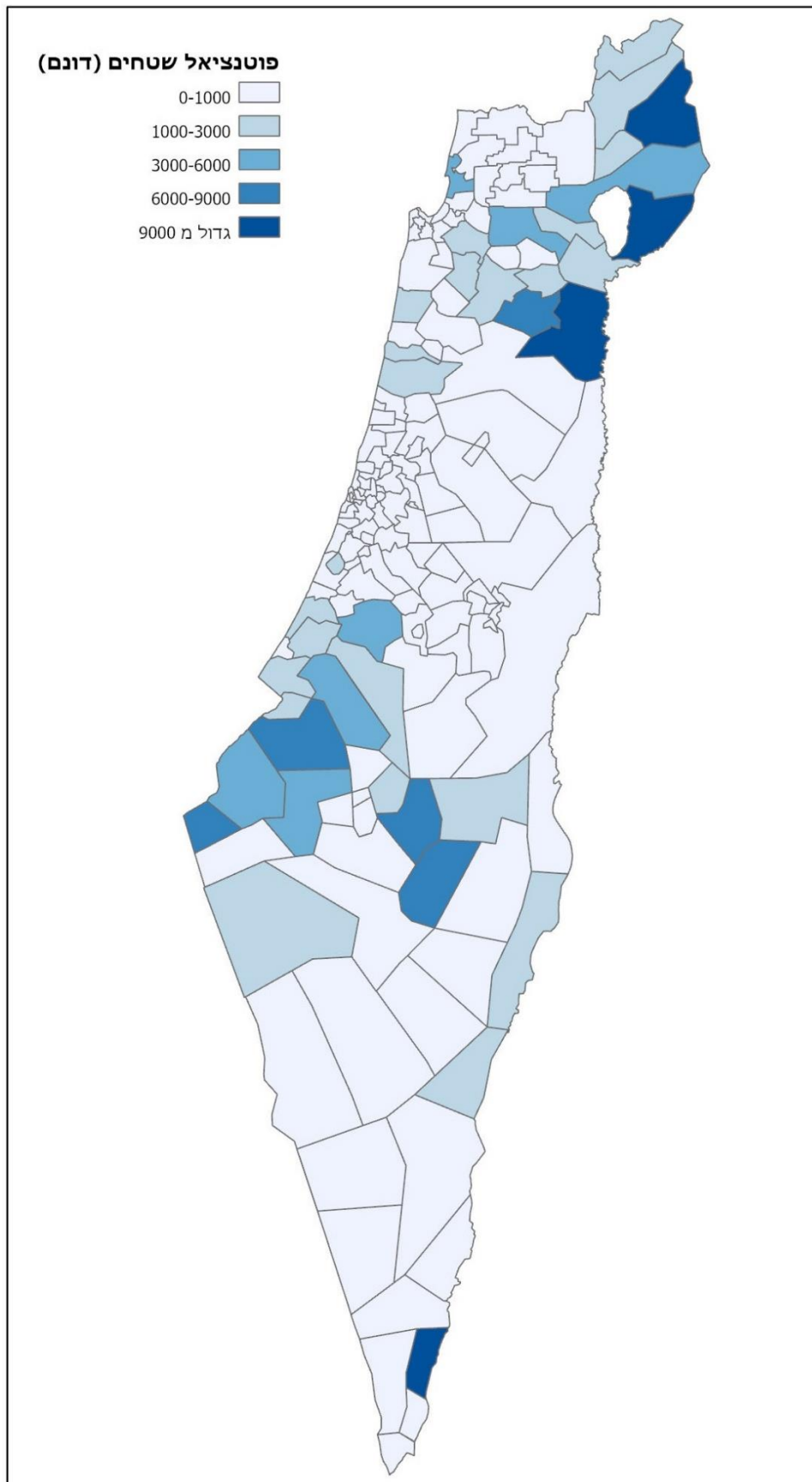
7.1. מיפוי פוטנציאל ייצור אנרגיות מתחדשות

בעת סיכום היקפי השטחים הפוטנציאליים למתקני ייצור באנרגיה מתחדשת, עלתה סוגיית היקפי המתקנים על גבי גגות. יתרונם של מתקנים אלו טמון באפשרות להרחבת הייצור במרכז הארץ. באזורי המרכז לא ניתן להקים מתקנים קרקעיים והגגות מהווים את עתודת השטח המשמעותית ביותר. בנוסף, אין צורך בפיתוח מערכת הולכה משמעותית במרכז, היות והמערכת הקיימת מסוגלת כבר כיום לקלוט היקפי ייצור משמעותיים. לאור זאת, בחרנו להגדיל את הצפי למימוש המתקנים על גגות לכ-150% מההערכה הבסיסית שהתקבלה בהתאם לנתוני רשות החשמל, כפי שמוצג בטבלת הסיכום שלהלן:

סה"כ	מחלפים	בריכות דגים	מאגרים	גגות 150%	קרקעי מתח גבוה	קרקעי מתח עליון	
187,265	3,155	8,311	23,378	51,472	38,684	62,265	דונם
100%	2%	4%	12%	28%	21%	33%	אחוזים

להלן מפה עם פוטנציאל השטחים של מתקני ייצור באנרגיה סולארית:

מפת סיכום פוטנציאל (בחלוקה לאזורי הזנה)



7.2. תוכנית פיתוח מערכת הייצור והיבטים דינמיים בתוכנית הפיתוח

אחת המטרות העיקריות של עבודה זו היא להמליץ על תוכנית פיתוח עד שנת 2030 שתבטיח הספקה אמינה של חשמל, תוך מזעור עלויות והתחשבות באי-הוודאות הקיימת במספר גורמים כגון תחזית הביקוש לחשמל והיקף הייצור העתידי באנרגיה מתחדשת. כמו כן, במסגרת העבודה זוהו אתגרים דינמיים שמאפיינים את המערכת בשנים הקרובות עד 2030, הנובעים משילוב יחידות מחז"מ חדשות ויעילות עם הספקים גדולים מאלה שקיימים במערכת עד היום, והגעה ליעד הממשלה של 30% ייצור באנרגיה מתחדשת עד 2030.

להלן הדרישות לצורך התמודדות עם האתגרים הדינמיים שזוהו בעבודה זו:

- עבור תקלה הנובעת מהתנתקות יחידת ייצור נדרשת עתודה מיידית לבקרת תדר רציפה מסוג FFR (Fast Frequency Response) כדלהלן:
 - בשנת 2023 בהיקף של 400 מגוואט לרבע שעה לפחות.
 - לקראת 2026 תוספת בהיקף של 100 מגוואט לרבע שעה לפחות.
 - ניתן לפזר את מתקני האגירה לבקרת תדר מהירה ורציפה בכל מקום פנוי ברשת ההולכה.
- האגירה המתוכננת להסטת עומס צריכות להיות בעלות יכולת תגובה באירועי תדר חריגים.
- יש להגביל את הספק היחידה הגדולה ביותר כך שלא יעלה על 670 מגוואט, בהתאם לתוכנית הפיתוח עד ל-2030.

בעקבות רמת אי-הוודאות הגדולה לגבי תחזית הביקוש לחשמל ולגבי היקף הייצור העתידי באנרגיות מתחדשות, בהתחשב בהיבטים דינמיים ובאילוץ מערכת המסירה, נבנתה תוכנית פיתוח מומלצת של מערכת הייצור שתיתן מענה לטווח רחב של תרחישים אפשריים.

שנה	מחז"מ/מ"ט*ג	סוללות	מתקני גז בחלוקה*	אגירה שאובה*	פוטוולטאי משולב אגירה*	רוח	הדממה
2022	644	0	100	0	0	0	-1,148
2023	1,456	**400	140	344	168	271	-720
2024	0	0	0	0	350	113	0
2025	0	300	0	0	309	104	0
2026	0	**100	0	156	0	0	0
2027	100	100	0	0	0	0	-912
2028	670	400	0	0	0	0	0
2029	670	500	0	0	0	0	0
2030	0	500	0	0	0	0	0

* תוספת עד שנת 2026 (ומחז"מ בהספק 100MW בשנת 2027) הינן פרויקטים מתכוננים כבר היום

** מתקני אגירה בהיקף של כ- 500 MW לרבע שעה לפחות לצורך אספקת שירותים נלווים

7.3. תוכנית פיתוח מערכת המסירה (הולכה והשנאה)

תוכנית הפיתוח של מערכת המסירה כוללת פרויקטים במערכת ההולכה וההשנאה, כגון: פרויקטים מערכתיים הנדרשים לשמירה על שרידות ואמינות המערכת, שדרוג וחידוש מתקנים קיימים וחיבור מתקנים חדשים. בהמשך להגדרת הצרכים להקמת תחנות כוח ומתקני אגירה בתוכנית פיתוח מערכת הייצור, בתוכנית פיתוח מערכת המסירה מבוצעת התאמה להגדרת צרכים אלו מהיבט מערכת המסירה, לרבות מיקומם של התחנות/המתקנים, היקפם ומועד הפעלתן הנדרש.

תוכנית פיתוח מערכת המסירה כוללת פרויקטים במערכת ההולכה וההשנאה הנדרשים לצורך אספקת חשמל, קליטת אנרגיות מתחדשות, עמידה בדרישות לשרידות, אמינות ואיכות אספקת החשמל ולוקחת בחשבון התפתחות טכנולוגית, רשת חכמה ותקשורת רחבת פס, איומי סייבר ודופק אלקטרומגנטי (EMP) בהיבטים השונים של תוכנית הפיתוח.

תהליך התכנון מבוסס על הנחות יסוד, מסדי נתונים, קריטריוני תכנון, וסימולציות מורכבות. בתהליך מבוצעות הדמיות ונערכים חישובים לחלופות פיתוח רלוונטיות של מערכת המסירה, מהיבטים של זרימות עומס, זרמי קצר, יציבות, קריטריוני אמינות ועוד.

כמו כן, כוללת התוכנית מועדים ליישום פרויקטים, אשר נקבעו בהתאם ללוחות הזמנים לקידום תוכניות מתאר, רישוי והקמה. חשוב לציין, כי מועדי ההפעלה המוזכרים בדוח זה ובדוחות הקודמים, הינם בגדר לוח זמנים שמותנה בקבלת האישורים וההיתרים הנדרשים, כאשר משכי הטיפול מבוססים על נסיון מנהל המערכת ומידע שהתקבל מחברת החשמל לגבי משכי הזמן האופייניים.

נציין כי קיימים פערים בין לוחות הזמנים לביצוע פרויקטים שמופיעים בתוכנית הפיתוח לבין לוחות הזמנים הנדרשים ע"פי יעדי הממשלה בנושא האנרגיות המתחדשות.

תוכנית פיתוח מערכת המסירה כוללת את הפרויקטים הבאים:

- הקמת קווי 400 ק"ו חדשים ושדרוג קווים קיימים.
- הקמת תחנות מיתוג 400/161 ק"ו חדשות, הרחבות ועבודות בתחנות מיתוג קיימות.
- הקמת תחנות משנה 161 ק"ו חדשות, הרחבות ועבודות בתחנות משנה קיימות.
- הקמת קווי 161 ק"ו חדשים ושדרוג קווים קיימים.
- פרויקטים מערכתיים מהיבט שרידות, למשל: הקמת מעקפים לשעת חירום.
- פרויקטים לחיבור מתקני ייצור וצריכה למערכת ההולכה.
- פרויקטים בתחום מיגון (בניה אזרחית) ואבטחת מידע (סייבר).
- פרויקטים שהסתיימו, ופרויקטים שבטלו.

היקף תוכנית הפיתוח של מערכת המסירה לשנים 2022-2030 (מעודכן 07.2022)

מספר	מרכיב המערכת	שנת 2021	הערכה לסוף ת"פ-2030	שינוי
הולכה 400 ק"ו [ק"מ מעגל]	אורך מעגלי מתח על	794	1,554.50	760.50
	תגבור יכולת Uprating מתח על		337.2	
	בניה מחדש והעתקת קווים מתח על		9.5	
השנאה - תחנות מיתוג 400/161 ק"ו	מספר תחמ"ג 400/161 ק"ו	9	15	6
	יכולת ההשנאה בתחמ"ג 400/161 ק"ו קיימות וחדשות [מגווא"א]	12,945	24,225	11,280
הולכה 161 ק"ו [ק"מ מעגל]	אורך רשת עילית מ"ע	4,765.00	5,756.64	991.64
	בניה מחדש והעתקת קווים מ"ע		530.4	
	תגבור יכולת בקווים קיימים מ"ע		1112.1	
	אורך רשת תת-קרקעית מ"ע	164	452.56	288.56
	אורך רשת 115 ק"ו [ק"מ מעגל]	42	42	0
השנאה - תחנות משנה 161 ק"ו של חברת החשמל	מספר תחמ"ש קבועות	122	195	73
	מספר תחמ"ש ארעיות	9	2	-7
	מספר תחמ"ש ניידות	24	7	-17
	סה"כ יכולת ההשנאה [מגווא"א]	18,822	30,493	11,671
סוללות קבלים [מגווא"ר]	הספק סוללות קבלים מ"ג	2,261	5,054	2,793
	הספק סוללות קבלים מ"ע	444.3	984.3	540

לסיכום ניתן לומר כי, על מנת לגבש תוכנית פיתוח מערכת ההולכה והשנאה שתענה על הצרכים הדינאמיים של המשק הלאומי, ועם זאת שתהיה ישימה ותוך צמצום היקף ההשקעות, יש לבחון ולהתחשב בכל ההיבטים שצוינו לעיל. הדבר ניתן רק תוך שימוש בכלי סימולציה ממוחשבים מתקדמים וביצוע אינטגרציה של כל מקורות המידע והידע האפשריים.

מנהל המערכת רואה לנכון לציין את החשיבות לקבלת מלוא הנתונים הנדרשים מכל הגופים השותפים למשק החשמל כדי שיוכל לראות את התמונה הכוללת ומגמות התפתחות משק החשמל לצורך תכנון המערכת. קיים חוסר ודאות בנושא רכב חשמלי וחישוב התעשייה.

7.4. סיכום והמלצות עיקריות

1. מימוש תוכנית הפיתוח המוצגת מהווה אתגר שלצורך יישומו תדרש התגייסות של כלל גורמי המשק. היקף ההשקעות גדול בלוח זמנים קצר הנדרש לצורך עמידה ביעד והחסמים העומדים בדרכה ידרוש תוכנית אגרסיבית של מעקב צמוד והסרת חסמים.
2. הקמת צוות הסרת חסמים הכולל את הגורמים הרלוונטים בקידום תוכניות מערכת המסירה ובכלל זה רפרנט חסמים במינהל התכנון.
3. קידום והרחבת הטמנת קווים במערכת ההולכה כחלק מהמאמץ להסרת חסמים.
4. מימוש הפוטנציאל של מתקני אנרגיה מתחדשת באזור המרכז הינו הכרחי להשגת יעד הממשלה לשנת 2030.
5. מימוש הנחיית מינהל התכנון להליך הקמת קווי 161 ק"ו (מסמך בינת שוורץ), כך שתתאפשר התאמת קווי 161 ק"ו קיימים ליעדים הנדרשים. מומלץ לבטל מגבלת המרחק של 2 ק"מ בהנחיה.
6. קביעת תחנות המשנה כצורך ציבורי בחוק התכנון והבניה, כך שניתן יהיה לקבל זכויות בקרקע לצורך הקמת תחנות המשנה.
7. קידום התהליכים הנדרשים להקמת שני מחז"מים חדשים שיקומו החל משנת 2028.
8. קידום התהליכים הנדרשים להקמת מתקני אגירה בהיקף של כ- 1,800-2,000 מגוואט. בימים אלו מבוצעת עבודה שבוחנת את היקפי מתקני האגירה ופריסתם המומלצת לצורכי מערכת ההולכה בשנים הקרובות, בדגש על פריסת מתקני אגירה באזור הצפון.
9. הבטחת השליטה של מנהל המערכת על משטר ההפעלה של מתקני אגירה הן ברשת ההולכה והן ברשת החלוקה באמצעות אסדרה מתאימה.
10. קידום אסדרה שמטרתה לספק עתודה לבקרת תדר מהירה ורציפה בהיקף של כ-MW 400 החל משנת 2023 ועוד כ-MW 100 בשנים 2025 או 2026.
11. ביצוע מעקב שוטף אחר קצב השילוב של מתקני PV במערכת וקצב החדירה של רכבים חשמליים. בהתאם להתפתחויות, יש לעדכן את תוכנית הפיתוח.

נספח פרק 3

(תוכנית פיתוח מערכת הייצור)

נספח א' – תחזיות הביקוש לחשמל

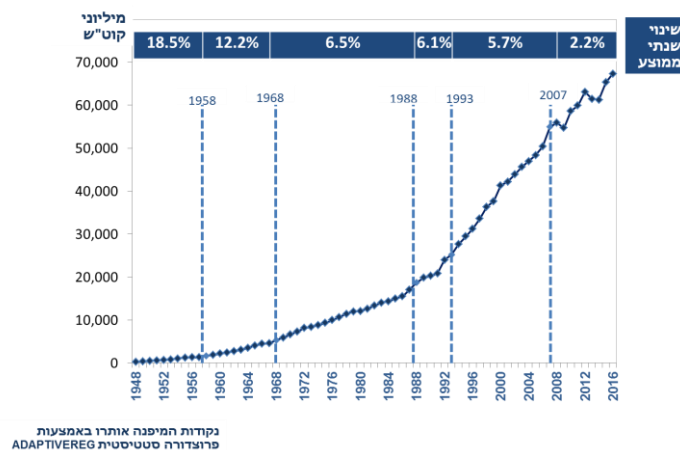
תחזית ביקוש החשמל במשק

לשנים 2017 – 2050 (עדכון אוגוסט 2017)

מאז 1948 ועד היום אותרו 5 נקודות מפנה בהתפתחות משק החשמל שבמהלכן ירד שיעור הגידול השנתי בביקוש לחשמל מ- 18.5% ל- 2.2%.

הירידה בשיעור הגידול בביקוש לחשמל מאפיינת מדינות מתפתחות שבמהלך השנים הפכו למפותחות, כמו ישראל.

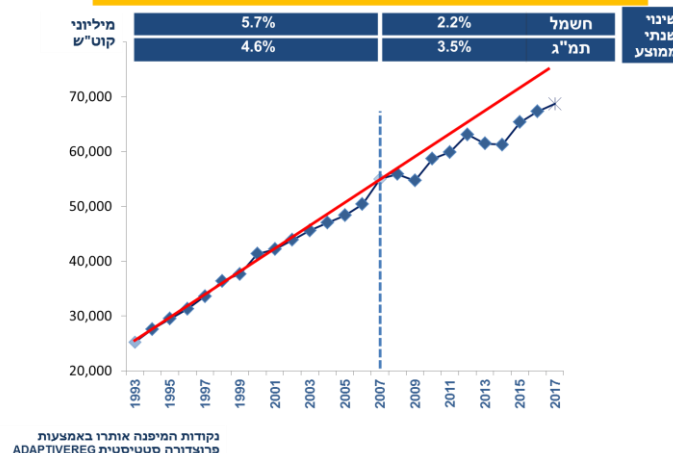
נקודות מיפנה בהתפתחות ייצור החשמל המשקי בשנים 1948 - 2016



נקודת המפנה האחרונה נרשמה בשנת 2007 עת ירד שיעור הגידול מ 5.7% לשנה ל 2.2% לשנה ב- 9 השנים האחרונות, ירידה של 3.5% בחשמל לעומת 1.1% בתמ"ג.

שיעור הגידול מ 2007 בניכוי הרשות הפלשתיאית הינו 1.9% לשנה, בדומה לשיעור הגידול באוכלוסייה, ומצביע על חוסר גידול בביקוש לחשמל לנפש מזה כעשור.

נקודות מיפנה בהתפתחות ייצור החשמל המשקי בשנים 1993 - 2017



הירידה בשיעור הגידול של הביקוש לחשמל הורגשה בעיקר במגזרים הביתי התעשייתי והמסחרי המהווים כ 80% מכלל הצריכה.

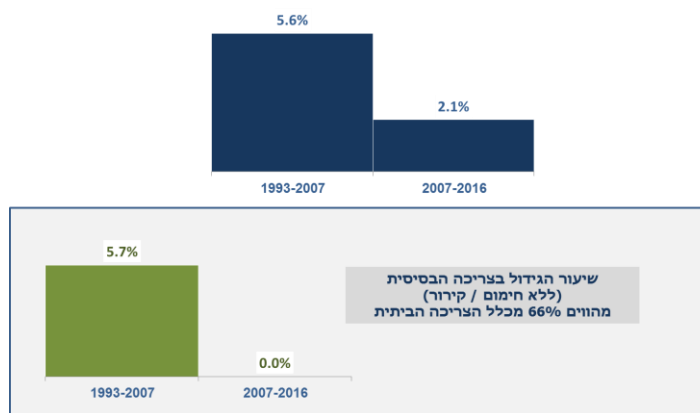
שיעור הגידול השנתי בצריכה הביתית ירד מ 5.6% ל 2.1% בגלל שהצריכה הבסיסית המהווה 66% מכלל הצריכה הביתית לא גדלה.

חוסר הגידול בצריכה הבסיסית נובע :

- מתחילתה של רוויה בשימוש
- מתחילתה של רוויה במצאי המכשירים
- מהתייעלות אנרגטית.

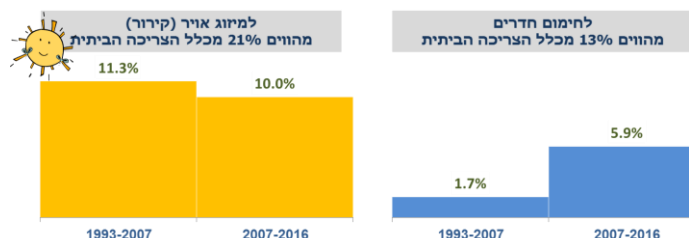
שיעור הגידול השנתי של 2.1% , בדומה לשיעור הגידול במספר משקי הבית , מצביע על כך שאין גידול בצריכה הממוצעת למשק בית מזה כעשור.

שיעור הגידול השנתי בצריכה הביתית



כל הגידול בצריכה הביתית נובע מההחרפה במזג אוויר שכתוצאה מכך עולה הצריכה לקירור וחימום חדרים. לקירור חדרים בכ 10% לשנה ולחימום חדרים בכ 5.9% לשנה . שיעור השינוי בצריכה לחימום חדרים גדל מ 1.7% לשנה ל 5.9% לשנה בגלל המעבר לחימום באמצעות מזגן.

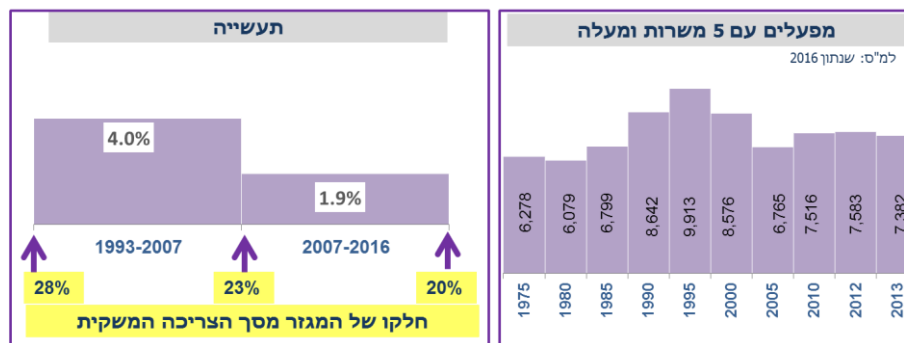
שיעור הגידול השנתי בצריכה הביתית לחימום וקירור



שיעור הגידול השנתי של הביקוש לחשמל בתעשייה ירד מ 4% ל 1.9% בגלל :

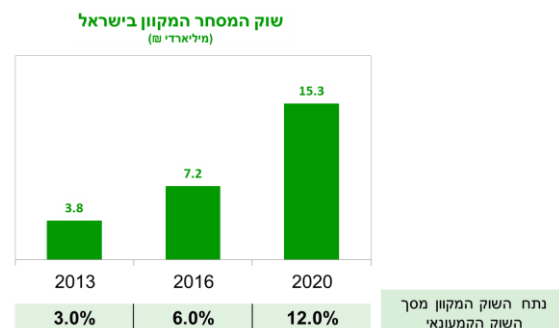
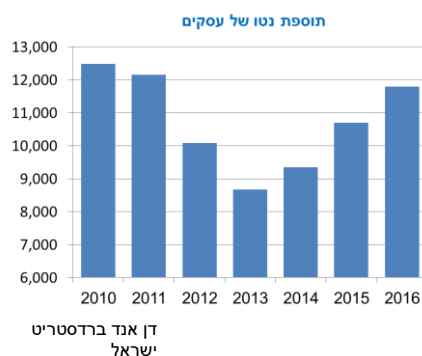
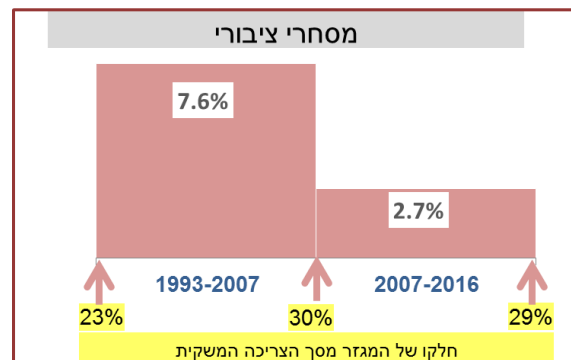
- שינוי בתמהיל המפעלים שמתבטא בצמצום חלקם של מפעלים "עתידי חשמל".
- ירידה במספר המפעלים עם 5 משרות ומעלה מ 9,913 בשנת 1995 ל 7,382 בשנת 2013.
- התייעלות אנרגטית.

שיעור הגידול השנתי בצריכה התעשייתית



שיעור הגידול השנתי של הביקוש לחשמל במיגזר המסחרי ציבורי ירד מ 7.6% ל 2.7% בגלל :

- ירידה בתוספת נטו של עסקים מ- 12,500 עסקים בשנת 2010 ל- 11,800 כיום, למרות מגמת העלייה בשנים האחרונות.
- עלייה של 25% לשנה בשוק המסחר המקוון.
- התייעלות אנרגטית



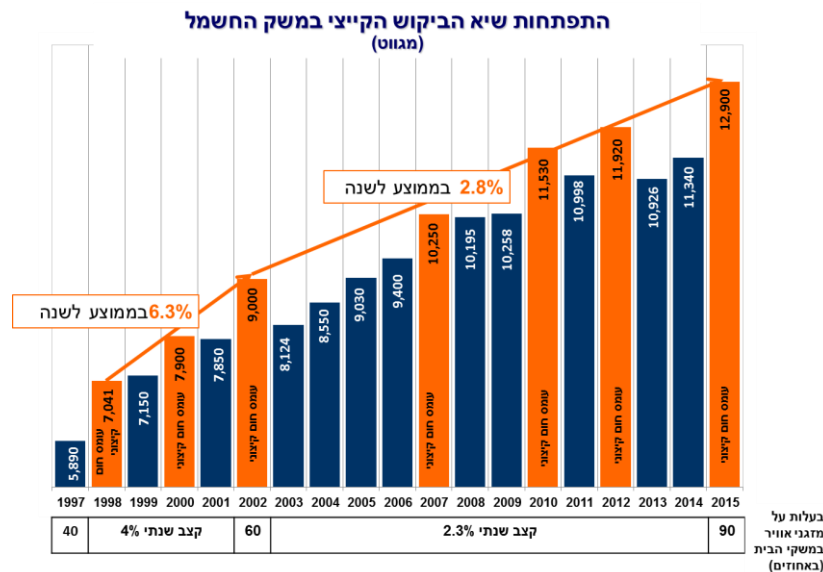
התפתחות הביקוש לחשמל במשק מאז תחילת אפקט החממה ב 1998.

ב- 13 השנים האחרונות גדל שיא הביקוש הקייצי במזג אוויר קיצוני בשיעור שנתי של 2.8% לעומת 6.3% בעבר.

הירידה בשיעור הגידול של שיא הביקוש הקייצי נובעת:

- סיום העלייה מברכה"מ
- ירידה בקצב הגידול של בעלות על מזגני אוויר במשקי בית מ- 4.0% לשנה עם תחילת אפקט החממה ל- 2.3% בשנה.

ההסתברות להופעת שיא ביקוש במזג אוויר קיצוני מאז תחילת אפקט החממה הינה 40%.

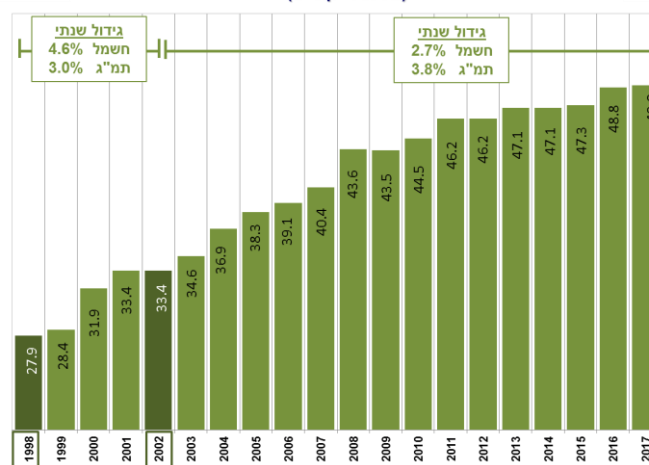


ב 15 השנים האחרונות עלה ייצור החשמל במשק בניכוי מזג אוויר ורש"פ ב- 2.7% לשנה לעומת 4.6% בעבר. שיעור הגידול הנוכחי שהינו 2.7% נובע מעלייה בפעילות הכלכלית שהעלתה את החשמל ב 0.71% על כל 1.0% גידול בתמ"ג.

בשנת 2015 ירד תעריף החשמל ב 18%. ע"פ גמישות ביקוש של 0.35 ירידת המחירים הייתה צריכה להוסיף 2.0% לשנה בביקוש לחשמל, מעבר לגידול הרגיל בשנים 2015 – 2018.

בשנים 2015 – 2017 שיעור הגידול השנתי היה 2.9% לשנה בדומה לגידול הרב שנתי ולהפחתת מחיר החשמל לא הייתה השפעה על הביקוש לחשמל.

התפתחות ייצור החשמל במשק בניכוי מזג אוויר ורש"פ (מיליארדי קוט"ש)

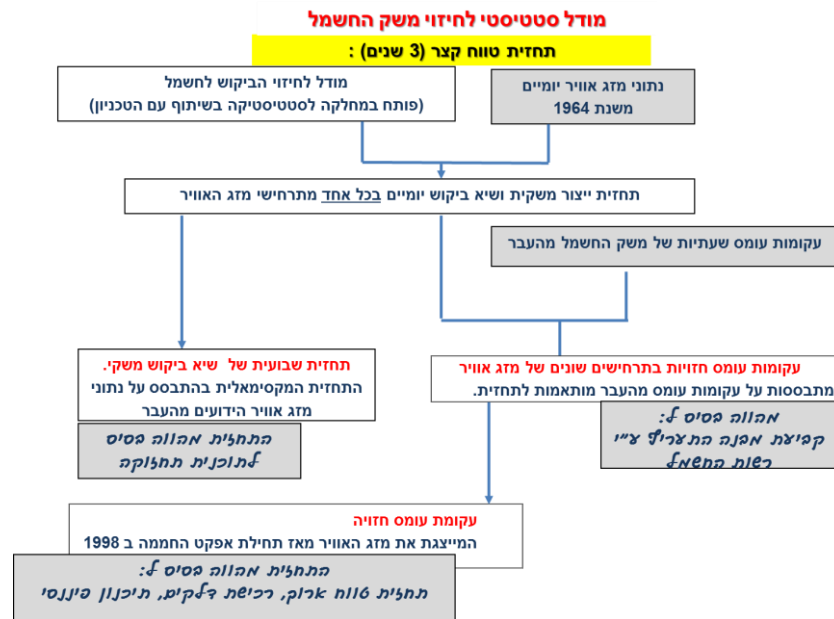


מודל התחזית

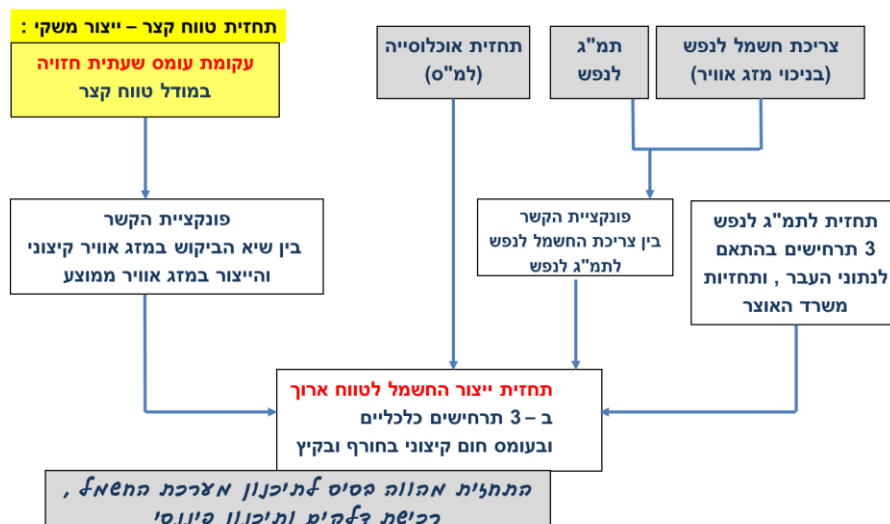
תחזית הביקוש לחשמל מתבססת על 2 מודלים סטטיסטיים:

מודל לטווח קצר (עד 3 שנים) שמאפשר את אמידת ההתפתחות החשמל ללא צורך בתחזית לתמ"ג, בתרחישים שונים של מזג אוויר.

מודל לטווח ארוך האומד את התפתחות הביקוש לחשמל (מנחה מזג אוויר) על ידי פונקציית הקשר עם התמ"ג.



תחזית טווח ארוך:



הנחות התחזית:

מזג אוויר

- שיא ביקוש משקי בעומס חום/קור קיצוני בחורף ובקיץ.
- ייצור משקי בעומס חום/קור כפי שמופיע בטבלה שלהלן.

הנחות בדבר מזג אוויר (עומס חום / קור)												הפרמטר החזוי
דצמבר	נובמבר	אוקטובר	ספטמבר	אוגוסט	יולי	יוני	מאי	אפריל	מרץ	פברואר	ינואר	
בינוני	נמוך	בינוני-כבד	כבד-קיצוני	קיצוני	כבד-קיצוני	כבד-בינוני-כבד	בינוני-כבד	נמוך	בינוני	בינוני-כבד	בינוני-כבד	ייצור משקי

אוכלוסייה

- שיעור גידול של 2.0% לשנה (תרחיש גבוה של הלמ"ס) , בדומה לשיעור הגידול בעבר.

רשות פלשתינאית

- שיעור הגידול השנתי של צריכת החשמל ברש"פ ירדה מ - 8.8% בעבר ל- 5% כיום .
- ההנחה היא שהירידה בשיעור הגידול תיבלם לנוכח שחרור הצריכה הכבושה ביהודה ושומרון ותישאר 5% לשנה בתקופת התחזית.

תמ"ג

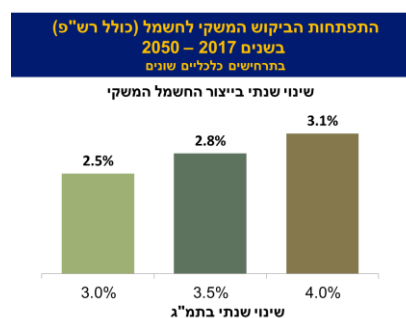
- התחזית נעשתה ב 3 תרחישים ל שיעור הגידול השנתי בתמ"ג :
- 3.0% לעומת תחזית בנק ישראל שהינה 2.5%
- 3.5% כפי שהיה ב- 9 השנים האחרונות
- 4.0% כפי שהיה ב - 13 השנים האחרונות.

התרחיש המומלץ לצורך תחזית הביקוש לחשמל הינו גידול שנתי של הינו 3.5% בתמ"ג.

הבחירה בתרחיש זה נובעת מ:

- שיעור הגידול בתמ"ג הרב-שנתי לא ירד מ 3.5% לשנה.
 - הצורך למנוע פיתוח חסר במערכת החשמל בגלל שגיאה אפשרית בתחזית התמ"ג של בנק ישראל.
 - הצורך לתת ביטוי לעלייה בתמ"ג כתוצאה משימושים חדשים כמו תחבורה חשמלית ועיבוי שימושים קיימים
- דוגמת התפלת מים

התחזית לשנים 2017 - 2050:



השוואה בין תחזית שיא ביקוש משקי של חח"י לתחזית BDO ותחזית בנק ישראל :

תחזית בנק ישראל ותחזית BDO בתרחיש גידול של 3.5% ו- 3.6% בתמ"ג השנתי בהתאמה, מצביעות על עלייה בשיא הביקוש המשקי מ- 51% ב- 15 השנים הקודמות ל- 80% ב- 15 השנים הבאות, למרות חוסר גידול בתמ"ג.

הפער של כ- 30% בין העתיד לעבר שמתבטא ב 3,750 מגווט עלול לגרום להשקעות מיותרות במשק החשמל על רקע:

- חוסר הגידול בביקוש לחשמל לנפש, מזה כעשור.
- ירידת המחיר בשנת 2015 שלא גרמה לעליה בביקוש מעבר לגידול הרגיל.
- תחזית בנק ישראל המומלצת שמצביעה על גידול שנתי של 2.5% גידול שנתי בתמ"ג לעומת 3.5% בתחזית BDO וחח"י.
- האפשרות שהרש"פ תייצר לעצמה חלק מהחשמל.

מסיבות אלו גם תחזית חח"י עלולה להיות גבוהה אך במידה סבירה ביחס לתחזיות אחרות.

שיעור גידול שנתי ממוצע בתמ"ג		שיעור גידול מצטבר בשיא הביקוש המשקי		הפרש בשיעור הגידול של שיא הביקוש המשקי בין העתיד לעבר		
ב 15 שנים קודמות	ב 15 שנים הבאות	ב 15 שנים קודמות	ב 15 שנים הבאות	במגוואט	באחוזים	גורם מבצע
3.8%	3.5%	51%	51%	0%	0%	חח"י
	3.6%		80%	3,750	29%	BDO
	3.5%		80%	3,750	29%	בנק ישראל

רשם : נתן צור

תרחיש גבוה (תמ"ג 4.0%) לצורך מבחני רגישות

תחזית הביקוש המשקי לחשמל בהנחה שהתמ"ג יעלה ב 4.0% לשנה (עדכון אוגוסט 2017)			
שנה	ייצור משקי * (מיליוני קוט"ש)	שיא ביקוש בעומס חום/קור קיצוני (מגוואט)	
		קיץ	חורף
2017	69,203	13,709	12,353
2018	70,681	14,093	13,317
2019	72,121	14,490	13,607
2020	74,321	14,932	14,022
2021	76,587	15,387	14,450
2022	78,927	15,858	14,891
2023	81,343	16,343	15,347
2024	83,837	16,844	15,817
2025	86,407	17,360	16,302
2026	89,063	17,894	16,803
2027	91,803	18,444	17,320
2028	94,634	19,013	17,854
2029	97,551	19,599	18,405
2030	100,566	20,205	18,974
2031	103,679	20,830	19,561
2032	106,894	21,476	20,167
2033	110,212	22,143	20,793
2034	113,638	22,831	21,440
2035	117,178	23,542	22,108
2036	120,834	24,277	22,797
2037	124,607	25,035	23,510
2038	128,507	25,819	24,245
2039	132,535	26,628	25,005
2040	136,702	27,464	25,791
2041	140,997	28,328	26,602
2042	145,440	29,221	27,440
2043	150,032	30,143	28,306
2044	154,779	31,097	29,202
2045	159,679	32,082	30,127
2046	164,748	33,100	31,083
2047	169,987	34,152	32,071
2048	175,405	35,240	33,093
2049	181,000	36,365	34,149
2050	186,790	37,528	35,241
* כולל ייצור עבור רש"פ			

תרחיש מומלץ לתכנון מערכת החשמל (תמ"ג 3.5%)

תחזית הביקוש המשקי לחשמל בהנחה שהתמ"ג יעלה ב 3.5% לשנה (עדכון אוגוסט 2017)			
שנה	ייצור משקי * (מיליוני קוט"ש)	שיא ביקוש בעומס חום/קור קיצוני (מגוואט)	
		קיץ	חורף
2017	69,203	13,709	12,353
2018	70,681	14,093	13,317
2019	72,121	14,490	13,607
2020	74,090	14,885	13,978
2021	76,112	15,292	14,360
2022	78,196	15,711	14,753
2023	80,342	16,142	15,158
2024	82,552	16,585	15,575
2025	84,824	17,042	16,004
2026	87,166	17,513	16,446
2027	89,578	17,997	16,901
2028	92,064	18,496	17,369
2029	94,620	19,010	17,852
2030	97,256	19,540	18,349
2031	99,971	20,086	18,862
2032	102,771	20,648	19,389
2033	105,653	21,227	19,933
2034	108,624	21,824	20,494
2035	111,686	22,439	21,072
2036	114,844	23,073	21,667
2037	118,096	23,727	22,281
2038	121,451	24,401	22,914
2039	124,910	25,096	23,567
2040	128,481	25,813	24,240
2041	132,157	26,552	24,934
2042	135,951	27,314	25,650
2043	139,866	28,101	26,388
2044	143,908	28,912	27,150
2045	148,072	29,750	27,937
2046	152,373	30,614	28,748
2047	156,811	31,505	29,585
2048	161,395	32,426	30,450
2049	166,121	33,376	31,342
2050	171,005	34,357	32,263
* כולל ייצור עבור רש"פ			

תרחיש נמוך (תמ"ג 3.0%) לצורך מבחני רגישות

תחזית הביקוש המשקי לחשמל בהנחה שהתמ"ג יעלה ב 3.0% לשנה (עדכון אוגוסט 2017)			
שנה	ייצור משקי * (מיליוני קוט"ש)	שיא ביקוש בעומס חום/קור קיצוני (מגוואט)	
		קיץ	חורף
2017	69,203	13,709	12,353
2018	70,681	14,093	13,317
2019	72,121	14,490	13,607
2020	73,858	14,839	13,934
2021	75,638	15,197	14,271
2022	77,469	15,565	14,616
2023	79,351	15,942	14,971
2024	81,285	16,331	15,336
2025	83,268	16,730	15,710
2026	85,309	17,140	16,095
2027	87,407	17,561	16,491
2028	89,564	17,994	16,898
2029	91,779	18,440	17,316
2030	94,059	18,898	17,746
2031	96,403	19,369	18,188
2032	98,815	19,853	18,643
2033	101,295	20,351	19,111
2034	103,847	20,864	19,593
2035	106,473	21,392	20,088
2036	109,177	21,935	20,598
2037	111,957	22,494	21,123
2038	114,822	23,069	21,663
2039	117,770	23,662	22,220
2040	120,811	24,272	22,793
2041	123,936	24,900	23,383
2042	127,158	25,548	23,991
2043	130,479	26,215	24,617
2044	133,904	26,902	25,263
2045	137,427	27,611	25,928
2046	141,064	28,341	26,614
2047	144,812	29,095	27,322
2048	148,680	29,871	28,051
2049	152,664	30,672	28,803
2050	156,778	31,499	29,579

* כולל ייצור עבור רש"פ