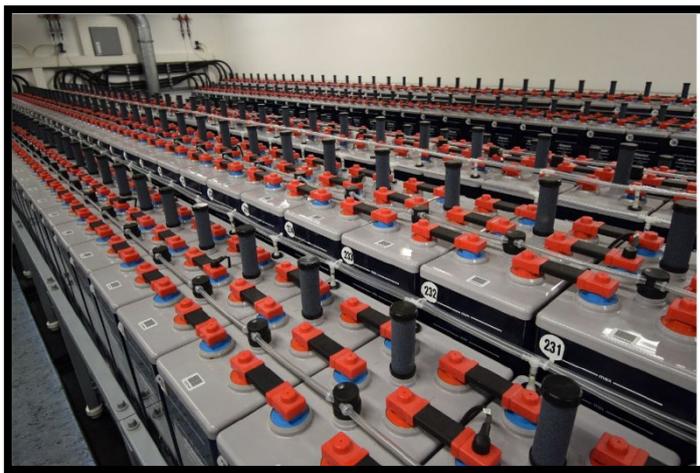
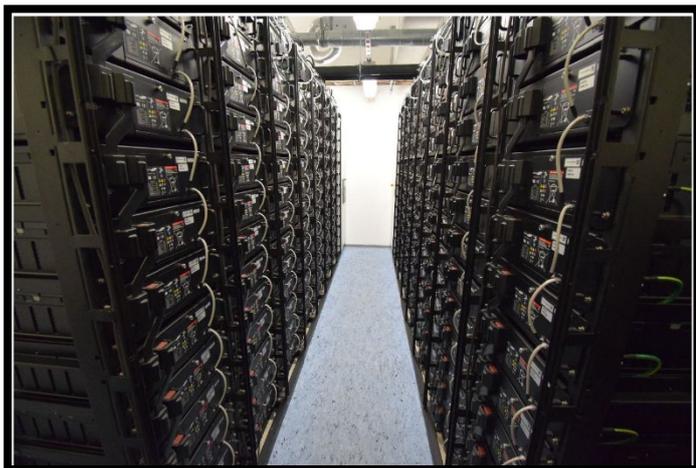


מדיניות תכנונית לאגירת אנרגיה



(צילומים: בני פירסט, רן דרסלר)

נובמבר 2021

תוכן העניינים

1	מבוא
3	1. פרק א': רקע
3	1.1. זרזים להתפתחות אמצעי אגירה אמינים וזולים
3	1.2. יישומים אפשריים לאגירת אנרגיה במערכת החשמל
3	1.2.1. אנרגיות מתחדשות
4	1.2.2. ויסות התדר
6	1.2.3. מיקסום כושר הייצור
6	1.2.4. הרחבת גמישות מיקום יחידות הייצור וצמצום הצורך בהוספת קווי חשמל
7	1.2.5. ויסות המתח
7	1.2.6. היבט ביטחוני
7	1.3. טכנולוגיות אגירת אנרגיה
7	כללי
8	1.3.1. אגירה כימית באמצעות מצברים
11	1.3.2. אגירה תרמית
13	1.3.3. אגירה קינטית
16	1.3.4. אנרגיה פוטנציאלית
20	סיכום:
22	1.4. סקירה בינלאומית- מתקני אגירה בעולם
22	1.4.1. מגמות בהיקף אגירת אנרגיה חשמלית
22	1.4.2. מתקני אגירה בעולם
30	2. פרק ב': היבטים תכנוניים, בטיחותיים וסביבתיים ושיקולי מיקום
30	2.1. כללי
30	2.2. היבטים תכנוניים
30	2.2.1. המאפיינים הפיסיים של מתקן אגירה - מתקן טיפוסי
35	2.2.2. תצורת מתקן אגירה טיפוסי (המותקן בסידור במכולות)
36	2.2.3. מתקני אגירה המותקנים במבנים ובאזורים אורבניים
38	2.2.4. צרכי האגירה של מערכת החשמל בישראל ושיקולי מיקום מתקני אגירה
44	2.2.5. הספק אגירה ופריסה מרחבית
48	2.2.6. עקרונות לתכנון מתקני אגירה
49	2.3. היבטים סביבתיים
49	כללי
50	2.3.1. השפעות חיצוניות של מתקני אגירה
51	2.3.2. השפעות סביבתיות חזויות מהקמת מתקן אגירה
53	2.3.3. מדרג הבחינה הסביבתית שתידרש עבור מתקני אגירה
54	2.4. היבטים בטיחותיים
54	כללי
55	2.4.1. עיקרי התקן
55	2.4.2. מטרת התקן
56	2.4.3. מבנה התקן
56	2.4.4. פירוט הנחיות אופרטיביות מתוך התקן
65	3. פרק ג': קידום מתקני אגירה
65	3.1. כללי
65	3.2. אגירת אנרגיה- סקירת תכניות מאושרות ותכניות בהליכי תכנון
67	3.3. סיכום והמלצות למסלול סטטוטורי לקידום מתקני אגירה
69	מקורות

רשימת טבלאות

- טבלה 1.3 - השוואה בין טכנולוגיות אגירה
- טבלה 1.4.2 - ריכוז נתוני אתרי אגירה
- טבלה 2.2.4 - צרכי מערכת החשמל ומיקומים מוצעים למתקני אגירה
- טבלה 2.3 היבטים סביבתיים ופוטנציאל השפעה של מתקן אגירה:

רשימת איורים

- איור 1.3.1.1 - שיעור החדירה של טכנולוגיות אגירה שונות בין השנים 2012-2020
- איור 1.3.1.1.1 - רכיבי התא במצבר
- איור 1.3.2.1.2 - מערכת אגירה המנצלת אנרגיה תרמית אתר טונופה נבאדה
- איור 1.3.3.1.1 - תיאור סכמתי של פרופיל הדיסקה המסתובבת בגלגל תנופה
- איור 1.3.3.1.2 - מערכת עם גלגל תנופה
- איור 1.3.4.1.1 - חתך עקרוני מתקן אגירה שאובה
- איור 1.3.4.2.1 - מרכיבי מערכת אגירת אוויר דחוס
- איור 1.3.4.2.1.1 - מערכת אגירת אנרגיה באוויר דחוס בחליי מלח
- איור 1.4.1.1 - תחזית להספק מצטבר לשנים 2018-2040 (לפי מדינות)
- איור 2.2.1.1 - חתך מכולה
- איור 2.2.1.2 - חתך מכולה
- איור 2.2.2.1 - דוגמא עקרונית למתקן אגירה בסידור מכולות
- איור 2.2.5.1 - מגבלות מערכת הולכה לקליטת מתקני PV ברשת החלוקה
- איור 2.2.5.2 - פוטנציאל שטחים לקידום מתקני אנרגיה מתחדשת במחוז צפון
- איור 2.2.5.3 - איורים מומלצים לקידום הסדרה תכנונית של אגירת אנרגיה

רשימת תמונות (לא נכללות במסמך להפצה למעט תמונה 1.4.2.2.1)

- תמונה 1.3.2.1.1 - שקתות פרבוליות
- תמונה 1.4.2.1.1 - אתר Tesla באוסטרליה
- תמונה 1.4.2.2.1 - אתרי חברת Steag בגרמניה
- תמונה 1.4.2.3.1 - אתר חברת Terna באיטליה
- תמונה 1.4.2.4.1 - אתר חברת Rokkasho Futamata ביפן
- תמונה 1.4.2.5.1 - אתר SDG&E בסאן דייגו, ארה"ב
- תמונה 1.4.2.6.1 - אתר Vistra בקליפורניה, ארה"ב - מבט מבחוץ
- תמונה 1.4.2.6.2 - אתר Vistra בקליפורניה, ארה"ב - מבט מפנים - סידור המצברים
- תמונה 1.4.2.7.1 - אתר Greensmith Energy בקליפורניה, ארה"ב
- תמונה 1.4.2.8.1 - מכולה באתר PJM באוהיו ארה"ב
- תמונה 3.2.1 - דוגמאות למתקני אגירה "זעירים"
- תמונה 3.2.2 - פרויקט Gateway Energy Storage
- תמונה 3.2.3 - פרויקט האגירה המתוכנן של חברת Sycline

רשימת נספחים

- נספח 1 - החלטת ממשלה 465 מיום 25.10.202
- נספח 2 - החלטת המועצה הארצית לתכנון ובנייה מיום 10.11.2020

מבוא

הביקושים לחשמל בעשורים האחרונים גדלים בקצב מהיר. לצד מגמה זו, תמהיל ייצור החשמל עובר גם הוא שינוי, הכולל את הרחבת שילובן וניצולן של אנרגיות מתחדשות בתמהיל הייצור וזאת במטרה לצמצם את פליטות גזי החממה.

בשל אופיין התנודתי של אנרגיות מתחדשות, הן מציבות אתגרים רבים בפני מי שאמון על אספקת חשמל סדירה לצרכנים השונים, ועל כן נדרשים אמצעים טכנולוגיים משלימים המאפשרים מתן מענה לתנודתיות זו.

אגירת אנרגיה חשמלית, זוהתה כאחד האמצעים המאפשרים שיפור באמינות תפקוד מערכת החשמל בכלל, ובפרט להתמודדות עם האתגרים המציבות האנרגיות המתחדשות.

קיימות טכנולוגיות שונות לאגירת אנרגיה, כאשר כיום מרבית ההספק החשמלי מתקבל מאתרי אגירה שאובה. בשני העשורים הקרובים משקלה של טכנולוגיה זו צפוי לרדת, ואגירה באמצעים אחרים זולים יותר ומורכבים פחות, תלך ותגדל.

גם מדינת ישראל הצטרפה לתהליכים הבין לאומיים לקידום אנרגיות מתחדשות כחלק מהתחייבויותיה הבינלאומיות להפחתת פליטות גזי חממה וכחלק מרצונה להיות בעלת עצמאות אנרגטית. בשני העשורים האחרונים, ממשלת ישראל קיבלה שורה של החלטות בנוגע לייצור חשמל באנרגיה מתחדשת. בהחלטת ממשלה 465 מיום 25.10.2020 (ראה נספח 1), נקבעו היעדים לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת עד לשנת 2030, כך שייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות יעמוד על 30%. מתוך הבנה כי נדרשת מדיניות סדורה לנושא זה ובמטרה לעמוד ביעדי הממשלה המועצה הארצית לתכנון ובניה בהחלטתה מיום 10.11.2020, קבעה שורה של עקרונות לתכנון משק האנרגיה. בהתייחס לאגירת אנרגיה, הטילה המועצה על משרד האנרגיה את מלאכת עריכת מסמך המדיניות לאגירת אנרגיה. בהחלטתה קבעה המועצה כי במסגרת המסמך יוצג הצורך במתקני אגירה במשק החשמל, לרבות היקפים, פריסה ומאפייני הקמה. כמו כן, קבעה המועצה כי המסמך יכלול את המלצות להסרת חסמים (ראה נספח 2).

בהתאם להחלטת המועצה הארצית נערך מסמך מדיניות זה, אשר בנוי משלושה חלקים: החלק הראשון הינו פרק רקע הכולל סקירת יישומים שונים לאגירת אנרגיה, טכנולוגיות אגירה שונות וסקירה בינלאומית של מתקני אגירה שונים.

החלק השני מציג מיקומים מומלצים לשילוב מתקני אגירה ופריסה גיאוגרפית, לצד ניסוח עקרונות לתכנון מתקני אגירה, בהתאם לצרכי האגירה של ישראל, והיבטים תכנוניים סביבתיים ובטיחותיים במתקני האגירה.

החלק השלישי סוקר את המסד הסטטוטורי לתכנון וקידום מתקני אגירה וכולל המלצות להליכי תכנון של מתקני אגירה.

הטכנולוגיה אשר משמשת כטכנולוגית הייחוס במסמך המדיניות היא של אגירת אנרגיה כימית במצברים.

1. פרק א': רקע

1.1. זרזים להתפתחות אמצעי אגירה אמינים וזולים

כאשר החל השימוש באגירת אנרגיה חשמלית, אמצעי האגירה היו יקרים ו/או בעלי אמינות נמוכה ולכן השימוש בהם במערכות חשמל ארציות היה בהיקף מצומצם יחסית והתרכז בעיקר בנישות מסוימות בתחבורה החשמלית (מלגזות, רכבי גולף וכיוצ"ב). אמצעי אגירת האנרגיה העיקרי במערכות החשמל הארציות היו מתקני אגירה שאובה אבל השימוש בהם היה מוגבל בשל עלויותיהם הגבוהות, תלות במיקום (צורך בהפרשים טופוגרפיים) והעובדה שלא כדאי להקים בהיקפים קטנים.

אמצעי האגירה החשמלית החלו להתפתח בעיקר תודות למתקני חשמל דלי הספק כגון טלפונים סלולאריים ומחשבים ניידים ומצברים לתחבורה חשמלית (בעיקר רכבים פרטיים ואוטובוסים). התפתחויות אלו, לצד הצורך הגובר באגירה בשל הרצון לשימוש מוגבר באנרגיות מתחדשות, הביא לכך שאגירה חשמלית בקנה מידה גדול במערכות החשמל הארציות קרוב מאוד להיות (ויש האומרים שכבר נמצא) כדאי מבחינה כלכלית.

לאגירת אנרגיה חשמלית מספר יישומים אפשריים. מתקני אגירה מסוימים עשויים לשרת יותר מיישום אחד באם יוגדרו ויתוכננו בצורה נכונה.

1.2. יישומים אפשריים לאגירת אנרגיה במערכת החשמל

1.2.1 אנרגיות מתחדשות

קשה לתזמן את מועד ייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות להתאמה מלאה למועד צריכת החשמל. כל עוד אחוז האנרגיות המתחדשות מכלל ייצור החשמל הוא קטן, הצליחו מנהלי מערכות החשמל להתגבר על הקושי. ככל שגדל אחוז האנרגיות המתחדשות המשמשות לייצור חשמל מתוך כלל המקורות לייצור חשמל, קטנה גמישות מנהלי מערכות החשמל וקטנה יכולתם לשילוב אנרגיות מתחדשות נוספות. שילוב אמצעי אגירה שייתן בידי מנהלי מערכות החשמל כלי נוסף ישכך את הקושי בהרחבת השימוש באנרגיות מתחדשות ובכך יסייע להגברת השימוש בהן: הקמת מתקני אגירה יכולים לאפשר לספק חשמל ממתקני ייצור באנרגיה מתחדשת בשעות נוספות על שעות הייצור, ובהתאמה לצריכת החשמל (לדוגמא: אספקת חשמל בשעת ערב ממתקן פוטו וולטאי עם אגירה).

כמו כן, הקמת מתקני אגירה במתקן הייצור באנרגיה מתחדשת מאפשרת אספקת חשמל לרשת בהספק קבוע ללא התנודתיות בהספק כתוצאה משינויים תכופים (עננות / מהירות רוח משתנה).
 הקמת מתקני אגירה עשויה לאפשר העלאה של היקף הייצור באנרגיה מתחדשת במיקום עם מגבלות רשת החשמל (רשת חלוקה או רשת הולכה), כמפורט בסעיף 1.3.4.

1.2.2 ויסות התדר

לאנרגיה חשמלית ישנן מעלות רבות ביחס לסוגי אנרגיה אחרים והעיקרית שבהן היא היכולת להעבירה למרחקים גדולים בלא הפסדים ניכרים, דבר המאפשר גמישות רבה בבחירת אתרי ייצור האנרגיה החשמלית. לא בכדי השימוש באנרגיה חשמלית נמצא במגמת עלייה מתמדת מאז החל השימוש בה לפני כמאה וחמישים שנה.

ברם, לאנרגיה החשמלית יש גם חיסרון משמעותי והוא הצורך לשמור בכל רגע ורגע על האיזון בין סך ההספק המיוצר לבין סך ההספק הנצרך. צורך זה נובע מהדרישה לשמירה על תדר קבוע הנדרש הן כדי לשמור על מהירות סיבוב קבועה של מתקני הייצור הקונבנציונליים והן משום שפעולתם התקינה של חלק מהצרכנים תלויה בתדר יציב ואחיד.

כדי להבין את הקשר בין ההספק המיוצר, ההספק הנצרך והתדר נתבונן במשוואה הבאה:

$$P_G - P_D = \alpha \frac{\partial f}{\partial t}$$

כאשר

$-P_G$ – סך ההספק המיוצר במגה-וואט (MW)

$-P_D$ – סך ההספק הנצרך (לרבות הפסדים) במגה-וואט (MW)

α – מקדם אופייני למערכת חשמל מסוימת (המקדם של ישראל שונה משל הולנד) ותלוי בתמהיל

יחידות הייצור במערכת ($MW \times S^2$)

f – תדר המערכת בהרץ (Hz)

t – הזמן בשניות (S)

כדי לשמור על התדר f קבוע, על הנגזרת שלו לפי הזמן $\frac{\partial f}{\partial t}$ להיות 0 בכל רגע נתון ולכן סך ההספק

המיוצר P_G צריך בכל רגע ורגע להיות שווה לסך ההספק הנצרך P_D . שמירת השוויון הרגעי בין

ההספק המיוצר וההספק הנצרך היא אחת המשימות החשובות ביותר של מנהלי מערכות החשמל

בעולם. מכיוון שבדרך כלל אין למנהלי מערכות החשמל שליטה על סך ההספק הנצרך, עליהם להתאים אליו את סך ההספק המיוצר. כל עוד השינויים בסך ההספק הנצרך הם איטיים, ההתאמה האמורה היא פשוטה יחסית. כאשר השינויים בסך ההספק הנצרך הם מהירים (למשל בשל התנהגות עדרית) או בלתי צפויים, ההתאמה האמורה קשה יותר.

התאמה זו הפכה להיות יותר ויותר קשה ככל שגדל אחוז מקורות ייצור החשמל המבוססים על אנרגיות מתחדשות, מכיוון שהספקם אינו נשלט באופן רגעי (בעיקר שמש ורוח, אבל לא ביו-מסה או ביו-גז), וגם בשל ביזורם של המתקנים במרחב. קושי זה הוא הסיבה להסתייגות שהייתה למנהלי מערכות החשמל מהגדלה מהירה מדי של אחוז ייצור החשמל ממקורות אנרגיה מתחדשת. על אובדן השליטה המלאה על אמצעי הייצור ניתן לפצות בשתי דרכים עקרוניות:

א. שליטה על סך ההספק הנצרך שלא הייתה אפשרית בעבר אך הינה יותר ויותר מעשית תודות לתקשורת אמינה וזולה בזמן אמת עם צרכני קצה (אפילו ברמת מכשירי החשמל הביתיים הבודדים). לא נעסוק במסמך זה בדרך זו.

ב. קיום אמצעי אגירה אמינים וזולים אשר מנתקים את הקשר, של השימוש באנרגיה חשמלית, בין שוויון רגעי בין סך הייצור וסך הצריכה: שימוש באגירה חשמלית יכול לשנות את התדר בכיוון המבוקש. כך, למשל, אם חלה מאיזושהי סיבה ירידה בתדר (למשל עקב הפסקת פעולתה של יחידת ייצור גדולה), ניתן לגרום לכך שמתקני אגירה יפרקו את האנרגיה שאגורה בהם לרשת החשמל ובכך יגדילו את סך ההספק המיוצר ויגבילו את ירידת התדר או אפילו יחזירו אותו לערכו התקין. אם חלה מאיזושהי סיבה עליה בתדר (למשל עקב ניתוק אזור צריכה גדול), ניתן לגרום לכך שמתקני אגירה יצרכו אנרגיה (דהיינו יעבדו במשטר טעינה) ובכך יגדילו את סך ההספק הנצרך ויגבילו את עלית התדר או אפילו יחזירו אותו לערכו התקין וזאת ללא צורך בשינוי משמעותי בהיקפי הייצור הקונבנציונלי.

חשוב לציין שמשך תגובת מתקני אגירה מרגע מתן הפקודה להתחיל לפרוק או להתחיל לטעון, אשר תלויה בסוג מתקן האגירה, הוא בדרך כלל קצר ובמובן זה אגירה מהווה אמצעי יעיל ומהיר לשמירה על ערכו התקין של תדר המערכת. יתרה מזו, בכל הנוגע לוויסות תדר, אין חשיבות רבה למיקום מתקני האגירה ותרומת מתקן אגירה המותקן במטולה לוויסות התדר דומה לזו של מתקן אגירה המותקן באילת.

1.2.3 מיקסום כושר הייצור

קיימת תרומה חיובית נוספת למתקני אגירה הקשורה למתקני ייצור חשמל, הן קונבנציונליים והן כאלו המבוססים על אנרגיות מתחדשות: לעיתים קיים מתקן ייצור המאפשר ייצור חשמל בהיקף מסוים, אבל מגבלות רשת החשמל באזור המדובר אינן מאפשרות מיצוי של סך הייצור האפשרי. במקרה כזה, ניתן להקים מתקן אגירה שיקלוט את אותו חלק של האנרגיה המיוצרת שלא ניתן כרגע להזרים לרשת ומאוחר יותר (למשל בלילה) יזרים אנרגיה זו לרשת. בהקשר זה, כדאי לציין את "עקומת הברווז" המייצגת את פרופיל הצריכה הטיפוסי של משק החשמל ומוכתבת על ידי הצריכה הטיפוסית לאורך היממה. ללא אגירה, על מערכת ייצור החשמל לעקוב במדויק אחרי צריכה זו, מה שמחייב הדלקה וכיבוי של יחידות קונבנציונאליות. מבחינה תפעולית מוטב למעט במיתוגים של יחידות ייצור אלו. השימוש באגירה מאפשר ניתוק בין עקומת הייצור לעקומת הצריכה: עקומת הצריכה תיוותר בצורת "הברווז", עקומת הייצור תהיה שטוחה יותר והאגירה תגשר על הפער בין שתי עקומות אלו.

1.2.4 הרחבת גמישות מיקום יחידות הייצור וצמצום הצורך בהוספת קווי חשמל

אחד הקריטריונים בבחירת אתר ייצור חשמל הוא קרבתו לרשת ההולכה הקיימת בכדי למנוע צורך בהקמת תשתית הולכה משמעותית נוספת עד לאתר הייצור. הכללת אמצעי אגירה באתרי ייצור חשמל יכולה להקטין את הצורך ברשת ההולכה משמעותית ובכך להגדיל את הגמישות בבחירת אתרי ייצור חשמל חדשים.

בהקשר זה נציין עוד שני תתי יישומים אפשריים:

האחד – במקרה שבו יש עודף ייצור בשעות מסוימות: הקמת מתקן אגירה תסייע במיצוי יכולת ההולכה של הרשת הקיימת לאורך שעות רבות יותר במקום להקים קו הולכה נוסף. השני - במקרה שבו יש ביקושים גבוהים: על מנת לתת מענה לביקושי השיא בשעות מסוימות – בשעות הצהריים בקיץ ובשעות הערב בחורף, ניתן להקים מתקני אגירה שיאגרו בשעות של שפל בביקוש ויספקו חשמל בשעות של שיאי ביקוש. גם כאן, אגירה תחסוך או לפחות תדחה הקמת תשתיות הולכה נוספות כמענה לשיאי הביקוש. בהקשר זה יש לציין כי הקמת מערכת אגירה עשויה להיות מהירה יותר ביחס לפרק הזמן שיידרש להקמת תשתית הולכה.

1.2.5. ויסות המתח

קיימים מספר סוגים של הספק חשמלי. ההספק הפעיל (האקטיבי בלעז) הוא הספק העובר המרה מהספק חשמלי להספק אחר (למשל הספק מכני) או להיפך. הספק ריאקטיבי (המכונה בטעות בעברית הספק עיוור) הוא הספק חשמלי הנותר בצורתו זו ונדרש לשם פעולת מתקנים מסויימים (כגון מנוע או גנרטור). ההספק המדומה הוא שיקלול של ההספק הפעיל וההספק הריאקטיבי.

הזכרנו את הקשר בין התדר לבין ההספקים הפעילים, $P_G - P_D$ - ו- P_D . אבל, קיים קשר דומה בין ההספק הריאקטיבי Q לבין המתח V .

בדומה לתדר שנדרש להיות בחלון צר סביב ערך מסוים, גם המתחים במערכת החשמל צריכים להיות בטווח ערכים מסוים סביב ערך נקוב כלשהו. הזרמה של הספק ריאקטיבי לרשת או ספיגת הספק ריאקטיבי מהרשת היא ביכולתם של מרבית מתקני האגירה ולכן ביכולתם של מתקני האגירה לשמור על רמת המתח התקין במערכת.

חשוב לציין, שלהבדיל מהתדר שהוא אחיד בכל מערכת החשמל ולכן מתקני האגירה יכולים לסייע בייצובו ללא תלות במיקומם, המתח הוא לוקאלי ומתקן אגירה באזור מסוים יכול לסייע בייצוב המתח באותו אזור בלבד.

1.2.6. היבט ביטחוני

ישנם לא מעט איומים על מערכת החשמל, חלקם טבעיים וחלקם מעשי ידי אדם. אין חולק כי האיומים הביטחוניים על מערכת החשמל הישראלית הם רבים ויש להניח כי חלקים ממנה ייפגעו בעת ארועים ביטחוניים.

אמצעי אגירה יכולים לסייע בשיפור תפקוד מערכת החשמל לאחר פגיעה, גם אם לא בחזרה לתפקוד מלא, בעיקר בהתבסס על אמצעי אגירה קטנים יחסית ברמת המתח הנמוך והגבוה.

1.3. טכנולוגיות אגירת אנרגיה

כללי

קיימות מספר טכנולוגיות לאגירת אנרגיה. בהליך אגירת אנרגיה, מתבצעת המרה של אנרגיה חשמלית לאנרגיה אחרת המאוחסנת במתקן האגירה. האנרגיה המאוחסנת במתקן האגירה נפרקת בחזרה לאנרגיה חשמלית בעת הצורך. מה שמבחינן בן מתקני אגירה שונים הוא אופן אגירת האנרגיה

שאוחסנה ותכונותיה. האנרגיה יכולה להיות בצורה של אנרגיה כימית, אנרגיה תרמית, אנרגיה קינטית או אנרגיה פוטנציאלית. להלן מספר טכנולוגיות אגירה עיקריות:

1.3.1 אגירה כימית באמצעות מצברים

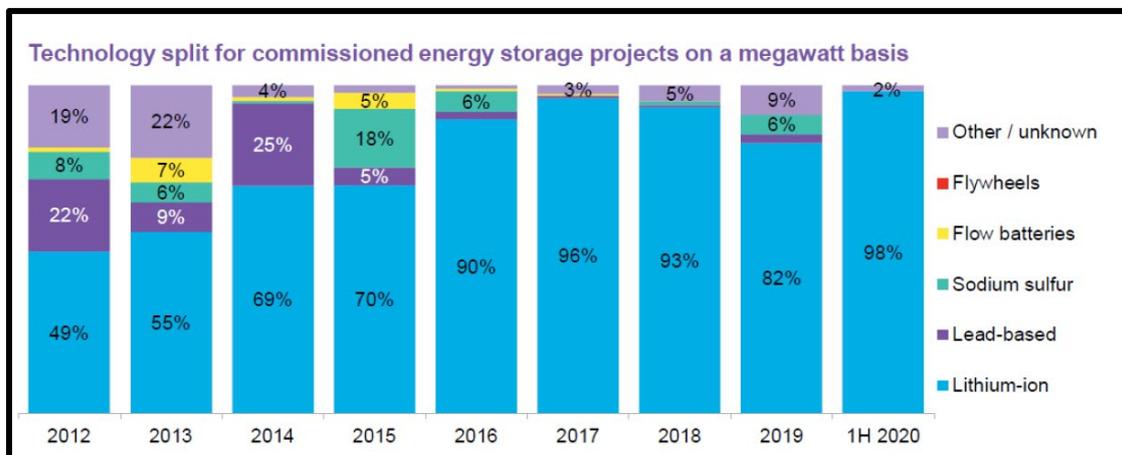
האגירה הכימית באמצעות מצברים היא הטכנולוגיה הוותיקה ביותר, והיא קיימת יותר מ-100 שנה במגוון רחב של שיטות ויישומים. יתרה מזו, בניגוד לשיטות האגירה האחרות, (אשר יפורטו בסקירה זו ומיועדות בעיקר לצרכי משק החשמל), מצברים משמשים ליישומים רבים כגון מכשירים ניידים (טלפונים ומחשבים) וכלי רכב. חשוב להבחין בין סוללות שניתנות לטעינה פעם אחת בלבד לבין מצברים שניתנים לטעינות מרובות. אנו כמובן עוסקים במצברים.

המצבר שהיה בשימוש נפוץ ביותר בעבר ליישומים שונים, שאינם רק עבור יישומי מערכת החשמל הוא מצבר עופרת-חומצה Lead-acid. הסיבה לכך נעוצה בהיותם של מצברים אלה קלים יחסית לייצור ומחירם הנמוך יחסית.

פיתוח מצברים ליישומים דלי הספק (טלפון סלולרי, מחשב נייד) אפשרו גידול בהספק ובאנרגיה של מצברי ניקל-קדמיום Nickel-Cadmium ומצברי ליתיום-יון Lithium-Ion גם ליישומים בעלי הספק משמעותי יותר. כיום ישנה תנופה בשימוש במצברי ליתיום יון, והם המצברים הנפוצים ביותר עבור משק החשמל. איור 1.3.1.1, הלקוח מתוך מצגת המופיעה בתחזית בלומברג¹, ממחיש זאת:

איור 1.3.1.1 - שיעור החדירה של טכנולוגיות אגירה שונות בין השנים 2012-2020

(הנתונים מייצגים אחוז מסך פרויקטים אגירה מסחריים באותן שנים)



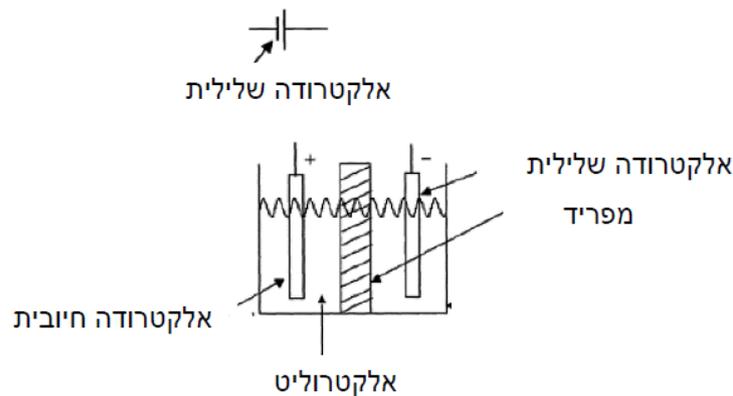
¹ <https://about.bnef.com>

1.3.1.1 רכיבים עיקריים של מצברים ועיקרון פעולה פיסיקלי

המצבר מורכב מתאים המכילים את האנרגיה הכימית הניתנת להמרה לאנרגיה חשמלית. התאים מחוברים בד"כ בטור. קבוצת תאים מכונה מודול. מארז של מצבר battery pack כולל מספר מודולים המחוברים בטור ו/או במקביל כדי לקבל מתח וזרם רצויים.

האנרגיה האגורה במצבר היא ההפרש באנרגיה החופשית של המרכיבים הכימיים בין מצב הטעינה למצב הפריקה. האנרגיה הכימית הזמינה מומרת לאנרגיה חשמלית רק כאשר זו נדרשת. רכיבי התא כוללים אלקטרודה חיובית, אלקטרודה שלילית, מפריד separator ואלקטרוליט (מוליך חשמל), כמתואר באיור הבא:

איור 1.3.1.1.1- רכיבי התא במצבר



אלקטרודה אחת משחררת אלקטרונים והשנייה צורכת אלקטרונים. האלקטרודות הן מחומר מוליך וממוקמות במקומות שונים ונפרדים. נקודות החיבור בין האלקטרודות למעגל החיצוני קרויות הדקים.

האלקטרודה החיובית עשויה בד"כ מתרכובת עם חמצן או גופרית או חומר אחר שהולך ופוחת במהלך הפריקה. אלקטרודה זו צורכת אלקטרונים מהמעגל החיצוני במהלך הפריקה. האלקטרודה החיובית נמצאת במצב מוצק.

האלקטרוליט הוא תווך (מוליך) המאפשר הולכת יונים בין האלקטרודה החיובית והשלילית. על האלקטרוליט להיות בעל מוליכות גבוהה עבור היונים הנוטלים חלק בריאקציות האלקטרודות אך

נטול מוליכות לגבי האלקטרונים כדי למנוע פריקה עצמית. האלקטרוליט יכול להיות נוזלי, ג'לי או מוצק. המצברים המסורתיים כמו עופרת-חומצה וניקל-קדמיום הכילו אלקטרוליט נוזלי. המפריד הוא שכבת בידוד חשמלי פיזית בין האלקטרודות. המפריד צריך לאפשר תנועת יונים ולעיתים מתפקד גם כאחסון לאלקטרוליט. במצברים מודרניים המפריד עשוי מחומר פולימרי סינטטי.

הפרמטרים החשובים של מצברים הם: תכולת המצבר, מתח ריקם, מתח הדקים, קצב פריקה, מצב הטעינה, עומק הפריקה עד כמה ניתן לפרוק את המצבר, לדוגמא- אם עומק הפריקה הוא 80% אז ניתן לפרק את המצבר בתנאים רגילים עד כדי 80% מהאנרגיה שבו ולא את כולה צפיפות אנרגיה, הספק המצבר וצפיפות ההספק.

1.3.1.2 היבטים עיקריים בהתייחס לטכנולוגיה

שימוש במצברים הינו טכנולוגיה ותיקה, אשר בניגוד לטכנולוגיות האחרות המוצגות בהמשך הסקירה, פותחה עבור יישומים שונים שאינם עבור מערכת החשמל. בשנים האחרונות, שימוש במצברים עבור צורכי משק החשמל הולך וצובר תאוצה.

תפיסת שטח: אומדן השטח הנדרש הינו 80 מ"ר למגה ואט שעה בהערכות שמרניות, הלוקחות בחשבון גם את השטח התפעולי הנדרש ולא רק את השטח שתופסות המכולות. על פי הערכות חברת נגה- ניהול מערכת החשמל מדברות על היקף של 50 מ"ר למגה ואט שעה.

היבטים סביבתיים: אתגר מיחזור בגמר שימוש (נראה שעם התקדמות הטכנולוגיה ימצאו פתרונות מיחזור), סכנת התלקחות ופליטות מזהמים עקב התלקחות.

היבטים תכנוניים: ישנה גמישות באופן סידור האתר. גמישות במיקום- בסמיכות לאתרי ייצור, אצל הצרכנים, ניצול אתרים קיימים. ישנו צורך בשמירת מרחקי בטיחות בשל חשש מהתלקחות. יתרונות: המתקנים הינם מודולריים וניתן להגדילם בצורה פשוטה יחסית. טכנולוגיה בפיתוח מואץ, עלויות הולכות ויורדות.

חסרונות: מספר נמוך של מחזורי טעינה. אתגר מיחזור. ישנה סכנה של התלקחות הסוללות. אורך חיים נמוך יחסית לשאר הטכנולוגיות.

פוטנציאל גידול של הטכנולוגיה²: גבוה.

² צפי לשינוי טכנולוגי שיגדיל באופן ניכר את היעילות של הטכנולוגיה

1.3.2 אגירה תרמית

אגירה תרמית, מתייחסת לאגירת אנרגיה בחומרים בעלי קיבולת חום/קור גבוהה ושימוש באנרגיה האגורה בשלב מאוחר יותר. עיקר האגירה התרמית בעולם היא במלח מותך.

1.3.2.1 עקרון פעולה פיסיקלי

האנרגיה הנאגרת היא אנרגיית חום, המומרת או שנוצרת ישירות מחום עודף (כמו למשל מהליך שריפה). האנרגיה התרמית נאגרת בחומר בעל קיבולת חום, כאשר בעת הצורך, האנרגיה שנצברה משמשת להפעלת טורבינת חשמל באמצעות קיטור.

אמנם בשיטת אגירה זו עיקר האנרגיה התרמית משמשת לייצור חשמל אך באופן עקרוני ניתן להשתמש גם ישירות באנרגיה התרמית, אם ישנו בקרבת מתקן האגירה צרכן תרמי מתאים. חברה בולטת בתחום האגירה התרמית היא חברת ברנמילר אנרג' והתיאור הבא, של שימוש באנרגיה תרמית מבוסס על מתקן החלוץ שהיא הקימה במישור רותם:

מתקן האגירה התרמית כולל מערכת קולטים הבנויים ממראות בצורת שקתות פרבוליות בטכנולוגיה זו נעשה שימוש נרחב בתחום התרמו-סולארי. השוקת הפרבולית מרכזת את קרינת השמש הישירה לצינור הקליטה, הנמצא במוקד הפרבולה. צינור הקליטה מתחמם ומעביר את החום למערכת האגירה. החום שנאגר זמין לטובת ייצור חשמל בשעות שבהן נדרשת הפעלת טורבינת הקיטור. מערכת האגירה מספקת קיטור בטמפרטורה ובלחץ המתאימים להפעלת הטורבינה. החום הנוצר מהמערכת הסולארית מוזרם ונשמר במערכת האגירה התרמית, המורכבת מתווך מוצק (Solid State Storage Medium) של תערובת סלעים גרוסה, אשר לא נעשה בה שימוש בזורמים נוזליים (כמו למשל מלח מותך).

מערכת אגירת האנרגיה מסוגלת לקבל בו-זמנית אנרגיה ממקורות חום שונים, הן מקורות מתחדשים (סולארי/ביו-מסה/רוח) והן מקורות אחרים (גז טבעי, חום עודף ממפעלי תעשייה סמוכים). האנרגיה האגורה משתחררת בצורת קיטור שחון לפי התזמון הרצוי של תחנת הכוח, כך שאפשר להפיק קיטור ולחולל חשמל באופן יציב ממקורות אנרגיה שאינם יציבים במהותם, כמו אנרגיה סולארית.

קיימים שלושה מעגלים נפרדים, היכולים לעבוד בנפרד ובאופן בלתי תלוי זה בזה:

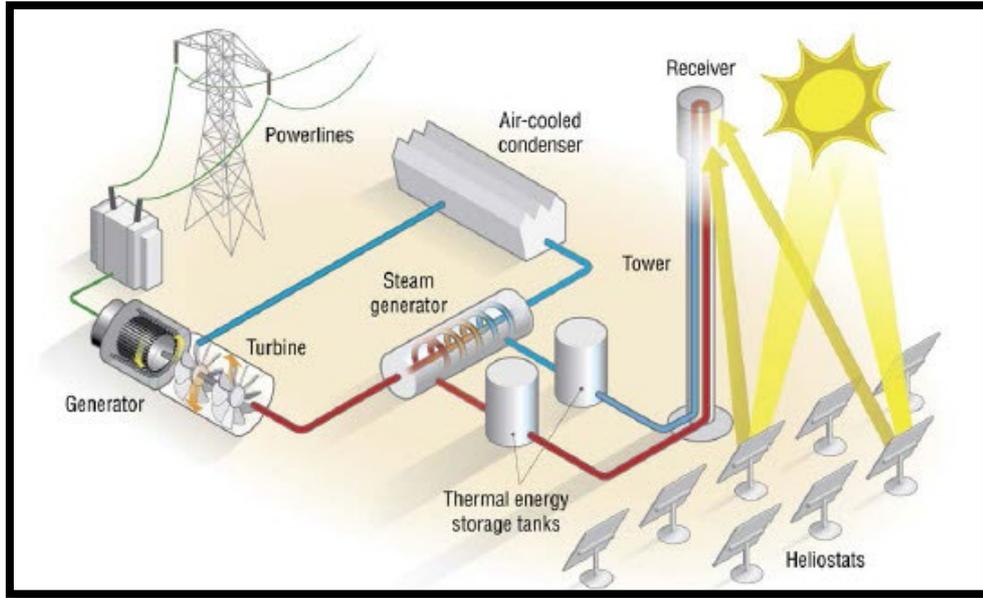
- מעגל טעינה שטוען את האגירה מהקולטים.
- מעגל טעינה שטוען את האגירה על ידי גזים חמים ממקור דלקי (גז טבעי).
- מעגל פריקה שפורק את האנרגיה הטעונה ומספק קיטור לטורבינה ליצירת החשמל.

לאורך מערכת האגירה ישנם צינורות מקביליים. המרווח בין הצינורות הללו ממולא במדיית האגירה שתפקידה לאגור את החום. במחצית מהצינורות זורם מעגל המים והקיטור שמוזרם לטורבינה לצורך ייצור החשמל. במחצית הצינורות השנייה זורם מעגל השמן המחובר לקולטים הסולאריים שמחממים וטוענים את המדיה באגירה.

בנוסף, קיימות תעלות אורכיות ומקבילות לצינורות הנ"ל לכל אורך מרכז האגירה, המיועדות להזרמת גזים חמים. גזים אלו נוצרים ממקור חום דלקי לצורך חימום וגיבוי לאנרגיה הסולארית. בקצה אחד של התעלות מחוברת יחידת חימום המבוססת מבערים ותא בעירה (מופעלת ע"י גז טבעי) ומייצרת את הגזים החמים המוזרמים לאורך התעלות. בקצה השני של התעלות ישנה ארובה המאפשרת את יציאת הגזים השיוריים (לאחר שהם מסרו את החום לאגירה, הגזים הם בטמפרטורה נמוכה).

דוגמא נוספת לשילוב מערכת אגירת אנרגיה תרמית, הוא האתר הסולארי בטונופה נבדה. מערכת האגירה התרמית באתר כוללת שני מיכלים: מיכל מלח מותך קר ומיכל מלח מותך חם. המלח המותך עובר תהליך חימום באמצעות האנרגיה הסולארית, כאשר בסוף התהליך האנרגיה האגורה מומרת באמצעות מערכת טורבינות לאנרגיה חשמלית ונפרקת למערכת החשמל. איור 1.3.2.1.2, מציג את מערכת האגירה התרמית באתר טונופה:

איור 1.3.2.1.2- מערכת אגירה תרמית באתר טונופה נבאדה



1.3.2.2 היבטים עיקריים בהתייחס לטכנולוגיה

ישנם עשרות פרויקטים ברחבי העולם (בעיקר בספרד ובאיטליה) העושים שימוש בטכנולוגיה זו. טכנולוגיה זו, מסוגלת לקבל בו-זמנית אנרגיה ממקורות חום שונים, הן מקורות מתחדשים (סולארי/ביו-מסה/רוח) והן מקורות אחרים (גז טבעי, חום עודף ממפעלי תעשייה סמוכים).

תפיסת שטח: כ- 2.25 מ"ר למגה וואט שעה.

היבטים סביבתיים עיקריים: טכנולוגיה "נקיה" המנצלת חום זמין או חום עודף.

היבטים תכנוניים: טכנית וכלכלית נראה כי אין הגיון בהקמת מתקנים בקנה מידה קטן (אשר הספקם קטן מ- 10 מגה – וואט) אשר תפיסת השטח שלהם מצומצמת.

יתרונות: ניצול חום מתשתיות קיימות. יכולת לקלוט אנרגיה ממגוון מקורות חום.

חסרונות: אין היתכנות למתקן בקנה מידה קטן. טכנולוגיה מוגבלת למקומות בהם קיים שטח זמין-אינו מתאים למקומות בהם בנייה רוויה.

פוטנציאל גידול טכנולוגיה: לא ידוע. תלוי דרישות שוק.

1.3.3 אגירה קינטית

אגירה קינטית פירושה השקעת אנרגיה באלמנט נע (מסתובב).

קיימים יישומים רבים לשיטה זו המבוססים בד"כ על גלגלי תנופה בעלי מסה גבוהה. למעשה מערכות האל-פסק הראשונות היו מבוססות על עיקרון זה אך לימים הוחלפו רובן במערכות אל-פסק מבוססות אלקטרוניקה ומצברים.

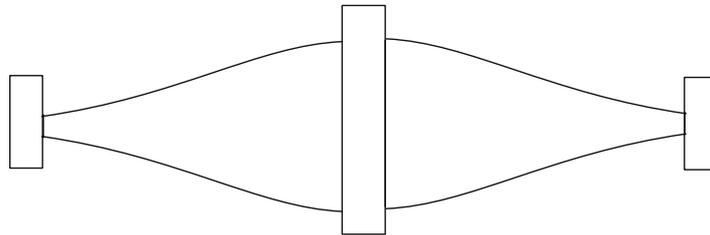
1.3.3.1 עיקרון פעולה פיסיקלי

באמצעות אנרגיה חשמלית המוזנת מהרשת, דיסקה (שהינה גוף גדול וצר בדומה למבנה של מטבע) בעלת מסה כבדה סובבת סביב ציר במהירות זוויתית גבוהה וצוברת אנרגיה קינטית. בעת הצורך, האנרגיה נפרקת אל הרשת.

על מנת לקבל אנרגיה קינטית גבוהה נדרש לסובב מסה גדולה במהירות זוויתית גבוהה ככל האפשר, כשהיא מרוכזת רחוק ככל האפשר מציר הסיבוב.

ככל שהמסה רחוקה יותר מציר הסיבוב הכוח הפועל עליה גדול יותר. ככל שנרחיק את המסה ונעלה את מהירות הסיבוב, נגיע בסופו של דבר לקצה גבול היכולת המכנית של החומר לעמוד במאמצים והמסה תיקרע לגזרים. על כן, המסה המסתובבת בגלגלי תנופה מתוכננת כך שנוצרת התפלגות מאמץ אחידה על פי הדיסקה המסתובבת. ניתן לעשות זאת על ידי הקטנת עובייה ככל שמתרחקים מציר הסיבוב באופן שמפצה על עליית הכוח. ברדיוס החיצוני שלה טבעת בעלת חוזק מכני גבוה נועלת את הדיסקה ושומרת על המעריך מפני התפרקות. איור 3.1, מציג תיאור סכמתי של פרופיל הדיסקה המסתובבת בגלגל התנופה:

איור 1.3.3.1.1 - תיאור סכמתי של פרופיל הדיסקה המסתובבת בגלגל תנופה

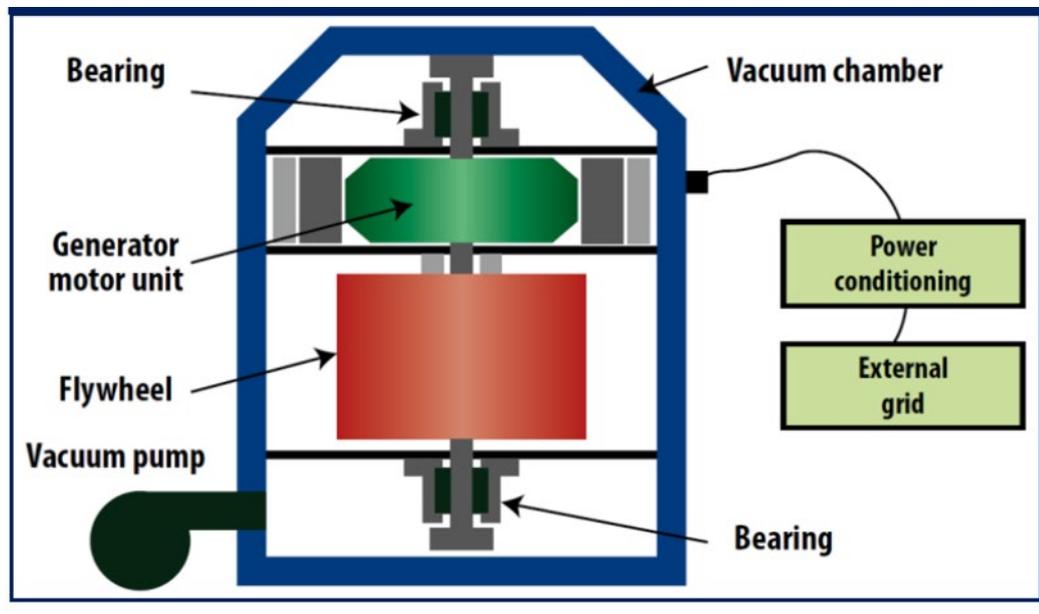


דיסקה המסתובבת במהירות מאבדת אנרגיה מעצם קיומו של כוח החיכוך. לפיכך, נדרשת הקטנת החיכוך כדי לשפר את יעילותם של גלגלי תנופה. ניתן לעשות זאת בשני אופנים: האחד, ליצור סביבת וואקום בה גלגל התנופה מסתובב כמעט ללא התנגדות והשני, להשתמש במסבים מגנטיים (מגנטיים קבועים, אלקטרומגנטיים או מוליכי-על) כך שגלגל התנופה מרחף.

היישום הבולט של אגירה קינטית פותח ע"י חברת ישראלית בשם צ'קראטק המבוסס מסה סובבת ("סביבון") המחוברת למנוע חשמלי. בשלב הטעינה, חשמל מוזרם מהרשת אל מכונה חשמלית המתפקדת כמנוע אשר מאיץ את הסביבון. הזרמת החשמל כוללת מספר שלבים: בתחילה מומר מתח החילופין של הרשת למתח ישר ולאחר מכן מומר שוב למתח חילופין בתדר ומתח משתנים המתאימים להנעת המנוע. האנרגיה הקינטית האגורה בסביבון יחסית לריבוע מהירות הסיבוב שלו.

הזרמת האנרגיה אל הגלגל גורם לעליה באנרגיה הקינטית שלו ולכן מהירות הסביבון עולה. כאשר הסביבון מגיע למהירות המקסימאלית, הגלגל טעון במלואו. כאשר רוצים לפרוק את האנרגיה, מכונת החשמל מתפקדת כגנרטור ע"י שינוי הבקרה האלקטרונית. הגנרטור מונע ע"י תנועת הסביבון ומפיק חשמל שלאחר עיבוד אלקטרוני מוזן לרשת. המרת האנרגיה הקינטית לאנרגיה חשמלית מאטה את הסביבון. כדי לשפר את הנצילות ולהקטין הפסדי חיכוך, הסביבון צף על מסבים מגנטיים ומסתובב בואקום. איור 1.3.3.1.2, מציג מערכת אגירה הכוללת גלגל תנופה:

איור 1.3.3.1.2 - מערכת עם גלגל תנופה



1.3.3.2 היבטים עיקריים בהתייחס לטכנולוגיה

אגירת אנרגיה באמצעות גלגלי תנופה נמצאת בשימוש מצומצם בעולם (קיימים למיטב ידיעתנו פרויקטים בודדים). שימוש באנרגיה זו, עשוי לסייע במקומות בהם חיבור חשמלי קטן, בהם ישנו קושי בהגדלת החיבור, כאשר נדרשת אגירת אנרגיה בכמות גדולה, ופריקתה בפרק זמן קצר (למשל תחנת דלק עם נקודת הטענת רכב חשמלי).

היבטים סביבתיים עיקריים: אינו כולל חומרים מסוכנים. יחד עם זאת, גלגל תנופה היוצא מאיזון עלול להיות מסוכן מבחינה בטיחותית ולכן מערכות גלגל תנופה גדולות מפוצלות לכמה גלגלי תנופה קטנים יותר כשהאנרגיה מחולקת ביניהם.

היבטים תכנוניים: יכול להוות פיתרון במקומות מרוחקים, בעלי חיבור חשמלי קטן, בהם ישנו קושי בהגדלת החיבור והם נדרשים ליכולת אגירת אנרגיה ופריקתה במהירות יחסית. יתרונות: יכולת טעינה ופריקה מהירה, אורך חיים ארוך, שיעור דגרדציה נמוך. פוטנציאל גידול טכנולוגיה: לא ידוע. תלוי דרישות שוק, טכנולוגיה בפיתוח מסחרי.

1.3.4 אנרגיה פוטנציאלית

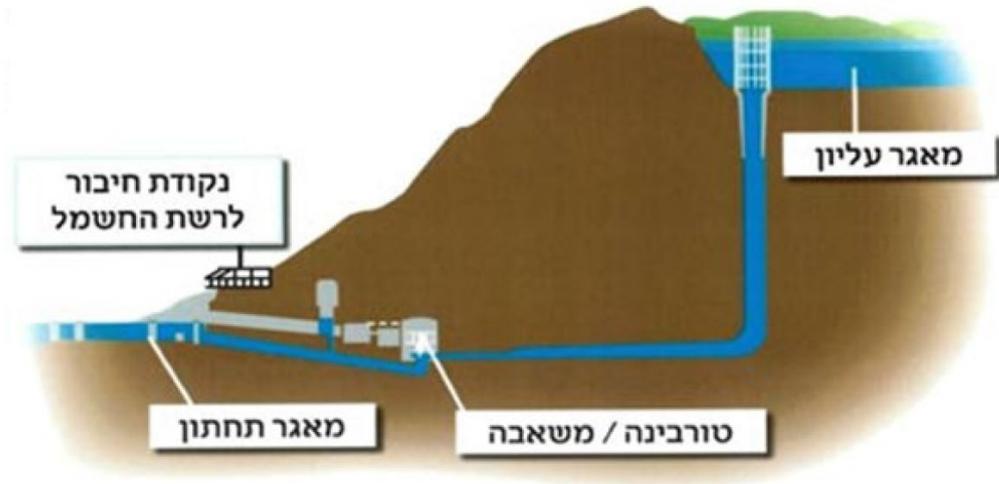
אנרגיה פוטנציאלית היא אנרגיה האצורה בגוף כלשהו כתוצאה מכוח הפועל עליו. אנרגיה פוטנציאלית ניתנת להמרה לצורות שונות של אנרגיה - אנרגיה קינטית, אנרגיית חום או אנרגיה פוטנציאלית מסוג אחר. לסוג אגירה זה משתייכות שתי קטגוריות עיקריות: אגירה שאובה ואוויר דחוס.

1.3.4.1 אגירה שאובה

1.3.4.1.1 עיקרון פעולה פיסיקלי

בטכנולוגיה זו, האנרגיה הפוטנציאלית מבוססת על כוח הכבידה: מתקן אגירה שאובה כולל שני מאגרי מים, עליון ותחתון ואולם מכונות הנמצא ביניהם. בעת הטעינה נשאבים המים מהמאגר התחתון לעליון תוך כדי צריכת אנרגיה חשמלית ותוך שימוש במכונות המתפקדות כמשאבות. בעת הפריקה מוזרמים המים מהמאגר העליון לתחתון תוך כדי ייצור חשמל באמצעות אותן המכונות ממש. האנרגיה הפוטנציאלית נובעת מהפרש הגבהים שבין שני המאגרים וממסת המים העצומה שבהם. היות ומדובר בטכנולוגיה ותיקה המשמשת את מערכת החשמל, וזאת בשונה משאר הטכנולוגיות, אשר הפיתוח שלהן יועד עבור מערכת החשמל, והינו חדש יחסית- לא נרחיב את הסקירה על טכנולוגיה זו. בישראל ישנם שלושה מתקני אגירה שאובה, בשלבי תכנון וביצוע שונים, מיקומם נקבע בהתאם למאפיינים הפיסיים של האיתורים בהם הוקמו, איור 1.3.4.1.1, מציג חתך עקרוני של מתקן אגירה שאובה:

איור 1.3.4.1.1- חתך עקרוני מתקן אגירה שאובה



1.3.4.1.2 היבטים עיקריים הקשורים בטכנולוגיה זו

טכנולוגיה ותיקה ומוכרת, ובהיקף שימוש רחב בעולם. הצפי הוא כי משקלה ותרומתה להספק האנרגיה בראיה עולמית ילך וירד עם השנים, עם התפתחות טכנולוגיות אגירה נוספות, אשר הינן מודולריות ופשוטות יותר לביצוע.

תפיסת שטח: שטח גדול ביותר.

היבטים סביבתיים עיקריים: צריכת שטח גדול, מופע נופי משמעותי.

היבטים תכנוניים: הליך סטטוטורי מורכב, צריכת שטח גדול. מוגבל לאזורים בעלי הפרשים טופוגרפיים.

יתרונות: אין פליטות מזהמים, מאפשר היקפי אגירה גדולים.

חסרונות: צריכת שטח גדולה, הליך סטטוטורי מורכב. נדרשות עבודות הנדסיות בקנה מידה גדול, תלות במאפיינים טופוגרפיים, עלות גבוהות, חוסר גמישות ביכולת הגדלת תכולת האנרגיה בהתאם לצרכים.

פוטנציאל גידול טכנולוגיה: נראה כי משקלה של טכנולוגיה זו בעולם ילך ויצטמצם. בישראל ישנם שלושה פרויקטים בשלבי תכנון וביצוע שונים.

1.3.4.2 טכנולוגיית אוויר דחוס

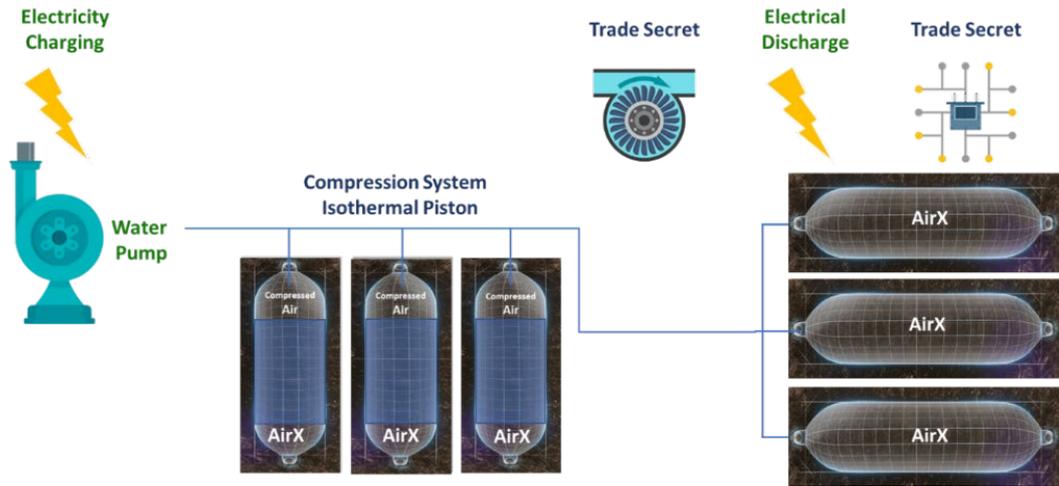
הקטגוריה השנייה של מתקני אגירה פוטנציאלית, מבוססת על דחיסה והרפיה של אוויר דחוס. טכנולוגיית אוויר דחוס ידועה בראשי התיבות שלה CAES שפירושו Compressed Air Energy Storage. במשך השנים הוצעו שיטות שונות ליישום CAES כאשר ההבדל עיקרי בין השיטות השונות היה החלל בו נדחס אוויר, החל במחצבות שהתיישנו וכלה בחללים תת-ימיים. סקירה זו תתבסס על שיטה ליישום CAES המפותחת ע"י חברה ישראלית בשם אוגווינד. מערכת האגירה של אוגווינד מבוססת על מיכל העשוי חומר פולימרי, שבו ניתן לדחוס אוויר בנצילות של כ- 90% ולפרוק אוויר בנצילות דומה כך שהנצילות הכוללת בתהליך טעינה-פריקה עומדת על כ- 80%. המכלים עטופים בחומר צמנטי מבודד ומותקנים מתחת לפני הקרקע בעומקים לא גדולים. קיימת גישה למכלים לצרכי תחזוקה ובקרה.

1.3.4.2.1 עקרון פעולה פיסיקלי

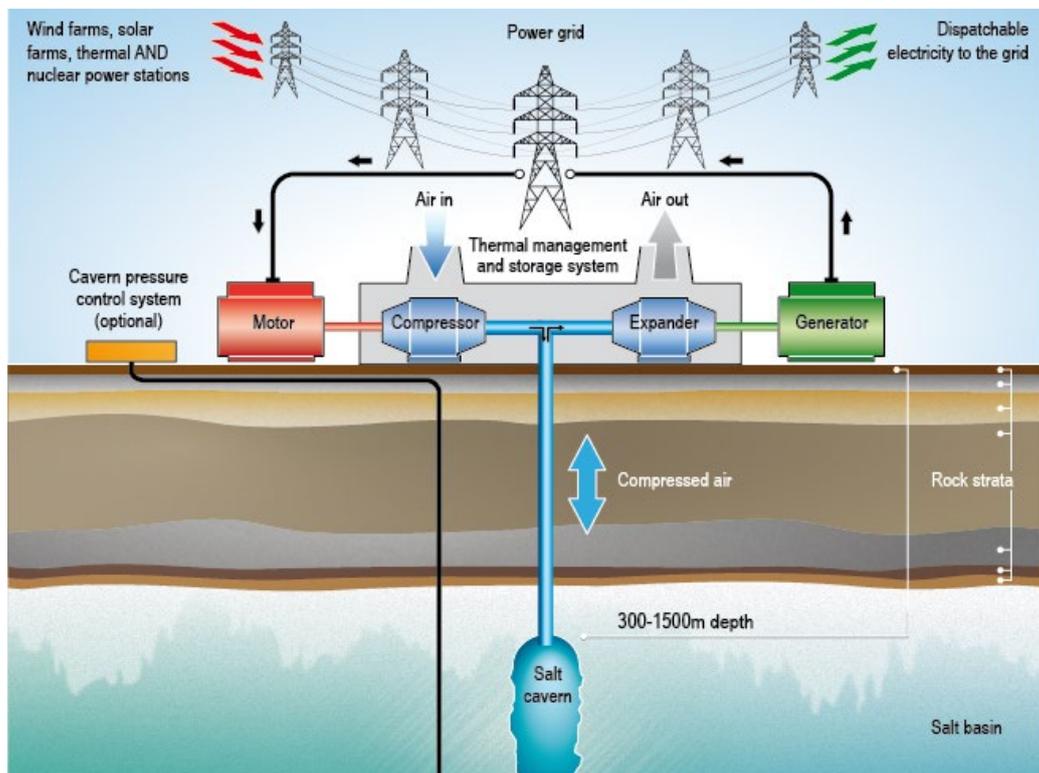
בתהליך הטעינה, האוויר נדחס על ידי מילוי המכלים במים המסופקים ע"י משאבות צנטרפוגליות המונעות בחשמל. המשאבות עצמן הן מוצר מדף. המים דוחסים את האוויר במיכל עד ללחץ של 40-60 באר. אותו נפח אוויר מועבר אל מערכת מכלי אגירת אוויר דחוס. במקביל, במכלי הדחיסה המים עוברים אל המכל הבא בעוד שהמכל הראשון שדחס אוויר כעת יונק אוויר בלחץ אטמוספרי תוך כדי מעבר המים בין המכלים ובכך מתקבל תהליך רציף של טעינת אוויר דחוס ע"י שימוש בחשמל.

לאחר טעינת האוויר ללחץ הנדרש, הוא מועבר אל מכלי האגירה. אלו מכלים זהים למכלי הדחיסה, אם כי במכלי האגירה אין מעבר של מים והאוויר למעשה ממתין לפריקה. בזמן שבו מערכת הבקרה נותנת הוראה למערכת לפרוק אנרגיה, האוויר זורם ממכלי האגירה ופוגש את אותם המים שדחסו אותו בתהליך הטעינה. הפעם, לחץ האוויר הוא שסוחף את המים אל עבר טורבינת מים שמסובבת גנרטור המייצר חשמל מהאנרגיה האגורה. כמו בתהליך הטעינה, גם בתהליך הפריקה נעשה שימוש בטכנולוגיה מוכרת, הפעם בטורבינות מים הידרואוליות. טורבינות אלו מסתובבות וממירות את אנרגיית זרימת המים לאנרגיה חשמלית. איור 1.4.4.2.1, מציג את מרכיבי המערכת בכללותה:

איור 1.3.4.2.1- מרכיבי מערכת אגירת אוויר דחוס (חברת אוגווינד)



באיור 1.3.4.2.1.1- מוצגת מערכת אגירת אנרגיה באוויר דחוס –בה נעשה ניצול של תצורות גיאולוגיות תת קרקעיות (חללי מלח מומס). ההתקנות הראשונות של מערכות אגירה מסוג זה התבצעו בסוף שנות ה- 70 בגרמניה (Huntorf) ובתחילת שנות ה- 90 בארצות הברית (אלבמה).



1.3.4.2.2 היבטים עיקריים הקשורים בטכנולוגיה זו

בטכנולוגיה זו, עיקר השטח המשמש את מערכת האגירה הוא תת הקרקע.

תפיסת שטח: שטח עילי קטן ביותר.

היבטים סביבתיים עיקריים: שטח עילי נדרש למתקנים מצומצם יחסית, מופע נופי מצומצם.

טכנולוגיה "נקיה", המנצלת משאב קיים- קרקע ואוויר.

היבטים תכנוניים: טכנולוגיה זו יכולה להתאים במקומות בהם שטח הבינוי נוצל וישנו מחסור

בעתודות קרקע (למשל באזורי תעשייה).

יתרונות: ניצול משאב קיים. מאפשר מחזורי פריקה וטעינה רבים ללא דגרגציה. שטח עילי נדרש

קטן.

חסרונות: לא ברור האם ניתן להטמין את המיכלים ללא תלות בסוג הקרקע, אזורי רגישות סייסמית

וכד'. תוספת מיכלים מצריכה עבודות חפירה. לא ברור מה המגבלות שיושגו על פיתוח תשתיות

אחרות.

פוטנציאל גידול טכנולוגיה: לא ידוע. תלוי שוק, טכנולוגיה בפיתוח מסחרי.

סיכום:

ישנן מספר טכנולוגיות אגירה עיקריות המיועדות לשימוש מערכת החשמל, הנמצאות בשלבי פיתוח

שונים. ישנה שונות בין הטכנולוגיות השונות, כאשר לכל אחת מהן יש מאפיינים שונים, חוזקות

וחולשות ביחס לטכנולוגיות האחרות, כפי שעולה מהטבלה הבאה:

טבלה 1.3 - השוואה בין טכנולוגיות אגירה

פרמטר	כימית (מצברים)	תרמית	קינטית	פוטנציאלית (אוויר דחוס)
מודולריות (אפשרות להגדלת אגירה בהתאם לצרכים)	כן	כן	כן	כן
אתגר מחזור	קיים	אין	אין	אין
אורך חיים	נמוך ביחס לטכנולוגיות אחרות	גבוה	גבוה	גבוה
אומדן תפיסת קרקע (מ"ר למג"ש)	כ- 80 (הנחה שמרנית)	כ- 2.25	כ- 33	שטח עילי קטן. (אינו פונקציה ישירה של יכולת האנרגיה של המתקן)
סכנת התלקחות	גבוהה	נמוכה	אין	אין
תחזוקה בשל רכיבים הנמצאים בתנועה	המצברים סטטיים (ישנה תחזוקה של ציוד עזר)	יש	יש	יש
פוטנציאל	טכנולוגיה בשימוש מואץ	אין ודאות- טכנולוגיה בפיתוח, תלוי דרישות שוק	אין ודאות- טכנולוגיה בפיתוח, תלוי דרישות שוק	אין ודאות- טכנולוגיה בפיתוח, תלוי דרישות שוק
דגרדציה (פחת ביצועי)	יש	אין	אין	אין
מחיר (ביחס לטכנולוגיות האחרות)	נמוך	גבוה	גבוה	גבוה

נראה כי הטכנולוגיה של אגירת אנרגיה במצברים, נמצאת בפיתוח ושימוש מואץ ביחס לשאר הטכנולוגיות שנסקרו, וכי מגמה זו תמשך בשנים הבאות. על כן, טכנולוגייה זו תהווה את טכנולוגיית הייחוס, אליה יתייחס בהמשך מסמך המדיניות. יש להמשיך ולעקוב אחר המגמות והשינויים במשק החשמל ובשוק האגירה, תוך בחינת המחקר והפיתוח של הטכנולוגיות השונות ופוטנציאל הפיתוח של כל אחת מהן.

1.4. סקירה בינלאומית- מתקני אגירה בעולם

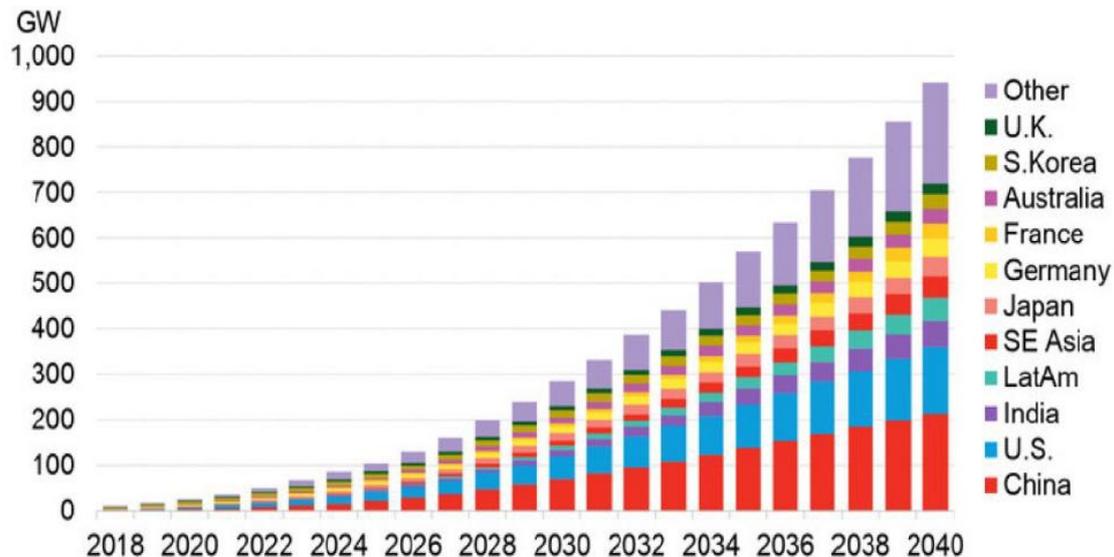
1.4.1 מגמות בהיקף אגירת אנרגיה חשמלית

על אף שישנו מספר לא מבוטל של מתקני אגירה בעולם, הספק האגירה עדיין אינו משמעותי. בעשורים הקרובים, צפויה מגמה של גידול בהספק המצטבר, כפי שניתן לראות בתחזית בלומברג לשנים 2018-2040:

על פי תחזית בלומברג לשנת 2040, הצפי הוא כי ההספק המצטבר יגיע לכ-1,000 ג'יגה-וואט, כאשר ארה"ב וסין, יובילו את המגמה.

איור 1.5.1.1, מציג את השינויים בהספק המצטבר של מתקני אגירה במשך החשמל על פי תחזית בלומברג (ללא אגירה שאובה וללא סקטור התחבורה), לפי מדינות העולם.

איור 1.4.1.1 - תחזית להספק מצטבר לשנים 2018-2040 (לפי מדינות)



1.4.2 מתקני אגירה בעולם

להלן סקירה תמציתית של שמונה מתקני אגירה במקומות שונים בעולם, בעלי ייעודים שונים ובגדלים שונים. שמונת המתקנים נבנו בשנים האחרונות ויכולים לשמש כרפרנס ראשוני באשר למגמות הקיימות כיום בעולם בתחום האגירה.

אין בעולם מדינה תאומה זהה לישראל מבחינת מאפייניה האקלימיים ומבחינת מאפייני מערכת החשמל שלה, אשר מקדימה את ישראל במספר שנים מבחינת פרויקטי האגירה שבה. על כן, הקריטריונים שהנחו אותנו בבחירת המדינות היו בעיקר הדומיננטיות של המתקנים הפוטוולטאיים

שבאותן מדינות (נכון לארה"ב, אוסטרליה, יפן, גרמניה ואיטליה), דמיון אקלימי מסוים (נכון למערב ארה"ב, אוסטרליה ואיטליה) וניסיון רב בתחום האגירה (נכון לגרמניה וליפן).
 האתרים שנסקרו מבוססים על טכנולוגיה של מצברים, היות וישנו קושי במציאת אתרי אגירה גדולים, שאינם מבוססים על טכנולוגיה זו (פרט לאתרי אגירה שאובה שהינה טכנולוגיה ותיקה, הנדרשת לשטח רב ולתנאים פיסיים ספציפיים, ועל כן לא נערכה סקירה של אתרים מסוג זה).
 טכנולוגיות אגירה שאינן מבוססות מצברים (ושרבות מהן הן פרי פיתוח ישראלי) תוארו בסעיף 1.3 שהציג טכנולוגיות אגירה.

לגבי מרבית מהמתקנים פורטו הנתונים הבאים בהתאם למידע זמין:

- שנת הקמה
 - מטרה
 - שטח
 - מיקום: תחנת כוח, אתר ייצור אנרגיה מתחדשת, אזור תעשייה, מתקן הנדסי, אתר שהוקם בשטח פתוח ועומד בפני עצמו, אזור לוגיסטי וכו'.
 - תכולת האנרגיה של המתקן הנמדדת ב-MWh (מגה-וואט-שעה).
 - הספק המתקן הנמדד ב-MW (מגה-וואט) והמבטא את הקצב טעינת/פריקת מתקן האגירה. מעניין להסתכל על היחס בין שני הפרמטרים האחרונים, תכולת האנרגיה של המתקן להספקו. נתון זה הנמדד ב-h (שעות) מבטא את משך הזמן שבו יכול מתקן האגירה לספק את מלוא הספקו הנומינלי. מובן כי ייתכנו גם משטרי עבודה נוספים, כגון אספקת מחצית ההספק הנומינלי למשך זמן כפול. נתון זה עשוי ללמד אותנו על מטרתו של מתקן האגירה ועל מידת גמישותו בשירות יותר מאשר תכלית אחת.
 - שטח מתקן האגירה – לנתון זה חשיבות רבה מההיבט הסטטוטורי והתכנוני, אך אין הוא זמין לגבי מרבית הפרויקטים ועל כן ניסינו לאמוד אותו, בהתאם לתכולת המתקנים, כאשר הפרמטר המשפיע ביותר על שטח מתקן האגירה היא תכולת האנרגיה שלו, אך גם לפרמטרים נוספים (כגון הטריגונומטריה של המתקן, היותו מסודר בצורה ריבועית, מלבנית או אחרת) יש השפעה על שטח מתקן האגירה. מרבית מתקני האגירה במצברים מבוססים על מכולות סטנדרטיות וחישוב השטח תלוי בכמות המכולות, האם הן בנויות בקומה אחת או יותר, מרווחי הבטיחות והתפעול סביבן וכיוצ"ב.
- בסיומה של הסקירה מצורפת טבלה, המרכזת את הנתונים של האתרים שנסקרו.

Tesla 1.4.2.1, אוסטרליה

הקמת מתקן אגירה זה לוותה במסע יחסי ציבור אגרסיביים, שכן מנכ"ל חברת Tesla- אילון מאסק, ניסה (והצליח) להוכיח כי ניתן להקים מתקן אגירה משמעותי בפרק זמן קצר מאוד של 100 יום. תכולת מתקן האגירה המקורי, שהושלם בשלהי 2017, הייתה 129MWh והספקו המקורי עמד על 100MW. בשנת 2020 הורחב מתקן האגירה בכ- 50%, תכולתו גדלה ל- 194MWh והספקו גדל ל- 150MW.

מתקן אגירה זה מבוסס על מצברי ליתיום-יון ושטחו לפני הרחבת עמד על כ- 1 הקטר, דהיינו כ- 10 דונם. השטח הסגולי במתקן זה עומד על 77.5 מ"ר ל- MWh. מבחינה תפעולית, נחלק מתקן האגירה המקורי לשני שימושים שונים. הספק של 70 מגה-וואט ואנרגיה של 11.7 מגה-וואט-שעה מוקצים לשירותי רשת שעיקרם תמיכה ביציבות הרשת. חלק זה של מתקן האגירה עשוי להחליף את הצורך בהשלת עומסים ובכך תורם לאמינות האספקה. השימוש השני מיועד לאחסון אנרגיה שמקורה בחוות הרוח של Hornsdale שבשטחה נמצא מתקן האגירה בשעות בהן האנרגיה החשמלית זולה ומכירתה בשעות אחרות בהן הביקוש לאנרגיה גבוה יותר והיא יקרה יותר. בישראל עדיין לא פועלות חוות רוח בהספק משמעותי, אך חוות כאלה צפויות לקום בשנים הקרובות בצפון המדינה וייתכן שניתן לשפר את ביצועיהן ואת האינטגרציה שלהן עם הרשת אם יוקמו בסמוך אליהן מתקני אגירה.

Steag 1.4.2.2, גרמניה

מתקן האגירה של חברת Steag הוא יוצא דופן במובן זה שהוא מורכב למעשה מ- 6 מתקני משנה המותקנים ב- 6 אתרים שונים בחלק המערבי של גרמניה.

תמונה 1.4.2.2.1- אתר של חברת Steag בגרמניה



(צילום בני פירסט)

תכולת מתקן האגירה בכל אחד מ- 6 האתרים, שהוקמו בשנת 2017, היא 20MWh והספק כל אתר הוא על 15MW. בכל אתר ישנם 10 קונטיינרים שהועמדו בזוגות, כפי שניתן לראות בתמונה. מעניין כי העמדת הקונטיינרים באתרים השונים איננה זהה. גם מתקן אגירה זה מבוסס על מצברי ליתיום-יון ואנו מעריכים כי שטחו של כל אחד מ- 6 האתרים הוא כ- 1.5 דונם.

הייעוד העיקרי של מתקן האגירה, שתכולתו הכוללת היא 120MWh והספקו הכולל הוא 90MW, הוא השתתפות בוויסות התדר, דבר המסביר את הספקו הגבוה יחסית של המתקן ביחס לתכולת האנרגיה שלו.

מתקן האגירה המדובר מהווה מקרה יחסית נדיר שבו הוא נפרס ב- 6 אתרים שונים. להערכתנו הסיבה לכך היא סטטוטורית, שכן חלקי מתקן האגירה השונים נבנו באתרים קיימים שהיו של חברת Steag והם לא היו גדולים במיוחד ולכן העדיפה Steag לבנות מספר אתרים קטנים מאשר מתקן אחד גדול יותר. יתרה מזו, מתקן האגירה היה אחד הראשונים של Steag והחלוקה לאתרים אפשרה

ליותר גורמים ב- Steag להיחשף לתהליך ההקמה. ברור שמבחינת עלויות הקמה, החלוקה למספר אתרים אינה זולה יותר וספק אם יש בה יעילות מוגברת.

Terna 1.4.2.3, איטליה

תכולת מתקן אגירה זה, שהוקם בשנת 2015 ומבוסס על מצברי נתרן-גפרית, היא 250MWh בעוד שהספקו הוא 38.4MW בלבד. יחס תכולת האנרגיה להספק עומד על כ- 6.5 שעות ומכאן אנחנו יכולים ללמוד כי ייעודו העיקרי איננו וויסות תדר, המתאפיין בהספק גבוה, אלא קליטת עודפי אנרגיות מתחדשות לא מנוצלים תוך דחיית השקעות ברשת ההולכה. מתקן אגירה זה מבוסס על מצברי נתרן-גופרית. נראה כי שטחו הוא כ- 20 דונם. עפ"י קרבת האתר לקווי המתח העליון (ככל הנראה 150 קילו-וולט) הנראים ברקע, מדובר באתר ייעודי שנבחר בכדי לאפשר חיבור ישיר לרשת ההולכה.

Rokkasho Futamata 1.4.2.4, יפן

מתקן אגירה הוקם בשלב מוקדם יחסית, בשנת 2008, בעת שיפן הייתה ממובילות תחום האגירה בעולם. בדומה למתקן האגירה הקודם, גם מתקן אגירה זה מבוסס על מצברי נתרן-גופרית וגם הוא בעלי יחס אנרגיה-הספק גבוה של 6 שעות, שכן תכולת מתקן אגירה זה היא 204MWh בעוד שהספקו הוא 34MW בלבד. תפקידו של מתקן אגירה זה הוא לספוג את עודפי הייצור של חוות רוח הסמוכה שהספקה הוא 51 מגה-וואט. המתקן מורכב מ- 17 מבנים, לא מכולות, כמתואר בתמונה הבאה:

SDG&E 1.4.2.5, סאן דייגו, ארה"ב

מתקן האגירה של חברת הגז והחשמל של סאן-דייגו, מבוסס על מצברי ליתיום-יון והוקם בשנת 2017. בעת הקמתו היה מתקן אגירה זה הגדול בעולם, אך בינתיים קמו מתקנים גדולים ממנו. תכולת מתקן אגירה זה היא 120MWh והספקו הוא 30MW, דהיינו יחס של 4 שעות (היחס המקובל לפי הרגולציה הישראלית למתקני אגירה הצמודים למתקנים פוטוולטאיים). מתקן האגירה מורכב מ- 24 מכולות כמתואר בתמונה הבאה:

תפקידו העיקרי של מתקן זה הוא הקטנת עודפי אנרגיות מתחדשות לא מנוצלים ותפקידו המשני הוא להוות תחליף עתודה סובבת. נראה כי הזרז להקמת המתקן הייתה יציאה מכשירות של מתקן אגירת גז שגם להקטנת יכולת יחידות ייצור קונבנציונליות לשמש כגיבוי. איננו יודעים את אופי האתר בו הוקם מתקן האגירה.

Vistra 1.4.2.6, קליפורניה, ארה"ב

מתקן הזה מבוסס כל מצברי ליתיום יון, והוא ככל הנראה מתקן האגירה הגדול ביותר בעולם, הממוקם לאורך מפרץ מונטריי שבקליפורניה. לאחרונה הושלם מהלך של הרחבת המתקן, המאפשרת תכולת אנרגיה של 1,600Wh והספק של 400MW, כלומר יחס של 4 שעות. בדומה למתקן הקודם תפקידו הוא הקטנת עודפי אנרגיות מתחדשות.

Greensmith Energy 1.4.2.7, קליפורניה, ארה"ב

מתקן אגירה זה, המבוסס על מצברי ליתיום-יון, הוא מתקן קטן למדי, תכולתו היא 6MWh והספקו הוא 2MW ובשל ממדיו הוא מחובר לרשת החלוקה ולא לרשת ההולכה. חשוב לציין, כי למתקני אגירה המחוברים לרשת החלוקה יש פוטנציאל לסיוע בשמירת מתח תקין של קווי החלוקה וכן לתפעול טוב יותר של רשת החלוקה בעלת ריבוי מתקני ייצור מבוזרים ממקורות מתחדשים המחוברים אליה. לכן, קיימת חשיבות רבה בבחינת מתקני אגירה אלו, על אף ממדיהם הצנועים.

PJM 1.4.2.8, אוהיו, ארה"ב

מתקן אגירה, המבוסס על מצברי ליתיום-יון, זה נבנה בראש ובראשונה למטרת תמיכה בתדר ולכן תכולת האנרגיה שלו 2.6MWh היא נמוכה יחסית בעוד שהספקו 4MW גדול יחסית. המתקן בנוי מ-2 מכולות (אחת מהן נראית בתמונה) שבכל אחת מהם ישנם מצברים במשקל של כ-20 טון.

טבלה 1.4.2 - ריכוז נתוני אתרי אגירה

שטח מוערך (דונם)	יחס (h)	הספק (MW)	אנרגיה (MWh)	אתר ההקמה	טכנולוגיה	שנת הקמה	מדינה	שם מתקן האגירה
10	1.3 1.3	100 150	129 194	חוות רוח	מצברים ליתיום-יון	2017 2020	אוסטרליה	Tesla
6×1.5	1.3	6×15	6×20	אתרים קיימים של חברת Steag	מצברים ליתיום-יון	2017	גרמניה	Steag
20	6.5	38.4	250	אתר ייעודי	מצברים נתרן-גופרית	2015	איטליה	Terna
15	6	34	204	בקרה לחוות רוח	מצברים נתרן-גופרית	2008	יפן	Rokkasho Futamata
10	4	30	120	-	מצברים ליתיום-יון	2017	סאן דייגו ארה"ב	SDG&E
-	4	400	1,600	אולם טורבינות של תחנת כוח ותיקה שהושבתה	מצברים ליתיום-יון	2020	קליפורניה ארה"ב	Vistra
2	3	2	6	אתר ייעודי	מצברים ליתיום-יון		קליפורניה ארה"ב	Greensmith Energy
1	0.65	4	2.6	אתר ייעודי	מצברים ליתיום-יון	2014	אוהיו ארה"ב	PJM

סיכום ותובנות כלליות באשר למתקני אגירת אנרגיה העולות מהסקירה:

- תכולת האנרגיה של מתקן האגירה והספקו תלויים בעיקר במטרת מתקן האגירה המדובר: מתקנים בעלי יחס אנרגיה-הספק גבוה משמשים לקליטת עודפי הייצור ופריקתם בעת הצורך בעוד מתקנים בעלי הספק גבוה מיועדים לסייע בוויסות התדר.
- השטח הנדרש למתקן תלוי בעיקר בתכולת האנרגיה של מתקן האגירה.
- נראה כי מתקן אגירה (העושה שימוש בטכנולוגיית מצברים) אינו צרכן גדול של שטח. להבנתנו אומדן השטח הנדרש 80 מ"ר לכל 1MWh. אנו מניחים כי שטח זה יצומצם עם השנים, אך ייתכן ורגולציה תחייב שמירת מרחקי בטיחות בין רכיבי המתקן השונים.
- מתקנים מבוססים מצברים אינם מצריכים עבודות הקמה מורכבות. נראה תקופת כי עבודות ההקמה אינה חורגת מעבר למספר חודשים. המתקנים הינם מודולריים וניתן להגדילם בצורה פשוטה יחסית.

- מרבית מתקני האגירה מותקנים במכולות (המרחק בין המכולות, נקבע בהתאם לדרישות תפעוליות ודרישות כובי אש) נראה כי אין נטיית להצבת המכולות אחת על גבי השנייה.
- נראה כי צפויים להיות יותר ויותר מתקני אגירה שיוקמו בשטחים של תחנות כוח לשעבר, שיוכלו ליהנות מתשתיות החשמל הקיימות.
- מהסקירה נראה כי האקלים המקומי אינו מהווה חסם להקמת אתרי אגירה העושים שימוש בטכנולוגית מצברים.

2. פרק ב': היבטים תכנוניים, בטיחותיים וסביבתיים ושיקולי מיקום

2.1. כללי

פרק זה יסקור היבטים שונים הקשורים למתקני אגירת אנרגיה, להם ישנה משמעות למיקום האתר ולתכנונו.

מהמידע שנאסף ונסקר בפרקים הקודמים נמצא כי ישנן מספר טכנולוגיות אגירה, הנמצאות בשלבי פיתוח שונים. טכנולוגית האגירה באמצעות מצברים, נמצאה כטכנולוגיה שהשימוש בה הולך תופס תאוצה רבה בשנים האחרונות. על כן, כפי שצוין בסעיף 1.4 לעיל הסקירות והניתוחים שיערכו יתמקדו בטכנולוגיה זו.

המינוח אשר ישמש בסקירות: "מתקן אגירה".

פרק זה ינתח שלושה היבטים עיקריים, הקשורים במתקני אגירת אנרגיה:

היבטים תכנוניים

היבטים סביבתיים

היבטים בטיחותיים

בהתאם למסקנות הניתוח ינוסחו כללים עקרוניים לתכנון מתקני האגירה תוך הבחנה בין סוגי המתקנים השונים. הכללים שינוסחו יתייחסו גם למצב עתידי בו יעשה שימוש בטכנולוגיות אגירה אחרות/נוספות, וזאת על מנת שלא לפגוע ולעכב כניסתן.

2.2. היבטים תכנוניים

2.2.1 המאפיינים הפיסיים של מתקן אגירה - מתקן טיפוס

על מנת לבחון את המאפיינים התכנוניים של מתקני האגירה, בשלב ראשון יש להציג ולאפיין מתקן אגירה טיפוסי ולפרט את המרכיבים והתשתיות הנדרשות עבור המתקן. לאלה יש משמעות מבחינת פריסת האתר, מיקומו ודרישות השטח שלו.

מתקני אגירת אנרגיה אינם זהים זה לזה גם אם הם מבוססים על טכנולוגיה דומה, בגלל הבדלים הנובעים מסוג ציוד שנבחר, דרישות בטיחות, גיאומטריה של האתר, דרישות ביטוח, תנאי אקלים וכיוצ"ב. על אף השונות ניתן להצביע על מספר מרכיבים שסביר להניח שתמיד ייכללו במתקן אגירה טיפוסי.

הניתוח מתייחס למתקן שבו טכנולוגית האגירה מבוססת על מצברים, אך חלק ניכר ממרכיבי המתקן הטיפוסי ימצאו גם במתקני אגירה המבוססים על טכנולוגיות אחרות.

2.2.1.1 מרכיבי מתקן אגירה

להלן תיאור של מרכיבי מתקן אגירה גנרי המותקן במכולות ומחובר לרשת מתח גבוה או מתח עליון:

יחידות האגירה

יחידות האגירה מותקנות בד"כ במכולות סטנדרטיות של 40 רגל (12.20 מטר) או 20 רגל (6.10 מטר)³, והן כוללות את האלמנטים הבאים:

1. מצברים

2. יחידות המרה אלקטרוניות מ- AC ל- DC (במהלך הטעינה) ומ- DC ל- AC (במהלך הפריקה)

3. לוח מתח נמוך

4. שנאי המעלה את מתח המוצא למתח הגבוה

5. לוח מתח גבוה

6. יחידת מיזוג ו/או קירור

7. יחידת תקשורת ובקרה

צריכת שטח יחידות האגירה:

צרכני השטח העיקריים במכולה הם המצברים והשנאי.

מתקן אגירה בכלל ויחידת אגירה בודדת בפרט מאופיינים על-ידי שני פרמטרים עיקריים שהם תכולת האנרגיה הנמדדת ב-MWh והספק היחידה הנמדד ב-MW. למתקני אגירה שונים עשויות להיות פרופורציות שונות בין תכולת האנרגיה וההספק בהתאם למטרת המתקן, אך הפרמטר העיקרי הקובע את השטח הכולל שיתפוס מתקן האגירה היא תכולת האנרגיה.

אם מדובר במכולה של 40 רגל הרי שאורכה הוא כ- 12 מטרים, רוחבה הוא כ- 2.5 מטרים וגובהה הוא כ- 2.7 מטרים. לעיתים מתווספים על המכולה אלמנטים חיצוניים (למשל יחידת מיזוג) המשנים מעט את מידותיה. ההספק החשמלי של מכולה אופיינית מסוג זה, יכול לנוע בין 0.5-2 מגה- וואט ותכולת אנרגיה שנעה בין 1-5 מגוואט שעה. ייתכן שעם התקדמות הפיתוח הטכנולוגי מספרים אלו יגדלו.

³ בעולם נהוג להציג את מידותיהן של מכולות ברגל- FEET. כאשר ממירים רגל ליחידות אורך במטרים היחס הוא 1 מטר = 3.3 רגל. מכולה של 20 רגל שוות ערך ל- 6.10 מטרים ומכולה של 40 רגל, שוות ערך ל- 12.20 מטרים.

לעיתים קרובות המכולה אינה מונחת על הקרקע אלא על עמודים המגביהים אותה מעל לפני הקרקע - דבר המקל על החיווט בין המכולות לבין עצמן ובינן לבין נקודת החיבור לרשת, ומצריך מדרגות שתאפשרנה כניסה למכולה.

נציין כי סידור מתקן באמצעות הצבת מכולות זו על גבי זו, הינה קונפיגורציה שאינה נפוצה, הנשקלת רק במקרה של מחסור חמור בשטח משום שיש בה חסרונות תפעוליים וצורך בעמידה בדרישות כיבוי אש לגבי בידוד בין מכולה לזו שמעליה. בנוסף, סידור זה מצריך מתן פתרון שיאפשר הגעה למכולות העליונות (סביר להניח שהתכנון יהיה של מדרגות משותפות למספר מכולות, אשר יאפשר חיסכון בשטח שיוקצה למכולות).

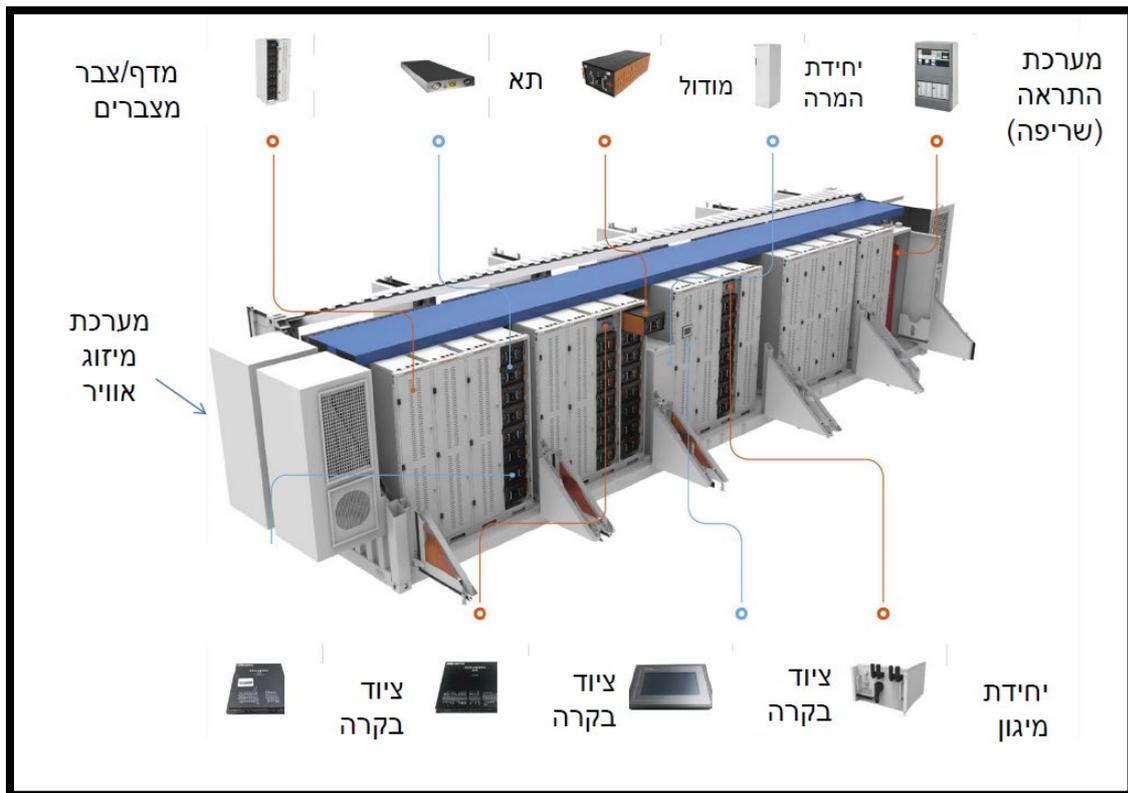
איורים 2.2.1.1. 2.2.1.2 מציגים שני חתכים של מכולות המתארים רכיבים שונים של יחידות האגירה:

איור 2.2.1.1- חתך מכולה⁴



⁴ מתוך מסמך פרשה טכנית אתר אגירה ב- KELLISTOWN אירלנד

איור 2.2.1.2 - חתך מכולה⁵



חדרי חשמל

במקרה שהספק מתקן האגירה הוא עד 16 מגה-וואט, מתקן האגירה יחובר לרשת מתח גבוה. במקרה זה יכלול המתקן חדרי חשמל הכוללים:

1. חדר מיתוג של חברת החשמל: כולל מנתקים של חברת החשמל שמאפשרים ניתוק כללי של המערכת בעת הצורך. מלבד עובדי חברת החשמל, לא תתאפשר כניסה לחדר זה.

2. חדר מניה של חברת החשמל: כולל את ציוד המניה (משני מתח, משני זרם, מונים) של חברת החשמל המשמש למניית האנרגיה שנצרכת מהרשת או מוזרמת אליה. מלבד עובדי חברת החשמל, לא תתאפשר כניסה לחדר זה.

3. חדר מתח גבוה: כולל את לוח החשמל במתח גבוה שאליו מתנקזים כבלים מכל אחת מיחידות האגירה.

4. חדר שנאי בית: כולל שנאי שיספק חשמל לחדר מתח נמוך.

⁵ <https://mpinarada.com/energy-storage-systems>

צריכת שטח:

השטח הכולל של מבנה חדרי החשמל יהיה כ- 200 מ"ר עבור הספק של עד 16 מגוואט. במקרה שהספק מתקן האגירה הוא מעל 16 מגה-וואט מתקן האגירה יחובר לרשת מתח עליון. במקרה זה יכלול המתקן תחנת משנה (להלן "תחמ"ש") ייעודית הכוללת:

1. מסדר מתח גבוה

2. שנאי (אחד או יותר)

3. מסדר מתח עליון

שטח התחמ"ש עשוי לנוע בין 4 ל- 20 דונמים. מה שישפיע על השטח הוא אופן סידור התחמ"ש, כמפורט להלן:

תחמ"ש פתוחה: מרבית הציוד פרוס תחת כיפת השמיים, ותפיסת השטח היא גדולה.

תחמ"ש סגורה: כל הציוד מותקן במבנה וישנו חיסכון בשטח.

דרכים, מעברים ומרווחים

בשלב ההקמה תידרש גישה אל השטח של כלי צמ"ה/כלי רכב גדולים. בשלב התפעול, תנועה אל המתקן תעשה לצורך עבודות תחזוקה וסביר שלא בתדירות גבוהה/יומיומית. אין הכרח לסלילת הדרכים- הן יכולות להיות דרכי מצעים. בין חלקי מתקן האגירה השונים צריכים להיות מרווחים, הן בכדי לאפשר גישה עם כלי רכב לחלקי המתקן השונים (לעיתים עם ציוד מסיבי) לטובת תפעול ותחזוקה והן בשל דרישות כיבוי אש המחייבות מרחקים מינימליים בין יחידות האגירה השונות בינן לבין עצמן ובינן לבין חלקי המתקן האחרים כדי להקטין יכולת האש לעבור מחלק אחד של המתקן למשנהו. בנוסף, נדרשת דרך הקפית לאורך גדר מתקן האגירה שתאפשר נסיעה לרכב אבטחה. להערכתנו, התכסית הכוללת של מתקן אגירת אנרגיה היא כ- 50% מהשטח הכולל של מתקן אגירה טיפוסי.

גדר היקפית ושער

מסיבות של בטיחות ביטחון וביטוח, על מתקן האגירה להיות מוקף בגדר שתמנע כניסת מי שאינם מורשים להימצא בתוך מתקן האגירה. סביר שדרישות לסוג וגובה הגדר יינתנו על ידי הגורמים המוסמכים בהתאם לאיומי הביטחון במיקום הספציפי, כדוגמת מתקנים דומים.

איוש המתקן

כדומה למתקן פוטו-וולטאי ובשונה מתחנת כוח קונבנציונלית, מתקן אגירה אינו מאויש באורח קבוע בצוותים טכניים. אנשי תחזוקה ותפעול יגיעו למתקן האגירה רק לצורך ביצוע עבודה תחזוקה וטיפול בתקלות.

ייתכן כי באזורים מסוימים בארץ תהיה דרישה לאיוש המתקן באופן קבוע באנשי ביטחון. במקרה זה, סביר להניח כי יהיה צורך במבנה קטן שיכלול חדר מנוחה, שירותים ומקלחת.

חיבור לרשת המים

ככלל, מתקן אגירה איננו צרכן מים משמעותי במצב שגרה. יחד עם זאת, סביר שבשל דרישות בטיחות אש יידרש חיבור מים בלחץ מינימלי או לחילופין מאגר מים.

תשתיות תקשורת

לצורך תפעול המתקן וקבלת התראות במקרה של תקלה/כניסת גורם שאינו מורשה לאתר, הוא יידרש לחיבור לתשתיות תקשורת.

2.2.2 תצורת מתקן אגירה טיפוסי (המותקן בסידור במכולות)

איור 2.2.2.1, מציג דוגמא עקרונית של מתקן אגירה בעל הספק של 12 מגה-וואט ותכולת אנרגיה של 36 מגה-וואט-שעה (3 שעות אגירה), המחובר למתח גבוה. המתקן מורכב מ-12 מכולות של 40 רגל כל אחת (כ-12 מטר) ומבנה חשמל.

באיור מוצג משטר טעינת האנרגיה החשמלית אל המתקן מהרשת ומשטר פריקת האנרגיה לרשת. להלן תיאור מילולי של משטר הטעינה והפריקה:

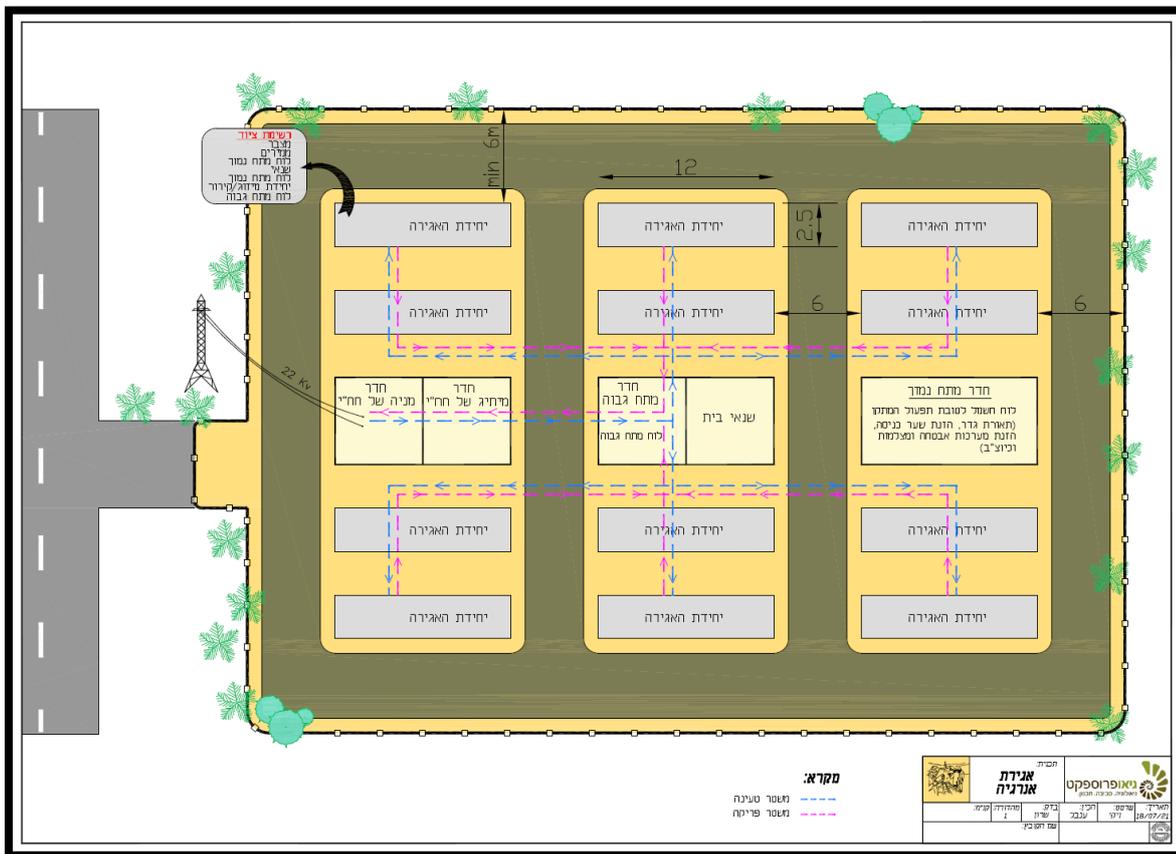
משטר טעינה:

האנרגיה החשמלית זורמת מרשת החשמל דרך חדר המתח הגבוה וממנו לכל אחת מ-12 המכולות.

משטר פריקה:

האנרגיה החשמלית זורמת מהמצברים, עוברת דרך המהפכים (AC ל- DC) ומהם לשנאים בכל אחת מ- 12 המכולות המעלים את האנרגיה למתח גבוה. מהשנאים זורמת האנרגיה החשמלית לחדר המתח הגבוה וממנו נפרקת לרשת החשמל. לתצורת מתקן אגירה במכולות יש גמישות מסוימת עקב האפשרות להרכבה של מספר גדול של מכולות. בדומה לדוגמא העקרונית שהוצגה באיור, מתקני אגירה במכולות פעמים רבות מוקמים באתרים בתצורה של ריבוע או מלבן. יחד עם זאת, מגבלות שטח ההתקנה, יכתיבו את תצורת סידור המתקן.

איור 2.2.1-1 דוגמא עקרונית למתקן אגירה בסידור מכולות



2.2.3 מתקני אגירה המותקנים במבנים ובאזורים אורבניים

מתקן אגירה באזור אורבני

בעולם קיימים מתקני אגירה באזורים האורבניים. מתקני אגירה אלו הם בד"כ בעלי תכולת אנרגיה והספק נמוכים למדי ולכן מחוברים לרשת המתח הנמוך או לרשת המתח הגבוה, אך לא לרשת

המתח העליון. לאור זאת סביר כי תפיסת השטח שלהם תהיה מצומצמת. היות ושילוב אגירת אנרגיה במרחב האורבני הינה תחום חדש יחסית, לא מצאנו הנחיות תכנוניות מהעולם לשילוב ומיקום מתקני אגירה במרחב האורבני. מסקירת ההיבט הבטיחותי של מתקני אגירה עולה שהתקנים הנהוגים בעולם מאפשרים הקמת מתקני אגירה במרחב האורבני ואף בתחום המגורים תוך שמירה על מרחקים ממקומות בהם קיימת שהיית קבע של אנשים כדוגמת דירות המגורים עצמן. התקנים אף מצביעים על אפשרות להקמת מתקני אגירה במרחב האורבני במקומות שונים כדוגמת הגגות עצמם, חניונים, מבנים תפעוליים.

מתקן אגירה במבנה קיים שאינו בשימוש

קיימת מגמה עולמית של ניצול מבנים קיימים ששימשו בעבר את משק החשמל (למשל תחנות כוח קונבנציונליות) לשימוש כמתקן אגירה. היתרון בניצול מבנה קיים ששימש את משק החשמל הוא בחיבור החשמלי למערכת החשמל, עליו המתקן יוכל להישען. במקרה זה, יחידות האגירה לא יותקנו במכולות אלא בתוך המבנה הקיים, כאשר סידור מתקן האגירה, יעשה ע"פ האילוצים שיכתוב המבנה. בשונה מאתר אגירה המותקן במכולות, התקנה במבנה מאפשרת לעיתים ניצול מימד הגובה, על אף שסידור במודולים גבוהים שכיח פחות.

סיכום:

מבחינה הנדסית, נראה כי למתקן אגירה אין דרישות מורכבות: מעבר לחיבור לרשת החשמל, הוא אינו נדרש לחיבור תשתיות מורכב ומשמעותי- האתר אינו צרכן מים גדול והוא נדרש לחיבור לתשתיות תקשורת לצורך בקרה ותפעול שוטף.

במרבית המקרים, מתקני אגירה לא יידרשו לנוכחות קבועה של עובדים, כאשר ככל ויידרש איוש המתקן בשל דרישות ביטחון, הרי שלא מדובר בהיקף גדול של עובדים. תחזוקת המתקן אף היא לא תתבצע בתדירות יומיומית ובכל מקרה, תנועת כל רכב לצורך כך, לא תתאפיין בתוספת תנועות משמעותית במערכת הדרכים. מכאן, ניתן להסיק כי הממשק שבין מתקן האגירה לבין מערכת הדרכים, לא יהווה שיקול תכנוני משמעותי.

במרבית מתקני האגירה מרכיבי המתקן מותקנים בתוך מכולות. התקנה במכולות מאפשרת גמישות בסידור ובתצורת האתר, אך כמובן תצורת האתר תיקבע גם בשל מגבלות השטח. התקנה במכולות הינה מודולרית וניתן להרחיב ולהגדיל את האתר באמצעות תוספת מכולות דומות.

צריכת שטח:

כפי שעלה מהסקירה הבינלאומית, מתקן אגירה אינו צרכן שטח משמעותי: אומדן השטח הנדרש עבור מתקן אגירה בסידור מכולות הינו 80 מ"ר לכל 1 מגה ואט שעה. הפרמטר המשמעותי בהתייחס לצריכת השטח, הוא חיבור מתקן האגירה לרשת החשמל- הדבר בא לידי ביטוי בשני אופנים:

1. ככל שמתקן האגירה אינו נשען על חיבור קיים לרשת החשמל, הוא יידרש לתוספת חיבור לרשת. קרבה לרשת, תצמצם את תפיסת השטח של רצועת החשמל.
 2. הצורך בתחמ"ש – עבור מתקני אגירה הדורשים חיבור לרשת מתח עליון (מתקנים בהספק שמעל 16 מגה-וולט-אמפר) יש צורך בתחמ"ש ייעודית שהיא מבנה יחסית גדול ביחס לשאר מרכיבי המתקן.
- מכאן, ניתן להסיק כי במקרה של מתקן אגירה המחובר לרשת מתח עליון תהיה כדאיות או יתרון למתקנים גדולים יותר לאור דרישות השטח הנדרש לתחמ"ש מסך שטח המתקן. כמו כן, ככל וניתן לעשות שימוש במתקני החשמל בתחמ"שים קיימות יהיה בכך יתרון בהיבט של צריכת שטח המתקן ובמקרה כזה תהיה עדיפות למיקום מתקני אגירה בתחום או בסמוך לתחמ"שים קיימות. מובן שיש לבחון היבטים נוספים כדוגמת מגבלות רגולטוריות וקנייניות לצורך מימוש אפשרות זו.

2.2.4 צרכי האגירה של מערכת החשמל בישראל ושיקולי מיקום מתקני אגירה

כפי שנסקר בסעיף 1.3, לאגירת אנרגיה מספר יישומים אפשריים, אשר נותנים מענה לאתגרים שונים איתם מתמודדת מערכת החשמל. מאפייניה הייחודיים של מדינת ישראל (היותה בעלת משאב קרקע במחסור, שונות במיקום מוקדי הייצור ומוקדי הצריכה, והיותה אי אנרגטי ללא גיבוי של משק החשמל ממדינות שכנות) מעצימים את החשיבות של שילוב אגירת אנרגיה בניהול תקין של משק החשמל.

בימים אלו מתבצעות עבודות שונות לבחינת מיקומים של מתקני אגירה בהתאם לצרכי משק החשמל בישראל, לרבות עבודה של חברת ניהול המערכת.

מהעבודות שנעשו בנושא ופגישות שקיימנו מול גורמים שונים, למדנו כי צרכי משק החשמל, פיתוח המשק והיבטים נוספים הקשורים למערכת החשמל משתנים לאורך הזמן, ויש צורך לייצר גמישות באשר למיקומים בהתאם לצרכים המשתנים.

דוגמא להתפתחות עתידית שעשויה להיות בעלת השפעה על משק החשמל בכלל ועל אגירת אנרגיה היא המגמה העולה לשימוש בכלי רכב חשמליים: בשנים האחרונות, אנו עדים להתפתחות מהירה של טכנולוגיית V2G (Vehicle-to-grid). טכנולוגיה זו תאפשר בעתיד חיבור של מצבר הרכב לרשת החשמל, שיכול לשמש כמתקן אגירה. לפי החלטות הממשלה כבר משנת 2030 לא ניתן יהיה לייבא לישראל כלי רכב המונעים בבנזין ובסולר. פירוש הדבר שתוך מספר שנים עשויים להיות בארץ מיליוני כלי רכב חשמליים בעלי מצברים של 50 עד 100 קוט"ש שיהיו מחוברים לרשת החשמל. בדומה למגמה העולמית, ניתן יהיה לשקול אפשרות לניצול של מצברי הרכבים כיחידות אגירה, עבור צרכי רשת החשמל.

בסעיף הבא, יוצג מיפוי של צרכי אגירת אנרגיה של מערכת החשמל בישראל. המיקומים המומלצים למתקני אגירה, כפי שיפורטו, הינם אלה המגלמים בתוכם התאמה/יתרון המאפשר את הניצול המיטבי של מתקן האגירה לצרכי המערכת. יחד עם זאת, אין זה אומר כי לא יתאפשרו מיקומים נוספים, מעבר לאלה שפורטו.

2.2.4.1 אנרגיות מתחדשות - הגדלת פוטנציאל ייצור

להלן שלושה יישומים של אגירת אנרגיה, המסייעים בהגדלת פוטנציאל הייצור של אנרגיות מתחדשות:

א. הגדלת האפשרות לתוספת מתקני ייצור באנרגיות מתחדשות (בעיקר PV) ברשת קיימת

עמוסה:

הנחת הבסיס של מרבית המסמכים העוסקים בנושא היא כי עמידה ביעדי ייצור החשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות לשנת 2030, תושג בעיקר באמצעות מתקנים פוטו-וולטאיים, אשר הספקם המצטבר יעמוד על כ- 16,000 מגה וואט.

בחלק ניכר מהאזורים בישראל ודווקא באזורים בעלי פוטנציאל סולארי גבוה, ישנו גודש ברשת או קשיים תפעוליים אחרים. הקמת רשת משופרת אשר בכוחה לקלוט את הספק המתקנים אורכת מספר שנים ונתקלת בקשיים וגורמת לכך שלא יוקמו מתקני ייצור על אף זמינות הקרקע.

שימוש באגירה, יאפשר ויסות של הזרמת האנרגיה המתחדשת, באזורים בהם ישנו גודש בהשנאה ו/או ברשת ההולכה, למועדים בהם הרשת פנויה, כאשר למעשה האגירה תתפקד כתחליף זמני לרשת החשמל. בהקשר זה חשוב להעיר כי לא ניתן להימנע לחלוטין מרשת חשמל (אם קיים מתקן אגירה הוא צריך למסור לרשת כלשהי את תכולת האנרגיה שבו), אלא שמתקן אגירה עשוי למנוע צורך בשדרוג רשת חשמל קיימת או לפחות לדחות בזמן מה את שדרוג רשת זו.

אם כן- האם ניתן להעריך את הקשר בין גודל מתקן האגירה לאורך הרשת שאותה "חוסך" מתקן האגירה או משך הזמן שבו תידחה בניית הרשת תודות למתקן האגירה?
 אין כלל אצבע פשוט הקושר בין הספק מתקן האגירה במגה-וואט ותכולת האנרגיה שלו במגה-וואט-שעה לבין אורך הרשת הנחסכת או נדחית, מכיוון שבמשוואה הזו ישנם פרמטרים רבים ובניהם: פרופיל הזרימה ברשת המדוברת, משטר ההפעלה של מתקן האגירה המדובר, גילה של רשת החשמל הקיימת ומצבה ועוד.
 עבודה שבחנה האם אגירה יכולה להוות תחליף להקמת רשת בעיקר התייחס לכדאיות הכלכלית של הקמת מתקני אגירה כתחליף רשת, נערכה עבור אילת אילות ומכון השל⁶.
 ממצאיה העיקריים של העבודה היו:

- מתקני אגירה כתחליף להקמת רשת כדאי יותר כאשר תוספת ההספק הסולארי היא קטנה יחסית, משום שעלות מתקן האגירה גדלה באופן לא לינארי עם הגידול בהספק. הסיבה לכך נעוצה בשעות היצור הסולארי והגודש ברשת: הרשת שאליה מחוברים המתקנים הסולאריים נמצאת כיום בעומס בדרך כלל בשעות הצהריים, שבהן היצור הסולארי נמצא בשיאו. בשעות אחרות היצור הסולארי נמוך משמעותית והעומס ברשת קטן. כאשר מחברים תוספת קטנה של הספק סולארי לרשת, האנרגיה הנוספת שתיוצר בבוקר ואחר הצהריים תוזרם ישירות לרשת. רק עודפי האנרגיה שייצרו בשעות הצהריים יועברו לאגירה. ככל שההספק הסולארי המחובר לרשת גדל, חלק משמעותי יותר מהאנרגיה יידרש להטען במערכת האגירה. כתוצאה מכך, קיבולת האגירה הדרושה, לכל מגה-וואט סולארי נוסף שיחובר לרשת, גדלה באופן לא לינארי ככל שתוספת ההספק הסולארי עולה.
- כדאיות השימוש באגירה כתחליף רשת גבוהה יותר ככל שעלות חיבור ההספק הסולארי לרשת גבוהה יותר או כאשר נדרשת הטמנה של רכיבי רשת. בהקשר זה בולטת הכדאיות של מתקני אגירה באיזור אילת והנגב בשל עלויות הרשת הגבוהות שם ביחס לשאר איזורי המדינה (2.2-2.3 מיליון ₪ למגה-וואט מותקן באילת והנגב לעומת 1.5 מיליון ₪ למגה-וואט מותקן בשאר המדינה).

העבודה לא נקבה באורך הרשת שייחסך או במשך דחיית הקמת הרשת, אך כאשר הקמת מתקן אגירה היא כדאית, ניתן להעריך בזהירות כי הקמה של מתקן אגירה שהספקו 1 מגה-וואט ותכולת האנרגיה שלו היא 4 מגה-וואט-שעה, תדחה הקמה של כ- 1.5 ק"מ של קו מתח עליון עילי או 350

⁶ האם אגירת אנרגיה יכולה להוות תחליף לפיתוח הרשת לשם עמידה ביעד 2030? דר' נורית גל, 2021.

מטר של קו מתח עליון תת-קרקעי והדחייה תהיה בשיעור 5 עד 7 שנים. תחשיב זה לוקח בחשבון פרמטרים כלכליים של עלות הקמת מתקן אגירה ועלות הקמת רשת, בהתאם לעלויות הידועות כיום. נציין כי בעוד מחירי עלות הקמת רשת הינם יחסית סטטיים, עלות הקמת מתקן אגירה צפויה לרדת עם השנים, ועל כן נראה כי אגירת אנרגיה תאפשר דחיית הקמת רשת בשיעורים גבוהים אף יותר.

ניתן להעריך כי במחירי האגירה הנוכחיים, ניתן להוסיף להספק הסולארי הנוכחי בנגב המערבי, הנאמד בכ- 200 מגה-וואט, עוד כ- 10% (דהיינו כ- 20 מגה-וואט) מבלי להזדקק לשדרוג ברשת ההולכה. ככל שמחירי האגירה יקטנו, יגדל שיעור זה.

ניתן להעריך כי במחירי האגירה הנוכחיים, ניתן להוסיף להספק הסולארי הנוכחי באזור אילת, הנאמד בכ- 190 מגה-וואט, עוד כ- 10% (דהיינו כ- 19 מגה-וואט) מבלי להזדקק לשדרוג ברשת ההולכה. ככל שמחירי האגירה יקטנו, יגדל שיעור זה. אם וכאשר יגיעו מחירי האגירה לכ- 50 דולר לקוט"ש, ניתן יהיה להכפיל את ההספק הסולארי המותקן לכ- 400 מגה-וואט מבלי לשדרג את רשת ההולכה. נציין כי ישנם תרחישים נוספים, המציגים הערכות גבוהות יותר לתוספת ההספק המותקן.

מיקומים מומלצים:

המקום המתאים ביותר במקרה זה למיקום מתקני האגירה הוא כחלק ממתקן הייצור הפוטו-ולטאי. מתקן האגירה לא יוסיף הרבה לשטח המתקן הפוטו-ולטאי ויאפשר אחסון של האנרגיה כל עוד הרשת עמוסה ושחרורה בשעות בהן היא לא עמוסה.

ב. קליטת עודפי אנרגיה בצהריים בעיקר ממתקנים פוטו-וולטאיים:

מתקני ייצור פוטו-וולטאיים מייצרים בשעות הצהריים את שיא הספקם. לעיתים הביקוש הכללי לחשמל בשעות אלו (בעיקר בעונות המעבר) אינו גבוה דיו ונוצרים עודפי אנרגיה. במקרה זה הקושי אינו נעוץ בהעברת/הולכת האנרגיה העודפת אלא בביקושים לאנרגיה. פתרון אחד הוא קטימה של עודפי ייצור אלו (באופן מלא או חלקי) והימנעות מייצורם והשימוש בהם. אגירת אנרגיה מהווה פתרון נוסף, אשר יימנע את הבזבז ויאפשר שימוש בעודפי הייצור בשעות בהן החשמל נדרש.

מיקומים מומלצים:

מתקני אגירה שמיועדים לסייע בקליטת עודפי אנרגיה, יכולים על פניו לקום בכל נקודה הממוקמת בין אתר ייצור החשמל לצרכן. ישנו יתרון במיקום מתקני אגירה במתח גבוה בסמיכות לתחמ"ש בשל היותה צומת אנרגיה ממנו ישנה יציאה של קווי חלוקה לצרכני מתח גבוה וכן קווי מתח עליון לצרכני מתח עליון או לתחנות משנה אחרות וכן בשל האורך הקצר של קווי החיבור שיידרשו

מהתחמ"ש למתקן האגירה: מיקום מתקני אגירה בסמוך לתחנות המשנה יסייע בחלוקת האנרגיה האגורה לצרכנים השונים.

ג. תחליף לכושר ייצור בשעות הערב

קיימים לעיתים קרובות שיאי ביקוש בשעות הערב שבהן המתקנים הפוטו-וולטאיים אינם פעילים. ניתן אמנם להפעיל אמצעי ייצור קונבנציונליים לטובת מענה לשיאי ביקוש אלו (למשל תחנות פיקריות), אבל אפשרות שהינה זולה יותר ובעלת השפעות סביבתיות פחותות, עשויה להיות מתקני אגירה שיפרקו את האנרגיה שלהם לרשת בשעות אלו.

מיקומים מומלצים:

מיקום מיטבי מבחינת רשת החשמל למתקני אגירה אלו הוא בקרבת אזורי הביקוש (בד"כ אזורים אורבניים) או אפילו בחצרי הצרכנים עצמם אם הם גדולים דיים (למשל מפעל בעל צריכת חשמל גדולה של מספר מגה וואט/עשרות מגה וואט) להצדיק זאת.

2.2.4.2 מענה לרשת עמוסה באזורי גודש

במקומות בהם הביקוש לחשמל עולה על כושר ההולכה (למשל באזור גוש דן), אגירה יכולה לסייע ולהקל על הגודש ברשת, ולפרוק את החשמל כאשר הרשת פנויה. גם במקרה זה האגירה תשמש כתחליף לרשת החשמל.

מיקומים מומלצים:

מתקני אגירה שיוקמו באזורי הביקוש ויחברו לרשתות המתח הגבוה והעליון יוכלו לתת מענה לביקושים אלו. גם במקרה זה מיקום מתאים הוא סמוך לתחנות משנה: טעינת האנרגיה תוכל להתבצע דרך רשת ההולכה בשעות בהן הרשת אינה עמוסה או עמוסה פחות ופריקת האנרגיה תיעשה בשעות הביקוש דרך קווי המתח הגבוה היוצאים מתחנות המשנה.

2.2.4.3 ייצוב תדר

השמירה על תדר קבוע וקרוב ל-50 הרץ היא אחת המטלות החשובות של מנהל המערכת. ככל שייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות ילך ויגדל, כך גם יגדל האתגר בשמירה על יציבות התדר. אמנם קיימים כיום מספר אמצעים למניעת ירידה ועליה בתדר אך מתקני אגירה יוכלו להציע פתרון בעל תגובה מהירה יותר הן לעלייה בתדר והן לירידה בתדר.

מיקומים מומלצים:

אין חשיבות למיקום מסוים של מתקני אגירה לצורך סיוע בייצוב התדר משום שהתדר הוא ארצי ואחיד. היות ולייצוב התדר נדרשת תכולת אנרגיה קטנה יחסית, ככל הנראה ניתן יהיה לעשות

שימוש דואלי, לפחות באופן חלקי, במתקני אגירה המיועדים לצרכים האחרים גם לטובת ייצוב התדר.

2.2.4.4 הגדלת ההספק הסולארי במרחב הבנוי

ישנם מקרים בהם מתקנים פוטו וולטאים המותקנים בעיקר על גבי גגות במרחב הבנוי, (בעיקר במתח נמוך אך גם במתח גבוה) אינם יכולים להיבנות במלוא ההספק ששטח הגג מאפשר בגלל מגבלת רשת. מתקני אגירה יוכלו לסייע במיצוי השטח הקיים. בנוסף אגירת אנרגיה ואספקתה בזמן שבו היא נדרשת יכולה להוות תמריץ כלכלי של ייצור חשמל על גגות.

מתקן אגירה במרחב הבנוי או בסמוך אליו (אם יתוכנן לאפשרות של עבודה במנותק מרשת החשמל) יכול לשמש גם כגיבוי במקרים של הפסקות חשמל ולהחליף אצל צרכנים מסוימים את הצורך בגנרטור דיזל. בשנים האחרונות מתקיים דיון ער במערכת הביטחון על התרחיש לפיו בקונפליקטים ביטחוניים ייפגעו אמצעי ייצור, הולכה וחלוקה וצרכנים רבים עלולים להיוותר בלא אספקת חשמל תקופה ממושכת. מערכת PV שיכולה לעבוד גם ללא חיבור לרשת עם מתקן אגירה יכולה לתת פתרון חלקי לתרחיש זה.

מיקומים מומלצים:

במקרה בו מתקן האגירה נועד לענות על מגבלת רשת, מיקום מומלץ למתקנים אלו הוא בצמוד למתקן הפוטו-וולטאי עצמו (לאו דווקא על הגג עצמו) היות ומגבלת רשת החלוקה המקומית היא זו אשר מנעה מלכתחילה את הרחבת המתקן הפוטו-וולטאי. באופן זה, יוכל המתקן הפוטו-וולטאי המורחב לייצר אנרגיה בהספק מוגדל אך להזרים את האנרגיה בטווח שעות רחב יותר מזה שבו השמש זורחת באופן שלא יהיה גבוה יותר מגודל החיבור הקיים. במקרים בהם המתקן נועד לשמש כגיבוי ולשפר אמינות אספקה מיקום מתאים יכול להיות בחצר הצרן או במיקום שיכול לאפשר שימוש למספר צרכנים.

2.2.4.5 יישומים נוספים

מתקני האגירה יכולים לתת מענה לצרכים של אוכלוסיות מסוימות כדוגמת הציבור החרדי שנמנע משימוש בחשמל מרשת החשמל בשבתות ומועדי ישראל. כיום, משתמשת אוכלוסייה זו בגנרטורי דיזל לא מורשים ברובם ובעלי פוטנציאל זיהום קרקע ואוויר, שמהם יוצאות רשתות חלוקה פרוביזוריות ומסוכנות. התופעה קיימת בריכוזי החרדים בבני ברק, ירושלים, בית שמש, אלעד ועוד. מתקני אגירה שיוקמו ברמה דירתית או ברמת הבניין הבודד ואפילו ברמה עירונית בערים בעלות אוכלוסייה חרדית בלבד (למשל- ביתר עילית, מודיעין עילית) יוכלו לתת מענה לאוכלוסייה זו.

מיקומים מומלצים:

ככל שמתקני אגירה אלו יוקמו סמוך יותר לצרכן, כך יקטנו ההפסדים ותתאפשר התאמה אישית טובה יותר בין צרכני החשמל האינדיבידואלים לבין גודל מתקן האגירה הדרוש.

קשה להעריך את היקפה של האגירה הנדרשת בתחום זה, אך על פי הערכות שונות מדובר בצורך לא מבוטל.

בטבלה הבאה מוצג סיכום של צרכי האגירה של מערכת החשמל בישראל ומיקומים מומלצים לשילוב מתקני אגירה, בהתאם.

טבלה 2.2.4- צרכי מערכת החשמל ומיקומים מוצעים למתקני אגירה

הצורך באגירה	מיקום מומלץ בהתאם להיבטי מערכת החשמל
אפשרות לתוספת מתקני ייצור באנרגיות מתחדשות (בעיקר PV) ברשת קיימת עמוסה	אתרי ייצור סולארי
קליטת עודפי אנרגיה בצהרים (בעיקר ממתקני PV)	בקרבת תחנות משנה
תחליף לכושר ייצור בשעות הערב	בקרבת אזורים הביקוש (בד"כ אורבניים) או חצרי הצרכן
מענה לרשת עמוסה באזורי גודש	בקרבת תחנות משנה
ייצוב תדר	כל מקום בסמוך לרשת החשמל
הגדלת ההספק סולארי במרחב הבנוי	בסמוך למתקני הייצור
יישומים נוספים	ריכוזים עירוניים חרדים

2.2.5 הספק אגירה ופריסה מרחבית**1. הספק אגירה נדרש**

בשנים האחרונות, נערכו מספר עבודות לבחינת הספק האגירה שיידרש למערכת החשמל, לצורך השגת יעדי הממשלה לתמהיל ייצור החשמל עד לשנת 2030. ישנן מספר הערכות לתוספת ההספק הנדרש, המציגות טווח שנע בין 2,500 מגה ואט ל- 6,000 מגה ואט. הנחיות רשות החשמל בהתאם לעבודות שנערכו עד כה, הנחו כי קיבולת מתקן אגירה תעמוד על 4 שעות.

בהתאם לתפקידי אגירת האנרגיה וצרכי האגירה של מערכת החשמל בישראל, תוספת הספק האגירה יידרש בשטחים מבונים בהם יהיה ייצור חשמל סולארי, בצמוד או בקירבת צמתי מערכת החשמל בהם לאגירה יהיה ערך מוסף לייצוב הרשת. כמו כן, תוספת מתקני אגירה למתקני ייצור סולרי יהוו יתרון כפי שגם עוגן במסגרת תמ"א 2/10/ד/10 (תמ"א/1 תיקון 10) בכ-112 תוכניות שאושרו (ראה סקירה בהמשך).

2. פריסה מרחבית של מתקני אגירה

בהתאם לצרכי האגירה של מערכת החשמל בישראל כמתואר בסעיף 2.2.4 וכן בסעיף 1 לעיל, להלן האזורים בהם מומלץ לקדם הקמת מתקני אגירה:

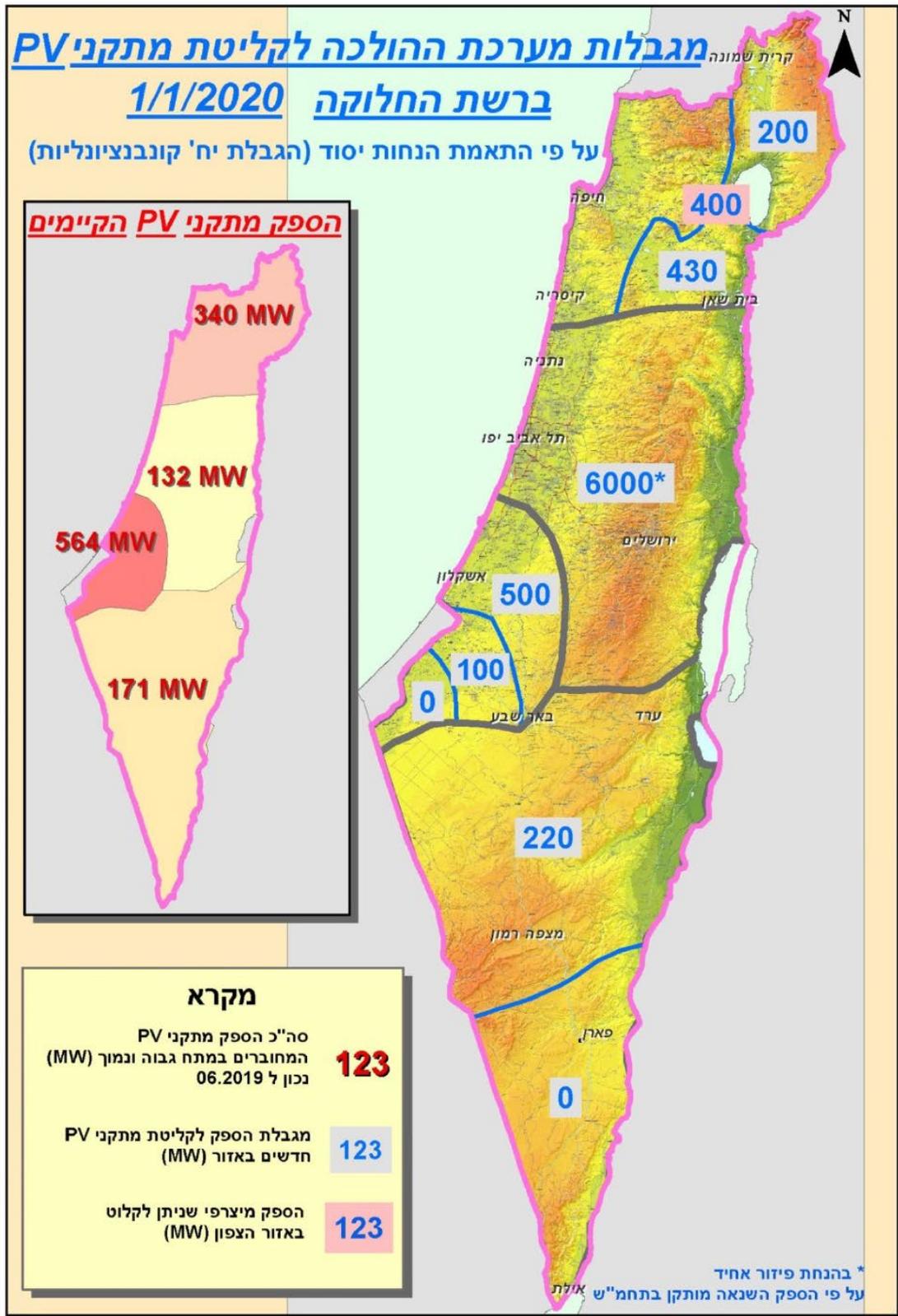
אזורי הפריפיה : הגדלת פוטנציאל הייצור באנרגיות מתחדשות

עיקר פוטנציאל ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות (בדגש על ייצור סולארי) כפי שגם זוהה ע"י חברת נגה - ניהול המערכת, הינו באזורי הפריפריה: אזור הגולן, העמקים, הנגב המערבי, הערבה וצפון הנגב. אזורים אלה זוהו כאזורים בעלי פוטנציאל משמעותי לתוספת ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות, כאשר לצורך קליטת הספק החשמל ממתקני הייצור, יידרש פיתוח מוגבר של רשת הולכת החשמל.

במסמך שנערך ע"י חברת החשמל ובו נעשתה בחינה ראשונית של השלכות עמידה ביעדי ייצור של 30% אנרגיות מתחדשות על מערך הייצור החשמל, מופו אזורים בעלי פוטנציאל ליצור חשמל באמצעות מתקנים סולאריים אל מול מגבלות מערכת ההולכה- איור 2.2.5.1.⁷

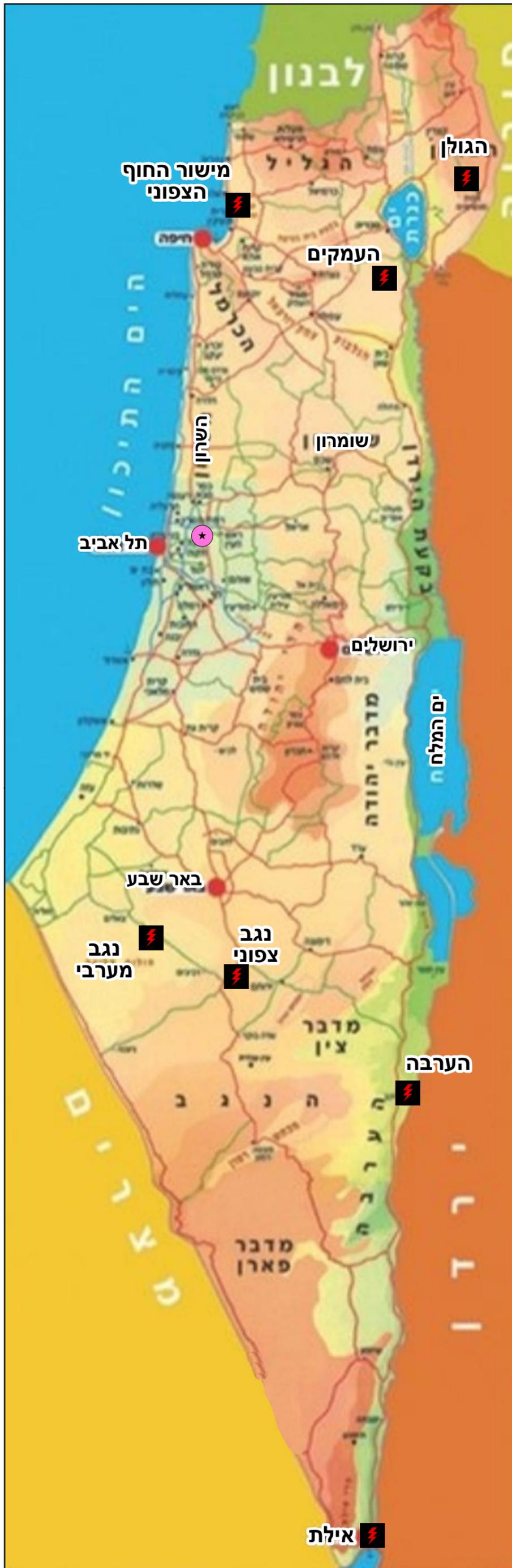
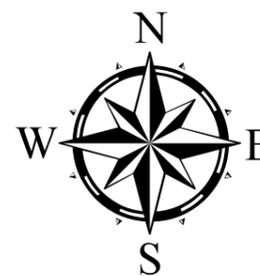
⁷ הגדלת יעדי הייצור באנרגיה מתחדשת ל- 30% בשנת 2030- פרק ייצור, גיל יהודה וברק רשף, 9.3.2020

איור 2.2.5.1 – מגבלות מערכת הולכה לקליטת מתקני PV ברשת החלוקה



המיפוי ממחיש כי באזורים אלה קיימת מגבלת הולכה משמעותית, המקשה על קליטת תוספת הספק המתקנים. כפי שניתן לראות באזור אילת ואזור הנגב המערבי בחלקו הדרומי, אין

אזורים מומלצים לקידום הסדרה תכנונית של מתקני אגירה



מקרא:

-  קירבה לאזורי ביקוש
-  אזור בעל פוטנציאל ייצור חשמל אנרגיות מחדשות

	תכנית:		ניאופרוספקט		
	אגירת אנרגיה		ניאולוגיה, סביבה, תכנון.		
קנימ:	מהדורה:	בדק:	הכין:	שרטט:	תאריך:
	שרון	ענבל	ענבל	ויקה	07/10/202
שם הקובץ:			איור 2.2.5.3		

2.2.6 עקרונות לתכנון מתקני אגירה

מהניתוח שנערך בסעיפים הקודמים עולות מספר מסקנות עיקריות:

1. צרכי מערכת החשמל יכתיבו את המיקומים הנדרשים לבחינת שילוב מתקני האגירה.
2. מההיבט התכנוני והחשמלי ישנו יתרון למתקני אגירה סמוכים לרשת החשמל ואפשרות לניצול חיבור קיים.
3. הספק מתקן האגירה יכתיב האם מתקן האגירה יחובר לרשת מתח גבוה או לרשת מתח עליון. חיבור לרשת מתח עליון מצריך תחמ"ש ולכן במקרה כזה יינתן יתרון למתקני אגירה גדולים.
4. מתקן אגירה גדול אשר יחובר לרשת מתח עליון אינו שונה במהותו ממתקן חשמלי אחר כדוגמת אתר ייצור ותחמ"ש (מבחינת אופי בינוי ופעילות).

2.2.6.1 עקרונות כלליים לתכנון מתקני אגירה

2.2.6.1.1 מיקום מתקני אגירה

- עדיפות למיקום מתקני אגירה בסמיכות לרשת חשמל בעלת יכולת קליטת האנרגיה של מתקן האגירה.
- עדיפות למיקום מתקני אגירה בשטח מופר ובצמידות דופן לתשתיות ומתקנים או בתחום מגבלותיהם.
- תינתן עדיפות למיקום מתקני אגירה בשטחים המיועדים לפיתוח.

2.2.6.1.2 עקרונות לתכנון האתר

- יש לתעדף מתקני אגירה גדולים כאשר המתקן יידרש לחיבור לרשת מתח עליון ולתחמ"ש.
- הצגת הצורך והאפשרות בשמירת שטחים עתידיים לאגירה בכל תכנית למתקני אגירה ובעיקר במתקני אגירה הכוללים תחמ"ש/תוספת קווי חשמל.
- תכנון צופה פני עתיד – קביעת מנגנונים בתכנית שיאפשרו קידום ויצירת התאמות לטכנולוגיות נוספות/עתידיות.

2.2.6.1.3 התייחסות למתקני אגירה בתכניות שונות

- כל תכנית גדולה (כדוגמת תכנית כוללנית, מתאר, תכנית לשכונה) תידרש לבדיקת הצורך באגירה בתחומה וישוריינו שטחים/יקבעו הנחיות להקמת מתקני אגירה בתחומה.
- מכיוון שנמצא שלמיקום בתוך מתקני הייצור ובתוך/סמוך לתחמשים יש יתרון תכנוני גדול יש להנחות על שמירת שטחים לאגירה בתכנון מתקנים אלו.
- הגדרת אגירה כשימוש אפשרי במתקני חשמל בתכניות השונות.

2.3 היבטים סביבתיים

כללי

ככלל, אגירת אנרגיה במצברים אינה בעלת פוטנציאל השפעות סביבתיות משמעותיות. בסעיף 1.3 הוצגו טכנולוגיות אגירה שונות, תוך השוואת החוזקות והחולשות של הטכנולוגיות השונות ביחס לטכנולוגיות האחרות.

בטכנולוגיית המצברים ובשונה משאר הטכנולוגיות שנסקרו, קיים פוטנציאל התלקחות בשל התחממות המצברים, שמשמעותה גרימת זיהום קרקע ופליטת מזהמים לאוויר. הפרק שיעסוק בהיבטים הבטיחותיים, יתייחס לנושא זה בהרחבה.

ניתן לחלק את ההשפעות הסביבתיות של פרויקט אגירת אנרגיה באופן הבא:

השפעות/עלויות חיצוניות: מבטאות את ההשלכות (הסביבתיות) של פרויקט/פעילות על גורמים שאינם מעורבים בפרויקט/פעילות. השפעות אלה אינן נבחנות בדרך כלל במסגרת הבחינה הסביבתית הנערכת לפרויקט.

השפעות ישירות: השפעות אלה נבחנות או נלקחות בחשבון בעת קידום הפרויקט. סעיף זה, יעסוק בבחינתן של השפעות אלה.

בדומה לתיאור שלהלן, מסמכים סביבתיים שנערכו עבור מתקני אגירה במקומות שונים בעולם, מציגים ומנתחים את ההשפעות הישירות הנובעות מהפעילות המתוכננת במסגרת הפרויקט, ללא התייחסות להשפעות חיצוניות.

יחד עם זאת, מחקרים שונים מהספרות העולמית הצביעו על כך שנדרשת התייחסות רחבה יותר, אשר מנתחת את מחזור החיים של פרויקטים מסוג זה החל משלב ההפקה של חומרי הגלם הדרושים (Life cycle analysis).

2.3.1 השפעות חיצוניות של מתקני אגירה

בשנים האחרונות אנו עדים לצריכה מוגברת של מוצרים חשמליים, הפועלים על סוללות ליתיום יון. סוללת הליתיום מבוססות על שתי מתכות – ליתיום וקובלט. תעשיית הרכב החשמלי ותנופת השימוש במצברי ליתיום יון עבור משק החשמל העולמי, מביאים ויביאו לעלייה משמעותית בצריכה ובביקושים למתכות אלו, אשר הינן משאב מתכלה, המתאפיין בפריסה גיאוגרפית מצומצמת. מעבר לכך, הליך מיצוי מתכות אלה מהקרקע כולל שימוש בחומרים כימיים, העלולים לגרום לזיהומה. כתוצאה מהעלייה בצריכה ובביקושים, יהיה צורך בפתיחה של מכרות ומחצבות נוספים, שיביאו להגדלה בפגיעה בקרקעות, יצמצמו ויפגעו בבתי גידול נוספים וייצרו מפגע חזותי בנוף. בסוף מהלך החיים של המצברים נדרש לטפל בהם ולמחזרם וזאת על מנת להקטין את הפוטנציאל לזיהום קרקע ומים הנובעים מטיפול לא מתאים או העדר טיפול במצברים. מיחזור המצברים יביא גם להקטנת הצורך באספקת חלק מהמתכות שנמצאות במחסור. לאור האתגרים הסביבתיים הכרוכים בהליך כרייה ומיצוי המתכות לצורך ייצור המצברים, ננקטים בעולם מספר צעדים:

1. מקודמות ומפותחות טכנולוגיות המאפשרות ומרחיבות את השימוש החוזר ומחזור חלק מהרכיבים המשמשים את בניית המצברים, על מנת לצמצם פתיחת אתרים חדשים.
 2. מקודמות טכנולוגיות מצברים המבוססים על חומרים הניתנים למיחזור בקלות רבה יותר, וכן טכנולוגיות המבוססות על חומרים פחות רעילים, אשר במידה ולא ימוחזרו ההשלכות הסביבתיות יהיו פחותות.
 3. מקודמות טכנולוגיות מצברים המבוססים על חומרים חליפיים לחומרים שבמחסור או שצפויים להיות במחסור.
 4. מקודמות ומפותחות טכנולוגיות המאריכות את אורך החיים של המצברים, ומאפשרות מחזורי פריקה וטעינה רבים יותר.
- בישראל, יחידת המדען הראשי במשרד האנרגיה מקדמת ותומכת במחקר ופיתוח טכנולוגיות אגירה נוספות, אשר לחלקן השפעות סביבתיות פחותות ביחס לטכנולוגיית אגירה במצברים. מתן מענקים ותמריצים להמשך מחקר, פיתוח טכנולוגיות מחזור וטכנולוגיות אגירה נוספות באמצעות רגולציה משלימה, יוכלו לסייע בעתיד להפחתת העלויות החיצוניות של פרויקטים וטכנולוגיות לאגירת אנרגיה.

במקביל, ובהתאם לקבוע כיום בחוק לטיפול סביבתי בצידוד חשמלי ואלקטרוני ובסוללות (2012), חשוב יהיה לקבוע את ההסדרים בהתייחס לטיפול הנדרש במצברים בגמר השימוש, לחזק את המחויבות של יצרנים ויבואנים לביצוע מיחזור, ואת מחויבותם לצמצום כמות הפסולת ופינוייה לאתרים מוסדרים.

2.3.2 השפעות סביבתיות חזויות מהקמת מתקן אגירה

כמקובל יש לחלק את ההשפעות הסביבתיות החזויות מהקמת מתקן אגירה לשני שלבים: שלב ההקמה ושלב ההפעלה.

1. השפעות סביבתיות בשלב ההקמה:

- הפרעות לתנועה
- רעש מעבודות
- עודפי עפר והטיפול בהם

להערכתנו ההשפעות הללו אינן חורגות מהשפעות רגילות של פרויקט תשתיתי והן מוכרות ומטופלות במסגרת קידום הליכי התכנון של פרויקטים מסוג זה. ייתכנו השפעות נוספות, כתלות במאפייני הפרויקט וסביבתו.

2. השפעות סביבתיות בשלב ההפעלה:

מצורפת רשימה של היבטים סביבתיים עיקריים הנבחנים בתסקירי השפעה על הסביבה ובמסמכים נופיים סביבתיים, שמטרתם לאמוד את ההשפעה הסביבתית כתוצאה מהפעילות המתוכננת במסגרת פרויקט. להלן ניתוח של פעילות מתקן האגירה, ובחינת פוטנציאל ההשפעה השלילית. ההתייחסות היא להשפעות הנובעות מיחידות האגירה עצמן וחדרי החשמל (כמתואר בסעיף היבטים תכנוניים) ולא להשפעות של קווי החשמל או תחמ"ש במידה ותידרש, אשר גם להם יש כללים ברורים לאופן הבחינה הסביבתית שנעשית עבורם.

טבלה 2.3 היבטים סביבתיים ופוטנציאל השפעה של מתקן אגירה:

הערות	פוטנציאל השפעה שלילית כתוצאה מפעילות המתקן	תיאור	היבט סביבתי
צמצום ומזעור פוטנציאל פליטת מזהמים בשל התלקחות המצברים יוכל לקבל מענה במסגרת הנחיות בטיחותיות – כדוגמת קביעת המיקומים למתקני אגירה לרבות באזורים מבוזרים ובסמיכות לאוכלוסייה, שמירת מגבלות מרחק כתלות במיקום ובסוג טכנולוגיה.	פליטות מזהמים לאוויר יתרחשו רק במצב תקלה והתלקחות יחידות האגירה	תשתיות מתקן האגירה אינו פולטות מזהמים לאוויר	זיהום אוויר
	פעילות המתקן אינה מהווה פוטנציאל למטרדי רעש	כל הפעילות מתבצעת בתוך מבנים סגורים, אין יחידות רועשות למעט מזגנים	אקוסטיקה ורעש
השפעות חזותיות של מתקן אגירה שיוקם בתחום אתר ייצור או מתקן הנדסי לא יחרגו מעבר להשפעות האתר/מתקן הנדסי. מתקן שאינו בתחום או בצמידות דופן לתשתית אחרת, עשוי להיות בעל משמעות חזותית ביחס לסביבתו אם כי מדובר במתקנים קטנים ובעלי גובה נמוך יחסית למבנים ומתקנים- סביר כי מרבית ההתקנות יהיו במכולות פזורות ולא במכולות שיונחו אחת על גבי השנייה. גובה מכולה אינו חורג מגובה של קומת מבנה (כ- 2.5- 3 מ').	תלוי מיקום: מתקן בתחום אתר ייצור/מתקן הנדסי אחר לעומת מתקן שאינו בתחום או בצמידות דופן למתקן אחר	מתקן אגירה הינו קטן מימדים באופן יחסי. לרוב תצורת מתקן המנצל את מימד הגובה הינה נדירה. גובה המבנים (מכולות) בהם מותקנים המצברים נמוך	נוף וחזות
מתקני אגירת אנרגיה, אינם כוללים שימוש בחומרים מזהמים, או נדרשים לשטח תפעולי הכולל שימוש בדלקים. צמצום ומזעור פוטנציאל חלחול מזהמים בשל התלקחות מקבל מענה מעצם היותם של המצברים במבנים סגורים ובעלי רצפה, המונעת חלחול לקרקע. ניתן יהיה להורות על הנחת המכולות על משטחים אטומים לחלחול מזהמים, במקומות בעלי רגישות הידרולוגית. כמו כן, הנחיות בטיחותיות באשר למגבלות מרחק בין מתקן האגירה לשימושים שונים ומגבלות תכולת אנרגיה של יחידות האגירה במקרים מסוימים, יצמצמו את פוטנציאל ההתלקחות והשלכותיה הסביבתיות.	חלחול מזהמים לקרקע יתרחש רק במצב תקלה והתלקחות של יחידות האגירה	כל פעולות מתקן האגירה מבוצעות במבנים סגורים, אשר אינם מונחים ישירות על הקרקע.	זיהום קרקע ומים
לרוב מתקני אגירה לא יאוישו באופן קבוע. הגעה למתקן נדרשת לשם עבודות תחזוקה ולא בתדירות יום יומית.	פעילות המתקן לא תעמיס תנועות על מערכת התחבורה	פעילותו של המתקן לא צפויה להביא להגדלה משמעותית בעומסי התחבורה, באופן שיקשה על	השפעות תחבורתיות

הערות	פוטנציאל השפעה שלילית כתוצאה מפעילות המתקן	תיאור	היבט סביבתי
		תפקוד מערכת הדרכים במרחב.	
השפעות על ערכי טבע של מתקן אגירה שיוקם בתחום אתר ייצור או מתקן הנדסי לא יחרגו מעבר להשפעות האתר/מתקן הנדסי, היות שמתקנים קיימים בדרך כלל מגודרים, לצורך מניעה של כניסת בעלי חיים לתחום. מעבר לכך, מתקן שיוקם בתחום שטח מתקן קיים, לא ירחיב את הפרת השטח מתקן שאינו בתחום או בצמידות דופן לתשתית אחרת, עשוי להיות בעל משמעות אקולוגית בהתאם לערכיות הסביבתית של השטח בו יוקם.	תלוי מיקום: מתקן בתחום אתר ייצור/מתקן הנדסי אחר לעומת מתקן שאינו בתחום או בצמידות דופן למתקן אחר	מתקני אגירה אינם משמעותיים בגודלם, אך ההנחה היא שהם יגודרו, ובכך עשויים להגביל תנועת בעלי חיים.	אקולוגיה וערכי טבע
השפעות הקרינה ממתקן האגירה מצומצמת למטרים בודדים	סכנת קרינה מהמצברים עצמם הינה מצומצמת	מצברים ממוקמים בתוך מבנים. אין שהיית קבע במתקני אגירה	קרינה

כפי שעולה מהטבלה, מרבית ההשפעות הסביבתיות הנובעות כתוצאה מפעילות מתקן אגירה, אינם משמעותיות. הגדלה של היקף האגירה/תוספת מכולות/מצברים לא תביא לשינוי בפוטנציאל ה"תרומה השלילית" של מתקן האגירה במרבית ההיבטים הסביבתיים.

2.3.3 מדרג הבחינה הסביבתית שתידרש עבור מתקני אגירה

מוצע כי הבחינה הסביבתית עבור מתקני אגירה תתבצע באופן הבא:

1. מפרט/נוהל סביבתי אחיד למתקני אגירה:

ייקבע מפרט/נוהל סביבתי אחיד, אשר מתקני האגירה יידרשו לעמוד בו. המפרט יכלול סט הנחיות סביבתיות, קריטריונים ותנאים גנריים אשר יבטיחו כי תפעול מתקן האגירה ייעשה באופן שיצמצם פוטנציאל למפגעים סביבתיים כתוצאה מפעילותו. ההנחיות הסביבתיות יתייחסו למיקום המתקן, לרבות האם בתחום מתקן הנדסי או מתקן "עצמאי", ובהתאם יכללו הוראות למניעת זיהום קרקע ומי תהום, הנחיות אדריכליות לצמצום המופע הנופי של המתקן, הוראות לצמצום החשיפה לקרינה, הוראות לגבי אופן האחסנה והטיפול במצברים שסיימו את פעולתם והוראות נוספות. הנוהל ייקבע ע"י המשרד להגנת הסביבה בשיתוף פעולה עם רשות החשמל ומשרד האנרגיה. ניתן יהיה לשלבו במסגרת ההסדרה הסטטוטורית למתקני אגירה (ראה פרק ג' בהמשך).

2. הכנת מסמך סביבתי בהתאם לשיקול דעת מוסדות התכנון:

סוג הבחינה הסביבתית שתלווה את תכנון מתקן האגירה, תיקבע במסגרת ההסדרה הסטטוטורית למתקני אגירה (ראה פרק ג' בהמשך). יש לציין כי המשרד להגנת הסביבה מגבש בימים אלה הנחיות ודרישות למסמכים סביבתיים עבור מתקני אגירה. הדרישות הסביבתיות ותכולת המסמכים הסביבתיים הנדרשים שיפורטו במסגרת ההסדרה הסטטוטורית יגובשו בהתאם להנחיות שיתואמו עם המשרד להגנת הסביבה ומשרד האנרגיה.

2.4. היבטים בטיחותיים

כללי

בסעיף זה, תוצג סקירה של ההיבט הבטיחותי בהתייחס לאתרי אגירה, כאשר הכוונה היא לבטיחות אש ומגבלות המרחק והמיקום למניעה ולצמצום פוטנציאל שריפה. בטכנולוגית האגירה באמצעות מצברים, קיים כאמור חשש כי במקרה של תקלה והתחממות המצברים, תתרחש התלקחות שתוצאותיה פליטת חומרים מסוכנים הנמצאים במצברים, לאוויר ולקרע.

מסיבות אלה, נדרשים כללים ונהלים אשר יתייחסו ויסדירו את ההיבט הבטיחותי, לרבות קביעת פעולות ונהלי חירום שמטרתם צמצום פוטנציאל הסיכון והיקף ההשלכות השליליות במידה ומתרחשת תקלה.

היות ואגירת אנרגיה הינה תחום חדש יחסית בקנה מידה עולמי ובישראל בפרט, בדקנו האם ישנה תקינה בינלאומית באשר לבטיחות והגנה מאש המתייחסת למתקני אגירת אנרגיה, ממנה ניתן ללמוד ולאמץ כללים, תוך התאמות לישראל. אימוץ אמות מידה בינלאומיות בהעדר תקינה ישראלית, הינה פרקטיקה מקובלת.

הבדיקה שערכנו העלתה כי התקן הזוכה למספר אזכורים הגדול ביותר כתקן לנושא בטיחות אש במתקני אגירה (נייחים) הינו תקן 885 שכותרתו:

Standard for the Installation of Stationary Energy Storage. תקן זה נוסח ע"י האיגוד הלאומי האמריקאי להגנה מאש - National Fire Protection Association (NFPA), והוא כולל הנחיות בטיחות מפורטות מאוד באשר לבטיחות אש ומתקני אגירה.

ממידע שנמסר לנו מנציגים שונים בארגון כבאות והצלה לישראל (ענף חומרים מסוכנים ומפעלים ביטחוניים, מחלקת חקיקה ורגולציה), הארגון עתיד לאמץ את תקן 101 של האיגוד הלאומי

האמריקאי להגנה מאש. תקן זה, הינו תקן רוחבי הכולל הנחיות בטיחות אש עבור מגוון יישומים ושימושים- מבני תעשייה, מגורים, שירותי בריאות ועוד. בתקן מפורטות הנחיות לפעולה במצבי חירום מסוכנים וכן מפורטים אמצעי בטיחות והתרעה מפני סכנת אש, הנדרשים להתקנה בבנייה חדשה.

אנו משערים כי בדומה לאימוץ התקן הרוחבי- תקן 101, תקן 885, שהינו תקן נקודתי המתייחס כאמור לשימוש מסוים, ישמש כתקן המנחה בישראל עבור ההיבט הבטיחותי והגנה מאש ממתקני אגירה.

בשל אורכו של התקן והפירוט הרב המופיע בו, תוצג סקירה תמציתית של עיקריו. סעיפים בתקן הכוללים הנחיות אופרטיביות בעלות משמעות מבחינת מגבלות מרחק ושיקולי מיקום, יסקרו בהרחבה.

2.4.1 עיקרי התקן

בשנת 2016, האיגוד הלאומי האמריקאי להגנה מאש החלה בהליך גיבוש עקרונות וקריטריונים, אשר ייתנו מענה לפערים ברגולציה המתייחסת לאגירת/אחסון אנרגיה, תוך רצון ליצור שפה אחידה והתאמות לרגולציה המתייחסת לנושאים אחרים, אשר להם עשויה להיות השקה עם הנושא (למשל תקני בניה).

התוצר של העבודה הוא קביעת תקן 855 עבור אגירת אנרגיה **במתקנים נייחים** -

Standard for the Installation of Stationary Energy Storage (להלן "התקן).

התקן אומץ ע"י האיגוד הלאומי האמריקאי בשנת 2019 ומאז עבר עדכונים. המהדורה האחרונה של התקן עדכנית לשנת 2020.

2.4.2 מטרת התקן

התקן מגדיר ונותן הנחיות תפעוליות שיסייעו לצמצם סיכונים כתוצאה מתקלה במערכות אגירת אנרגיה. בתקן מפורטות הדרישות (המינימליות) למניעת שריפות, הגנה מפני אש, תכנון, בנייה, התקנה, תפעול, תחזוקה ופירוק מערכות אגירת אנרגיה נייחות. בתקן מפורטים כללים אחידים להתקנה של מצברים מסוגים שונים (עופרת, ליתיום, ניקל וכד'), לרבות הנחיות בדבר ערכי סף, תכולת אנרגיה מקסימאלית, מרחקי הפרדה, אישורים נדרשים מרשויות, נהלי בטיחות ועוד.

2.4.3 מבנה התקן

התקן כולל 15 פרקים לפי הפירוט הבא:

- **פרקים 1-3**: פרקים כלליים בהם מפורטת מטרת התקן, מוגדר ערך הסף המינימאלי של תכולת אנרגיה בהתאם לטכנולוגיות שונות בגינה מתקן כפוף לדרישות התקן, מפורטים פרסומים קודמים, ומפורטות הגדרות למינוחים שונים.
- **פרק 4**: כולל דרישות גנריות בהתייחס לתכנון, בניה, התקנה של מתקני אגירת אנרגיה.
- **פרקים 9-11**: כוללים הנחיות תפעוליות מפורטות (חיבורי מערכת, התקנה, תפעול, תחזוקה, פירוק), תוך התייחסות לטכנולוגיות האגירה השונות. מההנחיות הגנריות שפורטו בפרק 4, ניתן לגזור הנחיות הכוללות הנחיות לגבי טכנולוגיות ספציפיות.
- **פרקים 12-13**: מתייחסים לנושאים שידרשו לניסוח כללים בעתיד (הולכה אלקטרו מגנטית של מערכות אגירה וטכנולוגיית אגירה באמצעות גלגלי תנופה).
- **פרק 14**: כולל הנחיות לאחר גמר שימוש.
- **פרק 15**: כולל הנחיות למתקני אגירה עבור שימוש יחידות מגורים.

2.4.4 פירוט הנחיות אופרטיביות מתוך התקן

ההפניות הן לסעיפים מתוך התקן.

מיקומים למתקני אגירת אנרגיה (פרק 4 סעיף 4.4):

בתקן ישנה הבחנה בין מספר מיקומים של מתקני אגירה:

1. מתקני אגירה הממוקמים בחוץ (במכולות):

ביחס למתקנים אלה, התקן מבחין ומגדיר שני טווחים של מרחק משימושים מסוימים:

מיקומים מרוחקים: מתקן אגירה המותקן במרחק גדול מ- 100 פיט (30.5 מטר) מהשימושים

הבאים:

מבנים/בניינים (לא מפורטים בתקן סוגי המבנים), גבולות מגרש המיועד לבינוי, דרכים ציבוריות,

אחסנת חומרים דליקים, חומרים מסוכנים, ערימות גבוהות, חומרים מסוכנים אחרים בעלי

פוטנציאל פיצוץ שאינם חלק ממערכת תשתיות החשמל.

מיקומים הסמוכים לאזורי חשיפה (EXPOSURES): מתקני אגירה שמיקומם אינו נכלל בהגדרת

מיקומים מרוחקים (כלומר מרחקם משימושים אחרים קטן מ- 100 פיט).

הבחנה בין מיקום שנחשב מרוחק משימושים אחרים ומיקום הנחשב סמוך לשימושים, משמשת בהמשך התקן לקביעת הכללים ומגבלות החלים על מתקנים אלה: טבלה 4.4.3 בתקן, מפנה לסעיפי התקן החלים על המתקנים בהתאם לחלוקה זו. השונות בכללים בהתאם לחלוקה הוא באשר לתכולת אנרגיה מקסימאלית והפרדה למספר יחידות אנרגיה המופרדות אחת מהשנייה, אשר חלה רק על מתקנים שמיקומם משימושים אחרים קטן מ- 100 פיט.

2. מתקני אגירה במבנים:

גם כאן, ישנה הבחנה בין סוגי מבנים, אשר בהמשך התקן תשמש לקביעת הכללים ומגבלות החלים על מתקנים אלה:

מבנה ייעודי לאגירה: משמש עבור מתקן האגירה בלבד.

מבנה שאינו ייעודי רק לאגירה: מבנה הכולל שימושים נוספים פרט לאגירה.

3. מתקני אגירה המנצלים שימוש קרקע אחר (דו שימוש):

חניונים פתוחים וגגות מבנים.

4. מתקני אגירה עבור שימוש ביתי:

התקן מתייחס למגורים חד משפחתיים, דו משפחתיים, מבנה משותף. למתקנים אלה, מוקצה פרק נפרד בתקן.

בנוסף ועל אף שהתקן בכותרתו מתייחס להתקנות ניחות ישנה התייחסות בתקן גם למתקנים ניידים.

ערכי סף וערכים מקסימאליים:

ערך סף: תכולת אנרגיה מינימאלית בגינה מתקן כפוף לדרישות התקן (פרק 1: סעיף 1.3, טבלה 1.3):

טבלה 1.3 בתקן מציגה ערכי סף מינימאליים של תכולת אנרגיה, בגינם מתקן כפוף לדרישות התקן.

הטבלה מציגה ספים שונים בהתאם לסוג הטכנולוגיה:

Table 1.3 Threshold Quantities

ESS Technology	Aggregate Capacity ^a	
	kWh	MJ
Battery ESS		
Lead-acid, all types	70	252
Nickel including Ni-Cad, Ni-MH, and Ni-Zn ^b	70	252
Lithium-ion, all types	20	72
Sodium nickel chloride	20	72
Flow batteries ^c	20	72
Other battery technologies	10	36
Batteries in one- and two-family dwellings and townhouse units	1	3.6
Capacitor ESS		
Electrochemical double layer capacitors ^d	3	10.8
Other ESS		
All other ESS	70	252

^aFor ESS units rated in amp-hrs, kWh equals maximum rated voltage multiplied by amp-hr rating divided by 1000.

^bNickel battery technologies include nickel cadmium (Ni-Cad), nickel metal hydride (Ni-MH), and nickel zinc (Ni-Zn).

^cIncludes vanadium, zinc-bromine, polysulfide-bromide, and other flowing electrolyte-type technologies.

^dCapacitors used for power factor correction, filtering, and reactive power flow are exempt.

תובנות:

1. השונות בערכי הסף כנגזרת של טכנולוגיה, יכולה להצביע על פוטנציאל ההתלקחות וסכנה מאש בהתאם לטכנולוגיות השונות- ערך סף נמוך יותר מצביע על פוטנציאל התלקחות גבוה יותר ולהיפך.

2. ערכי הסף בתקן עורכים את ההבחנה בין אגירה שתשמש לצרכים/יישומים גדולים (למשל צרכן תעשייתי) ואגירה בקנה מידה קטן עבור היחידה/ צרכן ביתי.

תכולת אנרגיה מקסימאלית (פרק 4: סעיף 4.8, טבלה 4.8):

התקן מבחין בין מתקנים אשר תכולת האנרגיה המקסימאלית שלהם מוגבלת לבין מתקנים אשר אין הגבלה לתכולת האנרגיה שלהם. ההגבלה הינה פונקציה של מיקום המתקן, כאשר סוג הטכנולוגיה, קובע את הערך המקסימאלי המותר:

1. המיקומים אשר בגינם קובע התקן תכולת אנרגיה מקסימאלית:

1. מתקני אגירה במבנים לא ייעודים, באזורי שריפות.
 2. מתקני אגירה הממוקמים בחוץ (במכולות) בסמוך לאזורי חשיפה (כמפורט בסעיף 2.1 לעיל).
ביחס לשני מיקומים אלה, התקן קובע גם כי יש להפריד לקבוצות קטנות יותר את יחידות האגירה, כאשר תכולת האנרגיה המקסימאלית של כל קבוצה תעמוד על 50 קילו וואט שעה. התקן קובע כי יישמר מרחק מינימאלי של 3 פוט (0.9 מטר) בין הקבוצות.
 3. מתקני אגירה המותקנים בחניונים.
 4. מתקני אגירה המותקנים על גבי גגות.
- נציין כי בגין ערכים אלה, התקן אינו דורש ביצוע סקר סיכונים .

2. הגבלת תכולת אנרגיה בהתאם לסוג הטכנולוגיה: התקן אינו קובע הגבלה של תכולת אנרגיה מקסימאלית עבור מצברי עופרת ומצברי ניקל, אך מגביל תכולת אנרגיה של מצברי ליתיום יון ומצברים נוספים. ההגבלה חלה כאמור, על המתקנים שפורטו בסעיף 1 לעיל.
להלן טבלה 4.8 מתוך התקן, המציגה את תכולת האנרגיה המקסימאלית בהתייחס לטכנולוגיות השונות :

Table 4.8 Maximum Stored Energy

ESS Type	Maximum Stored Energy ^a (kWh)
Lead-acid batteries, all types	Unlimited
Nickel batteries ^b	Unlimited
Lithium-ion batteries, all types	600
Sodium nickel chloride batteries	600
Flow batteries ^c	600
Other battery technologies	200
Storage capacitors	20

^aFor ratings in amp-hrs, kWh should equal maximum rated voltage multiplied by amp-hr rating divided by 1000.

^bNickel battery technologies include nickel cadmium (Ni-Cad), nickel metal hydride (Ni-MH), and nickel zinc (Ni-Zn).

^cIncludes vanadium, zinc-bromine, polysulfide, bromide, and other flowing electrolyte-type technologies.

שמירת מגבלות מרחק:

התקן מפרט את המרחק המינימאלי שיש לשמור בין מתקני האגירה (בהתאם למיקומם) ובין שימושים שונים. להלן טבלה המציגה את מגבלות המרחק שנדרש לשמור ממתקני האגירה:

מיקום מתקן אגירה	שימושים בגינם/מהם נדרשת שמירת מחק מינימאלי	מגבלת מרחק מינימאלי	סעיף בתקן
מבנים ייעודיים למתקני אגירה	התקן אינו מפרט נדרשת מגבלת מרחק מינימאלית משימושים אחרים, אך קובע כי לשטח המבנה בו מותקן מתקן האגירה תותר כניסת מורשים בלבד. אנשי מנהלה וכוח אדם נוסף, יורשו להיכנס לאזורים אחרים באתר שאינם כוללים את מתקן האגירה.	התקן קובע הנחיות ומגבלות באשר לאזורים/מבנים הנוספים באתר שאינם כוללים את מתקן האגירה, אליהם מתאפשרת כניסה של אנשי מנהלה ועובדים נוספים: דרישת איכוס של לא יותר מ- 10%, דרישות למחסום אש, כניסה באמצעות קוד, גישה לשטח שלא במעבר בסמיכות לשטח מתקן האגירה.	4.4.2.1
מתקני אגירה הממוקמים במכולות (באזורי חשיפה)	מבנים (לא מפורטים סוגי המבנים), גבולות מגרש המיועד לבינוי, דרכים ציבוריות, אחסון חומרים דליקים, אחסון חומרים מסוכנים, ערימות גבוהות, חומרים מסוכנים אחרים בעלי פוטנציאל פיצוץ, שאינם מהווים חלק ממערכת תשתיות החשמל.	10 פיט (כ- 3 מטרים) הקלה: ניתן לצמצם המרחק ל- 3 פיט (כ- 0.9 מ') בכפוף לתנאים מסוימים.	4.4.3.3
מתקני אגירה הממוקמים על גגות ובחניונים פתוחים	מבנים (למעט החלק מהמבנה בו ממוקם מתקן האגירה), גבולות מגרש המיועד לבינוי, דרכים ציבוריות, חומרים דליקים, חומרים מסוכנים, חניית רכב ממונע.	10 פיט (כ- 3 מטרים) הקלה: ניתן לצמצם המרחק ל- 3 פיט (כ- 0.9 מ') בכפוף לתנאים מסוימים. מעבר להנחיות גנריות אלה, ישנן הנחיות מפורטות מאוד בהתייחס לאתרי אגירה על גבי גגות ובחניונים, בהתייחס לנושא של מגבלות מרחק: דרישות מרחק נקודתיות, רוחב דרכי גישה, מרחק מקצה גג, מרחק ממערכת מיזוג אוויר של החניונים וכד'.	4.4.4.2.1
מתקני אגירה ביתיים	יפורט בנפרד.		

תובנות: מגבלות המרחק המפורטות בתקן אינן גדולות. מתקני אגירה המותקנים במכולות או בדו

שימוש, אינם משיתים מגבלות גדולות על המרחב. קיים מנגנון המאפשר הקלות וצמצום

המרחקים הנקובים.

תכניות ומסמכים נדרשים לאישור מתקן אגירה:

התקן מפרט מספר מסמכים הנדרשים להכנה בחלק מהליך אישור מתקן אגירה:

תכנית בינוי (פרק 4, סעיף 4.1.2.1):

יש להכין תכנית בינוי למתקן האגירה, אשר תאושר ע"י הרשות המקומית.

מידע ונתונים שתכנית הבינוי נדרשת לכלול:

- מיקום
- סוג מתקן
- תכולה
- אמצעי בטיחות

תכנית נהלי חירום (פרק 4, סעיף 4.1.3.2.1):

נדרשת הכנת תכנית נהלי חירום, אשר תעודכן מעת לעת.

מידע ונתונים שתכנית הבינוי נדרשת לכלול:

- נהלי חירום לכיבוי והפעלה בטוחה מחדש
 - נהלי בדיקה של אמצעי בקרה והתראה.
 - נהלים בעת קבלת התראות ממערכת הבקרה של המתקן.
 - נהלי פעולה בעת אירוע חירום
 - ניסוח מסמך בדומה לגיליון בטיחות (SDS), כאשר לא נדרש גיליון בטיחות (אופציונלי).
- מתקני אגירה המותקנים בחוץ (מכולות), או מתקנים במבנים המשמשים רק עבור תכלית של אגירה אינם נדרשים לתכנית נהלי חירום.

תובנות: הפרמטר הקובע את הבחנה בין מתקנים הנדרשים לתכנית נהלי חירום ובין מתקנים שאינם

נדרשים לתכנית נהלי חירום, הוא מיקום מתקן האגירה. נראה כי יש מקום להבחנה בדרישות הכנת

תכנית נהלי חירום בהתאם למיקום המתקן ומאפייניו.

סקר סיכונים (פרק 4, סעיף 4.1.4):

התקן קובע סט כללים למקרים בהם נדרש סקר סיכונים:

1. עבור טכנולוגיה שאינה מנויה בסעיף 1.3 בתקן.

2. כאשר יש התקנה של יותר מטכנולוגיית אגירה אחת המותקנת בחלל סגור או בחדר, וקיים

חשש של אינטראקציה שלילית בין הטכנולוגיות.

3. כבסיס לאישור בקשה להגדלת תכולת אנרגיה, בהתאם לקבוע בסעיף 4.8.1 בתקן.

סקר הסיכונים צריך לקחת בחשבון את התרחישים הבאים:

1. פריצת חום/התחממות תרמית ביחידת מודול בודדת, במערך או ביחידת אנרגיה.

2. כשל במערכת הניהול.

3. כשל במערכת האוורור.

4. כשל בגלאי העשן והאש, מערך כיבוי/דיכוי אש ופליטות גזים.

תובנות: לא כל מתקן נדרש לסקר סיכונים, ונראה כי ברירת המחדל היא **שלא יידרש** סקר סיכונים.

האמירה בתקן כי יידרש סקר סיכונים עבור טכנולוגיות שאינן מנויות בתקן, נותנת פתרון למצב

עתידי בו תפותח טכנולוגיית אגירה, שלא הייתה מוכרת עת ניסוח התקן.

פינוי ואחסון מצברים או מרכיבי מצברים שיצאו מכלל שימוש (פרק 14):

פרק זה, כולל הנחיות מאוד מפורטות באשר למיקומים שונים לפינוי ואחסון מצברים/תאים, אשר

בגמר השימוש. התקן כולל התייחסות לאפשרות של אחסון במכולות, אחסון במבנים, אחסון בחלל

הפתוח בערימות, מרחקים בין מכולות, מימדי מכולות, אחסון פנימי ומימדי חללים לאחסון וכד'.

תובנות: ריבוי ההנחיות והפירוט הרב באשר לפינוי ואחסון המצברים בגמר השימוש, ממחישים כי

נושא זה הינו חשוב ומשמעותי להיבט הבטיחותי לצורך צמצום סכנות מאש ומניעתן.

אגירת אנרגיה במגורים - חד משפחתי, דו משפחתי, בניין משותף (פרק 15):

התקן מפרט הנחיות להתקנת מתקני אגירה המשמשים למגורים החל מיחידת מגורים חד משפחתית

ועד למגורים בבניינים משותפים. בתקן ישנן הנחיות באשר למיקומים בהם ניתן להתקין מתקני

אגירה, , מגבלות מרחק ותכולת אנרגיה.

מיקומים בהם ניתן להתקין מתקני אגירה ומרחקים נדרשים:

1. חניות המופרדות מיחידות הדיור, חדרי ציוד/שירות/אחסון.

2. התקנות חיצוניות: על קירות חיצוניים או על הקרקע- תידרש שמירת מרחק מינימאלי של

כ- 3 פוט (0.9 מ') מחלונות או דלתות.

3. חדרי/מרחבי תשתיות.

התקן מפרט את המיקומים בהם יש איסור על התקנת מתקני אגירה: באזורים בהם ישנה שהייה קבועה (אזור המגורים/שינה).

יש לשים לב, כי התקן אינו מציין התקנה על גגות בהתייחס למבני מגורים.

שמירת מרחק: יחידות האגירה צריכות להיות מופרדות אחת מהשנייה ולשמור על מרחק של 3 פיט (כ- 0.9 מ') זו מזו. ניתן לצמצם מרחק זה, בכפוף לאישור הרשות המוסמכת.

תכולת אנרגיה: 1-20 קילו ואט שעה עבור יחידה אחת. עבור מקבץ של יחידות: 40-80 קילו ואט שעה. כאשר ישנה התקנה של מקבץ יחידות אגירה, חלים הכללים המפורטים בפרקים 4-9 בתקן.

תובנות: ניתן למקם מתקני אגירה בסמוך למגורים בכפוף לכללים והנחיות. הכללים בתקן מנוסחים באופן שבו התקנת המתקנים תעשה באזורים תפעוליים המרוחקים יחסית מהאזורים בהם ישנה שהייה קבועה של אנשים.

מתקני אגירה המשמשים עבור מגורים הינם בעלי תכולת אנרגיה לא גבוהה: עד **80 קילו ואט שעה** (למקבץ יחידות אגירה). נתון זה, מסייע לאמוד את השטח שיידרש למתקן אגירה מסוג זה: בהתאם להנחה כי עבור 1 מגה ואט שעה נדרש שטח של כ- 80 מ"ר, הרי שעבור התקנה הכוללת מקבץ יחידות אגירה בעלת תכולת אנרגיה מקסימאלית של 80 קילו ואט, יידרש שטח של כ- 7 מ"ר בלבד.

סיכום והמלצות:

בסעיף זה, הוצגה סקירה תמציתית של תקן 855 של האיגוד הלאומי האמריקאי להגנה מאש, אשר הינו תקן ייעודי עבור היבטי בטיחות מסכנת אש והתפרצות שריפות במתקני אגירה ניידים, בהם נעשה שימושי בטכנולוגיית שונות של אגירה במצברים.

התקן הינו רחב ומפורט מאוד והוא כולל התייחסות למכלול נושאים תפעוליים הקשורים באתרי אגירה, לרבות הנחיות אופרטיביות מרגע ההתקנה ועד לפירוק ואחסון מצברים שיצאו מכלל שימוש. מהתקן ניתן ללמוד כי מגבלות המרחק הנדרשות לצורך שמירת בטיחות אש אינן גדולות, ואינן עולות על מספר מטרים עבור מתקני האגירה שישמשו ליישומים הגדולים, ואף פחות מכך, בהתייחס למתקנים הקטנים יחסית, שישמשו את הצרכנים הביתיים וימוקמו באזורי המגורים.

מעבר לכך, ישנם מנגנונים המאפשרים צמצום נוסף של מגבלות המרחק.

התקן קובע את המסמכים שיידרשו להכנה עבור מתקני אגירה. בהתייחס לסקר סיכונים, קובע התקן מספר מקרים מצומצם בהם הוא נידרש.

בסקירה פורטו מספר נושאים עיקריים אופרטיביים, מהם ניתן יהיה להסיק הנחיות תפעוליות
 תכנוניות/סביבתיות עבור מתקני אגירה שיוקמו בישראל. נראה שנכון יהיה לאמץ חלק מהכללים
 תוך התאמתם לישראל:

1. מסמכים נדרשים:

יש לקבוע את תכולת המסמכים הבטיחותיים שיידרשו להכנה עבור מתקני האגירה בהתאם
 למאפיינים השונים (גודל, מיקום, מטרה) לרבות:

- תכולת תכנית בינוי.
- קביעת כללים תפעוליים בעת תקלה וחירום במסגרת תכנית נהלי חירום.
- קביעת הכללים בהם יידרש סקר סיכונים.

2. מגבלות מרחק ומיקום מתקני אגירה במרחב בהתייחס להיבטים בטיחותיים:

1. יש לקבוע כללים מסודרים למגבלות המרחק שיש לשמור בין המתקן ובין שימושים אחרים.
 מגבלות המרחק ייקבעו בהתאם למאפייניו של המתקן (למשל סוג מבנה המתקן, התקנה
 פנימית או חיצונית), תוך הבחנה בין מתקנים גדולים המותקנים באזורים המרוחקים יותר
 מריכוזי אוכלוסייה לבין מתקנים קטנים, המותקנים באזורים המבונים/עירוניים.
 2. יש לקבוע מנגנוני גמישות המאפשרים צמצום מגבלות המרחק, בשיקול דעת הרשות
 המוסמכת.

3. נהלי פינוי:

יש לקבוע את הכללים והמיקומים אליהם יתבצע פינוי בגמר שימוש.

3. פרק ג': קידום מתקני אגירה

3.1. כללי

אגירת אנרגיה מהווה נדבך חשוב לעמידה ביעדי הממשלה לתמהיל ייצור החשמל לשנת 2030 ולהפחתת פליטות גזי חממה. על מנת לאפשר קידום מהיר ויעיל של מתקני אגירה, נדרשת ראייה מתכללת ורחבה בהתייחס למתקני אגירה. בסעיף הבא, מוצגת סקירה של המסגרת התכנונית והליכי התכנון העוסקים באגירת אנרגיה. מטרתה של הסקירה היא לבחון האם המסד הסטטוטורי הקיים, מאפשר פישוט של ההליכים הנדרשים לתכנון ורישוי מתקני אגירה.

3.2. אגירת אנרגיה- סקירת תכניות מאושרות ותכניות בהליכי תכנון

תמ"א/1 (מאושרת מיום 12.2.2020):

אינה כוללת התייחסות לאגירת אנרגיה בפרקים העוסקים בחשמל. תמ"א/10/ד/10/2 הנסקרת בהמשך, תחליף את סעיף ההיתרים בפרק העוסק במתקנים פוטו- וולטאיים.

תמ"א/41- תכנית מתאר ארצית לתשתיות משק האנרגיה (4.5.2021- החלטת המועצה הארצית על

העברת התכנית לאישור הממשלה):

התמ"א כוללת מספר עקרונות על משותפים לכל פרקי האנרגיה אליהם נדרש מוסד תכנון להתייחס, בבואו לדון בתכנית לתשתית אנרגיה. בין העקרונות המפורטים נדרש מוסד התכנון להתייחס ליתירות ולגיוון:

1. **יתירות:** ייצור האנרגיה והולכתה תוך הבטחת רציפות האספקה, לשם מתן מענה לשיאי ביקושים, תקלות ומצבי חירום.

2. **גיוון:** שימוש במספר מקורות ייצור, ובכללם שימוש במשאבים מתחדשים ובטכנולוגיות שונות וחדשות ויצירת גמישות המאפשרת קליטה של מקורות וטכנולוגיות עתידיים. ניסוח הדרישות באשר לכל אחד משני עקרונות אלה, ממחישים כי אגירת אנרגיה שולבה בעקרונות העל.

א. ייצור חשמל ממקורות מתכלים:

הפרק העוסק בייצור חשמל ממקורות אנרגיה מתכלים, כולל הוראות כלליות בהתייחס לתחנות כח קטנות וגדולות הפועלות בטכנולוגיות שונות, וכן הוראות מפורטות המתייחסות לתחנות הכח. הפרק כולל הוראות ביחס לאגירת אנרגיה במפורט להלן:

סעיף 3.2 המתייחס לתפקודן של תחנות הכוח, קובע כי מוסד תכנון הדין בתכנית לתחנת כח ייתן דעתו לשמירת שטח וקביעת הוראות לשם אגירת אנרגיה (ס"ק ב').

סעיף 3.4 המתייחס לתכולת תכנית מפורטת להקמת תחנת כח, קובע כי תכנית מפורטת תקבע בין היתר שטח ומתקנים לשם אגירת אנרגיה במידת הצורך (ס"ק ה').

בנוסף, קובעות הוראות התמ"א כי ניתן לאשר תכנית לתוספת מתקני אגירה בתחנת כח גדולה אשר אושרה בתכנית מתאר ארצית, טרם אישורה של תמ"א/41 והדבר לא יחשב כשינוי לתכנית המתאר הארצית מכוחה אושרה תחנת הכח, בכפוף לאישורה של הוועדה המחוזית.

ב. ייצור חשמל ממקורות אנרגיה מתחדשים:

הפרק העוסק בייצור חשמל ממקורות אנרגיה מתחדשים, כולל הוראות כלליות בהתייחס למתקנים פוטו-וולטאיים.

סעיף 3.4 המתייחס לתכולת תכנית למתקן פוטו-וולטאי, קובע כי תכנית למתקן פוטו-וולטאי תכלול את כל הדרוש למימוש מטרתה, ובכלל זה, ולפי הצורך גם מתקנים לאגירת חשמל (במקור).

מעבר לכך, לא מפורטות בתמ"א הנחיות באשר לאגירת אנרגיה.

תמ"א/10/ד/2- תכנית מתאר ארצית למתקנים פוטו וולטאיים (8.8.2021- אושרה ע"י הממשלה):

תמ"א/10/ד/10 ושינוי מס' 1 לתמ"א, הסדירו את הליכי התכנון לקידום ולאישור היתרים ותכניות למתקנים פוטו-וולטאיים.

שינוי מספר 2 לתמ"א, הרחיב את רשימת הייעודים בהם יתאפשר דו שימוש בקרקע לצורך הקמת מתקנים פוטו וולטאיים וכן הוסיף התייחסות לנושא אגירת אנרגיה כחלק מתשתיות מתקנים פוטו וולטאיים קרקעיים: התכנית מאפשרת הקמת מתקני אגירת אנרגיה כשימוש מותר ברשימה של מתקנים פוטו וולטאיים להם תכניות מפורטות מאושרות. הרשימה מפורטת בנספח לתמ"א. נציין כי ברשימה המופיעה בתמ"א, ישנן תכניות הכוללות כבר בהוראותיהן אפשרות לאגירה וכן זכויות בניה לתכלית זו. התכניות נוספו לרשימה, על מנת לאפשר בהן את היקף זכויות הבנייה המותר בתמ"א, ככל שזכויות הבנייה שנקבעו בהן נמוכות מהקבוע בתמ"א (כמפורט בהמשך). בסעיף 8 קובעת התמ"א הנחיות בהתייחס לאגירה בתכניות המפורטות המאושרות למתקנים הפוטו-וולטאיים:

- ייעוד השטח בו יוקמו מתקני האגירה: מתקנים הנדסיים או יעוד מתקנים הנדסיים ושטח

חקלאי, ובלבד שהצבת מתקני אגירה לא תטיל מגבלות נוספות מחוץ לתחום התכנית

למתקן הפוטו וולטאי.

- היקף זכויות בנייה עבור מתקני אגירה: 80 מ"ר לכל מגוואט מותקן.

- מיקום מתקני האגירה: בצמוד או בסמוך למתקני ההשנאה או למבנים אחרים.
- הוראות לפינוי המתקנים בתום פעילות המתקן: מתקני האגירה יפוגו משטח המתקן הפוטו וולטאי, כחלק מפירוק ופינוי השטח בתום הפעלת המתקן.

3.3. סיכום והמלצות למסלול סטטוטורי לקידום מתקני אגירה

הוראות בנושא אגירת אנרגיה משולבות בתכניות מאושרות ובתכניות בהליכי תכנון. הוראות אלה הינן חלקיות ורואות באגירת אנרגיה כפעילות נלווית או כאמצעי משלים לפעילות מתקן ייצור:

- תמ"א/41, העוסקת בתשתיות משק האנרגיה, כוללות התייחסות לאגירה, אך לא נקבעו במסגרתה הליכי תכנון ייעודיים למתקני אגירה עצמאיים.

- תמ"א/2/10/ד/10, רואה באגירה חלק אינטגרלי מהייצור הסולארי ברשימה רחבה של אתרים פוטו וולטאיים מאושרים. יחד עם זאת, לא קיים מסלול סטטוטורי שמאפשר תוספת אגירה בייעודים שונים נוספים.

- תכניות למתקני ייצור חשמל אשר אושרו בשנים האחרונות אמנם מאפשרות ורואות באגירה תכלית מותרת, אך תכניות ייעודיות למתקני אגירת אנרגיה טרם אושרו. נציין כי כיום מקודמת תכנית להקמת מתקן אגירה שלא כחלק מאתר ייצור, במבואות גלבווע, (תמ"א 10/ב/11/ב) הנמצאת בהליכי תכנון מתקדמים.

לאור זאת, מוצע לקדם תכנית מתאר ארצית ייעודית לאגירה אשר תיתן מענה כולל להיבט התכנוני, לצד פירוט הדרישות הסביבתיות (והבטיחותיות), לצורך קידום מתקני אגירה.

הוראות התמ"א יתייחסו ויפרטו את הנושאים הבאים:

1. אופן קידום מתקני האגירה, הדרישות והליכי התכנון המתאימים (תכנית/היתר) בהתאם לגודלם, השפעתם, הטכנולוגיה, מיקומם וכד'.
2. קביעת מנגנונים מיטבים לשילוב מתקני אגירה בדו שימוש בקרקע ועקרונות לשילוב מתקני אגירה במרחב העירוני.
3. הוראות בנוגע להתייחסות למתקני אגירה בתכניות שונות (שאינן תכניות למתקני אגירה).
4. דרישות סביבתיות ותכולת המסמכים הסביבתיים הנדרשים בהתאם לגודל המתקן, מיקומו, סוג הטכנולוגיה וכד'.

מדרג מוצע למתקני אגירה:

התמ"א תתייחס למדרג מתקני אגירה. מדרג זה ישמש לקביעתם של המסלולים הסטטוטוריים לקידום מתקני אגירה והבחינה הסביבתית הנדרשת. ככל הניתן, יעשה שימוש במפרט האחיד שיגובש לצורך הבטחת אחידות, פישוט וזירוז הליכי התכנון והרישוי של מתקנים מסוג זה. חלוקה אפשרית מוצעת יכולה להעשות ע"פ ההספק החשמלי בנדרש ובהתאם החיבור הנדרש לרשת החשמל:

1. **מתקן "זעיר"**: מתקן אגירה בעל הספק נמוך של עד כ- 630 קילו- וואט, אשר יחובר לרשת מתח נמוך בעיקר באזורים הבנויים.
2. **מתקן קטן**: מתקן אגירה בעל הספק של עד 16 מגה-וואט, אשר יחובר לרשת מתח גבוה.
3. **מתקן בינוני – גדול**: מתקן אגירה בעל הספק מעל 16 מגה- וואט ועד הספק של 250 מגה-וואט, אשר יחובר לרשת מתח עליון, והכולל תחמ"ש.
4. **"מגה" מתקן**: מתקן אגירה שמעל הספק 250 מגה-וואט, אשר יחובר לרשת מתח על.

מקורות

- אגירת אנרגיה, סקירת טכנולוגיות עיקריות לאגירת אנרגיה והתאמתן לישראל, משרד האנרגיה אגף כלכלה, 2019.
- אגירה במשק החשמל – מגמות, טכנולוגיות, שימושים וצעדים נדרשים, אלכסנדר קליינר, משרד האנרגיה, יחידת המדען הראשי, 2020.
- האם אגירת אנרגיה יכולה להוות תחליף לפיתוח הרשת לשם עמידה ביעד 2030?, דר' נורית גל, עבור אילת אילות, מרכז השל, 2021.
- הצעה למפת דרכים לאגירת אנרגיה בישראל לשם עמידה ביעד האנרגיה המתחדשת, דר' נורית גל וברק רשף, 2021.
- הגדלת יעדי הייצור באנרגיות מתחדשות ל- 30% בשנת 2030 - פרק ייצור, גיל יהודה וברק רשף, 9.3.2020.
- מסמך מדיניות ועקרונות של חיבור מתקני אגירת אנרגיה (מזכר), נגה- ניהול מערכת החשמל.
- סקר מתקני אגירת אנרגיה בסוללות ברחבי העולם, נגה- ניהול מערכת החשמל, 2021.
- תקן 855 של האיגוד הלאומי האמריקאי להגנה מאש:
NFPA 855- Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems, 2020
- דוח של IRENA (International Renewable Energy Agency) משנת 2019:
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Utility-scale-batteries_2019.pdf
- האתר של חברת הגז והחשמל של סאן דייגו:
<http://newsroom.sdge.com/clean-innovative/sdge-unveils-world%E2%80%99s-largest-lithium-ion-battery-storage-facility>
- האתר של Energy Storage News:
<https://www.energy-storage.news/news/at-300mw-1200mwh-the-worlds-largest-battery-storage-system-so-far-is-up-and>
- האתר של RES Americas:
https://www.res-group.com/media/2409/frequencyreg_flyer_042517.pdf

- אתר חברת אוגוינד:
<https://www.aug-wind.com/investors>
- אתר פורטל תשתיות אגירת אנרגיה:
<https://www.tashtiot.co.il>
- אתר תחזית בלומברג NEF:
<https://about.bnef.com>
- אתר חברת LS POWER:
[/https://www.lspower.com/project-map](https://www.lspower.com/project-map)
- אתר פרויקט EU-SysFle של האיחוד האירופאי:
<https://eu-sysflex.com/>
- אתר חברת VISTRA:
(עדכון לגבי השלמת הרחבת מתקן האגריה בקליפורניה)
<https://investor.vistracorp.com/2021-08-19-Vistra-Completes-Expansion-of-Battery-Energy-Storage-System-at-its-Flagship-California-Facility>
- אתר News & Technology for the Global Energy Industry:
(סקירת אתר סולארי בנבאדה בו משולבת מערכת אגירת אנרגיה תרמית)
[TOP PLANT: Crescent Dunes Solar Energy Project, Tonopah, Nevada \(powermag.com\)](https://www.powermag.com)
- אתר קבוצת RTC:
(סקירת טכנולוגיית אוויר דחוס המנצלת חללים תת קרקעיים)
[/https://www.oilfree-air.eu/compressed-air-energy-storage-caes](https://www.oilfree-air.eu/compressed-air-energy-storage-caes)

נספח 1

החלטת ממשלה 465 מיום 25.10.202

קידום אנרגיה מתחדשת במשק החשמל ותיקון החלטות ממשלה

מספר החלטה: 465

יחידה: מזכירות הממשלה

ממשלה: הממשלה ה-35, בנימין נתניהו

תאריך פרסום: 25.10.2020

תאריך תחולה: 25.10.2020

החלטה מספר 465 של הממשלה מיום 25.10.2020

נושא ההחלטה:

קידום אנרגיה מתחדשת במשק החשמל ותיקון החלטות ממשלה

מחליטים:

לאור עקרונות המדיניות שקבע שר האנרגיה בתוקף סמכותו לפי סעיפים 21א ו-57א לחוק משק החשמל, התשנ"ו-1996 (להלן "עקרונות המדיניות" ו"חוק משק החשמל" בהתאמה) ביום 29.7.2020 לעניין "הגדלת יעדי ייצור חשמל באנרגיות המתחדשות לשנת 2030" ולעקרונות מדיניות "הפסקה של השימוש בפחם במקטע הייצור במשק החשמל בשגרה עד לשנת 2026" מיום 24.11.2019, שיישומם יביא בין היתר לכך שייצור חשמל בגז טבעי בשנת 2030 יעמוד על 70% מייצור החשמל, ולשם מימוש העמידה ביעד אנרגיות מתחדשות בשיעור של 30% מסך כל צריכת החשמל בשנת 2030, תוך הפחתת זיהום האוויר הנפלט ממשק האנרגיה וצמצום טביעת הרגל הפחמנית וקידום משק אנרגיה אמין ויעיל מבוסס אנרגיה מקיימת ונקייה:

1. הממשלה רושמת לפנייה את החלטת שר האנרגיה על עקרונות המדיניות שלפיהם עד שנת 2030 30% מייצור החשמל יהא מאנרגיה מתחדשת, בעיקר מבוססת שמש ומקצתה רוח, ומחליטה לעדכן בהתאם את היעדים לייצור מאנרגיה מתחדשת הקבועים בהחלטת הממשלה מס' 542 מיום 20.09.2015 (להלן - החלטה 542) בנושא "הפחתת פליטות גזי חממה וייעול צריכת האנרגיה במשק".

2. בהמשך להחלטה 542 קובעת הממשלה עדכון ליעד הביניים, כך שזה יעמוד על 20% עד ליום 31.12.2025.

3. להטיל על שר האנרגיה לבחון עד ליום 31.12.2024 את עדכון ייצור חשמל באנרגיות מתחדשות לשנת 2030, וזאת בהתאם לסמכותו על פי סעיף 57א לחוק משק החשמל.

4. להטיל על משרד האנרגיה, משרד האוצר, המשרד להגנת הסביבה, משרד הפנים, משרד הבריאות, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, רשות מקרקעי ישראל, מנהל התכנון ומשרד ראש הממשלה לבחון קידום צעדים שיעודדו הקמת מתקני ייצור חשמל באנרגיה מתחדשת בשטחים מבונים ודו שימוש בקרקע. מסקנות העבודה יוצגו לפני הממשלה בתוך 90 ימים.

5. להטיל על שר האנרגיה, בתיאום עם מערך הסייבר הלאומי, לבחון את הדרכים להגנת המערכות לייצור חשמל באנרגיה מתחדשת מפני איום הסייבר.

6. להטיל על משרד אנרגיה, בתיאום עם אגף תקציבים במשרד האוצר, לבחון הקמת קרן הלוואות לתכנון וביצוע של התקנת מערכות אנרגיה מתחדשת ואגירה על מבנים בהתאם לקריטריונים מקצועיים שיקבעו המשרדים, זאת, על מנת לעודד הקמה של אנרגיה מתחדשת ולקדם את יעד האנרגיות המתחדשות של 30% עד לשנת 2030. תוצאות הבחינה יוצגו לממשלה בתוך 90 יום.

7. לרשום את הודעת החשב הכללי במשרד האוצר אודות מינוי, בהתאם לסמכותו לפי דין, ועדת מכרזים בין-משרדית בראשות נציג החשב הכללי ובהשתתפות נציג אגף התקציבים במשרד האוצר, נציג משרד האנרגיה ונציג רשות החשמל, לצורך קידום הקמת הספק קונבנציונלי לייצור חשמל באמצעות גז טבעי, אשר עשוי לכלול גם אגירת אנרגיה, בהיקף שייקבע על ידי רשות החשמל בהתאם לצורכי משק החשמל ועד 1,400 מגה וואט.

8. להטיל על ועדת המכרזים הבין-משרדית לפרויקטי אנרגיה סולארית בראשות החשב הכללי בהשתתפות נציג אגף התקציבים במשרד האוצר, נציג משרד האנרגיה ונציג רשות החשמל, לקדם פרויקט בשיטת PPP להקמת תחנת כוח סולארית, אשר עשויה לכלול גם אגירת אנרגיה לפי כל דין, בתא שטח 303 כהגדרתו בתמ"א 10/ב/1.

9. לרשום את הודעת החשב הכללי כי בכל מכרז לבנייה הנערך על ידי מינהלת הבינוי בחשב הכללי קיימת דרישה להתקנת פאנלים סולאריים לפי כל דין.

10. לתקן את החלטת הממשלה מספר 2592 מיום 2.4.2017 (להלן - החלטת הממשלה), כדלקמן:

א. עד ליום 31.7.2023 נדרשת תוספת הספק ייצור חשמל בגז טבעי ובגיבוי סולר של 4,000 מ"ו בתכניות מאושרות כמענה לצורכי משק החשמל עד לשנת 2030 מתוכן לפחות 4 תכניות שיאפשרו ייצור חשמל במחזור משולב בטכנולוגיה הזמינה והחדשה ביותר (BAT). לעניין סעיף זה, תכניות מאושרות יכללו תכניות ברמה הארצית אשר אושרו בממשלה, החל מיום 22.5.2019, למעט תמ"א 13/1/א/10 הוספת יחידות ייצור במחזור משולב בתחנת הכוח אורות רבין וכל תכנית נוספת לתחנת כוח המציעה שחלוף של הספק המאושר בתכנית קודמת או שחלוף של יחידות ייצור קיימות על פי דין.

ב. בהמשך לסיפה של סעיף 10 להחלטת הממשלה, לקבוע כי לא יאושרו הסמכות לתוכניות חדשות למתקנים לייצור חשמל בגז טבעי ברמה הארצית לפי תמ"א 1, אלא אם מדובר בקידום הסמכות חדשות להגשת תכניות לצורך תוספת יחידות ייצור חדשות, שדרוג או שחלוף יחידות ייצור קיימות, והכול בתחום התכנית המאושרת של תחנת הכוח.

ג. במקום סעיף 8(ג) להחלטת הממשלה, יבוא "התכנית היא לתחנת כוח לייצור חשמל באנרגיה מתחדשת או לתוספת, שדרוג או שחלוף של יחידות ייצור בגז טבעי בתחום התכנית המאושרת של תחנת הכוח".

ד. על אף האמור בסעיפים קטנים ב' ו-ג', אם לא תאושרנה תכניות בהתאם להספק הנדרש לפי סעיף קטן א' עד תום הזמן האמור בו, יבוטלו סעיפים קטנים ב' ו-ג' ותתאפשר הסמכה ליזמים המעוניינים לקדם תכניות לתחנות כוח לייצור חשמל בגז טבעי גם באתרים חדשים שיעודם אינו מתקן הנדסי לתחנות כוח בהתאם לנוסח ההחלטה המקורי.

ה. בין התאריכים 30.7.2023 ל-31.12.2023, יגישו שר האנרגיה ושר האוצר לאישור הממשלה את התנאים והקריטריונים להסמכה להכנת תכנית לתשתית לאומית לייצור חשמל, וזאת בהתאם לצורכי המשק עד לשנת 2040 כפי שייקבע בתכנית הפיתוח ובהיעדר תכנית בהתאם לצורכי המשק כפי שיוגדרו על ידי רשות החשמל, ובשים לב לאמינות, תחרות, צמצום ריכוזיות ותוך שים דגש על חשיבות התכנון על ידי גורמים פרטיים.

ו. בנספח 1 להחלטת הממשלה בפסקה המופיעה תחת סעיף "מטרת הפרויקט" למחוק את המילה "ההספק".

ז. בסעיף 8(ה) ובנספח 4 להחלטת הממשלה המוזכר בו, לעניין בקשת הסמכה הנוגעת לקרקע שבניהולה של רשות מקרקעי ישראל, במקום אישור רשות החשמל יצורף אישור רשות מקרקעי ישראל על קיומה של זיקה לקרקע.

11. לרשום את הודעת שר הפנים כי בכוונתו לפעול לתיקון חוק התכנון והבנייה, התשכ"ה-1965 לצורך הארכה ומתן פטור מהיטל השבחה במקרים הבאים:
 - א. הפטור הקיים כיום מהיטל השבחה למיתקן פוטו וולטאי המותקן על גג בניין יוארך עד לתום שנת 2025.
 - ב. מתן פטור מהיטל השבחה במקרקעין בשל השבחה מהקמת מיתקן פוטו וולטאי על מאגר מים, מאגר קולחין ובריכת דגים עד תום שנת 2025, וזאת בהיקף ובתנאים שייקבעו.
12. להטיל על שר האנרגיה, בשיתוף שר האוצר, לבחון דרכים להגדלת ההשקעה הציבורית במו"פ ישראלי בתחום האנרגיה הנקייה. בכלל זה השקעה במחקר ויישום פיילוטים בתחום האגירה, צמצום השימוש בשטחים לייצור אנרגיה, וניהול רשת החשמל.
13. בעקבות הגידול הצפוי באנרגיות מתחדשות, לתקן את החלטת הממשלה מספר 4442 מיום 06.01.2019 ואת החלטת הממשלה מספר 442 מיום 23.06.2013 כך שהממשלה תבחן כבר בשנת 2021 את הקביעות בכל הנוגע למגבלות היצוא. לצורך כך יכונס הצוות המקצועי לבחינה תקופתית של המלצות הוועדה לבחינת מדיניות הממשלה בנושא משק הגז הטבעי בישראל ויגיש המלצותיו לממשלה עד ינואר 2021.
14. הממשלה רושמת לפניה את הודעת שר הפנים כי בכוונתו לקדם תקנות שיקבעו את המקרים שבהם תחול חובה על התקנת עמדות טעינה לרכב חשמלי.
15. בהמשך ליעדים שקבע שר האנרגיה לייצור חשמל באנרגיה מתחדשת, להטיל על רשות החשמל לבחון קידום אסדרות נדרשות לעמידה ביעד, בהתאם לצורכי משק החשמל, לרבות בתחום האגירה וזאת בהתאם לכל דין.
16. הממשלה מנחה את שר האנרגיה להעלות בפני מוסדות התכנון את שיקולי העדיפות להקמתן של תחנות כוח חדשות בסמיכות או בתוך מתקני תשתית קיימים.

הנוסח המחייב של החלטות הממשלה הינו הנוסח השמור במזכירות הממשלה.
הנוסח המחייב של הצעות חוק ודברי חקיקה הנזכרים בהחלטות הינו הנוסח המתפרסם ברשומות.

החלטות תקציביות כפופות לחוק התקציב השנתי.

נספח 2

החלטת המועצה הארצית לתכנון ובנייה מיום 10.11.2020

2. צרכי תכנון לייצור אנרגיה ל-2030 לאור הגדלת הייצור באנרגיות מתחדשות
מטרת הדיון: דיון להמשך על פי החלטת המועצה הארצית מיום 11/8/2020.

הוחלט:

המועצה הארצית, לאחר שהוצגה בפניה מדיניות משרד האנרגיה בדבר תכנון משק האנרגיה לשנת 2030, ולאחר שנשמעו התייחסויות החברים, מחליטה על העקרונות הבאים שיעמדו, בין היתר, בבסיס תכנון משק האנרגיה:

1. ייצור קונבנציונאלי:

א. בהתאם לקבוע בהחלטת הממשלה מיום ה-25.10.2020, לא יקודמו הסמכות לקידום תכניות חדשות למיתקנים לייצור חשמל בגז טבעי ברמה הארצית, למעט שדרוג או שחלוף של יחידות ייצור באתרים קיימים של תחנות כוח. הוראה זו תחול עד לסוף שנת 2023, או עד להחלטה מתקנת של הממשלה בעניין.

ב. מוסד תכנון הדרן בתכנית לתוספת יחידות ייצור, יבחן את התכנית, בין היתר, בכפוף לעקרונות הבאים:

- קרבה לאזורי הצריכה, תוך צמצום רשת ההולכה.
 - העדפה לתכנון תוספת יחידות ייצור שתעשה באמצעות שדרוג או הרחבה של אתרים קיימים.
 - הצורך במתן עדיפות לקליטה של אנרגיה מתחדשת ברשת ההולכה.
 - העדפה ליחידות ייצור שאותן ניתן להקים בטכנולוגיה מיטבית.
- ג. בתכניות לתחנות כוח, תיקבע הוראה לפיה במידה ותחנת הכוח לא הוקמה בתוך חמש שנים ממועד אישורה של התכנית, מוסד התכנון שהחליט על הפקדתה של התכנית (או העברתה להערות ולהשגות), יקיים דיון בנחיצות התחנה. במידה ומוסד התכנון יחליט כי אין נחיצות בתחנת הכוח, יפקע תוקפה של התכנית. דיון כאמור יתקיים אחת לחמש שנים וככל שתחנת הכוח לא הוקמה.

2. פוטו וולטאי:

א. רשות החשמל הציגה תרחיש מוטה קרקע בו יש לקדם מתקנים קרקעיים בהיקף של כ-84,000 דונם עד לשנת 2030, ותרחיש מוטה דואלי בו יש לקדם מתקנים קרקעיים בהיקף של כ-36,000 דונם עד לשנת 2030. בהתייחס לתרחישים אלה, עמדת המועצה היא כי מתקני ייצור פוטו וולטאיים יקודמו ככל הניתן בשטחים מבונים ובשימוש דואלי. לאור האתגרים הקיימים בכל הנוגע להקמת מתקנים בדרום שימוש, קובעת המועצה כי ניתן יהיה לאשר תכניות מפורטות למתקנים קרקעיים בהיקף של עד 20,000 דונם עד לשנת 2030.

יש להעדיף קידום מתקנים פוטו וולטאיים בשטחי מגבלות ומתקני מערכת הביטחון, בשטחים כלואים, שטחי מתקנים הנדסיים, בשטחי מגבלות וכן בשטחים עירוניים, כגון באזורי תעשייה בלתי מנוצלים.

המועצה הארצית, אחת לשנתיים ממועד החלטה זו, תתעדכן ממוסדות התכנון וממשרד האנרגיה על היקף התכניות המאושרות והמקודמות, וההספק של כלל המתקנים המאושרים לאנרגיה מתחדשת, והיקף השטח למתקנים קרקעיים יעודכן במידת הצורך.

- ב. על משרד האנרגיה, מינהל התכנון ומשרדי ממשלה נוספים הנוגעים בדבר, לגבש אמצעים אופרטיביים משלימים על מנת לתמרץ הקמה של מתקנים פוטו וולטאיים בדו-שימוש ולעשות מאמץ להסיר חסמים בעניין זה, בדגש על שילוב במרחבים בנויים וחקלאיים.
- ג. מינהל התכנון ימליץ על הסמכת תכניות לתחנות כוח פוטו וולטאית בוות"ל רק אם המיקום המוצע יהיה בשטח שאינו במכלול נוף או ברגישות נופית-סביבתית גבוהה לפי תמ"א 35.

3. אגירה:

- א. יש מקום לפתח את האגירה בשימושים השונים שלה (בשילוב עם ייצור באנרגיות מתחדשות, ליעול השימוש ברשת החשמל, ייצוב תדר וכדומה).
- ב. ניתן יהיה לשלב מתקני אגירה בפריסה ארצית לצורך ייעול השימוש ברשת ההולכה וחיסכון בהקמת קווי הולכה חדשים.
- ג. יוכן מסמך על ידי משרד האנרגיה אשר יציג את הצורך במתקני אגירה במשק החשמל, לרבות היקפים, פריסה ומאפייני הקמה, וכן יכלול המלצות להסרת חסמים לקידום נושא זה.

4. רשת ההולכה:

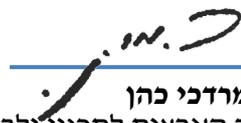
- א. על מנת למזער את השפעתם המרחבית והסביבתית של קווי ההולכה, תינתן עדיפות לניצול קווי הולכה קיימים או לשדרוגם, וכן להרחבה של רצועות הולכה קיימות.
- ב. באזורים בנויים יוטמנו ככל הניתן קווי הולכה, ושולבו במנהרות תשתית קיימות או מאושרות. כמו כן תיבחן האפשרות להטמנה בשטחים מוגנים לפי תמ"א 1.
- ג. ההצדקה לאישור מתקן ייצור של אנרגיה מתחדשת תיבחן בין היתר בהתייחס ליכולת הוצאת החשמל לרשת והשלכותיו התכנוניות והסביבתיות.

יובהר כי תכניות ברמה הארצית לתחנות כוח נדונות במועצה הארצית או בות"ל, וככל שהן ממליצות על אישורן, מוכרעות בממשלה. מוסד תכנון כאמור, הדרך בתכנית לתחנת כוח, ישקול אותה בשים לב לשיקולים נוספים הנוגעים לתכנית שלפניו, כדוגמת השלב בו מצויה התכנית.



אלון אלרט

מ"מ מזכיר המועצה הארצית לתכנון ולבנייה



מרדכי כהן

יו"ר המועצה הארצית לתכנון ולבנייה