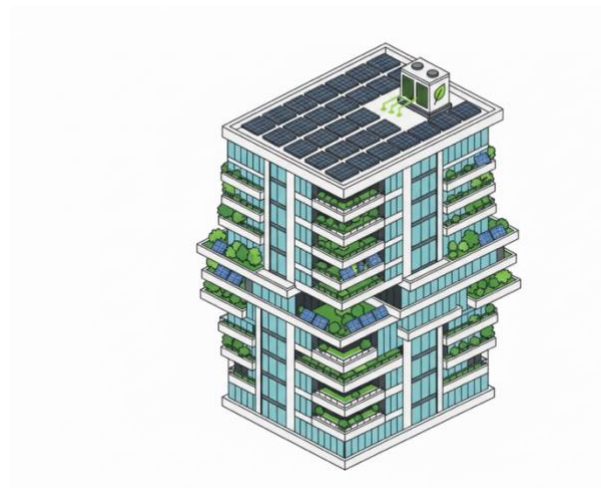


גיבוי חשמל בבנייני מגורים גבוהים: האם הגיע העת להחליף את הגנרטור בסוללות?



ד"ר נורית גל
מוטי שגב, אלון סגל ונופר הרטמן

ינואר 2026

This work is co-funded by the European Union. Its content is the sole responsibility of The Heschel Center for Sustainability and does not necessarily reflect the views of the European Union.

תמצית מנהלים

בישראל מתרחש מעבר מואץ לבניה לגובה: בשנת 2024, 75% מהדירות החדשות נבנו בבניינים גבוהים, לעומת 33% מהדירות בלבד בשנת 2000. בנוסף, נבנים מבני משרדים רבי-קומות. הבניה לגובה מתאפיינת בצריכה משמעותית ובמגוון רחב של מערכות חיוניות, בכלל זה מעליות, משאבות מים, מערכות לגילוי ולכיבוי אש, תאורת חירום, שערים חשמליים, ומפוחים לאוורור חניונים תת-קרקעיים.

פגיעה בהספקת החשמל לבניין כתוצאה מתקלה, מזג אוויר קיצוני או איום בטחוני, תפגע בפעולת המערכות החיוניות ולכן היא עשויה לסכן את חיי הדיירים ו/או למנוע פינוי של נפגעים. לאור זאת, נקבעה בחוק התכנון והבניה תשכ"ה – 1965 (להלן – "החוק") חובה להתקנת גנרטור בבניינים רבי-קומות. הגנרטור משולב בלוח החירום אליו מחוברות המערכות החיוניות והוא נועד להיכנס לפעולה במצב של הפסקת חשמל ולאפשר המשך ההפעלה של מערכות אלו לפרק זמן מוגבל במקרה של הפסקת הזנת החשמל לבניין.¹ תקנות התכנון והבניה מפרטות את המערכות שיחזו בחירום מהגנרטור, אופן ההתקנה, הרישום והבדיקה של הגנרטור, ומשך ההפעלה הנדרש בחירום לכל מערכת.

בישראל נבנים מדי שנה כאלף בנייני מגורים חדשים. ההספק הכולל של הגנרטורים המוקמים מדי שנה עבור בניינים אלו מוערך בכ- 400 מגוואט. קרי, ההספק השנתי של הגנרטורים לגבוי הוא שווה ערך לתחנת כח אחת מדי שנה(!). הספק זה משמש גבוי לחירום בלבד ואינו פועל בשגרה.

כדי לאפשר גבוי בחירום, יש חשיבות גבוהה לתחזוקה השוטפת של הגנרטורים ולהבטחת מלאי הסולר לחירום. אף שדרישות הבדיקה מוסדרות בתקנות התכנון והבניה, אין בקרה על תחזוקת הגנרטורים בבניינים משותפים ולכן יתכן [שתחזוקה נמוכה](#) תביא לכשל בהפעלה בחירום. לדוגמא, התיישנות המצבר עשויה למנוע הפעלה של גנרטור דיזל בחירום. מגוון מאמרים ומחקרים מצביעים על כך שהגנרטורים אינם מתוחזקים כנדרש ולכן תתכן פגיעה בתפקוד שלהם בחירום. תופעה זו אינה ייחודית לישראל והיא מתרחשת גם בגנרטורים במוסדות חיוניים, כגון מתקני רפואה.²

¹ תיקון 55 – 2001, סעיף 158 א (ב)

² Marqusee, Jeffrey, Sean Ericson, and Don Jenket. 2020. *Emergency Diesel Generator Reliability and Installation Energy Security*. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-5C00-76553. <https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/76553.pdf>.

הירידה החדה במחירי האגירה מצביעה על אפשרות של התקנת מערכת אגירה בבניינים גבוהים חלף הגנרטור. לבקשת מיזם NZO במרכז השל בחנתי את המשמעויות של התקנת אגירה בבניינים משותפים בשלוש מדרגות אפשריות:

א. **מדרגת הבסיס – אגירה כתחליף לגנרטור** - התקנת אגירה בהספק ובקיבולת

שיתנו מענה תואם להספק ולשעות ההפעלה של הגנרטור וישמשו לחירום בלבד.

ב. **מדרגת בסיס + אגירה ציבורית לשגרה** - הגדלת שעות קיבולת האגירה, כך

שחלק מהקיבולת תישמר לחירום והקיבולת העודפת תשמש לחיסכון עלויות של המערכות החיוניות (מעלית, משאבות מים, מפוחים, שערים) בשעות הפסגה בשגרה.

ג. **מדרגת בסיס + אגירה ציבורית לשגרה + אגירה ביטית לחירום** - הגדלה

נוספת של הקיבולת, כך שהקיבולת הנוספת תשולב בלוח המזין את הדירות ותשמש גיבוי לדירות במצבים של הפרעות בהספקת החשמל. מדרגה זו איננה כוללת אגירה לשגרה עבור הדירות, משום שהתעריף הביטית האחד אינו מאפשר ארביטראז' בין שעות השפל לשעות הפסגה, ולכן אין כיום כדאיות כלכלית באגירה ביטית בשגרה. זאת ועוד, תיקון 16 לחוק משק החשמל הסדיר חלוקת חשמל פרטנית לכל דירה על ידי חברת החשמל, ולכן לא מתאפשרת הקמת מתקן אגירה אחד אשר ממנו יחונן כלל הדירות.

מהניתוח עולה כי:

א. הירידה במחירי הסוללות מאפשרת להקים אגירה בקיבולת שתתן מענה לאספקה

בחירום, בעלות קרובה לעלות הגנרטור. עם זאת, התפעול השוטף של האגירה מעט יקר יותר.

ב. בבניינים גבוהים בעלי צריכה משמעותית בפסגה, ניתן להגדיל את קיבולת האגירה

ולהשתמש בקיבולת העודפת לארביטראז' בין מחיר החשמל בשפל ובפסגה עבור הצריכה המשותפת בבניין, תוך שמירת קיבולת מספיקה כגיבוי לחירום. כך, הרווח מהארביטראז' מפצה על עלות התפעול העודפת ביחס לגנרטור. מעבר לערך הכלכלי, השימוש בחלק מהקיבולת לארביטראז' בשגרה מגביר את הוודאות לכך שהאגירה תפעל בשעת הצורך בחירום. כך, ניתן לתת מענה לבעיית התחזוקה אשר מהווה כיום סיכון מרכזי בשימוש בגנרטורים כגיבוי לחירום. זאת ועוד, בשונה מהגנרטור, הפעלת האגירה היא שקטה ואיננה כרוכה בפליטות ובזמילה אפשרית של דלק.

ג. הגדלה נוספת של האגירה כך שתתן מענה לדירות לחירום איננה כדאית כלכלית

בשלב זה, כי היא איננה מהווה תחליף לגנרטור ואיננה מאפשרת חזר כלכלי

בשגרה. זאת משום שהתעריף הבייתי הוא תעריף אחד ואינו מאפשר ארביטראז' בין השפל לפסגה. עם זאת, מוצע לתכנן את תשתית החשמל בבניין באופן שיאפשר התקנת אגירה בדירות, אך לאפשר לכל דייר לבחור האם להתקין בפועל אגירה לחירום. סביר להניח שהדיירים יבחרו לממש אפשרות זו ככל שמחירי האגירה ימשיכו לפחות בעתיד.

מכאן שהחלופה המועדפת היא הקמת אגירה בהספק ובקיבולת אשר יהוו תחליף לגנרטור בחירום והגדלת הקיבולת כך שתאפשר שימוש בקיבולת העודפת לצריכה הציבורית בשגרה. זאת, ביחס לבניינים משותפים בעלי 15 קומות ומעלה, עם חניונים תת-קרקעיים ומספר מעליות, אשר מתאפיינים בצריכה משותפת גבוהה.

נמצא כי אפשרות השימוש באגירה נדונה בגופי המחקר המובילים בעולם (NREL, IRENA), ובמספר אתרים בארה"ב אף הוקמו מלונות ובנייני מגורים בהם מתקן הגבוי לחירום מבוסס על אגירה במקום גנרטור (ראו פרוט בפרק ה'). עם זאת, המדיניות בעולם עדיין מבוססת על גנרטורים לחירום בבניינים גבוהים.

לפי החוק, שר הפנים רשאי לתקן את התקנות כך שניתן יהיה להקים מתקני אגירה כתחליף לגנרטורים כמערכות גבוי לחירום. לאור הממצאים במחקר זה, מוצע:

- א. לקיים בחינה הנדסית של התאמת אגירה כגבוי למתקני חירום בבניינים גבוהים, בהובלת משרד האנרגיה.
- ב. לשקול תיקון של התקנות, כך שיתאפשר לקבלנים להקים מתקני אגירה כתחליף לגנרטור, בכפוף לעמידה בתנאים מפורטים שיקבעו ובקרה תקופתית על האגירה.
- ג. לתכנן בניינים משותפים באופן שיאפשר שילוב אגירה עבור הדירות בעתיד.
- ד. לבחון התאמות נדרשות בתיקון 16 לחוק משק החשמל כך שתתאפשר בעתיד הזנה של הדירות בבניין ממתקן אגירה מרכזי.

החלפת הגנרטור במתקן אגירה תבטיח את אמינות אספקת החשמל לחירום בבניינים גבוהים ותהווה צעד ראשון כחלק מתפיסה רחבה יותר של ניהול הצריכה בבניינים גבוהים והקלת העומס על רשת החלוקה באזורי המגורים בשעות הערב.

תוכן העניינים

2.....	תמצית מנהלים.....
6.....	פרק א – דרישות החוק בעניין גנרטורים בבניינים משותפים.....
10.....	פרק ב – מאפייני גנרטורים בבתים משותפים בישראל.....
13.....	פרק ג – עלות ההקמה והתפעול של הגנרטורים.....
15.....	פרק ד – כדאיות כלכלית של אגירה כתחליף לגנרטורים.....
20.....	פרק ה – אגירה עבור הדירות בבניין.....
22.....	פרק ו – המגמה בעולם.....

פרק א – דרישות החוק בעניין גנרטורים בבניינים משותפים

הצורך בהספקת חשמל בחירות לבניינים

הבניה לגובה מתאפיינת במגוון רחב של מערכות חיוניות, בכלל זה מעליות, משאבות מים, מערכות לגילוי ולכיבוי אש, תאורת חירום, שערים חשמליים, ומפוחים לאוורור חניונים תת-קרקעיים. פגיעה בהספקת החשמל לבניין כתוצאה מתקלה, מזג אוויר קיצוני או איום בטחוני, תפגע בפעולת המערכות החיוניות ולכן היא עשויה לסכן את חיי הדיירים ו/או למנוע פינוי של נפגעים.

לאור זאת, נקבעה בחוק התכנון והבניה תשכ"ה – 1965 (להלן – "החוק") חובה להתקנת גנרטור בבניינים רב-קומות. הגנרטור נועד להיכנס לפעולה במצב של הפסקת חשמל ולאפשר המשך הפעלה של מערכות חיוניות לפרק זמן מוגבל:³

"בכל בנין רב-קומות יותקן גנרטור להספקת זרם חשמל בשעת הפסקת זרם החשמל ממקור האספקה הראשי, לחלקי הבניין ולמתקניו שקבע שר הפנים בתקנות בהתייעצות עם המועצה הארצית; לא יינתן היתר לבניית בנין רב-קומות שאין בו תנאי המחייב התקנת גנרטור כאמור."

אילו בניינים מחויבים בהתקנת גנרטור?

החובה להתקנת גנרטור חירום חלה על בניין רב קומות, כהגדרתו בסעיף 158ט"ו לחוק: "בניין רב-קומות – בניין שבו הפרש הגובה בין מפלס הכניסה הקובעת לבניין ובין מפלס הכניסה לקומה הגבוהה ביותר המיועדת לאכלוס שהכניסה אליה היא דרך חדר מדרגות משותף, עולה על **29 מטרים**"; בפועל התקנה חלה על בניינים בעלי **6 קומות ומעלה**.

חובת התקנת הגנרטור חלה גם על בניין אשר נוספו לו קומות כחלק מפרויקט תמ"א.

וועדת התכנון רשאית להחיל את החובה גם על בניינים בגובה נמוך יותר: "אין בסעיף זה כדי לגרוע מסמכותו של מוסד תכנון להתנות מתן היתר בניה בהתקנת מעלית או גנרטור בבניין שאינו בנין גבוה, בנין נגיש או רב-קומות אם לדעתו ייעוד הבניין והשימוש בו מחייבים זאת."⁴

בניינים נמוכים אשר אינם מחויבים בהתקנת גנרטור, רשאים להתקין גנרטור, בהסכמת לפחות 51% מהדיירים.

³ תיקון 55 – 2001, סעיף 158 א (ב)
⁴ תיקון 71 – 2005 158א(ד)

הספק ומשך הפעלה נדרשים מהגנרטור

הגנרטור נדרש לספק "זרם חשמל בשעת חירום להארה, באמצעות תאורת חירום, של כל מוצא בטוח בניין, מרחבים מוגנים, והפרוזדורים שבשימוש כלל דיירי הבניין ומבקריו, להפעלת משאבות מים לכיבוי אש, למפוחי יניקת עשן, למפוחים במערכת על-לחץ, להפעלת המעליות כמפורט בפרט 3.7.3.11, ולמערכת האוורור המכני של המקלטים והמעליות, וכן למיתקן תאורה לאזהרה מפני מכשולי טיסה, אם מותקן (להלן – מערכות החירום)."⁵

בעת הפסקת זרם החשמל יופעלו בבניין רב-קומות שתי המעליות לפחות המותקנות בהתאם להוראות המפורטות בפרט 3.7.3.4, על ידי זרם חשמל שמספק הגנרטור שבבניין.⁶ משך הזמן בו נדרש הגנרטור לפעול מוגדר בתקנות החשמל:⁷

(1) מערכות גילוי אש, כריזה, דלת אוטומטית, תאורת חירום, משאבות דלק לגנרטורים, ומערכת סימון ותאורה למניעת מכשולי טיסה מעל הבניין רב קומות שבו מיתקן החירום –

30 דקות לפחות;

(2) מערכות הגברת לחץ מי כיבוי, אוורור לחדרי מדרגות, סילוק עשן וחום, מעליות המיועדות לפינוי אדם או לשימוש הכבאים, לרבות הפיר וחדר המכונות שלהן והחיבור בין הגנרטור לבין לוח החירום – **90 דקות לפחות;**

המתקן נדרש לספק את החשמל לפרק זמן זה גם במקרה של שריפה, ולכן, לפי התקנות הכבלים נדרשים לעמוד בטמפרטורה של 800 מעלות למשך שעה וחצי.

5 תקנות התכנון והבניה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרות), תש"ל-1970 - סעיף 3.7.4.1

6 תקנות התכנון והבניה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרות), תש"ל- סעיף 3.7.3.11

7 תקנות החשמל: (מיתקן חשמלי ציבורי בבניין רב קומות), תשס"ג-2003

דרישות לאופן התקנת הגנרטור

הדרישות לאופן התקנת הגנרטור מוגדרות בתקנות התכנון והבניה⁸:

מיתקן חירום יחן מלוח חירום בלבד, שמותקן בחדר חשמל לפי תקנה 7 ואשר יחן ישירות מהאספקה הראשית לבניין, שבו נמצא מיתקן החירום האמור.

הגנרטור יותקן כך שעם הפסק זרם החשמל ממקור מתח ראשי מרשת חשמל ציבורית, יתחיל הגנרטור לפעול באופן אוטומטי.

גנרטור המופעל על ידי מכונת דיזל יותקן במרתף או במקום אחר בבניין, ויתקיימו בו הוראות אלה:

(1) הוא יוקף קירות בנויים, מהרצפה עד לתקרה, מאלמנטים עמידים לאש למשך שעותיים לפחות;

(2) חדר החסנת הגנרטור יאוורר באוויר צח הבא מן החוץ, והגזים הנפלטות מבעירת הדלק במנוע ייפלטו ישירות אל אוויר החוץ;

(3) דלתות חדר החסנת הגנרטור יהיו דלתות אש;

(4) יותקן מקום לאחסון הדלק הנחלי בהתאם לתקנות רישוי עסקים (אחסנת נפט), התשל"ז-1976, לעניין זה רואים את התקנות האמורות חלות לגבי בנינים המשמשים למגורים, למשרדים ולכל מטרה אחרת, אפילו אם אינם עסק טעון רישוי לפי חוק רישוי עסקים, התשכ"ח-1968.

אספקת זרם החשמל מהגנרטור למערכות החירום תהיה באמצעות כבל מוגן אש לטמפרטורה של 800 מעלות צלזיוס למשך 90 דקות לפחות; חיבור החשמל יעשה ישירות מלוח החלוקה של הגנרטור אשר ימוקם בחדר הגנרטור או באזור מוגן אש אחר.

חיבור החשמל יעשה בפיר נפרד מזה של מקורות המתח האחרים בבניין.

⁸ תקנות התכנון והבניה⁸ (בקשה להיתר, תנאים ואגרות), התש"ל-1970, סימן ד: גנרטור חשמלי

מימון הגנרטור

המדריך לגנרטור בבתים משותפים של חברת בר-עז, מציג חלופות למימון הגנרטור:

בבניינים חדשים רבי קומות - אחריות הקבלן.

החלפת גנרטור או תוספת גנרטור בבניינים קיימים, אחת מהחלופות הבאות:

1. מימון מקרן הבית המשותף

2. גבייה מיוחדת מהדיירים, לפי חלקם היחסי ברכוש המשותף

3. הלוואה משותפת

4. ליסינג או שכירות.

העלות השוטפת של תחזוקת ובדיקת הגנרטור צריכה להיכלל בתקציב הבית המשותף.

רישום גנרטור

כל גנרטור תלת פאזי בהספק גבוה מ 5 קילוואט, מחייב רישום במנהל החשמל⁹. יש לידע את מנהל החשמל בכל שינוי בפרטי הגנרטור.

הפעלת גנרטור באתר קבוע מחייבת היתר ממנהל החשמל.

בדיקת גנרטור

בדיקה ראשונית של גנרטור תעשה על ידי חשמלאי בודק סוג 3, טרם ההפעלה¹⁰

בדיקה תקופתית¹¹:

א. אחת ל- 3 חודשים, בדיקה על ידי מפעיל הגנרטור

ב. אחת לשנה, ביקורת על ידי חשמלאי בעל רישיון מתאים להספק המתקן. הבדיקה

השנתית לכלול הפעלה למשך שעה בעומס 30% לפחות.

ג. אחת ל- 5 שנים, בדיקה לפי דרישות הבדיקה לפני הפעלה ראשונית

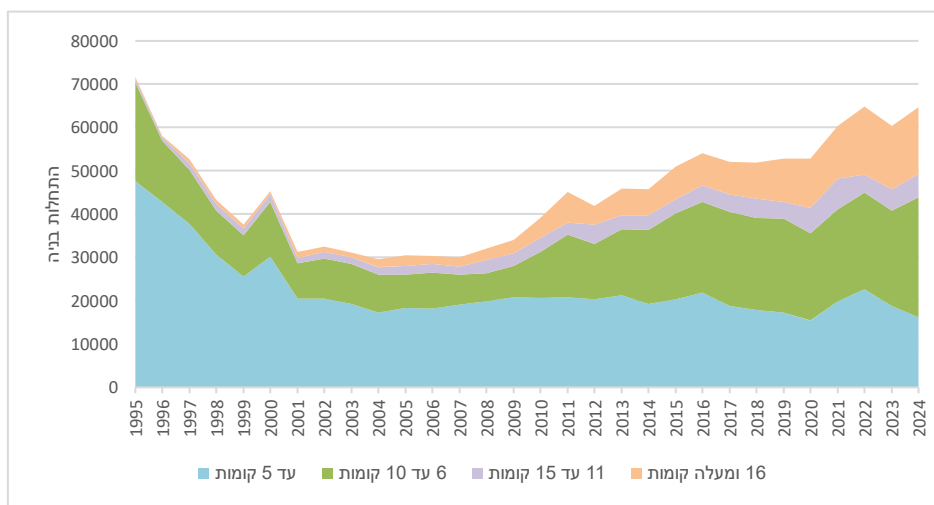
⁹ תקנות החשמל (התקנת גנרטורים למתח נמוך), תשמ"ז-1987
¹⁰ תקנות החשמל (מיתקן חשמלי ציבורי בבניין רב קומות), תשס"ג-2003:
¹¹ טיוטת תקנות החשמל (התקנת והפעלת גנרטורים), תשפ"ד - 2024

פרק ב – מאפייני גנרטורים בבתיים משותפים בישראל

הבניה לגובה בישראל

בשני העשורים האחרונים התחזקה בישראל המגמה של בניה לגובה. תרשים 1 מציג את התפתחות תמהיל מספר התחלות הבניה בישראל לפי מספר הקומות בבניין.¹² מהתרשים ניתן לראות כי לצד הגידול במספר התחלות הבניה של דירות חדשות חל גם גידול בחלק היחסי של הדירות הנבנות בבניינים רבי קומות (6 קומות ומעלה).

תרשים 1 – מספר התחלות בניה לפי שנה ומספר קומות בבניין



טבלה 1 – אחוז דירות בבניינים רבי-קומות, 2000-2024

מספר קומות בבניין	האם נדרש גנרטור?	אחוז מהדירות החדשות בשנת 2000	אחוז מהדירות החדשות בשנת 2024
עד 5	לא נדרש	67%	25%
6 עד 10 קומות	נדרש גנרטור לפי חוק	28%	43%
11 עד 15 קומות		4%	8%
16 קומות ומעלה		1%	24%
סה"כ		100%	100%

טבלה 1 מסכמת את אחוז הדירות לפי גובה הבניין בשנת 2000 לעומת שנת 2024. מהטבלה ניתן לראות כי בשנת 2000 רק 33% מהדירות הוקמו בבניינים רבי קומות (מעל

¹² למ"ס מחולל דוחות בנין ונדל"ן, מאי 2025

6 קומות) אשר בהם נדרש גנרטור. בשנת 2024, 75% מהדירות הוקמו בבניינים רבי קומות בהם נדרש גנרטור.

הספק הגנרטור לפי גובה הבניין

טבלה 2 מציגה את ההספק האופייני של הגנרטור הנדרש לבניין רב קומות לפי ראיונות עם מומחי חשמל¹³. הגידול בהספק עם גובה הבניין נובע מהסיבות הבאות:

- א. ריבוי מעליות
- ב. גודל חניון תת קרקעי מגדיל את הצורך במפוחים
- ג. גידול בהספק משאבות מים ככל שהבניין גבוה יותר
- ד. גידול בשטח המעברים בהם נדרשת תאורת חירום
- ה. גידול בשטח הבנוי בו נדרשות מערכות גילוי וכיבוי אש.

טבלה 2 – הספק גנרטור לפי מספר קומות בבניין

מספר קומות בבניין	הספק גנרטור [קילוואט]
עד 5	לא נדרש
6 עד 10 קומות	100
11 עד 15 קומות	250
16 קומות ומעלה	1000

הערכת תוספת גנרטורים לשנה

טבלה 3 מסכמת את מספר הבניינים בכל קטגוריית גובה לפי נתוני הלמ"ס והערכה של סך הספק הגנרציה המוקם בשנה בבניינים אלו. מהטבלה ניתן לראות כי בשנת 2024 הוקמו 1250 בניינים חדשים, בעלי 6 קומות ומעלה, אשר מחוייבים בהקמת גנרטורים. עוד עולה מהטבלה כי ההספק המצטבר של הגנרטורים המוקם בבניינים חדשים בשנה, נכון לשנת 2024, הוא כ 410 מגוואט, קרי הספק שווה ערך לתחנת כח אחת בשנה(!). גנרטורים אלו משמשים לגיבוי בלבד ואינם מופעלים בשגרה.

¹³ ראיון עם מהנדס אבירים בר-עקיבא

טבלה 3 – הספק גנרטורים שנתי מוקם, 2024

סה"כ הספק גנרטורים מוקם בשנה [קילוואט]	מספר בניינים חדשים מחוייבים בגנרטור בשנת 2024 ¹⁴	הספק גנרטור [קילוואט]	מספר קומות בבניין
162,000	925	100-250	6 עד 10 קומות
26,500	105	250	11 עד 15 קומות
220,300	220	1000	16 קומות ומעלה
408,800	1250		סה"כ

¹⁴ משוער לפי מחולל דוחות נדל"ן באתר למ"ס

פרק ג – עלות ההקמה והתפעול של הגנרטורים

פרק זה מציג את העלות הכלכלית של הגנרטורים ביחס לשלושה סוגים מייצגים של בניינים:

א. בניין 6-10 קומות, חניה חיצונית, שתי מעליות – גנרטור בהספק 100 קילוואט
ב. בניין 11-15 קומות, חניה תת קרקעית עם מאווררים, 3 מעליות – גנרטור בהספק 250 קילוואט

ג. בניין 16 קומות ומעלה או קומפלקס של מבנים – גנרטור בהספק 1000 קילוואט

ניתוח עלויות ההקמה מבוסס על הנחות העבודה המפורטות להלן:

- א. עלות הקמה – 1000 ש"ח/קילוואט¹⁵
- ב. עלות תחזוקה שנתית – 1500 ש"ח¹⁶
- ג. צריכת דלק – 0.25 ליטר ל קוט"ש¹⁷
- ד. עלות סולר תחבורה לגנרטור – 17.5 ש"ח/ליטר¹⁸
- ה. אורך חיים – 20 שנה

טבלה 4 מציגה את עלויות ההקמה והתפעול של גנרטורים בשלושת התרחישים שנבחנו. מהטבלה עולה כי עלות ההקמה גדלה לינארית עם ההספק. עלות הדלק זניחה לעומת עלות ההקמה.

טבלה 4 - עלויות הקמת גנרטורים

בניין 16 קומות ומעלה	בניין 11-15 קומות	בניין 6-10 קומות	
1000	250	100	הספק גנרטור [קילוואט]
1,000,000	250,000	100,000	עלות גנרטור + התקנה ¹⁹ [ש"ח]
10,000	2500	1000	עלות מלאי דלק ל 90 דק בחירום ²⁰ [ש"ח]

¹⁵ ראיון עם מהנדס חשמל אבירם בר עקיבא ונתונים באתר [בראנד הספקה טכנית](#)

¹⁶ אתר [המקצוענים](#)

¹⁷ אתר חברת [סינוס החשמל](#)

¹⁸ אתר [פז](#)

¹⁹ עלות הקמת חדר גנרטור לא נכללה בחישוב משום שהחדר נדרש גם בחלופה של הקמת סוללות

²⁰ מחושב לפי הספק 1.5 X שעות X ליטר/קוט"ש X ש"ח/ליטר

טבלה 5 - עלויות תפעול גנרטורים

בניין 16 קומות ומעלה	בניין 11-15 קומות	בניין 6-10 קומות	
1000	250	100	הספק גנרטורים [קילוואט]
²¹ 2500	1500	1500	עלות בדיקה שנתית [ש"ח]
1310	330	130	עלות הפעלה שנתית לשעה אחת [ש"ח] ²²
3810	1830	1530	סה"כ עלות שנתית [ש"ח]

²¹ לגנרטור מתח גבוה נדרש בודק סוג 3 ולכן הנחנו עלות בדיקה גבוהה יותר
²² לפי טיוטת תקנות החשמל (התקנת והפעלת גנרטורים), תשפ"ד – 2024, נדרשת בדיקה אחת לשנה בעומס 30% למשך שעה

פרק ד – כדאיות כלכלית של אגירה כתחליף לגנרטורים

רקע

בשנים האחרונות חלה ירידה חדה במחיר הסוללות בעולם.²³ בישראל נקבעו מגוון רחב של הסדרות להקמת מתקני אגירה.²⁴ בפרט, נקבע מסלול ירוק לשילוב אגירה מאחורי המונה.²⁵ התיקון לחוק התכנון והבניה משנת 2005 מסדיר גם אפשרות להבטחת הספקת החשמל לבניין רב-קומות בטכנולוגיה חלופית לגנרטור:²⁶

"(ה) לעניין סעיף זה רשאי שר הפנים לקבוע בתקנות מיתקן אחר להספקת זרם חשמל שניתן להתקינו במקום גנרטור."

פרק זה בוחן את הכדאיות הכלכלית של הקמת אגירה חלף הגנרטור בבניין רב קומות.

הנחות עבודה

- א. עלות הקמה – 180 דולר/קוט"ש לאגירה במתח נמוך, 140 דולר/קוט"ש לאגירה במתח גבוה²⁷
- ב. שער חליפין – 3.3 ש"ח/דולר
- ג. עלות תפעול – 16 ש"ח/קוט"ש/שנה
- ד. נצילות – 87%
- ה. עלות טעינה ממוצעת – 41 אג' /קוט"ש במתח נמוך, 31 אג' /קוט"ש במתח גבוה²⁸
- ו. אורך חיים – 20 שנה

עלות מתקן האגירה

טבלה 6 מציגה את עלות ההקמה של האגירה, לפי סוג בניין. לצורך החישוב, הנחנו כי קיבולת הטעינה של האגירה שווה להספק הגנרטור $1.5 \times$ שעות אגירה חלקי נצילות האגירה (87%).

²³ Lazard, levelized cost of energy+, June 2025

²⁴ רשות החשמל, החלטה 63704, ספטמבר 2022 ("מודל השוק")

²⁵ רשות החשמל, החלטה מס' 70104 – הרחבת המסלול מהיר לחיבור מתקן ייצור בטכנולוגיה פוטו וולטאית או מיתקן אגירה, ינואר 2025

²⁶ חוק התכנון והבניה, סעיף 185א(ה)

²⁷ מחירי האגירה במגמת ירידה מתמשכת, הערכת העלות מייצגת את המחירים הידועים בעת כתיבת העבודה

²⁸ מחושב לפי ממוצע תעו"ז מתח נמוך/גבוה בשפל על פני עונות השנה

טבלה 6 - עלות הקמת אגירה

+16 קומות	11-15 קומות	6-10 קומות	
1000	250	100	הספק [קילוואט]
1720	430	170	קיבולת אגירה [קוט"ש]
~800	~255	~100	עלות הקמה [אש"ח]
750	901	75	עלות טעינה ראשונית [ש"ח]

טבלה 7 - עלות תפעול אגירה

+16 קומות	11-15 קומות	6-10 קומות	
27,600	6900	2760	עלות תחזוקה שנתית [ש"ח]
150	50	20	עלות הפעלה שנתית לשעה אחת [ש"ח] ²⁹
27,750	6950	2780	סה"כ עלות שנתית [ש"ח]

השוואת עלות אגירה לעלות גנרטור

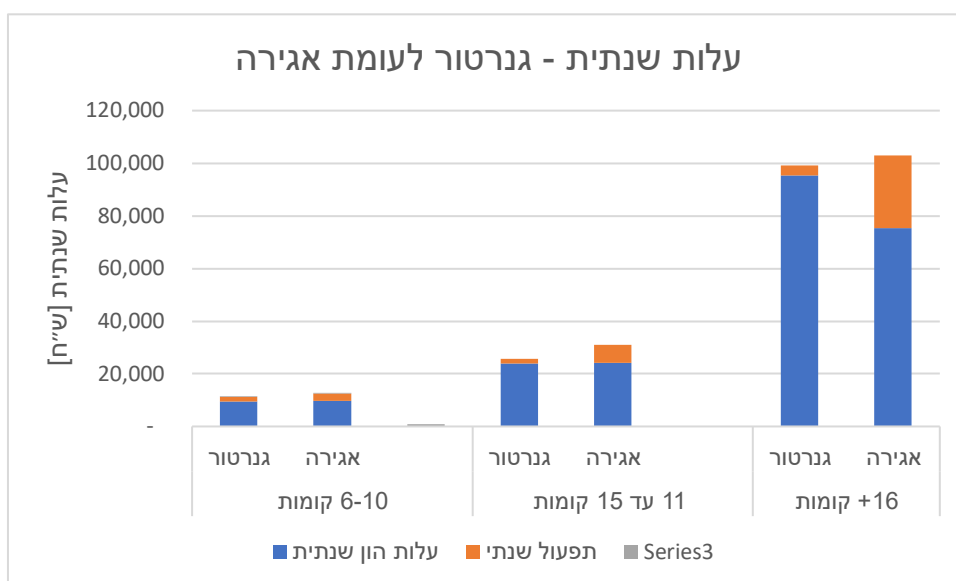
תרשים 2 מציג השוואה של העלות השנתית של מתקן אגירה לעומת גנרטור ביחס לשלושת תצורות הבניינים. לצורך הניתוח, פרסנו את עלויות ההקמה על פני 20 שנה לפי ריבית שנתית של 7%.

מההשוואה ניתן לראות כי עלות ההקמה של מתקן אגירה במתח גבוה זולה יותר מעלות גנרטור למתקני מתח גבוה, דומה לעלות הגנרטור למתקני מתח נמוך. עלות התפעול השנתית גבוהה יותר ולכן העלות השנתית הכוללת של האגירה היא יקרה יותר.

בשנים הבאות, מחירי האגירה צפויים להמשיך לרדת, כך שלאגירה תהיה עדיפות כלכלית מובהקת ביחס לגנרטור.

²⁹ לפי טיוטת תקנות החשמל (התקנת והפעלת גנרטורים), תשפ"ד – 2024, נדרשת בדיקה אחת לשנה בעומס 30% למשך שעה

תרשים 2 – עלות שנתית אגירה לעומת גנרטור



תועלות נוספות מהאגירה

קיבולת האגירה המיועדת לחירום נדרשת להיות טעונה לאורך כל שעות השנה, על מנת לאפשר מענה בשעת הצורך.

עם זאת, ניתן להגדיל את קיבולת האגירה ולהשתמש בקיבולת העודפת לשם חיסכון עלויות החשמל בפסגה, ביחס למתקנים המזנים מלוח החירום בו משולבת האגירה: בדגש למעליות, משאבות מים, מפוחים לאוויר החניון, שערים חשמליים. נציין כי הקיבולת הנוספת לא תוכל לאפשר חיסכון לשימושים אחרים בבניין (כגון טעינת רכב חשמלי, או צריכה ביתית) משום ששימושים אלו מחנים מלוחות נפרדים ולא מלוח החירום אליו משויכים השימושים החיוניים.

לשם פשטות הנחנו תוספת של שעת אגירה אחת לכל מתקן, כך שהקיבולת הנוספת תטען ותפרק בכל יום בו מתקיים מקבץ שעות פסגה בחורף ובקיץ, ותאפשר לבניין רווח נוסף מארביטראז' המחירים בין השפל והפסגה.

טבלה 8 מציגה את ארביטראז' המחירים בקיץ ובחורף במתח נמוך ובמתח גבוה, לפי לוח התע"ז המעודכן לשנת 2026. הטבלה מראה כי האגירה מאפשרת מרווח של כ-70 אג' לקוט"ש קיבולת למשך כ-170 ימים בשנה.

טבלה 9 מסכמת את כדאיות תוספת הקיבולת לפי הפער בין תוספת העלות השנתית של הגדלת הקיבולת לבין הרווח השנתי מארביטראז'. הטבלה מראה כי לתוספת הקיבולת יש ערך חיובי שנתי.

כדאיות השימוש באגירה עבור הצריכה המשותפת בבניין תלויה בין השאר במאפייני הביקוש של הבניין. מבדיקה מדגמית שערכנו עולה כי ישנה שונות גבוהה במאפייני הביקוש של הבניינים: בניין משותף עם 15 קומות ומעלה, מספר מעליות, חללים משותפים ממחגים וחניונים תת קרקעיים עם מפוחים – צפוי לצרוך לאורך שעות הפסגה כ 1000 קוט"ש ביום.³⁰ לעומת זאת, בניין עד 15 קומות, עם 1-2 מעליות וללא חניונים תת קרקעיים, עשוי לצרוך בשעות הפסגה 10-20 קוט"ש. סביר שהצריכה של בניינים אלו תהיה מתחת לסף התעו"ז.

טבלה 8 – ארביטראז' ³¹ לפי עונה ורמת מתח

עונה	מספר ימים עם מקבץ שעות פסגה בעונה	ארביטראז' תעו"ז מתח גבוה [אג' / קוט"ש]	ארביטראז' תעו"ז מתח נמוך [אג' / קוט"ש]
חורף	90	51.3	51.5
קיץ	80	94.4	95.9
שנתי	170	71.6	72.3

טבלה 9 - הכנסה שנתית נטו לבניין מתוספת הקיבולת

הספק מתקן [קילוואט]	6-10 קומות	11-15 קומות	+16 קומות
קיבולת אגירה חליף גנרטור [קוט"ש]	100	250	1000
קיבולת אגירה נוספת [קוט"ש]	115	290	1150
עלות הון ותחזוקה שנתית לתוספת הקיבולת [ש"ח]	8,300-	20,700-	68,500-
רווח שנתי מארביטראז' מקיבולת נוספת [ש"ח]	~14,000	~35,300	~140,000
רווח שנתי נטו [ש"ח]	5,700	14,600	71,500

תרשים 3 מסכם את העלות השנתית של האגירה לעומת הגנרטור, בהינתן תוספת קיבולת של שעה אחת מעבר לקיבולת הנחוצה לחירום ושימוש בקיבולת העודפת לשם ארביטראז' בין השפל לפסגה ביחס לצריכת מתקני החשמל המשיכים ללוח החירום. מהתרשים ניתן לראות כי ההכנסה השנתית נטו של הקיבולת הנוספת מקזזת את העלות העודפת של האגירה ביחס לגנרטור. כך, העלות השנתית הכוללת של האגירה זולה ביחס לעלות השנתית הכוללת של הגנרטור.

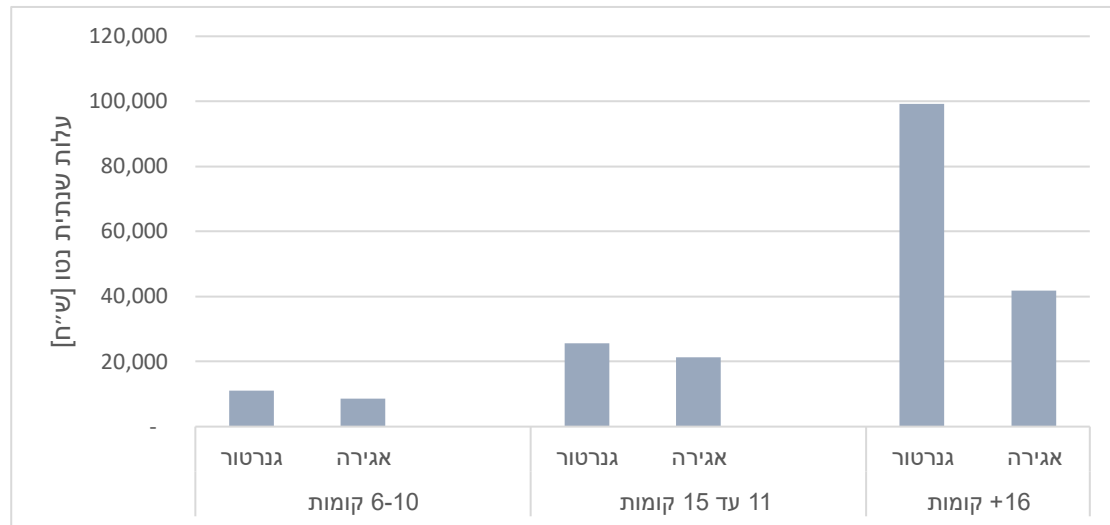
³⁰ תודה לחברת החשמל ולחברת סופרפאוור, על הסיוע בנתוני הצריכה של הבניינים המשותפים

³¹ החישוב מניח נצילות 87%

מערכת ניהול האנרגיה של האגירה (EMS) תכול כך שהקיבולת החיונית לחירום לא תפרק בשגרה, ותישמר רק למקרה של הפסקת הזנת החשמל לבניין. בתרחיש חירום בו יש חשש לפגיעה בהספקת החשמל לבניין ניתן להפסיק את המחזור היומי של הטעינה והפריקה ולהשתמש בכל קיבולת האגירה כמענה להבטחת הספקת החשמל בחירום. כך, האגירה מאפשרת רווח שנתי תוך שיפור המענה לחירום. מובן שמענה זה אפשרי רק בתרחישים בהם קיימת מראש תחזית לאירוע חירום קרוב.

תרשים 3 – עלות שנתית נטו של אגירה לעומת עלות גנרטור,

בהינתן תוספת קיבולת אגירה לארביטראז'



פרק ה – אגירה עבור הדירות בבניין

בחנו את המשמעות של הגדלת קיבולת האגירה בבניין המשותף כך שחלק מהקיבולת תשמש את הדיירים.

קיבולת האגירה הנדרשת לדיירים לחירום

הצריכה הממוצעת של משק היא בית היא כ 25 קוט"ש ליום/בהספק של כ 1 קילוואט לשעה. בהנחה שאירוע משמעותי של הפרעה בהספקת החשמל עשוי להימשך 4-6 שעות, תידרש לכל דירה קיבולת של כ 5 קוט"ש. בבניין משותף אופייני בין 10-15 קומות יש כ 50 דירות. לפיכך, לדירות תידרש קיבולת כוללת של כ 250 קוט"ש.

המשמעות ההנדסית

הזנת החשמל לדירות נעשית באמצעות לוח נפרד מהלוח המזין את שימושי החירום הציבוריים. לפיכך, תוספת הקיבולת המיועדת לדירות תופרד מהקיבולת המיועדת לשימושי החירום ותחייב כבילה ייעודית.

כדי לאפשר מענה לכל אחת מהדירות יש לייצר הגבלה הנדסית כך שכל דירה תוכל לעשות שימוש בקיבולת המיועד לה בלבד. בנוסף תידרש מערכת לניהול האגירה, כדי לנהל את ההקצאה לדירות ולהבטיח מיצוי נכון של האגירה בהתאם למגבלות רשת החלוקה באזור, טעינת רכב חשמלי וצרכים אחרים של הבניין.

המשמעות הכלכלית

עלות ההקמה של האגירה לדירות היא כ 206 אש"ח³² לאגירה המיועדת לדירות אין אפשרות לייצר הכנסה כלכלית בשגרה, משום שהצרכנים מחויבים בתעריף אחיד, ולכן לא ניתן להנות מארביטראז' בין תעריף השפל לתעריף הפסגה.

המלצות

מוצע לתכנן מבני דירות משותפים באופן שיאפשר תשתית לשילוב אגירה. בכלל זה תשתית רשת פנימית למערכת אגירה, ומערכת לניהול הקצאת הקיבולת לדיירים. עם זאת, ההחלטה על שילוב אגירה במונה הדירתי תעשה על ידי כל דייר בנפרד, בהתאם לחשיבות שכל דייר מייחס להפרעה בהפסקת החשמל בחירום.

³² לפי 250 דולר לקוט"ש לאגירה במתח נמוך, שער דולר של 3.3 ש"ח.

זאת ועוד, לאור ריבוי השימושים בבניין המשותף, וההשפעה של הבניין על רשת החלוקה באזור, מוצע לבחון דרישה למערכת ניהול אנרגיה בבניינים משותפים.

פרק ו – המגמה בעולם

במרבית המדינות ישנה דרישה להתקנת גנרטור חירום במבנים גבוהים, על מנת להבטיח הספקת חשמל בחירום למערכות חיוניות, בדגש למערכות כיבוי אש ומערכות חיוניות לפינוי דיירים מהמבנה.

תקן IBC 2024 חל על כל בניין מעל 23 מטר. התקן מגדיר צורך במערכת גבוי למערכות חיוניות ו- 2 שעות הפעלה למעלה. תקן NFPA 110³³ מגדיר את הביצועים של מערכת הגיבוי, המערכות להן נדרש הגבוי, משך הגבוי וההגנה הנדרשת על מערכת הגבוי כדי להבטיח פעולה במקרה של שריפה.

על אף ההתבססות של האגירה בשווקי החשמל בעולם, בכל המדינות שנסקרו התקנות מחייבות גנרטור בבניין רב קומות, בדומה לישראל.

האפשרות של שימוש באגירה כתחליף לגנרטורים נדונה בגופי המחקר המובילים בתחום האנרגיה:

- א. מחקר של NREL משנת 2024³⁴ – מצביע על היתרונות של אגירה עם וללא יצור סולארי כתחליף לגיבוי מערכות חירום בבניינים גבוהים.
- ב. מחקר של IRENA מ- 2019³⁵ - מראה כי אגירה מהווה פתרון יעיל לגבוי בחירום. עם זאת, המסמך לא מתמקד בבתים פרטיים ולא בבניינים גבוהים.
- ג. נייר מדיניות של הפורום לרשת חכמה בהודו מצא כדאיות כלכלית בהחלפת גנרטורים במתקני אגירה במלון ובבנייני מגורים גבוהים. הכדאיות במחקר זה נובעת מכך שהגנרטורים נדרשו לפעול פעמים רבות לאורך השנה, לאור הפסקות חשמל. השימוש בגנרטור לגבוי התבטא בעלות גבוהה ובזיהום אוויר בערים.

לצד המחקרים, נמצאו גם נמצאו מגוון מקרי בוחן בהם שולבו אגירה במקום גנרטור כמקור לאנרגיה למערכות חיוניות:

³³ NFPA 110, Standard for Emergency and Standby Power Systems

Marzullo, Thibault, Heather E. Goetsch, and Paul A. Torcellini. 2024. Is a Generator the Only Solution When the Grid Fails? Optimizing Systems for Resiliency and Carbon Reduction: Preprint. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/CP5500-90265. <https://www.nrel.gov/docs/fy25osti/90265.pdf>.

IRENA (2019), Innovation landscape brief: Behind-the-meter batteries, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. ³⁵



Rooftop solar at the Kenzi



Battery system at the Kenzi

א. [Kenzi בבוסטון ארה"ב](#) – הבניין מספק מגורים

בשכירות מוגנת. בבניין שולבה לראשונה בעיר מערכת אגירה עם יצור סולארי. המרכז לאנרגיה נקיה של מסצ'וסטס סייע לבניין בהקמת המערכת ובקבלת האישור הרגולטורי לשימור במערכת במקום גנרטור. מערכת האגירה כוללת 470 קוט"ש. בתיאום עם מחלקת מכבי אש נקבע כי 70 קוט"ש ישמרו באגירה ולא יפרקו ויאפשרו תחליף לגנרטור. שמירת הקיבולת לחירום נעשית באמצעות מערכת ניהול האנרגיה של המבנה EMS.

ב. [Hotel Marcel \(New Haven, Connecticut, US\)](#) – במודל הותקנה מערכת

Industrial / Microgrid Solutions / About Microgrids / Microgrid Projects / Hotel Marcel

Hotel Marcel in New Haven may stand out for its unique brutalist architecture, but that's not the only unique thing about it. This Passive-House certified and net-zero energy hotel is the nation's first, and has a laundry list of uniquely sustainable features. Most notably is a solar plus storage microgrid providing 100% renewable energy to the all-electric hotel as well as backup power in the case of a utility outage. Hotel Marcel will set an example for the hospitality industry, a sector known for its consumptiveness, that aggressive carbon reduction while maintaining comfort is not only possible, but optimal and cost effective.

The carports in the parking lot provide protection for the guest's cars as well as the infrastructure for a 409 kW solar array. The energy storage system provides 1,012 kWh behind 500 kW of stored energy to provide energy shifting services and demand charge management. The storage system will also provide seamless backup power to the full facility during utility outages and is set to participate in local storage programs designed to strengthen the reliability of the New England grid. During outages the Generac ARC controller will send a signal to the elevator controller and building management system to conserve energy. At a low state of charge, loads can be shed to extend the life of the battery.

The Generac ARC controller acts as the brains for the microgrid system. The ARC controller enables grid services, resilience sequencing and response to utility dispatch signals. All of these save the hotel money, speeding up the payback time of this incredible commitment to sustainability.



Energy Resource Capacity



409 kW



500 kW



1,012 kWh

סולארית בהספק 409 KW AC, סוללה של 500 KW לשעתיים (1000 kWh). הסוללה מהווה מערכת גיבוי עבור האתר ובאתר לא הותקן גנרטור לחירום. במצב חירום מופעלת בבניין רשת מיקרוגרید מקומית אשר מאפשרת המשך הפעלה של השירותים החיוניים.

ג. [Sinclair Hotel in Fort Worth, Texas](#) – המלון נבנה ב 1930 ושימש בעבר

כמטה הראשי של חברת הדלק Sinclair. במלון הוקנה מערכת אגירה של 311 kWh כתחליף לגנרטור. בשלב זה האגירה נטענת מהרשת ובמלון אין יצור סולארי.