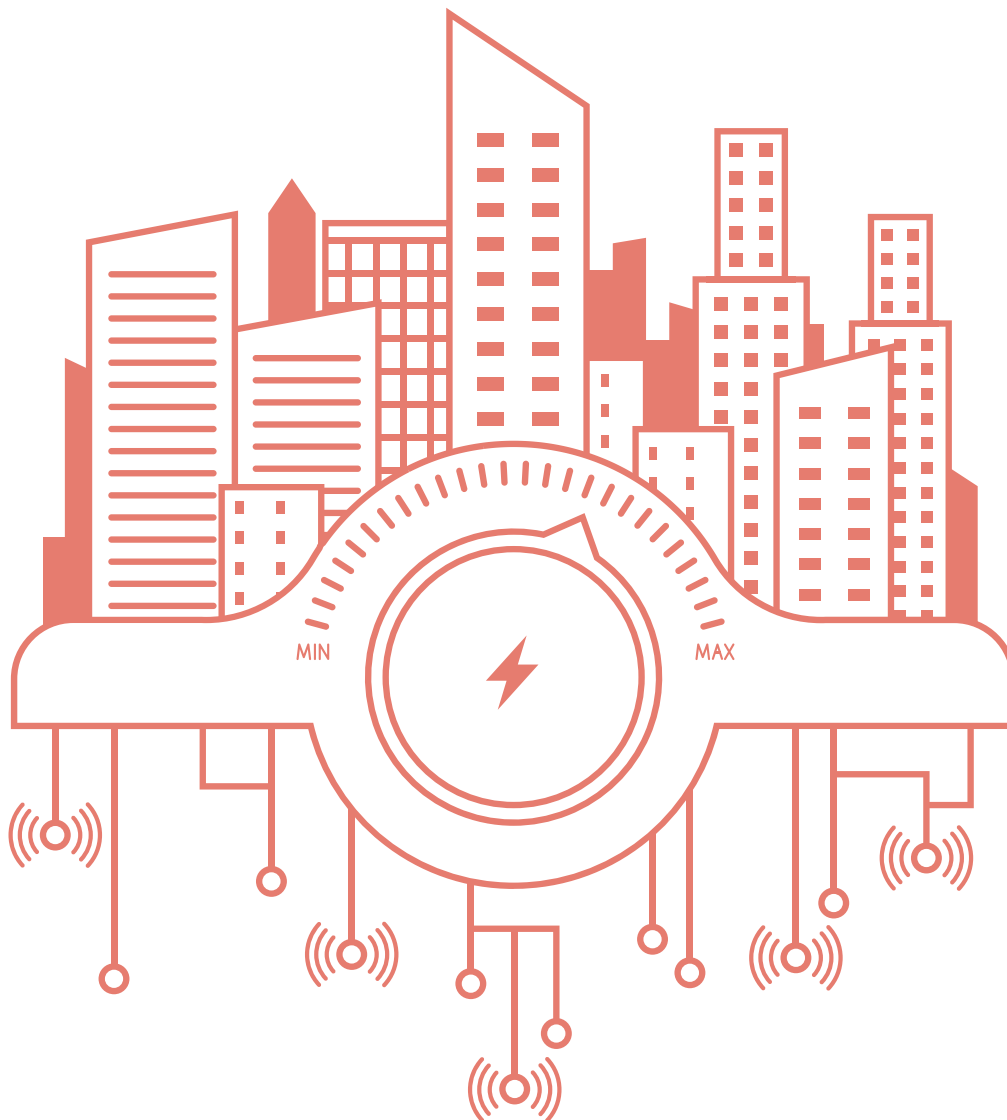




ניהול ביקושים במגזר הביתי בישראל

כאמצעי להפחתת עומסי השיא במשק
החשמל הישראלי



מסמך זה נכתב על ידי צוות NZO במרכז השל.

מרכז השל לקיימות מפתח ומיישם את חזון הקיימות: חברה צודקת ומלוכדת, כלכלה חסונה ודמוקרטית, וסביבה יצרנית ובריאה לכל תושביה. המרכז מחבר בין ידע רעיוני לידע מעשי, מפיץ את סיפור הקיימות בדרכים יצירתיות, ומסייע לסוכני שינוי מכל המגזרים לקדם תהליכי שינוי משמעותיים בישראל.

פרויקט NZO (שמשמעותו Net ZerO Emissions) הוקם במרכז השל בשנת 2019, במטרה להאיץ את המעבר של מדינת ישראל למשק מבוסס אנרגיה מתחדשת. הצוות כולל מומחים מתנדבים מתחומים שונים המסייעים בפיתוח מודלים, כלים והמלצות למעבר מהיר לאנרגיות מתחדשות, תוך שמירה על ביטחון אנרגטי ובהתבסס על הנחות שמרניות. במקביל לכך, חברי הצוות מבצעים עבודת שטח לזיהוי חסמים במעבר לאנרגיה מתחדשת. הפרויקט משרטט מפת דרכים למעבר משק האנרגיה הישראלי לאנרגיה מתחדשת, בעזרת שורת מחקרים, ניירות עמדה ועבודות שטח יישומיות. לפרטים נוספים: <https://heschel.org.il/nzo>

אנו מודים לקרן פאי על התמיכה שאיפשרה את ביצוע המחקר.
רבים וטובים תרמו ידע ותובנות לעבודה. תודתנו העמוקה על הנכונות והשותפות.

להארות וליצירת קשר:

הילה אטקין, מרכזת תחום ניהול ביקושים, צוות NZO במרכז השל

Hila@heschel.org.il

תוכן עניינים

6	תקציר
8	מבוא
9	1. משבר האקלים וההזדמנויות שישראל יכולה לאמץ
9	1.1 יעדי אנרגיה מתחדשת ואתגרי ניהול רשת החשמל
10	מענה לגודש ברשת החשמל
10	תרומת ניהול ביקושים ליעדי האנרגיה המתחדשת
12	2. תוכניות לניהול ביקושים
12	שינוי תפיסתי: מצרכן פסיבי לשחקן פעיל
13	2.1 שלושת האופציות לניהול ביקושים ותמחור חשמל
14	2.2 מגוון הכלים והגישות בתוכניות ניהול ביקושים
15	מיקוד שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא: Shed
16	2.3 ניהול ביקושים: הגדלה או הפחתה של הצריכה בהתאם לצרכי הרשת
17	2.4 שתי גישות ליישום: הסטת ביקושים מרצון / שימוש בטכנולוגיות שליטה מרחוק
18	3. הצורך בשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא בישראל
18	מתי נשתמש בשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא לאיזון הרשת?
21	4. היתרונות המרכזיים של שירותי ניהול ביקושים
24	5. חשיבות שילוב המגזר הביתי בתוכניות גמישות הביקוש בישראל
28	מגמת הביקוש במגזר הביתי עד היום
29	צרכנים גדולים מול צרכנים קטנים - הסוד טמון בהיקף המספרי
29	מהפכת החישמול
32	6. מנגנון הפעולה של שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא במגזר הביתי
33	6.1 גמישות בביקוש: תפקיד הצרכן בהסטת הביקושים
34	6.2 חישוב הפיצוי לצרכנים
36	6.3 תפקיד האגרגטורים בניהול ביקושים
38	7. חינוך צרכנים והעלאת מודעות
38	השפעת קמפיינים על הציבור הישראלי
42	8. דוגמאות מהעולם
42	8.1 מקרה בוחן - בריטניה
44	ממצאים מלקוחות Octopus Energy על שירותי גמישות הביקוש

45	אירועי גמישות הביקוש בבריטניה מנתוני NESO
46	8.2 מקרה בוחן - קליפורניה
48	תוצאות גמישות הצרכנים הביתיים בקיץ 2022, לקוחות G&E
50	מסקנות מקליפורניה
51	8.3 תוכנית שליטה מרחוק בתרמוסטטים חכמים בקליפורניה - SmartAC
53	השפעה על הצרכן
53	יתרונות עיקריים
54	שיתוף פעולה עם מספקים פרטיים
55	9. האם תעו"ז לבד מספיק למשק הביתי?
57	השפעה מיידית לעומת שינוי התנהגותי ארוך טווח
59	10. מסקנות והמלצות
61	נספח א' - מקרה בוחן בריטניה
62	1. אופן תקשורת עם צרכנים
62	2. מבנה התמריצים למספקים
68	3. מודעות ומוטיבציה של צרכנים ביתיים באנגליה
69	4. תובנות לטווח ארוך
71	נספח ב' - מקרה בוחן קליפורניה
71	1. תוכניות גמישות הביקוש
72	2. תוצאות משיטות חישוב מתקדמות
76	3. השפעת התוכנית על פלחים שונים במגזר הביתי

ניהול ביקושים במגזר הביתי בישראל

כאמצעי להפחתת עומסי השיא
במשק החשמל הישראלי

צוות NZO | מרכז השל לקיימות

תקציר

הכירו את תמר, צעירה מחיפה בשנת 2030.

תמר בדרך כלל חוזרת מהעבודה ב-16:00, מדליקה את המזגן, מפעילה מכונת כביסה ומטעינה את הרכב החשמלי. אבל יום אחד היא מקבלת הודעה ממספק החשמל שלה: "מחר צפוי עומס חום וביקוש גבוה לחשמל בין 16:00 ל-19:00, ולכן תופעל תוכנית גמישות הביקוש במשקי הבית. למחרת, תמר מחליטה להשתמש במאווררי התקרה שלה במקום במיזוג, לדחות את הכביסה לשעת לילה, ואת טעינת הרכב ליום אחר. התוצאה: לא רק שתמר סייעה בצמצום הביקוש לחשמל וכך נמנעו הפסקות חשמל לא מתוכננות, היא גם הרוויחה מכך באופן אישי: תמר תקבל תשלום על כל קוט"ש שחסכה מצריכת החשמל הרגילה שלה.

אם הסיפור העתידי הקטן הזה נראה לכם שולי – כדאי שתחשבו שוב, מכיוון שיש דבר אחד שמוסכם על כל הגורמים במשק החשמל הישראלי, והוא שאנחנו בפתחו של משבר אספקת חשמל. שילוב של גידול באוכלוסייה, מהפכת החישמול והשפעות שינויי האקלים מביאים לגידול בביקוש לחשמל, והמערכת הנוכחית מתקשה להתמודד עם זה. בצד השני, צד ההיצע, האתגרים ניכרים: מיצוי הפוטנציאל העצום של ישראל בייצור חשמל סולארי עדיין רחוק ממימוש, והפער בין הביקוש לבין ההיצע ממשיך לגדול. מצב זה מדגיש את הצורך בחשיבה מחודשת על דרכים לנהל את הביקוש באופן חכם ויעיל, תוך ביזור הייצור, במקום להישען על הקמת תחנות כח והרחבת תשתיות הרשת, הדורשות משאבים רבים וזמן הקמה ממושך. **שירותי גמישות בביקוש מציעים פתרון חלופי שמוכח כבר במדינות מובילות, המאפשר להתמודד עם העליה בביקוש תוך הפחתת עלויות ומניעת זיהום נוסף.**

משבר אספקת החשמל אינו תחזית. הוא כבר כאן. השרב הכבד ששרר ב-2 ביוני 2023 גרם לתקלות בתחנות כוח פוסיליות, וירידה בתפוקת האנרגיה הסולארית. כך נוצר מחסור בחשמל, וכ-260,000 צרכנים נותקו מחשמל למשך שעות רבות, בהפסקות חשמל יזומות. משק החשמל שלנו הוא פגיע, ונדרשים פתרונות יציג רתיים וחדשניים.

עבודה זו מציגה פתרון מהסוג הזה: יעיל, פשוט וכלכלי, לניהול ביקושים במגזר הביתי בשעות השיא.

המטרה היא לאפשר הפחתה מהירה של הביקוש בשעות השיא הקריטיות ביותר במהלך השנה. אולם, התוכנית לא רק נותנת מענה מיידי בשעות השיא אלא גם מניחה יסודות לטווח ארוך ליצירת מערכת חשמל

גמישה ובר-קיימא. כך עשויה להימנע הפעלת תחנות כוח יקרות ומזהמות כדי לתת מענה לאותן שעות שיא, בעיקר בחורף או בעומסי חום קיצוניים.

המודל החדשני מבוסס על תובנה חיונית: הכוח האמיתי לשינוי טמון בשיתוף הפעולה בין כל השחקנים במשק. מעורבות הצרכנים היא מפתח להצלחת המערכת, עם תמריצים כלכליים ברורים, מידע נגיש, ושימוש בטכנולוגיות חכמות שמעצימות את המשתמשים. באמצעות תקשורת מתאימה, כל צרכן עשוי להפוך לשותף פעיל בניהול מערכת החשמל. התוצאה היא מערכת גמישה, יעילה וחسכונית יותר, המיטיבה עם כל המשק ותופים בה. זו גם הסיבה שלדעתנו נכון לתגמל את הצרכנים והצרכניות שייענו לפנייה של מספק החשמל ויצרכו חשמל באופן מודע וחשכוני, מכיוון שהם יאפשרו חיסכון כלל משקי.

חשוב להדגיש שאנחנו, פרויקט NZO של מרכז השל לקיימות, לא יכולים לטעון ל"זכויות יוצרים" על הרעיון שמתואר בעבודה זו. כבר כיום ישנם מנגנונים שונים שנמצאים בשימוש של מנהל מערכת החשמל בישראל לניהול ביקושים. התפיסה הקיימת מבוססת על פנייה לצרכנים הגדולים, הכבדים, שיסיטו ביקושים לשעות השפל. עם זאת, העבודה שלפניכם מרחיבה את היריעה, ומציעה לשלב את המגזר הביתי, שהוא המגזר

המחזיק בפוטנציאל משמעותי בשעות העומס הגבוהות ביותר בשנה.

אם תאומץ ההצעה המובאת בעבודה זו, ישראל לא תהיה המדינה הראשונה בעולם שמתנסה בה, אם כי אנו מציעים מספר פיתוחים וכיוונים המותאמים לישראל. באנגליה, לדוגמה, ספקית החשמל "אוקטופוס אנרג'י" פנתה לצרכנים ביתיים ועידכנה אותם על עומסים צפויים במהלך חורף 2022. התוצאה הייתה הפחתה של 10% עד 40% (!) בביקוש לחשמל של כל צרכן בהשוואה לצריכה הרגילה. בקליפורניה מופעלת תוכנית המתגמלת צרכנים שחוסכים בחשמל, ועל פי הנתונים מביאה להפחתה בביקוש והעלאת מודעות הצרכנים. תוכניות אלה, המתוארות בהרחבה בעבודה זו, לצד הניסיון שנצבר, מוכיחות שהמודל המוצע כאן אינו רק אפשרי אלא גם אפקטיבי להפליא.

האתגר הגדול של משק החשמל – לספק את החשמל הנדרש למדינה מפותחת ומתקדמת תוך צמצום, עד כדי איפוס, הפליטות המזיקות לסביבה ולאדם – דורש מענה כולל, רב-מימדי. הפתרון המוצע בעבודה זו הוא רק חלק ממענה זה, אך הוא בעל פוטנציאל ליצור השפעות חיוביות ארוכות טווח החורגות מההתמודדות עם אירועי קיצון בלבד: יצירת קהילות אשר לוקחות אחריות משותפת על צריכת החשמל, לצד שינוי עמוק בהרגלי הצריכה של משקי הבית בישראל. יחד, השינויים הללו יכולים לתרום למערכת חשמל יציבה, מקיימת, ובריאה יותר לכלל החברה.

מדינת ישראל נמצאת בעיצומו של שינוי היסטורי בכל הנוגע לייצור וצריכת במשק החשמל. בשנים האחרונות, משרד האנרגיה, נגה, ורשות החשמל פועלים במרץ ליישום מדיניות שנועדה לשפר את אמינות ויציבות רשת החשמל, תוך שמירה על איכות החיים והבריאות של התושבים. בין ההישגים המרכזיים: הרפורמות במשק החשמל והגז, המתווה להפסקת השימוש בפחם מזהם, וקביעת יעדים שאפתניים להפסקת השימוש בדלקים מזהמים לתחבורה. אחד מהיעדים המרכזיים הוא הגדלת חלקן של האנרגיות המתחדשות ל-30% מסך ייצור החשמל עד שנת 2030.

משק החשמל בישראל נמצא בתנופת פיתוח משמעותית, במקביל לאתגרים הרבים לחיזוק הביטחון האנרגטי. המשק נמצא כעת בנקודת זמן קריטית של הגדלת התחרות במשק במקביל להגדלת חלקה של האנרגיה המתחדשת. לאור העלייה המשמעותית בביקוש לחשמל והשאיפה ליצור משק חשמל נקי, יעיל ותחרותי, קיים צורך דחוף בפיתוח כלים המאפשרים גמישות תפעולית והתמודדות עם שיאי ביקוש בלתי צפויים. כלים כגון תוכניות ניהול ביקושים, ובפרט שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא, נועדו לסייע למקסם את ניצול התשתיות הקיימות, למנוע עומסים ולהפחית את התלות בתחנות כוח מזהמות ויקרות.

תוכנית גמישות הביקוש במשקי הבית המתוארת במסמך זה שואפת ליצור משק חשמל גמיש, יעיל וירוק יותר, שבו הצרכנים משתלבים כשותפים פעילים בהפחתת העלויות – הן עבורם והן עבור משק החשמל כולו. תוכנית הפיתוח למערכת החלוקה לשנים 2024-2030 מדגישה את המאמצים לשדרוג רשת החשמל והטמעת טכנולוגיות חדשות במטרה לשפר את שירותי החשמל ולהכין את המערכת לאתגרים העתידיים.¹ מאמצים אלו יניבו פירות באמצעות אימוץ שירותים וטכנולוגיות מתקדמות, שיאפשרו גמישות בביקוש, שילוב יעיל של אנרגיות מתחדשות, ושדרוג הרשת להתמודדות מיטבית עם עומסים משתנים.

במסגרת השדרוגים, מתבצע גם מהלך מקיף להתקנת מונים חכמים, הצפוי להסתיים עד שנת 2028. מונים אלו יאפשרו ניהול מדויק של ביקושים שעתיים ותמיכה בטכנולוגיות חכמות, ובכך יקלו על שילוב הצרכנים הביתיים באיזון רשת החשמל ויתרמו ליציבותה.

הגורמים המובילים במשק החשמל בישראל נדרשים כעת לקבל החלטות אמיצות שיאפשרו התמודדות עם אתגרים קריטיים כמו העלייה בביקוש לחשמל, העומסים המשתנים, ותנאי מזג האוויר הקיצוניים. כל זאת תוך מעבר למשק תחרותי, אמין, יעיל ונקי יותר.

1 [רשות החשמל - שימוע בנושא תכנית הפיתוח למערכת החלוקה לשנים 2024-2030](#), יוני 2024

1. משבר האקלים וההזדמנויות שישראל יכולה לאמץ

ישראל מתמקדת בהשקעה באנרגיה סולארית כדי לעמוד ביעדי האנרגיות המתחדשות והפחתת הפליטות. עם זאת, ייצור החשמל ממקורות מתחדשים הוא תנודתי ואינו נשלט, ומשתנה לאורך שעות היום. פתרון מרכזי לאתגר זה הוא ניהול ביקושים, המאפשר להעביר את צריכת החשמל משעות השיא בערב – שבהן הביקוש גבוה – לשעות היום שבהן החשמל זול ונקי יותר, עם זמינות גבוהה של אנרגיה מתחדשת.

לשם כך, יש להתאים את זמני צריכת החשמל לזמני הייצור, באמצעות תמריצים לצרכנים להסיט את צריכתם, או על ידי שימוש בטכנולוגיות מתקדמות לניהול מרחוק של הצריכה.²

מסמך זה עוסק במתן מענה לביקושי שיא הניתנים לצפייה מראש, באמצעות שירותי גמישות ביקושים ומנגנון השלת עומסים מרצון, כשלב ראשון בתהליך הטמעת מערך רחב ומקיף של מנגנוני גמישות בביקוש. ניהול זה, יחד עם פתרונות אגירת אנרגיה, מגביר את הגמישות במשק החשמל המתפתח, תוך צמצום התלות בהשקעות מסיביות בהרחבת תשתיות, ומאפשר ניצול מיטבי של אנרגיות מתחדשות.

1.1 יעדי אנרגיה מתחדשת ואתגרי ניהול רשת החשמל

ניהול ביקושים: מפתח לניצול אופטימלי של רשת החשמל ועמידה ביעדי האנרגיה המתחדשת

ניהול ביקושים הוא כלי מרכזי לניצול יעיל של תשתיות רשת החשמל, מענה לאתגרים הנובעים מהמעבר לאנרגיה מתחדשת ומהפכת החישוב של המשק. באמצעות תוכניות ניהול ביקושים חכמות, ניתן להסיט את צריכת החשמל משעות עומס לשעות שבהן הייצור מאנרגיות מתחדשות גבוה וזמין, להפחית את העומסים על הרשת, ולתמוך בשילוב מקורות אנרגיה נקיים.

המשבר האקלימי הוא מציאות מוחשית, והתחזיות מדברות על השפעות חמורות במיוחד במזרח התיכון, כולל עליה בגלי חום קיצוניים, החרפת הבצורת וצמצום בכמות המשקעים. אלו אתגרים שימשיכו ללוות אותנו עוד שנים רבות, ויחמירו ככל שהמאה ה-21 תתקדם.³

ההסתמכות על דלקים מאובנים לייצור חשמל גורמת לפליטות משמעותיות של גזי חממה, כמו פחמן דו-חמצני (CO₂), התורמות להתחממות כדור הארץ ולהחרפת משבר האקלים. החלפת דלקים מאובנים במקורות אנרגיה מתחדשת היא קריטית להפחתת פליטות אלו ולמניעת ההשפעות החמורות של שינויי האקלים. בשנת 2022, משק החשמל היה אחראי לכ-43% מסך פליטת גזי החממה של ישראל⁴. על אף המאמצים לצמצום פליטות, הדומיננטיות של גז טבעי (67.9%) ופחם (21.7%) בתמהיל החשמל,

באותה השנה, ממשיכה להוות מכשול בהשגת היעדים הסביבתיים ושיפור איכות האוויר.⁵

מדינת ישראל קבעה יעד של 30% ייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים בתמהיל החשמל עד שנת 2030 – צעד משמעותי במעבר לאנרגיה נקיה וצמצום התלות בדלקים מאובנים. יחד עם זאת, מדינות רבות בעולם כבר

2 [California Energy Commission, Load Flexibility](#), 2024

3 [Unicef - Environment and Climate change](#)

4 המשרד להגנת הסביבה, מפל"ס - [מרשם פליטות לסביבה](#), לשנת 2022

5 [משרד האנרגיה והתשתיות. דוח מצב משק האנרגיה: פרק 2 – תמהיל דלקים לייצור חשמל.](#)

מתקדמות בקצב מהיר יותר. כך למשל, קליפורניה שואפת לייצר 50% מהחשמל שלה ממקורות מתחדשים עד 2030⁶ ולהשיג 100% חשמל נקי עד 2045⁷. בבריטניה, הממשלה התחייבה להגיע לייצור חשמל מאופס פליטות עד 2035⁸, ובפורטוגל מתכננים ש-47% מהאנרגיה הכוללת תהיה ממקורות מתחדשים עד 2030⁹. בקליפורניה, בשנת 2022, הרכב הייצור של חברת PG&E עמד על כ-40% אנרגיות מתחדשות, בעוד בישראל בשנת 2022 רק כ-10% מהחשמל יוצר ממקורות מתחדשים, עם 21% הספק מותקן.¹⁰ מגמות אלו ממחישות את ההזדמנות של ישראל לא רק לעמוד ביעדיה, אלא גם להגביר את קצב המעבר לאנרגיה מתחדשת, ולהתקרב לסטנדרטים הבינלאומיים לטובת עתיד בר-קיימא. הפער בין היעדים למציאות הנוכחית מדגיש את הצורך הדחוף בקידום מדיניות חדשה ויצירתית, המשלבת את כל השחקנים במשק החשמל – יצרנים וצרכנים כאחד. צעדים כמו הטמעת שירותי גמישות ביקושים ושימוש בטכנולוגיות מתקדמות יאפשרו ניצול מיטבי של אנרגיות מתחדשות והתמודדות עם משק חשמל דינאמי.

מענה לגודש ברשת החשמל

אחד האתגרים המרכזיים במעבר לאנרגיות מתחדשות ואנרגיה סולארית בפרט, הוא הגידול בעומסים מקומיים על הרשת, הנגרם בשל הפער בין זמני ייצור גבוה לבין זמני ביקוש. **גודש בהולכה ובהשנאה מגביל את האפשרות לחבר מתקנים חדשים של ייצור מתחדשות ומונע ניצול מלא של הפוטנציאל הקיים.**

בדו"ח משק החשמל שהתפרסם בספטמבר 2023, אמיר שביט, יו"ר רשות החשמל, הדגיש: "הגודש ברשת, לצד עיכובים בהתממשות פרויקטים, מעמידים בספק את יכולת המשק לעמוד ביעד האנרגיות המתחדשות לשנת 2025 – נושא המצוי על שולחני באופן יום-יומי במטרה למצוא פתרונות לעידוד והאצת שילוב מתקני אנרגיה מתחדשת בכל רחבי הארץ. הרשות בוחנת, בין היתר, מנגנונים לניצול מיטבי של הרשת. יישום מנגנונים אלה יאפשר עמידה ביעד 2022 ייצור ממתחדשות בשנת 2026."¹¹

תרומת ניהול ביקושים ליעדי האנרגיה המתחדשת

שירותי גמישות ביקושים מציעים פתרון מהיר ונגיש להתמודדות עם גודש זה, תוך יצירת גמישות תפעולית שמאפשרת התאמה מיטבית בין ביקוש להיצע. הם מפחיתים את התלות בשדרוגים יקרים, מייעלים את ניהול הרשת ומזרזים את שילוב האנרגיה המתחדשת.

יתרונות מרכזיים של ניהול ביקושים:

- **הפחתת עומסים בשעות קריטיות** – הסרת העומסים משפרת את אמינות הרשת ומקטינה את הסיכון להפסקות חשמל.
- **חיסכון כלכלי לצרכנים** – תמריצים להסטת צריכה בשעות ביקוש שיא או ייצור שיא, מאפשרים

[United Nation Climate Change News, California Adopts Target of 50% Renewable Energy by 2030, October 2015](#) 6

[Governor Newsom Updates the Roadmap to California's Clean Energy Future." Governor of California](#) 7
25 May 2023.

["Powering up Britain." GOV.UK, 4 Apr. 2023](#) 8

[European Commission, Summary of the Commission assessment of the draft National Energy and Climate Plan 2021-2030, Portugal, 2019](#) 9

[דו"ח מצב יעדי אנרגיה מתחדשת במשק החשמל 2023, רשות החשמל, 2023](#) 10

[רשות החשמל, דוח משק החשמל, ספטמבר 2023: סיכום שנת 2022 ומגמות בשנת 2023](#) 11

לצרכנים לחסוך בתשלומי החשמל.

- **שימוש חכם באנרגיות מתחדשות** – תזמון הצריכה לשעות ייצור גבוה מעודד ניצול מיטבי של חשמל נקי ומפחית פליטות גזי חממה.¹²

גמישות רשת החשמל: הצורך והפוטנציאל

ניהול ביקושים, בשילוב פתרונות אגירה, מאפשר לרשת להתמודד עם תנודתיות הייצור מאנרגיות מתחדשות ומייצר גמישות תפעולית שמייעלת את משק החשמל. השירותים תומכים לא רק בשיטוח עקומת הביקוש אלא גם בהתאמתה לשעות הייצור של אנרגיות מתחדשות, כך שניתן למקסם את אחוז החשמל הנקי במערכת.

¹² [Berkeley Lab, Demand Response Research Center. \(2024\). Shaping, Shedding, and Shifting Energy Use within Smart Grid Infrastructures](#)

2. תוכניות לניהול ביקושים

פרק זה סוקר מגוון כלים לניהול ביקושים. עולם ניהול הביקושים הוא רחב מאוד, וברמה הבנילאומית מיישמים כלים שונים המאפשרים גמישות בביקוש לחשמל. מסמך זה מתמקד בשירותי גמישות הביקוש באמצעות השלה מרצון בשעות ביקושי השיא במגזר הביתי - Demand Flexibility Services - DFS.

העשור הקרוב הינו קריטי לבניית תשתית שתבטיח שמשק החשמל יוכל להתמודד עם האתגרים והציפיות של הצרכנים לגבי רשת חשמל של המאה ה-21 לצד מעבר לאנרגיות מתחדשות ואיפוס פליטות. אחד ההיבטים החשובים הוא הצורך בגמישות שתאפשר את המעבר המהותי מדלקים פוסיליים לאנרגיה נקייה.

לדוגמה, מדינת ניו יורק זיהתה בניתוח "הדרכים להפחתת פליטות" שלה כי גמישות במגוון היבטים, הן בצד הייצור והן בצד הצריכה, היא מרכיב מרכזי לשמירה על אמינות הרשת, הפחתת עלויות והתקדמות לעבר יעד של 100% איפוס פליטות. השאיפה לרשת חשמל נקייה מחייבת יישום מגוון פתרונות גמישות במשק החשמל.

*"Flexibility along multiple dimensions is key to maintaining reliability and reducing cost of a 100% zero-emission electricity system. In the electricity sector, several forms of flexibility are necessary for balancing a 100% zero-emissions grid."*¹³

תפקיד הצרכנים בגמישות ביקושים

על פי משרד האנרגיה האמריקני (DOE) ניהול ביקושים מצד הלקוחות נתפס כאחת האופציות היעילות להשגת יעדי הפחתת פליטות, כמו גם שמירה על אמינות ויעילות המערכת. הדבר כולל גמישות מצד הצרכנים הנדרשת להתמודדות עם שינויים במערכת ועם ההבדלים בין ייצור החשמל לבין דפוסי הצריכה של הצרכנים.

*"Managing customers' resources and consumption is seen as one effective option to achieve decarbonization goals and system reliability and efficiency. This includes providing needed flexibility to address system variability and deviations between generation production and consumer electricity usage patterns."*¹⁴

גמישות בצד הביקוש מתמקדת בהתאמת הביקוש לייצור החשמל, ובפרט לייצור מאנרגיות מתחדשות. הרעיון המרכזי הוא להסיט את הצריכה משעות ביקושי השיא – שבהן העומס על הרשת גבוה, והייצור יקר ומזהם – לשעות שבהן הביקוש נמוך יותר או בשעות שבהן יש שפע של אנרגיה מתחדשת. השינוי נעשה על ידי מתן תמריצים לצרכנים, לצד העלאת מודעות לצריכה חסכונית יותר.

שינוי תפיסתי: מצרכן פסיבי לשחקן פעיל

תוכנית ניהול ביקושים מהווה שינוי תפיסתי, שבו הצרכנים הופכים לשחקנים פעילים בשוק החשמל. בעבר, הגמישות במשק החשמל הייתה כמעט בלעדית בצד הייצור. כלומר, כאשר הביקוש לחשמל

¹³ [U.S. Department of Energy & Office of Electricity. \(2023\). Consumer Resource Flexibility: Design and Implementation Considerations to Achieve Consumer Resource Flexibility at Scale. November, 2023](#)

¹⁴ [U.S. Department of Energy & Office of Electricity. \(2023\). Consumer Resource Flexibility: Design and Implementation Considerations to Achieve Consumer Resource Flexibility at Scale. November, 2023](#)

עלה, הופעלו תחנות כוח נוספות כדי לעמוד בדרישות. ניהול ביקושים מציע פתרון חדשני, שבו הצרכנים עצמם משתתפים באיזון בין הביקוש להיצע, ובכך תורמים לשיפור אמינות המערכת, ליעול תפעולי ולהפחתת פליטות גזי חממה.

כיום, עם פריסת המונים החכמים, ניתן לפתוח את הסדרי ההשלה למגזר הביתי ולהפוך אוסף תגובות קטנות יחסית מכל משק בית, למשמעותיות ביותר ברמת הרשת להשלט עומסים בשעות השיא הקריטיות ביותר בשנה.

2.1 שלושת האופציות לניהול ביקושים ותמחור חשמל

בעוד שתעריפי תעו"ז (TOU) מספקים תמריץ כלכלי קבוע לשינוי דפוסי הצריכה, הם מוגבלים בגמישותם, במיוחד במקרים של עומסים קיצוניים או אירועים בלתי צפויים. תעריפי *RTP Real-Time Pricing* מציעים גמישות רבה יותר, אך מחייבים את הצרכנים להיות מעורבים ולעקוב אחר המחירים באופן יומיומי ובזמן אמת. לעומת זאת, שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא (*DR - Demand Response*) מציעים תגמול ישיר עבור השלט ביקושים ומאפשרים התערבות ממוקדת בשעות שיא הביקוש. שירותים אלו נחשבים לכלי רב-עוצמה להפחתת עומסים על הרשת בזמני שיא, תוך סיוע במניעת הפסקות חשמל במצבי חירום – ולכן הם מהווים את מוקד הדיון במסמך זה.

1. תעריפי עומס וזמן (Time-of-Use, TOU):

תמחור זה מתבסס על תעריפים קבועים מראש בהתאם לשעות הצריכה. תעריפים גבוהים לרכישת חשמל בשעות השיא (בהן הביקוש גבוה) ותעריפים נמוכים בשעות השפל (בהן הביקוש נמוך). מודל זה מיושם בישראל עבור צרכנים גדולים באמצעות תעריפי התעו"ז. תעריפי TOU נועדו לעודד צרכנים להזיז את צריכתם לשעות שבהן זול יותר לייצר חשמל. האתגר המרכזי הוא שהצרכנים צריכים להיות מודעים לתעריפים ומוכנים לשנות את דפוסי הצריכה שלהם, מה שלא תמיד קורה בפועל. תעריפי TOU אינם מתמריצים את השלט ביקושים בשעות שיא עונתיות או אירועים לא צפויים אשר יוצרים עומסים כבדים על הרשת.

2. תמחור בזמן אמת (*Real-Time Pricing, RTP*):

שיטה זו מספקת תמחור דינמי, שמשתנה בזמן אמת בהתאם לתנאי השוק. המחירים משקפים את הביקוש וההיצע בזמן נתון, כך שבשעות ביקוש גבוה, תעריפי החשמל גבוהים יותר, ולהיפך. RTP מספק תמריץ כלכלי חזק יותר לתזמון צריכת חשמל כאשר המחירים נמוכים, אך דורש מהצרכנים לעקוב באופן שוטף אחר המחירים ולהגיב לשינויים בזמן אמת. לתוכנית זו, פוטנציאל גבוה יותר להורדת העומסים על הרשת, אך היא פחות נוחה ופשוטה לניהול עבור הצרכן הממוצע.

3. שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא (*Demand Response, DR*):

תוכנית גמישות הביקוש פועלת כאשר הצרכנים מתבקשים לצמצם את צריכתם בתגובה לבקשה מצד מנהל המערכת או המספקים בשעות ביקוש גבוה או בזמן אירועים קריטיים. בתמורה להפחתת הצריכה, המשתתפים מקבלים תמריצים כספיים. בשונה מתעריפי TOU ו-RTP, בתוכנית DR הצרכנים לא נדרשים לשלם תעריף גבוה בשעות שיא הביקוש, אלא יכולים רק להרוויח מהתוכנית במקרים בהם הם מסייעים להפחתת העומס ברשת ומפחיתים צריכה בפועל.

2.2 מגוון הכלים והגישות בתוכניות ניהול ביקושים

תוכניות ניהול ביקושים כוללות מגוון כלים ושיטות, כגון הסדרי השלה, תמריצים כלכליים לצרכנים להפחית את צריכתם בשעות השיא, ושימוש במערכות חכמות לניטור וניהול הצריכה בזמן אמת.

כלים אלו מחולקים לארבע גישות עיקריות: **Shimmy, Shape, Shift, Shed** ו-**Shimmy** בעלות אופי שונה. הסיווג נעשה על פי האופן שבו ניהול הביקושים משפיע על פרופיל הצריכה ומסייע לייעל את האיזון בין הביקוש לייצור החשמל. הסיווג הזה נועד להבחין בין סוגים שונים של תגובות צרכנים, תזמון ההשפעה שלהם על הרשת, והמטרות שאליהן כל כלי מכוון, כל זאת במטרה למקסם את גמישות הרשת ולתמוך בשילוב מקורות אנרגיה מתחדשים.¹⁵

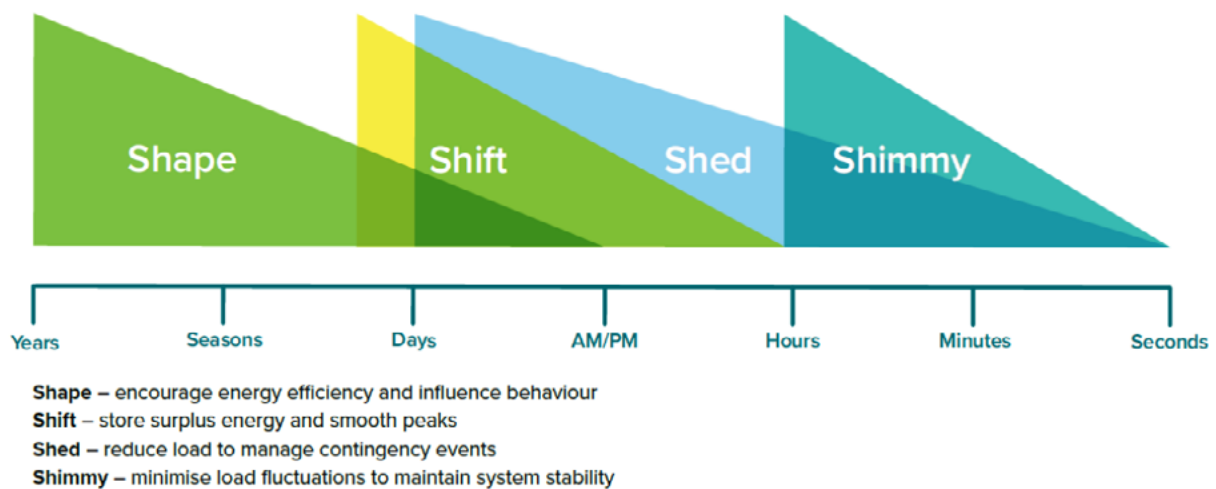
Shape - ניהול ביקושים שמשנה את עקומת הביקוש באופן שוטף (בשגרה) על ידי שינוי התנהגות צרכנים באמצעות תעריפי חשמל שונים (כמו תעריף עומס וזמן) או קמפיינים להעלאת מודעות. המטרה היא להטמיע שינויים קבועים בצריכה ולהתאים את עומס הביקוש לייצור אנרגיות מתחדשות ולעומס על הרשת ברמה יומית. לדוגמה: תעריף עומס וזמן- תעו"ז (TOU), מעצב את התנהגות הצרכנים לאורך זמן.

Shift - ניהול ביקושים המאפשר הסטה כוללת והזזת הביקוש לחשמל מזמן אחד לזמן אחר. למשל העברת הביקוש לחשמל משעות שיא הביקוש לשעות שפל ושעות בהן יש עודף של ייצור חשמל באנרגיה מתחדשות. דוגמה: תמחור בזמן אמת (RTP) ותוכניות טעינת רכבים חשמליים – חברות החשמל עשויות להציע תמריצים לטעינת רכבים חשמליים בשעות השפל (למשל, בלילה) במקום בשעות העומס, מה שמזיז את הביקוש לזמנים שבהם הרשת פחות עמוסה.

Shed - הפחתה מיידית של ביקוש בשעות שיאי הביקוש הקריטיות ביותר בשנה מבלי להזיז אותן בהכרח למועד אחר- שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא. דוגמה לכך היא אירועי הפחתת ביקוש בתגובה לעומסים קיצוניים על הרשת, כדי למנוע הפסקות חשמל ו/או להפחית את הצורך בהפעלת תחנות כוח יקרות ומזהמות יותר.

Shimmy - מייצג ניהול ביקושים מהיר ומיידי שמאזן את התדר בטווח הקצר של בין שניות לשעה על ידי התאמת הביקוש באופן דינמי לעומס ברשת החשמל ולהקל על הפרעות קצרות טווח. בדרך כלל תומך בשינויים מהירים של ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות. דוגמה: תגובה אוטומטית המאפשרת התאמות מהירות ואוטומטיות לייצור בתגובה לאותות מהרשת, כמו התאמת מערכות HVAC (מערכות חימום, אוורור ומיזוג אוויר) או תאורה במבנים מסחריים תוך שניות עד דקות. האוטומציה מאפשרת למערכות אלו להתאים את הצריכה בזמן אמת, בתגובה לשינויים בעומס הרשת. כך Shimmy מסייע לשמור על יציבות הרשת ולהגיב במהירות לאירועים קצרים של חוסר איזון בין ייצור לביקוש.

¹⁵ [Berkeley Lab, Demand Response Research Center. \(2024\). Shaping, Shedding, and Shifting Energy Use within Smart Grid Infrastructures: Demand Response and Flexibility Potential Studies – Facilitating Renewable Energy](#)



Source: Types of flexibility response (adapted from Lawrence Berkeley National Laboratory study) California Demand Response Potential Study Phase¹⁶

מיקוד שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא: Shed

במסמך זה בחרנו להתמקד בשירות ניהול ביקושים מסוג **Shed**, אשר נתייחס אליו כשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא, מתוך הבנה שזהו מנגנון חשוב להתמודדות עם אתגרי מערכת החשמל בישראל, במיוחד בשעות שיאי הביקוש בחורף. שירות מסוג זה לא רק מסייע באיזון המערכת, אלא גם מקדם את מודעות הצרכנים להרגלי צריכת החשמל שלהם ומכין אותם לתוכניות ניהול ביקושים נוספות אשר יאפשרו גמישות מירבית מצד הביקוש.

במהלך שעות שיאי הביקוש הקריטיות ביותר בשנה, מנהל המערכת יכריז על אירוע גמישות בביקוש ויבקש מהגופים הרלוונטיים להפעיל את שירות גמישות הביקוש בשעות השיא. התקשורת עם הצרכנים נעשית לרוב על ידי מספק החשמל באמצעות הודעות טקסט, התראות באפליקציה או אמצעים דיגיטליים אחרים. תקשורת זו יוצרת שיתוף פעולה ובונה אמון בין הצרכנים למפעילי מערכת החשמל, ומעודדת אותם להשתתף באופן פעיל בתהליך איזון המערכת.

בנוסף, תמריצים כלכליים שמוצעים לצרכנים לצמצם את צריכתם בשעות השיא מחזקים את המוטיבציה שלהם לקחת חלק במאמץ, והופכים אותם לשותפים מרכזיים בשמירה על יציבות הרשת החשמלית.

¹⁶ Lawrence Berkeley National Lab, 2025 California Demand Response Potential Study, March 1, 2017
 Trolove, E., Scrimgeour, S., & Le Quellec, I. (2023). Resi-Flex – Incentivise flexibility from residential consumers by exploring commercial mechanisms with flexibility stakeholders. EEA2023 Conference, 27–29 June, Christchurch

2.3 ניהול ביקושים: הגדלה או הפחתה של הצריכה בהתאם לצרכי

הרשת

לאחר שבחרנו בכוונות התוכנית, ניתן להשתמש במנגנונים השונים של ניהול ביקושים לשתי מטרות- הגדלת הביקוש והפחתת הביקוש:

1. הגדלת הביקוש בשעות שיא היצור: על מנת להגדיל את הביקוש לחשמל, ניתן תמריצים כלכליים

ומסרים חינוכיים אשר מעודדים צרכנים להשתמש בחשמל בזמנים בהם יש עודפי ייצור, בעיקר מאנרגיות מתחדשות. המטרה העיקרית היא לנצל בצורה יעילה יותר את החשמל המיוצר בשעות בהן הייצור עולה על הביקוש, ובכך למנוע בזבז של אנרגיה ולצמצם את הצורך בהפחתת ייצור (קיטום) או בחוסר חיבור של מתקנים לייצור אנרגיה מתחדשת לרשת. יתרונות השיטה כוללים שיפור באיזון בין היצע וביקוש, הורדת עלויות ייצור ואגירת חשמל, ושיפור היעילות של רשת החשמל. בנוסף, השיטה תורמת לעלייה בשימוש במקורות אנרגיה מתחדשים ולצמצום פליטות גזי חממה.¹⁷

2. הפחתת הביקוש: שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא יבואו לידי ביטוי בהשלה מרצון על ידי הצרכנים

בשעות העומס הקריטיות ביותר בשנה. הפחתת הביקוש בשעות השיא מאפשרת למתן את הלחץ על תשתיות הרשת, להפחית את הסיכון להפסקות חשמל, ולמנוע את ההסתמכות המוחלטת בהפעלת תחנות כוח לגיבוי שהן לרוב מזהמות ויקרות לתפעול. ההפחתה באירוע גמישות הביקוש בשעות השיא יכולה להיות אבסולוטית – כלומר, הפחתת צריכה כוללת ללא העברתה לשעות אחרות, או הפחתה ממוקדת בשעות אירועי ניהול הביקושים תוך דחיית הצריכה לשעות פחות עמוסות. המטרות המרכזיות של הפחתת הביקוש כוללות שמירה על יציבות הרשת, שיפור היעילות האנרגטית, והפחתת פליטות גזי חממה על ידי צמצום השימוש במקורות אנרגיה מזהמים. בנוסף, הפחתת הביקוש יכולה להוביל לחסכון כלכלי משמעותי עבור הצרכנים וספקי החשמל, על ידי הפחתת הצריכה בשעות שמאד יקר למשק לייצר ועל ידי הורדת עלויות התפעול והשדרוג של תשתיות הרשת. בעידן שבו משק החשמל מתמודד עם גידול בביקוש ואתגר שילוב של מקורות אנרגיה מתחדשים, השלת ביקושים מהווה כלי מרכזי להתמודדות עם האתגרים האלו, ומאפשרת ניהול מיטבי של המשאבים הקיימים.

ניהול ביקושים אזורי: מנגנון זה משמש לאיזון עומסים ולהפחתת קיטום מייצור אנרגיות מתחדשות. בעזרת

ניהול ביקושים אזורי, ניתן להגדיל את הביקוש בשעות של עודפי ייצור מאנרגיה מתחדשת באזור מסוים, ולהפחית עומסים באזורים גיאוגרפיים אחרים. לדוגמה, ניתן לעודד צרכנים באזור הנגב – שבו ממוקמים מתקני ייצור סולארי – לצרוך יותר חשמל בשעות שיא הייצור, ובכך לצמצם את העומס על רשת ההולכה לאזורים מרוחקים יותר, כמו תל אביב. גישה זו תורמת ליעול ניצול הרשת, להפחתת עומסים ולשילוב מיטבי של אנרגיות מתחדשות במערכת.

¹⁷ [National Grid. Demand Turn Up: Frequently Asked Questions. January, 2017](#)

2.4 שתי גישות ליישום: הסטת ביקושים מרצון לעומת שימוש בטכנולוגיות של יטת מרחוק

1. **שינויים בצריכה מרצון:** השלה מרצון בשעות השיא הוא תהליך שבו צרכני החשמל מתבקשים מרצונם החופשי להפחית או לשנות את צריכת החשמל שלהם בשעות שיא או בזמנים שבהם הרשת נמצאת בעומס יתר. הצרכנים מקבלים אותות מהשוק בצורת אימייל, התראה באפליקציה, או הודעת SMS עם היום והשעות בהם יתקיים אירוע גמישות בביקוש והצרכנים מתבקשים באופן עצמאי להפחית את הביקוש לחשמל. יתרונות הגישה הוולונטרית כוללים העלאת מודעות הצרכנים לחשיבות ניהול הביקושים, יצירת שותפות פעילה של הצרכנים בניהול משק החשמל, וחינוך הציבור לקראת יישום עתידי של טכנולוגיות מתקדמות כמו מכשירים חכמים עם שליטה מרחוק על צריכת החשמל שלהם. באופן זה, מנגנון השלה מרצון מסייע להניח את היסודות למערכת אנרגיה בת-קיימא ויעילה יותר, תוך יצירת תהליך הדרגתי אשר יקל על הטמעת שינויים גדולים יותר בעתיד.

2. **שליטה מרחוק בטכנולוגיות חכמות בבית הצרכן:** לקוחות ביתיים יכולים להשתתף בתוכניות גמישות בביקוש בשעות השיא גם על ידי מתן שליטה מרחוק בתרמוסטטים חכמים, עמדות טעינה של רכבים חשמליים ומשאבות החום שבביתיהם. כאשר יש עומס על הרשת, מנהל המערכת מכריז על אירוע גמישות בביקוש ומתקשר עם אגרגטורים או מספקי החשמל אשר מתקשרים מרחוק עם מכשירי חשמל חכמים, לרוב באמצעות אינטרנט, ומפחיתים את צריכת החשמל באופן זמני, ללא התערבות מצד הצרכן. אותות רשת אשר יפעילו אירועי גמישות בביקוש באמצעות שליטה מרחוק כוללים אותות על עומס רשת שמעלה את מחירי החשמל ופליטת גזי חממה גבוהים כתוצאה מייצור חשמל ממקורות מזהמים.

ניהול ביקושים כולל מגוון כלים ומנגנונים שמטרתם להתאים את דפוסי צריכת החשמל לשינויים בייצור ולהפחית עומסים על הרשת. כלים אלו כוללים תמחור בזמן אמת ותעריפי עומס וזמן (TOU), המייצרים שינוי צריכה בשגרה, שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא - DR, אשר מתמקד בהשלת הביקוש בשעות העומס הקריטיות ביותר בשנה. את תוכניות ניהול הביקושים אפשר לחלק לקטגוריות Shape, Shift, Shed ו-Shimmy. כאשר כל אחת שואפת לפתור בעיית עומס שונה. תוכניות ניהול ביקושים יכולות לשמש להגדלת או הפחתת הביקוש בשגרה או בשעות השיא ואפשר לעשות זאת בצורה יזומה של הצרכנים או באמצעות טכנולוגיות שליטה מרחוק המאפשרות לבצע התאמות מצד הביקוש במהירות וביעילות.

במסמך זה אנו מתמקדים בשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא (Demand Response, DR) מסוג Shed, אשר נועדו להפחית את הביקוש לחשמל בשעות שיא קריטיות במהלך השנה. תוכניות אלו מציעות תמריצים כלכליים לצרכנים הביתיים, המעודדים אותם להפחית את צריכתם בזמני עומס גבוה במיוחד. המטרה היא לגייס את הצרכנים כשחקנים פעילים בניהול עומסי הרשת, באופן שתומך ביציבות המערכת ומעודד ניצול מיטבי של מקורות אנרגיה מתחדשים.

3. הצורך בשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא בישראל

על פי דו"ח מבקר המדינה שהתפרסם בנובמבר, 2024:

“משק החשמל מצוי בפתחו של משבר שתוצאותיו עלולות להתבטא באי-אספקת מלוא הביקוש לחשמל בשנים הבאות, דבר שיסב נזקים ניכרים ביותר למשק. משרד מבקר המדינה העריך כי אומדן הנזק השנתי הוא 0.76 - 2.4 מיליארד ש"ח, זאת בהתבסס על אומדני חברת נגה... קיים ספק אם ניתן לגשר על הפערים בזמן שנותר, ובפרט נוכח החסמים הרבים שקיימים לפיתוח הנדרש.”¹⁸

כדי להתמודד עם האתגר, תכנון משק החשמל נדרש לספק מענה אמין לביקושי השיא, לצמצם את הסיכון לאי-אספקת חשמל, תוך עמידה ביעדי המדיניות הממשלתית. יישום תוכנית לניהול ביקושים במגזר הביתי יכולה לתרום לשיטוח עקומת הביקוש בשעות השיא הקריטיות, וזאת מבלי להמתין לסיום השקעות מאסיביות בתשתיות חדשות. תוכנית כזו מציעה פתרון מהיר ליישום, המשלב טכנולוגיות קיימות עם תהליכי שינוי התנהגותי בקרב הצרכנים. באמצעותה, ניתן לאזן בין הביקוש להיצע בזמן אמת, לתמוך ביציבות הרשת, ולשפר את ההתמודדות עם עומסים קיצוניים בשעות שיא.

מתי נשתמש בשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא לאיזון הרשת?

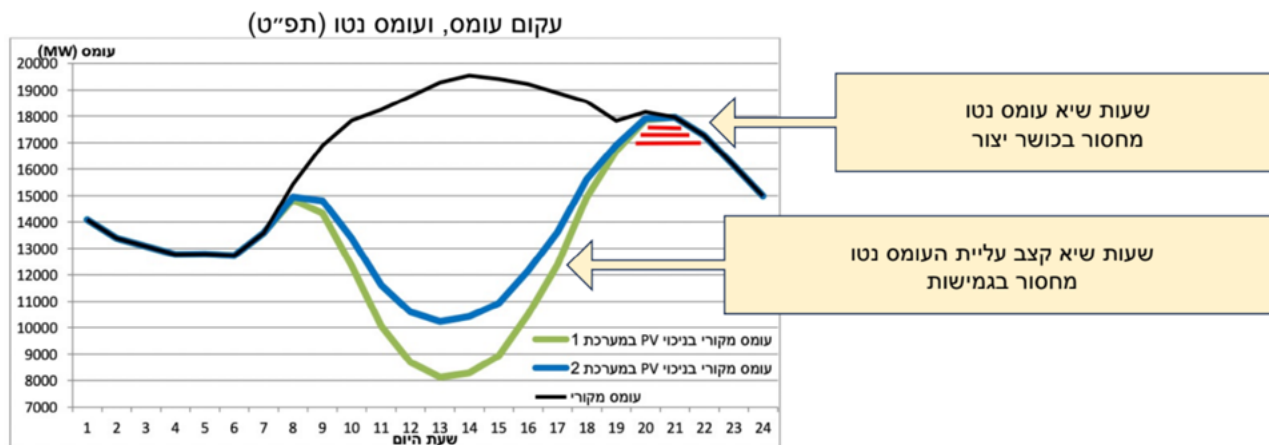
ניהול הביקושים הופך לקריטי במיוחד כאשר העומס נטו מגיע לשיא, בעיקר בשעות הערב, עם שקיעת השמש והצטמצמות או היעלמות הייצור מאנרגיות מתחדשות. במצבים אלו, מנהל המערכת נדרש להתמודד עם עומס גבוה ולספק מענה מיידי וגמיש לשינויים בביקוש. האתגר המרכזי מתבטא בשני היבטים עיקריים:

1. כאשר הביקוש לחשמל שבשגרה גבוה ומתקרב או עובר את כושר הייצור הזמין ולכן יהיה מאתגר לתת מענה לביקוש.
2. במצבים בהם העומס נטו (כחול וירוק) עולה במהירות ודורש אמצעי ייצור גמישים שיכולים להגיב לשינויים בעומס במהירות. לדוגמה בשעות שהביקוש נשאר גבוה אבל הייצור במתחדשות יורד במהירות.

¹⁸ דוח מבקר המדינה. פיתוח משק החשמל לקראת שנת 2030. דוח מבקר המדינה, נובמבר, 2024.

יום לדוגמה: עומס הביקוש לחשמל בישראל / ד"ר נורית גל, הצורך המשקי בשיתוף צרכנים ביתיים בהסדר לשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא, פרויקט NZO, מרכז השל לקיימות

בגרף למטה מוצגת דוגמה לעומס הביקוש במשק החשמל בישראל ביום סטנדרטי. הקו השחור מתאר את הביקוש המשקי הכולל במהלך היום, ואילו הקווים הירוק והכחול מתארים את "העומס נטו" – זהו הביקוש שנותר לאחר שניצלנו את הייצור מאנרגיות מתחדשות למענה על הביקושים.



שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא הם קריטיים במיוחד במצבים שמאתגרים את האיזון בין ייצור החשמל לצריכה, בעיקר באירועי קיצון. לדוגמה, בתנאי מזג אוויר קיצוניים, העלייה בביקוש למזגנים וחימום מעמיסה על רשת החשמל. במקרים כאלה, מנהל המערכת יכול להפעיל אירועי גמישות בביקוש ולשלוח הודעות לצרכנים, שמבקשות לדחות או להפסיק את השימוש במכשירים לא חיוניים (הטענת רכב חשמלי, מייבש ומכונת כביסה, בויילר) ולהפחית את העומס על הרשת, תוך שמירה על נוחותם ובריאותם. גם תנאי חורף קשים, כמו סערות חורפיות, עלולים להוביל להשבתת תחנות כוח או לגרום לבעיות ברשת החשמל.

במקרה של תקלות פתאומיות בתחנות כוח, שירות גמישות הביקוש בשעות השיא מאפשר הפחתת עומס מיידית, על ידי שליחת התראות לצרכנים ומתן תמריצים כלכליים להפחית את צריכת החשמל, עד שהרשת תחזור לפעילות תקינה.

אירוע הקיץ של 2023 מדגיש את הצורך בשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא במגזר הביתי. ב-2 ביוני 2023, חוותה מערכת החשמל בישראל אירוע חריג שבו היא לא הצליחה לעמוד בעומסי הביקוש, מה שהוביל להפסקות חשמל יזומות. יום זה, הדגיש את פגמי עותה של רשת החשמל המקומית. תנאי מזג האוויר הקיצוניים, גרמו לתקלות בתחנות כוח פוסיליות, בשילוב שריפות ואובך, שהורידו את תפוקת האנרגיה הסולארית. כתוצאה מכלל האירועים נגרם מחסור בחשמל בהיקף של כ-1,000 מגה וואט, כאשר כ-260,000 צרכנים היו מנותקים מחשמל למשך שעות רבות.

מנכ"ל משרד האנרגיה והתשתיות לשעבר, קובי בליטשטיין, ציין לאחר האירוע כי, "מסקנות האירוע הדגישו את האתגר המשמעותי במציאת האיזון בין הביקוש לחשמל לבין ייצור החשמל, בשל הרצון לצמצם למינימום את זיהום האוויר ואת עלויות הייצור למשק וכן את הצורך לרענן את נהלי החירום והממשקים בין הגופים במשק."

לאור האירוע, נערכו בחינות מחודשות של נהלי החירום והתפעול ברשות חברת נגה, האחראית לניהול רשת החשמל בישראל. אחד הלקחים המרכזיים היה הצורך לרענן את ההנחיות והנהלים בנוגע לירידות בהספק ותקלות ביחידות הייצור עקב עומסי חום.

במסגרת הפקת הלקחים מהאירועים האחרונים, רשות החשמל פרסמה שימוע להרחבת הסדרי "השלה מרצון". הסדרים אלו יאפשרו לחברת ניהול המערכת לבקש מלקוחות חשמל גדולים להפחית את הצריכה בשעות מחסור בייצור, ובכך להקל על העומס ברשת. **מהלך זה מדגיש את ההכרה בחשיבותם של שירותי גמישות ביקוש ככלי אמין ויעיל להתמודדות עם עומסים בשעות השיא.**¹⁹

עם זאת, האתגר העיקרי אינו מתמצה במענה להפסקות חשמל יזומות הנגרמות מירידה לא צפויה בייצור, אלא בשאלה האסטרטגית כיצד יתמודד משק החשמל עם עומסים הולכים וגוברים בעתיד. תחזיות עדכניות מצביעות על השפעה מצטברת של שינויי אקלים קיצוניים וגידול אוכלוסייה, שתורמים לעלייה בביקוש לחשמל. תחזית הביקוש של נגה משנת 2017 חזתה גידול שנתי ממוצע של 2.8%, ותוכנית הפיתוח האחרונה שפורסמה ב-2022 התבססה על תחזית זו. עם זאת, דוח מבקר המדינה מנובמבר 2024 מצביע על פערים משמעותיים בתחזיות המעודכנות, שמראים גידול של כ-1,000 מגה-ואט בשיא הביקוש הצפוי לחשמל בשנת 2040 – פער של כ-4% לעומת תחזית 2017.²⁰

ככל שהביקוש ימשיך לעלות, אירועי שיא בצריכה צפויים להפוך תדירים יותר, והעומס על תשתיות הרשת יגבר. ללא היערכות מתאימה, עומסים אלו עלולים לפגוע באמינות אספקת החשמל ולעכב את ההתקדמות לעבר יעדי הפחתת הפליטות.²¹

ראש אגף התקציבים במשרד האוצר ומבקר המדינה כבר התריעו מפני האתגרים הללו, שהולכים ומעמיקים את הפער בין הביקוש וההיצע.²²

להגברת היציבות והאמינות במשק החשמל, יש לקדם שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא. זאת, באמצעות שילוב טכנולוגיות מתקדמות והעלאת המודעות הציבורית לצריכה חכמה ויעילה. גישה זו תסייע בבניית משק אנרגיה גמיש ובר-קיימא, המסוגל להתמודד עם הביקושים הגדלים, תוך שמירה על עלויות סבירות לכלל המשק.

19 [משרד האנרגיה והתשתיות. מסקנות ולקחים מהתנהלות משק החשמל במהלך הפסקות החשמל ב-2 ביוני 2023. פורסם על ידי מנכ"ל המשרד, קובי בליטשטיין. יוני, 2023.](#)

20 [דוח מבקר המדינה. פיתוח משק החשמל לקראת שנת 2030. דוח מבקר המדינה, נובמבר, 2024.](#)

21 [אשכנזי, ש'. ישראל מתחממת בקצב כפול מהממוצע העולמי, אך לא ערוכה לגלי חום קיצוניים. גלובס, מאי, 2022.](#)

22 [ירקצ'י, ד'. ישראל 2023: מערכת החשמל לא עומדת בעומס. חדשות כאן, יוני, 2023.](#)

4. היתרונות המרכזיים של שירותי ניהול ביקושים

1. **עלויות:** אחד היתרונות המרכזיים בפיילוט שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא הוא שהוא אינו דורש השקעה בתשתיות פיזיות, ולכן מדובר בהשקעה כדאית עם סיכון קטן להפסד הן מצד הלקוח והן מצד המשק. העלויות מתמקדות בשימוש באפליקציות קיימות המאפשרות תקשורת בין הספקים (או אגרי גטורים) והצרכנים. בנוסף, הגורמים המוסמכים יקבעו את תעריף הפיצוי לצרכנים עבור כל קוט"ש שהם יפחיתו מהביקוש. הפיצוי עשוי להשתנות משנה לשנה או מאירוע לאירוע, בהתאם להחלטות הרשות, ויתוקשר לצרכנים בצורה שקופה וברורה.

2. **שיפור אמינות הרשת:** ישראל מתמודדת עם שעות ביקוש שיא לחשמל, בעיקר בשעות אחר הצהריים והערב, בשיא החורף והקיץ²³. ללא מנגנון השלת ביקושים יעיל, שעות השיא הללו, שעלולות להחמיר עם הגידול בביקוש ועם כניסת רכבים חשמליים לשוק, עשויות ליצור עומסים כבדים על רשת החשמל. שירות גמישות הביקוש בשעות השיא יכול לספק תמריצים לצרכנים להעביר את צריכת החשמל לשעות פחות עמוסות, מה שיפחית את העומס ברשת.

3. **מודעות הציבור ושיפור היעילות האנרגטית:** נכון לשנת 2024, רוב הצרכנים הביתיים בישראל נהנים מתעריף חשמל אחיד וזול, ולכן רבים מהם אינם מודעים לעלויות הכלכליות והסביבתיות המשתנות של ייצור החשמל במהלך שעות היום. עד כה, משק החשמל בישראל התאים את ייצור החשמל לביקוש, אך עם המעבר למשק מבוסס אנרגיות מתחדשות, יש צורך בשיתוף פעולה רחב יותר מצד הצרכנים לניהול יעיל של הביקושים.

שיתוף פעולה בשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא, חיוני לפיתוח מודעות ואמון שיובילו להתקנת טכנולוגיות שליטה מרחוק כמו תרמוסטטים חכמים. התקדמות לטכנולוגיות אלה, מותנית בהבנת הצרכנים על חשיבותם במשק החשמל והשפעתם על הרשת. באמצעות שירות גמישות הביקוש בשעות השיא המתמרץ צרכנים להפחית צריכה בשעות קריטיות בתמורה לתמריצים כלכליים, הצרכנים לומדים כיצד דפוסי הצריכה שלהם משפיעים על רשת החשמל ועל איכות הסביבה.

כאשר מופעלת תוכנית גמישות בביקוש, הצרכנים נחשפים בזמן אמת למידע על עומסי הרשת, עלויות הייצור הגבוהות וההשפעות החיצוניות, כמו פליטות מזהמים. כך, הם מבינים כיצד הצריכה שלהם בשעות השיא תורמת לעומס על הרשת ומר בילה לשימוש מוגבר במקורות מזהמים.

בנוסף, שירות גמישות הביקוש בשעות השיא מטמיע בקרב הצרכנים הרגלים חדשים לשימוש באפ" ליקציות המאפשרות קבלת התראות בזמן אמת על אירועי גמישות בביקוש, ומספקות נתונים מפורטים על הרגלי הצריכה, מה שמקל על הצרכנים לזהות הזדמנויות לחיסכון בחשמל ולהיות מודעים להרגלי הצריכה שלהם.

יום, כ-800 אלף משקי בית בישראל מצוידים במונים חכמים, המעניקים לצרכנים מידע מדויק על דפוסי השימוש שלהם. עם זאת, שירות גמישות הביקוש בשעות השיא מציע תמריצים כלכליים נוספים

23 גל, ל. הצורך המשקי בשיתוף צרכנים ביתיים בהסדר לניהול ביקושים.NZO, מרכז השל. מאי, 2024.

לעקוב אחר הצריכה הביתית, להעלות את מודעות הצרכנים, ולשפר את היעילות האנרגטית. שירות זה מגבירה את המודעות לעומסים על הרשת ואת הדרכים לצמצום הצריכה והעלויות, בעיקר בשעות השיא. באופן זה, שירות גמישות הביקוש בשעות השיא משפר את הקשר בין הצרכנים למשק החשמל, מעודד שימוש מודע ואחראי בחשמל, תורם להפחתת עלויות אישיות, ומשפר את יציבות הרשת.

4. **מעודד שילוב של מקורות אנרגיה מתחדשת:** שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא עוזרים להתאים את זמני צריכת החשמל לתנודות הייצור ממתחדשות בכך שהם מאותתת ללקוחות להפחית את הביקוש כאשר ייצור האנרגיה המתחדשת נמוך (כמו בימים מעוננים או בשעות הערב) ולהגדיל את הביקוש בשעות שבהן יש שפע של ייצור ממקורות מתחדשים. כך, התוכנית משפרת את היכולת של מערכת החשמל להשתמש באופן יעיל במקורות מתחדשים תוך מזעור התלות בתחנות כוח מזהמות. יתרון נוסף הוא שניהול הביקושים מאפשר ניצול מקסימלי של הייצור ממקורות אנרגיה מתחדשים כאשר הוא זמין בשפע, ובכך מקטין את הצורך לקצץ ייצור או לאגור אנרגיה יקרה בזמנים של שפע בייצור. כך התוכנית לא רק תומכת בשימוש יעיל באנרגיות מתחדשות, אלא גם מסייעת להוריד עלויות למשק ולצמצם פליטות גזי חממה.

5. **שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא כבסיס לניהול ביקושים אזורי - יתרון אסטרטגי:** ברגע שישנו כלי אפקטיבי לניהול ביקושים המיועד להפחתת הביקוש בשעות השיא, הכולל מערכת תקשורת יעילה וישירה עם הלקוחות, ניתן להשתמש בו ברמה האזורית. ניהול ביקושים אזורי יכול לשמש ככלי להגברת הביקוש ולמקסם את ניצול האנרגיה המתחדשת ברמה המקומית. לדוגמה, באזורים שבהם יש ייצור עודף של אנרגיה מתחדשת, כגון אזור הנגב בשעות השמש, יהיה ניתן לשלוח מסרונים לצרכנים באזור, ולתמרצם להסיט את הצריכה לשעות בהן יש ייצור של אנרגיות מתחדשות בשפע. באותה הדרך, ניתן להפחית עומסים במוקדים עירוניים כמו תל אביב, על פי צרכי הרשת ומנהל המערכת. גישה זו מפחיתה את העומס על רשתות ההולכה והחלוקה, משפרת את היעילות האנרגטית, ומביאה לניצול מיטבי של משאבים קיימים. השילוב בין שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא לבין ניהול ביקושים אזורי מעניק לתכנית המוצעת יתרון משמעותי: היכולת לא רק להתמודד עם אירועי שיא כלליים ובכך לסייע למנהל המערכת, אלא גם כלי גמישות לניהול משאבי האנרגיה לפי צרכי הרשת- גמישות בחלוקה.

6. **חיסכון כלכלי לצרכנים:** ניהול ביקושים מאפשר חיסכון כלכלי לצרכנים על ידי כך שהוא מתמרץ צרכנים לצרוך בזמנים שבהם החשמל זול יותר. בקליפורניה, תוכניות אלו הביאו להפחתה ניכרת בחשבונות החשמל של אוכלוסיות מוחלשות²⁴. בנוסף, מערכות אוטומטיות כמו תרמוסטטים חכמים ומכשירים חכמים אחרים, מתאימות את צריכת החשמל בהתאם לתמחור דינמי או לאותות ממנהל המערכת שמועברים דרך מונים חכמים. מערכות אלו פועלות בזמן אמת דרך האינטרנט, מה שמאפשר חיסכון נוסף לצרכנים המשתתפים בתוכניות אלו.²⁵

7. **הפחתת פליטות גזי חממה ושיפור בריאות הציבור:** העברת צריכת החשמל לשעות בהן יש שפע של אנרגיה מתחדשת מפחיתה את התלות בתחנות כוח המופעלות באמצעות דלקים פוסיליים. כתוצאה מכך, יורדת פליטת גזי החממה וזיהום האוויר. מהלך זה משפר את הבריאות הציבורית, במיוחד בערים

[Fresno Energy Program. Join Other Residents in Your Community and Get Paid to Save Electricity in Your Home. Pacific Gas & Electric \(PG&E\), 2024](#) 24

[Olivine Inc. Fresno Energy Program: Final Report. Sponsored by Pacific Gas and Electric \(PG&E\), November, 2021. Authors: Vasudha Lathey, Marc Gaulier, Alexander Storton, Edgar Strawbridge](#)

[California Energy Commission. Load Management Standards. 2024](#) 25

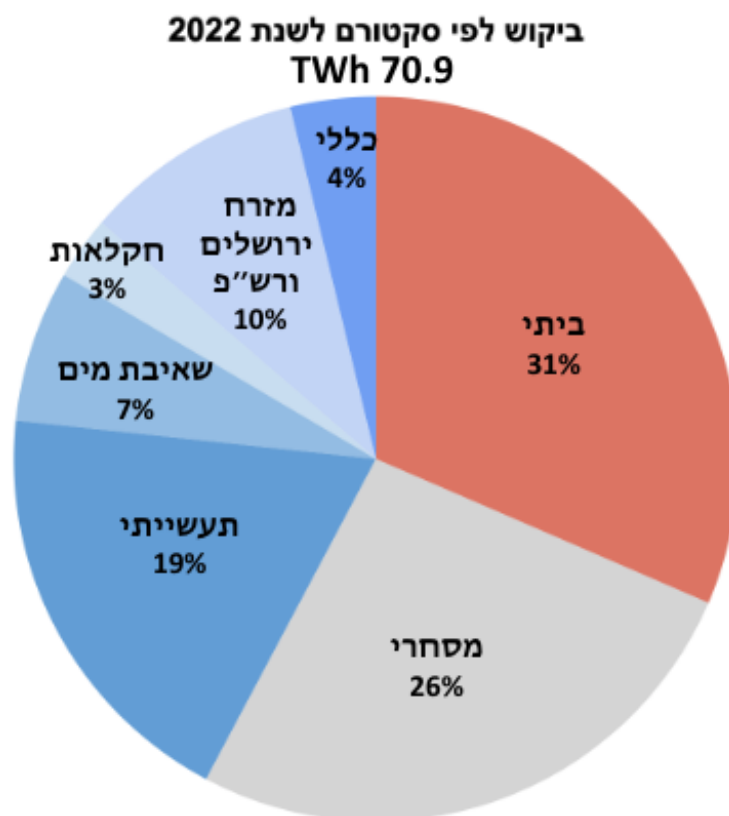
ואזורים עם רמות זיהום גבוהות, בהן זיהום האוויר עלול להשפיע על איכות חיי התושבים ולהגביר מחלות נשימתיות.

8. **תמיכה ביעדי האנרגיה הלאומיים:** ישראל הציבה לעצמה יעדים שאפתניים לייצור אנרגיה מתחדשת. יישום תוכניות ניהול ביקושים הוא הכרחי להשגת יעדים אלה, מכיוון שהוא מבטיח שרשת החשמל תוכל להתמודד עם הגידול הצפוי בייצור האנרגיה המתחדשת ובביקוש הגדל לחשמל, כל זאת מבלי לפגוע באמינות הרשת.

5. חשיבות שילוב המגזר הביתי בתוכניות גמישות הביקוש בישראל

בגרף המצורף מוצג הביקוש לחשמל בשנת 2022, כפי שמתואר בדוח מצב משק החשמל לפי סוגי הצרכנים. בשנת 2022, הצרכנים הביתיים היוו 31% מכלל הביקוש לחשמל בישראל.²⁶

ניתוח של הביקושים מעלה כי חלקם של משקי הבית בביקוש לחשמל בשעות השיא גדול יותר מחלקם בסך הביקוש השנתי. על פי נתוני מחקר שסיפקה לנו ד"ר גל, בשעות שיא הביקוש בהן נדרש שירות גמישות הביקוש (בערב בחורף ובקיץ) המגזר הביתי מהווה מגיע ל-50% מסך הביקוש במשק.²⁷ לפיכך תכניות להשלט ביקושים המיועדת למשקי הבית עשויה להביא לצמצום בעל ערך בשיאי הביקוש.



על פי נתוני דוח משק החשמל לשנת 2022:

הגורם שמשך אותנו להתמקד בצרכנים הביתיים הוא דפוסי הצריכה שלהם לאורך שעות היום והשנה. פיזור הביקוש של משקי הבית לאורך היום והשנה: הצרכנים הביתיים מגיעים לשיאי צריכה בעיקר בחודשי הקיץ והחורף, בשעות הצהריים המאוחרות ועד לשעות הערב, כאשר בחורף שיאי הצריכה בשנים שנבדקו גבוהים אף יותר מאשר בקיץ.

²⁶ ר"ח איתי גוטגליק, ירדן צחר, אדיר לוי (עורכים). דו"ח משק החשמל: סיכום שנת 2022 ומגמות בשנת 2023. רשות החשמל. ספטמבר, 2023.

²⁷ גל, ל. הצורך המשקי בשיתוף צרכנים ביתיים בהסדר לניהול ביקושים. NZO, מרכז השל. מאי, 2024.

לעומת זאת, במגזרי התעשייה והמסחר, שיאי הביקוש מתרחשים בשעות הצהריים, במקביל לייצור מוגבר של אנרגיות מתחדשות, כמו אנרגיה סולארית. **הבדלים אלו בזמני ביקוש השיא מדגישים את הצורך בשירותים ממוקדים של גמישות הביקוש עבור הצרכנים הביתיים, אשר יוכלו לסייע בהפחתת עומסים בשעות הערב כאשר ייצור האנרגיה המתחדשת מצטמצם.**

הגרפים המוצגים, שהוכנו על ידי ד"ר גל בהתבסס על נתוני התפלגות הצריכה בתעריף הביתי, מתארים את את הביקוש הממוצע החזוי של צרכנים ביתיים בשנת 2024.²⁸

28 [רשות החשמל. שימוע - תיקונים, עדכונים ושינויים אמות מידה: שילוב מונים בסיסיים בתחרות באספקה. מאי, 2024.](#)

תרשים פרופיל ביקוש ביתי לעומת יתר הביקוש בישראל / ד"ר נורית גל²⁹

ביקוש תעשייתי/מסחרי [MW]												ממוצע
שעה	ינו	פבר	מרץ	אפר	מאי	יוני	יולי	אוג	ספט	אוק	נוב	דצמ
0	6045	5525	5819	4675	4855	5572	5817	6204	5649	5032	5022	5209
1	5771	5221	5474	4728	4869	5538	5843	6186	5636	4874	4781	4958
2	5532	5123	5373	4721	4852	5550	5846	6175	5583	4790	4571	4710
3	5308	4941	5215	4726	4837	5515	5799	6115	5515	4679	4387	4486
4	5055	4680	5056	4675	4827	5529	5794	6134	5528	4654	4191	4237
5	4904	4543	4961	4388	4554	5327	5608	6066	5534	4703	4201	4100
6	4716	4353	4786	4169	4733	5717	6055	6395	5573	4817	4290	4112
7	5298	4919	5388	4501	5155	6365	6650	6983	6192	5265	4674	4452
8	6466	5773	6120	4895	5661	6995	7241	7478	6764	5541	5091	5153
9	7099	6155	6464	5100	5927	7263	7570	7798	7117	5702	5286	5473
10	7417	6359	6700	5292	6099	7488	7761	8025	7371	5797	5480	5640
11	7574	6470	6854	5434	6213	7573	7921	8244	7421	5793	5604	5694
12	7574	6463	6830	5533	6210	7543	7915	8303	7469	5742	5591	5670
13	7573	6443	6844	5566	6184	7421	7857	8282	7431	5720	5673	5735
14	7521	6469	6760	5520	6005	7137	7622	8079	7296	5729	5796	5864
15	7418	6387	6680	5482	5833	6895	7398	7820	7001	5708	5859	5845
16	7043	6071	6565	5396	5563	6644	7094	7502	6842	5738	5712	5386
17	6405	5536	6286	5209	5291	6340	6723	7252	6523	5734	5683	5202
18	6383	5359	6156	4954	5116	6121	6610	6982	6514	5822	5658	5179
19	6268	5384	6358	4799	5338	6251	6561	7091	6352	5644	5551	5015
20	6237	5407	6348	4664	5205	6145	6417	6774	6083	5523	5468	5038
21	6277	5496	6372	4651	5089	5930	6180	6537	5888	5429	5429	5103
22	6324	5576	6330	4634	4993	5785	6001	6362	5803	5328	5346	5190
23	6396	5732	6178	4664	4889	5650	5908	6250	5692	5184	5246	5376

ביקוש ביתי [MW]												ממוצע
שעה	ינו	פבר	מרץ	אפר	מאי	יוני	יולי	אוג	ספט	אוק	נוב	דצמ
0	2471	2322	1922	1568	1768	2324	3009	3089	2763	1930	1577	1983
1	2011	1873	1557	1277	1526	2053	2660	2755	2460	1766	1344	1609
2	1818	1688	1406	1135	1405	1900	2453	2542	2279	1644	1258	1456
3	1811	1699	1418	1127	1391	1837	2355	2438	2199	1657	1305	1481
4	2049	1948	1642	1269	1519	1862	2337	2389	2195	1746	1511	1721
5	2523	2422	2061	1603	1820	2018	2425	2450	2319	1922	1737	2138
6	3294	3076	2550	1919	2034	2115	2480	2458	2447	1970	1950	2592
7	3499	3218	2606	2017	2090	2200	2643	2626	2488	2018	2061	2783
8	2982	2783	2310	1993	2086	2291	2845	2938	2575	2163	2024	2557
9	2842	2648	2246	2039	2187	2472	3096	3254	2775	2345	2072	2493
10	2721	2556	2220	2057	2272	2625	3331	3532	2949	2507	2083	2446
11	2634	2500	2165	2036	2367	2786	3556	3787	3135	2676	2088	2402
12	2595	2484	2159	2031	2486	3013	3814	4064	3402	2853	2121	2403
13	2645	2517	2185	2038	2607	3292	4130	4366	3777	3026	2169	2428
14	2763	2568	2218	2025	2700	3525	4368	4573	4129	3104	2174	2482
15	3002	2692	2325	2045	2743	3631	4485	4669	4270	3126	2202	2647
16	3554	3088	2618	2143	2825	3692	4609	4741	4294	3112	2404	3124
17	4722	4052	3265	2406	2972	3764	4742	4713	4293	3103	2871	3981
18	5562	5016	4063	2712	3030	3686	4631	4528	4145	3143	3149	4460
19	5837	5323	4337	2998	3083	3539	4468	4423	4206	3135	3164	4601
20	5696	5189	4233	3024	3107	3555	4481	4503	4231	3016	3018	4409
21	5216	4749	3882	2795	2912	3446	4376	4374	4065	2804	2752	4045
22	4402	4028	3291	2435	2587	3152	4016	4058	3690	2509	2390	3449
23	3330	3085	2542	1978	2188	2740	3503	3569	3201	2168	1956	2681

29 גל, ל. הצורך המשקי בשיתוף צרכנים ביתיים בהסדר לניהול ביקושים. NZO, מרכז השל. מאי, 2024.

כאשר בוחנים את שעות שיא הביקוש לחשמל בהן נדרשים שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא, ובמיוחד את שיא העומס נטו (הביקוש לאחר שניצלנו את הייצור מאנרגיות מתחדשות), ניתן לראות שהמגזר הביתי אחראי על 40%-50% מהביקוש בשעות השיא. זאת על פי חישוב המתבצע באמצעות חלוקת הביקוש של כלל הביקוש המשק באותן שעות לקטגוריות תעשייתי/מסחרי וביתי. נתונים אלה מדגישים את המשמעות הקריטית של צרכנים ביתיים בניהול העומס ברשת, ומצביעים על כך שהם ממלאים תפקיד מרכזי בשעות שבהן פוחת הייצור מאנרגיות מתחדשות.

אחוז ביקוש ביתי												שעה
ינו	פבר	מרץ	אפר	מאי	יוני	יולי	אוג	ספט	אוק	נוב	דצמ	
29%	30%	25%	25%	27%	29%	34%	33%	33%	28%	24%	28%	0
26%	26%	22%	21%	24%	27%	31%	31%	31%	27%	22%	25%	1
25%	25%	21%	19%	23%	26%	30%	29%	29%	26%	22%	24%	2
26%	26%	22%	19%	22%	25%	29%	29%	29%	26%	23%	25%	3
29%	29%	25%	21%	24%	25%	29%	28%	29%	27%	27%	29%	4
34%	35%	30%	27%	29%	28%	30%	29%	30%	29%	29%	34%	5
41%	41%	35%	32%	30%	27%	29%	28%	31%	29%	31%	39%	6
40%	40%	33%	31%	29%	26%	29%	27%	29%	28%	31%	39%	7
32%	33%	28%	29%	27%	25%	28%	28%	28%	28%	29%	33%	8
29%	30%	26%	29%	27%	25%	29%	30%	28%	29%	28%	32%	9
27%	29%	25%	28%	27%	26%	30%	31%	29%	30%	28%	30%	10
26%	28%	24%	27%	28%	27%	32%	32%	30%	32%	27%	30%	11
26%	28%	24%	27%	29%	29%	33%	33%	31%	33%	28%	30%	12
27%	28%	25%	27%	30%	31%	35%	35%	34%	35%	28%	30%	13
28%	29%	25%	27%	31%	33%	37%	36%	36%	35%	27%	30%	14
29%	30%	26%	27%	32%	35%	38%	38%	38%	36%	27%	31%	15
34%	34%	29%	29%	34%	36%	40%	39%	39%	35%	30%	37%	16
43%	43%	35%	32%	36%	37%	42%	40%	40%	35%	34%	44%	17
47%	47%	41%	35%	37%	38%	41%	39%	39%	35%	36%	47%	18
49%	49%	42%	39%	37%	36%	41%	39%	40%	36%	36%	48%	19
48%	48%	41%	39%	38%	37%	41%	40%	41%	35%	36%	47%	20
46%	47%	39%	38%	37%	37%	42%	40%	41%	34%	34%	45%	21
42%	42%	35%	35%	34%	35%	40%	39%	39%	32%	31%	40%	22
35%	35%	30%	30%	31%	33%	37%	36%	36%	30%	27%	33%	23

בשעות שיא הביקוש בחורף, הצרכנים הביתיים מהווים כ-50% מהביקוש לחשמל בישראל, כלומר, כבר היום, חלקם של הצרכנים הביתיים בביקוש משמעותי מאוד, ואנו צופים שהמגמה תמשיך ותתחזק בשנים הקרובות. כפי שמצוין במחקרה של ד"ר גל, בשנת 2030, בעקבות העלייה ברמת החיים וכניסת רכבים חשמליים לשוק, חלקו של המגזר הביתי בשעות העומס נטו יילך ויגדל עוד יותר, במיוחד בשעות שבהן העומס על הרשת נמצא בשיאו. תחזיות אלו מדגישות את הצורך ביישום שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא שממוקדים בצרכנים הביתיים כדי להבטיח יציבות ואמינות ברשת החשמל.³⁰

30 גל, ל. הצורך המשקי בשיתוף צרכנים ביתיים בהסדר לניהול ביקושים.NZO, מרכז השל. מאי, 2024.

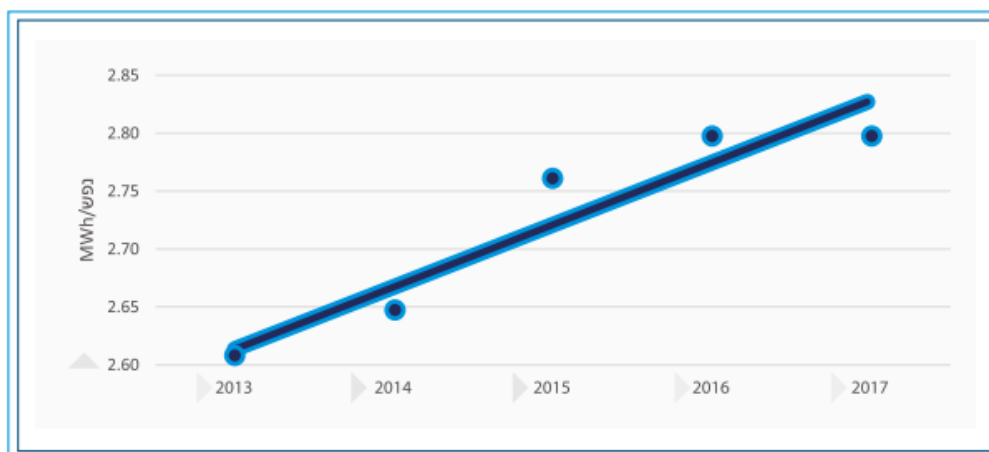
מגמת הביקוש במגזר הביתי עד היום:

בשנים האחרונות אנו עדים לגידול משמעותי בצריכת החשמל בישראל, זאת בין היתר בשל עלייה באיכות חיי התושבים וגידול האוכלוסין המתמיד. שינויים אלה מעמיקים את הצורך בבחינת מגמות הצריכה במגזר הביתי, גיבוש דרכי פעולה לייעול הצריכה ומעבר למשק חשמל בר קיימא. שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא למגזר יגבירו את מעורבות הצרכנים במשק, ובכך יפתחו את מודעות הצרכן הישראלי להרגלי הצריכה שלו והשפעתו הרבה על משק החשמל.

על פי דו"ח משק החשמל אשר פורסם בשנת 2023, "בשנת 2022 חלה עלייה בביקוש של הצרכנים הביתיים והמסחריים ומנגד חלה ירידה בביקוש צרכני סקטור התעשייה".³¹

מהתוכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה העדכנית ביותר שפורסמה בשנת 2020 על ידי משרד האנרגיה,³² עולה כי המגזר המסחרי חווה התייעלות אנרגטית בזמן שבמגזר הביתי קורה ההפך. צריכת האנרגיה במגזר הביתי לנפש עלתה בכ- 7.3% בין שנת 2013 לשנת 2017. תוצאה זו מלמדת כי המגזר הביתי היווה גורם מעכב להתייעלות באנרגיה ברמת המשק.

עצמות אנרגיה במגזר הביתי:



מקור: התוכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה 2020-2030, שפורסמה על ידי משרד האנרגיה בספטמבר 2023.³³

משרד האנרגיה מציע שני הסברים לתוצאות אלה:

1. עלייה באיכות החיים של התושבים הבאה לידי ביטוי בגידול הצריכה לנפש. נתון זה משקף כי **האזרח הממוצע משתמש ביותר מוצרים צורכים אנרגיה**, כמו גם משפר את רמת מגוריו הכוללת, הבאה לידי ביטוי בגודל דירות למגורים, ביחס לשנים עברו. מגמה זו תורמת לעלייה בצריכת האנרגיה המשקית. עם זאת, נראה כי העלייה באיכות החיים אינה נתמכת באופן מספק ע"י שימוש בטכ

³¹ דו"ח איתי גוטליק, ירדן צחר, אדיר לוי (עורכים). דו"ח משק החשמל: סיכום שנת 2022 ומגמות בשנת 2023. רשות החשמל. ספטמבר, 2023.

³² משרד האנרגיה. התוכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה 2020-2030. נובמבר, 2020.

³³ משרד האנרגיה. התוכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה 2020-2030. נובמבר, 2020.

נולוגיות יעילות באנרגיה. כלומר, קצב השיפור באיכות החיים במגזר הביתי גבוה מקצב ההתייעלות באנרגיה שנזקפת לאמצעים טכנולוגיים.

2. ניכר כי דפוסי ההתנהגות של הצרכנים אינם מביאים לצמצום בצריכת האנרגיה במגזר הביתי. מכך ניתן להסיק כי **הצרכן הישראלי אינו נותן משקל מספק לשיקולי חיסכון אנרגיה בהחלטותיו**.³⁴

צרכנים גדולים מול צרכנים קטנים - הסוד טמון בהיקף המספרי

המגזר הביתי אכן מהווה אתגר ייחודי למשק החשמל, כאשר המסורת במשק זה נוטה להתמקד בצרכנים גדולים, מתוך הנחה שמעדיפים לתקשר עם מספר מצומצם של גופים בעלי יכולת משמעותית להפחית ביקוש בצורה מהירה ויעילה. התפיסה הרווחת היא שעדיף להפעיל שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא מול מפעלים ותעשיות גדולות במקום לנסות לפנות למאות או אלפי משקי בית קטנים. במבט ראשון, נראה לא אינטואיטיבי להשקיע במגזר הביתי, כאשר אפשר להשיג תוצאות דומות מצרכנים תעשייתיים בודדים. עם זאת, **היתרון הגדול של המגזר הביתי טמון בהיקף המספרי**. בעוד שבקרוב צרכנים תעשייתיים יש סיכון גבוה יותר שהתשובה תהיה בינארית (או שגיבו או שלא), אצל הצרכנים הביתיים, **בשל המספרים הגבוהים, קיימת ודאות גבוהה יותר שנקבל הפחתה בביקוש. אפילו אם כל צרכן יפחית במעט את הצריכה, ההשפעה המצטברת תהיה משמעותית עבור הרשת**. להבדיל. תהליכים תעשייתיים עשויים להיות בלתי ניתנים להשבתה או שהשבתתם תהיה יקרה מאוד. לעומת זאת, בקרב צרכנים ביתיים, ניתן לצפות להורדת ביקוש בצורה סבירה וקבועה יותר, בעיקר לאחר השמת פיילוט, שיאפשר לרשת לתכנן את הפחתת הביקוש בצורה צפויה יותר.

פיילוט בתחום זה יאפשר לבחון את שיעור הצרכנים המוכנים להשתתף בשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא ולהעניק תחזית יציבה של הפחתת הביקוש באירועים עתידיים. ככל שהביקוש לחשמל במגזר הביתי יעלה בשנים הקרובות, עם הגידול באוכלוסייה, עליית רמת החיים ומהפכת החישמול בתחבורה ובבישול, עלול המגזר הביתי להגיע ל-50% ומעלה מהביקוש בשעות השיא. על כן, ישנו צורך דחוף להגברת המודעות והחינוך לצריכה יעילה במגזר זה, כך שצריכת החשמל תתאים לצרכים של הרשת ותתרום להתייעלות אנרגטית ברמת המשק כולו.

מהפכת החישמול

המעבר לרכבים חשמליים ישפיע משמעותית על הביקוש לחשמל במגזר הביתי. אמנם כלי רכב חשמליים מהווים פתרון סביבתי חשוב להפחתת פליטות גזי חממה, אך הם צפויים ליצור עומסים גדולים על רשת החשמל ובפרט מערכת החלוקה, בעיקר בשעות העומס. לעומת זאת, שימוש נכון בשירותי גמישות הביקוש יכול לסייע בהתמודדות עם שיאי הביקוש.

על פי מודל שפותח על ידי מינהל הדלק והגז, אגף בכיר לתכנון, מדיניות ואסטרטגיה, רשות הגז הטבעי ואגף התחבורה הנקייה בחטיבה לאנרגיה מקיימת במשרד האנרגיה והתשתיות, הביקוש העתידי לחשמל מסקטור

34 [משרד האנרגיה. התוכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה 2020-2030. נובמבר, 2020.](#)

התחבורה, הכולל כלי רכב פרטיים, כבדים, אוטובוסים ורכבות, צפוי להיות משמעותי ולגרום לשינויים מהותיים במשק החשמל. עד סוף העשור הנוכחי, צפוי כי 90% מכלי הרכב החדשים יהיו חשמליים, מה שידרוש התקנת 33 אלף עמדות טעינה ציבוריות, כמעט פי עשר מהמספר הקיים כיום.³⁵

לפי תחזיות משרד האנרגיה והתשתיות, בשנת 2030 התחבורה החשמלית בישראל תצרוך כ-6% מהביקוש הכולל לחשמל במשק, ובשנת 2050, חלק זה יגיע ל-15%.

כ-1.3 מיליון כלי רכב חשמליים צפויים להיות בכבישי ישראל עד שנת 2030³⁶ והמשך מגמה זו יביא לכך שמרבית כלי הרכב הפרטיים בכבישי ישראל יהיו חשמליים, ומספרם בשנת 2050 יגיע לכ-6 מיליון. **הביקוש לחשמל עבור טעינת כלי הרכב החשמליים הפרטיים צפוי להגיע לכ-14 טרהוואט-שעה (TWh) בשנת 2050, המהווים כ-7.5% מהביקוש הכולל לצריכת חשמל במשק.**

אחת הבעיות המרכזיות הצפויות עם כניסת הרכבים החשמליים היא השפעתם על שיאי הביקוש. מרבית הטעינות צפויות להתרחש בשעות הערב, כאשר הצרכנים חוזרים לביתם ומחברים את הרכבים לרשת. טעינות אלו עלולות להוביל לגידול משמעותי בעומס על רשת החשמל דווקא בשעות קריטיות, דבר שעלול לגרום להכבדה על התשתיות ואף להגדיל את הסיכון להפסקות חשמל. לכן, שיתוף הפעולה של משקי הבית עשוי להיות גורם מכריע בשמירה על יציבות הרשת.

מנגנוני השלה מרצון, המיועדים לשעות אלה, יאפשרו גיוס מהיר ויעיל של צרכנים להקטנת הביקוש בזמני חירום. התקשורת עם הצרכנים הביתיים חשובה במיוחד, שכן היא תאפשר תגובה בזמן אמת, הן באמצעות הפחתת צריכה יזומה והן באמצעות מנגנוני שליטה מרחוק של עמדות טעינה חכמות לרכבים חשמליים.

ככל שהתשתית המנטלית והטכנולוגית תיבנה מוקדם יותר, כך יוקל שילוב הרכבים החשמליים במערכת, וההשפעה שלהם על הרשת תהיה מאוזנת יותר. התשתית לניהול מרצון תספק לא רק מענה לעומסים של היום, אלא גם תיצור בסיס איתן להתמודדות עם העלייה העתידית בביקושי השיא – תוך שיתוף פעולה הדוק בין הצרכנים הביתיים ומנהלי משק החשמל.

תכנון יעיל של שירות גמישות הביקוש בשעות השיא אשר מיועד גם לרכבים חשמליים, הכולל את חינוך הציבור, פיתוח מנגנוני תקשורת יעילים והנגשת טכנולוגיות טעינה חכמה, עשוי להפחית את העומסים על רשת החשמל בשעות השיא בעד כ-7.5% מעמדות טעינת הרכבים בלבד.

לנוכח הגידול הצפוי בביקושים מהמגזר הביתי, רצוי שמשק החשמל בישראל יערוך מראש באמצעות הרחבת הסדרי ניהול הביקושים שיכללו גם את הצרכנים הביתיים. כיום, הסדר "אמת מידה 47"³⁷ שעודכן באוגוסט

35 ריין, נ'. עד סוף העשור - 90 אחוז מכלי הרכב החדשים יהיו חשמליים. ידיעות אחרונות, ספטמבר, 2023.

36 משרד האנרגיה והתשתיות, חטיבת אנרגיה מקיימת. תחזית צריכת החשמל של תחבורה חשמלית בישראל. ספטמבר, 2023.

37 רשות החשמל. החלטה מס' 66103: עדכון אמת מידה 47 – הסדר השלה מרצון ועדכון תעריפים בהסדר "צרכנות חכמה" שבאמת מידה 47. אוגוסט, 2023.

2023, מעודד בעיקר צרכנים גדולים, בעלי יכולת להפחית לפחות 173 קוט"ש,³⁸ להשתתף במנגנון השלה מרצון. בעוד שהסדרים אלו תרמו לקידום אגירה ושירותי גמישות הביקוש בשעות השיא בתעשייה ובמסחר, המגזר הביתי נותר מחוץ למעגל זה – על אף חשיבותו המשמעותית בשעות השיא.

כדי להתמודד עם אתגרי העומס ההולכים ומתרבים, מומלץ להנמיך את סף ההשתתפות, כך שגם צרכנים ביתיים יוכלו לקחת חלק פעיל בשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא. שיתוף הצרכנים הביתיים בהסדרים אלו ייצור מערכת חשמל יציבה וגמישה יותר, המותאמת לאתגרים של העשור הקרוב.

38 [רשות החשמל. נספח א' להחלטה 66103 מישיבה 661 מיום 16 ביולי 2023: עדכון אמת מידה 47א. יולי, 2023.](#)

6. מנגנון הפעולה של שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא במגזר הביתי

שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא מופעל על ידי מנהל המערכת באמצעות מספקי החשמל או אגרי-גטורים (גופי ביניים שמרכזים את הצרכנים). על מנת לגייס את הצרכים, גופי הממשלה האמונים על ניהול משק החשמל ומספקי החשמל המפעילים את השירותים פועלים להעלאת מודעות לשירות זה באמצעות קמפיינים פרסומיים בטלוויזיה, רדיו, שלטי חוצות, הודעות SMS ודואר אלקטרוני. על מנת לשפר את הקשר עם הצרכנים ולסייע להם בניהול צריכת החשמל שלהם, מומלץ להיעזר באפליקציה ייעודית אשר מאפשרת לצרכנים לעקוב אחר הרגלי הצריכה שלהם (בעזרת נתוני מונים חכמים), לקבל התראות על אירועי גמישות הביקוש ומחירי חשמל דינמיים, ולצפות בחיסכון שצברו כתוצאה שינויי הצריכה שביצעו.

דוגמה לפלטפורמה מוצלחת: Kraken - פלטפורמה טכנולוגית מתקדמת שפותחה על ידי Octopus Energy, שמסייעת בניהול וייעול של משק האנרגיה וטכנולוגיות חכמות כמו רכבים חשמליים, מערכות סולאריות ומשאבות חום. Kraken מספקת כלים לשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא (Demand Response), שמאפשרים התאמה של צריכת החשמל בהתאם לזמינות האנרגיה המתחדשת ולצורכי רשת החשמל. כך, היא מאפשרת השלת עומסים לשעות שבהן יש עודף ייצור אנרגיה או מחירי חשמל נמוכים. לדוגמה, הפלטפורמה מאפשרת טעינה חכמה של רכבים חשמליים בשעות שבהן החשמל זול ונקי יותר – דבר שעוזר להקטין את העומסים על הרשת בשעות השיא ולחסוך לצרכנים בעלויות. באמצעות האפליקציה Octopus תוכניות התייעלות אנרגטית וחיסכון בחשמל כמו התוכנית "Intelligent Octopus Go" ו-"Saving Sessions", שבהן לקוחות מקבלים תמריצים כספיים לשינוי זמני צריכה. הפלטפורמה שולחת התראות בזמן אמת ללקוחות ומאפשרת להם להשתתף בקלות בתוכניות השלת ביקושים וחיסכון באנרגיה, ובתמורה הם מקבלים נקודות נאמנות כתמריץ. הפלטפורמה יכולה גם לנהל ולהפחית עומסים בשעות קריטיות באמצעות ניטור בזמן אמת של מכשירים חכמים עם אפשרות שליטה מרחוק, מה שהופך אותה לכלי מרכזי לניהול ביקושים יעיל ויצירת רשת חשמל גמישה ויציבה יותר.³⁹

תהליך ההשתתפות בשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא: כאשר מתקרב אירוע גמישות הביקוש, הצרכן מקבל התראה ומוזמן להחליט אם הוא מעוניין להשתתף באירוע. אין חובה להשתתף ואין קנס על היעדר השתתפות. צרכנים שמתתפים ומפחיתים את צריכתם זוכים בתגמול כספי, שמבוסס על ההפחתה שלהם ביחס לצריכתם הרגילה (BAU - Business as Usual), כפי שנמדדת על פי המונה החכם של כל צרכן.

השירות מיועד להשתלב בשגרת היומיום של הצרכנים תוך צמצום הפגיעה באיכות חייהם. המטרה היא לנהל את צריכת החשמל באופן חכם במהלך אירועי שיא קריטיים, באופן שמיטיב עם הצרכנים ועם רשת החשמל גם יחד.

³⁹ [Octopus Energy. Case Study: Octopus Energy | Kraken: Unlocking Innovation for 8M Customers. 2024](#)

6.1 גמישות בביקוש: תפקיד הצרכן בהסעת הביקושים

בזמן אירוע גמישות בביקוש, הצרכנים מתבקשים לשנות את דפוסי צריכת החשמל שלהם במידה האפשרית. דוגמאות לשינויים:

- הגדרת המזגן ל-25 מעלות בקיץ (לפי כלל אצבע, שינוי של 1°C בטמפרטורה יכול לחסוך כ-10% מצריכת החשמל).⁴⁰
- סגירת תריסים ווילונות כדי למנוע התחממות מהשמש.
- כיבוי של אורות ומכשירים חשמליים לא חיוניים.
- דחיית השימוש במכשירי חשמל גדולים כמו מדיח כלים, מכונת כביסה, תנור ומייבש.
- דחיית טעינת רכבים חשמליים לשעות אחרות.
- שימוש במאווררים במקום מיזוג אוויר, כשאפשר.

דוגמה לתרחיש: תמר חוזרת לביתה בדרך כלל ב-16:00, מדליקה את המזגן, מפעילה מכונת כביסה, ומטעינה את הרכב החשמלי. ביום רביעי היא קיבלה התראה ממספק החשמל שלה על אירוע גמישות הביקוש בשעות השיא שיתקיים ביום חמישי בין 16:00 ל-21:00. ביום האירוע, היא מחליטה להשתמש במאווררי תקרה במקום במיזוג, לדחות את הכביסה לשעות מאוחרות יותר, ולא לטעון את הרכב עד יום שישי. בתמורה להפחתת צריכתה בשעות האירוע, תמר תקבל תשלום של 5 ש"ח לכל קוט"ש שחסכה (המספר לצורך הדוגמה בלבד).

שירות גמישות הביקוש בשעות השיא מהווה צעד ראשון ומשמעותי להגברת המודעות הצרכנית. באמצעות מערכות חכמות ומוני חשמל מתקדמים, ניתן להנגיש לצרכנים מידע עדכני על הרגלי צריכת החשמל שלהם, להמחיש את החיסכון הכלכלי שבהפחתת הביקוש בשעות השיא, ולחשוף את תרומתם להפחתת פליטות גזי חממה.

למרות שחובת פרסום נתוני צריכת החשמל של מכשירים ביתיים קיימת כיום, היעדר תמריצים וכלים פרקטיים לניהול הצריכה מביא לכך שהמידע כמעט ואינו ממומש. ללא חיבור ברור בין צריכת החשמל של הצרכן לבין השפעתה על הרשת, קשה לעודד שינוי משמעותי בהרגלי הצריכה.

שירות זה מציע פתרון כפול: הוא מפחית את עומסי השיא ברשת החשמל ובמקביל מאפשר לצרכנים לקחת חלק פעיל בתהליך – וכל זאת תוך שמירה על נוחות ואיכות חיים. מעבר לפתרון טכנולוגי, מדובר במנגנון חינוכי המניח תשתית לשינוי תפיסתי ותכנון חכם של צריכת החשמל בעתיד.

⁴⁰ [Fraij, Ahmad. How Much Can You Save Energy by Adjusting Your Thermostat by 1°C? | Appliedenergysav-ing. 17 Aug. 2020](#)

[Bolt, Olivia. "Best AC Temperature For Energy Saving." Energy Theory, 9 Dec. 2023](#)

["The Cost of Raising Your Thermostat by 1 Degree | Novak." Novak Heating, 3 May 2022](#)

6.2 חישוב הפיצוי לצרכנים

במסגרת שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא, אחת הסוגיות המרכזיות היא כיצד להעריך במדויק את החיסכון בצריכת החשמל של הצרכנים וכיצד לחשב את הפיצוי הכספי המגיע להם בעקבות השתתפותם באירועים אלה. לשם כך נעשה שימוש ב"מצב הבסיס" או "הצריכה הצפויה" (Business as Usual - BAU). מצב הבסיס מהווה נקודת התייחסות המאפשרת לחשב את הביקוש הרגיל של הלקוח לחשמל, כלומר, כמה חשמל היה צורך אילו לא היה משתתף באירוע ניהול הביקושים.

חישוב זה מתבצע על סמך נתונים מדויקים המתקבלים ממונים חכמים, אשר מודדים את צריכת החשמל השעתית. המידע מאפשר השוואה בין צריכת החשמל של הלקוח באירוע ניהול הביקושים לבין צריכתו בתנאים דומים ללא התערבות, ובכך מספק בסיס אמין להערכת החיסכון ולחישוב התגמול הכספי.

ההשוואה למצב הבסיס מאפשרת למדוד את ההפחתה בפועל בצריכת החשמל של הלקוח במהלך האירוע ולהעניק לו פיצוי בהתאם. במילים אחרות, מצב הבסיס מייצג את הסטנדרט שעל פיו נמדדת הצלחת תוכנית ניהול הביקושים. במקרים שבהם צריכת החשמל של הלקוח נמוכה יותר מזו שבמצב הבסיס, הוא זכאי לפיצוי כספי בהתאם להיקף החיסכון שהושג.

צריכת החשמל של הצרכן במהלך אירוע גמישות הביקוש מושווית לצריכת החשמל שלו בימים דומים מבחינת תנאי מזג אוויר, ימי חג. בנכוי שעות שבהן התקיימו אירועי גמישות הביקוש באותה תקופת זמן. השוואה זו מאפשרת לקבוע בצורה מדויקת את כמות החשמל שהצרכן חסך בפועל במהלך האירוע. המטרה היא להעריך את החיסכון שנובע מהשתתפות באירוע ניהול הביקושים ולפצות את הצרכן בהתאם.

מדידה מדויקת של מצב הבסיס היא מרכיב קריטי להצלחת התוכנית, שכן היא מבטיחה שהפיצוי הניתן לצרכנים ישקף באופן הוגן את תרומתם להפחתת העומס על רשת החשמל. בנוסף, חישוב אמין של מצב הבסיס הוא חיוני לשמירה על אמינות התוכנית ולבניית אמון אצל הצרכנים, תוך הגברת שביעות רצונם והתמריץ שלהם להשתתף באירועי גמישות הביקוש גם בעתיד.

במקומות שונים בעולם, הספק הבסיס מחושב בדרכים שונות ועדיין נבחנת שיטת החישוב היעילה והנכונה ביותר.

על פי רשות החשמל, בישראל- בהסדרי השלה מרצון לצרכני חשמל גדולים, הבסיס מחושב כך:

"הספק שעתי שהושל בפועל - הספק הבסיס השעתי בניכוי ההספק בפועל במהלך אירוע ההשלה בקו"טש. הספק הבסיס השעתי - הספק ממוצע שעתי של עשרת ימי החול שקדמו למועד הודעת ספק השירות החיוני על אירוע מחסור, המחושב בנפרד לגבי כל שעה המקבילה לכל אחת משעות האירוע. מדידת ההספק תהיה רבע שעתית לפחות. במניין ימים אלה לא יבואו בחשבון ימים אשר חל בהם אירוע מחסור באותן השעות."⁴¹

בקליפורניה, לשם קביעת צריכת החשמל הצפויה ללא אירוע גמישות הביקוש (BAU), משתמשים בנתוני צריכת החשמל מעשרת ימי החול הקודמים (עבור אירוע ביום חול) או מחמשת ימי סוף השבוע או החגים הקודמים (עבור אירוע בסוף שבוע או חג). מתוכם, נבחרים הימים עם צריכת האנרגיה הגבוהה ביותר:

1. **אירוע ביום חול:** נבחרים חמישה ימים עם צריכת האנרגיה הגבוהה ביותר.
2. **אירוע בסוף שבוע או בחג:** נבחרים שלושה ימים עם צריכת האנרגיה הגבוהה ביותר.

41 [מדינת ישראל, רשות לשירותים ציבוריים חשמל. הסדר השלה מרצון לצרכני חשמל גדולים. יולי, 2012.](#)

רק ימים בהם לא התקיימו אירועי גמישות הביקוש או הפסקות חשמל נכללים בחישוב.

לאחר מכן מחושבת צריכת החשמל הממוצעת של הצרכנים בימים שנבחרו. אם מדובר באירוע בסוף שבוע או חג, מחושב ממוצע משוקלל. לבסוף, מתבצעת התאמה לתנאי מזג האוויר ביום האירוע, על ידי השוואת צריכת החשמל של הצרכנים בשעות הסמוכות לאירוע לצריכתם באותן שעות בימים שנבחרו. ההפרש בין צריכת האנרגיה הצפויה (BAU) לבין הצריכה בפועל במהלך האירוע הוא הסכום שעל בסיסו הצרכן מקבל תגמול, המיושם כזיכוי שנתי בחשבון החשמל שלו.⁴²

באנגליה, הפיצוי לצרכנים על השתתפות באירועי גמישות הביקוש מבוסס על ההפרש בין צריכת החשמל בפועל בזמן האירוע לבין קו הבסיס (Baseline) של הצריכה הצפויה. קו הבסיס מחושב כממוצע הצריכה של הצרכן בעשרת ימי החול האחרונים, או בארבעת ימי סוף השבוע האחרונים אם האירוע מתקיים בסוף השבוע. בתחילה, נעשתה התאמה יומית לצריכה הצפויה ללא אירוע גמישות הביקוש כדי לקחת בחשבון שינויים בצריכה בגלל תנודות מזג האוויר ביום אירוע ניהול הביקושים. התאמה זו בוצעה בהתבסס על הצריכה של הצרכן באותו היום בו נקרא האירוע ובשלוש השעות שקדמו לתחילת אירוע ניהול הביקושים ועד שעה אחת לפני תחילת האירוע.

עם הזמן, זוהתה בעיה בגישה זו: ההתאמה יצרה תמריץ הפוך, בו צרכנים הגדילו את צריכת החשמל בשעות שלפני האירוע במטרה להעלות את קו הבסיס וכך לקבל פיצוי גבוה יותר עבור הפחתה במהלך האירוע. תופעה זו הובילה לצורך בחידוד גישת החישוב למניעת עיוותים בתגמול ובהתנהגות הצרכנים.⁴³

בעקבות הבעיה שנוצרה, התקבלה החלטה לבטל את ההתאמה היומית לקו הבסיס. כעת, לא מתבצעת התאמה יומית המייצגת את תנודות מזג האוויר בצריכה בשעות שלפני אירוע ניהול הביקושים. השינוי נועד למנוע תמריצים שליליים שידחפו את הצרכנים להעלות באופן מלאכותי את צריכת החשמל לפני האירוע, ובכך להבטיח שהפיצוי מבוסס על דפוסי צריכה אמיתיים. שינוי זה בוצע במסגרת תיקון P376 לקוד המסחר והאיזון בבריטניה, שמטרתו לשפר את אמינות החישובים ולצמצם עיוותים בתמריצים.⁴⁴

המלצות:

1. **מניעת תמריצים שליליים:** יש להימנע מתמריצים שיכולים להוביל להתנהגויות צרכניות לא רצויות, כמו העלאת הצריכה לפני אירועים. שימוש בקו בסיס ללא התאמות יומיות עשוי לסייע בכך.
2. **התאמת שיטות חישוב לקו הבסיס:** כמו במקרה של P376, חשוב לשקול שיטות חישוב לקו הבסיס שמביאות בחשבון את דפוסי הצריכה הממוצעים על פני תקופה ולא להתמקד בשינויים יומיים קצרי טווח.
3. **למידה משווקים אחרים:** ישנה חשיבות בהמשך המעקב אחר שיטות חישוב ומדיניות בשווקים אחרים, כדי ליישם את הלקחים בשוק הישראלי.

42 [PG&E, Power Saver Reward Program](#)

43 [.National Energy System Operator \(NESO\), UK. DFS Deep Dives. April, 2024](#)

44 [.ESO UK \(2024\). DFS Deep Dives: Process and Operational Delivery. April 2024](#)

6.3 תפקיד האגרגטורים בניהול ביקושים

האגרגטורים ממלאים תפקיד מרכזי בשירותי גמישות הביקוש, בכך שהם פועלים כמתווכים בין צרכני החשמל למערכת הרשת. **תפקידם הוא לאגד את יכולות הגמישות של מספר צרכנים, בין אם מדובר במשקי בית פרטיים ובין אם בתעשיות גדולות, לכדי "עומס" מרכזי אחד שניתן להתאים לצרכים המשתנים של הרשת.** למעשה, צרכן ביתי אחד אינו יכול להשפיע על הרשת לבדו, אך כאשר מאגדים את הגמישות של מספר רב של צרכנים, אנו יוצרים מעין "תחנת כוח וירטואלית", ומפתחים יכולת להשפיע על הביקושים על פי אותות מהמערכת בזמן אמת.⁴⁵

המאגדים של הצרכנים אינם חייבים להיות חברות החשמל המסורתיות; ניתן לשלב מספקי חשמל או מאגדים ייעודיים המתמחים בניהול צרכנים. לדוגמה, בשוק האמריקאי, חברת **PG&E** מציעה שירותי גמישות בביקוש באופן ישיר לצרכנים. **PG&E היא חברת IOU Investor-Owned Utility** – חברה בבעלות משקיעים פרטיים המספקת שירותים ציבוריים בתחום האנרגיה, אך היא פועלת למטרות רווח. מנגד, קיימות חברות כמו **סימפאור (Sympower)** הפועלות כאגרגטורים שאינם מספקי חשמל, אלא ספקי שירותי גמישות לרשת בלבד, תוך התמקדות במתן שירותי ניהול עומסים ותפעול יעיל לרשתות עצמן. השימוש באגרגטורים עצמאיים כמו סימפאור יוצר יתרונות בכך שהוא מאפשר לשוק לשמור על גמישות מבלי להיות תלוי במספק חשמל מסוים – גישה המאפשרת למפעילי הרשת לקיים שיתוף פעולה רחב וגמיש יותר מול גורמים רבים.

יתרונות נוספים בשילוב אגרגטורים עצמאיים שאינם יצרני או מספקי חשמל כוללים גמישות גבוהה בתגובה לשינויים בשוק, עידוד תחרות וחדשנות בתחום ניהול הביקושים, והתאמת שירותים למגוון רחב של צרכנים פרטיים ועסקיים.

יתרה מכך, אגרגטורים עצמאיים פועלים ללא אינטרס מסחרי ישיר הקשור במכירת חשמל, מה שמבטיח גישה ניטרלית ושקופה. לדוגמה, מספקי חשמל, שתפקידם העיקרי הוא מכירת חשמל ללקוחות, עשויים להעדיף לא לעודד הפחתת צריכה בשעות שיא, שבהן התעריפים גבוהים והרווחים גבוהים בהתאם. מנגד, אגרגטורים מתוגמלים על ביצועי גמישות מיטביים, ולכן יש להם אינטרס להציע לצרכנים תמריצים ישירים להפחתת צריכה בשעות עומס, דבר שמסייע באיזון הרשת ובשיפור היעילות האנרגטית.

אגרגטורים עצמאיים יכולים להקל משמעותית על מספקי החשמל בניהול עומסים, לשפר את היציבות התפעולית של המערכת ולחזק את אמינות הרשת, תוך שילוב מוגבר של אנרגיות מתחדשות ומתן מענה אפקטיבי גם באירועי חירום.

כדי לבצע את תפקידם בצורה מיטבית, האגרגטורים משתמשים בטכנולוגיות מתקדמות לניטור ושליטה מרחוק על צריכת האנרגיה של הלקוחות. טכנולוגיות אלה כוללות מונים חכמים, מכשירי IoT (האינטרנט של הדברים) ואלגוריתמים של למידת מכונה, שמסייעים לחזות את דפוסי הצריכה ולהתאים את העומסים בזמן אמת. אינטגרציה זו מיעלת את ניהול הביקושים ומאפשרת לצרכנים לקבל תובנות על דפוסי הצריכה שלהם ולבחור דפוסי צריכה אחרים בהתאם לתמריצים ואותות מהשוק.

מעבר ליכולות הטכנולוגיות, תפקוד האגרגטורים בשוק כולל ערכים מוספים משמעותיים לרשת, בעיקר בשל התפקיד המתווך שהם ממלאים מול הצרכנים. נוכחותם מקלה על התקשורת עם הצרכנים ואיסוף נתונים, דבר שמאפשר למפעילי הרשת לנהל את העומסים בצורה יעילה יותר. לעיתים הם פועלים גם כמספקי החשמל עצמם, כך שהם מספקים שירות כולל וממלאים תפקיד כפול מול הצרכן והרשת.

Plaum, F., Ahmadihangar, R., Rosin, A., & Kilter, J. (2022). Aggregated Demand-Side Energy Flexibility: 45
A Comprehensive Review on Characterization, Forecasting, and Market Prospects. November 2022

בנוסף, השימוש באגרגטורים גיאוגרפיים, המתמקדים באזורים מסוימים, מספק גמישות נוספת בניהול גודש מקומי ברשת החשמל ומסייע להקל על העומסים באזורים ספציפיים. לדוגמה, באזור הנגב, שבו יש ייצור מוגבר של אנרגיה מתחדשת, אגרגטור אזורי יכול לעודד צריכת חשמל מקומית סביב מקור הייצור, ובכך להפחית את העומסים ברשת הארצית. באירועי חירום, כמו הפסקות החשמל היזומות ביוני 2023, אגרגטור גיאוגרפי היה יכול לצמצם את העומסים המקומיים במקומות שבהם הייתה בעיה, ובכך להבטיח שהרשת תישאר יציבה תוך הפחתת העומסים בצורה יעילה.

סיווג המחסומים לפעילות אגרגטורים בישראל כולל ארבעה תחומים עיקריים:

1. **מסגרת רגולטורית** – המחסומים במסגרת זו נובעים מחוקים ותקנות שעלולים להגביל או לעכב את פעילויות האגרגטורים. לדוגמה, נדרשת חקיקה שתסדיר את השתתפות האגרגטורים בשוק, תגדיר את תפקידים ואחריותם ותאפשר להם לפעול באופן מסודר בשוק האנרגיה.
2. **היבטי שוק** – בתחום זה נכללות דרישות שוק והגבלות המונעות גישה מאגרגטורים. אחד המחסומים הוא הדרישה להספק מינימלי בהצעת מכרזים, מה שעלול להקשות על אגרגטורים קטנים להשתתף. פתרון אפשרי עשוי להיות הפחתת המינימום הנדרש להצעות במכרזים.
3. **מחסומים כלכליים** – אלו כוללים אתגרים פיננסיים ותנאים כלכליים המשפיעים על יכולת האגרגטור רים להשתתף בשוק. לדוגמה, עונשים כבדים על אי-עמידה בהתחייבויות עלולים להרתיע אגרגטור רים מלהצטרף לפעילות בשוק בשל הסיכון הכלכלי הגבוה.
4. **היבטים טכנולוגיים** – האגרגטורים תלויים בתשתית ICT מתקדמת (טכנולוגיות מידע ותקשורת), כולל מונים חכמים ואבטחת נתונים, המאפשרת יישום יעיל ובטוח. מחסור במכשירי חשמל הנשלטים מרחוק דרך חיבור למונה החכם מהווה מחסום טכנולוגי נוסף, שכן הוא מגביל את יכולתם של האגר-טורים לנהל את הביקושים בזמן אמת ובאמינות מקסימלית.

7. חינוך צרכנים והעלאת מודעות

שירות גמישות הביקוש בשעות השיא אינו רק כלי להפחתת הביקוש בשעות עומס קיצוניות או לשיטוח עקומת הצריכה בעיתות משבר; הוא משמש גם לחינוך צרכנים ולהגברת מודעותם להשפעתם הרבה על משק החשמל. כלי זה מייצג את תחילת המסע לשילוב הצרכנים כשותפים פעילים במשק החשמל והענקת שליטה רבה יותר של הצרכן על חשבון החשמל שלו.

על פי "סקר עמדת הציבור בנושא משבר האקלים" מטעם המכון הישראלי לדמוקרטיה, "הציבור מודע גם לאחריותו האישית לפעול להפחתת זיהום האוויר ואף מביע נכונות לקחת חלק במהלך להפחתת פליטות מזהמות ולפעול להשגתו, לפחות כאשר מדובר בפגיעה מינורית יחסית בנוחות."⁴⁶

למרות המודעות הגוברת לשינויי האקלים, **תרגום המודעות לפעולה דורש תמריצים כלכליים והתנהגותיים ברורים**. תוכנית ניהול הביקושים בישראל צפויה לספק מידע על שעות ביקוש שיא, השפעתן על המשק ותמריצים כספיים לצרכנים. בנוסף, היא תחזק את ההבנה לקשר שבין חיסכון באנרגיה לבין יתרונות כלכליים וסביבתיים. **קמפיינים חינוכיים יגשרו על הפער בין המודעות לבין הפעולה ויבהירו את השלכות חוסר הפעולה, כגון עלייה בעלויות החשמל והשפעות סביבתיות ובריאותיות עקב זיהום מקומי**.

מניסיונם של מנהלי תוכניות גמישות הביקוש באנגליה ובארצות הברית, **השגת הפחתת ביקושים משמעותית תלויה בשילוב טכנולוגיות לשליטה מרחוק**, כגון תרמוסטטים חכמים, מטענים לרכבים חשמליים ומשאבות חום. כדי לעודד את הצרכנים לאמץ טכנולוגיות אלה, יש להגביר את מודעותם לתמריצים הכלכליים ולהשפעתם החיובית על משק החשמל. בנוסף, **בניית אמון בין הצרכן לבין מספקי החשמל ונגה חיונית להצלחת התוכנית**.

תוכנית גמישות הביקוש המבוססת על השתתפות מרצון שומרת את השליטה אצל הצרכן הביתי, ובכך מאפשרת בניית אמון בצורה הדרגתית אשר תתמוך בהמשך בשילוב של טכנולוגיות חכמות במגזר הביתי.

השפעת קמפיינים על הציבור הישראלי

בעבר, ראינו כיצד קמפיינים חינוכיים משפיעים על התנהגות צרכנים בישראל, גם בהיעדר תמריצים כלכליים. דוגמה בולטת לכך היא הקמפיין של רשות המים עם הסיסמה: "בינתיים סוגרים את המים". באמצע 2008, רשות המים קיבלה החלטה אסטרטגית לפנות ישירות לציבור בקריאה לחיסכון במים. לאחר שנים שבהן הרשות כמעט ולא הפעילה קמפיינים חינוכיים, ולאור מצבו הקשה של משק המים, הוחלט להקצות משאבים משמעותיים להעלאת המודעות הציבורית לחשיבות החיסכון במים. **הקמפיין התמקד בצורך לשנות את הרגלי הצריכה הביתיים והדגיש כי בשל שינויי האקלים, ישראל אינה יכולה להסתמך אך ורק על התפלה**. אורי שני, מנהל רשות המים, הביע שביעות רצון מתוצאות הקמפיין:

"בקמפיין של השנה האחרונה ראינו ירידה של יותר מ-12% בצריכה הביתית (ירידה גדולה מהצפוי לנוכח הגידול הטבעי של האוכלוסייה), שבאה לידי ביטוי בחיסכון של יותר מ-100 מיליון מ"ק מים"⁴⁷.

מרשות המים נמסר:

46 אבירם-ניצן, ד', ושואף-קולביץ, ה'. המכון הישראלי לדמוקרטיה והמשרד להגנת הסביבה. ישראל 2050: כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת – סקרי עמדות הציבור בנושא משבר האקלים. יוני, 2021.

47 כלכליסט. בלעד: רשות המים תעלה עוד קמפיין ב-5 מיליון שקל. אוגוסט, 2009.

“הציבור נרתם יפה לטובת הצלת משק המים. נדרש המשך הירתמות עד שמתקני ההתפלה החדשים ייכנסו לעבודה. עד אז נמשיך במאמצים ההסברתיים והחינוכיים.”

הקמפיינים של רשות המים מדגישים את חשיבות השמירה על מודעות ציבורית והנגשת מידע לצמצום הביקוש, כחלק מהמאמץ להבטיח צריכה אחראית ומתמשכת. תמריצים חינוכיים להשגת מטרה זו כוללים לא רק כלכלה, אלא גם מעורבות חברתית וקהילתית; כאשר ציבור רחב נרתם לצריכה נבונה, נוצרת תחושת שותפות התורמת לשיפור התנאים הכלכליים והסביבתיים לכולם.



ב-2018, לאחר עשור של עלייה הדרגתית בצריכת המים, רשות המים חידשה את הקמפיין, מה שהדגיש את הצורך בקשר רציף עם הציבור ובתזכורת על השפעות הצריכה. ד"ר דוד כץ מאוניברסיטת חיפה ציין את חשיבות הפנייה "דרך הכיס ודרך המסך" – עצירת קמפיינים לחיסכון במים וירידת מחירי המים הובילו לעלייה בצריכה לנפש, מה שמצביע על הצורך בקמפיינים עקביים לשימור המודעות לחיסכון.⁴⁸

בדומה לכך, שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא יוצרים ערוץ קשר רציף עם הצרכנים. באמצעות כ-12 אירועי גמישות הביקוש מדי שנה, השירות משמש, בין היתר, כתזכורת חשובה לצרכנים על חשיבות צריכת חשמל נבונה, במיוחד בשעות הקריטיות למשק,

ומספק להם תמריצים ישירים לפעול למען רווחתם האישית ולמען יציבות רשת החשמל. כך, שירות גמישות הביקוש בשעות השיא מקדם התנהגות צרכנית אחראית, ומשמש למעשה כקמפיין מתמשך שמשמר את מודעות הצרכנים לאורך כל השנה. באמצעות ערוץ רציף זה נבנית שותפות מבוססת אמון בין מספקי החשמל, נגה, והציבור – שותפות אשר תומכת בצריכת חשמל מושכלת ומעורבות מתמשכת.

רשות המים הצליחה להנגיש מידע חינוכי בצורה ברורה וממוקדת, המותאמת הן לילדים והן למבוגרים. באמצעות הנחיות פשוטות לחיסכון במים, כמו קיצור זמן המקלחת, שימוש בהדחה של חצי מיכל בשירותים וייעול ההשקיה בגינות פרטיות, הצליחה רשות המים לעודד את הציבור לאמץ צריכה נבונה ומתמשכת של משאבי המים.⁴⁹

הצלחתם של הקמפיינים האלו מדגימה את הפוטנציאל בשימוש בקמפיינים חינוכיים דומים, במטרה להעלות את מודעות צרכני החשמל הביתיים וליצור שינוי בהרגלי הצריכה במשק החשמל.⁵⁰

48 ynet, סביבה ומדע. ישראל שוב מתייבשת: תזכורת הכרחית לציבור שאנן. יוני, 2018.

49 רשות המים. קמפיינים: ישראל מתייבשת.

50 רשות המים. חינוך והסברה.

טיפים לחיסכון במים

 חוסכים כ-200 ליטר מים לבינה בשטח 250 מ"ר גינה	 חוסכים 60 ליטר מים ביום בממוצע סגירת ברזים	 חוסכים 18 ליטר מים ביום בממוצע שירותים	 חוסכים 40 ליטר מים ביום בממוצע מקלחת
--	---	---	---

רשות המים



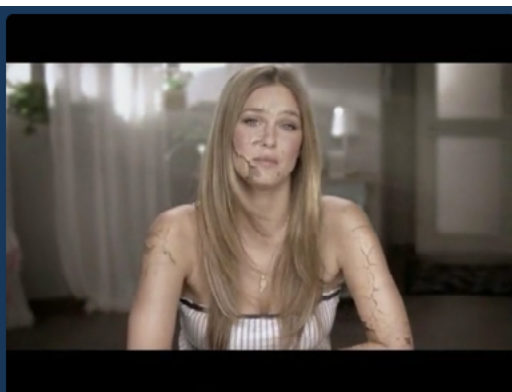
שירותים ומידע מדיניות ונהלים פרסומים קבלת קהל חדשות עוד

חסכמים במים, באנרגיה ובכסף

תאריך פרסום: 21.12.2023

הצריכה הביתית משתנה מאדם לאדם ונעה בין 100 ל-230 ליטר לנפש ליום, ובממוצע כ-165 ליטר. כל יום. זה הרבה מאוד מים. אז להיכן זורמים המים?

- הדחת אסלות – 55-60 ליטר (35%)
- רחצה – 55-60 ליטר (35%)
- שתייה, בישול והדחת כלים – 30 ליטר (20%)
- כביסה וניקיון – 8 ליטר (5%)
- גינון – 8 ליטר (5%)



להציל את הכינרת

מקור: אתר רשות המים⁵²

בחלק זה מוצגות תמונות מהאתר של רשות המים, המתעדות את הקמפיינים החינוכיים שהובילו לשינוי ארוך טווח בהרגלי הצריכה של הציבור הישראלי.

52 [רשות המים. חינוך והסברה.](#)

כחלק מהמאמץ להגביר את מודעות הצרכנים בישראל לשימוש יעיל ומושכל באנרגיה, משרד האנרגיה מחייב כיום פרסום מידע על צריכת החשמל של מכשירי חשמל ביתיים, כחלק מחובת סימון מוצרים ותוויות אנרגיה. מידע זה, המציג את דירוג היעילות האנרגטית וצריכת האנרגיה השנתית של מכשירים שונים, נועד לעודד שקיפות, לחסוך באנרגיה, ולהעלות את המודעות להשפעות הסביבתיות של צריכת החשמל.

עם זאת, מאחר שהצרכנים הביתיים אינם מקבלים היום אותות ברורים כמו התראות על עומסים או צרכי ואתגרי הרשת, המידע הקיים אינו מנוצל דיו לניהול צריכה יומיומי. אחת הדרכים לשפר את השימוש במידע זה היא להציגו כחלק משירותי גמישות הביקוש בשעות השיא לצרכנים ביתיים. לדוגמה, בפרסומים של הסדרי הפחתת עומסים מרצון, ניתן לכלול מידע פשוט וברור על צריכת האנרגיה של מכשירי חשמל ביתיים והשפעתם על רשת החשמל בשעות השיא.

How much energy is a kilowatt-hour?

A kilowatt-hour is the amount of electricity used by a 1,000 watt appliance that is running consistently for one hour. To put that into perspective, here are some household appliances and how much power they might use:

- Electric clothes dryer: 2,000-5,000 watts
- 3 ton air conditioner: 3,000-5,000 watts
- 2 horsepower pool pump: about 1,500 watts
- Electric range: 2,000-5,000 watts
- High-power home electric vehicle charger: up to 20,000 watts

Source: CPUC Power Saver Rewards (PSR) – Fact sheet⁵³

גישה זו דומה להנגשת המידע ב- נייר המידע (Fact Sheet) של ה-CPUC - California Public Utilities Commission⁵⁴, אשר נותן הנחיות ברורות לתוכנית השלת ביקושים מרצון במגזר הביתי ומספק לצרכנים בקליפורניה הסברים על צריכת החשמל הביתית, ומציע דרכים פרקטיות להפחתת צריכה בשעות שיא. אימוץ גישה דומה בישראל, שתשלב מידע כזה בהסברי שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא, תוכל לסייע לצרכנים להבין את הדרכים הנוחות והחסכוניות ביותר להשתתף בתוכניות השלה מרצון, להעלות את רמת המעורבות שלהם, ולשפר את ניהול הצריכה ברמה הלאומית – תוך חיסכון משמעותי באנרגיה ובהוצאות.

[California Public Utility Commission. Power Saver Rewards \(PSR\) - Fact Sheet. 2021](#) 53

[California Public Utility Commission. Power Saver Rewards \(PSR\) - Fact Sheet. 2021](#) 54

8. דוגמאות מהעולם

בחנו את יישום שירותי ניהול ביקושים במדינות שונות, תוך התמקדות בתוכניות המיועדות למגזר הביתי שנועדו להתמודד עם שיאי הביקוש ברשת החשמל. ניתוח זה התמקד בשני אזורים מובילים בתחום: בריטניה, שבה קיימת פעילות נרחבת ומתקדמת, וקליפורניה שבארצות הברית, המאופיינת בתנאי אקלים דומים יחסית לאלה של ישראל.

להלן עיקרי הממצאים שעלו מתוך פגישות ושיחות שקיימנו עם נציגים ממדינות אלו. פירוט נוסף על היישום במדינות אלו ניתן למצוא בנספח המצורף.

8.1 מקרה בוחן - בריטניה

בשנת 2022, השיקה ESO - Electricity System Operator for Great Britain מנהל המערכת של אנגליה, את שירות ה-Demand Flexibility Service (DFS), גמישות בצד הביקוש, החדש שלה כדי לספק מנגנון נוסף לתמיכה בביטחון אנרגטי במהלך החורף.

עקב התנודתיות בשוק הגז, שהוחמרה באופן משמעותי כתוצאה מהפלישה הרוסית לאוקראינה מוקדם יותר באותה שנה, גבר החשש מהפסקות חשמל במהלך חורף 2022/23. לכן, בדו"ח תחזית החורף של ESO, הוסיף מנהל המערכת כלי תמיכה חדשים כגון השקת שירותי גמישות הביקוש: Demand Flexibility Services⁵⁵.

מה-1 בנובמבר 2022, התחילו קמפיינים בחסות ה-DFS לעודד צרכנים להפחית את הביקוש במהלך שעות ביקוש ועומס גבוהות, כדי להפחית את העומס על המערכת ולאזן את הרשת.

31 מספקי אנרגיה נרשמו לתוכנית עד מרץ 2023. ביניהם, 14 מספקים שירותים למשקי הבית בלבד, 10 מספקים שירותים לעסקים בלבד, ושבעה מספקים שירותים לשני המגזרים. משקי בית עם מונה חכם או עסקים עם מדידה חצי-שעיתית היו זכאים להירשם לתוכנית ויכלו להירשם דרך המספק שלהם למנגנוני השלה מרצון או דרך אגרגטור המספק שירותי DFS.

תוכנית ה-DFS בבריטניה תוכננה כך ש-ESO, מנהל מערכת החשמל, מודיע למספקי החשמל על זמנים צפויים של עומסי רשת קיצוניים. לאחר מכן, מספקי החשמל פונים ללקוחות שנרשמו לתוכנית באמצעות אימייל, אפליקציה או SMS, והצרכנים יכולים לבחור להפחית את הביקוש מרצון בשעות המוגדרות ולהרוויח על כך תמריץ כלכלי. באנגליה אין קנסות על אי-השתתפות, גם אם הצרכן הצהיר כי יקח חלק באירוע ניהול הביקושים אך המונה לא הראה הפחתת צריכה בפועל.

על מנת להשתתף בכל "אירוע חיסכון", הנרשמים לתוכנית קיבלו התראה של יום מראש על אירוע קרב והתבקשו לסמן האם הם מתכוונים לקחת חלק באירוע או לא. ההתראה ניתנה באפליקציה ובמייל

⁵⁵ [ESO Takes Cautious Action Ahead of Winter to Ensure Security of Electricity Supply | National Energy System Operator. October, 2022](#)

ואירועי החיסכון עצמם נמשכו בין שעה לשעתיים.

להלן דוגמאות לפניה שחברת Octopus שלחה לצרכנים באפליקציה ייעודית ובהודעות אימייל:

1. אימייל הרשמה לשירות גמישות הביקוש.
2. אימייל הודעה על אירוע גמישות ביקושים ספציפי אשר נשלח לפחות יום לפני האירוע, עם אפשרות לסמן האם בכוונתו של הצרכן לקחת חלק באירוע.
3. הודעת תזכורת לאירוע ניהול הביקושים שנשלחת ביום האירוע.

Figure 1: Saving Session sign up email sent before November 2022 and example email-based opt-in notice sent for the November 30 Saving Session alongside the remind email sent on the day of the event.



Source: Jacob, M., Jenkinson, R., Garcia, D. L., Metcalfe, R. D., Schein, A. R., Simpson, C. R., & Yu, L. The Impact of Demand Response on Energy Consumption and Economic Welfare. Centre for Net Zero, UK 2024

במהלך חורף 2022/23, הייתה לשירות DFS השפעה משמעותית ברמת המערכת, והצרכנים הביתיים בלבד, הפחיתו את הביקוש ב-2.9 גיגה וואט-שעה (GWh) בזמני עומס על הרשת, כך לפי דו"ח מ-Center of Net Zero⁵⁶, גוף מחקר ללא מטרת רווח של חברת Octopus Energy, מספקת החשמל הגדולה ביותר בבריטניה.

הפיצוי שהוצע לצרכנים עבור הפחתת ביקוש לחשמל, שנע בין £4 ל-£47 לכל קוט"ש, הוא בין פי 8.7 עד פי 17.4 גבוה יותר ממחיר החשמל הרגיל שעומד על 23 פני לקוט"ש (בהתאם לתעריף היומי המותאם לשעות 22:30-5:30).

[Jacob, M., Jenkinson, R., Garcia, D. L., Metcalfe, R. D., Schein, A. R., Simpson, C. R., & Yu, L. The Impact of Demand Response on Energy Consumption and Economic Welfare. Centre for Net Zero, UK 2024](#) 56

האם אנחנו יכולים להסתמך על צרכנים ביתיים לאיזון הרשת? על פי מה שרואים באנגליה התשובה היא חד משמעית כן!

ממצאים מלקוחות Octopus Energy על שירותי גמישות הביקוש:⁵⁷

בתוכנית ניהול הביקושים Saving Sessions של Octopus Energy בחורף 2022/23, נאספו נתונים מרשימים שהראו את הפוטנציאל של המגזר הביתי בהפחתת הביקוש לחשמל:

1. **השפעת ההזמנה להרשמה לאירוע גמישות בביקוש:** עצם שליחת האימייל אשר מעדכן לקוחות על אירוע גמישות בביקוש קרב ומזמין אותם להשתתף בו, הוביל להפחתת צריכת חשמל בשיעור של כ- 10% במוצאע מהביקוש של כל משק בית, במהלך כל אירוע.

2. **הרשמה להשתתפות באירועי DFS:** נמצא כי עצם ההרשמה להשתתפות באירועי גמישות בביקוש (באופן כללי, ולא לאירוע ספציפי) הפחיתה את הביקוש לחשמל בכ-25% במוצאע לאירוע במהלך אירועי החיסכון Saving Sessions.

3. **אישור מראש של לקוחות על כוונתם לקח חלק באירוע גמישות בביקוש: צרכנים אשר בחרו אקטיבית ("Opt-in") להשתתף באירוע גמישות בביקוש הפחיתו את הביקוש הביתי שלהם לחשמל בכ-40% בהשוואה לצריכה הרגילה שלהם במהלך כל אירוע.**

4. **נתונים כמותיים:** במהלך Saving Sessions, הצליחה Octopus Energy להשיג הפחתה רשמית של 1,642 מגהוואט/שעה לפי גישת ההפרשים (DiD).⁵⁸

5. **הפחתת פליטות:** התוכנית עזרה להבטיח את אמינות ורציפות אספקת החשמל והפחיתה את הצורך בהסתמכות על תחנות כוח פחמיות או חלופות יקרות ומזהמות יותר. במהלך 13 אירועי ניהול הביקושים באנגליה בחורף 2022/23 התוכנית תרמה להפחתת פליטת גזי חממה כמו CO2 ומזהמים נוספים כמו SOx, NOx ו-PM2.5.⁵⁹

תוצאות אלו מצביעות על הפוטנציאל של שירותי גמישות הביקוש במגזר הביתי בשעות השיא להשפיע על צריכת החשמל ולסייע בשמירה על יציבות הרשת, לצד תרומה להפחתת הזיהום והגברת הקיימות ותוך עידוד צרכנים להיות שותפים פעילים בתהליך.

מנהל מערכת החשמל הבריטית (ESO) יישם במהלך חורפי 2022/23 ו-2023/24 תוכנית **Demand Flexibility Service** במטרה לאזן את הרשת בזמני עומס ולהטמיע שירותי גמישות ביקושים באופן רחב. התוכנית כללה שילוב של **אירועי מבחן** (Test Events) ו**אירועים חיים** (Live Events) שבהם נדרשה הפחתת ביקוש ממשית. **אורך האירועים** נע בין 60 ל-120 דקות, בהתאם לצורכי הרשת. התוכנית הצליחה להדגים את הפוטנציאל של גמישות ביקושים לייצוב המערכת בזמני עומס, תוך יצירת מודל לתגובות מהירות והעמקת מעורבות הצרכנים והמספקים.

⁵⁷ [Jacob, M., Jenkinson, R., Garcia, D. L., Metcalfe, R. D., Schein, A. R., Simpson, C. R., & Yu, L. The Impact of Demand Response on Energy Consumption and Economic Welfare. Centre for Net Zero, UK 2024](#)

⁵⁸ [Jacob, M., Jenkinson, R., Garcia, D. L., Metcalfe, R. D., Schein, A. R., Simpson, C. R., & Yu, L. The Impact of Demand Response on Energy Consumption and Economic Welfare. Centre for Net Zero, UK 2024](#)

⁵⁹ [Lempriere, Molly. "Q&A: How Great Britain's 'demand Flexibility Service' Is Cutting Costs and CO2 Emissions." Carbon Brief, 28 Nov. 2023](#)

אירועי גמישות הביקוש בבריטניה מנתוני National Energy System Operator - NESO

קריטריון	חורף 2022/23 ⁶¹	חורף 2023/24 ⁶⁰
מספר צרכנים שנרשמו לתוכנית	1.6 מיליון	2.6 מיליון
צרכנים ביתיים	לפחות 1.4 מיליון צרכנים ביתיים- שהגיעו מחברת Octopus Energy בלבד	2.57 מיליון (99% צרכנים ביתיים)
מספר מספקים שנרשמו לתוכנית	31	48 מספקים נרשמו. עליה של 58% מהחורף הקודם.
הפחתת הביקוש לחשמל בזמן אירועים	3.3 GWh בשני האירועים החיים היתה הפחתה ממוצעת של בין 116 ל 147MWh (ראה פרוט בנספחים)	3.7 GWh בשני האירועים החיים ביחד היתה הפחתה של 300-350 MWh.
הוצאות כוללות	£11 מיליון פאונד	£11.9 מיליון פאונד
מספר אירועים	20 אירועי בדיקה ו-2 אירועים חיים	14 אירועי בדיקה ו-2 אירועים חיים
מחיר ששולם לספקים	בממוצע, שולם MWh/£3,300 לאירועי בדיקה ו- MWh/£4,559 לאירועים חיים. המחיר הגבוה ביותר ששולם היה £6,500 /MWh.	בטווח של 150 עד 3000 פאונד לMWh. בוצע שנוי בתמחור ומעבר למודל שוק. הרחבה בנספח א' ⁶²

נתוני סקר שפורסם על ידי מנהל המערכת הבריטי ESO, שנערך לאחר חורף 2022/23 כחלק מתוכנית ניהול הביקושים (DFS), מספקים תובנות חשובות על מודעות ומוטיבציה של צרכנים ביתיים. הסקר, שהתבסס על חוויותיהם של 1.6 מיליון משתתפים בתוכנית, מצביע על כך שמשקי הבית באנגליה הונעו להשתתף לא רק בשל התגמולים הכספיים, אלא גם בזכות תחושת האחריות והמעורבות הלאומית.

41% מהמשתתפים ציינו כי הם הונעו על ידי האתגר שבהשתתפות בתגובה לאירועי ניהול הביקושים, ו-37% מהמשתתפים הדגישו את החשיבות שראו בתרומתם לאיזון רשת החשמל. בנוסף, 42% מהמשתתפים ראו

⁶⁰ [ESO UK, Demand Flexibility Service: Winter 2023/24 End of Year Report.Jun, 2024](#)
⁶¹ [National Grid ESO \(2024\). Demand Flexibility Service: July 2024 Consultation](#)
⁶² [National Grid ESO \(2024\). Demand Flexibility Service: Overview of Winter 23/24 and What's Next. 22 March 2024](#)

⁶¹ [ESO UK, Demand Flexibility Service: Winter 2022/23 Review. August, 2023](#)
⁶² בחורף 2023/24 הוכנסו שיפורים בתמחור, כשחלק מאירועי המבחן עברו למודל תחרותי שבו הספקים התחרו בהצעות מחיר להפחתת ביקוש, במטרה לשפר את היעילות הכלכלית של התוכנית, להוזיל עלויות ולשמור על רמות הפחתת הביקוש הנדרשות.

בתחושת הסיפוק מההתמודדות עם האתגר את היתרון המרכזי מההשתתפות, בעוד 39% ציינו את התגמול הכספי ו-38% הרגישו שהם חלק ממאמץ לאומי משותף.⁶³

נתונים מלאים ופירוט נוסף על הסקר ותוצאותיו זמינים בנספחי מסמך זה.

לקחים מאנגליה לתוכניות DFS עתידיות

על מנת להבטיח את הצלחתן של תוכניות גמישות בביקוש (DFS) במשקי הבית, יש להתמקד במספר המלצות מרכזיות. ראשית, יש לשפר את היעוץ והנגשת המידע למשקי הבית, כך שיבינו לעומק את האפשרויות והיתרונות של השתתפות בתוכניות אלה. כמו כן, חיוני לנהל תקשורת רחבה וברורה על מטרות ה-DFS והשפעתן ברמה המשקית, ולהבטיח שקיפות מלאה לגבי אופן החישוב של התגמולים והפיצויים עבור המשתתפים בצורה שתאפשר תיאום ציפיות ריאלי ולא תיצור אכזבה מצד הצרכנים על הפיצוי שקיבלו. שיפור התקשורת עם משקי הבית המשתתפים יאפשר קבלת משוב ושמירה על אמון מתמשך בין הצרכנים למנהלי משק החשמל. בנוסף, יש לבנות מנגנוני בטיחות שיגנו על משקי בית פגיעים, כך שיתרונות התוכנית יגיעו לכל השכבות באוכלוסייה באופן הוגן. הערכות משותפתות של תוכניות ה-DFS עם גופים רלוונטיים, כגון רשויות ממשלתיות, חברות חשמל ועמותות חברתיות, תוכל להבטיח שהן יעמדו בציפיות המשתתפים והרגולטור כאחד. מנהל מערכת החשמל בבריטניה, ה- NESO, פועל להרחבת השימוש של תוכניות ניהול ביקושים ובכלל זה תוכניות DFS ומפרסם מידע רב לצרכנים בנושא.⁶⁴

8.2 מקרה בוחן - קליפורניה

בקיץ 2020, בעקבות עומס כבד על רשת החשמל, נציבות השירותים הציבוריים של קליפורניה (California Public Utility Commission - CPUC) הורתה לחברות החשמל לפתח שירותי גמישות הביקוש לעיתות עומס לציבור הרחב. כך נולדה תוכנית החירום להפחתת עומסים (ELRP- Emergency Load Reduction Program), תוכנית פיילוט ל-5 שנים הכוללת מספר תת-תוכניות למגזרים שונים. אחת מהן היא תת-תוכנית A6, המכונה גם PSR - Power Saver Rewards, אשר הושקה ב-2022 ומיועדת ללקוחות ביתיים.

בובינר שערכנו, צוות ההנהלה של שירותי גמישות הביקוש במגזר הביתי הדגישו בפנינו את החשיבות של יצירת מערך רחב ומגוון של תוכניות, המותאמות לצרכים של אוכלוסיות שונות ולמאפיינים מגוונים של צרכנים. מטריה זו חיונית להבטחת השפעה של הפחתת עומסים משמעותית על הרשת ולהבטחת השתתפות רחבה של צרכנים מגוונים.

לדוגמה, בקליפורניה קיימים שירותים שונים לגמישות הביקוש הפונים למגוון רחב של צרכנים ביתיים. בין התוכניות ניתן למצוא:

1. **תעריפי עומס וזמן (Time-of-Use - TOU):** תמרוץ הצרכנים להעביר את השימוש שלהם לשעות שפל בביקוש, על ידי קביעת תעריפים (קבועים) שונים לשעות שונות.

2. **תוכנית התנהגותית עם תעריפים חכמים (SmartRate):** תמרוץ באמצעות תעריפים משתנים לפי

⁶³ [Centre for Sustainable Energy \(2023\). Household Engagement with the Demand Flexibility Service 2022/23: Social Research Report for ESO. July 2023](#)

⁶⁴ מידע [באתר](#) של מנהל מערכת החשמל בבריטניה - NESO, בנושא ניהול ביקושים ושירותי גמישות הביקוש [Demand Flexibility Service \(DFS\) | National Energy System Operator](#)

שעה המעודדים חיסכון בשעות קריטיות.

3. **התראות על מחירים בזמן אמת (Peak Day Alerts):** הודעות בזמן אמת על ימים חריגים ושעות שיא בביקוש שמחוץ לשיגרה המאפשרות לצרכנים להיערך ולצמצם את צריכתם.

4. **טכנולוגיית תגובה אוטומטית ומנגנוני שליטה מרחוק (Automated Response Technology):** מערכות המגיבות באופן אוטומטי לשינויים בביקוש וטכנולוגיות עם אפשרות שליטה מרחוק של כמו תרמוסטטים חכמים או עמדות טעינה חכמות לרכבים חשמליים.

5. **שירות גמישות הביקוש בשעות השיא (Power Saver Rewards):** תוכניות המתגמלות כספית צרכנים המפחיתים צריכה ביוזמתם במהלך אירועי ביקוש שיא על פי קריאה של מנהל המערכת.

6. **תוכנית Flex Alert:** מנגנון התראות לכל הצרכנים בבקשה להפחית ביקושים לחשמל בשל עומסים כבדים על הרשת ושיאי ביקוש אשר מחוץ לשיגרה. התוכנית אינה מספקת תגמול כספי או קנסות.

7. **תרמוסטטים חכמים - תוכנית SmartAC:** הפחתת הביקוש באמצעות מנגנוני שליטה מרחוק בתרמוסטטים חכמים המותקנים בבתי הצרכנים ומקבלים.

8. **רכבים חשמליים:** תוכנית ממוקדת בגמישות הביקוש בטעינת רכבים חשמליים, עם דגש על מנגנוני שליטה מרחוק, במקביל לתעריף שעת - TOU.

תוכניות השלת ביקושים מרצון, כדוגמת **Power Saver Rewards**, הוכיחו את עצמן בקליפורניה ככלי ליצירת שותפות עם הצרכנים ולהגברת מודעותם על צריכת החשמל. תוכניות אלו אינן רק מצמצמות עומסים אלא גם מעודדות התנהגות צרכנית אחראית ומעורבות פעילה, תוך מתן תמריצים כלכליים משתלמים לצרכנים.

בפגישה שערכנו בספטמבר 2024 עם נציגי PG&E, נאמר לנו כי סל שירותי גמישות הביקוש נכלל בחישוב הרזרבות של משק החשמל בתוך ה- 15-17% רזרבות של כושר ייצור מעל שיא הביקוש לשמירה על אמינות הרשת.⁶⁵

תוכנית PSR מתמרצת את הלקוחות להפחית צריכה (השלה מרצון) בתקופות עומסי קיצון, כאשר כל האירועים למגזר הביתי נמשכים עד חמש שעות בשעות השיא (16:00-21:00), בזמנים שרשת החשמל חווה ירידה בייצור אנרגיה מתחדשת ועלייה בביקוש מהמגזר הביתי. התוכנית מופעלת במהלך חודשי הקיץ בלבד (מאי עד אוקטובר). המשתתפים מקבלים התראה על אירוע גמישות הביקוש יום מראש או ביום האירוע, דבר המאפשר גמישות בתגובה וגמישות בהפעלת השירות על ידי מנהל המערכת. התוכנית מתמרצת את הצרכנים להפחית את הצריכה בתקופות עומס קיצוני מבלי להטיל קנסות על אי-השתתפות, דבר המקל על הצטרפות לקוחות לתוכנית. בנוסף, משתתפי התוכנית מתוגמלים רק כאשר הם מפחיתים בפועל את הצריכה בזמן האירועים, ולא על עצם זמינותם לשירות.

בשנים האחרונות הפיצוי עמד על 2 דולר לקוט"ש, אך ב-2024 ירד ל-1 דולר בעקבות היענות גבוהה והעלויות הגבוהות לתפעול התוכנית. תוכנית PSR - Power Saver Rewards עלתה לחברת PG&E כ-55 מיליון דולר בשנת 2022 שבה נקראו הצרכנים להשתתף ב-10 אירועים וזיכוי החשבון הממוצע ללקוחות שהשתתפו בתוכנית היה 35 דולר.⁶⁶

65 [מסמך מסכם מטעם NZO, מרכז השל, על תוכניות ניהול ביקושים בארצות הברית, Demand Response Programs: US, Utilities Share Their Experience, ספטמבר, 2024.](#)

66 [PR Newswire, PG&E Customers to Receive Over \\$55 Million in Bill Credits Through New Incentive Program, Pacific Gas and Electric Company, February, 2023.](#)

תוצאות גמישות הצרכנים הביתיים בקיץ 2022, לקוחות PG&E:

חברת PG&E, אחד מספקי החשמל הגדולים בארה"ב, מספקת חשמל לכ-75% מאוכלוסיית קליפורניה (כ-16 מיליון תושבים). כחלק ממחויבותה לאנרגיה נקייה וצמצום פליטות פחמן, החברה מפעילה שירותי גמישות הביקוש שמטרתם לשמור על יציבות הרשת.

במהלך קיץ 2022, השתתפו 1.6 מיליון לקוחות ביתיים באירועי ניהול הביקושים של PG&E ותרמו להפחתת עומסי החשמל:⁶⁷

הטבלה למטה מסכמת את הפחתות הצריכה מצרכנים ביתיים, שחשבו על ידי השוואה בין הצריכה בפועל ביום האירוע לבין קו בסיס אישי. קו הבסיס נקבע לפי ימים דומים בעבר שבהם לא התקיימו אירועי הפחתת עומס. ההפרש בין הצריכה בפועל לקו הבסיס מייצג את כמות ההפחתה.

- בימי חול נרשמה הפחתה כוללת של **254.1 מגה-וואט (בממוצע 0.17 קילוואט למשתתף)**.
- בסופי שבוע, ההפחתה הייתה נמוכה יותר, עם **85.8 מגה-וואט (בממוצע 0.06 קילוואט למשתתף)**.
- כל משק בית אשר נרשם באופן יזום לתוכנית התמריצים **הפחית בממוצע 10.4% מצריכת החשמל** בהשוואה לצריכה הרגילה שלו ביום דומה.⁶⁸

⁶⁷ [PR Newswire. PG&E Customers to Receive Over \\$55 Million in Bill Credits Through New Incentive Program. Pacific Gas and Electric Company. February, 2023](#)

⁶⁸ [Verdant Associates, LLC \(2023\). PG&E 2022 ELRP \(Emergency Load Reduction Program\) Load Impact Report. CALMAC ID- PGE0486. Final Report. Prepared for Pacific Gas and Electric Company by Ethan Barquest, Collin Elliot, and Jean Shelton. April 2023](#)

פרטים נוספים בנספח של מסמך זה.

הפחתה כוללת של ביקוש בחשמל בכל אירוע גמישות הביקוש: ⁶⁹

Table 3: Aggregate³ Baseline Reductions by Event Day⁴

Event	Reduction (MW)		
	PG&E	SCE	SDG&E ^a
08/17/2022	341.9	516.5	116.0
09/01/2022	170.3	495.5	-10.8
09/02/2022	383.0	651.0	-11.4
09/03/2022	263.8	79.6	-185.0
09/04/2022	112.4	173.8	-142.0
09/05/2022	-118.8	-242.0	-167.2
09/06/2022	109.8	551.0	-30.2
09/07/2022	254.0	570.8	-95.2
09/08/2022	93.6	575.5	11.3
09/09/2022	426.3	1592.5	211.1
Average Event	203.6	496.4	-30.3
Average Weekday Event	254.1	707.5	27.3
Average Weekend Event	85.8	3.8	-164.7

^a SDG&E baseline does not include a day-of baseline adjustment. Therefore the baseline often understates load by relying fully on days leading up to the event. These days are cooler than actual event days. A baseline that underestimates load can lead to negative savings.

Source: Demand Side Analytics, 2023, Statewide Residential Emergency Load Reduction Program: Baseline Evaluation Report

ניתן לראות שתוצאות התוכנית היו מעורבות: למרות התמריצים הכספיים, היו מקרים בהם צריכת החשמל דווקא עלתה במהלך האירועים. אחד ההסברים הוא שחלק מהמשתתפים חוו "עייפות מאירועים", מה שהוביל לירידה במעורבותם. ⁷⁰

בקיץ 2022 התקיימו 10 אירועי PSR, אך בשנים 2023 ו-2024 לא היו אירועי גמישות ביקושים במסגרת שירות גמישות הביקוש בשעות השיא. זאת בשל זמינות גבוהה של חשמל ממקורות הידרו-אלקטריים, הודות לתנאים טבעיים נוחים כמו משקעים רבים וזרימת מים חזקה, שאפשרו אספקת חשמל נקי ויציב ללא עומס יתר על המערכת.

⁶⁹ Demand Side Analytics, LLC Demand Side Analysis Report: Statewide Residential Emergency Load Reduction Program Baseline Evaluation. Prepared for Pacific Gas & Electric, Southern California Edison, and San Diego Gas & Electric. January 2023

⁷⁰ הסבר על הטבלה: פערי ביצועים בין חברות בתוכנית ניהול הביקושים: משיחות שניהלנו עם מנהלי תוכניות ניהול הביקושים עולה כי חברת SDG&E - San Diego Gas & Electric לא השקיעה בקידום תוכניות ניהול הביקושים במגזר הביתי, על אף שקיבלה תקציבים ייעודיים לכך מ-CAISO - California Independent System Operator.

למעשה, החברה לא פעלה ליידע את הציבור הרחב על התוכנית ולא דחפה להשתתפות פעילה של הלקוחות הביתיים. במקרים רבים, הלקוחות לא היו מודעים כלל לאפשרות להשתתף בתוכנית או לתמריצים הכלכליים שהוצעו להם. כתוצאה מכך, SDG&E לא הצליחה להפיק תוצאות משמעותיות בתוכנית ניהול הביקושים, בניגוד לחברות אחרות כמו PG&E או SCE, שהשקיעו יותר בהנגשת התוכניות לציבור ובקידום השתתפות יזומה.

השפעת אופן ההרשמה על התוצאות:⁷¹

1. משתתפים שנרשמו **מיוזמתם** מפחיתים משמעותית יותר את צריכת החשמל שלהם, מכיוון שהם מונעים על ידי **מוטיבציה כלכלית ברורה** ומודעות גבוהה לתמריצים.

1. לעומת זאת, משתתפים שנרשמו **באופן אוטומטי**, כגון לקוחות בעלי הכנסות נמוכות (FERA-CARE), מפחיתים פחות, ורוב הפחתתם נובעת מהתראות לכלל הציבור (בין אם נרשמו לתוכנית תגמולים או לא) כמו, Flex Alerts, ולא דווקא מתוך הבנה של התוכנית או הרצון לקבל תגמולים.

1. על אף שכל משתתף שנרשם אוטומטית תורם פחות להפחתת צריכה בהשוואה ללקוחות שנרשמו יזומה, המספר הגדול של משתתפים אוטומטיים מייצר תרומה כוללת גבוהה יותר להפחתת עומסים ברשת (לדוגמה, 53 MWh לשעה בקבוצה זו).⁷²

האתגרים שהתגלו, במיוחד בקרב הצרכנים הביתיים, מדגישים את המורכבות שבתוכניות מבוססות שיתוף פעולה רצוני. עם זאת, **זו רק תחילתה של התפתחות תוכניות לניהול הביקושים, כשהמגמה בקליפורניה עוברת לשימוש במנגנוני שליטה מרחוק כדי להבטיח יעילות גבוהה יותר בשנים הבאות שמצמצמת מעורבות צרכנים וולונטרית.**

כיום, PG&E עוברת לשלב הבא בתוכניות ניהול הביקושים עם פיתוח תוכנית Automated Response Technology, המיועדת לניהול עומסים באמצעות טכנולוגיות בית חכם. תוכנית זו תאפשר ללקוחות לנצל את המכשירים החכמים שלהם – תרמוסטטים חכמים, משאבות חום, מטענים לרכבים חשמליים ואגירה – כדי לנהל את צריכת החשמל שלהם בצורה אוטומטית ומדויקת. המטרה היא להפחית את הביקוש בשעות שיא העומס, שבהן עלויות הייצור גבוהות במיוחד, ובכך לחסוך ללקוחות בעלויות, לתרום ליציבות הרשת, ולצמצום פליטות הפחמן. המהלך הזה מדגיש את הצורך בהסתמכות הולכת וגוברת על טכנולוגיות מתקדמות ואוטומטיות ככלי מרכזי בשירותי גמישות הביקוש ובדרך ליצירת משק חשמל גמיש ובר-קיימא.

מסקנות מקליפורניה:

1. העברת ההחלטה לצרכנים: הרשמה אוטומטית יכולה להוריד חסמים ראשוניים להשתתפות, במיוחד בקרב אוכלוסיות מוחלשות. עם זאת, המשתתפים שנרשמו ביוזמתם לתוכנית הציגו הפחתה משמעותית יותר לכל משק בית. לכן, יש לשים דגש רב על **עידוד הרשמה יזומה** בקרב כלל האוכלוסייה על ידי הדגשת התמריצים הכלכליים ויצירת מודעות גבוהה לתוכנית. ניתן לעשות זאת באמצעות קמפיינים ייעודיים ושיפור הנגשת המידע על התגמולים.

2. תמריצים ללא קנסות: התוכנית בקליפורניה התבססה על מתן תמריצים כלכליים ללא מתן קנסות על אי-הפחתה, מה שיצר תחושת ביטחון אצל המשתתפים. המודל הזה יכול לעבוד היטב בישראל, ולעודד השתתפות נרחבת בשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא, ללא חשש מהפסדים מצד הלקוח.

3. שילוב התראות ציבוריות: השימוש ב-Flex Alerts בקליפורניה תרם להפחתת הביקוש, ולכן יש לשקול בישראל מנגנונים דומים של קריאות לציבור הרחב להפחתת צריכה בשעות קריטיות, במקביל

71 פירוט נוסף ונתונים בנושא ניתן למצוא בנספח.

72 [Verdant Associates, LLC \(2023\). PG&E 2022 ELRP \(Emergency Load Reduction Program\) Load Impact Report. CALMAC ID- PGE0486. Final Report. Prepared for Pacific Gas and Electric Company by Ethan Barquest, Collin Elliot, and Jean Shelton. April 2023](#)

4. שילוב מגוון רחב של תוכניות, כמו אלו המיושמות בקליפורניה, מוכיח כי מערך רב-שכבתי המותאם לאוכלוסיות ולמגזרים שונים הוא המפתח למקסום הפחתת הביקושים ולהבטחת יציבות מערכת החשמל בטווח הקצר והארוך.

בישראל, עם כניסת המונים החכמים, ניתן ליישם מודל דומה ל-PSR באופן המותאם לצרכים המקומיים. מסמך זה מתמקד בתוכניות מסוג זה מתוך אמונה שהן מציעות פתרון בר-קיימא להפחתת הביקושים בשעות השיא, תוך יצירת איזון בין הצרכים של משקי הבית והאתגרים של רשת החשמל.

8.3 תוכנית שליטה מרחוק בתרמוסטטים חכמים בקליפורניה -

SmartAC

בקליפורניה, ההשקעה בטכנולוגיות שליטה מרחוק ובשירותי גמישות הביקוש הולכת וגדלה, עם מימון שמגיע בעיקר מתשלומי הצרכנים דרך חשבונות החשמל (Ratepayer Contributions) ותחת רגולציה של ועדת השירותים הציבוריים של קליפורניה (CPUC).⁷³ ההשקעה מממנת תוכניות כגון קרנות להתייעלות אנרגטית ושירותי גמישות הביקוש. מספקי חשמל פרטיים, דוגמת PG&E, אחראים ליישום התוכניות ולהנגשת טכנולוגיות חכמות לצרכנים הביתיים. **תרמוסטט חכם** הוא דוגמה בולטת לכך – מכשיר שמחליף את התרמוסטט המסורתי ומציע שליטה מרחוק במערכות החימום והקירור בבית. החיבור לרשת ה-Wi-Fi מאפשר לתרמוסטט החכם להתחבר לאפליקציה ייעודית בטלפון הנייד, כך שהמשתמש יכול לשלוט במערכת מכל מקום, בכל זמן, ולהתאים את הטמפרטורה לרצונותיו. התרמוסטט החכם לומד את דפוסי השימוש וההעדפות של הצרכן: הוא מזהה מתי הבית ריק ומוריד אוטומטית את החימום או הקירור, ובכך מונע בזבז אנרגיה. באמצעות תכונות אלו, מכשירים כמו Nest Thermostat מצליחים להוזיל בממוצע כ-10%-12% מעלויות החימום וכ-15% מעלויות הקירור.⁷⁴ עם תמיכה בממשקים קוליים, כמו Google Assistant ו-Alexa, ניתן אפילו להפעיל את התרמוסטט באמצעות פקודות קוליות, מה שהופך את החוויה לנוחה במיוחד.

תרמוסטטים חכמים, כמו Nest ו-Ecobee, משתלבים בתוכנית SmartAC של חברת PG&E בקליפורניה כדי לנהל את ביקושי החשמל בשעות השיא. התרמוסטט מתקשר עם מערכת המיזוג באמצעות חיבור קווי או אלחוטי, על ידי מתן אותות ישירים למזגן לשנות את הטמפרטורה מעט או להתאים את עוצמת הפעולה לפי הצורך.

באמצעות חיבור לאינטרנט, התרמוסטטים מקבלים פקודות מרחוק מאגרגטור, המורות להם לבצע התאמות כדי להפחית את צריכת החשמל. תהליך זה מתבצע באופן אוטומטי, והצרכנים יכולים לבחור להשתתף בתוכנית ולקבל תמריצים כספיים עבור השתתפותם.

משיחות שקיימנו עם מספקי חשמל שונים, ובהם BG&E, למדנו כי שירות גמישות הביקוש באמצעות תרמוסטטים חכמים מתוכננים בצורה שתספק נוחות מירבית ללקוחות. לדוגמה, השינוי בטמפרטורת המזגן במהלך אירועי שיא הביקוש מוגבלות לעד 4 מעלות לפרקי זמן קצרים של עד 4 שעות. בשנים האחרונות נרשם מעבר לאסטרטגיית ניהול עומסים גמישה יותר, שבה ההתאמות קטנות יותר – למשל 2 מעלות –

⁷³ California Public Utilities Commission (n.d.). Energy Efficiency. California Public Utilities Commission. 2024.

⁷⁴ Google Store (2024). Nest Thermostat: Turn Up Your Savings

ומתרחשות בתדירות גבוהה יותר לאורך הקיץ.⁷⁵ בנוסף, ללקוחות יש גמישות רבה: הם יכולים לבחור שלא להשתתף באירועים מסוימים ואף לבצע עקיפה (override) של השינויים אם ירצו בכך. גישה זו מבטיחה איזון בין יציבות הרשת לנוחות הצרכנים.⁷⁶

במסגרת תוכנית התרמוסטטים החכמים בקליפורניה, מספק החשמל מציע לצרכנים תמריצים כספיים בתמורה למתן אפשרות שליטה מרחוק בתרמוסטט החכם שלו. לדוגמה, בימים חמים במיוחד, כאשר הביקוש לחשמל עולה בצורה חדה, חברת החשמל מכריזה על אירוע גמישות הביקוש. בעת אירוע כזה, בזכות השליטה מרחוק בתרמוסטט, ניתן לווסת את צריכת החשמל של המזגנים בצורה שתשמור על נוחיות הצרכנים תוך הפחתת העומס על רשת החשמל.⁷⁷

כיום, לתוכנית יש כבר מעל 100,000 צרכנים ביתיים רשומים בקליפורניה. כל משתתף בתוכנית מקבל סבסוד רכישה של \$75 אם ברשותו כבר תרמוסטט חכם, או \$120 לרכישת תרמוסטט חדש. בנוסף, **הצרכנים מקבלים תמריץ שנתי קבוע של \$25 על זמינותם לתוכנית ומתן השליטה מרחוק**, ללא קשר למספר אירועי ניהול הביקושים המתרחשים בפועל וללא קנסות. מודל פשוט זה מובן וקל לצרכנים, מה שתורם להגדלת מספר הנרשמים. לדברי וונדי ברומר, מנהלת התוכנית בחברת PG&E, ככל שהמבנה של התוכנית פשוט יותר להבנה ולחישוב, כך משתתפים בה יותר צרכנים.⁷⁸

תוצאות תוכנית SmartAC של PG&E מקיץ 2023:⁷⁹

תוכנית SmartAC הינה בעלת אפקטיביות גבוהה. מחקר בקרב 100 אלף תרמוסטטים פעילים הראה על הפחתה ממוצעת של 25% בביקוש עם שיעור הפחתה מרבי של 35.9% בשעה הראשונה של האירוע החם ביותר.

⁷⁵ מסמך מסכם מטעם NZO, מרכז השל, על תוכניות ניהול ביקושים בארצות הברית, Demand Response Programs: US

⁷⁶ Utilities Share Their Experience, ספטמבר, 2024.

⁷⁷ [Enroll My Thermostat in BGE's Connected Rewards Program](#)

⁷⁸ Demand Side Analytics, LLC (2024). 2022-2023 Load Impact Evaluation of Pacific Gas and Electric's Smart

⁷⁹ [Thermostat Control Pilot: Draft Report. CALMAC ID: PGE0498.01. Prepared for Pacific Gas & Electric. May 2024](#)

⁷⁸ [SmartAC program PG&E](#)

⁷⁹ Demand Side Analytics, LLC (2024). 2022-2023 Load Impact Evaluation of Pacific Gas and Electric's Smart

[Thermostat Control Pilot. Prepared for Pacific Gas & Electric. May 2024](#)

Table 2: 2023 DR Events and Per Site Impacts (kW)

Date	Event Hours	Event hours Avg. Temp	Max Temp (Participant weighted)	Dispatched Sites	Hourly Impacts (kW)				Event Average				
					Hour 1	Hour 2	Hour 3	Hour 4	Reference Load (Baseline)	Impact	% Impact	se	t
06/30/2023	16:00 to 17:00	99.6	99.6	14,119	0.73				2.03	0.73	35.9%	0.018	40.96
06/30/2023	17:00 to 18:00	82.0	82.0	26,708	0.44				1.44	0.44	30.9%	0.012	37.28
06/30/2023	18:00 to 19:00	92.4	92.4	6,075	0.70				2.32	0.70	30.3%	0.032	21.85
06/30/2023	19:00 to 20:00	82.7	82.7	24,224	0.69				2.23	0.69	31.1%	0.016	43.21
07/15/2023	16:00 to 19:00	99.5	100.7	43,000	0.82	0.59	0.41		2.50	0.61	24.3%	0.011	53.21
07/17/2023	17:00 to 19:00	101.3	102.1	11,817	1.10	0.65			3.28	0.87	26.6%	0.022	39.51
08/15/2023	16:00 to 18:00	100.5	100.8	14,472	1.09	0.76			2.87	0.92	32.1%	0.019	48.84
08/15/2023	17:00 to 19:00	104.2	104.7	7,694	1.15	0.60			3.40	0.88	25.8%	0.025	34.84
08/16/2023	16:00 to 20:00	98.8	101.4	5,615	0.96	0.59	0.39	0.29	2.94	0.56	19.0%	0.028	19.97
08/16/2023	17:00 to 20:00	100.7	102.6	13,878	1.24	0.79	0.43		3.30	0.82	24.8%	0.020	41.23
08/16/2023	18:00 to 20:00	80.5	82.4	54,248	0.67	0.37			2.13	0.52	24.4%	0.009	57.95
08/16/2023	19:00 to 20:00	102.0	102.0	2,936	1.11				3.23	1.11	34.2%	0.037	29.56
08/23/2023	17:00 to 19:00	91.6	93.4	2,326	0.59	0.29			2.27	0.44	19.4%	0.046	9.62
10/05/2023	17:00 to 19:00	81.5	82.7	32,035	0.45	0.28			1.52	0.36	24.0%	0.011	34.27
10/06/2023	17:00 to 19:00	81.7	83.1	29,747	0.55	0.36			1.73	0.46	26.4%	0.012	38.41
10/19/2023	17:00 to 19:00	78.0	79.5	30,420	0.36	0.25			1.36	0.30	22.2%	0.009	32.64
Average		92.3	93.3	19,957	0.69	0.45	0.41	0.29	2.23	0.57	25.5%	0.023	24.74

Source: Demand Side Analytics, LLC (2024). 2022-2023 Load Impact Evaluation of Pacific Gas and Electric's Smart Thermostat Control Pilot. Prepared for Pacific Gas & Electric. Authors: Josh Bode, Parker Gauthier, Patrik Karlovic, Hal Gordon, Ph.D. (Demand Side Analytics Team) and Wendy Brummer, Katrina Wu, Alex Bruck, Aaron Kendall, Ezana Kemmer, Dillon Pan (PG&E Team). May 2024.⁸⁰

התראה לצרכנים על אירוע גמישות בביקוש

לקוחות המשתתפים בתוכנית יכולים לצפות להודעה על אירועי גמישות הביקוש באתר PG&E ובאתר התוכנית, המפורסמת עד השעה 11:00 בבוקר ביום האירוע. עם זאת, **לא נשלחת הודעה ישירה ללקוחות באמצעות דוא"ל, הודעות טקסט או שיחות טלפון** על כל אירוע בנפרד. ברוב המקרים, השינויים בטמפרטורה קלים כל כך שהמשתתפים אינם מבחינים בהם.

השפעה על הצרכן

ברוב המקרים, הפעלת התרמוסטט החכם מובילה לעלייה הדרגתית של 1-3 מעלות בטמפרטורת הבית, בהתאם למבנה הבית, כך **שהשפעת השינוי לרוב אינה מורגשת ואינה פוגעת בנוחות הצרכן. במידה והפעלת התרמוסטט מתבצעת בזמן לא נוח לצרכן, הוא יכול לבחור לבטל את השתתפותו באירוע מסוים.**

יתרונות עיקריים

1. **תמיכה טכנית חנימית:** המשתתפים בתוכנית זכאים לתמיכה טכנית חנימית למערכת המיזוג שלהם, כולל בדיקה ואבחון בעיות הקשורות לתרמוסטט החכם.
2. **תרומה לסביבה:** צמצום השימוש במזגנים בשעות השיא מפחית את הצורך בייצור חשמל מתחנות

⁸⁰ Demand Side Analytics, LLC (2024). 2022-2023 Load Impact Evaluation of Pacific Gas and Electric's Smart Thermostat Control Pilot. Prepared for Pacific Gas & Electric. May 2024

כוח מבוססות דלקים פוסיליים, ובכך תורם להפחתת פליטות גזי חממה ולשיפור איכות האוויר.

3. **גמישות עבור הצרכנים:** משתתפים יכולים לבחור לבטל את השתתפותם באירוע מסוים ללא קנס על ידי פנייה למוקד שירות ייעודי.

שיתוף פעולה עם מספקים פרטיים

חברות פרטיות המספקות תרמוסטטים חכמים, כגון Nest, Ecobee, Honeywell, ו-Emerson, הן שמספקות את המוצרים לצרכנים. PG&E לא מתקשרים ישירות עם חברות אלו ו PG&E אף אינם אחראים על השליטה בתרמוסטטים. במקום זאת, חברת Uplight מתווכת בין PG&E לחברות התרמוסטטים החכמים.⁸¹

במדינות רבות בארצות הברית ישנם שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא למגזר הביתי, המבוססים על טכנולוגיות שליטה מרחוק המסייעות לשמור על יציבות רשת החשמל בשעות של עומסים גבוהים במיוחד. התוכניות הפופולריות ביותר כוללות שליטה מרחוק בתרמוסטטים חכמים ובמטענים לרכבים חשמליים, המאפשרות ויסות של צריכת החשמל באופן דינמי.

במסמכים הבאים יוצגו נתונים מפורטים על השפעת תוכניות השליטה מרחוק על הצרכנים הביתיים ועל תרומתן לייצוב רשת החשמל, כולל נתוני הפחתת צריכה ואפקטיביות כלכלית.

בקליפורניה, פועלים כעת על תוכנית רחבת היקף בשם **ART - Automated Response Technology** Program, שמטרתה להרחיב את יכולות ניהול הביקושים במגזר הביתי. תוכנית זו תכלול שליטה מרחוק במגוון טכנולוגיות. השאיפה היא לאפשר שירותי גמישות הביקוש באופן יעיל ושקוף, המתרחש ברקע וללא צורך במעורבות מצד הצרכנים.⁸²

⁸¹ [Uplight | Clean Energy Solutions for a Decarbonized Grid](#)

⁸² [\(PG&E, ART \(Automated Response Technology Program](#)

9. האם תעו"ז לבד מספיק למשק הביתי?

תמחור שעות של תעריף החשמל, תעו"ז (Time of Use - TOU), אשר גובה תעריפים שונים אך קבועים עבור שימוש בחשמל בשעות השיא והשפל, הוא כלי שימושי להשפעה על התנהגות הצרכנים והפחתת הביקוש משעות השיא הרגילות תוך יצירת שינויים שבשגרה. עם זאת, **תעריפי TOU הינם בעלי השפעה נמוכה ומוגבלת על הביקוש בשעות שיאי הביקוש הגבוהות ביותר בשנה ושיאי ביקוש שמחוץ לשיגרה.**

בנוסף, **התעו"ז יכול להביא לתפיחת חשבון החשמל של צרכנים מסוימים בזמן ששירותי גמישות הביקוש בשעות השיא אינה מהווה איום כזה.** צרכנים שאינם גמישים ואינם מסוגלים להעביר את צריכת האנרגיה שלהם לשעות שפל, עלולים לשלם תעריפים גבוהים יותר בשעות ביקוש גבוהות, וכתוצאה מכך יגדלו עלויות החשמל שלהם.⁸³ בשירות גמישות הביקוש בשעות השיא, הצרכנים אינם מסתכנים בהפסד כספי, שכן אין קנסות על אי-השתתפות באירועים. כתוצאה מכך, חשבון החשמל שלהם יכול רק לרדת כאשר הם מפחיתים את הצריכה באופן וולונטרי או בעזרת טכנולוגיות מתקדמות בשעות השיא המבוקשות.

במחקר אקדמי מאנגליה, "Investigating UK consumers' heterogeneous engagement in demand-side response" (חקירת מעורבות מגוונת של צרכנים בבריטניה בתגובת צד הביקוש), שנכתב על ידי פיי-האו לי, אילקה קפו, מריה כסניטידו ומריה קמרגיאני, מצוין כי לתעריפי תעו"ז (Time-of-Use) השפעה מוגבלת בניהול הביקוש בשעות השיא הגבוהות ביותר בשנה: בעוד שתעריפי תעו"ז יכולים להשפיע על התנהגות הצרכנים, השפעתם עשויה להיות מוגבלת, במיוחד במצבים בהם נדרש תמחור מדויק יותר או כאשר הצרכנים אינם מוכנים לשנות באופן משמעותי את דפוסי צריכת האנרגיה שלהם. לדוגמה, המחקר מציין שתעריפי תעו"ז סטטיים, שבהם נקבעים מחירים לפי פרקי זמן מוגדרים מראש, עשויים להיות לא יעילים בעידוד הצרכנים להסיט את הביקוש שלהם לאנרגיה כמו מודלים של תמחור דינמי יותר.⁸⁴

המחקר האקדמי מצביע על כך ש-**DLC (Direct Load Control)**, המאפשר שליטה אוטומטית במכשירי חשמל כמו מזגנים ודודי מים באמצעות רשת חכמה, מהווה כלי אפקטיבי יותר להפחתת עומסים קיצוניים בהשוואה לתעריפי תעו"ז (Time-of-Use, TOU). בניגוד לתעריפי TOU, המתבססים על תמחור לפי שעות קבועות במהלך היום, ל-DLC יתרון בכך שהוא אינו מצריך התערבות ישירה מהצרכנים, מה שמאפשר תגובה מהירה ויעילה יותר לביקושים בשעות עומס.

החוקרים מציינים כי תעריפי TOU נחשבים מוגבלים ביכולתם להשפיע על דפוסי הצריכה בזמן אמת, שכן הם מתבססים על מחזורי שעות שאינם משקפים את התנאים המדויקים של הרשת בכל רגע נתון:

"..time-based retail rates (like TOU-time of use and CPP-critical peak pricing) might have less potential as the granularity in the prices of these programmes is usually not sufficient to affect consumers' electricity consumption to reflect detailed system conditions."

במקום זאת, תוכניות כמו DLC מספקות פתרון יעיל המותאם לתנאי המערכת, על ידי שליטה אוטומטית במכשירי החשמל באופן שמונע עומס יתר מבלי להטריד את הצרכן:

83 [FranklinWH. Understanding Time of Use \(TOU\) Rates: What You Need to Know. May 2024](#)

84 [Li, P.-H., Keppo, I., Xenitidou, M., & Kamargianni, M. \(2020\). Investigating UK consumers' heterogeneous engagement in demand-side response. Energy Efficiency, 13\(3\), 621–648. \(pages 630-631\)](#)

" Direct load control (DLC) programmes can control appliances, such as air conditioners and water heaters, via smart grid automatically, without consumers' direct interventions. "

היתרון המרכזי של DLC, לפי המחקר, הוא ביכולתו לתמוך ביציבות הרשת בזמן אמת בשעות שיא קיצוץ ניות, ללא תלות במעורבות פעילה מצד הצרכנים, מה שהופך אותו לאמצעי אמין ויעיל יותר להורדת עומסי חשמל כבדים בהשוואה ל-TOU.

למרות שהמאמר מציין שתעריפי תע"ז יכולים לשמש ככלי שימושי לניהול ביקושים, הוא מדגיש את מגב' לותיהם, במיוחד בתקופות של שיאי ביקוש. המאמר מדגיש את היתרונות בשירותי גמישות הביקוש במגזר הביתי באמצעות שליטה מרחוק במכשירים חשמליים. כפי שמצוין במסמך זה, **אנו רואים בשירותי השלת הביקושים בשעות השיא למגזר הביתי הביתי תנאי מקדים חשוב לבניית מערכת יחסים של אמון עם הצרכנים ולהגברת מודעותם, צעד שמאפשר קידום מנגנוני שליטה מרחוק בביתם כחלק מפתרונות ניהול הביקושים.**

מחקר על תע"ז בארצות הברית: המחקר "A Survey of Residential Time-Of-Use (TOU) Rates" - סקר תעריפי תע"ז (Time-Of-Use) לצרכנים ביתיים מאת אחמד פארוקי, ריאן הלדיק, וסנאם סרג'יצ'י, שנערך על ידי The Brattle Group מספק סקירה מקיפה של יישום ויעילות תעריפי תע"ז בארצות הברית. הממצאים המרכזיים הנוגעים להשפעה המוגבלת של תעריפי תע"ז בתקופות של ביקוש שיא כוללים:⁸⁵

1. השתתפות מוגבלת והשפעה מצומצמת: המחקר מגלה ש-14% מהחברות המספקות חשמל בארה"ב מציעות תעריפי תע"ז למגזר הביתי, אך רק כ-3% מהלקוחות הזכאים משתתפים במסלולים המוצעים. שיעור השתתפות נמוך זה מגביל את היעילות הכוללת של תעריפי תע"ז בהפחתת ביקוש בשעות השיא.

2. אתגרים במהלך שיאי ביקוש קיצוניים: הסקר מצא כי למרות שהלקוחות מגיבים לתמחור תע"ז על ידי השלה חלקית מהביקוש בשעות השיא, כמות העומס שהוסטה בדרך כלל צנועה. הדבר נכון במיוחד במקרים בהם ההבדל במחירים בין שעות השיא לשעות השפל אינו מספיק כדי להניע שינויים התנהגו תיים משמעותיים. הדבר מרמז כי תעריפי תע"ז עשויים שלא לספק גמישות מספקת בביקושים במהלך שעות העומס הקיצוניות בשנה, כמו בגלי חום או בקור קיצוני, כאשר הלקוחות מעדיפים נוחות על פני חיסכון בעלויות. לכן, **ייתכן שיהיה צורך לשלב את התע"ז עם מודלים דינמיים יותר כמו שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא** כדי להפחית את העומסים בשעות שיא קיצוניות בצורה יעילה יותר.

" As the price ratio (between peak and off peak) increases, customers shift usage in greater amounts, but at a declining rate –When offered with enabling technology, the effect is stronger "

כאשר ההבדל בין תעריפי החשמל בשעות השיא לבין תעריפי השפל גדל, הצרכנים נוטים יותר להעביר את השימוש שלהם לשעות השפל כדי לחסוך בעלויות. כלומר, ככל שהפער בתעריפים גדל, כך עולה המוטיב' ציה של הצרכנים לשנות את דפוסי הצריכה שלהם. עם זאת, בשלב מסוים, אפקט זה נחלש: העלאה נוספת של הפער בתעריפים לא תוביל לשינוי משמעותי נוסף בצריכה.

⁸⁵ Faruqui, Ahmad, Hledik, Ryan, & Sergici, Sanem. (2019). A Survey of Residential Time-Of-Use (TOU) Rates. The Brattle Group. November 12, 2019.

בנוסף, המחקר מציין כי כאשר לצרכנים יש גישה לטכנולוגיות תומכות, כמו תרמוסטטים חכמים או מכשירים עם שליטה מרחוק, האפקט מוגבר. הטכנולוגיות הללו מסייעות לצרכנים להגיב לשינויים בתעריפים בצורה נוחה ומדויקת יותר, מה שמגדיל את יכולתם להקטין את השימוש בשעות השיא ולהעבירו לשעות השפל.

מחקר על תעו"ז בקליפורניה⁸⁶: מחקר אקדמי **The California Demand Response Potential Study** - פוטנציאל התגובה לשירותי ניהול ביקושים בקליפורניה שבוצע על ידי Lawrence Berkeley National Laboratory מצביע על כך שלתעו"ז יש השפעה מוגבלת על השללת עומסים בשעות ביקוש שיא שמחוץ לשיגרה. הדו"ח מגלה כי למרות שהתעו"ז יכול להשפיע על התנהגות הלקוחות, ההשפעה הכוללת על הסטת עומסים היא קטנה. המחקר מציין כי על מנת להשיג השללת עומסים משמעותית בשעות קריטיות, יש צורך בשיירות נוספות של גמישות הביקוש שמסוגלים לספק גמישות גדולה יותר ותגובה לאותות מהרשת בזמן אמת.

"In this study we computed the load shifting impacts from a forecasted customer response to currently planned TOU rates, and we found that the resource thus captured was quite small."

השפעה מיידית לעומת שינוי התנהגותי ארוך טווח:

תעריפי תעו"ז (Time-of-Use, TOU) הם כלי רב-עוצמה ליצירת שינוי ארוך טווח בדפוסי צריכת החשמל, שכן הם מעודדים צרכנים להסיט את צריכתם לשעות שבהן התעריפים נמוכים והייצור מאנרגיות מתחדשות גבוה. אולם, בעוד שתעריפי תעו"ז מסייעים בעיצוב הרגלי הצריכה השגרתיים, הם אינם מספיקים בזמני שיא קיצוניים או במצבי חירום, כמו תקלות בתחנות כוח או עומסי יתר הנגרמים על ידי תנאי מזג אוויר קיצוניים. במצבים אלו, שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא מסוג **Shed**, המציעים תמריצים מידיים לצרכנים, הם בעלי פוטנציאל גבוה יותר להפחתת עומסים בזמן אמת ושמירה על יציבות הרשת.

בישראל, האתגרים בשעות השיא, במיוחד בערבי החורף הקרים, דורשים מענה מהיר ויעיל. תעריפי תעו"ז אכן יכולים לעודד שינויי התנהגות בטווח הארוך, אך תוכניות Shed מספקות מענה מידי בשעות הקריטיות. תוכניות אלו מעודדות מעורבות פעילה של הצרכנים על ידי תמריצים כלכליים ברורים להפחתת צריכה בשעות שיא, ומבטיחות שיתוף פעולה אפקטיבי להורדת עומסים מבלי לפגוע באיכות החיים של המשתתפים.

בנוסף, תעריפי תעו"ז עלולים להעלות את חשבון החשמל לצרכנים שאינם גמישים בצריכתם ובכך להגביר סייגים חברתיים (לדוגמה - פגיעה בשכבות אוכלוסיה מוחלשות כמו קשישים) שאין לדעת מתי יפתרו. בעוד ששירותי גמישות הביקוש בשעות השיא מציע רק יתרון כלכלי לצרכנים, שכן הוא מאפשרת פיצוי על השללת עומסים זמנית וממוקדת. **תעריפי תעו"ז עשויים להוות כלי משלים לשילוב שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא וליצור איזון בין פתרונות קצרי טווח שמפחיתים עומסים מידיים לבין שינוי התנהגותי ארוך טווח, התורם לרשת חשמל יציבה, נקייה ויעילה.**

Gerke, B. F., Gallo, G., Smith, S. J., Liu, J., Alstone, P., Raghavan, S., Schwartz, P., Piette, M. A., Yin, R., & Stensson, S. (2020). The California Demand Response Potential Study, Phase 3: Final Report on the Shift Resource through 2030. Lawrence Berkeley National Laboratory. July 14, 2020. DOI: 10.20357/B7MS40

נכון להיום, תעריפי עומס וזמן בישראל מיועדים אך ורק לצרכנים גדולים עם צריכה של 40,000 קוט"ש ומעלה בשנה,⁸⁷ לשם השוואה, צריכה ביתית ממוצעת היא כ-10,836 קוט"ש בשנה.⁸⁸ **כניסת המונים החכמים יוצרת הזדמנות להרחיב את התעריפים גם למגזר הביתי ולעודד שינוי התנהגותי בקרב משקי הבית. עם זאת, אחד המכשולים המרכזיים ביישום נרחב של תעריפי תעו"ז הוא החשש מהתייקרות חשבון החשמל בקרב צרכנים ביתיים.**⁸⁹ **שירות גמישות הביקוש, שתוכנן במיוחד לטיפול בעומסים בשעות השיא הקרי-טיות על ידי תקשורת עם הצרכנים ומתן תמריצים על הפחתה, יכול להבטיח שחשבון החשמל לא יעלה – ובכך להסיר חשש זה.**⁹⁰

בנוסף, התקדמות הטכנולוגיה בשנים האחרונות, כמו חיבור לאינטרנט ושימוש בטלפונים חכמים, מספקת לצרכנים כלים נגישים ונוחים לתכנון מוקדם של צריכת החשמל. כלים אלה מאפשרים להגיב לשינויים במחירי החשמל ובדרישות הרשת בצורה יעילה, ומגבירים את היכולת לנהל את הביקושים באופן מושכל.

לכן, כאשר המטרה היא שינוי התנהגותי רחב היקף בקרב הצרכנים, **שירות גמישות הביקוש, המתמקד ב-10-12 אירועי ביקוש שיא בשנה, עשוי להוות כלי יעיל ומשתלם יותר מהרחבת תעריפי התעו"ז בלבד.** שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא מספקות לצרכנים, ובעיקר ל-"מאמצים הראשונים" (early adopters), תמריצים כספיים, המעודדים אותם לאמץ טכנולוגיות והתנהגויות חדשות. בכך, התוכנית יוצרת מעורבות צרכנית עם תועלות כלכליות ישירות.

לפיכך, מומלץ להתחיל בפיילוט לשירות גמישות הביקוש מרצון במגזר הביתי, שיפעל במקביל לתעריפי תעו"ז אך לא יהיה תלוי בהם. שירות כזה ישמש להעלאת המודעות, להשפעה על דפוסי צריכת החשמל, ולאיוון הרשת.

87 [חברת החשמל מחירי התעו"ז במתח נמוך.](#)

88 [חשמלינק \(2025\). דפוסי צריכת משק החשמל בישראל: ניתוח של צריכת חשמל ממוצעת לפי חודשים, ימים ושעות.](#)

[בהתבסס על נתוני משתמשים מכל הארץ.](#)

89 [Lutzenhiser, L., Gossard, M. H., & Bender, S. \(n.d.\). Crisis in Paradise: Understanding the Household Conservation Response to California's 2001 Energy Crisis. Washington State University and California Energy Commission.](#)

90 [תבורי, ל., וקורת, ע. \(2012\). משק החשמל בישראל – הצעת ייעול באמצעות הסטת ביקושים. מחקר מס' 60, מכון מילקן. אוקטובר 2012.](#)

10. מסקנות והמלצות

משק החשמל בישראל עומד בפני אתגרים משמעותיים הכוללים עלייה בביקוש לחשמל, הצורך בשילוב אנרגיות מתחדשות, והתמודדות עם שיאי ביקוש קיצוניים. המגמות הללו מחייבות יישום פתרונות חדשניים המשלבים את הצרכן כחלק פעיל בניהול הביקושים ובאיזון המערכת.

מהניסיון בעולם ביישום תוכניות לניהול ביקושים עולות מספר תובנות מרכזיות:

תוכניות המקדמות ניהול ביקושים במגזר הביתי הוכיחו את עצמן כפתרון יעיל להפחתת עומסים בשעות שיא קריטיות וכמנגנונים המהווים צעד חשוב ליצירת שיתוף פעולה של הצרכנים במשק החשמל. תוכנית גמישות הביקוש במשקי הבית הינה צעד ראשון לבניית תשתית רחבה של תוכניות ניהול ביקושים, המותאמות לצרכים שונים במשק החשמל.

ניהול ביקושים באמצעות מנגנוני השלה מרצון במגזר הביתי מהווה פתרון מהיר ליישום, אשר אינו מצריך השקעות כבדות בתשתיות מסורתיות ומאפשר שיפור משמעותי ביעילות תפעולית.

ניהול ביקושים במגזר הביתי עשוי להביא יתרונות משמעותיים למשק:

- שיפור יציבות ואמינות רשת החשמל, במיוחד באירועי קיצון.
- חיסכון כלכלי לצרכנים ולמערכת החשמל.
- הפחתת הצורך בשימוש בתחנות כוח מזהמות ויקרות, תוך צמצום הפליטות.
- העלאת מודעות הצרכנים לדפוסי צריכת החשמל שלהם וגיוסם לשיתוף פעולה פעיל.
- תמיכה בקליטה רחבה של אנרגיות מתחדשות ומניעת בזבז אנרגיה (קיטום ייצור).

לאור הממצאים, אנו קוראים למעצבי המדיניות במשק החשמל, ובפרט לרשות החשמל ונגה:

1. **לאמץ** את המודל המוצע, ולקדם את **תוכנית גמישות הביקוש במשקי הבית** במשק החשמל בישראל.

- בניית תוכניות לשירותי גמישות הביקוש המיועדות לצרכנים הביתיים במסגרתה יינתנו תמריצים כלכליים למשקי בית עבור הפחתת הצריכה בשעות השיא בהשוואה לצריכה הרגילה שלהם (Business as Usual).

2. **לערוך** למידה מעמיקה מהמודלים הבינלאומיים המוצלחים, תוך התאמתם לישראל:

- להגדיר מבנה תמריצים כלכליים אפקטיביים.
- לפתח שיטות תקשורת מתקדמות עם הצרכנים, כולל שימוש בהתראות לציבור על שיאי עומס צפויים.
- לאמץ שיטה לחישוב הפחתת הצריכה בארועי גמישות הביקוש במשקי הבית ולהציג את המודל לצרכנים בשקיפות מלאה.

3. **לתכנן** הרחבת שרותי גמישות הביקוש תוך שימוש במנגנונים אוטומטיים הכוללים אגרגטורים ושליטה מרחוק:

- לקדם תוכנית ייעודית למערכות מיזוג אוויר עם מנגנוני שליטה מרחוק.
- לתכנן שילוב כלים לגמישות הביקוש המיועדים לתחבורה חשמלית, ובכלל זה לשלב בתקינה למערכות ניהול טעינה את היכולות הנדרשות עבור השתלבות בשרותי DFS.

4. **לשלב** שותפים נוספים בניהול הביקושים:

- להכניס אגרגטורים לשוק ניהול הביקושים, אשר יאחדו את יכולות הגמישות של צרכנים קטנים וגדולים לכדי "עומס" מרכזי שניתן לנהל בקלות.
- לשלב את מספקי החשמל הפרטיים בפיתוח שירותי גמישות הביקוש לחשמל.

5. **לחזק** את הקשר עם הציבור:

- לבנות ערוץ תקשורת עקבי עם הצרכנים דרך אירועי ניהול ביקושים עם מנגנון הפחתה מרצון, שיהפכו לקמפיין מתמשך המעודד מודעות והתנהגות אחראית.
- להבטיח שותפות מבוססת אמון בין מספקי החשמל, מנהל המערכת והציבור.

לסיכום, ניהול ביקושים אינו רק פתרון טכני להפחתת עומסים, אלא גם מנוע לשינוי התנהגותי ותשתית לבניית משק חשמל חסכוני וסביבתי יותר. תוכנית פיילוט מוצלחת תשמש צעד חשוב למערכת חשמל גמישה וברת קיימא.

נספח א' - מקרה בוחן בריטניה

נספח זה מציג סקירה של יישום תוכניות גמישות ביקושים באנגליה, תוך התמקדות בפרטי התוכנית, תמריצים, ומעורבות הצרכנים. הנספח כולל דוגמאות לתקשורת שנשלחה לצרכנים, ניתוחי נתונים, ולקחים מרכזיים שנלמדו מתוכניות גמישות הביקוש באנגליה במהלך חורף 2022/23 וחורף 2023/24.

הנתונים מספקים תובנות על:

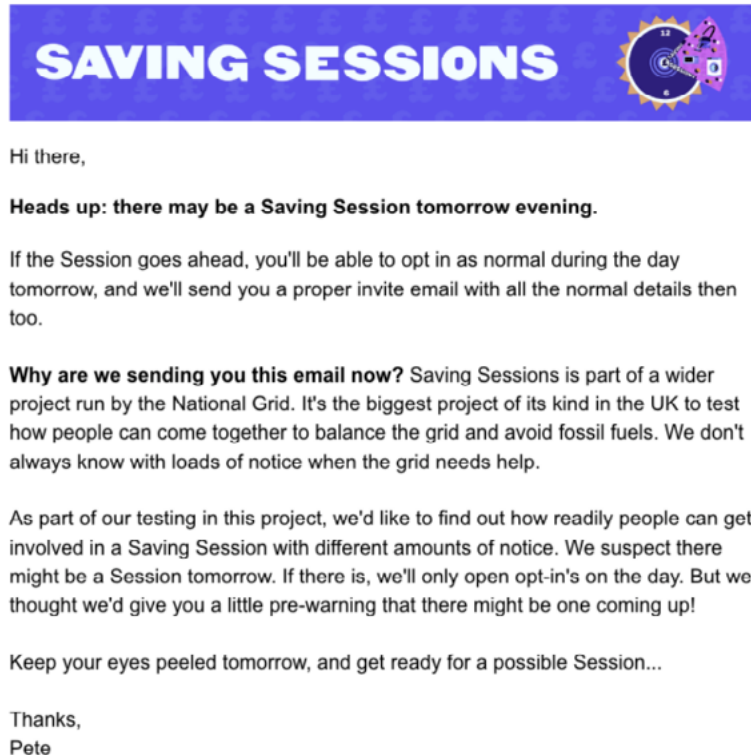
1. **אופן תקשורת עם צרכנים:** דוגמאות למיילים שנשלחו לצרכנים ביתיים כדי ליידע אותם על אירועי גמישות הביקוש.
2. **מבנה התמריצים:** תמריצים כספיים שהוצעו לצרכנים ולמספקים, והשפעתם על השתתפות והפחתת צריכה. הנספח כולל טבלאות המציגות את נתוני הפחתת הביקוש מהמגזר הביתי ואת תרומת התוכנית להפחתת פליטות גזי חממה.
3. **מעורבות צרכנים ומוטיבציה:** כיצד שיווק נכון ותמריצים הובילו למעורבות גבוהה ושביעות רצון מצד המשתתפים.
4. **תובנות לטווח הארוך:** הצלחות לצד חסמים שהודגשו בתוכנית, והשלכות על תכנון עתידי של שירותים דומים.

נספח זה נועד להציג למקבלי ההחלטות בישראל רעיונות ומודלים ליישום תוכניות גמישות ביקושים בשוק המקומי.

1. אופן תקשורת עם צרכנים:

להלן דוגמה לאימייל שמקבלים צרכנים ביתיים באנגליה, המידע אותם על אירועי גמישות ביקושים צפויים ועל הדרך להשתתף בהם:

Figure 9: Day-ahead “heads-up” email sent to customers to raise awareness about an upcoming Saving Session.



Source: Jacob, M., Jenkinson, R., Garcia, D. L., Metcalfe, R. D., Schein, A. R., Simpson, C. R., & Yu, L. The Impact of Demand Response on Energy Consumption and Economic Welfare. Centre for Net Zero, UK 2024

2. מבנה התמריצים למספקים:

בחורף 2022/23, במהלך אירועי ה-DFS, קבע מנהל מערכת החשמל הבריטית (ESO) מדיניות תמחור שנועדה להבטיח השתתפות פעילה של מספקי החשמל והפחתת ביקוש בזמן אמת.

במהלך אירועי המבחן, קבעה רשת החשמל הבריטית (ESO) תעריף קבוע ומובטח של £3 לכל קילוואט שעה kWh הפחתה עבור מספקי השירות (מספקי החשמל לצרכנים). מחיר זה נועד להבטיח השתתפות פעילה מצד המספקים, תוך ידיעה שיקבלו לפחות את הסכום הזה עבור כל הפחתת עומס שתתקבל מצרכני הקצה, ללא תלות בגובה התמריצים שיציעו לצרכנים שלהם. היו מספקים שביקשו מ-ESO, מחיר גבוהה יותר לכל MWh הפחתה, אך ההצעות לא התקבלו.

בשני האירועים החיים שהתקיימו ב-23 וב-24 בינואר 2023, ניתנה למספקים אפשרות להגיש הצעות מעל למחיר המובטח של £3/kWh כדי להציע תמריצים מוגדלים לצרכני הקצה. המחיר הממוצע שהתקבל עבור

אירועים חיים היה £4.4 לכל kWh הפחתה בביקוש.⁹¹ דבר זה איפשר למספקים להציע תמריצים משמעותיים יותר לצרכנים, ובכך להשיג הפחתות ביקוש נרחבות יותר באירועים חיים בהם היה צורך אמיתי בהפחתת ביקוש בצורה מאתגרת בזמן אמת.

בחורף 2023/24, מנהל מערכת החשמל באנגליה ביצע שינוי בתמחור של מחצית מאירועי המבחן, במטרה לבחון את רמת התחרותיות בשוק ואת אופן התמחור של מספקי החשמל עבור שירותי ניהול הביקושים. שינוי זה עשוי להוזיל את עלויות התוכנית בטווח הארוך. במהלך אירועי המבחן הראשונים (אירועים 1-7), המחיר לספקים נותר מובטח ועמד על £3 ל-kWh. עם זאת, ב-24 בינואר פורסם דוח שציין כי במהלך המשך החורף צפוי צורך מופחת בשירותי גמישות הביקוש (DFS) לצורך שמירה על יציבות המערכת.

כתוצאה מהשינוי בתנאי המערכת, הוחלט לערוך התאמות באירועי המבחן לשאר החורף ולהעבירם למודל שבו המספקים מתחרים ביניהם על מחיר נמוך יותר, במקום להסתפק במחיר מובטח. מפברואר, באירועים 8-14 (שנחשבו לשלב התחרותי), בוטל המחיר המובטח ובמסגרת זו, כל מספק התבקש להגיש למנהל המערכת הצעה הכוללת את נפח ההפחתה במגה-וואט וזמני ההפחתה שהוא מסוגל לספק, לצד המחיר המבוקש עבור הפחתה זו.

מטרת המעבר למודל תחרותי הייתה לעודד תחרות בין המספקים על המחיר ולבחון כיצד משתנים, כגון כמות האנרגיה הנדרשת וזמני ההפחתה, משפיעים על רמות המחיר והיכולת של המספקים לעמוד בדרישות בזמן הנדרש. באירועי המבחן, כל מספק נדרש להציע את גובה התשלום המבוקש עבור כל MWh של הפחתה צריכה שיספק ממאגר לקוחותיו. הצעות המחיר נעו החל מ-£1.5/kWh, כאשר ההצעה הממוצעת שהתקבלה עמדה על £1.11/kWh.⁹²

למרות שבין ההצעות היו מחירים גבוהים, השוק הצליח להשיג את הפחתות הצריכה הנדרשות במחירים תחרותיים יותר, מה שמעיד על כך **שהמעבר לתנאים תחרותיים הצליח לשמור על איזון הרשת בצורה יעילה יותר**. השינוי הראה שהמערכת הצליחה להסתגל לתנאים משתנים וליצור תובנות שיאפשרו בעתיד ניהול גמיש יותר ומבוסס שוק של ביקושים.

המספקים יכולים להרוויח מההפרש שבין התמריץ שקיבלו ממנהל למערכת לפיצוי שהם נותנים לצרכנים על השלת הביקושים.

חברת Octopus Energy לדוגמא, הקצתה את רוב התשלומים שקיבלה מ-ESO כדי לתמרץ את הצרכנים

⁹¹ [LCPDelta \(2023\). Winter 2022/23 UK Balancing Costs Review](#)

⁹² [ESO UK. Demand Flexibility Service: Winter 2023/24 End of Year Report. Jun, 2024](#)

[National Grid ESO \(2024\). Demand Flexibility Service: July 2024 Consultation](#)
[National Grid ESO \(2024\). Demand Flexibility Service: Overview of Winter 23/24 and What's Next. 22 March 2024](#)

בהמשך מוצגות טבלאות מחורף 2023/24, המשקפות את ההפחתה בפועל מאירועים חיים, אירועי מבחן עם מחיר מובטח למספקים, ואירועי מבחן תחרותיים.

ESO: "During the period, there were 14 test events, with 7 conducted under competitive conditions. In competitive tests, bids as low as £150/MWh were submitted, and the average accepted bid was £1110.9/MWh. Additionally, there were 2 live events. The total spend for the DFS winter 2023/24 was £11.9m, and over 3.7 GWh was of energy delivered, with a peak energy delivery of over 400MW. "

שלה להפחית את הביקוש והציעה ללקוחותיה תמריצים של בין £2.25 (אירועי מבחן) ל-£4 (אירועים חיים) לכל קילוואט-שעה (KWh) שהצרכן הפחית מתחת לצריכה הצפויה שלו (BAU).⁹³

הטבלה הבאה מציגה בפירוט את זמני האירועים, התמריצים, וכמות משקי הבית המשתתפים בכל אירוע גמישות הביקוש "Saving Sessions" מחברת האנרגיה Octopus בלבד, בחורף 2022/23:

Table 1: Summary of times, incentives, sign-ups and opt-ins for each Saving Session.

Session date	Session Type	Session Start	Session End	Incentive (£/kWh)	Signed Up by Session Start	Opted In to Session	% of Signed-up that Opted In
November 15, 2022	Test	17:00	18:00	2.25	408,925	281,952	68.9
November 22, 2022	Test	17:30	18:30	2.25	427,114	267,514	62.6
November 30, 2022	Test	17:30	18:30	2.25	445,695	273,988	61.5
December 1, 2022	Test	17:00	18:00	2.25	449,167	269,339	60.0
December 12, 2022	Test	17:00	19:00	2.25	468,379	306,869	65.5
January 19, 2023	Test	9:00	10:00	2.25	517,910	286,337	55.3
January 23, 2023	Live	17:00	18:00	3.38	605,223	358,323	59.2
January 24, 2023	Live	16:30	18:00	4.00	615,061	343,458	55.8
January 30, 2023	Test	9:00	10:00	2.25	627,269	314,494	50.1
February 13, 2023	Test	17:30	18:30	2.25	640,892	354,682	55.3
February 21, 2023	Test	17:30	18:30	2.25	658,283	395,946	60.1
March 15, 2023	Test	18:30	19:30	2.25	684,534	289,490	42.3
March 23, 2023	Test	18:30	19:30	2.25	692,534	382,857	55.3

Source: Jacob, M., Jenkinson, R., Garcia, D. L., Metcalfe, R. D., Schein, A. R., Simpson, C. R., & Yu, L. The Impact of Demand Response on Energy Consumption and Economic Welfare. Centre for Net Zero, UK 2024

לחברת Octopus Energy יש 1.4 מיליון לקוחות עם מונים חכמים. 700 אלף מהם נרשמו והשתתפו בתוכנית, **91% מאלה שנרשמו לתוכנית השתתפו לפחות באירוע חיסכון אחד, 55% השתתפו לפחות ב-6 אירועים, ו-7% השתתפו בכל 13 האירועים.**⁹⁴

ממחקר של Centre for Net Zero עולה שקיימת רמה גבוהה של שביעות רצון בקרב הלקוחות, עם למעלה מ-96% מהלקוחות שהביעו עניין להשתתף באירועים עתידיים.

כמעט 90% מהלקוחות התעניינו להשתתף בשני אירועים או יותר בשבוע אם התוכנית תמשיך (CNZ).⁹⁵

תובנות:

1. תמריצים כספיים: התמריצים הגבוהים יותר באירועים חיים (£4.00/קוט"ש) משכו יותר משתתפים שאישרו השתתפותם.

⁹³ [Jacob, M., Jenkinson, R., Garcia, D. L., Metcalfe, R. D., Schein, A. R., Simpson, C. R., & Yu, L. The Impact of Demand Response on Energy Consumption and Economic Welfare. Centre for Net Zero, UK 2024](#)

⁹⁴ [Centre for Net Zero. Demand Response in the UK. July 2024](#)

⁹⁵ [Jacob, M., Jenkinson, R., Garcia, D. L., Metcalfe, R. D., Schein, A. R., Simpson, C. R., & Yu, L. The Impact of Demand Response on Energy Consumption and Economic Welfare. Centre for Net Zero, UK 2024](#)

2. שונות בזמני האירועים: אירועים שנערכו בשעות הערב המוקדמות זכו לשיעורי השתתפות גבוהים יותר.
3. תוכנית Saving Sessions הצליחה להניע השתתפות נרחבת של צרכנים פרטיים בזכות התמריצים הכספיים ותזמון האירועים בזמנים הנוחים לצרכנים. עם זאת, עלות התמריצים הייתה גבוהה, דבר שדורש איזון בין הצורך בעידוד השתתפות לבין העלות הכספית.

תוצאות הפחתה בביקוש באנגליה מ- ESO (כל בריטניה) בחורף 2022/23:

Table 1 Delivery and cost by month for test and live DFS events.

Month	Tests Events		Live Events	
	Delivery (MWh)	Cost (million £)	Delivery (MWh)	Cost (million £)
Nov 22	568.8	1.71	0	0
Dec 22	662.2	1.99	0	0
Jan 23	414.3	1.24	680	3.1
Feb 23	547.7	1.64	0	0
March 23	474.9	1.42	0	0
Total	2667.7	8.00	680	3.1

There were two live activations of DFS over winter 2022/23. These took place on 23 and 24 January 2023 and are summarised in Table 2. An overview of the system conditions on those days was presented at the Operational Transparency Forum on 25 January 2023.

Table 2 Live DFS activations for demand reduction for the week of 21 January 2023.

Delivery Date	Period	Number of participants	Procured (MWh)	Delivered (MWh)	Total cost (thousand £)
23 Jan	17:00 to 17:30	19	161.9	135.9	£539.48
23 Jan	17:30 to 18:00	19	168.4	147.3	£591.75
24 Jan	16:30 to 17:00	19	144.3	116.6	£567.69
24 Jan	17:00 to 17:30	19	157.1	136.8	£663.71
24 Jan	17:30 to 18:00	19	163.6	143.5	£700.18

Source: ESO Great Britain National Grid, "Demand Flexibility Service: Winter 2022/23 Review," 2023.

הפחתת פליטת גזי חממה בעקבות שירות גמישות הביקוש בשעות השיא של Octopus Energy, חורף 2022/23.

AT.10 Carbon Abatement from each Saving Session and from the Saving Sessions Campaign Overall

Table AT.31: DiD estimated demand reduction and CO₂eq emission savings per Saving Session.

Saving Session date	DiD demand reduction by Octopus Energy (MWh)	CO ₂ eq reduction (tCO ₂ eq)	CO ₂ eq savings (£)
November 15, 2022	93.02	70.70	21,022.75
November 22, 2022	121.68	92.48	27,500.05
November 30, 2022	111.46	84.71	25,189.81
December 1, 2022	92.83	70.55	20,978.92
December 12, 2022	277.57	102.70	30,538.84
January 19, 2023	68.80	52.29	15,549.04
January 23, 2023	185.99	68.82	20,463.34
January 24, 2023	216.33	80.04	23,801.55
January 30, 2023	67.89	51.60	15,343.83
February 13, 2023	107.45	81.66	24,283.66
February 21, 2023	106.94	81.28	24,168.84
March 15, 2023	113.67	86.39	25,689.78
March 23, 2023	78.42	59.60	17,723.33
Total	1,642.09	982.83	292,253.74

Source: Jacob, M., Jenkinson, R., Garcia, D. L., Metcalfe, R. D., Schein, A. R., Simpson, C. R., & Yu, L. *The Impact of Demand Response on Energy Consumption and Economic Welfare*. Centre for Net Zero, UK 2024.

מודעות ומוטיבציה של צרכנים ביתיים באנגליה:⁹⁶

המשתתפים בתוכנית נקטו בפעולות מגוונות כדי להפחית את הביקוש לחשמל, כאשר 75% מהם שינו את זמן השימוש במכשירים זוללי אנרגיה, כמו חימום או תנורים, כדי להפחית ביקושי חשמל במהלך אירועי ה-DFS. כ-50% מהמשתתפים דיווחו על הפחתה מוחלטת בצריכה לפחות באירוע אחד, כלומר מבלי לפצות על כך בשימוש מאוחר יותר, לדוגמה - יציאה להליכה במקום לצפות בטלוויזיה. המקרים האלה הורידו את הצריכה הכוללת בימי אירועי גמישות הביקוש כיוון שהצרכן לא העביר את הצריכה שלו למועד אחר. המחקר של Centre for Net Zero מצא כי 75% מהמשתתפים כיבו את המכשירים באופן ידני, בעוד השאר תזמנו אותם לפעול לפני או אחרי האירוע. נושא זה מעיד על פוטנציאל נוסף של תכניות ניהול הביקושים, והוא התייעלות אנרגטית המתבטאת בהפחתת ביקוש רגעית בסקטור הביתי.

הפחתת הביקוש באנגליה חורף 2023/24:

השוואת תוצאות אירועי גמישות הביקוש באירועים חיים, אירועי מבחן עם מחיר מובטח למספקי החשמל, ואירועי מבחן ללא מחיר מובטח למספקי החשמל.

Centre for Sustainable Energy Household Engagement with the Demand Flexibility Service 2022/23: 96
[Social Research Report for ESO. July 2023](#)

Delivery Date	From	Despatch Time	Procured MW	Delivered MW	Variation %	Payment
29/11/2023	17:00	day-ahead	449	332.4	-26.0	£776,213
29/11/2023	17:30	day-ahead	458	357.7	-21.9	£774,327
29/11/2023	18:00	day-ahead	459	340.3	-25.9	£748,946
01/12/2023	16:30	day-ahead	452	298.8	-33.9	£746,458
01/12/2023	17:00	day-ahead	487	340.3	-30.1	£851,689
01/12/2023	17:30	day-ahead	487	342.6	-29.7	£865,995

Table 6 – Live Events Data

Delivery Date	Test	From	Despatch Time	Procured MW	Delivered MW	Variation %	Payment
16/11/2023	1	17:00	day-ahead	210	130.4	-37.9	£195,627
16/11/2023		17:30	day-ahead	395	206.6	-47.7	£309,972
16/11/2023		18:00	day-ahead	186	72.2	-61.2	£108,270
05/12/2023	2	17:30	within-day 1	515	260.8	-49.4	£391,236
05/12/2023		18:00	within-day 1	523	262.7	-49.8	£393,987
12/12/2023	3	17:00	within-day 2	323	191.9	-40.6	£287,820
12/12/2023		17:30	within-day 2	323	203.7	-36.9	£305,622
14/12/2023	4	17:00	within-day 1	301	286.1	-5.0	£429,219
14/12/2023		17:30	within-day 1	309	302.8	-2.0	£454,185
15/12/2023	5	17:00	day-ahead	126	177.4	40.8	£266,037
15/12/2023		17:30	day-ahead	382	398.4	4.3	£597,558
15/12/2023		18:00	day-ahead	253	206.6	-18.3	£309,936
19/12/2023	6	17:00	within-day 2	297	305.5	2.9	£458,238
19/12/2023		17:30	within-day 2	300	319.7	6.6	£479,490
17/01/2024	7	17:30	within-day 1	374	406.3	8.6	£609,522
17/01/2024		18:00	within-day 1	377	411.7	9.2	£617,580

Table 7 – Test Events 1 to 7 with a Guaranteed Acceptance Price (GAP) of £3000/MWh

Source: ESO Great Britain National Grid, “Demand Flexibility Service: Winter 2023/24 Review,” 2024.⁹⁷

[.ESO UK, Demand Flexibility Service: Winter 2023/24 End of Year Report.Jun, 2024](#) 97

[.National Grid ESO \(2024\). Demand Flexibility Service: July 2024 Consultation](#)
[National Grid ESO \(2024\). Demand Flexibility Service: Overview of Winter 23/24 and What’s Next. 22 March 2024](#)

3. מודעות ומוטיבציה של צרכנים ביתיים באנגליה:

על פי סקר שערך מנהל מערכת החשמל באנגליה (ESO) על תוכנית ניהול הביקושים, שבה השתתפו 1.4 מיליון צרכנים ביתיים במהלך חורף 2022/23, עולות התובנות הבאות:⁹⁸

- **מודעות:** 38% מהאוכלוסייה במדגם ארצי ייצוגי שמעו על תוכנית ה-DFS, כאשר 51% מהם השתתפו.
- **מוטיבציה:** התמריצים הכספיים היו המוטיבציה העיקרית להשתתפות. 76% מהמשיבים ציינו כי חיסכון או תגמולים היו הסיבה להשתתפותם.

משקי בית הונעו להשתתפות גם מהאתגר וההשפעה הרחבה יותר של סיוע באיזון רשת החשמל: 41% מהמשתתפים היו מונעים על ידי האתגר של התגובה לאירועים, ו-37% היו מונעים מהרצון לתרום לאיזון הרשת. **משקי בית ביקשו מידע על מנת להבין טוב יותר את ההשפעות המערכתיות שהושגו דרך ה-DFS, דבר המצביע על מודעות הצרכנים והרצון שלהם במעורבות.**

- **פרופיל המשתתפים:** בסקר השתתפו מגוון רחב של משקי בית, כולל כאלה שהוגדרו במחקרים קודמים כמי שעלולים להיתקל בקשיים להשתתף. 30% מהמשיבים ציינו שיש להם מצב בריאותי או מחלה כרונית, 18% היו שוכרי דירות ו-30% חיו במשקי בית עם 3 או יותר אנשים. נתונים אלו מדגישים את החסמים הנמוכים להשתתפות ב-DFS, לפי ה-ESO.

- **אסטרטגיות השתתפות:** 41% ממשקי הבית בחרו בתכנון סביב האירוע כאסטרטגיה עיקרית, 37% הפחיתו את השימוש במהלך האירוע, ו-8% הזיזו את השימוש לשעות שלפני האירוע. הגבלות עיקריות להשתתפות כללו חוסר גמישות בשל צריכה נמוכה מלכתחילה.

- **תגובתיות:** הסיבות המרכזיות שהשפיעו על החלטת משקי הבית להשתתף באירועים כוללות את הזמן שבו התקיים האירוע (49%) וזמן ההתראה שניתנה מראש (35%). כמות המשתתפים עלתה ככל שעלה זמן ההתראה מראש. רק 20% מהמשיבים הרגישו שהם יכולים להגיב עם התראה של שעתיים, אך נתון זה עלה ל-61% עם התראה של שש שעות.

- **יתרונות מהשתתפות באירועי גמישות הביקוש: 42% מהמשתתפים בסקר ציינו שהיתרון העיקרי היה תחושת הסיפוק מההתמודדות עם האתגר.** 39% ציינו את התגמולים הכספיים כיתרון, ו-38% הרגישו חלק ממאמץ לאומי משותף. ניתוח איכותני חשף **שמשקי בית נהנו מהתחושה שהם תורמים למשהו חשוב, במיוחד בהקשר של הפחתת פחמן.** משתתפים למדו יותר על צריכת האנרגיה שלהם בבית, כולל טכנולוגיות חכמות וצריכת אנרגיה במכשירים בעלי צריכה גבוהה. חלק מהמשתתפים דיווחו על הנאה מהאתגר, כמו ניתוק ממכשירים אלקטרוניים לזמן מה וחיבור טוב יותר לעצמם ולמשפחתם.

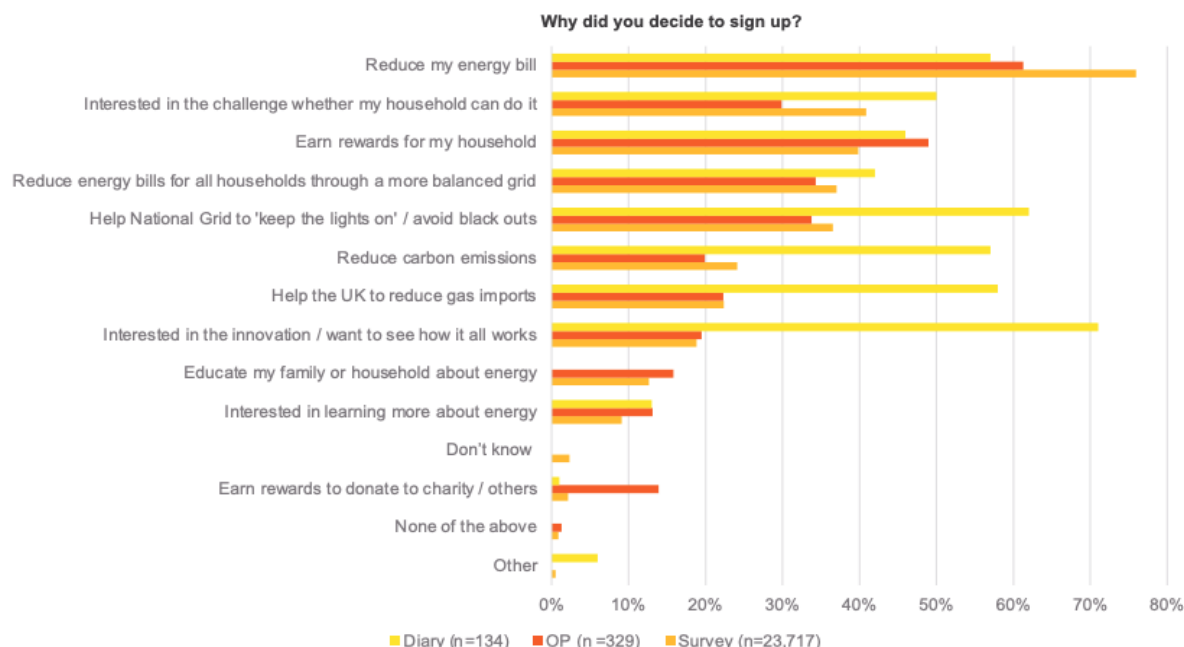
- **אתגרים:** האתגר העיקרי היה שהתגמולים הכספיים היו נמוכים יחסית (38% מהמשיבים ציינו זאת), אך זה לא היה גורם מכריע בשביעות הרצון או ברצון להשתתף שוב. משקי בית עם קשיים כלכליים או בעיות בריאותיות ארוכות טווח מצאו שקשה יותר להשתתף ולהפיק תועלת מהתוכנית. בעיית ההוגנות עלתה גם היא, כאשר משקי בית עם צריכה גבוהה וגמישות גדולה הרוויחו יותר, בעוד אלו עם צריכה נמוכה קיבלו תגמול מועט למרות מאמצים משמעותיים. נצפו מקרים של משקי בית שהגבירו את צריכת האנרגיה שלהם לפני האירועים כדי למקסם את התגמולים, דבר שגרם לחשש מהשפעה

Centre for Sustainable Energy Household Engagement with the Demand Flexibility Service 2022/23: 98
[Social Research Report for ESO. July 2023](#)

שלילית על תפיסת הציבור. למרות האתגרים, 62% מהמשיבים היו מרוצים מחווייתם, ו-83% מהם היו מוכנים להשתתף שוב בתוכנית.

Awareness and motivations

Motivations



Source: Household engagement with the Demand Flexibility Service 2022/23
Social research report by the Centre for Sustainable Energy for ESO July 2023 ©

- **חיסכון כספי ותגמולים:** הם היו המניעים הבולטים ביותר, מה שמעיד על כך שתמריצים כלכליים הם קריטיים להצלחת התוכנית.
- **מעורבות במשימה ובאתגר:** גם תחושת מעורבות חברתית ותחושת אתגר אישית היו גורמים חשובים שמשכו משתתפים.

הגרף מדגיש את החשיבות של תמריצים כלכליים לצד מניעים נוספים כמו תחושת אחריות חברתית ועניין אישי, מה שיכול לסייע למקבלי החלטות לעצב את התוכניות שלהם באופן שימשוך משתתפים בצורה מקסימלית.

4. תובנות לטווח ארוך:

- **השתתפות רחבה:** תוכנית DFS הצליחה להוריד את החסמים להשתתפות וגייסה 1.6 מיליון משקי בית ועסקים קטנים. המשתתפים בתוכנית ציינו שהיתרון העיקרי היה היכולת להתמודד עם האתגר, ורובם היו מוכנים להשתתף שוב בתוכנית דומה. **חלק ממשקי הבית אף תכננו לשפר את האסטרטגיות שלהם בעתיד, למשל על ידי הגברת המוטיבציה של בני הבית או השקעה בטכנולוגיות חכמות.**
- **אתגרים בהשתתפות:** ישנם משקי בית שבחרו בגישה של "מאמץ נמוך, תגמול נמוך", ולא השתתפו במספר רב של אירועים. אחרים הצטרפו עם תקווה להוריד את חשבונות האנרגיה, אך חוו חוויות

שליליות כאשר המאמץ שלהם לא תאם את התגמול. זה היה בולט במיוחד אצל משקי בית שנאבקים כלכלית.

- **חשיבות התאמה:** חשוב להבטיח שמשקי הבית יירשמו לשירותים שמתאימים לציפיות והיכולות שלהם כדי לשמור על המעורבות שלהם בתוכניות לאורך זמן.

נספח ב' - מקרה בוחן קליפורניה

נספח זה מתמקד ביישום שירותי גמישות ביקושים במגזר הביתי בקליפורניה, תוך סקירת תוכניות מרכזיות, מתודולוגיות חישוב, ותובנות מרכזיות שנלמדו ממודלים ייחודיים כמו Flex Alerts ותוכנית Power Saver Rewards.

מה ניתן למצוא בנספח:

1. תוכניות גמישות הביקוש:

- Flex Alerts: התראות כלליות לציבור להפחתת ביקוש במהלך אירועי עומס, ללא תמריצים כלכליים ישירים.
- PSR: תוכנית המציעה תמריצים כספיים ללקוחות ביתיים על הפחתת ביקוש מרצון.

2. תוצאות משיטות חישוב מתקדמות:

- ניתוח הפחתות הביקוש באמצעות שיטות חישוב שונות, כגון קו בסיס אישי והשוואות לקבוצות ביקורת מותאמות.
- פירוט יתרונות וחסרונות של כל שיטה והשפעתה על דיוק התוצאות.

3. השפעת התוכנית על פלחים שונים במגזר הביתי:

- טבלאות המציגות נתוני הפחתת ביקוש מהמגזר הביתי, עם דגש על ההבדלים בין הרשמה יזומה להרשמה אוטומטית והשפעתם על שיעורי ההפחתה.

מטרת הנספח:

הנספח מספק מבט מעמיק על יישום מודל גמישות הביקושים בקליפורניה, תוך הצגת תובנות שיכולות להוות בסיס לפיתוח תוכניות דומות בישראל.

1. תוכניות גמישות הביקוש:

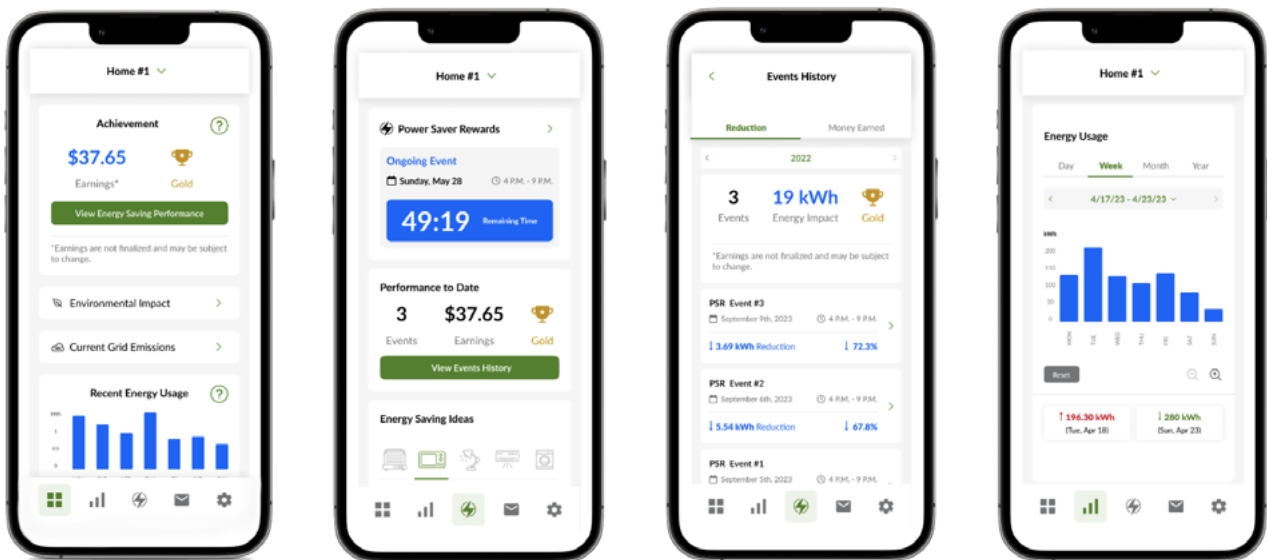
בקליפורניה, Flex Alerts הן התראות כלליות שנשלחות לציבור הרחב, כולל לצרכנים שרשומים לשירותי גמישות ביקושים ומקבלים תמריצים כלכליים, וגם לצרכנים שאינם רשומים לשירות ואולי כלל אינם מודעים לקיומו. מטרת ההתראות היא לעודד את הציבור באזורים הרלוונטיים להפחית את צריכת החשמל בשעות עומס, במיוחד במהלך גלי חום קיצוניים. התראות אלו מבוססות בעיקר על מודעות ציבורית קולקטיבית ואינן כוללות תמריצים כלכליים ישירים.

Power Saver Reward Program - PSR היא תוכנית דומה, שבה הציבור מתבקש להפחית את הביקוש לחשמל מרצון, אך בשונה מ-Flex Alerts, התוכנית מציעה תמריצים כלכליים למשתתפים.

שתי התוכניות פועלות במקביל בקליפורניה. כאשר יש עומס ברשת, מנהל מערכת החשמל CAISO מכריז על התראת Flex Alert, ואילו ספקי החשמל הפרטיים (IOUs) מפעילים את תוכנית PSR עבור הלקוחות הרשומים לתוכנית. לקוחות אלה מקבלים התראות על אירועים קרובים דרך מיילים, אפליקציות, והתראות במדיה, אך

ההשתתפות באירועים היא וולונטרית, והפיצוי ניתן רק על פי הפחתת הביקוש בפועל, ללא דרישות מינימום. **Olivine, Inc.**, המנהלת את תוכנית PSR, מפעילה אפליקציה ייעודית המאפשרת ללקוחות:

1. לקבל התראות ותזכורות על אירועים קרבים.
 1. לעקוב אחר צריכת החשמל שלהם ונקודות הזיכוי שצברו.
 1. לקבל טיפים מותאמים אישית לחיסכון באנרגיה.
- הפיצוי ללקוחות מחושב על בסיס השוואת הצריכה בפועל במהלך אירועי גמישות הביקוש לצריכה בימים רגילים, תוך שימוש בנתוני מונים חכמים.



Source: PG&E Website.⁹⁹

2. תוצאות משיטות חישוב מתקדמות:

תוצאות גמישות הצרכנים באירועי ניהול ביקושים במגזר הביתי בקיץ 2022, לקוחות PG&E: המספרים המייצגים הפחתה בביקוש בחלק הזה, חושבו על ידי CPUC מנתונים של חברת PG&E להפחתת ביקושים ולפיצוי הלקוחות במסגרת תוכנית Power Saver Rewards. השיטה מבוססת על הערכת הפחתה בצריכת החשמל של כל לקוח בהשוואה לבסיס שנקבע לפי ימים דומים שאינם ימי אירוע. החישוב נעשה בשלבים הבאים:

- **הגדרת ימי הבסיס:** נבחרים ימים שאינם ימי אירועי גמישות ביקושים אך הם בקרבה ליום האירוע. בימים אלו מתבצע חישוב ממוצע של צריכת החשמל, בהתאם לקריטריונים שנקבעו למשל, 5 הימים עם הצריכה הגבוהה ביותר מתוך 10 ימי חול (לדוגמה, "top 5/10") או 3 הימים הגבוהים מתוך 5 סופי שבוע.

⁹⁹ [PG&E, Power Saver Rewards Program](#)

- **התאמת קו הבסיס ביום האירוע:** לאחר בחירת ימי הבסיס, מתבצע כיוון של הצריכה בהתבסס על השעות שלפני האירוע. התאמה זו נעשית כדי לשקף את התנאים ביום האירוע עצמו, כגון השפעת מזג האוויר, ומטרתה להקטין את הסטיות.
- **חישוב הפחתת הצריכה:** ההפחתה בפועל מחושבת כהפרש בין קו הבסיס המתואם לבין הצריכה שנצפתה במהלך שעות האירוע. הפיצוי ללקוח ניתן רק עבור קוט"ש שנחסך מעבר לקו הבסיס; אם הצריכה הייתה גבוהה יותר מהבסיס, הלקוח לא נענש על כך.
- הטבלה למטה מסכמת את הפחתות הצריכה של צרכנים ביתיים, שחושבו על ידי השוואה בין הצריכה בפועל ביום האירוע לבין קו בסיס אישי. קו הבסיס נקבע לפי ימים דומים בעבר שבהם לא התקיימו אירועי הפחתת עומס. ההפרש בין הצריכה בפועל לקו הבסיס מייצג את כמות ההפחתה.
- בימי חול נרשמה הפחתה כוללת של **254.1 מגה-וואט** (בממוצע **0.17 קילוואט למשתתף**).
- בסופי שבוע, ההפחתה הייתה נמוכה יותר, עם **85.8 מגה-וואט** (בממוצע **0.06 קילוואט למשתתף**).

הפחתה כוללת של ביקוש בחשמל בכל אירוע גמישות ביקושים:¹⁰⁰

Table 3: Aggregate³ Baseline Reductions by Event Day⁴

Event	Reduction (MW)		
	PG&E	SCE	SDG&E ^a
08/17/2022	341.9	516.5	116.0
09/01/2022	170.3	495.5	-10.8
09/02/2022	383.0	651.0	-11.4
09/03/2022	263.8	79.6	-185.0
09/04/2022	112.4	173.8	-142.0
09/05/2022	-118.8	-242.0	-167.2
09/06/2022	109.8	551.0	-30.2
09/07/2022	254.0	570.8	-95.2
09/08/2022	93.6	575.5	11.3
09/09/2022	426.3	1592.5	211.1
Average Event	203.6	496.4	-30.3
Average Weekday Event	254.1	707.5	27.3
Average Weekend Event	85.8	3.8	-164.7

^a SDG&E baseline does not include a day-of-baseline adjustment. Therefore the baseline often understates load by relying fully on days leading up to the event. These days are cooler than actual event days. A baseline that underestimates load can lead to negative savings.

Source: Demand Side Analytics, 2023, *Statewide Residential Emergency Load Reduction Program: Baseline Evaluation Report*

שיטת ה-Baseline היא שיטה נפוצה לחישוב ההפחתה בצריכת החשמל שנרשמה באירועי גמישות הביקוש בשעות השיא, ובהתאם לה מחושב הפיצוי הכספי שניתן לצרכנים. השיטה יחסית פשוטה לביצוע: מחשבים כמה כל לקוח היה צורך ללא האירוע, משווים את זה לצריכה ביום האירוע, וההבדל מחושב כהפחתת הצריכה.

[Demand Side Analytics, LLC Demand Side Analysis Report: Statewide Residential Emergency Load Reduction Program Baseline Evaluation. Prepared for Pacific Gas & Electric, Southern California Edison, and San Diego Gas & Electric. January 2023](#) 100

עם זאת, לשיטה יש חסרונות משמעותיים:

1. **דיוק מוגבל:** שיטת הבסיס פחות מדויקת בהשוואה לשיטות מתקדמות יותר שמבוססות על קבוצות ביקורת או מודלים מורכבים של ניתוח נתונים.
2. **פחות מתאימה במצבי מזג אוויר קיצוניים:** צרכנים הרגישים לתנאי מזג אוויר (כגון ימים חמים במיוחד) עלולים להציג תנודות גדולות בצריכת החשמל. שיטת הבסיס לא תמיד יודעת לשקף שינויים אלו במדויק.
3. **לא משקפת הפחתה אמיתית:** במקרים רבים התוצאה שמתקבלת לא מבטאת הפחתה אמיתית בצריכה שהושגה כתוצאה מהפחתת עומס יזומה, אלא מבוססת על הערכה פשוטה של מה היה קורה ללא האירוע.

לכן, התוצאות שמתקבלות לפי שיטת הבסיס הן רק הערכה תפעולית, והן לא בהכרח משקפות את ההפחתה המדויקת או את ההשפעה האמיתית שהושגה עקב הפחתת העומס. לכן מוצגות תוצאות נוספות אשר חושבו בשיטת חישוב מבוססת קבוצת ביקורת מתואמת (Matched Control Group) למדידת הפחתת הביקוש של לקוחות ביתיים במסגרת תוכנית ה-ELRP. שיטה זו, הנחשבת ל-”סטנדרט הזהב” בתחום, נחשבת מדויקת יותר להשפעת התוכנית PSR על הפחתת עומסים בפועל. שיטה זו נתפסת מדויקת יותר כיוון שהיא מבחינה בין השפעת התוכנית PSR אשר מספקת תמריצים כספיים לבין תגובת הציבור הכללית לקריאות Flex Alerts אשר מתריאות לציבור הרחב על אירוע השלת ביקושים מרצון (בין אם נרשם לתוכנית תמריצים ובין אם לא). השיטה בנויה כך ש-PG&E בוחרים קבוצת לקוחות שאינם רשומים בתוכנית PSR, אך מאופיינים בפרופיל צריכה דומה ללקוחות הרשומים בתוכנית (למשל, מבחינת אזור אקלים, מעמד סוציו-אקונומי, והיסטורית הצריכה). צריכת החשמל של לקוחות הביקורת, שקיבלו Flex Alerts בלבד, משמשת להשוואה מול צריכת הלקוחות הרשומים בתוכנית PSR. כך, ניתן להעריך במדויק את השפעת ההשתתפות בתוכנית התמריצים PSR, מעבר לתגובה הכללית לקריאות Flex Alerts.

יתרון נוסף הוא ששיטת קבוצת הביקורת המותאמת מאפשרת השוואה לצרכנים באותו חלון זמן ולכן מאפשרת לבודד משתנים נוספים כמו מזג אוויר, דבר המגביר את הדיוק במדידה, במיוחד באירועים עם תנאי מזג אוויר קיצוניים ובאירועים מקבילים כמו Flex Alerts.

על פי שיטת חישוב זו של PG&E:

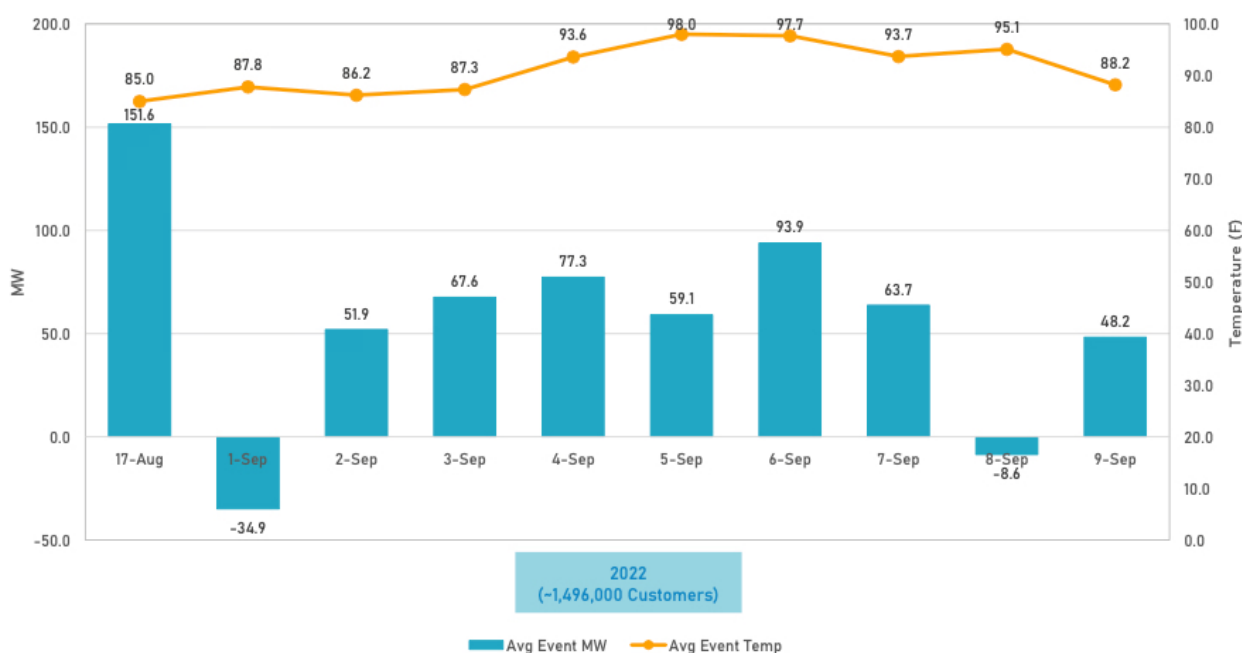
- בממוצע, הלקוחות הביתיים הפחיתו 57 מגה-וואט שעה בכל שעה באירוע.
- השיא נרשם ב-17 לאוגוסט, עם הפחתה ממוצעת של 151.6 מגה-וואט שעה בכל שעה באירוע.¹⁰¹

101 [Verdant Associates, LLC \(2023\). PG&E 2022 ELRP \(Emergency Load Reduction Program\) Load Impact Report. CALMAC ID- PGE0486. Final Report. Prepared for Pacific Gas and Electric Company by Ethan Barquest, Collin Elliot, and Jean Shelton. April 2023](#)

TABLE 4-16: PG&E PY 2022 ELRP AVERAGE EVENT HOUR IMPACT – SUBGROUP A.6 RESIDENTIAL – NET LOAD

Event Date	Event Window	Num. of Customers	Avg. Reference Load (kWh/h)	Avg. Per Capita Impact (kWh/h)	Avg. Percent Load Reduction	Avg. MW Impact Reduction (MWh/h)	Avg. Temp (F)
8/17/2022	16:00-21:00	1,480,622	1.697	0.102	6.0%	151.6	85.0
9/1/2022	16:00-21:00	1,486,648	1.682	-0.023	-1.4%	-34.9	87.8
9/2/2022	16:00-21:00	1,486,940	1.690	0.035	2.1%	51.9	86.2
9/3/2022	16:00-21:00	1,487,016	1.654	0.045	2.7%	67.6	87.3
9/4/2022	16:00-21:00	1,487,135	1.860	0.052	2.8%	77.3	93.6
9/5/2022	16:00-21:00	1,487,934	2.153	0.040	1.8%	59.1	98.0
9/6/2022	16:00-21:00	1,509,296	2.208	0.062	2.8%	93.9	97.7
9/7/2022	16:00-21:00	1,509,335	2.030	0.042	2.1%	63.7	93.7
9/8/2022	16:00-21:00	1,509,436	2.030	-0.006	-0.3%	-8.6	95.1
9/9/2022	16:00-21:00	1,509,460	1.812	0.032	1.8%	48.2	88.2
Avg. Event	16:00-21:00	1,495,382	1.883	0.038	2.0%	57.0	91.3

Source: Verdant Associates, 2022. PG&E 2022 ELRP (Emergency Load Reduction Program) Load Impact Report. Prepared by E. Barquest, C. Elliot, & J. Shelton



Source: "US Utilities Behavioral Demand Response Programs & Load Management Vision," presentation by PG&E – Jomo Thorne, Wendy Brummer, and Yang Hu, 2024

ניתן לראות מהגרף שתוצאות התוכנית היו מעורבות: למרות התמריצים הכספיים, היו מקרים בהם צריכת החשמל דווקא עלתה במהלך האירועים. אחד ההסברים הוא שחלק מהמשתתפים חוו "עייפות מאירועים", מה שהוביל לירידה במעורבותם.

3. השפעת התוכנית על פלחים שונים במגזר הביתי

לא כל הלקוחות הביתיים שנרשמו לתוכנית הגיבו באופן אחיד. כדי להבין את השונות בתגובות להפחתת העומס בקרב הלקוחות הביתיים, יש להבחין בין שתי קבוצות משתתפים עיקריות: אלו שנרשמו לתוכנית באופן אוטומטי ואלו שנרשמו מיוזמתם. הלקוחות שנרשמו אוטומטית – לרוב בעלי מעמד סוציו-אקונומי נמוך יותר – הוכנסו לתוכנית על ידי מספק החשמל שלהם, מבלי שנדרשו להבין את פרטיה או לתת את הסכמתם, מתוך הנחה שיוכלו רק להרוויח מהשתתפותם. לעומתם, הלקוחות שנרשמו מיוזמתם עשו זאת מתוך הבנה מלאה של התוכנית ורצון להשיג תגמול כספי על הפחתת הצריכה.

אמנם שתי הקבוצות תרמו להפחתת עומס החשמל, אך קיימים הבדלים מהותיים במידת המוטיבציה ובתוצאות ביניהן. המשתתפים שנרשמו אוטומטית נוטים להגיב בעיקר לפניות כלליות, כגון Flex Alerts, בעוד שהמשתתפים שנרשמו מיוזמתם מונעים ממוטיבציה ברורה ומכוונת להפחתת צריכה לצורך קבלת תגמול. הבדלים אלו מדגישים את החשיבות של התאמת המסרים והמבנה של תוכניות להפחתת עומס כך שימקסמו את היענות הצרכנים ואת היעילות הכוללת של התוכנית.

כעת נבחן לעומק את חלוקת המשתתפים בתוכנית ואת השפעת אופן ההרשמה על מידת הפחתת צריכת החשמל:

תוכנית PSR של PG&E, כללה כ-1.5 מיליון לקוחות ביתיים בקבוצה A.6. המשתתפים חולקו לפי סוג ההרשמה:¹⁰²

• הרשמה אוטומטית:

- CARE (תוכנית תעריפים מופחתים ללקוחות בעלי הכנסות נמוכות): 1,053,744 לקוחות.
- FERA (הפחתת תעריפים למשפחות): 29,790 לקוחות.
- HER (דירוגי צריכת אנרגיה ביתיים): 408,355 לקוחות.

• הרשמה יזומה (Self-Enrolled):

- 3,494 לקוחות שנרשמו מיוזמתם לתוכנית.

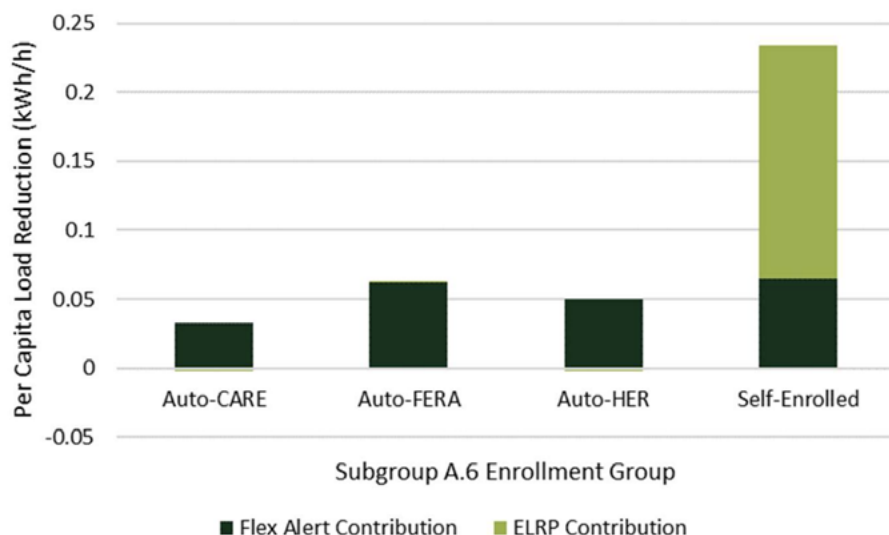
ההבדל בין סוגי המשתתפים:

- לקוחות שנרשמו אוטומטית (כגון CARE, FERA, HER): אלו לקוחות שהוכנסו לתוכנית בצורה אוטומטית כחלק מקבוצות יעד מוגדרות מראש, והם לרוב מגיבים ל-Flex Alerts – התראות לציבור הרחב להפחתת צריכת החשמל בעת עומסים, אשר אינן קשורות ישירות להתראות מתוכנית ניהול הביקור שים (PSR) שהם רשומים אליה אוטומטית. במילים אחרות, הפחתת הצריכה שלהם נעשית יותר מתוך מודעות ציבורית כללית לקריאות חירום, ולא דווקא בשל המוטיבציה לקבל תגמול כספי מה-PSR כיוון שהם לא תמיד מודעים לכך שהם רשומים לתוכנית בצורה אוטומטית ולכן לא מודעים לתמריצים, עד שזה משתקף בחשבון החשמל שלהם.

¹⁰² [Verdant Associates, LLC \(2023\). PG&E 2022 ELRP \(Emergency Load Reduction Program\) Load Impact Report. CALMAC ID- PGE0486. Final Report. Prepared for Pacific Gas and Electric Company by Ethan Barquest, Collin Elliot, and Jean Shelton. April 2023](#)

- לקוחות שנרשמו ביוזמתם (Self-Enrolled): לקוחות אלו נרשמו מרצונם החופשי לתוכנית PSR, מתוך כוונה מודעת להשתתף ולהרוויח את התגמולים הכלכליים עבור הפחתת הצריכה שלהם. לכן, הפחתת הצריכה של משתתפים אלו נובעת בעיקר מהמוטיבציה להשתתף באופן אקטיבי בתוכנית PSR ולקבל תגמול על הפחתת הביקוש, ולא רק ממודעות כללית וחברתית לקריאות כלליות כמו Flex Alerts.

FIGURE 1-1: PG&E GROUP A.6 AVERAGE EVENT DAY PER CAPITA LOAD IMPACTS CONTRIBUTION - FLEX ALERT VS. ELRP



Source: Verdant Associates, 2022. PG&E 2022 ELRP (Emergency Load Reduction Program) Load Impact Report. Prepared by E. Barquest, C. Elliot, & J. Shelton

הנתונים מדגישים את החשיבות של הרשמה יזומה לתוכנית: משתתפים שנרשמים מיוזמתם מפחיתים יותר מצריכת החשמל האישית שלהם, שכן הם מונעים מתוך עניין בתמריצים הכלכליים שמציעה תוכנית ה-ELRP. נקודה זו מהווה תובנה חשובה עבור מקבלי ההחלטות בישראל, מכיוון שהיא מצביעה על האפשרות לעודד השתתפות פעילה בשירותי גמישות הביקוש בשעות השיא באמצעות תמריצים כספיים ברורים והגברת המודעות לתגמולים הפוטנציאליים.

הטבלה הבאה מציגה את ההשפעות הממוצעות של שירותי גמישות הביקוש בשעות השיא בקבוצת הלקוחות הביתיים (A.6) של חברת PG&E.¹⁰³

Load Type	Enrollment Group	Num. of Customers	Avg. Reference Load (kWh/h)	Avg. Per Capita Impact (kWh/h)	Avg. Percent Load Reduction	Avg. MW Impact Reduction (MWh/h)	Avg. Temp (F)
Delivered Load	Auto-Enrollment: CARE	1,053,744	1.872	0.030	1.6%	31.6	92.2
	Auto-Enrollment: FERA	29,790	2.346	0.062	2.6%	1.8	91.6
	Auto-Enrollment: HER	408,355	1.918	0.048	2.5%	19.7	88.7
	Self-Enrollment	3,494	2.239	0.233	10.4%	0.8	99.9
	All A.6	1,495,382	1.895	0.036	1.9%	53.9	91.3
Net Load	Auto-Enrollment: CARE	1,053,744	1.865	0.032	1.7%	33.5	92.2
	Auto-Enrollment: FERA	29,790	2.337	0.065	2.8%	1.9	91.6
	Auto-Enrollment: HER	408,355	1.892	0.051	2.7%	20.7	88.7
	Self-Enrollment	3,494	2.225	0.239	10.8%	0.8	99.9
	All A.6	1,495,382	1.883	0.038	2.0%	57.0	91.3

Source: Verdant Associates, 2022. PG&E 2022 ELRP (Emergency Load Reduction Program) Load Impact Report. Prepared by E. Barquest, C. Elliot, & J. Shelton.

המשתתפים שנרשמו אוטומטית אמנם מציגים שיעורי הפחתת צריכה נמוכים יותר לכל משתתף בהשוואה לאלו שנרשמו מיוזמתם, אך בזכות מספרם הגדול, התרומה המצטברת שלהם (31.6 MWh/h) להפחתת העומס היא המשמעותית ביותר מבין הקבוצות.

עם זאת, בשל העלויות הגבוהות של התוכנית, הוחלט לסיים את תוכנית PSR בשנת 2025. המהלך נובע מהעובדה ששיתוף הפעולה הגבוהה מצד הלקוחות הפך את התוכנית ליקרה מדי, ולכן, PG&E עוברת לפיתוח שירותים מבוססי טכנולוגיה כמו תוכנית Automated Response Technology Program- ART לאפשר גמישות בביקוש במגזר הביתי בצורה אוטומטית ויעילה יותר, עם התערבות מינימלית מצד הלקוח. במסמך הבא יובא פירוט נוסף על תוכניות אלו.

¹⁰³ הנתונים בטבלה מחולקים לפי שני פרמטרים

אופן ההרשמה – האם הלקוחות הצטרפו לתוכנית באופן אוטומטי על ידי מספק החשמל, או שנרשמו מיוזמתם.

סוג העומס – מתייחס להפחתת הביקוש לחשמל בפועל, או לצריכה נטו (כלומר, לאחר ניכוי ייצור עצמי של אנרגיה סולארית, במידה וקיים).

