

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

מעבר למשק חשמל כל פחמן

בחנית ההתכנות ותכנית היישום עד 2030

ינואר 2022

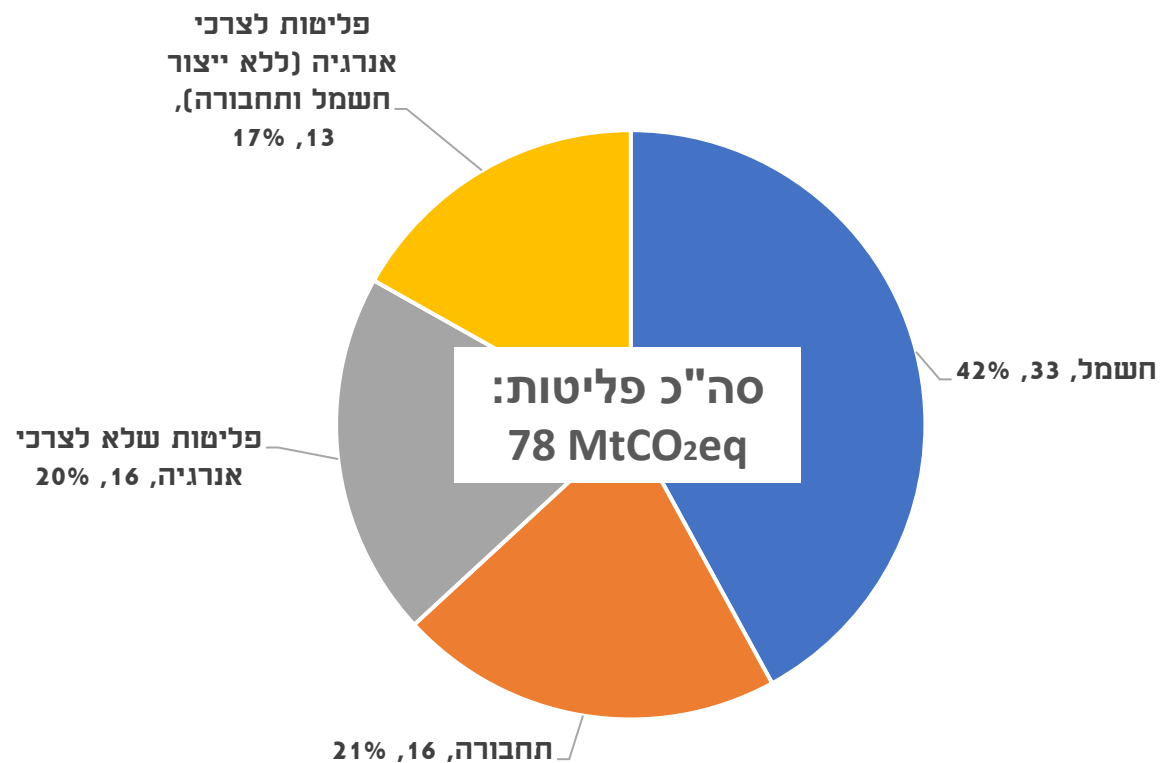
ד"ר גיל פרואקטור

ד"ר רותי קירו



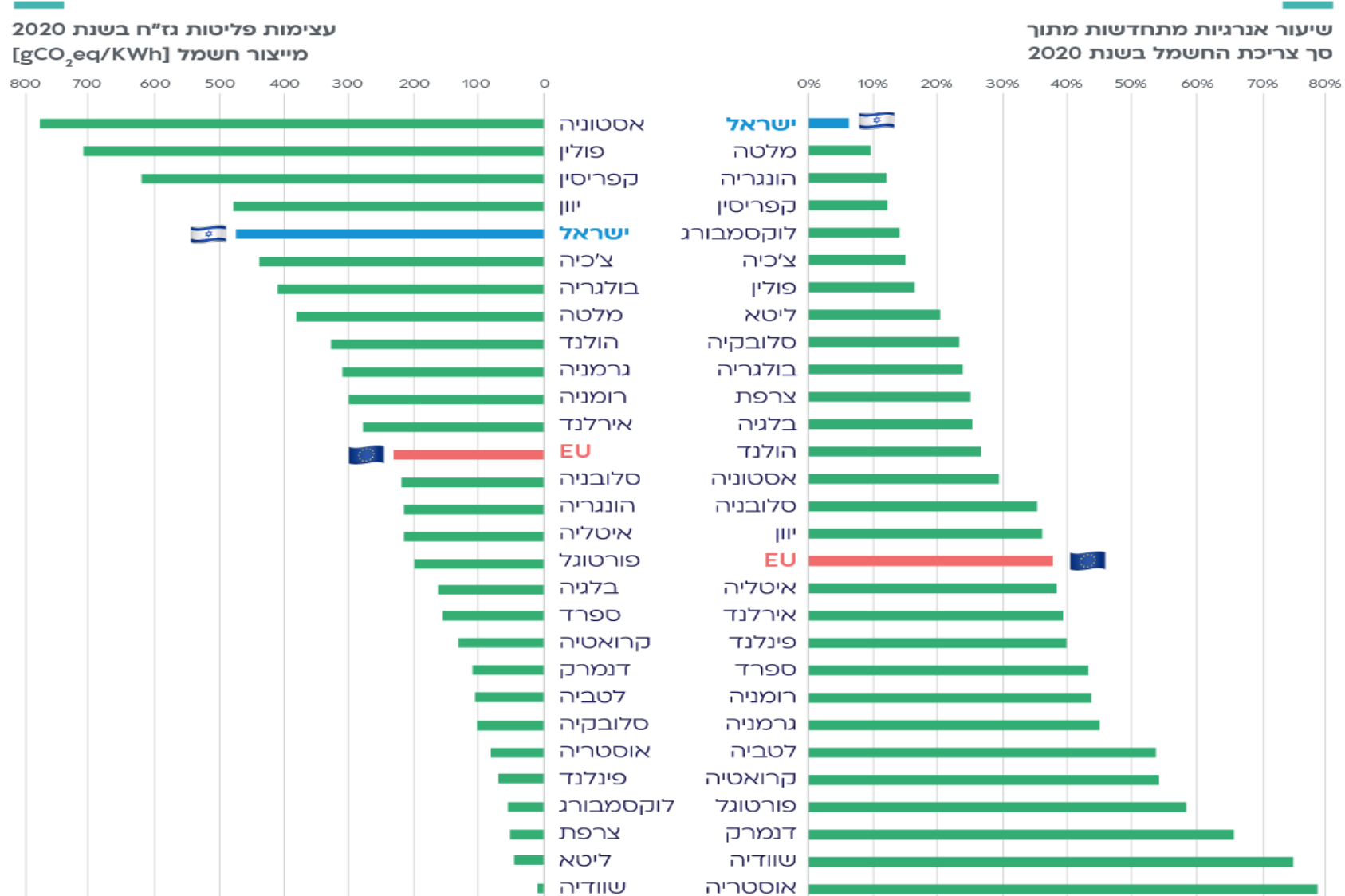
משק החשמל | תרומה משמעותית לזיהום

פליטות גזי חממה לפי סקטור, 2020 [MtCO₂e]



החלק היחסי של ייצור החשמל יעלה עם המעבר לתחבורה ותעשייה המבוססות על חשמל
15% מצריכת החשמל ב-2030 היא מתחבורה ו-5% היא מתעשייה (ב-2030)

ישראל | הרחק מאחור ביחס לעולם



שינוי בנתיב | מכוונים את משק החשמל ל"יעדי גלזגו"

יעד מתחדשות ל- 2030 | 30%

3.5 GW
אגירה

17 GW
הספק הנדרש

26 מיליון tCO_{2e}
פליטות משק חשמל
מקור הנתונים: מידול משרד האנרגיה

מצב מתחדשות ב- 2020 | 5.7%

כיום

1.5 GW
אגירה מאושרת

3.5 GW
הספק קיים*

0.3 GW
אגירה קיימת

2.5 GW
הספק קיים*

33 מיליון tCO_{2e}
פליטות משק חשמל

יעד מתחדשות כלכלי חדש מופחת פליטות ל-
2030 | 40%

5.5 GW
אגירה

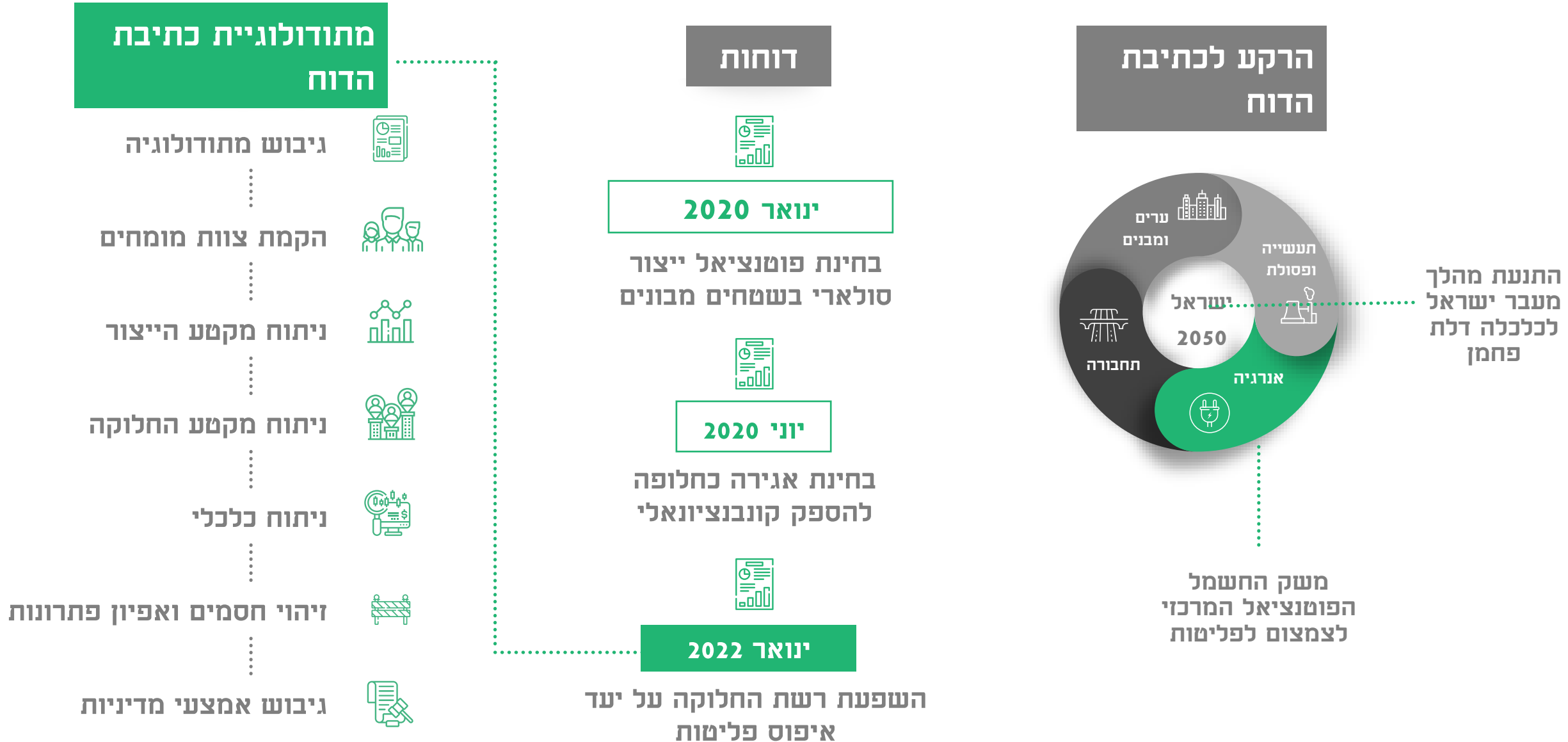
18-23 GW
הספק הנדרש

23 מיליון tCO_{2e}
פליטות משק חשמל



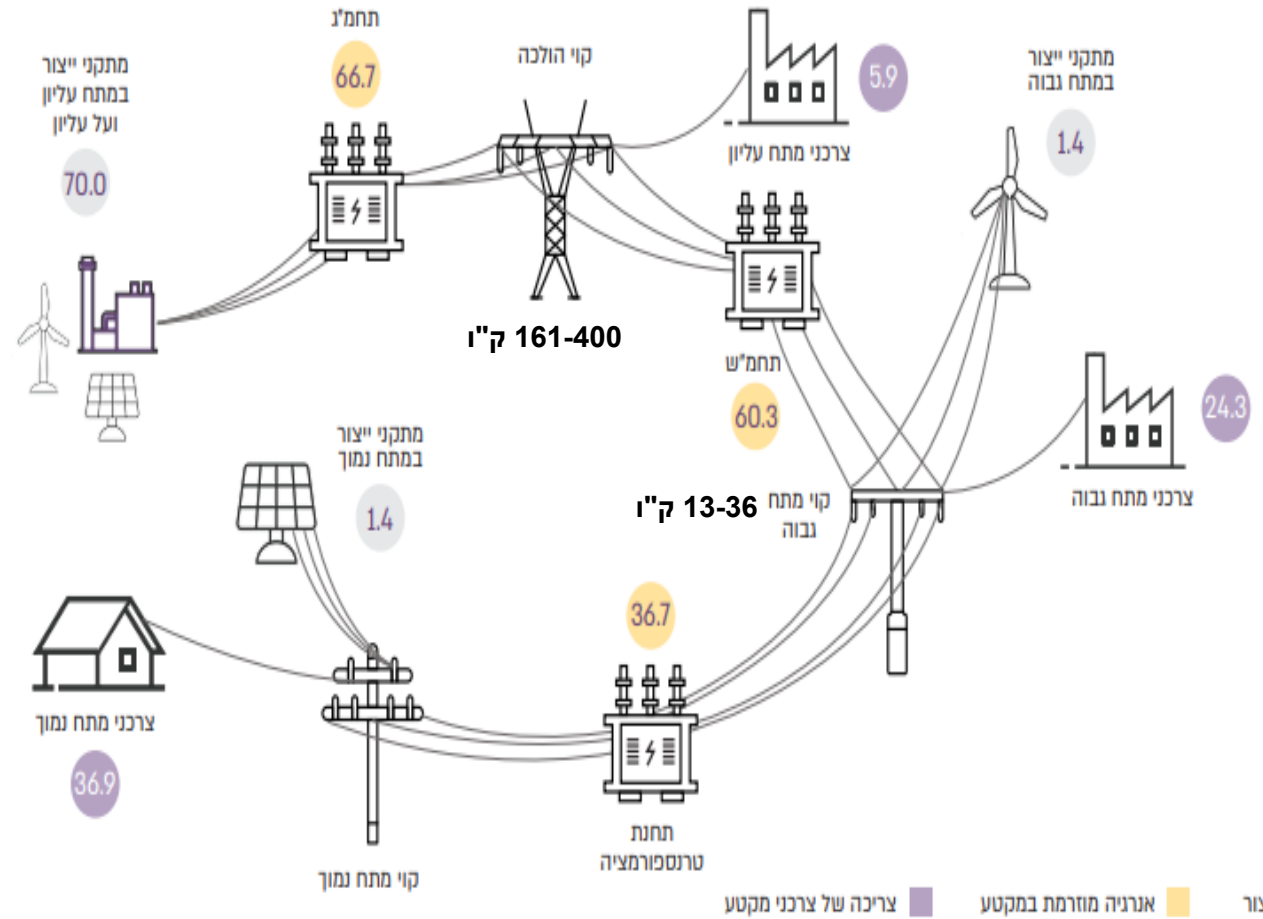
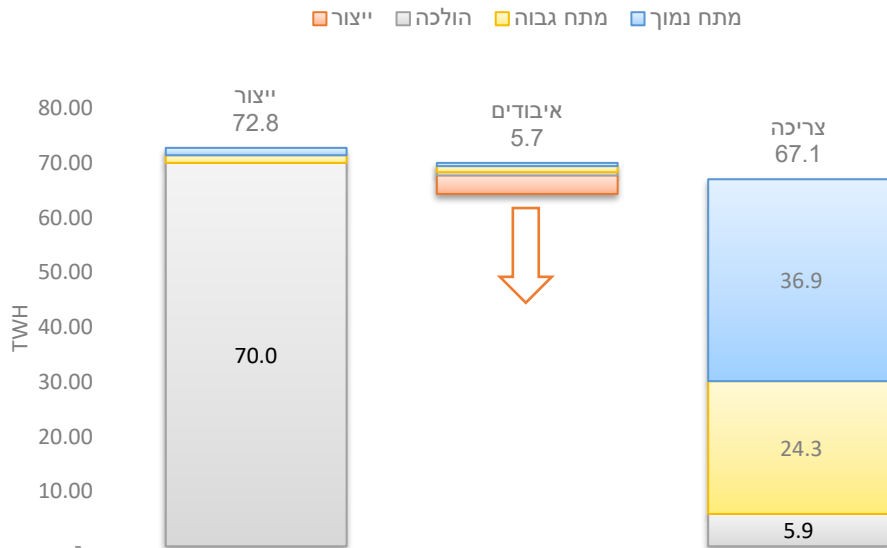
**כיצד מגיעים למשק השמל דל פליטות
כבר בעשור הקרוב, תוך השענות על
השטח המבונה ודו שימוש?**

תהליך העבודה | הרקע לדוח ומתודולוגיית המחקר



ייצור ריכוזי של חשמל מוביל לאיבוד משמעותי עד לצרכן

בשנת 2020 היו כ- 8% (5.7 TWh)



- 96% מייצור החשמל בשנת 2020 - ייצור ברשת ההולכה
- צרכני מתח נמוך מהווים כ- 55% מסך הצריכה המשקית
- האיבודים במקטעים השונים הסתכמו ל-5.7 TWh, כ- 8%

קיים פוטנציאל סולארי במרחב המבונה ליישום משק חשמל דל פחמן

הספק מותקן מתחדשות נדרש לשנת 2030

הפוטנציאל הסולארי במרחב המבונה

פוטנציאל כדו-שימוש (אגרו-ולטאי)
בשטח הפתוח (20,000 דונם, כ-2 GW)

23 GW

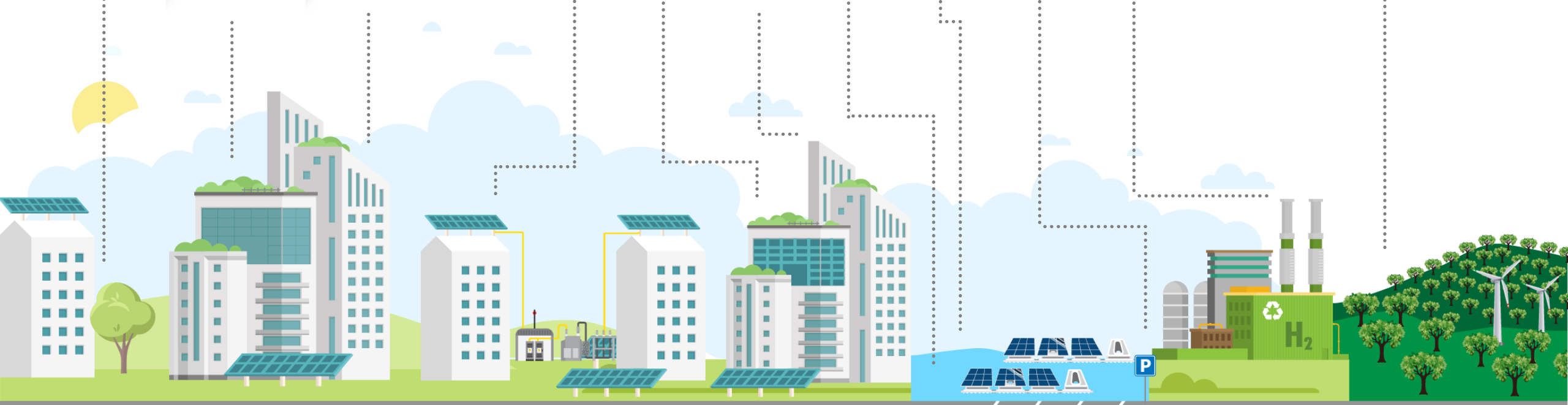
24 GW

14 GW
תוספת ב-30% עד 2030

20 GW
תוספת ב-40% עד 2030

2.55
הספק מותקן 2020

- 8
מבנים גגות
- 4
מבנים חזיתות
- 3
שטחים מבונים נוספים
- 3
מים מאגרי
- 2
כבישים
- 2
חניות
- 1
תעשייה אזורי



**כיצד מממשים את פוטנציאל
המתחדשות במרחב המבונה
ובדו שימוש?**

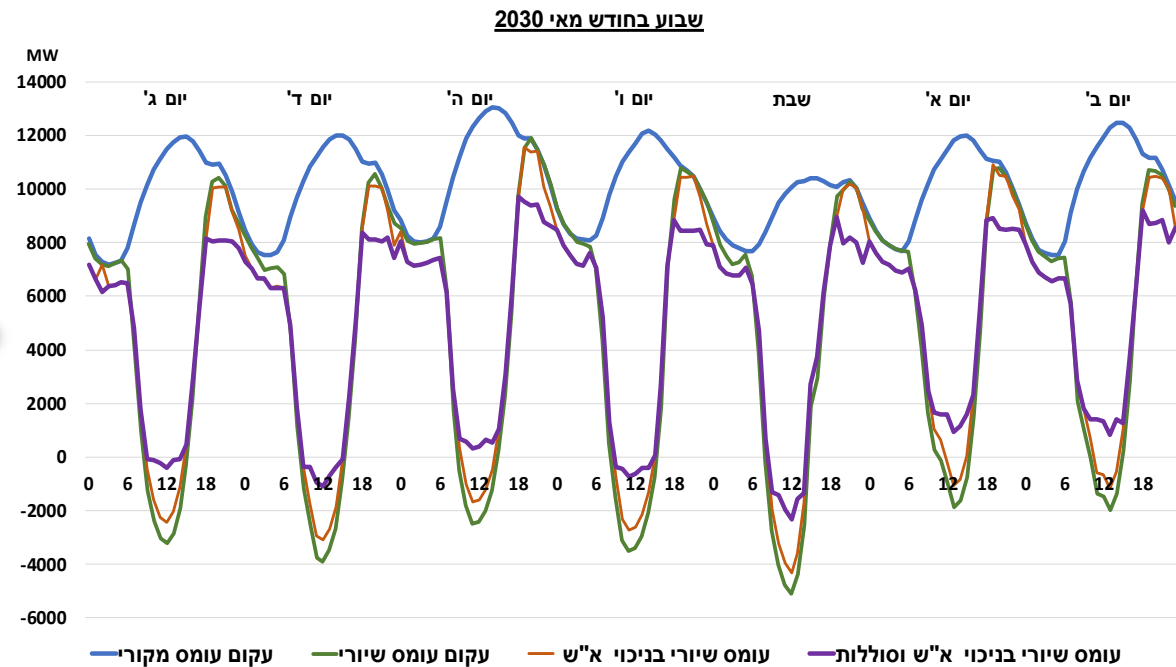
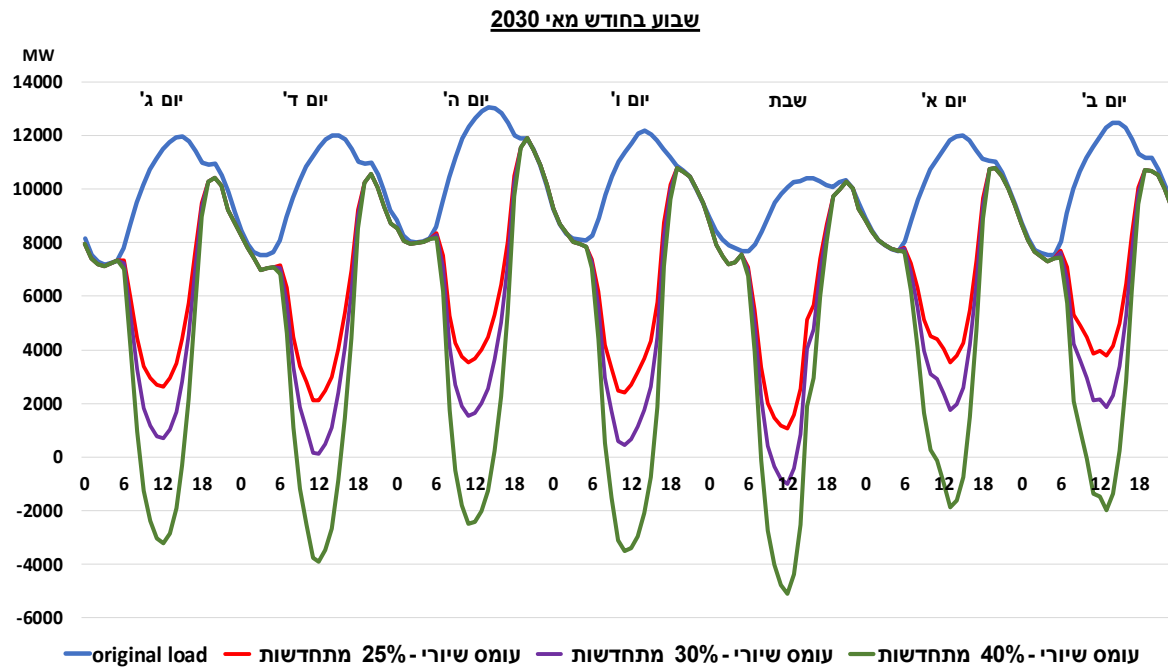
תמצית מסקנות העבודה

- ניתן להעמיק את יעד הפחתת הפליטות ל- 2030 ל- 42% ביחס לשנת 2015.
- השגת יעד זה אפשרית באמצעות ייצור 40% אנרגיות מתחדשות, על בסיס ניצול השטחים המבונים ודו שימוש הקרקע.
- שינוי זה יתבסס על טכנולוגיות זמינות ומסחריות ועל ידי שינוי סדרי העדיפויות בפיתוח רשת החלוקה.
- יישום יעד זה אף יוביל לחסכון של מיליארדי ₪ למשק



האתגרים הצפויים בגמישות מערך הייצור

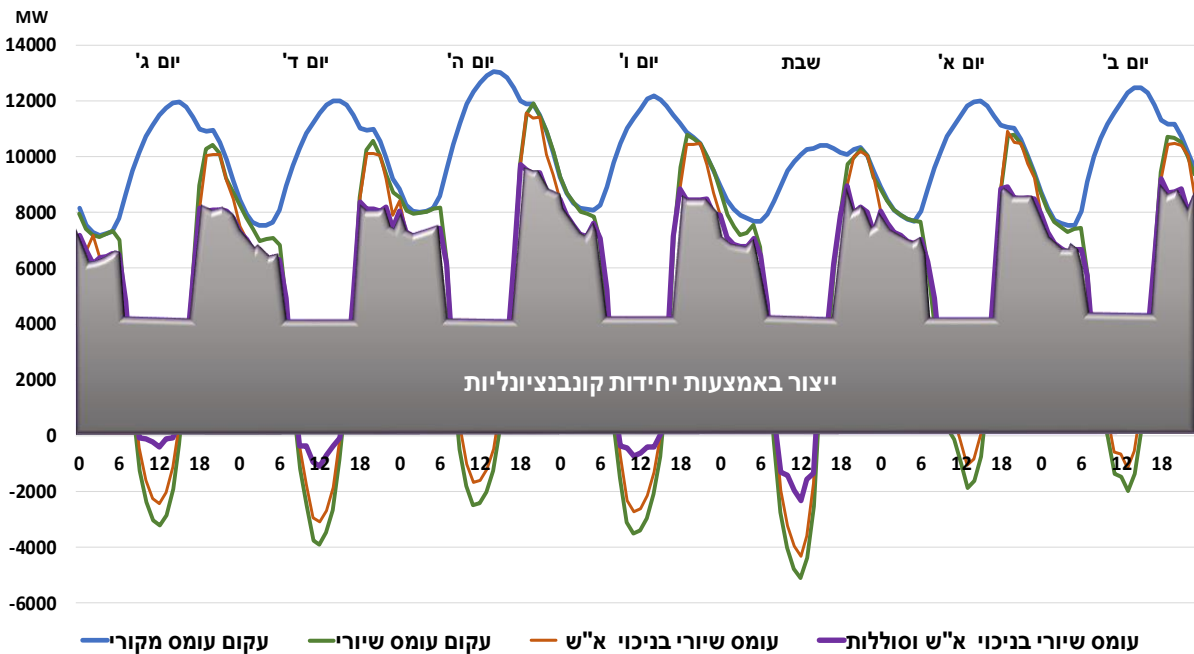
1. מניעת קיטום והתמודדות עם שינויי עומס מהירים
2. מענה לעלייה/ירידה חדה בעומס השיורי בשעות השקיעה/הזריחה
3. תגובה לשינויי תדר
4. הבדלים עונתיים המשפיעים על הייצור הסולארי ועל קצב השינוי של העומס השיורי



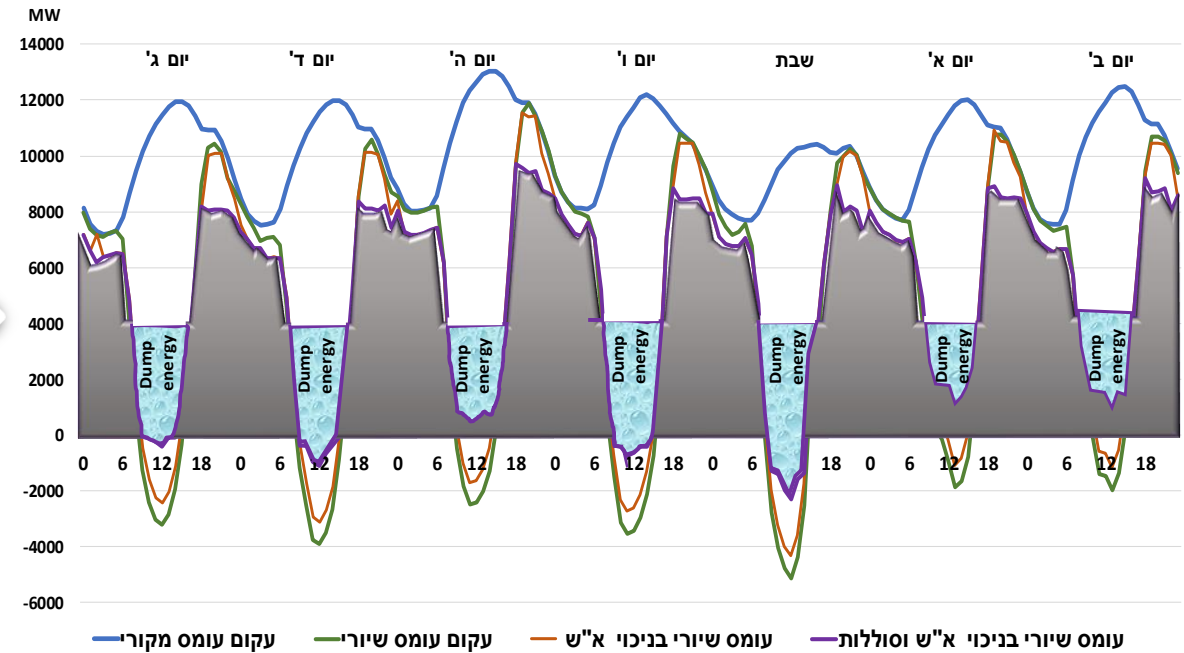
האתגרים הצפויים בגמישות מערך הייצור (המשך)

1. מניעת קיטום והתמודדות עם שינויי עומס מהירים
2. מענה לעלייה/ירידה חדה בעומס השיורי בשעות השקיעה/הזריחה
3. תגובה לשינויי תדר
4. הבדלים עונתיים המשפיעים על הייצור הסולארי ועל קצב השינוי של העומס השיורי

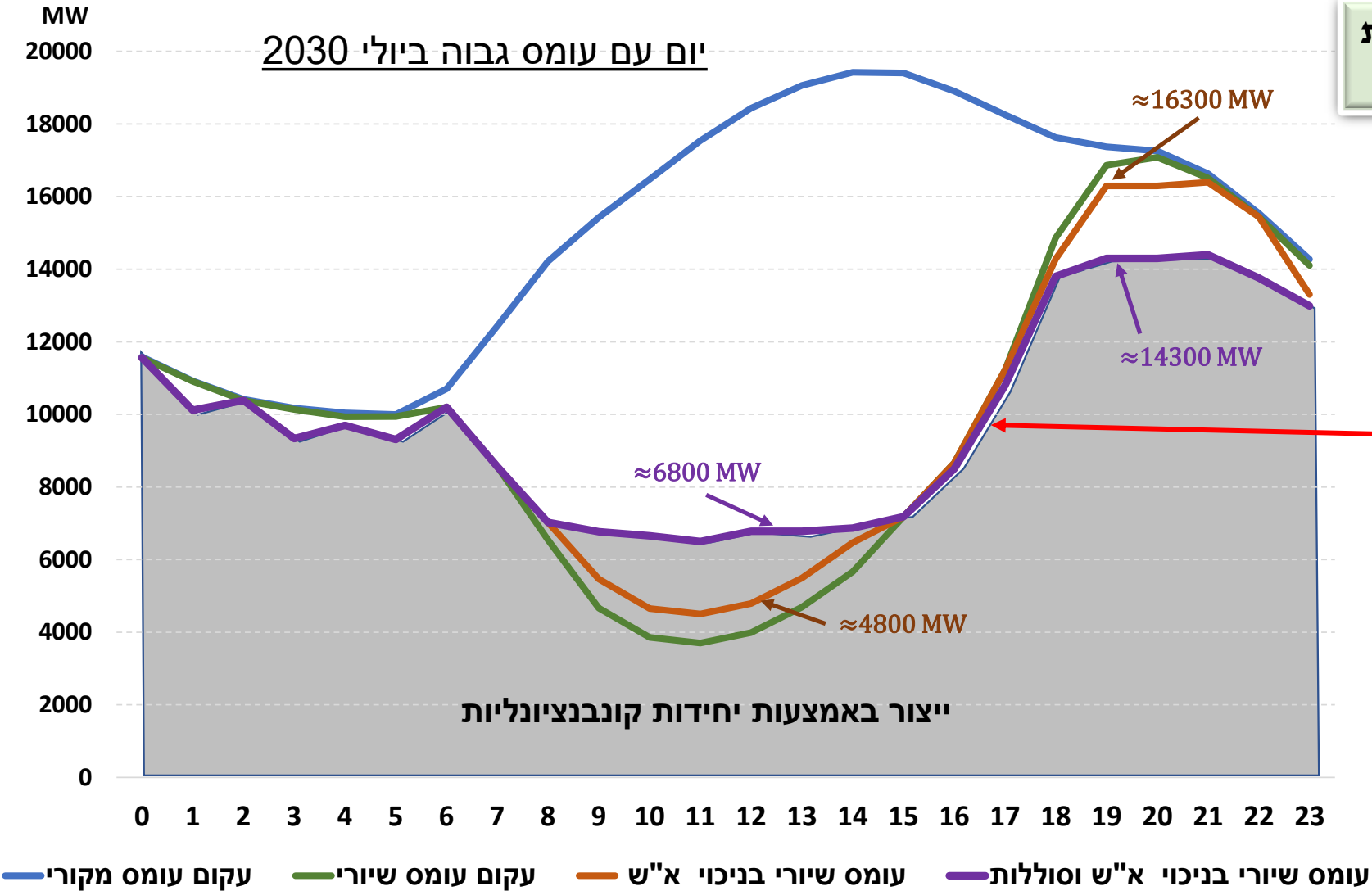
שבוע בחודש מאי 2030



שבוע בחודש מאי 2030



האתגרים הצפויים בגמישות מערך הייצור (המשך)



היתרון הגדול של מתקני אגירה על פני יחידות קונבנציונליות בעידן הייצור הסולארי

בהעדר אגירה בסוללות ההספק הקונבנציונלי היה צריך לעלות בכ- $16300 - 4800 = 11500$ מגו"ט במהלך השקיעה.

קיום האגירה בסוללות בהספק של 2000 מגו"ט מאפשר לצמצם את עליית ההספק הקונבנציונלי לכ- $14300 - 6800 = 7500$ מגו"ט.

על ידי כך,

מתקני אגירה מסוגלים לתרום עד פי שניים מההספק שלהם להפחתת טווח עליית ההספק הקונבנציונלי בשעות השקיעה, וזאת ללא קיטום הייצור הסולארי.



אף יחידה קונבנציונלית לא מסוגלת לעשות זאת

הערה: האיור נבנה בהנחה שהמערכת תכלול לפחות 2000 מגו"ט של סוללות ו-800 מגו"ט של אגירה שאובה עם קיבולת של 4 ו-8 שעות פעולה בהספק מלא בהתאמה)

פתרונות לאתגרים במערך הייצור

תנודתיות סולארית	שינויים חדים בעומס	קיטום סולארי	
✓	✓	✓	הקמת מתקני אגירה הנשלטים על ידי מנהל המערכת
✓	✓	✓	גיבוש דרישות לשליטת מנהל המערכת במתקני PV
✓	✓	✓	גיבוש מסגרת רגולטורית לאספקת שירותים נלווים (ancillary services) ע"י מתקני אגירה ו- PV
		✓	העברת כל היצרנים לשיטת העמסה מרכזית
		✓	תזמון תחזוקת תחנות כוח תוך התחשבות בייצור סולארי עודף
✓	✓	✓	הקמת מערך חיזוי סולארי מתקדם המותאם לצרכי המערכת
✓	✓	✓	יישום מערכת ושיטות מתקדמות לחיזוי ביקושים לחשמל

האתגרים הצפויים במרחב המבונה

1. זרימת חשמל דו-כיוונית ברשת שתוכננה לזרימה חד-כיוונית

- פגיעה בתפקוד מערכות ההגנה (רגישות וסלקטיביות): ייתכן ולא יפעלו כנדרש (פגיעה ברכוש ובנפש) או יפעלו כלא נדרש (פגיעה כלכלית)
- יצירת עומס חריג על המערכת ואף זרימה ממתח נמוך למתח גבוה: פגיעה בציוד, איכות החשמל (וויסות מתח) ויציבות המערכת

2. ניהול וסינכרון מספר רב של מתקנים מבוזרים במקום מספר קטן של תחנות כוח גדולות (יצוב תדר, ויסות מתחים, ביקוש ועוד)



קיים מענה המבוסס על טכנולוגיות זמינות ומסחריות

1. השקעה באמצעי שליטה ובקרה (חומרה ותוכנה) על רשת החלוקה

- מערכת DMS ברשת החלוקה - מחשוב, תקשורת, בקרה ושליטה של הפיקוח האזורי וארצי
- חיבור מערכות ה-PV והאגירה ברשת החלוקה למערכת זו, בחבילות של כ-50 עד 100 מגו"ט

2. אסדרה של אגרגטורים של מתקני מתחדשות ואגירה קטנים (תחנות וירטואליות)

3. קביעת קריטריונים ברורים ליחס בין הספק ה-PV המותקן על כל שנאי לבין הספק השנאי



הספק השנאים בתוספת האגירה מאפשרים ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות בשטח המבונה

על בסיס ניתוח תכנית הפיתוח של חברת חשמל וסקירה עולמית

מקטע רשת החלוקה	הספק שנאים קיים 2019 (GVA)	הספק שנאים מתוכנן ל-2030 (GVA)	פוטנציאל התקנה מערכות סולארות ל-2030 (GW)
מתח נמוך	25.3	31	24.8
מתח גבוה	22.3	28	22.4
פוטנציאל חדירה אפקטיבי	-	-	22.4

1. התאמת תכנית הפיתוח הקיימת של שנאים לפוטנציאל הסולארי - פריסה גיאוגרפית נכונה

2. קביעת אמות מידה מעודכנות ליחס בין הספק שנאי להספק סולארי

3. אגירה מתוכננת נכונה ומנוהלת תפחית את העומס של השנאים ותגדיל את פוטנציאל ההתקנה של PV

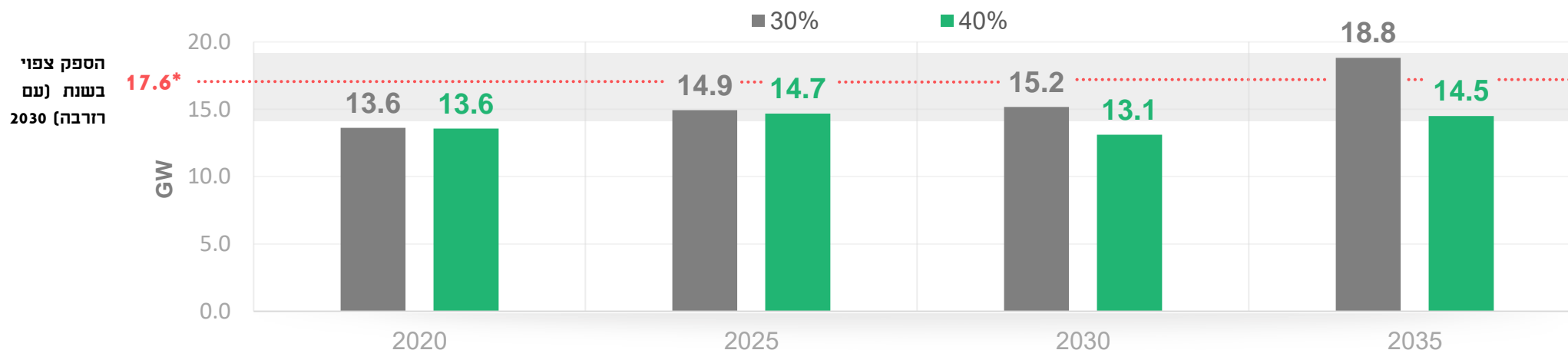
4. תכנון אינטגרטיבי של כלל מערך המסירה – הולכה וחלוקה



מודל טכנו-כלכלי למשק חשמל דל פחמן בתרחישים עתידיים

שילוב מתחדשות ואגירה מיתרים את הצורך בהקמת תחנות כוח נוספות מעבר לתחנות שאושרו בממשלה

הספק פוסילי (ללא רזרבה) עד שנת 2035

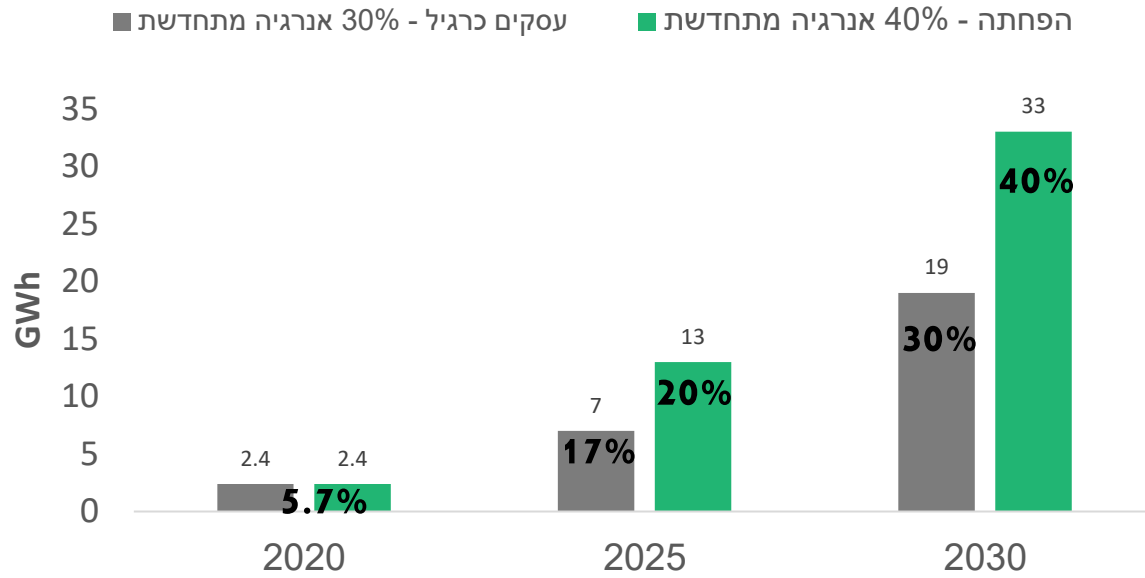


הספק צפוי
בשנת (עם
רזרבה) 2030

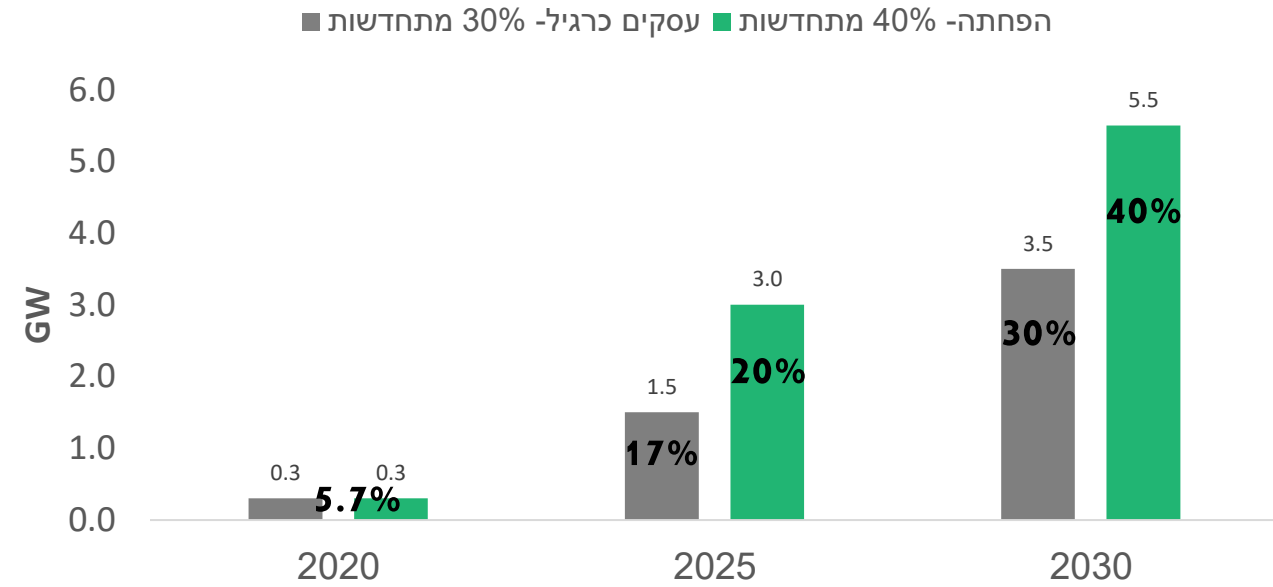


האגירה היא מרכיב הכרחי להעמקת שיעור המתחדשות

קיבולת אגירה



הספק אגירה



*אחוז המתחדשות



מעבר ל 40% מתחדשות | היסכון של מיליארדי ש"ח

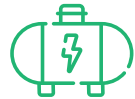
עלות משקית עד שנת 2030 (ענ"ן)			מיליארד (₪)
תועלת עודפת	תרחיש הפחתה (40%)	תרחיש עסקים כרגיל (30%)	פרמטר
5.73	196.04	201.77	מערך הייצור
-9.09	35.40	26.31	עלויות הון
-1.17	15.35	14.18	עלויות תפעול
8.11	78.69	86.80	עלויות דלקים
7.88	66.60	74.48	עלויות היצונית
-0.02	1.18	1.16	השקעות בתוכנה וחומרה
-	1	1	עלויות רשת
5.71	197.22	202.93	סה"כ



מינוף
מקומות עבודה
בפריפריה



היסכון במיגון
ובאבטחה של
תשתיות



היסכון בתשתיות
הולכה וחלוקה
של גז



היסכון בעלויות
לצורך ביטחון
אנרגטי



היסכון
בהשקעות
ברשת החשמל



הפחתת התלות
בתזקיני נפט



היסכון בתשתיות
גיבוי לתחנות כוח



היסכון באיבודי
הולכה (8%)

היכולת להתמודד עם החסמים בשטח המבונה

על בסיס ראיונות של משרד הגנת הסביבה עם יזמים, ניתוח תוצאות שיתוף ציבור של רשות החשמל, עבודת מחקר וסקרים מהעולם

חסמי ידע ומודעות

- העדר ידע וכוח אדם לקידום, ליווי ומימוש הפוטנציאל הסולארי, בפרט ברשויות המקומיות
- העדר מודעות ציבורית לשילוב מתחדשות

חסמים סטטוטוריים

- הליך רישום, הקמה וחיבור למערכות סולאריות אינו אחוד ודורש התעסקות עם רגולטורים שונים
- תהליך טורי במוסדות התכנון
- הקלות בהיטל השבחה וארנונה לא חלות על שימוש דואלי שהוא לא על גג
- העדר תכנון מיטבי בשכונות חדשות

חסמים רגולטורים

- העדר מדיניות ותכנית פעולה לשילוב מתחדשות ואגירה במרחב המבונה
- העדר אסדרה לשירותים נלווים למנהל המערכת ע"י מתחדשות ואגירה
- העדר אסדרה לרכישה ישירה של אנרגיה מתחדשת
- היעדר מדיניות להפחתת העלת אנרגיה בגלל **must take** ו- **must run**

חסמים כלכליים

- פגיעה בכדאיות למתקנים במווח 100-400 קו"ט (נפתר עד 300)
- עלות נוספת וחוסר וודאות לחברות להשקיע בנתחי שוק המאופיינים בגגות קטנים בשטח המבונה
- עלות נוספת למתקנים הדורשים קונסטרוקציה ולמתקנים דואלים

המלצות לפעולות לצעדי מדיניות | לשילוב אנרגיות מתחדשות במרחב המבונה

חלוקה

העלאת מתחדשות ברשת החלוקה



כתיבת דרישות טכניות למענה לעליה בייצור הכוללות: יחס מותאם בין הספק חשמלי של אנרגיות מתחדשות לבין שנאי, פריסה גיאוגרפית מתאימה לשנאים וייעוד המתחדשות למקומות אופטימליים ברשת

טכנולוגיה לשליטה בביזור



הטמעת מערכת (DMS (Distribution Management System) ברשת החלוקה, במתח גבוה ומתח נמוך לרבות מחשוב, תקשורת, בקרה ושליטה

רגולציה לניהול ייצור מבוזר



מסגרת רגולטורית לחיבור מתקני אנרגיות מתחדשות ומתקני אגירה לניהול מרכזי של המערכות המבוזרות באגרגציה של כ-50 עד 100 מגו"ט

תכנון מיטבי בשכונות חדשות



יישום הדרישות הטכניות ברשתות חשמל של שכונות חדשות ע"י הטמעה של יחס הספק שנאי מספק והטמעה של חומרה ותוכנה המאפשרים שליטה תפעולי

ייצור

הגדרת יעדים לאגירה



לקבוע יעדים לאגירה עד שנת 2030

אספקת שירותים למנהל המערכת



חיוב התקנת אמצעים טכנולוגיים ואמצעי שליטה במתקני אנרגיה מתחדשת ומתקני אגירה למתן שירותים Ancillary Services כולל מסגרת רגולטורית מאפשרת

שוק תחרותי לשירותי מערכת



מסגרת המאפשרת שוק תחרותי של שירותים למנהל המערכת למתקני אנרגיה מתחדשת ואגירה

מניעת השלכת אנרגיה מתחדשת



- הורדה של ה-Must take ופיצוי יצרני חשמל פרטיים לייצור והעברה לשליטה מלאה של מנהל המערכת, תזמון השבתה של יחידות
- מסגרת דרישות הכוללות את תזמון תחזוקה של יצרני חשמל Must Run ו-Must take בעיקר בעונות במעבר

פעולות נדרשות-מה נדרש לקדם כבר מחר?

○ תכנית לפיתוח מערך הייצור

- כאשר בחירת טכנולוגיות הייצור תיגזר מאופטימיזציה ארוכת טווח (עד 2050) המבוססת על הגדלת קצב החדירה של אנרגיות מתחדשות לצורך הקמת מעק חשמל נטול פחמן
- יצירת שוק שירותים נלווים בו כל טכנולוגיות הייצור וצרכני החשמל יכולים להתחרות על בסיס שווה על מתן שירותי ניהול מערכת לוויסות עומס, תדר ומתח.

○ תכנית לפיתוח רשת החלוקה המותאמת לקליטה וניהול 40% אנרגיות מתחדשות, בדגש על האזור המבונה

- פיתוח רשת החלוקה (שנאים, חלוקה, תחמשים, מערכות בקרה ושליטה, איתור צווארי בקבוק ועוד)
- הטמעת מערכות בקרה ושליטה ברשת החלוקה
- קביעת אמות מידה לסקרי חיבור **PV**, ובפרט ליחס הספק **PV**-שנאי
- פריסה גאוגרפית מתאימה לשנאים
- פריסה של אמצעי שליטה ובקרה
- שימוע ואסדרה של אגרגטורים (תחנות כוח וירטואליות)

○ הסרת חסמים וצעדים לשילוב אגירה ו**PV** ברשת החלוקה, ומאחורי המונה



הוכן על ידי :

ד"ר גיל פרואקטור, ד"ר רותי קירו – המשרד להגנת הסביבה

רון קמרה, אברי שכטר – חברת אקוטריידרס בע"מ

שמעון פרנט

Ydan enterprise LTD – אברהם פל

פורום ישראלי לאנרגיה

סיוע בהכנת הדו"ח

שולי נזר, אילה גלדמן, פנינה (פרל) קפלן, רן אברהם, גירמי בן-שלום, אביטל עשת - המשרד להגנת הסביבה

איתן פרנס, דין רז – איגוד חברות אנרגיה ירוקה לישראל

ערן טל – וולטה סולאר בע"מ

הילה חדד – נתיבי ישראל

שי פורת – חברת ענבר אנרגיה סולארית

אייל בהרב – גולן סולאר בע"מ

חוני קבלו, שמרית יסער - אנלייט אנרגיה מתחדשת בע"מ

מאיה קרבטרי, פורום ה-15

עמיחי דרורי, מרכז השלטון המקומי

גל שופרוני- רשות החשמל

