



היבטים דינמיים בתוכנית פיתוח מערכת הייצור תגובת התדר

מפגש היוועצות - ספטמבר 2022



שיקולים דינמיים להבטחת שרידות המערכת



המטרה: הבטחת יציבות התדר במערכת

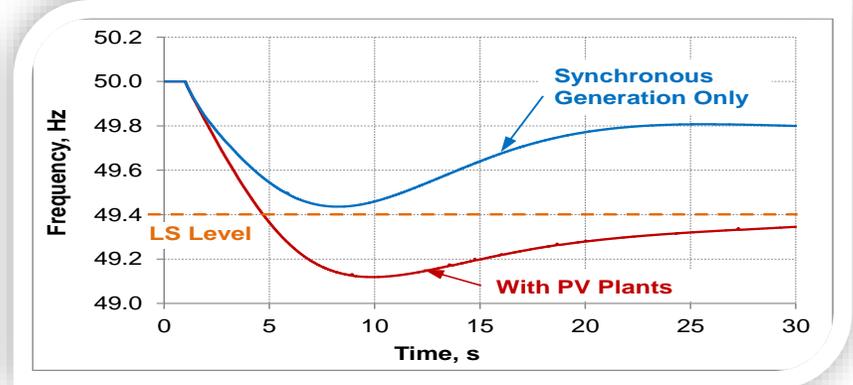
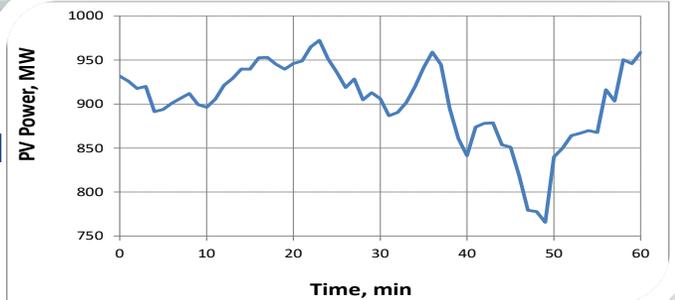
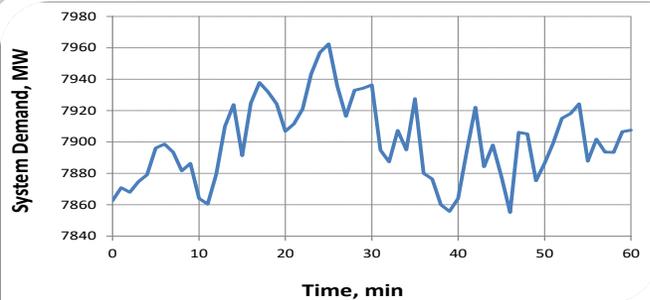
במצב שגרה 2

במצב תקלה 1

לשמור את התדר בטווח התקין בהתחשב ב:

שינוי בייצור בעקבות שינויי מזג אוויר שינויים אקראיים בעומס

יכולת להתמודד עם הפסקה מאולצת של יחידת הייצור הגדולה ביותר במערכת ללא השלת עומס

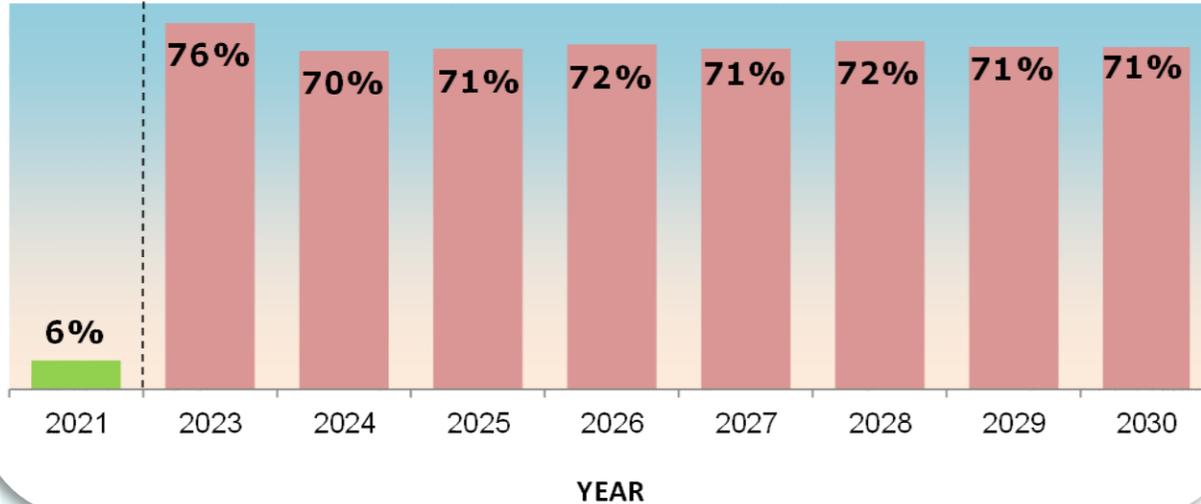


בקרת התדר מובטחת על ידי סוגים שונים של עתודה



השלכות תקלה בה מתנתקת יחידת ייצור על תדר המערכת

Hours with Load Shedding / Year



אחוז של מספר השעות בשנה בהן יש סיכון להשלת עומס

תוספת עתודה מיידית לבקרת תדר מהירה
ורציפה בהיקף של 400 מגוואט לרבע שעה
תתן מענה משמעותי ליציבות התדר

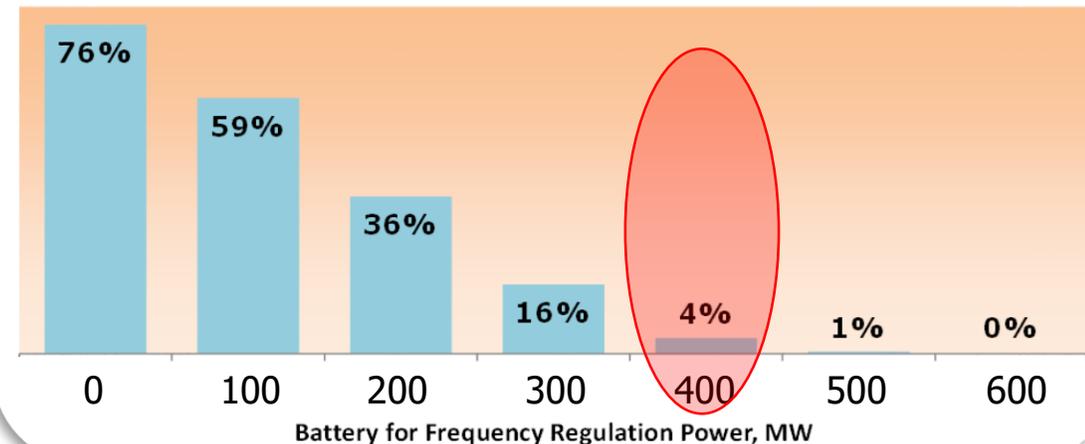
עם תוספת של עתודה מיידית לבקרת תדר
רציפה (FFR) בהספקים שונים

בהתאם ליעד - 2030 עם 30% מתחדשות

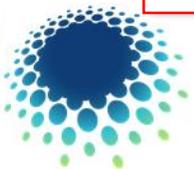
קריטריון התיכנון

נדרשת יכולת להתמודד עם הפסקה של יחידת
הייצור הגדולה ביותר במערכת תוך מיזעור
הסיכון להשלת עומס (בדומה למצב נוכחי)

Cases with Load Shedding / Year 2023



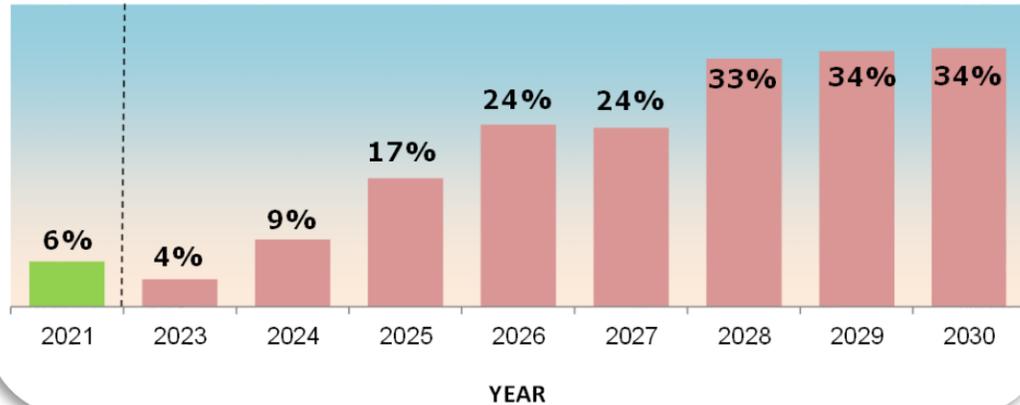
אחוז השעות בשנת 2023 עם סיכון להשלת עומס



תוספת עתודה מיידית לבקרת תדר בהספקים 400&500 MW

אחוז השעות בשנה בהן יש סיכון להשלת עומס

Hours with Load Shedding / Year
with 400 MW BESS for Frequency Regulation

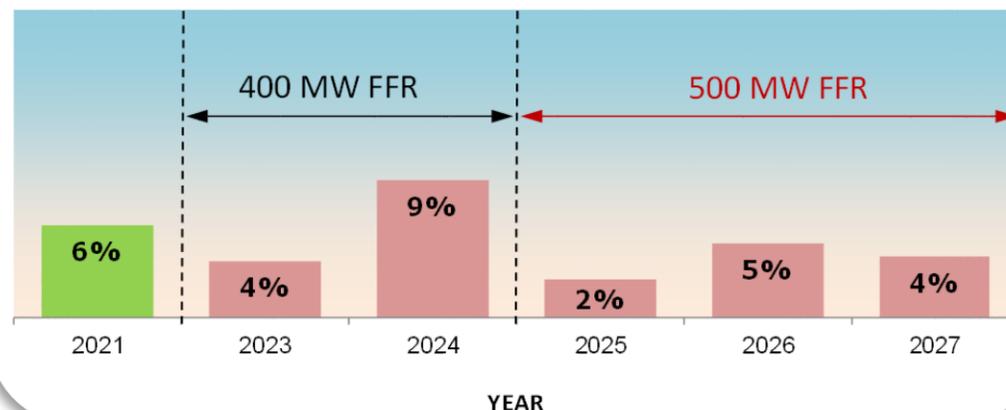


דוגמה למקורות של עתודה מיידית כפונקציה של אסדרה רגולטורית

- סוללות מצברים ייעודיות לבקרת תדר מהירה ורציפה
- תגובת תדר של סוללות להסטת עומס במצבים חריגים וחלקית גם בתגובה מהירה ורציפה
- שמירת עתודה במתקנים סולאריים
- ניצול והתאמת יכולת התגובה המיידית של יחידות הייצור הסינכרוניות
- ניהול תגובה מיידית בצד ביקוש.

עם תוספת עתודה מיידית של 400 MW לבקרת תדר רציפה

Hours with Load Shedding / Year
with 400&500 MW BESS for Frequency Regulation

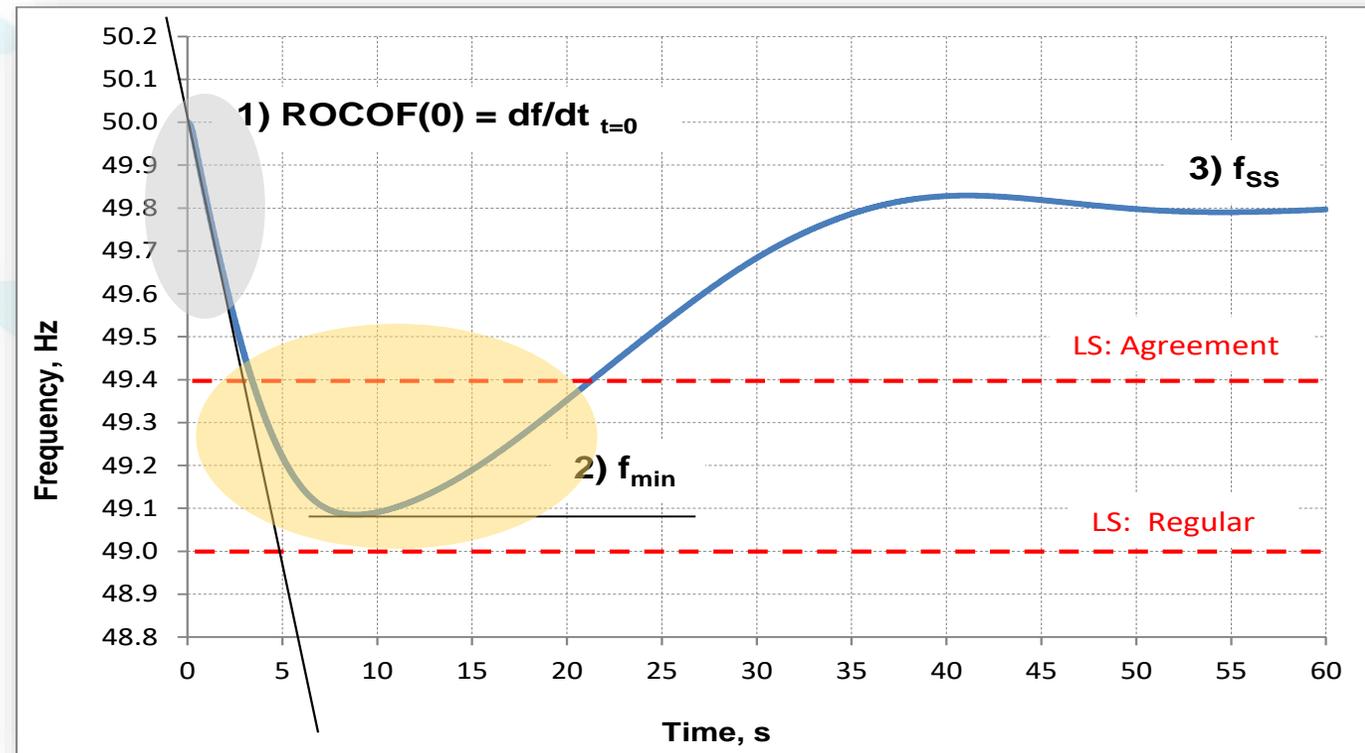


ניתן לפזר את האמצעים לבקרת תדר מהירה ורציפה בכל מקום פנוי ברשת ההולכה.

שינוי ברמת האינרציה במערכת עם 30% אנרגיה מתחדשת

התנהגות התדר בעקבות התנתקות יחידת ייצור

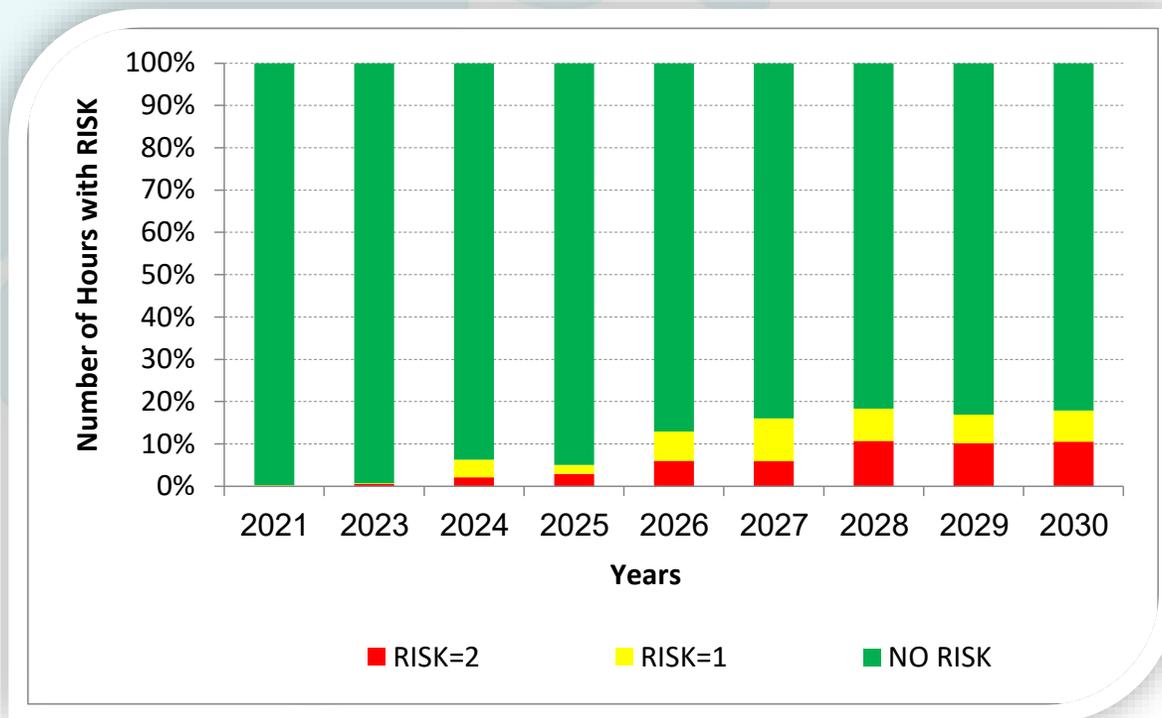
קצב שינוי התדר ברגע התקלה
פרופורציונאלי הפוך לאינרציה
במערכת



שילוב מתקני PV בהיקפים גבוהים גורם לירידת האינרציה המערכתית

חישוב האינרציה המערכתית

מדד הסיכון



קריטריון התיכון

מניעת סיכון למצבי עלטה בעקבות ROCOF גבוה (נקבע סף של $ROCOF = 0.5 \text{ Hz/s}$ על סמך הדרישות מהציוד הקיים במערכת)

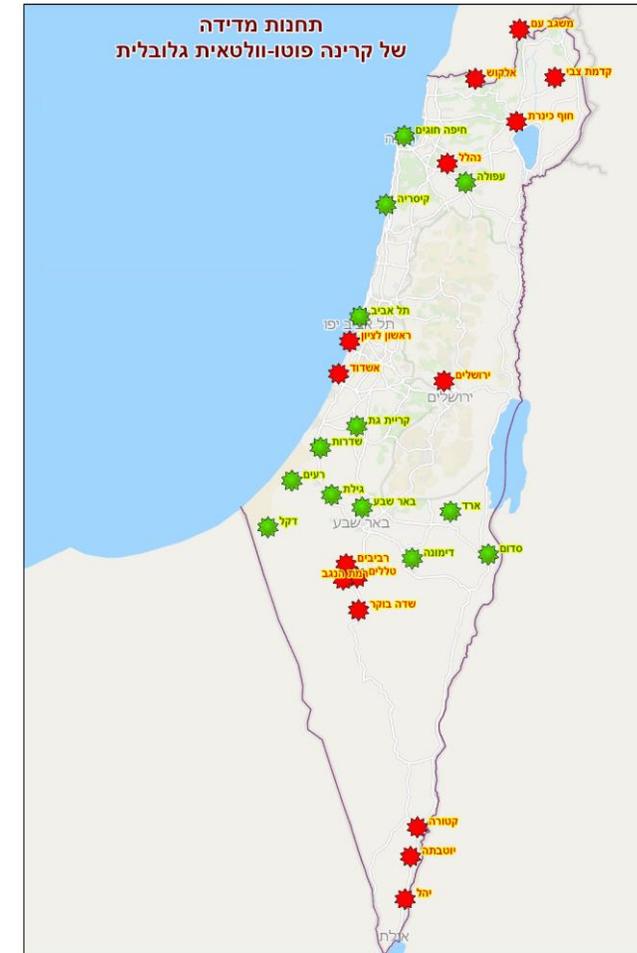
• נדרשת אסדרה לשירותי אינרציה (שירות נלווה)

- דרישות טכניות מממירים מסוג Grid Forming
- התקנת קונדנסורים סינכרוניים במקומות חלשים
- מדידת אינרציה מערכתית בזמן אמת בפיקוח

תנודות בייצור סולארי עקב עננים

תנודות הספק מירביות עקב תנועת עננים [מגווא"ט ביחידת זמן]

Year	dP 1min	dP 3min	dP 30min
2020	90	190	590
2021	130	300	850
2022	180	380	1140
2023	220	450	1400
2024	270	580	1700
2025	310	700	2020
2026	380	810	2350
2027	440	930	2670
2028	510	1060	3000
2029	560	1200	3350
2030	610	1340	3680



גידול בהיקף המתחדשות עלול לגרום להגדלת תנודות ההספק הצפויות

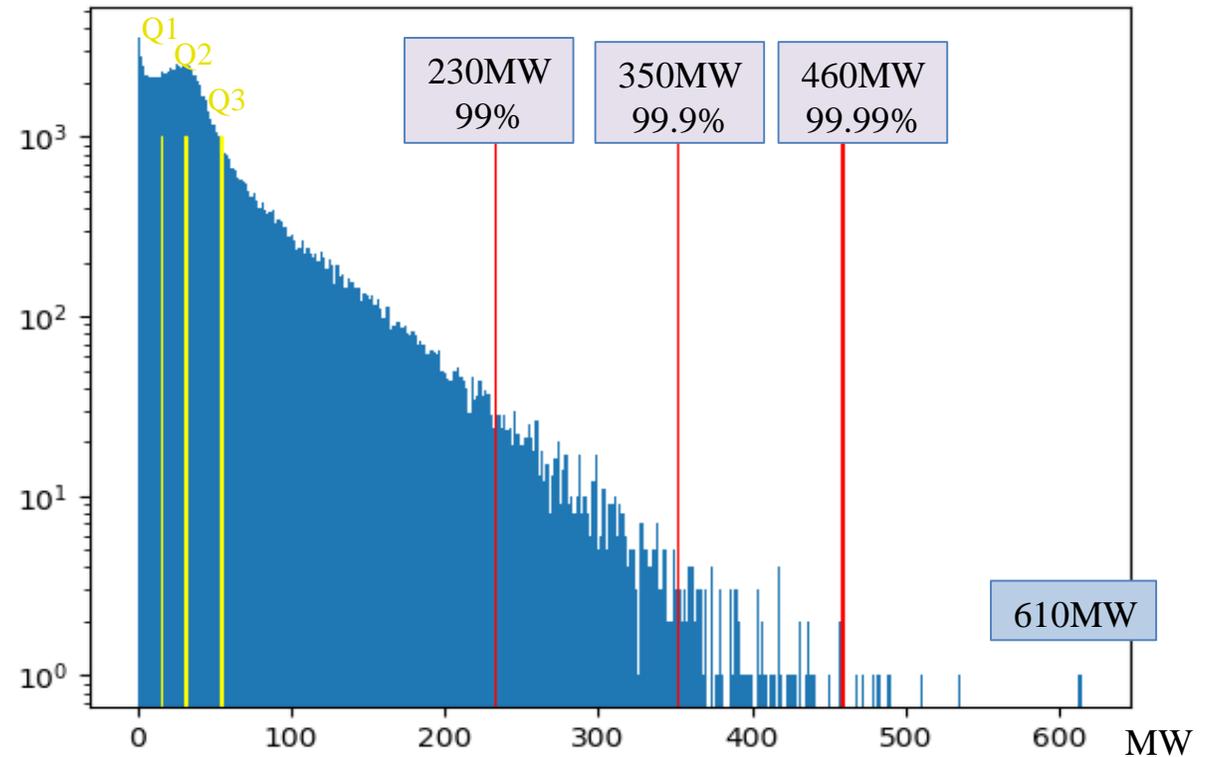
תנודות בייצור סולארי במצבי שגרה

תנודות הספק מירביות עקב תנודות עננים [מגווא"ט ביחידת זמן]

התפלגות תנודות ההספק ב- 2030 (מגווא"ט לדקה)

מספר התנודות

negative 1min fluctuations log (data 2020)



Resolution	2030 Negative dP [MW]			
	dP max	z1 (99.99%)	z2 (99.9%)	z3 (99%)
1 min	610	460	350	230
3 min	1340	1130	880	590
30 min	3680	3510	3100	2370

העתודות צריכות להיות מותאמות לתנודות הצפויות בהתאם להיקף הגדל של המתחדשות

תוכנית הפיתוח ל-2030 דורשת להתמודד עם האתגרים המשמעותיים הבאים:

קצב שינוי של אלפי מגווי"ט בשעה בייצור מתחדש

תנודתיות בייצור המתחדש בהיקף נרחב

הפסקה/הפעלה של יחידות מחז"ם בכל יום (2-Shift)

שילוב אגירה באלפי מגווי"ט

שינוי בדרישות מיחידות ייצור סינכרוניות חדשות

שינויים בהתנהגות העומס בתגובה לשינויי תדר

ארועי תקלה עם הפסקה מאולצת של יחידות מחז"ם גדולות (עד כ- 700 מגוואט)

הכנסת אמצעים לבקרת תדר מהירה ורציפה בהיקף של 500 MW

הכנסת אמצעים לתוספת אינרציה

יישום תוכנית הפיתוח עד 2030 אמור להתמודד ולתת מענה לאתגרים אלה.

כולנו ביחד נעשה ונצליח!

נגה
ניהול
מערכת
החשמל



תודה רבה!
