



# מגה פרויקטים ב ICL ים-המלח סדום הירוקה ותחנת שאיבה פי9

יעקב מור-יוסף

מהנדס חשמל ראשי – מפעלי ים-המלח

רון זליג

מהנדס חשמל - מהנדס חשמל פרויקט פי9

מפעלי ים-המלח



## הערה חשובה!

- מצגת זו נועדה לצורכי למידה ושיתוף בלבד!

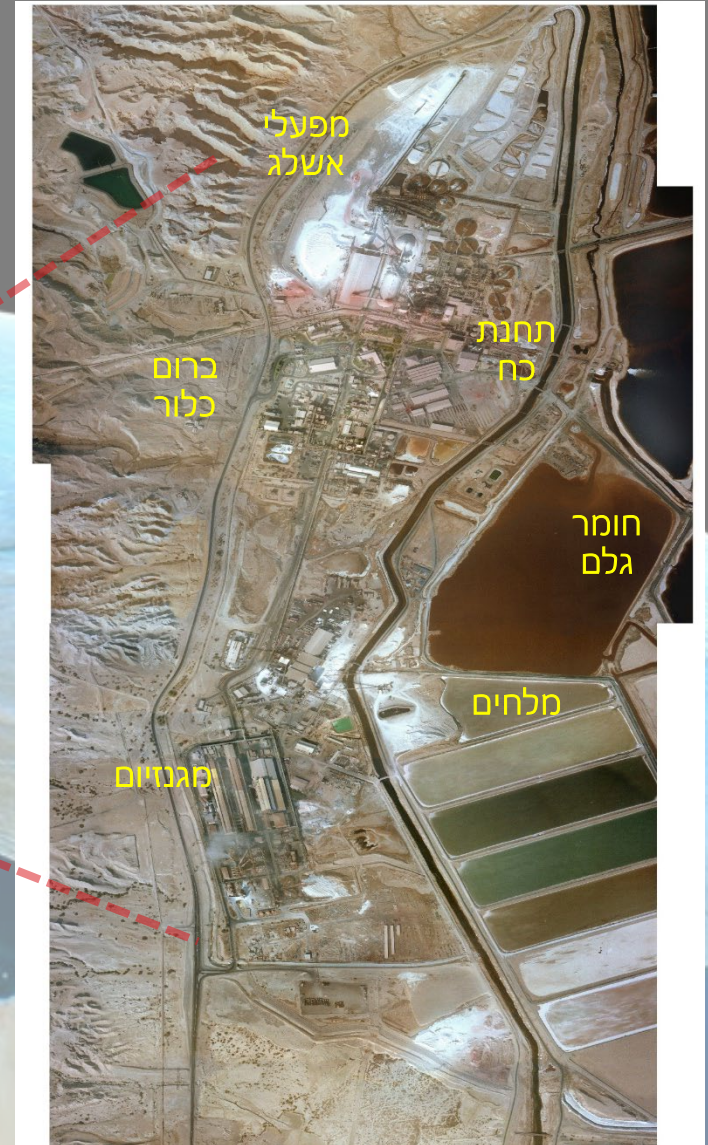
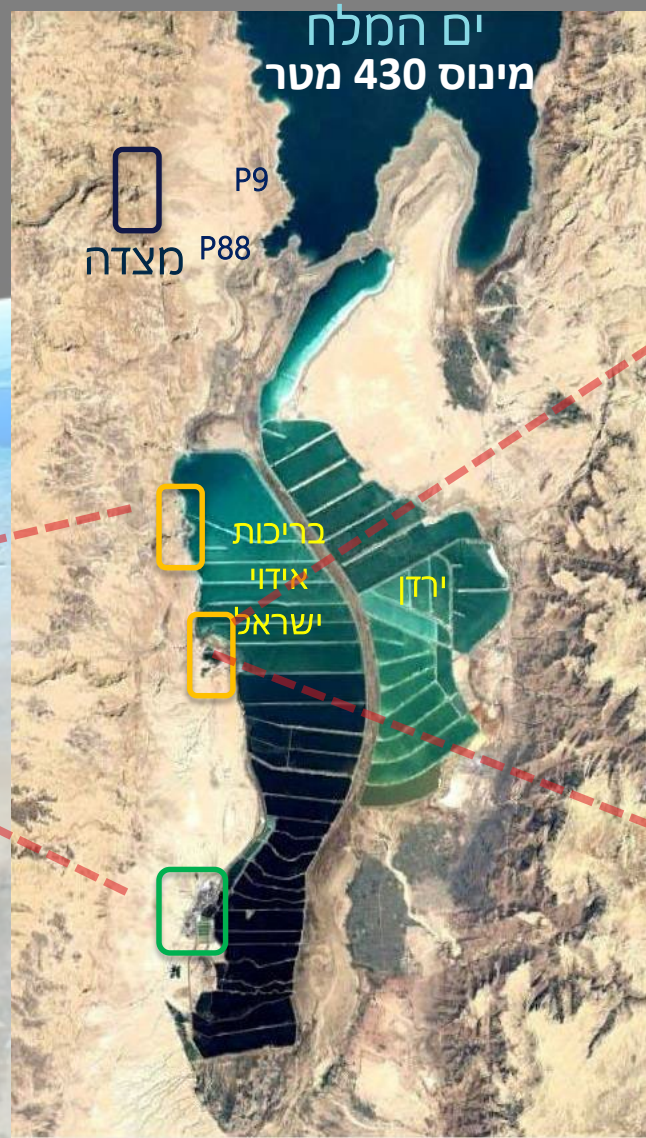
- אין לעשות שימוש בתוכן המצגת ללא קבלת אישור מפורש ובכתב  
מבעל הזכויות

## המקום הנמוך ביותר בעולם

440 מטר מתחת לפני הים



# אתר סדום – מפעלי ים המלח - ICL



# אתר סדום – מפעלי ים המלח - ICL

- שטח המפעל: כ 1800 דונם
- סה"כ שטח בריכה: כ- 150,000 דונם
- 1500 עובדים, 24/7, 365 ימים בשנה.
- 1800-1900 עובדים נכנסים לאתר מדי יום.
- 9 מפעלי ייצור (אשלג, מגנזיום, ברום, כלור, מלחים)
- תחנות כח מחז"מ קוגנרציה היעילה במדינה





$\Gamma | \sigma !! \Gamma \leftrightarrow \tau Pts \uparrow \alpha^n | Pts \triangleleft$

$\downarrow - \emptyset \cap \delta \downarrow Pts \emptyset \epsilon \tau \leftrightarrow$

$\Gamma Pts \cap \Gamma \tau - \delta !! \rightarrow$

$\tau \downarrow \emptyset Pts \downarrow \emptyset L$

# NET ZERO

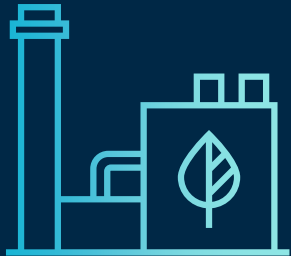
על ידי שיתוף פעולה עם הלקוחות →

SBTi



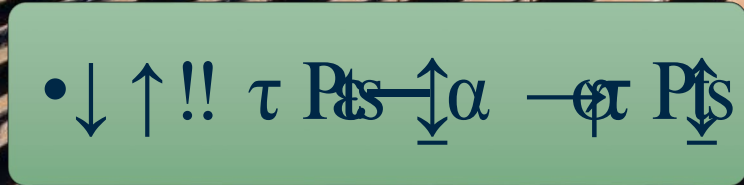
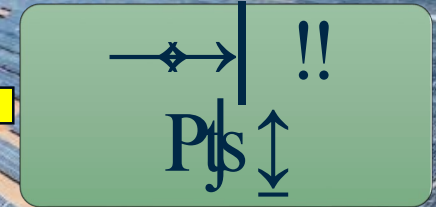
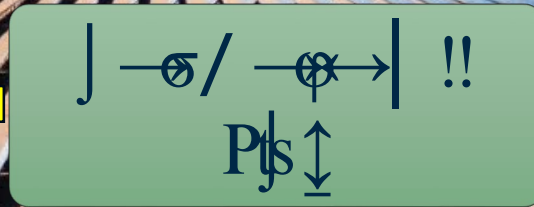
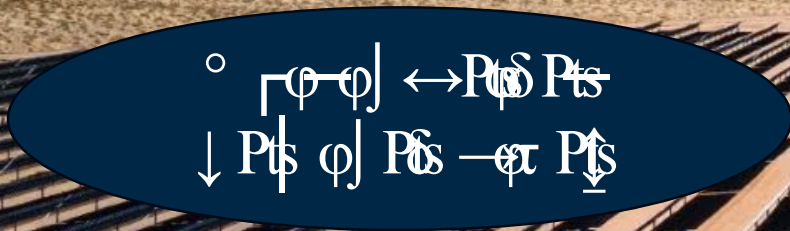
הפחתת פליטת CO2

2034 על ידי 1.5°C





$\alpha$  |  $P_{ts}$   $\rightarrow$   $\phi$   $P_{ts}$   $\rightarrow$   $\sigma \epsilon \tau$   $P_{ts}$   $\cap$   $\tau$   $\rightarrow$   $\alpha \tau$   $\alpha$   $\downarrow$   $P_{ts}$  |  $\phi$   $\times$   $P_{ts}$   
 $y$   $\updownarrow$   $\rightarrow$   $!$   $\triangle$   $\phi$   $P_{ts}$   $\rightarrow$   $\updownarrow$   $P_{ts}$   $\delta$   $\leftrightarrow$   $\updownarrow$   $\phi$   $\leftrightarrow$   $\times$   $\phi$   $\downarrow$   $P_{ts}$   $\triangle$   $\phi$   $\phi$





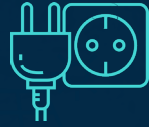
# סדום הירוקה

$$\tau \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right]$$

~ 300 MW

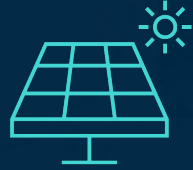
$\rightarrow \downarrow \uparrow !! \sim 150 \text{ MW}$

$\rightarrow \downarrow \uparrow P_{ts} \sim 150 \text{ MW}$



$$\left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right]$$

**MWp 1,500**  
(3,000,000 MWh)



$$\left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right]$$



$$\left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right]$$

$$\left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right]$$

$$\left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right]$$

$$\left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right]$$

$$\left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right]$$

$$\left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \downarrow P_{ts} \\ \uparrow P_{ts} \end{array} \right]$$



$\tau \int \varphi Pts \downarrow \varphi \sigma \perp$

$\Gamma \varphi \mid \sigma !! \Gamma \leftrightarrow \Gamma \varphi Pts \updownarrow \alpha \rightarrow \delta \cap \leftarrow \delta \Gamma \varphi Pts \mid Pts \leftarrow \sigma Pts \delta \alpha$

$\sim 350 MWp \updownarrow \varphi \mid \alpha \rightarrow \tau \delta \rightarrow \mid \delta \tilde{N} Pts \alpha \rightarrow \varphi \perp \rightarrow \rightarrow \mid !! \bullet$   
 $\hat{e} USXS \sigma \cap \hat{e} \sim 1500 MWp Pts \mid \tau \delta \rightarrow \mid \delta$

$\sim 1200 MWh \updownarrow \varphi \mid \alpha \rightarrow \tau \delta \rightarrow \mid \delta \ddot{O} \Gamma \varphi \rightarrow \varphi \perp Pts \cap \tau \rightarrow Pts \alpha \bullet$   
 $\sim 2700 MWh Pts \mid \tau \delta \rightarrow \mid \delta$

$\mid \downarrow Pts \varphi \mid Pts \rightarrow \varphi Pts \updownarrow \varphi \Gamma \varphi \varphi \mid \leftrightarrow Pts Pts \rightarrow \mid \tau Pts \_ Pts Pts \Delta \varphi \downarrow \uparrow !! \tau Pts \updownarrow \alpha \rightarrow \varphi Pts \bullet$

$\} \leftarrow \leftarrow \tau \delta$

$\hat{e} \downarrow \varphi ! \rightarrow \rightarrow \rightarrow \mid !! \Gamma \leftarrow \tau \hat{e} \Gamma Pts \rightarrow \tau \rightarrow Pts \alpha \bullet$

$\int \rightarrow \sigma \uparrow \varphi \tau \rightarrow Pts \alpha \downarrow \varphi Pts \leftarrow \uparrow \updownarrow \leftarrow Pts \rightarrow \varphi \mid Pts \bullet$

$\Gamma \varphi Pts \Delta \perp \Delta \varphi \leftrightarrow \Gamma Pts \varepsilon \updownarrow \alpha Pts \leftrightarrow \mid \cap \rightarrow \Gamma \alpha \bullet$



$\Gamma \phi \rightarrow \Gamma \phi \tilde{N} \tau \int \phi \text{Pts} \downarrow \phi \text{L}$

$\updownarrow \rightarrow \rightarrow \Delta \Gamma \phi \text{Pts} \Delta \text{L} \Delta \alpha$

---

$\tau \int \phi \text{Pts} \phi \Gamma \updownarrow \Gamma$

---

$\downarrow \text{Pts} \phi \text{Pts} \phi \text{Pts} \Delta \leftrightarrow$

---

$\text{TSS} \xi \downarrow \text{Pts} \phi \text{Pts} \text{Pts} \phi \rightarrow$   
 $\downarrow \text{Pts} \xi \leftrightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \downarrow \phi \delta \cdot \varepsilon \rightarrow \alpha$

---





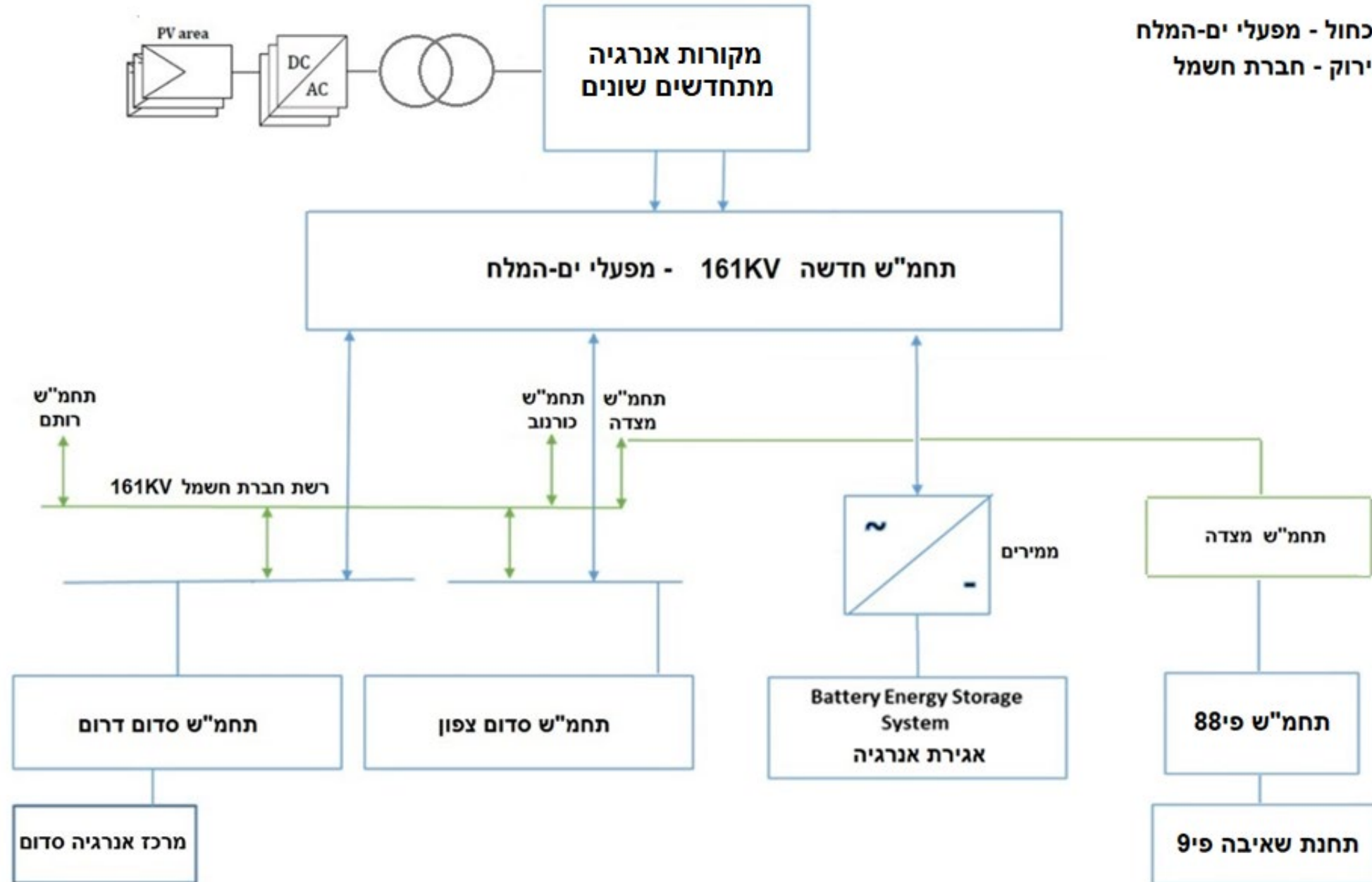
Green  
Sdom

מערך החשמל

סדום הירוקה

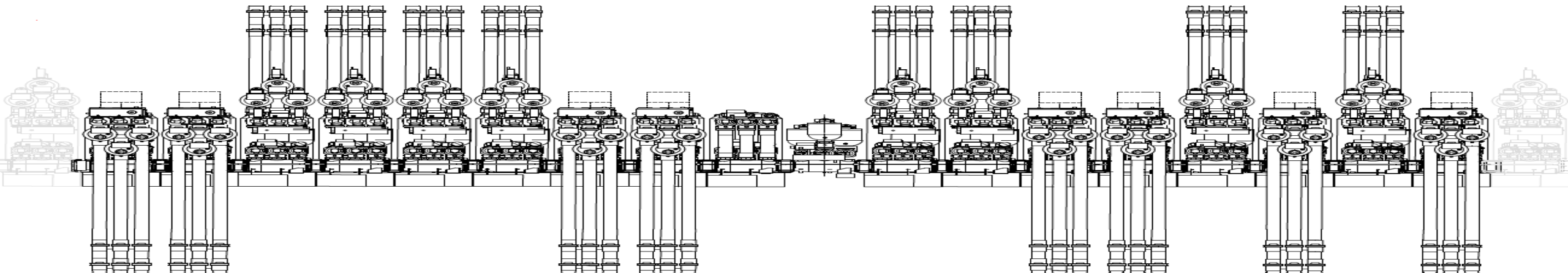
# סכמה עקרונית לחיבורי חשמל סדום הירוקה

כחול - מפעלי ים-המלח  
ירוק - חברת חשמל



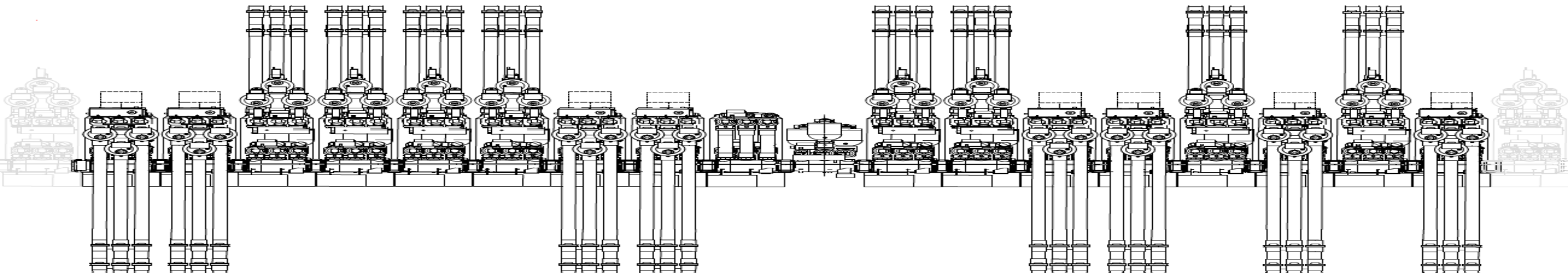
# סיכום תחום החשמל

- קווי הולכת חשמל פרטיים במתח עליון 161KV - עמודים דו מעגלי בהספקים גדולים כולל בנייה, תפעול ותחזוקה.
- בניית תחנת משנה גדולה פרטית במתח עליון 161KV (פ"צ כפול GIS)
- ציוד חשמלי בקנה מידה ובהספקים גדולים (קווי חשמל עיליים ותת קרקעיים, שנאים, ציוד מיתוג, לוחות חשמל, ממירים וכו')
- אגירת אנרגיה בהספקים גדולים במתח עליון 161KV ע"י סוללות וע"י אגירה טרמית להזנת האתר בשעות החשיכה.
- אינטגרציה בין מתקן קיים עם תחנות משנה למתקן חדש משולב כמה מקורות אנרגיה (תחנות כח ואנרגיות מתחדשות).



# סיכום תחום החשמל

- ניהול משק חשמל פנימי עצמאי חכם Micro Grid המשלבת ייצור PV, אגירה, ייצור מתחנות כח, זרימות אנרגיה.
- שמירה על אמינות ויתירות אספקת חשמל באתר למפעלים הקריטיים (מגנזיום, ברום/כלור, תחנת כח)
- יכולת התנעה שחורה Black Start.
- עבודה מול נגה וחברת חשמל על יכולת חיבור הספקים גדולים למערך החשמל הארצי.
- עבודה עם חברות תכנון בינלאומיות, עם רגולטורים בנושאי אמות מידה לייצוא ומכירת חשמל ירוק לרשת.





# תחנת שאיבה פי9





# מערך החשמל תחנת שאיבה פי9

- תחנת שאיבה מפעלית הגדולה במדינה.
- תפקידה לשאוב תמיסות מים המלח, דרך תעלת הזנה לברכות התפעוליות.
- 8 מנועים למשאבות בהספק של 5.6MW / 7MVA במתח 6.3KV.
- בתכנון התחנה עלו מספר אתגרים, וביניהם:
  - אי קבלת אישור מגורמים שונים להקמת תחמ"ש חדשה במתח עליון.
  - תשתיות חשמל בסביבה של בולענים (מגשי כבלים, שנאים, חדרי חשמל וכדו')
  - בעיה של מפלי מתח (בהתנעה של שנאים ומנועים גדולים).
  - שמירה על המנועים ועל הצנרת (הלמי מים) בעת התנעה.
  - אוירה קורוזיבית

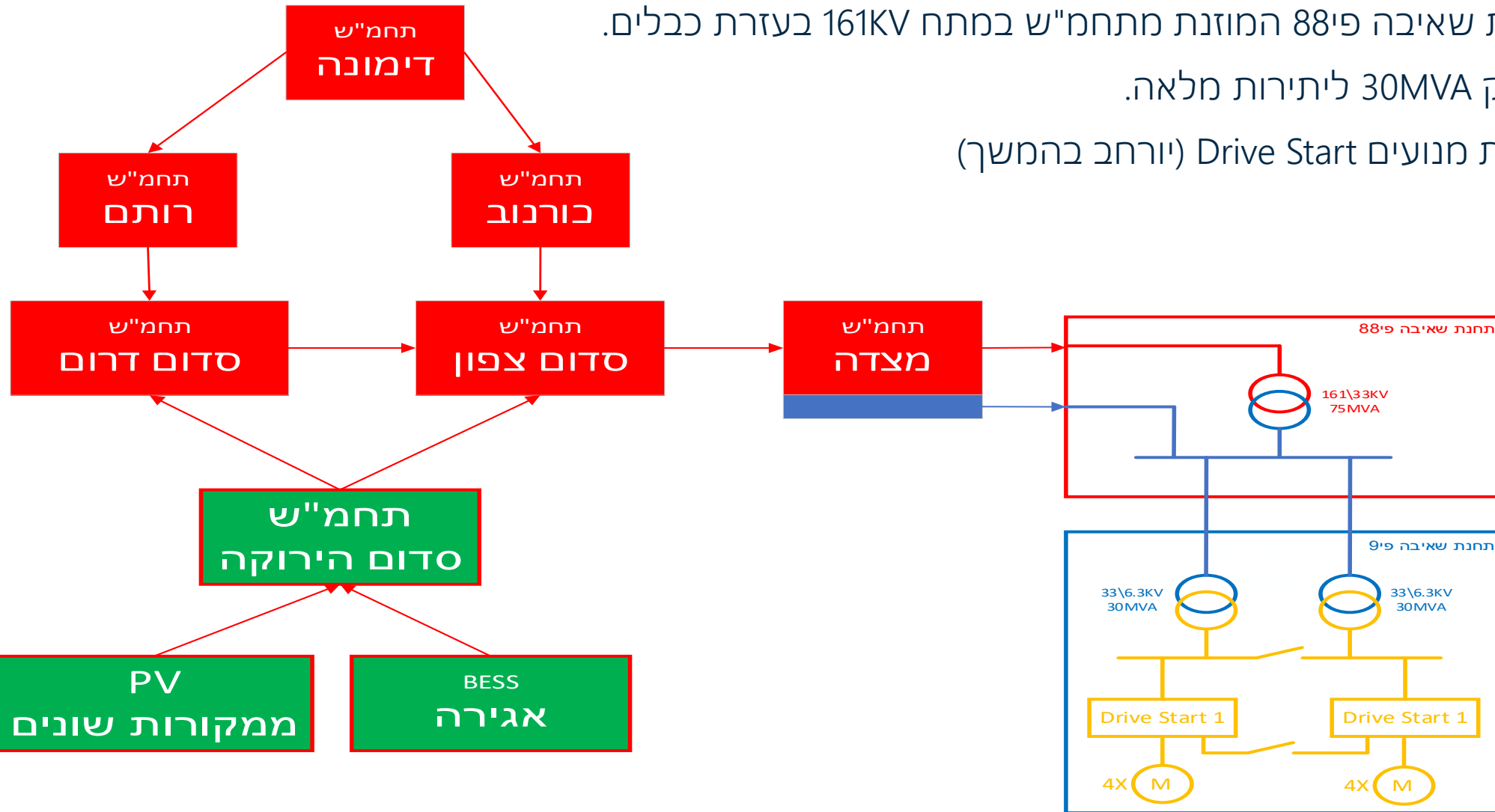
# תמונה של בולען בתוואי כבלי חשמל במתח 33KV



# מערך החשמל תחנת שאיבה פי9

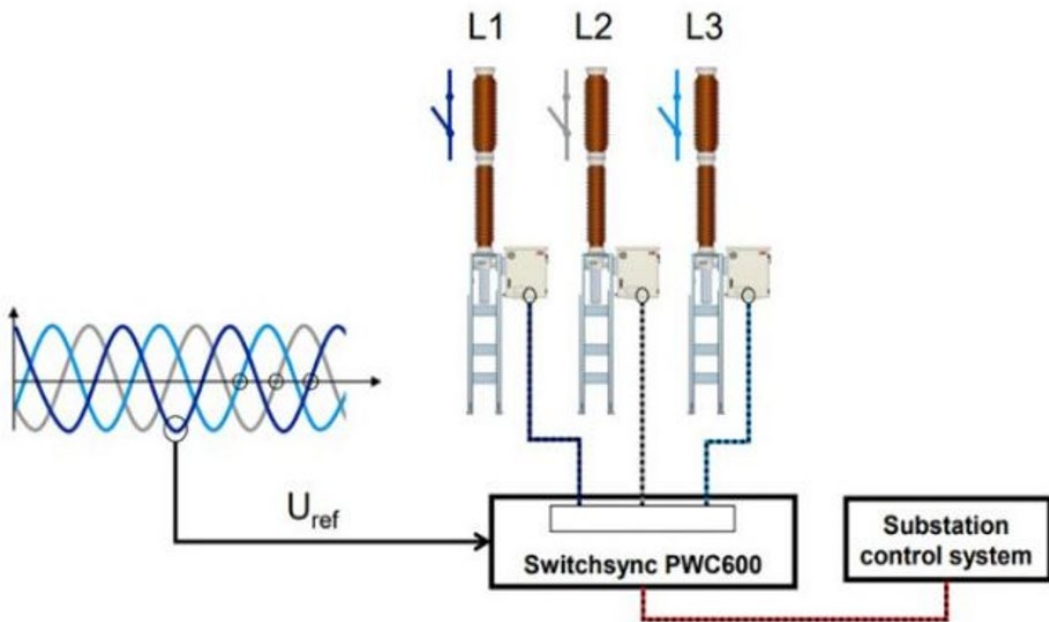
עקב החשיבות לאמינות ורציפות אספקת חשמל תוכננה תחנת השאיבה ליתירות מלאה:

- שתי הזנות מתחנת שאיבה פי88 המוזנת מתחמ"ש במתח 161KV בעזרת כבלים.
- שני שנאים בהספק 30MVA ליתירות מלאה.
- שתי מערכות הנעת מנועים Drive Start (יורחב בהמשך)



מתח עליון 161KV	<span style="display:inline-block; width:20px; height:10px; background-color:red;"></span>
מתח גבוה 33KV	<span style="display:inline-block; width:20px; height:10px; background-color:blue;"></span>
מתח גבוה 6.3KV	<span style="display:inline-block; width:20px; height:10px; background-color:yellow;"></span>

# מערך החשמל תחנת שאיבה פי9

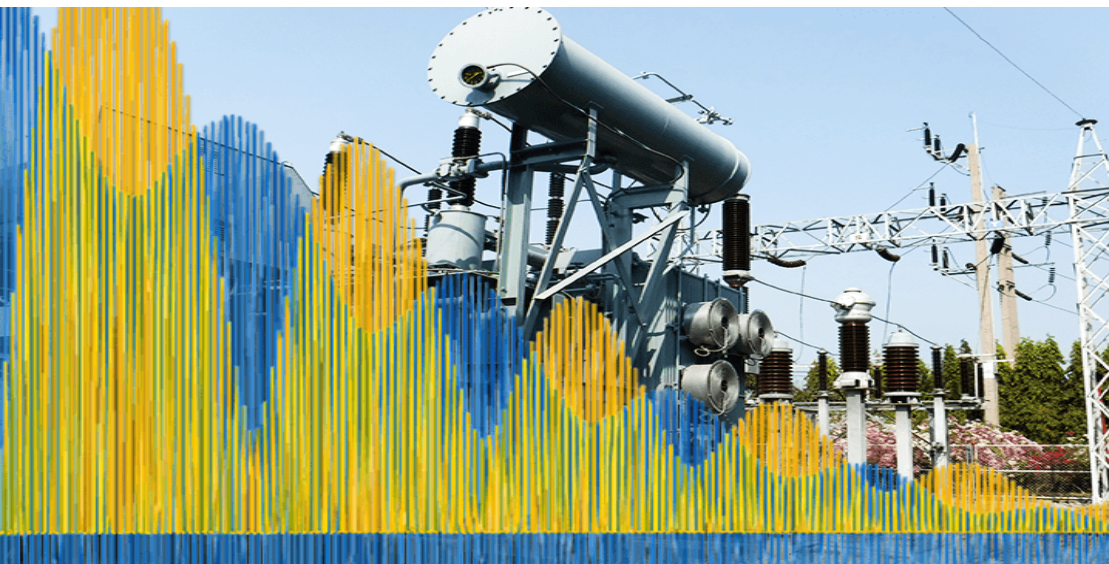


○ רשת חשמל חלשה (קו ריזאלי מרוחק ביותר) לכן:

○ מערכת לחיבור מבוקר של מפסק זרם של שנאי 75MVA

במתח עליון 161KV לצורך שליטה על זרם הנעה נמוך.

○ שנאים עם זרם הנעה קטן (עד 3 זרם נומינלי).



# תהליך התנעת שנאי (חיבור מבוקר של מפסק זרם במ"ע):

Transformer Data: 75MVA, 161\33KV, ~270A

## Circuit breaker timing

Operation	L1	L2	L3	Unit
Main close:	29.0	28.5	27.5	ms
Main open:	16.5	17.0	17.0	ms
C Aux 52a (NO)	30.5	30.5	29.7	ms
O Aux 52a (NO)	16.5	14.1	15.9	ms

## Strategy (Electrical degrees)

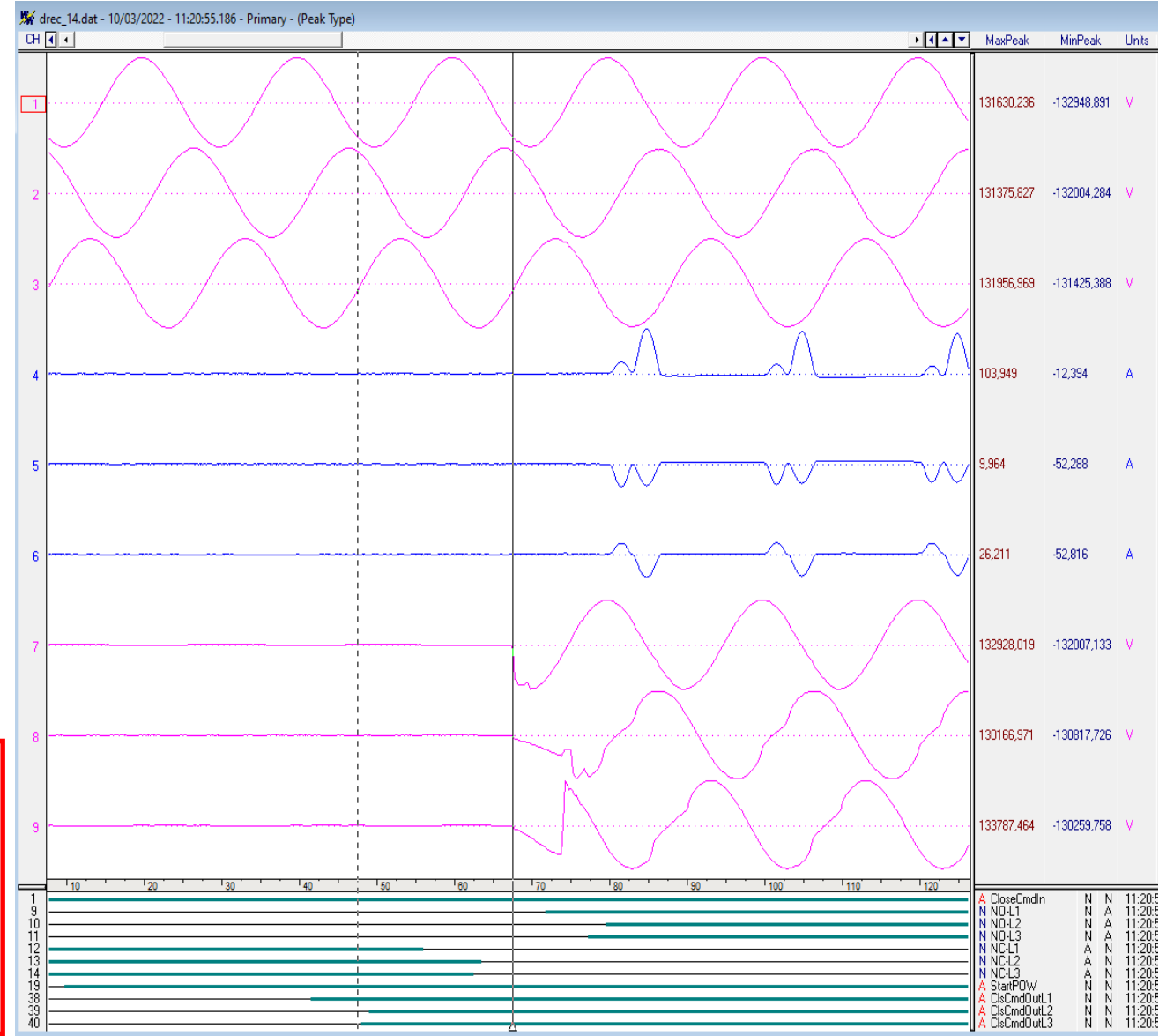
(This will be fallback strategy targets for residual flux measurement for Transformer application)

Operation	L1	L2	L3	Unit
Making target:	261	126	90	°
Breaking target:	252	120	30	°
Arcing time:	1	1	1	ms



## Max/min peak (A) (Transformer switching):

	L1	L2	L3
<b>Uncontrolled switching</b>	<b>342.7</b>	<b>538.4</b>	<b>689.3</b>
	<b>113.3</b>	<b>-64.7</b>	<b>-58</b>
<b>Controlled switching</b>	<b>103.9</b>	<b>-52.2</b>	<b>-52.8</b>
	<b>93.2</b>	<b>-46.3</b>	<b>-50.7</b>

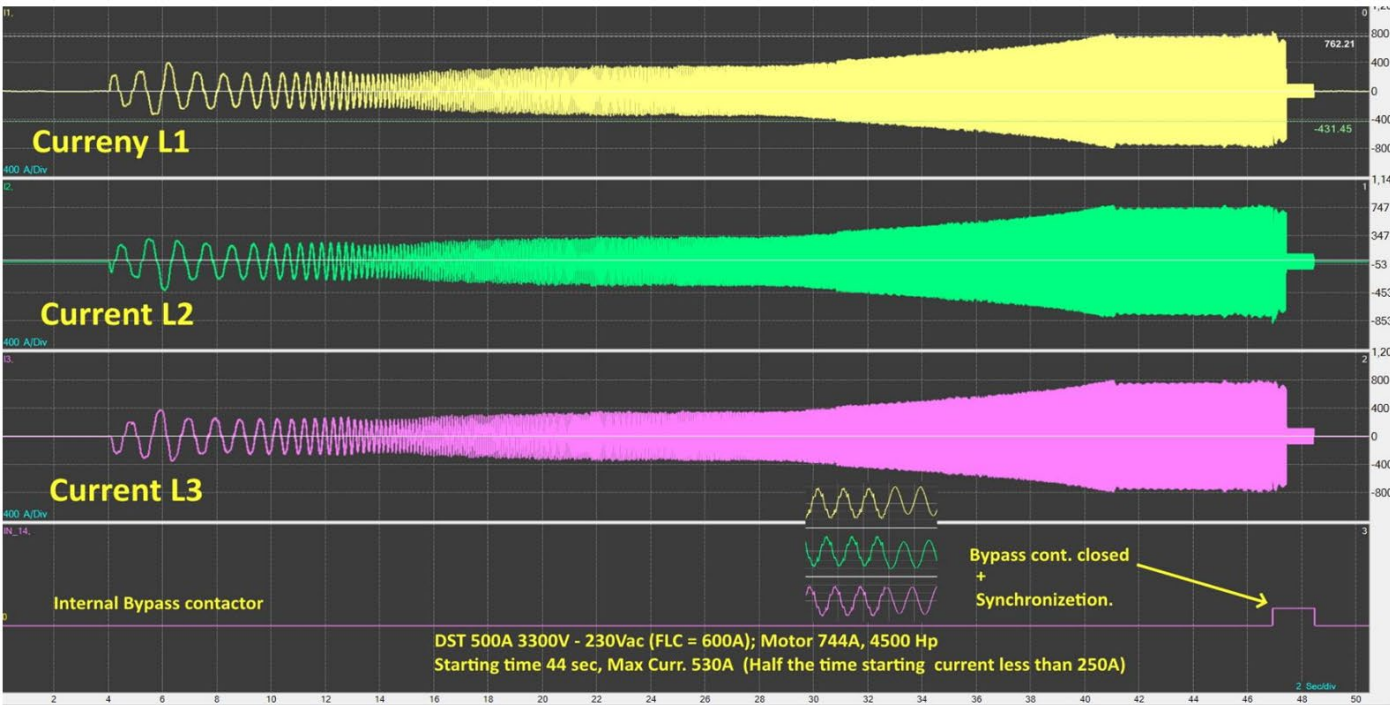


# שיטה להתנעת מנועים ומשאבות:

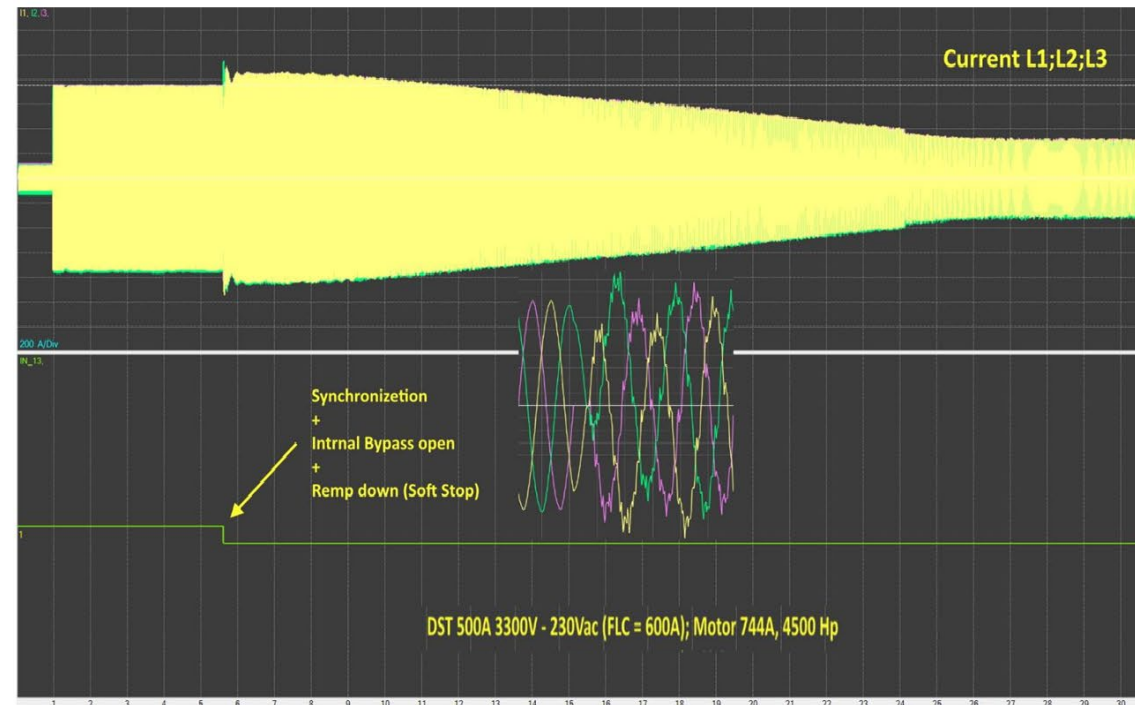
- רשת חלשה להתנעה ישירה של מנועים בהספקים גדולים
- התקנה שתי מערכות Drive Start – 6.3KV 750A
- יכולת התנעה והפסקה של 8 מנועים בהספק 5.6MW (ביתירות מלאה)
- זרם התנעה 75% מזרם נומינלי, זמן התנעה של 58 שניות



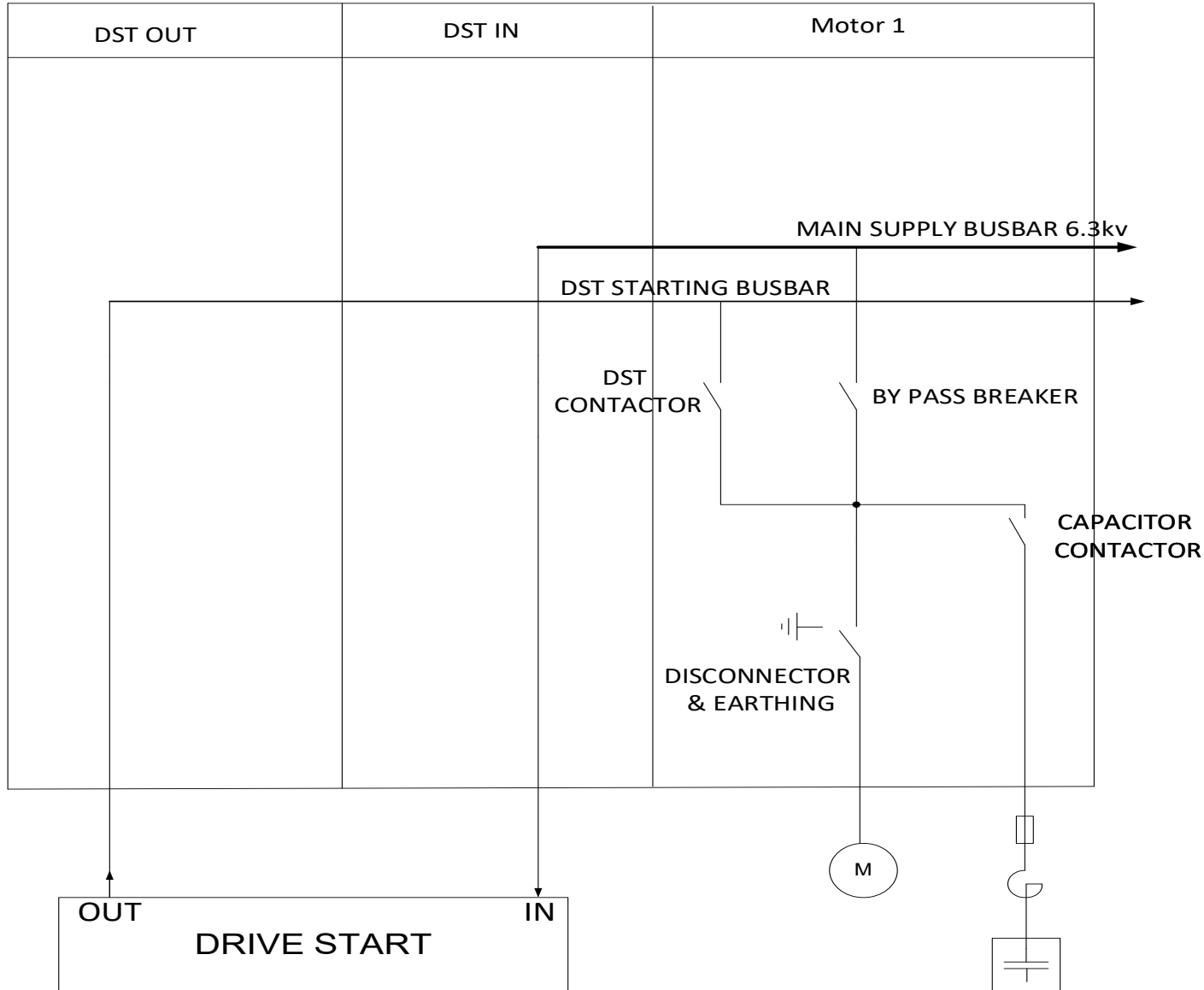
התנעה רכה



הפסקה רכה



# תהליך התנעת משאבות:



1. הפעלת מנוע בעזרת Drive Start
2. בניה מתח ותדר להתנעה רכה
3. הגעה לזרם נומינלי
4. הסתנכרנות ה Drive Start לרשת החשמל
5. חיבור מפ"ז עוקף Bypass (עבודה במקביל)
6. פתיחת מגען ממיר Drive Start Inverter
7. עבודת המנוע / משאבה מול הרשת

# מבנה החשמל תחנת שאיבה פי 9



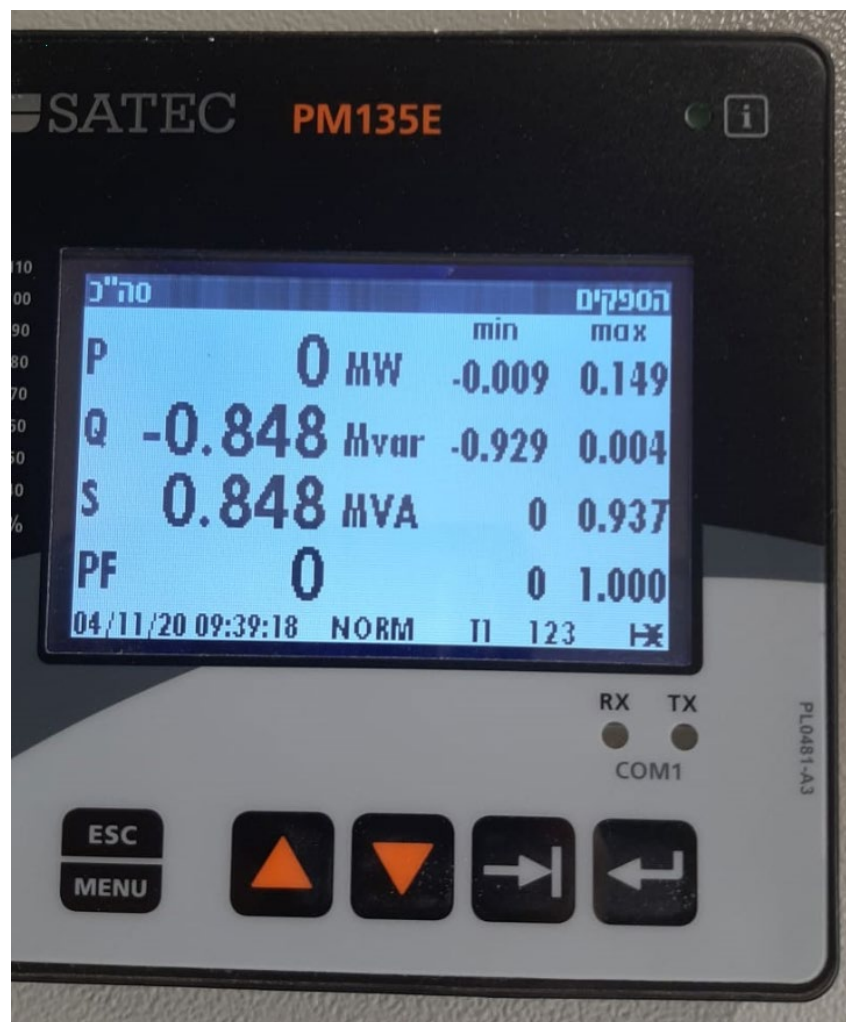


# חדר חשמל תחנת שאיבה פי 9 :



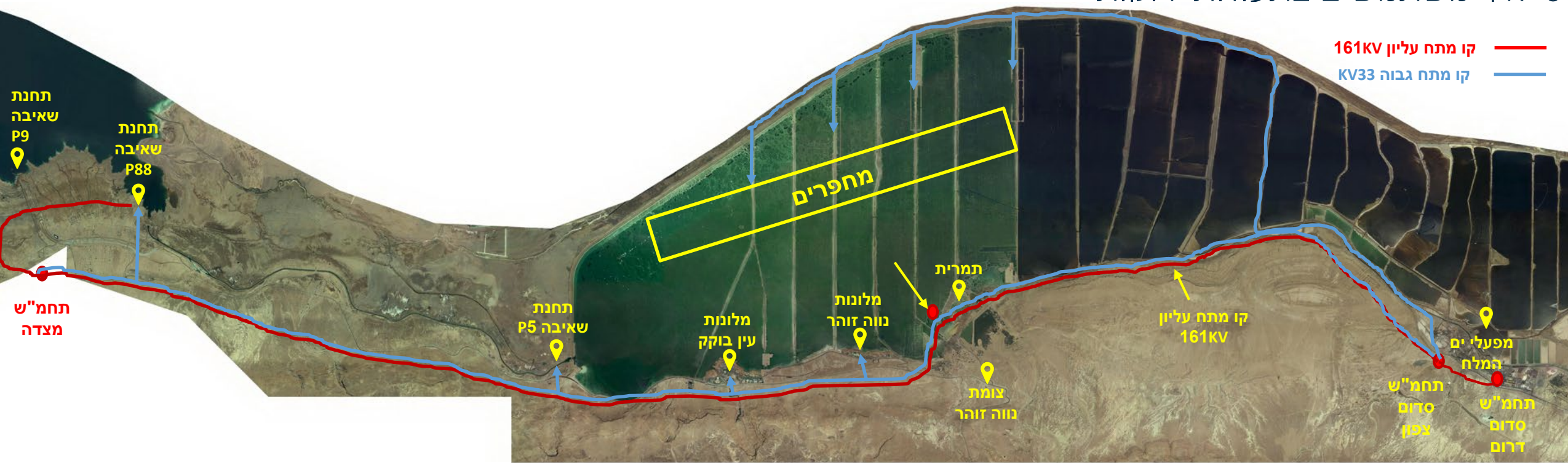
# איכות ומניית חשמל:

- הספק ריאקטיבי קיבולי של 848KVAR כאשר אין עומס
- ההספק הריאקטיבי נובע מהקיבוליות של כבל החשמל לאדמה



# סדום הירוקה כיצרון אנרגיה לאתר סדום ולצרכניה כגון: תחנת שאיבה חדשה P-9:

- אחד מהאתגרים של פרויקט סדום הירוקה איך משלבים צרכנים גדולים ולהביא את החשמל הירוק לצרכנים מרוחקים כגון פי.9.
- חשיבה על הקמת תשתיות חשמל חדשות או להשתמש עם תשתיות קיימות של חברת חשמל.
- איך מנהלים מיקרו גריד ושולטים על צרכנים מרוחקים כגון פי.9.
- איך משתמשים בתעודות ירוקות





תודה רבה 😊

יעקב מור-יוסף

מהנדס חשמל ראשי – מפעלי ים-המלח

רון זליג

מהנדס חשמל – מהנדס חשמל פרויקט פי9