

סדנת תכנון ושילוב עמדות טעינה תוכנות ויישום

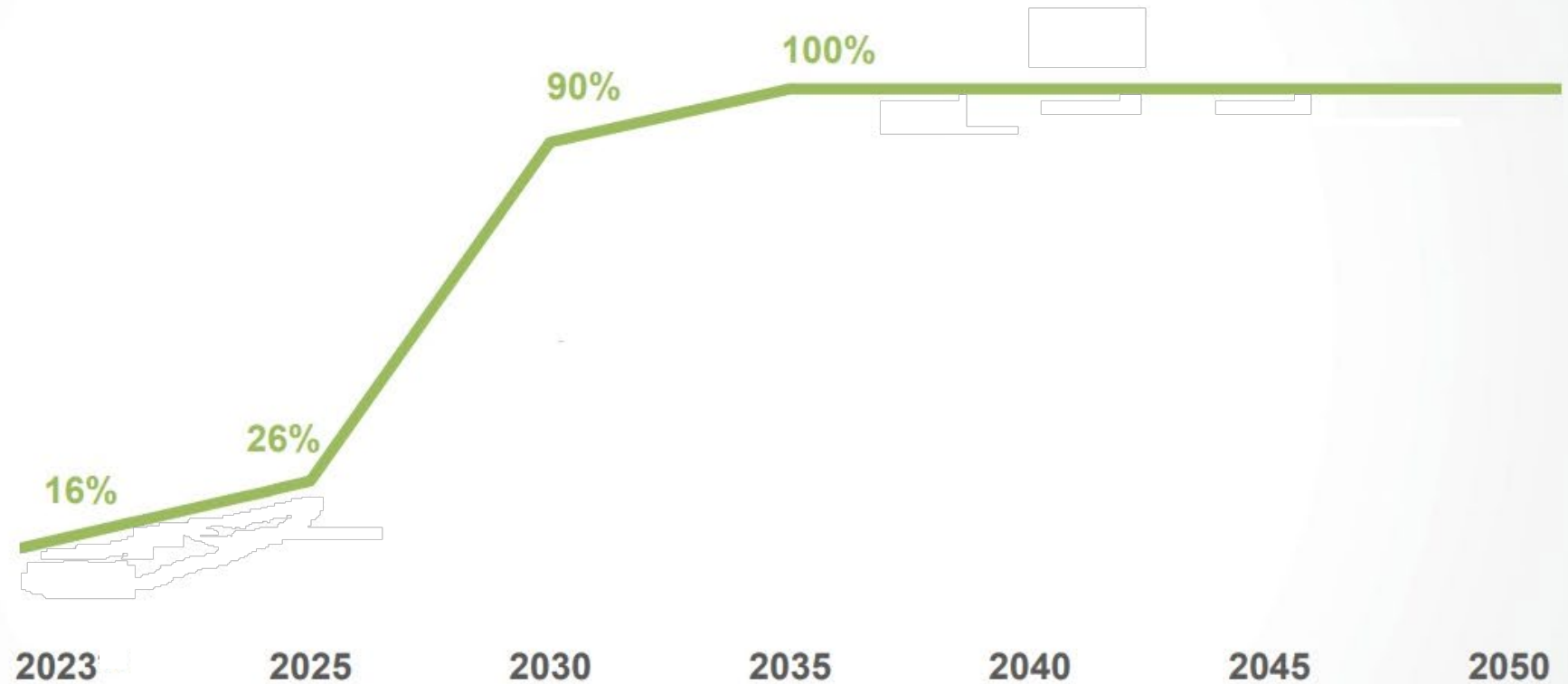


אבי פינס M.Sc. MBA

סמנכ"ל טכנולוגיות – תדיראן פתרונות אנרגיה

תחזית משרד האנרגיה 09/2023

שיעור הרכבים החשמליים מסך כניסת הרכבים החדשים



*הנתון עודכן על בסיס נתוני הרבעון השני של איגוד יבואני הרכב

מקור: משרד האנרגיה

עידכון כמויות ומסירות כלי רכב חשמליים ל-2024

▪ מספר כלי רכב חשמליים בישראל :

*95,761	ס"ה כלי רכב חשמליים בסוף 2023
**122,746	ס"ה כלי רכב חשמליים סוף 04/2024
*45,270	כלי רכב חשמליים שסופקו ב-2023
**26,985	כלי רכב חשמליים שסופקו מינואר עד סוף אפריל 2024
*** 160,000	תחזית כלי רכב חשמליים סוף 2024

* מקור – למ"ס ** מקור – איגוד יבואני הרכב *** משרד האנרגיה

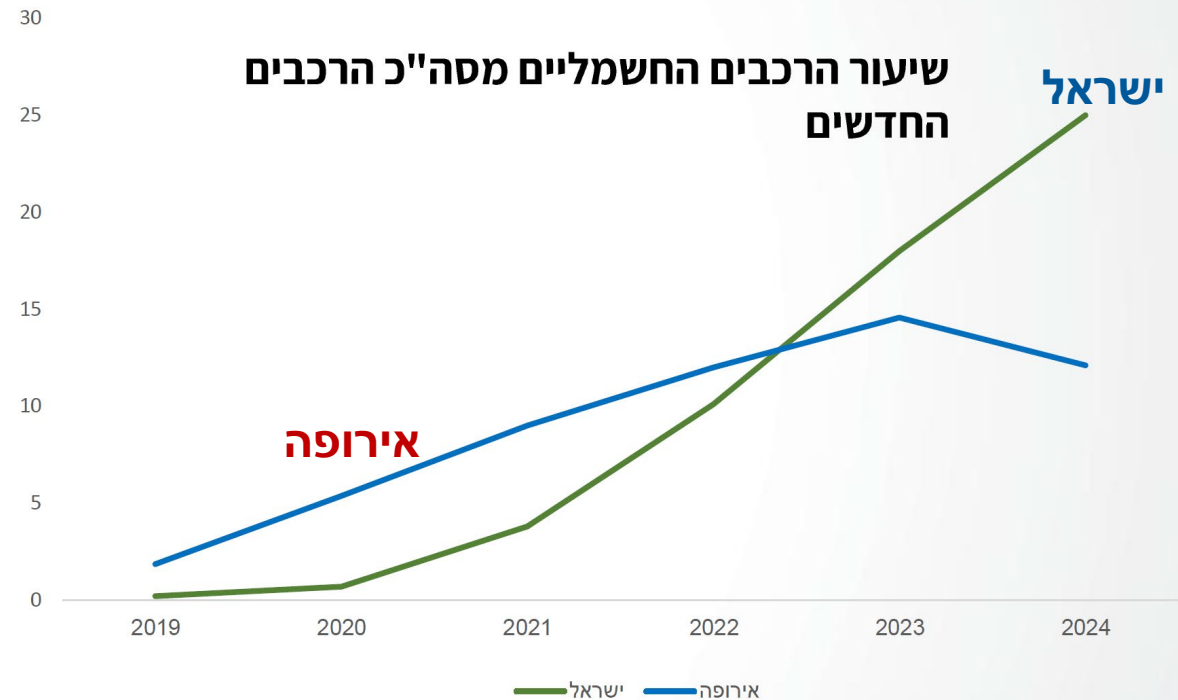
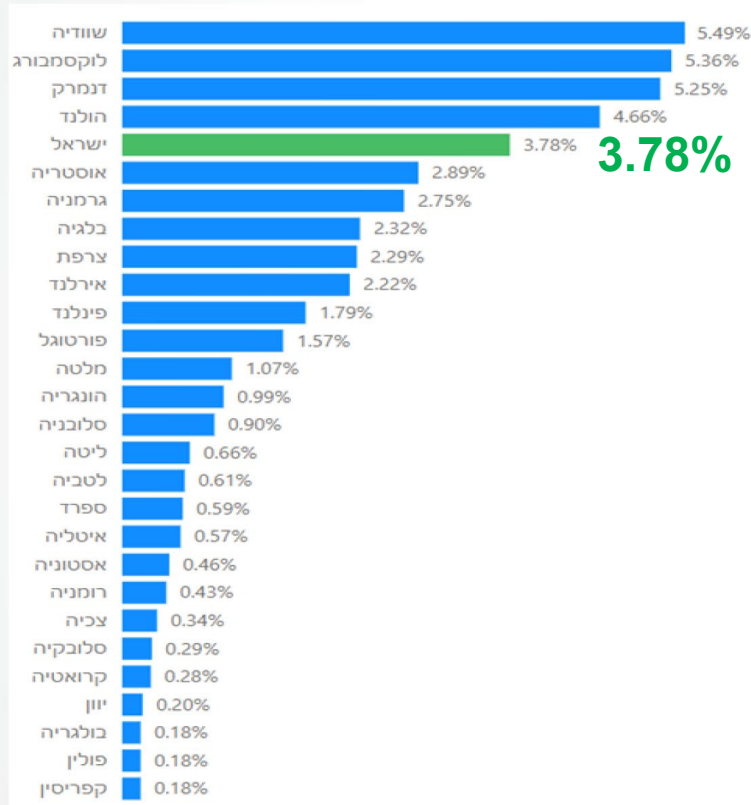
- למרות המלחמה ועיכובי הובלה ימית יש גידול משמעותי במסירות של כלי רכב חשמליים ב-2024
- 88.2% מבעלי כלי רכב החשמליים מדווחים שהם טוענים את רכבם בעמדת הטעינה הביתית (למ"ס)
- ל – 9% אין כנראה עמדת טעינה ביתית (למ"ס)
- ב-2030 כ-1/3 מצי הרכב הפרטי יהיו מכוניות חשמליות (1.3-1.5 מיליון כלי רכב חשמליים)
- להערכתנו, ב-2030 - כ-50% מכלי הרכב בחניונים של בתי מגורים יהיו חשמליים

עידכון כמויות ומסירות כלי רכב חשמליים ל-11/2024

סטטוס רכב חשמלי בישראל

בישראל כיום יש 150 אלף רכבים חשמליים ועוד כ-65 אלף רכבי היברידיים נטענים (פלאג אין).

שיעור הרכבים החשמליים מסה"כ הרכבים (2023)



חדירת כלי רכב חשמליים בישראל

% מהמכירות



השפעת טעינת רכב חשמלי על רשת מקומית וארצית

- צריכת המטען של רכב חשמלי גבוהה פי 2 עד פי 4 מצריכה של דירה
 - הרכבים בבנייני מגורים מתחברים בשעות הערב שהן גם שיא עומס
 - ההספק יגרום בעתיד הקרוב לעומסי יתר בבתי מגורים, שכונות וברשת כולה
- דוגמה: בנין מגורים עם 20 קומות, 80 דירות, חיבור חשמל לבניין הינו של כ-500 קו"ט, 160 מקומות בחניון. חלק ניכר מהדיירים חוזרים מעיסוקיהם בין 17:00 ל-19:00 ומחברים את המכוניות לטעינה. הטעינה נמשכת מספר שעות ולכן תהיה חפיפה בצריכה של חלק מהמטענים ברכבי הדיירים. בטבלה הבאה נציג את הספק הטעינה המקסימלי הצפוי בשעות אלו:

אחוז כלי רכב בטעינה	הספק ממוצע לטעינת רכב	מקסימום הספק טעינה (קו"ט א)	הספק ממוצע לטעינת רכב	מקסימום הספק טעינה (קו"ט א)
25%	11	440	22	880 *
50%	11	880 *	22	1760 *
75%	11	1320 *	22	2640 *

* מעל גודל חיבור החשמל לבנין

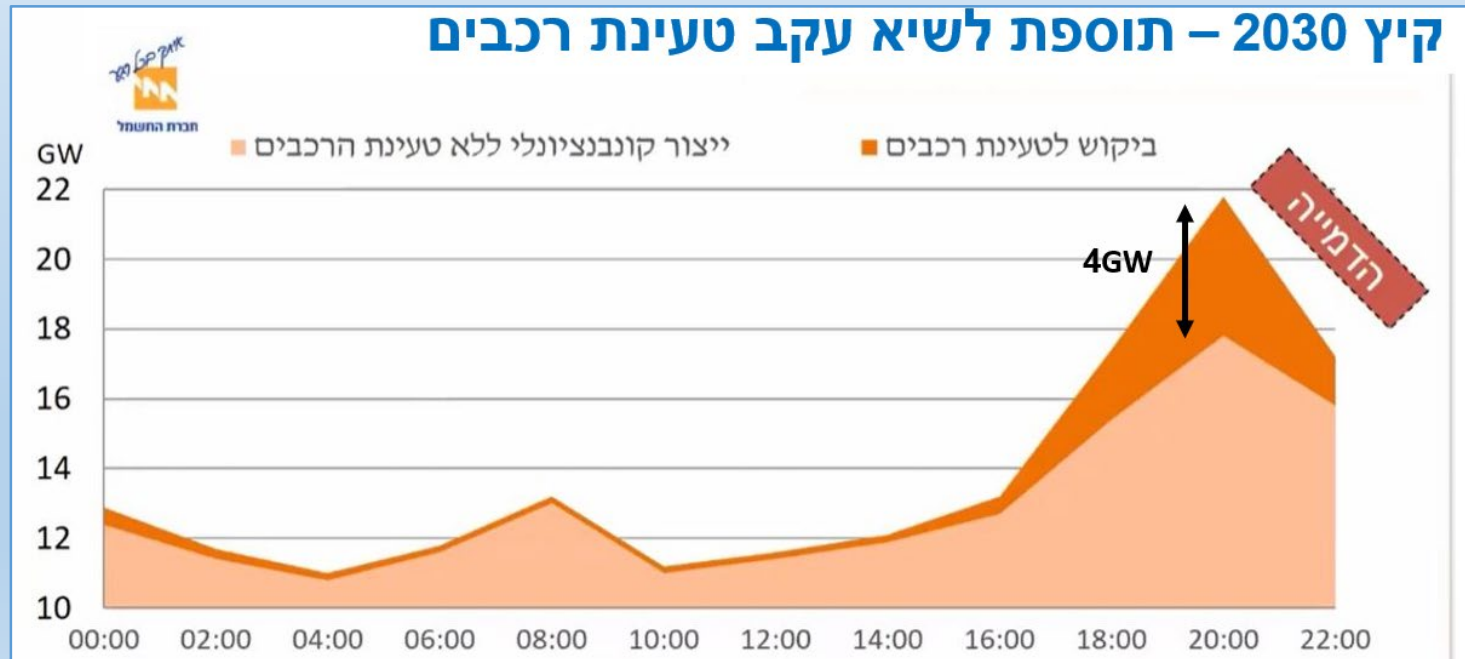
מהטבלה ברור שבקרוב, כאשר כמות כלי הרכב החשמליים בחניונים של בנייני מגורים תגדל - תשתית החשמל לא תוכל לתמוך בטעינה לא מבוקרת, כשכל נהג מטעין את הרכב שלו ללא התחשבות בהעמסה הכללית. וזה לא רק בבנין אלא גם בשכונה, בעיר ובארץ כולה.

תשתית החשמל הקיימת לא תספיק להזנת הרכבים

- חברת החשמל ביצעה הדמיה של צריכת החשמל ללא ניהול טעינה וקבעה שיחסרו לפחות 4 גיגה-וואט יצור ב-2030. אם יהיה ניהול טעינה לא תהיה בעיה.

- בבנייני מגורים אין תשתית מספקת לטעינה ואספקת החשמל בהם תיקרוס ללא ניהול טעינה

- בעיה דומה בבנייני משרדים (בשעות הבוקר)



מקור: חברת החשמל

הדמיה של צריכת החשמל הצפויה ב-2030 ללא ניהול טעינה

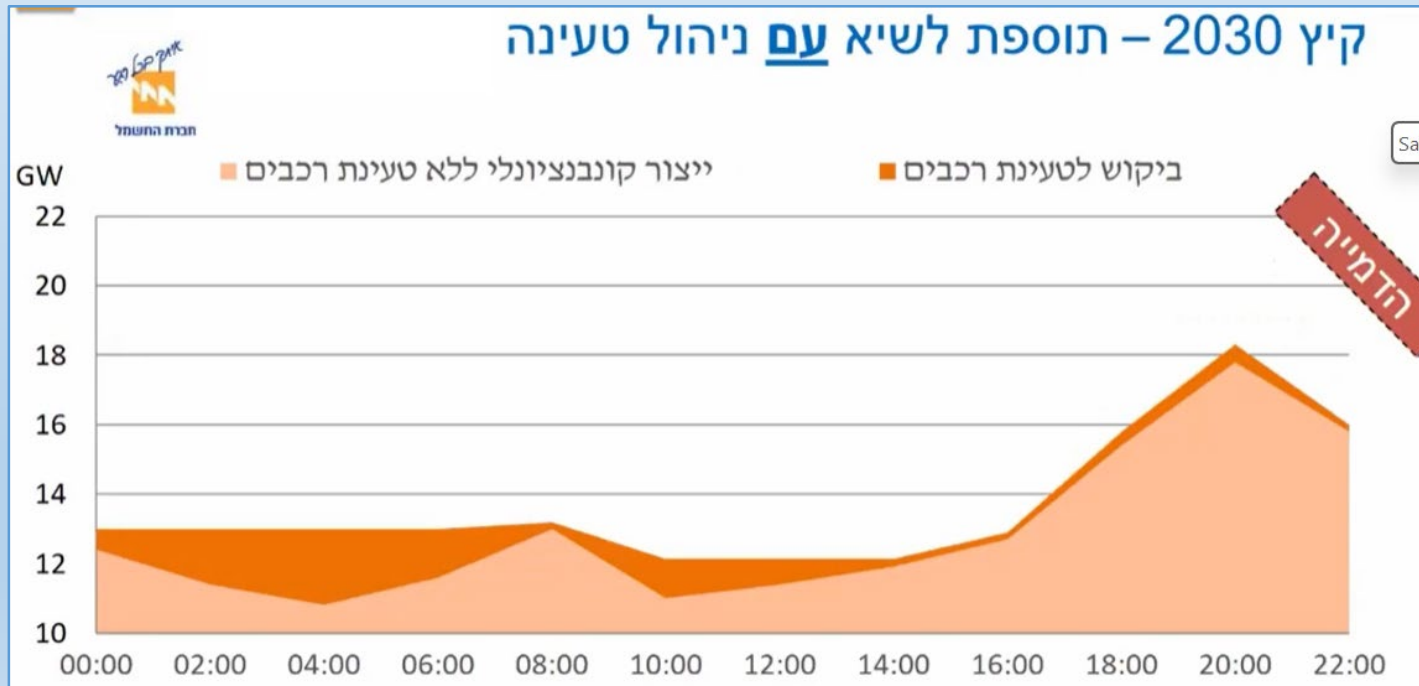
תשתית החשמל הקיימת לא תספיק להזנת הרכבים

- חברת החשמל ביצעה הדמיה של צריכת החשמל ללא ניהול טעינה וקבעה שיחסרו 4 גיגה-וואט יצור ב-2030. אם יהיה ניהול טעינה לא תהיה בעיה.

- בבניני מגורים אין תשתית מספקת לטעינה ואספקת החשמל בהם תיקרוס ללא ניהול טעינה

- בעיה דומה בבניני משרדים (בשעות הבוקר)

קיץ 2030 – תוספת לשיא עם ניהול טעינה



מקור: חברת החשמל

**הדמיה של צריכת החשמל
הצפויה ב-2030 עם ניהול טעינה**

מדוע צריך לנהל את הטעינה?



ללא ניהול הטעינה – צפוי גידול בהספק
בשיא העומס של כ-4000-6000 MW.

חדירת מכוניות חשמלית ללא ניהול הטעינה ושימוש
באמצעי ניהול ביקוש תייצר צורך להגדיל דרמטית
את פיתוח הרשת והייצור בעלות משקית נגזרת של
כ-11-16 מיליארד ₪

ניתן להסיט הצריכה לשעות בהן רזרבה
חשמלית רבה ועדיין לעמוד בביקוש לטעינת
הרכבים בצורה מלאה.

ניהול הטעינה צפוי להביא לתועלות כלכליות
וסביבתיות לכלל המשק ובמקביל יחסוך
עלויות לצרכן הסופי.

הדרישות ממערכת ניהול טעינה בבניני מגורים

- **הקטנת הצריכה** לטעינת רכבים כדי למנוע עומסי יתר וקריסת תשתיות
- אפשרות לנצל את העודפים בלוח הציבורי לטעינה (**ניהול דינמי**)
- ויסות צריכת הזרם מחד וטעינה מלאה לכל הרכבים מאידך
- מדידה (מניה) של האנרגיה הנצרכת לטעינת כל רכב
- מודולריות וגמישה לצמיחה (כדי לחסוך בהשקעה הראשונית)
- אפשרות לעדיפות טעינה (ויתור על ניהול) במקרים דחופים
- אפשרות לדיווח על מצב הצריכה של כל רכב
- מניעת גניבת חשמל
- עמידה בדרישות בטיחות והגנה על תשתית החשמל בבניין
- אפשרויות מתקדמות: חיוב לפי שעות צריכה (תעו"ז)
- טעינה רק בשעות השפל, מכירת חשמל לרשת V2G, CYBER SECURITY



ניהול טעינה דרך עמדות הטעינה

✓ עמדת טעינה מנוהלת היא עמדת טעינה חכמה המאפשרת תקשורת והעברת נתונים בין הרכב לתוכנת הניהול

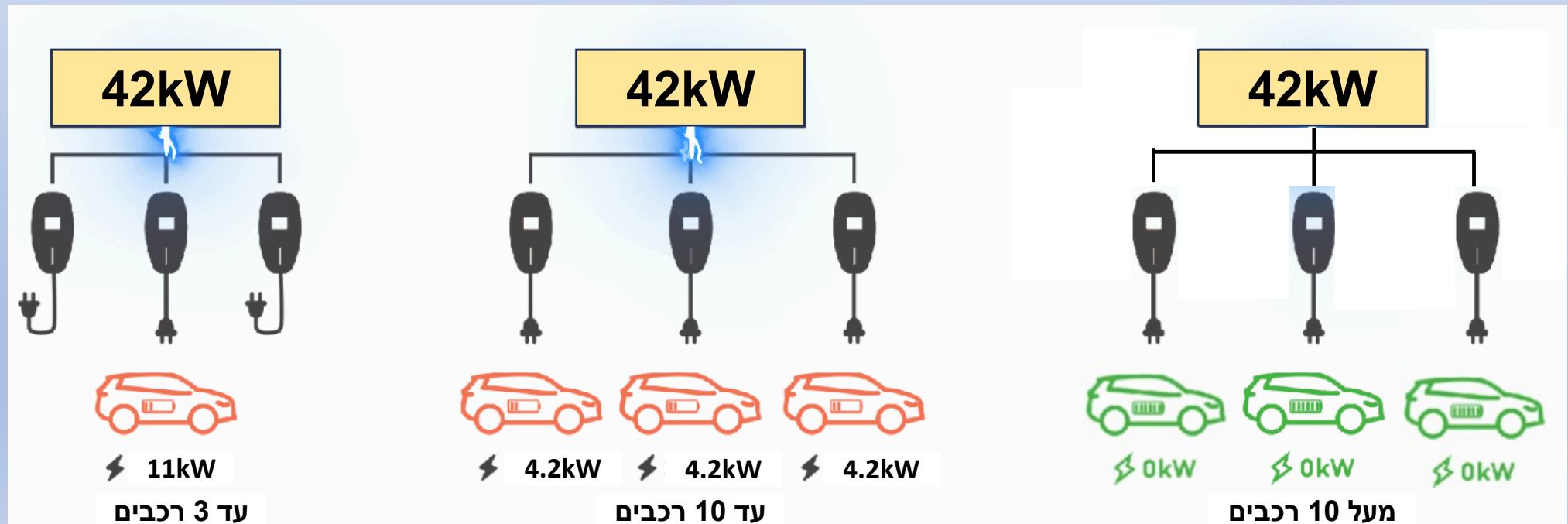
✓ לצורך ניהול עמדת הטעינה ותהליך טעינת הרכב נדרש חיבור העמדה לרשת האינטרנט

✓ ניתן לנהל עמדות התומכת בפרוטוקול תקשורת OCPP

✓ עמדות מנוהלות נותנת לנו אפשרות לבצע ניהול עומסים בחיבור ללוחות של כ-63 אמפר מקסימום 10 רכבים ללוח

✓ במערכות יקרות יותר ניתן לבצע מניה וטעינה בשפל בלבד

✓ אין ניהול כולל של הבניין והגנה על התשתיות



ניהול טעינה דרך עמדות הטעינה

- קיימות מערכות ניהול אשר מציעות ניהול מוגבל דרך תקשורת בין התחנות

- הקטנת הצריכה לעומת טעינה ללא ניהול היא פי 3.

- התחנות מקבלות נתון של זרם כולל מקסימלי ובמידה והזרם הכולל עובר ערך זה הן מורידות את הטעינה לכל כלי הרכב כדי לשמור על הזרם הכולל בגבול המותר

- התחנות חייבות להיות מאותה תוצרת ואותו מודל

- קיימת מגבלה של מינימום זרם עבודה אשר משפיעה על כמות תחנות העבודה שניתן להפעיל (דוגמה: אם הזרם הכולל המותר 63A והזרם המינימלי המותר 6A לא ניתן לחבר יותר מ-10 תחנות)

- מערכות אלו מטפלות בכמות מוגבלת של עמדות באזור מסוים בחניון ואינן מטפלות בכלל החניון

- המערכת זולה ופשוטה אך מוגבלת

- הקטנת הצריכה היא מוגבלת ותכונות מתקדמות (מניה, תעו"ז, קדימות, מניעת גנבות וכו' לא מתאפשרות או מסבכות ומייקרות מאד את המערכת)



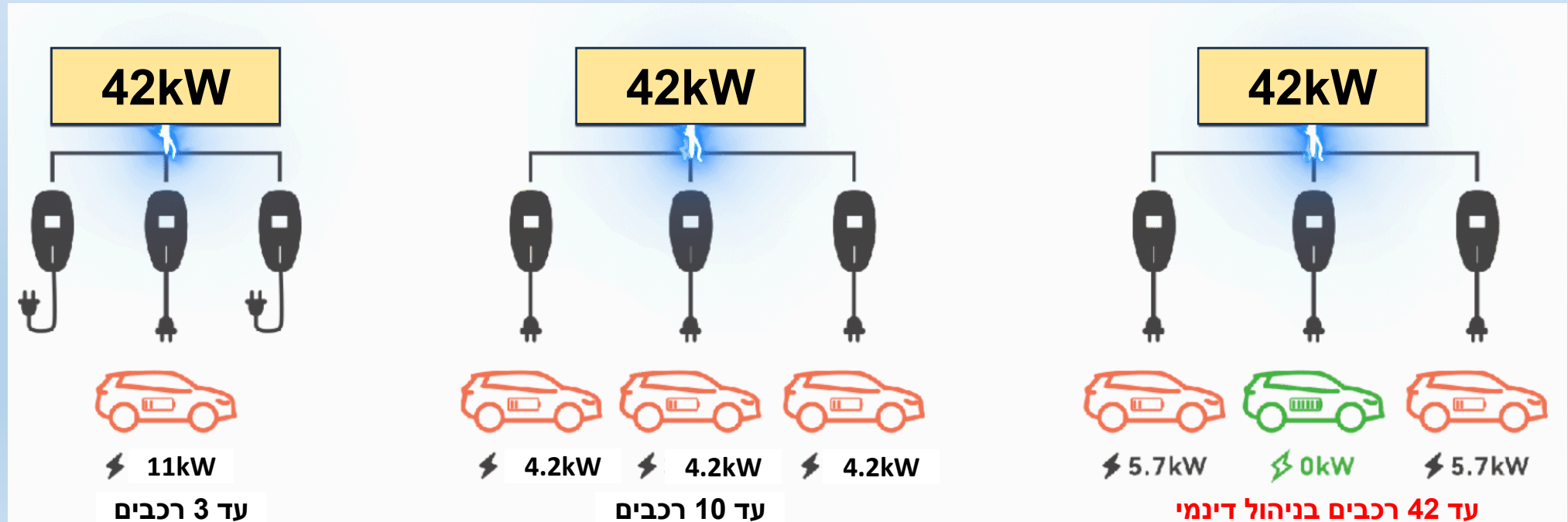
החסרונות של ניהול טעינה דרך עמדות הטעינה

- אינה מונעת באופן דינמי עומסי יתר
- המערכת אינה מסוגלת לנצל את העודפים בלוח הציבורי לטעינה מהירה יותר
- לא ניתן לקבל תכונות מתקדמות כגון מתן עדיפות, טעינה מהירה במקרים דחופים, מניעת גניבות חשמל, CYBER SECURITY
- קיימת מיגבלה על כמות העמדות המנוהלות וחייבים לחלק את החניון לאזורים
- לא ניתן לנהל את הטעינה בפיקוח מרכזי (של חברת החשמל למשל)
- לא קיימת אופציה למכירת אנרגיה לרשת

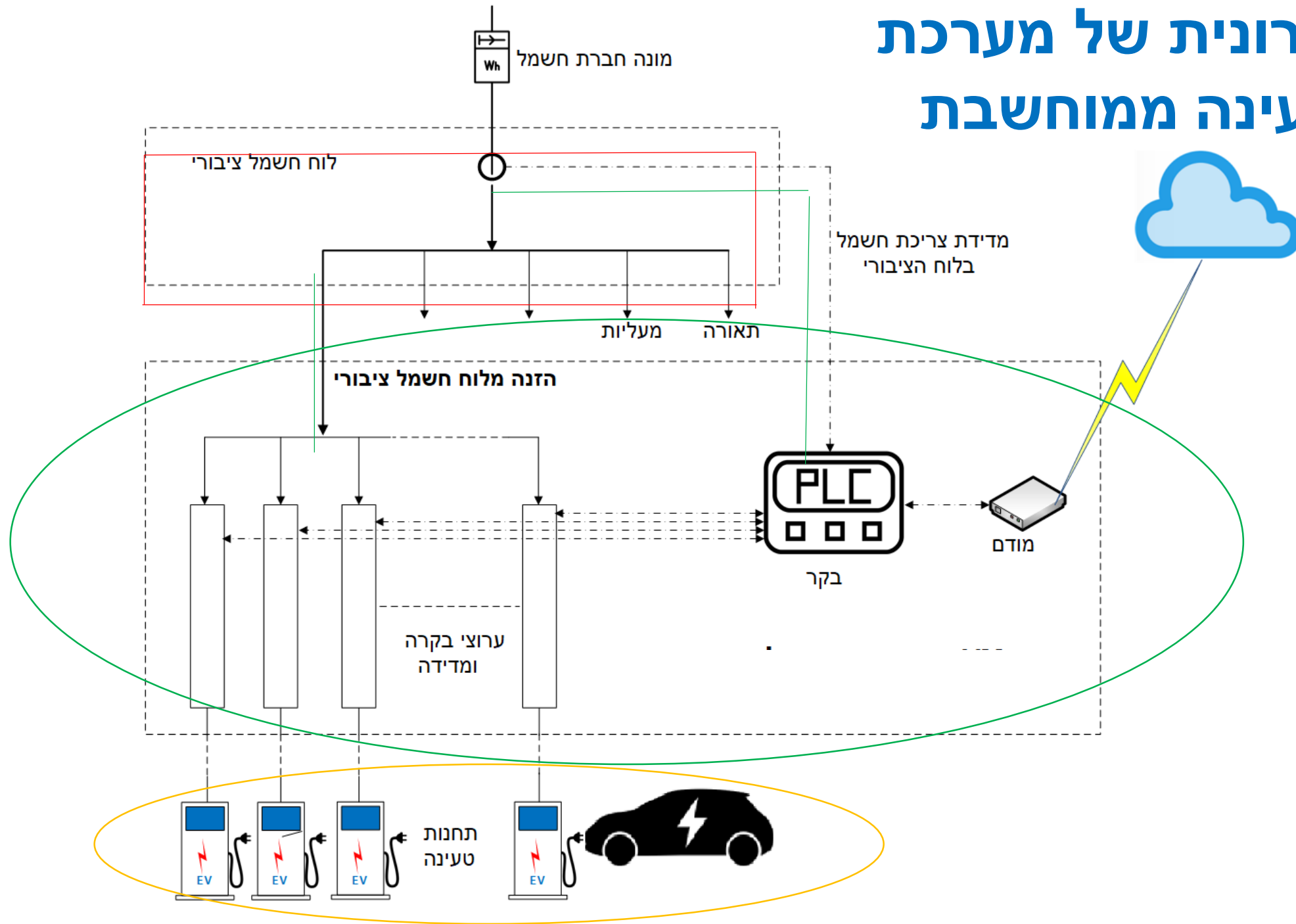


ניהול טעינה ממוחשב דינמי בבנייני מגורים

- המערכת מסתמכת באופן דינמי על העודפים בלוח החשמל הציבורי ובד"כ אינה מחייבת הגדלת חיבור החשמל – בכך היא חוסכת השקעה של מאות אלפי ₪.
- הניהול מאפשר הקטנת החיבור לטעינה עד פי 20 (!). והקטנת החיבור פי 4 עד פי 10 ממערכות ניהול טעינה אחרות
- המערכת מודדת את צריכת הזרם והאנרגיה של כל רכב לפי תעריף שעתי (תעו"ז) או מיוחד לטעינה (כפי שצפוי בעתיד)
- המערכת מאפשרת עדיפות (קדימות) לדיירים שצריכים טעינה דחופה
- המערכת מאפשרת מניעת גניבות חשמל
- המערכת מאפשרת למשתמש ניטור ותיכנות העדפות שלו (דרך אפליקציה)

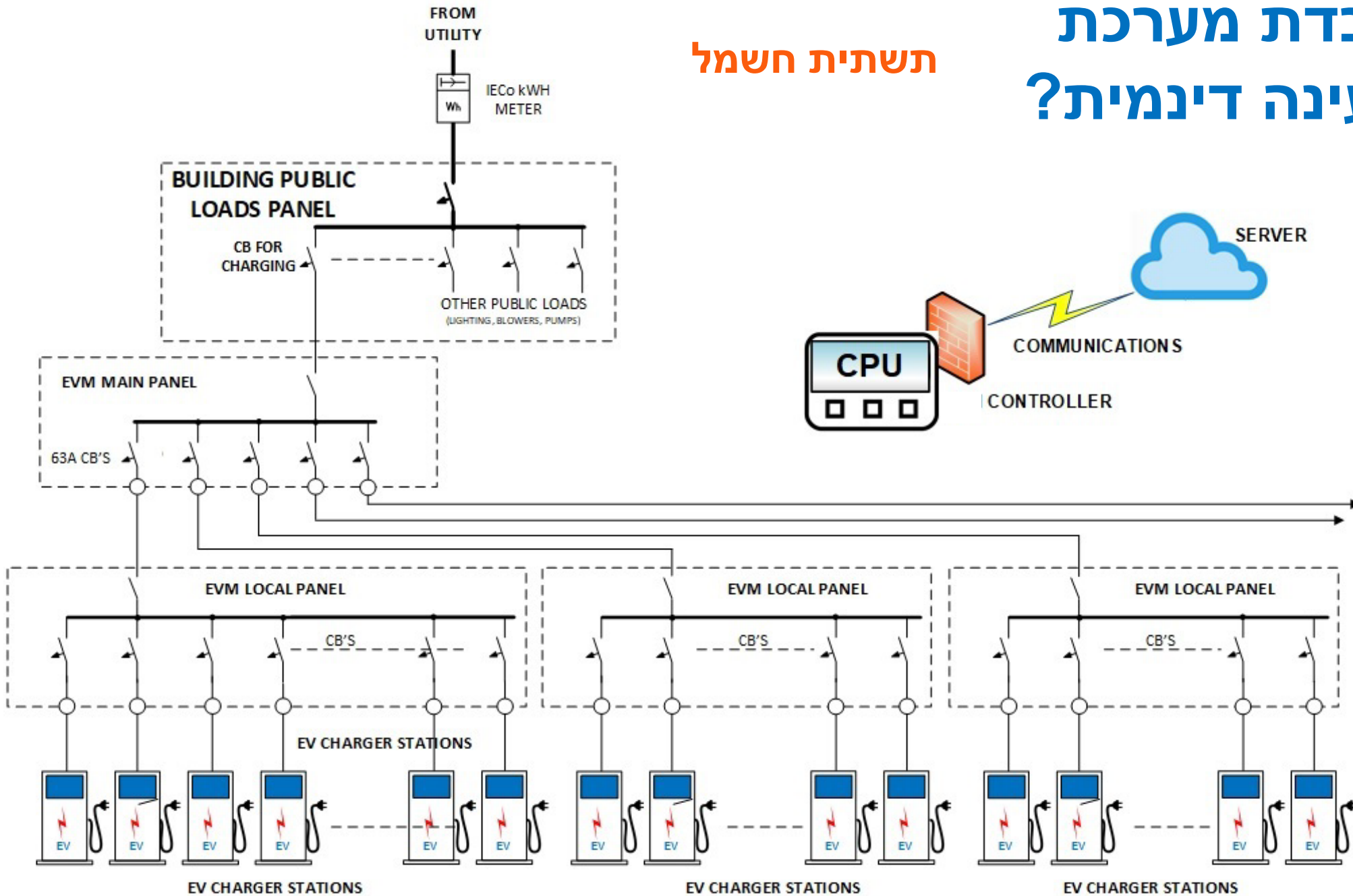


סכמה עקרונית של מערכת ניהול טעינה ממוחשבת



איך עובדת מערכת ניהול טעינה דינמית?

תשתית חשמל



יתרונות ייחודיים של מערכת ניהול דינמית

• האלגוריתם הייחודי של מערכת ניהול ממוחשבת דינמית מאפשר הקטנת גודל החיבור הנדרש:

❖ עד פי 20 לעומת גודל החיבור ללא ניהול טעינה

❖ הקטנת גודל החיבור פי 4 עד פי 10 ממערכות ניהול טעינה אחרות

• מערכת ניהול דינמית מאפשרת טעינה רק בתעריף שפל (תכנות דרך אפליקציה)

• המערכת מאפשרת קבלת קדימות בטעינה במקרים דחופים (דרך אפליקציה)

• המערכת הינה מודולרית וצומחת ככל שגדל מספר הרכבים החשמליים בחניון

• המערכת מאפשרת מניעת גניבות חשמל

• ע"י הזדהות של בעל הרכב

• ע"י אפשרות לנטרל את העמדה

• המערכת כוללת הגנה דינמית מפני העמסת יתר של תשתית החשמל בבנין

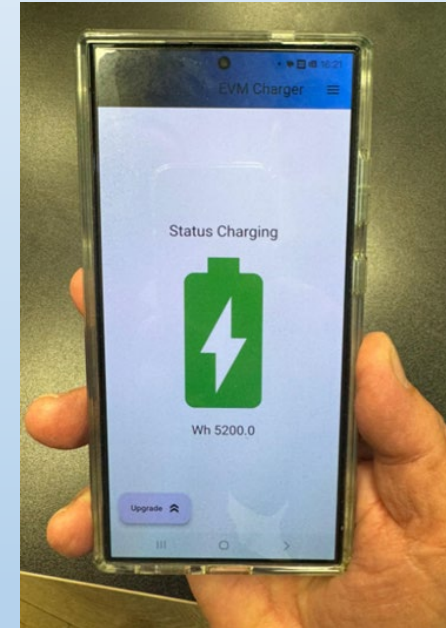
• הדייר מקבל דיווח על האנרגיה שצרך ועלותה (דרך האפליקציה)

• המערכת מתאימה לחיוב של משתמשים מרובים באותה עמדה (מתאים למשרדים)

• סוגי תיקשורת למערכת:

• תיקשורת קוית – מונעת חשיפה לפריצות ולהאזנה (CYBER SECURITY)

• תיקשורת אלחוטית (Wi-Fi או סים מהעמדה) – חשופה לפריצות ולהאזנה.



תכנון מערכות לטעינת רכב חשמלי בבנייני מגורים

נתוני בסיס

- על פי התחזיות, עד סוף העשור כלי רכב חשמליים יהוו כ- 1/3 מכלל צי הרכב בישראל, עד 2040 כמעט כל כלי הרכב יהיו חשמליים
- במגדלי מגורים כ-50% מכלי הרכב יהיו חשמליים ב-2030
- את התהליך יאיץ גם "אפקט הרשת" של התמעטות תחנות הדלק בארץ והתרבות תחנות הטעינה
- על פי נתוני למ"ס כמעט 90% מבעלי הרכבים החשמליים בארץ מטעינים בחניה הפרטית שלהם. זה גם הנוח והזול ביותר
- מי שאין לו חניה שמאפשרת טעינה, יאלץ להטעין בנקודות טעינה ברחוב, בחניונים או בתחנות תידלוק
- לפיכך תכנון חניון בבניין מגורים חדש בבניה רוויה צריך לקחת בחשבון שכל, או לפחות רוב, עמדות החניה בבניין יהיו בעתיד חשמליות ולתכנן את מערכת החשמל בחניון בהתאם להנחה זו

טעינת רכב חשמלי בבניני מגורים בבניינים ללא מערכת ניהול טעינה

- לצורך הדוגמה נניח שבחניון יש 160 חניות (ל-80 דירות)
- נניח שההספק הממוצע לעמדה הינו 22 קוו"ט
- נניח מקדם התלכדות 0.4 (שמרני)
- ההספק הנדרש לצורך טעינה הינו $160 * 0.4 * 22 = 1408$ קוו"ט
- לכך יש להוסיף את הצריכה הרגילה של הבניין (תאורה, מזגנים, כביסות וכו')
- הקצאת חח"י לבנין כזה הינה כ-500 קוו"ט **והבניין כולו ינותק בשל עומס יתר**
- התשתית הארצית לא תעמוד בעומסים כאלה וגם העלויות גבוהות מאד
- **לכן חייבים לתכנן מראש שימוש בעודפי חשמל וטעינה מנוהלת**

תכנון מערכות לטעינת רכב חשמלי בבניני מגורים בבניינים עם מערכת ניהול טעינה

- לצורך הדוגמה נניח שבחניון יש 160 חניות
- נניח שההספק לעמדה הינו עד 22 קוו"ט
- על פי ניתוח סטטיסטי שערכנו* למודל זה, ניתן להטעין את כל הרכבים החשמליים במהלך הלילה כשהיחס של מספר הרכבים (160) להספק מערך הטעינה בקוו"ט הינו 1 (מקדם זה כולל מירוח ביטחון של 30%), כלומר נדרש 160 קוו"ט.
- **לפיכך ניתן יהיה להזין את כל החניון עם כ-10% מההספק הנדרש ללא ניהול**
- בד"כ אין צורך להגדיל את החיבור לבנין, או שניתן להסתפק בהגדלה מזערית כי מערכת הניהול תבצע את רוב הטעינה כשהעומס של הבנין נמוך
- במקרים של חריגה בעומס, יתכן שחלק מהמכונות בחניון לא יוטענו למלוא הקיבול, אך לא יהיה מצב של ניתוקים ועומס יתר
- ההעמסה על הרשת לא תגדל אלא שגרף הצריכה יעשה שטוח יותר

* ניתן להציג במסגרת אחרת

תכנון מערכות לטעינת רכב חשמלי בחניונים ציבוריים

- בחניונים ציבוריים ובתחנות דלק יהיה מספר מוגבל של עמדות טעינה
- עמדות הטעינה מופעלות בד"כ ע"י זכיינים או ע"י בעל החניון אשר גובים פרמיה על האנרגיה הנצרכת לטעינה
- יש בעיה כיצד להגביל את זמן החניה ליד עמדת טעינה או לגבות "קנס" על חניה כשהטעינה מסתיימת
- לא ניתן לנהל את העמדות האלה כיון שהשימוש הינו ע"י לקוחות מזדמנים שמעוניינים בטעינה מיידית של ריכבם
- לפיכך יהיה צורך במעגל טעינה בהספק מתאים לכל העמדות ובהנחת מקדם התלכדות גבוה קרוב ל-1, או במערכת אגירת אנרגיה

תכנון מערכות לטעינת רכב חשמלי בבניני משרדים

- בבניני משרדים קיימים בד"כ 2 סוגי עמדות טעינה

- עמדות טעינה ללקוחות מזדמנים – התכנון יהיה לפי הניתוח בשקף הקודם

- עמדות טעינה למשרדים – קיימות באזורים מתוחמים של ההחניון וניתן

- להפעיל שם מערכת ניהול טעינה בתכנון דומה לזה של בניני מגורים.

- לגבי עמדות טעינה למשרדים

- החניה באזור זה הינה בד"כ לשעות ארוכות וניתן להפעיל מודל דומה לזה

- של בניני מגורים ולחסוך בגודל החיבור

- אין צורך להקצות עמדות טעינה לכל מקומות החניה אלא לחלק מהם

- מכיון ששעות העבודה הן שעות שיא בצריכת החשמל בבניני משרדים ולא

- צפויים עודפים בשעות אלו, יהיה צורך להקצות הספק לצורך טעינת הרכבים

- לפי הנוסחה שהוגדרה בשקף הקודם

- כיון שהרכבים יטענו בעמדות שונות מערכת הניהול תכלול אלמנט נוסף של

- זיהוי הרכב המתחבר כדי שאפשר יהיה ליחס את הצריכה לרכב שנטען



תודה על הקשבתכם !

שאלות?

איך מקטינים את גודל חיבור החשמל לטעינת רכבים?

- רכב פרטי ממוצע בישראל נוסע 50 ק"מ ביממה (למ"ס)
- צריכת האנרגיה הממוצעת של רכב חשמלי הינה 1 קווט"ש ל-5 ק"מ
- לפיכך יש להחסיר בממוצע לכל רכב בחניון כ-10 קווט"ש ביממה
- רכב חשמלי חונה בחניון הביתי (בממוצע) למעלה מ-10 שעות ביממה
- לפיכך גודל החיבור הנדרש הינו 1 קווט"ט לכל רכב (10kWh/10hr)
- בפועל גודל החיבור המינימלי הנדרש הינו כ-30~40 קווט"ט שכן זו הצריכה של לפחות רכב אחד
- מערכת הניהול מקצה לכל רכב את המקסימום האפשרי ומתחשבת גם בדרישות קדימות, המערכת יכולה להקטין או להגדיל את הזרם או אף להפסיק את הטעינה ולחזור לטעינה (ע"י סריקת כל הרכבים).
- על פי המודל שהיצגנו המערכת תטעין את כל הרכבים בחניון במהלך לילה

שיאי צריכה והתפלגות מצב הטעינה בכניסה לחניון

- כל רכב נוסע ביום בממוצע 46.5 ק"מ ($=17,000/365$)
- לכן בממוצע הוא מגיע לחניון עם מצבר טעון ב-85% ($=1-46.5/300$)
- נניח התפלגות לינארית של קיבול המצבר ברגע הכניסה לחניה לפי הטבלה

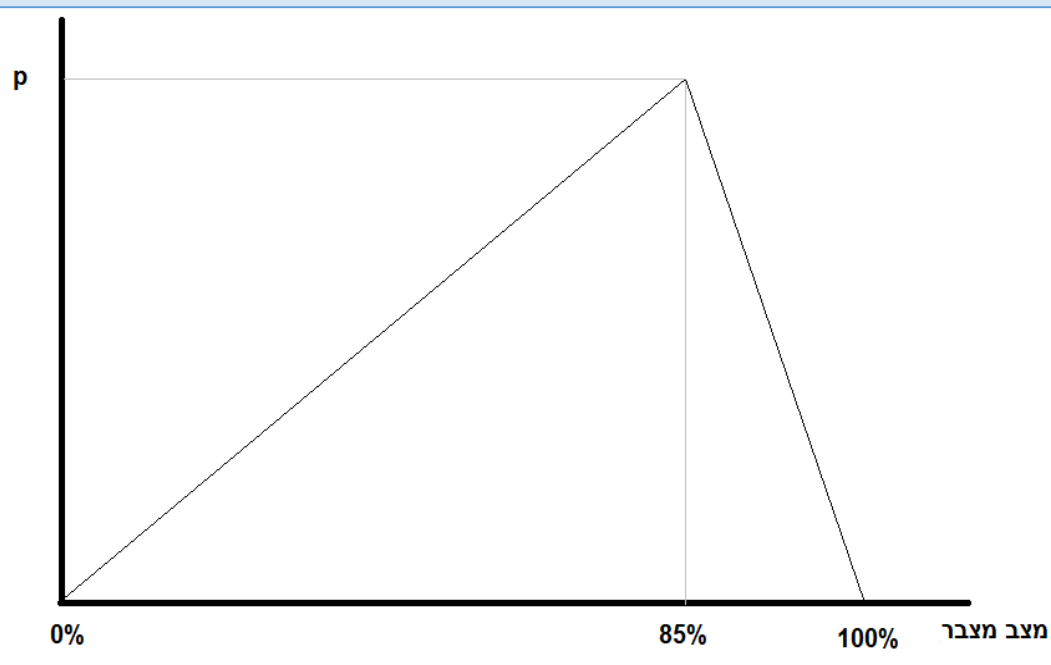
הבאה:

0%	85%	מלא (100%)	מצב מצבר
0	p	0	הסתברות

זו הסתברות פסימית יותר מהתפלגות נורמלית (פעמון-גאוס)

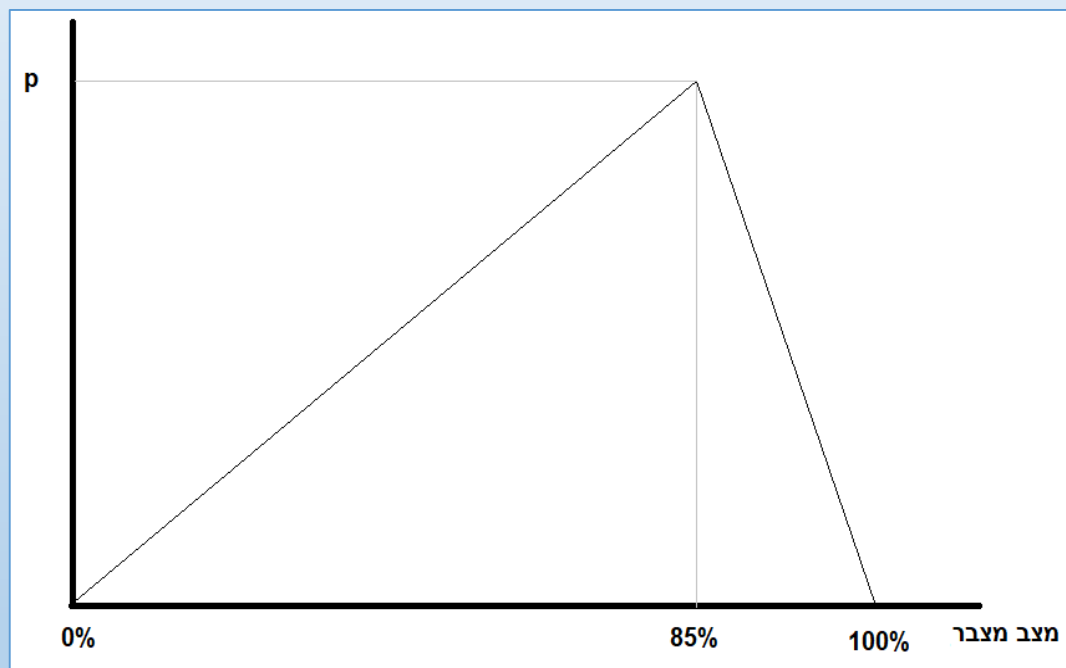
- השטח הכולל של המשולש הינו 1 כי זו ההסתברות הכוללת שרכב יגיע לחניון עם קיבול בין 0 ל-100%

- מחישוב שטח המשולש ($=1$) עולה כי $p=2$

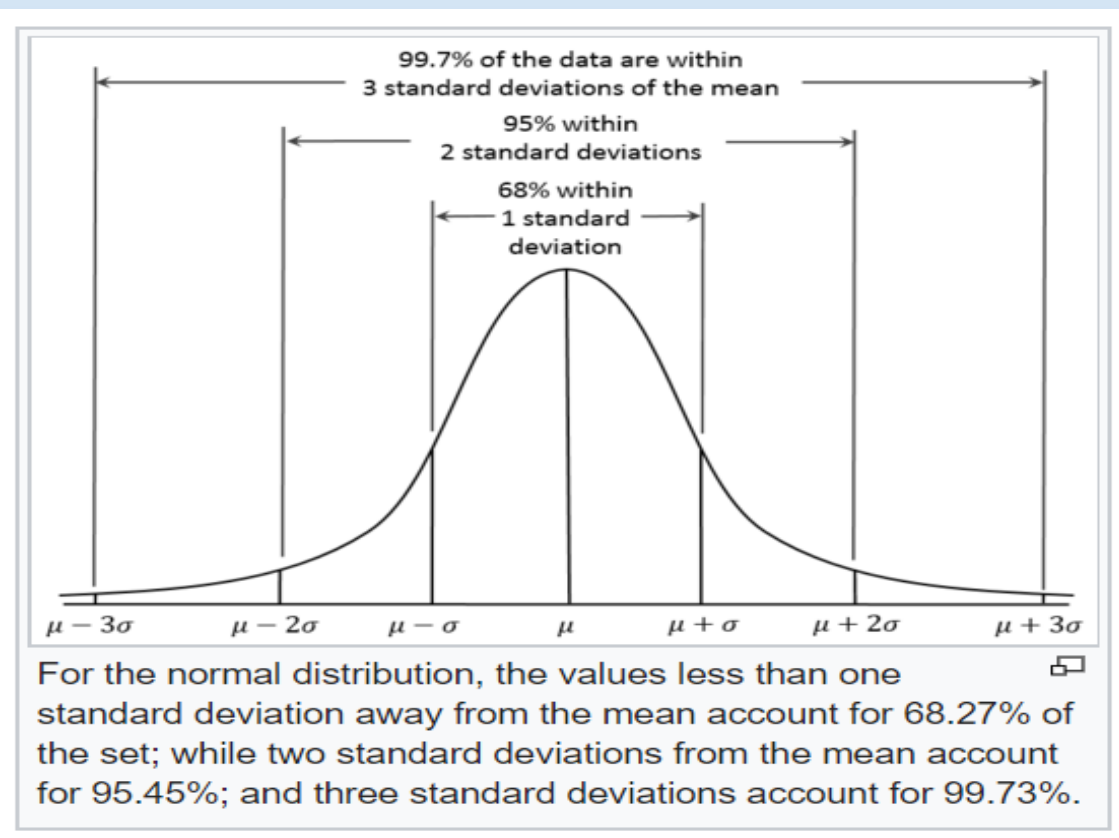


שיאי צריכה והתפלגות מצב הטעינה בכניסה לחניון

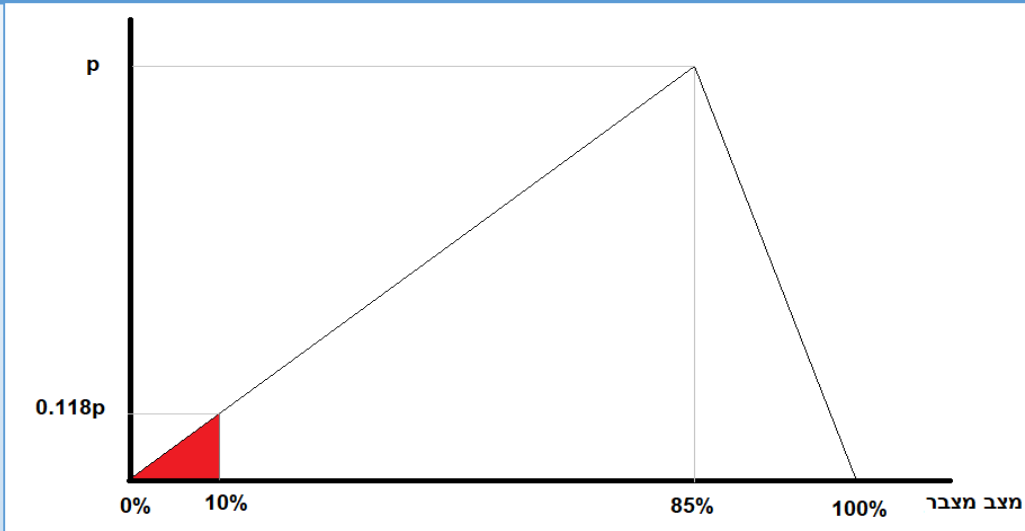
מצב מצבר	מלא (100%)	85%	0%
הסתברות	0	p	0



- זו הסתברות פסימית יותר מהתפלגות נורמלית (פעמון-גאוס), ביחוד בחלק שבין 0 ל-40% קיבול מצבר בכניסה שהוא המעניין מבחינתנו



מה ההסתברות שרכב יגיע לחניון עם פחות מ-10% מצבר?



- לפי השטח האדום בשרטוט:
- נחשב את השטח (נציב $p=2$) ונקבל:

$$P * 0.118 * 0.1 / 2 = 0.0118 \sim 1.2\%$$
- בצורה דומה נחשב את ההסתברות ליתר המצבים (ראה טבלה)

הסתברות	רמת טעינת מצבר עד
1.2%	10%
4.7%	20%
10.6%	30%
18.8%	40%
29.5%	50%
42.5%	60%
57.8%	70%
75.5%	80%
85%	85%
93.3%	90%
100%	100%

- ההסתברות שיכנס רכב לחניון עם פחות מ-30% מצבר היא 10%. כלומר בחניון של 100 רכבים יהיו פחות מ-10 רכבים עם פחות מ-30% מצבר (שהם כ-100 ק"מ נסיעה). רכבים אלה יטענו למצב מלא תוך כ-6 שעות לכל היותר כשהטעינה מנוהלת
- ככל שקיבול המצבר יעלה (כצפוי בשנים הקרובות), יורדת ההסתברות של הגעת כלי רכב לחניון ברמות טעינה נמוכה

