

מסמך עקרונות הנדסיים בנושא:

מתקני חשמל לטעינת רכבים

הוכן על ידי: בוריס שוורץ

מהדורה ראשונה

דצמבר 2022

תוכן העניינים

<u>עמוד</u>	
4	הקדמה
5	תקציר
6	פרק ראשון: הגדרות
8	פרק שני: הגורמים המשפיעים על מבנה ואופן הפעלה של מתקן לטעינת רכבים
9	2.1 משרדי הממשלה
10	2.2 רשות החשמל
11	2.3 רשויות מקומיות
11	2.4 חברת החשמל
12	פרק שלישי: המרכיבים העיקריים של מערך הטעינה לרכב חשמלי
12	3.1 סוגים שונים של מכוניות חשמליות
12	3.2 תצורות טעינה של רכבים חשמליים
14	3.3 המרכיבים העיקריים של ציוד הטעינה ברכב
16	3.4 המעגל הסופי להזנה של נקודת הטעינה
17	פרק רביעי: אמצעי הגנה בטיחותיים
17	4.1 הגנה בפני חשמול
18	4.2 הגנה בפני נחשולי מתח יתר וזרם חולפים
22	פרק חמישי: מערכות לניהול טעינה
22	5.1 מערכת ניהול טעינה סטטית
22	5.2 מערכת ניהול טעינה דינמית
23	5.3 מערכות ניהול טעינה חכמות
24	פרק שישי: מערכת טעינה בבית מגורים
24	6.1 בית מגורים עם חניה פרטית
25	6.2 בית מגורים רב דירות עם חניון משותף
28	פרק שביעי: מערכת טעינה במבני משרדים ובמרכזי מסחר ובילוי
28	7.1 קביעה של מספר נקודות טעינה
28	7.2 תצורת ההזנה של מתקן הטעינה
30	7.3 דגשים מיוחדים מההיבט הבטיחותי
33	פרק שמיני: מתקן טעינה ברחוב ובחניונים ציבוריים פתוחים
33	8.1 תצורת ההזנה של מתקן הטעינה
34	8.2 שיטות הגנה בפני חשמול
35	8.3 הגנה בפני נחשולי מתח
36	פרק תשיעי: אופן ההתקנה של מתקן הטעינה - דרישות פיסיות
36	9.1 הגנה בפני פגיעות מכניות
36	9.2 מידות חלל מינימליות להתקנת עמדת טעינה בבניין
37	9.3 מיקום בית תקע ואמצעי שליטה ובקרה בנקודת הטעינה
37	9.4 עומק ההטמנה של כבלים במתקן טעינה והמרווח הנדרש מתשתיות אחרות

39

פרק עשירי: בדיקת מתקן הטעינה

39

10.1 ביקורת ויזואלית

40

10.2 מדידות

71

10.3 בדיקות פונקציונליות של עמדת טעינה AC

הקדמה

מסמך זה דן בעקרונות הנדסיים לתכנון והקמה של מתקנים לטעינת רכבים חשמליים. עקרונות אלה תואמים את הנדרש על פי תקנות חוק החשמל, אמות המידה של רשות לשירותים ציבוריים חשמל, הנחיות של מינהל החשמל ברשות החשמל, תקינה בינלאומית ופירסומים מקצועיים על אופן הבניה של מתקני חשמל לטעינת רכבים חשמליים במדינות שונות בעולם.

השימוש במידע המופיע במסמך זה לצורך תכנון, תפעול ותחזוקה של מתקן ספציפי הוא באחריותו של המשתמש בלבד.

תקציר

המסמך מורכב מתשעה פרקים.

בפרק הראשון מוצגות ההגדרות של מונחים טכניים המוזכרים בפרקים השונים של המסמך.

בהשוואה למצב הקיים בחלק מהמדינות המערביות, שוק כלי הרכב החשמליים בישראל נמצא בתחילת הדרך. למדיניות הממשלה, להחלטות רגולטוריות ולצעדים של בעלי עניין בתחום הרכב החשמלי יש השפעה מכרעת על היקף ההקמה של מתקני חשמל לטעינת רכבים, על המבנה שלהם ועל אופן הפעלתם. **בפרק השני** של המסמך נדונים הצעדים העיקריים שיש לנקוט למעבר הדרגתי לשימוש ברכבים חשמליים בארץ.

בפרק השלישי של המסמך מוצגים הסוגים השונים של רכבים חשמליים, מצבי הפעולה לטעינת רכבים אלא, המרכיבים העיקריים של ציוד הטעינה ברכב חשמלי והמאפיינים העיקריים של המעגל הסופי הנדרש להזנת מערכת הטעינה לרכב.

הפעלת ציוד טעינה לרכב חשמלי בכלל והפעלתו במקום ציבורי בפרט מחייבת התייחסות מיוחדת לאמצעי בטיחות במתקן החשמל לטעינת רכבים. **פרק רביעי** דן באופן היישום של אמצעים להגנה בפני חשמול והגנה בפני נחשולי מתח וזרם חולפים.

תכנון מתקן הטעינה על פי הנדרש בתקן האירופאי, חייב לקחת בחשבון שכל אחת מנקודות החיבור שבמתקן מאפשרת בשימוש רגיל, העברת זרם טעינה הנקוב שלה או, במקרה של עמדות הטעינה – את זרם הטעינה המקסימלי שעבורה תוכננה העמדה. כל זה במקרה של העדר אמצעים לניהול טעינה. **פרק חמישי** דן במאפיינים של מערכות לניהול טעינה שיישומן מאפשר להקטין את ההשקעה הנדרשת במרכיבים השונים של שרשרת אספקת החשמל למתקן הטעינה ובמתקן הטעינה עצמו.

בפרקים שישי, שביעי ושמיני נדונים בהתאמה מאפיינים ספציפיים של מתקן הטעינה בכיתי מגורים, כמבני משרדים ומרכזי מסחר ובילוי, ברחוב ובחניונים ציבוריים. בפרקים אלה מוצגים תצורות ההזנה של מתקני הטעינה, שיטות הגנה בפני חשמול ואמצעים להגנה בפני גלי מתח יתר וזרם חולפים.

פרק תשיעי מתייחס לאופן ההתקנה של מתקן הטעינה. בפרק נדונים אמצעי הגנה בפני פגיעות מכניות בעמדות הטעינה על ידי רכב חונה, מידות חלל מינימליות להתקנת עמדת טעינה בבניין, מיקום בית תקע ואמצעי שליטה ובקרה בעמדות הטעינה, עומק ההטמנה של כבלים במתקן טעינה והמרווח הנדרש מתשתיות אחרות.

בהתאם לנדרש בתקנות החשמל, מתקן חשמל לטעינת רכבים חייב לעבור בדיקה לפני חיבורו הראשון למתח. בדיקת המתקן נועדה לבחון את התאמתו לדרישות תקנות חוק החשמל וחוקים רלוונטיים אחרים, לאמות מידה של רשות החשמל, להנחיות מנהל מינהל החשמל ולעקרונות הנדסיים שהוצגו במסמך זה. **בפרק עשירי** מפורטים המרכיבים של שלושת השלבים העיקריים של הבדיקה: ביקורת ויזואלית, מדידות ובדיקות פונקציונליות.

פרק ראשון: הגדרות

1. "אזור הגנה בפני ברק" (LPZ - lightning protection zone) – אזור שבו מוגדרים מאפייני הסביבה האלקטרומגנטית הנוצרת מברק בהתאם לתקן IEC 62305-4:2010 ;
2. אמות מידה של רשות החשמל – כללי משק החשמל (אמות מידה לרמה, לטיב ולאיכות השירות שנותן ספק שירות חיוני), תשע"ח-2018 "
3. "אמצעי הגנה בפני נחשולים אלקטרומגנטיים מברק" (LEMP protection measures) - אמצעים שנוקטו להגנה על מערכות בתוך המבנה בפני ברקים;
4. "הגנה בפני ברק" (LP – lightning protection) – מערכת שנועדה להגן על מבנה ועל הציוד החשמלי והאלקטרוני המותקנים בו, בפני תוצאות של פגיעות ברק על ידי התקנה של מערכת הגנה בפני ברק (LPS) והתקני הגנה בפני נחשולי מתח זרם (SPD).
5. הרשות לשירותים ציבוריים-חשמל (להלן "רשות החשמל") - רשות ממשלתית האחראית לקביעת תעריפים, הסדרה ופיקוח במשק החשמל בישראל;
6. "התקן הגנה בפני נחשולים" (SPD – surge protective devise) – התקן שנועד להגבלת מתחי יתר חולפים והסטה של נחשולי זרם ואשר כולל רכיב לא לינארי אחד לפחות;
7. "התקן טעינה" – מכשיר חשמלי מיטלטל ייעודי המשמש לטעינת רכב חשמלי במצב פעולה 2 (Mode2) ; בהתאם לתקן ישראלי ת"י 62752 המתבסס על התקן האירופי IEC 62752 .
8. "התקן מבוא לרכב" (Vehicle inlet) – חלק מצמדן לרכב חשמלי שנועד לחיבור האבזר הייעודי שבכבל טעינה אל הרכב;
9. "התקנה קבועה" – התקנה שאינה נותנת אפשרות להעברת הציוד המותקן או העתקתו אלא על ידי שימוש בכלים;
10. "זוג אבזרי חיבור לרכב" (צמדן) לרכב חשמלי (Vehicle coupler) – צמד אביזרים (התקן מבוא + מחבר לכבל טעינה) שנועד לחיבור כבל טעינה אל מערכת טעינה הפנימית ברכב;
11. "זרם פחת" (Residual current) - סכום וקטורי של הזרמים במוליכים חיים של מעגל, בנקודה כלשהי בו;
12. "מחבר לכבל טעינה" (Vehicle connector) – חלק מצמדן טעינה, שנועד לחיבור כבל טעינה אל התקן המבוא ברכב;
13. "מפסק זרם פחת" (להלן "מפסק פחת") (RCD - Residual current device) - מפסק המיועד להפסקה אוטומטית של מיתקן חשמלי ממקור זינה במקרה של הופעת זרם פחת כתוצאה מקצר לאדמה;
14. "מעגל סופי לטעינה" – מעגל המזין מערכת טעינה באופן בלעדי ושתחילתו בלוח הקרוב לה וסיומו בעמדת הטעינה עצמה או בבית תקע המזין התקן הטעינה;
15. "מערכת הגנה בפני ברק" (LPS - lightning protection system) - מערכת שנועדה למזער נזקים למבנה ולמתקנים כתוצאה מפגיעת ברק;
16. "מערכת טעינה" – מערכת ייעודית לטעינת רכב חשמלי הכוללת, בין היתר, עמדת טעינה או התקן טעינה, תקע, בית תקע, מחבר לרכב חשמלי, כבלים ואמצעי הגנה בפני חשמול;
17. "מערכת ניהול כבילה" – מערכת שמטרתה להגן על כבל טעינה מנזק מכני ושכוללת מקום ייעודי להנחת הכבל וארגונו בזמן אי שימוש;
18. "מצב פעולה" (Mode) - מצב פעולה לטעינת רכב חשמלי כמשמעותו בתקן IEC 61851-1
19. "מקום ציבורי" – מקום אליו יש גישה לקבוצה בלתי מוגדרת של אנשים;

20. "מקדם בו-זמניות" - (coincidence factor) – יחס בין העומס הנרשם בפועל מהפעלה בו-זמנית של קבוצת מכשירים חשמליים לבין סכום ההספקים הנקובים של המכשירים הנכללים בקבוצה. נהוג לציין את המקדם באחוזים או בערכים הקטנים מ-1.
21. "נחשול" (surge) – תופעה חולפת הנוצרת על ידי LEMP, בצורת מתח יתר או זרם יתר;
22. "נחשול אלקטרומגנטי מברק" (LEMP-lightning electromagnetic impulse) – כל התופעות האלקטרומגנטיות ממעבר זרם של ברק דרך עצמים הצמודים למבנה בעלי אופי התנגדותי, אינדוקטיבי וקיבולי, שיוצר נחשולים ושדות אלקטרומגנטיים;
23. "נקודת חיבור" – נקודת קצה בהתקנה קבועה המיועדת לטעינה של כלי רכב חשמלי, כגון בית תקע או מחבר לרכב חשמלי;
24. "עמדת טעינה" – מכשיר חשמלי ייעודי לטעינת רכב חשמלי המותקן בהתקנה קבועה. עמדת הטעינה תעמוד בדרישות תקן IEC61851-1 (MODE 3) או בתקן IEC61851-23 (MODE 4).
25. "ציוד הזנה לרכב חשמלי" (EVSE- electric vehicle supply equipment) ציוד או מכלול אבזרים המיועדים לפונקציות מוגדרות לצורך אספקת אנרגיה חשמלית לטעינת הרכב ממתקן חשמלי קבוע;
26. "רכב חשמלי (רכב כביש חשמלי)" (EV-electric vehicle) – רכב שיש לו מנוע חשמלי המוזן ממערכת נטענת והמיועד לנסיעה בכבישים ציבוריים;
27. "שינוי יסודי" – שינוי באמצעי ההגנה בפני חשמול, החלפה או הוספה של אבזר, תוכנה או חומרה המביאה לידי הגדלת הספק הטעינה ביחס להספק שהיה בעת ההפעלה הראשונה של מערכת הטעינה, החלפה או שינוי של קונסטרוקציה של עמדת הטעינה;
28. "תקע- בית תקע" (Plug & Socket-outlet) – אבזרים המיועדים לחיבור כבל טעינה אל נקודת החיבור בהתקנה קבועה (בית תקע בקיר או עמדת טעינה);
29. IEC (The International Electrotechnical Commission) - הנציבות הבינלאומית לאלקטרו טכניקה הוא ארגון תקינה בתחום החשמל והאלקטרוניקה;

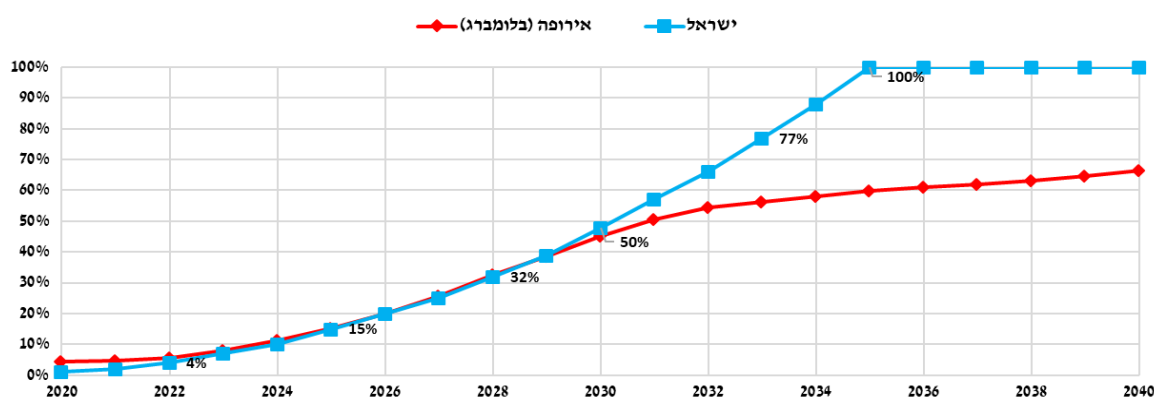
פרק שני: הגורמים המשפיעים על מבנה ואופן הפעלה של מתקן החשמל לטעינת רכבים

בעולם הולך ומתרחב השימוש בכלי רחב חשמליים כחלק מהמאמץ להקטנת הפליטה בגזי החממה. מאמץ זה משתקף, בין היתר, בהסכם שנקבע במהלך ההתכנסות של ועידת האקלים של האום בפריז ב- 12.12.2015 ושנחתם בשנת 2016. בהסכם זה (הקרוי "הסכם פריז") התחייבו מדינות רבות ובתוכן ישראל, להפחית את פליטת גזי החממה.

כחלק מהמדיניות להפחתת הפליטות במדינות בעולם ננקטים צעדים שונים לעידוד המעבר לשימוש בכלי רכב חשמליים. הצעדים כוללים⁽¹⁾ תמריצים רגולטוריים, תמריצים כלכליים, תמריצים לתשתיות ולפרויקטים ציבוריים, מאמצים להגברת המודעות הציבורית ומענקים למחקר ופיתוח. בהשוואה למצב הקיים בחלק מהמדינות המערביות, שוק כלי הרכב החשמליים בישראל נמצא בתחילת הדרך, כפי שזו הוצג בעבודות שפורסמו על ידי מרכז המחקר והמידע של הכנסת^{(1),(2)}.

במסמך של משרד האנרגיה שפורסם באפריל 2021⁽³⁾ מודגש שלישראל יש יתרונות משמעותיים בהאצת השימוש בכלי רכב חשמליים לעומת מדינות העולם:

- שטח המדינה הוא קטן יחסית ומרחקי נסיעה שגרתיים הם קצרים יחסית, דבר המאפשר פריסה מצומצמת יותר של מתקני טעינה;
- היחס בין מחירי החשמל לבין מחיר הדלק הוא נוח, יחסית;
- לישראל יש מקורות אנרגיה לייצור חשמל (גז טבעי, שמש ורוח) ואין לה, כמעט, עתודות נפט לייצור דלק לכלי תחבורה;
- ישראל היא מדינה של חדשנות טכנולוגית והציבור פתוח ליישום טכנולוגיות חדשניות בתחום כלי רכב.



איור 2.1: יעדי חדירת רכב חשמלי לישראל לעומת התחזית באירופה (%) ממכירות⁽³⁾

(1) "כלים לעידוד השימוש בכלי רכב חשמליים תמונת מצב בישראל ומבט משווה" הכנסת - מרכז המחקר והמידע, בפברואר 2018

(2) "כלי רכב חשמליים בישראל ובעולם- נתונים ומדיניות" הכנסת – מרכז המחקר והמידע, דצמבר 2021

(3) "מפת הדרכים למשק אנרגיה דל פחמן עד 2050", משרד האנרגיה, אפריל 2021.

לדעתו של משרד האנרגיה שילוב היתרונות של ישראל עם ההתפתחויות העתידיות בתחום הרכב החשמלי (עליית טווח הנסיעה וירידה של מחירי הרכב) יכול לסייע בהגברה משמעותית של היקף החדירה של השימוש ברכב חשמלי במדינה לעומת אירופה - ראה איור 2.1 לעיל.

למדיניות הממשלה, להחלטות רגולטוריות ולצעדים של בעלי עניין בתחום הרכב החשמלי יש השפעה מכרעת על היקף ההקמה של מתקני חשמל לטעינת רכבים, על המבנה שלהם ועל אופן הפעלתם. באיור 2.2 מוצגים בעלי העניין העיקריים ומעגלי ההשפעתם.



איור 2.2: בעלי העניין העיקריים ומעגלי ההשפעתם על מתקני חשמל לטעינת רכבים

2.1 משרדי הממשלה

משרד האנרגיה מבקש לאמץ יעדים של מדינות מתקדמות בעולם ולקבוע יעד שבמסגרתו 100% מהרכבים שיימכרו בשנת 2030 יהיו עם אפס פליטות של גזי חממה.

בין הצעדים המתוכננים המפורטים במסמך הנ"ל של המשרד:

- התאמת מערכות ייצור, הולכה, חלוקה ואספקה של חשמל לגידול ניכר בשיא הביקוש והיקף הצריכה של חשמל עקב חדירה של רכבים חשמליים;
- פריסת רשת עמדות טעינה עד שנת 2030 בהיקף של כ- 60 אלף עמדות לטעינה איטית וכ- 1000 עמדות לטעינה מהירה;
- קידום השינוי בתקנות חוק התכנון והבניה, כפי שמוצע על ידי משרד הבינוי והשיכון⁽⁴⁾, המטיל חובה על מבני מגורים חדשים בנוסח: "בחניונים מעל 12 מקומות חניה קבועים תותקן תשתית לטעינת רכב חשמלי לכל עמדת חניה. התשתית תכלול מובילים כהגדרתם בתקנות החשמל ומקום לשנאי הנדרש לשם כך, וכן יותקן לוח חשמל ייעודי להזנת עמדות טעינה לרכב חשמלי."
- הקמת עמדות טעינה בבתים משותפים – יש לפעול בתוך שנה לתיקון חוק המקרקעין על מנת לאפשר הקמת עמדת טעינה בחניונים פרטיים במבני מגורים משותפים ללא הצורך בהסכמת כלל דיירי הבניין.

(4) "בחניה טכנו כלכלית - תשתיות לטעינת רכבים חשמליים בבנייני מגורים" - משרד הבינוי והשיכון, מאי 2020

במסגרת מדיניותה להקטנת הפליטות של גזי החממה ומעבר לאנרגיה ירוקה קבעה, בין היתר, הממשלה בהחלטה (5) מס' 208 מתאריך 01.08.2021:

▪ עד סוף שנת 2021 - תיקון חוק מקרקעין כך שניתן יהיה להקים עמדות טעינה לרכבים חשמליים כולל העברת התשתית הנדרשת לכך ברכוש המשותף, ללא צורך בהסכמה של כל הדיירים בבית משותף באחד האמצעים הבאים:

- א. חיבור עמדת הטעינה לחיבור החשמל הפרטי הדרתי של בעל הרכב החשמלי;
- ב. חיבור עמדת הטעינה לחיבור החשמל של המתקן המשותף, בהסכמת רוב בעלי הדירות, בתנאי שמתקן מונה נפרד מהמונה של המתקן המשותף ומתבצע תשלום בהתאם בגין הצריכה של עמדת הטעינה;
- ג. חיבור עמדות הטעינה לחיבור חשמל חדש שאינו חיבור למתקן החשמל של הדירה או של הרכוש המשותף;
- ד. ייבחן מתווה שיאפשר הקמת עמדות טעינה שיקבלו הזנה לפי אחת החלופות הנ"ל, גם בחניות שברכוש המשותף.

- להתקין תוך חצי שנה תקנות המחייבות הקמת תשתית חשמל הנדרשת להזנת עמדות טעינה, בכל בניין חדש עם חניה המיועדת לשימוש המשתמשים בבניין;
 - שרת הפנים תפעל לשינוי בתקנות התכנון והבניה (בניין הדרוש במישרין לצורך הקמתה של דרך או שימוש בה), תשע"ו-2016 כדי לאפשר בכפוף להרשאה מתאימה, הקמת עמדת טעינה ומבנה הנדסי להשנאה.
- נושא פריסת תשתיות טעינה בערים בגלל חשיבותו המשקית ראוי שיוסדר בתוכנית מתאר ארצית (או בקיצור: **תמ"א**). תמ"א משפיעה על התכנון המחוזי והמקומי בנושאים בעלי חשיבות ציבורית כלל ארצית והיא משמשת את הוועדות המחוזיות והמקומיות ומנחה אותן בעבודתן. ככלל, תוכנית המתאר הארצית קובעת מפרטים תכנוניים ברמה עקרונית וכללית. מטרתן של תוכניות מתאר מחוזיות ומקומיות וכן של תוכניות מפורטות היא להוסיף תכנון ספציפי מפורט ומדויק, על התכנון הכללי יותר של תוכנית המתאר הארצית, תוך עמידה על הדרישות המפורטות בה (6).

2.2 רשות החשמל

רשות החשמל משמשת כרגולטור מקצועי בתחום משק החשמל ובסמכותה לנקוט באמצעים מתאימים כדי לקדם במשק את מדיניות הממשלה להגברת השימוש בכלי רכב חשמליים.

אחד הנושאים שהרשות צריכה לבחון הוא תשלומים בגין חיבורים למתקני חשמל שיש להם השפעה ניכרת על מבנה מתקני החשמל לטעינה ועל אופן הפעלתם.

גודל החיבור של מתקן למערכת אספקת החשמל נמדד ב- [kVA] או ב- [A] והוא נקבע על ידי מתכנן המתקן. אפשר לומר שגודל החיבור קובע את גודל הנתח ("הפרוסה") בשרשרת אספקת החשמל, שיש להקצות לטובת המתקן כדי להבטיח את הפעלתו התקינה של המתקן במלוא העומס שחישב המתכנן בכל ימות השנה.

מגודל החיבור הקיים במתקן נגזר גם שיא הביקוש המירבי שניתן להגיע אליו תוך כדי הפעלת הציוד החשמלי במתקן. נדגיש שבחלק גדול מהמתקנים אפשר להקטין את שיא הביקוש ואת גודל החיבור הנדרש על ידי הפעלה מושכלת של הציוד ושימוש באמצעי בקרה ושליטה מתאימים.

ללא תמריץ כספי מתאים בתעריף אין לבעל המתקן עניין מספיק ביישום אמצעים טכניים וארגוניים להקטנת שיא הביקוש במתקנו. גם למתכנן המתקן אין היום שום עניין להיות אחראי על הזמנת חיבור קטן יותר מזה המחושב עם "מקדמי בטחון".

במספר מדינות בעולם נהוג ליצור באמצעות תעריפים מתאימים תמריץ כספי משמעותי ליוזמים המקימים מתקני חשמל חדשים ולבעלי מתקנים קיימים, המבטא את התועלת המשקית של הימנעות מהזמנה ומשימוש בחיבורים הגדולים מהנדרש.

(5) החלטה מספר 208 של הממשלה מיום 01.08.2021 - https://www.gov.il/he/departments/policies/dec208_2021

(6) ויקיפדיה, מתוך דף שנערך ב-4 בדצמבר 2021

החייבים המתאימים צריכים לתמוך באיתות על משמעות ההפעלה של המתקן בהתחשב באיבודי האנרגיה וההשקעות הנדרשות לחיבורו לרשת במקום הנתון. עניין זה הוא קריטי ליצירת תמריץ כלכלי ליישום מערכות לניהול טעינה.

2.3 רשויות מקומיות

הצבת עמדות טעינה במרחב הציבורי (חניונים ציבוריים ורחובות בתחום הרשויות) וחצי ציבורי (חניונים פתוחים שליד המבנים בשכונה) ופריסת תשתיות הנדרשות לכך הוא אתגר תכנוני ולוגיסטי מורכב העומד בפני הרשויות המקומיות. אתגר זה מחייב פעילות במספר מישורים:

- א. מיפוי תשתיות הקיימות בתוואי המתוכנן לתשתיות טעינה.
- ב. שיתוף פעולה עם חברת החשמל להסדרת המיקום של הרכיבים השונים של מערכות חלוקה ואספקה הנדרשות להזנת מתקני טעינה;
- ג. עדכון תקנוני תב"ע (תוכנית בינוי עיר) - הכנסת דרישה לתשתית טעינה בחניות במבני מגורים, במבני משרדים ומסחר כתנאי למתן היתרי בניה.

במקביל לפעילות הנדרשת במישורים הנ"ל צריכות הרשויות לקבוע תנאים מפורטים לספקים של שירותי טעינה בתחום הרשות שלהם. במסמך⁽⁷⁾ שהוכן במימון משרד האנרגיה נקבעו עקרונות מנחים לרשויות מקומיות שיש להביא בחשבון בעת קביעת תנאים לספקי שירות טעינה בשטחים ציבוריים:

- תמהיל הטעינה צריך להיות תואם למאפייני הרשות;
- רמות שירות, אמינות וזמינות גבוהות;
- היתכנות כלכלית ורווחיות;
- תמחור נכון התואם למאפייני המשתמשים.

2.4 חברת החשמל

התאמת מערכות ייצור, הולכה, חלוקה ואספקה של חשמל לגידול ניכר בשיא הביקוש והיקף הצריכה של חשמל עקב חדירה של רכבים חשמליים הוא תנאי הכרחי להשגת היעדים שהציבו משרדי הממשלה להרחבת השימוש ברכבים חשמליים.

חברת החשמל משקיעה מאמצים רבים בלימוד השלכות הצפויות על התשתיות שבאחריותה מכניסה מסיבית של כלי רכב חשמליים. החברה שותפה לפיילוטים שיוזם המדען הראשי במשרד האנרגיה והיא בוחנת יישום מגוון כלים ושיטות שיאפרו לצמצם את ההשקעות הנדרשות להתאמת התשתיות להפעלה של מערכות טעינה. היקף ההשקעות הנדרשות לתגבור התשתיות תלוי בצורה מكرעת בהיקף השימוש במערכות לניהול טעינה, כפי שיפורט בהמשך המסמך. מאידך, היקף השימוש במערכות ניהול טעינה תלוי בגורמים שאינם בשליטתה של חברת החשמל ולכן עליה להכין תוכניות לפיתוח תשתיות, במיוחד לאזורים של בניה רוויה, בהנחה שהתקנת מערכות לניהול טעינה מתעכבת. תוכניות אלה חייבות תאום מלא עם הרשויות המקומיות, בין היתר לצורך תאום תוואי וחיפוש מקום להתקנת מרכיבים שונים ממערכת חלוקה ואספקה של חשמל למתקני טעינה. ללא תאום זה יתארך תהליך מציאת הפתרון למספר שנים.

(7) "מדריך היערכות רשויות מקומיות לתחבורה פרטית חשמלית", מוסד שמואל נאמן, פברואר 2019

פרק שלישי: המרכיבים העיקריים של מערך הטעינה לרכב חשמלי

3.1 סוגים שונים של מכוניות חשמליות

ניתן לסווג את המכוניות המצוידות במנוע חשמלי לפי שלושה סוגים עיקריים כאשר רק שניים הראשונים מאלה המפורטים להלן מחייבים מתקן טעינה, שהוא נשוא מסמך זה.

3.1.1 רכב חשמלי מלא (BEV - Battery Electric Vehicle)

רכב חשמלי מלא מונע על ידי מנוע חשמלי הניזון ממערכת אגירת אנרגיה במצברים, המותקנת ברכב. רכב מסוג זה קיבל את כינויו בגלל שהוא מונע באנרגיה חשמלית בלבד ללא גיבוי של מנוע בעירה פנימית הפועל על דלק. על פי הפרסום באתר של Battery University (אתר עם מידע חופשי בנושא מצברים)⁽⁸⁾, טווח הנסיעה של הרכבים מסוג זה הוא פונקציה של קיבולת המצבר ויכול לנעו בדגמים שונים בין 120 ל-490 ק"מ. בפועל המרחק קטן יותר מנתוני הפרסום והוא פונקציה של גורמים שונים, כגון מהירות הנסיעה וצורת הנהיגה. מאמצי הפיתוח לשיפור הביצועים של המצברים נמשכים כל העת והם יגדילו את טווח הנסיעה של הרכבים.

3.1.2 רכב היברידי נטען (PHEV - Plug-in hybrid electric vehicle)

רכב מסוג זה מונע על ידי שני מנועים: מנוע חשמלי, הניזון ממצברים הנטענים דרך חיבור למקור אנרגיה חשמלית חיצוני ומנוע בעירה פנימית הניזון מדלק או סולר. קיבולת המצבר של הרכב מסוג זה קטנה באופן משמעותי מזו של רכב חשמלי מלא (BEV) ומאפשרת נסיעה למרחק של 20-60 ק"מ⁽⁸⁾.

כאשר מופעל המנוע החשמלי הרכב איננו פולט גזים מזהמים, אך כאמור הקיבולת של המצבר איננה מספיקה לנסיעות ארוכות בין מחזורי הטעינה. מסיבה זאת נהוג לכנות את הטכנולוגיה של רכבים מסוג זה כטכנולוגית מעבר, שתוחלף עם השנים בהדרגה בטכנולוגיה של רכבים חשמליים מלאים.

3.1.3 רכב היברידי (HEV - Hybrid electric vehicle)

רכב היברידי כולל גם הוא מנוע חשמלי, הניזון ממצבר בעל קיבולת נמוכה מזאת של הרכב ההיברידי הנטען, ובשונה ממנו טעינת המצבר היא ממנוע הבעירה הפנימית במהלך בלימה או האטה של הרכב. הפעלת המנוע החשמלי מקטינה את פליטת הגזים, אך בהיקף נמוך באופן ניכר מזה של ההיברידי הנטען.

3.2 תצורות טעינה של רכבים חשמליים

תקן הנציבות בינלאומית "Electric vehicle conductive charging system" IEC 61851-1 מגדיר ארבעה מצבי פעולה כדלהלן:

- מצב פעולה 1 (Mode 1) - טעינת רכב באמצעות חיבור פתיל זינה רגיל לבית תקע ביתי;
- מצב פעולה 2 (Mode 2) - טעינת רכב באמצעות חיבור של התקן טעינה ייעודי מטלטל, הכולל בין היתר אמצעים לבקרת טעינה והגנה בפני מצבים חריגים, אל בית תקע סטנדרטי (איור 3.1).
- מצב פעולה 3 (Mode 3) - טעינת רכב היא על ידי התחברות אל עמדת טעינה ייעודית הכוללת אמצעי בקרה והגנה, בהתקנה קבועה הניזונה בזרם חילופין (AC) (איור 3.2).
- מצב פעולה 4 (Mode 4) - טעינת רכב היא על ידי התחברות אל תחנת טעינה קבועה בזרם ישר (DC) (איור 3.3), המחוברת למתקן החשמל שמקבל אספקה בזרם חילופין.

(8) BU-1003: Electric Vehicle (EV) , <https://batteryuniversity.com/article/bu-1003-electric-vehicle-ev>

נדגיש שבהתאם לתקן ישראלי ת"י 1-61851 טעינת רכבים במצב פעולה 1 **אסורה בישראל**, איסור זה נהוג גם בארצות נוספות בעולם. הסיבות העיקריות לכך הן ⁽⁹⁾:

- בית תקע רגיל במתקן הביתי ניזון בדרך כלל ממעגל סופי המזין מכשירים נוספים, אשר מתוכנן לזרם הפעלה שאיננו לוקח בחשבון הפעלת מתקן טעינה לרכב עם זרם עבודה גבוה, יחסית;
- אמצעי הגנה המותקנים במתקן החשמל הביתי אינם מותאמים להגנה בפני חשמול ומצבים חריגים בצידוד הטעינה של הרכב החשמלי מהסוג המדובר, המתחבר לבית תקע ביתי רגיל.

3.2.1 מצב פעולה 2 (Mode 2)

במצב פעולה 2 (Mode 2) טעינת רכב היא באמצעות חיבור של התקן טעינה ייעודי מטלטל, הכולל בין היתר אמצעים לבקרת טעינה והגנה בפני חשמול, אל בית תקע תקני מתאים (איור 3.1).



איור 3.1: טעינת רכב חשמלי במצב פעולה 2 (Mode 2)

כפי שיוסבר בהמשך, זרם הטעינה המותר במצב פעולה זה הוא 10 אמפר בלבד, כאשר התקן הטעינה מחובר אל בית תקע חד מופעי ביתי רגיל או 16 אמפר אם ההתחברות היא אל בית תקע "תעשייתי" חד מופעי המתאים לתקן ת"י 60309. התקן הטעינה חייב להתאים לתקן ישראלי ת"י 62752, שמבוסס על התקן האירופי IEC 62752.

3.2.2 מצב פעולה 3 (Mode 3)

במצב פעולה 3 (Mode 3) טעינת רכב היא באמצעות חיבור של כבל טעינה מתאים, אל עמדת טעינה ייעודית קבועה הניזונה ממתקן חשמלי בורם חילופין (AC) (איור 3.2). עמדת הטעינה כוללת בתוכה אמצעים לבקרת הטעינה ולהגנה בפני זרם יתר ובפני חשמול. עמדת הטעינה מותאמת לטעינת רכב עם זרם טעינה גבוה באופן ניכר מזה שבמצב פעולה 2 ומאפשרת טעינה מהירה יותר.



איור 3.2: טעינת רכב חשמלי במצב פעולה 3 (Mode 3)

(9) "Electric Vehicle and EV charging fundamentals", Electrical Installation Wiki, Schneider Electric

כבל הטעינה יכול להיות חלק אינטגרלי מעמדת טעינה או חלק נפרד והוא כולל גם מוליך ייעודי לתקשורת בין מרכיבי מערך הטעינה בתוך הרכב לבין עמדת הטעינה בהתאם לפרוטוקולים סטנדרטיים של תקשורת, המאפשרים יישום פונקציות כגון:

- וידוא שהרכב מחובר באופן תקין לעמדת הטעינה;
- בדיקת תקינות מוליך הארקה;
- חיבור וניתוק אספקת החשמל לטעינה מרחוק;
- העברת נתונים על רמת זרם הטעינה ורמת הטעינה של המצבר.

יישום הפונקציות האמורות הוא חלק בדרישות החלות על עמדות טעינה בהתאם לתקן IEC 61851.

3.2.3 מצב פעולה 4 (Mode 4)

במצב פעולה 4 (Mode 4) טעינת רכב היא באמצעות חיבור, אל עמדת טעינה ייעודית קבועה בזרם ישר (DC) (איור 3.3). עמדת הטעינה מעבירה זרם טעינה במישרין למצבר, תוך מעקב של הממיר הפנימי של הרכב. עמדת הטעינה היא בעלת הספק גבוה ומאפשרת טעינה מהירה של הרכב. עמדות טעינה מסוג זה כבר מותקנות במספר תחנות בישראל ומיקומם מתפרסם, בין היתר, באתרי האינטרנט.



איור 3.3: טעינת רכב חשמלי במצב פעולה 4 (Mode 4)

במצב פעולה 4 התקשורת הדיגיטלית בין עמדת הטעינה לבין הרכב צריכה להתאים לתקן IEC61851-23, המפרט את המגוון הרחב של הפונקציות הנדרשות ממערכת הבקרה של עמדת הטעינה האמורה.

3.3 המרכיבים העיקריים של ציוד הטעינה ברכב

3.3.1 מצבר ברכב חשמלי

רכבים חשמליים מצוידים במצברים מסוגים שונים (הנפוצים ביותר הם מצברי ליטיום-יון), כאשר המאפיין החשמלי העיקרי שלהם הוא הקיבולת שלהם ב-[kWh]. על פי הפרסום באתר של Battery University (אתר עם מידע חופשי בנושא מצברים)⁽⁸⁾, מכונות חשמליות קומפקטיות מצוידות במצבר עם קיבולת 12-18 kWh, מכונות משפחתיות בגודל בינוני מצוידות במצבר עם קיבולת 22-32 kWh ומכונות יוקרה מצוידות במצברים עם קיבולת גדולה יותר 60-100 kWh. מקיבולת המצבר נגזר, בין היתר, המרחק המירבי שהרכב יכול לנסוע בהפעלה של המנוע החשמלי בלבד. בהערכה גסה אנרגיה של 1 kWh שנאגרה במצבר מספיקה לנסיעה של 5 ק"מ⁽⁹⁾.

3.3.2 מטען פנימי ברכב חשמלי

במכונות חשמליות מותקן מטען (On-board charger) שתפקידו להמיר זרם חילופין (AC) לזרם ישר (DC) הנדרש לטעינת המצבר ברכב. הספק המטען הפנימי נקבע על ידי יצרן הרכב והוא משפיע, בין היתר על משך הטעינה של המצבר. בטבלה 3.1 להלן מוצגים לדוגמה נתונים של טעינת מצבר בקיבול 24 kWh באמצעות מטענים שונים⁽¹⁰⁾.

(10) "A guide to electric vehicle infrastructure", BEAMA (represents manufacturers in the electrotechnical industry in Britain)

מצב פעולה (Mode)	דוגמה של משך טעינת המצבר בדקות [min]	זרם הטעינה המירבי מעמדת הטעינה [A]	מתח הזנה של עמדת טעינה (AC) [V]	הספק נומינלי של עמדת טעינה [kW]	
3	155	32	230	7.4	AC
3	80	21	400	14.5	
3	55	32	400	22	
3	30	63	400	43	
4	60	40	400	20	DC
4	25	100	400	50	
4	15	200	400	100	

טבלה 3.1: נתונים מחושבים לדוגמה של טעינת מצבר 24 kWh עד לרמה של 80% מהקיבולת הנקובה.

הספק המטען הפנימי הוא אחד הגורמים העיקריים המשפיעים על משך הטעינה של כל מצבר נתון. נדגיש שאם רכב עם מטען פנימי קטן יחובר לעמדת טעינה בעלת הספק גבוה יותר זה לא יגביר את קצב הטעינה, שייקבע בהתאם להספק של המטען הפנימי בלבד.

3.3.3 תקעים, בתי-תקע, מחברים לרכב והתקני מבוא ברכב

רכב חשמלי מצויד בהתקן מבוא (Vehicle inlet) עם בית תקע לחיבור כבל טעינה בזרם חילופין. בחלק מרכבים קיים התקן מבוא לחיבור טעינה בזרם חילופין ובזרם ישר. התקן הטעינה לרכב או כבל טעינה צריך להיות מצויד במחבר (Vehicle connector) המתאים לבית התקע שבהתקן המבוא. בקצה השני מצויד התקן הטעינה או כבל הטעינה בתקע (Plug) המתאים במבנהו לבית התקע בנקודת החיבור בהתקנה קבועה שניזונה ממתקן הטעינה המספק חשמל בהיקף הנדרש לטעינת המצבר ברכב. תקן ישראלי ת"י 62196 "תקעים, בתי-תקע, מחברים לרכב והתקני מבוא ברכב - טעינת רכב חשמלי בחיבור מוליכי", על חלקיו השונים, מסדיר את הדרישות לאבזרים האמורים. תקן זה מתבסס על תקנים עם מספור זהה של IEC. נתייחס כאן לשלושה סוגים עיקריים של בתי-תקע ותקעים המותאמים לחיבור כאמור:

סוג 1 (Type 1)

זוג אבזרי חיבור לרכב (צמדן) לרכב חשמלי (התקן מבוא + מחבר לכבל טעינה) שנועד לחיבור כבל טעינה בזרם חילופין חד- מופעי עד 16 אמפר, אל מערכת טעינה הפנימית ברכב במצב פעולה 2. בית התקע והתקע כוללים 5 מגעים: מופע, אפס, הארקה ועוד שני מגעים לחיבור מוליכי בקרה ושליטה שבהתקן הטעינה.

סוג 2 (Type 2)

זוג אבזרי חיבור לרכב (צמדן) לרכב חשמלי שנועד לחיבור כבל טעינה בזרם חילופין תלת מופעי במצב פעולה 2 או 3. בית התקע והתקע כוללים 7 מגעים: 3 מופעים, אפס, הארקה ועוד שני מגעים לחיבור מוליכי בקרה ושליטה בכבל טעינה להבטחת "תקשורת" בין הרכב לבין נקודת החיבור.

צמדן משולב DC/AC – "Combo2" (CCS2)

זוג אבזרי חיבור זה הוא מודיפיקציה של הזוג מסוג 2 בתוספת 2 מגעי DC לטעינה מעמדת טעינה במצב פעולה 4 (Mode 4). תצורה זאת קרויה בתקן FF ובארצות של השוק המשותף היא תצורת חובה בתחנות טעינה⁽¹¹⁾.

(11) "IEC 62196", From Wikipedia, the free encyclopedia

3.3.4 הפעולות הנדרשות מעמדת הטעינה או התקן הטעינה

- בנובמבר 2019 פרסם מנהל מינהל החשמל "הנחיות להתקנת מערכות טעינה לרכב חשמלי"⁽¹²⁾. בהנחיות אלה מופיעות, בין היתר, הפעולות הנדרשות מעמדות טעינה או התקן הטעינה לרכב כדלהלן:
- (1) זינת רכב חשמלי בלבד;
 - (2) בדיקת רציפות ההארקה בין עמדת הטעינה או התקן הטעינה לרכב החשמלי וניתוק הטעינה בהיעדר רציפות;
 - (3) ניתוק אספקת החשמל לרכב החשמלי במקרה של ליקוי במערכת ההארקה;
 - (4) ניתוק אספקת החשמל לרכב החשמלי בעת שליפת התקע מבית התקע במהלך הטעינה;
 - (5) הימצאות מתח בבית התקע של עמדת הטעינה או התקן הטעינה או במחבר לרכב החשמלי שהינו חלק בלתי נפרד מעמדת הטעינה או התקן הטעינה, רק כאשר רכב חשמלי מחובר למערכת הטעינה;
 - (6) הגבלת זרם הטעינה בהתאם להוראות תקנות החשמל (העמסה והגנה של מוליכים מבודדים וכבלים במתח עד 1000 וולט), התשע"ד – 2014;
 - (7) מניעת מעבר של אותות בקרה אל מערכת ההארקה של המתקן המזין.
- פונקציות בקרה ובטיחות כמתואר לעיל, מושגות באמצעות התקנים שבתוך עמדת טעינה במצבי פעולה 3, 4. במצב פעולה 2 פונקציות אלה מושגות באמצעות התקן בקרה תוך-כבלי - IN-CABLE CONTROL AND PROTECTION DEVICE (IC-CPD) שהוא חלק מהתקן טעינה נייד המתאים לתקן ישראלי ת"י 62752.

3.4 המעגל הסופי להזנה של נקודת הטעינה

בהתאם להנחיות מינהל החשמל⁽¹²⁾:

- מערכת טעינה לרכב תוזן ממעגל סופי ייעודי המשמש לטעינה בלבד;
 - המעגל הסופי יהיה עשוי מכבל שלם לכל אורכו, בהתקנה סמויה בלבד. לעניין ההנחיות האמורות התקנה סמויה הוגדרה כ"התקנה של כבל שאינה נראית לעין בתוך אדמה, קיר, תקרה, רצפה, מחיצה, צינור או מובל אחר הרציפים לכל אורכם, ללא אפשרות פתיחת פתחים, הורדת מכסים או סילוק מחיצות, אלא באמצעות כלים בלבד";
- המעגל הסופי האמור מסתיים בנקודת טעינה בהתקנה קבועה שהיא אחת מאלה:
- בית תקע חד-מופעי העומד בדרישות ת"י 60309 לזרם טעינה עד 16 אמפר (מצב פעולה 2);
 - בית תקע חד-מופעי לשימוש ביתי ולשימושים דומים לפי ת"י 32 לזרם טעינה עד 10 אמפר (מצב פעולה 2) בתנאים מצטברים הבאים:
 - משך הטעינה לא יעלה על שעתיים רצופות;
 - אם בית התקע מותקן מחוץ למבנה הוא יהיה עם דרגת ההגנה IP 44 לפחות ודרגת ההגנה הזו תתקיים הן במצב שבו התקע של התקן הטעינה מחובר והן במצב שבו התקע שלוף;
 - עמדת טעינה עם בית תקע מתאים כמפורט לעיל בסעיף משנה 3.3.3 למצב פעולה 3 או 4.
- זרם העבודה שעבורו מתוכנן המעגל הסופי שמזין את נקודת החיבור – בית תקע בהתקנה קבועה (מצב פעולה 2) או עמדת טעינה (מצב פעולה 3,4) – צריך להתאים לזרם טעינה המקסימלי שעשוי לזרום במעגל. חתך המוליכים במעגל הסופי וזרם הנקוב של המבטח להגנה על מוליכי המעגל בפני זרם יתר, צריכים להתאים לנדרש בתקנות החשמל. יש לציין שזרם טעינה המועבר בפועל לרכב חשמלי מדגם ספציפי תלוי בהספק הנקוב של המטען שברכב החשמלי. בטבלה 3.2 שלהלן מוצגים נתונים לדוגמה של הספקים וזרמי טעינה המתאימים למספר רכבים חשמליים הנוסעים בכבישי הארץ.

(12) "הנחיות להתקנת מערכות טעינה לרכב חשמלי", מינהל החשמל ברשות לשירותים ציבוריים (חשמל), 19.11.19.

זרם הטעינה המירבי [A]	מתח הזנה של נקודת החיבור (AC) [V]	הספק נקוב של עמדת טעינה [kW]
16	230	3.4
32	230	7.4
16	400	11
32	400	22

טבלה 3.1: דוגמה של הספקים וזרמי טעינה

פרק רביעי: אמצעי הגנה בטיחותיים

הפעלת ציוד הטעינה לרכב חשמלי בכלל והפעלתו במקום ציבורי בפרט מחייבת התייחסות מיוחדת לאמצעי בטיחות במתקן החשמל לטעינת רכבים. התייחסות זאת קבלה את ביטויה בדרישות ייחודיות שנקבעו בתקן IEC (13) ובהנחיות מינהל החשמל (12). בפרק זה דן באופן היישום של דרישות אלה. נדגיש שבמתקן טעינה הכולל עמדות טעינה מיושמים חלק מאמצעי הגנה הנדונים בפרק זה בתוך עמדות הטעינה כנדרש בחלק הרלוונטי של התקן האירופי IEC 61851.

4.1 הגנה בפני חשמול

4.1.1 הגנה על נקודת החיבור באמצעות מפסק פחת

נקודת החיבור לטעינת רכב חשמלי תוגן בפני חשמול באמצעות מפסק פחת בלעדי, המופעל בזרם פחת העולה על 0.03 אמפר. מפסק הפחת הבלעדי הנ"ל יכול להיות בעל אופיין A אך ורק בתנאי שהתקן טעינה (במצב פעולה 2) או עמדת טעינה (במצב פעולה 3 או 4) מצוידים באמצעי הגנה בפני זרם תקלה DC העולה על 6 מיליאמפר. אם התנאי האמור לעיל לא מתקיים אזי נדרש להתקין להגנה בלעדית על נקודת החיבור אחד מהאמצעים הבאים:

- א. מפסק פחת מסוג B שמתאים לדרישות התקן IEC 62423;
- ב. מפסק פחת מסוג A בשילוב עם התקן לזיהוי רכיב DC בזרם פחת, העולה מעל 6 מיליאמפר ושמתאים לתקן IEC 62955: "Residual direct current detecting device (RDC-DD) to be use for mode 3 charging of electric vehicles";
- ג. מפסק מגן מטיפוס F לפי IEC 62423 יחד עם התקן לזיהוי זליגה בזרם ישר המתאים לתקן IEC 62955;

האמצעים הנ"ל חייבים לנתק את כל המוליכים החיים במעגל הסופי המזין את נקודת החיבור המספקת חשמל לציוד ההזנה לרכב חשמלי (ניתוק דו-קוטבי במעגל חד-מופעי וארבעה קוטבי במעגל תלת-מופעי). הדרישות האמורות לגבי אופן היישום של מפסקי פחת להגנה בפני חשמול במתקן שנועד לטעינת רכב חשמלי, נובעת מהצורך למנוע תופעה הידוע בשם "עיוורון" ("blinding") של מפסק פחת. תופעה זאת מתרחשת בליבה המגנטית של שנאי שבמפסק כתוצאה מנוכחות רכיב של זרם ישר בגל הזרם העובר דרך השנאי במצב פעולה שגרתי תקין. אם ליבת השנאי איננה בנויה בצורה מתאימה, עלול רכיב הזרם הישר, העולה מעל ערך המוגדר בתקן שחל על מפסקי פחת, להביא את ליבת השנאי לנקודת רוויה מגנטית וכתוצאה מכך המפסק לא יוכל להגיב לזרם תקלה במעגל המוגן על ידו. אמצעי ההגנה המפורטים לעיל הם אמצעי הגנה נוספים הנדרשים להגנה על נקודות חיבור לציוד הזנה לרכב חשמלי, המהוות חלק ממתקן חשמלי, המזין את המעגל הסופי עד לנקודת החיבור. מתקן חשמלי זה חייב להיות מוגן בפני חשמול באחת השיטות המפורטות בתקנות החשמל ולכן נדרשת התאמה בין אמצעי ההגנה הנוספים הנ"ל לבין אמצעי ההגנה במעלה המעגל הסופי. דוגמאות של יישום מעשי של ההנחיות האמורות תוצגנה בהמשך בפרקים שיידונו בתכנון המתקן החשמלי לטעינת רכבים במקומות שונים.

4.1.2 הגנה על נקודת החיבור באמצעות הפרד מגן

סעיף 722.413 בתקן IEC (13) מתייחס לחלופה שבה נקודת החיבור לרכב חשמלי יכולה להיות מוגנת בפני חשמול באמצעות הפרד מגן. התק דורש ששנאי המבדל שעליו מבוסס אמצעי הגנה זה, יתאים לדרישות תקן IEC 61558-2-4, המגדיר דרישות ספציפיות לשנאי מסוג זה. במקרה זה מתקן החשמלי המיישם אמצעי זה, חייב לעמוד בדרישות הרלבנטיות של "תקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה מפני חישמול במתח עד 1000 וולט), תשנ"א-1991".

(13) IEC 60364-7-722 "Low-voltage electrical installations – Part 7-722: Requirements for special installations or locations – Supplies for electric vehicles"

אחת מהדרישות של התקנות היא שנאי המבדל יזין רק נקודת חיבור אחת לרכב חשמלי.

4.2 הגנה בפני נחשולי מתח יתר וזרם חולפים

נחשולי מתח יתר וזרם יתר חולפים שנמשכים פחות ממילישנייה יכולים לנבוע מפגיעות ברק ישירות במבנה או בקונסטרוקציה שבה הותקן ציוד חשמלי, או מפגיעה באדמה בקרבתם או מהעברת הנחשול האלקטרומגנטי מברק דרך תשתיות אחרות (מים, בזק וכד') למבנה. מקור נוסף לנחשולי מתח יתר חולפים הוא בפעולות מיתוג במערכת לאספקת חשמל למבנה.

4.2.1 עקרונות השיטה של "אזורי הגנה בפני ברק" (LPZs - lightning protection zones)

התקנים להגנה בפני נחשולים (SPD – surge protective device), המיועדים להגבלת נחשולי מתח והסטה של נחשולי זרם הם חלק מהגנה בפני ברקים, הכוללת גם מערכת להגנה בפני ברקים המותקנת על מבנים - LPS (lightning protection system) אם זה נדרש.

על פי תקנה 18 בתקנות התכנון והבניה (תכן הבנייה) (בטיחות המשתמש), תש"ף-2019:

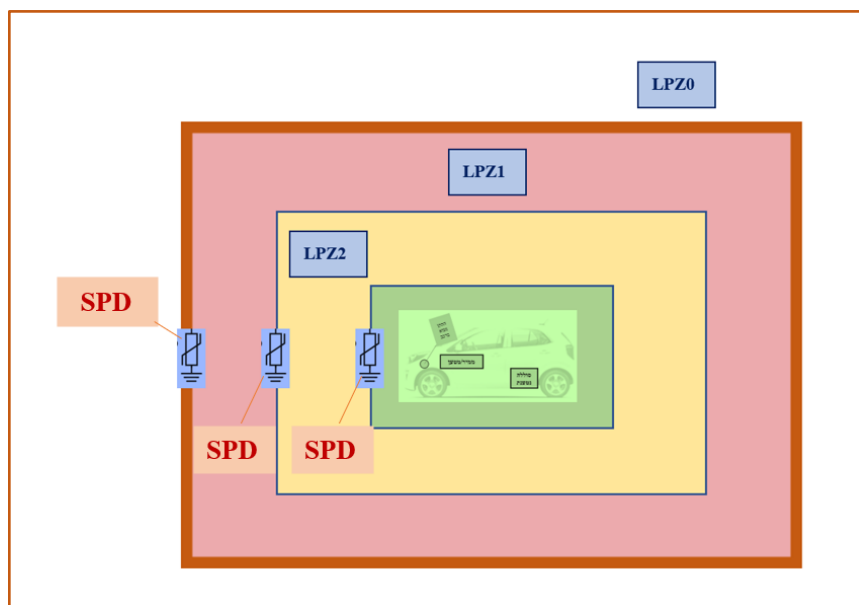
" מערכת הגנה מפני פגיעת ברק תעמוד בהוראות האלה:

(1) מערכת הגנה מפני פגיעת ברק תהיה לפי ת"י 1173;

(2) מערכת הגנה מפני פגיעת ברק תותקן בכל בניין שבו מספר אחוזי הניקוד, לפי סעיף 6 לת"י 1173,

בטבלאות מ-1 עד 6 שבו, מגיע ליותר מ-60.

ההתקנים האמורים הם חלק מהצעדים הננקטים במבנה כדי להגן על הציוד החשמלי והאלקטרוני המותקן בתוך מבנה בפני נחשולים אלקטרומגנטיים מברקים (LEMP). בהתאם לתקן IEC 62305-4⁽¹⁴⁾, ההגנה על הציוד מבוססת על שיטת "אזורי הגנה בפני ברק" (LPZs - lightning protection zones). לפי שיטה זו המרחב הפנימי של המבנה, שבו מותקן הציוד מחולק לאזורים בהתאם להערכה של חומרת הסיכונים לפגיעה בציוד כתוצאה מהנחשולים האמורים ורמת העמידות של הציוד המוגן בנחשולים הצפויים. גבולות האזור מוגדרים בהתאם לסוג ההתקנים להגנה בפני נחשולים שבחרו כדי להוריד את עוצמת הנחשולים עד לרמה המאפשרת את עמידות הציוד המותקן באזור בפני הנחשולים, ולמיקומם (ראה איור 4.1).



איור 4.1: הדגמה כללית של עקרונות שיטת "אזורי הגנה בפני ברק"

(14) IEC 62305-4:2010 "Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures "

בתקן IEC ⁽¹⁵⁾, בהתייחס לאופן הטיפול בברק, מגדירים את אזורי הגנה בפני ברק (LPZ) כדלהלן:

- אזור הגנה מחוץ למבנה LPZ 0 – אזור שבו הטיפול הנדרש מתייחס לתוצאות של שדה אלקטרומגנטי בעוצמה מלאה, שכתוצאה ממנו המערכות שבתוך המבנה נחשפות לנחשול מלא או חלקי של זרם מברק.
- אזור הגנה בתוך המבנה LPZ 1 – אזור שבו הטיפול הנדרש מתייחס לנחשול זרם חלקי כתוצאה מיישום אמצעים לפיצול הזרם למספר מסלולים או שימוש בהתקני הגנה בפני נחשולים (SPDs).
- אזור הגנה בתוך המבנה LPZ 2 – אזור שבו הטיפול הנדרש מתייחס לנחשולי זרם מושרה בעוצמה חלשה עוד יותר.

כעקרון, ככול שהמספר של האזור גבוה יותר, כך עוצמת ההשפעה של השדה האלקטרומגנטי הצפויה באזור ההגנה, קטנה יותר.

4.2.2 בחירת סוג של התקן הגנה בפני נחשולים (SPD – surge protective device)

שלושת הסוגים העיקריים המשמשים להגנה בפני נחשולי מתח וזרם חולפים הם:

- התקן הגנה מסוג 1 (Type 1): התקן המיועד להגנה על ציוד חשמלי המותקן בבניינים אשר מצוידים במערכת הגנה על מבנה (LPS) כפי שהוזכר בסעיף 4.2.1 לעיל. סוג זה של התקן מתאפיין על ידי טיפול בגל זרם $10/350 \mu s$;
 - התקן הגנה מסוג 2 (Type 2): התקן המיועד להגנה על מתקן החשמל והציוד הניזון ממנו במבנה. סוג זה של התקן מתאפיין על ידי טיפול בגל זרם בצורה $8/20 \mu s$;
 - התקן הגנה מסוג 3 (Type 3): התקן המיועד להקטין את עוצמת הנחשול עד לרמה שלא תגרום נזק לציוד אלקטרוני רגיש. סוג זה של התקן על ידי טיפול בשילוב של גל זרם בצורה מתח בצורה $8/20 \mu s$ וגל מתח בצורה $1.2/50 \mu s$. התקן זה נחשב ל"קו הגנה אחרון" במערכת ההגנה על הציוד במבנה.
- בחירת סוג ההתקן צריכה להתחשב גם בקטגוריה של הציוד שעליו מגן ההתקן. בהתאם לתקן IEC ⁽¹⁶⁾ מבדילים בין ארבע קטגוריות של ציוד בהתאם לחוזק הדיאלקטרי של הבידוד החשמלי בציוד מתח נמוך:
- ציוד בקטגוריה I: עמידות בנחשול מתח $1.5 kV$. לקטגוריה הזאת משתייך ציוד הכולל רכיבים אלקטרוניים רגישים במיוחד, כגון מחשבים אישיים ומכשירי טלוויזיה;
 - ציוד בקטגוריה II: עמידות בנחשול מתח $2.5 kV$. לקטגוריה הזאת משתייך ציוד שאין בו רכיבים אלקטרוניים רגישים במיוחד, כדוגמת מכשירי חשמל ביתיים. **לקטגוריה הזאת משתייכים גם רכבים חשמליים;**
 - ציוד בקטגוריה III: עמידות בנחשול מתח $4 kV$. לקטגוריה הזאת משתייך ציוד שהוא חלק ממתקן החשמל כדוגמת לוחות חשמל ומכשירי מיתוג;
 - ציוד בקטגוריה IV: עמידות בנחשול מתח $6 kV$. לקטגוריה הזאת משתייך ציוד המותקן במעלה הזרם של הלוח הראשי של המתקן, כדוגמת הציוד של רשת אספקת החשמל למבנה.

4.2.3 סוג ומיקום של התקני הגנה בפני נחשולי מתח יתר חולפים להגנה על נקודות חיבור במקום ציבורי

⁽¹³⁾ בהתאם לנדרש בהנחיות מינהל החשמל ⁽¹²⁾ (הנחיה 5 ז') ותקן הנציבות הבינלאומית IEC (סעיף 722.443.4) כל נקודת חיבור במקום ציבורי חייבת להיות מוגנת בפני נחשולי מתח יתר.

מנהל מינהל החשמל נדרש, בהמשך לפרסום ההנחיות, להרחיב לגבי ההגדרה של מקום ציבורי (ראה הגדרה בפרק 1) בהקשר לחובת ההתקנה של האמצעי הגנה בפני מתח יתר. הבהרות של מנהל מינהל החשמל בעניין זה מופיעות באתר של רשות החשמל והן קובעות, בין היתר:

- הדרישה מתייחסת לעמדת טעינה המותקנת במרחב הנגיש לציבור (גם אם מדובר במספר מוגבל של אנשים), כגון עמדות ברחוב, בחניון הפתוח לציבור, בתחנת דלק, בחניונים פתוחים או תת-קרקעיים בבניינים משותפים;

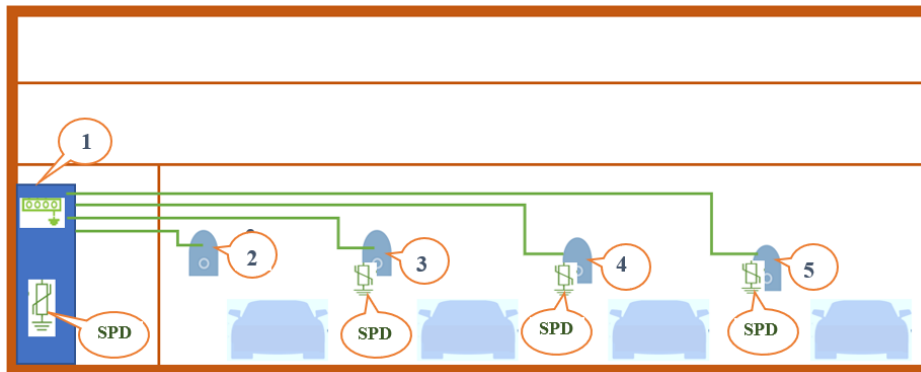
(15) IEC 62305-1:2010 Protection against lightning – Part 1: General principles "

(16) IEC 60664-1:2020 "Coordination for equipment within low-voltage supply systems - Part 1: Principles, requirements and tests."

- עמדת הטעינה, שלביה נדרשת ההגנה האמורה, מיועדת לשימוש בעל אופי ציבורי – היא נגישה לשימוש של קבוצת אנשים.

לצורך הדיון נעזר באיור 4.2 המציג באופן סכמתי את המרכיבים של מתקן הטעינה:

- (1): לוח החשמל המזין את נקודות החיבור לטעינה. הלוח יכול שיהיה לוח ראשי, הניזון במישרין מחיבור לרשת אספקת החשמל, או לוח משנה;
- (2), (3), (4), (5): נקודות החיבור לטעינת רכב חשמלי;
- (SPD): התקן הגנה בפני נחשולים;



איור 4.2: תיאור סכמתי של הצבת התקני הגנה על נקודות חיבור לטעינת רכבים במקום ציבורי

להמחשת אופן היישום של העקרונות שהוצגו עד כה, מובאות בהמשך במספר דוגמאות של קביעת מקום התקנה ובחירת סוג התקן ההגנה עבור נקודות החיבור לטעינת רכבים במרחב הנגיש לציבור (17).

דוגמה ראשונה: טעינת רכבים במקום ציבורי במבנה ללא "מערכת הגנה בפני ברק" (LPS):

- הצבת התקן הגנה מסוג II (Type 2) בלוח החשמל המזין את נקודות החיבור של הטעינה;
- כל נקודת החיבור של טעינה מוזנת ממעגל סופי ייעודי נפרד כנדרש בתקן IEC (13) ובהנחיות מינהל החשמל (12);
- התקן ההגנה מסוג II (Type 2) שמוצב בלוח החשמל (1) מספק הגנה לנקודות חיבור (2) רק בתנאי שזאת נמצאת במרחק שאינו עולה על 10 מטר מלוח החשמל (1). אם המרחק גדול יותר נדרש להציב התקן מסוג זה גם בנקודה (2). הסיבה להגבלת המרחק כאמור היא תופעת הגל החוזר של נחשול מתח יתר, המגבירה את עוצמת הנחשול בצורה ניכרת החל מאורך הכבל של 10 מטר. לדוגמה, כבל באורך 30 מטר עלול להכפיל את עוצמת הנחשול.
- הצבת התקנים מסוג II בתוך או בצמוד לנקודות חיבור (3), (4), (5) אם המרחק עד לנקודות החיבור האלה מנקודה (1) עולה על 10 מטר;
- אם מתקן החשמל לטעינה כולל גם מערכת לניהול טעינה עם רכיבים אלקטרוניים רגישים, מומלץ להתקין בלוח החשמל או במארז שבו מותקנת מערכת ניהול טעינה, התקן הגנה מסוג III. התקן הגנה זה יוצב במורד הזרם המזין את מערכת ניהול הטעינה אחרי התקן ההגנה מסוג II.

דוגמה שנייה: טעינת רכבים במקום ציבורי במבנה עם "מערכת הגנה בפני ברק" (LPS):

- הצבת התקן הגנה מסוג I (Type 1) והתקן הגנה מסוג II (Type 2) בלוח החשמל המזין את נקודות החיבור של הטעינה;
- שאר המרכיבים של ההגנה על נקודות חיבור הטעינה וההסברים הנלווים זהים לאלה שהוצגו לעיל בדוגמה הראשונה.

(17) "EV charging - electrical installation design", Electrical Installation Wiki, Schneider Electric

4.2.4 הארקות והשוואת פוטנציאלים

היישום אמצעים להגנה בפני נחשולים נשען על הארקות והשוואת פוטנציאלים של כל השירותים המתכתיים במבנה כנדרש על פי דין ותקנים רלבנטיים.

בעניין זה נציין את החומר שממנו עשוי מוליך ההארקה וחתכו המינימלי של המוליך להארקת התקני הגנה בפני נחשולים מברק כפי שזה נדרש בתקן IEC ⁽¹⁴⁾:

סוג התקן ההגנה (SPD)	חומר מוליך הארקה	חתך מינימלי [ממ"ר]
סוג I (Type 1)	נחושת	16
סוג II (Type 2)	נחושת	6
סוג III (Type 3)	נחושת	1

פרק חמישי: מערכות לניהול טעינה

סעיף 722.311 בתקן IEC המגדיר את הדרישות למתקן החשמל לטעינת רכבים חשמליים⁽¹³⁾ קובע, שתכנון המתקן חייב לקחת בחשבון שכל אחת מנקודות החיבור שבמתקן מאפשרת בשימוש רגיל, העברת זרם טעינה הנקוב שלה או, במקרה של עמדות הטעינה – את זרם הטעינה המקסימלי שעבורה תוכננה העמדה. אם כל נקודות החיבור האמורות ניתנות להפעלה בו-זמנית אזי מקדם בו-זמניות (coincidence factor) שיש לקחת בחשבון הוא 1. כל זה במקרה של העדר אמצעים לניהול טעינה בצידוד הטעינה של הרכבים או מערכת לניהול טעינה במעלה הזרם או שילוב של שניהם. מכאן ברור שהעדר מערכת לניהול טעינה מחייבת הגדלה משמעותית של כל מרכיבי שרשרת אספקת החשמל למתקן הטעינה ושל מתקן הטעינה עצמו.

נהוג לסווג את מערכות לניהול הטעינה ל- 3 סוגים עיקריים בהתאם לייעודן⁽¹⁸⁾:

- מערכת ניהול טעינה סטטית;
- מערכת ניהול טעינה דינמית;
- מערכת ניהול טעינה חכמה.

5.1 מערכת ניהול טעינה סטטית

מערכת ניהול טעינה סטטית מחלקת את האנרגיה בין נקודות חיבור טעינה במתקן בהתאם לתוכנית שהוגדרה מראש כך שבכל רגע נתון העומס הכולל של כל המכונות הנטענות לא יעבור את העומס המירבי שהוגדר מראש. תוכנית הטעינה מחושבת כך שהקצאת זרם הטעינה לכל נקודת החיבור של מכונת על פני שעות הטעינה המתוכננות תמנע, כאמור, חריגה מהזרם הכולל שנקבע מראש מצד אחד, ומצד שני תאפשר במצטבר בסך שעות החניה המקובלות את הטעינה הסבירה לכלי הרכב שחוברו.

פעולת מערכת ניהול הטעינה מסוג זה מאפשרת:

- לחסוך בעלויות הנדרשות להגדלת החיבור למתקן ובעלויות התשתית הנדרשת להזנת נקודות חיבור הטעינה;
 - לחלק את הזרם המירבי הנגזר מהעומס המותר להפעלת הטעינה בהתחשב בגודל החיבור הקיים במתקן ובאופן הפעלת עומסים קיימים אחרים;
 - מניעת הפסקה כוללת של מערכת הטעינה במתקן כתוצאה מהפעלה בו זמנית של נקודות חיבור הטעינה אשר חורגת מהעומס המותר, שנגזר מיכולת החיבור הקיים במתקן;
- החסרונות העיקריים של מערכת ניהול טעינה סטטית לעומת מערכת דינמית שתידון בהמשך הן:
- ניצול לא אופטימלי של העומס המירבי המותר לטעינה במתקן במקרים, שבהם חלק מהרכבים אינם מחוברים (לא הגיעו לחניה);
 - חלוקה שווה של האנרגיה בין נקודות חיבור הטעינה ללא התחשבות ברמת הטעינה השירית של הרכבים השונים והספק הטעינה הנדרש ברכבים.

5.2 מערכת ניהול טעינה דינמית

מערכת ניהול טעינה דינמית בוחנת בזמן אמת את "העומס הפנוי" הנגזר מגודל החיבור הקיים במתקן בהתחשב בעומסים אחרים המופעלים בו-זמנית עם מערכת הטעינה, ומחלקת את האנרגיה בין נקודות חיבור הטעינה. בנוסף ליתרונות האמורים של המערכת הסטטית, מערכת דינמית מאפשרת לנצל את החיבור הקיים במתקן באופן

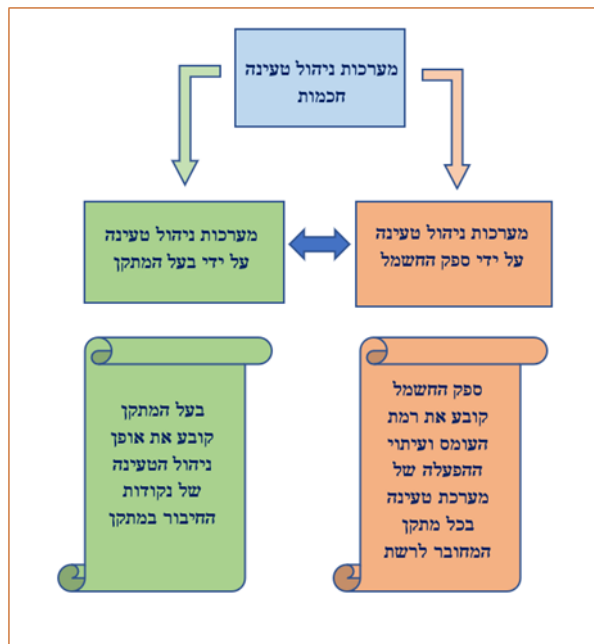
(18) "EV charging - energy and asset management", Electrical Installation Wiki, Schneider Electric

אופטימלי. המערכת מאפשרת קבלת נתונים על תעריפי חשמל ממונה חשמל חכם המותקן בכניסה למיתקן, וקובעת את משטרי הטעינה למזעור עלויות החשמל.

5.3 מערכות ניהול טעינה חכמות

מערכות ניהול טעינה חכמות הן מערכות דינמיות שקובעות את משטרי טעינה בהתחשב באילוצים הקיימים במערכת אספקת החשמל בזמן אמת, תוך התחשבות באיזון חוזר מהתקני הטעינה הניזונים דרכה. יש להבדיל בין שתי קטגוריות של מערכות מסוג זה (איור 5.1):

- מערכות ניהול טעינה ברמה של מתקן חשמלי יחיד, שבה בעל המתקן קובע את מאפייני ניהול הטעינה;
- מערכות ניהול טעינה ברמה של מערכת אספקת החשמל אזורית או ארצית, שבה ספק החשמל קובע את משטרי ההפעלה של מערכות טעינה במתקנים המחוברים לרשת שבאחריותו.



איור 5.1: שתי קטגוריות של מערכות ניהול טעינה חכמות

5.3.1 מערכת ניהול טעינה חכמה ברמה של מתקן חשמלי יחיד

מערכת ניהול טעינה חכמה בקטגוריה זו היא מערכת דינמית שמקבלת קלט (אינפוט) ממונה חכם שבנקודת החיבור של המתקן לרשת אספקת החשמל, הכולל בין היתר את נתוני העומס המופעל במתקן ואת "האיתותים" ממערכת אספקת החשמל האזורית או הארצית (תעריף לפי עומס וזמן, הסכמים עם בעל המתקן על השלת עומסים זמנית במקרה של קשיים זמניים במערכת ועוד). קלט נוסף שמועבר למערכת ניהול הטעינה הוא מצב הטעינה של המצברים בכל אחד מהרכבים המחוברים לנקודות הטעינה המנוהלות על ידי המערכת במתקן. על בסיס הקלט האמור קובעת מערכת ניהול הטעינה את הזרם בכל נקודת חיבור הטעינה על פני שעות החניה הצפויות של הרכבים החשמליים.

5.3.2 מערכת ניהול טעינה ברמה של מערכת אספקת החשמל אזורית או ארצית

מערכת ניהול טעינה חכמה בקטגוריה זו היא מערכת דינמית שמקבלת קלט (אינפוט) ממרכות שליטה ובקרה של גוף המספק חשמל לאזור גאוגרפי מוגדר (supply-side), הכולל את רמת העומס הזמין לחלוקה למתקנים המחוברים לרשת הנתונה בזמן אמת, את העלויות של אנרגיה המסופקת לרשת ונתונים נוספים המאפשרים למערכת הניהול לקבוע, על בסיס נתוני העבר, את "האיתותים" שישלחו למערכות ניהול הטעינה המקומיות המותקנות במתקני הלקוחות. המערכת בוחנת את תגובת מערכות הטעינה במתקני הלקוחות (demand-side response) ונוקטת בפעולות מתאימות להתאמת ההיצע לביקוש בהתאם למדיניות שנקבעה.

פרק שישי: מערכת טעינה בבית מגורים

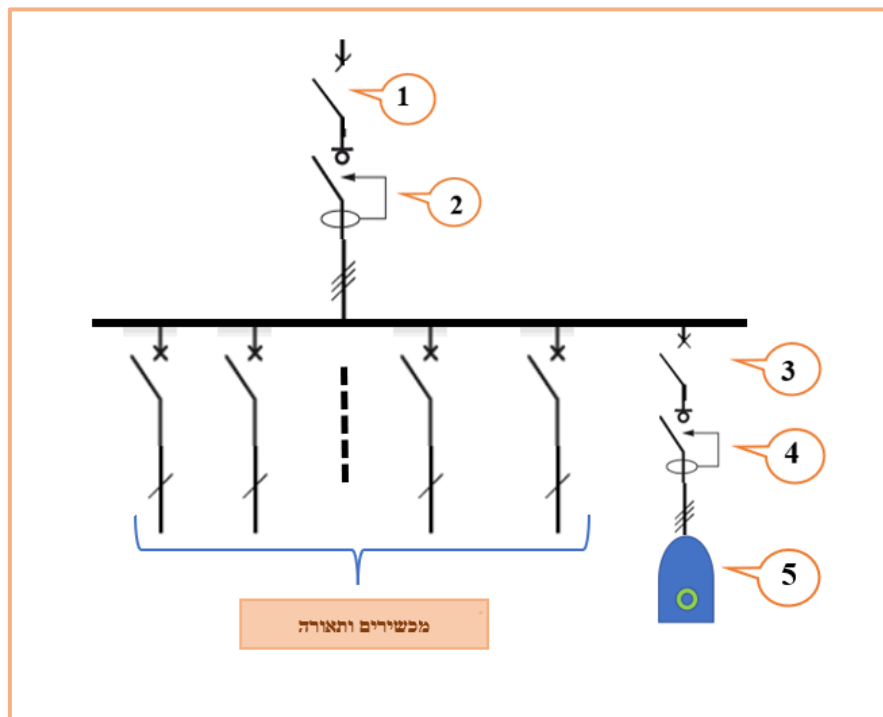
6.1 בית מגורים עם חניה פרטית

6.1.1 בחירת גודל החיבור

באיור 6.1 שלהלן מוצגת סכמה עקרונית של שילוב מערך זינה לטעינת רכב חשמלי בבית מגורים צמוד קרקע עם חניה פרטית שאין אליה גישה חופשית של עוברי אורח.

בהתאם להנחיות מנהל מינהל החשמל⁽¹²⁾ מערכת הטעינה צריכה להיות מוזנת באמצעות מעגל סופי ייעודי (ראה סעיף 3.4 לעיל). חתך המוליכים וזרם נומינלי של מא"ז (3) צריכים להתאים לדרישות תקנות החשמל (העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח נמוך), תשע"ד-2014. בחירת חתך המוליכים והמא"ז צריכה להתבסס על זרם עבודה שנגזר מההספק הנקוב של עמדת הטעינה.

גודל החיבור למתקן החשמל בבית שעל פיו נקבע הזרם הנקוב של המא"ז הראשי (1), נקבע בהתאם להספק כלל המכשירים (כולל הספק התקן הטעינה או עמדת הטעינה) ואופן הפעלתם (סך ההספק של המכשירים הפועלים בו-זמנית). כאשר מדובר בבית חדש שבו מתוכנן מראש השילוב של מתקן לטעינת רכב חשמלי, אפשר לבחור מראש בגודל חיבור המתאים להפעלה נוחה יחסית של כל העומסים. לעומת זאת, כאשר מדובר בשילוב מעגל הזינה לרכב חשמלי במתקן חשמלי בבית קיים, צריכים לבחון האם גודל החיבור הקיים יאפשר הפעלה סבירה של המכשירים הקיימים בבית יחד עם נקודת הטעינה לרכב חשמלי ספציפי שעומדים לרכוש, ולקבל החלטה האם להזמין הגדלה מתאימה של החיבור הקיים.



איור 6.1 : שילוב מעגל זינה להתקן טעינה לרכב חשמלי במתקן חשמלי דירתי

6.1.2 הגנה בפני חשמול באמצעות מפסק פחת

בסעיף משנה 4.1.1 של המסמך נדונו דרישות הנחיות מינהל החשמל ותקני IEC להתקנת מפסקי פחת. במקרה שלפנינו מפסק פחת (5) המגן בפני חשמול בצידוד הטעינה, יכול להיות חלק מעמדת הטעינה (6) או להיות מותקן בתוך לוח החשמל הדרתי. מפסק הפחת צריך להיות בעל אופיין B הפועל בזרם פחת העולה על 0.030 אמפר או בעל אופיין A (או F) הפועל בזרם פחת זהה, בשילוב עם התקן לזיהוי רכיב DC בזרם פחת העולה מעל 6 מיליאמפר (צירוף כזה אפשרי בדרך כלל במקרה של התקנת אמצעים כאלה בתוך עמדת הטעינה). בהקשר זה חייבים להתייחס בהרחבה לאופיין המפסק הפועל בזרם פחת העולה על 0.030 אמפר, המותקן במעלה הזרם (2) שנדרש כידוע, בהתאם לתקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1000 וולט), תשנ"א-1991 להגנה על מעגלים סופיים בלוח הדרתי.

כפי שכבר הוסבר בפרקים הקודמים ברכיבים חשמליים מותקנים ממירים מזרם AC לזרם DC לטעינת מצברים שברכיבים. לפעולתם השוטפת התקינה של ממירים אלה "מתלווה" רכיב של זרם זליגה DC, העובר דרך מפסקי פחת שבדרך - ממקור הזינה למתקן ועד לרכב החשמלי. תקני IEC הרלוונטיים מגדירים את זרם הבדיקה המירבי DC שמפסקי פחת אינם צריכים לנתק בפעולתם התקינה כדלהלן⁽¹⁷⁾:

- 6 מיליאמפר למפסק פחת אופיין A;
- 60 מיליאמפר למפסק פחת אופיין B;
- 10 מיליאמפר למפסק פחת אופיין F.

מעבר זרם DC בשיעור גבוה יותר עלול לשבש את פעולתם התקינה של מפסקי הפחת וכתוצאה מכך להעדר תגובה שלהם במקרה של חשמול במתקן.

מהאמור לעיל נובעת ההתייחסות לאופיין מפסק פחת (2) המותקן במעלה הזרם:

מצב ראשון: בעמדת הטעינה או במעגל המזין נקודת טעינה, מותקן מפסק פחת אופיין B.

מפסק פחת (2) חייב להיות עם אופיין B. כאשר מוסיפים מעגל סופי להזנת נקודת טעינה בלוח חשמל קיים חייבים, במקרה שבו מותקן כבר מפסק פחת עם אופיין A, להחליפו למפסק פחת חדש עם אופיין B.

מצב שני: בעמדת הטעינה מותקן מפסק פחת A (או F) בשילוב עם אמצעים לזיהוי וניתוק רכיב של זרם DC מעל 6 מיליאמפר;

במצב זה מפסק פחת (2) יכול להיות עם אופיין A או B. חייבים לשים לב לכך שאם מפסק פחת (2) הוא עם אופיין A, אזי ניתן לשלב במתקן זה רק מעגל זינה אחד עם עמדת טעינה הכוללת את אמצעי ההגנה האמורים.

6.2 בית מגורים רב דירות עם חניון משותף

6.2.1 חיבור מתקן הטעינה למקור הזינה

נדון כאן בשתי תצורות להזנת חניון משותף בבית רב דירות:

- הזנה ממתקן החשמלי לשירותי בית
- הזנה מחיבור ייעודי לרשת אספקת החשמל.

תצורה ראשונה: הזנת מתקן הטעינה לחניון ממתקן חשמלי לשירותי בית

בתצורת הזנה זו המעגלים הסופיים עבור עמדות טעינה מוזנים במישרין מלוח החשמל של שירותי בית, המשמש להזנת עומסים של מערכות שירות שונות (מעליות, תאורה, משאבות מים ועוד), או מלוח משנה לעמדות טעינה, המחובר ללוח שירותי בית (איור 6.2).

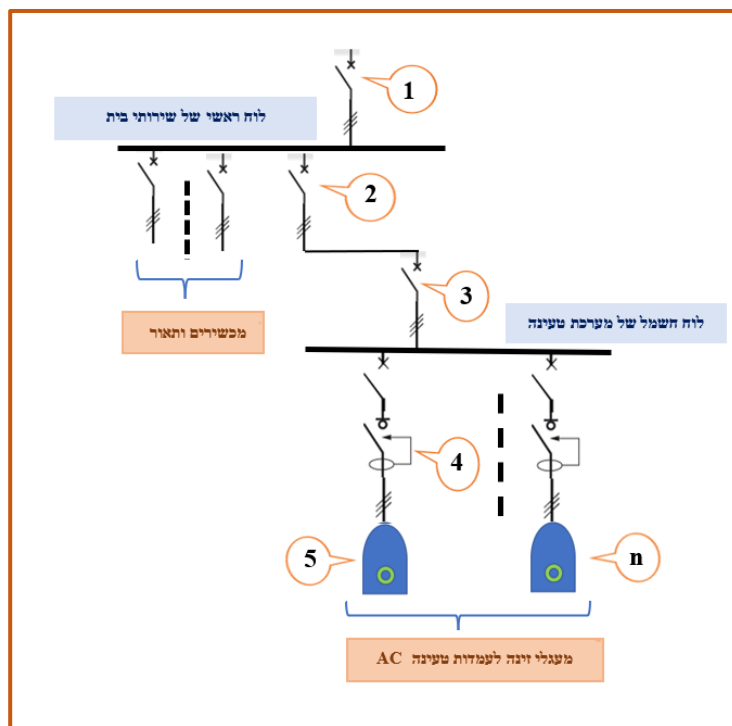
המרכיבים של המעגלים הסופיים במתקן הטעינה דומים לאלה שכבר נדונו בסעיף 6.1 לעיל, מלבד העובדה שטעינת רכבים היא באמצעות עמדות טעינה בלבד, כנדרש בהנחיות מנהל מינהל החשמל⁽¹²⁾.

סוגייה מורכבת יותר היא קביעת הזרם הנקוב של המפסק האוטומטי הראשי (1) בלוח החשמל של שירותי בית וקביעת הזרם הנקוב של מפסקי הזרם (2), (3) שבשרשרת ההזנה ללוח המשנה של מערכת הטעינה.

ברוב המקרים ללא מערכת לניהול טעינה, מתכנן המתקן החשמלי לא יודע מהו ההספק של עמדות הטעינה ובאיזה אופן הן יפעלו (בו זמנית או תוך פיזור שעות ההפעלה לכל שעות הערב והלילה).

בפרק הקודם של המסמך הדגשנו שסעיף 722.311 בתקן IEC, המגדיר את הדרישות למתקן החשמל לטעינת רכבים חשמליים⁽¹³⁾ קובע, שתכנון המתקן חייב לקחת בחשבון שכל אחת מנקודות החיבור שבמתקן מאפשרת בשימוש רגיל,

העברת זרם טעינה הנקוב שלה או, במקרה של עמדות הטעינה (שלא ידוע מראש מהו סוג הרכב שיחובר אליה) – את זרם הטעינה המקסימלי שעבורה תוכננה העמדה.



איור 6.2: הזנת מתקן הטעינה לחניון משותף מלוח משנה המחובר למתקן חשמלי לשירותי בית

במקרים כנ"ל המעגלים הסופיים, על פי הנאמר לעיל, צריכים להיות מותאמים להזנת עמדות טעינה בהספק 22 kW (ראה טבלה 3.1). החלטה מורכבת יותר היא בעניין הזרם הנקוב של המפסקים (2), (3) ובעניין גודל החיבור המתאים ללוח הראשי של שירותי בית. בגישה המחמירה צריך להישען על נאמר בסעיף 722.311 בתקן IEC ולהתאים את הלוח להפעלה בו-זמנית של עמדות הטעינה בהספק המירבי ולהזמין למתקן חיבור לרשת בהתאם. מפרסומים שונים בעולם ניתן ללמוד שהניסיון שהצטבר במדינות אלה מראה שמקדם בו-זמניות לחישוב גודל החיבור הנדרש למתקן טעינה, קטן ברוב המקרים מ-1. לדוגמה, בהנחות אגף הבניה של מדינת אורגון בארה"ב מופיע מקדם בו-זמניות המשתנה מ-100% (עד 4 נקודות טעינה) עד 50% (מעל 41 נקודות טעינה) ⁽¹⁹⁾.

במסמך שפורסם בקנדה ⁽²⁰⁾ מובאת התייחסות לדרישות מכון התקנים הקנדי לאופן התכנון של המתקן החשמלי לטעינה. גם במסמך זה נאמר שבמתקן טעינה שאין בו אמצעים לניהול העומס המופעל בנקודות החיבור של הטעינה, יש לחשב את גודל החיבור הנדרש למתקן עם מקדם בו-זמניות של 100%. במסמך גם מוצגת טבלה של מקדמי בו-זמניות במתקן **עם מערכת לניהול טעינה**, המגבילה את הביקוש לכל אחת מנקודות החיבור. מקדמי בו-זמניות הם פונקציה של מספר נקודות החיבור ושל ההספק המירבי שנקבע לנקודות הטעינה. **לדוגמה:** לחניון עם 17-24 נקודות טעינה מקדם בו-זמניות לחישוב גודל החיבור למתקן הטעינה הוא: להספק מירבי מוגבל של 2 kV - 100%, להספק מירבי מוגבל של 4 kV - 90%, להספק מירבי מוגבל של 6 kV - 80% ולהספק מירבי מוגבל של 8 kV ומעלה - 70%.

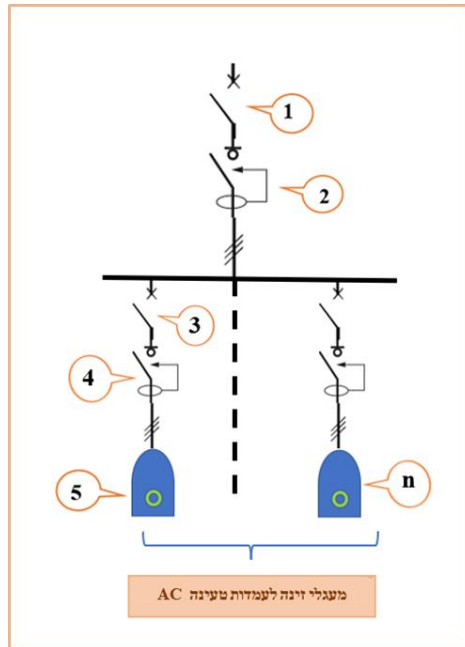
(19) "No. 09-01 Use of a Demand Factor Table for Calculating Electrical Vehicle Charging Equipment Services and Feeders" – State of Oregon ,Building Codes Division, October 2017

(20) "Charging Infrastructure in Shared Parking Areas: Resources to Support Implementation & Charging Infrastructure Requirements", A publication of the City of Richmond with funding support from BC Hydro

תצורה שנייה: הזנת מתקן הטעינה לחניון מחיבור ייעודי לרשת אספקת החשמל

בתצורת הזנה זו המעגלים הסופיים עבור עמדות טעינה מוזנים מלוח ייעודי, המחובר לרשת אספקת החשמל בחיבור נפרד עם מפסק אוטומטי ראשי (1) שנבחר בהתאם לגודל החיבור הייעודי (איור 6.3). לתצורת הזנה זו יש יתרונות מההיבט הלוגיסטי: ספק טעינה או חברת ניהול או גורם עסקי אחר יכול לנהל את מתקן הטעינה בנפרד מהגורם המנהל את שירותי הבית המשותפים, שהוזכרו לעיל בהסבר על תצורת ההזנה הראשונה. לעומת זאת מ"ההיבט החשמלי" יש לתצורת הזנה זאת חסרונות עיקריים הבאים:

- מבחינה מערכתית החיסרון הוא שבמקרה של התקנת מערכת דינמית לניהול טעינה קשה להשיג בתצורה זו ניצול אופטימלי של "העומס הפנוי" בכל רגע נתון בשני החיבורים שבמבנה במקביל;
- במרחב של החניה המשותפת ישנם מעגלים סופיים, המוזנים משני לוחות ראשיים שונים, דבר שיש להתייחס להיבטים בטיחותיים, בגלל הצורך בניתוק של שני מקורות זינה לחניון במצבים חריגים.



איור 6.3: הזנת מתקן הטעינה לחניון משותף מלוח ראשי לטעינה עם חיבור נפרד לרשת אספקת חשמל

6.2.2 הגנה באמצעות מפסק פחת

בסעיף 6.1.2 לעיל התייחסנו לאופן ההתאמה של אופיין המפסק לזרם פחת שמעלה הזרם למאפייני ההגנה בפני זרם פחת, המותקנים במעגל הסופי לנקודת חיבור הטעינה. בשתי תצורות הזנה של מתקן הטעינה בחניון המשותף אין חובת התקנה של מפסקי פחת במעלה הזרם (ההתקנה היא לפי החלטת המתכנן). יחד עם זאת אם המתכנן החליט לשלב מפסקי פחת במעלה הזרם (מפסק פחת (2) באיור 6.3 או מפסקי פחת אחרי מפסקים (1) או (2) או (3) שבאיור 6.2) כחלק ממערך ההגנה בפני חשמול, עליו לבחור במפסק פחת (2) עם אופיין B. בנוסף לקביעת האופיין כאמור, עליו גם להתייחס לעניין הסלקטיביות בין מפסקי הפחת במעלה הזרם לאורך כל שרשרת הזינה למתקן הטעינה.

פרק שביעי: מערכת טעינה במבני משרדים ובמרכזי מסחר ובילוי

7.1 קביעה של מספר עמדות טעינה

מקום הטעינה המועדף על ידי בעלי רכב הוא בבית שבו הם מתגוררים. במקום השני הוא טעינה במקום העבודה. מסיבה זאת חברות רבות בעולם משקיעות משאבים בהתקנת מערכות טעינה בחניית רכבים של העובדים ושל המבקרים. מדינות רבות הסדירו את הדרישה להתקנת נקודות טעינה במסגרת תקנות הבניה שחלות על בניינים חדשים ועל בניינים קיימים, שבהם מתבצעות עבודות שיפוץ נרחבות.

על פי החלטה של הפרלמנט של השוק האירופי המשותף⁽²¹⁾, שעל בסיסה המדינות החברות בשוק היו אמורות עד שנת 2020 להעביר חקיקה מתאימה אצלן, כל מבנה חדש שאינו מבנה מגורים או מבנה קיים שעובר שיפוצים נרחבים ושיש בו 10 מקומות חניה ומעלה חייב להתקין נקודת חיבור טעינה בחניה אחת לפחות (לכל 10 חניות), והתקנת מובלים שישמשו בעתיד להתקנת מעגלי הזנה ל-20 אחוז מהחניות בבניין. ברור שדרישות אלה הן דרישות מינימום וכל מדינה קובעת את הסטנדרט הנדרש לפי פרמטרים נוספים.

תשומת לב מיוחדת צריכה להינתן למידות ולנגישות לחניה המיועדת לנכים. התקנות הנ"ל קובעות את ההקצאה הנדרשת לחניות נכים שיצוידו בנקודות חיבור טעינה עם מאפיינים מתאימים.

טעינת רכבים באתרים הנדונים בפרק זה היא בשטחים ציבוריים ולכן הטעינה היא באמצעות עמדות טעינה כנדרש⁽¹²⁾. נכון להיום בישראל אין תקנות מחייבות להתקנת עמדות טעינה במקומות עבודה ובמרכזי מסחר ובילוי. עם זאת אפשר להניח שהדבר ישתנה עם הזמן ככל שייגדל השימוש ברכבים חשמליים בארץ מחד, והמעבידים ובעלי המבנים יבינו את היתרונות של התקנת עמדות הטעינה בחנייה, מאידך. בין היתרונות נהוג לציין:

- נוחיות של העובדים, הרואים בזה חלק מתנאי עבודה משופרים במשרד;
- גורם משיכה נוסף למבקרים במרכזי קניות ובמרכזי עסקים;
- תרומה לתדמית "ירוקה" של המתחם והעסקים הממוקמים בו.

7.2 תצורת ההזנה של מתקן הטעינה

במתקנים הנדונים בפרק זה ההספק המותקן של המערכות השונות במבנה או בקומפלקס מבנים שאליהם משויכת החניה, גדול ברוב המקרים באופן ניכר מההספק של מתקן הטעינה. מתקן החשמל, שמתקן הטעינה הוא חלק ממנו, יכול להיות מוזן מחיבור מתח נמוך גדול או אף מחיבור במתח גבוה. עם זאת תצורת ההזנה של נקודות חיבור הטעינה, מספר נקודות הטעינה, ההספק המותקן ואופן הפעלתו של מתקן הטעינה (עם או בלי מערכת לניהול טעינה), משפיעים לעתים בצורה ניכרת על גודל החיבור למתקן ועל היקף התשתית הנדרשת לאספקת החשמל לטעינת רכבים.

7.2.1 עמדות טעינה במקום עבודה

הבעלים של אתר העבודה צריך להגדיר למתכנן מתקן החשמל לטעינה את המאפיינים הבאים:

- מספר, הספק ומיקום עמדות הטעינה לרכבים של העובדים – על בסיס הנתונים על הרכבים שבשימוש העובדים במקום ובהתאם לתוכניות החלפת הרכבים בעתיד;
- מספר ומיקום החניה למבקרים;
- מספר ומיקום החניה של רכבי העבודה (רכבים שנשארים באתר לאחר סיום יום העבודה);

מתכנן מתקן הטעינה, על בסיס הנתונים הנ"ל, צריך לקבל החלטה על אופן ניהול עומסים הנובעים מטעינת הרכבים ולהחליט על סוג מערכת ניהול טעינה שמתאימה במקרה הנתון: מערכת סטטית או מערכת דינמית.

(21) "Opportunities in Electric Vehicle Charging at Commercial and Industrial Sites" Aurora Energy Research Ltd, 2018

על פי פרסומים השונים ניתן לקבוע לצורך ביצוע הערכות השונות במסגרת התכנון, שצריכת **החשמל בהיקף של 1 קוט"ש לטעינת רכב חשמלי מגדילה את טווח הנסיעה של הרכב בכ- 5 ק"מ**. לפי כך כאשר מדובר באתר עבודה ניתן להעריך את צריכת החשמל הצפויה של מתקן הטעינה בהתאם להנחות בסיס כדלהלן:

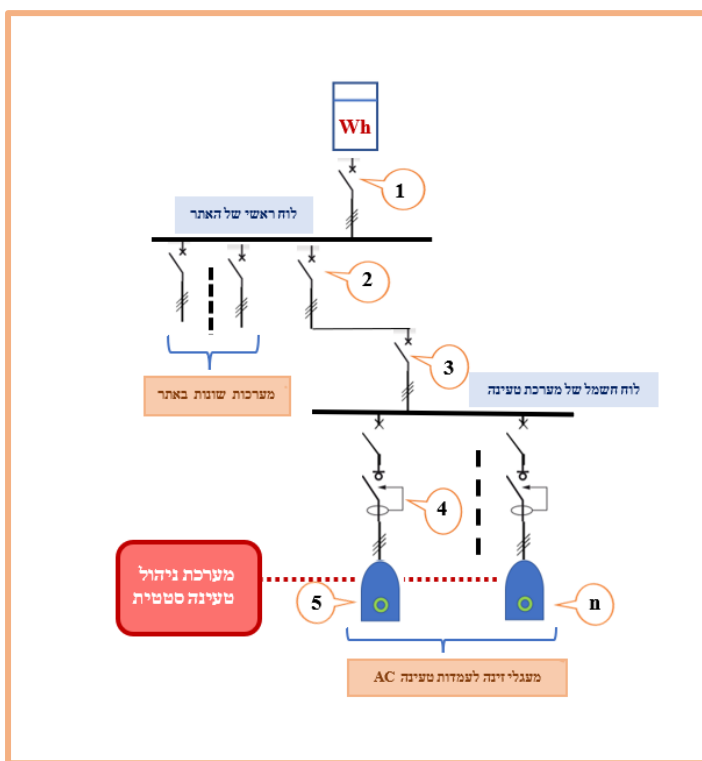
- בחניה המיועדת לעובד משטר הטעינה נקבע בהנחה שהרכב נמצא בחניה 8 שעות. כלומר טעינה רציפה בהספק של 1 קו"ט תמלא את המצבר שברכב באנרגיה שתספיק לנסיעה של כ- 40 ק"מ.
- בחניה המיועדת לאורחים משטר הטעינה נקבע בהנחה שהרכב נמצא בחניה 2-3 שעות. בעל האתר צריך לקבוע את רמת השירות שיקבל האורח באתר. לדוגמה, הקצאת הספק טעינה של 3 קו"ט לנקודת חיבור הטעינה, יאפשר לאורח להטעין את רכבו באנרגיה שתגדיל את טווח הנסיעה של הרכב ב- 30-45 ק"מ.
- בחניה המיועדת לרכבי שירות (אם יש כאלה בצי המכוניות של המעביד) משטר הטעינה נקבע בהנחה שהרכב נמצא בחניה כל שעות הערב והלילה, אך סך האנרגיה הנדרשת לטעינה צריכה לאפשר טווח נסיעה המתאים לאופי הפעילות של הרכב.

לאחר הערכה כמתואר לעיל של הספק וצריכת החשמל הצפויים לטעינת רכבים באתר, נדרש לקבל החלטה על סוג המערכת לניהול טעינה שתותקן במתקן – מערכת סטטית או דינמית (ראה הסבר בפרק 5 לעיל).

מערכת ניהול טעינה סטטית:

במקרה של התקנת מערכת ניהול טעינה סטטית (איור 7.1) נקבע הביקוש המירבי של מתקן הטעינה שמאפשר מימוש משטרי טעינת רכבים באתר בהתאם להערכה המתוארת לעיל. מפסק הראשי (3) של לוח המשנה לטעינה יכוון בהתאם. מערכת ניהול הטעינה קובעת את זרם הטעינה בכל אחת מנקודות חיבור הטעינה כך שהזרם הכולל במתקן הטעינה לא יעבור את הסף שנקבע כאמור.

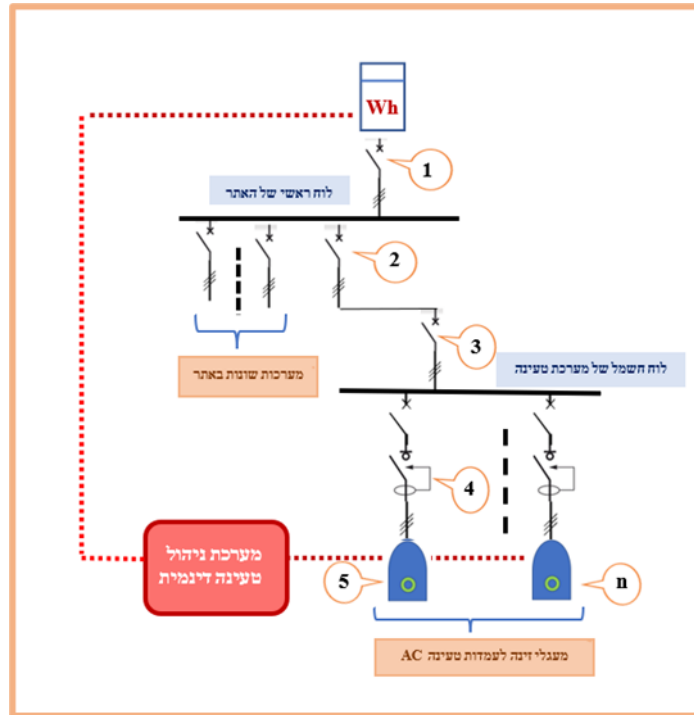
יישום מערכת ניהול סטטית כמתואר לעיל מאפשר להקטין באופן ניכר את גודל החיבור למתקן הטעינה על כל המשתמע מכך לגבי שרשרת אספקת החשמל שבמעלה הזרם. כפי שכבר צוין בפרק 5 החיסרון העיקרי של יישום מערכת הניהול הסטטית הוא העדר יכולת הניצול האופטימלי של החיבור הראשי (1) למתקן החשמל של האתר בשעות, שבהן קיימת ירידה בעומסים אחרים המופעלים באתר.



איור 7.1 : הזנת מתקן הטעינה לחניון באמצעות מערכת ניהול טעינה סטטית

מערכת ניהול טעינה דינמית:

במקרה של התקנת מערכת ניהול טעינה דינמית (איור 7.2) הביקוש המירבי של מתקן הטעינה נקבע על ידי מערכת הניהול הדינמית בהתאם ל"יכולת הפנויה" של החיבור הראשי של המתקן (1) בהתחשב בעומס המופעל של המערכות האחרות באתר בכל רגע נתון. כתוצאה מכך הודות למערכת ניהול הטעינה הדינמית, ניתן להפעיל בו-זמנית נקודות טעינה עם זרם טעינה גבוה יותר או, לחילופין, להגיע לרמת הטעינה הנדרשת של הרכבים בחניון בפרקי הזמן שפורטו לעיל, באמצעות עומס טעינה כולל (3) קטן יותר.



איור 7.2 : הזנת מתקן הטעינה לחניון באמצעות מערכת ניהול טעינה דינמית

7.2.2 עמדות טעינה במרכז מסחר ובילוי

מתקן הטעינה לחניון במרכז מסחר ובילוי צריך להתאים למאפייני הטעינה הייחודיים המבוקשים על ידי בעלי הרכב החשמלי המבקרים במקום ועל ידי העובדים:

- **בחניה המיועדת למבקרים** משך הטעינה הוא קצר יחסית (זמן שהייה של בעל הרכב באתר הוא כ-2-3 שעות) ובזמן הזה הלקוח יהיה מעוניין בטעינה שתספיק לנסיעה של כ-40 - 50 ק"מ.
- **בחניה המיועדת לעובד** משטר הטעינה נקבע בהנחה שהרכב נמצא בחניה 8 שעות. כלומר טעינה רציפה בהספק של 1 קו"ט תמלא את המצבר שברכב באנרגיה שתספיק לנסיעה של כ-40 ק"מ.
- **בחניה המיועדת לטעינה מהירה** (אופציה זו יכולה להיות מיושמת לפי החלטת הבעלים של האתר) – התשתית תתאים לעמדת טעינה AC (למשל, בהספק של 22 קו"ט) לטעינה מוגבלת בזמן (למשל, 30 דקות) או טעינה בעמדת טעינה DC (למשל, בהספק של 50 קו"ט) לטעינה מהירה יותר.

קביעת תצורת ההזנה ובחירת סוג המערכת לניהול הטעינה היא לפי העקרונות שפורטו לעיל בסעיף משנה 7.2.1.

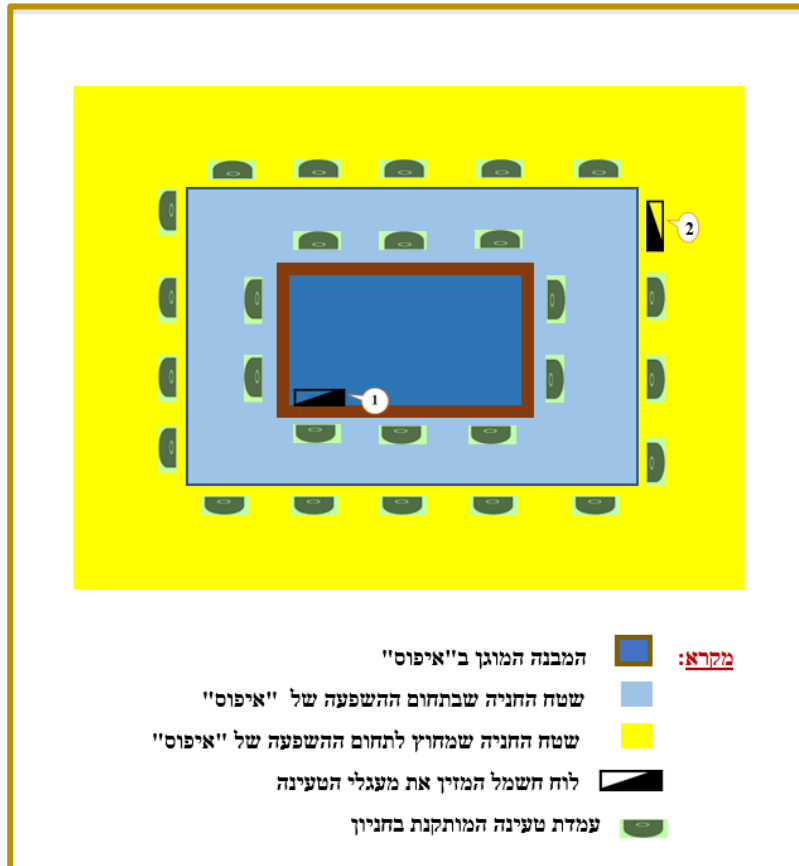
7.3 דגשים מיוחדים מההיבט הבטיחותי

בחלק גדול מהמקרים החניונים הנדונים בפרק זה הם חניונים חיצוניים פתוחים שנמצאים מחוץ למבנים, שבהם מותקנים לוחות החשמל המזינים את נקודות חיבור הטעינה. עובדה זאת מחייבת דגשים מיוחדים בשני נושאים עיקריים:

- הגנה בפני חשמול;
- הגנה בפני נחשולי מתח וזרם.

7.3.1 הגנה בפני חשמול בחניון שמחוץ למבנה עם "איפוס"

ההגנה בפני חשמול של עמדות הטעינה הנמצאות בחניון חיצוני באזור שבתחום ההשפעה של הארקה ייסוד של המבנה, היא באמצעות חיבור פס הארקות בעמדה אל פס ההארקות בלוח החשמל (1), המזין את עמדות הטעינה. כלומר עמדות הטעינה מוגנות גם הן ב"איפוס" (ראה איור 7.3). כל זה, כמובן יחד עם ההגנה באמצעות מפסקי פחת כפי שכבר הוצג בפרק 4 (סעיף 4.1) לעיל.



איור 7.3: הגנה בפני חשמול בחניון שמחוץ למבנה עם "איפוס"

סוגיית ההארקה בעמדות הטעינה המותקנות בשטח החניה שמחוץ לתחום ההשפעה של הארקה ייסוד שבמבנה, היא סוגיה מורכבת יותר. אילו ניתן היה לדאוג להשוואת פוטנציאלים בכל שטח החניה (הן סביב עמדות הטעינה והן בשטח חניית הרכבים) ניתן היה ליישם את שיטת ה"איפוס" גם בשטח הזה. אך הדבר אינו מעשי ולכן יש להגן על עמדות הטעינה בשטח זה, המוזנות מלוח חשמל לטעינה (2), בשיטת "הארקה הגנה" TT כנדרש בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה מפני חישמול במתח עד 1000 וולט), תשנ"א-1991. פס ההארקות בכל עמדת טעינה יחובר לאלקטרודה מקומית או לאלקטרודה אופקית בצורה דומה לזאת שנהוגה במתקני תאורת חוץ⁽²²⁾. בעת יישום השיטה בשטח זה יש לוודא שאין שום אפשרות למגע של אדם המטעין את רכבו עם חלק מוליך כלשהו שממוקם בשטח הנמצא בתחום ההשפעה של הארקה ייסוד שבמבנה או לחלק מוליך (צנרת חיצונית, למשל) המחובר לפס השוואת פוטנציאלים במבנה.

7.3.2 הגנה בפני נחשולי מתח בחניון חיצוני

בפרק 4 (סעיף 4.2) הצגנו את העקרונות של שיטת "אזורי הגנה בפני ברק" בהתאם לתקינה האירופית ואת אופן היישום האמצעים הנדרשים להגנה על נקודות החיבור של טעינת רכבים, הנמצאים במקום ציבורי בתוך מבנה. הנאמר שם כוחו יפה הן לחניונים במבנה מגורים רבי דירות והן לחניונים תת-קרקעיים במבנה משרדים ומרכזי קניות ובילוי.

(22) נוהל חברת החשמל "אופן הביצוע והבדיקה של אמצעי ההגנה בפני חשמול במתקני תאורה", אפריל 2007

כאשר מדובר בהתאמתו של מתקן הטעינה בחניון חיצוני הנגיש לציבור הרחב, לדרישות בעניין ההגנה בפני נחשולי מתח, יש לשים דגש מיוחד לאמצעי ההגנה בעמדות טעינה, הנמצאות באזור LPZO סביב המבנים שבהם מותקנת מערכת להגנה בפני ברקים (LPS - lightning protection system). באזור זה, בנוסף להתקן הגנה מסוג 2 (Type 2), נדרש גם התקן מסוג 1 בלוח חשמל לטעינה (מסומן (2) באיור 6.6) ובכל אחת מעמדות הטעינה. באזורים אחרים של החניון החיצוני סביב המבנה הנ"ל ובכל האזורים שסביב מבנה ללא מערכת LPS יותקן בלוח טעינה ובכל אחת מעמדות הטעינה התקן הגנה מסוג 2. אם מתקן החשמל לטעינה כולל גם מערכת לניהול טעינה עם רכיבים אלקטרוניים רגישים, מומלץ להתקין בלוח החשמל או במארז שבו מותקנת מערכת ניהול טעינה, התקן הגנה מסוג 3. התקן הגנה זה יוצב במורד הזרם המזין את מערכת ניהול הטעינה אחרי התקן ההגנה מסוג 2.

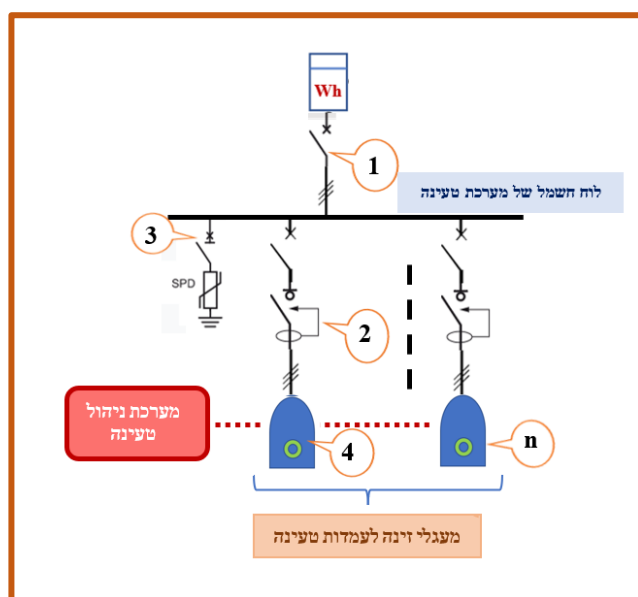
פרק שמיני: מתקן טעינה ברחוב ובחניונים ציבוריים פתוחים

8.1 תצורת ההזנה של מתקן הטעינה

על פי הסטנדרט של האגודה הבינלאומית SAE International (אגודה מקצועית של מהנדסים ומומחי תחבורה) נהוג לחלק את רמת הטעינה הנדרשת במתקני טעינה לשלוש רמות (23):

- רמה 1 (Level 1) – טעינת איטית ביותר במתח 120 וולט בזרם AC עד 20 א';
- רמה 2 (Level 2) – טעינה במתח 240 וולט בזרם עד 80 א';
- רמה 3 (Level 3) – טעינה מהירה בזרם DC בהספק גבוה;

על פי הפרסומים הן בארה"ב והן באירופה, ברחובות ובחניונים ציבוריים מקובל להתקין עמדות לטעינה ברמה 2. הספק עמדות הטעינה נקבע על ידי ספקי שירות הטעינה או בעלי החניון בהתאם לשיקולים שונים ובהתחשב באילוצים המוכתבים על ידי מערכת האספקת החשמל באזור. בחלק מהמקומות יכול ספק שירותי הטעינה גם להתקין עמדת טעינה מהירה ברמה 3 כפתרון לבעלי רכב הזקוקים לכך, שאר עמדות הטעינה הם לרכבים החונים במקום זמן ממושך. איור 8.1 מציג באופן עקרוני את תצורת ההזנה ואת המרכיבים של מתקן הטעינה המתאים לטעינת רכבים ברחוב או בחניון ציבורי. מתקן הטעינה במקומות אלה ניזון בדרך כלל מחיבור נפרד למערכת האספקת החשמל וכולל את המרכיבים העיקריים, שהמאפיינים העיקריים שלהם כבר נדונו בפרקים הקודמים.



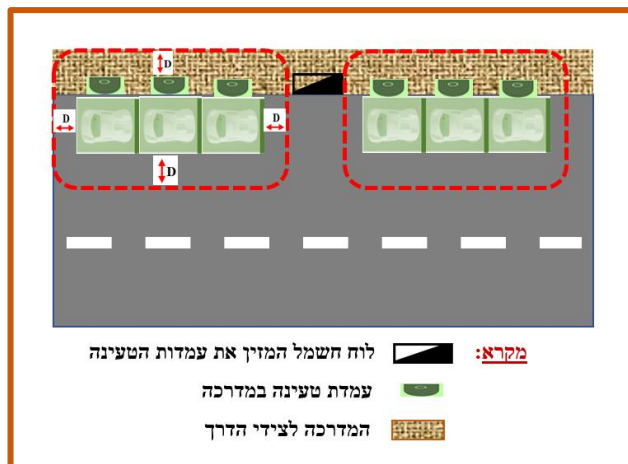
איור 8.1: תצורת ההזנה של מתקן טעינה לרכבים חשמליים החונים ברחוב ובחניונים ציבוריים פתוחים

(23) INTEGRATION OF ELECTRIC VEHICLES CHARGING INFRASTRUCTURE WITH DISTRIBUTION GRID: GLOBAL REVIEW, INDIA'S GAP ANALYSES AND WAY FORWARD, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2021

גודל החיבור למתקן הטעינה וכיוונון המפסק הראשי (1) בהתאם, תלוי בעיקר בהספק הכולל של עמדות הטעינה ובאופן הפעלתן. בהעדר מערכת לניהול טעינה מקדם בו-זמניות, על פי הפרסום מבריטניה⁽²⁴⁾, הוא 0.8. התקנת מערכת מתאימה לניהול טעינה, שתפקח על טעינה איטית שתתפרס על פני שעות הלילה, יכולה להקטין באופן ניכר את גודל החיבור הנדרש ואת היקף ההשקעות הנדרשות בפיתוח מערכות לאספקת החשמל.

8.2 שיטות הגנה בפני חשמול

מתקן החשמל לטעינת רכבים ברחוב מחייב מתן דגשים מיוחדים לאופן בחירה ויישום של שיטת ההגנה בפני חשמול. הדגשים המיוחדים נדרשים בעיקר עקב המיקום של עמדות הטעינה והרכבים בשטחים ציבוריים, שבהם מותקנות גם מערכות תשתית נוספות (מים, ביוב, גז, תקשורת ועוד) שחלקן עשויות מחומר מוליך חשמל. בסעיף 7.3.1 כבר הצגנו את ההיבטים השונים של הגנה בפני חשמול בנקודות הטעינה ובחניות שמחוץ למבנה "המאופס", והדגשנו שבגלל העדר השימויות המעשית של מערך השוואת הפוטנציאלים בכל שטח המתקן מסוג זה, שיטת ההגנה הישימה בפני חשמול היא "הארקת ההגנה" TT. אך לא רק ההשפעה של הארקות היסוד של המבנים "המאופסים" לאורך הרחוב צריכה להילקח בחשבון בעת תכנון האמצעים להגנה בפני חשמול במתקן הטעינה מסוג זה, אלא גם ההשפעה של הצנרת מחומרים מוליכים של מערכות שירות אחרות, אשר מחוברת לפסי השוואת הפוטנציאלים במתקנים המוגנים בשיטת "איפוס". המרווח המינימלי הנדרש באדמה בין אלקטרודת הארקה של מתקן הטעינה לבין הצנרת מחומר מוליך של תשתיות שונות, המחוברות למתקנים "מאופסים", צריך להבטיח מניעת היווצרות של מתח מגע מסוכן במתקן טעינה כתוצאה מניתוק האפס באחד המתקנים "המאופסים" והעברתו דרך האלקטרודה לרכב מאורק או לכל חלק מוליך אחר, המחובר להארקה במתקן הטעינה. בהעדר הנחיות לאופן הקביעה של מרחק זה בארץ אפשר להיעזר בדרישות התקן הבריטי BS 7430 ובהנחיות היישום של תקן זה שפורסמו על ידי מכון התקנים הבריטי⁽²⁵⁾. מיקום עמדות הטעינה, לוח החשמל המזין את עמדות הטעינה והרכבים הנטענים צריך להיקבע כך שיישמר מרחק המבטיח העדר אפשרות מגע בו-זמני של אדם ברכב (או בחלק מוליך אחר של המתקן) עם חלק מוליך של תשתית כלשהי המחוברת למתקן "מאופס" או עם חלק מוליך חשוף של מתקן אחר המוגן באמצעות "הארקת הגנה" (איור 8.2). המרחק המינימלי D המומלץ על ידי המכון הבריטי IET (The Institution of Engineering and Technology) הוא 2.5 מטר⁽²⁶⁾.



איור 8.2: מרווחים מינימליים נדרשים למניעת מגע בו-זמני ברכב עם חלק מוליך של תשתית אחרת

(24) "Electric Vehicle Connections", UK Power Networks, 2018

(25) "Code of practice for protective earthing of electrical installations", The British Standards Institution, 2015

(26) "Code of Practice. Electric Vehicle Charging Equipment Installation", IET 4th Edition

המרחק האמור נדרש גם סביב לוח החשמל המזין את עמדות הטעינה, אם לוח זה הוא עם מעטפת בידוד בסיסי בלבד (בידוד סוג I).

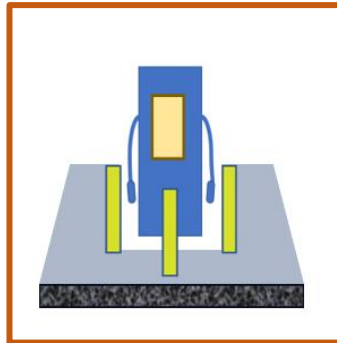
8.3 הגנה בפני נחשולי מתח

בפרק 4 (סעיף 4.2) הצגנו את העקרונות של שיטת "אזורי הגנה בפני ברק" בהתאם לתקינה האירופית ואת אופן היישום של האמצעים הנדרשים להגנה על נקודות החיבור של טעינת רכבים. כאשר מדובר בהתאמתו של מתקן הטעינה ברחוב ובחניון ציבורי הנגיש לציבור הרחב, לדרישות בעניין ההגנה בפני נחשולי מתח, יש לשים דגש מיוחד לאמצעי ההגנה בעמדות טעינה, הנמצאות באזור LPZO סביב המבנים שבהם מותקנת מערכת להגנה בפני ברקים (LPS - lightning protection system). באזור זה, בנוסף להתקן הגנה מסוג 2 (Type 2), נדרש גם התקן מסוג 1 בלוח חשמל לטעינה (מסומן (3) באיור 6.6) ובכל אחת מעמדות הטעינה. באזורים אחרים של החניון החיצוני סביב המבנה הנ"ל ובכל האזורים שסביב מבנה ללא מערכת LPS יותקן בלוח טעינה ובכל אחת מעמדות הטעינה התקן הגנה מסוג 2. אם מתקן החשמל לטעינה כולל גם מערכת לניהול טעינה עם רכיבים אלקטרוניים רגישים, מומלץ להתקין בלוח החשמל או במארז שבו מותקנת מערכת ניהול טעינה, התקן הגנה מסוג 3. התקן הגנה זה יוצב במורד הזרם המזין את מערכת ניהול הטעינה אחרי התקן ההגנה מסוג 2.

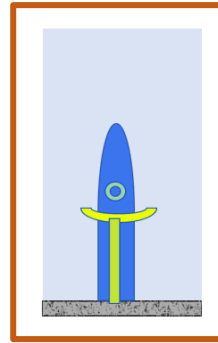
פרק תשיעי: אופן ההתקנה של מתקן הטעינה - דרישות פיסיות

9.1 הגנה בפני פגיעות מכניות

ציוד טעינה צריך להיות מותקן באופן המונע פגיעה מכנית בו, בעיקר כתוצאה מפגיעת רכב הנכנס לחניה. אמצעי ההגנה המקובל למטרה זו הם מחסומי מיגון כדוגמת אלה המתוארים באיור 9.1



(ב)



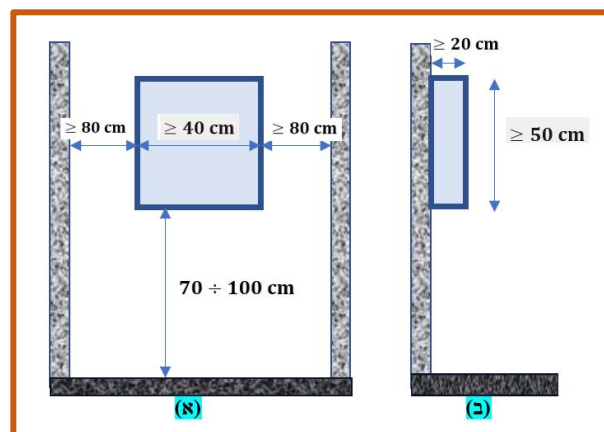
(א)

איור 9.1: הגנה בפני פגיעות מכניות: (א) – עמדת טעינה Mode 3; (ב) – עמדת טעינה Mode 4;

9.2 מידות חלל מינימליות להתקנת עמדת טעינה בבניין

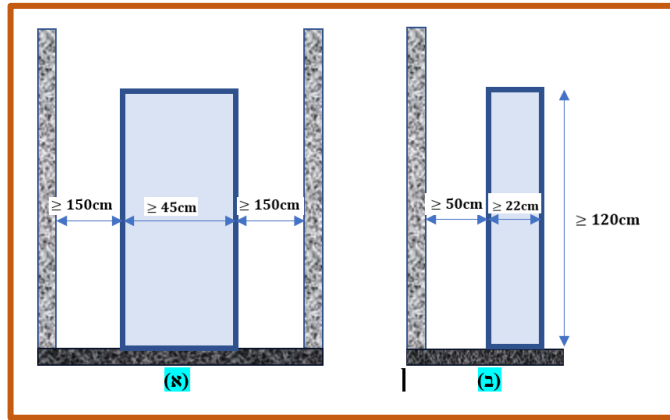
אופן התקנה של ציוד הטעינה צריך לאפשר מרחב מתאים להתחברות נוחה אל נקודת חיבור הטעינה, להפעלה נוחה של הציוד ולאחזקתו השוטפת.

על מידות המרחב הרצוי להתקנת עמדות הטעינה במבנים אפשר ללמוד ממסמך שהוכן על ידי מזכירות הממשלה הבריטית⁽²⁷⁾ עבור הנחיות התכנון והבניה הקיימות בבריטניה. באירים 9.2, 9.3 מוצגות מידות המרחב הרצוי, המוזכרות במסמך האמור.



איור 9.2: מידות מינימליות של חלל להתקנת עמדת טעינה על קיר בניין: (א) – מבט מהחזית; (ב) – מבט מהצד;

(27) Draft technical guidance for Building Regulations requirements for EV charging, UK

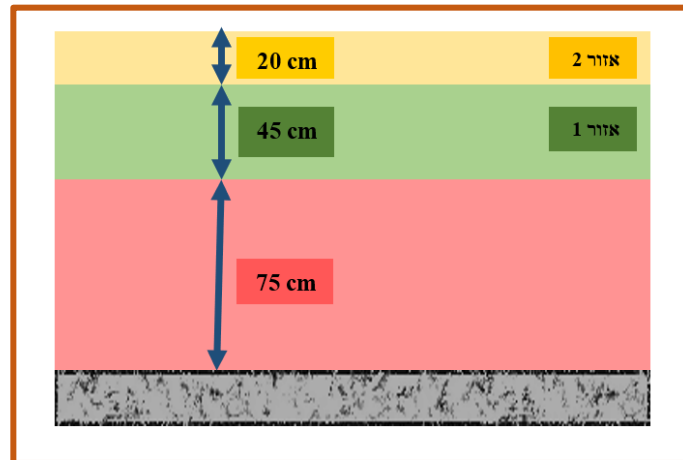


איור 9.3: מידות מינימליות של חלל להתקנת עמדת טעינה על רצפת בניין: (א)-מבט מהחזית; (ב)-מבט מהצד;

9.3 מיקום בית תקע ואמצעי שליטה ובקרה בנקודת הטעינה

בהתאם להמלצות של המכון הבריטי IET⁽²⁶⁾, מיקום נקודת חיבור הטעינה של רכב חשמלי צריך להיקבע באופן הבא (איור 9.4):

- (1) אמצעי הפעלה (כולל פתחי תשלום אם זה נדרש) ובתי תקע - באזור 1, בגובה $120 \div 75$ סנטימטר מעל הרצפה;
- (2) אמצעי תצוגה - באזור 2, בגובה $140 \div 120$ סנטימטר מעל הרצפה כדי לאפשר נראות נוחה למשתמשים במצב עמידה ובמצב ישיבה (נגישות לנכים על כיסא גלגלים).



איור 9.4: גובה מעל פני הרצפה של נקודות חיבור טעינה ושל אמצעי תצוגה ופיקוד

9.4 עומק ההטמנה של כבלים במתקן טעינה והמרווח הנדרש מתשתיות אחרות

התקנת כבלים במובלים ובאדמה חייבת להתאים לדרישות "תקנות החשמל" (התקנת כבלים במתח שאינו עולה על מתח נמוך), תש"ס-2000. הקפדה על המרווחים הנדרשים חשובה במיוחד כאשר מדובר בהטמנת כבל של מתקן הטעינה בשטחים ציבוריים ובחניונים פתוחים, שבהם מותקנות תשתיות של מערכות שירות אחרות. בטבלה 9.1 מובאים ערכים של עומק ההטמנה הנדרש באדמה של כבלים במתקן הטעינה. בטבלה 9.2 מוצגים המרווחים הנדרשים בהתקרבויות או הצטלבויות עם תשתיות אחרות. ערך המרווח הנדרש מכבל בזק נקבע בהתאם ל-"תקנות הבזק והחשמל" (התקרבויות והצטלבויות בין קווי בזק לבין קווי חשמל), תשמ"ו-1986, שבהן נקבע, בין היתר, שבכל מקרה של הצטלבות עם כבל בזק, הכבל של מתקן הטעינה יימצא מתחת לכבל בזק. נדגיש שהקטנת המרחקים הנדרשים בתקנות החשמל כמפורט בטבלאות שלהלן אפשרית אך ורק בהסכמה של האחראיים על התשתיות הרלבנטיות.

עומק [cm]	תיאור אופן ההטמנה
60	במשטח כלשהו בקרקע סלעית
80	במשטח כלשהו באדמה או בחול
100	מתחת לשטח המיועד לנסיעת כלי רכב

טבלה 9.1

המרווח [cm]	תיאור ההתקרבות (או הצטלבות)
כלשהו	התקרבות אל כבל מתח נמוך של מערכת אחרת
20	התקרבות אל כבל מתח גבוה
20	התקרבות אל כבל במתח נמוך מאוד
30	התקרבות אל כבל בזק (*)
50	התקרבות לצינור למים קרים, לביוב או לניקוז
100	התקרבות לצינור למים חמים או לקיטור
150	התקרבות לצינור לגז או לחומר דליק אחר
100	מתחת לשטח המיועד לנסיעת כלי רכב

(*) בכל מקרה של הצטלבות עם כבל בזק, כבל של מתקן הטעינה יימצא מתחת לכבל בזק.

טבלה 9.2

פרק עשירי: בדיקת מתקן הטעינה

בהתאם לנדרש בתקנות החשמל, מתקן חשמל לטעינת רכבים חייב לעבור בדיקה לפני חיבורו הראשון למתח. בדיקת המתקן נועדה לבחון את התאמתו לדרישות תקנות חוק החשמל וחוקים רלוונטיים אחרים, לאמות מידה של רשות החשמל, להנחיות מנהל מינהל החשמל ולעקרונות הנדסיים שהוצגו במסמך זה.

תוצאות הבדיקה אמורות להיות מפורטות בפרוטוקול הבדיקה המתאים, המתעד את שלושת שלבי הבדיקה העיקריים:

- (1) ביקורת ויזואלית;
- (2) מדידות;
- (3) בדיקה פונקציונלית.

10.1 ביקורת ויזואלית

10.1.1 ביקורת מסמכים טכניים שהוגשו במסגרת הזמנה של בדיקת המתקן

- תהליך תקין של הבדיקה מחייב שלפני הבדיקה יוגשו לבודק המסמכים הטכניים המפורטים להלן, שייבדקו על ידו:
- (1) תוכניות חד-קוויות ותוכניות פריסת הציוד (תוכניות עדות - AS MADE);
 - (2) תעודות המאשרות את התאמת הציוד של מתקן הטעינה לתקנים הרלוונטיים;
 - (3) תכנית הארקות;
 - (4) תוכנית פריסת האמצעים להגנה בפני נחשולי מתח וזרם;
 - (5) תוכניות תוואי הכבלים להזנת הלוחות ונקודות חיבור הטעינה;
 - (6) מפרט טכני של עמדות טעינה במתקן, כולל ציון אמצעי הגנה בפני זרם תקלה DC שהותקנו בעמדה;
 - (7) הצהרת חשמלאי המבצע תוך ציון מס' הרישיון וסוגו, המאשרת שהמתקן בוצע בהתאם לתקנות החשמל, הנחיות מנהל מינהל החשמל ועל פי התוכניות;

10.1.2 ביקורת ויזואלית של מתקן טעינה

- הביקורת הויזואלית של מתקן הטעינה במבנה צריכה להתייחס למרכיבים השונים של המתקן כפי שנהוג בכל מתקן חשמלי, תוך שימת דגש על המאפיינים הייחודיים של מתקן הטעינה כפי שהוצגו במסמך זה:
- (1) האם גודל החיבור של המתקן לרשת אספקת החשמל מאפשר הפעלה נוחה של מתקן הטעינה?
 - (2) האם כל אחד מנקודות חיבור הטעינה מוזנת ממעגל סופי ייעודי נפרד?
 - (3) האם כל אחד מנקודות חיבור הטעינה מוגנת באמצעות מפסק פחת נפרד בעל אופיין מתאים?
 - (4) האם מפסקי פחת במעלה הזינה (אם יש) הם בעלי אופיין מתאימים?
 - (5) האם במתקן הותקנו אמצעי הגנה מתאימים להגנה בפני נחשולי מתח וזרם?
 - (6) האם שיטת ההגנה בפני חשמול המיושמת במתקן הטעינה היא בהתאם למפורט במסמך זה?
 - (7) האם המיקום של נקודת חיבור הטעינה מאפשר תפעול ואחזקה נוחים?
 - (8) האם מוליכי ההארקה הם בחתך מתאים וחוברו כנדרש?
 - (9) האם המוליכים בקווי הזינה ובמעגלים סופיים המזינים את ציוד הטעינה, הם בחתך המתאים ומוגנים כנדרש?
 - (10) האם רמת ההגנה IP של הציוד מתאימה לתנאים השוררים במקום ההתקנה?
 - (11) האם גובה ההתקנה של נקודות חיבור הטעינה, כולל גובה התצוגה (אם יש), תואמים את הנדרש?
 - (12) האם קיימים אמצעים למניעת פגיעה מכנית בנקודת חיבור הטעינה בעת חניית הרכב?
 - (13) במתקן טעינה ברחוב ובחניון ציבורי פתוח: האם נשמרים מרווחים מינימליים נדרשים כדי למנוע מגע בו-זמני בין הרכבים הנטענים לבין חלקים מוליכים, המחוברים למתקנים אחרים בסביבה?

10.2 מדידות

המדידות המפורטות להלן תבוצענה באמצעות מכשירי מדידה מתאימים שעברו בדיקת כיוול כנדרש. יש לתעד את הערכים שנמדדו. המדידות העיקריות שיש לבצע לפני הפעלתו הראשונה של מתקן הטעינה הן:

- (1) בדיקת רציפות מוליכי ההארקה בין כל החוליות בשרשרת ההזנה של נקודות חיבור הטעינה;
- (2) בדיקת התנגדות הבידוד בקווי ההזנה ובמעגלים הסופיים המזינים את נקודות חיבור הטעינה;
- (3) בדיקת עכבת לולאת התקלה;
- (4) בדיקת מתח בנקודות חיבור הטעינה;
- (5) בדיקת זרם $I_{\Delta n}$ וזמן ההפעלה Δt של מפסקי פחת המותקנים בשרשרת ההזנה של נקודות חיבור הטעינה;
- (6) במתקן טעינה המוגן ב-TT: בדיקת התנגדות הארקה למסה הכללית של האדמה;

10.3 בדיקות פונקציונליות של עמדת טעינה AC

בדיקות פונקציונליות של פעולתה התקינה של עמדת טעינה AC תבוצענה באמצעות מתאם ייעודי, כאשר הבורר שלו PP (Proximity Pilot) מכוון לזרם הטעינה המירבי של עמדת הטעינה, ובורר CP (Control Pilot) המשמש להדמיית מצבים שונים של קשר בין עמדת טעינה לבין הרכב הנטען, הוא במצב כדלהלן:

- (1) בדיקת העדר מתח כאשר בורר CP במצב A (הדמיית מצב של העדר חיבור של רכב לעמדת טעינה);
- (2) בדיקת העדר מתח כאשר בורר CP במצב B (הדמיית מצב שיש חיבור לרכב, אך הוא לא מוכן לטעינה);
- (3) בדיקת הופעת מתח כאשר בורר CP במצב C (הדמיית מצב שיש חיבור לרכב שמוכן לטעינה ללא דרישת אוורור בעת טעינת המצבר);
- (4) בדיקת הופעת מתח כאשר בורר CP במצב D (הדמיית מצב שיש חיבור לרכב שמוכן לטעינה עם אוורור בעת טעינת המצבר);
- (5) בדיקת ניתוק עמדת הטעינה בהדמיית תקלה במעגל תקשורת ובקרה CP ;
- (6) בדיקת ניתוק עמדת הטעינה בהדמיית זליגה לאדמה.