

## הנחיות לתכנון תשתיות יעודיות

### עבור אוטובוסים חשמליים

#### גרסה 3.98

שינויים (ניתן לבקש ממשרד התחבורה גירסאות בסימני שינוי)	תאריך	גירסה
עדכון ופירמול טיוטות קודמות	ינואר 2019	2.0
גמישות רבה יותר למתכנן הגאומטריה עבור קבלי על	מרץ 2019	3.0
התאמת סעיף 1 בהתאם ללקחים מחציון ראשון 2019.	יוני 2019	3.1
כתיבת המסמך מחדש בהתאם ללקחים שעד רבעון 3/2019 שינוי סעיף 3 לגישת top-down. ועדכון דרישות ההספקים.	ספטמבר 2019	3.9
הערות מת"ח	ספטמבר 2019	3.9.1
הערות עת"א	ספטמבר 2019	3.9.2
לאחר הערות יועצי חשמל – טיוטה פתוחה להערות נוספות	אוקטובר 2019	3.9.5
גירסה להתייחסות תכנית אב ירושלים ונתיבי איילון	פברואר 2020	3.96
גירסה להערות מת"ח	מרץ 2020	3.98
גירסה מיוצבת לשנת העבודה 2020	מרץ 2020	4.0

## 1. רקע ומטרות

משרד התחבורה מקדם תכנית רב שנתית לחישמול התחבורה הציבורית במרחבים העירוניים. תנאי מקדים מרכזי לרכש והפעלה של אוטובוסים חשמליים הוא הכנת תשתיות טעינה בהיקף נדרש. השיטה הנפוצה ביותר (אם כי לא היחידה) היא למקם את תשתיות הטעינה בחניונים או מסופי קצה. לצורך כך נדרשת קביעה של מספר פרמטרים ובהם סוג הטכנולוגיה, ההספק הנדרש, משך זמן הטעינה, מבנה המתקן, כמו גם כמות האוטובוסים ומיקומם במרחב החניון.

ההנחיות המוצגות בגירסה זו מהוות מסגרת מנחה לשימוש מתכנני החניון או המסוף. המסמך מציע עקרונות בסיסיים לקבלת ההחלטה מהו סוג התשתית הנדרשת על בסיס השימושים המוצעים/הקיימים/האפשריים במתקן, ומציג את ההשלכות מבחינת גאומטריה ותשתית.

המסמך מתעדכן מספר פעמים בשנה בהתאם לטבלת ניהול הגירסאות. העדכונים מבוססים בין היתר על הערות והצעות של צוותי התכנון. ערכי ההספק המוצגים במסמך הינם בהתאם לעדכונות הטכנולוגיה במועד הוצאת הגירסה.

מטרת המסמך היא להתוות הנחיות בהקשר התחבורתי. פעילות מתכנן החשמל תהיה בהתאם לחוקים ולתקנות הרלבנטיות לתחום עיסוקו ובכלל זה בין היתר המסמך הממשלתי לענין "הוראות ותקנות להתקנת עמדת טעינה לרכב חשמלי". במקרה של סתירה בין הנחיות יש לעדכן את המזמין.

## 2. מונחים והגדרות

2.1 נציג המזמין – מנהל אגף בכיר תכנון ומדידה תחבורה ציבורית במשרד התחבורה או נציגו.

### 2.2 מתקן

מסוף תפעולי או חניון מינהלתי או חניון לילה.

### 2.3 טעינת לילה

טעינה בהספק של 75 KW – 150 המתבצעת במשך מספר שעות, בדרך כלל בשעות הלילה ובטכנולוגית מצברים כהגדרתה להלן.

### 2.4 טעינה מהירה

טעינה בהספק גבוה (סדר גודל 350 KW – 600) במשך מספר דקות. מבוצעת בד"כ בסיום נסיעה, ובטכנולוגית מצברים או טכנולוגית קבלי על, כהגדרתן להלן.

### 2.5 טכנולוגית מצברים

הטכנולוגיה השכיחה בעולם בעת כתיבת המסמך, מתבססת על מארזי סוללות ליתיום המותקנים על האוטובוסים ומתחברים למטעני "פלאג-אין" בהספק שיכול לנוע בין 50 ל-400 קילוואט. מודל

ההפעלה השכיח (אם כי לא היחיד) מתבסס על זמן טעינה של מספר שעות ומתבצע בלילה. טווח הנסיעה המתקבל הינו 160-220 ק"מ נסיעה לטעינה.

### **2.6 טכנולוגית קבלי על**

סופר קבלים (Supercapacitor) הינו כינוי לרכיב חשמלי המסוגל לאגור ולפרוק מטען חשמלי במהירות גבוהה. הקבלים נטענים על ידי מטען המתחבר אליהם ומטענים בזמן קצר שעשוי להיות מתאים לטעינת יום. טווח הנסיעה של אוטובוסים מסוג זה הינו הינה כ 16-22 ק"מ נסיעה לטעינה. הטכנולוגיה השכיחה לטעינת אוטובוסים מסוג זה הינה באמצעות טעינה עילית (פנטוגרף) בהספק של מאות קילוואט.

### **2.7 טכנולוגית טעינה אינדוקטיבית**

מבוססת על הטמנת תשתית כבילה פסיבית במיסעה (באמצעות חריצה וחיבור לארונות סעף) ואז טעינה באמצעות אינדוקציה למטען סליל הממוקם בתחתית שלדת הרכב. הטכנולוגיה לא הופעלה מבצעית בעולם אך נמצאת בניסויים ומחקר יישומי.

### 3. קביעת היקף וסוג התשתית בכל מתקן

מתכנן המתקן יגדיר את כמות האוטובוסים החשמליים שיאכלס המתקן בהתאם להנחיות נציג המזמין (להלן "המזמין"). הנחית המזמין הינה החלטת מדיניות הנגזרת מההנחיות הבאות:

- א. התכנית האסטרטגית לחישמול. תכנית זו מגדירה יעדים כמותיים ברמת מטרופולין.
- ב. תכנון תפעולי לכל מרחב במטרופולין. במסגרתו מזהים את המתקנים המשרתים את המרחב, ואת משך השהות בכל מתקן.
- ג. התמקדות בקידום חישמול לאוטובוסים עירוניים בלבד, בשלב זה.

בהתאם לכך, המזמין יגדיר למתכנן המתקן את מספר האוטובוסים החשמליים לטעינת יום ולטעינת לילה במתקן. כל עוד לא ניתנה הנחיה אחרת, המתכנן נדרש להקצות רף מינימלי של עמדות טעינה בהתאם לחלוקה שבטבלה 1.

טבלה מס' 1 - סוג התשתית הנדרשת בהתאם למתקן התחבורה הציבורית

סוג המתקן <sup>1</sup>	מספר עמדות לאוטובוס עירוני	דרישות מינימום
מסוף תפעולי (שהות קצרה)	בין 3-5	עמדת טעינה מהירה
	בין 6-8	שתי עמדות טעינה מהירה, אחת מכל סוג טכנולוגיה.
	9 ומעלה	שלוש עמדות טעינה מהירה, לפחות אחת מכל סוג טכנולוגיה.
חניה מנהלתית (שהות ממושכת)	3 ומעלה	עמדת טעינת לילה אחת לכל 3 עמדות חניה
חניון לילה	כמוגדר בפרוגרמה	עמדת טעינת לילה אחת לכל שתי עמדות חניה
<b>הערה: יש לעיין בטבלה זו ביחד עם ההסבר הנלווה בסעיפים 3 ו-4 למסמך זה</b>		

בהמשך לכך נדרש המתכנן לבצע את תכנון החשמל ואת תכנון הגאומטריה.

<sup>1</sup> בהתאם להגדרות המצויות ב"הנחיות לתכנון ותפעול שירות תחבורה ציבורית", משרד התחבורה, 2016.

#### 4. תכנון החשמל

במסגרת תכנון החשמל נדרש לתכנן תשתית חישמול כוללת ברמת המתחם בהתאם למבנה שלו, לפיזור עמדות הטעינה ולתנאי רשת החשמל הסמוכה לאתר, ובהתאם להנחיות הרגולטור לענין בטיחות וקרינה.

לצורך הנחת תכנון ראשוני והערכות מול חח"י יש להניח רף מינימום של 75 קילוואט לעמדת טעינת לילה, ו-400 קילוואט לעמדת טעינה מהירה.

לאחר מכן, יציג מתכנן החשמל חלופות של הספקי טעינה מוצעים ומשמעותם מבחינת זמני טעינה, וזאת בהתאם למקדם טעינה בו זמנית שיוגדר לו ובהתאם לסוגי האוטובוסים החשמליים הזמינים בשוק. מידע על סוגי האוטובוסים מצוי [בספריית המידע המשותפת של הרשות הארצית לתחבורה ציבורית](#). (תופעל החל מ-1 באפריל 2020). לאחר שילקחו בחשבון הדרישות התפעוליות של התחבורה הציבורית מחד, אל מול משמעותות תשתיות ופיננסיות מאידך, יקבל המזמין החלטה האם וכיצד לחרוג, לכאן או לכאן, מרף המינימום שהוגדר לעיל.

מתכנן החשמל של המסוף אינו נדרש לתכנן את עמדת הטעינה עצמה (אלא אם ניתנה הנחיה אחרת ע"י משרד התחבורה). מתכנן החשמל נדרש לתכנן את תשתיות החשמל התומכות בעמדה, כולל הצנרת עד אליה, כאשר תשתית הכבילה תוצג כאופציה. משכך, באחריות מנהל פרויקט המסוף להביא למצב בו מסמכי התכנון המפורט יהיו זמינים לחברת האוטובוסים כבר בשלב ההתמודדות על מכרז ההפעלה. באחריות מתכנן החשמל להבטיח שהיכולת של חברת האוטובוסים לבצע חיבור בפועל תהיה גנרית ופשוטה.

## 5. משמעויות לתכנון גאומטרי

### 4.1 עבור טכנולוגיה מצברית

- סעיף זה מתייחס למצב של טעינה ידנית בדופן הצד של האוטובוס ובחלקו האחורי.
- המבנה הגיאומטרי הנפוץ הינו עמדות ניצבות, אליהן האוטובוסים נכנסים בנסיעה לאחור.
- מוצע להוסיף לעמדת החניה הרגילה הנדרשת לאוטובוס (כפי שמצוין בהנחיות לתכנון גיאומטרי של מסופי תחבורה משולבים 2005, עמוד 86, סעיף 5.1.3.6 או בגרסה עדכנית מאוחרת יותר). אורך של 1.5 מטר בין הדפנות האחוריים של האוטובוסים החונים לבין קצה העמדה, אין צורך להוסיף לרוחב עמדת החניה שטח נוסף לעומת המצוין בהנחיות.

לשם הנוחות מצורפת טבלה מעודכנת המתייחסת למסופים בשטח פתוח (ללא עמודים). במקרה של מסוף רב מפלסי או תת קרקעי יש לתקן את רוחב העמדה בהתאם לאמור בהנחיות הנ"ל בהקשר של רוחב עמדה (טבלה 5.7 בעמוד 86).

טבלה מס' 2: שטח דרוש במ"ר לעמדות עם הכנה לתשתית חשמלית – אוטובוס מצברי

דרוש	שטח במ"ר	רוחב חניה (מ)	אורך חניה (מ) (אורך אוטובוס + אורך שטח תמרון + אורך התאמה לחשמל)	אורך אוטובוס לתכנון	סוג האוטובוס
100	3.5	3.5	$28.5 = 9 + 18 + 1.5$	9	מידיבוס
111	3.5	3.5	$31.5 = 12 + 18 + 1.5$	12	אוטובוס רגיל
121	3.5	3.5	$34.5 = 15 + 18 + 1.5$	15	אוטובוס 15 מ'
150	4	4	$37.5 = 18 + 18 + 1.5$	18	אוטובוס מפרקי רגיל
158	4	4	$39.5 = 19 + 19 + 1.5$	19	אוטובוס מפרקי ארוך (4-5 דלתות)

כלומר, יש להשאיר את מרחב התמרון המשמש לכניסה ויציאה מהחניה בהתאם לאמור בהנחיות לתכנון מסופי תחבורה משולבים, קרי 18 מ' לפחות. במקרה שבו הטעינה המצברית נעשית בחיבור עילי, יש להתאים את גובה התקרה המינימלי המצוין בהנחיות לתכנון מסופי תחבורה משולבים באופן מותאם לדרישות החיבור.



תכנון עמדות טעינה לאוטובוסים חשמליים המונעים במצברים "וקבלי על" במתחם אחד - מסוף כפר סבא מזרח. 1

#### 4.2 עבור טכנולוגית קבלי על

- עמדות הטעינה השכיחות לאוטובוס "קבלי על" הינה עמדות טעינה עילית באמצעות הוצאת זרוע חשמלית מהאוטובוס כלפי מעלה (פנטוגרף).
- הגיאומטריה השכיחה במקרה זה הינה במקביל לאבן השפה, תוך שמירה על גאומטריה ישרה המאפשרת כניסה ויציאה של האוטובוס ללא צורך בנסיעות לאחור ותמרונים.
- על העמדה להיות ממוקמת בנפרד מעמדות ההעלאה או ההורדה של נוסעים במסוף ומומלץ שתהיה מהעמדה גישה נוחה (גלישה) אל תחנת העלאת הנוסעים של הקו.
- עבור מתקני הטעינה יש לשריין לאוטובוס שטח עמדה הכולל את שטח האוטובוס עצמו ולצידו מדרכה באורך האוטובוס וברוחב שלא ירד מ-2 מ' (גודל המתקן ומרווח הליכה).
- נדרש גובה פנוי של כ-6 מטר.
- לצורך חישוב פרוגרמה (טרם תכנון הנדסי) יש להשתמש בהנחיות לתכנון גיאומטרי של מתח"מים מ-2005, בסעיף 5.1.3.3.1 בעמוד 69 – "רציפי קליטה עם מרווח יציאה". וזאת על אף שמדובר בחנייה תפעולית ולא ברציף קליטה. זאת מכיוון שמדובר בגיאומטריה זהה לרציף קליטה.
- לצורך הנוחות מובאת טבלה 5.5 מההנחיות הנ"ל – "שטחי עמדת קליטה עם מרחב יציאה" עם התאמה לשטח הנדרש לצורך עמדות החישמול.

טבלה מס' 3: שטח דרוש במ"ר לעמדות עם הכנה לתשתית חשמלית – אוטובוס קבלי על

סוג האוטובוס	אורך אוטובוס לתכנון	אורך חניה (מ')	רוחב דרוש (מ')	שטח במ"ר	דרוש
מידיבוס	9	12 = 9+3	רוחב נתיב חניה+רוחב נתיב נסיעה+רוחב מדרכת מילוט (בצידו השני של נתיב הנסיעה) + רוחב נדרש לעמדת החישמול	114	$9.5 = 3+3.5+1+2$
אוטובוס רגיל	12	15 = 12+3	רוחב נתיב חניה+רוחב נתיב נסיעה+רוחב מדרכת מילוט (בצידו השני של נתיב הנסיעה) + רוחב נדרש לעמדת החישמול	143	9.5

171	9.5	18 = 15+3	15	אוטובוס 15 מ'
200	9.5	21 = 18+3	18	אוטובוס מפרקי רגיל
209	9.5	22 = 19+3	19	אוטובוס מפרקי ארוך (4- 5 דלתות)

בעת התכנון המפורט, ניתן לבחון שיטות גיאומטריות שונות הנותנות מענה לצורך הנדרש תוך חסכון במקום.

אפשרות אחת היא שימוש ברציפי אי באורך של אוטובוס אחד המאפשרים כניסה ויציאה מהירה מרציף הטעינה ומאפשרים לייצר רוחב נתיב עצירה בלבד (ללא רוחב נתיב נסיעה צמוד ורוחב מדרכת מילוט).

ניתן להשיג שיפור נוסף בדרישות הקרקע על ידי הפיכת רציף האי לרציף דו כיווני, בו עמדת טעינה אחת משרתת שני אוטובוסים במקביל, הן מימין והן משמאל לרציף האי.

דוגמה למבנה זה מיושמת במסוף סבידור בתל אביב בהתאם לתרשים הבא:

