

## תקציר

מערכת המטרו היא תשתית תחבורתית להסעת המונים, שתהיה חלק מרשת קווי המתע"ן – מערכת תחבורה עתירת נוסעים שתשרת את מטרופולין תל-אביב. מערכת המטרו תשלים את קווי הרכבת הקלה (מאושרים; חלקם בתהליכי קידום וביצוע כיום), ומתוכננת לתת פתרון לביקושים העתידיים לתחבורה במטרופולין תל-אביב, לקשר את רשת הסעת המונים של מטרופולין תל אביב לפרברים המרוחקים יותר ולקצר משמעותית את זמני הנסיעה למרכזי התעסוקה במטרופולין. מערכת המטרו בנויה משלושה קווים במסגרת תכניות שונות:

תת"ל 101 - קו המטרו M1 - קו רדיאלי צפון דרום המקשר בין הרצליה – רעננה בצפון, תל אביב במרכז ורחובות-רמלה בדרום. קו זה חולק לאור אורכו לשתי תכניות – תת"ל 101 א' לחלק הדרומי ותת"ל 101 ב' לחלק הצפוני.

תת"ל 102 – קו המטרו M2 – קו מזרח מערב המקשר בין צפון חולון ודרום-מרכז תל-אביב במערב לבין פתח תקווה (כולל רובע סירקין) במזרח דרך גבעתיים, רמת גן, בני ברק וגבעת שמואל, (7 רשויות). אורך הקו כ- 24 ק"מ, 24 תחנות (23 תחנות תת-קרקעיות ותחנה עילית בסמוך למתחם הדיפו), ודיפו אחד.

תת"ל 103 – קו טבעת M3 – מספק שירות היקפי לדרום, מזרח וצפון המטרופולין. עובר ב-11 רשויות, אורך הקו 39 ק"מ, 29 תחנות, ומתחם דיפו אחד.

תסקיר זה, אשר נערך עבור קו המטרו M2- תת"ל 102 (להלן "התכנית"), וכולל בהתאם להנחיות שהוציא צוות הות"ל: בחינת חלופות תוואי וחלופות נוספות, תיאור התכנית, העבודות וההפעלה, אפיון ובחינת השפעות סביבתיות והוראות סביבתיות למניעת ומזעור מפגעים והשפעות סביבתיות.

## פרק א' - רקע

### תיאור כללי של התכנית

קו המטרו M2 הינו קו מזרח מערב המספק שירות ל-7 רשויות: חולון (צפון מע'), תל אביב (דר') מערב ומרכז העיר), גבעתיים, רמת גן, בני ברק, גבעת שמואל (כולל אוני' בר אילן) ופתח תקווה (כולל רובע סירקין העתידי). התכנית מאפשרת שתי חלופות בקטע שבין תחנת הרוא"ה רמת גן לאוניברסיטת בר אילן: חלופת בני ברק (צפונית) וחלופת רמת גן (דרומית), מתוכן תבחר חלופה אחת בתכנון המפורט. לאחר בחירתה, אורך התוואי שיבוצע יהיה כ- 24 ק"מ, ויכלול כ- 21-22 תחנות (בתלוי בחלופה הנבחרת) ודיפו אחד בשטח פתוח מזרחית לפ"ת כאשר בסמוך אליו מתוכננת תחנה עילית (יתר התחנות הינן תת קרקעיות). בטבלה הבאה מוצגים האתרים העיקריים הנכללים בקו M2, הכוללים סה"כ 24 תחנות (מסומנות בטבלה בכתום; מתוכן יבוצעו 21-22 תחנות כאמור לעיל), 12 אתרי מפלגים ואתר דיפו לשליטה ולוגיסטיקה הכולל תחנה אחת:



עיר	מס"ד	מתקן	תחנה/מפלג	סמוך למוקד פעילות/קווי מטר חופפים
חולון	1	תחנה	בית חולים וולפסון	בית חולים וולפסון
	C1	אתר מפלגים	מפלג וולפסון	קצה הקו סמוך לתחנה
תל-אביב	2	תחנה	נס לגויים	מכללה אקדמית תל אביב-יפו
	C2	אתר מפלגים	נס לגויים	סמוך לתחנת נס לגויים
	3	תחנה	שלבים	בלומפילד
	4	תחנה	כרמלית	שוק הכרמל
	C3	אתר מפלגים	מפלג כרמלית	סמוך לתחנת הכרמלית
	5	תחנה	תחנת ככר מגן דוד	שוק בצלאל/ מפגש עם רק"ל קו סגול
	6	תחנה	הבימה דרום	תיאטרון הבימה/ מפגש עם רק"ל קו ירוק
	7	תחנה	החשמונאים	מתחם שרונה/ מפגש עם רק"ל קו אדום
8	תחנה	השלום	ממשק עם מחלף קו מטר M1	
	C4	אתר מפלגים	מפלג השלום	סמוך לתחנת השלום
	T1	תחמ"ש	תחמ"ש השלום	סמוך לתחנת השלום
גבעתיים	9	תחנה	כיכר נוגה	מרכז גבעתיים
	10	תחנה	כצלנסון	מרכז גבעתיים
רמת גן (חלופה *1)	11	תחנה	הרא"ה	מרכז רמת גן
	12	תחנה	הרב לוין	מסוף אוטובוסים
	13	תחנה	אוניברסיטת בר אילן (2)	אוניברסיטת בר אילן/ מפגש עם רק"ל קו סגול
	C5	אתר מפלגים	מפלג בר אילן	סמוך לתחנת בר אילן
בני ברק (חלופה *2)	14	תחנה	חזון אי"ש	בית עלמין בני ברק
		אתר מפלגים	מפלג חזון אי"ש	סמוך לתחנת חזון אי"ש
	15	תחנה	כהנמן	מסוף אוטובוסים
16	תחנה	אוני בר אילן	אוני בר אילן/ מפגש עם הקו הסגול (רק"ל)	
	17	תחנה	כפר גנים	ממשק עם מחלף קו מטר M3
	C6	אתר מפלגים	מפלג כפר גנים	סמוך לתחנת כפר גנים
	T2	תחמ"ש	תחמ"ש כפר גנים	סמוך לתחנת כפר גנים
פתח תקווה	18	תחנה	בן גוריון	ביה"ס פיינברג
	19	תחנה	ארלוזורוב	מרכז רפואי רבין קמפוס ביילינסון
	20	תחנה	עירית פ"ת	עיריית פתח תקווה
	C7	אתר מפלגים	מפלג פ"ת וולפסון	סמוך לתחנת פתח תקווה וולפסון
	21	תחנה	פתח תקווה מזרח	צומת סירקין
	22	תחנה	סירקין דרום	מתחם סירקין (תמ"ל 1076)
	C8	אתר מפלגים	מפלג סרקין דר'	סמוך לתחנת סירקין דרום
23	תחנה	סירקין צפון	מתחם סירקין (תמ"ל 1076)	
	C9	אתר מפלגים	מפלג סרקין מרכז	סמוך לתחנת סירקין צפון



עיר	מס"ד	מתקן	תחנה/מפלג	סמוך למוקד פעילות/קווי מטרו חופפים
	C10	אתר מפלגים	מפלג סרקין צפ'	סמוך לתחנת סירקין צפון
	24	תחנה	סגולה	מתחם הדיפר/צומת סגולה
	24D	דיפו	דיפו פ"ת מזרח	אתר שליטה ולוגיסטיקה – קצה הקו.

\* כולל גבעת שמואל

### המערכת התחבורתית

● **מערכת דרכים ראשיות:** במרחב התוואי מצויות מספר דרכים ראשיות:

- כביש 20- נחצה ע"י המטרו בסמוך לתחנת וולפסון ובתחנת השלום.
- דרך מנחם בגין/המסגר- בסמוך לתחנת החשמונאים.
- כביש 471 (מחבר בין מחלף בר אילן לכביש 40)- מצוי מדרום לתוואי ומקביל אליו.
- כביש 4- עובר בסמוך לאוניברסיטת בר אילן.
- כביש 481 (דרך ז'בוטינסקי)- מצוי מצפון במקביל לתוואי.
- כביש 40 - בסמוך לצומת סירקין.

● **ממשק עם תחנות מטרו:**

- קישוריות לקו המטרו M1 בתחנת השלום, תל אביב.
- קישוריות לקו המטרו M3 בתחנת כפר גנים, פ"ת.

● **רכבת ישראל:** בתחום התכנית עוברות מסילות הרכבת הבאות:

- מסילת החוף המחברת בין חיפה לתל אביב- המסילה נחצית ע"י M2 במחלף השלום.
- מסילת תל אביב בני דרום- מחברת בין תל אביב ליבנה ומשם למסילת לוד. קיימת קישוריות בין M2 לרכבת ישראל בתחנת וולפסון, חולון.
- מסילת השרון – תחנת סגולה

● **רכבת קלה (רק"ל):** בתחום המטרופולין עוברים 4 קווים של הרכבת הקלה כחלק מרשת

המתע"ן – מערכת תחבורה עתירת נוסעים. קווי הרק"ל מתממשים אל קו מטרו M2 בתחנות הבאות:

- **הקו האדום-** תחנת יהודית (רק"ל) לבין תחנת החשמונאים (קו M2).
- **הקו הירוק-** ממשק בין תחנת קפלן (רק"ל) לבין תחנת הבימה (קו M2).
- **הקו הסגול-** ממשק בין תחנת אלנבי בר אילן (רק"ל) לתחנות מגן דוד ובר אילן (קו המטרו M2), ותחנת כפר גנים 2M.

● **מערך הדרכים והמסילות העתידי:** תכניות תשתית לאומית המקודמות באזור כוללות

חשמו"ל של מסילת החוף (תת"ל 18- מאושר), והוספת מסילות באיילון (מסילה רביעית, תת"ל 33- מאושר). מתוך תשתיות אלו קיימת רלוונטיות רק לתוספת התשתיות במסילת החוף המתממשת כאמור עם קו המטרו בתחנת השלום (בנקודה זו יבוצע חשמו"ל ותוספת מסילות 4, 5-6) ובתחנת וולפסון (חשמו"ל המסילה בלבד).





## פרק ב' - בחינת חלופות

### בחינת חלופות מאקרו לתוואי ולתחנות

תוואי הבחינה המוצע התבסס על דוחות הערכת חלופות שנערכו בתכנון הראשוני, ע"י חב' SYSTRA, וכלל חלופות תוואי לשלושה מקטעים שונים בקו M2.

**מקטע מערבי** - נמצאה עדיפות לחלופה A1 (צפונית) ביחס לשתי החלופות האחרות (A2, A3): בחלופה זו קיימים יתרונות חשובים מבחינת שירות: מוקדי פעילות רבים יותר, אוכלוסייה גדולה יותר, ממשק עם קווי מטרונוספים (M3 + M1), וצפי למיתון רב יותר בשימוש בכלי רכב פרטיים. כמו כן, השפעותיה הסביבתיות מתונות (מפגעים, אלמ"ג), היא מרוחקת מרדיוסי מגן של קידוחי שאיבה וכן עלות הקמתה נמוכה ביחס לשתי החלופות האחרות.



**מקטע מרכזי** - נמצאה עדיפות לחלופה B1 (תוואי מרכזי) בהשוואה לשלוש החלופות הנותרות. חלופה זו בעלת קישוריות לקו הסגול של הרק"ל, היא עוברת בשטח החשוד בזיהום קרקע ומי תהום אך במרחק קצר יותר מיתר החלופות, היא עוברת בשטח בנוי מצומצם יותר ובהתאם מקטינה קשיים סטטוטוריים, וכן לא צפויה להשפיע במידה רבה על שיקולים סביבתיים.

**מקטע מזרחי (אזור ראש העין)** - בתכנון הראשוני נמצאה עדיפות לחלופת C2 (תוואי צפוני) אולם, חלופה זו וחלופות אחרות שנבחנו במקטע זה נמצאו בעייתיות וקידומן הופסק (ראה להלן).

### שינויים שנבחנו לחלופות המאקרו הנבחרות

במהלך התכנון המוקדם נערכו סקרים נוספים, ונבחנו חלופות נוספות, ובהתאם הוכנסו שינויים בתוואי שנבחר בתכנון הראשוני.

**מקטע מזרחי (ראש העין)** - מקטע ראש העין כלל בחינה של 7 חלופות תכנון - C1, C2, C3 (נבחנו במסגרת התכנון הראשוני), שבזי, הצפונית, הדרומית והגשר העילי (נבחנו כחלק מהתקדמות התכנון).

בהתאם להשוואה שבוצעה בין החלופות השונות ניתן לראות כי כלל החלופות אינן מקיימות את התנאי המחייב לתכנון לפיו יש להמנע מסיכון לפגיעה בלתי הדירה במשאב מים מרכזי ברמה הלאומית, ובהתאם לכך אין אפשרות לקדם את כל חלופות המקטע המזרחי. מעבר לכך כולן סובלות מחסרונות משמעותיים מרובים במגוון רחב של היבטים סביבתיים ותפעוליים:



- כל החלופות שנבחנו מהוות סכנה למרחב הרגיש של אקוויפר ההר ושל קידוח המים במרחב האמור; נכון גם ביחס לחלופות תת"ק וחלופות קרקעיות.
- העדר קישוריות למערכת המטרונוספים - השפעת מקטע ראש העין על שני קווי המטרונוספים, זניחה (משותף לכל החלופות).
- יעילות שירות נמוכה משמעותית ביחס לקטעים אחרים בשל אי רציפות אורבנית לאורך מקטע זה (משותף לכל החלופות):
- נדרש מעבר ארוך בשטחים נרחבים ללא שירות אוכלוסייה כלל. ראש העין לא נמצאת ברצף אורבאני עירוני למטרופולין דן ולכן נוצר מצב של 3-6 ק"מ ללא מתן שירות לנוסעים ואף פוגיעה בזמן הנסיעה וברמת השירות.





- מקטע ראש העין צפוי לשרת רק כ-7% מהמשתמשים בקו M2 אולם תופס כ-30% מאורך הקו.
- יישום חלקי של תוואי M2 בין סירקין לתל אביב (ללא מקטע ראש העין) מהווה יישום של כשני שלישי מאורך הקו אך משמר מעל 90% מן הנוסעים בו.
- בהתאם הקו נחות משמעותית מבחינת עלות- תועלתיות ביחס למקטעי הקו האחרים



- קיימים ביקושים נמוכים במקטע ראש העין המצביעים על עוצמת פיתוח שאינה יכולה לתמוך בביצוע קו מטרו באזור זה, לעומת רמות ביקושים גבוהות במקטעים ממערב לכביש 6 (משותף לכל החלופות).
- סיכון לערכי ארכיאולוגיה חשובים (אתרים תל אפק ומבצר אנטיפטרוס) וערכים אקולוגיים בגן לאומי מקורות הירקון (המתבססים על שפיעת מי תהום באזור זה) – בחלופות C2 ושבזי.
- העדר תנאי קרקע מתאימים בשל מעבר באזור סדוק בתווך בעל חללים קרסטיים (משותף לכל החלופות).
- התכנות נמוכה למימוש בשל קונפליקטים תכנוניים משמעותיים (משותף לכל החלופות) – בשל קונפליקט חריף מול רשות המים ומשרד הבריאות (בכל החלופות), קונפליקט מול רט"ג ורשות העתיקות בשל התוויה ותחנות בגן לאומי ואתרים ארכיאולוגיים בעלי חשיבות גבוהה (חלופות C2, שבזי) וחציית תשתיות מרכזיות (גשר עילי).
- בהתאם לכל האמור לעיל (הפרה של תנאי מחייב לתכנון וריבוי חסרונות משמעותיים), הוחלט בפורום רחב שכלל את נציגי משרד האוצר, מינהל התכנון, ומשרד התחבורה, ונת"ע על ביטול מקטע ראש העין וסיום את קו המטרו M2 בתחנת סירקין צפון.



**חלופות בר אילן**- חלופת B1 הנבחרת עוברת בתחומי בני ברק. בשל קושי לייצר וודאות לתקופת הביצוע הוחלט להוסיף באזור זה חלופה נוספת בשטח רמת גן (חלופה דרומית) שתכלול בתכנית ותאפשר ביצוע הקו בתוואי חליפי.. התכנית תכלול את שתי החלופות ותאפשר את ביצוען. במידה ובשלב התכנון המפורט, לא יתאפשר ביצוע חלופת בני ברק, בסמכות ועדת המשנה להחליט על ביצוע חלופת רמת גן.



**חלופות מרכז פתח תקווה**- חלופה B1 שנבחרה בתכנון הראשוני העבירה את התוואי ברחוב אחד העם, רחוב צר יחסית ומשני בדרום פתח תקווה. באזור זה נבחנה חלופה נוספת על בסיס ציר ארלוזורוב – וולפסון העוברת בתוואי מרכזי יותר מצפון ל-B1. בהשוואת שתי החלופות נמצאה עדיפות לחלופת ארלוזורוב בשל שיקולי שירות: היא עוברת באזור בצפיפויות בינוי גבוהות, בציר מרכזי המשרת מוקדי פעילות רבים ומרכזיים יותר בעיר, בהשוואה לחלופה המקורית.



**חלופות קטע השלום- הבימה, ת"א**- חלופת A1 שנבחרה בתכנון הראשוני עוברת מצפון לתיאטרון הבימה, דרך רחוב קפלן ותחנת שרונה. כחלק מדרישות עיריית ת"א ליצור ממשק עם הקו האדום (רק"ל), נבחנו שתי חלופות נוספות העוברות בתוואי דרומי יותר על בסיס רח



הארבעה והחשמונאים. השוואת שלוש החלופות מצאה עדיפות לחלופת החשמונאים המציעה מגוון יתרונות: קישוריות מיטבית לרק"ל, היעדר פגיעה במבנים לשימור ופגיעה נמוכה יחסית במבנים (פגיעה במבני משרדים נמוכים ותיקים הניתנת לשיקום), מיקום מרכזי המשרת מוקדי עניין רבים, והיעדר קונפליקטים תכנוניים משמעותיים.

### **בחירת חלופות למיקום מתחם הדיפו**

קו המטרו M2 מכיל מתחם דיפו אחד- מתחם לוגיסטי תפעולי לרכבת בשטח של כ- 300 דונם המכיל מספר פונקציות עיקריות: מסילות דיוור, שטיפת קרונות, מתקני תחזוקה ותשתית, מסלול נסיעת מבחן ועוד. הדיפו מחובר לתוואי המטרו בעזרת שלוחת הפורטל, המבוצעת בחלקה הראשון (600 מ') בחפירה וכיסוי, והמשכה ב-400 מ' חפיר פתוח.



במהלך התכנון נבחנו מספר חלופות מיקום לדיפו בשלב התכנון הראשוני ו-17 חלופות בשלב התכנון המוקדם. החלופות נבחנו עפ"י תנאי סף לתכנון וכן בהתאם למגוון קריטריונים הנדסיים, תכנוניים וסביבתיים. רובן הגדול של החלופות נמצאו לא מקיימות את תנאי הסף וסובלות ממגרעות מהותיות ובהתאם נפסלו בשלבים מוקדמים. מתוכן אותרו שתי חלופות העומדות בתנאי הסף:

- גבעת השלושה – הממוקמת בשטח חקלאי מצפון מערב לירושב, בסמוך למפגש כביש 40 ומסילת רכבת (מסילת השרון), ומצויה כ-1,000 מ' מהתוואי, בריחוק מאזורי מגורים.
  - פתח תקווה מזרח – הממוקמת בשטח חקלאי מצפון מזרח לפתח תקווה המצוי בין התוואי החדש והתוואי המתוכנן של כביש 40, בסמוך למחלף סגולה.
- השוואת שתי חלופות אלו מצאה שלחלופת פתח תקווה מזרח יש יתרונות משמעותיים ולכן נבחרה לתכנון:



- החלופה אינה יוצרת מוקד פיתוח חדש, אלא צמודת דופן, וממוקמת בתחום מרקם עירוני, באזור הסמוך לפיתוח ומיועד לפיתוח בתכנית המתאר החדשה של פ"ת.
  - החלופה ממוקמת על אקוויפר החוף ובשולי רדיוסי מגן ג' של קידוחי אזור מקורות הירקון ובהתאם פוטנציאל השפעתה על קידוחים אלו נמוך משמעותית ביחס לחלופת גבעת השלושה. כמו כן, בימים אלו נעשה הליך ע"מ לצמצם את תחום רדיוס מגן ג' כך שניתן יהיה למקם בו פונקציות המצויות בקונפליקט עם אזור מגן ג'.
  - החלופה ממוקמת בשולי המסדרון האקולוגי ובצמידות דופן לפיתוח קיים ומתוכנן. אולם החלופה מצויה בצמידות לרצועת הנחלים שילה ומזור (מוגדרת כחלק מליבת מסדרון), אך היא כמעט ואינה פוגעת ברצועת הנחלים כיוון שמתוכננים גשרים תוך הבטחת אפשרות מעבר לבע"ח לאורך הערוץ.
- מסיבות אלו, חלופת פתח תקווה מזרח נבחרה כחלופה מועדפת, והוטמעה בתכנית.



### **בחירת חלופות מיקרו**

**חלופות לשטחי התארגנות:** תוואי המטרו M2 מכיל מספר אתרי התארגנות מסוגים שונים:



- אתרי שילוח – אתרים ראשיים, הכוללים: הכנסת TBM, משרדים ומתקנים לוגיסטיים.
- מחנות קבלן (משרדים) ושטחי עירום- שטחים אלה מיועדים עבור כלל העבודות בקו.





- שטחי התארגנות נקודתיים עבור התחנות- שטחים אלה מצויים בתחום הקמת תחנות המטרו התת קרקעיות.
  - מיקום אתרי השילוח לאורך התוואי נקבע בהתאם למאפיינים תכנוניים הבאים:
  - גודל שטח מינימאלי- בהתאם לשימושים השונים.
  - דירוג אתרי ההתארגנות במרחקים ביניהם לאורך התוואי.
  - שיקולי מקום- צמידות לתוואי ללא תכנון פיתוח עתידי: פארקים, גינות ציבוריות כיו"ב.
- לאורך תוואי M2 נמצאו שלושה אתרי שילוח העונים לדרישות התכן, ועוד אתרים נוספים המיועדים לעירום ומחנות קבלן (משרדים).

### חלופות לסוגי תחנות



כל תחנות המטרו הינן תת קרקעיות. במהלך התכנון נבחנו שלושה טיפוסים אפשריים להקמת התחנות: תחנה רחבה, תחנת אוזן ותחנת כרייה:

- תחנה רחבה- בנויה משלוש קומות (קומה טכנית, קומת כרטוס וקומת רציפים) בשיטת החפירה והכיסוי (C&C), ומאופיינת ברציף אי (מרכזי) ושתי מסילות צידיות. תחנה זו מאפשרת מחד רמת שירות גבוה, ומאידך רוחבה הנדרש (27.4 מ') הינו רחב ויוצר בעיות ביצוע במקומות בהם רוחב הדרך אינה מאפשרת חפירה מלמעלה- דורשת הריסת מבנים בהיקף נרחב וכן פיצוי בעלי זכויות קרקע.



- תחנת "אוזן"- בנויה משלוש קומות בשיטת ה-C&C כאשר מנהרה אחת עוברת בקופסת התחנה ואילו המנהרה השנייה עוברת בסמוך אליה ומחוברת בעבודה ידנית אל מבנה התחנה. שיטה זו יוצרת מבנה צר יותר מאשר בתחנה רחבה (19.7 מ'), אך היא אינה מיתרת את מרבית הריסת המבנים המצויים מעל התחנה, כיוון שמבנה התחנה מוקם באמצעות שיטת C&C- בשונה מתחנת כרייה (תיאור בהמשך), המוקמת כמעט כולה בשיטת NATM.



- תחנה בכריה – דגם זה כולל שני חלקים מחוברים ביניהם: הראשון, הוא חלל הרציפים (כולל גם מתקני כרטוס) המבוצע מתחת לרחוב בכרייה (NATM), ע"י הרחבת מנהרות המסילה (שבוצעו קודם לכן ב-TBM), וחיבורן יחד. בנוסף, מבוצע מבנה כניסה לתחנה בחפירה וכיסוי (C&C) במגרש צמוד לחלל הרציפים (אך מחוץ לתוואי המסילות). דגם תחנה זה מקטין למינימום את הצורך בהריסת מבנים ומונע את הצורך בהריסת שורות מבנים הנדרשת ביישום דגם התחנה הרחבה ברחובות צרים במיוחד. כמו כן, לטיפול זה יש יתרונות בשלב העבודות במספר היבטים- מפגעים סביבתיים (אקוסטיים ואבק), פגיעה ברקמה העירונית (חסימת צירים ופגיעה בעסקים מקומיים), ממזערת את הצורך בהעתקת תשתיות. עם זאת, החיסרון מהותי הינו בהיבט של מורכבות ביצוע כאשר קיים חוסר ניסיון הן בהיבט התכנוני והן בהיבט הביצוע עבור הקמה של תחנות מסוג זה בישראל.



לסיכום, ישנם יחסי המרה בין טיפוס התחנות השונים – בעיקר בין התחנה בכרייה לתחנה רחבה. תחנה בכרייה מקטינה למינימום הריסת מבנים, שיבושים בתפקוד הרחוב והתנועה, והשפעות סביבתיות במהלך העבודה, אך מגבירה מורכבות ביצוע כאשר ישנו חוסר בניסיון וידע בישראל



בהקמת תחנה מסוג זה. לעומתה, תחנה רחבה נוחה לביצוע בישראל- תחנות מסוג זה הוקמו בקווי הרק"ל, והן בעלות רמת שירות גבוה יותר מאשר תחנות בכרייה. עם זאת, במקרים בהם הרחוב צר דגם תחנה זה (תחנה רחבה) דורש הריסת מבנים בהיקף גדול, יוצר פוטנציאל רחב יותר לחשיפה למטרדים ומפגעים בעת ההקמה וכן שיבושים משמעותיים בתנועה ותפקוד הרחוב במהלך ביצוע העבודות. לאור יחסי המרה אלו הוחלט על שימוש בשני הטיפוסים בתכנון קו המטרו M2 – תחנה רחבה ותחנה בכרייה. במצבים בהם הרחוב רחב מספיק יבוצעו התחנות בטיפוס תחנה רחבה, וכן במצבים בהם הריסת מבנים אינה צפויה לגרום לפגיעה משמעותית ברקמה העירונית. ברחובות צרים בהם התחנה הרחבה צפויה להביא להריסת מבנים בהיקפים גדולים, יבוצעו התחנות בשיטת 'תחנה בכרייה' המייתרת את מרבית הצורך בהריסה. כמו כן, הוחלט לאפשר גמישות תכנונית בארבע תחנות- תכנון התחנה לפי דגם תחנה בכרייה אך עם קו כחול רחב שיאפשר בעתיד לתכנן גם לפי דגם של תחנה רחבה במקרה בו לא תהיה התכנות סבירה לתחנה בכרייה במקרים אלו. לאור זאת, בקו המטרו M2 הוחלט על ביצוע 5 תחנות בכרייה, 4 תחנות עם גמישות תכנונית בעדיפות לתחנה בכרייה, ו-14 תחנות לפי דגם תחנה רחבה.



דגם תחנת אוזן לא שולב בתכנית מכיוון שנמצא לא מתאים לתנאים שלאורך תוואי בקו המטרו M2.

**חלופות לשיטות ביצוע תחנות תת קרקעיות:** נבחן השימוש בשלוש שיטות עיקריות:



- **ביצוע תחנה בשיטת C&C (חפור וכסה)** – הקמת קירות דיפון היקפיים סביב התחנה (קופסא חיצונית) ולאחר מכן חפירה מלמעלה למטה בשטח הכלוא בין הקירות באמצעות כלים מכניים, ליצירת חלל התחנה. במידה והתחנה מצויה מתחת למפלס מי התהום, נדרשת שאיבת מי התהום לאורך כל תקופת ההקמה.

יתרונות:

- טכניקת הקמה מקובלת ובעלת ניסיון בישראל.
- קיימת גמישות למיקום כניסות התחנה במרחב.
- תבנית קבועה לתחנה- אחידות לאורך הקו.

חסרונות:

- מחייבת הריסת מבנים המצויים בתחום התחנה.
- סגירת רחובות והסטות תנועה במשך זמן ההקמה.
- העתקת תשתיות משמעותית בתחומי התחנה.
- מפגעים סביבתיים- רעש ואבק.
- פגיעה בעסקים מקומיים.
- נדרשת השפלת מי תהום לאורך זמן חפירת התחנה.



- **ביצוע תחנה בשיטת כרייה NATM (New Austrian Tunneling Method)** - בשיטה זו מבוצעת התחנה באמצעות כרייה קונבנציונלית – בתחילה נחפר פיר כניסה אנכי לצד מיקום התחנה ומנהרה קצרה יחסית המקשרת אותו אל אתר כריית מבנה התחנה,







ולאחר מכן נכרה מבנה התחנה עצמה במגרש צמוד כאשר מנהרת הגישה משמשת להבאת חומרי בניה והוצאת עודפי החפירה.

#### יתרונות:

- לא נדרש לבצע סגירת רחובות והסטות תנועה במשך זמן ההקמה.
- הריסת מבנים מצומצמת.
- העתקת תשתיות מצומצמת- קיימת גמישות בצורת התחנה.
- צמצום מפגעים סביבתיים- רעש, אבק.
- צמצום פגיעה בעסקים מקומיים.

#### חסרונות:

- דורשת קבלן ומתכנן בעלי ניסיון בהקמה בשיטה זו.
- קיים סיכון גדול יותר בהקמת מנהרה לעומת חפירה וכיסוי.
- נדרשת השפלת מי תהום לאורך זמן הכרייה.
- נדרשים תנאים גיאולוגיים המאפשרים כרייה בשיטה זו (ע"מ למנוע התנזלות קרקע)- שיטה זו מחייבת שיפור קרקע בהיקפים גדולים מתחת למפלס מי התהום.

לסיכום, בקו המטרו M2 הוחלט בשלב הראשוני לתכנן תחנות בשיטת ה-C&C לכל אורך התוואי. בהמשך, לאור הכמות הגדולה של המבנים הנדרשים להריסה וכן הפקעת חלקות נרחבת כתוצאה מהקמת התחנות ברחובות צרים (הוחלט להקים תחנות בשיטת NATM ברחובות אלו, ובכך למזער את פוטנציאל הנזק שהוזכר. בקו M2 יתוכננו 9 תחנות בשיטת NATM, ויתר התחנות בשיטת C&C.

#### חלופות לשיטת ביצוע כריית מנהרות:

כריית מנהרות יכולה להתבצע באופן עקרוני עפ"י שלוש שיטות חלופיות:

- **שיטת חפירה וכיסוי (C&C - Cut & Cover)**- חפירה מלמעלה של כל תוואי המנהרה, הקמת המבנה וכיסויו.
- **שיטת NATM (New Austrian Tunneling Method)**- הכנסת מחפרונים וכיוב' וציוד בנייה דרך פירי שילוח צידדיים ומנהרות קישור קצרות לטובת כריית חלל התחנה.
- **שיטת TBM**- שיטה זו מאפשרת כריית מנהרות באופן תת קרקעי (מינימום השפעה בפני השטח), ובמהירות יחסית (ביחס לשיטת ה-NATM).

תוואי המטרו מתאפיין בסביבה אורבנית צפופה. לאור זאת, שיטת ה-C&C בה מבוצעת חפירה של המנהרות מלמעלה למטה נפסלה על הסף, כיוון שהיא מביאה להרס פני השטח בהיקף נרחב. בשיטת ה-NATM קצב החפירה הינו איטי מאוד (1-2 מ' ליום), והיא יקרה מאוד ביחס לשיטת ה-TBM. מסיבות אלו, שיטת ה-TBM נבחרה להקמת התוואי המתוכנן. עם זאת ה-NATM אינה מוגבלת מבחינת רדיוסי עבודה (פניות), ולכן יבוצע בה שימוש נקודתי בקטעים שאינם מתאימים ל-TBM.





### חלופות למיקום מפלגים:

מפלגים הם מתקני מסילה המאפשרת העברת רכבת ממסילה אחת למסילה השניה – ובהתאם כוללים מסילה אלכסונית המקשרת בין שתי המסילות ומתקני החלפה המעבירים את הרכבת ממסילה אחת לשניה. המפלגים נועדו למטרות תפעוליות שונות דוגמת: העברת רכבות בתוואי העוקף קטע תוואי בו ישנה תקלה, וויסות עומסי תנועה חריגים בכיוון מסויים.

מיקום המפלגים נקבע באפיון התפעולי של הקו שהועבר מהיזם (תוכנן ע"י SYSTRA), והוא נקבע בהתאם לאפיון התפעולי ולמגבלותיו: מגבלת תוואי אופקי ואנכי, מיקום בסמוך לשתי תחנות הקצה (וולפסון וסירקין) ע"מ לאפשר החלפת כיוון הרכבת טרם כניסתה לתחנה, מיקום מפלגים במוקדים מרכזיים לאורך התוואי ע"מ לאפשר מעקפים ושינויים בתנועה במצבי חירום, מיקום מפלג המאפשר כניסה לדיפו משתי המסילות.



חלופות לשיטות הקמת המפלגים זהות לשיטות הקמת התחנות, אך בתוואי M2 הוחלט להקים את כל המפלגים שמתחת לשטחים בנויים (מגורים, מוסדות וכד') בשיטת NATM על מנת להימנע מהריסת מבנים ושיבושי תנועה ברחוב, למעט פיר במידות 10X10 מ' שיוקם בשיטת C&C לצורך הכנסת/הוצאת ציוד וחומרי כרייה. פיר זה ישמר וישמש בשלב התפעול לצרכי אוורור ומילוט בחירום (לאחר התאמת גודל הפתח למקובל לצורך זה). מפלגים הממוקמים מתחת לדרכים או שטחים פתוחים ניתן יהיה לבצע באחת משתי השיטות (יקבע בתכנון המפורט).

### עקרונות לקביעת אמצעי מילוט:

אמצעי המילוט מתוכננים בהתאם למפרט התפעולי של נת"ע. אמצעי הבטיחות העיקרי עבור מילוט מהמנהרות הראשיות בהן עוברות המסילות הוא מנהרות מקשרות (Cross Passages) המיועדות לשמש כמעברים בין שתי מנהרות המטרו בזמן חירום. במקומות בהם לא ניתן יהיה למקם מנהרות מקשרות, יבוצעו פירי חירום אנכיים שיאפשרו מילוט לפני השטח. המנהרות המקשרות יבוצעו בשיטת NATM, ופירי המילוט יבוצעו בשיטת C&C. בהתאם להנחיות הבטיחות המרחק בין המנהרות המקשרות/פירי מילוט יעמוד על 250 מ', וסה"כ יבוצעו כ-70 אמצעי מילוט כאלה (חלקם מנהרות מקשרות וחלקם פתרונות אחרים – פירי מילוט וכד') לאורך הקו.



### תיאור התכנית וסביבתה

#### תיאור מרכיבי התכנית

- **תחנות מעבר עם קווי מתע"ן** - מערכת המטרו מכילה בנוסף לקו M2, גם קווי מטרו נוספים - M1 ו-M3. חיבור לקו M1 קיים בתחנת השלום, ואילו חיבור לקו M3 קיים בתחנת כפר גנים, פ"ת. קישוריות לקווי הרק"ל קיימים במספר מקומות:
  - קו סגול- תחנת כיכר מגן דוד, תחנת בר אילן ותחנת כפר גנים.
  - קו ירוק- תחנת הבימה.
  - קו אדום- תחנת החשמונאים.
- **תחנות נוסעים לאורך התוואי** - במסגרת התכנית מתוכננות 24 תחנות (23 מתוכן תת קרקעיות ועוד תחנה עילית בסמוך למתחם הדיפו) בין תחנת וולפסון (מערבית) לבין תחנת סגולה (מזרחית). מיקום תחנות הנוסעים תוכנן בהתאם למרקם האורבני, מוקדי





הביקוש, קישוריות לרשתות תחב"צ והנגשתם לציבור הרחב. הכניסות לתחנות יהיו נגישות.

- **דיפו-** מתחם התפעול והתחזוקה של קו M2. המתחם מצוי בחלופת "פתח תקווה מזרח", על שטח של כ-300 דונם, מצפון לכביש 483 ומזרח לכביש 40 הקיים.
- **פורטל-** הינו מעבר המחבר בין החלק הקרקעי (פני השטח) לחלק התת-קרקעי של המסילה. חיבור הדיפו לתוואי נעשה באמצעות מסילה מקשרת (פורטל) באורך של כ-1000 מ' המבוצעת בחפיר וכיסוי (600 מ' ראשוניים) ו-400 מ' בחפיר פתוח) עד לחיבורו עם הדיפו.



- **תוואי המטרו-** התוואי מורכב משלושה מקטעים שונים :

- מקטע מזרחי- מתחיל בתחנת וולפסון בחולון ומסתיים בתחנת כיכר נוגה, גבעתיים. המקטע מכיל 9 תחנות, ונמצא בלב האזור המטרופוליני של תל אביב. מקטע זה משרת אזורי פעילות רבים ומרכזיים כדוגמת- בית החולים וולפסון, מכללת תל אביב, תיאטרון הבימה, קניון השלום ועוד.
- מקטע מרכזי- מתחיל בתחנת כצלנסון גבעתיים ומסתיים בתחנת פתח תקווה מזרח (צומת סירקין). במרחב אוניברסיטת בר אילן התכנית מאפשרת שתי חלופות- צפונית (בני ברק) ודרומית (רמת גן). מקטע זה משלב בתוכו 12 תחנות.
- מקטע מזרחי- רובע סירקין, פתח תקווה. מקטע זה מכיל 3 תחנות- 2 תחנות מצויות ברובע המתוכנן במתחם סירקין (תחנות סירקין דרום וסירקין צפון), וכן תחנת סגולה המצויה בתחום הדיפו- "פתח תקווה מזרח".



- **חתכי אורך-** תוואי המטרו עובר במלואו במרחב התת קרקעי, למעט מתחם הדיפו והפורטל, שם הוא חשוף לאורך של כ-600 מ' בחפיר פתוח. עומק מנהרות המטרו ביחס לפני השטח בקטע התת קרקעי נע בין 43 מ' (קצה הקו – תחנת וולפסון חולון) לבין כ-21 מ' (תחנות נס לגויים, שלבים, הרב לוי, כפר גנים), ו-22 מ' בתחנת סירקין צפון. התוואי תוכנן לפי שיפוע מקסימלי של 4%. בקצה הצפון מזרחי עולה הקו למפלס הקרקע ומסתיים בתחנת סגולה, פתח תקווה, תחנה עילית הסמוכה לדיפו.

- **חתך רוחב-** חתך הרוחב בנוי משתי מנהרות סמוכות ומקבילות, המכילות מסילה אחת בכל אחת מהן. קוטר (חיצוני) כל מנהרה הוא כ-7.5 מ' והמרחק בין שתיהן כ-6 מ'.

#### תיאור עבודות שנעשות מחוץ לרצועת התוואי-

- העתקת תשתיות ושינויים בהסדרי תנועה- עבודות הקמת תוואי המטרו יכללו עבודות תת קרקעיות (כריית מנהרות) וכן עבודות עיליות לטובת הקמת התחנות, המפלגים והדיפו. עבודות בפני השטח מצריכות העתקת תשתיות (יתואמו במסגרת התכנון המפורט) וכן סגירת רחובות.

- הקמת אתרי התארגנות- עבודות ההקמה מצריכות מספר אתרי התארגנות שימוקמו לאורך התוואי- אתרי שילוח (למכונת ה-TBM), שטחי עירום, מחנות עבודה, אחסנת כלים ועוד.



- הקמת מסדרונות חשמל ומתקנים נלווים- בהתאם להחלטת נת"ע, חיבור החשמל למטרו יבוצע במתח עליון (אולם מושארת גמישות לחיבורו במתח גבוה באם יוחלט על כך



בתכנון המפורט), ובהתאם התכנית תכיל שני תחמשים הממוקמים בצמידות לקו מתל עליון, ומסדרונות קצרים לחיבור התחמשים לקו המטרו. כמו כן, יש לציין כי התכנית מאפשרת את שתי שיטות הביצוע (עליון או גבוה), וככל שתשונה ההחלטה בנוגע לחיבור החשמל למטרו (מתח גבוה למשל), תוגש תכנית משלימה.

### **פירוט המידע הנדרש לקראת שלבי התכנון המתקדמים-**

סעיף זה מציג את המשך התכנון הסביבתי הנדרש משלב אישור התת"ל ועד לביצוע:

**אינפרא 1-** תהליך ההקמה של מרכיבי ההנדסה הכבדה של הפרויקט (כריית המנהרות וחפירת התחנות). לעת שלב זה יוכנו מסמכים סביבתיים אשר יתייחסו לעבודות מקדימות, הנדסיות ולהקמת תשתית הרכבת. המסמכים יכללו מספר היבטים: אתרי התארגנות, רעש ורעידות, זיהום קרקע, עודפי עפר, תנועה, הידרוגיאולוגיה ואבק. מסמכי הביצוע לשלב ההקמה יוגשו לאישור הגורם הסביבתי המוסמך, וכן לעת שלב הביצוע, יוקם מערך פיקוח סביבתי נרחב- מטעם נת"ע, ניהול הפרוייקט והקבלן המבצע.



**אינפרא 2-** שלב ההתקנה של כלל המערכות הרכבתיות- מסילות, איתות, חישוב ועוד. לקראת שלב זה יש לבצע את כלל הניתוחים הסביבתיים לשלב הפעלת המטרו. לקראת שלב התפעול יוכן מסמך סביבתי לשלב ההפעלה אשר יוכיח עמידה בקריטריונים הנדרשים שפורטו בתסקיר השפעה על הסביבה או קריטריונים התקפים לעת התכנון המפורט.

### **תוואי המסילה**

**הצגת קריטריונים הנדסיים-** מסילות המטרו יתוכננו לתנועת רכבות ברוחב 2.8 מ' ובאורך של כ- 109-127 מ' (8 קרונות), ויעמדו בקיבולת נוסעים ממוצעת של כ-1000 נוסעים לרכבת. תחנות המטרו תוכננו באורך ברוטו של כ-193 מ' ובמרחקים של כ-1.5-1 ק"מ לאורך התוואי. תוואי המסילה תוכנן בהתאם לקריטריונים העומדים בתקני הרדיוסים האופקיים ואנכיים, וכן בהתאם לשיפועים בתחנות.



**תיאור המנהרות-** קו מטרו M2 הינו מערכת מסילות תת קרקעית באורך של כ-24 ק"מ (בניקוי אחת מחלופות בני ברק-ר"ג שלא תבחר לביצוע) המצוי בחלקו מתחת למפלס מי התהום של אקוויפר החוף. התוואי הבנוי משתי מנהרות ראשיות מקבילות המצויות במרחק של כ-6 מ' אחת מהשנייה, בעלות קוטר חיצוני של 7.5 מ' וקוטר פנימי של כ-6.5 מ', והן נעות בעומקים ממוצעים של 25-55 מ' מתחת לפני השטח. מערכת מנהרות המטרו יכלול מספר מתקנים ומערכות, וביניהם מערכת אוורור ובטיחות במצבי חירום- מערכת לוויסות הטמפר' לאורך כל שעות היממה בדגש על שעות העומס, וכן מערכות בטיחות לחירום לפינוי עשן במהלך שריפה.



כריית המנהרות מבוצעת באמצעות מערכת ה-TBM, המשולחת לתת הקרקע באמצעות פירי שילוח. מערכת זו מסוגלת לעבוד מתחת למפלס מי התהום כאשר היא מונעת חדירת מים לתוך חלל המנהרה הנכרית, ולכן לא נדרשת השפלת מי תהום במהלך הכרייה. קצב התקדמות הכרייה צפוי להיות כ-10 מ' ליום, כאשר העבודות יבוצעו ללא הפסקה במהלך כל ימות השבוע.

נוסף לשתי המנהרות הראשיות, יבוצעו מנהרות מקשרות (מעברי חירום) לאורך התוואי – מנהרות קצרות המקשרות בין שתי המנהרות הראשיות. במקומות בהם לא ניתן לבצע מנהרות מקשרות, יבוצעו פירי חירום אנכיים שישמו כאמצעי מילוט לפני השטח. לאורך התוואי מתוכננים אמצעי מילוט בדירוג של כ-250 מ' ביניהן- סה"כ כ-70 מילוט לאורך הקו סה"כ. חפירת המנהרות המקשרות תבוצע בשיטת NATM ובאופן רציף על מנת למזער את עיוותי ושקיעות הקרקע. שיטה





זו מצריכה שיפור קרקע (jet grouting) באמצעות הזרקת חומרים ממצקים (דיוס) או הקפאה בתת הקרקע, לפני תחילת הכרייה על מנת להבטיח את יציבות הקרקע והאיטום בין שתי המנהרות הראשיות. בנקי שבהן לא ניתן להקים מנהרות מקשרות, יוקמו פירי מילוט אנכיים אשר יקשרו את המנהרות הראשיות לפני השטח ויוקמו בשיטת C&C.

**מפלגים** – מסילות מקשרות למעבר רכבות ממסילה אחת לשנייה במצבי תקלה וצורך תפעולי. הקמתם תבוצע בשיטה הקונבנציונלית NATM. בתוואי M2 מתוכננים לקום 12 מפלגים- שני מפלגי קצה (תחנות הקצה) ו-10 מפלגים במרכז התוואי.

### תחנות



במסגרת קו המטרו M2 מתוכננות 24 תחנות (23 תחנות תת קרקעיות ותחנה עילית- תחנת סגולה), מתוכן יבוצעו 21-22 תחנות כאמור (2-3 תחנות מתיירות בהתאם לחלופה שתבחר באזור בני ברק רמת גן), שמיקומם נקבע בהתבסס על מאפייני המרקם האורבני, מוקדי ביקוש, ונקי קישור בין מערכות התחבורה הציבורית הקיימות והמתוכננות.

לאורך הקו מתוכננות 2 טיפוסי תחנות- 'תחנה רחבה' ו-'תחנת כרייה' המכילות כל אחת מהן קומה טכנית, קומת כרטוס וקומת רציפים. התחנות בעלות רציף מרכזי ושתי מסילות מקבילות, כאשר רוחבן הוא כ-27.4 מ' (תחנה רחבה) ו-18 מ' (תחנת כרייה), ואורכן כ-170 מ'. כלל התחנות מאפשרת רמת שירות גבוהה- רמת שירות C ומעלה, ובכל אחת מהן מתוכננות 1-4 כניסות- מבני כניסה המצויים בפני השטח ובראשם מערכת אוורור. התחנות יכילו מספר אלמנטים וביניהם: חדרי חשמל, אוורור, שליטה ותקשורת, חדרי ביטחון, מים ועוד. כלל התחנות יותאמו לבעלי מוגבלויות ויבטיחו את נגישותן בהתאם לתקנות.

**הצגת עקרונות פיתוח אורבני-אדריכלי של הכניסות לתחנות**- תכנון התחנות יבוצע עפ"י העקרונות הבאים, המיועדים לשלבן במרקם האורבני הקיים וכן לעודד ולייצר זמינות של המרחב האורבני בשטחים המיועדים לפיתוח עתידי:



- קישוריות למוקדי עניין- מיקום בקרבת מוקדים מרכזיים.
- קישוריות לתחבורה ציבורית, שביל אופניים והולכי רגל.
- שירות לקהלים גדולים ונגישות לכלל הציבור, כולל בעלי מוגבלויות.
- שימור עצים – שימור מרבי של צמחיה קיימת בעל ערכיות נופית והיסטורית.
- שיפור חזות הרחוב (בסביבת התחנות): חתך רחוב נעים- ריצוף, ריהוט ועצי רחוב.
- מדרכות רחבות- רחבות ונגישות לזרימה חופשית של אנשים בגישות לתחנות.
- נגישות לתחנות ע"י כניסות/יציאות ברורות, נוחות ונגישות למשתמשים.
- שבילי אופניים- קישוריות מיטבית, תוך הפרדה בין הולכי רגל ואופניים.
- גינון- צמצום אספלט רחוב.
- ייחוד אדריכלי- יצירת זהות ייחודית למבנה הכניסה למטרו.
- שילוב מבנה הכניסה עם סביבתו- היבטים של גודל ועיצוב אדריכלי.
- הריסת מבנים- מזעור בהריסת מבנים קיימים, לצורך הקמת התחנה ככל הניתן.
- הצללה מרבית לצורך נוחות אקלימית בגישות וברחבות ע"י נטיעות וקולונדות.







### מערכות אנרגיה ותשתיות נלוות

מערכות החשמל למטרו מתוכננות לפי הזנה במתח עליון – בחיבורים שיתוכננו ויבוצעו ע"י חח"י. ככל שתשונה ההחלטה בנוגע לחיבור החשמל למטרו (מתח גבוה למשל), תוגש תכנית משלימה. מערכות החשמל כוללות חדרים טכניים וחדרי חשמל בתחנות, מערכות חשמל נייחות לאורך התוואי להזנת הרכבות, קווי חשמל ומערך חירום שיכלול גנרטורים ומתקנים מגבים (במבני התחנות ובדיפו) וכן שני תחמ"שים. מערכות מתח גבוה כוללות שני מרכיבים עיקריים- מערכת חשמול מטרו המיועדת להנעת המטרו, ומערכת שירותי חשמל המיועדת לאספקת חשמל לתחנה ולמנהרה.



כיוון שתוואי המטרו הינו תת קרקעי, ובהתאם לא קיימים שיקולי בטיחות להולכי רגל, תבוצע הזנת הכח לקטרים באמצעות חיבור תחתי המייתר את הדרישה לתשתית תלויה ועמודים. ההזנה התחתית יכולה להתבצע בשיטת ה- 3rd rail או ה- 4th rail. שיטת הפס השלישי נחשבת כבטיחותית יותר בהיבט של השפעת שדות אלמ"ג עם חיסרון של היווצרות זרמים תועים דרך פסי הרכבת לאלמנטים מתכתיים סמוכים. לעומתה, שיטת הפס הרביעי אינה יוצרת זרמים תועים, אך היא מגדילה את השפעת השדות האלקטרומגנטיים. ההחלטה בנוגע לאופן שיטת חשמול המטרו תיקבע בשלב התכנון המפורט.

### דיפו



דיפו בתוואי M2 - קו המטרו M2 מכיל דיפו אחד באתר "פתח תקווה מזרח" שבקצה המזרחי של הקו, המצוי כ- 100 מ' מאזור עירוני בצפון מזרח פתח תקווה. האתר ממוקם על שטח חקלאי ברובו ובשוליו על הערוצים הקיימים של הנחלים שילה ומזור. בתחום החקלאי לא קובעות תכניות סטטוטוריות ארציות, מחוזיות ומקומיות מגבלות משמעותיות על הפיתוח והוא מיועד כשטח לפיתוח עירוני המצוי בצמידות דופן לפיתוח קיים ומתוכנן. השוליים המזרחיים והצפון מזרחיים של המתחם ממוקמים בסמוך לערוצי הנחלים שילה ומזור בהם קובעות תכניות סטטוטוריות ארציות ומחוזיות מגבלות משמעותיות על הפיתוח. שוליים אלו מיועדים בתמ"א 1 נחלים כעורקי ניקוז, כ-י"ער פארק', ובתמ"מ 10/3 כרצועת 'זרוע טבעית' המיועדת כפארק לינארי בו נשמרים הערכים האקולוגיים.



שלבי ביצוע הדיפו - הקמת הדיפו תתבצע בשני שלבים: הכשרת השטח ועבודות חפירה וביסוס. לוחות הזמנים לביצוע בניוי הדיפו צפויות להיות כ-3-4 שנים לאחר השלמת שלב הכשרת השטח. עקרונות תכנון נופי אדריכלי - מיתון והסתרת הגדר ההיקפית באמצעות נטיעות וצמחיה מתאימה, ושמירה על שיפועים מתונים ככל הניתן בדרך הגישה להשתלבות מירבית בנוף השדות הפתוח ונטיעת עצים לאורכה.

פורטל בכניסה לדיפו - הפורטל הינו מעבר המחבר בין החלק הקרקעי (פני השטח) לחלק התת-קרקעי של המסילה. הפורטל היחיד בקו ממוקם בקצה הדרום מזרחי של הדיפו. הוא מורכב מחפיר פתוח באורך כ- 600 מ' בשטח החקלאי שמצפון מערב לגבעת השלושה, ונקודת יציאה לקרקע בצמוד לדיפו ולתחנת הקצה 'סגולה'.

משמעות מיקום הדיפו ביחס למשטר הניקוז - הדיפו מתוכנן בתחום פשטי ההצפה של הנחלים שילה ומזור. תכנון מערכת הניקוז עבור מתחם הדיפו, מושפעת מסביבתו הקרובה לרבות ניקוז כביש 40 המתוכנן המנוקז לנחל שילה, ובהתאם נדרש תיאום תכנון מערכת ניקוז עבור כביש זה.







**סקר עצים בדיפן**- סקר עצים מצורף בנספח 7- "סקר עצים בדיפן". הסקר כלל סקירה של 342 עצים במרחב הדיפן שבאתר פתח תקווה מזרח, כולל התוואי העילי של השלוחה והפורטל בו הוא יוצא. נמצאו סה"כ 168 עצים (49%) המיועדים לשימור ו-174 עצים (51%) המיועדים לכריתה.

**נתוני תפעול ותנועה**- האפיון התפעולי של הקו המתוכנן תוכנן ע"י חברת SYSTRA, וכלל אומדני נתונים תפעוליים ממוצעים בשעות שיא ולאורך היממה, וכן נתוני כמויות נוסעים בשעות העומס ותדירות רכבות לפי שעות. מהירות הנסיעה המירבית המתוכננת על פי חלוקה למקטעים השונים לאורך התוואי הינה פונקציה של רדיוס העיקול בכל מקטע ושל אורך הרכבת, והיא צפויה לנוע בין 40 עד 80 קמ"ש בכל מקטע. בשלב התכנון המפורט, מהירויות הנסיעה המדויקות יחושבו עבור כל מקטע בנפרד.



### **עקרונות עבודות ההקמה ושלבי ביצוע**

**שיטת ההקמה של מנהרות המסילה הראשיות**- בתחום התכנית מתוכננות ככלל שתי מנהרות מקבילות ראשיות המופרדות זו מזו ברצועת קרקע/סלע טבעית. תהליך כרייתן מתחיל בחפירת פירי השילוח, להורדת מכונת ה-TBM וציוד נלווה. עבודות הכרייה של הפיר דומות לביצוע התחנות וכוללות הקמת קירות סלרי (כולל השפלת מים באתרים מתחת למפלס מי תהום) חפירה מלמעלה למטה, הוצאת חפורת, אחסונה באופן זמני באתרי ההתארגנות, והעברתה ליעדי פינוי מורשים בהתאם לאיכות החומר המפונה.



לאחר הורדת ה-TBM לנקודת ההתחלה, מורכבת המכונה לקראת השלמת הפיר. לאחר ההצבה מופעלת המכונה וכורה את המנהרה ללא הפסקה בקצב התקדמות ממוצע 10 מ' ביום, תוך כדי פינוי חומרי החפירה לאחור. במנהרה הנוצרת מותקנות תוך כדי התקדמות טבעות בטון טרומי מזויין, המחוברות בחיבורים אטומים למים, ויוצרות את השרוול הפנימי של המנהרה. הכרייה מבוצעת בשיטת EPB המונעת כניסת מים אל החפירה בקטעים מתחת למי התהום.

**הקמת מנהרות מקשרות** - המנהרות המקשרות יוקמו באחת מהשיטות הבאות או תמהיל ביניהן:

- ביצוע תת קרקעי- מצריכה ייצוב קרקע (jet grout) מפני השטח ונמשכת כחודשיים.
- ביצוע קרקעי- מצריכה התייחסות למנהרות כאל תחנות ומבוצעות בהתאם, רק בסדר גודל קטן יותר. משך ביצוען כחצי שנה.



**הקמת פירי שילוח**-מטרת הפירים היא הורדת והרכבת חלקי מכונת ה-TBM ופינוי החפורת במהלך כריית המנהרות. במהלך חפירת כל אחד מהפירים מדפנים את קירות הפיר בקירות סלרי במטרה למנוע חדירת מים (מי תהום או מי נגר). משך כריית הפיר ובנייתו נמשכת כשנה.

**הקמת מנהרות מקשרות**- עבודות החפירה של המנהרות המקשרות (מנהרות מעבר) יבוצעו בשיטת NATM מסיבות מעשיות של עבודות הבנייה וכן על מנת לצמצם שהות על-פני הקרקע.

**השפלת מי תהום**- הורדת מפלס המים בכל שטח התחנה אפשרית על ידי שאיבה אינטנסיבית במערך קידוחים, הכולל עשרות קידוחים (20-30) בכל תחנה. ההשפלה נדרשת החל מהשלב בו עומק החפירה מגיע קרוב לפני מי התהום ועד השלב בו מסתיימת יציקת הרצפה עבודות האיטום וכיוב'. המים הנשאבים מסולקים בהתאם למיקום הנקבע בתיאום עם תאגיד המים המקומי, רשות הניקוז ורשות המים.



במקטעים מסויימים (פיצולי מסילה, מפלגים) תתכן חציבה בשיטת NATM. שיטה זו דורשת ביצוע בתנאים "יבשים", כלומר, במקטעים בהם מתוכננת חציבה בשיטת NATM מתחת מפלס



מי התהום תדרש השפלת מים. נפחי המים שידרשו לשאיבה יהיו גדולים מנפחי המים הנדרשים להשפלה בתחנה רחבה.

שלבי ביצוע- שלבי ביצוע הקמת התוואי התת קרקעי הינם עקרוניים בשלב זה:

- קידוח ויציקת קירות סלארי בתחנות ואתרי השילוח.
- כריית מנהרות באמצעות TBM.
- התקנת תשתיות חישמול ושלבי גמר- אינפרא 2.

הסדרי תנועה זמניים- פרויקט המטרו מבוצע ברובו בתת הקרקע, מלבד מתחם הדיפו והקמת התחנות, המפלגים ואתרי השילוח, דבר המצריך הסדרי תנועה זמניים. במסגרת הסדרי התנועה ישמרו ההנחיות שלהלן:

- שמירת זרימת תנועה חופשית.
- הולכי רגל, אופניים ובעלי מוגבלויות- יושם דגש על שמירת שבילים מותאמים.
- תחבורה ציבורית- שמירת גישת המשתמשים לתחבורה ציבורית.

הסדרי תנועה סופיים- כל תחנה תתממשק עם אמצעי תחבורה משלימים במידה מיטבית- אוטובוסים, קווי רק"ל, שבילי אופניים ועוד.

המלצות ראשוניות למניעת מפגעים בעת עבודות ההקמה- כחלק מההמלצות למניעת מפגעים בעת עבודות ההקמה, ישנה התייחסות למספר נושאים:

- מיקום אתרי התארגנות- לשטח לוגיסטי זה עלול ליצור מפגעים סביבתיים של רעש ורעידות, מטרדי אבק, פגיעה ברצף האורבני והפרעות להולכי רגל. על מנת למזער פגיעה, האתר יתוכנן קרוב ככל הניתן לאתר הבניה, ויחויב לעמוד בכל קריטריוני הסביבה המחייבים.
- אחסון חומרים מסוכנים- חומ"ס יאוחסן בכמות קטנה שלא תדרוש היתר רעלים. על הקבלן לעמוד בכל דרישות המשרד להג"ס, שירותי כיבוי אש וכיו"צ.
- מניעת זיהום מי תהום- ינתן דגש למניעת חלחול ודליפות של מאצרות שמן, שפכים סניטריים ותשטיפים מקרקע מזוהמת.
- מניעת מטרדים- הקבלן יגבש תכנית לניהול סביבתי שתכלול פעולות ואמצעים למניעת מפגעי רעש ורעידות, מפגעי אבק, מענה לאירועים סביבתיים, הכשרת עובדים ועוד.
- תפקוד עירוני תקין- הקבלן יגבש תכנית להסדרי תנועה זמניים לעת ביצוע עבודות ההקמה.

הערכת אזורים רגישים בעת עבודות ההקמה- אזורים הרגישים למטרדים והשלכות סביבתיות בשלב עבודות ההקמה נחלקים לשניים- אזורי סביבה טבעית ואזורי סביבת אדם. כיוון שתוואי המטרו עובר ברובו בסביבה עירונית צפופה, ניתן לסווג את כל האזורים הסמוכים למתקנים עיליים כאזורים בעלי רגישות סביבתית. אזור הדיפו, המצוי בסמוך לנחל שילה ומזור יסווג גם כן כאזור רגיש, הסמוך לרדיוסי מגן של קידוחי שאיבה.

תיאור מבנים להריסה- כאמור, עבודות ההקמה של התחנות מתבצעות בחלקן בפני השטח, ובהתאם דורשים (בעת הצורך) הריסת מבנים. בהקשר זה לאור הבדיקות שנערכו הוחלט כי 5





תחנות יבוצעו בדגם תחנה בכריה, 14 תחנות יבוצעו כתחנה רחבה, ובארבע תחנות נוספות תתאפשר גמישות – עם עדיפות לדגם תחנה בכריה, אך ניתן יהיה לבצען כתחנה רחבה, כאשר ההחלטה עבור תחנות עם גמישות תכנונית תתקבל לקראת התכנון המפורט לביצוע.

כמות המבנים להריסה תשתנה בהתאם לדגם שיבוצע בתחנות בהן הושארה גמישות, ולחלופה שתבחר בתכנון המפורט באזור בני-ברק רמת גן.

מרבית המבנים המיועדים להריסה הינם מבני מגורים בעלי תוקף סטטוטורי קיים. בשלב זה לא ידוע על מבנים המכילים אסבסט, דבר שייבדק כחלק מהתכנון המפורט.

תיאור העבודות להקמת מנהרות מקשרות ופירי מילוט - הקמת מנהרות מקשרות ופירי מילוט תבוצע בכרייה פנימית (NATM) עבור מנהרות מקשרות, ו-C&C עבור פירי מילוט. ההשפעות



הסביבתיות הצפויות מהקמתם צפויות להיות פחותות יותר מאשר הקמת התחנות. במקומות שבהם הפירים/מנהרות צפויות להיבנות מתחת למפלס מי התהום, תדרש השפלת מים לאורך כל שלב ההקמה או לחילופין דיוס לאיטום הקרקע. תהליך הדיוס מונע חדירת מים לתווך הנחצב ע"י הזרקת בטון בלחץ גבוה לייצוב הקרקע.

תיאור העבודות להקמת מפלגים - אתרי המפלגים שמתחת לאזורים בנויים יבוצעו בשיטת ה-

NATM, ובהתאם ההשפעות הסביבתיות הכרוכות בהקמה הינן פחותות יותר מאשר בשיטת C&C היוצרת פוטנציאל למפגעים סביבתיים של: אבק, רעש, רעידות, השפלת מים (במידת הצורך), עודפי חפירה, הריסת מבנים וחסידת צירים. לעת התכנון המפורט יוגש נספח סביבתי-אקוסטי לעבודות למניעת מפגעים. מפלגים באזורים אחרים (מתחת לדרכים, שטחים פתוחים וכד') יבוצעו ב-NATM או ב-C&C (יוחלט בתכנון המפורט).



### שטחי התארגנות

שטחים אלו הם נדרשים כמרכיב חשוב בהליך הקמת תוואי המטרו, והם פזורים לאורך התוואי. שטחי ההתארגנות נחלקים למספר קבוצות: שטחי שילוח, מחנות קבלן, שטחי עירום ואתרי הקמת התחנות והמפלגים. דרכי הגישה לאתרים יתבססו על דרכים קיימות, וישולבו במערך הסדרי התנועה הזמניים.

אתרי השילוח יכילו שטחים לקליטת חפורת (שטחי עירום), כאשר חישוב כמויות חומרי החפירה עומד בקירוב על כ- 6,762,000 מ"ק, ובהתאם יידרש פיתרון רחב היקף לקליטת החומר הנכרה.



בהתאם למתודולוגיית הטיפול בעודפי החפירה, החפורת תיערם בשטח לעירום זמני (48 שעות), יבוצע דיגום לקביעת איכות, והיא תפונה ליעד פינוי סופי בהתאם לאיכותה. קרקע מזוהמת שתידגם, תפונה לאתרים ייעודיים שאושרו ע"י המשרד להג"ס לקליטה וטיפול בהתאם לסוגם וריכוזם.

נוסף לחפורת המוצאת מהמנהרות, במקומות מסויימים לאורך התוואי תבוצע גם שאיבת מים במסגרת השפלת מי תהום. יעדי סילוק המים יקבעו בהתאם לדו"ח סילוק מים, כתלות בממצאי הדיגום ובתיאום עם הגורמים הרלוונטיים. בתוואי M2 תידרש השפלה ב-12 תחנות, ובהתאם תידרש שאיבה של כ- 38-46 מלמ"ק מים מהאקוויפרים.





## השלכות סביבתיות

מערכות תשתית- במסגרת עבודות התכנון נערכו תיאומי תשתית את מול רשויות מקומיות ותאגידים, כאשר האלמנטים המרכזיים כללו תיאומים מול:

- קצא"א- חציית המטרו באזור כביש 40.
- תש"ן- קיימות 3 חציות של קו המטרו עם צינור תש"ן.
- איגודן- קיימות 4 חציות בין קווי איגודן קיימים למטרו.
- רשות המים- תיאום עם קו דן הקיים בחציית כביש 40 ובכביש 483. בנוסף בוצע תיאום עם קו ירקון מערבי הקיים בכביש 4.
- חח"י- קווי מתח עליון 161KV ו-400KV חוצים את תוואי המטרו במספר מקומות.



### רעש ורעידות

רעש בשלב ההקמה:

קו M2 עובר לאורך שטחים עירוניים צפופים וכולל הקמת מבני תחנות בשיטת חפירה וכיסוי (C&C) ואתרי השילוח בסמוך לקולטים רגישים: מבני מגורים, מבני ציבור וכיוב'. חישובי רעש נערכו בקולטים הנמצאים בסביבת התחנות ואתרי השילוח, לשלב ההקמה, כאשר הרעש נבדק מהקומה העליונה והתחתונה של הקולטים. תוצאות הבדיקה נבחנו אל מול קריטריוני רעש מקובלים כדוגמת המלצות המשרד להג"ס וכן תקנות למניעת רעש 1992. חישובי הרעש התבצעו לכל שלב עבודות בהתאם לציוד המתאים ולהנחיות שהתקבלו מנת"ע: A – פינוי תשתית, B1- קופסא, B2- כניסות, C- חפירה ועבודות יציקה. עפ"י תוצאות החישובים ישנם מספר בניינים סביב מרבית התחנות ופירי השילוח שבהם מפלס הרעש באחד משלבי ההקמה לפחות חורג מקריטריוני הרעש. בהתאם לזאת, הפיתרון האידאלי להפחת מפלסי הרעש בקרבת התחנות הוא מיגון אקוסטי דירתי. במידה וחריגת הרעש הינה קטנה מאוד (ימים ספורים), ניתן לפנות את הדיירים לדיור חלופי במקום לבצע מיגון דירתי.



רעידות ורעש משנה בשלב ההקמה:

פרק זה מציג חיזוי רעידות בשלב הקמת התחנות וכן מכריית המנהרות באמצעות מכונת TBM. ע"מ לקבוע את תחום השפעת הרעידות הצפוי, נערך חישוב בהתאם למסמכי FTA, המציגים את מפלסי הרעידות עבור הציוד שצפוי להיות בשימוש בעת שלב ההקמה. מתוך החישובים עולה כי המרחקים לעמידה בקריטריון הרעידות (72 VdB) עומדים על 38 מ' מהכניסות לתחנות ו-41 מ' מגבול התחנה. בנוגע לרעידות שיתקבלו ממכונת ה-TBM, לא נמצאו חריגות מהקריטריונים בכל הקולטים שנבדקו.



למזעור השפעת הרעידות בעת הקמת התחנות ניתן ליישם מס' אלמנטים:

- שיקולי תכנון ומתווה הפרוייקט.
- עבודה במתווה דילוגים.
- שימוש בכלי עבודה שקטים.
- הודעה לתושבים.





- קביעת נהלי עבודה.

#### רעש ורעידות ממתחם הדיפן:

**רעש בשלב ההקמה** - מכיוון שמדובר בעבודות בנייה שגרתיות ואינן שונות במהותם מעבודות עירוניות אחרות המתבצעות יום יום ומכיוון שגבול הפרוייקט נמצא במרחק של כ- 60 מ' לפחות מבנייני המגורים הקרובים ביותר, לא צפויות חריגות רעש בעת ההקמה.

**רעש בשלב ההפעלה** - חישובי הרעש שהתבצעו ממתחם הדיפן כוללים התייחסות למקורות הרעש בתוך המתחם (מערכות מכניות, גנרטורים, מבני תחזוקה קלה וכבדה, נסיעות הרכבת בתוך המתחם ומתקני הטיפה), וכן ממסילת הרכבת המקיפה את המתחם בתוואי קרקעי.



- רעש מנסיעת רכבות מעל לפני השטח - מפלסי הרעש חושבו עבור קולט אחד המאפיין את שלושת הבניינים הסמוכים למתחם הדיפן, ברח' שמעון ויזנטל פ"ת. החישובים הראו כי מפלסי הרעש החזויים בשעות היום והלילה אינם חורגים מהקריטריונים.

- רעש מתחנה עילית (א.ת. סגולה) - התחנה ממוקמת בסמוך למתחם הדיפן במרחק של למעלה מ- 350 מ' מבניין המגורים הקרוב ביותר. במרחק כזה לא צפויה חריגה של רעש.

- רעש ממתחם הדיפן - מפלסי הרעש המצטברים המחושבים ממקורות הרעש שיופעלו בדפו אינם חורגים מדרישות התקנות בשעות היום (50 dBA) ובשעות הלילה (40 dBA).

- רעש ממסילת המבחן



**רעידות בשלב ההקמה** - מכיוון שהפרוייקט נמצא במרחק העולה על 70 מ' מהבתים הקרובים ביותר, לא צפויות חריגות מקריטריוני הרעידות - לא מנסיעות במתחם הדיפן ולא מנסיעות במסילה המקיפה את המתחם.

**רעידות בשלב ההפעלה** - מכיוון שהפרוייקט נמצא במרחק של כ- 60 מ' לפחות מהבניינים הקרובים ביותר והרכבות נוסעות במהירויות נמוכות, לא צפויות חריגות מקריטריוני הרעידות.

#### איכות אויר

כאמור בסעיף הקודם, קו המטרו מצוי ברובו באזור עירוני צפוף, ובהתאם עבודות הקמת התחנות, ופעילויות בשטחי ההתארגנות הן בעלות פוטנציאל ליצירת מטרדי אבק - חפירה והעמסה, שינוע עפר, אחסון חומרי בנייה ועבודו חציבת אלמנטי בטון.



אמצעים למניעת אבק מהעבודות יקבעו לכל מקורות הפליטה הפוטנציאליים בנספחי ביצוע סביבתיים שיוכנו בשלב התכנון המפורט ויכללו: גידור אזור העבודה, הרטבת דרכים וערימות עפר, התזה וערפול, כיסוי משאיות וערימות, הגבלת מהירות נסיעה ועוד.

#### שדות אלקטרומגנטיים

שדות אלמ"ג מתוואי המסילה: פרק זה מציג איפיון תיאורטי של בטיחות שדות אלמ"ג לאדם והשפעותיו על שימושי ויעודי קרקע לאורך המטרו. טווחי הבטיחות ורמות החשיפה הותאמו להנחיות המשרד להג"ס וכן לתקן האירופאי, בהתאם לסוגי הזרמים - זרם ישר וזרם חילופין:



- צפיפות שטף שדה מגנטי בזרם ישר:



- חשיפה מירבית לכלל הציבור- 600 גאוס.
- חשיפה מירבית לנושאי קוצבי לב- 5 גאוס.

- צפיפות שטף שדה מגנטי בתדר חילופין:
  - חשיפה מירבית לכלל הציבור (תדר 50 Hz) - 4mG בממוצע ליממה.

שטף שדות אלמ"ג- השפעה על אדם: חישובי שדות קרינת אלמ"ג חושבו בהתאם לנתוני הקלט ובהתבסס על עומק הרכבת המינימאלי מפני השטח- בעומק של 16 מ'. החישובים בוצעו הן לזרם ישר והן לזרם חילופין עבור מערכת של 3 פסים ומערכת של 4 פסים, ובהתאם לזרמים במצב שכיח (1500 אמפר) ולזרם שיאי (5145 אמפר):

- זרם ישר (1500 אמפר):

- **מערכת 3 פסים**- בפני השטח התקבל שטף של 40mG ובתוך הקרונות שטף של 500mG. בשני המקרים השטף עומד בקריטריון של 5G.

- **מערכת 4 פסים**- בפני השטח התקבל שטף של 90mG ובתוך הקרונות שטף של 200mG. בשני המקרים השטף עומד בקריטריון של 5G.

- זרם ישר שיאי (5145 אמפר):

- **מערכת 3 פסים**- סף החשיפה אינו עולה על 3mG, ובהתאם עומד בקריטריון של 5G.

- **מערכת 4 פסים**- סף החשיפה סביב המסילה ובתוך הרכבת עומד על כ-7000mG ובהתאם הוא גבוה מסף החשיפה לקוצבי לב- 5000mG. מחוץ למנהרה, השטף אינו גבוה מ-300mG.

- זרם חילופין-

- **מערכת 3 פסים**-

- בפני השטח- הטווח בו מתקבל שטף שדה אלמ"ג הגבוה מהקריטריון (4mG) הוא בגג המנהרה (8 מ' מהמסילה). בהתאם לאמור, לא קיימים קונפליקטים לאורך התוואי (מפני השטח ועד עומק של 8 מ') שכן השטף יהיה נמוך מקריטריון זה.

- בתוך הרכבת- השטף המירבי המתקבל הינו 10mG. בהתחשב בזמן הנסיעה הקצר, השטף הממוצע היומי יהיה קטן מקריטריון ה-4mG.

- **מערכת 4 פסים**-

- בפני השטח- הטווח בו מתקבל שטף שדה אלמ"ג הגבוה מהקריטריון (4mG) הוא בגג המנהרה (8 מ' מהמסילה). בהתאם לאמור, לא קיימים קונפליקטים לאורך התוואי (מפני השטח ועד עומק של 8 מ') שכן השטף יהיה נמוך מקריטריון זה.

- בתוך הרכבת- השטף המירבי המתקבל הינו 20mG. בהתחשב בזמן הנסיעה הקצר, השטף הממוצע היומי יהיה קטן מקריטריון ה-4mG.

שטף שדות אלמ"ג- השפעה על מערכות: על סמך דרישות התקן האירופאי, יש להבטיח בטווח של 10 מ' מהמסילה, שדה אלקטרומגנטי העומד בתקן. בהתאם לתוצאות החזויות, עוצמת שדות







האלמ"ג לא תחרוג מערכי הסף המומלצים, ולכן אין חשש מהפרעות לציוד רגיש ומערכות תומכות חיים במרחק העולה מ-10 מ'.

בחנית השפעת האלמ"ג במתחם הדיפו העלתה כי לא צפויות חריגות מקריטריוני האלמ"ג של המשרד להג"ס מחוץ למתחם הדיפו. השפעת המקורות צפויה להיות נקודתית, ואף הם מרוחקים מהאזורים המאוישים במתחם.

**זרמים תועים:** הינם זרמים הנגרמים כאשר ההספק החשמלי זולג לקרקע ולמתקנים מתכתיים סמוכים, במקום לחזור לשנאי המקור דרך פסי הרכבת. זרמים אלו עלולים ליצור קורוזיה בתשתיות סמוכות. ניתן למנוע זרמים אלו ע"י שכבת רשת השוואה פוטנציאלית- מותקנת מתחת לפסי הרכבת וקולטת זרמים טרם הגעתם לתשתית מתכתית סמוכה. בשלב התכנון המפורט יבוצעו בדיקות ומדידות זרמים תועים, ובהתאם יוחלט על היקף ההגנות הנדרשות.



**תחמ"שים-** בקו המטרו M2 מתוכננים שני תחמ"שים- תחמ"ש השלום ותחמ"ש כפר גנים. ע"מ לעמוד בקריטריוני הסף מקרינת אלמ"ג, מרחקי התחמ"שים מקולטים רגישים מחוייבים להיות במרחק מינימאלי של 35 מ'. תחמ"ש כפר גנים מצוי במרחקים גדולים (85 מ') מקולטים רגישים ובהתאם השפעת קרינת אלמ"ג על קולטים אלו עומדת בקריטריוני הסף שתוארו לעיל. לעומתו, תחמ"ש השלום מצוי במרחקים קצרים (10 מ') ממבנים מאוכלסים (מכללת מקס פיין), ובהתאם צפויה חריגה מקריטריוני הסף. לאור זאת, כחלק מהתכנון המפורט תבוצע הערכת השטף המגנטי ויקבעו במידת הצורך אמצעים למניעת חריגה מקריטריוני המשרד להג"ס, וכן יבוצעו מדידות קרינת אלמ"ג בכדי לודא עמידה בקריטריונים של המשרד להג"ס עבור קרינת אלמ"ג.



### גיאולוגיה

תוואי המטרו מצוי בתת הקרקע, וחוצה ארבע שכבות גיאולוגיות לאורך מישור החוף: קרקעות חרסיות אלוביאליות (Al), קרקעות חמרה (Qh), כורכר (Qk) וחול דיונות (Qs). חלוקה זו מבוססת על המפה הגיאולוגית בקני"מ 1:50,000, מספר קידוחים שנערכו בקרבת התוואי בפרויקט הקו האדום של נת"ע וכן מספר קידוחים שנערכו ע"י השירות ההידרולוגי. להלן תיאור התנאים הגיאולוגיים בתחום התכנית ומשמעותן ההנדסית:

- תוואי פרויקט המטרו M2 חוצה יחידות מסלע פריכות (חרסיות, חול וכורכר)- חציבה בסוג מסלע זה מחייבת תימוך מסיבי לאורך מרבית החתך.
- יציבות המסלע מושפעת מאד מנוכחות של מים ולכן יש לשים דגש רב על מיקום מפלס מי התהום ביחס למפלסים שבהם תתבצע הכרייה של המנהרות והתחנות לאורך התוואי.



### סיכונים סייסמיים

תוואי המטרו ממוקם באזור המוגדר כ-א-סייסמי (לא קיימים העתקים פעילים באזור), בהתאם למודל המוזן מהמקורות הסייסמוגניים הקווים העיקריים בארץ- העתק הערבה, הכרמל ועוד. עם זאת, הגדרה זו אינה סותרת התרחשות של רעידות הרסניות עתידיות שיתרחשו באזור התוואי.





**תאוצות סייסמיות:** בהתאם למקדם ה-PGA (תאוצת קרקע אופקית) בפני השטח, צפויות להתקבל תאוצות נמוכות באזור התכנית, ובהתאם לא צפוי צורך בפתרונות הנדסיים מורכבים לעניין הסייסמי. בשלב התכנון המפורט, נושא זה יבחן ע"י יועץ ביסוס ומנהור.

**תגובת אתר:** זהו מצב מקומי שבו המבנה הגיאולוגי גורם להגברת רעידות אדמה. לאורך התוואי קיים אזור עם חשד להגברה חריגה- באזור תחנת כרמלית וכיכר מגן דוד, וכן בין תחנת בר אילן ומזרחה. החלטה למיקום סקרי אתר ספציפיים, תתקבל לאחר השלמת קידוחים ובהתייעצות עם יועצי ביסוס/מנהור.

**התנזלות:** תופעה שבה הקרקע מתנהגת כנוזל בזמן רעידות אדמה. תוואי המטרו מסווג כבעל גישות נמוכה עד זניחה לכל אורכו.

### **השפעות התכנית על המערכת ההידרולוגית והגיאואידרולוגית**



פרויקט המטרו מבוצע ברובו הגדול בתת הקרקע, מלבד במתחמי התחנות והמפלגים (חפירה וכיסוי) וכן באזור הדיפו והפורטל. בהתאם לאמור, שטחי הצפה ומערכות הניקוז העיליות רלוונטיות רק למתחם הדיפו, שכן בסביבת התחנות, ההידרולוגיה מתבססת על מערכות ניקוז עירוניות קיימות.

**תוואי המטרו בתת הקרקע:** תוואי המטרו M2 עובר בחלקו המערבי לאורך מישור החוף ומתקדם מזרחה לכיוון השפלה. מרבית התוואי ימצא מתחת למפלס מי התהום, ובהתאם תידרש השפלת מים ב-13 תחנות, שתכלול שאיבה בנפח של כ-150 מלמ"ק מים מהאקוויפר. הערכת נפחי המים שניתן יהיה להחדיר במטרו כולו, בהנתן שאיכות המים הנשאבים מספקת לצורך החדרה, היא כ-82% מנפח השאיבות.



**מניעת זרימת תשטיפים למי תהום:** ככלל לעת התכנון המפורט תוכן תכנית לניהול עודפי מים על מנת לוודא כי לא יפגעו מי התהום ונחלים בעת עבודות ההקמה. התכנית תכלול אלמנטים של גידור ואיטום אזורי עבודה בקרבת נחלים, בדגש על מתחם הדיפו.

**השפעת התכנית על המערכת ההידרוגיאולוגית:** מנהרת המטרו תיחצב לכל אורכה בתת הקרקע, כאשר חלקה יהיה מצוי מתחת למפלס מי התהום, וחלקה מעל. כרייה כזו עלולה להוות פוטנציאל להפרה של מערכת הזרימה התת קרקעית, ובהתאם התבצעה בדיקה איכותית וכמותית לצורך בדיקת פוטנציאל הפגיעה אשר שללו פגיעה זו.

**חפירה, כרייה ובינוי מתחת למפלס מי התהום:**



• **כרייה בשיטת TBM - מערכת זו אינה דורשת השפלת מי תהום, שכן הכרייה מתבצעת תוך דחיקת מים מהקרקע.**

• **כרייה וחפירת התחנות – חציבת פירי התחנות נעשות בשיטות המצריכות עבודה בתנאים יבשים הדורשות השפלת מים- שימוש בשיטות החפירה והכיסוי (C&C) וכן באמצעות NATM. מומלץ לבצע חפירה של תחנות בדירוג (לא תחנות סמוכות) ולהתחיל בתחנות עמוקות, למניעת התאבכות שקעים הידרולוגיים הנוצרים בעת השפלת המים**

• **כריית מנהרות מקשרות- בקו M2 קיימים 7 מפלגים מתחת למפלס מי התהום. המפלגים יחפרו בדומה לתחנות, וכך גם השפעתם על מי התהום.**



**השפעת התכנית על קידוחי מים:**



- **מצב קיים-** על פי רישומי השירות ההידרולוגי, לאורך ציר המטרו ובשוליו (טווח 25 מ') מצויים 33 קידוחים. בבסיס הנתונים של משרד הבריאות קיימים 12 קידוחי הפקת מי שתיה שרדיוס המגן שלהם עובר בסמוך לתוואי.

- **השפעה פוטנציאלית של עבודות הכרייה על הקידוחים-** ניתן למנות שלוש השפעות עיקריות:

- פיזית- בחינה ראשונית מצביעה על כך שקידוחים במרחק של 2 מ' ומעלה מהתוואי אינם צפויים להיפגע. בתוואי קיימים 18 קידוחים במרחק הקטן מ-2 מ' מהתוואי. 15 מתוכם משמשים לתעשייה ומחקר ולכן ניתן יהיה לבטלם או להזיזם, ו-3 מתוכם הם קידוחי הפקה כאשר רק אחד פעיל (אנדרומדה 1), ויש לתאם את הפעילות מול בעלי הקידוח.



- פגיעה תמידית בפוטנציאל ההפקה של הבאר עקב הורדת תולכת הזרימה- המנהרה אינה צפויה לגרום לפגיעה תמידית בפוטנציאל ההפקה, למעט בקידוח "אנדרומדה 1" הנמצא בסכנת פגיעה פיזית.

- פגיעה זמנית בפוטנציאל ההפקה של הבאר עקב הורדת תולכת הזרימה- תוואי המטרו עובר בתחום רדיוסי מגן של 10 קידוחים פעילים. באזורים בהם התוואי מצוי בתחום רדיוסי מגן ב' ו-ג', יוגדרו הנחיות מיוחדות למניעת זיהום מים. בקידוחים שאינם פעילים, תובא בפני משרד הבריאות בקשה לביטול רדיוסי המגן והמגבלות שנקבעו.



#### אמצעים למזעור/מניעה של השלכות בלתי רצויות על האקוויפר:

- נפחי שאיבה ותזמון עבודות ההשפלה יתואמו עם רשות המים.
- קצב השאיבה הנדרש וגיאומטריית מערך הקידוחים יתוכננו בקפידה בכל תחנה.
- פתרון הסילוק יתואם עם רשות המים והגורמים הרלוונטים.
- באזור בו התוואי עובר ברדיוסי מגן, יבוצעו העבודות לפי הנחיות הרשות.
- התכנית תכלול הוראות מפורטות למניעת זיהום מים בשל פגיעות אקוויפר החוף.
- יותקנו מאצרות תחת מיכלי סולר, דלקים, שמנים וחומ"ס.
- במידת הצורך, אתרי העבודה ינוקזו באמצעות תעלות היקפיות.



#### זיהום קרקע ומי תהום

בוצע סקר היסטורי לאיתור מקומות החשודים בזיהום קרקע (מצורף בנספחים) בהתאם לבסיסי נתונים, סיורים בשטח ועוד. הבדיקה כללה אזורים בטווח של כ-100 מ' מהתוואי, כאשר במסגרתה אותרו 16 מוקדים חשודים בזיהום, שהעיקריים בהם: תע"ש מגן מוקד ומחנה סירקין. טיפול בזיהום שימצא יבוצע בהתאם לתכולת המזהמים- טיפול ביולוגי (לדלקים) או פינולי מטמנת פסולת רעילה (זיהום גבוה במתכות).

#### ארכיאולוגיה ומורשת



**ארכיאולוגיה-** נבחנו אתרים ארכיאולוגיים ברדיוס של כ-50 מ' מתוואי המסילה בהתאם למפת אתרי עתיקות מוכרזים של רשות העתיקות (משנת 2016), ונמצא כי קיימים 8 אתרים



ארכיאולוגים החופפים לתוואי המטרו. כמו כן, התקבלה חוות דעת של רשות העתיקות (נספח 7), אשר לא תתנגד להפקדת התכנית בהתאם לקריטריונים המקובלים ובהתייחסות פרטנית:

- תחנת חשמונאים- הרשות מבקשת לבצע בדיקת חפירה עד לשכבת הסלע הטבעית.
- תחנות סירקין- הרשות מבקשת לבצע חתכי בדיקה כבר בשלב התכנון המקדים לאור זיהוי של ממצאים ארכיאולוגים באזור.
- בתחנות האחרות- הרשות לא מתנגדת לתכנית בכפוף לחתכי בדיקה ופיקוח של הרשות בעת הביצוע.



**מבנים לשימור**- התבצע סקר לאיתור מבנים לשימור במרחב תוואי המטרו, ברשויות השונות. מתוך מסקנות הסקר עולה עבור הקמת תחנת כיכר מגן דוד, יידרש הריסת מבנה אחד המיועד לשימור.

### חזות ונוף

**מבני התחנות**- תוכננו בהתאם לעקרונות עיצוב ופיתוח אדריכליים המתבטאים בעיקרם בדגש על רציפות תנועה בחלל התחנה, ייעול תהליכי הגעה לרציפים, קישוריות בין חללים, פיזור אחיד של נוסעים בתחנה על מנת למנוע ציפוף ואיזון כמויות נוסעים לאורך כל שטח התחנה. בנוגע למתחם הדיפו והתחמ"שים, התכנון הנופי יבוצע עפ"י מספר עקרונות הבאים לצמצום מטרדים חזותיים-נופיים למינימום:

### **דיפו:**

- מיתון והסתרה באמצעות צמחיה ועצים גדולים מתאימים.
- התאמת עצים גדולים לשטחים שבתוך הדיפו ובין הבניינים / מתקנים על מנת לרכך ו"לפרק" את שטח המתחם ממבט על.
- טיפול בגגות המבנים (חזית חמישית) באמצעות גגות ירוקים אינטנסיביים ושימושיים או כגגות ירוקים אקסטנסיביים – אקולוגיים. כמתקן הנדסי, אין למתחם דיפו ערך אורבני.
- שמירה על שיפועים מתונים ככל הניתן בדרך הגישה להשתלבות מירבית בנוף השדות הפתוח ונטיעת עצים לאורכה.
- עיבוי צמחית גדות ונטיעות לאורך הנחל להדגשת מופע טבעי לערוץ הנחל הטבעי.

### **תחמ"שים:**

- צמחיה- לצורך מיתון והסתרת המתקן והגדר ההיקפית, יעשה שימוש בצמחיה המתאימה לאזור ועצים גדולים מתאימים.
- דרכי גישה למתקן- שימוש ככל הניתן בדרכים קיימות ומופרות. שמירה על שיפועים מתונים ככל הניתן בדרכי הגישה למתקן להשתלבות מירבית בנוף.
- שימור מי נגר- לצורך שימור מי נגר עילי יופנו מי הנגר אל שטחים חדירי מים ברצועות הגינון שבתוך שטח המגרש ו/או יותקנו מתקני החדרה בתחום המגרש.
- עצים בוגרים- התכנון יתייחס לשמירה על עצים בוגרים קיימים בשטח.
- קירות פיתוח- קירות במידה ויידרשו מוצעים בגמר בטון חשוף אדריכלי או בחיפוי אבן.





- טיפול בגגות מבנים והסתרת מתקנים טכניים שונים בגגות ומרפסות טכניות ככל שניתן כחלק ממכלול התכנון האדריכלי .

