

תאריך : 29.1.2021

מספר : 29.2021

לכבוד :

ליאו ניקולאיבסקי – מנהל פרויקט
איתם הנדסה אזרחית וניהול פרויקטים בע"מ

הנדון: כביש מס' 2 נתיבים מהירים קטע 4 ב' – דוח תכנן מבנה

מוגש לך בזאת דוח תכנון מקדים בפרויקט כביש מס' 2 בין גשר פולג (חתך 210) עד מחלף נתניה (חתך 625) המתוכנן במסגרת פרויקט "הנתיבים מהירים" של חברת נתיבי איילון. דוח זה כולל את תכנון מבני המיסעות במספר אלטרנטיבות עבור אלמנטי הפרויקט העיקריים, הכוללים הרחבה ושיקום של כביש מס' 2 לכביש דו מסלולי תלת נתיבי, סלילת 2 נתיבים מהירים מתחלפים במרכז המסלול וסלילת נת"צ בשני צדדיו הקיצוניים של המסלול.

תכן המיסעות הסתמך על תוצאות בדיקות שדה ומעבדה מחקירה גיאוהנדסית שבוצעה במסגרת התכנון המפורט ע"י מעבדת איזוטופ.

החקירה הגיאוהנדסית כללה קידוחים עמוקים בורות ניסיון, קידוחי מבנה ובדיקות לא הרסניות של מדידת אגני שקיעות לאורך התוואי ע"י מכשיר FWD.

השלמת חקירה מתוכננת להתבצע בהמשך, החקירה תכלול קידוחים ובורות נוספים בעיקר באזורי הרמפות המתוכננות.

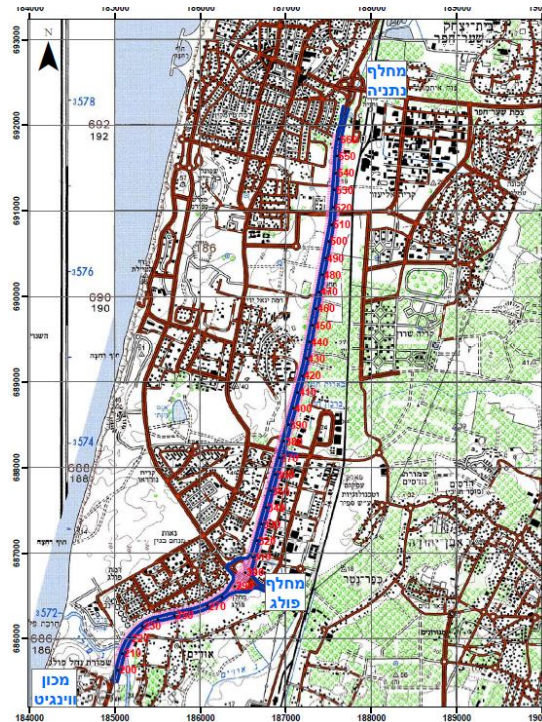
דו"ח תכנן מבנה מפורט יושלם לאחר ביצוע חקירת השתית והמבנה המשלימים.

לרשותך במתן הבהרות נוספות.

בכבוד רב,
הדס פרימו

1. כללי

כביש מס' 2 המתוכנן במסגרת פרויקט זה משתרע לאורך של כ-8.5 ק"מ בין גשר נחל פולג בדרום (חתך 210) למחלף נתניה בצפון (חתך 625). לאורך התוואי 3 מחלפים; מחלף פולג שמרכזו בחתך 298, מחלף השלום באזור חתך 375 ומחלף האחדות באזור חתך 516. ראה ציור מס' 1 מתוך מ.מ. 1-תרשים סביבה כביש מס' 2 המתוכנן במסגרת פרויקט זה.



ציור מס' 1: תרשים סביבה – פרויקט נתיבים מהירים מקטע ב' (מ.מ. 1)

עבודות העפר המתוכננות לאורך תוואי כביש 2 (לא כולל הרמפות) כוללות בעיקר חפירות ומילויים רדודים. עפ"י תוצאות החקירה הגיאוהנדסית שבוצעה לאורך התוואי ומהדו"ח הגיאולוגי [1], מתקבל כי הקרקע הטבעית לאורך התוואי מורכבת בעיקר מיחידת חול, חול חרסיתי, חרסית חולית ואבן חול (כורכר). מי התהום הופיעו לאורך התוואי במספר מוקדים, בדרכי מי התהום שהתגלו עמוקים ואינם משפיעים על תכן מבנה המיסעות.

2. חקירת השתית והמבנה

תכן מבנה המיסעות הסתמך על תוצאות בדיקות שדה ומעבדה מחקירה גיאוהנדסית שבוצעה במסגרת התכנון המפורט ע"י מעבדת איזוטופ בשנים 2019-2020 [מ.מ. 2]. החקירה הגיאוהנדסית כללה קידוחים עמוקים, בורות ניסיון, קידוחי מבנה, נטילת גלעיני אספלט לאורך התוואי ובדיקות לא הרסניות למדידת אגני שקיעות.

בהמשך מתוכנן להרחיב את חקירת השתית והמבנה ע"י ביצוע קידוחים ובורות נוספים באזורים בהם חסר מידע גיאוטכני או מבני וכן לאורך הרמפות המתוכננות.

ניתוח תוצאות חקירת השתית והמבנה לאורך התוואי ופירוט אופן קביעת הערכים התכנוניים יוצג בדו"ח התכנון המפורט.

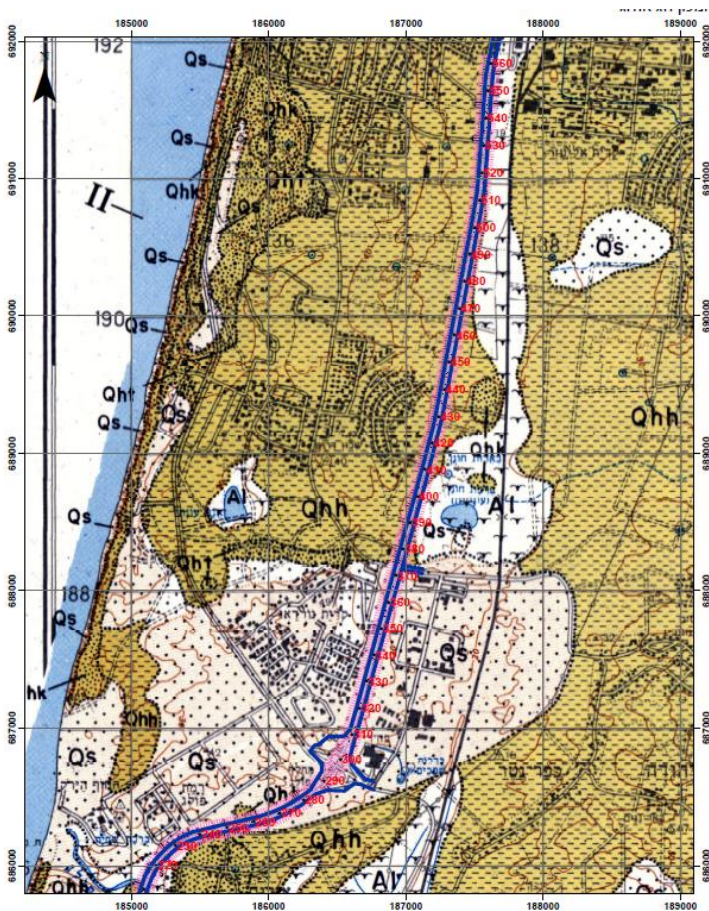
3. גיאולוגיה [מ.מ.1]

תחילתו של התוואי הינו ליד מכון וינגייט ומסתיים במחלף נתניה. תוואי הכביש ממוקם באזור מישור החוף, ברום שנע בין 10-40 מ' מפני הים, אזור זה מאופיין ברכסי כורכר המשתרעים בכיוון מקביל לכיוון קו החוף. רכסים אלו בנויים מחול בדרגות ליכוד שונות. רכס הכורכר המערבי מצוי בקו החוף ורכס הכורכר המזרחי מצוי ממזרח לכביש 2 או בסמוך לו. בין שני רכסי הכורכר קיים אזור מישורי המורכב מיחידות של אלוביום, חול וחול חרסיתי. באזורים בהם שררו תנאי ניקוז גרועים ייתכנו שכבות של חרסית שמנה עד אורגנית.

בין חתכים 212-214 חוצה את התוואי נחל פולג. ידוע כי זרימת הנחל בעבר היתה חסומה ע"י רכס הכורכר ובאזור שררו תנאי ביצה בהם התפתחו קרקעות חרסיתיות ואורגניות.

בציור מס' 2 מוצג תוואי הכביש על גבי מפה גיאולוגית [מ.מ.1].

הכביש המתוכנן מונח על גבי חבורת הכורכר הכוללת אלוביום, דיונות חול, כורכר/אבן חול גירית וחמרה.



מביות	יחידות	Units	ליטולוגיה	סמל	גיל	AGE
STRATIGRAPHIC GROUP OR	יחידות	Units	ליטולוגיה	סמל	גיל	AGE
HOLOCENE	הולוקן					
PLEISTOCENE	פליסטוקן					
PLIOCENE	פליוקן					
LATE MIOCENE	מיוקן מאוחר					
EARLY MIOCENE	מיוקן מוקדם					
LATE EOCENE	אוקן מוקדם					
PALEOCENE-EOCENE	פליוקן-אוקן					

חול	חול ניר	צור	קונגלומרט	קיטון	חולא	חיסית
Sand	Limy Sandstone	Chert	Conglomerate	Chalk	Marl	Clay

ציור מס' 2: תוואי הפרויקט על גבי מפה גיאולוגית [מ.מ.1]

4. עקרונות התכנן

4.1 ניתוח התנועה

עומס התנועה הינו אחד הגורמים העיקריים בחישוב עובי המבנה. לשם כך נדרשים משתני התנועה הבאים: תנועה יומית ממוצעת של כלי רכב (AADT), אחוז גידול שנתי של התנועה, תקופת התכנון ומספר הנתיבים, אחוז כלי הרכב הכבדים (משאיות ואוטובוסים מכלל התנועה), עומסי הסרנים, תצורתם ופילוגם (אופי התנועה המעורבת), פילוג רוחבי (נתיבי) של תנועת כלי הרכב הכבדים והמרת התנועה לתנועה אקויוולנטית של סרן סטנדרטי.

התנועה היומית הממוצעת, אחוז הגידול ומספר הנתיבים תלויים באופי הקטע (נתיבי נסיעה רגילים, נתיבים מהירים, נת"צ וכד') ויוצגו בהמשך עבור כל אלמנט תכן בנפרד. בהתאם להנחיות נתיבי ישראל (מ.מ.2), תקופת התכנון הינה 20 שנה. יתר משתני התנועה שצוינו לעיל וששימשו את התכנון מתבססים על ההנחיות התכנוניות של נתיבי ישראל (מע"צ) [3].

נתוני התנועה עבור התכנון המפורט התקבלו מיועץ התנועה של הפרויקט (חברת ש.קרני). טבלה מס' 1 מרכזת את נתוני התנועה לפי קטעי התכנון השונים. לטבלה זו מצורפת עמודה המסכמת את עובי האספלט המינימאלי בהתאם להנחיות התכנוניות של נת"י (מ.מ.3). אחוז הגידול לתכנון הינו בשיעור של 1.5%.

טבלה מס' 1: נתוני תנועה ועובי אספלט מינימאלי

שם הכביש	מס' נתיבים לכיוון	AADT ₂₀₂₄	אחוז משאיות (%)	אחוז אוטובוסים (%)	W ₁₈ ל-20 שנה	עובי אספלט מינימאלי (ס"מ)
מקטע דרומי – נתיבים רגילים	3	197,541	4.2	1.6	113.6x10 ⁶	20
מקטע צפוני – נתיבים רגילים	3	142,303	6.4	1.8	120.9x10 ⁶	20
נתיבים מהירים	2	25,610	0.0	2.5	5.8x10 ⁶	13
נת"צ, שות"צ, דרך שרות	1	1,002	0.0	100.0	10.2x10 ⁶	14

4.2 חישוב עובי המבנה ושכבותיו

בהתאם להנחיות התכנוניות של נת"י (מע"צ), [3] עובי המיסעה יקבע לפי שיטת מע"צ, המבוססת על נוסחת המת"ק המורחבת מ.מ. [4,5] תוך יישום עקרון הנזק המצטבר (חוק מינר).

עובי שכבת האספלט נקבע לפי קריטריון ההתעייפות. חישוב עיבור המתיחה בתחתית שכבת האספלט תחת עומס סרן סטנדרטי של 8.2 טון מבוצע בהתאם למודל הרב-שכבתי האלסטי-ליניארי. מודולי האלסטיות של שכבות המיסעה לצורך חישוב זה מתבססים המשוואות המוצגות במ.מ. [3].

עובי שכבת האספלט נקבע בניסוי וטעייה עבור חצי מהתנועה הנתונה, לאחר המרתה לסרן אקוויוולנטי של 8.2 טון (W_{18}) עד להשגת קבלת הקריטריון של חוק מינר. אי-קיום הקריטריון מחייב הגדלת שכבת האספלט על חשבון שכבות המצע והאגו"ם בהתאם למקדמי המרה המומלצים בהנחיות התכנוניות (מ.מ. 3).

4.2.1 חישוב עובי מבנה מיסעות עד (Perpetual Pavements)

בשנים האחרונות נבחנה האפשרות במדינות שונות בארה"ב ובמדינות אירופה לתכנן ולסלול מיסעות לתקופת שרות ארוכה הרבה מעבר ל-20 שנה עם "אפס אחזקה" (Zero Maintenance) מיסעות אלו מכונות מיסעות לעד (Perpetual Pavements). מיסעות אלו מוגדרות כמיסעות שאורך חייהן הינו ארוך מאד ובעצם איננו מוגדר, מאחר ולא מתפתח הרס **מיבני** במיסעה ובשכבותיה. במשך תקופה זו המיסעה תשרת את התנועה העוברת עליה ברמת שירות גבוהה וללא שום פעולות שיקום יסודיות. לעומת זאת תבוצענה במיסעה אחת לתקופה שתיקבע בהתאם למדיניות התכנון, טיפול תקופתי בשכבת האספלט העליונה (השכבה הנושאת) בלבד שכולל בדר"כ קרצוף וריבוד בעוביים של 4-6 ס"מ בלבד במטרה לשפר את החיכוך והגליות של פני המיסעה ולתקן נזקים שהתפתחו בפני שכבת האספלט העליונה הנובעים בעיקר מגורמי סביבה ולא מגורמים הקשורים לתנועה או לתסבולת. יתר שכבות המיסעה (שכבות אספלט תחתונות, מצע והשתית), אורך חייהן הינו בלתי מוגבל.

במחקר שבוצע ע"י מע"צ (מ.מ. 6) בוצעה סקירה מקיפה של עקרונות התכנון של מיסעות עד בעולם, מכניזם הנזק, גישות וקריטריונים לתכנון מבנה המיסעה וכדאיות הסלילה של מיסעות עד. מחקר זה כלל פיתוח מתודולוגית תכנון של מיסעות לעד בתנאי הארץ. במסגרת המחקר מפורטים עקרונות התכנון של מיסעות לעד בארץ, מבחינת תקופת תכנון, פילוג התנועה והמרתה לסרן התכנוני המותר בתנאי הארץ, עובי המיסעה לעד, הרכב שכבותיה וקריטריוני ההרס המשמשים לחישוב עובי המיסעה ושכבותיה. כמו כן נקבעו עקרונות להרכב שכבות מומלץ של המיסעה לעד בתנאי הארץ.

ההנחיות לתכנון מיסעות לעד בתנאי הארץ יושמו בתוכנת המחשב Maatz-perpetual הכוללת את הצגת נתוני הקלט ופלט תוצאות התכנן.

סלילת מיסעות לתקופה ארוכה בלתי מוגבלת אינה פתרון המתאים לכל מערכות הכבישים. מיסעות עד מתאימות ליישום במערכות כבישים בעלות נפחי תנועה גדולים מאוד אשר אפשרות השיקום העתידי של מערכות אלו מורכבת ועלולה לגרום להפרעות גדולות בזרימת התנועה.

בפרויקט זה נבחנה חלופה תכנונית של מיסעת עד לאורך כביש מס' 2 בנתיבי הנסיעה הרגילים. חלופת התכנון נבחנה עבור תקופת תכנון של 30 שנה.

4.2.2 עקרונות תכנון שיקום

ההערכה המבנית של המיסעה והשתית מתבססת על מדידות לא הרסניות (NDT) של אגני שקיעות בעזרת מכשיר ה-FWD. למכשיר זה היכולת למדוד בדיוק רב אגן שקיעות תחת עומס נגיפתי, המועבר למבנה המיסעה ומדמה עומס של גלגלי כלי רכב בתנועה. יחידת המדידה נגררת ע"י רכב סטנדרטי ומשקלה כ- 1.35 טון. העמיסה הנגיפתית מתרחשת במשך 25-30 אלפיות השניה (33-40 הרץ) והינה בצורת גל חצי-סינוסואידלי. העומס המופעל נמדד ע"י תא כוח הממוקם ישירות על גבי פלטת ההעמסה והשקיעות נמדדות ע"י 7-9 גיאופונים הנמצאים במרחקים שונים מפלטת ההעמסה.

העומס הנגיפתי שהופעל בזמן המדידות על פלטה בקוטר של 30 ס"מ היה בשיעור של כ- 7.5 טון המתאים לעומס סרן של משאית במשקל של 13-15 טון. אגני השקיעות נמדדו במרחקים של 0, 30, 60, 90, 120, 150 ו- 180 ס"מ ממרכז פלטת ההעמסה. בכל נקודת מדידה בוצעו 4 הטלות ונמדדו 3 אגני שקיעות, זאת בכדי להגדיל את אמינות התוצאות. מדידה ראשונה שימשה לייצוב פלטת ההעמסה על שכבת האספלט כאשר שלושת המדידות האחרונות שימשו לניתוח התוצאות.

ההערכה המבנית של המיסעה לאורך כביש מס' 2 בוצעה ע"י מספר שיטות:

(א) בעזרת שיטת התכינה לאחור המבוססת על ההפרש בין עובי המבנה המתוכנן מעל השתית הקיימת לבין עובי המבנה הקיים בפועל [מ.מ. 3]

(ב) בעזרת שיטת YONAPAVE [9] להערכה מיבנית של מיסעות גמישות. בשיטה זו המבוססת על המודל של Hogg (המייצג פלטה אלסטית בעובי בינוני, חצי אינסופית המונחת על שתית אלסטית בעובי סופי או אינסופי) ניתן לחשב את מודול האלסטיות האפקטיבי של השתית ואת מודול המיסעה (במודל דו- שכבתי) בעזרת "שטח" אגן השקיעות המדוד המחושב מהשקיעה המרכזית ובמרחקים של 30, 60 ו- 90 ס"מ מפלטת ההעמסה.

(ג) בעזרת שיטת Sidess et al. [10] ניתן לחשב את מודול האלסטיות של השתית בעזרת השקיעה במרחק של 1.80 מ' מפלטת ההעמסה. שקיעה זו נגרמת כמעט במלואה ע"י חוזק ומודול האלסטיות של בסיס המיסעה (שתית או מילוי).

5. חתך הקרקע ויחידת התכנן

בציור מס' 3 מובא תיאור חתך הקרקע הטבעית לאורך התוואי כפי שהתקבל מממצאי המיון הסתכלותי של הקידוחים והבורות מחקירת השתית שבוצעה עד כה ובהתאם לאפיון הגיאולוגי [2].

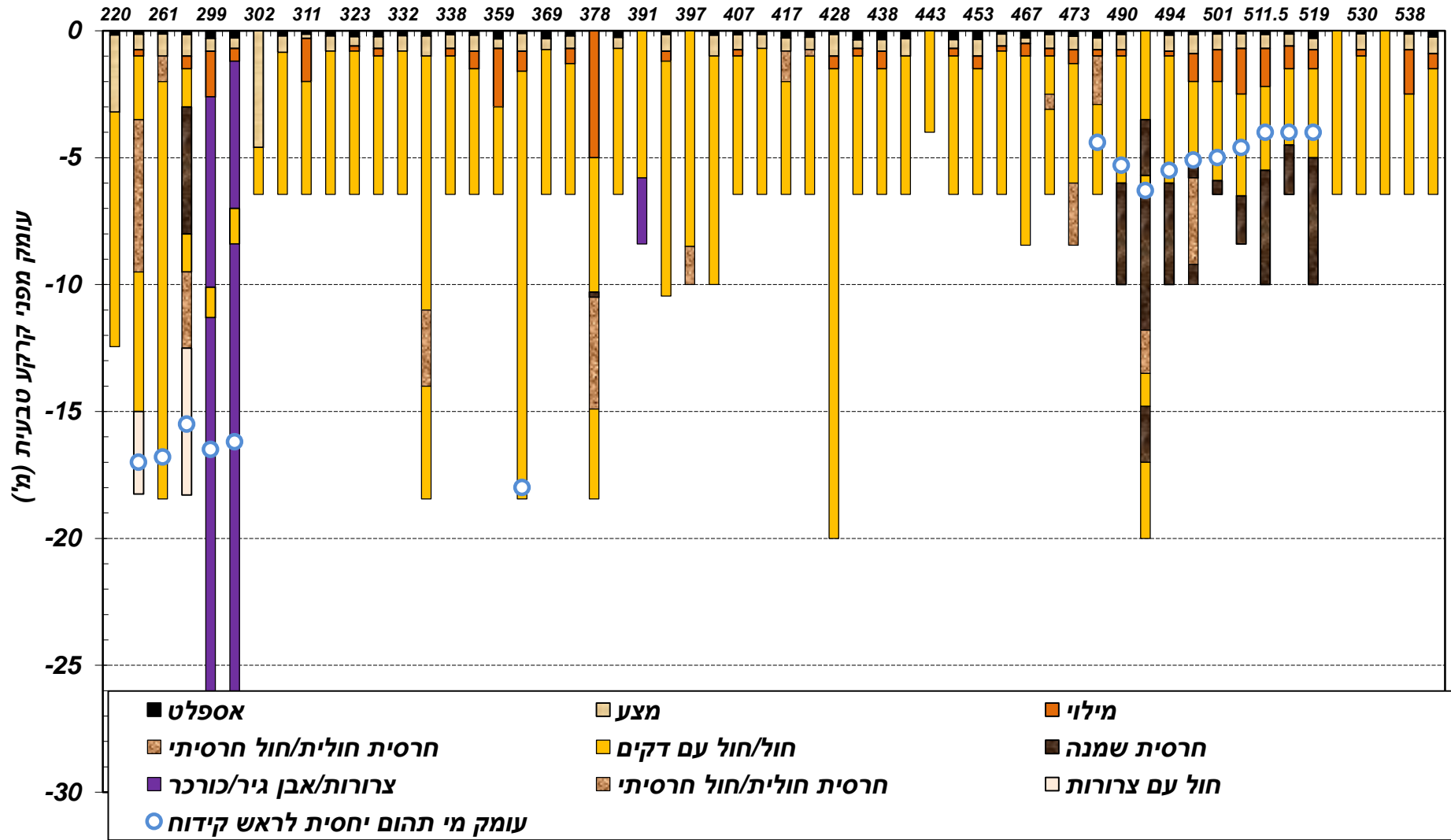
בהתאם לממצאי חתכי הקרקע השונים ניתן לקבוע כי תוואי הפרויקט מאופיין בקרקעות מסוג חול, חול חרסיתי, חרסית חולית ואבן חול (כורכר). במספר מוקדים התגלתה חרסית שמנה (לדוגמא בין חתכים 490-519) שכבה זו נמצאה בדרי"כ בעומקים של מעל 5.0 מ'. מתוך כך נקבע כי התוואי יאופיין כיחידת תכנון אחת כדלהלן:

יחידת תכנן I – שתקרא יחידת החול חרסיתי/חול – ערך מת"ק השתית התכנוני שנקבע ליחידה זו הינו בשיעור של 6.5%

ערך זה מייצג את התנאים הקריטיים של השתית ומתאים לחומרים במיון זהה ולקורלציות מקובלות בין התכונות האינדיקטיביות למת"ק.

במסגרת דו"ח התכנון המפורט יוצג ניתוח תוצאות הבדיקות האינדיקטיביות וההנדסיות של השתית וקביעת הערכים התכנוניים.

חתך מס'



ציור מס' 3: חתך לעומק של שכבות הקרקע כביש 2

רחוב הנרייטה סולד 7 חיפה

נייד: 054-5660350

מייל: hadas@hprimo-eng.com

הדס פרימו – תכנון מיסעות בע"מ

6. תכנון עובי המיסעה ושכבותיה

כאמור, עובי המיסעה ושכבותיה נקבע איטרטיבית בהתאם לעקרונות תכינת המבנה שפורטו בסעיף 4, מת"ק השתית התכנוני (ראה סעיף 5) ועוצמת התנועה (ראה סעיף 4).

בהתאם לעקרונות אלו עובי המיסעה המומלץ עבור כל אחד מכבישי הפרויקט בחלופות השונות מוצג להלן: (בטבלה מס' 2 שבהמשך מובא סיכום עוביי המבנה בכבישי הפרויקט).

6.1 כביש מס' 2 – מקטע דרומי – נתיבים רגילים

אלטרניבה I – מבנה ללא אגו"מ

עובי המיסעה המומלץ יהיה בעובי של 65 ס"מ לפי החלוקה הבאה:

- 4 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תאמ"א ש'-SMA (12.5 מ"מ), אגרגאט בזלתי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 7 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 8 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה-תא"צ (19 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10, ובתכולת ביטומן אופטימאלית של פלוס 0.3%.
- 41 ס"מ – (3 שכבות) מצע סוג א'

אלטרניבה II – מבנה כל אספלטי

עובי המיסעה המומלץ יהיה בעובי של 42 ס"מ לפי החלוקה הבאה:

- 4 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תאמ"א ש'-SMA (12.5 מ"מ), אגרגאט בזלתי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 7 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 7 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 7 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה-תא"צ (19 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10, ובתכולת ביטומן אופטימאלית של פלוס 0.3%.

אלטרניבה II – מיסעת עד (Perpetual Pavement)

עובי המיסעה המומלץ יהיה בעובי של 58 ס"מ לפי החלוקה הבאה:

- 4 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תאמ"א ש'-SMA (12.5 מ"מ), אגרגאט בזלתי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 5 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תא"מ-S (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 6 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תא"מ-S (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה-תא"צ (19 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10, ובתכולת ביטומן אופטימאלית של פלוס 0.3%.
- 27 ס"מ – (2 שכבות) מצע סוג א'

6.2 כביש מס' 2 – מקטע צפוני – נתיבים רגילים

אלטרניבה I – מבנה ללא אגו"מ

עובי המיסעה המומלץ יהיה בעובי של 66 ס"מ לפי החלוקה הבאה:

- 4 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תאמ"א ש'-SMA (12.5 מ"מ), אגרגאט בזלתי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה-תא"צ (19 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10, ובתכולת ביטומן אופטימאלית של פלוס 0.3%.
- 41 ס"מ – (3 שכבות) מצע סוג א'

אלטרניבה II – מבנה כל אספלטי

עובי המיסעה המומלץ יהיה בעובי של 43 ס"מ לפי החלוקה הבאה:

- 4 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תאמ"א ש'-SMA (12.5 מ"מ), אגרגאט בזלתי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 7 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 7 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 7 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 7 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה-תא"צ (19 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10, ובתכולת ביטומן אופטימאלית של פלוס 0.3%.

אלטרניבה III – מיסעת עד (Perpetual Pavement)

עובי המיסעה המומלץ יהיה בעובי של 57 ס"מ לפי החלוקה הבאה:

- 4 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תאמ"א ש'-SMA (12.5 מ"מ), אגרגאט בזלתי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 5 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תא"מ-S (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 6 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תא"מ-S (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה-תא"צ (19 מ"מ), אגרגאט דלומיטי – ביטומן בדרוג PG68-10, ובתכולת ביטומן אופטימאלית של פלוס 0.3%.
- 25 ס"מ – (2 שכבות) מצע סוג א'

כביש מס' 2 - נתיבים מהירים

אלטרניבה I – מבנה ללא אגו"מ

עובי המיסעה המומלץ יהיה בעובי של 48 ס"מ לפי החלוקה הבאה:

4 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תאמ"א ש'-SMA (12.5 מ"מ), אגרגאט בזלתי – ביטומן בדרוג PG76-10

7 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10

5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה-תא"צ (19 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10,
ובתכולת ביטומן אופטימאלית של פלוס 0.3%.

32 ס"מ – (3 שכבות) מצע סוג א'

אלטרניבה II – מבנה כל אספלטי

עובי המיסעה המומלץ יהיה בעובי של 31 ס"מ לפי החלוקה הבאה:

4 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תאמ"א ש'-SMA (12.5 מ"מ), אגרגאט בזלתי – ביטומן בדרוג PG76-10

7 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10

7 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10

8 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10

5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה-תא"צ (19 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10,
ובתכולת ביטומן אופטימאלית של פלוס 0.3%.

6.3 כביש מס' 2 - נת"צ/שות"צ

אלטרניבה I – מבנה ללא אגו"מ

עובי המיסעה המומלץ יהיה בעובי של 48 ס"מ לפי החלוקה הבאה :

- 4 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תאמ"א ש'-SMA (12.5 מ"מ), אגרגאט בזלתי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10
- 4 ס"מ – שכבת אספלט צפופה-תא"צ (19 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10, ובתכולת ביטומן אופטימאלית של פלוס 0.3%.
- 29 ס"מ – (3 שכבות) מצע סוג א'

אלטרניבה II – מבנה כל אספלטי

עובי המיסעה המומלץ יהיה בעובי של 33 ס"מ לפי החלוקה הבאה :

- 4 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תאמ"א ש'-SMA (12.5 מ"מ), אגרגאט בזלתי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה-תא"צ (19 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10, ובתכולת ביטומן אופטימאלית של פלוס 0.3%.

טבלה מס' 2: סיכום עובי מבנה המיסעות

סה"כ עובי מבנה כולל מתוכנן (ס"מ)	מצע (ס"מ)	סה"כ עובי אספלט (ס"מ)	עובי אספלט (ס"מ)			תקופת התכנון (שנים)	חלופה	כביש/אלמנט תכנוני
			תא"צ 19 מ"מ, דולומיט ביטומן בדרוג PG68-10 Bopt+0.3%	תא"צ 25 מ"מ, דולומיט ביטומן בדרוג PG70-10	תאמ"א (SMA), 12.5 מ"מ ש' בזלתית, ביטומן בדרוג PG76-10			
65	41	24	5	8+7	4	20	מבנה ללא אגו"מ	כביש 2 נתיבים - רגילים - מקטע דרומי
42	-	42	5	7+7+7+6+6	4		מבנה כל אספלטי	
66	41	25	5	5+5+6	4	20	מבנה ללא אגו"מ	כביש 2 נתיבים - רגילים - מקטע צפוני
43	-	43	5	7+7+7+7+6	4		מבנה כל אספלטי	
48	32	16	5	7	4	20	מבנה ללא אגו"מ	נתיבים מהירים
31	-	31	5	8+7+7	4		מבנה כל אספלטי	
48	29	19	4	6+5	4	20	מבנה ללא אגו"מ	נתיב/צוות"צ דרך שרות
33	-	33	5	6+6+6+6	4		מבנה כל אספלטי	

רחוב הנרייטה סולד 7 חיפה

נייד : 054-5660350

מייל : hadas@hprimo-eng.com

הדס פרימו – תכנון מיסעות בע"מ

7. תכנון שיקום המיסעה הקיימת

7.1 נתיבים מהירים ורגילים מקטע דרומי חתכים 211-300

שיקום מסלול הנתיבים הרגילים במקטע הדרומי יכלול את הפעולות הבאות :-

- (א) מיפוי הנזקים הקיימים על פני המיסעה.
 - (ב) קרצוף 10.0 ס"מ של שכבות האספלט הקיימות.
 - (ג) תיקון נזקים מקומיים במידת הצורך.
 - (ד) ריבוד בשכבות אספלט בעובי מינימאלי של 15.0 ס"מ לפי החלוקה הבאה :
- 4 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תאמ"א ש'-SMA (12.5 מ"מ), אגרגאט בזלתי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG70-10
- 6 ס"מ – שכבת אספלט צפופה-תא"צ (19 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10,
- ובתכולת ביטומן אופטימאלית של פלוס 0.3%.

7.2 נתיבים מהירים ורגילים מקטע צפוני חתכים 300-618

שיקום מסלול הנתיבים הרגילים במקטע הצפוני יכלול את הפעולות הבאות :-

- (א) מיפוי הנזקים הקיימים על פני המיסעה.
 - (ב) קרצוף 4.0 ס"מ של שכבות האספלט הקיימות.
 - (ג) תיקון נזקים מקומיים במידת הצורך.
 - (ד) ריבוד בשכבות אספלט בעובי מינימאלי של 13.0 ס"מ לפי החלוקה הבאה :
- 4 ס"מ - שכבת אספלט מסוג תאמ"א ש'-SMA (12.5 מ"מ), אגרגאט בזלתי – ביטומן בדרוג PG76-10
- 5 ס"מ – שכבת אספלט צפופה - תא"צ, (25 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG70-10
- 4 ס"מ – שכבת אספלט צפופה-תא"צ (19 מ"מ), אגרגאט דלומיטי –ביטומן בדרוג PG68-10,
- ובתכולת ביטומן אופטימאלית של פלוס 0.3%.

הערה:

יש לקחת בחשבון תוספת של שכבת אספלט בעובי של 2.0 ס"מ עקב שלבי ביצוע ונסיעה על מבנה מיסעה מופחת במשך כשנה.

8. סעיפים והנחיות מיוחדות

8.1 עיבוד השתית הטבעית

עומק עיבוד השתית תלוי בגבול הנזילות של השתית ובסוג עבודות העפר המתוכננות. עומק עיבוד השתית לאורך התוואי יהיה בהתאם לטבלה מס' 8.1. בהתאם להנחיות מפרט נת"י, בזמן ביצוע חייב הקבלן לבצע בורות בדיקה לאורך התוואי במטרה לאפיין את השתית הטבעית. לפני עיבוד השתית על הקבלן להכין תוכנית עיבוד שתית ולאשרה אצל גורמי בקרת האיכות והבטחת האיכות.

טבלה מס' 8.1: עיבוד שתית טבעית בתלות בגבול הנזילות

סוג החתך	חרסית רזה LL<50%	חרסית בינונית 50%<LL<60%	חרסית שמנה LL>60%
חפירה	20	40	60
מילוי עד 1.5 מ'	20	40	60
מילוי בין 1.5 עד 3.0 מ'	20	40	40
מילוי מעל 3.0 מ'	20	20	20

8.2 אפיון ואיכות חומרי המילוי

באזורי מילוי, חומר המילוי המובא יסווג כחומר שלא נחות מ-A-4 לפי שיטת המיון של AASHTO ובנוסף:

- (א) גודל גרגיר מקסימאלי - 3".
- (ב) גבול נזילות מקסימאלי - 35%.
- (ג) מת"ק תכנוני מינימאלי - 6.5% (בעומס 40 ליבראות).
- (ד) זווית חיכוך פנימית - מינימום 33°.

8.3 מילוי באזור תעלות ניקוז ישנות

לאורך התוואי קיימות הרחבות של מבנה המיסעה המתוכננת מעל תעלות ניקוז. להלן שלבי העבודה באזורים בהם קיימות תעלות ניקוז ישנות אשר מעליהן מתוכננת המיסעה:

- (א) חפירה של אזור התעלה הקיימת עד לקבלת שתית טבעית נקייה מפסולת, החפירה תהיה בעומק מינימאלי של 0.5 מ'. מתחתית התעלה. במידה ומתגלה חומר אורגני לאחר החפירה יש להוסיף לחפור עד להגעה לשתית טבעית נקייה מחומרים אורגניים.
- (ב) מילוי חוזר - חומר המילוי יהיה זה המוגדר בסעיף 8.2. עבודות המילוי החוזר יבוצעו בהידוק מבוקר.
- (ג) חפירת התעלה וחיבורה תיעשה במדרגות בגובה אשר יבטיח שיפוע של 2:1.

8.4 תכנ מבנה שבילי אופניים

עובי מבנה שבילי האופניים יהיה מורכב משכבות מצעים ושכבת אספלט עליונה. העובי הכולל של שביל האופניים יהיה בהתאם להנחיות הבאות:

(1) שביל אופניים המתוכנן מחוץ למיסעת הכביש

עובי מבנה שביל האופניים יהיה בעובי של 45 ס"מ בהתאם לחלוקה הבאה:

5 ס"מ – שכבת אספלט מתערובת צפופה (19 מ"מ) אגרגט דלומיטי, וביטומן בדרוג PG70-10.

40 ס"מ- (2 שכבות) מצע סוג ב'

מבנה שביל אופניים זה מתאים גם למעבר ביוביות בין חתכים 302-339.

(2) שביל אופניים המתוכנן מאחורי מעקה

מבנה שביל אופניים המתוכנן מחוץ למעקה יהיה זהה למבנה השוליים.

מראי מקום

- [1] "דו"ח גיאולוגי מוקדם לאחר קידוחים – הוספת נתיב מהיר בקטע בין מחלף נתניה למכון וינגייט", גיאופרוספקט, מרס 2020.
- [2] "חקירה גיאוטכנית עבור פרויקט " כביש 2 : הוספת נתיב מהיר בקטע בין מחלף נתניה למכון וינגייט", דו"ח 12213, 19.2.2019.
- [3] מע"צ המדור לתכנית מבנה, הנחיות לתכנית המבנה של מיסעות אספלטיות בין עירוניות", יוני 2003.
- [4] אוזן, י., "תכנית מבנה מיסעות גמישות של הכבישים הבין עירוניים – פיתוח שיטה חדשה ודרכי יישומה", דו"ח מחקר מס' 293/2003, המכון לחקר התחבורה, הטכניון מכון טכנולוגי לישראל, מרץ 2003.
- [5] Uzan, J., "A Pavement Design and Rehabilitation System", Accepted for Publication, at the TRB, 1996
- [6] "בחנית היישום של תכנון מיסעות עד (Perpetual Pavements) בישראל", דו"ח מחקר ד"ר אריה סידס, פרופ' יעקב אוזן, המכון לחקר תחבורה, מע"צ – החברה הלאומית לדרכים, 2012.
- [7] "הנחיות לתכנון רחובות בערים מבני מיסעות כבישים, משטחים ומדרכות", א. ישי, מ. לבנה, י. קראוס, אוגוסט 2000.
- [8] "המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור, פרק 51", חברת נתיבי ישראל, במהדורתו המעודכנת ביותר.
- [9] הופמן, מ., "שיטת YONAPAVE להערכה מבנית של מיסעות גמישות", יונה-יעוץ וניהול הנדסי בע"מ, הכנס לבנייה ותשתיות 2003 עמודים 141-144.
- [10] Sidess, A., Bonjack, H., and Zoltan, G., "Overlay Design Procedure for Pavement Maintenance Management System". Transportation Research Record, TRR, No 1374, 1992' pp 63-70.