

תאריך : 13.06.2022

לכבוד :

רובי רון – מנהל פרויקט
החברה הכלכלית לפיתוח מעלה אדומים בע"מ

א.נ.,

הנדון: פרויקט הרחבה דרומית, מעלה אדומים – דו"ח תכנ מבנה וביסוס, עדכון 2

1. מבוא

החברה הכלכלית לפיתוח מעלה אדומים מתכננת לבצע פיתוח שטח בקצהו הדרומי של אזור התעשייה – כפי שניתן לראות באיור 1א' ו-1ב', תרשים סביבה. הפרויקט כולל סלילת כבישים חדשים (כביש מס' 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 31, 41, 50 ו-51) ושבילי אופניים אשר ישמשו את משתמשי המתחם העתידי המתוכנן. דו"ח זה מפרט את ממצאי חקירת השתית אשר בוצעה במסגרת הפרויקט ומספק הנחיות לצרכי תכנ מבנה לכבישים ולשבילי אופניים המתוכננים.



איור 1א'. תרשים סביבה של תוואי הפרויקט



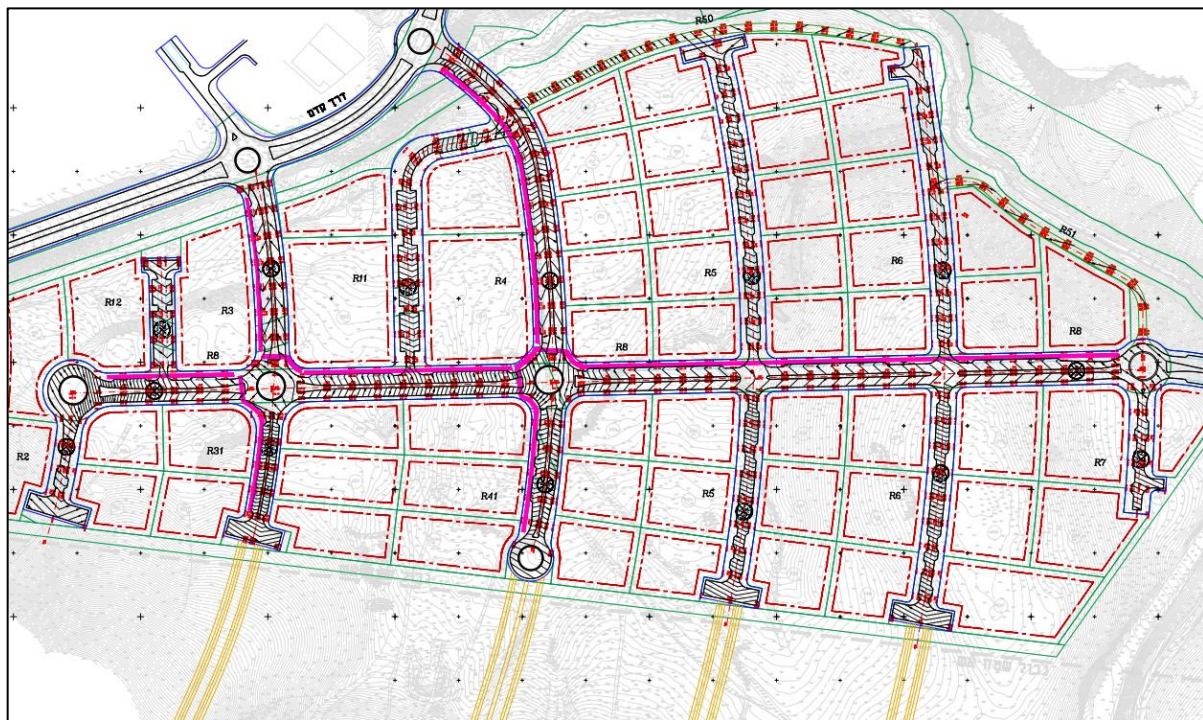
איור 1ב'. תרשים סביבה כללי של מיקום הפרויקט

2. חקירת השתית

במסגרת הפרויקט הני"ל בוצעו סה"כ 10 קידוחי ניסיון לעומק של עד 20 מ', כאשר מכל קידוח ניטלו מדגמים מופרים ובלתי מופרים לצורך ביצוע בדיקות מעבדה אינדיקטיביות. מיקום הקידוחים מפורט בטבלה 1 להלן, כמו גם מיקומם בצורה סכמטית על גבי מפה באיור 2. באיור 3 מובא תיאור ממצאי הקידוחים כאשר מתוך כך ניתן לראות כי הקרקע מורכבת משכבות מילוי טין/חרסית עם צרורות בעובי של בין 0.5-3.5 מ'. מתחת לשכבות המילוי התגלו שכבות קירטון עד חוואר קירטוני או שכבות חרסית עם צורות.

טבלה 1. נתוני קידוחי הניסיון

קואורדינטה		רום מתוכנן [מ']	רום קיים [מ']	מיקום	עומק קידוח [מ']	שם קידוח
Y	X					
632,282	231,803	231.02	232.48	כביש 8, חתך 808	5.0	ק-1
632,289	232,184	215.34	214.16	כביש 8, חתך 827	5.0	ק-2
632,295	232,449	210.25	223.36	כביש 8, חתך 840	10.0	ק-3
632,426	232,016	217.15	220.51	כביש 4, חתך 407	5.0	ק-4
632,491	232,164	208.11	219.71	כביש 5, חתך 520	10.0	ק-5
632,197	232,014	221.45	220.52	כביש 41, חתך 4103	10.0	ק-6
632,175	232,325	218.64	239.75	כביש 6, חתך 605	20.0	ק-7
632,276	231,647	235.43	232.61	כביש 8, חתך 800	5.0	ק-8
632,426	231,795	229.13	226.23	כביש 3, חתך 308	5.0	ק-9
632,532	231,955	214.77	214.25	כביש 4, חתך 413	5.0	ק-10

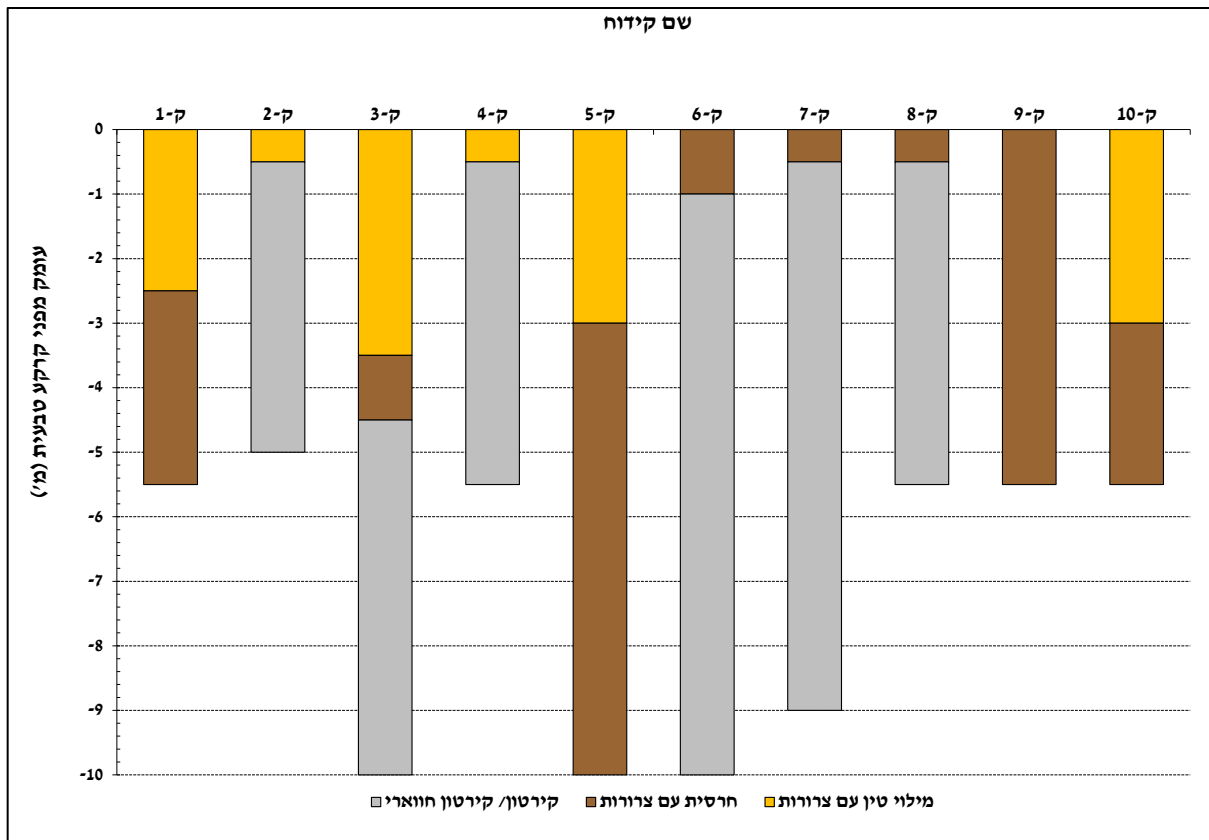


איור 2. מיקום הקידוחים על גבי תכנית מדידה

מתוך ממצאי בדיקות המעבדה מתקבל כי גבול הנזילות ואחוז עובר נפה 200# עבור שכבות הטיין נע בשיעור של 41-71% ו-49-80%, בהתאמה. גבול הנזילות ואחוז עובר נפה 200# עבור שכבות החרסית נע בשיעור של 47-70% ו-71-93%, בהתאמה, ושיעור התפיחה החופשית 80% (מצביע על פוטנציאל תפיחה גבוה). גבול הנזילות ואחוז עובר נפה 200# עבור שכבות הקירטון עד חוואר קירטוני נע בשיעור של 26-49% ו-49-98%, בהתאמה, ושיעור תכולת קרבונטים בין 67-96% (מצביע כי החומר הינו יותר קירטוני מאשר חווארי).

הערכים המתקבלים לעיל מצביעים כי שכבות הטיין והחרסית הינן בעלות פוטנציאל תפיחה בינוני עד גבוה אשר דורש טיפול גיאוטכני לצורך ריסון התפיחה (כגון החלפת קרקע). הערכים המתקבלים עבור שכבות הקירטון עד קירטון חווארי הינם חריגים יחסית וגבוהים מהמצופה. בנוסף, בחלק משכבות אלו התגלתה

תכולת רטיבות גבוהה הקרובה לגבול הפלסטיות (משמע, החומר קרוב למצב רוויה), למרות שלא התגלו מי תהום בזמן הקידוחים. הממצאים הנ"ל מצביעים כי עדיף לאמץ את הפתרון הגיאוטכני לאזורי הטיין/החרסית גם עבור אזורי הקירטון עד חוואר קירטוני. הפתרון הגיאוטכני המוצע לריסון התפיחה הינו החלפת קרקע בעובי 1.0 מ' (בהתאם למודל התפיחה של פרופ' ליבנה). בזמן הביצוע, תיבחן האפשרות לצמצום החלפת הקרקע באזורי הקירטון הקשית.



איור 3 . ממצאי קידוחי הניסיון

לצורך הערכת שיעור המת"ק התכנוני נבחנו ממצאי בדיקת ה-SPT ואומצו קורלציות מקובלות בספרות בין האפיון האינדיקטיבי של החומר לבין ערך המת"ק. מתוך בדיקת ה-SPT מתקבל כי מת"ק הקרקע הינו מעל 6.0%. מתוך קורלציה לפרמטרים האינדיקטיביים מתקבל כי מת"ק הקרקע נע בין 4.0-7.0%. אי לכך, הוחלט לאמץ ערך מת"ק תכנוני בשיעור של 4.0%.

3. תכנון עובי מבנה המיסעה

באופן כללי, תכנון מבנה המיסעה הדרוש מבוצע בהתאם להנחיות התכנוניות של חברת נתיבי ישראל (נתיי – מע"צ) המבוססת על נוסחת המת"ק המורחבת תוך יישום עקרון הנזק המצטבר (חוק מינר) וכאשר עובי שכבת האספלט נקבע לפי קריטריון ההתעייפות. חישוב עיבור המתיחה בתחתית שכבת האספלט תחת עומס סרן סטנדרטי (סרן יחיד דו גלגל במשקל של 8.2 טון) מבוצע בהתאם למודל הרב-שכבתי האלסטי-ליניארי. עובי שכבת האספלט נקבע בניסוי וטעיה עבור חצי מהתנועה הנתונה, לאחר המרתה לסרן אקוויוולנטי של

8.2 טון (W_{18}) ועד להשגת הקריטריון של מינר. אי-קיום הקריטריון מחייב הגדלת שכבת האספלט על חשבון שכבות המצע והאגו"ם בהתאם למקדמי המרה המומלצים בהנחיות התכנוניות. כל החישובים הנ"ל מבוצעים באמצעות תוכנת FlexDesign המקובלת בחברת נתיבי ישראל.

בהתאם להנחיית מתכנן התנועה בפרויקט, בה"ת שטח העבודה מצביע כי נפח התנועה היומי הממוצע בשנה לשני הכיוונים (AADT) הינו בשיעור של 28,000 כ"ר, מתוכם 8% משאיות ו-1% אוטובוסים. ההנחה הינה כי מקדם הגידול השנתי הינו בשיעור של 1.5%. שווה לציין כי נתוני תנועה אלו רלוונטיים לכבישים הראשיים באזור התעשייה (כביש 3, 4 ו-8), כאשר בשאר הכבישים (כבישים משניים – כביש 2, 5, 6, 7, 12, 31, 41, 50 ו-51) ההנחה הינה שהם יטררו בכ-50% מנפח תנועה זה. בנוסף, התכנון מטה מתייחס לשתי חלופות מבחינת תקופת השירות, 10 שנים ו-20 שנה.

בהתאם לכל האמור לעיל, מתקבל כי W_{18} עבור הכבישים הראשיים הינו בשיעור של 16.4×10^6 ו- 35.4×10^6 עבור תקופת תכנון של 20 שנה ו-10 שנים, בהתאמה. עבור הכבישים המשניים מתקבל כי W_{18} הינו בשיעור של 17.7×10^6 ו- 8.2×10^6 עבור תקופת תכנון של 20 שנה ו-10 שנים, בהתאמה. בנוסף לכבישים אלו, מתוכנן כביש פטרולים (סיוורים) מסביב לאזור הפרויקט אשר מיועד למעבר רכב ביטחון (גיפ/טנדר) אחת לשעה. מבנה כביש זה תוכנן בהתאם להנחיות לתכנון רחובות בערים של משרד הבינוי והשיכון עבור תנועה קלה מאוד (קטגוריית תנועה מס' 2).

בנוסף, שווה לציין כי כלל המבנים המוצעים הינם ללא שכבת אגו"ם (עקב הסלילה בתוואי עירוני) וכוללים שכבות אספלט ומצע סוג א' בלבד. עובי שכבת האגו"ם הדרוש בהתאם לשיטת התכן מומר בחציו לעובי אספלטי ובחציו השני לשכבות מצע א'.

בהתאם לכל האמור לעיל, עובי מומלץ **למבנה כבישים מס' 3, 4 ו-8** עבור תקופת תכנון של 20 שנה הינו בשיעור כולל של 80 ס"מ, המחולקים ל-24 ס"מ שכבות אספלט מעל ל-56 ס"מ שכבות מצע א' כמפורט בטבלה להלן:

טבלה 2. מבנה כבישים ראשיים עבור תקופת תכנון של 20 שנה

עובי, [ס"מ]	סוג שכבה
5	תא"מ 19 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG70-10
6	תא"צ 25 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG68-10
6	תא"צ 25 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG68-10
7	תא"צ 25 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG68-10
56	מצע סוג א' מהודק ב-3 שכבות
80	סה"כ עובי מבנה
100	החלפת קרקע בחומר מילוי מאושר

עובי מומלץ **למבנה כבישים מס' 3, 4 ו-8** עבור תקופת תכנון של 10 שנים הינו בשיעור כולל של 75 ס"מ, המחולקים ל-22 ס"מ שכבות אספלט מעל ל-53 ס"מ שכבות מצע א' כמפורט בטבלה להלן:

טבלה 3. מבנה כבישים ראשיים עבור תקופת תכנון של 10 שנים

סוג שכבה	עובי, [ס"מ]
תא"מ 19 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG70-10	5
תא"צ 25 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG68-10	5
תא"צ 25 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG68-10	6
תא"צ 25 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG68-10	6
מצע סוג א' מהודק ב-3 שכבות	53
סה"כ עובי מבנה	75
החלפת קרקע בחומר מילוי מאושר	100

עובי מומלץ למבנה כבישים מס' 2, 5, 6, 7, 12, 31, 41, 50 ו-51 עבור תקופת תכנון של 20 שנה הינו בשיעור כולל של 76 ס"מ, המחולקים ל-22 ס"מ שכבות אספלט מעל ל-54 ס"מ שכבות מצע א' כמפורט בטבלה להלן:

טבלה 4. מבנה כבישים משניים עבור תקופת תכנון של 20 שנה

סוג שכבה	עובי, [ס"מ]
תא"מ 19 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG70-10	5
תא"צ 25 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG68-10	5
תא"צ 25 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG68-10	6
תא"צ 25 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG68-10	6
מצע סוג א' מהודק ב-3 שכבות	54
סה"כ עובי מבנה	76
החלפת קרקע בחומר מילוי מאושר	100

עובי מומלץ למבנה כבישים מס' 2, 5, 6, 7, 12, 31, 41, 50 ו-51 עבור תקופת תכנון של 10 שנים הינו בשיעור כולל של 70 ס"מ, המחולקים ל-19 ס"מ שכבות אספלט מעל ל-51 ס"מ שכבות מצע א' כמפורט בטבלה להלן:

טבלה 5. מבנה כבישים משניים עבור תקופת תכנון של 10 שנים

סוג שכבה	עובי, [ס"מ]
תא"מ 19 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG70-10	5
תא"צ 25 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG68-10	7
תא"צ 25 מ"מ, אגרגט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG68-10	7
מצע סוג א' מהודק ב-3 שכבות	51
סה"כ עובי מבנה	70
החלפת קרקע בחומר מילוי מאושר	100

עובי מומלץ למבנה כביש פטרולים הינו בשיעור כולל של 45 ס"מ, המחולקים ל-5 ס"מ שכבות אספלט מעל ל-40 ס"מ שכבות מצע א' כמפורט בטבלה להלן:

טבלה 6. מבנה כביש פטרולים

עובי, [ס"מ]	סוג שכבה
5	תא"צ 19 מ"מ, אגרנט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG70-10
40	מצע סוג א' מהודק ב-3 שכבות
45	סה"כ עובי מבנה
100	החלפת קרקע בחומר מילוי מאושר

עבור מדרכות מאבנים משתלבות עובי מבנה המיסעה המומלץ הינו בשיעור כולל של 30 ס"מ, המחולקים ל-6 ס"מ שכבת אבנים משתלבות מעל ל-4 ס"מ שכבת חול מיישרת ו-20 ס"מ שכבת מצע א' כמפורט בטבלה להלן:

טבלה 7. מבנה מדרכה

עובי, [ס"מ]	סוג שכבה
6	אבנים משתלבות
4	חול מיישר
20	מצע סוג א'
30	סה"כ עובי מבנה
100	החלפת קרקע בחומר מילוי מאושר

עבור שבילי אופניים עובי מבנה המיסעה המומלץ הינו בשיעור כולל של 34 ס"מ, המחולקים ל-4 ס"מ שכבת אספלט מעל ל-30 ס"מ שכבות מצע א' כמפורט בטבלה להלן:

טבלה 8. מבנה שביל אופניים

עובי, [ס"מ]	סוג שכבה
4	תא"צ 12.5 מ"מ, אגרנט דולומיטי, ביטומן בסיווג PG68-10
30	מצע סוג א' מהודק ב-2 שכבות
34	סה"כ עובי מבנה
100	החלפת קרקע בחומר מילוי מאושר

4. הנחיות מיוחדות

לפני ביצוע המבנים המוצעים לעיל, יש לבצע חישוף לעומק של 20 ס"מ לפחות, תוך סילוק כל צמחייה או פסולת. את השתית יש לעבד ולהדק לתכולת הרטיבות ולצפיפות הנדרשים במפרט 51 הכללי בתלות בסיווג החומר לפי שיטת המיון של AASHTO. עומק העיבוד הינו תלוי בגבול הנזילות של השתית ולפי המפורט בטבלה 2 מטה.

טבלה 9. דרישות לעומק עיבוד שתית כתלות בגבול הנוזלות

גבול הנוזלות של השתית			סוג חתך
LL>60%	50%<LL<60%	LL<50%	
60	40	20	חפירה
60	40	20	מילוי עד 1.5 מ'
40	40	20	מילוי בין 1.5 עד 3.0 מ'
20	20	20	מילוי מעל 3.0 מ'

המילוי המאושר בפרויקט יהיה מחומר שאינו נחות מ-A-2-4 (בהתאם לשיטת המיזן של AASHTO) ואשר יעמוד בדרישות הבאות:

- (א) גודל אבן – מקסימום 3"
- (ב) אינדקס פלסטיות – מקסימום 10%
- (ג) גבול נוזלות – מקסימום 35%
- (ד) תפיחה חופשית – מקסימום 25%
- (ה) מת"ק תכנוני – מינימום 6% (בדיקת המת"ק תבוצע בעומס של 40 ליבראות)
- (ו) אחוז עובר נפה #200 – 18-35%
- (ז) לחילופין ניתן להשתמש במילוי נברר (מצע ג') עם הגבלת דקים

5. הנחיות לקירות תומכים

- א. במסגרת הפרויקט מתוכננים קירות תומכים מסוג רגל לגובה מקסי' של 3.0 – 4.0 מ'.
 ב. בהתאם לחתך הקרקע הקיים, הקירות יבוססו ע"ג שתית טבעית מסוג קרטון חווארי או ע"ג החלפת קרקע. עובי החלפת הקרקע ייקבע בהתאם לסוג השתית, כמפורט בטבלה 10.
 ג. יש להסיר את כל שכבות המילוי מתחת לאלמנטים המתוכננים.

טבלה מס' 10: נתוני קירות מתוכננים ועובי החלפת קרקע

מס' כביש	קידוח ניסיון	חתך קרקע צפוי	עובי החלפת קרקע	הערות
כביש 6	ק-7	קרטון חווארי	/	יש להסיר את שכבת החרסית מעל הקרטון – כ- 0.5 מ'
כביש 12	ק-8			יש להסיר את שכבת החרסית מעל הקרטון – כ- 0.5 מ'
כביש 8	ק-2			
כביש 11	ק-4 ק-10	מילוי קרטון חווארי	0 - 100 ס"מ	עובי ההחלפה ייקבע בהתאם לסוג השתית
כביש 3	ק-9	חרסית עם צרורות	80 ס"מ	-
כביש 4	ק-4 ק-10	מילוי קרטון חווארי	0 - 100 ס"מ	עובי ההחלפה ייקבע בהתאם לסוג השתית
כביש 41	ק-6	חרסית מעל קרטון חווארי	80 ס"מ או ע"ג קרטון חווארי	במידה ומושגת חדירה לשכבת הקרטון לא נדרשת החלפת קרקע

- ד. עומק יסוד הקיר יהיה 80 ס"מ עבור קירות בגובה עד 3 מ'. עבור קירות גבוהים יותר יש להגדיל את עומק ההטמנה ב-10% ביחס להגדלת גובה הקיר (לדוגמא, עומק ההטמנה של קירות בגובה 4 מ' יהיה 90 ס"מ, קירות בגובה 5 מ' יהיה 100 ס"מ וכו').
 ה. חפירות זמניות עבור ביצוע הקירות יהיו לפי שיפוע של 1H: 1V.
 ו. לאורך קטעים בהם הקירות מתוכננים ע"ג מדרון, המרחק האופקי המינימאלי בין חזית יסוד הקיר לפני המדרון יהיה 3 מ' לפחות. עומק היסוד ייקבע בהתאם.
 ז. יש להזניח את תרומת הקרקע בצד הפסיבי ליציבות הקיר.
 ח. החלפת הקרקע תבוצע ע"י מצע סוג ג' (חומר נברר) כהגדרתו בסעיף 51.02.02.01.06 במפרט הכללי של נת"י. המצע יונח בשכבות של 20 ס"מ ויהודק לצפיפות של 98% לפי מודיפייד אשטון.
 ט. כאשר החלפת הקרקע מונחת מעל שתית חרסיתית, נדרש להשתמש במצע סוג ג' עם הגבלת אחוז דקים של 18-25%.
 י. ניקוז גב הקיר יעשה ע"י מערכת נקזים בחזית הקיר בקוטר 4" ובצפיפות של כ- 3 מ"ר.

יא. מילוי חוזר בגב הקיר ובקטעים בהם לא מתוכננות מסעות יהיה באמצעות מצע סוג ג' (חומר נברר) ע"פ הגדרתו במפרטי נת"י. המילוי החוזר יונח בשכבות של 20 ס"מ ויהודק לצפיפות של 98% לפי מודיפייד אאשטו. בקטעים בהם מתוכננת מיסעת כביש, יתוכנן המילוי בהתאם להנחיות יועץ תכן מבנה המסעה.

יב. הפרמטרים לחישוב ותכנון קירות קונבנציונליים נתונים בטבלה מס' 11.

יג. יש לבדוק ולהבטיח את היציבות הכללית של הקירות בהתאם למקדמי הביטחון המקובלים. בחישוב היציבות יש לקחת בחשבון את העומסים השימושיים הפועלים בראש הקיר (כביש, מבנה וכו'..).

יד. במידה וקיימת רגישות לתזוזות אופקיות בראש הקיר מסיבה כלשהי יש לתכנן את הקיר ללחץ עפר במנוחה.

טבלה מס' 11. פרמטרים לתכנון קירות תומכים קונבנציונליים

הערות	פרמטר	
	משקל מרחבי של המילוי בגב הקיר [kN/m ³]	21
	זווית חיכוך פנימית - ϕ	34
מקדמי לחץ העפר חושבו תחת הנחה של פני קרקע אופקיים בצד האקטיבי והפסיבי. במידה ומבצעים חפירה מעל או מתחת לקיר, יש לחשב את מקדמי לחץ העפר באחת מהשיטות המקובלות (קולומב למשל).	מקדם לחץ עפר צידי אקטיבי	0.3
	מקדם לחץ עפר במנוחה	0.45
	נאמץ מגע מותר בתחתית הקיר [kg/cm ²]	2.5
	מקדם חיכוך מותר בתחתית יסוד הקיר	0.40
בתכנון לרע"א ניתן להפחית מקדמים אלו לערך של 1.2 בנוסף, יש לבדוק ששקול הכוחות נמצא בתוך הגרעין	מקדם ביטחון להחלקה	1.5
	מקדם ביטחון להיפוך	2.0

אשמח לעמוד לרשותך במתן הבהרות נוספות.

בכבוד רב,

פייר ניג'ס, M.Sc.

חברת אגסי רימון בע"מ