



# בדיקות קרקע וייעוץ לביסוס

אזור תעשייה – נחשונים

תכן מבנה

דו"ח מס' 6084-22

מהדורה 2

תאריך 27.11.2022



מכון הנדסת היסוס



## בדיקות קרקע וייעוץ לביסוס

אזור תעשייה - נחשונים

תכן מבנה

דו"ח מס' 22-6084

מהדורה 2

## תוכן

3	כללי	1
5	תיאור פרופיל הקרקע	2
8	נתוני תנועה	3
8	מת"ק תכנוני	4
9	מבנה אספלטי	5
11	החלפת קרקע	6
12	שתית	7
12	חפירה ומילוי	8
14	ניקוז	9
14	הערות	10

**תפוצה**

אינג' עידו בטלבי – משרד פרו ש.י.א.

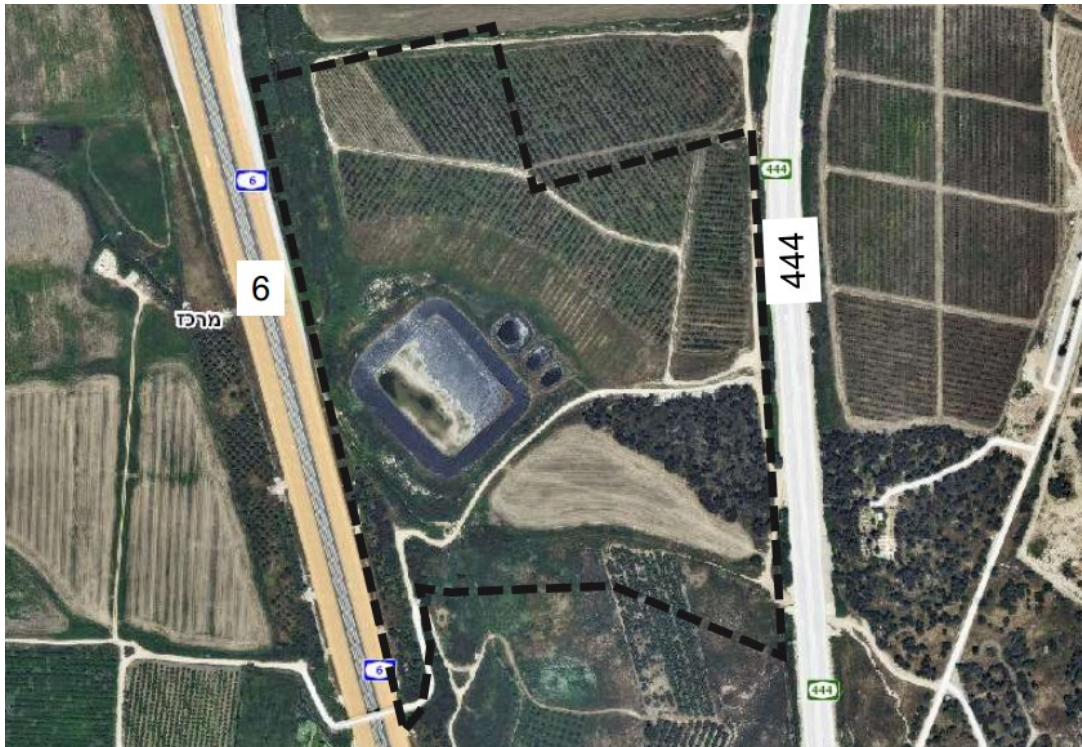


מכון התקנים הישראלי



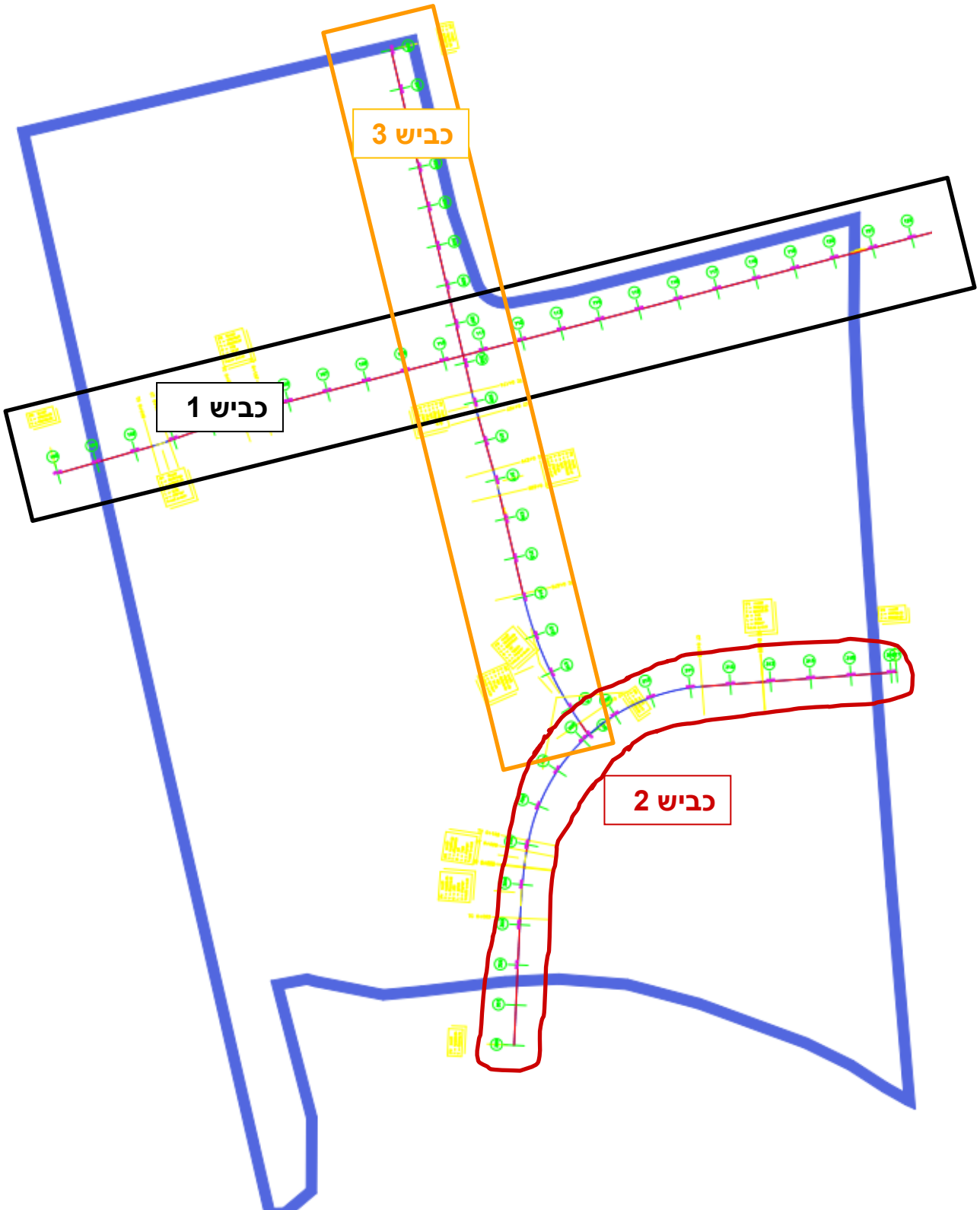
## 1 כללי.

- א. הפרויקט ממוקם מערבית ליישוב "נחשונים", בין כביש 444 לכביש 6 – ראו איור 1.
- ב. הפרויקט יכול אלמנטים קונסטרוקטיביים רבים. דו"ח זה מתייחס לתכן מבנה כביש בלבד.
- ג. השטח היום כולל בין היתר שטח חקלאי ומכון לטיהור שפחים לא פעיל של קיבוץ נחשונים.
- ד. הפרויקט גובל בכיוון מערב לנחל מזור ולנחל נחשונים דרום לכיוון דרום.
- ה. בגבולות המגרש קיימים כבישי עפר לכיוון צפון ודרום.
  - בגבול מערב, המגרש גובל לכביש 6.
  - בגבול מזרח, המגרש גובל לכביש 444.
- ו. מפלסים:
  - פני הקרקע הקיימים בחלק המערבי של הפרויקט נמצאים ברום +48.0 ועולים עד לכ-+58.0 בחלק המזרחי של הפרויקט.
  - ז. חתכים עם היקף עבודות העפר (מילוי וחפירה) מצורפים בנספחים.
  - ח. הדו"ח שבהמשך מפרט הנחיות לתכנון מבנה הכביש.



איור 1 - אזור תעשייה נחשונים - גבולות הפרויקט





איור 2 - מיקום הכבישים המתוכננים





היום באתר מבצעים קו מאסף ביוב בקוטר 1.0 מ'.  
עבור הקו בוצעה חפירה לעומק עד כ-10 מ'.

להלן עבודות עפר מתוכננות לאורך הכבישים:

הערה	מילוי/חפירה	חתך	כביש #
	מילוי בעובי 1-10 מ'	100-109	1
	$\pm 1$ מ'	109-111	
קטע זה ייבנה בשלב ב' של הפרויקט	חפירה לעומק 1-9 מ'	111-120	
	מילוי בעובי עד כ-1 מ' וחפירה לעומק עד כ-1 מ'	300-318	3
	מילוי בעובי 0.5-1.0 מ'	200-206	2
	חפירה לעומק 1-2 מ'	206-216	

## 2 תיאור פרופיל הקרקע.

### 2.1 פרופיל הקרקע ובדיקות מעבדה

- א. במגרשי הפרויקט בוצע 5 קידוחי נסיון לעומקים 2-6 מ'. כמו כן בוצעו בדיקות מעבדה לאפיון הקרקע והסלע.
- ב. תיאור ומיקום קידוחים, חתך קרקע ותוצאות בדיקות המעבדה מצורפות בנספחים.
- ג. על פי תוצאות הקידוחים והבדיקות, חתך הקרקע צפוי להיות כדלקמן:
- פני השטח מכוסים במילוי יחסית רדוד. לא התגלה שכבת מילוי עבה, למעט בקידוח BL-2 שבו התגלה שכבת מילוי בעובי כ-2 מ'.
  - מתחת למילוי ועד לעומק 2-5 מ' – חרסית שמנה לעיתים עם צרורות, בחוזק בינוני-נמוך. ( $N_{SPT} = 11-23$ ).
- מתחת לחרסית השמנה התגלה סלע קרטוני גירי עד גירי קרטוני.
- ד. מי תהום לא נמצאו בקידוחי הנסיון ולא צפויים להשפיע על תכנון מבנה הכביש.



ה. חוזק הקרקע באתר צפויה להתאים לסיווג C – סיווג על פי תקן 413.  
 ו. מקדמי תאוצת הקרקע באתר הינם:

$$Z = 0.07 \text{ (10\% @ 50 Years)}$$

$$Z = 0.08 \text{ (5\% @ 50 Years)}$$

$$Z = 0.10 \text{ (2\% @ 50 Years)}$$

ז. תוצאות בדיקות מעבדה מצורפות בנספחים.

ח. סיכום התוצאות כדלקמן:

תפיחה חופשית	PI	PL	LL	עובר #200	רטיבות	
[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
70-140	14-54	15-21	31-75	48-88	6.5-29	טווח ערכים
70-140	40-47	18-21	60-66	80-88	16.5-20	ערכים טיפוסיים

ט. כמו כן נעשתה בדיקות מת"ק מעבדתית. תוצאות היו כדלקמן:

- צפיפות מקסימלית – 1730 ק"ג/מ"ק
- רטיבות אופטימלית – 16%
- מקשר יחסי – 2.7
- CBR מעבדתי – 3%.

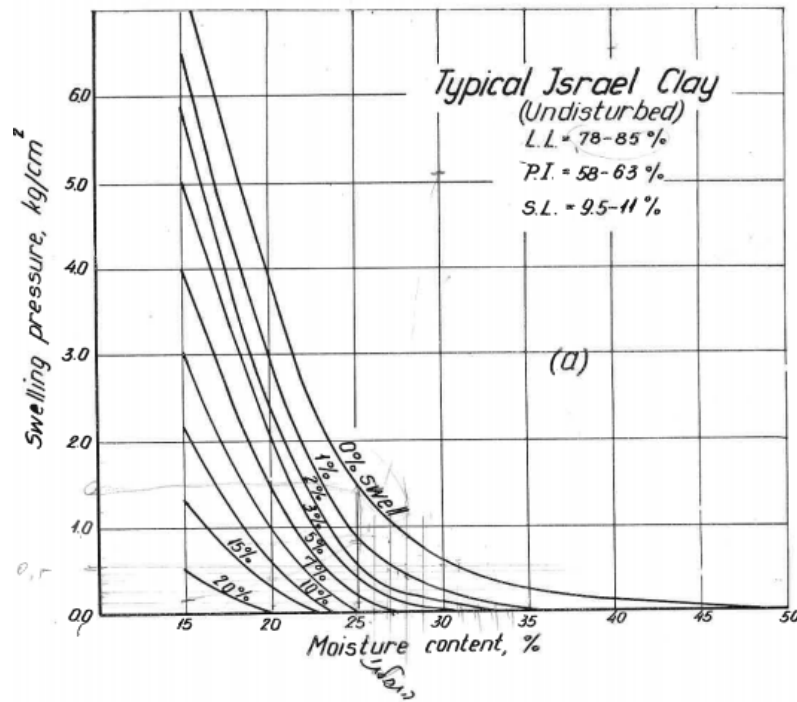
## 2.2 תפיחת חרסית

א. אחת מבעיות תכנון הכבישים באזור החרסית התופחת היא בעיית תפיחה של החרסית. בכדי למנוע את השתקפות הסדקים באספלט, מומלץ לבצע החלפת קרקע נוספת מתחת למבנה הכביש.

ב. כמו כן יש לדאוג לביצוע מדרכות ואיטום הקצוות של משטחי האספלט והכביש, כך שהמים לא יצטברו על החרסית ולא יגרמו לתפיחתה.

ג. מטרת החלפת הקרקע היא להגביל את שעור התפיחה בחרסית ל-2%, תחת עומס השכבות.





איור 3 - מתוך מאמר של Zeitlen (1965)

- ד. מהגרף ניתן לבדוק מהו הלחץ הנגדי שיש להפעיל בכדי להגביל את התפיחה. ניתן לראות שברטיבות קרובה לכ-20-25% (כנמצאת בחרסית באתר) בכדי להגביל את שעור התפיחה ל-2% יש ליצור משקל נגדי של 5-10 טון למ"ר – דהיינו תידרש החלפת קרקע בעובי של מעל 2.5-3.0 מ'.
- ה. בהחלפת קרקע בגודל כזה ניתן למנוע כמעט לחלוטין השתקפות סדקי תפיחה. מאידך, עובי החלפת קרקע של 3 מ' אינו כלכלי.
- ו. ניתן לתכנן את עובי החלפת הקרקע כ-1.5 מ' בלקיחת סיכון מחושב להשתקפות הסדקים עתידיים.



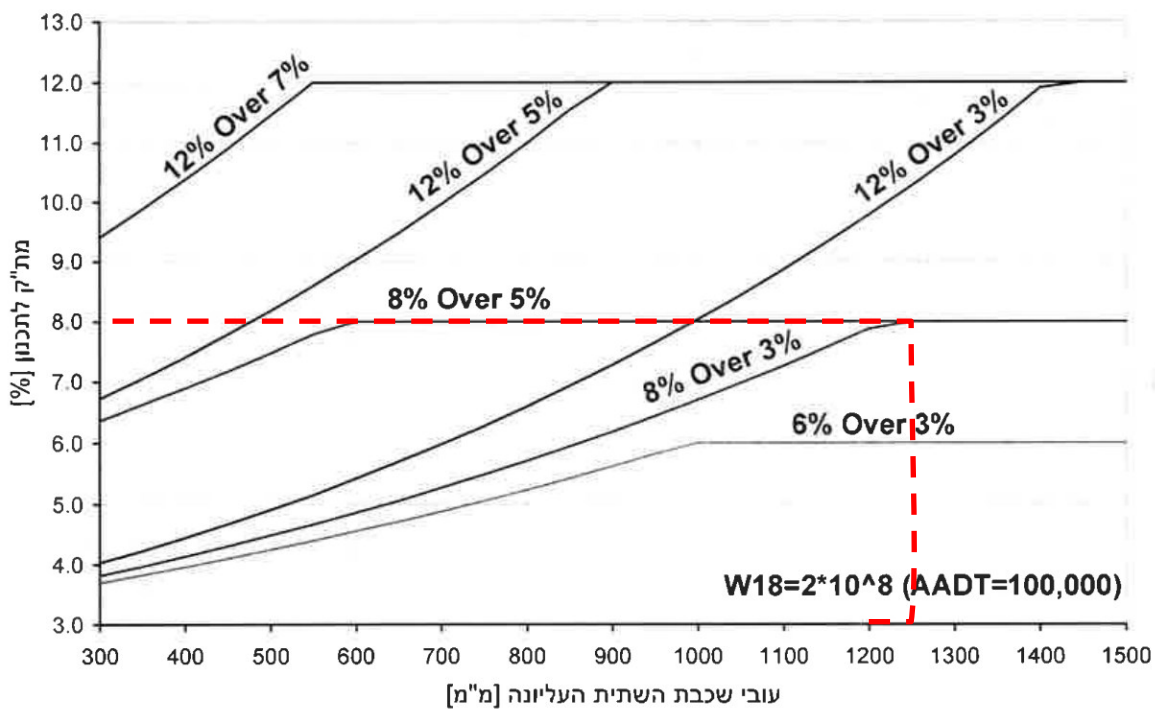


### 3 נתוני תנועה

- א. לפי הנמסר על ידי מתכנן התנועה, נכון להיום ניתן להעריך את קטגוריית התנועה בכל הכבישים ככבדה מאוד.
- בהמשך התכנון יתקבלו תחזיות תנועה מדויקים.
- ב. תקופת התכנון הינה ל-20 שנה כפי שמקובל.

### 4 מת"ק תכנוני

- א. עפ"י בדיקות שדה ומעבדה ניתן לקבוע שערך ה-CBR התכנוני של החרסית הטבעית הוא 3%.
- מאידך, בקרקעות תופחות מקובל להרחיק את החרסית ובכך להקטין את השפעת התפיחה על המבנה באמצעות החלפת קרקע.
- ב. בהנחה שמתחת למבנה האספלט תעשה החלפת קרקע בעובי כ-1.5 מ' לפחות, ניתן להגדיל את ה-CBR התכנוני ל-8% כפי שנראה בגרף להלן:



איור 4 - גרף מתוך נספח א, "הנחיות לתכנית המבנה של מסעות אספלטיות בינעירוניות", גתיבי ישראל 2003.







- ג. באזורים בהם השתית תהיה סלעית, ניתן לקבוע את המת"ק התכנוני ב-10%.
- ד. להלן המת"ק התכנוני לפי חתכי כביש:

מת"ק תכנוני [%]	חתך	כביש #
8	100-108	1
8	108-111	
10	111-120	
8	300-307	3
10	307-318	
8	200-206	2
10	206-216	

## 5 מבנה אספלטי

- א. המבנה האספלטי המומלץ יהיה בהתאם למת"ק התכנוני של השתית וקטגוריות התנועה "כבדה מאוד".
- ב. להלן טבלאות מבנים אספלטיים לפי מת"ק התכנוני.
- מת"ק תכנוני 8%:

אספלט	4	שכבת תא"צ ( 19 מ"מ ) ביטומן PG70-10
אספלט	5	שכבת תא"צ ( 25 מ"מ ) ביטומן PG68-10
אספלט	6	שכבת תא"צ ( 25 מ"מ ) ביטומן PG68-10
אגו"ם	20	אגו"ם
מצע א'	20	מהודק ל 98% מוד. א.א.ש.ט.ו.
סה"כ	55 ס"מ	





אלטרנטיבה ללא אגו"מ:

אספלט	4	שכבת תא"צ ( 19 מ"מ )	ביטומן PG70-10
אספלט	5	שכבת תא"צ ( 25 מ"מ )	ביטומן PG68-10
אספלט	6	שכבת תא"צ ( 25 מ"מ )	ביטומן PG68-10
אספלט	6	שכבת תא"צ ( 25 מ"מ )	ביטומן PG68-10
מצע א'	34	מהודק בשכבות של 15-20 ס"מ ל 98% מוד. א.א.ש.ט.ו.	
סה"כ	55 ס"מ		

ג. מת"ק תכנוני 10%:

אספלט	4	שכבת תא"צ ( 19 מ"מ )	ביטומן PG70-10
אספלט	5	שכבת תא"צ ( 25 מ"מ )	ביטומן PG68-10
אספלט	6	שכבת תא"צ ( 25 מ"מ )	ביטומן PG68-10
אגו"ם	20	אגו"ם	
מצע א'	15	מהודק ל 98% מוד. א.א.ש.ט.ו.	
סה"כ	50 ס"מ		

אלטרנטיבה ללא אגו"מ:

אספלט	4	שכבת תא"צ ( 19 מ"מ )	ביטומן PG70-10
אספלט	5	שכבת תא"צ ( 25 מ"מ )	ביטומן PG68-10
אספלט	6	שכבת תא"צ ( 25 מ"מ )	ביטומן PG68-10
אספלט	6	שכבת תא"צ ( 25 מ"מ )	ביטומן PG68-10
מצע א'	29	מהודק בשכבות של 15-20 ס"מ ל 98% מוד. א.א.ש.ט.ו.	
סה"כ	50 ס"מ		





## ד. מבנה במעגלי תנועה (כיכר)

אם יתוכננו צמתים מעגליים, מומלץ בצמתים אלו ליישם שכבה עליונה תערובת S בעלת דירוג דק יותר – תא"מ 19 מ'.

## ה. הערה חשובה

ככל הנראה כבישים 1,2,3 ישמשו לתנועת כלי רכב כבדים (משאיות סמיטריילרים) בעת בניית מבני תעשייה במגרשים סמוכים ויתכן שיהרסו את הכבישים בחלקם העליון. כפתרון לבעיה זו ניתן לפתוח את הכבישים ללא אספלט או עם 2 שכבות אספלט זמניות מאמבי"ט שיוחלפו לאחר בניית לפחות 75% מהמבנים במגרשים.  
**הנושא ידון בהמשך התכנון.**

## 6 החלפת קרקע

- א. כאמור לעיל, בשתית חרסיתית תופחת מומלץ לבצע החלפת קרקע מתחת למבנה האספלטי ובכך להרחיק את החרסית מפני האספלט.
- ב. עובי ההחלפה יהיה 1.5 מ' לפחות או עד להגעה לסלע טבעי בריא, ראו טבלה להלן:

עובי החלפת קרקע	חתך	כביש #
-	100-108	1
1.5 מ' או עד הסלע	108-111	
1.5 מ' או עד הסלע	111-120	
1.5 מ'	300-307	3
1.5 מ' או עד הסלע	307-318	
1.5 מ' או עד הסלע	200-206	2
1.5 מ' או עד הסלע	206-216	

- ג. החלפת הקרקע תעשה מחומר מצע ג' בשכבות של 20 ס"מ מהודק ל-98% מוד. א.א.ש.ט.ו.





ד. במקומות בהם יימצא מילוי/פסולת, עובי החלפת קרקע יהיה לפחות 2.0 מ' או עד להוצאת כל המילוי.

## 7 שתית

- ה. השתית החפורה תנוקה ממילוי ופסולת עד להגעה לקרקע/סלע טבעי.
- ו. השתית החרסיתית הטבעית תהודק לצפיפות של 90-92% מוד. א.א.ש.ט.ו. ברטיבות קרובה לגבול פלסטיות  $\pm 2\%$ .
- ז. השתית הסלעית תיושר ותנוקה מעודפי חפירה.
- ח. אם שתית החרסיתית תהיה רטובה, ולא ניתנת להידוק, יוחדרו לתוכה אבני בקלש בגודל 5-10 ס"מ עד לייצובה.
- ט. מומלץ לאטום את השתית החרסיתית ע"י הנחת יריעת HDPE.
- י. באזור בריכות השפכים, יש לנקות את תחתית הבריכות מרפש עד להגעה לקרקע טבעית.

## 8 חפירה ומילוי

- א. מתוכננת עבודות חפירה ומילוי עבור הכבישים השונים כדלקמן:
- כביש 1: חפירה של כ-9 מ' בחתכים 111-120, מילוי בגובה עד כ-10 מ' בחתכים 100-108
  - כביש 3: חפירה של עד כ-2.5 מ', מילוי בגובה כ-1 מ'
  - כביש 2: חפירה של עד כ-2 מ', מילוי בגובה כ-1 מ'
- ב. שיפועי חפירה:
- בחרסית: 1 אנכי ל-2 אופקי
  - בסלע קשה: 2 אנכי ל-1 אופקי
- ג. מילוי
- מילוי הסוללה ב-2 מ' עליונים (מפני מבנה הכביש) יעשה מחומר נברר מובא. המילוי יהודק בשכבות של 20 ס"מ ל-98% מוד. א.א.ש.ט.ו. מתחת ל-2 מ' עליונים המילוי יעשה לפי דרישות הבאות:





- אחוז דקים - 20-30%
- קוטר האבן המקסימלית - עד 10 ס"מ.
- שכבות להידוק - 20-25 ס"מ עובי לצפיפות 96% מוד. א.א.ש.ט.ו.

בתחום הסוללה המילוי ייתמך ע"י קירות תומכים.  
 אם הקירות יהיו מסוג קיר קרקע משוריין, המילוי יעשה לפי ת"י 1630.  
 אם הסוללות יסתיימו בשיפוע, הוא יהיה 1 אנכי ל-2.5 אופקי. בגובה מעל 6 מ' תעשה ברמה אופקית  
 ברוחב 2.5 מ'.  
 המדרון יכוסה בצמחיה ולפי הצורך, ביריעות גאוטכניות.

#### ד. מילוי מעל קו ביוב מאסף

כאמור לעיל, בתחום כביש מס' 1 בוצע קו ביוב מאסף.  
 מעל הקו מתוכנן מילוי בגובה כ-6 מ' כאשר 4 מ' ממנו יבוצע במסגרת הפרויקט הנדון.  
 נמסר לנו ע"י מנהל הפרויקט שהמילוי החוזר שכבר בוצע מעל הקו נעשה ללא בקרה, מקרקע  
 מקומית חפורה (כנראה חרסית). יתכן שמילוי זה מכיל גם בולדרים והנחתו כנראה היתה בשפיכה.  
 בתוספת עומס מילוי זה יכול לשקוע ולגרור לשקיעות של הכביש החדש.

להלן נמלצות על ביצוע מילוי בתחום הקו הבוב:

- להוציא לפחות 1.5 מ' מהמילוי הקיים.
- להדק את השתית החפורה ע"י מכבש כבד במשקל כ-6 טון, עד להפסקת השקיעות (8 מעברים לפחות). לביצוע הידוק וויברציוני יש לקבל אישור של מתכנן הקו.
- לפרוש 2 שכבות של יריעת גאוגריד מסוג סטבילנקה או פורטרק, ביניהם שכבת מצע/חול בעובי 20 ס"מ.
- היריעות יהיו בעלות כוח קריעה של 10 טון למ' בכיוון ראשי.
- היריעות יחרגו לפחות 3 מ' מקו החפירה שבוצעה עבור הביוב (יש לקבל תוכנית החפירה של קו ביוב).
- יבוצע מילוי חדש כפי שפורט לעיל בסעיף ג'.



במקומות לא נגישים להידוק מומלץ שהמילוי יעשה בתערובת CLSM.

## 9 ביקוז

- א. הסוד להצלחת תכנון כביש אספלטי בקרקעות תופחות הוא שמירת משטר רטיבות קבוע בחרסית. לכן מומלץ לתכנן מדרכות מסביב לכבישים, המרחיקות את המים מהשתית.
- ב. שיפועי ניקוז עיליים יבטיח סילוק מים מהיר מפני הכביש.

## 10 הערות

- א. מומלץ להעביר למשרדנו תוכניות פרטי המבנה ותכניות עבודות עפר.

  
עדי לרר סשה בר

גנדי שריץ

יעקב גולדשטיין

