

**יעוץ קרקע והנדסי**  
**פיתוח שטח – ל-1296 יח"ד**

**עפולה**  
**1414385**

19/08/2014

**תוכן:**

1. **מבוא**
2. **הקרקע**
3. **המלצות לתכנון ולביצוע**
  - 3.1 **כללי**
  - 3.2 **אפיון מסת הקרקע**
  - 3.3 **עבודות עפר**
    - 3.3.1 **עבודות עפר בכבישים**
    - 3.3.2 **עבודות עפר במגרשים**
  - 3.4 **קירות תומכים**
  - 3.5 **שיפועי חפירה/מילוי**
  - 3.6 **קיים**
  - 3.7 **מבנה הכבישים**
  - 3.8 **ניקוז**
  - 3.9 **מנהלה**
4. **כללי**

- נספחים:**
- דו"ח תיאור בורות ניסיון
  - סקיצה עקרונית-קיר תומך
  - מפרט עבודות עפר בשיטת "שברי אבן"
- תפוצה:**
- לנדיוז – אלי ג'אן
  - עיריית עפולה – ואדים גורביץ'

**יעוץ קרקע והנדסי**  
**פיתוח שטח – ל-1296 יח"ד**  
**עפולה**  
**1414385**

**מבוא** .1

דו"ח זה מתייחס לפיתוח שטח מתוכנן לבניית 1296 יח"ד בעפולה סביב נ.צ. 229934; 727069. מתוכננת סלילת רשת כבישים והכשרת מגרשים לבניה. לפי תכניות שקבלנו, מתוכננות בדרך כלל עבודות עפר רדודות. אזור הפרויקט נמצא מצפון לשכונה קיימת. הצוות המקצועי: לנדיוז (תכנון כבישים).



ציור 1: אזור הפרויקט ע"ר מצב קיים

## הקרקע .2

בנספח דו"ח תיאור בורות ניסיון שבוצעו בשטח, השלמת מידע נוסף -  
במהלך הביצוע.

## המלצות לתכנון ולבצוע .3

### כללי 3.1

הקרקע באתר, הרלוונטית לפיתוח, הינה חרסית שמנה, לעיתים,  
עם כמויות משתנות של צרורות ואבנים, מעל סלע, בד"כ בלוי,  
כשעובי החרסית בד"כ רדוד.  
אין אקויפר רצוף של מי תהום, במפלסים רלוונטיים, אך בהחלט  
יש לצפות למים "שעונים", אפילו בסמוך לפני השטח, עקב  
המוליכות ההידראולית הנמוכה של החרסית.  
החרסית מאופיינת בשינויי נפח ניכרים, כפונקציה של שינויים  
בתכולת הרטיבות בה, והפעלת לחצים גדולים, כאשר שינויי הנפח  
אינם מתאפשרים. עקב כך, מניעה מוחלטת של תופעות של תזוזות  
וסידוק, במסגרת עלויות פיתוח סבירות, למעט אם תסולק כל  
החרסית, הינה בלתי אפשרית ובהחלט ייתכנו נזקים בכביש עם  
התקדמות "חירו".  
ראה להלן, פרקים 3.6 ו-3.8 הנחיות נוספות המסייעות להקטנת  
התפיחה.

**3.2 אפיון מסת הקרקע**

לאפיון מסת הקרקע, הן טבעית, והן מילוי, מוצע שימוש בערכים הבאים:

| <u>מילוי</u>    | <u>מילוי לפי סעיף ה'</u> | <u>חרסית</u>        | <u>סלע</u> |                                |
|-----------------|--------------------------|---------------------|------------|--------------------------------|
| <u>נברר/מצע</u> | <u>במפרט או סעיף</u>     | <u>(טבעית/מילוי</u> |            |                                |
|                 | <u>3.3.1</u>             | <u>מהודק)</u>       |            |                                |
| 2.4             | 2.4                      | 1.8                 | 2.5        | - משקל מרחבי כולל (טון/מ"ק)    |
| 0               | 0                        | 0                   | 0          | - קוהזיה (טון/מ"ר)             |
| 39              | 36                       | 25                  | 55         | - זוית חיכוך פנימית (מעלות)    |
|                 | 33                       | 20                  | 50         | -מאמץ מגע מקסי' מותר (טון/מ"ר) |
| > 20            | > 12                     | 3                   | > 12       | - CBR (%)                      |

**3.3 עבודות עפר**

**3.3.1 עבודות עפר בכבישים**

מומלץ ביצוע לפי מפרט "שברי אבן" שבנספח. הביצוע לפי מפרט עבי עפר בשיטת "שברי אבן", המצורף בנספח. שברי האבן אינם דרושים, אם בשתית צרורות/אבנים מעל 30%, או אם מגיעים לסלע. הגעה לסלע תאפשר, בנוסף לביטול "שברי האבן", גם להקטין ערך A, בהתאם למפלסי הסלע. ערך A מינימום, בכל מקרה: 0.8 מ'.

כאשר השתית הינה סלעית, יבוצע הידוק שתית, ומילוי אינרטי, עד תחתית המצעים.

### עבודות עפר במגרשים 3.3.2

מילוי בחומר אינרטי, בלתי תופח עם הגבלת גודל אבן מקסי' ל- "3, או חרסית.  
ההידוק בשכבות, בבקרה מלאה, לפי דרישות המפרט הכללי, כנדרש טיפול בשתית, על פי סוגה, כמוגדר במפרט הכללי.  
הערה: הגבולות בין כבישים ומגרשים יקבעו לפי עקרון "התפשטות מאמצים" לעומק לפי 1:1.

### קירות תומכים 3.4

יתוכנו כקירות כובד או קירות בטון מזוין עם רגל, ע"ג "החלפת קרקע", לפי פרט עקרוני המצורף בנספח.  
הפרמטרים – בסעיף 3.2.  
אין צורך בהחלפת קרקע או שניתן לצמצם את מימדיה אם "גג" הסלע קרוב. כמו כן, אין צורך ב"שברי אבן" אם מגיעים לסלע.

### שיפועי חפירה/מילוי 3.5

לפי הערכים בסעיף 3.2, מקדם בטחון למצב קבע- 1.5, וזמני 1.1.

### קיים 3.6

הקיים של כבישים (ומתקנים) בחרסית הוא מוגבל, אין באפשרותנו למנוע תזוזות וסידוק צפויים, לפחות לא בעלות סבירה. מומלצים אמצעים לשיפור כלהלן:

- א. ביצוע לשלבי הבניה של המבנים, ללא מצעים ואספלט.
- ב. להוסיף שריון ע"י גאוגריד ביאקסיאלי אחד, או אפילו שנים, בין שכבות המילוי לפי סעיף ה' במפרט שברי האבן שבנספח. הגאוגריד Tenax Lbo 330 או שווה ערך.
- ג. לסלק את כל החרסית בכל התחום הרלוונטי לכבישים ולבצע מילויים חוזרים לפי סעיף 3.3.1. זהו הפתרון המומלץ, גם אם הינו יקר יותר, הוא משתלם בטווח הארוך.
- ד. במידה ומתוכננות תעלות ניקוז בצמוד לתחום המיסעות – יש לדפן.
- ה. ביצוע מדרכות וגינון בסמוך למיסעות.
- ו. הרחקת מים מתחום המיסעות.

### מבנה הכבישים 3.7

בהעדר מידע, תכנון הכבישים יעשה לשני סוגי תנועה, על פי CBR=8%, אותו ניתן לייחס לפני המילוי לפי סעיף ה' במפרט שבנספח.

התכנון בוצע בהתאם ל"הנחיות לתכנון רחובות בערים, משרד השיכון והבינוי, 2000".

#### מבנה מיסעה עבור תנועה "קלה"

| שכבה                       | חלופה א' – עם<br>אגו"מ [ס"מ] | חלופה ב' – ללא<br>אגו"מ [ס"מ] |
|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| אספלט: תא"צ 19 מ"מ PG70-10 | 5                            | 4                             |
| אספלט: תא"צ 25 מ"מ PG68-10 | -                            | 5                             |
| אגו"מ                      | 12                           | -                             |
| מצע א' (עובי כולל)*        | 12                           | 20                            |
| סה"כ:                      | 29                           | 29                            |

\* עובי שכבת מצע 12-20 ס"מ

#### מבנה מיסעה עבור תנועה "בינונית קלה"

| שכבה                       | חלופה א' – עם<br>אגו"מ [ס"מ] | חלופה ב' – ללא<br>אגו"מ [ס"מ] |
|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| אספלט: תא"צ 19 מ"מ PG70-10 | 4                            | 5                             |
| אספלט: תא"צ 19 מ"מ PG70-10 | 4                            | -                             |
| אספלט: תא"צ 25 מ"מ PG68-10 | -                            | 7                             |
| אגו"מ                      | 12                           | -                             |
| מצע א' (עובי כולל)*        | 18                           | 26                            |
| סה"כ:                      | 38                           | 38                            |

\* עובי שכבת מצע 12-20 ס"מ

### מבנה מיסעה בכיכרות

בכיכרות יש ליישם שכבת אספלט עליונה מסוג תא"מ מ' 19 מ"מ  
PG70-10.  
יתר השכבות על פי הפירוט לעיל.

### מבנה מדרכות - אבנים משתלבות

אבנים משתלבות – 6 ס"מ.

חול- 4 ס"מ.

מצע א' – 20 ס"מ.

סה"כ – 30 ס"מ.

### מבנה מדרכות - אספלטי

אספלט - תא"מ 12.5 מ"מ PG-68-10 – 4 ס"מ.

מצע א' – 26 ס"מ.

סה"כ – 30 ס"מ.

הערה: במידה וקיים הפרש גבהים בין החפירה לתחתית מבנה  
המדרכה, ייושם מילוי לפי סעיף ה' במפרט מתחתית החפירה עד  
תחתית שכבות המצע.

### קרקע יסוד

- א. הסרת צמחיה וחישוב קרקע יסוד מקורית בתוואי המיסעות המתוכננות יעשה לעומק של 20 ס"מ ו/או עד הגעה לקרקע טבעית ונקייה מכל חומר אורגני.
- ב. חפירת השתיית לתחתית המבנה תבוצע ב-"צלחת אחידה" לכל רוחב המבנה כולל המדרכות.
- מימדי החפירה ייקחו בחשבון עיקרון "התפשטות מאמצים" לעומק לפי 1:1 שיפועי הצד : 1:2 (1 אנכי ל – 2 אופקי).

### חיבור מיסעה חדשה לישנה

- א. התחברות אל גבולות העבודה אספלט חדש לישן תיעשה באמצעות "שן" התחברות ומדרגה ברוחב של 30 ס"מ לפחות ובעובי שכבת האספלט החדשה המיושמת.
- ב. בכל מקרה של חפירות ו/או התחברות לסוללות קיימות ו/או כל מעבר בין סוגי חומר, החיבור יבוצע באמצעות מדרגות חיבור, גובה מדרגה לא יעלה על 40 ס"מ כאשר רוחב המדרגות יהיה כזה אשר יבטיח כי השיפוע הממוצע של המדרגות לא יהיה תלול מ 2 (אופקי) : 1 (אנכי).

### ניקוז 3.8

יש לדאוג לניקוז הולם בתחום המיסעה, כולל שוליים ומדרכות. יש למנוע היווצרות מצב של מים עומדים בתחום המיסעה העלולים לפגוע הן ביציבותה והן בבטיחות הנסיעה.

### מנהלה 3.9

עבודה בתוך שטח מבונה, או שבקרבתו מבנים, כרוכה בסיכון של גרימת נזק למבנים קיימים. הנזק יכול להיות אמיתי, או מדומה, וכל אירוע כזה של עבודה בשטח מבונה, יכול להיות טריגר מעניין לכל מיני תביעות על נזקים כביכול שנגרמו למבנים עקב העבודות. צריך לקחת ברצינות את הנושא, הסיכון למבנים יכול לנבוע מהסיבות הכוללות:

- א. חפירות בקרבה ליסודות המבנים.
- ב. הפעלת ציוד ויברציוני, בעיקר מכבשים, אך גם בגרים.
- ג. חדירת מים לקרקע מנזילות ממתקנים מתוכננים.

איך מתמודדים/מנסים להתגונן?

- א. עורכים סקר ע"י שמאי/מהנדס מנוסה על כל המבנים הגובלים.
- ב. עורכים מדידות של מהירות החלקיק (מדידות זעזועים), בכל מהלך הביצוע. כערכי סף מציע לאמץ את התקן הגרמני DIN 4150 חלק 3, אם כי צריך להבין שגם עמידה בתקן, לא בהכרח מבטיחה העדר נזקים, ולכן צריך להתייחס לכל תלונה (בעת הביצוע), ברצינות.

## כללי

.4

תוכניות רלוונטיות יועברו לעיוננו.  
כמו כן נוזמן לביקורת בתחילת הביצוע. הביקורת נחוצה הן למטרתה  
המקובלת – דהיינו בדיקה באם העבודות מבוצעות נכון ובמקצועיות, והן  
למטרה נוספת הנובעת מאופי מסת הקרקע אשר בד"כ אינה הומוגנית.  
הביקורת הנוספת בזמן הביצוע תפקידה לכן הינו גם להשלים את סקר  
הקרקע ולוודא התאמת הממצאים בשטח לחזוי בדו"ת. ברור שבמקרה  
הצורך יערכו שנויים בהנחיות כמתבקש מהממצאים בשטח.

**בכבוד רב,**

**טרבלסי דותן**

**ישראל קלר יעוץ לביסוס ושירותים הנדסיים בע"מ**

13/08/14

עפולה, פיתוח שטח ל – 1,296 יח"ד

תאור בורות ניסיון

1414385

ביום 13.08.14 נבדקו תנאי הקרקע באתר בעזרת 11 בורות ניסיון. מיקום החפירות מסומן בתכנית המצורפת. תאור הממצאים מהחפירות מבוסס על המדגמים שהובאו למשרד ועל הרישומים של המפקח (רוסלן).

השכבות שנמצאו בבורות

ב-1

0.0-2.0 מ': מילוי שמורכב מחרסית חולית, חומה, ושברי אבנים, בגדלים שונים.  
2.0-3.2 מ': חרסית שמנה, חומה, עם צרורות בודדים.

ב-2

0.0-3.5 מ': חרסית שמנה, חומה, עם צרורות בודדים.

ב-3

0.0-1.0 מ': חרסית שמנה, חומה, עם צרורות בודדים.  
1.0-2.4 מ': חרסית חומה, עם מעברים לבזלת בלויה.

ב-4

0.0-1.0 מ': חרסית שמנה, חומה, עם צרורות בודדים.  
1.0-3.4 מ': בזלת בלויה, אפורה.

ב-5

0.0-1.0 מ': חרסית שמנה, חומה-אפורה, עם צרורות בודדים.  
1.0-1.7 מ': שברי בזלת קשה, אפורה.

ב-6

0.0-1.3 מ': חרסית שמנה, חומה, עם צרורות בודדים.  
1.3-1.7 מ': בזלת בלויה, אפורה.

**7-ב**

0.0-1.0 מ' : חרסית שמנה, חומה, עם צרורות בודדים.  
1.0-2.2 מ' : בזלת בלויה, אפורה.

**8-ב**

0.0-0.3 מ' : חרסית שמנה חומה, עם צרורות בודדים.  
0.3-1.6 מ' : בזלת בלויה, אפורה.

**9-ב**

0.0-0.9 מ' : חרסית שמנה, חומה, עם צרורות בודדים.  
0.9-2.3 מ' : בזלת בלויה, אפורה.

**10-ב**

0.0-3.4 מ' : חרסית שמנה, חומה, עם צרורות בודדים.

**11-ב**

0.0-3.0 מ' : מילוי שמורכב מחרסית חומה, שברי אבנים, בגדלים שונים, ופסולת.


**מי תהום**

בבורות לא נמצאו מים.

**נתונים סייסמיים**

1. מקדם תאוצת הקרקע, בזמן רעידת אדמה: 0.19
2. לחישוב מקדם האתר לפי ת"י 413 מחודש אוגוסט 2009, מוצע להתייחס לבזלת שנמצאה בחפירות כקרקע מסוג A עד B. במקרים שהעומק עד הבזלת גדול מ-3 מ' יש להתייחס לחתך כקרקע מסוג C.
3. לפי מפת ההעתקים הפעילים וחשודים כפעילים בישראל שעודכנה ע"י המכון הגאולוגי בשנת 2012, האתר מצוי במרחק כ-10 ק"מ מהעתקים כאלה.

**בכבוד רב,**

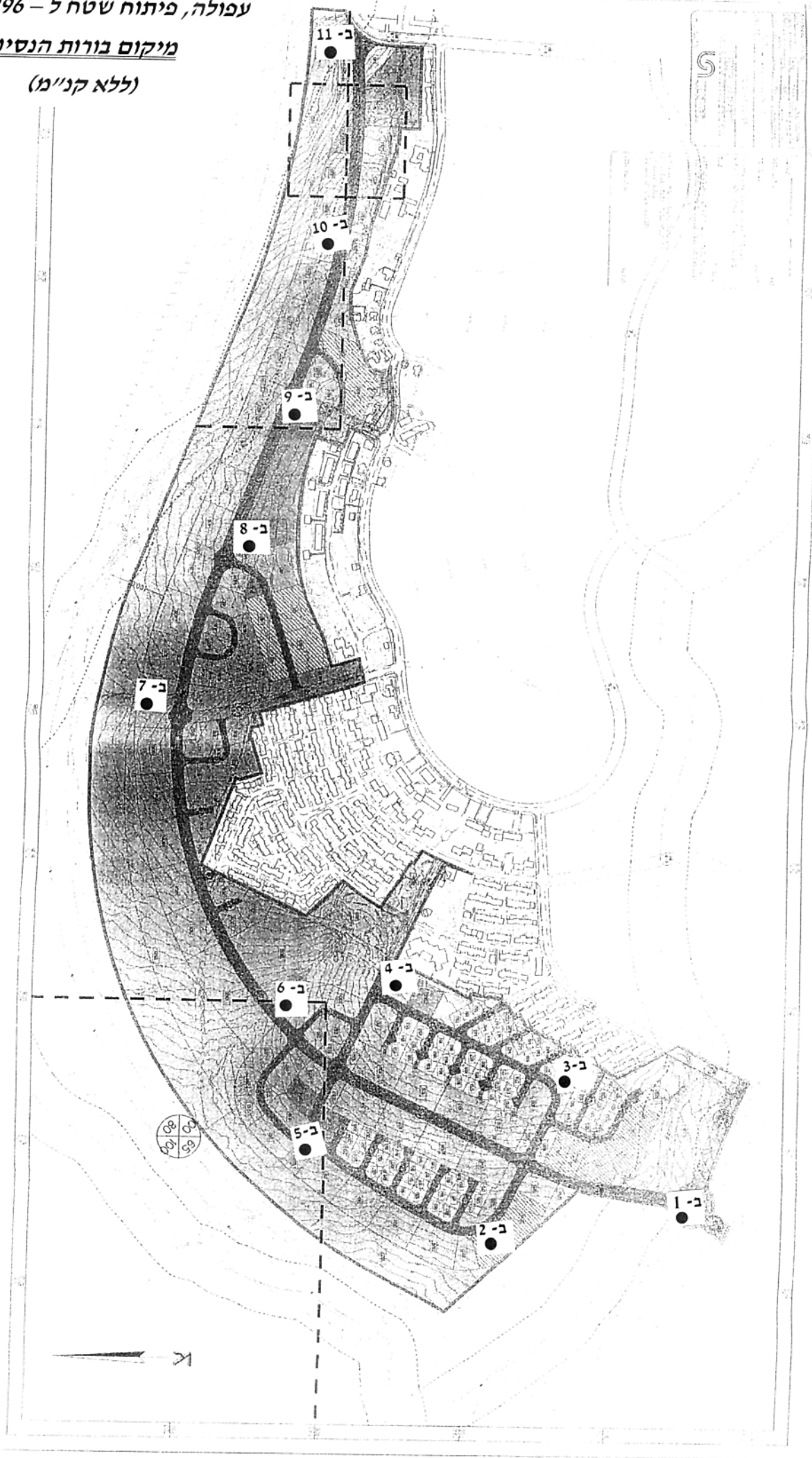
  
יוליה מקרנקו, גאולוגית  
יצחק גדות, גאולוג



עפולה, פיתוח שטח ל - 1,296 יח"ד

מיקום בורות הנסיון

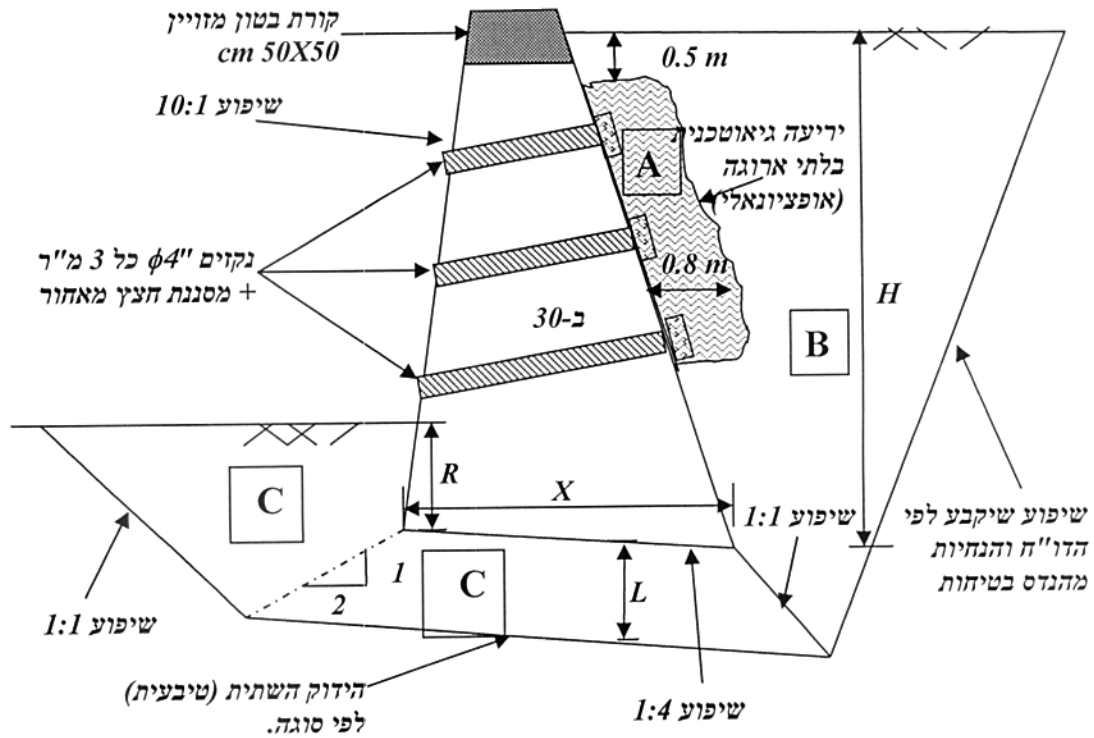
(ללא קני"מ)



מצב מוצע קני"מ: 1:2500

**נספח:**

**סקיצה עקרונית - קיר תומך**



$$X \geq 0.55H : 0.65H \text{ כתלות בשתיית.}$$

- A – מילוי גרנולרי עם עד 5% דקים, חצץ 2-5 ס"מ 2.4 טון למ"ק לפחות.
- B – מילוי מהודק ומבוקר בשכבות, על פי המתכנן.
- C – "מילוי נברר" עם 18-25% דקים מהודק לכל הנפח ל-98% מהמקסימום לפי תקן ASTM 1556/7 שתית חרסיתית תהודק ע"י החדרת שברי אבן. תפרים יעשו כל 5 מ'.

| H (m) | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| R (m) | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| L (m) | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 |

**דרישות לחומר B:**

לפי מתכנן הכביש, אך עם דרישות מינימום: הידוק בבקרה מלאה, גודל אבן מקסי" 3", אחוז עובר נפה #200, עד 30%.



## הצעת מפרט לעבודות עפר

להלן המלצותינו לביצוע עבודות העפר והמצעים. ההמלצות הנ"ל אינן תחליף לתכניות או מפרט וכתב כמויות. כל שלבי העבודה, חומרי המילוי והכלים המהדקים יאושרו על ידינו. העבודה כולה תבוצע בבקרה של מעבדה מאושרת.

א. חישוב השטח וחפירה לפי התכניות ולמשטח אופקי, ועד שמתגלה קרקע טבעית. מפלס החפירה: (A) ס"מ מתחת לפני האספלט/בטון הסופיים. ר"טווח ערכי A מומלצים בהמשך. מימדי החפירה יקחו בחשבון "התפשטות מאמצים" לעומק לפי 1:1. שיפועי הצד: 1:2 (1 אנכי ל – 2 אופקי).

ב. פיזור שכבת שברי אבן בשכבה שעוביה כ – 20 ס"מ לפני ההידוק. שברי האבן יהיו אבנים קשות (משקל מרחבי יבש מיני: 2.5 טון/מ"ק) בגודל 5-15 ס"מ ואחוז החומר הקטן מ – 5 ס"מ יוגבל ל – 5% בלבד. הדירוג בטווח שצויין למעלה, יהיה אחיד, עם סטיות קטנות ככל האפשר.

ג. הרטבה מאסיבית של השתית דרך שכבת שברי האבן, עד לקבלת רטיבות (בשתית) שתקיים את הדרישות הבאות (הערה: ההרטבה אורכת זמן רב, מותנה בעונה שבה מבוצעת, ובמצב רטיבות הקרקע המקורית):

| <u>עומק (מ')</u> | <u>תכולת רטיבות נדרשת (%)</u> |
|------------------|-------------------------------|
| עד 0.5           | OPT + 12% – OPT + 16%         |
| 1.0              | OPT + 8% – OPT + 12%          |
| 1.5 ומעלה        | OPT + 8%                      |



\* הסימון OPT מציין את תכולת הרטיבות האופטימאלית של קרקע השתית, בהתייחס לתקן ASTM 1557. יש לקחת בחשבון אפשרות של שנוי ערך ה - OPT בעומקים שונים.

**ההרטה הינה חשובה ביותר, אין להמשיך בניצוע, ללא בקרה!**

ד. הידוק השתית באמצעות שברי האבן ע"י שמונה (8) מעברים לפחות, עם חפיפה, של מכבש ויברציוני כבד מסוג BOMAG 212D או שווה ערך. רי בהמשך הגבלה בענין הפעלת הויברציה. במקרה שבמהלך ההידוק שכבת האבן חודרת לשתית ללא שמושגת התייצבות, יש להוסיף שכבת אבן נוספת (במקומות הדרושים), ולחזור על ההידוק.

ה. מילוי מהודק ומבוקר בשכבות של עד 20 ס"מ נטו (לאחר ההידוק).  
 חומר המילוי יהיה בעל דרישות כלהלן:

- גודל אבן מקס': 3".
- אחוז עובר נפה #200: % 35-18.
- משקל מרחבי יבש מקסימאלי מעבדתי (3/4"-): לפחות 2 טון/מ"ק.
- גבולות נזילות מותרים ודרישות ההידוק – כפונקציה של % עובר נפה #200, לפי הטבלה הבאה:

**% עובר נפה #200**

| <u>25-35</u> | <u>&lt;25</u> |                             |
|--------------|---------------|-----------------------------|
| <40          | (-)           | - דרישה לגבול נזילות        |
| -1           |               |                             |
| OPT          | (-)           | - * רטיבות ההידוק (%)       |
| +3           |               |                             |
| 99           | 100           | - * צפיפות נדרשת (% מהמקס') |

\* לפי ASTM 1556/7



עובי מילוי משוער בסעיף זה (A-60) ס"מ.  
במקרה שהחומרים הממולאים אינם "ברי בדיקה", תישקל אלטרנטיבה של בקרה ויזואלית + בדיקה אופציונאלית של תכולת הרטיבות. לצורך בקרה כזו, נדרש מפקח מנוסה.

הפעלת מכבשים ויברציוניים כבדים תוגבל במקרה של חשש לפגיעה במבנים/מתקנים סמוכים. במקרה זה יותר שימוש במכבש סטטי, 12-8 טון, או מכבש ויברציוני קטן מסוג BOMAG 75 או שווה ערך.

מוצעים אמצעים כלהלן:

1. מוניטורינג רציף של הזעזועים ע"י גורם מקצועי מתאים, ע"י כך תמנע הפעלת ויברציה מסוכנת (תועלת בזמן אמת) מחד, ויהיה תיעוד, כפעולת הגנה בפני תביעות עתידיות (סידוק ונוקים אחרים כתוצאה מהפעלת ויברציה), מאידך.

2. שמאות ע"י שמאי/מהנדס מנוסה של המבנים הסמוכים, שוב – כפעולת מנע לתביעות צפויות.

ו. השכבות העליונות: עפ"י המתכנן, בד"כ כולל אספלט/ בטון: 50 ס"מ.

### הערות:

באם נמדדות הכמויות, על מנת למנוע ויכוחים כספיים, מוצע לערוך מדידות בשטח בשלבים הבאים:

1. מצב מקורי.

2. לאחר חישוף/חפירה (סעיף א').

3. לאחר גמר הידוק השתית דרך שכבת שברי האבן (סעיף ד').



4. לאחר גמר הידוק המילוי (סעיף ה').

התשלום עבור המילוי לפי נפח מדוד מהודק, פרט לשכבת שברי האבן שתמדד לפי נפח מדוד לפני ההידוק.

צריך להבין שבחירת ערך A אינה מדע מדוייק. A מומלץ באתר זה הינו מינימום 1.6 מ' בתחום רצפות הבטון ו-1.5 מ' בתחום משטחי האספלט, שימו לב, ערכים אלו כוללים את עובי הבטון/אספלט. ככל שערך A גדול יותר הסבירות לנזקים, והיקפם, יקטנו.