

21/09/2022

מס' 209214

קו דחיקה – רח' הלח"י תל אביב

דוח ייעוץ גיאוטכני

מהדורה	תיאור	תאריך	עורך
I	עדכון טבלה מסי 5	23.08.2021	פיראס נסאר
II	עדכון תכנון	21.09.2022	פיראס נסאר

תוכן עניינים

3	מבוא	1
3	מקורות מידע	2
4	נתוני הפרויקט	3
6	תנאי הקרקע	4
6	4.1 כללי	4.1
7	4.2 חתך קרקע משוער	4.2
7	4.3 מי תהום	4.3
7	4.4 תוצאות בדיקות השדה	4.4
8	הדחיקה	5
9	בורות הכניסה והיציאה	6
10	הערכה ראשונית של השפעת הקו על הכביש והתשתיות הקיימים	7
10	7.1 כללי	7.1
11	7.2 חציית כבישים קיימים	7.2
11	7.2.1 קריטריון שקיעות מותרות	7.2.1
11	7.2.2 חציית רח' הלח"י (חצייה מזרחית) ונתיבי איילון	7.2.2
13	7.4 חציות מבנים ואלמנטים קיימים	7.4
16	8 הנחיות לניטור שקיעות	8
18	9 הנחיות למילוי חוזר ושיקום מבנה הכביש	9
19	10 הערות נוספות	10

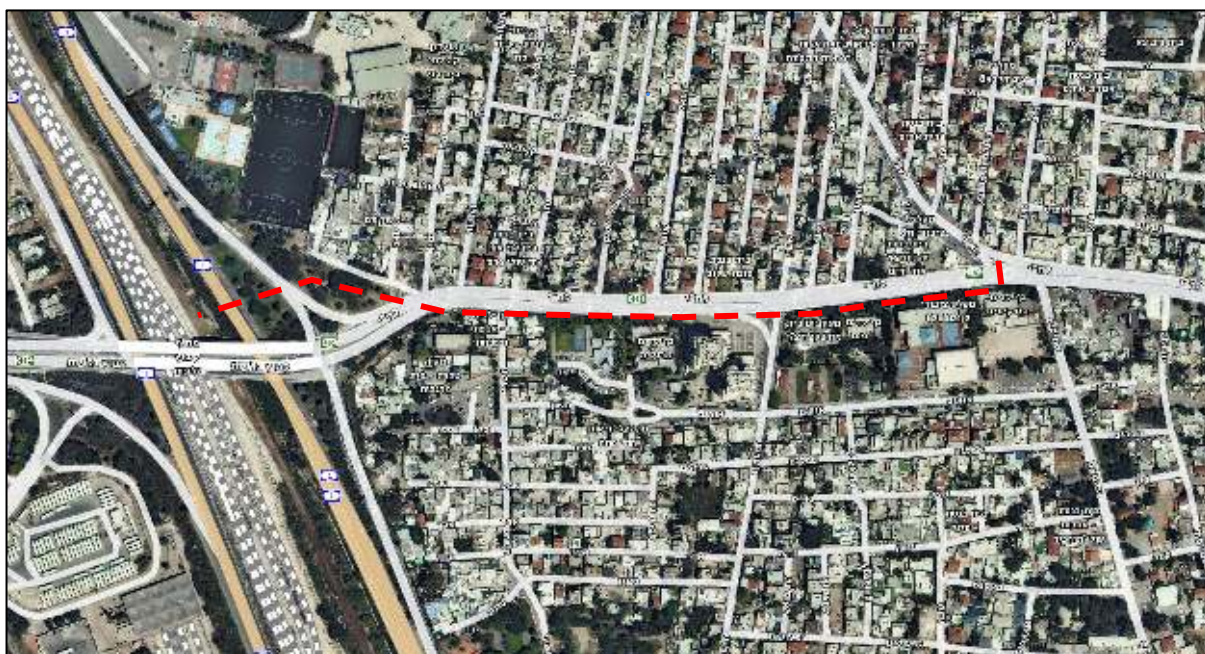
נספחים

נספח א' לוגים של קידוחי הניסיון

1. מבוא

עיריית תל אביב ותאגיד מי אביבים מוציאים פרויקט של דחיקת מובל ניקוז ברח' הלח"י בתל אביב. במסגרת הפרויקט מתוכנן ביצוע קו דחיקה בקוטר 200 ס"מ ודחיקת 3 צינורות בקוטר 120 ס"מ, מרחוב שתולים ועד למוצא חדש בנחל איילון (כמוראה באיור 1). הקו מתוכנן לחצות את רחוב הלח"י, צומת הלח"י – תשרי, צומת הלח"י – חירותנו, רמפת הירידה לנתיבי איילון ואיילון צפון.

דו"ח זה עוסק באפיון חתך הקרקע לאורך תוואי הקו המתוכנן. הדוח מפרט הנחיות לתכנון העבודות בקטעי הדחיקה המתוכננים. בנוסף, מספק הדו"ח הנחיות והמלצות לצורך תכנון ובחינת השפעת הקו על תשתיות סמוכים לאורך התוואי.



איור 1. תרשים סביבה. תוואי הדחיקה מסומן באדום.

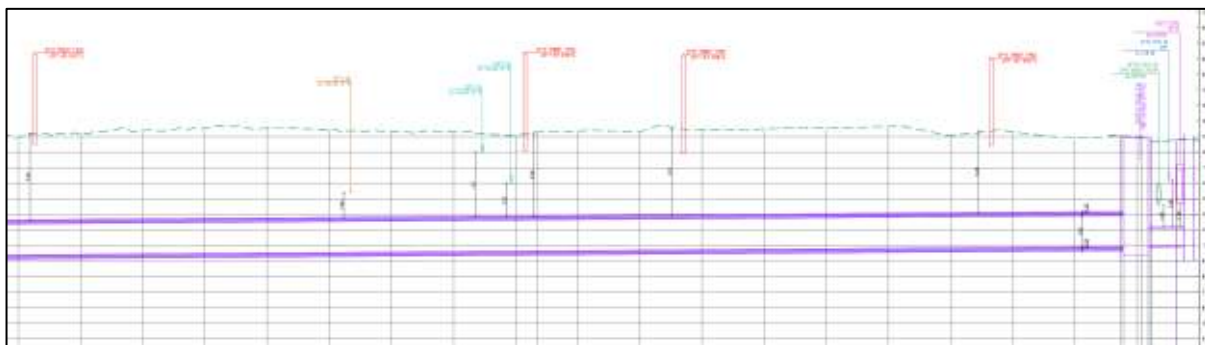
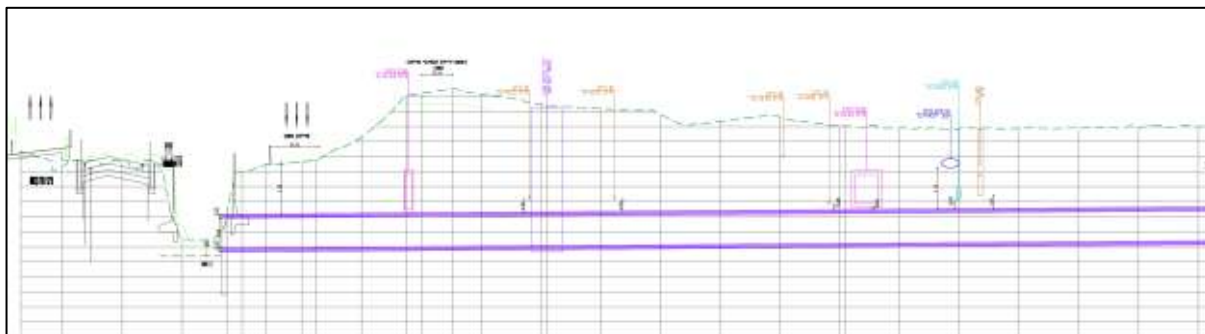
2. מקורות מידע

הדוח שלהלן מסתמך על הנתונים הבאים:

- א. תוכנית תנוחה וחתך לאורך של תוואי הקו שהוכנה ע"י מלין מהנדסים והועברה למשרדנו במאי 2021.
- ב. חקירת קרקע אשר כללה קידוחי ניסיון ובדיקות שדה לאורך תוואי הקו.
- ג. סיור שטח שבוצע לאורך התוואי.

3. נתוני הפרויקט

- א. מתוכנן פיר דחיקה/קבלה (צירים 1 - 5) בצומת שתולים לחי"י בצד המזרחי של הקו המתוכנן, ופיר דחיקה (צירים 118 - 120) בצד המערבי של הפרויקט, צפונית לרמפת הירידה לאיילון. הפיר בצירים 118-120 ישמש כפיר דחיקה לשני כיוונים.
- ב. מתוכננת דחיקה של 3 צינורות בקוטר 120 ס"מ מפיר הדחיקה לכיוון הצפוני לאמצע כביש הלחי"י, שם יתחבר עם המובל הקיים.
- ג. מתוכננת דחיקה של קו בקוטר 200 ס"מ ואורך 590 מ'. הקו יוצא מפיר הדחיקה בצירים 118-120 ועד לפיר הקבלה בצירים 1 - 8.
- ד. הקו ממשיך מפיר הדחיקה (צירים 118 - 120) באותו קוטר ועד למוצא חדש בנחל האיילון, כולל חדירת כלונסאות מתוכננת במסגרת המסילה הרביעית.
- ה. מתוכננים 2 חיבורים למובל הקיים, חיבור ראשון ברחוב שתולים/הלחי"י ע"י קידוח דחיקה 3 צינורות בקוטר 120 ס"מ באורך כולל 35 מ'. חיבור שני בחציית המובל הקיים ברחוב הלחי"י (צירים 97 - 99)
- ו. פיר הדחיקה/קבלה בצד המזרחי (צירים 1 - 8) של הקו מתוכנן בעומק כ- 7.0 מ', ופיר דחיקה בצד המערבי (צירים 118 - 120) מתוכנן בעומק כ- 9.0 מ'.
- ז. פני השטח לאורך תוואי הקו מישוריים ונמצאים ברומים בין +17 מ' ל- +19 מ' עד מפלס רמפת הירידה לנתיבי האיילון, משם יורדים בשיפוע מתון עד מוצא חדש בנחל איילון שנמצא ברום +9.5 מ'.
- ח. טבלה 1 בעמוד הבא מציגה את נתוני התשתיות לאורך תוואי הקו. במידה ויש תשתיות משמעותיות נוספות שלא מפורטות בטבלה 1 יש להביא לידיעתנו לצורך בחינה.

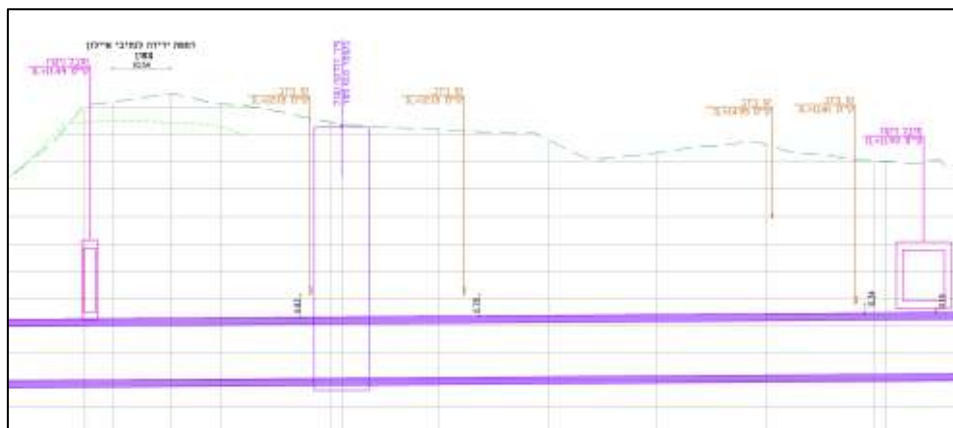


איור 2. חתך לאורך הקו המתוכנן

טבלה 1. נתוני תשתיות לאורך תוואי הקו

הערות	עומק מהקו [מ']	הקו שעובר מתחת לאלמנט	רום [מ']	מיקום	תשתית/אלמנט
	כ- 5.0 מ'	3 צינורות בקוטר 120 ס"מ	+17.0	צפונית לצומת הלח"י – חירותנו	רח' הלח"י
הקו המתוכנן יתחבר למובל הקיים	כ- 1.54 מ'		+13.04	מתחת לרח' הלח"י – בצד המערבי של הקו צירים 1 - 4	מובל ניקוז קיים
	כ- 3.0 מ'		+14.16		קו מים מגיס'
	כ- 1.38 מ'		+12.70		קו שפד"ן קיים
	כ- 3.5 מ'	קו בדחיקה 200 ס"מ	+14.43	בין פיר הדחיקה לפיר הקבלה צירים 97 - 99	קו מים קיים מגיס'
הקו המתוכנן יתחבר למובל הקיים בשלב יותר מאוחר	כ- 0.15 ס"מ		+12.2		מובל ניקוז קיים
	כ- 6.5 מ'		+17.0	מערבית לצומת הלח"י - תשרי	רח' הלח"י
	כ- 9.0 מ'		+19.0		רמפת ירידה לנתיבי איילון צפון
הקו המתוכנן יתחבר למובל הקיים בשלב יותר מאוחר	0.0		+11.49	בין רמפת הירידה לנתיבי האיילון לאיילון צפון צירים 130-131	מובל ניקוז קיים
	כ- 3.4 מ'		+14.5	צירים 135 - 138	נתיבי האיילון

הערה: הנתונים המפורטים בטבלה לעיל מבוססים על מידע חלקי. מודגש כי לא הועברו נתונים מפורטים באשר לנתונים המפורטים בטבלה לעיל. על כן, באחריות הקבלן המבצע ולוודא ולבחון את הנתונים המפורטים לעיל. במקרה של סתירה בין הממצאים בפועל ואלו המשוערים על הקבלן להתריע בפני המזמין והמתכננים הרלוונטים. במקרים אלו על הקבלן להציע פתרון/פתרונות שיובאו לאישור נציג המזמין.



איור 3. חתכי רוחב לחציות מתחת למובלים הקיימים אשר מתוכנן הקו החדש להתחבר אליהם

4. תנאי הקרקע

4.1 כללי

לצורך הערכת תנאי הקרקע לאורך תוואי הדחיקה, הוכנה ע"י משרדנו תכנית חקירת קרקע שכללה 2 קידוחי ניסיון. קידוחי הניסיון בוצעו במהלך אוגוסט 2021 ע"י חברת ליאור קידוחים בע"מ. לאורך הקידוחים בוצעו בדיקות החדרה תקנית כל 2 מ'. טבלה 2 מפרטת את נתוני קידוחי הניסיון אשר בוצעו במסגרת חקירת הקרקע. איור 2 מציג את מיקום הקידוחים ע"ג תצ"א. לוגים של הקידוחים מצורפים כנספח לדוח זה.

טבלה 2. נתוני קידוחי הניסיון

שם הקידוח	נ.צ.	עומק הקידוח [מ']	רום הקידוח [מ']
ק-1	180189/661652	12.5	+17.1
ק-2	180710/661656	15.5	+18.8



איור 4. מיקום קידוחי ניסיון ע"ג תוכנית תנוחה (כוכב אדום/צהוב) – איור עליון חלק מזרחי של התוואי, איור תחתון, חלק מזרחי של התוואי

4.2 חתך קרקע משוער

על פי ממצאי קידוחי הניסיון, חתך הקרקע המשוער לאורך הקו כולל את השכבות הבאות:

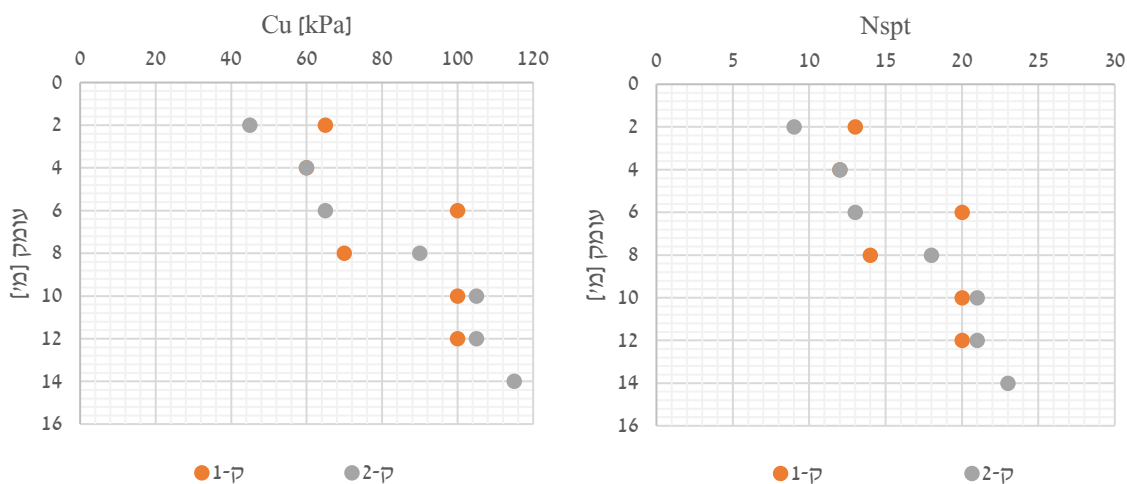
- **מילוי:** שכבות מילוי חול חרסיתי עם צרורות. השכבות הופיעו מפני הקרקע ועד עומקים של 1.5 מ'.
- **חרסית שמנה:** השכבה הופיעה בשני קידוחי הניסיון שבוצעו, מתחת לשכבות המילוי ועד סוף הקידוחים, בעומק 12.5 ו-15.0 מ'. ע"פ המגמדים שנשלחו למשרדנו מופיע בשכבות החרסית לעתים תסמיני קרבונטיים וצרורות דקים מאד. ע"פ בדיקות החדרה תקנית שבוצעו לעומק הקידוחים, התקבלו ערכים של 9 עד 23 חבטות. ערכים אלו מצביעים על חרסית בצפיפות בינונית עד גבוהה.

4.3 מי תהום

מים לא הופיעו בקידוחי הניסיון. עם זאת, יש לקחת בחשבון הופעת מים שעונים ע"ג שכבת החרסית. הני"ל מודגש במיוחד בקטע התוואי בקרבת נחל איילון (יש לצפות למים בעונות הגשומות)

4.4 תוצאות בדיקות השדה

לצורך הערכת חוזק שכבת החרסית, בוצעו לאורך הקידוחים בדיקות להחדרה תקנית, SPT, בשדה. איור 5 מציג את הערכת החוזק לגזירה מהירה של הקרקע שהתקבל מבדיקות אלו. החוזק לגזירה מהירה מבדיקות SPT הוערך על פי Stroud (1974). על פי התוצאות המוצגות באיור 6 ניתן להסיק כי שכבת החרסית באתר בעלת חוזק בינוני עד גבוה.



איור 6. הערכת חוזק לגזירה מהירה

איור 5. תוצאות בדיקות SPT

טבלה 3. פרמטרים גיאוטכניים של שכבת החרסית

מקדם פואסון	מודול אלסטיות E [MPa]	זווית חיכוך ϕ [deg]	משקל מרחבי יבש [ק"נ/מ"ק]
0.3	30	28	18

5. הדחיקה

- א. ע"פ ממצאי קידוחי הניסיון הדחיקה צפויה להתבצע בתוך שכבות של חרסית שמנה.
- ב. תכונות החוזק המשוערות של שכבת הקרקע העיקרית בה תבוצע הדחיקה מסוכמות בטבלה 4 לעיל. התכונות והמאפיינים מתבססות על חקירת קרקע אשר כללה קידוחי ניסיון ובדיקות שדה. יש לקחת בחשבון כי ייתכן ויתגלו שינויים מקומיים בשכבות הקרקע לאורך התוואי.
- ג. בהתאם לשיקול דעתו יבצע קבלן המנהור על חשבונו סקר קרקע משלים לצורך השלמת המידע לגבי חתך הקרקע לאורך התוואי.
- ד. חשוב מאוד שהעבודה תבוצע ע"י קבלן מנוסה בעבודות דחיקה. כמו כן, ציוד הקדיחה יתאים לביצוע המנהור בעומק ובתוואי הנדרש, כולל האפשרות לשכבות לא יציבות. היקף השקיעה באזור הדחיקה (וכתוצאה מכך שקיעות הצפויות בפני מעביר/הקרקע/הכביש) תלוי באיבוד הנפח המתרחש בעת פעולת המנהור. איבוד הנפח תלוי במספר גורמים כאשר המרכזיים ביניהם הינו שיטת הביצוע ואיכות הביצוע.
- ה. בהתאם לתנאי הקרקע הקיימים – קרקע חרסיתית, וקוטר צינורות 120 - 200 ס"מ, שיטת הקידוח המומלצת היא שיטת **Microtunneling**. שיטה זו ידועה באיכות ביצוע גבוהה ומניבה ערכי איבוד נפח נמוכים בהנחה של ביצוע תקין.
- ו. על מנת לסייע לעבודה המבצע יעקוב, תוך כדי התקדמות בקדיחה, אחר סוג וכמות החומר החפור וידאג להתאמת הציוד ושיטת הקדיחה לסוג הקרקע.

6. בורות הכניסה והיציאה

עומק הבורות הצפוי ע"פ התוכניות הוא כ- 7.0 – 9.0 מ'. בור הדחיקה, מערבית לצומת הלח"י – שתולים מתוכנן באמצע הכביש. יש להציג את גבולות זכות הדרך של נתיבי האיילון, על מנת לקבוע את מיקום בור הקבלה/דחיקה ביחס לנתיבי האיילון. תכנון בורות הגישה יעשה בהתאם להנחיות המובאות בהמשך סעיף זה. התכנון יועבר לאישור של הח"מ.

א. בהתאם לתכניות, מתוכננת חפירה לפירי הדחיקה בעומק כ 7.0 – 9.0 מ'. בהתאם, נדרש לבצע דיפון מסביב לבורות.

ב. ע"פ תנאי הקרקע, קירות הדיפון ניתן לבצע באמצעות כלונסאות בשיטה ה"יבשה". בסבירות גבוהה קבלן המנוסה בקדיחה בחתך חרסיתי והמצויד במקדחים סגורים יצליח לבצע העבודה בשיטה ה"היבשה".

ג. קירות השוחות והדיפון יחושבו בהתאם לערכים בטבלה 4 להלן.

טבלה 5. פרמטרים לתכנון שוחות

שכבה	עומק [מ']	משקל מרחבי [טון/מ"ק]	k_a	k_p	K_0
חרסית שמנה	0-2	1.7	0.35	-	0.53
	2<	1.8	0.35	2.8	0.53

ד. מקדמי לחץ העפר הצדי חושבו תחת ההנחה של פני קרקע אופקיים בצד האקטיבי והפסיבי. במידה ומבצעים חפירה בשיפוע מעל או מתחת לקיר יש לחשב את מקדמי לחץ העפר באחת מהשיטות המקובלות (למשל קולומב).

ה. קירות סמוכים למבנה קיים או לאלמנטים רגישים יש לתכנן לפי לחץ עפר במנוחה (k_0).

ו. יש להתחשב ולאפיין עומסים נוספים בסביבה: כבישים בניינים וכיו"ב. עומס שימושי בשיעור של 1 טון/מ"ר במידת הצורך.

ז. תכנון הקיר יעשה בהתחשב בכל שלבי הביצוע (חפירה בשלבים וכו').

ח. מילוי חוזר של פירים מחוץ לתוואי ככבישים קיימים (מעל גובה הצינור) יבוצע באמצעות חומר מקומי אשר יורטב ויהודק בהתאם להנחיות המפרט הכללי לעבודות עפר, פרק 51 (בהתאם לסוג החומר). מחומר המילוי יסוננו צרורות ואבנים הגדולים מ-3". במידה ולא ניתן לבצע הידוק, מילוי הפירים יבוצע באמצעות CSLM.

ט. פיתוח השטח הסופי לאחר ביצוע מילוי חוזר יעשה ע"י כך שיובטח סילוק מהיר של מי נגר עילי. שיפוע הניקוז יהיה גדול מ-3% בקרקע חשופה.

י. הנחיות למילוי חוזר של הפירים ושיקום מבנה כביש בתחום כבישים קיימים מפורט בהמשך הדוח.

7. הערכה ראשונית של השפעת הקו על הכביש והתשתיות הקיימים

7.1 כללי

נהוג לאפיין את פרופיל התזוזות האנכיות במישור הניצב להתקדמות חפירת המנהרה באמצעות פעמון גאוס. (Peck, 1969) היה הראשון להציע שימוש בצורה זו כדי לתאר את פרופיל השקיעות האנכי במישור הניצב לציר התקדמות המנהרה באופן הבא:

$$S_V(x) = S_{max} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2i^2}\right)$$

כאשר:

- S_V – פרופיל התזוזות האנכיות בפני השטח.
- x – מרחק אופקי מציר המנהרה.
- i – מבטא את המרחק האופקי מציר המנהרה לנקודת העקמומיות המרבית של פרופיל אגן השקיעות בעומק z . נהוג להעריך פרמטר זה לפי (Mair et al., 1993):

$$i = k \cdot z_t$$

כאשר:

- z_t – עומק ציר המנהרה ביחס לפני השטח.
- z – עומק בו מעוניינים לחשב את פרופיל אגן השקיעות.
- k – פרמטר הקשור לרוחב אגן השקיעות. עבור קרקעות חרסיתיות מהסוג הצפוי מקובל לאמץ טווח של 0.4-0.6 (Peck, 1969). על פי תנאי הקרקע המשוערים, חתך הקרקע לאורך התוואי מורכב בעיקר מקרקע חרסיתית. בהתאם בוצעו החישובים המוצגים בהמשך עם ערך של $k=0.50$.
- S_{max} – מתאר את השקיעה המקסימאלית מעל ציר המנהרה. נתון ע"י:

$$S_{max} = V_L(\%) * \frac{\pi D^2}{400\sqrt{2\pi i}}$$

כאשר:

- D – קוטר המנהרה. במקרה הנדון, נקבע ערך זה בהתאם לקוטרם החיצוני המוערך של צינורות הבטון, כלומר $D=2.5 \text{ m} \parallel D=1.2 \text{ m} \times 3$.
- V_L – פרמטר אובדן הנפח, אשר מבטא את היחס בין איבוד הנפח בפרופיל שקיעות פני הקרקע ושטח חתך המנהרה. בנוסף, נהוג לאפיין את איכות ביצוע הקידוח על פי פרמטר זה. לשיטת הביצוע המומלצת - Microtunneling מיוחסים ערכים של כ- 0.5-1.5% עבור ביצוע באיכות סבירה.

7.2 חציית כבישים קיימים

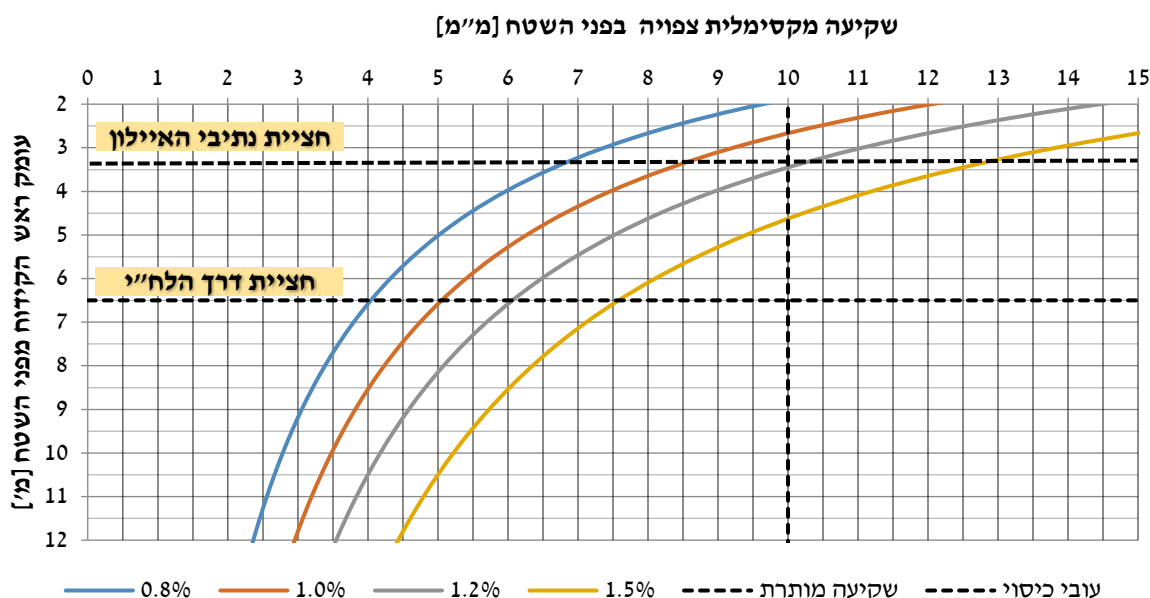
7.2.1 קריטריון שקיעות מותרות

קריטריון השקיעה והעקמומיות המותרים בכביש נלקח לפי Taylor & Francis 2007. ע"פ מקור זה השקיעה במסעה בכביש מהיר תוגבל ל-20 מ"מ. בהתאם למקדם ביטחון של 2 תוגבל השקיעה ל-10 מ"מ.

7.2.2 חציית רח' הלח"י (חצייה מזרחית) ונתיבי איילון

כפי שמפורט בפרק 3 לעיל, תוואי הדחיקה צפוי לעבור מתחת לכבישים קיימים. בהתאם לתוכניות הקיימות, העומק המינימאלי של ראש הצינור מפני דרך הלח"י הוא כ-6.5 מ' ומתחת לנתיבי האיילון הינו 3.4 מ'.

איור 9 מציג את השקיעות האנכיות המקסימליות הצפויות כתוצאה מהעבודות כפונקציה של איכות הביצוע ועומק ראש צינור הדחיקה. ע"ג האיורים מוצגים קריטריון השקיעות המותרות (ע"י קווים אנכיים) ועובי הכיסוי המינימלי המתוכנן תחת הכביש הקיים (קווים שחורים אופקיים).



איור 9. שקיעות צפויות בפני הכביש עקב ביצוע הדחיקה

מהניתוח המוצג לעיל עולה כי קריטריון השקיעות המוגדר מתקיים עבור דרגות איבוד הנפח הקטנות מ-1.2%. בהנחה של איכות ביצוע סבירה במכונת קידוח עם ראש סגור Microtunneling לא צפויה לחרוג מערכי השקיעות המוגדרים בדו"ח.

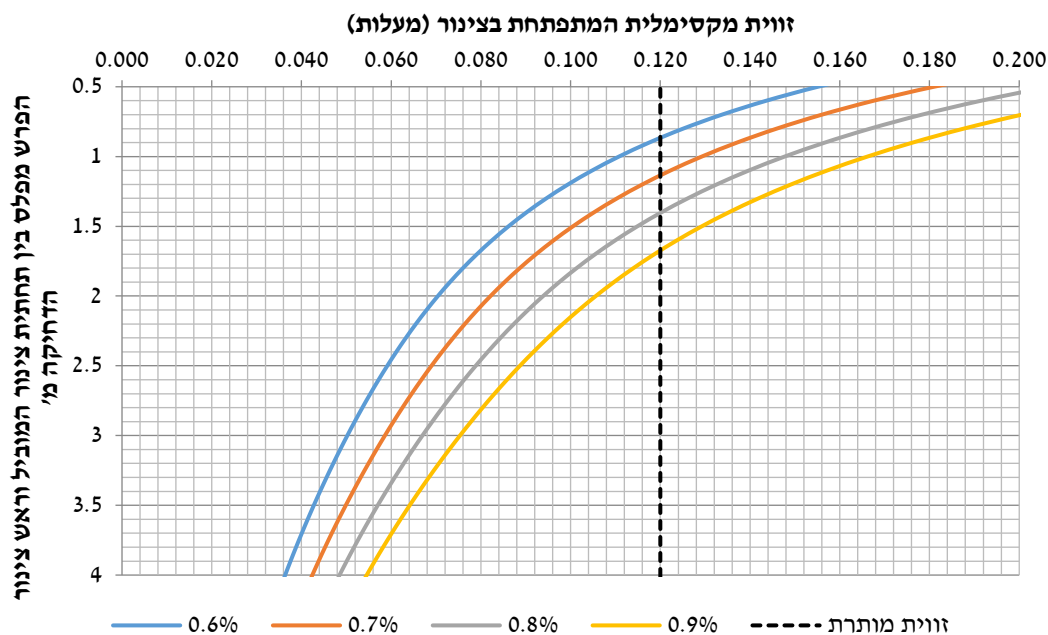
7.3 חציית קווי תשתיות קיימים

לאורך רוב התוואי עובר הקו מתחת לקווי תשתיות קיימים, מובלים קיימים, קווי מים וקו שפד"ן קיים. בהתאם לנתונים הקיימים, נתייחס לחצייה הכי קריטית דהיינו, חציית קו ביוב איגודן 1200, כאשר עובר מתחתיתה בעומק של 1.4 מ' 3 צינורות קוטר 1.2 מ' בדחיקה.

7.3.1 קריטריון התכן

ע"פ המידע שהועבר לדינו, ההנחה היא שקו הביוב מורכב מצינורות במקטעים באורך של 2.0 מ' בשיטת שקע-תקע. בשלב כתיבת הדוח לא הועבר ע"י המזמין הקריטריון לגבי הסיבוב היחסי המותר בחיבור בין המקטעים. על פי ניסיון עבר בפרויקטים דומים, מוערך כי הסיבוב המקסימלי המותר (לפי מקדם ביטחון של 2) בחיבור יקבע לפי שיפוע של 1:1000 (0.1% או 0.057 מעלות). דהיינו בלי לחלק במקדם ביטחון, נדרש לעמוד בזווית סיבוב של 0.12 מעלות.

איור 10 מציג את הסיבוב היחסי המקסימלי המתקבל בין מחברי הצינור עקב דחיקת צינור בקוטר חיצוני 1.5 מ' כפונקציה של איכות הביצוע ועומק ראש צינור הקידוח מפני הצינור התשתית. ע"ג האיור מוצג בקו מקווקו קריטריון הסיבוב היחסי המקסימלי המותר. מודגש כי אין התייחסות להשפעת 3 צינורות מקבילות, בשל העובדה כי הצינורות מכל צד מרסנות את השקיעות ההבדליות שמתקבלות מתחת לצינור האמצעי כתוצאה לדחיקתם.



איור 10. סיבוב יחסי מקסימלי צפוי עקב דחיקת צינור בקוטר 1.5 מ'

מהניתוח המוצג לעיל, נדרש להבטיח ערך איבוד נפח מקסימלי של 0.8% והפרש מינימלי של 1.4 מ' בין תחתית קו קיים לפני צינור הדחיקה.

7.4 חציות מבנים ואלמנטים קיימים

- א. בנוסף למפורט בסעיפים הקודמים, הדחיקה מתוכננת לעבור בקרבת מבנים, עמודי חשמל, ואלמנטים אחרים. בהמשך הפרק מצורפת טבלה המסכמת נתונים ומידע לגבי האלמנטים אשר הקו מתוכנן לחצות או לעבור בקרבתם.
- ב. בטבלה מופיעים האלמנטים שנמצאים במרחקים הכי קריטיים מתוואי הקו המתוכנן.
- ג. לצורך המשך תכנון נדרש לבצע חשיפת יסודות למבנים/אלמנטים המפורטים בטבלה.
- ד. בהמשך המסמך מצורפות הנחיות לצורך מעקב אחרי שקיעות בכבישים ומבנים קיימים כתוצאה לדחיקת הקו.

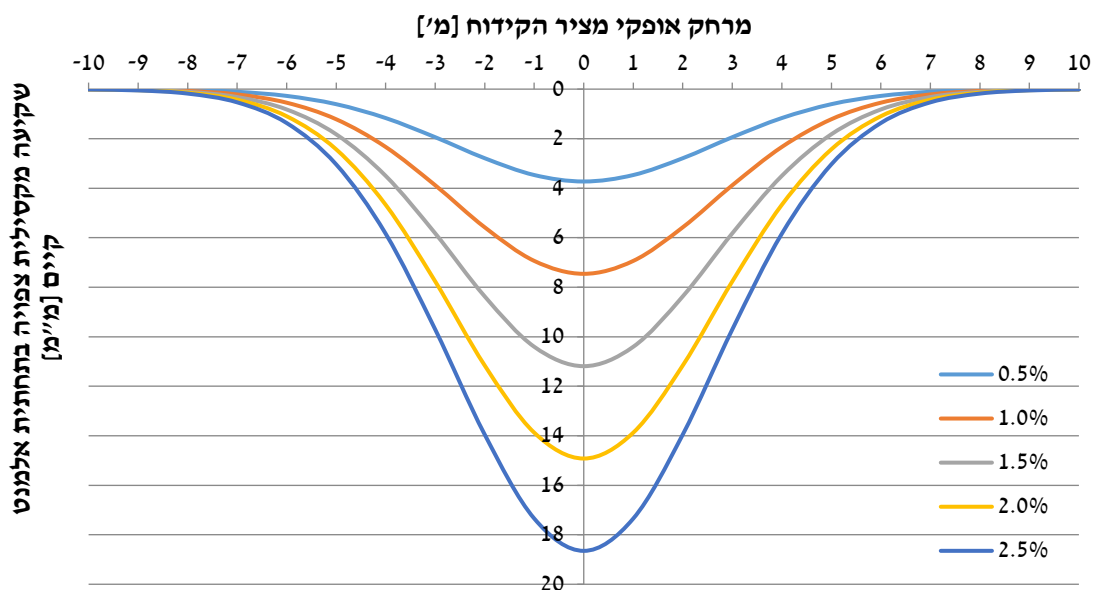
טבלה 6. סיכום נתונים ומידע לגבי האלמנטים אשר הקו מתוכנן לחצות

שקיעה מוערכת [מ"מ]		מרחק אופקי [מ']	הפרש מפלסים מראש צינור הדחיקה [מ']	עומק התשתית מפני השטח [מ']	רום [מ']	ציר	תשתית/אלמנט
$V_L=2.5\%$	$V_L=1.0\%$						
חישוב שקיעה מופיע בפרק 7.3 לעיל		0	כ- 1.4	2.66	+16.7	2-3	קו ביוב איגודן 1200
4.0	1.6	4.6	כ- 4.0	מוערך כי הביסוס הקיים הינו מסוג פלטות, במימדים של 1.5/1.5 ובעומק של כ- 1.0 מ' מפני הקרקע	+17.0	6	גן ילדים
1.0	0.4	6.4	כ- 4.0	מוערך כי הביסוס הקיים הינו מסוג פלטות, במימדים של 2.5/2.5 ובעומק של כ- 1.0 מ' מפני הקרקע	+17.1	16	בית ספר*
12.1	4.8	2.4	כ- 4.3	מוערך כי הביסוס הקיים הינו מסוג פלטות, במימדים של 2.5/2.5 ובעומק של כ- 1.0 מ' מפני הקרקע	+17.4	13-14	עמ' חשמל
15.1	6.0	1.4	כ- 4.5		+17.4	33	עמ' חשמל קיים – לח"י 44
17.6	7.0	0	כ- 4.3		+17.1	43-44	עמ' חשמל מס' 10/18B
16.7	6.7	0.6	כ- 4.5		+17.1	52	עמ' חשמל
16.2	6.5	0.9	כ- 4.5		+17.3	75	עמ' חשמל

* ע"פ דוח יציבות מבנה, בית הספר מבוסס ע"ג פלטות. בהתאם לנ"ל, אין צורך לבצע חשיפות יסוד למבנה הב"ס.
 ** בוצעו חישובי שקיעות שמרניים, אשר מתייחסים לשקיעה מקס' מתחת למבנים/אלמנטים. חישובי השקיעות יעודכנו לאחר ביצוע חשיפות יסוד ולאחר קבלת תוכניות מעודכנות.

ע"פ ת"י 940.1 השקיעה ההבדלית המותרת בין יסודות היא $L/250$ (כאשר L היא המידה הציורית בין שני עמודים סמוכים ב- m במבנים קיים, ורוחב הפלטה בעמודי חשמל). הנחת החישוב היא כי גודל המפתח בין שני עמודים סמוכים במבנים מסוג הקיים זה הוא כ- $4m$, וכי רוחב יסודות עמודי החשמל הינו $2.5m$.

הגרף להלן מציג את פרופיל שקיעות רוחבי המתאים לאיבוד נפח של $0.5\% - 2.5\%$. בתנאי הקרקע הקיימים ותחת איכות ביצוע סבירה, עבודות הדחיקה לא צפויות לעבור ערך זה. החישוב בוצע בהנחה כי הפרש העומק בין צינור הדחיקה לתחתית ביסוס אלמנט הינו $4.0m$ - ערכים אלו יעודכנו במידת הצורך לאחר ביצוע חשיפות יסוד.



איור 11. אגן שקיעות מתקבל מפני הקרקע כתוצאה מביצוע דחיקה בקוטר חיצוני $2.5m$

כפי שניתן לראות מאיור 11, אגן השקיעות הצפוי מתפרש על רוחב של כ- $7m$ מכל צד של ציר הדחיקה, כאשר במרחק גדול יותר, השקיעה דועכת לאפס.

מקדם F.S ביטחון	בדיקה	שקיעה הבדלית מתקבלת בחישוב	דרגת איבוד נפח [%]	שקיעה הבדלית מותרת לפי ת"י 940.1	אלמנט
11	O. K	$4.0/4000 = 0.0014$	2.5	$4/250 = 0.016$	גן ילדים
32	O. K	$1.0/4000 = 0.0005$			בית ספר
1.4	O. K	$17.6/2500 = 0.006$		$2.5/250 = 0.01$	עמ' חשמל* מס' 10/18B

* הטבלה מתייחסת לעמוד שמתקבלת מתחתית השקיעה הכי קריטית

כפי שמופיע בטבלה לעיל, בוצעו חישובים שמרניים, אשר מתייחסים לאיבוד נפח של 2.5% (כאשר הצפי בשיטת מיקרוטנילונג לאיבוד נפח הוא $0.5\% - 1.0\%$). ע"פ הממצאים הערכים שהתקבלו, לא קיים חשש ליציבות האלמנטים העיליים לאורך תוואי הקו.

7.5 מסקנות והמלצות

- א. כפי שפורט בסעיפים הקודמים, יש לדרוש מהקבלן ביצוע של הדחיקה באמצעות מכונה עם ראש סגור – Microtunneling, באמצעותה ניתן לשלוט בלחץ המופעל כלפי חזית ההתקדמות ולהבטיח איבודי נפח הקטנים מהערכים שצוינו לעיל. במידה וערכים אלו לא יתקיימו ואיבוד הנפח יהיה גדול יותר, יש לקחת בחשבון היווצרות שקיעות מעבר למותר באלמנטים השונים לאורך התוואי.
- ב. מהניתוח הראשוני המוצג לעיל עולה כי על מנת לקיים את קריטריון השקיעות בכבישים אשר הוגדר במסמך זה נדרש להבטיח איבוד נפח מקסימלי של 1.2%.
- ג. בחציית קווי תשתיות קיימים, נדרש להבטיח ערך איבוד נפח מינימלי של 0.8% והפרש מינימלי של 1.4 מ' בין תחתית קו קיים לפני צינור מתוכנן.
- ד. בחציית אלמנטים רגישים לשקיעות כגון מבנים סמוכים, עמודי חשמל וקירות תומכים וכו' נדרש להבטיח ערך איבוד נפח מקסימלי של 1.0%. יש לקחת בחשבון כי יתכנו תזוזות קלות של חומות/גדרות/קירות תומכים המצויים לאורך התוואי. הנ"ל עלול להשתקף בסדקים קוסמטיים באלמנטים הנ"ל.
- ה. במידה והמבנים מבוססים ע"ג ביסוס עמוק, יש לוודא את מיקומם כדי להימנע פגיעה פיזית בהם במהלך עבודות הדחיקה.
- ו. במעבר בסמוך לאלמנטים המפורטים בטבלה 6, יש לבצע חישוב ליסודות הסמוכים לתוואי המנהור כדי לוודא בפועל את מרחקם מציר הקידוח ואת עומקם. מדידי שקיעות יותקנו ע"ג היסודות עצמם במהלך מעבר המנהור בסמוך עליהם כדי לוודא כי השקיעות לא חורגות מהערך הצפוי.
- ז. מודגש כי השקיעות שמתקבלות בתחתית יסודות מבנה ב"ס "עמיאל רמב"ם" כתוצאה מעבודות הדחיקה, הינו שקיעות זניחות. אך בכל זאת נדרש להתקין נקודות ניטור ומדידה במהלך ביצוע הדחיקה בחלק הסמוך למבנה. בנוסף, נדרש לתעד את הסדקים והנזקים הקיימים כיום במבנה בטרם תחילת עבודות הביצוע.
- ח. תשומת הלב כי בביצוע פיר הדחיקה בציר 3 – 5 נדרש להתרחק 3 פעמים הקוטר לפחות מהמקלט הקיים.
- ט. בשלב זה טרם הועברה לידינו דרישה עבור הערכת שקיעות בתשתיות קיימות צנרת שנחצות ע"י תוואי הדחיקה. במידה והתוואי חוצה תשתית שעבורה נדרשת התייחסות ספציפית נא להעביר לנו את הדרישה והנתונים באופן מסודר.
- י. לצינורות התשתית קטני הקוטר הנחצים לאורך התוואי לא צפוי להיגרם נזק בערכי שקיעות נמוכים אלו.
- יא. לאורך התוואי, ובמיוחד בקטעים בהם קיימים אלמנטים/תשתיות רגישים (בדגש על קו שפד"ן), יידרש להתקין מערכת ניטור למעקב אחר השקיעות המתפתחות עקב פעולת הדחיקה ולוודא כי אינן חורגות מאלו המותרות. הנחיות כלליות מופיעות בפרק 8. כמו כן מומלץ לקבלן לבצע בקטעים קריטיים אלו סקר נזקים מקדים.

8. הנחיות לניטור שקיעות

- א. יידרש לבצע ניטור רציף לאורך ציר הקידוח. מדידות המעקב תבוצענה במקביל לקצב התקדמות הדחיקה בהתאם לדרישות סעיף 57.04.03.03.06 (ו) של המפרט הכללי לעבודות סלילה וגיבור, פרק 57.
- ב. נקודות הניטור יותקנו בניצב לציר הדחיקה, כמופיע בתכנית סימון נקודות שמצורפת לדוח הנוכחי. תכנית נ"ל מציגה סימון נקודות ניטור שקיעות לאורך תוואי דחיקה. התכנית כוללת סימון 12 צירים.
- ג. חתכי המדידה בחציית נתיבי האיילון, יכללו נק' מדידה ע"פ ההנחיות במפרט הכללי לעבודות סלילה וגיבור סעיף 57.04.03.03.06 (ד):

- 1) "נקודה אחת בציר הקידוח";
- 2) שלוש נקודות במרחק של שני מטר ביניהן, משני צידי ציר הקידוח האופקי, בניצב לציר הקידוח";
- ד. במעבר מתחת לקו איגודן – ציר מס' 1 בתכנית סימון נקודות ניטור - יידרש להתקין מערכת ניטור רציף באמצעות מערכת חיישנים שתשדר ותתריע בזמן אמת ע"ג דופן הקו. בהתאם לנ"ל, נדרש לבצע 3 קידוחי ניטור שקיעות.
- ה. כתוצאה מעבודות הקדוחים ו/או עבודות עפר עלול להתפתח רטט בקרקע. תופעה זו, בה למעשה מתפתחים גלי גזירה לעומק השתיית, יכולה להוביל לנזקים במבנים/תשתיות סמוכים.
- ו. **על מנת לוודא כי עבודות העפר והדחיקה אינן פוגעות במבנים הקיימים, יש לבצע ניטור רציף בזמן הביצוע על מנת לוודא כי הוויברציות בפועל אינן פוגעות או מהוות סכנה למבנים הסמוכים. הניטור ייעשה בסמוך לכל מבנה שיוגדר בתחום ההשפעה ע"י חברה עם ניסיון מוכח בביצוע ניטור זעזועים.**
- ז. בכל מקרה, המגבלה על ערכי התאוצה המותרים תהיה לפי המוגדר בתקן גרמני DIN 4150 חלק 3.
- ח. מדידת השקיעות תבוצע ע"י מודד מוסמך.
- ט. על הקבלן להגיש לאישור המפקח את פרטיו של המודד המוסמך שיערוך את התקנת הציוד באתר וילווה את הפרויקט בכל מהלך הפרויקט.
- י. על הקבלן להגיש לאישור המזמין פרוגרמה שתפרט את שיטת התקנת המדידים ופירוט כל הציוד שיוקן באתר (כולל מפרט היצרן).
- יא. לאחר התקנת אמצעי הניטור על המבנים תבוצע מדידה של רומי ומיקומי כל אמצעי ניטור המיועד לניטור רציף.
- יב. במהלך הדחיקה ולאחר השלמתה יעשו לאורך ציר הדחיקה ובמבנים בתחום השפעת הדחיקה מדידות באמצעות מודד מוסמך למדידת המצב הקיים בהתאם להנחיות המתכננים.
- יג. תוצאות הניטור ימסרו לעיונו של הח"מ ועפ"י השקיעה שתתקבל בכל קו ניטור יחושב הפסד הנפח שיתקבל במהלך ביצוע הדחיקה. הפסד הנפח המחושב שיתקבל לאחר הדחיקה לא יעלה על 1.2% במידה ויתקבל הפסד נפח העולה על 1.2% בצירי הניטור שימדדו לא יאושר המשך ביצוע עד שיגובשו פתרונות שיאפשרו את המשך הביצוע ללא פגיעה בקיים הכביש והמבנים הסמוכים לציר הדחיקה. **מודגש כי מתחת לקו שפד"ן נדרש לשמור על איבוד נפח של 0.8%.**

יד. עבודות הדחיקה באתר יעשו תוך ניטור רציף של שקיעות בעמודי התאורה וחשמול הממוקמים בתחום אגן השקיעות.

טו. ערכי שקיעות גבוליים לביצוע עבודות הקידוח יהיו כמפורט באבלה להלן:

ערך התראה [מ"מ]	ערך סכנה [מ"מ]	
4.0	7.0	כבישים קיימים
2.0	4.0	מבנים קיימים
2.0	4.0	קו איגודן

טז. בנוסף למדידת השקיעות לעיל מומלץ, כאמצעי בקרה נוסף, לבצע השוואה בין כמות החומר החפור והנפח התאורטי (בהתאם להתקדמות חזית הקידוח). הבקרה תבוצע לפי ההנחיות המפורטות בסעיף 57.04.03.04.03 במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור. מקדם תפיחת החומר (הדרוש לצורך החישוב) יימסר לאחר ביצוע החפירות הראשונות ואפיון החומר החפור בפועל.

השפעת הרטט

יז. כתוצאה מעבודות הקדוחים ו/או עבודות עפר עלול להתפתח רטט בקרקע. תופעה זו, בה למעשה מתפתחים גלי גזירה לעומק השטית, יכולה להוביל לנזקים במבנים/תשתיות סמוכים.

יח. על מנת לוודא כי עבודות העפר והדחיקה אינן פוגעות במבנים הקיימים, יש לבצע ניטור רציף בזמן הביצוע על מנת לוודא כי הוויברציות בפועל אינן פוגעות או מהוות סכנה למבנים הסמוכים.

יט. בכל מקרה, המגבלה על ערכי התאוצה המותרים תהיה לפי המוגדר בתקן גרמני DIN 4150 חלק 3.

9. הנחיות למילוי חוזר ושיקום מבנה הכביש

א. מילוי חוזר בפיר הדחיקה המזרחי (אמצע דרך הלח"י) מעל קו מתוכנן ועד תחתית מבנה הכביש הקיים יבוצעו באמצעות אחת מהחלופות הבאות:

- CLSM או בטון רזה.
- "חומר נברר" עם הגבלת אחוז דקים לפי הגדרתו במפרט הכללי, פרק 51. החלפת הקרקע תונח בשכבות של 20 ס"מ שיהודקו לצפיפות של 97% לפי Modified AASHTO.
- ב. על מנת לצמצם נזקים אשר עלולים לנבוע עקב "השתקפות" כלונסאות הדיפון בפני הכביש המחודש, לאחר ביצוע המילוי מומלץ לנסר את חלקם העליון של הכלונסאות עד למפלס מינוס 100 ס"מ מפני הכביש המתוכנן.
- ג. בשלב כתיבת דוח זה אין בידנו נתונים באשר למבנה הכביש הקיים ונתוני תנועה. לצורך תכנון עקרוני ניתן לאמץ את המבנה הבא:

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	5
מצע סוג א' מהודק בשתי שכבות	40
סה"כ עובי מבנה	55

ד. בכל מקרה, שחזור מבנה הכביש יהיה בהתאם למבנה הכביש הקיים. על מנת לוודא את עובי השכבות הקיימות, יש לזמן את החתום מטה עם תחילת עבודות החפירה לצורך אפיון מבנה הכביש הקיים ומתן הנחיות בהתאם.

ה. חיבור מבנה הכביש החדש למבנה הקיים יבוצע במדרגות ברוחב 30 ס"מ לכל שכבה. החיבור יבוצע באופן כזה שבקו הדיקור העליון של התעלה עם הכביש הקיים יתקבל מבנה הכביש המלא.

10. הערות נוספות

- א. המסמך הנוכחי מוגש בשלב תכנון ראשוני. במסגרת המסמך מוצג ניתוח של ממצאי חקירת הקרקע שבוצעה לאורך התוואי. כמו כן, מוצגת הערכה ראשונית של השפעת העבודות לקו על אלמנטים, כבישים ותשתיות לאורך התוואי.
- ב. יש לקחת בחשבון כי יתגלו בין תנאי הקרקע המפורטים במסמך זה ואלו אשר יופיעו בפועל. במידת הצורך ולשיקול דעתו של הקבלן המבצע, תבוצע ע"י הקבלן חקירת קרקע משלימה לאפיון חתך קרקע לאורך התוואי.
- ג. המסמך לעיל מתבסס על הנתונים הקיימים בשלב כתיבת הדוח. יש לקחת בחשבון כי ייתכן ויידרש לעדכן את הנחיות/מסקנות המפורטות בהמשך מסמך זה עם התקדמות התכנון.
- ד. יש ליידע את החתום מטה על כל שינוי או סטייה מהתכנון הידוע ומפורט בדוח זה.
- ה. תכניות וחישובים יועברו למשרדנו לצורך עיון ותיאום. כמו כן, יוכש למתכנן הקו וליעוץ הקרקע תכנית לניטר ובקרה של פעולת המנהור.
- ו. תכניות מפורטות/למכרז יופצו רק לאחר קבלת אישור החתום מטה.
- ז. הקבלן יהיה קבלן רשום.
- ח. יש לבצע את כל העבודות המפורטות בדו"ח זה אך ורק תוך פיקוח הנדסי צמוד ובקרה של מעבדה מוסמכת. המפקח יהיה בעל הכשרה מקצועית נאותה וניסיון מוכח בתחום עבודות המפורטות בדו"ח זה. המפקח יהיה נוכח באתר בכל מהלך העבודה וידאג למילוי הוראות המפרט וידווח למהנדס הגיאוטכני.
- ט. קיום פיקוח עליון וקיום פיקוח הנדסי צמוד במהלך ביצוע כל היסודות וקבלת דיווח בכתב של המפקח הצמוד באתר הינם תנאי לאחריותנו המקצועית בפרויקט.
- י. התוצאות של כל הבדיקות מעבדה הנדרשות בדו"ח זה תועברנה למשרדו של הח"מ לעיון ואישור.

בכבוד רב,



יובל רימון



נעם לויד