



תאריך: 15 בדצמבר 2021

סימוכין: va/02h/2021

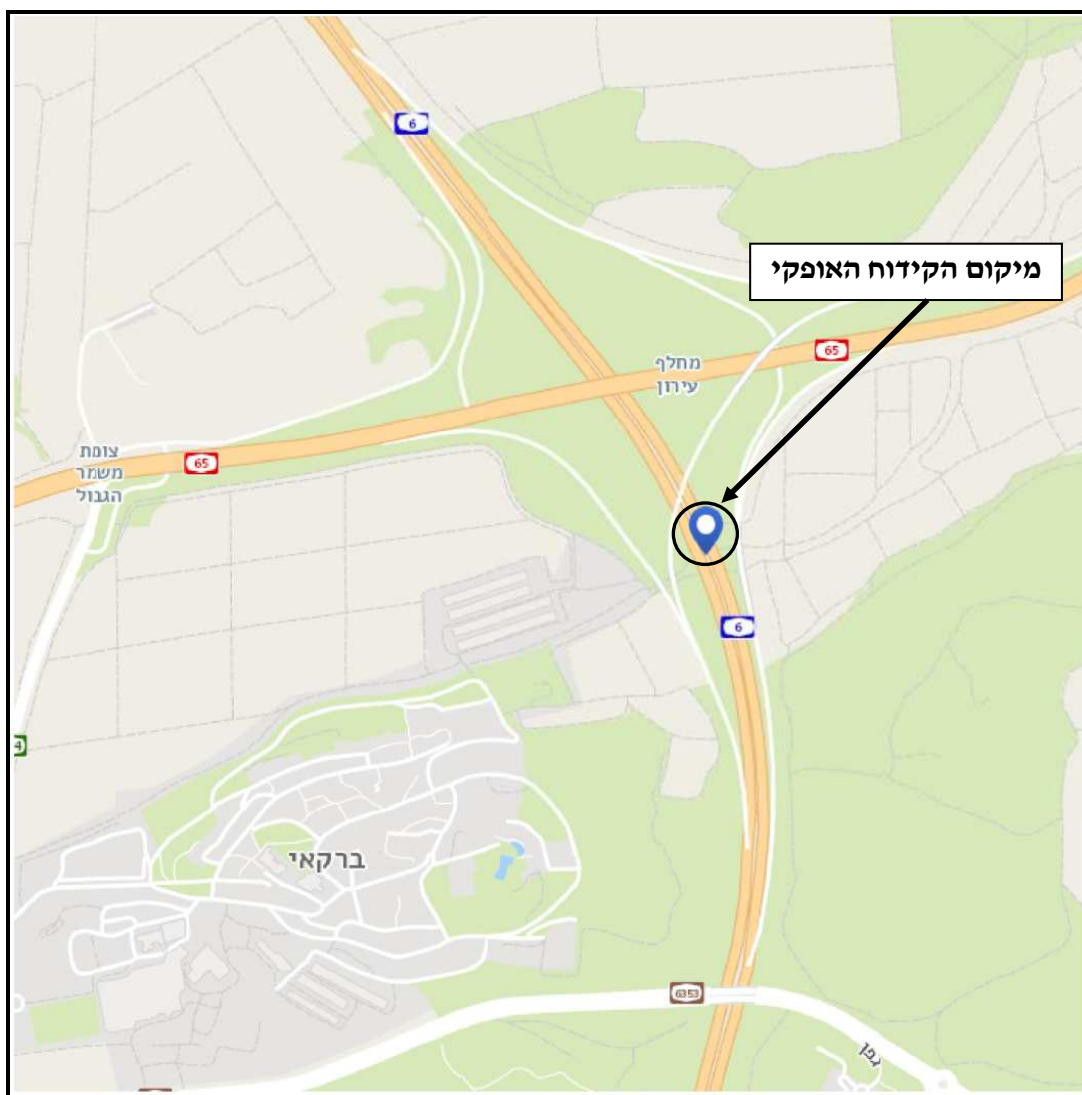
מערכת הכוללת שפכים אזורית ואדי עארה
חציית כביש 6 ורצועת נתג"ז בקידוח אופקי
דוח קרקע וביסוס

1. מבוא

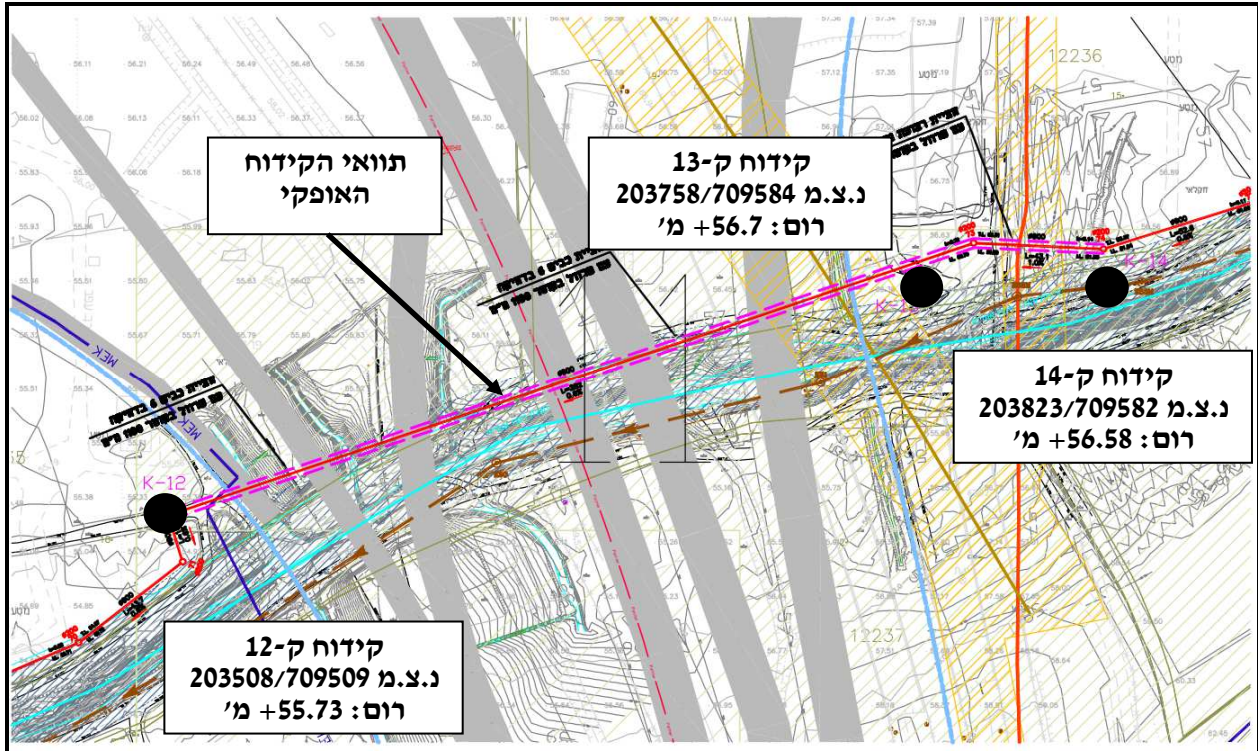
- א. מובא להלן דוח קרקע וביסוס לפרויקט הנדון. הפרויקט הוא ביוזמת תאגיד מי עירון. המתכנן הוא משרד ראדי מסארווה מהנדסים יועצים והניהול מבוצע ע"י אד – בר יועצים.
- ב. במסגרת הקמת קו ביוב גרביטציוני להולכת שפכים מואדי עארה למט"ש מנשה, מתוכנן קידוח אופקי לביוב מתחת לכביש 6 ורצועת נתג"ז באזור נ.צ.מ. 203654/709553, דרומית למחלף עירון – ראה איור 1 בהמשך, מפת התמצאות. פני הקרקע בתוואי החציה, מחוץ לתחום גשרי כביש 6, הם ברום כ- 55.5-56.5 מ'.
- ג. עפ"י התוכניות שברשותי, מתוכנן הנחת קו ביוב PE בקוטר 900 מ"מ, מושחל בתוך שרוול בקוטר 1100 מ"מ, שיחצה כביש 6 ורצועת נתג"ז, ממערב למזרח, בקידוח אופקי (ראה בהמשך איורים 2 – 4, תכנית כללית של הקידוח האופקי וחתכים לאורך). אורך הקידוח האופקי הוא כ- 325.0 מ'. תוואי הקידוח בין היתדות 72 – 73 מתוכנן בחלקו בצמוד לנציבי הקצה הצפוניים של גשרי הרמפות המערביות, ומתחת לגשרי כביש 6 והרמפה המזרחית. בהמשך לכיוון מזרח, צפוי הקידוח לעבור מתחת לרצועת נתג"ז בין היתדות 73 – 74. מפלס תחתית השרוול (I.L) במערב (ראה איור 3), ביתד 72 סביב נ.צ.מ. 203510/709505 בערך, מתוכנן לרום קרקע של כ- 49.1 מ', בעומק של כ- 6.3 מ' מפני קרקע קיימים. במזרח, ביתד 73 סביב נ.צ.מ. 203777/709595 בערך, מפלס תחתית השרוול מתוכנן לרום קרקע של כ- 50.8 מ', בעומק של כ- 5.7 מ' מפני קרקע קיימים. העומק המינימלי של תחתית השרוול ועד לפני הקרקע הנמוכים ביותר בתחום כביש 6, הוא כ- 6.0 מ'. מפלס תחתית השרוול בתחום רצועת הנתג"ז, הוא כ- 50.8 מ' ביתד 73 ו- 51.2 מ' ביתד 74 (ראה איור 4). עומק תחתית השרוול בתחום רצועת נתג"ז, הוא כ- 3.0 מ' ממפלס I.L צינור הנתג"ז כאשר, פני הקרקע הקיימים הם ברום כ- 56.5 מ'. בהתאם לנתונים הנ"ל, יוערכו בהמשך השקיעות בתחום רצועת כביש 6 ונתג"ז.
- ד. כל שינוי בנתונים דלעיל יובא לידיעת הח"מ שאם לא כך, אין להשתמש בדוח זה.
- ה. דוח זה עוסק בניתוח השקיעות בתחום כביש 6 ורצועת נתג"ז הנ"ל בלבד בקטע הרלוונטי לפרויקט הנדון, והוא אינו מתייחס לשום קטע נוסף המתוכנן במסגרת הנחת הקו, בחפירה פתוחה או בקידוח אופקי, או לחציית תשתיות/מבנים/אלמנטים אחרים במידה וקיימים.



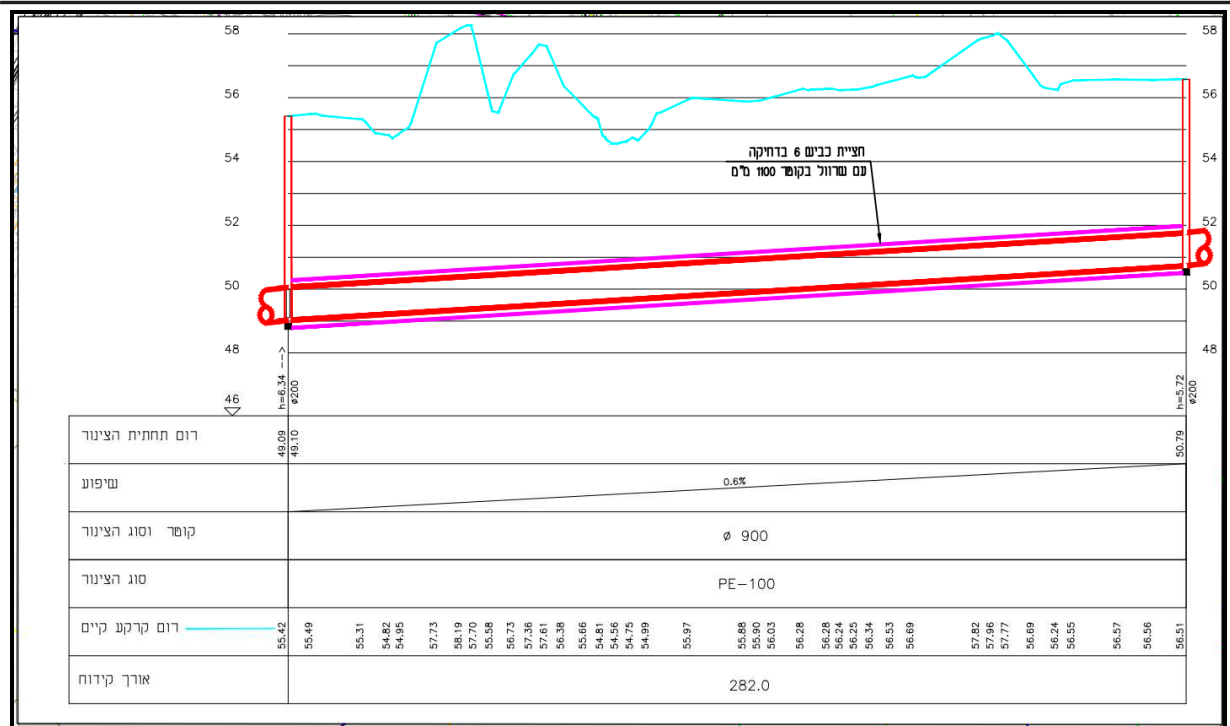
1. לצורך היעוץ הגיאוטכני לפרויקט הנדון, בוצעו בתוואי החציה 3 קידוחי ניסיון שנעצרו בשכבה קשה בעומק כ- 7.0-8.5 מ' – ראה סעיף 2 שלהלן. בתכנית החציה שבאיור 2 בהמשך, מוצג מיקום קידוחי הניסיון שבוצעו כולל נ.צ.מ ורום פני הקידוחים.



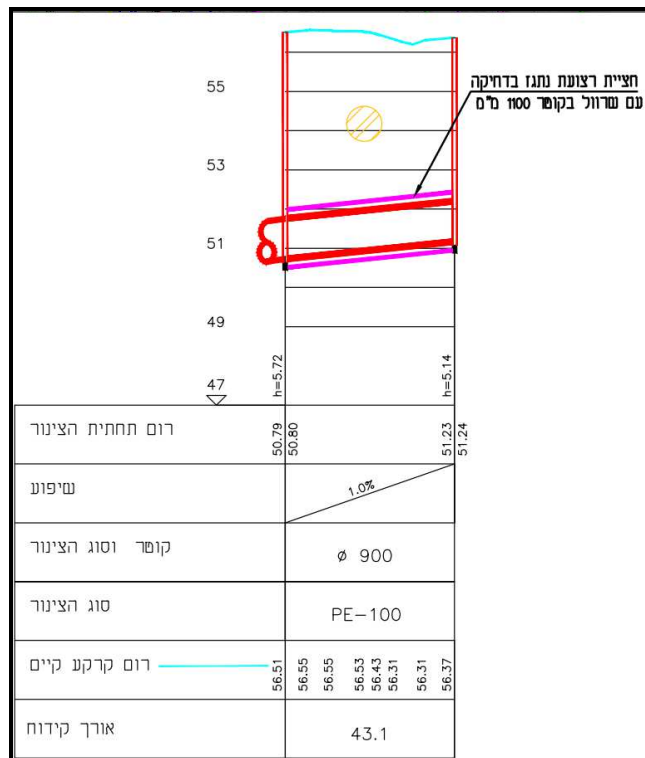
איור 1 – מפת התמצאות



איור 2 – תכנית כללית של הקידוח האופקי



איור 3 – חתך לאורך הקידוח האופקי בתחום כביש 6



איור 4 – חתך לאורך הקידוח האופקי בתחום רצועת נתג"ז



2. הקרקע

2.1 כללי

כאמור, לבחינת תת הקרקע באתר הנדון, בוצעו, בנובמבר-דצמבר 2021, 3 קידוחי ניסיון במכונה לעומק מרבי של כ- 10.0-12.0 מ'. הקידוחים כללו גם בדיקות סומך/צפיפות באמצעות הבדיקות להחדרה תקנית (SPT) כל כ- 2.0 מ'. מיקום הקידוחים מסומן באיור 2 הנ"ל כולל רום פני הקידוחים ו- נ.צ.מ (קידוח ק-12, קידוח ק-13 וקידוח ק-14). הלוגים של הקידוחים מצ"ב לדוח כנספח.

2.2 תיאור הקרקע בקידוחים

באופן כללי, חתך הקרקע הצפוי מפני השטח באתר לעומק, מורכב מהשכבות העיקריות שלהלן עפ"י סדר הופעתן בקידוחים:

- א. חרסית שמנה עם צורות בגודל עד כ- 5 ס"מ, המופיעה באתר מפני הקידוחים ועד לעומק כ- 4.6-7.8 מ'. העומק הרדוד מופיע באזור קידוח ק-14.
- ב. חוואר קרטוני וקרטון חווארי, המופיעים בקידוחים מעומק כ- 4.6-7.8 מ' ועד קצה הקידוחים בעומק 9.84-12.0 מ'.
- ג. לא הופיעו מים תת קרקעיים בקידוחים.
- ד. חתך הקרקע המתואר לעיל הוא בהסתמך על נתוני 3 הקידוחים הנ"ל ותיאור שכבות הקרקע הנ"ל, הוא בגדר האינטרפולציה ביניהם. יש להביא בחשבון כי יתכנו שינויים, לאטיראליים ולעומק, בהרכב ועובי שכבות הקרקע באזורים מחוץ לנקודות הקדחה.

2.3 תוצאות בדיקות סומך/צפיפות בשדה (SPT)

- א. תוצאות הבדיקות להחדרה תקנית (SPT) שבוצעו בשכבה החרסיתית (שכבה א' בסעיף 2.2), נעות בטווח של 15-36 חבטות לחדירה מלאה של 30 ס"מ ויותר מ- 50 חבטות לחדירה חלקית (פחות מ- 30 ס"מ), המאפיינות שכבה בסומך גבוה ברטיבות הקיימת.
- ב. תוצאות הבדיקות להחדרה תקנית שבוצעו בשכבה ב', נעות בטווח של 46-59 חבטות לחדירה מלאה ויותר מ- 50 חבטות לחדירה חלקית.

3. תכן סייסמי

- א. עפ"י נספח ג' לתקן ת"י 413 לרעידות אדמה – מהדורה משולבת של התקן מיוני 1995 על כל עדכוניו (דצמבר 2013), תאוצת הקרקע האופקית החזויה בסביבת ברקאי הסמוכה לאתר, היא 0.09g.
- ב. זוהי תאוצת הקרקע האופקית המכסימלית שלגביה קיימת הסתברות של 10% לקבלת תאוצת שיא בפני הסלע, בפרק זמן של 50 שנה.



ג. מקדם השתית באתר הוא 1.5 (או סיווג D).

ד. לא צפויה תופעת התנזלות (Liquefaction) בחתך הקרקע המתואר לעיל.

4. הנחיות והמלצות

4.1 עבודות עפר

4.1.1 חפירה זמנית, דיפון, בטיחות בעבודה וניקוז האתר

חפירה זמנית באתר תבוצע עפ"י כל כללי ותקנות הבטיחות המקובלים ועפ"י ההנחיות וההמלצות שלהלן:

- א. דפנות חפירה פתוחה זמנית באתר לעומק עד 4.0 מ', מבלי לסכן יסודות ו/או תשתיות קיימים וכד' ולאחר השפלת מים במידת הצורך, תתוכננה לשיפוע מקסימאלי של 1V:1.5H (או פקי: 1 אנכי) ובתוספת מרווחי עבודה נאותים.
- ב. חפירה זמנית לעומק מעל 4.0 מ' תבוצע בשיפועים כנ"ל ותכלול גם ברמה ברוחב 1 מ' לפחות. הברמה תפותח בשיפועים נאותים כך שמי נגר לא ישפכו על המדרונות שמתחת.
- ג. חפירה זמנית כנ"ל **בסמוך** ליסודות/תשתיות קיימים וכו', תבוצע כך שפני החפירה (קו דיקור עליון) תהיה במרחק של 2.0 מ' לפחות מיסודות/תשתיות קיימים וכו', ושיפוע החפירה הזמנית במקרה זה יהיה מקסימום 1V:2.5H או מתון יותר כולל ברמות כאמור לעיל.
- ד. ישום השיפועים הנ"ל מותנה בכך שיהיה פיקוח רצוף ומתמיד, של מפקח מיומן, שיתריע על דיפורמציות המתפתחות בדפנות ראש החפירה.
- ה. במידה ולא ניתן לבצע חפירה זמנית כנקוב לעיל, יש לתכנן **דיפון** החפירה בכלונסאות בטון מזוין. הנחיות והמלצות לדיפון נתונות בסעיף 4.1.2 בהמשך.
- ו. אין לאפשר לאנשים או ציוד לרדת לתחתית חפירה באתר בשיפועים התלולים יותר מהנ"ל.
- ז. יש לסלק כל גוש או אבן רופפת בפני מדרונות החפירה.
- ח. בעונת הגשמים ולאחריה, כאשר מפלס המים הכלואים מעל השכבות החרסיתיות יהיה בעומק רדוד, יהיה צורך לתכנן ניקוז ושאיבה של תחתית החפירה ע"מ לאפשר עבודה בסביבה יבשה כולל ייצוב תחתית החפירה במידת הצורך.
- ט. ככלל, העבודות יבוצעו ע"י קבלנים רשומים ומיומנים, תוך נקיטת אמצעי הבטיחות והזהירות המקובלים בתנאים הקיימים. מודגש, כי נושא הבטיחות באתר הוא באחריותו המלאה והבלעדית של הקבלן, והוא ידאג כי עבודות העפר ובכלל יבוצעו לפי כל כללי ותקנות הבטיחות המקובלים.
- י. שמירת אתר העבודות מפני הצפות/גלישות/מיחתור וכד', תהיה באחריותו המלאה והבלעדית של הקבלן המבצע. כמו כן, בכל שלבי העבודה, יש לדאוג לניקוז היקפי מתאים, שימנע זרימה והיקוות וחדירה של מים אל החפירה לפירים ואל הקידוח.



4.1.2 דיפון

- א. במקומות בהם לא ניתן לבצע חפירה זמנית עפ"י הכללים שלעיל, יש לדפן החפירה באמצעות כלונסאות בטון מזוין, קדוחים ויצוקים באתר עפ"י הנחיות המפרט הכללי. טכניקת הקידוח ("יבש", "בנטונייט") בהתאם ליציבות דופן הקידוח.
- ב. הכלונסאות יקדחו בדירוג ולסירוגין, לפי "אחד כן, שלוש לא". רק לאחר 24 שעות מתום היציקה של כלונס, מותר יהיה לקדוח בסמוך לו.
- ג. הכלונסאות ייקדחו במכונה חזקה מסוג M-350 לפחות והמתאימה לתנאי הקרקע השוררים באתר, תוך שימוש במידת הצורך במקדחים סגורים המתאימים לשכבות/עדשות חוליות ובמקדחי ווידיה וכתר ווידיה, למעבר בשכבות קשות.
- ד. קוטר הכלונסאות יקבע עפ"י הגובה החופשי של הקיר וההטרחות הצפויות וכמובן בהתחשב בתזוזות המותרות כאשר, הקוטר המינימלי יהיה 60 ס"מ (בהתחשב גם בעומק החפירות הצפויות לפירי הקדיחה וקבלה). המרחק החופשי המקסימלי בין הכלונסאות יהיה 15 ס"מ.
- ה. קורת ראש כלונסאות דיפון תבוצע לפני תחילת ביצוע החפירות.
- ו. העומס המפורס המינימלי בראש הקיר יקבע ע"י הקונסטרוקטור ובכל מקרה לא יפחת מ- 1.0 טון/מ"ר באזורים ללא מבנים, 1.5 או 2.0 טון/מ"ר בצמוד לכביש/מסילה, בהתאמה, ואילו בצמוד למבנים קיימים, עפ"י משקל המבנה כעומס מחולק שווה.
- ז. קיר דיפון יחושב לפי הפרמטרים הגיאוטכניים שלהלן:
 - משקל מרחבי של הקרקע – 2.2 טון/מ"ק;
 - זווית חיכוך פנימית של הקרקע: 30° .
- ח. התכנון יבוצע למצב "אקטיבי" או "מנוחה" וזאת בהתאם לרגישות האלמנטים הקיימים בפני הקירות.
- ט. על מנת להימנע בצורך להתחשב בלחצים הידרוסטטיים גבוהים מהערך שהוחלט עליו, יש לוודא העדר לחצים כאלו במשך חיי הדיפון. הטכניקות יהיו שונות לפי סוג האלמנט כגון **נקזים אופקיים ו/או אנכיים** שיבוצעו בתווך שמאחורי הקירות או בחזיתם. בהעדר הטיפולים הנ"ל, יש להתחשב גם בנושא לחצי המים.
- י. בכל מקרה, יש להיעזר בשירותי יועצי ניקוז ואיטום לתכנון ניקוז ואיטום קירות הדיפון. ניתן לנקז קירות הדיפון ע"י הנחת רצועות ניקוז מסוג Delta Terraxx או ש"ע מאושר, שיונחו במרווח בין הכלונסאות, במרווח כל כ- 2 מ' זה מזה. היריעות ינקזו את המים אל צינור שרשורי מחורר, בקוטר 6", עטוף בד גיאוטכני לא ארוג במשקל 250 גרם/מ"ר, מסוג "אורים" או ש"ע מאושר, המונח בתחתית הקירות ויסלק את המים מחוץ לתחום המבנה עפ"י הנחיות ותכנון יועץ הניקוז/הידרוגיאולוג. בכל מקרה, הצינור יעטף מכל עבריו 30 ס"מ בחצץ. כאמור, בהעדר אמצעי הניקוז כאמור לעיל, יש להתחשב גם בנושא לחצי המים.



יא. עומק ההטמנה של כלונסאות הדיפון יקבע עפ"י חישוב הקונסטרוקטור בהתאם לחישובי היציבות, ולא פחות מ- 4.0 מ' במקרה של שימוש בעוגנים/תמיכות. עבור כלונסאות קונזוליים, עומק ההטמנה יהיה עפ"י חישוב הקונסטרוקטור בהתאם לחישובי היציבות, ובכל מקרה לא יפחת מ- **1.2 פעמים** הגובה החופשי של קיר הדיפון.

יב. במידה ויהיה צורך בעוגני קרקע (זמניים/קבועים), הם יתוכננו ויבוצעו עפ"י מפרט 26 ות"י 940 חלק 4.2. הנחיות לעוגנים ינתנו במידת הצורך ועפ"י בקשה בכתב. כמו כן, ניתן לשקול ביצוע תמיכות אופקיות, מצד לצד, במקום העוגנים.

יג. במידה והדיפון ימשך גם כביסוס, תסבולת הכלונסאות האנכית, בשירות, תחושב עפ"י מאמץ חיכוך מותר בשיעור של 1.5 טון/מ"ר הפועל על המעטפת המשיקה לכלונס, החל מתחתית החפירה ובהזנחת המטר העליון, ובתוספת תסבולת קצה בשיעור של 40 טון/מ"ר.

יד. במהלך ביצוע החפירה, יש לסגור את המרווחים בין הכלונסאות, על מנת למנוע "זליגה" של חומר דרך המרווחים ביניהם, שעלולה לגרום לשקיעות וסידוק בתשתית שמעל ראש הקיר.

טו. במקרה של "בריחת" בנטונייט בשכבות המכילות צרורות/פלטות (באם יהיה צורך בבנטונייט עקב מפולות בדפנות הקידוחים למשל), ניתן לשקול הרחבת הקידוח ויציקת בטון סרק בתחום שכבת הצרורות/פלטות וחידוש הקדיחה, בקוטר המתוכנן, לאחר 24-48 משעות ממועד היציקה. תהליך שיכול לחזור על עצמו מס' פעמים. לחילופין, שימוש בצינורות מגן.

טז. הזיון בכלונסאות יעשה מברזל מצולע בכמות עפ"י חישוב הקונסטרוקטור ובהתאם לת"י הרלוונטיים, ואורכו נטו בקידוח יהיה 0.5 מ' פחות מעומק הקידוח.

יז. הבטון בכלונסאות יהיה ב- 30, שקיעה "6".

יח. כל הכלונסאות ייבדקו בבדיקות סוניות להוכחת רציפותם. תוצאות הבדיקות תועברנה לעיון ואישור הח"מ, בכתב, להמשך העבודה. ללא קבלת אישור הח"מ לתקינות הכלונסאות, אין להמשיך בעבודה.

יט. הפיקוח על ביצוע הדיפון יעשה ע"י מהנדס מטעם היזם, מוסמך מנוסה בסוג זה של עבודה.

כ. יש לזמן הח"מ לאתר לתחילת ביצוע הדיפון, בהתראה נאותה של יומיים לפחות.

כא. תוכנית הדיפון תועבר לעיון והערות הח"מ לפני יציאה למכרז.

4.2 קדיחת השרוול

4.2.1 כללי

- א. ככלל, ביצוע העבודה יהיה עפ"י מפרטי נתיבי ישראל, כביש 6 ונתג"ז המתייחסים לסוג עבודות כאלו.
- ב. על הקבלן לסייר באתר טרם הגשת הצעתו, לבחינת התנאים הקיימים באתר ו/או חתך הקרקע המתגלה בחפירות לבורות הקדיחה וקבלה, ויש להיעזר במהנדס גיאוטכני מטעמו כולל ביצוע קידוחי ניסיון על חשבונו בהתאם לצורך.



- ג. בהתאם לחתך הקרקע הנ"ל ומפלסי תחתית השרוול, תוואי הקידוח צפוי להיות, כנראה, בחרסית עם צרורות וקרטון חווארי, בעלות מרכיב קוהוזיבי מסוים. במקרה של הופעת חתך קרקע שונה בבורות הקדיחה וקבלה, יש לזמן הח"מ לאתר למתן הנחיות נוספות בהתאם לצורך.
- ד. בגיאומטריה המתוכננת לקידוח האופקי, שבה לא ניתן להעמיק את הקו, חתך הקרקע הצפוי בתוואי הקידוח ובהתחשב בעומק צינור הנתג"ז, ביצוע הקידוח האופקי יהיה בשיטת המיקרוטאנילינג (ראש סגור – MTBM).
- ה. שיטת הקדיחה והחדרת השרוול בשיטת MTBM מצריכים יצירת מרווח בין אלמנט הקדיחה לשרוול כ- 1.5 ס"מ ברדיוס. מרווח זה יהיה תמוך בבנטונייט לאורך כל תוואי הקדיחה כאשר, יציבות תמיכה זו תלויה בשמירה על לחץ הבנטונייט. יש להבטיח שמירה על לחץ קבוע לכל אורך הקידוח. כמו כן, יש להבטיח כי המרווח הנוצר בין הקדח לשרוול ידוּס מיד עם תום ביצוע הדחיקה כאשר, הדיוס בתחום רצועת הנתג"ז יבוצע בלחץ נמוך מאד ועפ"י דרישת נתג"ז. על הקבלן להכין תוכנית דיוס מפורטת לאישור מנהל הפרויקט, שבה תפורט שיטת הדיוס לרבות האופן שבו יותקנו צינורות הדיוס על גבי השרוול. כמו כן, בתחום רצועת הנתג"ז יבוצעו קידוחים אנכיים לצורך דיוס אנכי, בגרוויטציה.
- ו. הקדיחה תבוצע בהתאם לדרישות פרק 57 של המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור של נת"י ולפי הנחיות/דרישות כביש 6 ונתג"ז לקידוחים אופקיים, בהתאמות הנדרשות. על הקבלן להגיש לאישור מנהל הפרויקט תכנית עבודה מפורטת שתכלול: שיטת הקידוח וסוג המכונה, קטרי המקדחים בהם יעשה שימוש בכל שבלי הקידוח, שיטת העבודה עם תרחיף מייצב, סוג התרחיף ותכונותיו, שיטת העבודה במהלך התקנת הדייס וכמפורט לעיל, סוג הדייס ותכונותיו, לוח זמנים מפורט לביצוע הדחיקה.
- ז. על הקבלן לקחת בחשבון שהקרקע שבה נדרש לקדוח תהיה או עלולה להיות בחתך קרקע של מילוי/שפך, קרקע עם צרורות ואבנים, מים כלואים וכו'. הקבלן יהיה ערוך לביצוע העבודה גם בתנאים של גילוי שורשי עצים וצמחיה העלולים להקשות על ביצוע הקידוח האופקי. בכל מקרה, ציוד הקדיחה יתאים לביצוע הקידוח בחתך הקרקע המתואר לעיל הכולל גם צרורות ואבנים ואף סלע (במידה ויתגלה בבורות הקדיחה וקבלה), בעומק ובתוואי הנדרש כולל האפשרות להופעת שכבות לא יציבות, כאמור.
- ח. מן הראוי שעבודות מסוג זה יבוצעו בפקוח צמוד של גורם מקצועי הנדסי מנוסה, שיחוייב בדיווח על התנהלות העבודה לרבות כל אירוע חריג.
- ט. בהעמסה אופקית על דופן החפירה, לצורך דחיקת המקדח עם שרוול המגן, מאמץ המגע על דופן החפירה לא יעלה על עומס העפר האנכי בעומק זה, שיחושב לפי משקל מרחבי של עפר של 1.7 טון/מ"ק.



4.2.2 תזוזות הקרקע בשדה ירוק

- א. בעת ביצוע עבודות מנהור או קדיחה אופקית, לא מן הנמנע כי נפח הקרקע הנחפר יהיה גדול מהנפח שמוחלף ע"י אלמנט המנהור. מקובל לכמת את חפירת היתר הנ"ל ע"י פרמטר "הפסד נפח קרקע" (V_L) (Volume Loss) המוגדר כיחס בין נפח אגן השקיעות לבין נפח המנהרה (ליחידות אורך).
- ב. הפסד הנפח המתקבל בעת ביצוע העבודה מושפע מסוג הקרקע ומרמת ביצוע העבודה (קצב התקדמות, לחץ דחיקה וכו'). מבחינה אינטואיטיבית, פרמטר V_L מתאר את דרגת ההפרה של הקרקע בעקבות המנהור וניתן לקשור אותו לנפח אגן השקיעות בפני השטח. לצורך הפשטה, נהוג להניח תנאי קרקע בלתי מנוקזים כלומר, לא נלקח בחשבון (באופן ישיר) הפסד הנפח כתוצאה משינויי נפח בקרקע.
- ג. בהתאם לממצאי קידוחי הניסיון הנ"ל ומפלסי הקידוח האופקי, תוואי הקידוח האופקי צפוי להיות, כנראה, בשכבות בעלות מרכיב קוהזיבי מסוים (שכבות א' ו- ב' בסעיף 2.2). בדוח זה, הערכת אגן השקיעות תעשה בהתאם למודלים הרלוונטיים לקרקעות חרסיתיות/חוואריות. את תצורת אגן השקיעות, ניתן לתאר באופן סביר ע"י הביטויים הבאים:

$$1) \quad S_v(\Delta x, \Delta y) = S_{\max} \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{\Delta x^2}{0.5i^2}\right) \left[1 - \operatorname{Erf}\left(\frac{\Delta y^2}{\sqrt{0.5}i}\right)\right]$$

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

- ד. כאשר, S_v מתאר אגן השקיעות בפני השטח במרחקים ניצבים ואורכיים מציר הקידוח, S_{\max} היא השקיעה המקסימלית בפני השטח, i הוא המרחק מנק' העקמומיות, D הוא קוטר הקידוח ו- V_L הוא פרמטר איבוד הנפח המבוטא בנוסחא ב- % . עבור חרסית, ניתן להעריך את המרחק עד לנק' העקמומיות לפי הקשר מסי (3) שלהלן (Dimmock & Meir 2008):

$$3) \quad i = \frac{0.175 + 0.325 \left(1 - \frac{Z}{Z_t}\right)}{1 - \frac{Z}{Z_t}} (Z_t - Z)$$

- ה. כאשר, z הוא העומק עבורו מחושבת השקיעה (במקרה של שקיעה בפני השטח, ערכו שווה לאפס) ו- z_t הוא העומק עד ציר מרכז הקידוח.



ניתוח שקיעות ברצועת נתג"ז

- ו. בהתאם לגיאומטרית הקידוח האופקי ועומק תחתית צינור הנתג"ז, תחושב השקיעה מתחת לצינור נתג"ז עבור z השווה ל- 2.8 מ' ואילו העומק מפני השטח ועד ציר הקידוח האופקי הוא כ- 5.3 מ' (z_1). ובהתאם, חושב המקדם i לפי נוסחא 3 (מתקבל: 1.7). למקרה שלנו, קוטר הקידוח האופקי לצורך חישובי השקיעות יהיה 113 ס"מ (כ- 3 ס"מ יותר מקוטר השרוול).
- ז. בטבלה 1 בהמשך, מוצגים ערכי השקיעות שיתקבלו מתחת לנתג"ז כתלות באיבודי נפח שונים של 0.5% - 3%. מהניתוח עולה כי, ככל שהדחיקה תבוצע עם פרמטר הפסד נפח נמוך יותר, יתקבלו שקיעות נמוכות יותר מתחת לנתג"ז. בהתאם לתוצאות החישוב ובמטרה למנוע פגיעה בצינור הנתג"ז, **הדחיקה תעשה בהפסד נפח שלא יעלה על 1%**. בתנאים אלו, השקיעה המרבית מתחת לצינור הנתג"ז לא תעלה על 2.5 מ"מ. במטרה לעמוד בתנאים אלו, הדחיקה תעשה תוך הקפדה על העקרונות הבאים: שימוש במקדח סגור, הקפדה על רמת ביצוע גבוהה, הגבלת קדיחת יתר ככל הניתן (overcut), שימוש בתרחיף מייצב לייצוב דפנות הקידוח במהלך הדחיקה ודיוס הרווח שיתקבל בין דופן הקידוח לסגמנטים שידחקו לתוך הקדח, לאחר השלמת הדחיקה וכמפורט לעיל.

V_L (%)	S_{max} (mm)
0.5	1.2
1	2.5
1.5	3.5
2	4.7
2.5	5.9
3	7.1

טבלה 1 – שקיעות חזויות בתחום רצועת נתג"ז

- ח. במהלך הביצוע יש לעקוב אחר קצב הקידוח, כמויות החומר שיתקבלו מהקידוח והתאמתם לחתך הקרקע, לחץ המכונה והתפתחות שקיעות בפני הקרקע ובמבנים הסמוכים לתוואי הדחיקה.
- ט. מהלך הביצוע ילווה גם בניטור השקיעות בפני השטח לפני שחזית הקדיחה מתקרבת אל רצועת נתג"ז, ובכפוף להנחיות המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור של נת"י, פרק 57.
- י. הניטור יבוצע ע"י מדידת מצב קיים באמצעות מודד מוסמך, לפני תחילת ביצוע הקידוח האופקי ובמהלכו. דיוק המדידה יהיה ± 0.5 מ"מ. חתכי הניטור יתוכננו במרחק של כ- 10 מ' מבור הקידוח



ולאורך ציר הקידוח כולו. בכל מקרה, 2 חתכים יסומנו בשולי הכביש/רצועה. בכל חתך ניטור, המדידה תבוצע בציר הקידוח ובשלוש נקודות במרחק של 2 מ' ביניהן, משני צידי ציר הקידוח, בניצב לו (7 נקודות בכל חתך). מועדי הניטור יהיו כלהלן כאשר מדידת הבסיס תבוצע לפני תחילת ביצוע הקידוח האופקי:

- לפחות פעם ביום עבודה ובכל מקרה תבוצע מדידה לפני שחזית הקדיחה מתקרבת של הכביש ;
 - פעם בשבוע עד חלוף שבועיים מסיום המעבר ;
 - שלושה חודשים אחרי גמר הביצוע ;
 - כמו כן, על הקבלן לקיים בדיקה חזותית בנוכחות המפקח לאיתור שקיעות בקרקע מעל תוואי הקידוח, תוך שבועיים עד חודש ממועד גמר העבודה.
- יא. כאמצעי ניטור נוסף, על הקבלן לבדוק ולבקר את נפח הקרקע היוצא מעבודות הקידוח כמתואר לעיל, ע"מ להקטין את איבודי הקרקע ולשמור על ביצוע תקין הנמדד ע"י איבודי נפח.
- יב. ערכי ההתראה של הניטור יוגדרו בהתאם לערכי השקיעות הצפויות בפני השטח (השקיעות במקרה זה מחושבות לפי מקדם i המתאים ל- $z=0$ בנוסחא 3). כערך התראה של הניטור, תהיה שקיעה של 0.8 מ"מ מקסימום בפני השטח ובמידה והשקיעה שתתקבל בפועל בכל נק' ניטור תעלה על 1.5 מ"מ, יש להפסיק את העבודה ולבחון שיטת הביצוע.

ניתוח שקיעות ברצועת כביש 6

- יג. חישובי השקיעות ברצועת כביש 6 יבוצעו עבור z השווה לאפס (בפני השטח). בהתאם לגיאומטרית הקידוח האופקי, העומק המינימלי עד ציר הקידוח לאורך רצועת כביש 6 הוא כ- 6.0 מ' ובהתאם, חושב המקדם i לפי נוסחא 3 (מתקבל: 3.0). למקרה שלנו, קוטר הקידוח האופקי לצורך חישובי השקיעות יהיה 113 ס"מ (כ- 3 ס"מ יותר מקוטר השרוול).
- יד. בטבלה 2 בהמשך, מוצגים ערכי השקיעות שיתקבלו בתחום רצועת כביש 6, בפני השטח, כתלות באיבודי נפח שונים של 0.5% - 3% כאשר, הדחיקה תעשה, כאמור, בהפסד נפח שלא יעלה על 1%. בתנאים אלו, השקיעה המרבית בפני השטח עבור איבוד נפח של 1% לא תעלה על 1.5 מ"מ. שקיעה כזו אינה אמורה להשפיע על הגשרים הקיימים או הכביש/סוללות הגישה לגשרים וכו'. במטרה לעמוד בתנאים אלו, הדחיקה תעשה תוך הקפדה על העקרונות הבאים: שימוש במקדח סגור, הקפדה על רמת ביצוע גבוהה, הגבלת קדיחת יתר ככל הניתן (overcut), שימוש בתרחיף מייצב לייצוב דפנות הקידוח במהלך הדחיקה ודיוס הרווח שיתקבל בין דופן הקידוח לסגמנטים שידחקו לתוך הקדח, לאחר השלמת הדחיקה וכמפורט לעיל.



V_L (%)	S_{max} (mm)
0.5	0.7
1	1.5
1.5	2.0
2	2.7
2.5	3.5
3	4.0

טבלה 2 – שקיעות חזויות בתחום כביש 6

טו. במהלך הביצוע יש לעקוב אחר קצב הקידוח, כמויות החומר שיתקבלו מהקידוח והתאמתם לחתך הקרקע, לחץ המכונה והתפתחות שקיעות בפני הקרקע ובמבנים הסמוכים לתוואי הדחיקה.
טז. מהלך הביצוע ילווה גם בניטור השקיעות בפני השטח כמפורט לעיל. ערכי ההתראה של הניטור יהיו כמפורט בסעיף 4.2.2. יבי שלעיל ובמידה והשקיעה שתתקבל בפועל בכל נק' ניטור תעלה על 1.5 מ"מ, יש להפסיק את העבודה ולבחון שיטת הביצוע.

4.3 מילוי חוזר בבורות הקדיחה וקבלה

א. מילוי חוזר בבורות הקדיחה וקבלה המתוכננים בתחום זכות הדרך, יעשה מחומר אנרטי אטום המכיל לפחות 18% עבור נפה מס' 200, בהתאם לדרישות סעיף 51.04.01 במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור של נת"י, פרק 51 (חומרים כמו: A-4, A-2-6, A-2-4 עם 100% עובר נפה 3"). המילוי יהודק בהרטבה ובבקרה מלאה בשכבות של עד 20 ס"מ, לצפיפות מינימלית מוגדרת בהתאם לדרישות המפרט הכללי. לפני ביצוע המילוי הנ"ל, יש לישר תחתית החפירה, להרטיב אותה ולהדקה ב"הידוק רגיל" ע"י 6 מעברי מכבש מותאם לתנאי השתית, במשקל סטי של 3 טון לפחות. המילוי הנ"ל יבוצע מעל לחומר המעטפת של הצינור (משני צידי הצינור ועד לגובה 30 ס"מ מקודקוד הצינור). חומר המעטפת יהיה מחול מיוצב בצמנט כנקוב בהנחיות סעיף 51.04.10.01 של המפרט הכללי. חומר התושבת יהיה מחול מחצבה שיעמוד בדרישות המפרט הכללי, נקי מאבנים ומחומרים אורגניים וקורוזיביים.

ב. מילוי חוזר בבורות הקדיחה וקבלה המתוכננים מתוך לתחום זכות הדרך, מעל חומר המעטפת, יעשה מחומר מקומי חפור, נקי מכל פסולת/חומר אורגני/צמחיה וכד', שיהודק, לפי סדר השכבות הקיים, בהרטבה ובבקרה מלאה בשכבות של עד 20 ס"מ, לצפיפות מינימלית מוגדרת בהתאם לדרישות



המפרט הכללי. גודל אבן מקסימלית יהיה "3. לפני תחילת ביצוע המילוי הנ"ל, יש לישר תחתית החפירה, להרטיב אותה ולהדקה ב"הידוק רגיל" ע"י 6 מעברי מכבש מותאם לתנאי השתית, במשקל סטי של 3 טון לפחות. חומר המעטפת והתושבת יהיה כאמור לעיל.

ג. עבודות העפר, ובעיקר המילוי החוזר המהודק, יבוצעו תחת פיקוח צמוד מטעם היזם ובבקרה צמודה של מעבדת שדה שתבדוק טיב והידוק חומרי המילוי. אין להרשות הנחת שכבת מילוי נוספת לפני גמר הידוק ואישור השכבה שמתחתיתה.

4.4 ניקוז סביבת בורות הקדיחה וקבלה

א. סביבת בורות הקדיחה וקבלה יפותחו בשיפועים חיצוניים נאותים, ע"מ למנוע הצפה אפשרית של הבורות בזמן העבודה ע"י מי נגר עילי.

ב. האחריות לשמירת אתר העבודות מפני הצפות/גלישות/מיחתור וכד', תהיה באחריותו המלאה והבלעדית של הקבלן המבצע.



5. כללי

- א. הדוח מציג, בין היתר, חישובים עקרוניים לאגני השקיעות הצפויות בתוואי הקידוח האופקי. השלמת המידע על תנאי הקרקע באתר וכן החישובים הרלוונטיים, כאמור, הם באחריותו המלאה והבלעדית של הקבלן.
 - ב. דוח זה עוסק בנייתוח השקיעות בתחום רצועת כביש 6 ונתג"ז בלבד בקטע הרלוונטי לפרויקט הנדון, והוא אינו מתייחס לשום קטע נוסף המתוכנן במסגרת הנחת הקו, בחפירה פתוחה או בקידוח אופקי, או לחציית תשתיות/מבנים/אלמנטים אחרים במידה וקיימים.
 - ג. יש ליידע את הח"מ על כל שינוי או סטייה מהתכנון הידוע ומפורט בדוח זה, לצורך מתן הנחיות והמלצות נוספות ו/או עדכון הדוח במידת הצורך.
 - ד. תוכניות רלוונטיות תועברנה לח"מ לעיון והערות לפי יציאה למכרז/ביצוע.
 - ה. יש לזמן את הח"מ לאתר עם סיום חפירת בורות הקדיחה וקבלה, לבחינת חתך הקרקע המתגלה ומתן הנחיות והמלצות נוספות במידת הצורך. זימון הח"מ לאתר יהיה בהתראה נאותה של יומיים לפחות ובכתב.
 - ו. במקרה בו מתגלות סטיות כלשהן מוחתך הקרקע המתואר לעיל, יש ליידע מיידית ולהיוועץ בח"מ.
 - ז. הקבלן יסייר באתר טרם הגשת הצעתו, לבחינת התנאים הקיימים באתר ו/או חתך הקרקע המתגלה בחפירות לבורות הקדיחה וקבלה, כאמור לעיל.
 - ח. יש לבצע את העבודה בזהירות וברצינות הנדרשת וליידע את הקבלן תוך הקפדה על האמור בדוח זה.
 - ט. יש לתעד מצב הכביש, מבנים ומתקנים הנדסיים קיימים בקרבת האתר, באמצעות שמאי ו/או קונסטרוקטור, לפני תחילת ביצוע העבודה, כדי למנוע תביעות קנטרניות.
 - י. הקבלן ינקוט בכל אמצעי הזהירות והבטיחות הנדרשים באתר בניה עפ"י החוק והדרוש.
- בכבוד רב,

אינג' עלי מצארווה

לוטה

לוגים קידוחי הניסיון.

תפוצה

המזמין: תאגיד מי עירון, באימיל;
המתכנן: ראדי מסארווה מהנדסים יועצים, באימיל;
הניהול: אד – בר יועצים, באימיל.



לוג קידוח ניסיון ותוצאות בדיקות מעבדה															QTEST LABORATORIES		מבדק איכות									
קידוח מס' K-12															www.qtest.co.il		מנהל מחקמות לבדיקת חקן									
מערכת הולכת שפכים אזורית ואדי עארה															203509		X									
אינג' עלי מצארווה מהנדס יועץ קרקע וביסוס תחן מבנה מיסעות															709513		Y									
משה בר קידוחים															-		-									
מפלס מי תהום מ'															עומק, מ'		שטת הקידוח									
עומק הקידוח															0-9.8		קוטר									
בזמן קידוח															אוגר		4									
אחרי התייצבות המפלס															קוטר		-									
מפלס מי תהום מ'															עומק, מ'		שטת הקידוח									
עומק הקידוח															0-9.8		קוטר									
בזמן קידוח															אוגר		4									
אחרי התייצבות המפלס															קוטר		-									
WR / WL	RQR	RQD	PI	LL	PL	#34	#4	#10	#40	#200	טבעית	עומק דגימה, מ'		SPT			VANE TEST			מיון קרקע		תאור החומר	עומק, מ'			
												סוג המדגם	מ- עד	סה"כ	45	30	15	מופר	טבעי	גודל מנכף	AASHTO		אחידה	מ- עד	מ- עד	
												מופר	0.00												0.00	
												2.00	2.00	27	13	14	8								2.00	2.00
												2.45	2.45													
												מופר	4.00	4.00	36	27	9	11							4.00	4.00
												4.45	4.45													

שם הגיאולוג: קונסטנטין סוסוב



לוג קידוח ניסיון ותוצאות בדיקות מעבדה
 קידוח מס' K-12

עמוד 26 מתוך 39

15432	מס' אסמכתא	01.12.2021	תאריך התחלה	מערכת הולכת שפכים אזורית ואדי עארה		שם האתר
3000	קוד אתר	01.12.2021	תאריך סיום	-	קטע	מיקום/כביש

WR / WL	RCR	ROD	תכולת קרבונים	בדיקות מעבדה							סגירת תמיכת	נטילה מדגמים		בדיקות שדה				מיון קרקע		תאור החומר	עומק, מ'				
				גבולות סומך								סוג המדגם	עומק דגימה, מ'	SPT			VANE TEST		AASHTO		אחידה	עד	מ-		
				PI	LL	PL	#3/4	#4	#10	#40				#200	סה"כ	45	30	15						מופר	טבעי
				%	%	%	%	%	%	%		%	קשות	kPa	kPa	ס"מ									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	מופר	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.0	6.0	
										SPT	6.45	32	20	12	6									6.0	7.0
										מופר	7.20	6.45												7.20	7.20
										מופר	7.20	7.20												7.20	8.0
										מופר	8.00	8.00	>50	-	-	50/10								8.00	8.0
										SPT	8.10	>50	-	-	50/10									8.10	9.0
										מופר	8.10	81.00												8.10	9.0
										SPT	9.84	>50	-	-	50/4									9.84	9.84

הקידוח הופסק בעומק פחות מהמתוכנן עקב חדירה באבנים וצרורות.

שם הגיאולוג: קונסטנטין סוסוב



לוג קידוח ניסיון ותוצאות בדיקות מעבדה
קידוח מס' K-13

מבדק איכות
מנהל מחקרת כניקוח חקן

QTEST
LABORATORIES
Advanced Laboratory for standard testing

מנהל ניסיון חקן
www.qtest.co.il

עמוד 27 מתוך 39

15415	אסמכתא	מערכת הולכת שפכים אזורית ואדי עארה										שם האתר														
3000	קוד אתר	-	חתך	-								מיקום/כביש														
28.11.2021	תאריך התחלה	0.00	עומק התחלתי, מ'	-	אינג' עלי מצארווה מהנדס יועץ קרקע וביסוס תתן מבנה מיסעות							המזמין														
28.11.2021	תאריך סיום	12.00	עומק סופי, מ'	-	משה בר קידוחים							הקודח														
מפלס מי תהום, מ'				נתוני הקורח				קצוות ניטות																		
		עומק הקידוח		סוג מכונה		עומק, מ'		203758		X																
		בזמן קדיחה		יצוב		שיטת הקדיחה		709584		Y																
		אחרי התייבבות המפלס		קייסינג, מ'		קוטר		-		גובה																
WR / WL	RCR	ROD	התכולה היחסית	PI	LL	PL	#3/4	#4	#10	#40	#200	טבעות	סוג המדגם	עומק דגימה, מ'		SPT			VANE TEST			מיון קרקע		תאור החומר	עומק, מ'	
														עד	מ-	הקשות	kPa	kPa	ס"מ	AASHTO	אחידה	עד	מ-			
													מופר	0.00	2.00	15	9	6	3					חרסית חומה שמנה עם מעט צורות דקים של אבן גיר וצור וחול.	0.00	2.00
													מופר	2.45	4.00	>68	28/13	40	32					חרסית חומה שמנה עם צורות דקים של אבן גיר וצור ומעט חול.	2.50	4.00
													מופר	4.43	4.43											5.00

שם הגיאולוג: קונסטנטין סוסוב



עמוד 28 מתוך 39

לוג קידוח ניסיון ותוצאות בדיקות מעבדה
 קידוח מס' K-13



15415	מס' אסמכתא	28.11.2021	תאריך התחלה	מערכת הולכת שפכים אזורית ואדי עארה			שם האתר
3000	קוד אתר	28.11.2021	תאריך סיום	-	קטע	-	מיקום/כביש



WR / WL	RCR	RQD	תכולת קרבנותים %	PI %	LL %	PL %	בדיקות מעבדה					רטיבות טבעית %	סוג המדגם	עומק דגימה, מ'		בדיקות שדה			מיין קרקע		תאור החומר	עומק, מ'					
							גבולות סומך							דירוג עובר נפה		SPT			VANE TEST			אחידה	אאשטו	עד	מ-		
							#3/4	#4	#10	#40	#200			#	#	45	30	15	מופר	טבעי						גודל מכנף ס"מ	הקשות
													מופר	6.00	6.00									חרסית חומה שמנה עם צורות דקים של אבן גיר וצור ומעט חול.	6.60	6.0	
												SPT	6.40	6.40	>84	42/10	42	16								6.60	6.0
												מופר	7.8	7.80										חרסית חומה עם עדשות של חוואר קירטוני בז' וצורות דקים של אבן גיר.	7.80	7.0	
												-	8.00	8.00											7.80	8.0	
												SPT	8.21	8.21	>50	-	50/6	24								8.21	8.0
												מופר	10.00	10.00											10.00	10.0	

שם הגיאולוג: קונסטנטין סוסוב



לוג קידוח ניסיון ותוצאות בדיקות מעבדה
קידוח מס' K-13

עמוד 29 מתוך 39

15415	מס' אסמכתא	28.11.2021	תאריך התחלה	מערכת הולכת שפכים אזורית ואדי עארה	שם האתר
3000	קוד אתר	28.11.2021	תאריך סיום	קטע	מיקום/כביש

WR / WL	RCR	ROD	תכולת קרבונים	בדיקות מעבדה						טבעית	סוג המדגם	עומק דגימה, מ'		בדיקות שדה				מיין קרקע		תאור החומר	עומק, מ'			
				גבולות סומך								SPT		VANE TEST		AASHTO	אחידה	עד	מ-					
				PI	LL	PL	#3/4	#4	#10			#40	#200	סה"כ	45						30	15	מופר	טבעי
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	עד	מ-	הקשות			kPa	kPa								
-	-	-								SPT	10.45	10.00	46	23	23	10					חומר קירטוני בז'	10.0	11.0	12.0
										מופר	12.00													

שם הגיאולוג: קונסטנטין סוסוב



עמוד 31 מתוך 39

לוג קידוח ניסיון ותוצאות בדיקות מעבדה
 קידוח מס' K-14



15416	מס' אסמכתא	28.11.2021	תאריך התחלה	שם האתר		
3000	קוד אתר	28.11.2021	תאריך סיום	מערכת הולכת שפכים אזורית ואדי עארה	מיקום/כביש	קטע -



WR / WL	RCR	RQD	בדיקות מעבדה												סוג המדגם	עומק דגימה, מ'	סה"כ	SPT			VANE TEST			מ"ן קרקע	אחידה	תאור החומר	עומק, מ'										
			גבולות סומך קרבוטיים						דירוג עובר נפה									סה"כ	45	30	15	מופר	טבעי					גודל מכנף	אחידה	תאור החומר	מ-						
			PI	LL	PL	#3/4	#4	#10	#40	#200	#3/4	#4	#10	#40																		#200	קט"מ	kPa	kPa	AASHTO	מ-
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%																							
-	-	-													מופר	6.00												5.0									
															SPT	6.29	>50	-	50/14	10								6.0									
															מופר	8.00	6.29											7.0									
															SPT	8.14	8.00	>50	-	50/14									8.0								
															מופר	10.00	8.14											9.0									
																											10.0										

שם הגיאולוג: קונסטנטין סוסוב



לוג קידוח ניסיון ותוצאות בדיקות מעבדה
 קידוח מס' K-14

עמוד 32 מתוך 39

15416	מס' אסמכתא	28.11.2021	תאריך התחלה	מערכת הולכת שפכים אזורית ואדי עארה				שם האתר
3000	קוד אתר	28.11.2021	תאריך סיום	-	קטע	-	מיקום/כביש	

WR / WL	RCR	ROD	בדיקות מעבדה						טובות	סוג המדגם	נטילה מדגמים		בדיקות שדה				מיון קרקע		תאור החומר	עומק, מ'	
			קבוצת	קבוצת	קבוצת	קבוצת	קבוצת	קבוצת			עומק דגימה, מ'	הקשות	SPT	VANE TEST	אחידה	AASHTO	מ-	עד			
			PI	LL	PL	#3/4	#4	#10	#40	#200		עומק דגימה, מ'	הקשות	SPT	VANE TEST	אחידה	AASHTO	קירטון חוארי אפור	10.0		
			%	%	%	%	%	%	%	%	עד	מ-	קשות	45	30	15	מופר	טבעי	גודל מנכף	10.00	
			%	%	%	%	%	%	%	%	10.45	10.45	59	34	25	22				10.45	
											12.00									12.00	12.0

שם הגיאולוג: קונסטנטין סוסוב