

תאריך: 15/03/2023

עב' מס': 20886

לכבוד

שרונים תשתיות וביוב,

באמצעות אשירי ייעוץ ויזום פרויקטים בע"מ

ד"ר אריה אביר

arie@ashiri-cons.com

שלום רב,

הנדון: רמת השרון- מאסף ביוב עוקף מערבי לבית עלמין

חוות דעת להשפעת הדחיקה

להלן תוכן חוות הדעת:

1. כללי.
2. סקר הקרקע.
3. ניתוח והמלצות.
 - א. השתית ותכונותיה.
 - ב. שקיעות חזויות.
 - ג. המלצות ומסקנות.
4. המלצות לתכנון בורות כניסה/יציאה.
5. שונות.

נספחים:

- * שרטוט מס' 1 : מיקום קדוחי הניסיון.
- * שרטוט מס' 2/2; 2/1 : חתך קרקע.
- * שרטוט מס' 3 : בדיקת החדרה תקנית SPT.

בכבוד רב,



אינג' אילן בירנבאום

העתק: מר קובי אופיר- שרונים תשתיות מים וביוב בע"מ

ט/אב.

1. כללי.

הוזמנו ע"י שרונים תשתיות מים וביוב בע"מ למתן ייעוץ לדחיקה של קו ביוב עוקף מערבי בבית העלמין ברמת השרון. הקו המאסף מתוכנן לעבור ברביע הדרום מזרחי של צומת מורשה ממזרח לכביש 4 ומדרום לבית העלמין מורשה ועד למט"ש רמת השרון. חלק מהתוואי של הקו יונח בחפירה פתוחה וחלק יבוצע בדחיקה.

אורך הדחיקה הינו כ- 150 מ', בקוטר של 1020 מ"מ, הקו מתחבר למט"ש שרונים. הצינור והשוחות מתוכננים בעומקים משתנים בין 5 ועד 10 מ' מפני הקרקע. להלן תצ"א של האתר שעבורו נדרש סקר קרקע:



חוות דעת זו מבוססת על הנתונים כפי שהתקבלו בשיחה בע"פ מד"ר אריה אביר יועץ מטעם תאגיד המים שרונים. במסגרת הפרויקט בוצע סקר קרקע שבוצע לאורך תוואי הדחיקה ופירי הקדוחים.

חוות הדעת הנוכחית מתייחסת להשפעת הדחיקה של הקו ואינה מתייחסת לאופן הביצוע. מאידך, חוות הדעת כוללת נתוני הקרקע הדרושים והמאמצים הפועלים לתכנון הקדוחים, הפירים והחפירות.

2. סקר הקרקע

פירוט חתך תת הקרקע מסתמך על ביצוע ארבעה קדוחי סקר באתר. הקדוחים נקדחו לעומק של 10 מ' מפני הקרקע. בקדוחים נעשו בדיקות חוזק מסוג SPT לאפיון תכונות הקרקע. הקדוחים בוצעו ע"י סלומון עבודות קדוח ובדיקות קרקע באמצעות מקדח לוליני, מרץ 2023. את מיקום הקדוחים ניתן לראות בשרטוט מס' 1 המצ"ב.

2.1. שכבות הקרקע.

להלן תאור שכבות הקרקע שנמצאו בקדוחים 1-4 באזור הדחיקה והפירים מלמעלה כלפי מטה:

- חול חום עם דקים נמצא בקדוחים 1, 2, 3 ו-4 עד לעומק של 2.5 מ' מפני הקרקע. לשכבה קוהזיה בינונית ופלסטיות נמוכה. עפ"י מבחני SPT צפיפות השכבות בינונית עם ערך של $N=6-12$ הקשות לחדירה של 0.3 מ'.
- חרסית חולית חומה נמצאה עד לעומק של 4.5 מ' מפני הקרקע בקדוח 1, שכבה זו נמצאה עד לעומק של 4.0 מ' מפני הקרקע בקדוח 2. שכבה זו לא נמצאה בקדוחים 3 ו-4. לשכבה קוהזיה גבוהה ופלסטיות בינונית. עפ"י מבחני SPT צפיפות השכבות בינונית עם ערך של $N=12$ הקשות.
- חרסית שמנה שחורה נמצאה עד לעומק של 8.5 מ' מפני הקרקע בקדוחים 1 ו-2. שכבה זו נמצאה עד לעומק של 6 מ' מפני הקרקע בקדוח 3 ועד לעומק של 6.5 מ' מפני הקרקע בקדוח 4. לשכבה קוהזיה ופלסטיות גבוהה. עפ"י מבחני SPT צפיפות השכבות גבוהה עם ערך של $N=11-20$ הקשות.
- חרסית חולית חומה נמצאה עד לעומק של 10 מ' מפני הקרקע בקדוח 1 ועד לעומק של 9 מ' מפני הקרקע בקדוח 2. שכבה זו נמצאה עד לעומק של 6.5 מ' מפני הקרקע בקדוח 3 ולא נמצאה כלל בקדוח 4. לשכבה קוהזיה גבוהה ופלסטיות בינונית. עפ"י מבחני SPT צפיפות השכבות גבוהה עם ערך של $N=17$ הקשות.
- מתחת ועד לתחתית הקדוחים נמצאה שכבה של חול עם דקים חום. לשכבה קוהזיה בינונית ופלסטיות נמוכה. עפ"י מבחני SPT צפיפות השכבות בינונית עם ערך של $N=18-35$ הקשות.

לא נמצאו חללים תת קרקעיים ולא נמצאו מי תהום בתחום האתר בעת הקדחה (מרץ, 2023).

3. ניתוח והמלצות**א. השתית ותכונותיה .**

עפ"י הנתונים שלעיל ועל בסיס נתוני התכנון הקיימים, להלן סיכום תכונות הקרקע הצפויים באתר :

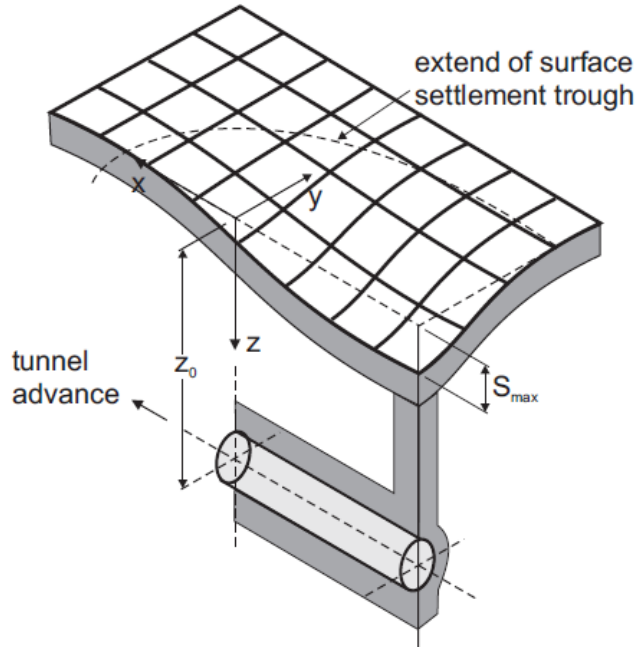
תכונות				סימול	שכבה
E	ϕ'	c'	γ_t		
60	32°	10	19	SC	חול עם דקים
50	30°	40	20	CL	חרסית חולית
45	28°	50	21	CH	חרסית שמנה

- γ_t - משקל מרחבי כללי, kN/m³
- c' – קוהזיה אפקטיבית, kPa
- ϕ' - זווית חיכוך פנימי אפקטיבי, מעלות
- E - מודול אלסטיות MPa

ב. שקיעות חזויות.

ביצוע קדוח דחיקה עלול לגרום לתזוזות אופקיות ואנכיות של הקרקע שמעל השרוול עם השתקפות אפשרית בפני הכביש.
 ע"פ נתיבי ישראל (עקרונות בע"פ) השקיעות האנכיות המרביות המותרות בפני מסעת כביש חד ספרתי עד כ- 1 ס"מ. אין קריטריון מקובל עבור כבישים משניים אולם בד"כ סדיקה באספלט מופיע רק לאחר תזוזה אנכית של כ-30 מ"מ. השקיעה המרבית תתרחש במרכז הכביש והצינור בחתך האורכי אך היא תלך ותקטן אל קצות הצינור (שולי הכביש). השקיעות החזויות קשורות באופן ישיר לעומק הדחיקה, לתנאי הקרקע ולאובדן הנפחי.

את צורת השקיעה ניתן לראות בשרטוט שלהלן :



Tunnel induced settlement trough after ATTEWELL et al. (1986)

נהוג לאפיין את פרופיל התזוזות האנכיות במישור הניצב להתקדמות חפירת המנהרה באמצעות פעמון גאוס (Peck (1969).
 O'reilly and New (1982) פיתחו את פרופיל התזוזות כתלות באיבוד נפח הקרקע כתוצאה מזרימה רדיאלית במהלך הקדיחה ובהתאם לסוג הקרקע, ניתן לחשב את השקיעה לפי הקשר הבא :

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

$$i = K \cdot Z_0$$

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

כאשר :

$-S_v$ - מתאר את פרופיל התזוזה האנכית בפני השטח

$-x$ - מרחק אופקי מציר הצינור

- S_{max} - מתאר את השקיעה המקסימלית מעל ציר הצינור בפני השטח
- D - קוטר הצינור/ הקדח
- i - מרחק מציר הצינור לנקודת העקמומיות
- Z_0 - עומק ציר הצינור מפני הקרקע
- K - פרמטר של סוג הקרקע.
- $V_L(\%)$ - איבוד הנפח בקדח

חישובי שקיעות בכביש

באם הדחיקה תעבור בשכבת החרסית והעבודה תעשה ברמת ביצוע בינונית מטה, (עם אובדן נפחי של עד כ- 3% לפי Ahmed, M. and Iskander, M. 2011. Analysis of Tunneling Induced Ground Movement Using Transparent Soil Models. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 137: 525-535) לא צפויה התמוטטות של הכביש בזמן הקדוח או אח"כ. בחישוב המבוצע עפ"י הגישה המקובלת של O'Reilly and New (1982) המתחשב באחוז האובדן הנפחי בעת הקדוח ומבוסס על כך שגודל השקיעה הינו פונקציה ישירה של נפח החומר העודף- ההפרש בין נפח הצינור לבין נפח הקדוח במהלך הקדיחה, בעומק של 6.0 מ' מפני הקרקע התקבלה שקיעה חזויה מירבית של כ- 4.1 מ"מ. להלן נתוני נוספים לפיהם חושבה השקיעה המירבית לפי הגישה שלעיל:

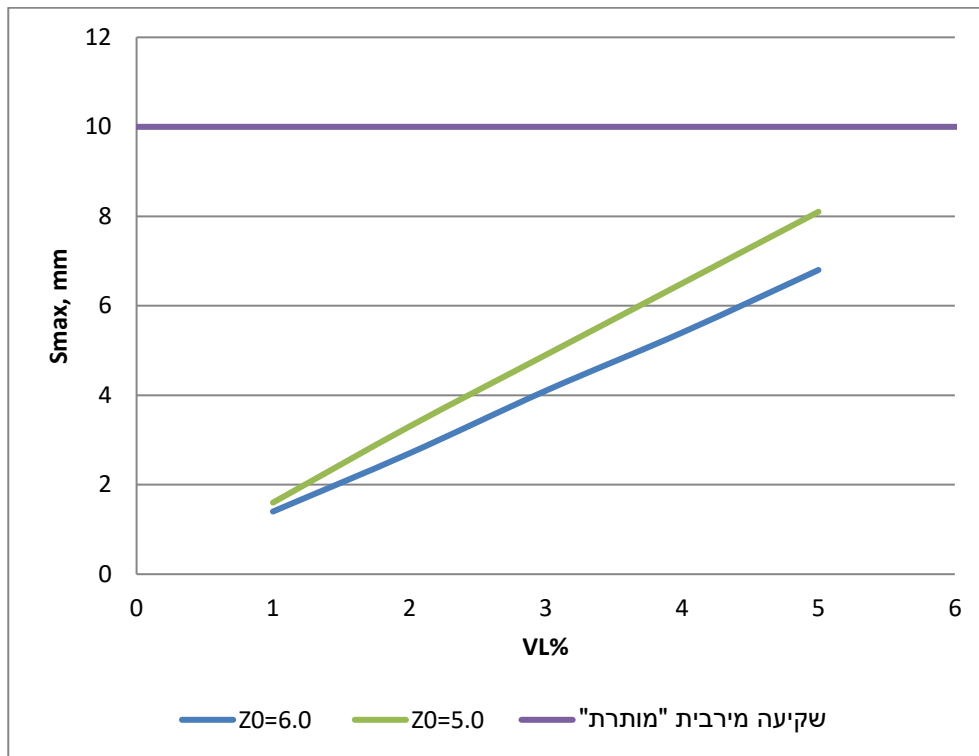
מקדם	ערך
אחוז אובדן נפחי	3%
קוטר השרוול, מ'	1.02
עומק מפני הקרקע למרכז השרוול, מ'	6.0
קבוע הקרקע (K) עבור קרקע חרסיתית	0.4

נערך חישוב בשיטה נוספת לפי Rail 836 הנפוץ בשימוש ע"י ה-DB. נתונים לחישוב נלקחו כדלהלן :

מקדם	ערך
Soil	Cohesive
Bulk Density	Semi-solid
SPT range	18-20
Bk	2
Hu (עובי כיסוי קרקע מינמלי)	5.5

עפ"י החישוב המקורב התקבלה שקיעה בתחום של כ- 5.5 מ"מ. נציין כי חישוב בשיטה זו הינו מקורב וכוללני ולא מביא בחשבון קרקע משוכבת מעל ומתחת לצינור ושינויים בתכונות הקרקע.

לצורך הבנת היקפי השקיעות בתנאי עבודה וביצוע שונים במקטע זה, מוצג להלן גרף המתאר את השקיעה המירבית החזויה כפונקציה של האובדן הנפחי. מקובל כי בעבודות מסוג זה שיעור האובדן הנפחי נע בין 1-5% ההשתנות בציר הקדוח היא ליניארית בקירוב עבור הקרקע באתר (חרסית שמנה עד רזה). אם לוקחים את העומק למרכז ציר הקדוח מפני הקרקע (Z_0) מקבלים את הגרף שלהלן :



ציר ה-X הוא האובדן הנפחי (%) וציר ה-Y הינו השקיעה המירבית המחושבת (מ"מ).

לפי התרשים שלעיל, השקיעה "המותרת" בעובי כיסוי מינמלי של 6.0 מ' לאמצע צינור מתקבלת במצב של אובדן נפחי של עד 8%, בהנחה שהדחיקה מתוכננת לעבור בחתך הקרקע החרסיתי בלבד.

ג. מסקנות והמלצות

- בעבודה זאת ניתן לבצע את הקדוח האופקי עם חזית פתוחה. לאורך הדחיקה לא צפויה להיווצר שקיעה באזור המיסעה.
- על הקבלן לשמור על ערכי ה-VL% מירביים של עד 8% אחרת צפויים להיווצר שקיעות גדולות יותר.
- בטרם תחילת העבודות על הקבלן להעביר תוכניות ורשימת ציוד הכוללת את שיטת ביצוע הקדוחים.

4. המלצות לתכנון בורות יציאה וכניסה.

במידה והחפירה לעומק הדרוש לפיר שממנו יבוצע הקדוח האופקי תעשה במחפרת פתוחה ידרש לייצב את דפנות המחפרות בשיפוע מרבי של 1.0 אנכי ל-2 אופקי.

במפלסי הדחיקה המתוכננת הקרקע המתוכננת לקדוח האופקי הינה חרסיתית כאמור בעלת קוהזיה גבוהה. אך במידה ולא ניתן לחפור בשיפועים שלעיל ידרש לייצב את דפנות המחפרות לפירים באמצעות כלונסאות בטון או שיגומי פלדה או בכל דרך אחרת שתאושר, ייצוב הקיר שכנגדו יתבצע הקדוח. בחפירות העמוקות מ- 4.0 מ' יידרש לבצע עיגון לריסון התזוזות האופקיות הצפויות להתפתח.

להלן נתונים לתכנון הקיר :

- חפירה עד לעומק של 3-4 מ' מפני הקרקע ניתן לבצע באמצעות קיר קונזולי, במקרה זה עומק ההחדרה לפחות 2 פעמים הגובה הנתמך.
- בחפירות עמוקות יותר יש לתכנן דיפון עם תמיכות אופקיות עומק ההטמנה של הקיר המתוכנן מתחת למפלס תחתית החפירה הסופית העמוקה יהיה 4.0 מ' לפחות.
- מרחק מירבי בין כלונסאות סמוכים - 10 ס"מ.
- הדיפון יחושב לפי הפרמטרים של הקרקע שצויינו לעיל.
- העומס המפורס המינימלי בראש הקיר יקבע ע"י הקונסטרוקטור ולא פחות מ- 0.5 טון/מ"ר באזורים ללא מבנים ו- 1.5 טון/מ"ר בצמוד לכבישים.
- במקרה של תכנון יותר משורת תמיכות אחת, קיר הדיפון יחושב לפי דיאגרמת לחצים מלבנית.
- אורך הדיפון מחושב מפני הקרקע הקיימים.
- את הכלונסאות יש לבצע לפי המפרט הכללי פרק 23, באמצעות מכונה המתאימה לתנאי הקרקע באתר.
- בכל מקרה, ביצוע כלונסאות הדיפון יעשה לפי "אחד כן, שלוש לא". רק לאחר 24 שעות מתום היציקה של כלונס, מותר יהיה לקדוח בסמוך לו.
- הכלונסאות יחוברו באמצעות קורת ראש מקשרת.
- בעת ביצוע הקירות, התימוך והמחפרת ידרש פקוח הנדסי צמוד.

להלן הנחיות כלליות לביצוע העוגנים :

- העוגנים יתוכננו ויבוצעו לפי ת.י. 940 חלק 4.2 והמפרט הכללי פרק 26.
- עוגנים קבועים במידת הצורך יהיו עם הגנה כפולה נגד קורוזיה.
- העומס המקסימאלי לעוגן יעמוד על 40 טון.
- האורך החופשי המזערי של העוגנים יהיה כ-8 מ'. אורך העיגון יקבע ע"י קבלן העוגנים.
- העוגנים יקדחו בזוית של 15° - 18° כלפי מטה מהאופק.
- הקוטר המינימאלי יהיה 6 ".

לפני ביצוע העוגנים יידרש לבדוק את המשמעויות המשפטיות של חדירת העוגנים לשטחים שכנים וכמו כן יש לבדוק את הקרבה לתשתיות תת קרקעיות. ניתן יהיה לוותר על העוגנים ע"י יצירת סמכים אופקיים בראש המחפורת ובמפלסי הביניים.

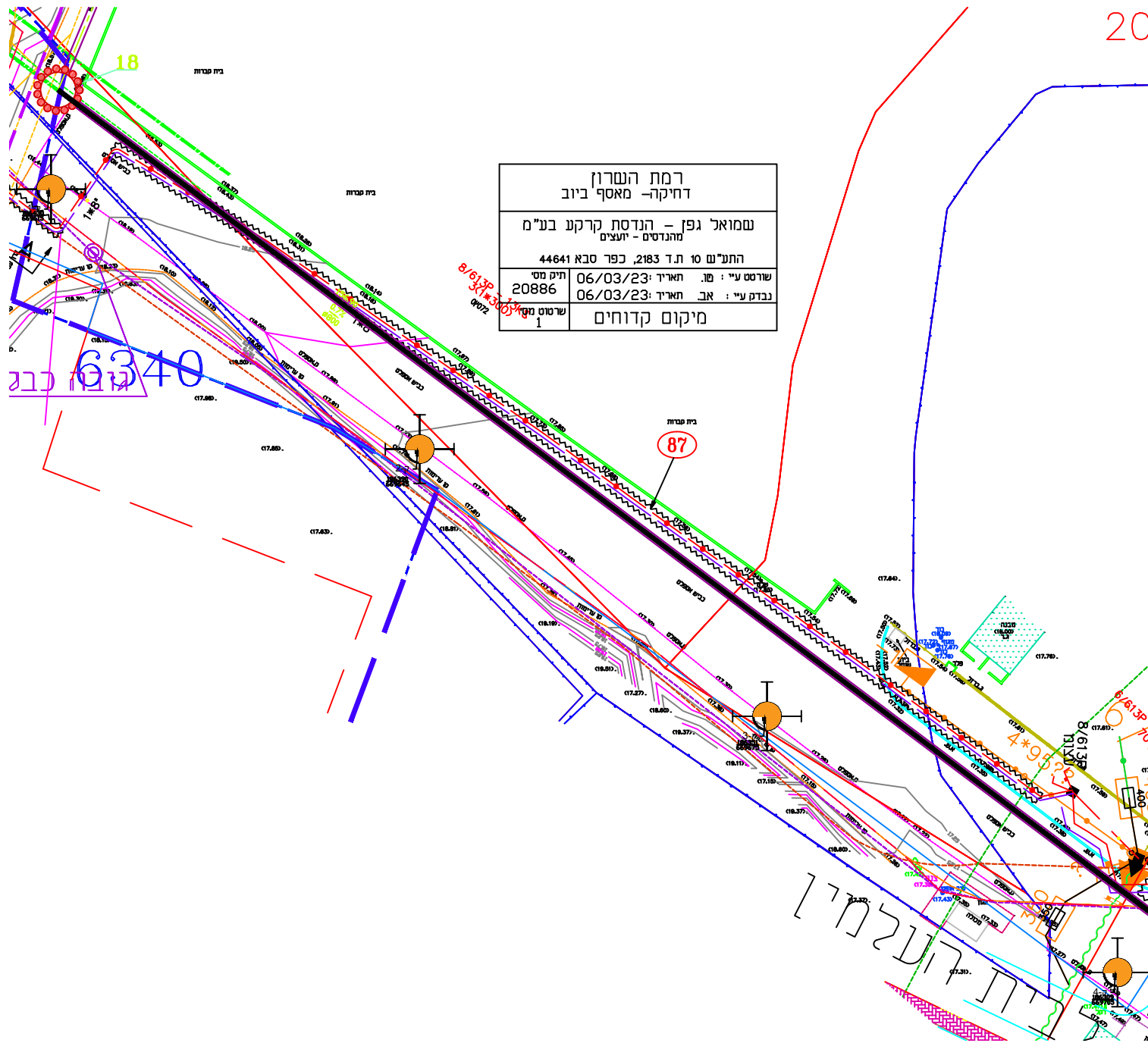
לצורכי ניקוז רצוי לתכנן שיפוע אורכי של 0.5%-1.5% ולנקז היטב בשני קצותיו. חדירות מים עלולות להרים (תפיחת קרקע) ולהוריד (התכווצות קרקע) את הצנור במשך הזמן אם כי בשכבות אשר מעל מפלס הדחיקה.

5. שונות.

מקדם התנגדות הקרקע האופקי (Horizontal subgrade reaction) לחישוב 35
MN/m³.

שמואל גמן
הנדסת קרקע בדיק

אינג' אילן בירנבאום

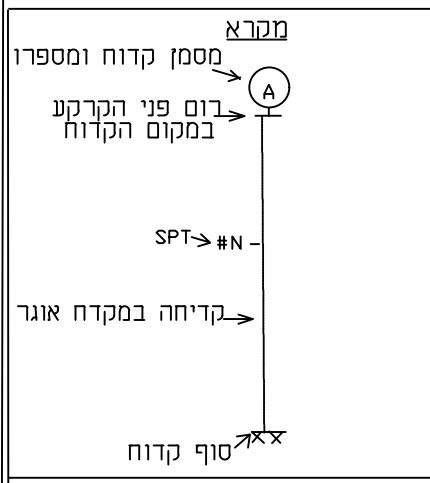
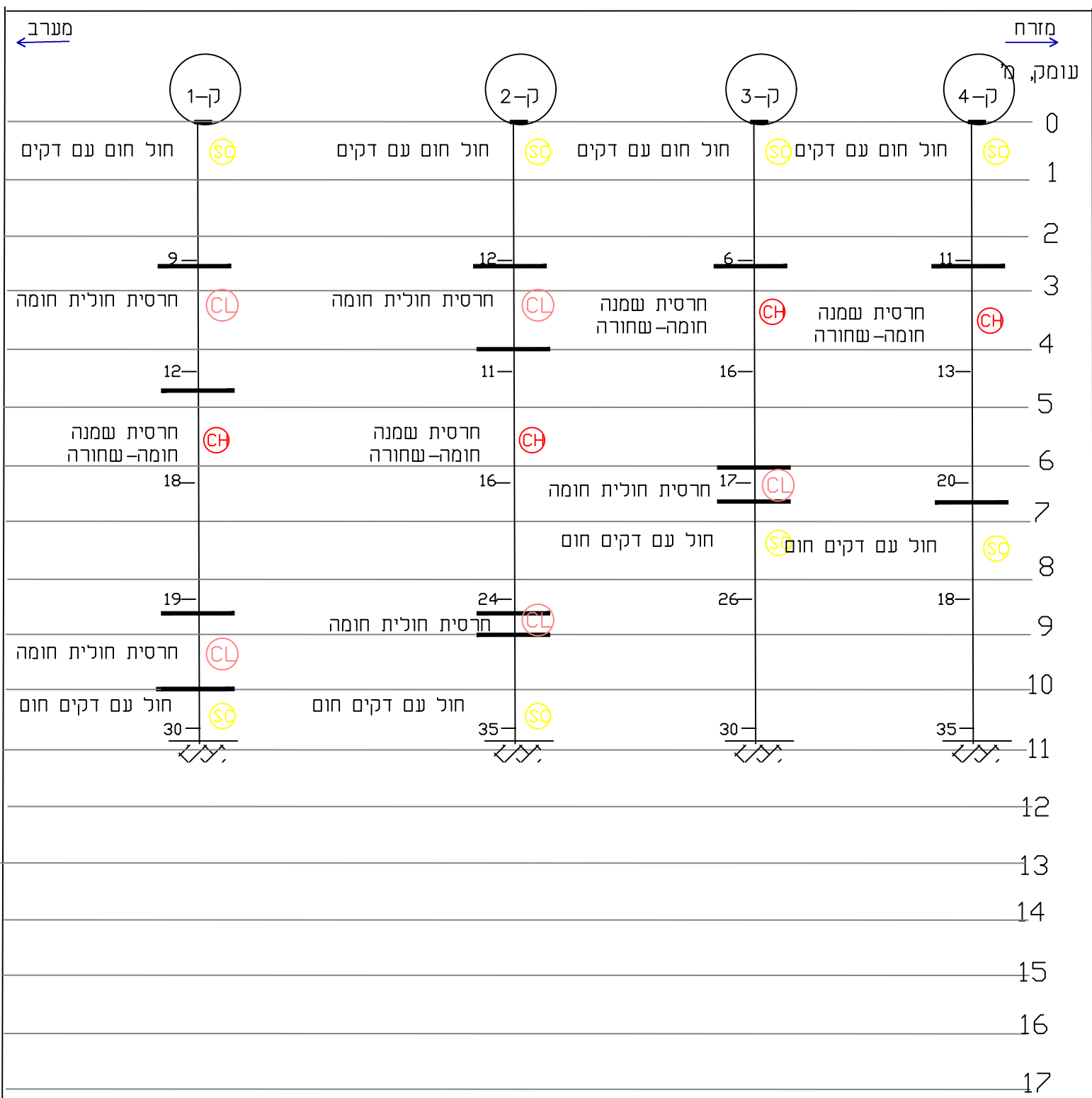


רמת הגרון דחיקה- מאסף ביוב	
שמואל גפן - הנדסת קרקע בע"מ מהנדסים - יועצים	
התע"ש 10 ת.ד 2183, כפר סבא 44641	
ת"ק מס' 20886	שודטט ע"י : א.ב. תאריך: 06/03/23
שרוטט מס' 1	נדבט ע"י : א.ב. תאריך: 06/03/23
מיקום קדוחים	

40 63

87

בית קהילה



תאור שכבות והערות :

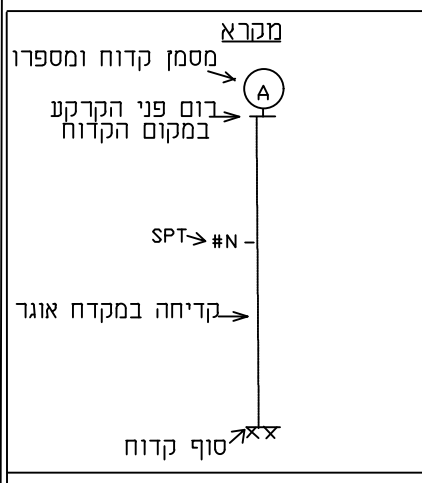
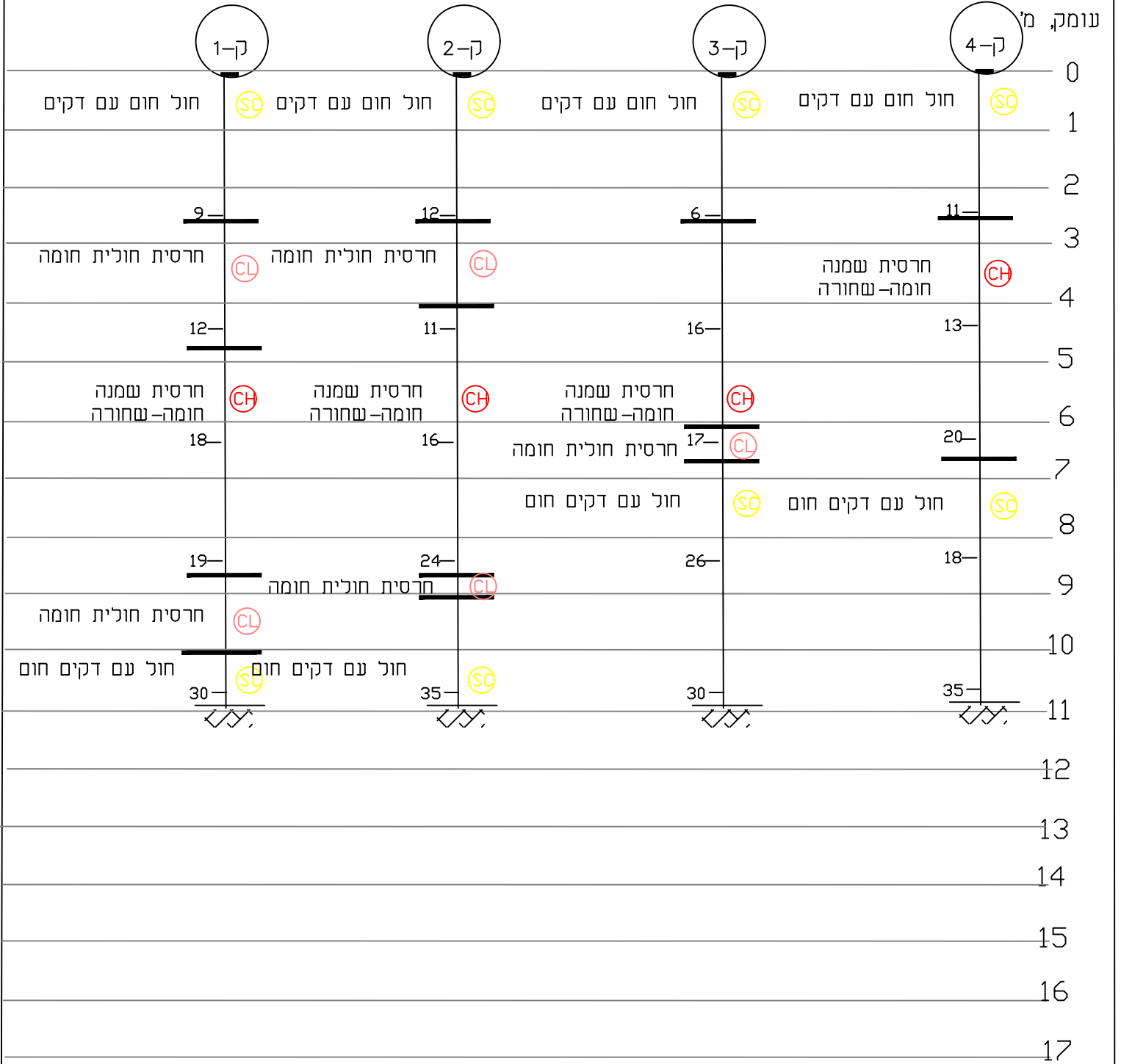
- Ⓢ (red) חרסית שמנה
- Ⓢ (green) חול נקי
- Ⓢ (yellow) חול עם דקים
- Ⓢ (red) חרסית רזה

** ללא קנ"מ אופקי
הקדוחים בוצעו במרץ 2023

רמת השרון דחיקה מס"ע	
שמואל גפן - הנדסת קרקע בע"מ מהנדסים - יועצים	
התנע"ש 10 ת.ד. 2183, כפר סבא 44641	
תיק מס' 20886	תאריך: 06/03/23 א.ב. תאריך: 06/03/23
שרטוט מס' 2	חתך קרקע

מערב

מזרח
עומק, מ'



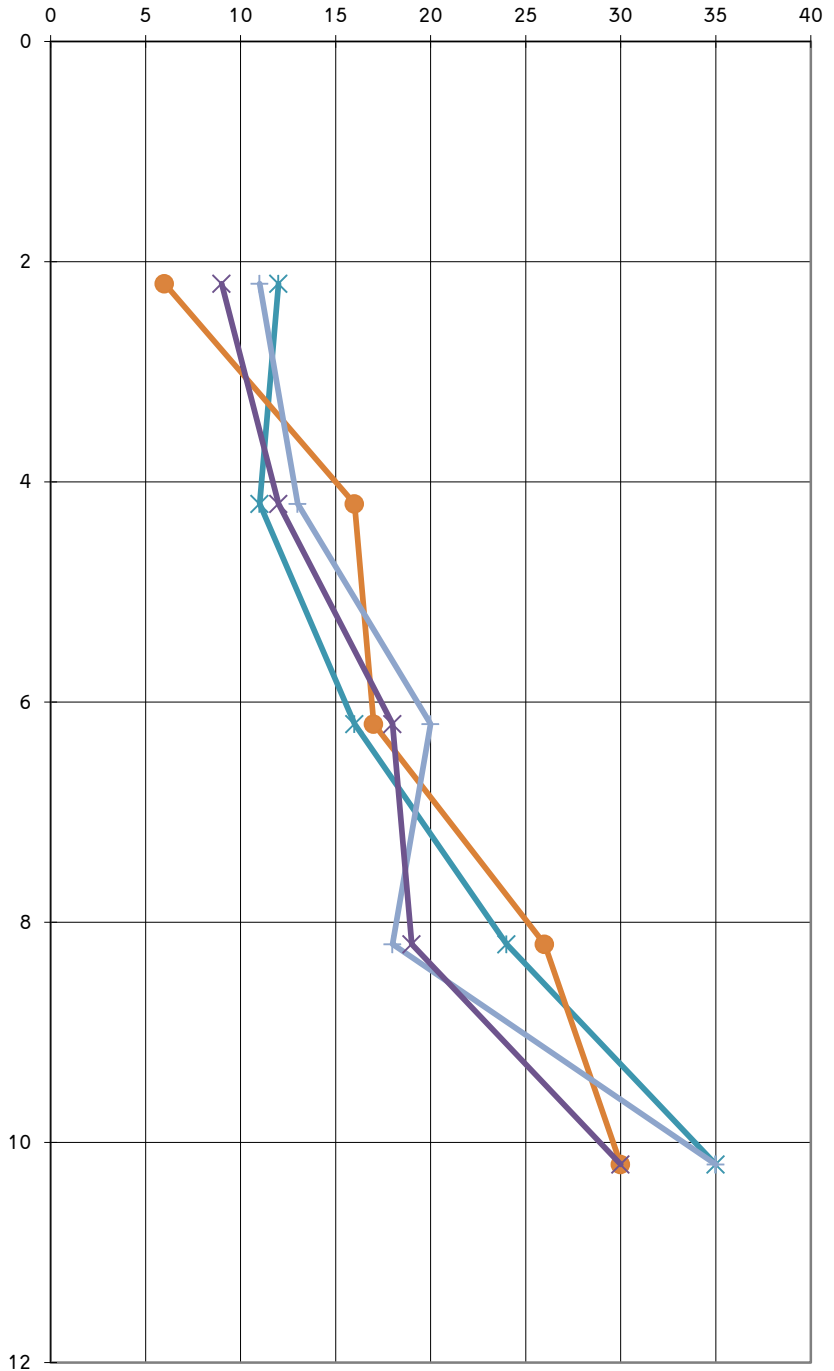
תאור שכבות והערות :

- Ⓢ (red) חרסית שמנה
- Ⓢ (green) חול נקי
- Ⓢ (yellow) חול עם דקים
- Ⓢ (red) חרסית רזה

** נלא קנ"מ אופקי הקדוחים בוצעו במרץ 2023

רמת הערוץ דחיקה- מאסף ביוב	
שמואל גפן - הנדסת קרקע בע"מ מהנדסים - יועצים	
התע"ש 10 ת.ד 2183, כפר סבא 44641	
שרטוט ע"י : מו.	תאריך : 06/03/23
20886	תיק מס' 06/03/23
שרטוט ע"י : אב.	תאריך : 06/03/23
2	שרטוט מס' 06/03/23
חתך קרקע	

מבחן החדרה תקני
S.P.T



קדוח מס' 1 מס' 2 מס' 3 מס' 4

רמת השרון		שם העבודה:	
דחיקה מאסף ביוב			
שמואל גפן הנדסת קרקע בע"מ			
מהנדסים - יועצים			
רח' התע"ש 10 ת.ד. 2183 כפר סבא 44641			
תיק מס'	07/03/2023	תאריך:	טו.
20886	07/03/2023	תאריך:	אב.
שרטוט מס'	תכונות קרקע		
3			