משרד התשתיות הלאומיות
המכון הגיאולוגי

ממצאים הידרולוגיים מקידוחים בנחל קומרן

אייל שלו, יוסף יחיאלי

דוח מס׳ GSI/11/2008 ירושלים,ניסן תשס״ח, אפריל 2008

משרד התשתיות הלאומיות
המכון הגיאולוגי

ממצאים הידרולוגיים מקידוחים בנחל קומרן

אייל שלו, יוסף יחיאלי

דוח מס׳ GSI/11/2008 ירושלים, תמוז תשס״ח, פברואר 2008

תוכן העניינים

מבוא..... 1

רקע הידרוגיאולוגי..... 1

שיטות העבודה..... 2

קדיחה..... 2

דיגום מי התהום..... 3

תוצאות..... 3

תיאור גיאולוגי..... 3

נתונים הידרולגיים וכימיים..... 4

מדידות רציפות..... 4

מבחני SLUG 5

דיון..... 5

מקורות..... 6

טבלאות..... 8

איורים..... 12

מבוא

הקידוחים בנחל קומרן נקדחו במסגרת מחקר של היווצרות הבולענים בחוף ים המלח, המבוצע על ידי המכון הגיאולוגי. מי התהום הממיסים מלח ויוצרים בולענים, מגיעים לאזור דרך העתקי השוליים של הבקע. בקידוחי הנפט עין גדי 2 ואמונה 1 נמצא כי מצוק ההעתקים הינו ביטוי להעתקה עם רכיב נורמלי של כ-2 ק"מ. בעבר הוצע כי העתק זה הינו בעל מוליכות הידראולית גבוהה והוא מעלה דרכו מי תהום עמוקים (Eckstein 1979). מודלים הידרולוגיים ספרתיים הראו כי התכונות ההידראוליות של העתק זה קובעות את מפלס מי התהום, מהירויות וכיווני הזרימה, ועומק הפן הבייני (Shalev and Yechieli, 2008; Shalev et al., 2007; Yechieli et al, 2001). מטרת הקידוחים בנחל קומרן (איור 1) הינה לבחון את תכונות ההעתק ואת השפעתו על מי התהום.

האינטראקציה בין מי תהום וכוחות טקטונים חשובה להבנת משטר זרימת מי התהום באזורים פעילים. שינויים במפלסי מי תהום לאחר רעידות האדמה מדווחים במקומות רבים (Muir-Wood and King, 1993; Roeloffs, 1998; Yechieli and Bein, 2002). אזורי שבירה משפיעים על תנועת מי תהום על ידי השתנות התכונות ההידראוליות (מוליכות הידראולית) במהלך מחזורי רעידות אדמה. מודל "שסתום העתק" (fault valve) מתאר את ההעתק כצינור לזרימת מי תהום מיד לאחר רעידת אדמה (Sibson, 1992). צינור זה נאטם לאחר מכן ורוב הזמן ההעתק מהווה מחסום לזרימת מי תהום.

רקע הידרוגיאולוגי

אזור העבודה נמצא בבקע ים המלח שהינו חלק מהשבר הסורי-אפריקאי. צדו המערבי של הבקע מוגבל על ידי מערכת העתקים נורמליים. העתקים אלו מעמידים את סלעי חבורת יהודה מגיל קרטיקון עליון מול סלעים של חבורת ים המלח מגיל פליוקן-פלייסטוקן (Garfunkel, 1981). חבורת ים המלח נחלקת למספר תצורות, כשהעליונות שבהן הן תצורת הלשון ששקעה בתקופה שבין כ – 65,000 שנה לכ- 15,000 שנה (Schramm et al., 2000; Kaufman et al., 1992), ותצורת צאלים מגיל הולוקן שמעליה (שטיין וחוב', 1999; Yechieli, 1993). שתי תצורות אלו בנויות מחילופין של סדימנטים אלוביאליים (חרסית, סילט וחלוקים) וסדימנטים אגמיים (מלח, גבס וארגוניט). שכבת מלח שגילה כ- 10,000 שנה (Yechieli, 1993) נחדרה בנחל צאלים (בקידוח DSIF) בעומק של 24 מ,' בחלק התחתון של תצורת צאלים.

החילופין בין סדימנטים דקי גרגר (חרסית) וגסי גרגר (חלוקים) יוצרים מספר תת-אקויפרים הנבדלים בהרכב הכימי של המים, במפלסים ולעתים גם בטמפרטורת המים (לדוגמא באזור טורייבה; ביידא וגולדשטוף, 1972 ; Yechieli, 1993). מליחות המים משתנה בין מים מתוקים

בקרבת מצוק ההעתקים למים מלוחים מאוד (במליחות מי ים המלח) בקרבת חוף הים (Gavrieli et al., 1997 ; יחיאלי וארד, 1997).

מפלס ים המלח יורד בשנים האחרונות בקצב של כ- 1 מטר בשנה. בעקבות זאת יורדים גם מפלסי מי תהום, אם כי בקצב קטן יותר (Yechieli, 1993).

שיטות העבודה

<u>קדיחה</u>

הקדיחה התבצעה בשיטה הסיבובית (rotary) ללא תוספת מים או בוץ. החומר הועלה מתחתית הקידוח בעזרת לחץ אויר. במהלך העבודה הוכנסו צינורות מגן במקביל לקדיחה עם ה- rockbit. דגימות סדימנטים בקדיחה על ידי rockbit נלקחו כל 1.5-2 מטר בקטעים שבהם ניתן היה לדגום. בגלל הטופוגרפיה התלולה, שלושה קידוחים (קומרן 2,3,4) ניקדחו בזוית של 56^0-70^0 על מנת להגיע לשכבות היעד במינימום קדיחה (איור 2).

תיאור ליתולוגי ראשוני נעשה בשדה, בזמן הקדיחה. תיאור מפורט יותר של חלק מהדוגמאות נעשה במעבדה.

בהתאם למטרות הקידוח, נקבע בסיומו באלו שכבות יוצבו צינורות מחורצים על מנת לדגום מי תהום ולנטר מפלסי מי תהום בעתיד. בסיום הקדיחה הוכנסו צינורות PVC בקוטר של 2״. הצינורות היו מחורצים (עובי חריצים של 0.5 מ״מ) במקטע העומק שנועד לדיגום ולניטור. במקטעים האחרים הוכנסו צינורות אטומים. המרווח שבין הקדח (כ- 6״) לבין צינור ה- PVC (2״) מולא בחצץ קוורץ גס (כ- 2 מ״מ). במקרים שבהם שכבת מי תהום המנוטרת היתה בתת אקויפר תחתון, היה צורך לאטום בפני אפשרות חיבורו עם תת האקויפר העליון. איטום זה נעשה על ידי מילוט של השכבה האטימה מעל תת האקויפר הרצוי. מתחת למלט הוכנס חול דק יחסית כדי למנוע את חדירת המלט הנוזלי למטה וסתימה של תת האקויפר התחתון. המלט הוכן סמיך במידת האפשר, תוך הוספת כמות מים קטנה יחסית, כדי למנוע חדירתו למטה וכדי שהקשיתו תהיה מהירה ככל האפשר. החדרת המלט נעשתה על ידי צינורית שהורדה עד לעומק הרצוי, כדי להבטיח את מיקומו המדויק.

הגימור נעשה על ידי יציקת משטח בטון באורך ורוחב של מטר אחד ובעובי של כ- 25 ס״מ. מעל המשטח, הותקן מבנה ממתכת המכסה את צינור ה- PVC , באופן שמאפשר נעילה של ציוד מדידה במידת הצורך.

דיגום מי תהום

מי תהום נדגמו במהלך התקדמות הקדיחה כל מספר מטרים (3-4 מטר) או לאחר שינוי ליתולוגי או שינוי במפלס מי התהום. האנליזות הכימיות נעשו במכון הגיאולוגי בשיטות סטנדרטיות.

לצורך אינדיקציה ראשונית של מליחות מי תהום, נמדדה בשדה המוליכות החשמלית. המוליכות, בתנאים של ים המלח, נותנת רק מושג כללי על המליחות ווזאת מאחר ובריכוזים שמעל חצי ריכוז מי ים המלח אין קורלציה בין מוליכות חשמלית למליחות (Yechieli, 1993). בחלק מהבדיקות נמדדה הצפיפות שמהווה מדד טוב יותר למליחות מי תהום באזור כמו שולי ים המלח. במקביל נמדדה גם הטמפרטורה של מי תהום. בדוגמאות שנלקחו על ידי לחץ אויר יתכנו שינויי טמפרטורה עקב הכנסת האויר. הטמפרטורה נמדדה בדרך כלל תוך פחות מדקה כדי למנוע השפעת טמפרטורת האויר החיצוני. במקרים ספורים יתכן כי המדידה נעשתה מאוחר מדי, עובדה שמורידה את מהימנות מדידת הטמפרטורה. בכל מקרה, הטמפרטורה מושפעת מהקדיחה עצמה ויש להתייחס אליה בזהירות.

מדידות מפלס בקידוחים נעשו כל פעם שהיה שינוי ליתולוגי משמעותי. במקרים כאלה נעשתה בדרך כלל הפסקה של לפחות כשעה, אם לא ניתן היה לחכות ליום המחרת, כדי להגיע בקירוב למצב יציב (Steady state). חשוב לציין כי בשיטת הקדיחה הנוכחית, של החדרת צינורות מגן במקביל לקדיחה, ישנה בדרך כלל הפרדה טובה בין תת האקויפרים השונים כבר במהלך הקדיחה ולכן יש משמעות למדידות המפלס תוך כדי קדיחה. לראייה, הקידוחים התייבשו בזמן חדירה לשכבת חרסית עבה יחסית.

תוצאות

תיאור גיאולוגי

מיקום הקידוחים ביחס למצוק ההעתקים מובא באיור 2. ההעתק באזור קומרן מלווה באזור עם דפורמציה בעובי של כ-2 מטר (איור 3). החתכים הגיאולוגיים המפורטים מופיעים באיורים 4-7 ובטבלאות 1-4. להלן סיכום הנתונים העיקריים:

קידוח קומרן 1. החתך בנוי מחילופין של שכבות חלוקים עם מספר שכבות חרסיתיות עד לעומק של 21 מטר (איור 4).

קידוח קומרן 2. קידוח זה ניקדח בזווית של 70^0. החתך בנוי שכבות חלוקים עד לעומק של 10.5 מטר (איור 5). בעומק זה הקידוח חדר לאזור השבר הבנוי מדולומיט. בעומק 15 מטר המקדח נתקל בקידוח ישן (פשחה צפון) ולא הצליח לחדור אותו. בשלב זה הקידוח הופסק ולא צונר.

קידוח קומרן 3. החתך בנוי מדולומיט עד לעומק של 29.5 מטר (איור 6). בגלל הטופוגרפיה התלולה, קידוח זה ניקדח בזווית של 56^0.

קידוח קומרן 4. החתך בנוי מחילופין של שכבות חלוקים עם מספר שכבות חרסיתיות עד לעומק של 18 מטר, ודולומיט עד לעומק 19 מטר (איור 7). כדי לחצות את ההעתק מתחת למפלס מי התהום, קידוח זה ניקדח כ-15 מטר מהמצוק בזווית של 70^0.

נתונים הידרולוגיים וכימיים

הנתונים ההידרולוגיים מופיעים בטבלאות 1-4 והנתונים הגיאוכימיים מופיעים בטבלה 5. להלן סיכום הנתונים העיקריים:

קידוח קומרן 1 - מפלס מי התהום בקידוח הוא בעומק של כ - 13.8 מטר (382.31 מטר מתחת מפלס מי הים). מליחות המים בקידוח (Cl=2,000 mg/l) דומה למליחות בעיינות צוקים (בורג וחוב', 2006). הצינורות המחורצים נמצאים בעומקים 14-20 מטר.

קידוח קומרן 2 - קידוח זה לא הגיע למפלס מי התהום.

קידוח קומרן 3 – מפלס מי התהום בקידוח הוא בעומק של כ - 20.8 מטר. בגלל נטיית הקידוח, העומק האמיתי של המפלס הוא 17.24 מטר (382.33 מטר מתחת מפלס מי הים). מליחות המים בקידוח דומה למליחות בעיינות צוקים (Cl=2,000 mg/l). הצינורות המחורצים נמצאים בעומקים 21-29.5 מטר.

קידוח קומרן 4 – מפלס מי התהום בקידוח הוא בעומק של כ - 15 מטר (382.3 מטר מתחת מפלס מי הים). בגלל נטיית הקידוח העומק האמיתי של המפלס הוא 14.1 מטר. הצינורות המחורצים נמצאים באזור השבר בעומקים 17-18.5 מטר. למרות שהכוונה היתה להפריד בין שכבות החלוקים לאזור השבר לא היתה שכבת חרסית שתחצוץ בין אזור השבר לחלוקים. ניראה כי המלט שהוחדר מעל הצינורות המחורצים לא התקשה וזרם לתוך האקוויפר. לכן, אין הפרדה בין אזור השבר לאקוויפר החלוקים.

מדידות רציפות

מפלס מי התהום בשלושת הקידוחים נמדד באופן ידני בעזרת סרט מדידה (איור 8) ובאופן רציף בעזרת חיישן לחץ (איור 9). מהמדידה הידנית ניראה כי למרות שבזמן הקדיחה המפלסים בשלושת הקידוחים היו דומים, הרי שכתגובה לירידת מפלס ים המלח, המפלסים בקומרן 3 ו-4 ירדו מהר יותר מהמפלס בקומרן 1. בקומרן 3 ו-4 המפלסים ירדו ב-55 ס"מ ו- 69 ס"מ בשבעה חודשים, בהתאמה (0.92 ו-1.14 מטר לשנה). זהו קצב ממוצע המתאים לירידת מפלס ים המלח. קומרן 1 מגיב לשטפון שמילא את אקויפר החלוקים ולא התרוקן.

המדידה הרציפה (איור 9) מראה שקומרן 3 וקומרן 4 מגיבים לרעידות אדמה ואילו קידוח קומרן 1 אינו מגיב. מצד שני קומרן 1 מגיב לשטפונות ואילו קומרן 3 וקומרן 4 אינם מגיבים. ב-20/11/07 פקדו את קומרן 3 רעידות אדמה (3<). ב- 11:17 רעידה בעוצמה 3, ב- 11:19 רעידה בעוצמה 4, וב- 1:21 בבוקר יום 21/11/07 רעידה בעוצמה 3.2. מוקד הרעידות היה כ-3 ק"מ דרום מזרחית לקומרן בעומק של כ- 10 ק"מ. רעידות אלו השפיעו על המפלסים בקומרן כמו גם על המפלסים בשמורת עיינות צוקים. ב- 2/12/07 שטפון בנחל קומרן גרם לעלית מפלס בקידוח קומרן 1 ויצר בריכה למרגלות המפל (איורים 3,9).

מבחני SLUG

מבחן SLUG נועד לחילוץ פרמטרים הידראוליים באופן מהיר וזול. במבחן זה מפלס המים בקידוח משתנה באופן מלאכותי על ידי הורדת משקולת או החדרת אוויר. המוליכות ההידראולית של האקוויפר מחושבת מקצב חזרת המפלס למצבו הסטטי. שיטת המבחן וחישוב המוליכות ההידראולית מתוארת בדו"ח קודם (שלו וחמו, 2007).

תוצאות המבחנים מובאות באיור 10. מסיבות טכניות המבחנים בקומרן 4 לא הניבו תוצאות טובות ולכן לא חושבה המוליכות ממבחנים אלו.

המוליכויות ההידארוליות שחושבו מהמבחנים הן:

קומרן 1 – 706 מטר\יום

קומרן 3 – 1,038 מטר\יום

דיון

מדידות המפלסים מראות כי האקוויפרים השונים מגיבים אחרת לתופעות שונות. אזור ההעתק מגיב לרעידות אדמה גם כשהרעידות לא מתרחשות על שבר זה וכמעט ואינו מגיב לשיטפונות. אקוויפר החלוקים אינו מגיב כלל לרעידות אדמה אבל מושפע משיטפונות. בקיץ מפלס מי התהום כמעט אחיד. אולם עם בוא השיטפונות קצב ירידת המפלס באקוויפר החלוקים איטי יותר.

השינוי במפלסים בקידוחים קומרן 3 ו-4 מרמז כי רעידת אדמה מסוגלת להרעיד העתקים קיימים וליצור קשרים הידראולים בין אקוויפרים. ההעתק מהווה שסתום שנפתח רק כתוצאה של רעידת אדמה גם אם הרעידה לא התרחשה על אותו ההעתק. במקרה זה, מי התהום בסביבות השבר התרוקנו לאקוויפר עמוק יותר. לאחר מכן השבר נסגר והמפלס חזר לקדמותו.

ידוע לנו על שני ארועי שיטפון שארעו בנחל קומרן ב- 2/12/07 ולפני 05/03/08. בשני המקרים הבריכה שלמרגלות המפל גדלה. שני הארועים העלו את המפלס בקומרן 1 וכמעט ולא שינו את המפלס בקומרן 3,4. המפלס בקומרן 1 חזר למפלסו המקורי תוך פחות מחודש.

המסקנה הנובעת מתצפיות אלה היא כי קיים קשר הידראולי חלש בין אקוויפר החלוקים ואקוויפר יהודה. כאשר המפלס באחד האקוויפרים משתנה לוקח הרבה זמן עד אשר השינוי מורגש באקוויפר השני. מי התהום באקוויפר החלוקים מוזנים מאקוויפר יהודה באופן קבוע ולכן המפלסים במצב שיווי משקל דומים. אולם, תהליכים אפיזודים משפיעים על זרימה זו. רעידות אדמה משנות את הזרימה דרך ולאורך ההעתק ושיטפונות בנחל מזינות אף הן את מי התהום באקוויפר החלוקים. כאשר לפחות אחד מהתהליכים האלה מתקיים, הגרדינט ההידראולי עשוי להתהפך ולגרום לזרימה הפוכה של מי התהום מאקוויפר החלוקים אל אקוויפר יהודה.

הבעת תודה

לטכנאי המכון הגיאולוגי, חיים חמו ושלמה אשכנזי על הפיקוח בשדה בזמן הקדיחה, לאלפרד מרדלר על העזרה בכתיבת המפרטים הטכניים, לחנה נצר-כהן ובת-שבע כהן על העזרה הגרפית והכנת הדוח , לרן על העזרה באיסוף הנתונים ובסידורם בטבלאות, לדינה שטיבר ש. ארליך, א. קופליוביץ וא. יפה על האנליזות הכימיות.

מקורות

בורג, א., יחיאלי, י., מגל, ע., וביין, ע., 2006. בחינת ניצול מי מעיינות עין פשחה (צוקים), חקירת המבנה ההידרוגיאולוגי של מערכת הנביעות, דו"ח המכון הגיאולוגי GSI/14/2005.

ביידא, א., וגולדשטוף, י., 1972. סקר מי תהום באזור עין עויר – עין תוריבה בחוף ים המלח. דו"ח תה"ל HR/72/086.

זק, י., 1967. הגיאולוגיה של הר סדום. עבודת דוקטורט, האוניברסיטה העברית, ירושלים.

יחיאלי, י. וארד, א., 1997. סקר ספרות בנושא מים מינרליים בחוף ים המלח. דו"ח המכון הגיאולוגי GSI/29/96.

שטיין, מ., ברטוב, י., כדן, ג., קן-תור, ר., איל, י., אנזל, י., מרקו, ש. ועגנון, א. 1999. משקעים רביעוניים באגן ים המלח (תצורות ליסאן וצאלים) – התפתחות אגמית ופליאוסייסמולוגיה. מדריך סיור בכנס החברה הגיאולוגית בים המלח.

שלו, א., חמו, ח., 2007, מבחני SLUG למציאת מוליכות הידראולית באקוויפר החוף. דו"ח המכון הגיאולוגי TR-GSI/10/07.

Eckstein, Y. 1979. Heat flow and hydrologic cycle: examples from Israel, In: *Terrestrial Heat Flow in Central Europe* (eds. Cermak V, & Rybach L) pp. 88-97. Springer-Verlag, Heidelberg.

Garfunkel, Z., 1981. Internal structure of the Dead Sea leaky transform (rift) in relation to plate kinematics, *Tectonophysics* 80, 81-108.

Gavrieli, I.,Yechieli, Y., Halicz, L. and Efron, D. 1997. Survey of mineral waters along the Dead Sea coast. Geol. Surv. Israel Curr. Res. **11**, 71-75.

Kaufman, A., Yechieli, Y. and Gardosh, M. 1992. Reevaluation of the lake-sediment chronology in the Dead Sea Basin, Israel, based on new 230Th/U dates. Quarter. Res. **38**, 294-304.

Muir-Wood, R., and King, G.C.P. 1993, Hydrological signature of earthquake strain, *J. Geophys. Res*., 98, 22,035-22,068.

Roeloffs, E.A., 1998, Persistent water level changes in a well near Parkfield, California, due to local and distant earthquakes, *J. Geophys. Res*., 103, 869-889.

Schramm, A., Stein, M. and Goldstein, S. 2000. Calibration of the ^{14}C timescale by TIMS ^{230}Th-^{234}U dating of Lake Lisan sediments (paleo Dead Sea). Earth Planet. Sci. Lett. 175:27-40.

Shalev, E., Lyakhovsky, V., and Yechieli, Y. 2007. Is advective heat transport significant at the Dead Sea Basin?, *Geofluids*, **7**, 292-300

Shalev, E., and Yechieli, Y. 2008. The effect of Dead Sea level fluctuations on the discharge of thermal springs, *Isr. J. Earth Sci.*, **56**, in press

Sibson, R. H., 1992. Implication of fault-valve behavior for rupture nucleation and recurrence, *Tectonophysics*., 211,283-293.

Yechieli, Y. 1993. The effects of water level changes in closed lakes (Dead Sea) on the surrounding groundwater and country rocks. Ph.D. Thesis, Weizmann Institute of Science, Rehovot.

Yechieli, Y., Kafri, U., Goldman, M., and Voss, C.I., 2001, Factors controlling the configuration of the fresh-saline water interface in the Dead Sea caostal aquifers: synthesis of TDEM surveys and numerical groundwater modeling, *Hydrogeology Journal*, **9**, 367-377.

Yechieli, Y., and Bein, A. 2002. Response of groundwater systems in the Dead Sea rift valley to the Nuweiba earthquake: Changes in head, water chemistry, and near-surface effect, *J. Geophys. Res*., 107, doi: 1029/2001IJB001100.

טבלה 1.1. נתוני קדיחה ותאור ליתולוגי (קידוח קומרן 1) KU-1

* עומק קדיחה ועומק קידוח במטרים.

תאריך	עומק קדיחה	עומק קידוח	סוג קדיחה	תאור ליתולוגי והערות
04.7.07	1.5	1.5	רוקביט	בולדרים
	1.5	3	"	בולדרים דולומיט וצור עם מעט חרסיות וחוואר.
	1.5	4.5	"	בולדרים דולומיט וצור עם מעט חרסיות וחוואר.
	1.5	6	"	בולדרים דולומיט וצור עם מעט חרסיות וחוואר. הוספת דלי מים.
	1.5	7.5	"	קג"ל. הוספת דלי מים.
	1.5	9	"	קג"ל, בולדרים.
	1.5	10.5	"	קג"ל, בולדרים. מעומק 10.1 מ' חרסיות.
05.7.07	1.5	12	"	קג"ל בתוך חרסית חומה.
	1.5	13.5	"	קג"ל בתוך חרסית חומה לחה.
	1.5	15	"	קג"ל עם שכבות דקות של חרסיות חומות. יוצאים מים לאחר המתנה של מס' דקות.
	1.5	16.5	"	קג"ל
	1.5	18	"	קג"ל עם שכבות דקות של חרסיות אפורות. מעט מים.
	1.5	19.5	"	קג"ל, בתחתית אין מים.
	1.5	21	"	קג"ל

טבלה 1.2. דגימות מים ובדיקות ללא דגימה KU-1

תאריך	עומק קידוח	מס' דגימה	מוליכות mS/cm	טמפ' deg
05.7.07	16.5	KU-1-16.5	6.2	29.4
	18	KU-1-18	5.97	30.6
	21	KU-1-21	6.31	29.1

טבלה 2.1. נתוני קדיחה ותאור ליתולוגי (קידוח קומרן 2) KU-2

* הקידוח נקדח בנטייה של 70^0
* עומק קדיחה ועומק קידוח במטרים.

תאריך	עומק קדיחה	עומק קידוח	סוג קדיחה	תאור ליתולוגי והערות
05.7.07	1.5	1.5	רוקביט	קג"ל
	1.5	3	"	קג"ל
	1.5	4.5	"	קג"ל
	1.5	6	"	קג"ל עם מעט חרסית חומה. הוספת מעט מים.
	1.5	7.5	"	קג"ל
	1.5	9	"	קג"ל
	1.5	10.5	"	אלוביום (כנראה ברקציה)
08.7.07	1.5	12	"	דולומיט אפור
	1.5	13.5	"	דולומיט אפור (או גיר)
	1.5	15	"	דולומיט אפור

טבלה 3.1. נתוני קדיחה ותאור ליתולוגי (קידוח קומרן 3) KU-3

* עומק קדיחה ועומק קידוח במטרים.
* הקידוח נקדח בנטייה של 56^0

תאריך	עומק קדיחה	עומק קידוח	סוג קדיחה	תאור ליתולוגי והערות
08.7.07	1.5	1.5	רוקביט	דולומיט אפור (או גיר)
	1.5	3	"	דולומיט אפור
	1.5	4.5	"	דולומיט אפור
	1.5	6	"	דולומיט אפור
	1.5	7.5	"	דולומיט אפור
	1.5	9	"	דולומיט אפור
	1.5	10.5	"	דולומיט אפור
	1.5	12	"	דולומיט אפור
	1.5	13.5	"	דולומיט אפור
	1.5	15	"	דולומיט אפור
	1.5	16.5	"	דולומיט אפור
	1.5	18	"	דולומיט אפור
	1.5	19.5	"	דולומיט אפור
09.7.07	1.5	21	"	דולומיט אפור בעומק 20.8 מ' הגעה למים.
	1.5	22.5	"	דולומיט אפור
	1.5	24	"	דולומיט אפור
	1.5	25.5	"	דולומיט אפור עם מעט מטחן בהיר.
	1.5	27	"	דולומיט אפור עם מעט מטחן בהיר.
	1.5	28.5	"	דולומיט
	1.5	30	"	דולומיט

טבלה 3.2. דגימות מים ובדיקות ללא דגימה KU-3

תאריך	עומק קידוח	מס' דגימה	מוליכות mS/cm	טמפ' deg
09.7.07	21	KU-3-21	7.18	33.4
	24	KU-3-24	7.85	33
	27	KU-3-27	7.6	30.2
	30	KU-3-30	8.04	29.6

טבלה 4.1. נתוני קדיחה ותאור ליתולוגי (קידוח קומרן 4) KU-4

* עומק קדיחה ועומק קידוח במטרים.
* הקידוח נקדח בנטייה של 70^0

תאריך	עומק קדיחה	עומק קידוח	סוג קדיחה	תאור ליתולוגי והערות
12.7.07	1.5	1.5	רוקביט	קג״ל עם חרסיות .
	1.5	3	״	קג״ל עם חרסיות , צבע ביטומני.
	1.5	4.5	״	קג״ל עם חרסיות , צבע ביטומני.
	1.5	6	״	קג״ל עם חרסיות , צבע ביטומני.
	1.5	7.5	״	קג״ל עם חרסית לחה.
	1.5	9	״	קג״ל עם חרסית לחה.
	1.5	10.5	״	קג״ל עם חרסית לחה.
	1.5	12	״	חרסית לחה עם קג״ל.
	1.5	13.5	״	חרסית לחה עם קג״ל.
	1.5	15	״	חרסית רטובה עם רסק קג״ל.
15.7.07	1.5	16.5	״	חרסית עם חלוקים. אין מים.
	1.5	18	״	קג״ל עם חרסיות. לאחר מתנה יצאו מים חומים מאד.
	1.5	19.5	״	דולומיט אפור מרוסק.

טבלה 4.2. דגימות מים ובדיקות ללא דגימה KU-4

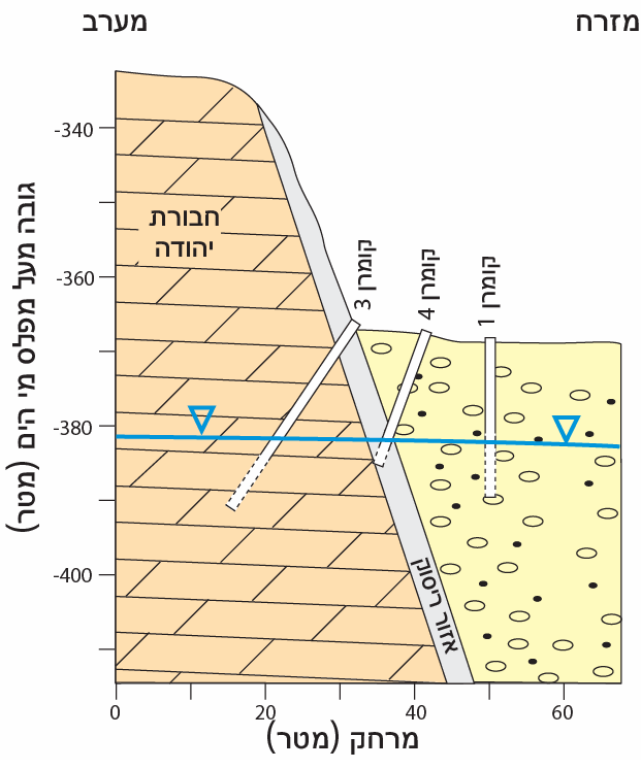
תאריך	עומק קידוח	מס׳ דגימה	מוליכות mS/cm	טמפ׳ deg
15.7.07	13.5	KU-4-13.5		
	18	KU-4-18		
	19.5	KU-4-19.5	5.36	31.2

טבלה 5 : אנליזות כימיות של מי התהום בקידוחי קומרן

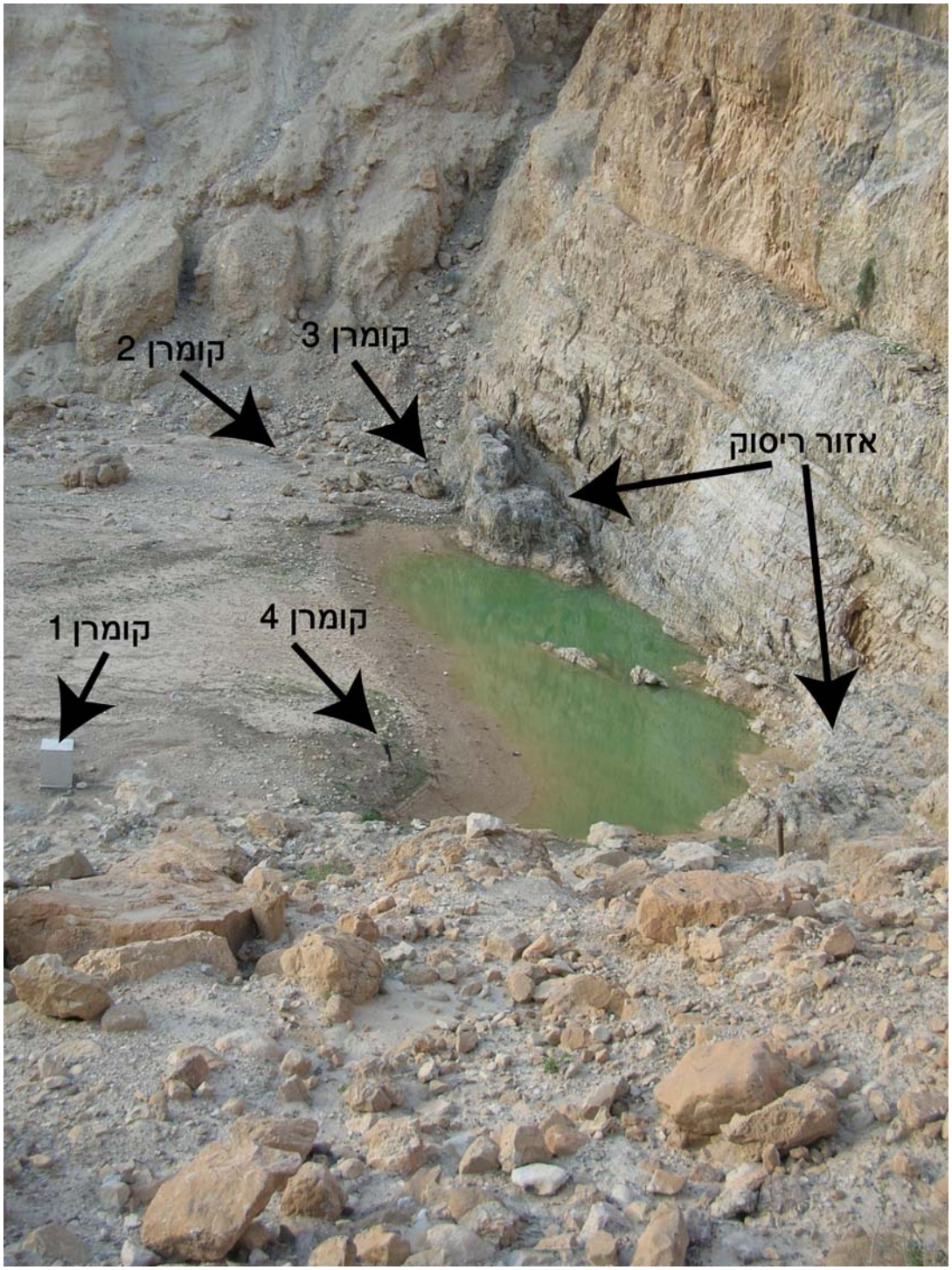
Sample	Date	Depth m	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Sr mg/l	Cl mg/l	SO_4 mg/l	Br mg/l	Na/Cl eq./eq.	RE* %
KU-1-16.5	05.7.07	16.5	705	62	230	222	2.3	2030	127		0.54	1.8
KU-1-18	05.7.07	18						1910				
KU-1-21	05.7.07	21	690	71	214	224	2.3	2022	114	28	0.53	1
KU-1-18	26.12.07	18	636	73	250	300	2.7	2135	80		0.46	3.8
KU-3-21	09.7.07	21	818	79	207	355	2	2530	162	37	0.50	1.3
KU-3-24	09.7.07	24						2680				
KU-3-27	09.7.07	27						2500				
KU-3-30	09.7.07	30	870	81	307	296	3.1	2680	115	39	0.50	0.37
KU-3-26	26.12.07	26	833	80	300	305	2.9	2500	90		0.51	4
KU-4-13.5	15.7.07	13.5	312	60	175	109	2	450	900	4.6	1.07	0.8
KU-4-18	15.7.07	18	570	58	200	209	2	1730	141	24	0.51	1
KU-4-19.5	15.7.07	19.5	560	52	208	200	2	1690	108	24	0.51	2
KU-4-17.6	26.12.07	17.6	423	46	235	163	2.1	1225	285		0.53	5
**DS	1980		40100	7650	17200	44000		224900		5300	0.27	0

*RE- Reaction Error
**DS-Dead Sea

איור 1 : מיקום הקידוחים בנחל קומרן

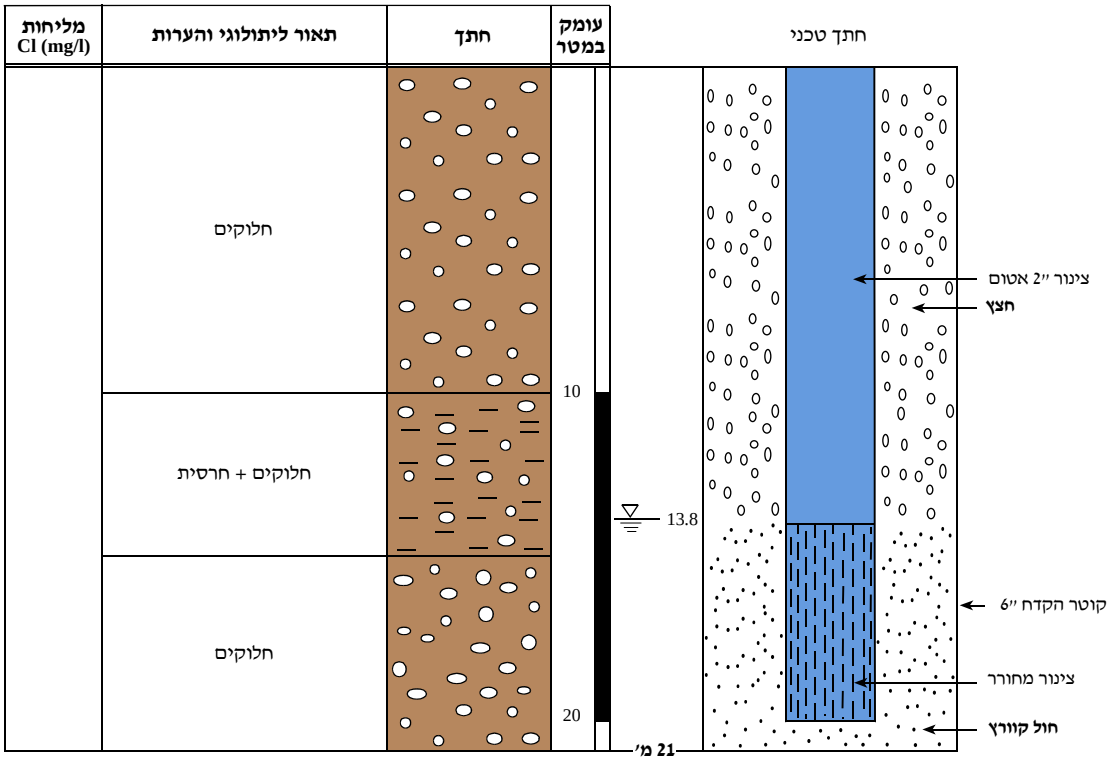


איור 2 : חתך גיאולוגי עם אוריינטציית הקידוחים.



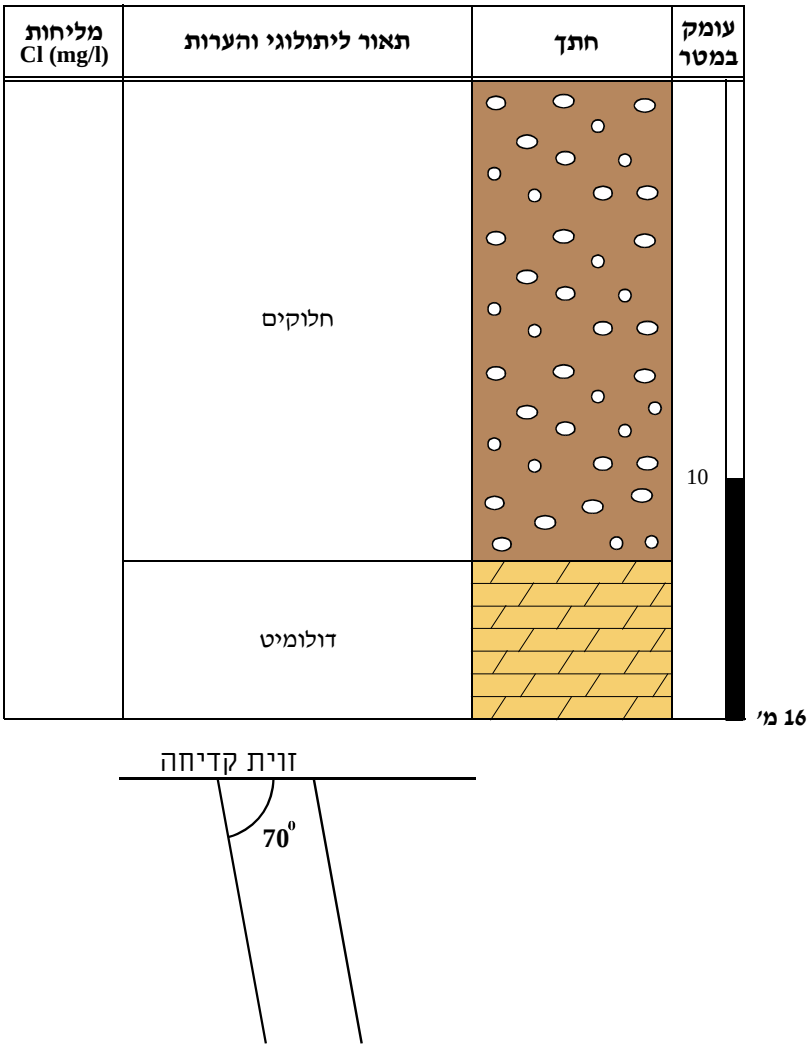
איור 3 : תצלום של אזור הריסוק ומיקום הקידוחים. מקור המים בבריכה משיטפון.

קומרן 1 - QUMERAN 1
נ.צ. : 243271/627597
גובה : 368.381- מ'



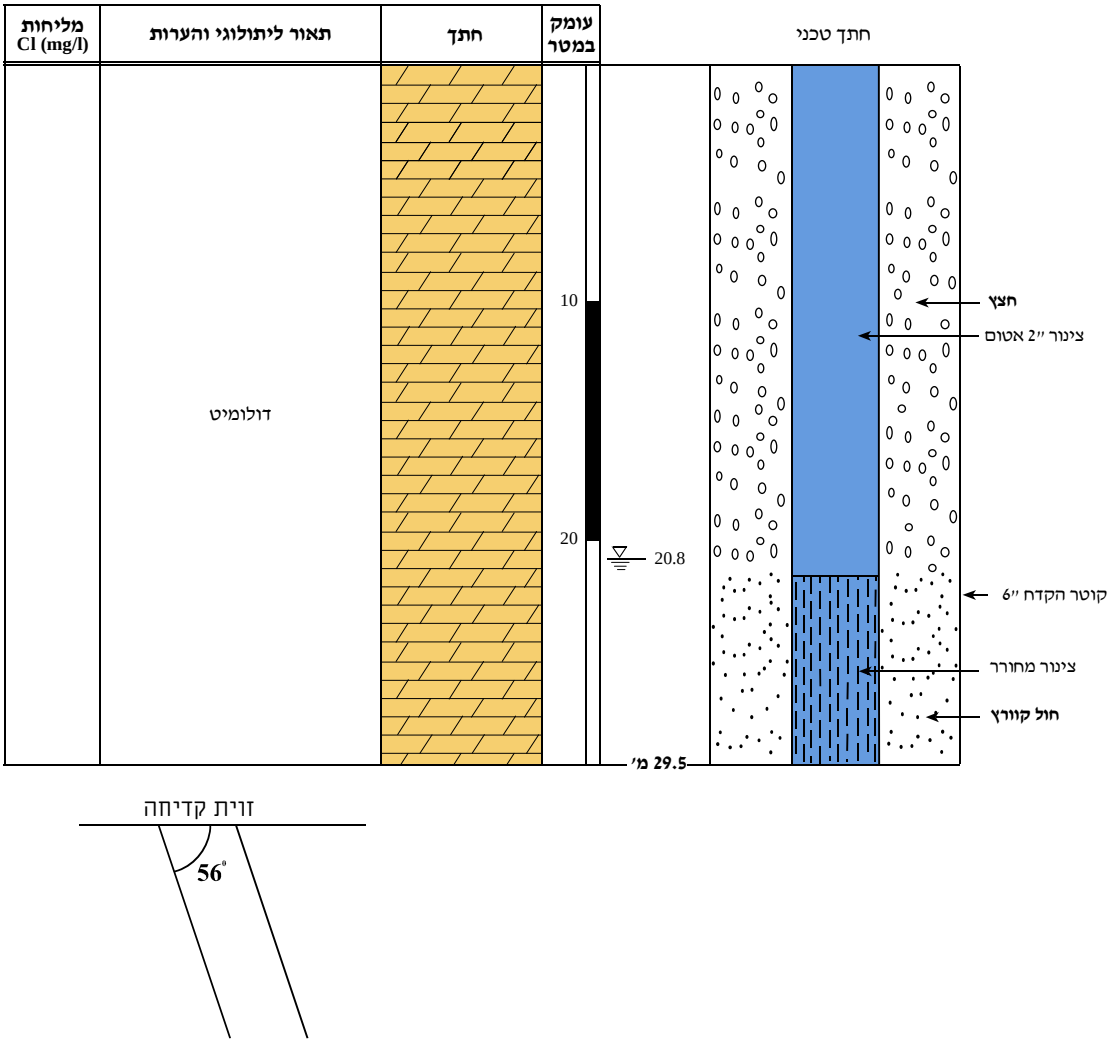
איור 4 : חתך עמודי וטכני של קידוח קומרן 1

קומרן 2 - 2 QUMERAN
נ.צ. : 243246/627550
גובה : 367.8- מ'



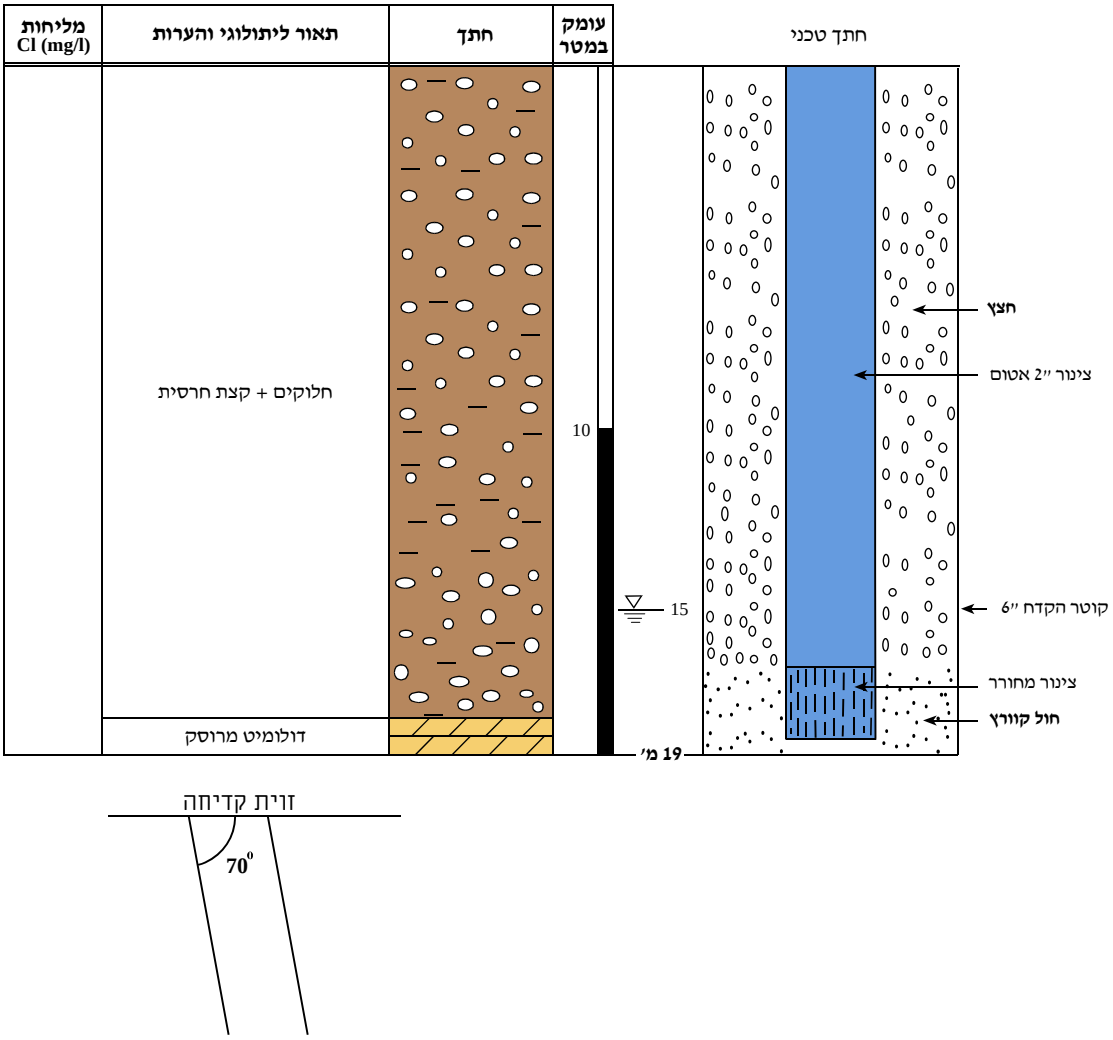
איור 5 : חתך עמודי של קידוח קומרן 2.

קומרן 3 - QUMERAN
נ.צ. : 243246/627561
גובה : 367.74- מ'

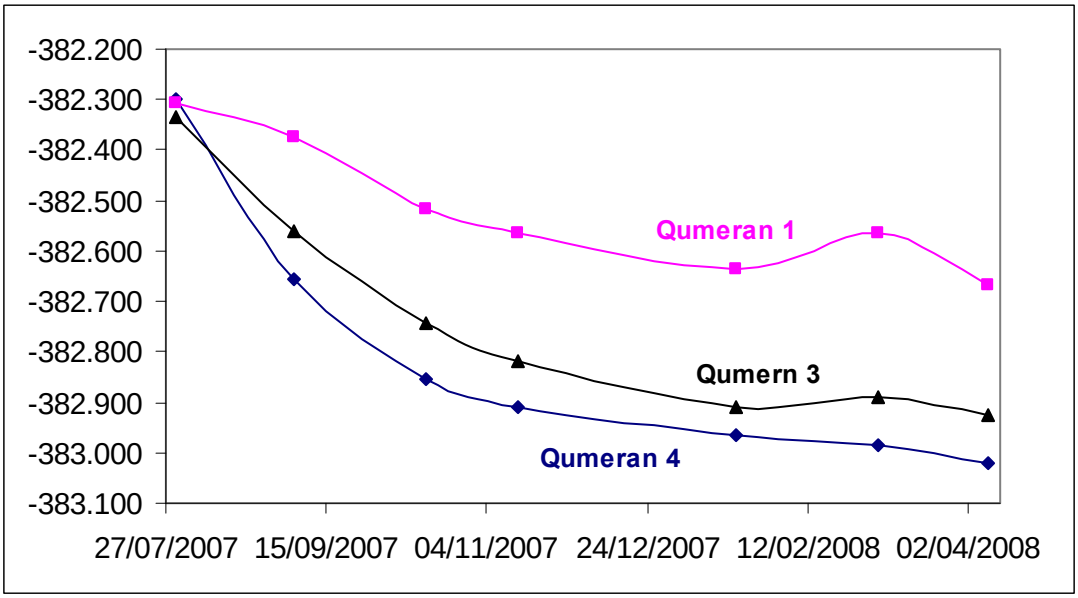


איור 6 : חתך עמודי וטכני של קידוח קומרן 3

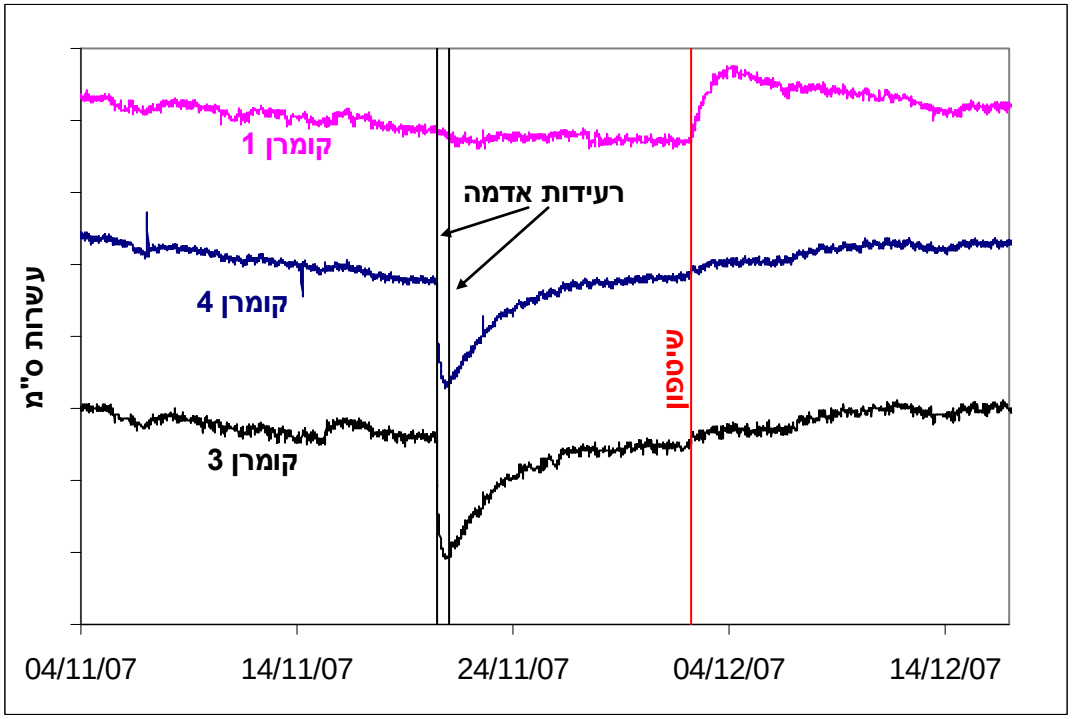
קומרן 4 - QUMERAN 4
נ.צ. : 243262/627596
גובה : 367.743- מ'



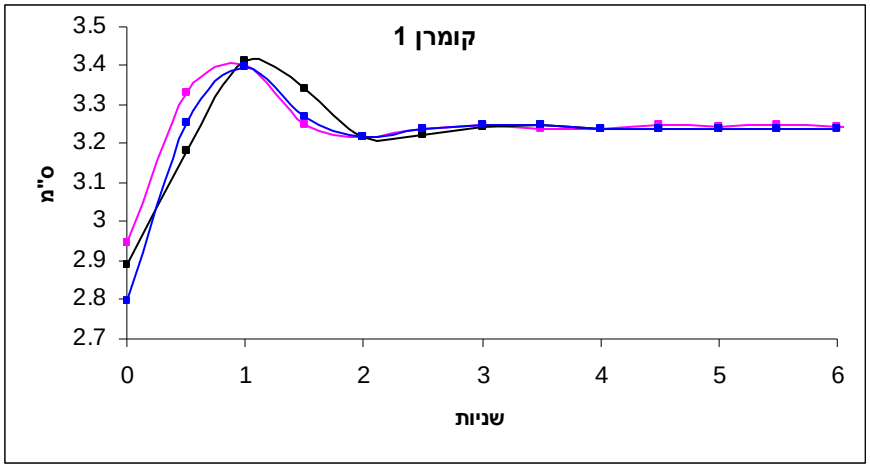
איור 7 : חתך עמודי וטכני של קידוח קומרן 4

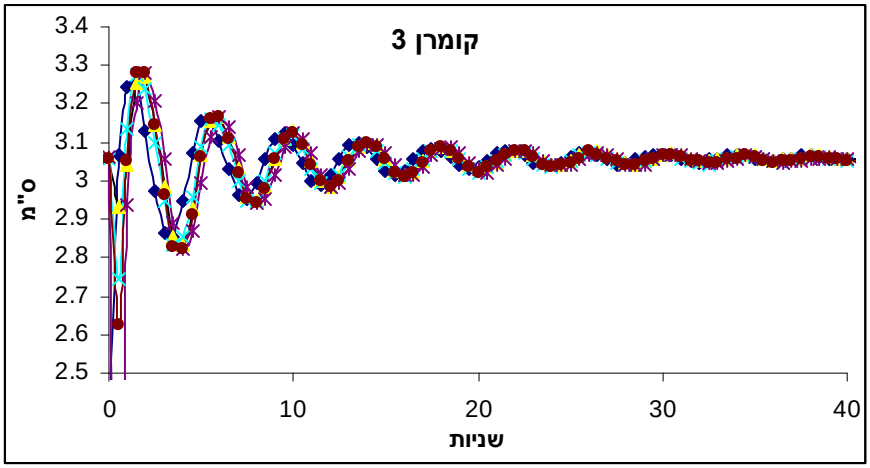


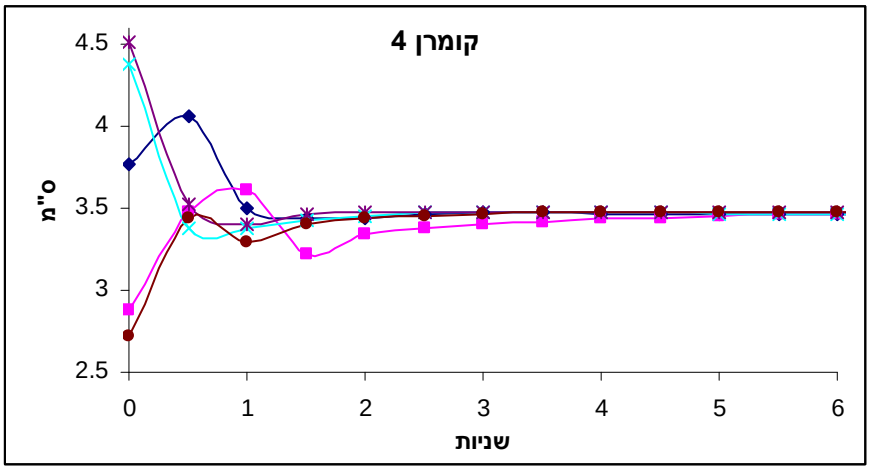
איור 8 : מפלס מי התהום בקידוחים כפי שנמדד בעזרת סרט מדידה



איור 9 : מפלס מי התהום בקידוחים כפי שנמדד בעזרת חיישני לחץ.







איור 10 : תוצאות מבחני SLUG בקידוחי קומרן