

מדינת ישראל

משרדי הממשלה

משרד קורא

מס' תיק

~~2-1960~~ - ~~2-1960~~

מקורות חברת מים בע"מ
מהנדס ראשי - פרסומים

6 / 11

דוח על מקורות המים באבני החול בנוביות בסיני ובנגב הדרומי

מס' תיק מקורי

11



שם תיק: דוח על מקורות המים באבני החול בנוביות
בסיני ובנגב הדרומי

מזהה פנימי
ח-11/1600

מזהה פריט: 0008vze

תאריך הדפסה: 29/10/2018

כתובת: 3-311-5-3-1

מחלקה קורא

69-200

מדינת ישראל
משרד המבחן
המכון הגיאולוגי

ירושלים 15 בינואר 1970

מס' _____

אל: א. א. איסר

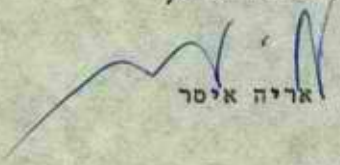
מאח: ד"ר א. איסר, המכון הגיאולוגי

הנדון: דו"ח על מקורות המים באבני החול בנוביות
בסיני ובנגב הדרומי.

מצ"ב הנני מעביר אליך דו"ח ביניים על הנושא הנ"ל.

אשמח לקבל הערותיך והארותיך.

ב ב ר כ ה,



אריה איסר

משרד המבחן
ההנדסה ראשי
נכנס
21. 1. 1970
13348

OFFICE OF THE
ATTORNEY GENERAL
STATE OF NEW YORK

IN SENATE,
January 10, 1950

REPORT

OF THE

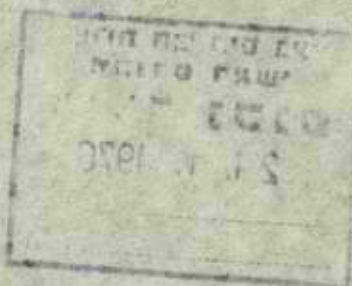
COMMISSIONERS OF THE LAND OFFICE

RELATIVE TO THE PROPOSED
REVISION OF THE

REGULATIONS GOVERNING THE
CONSTRUCTION OF

SEWERAGE

AND WATER



מקורות המים באבני החול הנוביות בסיני ובנגב הדרומי

מ א ת

** א. מיכאלי

* ע. בייץ

* א. איסר

1. הקדמה:

כפי שנמסר בדוחו"ת קודמים נחגלו מקורות מים מתוקים באבני החול הנוביות הנמצאות בתת-הקרקע ועל פני השטח בסיני ובנגב. הערכות ראשוניות, אשר נעשו על סמך מקורות הידע אשר היו קיימים בידינו, הראו כי הכמות הכללית של המים האגורה בסלעים הללו עשויה להגיע לסדרי גודל של מאות מיליארדים מטרים מעוקבים. יחד עם זאת היה ברור כי בגלל תנאי הכליאה של אקופר אבני החול ובגלל העומק בהן נמצאות השכבות הללו- תהיינה כמויות הנחנות לשאיבה לצרכי חקלאות בכל אזור קטנות בהרבה והן תהיינה מוחנות בתנאים ההידרוגיאולוגיים המקומיים.

הגבלה זו היא בעצם הגבלה כלכלית מאחר ועקרונית נחן לשאוב כמויות מים קטנות מכל עומק שהוא. אך מאחר ודו"ח זה מיועד לשמש בסיס למחשבה תכנונית סוכס לקחת לפי שעה את העומק של 375 מ', אשר ממנו שואבים מים בכמה מקומות בארץ, בעומק מקסימלי. כמו כן הוגבלו החשובים לגבי אותם אזורים בהם קימות, לדעתנו, ההוכחות כי המים הנמצאים שם הם במליחות של למטה מ-800 מ"ג כלור, הווה אומר מים המתאימים לשמוש חקלאי.

על מנת לאפשר תחזית ריאלית נלקחו כבסיס לחשובים השונים ערכי מינימום, הן של עוצמת השכבות האקופריות והן של המקדמים ההידראוליים השונים.

לאור החשובים נחן לאמוד כיום את כמויות המים אשר ניתן להפיק מא.ח.נ. באזור קלעת נחל בכ-מיליארד ורבע מטרים מעוקבים. וכ-500 מליון בעמק הערבה, נוסף לכך יש להוסיף כמויות מים בטיב דומה, ואולי אף טוב יותר, בסדרי גודל של עשרות מליונים אותם ניתן יהיה להפיק בסביבות המכהשים של ג'בל הלל, ג'בל מע'רה וריסן ענייזה. לכך יש להוסיף כמויות בסדרי גודל של עשרות מליונים מטרים מעוקבים מים במליחות של 1000 עד 3000 מ"ג כלור, באזורים של צפון סיני ותעלה סואץ. הערכות כמויות מדויקות יותר לצבי המים באזורים אלו תוכלנה להעשות לאחר מחקר נוסף מלווה בקדוחים.

למקורות המים הנ"ל יש להוסיף עוד את מקורות המים המצויים בחלקי הוודיות ובשכבות האיאוון הניזונות משטפונות. מים אלו אף הם במליחות של 1000 עד 2000 מ"ג כלור לליטר.

* המכון הגיאולוגי, משרד הפחוח, ירושלים.

** השרות ההידרולוגי, משרד החקלאות, ירושלים.

לאור כל הממצאים הללו ניתן כיום לסכם כי באזור מרכז סיני קיימים מקורות עשירים של מים בחלקם במליחות נמוכה יחסית ובמדה וימצאו המקורות התקציביים אין כיום כל בעיה לאתרם ולפתחם. פתוח אמצעי שאיבה מעומק גדול יוחה יהיו גורם קובע בהגדלת אפשרויות ההפקה.

2. גיאוגרפיה:

האזור הנדון מקיף את רמה סיני והר הנגב המרכזיים והוא משתרע ממצוקי התייה בדרום (קו רוחב $28^{\circ} 40'$) ועד אזור דיונות החול של צפון סיני (קו רוחב $30^{\circ} 50'$) הוא מוגבל במזרח על ידי עמק הערבה ובמערב על ידי מפרץ וחעתל סואץ.

השטח בכללו מהוה רמה שגובהה בחלק הדרומי נע בין 1200 מ' ל-1400 מ', עם מספר נקודות גבוהות יותר המגיעות עד לגובה של כ-1600 מ'. את גבולו הדרומי של האזור מהוה קו מצוקים בגובה של כמה מאות מטרים הנמשך בכעין קשת קמורה כלפי דרום.

רמה גבוהה זו משתפלת בהדרגה כלפי צפון ומגיעה לגובה של כ-300-400 מ' באזור נחל. מאזור זה וצפונה משתרע שטח מישורי, פחות או יותר, בגובה של כ-300-400 מ'. בחלקו הצפוני של האזור נמצאים מספר רכסים גבוהים הנמשכים בכיוון דרום מערב צפון מזרח. רכסים אלה כוללים את ג'בל יעלק (1094 מ'), ג'בל הלל (892 מ'), ג'בל דלפה (418 מ'), ג'בל מע'ררה (735 מ') ומכאש רמוץ (923 מ').

האזור המורם בדרומו של השטח נקרא, בחלקו המרכזי, ג'בל עגמה ובחלקו המערבי ג'בל א-תייה. אזור הרמה המשתרע דרומה לג'בל עגמה נקרא בדיית א-תייה (מדבר התועים). כאשר מישור החמדות של כונחילה מהווה את המשכו הצפון מזרחי (חרישים 1). האזור מהווה את אגן הניקוז של נחל אל-עריש ונחל פארן. הנחלים הראשיים בדרום השטח הנשפכים אל נחל אל עריש הם ואדי אל ברוך וואדי קוריה. ואדי אל עריש עובר את הרכס ההררי בצפון השטח בפרצה צרה (הדיקה) בין ג'בל הלל לג'בל דלפה, וגשפך לים ליד העירה אל-עריש.

האזור כולו מהוה שטח מדברי, כמעט ללא צמחיה. כמות המשקעים השנתית נעה בין מ"מ ספורים עד כמה עשרות מ"מ.

מספר החושבים באזור קטן ביותר ומורכב בעקרו משבטי בדואים. מספר נקודות ישוב קטנות קיימות באזור והן חמד, קלעה א-נחל וביר אל חסנה.

רכוזי הבדואים באזור וכן נקודות הישוב נמצאים ליד מקורות מים קטנים המסתכמים בבארות רדודות החפורות באפיקי הנחלים. בארות אלה מנצלות אקופרים קטנים ומקומיים

הנזונים, אחת לכמה שנים, משטפונות בנחלים. המים בבארות אלה חלקם מלוחים למדי.

3. גיאולוגיה:

3.1. מבנה:

הקוים המורפולוגיים העיקריים המאפיינים את אזור העבודה עומדים בקשר ישיר עם המבנה הגיאולוגי. על סמך הבדלים כלליים במבנה, ניתן לחלק את האזור לשלושה חלקים עיקריים:

האיזור הדרומי:

כולל בחוכו את ג'בל עגמה ובדיח א-חיה בנוי בעקרו משכבות אשר כמעט ואינן מופרעות ע"י העתקים או קימוסים גדולים. שכבות אלו נוטות בעדינות ($2^{\circ} - 5^{\circ}$) כלפי צפון. Said (1962) כולל אזור זה בתחום ה-Stable Shelf.

האיזור המרכזי:

כולל בחוכו את איזור נחל וכונתילה, בנוי משכבות המופרעות במדה קטנה ע"י מספר העתקים וקמוסים. מוכרים כאן מספר מבני כפות קטנים בעלי נטיות חלשות (5°). קדוחי הנפט אבו-חמת - 1, דר' - 1, ונחל - 1 ממוקמים כל אחד על כפה כזו. באזור הר הנגב המבנים יוחר גדולים והם כוללים את הר צניפים והר עשא. המבנה של חמנע יכול אף הוא להכלל בסדרת מבנים אלו. Said (1962) כולל אזור זה בתחום המנע שבין-Stable Shelf ל-Unstable Shelf.

האיזור הצפוני:

כולל בחוכו את השטח הגובל את אזור העבודה מצפון, בנוי משכבות המופרעות במדה ניכרת ע"י העתקים וקמוסים. באזור זה קיימות מספר סטרוקטורות אנטיקלינליות גדולות שצירן נמשך בכיוון דרום מערב - צפון מזרח. האנטיקלינות הגדולות בתחום זה הן ג'ידי, יעלק, הלל ומוע'רה. במקביל ומדרום לאנטיקלינה של יעלק נמשכת האנטיקלינה של המנשרה, ובמחצית הדרך בין נחל לג'בל הלל נמצאת האנטיקלינה של כרים. כנגב בולטות האנטיקלינות של הרמון והעריף (ראה תרשים 1). Said (1962) כולל אזור זה בתחום ה-Unstable Shelf.

ממערב מוגבל האזור ע"י מערכת השבירה הקשורה בגרנן של סואץ ואילו במזרח מוגבל האיזור ע"י מערכת השבירה הקשורה בגרנן של הערבה.

3.2. סטרטיגרפיה:

גיל הסלעים הנחשפים באזור העבודה נע מפרקמבריום ועד הווה. הסלעים הפרקמבריים נחשפים דרומית לקו המצוקים של ג'בל חיה. באזור זה קיים גוש הררי גדול המורכב ברובו מסלעים קריסטליניים. אזור זה מהווה חלק מהמסיב הערבו-נובי.

סלעים קריסטליניים, בעצמה של 200 מ' נחדרו גם בחחית קדוח אבו חמח 1.

טור הסדימנטים הקיים באזור העבודה והמונח על הסלעים הקריסטליניים ניהן לחלוקה משולשת על בסיס ליתולוגי:

היחידה הקלסטית התחתונה:

יחידה זו מורכבת בעיקרה מסדימנטים קלסטיים ומעוטה מסדימנטים קרבונטיים. ביחידה זו כלול טור הסלעים מגיל פליאוזואיקון ועד קנומן.

האופקים הקרבונטיים ביחידה זו כנראה מגיל קרבון, טריאס ויורא.

בחחום יחידה זו כלולה אבן החול הנובית. חאור מפורט של יחידה זו ניהן בסעיף 3.3.

היחידה הגירית התיכונה:

יחידה זו מורכבת בעיקרה מסדימנטים קרבונטיים (קרטונים, חוארים, גירים ודולומיטים). בחוכה כלולים סדימנטים מגיל קנומן ועד איאוקן (ועד בכלל). העצמה של יחידה זו, באזור העבודה, הולכת וגדלה ככל שמצפינים ומגיעה ל-1000 מ' ויותר.

אופי הסדימנטים מצביע על כך שחלקים ניכרים מיחידה זו ובעיקר הסדימנטים מגיל סנון פליאוקן ואיאוקן הינם בעלי אופי אקוילודי. גם חלקים מסוימים בשכבות מגיל קנומן ובעיקר חוארים הנמצאים בבסיס החחך מהוים אקוילוד הגורם לכליאת המים באקויפר אבן החול הנובית. שאר החחך ובעיקר הסלעים מגיל קנומן סורון וחלק מהאיאוקן עשוי להוות אקויפר.

היחידה הקלסטית העליונה:

יחידה זו מורכבת בעיקרה מסדימנטים קלסטיים מגיל אוליגוקן ועד הווה. באזור העבודה מחבטא יחידה זו בעיקר בשכבות קונגלומרטיות פליסטוקניות עד רצנטיות.

3.3. אבן החול הנובית:

כללי:

השם "אבני חול נוביות" יוחס לראשונה לאבני חול קרטיקוניות בדרום מצרים על ידי Russeger ב-1837. מאז החרחב השמוש בשם זה הן מבחינה גיאוגרפית והן מבחינה סטרטיגרפית,

כך שחוקרים שונים מיחסים לו משמעויות שונות. חלק מהחוקרים טוענים שמונח זה מוגבל לאבני חול מגיל קרטיקון בלבד, בעוד שאחרים טוענים שיש להתייחס למושג כאל מונח המתאר פציאט מסוים של אבני חול. במשמעות זו יכול גיל אבני החול הנוביות לנוע מקמבריום ועד קרטיקון. מבחינה הידרוגיאולוגית נוח להתייחס למושג במשמעות הפציאלית.

השם "אבני חול נוביות" מתייחס לחתך המורכב ברובו מחולות ואבני חול מגוונים, גסים עד דקי גרגר והמכילים אופקי גריט וקונגלומרט (בדרך כלל קוארציטי), בחלופין עם אבני החול מופיעים אופקי פצלים מגוונים ואבני סילט. חתך מטיפוס כזה מופיע בחלקים שונים של היחידה הקלסטית התחתונה בחלופין עם אינטרקלציות קרבונטיות ואופקי פצלים עבים. חלקן של אינטרקלציות אלה בחתך עולה ככל שמתרחקים מהמסיב הערבו-נובי.

מחשופי אבן החול הנובית העיקריים באזור הנדון משהרעים בכעין חגורה סביב הסלעים הקריסטליניים. אבני חול אלה בונות את שני השליש התחתונים של מצוקי התייה (ראה תרשים 2). מחשופים נוספים, קטנים בשטחם (קמ"ר ספורים), נמצאים במרכז האנטיקלינות של הלל, יעלק, ג'ידי, מנשרה וכרים. קדוחי הנפט באיזור נחל קדוחי מנשרה 1 וקדוח צניפים 1 חודרים לאבני החול הנוביות.

באזור המחשופים הדרומי וכן בקדוחי הנפט באזור נחל נעשו נסיונות שונים לחלק את סדר אבני החול הנוביות למספר יחידות סטרטיגרפיות. לפי (Said, 1962), המטכס את העבודות השונות שנעשו באיזור, נראה כי החלק התחתון של החתך הנובי הוא מגיל קרבון והוא מורכב מאבני חול פצלים וקרבונטים וכולל בתוכו אפקי מנגן, נחושת ופחם. באזור אוס בוגמה וכן בחלקו המערבי של מצוק התייה קיימים שפכי בזלת שלפי (Ball, 1916) מפרידים בין החתך הנובי מגיל קרבון לחתך הנובי מגיל קרטיקון תחתון. למעשה אין שום עדויות ברורות לכך שהחתך הנובי מעל לבזלת הינו מגיל קרטיקון תחתון. ייתכן כי החלק התחתון של החתך מעל לבזלת הינו מגיל פליאוזואיקון מאוחר, טריאס או יורא. בקדוחי הנפט באזור נחל, אבו חמה 1 ונחל 1, חולק החתך של היחידה הקלסטית התחתונה והכולל בתוכו חלקים ניכרים של אבן חול נובית לארבע יחידות סטרטיגרפיות: קרבון-פרם, טריאס, יורא, וקרטיקון תחתון. חלוקה זו נעשתה על סמך אנלוגיה לממצאים במפרץ סואץ.

הרכב ועצמת החתך הנובי:

בחתך העמודי שנעשה על ידי ע. בייץ, מ. גרינברג ו-י. שילוני באזור ג'בל רקבה (ראה תרשים 2) באבני החול הנוביות המונחות מעל לבזלת, נמדדה עצמה של 410 מ'. ניתן לחלק את החתך באיזור זה לשלוש יחידות ליטוסטרטיגרפיות (ראה תרשים 3):

יחידה תחתונה:

חלופין של אבני חול ופצלים מגוונים בעצמה של 146 מ". אבני החול מהוות כאן 67% מסך כל החתך.

יחידה תיכונה:

אבני חול בגווני לבן אפור עם אופק פצלים טגול בשליש התחתון. העצמה של יחידה זו 178 מ" כאשר אבני החול מהוות כ-92% מסך וכל החתך.

יחידה עליונה:

אבני חול ופצלים מגוונים בעצמה של 86 מ". אבני החול מהוות כ-62% מ", מסך כל החתך.

סך הכל אבני החול בחתך כולו הוא 77%. מעל יחידה זו מונחים אופקי חואר וגיר מגיל קנומן.

בקדוח אבו חמת 1 (הרשים 3) מתחלק החתך של אבני החול כדלקמן, (*)(Schlatter, c, 1950):

פליאוזואיקון:

החתך מורכב בחלקו התחתון מקרבונטים ובחלקו התיכון והעליון מפצלים בחלופין עם אבני חול, סך הכל העצמה היא 601 מ". אחוזי המרכיבים בחתך כולו: 44% פצלים; 43% אבני חול; 13% קרבונטים.

טריאס:

החתך מורכב מגירים דולומיטים ופצלים בעצמה של 36 מ". הקרבונטים מהווים כ-70% מהחתך.

יורה:

החתך מורכב מאבני חול, פצלים ומעט מאד קרבונטים, בעצמה של 511 מ". אבני החול מהוות כ-56% מהחתך.

קרטיקון תחתון:

החתך מורכב מאבני חול עם מעט מאד פצלים, בעצמה של 237 מ". אבני החול מהוות כ-96% מהחתך.

מעל ליחידה זו מופיעים חוארים וגירים מגיל קנומן.

(*) אחוזי המרכיבים חושבו לפי רשימת הגדרה המסחך המצורפת לדו"ח של Schlatter.

סך הכל עצמה כל החתך של היחידה קלסטית התחוננה בקדוח זה היא 1386 מ"מ. אבני החול מהוות כ-56% מסך החתך.

4. הידרוגיאולוגיה:

4.1. נקבוביות:

בדוגמאות שנלקחו בחתך באזור ז'בל רקבה לא נעשו בדיקות נקבוביות. עך סמך הדוגמאות שנבדקו בשדה וכן על סמך הידוע על נקבוביות אבני החול מטפוס זה נראה שהנקבוביות גבוהה למדי. גם בגלעינים שנלקחו בקדוח אבו חמח לא נעשו בדיקות נקבוביות. הבדיקה היחידה שנעשתה בגלעינים אלה היא קביעה משקלם הנפחי (ראה Schlatter a, b, c, 1950). לצורך הערכה כללית ביותר על נקבוביות אבני החול בקדוח זה, נעשה חישוב נקבוביות על סמך המשקל הנפחי הידוע ועל סמך משקל סגולי של אבני חול - 2.65. משקל סגולי בסדר גודל זה מתקבל במספר רב של גלעינים שנלקחו בקדוחי נפט מאבני החול הנוביות (דברים בע"פ - א. יבנה). חשוב הנקבוביות נעשה לפי הנוסחה (Milner, 1962):

$$P_1 = \frac{100 (G_1 - G_2)}{G_1}$$

כאשר G_1 - משקל סגולי
 G_2 - משקל נפחי
 P_1 - נקבוביות

חישוב כזה, המבוסס על משקל סגולי של אבני חול שהודות ושאיננו מדוד בדוגמא עצמה נותן הערכה לסדר גודל בלבד. נוכחות חרסית בחוף אבני החול גורמת למשקל סגולי נמוך יותר, של הדוגמא מאשר 2.65 והנקבוביות למעשה חיה נמוכה מזו המתקבלת בחישוב. לעומת זאת, נוכחות מינרלים כבדים בחוף אבני החול חגרום למשקל סגולי גבוה יותר מ-2.65, והנקבוביות למעשה תהיה גבוהה יותר מזו המתקבלת בחישוב. על סמך ההגדרות של הגלעינים והמטחן מקדוח זה נראה שבדרך כלל קיים המקרה השני ולכן הנקבוביות המחושבת תהיה קטנה מזו הקיימת למעשה. הנקבוביות המחושבת בדרך זו, היא הנקבוביות הכללית של הסלע. הגודל המעניין אותנו במקרה הנדון הוא הנקבוביות האפקטיבית למים המהוה אחוז מסויים מהנקבוביות הכללית. רק על ידי בדיקה ישירה ניתן לקבוע בדיוק מהו אחוז זה.

ממוצע הנקבוביות הכללית המחושב עבור אבני חול בקדוחים אבו חמח 1 ו-1 נחל 1 הוא

15%.

לפי נסיונות שנעשו במעבדה הגלעין במכון הגיאולוגי, נראה שאבני חול מהטיפוס הנדון,

אין הבדלים גדולים בין הנקבוביות הכללית לאפקטיבית. לצורך חשובים כמותיים נלקחה הנקבוביות האפקטיבית כ-10% מנפח הסלע.

4.2. נתונים הידרוגיאולוגיים:

הנתונים ההידרוגיאולוגיים הקיימים באזור העבודה הינם מועטים ומפוזרים על פני שטח גדול ולכן ניתן לערוך ניתוח הידרוגיאולוגי כללי בלבד. לפי הנתונים הקיימים ניתן לחלק את האזור ל-3:

איזור נחל, איזור ביר חסנה ואיזור ג'בל הלל.

4.2.1. איזור נחל (חרשים 2):

באיזור זה נקדחו בשנים 1944-46 שלשה קדוחי נפט בידי Standard Oil Co. of Egypt. בשלשה הקדוחים לא נמצא נפט (בשלשה הקדוחים היו סימני נפט קלים בלבד). לעומת זאת נמצאו בקדוחים אלה מים מתוקים.

האור הקדוחים וממצאי המים (לפי Schlatter a, b, c, 1950 ו-דו"ח חכר, Geofisica, Zagreb, 1962):

קדוח נחל 1:

נ.צ. 02535/92770 (רשח המדידות של ישראל).

גובה טופו 429.7 מ' מעל פני הים.

עומק הקדוח 1120.1 מ'.

עומק פני המים 238 מ' מעל פני השטח (לפי מדידה שנעשתה על ידינו בפברואר 1969).

הקדוח מתחיל בפצלים מגיל פליאוקן (Essna Shales) וחודר חתך עבה של קרטונים, חוארים וגירים מגיל סנון, טורון וקנומן. בעומק 870.8 מ' מתחיל חתך של אבני חול נוביות. חתך אבני החול הנוביות רווי במים מתוקים הנמצאים תחת לחץ ארטזי. המים כלואים על ידי חוארים מגיל קנומן. הקדוח מצוייד במשאבת "חרגול". בקדוח נערכה שאיבת נסיון על ידינו, נשאבה כמוח של כ-10 מ³/ש בנפילה של כ-17 מ'.

קדוח אבו חמח 1:

נ.צ. 01910/93180.

גובה טופו 423.3 מ' מעל פני הים.

עומק הקדוח 2173.8 מ'.

גם קדוח זה מתחיל בפצלים מגיל פליאוקן. אבני החול הנוביות נחדרו בעומק של 769 מ". חתך אבני החול רווי במים ופני מים הכלואים על ידי חוארים מגיל קנומן. לפי Schlatter ממצאי המים בחתך הנובי הם (מבוסס על נתוח הלוג החשמלי):

מעומק 758.6 מ" ועד 1049.1 מ" (210.5 מ") - מים מחוקים.
מעומק 1049.1 מ" ועד 1827.2 מ" (778.1 מ") - מים מחוקים עד ברקיים.
מעומק 1827.2 מ" ועד 2081.7 מ" (254.5 מ") - מים ברקיים עד מלוחים.

בסיור שדה נמצא מקום הקדוח אך נתברר כי כל המחקנים נהרסו כליל.

קדוח דרג 1:

נ.צ. 02540/91925.

גובה טופו" 447.4 מ" מעל פני הים.
עומק הקדוח 843.6 מ".

הקדוח מתחיל בפצלים מגיל פליאוקן. אבן החול הנובית נחרת בעומק 807.7 מ". (ברו"ח של חברת Geofisica, Zagreb, 1962 מצויינים הפרטים הבאים: "אבני החול הנוביות רוויות במים מחוקים הנמצאים תחת לחץ ארטזי. המים עולים בחור הקדוח עד 118 מ" מהחת לפני הקרקע". כלומר המפלס הסטטי נמצא בגובה מוחלט של 329.4 מ", (נתון זה אינו מתאים לתוצאות הבדיקות אשר נתקבלו על ידינו בקדוח נחל 1). אנליזה כימית של המים האלה מובאה בטבלה מס. 1.
הקדוח מצוייד במשאבת "חרגול".

4.2.2. איזור ביר אל חסנה - מינשרה (חרשים 1):

כ-15 ק"מ דרומית ומערבית לביר אל-חסנה קיים קדוח עמוק (למעלה מ-1000 מ"). לצורך הדיון כאן ייקרא קדוח זה בשם מינשרה - 1.

קדוח זה מצוייד במשאבת "חרגול" ולידו נמצאים מספר מאגרי מים.

הקדוח ממוקם כ-2-3 ק"מ צפונית לאנטיקלינה של המינשרה.

הקדוח מתחיל בסדימנטים מגיל איאוקן. נראה שאבן החול הנובית מגיל קרטיקון תחתון נחדרה בעומק של כ-900 מ".

דוגמת מים נלקחה ממאגר סגור ליד הקדוח ב-27.12.67 (המים עמדו במאגר חצי שנה). אנליזה כימית של מים אלה מובאה בטבלה מס. 1.

4.2.3. אזור ג'בל הלל:

בלב האנטיקלינה של הלל קיים מכחש קטן שבו נחשף חתך של כ-80 מ' אבני חול נוביות מגיל קרטיקון תחתון.

במכחש זה ישנן 9 בארות רדודות שעומקן נע בין 8 ל-13 מ'. באר אחת הייתה מצויידת במשאבה המונעת על ידי טחנת רוח.

בארות אלה חודרות חתך של כ-3 מ' חלוקי נחל וכ-8 מ' פצלים השייכים לחתך אבני החול הנוביות. הבארות מסתיימות באופק חול. באופק זה קיימים מים הנמצאים בלחץ ארטזי קטן של כ-6 עד 5 מ'.

אנליזות מים משתי בארות 1 ו-9 מובאות בטבלה מס. 1.

4.2.4. אזור עיון מוסה:

אזור עיון מוסה מכוסה בשכבות חוואר וקרסון מגיל מיאוקן ופליוקן. המעין עצמו נובע מחוץ סדקים בשכבות אלו. תושבי האזור חפרו שוחות בראשי הגבעות ולחוך השוחות הללו נקוו מחוץ הסדקים המים, אשר הובלו אחר כך בכוח הגרויטציה מראשי הגבעות למטעי החמרים בשוליהן.

קדוח מחקר לנפט - AM 1. נקדח על ידי החברה האנגלומצרית לנפט וחברת סוקוני ואקום ב-1944 (Schlatter, 1951a).

נ.צ. 92320/92480.

גובה טופו" כ-5 מ' +.

עומק הקדוח כ-1820 מ' (5451 רגל).

בעומק של כ-75 מ' (212 רגל) חדר הקדוח לאבני חול נוביות שבהם נמצאו מים ארטזיים. עובי שכבת אבני החול בקדוח כ-110 מ'.

הקדוח צונר עד לבסיסו בצנור בקוטר $9 \frac{5}{8}$ ונסתם עד לעומק כ-160 מ' (500 רגל). בין העומקים 126 מ' ו-133 מ', נפרצו בו חורים על ידי ירי. והוכנס בו צנור של 3" עם פרפורציה של 2 מ"מ. הקדוח שפע ארטזית כ-510 מ³/יום, של מים במליחות של 4000 מ"ג כלור לליטר (אנליזה מלאה בטבלה מס. 1).

עיון מוסה מס. 2 AM (Schlatter, 1951 b) החברה הקודחת כנ"ל ב-1946.

נ.צ. 92530/92480.

גובה טופו" כ-29 מ' +.

עומק הקדוח כ-1936 מ' (5808 רגל).

הקדוח חדר לאבן החול הנוביח מעומק 133 מ' ועד לעומק 296 מ' עובי שכבה אבני החול 163 מ'. הקדוח נסחם עד לעומק 293 מ' שנפרץ על ידי ירי בין 141 מ' ל-158 מ'.
הוכנסו בו צנורות "4½ עם פרפורציה. הקדוח שפע ארטזיה כ-1800 מ³/יום. במליחות לא ידועה. דוגמת מים אשר נדגמה על ידינו מקדוח הנראה לנו להיות זהה עם עיון מוסה 2 הראחה 2316 מ"ג כלור לליטר. בעת הקדוח נערכו מספר בדיקות בעומקים שונים חוצאות הבדיקות מוצגות בסבלה מס. .

מספר קדוחים נוספים נקדחו על ידי המצרים, למחקר הפחם בסביבות עיון מוסה וגילו מים ארטזיים, אין בידינו אינפורמציה מלאה על מקום הקדוחים וצנורם. מהידע אשר נאסף על ידינו ניחן לאמר כי באבני החול הנוביח הנמצאות באזור עיון מוסה, בעומק שטוח, יש מים במליחות מ-1000 מ"ג כלור לליטר ועד 4000 מ"ג כלור לליטר.

4.2.5. איזור יטבחה:

אזור יטבחה בנוי בעקרו מסלעי גיר ודולומיט של הסורון והקנומן. הוא משתרע על פני מספר בלוקים מועתקים הבונים את שוליו המערביים של הגרבן, כמו כן נמצא האזור על שוליו הצפוניים של מבנה הכפה אשר במרכזו נמצא המסיב של חמנע.
אבני החול הנוביח מתגלות מסביב למסיב של חמנע והן נוחחות לכל הכוונים. באזור יטבחה הן נמצאות קרוב לפני השטח והן הולכות ומעמיקות כלפי צפון.
באיזור זה נקדחו שלשה קדוחים אשר הגיעו לאבן החול הנוביח.

קדוח יטבחה 1 (עין עדיאן 1):

נ.צ. 153700/921300.

גובה טופו' 97.30 מ' + .

עומק הקדוח 51.00 מ' .

חדרו לא.ח.נ. בעומק 6 מ' .

פני המים ב-6.80 מ' (90.50 מ' +).

מליחות 890 מ"ג כלור לליטר.

קדוח יטבחה 8:

נ.צ. 1554/9234.

גובה טופו' בערך 100 מ' +.

עומק הקדוח 122.5 מ' .

חדרו לא.ח.נ. בעומק 45 מ".
פ.מ. ב-13.90 מ".
מליחות 600 מ"ג כלור לליטר.
(נשאבו 28 מ³/שעה - 28 מ" נפילה).

קדוח יטבתה ת/9:

נ.צ. 155079/922213.
גובה טופו 72.59 מ" +.
עומק הקדוח 130 מ".
חדרו לא.ח.נ. בעומק 17 מ".
פני המים ב-8.68 מ" (64.08 מ" +).
מליחות 833 מ"ג כלור לליטר.
(אנליזה מלאה ראה טבלה מס. 1).

4.2.6. אזור חמנע:

באזור חמנע חדרו מספר רב של קדוחי מחקר לנחושת, לחוף שכבות אבן החול הנובית מגיל פליאוזואיקון. בכל המקרים מכילים המים כמה אלפי מ"ג כלור, גם הנביעות במכרה החת-קרקעי מלוחות. בעבודה זו נדון רק במקורות המים המצויים בא.ח.נ. מגיל קרטיקון תחתון או יורא. ולא במים אשר נמצאו בשכבות מגיל פליאוזואיקון.

4.2.7. אזור המכתש הקטן:

בחוף המכתש הקטן נמצא מפלס מים מתוקים בחוף אבני החול הנוביות של הקרטיקון התחתון. פני המים נמצאו בגובה מוחלט של 84 מ" - מחתת לפני הים. המים מכילים כ-90 מ"ג כלור. קדוח מכתש קטן 3 אשר נקדח מחוץ למכתש גילה מים מתוקים תחת לחץ בשכבות אבני החול בטיב דומה לאלו אשר בחוף המכתש, גם פני המים זהים.

4.2.8. אזור סדום:

בשורה של קדוחים לאורך מצוק ההעתקים מזרחה ודרומה לסדום נמצאו מים ארטזיים בשכבות של אבני החול של הקרטיקון התחתון.
המים הם במליחות של בין 600 ל-2000 מ"ג כלור לליטר.

4.3. ההרכב הכימי של המים:

בטבלה מס. 1 מוצגות האנליזות של המים מהמקורות השונים באבן החול הנובית. בתרשימים מס. 6 ו-7 מוצגים יחסי האקווילנטים של המלחים המומסים, כפי שנתקבלו מהאנליזות הכימיות של כמה מהמקורות המוצגים בטבלה. מחרשים מס. 6 ניתן לראות את הקרבה הכימית בין המים אשר נמצאו בקדוחי נחל, ויטבה.

המים בקדוח אדמון ומינשרה מראים על עליה ברכוז המלחים במים ביחס לרכוזם במים של נחל. רכוז זה מתבטא בעליה יחסית של כל המלחים מלבד הקרבונט אשר בקדוח ביר חסנה מראה אף ירידה ברורה. תופעה זו אופיינית למים הכלואים זמן רב באקויפר מבלי לקבל חוספת של מים מטאוריים. תופעה אופיינית אחרת לכל המים אשר נמצאו בחוף אבן החול הנובית היא חכולת הסולפט הגבוהה.

המים בקדוח נחל עשירים באופן מיוחד בברזל (8.6 מ"ג/ל) ובמנגן (0.36 מ"ג/ל).

4.4. ההרכב האיזוטופי של המים:

מבדיקת היחסים של האיזוטופים של מימן וחמצן במים (H/D , O^{16}/O^{18}) אשר נעשה במכון ויצמן (Gat, Mazor, 1969) התברר כי ניתן להבחין בהרכב איזוטופי מיוחד של המים אשר נמצאו בקדוחי הערבה הדרומית ובשכבות אבן החול הנובית של אזור סדום.

יחסי האיזוטופים מראים על דלות יחסית באיזוטופים הכבדים הנ"ל והיא מצביעה כנראה על משטר אקלימי לח יותר מאשר זה השורר כיום בנגב הדרומי וסיני.

כפי שניתן לראות מחרשים מס. 9 מרוכזים היחסים האיזוטופיים של קדוח נחל, קדוחי הערבה הדרומית ואדמון לאורך קו ישר המצוין תהליכי פרקציוניזציה באטמוספירה, של מים בעלי חכולה בסיסית מסוימת של איזוטופים אלו. פרקציוניזציה זו קשורה במרחק שבין אזור בו ירדו הגשמים לבין האזור בו עלו האדים מפני הים. כפי שניתן לראות באותו חרשים. מי האקויפר של באר שבע הנקווים על הרי יהודה הדרומיים ומי התהום בערבה הצפונית הנקווים משטפונות מקומיים נמצאו על קו מקביל המצביע על התפתחות דומה אבל מהכולה התחלתית עשירה יותר באיזוטופים הנ"ל.

המים מקדוח עיון מוסה דומים באופן כללי בהרכבם לקבוצת המים העתיקים אך מראים יחד עם זאת ערבוב עם מים אשר עברו תהליך רכוז על ידי התאידות.

הרכב המים מהמעין של עיון מוסה אשר מקורם באבן החול הנובית אך עולים דרך סלעי המיוקן, מצביע כנראה על תערובת של מספר טיפוסים מים אם מסלעי אבן החול הנובית ואם מסלעי המיאוקן. ניתן לסכם כי יחסי האיזוטופים של החמצן (O^{16}/O^{18}) והמימן (H/D) מראים על

מקור משוחף בין המים של הא.ח.נ. בסיני ובערבה לבין המים באקויפר הגיר של הערבה הדרומית. בדיקת החתך הגיאולוגי מראה כי לאורך המדרגות של שולי הערבה המערבית קיימת האפשרות שמים מאבן החול הנובית יחדרו לאקויפר הגיר של אזור יטבחה.

בדיקת יחסי האיזוטופים הנ"ל במים אשר נמצאו בא.ח.נ. במדבר המערבי במצריים (Deglas, 1962) מראים על אופי דומה לאלו של מי הא.ח.נ. בסיני ובערבה. מכאן יש להסיק כי מבחינה גנטית קיים קשר בין חופעת המים הארטיים במדבר המערבי לבין אלו שבסיני ובערבה.

5. נתוח הנתונים ההידרוגיאולוגיים והגיאוכימיים:

הבעיה העיקרית עליה היה צורך לענות היא, האם התופעות השונות של מים בא.ח.נ. כפי שהן מובאות לעיל מייצגות אקויפר כלל אזורי או גופי מים נפרדים ללא כל קשר ביניהם.

הכרת המבנה הגיאולוגי, השוואת הנתונים ההידרולוגיים והגיאוכימיים מביעים למסקנה כי אמנם יש לנו כאן אקויפר אחד המשתרע תחת מרכז סיני ומגיע לערבה במזרח עד לאזור ההעתקים של מפרץ סואץ במערב.

כפי שניתן לראות מהחתכים הגיאולוגיים (תרשים מס. 2) מתמשכות שכבות אבני החול באופן רצוף ובלתי מופרע, משולי המסיב הגרניטי של סיני ועד לאזור האנטיקלינות של צפון סיני והר הנגב. העובדה כי בשלש קדוחי נחל המרוחקים כ-80 ק"מ מאזורי המחשופים של א.ח.נ., אשר המרחק בין שני הקצונים שבהם הוא 15 ק"מ רוויות במים, מחייבת מסקנה כי אותה תופעה חייבת להמשך על פני כל הרמה של סיני.

רום המפלס הכלוא של מי התהום המגיע בקדוחי נחל לכ-200+ מ' מעל פני הים מחייב, בתנאים שבהם אין הפרעות סקטוניות, אזור שבו ימצאו המים באותה שכבה בתנאים פריאטיים ברום העולה על פני הרום של 200+ מ', בדיקת המפה של פני הא.ח.נ. (תרשים 8) והחתך הגיאולוגי מראה כי תנאים כאלו קיימים החל מהמרחק של כ-60 ק"מ דרומה לנחל ועד שולי המסיב הגרניטי של דרום סיני. תנאים דומים קיימים אף באזור האנטיקלינות הגדולות של צפון סיני והנגב. אך אזור החשיפה של אבני החול באזורים אלו הוא מצומצם ביותר. אזור הקוות והמלוי החוזר העיקרי היה או הווה בעיקר באזורי מחשופי אבן החול המשתרעים מסביב לשולי המסיב הגרניטי של דרום סיני, נוסף לכך קיים סיכוי כי באזורי המכחשים אשר במרכז האנטיקלינות בסיני ובנגב גם כן תופעה של מלוי חוזר של אבני החול הנוביות, כפי שהדבר נמצא באזור המכחש הקטן. ייתכן מאד ותופעת המים הגבוהים במכחש הקטן מקורה בהוצרות עדשה של מים מחוקים על פני גוף המים החצי מלוחים המרווה את שכבות אבני החול בכל האזור.

קיומם של שני בסיסי ניקוז במזרח ובמערב והעובדה כי סיבות סקטוניות גרמו לקרוב שכבות

אבני החול לפני השטח, מחיבות הופעת מעיינות או פני מים ארטזיים בקדוחים. ואמנם חופעות אלו ידועות מבקע הערבה והסואץ. יש אם כן להניח כי קוי שוי המפלס יראו גרדיאנט של מי התהום לכוון הבקעות הללו.

נשאלת השאלה אם קיימת זרימה כלפי צפון. ידוע לנו מנחונים גיאולוגיים שונים כי כלפי צפון אחוז החול בשכבות אלו הולך ופוחח ואת מקומו תופסת החרסית. כמו כן צפונה לאזור האנטי-קלינות נוחחות השכבות לעומק רב. יש על כן להניח כי כיום לא קיימת זרימה באקויפר אבני החול לצפון אלא רק למזרח צפון מזרח, ולמערב.

ייתכן ובחקופות קדומות בעת שפני המים היו גבוהים יותר התנקז אקויפר זה דרך אזורי המכתשים, השערה המבוססת על משקעי מעינות אשר נמצאו בכמה מהמכתשים ועת חופעות דומות במדבר המערבי. אך עם ירידת פני המים מתחת לבסיס המכתשים אין לשער כי קיימת זרימה כלפי צפון. לעומת זאת, ייתכן וכיום משמשים אזורי המכתשים אזורי מלוי לאקויפרים אלו ובאזורים אלו קיימים גופי מים מקומיים מחוקים הצפים על גופי המים המלוחים יותר של האקויפר האזורי. על סמך השקולים הללו והנחונים מהקדוחים והמעיינות הספורים הוכנה מפת מפלסים המצ"ב (חרשים מס. 8).

5.1. מקור המים באקויפר אבן החול הנובית:

לאור תוצאות הבדיקות האיזוטופיות ולאור השוואה עם תוצאות המחקרים אשר בוצעו באקויפרים זהים במדבר המערבי ובסהרה אין להמנע מהמסקנה כי אמנם מקור המים העקרי הוא במשקעים אשר ירדו בחקופת הפלייסטוקן. (Munnich, 1962; Knetsch et al, 1962; Ambroggi, 1966b).

עדויות רבות כגון: ישובי אדם קדמון, עצמות חיות של אזורי ביצות, שרידי מעיינות ואגמים במדבריות הסהרה, המדבר המערבי וסיני וכן תוצאות המחקרים המבוססים על איזוטופים מביאות למסקנה כי אמנם היו בזמן הפלייסטוקן תקופות גשומות יותר, אשר ייתכן והן קשורות עם תקופות הקרח האירופיות.

בתקופות אלו אשר נמשכו כמה מאות אלפי שנים היו גם מחשופי אבני החול נפוצים יותר וכסו חלק גדול יותר של המסיב הגרניטי.

במשך תקופות אלו התמלאו האקויפרים ואף עלו על גדותיהם בצורת מעיינות רבים אשר נבעו לכל אורך שולי בקעת הירדן וים סוף. עקבות המעינות הללו נשמרו עד היום בצורת שכבות סינטר עבות מלוות בכלי צור של האדם הקדמון אותן נתן למצוא לאורך ההעתקים של הבקע. עם סיום התקופות הגשומות החלו לרדת פני המים וחלה דעיכה איטית של המעינות, חוץ

מאותם המעינות באזורים הנמוכים ביותר בהם רום פני המים עדיין נמצא מעל פני הים.

כפי שנאמר קיימת קורלציה מלאה בין התופעות אשר נמצאו בנגב הדרומי ובסיני לתופעות אשר נחקרו לאחרונה בסהרה ובמדבר המערבי. יש לשער כי גם כיום נמשך המלוי החוזר של אקויפר א.ת.נ. באזורי מחשופיו לאורך השוליים הצפוניים של המסיב הגרניטי וכן באזורי המכתשים. בהשוואה עם נתונים מזרימות תת-קרקעיות אשר נמדדו לאחרונה בואדיות בדרום סיני יש לשער כי המלוי החוזר הזה הוא בסדר גודל של כמה מליונים מטרים מעוקבים בשנה.

התרוקנות האקויפר הזה לאורך שולי הבקע של הערבה והסואץ נראית להיות אף היא בסדר גודל זה. ויחכן וקיים כיום איזון בין הזרימה היוצאת והנכנסת.

6. חשוב ראשוני של כמויות אפשריות לנצול:

בהתחשב בנתונים ההידרוגיאולוגיים וההידראוליים כפי שהובאו לעיל, ולאור קרטיריוני הפקה סבירים, נערך חישוב ראשוני של הכמויות הניתנות לנצול מחוץ נפחי האוגר.

6.1. תנאי הפקה:

בשטח הניתן לניצול (חרשים מס. 8) האקויפר הינו כלוא, כשגב האקויפר נמצא בעומק של עד כ-800 מ'. באזור קדוחי נחל, פני המים מגיעים עד כ-230 מ' מתחת לפני הקרקע. כלפי דרום מחרומם האקויפר בשפוע מתון עד אשר במרחק של כ-60 ק"מ מאזור נחל הוא כנראה פריאטי. אולם בכיוון זה גם פני השטח מחרוממים בצורה חלולה כך שפני הקרקע באזור זה גבוהים בהרבה מפני המים ואין אפשרות להפקה כלכלית. כלפי צפון יורד במקצת הגובה הטופוגרפי ומתוך הנחה כי פני המים הינם בשפוע מתון מאד או בכלל ללא שפוע לכיוון זה, יהיו פני המים בצפון קרובים יותר לפני הקרקע. כלפי כוון האקויפר מחרומם בצורה מתונה, אך לא במידה כזו, שחרום להפיכת פני המים לפריאטיים (פרט אולי לאזורים מצומצמים בחוף האנטיקלינות). מכאן נובע שלגבי מרביתו הגדולה של האזור תהיה ההפקה מאקויפר כלוא. הפקה מאקויפר כלוא משמעותה שנפחי האוגר שישחררו לא יבואו ע"י הורקה מהחלקים העליונים של האקויפר במלואם, אלא, רק על ידי שחרור מים עם שנוי דחיסותם ומקונסולידציה של האקויפר עם שחרור לחץ. יחד עם זאת תשפיע הורדת המפלס בחלק הכלוא, על ירידת מפלס בדרום, בחלק בו האקויפר פריאטי. הורדת המפלס כאן תביא להורקה מלאה של החלק המתאים באקויפר.

6.2. עומק הניצול המכסימלי:

המידה המכסימלית של נפילת פני המים מפני הקרקע, נלקחה לפי מכסימום עומק השאיבה הידוע בישראל, כלומר 375 מ' מפני הקרקע (קדוח ציקלג). הנפילה הכללית בקדוח נגרמת על ידי אבודי עומד עקב הזרימה הטורבולנטית בקדוח וסביבו והן בגלל השפועים הנוצרים, בעת השאיבה, במפלס המים באקוויפר. אח אבודי העומד בגלל הזרימה הטורבולנטית בקדוח וסביבתו לא ניתן אלא להעריך. כדי שהקדוחים בעומק הדרוש לקדוחי הפקה באבן החול הנובית בסיני יהיו רנסביליים רצוי להבטיח אפשרות של ספיקה שעתית של לפחות 100 מק"ש. בקדוח מכחש קטן 3 השואב מאבן החול הנובית, נתקבלה בשאיבת נסיון בספיקה של כ-200 מק"ש בנפילה של כ-20 מ'. יש להניח כי נפילה זו, בעיקרה באה כתוצאה מהזרימה הטורבולנטית. נראה כי הנאי אבודי העומד בקדוח זה ניתנים ליישום גם לגבי שאיבה מאבני החול הנובי בסיני. יחד עם זאת כדי להיות על הצד הבטוח ולהמנע מהגזמה בהערכת נפחי האוגר הניתנים לניצול, הוערכו לצרכי החישוב אבודי העומד בגלל הזרימה הטורבולנטית בכ-50 מ' נפילה בספיקה של 100 מק"ש. מצב המפלסים בשדה הינו, בין השאר, פונקציה של המרחק בין הקדוחים (r) ושל כושר ההולכה (T) של האקוויפר. מהאינפורמציה הקיימת על אבן החול הנובית באזורים שונים בארץ, מתקבלת חדירות בשיעור של כ-1 מ' ליום. הבנחה של עובי ממוצע של כ-300 מ' מחקבל כושר ההולכה של כ-300 מ² ליום.

לצורך קבלת תמונת המפלסים בשדה ניקוח מצב היפוטתי בו קיימת שאיבה בספיקה ממוצעת מחמדו וקבועה במשך מספר שנים רב, ובשדה בו המרחק בין הקדוחים קבוע. תמונת המפלסים שתתקבל תהיה שונה במציאות מאשר במערכת ההנחות. אולם ההפרשים בין המפלס המינימלי, בקרבת מקום לקדוחים השואבים, והמפלס המקסימלי הנמצא במקום כל שהוא בשדה, הווה אומר בין בזה של המערכת ההיפוטתית לבין זה של המערכת המציאותית, לא עלולים להיות שונים באופן רדיקלי. בהחשב בעובדה כי בפועל ההפסקות בשאיבה בשדה כלוא, יקרבו את המפלסים בשדה כולו באופן די מהיר יחסית, אל המפלס הממוצע, נותנת מקום להניח כי במצב של שאיבה ממוצעת קבועה, ההפרשים בין נקודות מכסימום למינימום בשדה השאיבה גדולות יותר מאשר במצב של שאיבות בספיקה גדולה יותר חוץ הפסקות. (הפקה של כ-0.6 מלמ"ק לשנה במשך 6000 שעות שאיבה, משמעותה שאיבה ממוצעת של כ-70 מק"ש).

עיון בתנאי השטח, ובאפשרויות הצבת קדוחים בו, מראה כי הצבת רשת קדוחים במרחקים סבירים הנה אפשרית, תוך הצמדות לנקודות הנמוכות מבחינה טופוגרפית. יש להניח כי אזורים

אלה יהיו בסמוך לאזורי צריכה. משקולים מעשיים נראה כי הצבה של שלשה קדוחים לפחות באיזור אחד, דהיינו, הפקה של קרוב למלמ"ק לשנה תתחייב בהרבה מקרים. המרחקים בין קבוצות קדוחים אלה קשים לחזוי כרגע ולפיכך יוצאו מספר תחזיות לגבי מרחקים שונים. ברור כי יהיו מקרים שיהיה צורך ברכוז שאיבה גדול יותר באיזור אחד, דבר שיספיע על הכמויות של נפחי האוגר החד-פעמי הניתנים לניצול.

6.3. צורת החשוב:

לצרכי החשוב יוערך כי קיימת שאיבה חמידית בין קבוצות קדוחים כשכל קבוצה משפיעה עד למחצית המרחק.

בחלק המרוחק של תחום ההשפעה של קבוצת קדוחים, ברור כי השפוע יהיה קטן מאד כך שהנחה כי קיים מצב חמידית ניתנה בהחלט ליישום. הפרש Δh בין המפלס באיזור השאיבה לבין המפלס בקצה תחום ההשפעה יהיה עוד קטן מהמחושב בגלל השפעת קבוצות קדוחים נוספות הממוקמות במישור האפקי והשפעתן לא מובאת בחישוב. הנוסחה לחישוב Δh באקוויפר כלוא בחנאים אלה היא כדלקמן:

$$h = \frac{2.3 Q}{2 \times 300} \log \frac{R}{\sqrt{A}}$$

כאשר R הוא תחום ההשפעה; \sqrt{A} הרדיוס האפקטיבי של הקדוח (לא ניתן לקבוע במדויק מהוא הרדיוס האפקטיבי של הקדוח אולם ניתן להעריך \sqrt{A} מינימלי כ-0.25 מ'. מאחר ש \sqrt{A} משפיע לוגריחמית על Δh לשנויים תהיה השפעה קטנה מאד).

בשלב ראשון יוערך מרחק של 30 ק"מ בין קבוצת קדוחים אחת לשניה, משמעות הדבר כי בתחום השפעה R של 15 ק"מ בין כל קבוצת קדוחים ובספיקה ממוצעת של כ-210 מק"ש לכל קבוצת קדוחים יתקבל:

$$h = \frac{2.3 \times 210 \times 24}{2 \times 300} \log \frac{15 \times 10^4}{0.25} = 6.15 \log 6 \times 10^4 = 29.4 \text{ m}$$

הנוסחה מראה כי להגדלת או הקטנת המרחק בין קבוצות הקדוחים השואבים, השפעה משנית בלבד. הקטנת המרחק לשליש תקטין ב-3 מ' את הפרשי המפלסים, ואלו הגדלתו פי שלש - הגדלה שבכל מקרה אינה ריאליה - תוסיף 3 מ' להפרשי המפלסים. לעומת זאת הגורם הקובע הוא רכוז השאיבה בכל קבוצת קדוחים כשהפרשי המפלסים מחיחסים לינארית לשנוי בגורם זה. המפלס הממוצע ילקח כ-0.75 מערכו של Δh כלומר כ-22 מ' מעל המפלס באזור קבוצת הקדוחים.

מדידות מעבדתיות של נפח החללים באבני החול הנוביות מקדוחים שונים בארץ והחשובים לעיל העידו על ממוצע של כ-15% נפח חללים. וניתן להעריך כי חלק כל שהוא של החללים הם חללים סגורים למים. אח חלק החללים הממולא מים והחשוף לשנוי לחץ הערכנו בכ-12.5%. במדבר המערבי הגיעו גם ל-30% חללים, כך שהערכה הניתנת כאן היא זהירה. שנויי הדחיסות של המים נ - 25^0 הם 0.48×10^{-5} לכל מ' של שנוי לחץ. לצרכי החישוב ילקח הערך של 0.5×10^{-5} כמקדם הדחיסות. חלק הסטורטיביטי הכלוא הנובע משנוי דחיסות המים הוא לפיכך: $1.875 \times 10^{-4} = 0.5 \times 10^{-5} \times 12.5 \times 10^{-2} \times 300$. בהערכה ראשונית ניתן לאמוד את החלק הסטורטיביטי הנובע משנויים בנפח הקומפלקס החולי עם שנוי הדחיסות, כשווה לזה הנובע משנוי דחיסות המים מחקבלת הערכה של $4 \times 10^{-4} = 3.75 \times 10^{-4}$.

בשטח ההפקה בו המים מתוקים (חרשים מס. 8 אזור קדוחים) גובה פני הקרקע הוא בממוצע

375 מ' + ורום פני המים הוא במוצע 175 מ', כלומר במוצע 200 מ' מפני הקרקע לפני המים. כ-72 מ' דרושים כאמור לשפילה "דינמית" (50 מ') וה"סטטיה" (22 מ'). נשארה אפשרות הורדת מפלס, בחנאי שאיבה, מעומק 375 מ' מפני הקרקע, בשיעור של כ-100 מ'. שטח האזור הוא כ-4800 קמ"ר. הנפח הניתן להפקה יתקבל לפיכך:

$$4800 \times 10^6 \times 100 \times 4 \times 10^{-4} = 190 \times 10^6 \text{ מ}^3$$

רום פני הקרקע בחלק הדרומי של האזור הוא במוצע כ-430 מ' + ורום פני המים כ-175 מ' + מתקבלת אפשרות של הורדת מפלס בשיעור של כ-50 מ'. כל קבוצה קדוחים משפיעה במוצע על שטח של כ-900 ק"מ (30 × 30 ק"מ). לגבי שטח של כ-4800 קמ"ר משמעות הדבר כ-5 קבוצות שאיבה או הפקה של 10 מליון מ"ק לשנה. במשך הזמן עם ירידת המפלסים באזור השאיבה תחל זרימה אליו מכל הכוונים. כלפי מערב ומזרח פני המים ירדו כך שהורדת המפלס באזור השאיבה תגרום אמנם לזרימה מכוונים אלה אך מרחק קווי הפרשה שיווצרו לא יהיה גדול, ומכיון שמדובר על הורדת לחץ באזור כלוא ניתן בקרוב ראשון להזניח את הזרימה מכוונים אלה.

כלפי צפון המצב לא ברור, בביר חסנה נמצאו מים מלוחים יותר מאשר באזור ההפקה המיועד, אך לא ידוע בבטחון באיזה שכבות נמצאו המים. באזור ג'בל הלל הנמצא אף הוא מצפון, ידוע על גוף מים מחוקים מאד משכבות אבן החול הנובית. יחד עם זאת ידוע כי חלק החרסיות בתוך הקומפלקס של אבני החול גדל כלפי צפון. קשה על כן להעריך מה תהיה הזרימה מצפון ומהוא תחום ההשפעה, לפיכך מבחינה כמותית לא נלקחה משיכה מים מצפון בחשוב הכמויות הניתנות לניצול. במדה ויתבררו בעתיד כי בצפון אמנם קיימים גופי מים בעלי מליחות של כ-2000 מ"ג/ל" כלור, תהיה ההפקה באזור המוצע מותנית בניצול מקביל של מים מלוחים מצפון כדי למנוע השפעתם על אזור ההפקה העיקרי.

לצרכי החישוב יוערך כי בשלב מסויים של הפקה באזור העיקרי כל ה-10 מלמ"ק לשנה יזרמו מכוון דרום. חזית הזרימה תהיה באורך של 100 ק"מ כלומר 100.000 מ"ק לשנה לכל ק"מ. המרחק הממוצע בין החלק הדרומי של אזור הפקה לאזור בו אקויפר אבן החול הוא פריאטי הוא כ-40 ק"מ. בערכי הולכה של כ-300 מ² ליום משמעות הדבר שדרוש שפוע של כ-1 פרומיל כדי לאפשר זרימה 100 מ³ לשנה דרך מ' רוחב. כדי להבטיח זרימה בשיעור זה, על 40 ק"מ יידרו כ-40 מ'. ישארו כ-10 מ' להורדה בשטח הפריאטי, ובקרוב ראשון עקב השפועים הדרושים בחלק הפריאטי עצמו ניתן להעריך ירידה של כ-5 מ' במוצע. השטח המושפע ע"י ירידה זו 2000 קמ"ר. ניתן להעריך את הנקבוביות האפקטיבית בחלק זה בכ-10%. יתקבלו כמויות כדלקמן: $1000 \times 10^6 = 2000 \times 10^6 \times 5 \times 10^{-1}$.

הורדת הפוטנציאל בחלק הכלוא בין אזור ההפקה לחלק הפריאטי תהיה במוצע 30 מ' (10 מ' בצד הפריאטי ו-50 באזור ההפקה העיקרי) ואילו השטח המושפע כ-4000 קמ"ר. מתקבלת הפקה בשיעור של:

$$50 \times 10^6 \text{ מ}^3 = 48 \times 10^6 \text{ מ}^3 = 4000 \times 10^6 \times 30 \times 10^{-4}$$

מתקבל כ- 1250×10^6 מ"ק נפחי אוגר זמניים להפקה או אפשרות הפקה סדירה של 10 מלמ"ק

שנה למשך כ-125 שנה.

באם חוכפל החפוקה השנתית לכ-20 מלמ"ק בשנה, ברור כי הכמויות תפחתנה בעיקר בגלל הצורך בשפועים גדולים יותר אל האזור הפריאטי שהוא התורם העיקרי. קשה לחשב מה תהיינה בדיוק הכמויות. כבר בהתחלת השאיבה מהחלק העיקרי תתחיל זרימה מדרום שחשפיע במשך השנים גם על האזור הפריאטי, משמעות הדבר כי גם בשנות ההפקה האחרונות, בשיעור של כ-20 מלמ"ק שנה, חלק מהכמויות עדיין תנוצלנה מהאזור העיקרי ורק חלק מהזרימה מדרום, כך שיתאפשרו שפועים קטנים יותר. בהערכה ראשונית זהירה ניתן לאמוד הפקה מקסימלית של כ-25 מלמ"ק לשנה לטווח שנים סביר (לפחות 25 שנה) שאף היא לא תפסק בבת אחת אלא לאחר מכן תקטן בשיעורה.

יש לקחת בחשבון כי המגבלה הגדולה בכמויות ההפקה טמונה בעומק השאיבה הנוכחי. ברור כי טכניקת השאיבה מבחינה זו הולכת ומתפתחת כך שבטווח רחוק ניתן יהיה להפיק מעומק רב יותר. דבר זה מאפשר התבססות על הפקה שנתייה בשיעור גדול יותר. תוך הנחה כי בטווח רחוק יותר (עד 10 שנים) יותאם ציוד השאיבה בקדוחים להפקה מעומק גדול יותר מהנוכחי. בהתחשב בעובדה של פתוח מקורות מים באזור יהיה הדרגתי ויארך לפיכך לפחות מספר שנים עד שניתן יהיה להגיע להפקה מלאה, ניתן לאמוד כבר כיום כי ההפקה בהיקף מלא חוכל להיות בשיעור גבוה במדה ניכרת מה-25 מלמ"ק לשנה המצויינים בהערכה. באם תאפשר בעתיד שאיבה כלכלית מעומק של 500-600 מ', יהיה שנוי רדיקלי בכמויות ההפקה השנתיות האפשריות להפקה בטוחה בטווח שנים גדול.

7. אפשרויות ניצול אבן החול הנובית בבקעת הערבה:

מהסקר הגיאולוגי התברר כי באזור שבין יטבתה בקו רוחב 920 בקרוב, לקו רוחב 932, אבן החול הנובית נמצאת ברום +0 עד +70 בקרוב. מפלס המים באזור זה הוא כ-+60. רום פני הקרקע בקו המגע עם שכבות הבקע הוא כ-100 מ' וקיימת רצועה ברוחב של 2-4 ק"מ עד לקו +200. מהנחונים דלעיל מסתבר כי ניתן כאן להפיק מים משכבות אבן החול הנובית שהם כיום פריאטיים או כמעט פריאטיים. בכל מקרה ע"י שאיבה והורדת פני המים ניתן יהיה להפוך את המפלס באקויפר אבן החול הנובית לפריאטי. דרומית מערבית למליחת יטבתה מאפשרים התנאים ההידרוגיאולוגיים שאיבה בתנאים פריאטיים, אך כאן קיים חשש כי עקב ירידה חריפה של המפלס, תבוא משיכה של גופי מים מלוחים. אם כי אין בטחון שאמנם ימשכו גופי מים מלוחים, בשלב הנוכחי לא נלקח אזור זה בחשבון להפקה.

כלפי צפון קיימת השתפלות של השכבות כך שמאזור גרופית והלאה אבן החול הנובית נמצאת בעומקים הולכים וגדלים עד למרכז הסינקלינה בנחל חיון, שם גב אבן החול עשוי להמצא בעומק של כ-800 מ'. באזור זה אין אפשרות ליצירת תנאים פריאטיים ע"י שאיבה. כלפי צפון לכוון האנטיקלינה של נחל פארן, שוב מתרוממת אבן החול הנובית ומתקרבת לפני השטח. יצירת תנאים פריאטיים באזור זה תיתכן רק בשטח מצומצם. צפונה מאנטיקלינה זו מתפתחים שוב תנאים סינקלינליים ואיתם תנאי כליאה חזקים. באזור עין יהב - חצבה שוב עולה גב אבן החול הנובית ונוצרים כנראה תנאים המאפשרים למים מאבן החול לפרוץ דרך מישורי העתקים, אך גם כאן עדיין אי אפשר ע"י שאיבה ליצור תנאים פריאטיים.

המליחות בדרום אזור הפריאטי של יטבתה, כפי שנמצאה בקדוחים יטבתה 1 היא בשיעור של כ-800 מ"ג

כלורידים לליטר. קצח כלפי צפון המליחות ביטחה 8 בשכבות אבן החול הנובית היא כ-600 מ"ג/ל" כלור, אך כאן יתכן כי המים באים מערבוב של שני אקויפרים. מכל מקום ברור כי באזור ההפקה הניתן להאיץ לפריאטי, מליחות המים היא מחת ל-800 מ"ג/ל כלורידים. כלפי צפון נמשכה כנראה מליחות זו, העובדה שלא הועמק קדוח ע"י יהב 4 (למרות המלצת המכון הגיאולוגי והמח" ההידרולוגית של ת.ה.ל.) מהווים מכשול בפני הערכת אפשרויות נצול אקויפר זה. כלפי דרום באזור חמנע מצויים מים באבן החול הנובית התחתונה ומליחותם גבוהה בהרבה, מהאמור לעיל ניתן לחלק את אזור הנצול לשלשה חלקים:

- א. אזור יטבתה-גרופית - בעל אפשרות ליצירת תנאים פריאטיים עם שאיבה והפקה כמויות רציו-נליות.
 - ב. אזור קטורה יעלון - בו ניתן להניח כי מליחות המים סבירה לנצול, אך היות והתנאים כלואים ומדובר בשטח מצומצם יחסית אין לצפות אלא לתוספת שולית ממקור זה.
 - ג. אזור נרחב בין קטורה יעלון עד ע"י יהב, בו פני המים באבן החול יהיו כלואים או כמעט כלואים במשטר הפקה מוגבל לעומק 375 מ' מפני הקרקע. אך היות ומדובר בשטח נרחב ניתן לצפות לכמויות הפקה בעלות משמעות לפתוח אזורי במדה ויתברר בעתיד כי איכות המים מתאימה לפתוח.
- חוות דעה זו התרכז באפשרויות ההפקה באזור יטבתה גרופית בלבד. אך יש להדגיש כי מן הראוי להעמיק כבר כיום את הקדוח ע"י יהב 4 ולקדוח לאבן החול הנובית באזור פאראן על מנת לבחון את איכות המים באזור נרחב יותר. במדה ויתברר בעתיד כי איכות המים באזור זה ראויה לנצול יהיה טעם בהערכה כמותית של אפשרויות הנצול לפתוח נוסף.

7.1. אפשרויות הורדת פני המים:

באם ילקח מפלס פני הקרקע במוצע של 175 מ' +, ורום גג אבן החול הנובית במוצע כ-25+ יהיה צורך להוריד במוצע את פני המים ב-150 מ' כדי להגיע לתנאים פריאטיים. גם כאן לנפילה "דינמית" יידרשו לפי הערכה כ-50 מ', ועוד כ-25 מ' ל"נפילה סטטית" ממוצעת באזור. ישארו לפיכך להלכה כ-150 מ' אפשריים להורדה ממוצעת של פני המים באזור השאיבה. מאחר וכל עובי האקויפר העליון באזור זה אינו עולה על 200 מ'. ויש לשמור על 100 מ' ל"נפילה דינמית", ל"נפילה סטטית" ולעובי חתך מספיק לזרימה לקדוח (המגבלה כאן היא עובי האקויפר ואין להניח הורדת מפלס אפשרית של יותר מ-100 מגג האקויפר). אזור השאיבה (ראה תרשים 8) משתרע על פני כ-30 קמ"ר. הנקבוביות האפקטיבית תוערך בכ-10%.

$$\text{מתקבלים נפחי הפקה כדלקמן: } 300 \times 10^6 \times 10^{-3} = 30 \times 10^6 \times 100 \times 10^{-1}$$

בנוסף לכך ייווצר שפוע מהמערב כלפי אזור ההפקה יתכן ותבוא גם זרימה מהמזרח עם הורדת פוטנציאל פני המים, אך מאחר ואין אינפורמציה מספקת על מבנה שכבות מלוי הבקע בעומק זה, תוזנח האפשרות של חרומה מהמזרח. בשלב ראשון נניח כמויות הפקה של כ- 20×10^6 מ"ק/שנה. לאורך של 12 ק"מ חזית זרימה, תהיה הזרימה היומית הממוצעת למ' :

$$\frac{20 \times 10^6}{12 \times 10^3 \times 365} = \frac{20 \times 10^6}{43.8 \times 10^6} = 4.35 \text{ מ}^3/\text{מ}^2/\text{יום}$$

לפי פוטנציאל של 1 מ" ליום מוערך גם כאן מחקבל $T = 150 \frac{2}{\text{יום}}$ (בממוצע לחתך).

השפוע שיבטיח בתנאים אלה זרימה זו יהיה:

$$S = \frac{4.35}{150} = 3 \times 10^{-2}$$

$$\frac{100}{3.0 \times 10^{-2}} = \text{מ}^2 \text{ של } 3300 \text{ יהיה:}$$

הנפחים שיתווספו על ידי כך לאורך 12 ק"מ יהיו:

$$3300 \times \frac{100}{2} \times 12 \times 10^3 \times 10^{-1} = 3300 \times 600 \times 10^2 = 200 \times 10^6$$

מחקבלים נפחי הפקה של 500×10^6 מ"ק כלומר הפקה בטוחה ל-25 שנה. למעשה אפשרית הפקה בשיעור זה למשך זמן רב יותר מאחר והשאובה היא בפועל משולבת מהאזור המרכזי בן 30 הק"מ הרבועים והאזור המערבי ממנו תתחיל זרימה מוגברת מיד עם הורדת המפלסים. מכאן מקבלים הערכה של הפקה בטוחה של כ-20 מליון מ"ק לשנה במשך 30 עד 35 שנה, שלאחר מכן חלך ותפחה בהדרגה. באזור הכלוא (אזור ג') משתרע לאורך של כ-100 ק"מ. התנאים הטופוגרפיים מראים בהתאם לאותם השיקולים שצוינו לעיל על אפשרות הורדת המפלס בשיעור של כ-150 מ". באם ילקח מרחק השפעה מכסימלי באזור זה כ-50 ק"מ ואגירות כלואה של 3×10^{-4} , בהתאם להערכה לאבן החול הנוביח באזור סיני, יתקבלו נפחי הפקה כדלקמן:

$$100 \times 10^3 \times 50 \times 10^3 \times \frac{150}{2} \times 3 \times 10^{-4} = 100 \times 50 \times 10^2 \times 75 \times 3 = 5000 \times 225 \times 10^2 = 110 \times 10^6 \text{ מ}^3$$

כלומר פרט לאותם אזורים בהם ההפקה יכולה להשפיע על נצול אזורים פריאטיים, המוגבלים באזור המדובר לפאראן ועין יהב, ניחן להסתמך על נפחי אוגד חד פעמיים קטנים למדי המצמצמים את ההפקה השנתית ל-4-5 מלמ"ק בשנה, וזאת מתוך מגמה להבטיח הפקה רב שנחית סדירה. אין בכמות זו משום תוספת רדיקלית. אך באם יתברר בקדוח בפארן ובהעמקה בעין יהב כי איכות המים ראויה לנצול יכולה כמות בסדר גודל זה להוות פתרון מקומי לנקודה או שתיים בהן אין שום אפשרויות להפקה ממקור אחר בטווח סביר.

8. סכום והמלצות:

תוצאות המחקר אשר הוגשו בזה הן בהכרח ראשוניות מאחר והן מבוססות על מספר נתונים קטן מאד. אך יחד עם זאת הן מצביעות על אפשרויות פתוח לא מבוטלות בסיני, בהר הנגב ובערבה. נראה לנו שניחן לגשת לפעולות קדיחה וניצול מידיים בערבה ובמרכז סיני. מלבד החשיבות הכלכלית המידית של פעולות אלה יתוסף ידע רב שיאפשר קבלת הערכות מבוססות ומדויקות יותר.

8.1. אזורי פתוח למים מחוקים:

אנו מציעים את האזורים הבאים לפתוח:

- א. האזור של נחל במרכז סיני.
- ב. אזור המכתשים במרכז סיני ובהר הנגב.
- ג. אזור החמדות והמישרים בין נחל ובין הערבה.
- ד. אזור יטבתה - גרופית.

כאזורים המיועדים לאקספלורציה בהם קיימים כל הסכויים למציאת מים מחוקים מוצעים האזורים

הבאים:

- א. אזור ביר חמדה בסיני.
- ב. אזור ריסן ענייזה - 4 ק"מ מערבית לביר לחפן, ו-30 ק"מ דרומה לאל-עריש.
- ג. אזור נחל עיון.
- ד. אזור הר עשה, דרומה לנחל פארן - באר מנוחה.
- ה. אזור עין יהב.

8.2. אזורי פתוח למים חצי מלוחים:

מקורות מים חצי מלוחים המכילים בין 1000 ל-3000 מ"ג כלור והעשויים להתאים לצרכים שונים

עם או בלי התפלה נתן למצוא באזורים הבאים:

- א. צפון סיני, צפונה מכביש ביר חסנה - ביר חמדה.
- ב. שפלה החוף לאורך תעלה סואץ.
- ג. אזור חצבה.

* * *

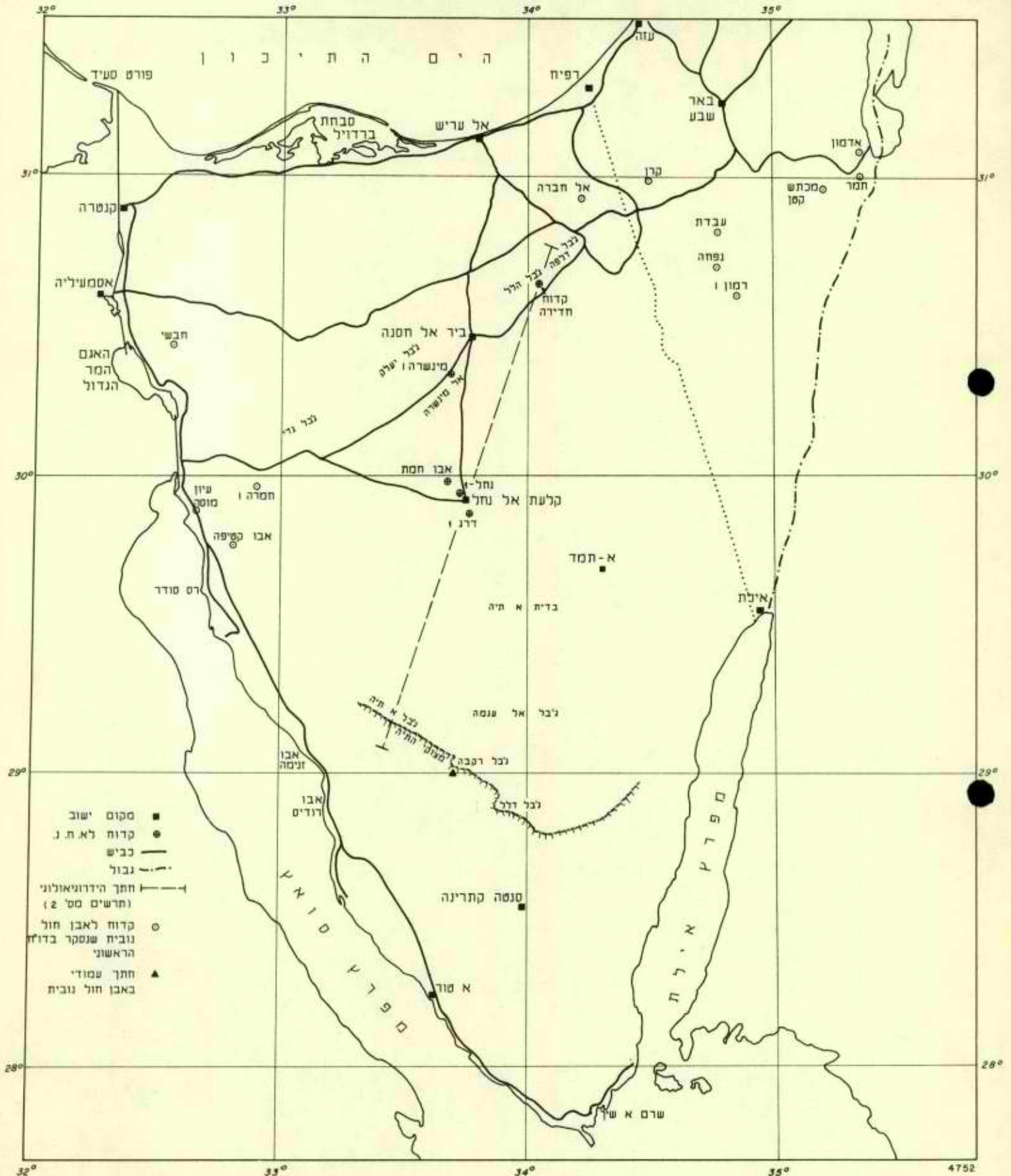
ב י ב ל י ו ג ר פ י ה

- 1) בייץ ע. ואיסר א., 1968, הצעה למחקר של אפשרויות פחוח אקויפר אבני החול הנוביות בנגב ובסיני. דו"ח המכוון הגיאולוגי, ירושלים.
- 2) Ambroggi, R.P. 1966, Water Under the Sahara. Scientific American 21414-50, pp. 21-29.
- 3) Ayouty, M.K. and Ezzat, M.A., 1961, Hydrogeological Observations in the Search for Underground Water in the Western Desert of Egypt, U.A.R. I.A.S.H. Pub. No. 56, Symposium of Athens, pp. 114-119.
- 4) Ball, J., 1916, The Geography and Geology of West Central Sinai. Egypt Survey Dept. Cairo. pp 219.
- 5) Beets, C., 1948, Correlation of the Palaeo - and Mesozoic in Egypt. Geol. Report N. 679, Cairo.
- 6) Degens, E.T., 1962, Geochemische Untersuchungen Von Wässern Aus Der Agyptischen Sahara. Geol. Rund. Band 52, pp. 625-638.
- 7) Gat, J.R., Mazor, E., Tzur, Y., 1969, The stable isotope composition of mineral water in the Jordan Rift Valley. Israel Jour. of Hyd. 7,
- 7a) Helal, A.H. and Jux, U., 1962, Zur Geologie Von Ayûn Mûsa, am Westlichen Sinai, Agypten. Geol. Rund. Band 52, pp. 651-665.
8. Knetsch, G., 1962, Geologische Überlegungen su der Frage Des Artesischen Wässers in Der Westlichen Agyptischen Wüste. Geol. Rund. Bands 52. pp. 640-650.

- 9) Knetsch, G., Shata, A., Münnich, K.O., Vogel, J.C.
Shazly, M.M. 1962
Untersucungen An Groundwässer der Ost-Sahara. Geol.
Runds. Band 52, pp. 587-610.
- 10) Milner, H.B. 1962
Sedimentary Petrography
- 11) Münnich, K.O., and Vogel, J.C. 1962
Untersucungen an Pluvialen Wässern der Ost-Sahara. Geol.
Runds. Bands 52, pp. 611-624.
- 12) Pavlov, M.I. 1959
Ground Water of the Kharga Oasis as a Source of the
Reclamation of New Lands. Report to the General Desert
Development Authority. Cairo.
- 13) Pavlov, M. and Ayuty, M. 1961
Ground Water of the Sinai Peninsula.
Report to the General Desert Development Authority. Cairo.
- 14) Ramly, I.M. El. 1964
The Use of Fissured Limestone in Locating Ground Water
Resources and its Application to Farafara Oasis. New Valley
Area. Western Desert.
Paper given at the Arab mining and Petroleum Association on
November 11, 1964, Cairo.
- 15) Said, R. 1962
The Geology of Egypt.
- 16) Schlatter, L.E. 1950(a)
Geological Report on the Well Nakhel-1
Geol. Report No. 890 Cairo

מפת קידוחים

מאת ע. ביין



קנה מדה 1:1000000

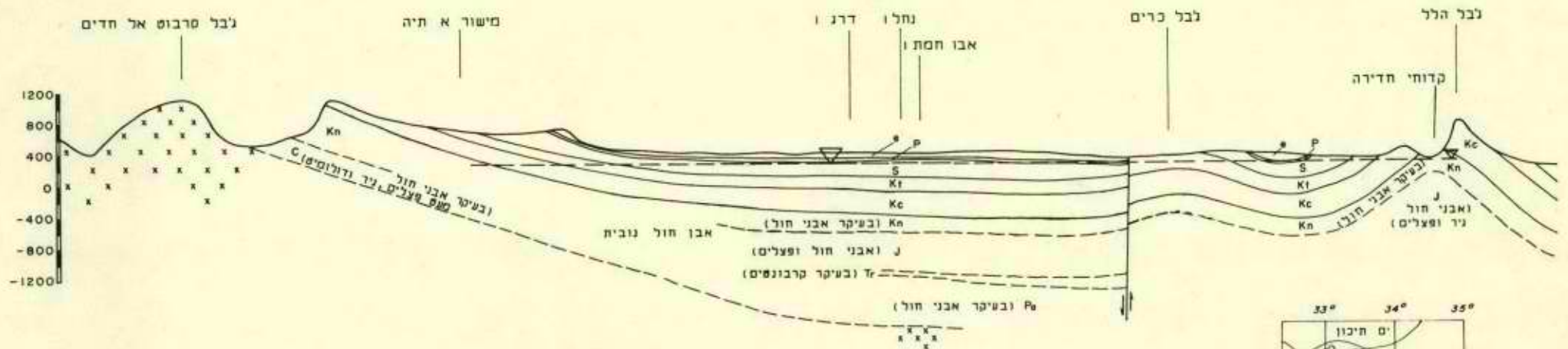
0 20 40 60 80 100 ק"מ

תרשים 1

חתך הידרוגיאולוגי - סיני

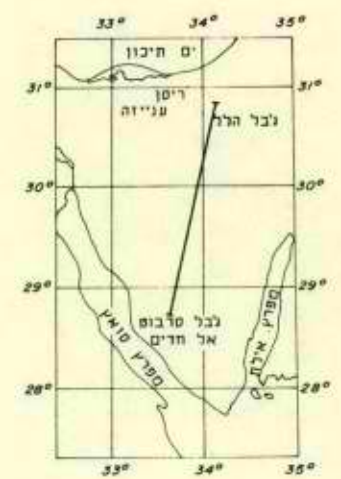
מאת ע. ביין

- S -

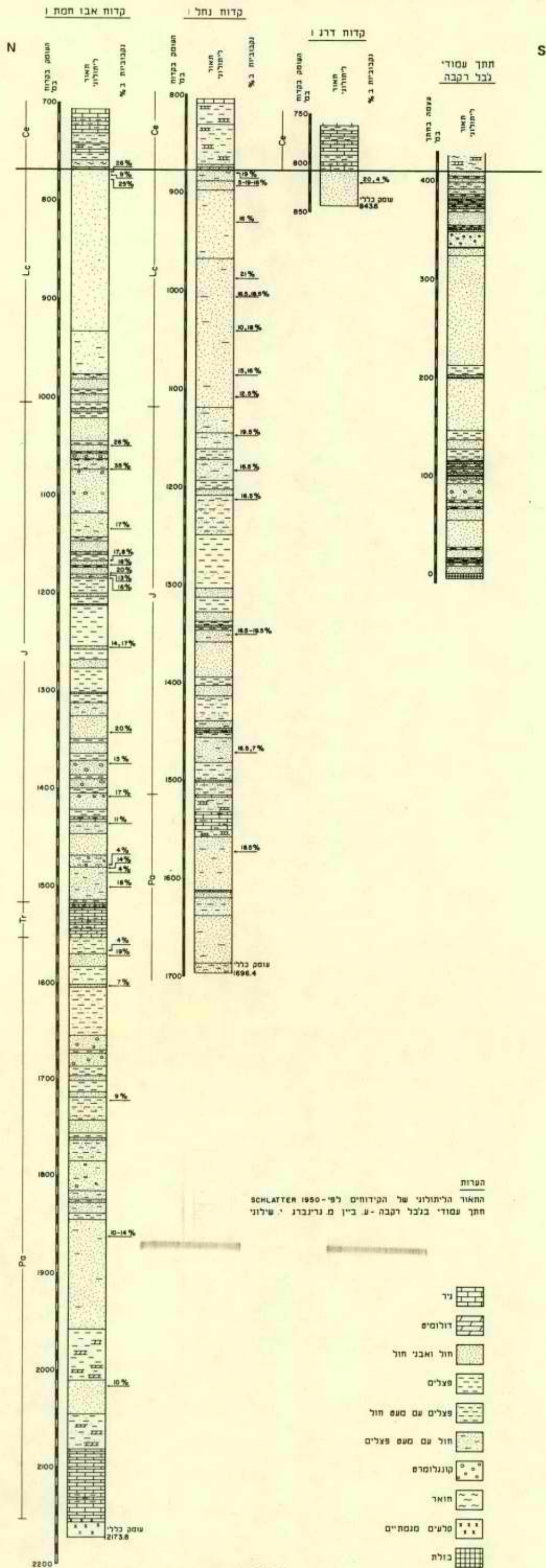


- מקורות :
1. מפה גיאולוגית 1:500,000 - פרומן
 2. "הגיאולוגיה של מצרים" - רושדי סעיד
 3. מפה טופוגרפית 1:250,000 - מחלקת המדידות
- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| איאוקן | e |
| פליאוקן | P |
| סנון | S |
| טורון | זא |
| קנוסן | Kc |
| קרטיקון תחתון | Kh |
| יורא | J |
| טריאס | Tr |
| פליאוזואיקון | Pe |
| קרבון | C |
| פריקמבריום | x ^x _s |
| מפלס מים באבני החול הנובית | ▽ |
| משוער נתון | --- |

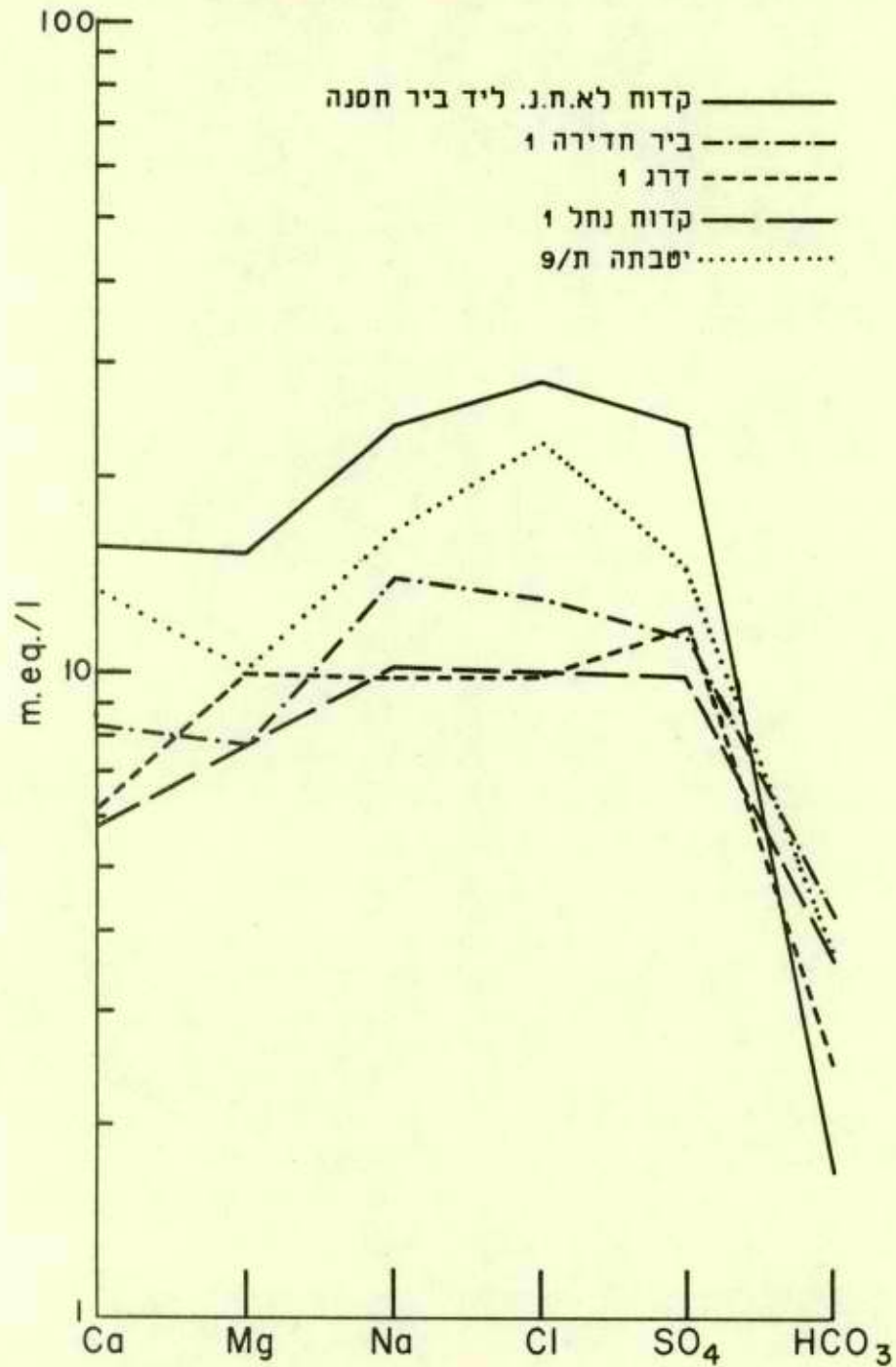
ק. מ. אופקי 1:500,000
ק. מ. אנכי 1:40,000



טבלת קורלציות
מאת ע. ב"ן



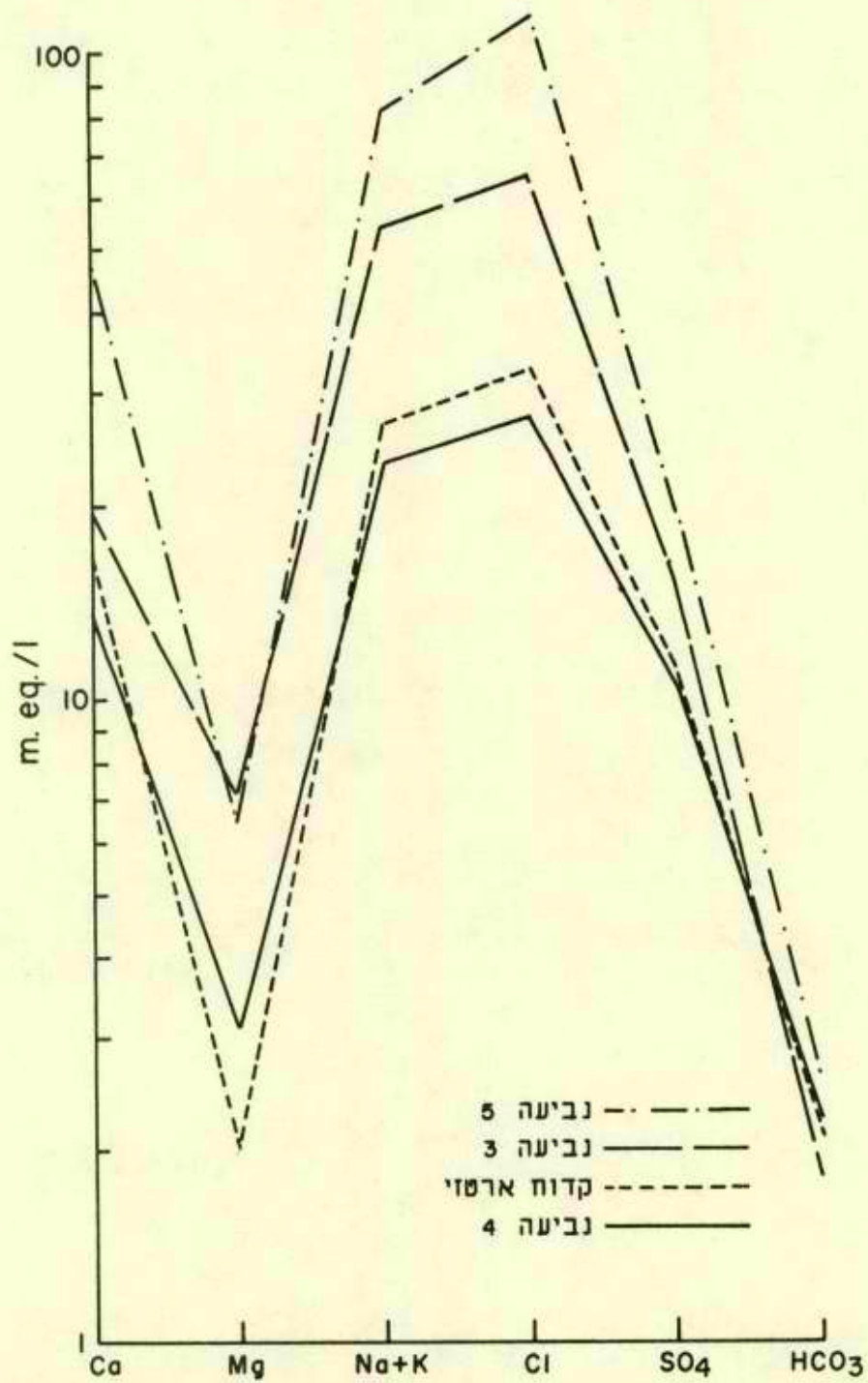
מים באבן חול נובית מרכז סיני



אנליזות 1 ו-4 - המס' לניאוכימיה במכון הגיאולוגי
" 2 ו-3 - מתוך דו"ח חברת "גיאופיסיקה"

4810

מים באזור עין מוסה מאת ע. ביין



מקורות המים באבני החול הנוביות בסיני ובנגב הדרומי

ס א ת

א. מיכאלי
השרות ההידרולוגי

א. איסר ע. בייך
המכון הגיאולוגי

דוח ביניים

ירושלים, 1969

מקורות חברת מים בע"מ בהנדס ראשי	
פרטונים	
מס'	69-200
נושא	69-200
תיק	
תאריך	

נספחים

(1) תכנים מה' 8

(2) " " 9

(3) אפס - אנטיביות כחיות

מדלינת ישראל

דואר רשמי

מס מקור No.	שם מקור Name of source	Ca ⁺²		Mg ⁺²		Na ⁺		K ⁺		Cl ⁻		Br ⁻		SO ₄ ⁼		HCO ₃ ⁻		TDS W
		W	r	W	r	W	r	W	r	W	r	W	r	W	r			
1	9/ה החדש	266.3	13.29	121.5	9.99	374	16.27	26.5	0.67	833	23.49			653.9	13.59	225.6	3.70	
2	8 החדש	250.7	12.51	121.2	9.96	318.2	13.84			581.5	16.40			763.0	15.87	243.9	3.99	2175
3	2 יומן	223.6	11.17	103.6	8.53	1341.5	58.40	77.0	1.97	2069.2	58.27	6.5	0.08	899.1	18.69	182.9	3.00	4825
4	5 החדש	149.7	7.48	64.6	5.32	397.7	17.31	29.8	0.76	627.1	17.70	1.2	0.01	407.4	8.49	280.4	4.60	1846
5	3 יומן	154.9	7.73	70.0	5.75	460	20.01	26.44	0.68	748	21.09			974.9	7.80	317	5.20	2060
6	החדש	940	47.00	79	6.58	1850	80.43	104	2.67	4087	115.12	29.1	0.36	965	19.69	146	2.39	
7	1 יומן	278	13.90	37.7	3.14	520	22.61	39	1.0	963	27.12	4.3		530	10.82	146	2.39	2518.0
8	2 יומן	386	19.3	86	7.17	1210	52.60	76.5	1.96	2316	65.24	9.35	0.12	760	15.51	110	1.80	
9	5 החדש	1950	9.73	58.36	4.80	208.95	9.09	22.85	0.58	352.32	9.93			465.81	9.69	204.35	3.35	
10	(החדש) החדש	330	16.5	193	16.0	555	24.1	26.4	0.68	1010	28.8	0.94		1215	25.31	104	1.7	
11	Abu Durba 3	860.0	42.8	3000.0	246.5	17750.0	771.2			36800.0	1638.0			1080.0	22.5	0.0	0.0	67800.0
12	Ras Sudar 2	31020.0	1548.0	2478.0	204.0	50868.0	2211.0			140225	3954.0			295.0	6.0	195.0	3.0	225600.0

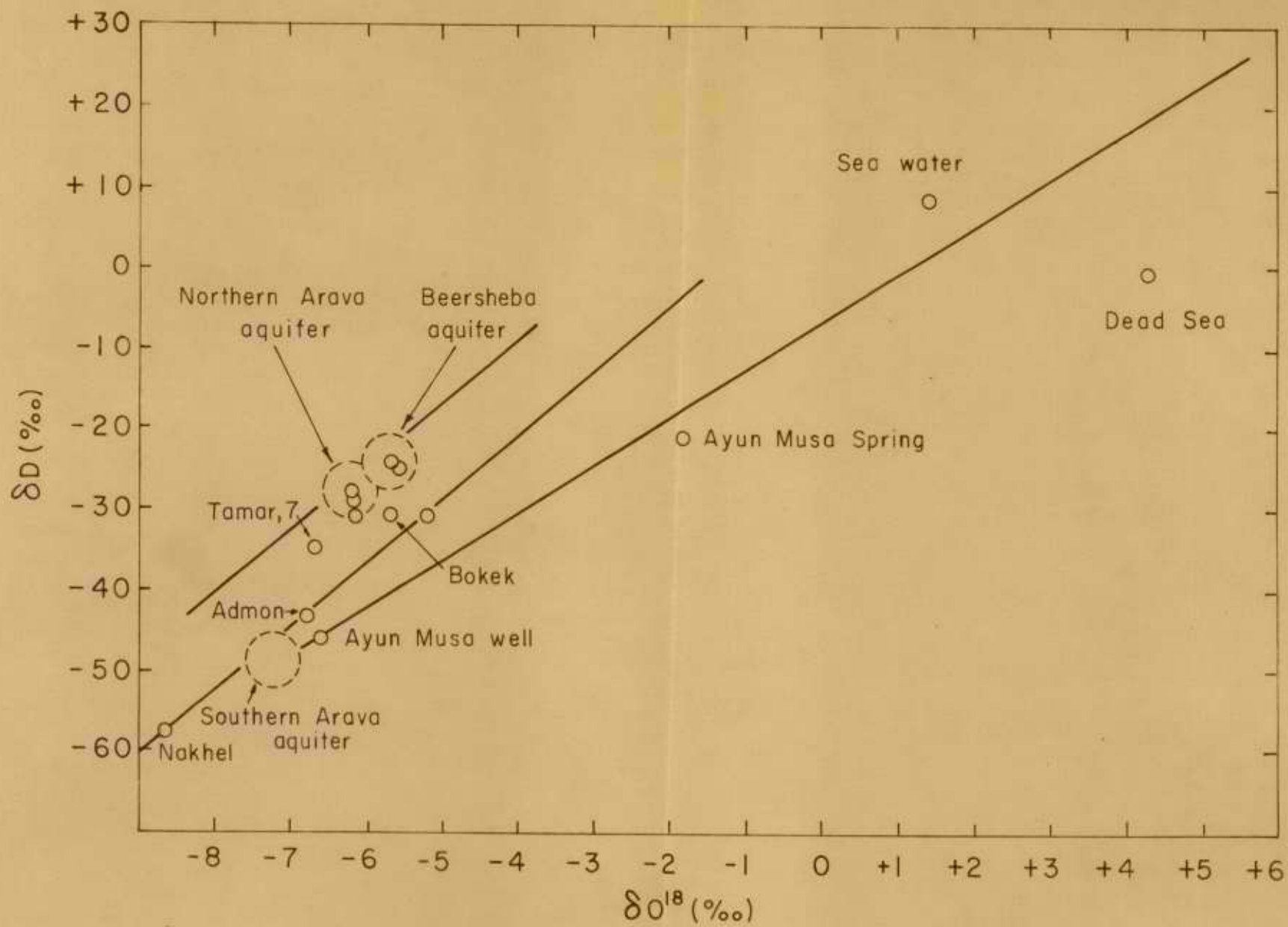
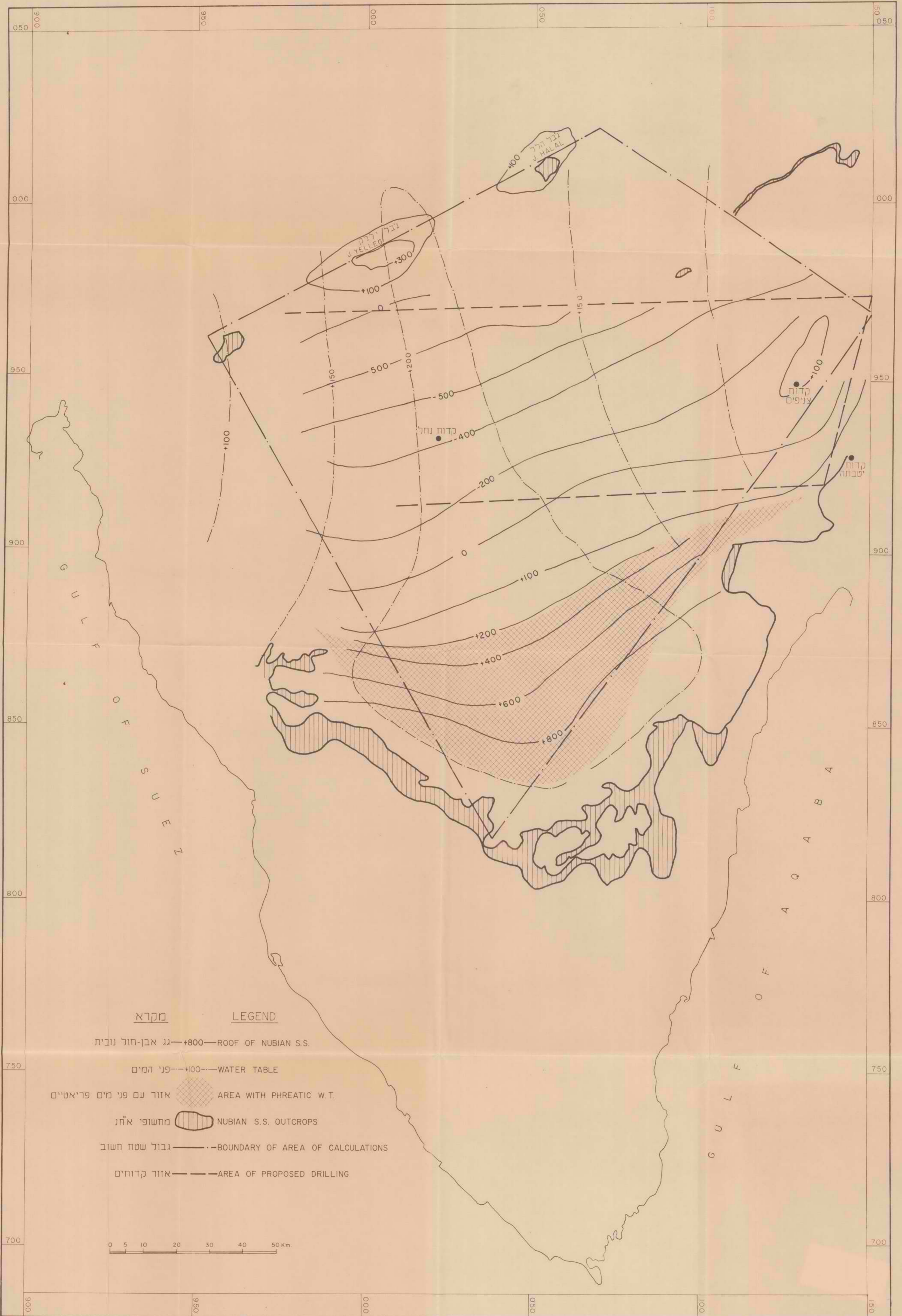


Figure 9. O^{18} - Deuterium relationships of water sources.

מפה הידרוגיאולוגית אבן-חול נובית-סיני
 HYDROGEOLOGICAL MAP - NUBIAN S.S. - SINAI



מקרא LEGEND

- +800—ROOF OF NUBIAN S.S. גג אבן-חול נובית
- +100—WATER TABLE פני המים
- AREA WITH PHREATIC W.T. אזור עם פני מים פריאטיים
- NUBIAN S.S. OUTCROPS מחשופי אבן חול
- BOUNDARY OF AREA OF CALCULATIONS גבול שטח חשב
- AREA OF PROPOSED DRILLING אזור קדוחים

