



כנס החברה הגיאולוגית במצפה רמון 1987

מדריך לסיורים גיאולוגיים במכתש רמון



GEOLOGICAL SOCIETY OF ISRAEL
ANNUAL MEETING 1987

GEOLOGICAL FIELD TRIPS IN THE MAKHTESH RAMON AREA
ISSN 0334-0694

יוסי ברטוב	ערך:
ויקי אריה, זפירה ציקורל	הדפיסו:
סעדיה לוי, אריה פאר, נחמה שרגאי	עצוב ושרטוט:
יואב יפה	הביא לדפוס:

שער קדמי:
מבט על הקיר הדרומי של מכתש רמון, בימין התמונה - שן רמון. צילום: יואב יפה, המרכז למחקר גרעיני נחל שורק.

שער אחורי:
החלק המזרחי של העמק האדום, מכתש רמון. אורכו ק"מ אחד, ורוחבו המקסימלי - כחצי ק"מ. הוא בנוי מסלעי הפרט האדום של תצורת חתירה השבורים מול סלעי תצורת אינמר. בחלקו המרכזי של הצילום נראים קירות העמק ובחלקו הקדמי - קירות קוורציט ישרים שנוצרו לאורך דייקים שאינם נמשכים פנימה לעמק. (ראה סיור מס' 4). צילום: שמואל אנגלשטיין, מעבדת הצילום, ועמנואל מזור, הקבוצה הגיאולוגית-איזוטופית, מכון ויצמן למדע.



כנס החברה הגיאולוגית במצפה רמון 1987

מדריך לסיורים גיאולוגיים במכתש רמון

ירושלים, אפריל 1987, ניסן תשמ"ז

חברת זו הוצאה לאור בסיועה האדיב של "פז" חברת כפט בע"מ.

הקדמה

חוברת סיורים זו יוצאת לאור לרגל כנס החברה הגיאולוגית המתקיים במצפה רמון ב-8.4.87 - 5, ומטרתה העיקרית היא לשמש דברי הסבר לסיורי הכנס.

הסיורים המתוארים כאן מתאימים גם לימים שלאחר הכנס, וכל המתעניין יוכל להשתמש בדברי ההסבר שלהם על מנת להכיר את הגיאולוגיה של מכתש רמון בדרך של לימוד עצמי, ולבצע את הסיורים האלה בכוחותיו הוא.

כמה מהסיורים נותנים רקע גיאולוגי כללי של מכתש רמון, שהוא אתר תיירות גיאולוגי מן המרשימים, וכמה מהם מתארים בפרוט רב אזורים ותופעות מיוחדים. המסייר בכוחות עצמו יברור לו את מידת הפרוט אליה הוא מוכן לרדת, ויעשה שימוש באותם חלקים של החוברת המתאימים לו.

מסלולי הסיורים סומנו גם במפות מפתח המצויות בתוך כל סיור וסיור, וגם על גבי מפת התצלום המצורפת לחוברת.

סיורים נעימים

תוכן הענינים

עמוד

- 1 סיור מס' 1: מכתש רמון - מוזיאון גיאולוגי בגודל טבעי.
ע. מזור וש. שובאל
- 16 סיור מס' 2: סטרטיגרפיה ופציאס בחבורת רמון מגיל טריאס -
מחזוריות בסביבות השקעה קרבונטיות.
ח. בנימיני, י. דרוקמן וי. זק.
- 31 סיור מס' 3: תופעות מינרליזציה רב מתכתית, פעילות מגמתית
וקונטקט מטסומטית בדרום מכתש רמון.
א. איתמר וג. בר.
- 42 סיור מס' 4: כיווני זרימה בסילים ובדייקים, ויצירת קלדרונים
במזרח מכתש רמון.
ג. בר.
- 55 סיור מס' 5: לקולית רמון - גוף מגמתי מורכב.
ב. רופא, י. אייל ומ. אייל.
- 64 סיור מס' 6: בעיות סטרוקטורליות באיזור מעבר ערוד והשלכותיהן
על התפתחות קו הרמון.
צ. גרפונקל.
- 70 סיור מס' 7: סטרטיגרפיה, סקטוניקה והתפתחות הנוף במערב הרמון.
י. אבני.
- 90 סיור מס' 8: התפתחות הנוף במכתש רמון.
ר. בן-דוד.
- 95 סיור מס' 9: אגן מחמל ונחל חווה.
ע. זילברמן.
- 105 סיור מס' 10: גיאולוגיה כלכלית ותעשיית המחצבים במכתש רמון.
צ. מינסטר, ד. שקד וא. גור.
- 119 רשימה ביבליוגרפית בעברית
- 121 רשימה ביבליוגרפית באנגלית

סיור מס' 1:מכתש רמון כמוזיאון גיאולוגי בגודל טבעי

עמנואל מזור

הקבוצה הגיאואאיזוטופית, מכון ויצמן למדע

שלמה שובאל

צוות הגיאולוגיה, האוניברסיטה הפתוחה

הקדמה

מכתש רמון ושוליו מהווים מרחב גיאולוגי כה עשיר ומגוון עד אשר אף סייר נמרץ יזדקק לכדי שבועיים כדי להתוודע למבחר התופעות החשובות ביותר. הסיור הנוכחי מהווה מבוא להכרת הרמון ואף סיור זה, אם ייערך ביסודיות, ימשך מספר ימים, אם כי אורכו 25 ק"מ בלבד. המטייל מוזמן לברור לו משלל התחנות המתוארות להלן את הקרובות ללבו והתואמות את משך הזמן העומד לרשותו.

הסיור מבוסס על נסיעה ברכב רגיל או טיוליות ועצירה בתחנות. לשם התמצאות ניתן להעזר בתיאורי הסיורים המפורטים ובשבילים אשר סומנו במכתש ואשר סימניהם נתונים במפות סימון שבילים. באופן כללי מדובר על חתך לרוחב המכתש, במורד הרצף הסטרטיגרפי מצפון לדרום.

נזכור נא שאנו נכנסים לשמורה - לפארק גיאולוגי לאומי. בפארק מותר להסתכל ולצלם אך אין לשבור סלעים ואין לאסוף פריט כלשהו - דומם, צומח או חי.

תחנה 1: תצפית מן המצוק במצפה רמון.

למכתש פנים רבות ואין צפיה אחת בו דומה לרעותה. הנוף משתנה בהתאם לשעות היום וכוון השמש, מזג האויר ועונות השנה.

עצמים גיאוגרפיים עיקריים הנראים בתצפית זו (ציור 1): קירות המכתש, גבעת געש (הר געש מתחילת הקרטיקון), גבעות רבד, בקעת מחמל, הר ארדון, בקעת ארדון, כרבולת חרירים, שן רמון (סדן פלוטוני), הר ערוד (הגבוה שבגבעות הבזלת של קרני רמון) ונחל רמון, המתפתל כחוט דק לאורך המכתש.

יחידות גיאולוגיות בולטות (ציור 2). קירות המכתש בנויים ממצוק של גיר, דולומיט וחרסית למעלה (תצורת חצרה, קנומן) ואבני חול מגוונות בחצי התחתון (תצורת חתירה, קרטיקון תחתון). למרגלות קיר המכתש מצוי פס של מחשופים שחורים של בזלת, אשר גבעת געש מהווה קצה מזרחי שלהם. הבזלת התפרצה בתחילת הקרטיקון התחתון וכוסתה עד מהרה באבן-חול אשר הגנה עליה ורק עם פתיחת המכתש היא נחשפה בשנית. התוצאה - ברמון ניתן לראות מבנים געשיים בני כ-110 מיליון שנה במצב טרי.

לאורך קיר המכתש ניתן לראות שני טורים עיקריים של סינרי דרדרת - האחד עדיין מחובר פה ושם עם קצה המצוק והשני מנותק מן המצוק (ציור 3). מחקר עכשוי מוקדש להרכב סינרי הסחיפה, אופן התהוותם והמשמעות שלהם מבחינה טקטונית ו/או פליאואקלימית. ס"ה ניתן להבחין בארבעה דורות של מבני סחיפה.

דרומה ניתן להבחין ברצועה חומה של שכבות סלע הנטויות צפונה (אל המסתכל). אלו הן גבעות רבד (ציור 1), הבנויות דולומיט חולי, סילט ופצלים - סלעים ימיים של החלק העליון של סלעי היורא ברמון. דרומה לקווסטה החומה משתרעת תחתית המכתש, הבנויה מנוף רך של אבני חול (תצורת אינמר, יורא). מאחריה ניתן להבחין בנחל רמון ואחרינו נראה פס של שכבות סלע אדמדמות הנוטות אף הן צפונה. זו הקווסטה האדומה, הבנויה דולומיט גיר ופצלים, כלומר סלעים ימיים (תצורת ארדון, יורא). מרחוק, לפני הקיר הדרום-מזרחי של המכתש, נראה איזור של סלעים בהירים וכהים, השייכים לתצורות מוחילה, סהרונים וגוונים (טריאס), המהוות את ה"לב" הסטרטיגרפי-טקטוני של הרמון. הקיר הדרום-מזרחי בנוי מאותן

רשימת ציורים לסיור מס' 1

1. תחנות הסיור.
2. חתך סכמטי לרוחב מכתש רמון.
3. הקיר הצפון-מערבי באזור מעלה עצמאות. החלק העליון מצוקי - בנוי מגיר, דולומיט וחרסית של תצורת חצרה. בחלק התחתון השיפוע מתון יותר, בנוי אבני חול של תצורת חתירה. סינורי דרדרת (טלוסים) לאורך הקיר מבטאים שלבים בהתחלות המכתש ונסיגת המצוק.
4. סרטנים מאובנים במונטמורילוניט, ממכרה הבנטוניט, מעלה העצמאות. אוסטריאות זעירות ותרכיזי פיריט המצויים בשכבות אלה מעידים על ים רדוד וסטגננטי.
5. "אינסוף" פריזמות הקוורציט של אתר הנגריה. אופן היווצרות מוצע ע"י קיטור ותמיסות חמות, שנוצרו באירוע מגמתי. במסלע דומה מצויות נגריות נוספות ברמון.
6. קיר עמודוני בזלת פריסמתיים (כ-6 מ' גובה), למרגלות מצפה רמון.
7. שבר בנחל רמון, ממערב לכביש. משמאל אבן חול של תצורת אינמר, מימין שכבות סלעי משקע של תצורת ארדון ובתוכם סיל (בהיר).
8. תצלום דייק קאוליני (נשטף) וקירות הקוורציט אשר נוצרו בשוליו, במגע עם אבן-החול.
9. דייק "אריכא". חלקו העליון מוסט לשמאל. בנקודת ההסטה עובר סיל "השוקולד" הנראה בשליש העליון של התצלום כדרגש אפור (ראה גם סיור 10).
10. הבלוק ההפוך בקיר הדרום-מזרחי של המכתש (ממזרח לכביש).
11. גבנון ליד מוצא הכביש מן המכתש.
12. תצלום אויר של הלקולית. ניראים לוח הבסיס (כהה), החלק המרכזי המפורר (אפור) ורצועת לוח הגג (שחור). נראים הסילים המתמשכים לצדדים וקמר מוחילה (מימין) הבנוי מגבס בהיר וסילים כהים. נחל רמון פונה דרומה לאורך קמר מוחילה (ראה גם סיור 5).

שלוש יחידות הסלע הבונות את הקיר הצפון-מערבי; הבזלת, מעליה אבני החול ולמעלה המצוק הצהוב של גיר ודולומיט.

קמר הרמון. מן התצפית במצפה רמון ניתן לראות ששכבות הסלע של תצורת הצרה נוטות במתינות צפונה, שכבות הקווסטה החומה והקווסטה האדומה נוטות אף הן צפונה. לעומת זאת השכבות הבונות את הקיר הדרום-מזרחי נוטות לדרום מזרח ואף חלק משכבות סלעי הטריאס נוטה לדרום-מזרח. מנטיית אלו ניתן להסיק שמדובר במבנה קימוט בלתי-סימטרי, למעשה מונוקלינה, אשר ייקרא להלן קמר הרמון. המכתש נחתר בתוך קמר זה והוא ממשיך להתרחב ע"י אירוזיה ומתנקז דרך נחל רמון אל נחל נקרות ודרכו אל הבקע בערבה.

תחנה 2: באמצע מעלה העצמאות (נ.צ. 1324/0037) ניתן להבחין במספר שכבות חרסית ירוקה-צהובה או ירוקה-אפורה. במקום נראות שתי כניסות למיכרה של חרסית זו שהינה מונטמורילוניט. עד העת האחרונה כרו את החרסית ששימשה כחומר מלכד בפתיתי מזון עופות. הכריה נעשתה ' בתוך ההר, בהיקף של כ-10,000 טון לשנה ואורך כל המנהרות יחד עולה על 12 ק"מ (!) (הכניסה רק בתאום עם חברת חרסית וחול זך). החרסית עיסתית מאד, בעלת כושר ספיחה גבוה, ובתוכה דפוסי סרטנים (ציור 4), אוסטריאות זעירות ותרכיזי פריט. במונטמורילוניט עושר של עורקי גבס.

תחנה 3: השכבה הגלאוקוניטית. כ-50 מ' במורד הכביש מגיעים למחשוף ירקרק של חול גלאוקוניטי, המציין את בסיס חתך הסלעים הימיים של תצורת הצרה. גלאוקוניט הינו מינרל ירקרק בעל מבנה שריגי הקרוב למבנה של מיקה ובהרכב: $(K, Na)(Al, Fe, Mg)_2 (Al, Si)_4 O_{10} (OH)_2$. גלאוקוניט נחשב למציין של הרבדה בים רדוד מאד.

תחנה 4: אבן החול המגוונת. כ-50 מ' במורד הכביש מן התחנה הקודמת נחשפת אבן חול מגוונת של תצורת חתירה. באבן-החול צינורות עדינים של שורשי צמחים מאובנים - עדות להרבדה ביבשת. להזכירנו - בשורשים המאובנים רצוי להסתכל, אך בשום אופן לא לשבור ולא ללקט, כך שגם הבאים אחרינו ימצאום.

תחנה 5: הקווסטה הכתומה. כ-500 מ' במורד הכביש, בנ.צ. 1328/0038, מצוי מצד שמאל מחשוף כתום-צהבהב של מדסטון ופצלים. אלו

הם עדויות לחדירה ימית בעת הקרטיקון התחתון. במכתש הגדול מצויות שלוש יחידות ימיות כאלו ובמכתש הקטן שתיים. זו המחשה לכך שהנגב המרכזי היה על גבול הפלישות ונסיגות של הים (התטיס). מתחת נמשכות אבני החול המגוונות של תצורת חתירה ובהן שורשים מאובנים וגזעי עצים מצוררים ומבורזלים.

תחנה 6: הליכה לגבעת הבזלת 548. ממשיכים בכביש כקילומטר וחצי ופונים בשביל שמאלה, לפני חצית הכביש את הקווסטה החומה (נ.צ. 1345/0038). הליכה צפונה 3/4 ק"מ עד גבעת הבזלת 548 (נ.צ. 1345/0046). הליכה במעלה חתך השכבות מתחילים באבן-חול של תצורת מחמל ובה חתיכות עצים מאובנים (נא להשאירם במקומם!). אחר מגיעים לסיל אנדזיטי בלוי, בצבע ירקרק-חום, עם בליה בצלית. מתחת ומעל לסיל לוחות קוורציט - תוצאה של חדירת המגמה לתוך אבן החול. לאחר מרחק קטן מופיע מחשוף של קונגלומרט ערוך - חלוקי קוורציט מלוכדים בסיליקה. קונגלומרט זה מוכר ממרבית חלקי המכתש ומחוצה לו והוא מונח על סלעים שונים - שרידי התבליט שכוסה ע"י הקונגלומרט. קונגלומרט ערוך מציין את בסיס חתך הסלעים מתצורת חתירה ברמון. גבעה 548 בנויה בזלת ורואים בה חתך דרך קילוח. ניכרים מבנים פריזמתיים ומבנים כדוריים. אל הגבעה דבוק הפרט האדום של חרסיות חוליות אדומות. חרסיות אלו, הכוללות גם קאולין לבן, מופיעות בגובה סטרטיגרפי המקביל כללית לבזלת (מתחת, מול ומעל) והן מפותחות גם במזרח הרמון במקום שהבזלת חסרה. בקרני רמון נמצאו בפרט האדום צפרדעים מאובנות. נראה שמדובר בקרקעות פוסיליות ובמשקעי ביצות או אגס. מגבעה 548 מוצע לחזור את הכביש.

תחנה 7: הקווסטה החומה, במקום שהכביש חוצה אותה. דרגש הסלע החום הבונה את גבעות רבד והבולט משפת המכתש בנוי דולומיט חולי קשה. זהו החלק העליון של תצורת מחמל (החלק העליון של סלעים מתור היורא ברמון). כדאי לפצות את סלעי התצורה, הכוללים סילט צבעוני, פצלים, אבן-חול ודולומיט. בתוך התצורה חדור סיל הניכר בשטח כמחשופים הלבנים של אלזניט $(\text{OH})_6$, $(\text{SO}_4)_2$, (K Al_3) המופיע בצמוד לסיל.

תחנה 8: "הנגריה" - גבעה 545. מתחת לרצף סלעי הקווסטה החומה מתחיל חתך אבן-החול של תצורת אינמר (יורא) אשר עוביה הכולל ברמון כדי 280 מ'. חלק ניכר של הקרקעית השטוחה של מכתש רמון בנוי מסלעי

תצורה זו (מתוארים להלן, בתחנה 10). אחרי סדרת הסלעים של הקווסטה החומה מגיעים בכביש להסתעפות עם שביל עפר המוביל לאתר הנגריה (גבעה 545, נ.צ. 1344/0028, כ-600 מ' מערבה לכביש). הגבעה בנויה מעמודונים פריזמתיים של קוורציט, בני 3 עד 8 פאות, ברוחב של 3 עד 12 ס"מ ואורך של 20 עד 80 ס"מ. העמודונים מופיעים במעין שכבות, בעובי כולל של כ-6 מטר. התופעה מקומית ומשתרעת לאורך כ-60 מ'.

השם העממי ניתן על שום הדמיון לערמות קרשים בנגריה (ציור 5). העמודונים שבירים וכדי לאפשר ביקור נוח באתר וכדי להבטיח את שלמותו נבנה במקום גשר עץ והוכנו מגרש חניה ומערכת שבילים. זאת, במסגרת פיתוח פארק הרמון. האתר הוקדש לזכרו של גדי ערן, גיאולוג חוקר המכתשים, אשר נפל במלחמת שלום הגליל.

תופעות קוורציטיזציה מוכרות משולי דייקים החוצים את אבן-החול של תצורת אינמר אך הללו מצומצמים בעובים, 10-20 ס"מ, ומבנה של מנסרות נדיר בהם ביותר. נראה שתופעת הנגריה נוצרה ע"י תמיסות חמות או קיטור, אשר נוצרו בארוע של חדירת מגמה אך לא ע"י מגע ישיר עם מגמה. ברמון מוכרים אתרים דומים נוספים: הנגריה המזרחית (בבקעת ארדון), גבעת חרוט (בשולי נחל ארדון), הנגריה הלבנה (מול גבעת געש) והנגריה המערבית (מול מעבר רמון). תכונות משותפות: הופעה בחלק העליון של תצורת אינמר, מציאות המנסרות בגופים לא רגולריים, דמיון בין כווני הסידוק של עמודוני הקוורציט לרשת הסידוק באבן-החול אשר מסביב, וחוסר קשר ישיר לגופי חדירה.

תחנה 9: קיר מנסרות הבזלת למרגלות מצפה רמון. כ-2 ק"מ מערבה לגבעת הנגריה, בין שתי גבעות בזלת בולטות (604 ו-606) מצוי בנ.צ. 1324/0018 מחשוף של בזלת במבנה עמודונים מצולעים גדולים (ציור 6). להמשך המסלול יש לחזור אל הכביש.

תחנה 10: תצפית כרית הקאולין ותצורת אינמר. כקילומטר לאחר ההסתעפות לאתר הנגריה מוצע לעצור לתצפית משולי הכביש לכוון מזרח (נ.צ. 1358/0028). נראים מכרות פתוחים גדולים של קאולין (חברת חרסית וחול זך בע"מ). הקאולין מופיע בעדשות גדולות בתוך סדרת אבני החול של תצורת אינמר, בחילופיו עם קרומי אבן-חול מבורזלת ואבן-חול פריה. בקאולין, ובאבן-החול המבורזלת ניתן למצוא דפוסי צמחים

ובאבן-החול שכיחים גזעי עצים. אלו מעידים על האופי היבשתי של תצורת אינמר.

תחנה 11: נחל רמון. כקילומטר לאחר תצפית כרית הקאולין חוצה הכביש את נחל רמון. מוצע לחנות בצידי הכביש ולהכנס לנחל, מערבה לכביש, כדי 400 מ'. שלל הנחל - החלוקים - מהווה תצוגה מסכמת של מגוון הסלעים החשופים במכתש רמון. בסמוך לכביש מצוי באפיק הנחל אופק של קונגלומרט מלוכד, אשר גילו טרם נקבע. מוצע להביט צפונה לכוון הסוכה המטאורולוגית אשר על הגבעה הסמוכה: נראית שורה של טרסות, כדי 8 במספר, אשר הסוכה המטאורולוגית עומדת על הגבוהה שביניהן. על הטרסות הנמוכות מצויים שרידים של מבנים עגולים, כנראה מתקופת הברונזה. הטרסות מסומנות בשטח בנקודות ציון גיאולוגיות - עמודי בטון נמוכים ובהם פלטת פליז אשר בה חרוטים פרטים מרכזיים. הרעיון של נקודות הציון המוצבות בשטח הינו להבטיח שפה משותפת בין חוקרים ומיקוד המחקרים בנקודות בעלות ענין מיוחד. האינפורמציה המצטברת לגבי נקודות הציון, ע"י החוקרים השונים, תפורסם מדי פעם ע"י המכון הגיאולוגי. מחקר הטרסות, הקשר שלהן לסינורי הסחיפה מקירות המכתש, והתיארוך נמצאים עתה בעיצומו של מחקר.

בגדה של נחל רמון נחשפת אבן-חול מתצורת אינמר, המצטיינת בשיכוב צולב. מעט הלאה נפסקת אבן החול ע"י שבר, אשר מימנו חשופים סלעים של הקווסטה האדומה - תצורת ארדון (יורא). מישור השבר מודגש ע"י מינרליזציה של תחמוצות ברזל וניכרים חריצי העתקה אנכיים (פריט עדין - נא לא לגעת בו). בין סלעי תצורת ארדון בולט סיל בהיר המצטיין בגבישים לבנים, פלדשפר במקור, שהפך לקאולין מענין לעקוב אחר מגעי הסיל עם סלעי הסביבה.

תחנה 12: הקונגלומרט הצעיר. כ-2 ק"מ דרומה לנחל רמון, במסעף דרך העפר אל שן רמון (נ.צ. 1374/0014), נחשף משני צידי הכביש קונגלומרט. הסלע המלוכד היטב ומכיל מספר פרטים: קונגלומרט מלוכד בבסיס, אבני חול עם שיכוב צולב מעליו וחול אדום עם חלוקים בחלק העליון. מבנה דומה של פרטים נמצא בטרסה קדומה של נחל חולית. חשיבות הקונגלומרט בסיכוי שתמצא שיטה לתארך את החומר המלכד ומכך ללמוד על שלבי התהוות המכתש. חול אדום נחשב בדרך כלל כמצויין שלב אקלימי חם ולח. הטרסה

אשר בתוכה מצוי הקונגלומרט מכסה אבן-חול מתצורת אינמר. מחשוף קונגלומרט זה משך בזמנו את תשומת לבו של גדי ערן ז"ל

תחנה 13: חרסית השוקולד. כ-200 מ' מהתחנה הקודמת (נ.צ. 1375/0014) מצויות מצידי הכביש מחצבות של פצלים חרסיתיים בצבע חום כהה. מדובר בשכבה הנקראת בפי הגיאולוגים של הרמון "חרסית השוקולד" והיא מצויה ברצף סלעי הקווסטה האדומה - תצורת ארדון (יורא). החרסית מופקת לתעשית רעפים אדומים וצינורות חרס, בהיקף נוכחי של כ-11,000 טון לשנה. אופק חרסית השוקולד מהווה מסמן בולט בין שכבות תצורת ארדון וכן הוא מהווה אקויקלוד לאופקי מים שעונים מקומיים במכתש.

תחנה 14: כיסי החרסית דמוית הצור. עשרות מטרים לאחר התחנה הקודמת מגיעים למסעף של דרך עפר המוליכה מזרחה, למפעל השבחת חרסיות (חב' חרסית וחול זך בע"מ). כ-100 מ' מן הצומת, מימין לדרך העפר, ניתן לראות בור בסגנון קארסטי, חתור בגיר וממלא בתחמוצות ברזל אדומות עם כיסים לבנים של חרסית דמוית צור (נ.צ. 1363/0028). לפנינו תופעות המלוות מישור אי התאמה בין סלעי היורא לסלעי הטריאס ברמון. הסלעים שיכים לתצורת מישחור. החרסית דמוית הצור הינה, למעשה, בוקסיט ותחמוצת הברזל דומה ללטריט. לשני סוגי הסלע מבנה פיזוליטי והם מופיעים זה בצד זה ואחד בתוך השני. כלפי מזרח סלעי תצורת מישחור מופיעים בעדשות מתמשכות, המהוות למעשה שכבה רצופה. יש הקושרים את ההופעה הבוקסיטית-לטריטית עם אקלים חם וגשום אשר שרר באזורנו בשעה שלוח הקרום שלנו היה רק בתחילת נדידתו בצפונה והוא עבר באזורי רוחב הקרובים לקו המשווה.

דרך העפר חוצה אזורי כריה נמרצת, בעיקר לחרסית דמוית הצור. להמשך המסלול יש לחזור אל הכביש.

תחנה 15: גיר גג הטריאס הביטומיני. לאחר כ-50 מטר חוצה הכביש שכבה של גיר ביטומיני לווחי עם גלונים ושאר מאפינים סדימנטולוגיים של מים רדודים. גיר זה נמצא בגג חתך הסלעים מתור הטריאס, ושייך לסלעי תצורת מוחילה. מעליו, ובבורות שבתוכו, מופיעים סלעי תצורת מישחור. מתחת לגיר הגג מופיע הגבס, השיך אף הוא לתצורת מוחילה.

תחנה 16: הלקולית. כ-200 מ' לאחר התחנה הקודמת מתגלה משמאל לכביש גוף סלעים כהים המצוי בין סלעי הגבס הבהירים (מרכזו בנ.צ. 1393/0015, ציור 8). זהו לקולית, בקוטר של כ-3 ק"מ ועובי של כ-60 מ', הבנוי מגברו העשיר באוליבין במרכז והמכיל פלדשפטואידים בשוליים. פרטי המבנה נתונים במאמר של רופא ושות' (ציור 5). מתחת ללקולית מצוי לוח כהה של סיל בהרכב דומה והלקולית עצמו תחום ע"י לוח קשה בבסיס ולוח קשה בגג, בשניהם לסלע מבנה פורפירי עם מטריקס זעיר גרגר. נראה שאלו הם השוליים של הלקוליט אשר התקררו מהר. בתווך מצוי סלע גס גביש אשר מתפורר בבליה, תוך יצירת עמק הלקולית. בלקולית מופיעים מספר דייקים אשר אף להם שוליים קשים וסלע גס גביש ופריר בתווך. מחקר פטרוגרפי העלה מבנה שכבתי בלקולית מבחינת השינויים בהרכב ומבנה המינרלוגיים. בשוליים הופך הלקולית לסיל, או סדרת סילים, החשופים לאורך 2 קילומטר מזרחה, בקמר מוחילה, ולאורך כ-5 ק"מ מערבה, בואכה שן רמון. חלקי הלקולית סומנו בנקודות ציון גיאולוגיות, המהוות חתך רוחב דרך הלקולית. החשיפה של הלקולית טובה, שכן הוא הוטה עם קימור הרמון והאירוזיה גדעה אותו באלכסון.

אין להכנס לעמק הלקולית ברכב כדי לשמור על נוף בראשית זה בשלמותו.

תחנה 17: מחצבת הגבס. ליד הלקולית, משני צידי הכביש, מצויות מחצבות גבס. המחצבה אשר ממערב לכביש גדולה במיוחד ומעניינת, אך לפני שנכנסים אליה יש לוודא שבאותה שעה לא נערכים בה פיצוצים. המחצבות יצרו מחשופים מצוינים בסדרת שכבות הגבס של תצורת מוחילה (טריאס). בין שכבות הגבס מופיעות שכבות של פצלים כהים העשירים בעורקי גבס והמהווים חומר טפל. הגבס מופק כמרכיב לתעשיות המלט בבית החרושת אשר ברמלה. זאת בהקף נוכחי של 6,000 טון לשנה. במחצבה הגדולה נראים דייקים וסילים.

תחנה 18. בארות מישחור: כקילומטר דרומה מחצבות הגבס מגיע הכביש להסתעפות דרך העפר בנחל אפור (נ.צ. 1392/0006). פונים מזרחה בדרך העפר ולאחר נסיעה של 4 ק"מ בנוף הגבס (כאשר הלקוליט נראה מצד שמאל) מגיעים לבארות מישחור (נ.צ. 1419/0034). האתר ניכר בעצי האשל הגדלים בו והמרמזים על מי תהום רדודים. ואכן, הקדמונים חפרו במקום באר ולאחר 1 מטר הגיעו למים. רשות שמורות הטבע חפרה במקום עוד שתי

בארות, אשר כנסו במתקני אבן קטנים. המים מלוחים מעט, אך ניתנים לשתייה, הרכבם (במיליגרם לליטר):

אשלגן	נתרן	מגנזיום	סידן	סולפט	כלור	דו-פחמה	ס"ה
6	190	79	116	547	135	357	1430

בעונות שחונות הבארות מתיבשות בחלקן או במלואן. המים אצורים בסלעי תצורת ארדון ועצורים על גבי סלעי תצורת מישחור. המליחות ועושר הסולפט קשורים לקירבה אל סלעי הגבס.

בגבעה החולשת על בארות מישחור מצפון-מערב מצויים מבנים המיוחסים לתקופה המוסלמית הקדומה. שרידים אלו מצויינים במפות כמצד מישחור (ומיקומם במפות רבות מוטעה, כ-1 ק"מ מזרחה ממקומם הנכון).

מגבעת מצד מישחור נראה יפה "סיבוב" שכבות הגבס הבהירות והסילים הכהים שבתוכן, בקצה של קמר מוחילה (ציור 12).

תחנה 19: נחל רמון, בקטע הפיתולים והתפנית דרומה. דרך העפר עוברת ליד בארות מישחור וממשיכה צפונה, ולאחר מספר מאות מטרים פונה מזרחה ובנצ. 1429/0036 חוצה את נחל רמון. בנקודה זו כדאי להעצר ולסייר מסביב. נחל רמון זורם בקטע ישר וארוך בכוון צפון-מזרח, ובתחנה הנוכחית פונה בתפנית חדה דרומה. בקטע הישר יש מצידו הנחל עד 8 טרסות, אשר הגבוהה שבהן מצויה 38 מ' מעל לאפיק הנוכחי. בקטע בו הנחל זורם דרומה יש לו רק שתי טרסות נמוכות, דבר המעיד על גיל צעיר יחסית של קטע זה. מחקר שנערך לאחרונה העלה שבמקור זרם כנראה נחל רמון מזרחה והתנקז דרך פירצת חולית. היציאה הנוכחית, דרך פירצת סהרונים, הינה כנראה תוצאת שביה ע"י נחל נקרות. בקטע הישר שלו זורם נחל רמון במגע שבין אבני החול של תצורת אינמר ושכבות הסלע הקשות של הקווסטה האדומה של תצורת ארדון. בתפנית דרומה ממשיך הנחל לעקוב אחר הקווסטה האדומה, אך זו פונה באופן מקומי דרומה בנחיתה של קמר מוחילה (ציור 12). בקטע הזורם דרומה מצטיין נחל רמון בפיתולים, ורוחב האפיק המירבי - כ-200 מטר. בנחל צמחית אשלים מפותחת ומי תהום נמצאו בבארות בעומק 18 מ' מתחת לפני האפיק.

תחנה 20: גלי האבנים הקדומים ברמת סהרונים. דרך העפר חוצה את נחל רמון ומגיעה לצומת של דרך עפר הפונה דרומה אל עין סהרונים ומזרחה אל נחל ארדון. המסלול ממשיך בדרך המזרחית ועולה על דרגשי גיר ודולומיט אפורים של תצורת ארדון. זוהי רמת סהרונים. מצידי הדרך (נ.צ. 1437/0033) נראים גלי אבנים - טומולי בלע"ז. מבנים אלו מוכרים מרחבי הנגב וסיני ושמשו, במרבית המקרים, כמצבות קבורה, בעיקר בתקופת הברונזה. את הרכב יש להשאיר בדרך העפר המסומנת והמעוננים לראות את גלי האבנים מקרוב מתבקשים לגשת אליהם ברגל.

לאחר נסיעה של כקילומטר על גבי המשטח של רמת סהרונים מגיעים לשפתו, המשקיפה על גבעת חרוט ונחל ארדון. זהו קצה הדרך לרכב ויש להשאירו בחניה המסומנת. המסלול הנוכחי נמשך בשתי וריאציות: (א) כניסה לנחל ארדון, מהלך $1 \frac{1}{2}$ ק"מ וחזרה אל הרכב החונה, או (ב) הליכה בנחל ארדון ועליה במעלה דקלים עד עין סהרונים, מהלך 4 ק"מ בנוף מקסים. במקרה האחרון רצוי שהרכב יגיע לעין סהרונים. אחרת, יש להמשיך לאורך 2 ק"מ נוספים עד החזרה לחניה בקצה רמת סהרונים.

תחנה 21: "הדייק החיובי" והתצפית למזרח המכתש. בקצה רמת סהרונים (נ.צ. 1445/0033) חוצה דרך העפר (צרה בנקודה זו) דייק חיובי. הוא בנוי מסלע טרכיטי אשר היה עמיד בבליה. מנקודה זו נשקפת היטב גבעת חרוט ומאחוריה הר ארדון. הנחל אשר מלפנים הינו נחל ארדון.

תחנה 21: גבעת חרוט. גבעת חרוט מהווה יעד מרכזי להכרת האיזור, אך הדבר כרוך בטיפוס המחייב כושר הליכה טוב ויש להקדיש לכך כשעה וחצי. חוצים את נחל ארדון ומטפסים על גבעת חרוט בשביל העולה עליה מצפון-מערב. גבעת חרוט מצויה באבן החול של תצורת אינמר והיא נשארה בולטת בנוף הודות לקירות קוורציט אשר נוצרו בצידי דייקים אשר חדרו לאבן-החול. השביל חולף במורדות גבעת חרוט על פני מספר תעלות של דייקים שליליים. כלומר, דייקים טרכיטיים אשר הפכו לסלע קאוליני רך ושטף. באבן-החול אשר "נאפתה" לקוורציט נותרו שני קירות בולטים (ציור 8). בחפירה בסחף אשר בתעלה ניתן להגיע לדייק הקאוליני עצמו. בראש גבעת חרוט מצויים עמודוני קוורציט ואכן מדובר בעוד "נגריה" (כדוגמת תחנה מס' 8) קטנה. אף כאן נוצרו כנראה הקוורציטיזציה של אבן החול והסידוק לעמודונים כתוצאה של פעילות קיטור או תמיסות חמות אשר נוצרו בהקשר לפעילות גופי החדירה המגמתיים.

מראש גבעת חרוט נראים מרחבי החלק המזרחי של המכתש, ורצוי להעצר ולזהות אתרים גיאוגרפיים וגיאולוגיים, במיוחד השקע של העמק האדום (נ.צ. 1462/0037). הירידה בשביל לכוון עין ארדון.

תחנה 23: עין ארדון. למרגלות גבעת חרוט, בגדה של נחל ארדון, מצוי מעין קטנטן - עין ארדון (נ.צ. 1451/0028), הניכר בצמחית המים אשר לידו. המעין שופע במרבית השנים אך לעתים, בסוף עונת הקיץ בשנה שחונה, הוא מתיבש. מדי פעם יש לנקות את פתחו. המים נובעים באבן החול של תצורת אינמר ונעצרים בפצלים של תצורת ארדון. נראה שמיקום הנביעה מוכתב גם ע"י דייק היורד מכוון גבעת חרוט. המים טעימים למדי (אך תדיר מלאים בירוקת) והרכבם (במיליגרם לליטר):

אשלגן	נתרן	מגנזיום	סידן	סולפט	כלור	דו-פחמה	ס"ה
7	180	99	126	577	184	333	1510

הרכב זה דומה מאד למי בארות מישחור. ממול, בגדה השנייה של הנחל, נחפרו שתי בארות ע"י רשות שמורות הטבע. הן מכוסות במתקן אבן ויש בהן מים בחלק מן השנה. מים אלו מלוחים יותר ומורגשת בהם השפעה ברורה של הגבס בתצורות מישחור ומוחילה.

תחנה 24: דייקי נחל ארדון. מעין ארדון, במורד נחל ארדון, נחשפים בקיר הנחל בזה אחר זה מספר דייקים ובאמצע הקיר נראה סיל. מערכת זו זכתה לאחרונה לאינטרפרטציה חדשה (מאמר של בר בחוברת הנוכחית, סיור 4). תחילה תאור כללי: מרחק קצר אחר עין ארדון מצוי זוג דייקים - דייקי האב והבן - הנקראים כך על שום גובהו של האחד וממדיו הקטנים של השני דייק הבן "נתקע" בסלעי תצורת מישחור ואילו דייק האב חוצה גם את סלעי תצורת ארדון וממשיך למעלה דרך אבן-החול של תצורת אינמר. הם בנויים מסלע טרכיטי. לאחריהם מצוי דייק הלב השחור אשר נקרא כך על שום הצבע השחור בחלקו באמצעי. דייק זה בנוי מבזלת והוא מצטיין בנטיית משתנות של קטעיו. אחריו מופיע דייק אריכא, שהינו צר וגבוה, בנוי מסלע טרכיטי. בהמשך מופיע הדייק השמן ולאחריו דייקים נוספים, פחות ברורים.

בדייק הלב השחור, דייק אריכא והדייק השמן מוסט החלק העליון החשוף בקיר נחל ארדון (ציור 9) | בנקודת ההסטה, ב-1/3 העליון של קיר הנחל, מצוי סיל (נראה כדרגש אפור). הסיל נקרא סיל השוקולד כי הוא חדור בבסיס של שכבת חרסית השוקולד השייכת לתצורת ארדון (תחנה 13). נשאלת שאלה בסיסית מי קדם למי - הסיל או הדייקים? יחסי השדה בנקודות המפגש אינם ברורים מספיק כדי להחליט מי חוצה את מי, אך ניתן להגיע למסקנה בעזרת תצפיות נוספות:

א. בקירות הדייקים ניתן לראות חריצים אופקיים בלתי רגולריים.

ב. ההסטה של החלק העליון של הדייקים היא לכוונים שונים: בדייק הלב השחור מוסט החלק העליון לימין ואילו בדייקי אריכא והדייק השמן ההסטה לשמאל.

ג. במפה הגיאולוגית 1:20.000 ניתן לראות שדייקי נחל ארדון הם חלק ממשפחה גדולה של דייקים אשר כוונתם מתמקדים בנקודה המצויה מדרום למכתש רמון, כלומר מדובר במערכת "קורנת" של דייקים.

ד. בחתך של דייקים ממערכת זו ניתן לראות שהסלע טרי יחסית במעברו דרך השכבות של גיר, דולומיט ופצלים של תצורת ארדון ותצורת מחמל, אך הסלע קאוליני ועם קירות קוורציט במעבר דרך אבן-החול של תצורת אינמר. מיחסי השדה ושיקולים גיאוכימיים נראה שהקאוליניזציה ויצירת קירות הקוורציט היו תוצאה של אינטראקציה מיידית של המגמה החודרת עם אבן-החול הנקבובית. כלומר, הדייקים קאוליניים באמצעם. אם המגמה חדרה מלמטה למעלה, בהתאם לתפיסה ה"קלאסית", קשה להבין כיצד נדחפה מגמה מקורית לתצורת מחמל מעל למגמה שהפכה לקאולינית בתצורת אינמר.

התצפיות הללו מתישבות עם תיאורית עבודה לפיה הדייקים חדרו לטרלית - מתא מגמה שהיה אי-שם בדרום, במוקד הגיאוגרפי אליו מתמקדים הדייקים. הרחבה בנושא נתונה במאמר של בר (סיור 4).

תחנה 25: צומת נחל ארדון - נחל חרירים. ב.נ.צ. 1458/0019 נפגש נחל ארדון עם נחל חרירים, המגיע מבקעת ארדון. הצומת חשובה למבט כללי על שורה של תופעות: הקיר הדרום-מזרחי של המכתש, מרחבי בקעת ארדון, אמפיתיאטרון הגבס (תצורת מוחילה, מצוי ממערב לצומת, כניסה ב.נ.צ.

1454/0017). הנחל המאוחד ארדון-חרירים נשפך מיד אל נחל נקרות הנושק בקטע זה את הקיר הדרום-מזרחי של המכתש.

מן הצומת ניתן לחזור אל הרכבים ברמת סהרונים, על מנת לנסוע לתחנה הבאה - עין סהרונים, או להמשיך דרך מעלה דקלים אל עין סהרונים, טיפוס בשביל לאורך 2 קילומטר. לאורך הדרך נראה היטב שבר הרמון.

תחנה 26: איזור עין סהרונים. במקום ריכוז של תופעות מענינות: נחל רמון, יוצא את המכתש דרך פירצת סהרונים באפיק צר וקניוני וכקילומטר וחצי אחרי עין סהרונים הנחל מתחבר עם נחל נקרות. בפירצה הנחל חוצה את קמר סהרונים הבנוי מסלעים של תצורת סהרונים ודרך שבר הרמון. ממשיך בסלעים מתקופות הקנומן והטורון. עין סהרונים ניכר בצמחית המים הצפופה. המעיין נובע בספיקה גבוהה אחרי גשמים חזקים במיוחד אך רוב ימות השנה יש לחפור במקום לעומק של 1 - 0.5 מטר. המים מלוחים והרכבם (בימיליגרם לליטר):

אשלגן	נתרן	מגנזיום	סידן	סולפט	כלור	דו-פחמה	ס"ה
10	254	120	676	2180	268	286	3800

למרבה ההפתעה נמצא שהמים אינם מכילים טריטיום ולכן גילם גבוה מ-30 שנה. כלומר, לא מדובר במים האגורים בחלוקים כי אם במים המגיעים מאיזור מילוי חוזר, אשר טרם הוגדר מקומו. איזור עין סהרונים גודר ע"י רשות שמורות הטבע ומשמש מדי פעם מיכלאת איקלוס לפראים המובאים לרמון מהחי-בר. בגבעה החולשת על עין סהרונים מצויה תחנת דרכים סהרונים, אשר נחפרה במספר עונות. זהו מבנה ריבועי גדול עם חדרי חומתיים, חצר מרכזית ושער. שימשה כתחנה בדרך הבשמים הנבטית-רומית, אשר חיברה את חצי האי ערב וירדן עם נמלי הים התיכון.

לתחנה הבאה ניתן להמשיך מערבה דרך נחל גוונים, מרחק 5 ק"מ, עד הכביש היוצא מהמכתש. אפשרות שניה: חזרה דרך נחל אפור.

תחנה 27: מפגש נחל גוונים והכביש (נ.צ. 1396/9997). בתחנה ניתן לראות מספר תופעות: שכבות הגיר הכהה של תצורות סהרונים וגוונים נוטות דרומה. לנוסע בכביש דרך המכתש, לכוון דרום, בולטת התופעה של

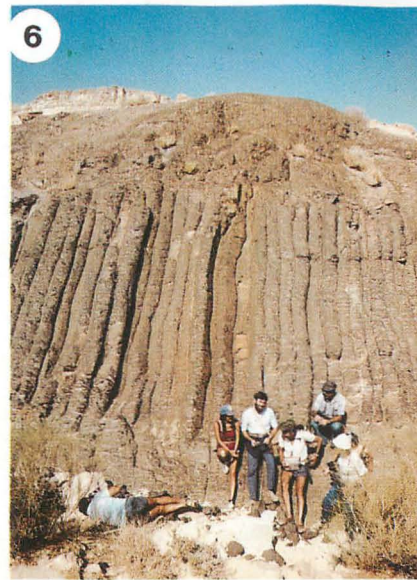
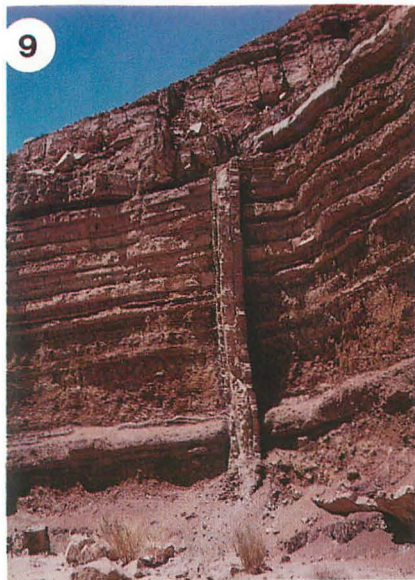
נטיות מתונות צפונה של שכבות הסלע ברוב רובו של המכתש ושינוי הנטיה דרומה רק בקילומטר האחרון, בסמוך לקיר הדרום-מזרחי. מדובר, איפוא, בקמר אסימטרי, למעשה מונוקלינה. בנחל גוונים, ממש לפני הגיעו אל הכביש, מצוי מחשוף של קונגלומרט ערוך (חלוקי קוורציט קטנים מלוכדים חזק בתחמוצת הצורן) המורבד על סלעי גיר כהה של תצורת גוונים. כלומר, בסמוך לקיר הדרום-מזרחי אי הרציפות של בסיס סלעי הקרטיקון חריפה ביותר. נחל גוונים זורם בסלעי החול של תצורת חתירה ובמקום יש גם מחשוף קטנטן של בזלת וחרסית של הפרט האדום. מכאן שבנקודה זו החתך בקיר הדרומי שלם ואין עדות להעתקה אנכית לאורך קו הרמון. מדרום נראה בלוק הפוך (ציור 10) וממערב לו שני הרי שולחן - הר מרפק והר קטום, הבנויים צור של תצורת מישאש ומתחתה קירטון של תצורת מנוחה.

תחנה 28: עמק הגבנונים והר גוונים. בסמוך למוצא הכביש מן המכתש מצויה דרך עפר הפונה ימינה (נ.צ. 1395/9997). הדרך נכנסת לאחר 200 מ' אל גיא זוחלים ובו שתי תופעות מרכזיות: הר גוונים ובו חתך שכבות סלעי גיר עשיר מאובנים, פצלים ואבני חול, בעיקר של תצורת סהרונים. העולה על הר גוונים עשוי למצוא אמוניטים ונאוטילוסים בדרכו אך אנא - יש להשאירם במקומם. מראש הר גוונים תצפית מעולה למרחבי המכתש.

בעמק, אשר בין הר גוונים לקיר הדרום מזרחי של המכתש, חשופים גופים כהים - הגבנונים (ציור 11). הסלע קוורץ סיאניט ומדובר בגופי חדירה קטנים (בקידוח מחקר נמצא בעומק 90 מ' סלע גס גביש יחסית, מיקרו גרניט). גבנונים אלו דומים במיקום (על קו הרמון וציר המונוקלינה) ובהרכב לסלע של סדן שן רמון, המצוי 3 ק"מ מערבה. בסלעי הגבנונים נמצאו עורקי גלנה ומינרלים אחרים (מאמר של איתמר ובר בחוברת זו) בעמק הגבנונים חשופים סלעי תצורת גוונים, ה"לב" של קמר הרמון. החתך דרך סלעי הטריאס מקו הרמון, דרך עמק הגבנונים והר גוונים סומן בשילוט הכולל את התצורות, פרטים ושכבות חשובות (פרטים במרכז המבקרים או אצל גיאולוג הפארק).

בזאת תם מסלול הרמון כמוזיאון גיאולוגי. להתראות בסירורים הבאים.





12

9
A 500



סיוור מס' 2: ליתוסטרטיגרפיה ופציאס בחבורת רמון מגיל טריאס - מחזוריות בסביבות ההשקעה הקרבונטית

ח. בנימיני - המח' לגיאולוגיה, אוניברסיטת בן גוריון בנגב

י. דרוקמן - המכון הגיאולוגי, ירושלים

י. זק - המח' לגיאולוגיה, האוניברסיטה העברית, ירושלים

מטרת הסיוור להכיר את החתך הקרבונטי ומעט סולפטי של תצורת סהרונים וסולפטי-קרבונטי של תצורת מוחילה, מגיל טריאס תיכון-עליון. בחתך נבחין במספר מחזורים טרנסגרסיביים, שתחילתם וסיומם בליתופציאס של האזור הסופרה-טידלי, אבפוריטי, ומרכזם בליתופציאס של אזור סוב-טידלי רדוד, ועד לתנאי ים פתוח, לעתים בעל קרקעית דלת חמצן.

החתך הטריאסי באזורנו

משקעים מגיל טריאס נחשפים באזורנו במכתש רמון והר עריף בנגב, בעריף א-נאקה בסיני, ובזרקא-מעין, ואדי חיסבן וואדי זרקא בירדן. חתכים טריאסיים ובעיקר של טריאס תחתון, נמצאו בקדוחים בישראל, סיני וירדן. מן המחשופים זה של מכתש רמון הוא הנרחב, המפותח והנחקר ביותר (ציוור 1). החתכים הנחשפים בהר עריף ובירדן מצומצמים יותר אולם בהם מיוצגים קטעים סטרטיגרפיים קדומים יותר, של החתך הטריאסי.

החתך הטריאסי בישראל מגיע לעובי 500 עד 1100 מ'. הוא בנוי קרבונטים, סולפטים, חרסיות ואבני-חול. אופי הליתופציאס (דרוקמן 1969, 1974, 1976; בנימיני, בהכנה) מצביע ברובו על סביבות ימיות רדודות, לעתים סגורות (ברקיות עד מלוחות) וכן על סביבות יבשתיות. כללית הטור הוא קלסטי (אבני-חול וחרסיות) בחלקו התחתון, קרבונטי באמצעו ואבפוריטי



ציור 1. צלום אוויר של אזור קמר גוונים, מכתש רמון.

בחלקו העליון. בחלקו התחתון של הסור הטריאסי מופיעות שתי התצורות העליונות של חבורת הנגב (וייסברוד, 1969, 1980), ימין וצפיר, המוכרות מקדוחים בלבד. חלקו העליון של הסור הטריאסי נכלל בחבורת רמון (זק, 1963), בתצורות רעף, גוונים, סהרונים ומוחילה. התצורות שמעל, משחור (גולדברג, 1970) וארדון (נבו, 1963) שהן מגיל יורא תחתון, מזוהות על ידי זק (1957, 1963) כהמשך הרצף הקרבונטי-סולפטי ומוכללות על ידו (1963, 1968) בחבורת רמון, ואילו גולדברג (1970) ודרוקמן (1974, 1976) מעריכים כי בבסיסן (בין מוחילה למשחור) אי-התאמה חשובה וכוללים אותן בבסיס חבורת ערד. המשקעים הטריאסיים וההיסטוריה של תקופת הטריאס באזורנו נחקרו ומתוארים ע"י רבים, רשימה מאוחרת של עבודות עיקריות ר' אצל פרנס (1986).

ארועים גלובליים ואזוריים בתקופת הטריאס

ברישומיה של תקופת הטריאס באזורנו ובמרחבים אחרים הקשורים לטתים נראים קוי דמיון חשובים אך גם גוון ושונות. ניתן לראות כאן עדויות לתהליכים ותנאים מרחביים, הקשורים בטקטוניקת הלוחות ותפוצת הימים והיבשות, ולשנויים במפלסי הים ובאקלים. כמו-כן ניתן להבחין בעדויות לתהליכים ותנאים בעלי אופי וקצב אנדמיים, מקומיים, כמו השתפלות המפתן, שבירתו לאגנים והצטברות יתר סדימנטים, עיקרם של ים אפיקונטיננטלי.

מקובל שבתקופת הטריאס נמשכה התבקעות היבשות (או היבשת) הפליאוזואיות ובאזורי הבקיעה הולכים ומתפתחים מעברי ים "מדיטרניים" שיחד הם יוצרים את הניאו-טתים (SENGOR, 1985). באזורנו נבקע לוח הסאורוס ומתרחק (כחלק מה-SENGOR, 1985; CIMMERIAN CONTINENT) ובישראל וסיני מתפתחים תנאים של שולי יבשת פסיביים. עם אלה, תקופת הטריאס מצטיינת במפלסי אוקינוס נמוכים יחסית מבין המפלסים בזמן הפנרוזואיקון (1977 VAIL ET AL., במקביל לכך שררו סביב הניאו-טתים תנאי אקלים צחיחים עד צחיחים למחצה, לרב חמים (1977 FRAKES, 1982; BUSSON).

במסגרת זו סביבות ההשקעה של תצורות סהרונים ומוחילה הן של מפתן בשולי יבשת פסיביים, הנתונים למתיחה ולשבירה נורמלית (אולי בסמיכות לאזור בקיעה ופתיחה במזרח ים התיכון). המפתן מצוין ברצועות מתחלפות, של אגנים הנתונים בהשתפלות מזרזת וביניהם אזורים בהם השתפלות איטית יותר. המפתן הוא בעיקרו במשטר קלסטי בתחילה ונעשה קרבונטי וקרבוניטי-סולפטי. הוא נתון להשתפלות שבעיקרה היא חד כוונית ורציפה, ותואמת בקירוב את קצב הסדימנטציה. הקצב נאמד בשנים-שלושה ס"מ לאלף שנים, ולעתים אף יותר.

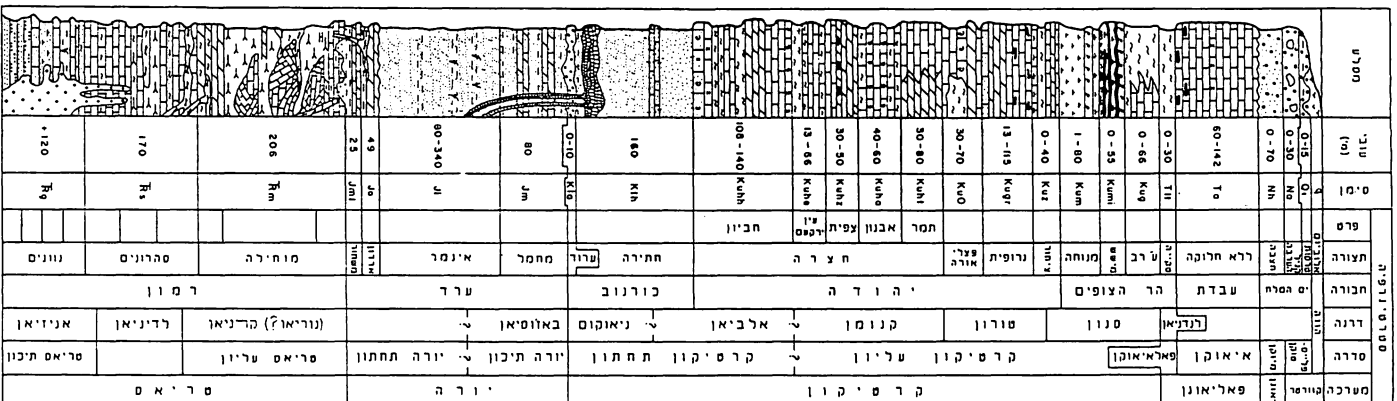
הטריאס במכתש רמון

עובי המחשוף הטריאסי במכתש רמון הוא כ-500 מ' (ציור 2). תחילתו בחלק העליון (כ-120 מ') של תצורת גוונים, החולית חרסיתית ברובה ומעט קרבונטית, מעליה תצורת סהרונים (כ-170 מ') שהיא קרבונטית ברובה אך יש בה חרסית וגבס. חלקו העליון של החתך הטריאסי בנוי מתצורת מוחילה (כ-205 מ') האבפוריטית, ובה סולפט וקרבוניט ומעט חרסית (זק 1957, 1963). יש בתצורת סהרונים שכבות עשירות במאובנים מיקרו ומאקרו המאפשרים הערכות פציאליות, ובהם מספר אפקים עם אמוניטים, המאפשרים הערכות גיל (פרנס, 1962, 1975, 1986; פרנס וחב' 1985).

הדיון היסודי על המיקרופציאס וסביבות ההשקעה של סלעי תצורת סהרונים הקרבונטית בעיקרה, ותצורת מוחילה הסולפטית-קרבוניטית, הנחשפים במכתש רמון, נעשה על ידי דרוקמן (1969, 1974 ו-1976). עבודות חדשות על האמוניטים מאפשרות תיארוך מפורט וקורלציה והבהרה טובים יותר של קשרינו עם הפרובינציות הטריאסיות השונות (PARNES, BENJAMINI AND (PARNES, 1986; ZAK 1986; HIRSCH, 1985). אלה, ועבודות הנמשכות כיום (בנימיני, בהכנה), הביאו להבהרת התופעות המחזוריות בחתך ומאפשרים דיון והתייחסות לתהליכים מקומיים ומרחביים.

בסיור בכוונתנו להראות זהויים של כחמישה מחזורים סדימנטריים. בכל מחזור אנו רואים התפתחות טרנסגרסיבית, מפציאס סופרה- ואינטר- טידלי,

סטריגרפיה



- מבנה
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36
- 37
- 38
- 39
- 40
- 41
- 42
- 43
- 44
- 45
- 46
- 47
- 48
- 49
- 50
- 51
- 52
- 53
- 54
- 55
- 56
- 57
- 58
- 59
- 60
- 61
- 62
- 63
- 64
- 65
- 66
- 67
- 68
- 69
- 70
- 71
- 72
- 73
- 74
- 75
- 76
- 77
- 78
- 79
- 80
- 81
- 82
- 83
- 84
- 85
- 86
- 87
- 88
- 89
- 90
- 91
- 92
- 93
- 94
- 95
- 96
- 97
- 98
- 99
- 100

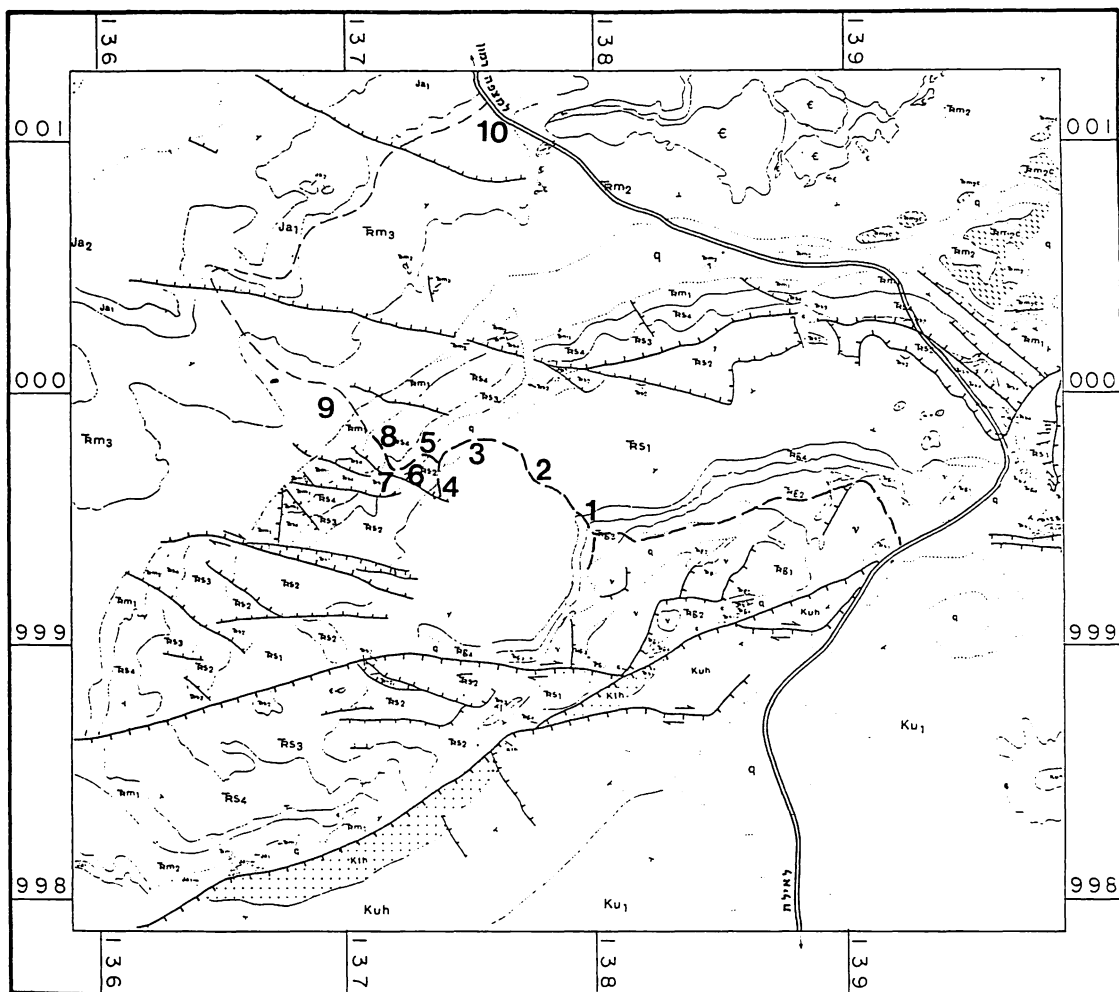
צילור 2. חתך עמודי של המצוררות החשופות במכתש רמון.

של דולומיט ראשוני, משטחי אצות ואבפורטים כגבס ואנהידריט, לפציאס סוב-טידלי רדוד, ולפרקים בעל מליחיות אנומליות, גבוהות או להיפך, ברקיות, המכיל אלמנטים של אנרגיה גבוהה, ספריט ואאוליטים. מכאן מעבר אל פציאס של ים עמוק יותר במליחות נורמלית, ובו אלמנטים של פלטפורמה פתוחה, מיקריט, PELLETS ופורמיניפרים, ועד לפציאס של מים שקטים, אולי עמוקים יותר, ובו גירים נודולריים, נודוזרידים מעטים, הרבה אכינודרמטה ורכיכות וגיר צדפות מטיפוס "FILAMENTS", ולעתים אזורים עם סימנים של דלות בחמצן. מכאן שוב פציאסים ההולכים ומתרדדים של ים מוגבל, סגור, ולעתים בעל מליחיות אנומליות, ועד לסיום המחזור, שוב בחשיפה לפציאס סופרה-טידלי של דולומיטים ואבפוריטים, ומשטחי אצות. אמוניטים מופיעים בפציאס הסוב-טידלי הפתוח, ולעתים גם ברדוד, כאלמנט במאסף חופי. במחזור הראשון אנו רואים גם מעבר מסביבה הנשלטת על ידי קלסטים לסביבה קרבונטית נקיה יותר. במחזור העליון אנו רואים השתלטות נרחבת ביותר של הפציאס הסופרה-טידלי האבפוריטי.

תחנות הסיור (ציור 3)

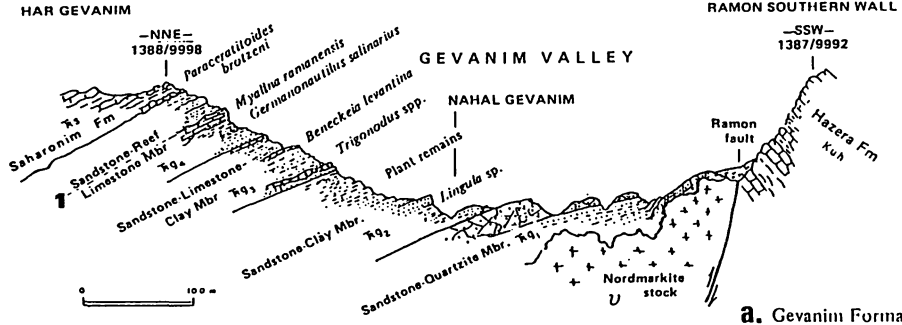
תחנה 1 - שכבות ה-MYALINA בתצורת גוונים (ציור 4A)

בבדיקות מיקרופציאס ב-BIOHERM זה לא התגלו מאובני מיקרו- או מאקרופאונה, מלבד הצדפות הגדולות של MYALINA RAMANENSIS BROTZEN. מסקנה אפשרית היא, כי הביוהרם הושקע במים ברקיים, אולי בתנאים אסטואריניים, זאת גם בהתחשב בסלעים הקלסטיים, ובמיוחד החולות בריבוד צולב, הנמצאים מעל הביוהרם ומתחתיו, במחשוף זה. דרוקמן (1976) ראה בהם אנלוגים ל-MYTILUS BANKS בתוך TIDAL CHANNELS. בכל מקרה, מוסכם כי מדובר בסביבה המושפעת על ידי קירבה לחוף, והוא הסימן הפליאואקולוגי הראשון לטרנסגרסיה הגדולה הקרבה ובאה.

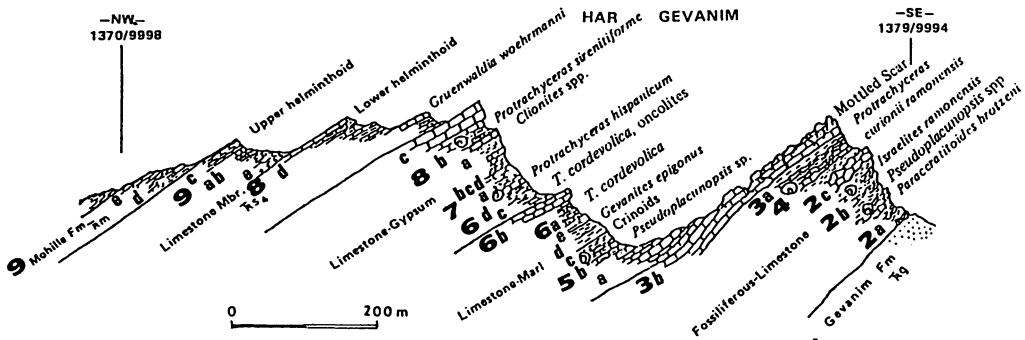


ציור 3. מפה גיאולוגית של אזור הר גוונים (ZAK, 1968) ועליה מספרי

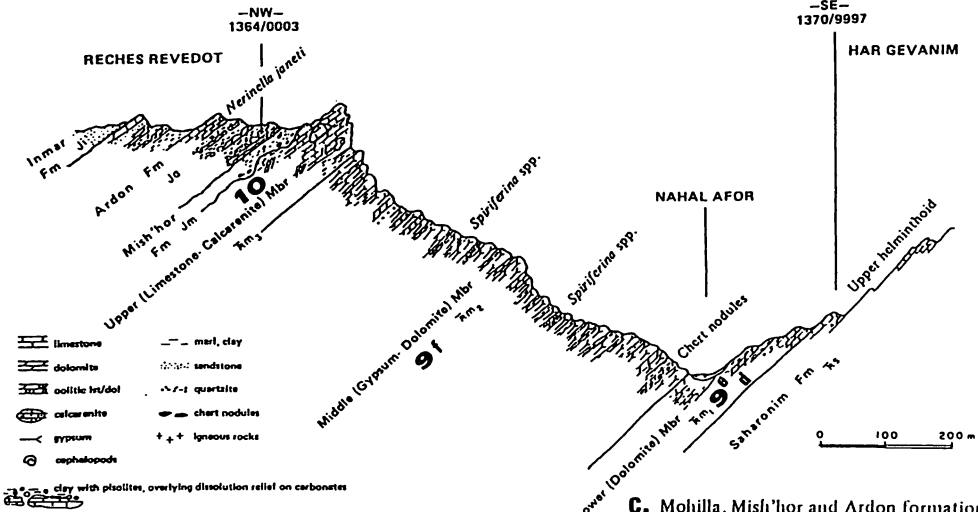
התחנות בסיוור.



a. Gevanim Formation.



b. Saharonim Formation.



c. Mohilla, Mishi'hor and Ardon formations.

ציור 4. חתכים בתצורת גוונים (A - עמק גוונים), סהרונים (B) - הר גוונים (C - נחל אפור). עליהם מסומנים האופקים המנחים והמאובנים החשובים בחתר. (עובד לפי זק, 1957).

במקומות אחרים בתצורת גוונים נמצאו MYALINA בתוך פציאס חרסיתי יותר, ולא תמיד בביוהרם, ויתכנו על כן סביבות פליאואקולוגיות נוספות לבעלי חיים אלה.

תחנה 2 - בסיס תצורת סהרונים (ציור 4B)

התפתחות של פציאס פלטפורמה קרבונטית חלה עם הטרנסגרסיה הגדולה בטריאס התיכון, בזמן האניסיאן המאוחר והלדיניאן. ביחידה S1 קרבונטים המכילים אוכלוסיות בעלי חיים של ים פתוח, בעיקר צדפות, צפלופודים ואכינודרמים. אצות גירניות, בעלי חיים בוני שוניות של תקופה זו (אלמוגים וספוגים) נעדרים או נדירים ביותר. רוב הגירים הם בעלי מטריקס מיקריטי, על כן מסביבת השקעה עמוקה יחסית, מתחת להשפעת הגלים. גורמים אלה מצביעים על סביבת השקעה המתאימה לחלק החיצוני של מדף קרבונטי, הפתוח לים מחד ולהשקעה קלסטית מהיבשה מאידך.

A - חילופי קלסטים וקרבונטים

דרוקמן (1976) התייחס לשאלת היחס בין שינויים באספקת קלסטים דקים לשנויים של קצבי ההשקעה של קרבונטים. הקלסטים משפיעים בצורה שלילית על השקעה קרבונטית, אך מעידים על אספקת נוטריאנטים המעודדים פריחה של בנתוס עשיר. הפאונה עשירת הרכיכות ומחוסרת אלמנטים בוני שוניות היא כנראה התוצאה. חילופי הליתולוגיות השונות מעידים אולי על אוסצילציות מחזוריות בתחילת הטרנסגרסיה. למרות שהפציאס הימי, הקרבונטי, מציף ומשתלט על פני היבשה, נשארת זו תמיד המקור לאספקת קלסטים דקים לאזור הרמון, כנראה מאזורים מרוחקים יותר שלא כוסו בים הטריאסי.

B - שכבות ה-PSEUDOPLACUNOPSIS

שכבות אלה מעידות על הפסקה בהספקת הקלסטים. יצוב התשתית על ידי בעלי חיים אלה שהם נצמדי-קרקעית, וכמה גירים עם קלציט ספריטי מעידים אולי

על תנאי אנרגיה מוגברת במקצת. שפע מיני הרכיכות ונוכחות אכינודרמים מעידים על המשך הסביבה הסוב-טידלית. מאסף הפורמיניפרים מעיד על תקופת מעבר, היא צעיר ממאספים טיפוסיים של האניסיאן אך אינו כולל עדיין צורות טיפוסיות ללדיניאן.

C - הגיר הגלי, HARDGROUND FACIES

שכבות אלו מעידות כנראה על הפוגות בהשקעת הקרבונטים (אספקה סדירה של קלסטטים הופסקה עוד לפני כן). הגיר הופך לנודולרי, מלא נבירות, רובן גדולות, מטיפוס של THALASSINOIDES ושל אחרים. הפאונה עדיין מאוד מגוונת אך מספר הפרטים המאובנים קטן יותר והסלע בנוי בעיקר מיקריט. נראה שהחלה תקופה של סדימנטציה איטית יותר, ואולי בסביבה רחוקה יותר מהיבשה.

המשך החתך ב-S1 יהיה בתחנה (4), בנקודה מערבית יותר.

3 - המצוק הראשון - MOTTLED SCAR (MS)

יחידה מצוקית זו היא התחתונה מבין כשבעה מצוקים דומים בתצורת סהרונים, הניתנים לזיהוי הן בשדה והן בקידוחים. המצוקים העליונים מותקפים לרוב על ידי תהליכי הדולומיטיזציה, אך לרוב המצוקים כמה תכונות משותפות: טקסטורה של LUMPS, סטילוליטים, שיכוב פנימי גרוע, והעדר מאובנים גדולים. פציאס זה מוכר גם בטריאס הגרמני. דרוקמן (1976) הסביר את סביבת הווצרותו כ-TIDAL FLAT בעל אנרגיה נמוכה, ויצירת ה-LUMPS על ידי מנגנון של סידקי ייבוש.

ביחידת הגג של S1, בדרגש ה-MS, נמצאו עדויות שאינן תומכות בהסבר זה להווצרותו. הדרגש מונח בתוך יחידה מפציאס סוב-טידלי מובהק, של ים פתוח ובתנאי אנרגיה נמוכה, וחסרת פציאס של מים רדודים, כמו ספריט ואואוליטים. אין גם תופעה נלווית של גבס או דולומיט פרימרי למרות שליתולוגיות אלו נפוצות מאוד בפציאס הסופרה-טידלי. נמצא גם מיקרופציאס מקומי בו המיקריט הוא פלטואידי (PELLETIZED) ומופיעים בו שברי צדפות ואכינודרמים ופורמיניפרים. בין האחרונים מופיעה

TROCHOLINA PROCERA (שאגב אינה מוכרת עד כאן בשום מקום אחר לפני הלדיניאן העליון). אמנם מיקרופציאס זה לא מופיע בכל מקום אך גם הוא מעיד על סביבה טוב-טידלית שקטה.

לדעתנו הסביבה שבה נוצרה היחידה היא טוב-טידלית בתנאים של ריכוז חמצן נמוך, אך לא אפסי (DISAEROBIC במובן של BYERS, 1977). בתנאים אלה בעלי חיים ימיים רגילים אינם בנמצא, אך צורות שפיתחו אדפטציה לריכוזים נמוכים של חמצן נפוצות וגורמות להומוגניזציה של הסדימנט. צורות אלה בדרך כלל אינן זקוקות לשלדים קשים, שכן בעלי-חיים טורפים הם בדרך כלל יצורים פעילים מאוד, וכצרכנים גדולים יחסית של חמצן נעדרים מטביבה מיוחדת זו. סימני הביוטורבציה האחרונה יכולים להשתמר, והם מקור ה-LUMPS האפיניים. תהליכי ההמסה היוצרים סטילוליטים נתקלים בגבולות ה-LUMPS ומשבשים את צורתם. המיקרופציאס המיוחד, עם פורמיניפרים, מעיד על אוורור מקומי טוב יותר.

A - גידוע ושכבות עדשתיות

באיזור זה אנו רואים את היחידה בפציאס המסיבי שלה. לא נמצאו בה מאובנים והשכבתיות לרוב מטושטשת על ידי נבירה. למרות זאת ניתן להבחין בתכונות של שכבתיות מקורית, ובתחנה שלנו רואים מעין גידוע פנימי של שכבות נטויות. יש דמיון לריבוד צולב אך הפציאס המיקריטי אינו מתאים לתופעה כזו.

B - גג יחידת ה-MS, נבירות

באיזור זה השכבתיות המקורית נשמרת וניתן לבחון את תופעת הביוטורבציה בשכבות עוקבות. הגודל האחיד של הנבירות מעיד כי מספר המינים הנוכחים בסדימנט קטן מאוד. לרוב הביא תהליך ההתהדקות לאחידות באוריינטציה של הנבירות, אך אותו תהליך שיצר את מישור הריבוד איפשר שלב ליתיקציה ממושך תוך הפסקה או האטה של תהליך ההתהדקות, ובגג השכבה נשמר אופיין המקורי של הנבירות. לשים לב לעומק חדירת הביוטורבציה, שבמקור הגיע לסנטימטרים בודדים בלבד.

תחנה 4 - חזרה ל-S1, נאוטילידים ואמוניטים

לאחר הליכה קצרה חוזרים שוב אל מתחת למצוק הגג של S1, אל שכבה המכילה מספר רב של צפולפודים. בשכבות אלה נמצאו גם קונודונים ופורמיניפרים. גיל היחידה לדיניאן תחתון ביותר. הפציאס הוא כמו בתצפית 2G, של גיר מיקריטי, תרכיזי, עם נבירות, הדומה מבחינות שונות לפציאס HARDGROUND בסביבות קרבונטיות אחרות.

תחנה 5 - גג המחזור הראשון

A - גיר עשיר רכיכות, לעתים עם אמוניטים.

מעל הגיר עם נבירות, שהוא המשך פציאלי רצוף למצוק ה-MS, חוזרים זמנית להמשך אותו פציאס של יחידות S1, המתפתח בתוך S2. הגירים עשירי הרכיכות ממשיכים להופיע, ולאחר חיפוש אף נמצאו אמוניטים. אך במקומות מופיעים סימנים ראשונים להרדה, והם אואוליטים וספריטים. יש כאן דוגמא טובה לחציית היחידה הגנטית, או הרצף הסדימנטרי, על ידי החלוקה הליתוסטרטיגרפית ותופעה זו תלווה אותנו לאורך כל החתך הטריאסי של הרמון. החלוקה הליתוסטרטיגרפית נעשית כך שהגבולות בין היחידות הם באזור הסדימנטציה הרצופה, מתנאי הים העמוק יותר ברצף הסדימנטרי, ולא באזור שנרבד בתנאים הרדודים יותר ואשר אף עשוי לכלול פרק של חוסר סדימנטציה (היאטוס), אשר הוא גבול מחזור סדימנטרי טרנסגרסיבי.

B - שונית PSEUDOPLACUNOPSIS

עד כאן יש חזרה, כמעט בסדר הפוך, על כל הפציאסים מ-S1. ההבדלים המתפתחים מכאן מתבטאים בהעדר תרומה קלסטית משמעותית שהיתה בתחילת S1. נראה שהשכבה שונה מקודמתה ב-S1 על ידי גיוון מצומצם יותר של מיני הצדפות, וכן בעדות לנדידת פציאס זה אל איזור בעל אנרגיה גבוהה יותר. אולי בגלל תנאי האנרגיה, שכבת ה-PSEUDOPLACUNOPSIS כאן נעדרת שיכוב פנימי והופעתה בבירור שוניתית.

C - סטרומטוליטים

קצת מזרחה מהתחנה מצויה בגג שונית הצדפות שכבת אואוליטים, בריבוד צולב. פניה מיוצבים על ידי סטרומטוליט הבנוי ברובו מליכוד האואוליטים. הדבר מעיד כנראה על סטרומטוליטים עמידים שנוצרו בתנאי אנרגיה גבוהה. בתחנה נראים שרידים אחרונים בלבד של פציאס זה.

מעל שונית הצדפות מופיעה כאן סדרה של חווארים דולומיטיים עם סטרומטוליטים למינריים שנוצרו בתנאי אנרגיה נמוכה. הסטרומטוליטים מתוארים על ידי דרוקמן (1969, 1976) ומשמשים כאן כאינדיקציה להתפתחות תנאי האיזור האינטר-טידלי.

D - שכבת ה-EPIGONUS

מעל שכבת הסטרומטוליטים וסמוך לגג הדולומיט החווארי מצויה שכבת גיר וגיר חווארי המכילה מגוון של אמוניטים, נאוטילידיים, קרינואידיים, ברכיופודים ועצמות בעלי חוליות וכמו כן חלוקי גיר. זהו מגוון המציין פציאס של כל הבא ליד ומאנרגיה בינונית עד גבוהה. פציאס זה מצוי בכמה מקומות ברמון, וההסבר הפשוט ביותר לנוכחות האלמנטים השונים הללו ביחד הוא זריקה על החוף בעת סערה, של כל מה שהיה בים הסמוך. פציאס דומה מוכר בשכבת ה-BENECKEIA בתצורת גוונים.

שכבת ה-EPIGONUS היא האחרונה בה האמוניטים הם אנדמיים לאזורנו. מעל שכבה זו הן האמוניטים והן הפורמיניפרים מעידים על קשר עם הפרובינציה הדרומית-הספרדית של הטתיס.

E - סיום המחזור הראשון: בגבס

ההרדדה והשגת תנאי האיזור הסופרה-טידלי מאופיינת מעתה ואילך על ידי גבס. חול קוורץ בריכוז משמעותי כבר לא יחזור בטריאס לאזורנו, אך מאידך תופענה עדויות למים ברקיים, אמנם מעטות. אבפוריטים מתפתחים

מכאן ואילך כנראה בגלל שינויי אקלים, ויתכן שקונפיגורציה פליאוגיאוגרפית חדשה, תוצאת פעילות טקטונית מטיפוס RIFTING, יצרה מלכודות לקלסטים מחוץ לאזורנו, ואגנים עבי-אבפוריטים באזורנו.

תחנה 6 - מחזור T. CORDEVOLICA

המחזורים הבאים הם בעלי כמה מכנים משותפים. מעל יחידות הגבס מצויים, כעדויות להעמקה, גירים עשירי פאונה בנתית, או אפילו פאונה פלגית. בתוכם יש בדרך כלל אירוע אחד או יותר של תנאי דלות חמצן, כפי שהוסבר למעלה. המעבר מפציאס של גיר לדולומיט וגבס הוא הדרגתי.

A - שכבת CORDEVOLICA תחתונה

מספר שכבות דקות מתחת למצוק גג S2 מכילות מיקרופאונה מגוונת ביותר. בולטים TROCHOLINA מקבוצת T. CORDEVOLICA, נודוזרידים וכמה סוגי INVOLUTINA. פאונה זו מעידה על איזור סוב-טידלי בעל מליחות רגילה של מי ים. יש גם מעט אואוליטים וספריט. הפאונה ממשיכה בכמה מקומות כלפי מעלה, לתוך חלקו התחתון של דרגש המצוק עצמו.

B - REDDISH BROWN SCAR-A, גג S2

מצוק זה דומה בהופעתו בשדה למצוק ה-MS אך מוחלף ברובו על ידי דולומיט ומכיל לעתים ברזל-קרבונט. הפאונה, הנשלטת על ידי פורמיניפרים, מצויה לעתים בשולי המצוק, בגגו או בבסיסו. הסברנו לפציאס זה, של תנאים מחזרים עם נבירות ובהעדר מאקרופאונה, הוא כלעיל הדלות בחמצן בסדימנט, אפשר בים עמוק למדי.

C - פציאס אונקוליטים

סדרת השכבות בין המצוק לבין הגבס הבא כוללת גיר עשיר במיקרופאונה, בדומה לתצפית 6A. הפורמיניפר TR. GR. CORDEVOLICA מופיע פה בתוך אונקוליטים. סטרומטוליטים מופיעים בגג הקטע הגירי ומעידים על תנאים

אינטר-טידליים. שוב אנו עדים לחזרה סימטרית של פציאסים רדודים משני עברי יחידה מצוקית.

D - גבס בגג המחזור (השני)

במחזור טרנסגרסיבי זה מיוצג הפציאס הפלגי על ידי מצוק ה- REDDISH BROWN SCAR-A, שעבר מאוחר יותר דולומיטיזציה (תצפית 6B). במחזור זה לא נמצאו אמוניטים. יתכן שחלק זה של הפציאס הפלגי לא הושג במחזור הנוכחי, או שלא חפשו את האמוניטים בשכבות המתאימות, או ששרידיהם נהרסו בתהליך הדולומיטיזציה.

תחנה 7 - מחזור שכבת HISPANICUM

אין איזכור ייחודי בספרות למחזור סדימנטרי זה אך נוכחים כל האלמנטים של פציאס טרנסגרסיבי בתווך, בין פציאס רגרסיבי בבסיס ובגג. כל עוביו כ-8 מ'.

A - גיר נודולרי עם צדפות ואמוניטים

בתוך הדולומיט בגג הגבס של המחזור הקודם מצויה שכבה עם רכיכות המעידה על תחילת ההתאוששות הימית. מעל הדולומיט מזוהה הטרנסגרסיה על ידי שכבה של גיר תרכיזי לבן המזכיר בחלק ממרכיביו את דרגשי הגיר המצוקי והוא כנראה מפציאס קרוב בתכונותיו, אך אינו שחור, או אדום, ולא מצוקי כמותם. שכבה זו מכילה צדפות עדינות ואמוניטים, ונוצרה כפי הנראה במים די עמוקים. למרות עוביה המצומצם יתכן שיחסית זמן גיאולוגי רב טמון בה. האמוניטים מעידים על גיל לדיניאן עליון ושייכים לפרובינציה הספרדית.

B - שכבת חבצלות ים (קרינואידיים)

באמצע שכבת הגיר הלבן מצויה שכבה עדשתית של גיר ספריטי עם קרינואידיים. השכבה מעידה על אירוע זמני של תנאים אנרגטיים.

C - 'הגיר השחור'

גיר זה, למרות עוביו המצומצם, מכיל בתוכו מגוון פציאסים של תנאים טוב-טידלים רדודים. מצויים בו אצות גירניות ופורמיניפרים שונים כולל TROCHOLINA (כבר לא T. GR. CORDEVOLICA).

D - גבס כגג המחזור (השלישי בסיור זה)

תחנה 8 - מחזור שכבות CLIONITES

מחזור זה מורכב מאוד, נמצאים בתוכו לא מצוק אחד כי אם ארבעה, אבל רק חלק מהם מעידים על חזרה לתנאים המחזרים. מצויות בו כמה שכבות של אואוליטים וסטרומטוליטים, וכמה שכבות של גיר נודולרי שבהן נמצאו אמוניטים.

A - יחידה הכוללת את SCAR-B

חלק זה של החתך נחשף במדרון שאינו נוח לגישה (בצד מסלול הסיור) וכמו כן הוא מופרע על ידי חדירות מאגמטיות. מעל הגבס מופיעות שכבות של אואוליטים מדולמטים, סטרומטוליטים ופציאס הכולל קוורץ דטריטי בפיזור דליל. הדרגש המצוקי, הנמצא בתוך היחידה, אינו מאופיין בטקסטורה התרכיזית הרגילה, ונמצאו בו רפאים (GHOSTS) של אואוליטים. אפשר על כן שהוא במקורו גיר של פציאס רדוד שהוחלף על ידי דולומיט.

B - הפציאס הנודולרי ושכבת הסטרומטוליט

גג שכבת S3 מאופיין כללית על ידי גיר תרכיזי עם צדפות עדינות, הדומה מאוד לשכבת ה- HISPANICUM. הוא מעיד על תנאים טוב-טידליים שקטים, כנראה עמוקים יחסית, אך לא רחוקים מדי מהאזור הרדוד, שכן יש כמה אירועי הרדדה בתוכו. ישנן שכבות עם אואוליטים וקרוב אליהן שכבה מאוד

בולטת של סטרומטוליטים. פורמיניפרים נפוצים, ובהם אלמנטים המציינים גיל לדיניאן עליון ביותר או קרניאן, כשהצורה הבולטת היא INVOLUTINA GASCHEI PRAEGASCHEI וכמה סוגי TROCHOLINA. המאספים הם טיפוסיים לניאו-טתיס של תקופה זו. באיזור זה נמצאו אמוניטים מגיל הקרניאן או הלדיניאן העליון ביותר (ראה דיון אצל PARNES, 1986).

C - מצוקי SCAR-C ו- SCAR-D

מצוק SCAR-C הוא גג יחידה S3, אך ברור אף בשדה שהפציאס של הגיר התרכיזי ממשיך מעבר לו ואף מעבר למצוק SCAR-D. גם הפציאסים הסוב-טידלים הרדודים ממשיכים, ומאסף כמעט זהה, הנשלט על ידי I. GASCHEI PRAEGASCHEI ממשיך אף הוא. מעל גג SCAR-D ישנן כמה שכבות דולומיט וגיר המכילות מיקרופציאס של מאסף זה (I. GASCHEI PRAEGASCHEI במאסף מופיעה גם T. PROCERA שהיתה הראשונה להופיע בלדיניאן והיא גם האחרונה בקרניאן. התפתחות אבולוציונית חדשה של קבוצה זו שייכת לנוריאן-רהטיאן.

D - גיר עם נבירות (LOWER HELMINTHOID LST), עם קרומי לימוניט בגיר זה כל הסימנים המוכרים מקודם לכן לסביבה דלת החמצן, אך מעליו מופיע גבס ללא פציאס ביניים. לעומת זאת פצחי התייבשות וקרומי לימוניט בגגו מעידים אולי על תקופת חשיפה הכרוכה בהרדדה ויתכן אף שיש כאן אי-התאמה של חסר סדימנטציה.

E - גבס כגג מחזור (הרביעי בסדרה)

תחנה 9 - המחזור העליון (ציור 3C)

במחזור זה חלקו של הפציאס העמוק דק יחסית ומתיחס רק לשכבות העליונות של יחידה S4. לעומת זאת החתך מתנאי הפציאס הרדוד של השלב המסיים מחזור זה, עבה ומפותח ביותר באשר ניתן לכלול בו את רוב תצורת מוחילה.

A - סטרומטוליטים של דפדפות

מעל הגבס של גג המחזור הקודם מופיעים סטרומטוליטים עם שכבות מפרידות (PARTINGS) של חרטית, המשוות לדולומיט מהמקור הסטרומטוליטי סטרוקטורה של דפדפות, כמו דפי ניר.

B - פצייאס פלטפורמה עליון

מופיע כאן גיר נודולרי עם אצות (שאינן מוכרות עד עתה), ועם אונקוליטים. פאונת הפורמיניפרים דלה ונשלטת על ידי I. GASCHEI וקרוביו. יש גם קצת ספריט. PRAEGASCHEI

C - גיר עם נבירות (UPPER HELMINTHOID LST) (גג סהרונים)

זה הפצייאס העמוק במחזור זה, דומה לגירים התרכיזיים שבהם נמצאו אמוניטים נמוך יותר בחתך.

D - דולומיט אואוליטי (הפרט התחתון בתצורת מוחילה)

ההרדה מתבטאת בשכבות דולומיט עם אואוליטים. אלה מכילות בחלקן @T, PROCERA@ ללא נוכחות פורמיניפר אחר הניתן לזיהוי. בזה תם הפצייאס הסוב-טידלי.

E - דולומיט למינרי

רוב הפרט התחתון של תצורת מוחילה בנוי מדולומיט למינרי. דולומיט זה הוא כנראה ראשוני ומקורו במשחי אצות. חלק מהשכבות ניתן אכן לסווג כסטרוטוליטים.

F - הגבס העבה של מוחילה כגג המחזור

תחנה 10 - הגיר העליון של תצורת מוחילה

גיר זה עבר תהפוכות דיאגנטיות וקשה לזהות את איזור הווצרותו. בחלקו התחתון ישנם סטרומטוליטים. מעליהם שכבות ובהן הופעות של רפאים (GHOSTS) המעידים על נוכחות פרימריית של אאוליטים ואלמנטים נוספים של אנרגיה גבוהה. הופעות גיר שחור המכיל חומר אורגני ונודף ריח ביטומיני ו-H₂S חריף, ונוכחות תרכיזי פיריט או המטיט פסאודומורפ אחר פיריט, הם עדויות לתנאים דלי חמצן ואולי שכבתיות עם מים ברקיים מעל למי הים. במספר שכבות יש מאקרופאונה דלה של צדפות, ובמיקרופציאס ניתן לזהות אוסטרקודים ופאונה דלה של פורמיניפרים. הקונודונטים מציינים גיל קרניאן עליון. ניתן לקבוע כי התחיל מחזור ימי חדש, אך התפתחותו נקטעת כנראה בחתך דחוס (CONDENSED SEQUENCE) או אף בחוסר סדימנטציה.

סיור מס' 3: תופעות מינרליזציה רב-מתכתית, פעילות מגמתית
וקונטקט מטסומטית בדרום מכתש רמון

א. איתמר וג. בר

המכון הגיאולוגי, ירושלים*

מבוא

מטרת הסיור היא להכיר את התופעות המלוות את הפעילות המגמתית בגג
גופי החדירה הקורץ-סייניטיים בדרום מכתש רמון, את תכונותיהם של גופים
אלו והיחס בינם לסלעי הסביבה.

סיור זה מציג מספר היבטים של המחוז המגמתי הקורץ סייניטי בדרום
מכתש רמון: א) ההרכב, הפטרוגרפיה, התפוצה והבעיות הפטרוגנטיות של
גופי החדירה הקורץ סייניטיים. ב) ההרכב ודרך ההווצרות של המינרליזציה
הרב-מתכתית והקשר שלה לגופי החדירה. ג) תופעות קונטקט-מטמורפיות
וקונטקט-מטסומטיות בסדימנטים הנחדרים ע"י הגופים הנ"ל. ד) אלטרציה
הידרותרמלית של חלק מגופי החדירה.

גופי החדירה הנם מטפוס של סדנים, דייקים וסילים. עבודות המתארות
גופים אלו הן: BENTOR, 1952; 1963; מזור, 1955; זק, 1957; ZAK, 1963;
1968; GARFUNKEL AND KATZ, 1967; WEISSBROD AND BOGOCH, 1979; בונן,
1980. בעבודות אלו הוגדרו הגופים כקורץ-פורפיר, נורדמרקיס, בוסטוניט
וסייניט. מזור (1955) קרא לחדירות המגמתיות בעמק גוונים בדרום מכתש
רמון "גבנונים, וכך הם יקראו גם בסיור זה.

סלעים משן רמון תוארכו לראשונה ע"י STARINSKY ET AL. (1980),
בשיטת רובידיום-סטרוניזיום והגיל שנתקבל היה 12 ± 107 מ.ש. תיארוך
נוסף, שנעשה ע"י LANG AND STEINITZ (1985) בשיטת אשלגן-ארגון נתן גיל
עתיק יותר: 5 ± 130 מ.ש.

העבודות המתיחסות לתופעות המינרליזציה הן: ITAMAR ET AL., 1983;
BAER, 1985; ZILBERFARB ET AL., 1985; ITAMAR, 1985; 1986; 1987;
ITAMAR AND MATTHEWS, 1987; BAER ET AL., 1986; ITAMAR AND BAER

א. גופי החדירה הקורץ סייניטיים

תפוצה נרחבת של סלעי קורץ סייניט, באה לידי ביטוי בהופעתם של גופים מגמתיים רבים - קטנים וגדולים, לאורך רצועה המשתרעת מבאב-רמון במערב עד כיפת סהרונים במזרח בדרום מכתש רמון (ציור 1).

הסלעים הוגדרו הסלעים מחדש (BAER ET AL., 1987) ונתברר שהרכבם משתנה מקורץ סייניט לאלקלי-פלדספר-קורץ- סייניט, אלקלי-פלדספר-גרניט, ועד לגרניט (ציור 2).

להלן תכונותיהם העיקריות:

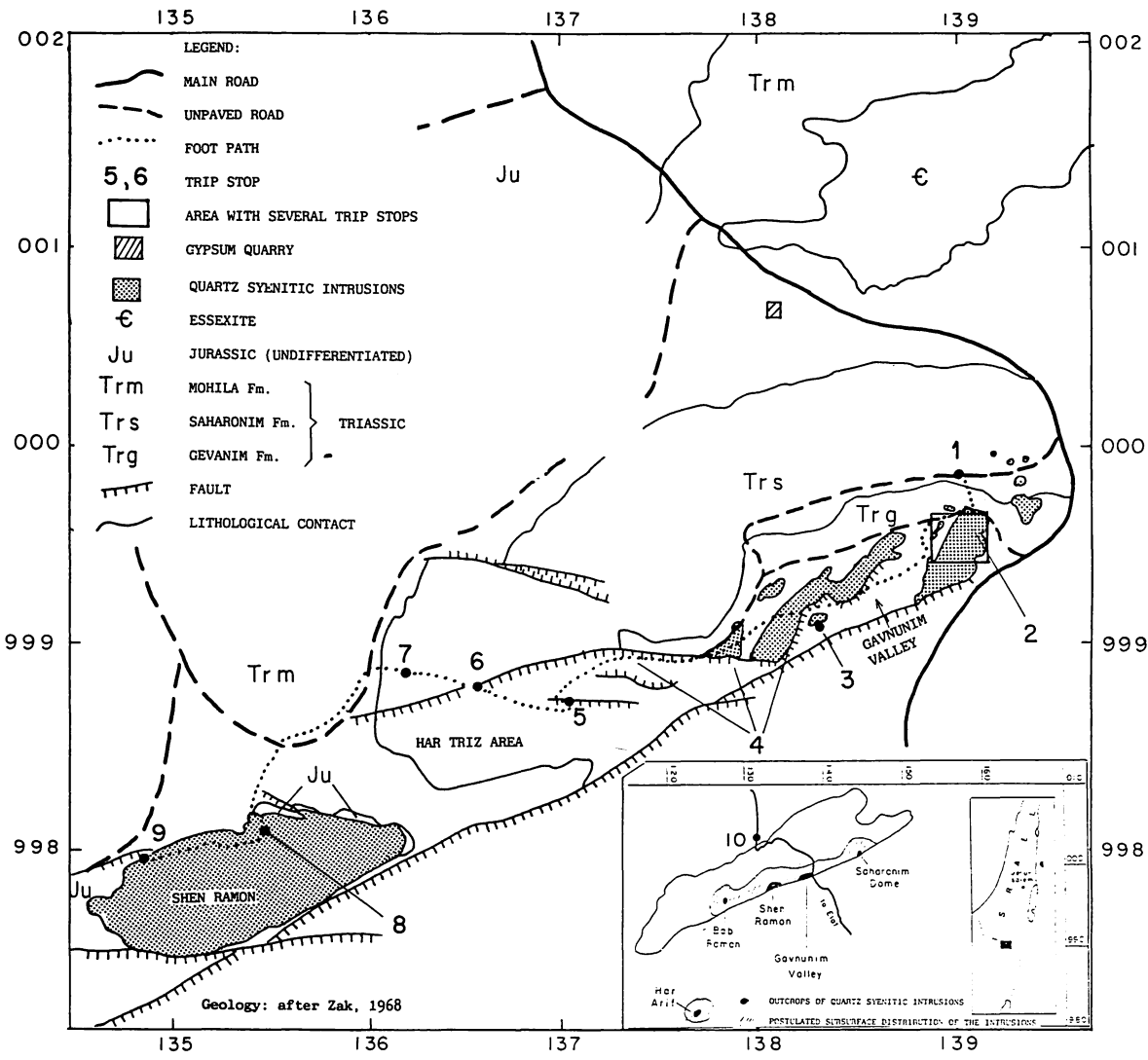
1. הטכסטורות משתנות בהדרגה מאקויגרנולריות-פלוטוניות, גסות גביש בעומק, עד טרכיטיות, דקות גביש על פני השטח בגג גופי החדירה.

2. המינרל העיקרי בסלע הוא אלקלי פלדספר השייך לקבוצת האנורתוקלז - סנידין, בו יש כמות שווה של נתרן ואשלגן, כמעט ללא פרטיט או פלדספר נפרד של אשלגן.

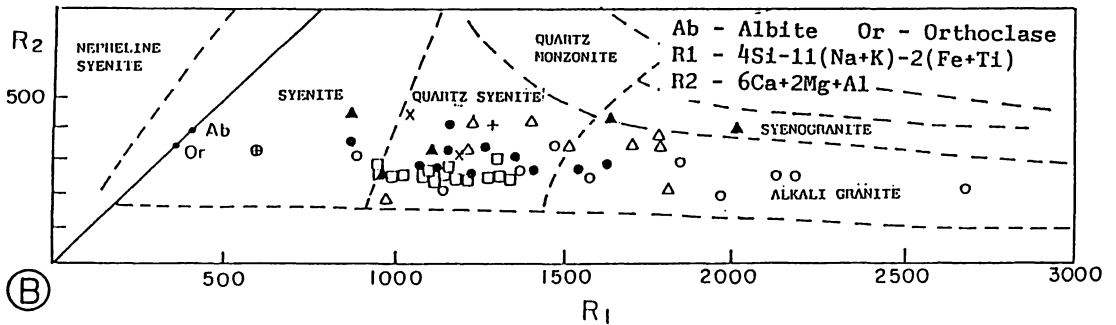
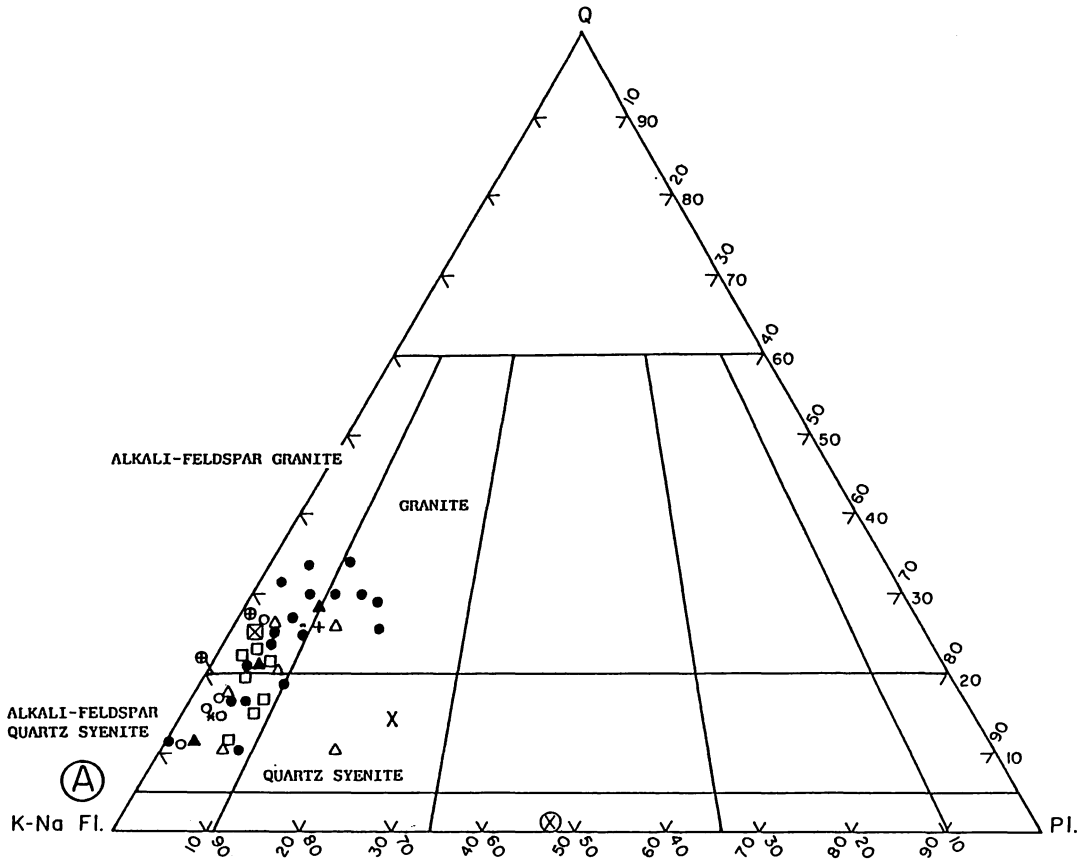
3. הם מכילים 10% עד 27% קורץ.

4. הסלעים הפלוטוניים הם הומוגניים מבחינה כימית, בפני השטח במגע עם הסדימנטים הם הטרוגניים. הם מועשרים בגפרית, מגנזיום וסידן והרכבם, במיוחד בדייקים, משתנה מחמוץ לבסיסי לאורך מרחק קצר. שינויים אלו בולטים במיוחד במגע בין סלעי החדירה לאבני גיר, שם הסלעים הם הבסיסיים ביותר והם מועשרים בסידן מן הסדימנטים. דבר זה מתבטא ביחס נמוך במיוחד של SiO_2/CoO (ציור 3). הסלעים החמוצים ביותר נמצאים בגג גופי החדירה בעמק הגבנונים.

המחשופים הגדולים של קורץ סייניט, הם הגופים של שן רמון, עמק הגבנונים, והר עריף. גופים קורץ סייניטיים נוספים מצויים בגלעיני הקמטים הכיפתיים הבולטים בסלעים הטריאסיים. ניתן לשער שמבנים אלו נוצרו בחלקם כתוצאה מלחץ החדירה של הגופים המגמתיים. הללו נתגלו באיזור הר טריז, בכיפת סהרונים ובאיזור באב-רמון.



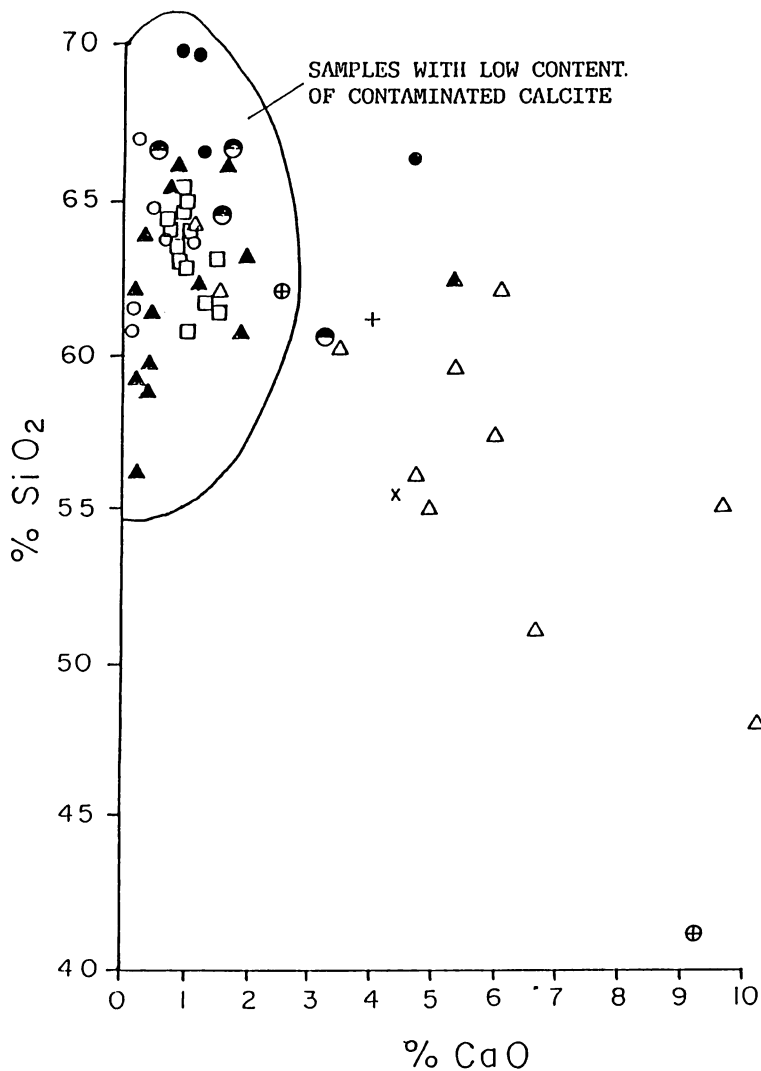
ציור 1: מפת הדרכה לסיור. (A) - תפוצת האינטרוזיות הקורץ סיניטיות; (B) - מחשופי האינטרוזיות הקורץ סיניטיות בדרום מכתש רמון ותחנות הסיור.



LEGEND:

- | | | | |
|---|--|---|--|
| ⊗ | BAB RAMON - DIKE IN CONTACT WITH ARDON LIMESTONE | ● | GAVNUNIM VALLEY - MESOCRATIC (YOUNG) VARIANT |
| ⊠ | BAB RAMON - DIKE IN CONTACT WITH SILL | □ | GAVNUNIM VALLEY - DRILLING CORES |
| X | BAB RAMON - SILL | ▲ | GAVNUNIM VALLEY - LEUCOCRATIC (OLD) VARIANT |
| △ | HAR TRIZ AREA | + | HAR ARIF |
| ○ | SHEN RAMON | ⊕ | MAALE HAATZMAUT TUFFISITES |
| * | SAHARONIM DOME | | |

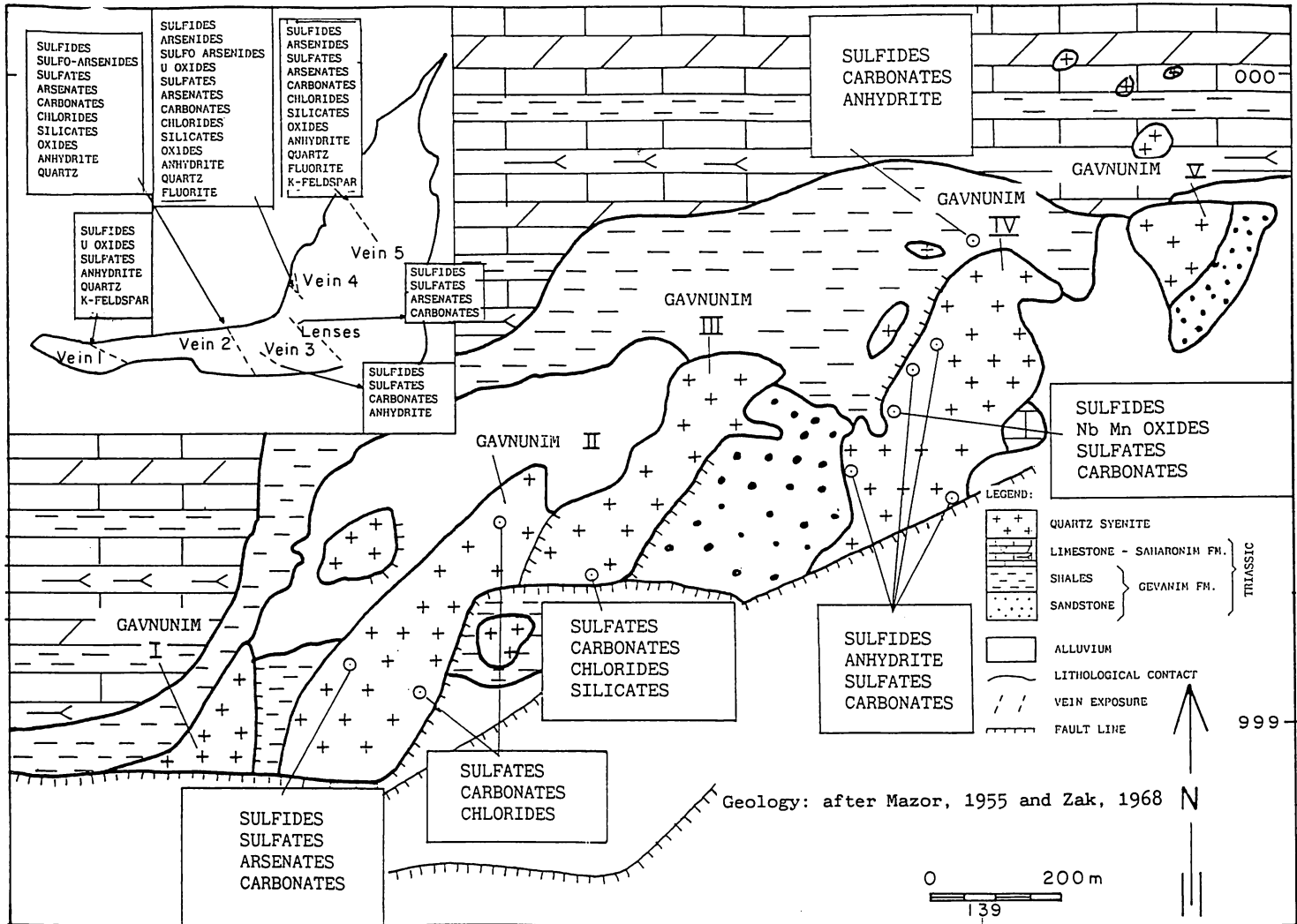
ציור 2: הגדרה פטרולוגית של האינטרוזיות. (A) - הגדרה מינרלוגית נורמטיבית של דוגמאות קורץ סיניט (ע"פ STRECKEISSEN, 1976). (B) - הגדרה כימית של האינטרוזיות (ע"פ DE-LA-ROCH ET AL., 1980).



ציור 3: דיאגרמה המציגה רכוז CaO כנגד SiO₂ בקורץ סייניטים. התעשרות בולטת ב-CaO יש בקורץ סייניטים הבאים במגע עם גיר.

LEGEND:

- x SAMPLES IN CONTACT WITH LIMESTONE OF MOHILA FM.
- ⊕ SAMPLES IN CONTACT WITH LIMESTONE OF MOHILA FM. (treated by HCl)
- △ SAMPLES IN CONTACT WITH LIMESTONE OF SAHARONIM FM.
- ▲ SAMPLES IN CONTACT WITH LIMESTONE OF SAHARONIM FM. (treated by HCl)
- ⊖ SAMPLES IN CONTACT WITH CLAY OF GEVANIM FM.
- SAMPLES IN CONTACT WITH SANDSTONE OF GEVANIM FM.
- DRILLHOLE CORE SAMPLES - LOWER LEVEL OF INTRUSION
- EXPOSED SURFACE SAMPLES - LOWER LEVEL OF INTRUSION
- + SAMPLES IN CONTACT WITH LIMSTONE OF RAAF FM.



ציור 4: גופים קורץ סיניטיים ומינרלוגיה בעמק הגבנונים.

ב. המינרליזציה הרב-מתכתית

המינרליזציה מופיעה בתוך ברקציות, בגג גופי החדירה הקורץ סייניטיים וקרוב למגע עם הסדימנטים, במיוחד במגע עם החרסיות של תצורת גוונים בעמק הגבנונים (ציור 4). המינרליזציה היא רב-מתכתית, סולפו - ארסנידית, מופיעה במבנה של עורקים ועדשות ובעלת טווח גיאוכימי רחב. הבצר המתכתי כולל מינרלים ראשוניים רבים המופעים גם הם במספר קבוצות פאראגנטיות:

סולפידים: $PbS, ZnS, Ag_2S, NiS_2, (Ni, Fe)S_2, CuS, Cu_2S, CuFeS_2, FeS_2$

ארסנידים: $NiAs, (Ni, Co)As_2, (Ni, Co, Fe)As_2, FeAs_2$

סולפו-ארסנידים: $NiAsS, AgAsS_2, Cu_3AsS_4$

מינרלים משניים רבים התפתחו כתוצאה מבלייה במקום הראשוניים, חלקם עדיין לא ידוע בטבע. בליית המינרלים הראשוניים נמשכת עד היום. העורקים מכילים גם מינרלים נלוים לבצר כמו: קורץ ואנהידריט (הנפוצים מאד), פלדספר אשלגני ופלואוריט (הנדירים מאד).

אנהידריט הוא המינרל הנלווה העיקרי בבצר והוא מופיע בצבעים רבים, כנראה כתוצאה של החלפת ה- Ca^{++} במתכות שונות בשריג האנהידריט והוצרות מינרלים כמו $[(Co, Ag)(SO_4)]$. גבס מופיע גם הוא בכמות גדולה בבצר ורובו נראה כבלייה של האנהידריט.

המאספים הפאראגנטיים וטמפרטורות ההוצרות שלהם, מצביעים על שלושה שלבים בהתפתחות המינרליזציה: שלב האלטרציה ההידרוטרמלית של סלע הסביבה ($400^\circ C \sim$), שלב הווצרות הבצר ($150-350^\circ C$) ושלב ההתפרקות שלו למינרלים משניים ($<150^\circ C$). בשלב המינרליזציה היו ארבעה מחזורים: (1) מחזור פיריטי (נוצר ב- $350^\circ C$); (2) מחזור סולפדי רב-מתכתי ($250-280^\circ C$); (3) מחזור סולפו-ארסנידי ($150^\circ C$); (4) מחזור הרמוביליזציה של סולפו-ארסנידים ($<150^\circ C$). האיזור בעורקים נוצר כפועל יוצא של מחזורים אלו - כאשר המחזורים המוקדמים מופיעים בשוליים החיצוניים של הברקציות והעורקים ואילו המחזורים המאוחרים ממלאים את החלקים הפנימיים של העורקים.

שלושה מיפלים זהו בעורקים: המפלים התחתון - מעומק של 100 מ' עד 10 מ' מתחת לגג גופי החדירה, מכיל בעיקר קורץ, מעט אנהידריט ומעט מתכות. המפלים התיכון - מעומק 10 מ' עד המגע של גופי החדירה עם הסדימנטים, מכיל את עיקר המינרליזציה המתכתית. המפלים העליון - מגג האינטרוזיות עד לגובה של 20 מ' מעל המגע ובתוך הסדימנטים, מורכב בעיקר מקלציט, אנקריט, גבס ומעט מתכות.

תיארוך בשיטת אשלגן-ארגון של הפלדספרים הנלווים לבצר, הראה גיל של 2 ± 125 מ.ש., הדבר מצביע על כך שהמינרליזציה היתה שלב אחרון בפעילות המגמתית הקורץ סייניטית (ITAMAR AND STEINITZ, 1987).

איזוטופים יציבים נבדקו בקורץ, קרבונטים וסולפידים מן הבצר, תוצאות החמצן בקורץ הראו על $\delta^{18}O$ מ-19% עד +25%, תוצאות הפחמן בקרבונטים הראו על $\delta^{13}C$ מ-0% עד -4%, ותוצאות הגפרית בסולפידים הראו על $\delta^{34}S$ מ-30% עד -17%. הרכבי החמצן והגפרית הם שונים באופן מובהק מן ההרכבים הידועים בתופעות הידרותרמליות רבות. גם הרכב החמצן בתמיסות ההידותרמליות ($\delta^{18}O$ מ-19% עד +4%, על פי חישוב), אינו דומה למינרליזציה כזו. המסקנה משוני זה הינה שהרכב זה של התמיסות ההידותרמליות נוצר כתוצאה מראקציה של תמיסות אלו עם הסדימנטים, ולכן גם ההרכב האיזוטופי של המינרלים הושפע מהרכב התמיסה. מנגנון הנוצרות הבצר מוסבר אם כן בתהליך של צירקולציה, כאשר מים מן הסדימנטים ירדו לעומק, באו במגע עם המגמה ותוך כדי עלייתן השקיעו בצר מתכתי בגג גופי החדירה (ITAMAR AND MATTHEWS, 1987).

צנורות ההובלה בהן נדדו התמיסות היו ברקציות הנפוצות מאד בקורץ סייניטים. ברקציות כאלו ידועות בשם "פראטו-מגמתיות", והן נוצרות כאשר לחץ נוזלים וגזים (מן המגמה בעומק) מרסק חלקים בגג מגובש של גוף מגמתי.

נתונים מינרלוגיים, פטרוגרפיים ואיזוטופיים, מעידים על כך שהשקעת הבצר בגג הגופים המגמתיים, במגע עם החרסיות של תצורת גוונים, התרחשה כתוצאה מארבעה גורמים: ירידה בטמפרטורת התמיסות, ערבוב עם תמיסות

קרות מן הסדימנטים, רתיחה של התמיסות תוך כדי שחרור CO_2 , וקיומן של החרסיות במגע, כמחסום פיזיקלי אשר עצר את תנועת התמיסות, במקרה כזה עולה רכוז המתכות בתמיסה והן מתחילות לשקוע בו במקום.

ג. אלטרציה מטסומטית של אבני גיר

אבני גיר אדומות-חומות, של תצורת סהרונים, נפוצות באיזור הר טריז ועמק הגבנונים, בעיקר במגע עם גופים מגמתיים (דייקים וסילים). קיים

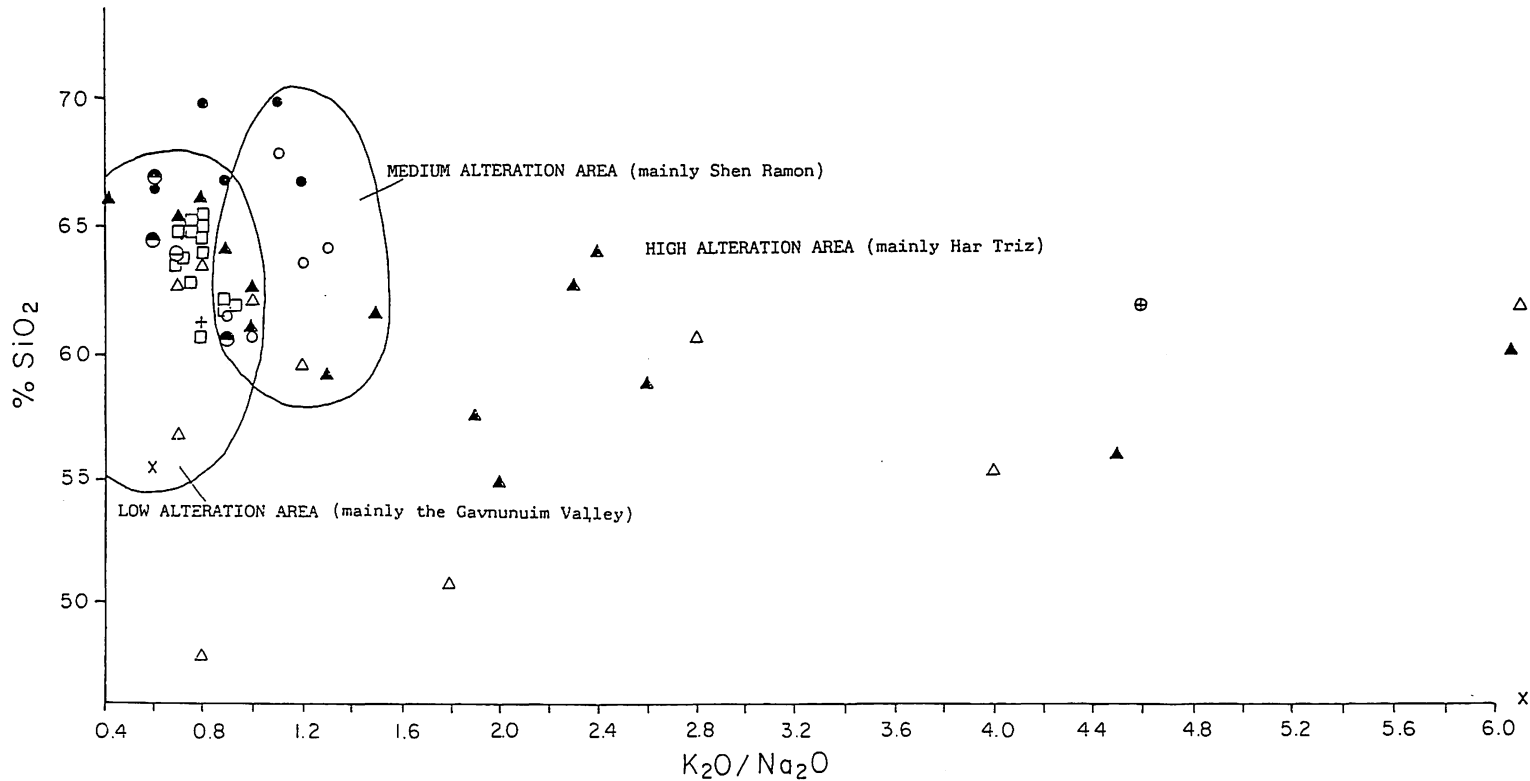
מעבר הדרגתי בין גיר אפור נורמלי לסלעים אלה ככל שמתקרבים למגע עם הגוף המגמתי; השינוי הבולט ביותר בתכונות הגיר מופיע ממש במגע: במקום הקלציט המקורי של הגיר, מורכב רב הסלע מדולומיט, אנקריט, מגנזיופריט, אנהידריט ופלואוריט, ומכמות גדולה של קלציט ספארי. האנקריט מכיל עד 2% סיליקה ואלומינה. הסלעים מועשרים במתכות כמו אבץ, ברזל ומנגן.

שינויים כימיים ופטרואגרפיים זוהו גם בקורץ סייניט הנמצא במגע עם סלעים אלה ומתבטאים באלטרציה הידרותרמלית של הסלע המגמתי. פועל יוצא של אלטרציה זו הוא התעשרות הגופים המגמתיים באשלגן כך שהיחס K_2O/Na_2O בהם הוא הגבוה ביותר שזוהה בכל הקורץ סייניטים (ציור 5).

במספר מגעים מופיעות ברקציות המורכבות מתערובת של פרגמנטים גיריים וקורץ סייניטיים המלוכדים ע"י קלציט ספארי ותחמוצות ברזל. ברקציות אלו מועשרות בדרך כלל במתכות כמו אבץ וברזל ובמקומות מסויימים רכוז האבץ בהם מגיע עד 3%.

מוצעים בזאת מספר שלבים בהוצרות הגיר המטסומטי: (1) דולומיטיזציה של חלקים בגיר; (2) התגבשות מחדש, הן של הגיר המקורי והן של הדולומיט והתפתחותו של קלציט ספארי לבן; (3) התפתחות מינרלים הידרותרמליים על פני כל המבנים הקודמים בסלע.

סלע קונטקט-מטמורפי נוסף זוהה, באגף המערבי של שן רמון: גיר של תצורת ארדון חדור ע"י קורץ סייניט, שחור-סגול והמורכב בעיקר מקורץ, קלציט ופלואוריט.



ציור 5: דיאגרמה המציגה רכוז SiO₂ כנגד היחס K₂O/Na₂O בסלעים הקורן סיינטיים. רכוז גבוה של K₂O בולט בסלעים של איזור הר טריז.

ד. אלטרציה הידרותרמלית של קורץ סייניטים

איזורי אלטרציה נרחבים זוהו בשן רמון. באיזור זה גג גופי החדירה הוסר, ומפלסים עמוקים של אלטרציה נחשפו. בתוכם מופיעים ארבעה קוי ברקציה מלווים באלטרציה הידרותרמלית. רוחב הקוים כ-20 מ', אורכם כ-1 ק"מ וכוונם צפון מערב. החלוקה המקובלת של אזורי אלטרציה היא: איזור פרופיליטי בשוליים החיצוניים של גופים מגמתיים, אח"כ איזור סריציטי, ארגליטי ובחלק הפנימי ביותר - האיזור האשלגני (ROSE AND BURT, 1979).

השתרעותם המרחבית של אזורי האלטרציה בשן רמון שונה במידת מה מן החלוקה המקובלת. האיזור הפרופיליטי מוגדר היטב, על השוליים המערביים והדרומיים של שן רמון. צבעו ירוק-אפור (בגלל כלוריטיזציה של אמפיבולים) והמאסף המינרלוגי כולל אלביט, קורץ ואפידוט. האיזור הסריציטי והארגיליטי מעורבים ומשתרעים על פני כל החלקים המרכזיים והמזרחיים של שן רמון. הם מאופיינים ע"י הופעה של סריציט, קאוליניט וקורץ הנותנים לסלע צבע ורוד בהיר. האיזור האשלגני מורכב מכתמים קטנים המפוזרים בתוך האיזור הסריציטי-ארגיליטי בעיקר בחלקים העמוקים של הגוף המגמתי. איזור זה מאופיין ע"י צבעו האדום שנוצר מהתפתחות פלדספר אשלגני ותחמוצות ברזל בסלע. באיזור זה זוהו עורקים המכילים אנהידריט, הליט, מינרלי צריום ותחמוצות ברזל+מנגן - אלו האחרונים מופיעים בצבע שחור הנותן לסלע הופעה של גוזאן. הרכב מינרלוגי זה מצביע על טמפרטורה של כ-450°C (TAYLOR AND FRYER, 1982), כטמפרטורה המשוערת של הווצרות האלטרציה ההידותרמלית בשן רמון.

ההרכב הכימי של הסלעים באיזורי האלטרציה הוא הטרוגני מאד; ישנן תנודות חריפות ברכוז הסיליקה, המנגן וביחס K/No.

מדריך הסיור (ציור 1)

תחנה מס' 1: תצפית מהר גוונים (נ.צ.מ. 13900/99980)

הקורץ סייניט של עמק הגבנונים נחשף בגלעינה של כיפת גוונים. הסלעים המגמתיים שבורים ומופרדים לחמישה גופים (ציור 4). המגע העליון של גופי החדירה, מקביל בדרך כלל לשיכוב של הסלעים הטריאסיים, אך לעיתים יש שוני במפלס החדירה של הגג. במרכז, הגג חדור לפרט התחתון של תצורת גוונים. במערב, גובה החדירה עולה והוא מגיע עד הפרט העליון של תצורת גוונים. במזרח, מגיע גג הקורץ סייניט גבוה עוד יותר, עד תצורת סהרונים.

תחנה מס' 2: דורות מגמתיים, ואלטרציה של ברקציות וקורץ סייניט (נ.צ.מ. 13890/99950)

א. דורות מגמתיים

שני דורות חדירה של קורץ סייניט מיוצגים ע"י סיל קדום, חדור ע"י גבנון צעיר יותר (ציור 6). המגע ביניהם הוא לעיתים תואם ולעיתים בלתי תואם. המגעים ניתנים לזיהוי בעזרת שולי הקירור בעלי הצבע הירוק המאפיינים את גג המחדר הצעיר יותר. שני הדורות בנויים מקורץ סייניט ואין ביניהם כמעט שום הבדל כימי או פטרוגרפי. מכאן ניתן להניח שהם שני דורות של אותה פעילות מגמתית. כל סוגי המגע מופיעים משני צדי גיא זוחלים בכניסה לעמק הגבנונים.

ב. עורק החודר לסלעים סדימנטריים

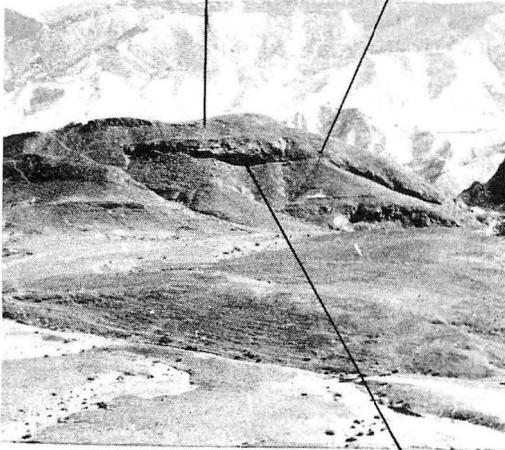
עורק קטן המכיל פיריט, סמיתסוניט, פירואאוריט וגפרית, חודר לתוך הסלעים הסדימנטריים במגע בינם לבין דייק אנדזיטי. כמות גדולה של גבס נפוצה לאורך המגע עורק-סדימנטים-דייק; לעיתים מופיעים גבישי גבס אידיומורפיים שאורכם כ-5 ס"מ. עורקי קלציט קטנים ומאוחרים חודרים דרך העורק הנ"ל. המאסף הפאראגנטי מצביע שהעורק בנוי ממינרלים השייכים

OLD VARIANT

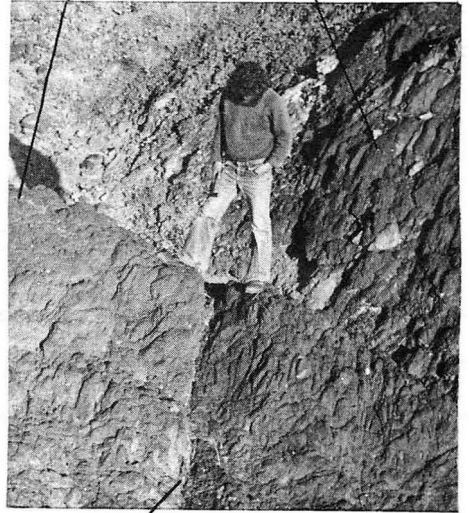
YOUNG VARIANT

OLD VARIANT

YOUNG VARIANT



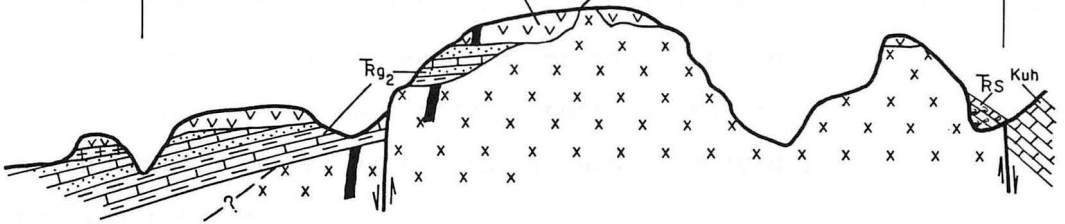
a



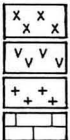
b

-N-
GAVNUNIM VALLEY

-S-
RAMON FAULT



LEGEND:



QUARTZ SYENITE, MESOCRATIC (YOUNG) VARIANT
 QUARTZ SYENITE, LEUCOCRATIC (OLD) VARIANT
 ANDESITIC SILL
 LIMESTONE, HAZERA FM.



LIMESTONE, SAHARONIM FM.
 SANDSTONE, CLAY AND LIMESTONE, GEVANIM FM.
 FAULT
 MINERALIZATION VEIN

0 50 100 m

C

ציור 6: יחסי שדה בין שני וריאנטים של קורץ סייניט ומינרליזציה, בגבנונים IV. (A) - מגע אפקי בין שני הוריאנטים. (B) - מגע אנכי. (C) - חתך סכמטי המציג את יחסי השדה.

סייניטים. האלטרציה מתבטאת בהופעה של צבע חום-אדום על פני הסלעים ורכוז גבוה של תחמוצות ברזל ומנגן הספוגים בסלע, בצורה של דנדריטים.

תחנה מס' 3: אלטרציה באבני חול של תצורת גוונים
(נ.צ.מ. 13820/99905)

אבן החול הנחשפת בתחנה זו היא קורציטית, דקת גביש ובולטת בצבעה החום-אדום. צבע זה הוא תוצאה מהתפתחות של אלטרציה במגע בין אבן החול והאינטרוזיה הקורץ סייניטית. אלטרציה זו מלווה בהתעשרות של אבן החול במספר מתכות.

תחנה מס' 4: חדירות מגמיות, אלטרציה והופעה של ברקציות בקורץ
סייניט ובסלעים סדימנטריים, לאורך הדרך בין תחנה 3 ל-4

לאורך הדרך בין תחנות 3 ו-5 יוצגו מספר מחשופים בהם מופיעות ברקציות ספוגות במינרלים מתכתיים, חדירה של קורץ סייניט בתוך סלעים סדימנטריים, אלטרציה של הסלעים הסדימנטריים והצטברות בצר מתכתי בתוכם. לאורכה של דרך זו בולטים הוריאנטים הירוקים של גג האינטרוזיות הקורץ סייניטיות.

תחנה מס' 5: גיר מטסומטי ו-"קערה" באיזור הר טריז
(נ.צ.מ. 13700/99860)

הגיר המטסומטי נפוץ בגיר מתצורת סהרונים במגע של הגיר עם דייקים קורץ - סייניטיים או בצמוד לשברים. גיר זה מורכב בעיקר מאנקריט והוא מועשר במספר מתכות. במעבר מן הגיר האפור של תצורת סהרונים לכוון המגע עם הדייק, ניתן לזהות מספר שינויים הדרגתיים: בתחילה הופעת דולומיט סוכרי לבן, ואח"כ התפתחות עורקים אנקריטיים בתוך הגיר והדולומיט במגע עם הדייק.

במספר מקומות חשוף המגע בין הגיר המטסומטי לגופים המגמתיים. במקומות אחרים מופיע גיר זה לאורך קוי שבירה שהם המשך של דייקים בלתי

עם הדייק, ניתן לזהות מספר שינויים הדרגתיים: בתחילה הופעת דולומיט סוכרי לבן, ואח"כ התפתחות עורקים אנקריטיים בתוך הגיר והדולומיט במגע עם הדייק.

במספר מקומות חשוף המגע בין הגיר המססומטי לגופים המגמתיים. במקומות אחרים מופיע גיר זה לאורך קוי שבירה שהם המשך של דייקים בלתי חשופים. התעשרות הגיר המססומטי במספר מתכות המופיעות במינרליזציה בעמק הגבנונים מחזקות את האפשרות שהווצרותו היא כתוצאה מפעילות הידרותרמלית.

לאורך אחד המחשופים של הגיר נוצרה התרחבות דמויית קערה לאורך תעלה של דייק שלילי. סיבת הווצרותו של מבנה זה טרם ברורה כל צרכה, אולם הקירבה לדייק עשויה להעיד על מקור הידרותרמלי הקשור בדייק.

תחנה מס' 6: תצפית מהר טריז - מבנה השטח (נ.צ.מ. 13655/99880)

איזור זה הנמצא בין כיפת גוונים לשן רמון, נקרא "איזור הקמטים הגלויים" (זק, 1957). מספר קמטים מקבילים ולעיתים אף מדורגים מופיעים בקרבה לשבר הרמון, בתוך הפרטים התחתונים של תצורת סהרונים. חלק מן הקמטים מוארכים, ומופיעים כאנטיקלינלות שכוונן מזרח - מערב; אחרים הם קטנים וכיפתיים. סלעי חדירה, דייקים, סילים וסטוקים מופיעים תמיד בגלעיני הקמטים ומתמשכים הלאה אל מחוץ לקמטים אלו. קשר הדוק זה מצביע על האפשרות שהשלב הראשון בהווצרות הקמטים היה פועל יוצא של החדירות.

תחנה מס' 7: שינויי הרכב בקורץ סייניט באיזור ה"אמפיתאטרון" (נ.צ.מ. 13620/99990)

שינויי הרכב קיצוניים זוהו בסיל לאורך מרחק קצר, לעיתים של סמ' ספורים. השינויים מתבטאים בכך שהסלע הופך מקורץ סייניט לאנדזיט ולעיתים אף לסלע בסיסי עוד יותר ותכולת הסיליקה משתנה מ-62% ל-42%. בטפוסים הבסיסיים יותר ניכרת אלטרציה חזקה המתבטאת בהתפתחות טבעות לימוניטיות לאורך סדקים, מלווים בקאוליניטיזציה של פלדספרים

וכלוריטיזציה של אמפיבולים. עובדות אלו מצביעות על כך שהסלע המקורי כאן הוא קורץ סייניט שעבר החלפה לסלעים בעלי הרכב בסיסי יותר. שינויי הרכב דומים זהו בדיוקים רבים אחרים ולעיתים נראה בברור שהשינוי מתרחש כאשר הדייק עובר ממגע עם סדימנט אחד לסוג סדימנט אחר. תופעות אלו עשויות להצביע על כך ששינוי ההרכב הוא תוצאה של ראקציה בין הדייק לסדימנט אותו הוא חודר, ואופי השינוי תלוי בהרכב הסדימנט החדור.

תחנה מס' 8: אלטרציה הידרותרמלית בשן רמון (נ.צ.מ. 13550/99800)

המחדר המגמתי של שן רמון נקטע ע"י מספר קוי ברקציה ואלטרציה הידרותרמלית שכוונם 330-310. רוחב הקוים כ-20 מ' ואורכם עשוי להגיע למאות מטרים ואף יותר. איזורים אלו קלים לזיהוי, הם בונים את האוכפים על קו הרקיע ואת הערוצים, כיון שסלע זה רך יותר מן הסלע הטרי. טפוס האלטרציה המעניין ביותר - בו ממוקמת תחנה זו, הוא האשלגנית. הברקציות בהם טפוס זה מופיע, מורכבות בעיקר מפלדספר אשלגני והן חדורות ע"י רשת של עורקים המכילים תחמוצות ברזל-מנגן, מינרלים של עפרות נדירות, אנהידריט ומעט הליט. העורקים הם שחורים - חומים ונותנים לסלע מראה אופייני של "גוזאן".

השוואה בין האלטרציה בשן רמון ואלו של עמק הגבנונים מראה כי: אזורי הברקציה והאלטרציה בעמק הגבנונים צרים בהרבה מאלו שבשן רמון, הם נמצאים בגג הגופים המגמתיים וכוללים עורקים סולפידיים. האלטרציה בשן רמון היא בעומק הגוף המגמתי והמינרלוגיה שונה. של העורקים באלטרציה של שן רמון, ומצביעה על טמפרטורות הווצרות גבוהות יותר. המקום היחידי בשן רמון הדומה מאד לעמק הגבנונים הוא המורד המערבי של המחדר, שם נחשף פציאס הגג של הסלע המגמתי ואף מופיעים בו מעט עורקים מן הסוג הקיים בעמק הגבנונים.

מן ההשוואה הזאת ניתן לראות שטפוס המינרליזציה והאלטרציה ההידרוטרמלית תלוי במפלס החדירה של הגוף המגמתי. המפלס בשן רמון הוא

עמוק יותר ולכן מופיעים שם טפוסי אלטרציה האופייניים לחלקים עמוקים בסלעי החדירה.

תחנה מס' 9: "סקארן" פלואוריטי באבן גיר מתצורת ארדון בשן רמון
(נ.צ.מ. 13490/99790)

במורד המערבי של שן רמון, נחשף מגע חדירה בין קורץ סייניטי לאבני גיר מתצורת ארדון. במחשוף זה אבן הגיר שונה מהופעתה הרגילה; הסלע הוא שחור-סגול, קשה, מורכב מפלואוריט, קורץ וקלציט ומועשר בריכוזים גבוהים של אבץ, אורניום, ארסן, ברזל, מוליבדן, נחושת, ניקל, עופרת וקובלט (מאות עד אלפי PPM). המעבר מסלע זה לגיר הרגיל האפור-צהוב, הוא הדרגתי. עדויות פטרוגרפיות מראות שהתפתחות הפלואוריט היא כתוצאה מרקריסטליזציה של המטריכס הקלציטי בסלע, זה מצביע על האפשרות שסלע זה הוא מוצר של ראקציות קונטקט-מטמורפיות בין הסלע המגמתי החודר לאבן הגיר ולכן ניתן לקרוא לו "סקארן פלואוריטי". הדרגה הקונטקט-מטמורפית היא נמוכה, כיון שנעדרים ממנו קלק-סיליקטים אופייניים למטמורפוזה של אבן גיר. דרגה נמוכה זו עשוייה להעיד על טמפרטורה נמוכה של הגוף המגמתי בזמן חדירתו. מקור המתכות בגיר הוא קרוב לוודאי במגמה, דבר המחזק את הקשר הגנטי בין המחוז הקורץ סייניטי לבין המינרליזציה הרב-מתכתית.

תחנה מס' 10: תצוגת מינרלים מן העורקים, במוזיאון מצפה רמון

דוגמאות מן התופעות המגמתיות והמטמורפיות ודוגמאות מקדוחים יוצגו במוזיאון, מלווים בהסברים דיאגרמטיים.

סיוור מס' 4: כיווני זרימה בסילים ובדייקים
ויצירת קלדרונים במזרח מכתש רמון

גדעון בר*

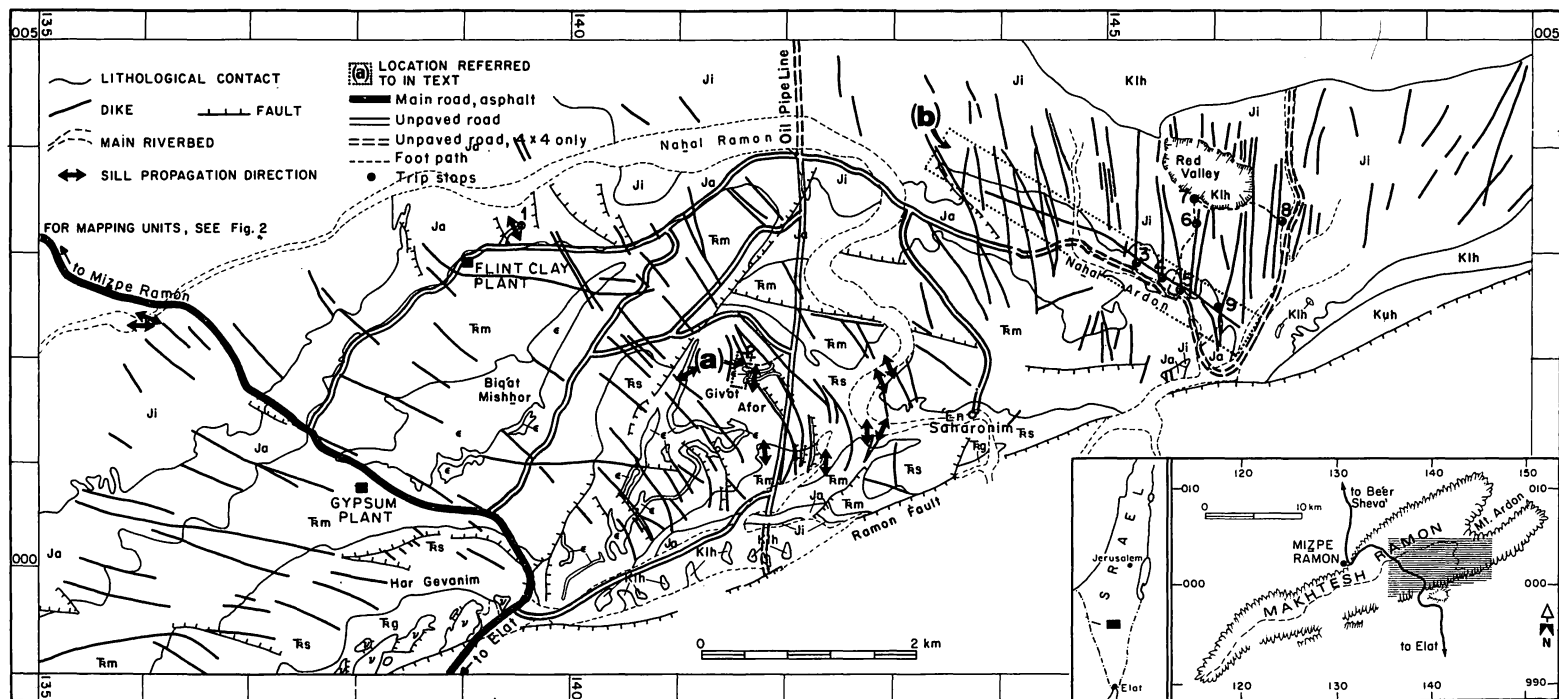
המכון הגיאולוגי, ירושלים

- מטרת סיוור זה, הנערך במזרח מכתש רמון היא להציג שלושה נושאים עיקריים: (ציור 1):
- 1) כיווני התקדמות בדייקים ובסילים ופרטי צורת הזרימה לאורך קירות דייקים במערכת רדיאלית (תחנות 1-6).
 - 2) מבנים מגמטיים טבעתיים אשר נוצרו כתוצאה מהתמוטטות (קלדרונים) (תחנות 7-8).
 - 3) דייק ממערכת דייקים שונה, המצטלבת עם המערכת הרדיאלית (תחנה 9).

כיווני זרימה בסילים ובדייקים

מחדרים מגמטיים לווחיים, דייקים וסילים, מתקדמים על ידי זרימת מגמה נוזלית אל תוך סדקים. כיווני התקדמות המגמה ניתנים לשחזור מתוך תופעות זרימה בקני מידה שונים. מערכות דייקים רדיאליות, בקנה מידה של מספר ק"מ עד עשרות ק"מ, מצביעות בדרך כלל על התקדמות ממקור מרכזי כלפי חוץ. למשל, מערכת הדייקים סביב SPANISH PEAKS, COLORADO (ODE, 1957). בקנה המידה של המחשוף בשדה, הגיאומטריה של קטעים מדורגים ואצבעות על קירות דייקים וסילים עשויים להצביע על מנגנון הגידול וכיווני ההתקדמות (POLLARD ET AL., 1975). דרוג ויצירת אצבעות

*במסגרת עבודת דוקטורט באוניברסיטה העברית, ירושלים.



ציור 1 - מפה גיאולוגית מוכללת ומסלול הסיור באזור מערכות הדיקים הרדיאליים, מזרח מכתש רמון (גיאולוגיה לפי ZAK, 1968).
 החצים הכפולים מסמנים כיווני התקדמות מדורים בסילים.

הוסברו כתוצאה של חוסר אחידות בסלעי הסביבה, אשר אפשרה למגמה בגבולות המחדר להתקדם בקצב שונה מקצב ההתקדמות של גוף המחדר העקרי ובכך להתקדם גם במישור אחר.

מגמה עשויה לזרום בדיוקים בכוון אנכי, מהמקור כלפי מעלה, או בכוון אופקי (למשל: HARKER, 1909). מחקרים סייסמולוגיים בהוואי ובאיסלנד (DUFFIELD ET AL., 1982; EINARSSON & BRANDSDOTTIR, 1980) תומכים בכיווני זרימה אופקיים בתוך דיוקים. דגם של "זרימה מעורבת", אופקית ואנכית, הוצע לאחרונה על ידי GUDMUNDSSON (1984) לדיוקים באיסלנד, אך לא נמצאו עדויות ישירות לכיווני זרימה אלו.

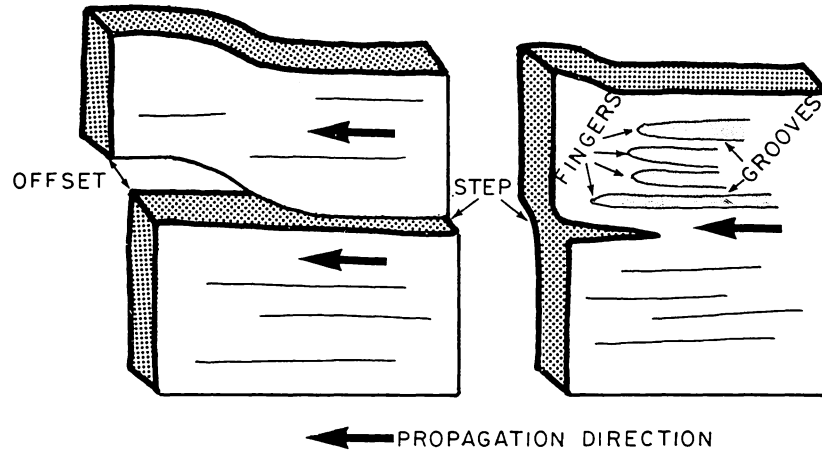
קריטריונים לקביעת כיווני הזרימה:

התקדמות מגמה מותכת במחדרים לווחיים יוצרת מספר מבנים המעידים על כיווני הזרימה: קטעים (SEGMENTS), אצבעות, חריצים ובועות מאורכות (POLLARD ET AL., 1975; SMITH, 1975). צורת המעוות של סלעי הסביבה באזורי חפיפה בין קטעים של סילים משמשת אף היא לקביעת כיווני ההתקדמות בסילים.

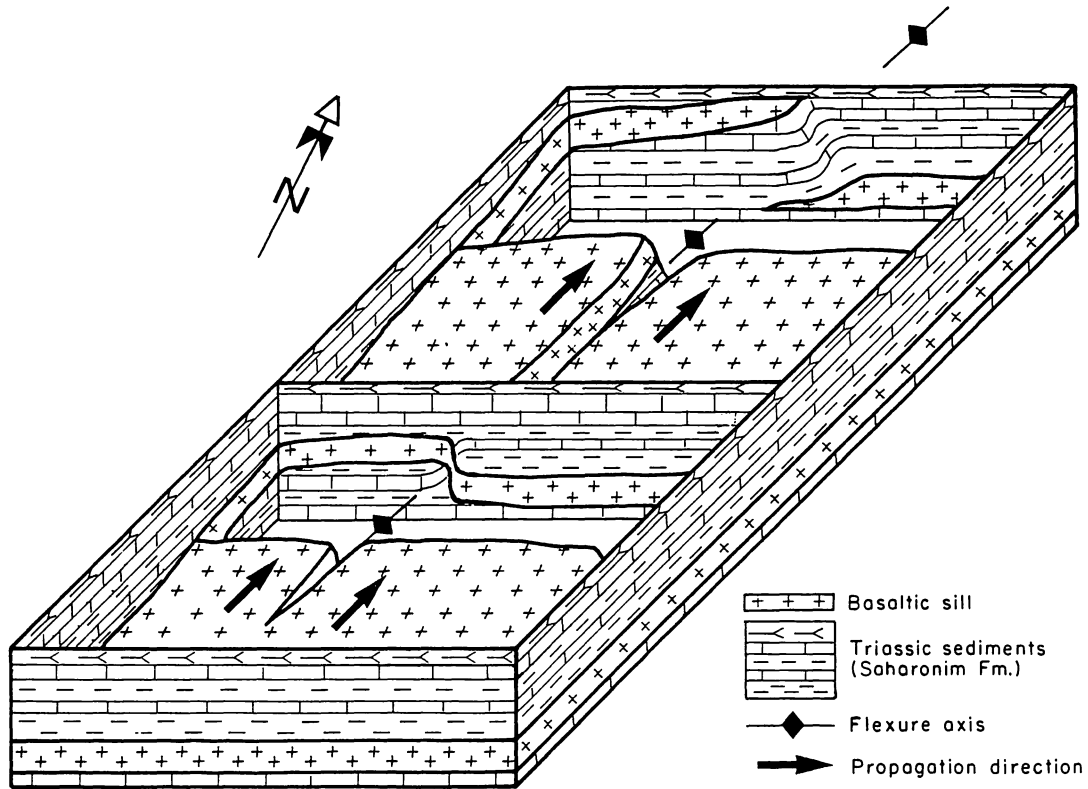
רב המחדרים הלווחיים מתפצלים לקטעים שאורכם נע בדרך כלל בין מספר עשרות ס"מ ועד מאות מטרים. ניתן להבחין בין "קטעים מדורגים" בהם המחדר נמשך ברציפות במחשוף האמור, לבין "קטעים מוסטים" בהם המחדר אינו רצוף במחשוף (ציור 2).

קירות המחדרים אינם חלקים אלא נוצרים בצורת אצבעות מאורכות. בין האצבעות נותרים חריצים, אשר בהם משתמר לעתים סלע הסביבה.

POLLARD ET AL. (1975) הראו שציר האורך של מישור ההפרדה בין הקטעים, וכן גם האצבעות והחריצים, מקבילים כולם לכיוון ההתקדמות של המחדר. בעוד כיוון מישורי ההפרדה מצביע אך ורק על ציר ההתקדמות, הוא אינו מציין את כיוון ההתקדמות עצמו. מיקום קצות האצבעות מורה על כיוון זה.



צור 2 - היחס המרחבי האידיאלי בין העדויות לכיוון התקדמות לבין כווני התקדמות של דייק.



ציור 3 - היחס המרחבי האידיאלי בין קטעי סיל, הקמט הכלוא ביניהם וכיוון ההתקדמות של הסיל.

באזורים רבים במכתש רמון נוצרו קירות קוורציט במגע עם דייקים שהוחלפו לקאוליניט והתבלו. על קירות אלו, הבולטים מעל סביבתם, נשתמרו דפוסי האצבעות ונוצר תבליט במקום בו היו קיימים חריצים בין האצבעות. במספר מקומות קטן ניתן להבחין בבועות מאורכות, עם מלוי מינרליזציה משנית. לבועות כיוון מועדף, המקביל לאצבעות ולחריצים על קיר הדייק. התופעה נדירה יחסית בדייקים של מכתש רמון אך היא נפוצה בדייקים רבים ב-SAN RAPHAEL SWELL, UTAH וב-SPANISH PEAKS, COLORADO. (SMITH, 1975).

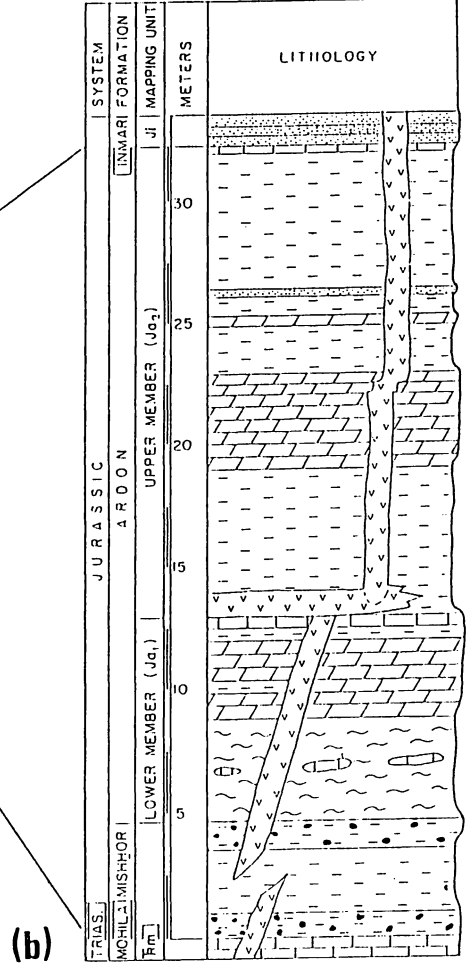
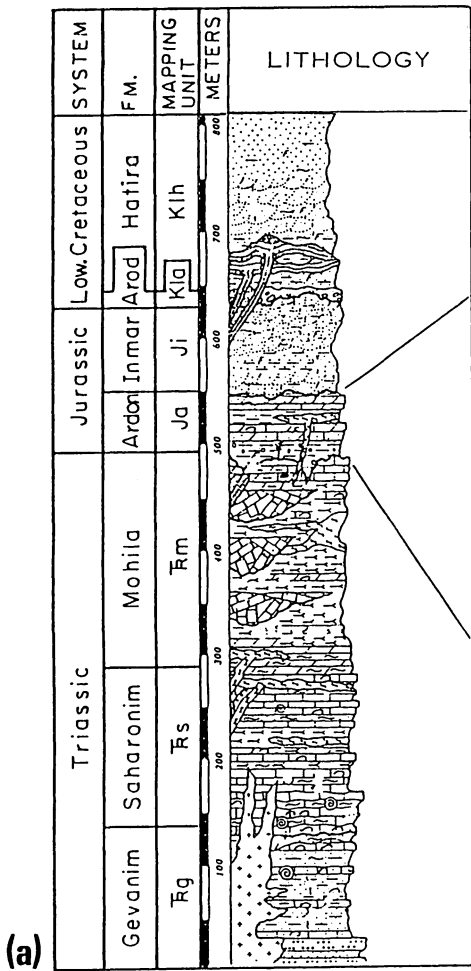
קמטים, שברים וסדקים נוצרים באזור החפיפה שבין קטעים מוסטים, בעיקר בסילים (ציור 3). צירי הקמטים, וכן גם כיוון הסדקים והשברים, עוקבים אחר אזור ההסטה בין הקטעים, ובכך מצביעים על ציר ההתקדמות.

רקע גיאולוגי

מספר רב של דייקים בזלתיים וטרכיטיים מגיל יורא-עליון עד קרטיקון תחתון, נחשפים במזרח מכתש רמון במספר מניפות, החופפות בחלקן (ציור 1). דייקים אלו מופו ונדונו אצל ZAK (1957, 1968). כיווני הדייקים נע בין N40W ו-N45E במניפה המזרחית, ובין N60W ו-N-S במניפה המערבית. אזורי המפגש המשוערים של הדייקים נמצאים בדרום, בגוש הירוד שמעבר לשבר הרמון.

הדייקים חדורים אל תוך אבני גיר וחואר מתצורת סהרונים מגיל טריאס תיכון; הם פחות נפוצים בסדרת הגבס של תצורת מוחילה (טריאס עליון) ובאבני החול והפצלים של תצורת גוונים (טריאס תחתון). כן חודרים הדייקים סלעים של תצורת ארדון הבנויה מחלופין של גיר דולומיט ופצלים משוכבים היטב, מגיל יורא תחתון עד תיכון (ציורים 1, 4), ושל תצורת אינמר הבנויה אבני חול מסיביות עם עדשות חרטית.

סילים נפוצים בעיקר בתצורת סהרונים, שם הם מגיעים לעובי מצטבר של



LEGEND

- | | | |
|------------------------|-----------|------------------------|
| CROSS-BEDDED SANDSTONE | DOLOMITE | BASALT, INTRUSIONS |
| FLINT CLAY PISOLITES | CLAY | BASALT, FLOWS |
| GYPSUM | MARL | ESSEXITE, ANDESITE |
| LIMESTONE | SANDSTONE | NORDMARKITE, BOSTONITE |

ציור 4 - (A) - החתך הסטרטיגרפי החשוף במכתש רמון (לפי ZAK, 1968).
 (B) - חתך סטרטיגרפי מפורט של תצורת ארדון ומקומם השכיח יותר של דייקים מקוטעים בתצורה זו.

כ-50 מ'. הם פחות נפוצים, אך קיימים, גם ביחידות האחרות. תצורת מוחילה חדורה ע"י לקוליט. רוב הדייקים והסילים באזור הוחלפו לקאוליניט, ובמקרים רבים קשה לזהות את הסלע המקורי.

תחנות הסיוור

תחנה 1 - סיל מקוטע בבור פרוספקציה ליד מפעל חד"צ ("בור הבריכה"),

נ.צ. 13925/00325

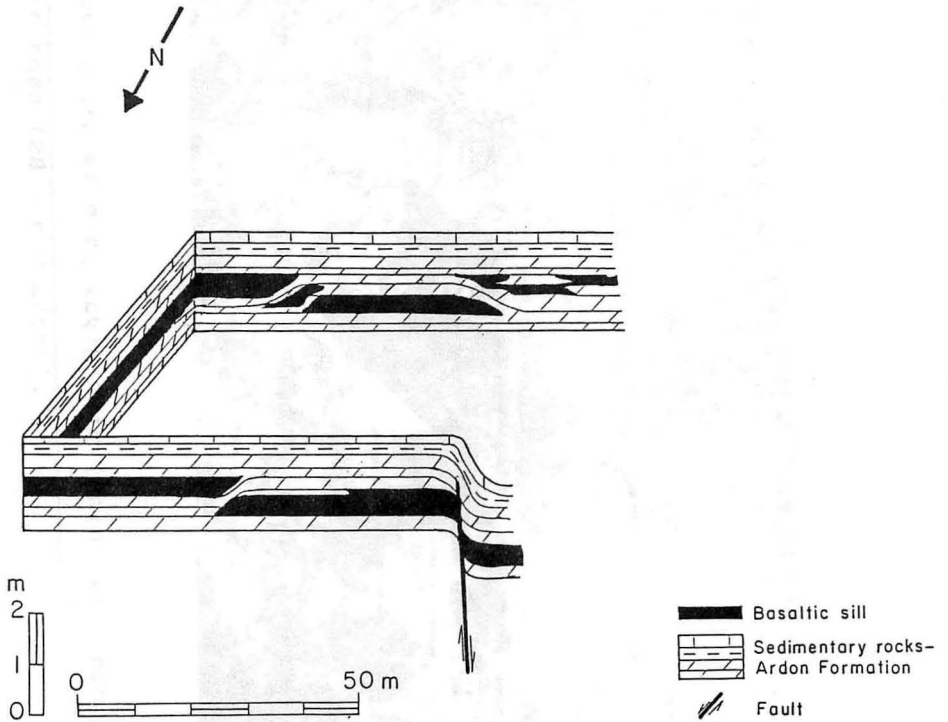
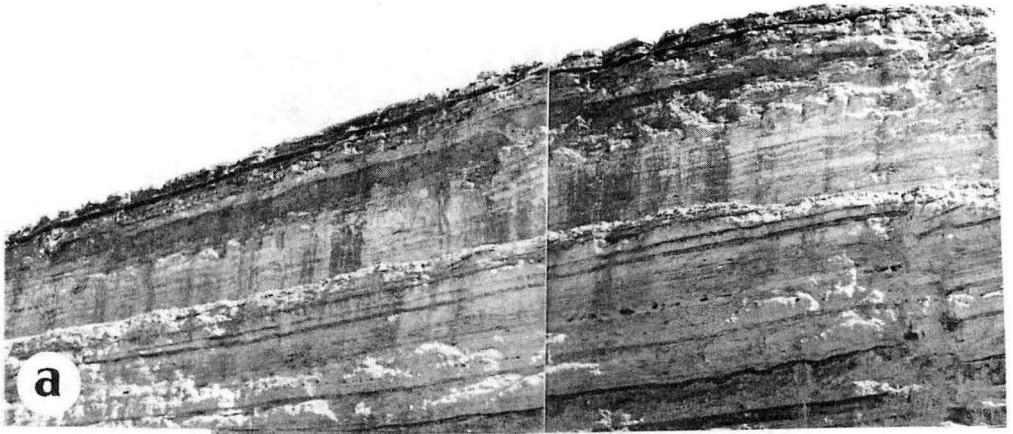
יצירת קטעים ואצבעות מודגמת היטב על גבי סיל בזלתי בעובי 0.5 עד 1 מ' הנחשף לאורך קירות הבור. ששה קטעים נצפים לאורך הקיר הדרומי ולפחות שלושה קטעים נצפים לאורך הקירות הצפוניים והמערביים של הבור (ציור 5). סיל נוסף, דק יותר ולא מקוטע, נמצא כ-0.5 מ' מעל הסיל הקודם.

התאמה של הקטעים המזרחיים ביותר בין קירות מנוגדים של הבור, מצביעה על ציר התקדמות של N25W או S25E. לשאר הקטעים בקיר הדרומי אין מקבילים על הקיר הצפוני. סלעי הסביבה מקומטים באזורי החפיפה שבין הקטעים של הסיל.

תחנה 2 - קמט כלוא בין שני קטעים של סיל - גבעות אפור, נ.צ.

14155/00190

קמט שכיוון צירו N20E נוצר באזור החפיפה שבין שני קטעים מוסטים של סיל בזלתי שעוביו כ- 6 מ' (ציור 1, אזור A; ציור 6). ניתן לעקוב אחרי ציר הקמט מרחק של יותר מ-200 מ' דרומה, ובכך לעקוב למעשה אחרי מישור ההסטה של הסיל (ציור 3). ציר ההתקדמות של הסיל בנקודה זו הוא אם כן N20E או S20W. מידת ההסטה האנכית בין שני הקטעים גדולה יותר במחשוף הצפוני יותר (ציור 3), ולכן כוון ההתקדמות הוא כנראה N20E.



ציור 5 - קטעי סיל בבור הבריכה, מפעל חד"צ (תחנה 1).

(A) - צילום של הקיר הדרומי.

(B) - בלוק דיאגרם סכימטי המראה את הקטעים בסיל על קירות הבור.



ציור 6 - קמט כלוא בין שני קטעים של סיל, גבעות אפור (תחנה 2), מבט
מדרום לאורך ציר הקמט (BS - סיל בזלתי).

צירים של קמטים נוספים, אשר נוצרו באזורי חפיפה של סילים מקוטעים נמדדו ומופו בגבעות אפור ובסביבתם (ציור 1), והם מראים כווני התקדמות רדיאליים, בדומה למניפת הדייקים באזור.

תחנה 3 - קטעים מדורגים, אצבעות וחריצים לאורך קירות דייקים -

דייקי "האב ובנו", נחל ארדון, נ.צ. 14525/00285

שני הדייקים, שכוונם צפון - דרום, היו במקורם בזלת אך הוחלפו במידה רבה לקאוליניט. הדייק הארוך ("האב") מדורג לאורך המגע שבין שני הפרטים של תצורת ארדון (ציור 7(A)). מישור המדרגה מקביל לשכוב בסלעי הסביבה, ולכן מצביע על כיוון התקדמות תת-אופקי, מקביל לשכבות, מדרום לצפון או להיפך. אצבעות וחריצים על קיר הדייק הקצר ("הבן") אף הם תת-מקבילים לשכוב (ציור 7(B)).

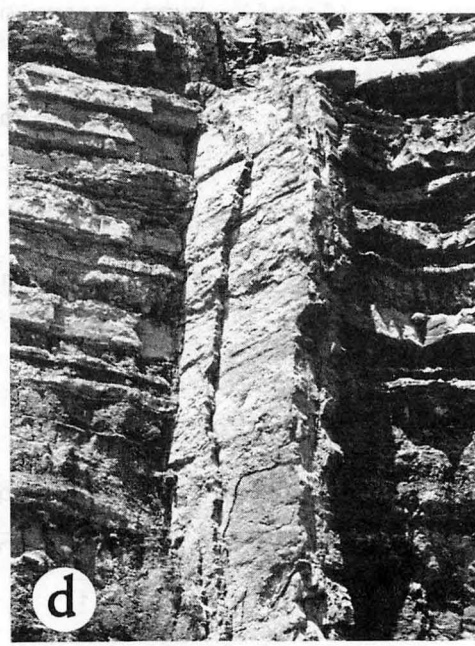
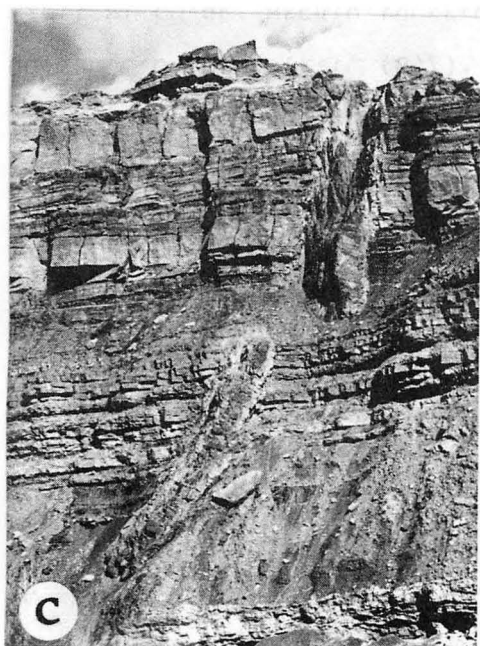
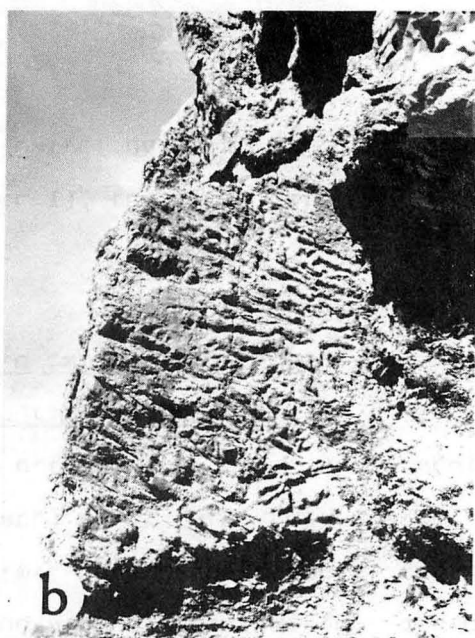
רב האצבעות מסתיימות כלפי צפון ומכאן שכיוון ההתקדמות של הדייק היה מדרום לצפון.

תחנה 4 - קטעים מוסטים בדייק "הלב השחור", נחל ארדון, נ.צ.

14545/00270

דייק "הלב השחור" בנוי במרכזו אוליבין בזלת ועובר בהדרגה לקאוליניט בשוליו.

במחשוף הנחל הדייק מפוצל ל-3 קטעים: בחלקו התחתון מקוטע הדייק כ-2 מ' מעל למגע בין תצורות מוחילה וארדון; בחלקו העליון הוא מקוטע על גבי המגע שבין שני הפרטים של תצורת ארדון במקביל לשכבתיות (ציור 7(C)). על גבי אותו מגע חדר סיל בהרכב מקורי בזלתי ("סיל השוקולד" - על שום פצלי "השוקולד" שמעליו). מדרגות נוספות לאורך קירות הדייק אף הן מקבילות למישורי השכוב. התצפיות שלעיל מצביעות כולן על התקדמות תת-אופקית, מקבילה לשכבתיות.



ציור 7 - עדויות לכיווני התקדמות של דייקים בתצורת ארדון, נחל ארדון (תחנות 3-5).

(A) - קטעים מדורגים, דייק "האב".

(B) - אצבעות וחריצים לאורך קיר הדייק, דייק "הבן".

(C) - קטעים מוססים, דייק "הלב השחור".

(D) - קיר דייק גלי, הגלים מקבילים למישורי השכבות, דייק "אריכא".

תחנה 5 - דייק "אריכא", נחל ארדון, נ.צ 14580/00255

הדייק הבא שנחשף במורד נחל ארדון הוא דייק ארוך וישר, אשר כיוונו צפון - דרום וכינויו דייק "אריכא". במקורו הדייק היה בזלתי, והוחלף כולו לקאוליניט. בדייק שלושה קטעים ברורים לעין. המיקום הסטרטיגרפי של הפיצול לקטעים דומה בדייק זה ובדייק "הלב השחור". מישורי הפיצול, וכן גם גליותם של קירות הדייק (ציור (D) 7) מקבילים לשכוב, ומצביעים גם כאן על התקדמות תת אופקית.

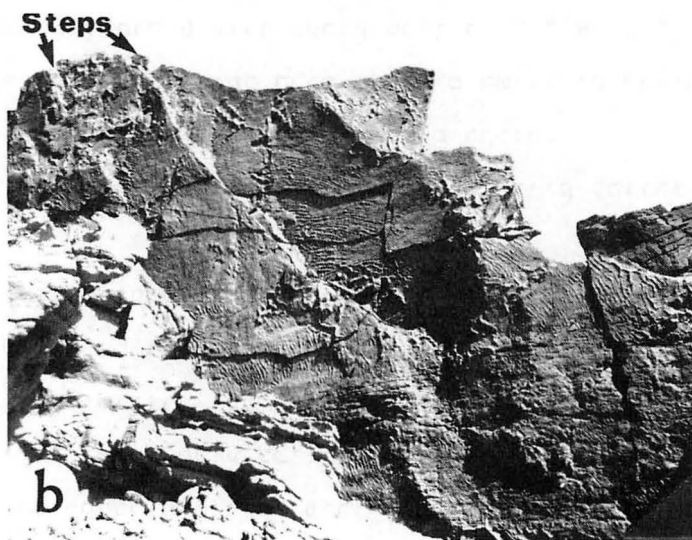
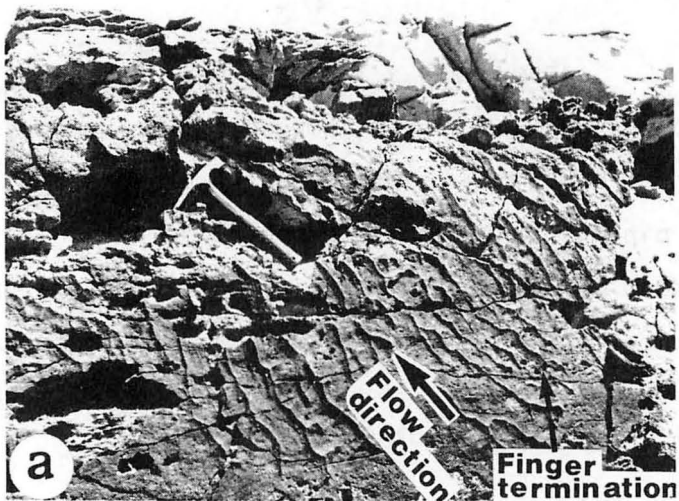
תחנה 6 - דפּוּסִי אַצְבַּעוֹת ומלוי חריצים על קירות קוורציט

דרומית לעמק האדום, נ.צ 14580/00320

הדרך מתחנה 5 לתחנה 6 עולה בערוץ שבין דייק "אריכא" לדייק "הלב השחור". במעבר אל תצורת אינמר חלים בדייקים השינויים הבאים:
א. הדייקים עוברים החלפה רבה יותר ומתבלים בקלות.
ב. אבני החול של תצורת אינמר הופכות במגע עם הדייק לקוורציט קשה עמיד לבליה.

בתחנה זו, ובמחשופים רבים בכל השטח בו חדורים דייקים אל תצורת אינמר, ניתן לראות את דפּוּסִי אַצְבַּעוֹת, ואת התבליט שנוצר ממלוי החריצים שביניהם. התבליט שנוצר על גבי קירות הקוורציט מראה דגם דנדריטי, "המתנקז" באופן קבוע לכיוון צפון (ציור (A) 8).

האזורים בהם מתחברים תבליטי מילוי החריצים זה לזה מציינים את סיום האצבעות, ולכן נראה שמגמת הזרימה בכל הדייקים אשר מצפון לנחל ארדון היא מדרום לצפון. הזרימה אינה אחידה ונטייתה משתנה באופן משמעותי לאורך הדייק (ציור (B) 8). חוסר האחידות, וכווני זרימה חריגים בולטים במיוחד בסביבות סיומם של קטעים גדולים של הדייק. נטיית תבליטי מילוי החריצים שונה ב - 45 מעלות ויותר מנטיית מישורי ההפרדה שבין



ציור 8 - דפוסי אצבעות ומילוי חריצים כפי שהם נראים על קירות הקוורציט במגעי הדייק עם תצורת אינמר, דרומית לעמק האדום (תחנה 6).

(A) - דגם דנדריטי. החץ מצביע על כיוון ההתקדמות.

(B) - מילוי חריצים בקרבה למדרגה. בדרך כלל מקבילים קווי הזרימה והמדרגות (אזורים A ו-B בצילום) אך עשויות גם להיות סטיות מקומיות של 45 מעלות ואף יותר (אזור C).

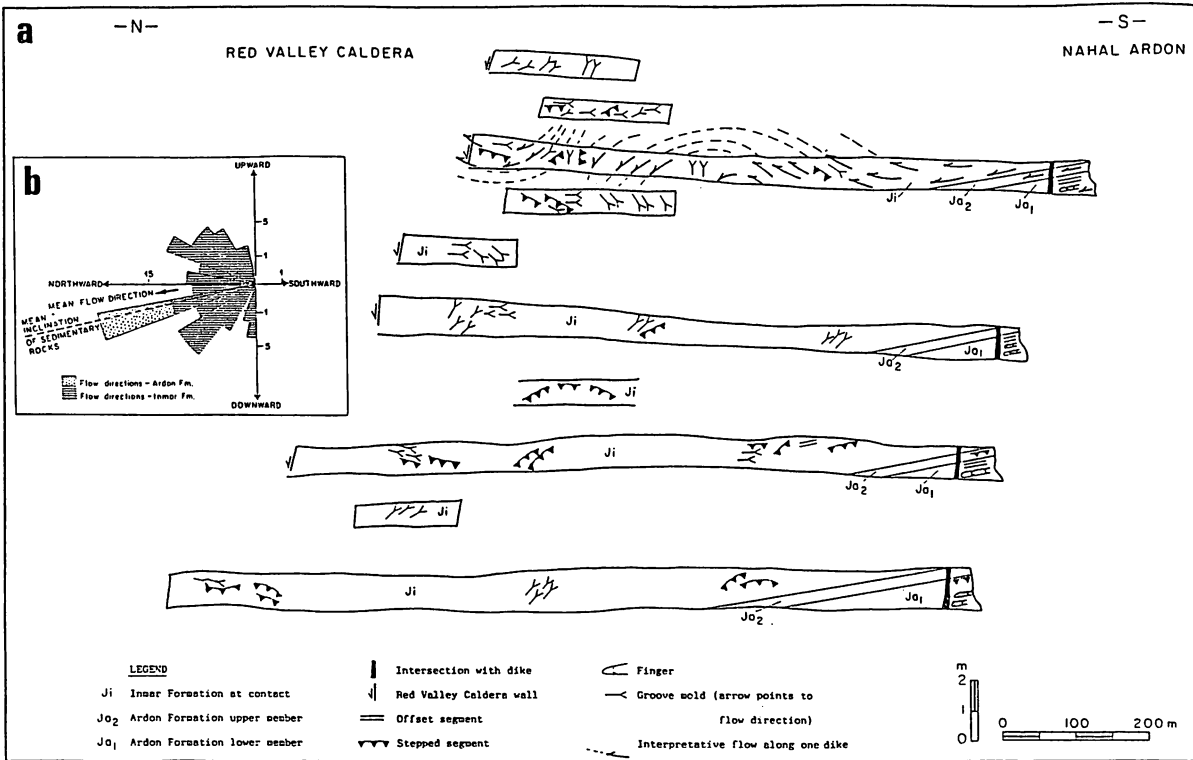
הקטעים. בנוסף לכך ניתן לראות שהזרימה מתפתלת ואינה מקבילה למישורי השכוב הקיימים בתצורת אינמר.

דגם ההתקדמות והזרימה בדייקים ובסילים במזרח המכתש - סיכום

מערכות הדייקים הרדיאליות מצביעות על מקור, או מקורות מדרום לאזור בו חשופים הדייקים והסילים (ציור 1). פרטי צורת הזרימה ב-10 דייקים החדורים אל תוך הסלעים היוראסיים שמצפון לנחל ארדון מסוכמים בציור 9. ניתן להבחין בשתי צורות זרימה עיקריות: זרימה מקבילת-שכוב בתצורת ארדון (חלקם הדרומי של הדייקים בציור (9(A) וזרימה מתפתלת בתצורת אינמר (חלקם הצפוני של הדייקים). שתי צורות הזרימה קשורות ככל הנראה למבנה השכבתי בסלעים המארחים (BAER & RECHES, 1987). קירות הדייקים בתצורת ארדון, המשוכבת היטב נוצרים מלכתחילה בצורת חלופים של מעברים צרים ורחבים. ההתנגדות לזרימת מגמה קטנה יותר במעברים הרחבים (DELANEY & POLLARD, 1982) וגורמת לתעול הזרימה לאזורים אלה ובכך יוצרת זרימה המקבילה לשכוב. השינויים הליתולוגיים בין יחידות בעלות תכונות מכניות שונות מעודדים גם יצירת קטעים.

צורת הזרימה מקבילת השכוב בתצורת ארדון משתנה עם המעבר לתצורת אינמר. אבני החול המסיביות נעדרות שינויים ליתולוגיים משמעותיים, ולכן הזרימה המתפתלת של המגמה מייצגת דגם זרימה במרחב הומוגני. העדר תופעות תיעול מקוריות (דוגמת צורת הקירות בתצורת ארדון) מאפשרת למגמה לזרום באופן ספונטני. אף כי כווני הזרימה משתנים לאורך הדייקים באופן משמעותי, מצביעים כל הקריטריונים על זרימה צפונה, בנטיה ממוצעת של 4 מעלות כלפי מטה (ציור (9(B).

כיווני ההתקדמות של הסילים (ציור 1) מראים דגם רדיאלי, הדומה למערכת הדייקים השליטה באזור. הסילים מתקדמים בצורה תת-אופקית, בדרך כלל כמעט במקביל לדייקים השכנים. במעט מקומות נצפים יחסי חיתוך בין



צוור 9 - (A) - סיכום העדויות לכיווני הזרימה לאורך עשרה דייקים בין נחל ארדון והעמק האדום כפי שהם מתבטאים בהופעת קטעים, אצבעות וחריצים על קירות הדייקים. צורת הזרימה המשוערת סומנה על גבי הדייק השלישי מצפון.

(B) - שושנת כיווני הזרימה אשר נמדדו בדייקים שלעיל ובדייקים סמוכים.

סילים ודייקים, ולכן נראה כי סילים ודייקים מאותו הרכב הם בו זמניים והתקדמו יחד מאותם מקורות מרכזיים.

קלדרונים במזרח מכתש רמון

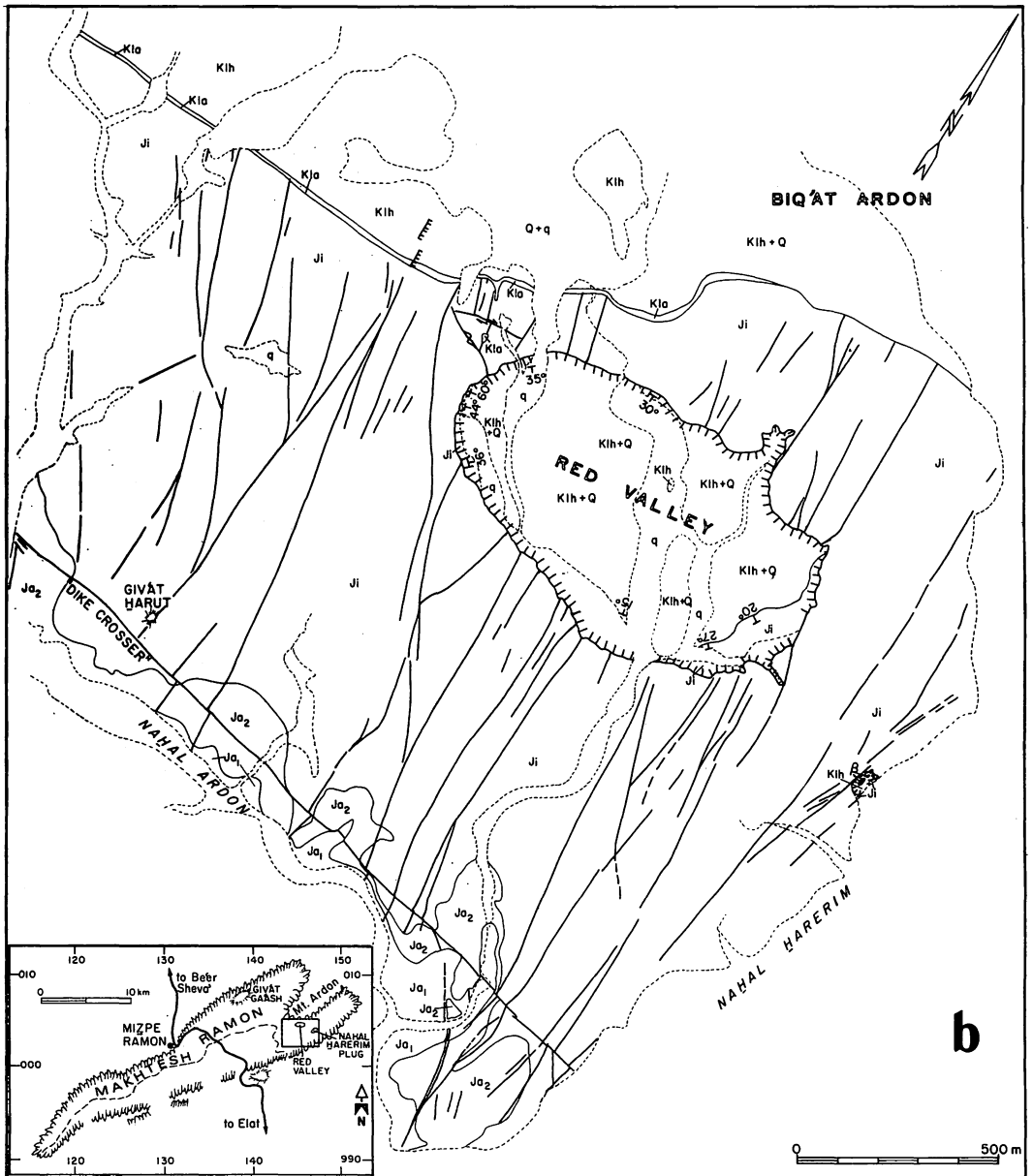
תחנה 7 - העמק האדום

העמק האדום הנו שקע אליפטי שצירו הארוך בכוון N60W, באורך 1 ק"מ ורוחב מירבי של 0.5 ק"מ (ציור 10 וצילום בגב הכריכה). העמק מוגבל בהיקפו בקירות שבירה מפותלים שגובהם בין 1 מ' ל-5 מ'. החתך החשוף בתוך העמק ירוד לעומת השוליים, ומורכב בעיקר מאבני חול, חרסיות וחרסיות סילטיות מגוונות השייכות לתצורת אינמר ולפרט התחתון של תצורת חתירה (ציור 11). האזור שמסביב לעמק בנוי מאבני חול של תצורת אינמר. קונגלומרט ערוד, המציין את אי ההתאמה בין היורא לקרטיקון התחתון, חשוף רק מחוץ לעמק.

דייק שכיוונו N60W נמשך מפינתו הצפון מערבית של העמק, ולאורכו ניתן לזהות שתי התרחבויות דמויות כוכב שמידותיהן בקרוב 6X6 מ' הממוקמות בדרוג (EN ECHELON) האחת ביחס לשניה. "פקק" וולקני קטן בקוטר כ-50 מ' חשוף כ-400 מ' מדרום מזרח לעמק האדום. מרכז וולקני גדול, הקרוי גבעת געש (MAZOR, 1978) מצוי כ-8 ק"מ מצפון-מערב לעמק האדום. "הפקק" הוולקני, ציר האורך של העמק האדום, הדייק שיוצא מפינתו הצפון-מערבית של העמק וגבעת געש, מצויים כולם לאורך קו אחד שכיוונו N60W (ציור 10(B)).

השכבות הירודות בתוך העמק נטויות כלפי פנים, בניצב לקיר, ומגיעו לנטיות של עד 60 מעלות ליד הקיר הצפון-מערבי. קירות העמק בדרך כלל אנכיים ורצופים בכל היקפו. הקירות מפותלים ואין קטעים ישרים שאורכם עולה על 10 מ'. לעתים נמשכים מהם סדקים כלפי חוץ. הזוית בין קטעים סמוכים של הקירות משתנה בין 10 ו-120 מעלות (ציור 10). לכל אורכם, לא





b

ציור 10 - העמק האדום וסביבותיו (תחנות 7, 8).

(A) - צילום אוירי אנכי של אזור העמק האדום.

(B) - מפה פוטוגיאולוגית של אזור העמק האדום. עבור מקרא ראה

ציורים 1 ו-4.


ניתן להבחין בהם סימני החלקה או סימני זרימה. שכבת מינרליזציה ברזלית, שעוביה מגיע לעתים עד 20 ס"מ, מצפה חלק ניכר מקירות העמק, ובמספר מקרים (בעיקר לאורך הקיר הצפון-מזרחי) ניתן למצוא על הקירות קרומים דקים של מינרליזציה סולפטית.

רב העמק האדום בנוי מהפרט התחתון (האדום) של תצורת חתירה (ציור 11). השתרעותם הגיאוגרפית של מחשופי פרט זה רחבה בהרבה מגבולות העמק האדום; סלעים דומים נמצאים באותו מקום סטרטיגרפי ברוב מכתש רמון. עובי הפרט מירבי במזרח המכתש (בערך 40 מ') וכאן גם נמדד החתך הטיפוסי שלו (ARKIN, 1965). החתך העמודי שיוצג להלן נמדד כ-1 ק"מ צפונית-מערבית לעמק האדום, לאורך אחד מיובליו של נחל ארדון (נ.צ. 14470/00460), במקום בו הפרט חשוף היטב, והוא זהה לחתך החשוף בתוך העמק האדום. ניתן לעקוב אחרי מחשופי הפרט האדום, בעוביים קטנים יותר כלפי צפון-מערב ודרום-מזרח. הפרט האדום מונח מעל קונגלומרט ערוך או על קרומים ברזליים המהווים אקוילנט לטרלי לקונגלומרט. מעל הפרט האדום מונח הפרט העליון, החולי, של תצורת חתירה. במקומות אחרים מכוסה הפרט האדום בזרמי בזלת.


הפרט האדום בנוי חילופים מחזוריים של חרסיות סילטיות, חרסיות עם סימני צמחים, קרומים ברזליים ואופקים קלסטיים בהם גודל הגרגרים נע בין מספר מ"מ למספר ס"מ. בעבר הועלתה האפשרות שהשכבות בבסיס הפרט הם טופים בלויים (ARKIN, 1965). באופקים הקלסטיים ניתן להבחין לעתים בטקסטורה של זרימה, מבני התמוטטות, קסנוליטים משכבות סמוכות ומגעים לא אחידים. באזור גבעת געש נמצאה שכבה של סלע מגמטי בלוי באמצע חתך הפרט האדום.

הפרט האדום נדגם בפרוט וניתן לבדיקה גיאוכימית של יסודות קורט (טבלה 1). ערכים גבוהים במיוחד של Co (עד 1,000 PPM), Ni (עד 2,500

SYSTEM	FORMATION	MEMBER	METERS	LITHOLOGY	SAMPLES		
LOWER CRETACEOUS	HATIRA	UPPER	30	rd			
				gr	f	461	
				vg			
				gr		460	
				y		459	
				gr		458	
				vg	L L L L	457	
				gr	f	456	
				rd	L L L L	455	
				gr	⊕	452,3	
		vg		451			
		LOWER	20	10	vg	m	450
					vg	# # # #	449
					vg	m m m m	448
					y	# # # #	447
					br	⊕	446
					br	⊕	445
					vg		444
					vg	m m m m	443
					vg		442
					rd-gr		441
					gr	L - L - L	440
					y	# # # #	439
					rd	⊕	438
					rd	# # #	437
					wh	m	436


 XENOLITHS, ALLOCHTHONOUS BOULDERS

 GYPSUM

 TUFF

 CONGLOMERATE

 SANDSTONE

 SILT

 CLAY

L L LIMONITIC CRUSTS

 PLANT REMAINS

ציור 11 - חתך עמודי בפרט האדום של תצורת חתירה, נ.צ.מ. 14470/00460.

לאורך אחד מיובליו של נחל ארדון.

(PPM) ו-Zn (עד 1,200 PPM) נמצאו באופקים הקלסטיים. גם שאר האופקים של הפרט האדום עשירים ב-Ni (בין 150 ל-650 PPM), בהרבה מעל הידוע בסלעים סדימנטריים דומים בעולם (WEDEPOHL, 1978).

בעבר תואר העמק האדום כגראבן (MAZOR, 1978), אולם צורתם המפותלת של מישורי השבירה המגבילים את העמק מצביעים על האפשרות שמקורו אינו טקטוני. המבנה הטבעתי של העמק האדום דומה למבני קלדרה של התמוטטות או קלדרון (CAULDRON) (למשל: WALKER, 1984) אשר נוצרים כאשר תא מגמטי שהיה פעיל מתרוקן והחתך שמעליו מתמוטט פנימה. השקיעה מלווה לעתים בחדירה של דייק טבעתי בהיקף (זה אינו המקרה הנוכחי), או בעליה של תמיסות חמות העשויות להשקיע מינרלים מתכתיים או סולפטים לאורך הקירות. חשוב לציין כי סולפטים מסוג זה אינם מוכרים כלל לאורך מישורי שבירה טקטוניים באזור.

לפיכך, מוצע בזאת כי העמק האדום הינו קלדרון - קלדרה קטנה של התמוטטות. (נשאלות שתי שאלות: 1) האם היה הקלדרון גם מרכז התפרצות, ואם כן, היכן תוצרי ההתפרצות? 2) כיצד מתייחס המבנה הוולקני הזה לתופעות וולקניות אחרות במכתש?

כדי לענות על השאלה הראשונה נתבונן בתוצאות הבדיקה הגיאוכימית של הפרט האדום. ערכים גבוהים כאלה של Co ו-Ni קיימים בדרך כלל בהקשר לסלעי יסוד בסיסיים. האופקים הקלסטיים עשויים, אם כן להיות או שפכים פירוקלסטיים בלויים או משקע לטריט שנוצרו כתוצאה מבליה של סלעים וולקניים בסיסיים. טקסטורות הזרימה וטקסטורות טרכיטיות במספר אופקים בחתך של אזור העמק האדום ואופק מגמטי בחתך הצפוני יותר מעידים אף הם על הקשר ההדוק שבין התפרצויות מגמטיות ויצירת הפרט האדום. השאלה, האם היה הקלדרון גם מרכז ההתפרצות עדיין בלתי פתורה. אמנם סביר להניח כי ההתמוטטות ארעה בנקודה בה היה פעיל מרכז התפרצות קודם, אך הדבר אינו

הכרחי וכדי לתת תשובה ברורה יותר יש עדיין צורך לבדוק את השטרעותו המרחבית, שינויי העובי והטקסטורות של הפרט האדום באזור. לגבי היחס לתופעות וולקניות אחרות: בגבעת געש, הנמצאת כ-8 ק"מ צפונית-מערבית לעמק האדום מונחים זרמי בזלת מעל הפרט האדום, ומעל זרמי הבזלת מונחים סלעים פירוקלסטיים נוספים (טופים ואגלומרטים). במערב המכתש תארו **GARFUNKEL & KATZ** (1967) מחזור וולקני שנפתח בבזלות, מעליהן סלעים פירוקלסטיים, ובסיום הפעילות זרמי בזלת נוספים. הפרט האדום, בכל מקום בו הוא נחשף נמצא או מתחת לזרמי הבזלת התחתונים או בין זרמי הבזלת, ועל כן, הוא מציין שלב התפרצות קודם ויתכן גם בו-זמני להתפרצויות הבזלת.

תחנה 8 - "הפקק" של נחל חרירים, נ.צ. 14660/00315

"פקק" בזלתי קטן, שמימדיו 50X20 מ' חדור אל תוך חרסיות וחרסיות סילטיות מהפרט האדום של תצורת חתירה בנקודה אחת בגדתו המערבית של נחל חרירים (ציור 10(B)). "הפקק" והסלעים אליהם הוא חדר שבורים ביחס לסלעי הסביבה היווראסיים (אבני חול מתצורת אינמר) לאורך קיר מפותל הדומה לקירות העמק האדום. מוצע לכן כי לפנינו לוע שהתמוטט לאורך סדק טבעתי, במנגנון אשר דומה להווצרות העמק האדום אך שונה ממנו במימדיו ובנוכחות הסלעים הבזלתיים שבו.

תחנה 9 - "חוצה הדייקים", נ.צ. 14600/00245

כ-200 מ' במעלה היובל המזרחי ביותר של נחל ארדון אנו חוצים דייק טרכיטי שכיוונו N60W. זהו כיוון יוצא דופן בסביבה הקרובה; הדייק חוצה את כל דייקי ארדון האחרים שכיוונם צפון דרום בקרוב ולכן זכה לשם "חוצה הדייקים". בתחנה זו ניתן לצפות באזור מפגש של "חוצה הדייקים"

עם דייק פורפירי שכוונו N10E. שני הדייקים, וכן גם דייק נוסף שכוונו N15W אשר נחשף כ - 100 מ. במורד הערוץ, מקוטעים כולם לאורך המגע שבין שני הפרטים של תצורת ארדון (ציור 12). לאורך אותו מגע חדור גם כאן "סיל השוקולד".

סיכום - שלבים בהתפתחות המגמטית במזרח מכתש רמון

הפעילות המגמטית מגיל יורא עליון-קרטיקון תחתון במזרח מכתש רמון כוללת מספר שלבים ומסוכמת בצורה סכימטית בציור 13:

יורא עליון

(1) חדירת דייקים בזלתיים וטרכיטיים במערכות רדיאליות ומקבילות ממקור בדרום והחלפה אינטנסיבית לקאולין (כנראה הידרותרמלית).

קרטיקון תחתון

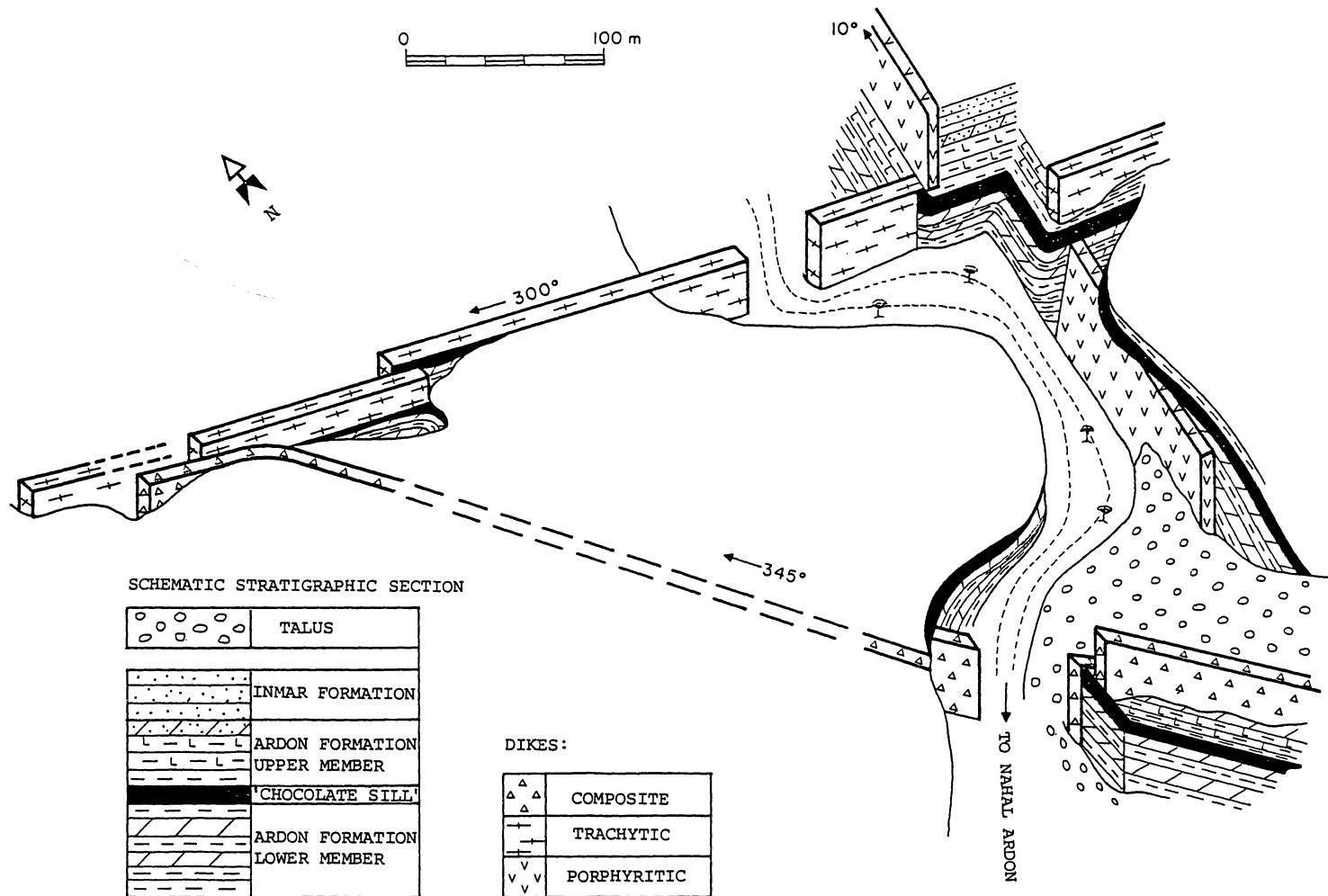
(2) ארוזיה רגיונלית והשקעת קונגלומרט ערוד.

(3) התפרצות סלעים פירוקלסטיים בסיסיים באקלים לח ובליה כימית נרחבת. במקביל הושקעו חרסיות וחרסיות סילטיות.

(4) נדידת מגמה בזלתית כלפי מעלה לאורך מספר צינורות, אשר ייתכן והם מחוברים על ידי דייק או סדק שכיוונו N60W. בשלב זה חדר ה"פקק" של נחל חרירים, בזלות זרמו מגבעת געש, וייתכן כי גוף בזלתי נוסף עלה ומוקם מתחת לאזור העמק האדום.

(5) הפסקה בהתפרצות, התמוטטות הלוע של נחל חרירים והקלדרון של העמק האדום מלווים בעליה של תמיסות חמות לאורך הקירות הטבעתיים והשקעת תחמוצות ברזל וסולפטים.

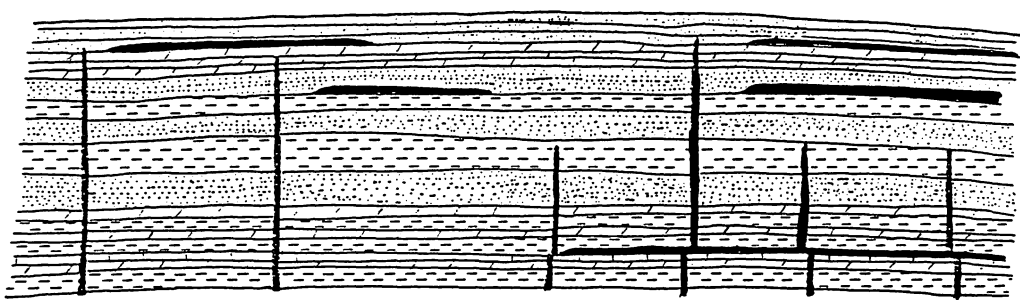
(6) התפרצויות של פירוקלסטים בגבעת געש והשקעת אבני חול מהפרט העליון של תצורת חתירה.



ציר 12 - בלוק דיאגרם של יחסי השדה ותופעות קטעים בדייקים מהמערכת הרדיאלית ובדייק "חוצה הדייקים", לאורך היובל המזרחי ביותר של נחל ארדון (תחנה 9).

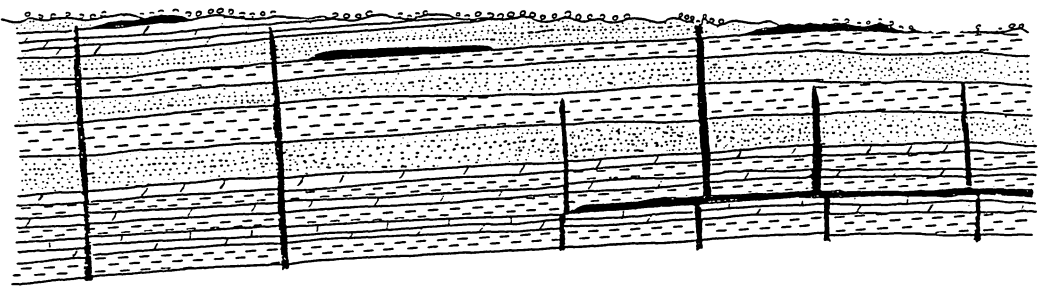
I

-NW- RED VALLEY -SE-
 GIVÁT GAÁSH N. HARERIM



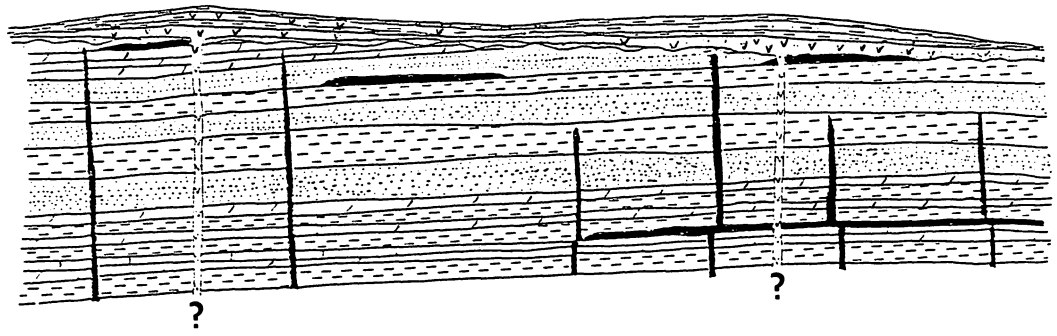
II






-NW- RED VALLEY -SE-
 GIVÁT GAÁSH N. HARERIM

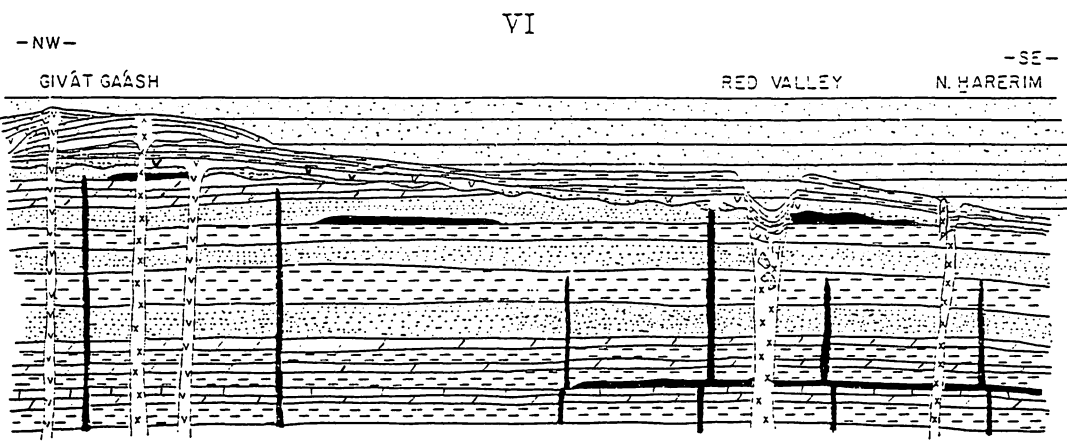
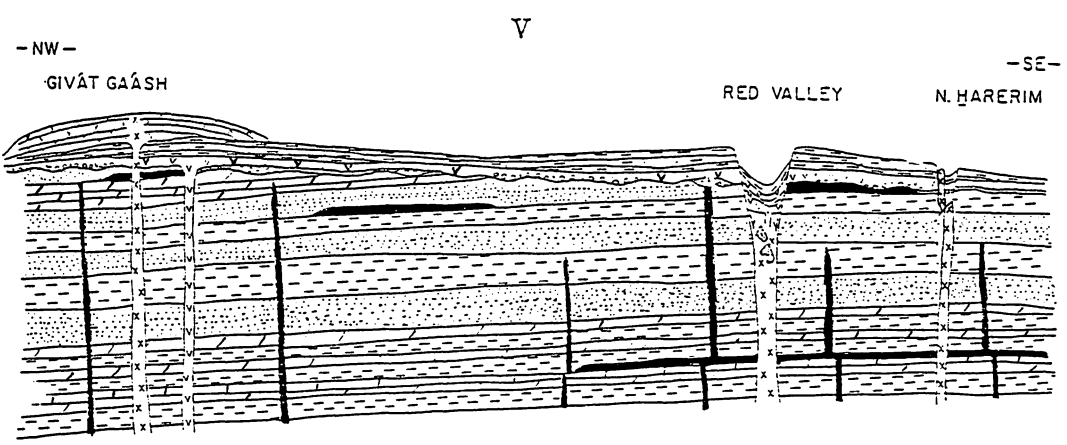
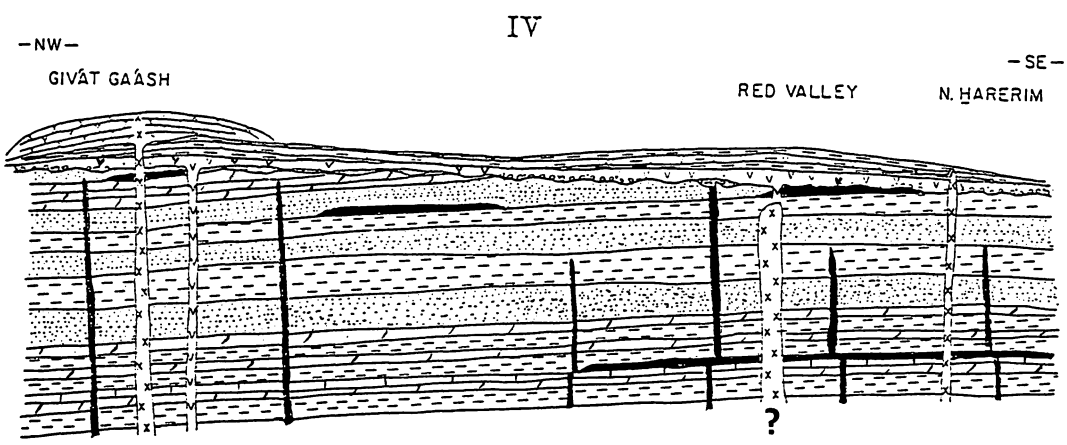


III

-NW- RED VALLEY -SE-
 GIVÁT GAÁSH N. HARERIM



- | | | |
|--|--|--|
| 
Sedimentary rocks -
Jurassic | 
Arod Conglomerate -
Lower Cretaceous | 
Basaltic & Trachytic
dikes and sills |
| 
Pyroclastic rocks -
Lower Cretaceous | 
Basalt -
Lower Cretaceous | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> SCHEMATIC, NOT TO SCALE </div> |



צור 13 - הצגה סכימטית של השלבים בהתפתחות המגמטית במזרח מכתש רמון
 ביורא העליון ובקרטיקון התחתון. הסבר מפורט ניתן בטקסט
 הכתוב.

SAMPLE	Co	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn	V	Fe %
436	138	67	385	0	306	0	205	111	1.7
437	423	169	7976	0	1204	0	724	202	32.8
438	13	36	38	0	71	0	82	66	0.9
439	21	126	42	4	158	0	74	620	12.6
440	13	55	44	0	83	0	38	303	3.6
441	8	28	9	0	53	0	28	262	19.4
442	25	82	36	0	174	0	67	203	11.9
443	59	193	61	0	522	0	162	304	22.2
444	25	92	38	0	187	0	65	306	18.0
445	25	34	160	0	94	0	53	301	18.4
446	24	76	139	14	124	0	82	259	14.3
447	84	197	140	5	593	0	166	222	28.3
448	57	134	54	0	313	0	109	359	26.3
449	83	78	81	0	471	4	215	163	31.9
450	115	111	159	1	626	0	264	441	25.0
451	43	65	56	0	181	0	99	372	12.2
452	23	28	43	0	30	10	36	98	0.1
453	243	65	1741	11	701	0	213	271	18.5
454	882	49	7100	0	2336	0	1290	94	38.8
455	149	67	6018	0	600	0	342	204	33.0
456	2	6	34	0	18	0	9	53	0.5
457	25	247	45	6	275	0	96	200	31.8
458	7	9	26	0	19	0	9	28	0.1
459	36	78	138	0	137	0	61	259	6.5
460	41	75	174	0	151	0	64	227	7.1
461	229	54	1071	0	552	0	163	60	0.9

טבלה 1 - יסודות קורט בדוגמאות מהפרט התחתון של תצורת חתירה (ציור
11). התוצאות ב - PPM, אלא אם צוין אחרת.

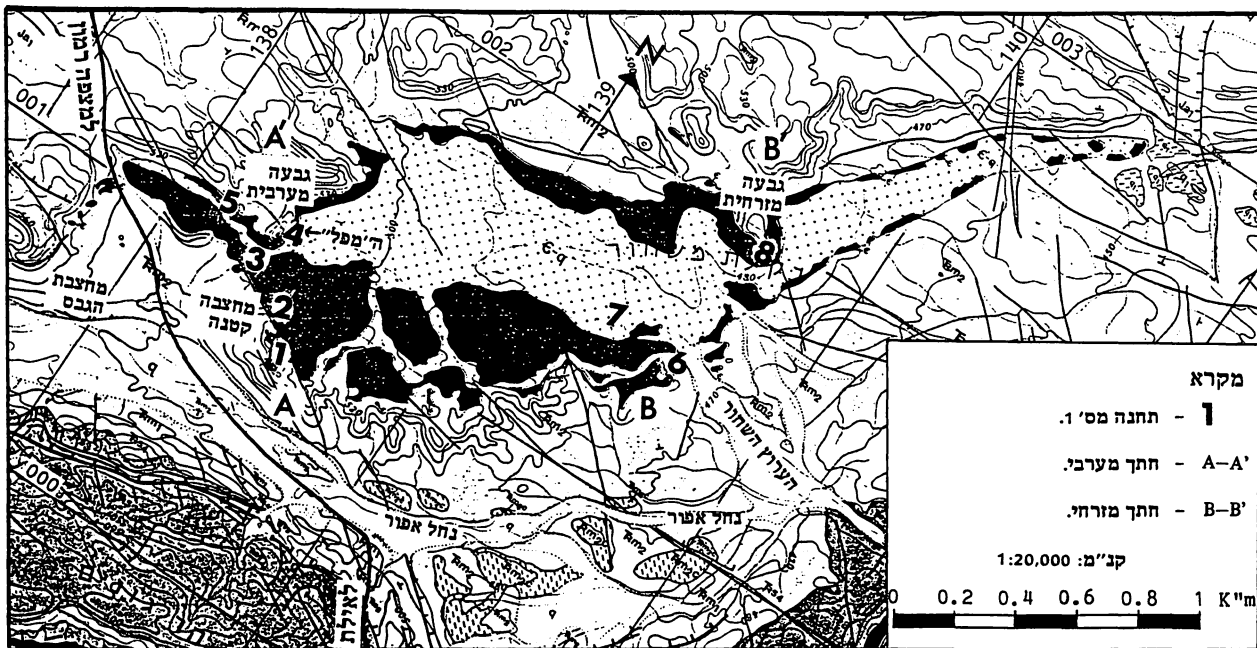
סיור מס' 5: לקולית רמון - גוף מאגמטי מורכב

בנימין רופא , יהודה אייל ומשה אייל.

המח' לגיאולוגיה ומינרלוגיה, אוניברסיטת בן גוריון, באר שבע.

תחנות הסיור נכללות ברובן בחלקו המרכזי של לקולית רמון ומציגות את היחידות השונות הבונות אותו. שיחזור יצירתו של לקולית רמון המבוסס על נתוני השדה, על עיבוד פטרוגרפי של סלעי הלקולית וכן על סמך אנליזות כימיות (יסודות עיקריים) מצביע על היותו גוף מאגמטי מורכב (MULTI INJECTED MAGMA BODY).

הלקולית במכתש רמון (ציור 1) שאורכו כ 3.5 ק"מ, רוחבו המרבי החשוף 0.8 ק"מ ושטחו החשוף כ 1.2 קמ"ר, תואר לראשונה על ידי BENTOR (1952) כלקולית שצורתו עדשה דו-קמורה. לדבריו, הלקולית בנוי מאסקסיט, שחדר בבת אחת, לתוך הגבס ולכן הרכבו אחיד פרט לגודל גרגר הקטן לעבר שולי הגוף. פוזנר (מזור) (תשט"ו-1955) חילק את הלקולית לשלושה חלקים: לוח בסיס ולוח גג הבנויים מסלע קשה ודק גרגר ושיכבה תיכונה גסת גרגר, בלויה. בנוסף לסלעים הנ"ל תאר פוזנר (מזור) רשת של דייקים וסילים צרים, בהרכב טרכיטי. הוא טען כי הלקולית חדר בבת אחת והמבנה הקליפתי של שוליים קשים וחלק מרכזי רך, נובעים מתנאי קרור שונים. זק (תשי"ז-1957) תאר את הלקולית כ"לקולית ארזים" בהסתמכו על איצבוע של סילים בהר אפור, שלדעתו קשורים ללקולית, וקבע כי הלקולית חדר לחלקה העליון של תצורת מוחילה, מגיל טריאס. AMITAI (1963) מיפה אנומליות מגנטית וגרבימטרית שתאמו את גבולות הלקולית. בונן (1980) קבע כי הסלע אינו אסקסיט כי אם אלקלי גברו, המשתנה בכיוון שוליו לסלע פורפירי דק גרגר. בונן ציין עוד כי מקור מאגמת הלקולית הוא



ציור 1: לקולית רמון - מיקום תחנות סיור (המפה אחרי (ZAK, 1968).

בפרקציונציה גבישית, בלחצים בינוניים, של מאגמה תולאיטית. איתמר וחבריו (1983) דיווחו על השפעה קטנה ביותר של החדירות המאגמטיות על גבס הסביבה. LANG AND STEINITZ (1985) קבעו את גיל הלקולית, בשיטת K-AR, ל 142 מיליון שנים.

כיום ניראה כי הלקולית אינו תוצר של חדירה אחת אלא תוצר של מאגמות בעלות הרכבים שונים שחדרו במספר שלבים. בלקולית נמצאים דייקים וסילים המוגבלים בתפוצתם ללקולית בלבד, אזורי קרוז (CHILLING ZONES) פנימיים ושיכוב אופקי מחזורי. מכאן שהלקולית מהווה דוגמה בזעיר אנפין לגוף מאגמטי מורכב.

היחידות הבונות את הלקולית ושלבי חדירתן : (ציור 2)

א. לוח הבסיס ולוח הגג : חדירה של מספר סילים בהרכב אנדזיטי, שעוביים עד חצי מטר כל אחד, האחד בסמוך לשני.

ב.1. הגוף העיקרי : חדירת מאגמה בהרכב אוליבין גברו בין הסילים הללו תוך כדי קימור החתך שמעל: לכיוון צפון-מזרח האוליבין גברו נעשה דק עד להעלמותו בגבולות הסילים ואילו לדרום-מערב הוא נמשך מעבר ללוח הגג ובא במגע עם סלע הסביבה, שכבות הגבס של תצורת מוחילה.

ב.2. דייקים עדשתיים : גיבוש גברו כדייקים עדשתיים מאורכים ובשכבות אופקיות בתוך האוליבין גברו.

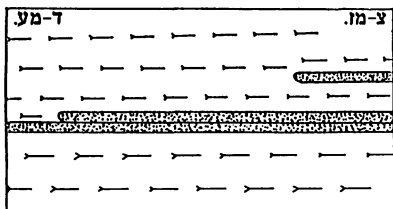
ג. הסיל העיקרי : חדירת סיל (טיטן-אוגיט גברו) לחלקו עליון של הגוף העיקרי.

ד. עורקים לבנים : חדירת דייקים וסילים של לטיט אנדזיט אל תוך הגוף העיקרי.

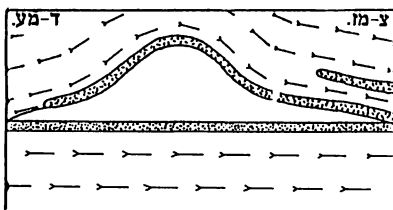
חתך מערבי (ציור 1)

תחנה 1 (נ.צ. 13860/00074) : תצפית כללית אל הלקולית ולוח הבסיס .

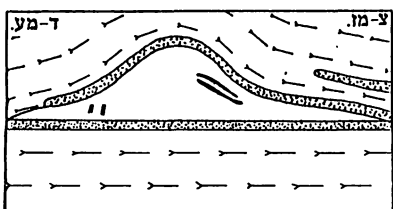
נוסעים, כ 10 ק"מ בכביש היורד ממצפה רמון לאילת עד למחצבת הגבס (נ.צ. 1380/0008). מצפון-מזרח לכביש קיימת מחצבת גבס קטנה, נטושה,



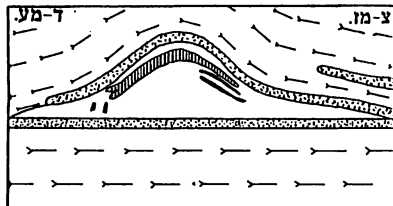
א - חדירת סילים בהרכב אנדזיטי.



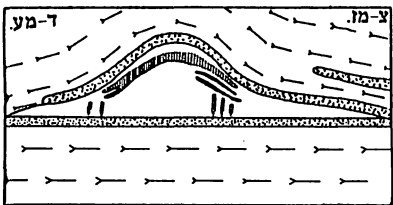
ב.1 - חדירת הגוף העיקרי, בין הסילים, תוך כדי קימור החתך שמעל.



ב.2 - התמקמות הדייקים העדשתיים בגוף העיקרי.



ג - חדירת הסיל העיקרי אל הגוף העיקרי.



ד - חדירת העורקים הלבנים.

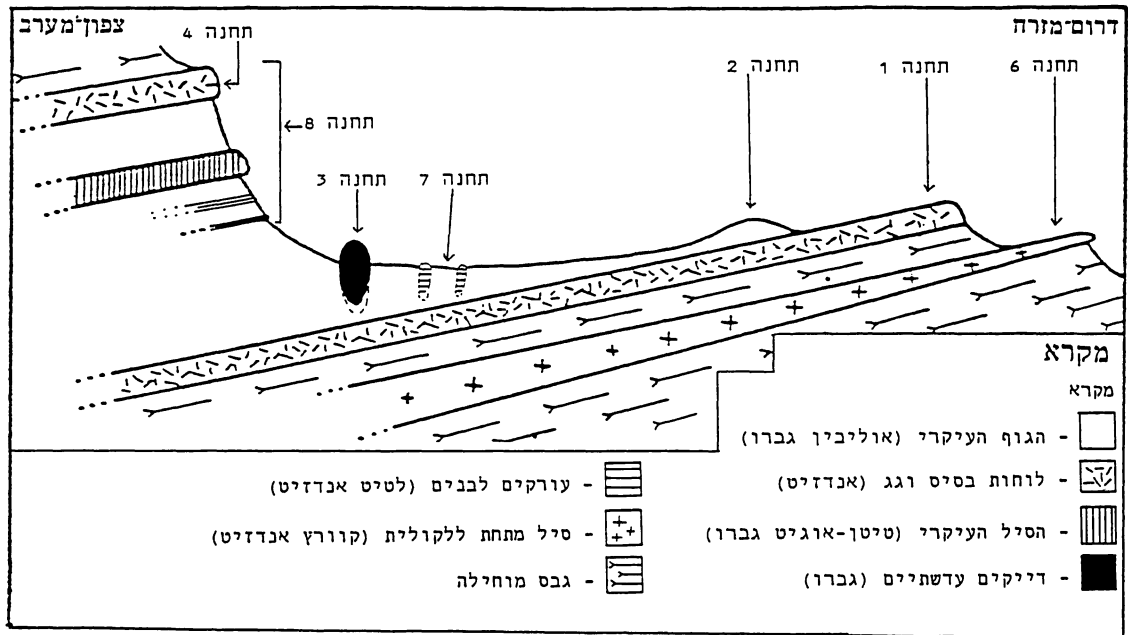
ציור 2: שלבי התמקמות לקולית רמון (סכמתי)

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| ■ - דייקים עדשתיים (גברו) | □ - הגוף העיקרי (אוליבין גברו) |
| ▨ - עורקים לבנים (לטיט אנדזיט) | ▧ - לוחות בסיס ורג (אנדזיט) |
| ▩ - גבס מוחילה | ▪ - הסיל העיקרי (טיטן-אוגיט גברו) |

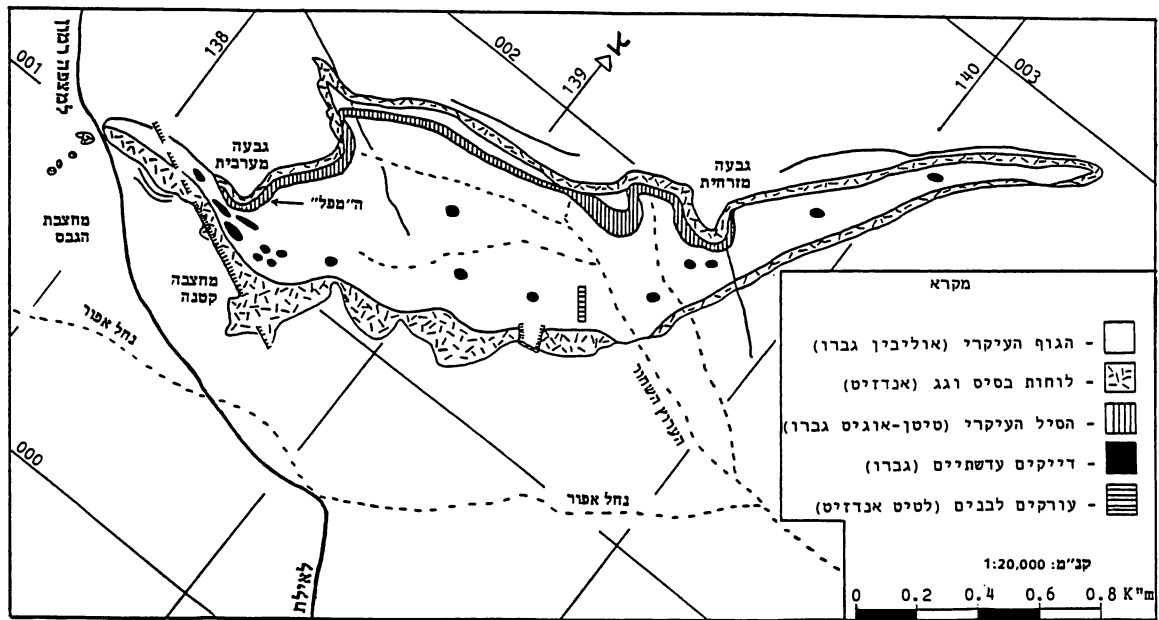
ממנה עולים אל הגבעה שממזרח (ציור 1: תחנה 1). גבעה זו בולטת בשטח הודות לשכבת הסלע השחור שבראשה. התחנה ממוקמת על לוח הבסיס של הלקולית.

מכאן תצפית על רוב שטח הלקולית (ציורים 1, 3 ו 4), המהווה בעיקרו בקעה אפורה-ירוקה. גבולות הלקולית מוגדרים בדרום ע"י המשטחים השחורים, שאנו עומדים עליהם (לוח בסיס) ובצפון ע"י קו המגע השחור-לבן (לקולית-גבס) הנמצא בקרבת ראשי הגבעות (לוח גג). הגבעה הבולטת, שמצפון-מערב לנקודת התצפית, היא הגבעה המערבית (ציור 1) והגבעה הבולטת בכיוון צפון-מזרח היא הגבעה המזרחית (תחנה 8). מערבה לגבעה המערבית ומזרחה לגבעה המזרחית ניתן להבחין בצימצום עוביו של הגוף ומכאן שהגוף הוא לקולית. הסלע הבונה את הבקעה הינו אוליבין גברו (הגוף העיקרי) המונפדר בקלות בעוד המשטחים השחורים בנויים מאנדזיט קשה. בתוך הבקעה, בכיוון הגבעה המערבית (תחנה 3), נראים צבירי סלע קשה (דייקים עדשניים), כהים מעט מסביבתם, המסודרים ברצף. כמו כן ניתן להבחין, בחלק התלול של הגבעה המערבית, בשני סילים (הסיל העיקרי) הנמצאים סמוך לגג הלקולית ואילו בגבעה המזרחית בסיל יחיד בולט. מזרחית לתחנה 1 ניתן להבחין בסיל בעל גוון ירקרק הממוקם מתחת ללקולית (ציור 3). סיל זה נמשך מזרחה (תחנה 6) ונעשה דק עד להעלמותו כלפי דרום ומערב.

לוח הבסיס : עובי היחידה נע מחצי מטר עד חמישה מטרים ולעיתים היא מורכבת ממספר אופקים, כאשר בסיסו של כל אופק מאופיין ע"י בליה מעוגלת בעוד הגג קשה ו"מצוקי". הסלע הינו טיטן-אוגיט אנדזיט שחור, פורפירי המכיל פנוקריסטים לבנים, פריסמטיים, בינוני גביש של אנדזין. לעיתים מופיעים גם פנוקריסטים שחורים של טיטן-אוגיט וזהובים של בצר (טבלה 1). המטריכס דק גביש, צבעו שחור-אפור והוא מורכב מגבישי פלגיוקלס, טיטן-אוגיט ובצר. בחלק העליון של לוח הבסיס ניתן להבחין, במקומות, בסידור של גבישי פלגיוקלס פריסמטיים במקביל למישור גג



ציור 3: לקולית רמון - חתך גיאולוגי (סכמתי).



ציור 4: לקולית רמון - מפה גיאולוגית (סכמתית)

היחידה -

תחנה 2 (נ.צ. 13856/00092) : הגוף העיקרי - בסיס היחידה .

התחנה ממוקמת כ 80 מטרים צפונית-מערבית לתחנה 1. יש לרדת על גב לוח הבסיס עד לערוץ הנמצא בגבול לוח הבסיס עם הגוף העיקרי (אוליבין גברו) ולעלות מספר מטרים ממערב לגבעה. התחנה ממוקמת בחלקו התחתון של הגוף העיקרי.

כללי : הגוף העיקרי חשוף לכל אורך הלקולית ובונה את חלקה הפנימי

של הבקעה. היחידה מאופיינת ע"י נוף רך, קרוב למישור וציבעה אפור-ירוק. בסיס היחידה, בעיקר בחלק המרכזי של הלקולית, מאופיין ע"י נוף של גבעות נמוכות שגובהן עד כשני מטרים וגגה יוצר, במרכז הלקולית, מדרון רך, שגובהו עד 10 מטרים ובחלקו העליון ממוקם הסיל העיקרי. עוביו המרבי של הגוף העיקרי כ 50 מטרים והוא מצטמצם עד להעלמותו בקצות הלקולית. הסלע הינו אוליבין טיטן-אוגיט גברו, גס עד בינוני גביש. בדוגמת יד אפשר להבחין בגבישים לבנים-אפורים של לברדוריט, גבישים שחורים של טיטן-אוגיט וגבישים (בתנולה של 20%-5%) חומים-ירקרקים של אוליבין (טבלה 1).

בסיס הגוף העיקרי : בבסיס היחידה, בקרבת המגע עם לוח הבסיס, גודל

הגבישים קטן, 'הטכסטורה הופכת לפורפירית והסלע הוא מיקרו אוליבין גברו. בדוגמת יד הסלע שחור-אפור, פורפירי, עם פנוקריסטים בינוניים עד גסי גביש של לברדוריט, טיטן-אוגיט ואוליבין. המטריכס דק עד בינוני גביש ומכיל בעיקר פלגיוקלט, טיטן-אוגיט ובצר ללא אוליבין. סלעים אלו מציינים אזור קרוז של האוליבין גברו אל לוח הבסיס.

תחנה 3 (נ.צ. 13840/00100) : הגוף העיקרי - אמצע היחידה ודלקים

עדשתיים .

התחנה נמצאת כ 200 מטרים בכיוון הגבעה המערבית, מטרים בודדים

מדרום לדרך העפר החוצה את הלקולית. מיקום התחנה בולט הודות

ל"בולדרים" של סלע קשה המצויים בתוך האוליבין גברו המתפורר. בדרך אל

התחנה אפשר להבחין, בתוך הגוף העיקרי, בדייקים וסילים בהירים, שעוביים עד חמישה ס"מ (עורקים לבנים). סלעים אלו יתוארו בתחנה 7.

אמצע הגוף העיקרי : באזור זה קיימת ההופעה האופיינית, גסת הגביש, של האוליבין גברו.

דייקים עדשתיים : סלעי היחידה טריים וקשים ולכן, כאמור, בולטים בנוף. יחידה זו מופיעה כרצף, דמוי דייק, של עדשות מאורכות-מחוברות, אשר לכל אחת מהן אורך של מס' מטרים, רוחב עד מטר וחצי וגובה חשוף כמטר. רצף העדשות נמשך לרוב מספר עשרות מטרים והמגע עם סלע הסביבה, האוליבין גברו, הינו חד ואי-רגולרי. הסלע הינו טיטן-אוגיט גברו, בינוני עד גס גביש. בסלע שולטים גבישי לברדורייט (טבלה 1). כ 40 מטרים בכיוון מזרח קיים גוף מאורך נוסף השייך ליחידה זו ובו מפותחת באופן בולט ההופעה של רצף העדשות. יחידה זו יוצרת גם גופים אופקיים רציפים דמויי סילים. מקור היחידה אינו ברור, והוא יכול להיות תוצאה של דיפרנציאציה מאגמטית, הפרדת מאגמות בגלל אי מטיסות, או חדירת מאגמה ממקור חיצוני, אל תוך הגוף העיקרי כאשר האחרון עדיין לא התגבש לחלוטין.

תחנה 4 ("המפל", נ.צ. 13838/00128) : אזורי קרור בלוח הגג .

התחנה נמצאת כ 150 מטרים מצפון לתחנה 3, בערוץ היורד מחלקה הצפון-מזרחי של הגבעה המערבית. יש לטפס בערוץ עד לקו המגע לקולית-גבס. במבט לגבעה המערבית בולטים שני הסילים הקשים (הסיל העיקרי) החדורים לתוך הגוף העיקרי ומראים בלייה מעוגלת. חלקו העליון של הגוף העיקרי, החשוף בבסיס הגבעה המערבית, מכיל כעין שיכוב אופקי הבא לידי ביטוי בקיומם של אופקים קשים, בעלי גוון שונה מזה של האוליבין גברו. תופעה זו מאפיינת את חלקו העליון של האוליבין גברו ותואר בתחנה 8.

לוח הגג (אנדזיט), שעוביו עד שני מטרים, מהווה את גג הקולית, פרט לאזור שמעובה לגבעה המערבית. חלקו העליון, במגע עם הגבס, יוצר

גוף מצוקי שחור, שעוביו כחצי מטר ומתחתיו סלע בלוי מתפורר, שחור-אפור. חלקו התחתון של לוח הגג מורכב, בתחנה זו, משמונה אופקים, שעוביים כ 20 ס"מ כל אחד וביניהם אזורי קרור המתבטאים בסלע יותר דק גביש. למרות המורפולוגיה השונה מעט ההרכב של הסלעים דומה מאוד והוא אנדזיט. בדומה לאופקים המצויים בלוח הבסיס מעידים אזורי הקרור הללו על כך שגם לוח הגג בנוי ממספר חדירות וכי אין מדובר באירוע חדירה אחד.

נא להמנע, בתחנה זו, משבירה של דוגמאות סלע.

תחנה 5 (נ.צ. 13818/00110): אוליבין בזלת.

התחנה נמצאת ממערב לגבעה המערבית. יש לשוב לתחנה 3 וללכת בדרך העפר כ 100 מטרים בכיוון מערב. הדרך עוברת בגוף העיקרי וניתן להבחין בצימצום המהיר בעובי היחידה עם ההתקדמות ממערב לגבעה המערבית. כ 10 מטרים מצפון לדרך ניתן להבחין בפס צר (מספר ס"מ) של סלע שחור המפריד בין האוליבין גברו הבלוי, שצבעו, כאן, חום-אפור לגבס שמעל ללקולית. באזור זה חסר לוח הגג, הגוף העיקרי נמצא במגע ישיר עם תצורת מוחילה והסלע הינו אוליבין בזלת. הסלע שחור בעל מטריכס דק מאד ומכיל פנוקריסטים של לברדוריסט, טיטן-אוגיט ופנוקריסטים ירקרקים-צהובים של אוליבין. נראה כי האוליבין בזלת מייצגת קירור מידי של מאגמת הגוף העיקרי המקורית. במקומות בהם לוח הגג חשוף נמצא מתחתיו אופק צר (עד 2 ס"מ) של אוליבין בזלת הממוקם מעל לסיל העיקרי וכמטר אחד נמוך מהגבס.

חתך מזרחי (ציור 1)

תחנה 6 (נ.צ. 13918/00149): סיל קוורץ אנדזיט מתחת ללקולית

בכדי להגיע לתחנה יש לחזור לכביש ולנסוע כ 1.1 ק"מ לדרום-מזרח עד לשלט המפנה לדרך העפר המקבילה לנחל אפור (נ.צ. 13918/00050). בדרך זו יש לנסוע כ 1.4 ק"מ, לצפון-מזרח, עד למפגש דרך העפר עם ערוץ רחב, אפור-שחור (נ.צ. 14024/00136). ערוץ זה מנקז את מרבית שטח הלקולית

ונושא עימו תוצרי בליה של הלקולית. הליכה של כ 600 מטרים, בערוך האפור-שחור, לכיוון צפון-מערב מובילה אל תחנה 6: הסיל הירקרק אשר מתחת ללקולית (נ.צ. 13964/00149). באזור התחנה מובחן גם לוח הבסיס השחור של הלקולית. הסיל הירקרק נמצא כ 20 מטרים מדרום ללקולית והוא חשוף משני צידי הערוך.

הסלע הוא קוורץ-אנדזיט דק גביש, כלוריטי, ומכיל גבישי פלגיוקלט ומעט קוורץ. סיל זה שעוביו פחות ממטר נעשה דק, כאמור, לכיוון דרום עד להעלמותו (ציור 3) ונראה כי אינו שייך ללקולית.

תחנה 7 (נ.צ. 1395/0015) : עורקים לבנים .

בכדי להגיע לתחנה זו יש ללכת בערוך האפור-שחור ולחצות את לוח הבסיס. בלקולית יש ללכת בכיוון כללי מערב לאורך הערוך המפריד בין לוח הבסיס השחור, הקשה (מדרום) לגוף העיקרי, האפור-ירקרק המתפורר (מצפון). לאחר כ 250 מטרים עומד עץ שיטה גדול ושם יש לעלות צפונה אל תוך הגוף העיקרי. במקום זה בולטים בשטח דייקים בהירים (עורקים לבנים). במבט על לוח הבסיס, בדרך לתחנה 7, ניתן להבחין בחלקו התחתון המעוגל של לוח הבסיס ובחלקו העליון היותר "מצוקי". מעל ללוח הבסיס (מצפון לערוך שלאורכו הולכים) קיימות גבעות ירקרקות נמוכות: זהו חלקו התחתון של הגוף העיקרי (מיקרו אוליבין גברו) שהתקרר כנגד לוח הבסיס.

יחידה זו מופיעה כדייקים וסילים בצבע לבן-צהבהב, שעוביים עד 20 ס"מ ואורכם עד עשרות מטרים החדורים לתוך האוליבין גברו. הסלע הינו לטיט אנדזיט, דק גביש ובנוי מגבישים של פלגיוקלט (אנדזין ואלביט), מעט גבישי אוקסי-הורנבלנדה ומטריכס דק מאוד (טבלה 1). המגע בין הלטיט אנדזיט והאוליבין גברו הינו חד וישר. יחידה זו מופיעה גם בוואריאציה של מיקרו מונזו דיורייט, הולוכריסטליני, בינוני גביש (עד 2 מ"מ) הבונה דייקים וסילים צרים יותר (עד 5 ס"מ), שאורכם מספר מטרים. גבישי הפלגיוקלט, בוואריאציה זו, מכילים טבעת פנימית של

K-פלדספר.

תחנה 8 (נ.צ. 13966/00196): הגבעה המזרחית.

הגוף העיקרי - חלק עליון : בטיפוס לאורך החצי התחתון של הגבעה המערבית, ניתן להבחין בשיכוב פנימי המתבטא בקיומם של אופקים כהים ואופקים בהירים יותר. האופקים הבהירים בנויים משני סוגי סלע: האחד דייקים עדשתיים (גברו-"בולדרים") והשני, עורקים לבנים (מיקרו מונזו דיורית). האופקים הכהים הם של אוליבין גברו נורמלי. אזור הקרור של הגוף העיקרי אל לוח הגג הינו צר בניגוד לאזור הקרור הרחב של בסיס הגוף העיקרי (תחנה 2) ומופיע כשכבה של אוליבין בזלת, שעוביה כ 2 ס"מ.

הסיל העיקרי : יחידה זו בונה סיל, בתוך הגוף העיקרי, כחמישה מטרים מתחת למגע הלקולית עם הגבס ומשתרעת מהגבעה המזרחית עד לגבעה המערבית. בגבעה המערבית מתפצל הסיל, כאמור, לשניים. הסיל יוצר משטח קשה דמוי קווסטה שצבעה אפור-חום. במבט ראשון הסלע דומה לדייקים העדשתיים, אולם נבדל ממנו בצבעו הכהה יותר הנובע מכמות כפולה של טיטן-אוגיט, 15%. הסלע הינו טיטן-אוגיט גברו אפור-שחור, פורפירי עד אינאקויגרנולרי. הסלע מכיל גבישי פלגיוקלס (לברדורית ומעט אנדוזין), לבנים, בינוניים עד גסי גביש, גבישים בינוניים עד דקי גביש של טיטן-אוגיט שחור ומעט בצר. שינויים בגודל הגבישים לכיוון גג ובסיס הסיל מועטים וכמעט אינם מובחנים בדוגמת יד. במקומות בהם הסיל נעשה דק, לקראת סיומו לצדדים, גודל הגרגר קטן והטכסטורה נעשת פורפירית. קו המגע בין הסיל לבין הגוף העיקרי, במיוחד בבסיס הסיל, הינו חד וישר, בניגוד למגע החד אך האי-רגולרי של הדייקים העדשתיים עם הגוף העיקרי. ההסבר המוצע לכך הוא כי הסיל חדר לגוף העיקרי כשהאחרון היה מוצק אולם עדיין חם.

לוח הגג : לוח הגג דומה מאוד ללוח הבסיס. לעיתים גג היחידה בנוי משני אופקים המראים הופעה דומה לזו של האופקים בלוח הבסיס: בסיס

האופק בלוי בעוד שהגג קשה וניתן להבחין בו בסידור מקביל של גבישי הפלגיוקלט הפריסמטיים. במקומות רבים נעלם האופי ה"מצוקי" של לוח הגג ובמקומו שולטת הופעה רכה, בלוייה, בצבע אפור-שחור-חלוד.

כצר	פלגיוקלט	טיטן-אוגיט	אוליבין	
10	50-65	10-20	---	לוחות בסיס וגג (אנדזיט)
5-10	35-60	10-35	5-20	הגוף העיקרי (אוליבין גברו)
3	75-85	5-10	---	דייקים עדשתיים (גברו)
+	כ: 85	+	---	עורקים לבנים (לטיט אנדזיט)
5	50-65	15-25	---	הסיל העיקרי (טיטן-אוגיט גברו)

טבלה 1: אחוזי מינרלים עיקריים בסלעי הלקולית (ממוצע).

סיור מס' 6: בעיות סטרוקטורליות באזור מעבר ערוד
והשלכותיהן על התפתחות קו הרמון

צ. גרפונקל, המח' לגיאולוגיה, האוניברסיטה העברית בירושלים

מטרת הסיור למערב מכתש רמון היא להציג העדויות אודות ההיסטוריה של יצירת מבנה רמון שהוא הבולט ביותר בנגב המרכזי.

הנגב המרכזי הנו חלק ממחוז סטרוקטורלי אשר מאופיין ע"י קווי שבירה ארוכים בכוון צפ'-צפ'-מז' דר'-דר'-מז' ומז'-מע' שמלווים ע"י מבני קימוט בגדלים שונים - החל מחצאי כפות בגודל עד קילומטרים אחדים ועד אנטיקלינות שבורות באורך מספר עשרות קילומטר (BENTOR AND VROMAN, 1954) מבנים אלה נוצרו ע"י דריסה שהיתה מלווה בגזירה ימנית (VROMAN 1967). הדפורמציה התרחשה מן הסנון ועד הנאוגן, אך התרומה היחסית של דפורמציה מגילים שונים מאד לא אחידה. מחוז סטרוקטורלי זה - חגורת הגזירה של הנגב המרכזי וסיני - נמשך מערבה לכל ברוב חצי האי סיני, והמשכו מזרחה בירדן מוסט כ-105 ק"מ ע"י טרנספורם ים המלח (ברטוב, 1974; QUENNEL, 1956; SHATA, 1956).

קו רמון הנו הבולט במבני הנגב המרכזי, ומבנהו מוכר היטב בזכות המכתש שנוצר לאורכו. עיקר הדפורמציה התרחשה לאורך פס ברחב עד 2-3 ק"מ בכוון כללי של כ-70 מעלות. לרוב אורך קו זה נמשכים שברים אנכיים או הפוכים קצת, ופלכסורה חריפה בסלעי חבורת יהודה ובסלעים אחרים. גלים כפתיים מצויים משני צדי השברים האורכיים. פרטי המבנה מחייבים גזירה ימנית. הרצועה המעוותת מפרידה בין שני גושים מעוותים מעט עם נטיה חלשה לכוון לצפ'-צפ'-מע', כאשר הגוש הצפוני גבוה סטרוקטורלית מן הדרומי.

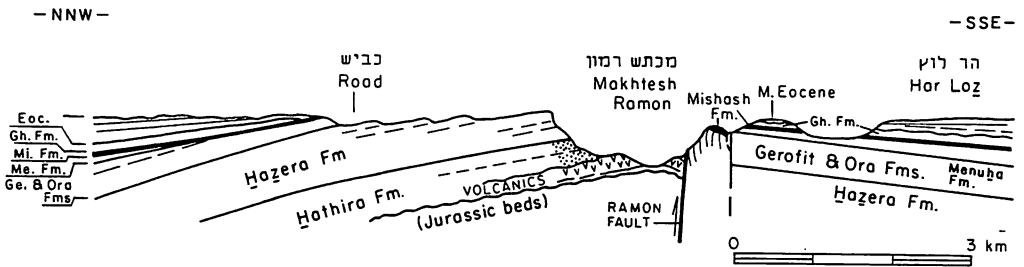
מן הדרומי.

האירוזיה העמוקה במכתש רמון חשפה סלעים החל מגיל טריאס תיכון. טור סלעים זה מגלה מאורעות שונים בטריאס, ביורה ובקרטיקון המוקדם שיצרו מבנים שונים. אין קשר ישיר בין מבנים אלה לבין מבנה קו רמון, כיון שהמטרים הטקטונים שהתקיימו בתקופות אלה היו שונים מהותית מן המשטר שהתקיים בקרטיקון המאוחר ובטרצייר ושבנו נוצר מבנה קו רמון. משטר הדחיסה בתקופה זו יצר הרבה מבנים בישראל ובסביבותיה ואשר נכללים בקשת הסורית. חלק נכבד מן הדפורמציה של תקופה זו התרחש בזמן ססדימנטציה ימית נמשכה באיזור. זה גרם לשינויי פציאס ועובי ולאי התאמות רבות בטור הסדימנטרי. תופעות אלה הן המספקות אינפורמציה על תולדות גידול המבנים השונים ומבנה הרמון בפרט.

התפתחות מבנה הרמון בקרטיקון ובטרצייר נחקרה בעבודות רבות (בן-תור ופרומן 1951; סטרינסקי 1964; גרפונקל 1964; BENTOR AND VROMAN, 1964; זילברמן 1977; אבני, עבודת גמר בהכנה). עבודות אלה הראו כי מצפון לקו רמון החתך מגיל סנון ואאוקן מוקדם מצומצם מאד ורבות בו אי ההתאמות. התצורות השונות גודעות זו את זו ואת חבורת יהודה. מאידך, מדרום לפלכסורה שלאורך קו רמון החתכים עבים יותר. במיוחד בולטת מציאות תצורת מנוחה בעובי רב מדרום לפלכסורה, בעוד שמצפון למכתש רמון תצורת מישאש מונחת במישרין על חתך גדוע של חבורת יהודה, דבר המעיד על קיום מבנה נכבד כבר בסנון. אי התאמות באאוקן מראות על התפתחות נוספת של המבנה במשך האאוקן. נסיות סלעי האאוקן מעידות על דפורמציה מאוחרת יותר, אך בהשוואה למבנים אחרים של רצועות הגזירה (מבנה קו סעד-נפחא, עריף א-נקא וכו') הדפורמציה של סלעי האאוקן חלשה. תופעה בולטת נוספת היא התרוממות כללית של הנגב שהתרחשה ככל הנראה בנאוגן (מיוקן מאוחר או פליוקן) ויצרה מבנה כפתי בגדל מספר עשרות קילומטרים ששיאו במערב מכתש רמון.

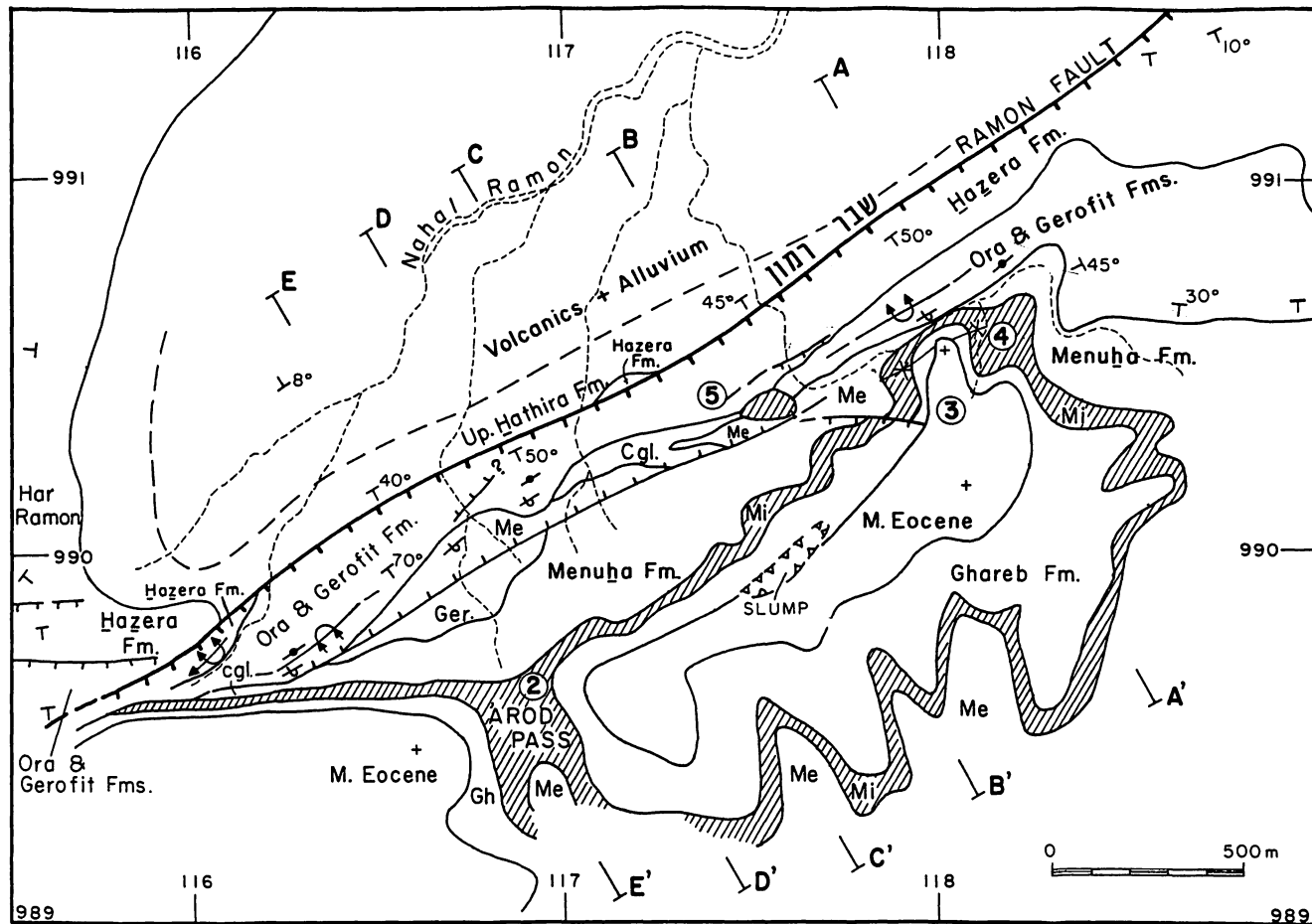
בסיור למערב מכתש רמון יוצגו העדויות אודות ההיסטוריה של יצירת מבנה קו רמון. כללית המבנה באיזור זה (ציור 1) טפוסי לקו רמון: הוא

כולל פלכסורה חריפה שמלווה בהעתק. ההסטה האנכית הכוללת של המבנה היא כ-700 מ', ונראה שהיתה מלווה בהסטה אפקית ימנית מסדר גודל דומה. ברם, אין נתונים המאפשרים למדוד ההסטה האפקית. במבט מפה הפלכסורה מסובכת ע"י מבנים גליים משניים, מעין חצאי כפות. באיזור זה שבר רמון סוטה כ-15 מעלות מהכוון הכללי של קו רמון. במקומות אחרים לאורך רצועת הגזירה מצב כזה גורם ליצירת מבנים כפתיים מודגשים. במערב מכתש רמון מבנה כזה לא בולט, אך הוא התקיים כנראה בסנון כי כאן עצמת הגידוע הסטרטיגרפי מגיל זה גדולה במיוחד, והעוות של סלעי חבורת יהודה חזק במיוחד. תופעה זו נחשפת יפה במיוחד באיזור מעבר ערוד שטיקר. הסיור מוקדש לו (ציור 2,3).



ציור 1 חתך מוכלל דרך מערב מכתש רמון.

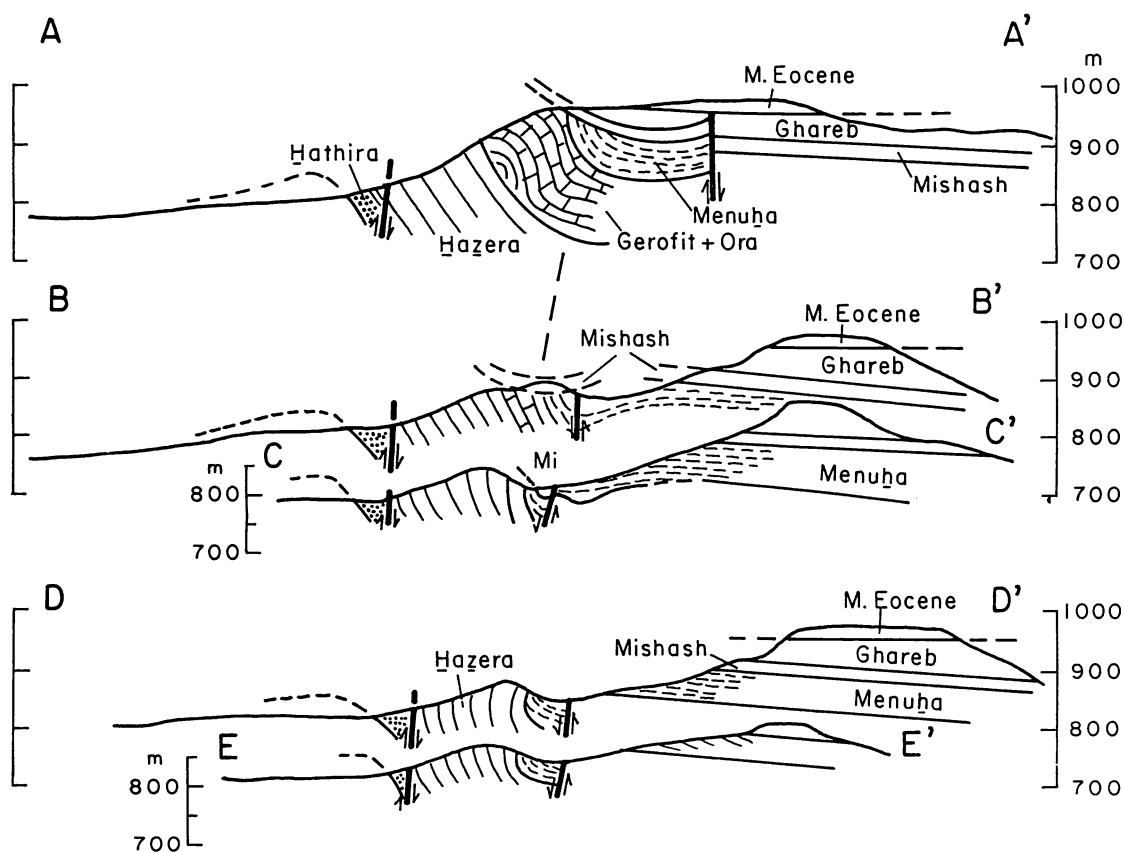
התופעות העיקריות הנראות כאן הן: סלעי חבורת יהודה כמעט אנכיים ובמקומות יוצרים קמטים הפוכים, במדה רבה בזכות דיסהרמוניות ושברים קטנים. בחתך הסנוני נכרת אי התאמה זוויתית של כ-30 מעלות, בעוד שכלפי צפון הסלעים הסנוניים מונחים באי התאמה של כמעט 90 מעלות על סלעי חבורת יהודה. אי ההתאמה מלווה בהופעה מקומית של קונגלומרט ימי. כמו



ציור 2 מפה גיאולוגית של איזור מעבר ערוד (לפי גרפונקל, 1964).

מקום תחנות 2-5.

כן נתן לראות שינויי עובי ואי התאמות בחתך המאוחר יותר. השוואת תופעות אלה לאי-ההתאמות שמצפון למכתש רמון נותנת התמונה הכללית על תולדות יצירת המבנה, ומראות שכבר בסנון התקיים באיזור מעבר ערוד מבנה חריף מאד. נראה שכמחצית הרליף הסטרוקטורלי באיזור זה נוצרה כבר בקרטיקון.



ציור 3 חתכים סטרוקטורליים דרך קו רמון באיזור מעבר ערוד. מקום החתכים - ראה ציור 2.

תחנות הסיור

תחנה מס' 1: מבט כללי על אי ההתאמות מצפון למכתש רמון.

רואים שתצורת גרופית גדועה ומכוסה במישרין ע"י חתך מצומצם של תצורת מישאש או על ידי אדמות פוסיליות. סלעים אלה מכוסים ע"י גירים מגיל אאוקן תיכון אשר לפעמים מונחים במישרין על סלעי תצורת גרופית.

תחנה מס' 1א: נחל עקרב. מבט על הצטמצמות החתך הקרטיקוני המאוחר לכוון מעלה מבנה הרמון. רואים את ההעלמות דרומה של חתכים מצומצמים של תצורות מנוחה, מישאש וע'ר.ב. תצורות אלה יוצרות טריז בין סלעי נטויים של תצורת גרופית לסלעים אאוקניים נטויי הרבה פחות.

תחנה מס' 2: מעבר ערוך ובט על מערב המכתש. (ראה ציורים 2, 3, המראים את איזור תחנות 2-5 וחתכים סטרוקטורליים באיזור זה). רואים החתך של תצורות חתירה וחצרה שבונות את פנים המכתש ואת הקיר הצפוני שלו. כמו כן נראה העתק רמון והפלכסורה החריפה שמדרום לו שנוצרת ע"י סלעי גיר יהודה. התצורות הסנוניות וסלעי האאוקן שמדרום נטויים מעט.

תחנה מס' 3: מבט מזרחה על הפלכסורה של קו רמון. רואים היטב מבנה גלי דמוי חצאי כפות, וכן נראים החתכים הסנוניים העבים יחסית שמדרום לפלכסורה. מצב זה שונה מהותית מן המצב שמצפון למכתש רמון שבו החתכים מגיל זה מצומצמים או חסרים. סלעים מגיל אאוקן תיכון אשר בונים מספר הרים מדרום לקו רמון מונחים אפקית ובאי התאמה זוויתית על סלעים אאוקניים וקרטיקוניים קדומים יותר.

תחנה מס' 4: אי התאמה זוויתית של כ-30 מעלות בחתך הסנוני. מעל לאי ההתאמה מופיעה שכבה קונגלומרטית שמכילה גם קצת חול קורץ ופוספט.

נוכחות שיני כרישים ואוסטראות מעידה שהקונגלומרט תת-ימי. החתך שבין שכבה זו לצור מישאש העיקרי גם כן מצטמצם במהירות צפונה, לכוון מעלה הפלכסורה. תופעות אלה נכרות רק ברצועה ברוחב מספר מאות מטרים מדרום לפלכסורה של סלעי חבורת יהודה. דרומה יותר הנטיות של כל החתך קטנות והסלעים הקונגלומרטים חסרים.

תחנה מס' 5 מבט על מבנה הפלכסורה של חבורת יהודה ומבט על צור מישאש המונח במישרין על סלעי תצורת חצרה אנכיים או הפוכים, כאשר באי ההתאמה מפותח קונגלומרט. במזרח נראה שבגלל דיסהרמוניה בפצלי אורה סלעי תצורת גרופית יוצרים קמט שאגפו התחתון הפוך.

סלעי תצורת מישאש מונחים על המשך הפלכסורה. המגע הזויתי בין סלעי חבורת יהודה לבין הקונגלומרט הסנוני חשוף היטב. גוש של צור בראש הגבעה נראה מופרע והמגעים שלו אינם חשופים. יתכן וזה נובע בגלל קמוט אי-התאמה זויתית אשר תמיד גורם לנתוק מסוים בין הסלעים שמשני צדי אי ההתאמה.

מדרום ישנו העתק קטן שמבדיל בין הסלעים הנטויים מאד לבין הגוש הדרומי יותר שהוא נטוי מעט. במבט דרומה גם רואים שהמבנה של סלעי תצורת מישאש שונה משל סלעי האאוקן שהם בלתי מעוותים, למעשה. נכר שבר קטן שסלעי האאוקן חופים עליו וגם שינויי עובי בולטים בתצורת ע'רב.

תחנה מס' 6 (אם הזמן ירשה).

מינרליזציה בגיר-יהודה לאורך שבר רמון בקצה המערבי של מכתש רמון.

תחנה מס' 7 (אם הזמן ירשה).

הר רמון. מבט רגיונלי ומבט על ההמשך המערבי של קו רמון ממערב למכתש רמון.

סיור מס' 7: סטרטיגרפיה, טקטוניקה והתפתחות

הנוף של מערב מבנה הרמון

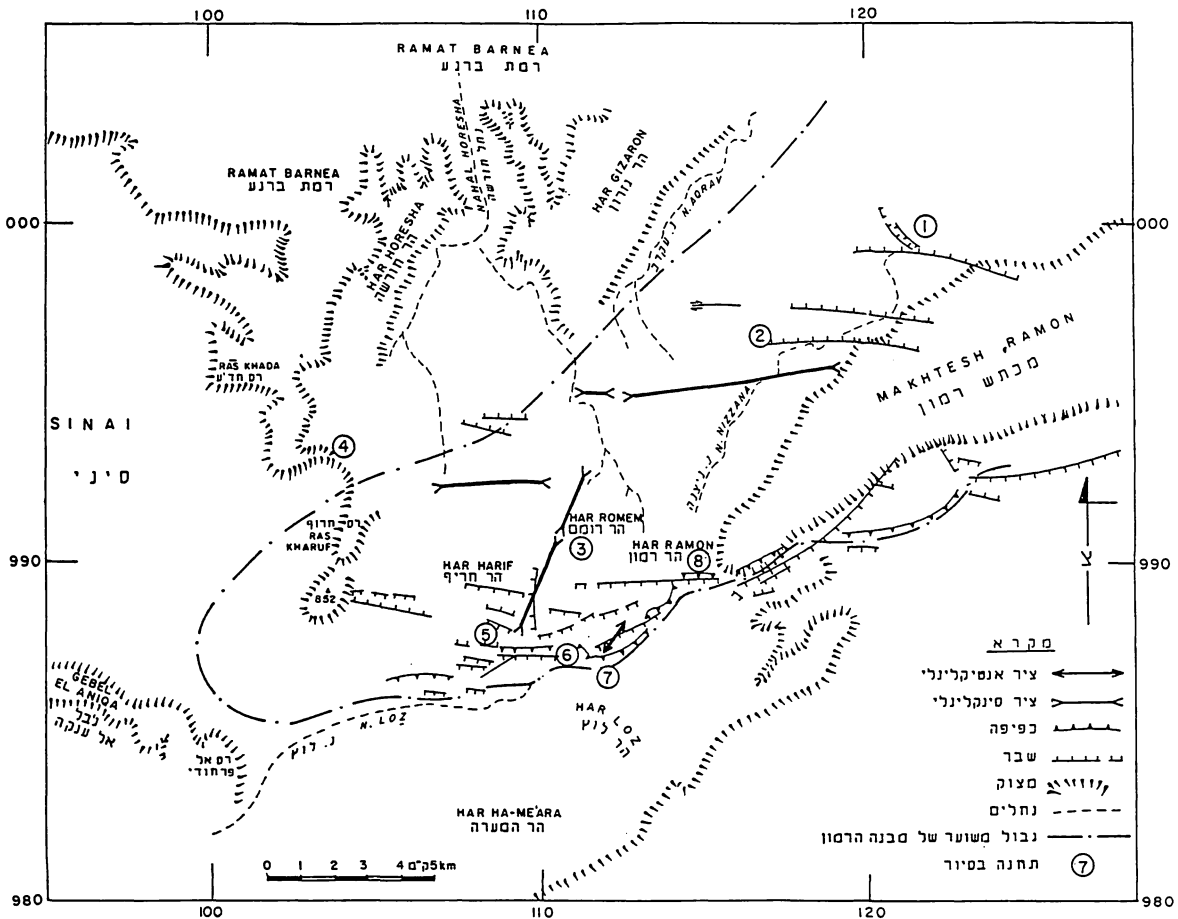
יואב אבני - המכון הגיאולוגי, ירושלים

מטרות הסיור

1) הכרת החתך הסטרטיגרפי מחבורת יהודה ועד לתצורת חצבה במערב מבנה הרמון.

2) לימוד התופעות הטקטוניות העיקריות ושלבי ההתפתחות של מערב מבנה הרמון.

3) מעקב אחר השלבים העיקריים בהתפתחות הנוף של האזור.



ציור 1: מסלול הסיור והאלמנטים הטקטוניים והמורפולוגיים העיקריים

בחלקו המערבי של מבנה הרמון.

הסיוור נערך בחלקו המערבי של מבנה הרמון, באזור הידוע "כהר הנגב הגבוה" והוא כולל את הפסגות הגבוהות של הר רמון, הר רומם והר חריף, ואת אזורי הר חורשה והר לוף המצויים במבנים סינקליניים משני עברי מבנה הרמון. למרות גובהו של האזור - מעל ל-1000 מ' - מעוצב נופו ע"י רמה כמעט מישורית המשתרעת על שטחים נרחבים בנגב המרכזי והמבותרת ע"י מערכות הניקוז של יובלי נחל ניצנה, נחל לוף ונחל רמון.

על קו הרמון אובחנו מספר שלבי פעילות מאז הטריאס ועד לאחר המאסטריכט, ואחר כך לאחר השקעת תצורת חצבה, במיוקן העליון-פליוקן. על מישורי השברים ניצפו סימני החלקה אופקיים המעידים על הסטה אופקית-ימנית (גרפונקל, 1964). את האגף הצפוני-מערבי של המבנה חוצות מספר מערכות שברים, אחת מהם בכיוון מזרח-מערב והשניה צפון-מערב - דרום-מזרח. במערכת הראשונה השברים נורמליים מקבילים עד תת מקבילים, עם תנועה אופקית ימנית והם פעלו כנראה לפני הסנטון, ובמספר שלבים גם לאחר מכן.

התפתחות המיבנה משתקפת בהשקעת יחידות הסלע השונות והסרתן בשלבים הבאים:

1) סלעי חבורת יהודה מתצורות חצרה, פצלי אורה גרופית וציחור מייצגים השקעה של סלעי גיר, דולומיט, חוזאר וחרסית בעובי כ-400 מ' על גבי פלטפורמה קרבונטית שטוחה ונרחבת בים רדוד. בסור סלעים זה מצויים מספר מישורי אי-התאמה, המציינים הפסקות קצרות או ארוכות ברציפות ההשקעה. שתי אי-ההתאמות הבולטות ביותר הן בג גפרט תמר של תצורת חצרה, שם נמצא מישור אי ההתאמה בג דרגש גיר-מאובניים קשה, עם קדיחות של צדפות וקרום לימוניטי עבה. מעל לפרט תמר מגיל קנומן עליון מונחים גיר ודולומיט חרסיתי צהבהב המכילים אמוניטים מגיל טורון תחתון (חלק עליון).

מישור אי התאמה שני הוא בגג "דרגש פרומן" בתצורת פצלי אורה: מעל לשכבת גיר-רודיסטים נמצאו מיקרו-קונגלומרטים, חרסיות אפורות ועדשות של חול קוורץ. בדרגש עצמו מופיעים עורקי קלציט וצביעה בתחמוצות ברזל, והוא נקוב ע"י חלי המסה קארסטיים. הופעת יחידה קלסטית מעל לדרגש פרומן קורלטיבית להופעת קונגלומרטים עשירים בקרומי מנגן בקרבת הרמון (גרפונקל, 1964), ולהופעת היחידה הקלסטית בנגב הצפוני (סנדלר וזילברמן, 1985).

2) מעל ליחידה הקלסטית מופיעות שכבות גיר מיקריטי של תצורת גרופית. מעליהם שקעה תצורת ציחור, הבנויה גיר-קירטוני, עשיר במאובני רכיכות וקיפודי-ים. הרמת האזור לקראת סוף הקוניאק גרמה לגידוע חלקיה העליונים של התצורה. באזור המרכזי והמזרחי של מבנה הרמון פגעה הארוזיה בחלקים עמוקים יותר של החתך, והיא גודעת גם את תצורת גרופית עד סמוך לבסיסה. על גבי מישור אי ההתאמה ניתן למצוא במקומות חלוקים דולומיטים-פוספטיים שנגזרו כנראה מתצורת ציחור.

3) האזור שמצפון לקו הרמון הורם וקומט לפני, ותוך כדי, השקעת תצורת מנוחה. על גבי המבנה המורם התצורה חסרה כמעט לחלוטין, או שהיא מופיעה בעובי של מספר מטרים הממלאים תבליט ארוזיבי בגג תצורת ציחור, עליה היא מונחת באי התאמה זויתית. באזורים אלה התצורה בנויה קירטון חוארי עשיר בגרגרי גלאוקוניט ובשיני דגים. לעומת זאת שקע באזורים הסינקלינליים שבשולי המבנה חתך עבה של קרטון, חואר ופוספט, המגיע לעובי של כ-50-60 מ'. באגף הצפוני מערבי של מבנה הרמון החלה שבירה בכיוון מזרח-מערב, שיצרה תבליט סטרוקטורלי משני על גבי המבנה הגדול של הרמון, ותצורת מנוחה הצטברה באגנים קטנים ובמפרצים, וממלאת את התבליט הרדוד שנוצר.

4) הרמה וגידוע של תצורת מנוחה לפני השקעת תצורת מישאש מאובחנת במספר אזורים במערב הרמון כגון במעבר ערוד (גרפונקל, 1964), ובאזור הר רומם. באזור זה הושקע קונגלומרט של חלוקי גיר, דולומיט, פוספט וקירטון המלוכדים ע"י מטריקס צורני. הוא נגזר כנראה מן האזורים

שהורמו ונחשפו לפעילות ארוזיבית. ניתן לראות בו את אחד הסימנים הראשונים לגידוע ראשו של קמר הרמון כבר בתקופת הסנטון.

5) בקמפאן העליון שוקעת תצורת מישאש. באזורים הסינקלינליים שבשולי המבנה היא מונחת בהתאמה על גבי סלעי תצורת מנוחה, ובאזורים המוגבהים וכן לאורך קו רמון, היא מונחת באי-התאמה זוויתית על גבי תצורת מנוחה או על גבי סלעים קדומים לה. עוביה מגיע באזורים הסינקלינליים ל-30-60 מ' והיא כוללת את פרט הצור (פורצלניט וצור) ואת פרט הפוספט שמעליו. מצפון לשבר ועל גבי המבנה מגיע עוביה לכ-0.1-2 מ' בלבד. באזורים אלה בנויה התצורה מברקציה צורנית מלוכדת או חסרת ליכוד, המכוסה ע"י קונגלומרט של חלוקי צור, קרומים של תחמוצות ברזל וקרקע לימוניטית (הלטריט; בן-תור, 1951; "פוספט ברזלי" סטרינסקי, 1964) המבטאים ארוע נרחב של חשיפה וארוזיה של המבנה בתנאים יבשתיים, תוך כדי השקעת חלקה העליון של תצורת מישאש או מיד לאחר מכן. הבדלי העובי הניכרים בחתכים של תצורת מישאש משני עברי קו הרמון מעידים על המשך התנועה הדיפרנציאלית (הרמת האזור הצפוני) לאורך הקו גם בקמפאן העליון. הבדלים ליתולוגיים ניכרים גם בקרבת השברים באגף הצפוני-מערבי של מבנה הרמון.

6) בתקופת המאסטריכט הושקעה תצורת ע'רב, הבנויה מקירטון וחואר, ומגיעה לעובי של כ-200-120 מ' באגן הסינקלינלי שמצפון מערב לרמון, ולעובי של כ-60-50 מ' בסינקלינה של הר לופ. התצורה לא הצטברה על גבי מבנה הרמון, ולאורך אגפו הצפוני-מערבי של המבנה היא דקה ומעושרת בגלאוקוניט וחרסית.

7) לאחר השקעת תצורת ע'רב התחדשה באזור ההרמה, אשר הביאה להרס חלקים מן החתך הסדימנטארי שהצטבר על גבי המבנה. התהליכים הארוזיביים פוגעים באזור בצורה לא אחידה, ויוצרים תבליט המשמר במקומות מסוימים חלקים מן החתך, בעוד שבאזורים סמוכים חלקים אלה נהרסים כמעט לחלוטין. תוצרי הבליה מן השלב הזה מצטברים כחלוקים וקונגלומרטים על גבי התבליט הגידוע.

לאורך מצוקי לוך נמצאו סמוך לגג תצורת ע'רב עדשות של חול קוורץ גם גרגר, וחול ברזלי. ניתן לקשור את הופעתם הקוורץ להמשך הפעילות הארוזיבית על גבי מבנה הרמון. פעילות זו חשפה ככל הנראה את אבני החול של הקרטיקון התחתון לארוזיה, ותוצרי הבליה הובלו לשולי המבנה באמצעות מערכת ערוצים. תופעה דומה נצפתה באזור עריף-א-נקה בסיני (BARTOV ET AL., 1980).

8) בתחילת השלישון הושקעה בשולי המבנה חרסית אפורה ירוקה של תצורת טאקיה, בעובי 20-30 מ'. רק חלקה העליון ביותר מכסה את שולי המבנים. 9) טרנסגרסיה שזמנה איאוקן מוקדם (חלק מאוחר) ותיכון מציינת את סופה של תקופת הארוזיה. מערב מבנה הרמון כוסה ב-ONLAP בהדרגה ע"י יחידות מגיל איאוקן תחתון-ואיאוקן תיכון, עד לקבורתו הסופית. לאורך נחל לוך ושבר הרמון התקיימה בזמן האאוקן התיכון פלקסורה תלולה שהמשיכה לתרום חלוקים, בזמן שבאגן הסינקלינלי של הר לוך כבר החלה שקיעת סלעי איאוקן תיכון. בהמשך הטרנסגרסיה מתכסה הפלקסורה לחלוטין ע"י סלעים מגיל איאוקן תיכון. הופעת סלעי קירטון וגיר מיקריטי משוכב היטב מגיל איאוקן עליון באזור הר חריף מעלה את האפשרות, שמערב מבנה הרמון היה קבור כולו מתחת לסדימנטים קרבונטים בזמן האיאוקן העליון.

עובין ואופין של יחידות חבורות הר הצופים ועבדת, אשר שקעו על גבי חלקיו השונים של מבנה הרמון מוכתב ע"י:
א. המרחק מציר האנטיקלינה של הרמון: כתוצאה מקיומו של מבנה קמור מצטמצמים חתכי היחידות ככול שמתקרבים לשיא (ציר) הקמר. הדקקות זו נגרמת משתי סיבות והן:

- חוסר הצטברות משקעים באזורים הרדודים והאנרגטיים בים.
- גידוע והרס היחידות במהלך ארועים ארוזיביים בשולי הים ועל היבשה.

ב. תבליט ארוזיבי וסטרוקטורלי מקומי.

כתוצאה משבירה וארוזיה נוצר תבליט אותו ממלאים סלעי חבורות

הר-הצופים וחלקה התחתון של חבורת עבדת. הבדלים אלה בעובי ובאופי היחידות חדלו להתקיים כמעט לחלוטין לאחר כיסוי האזור בסלעים מגיל איאוקן תיכון.

10) לאחר נסיגת הים באיאוקן העליון התחדשה הפעילות הטקטונית באזור, ומבנה הרמון עבר קימוט נוסף. בעקבותיו נגדעו בחלקם סלעי האיאוקן. בקרבת ציר הקמר העמיק הגידוע לסלעי חבורת יהודה, ואולי גם לאבני החול של הקרטיקון התחתון. בשלב זה התפתח משטח גידוע נרחב שהשתרע על שטחים נרחבים בנגב המרכזי ובאזורים הסמוכים.

הופעת קונגלומרט הבסיס של תצורת חצבה על גבי משטח הגידוע באזור נחל לוף מבטאת שלב של ארוזיה וחתירה במפלס הגידוע המקורי. קונגלומרט הבסיס מכוסה ע"י מיקרו-קונגלומרטים וחולות קוורץ אדומים של פרט גדרון. החולות האדומים נמצאו גם בתוך חללים קארסטים. החולות האדומים של פרט גדרון הובלו מאזורי המקור בדרום או בדרום מזרח ע"י מערכת נחלים שהיתה חלק מן המערכת שבה שקעה תצורת חצבה וכסתה בעבר שטחים נרחבים בנגב המרכזי (זילברמן, 1977; ברטוב, 1974).

11) פעילות מחודשת לאורך "שבירי הרוחב" בנגב המרכזי בתקופת המיוקן העליון-פליוקן גרמה לשבירת מפלס הגידוע הגבוה. השבירה לאורך קו רמון גורמת להנמכת טבלת הר לוף-הר המערה בכ-100-120 מ' ביחס לטבלת הר חריף-הר חורשה ולהטית הגוש לצפון מערב. לאורך הקו מונמכים חלקים ממשטח הגידוע הגבוה, ועליהם קונגלומרטים וחולות אדומים, בשיעור של כ-220 מ' ביחס להר חריף. האזור שמצפון לקו הורם ועבר הסיה סביב מרכז אנטיקלינלי הממוקם בין הר רמון להר חריף.

12) התחתרות נחלים מתרחשת באזור תוך כדי ולאחר הפעילות הטקטונית, תוך ניצול הטופוגרפיה החריפה שנוצרה והם חותרים לעומק של 150-250 מ' מתחת למפלס הגידוע המקורי. בשלב זה מתפתחים אגני הנחלים ניצנה, עקרב, אלות, חורשה, לוף ורמון. נחל ניצנה עליון ונחל רמון התחתרו בהתאם לכיוון הטית השטח לצפון מזרח בנצלם קוי חולשה ליתולוגיים, שנחשפו מתחת למפלס הגידוע. נחל ניצנה ניצל כנראה את מחשופי תצורת

פצלי אורה החוארית-חרסיתית שנחשפה בעקבות הגידוע באגפו הצפוני מערבי של מבנה הרמון. נחל רמון התחתר בדרך דומה אל תוך אבני החול שנחשפו לאורך ציר קמר הרמון, והחל בעיצובו של המכתש.

תחנות הסיור

יציאה ממצפה רמון בכביש המוביל צפונה, ומערבה בכביש לכיוון הר חריף. נוסעים לאורך אפיקו של נחל צין עליון. מדרום ניראות הרבדות הבונות את האגף הצפון-מערבי של הרמון, ואשר נוצרו כתוצאה מחלופי היחידות הרכות והקשות של תצורת חצרה, הנטויות בשעור של כ-10 מעלות לצפון מערב.

לכל אורך הכביש נראים מצוק "אי ההתאמות" (בן-תור ופרומן, 1951) (סטרינסקי, 1964; זילברמן, 1977). מבחינים ביחידת צור חומה - כהה של תצורת מישאש מגיל הקמפאן העליון, החוצצת בין הגיר המשוכב של תצורת גרופית ובין הגיר המאסיבי, עשיר הנומוליטים, של חבורת עבדת מגיל איאוקן תיכון, ומסמנת היטב שתי אי-התאמות גדולות: מתחתיה חסרות חלקה העליון של תצורת גרופית ותצורות ציחור ומנוחה, ואילו מעליה חסר החלק העליון של תצורת מישאש, תצורות ע'רב וסקיה ויחידות מגיל איאוקן תחתון.

נוסעים מערבה לאורך המצוק כ-13 ק"מ עד לפרשת המים שבין נחל צין עילי ונחל ניצנה. בנקודה זו (נ.צ. 1222/0005) יורדים מן הכביש צפונה ומגיעים לנקודת התצפית בקצה דרך העפר.

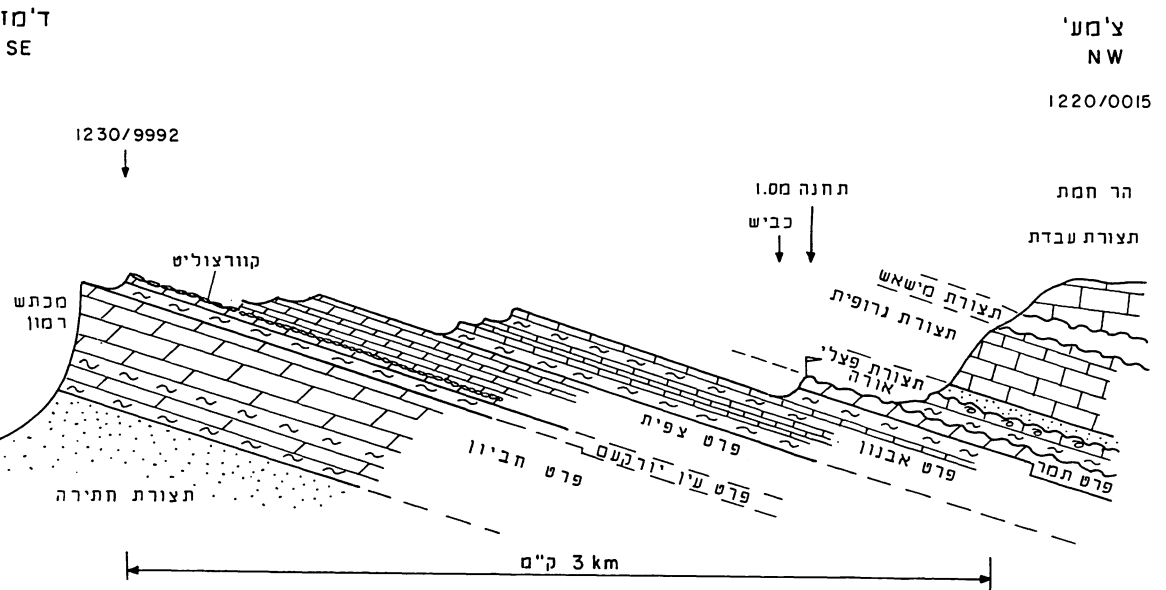
תחנה מס' 1: (נ.צ. 1220/0005) תצפית על האגף הצפון-מערבי של אנטיקלינת הרמון מראש פרשת המים שבין נחל צין לנחל ניצנה (ציור

2).

מן התצפית משקיפים על נחל ניצנה, יובליו העליונים של נחל צין ומורדות אנטיקלינת הרמון. בכיוון דרום מבחינים במצוקים שסביב המכתש הבנויים משכבות עבות של דולומיט מאסיבי של פרט חביון. מעל למצוקים

בולט פרט עין ירקעם - יחידה רכה של כ-20 מ', עם דרגש עבה במרכזה, של חרסית, דולומיט וחואר עשיר במאובנים גדולים. מעליו מופיע רצף שכבות דולומיט של פרט צפית (כ-50 מ') היוצר נוף של דרגשים קטנים, בצבע חום בהיר אופיני. פרט אבנון (כ-90 מ') מונח באי-התאמה קלה על גבי פרט צפית ובנוי משתי יחידות: יחידה תחתונה, גירית מאסיבית, היוצרת מצוקים ויחידה עליונה חווארית גירית עשירה במאובנים. תצורת חצרה מסתיימת בסדרת מצוקים דולומיטיים חומים, לסרוגין עם שכבות גיר וחואר של פרט תמר (כ-20 מ'). העובי הכולל של תצורת חצרה באזור הוא כ-320 מ'. היחידות מסודרות ברבדות בנטיה של כ-10 מעלות לכיוון צפון מערב. מעל למישור אי ההתאמה שבגג התצורה מונחות שכבות של דולומיט חרסיתי מתצורת פצלי אורה, המכילות מאסף עשיר של אמוניטים מביוון 5 ו-6 מגיל הטורון תחתון (חלק עליון) (פרוינד, 1962). לתצורת פצלי אורה הופעה רכה בנוף ובגגה "הדרגש של פרומן". עליו נמצאת היחידה הקלסטית (ראה לעיל).

חוזרים לכביש ויורדים בפיתולים לאפיק נחל ניצנה. בצד הכביש - בור מים מן התקופה הישראלית (1000 לפני הספירה) הבור הינו נציג



ציור 2: חתך סכמטי באגף הצפוני-מערבי של מבנה הרמון (נ.צ.)

(1222/0005)

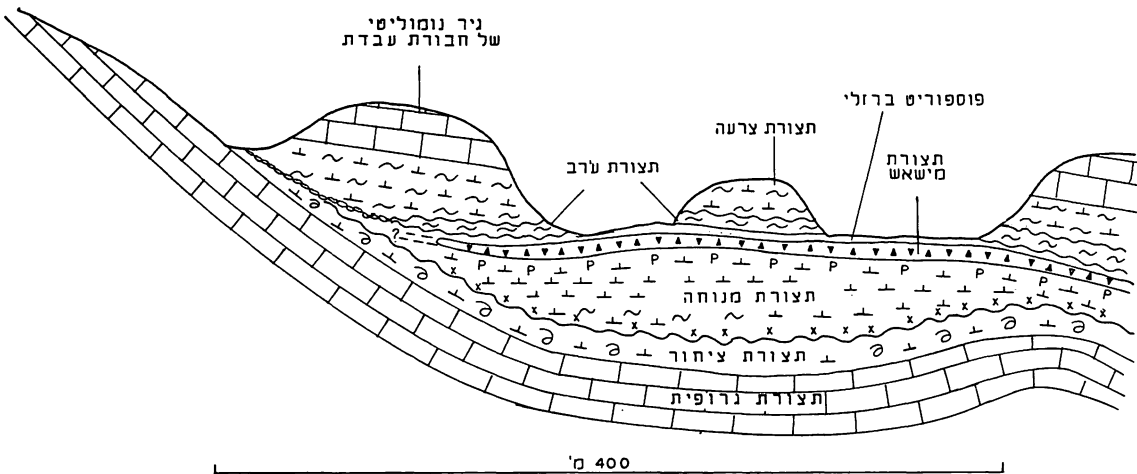
למערכת בורות המים החפורים לאורך "מצוק אי ההתאמות" כשהם עוקבים אחרי היחידות החואריות שבגג תצורת חצרה ובתצורת פצלי אורה. נוסעים במעלה עמק נחל ניצנה לכיוון דרום-מערב עד סמוך לכניסה לנחל עקרב. אפיק נחל ניצנה חתור עמוק בתוך סלעי תצורת חצרה, ומנצל מספר קוי שבר מקבילים בכיוון מזרח-מערב, המתווים את כיוון מהלך הנחל בקטע זה.

תחנה מס' 2: (נ.צ. 1169/9969) סיור מן היחידה הקלסטית שבתצורת פיצלי אורה במעלה החתך הסטרטיגרפי.

נחשפות תצורות גרופית, ציחור, חבורת הר הצופים במופע אנטיקלינלי ויחידות מגיל איאוקן תחתון ותיכון. בצד הכביש נמצאים "דרגש פרומן" והחלק העליון של תצורת פיצלי אורה. הדרגש בנוי מקלק-ארניט וגיר אואוליטי, והוא צבוע בתחמוצות ברזל בצבע חום-סגול עז. חללים קרסטיים בסלע ממולאים בקלציט. מעליו שכבת פצלים אפורים ועדשה של חול קוורץ צהוב-לבן.

ד.סו'.

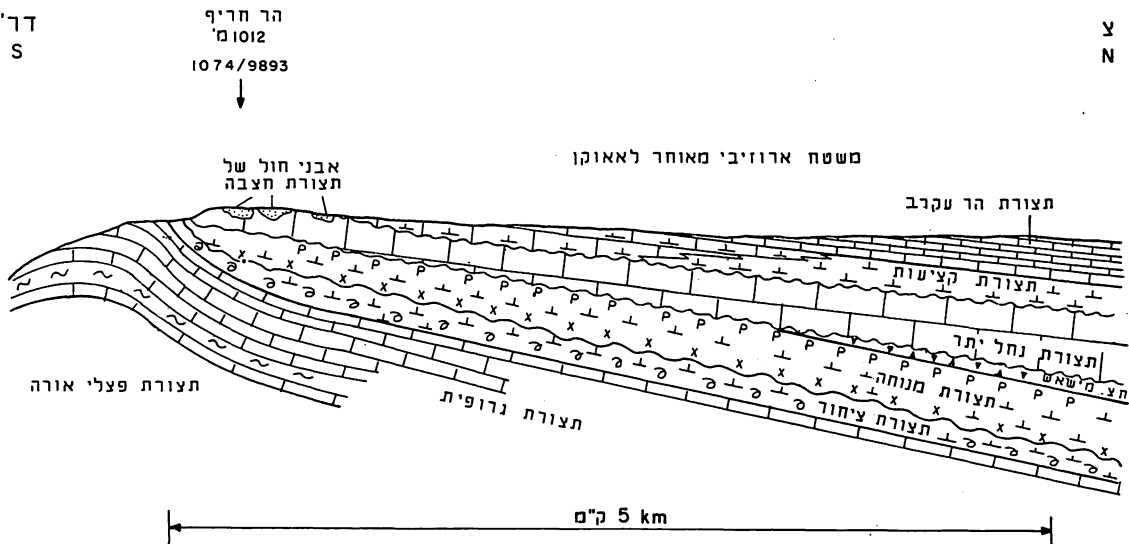
צ.מע'.



ציור 3: חתך סכמטי בכניסה לנחל עקרב. (נ.צ. 1163/9970)

מטפסים על המדרון הבנוי משכבות גיר מיקריטי של תצורת גרופית. מראש הגבעה תצפית רחבת ידיים על אגפו הצפוני מערבי של מבנה הרמון ועל אגנו העילי של נחל ניצנה. על השבר הנראה מן התצפית נמדדה בקיר מכתש רמון זריקה אנכית של כ-140 מ', הדועכת כמעט לחלוטין באזור שבו אנו עומדים, והשבר הופך לפלקסורה.

מעל לדרגשים הקשים של תצורת גרופית, מצויה יחידה של קרטון וחואר היוצרת מדרונות מתונים. מאסף פאוניםטי מגיל טורון מאוחר ביותר (קוניאק?) וההופעה הליתולוגית מאפשרים יחוסה לתצורת ציחור. יחידה זו הוגדרה בעבר כתצורת קודייפי (בן-תור ופרומן, 1962). היא גדועה ע"י מישור אי התאמה, שעל גביו מונחים חלוקים דולומיטיים-פוספטיים. מעט מערבה מכאן (נ.צ. 1163/9969) מצויות גבעות שם חשופה חבורת הר הצופים (ראה ציור מס' 3).



ציור 4: חתך סכמטי מהר חריף להר חורשה לאורך מישור הגידוע המאוחר לאאוקן העליון.

מעל תצורת ציחור מונחת תצורת מנוחה בחתך דק של מספר מטרים. היא ממלאת תבליט בתצורת ציחור ועשירה בגלאוקוניט ושיני דגים בבסיסה, ובקרטון וחואר פוספטי בגגה. מעליה מונחת תצורת מישאש, הבנויה ברקציה של חצץ צורני ושכבת צור בקרציוזי בצבע חום-שחור. בגג הצור מונח קונגלומרט של חלוקים צורניים, מעוגלים עד תת-מעוגלים, המצופים בקרום ברזלי עבה בצבע חום-אדום. במקומות יש לקרומי הברזל הופעה פריכה אדומה-חומה, שזכתה לכינוי "האדמה הלטריטית" (בן-תור ופרומן, 1951; סטרניסקי, 1964). בבסיס הגבעה הראשונה ברכס הגבעות (נ.צ. 1163/9969) נמצאו קרומי הברזל (המצפים בדרך כלל את גג תצורת מישאש) מצפים סלעים מתצורת ציחור.

מעל לגג תצורת מישאש מונחת באי התאמה שכבה דקה של חואר צהוב עשיר בגלאוקוניט ובתרכוזי ברזל של תצורת ע'רב מגיל מאסטריכט. המתעבה לכיוון צפון מערב, ומעליה מונחות באי-התאמה שכבות גיר-חוארי צהבהב מגיל איאוקן תחתון. את טור הסלעים חותם גיר נומוליטיים מגיל איאוקן תיכון הבונה את ראשי הגבעות שבסביבה.

המבנה הסטרוקטורלי של האזור מורה שפלקסורה תלולה בנטיה של כ-20 מעלות לכיוון צפון מערב התקימה באזור לפני השקעת תצורת מנוחה והיא אשר הכתיבה את גבולות שקיעת התצורה. פלקסורה זו מתפתחת בסמוך לנקודת סיום השבר המגיע מכיוון קיר המכתש, והיא מורה על פעילות קדם-סנטונית לאורך קו השבר. המשך פעילות לאורך קו השבירה גרמה להנמכת האזור, וליצירת מפרץ רדוד המתבטא בשקיעה מוגבלת של סלעים מגיל מאסטריכט ואיאוקן תחתון. בתקופת האיאוקן התיכון חודרת לאזור הצפה נרחבת הקוברת תחתיה את המפרץ המקומי ומשקיעה בכל האזור סלעי גיר עשירים בנומוליטיים. פעילות טקטונית זו גרמה גם להנמכת סלעי האיאוקן התיכון שבפתח נחל עקרב בשעור של כ-30 מ' ביחס למקומם המקורי.

מדרך העפר היורדת לנחל עקרב חוזרים לכביש ונוסעים לאורך אגנו העילי של נחל ניצנה. בכיוון דרום רואים עמוד ברזל המסמן את פסגת הר

רמון- הפסגה הגבוהה ביותר בנגב (1037 מ'), הבנויה מגיר מאסיבי של פרט אבנון מתצורת חצרה. נוסעים עוד מערבה ועולים בדרך עפר לפסגת הר רומם.

תחנה מס' 3: הר רומם (נ.צ. 1132/9913) אי-התאמות וקונגלומרטים בין

תצורת ציחור וחבורת עבדת.

ההר, המהווה את אחת הפסגות הגבוהות באזור, ממוקם בתוך מבנה סינקלינלי מקומי, שלאורכו חתור נחל אלונים. במורדות הר רומם נחשף חתך דק במיוחד של חבורת הר הצופים. מעל לגירים המשוכבים של תצורת גרופית מונחים מספר מטרים של גירים חואריים עשירים במאובני צדפות וקיפודיים של תצורת ציחור. התצורה גדועה, ועליה מונח קונגלומרט המורכב מחלוקים מעוגלים של גיר, דולומיט, קירטון ופוספט, ומלוכד ע"י קרומי ברזל מצוררים בחלקם.

מעל לקונגלומרט מופיעה שכבת צור ברקציוזי המתפוררת לחצץ לא מלוכד. בגג תצורת מישאש מופיע קונגלומרט נוסף הבנוי ברובו מחלוקי צור מעוגלים עד תת-מעוגלים, המצופים ע"י קרומי ברזל, (קורלטיבי לקונגלומרט בגג תצורת מישאש שנראה בתחנה מס' 2).

על גבי הקונגלומרט העליון מונחים סלעי גיר עשירים בנומוליטים גדולים מגיל איאוקן תיכון. המטרים הראשונים של סלעי הגיר ספוגים בתחמוצות מנגן והם בעלי הופעה חולית בצבע אפור-שחור. מקור המנגן ככל הנראה בחומרים הנשטפים מקרומי הברזל והקרקע הפוסילית שבגג תצורת מישאש (סטרינסקי, 1964) מעליהם מונחות שכבות גיר עשירות בנומוליטים בעובי של כ-30 מ' הבונות את פסגת ההר.

הופעת הקונגלומרטים בבסיס ובגג תצורת מישאש, והחתך הכללי המצוצמם של סלעי חבורת הר הצופים המגיע לכ-0.2 - 1.0 מ' בלבד, מציינים את ההרמה והארוזיה שעבר האזור לאחר השקעת חבורת יהודה. האזורים המורמים שעל מבנה הרמון נהרסו ע"י ארוזיה ובשוליהם שקעו תוצרי הבליה. יש לחפש את שיאו של האזור המורם ממזרח להר רומם.

מוצע לראות באזור הר רמון ומזרחה לו את האזור שתרם את החלוקים שהצטברו באזור הר רומם.

מן הפסגה המערבית של הר רומם (נ.ג. 1009) נראים פסגת הר רמון, אזורי הר לויץ והר המערה שמדרום לנחל לויץ, פסגת גבל עריף -א-נקה שבסיני והשטחים הרמתיים שבין הר חריף להר חורשה, הבנויים סלעי גיר מגיל אאוקן המונחים ב-ONLAP על גבי סלעים של חברות יהודה והר-הצופים. באזור זה חשופה בעיקר תצורת מנוחה, בעוד שחתך תצורת מישאש גדוע או מיוצג חלקית. סלעי חברות יהודה נוטים כ-10 מעלות לצפון מערב, ואלו סלעים מגיל האאוקן נטויים בשיעור של כ-5-6 מעלות לאותו כיוון. למרות נטית השכבות, פני השטח של הרמה הם כמעט אופקיים, והם מעוצבים ע"י משטח גידוע נרחב. (ציור מס' 4).

יורדים מהר רומם לכביש ונוסעים בו מערבה לכיוון הר חריף. עוברים את צומת הכבישים ונוסעים צפונה כ-5 ק"מ לאבן גבול 47 הנצבת על שפת המצוק.

תחנה מס' 4: אבן גבול 47 (נ.צ. 1041/9933): תצפית ממצוקי הר חריף

- הר חורשה על שולי מבנה הרמון בסיני.

בתצפית רואים את נחיתת קמר הרמון בכיוון כללי לדרום מערב ואת אגפו הצפון-מערבי. המבנה הנוחת מסומן היטב ע"י דרגשים משוכבים של תצורת גרופית ועליהם חתך דק של סלעי חברות הר הצופים.

כתוצאה מנחיתת ציר המבנה לדרום מערב מתעבים החתכים האנטיקלינליים של סלעי חברות הר הצופים עד למעבר לאופי סינקלינלי עבה באזור ג'בל אל עניקה במרחק של כ-10 ק"מ מדרום-מערב להר חריף. בניגוד להתעבות ההדרגתית של היחידות בחברות הר הצופים לכיוון דרום מערב, המעבר מאגפו הצפוני-מערבי של מבנה הרמון לאזורים שבשוליו הוא חד וברור ומתבצע לאורך קו שכיוונו N35-40 E. מעברו הדרום-מזרחי של הקו מצויים חתכים אנטיקלינליים (מצומצמים) של חברות הר הצופים מול

חתכים סינקליניים עבים, שבהם מיוצגת החבורה בהופעה מלאה על כל יחידותיה ובעובי של כ-200 מ'. הופעה זו עומדת בניגוד חריף לאופי סלעי חבורת הר הצופים על גבי מבנה הרמון כפי שנראתה באזור הר חריף ובתחנה מס' 3 (ציור 1).

מעל לחבורת הר הצופים מופיעה במצוק יחידה קירטונית מתצורת מור (בן-תור ופרומן 1964) היוצרת דרגשים קטנים, מעל לחוארים ולחרסיות הירוקות של תצורת טאקיה. מעליה מונחות שכבות של גיר וקרטון העשירות בתופעות של גלישות תוך פורמציונליות, ובפסאודו-קונגלומרטים ובאופקים מצוררים. שכבות אלה, שעוביים נע בין 50 ל-80 מ', משתיכות לתצורת ניצנה ונחל יתר מגיל איאוקן תיכון (בנימיני, 1979). בגג תצורת נחל יתר מאובחן מישור אי-התאמה המאופיין בהופעת צרור ובריבוי מאובנים וסימני קדיחות. במקומות נמצאו מעליו קונגלומרט גס של סלעים מגיל איאוקן תחתון-איאוקן תיכון (בנימיני, 1980).

מישור אי-ההתאמה מכוסה ע"י תצורת קציעות מגיל איאוקן תיכון-איאוקן עליון. התצורה בנויה בעיקר קירטון וקירטון גירי העוברת לטרלית וכלפי מעלה לתצורת הר עקרב, הבנויה גיר קירטוני ושכבות של גיר מאסיבי בדרגשים עבים. (בנימיני, 1980) יחידה זו בונה את פסגות הרמה שעליה אנו עומדים.

המעבר החריף מנוף של רמה שטוחה למצוקים תלולים מבטאת את הארוזיה החריפה שעוברים שולי הרמה ע"י יובלי נחל אל-עריש. תהליך זה מבטל את קיומן של מספר מדרגות ארוזביות קדומות ששרידיהן נראים היטב מן התצפית, מדרגות אלה הנן המשכה של המדרגה המורפולוגית של רמת ברנע כלפי דרום.

חוזרים להר חריף ופונים בצומת דרומה לכיוון הר שגיא. מן המורד התלול היורד לנחל לוך ניתן לראות את הר לוך, הר המערה ואת אגן נחל לוך. בפיתול הכביש (נ.צ. 1079/9883): מגיעים לתחנה מס' 5.

תחנה מס' 5: מורד הר חריף (נ.צ. 1079/9883) תצפית של אגן נחל לוע

ועל שבר הרמון.

מנקודת התצפית שבצד הכביש נראים אזורים נרחבים באגן נחל לוע, המנקז את אזורי הר המערה - הר לוע ואת אגפו הדרומי של מבנה הרמון. אזור הר המערה והר לוע הנם רמה מבוותרת הבנויה מסלעי גיר מגיל איאוקן תיכון (בן-תור ופרומן 1964). פסגות הרמה מצויות בגובה של מעל 1000 מ' והן משתפלות עד לגובה של 890 מ' באזור הר המערה. פני השטח הכמעט מישוריים של הרמה עוצבו ע"י משטח גידוע נרחב, שעל גביו הושקעו אבני חול קוורץ אדומות של תצורת חצבה (נשתמרו בתוך חללים קרסטיים שהתפתחו בסלעי חבורת עבדת מתחת למשטח הגידוע). משטח הגידוע המקורי נטוי היום בשיעור של כ-2% לצפון מערב.

הרמה המבוותרת של הר לוע - הר המערה גובלת בצפון באפיק נחל לוע החתור כ-100-150 מ' מתחת למפלס הרמה. מעברו השני של הנחל מצוי האגף הדרומי של מבנה הרמון. אגף זה בנוי כפלקסורה שבורה שלאורכה נחשפות יחידות מתצורות חצרה, פצלי אורה וגרופית. הפלקסורה שבורה ע"י מערכות שברים מקבילים עד תת מקבילים בכיון כללי מזרח-מערב ודרום-מזרח - צפון-מערב. לשברים מישורי שבר תלולים והם נורמלים או הפוכים עם זריקה אנכית של כמה עשרות מטרים. לאורך חלק מן השברים נצפו סימני החלקה אופקיים. מוצע לראות במערכות השברים הללו חלק מאזור הגזירה שלאורך קו הרמון. ציר סינקלינלי משני חוצה את הפלקסורה השבורה בכיון לצפון מזרח ומגיע עד להר רומם (ראה תחנה מס' 3). לאורך ציר זה חתור נחל אלונים.

יורדים במורד הכביש אל אפיק נחל לוע. נוסעים במעלה האפיק החצאי המתפתל של הנחל. הנחל חתור עמוק בתוך מסלע גירי מאסיבי מגיל איאוקן תיכון היוצר נוף מצוקי פרוע מיוחד במינו. ב-נ.צ. 1106/9872 יורדים מן הרכב בצדה של גבעה מאורכת.

תחנה מס' 6: נחל לוע (נ.צ. 1106/9872) קונגלומרט נאוגני, שבר הרמון והתפתחות הנוף באגן נחל לוע. (ראה ציור מס' 5).

מספסים על הגבעה לאורך שביל העולה מערבה אל האוכף, לעבר מגע בין סלע גיר מאסיבי מגיל איאוקן תיכון ובין מחשוף קונגלומרט בעובי 30-40 מ' ובאורך של כ-200 מ', המכסה את הגבעה עד קרוב לראשה. הקונגלומרט מורכב מחלוקים מעוגלים עד תת-מעוגלים בגודל של 10X15 ס"מ ועד 1X1.5 מ' במיון גרוע. רוב החלוקים (כ-90%) נגזרו מסלעי גיר מגיל איאוקן תיכון הנפוצים בסביבה. כמו כן נמצאו חלוקים של צור מתצורת מישאש ושל גיר אדום לימוניטי, שמקורו ב"דרגש פרומן".

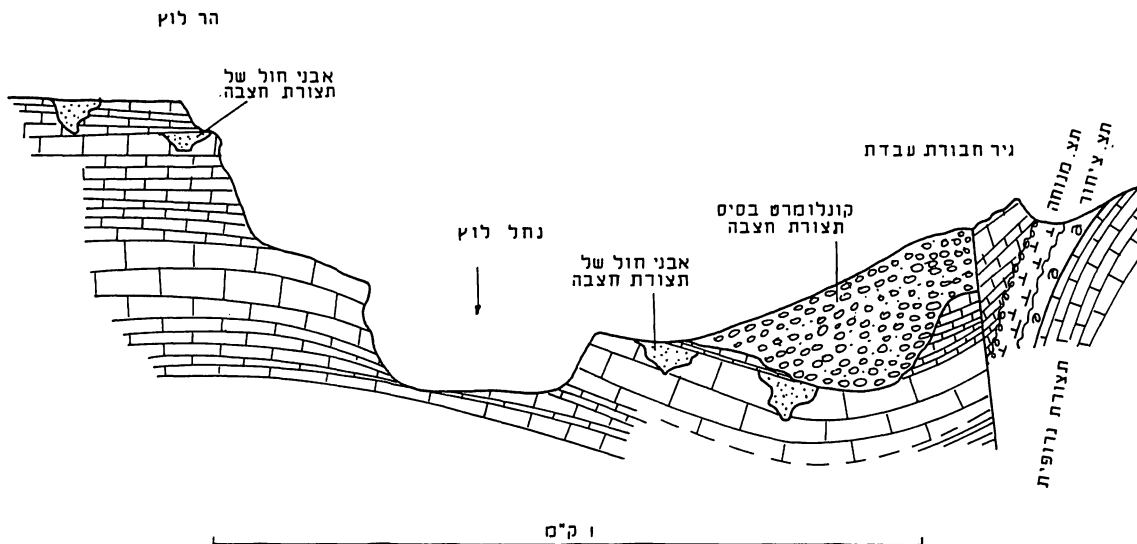
עולים לאורך מחשוף הקונגלומרט ומגיעים לקו שבר המעמיד את הקונגלומרט מול דרגש גיר מגיל איאוקן תיכון. השבר הפוך וכיוונו מזרח-מערב. ראוי לציין כי במחשוף סמוך, כ-300 מ' מערבה (נ.צ. 1100/9872), נמצא קונגלומרט דומה לזה שתואר לעיל. על גבי הקונגלומרט נמצאו מיקרו-קונגלומרט מלוכד ע"י אבני חול, ומתחתיו נמצאו כיסים קארסטיים בסלעי גיר איאוקני, מלאים באבני חול אדומות. על מציאת אבני חול במיקום סטרטיגרפי דומה בהר עודד דווח ע"י ר. בן דוד.

העובדות שצויינו לעיל, וביחוד הקשר שבין מחשופי הקונגלומרטים לשרידי אבן החול האדומה, מצביעים על כך שמחשופים אלה שייכים לקונגלומרט הבסיס של תצורת חצבה, ואילו והחולות האדומים שעליהם שייכים לפרט גדרון של התצורה. מופעים דומים של תצורת חצבה מוכרים ממקומות אחדים בסביבות הרמון כמו במכתש החול בנחל חווה, בנחל טרף, (זילברמן, 1977) ובבקעות ואדי מעין וואדי לוצאן (ברטוב, 1974).

נראה כי מקומם הסטרטיגרפי המקורי של מחשופי הקונגלומרט היה על פני משטח הגידוע הגבוה בראש הר לוע, ע"י מספר מישורים, כמו הרמה השלוחה שבין הר חורשה, הר גידרון והר חריף ואזור הר לוע - הר המערה. כמו כן מצויים חלקים ממישטח הגידוע הגבוה, ועליהם קונגלומרטים ואבני חול, שבורים ומונמכים בתוך עמק נחל לוע, סמוך לאפיק הנחל הנוכחי.

דד.

א.



ציור 5: חתך סכמטי בנחל לוג נ.צ. 1106/9872

שחזור מפלס הגדוע המקורי מצביע על כך שמחשופי הקונגלומרט שלאורך נחל לויץ הונמכו בשעור של כ-100-120 מ' ביחס למקומם המקורי בראש הר לויץ, ובשעור של כ-220 מ' ביחס לאזור הר חריף - הר חורשה. תופעות השבירה והסחיבה הנראות לאורך נחל לויץ מעידות על שלב פעילות לאורך קו הרמון המאוחר להשקת פרט גידרון של תצורת חצבה - כנראה בסוף המיוקן-פליוקן. לפאזה טקטונית זו יש עדויות רבות ממערפת שברי הרוחב באזור (ברטוב, 1974) (זילברמן 1977; 1981; 1983; 1985).

מעבר לקו השבר שעל גבעת הקונגלומרט עוברים עוד כ-10 מ' של דרגשי גיר מגיל אאוקן תיכון ומגיעים לאזור שבו נחשפת חבורת הר הצופים. כאן, מעל לדרגשי הגיר החווארי של תצורת ציחור, מופיעה תצורת מנוחה בהופעה קירטונית - חווארית ועליה מונחים שרידים בודדים של חצץ צורני פורצלניטי מתצורת מישאש. על גביהם, באי התאמה, נמצא גיר נומוליטיים מגיל אאוקן תיכון. במישור אי ההתאמה נמצאו חלוקים דולומיטים. עובי כללי של חבורת הר הצופים מגיע במחשוף זה לכ-10 מ'. האזור היה כנראה אזור שוליים אנטיקלינלי של מבנה הרמון, והצטבר בו חתך חלקי בלבד של חבורת הר הצופים. שלב ארוזיבי המאוחר להשקעת תצורת מישאש וקודם לאיאוקן התיכון גרם להסרה חלקית של החתך. הופעת חלוקי הדולומיט על גבי מישור אי ההתאמה מעידה על פעילות ארוזיבית אשר פגעה בסלעי חבורת יהודה בחלקים הגבוהים של מבנה הרמון. מחשוף זה מצטרף לשורת המחשופים שבהם נמצאו עדויות לפעילות ארוזיבית קדומה, שגדעה את החלקים הגבוהים של מבנה הרמון עוד לפני יצירת משטח הגידוע הגבוה, בסוף האיאוקן העליון עד המיוקן התיכון.

עולים במעלה נחל לויץ כקילומטר וחצי. על גבעה רמה שמצפון לאפיק, נצבות חורבותיה של מצודה מבוצרת מן התקופה הישראלית (נ.צ. 1116/9872). לאורך אפיק הנחל שדרה של עצי אלה אטלנטית עבי-גזע, המהווים דוגמא לקיום אוכלוסית עצים גדולים באזור זה של הר הנגב הגבוה.

תחנה מס' 7: מעלה נחל לויץ (נ.צ. 1123/3871)-שינויי עובי בחבורת הר

הצופים לאורך נחל לויץ - עדות לפעילות סנונית לאורך קו רמון.

על מדרון גבעה מדרום לאפיק נחל לויץ נחשף חתך עבה של סלעי קירטון וחואר של תצורת מנוחה. בעובי העולה על 46 מ'. בסיס התצורה אינו חשוף, וראשה מכוסה בס"מ אחדים של חצץ צורני, במגע עם סלעי גיר נומוליטים מגיל איאוקן תיכון. המטרים הראשונים של סלעי הגיר מכילים חלוקים מזווחים של צור מתצורת מישאש.

מעברו השני של נחל לויץ, באוכף טופוגרפי נמוך, מופיעות יחידות מחבורת הר הצופים בפציאס אנטיקלינלי מודגש, בדומה להופעתם בראש גבעת הקונגלומרט שבתחנה מס' 6. במרחק לא רב במעלה נחל לויץ (נ.צ. 1137/9885) מגיעה תצורת מישאש לבדה לעובי של כ-60 מ'.

מחשופים אלה, ועדויות נוספות מאזור מעבר ערוד (גרפונקל, 1964) מעידים על קיומו של קו רמון כקו פעיל בזמן הסנטון-קמפאן. בזמן זה התקיימה לאורך קו הרמון פלקסורה תלולה, ואולי גם שבר פעיל, אשר גרם להבדלים הניכרים באופים ובעוביים של הסדימנטים ששקעו באזור תקופה זו.

שלב נוסף של פעילות טקטונית לאורך קו רמון ניכר בהופעת חלוקים של דולומיט על גבי מישור אי ההתאמה שבבסיס סלעי האיאוקן התיכון, ובהופעת חלוקי מישאש המשולבים בתוך סלע הגיר של האיאוקן התיכון. חלוקים אלה נתרמו כנראה ע"י פלקסורה שהמשיכה להתקיים מצפון לקו הרמון. שלבי פעילות אלה של קו רמון מצטרפים לשלבי הפעילות המאוחר להרבדת תצורת חצבה שתואר בתחנה מס' 6.

נוסעים במעלה נחל לויץ אל צומת הדרכים למעבר ערוד ולכביש עולים מערבה מנחל לויץ אל הכביש וממנו בדרך עפר אל פסגת הר רמון.

תחנה מס' 8: הר רמון (נ.צ. 1149/9904) תצפית וסיכום הסיור.

מראש הר רמון ניתן להקיף בתצפית את מרבית אזורי הסיור. מכאן נראים האגף הצפוני-מערבי של מבנה הרמון באזור נחל עקרב - הר רומס, אזור הר חריף, אגן נחל לוף ואזור הר המערה - הר לוף שמדרום לנחל לוף.

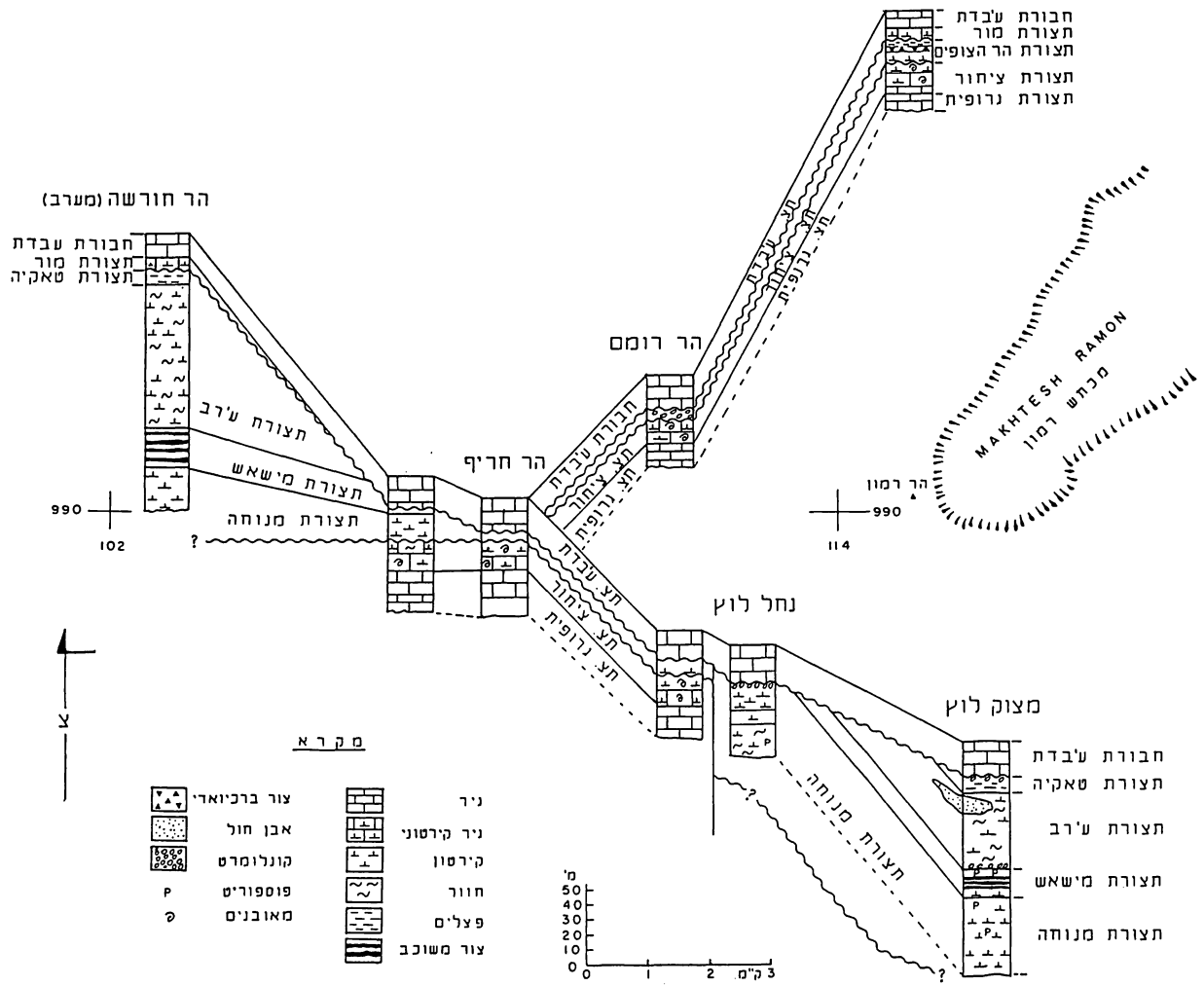
התפתחות מבנה הרמון מודגמת היטב ע"י ריבוי המופעים השונים בסלעי חבורת הר הצופים, אשר שקעו על גביו ובשוליו (ציור 6). ריבוי המופעים האנטיקלינלים הרדודים והופעת הקונגלומרט מאפיינים את שוליו של המבנה, בעוד שראשו היה נתון לתהליכים ארוזיביים ממושכים אשר גדעו חלקים ניכרים מן החתך הסדימנטרי. תהליכים ארוזיביים מאובחנים החל מן הקוניאק המאוחר - סנטון ונמשכים בהפסקות עד ימינו.

את חלקו המערבי של מבנה הרמון חוצות מספר מערכות שברים. על המערכת שכיוונה מזרח-מערב יש עדויות לפעילות סנונית, ויתכן והיא קשורה למערכת הגזירה שלאורך קו הרמון. בשבר הרמון עצמו אובחנו מספר שלבי פעילות החל מן הסנטון וכלה בשלב המאוחר להשקעת קונגלומרט הבסיס והחולות האדומים של תצורת חצבה.

משור הגדוע בראש קמר הרמון החל להתפתח במספר שלבים שראשיתם בתקופות הארוזיה והחשיפה שבזמן השקעת חבורת הר הצופים. שרידי הקונגלומרטים והקרקע הפוסילית מעידים על תנאים יבשתיים ועל הצפות קצרות-זמן בתנאים חופיים לאגונריים לסירוגין. על סמך עדויות השדה נראה שמערב המבנה נקבר בהדרגה עד לכסויו ע"י סדימנטים קרבונטיים מגיל איאוקן.

התרוממות מחודשת של המבנה לאחר האיאוקן העליון וחיזוש הפעילות הארוזיבית מציינים את תחילתו של השלב הנוכחי בהתפתחות הנוף של האזור. על גבי משטח גידוע נרחב שקעו קונגלומרטים גסים החתורים מעט בתוך משטח הגידוע הכמעט מישורי. קונגלומרטים אלה מתכסים לאחר מכן

נחל עקרב



ציור 6: דיאגרמת משוכות של חבורת הר הצופים בחלקו המערבי של מבנה

הרמון.

ע"י חולות אדומים שהובלו לכאן ע"י מערכות שהובילו חומרים קלסטים דקים ממרחקים. שרידיו של משטח הגידוע נראים באזור הר חריף - הר חורשה ובאזור הר לוף - הר המערה לאורך נחל לוף.

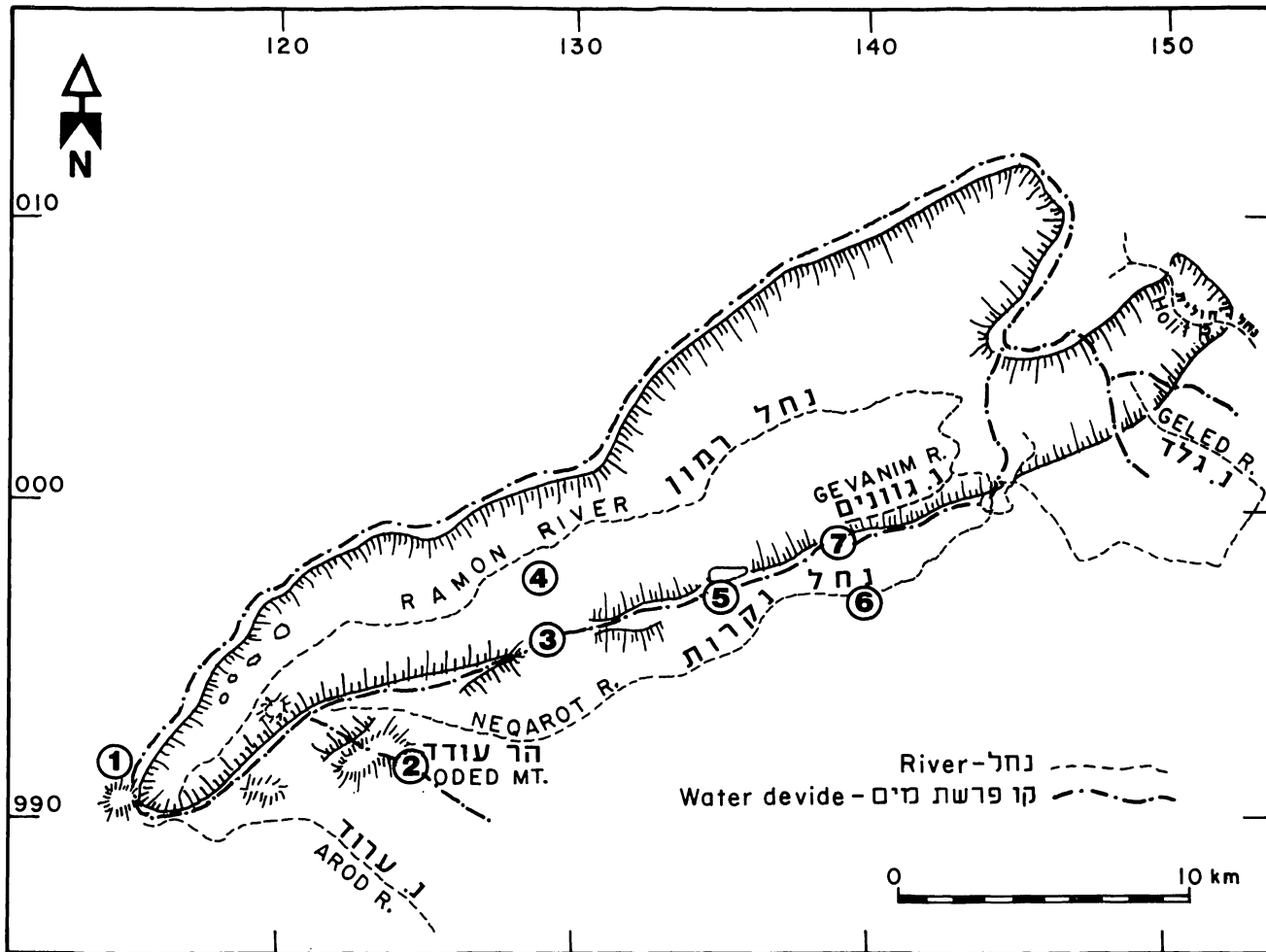
פעילות טקטונית מחודשת לאורך קו רמון ועל שברים נוספים באזור שוברת את משטח הגידוע הנרחב למספר גושים נפרדים. לאורך שבר הרמון נשברו וקומטו חלקים ממשטח הגידוע, ועליהם קונגלומרטים וחולות שנישמרו בגושים המונמכים, אשר לאורכם מתפתחות במספר שלבים מערכות הניקוז המבתרות את שרידי הרמה, תוך כדי הרחבת רשת הניקוז על חשבון האזורים הרמתיים ההולכים ונהרסים.

סיור מס' 8: התפתחות הנוף במערב הרמון.

ר. בן דוד

רשות שמורות הטבע, פארק רמון.

- מטרת הסיור היא לעקוב אחרי שלבי התפתחותו הצעירים של מכתש רמון, למן המיוקן ועד להווה. הגדרתו של המכתש כלולה בתחנה 6.
- ניתן לחלק את התפתחות המכתש ל-5 שלבים עקריים:
- (1) יצירת פנהפלין שבמהלכו נגדע מבנה הרמון עד לתצורת חתירה החולית.
 - (2) התפתחותו של נחל רמון העוברי עקב השתפלות הבקע בתחילת הפליוקן.
 - (3) נחל רמון זרם על פני אבן-החול הפריכה של תצורת חתירה, תוך יצירת בסיס סחיפה למערכות הזרימה שזרמו מהדרום אל תוך המכתש. זרימות אלו חצו בדרכן את קו רמון ויצרו פרצות במדרון הדרומי של המכתש (פליוקן).
 - (4) התפתחותו של נחל נקרות, מדרום למכתש רמון, גורמת לשביית הנחלים שנכנסו קודם לכן למכתש. משלב זה ואילך (אמצע פליוקן, פלייסטוקן?) מכתש רמון מצוי בצורתו הנוכחית.
 - (5) נחל רמון זרם, ככל הנראה עד הפלייסטוקן אל עבר הערבה. עדויות לכך נמצא בחלוקי גיר טריאסי (כנראה מתצורת סהרונים) ואבן-חול קרבונטית (כנראה מתצורת מחמל) שנמצאו באגני נחל חולית ונחל גלד. בהווה, אגנים אלו מנותקים ממחשופים של התצורות האלו. לכן, נראה שנחל רמון זרם דרך בקעת ארדון ולא במסלולו הנוכחי דרך עין סהרונים.



ציור 1: מפת תחנות הסיור.

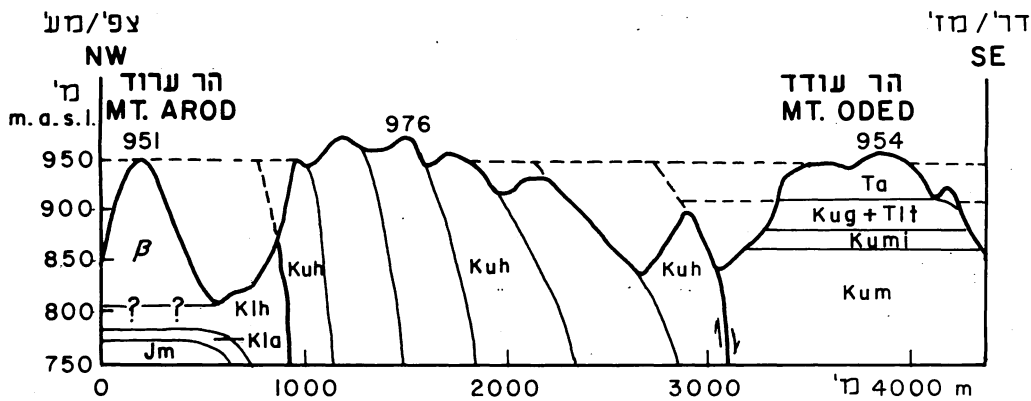
תחנה מס' 1 - תצפית מהר רמון, נ.צ. 1152/9903 -

אזור התצפית נמצא על שפתו הדרום-מערבית של מכתש רמון שהוא בחלקו הצפוני של אזור מעבר ערוד. תצפית אל תוך מכתש רמון מגלה חתך סלעים כדלהלן: בבסיס המכתש נראות אבני-החול של תצורת אינמר. עליהן מונחות שכבות אבן החול, הבזלת והפצלים האדומים של תצורת חתירה. במצוק העליון התוחם את המכתש נצפה בסלעים קרבונטיים מתצורת חצרה, מדרום ומדר'-מז' ניתן לראות חתך אופייני לאיזור סינקלינת נקרות: באזור מעבר ערוד חשופים סלעים מתצורת מנוחה ומתצורת מישאש. מעליהן מורבדות תצורות ע'רב וסקיה. בגג החתך סלעים גיריים של חבורת עבדת. סלעים בחבורת עבדת ניתן לראות גם בתצפית לכיוון מזרח, בהר עודד שצורתו צורת שולחן. ניתן לעקוב אחר שבר הרמון התוחם את מבנה הרמון מדרום באזור נחל לוף ומעבר ערוד.

בתחנה זו נראה בעזרת המבנה הטופוגרפי הנצפה מאזור זה, המראה קו רקיע שווה-גובה כי קיים מישור פנהפליין פוסט חבורת עבדת, הכולל גידוע של מבנה הרמון. תצפית זו משלימה תצפיות המובאות בעבודות של (GARFUNKEL AND HOROWITZ, 1966; ZILBERMAN, 1977, 1984) (איור 2)

תחנה מס' 2: - הר עודד, נ.צ. 1254/9913 -

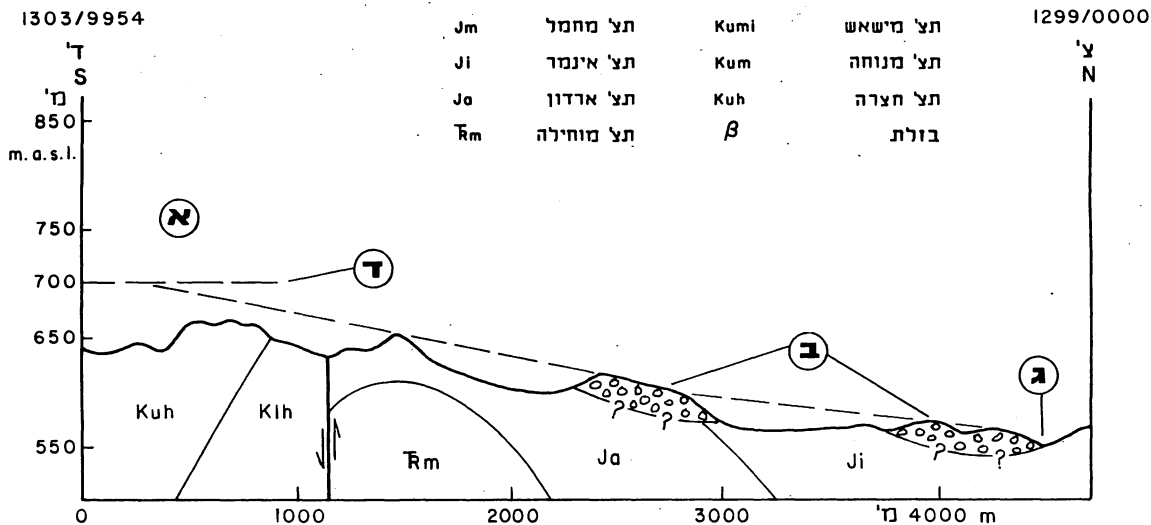
הר עודד הוא הר שולחן בסינקלינת נקרות. חתך של תצורת ציחור חשוף בשוליו המרוחקים. תצורות מנוחה ומישאש חשופות בחלקיו הנמוכים של החתך. סלעי תצורות ע'רב וטאקיה המכוסות טלוס בדר"כ, מונחים מעל לתצורת מישאש. מעליהן נמצא חתך סלעי חבורת עבדת המהוות את חלקו העליון של ההר. ממישור ראש הר עודד ניתן להראות במישור הגידוע המשתלב עם המצוק הדרומי של מכתש רמון. במבט לדרום מבחינים בעליה מסינקלינת נקרות לאנטיקלינת עריף ובהר עריף הבולט בסביבתו.



ציור 2: מבנים שונים בעלי גובה טופוגרפי דומה, כפי שנראה בחתך שבין הר ערוד להר עודד.

מקרא

Kih	תל חתירה	Ta	תל עבדת
Kla	קוננלומרס ערוד	Kug+Tit	תל ערב וסאקיה
Jm	תל מחמל	Kumi	תל מישאש
Ji	תל אינמר	Kum	תל מנוחה
Ja	תל ארדון	Kuh	תל חצרה
Rm	תל מוחילה	β	בולת



ציור 3: א. אזור פרצת פיטס, בקיר הדרומי של המכתש.

ב. שרידי מניפת הסחף הקדומה.

ג. נחל רמוך.

ד. הגובה הסטרוקטורלי של תצורת מישאש מושלך הר פיטס, 1 ק"מ

מזרחה.

בתחנה זו (ציור 2) ניתן לספק עדויות נוספות לקיומו של פנהפליין פוסט חבורת עבדת: 1) המצאותם של חלוקים מעוגלים היטב של סלעים מחבורת עבדת במשור הר עודד מעידה כי היתה זרימת מים במשור זה. 2) מספר מטרים מתחת לגג השכבה נמצאו בורות קארסטיים הכוללים גידולי קלציט ואבן-חול קורצית אדומה שזוהתה כתצורת חצבה. עדות זו מצטרפת לתצפית נוספת שנחל אליאב (יובל של נחל לופ), לעדות של סטרינסקי בהר חמת (1964) ולתצפית של אבני (1986, בע"פ) בהר המערה ובמצוקי לופ. לכן, המסקנה המתבקשת היא שתהליכי הגידוע גרמו להסרת חלקו העליון של רכס הרמון הכולל את תצורת חצרה וחלק מתצורת חתירה.

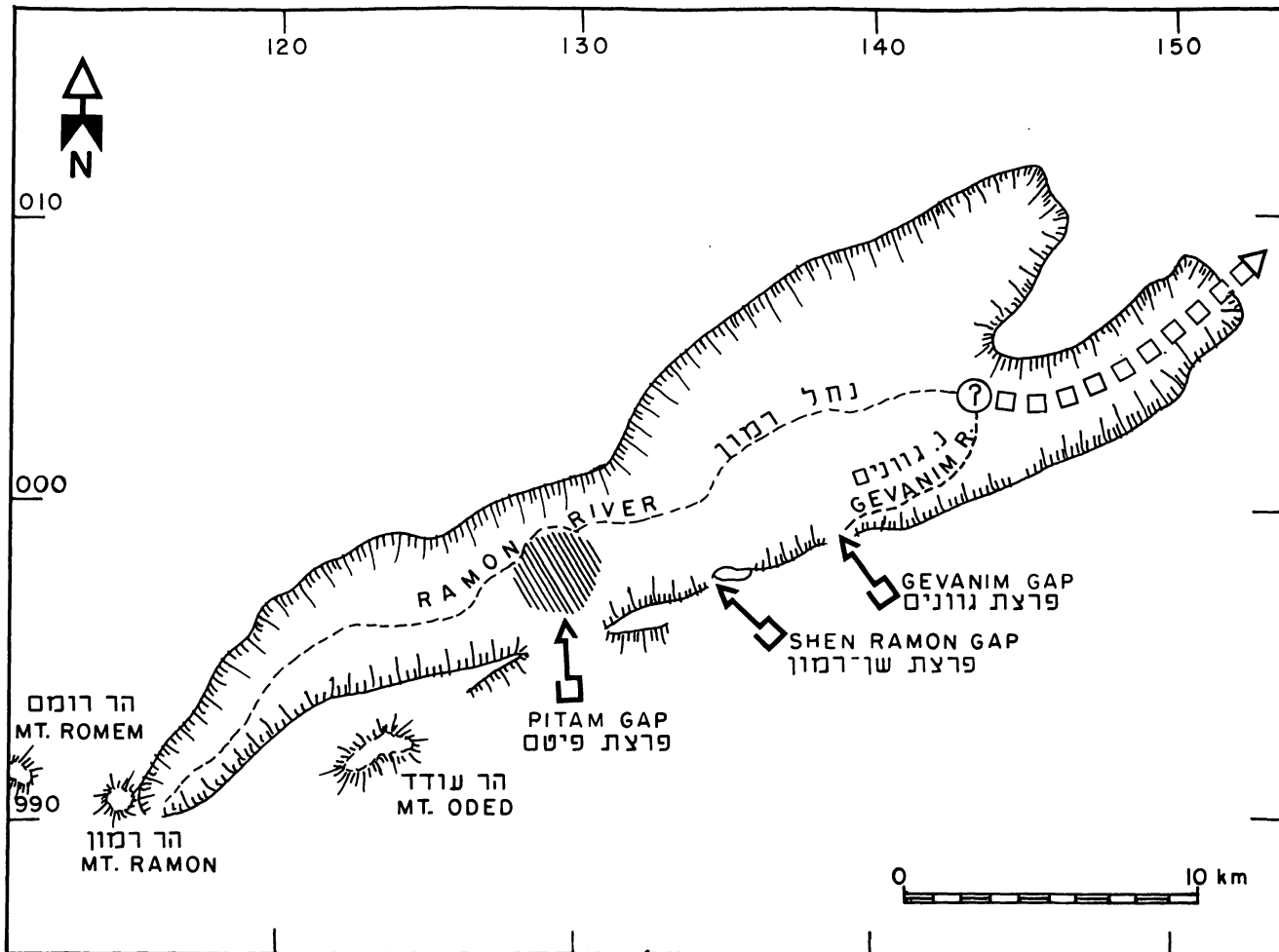
תחנה מס' 3: תצפית מאזור פירצת פיטם, נ.צ. 1303/9963.

בתחנה זו אפשר לראות את אזור פירצת פיטם שהיווה פתח לזרימות שבאו מדרום לתוך מכתש רמון (ציור 3, 4). פירצה זו נוצרה כתוצאה מהתחפרות נחלים שזרמו מאזור נחל הנקרות אל תוך מכתש רמון תוך כדי התחפרות במצוק הדרומי של המכתש.

אזור פירצת פיטם מהווה אזור מעבר מאזור נחל נקרות לתוך מכתש רמון. היא חתורה בתוך סלעי תצורת חצרה הנסויים בתלילות לדר'-דר'-מז'. מבט לתוך מכתש רמון מגלה חתך בקואסטות של סלעי תצורת ארדון. מדרום נמצא החתך שתואר בתחנה 2. כ-1 ק"מ מזרחית לפרצת פיטם נמצא הר פיטם, בו נחשף חתך של תצורת מנוחה ומישאש.

תחנה מס' 4: שרידי מניפת הסחף הקדומה, נ.צ. 1302/9977.

ניתן לראות כאן את מניפת הסחף הקדומה כעדות לזרימות שבאו דרך פירצת פיטם לתוך מכתש רמון. המניפה הקדומה מורכבת בעקר משברי צור של תצורת מישאש (כ-70%), ובשוליה נמצאו חלוקים מעוגלים היטב של גיר איאוקני (עם נומוליטים). המניפה נוטה בזווית של 1.2% אל כיוון פירצת



ציור 4: הזרימות הפליוקניות אשר חצו את המצוק הדרומי של מכתש רמון.

פיטס. תצפיות אלו מצביעות על זרימות נחליות אל תוך מכתש רמון, בעוד נחל רמון היווה להן בסיס סחיפה. מניפת הסחף נוצרה תוך דחיקת נחל רמון אל עבר המצוק הצפוני (צוור 3,4).

אזור מרכז מכתש-רמון מאופיין בחתך סטרטיגרפי שבחלקו הנמוך מוצאים מדרום את סלעי תצורת ארדון. מעליהם נמצאות אבני-חול של תצורת אינמר. על תצורת אינמר עובר נחל רמון. מעל נחל רמון, בתחתית המצוק הצפוני, מוצאים את סלעי תצורת מחמל ("הקואסטה החומה"). חתך של אבני חול ובזלת של תצורת חתירה חשוף מעל תצורת מחמל ובגג החתך מצוי המצוק העליון המורכב מתצורת חצרה.

תחנה מס' 5: תצפית מאזור פירצת שן רמון, נ.צ. 1345/9977.

מטרת התצפית להראות את פירצת שן רמון כעדות נוספת לזרימות שחדרו אל תוך מכתש רמון (צוור 4), בדומה למתואר בפירצת פיטס. בהמשך פירצת שן רמון לא נימצאו שרידי מניפת סחף כדוגמאת זו שבהמשכה של פירצת פיטס.

אזור הפירצה מצוי באזור קו רמון, מצידו המערבי של שן-רמון. שן רמון הינו סדן אינטרוזיבי סיאניטי מגיל קרתיקון תחתון, החדור עד סלעי תצורת חתירה. מצפון מצוי חתך שבסיסו מוצאים שכבות גבס של תצורת מוחילה ומעליה התצורות היוראסיות. מישחור, ארדון ואינמר. תצורת חתירה מונחת ישירות על תצורת אינמר באי-התאמה. מעל תצורת חתירה מופיע החתך של תצורת חצרה הנטוי בתלילות לדרום מזרח.

תחנה מס' 13: קג"ל ערבה בנחל נקרות נ.צ. 1410/9972.

אזור חשיפתו של קג"ל ערבה נמצא בסביבות הציר הסינקלינרי של נחל הנקרות. נחשפים בו סלעים של פצלי אורה ועד סלעי תצורת מישאש. חשיפה זו מאפשרת להצביע על השלב האחרון של התפתחות המכתש ע"י

קונגלומרט הערבה. המחשף מופה והוגדר ע"י בר (1981). הוא מצוי באזור החציה של נחל נקרות את כביש מצפה-רמון-אילת. מוצאים בו חלוקים של צור, גיר וקירטון, וכן חלוקים מגמטיים שמקורם בשן רמון. עובדה זו מצביעה על ראשית פעילות נחל נקרות באזור בכיוון צפ'-מז'. נראה שמשלב זה ואילך נחל נקרות שבה את הנחלים שזרמו קודם לכן אל מכתש רמון, שכן, פעילות כזו של נחל נקרות לא יכולה היתה להיות בד-בבד עם זרימות אל תוך המכתש. מכתש רמון, מאותה העת מהווה את אגן ההקוות עצמאי (ציור 1). הוא מוגדר כעמק סחיפתי, חתור בתוך אנטיקלינה, מוקף סביב במצוקים ומנוקז על ידי נחל מרכזי יחיד-הוא נחל רמון. בקעת ארדון, בחלקו המזרחי של המכתש, יוצאת מכלל הגדרה זו, שכן היא עצמה מחולקת ע"י שלושה אגני ניקוז עצמאיים.

תחנה מס' 7: תצפית פירצת גוונים, נ.צ. 1391/9993.

פירצת גוונים הינה פירצה נוספת בסדרת הפרצות במצוק הדרומי. נחל גוונים, באזור זה, הוא רחב ידיים ובוגר, אך מנקז שטח של 2.5 קמ"ר בלבד. עובדה זו מעלה סברה כי זהו שריד של מערכת ניקוז קדומה, אשר זרמה מאזור הנימצא מדרום למכתש אל תוכו. כשם שפרצות פיטם ושן-רמון הינן ביטוי לזרימות שחדרו מבעד לפרצות אל תוך המכתש, כך גם נחל גוונים מהווה המשך של נחל קדום שחדר דרך פרצת גוונים אל נחל גוונים ומשך אל נחל רמון (ציור 4).

פירצה נוספת במצוק של מכתש רמון, בו עובר הכביש מצפה-רמון-אילת. באזור זה נחשפים סלעים של תצורת גוונים, ותצורת שהרונים. סלעי קונגלומרט ערוד וחתירה מונחים באי-התאמה על סלעי הטריאס. במבט למזרח בהמשך קו רמון, מבחינים ב"שבר ההפוך". צפ'-מערבית ניתן לצפות בגבנונים שלהם הרכב סיאניטי, החתורים במרכזה של חצי-כיפת גוונים והמשיקים לסלעי תצורת חצרה שמעבר לשבר.

סיוור 9 - אגן מחמל ונחל חווה
ע. זילברמן

המכון הגיאולוגי

אגן מחמל ורמת עבדת הנם אזורי מפתח להבנת התפתחות הנוף בנגב מאז נסוג הים מאזורנו לאחר האאוקן העליון. שלוש מערכות - מורפולוגית, סדימנטרית וטקטונית, המייצגות את הארועים העיקריים שעצבו את הנוף בנגב, ניפגשות באזור זה וניתן לבדוק את יחסי הזמן והמרחב ביניהן.

את המערכת העתיקה ביותר, המורפולוגית, מייצגת רמת עבדת עצמה, המהווה שריד של נוף קדום שהתפתח בנגב לאחר נסיגת הים. מעליה מונחים סלעי תצורת חצבה שהם שריד של כסוי נרחב של סדימנטים פלוביאליים, שהובלו על ידי מערכות ניקוז רחבות ממדים, שהתפתחו במיוקן על פני הנוף הקדום. שתי המערכות שהוזכרו נחצות על ידי קו סעד-נפחא, שהוא אחד ממערכת שברי רוחב החוצים את הנגב, שעיקר פעילותם מאוחרת להשקעת תצורת חצבה. מערכת זאת עיצבה את רוב תואי הנוף המורפוטקטוניים הבולטים ברמת עבדת ומדרום לרמון.

רמת עבדת-סטרטיגרפיה ומורפולוגיה

רמת עבדת היא הצפונית מתוך סדרה של רמות המקיפות את קמר הרמון וקמר בדרום שמדרום לו; רמת מטרד, הר חרשה והר חריף, הר לופ, הר שגיא והר נס וכן הר כרכום. רמות אלה הן משארים של פני שטח קדומים בעל תבליט מתון ביותר (פנפליין), שהתפתח באזורנו באוליגוקן (PICARD, 1951; GARFUNKEL AND HOROWITZ, 1966; זילברמן, 1970; ZILBERMAN, 1984). רוב שטחה של רמת עבדת מורכב מסלעי חבורת עבדת מגיל אאוקן

תחתון-תיכון שחלקם העליון, הכלול בתצורת מטרד, בונה את הפסגות הגבוהות. מגיל אאוקן עליון בחלקה המזרחי של הרמה, נשמרו מעל סלעי חבורת עבדת סלעים של תצורת הר עקרב (BENJAMINI, 1980), הבולטים בצבעם הצהבהב.

בדרום מזרח, כוללת הרמה את מצוק אי ההתאמות (בן-תור ופרומן, 1951), המקיף את קמר הרמון מצפון מערב.

שני מבני הקמוט הבולטים על פני הרמה - הר סעד והר נפחא, קשורים לפעילותו של קו סעד-נפחא, המאוחרת ליצירת הפנפליין האוליגוקני (ראה בהמשך).

מצפון לרמת עבדת וקו הצין ניתן לזהות את שרידי משטח הגידוע האוליגוקני בראשי הקמרים, בעיקר באלה בהם לא התפתחו מכתשים.

קו סעד-נפחא ברמת עבדת

קו סעד-נפחא הנו קו טקטוני שכוונו מזרח-מערב, המורכב ממערכות שבירה וקימוט החוצות את הנגב המרכזי ומזרח סיני (ברטוב, 1974). הוא נמשך מקמר הילל בסיני ועד שולי הערבה במזרח ומהווה אחד ממערכת של ששה שברי רוחב החוצים את הנגב בין שבר הצין בצפון ושבר תמד בדרום. בחלקו המזרחי, מהערבה ועד להר נפחא, מלווה את הקו מערכת שבירה רציפה עליה התפתחו מבני קימוט ומתיחה. בחלקו המערבי; אין שבירה ברורה וניתן לעקוב אחרי תוואי הקו הטקטוני בעזרת מערכות הקימוט המלוות אותו. ארבעה מבני קימוט מציינים את חלקו המערבי של קו סעד נפחא (בתחומי הנגב): הר סעד, הר נפחא, הר קמר והר חמרן. חלקו המזרחי מאופיין ע"י מבני מתיחה שהבולטים ביניהם הם גרבן מחמל וגרבן נחל טרף.

עדויות לפעילות שנמשכה החל מהסנון ועד לאאוקן תחתון נמצאו בהר נפחא ועדות לארוע קימוט מגיל אאוקן עליון נמצאה בהר חמרן (ZILBERMAN, 1981, 1977). עם זאת, עיקר הפעילות הטקטונית לאורך הקו מאוחרת

לתצורת חצבה.

אגן מחמל (גרבן מחמל) (ציור 1)

אגן מחמל הנו גרבן שהתפתח על קו סעד-נפחא בשוליים המזרחיים של רמת עבדת. הוא נוצר כאשר בלוק שהוטה לצפון אל קו השבר העיקרי, נשבר בחלקו הדרומי ע"י שבר משני.

זריקת השבר הדרומי של הגרבן מגיעה ל- 50-70 מ' בחלקו המערבי והיא דועכת בהדרגה למזרח. הזריקה על שבר סעד-נפחא מוערכת ב 100-150 מ' במרכז הגרבן והיא קטנה למערב. נטיית מישור השבר, החשוף בחלקו המזרחי של הגרבן, מצביעה על קיומו של שבר הפוך בקטע זה של קו סעד-נפחא. מבנה קטן של חצי כיפה התפתח בחלקו המערבי של הגרבן, מדרום לקו השבר.

תצורת חצבה באגן מחמל (ציור 2)

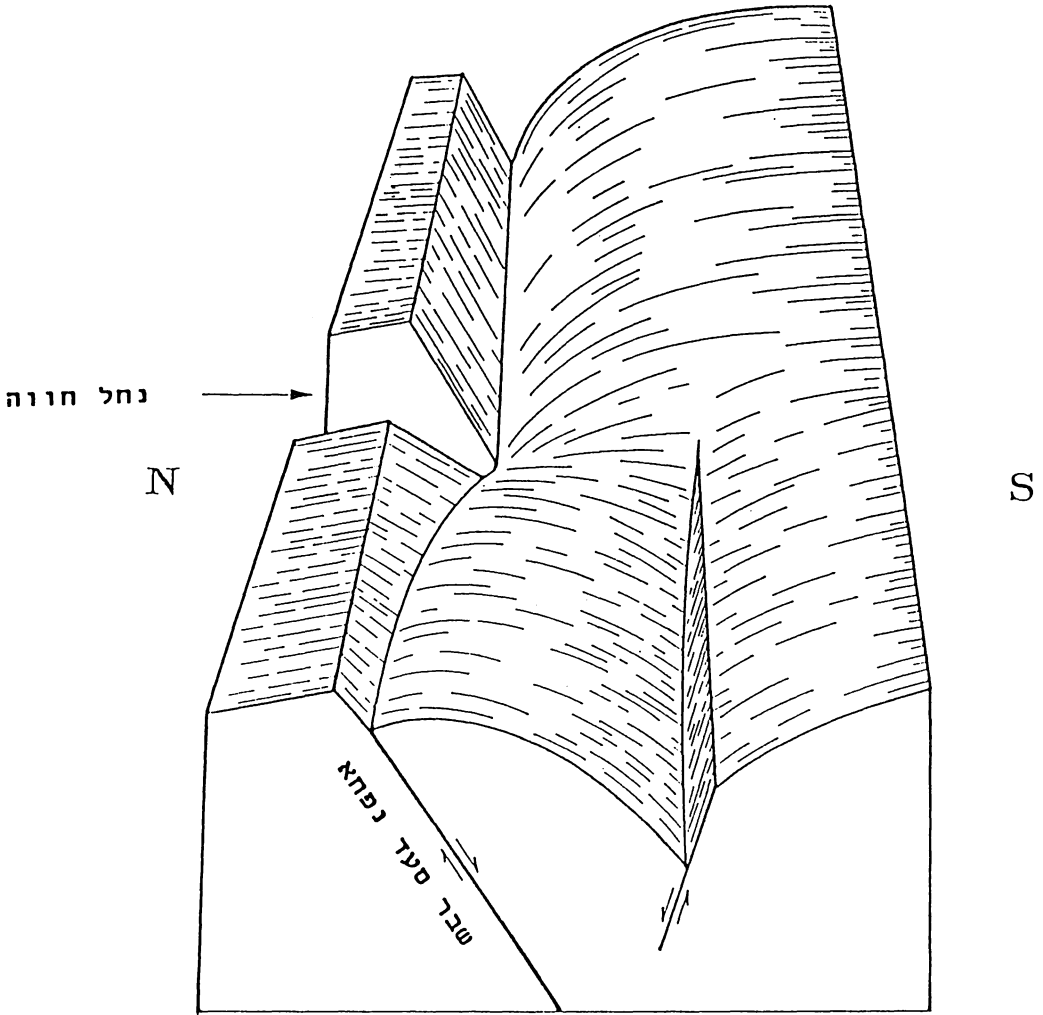
חתך הכולל את כל שלשת הפרטים האופייניים לתצורת חצבה בנגב, נשמר על גבי הבלוק הנטוי של אגן מחמל.

קונגלומרט הבסיס של תצורת חצבה (פרט שחק; SNEH, 1967), חשוף היטב בחלק המערבי של הגרבן שם מגיע עוביו עד 60 מ'. שרידים ממנו נשמרו גם בחלקו במזרחי של הגרבן, מצפון לקו השבר על הבלוק המורם. בחלקו המזרחי של הגרבן על הבלוק המורד, קונגלומרט הבסיס חסר והפרט האמצעי החולי של תצורת חצבה מונח ישירות על חבורת עבדת.

הקונגלומרט מכסה תבליט מתון שהתפתח על גג חבורת עבדת ותצורת הר עקרב ונטייתו דומות לאלה של היחידות עליהן הוא מונח. הוא מורכב ממאסף לא ממוין של חלוקים ובולדרים שרובם תת-מעוגלים, בתוך מטריקס סילטי-חרסיתי אדמדם מלוכד ע"י קרבונט. רוב מרכיבי הקונגלומרט נגזרו מסלעים של חבורת עבדת כאשר חלוקים צורניים מזוותים, שמקורם בתצורת משש, מתרבים בחלקו העליון של החתך.

מעל הקונגלומרט מונח רצף של סדימנטים פלוביאליים דקי גרגר; חולות, חוארים חוליים וחולות מלוכדים ע"י קרבונט, המכיל במרכזו דרגש גירי.

E



W

גרבן מחמל
איור תלת-ממדי

ציור 1

צוּר 2

חתך עמודי של תצורת חצבה בגרבוֹן מחמל

COORD. 14010/01450 - 14020/01495

SYSTEM	STAGE	FORMATION	MEMBER	LITHOLOGY	METER	THICKNESS	SUBUNIT	SAMPLE	REMARKS			
TERTIARY	NEOGENE	HAZEVA	LIMESTONE	Top. Cgl.	75	2	12		Chert pebbles (10-20cm) cemented by hard calcareous sandstone			
				UPPER SAND	70					Talus		
				UPPER SAND	65	4	11					
				UPPER SAND	60							
				UPPER SAND	55	8.1	10				Red sandstone, with white, hard pebbles of calcareous sandstone, passing to arg. limestone with chert fragments	
				UPPER SAND	50	9	9				Sandy limestone, nodular	
				UPPER SAND	45	10.4	8				White sandstone, calcareous cement	
				UPPER SAND	40	2.4	7				Sandstone, cemented by carbonate and limonite	
				UPPER SAND	35	8.2	6				Gray, hard biomicrite.	
				UPPER SAND	30	1	6				Sandstone, carbonate cement, passing to yellow sandstone with limonitic, hard, sandy concretions (1-10cm)	
				UPPER SAND	25	1.8	5					
				UPPER SAND	20	10.2	4				Conglomerate (1-5cm), sandy arg. matrix, calcareous cement	
UPPER SAND	15	8.1	3				Sandstone, soft, calcareous cement					
UPPER SAND	10	1.4	2				Conglomerate (1-5cm), sandy matrix, calcareous cement					
UPPER SAND	5	8.1	1				Sandstone, cemented by carbonate with few limestone pebbles (1-5cm)					
Eocene	MATED							Limestone, biomicrite				

עוביו החשוף של פרט זה כ-70 מ' והוא מונח על הקונגלומרט במגע חד, המבטא אי התאמה ארוזיבית.

יחידה של חול מלוכד ע"י קרבונט המופיעה בתוך הפרט החולי בחלקו במערבי של הגרבן, עוברת בהדרגה לדרגש קשה המורכב מגיר חולי חום הדומה לגירים שנמצאו הן בנחל טרף (בן-תור ופרומן, 1951) והן בסינקלינת ירוחם (חרש, 1967). הדרגש בונה את גגן של מערכת קווסטות (רבדות), הנטויות לצפון אל השבר. נטיית הדרגש הגירי זהה לנטיית היחידות של חבורת עבדת עליהן מונחת התצורה. מעל לדרגש הגירי, מתעשר הפרט החולי במרכיב חרסיתי ובתחמוצות ברזל.

הפרט העליון של תצורת חצבה מורכב מחלוקים צורניים ממוינים ומעוגלים ("צור יבוא"), הארוזים במבנה תמוך גרגר עם מטריקס חולי המלוכד היטב ע"י קרבונט. מחשוף של יחידה זאת שעוביו כ-2-3 מ', נשמר ליד קו השבר בחלקו הצפוני של האגן מצפון לאפיק נחל חווה. עיקר מרכיבי הקונגלומרט הם חלוקים שנגזרו מצור המכיל פורמניפרים מגיל אאוקן וכן כמות רבה של חלוקי פוספוריט מצורר. מספר מועט של חלוקים מגמטיים של קוורץ פורפיר ובזלת נמצאו במחשוף זה.

היחסים בין תצורת חצבה לגרבן מצביעים על כך שהרבדת התצורה קדמה להתפתחותו ויש לראות ברמת עבדת את שרידי הנוף עליו הורבדה התצורה. שינויי העובי המאפיינים את קונגלומרט הבסיס יכולים לנבוע מכמה גורמים 1. מלוי תבליט 2. קיומה של מניפת סחף בפיתחה של נחל חווה, החתור מדרום לגרבן לתוך מצוק אי-ההתאמות. 3. ארוזיה שהסירה חלקים מהקונגלומרט לפני השקעת הפרט החולי.

תצורת חצבה - סכום

התפתחות המערכת הפלוביאלית של תצורת חצבה מסמנת את סופה של תקופה שהצטיינה ביציבות רבה, ובה התפתח הפנפליין.

ארוע טקטוני בתחילת המיוקן (GARFUNKEL AND HOROWITZ, 1966; 1951; PICARD, שאחד ממרכיביו היה הרמה לאורך מערכת האנטיקלינות, הביא להתפתחות מערכות ניקוז מקומיות שהתחתרו בתוך פני השטח האוליגוקניים. עדיין לא ברורה השפעתה של ירידת פני הים הגדולה באמצע האוליגוקן (VAIL, 1977) על תהליך ההתחתרות, אך נראה שהשפעתה הייתה מוגבלת. מצפון לקו הציין, הוסרו רוב סלעי חבורת עבדת מהסינקלינות ונוצר תבליט של כ-100 מ'. מדרום לקו הציין, כמעט ולא נפגע מישור הגידוע הקדום, כפי שניתן ללמוד מהשתמרותם של סלעי תצורת הר עקרב מגיל אאוקן עליון על רמת עבדת ובאזור הר חורשה.

תוצרי הארוזיה של שלב זה הובלו ע"י נחלים בעלי אנרגיית סחיפה רבה והושקעו במניפות סחף (SNEH, 1981) ובחדות (BAJHADA) רחבות בשולי הקמרים והם כלולים בקונגלומרט הבסיס של תצורת חצבה. חלק מקונגלומרטים אלה שקעו בשולי אגמים ולוכדו ע"י גיר וחלק נשארו חשופים לתהליכים פדוגנטיים בסביבה יבשתית, שהקנו להם גוון אדמדם בעקבות תהליכי שטיפה וצבירת פרקציה חרסיתית בחתך.

בעקבות תהליכי הסחיפה, שהסירו חומר מהאזורים הגבוהים וצברו אותו באגני השקעה מקומיים, התמתן התבליט והתפתחה מערכת ניקוז גדולה שהובילה חול וחרסית משולי המסיב הערבו-נובי בדרום מזרח אל הים בצפון מערב. ההצפה של אמצע המיוקן, הביאה את קו החוף אל השוליים הצפון מערביים של מערכת האנטיקלינות. לשונות ים שחדרו גם לסינקלינות השקיעו חוארים וגיריים בסינקלינה של ירוחם. בעקבות עליית פני הים והתקדמות קו החוף אל פנים היבשת, החל תהליך של צבירת סדימנטיים קלסטיים דקי גרגר בתוך האגנים של הנגב, ומלוי הדרגתי של התבליט. עדות לתהליך זה נתן למצוא בהתמטות ההדרגתית של מרכיבים מקומיים בחתך של תצורת חצבה, המורכב בעקרו מחול קוורץ עם כמויות משתנות של חרסית ולכוד קרבונטי.

הופעת חלוקי הצור המעוגלים בתוך הסדימנט החולי בחלק העליון של תצורת חצבה, מצביעה ככול הנראה על ארוע של התחתרות בתוך חתך אאוקני במעלה

אגן הניקוז של המערכת. מאחר ועדיין מגיעות כמויות גדולות של חול משולי המסיב, כלומר אין שנוי משמעותי באגן הניקוז, יש בהופעת חלוקים אלה עדות לתחילת תהליך טקטוני לאורך מסלול זרימת המערכת. ארוע זה גרם ככול הנראה להרמה וסחיפה של חתך אאוקני שהיה קבור עד עתה מתחת לסדימנטים של תצורת חצבה.

על מנת שנוכל להבין את ממדיה של מערכת הניקוז של חצבה עלינו לזכור שהיא פעלה על פני כל הנגב החל מאזור ים המלח בצפון ועד הנגב הדרומי. מדובר באזור בו נשמרו שרידי תצורת חצבה, אך ניתן להניח שממדיה חרגו מעבר לתחום שהוזכר.

גם כמות הסדימנטים שהובלו על ידה מרשים ביותר ונזכיר רק את החתך של אגן כרכום שעוביו כ-700 מ' (ברטוב, דברים בע"פ), המונח בהתאמה על חבורת עבדת (כלומר, יצירת הגרבן מאוחרת להשקעתו). החתכים שנשמרו באגן מחמל ובאגן נחל טרף, שעוביים עולה על 100 מ', מייצגים כנראה רק חלק מחתך עבה יותר ששקע על גבי רמת עבדת.

למרות שאין למצוא כיום את תצורת חצבה על פני שרידי הנוף הקדום עליו היא הורבדה (הרמות הגבוהות של הנגב), ניתן לשחזר את תפוצתה בעזרת שני סוגי מישורים: 1. חתכים של תצורת חצבה שנשמרו על מבנים סטרוקטורליים נמוכים לאורך מערכת שברי הרוחב, כגון: גרבן הכרכום, גרבן מעין, גרבן מחמל והגרבן של נחל טרף. 2. שרידים של התצורה שנשמרו בתוך מערכות קארסטיות שהתפתחו במיוקן בסלעי חבורת עבדת הבונים את מערכת הרמות הגבוהות של הנגב. שרידי חול קוורץ וצור יבוא נמצאו בחללים קארסטיים בכל אזורי הרמות הגבוהות של הנגב: הר חריף והר לוף (אבני דברים בע"פ), הר עודד (בן דוד, 1986), רמת עבדת, הר כרכום ונחל כרכום.

עדויות אלה מצביעות על כך שכל הנגב, כולל תואי הנוף הגבוהים ביותר, היה מכוסה בחתך עבה של תצורת חצבה, שהורבדה ע"י מערכת פלוביאלית רגיונלית שהובילה סדימנטים שמקורם בשולי המסיב לאורך מאות קילומטרים.

סיומה של תקופת ההשקעה של תצורת חצבה, קשורה באחד מהארועים הטקטוניים הבולטים ביותר בהסטוריה הגיאולוגית של אזורנו. ארוע זה שזמנו סוף מיוקן או תחילת הפליוקן, יצר את הבקע, הפעיל את מערכת שברי הרוחב והרים את מרכז הנגב. הרמת שולי הבקע המזרחיים יצרה שפועים הפוכים לכוון הזרימה של מערכת הניקוז המיוקנית ודרכה למערב נחסמה. ההרמה של מרכז הנגב הציבה את פרשת המים הארצית לאורך מערכת האנטיקלינות והחל תהליך סחיפה מהיר של תצורת חצבה מהאזור המורם הן למזרח, אל הבקע והן למערב. הנוף הנוכחי של הנגב עוצב ברובו ע"י התהליכים הטקטוניים והארוזיביים הקשורים בארוע זה, המציין את סוף תקופת ההרבדה של תצורת חצבה.

תחנות הסיור

אגן מחמל (ציור 1, 3)

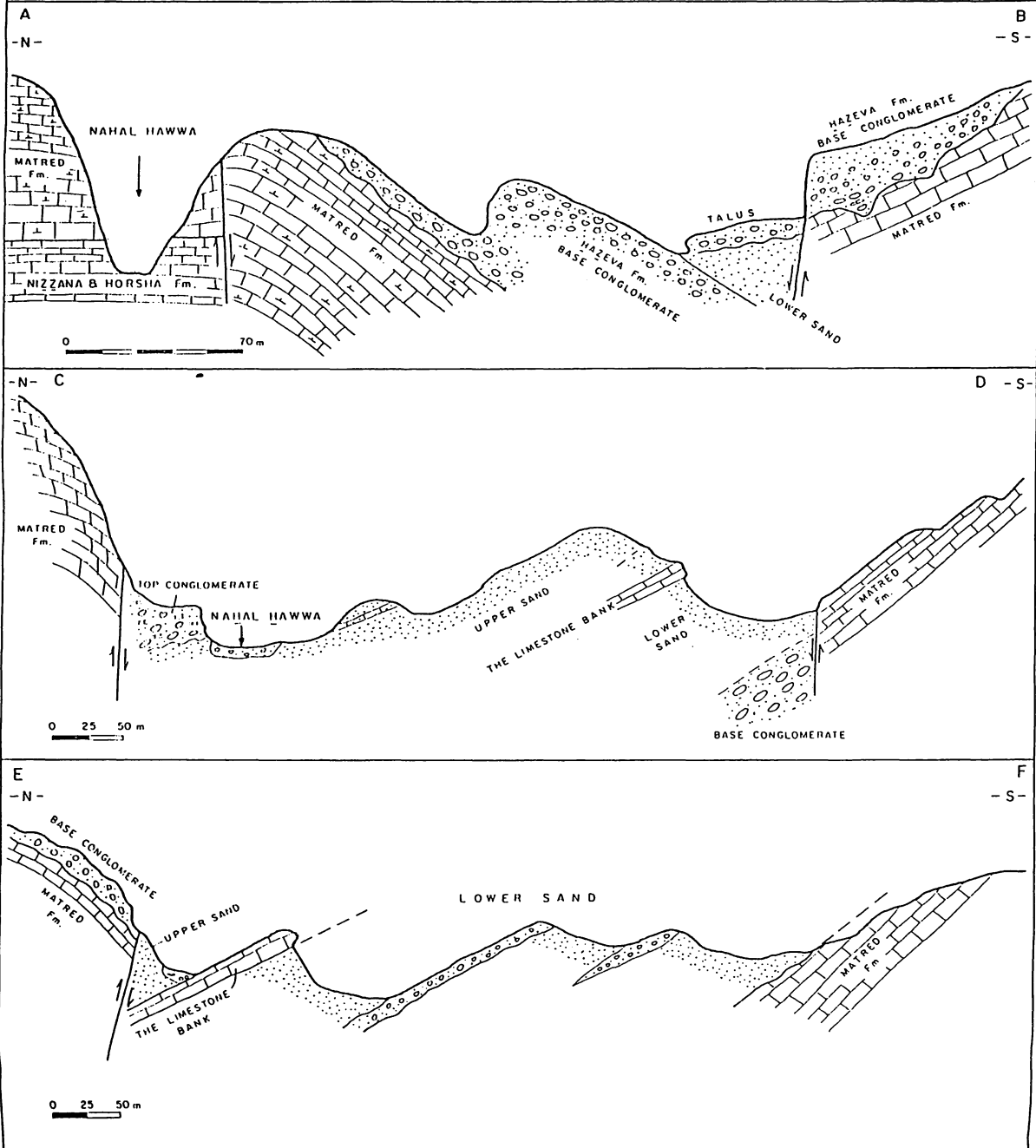
תחנה 1 - תצפית אל הגרבן ואל רמת עבדת: נשקיף על רמת עבדת ונבדוק את היחסים המורפולוגיים בין משור הגידוע המעצב את נוף הפסגות הגבוהות של הרמה לחתך הסטרטיגרפי ולמבנה הרמון. נזהה את הסלעים של תצורת הר עקרב מגיל אאוקן עליון בחלקה המזרחי של רמת עבדת ואת מחשופי תצורת חצבה בתוך הגרבן.

תחנה 2 - מחשופי קונגלומרט הבסיס של חצבה: קונגלומרט הבסיס נשמר כאן על פני חצי כיפה הנשענת על קו סעד-נפחא וניתן לראות היטב את המגע הקונפורמי בינו לבין סלעי חבורת עבדת. רבוד גס מאפיין את החתך של הקונגלומרט שמרכיביו השונים נגזרו ממחשופים מקומיים, בעקר מסלעי חבורת עבדת. מרכיבי הקונגלומרט מהווים עדות טובה לעומק ההתחברות של המערכת הפלוביאלית של חצבה בתוך הנוף הקדום וגודלם מעיד על יכולת ההובלה של המערכת.

תחנה 3 - השבר הדרומי של הגרבן: כאן מצוי חתך נוסף של קונגלומרט הבסיס החשוף על מישור השבר. בניגוד למאסף החלוקים שראינו קודם שחלקם הגדול היה בולדרים, נראה כאן הופעה האופיינית לשולי אגן השקעה. החתך מכיל חילופים של חומר בעל אופי קולוביאלני וחומר דק גרגר עשיר בסילט וחרסית. במחשוף זה ניתן לראות את אופי התבליט הקבור על ידי הקונגלומרט ולבחון שוב את יחסי ההטיה בינו לבין חבורת עבדת.

ציור 3

חתכים לרוחב גרזן מחמל



תחנה 4 - המגע בין הקונגלומרט לבין היחידה החולית שמעליו: חולות קרבונטיים צהבהבים של הפרט החולי מונחים במגע חד על הקונגלומרט. מגע חד בין החולות ששקעו בסביבה אגמית לבין הקונגלומרט שהצטבר בסביבה פלוביאלית יבשתית מצביע על הפסקה בסדימנטציה בין שתי היחידות. מעבר רציף בין שתי סביבות ההשקעה היה משתקף בשינוי מופע (פאזיאס) הדרגתי בין שתי היחידות.

תחנה 5 - הפרט החולי של תצורת חצבה: חתך זה מכיל בעקר חול מלוכד על ידי קרבונט ונדירות בו הסטרוקטורות המעידות על הרבדה באפיקי זרימה. נראה שרובו הושקע בסביבה אגמית או במערכת פלוביאלית בעלת אנרגיות זרימה נמוכות.

תחנה 6 - יחידה של חול מלוכד על ידי קרבונט העובר בהדרגה כלפי מזרח לדרגש גירי קשה הבונה מערכת של רבדות (קווסטות) הנטויות לצפון אל קו השבר. הגיר המכיל כמויות משתנות של חול, דומה לגירים המאפיינים את תצורת חצבה הן באגן נחל טרף והן בסינקלינת ירוחם. ניתן לראות שנטיות הדרגש הגירי והחתך של חבורת עבדת, עליה מונח הפרט החולי, דומות.

תחנה 7 - הקטע המזרחי של שבר סעד-נפחא: מישור שבר הפוך בקצה המזרחי של הגרבה.

תחנה 8 - תצפית על תופעות התמוטטות וגלישה ביובל של נחל חווה: נלך לאורך עמקים שנוצרו כאשר גושים באורך מאות מטרים ניתקו משולי רמת עבדת וגלשו אל אפיק נחל חווה.

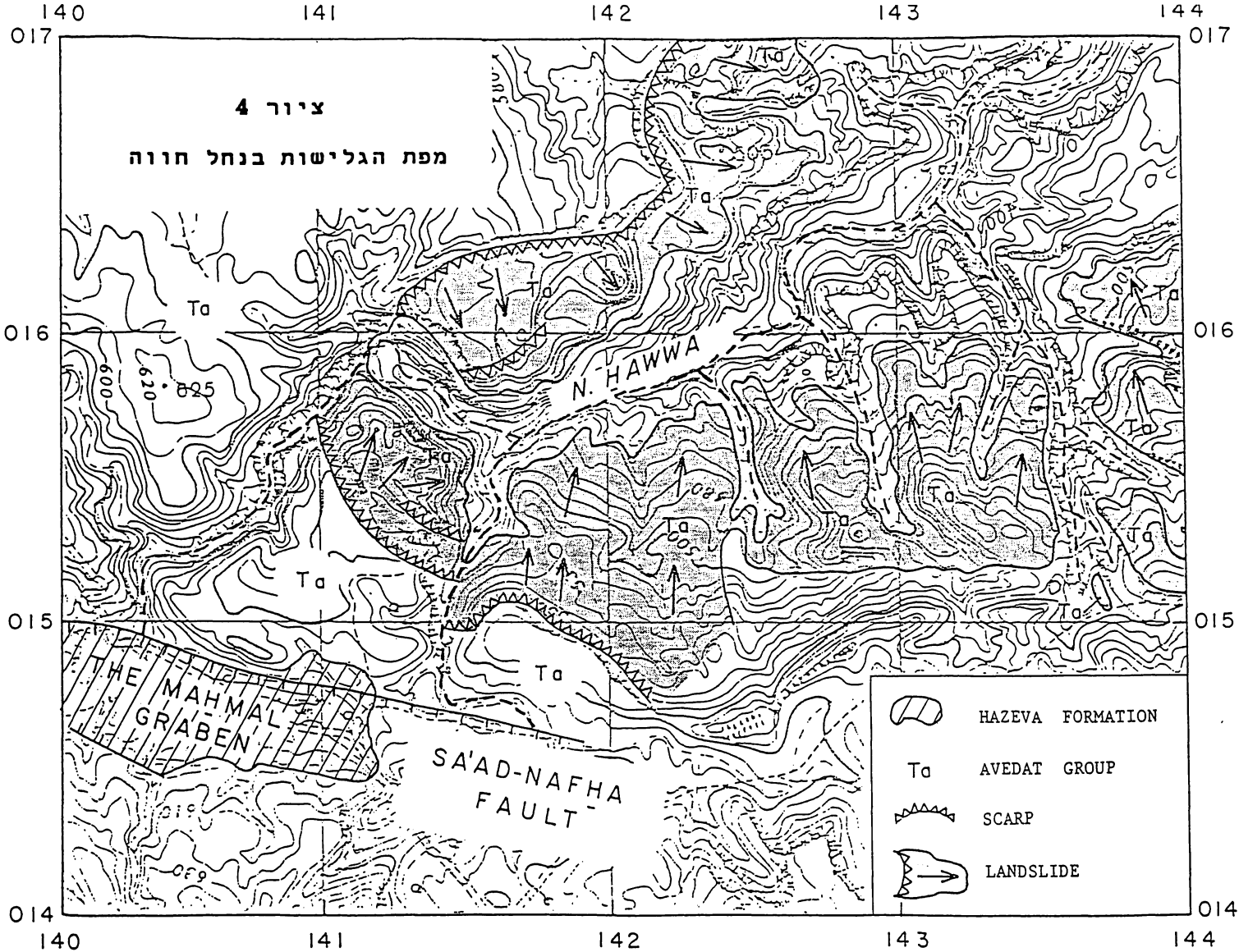
תחנה 9 - נחזור אל אגן מחמל ונבחון חתך של הפרט העליון של תצורת חצבה המורכב מחלוקי "צור יבוא" מעוגלים וממוינים היטב. נדון בתפוצת יחידה זאת בנגב ובהשלכות הפלאוגיאוגרפיות של תפוצתה.

נחל חווה (ציור 4)

תחנה 10 - הקניון של נחל חווה: נסקור מערכת קארסטית עתיקה בתוכה הצטברו סדימנטים של תצורת חצבה. מערכות דומות נימצאו בתוך חבורת עבדת בכל הרמות הגבוהות של הנגב, המייצגות את שאריות פני השטח עליהם שקעה תצורת חצבה. מאחר ורוב הכסוי של תצורת חצבה נסחף מהרמות הגבוהות מאפשרת המערכת הקארסטית שהתפתחה תחתיה לשחזר את תפוצתה המקורית.

תחנה 11 - הליכה לאורך האפיק של הנחל עד למחסום שנוצר על ידי גלישה גדולה. מאחורי הסכר צובר הנחל סדימנטים ויוצר אפיק רחב בעל שפוע מתון. מעבר למחסום התחתר הנחל וסחף את כל החתך עד לצור של תצורת משש, עליו הוא זורם כעת.

תחנה 12 - עליה לאורך יובל של נחל חווה המרוצף בבלוקים גדולים שמקורם בתהליכי גלישה. הריצוף מונע את התחתרות האפיק בתוך חבורת הר הצופים. נעזוב את האפיק, נעלה אל קיר הקניון ונכנס אל סדק גדול שהתפתח מאחורי בלוק גדול ממדים הנמצא בתהליך ניתוק משולי הקניון. לאחר מכן נטפס חזרה אל הרמה ונחזור למכונית.



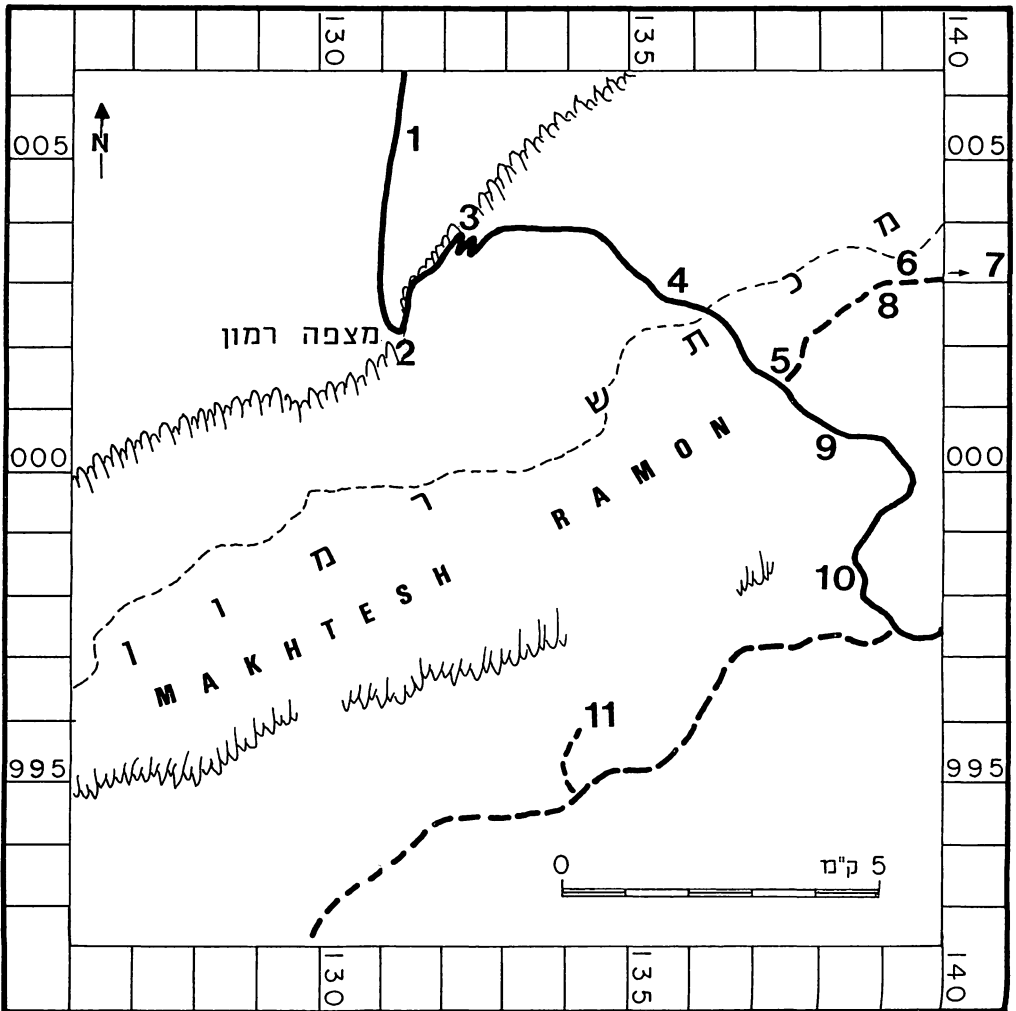
דברי הסבר לסיור מס' 10:
גיאולוגיה כלכלית ותעשית המחצבים במכתש רמון

צ. מינסטר*, ד. שקד**, א. גור***

*המכון הגיאולוגי, ירושלים.

**חברת חרסית וחול זך בנגב בע"מ, באר שבע.

***תמ"י (אימי), מכון למחקר ופיתוח, חיפה.



סיור מס' 10: גיאולוגיה ותעשית המחצבים במכתש רמון - מסלול ותחנות

כללי

מכתש רמון וסביבתו הקרובה הם מהאזורים המגוונים ביותר מהבחינה הגיאולוגית בארץ ישראל. גוון זה מתבטא גם בהיבטים שונים בתחום הגיאולוגיה הכלכלית.

חרף הריחוק מריכוזי האוכלוסיה והסביבה המדברית בעלת התשתית הבלתי מפותחת, יחסית, קיימת בשטח פעילות בלתי מבוטלת בתחום הכרייה ועיבוד חומרי גלם. ניתן לראות באזור מעין פרובינציה-זוטא של מינרלים תעשייתיים.

מטרת הסיור היא לבחון את הקשר בין המסלע בשטח ליישומים הכלכליים. בתחנות הסיור יוצג השימוש באלמנטים גיאולוגיים שונים (הופעת השדה, מינרלוגיה וכימיה) לשם כרייה והשבחת חומרי גלם והפיכתם למוצרים כלכליים ברי מכירה.

תחנה 1 - מחצבת "שיש" - מישור חוה

גיאולוגיה - רבידות של גיר מסיבי (פרט אבנון, תצורת חצרה מגיל קנומן עליון) היוצרות מצוק בולט בנוף. הגיר הוא דק עד בינוני גביש, עשיר בפאונה, עם סטילוליטים עדינים וגוונים משנהב עד לבן יחודי. תכולת הברזל היא מהנמוכות הידועות בקרבונטים המשמשים בתעשיית השיש בארץ (200-300 ppm).

באזור מתנהלת פעילות כרייה מאז ראשית שנות ה-60. כיום פעילות באתר כמה חברות קבלניות המפיקות יותר מ-1,000 מ"ק של גושי אבן לשנה. חומר הגלם מעובד בחלקו בשתי מנסרות, בקרבת מקום ובחלקו מועבר צפונה לעיבוד. מייצרים ממנו אבן לציפוי חיצוני, אריחים, לוחות לריצוף ואבני בניה דקורטיביות. האבן מבוקשת מאד בכל הארץ בגלל הגוון, הטכסטורה ודרגת הליטוש הגבוהה. חומר מעובד מכאן שימש לבנין הכנסת, ציפוי בית המשביר בירושלים ובמבנים רבים אחרים.

חלק החתך הנדון, באתר הנמצא כ-5 ק"מ מערבית יותר, נמצא בעבר כמתאים לשמש כחומר גלם קרבונטי ליצור צמנט לבן. בעבר נחצבו גושי גיר למטרות עיבודם ל"שיש" גם מהאופק המסיבי של תצורת סהרונים מגיל טריאס ליד הכביש במכתש רמון. הגיר הוא בגוון חום עמוק עד אפור כהה עם עורקים צהבהבים ושרידי מאובנים, דק גביש. סלע זה אינו מנוצל כיום.

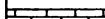
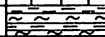
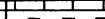
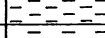
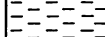
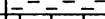
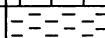

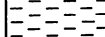
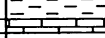

תחנה 2 - תצפית על מכתש רמון - מרכז המבקרים

סקירת החתך הנחשף והסבר כללי על החלקים בו שהם בעלי פוטנציאל כלכלי, על אתרי החציבה והמפעלים.

תחנה 3 - מכרה הבנטוניט - מעלה העצמאות

מספר שכבות של בנטוניט מופיעות בחתך במחשופים סביב מכתש רמון של פרט חביון, תצורת חצרה (Weissbrod, 1968). שכבה אחת, מאלה בעובי 1.5-2.5 מ', היא ברת כריה (ציור 1). הסלע הוא למעשה "מטה-בנטוניט" (של Ca ו-Mg) כאשר המינרל העיקרי הבונה אותו הוא מונטמורילוניט (בערך 50-70%), ונלווים אליו קוורץ, פלדספר, דולומיט וקאוליניט. אופקי גיר דקים עשירים במאובנים מלווים את החתך ובאזור החשיפה יש

STRATIGRAPHIC SEQUENCE OF BENTONITE BEDS
MAALE HA'AZMA'UT
132/004
(after T. Weissbrod)

Thickness in m.	LITHOLOGY	
		Limestone
0.30		Alternating clay and marl
0.10		Limestone
0.30		Green bentonite
0.60		Black bentonite
0.10		Fossiliferous int.
1.00		Green bentonite
0.15		Limestone
0.20		Green bentonite
0.40		Marl
		Limestone

ציור 1 - חתך גיאולוגי

באזור מכרה הבנטוניט

התעשרות בגבס, אלוניט, הליט וקלציט. סביבת ההשקעה ליצירת הבנטוניט המקובלת על מרבית החוקרים היא **Shallow Marine** ולא סביבה וולקנית, כמיוחס לרבים ממרבצי הבנטוניט בעולם.

שימושי הבנטוניט נובעים בעיקר מתכונות מיוחדות של המונטמורילוניט כמו כושר של החלפת יונים ו- **Specific Surface Area** גבוה. אופי החשיפה מכתוב ניצול בכריה תת קרקעית. בשנת 1969 נערך, ביוזמת חברת חרסית וחול זך בנגב, מחקר אשר הוכיח כי הבנטוניט ממכתש רמון אינו נופל באיכותו מחומרי גלם דומים שיובאו עד אז לשימושי מכוני תערובת בארץ; אולם התעורר הצורך להרגיל את הצרכנים לגוון הכהה במיוחד של התוצר המקומי, תהליך אשר ארך מספר שנים. עד לאחרונה נכרו כמויות בסדר גודל של כ-1,000 טונות לחודש כאשר הצרכנים העיקריים הם מכוני תערובות אשר הוסיפו אותו בשיעור של כ-2% לשם חיזוק כופתיות המיועדות להזנת בעלי חיים. שימושים נוספים היו בתעשית הקרמיקה הביתית וכחומר ריפוד ללולים ולפיתוח חדש - כ-טרפהיל למילוי בורות הארקה. כיום אין המכרה פעיל.

במעבה ההר מנהרות גישה וכריה באורך משוער של 8-10 ק"מ אך קטעים גדולים אינם עבירים בשל קריסת התקרה.

תחנה 4 - מחצבות קאוליניט 5/ס

שכבות עשירות בקאוליניט, בחילופים עם חול, מצויות בחלק העליון של תצורת אינמר מגיל יורה במכתש רמון. החתך מתאפיין במספר מחזורי סדימנטציה קלסטית של פצלים ואבני חול, חרסיות קאוליניטיות (בעובי 0.5-11 מ') שבמקומות מכילות חומר אורגני ואבני חול פריכות או מלוכדות כקרומים (שגב, 1980).

מבחינת ההרכב המינרלוגי, שכבות החרסית הנחצבות הן מגוונות למדי וכך גם התכונות הפיזיקליות הנגזרות מכך. לעתים נדירות החרסית

היא כמעט נקיה, אך בז"כ היא מכילה ריכוזים גבוהים למדי של קוורץ (5-20%). תכולת הברזל היא בתחום 1-5%, טווח ערכי האלומינה רחב, ובממוצע בערך 28% (ראה טבלא 1).

	%
SiO ₂	54.3
Al ₂ O ₃	28.1
Fe ₂ O ₃	2.1
TiO ₂	2.2
CaO	0.4
MgO	0.12
Na ₂ O	0.6
K ₂ O	0.24
SO ₃ soluble in HCl	0.04
SO ₃ insoluble in HCl	0.21
L.o.i. (1050°C)	11.0
Total	99.31
C1	0.11
Org. C	0.12
<i>Mineral analysis:</i>	
Kaolinite	70%
Quartz	20%

טבלא 1 - אפיונים כימיים ממוצעים של חרסית ס/5 גלמית

חלק מהחרסיות, הנחצבות ע"י חברת חרסית וחול זך בנגב, מתאימות לתעשיה הקרמית המקומית בשל הפלסטיות הטובה והחוזק הירוק. כ-30,000 טונות נכרים בשנה, כאשר כרבע מכמות זו נצרכת ע"י התעשיה הקרמית. כמחצית מהתפוקה נשלחת למפעלי הפוספטים שם היא משמשת כתוספת לסלע הפוספטי המושבח המיועד לייצור חומצה זרחתית וזאת לטמ שיפור היחס של אלומינה לסיליקה והקטנת הקורוזיביות. שימושים נוספים קיימים בענפי הכימיה (במיוחד כמלאן) ובתעשיות אחרות.

לאחרונה פותחה טכנולוגיה של השבחת חומר הגלם בשיטה רטובה כאשר תכולת הקאוליניט מושבחת ליותר מ-90% וערכי הקוורץ והברזל מופחתים במידה משמעותית. תוצר זה עשוי להיות באיכות דומה לסוגי Ball Clay מיובאים (טבלאות 2,3).

	S/5 clay product	Imported ball clay
% Al ₂ O ₃	35.5	26.6
% SiO ₂	48.6	62.9
% Fe ₂ O ₃	1.8	2.3
% TiO ₂	0.8	0.4
% CaO	0.4	0.4
% Na ₂ O	0.22	0.25
% K ₂ O	0.31	N/A
% SO ₄	0.02	0.02
% Cl	0.09	<0.04
% L.o.i.	14.1	9.1

טבלא 3 - הרכב תוצר מועשר

של חרסית ס/5 בהשוואה

ל-Ball Clay מיובאת

Plasticity (Pfeferkorn) — 29 (g.H₂O/100g plastic mass)

Linear Shrinkage:

From plastic to dry	(110°C)	6.1%
" " " fired	800°C	8.3%
" " " "	1100°C	13.9%
" " " "	1200°C	19.5%

Modulus of rupture:

Dry	(110°C)	16Kg/cm ₂
Fired	800°C	19 "
"	1100°C	108 "
"	1200°C	182 "

Water absorption, bulk density and apparent porosity fired: 800°C

W.A.	27.2%
B.D.	1.52g/cm ³
App. porosity	41.3%
1100°C:	
W.A.	16.8%
B.D.	1.87g/cm ³
App. porosity	31.4%
1200°C:	
W.A.	2.6%
B.D.	2.44g/cm ³
App. porosity	6.3%

Fired colour:

Fired	800°C	Light pink
"	1100°C	Very light pink
"	1200°C	Cane

Thermal expansion (dilatometer): (See Figure 2)

Volume expansion coefficient (3 \times) between 25-325°C:

Dry	(110°C)	160 x 10 ⁻⁷ /°C
Pre-fired	800°C	100 x 10 ⁻⁷ /°C
" "	1200°C	140 x 10 ⁻⁷ /°C

Deflocculation curve: (See Figure 3)

Solid concentration of deflocculated slip: 58.1% sod.silicate (modulus 3.3) added: 1.1g/100g clay (dry basis) (approx. 2.2 ml sod.silicate solution, sp.gr. 1.40)

טבלא 2 - תכונות כימיות ופיזיקליות

של חרסית ס/5 מושבחת

ראוי לציון כי בשלבים הראשונים של כריית חרסיות קאוליניטיות

במכתש רמון, בשנות ה-50 המאוחרות, היה מקור חומר הגלם דייקים אשר

עברו אלטרציה לקאוליניט, לעתים נקי ביותר (Mazor, 1964) (ראה

סיור 1).

תחנה 5 - חרסית "שוקולד" - מחצבה ליד הכביש הראשי

בחלקה התחתון של תצורת ארדון (המוכר גם כ"קווסטה האדומה")

מופיעות שתי שכבות חרסית. העליונה שבהן עוביה 1.5-2.5 מ' והיא

מורכבת מחרסית בצבע חום כהה-אדום עם גוון סגול אשר זכתה לשם המקומי

"חרסית שוקולד" (רווד, 1972). חרסית זו אחידה למדי בעוביה והרכבה;

המינרל החרסיתי העיקרי הוא קאוליניט וכן מעט איליט, ובין המינרלים הנלווים גם קוורץ והמטיט. במקומות, על פני השטח, יש התעשרות בגבס והליט, אך כמותם קטנה בתת הקרקע. כאשר חומר זה נטחן הוא מתגלה כבעל פלסטיות טובה; בשריפה הוא מקבל צבע חום-אדום בעל ייחוד. כמה מתכונות חרסית השוקולד מסוכמות בטבלא 4.

Chemical analysis	%
SiO ₂	42.90
Al ₂ O ₃	28.30
Fe ₂ O ₃	10.85
TiO ₂	2.10
CaO	2.10
MgO	0.20
Na ₂ O	0.29
K ₂ O	0.93
SO ₃ (sol.HCl)	0.09
L.o.i.	11.85
Total	99.61
Cl ⁻	0.16
Physical properties (milled-100 mesh)	
Water of plasticity (%)	24.3
Mod. of rupture (-kg/cm ²):	
Dry (110°C)	26.0
Fired — 1100°C	225.0
1150	540.0
1250	250.0
1350	250.0
Water absorption (%):	
Fired — 1100°C	11.2
1150	10.8
1250	6.0
1350	1.6
Linear shrinkage:	
Plastic to dry (110°C)	5.3
" " Fired 1100°C	10.1
" " 1150	10.7
" " 1250	11.8
" " 1350	11.0
Fired colour:	
Fired 1100°C	Medium brick red
1150	Deep brick red
1250	Brown to black
1350	Black, brilliant skin

טבלא 4 - "חרסית שוקולד" -

אפיונים כימיים וקרמיים

במשך שנים נצרכו כמויות קטנות של חומר זה על ידי התעשייה הקרמית לשם ייצור לבנים ואריחים דקורטיביים וכן לקרמיקה ביתית. לאחרונה הוחל בשימוש בחומר זה לשם ייצור רעפים בתעשייה המקומית. התבססות תעשייה זו עשויה להביא לכרייה של כ-25,000 טונות לשנה של חרסית השוקולד.

חרסית השוקולד נכרית ומשווקת ע"י חברת חרסית וחול זך בנגב

בע"מ.

תחנות 6-8 - חרסית דמוית צור (חד"צ) - תצורת משחור

חרסית דמוית צור (חד"צ) או "טור החרסיות" בתצורת משחור היא ביטוי גיאולוגי ונופי בולט לתופעה רגיונלית של אי התאמה וחשיפה בין תקופות הטריאס והיורה. יחידת סלע זו נחשפת ברצועה צרה במרכז מכתש רמון, בשכבה רציפה שעוביה בד"כ 5-10 מ', ובמקומות היא ממלאת כיסים ארוזיביים בתוך הגיר של תצורת מוחילה שמתחתיה. מימדי הכיסים משתנים, והגדולים שבהם מגיעים לעומק של 20-30 מ'. התופעה נחקרה בעבודות רבות המנסות להסביר את ההטרוגניות הרבה (במרחב ובזמן) המאפיינת את היחידה. החרסיות הן רזידואליות, אוטוכטוניות ואלוכטוניות (ראה גולדברג, 1976) ומגוונות ביותר מבחינת תנאי היצירה והליתופציאסים הניתנים להגדרה (ראה Goldbery, 1979).

החרסיות הן בעיקרן קאוליניטיות, מכילות ברזל בריכוזים משתנים, פיזוליטיות, כאשר במקומות ובד"כ בחלקו העליון של החתך קיימת הופעה שכבתית-עדשתית של חרסיות מועשרות באלומינה. בכיסים, על פי רוב במרכזם, החרסית דלה בברזל ומועשרת לעתים מאוד באלומינה. ההתעשרות באלומינה מקורה בהופעה של בוהמיט ולעתים גם דיאספור, כאשר במקומות מעטים ריכוזה מגיע ל-70% Al_2O_3 . מינרלי אלומינה אלה מופיעים בפיזוליטים הבהירים ובוהמיט גם במטריקס עשיר הקאוליניט (1961 Slatkine & Heller).

הענין הכלכלי בחד"צ הוא רב מאז נתגלתה, ובמיוחד כחומר גלם לתעשייה הרפרקטורית (חסיני אש). מפעל רמון של חב' חרסית וחול זך בנגב עדיין מתמודד עם ההטרוגניות הרבה של החד"צ. בטבלא 5 מוצגים כמה מאפיינים כימיים, פיזיקליים ומינרלוגיים של חד"צ טבעי.

	Type I	Type II	Type III	Type IV
Properties of raw material:				
<i>Chemical analysis:</i>				
SiO ₂	41.1	n.d.	30.9	21.1
Al ₂ O ₃	41.1	47.7	50.7	57.9
Fe ₂ O ₃	0.7	1.2	0.7	0.9
TiO ₂	2.7	2.9	3.3	3.3
CaO	0.15	n.d.	0.07	0.10
MgO	0.70	n.d.	0.30	0.55
Na ₂ O	0.40	n.d.	0.37	0.32
K ₂ O	0.20	n.d.	0.03	0.06
l.o.i. at 1050°C	13.60	n.d.	14.3	14.0
<i>Mineralogical analysis:</i>				
Kaolinite	89	74	67	50
Boehemite	7	21	23	42
Diaspore	no	no	6	<3
<i>Physical properties:</i>				
PCE (Orton Cone)	34-35	35-36	37-38	>38
<i>Properties after firing:</i>				
% Al ₂ O ₃	47.6	55.5	59.2	67.4
<i>Prop. of pressed pellets at 1000kg/cm² and fired at 1600°C/2 hrs:</i>				
B.D. (kg/cm ³)	2.61	2.71	2.70	2.80
W.abs (%)	0.7	1.7	4.0	6.8
O.porosity (%)	1.8	4.6	10.8	19.0
Mullite (%)	57	68	72	74
<i>Prop. of pressed pellets at 1000g/cm² and fired at 1700°C/2hrs:</i>				
B.D. (g/cm ³)	n.d.	2.78	2.95	3.00
W. abs. (%)	n.d.	0.5	0.7	1.8
O. porosity (%)	n.d.	1.4	2.1	5.4
Mullite (%)	n.d.	64	68	68

טבלא 5 - אפיונים כימיים

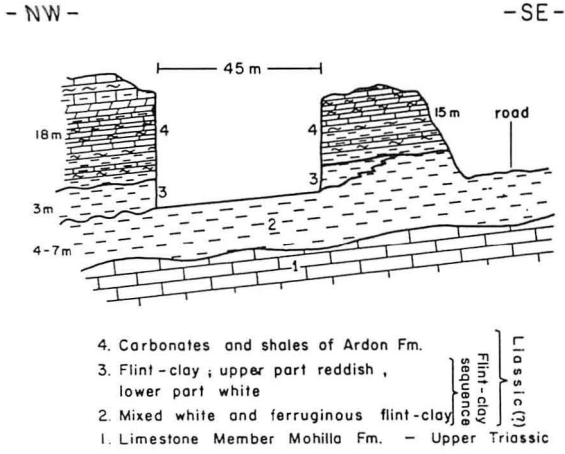
ופיזיקליים של ארבעה טיפוסים

חרסית דמוית צור (חד"צ)

תחנה 6 - חד"צ - מכרה "86" (תצפית, ציור 2)

במכרה זה, מהגדולים שפותחו במכתש רמון, ניתן לראות את החתך של "טור החרסיות" והמסלע שמעליו, ואת ההטרוגניות הרבה בתוך השכבה. בחלקים גדולים בקרבת אזורי הכריה נמצאת החד"צ מתחת למפלס מי התהום, דבר העלול ליצור בעיות נוספות בניצול. נושא זה נמצא בבדיקה אך לית מאן דפליג שהבריכות הנוצרות (תוך ולאחר הכריה) - הן אטרקציה במדבר.

שיטת החציבה באתר זה ובכל המחצבות של היום היא כריה פתוחה; ראוי לציון כי בשלבים הראשונים של הפעילות ולפני כ-25-30 שנה היתה הכריה תת קרקעית (ציור 3).



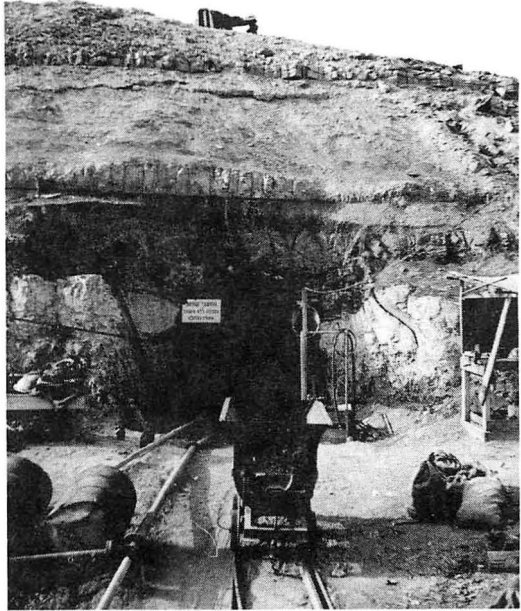
ציור 2 - חתך רוחב סכימתי

באזור מכרה חד"צ "86"

(מתוך Bentor, 1966)

ציור 3 - הכניסה למכרה התת-קרקעי

של החד"צ, 1957



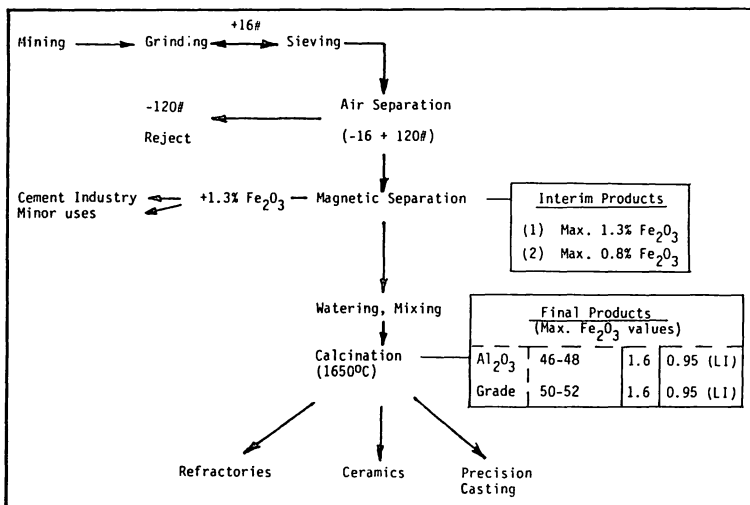
תחנה 7 - כיס חד"צ - אזור "206"

כיס החד"צ מופיעים, באופן לא רגולרי, בצפיפות משתנה ובממדים שונים, ובשל המורפולוגיה שלהם אינם כה פשוטים לכרייה. על פי רוב בחלקם המרכזי, הם מדולדלים בברזל ויש בהם ריכוזים ניכרים של פיזולטיים מועשרים בבוהמיט ודיאספור ולעומת זאת בשוליים הם מועשרים בברזל. המגע עם הגיר המשוכב דק של "שפת" הכיס הוא חד. החומר הלבן

מהכיסים הוא אטרקטיבי מבחינה כלכלית, ומאמץ רב מושקע בפרוספקציה לאיתורו. צפיפות הכיסים עשויה להגיע עד ל-40 לקמ"ר והחוקיות, שאולי קיימת בסדורם המרחבי, עשויה להצביע על כוונים מועדפים אופייניים לתקופה שקדמה ליצירת החד"צ אשר התוו את מגמות ההתפתחות שלהם. נראה שבמקומות חדרו הכיסים אל מתחת לשכבת הגיר ויש בכך להסביר אולי תופעות מורפולוגיות בגבס של תצורת מוחילה.

תחנה 8 - "מפעל רמון"

החד"צ הנכרית עוברת מספר שלבים של טיפול (ראה התזרים, ציור 4)



ציור 4 - תזרים (Flow-sheet) של מערך עיבוד החד"צ, מפעל רמון

עד לקבלת התוצר. קיים יחוד בשלב ההפרדה המגנטית, בו מוקטנת תכולת הברזל בחומר הגלם לאחר שעבר הקטנת גודל וניפוי. לאחרונה שונתה טכנולוגית ההפרדה למגנטים קבועים (Perm-Roll) שיעילותם גבוהה יותר. יש לציין כי יעילות התהליך נקבעת על פי צורת פיזור הברזל בסלעים: לעתים, כשהפיזור הומוגני, לא ניתן להוריד את תכולת הברזל באופן משמעותי ולעומת זאת בטיפוסי סלע מסוימים ההפרדה היא יעילה ביותר.

בעבר היתה מטרת התהליך להוריד את תכולת הברזל למוצע של 1.3% Fe_2O_3 , כאשר כיום בחלק מהמוצרים דרישת השוק היא להגיע לרמה של כ-0.8% Fe_2O_3 (טבלא 6).

	F.C. L.I. 46-48	F.C. L.I. 50-52	
Chemical composition %:			
SiO ₂	45.8	44.8	טבלא 6 -
Al ₂ O ₃	49.0	50.4	
Fe ₂ O ₃	0.9 _a	0.8 _a	
TiO ₂	3.3	3.5	
CaO	0.04	0.04	
MgO	0.20	0.19	
Na ₂ O	0.15	0.11	
K ₂ O	0.01	0.01	
Mineralogical analysis %:			
Mullite	55	58	תכונות של תוצרי חד"צ - בעלי תכולת ברזל נמוכה
Corundum	2	2	
Cristobalite	-	-	
Degree of mullitisation	80	80	
Physical properties:			
B.D. (g/cm ³)	2.55-2.53	2.58-2.57	
% W. abs.	2.5	2.6	
% O. porosity	6.4	6.7	
PCE — Orton Cone	34-35	35-36	

חומר הגלם שעבר הפרדה מגנטית מועבר לתנור סובב, שם הוא נקלה לטמפרטורה של כ-1,650°C. המוצר הסופי (15,000-20,000 טונות לשנה) נמכר לתעשייה הרפרקטורית בארץ ובחו"ל כאשר למגוון התוצרים תכולת אלומינה של 40-52% Al_2O_3 . כמויות קטנות מסופקות לתעשייה הקרמית.

תחנה 9 - מחצבת הגבס ("אבן וסיד")

שכבות הגבס של תצורת מוחילה מגיל טריאס חשופות בדרום מכתש רמון על פני שטח של 10-12 קמ"ר בתוך יחידה שעוביה 150-30 מ'. הגבס מופיע בדרגשים שעוביים 0.3-3.0 מ' בחילופים עם אופקי חרסית, דולומיט וגיר, ובמקומות גם עם סילים בזלתיים. ההרכב הכימי שלו הוא בתחום 85-96% $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

החתך הוא ביטוי של הפציאס האבפוריטי של תצורת מוחילה ושקיעת האנהידריט מיוחסת ללגונות ימיות.

פעילות כריה קיימת במקום מאז שנות ה-50, כאשר הגבס נצרך ע"י מפעלי המלט ברמלה ובית שמש. ליד המחצבה היה פעיל בעבר מתקן ליצור המיהידרט (גבס קלוי, לשימוש כטיח גבס וגבס קרמי). לאחרונה עבר המכרה לבעלות של חברת "נשר" ומתופעל ע"י חברת "תעבורה".

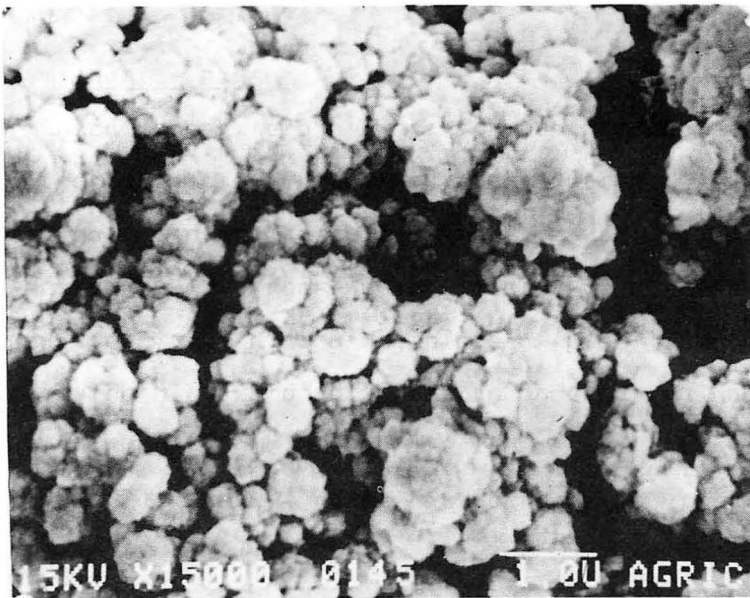
תחנה 10 - שן רמון - תצפית

בדרום המכתש מספר גופים אינטרוזיביים שהגדול בהם הוא שן רמון. גופים אלה נסקרים בפירוט בעבודות אחרות בכנס הנוכחי. מבחינת המינרלים התעשיתיים קיים זה שנים ענין רב בסיאניט של שן רמון, המכיל 80-98% פלדספר-אשלגני. שימושי פצלת השדה הם רבים ובמיוחד הם נצרכים בתעשית הקרמיקה, הזכוכית וחומרי השחיקה. תכולת הברזל הגבוהה יחסית בסיאניט היא התכונה המעכבת את השימוש בו. האפשרויות להשבחה של חומר גלם זה נדונות ע"י Weissbrod & Bogoch (1973). הנושא נמצא בבדיקה על ידי "כימיקלים לישראל".

תחנה 11 - מחצבת פורצלניט - נחל נקרות (אופציה)

תופעות פורצלניט מוכרות בחתך הסנוני של ישראל ובמיוחד בקמפן. באזור מכתש רמון תוארו תופעות פורצלניט באזור מעבר ערוד (1965) Kolodny et al., בעקבות סקר גיאולוגי באזור שמדרום למכתש רמון (שגב ולנג, 1983), נבחר אתר הכריה הנוכחי באזור נחל נקרות והוא מנוצל מזה כ-3 שנים. החתך הנכרה הוא של החלק התחתון של תצורת מישאש, מספר מטרים מתחת לצור המסיבי. המסלע הוא פורצלניט עם קירטון לבן, בריכוזים משתנים ועד

כ-50%, במקומות עם אופקים חרסיתיים. הפורצלניט בנוי מאופל - C-T ברמת סידור וגיבוש גבוהה, לעתים בהופעה דמוית כרובית (ציור 5). מינרלים נלווים הם קלציט (גם במקטע החרסיתי) וסמקטיט וכן יש ריכוזים נמוכים של קוורץ ואפטיט. ייחודו של הפורצלניט במשקל נפחי נמוך הקשור לנקבוביות הגדולה ושטח פנים סגולי גבוה יחסית. תכונות אלה מאפשרות שימושים בו כחומר סופג נוזלים וכמדיום סופח.



ציור 5 - מבנה דמוי-כרובית של גבישי אופל, פורצלניט נחל נקרות (מיקרוסקופ אלקטרוני - SEM)

ערכו של הפורצלניט לצרכים אלה יורד עם עליית ריכוז הקלציט שבאסוציאציה עמו. הפורצלניט מובל לאחר כריתו לגריסה וכך הוא נצרך כיום בשוק המקומי של מצעי חיות בית (Animal bedding). כן נבדקים שימושים נוספים לחומר זה.

הדרך למחצבה ופיתוח האתר נעשו תוך תאום הדוק עם רשות שמורות הטבע ופרק הרמון.

רשימה ביבליוגרפית בעברית

- אייל (זמל), מ., וירצבורגר, א., ברטורא, י., 1956. מיפוי גיאולוגי במכתש עריף. דו"ח המכון הגיאולוגי.
- איתמר, א., זילברפרב, א., בר, ג., 1983. תופעות קונטקט מטמורפיות במכתש רמון (תקציר). החברה הגיאולוגית הישראלית, הכנס השנתי, עמ' 13.
- בוגוש, ר., מינסטר, צ., סודרי, ד., שירב (שורץ), מ., 1977. המינרלים התעשיתיים והמתכתיים בישראל. המכון הגיאולוגי, דו"ח מ.פ. 570/77.
- בן דוד, ר., 1986. עדויות על מערכות זרימה קדומות שזרמו אל תוך מכתש רמון (תקציר). החברה הגיאולוגית הישראלית, הכנס השנתי, עמ' 16.
- בן תור, י.ק., פרומן, ע., 1951. המפה הגיאולוגית של הנגב 1:100,000. גליון 18, עבדת (עבדה) מהדורה ראשונה, תל אביב, 98 עמ'.
- בר, ג., 1981. הגיאולוגיה של קו עריף-בתור, אזור מעלה המישר. המכון הגיאולוגי, דו"ח ממ/81/5.
- ברטוב, י., 1974. השברים ומבני הכיפות של מרכז סיני - בעיות סטרוקטורליות ופליאוגיאוגרפיות. עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- גולדברג, מ., 1970. הליתוסטריגרפיה של חבורת ערד (יורה) בנגב הצפוני. המכון הגיאולוגי, דו"ח ממ/70/3 (עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים).
- גרפונקל, צ., 1964. בעיות טקטוניות בקו רמון. עבודת גמר, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- דרוקמן, י., 1976. הטריאס בדרום ישראל וסיני: מודל סדימנטולוגי

- לאזורי שוליים של ימים אפיקונטיננטליים. המכון הגיאולוגי,
דו"ח 05/1/76.
- ויסברוד, ס., 1961. סקר מרבצי גבס במכתש רמון. המכון הגיאולוגי,
דו"ח מ.פ. 110/61.
- ויסברוד, ס., 1963. אוצרות הטבע בחבל רמון. המכון הגיאולוגי, דו"ח
מ.פ. 127/62.
- ויסברוד, ס., 1981. הפליאוזואיקון בישראל ובארצות הסמוכות, מחקר
ליתוסטרטיגרפיץ המכון הגיאולוגי, דו"ח מ.פ. 600/81. (עבודת
דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים).
- זילברמן, ע., 1979. הגיאולוגיה של קו סעד-נפחא, רמת עבדת. עבודת
גמר, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- חרש, א., 1967. הגיאולוגיה של מישור ירוחם-דימונה. עבודת גמר,
האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- מינסטר, צ., 1979. חרסית דמוית צור במכתש רמון - סיכום סקר 1975
והערכה מחודשת של עתודות המרבץ. המכון הגיאולוגי, דו"ח מ.פ.
567/79.
- סטרינסקי, א., 1964. פוספוריט ברזלי במישור הרוחות. עבודת גמר,
האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- פרוינד, ר., 1962. בעיות סטרטיגרפיות של הקנומן-טורון בישראל.
עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- רווד, ר., 1972. סקר חרסית שוקולד במכתש רמון. המכון הגיאולוגי,
דו"ח מ.פ. 535/72.
- שגב, ע., 1980. מרבץ חרסית ס/5 - האזור המזרחי, סקר 1979. המכון
הגיאולוגי, דו"ח מ.פ. 594/80.
- שגב, ע., לנג, ב., 1983. סקר ראשוני לאיתור פורצלניט בשוליים
הדרום-מזרחיים של מבנה הרמון. המכון הגיאולוגי, דו"ח מ.א.
5/83.

REFERENCES CITED

- Amitai, U., 1963. A magnetic and gravimetric survey in the Makhtesh Ramon. *Isr. Jour. Earth Sci.*, vol. 12, p. 86.
- Arkin, Y., 1965. Columnar section of the Hatira Formation: *Isr. Geol. Surv.*, Report MM/2/65, 19 pp. (in Hebrew).
- Baer, G., 1981. The geology of Arif-Bator line, Ma'ale' H'ameshar area. *Isr. Geol. Surv. Report MM/5/81.* (in Hebrew).
- Baer, G., 1985. Mesosstructural development in the quartz syenites of Gevanim Valley, Makhtesh Ramon, and its relation to the formation of the ore bodies (Abstract). *Isr. Geol. Soc. Ann. Mtg., Yotvata.* p. 8.
- Baer, G., Halicz, L., Itamar, A. and Zilberfarb, A., 1987. The quartz syenitic province in central Negev, its genesis and relation to polymetallic mineralization. Submitted to *Isr. J. Earth Sci.*, Special issue devoted to Ramon geology.
- Baer, G., Itamar, A., Zilberfarb, A., Rappaport, S. and Vulkan, U., 1986. Subsurface prospection for base metals in Makhtesh Ramon. *Isr. Geol. Surv. Report, M.E. 15/86., Report ZD 106/86.* 19 pp.
- Baer, G. and Reches, Z., 1987. Flow patterns in dikes, Makhtesh Ramon, Israel. Submitted to *Geology.*
- Bartov, Y. 1974. A structural and paleogeographical study of the central Sinai faults and domes: Ph.D thesis, Hebrew Univ. (in Hebrew, with English summary).
- Bartov, Y., Lewy, Z., Steinitz, G., Zak, Z., 1980. Mesozoic and Tertiary stratigraphy, paleogeography and structural history of the Gebel Arif En Naqa area, eastern Sinai. *Isr. J. Earth*

- Sci., vol. 25, pp. 114-139.
- Ben-David, R., 1986. Evidence of ancient drainage pattern of Makhtesh Ramon.(Abstracts). Israel Geol. Soc. Ann. Meet. Ma'alot. p. 19.
- Benjamini, C., 1979. Facies relationships in the Avedat Group (Eocene) in the northern Negev, Israel. Isr. J. Earth Sci., vol. 28, pp. 47-69.
- Benjamini, C., 1980. Stratigraphy and Foraminifera of the Qezi'ot and Har 'Agrav formations (latest Middle to Late Eocene) of the western Negev, Israel. Israel J. Earth Sci. Vol. 29, pp. 227-245.
- Benjamini, C., (in preparation). Microfacies of Triassic sedimentary cycles in southern Israel. Ben-Gurion Univ., Beer-Sheva.
- Bentor, Y.K., 1952. Magmatic intrusions and lava sheets in the Ramon area of the Negev. Geol. Mag., vol. 89, pp. 129-140.
- Bentor, Y.K., 1963. The magmatic petrology of Makhtesh Ramon. Israel J. Earth Sci., vol. 12, p. 85.
- Bentor, Y. K. and Vroman, A. J., 1951. The geological map of the Negev, 1:100,000, sheet 18, Abde (Avedat). 1st Ed. 98 pp. (in Hebrew).
- Bentor, Y.K. and Vroman, A.J., 1954. A structural contour map of Israel (1:250,000), with remarks on its dynamic interpretation. Isr. Geol. Surv. Bull. 7, 10 pp.
- Bentor, Y.K., Vroman, A., 1964. The geological map of the Negev, 1:100,000, Sheet 20: Mount Lotz. Isr. Geol. Surv.
- Bentor, Y.K., 1966. The clays of Israel. Guide-book, International Clay Conference, Jerusalem, 1966, 121 pp.

- Bonen, D., 1980. The Mesozoic basalts of Israel. Ph.D. thesis, Hebrew Univ. Jerusalem. 158 pp. (in Hebrew).
- Burnham, C.W., 1985. Energy release in subvolcanic environments: implications for breccia formation. *Econ. Geol.*, vol. 80, pp. 1515-1522.
- Burri, C., 1964. Petrographical calculations (Niggli method). *Sci. Trans.*, Jerusalem, 240 pp.
- Busson, G., 1982. Le Trias comme periode salifere. *Geol. Rundschau*, vol. 71/3, pp. 857-880.
- Byers, C.W., 1977. Biofacies patterns in euxinic basins: A general model. In: Cook, H.E. and Enos, P. (eds.) *Deep water carbonate environments*. SEPM Sp. Publ., 25, pp. 5-17.
- De la Roche, H., Leterrier, J., Grand Claude, O. and Marchal, M., 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagrams and major elements analyses - its relationship with current nomenclature. *Chem. Geol.*, vol. 29, pp. 183-210.
- Delaney, P.T. and Pollard, D.D., 1982. Solidification of basaltic magma during flow in a dike: *American Journal of Science*, vol. 282, pp. 856-885.
- Druckman, Y., 1969. The petrography and environment of deposition of the Triassic Saharonim Formation and the Dolomite member of the Mohilla Formation in Makhtesh Ramon, Central Negev (Southern Israel). *Geol. Surv. Isr. Bull. No. 49*. 44 pp.
- Druckman, Y., 1974. The stratigraphy of the Triassic sequence in southern Israel. *Isr. Geol. Surv. Bull.* 64, 92 pp.
- Druckman, Y., 1976. The Triassic in southern Israel and Sinai: a sedimentological model of marginal, epicontinental, marine environments. Ph.D. thesis, Hebrew Univ., Jerusalem, 188 pp.

(in Hebrew, English summary).

Duffield, W.A., Christiansen, R.L., Koyanagi, R.Y. and Peterson, D.W., 1982. Storage, migration and eruption of magma at Kilauea volcano, Hawaii, 1971 - 1972: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 13, pp. 273-307.

Einarsson, P. and Brandsdottir, B., 1980. Seismological evidences for lateral magma intrusion during the July 1978 deflation of the Krafla Volcano in NE Iceland: *Journal of Geophysics*, 47, pp. 160-165.

Einaudi, M.T. and Burt, D.M., 1982. Introduction-terminology, classification, and composition of skarn deposits. *Econ. Geol.*, vol. 77, pp. 745-754.

Eyal (Zemel), M., Wurzbürger, U. and Bartura, Y., 1956. Geological mapping of Har-Arif. *Isr. Geol. Surv. Report*, 8 pp. (in Hebrew).

Frakes, L.A., 1979. *Climates throughout geologic time* (pp. 156-160). Amsterdam, Elsevier, 310 pp.

Freund, R., 1962. Problems in the stratigraphy of the Cenomanian-Turonian of Israel. Ph.D. thesis, Hebrew Univ. of Jerusalem. (in Hebrew).

Garfunkel, Z., 1964. Tectonic problems of the Ramon lineament. M.Sc. thesis, Hebrew Univ., 71 pp. (in Hebrew).

Garfunkel, Z. and Horowitz, A., 1966. The Upper Tertiary and Quaternary morphology of the Negev, Israel. *Israel J. Earth Sci.*, vol. 15; pp. 101-117.

Garfunkel, Z. and Katz, A., 1967. New magmatic features in Makhtesh Ramon, Southern Israel. *Geol. Mag.* vol. 104, No. 6, pp. 608-629.

- Garfunkel, Z., 1978. The Negev-regional synthesis of sediments. (IAS) 10th Int. Congr. Sediment. Part I: Precongress, Israel, pp. 35-110.
- Garfunkel, Z. and Derin, B., 1985. Permian-Early Mesozoic tectonism and continental margin formation in Israel and its implications for the history of the eastern Mediterranean, in: Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F. (eds.), The geological evolution of the eastern Mediterranean, Oxford, Blackwell, pp. 187-201.
- Goldberg, M., 1970. The lithostratigraphy of 'Arad Group (Jurassic) in the northern Negev. Ph.D. thesis, Hebrew Univ., Jerusalem, (in Hebrew, English summary), 137 pp.
- Goldberg, R., 1979. Sedimentology of the Lower Jurassic flint clay-bearing Mishhor Formation, Makhtesh Ramon, Israel. Sedimentology, vol. 26, pp. 229-251.
- Gudmundsson, A., 1984. Formation of dykes, feeder dykes, and the intrusion of dykes from magma chambers: Bulletin Volcanologique, vol. 47-3, pp. 537-550.
- Harash, A., 1967. The geology of the Yeroham-Dimona plain: M. Sc. thesis. Hebrew Univ. (in Hebrew).
- Harker, A., 1909. The Natural History of Igneous Rocks: Hafner, New York, 384 pp.
- Itamar, A., 1985. Mineralogy and petrography of polymetallic mineralization in Ramon and Arif, Central Negev. (abstract). Isr. Geol. Soc. Ann. Mtg., Yotvata. p. 50.
- Itamar, A., 1986. Sulfo-Arsenide vein-type mineralization in the Ramon area, Israel. Terra Cognita., vol. 6, p. 504.
- Itamar, A., 1987a. Polymetallic, Sulfo-arsenic, vein-type

mineralization in Ramon and Arif areas, Central Negev, Israel. Its genesis and place in regional geology. *Isr. Geol. Surv., Bull.* (in press).

Itamar, A., 1987b. Paragenesis and development of "hybrid" minerals, within polymetallic mineralization in Makhtesh Ramon, Israel. Submitted to *Min. Deposita*.

Itamar, A. and Baer, G., 1986. The implication of hydrothermal alteration and contact metamorphism associated with the quartz syenitic magmatism on mineralization in Makhtesh Ramon and Har Arif. *Isr. Geol. Surv. Report G.S.I 20/86*, 17 pp.

Itamar, A. and Matthews, A., 1987. C-O-S isotope studies of the polymetallic mineralization, Gevanim Valley, Makhtesh Ramon, Israel. (submitted to *Isr. J. Earth. Sci., Special issue devoted to Ramon geology*).

Itamar, A. and Steinitz, G. 1987. K-Ar age determination of Ramon mineralization. (submitted to *Isr. Jour. Earth. Sci., Special issue devoted to Ramon geology*).

Itamar, A., Zilberfarb, A. and Baer, G., 1983. Contact metamorphic phenomena in Makhtesh Ramon (abstract). *Isr. Geol. Soc. Ann. Mtg.*, p. 38.

Kolodny, Y., Nathan, Y., Sass, E., 1965. Porcellanite in the Mishash Formation, Negev, Southern Israel. *J. Sed. Pet.*, vol. 35, pp. 454-463.

Krauskopf, K.B., 1967. Source rocks for metal-bearing fluids. pp. 1-28. In: Barnes, H.L., (ed.). *Geochemistry of hydrothermal ore deposits (first edition)*. Holt, Reinhard and Winston Inc., New York.

Lang, B. and Steinitz, G., 1985. New K-Ar ages of Mesozoic

- magmatic rocks in Makhtesh Ramon (abstract). *Isr. Geol. Soc. Ann. Mtg., Yotvata.* p. 56.
- Litani, J. & Ish-Shalom, M., 1978. Survey of the properties and uses of the raw materials produced by Negev Ceramic Materials Ltd. Progress Report No. 1, *Isr. Cer. Sd. Inst.*, 28 pp.
- Mazor, (Posner), E., 1955. The magmatic occurrences of Makhtesh Ramon. M.Sc. thesis, Hebrew University, Jerusalem. 29 pp. (in Hebrew).
- Mazor, E., 1978. *Geology in the Field - Makhtesh Ramon: The Weizmann Institute of Science, Rehovot, internal - experimental volume (in Hebrew)*, 253 pp.
- Mazor, E., 1964. The kaolinized Ardon dykes of Makhtesh Ramon and their economic potential (unpublished report).
- Minster, T., Shaked, D., 1985. Ceramic raw materials and industrial products in Israel. *Ceramic Industries Journal*, pp. 39-43.
- Nevo, E., 1963. The Jurassic strata of Makhtesh Ramon. *Isr. J. Earth Sci.*, vol. 12, pp. 90-91.
- Nir, D. 1970. *The Geomorphology of Israel.* Academon press, Hebrew Univ. Jerusalem. 404 pp. (in Hebrew).
- Ode, H., 1957. Mechanical analysis of the dike pattern of the Spanish Peaks area, Colorado: *Geological Society of America Bulletin*, vol. 68, pp. 567-576.
- Parnes, A., 1962. Triassic ammonites from Israel. *Isr. Geol. Surv. Bull.* 33, 59 pp.
- Parnes, A., 1975. Middle Triassic ammonite biostratigraphy in Israel. *Isr. Geol. Surv. Bull.* 66, 25 pp.
- Parnes, A., Benjamini, C. and Hirsch, F., 1985. *New aspects of Triassic ammonoid biostratigraphy, paleoenvironments and*

- paleobiogeography in southern Israel (Sephardic Province). J. Paleontol., vol. 59, No. 3, pp. 656-666.
- Parnes, A., 1986. Middle Triassic cephalopods from the Negev (Israel) and Sinai (Egypt). Isr. Geol. Surv. Bull. 79, pp. 9-59.
- Picard, L., 1951. Geomorphogeny of Israel. Part I - the Negev: Bull. Res. Counc. Israel. pp. 1-30
- Pollard, D.D., Muller, O.H. and Dockstader, D.R., 1975. The form and growth of fingered sheet intrusions: Geological Society of America Bulletin, vol. 86, pp. 351-363.
- Quennell, A.M., 1956. Tectonics of the Dead Sea Rift. Int. Geol. Cong. 20 (Mexico). Ass. Serv. Geol. Afr., pp. 385-405.
- Rose, A.W. and Burt, D.M., 1979. Hydrothermal alteration. pp. 173-235. In: Barnes, H.L. (ed.). Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. New York (Second edition). J. Wiley and Sons.
- Sengor, A.M.C., 1985. The story of the Tethys: How many wives did Okeanos have? Episodes, 8/1. pp. 3-12.
- Sandler, A. and Zilberman, E., 1985. Sandstones and shale in the Nezer Formation. Report GSI/5/85.
- Shadmon, A., 1965. Marble in Israel. Ministry of Development, 56 pp.
- Shata, A., 1956. Structural development of the Sinai Peninsula, Egypt. Bull. Inst. Desert, Egypt., vol. 6, pp. 117-157.
- Sillitoe, R.H., 1985. Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs. Econ. Geol. vol. 80, pp. 1467-1514.
- Slatkine, A. and Heller, L., 1961. A Petrographic study of the flint clay at Makhtesh Ramon, Israel. Int. Geol. Congress,

- Rep. Int. Committee for Study of clays, XXI Session, Part XXIV, pp. 88-107.
- Smith, R. P., 1975. Structure and petrology of Spanish Peaks dikes, south-central Colorado: Ph.D. thesis, University of Colorado, Boulder, 191 pp.
- Sneh, A., 1967. The Hazeva Formation. in: Semi-annual progress report on the Geological Project, Inst. Petroleum Res. and Geophysics, Report 1023, pp. 7-10.
- Sneh, A. 1981. The Hazeva Formation in the northern Arava, Israel: Israel J. Earth-Sci. vol. 30, pp. 81-92
- Starinsky, A., 1964. Ferruginous phosphorite in Mishor ha-Ruhot. M.Sc. thesis, Hebrew Univ. (in Hebrew).
- Starinsky, A., Bielski, M. and Steinitz, G., 1980. Rb-Sr whole rock age of syenitic intrusion Shen-Ramon and Gevanim in the Ramon area, southern Israel. Isr. J. Earth-Sci. vol. 29, pp. 177-181.
- Streckeissen, A., 1976. To each Plutonic rock its proper Name. Earth-Sci. Rev., vol. 12, pp. 1-33.
- Taylor, R.P. and Fryer, B.J., 1982. Rare earth element geochemistry as an aid to interpreting hydrothermal ore deposits, pp. 357-365. In: Evans, A.M. (ed.). Metallization Associated with Acid Magmatism. New-York. J. Wiley and Sons.
- Vail, P. R., Mitchum, Jr. and Thompson, S., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 4: Global cycles of relative changes of sea level. In: Payton, C. (ed.). Stratigraphic interpretation of seismic data: Am. Assoc. Petrol. Geol., Mem. 26, pp. 83-97.

- Vroman, A.J., 1967. On the fold pattern of Israel and the Levant. Isr. Geol. Surv. Bull. 43, pp. 23-32.
- Walker, G.P.L., 1984. Downsag calderas, ring faults, caldera sizes and incremental caldera growth: Journal of Geophysical Research, vol. 89, No. B10, pp. 8407-8416.
- Wedepohl, K.H., 1978. Handbook of Geochemistry, vol. II/3, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Weissbrod, T., 1962. Bentonite deposits, Makhtesh Ramon, Report GSI M.P. 122/62.
- Weissbrod, T., 1969. The Paleozoic of Israel and adjacent countries. Part I: The subsurface Paleozoic stratigraphy of southern Israel. Isr. Geol. Surv. Bull. 47, 35 pp.
- Weissbrod, T. and Bogoch, R., 1979. Characterization of syenite from the Shen-Ramon intrusive; background for magnetic beneficiation. Isr. Geol. Surv. Report, M.P. 587/79. 15 pp.
- White, W.H., Bookstrom, A.A., Kamilli, R.J., Ganster, M.W., Smith, R.P., Ranta, D.E. and Steininger, R.C., 1981. Character and origin of Climax-Type Molybdenum deposits. Econ. Geol., 75th Anniversary volume, pp. 270-316.
- Wurzburger, U., Weissbrod, T., 1961. Clay sequence and flint clay deposits - Makhtesh Ramon. Geol. Surv. of Israel, Progress Report No. 8.
- Zak, I., 1963. Remarks on the stratigraphy and tectonics of the Triassic of Makhtesh Ramon. Isr. J. Earth Sci., vol. 12, pp. 87-89.
- Zak, I., 1968. The Geological map of Israel, Makhtesh Ramon, Har Gevanim, 1:20,000: Geological Survey of Israel.

- Zilberfarb, A., Itamar, A., Halicz, L. and Baer, G., 1985. On the quartz-syenite province in Makhtesh Ramon and Har Arif. (Abstract) Isr. Geol. Soc. Ann. Mtg., Yotvata, p. 108.
- Zilberman, E., 1977. The geology of the Sa'ad-Nafha lineament in the Avedat plateau: M. Sc. thesis, Hebrew Univ. Jerusalem, 70 pp. (in Hebrew).
- Zilberman, E., 1981. the geology of the central Sinai-Negev Shear Zone, central Negev. Part A: The Sa'ad-Nafha lineament. Geological Survey of Israel, Report Hydro/1/81. 59 pp.
- Zilberman, E., 1983. The geology of the central Negev-Sinai shear zone, Central Negev. Part B: The Arif-Batur lineament. Geological Survey of Israel, Report EG/6/83, 58 pp.
- Zilberman, E., 1984. The Neogene in the northwestern Negev. in: Outlines of the geology of the northwestern Negev. Z. B. Begin (ed.): Geological Survey of Israel, Report GSI/19/84. pp. 54-69.

