

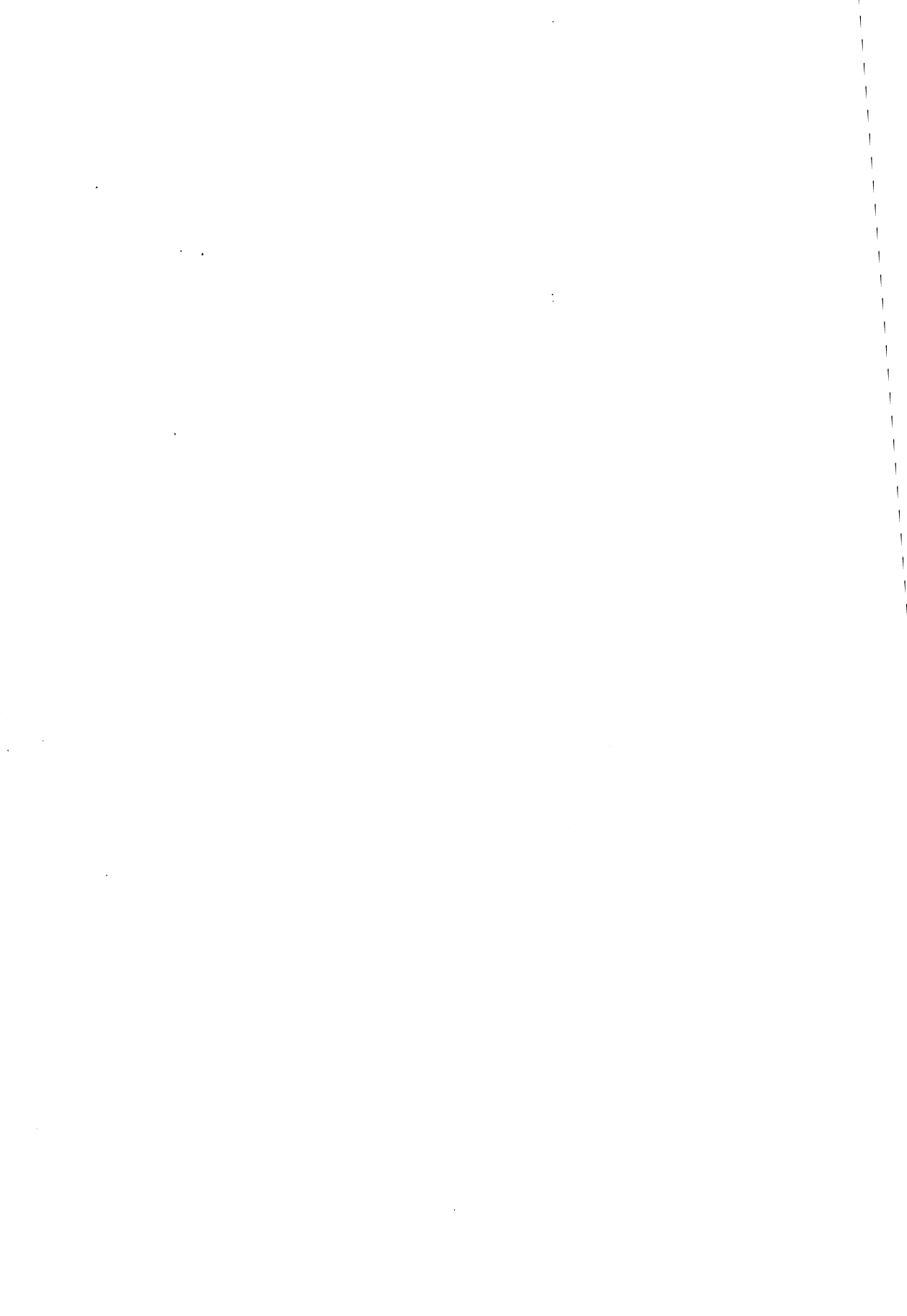


הכנס השנתי

כפר גלעדי, תשנ"ז

מדריך סיורים







החברה הגיאולוגית הישראלית הכנס השנתי כפר גלעדי

מדריך סיורים

עורך:

דורית סיון, אוניברסיטת חיפה
יוסי חצור, אוניברסיטת בן-גוריון באר שבע
חגי רון, המכון הגיאופיזי
שמואל מרקו, המכון הגיאולוגי
יהודה אייל, אוניברסיטת בן-גוריון באר שבע

15-17 באפריל 1997

**החברה הגיאולוגית הישראלית מביעה בזה את תודתה למוסדות אלו על תרומתם לכנס
החברה בכפר גלעדי**

משרד המדע
אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, באר-שבע
בנק טפחות בע"מ
מפעלי ים המלח בע"מ
חברת הנפט הלאומית בע"מ
פמ"א בע"מ
גיאופרוסקט בע"מ
מבדקת הגליל
המחלקה למדעי הגיאולוגיה והסביבה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב
מחצבות כפר גלעדי
אלבטרוס צילומי אויר בע"מ

ועד החברה הגיאולוגית הישראלית 1996/1997

יהודה אייל – נשיא
אבי שפירא – סגן הנשיא
יוסי חצור – מרכז הפעולות
שמואל מרקו – גזבר
חגי רון – מזכיר פעולות
דורית סיון – חברה
לאה פלדמן – חברה

דב גינזבורג, מנהל קרן ע"ש ד"ר פ. גרדר ז"ל

החברה הגיאולוגית בישראל מביעה בזה תודה למדריכי הסיורים, והחברים שעזרו בהכנת
מדריך הסיורים וספר התקצירים.

סדר צילום והפקה
דפי לייזר הוצאה לאור בע"מ, ירושלים
טל: 02-6522226 פקס: 02-6522277

מדריך סיורים – תוכן ענינים

יום ה', 17.4.97

- סיור 1 תהליכים ביוגיאוכימיים בכבול החולה המוצף (אגמון)**
1 **וההשפעות על אגן הניקוז של הכנרת**
ד. מרקל, ע. ביין, מ. גופן, ב. לזר
- סיור 2 ארכיאוסייסמולוגיה**
15 **א. קלעת אלצביב (מבצר נמרוד)**
16 **ב. ואדום יעקב (תל עתרת)**
22 **ג. סוסיתא**
31 **ה. אלנבלום, ש. מרקו, א. עגנון, ח. רון**
- סיור 3 ראה פתיחה אנגלית**
- סיור 4 מעוותים בבלום משגב עם – מרגליות בין שבר רום**
33 **לשבר מרגליות**
ח. רון, ג. שמיר, י. אייל
- סיור 5 עדויות לטקטוניקה צעירה בחוף הגליל**
47 **ד. סיון, ג. גבירצמן**



סיור מס' 1:

תהליכים ביוגיאוכימיים בכבול החולה המוצף (אגמון) וההשפעות על אגן הניקוז של הכנרת

דורון מרקל,^{1,2} עמוס ביין,² משה גופן,³ בועז לזר¹ ואיתן
שש¹

1. המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית בירושלים,

ירושלים 91904

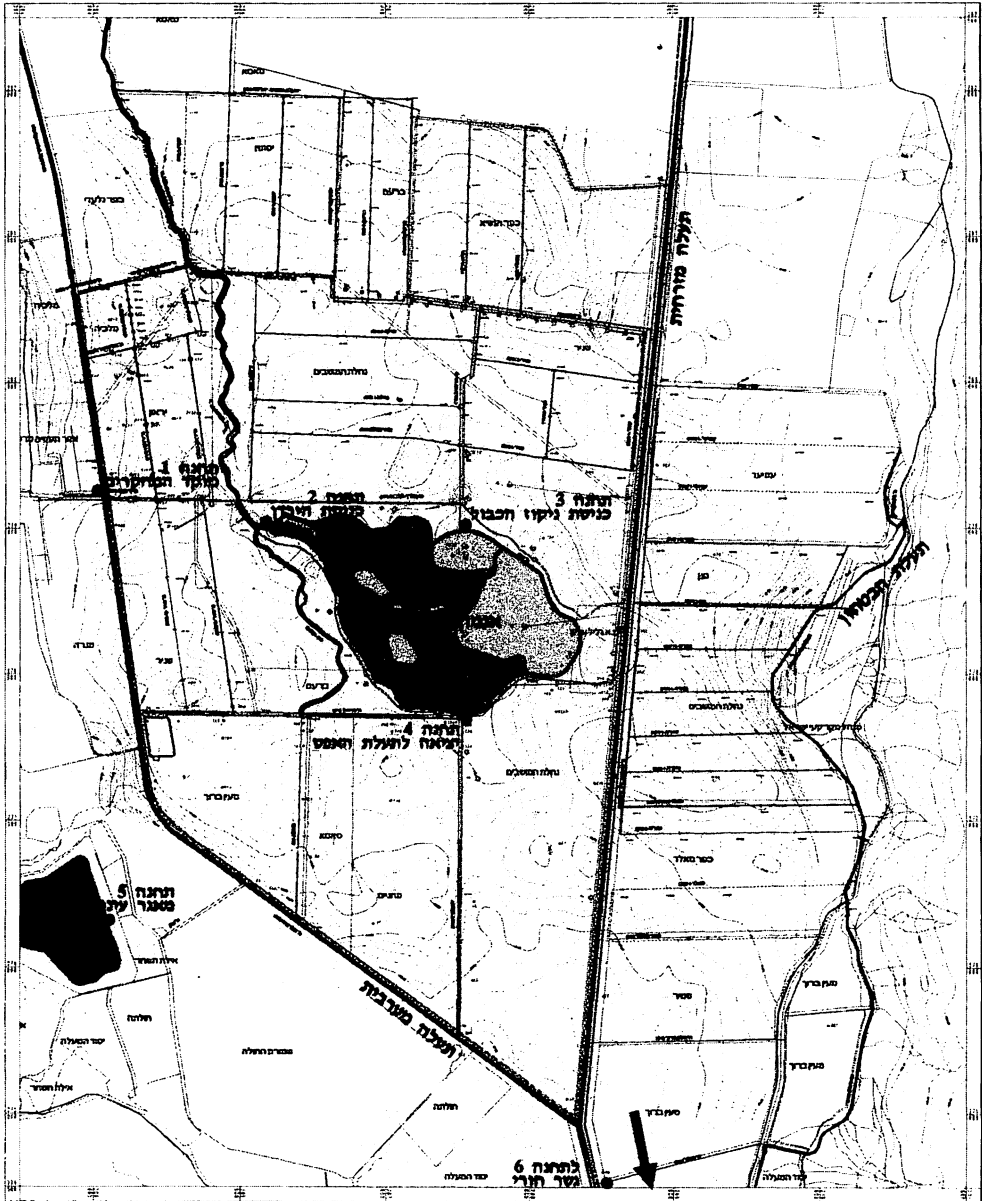
2. המכון הגיאולוגי הישראלי, מלכי ישראל 30, ירושלים 95501

3. המעבדה לחקר הכנרת, ת.ד. 345, טבריה 14102

מבוא

פרויקט הצפת החולה נועד לפתור את בעיית קרקעות הכבול באגן החולה ואיכות המים המתנקזים לכנרת. מפלס הקרקע שנחשפה עם השלמת ייבוש אגם וביצת החולה בשנים 1952-1958, ירד בהתמדה בעיקר כתוצאה מחמצון החומר האורגני, אבדן המרקם וסילוק סדימנט דק בסופות אבק. כתוצאה מכך, הוצף האזור בחורף וסבל משריפות תת-קרקעיות בקיץ (Shoham and Levin, 1968) בנוסף לכך, החמצון המהיר של הכבול החשוף גרם לשטיפה מתמדת של כ-2000-1000 טון חנקן ניטראטי לשנה ממקור כבולי לכנרת, המהווה בסיס ניקוז לבקעת החולה (Avnimelech et al., 1977; הרפז, 1972). בשל בעיות אלו בוצעה באפריל 1994 הצפה של שטח קטן (כ-1.1 km²) אשר יצרה אגם קטן ורדוד (איור 1) להלן: "אגמון". אגם זה משמש בסיס ניקוז לשטחי הכבול שמצפון לו (כ-10 km² - איור 1) וחשוב לציין כי אין כל דמיון סדימנטולוגי או גיאוכימי לאגם החולה ההיסטורי. במקביל, הוחלט על פיתוח של אזורי ספארי ותיירות בשטח הפרויקט תוך מעקב מתמיד אחר איכות המים החיונית למערכת האקולוגית ולשמירת הפוטנציאל התיירותי (שחם, 1994).

בתחום האגמון עובר קו המגע בין קרקע של כבול וכבול שרוף מצפון (שני שלישים משטח האגם), לבין קרקע אגמית חווארית מדרום, אשר נחשפה עקב חפירת האגם לעומק של 1 מ'. הסדימנט הכבולי, בעובי של 4-6 מ', מונח על גבי חוואר וקירטון אגמי (ביין, 1967). בחלקו הצפוני והמרכזי של האגם לא התפתחה צמחייה למעט איים בודדים של קנה (*Phragmites australis*) ונהרונית (*Potamogeton nodosus*).



איור 1.

לעומת זאת, בחלקו הדרומי של האגם התפתחה צמחיית סוף (*Typha domingensis*) וניידה (*Najas delilei*) ובה מקננת מושבת אנפות. הצפת הכבול בחולה יצרה, אם כן, סביבה ביצתית (wetland) עשירה ומגוונת, אשר מוגדרת כ-Freshwater Marsh על פי ההגדרה האמריקאית והאירופאית (Mitch and Gosselink, 1993). בעשור האחרון גברה ההתענינות המדעית בסביבות אלו (Wetlands), בשל חשיבותן הסביבתית ותפקודן כווסת לריכוז CO_2 אטמוספירי, כ"כליות" של הסביבה המורידות את רמת הנוטריאנטים וכ"סופרמרקט ביולוגי" עם עושר מינים של פאונה ופלורה.

הרקורד הגיאולוגי של החולה נחקר על סמך קידוחים שונים (Picard, 1952; Brenner et al., 1973; Agron and Fleisher, 1976; Horowitz, 1973; Cowgill, 1969, 1978) בהם זוהו ארבעה אופקי כבול כאשר ביניהם שכבות של חוואר וקירטון אגמיים. הכבול העליון הינו שכבה בעובי 4-8 מ', והוא מאופיין בריכוז גבוה של גופרית (2-4%), וריכוזי ברזל ומנגן גבוהים ($MnO_2 = 300-2000$ ppm, $Fe_2O_3 = 8-23\%$) (Hutchinson and Cowgill, 1973, Agron and Fleisher, 1976). הצומח המזדקר העיקרי בחולה ההיסטורית היה גומא פפירוס (*Cyperus papyrus*) שהגיע לאזור רק לפני 5000 שנה (Bein and Horowitz, 1986). צמחים נפוצים אחרים היו קנה מצוי (*Phragmites australis*), אגמון האגם (*Scripus lacustris*) וסוף מצוי (*Typha domingensis*) (Dimentman et al., 1992).

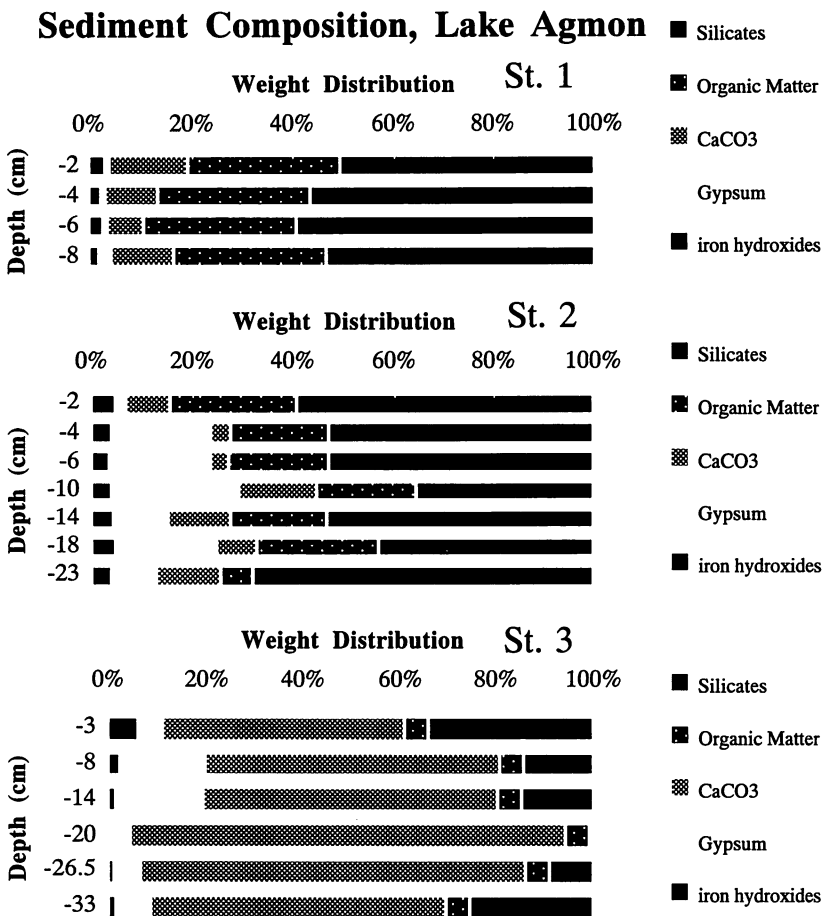
במשך 40 השנים שעברו מאז יבוש החולה הצטבר בכבול גבס משני, בשל חמצון גופרית אורגנית לסולפאט ותגובה עם קלציט. מהמחקר הנוכחי עולה כי ריכוז הגבס בכבול שבשטח האגם ובשטחים הנמצאים מצפון לו הינו גבוה ומגיע במקומות לכמה אחוזים. משום כך, יש למערכת הסדימנט-מים באגם החולה החדש זמינות גבוהה לסולפאט המוגבלת במסיסות גבס (מרקל וחובי, 1995, 1996), וכן זמינות גבוהה לברזל ומנגן הנובעים מריכוזים גבוהים של תחמוצות מתכתיות בכבול השרוף. ייחודו הגיאוכימי של אגם החולה החדש נעוץ, אם כן, בעובדת היותו אגם מתוק בעל ריכוזי סולפאט גבוהים המוגבלים על ידי רוויה לגבס, וכן ריכוזי ברזל ומנגן גבוהים המוגבלים במסיסות תחמוצותיהם.

הרכב הסדימנט של האגמון

איור 2 מציג את ההרכב הכימי של הסדימנט בתחנות השונות של האגמון, כאשר תחנה 1 מייצגת את החלק הצפוני, תחנה 2 את החלק המרכזי ותחנה 3 את חלקו הדרומי. מאיור זה עולה כי חלקיו הצפוני והמרכזי של האגמון מונחים מעל כבול, בעוד שחלקו הדרומי מונח על סדימנט חווארי אגמי. ההרכב הכימי של הסדימנט בשני חלקים אלו שונה. ריכוז החומר האורגני בחלק הכבולי נע בין 20% ל-30% ובחלק החווארי 4%, ריכוז $CaCO_3$ בחלק הכבולי נע בין 10% ל-20% ובחלק החווארי בין 50% ל-90%. ריכוז הברזל הזמין בחלק הכבולי נע בין 3% ל-4% ובחלק החווארי אינו עולה על 1.5%. הבדלים אלו בין שני חלקיו השונים של האגמון גורם להבדלים בצמחייה האקווטית שהתפתחה בהם ולהבדלים בתהליכים הביוגיאוכימיים בין הסדימנט לגוף המים.

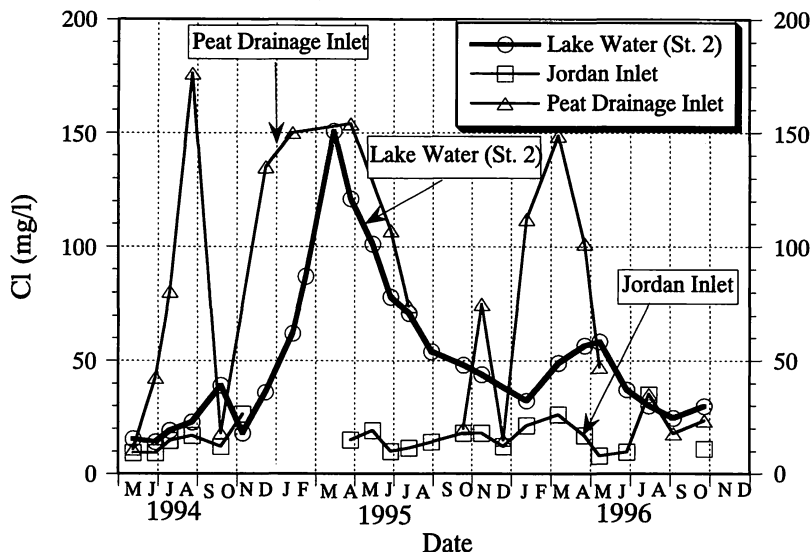
שינויים בהרכב הכימי של המים מאז ההצפה

ריכוזי הכלור והסולפאט בתחנה 2 (מרכז האגמון), בכניסת הירדן ובכניסת ניקוז הכבול מוצגים באיורים 3 ו-4. ניתן לראות כי מי האגמון הינם ערבוב של מי ירדן ומי ניקוז כבול כאשר הגורם העיקרי לאיכותם הינו יחס ההזרמה בין מי ירדן ומי הניקוז. יחס זה מגיע בקיץ לכמעט 100% מי ירדן ויורד בחורף ל-20-50%. גורם חשוב נוסף הינו זמן השהות של המים באגמון (הנע בין חודשיים בקיץ לשבועיים עד שלושה שבועות בחורף). חשיבותו של גורם זה גבוהה במיוחד לאור העובדה כי קיים שטף רציף (דיפוזיבי ואדבקטיבי) של חומרים שונים (בעיקר תוצרי פרוק אנארובי של כבול) מהסדימנט לעמודת המים. כך למשל בחודש מרץ 1995 נסגרו



איור 2: ההרכב הכימי של הסדימנט באגם אגמון. תחנה 1 מייצגת את החלק הצפוני, תחנה 2 את החלק המרכזי ותחנה 3 את החלק הדרומי.

Cl Concentration in Lake Agmon and its Sources May 1994 - Oct 1996



איור 3: ריכוזי כלור באגמון ובמקורותיו העיקריים מי הירדן ומי ניקוז הכבול, בשנים 1994-1996.

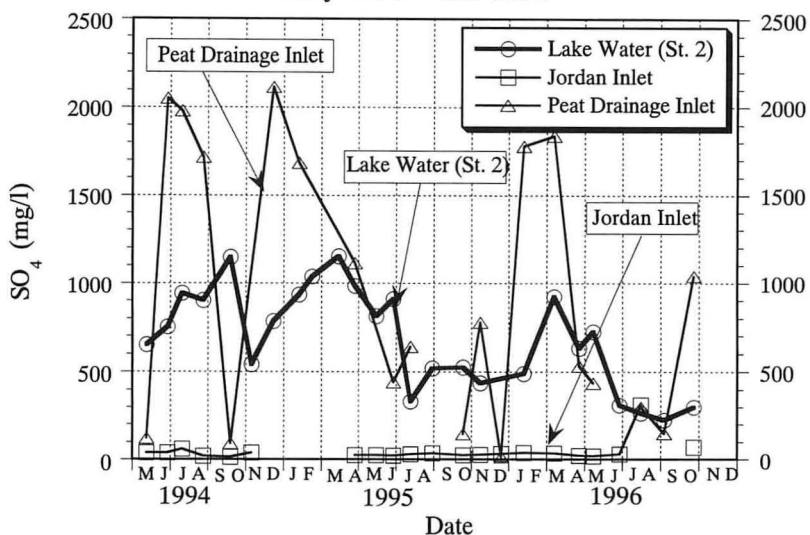
כל הכניסות והיציאות העיליות של האגמון מסיבות טכניות. למרות האידוי של כ- 5 מ"מ ביום, לא ירד מפלס האגמון, ומכאן שהתקיימה זרימה אדבקטיבית של 5 ליטר למ2 ביום. ריכוז הכלור עלה עקב כך ב-65 מג"ל וריכוז הסולפאט ב-115 מג"ל במשך 33 יום, כלומר שטף של 2 ג' כלור למי ליום ו-3.5 ג' סולפאט למי ליום. שטפים אלו גבוהים בהרבה מהשטפים הדיפוזיביים שהוערכו בעזרת פרופיל מים אינטרסטיציאליים (איור 7), ומעידים על כך שהשטפים בין הסדימנט למים באגמון נשלטים בעיקר על ידי אדבקציה. גם היחס המולרי Na/Cl באגמון (איור 5) מעיד על חדירת מי כבול מהקרקעית. היחס במי ירדן הינו 1.1, היחס במי כבול הינו 0.4 ואילו היחס באגמון היה 1.1 ב-1994 והתייצב על 0.6 מתחילת 1995. יחס זה נשמר כל השנה, גם כאשר רק מי ירדן מוזרמים לאגמון. מגמת הירידה בריכוזי הכלור והסולפאט מ-1995 ל-1996 נובעת, ככל הנראה, מיחס הזרמה גבוה יותר של מי ירדן לעומת מי ניקוז כבול, ולא משינוי בקצבי התהליכים הגיאוכימיים.

תהליכים ביוגיאוכימיים במערכת מים-סדימנט של האגמון

התהליכים הביוגיאוכימיים העיקריים המתרחשים באגמון מאז ההצפה מוצגים באופן סכימתי באיור 8. מי ניקוז הכבול מכניסים לגוף המים סידן וסולפאט שמקורם בהמסה של גבס, וניטראט, בי-קרבונואט, פוספאט, ברזל וחומצות הומיות שמקורם בפרוק חומר אורגני בכבול. מים אלו מתערבבים באגמון עם מי ירדן כך שריכוזם של רוב המרכיבים הללו נקבע על ידי יחס המיחול של מי הניקוז במי הירדן.

SO₄ Concentration in Lake Agmon and its Sources

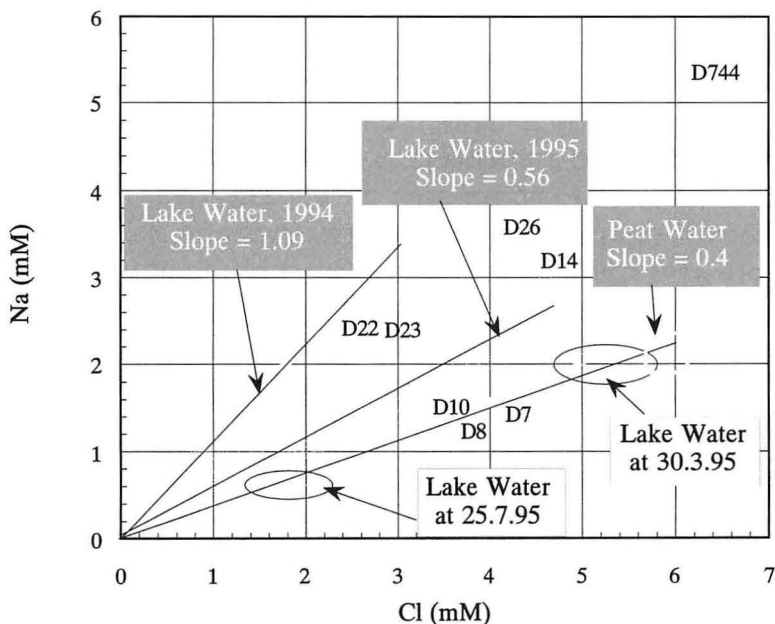
May 1994 - Oct 1996



איור 4: ריכוזי סולפאט באגמון ובמקורותיו העיקריים מי הירדן ומי ניקוז הכבול, בשנים 1994 - 1996.

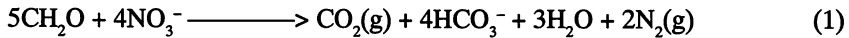
Na Vs. Cl in the New Hula Lake and Peat Water

May 1994 - December 1995



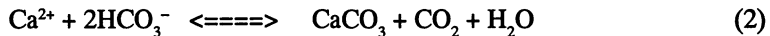
איור 5: ריכוז מולרי של נתרן (Na) באגמון, כפונקציה של ריכוז מולרי של כלור (Cl) בשנים 1994-1995.

ריכוז הניטראט יורד ככל שנעים דרומה עם זרימת המים. הסיבה לכך היא תהליך דה-ניטריפיקציה המתרחש בסדימנט המחוזר בו נצרך הניטראט ומשתחרר חנקן גזי לאטמוספירה:

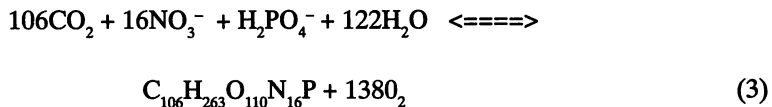


תהליך הדה-ניטריפיקציה יכול לסלק כמויות משמעותיות של ניטראט במידה וזמן השהות של המים גדול דיו. באגמון הוערך קצבו של התהליך בעזרת השינוי בריכוזי הניטראט ל- $2000\text{--}3000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$, כלומר 30-40 ק"ג חנקן ניטראטי ליום הנצרכים באגמון כולו או 10-15 טון לשנה. היחס המולרי Ca/SO_4 באגמון עומד על ערך קרוב ליחידה (איור 6) ומעיד, ללא ספק, על המסה של גבס כתהליך עיקרי הקובע את רמת הסולפאט בגוף המים. פרופיל הסולפאט במים האינטרסטיציאליים (איור 7) מעיד כי עדיין קיים גבס בסדימנט הכבולי, וחישוב מסדר ראשון מראה כי בצורת התפעול הנוכחית ידרשו כ-200 עד 300 שנה לסילוק כל הגבס ששקע בכבול במשך 40 שנות הייבוש.

היחס המולרי Alk/Cl מעיד על השקעת קלציט אותיגני באגמון לפי:

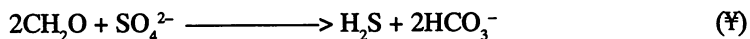


ההשקעה מתרחשת בעיקר בקיץ והגיעה לקצב השקעת קלציט של 17mmol ליום בקיץ 1995 ו-36mmol ליום בקיץ 1996. השקעת הקלציט קשורה לפעילות הפוטוסינתטית הגבוהה בקיץ בשל צריכת CO_2 לפוטוסינתזה, המובאת כאן בסטוכיומטריה של פרוטופלסמה אקוויטית טיפוסית (Redfield):

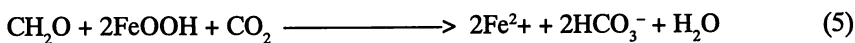


ההבדל בין השקעת הקלציט ב-1995 ו-1996 נובע מהתפתחות אצות חוטיות בכמות גבוהה יותר ולאורך זמן ארוך יותר בקיץ 1996.

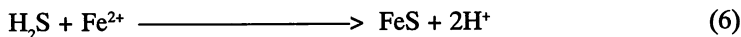
חיזור סולפאט מתרחש ככל הנראה בסדימנטים של האגמון. הסטייה הקלה של חלק מהדוגמאות למחצית השמאלית העליונה של הגרף באיור 5 מצביעה על עודף סידן על סולפאט, היכול להגרם מחיזור סולפאט בסדימנט (Markel et al., 1996) לפי:



הפרופיל של הברזל הדו-ערכי (Ferrous iron) במים האינטרסטיציאליים של הסדימנט הכבולי בתחנה 2 (איור 7) מעיד על חיזור תחמוצת ברזל:



משום כך, הסולפיד הנוצר בסדימנט הכבולי אינו משתחרר לגוף המים, אלא מגיב עם הברזל המחזור ליצירת FeS יציב למחצה:

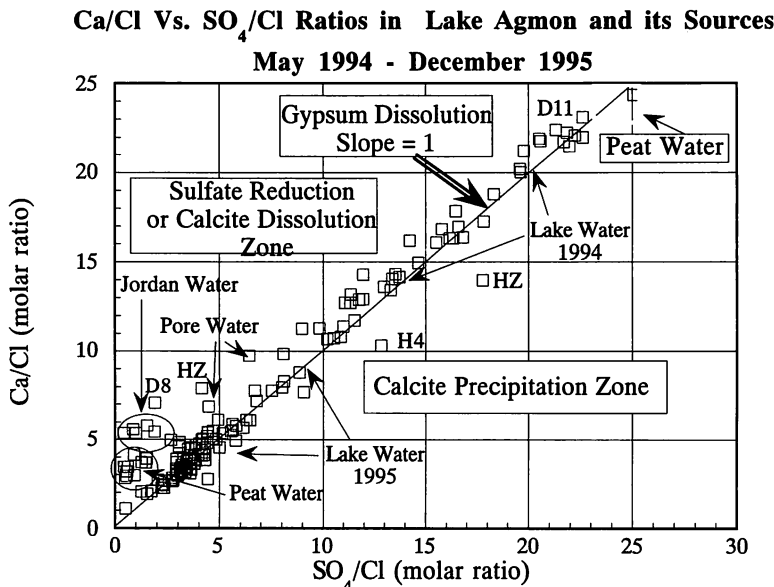


לעומת זאת, בסדימנט החווארי בחלקו הדרומי של האגמון יש ריכוז נמוך של ברזל זמין. משום כך ייתכן שבקִיץ, כאשר יורד פוטנציאל החימצון-חיזור (redox) באגמון כולו ורמת חיזור הסולפאט עולה, קיים מחסור בברזל דו-ערכי בסדימנט החווארי וסולפיד משתחרר אל חלקו העליון של הסדימנט. אם אכן תהליך זה מתקיים, ייתכן והוא מהווה סיבה לתמותת הסוף שנצפתה בחלקו הדרומי של האגמון מאז ספטמבר 1996.

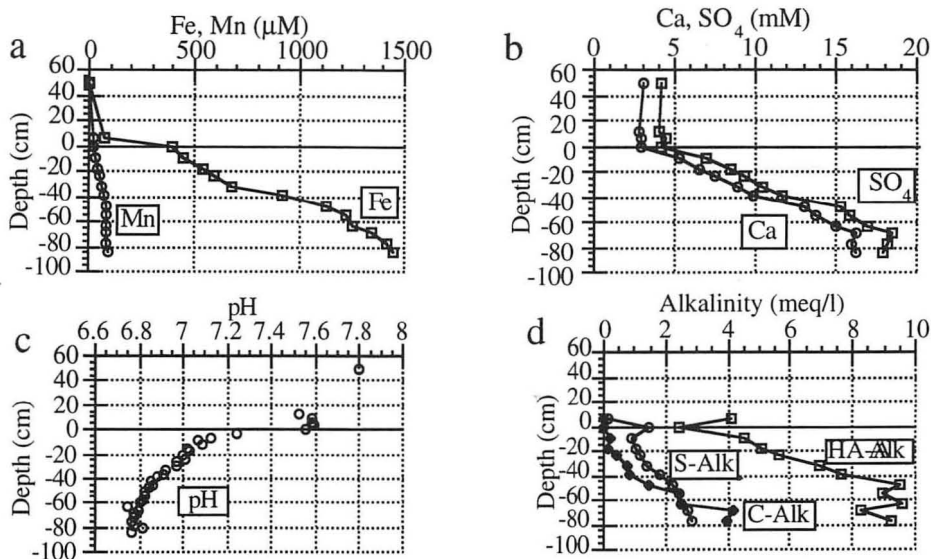
תחנות הסיור:

תחנה 1: מוקד המחקרים - פרויקט החולה (נ.צ. 2793/2050)

מוקד המחקרים הוקם בסוף 1994, כחצי שנה לאחר ההצפה, על מנת לרכז את המערכות הלוגיסטיות במחקרים השונים של הפרויקט. המחקרים, הממומנים על ידי הקרן הקיימת לישראל, נחלקים ל-3: מחקרי המים, מחקרי חקלאות ומחקרי

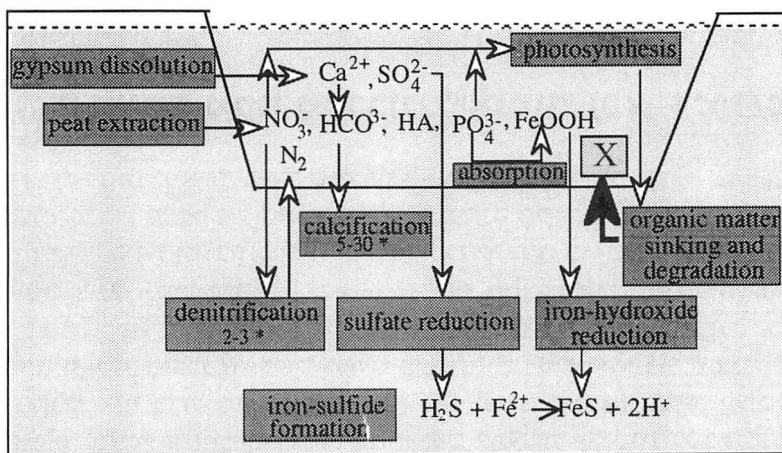


איור 6: היחס Ca/Cl כנגד היחס SO₄/Cl באגמון בשנים 1994 - 1995.



איור 7: פרופיל כימי של המים האינטרסטיציאליים בתחנה 2 של האגמון, בנובמבר 1996. תוצאות של דוגם תאי דיאליזה (MLS). a: ריכוזי ברזל דו-ערכי ומנגן דו-ערכי עולים עם העומק. b: ריכוזי סידן וסולפאט עולים עם העומק. c: pH יורד עם העומק. d: ריכוזי אלקליניות קרבונאטית, סולפידית ואורגנית עולים עם העומק.

Main biogeochemical processes at the Agmon Wetland



X = Humic Acids, N_2 , CO_2 , Fe^{2+} , Mn^{2+} , H_2S , PO_4^{3-}

* = $mmol/m^2/day$

איור 8: המחזורים הביוגיאוכימיים העיקריים במערכת של האגמון. הקצבים הנתונים הינם ב- $mmol/m^2/day$ ו-X מייצג את סך החומרים המשתחררים מהסדימנט לגוף המים.

ספארי. מתאם המחקרים הינו פרופ' משה גופן ורכזי מחקרי המים הינם ד"ר תמר זוהרי וד"ר דייב המברייט.

בתחנה זו נפגוש את מר עזרא יסעור, מנהל מוקד המחקרים ואחראי על תפעול לוגיסטי של פרויקט החולה. עזרא יסעור בקצרה את המערך הלוגיסטי של הפרויקט.

ליד מוקד המחקרים נמצא קידוח ישן המגיע לעומק של כמה עשרות מטרים. מי התהום בקידוח מבעבעים כל הזמן בשל פליטת גז מתאן (CH_4) המשתחרר מהכבול כתוצאה מפעילות בקטריאלית (מתאנוגנזה) המתרחשת בכבול העמוק, ומופק ממספר קידוחים על ידי חברת "אבג'ק".

תחנה 2: המעגנה של אגם "אגמון" (נ.צ. 2792/2063)

כ-100 מ' מזרחית למוקד המחקרים נעבור מעל התעלה המערבית, המעבירה כיום מי ביוב ושפכי בריכות דגים לשפעול במאגר עינין. נמשיך מזרחה כק"מ אחד ונגיע למעגנה, הנמצאת בפניה הצפון-מערבית של האגמון. כאן נצפה בחלקו הצפוני של האגמון ובכניסה של תעלת הירדן המשוחזר אליו. מי הירדן מוזרמים לשטחי הכבול ולאגמון בתעלה שנחפרה על תוואי הירדן ההיסטורי מסכר כפר בלום. מים אלו מאופיינים ב-pH גבוה יחסית (7.8-8.2), תכולת חמצן גבוהה ומוליכות נמוכה ($350-450 \mu S$).

במידה והדבר יתאפשר, נבצע שייט קצר בסירת המחקר לאחת מתחנות הדגימה באגם, נדגים את שיטת הדיוגום ומדידת פרמטרים ביוגיאוכימיים כמו חמצן, pH, טמפ', מוליכות ו-redox.

תחנה 3: כניסת ניקוז מי כבול ל"אגמון" (נ.צ. 2790/2074)

ניסע מזרחה כ-ק"מ אחד בדרך שמצפון לאגם, ונגיע לכניסת תעלה 101 המנקזת את שטחי הכבול מצפון אל האגם. תעלה זו מהווה מקור מים משני לאגמון כאשר איכות המים בה נעה בין איכות מי ירדן בקיץ ועד מי כבול בחורף. מי כבול מאופיינים ב-pH נמוך יחסית (6.5-7.0), תכולת חמצן נמוכה, מוליכות גבוהה מ- $2000 \mu S$ בשל ריכוזים גבוהים של גופרית, סידן, חומצות הומיות, ברזל ובי-קרבונאט. לתעלה זו תפקוד הידרולוגי כפול: מפלס מי התהום בשטחי הכבול שמצפון לאגמון עולה בחורף, ומי כבול מתנקזים לתעלה 101 ומשם לאגמון. בקיץ, לעומת זאת, יורד מפלס מי התהום ומים מהירדן מוזרמים לתעלות על מנת לשמור על מפלס גבוה. במצב זה, כמעט ואין זרימה מתעלה 101 לאגמון, ולעיתים מתקיימת זרימה הפוכה מהאגמון לתעלה 101 ולשטחי הכבול. מערכת זו מאפשרת שמירה על מפלס מי תהום יציב בעומק של 60-100 ס"מ מתחת לפני הקרקע, ולכן מהווה גורם עיקרי בטיוב הקרקעות החקלאיות הכבוליות שמצפון לשטחי ההצפה.

ממזרח לתעלה 101 נמצא אזור כבולי בן כ-500 דונם, הגובל באגמון מדרום וממערב,

ובתעלת שייט עמוקה מצפון וממזרח. תעלת השייט מפרידה את האזור לשני איים. על פי תוכנית הפרויקט אמורים איים אלו לשמש כספארי ללא גדרות. כיום נמצאים על האי המערבי והקטן מבין השניים סוסים וסוסי פוני כניסיון. במרכז של אי זה נמצא קידוח ישן (נ.צ. 2789/2074). מים מבעבעים מהקידוח וגורמים לשיקוע של טרוורטין, עם הופעה של אובוליטים בצבע ירקרק. קידוח זה מהווה הוכחה המצטרפת לעדויות רבות על לחץ ארטי של מי התהום במרכז עמק החולה (Neuman and Dassberg, 1977; מרקל וחוב', 1996).

תחנה 4: היציאה מהאגמון לתעלת האפס (נ.צ. 2778/2074)

נמשיך בנסיעה מזרחה עד לתעלה המזרחית המעבירה כיום את רוב מי הירדן מסכר כפר בלום לעבר גשר חורי והירדן ההררי מזרחה. נפנה חזרה מערבה לחופו הדרומי של האגמון ונגיע לנקודת היציאה של מים מהאגמון לתעלת האפס. כ- 10,000 עד 25,000 מ"ק ליום יוצאים מהאגמון לתעלת האפס. על פי התוכנית של פרויקט החולה (שחם, 1994) אמורים מים אלו להישאב למאגר עינן, משם נלקחים המים להשקייה. כך למעשה, מתאפשרת אחת ממטרותיו העיקריות של פרויקט החולה - ניתוק מוחלט של מי ניקוז הכבול מאגן הניקוז של הכנרת.

תחנה זו צופה על חלקו הדרומי של האגמון, בו התפתחה צמחיית סוף (*Typha domingensis*) צפופה שנבט תוך כדי ההצפה, על סדימנט חווארי. באזור זה התפתחה מושבת אנפות (לבנית קטנה, אנפת לילה ואנפת בקר, אנפה ארגמנית, אנפית סוף) אליהם נוספו מגלן וקורמורן גמדי. בספטמבר 1996 החלה תמותה של הסוף אשר הלכה והתחזקה בחורף 1997. עדיין לא ברור האם תמותה זו הינה מחזוריות טבעית של הסוף או תוצאה של מחלה או זיהום. שני חומרים הנוצרים בתהליכי דגרדציה של חומר אורגני בסדימנט ביצתי מחוזר: ברזל דו- ערכי (Fe^{2+}) וסולפיד (H_2S), הינם בעלי פוטנציאל טוקסי לצומח מימי מזדקר. במידה וקצב הייצור של שני חומרים אלו דומה, יש להניח כי הם מנטרלים זה את זה על ידי יצירת צורן יציב למחצה של ברזל-סולפיד. ריכוזי הברזל הזמין בסדימנט החווארי שבחלקו הדרומי של האגמון נמוכים משמעותית מריכוזיו בסדימנט הכבולי בשאר חלקיו. בשל כך ייתכן שבקיץ משתחרר סולפיד חופשי מהסדימנט החווארי ותוקף את השורשים של הצומח המזדקר.

תחנה 5: מאגר עינן (נ.צ. 2765/2046)

מאגר עינן הינו מאגר בנפח של 5.6 מיליון מ"ק אשר הוקם בראשית שנות ה-80 במטרה להפחית את עומסי הביוב ושפכי בריכות דגים המגיעים לכנרת. לשם כך הוקמה מערכת המווסתת את הזרימה בתעלה המערבית כך שביוב קריית-שמונה ושפכי בריכות הדגים של קיבוצי החולה יוזרמו ממאגר קריית שמונה דרך התעלה המערבית למאגר עינן. הביוב משופעל במאגר (בעיקר בחמצון) ומנוצל להשקייה בחודשים מאי עד ספטמבר בעמק החולה, בהרי נפתלי ורמת דלתון. על פי התכנון האופטימלי, בתקופת השטפונות, כאשר בתעלה המערבית עשויים לארום מי ירדן

נקיים, יפתח סכר מלחה המפנה את המים מהתעלה המערבית למאגר עינן, והמים שימשיכו לכנרת יהיו בעלי ריכוז נוטריאנטים נמוך.

לאחר הקמת פרויקט החולה שולב מאגר עינן בתכנון ההידרולוגי כך שאליו יופנו המים היוצאים מהאגמון דרך תעלת האפס, ובכך ינותק כבול החולה מאגן הניקוז של הכנרת. לצורך כך, מוקם בימים אלו מאגר נוסף של 0.5 מליון מ"ק, על מנת לשמש כמאגר תפעולי. החל מהשלמת הקמתו של מאגר זה והנחתו של צינור ביוב ממאגר קריית שמונה למאגר עינן, יזרמו בתעלה המערבית מי ירדן נקיים, וניקוז הכבול יוחזר להשקיה בעמק ובהר, במקום לזרום לכנרת.

תחנה 6: גשר חורי (נ.צ. 2718/2092)

גשר חורי הינו נקודת הדיגום החשובה ביותר לניטור רמת הנוטריאנטים המגיעים מאגן הניקוז הצפוני של הכנרת. בנקודת דיגום זו נמצאים מד ספיקה רציף ודוגם אוטומטי על בסיס שעתי. הניטור והאנליזות מתבצעים על ידי מעבדת השרות של חברת "מקורות" בטבחה, עליה אחראי מר יואל גיימן. מהנתונים של "מקורות" עולות המגמות הרב שנתיות הבאות בריכוז שנתי ממוצע (עומס שנתי מחולק בספיקה השנתית): ירידה רב שנתית נצפתה בחומר מרחף, זרחן כללי וחנקן אורגני, עלייה רב שנתית בזרחן מומס, עלייה עד אמצע שנות ה-80 באמוניה ואחר כך ירידה, ירידה עד אמצע שנות ה-80 בסולפאט ואחר כך עלייה, ואילו בניטראט לא נצפתה מגמה מובהקת. בשל השינויים שנצפו במגוון האצות בכנרת בשלוש השנים האחרונות, הועלה החשד כי הסיבה לשינויים אלו מקורה בשינויים שנעשו באגן הניקוז לצורך פרויקט החולה. למרות זאת, לא נצפו בשנים אלו שינויים בריכוז הנוטריאנטים העיקריים (ניטראט ופוספאט) המועברים מאגן הניקוז לכנרת דרך גשר חורי.

תודות:

העבודה המוצגת כאן הינה חלק מעבודת הדוקטוראט של דורון מרקל במכון למדעי כדור הארץ באוניברסיטה העברית בירושלים ובמכון הגיאולוגי. אנו מודים לקרן הקיימת לישראל ולקרן בלפר אשר מימנו את המחקר, למנהלי ואנשי פרויקט החולה אשר עבדו אתנו בשיתוף פעולה מלא, לעובדי האגף לגיאוכימיה במכון הגיאולוגי אשר עזרו בדגימה ובאנליזות ולאנשי ה-GIS של הקרן הקיימת שהכינו את מפת הסיור.

מקורות:

ביין, ע., 1997. הכבול העליון של בקעת החולה. דו"ח מסכס. המכון הגיאולוגי, מחלקה להידרוגיאולוגיה.

הרפז, ע., 1972. מניעת זיהום הכנרת, דרישות מנהליות. אגם הכנרת ואגן הניקוז שלו: רקע והמלצות. ירושלים, הוועדה הלאומית הישראלית לביוספירה וסביבה, עמ' 63-69.

מרקל, ד., ע., ביין, א., שש וב, לזר, 1995. הגיאוכימיה של אגם החולה החדש. דו"ח

מסכם 1994. המכון הגיאולוגי, TR-GSI/9/95, 23 עמ'.
מרקל, ד., ע., בייך, א., שש ובי, לזר, 1996. תהליכים ביוגיאוכימיים באגם החולה
החדש והשפעותיהם על איכות המים. דו"ח מסכם 1995. המכון הגיאולוגי,
GSI/19/96, 38 עמ'.
שחם, ג., 1994. פרויקט החולה - דינמיקה של התערבות האדם בטבע. אקולוגיה
וסביבה, 1-4: 221-228.

- Agron, N. and Fleisher, E., 1976. Quality and distribution of peat in the Hula Valley. Report No. Hydro/1/76, Geological Survey of Israel.
- Avnimelech, Y., Dasberg, S., Harpaz, A. and Levin, I., 1977. Prevention of nitrate leakage from the Hula Basin, Israel: A case study in watershed management. *Soil Science*, 125 / 4: 233-239.
- Bein, A. and Horowitz, A., 1986. Papyrus - a historic newcomer to the Hula Valley, Israel? *Rev. Palaeobot. Palinol.*, 47: 89-95.
- Brenner, S., Ikan, R., Agron, N. A. and Nissenbaum, A., 1978. Hula valley peat: Review of chemical and geochemical aspects. *Soil Science*, 125 / 4: 226-232.
- Cowgill, V.M., 1969. The waters of Merom: A study of Lake Huleh. 1. Introduction and general stratigraphy of a 54 m core. *Arch. Hydrobiol.*, 66: 49-272.
- Cowgill, V.M., 1973. The waters of Merom: A study of Lake Huleh. 2. The mineralogy of a 54 m core. *Arch. Hydrobiol.*, 71: 421-474.
- Dimentman, Ch., Bromeley, H. J. and Por, F. D., 1992. *Lake Hula, Reconstruction of the Fauna and Hydrobiology of a Lost Lake*. Jerusalem, The Israel Academy of Sciences and Humanities, 170 pp.
- Horowitz, A., 1973. Development of the Hula basin, Israel. *Israel J. of Earth Sci.*, Vol. 22, p. 107-139.
- Hutchinson, G. E. and Cowgill, U., 1973. The water of Merom: A study of Lake Huleh. III. The major chemical constituents of 54 m core. *Arch. Hydrobiol.* 72(2): 145-185.
- Markel D., A. Bein, B. Lazar and E. Sass, , 1996. Biogeochemical cycles at the reflooded Hula Lake and their implication on its water quality. In: Preservation of our world in the wake of change. Proceedings of the 6th International Conference of the Israeli Society for Ecology and Environmental Quality Sciences, Y. Steinberger (Ed.), 6B: 661.
- Mitch W. J. and Gosselink, J. G., 1993. *Wetlands*, 2nd Ed., Van Nostrand Reinhold, New York, 722 pp.
- Neuman, S. P. and Dasberg S., 1977. Peat Hydrology in the Hula Basin, Israel: II. Subsurface flow regime. *J. of Hydrol.*, 32: 241-256.
- Picard, L., 1952. The Pleistocene peat of Lake Hula. *Bull. Res. Council Israel*. 10: 147-156.
- Shoham, D. and Levin, I., 1968. Subsidence in the reclaimed Hula Swamp area in Israel. *Isr. J. Agric. Res.*, Vol. 18, No. 1, p. 15-18.

סיור 2:

ארכיאוסייסמולוגיה

רוני אלנבלום,¹ שמואל מרקו,² אמוץ עגנון³ וחגי רון⁴

1 המחלקה לגיאוגרפיה, האוניברסיטה העברית

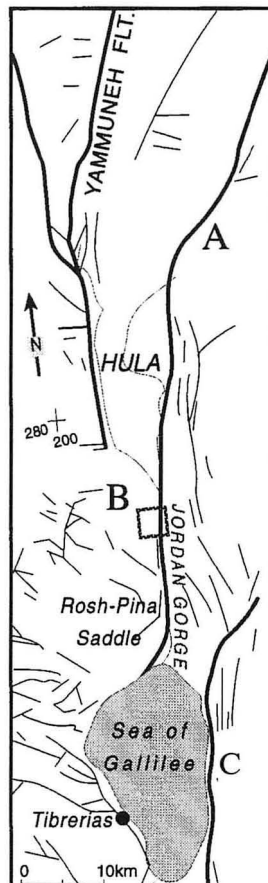
2 המכון הגיאולוגי

3 המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית

4 המכון הגיאופיסי לישראל

הסיור כולל שלושה אתרים ארכיאולוגיים שניזוקו בזמן רעידות אדמה היסטוריות: קלעת אלצביבה (מבצר נמרוד), ואדום יעקוב (תל עתרת), וסוסיתא (ציור 1).

Figure 1:
Regional Fault map
and damaged sites:
A. Nimrod's Castle
[Qal'at Subayba]
B. Tel Ateret
[Vadum Jacob]
C. Susita



חלק א': קלעת אלצביבה (מבצר נמרוד)

ההיסטוריה של המבצר:

קלעת אלצביבה הוקמה על ידי השליט האיובי של הבניאס אלמלכ אלעזיז עת'מאן בשנת 1227/8. אלעזיז עת'מאן, לא היה מן הנסיכים הבולטים והעשירים במשפחת השלטון האיובית שנוסדה על ידי צלאח אלדין וקשה לכן להסביר מדוע דווקא הוא היה זה שבנה את המבצר הענק. נראה שהמבצר הוקם כחלק ממאבקי הכח הפנימיים שפילגו את האימפריה האיובית וכחלק מן המלחמה שניהלו האיובים כנגד הצלבנים בעשורים הראשונים של המאה השלוש עשרה.

בשנות העשרים של המאה ה-13 היתה האימפריה האיובית מפולגת בין שתי קואליציות: בראש קואליציה אחת עמד שליט דמשק אלמלכ אלמעט'ים ובראש הקואליציה השנייה ניצב שליט מצרים, אלמלכ אלכאמל. אלכאמל כרת ברית עם הקיסר הגרמני פרידריך השני (שהחזיק גם בכתר המלוכות של ירושלים) כנגד שליט דמשק ובמסגרת הברית הוא היה מוכן להעניק לו את השליטה בירושלים.

האיום של מסע צלב גרמני גדול, בפיקוד הקיסר, איים על הלבאנט במשך 10 שנים כמעט, אך בכל הזמן הזה לא מומש האיום. עד שנת 1227 יכולים היו שליטי דמשק ובעלי בריתם להתעלם מן הסכנה שהיתה גלומה במסע צבאי של החזק שבמלכי אירופה.

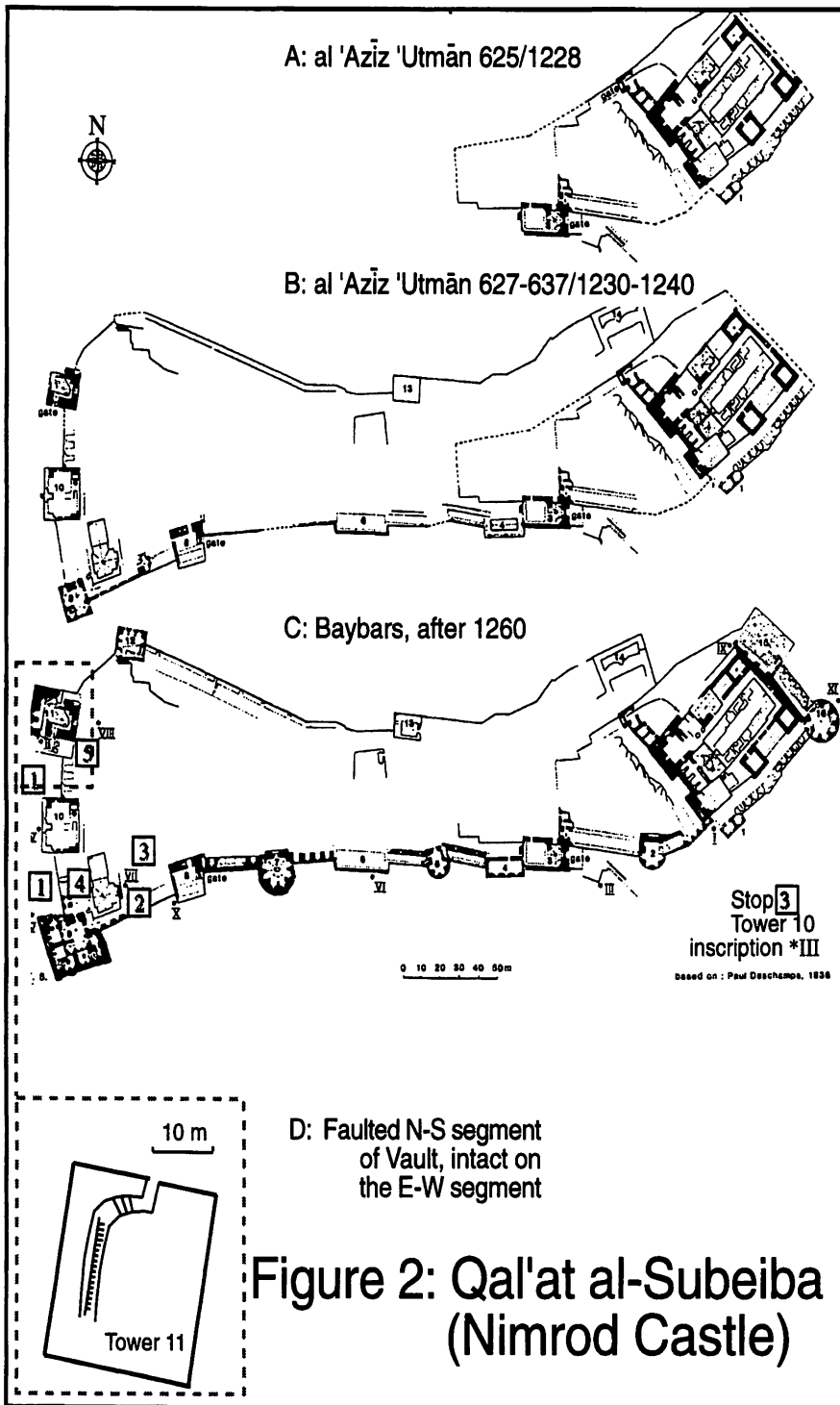
בשנת 1227 הגיעו כוחות החלוץ הגרמניים לארץ. הם החלו מייד בביצור המחודש של קיסריה וצידון, בהקמת המבצר הגדול במונפורט ובהכנות לביצור יפו. שליט דמשק נקט בשיטת האדמה החרוכה שבה החל שנים רבות קודם לכן והשלים את הריסת המבצרים הצלבניים שהיו כבושים בידי, לבל יפלו בידי הצלבנים. נראה, עם זאת, שאלמעט'ים לא הסתפק בכך והחל להקים מבצר גדול וחדש שיחצוץ בין הצלבנים בעכו ובמונפורט ובין דמשק. שליט הבניאס הופקד ככל הנראה על מלאכת הבנייה, וכשמת אלמעט'ים בשנת 1228, בעצם ההכנות למלחמה, הנציח שליט הבניאס את עצמו על כתובות ההקמה.

קלעת צביבה השלב הראשון:

על פי הניתוח שלנו הוקם בשלב הראשון רק חלקו המזרחי של המבצר ועל פינת המגדל הוצבה כתובת ההקמה המתייחסת לתאריך השלמתו שנת 1228 (צ'יור 2A).

על הפינה החיצונית של מגדל העוז התגלתה ופוענחה הכתובת הקדומה ביותר שהתגלתה עד כה במבצר והיא המתארכת לדעתנו את גילו של מגדל העוז:

**בשם אללה הרחמן והרחום הורה על בניית הבאשורה המבורכת הזאת,
אדונו הסולטאן אלמלכ אלעזיז עמאד**



**אלדין, חרב האסלאם, אח הנסיכים, שמש הסולטאנים, אבו אלפאתח ע'תמאן
אבן אל מלכ
אלעאדל, המסייע למנהיג המאמינים לזכות בחסד אללה ולהשיג בעבורו את
הסיוע בשנת 625 להג'רה.**

קלעת אלצביבה שלב שני:

ההסכם עם המצרים אכן התממש, פרידריך השני הגיע לארץ, קיבל את השליטה בירושלים המחולקת (המקומות הקדושים לאסלאם נותרו בשליטה מוסלמית) אך זכה להתנגדות נמרצת מן האצולה הצלבנית המקומית. שנה מאוחר יותר, בשנת 1229, עזב פרידריך השני את הארץ במפח נפש ולא שב אליה עד יום מותו. רק אז, לאחר עזיבת פרידריך השני ומותו של אלמעט'ים יכול היה אלמלכ אלעזיז להתפנות ולהשלים את המבצר החדש. ההרחבה כלל את החלק המערבי והפכה את המבצר לאחד הגדולים בכל הלבאנט כולו.

מן השלב השני גילינו כתובות אחדות המתארכות כמעט כל אחד מן המגדלים.

בכתובת מס' 2 למשל, המצוייה בפתח המערבי של מגדל מס' 11 נאמר:

**בשם אללה הרחמן והרחום. ציווה על שיפוץ מבצר הגבול המבוצר הזה, המשרת
הטועה והחוטא**

**הראוי לרחמי אללה, ע'תמאן בן אדוננו, הסולטאן הגדול, אלמלכ אלע'דיל, המלומד
עושה המעשים הטובים, הלוחם הקדוש, המגן על הגבול, הפושט, המרטיר, אבו
בכר בן איוב, יכסה אותו אללה ברחמי**

**תחילת העבודות על המגדל המבורך הזה היו בחודש רביע א', שנת 627 (פברואר-
מרס 1230) על ההקמה פיקח המשרת הראוי (לרחמי אללה), אבובכר בן
נצרלאה בן אבו דראקה אל חמדהאני אל עזיז.**

כתובות נוספות שנמצאו סמוך למגדלים אחרים מתייחסות לאותה שנה עצמה, רק לחדשים אחרים.

בנו של אלעזיז עת'מאן המשיך בעבודות ואף בנה את מאגר המים הגדול המצוי מדרום מזרח לשער הכניסה. באותה תקופה, שנת 40-1239, הגיע לארץ מסע צלב מרשים נוסף שאיים למעשה על דמשק וייתכן וניתן לייחס את פעולות ההרחבה לאיום הזה. אז נזכר גם המבצר הזה לראשונה בתיאורים לטיניים בני התקופה. [Huygens, lines 29-43].

קלעת אלצביבה שלב ג':

בעקבות הפלישה המונגולית לסוריה ולארץ ישראל בשנת 1260 כבשו המונגולים והרסו מבצרים שונים בארץ. הכרוניסט המוסלמי אבו שאמה כותב כי: **בג'מאדא ב'**

658 (יוני-יולי 1260) הגיע מידע לדמשק על הריסת מצודות אלסלת, עגילון, צרחד, בצרה ואלצביבה. (אבו שאמה, עמ' 206, אליוניני, א', 368)

באותה שנה הצליח המצביא הממלוכי ביברס להביס את המונגולים בקרב עין גילות ובעקבותיו החל לבצר מחדש את מבצרי ארץ ישראל וסוריה. בין השאר שיקם ביברס את חומות אלצביבה ולמעשה בנה אותו מחדש (אליוניני, ג', עמ' 259-60).

עדות למפעלו של ביברס מצוייה בכתובת מונומנטלית מנופצת, המוטלת בתוך המבצר סמוך לפתח הכניסה למגדל 11 (ציור 2c). השיפוצים שערך ביברס מצטיינים בשיטת בנייה מתוחכמת וביצוע מושלם, שאינם מוכרים בשום מבצר אחר בארץ-ישראל. עיקר התחכום ניכר בקירוי המבנים שנעשו בשיטה שבה מוקמת כיפה, אלא שהנדבכים בכיפה הביברסית הם מרובעים. במגדלים המתומנים נשען הקירוי גם על אומנה מרכזית, דבר ההופך את מלאכת הקירוי למורכבת ומסובכת עוד יותר.

ביברס הוסיף מגדלים אחדים בחלקו הדרומי, הפחות מוגן של המבצר הוסיף מגדל נאה בפינתו הצפון מערבית ועיבה את המגדלים המערביים על ידי הוספת "מעטפת חיצונית".

גרם המדרגות המונומנטאלישל מגדל 11 המוליך לפתח גיחה שבו ניכרות עיקבות התמוטטות נבנה על ידי ביברס בשנות הששים של המאה ה-13.

קלעת אלצביבה שלב ד':

אין ספק שגם הבנייה הביברסית ניזוקה בתקופה מאוחרת יותר ככל הנראה ברעידת אדמה שתאריכה אינו ידוע. נראה שהמבצר שוקם, אך ניטש שוב, והפעם באופן סופי. אינני יכול לקבוע לא את מועד הנטישה ולא את סיבתה. עם זאת נראה שהמבצר נהרס שוב בעטייה של רעידת האדמה ככל הנראה זאת של שנת 1759 מכיוון שאדוארד רובינסון שביקר במקום בשנת 1840 אינו מתייחס לסימני הרס טריים בעוד שהוא מתייחס לסימנים כאלה במבצר צפת שנהרס ברעידת האדמה של שנת 1837 (Robinson and Smith, 1857). ניתן רק לקבוע שהמבצר שימש במשך כל התקופה הממלוכית (עד 1517) וניטש במהלך התקופה העות'מאנית. אין סימנים להרס מכיוון מן התקופות המאוחרות ולא ידוע לי על שום עדות כתובה להרס כזה.

כיווניות של נזק לקשתות וקמרונים:

הקשתות באתר נחלקות לפי כיוון: קשתות מעל מעברים שכיוונם צפון-דרום מראות העתקה נורמלית של אבני ראשה בעוד שבקשתות ניצבות (מעברים בכיוון מזרח-מערב) אין העתקה. בהנחה שהעתקות אלה מתעדות טלטול של הקרקע

נראה שכיוון התנודה העקרי היה מזרח-מערב.

תופעות נוספות של נזק:

מפולות ענק של אבני גזית מקיפות את הגבעה. ניכר שיפוץ של החומה לפי הבדלי סגנון סיתות אבני הבנין. גם המבנים ששרדו מראים נזק מקומי. במקומות רבים רואים ריכוז סדקים בפינות של אבני גזית ועדויות להתזה של מקצועות (חיבורי פאות). אבני גזית בממדים של מטר ויותר סבבו על ציר אנכי במידה ניכרת לעין. תופעה זו בולטת במקומות בהם האבנים הללו עדיין משולבות במבנה ותומכות את הקיר ואף את התקרות.

תחנות הסיור (ציור 2c)

1. **מבט מזרחה מחניון:** מכאן רואים מפולת ענק של אבני בניה. רואים עדויות לשיפוץ החומה על-פי השוני בסגנון הסיתות.
2. **סדק בפניה דרום-מזרחית:** הסדק ניכר בקיר על אף סתימת הפתיחה ע"י מלט בשנים האחרונות.
3. **כתובת VIII:** כתות המתעדת את סיום השלב השני בהרחבת קלעת אלצביבה ע"י בנו שת אלעזיז עתמן. לפי Amitai (1989) הכתובת האיובית מונחת כנראה באתרה.
4. **קשתות ניצבות:** כאן רואים שבקשת המחפה על מעבר צפונה יש העתקה של אבן ראשה בעוד שבשכנתה הניצבת אין העתקה.
5. **גרם המדרגות:** תלות היציבות של קשתות ואבני ראשה מודגמת היטב בגרם המדרגות במגדל 11, המוביל לפתח גיחה בחומה הצפון-מערבית (ציור 2d). גרם מדרגות זה מורכב מקטע עליון שיורד מדרום לצפון ומתחתיו קטע היורד מזרחה. בקטע היורד צפונה, שורת אבני ראשה בקמרון שמעל לגרם המדרגות מועתקת כגראבן; בקטע היורד צפונה אין סימני העתקה. בקשת המחפה על יציאה צפונה מהקטע הזה (שער גיחה בחומה) שוב ניכר נזק לאבני ראשה. בקטע העליון הפגוע (צפון-דרום) ניכר סיבוב של אבני תמיכה בקיר המערבי של הקמרון. נראה שבזמן רעידת אדמה העומס של הקמרון מופחת לסירוגין, דבר המאפשר לגושי אבן גדולים להסתובב.

רשימה ביבליוגרפית

אבו שאמה, כתאב אל רוציתין פי אח'באר אלדולתין, מהדורת אחמד וזיאדה, קהיר 1958.

אליוניני, ד"ל מראת אלזמאן, מהדורת הידראבאד, 1954-61.

- Amitai, R., 1989, 'Notes on the Ayyubid Inscriptions at al-Subayba (Qal'at Nimrud)', *Dumbarton Oaks Papers*, 41, 113–119.
- Clermont-Ganneau, Ch., 1888, *Recueil d'archéologie orientale*. i, , Paris, 241–262.
- Deschamps, P., 1939, *Les châteaux des croisés en Terre Sainte*. ii, *La défense du royaume latin de Jérusalem*. 2 vols. Bibliothèque archéologique et historique, vol. 34. Paris, 144–174.
- Ellenblum, R., 1989, 'Who Built Qal'at al-Subayba', *Dumbarton Oaks Papers*, 41, 103–112.
- Grabois, A., 1970, 'La cité de Baniyas et le château de Subeibeh pendant les croisades', *Cahiers de civilisation médiévale*, 13, 43–62.
- Huygens, R.B.C., 1981, 'De constructione castri Saphet'. *Construction et fonctions d'un château fort franc en Terre Sainte*. Amsterdam, Oxford, New-York [=Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, "Afdeling Letterkunde, Verhandelingen, Nieuwe Reeks, 111].
- Robinson, E. and Smith, E., 1857, *Later Biblical Researches*, I, Boston, 402–4.

חלק ב': ואדום יעקב (תל עתרת):

קריעה והעתקה של מצודה צלבנית ברעידת האדמה של 20/5/1202 ורעידות מאוחרות יותר על טרנספורם ים המלח (DST).

הקדמה

על אף הרישום ההיסטורי של רעידות אדמה רבות והרסניות לאורך טרנספורם ים המלח (לדוגמא, (Amiran et al., 1994), עד לאחרונה לא הוכרו מקרים של שבירת פני השטח או הסטות של מבנים מלאכותיים. הסטות של מבנים מתוארכים נדרשות לשם הבהרת קצב התנועה על הטרנספורם ולהערכת סיכונים סייסימיים. העדות הגיאולוגית הראשונה לשבירת פני שטח לאורך ה-DST התגלתה תוך חפירות ארכיאולוגיות במצודה הצלבנית המונומנטלית ואדום יעקב (תל עתרת) שהחלו ב-1993. החפירות שנוהלו בידי רוני אלנבלום ואדריאן בועז העלו שחומות צלבניות בכיוון מזרח-מערב הוסטו שמאלה 2.1 מ' על העתק בכיוון צפון-דרום. קיר מסגד חדש יותר מוסט כחצי מטר.

על מנת ללמוד את מספר אירועי ההעתקה האחרונים ותזמונם חשפנו את ההעתק בתוך המצודה במקביל לביסוס מיקרו סטרטיגרפיה של משקעים וקרקע בסמוך לחומה הדרומית. החתך מראה שני אירועי תזוזה על ההעתק שחוצה את המצודה. המחקר משלב תצפיות אלה עם מידע היסטורי על בניית המצודה, כיבושה, ורישומים של רעידות אדמה הרסניות. הניתוח מראה שהמצודה בותרה ברעידה של 1202 והועתקה שוב במידה קטנה יותר ב-1759 ו/או 1837.

מצודת ואדום יעקב (תל עתרת)

מצודת ואדום יעקב מתוארכת בדיוק ארכיאולוגי חסר תקדים: אבן הפינה הונחה באוקטובר 1178; המצודה הבלתי גמורה נכבשה ונהרסה בידי כוחות סאלח-א-דין כעבור 11 חודשים, ב-30 באוגוסט, 1179. חשיבות המקום לשני הצדדים הלוחמים - הצלבנים מצד אחד והמוסלמים מצד שני - מצאה ביטוי בשלל הכתבים והמקורות ההיסטוריים המאפשרים הצלבה ואימות של התיאורים. אסטרטגית, המצודה שולטת במעברות הירדן מדרום לגשר בנות יעקב (ומכאן שמה הלטיני). במאה ה-12 המצודה המשתרעת על 150 מ' x 50 מ' (צויר 3) היתה מהגדולות שבממלכה הלטינית של ירושלים. חומת המיגון בעובי 4 מטר המקיפה את האתר מורכבת מצמד קירות תמך מאבני גזית מסותתות ומיושרות בקפידה וביניהם מילוי בעובי כשלושה מטר. התמיכות חצובות מקירטון גדות והמילוי עשוי חלוקי בזלת מלוכדים בטיט. הבניה הצלבנית מצטיינת בדיוקנות המאפשרת קביעה מדויקת של 2.1 מטר הסטה מאוחרת לשנת 1179.

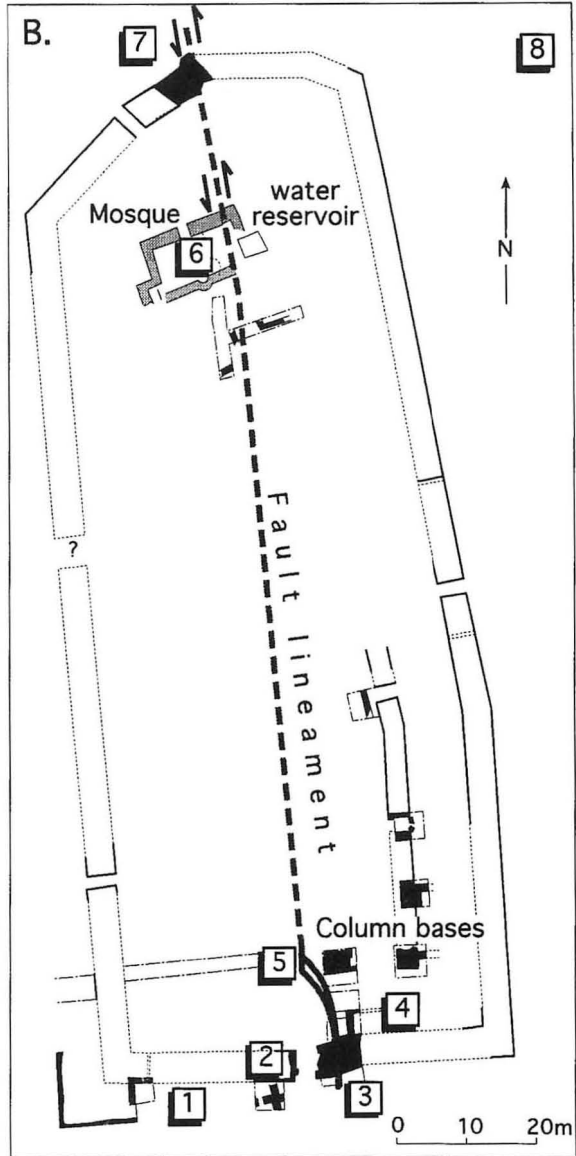
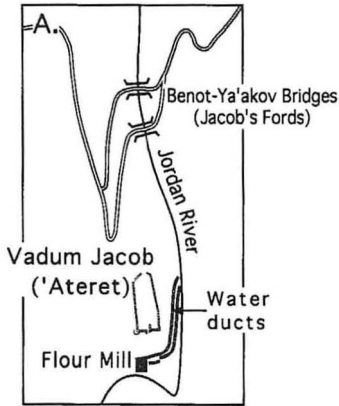
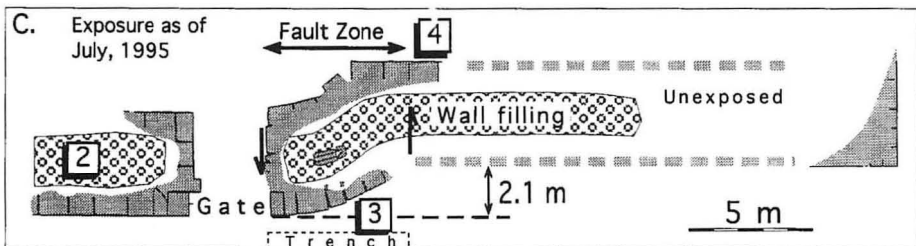


Figure 3. A. Location map. B. Plan of Vadum Jacob, showing exposed man-made structures (solid lines) and partly exposed or inferred structures (dashed). C. Detail of southern wall showing offset and rotation of masonry. Numbers refer to tour stops explained in text.



רקע גיאולוגי ופעילות סייסמית

המצודה בנויה על אחד מההעתקים הפעילים של טרנספורם ים המלח (ציור 1). שיעור ההסטה על הטרנספורם מאז המיוקן מוערך ב- 105 ק"מ על סמך תצפיות מדרום לכינרת (Steinitz et al., 1978; Joffe & Garfunkel, 1988). גראבנים דוגמת עמק החולה וגושים מורמים דוגמת אוכף ראש-פינה נוצרו לאורך הטרנספורם במקומות בהם ההעתקים מדורגים (Garfunkel et al., 1981). פעילות רצנטית לאורך הטרנספורם בצפון מתבטאת בדפורמציה של סלעים פלייסטוקניים, ברעידות אדמה היסטוריות הרסניות, ובסייסמיסיות חלשה מתמשכת. הסדימנטים והבזלות הפלייסטוקניים מעוותים מאד והגיאומטריה של ההעתקים השתנתה במשך הזמן (Picard 1963; Goren-Inbar & Belizky, 1987; Harash & Bar, 1988; Heimann & Ron, 1987; Belitzky, 1987; 1989; Rotstein & Bartov, 1989; Heimann & Ronn, 1993). מספר חוקרים הציעו שהטרנספורם הפעיל עובר לאורך הירדן ההרי על סמך ריכוז מבנים משניים וגלישות (Harash & Bar, 1988; Garfunkel et al., 1989). סקר גיאודטי באזור הירדן ההרי לא הראה תזוזת טרנספורם מאז יסוד הרשת ב-1988 (Karcz, 1955), לפיכך קצב הזחילה הנוכחי על ההעתק אינה עולה על 1-2 מ"מ בשנה.

הפעילות הסייסמית בשטח המחקר נמוכה ביחס לקטעים הסמוכים של הטרנספורם - הכינרת והחולה (IPRG, 1983–1995 Seismological Bulletins; Shapira & Feldman, 1987). האירוע החזק ביותר שנקלט ברשת הישראלית מאזור הירדן העמקים הצפוניים הוא רעידה במגניטודה מקומית $M_L 4.3$ שמוקם בדרום עמק החולה מצפון לואדום יעקב. פתרון מנגנון המוקד מראה תנועה שמאלית עם רכיב נורמלי משני (van Eck & Hofstetter, 1990).

קטלוג של רעידות היסטוריות (Amiran et al., 1994) מציין ארבעה אירועים הרסניים מאז 1179 לספירה: 1202, 1546, 1759, ו-1837. אירועים אלה הם המועמדים ליצור את ההרס של המצודה הצלבנית בואדום יעקב.

תחנות הסיור

1. סוללת העפר

המצודה מוקפת מדרון תלול מלאכותי שהיה צורך להסירו במקומות בהם נחשפו חומות המגן. חפירות הראו שהקרקע במדרון נשפכה מחומר שהיה בשטח החומות - חומר תל עתיק יותר המכיל חרסים מהתקופה ההלניסטית ותקופות קדומות יותר. סוללת הקרקע השפוכה מכסה את ששת הנדבכים הראשונים בחומה עד למפלס המפתן של השערים. מבני אבן תומכים את העפר בסוללה במקומות ונראה ששימשו פיגומים לבנאים. הסוללה בנויה משתי יחידות שכל אחת מהן מכוסה בטיט לבן בעובי כשני ס"מ. שכבות טיט הדקות המופיעות מעל הנדבך השלישי ומעל הנדבך הששי מקיפות את החומות ברציפות. בכל החתכים נמצאו

בשכבת הטיט העליונה ראשי חץ ושרידים נוספים מהמצור המתארכים את גג השכבה לסוף אוגוסט, 1179.

2. הקיר הדרומי

חומת המיגון בעובי 4 מטר המקיפה את האתר מורכבת מצמד קירות תמך מאבני גזית מסותתות חצובות מקירטון גדות. עובי אבני הגזית 0.5 מטר והן מיושרות בקפידה. בין קירות התמך מילוי עשוי חלוקי בזלת מלוכדים בטיט בעובי כשלושה מטר (ציורים 3-4). ההסטה נחשפת במלואה בחומה הדרומית ממזרח לשער העיקרי ושיעורה שם 2.1 מטר. החומה הדרומית באורך של כ-50 מטר חוצה את הגבעה בכיוון מדוייק מזרח-מערב. כל תזוזת גזירה צפון-דרום תראה העתקה נקיה על קיר זה; התזוזה שנרשמת בקיר מודדת את סך התזוזה מ-1179. ההעתקה בקיר הדרומי מפוארת על אזור ברוחב כ-10 מטר שם היא מתבטאת בהסטות קטנות של אבני חומה וסיבובן. ביטוי בולט לעיוות ניתן ע"י מנעול הבריה - אבן גזית שבתוכה חריץ בעומק כ-20 ס"מ - שבמקור היתה מונחת בהמשך השער ובמקביל לו, ועתה היא מוסטת כמטר אחד צפונה, מסובבת 15° נגד כיוון השעון, ושבורה ע"י העתק של ס"מ ספורים (ציור 3). כל ההסטות בקיר הדרומי אופקיות בכיוון צפון-דרום, וכל צירי הסיבובים של גושים אופקיים.

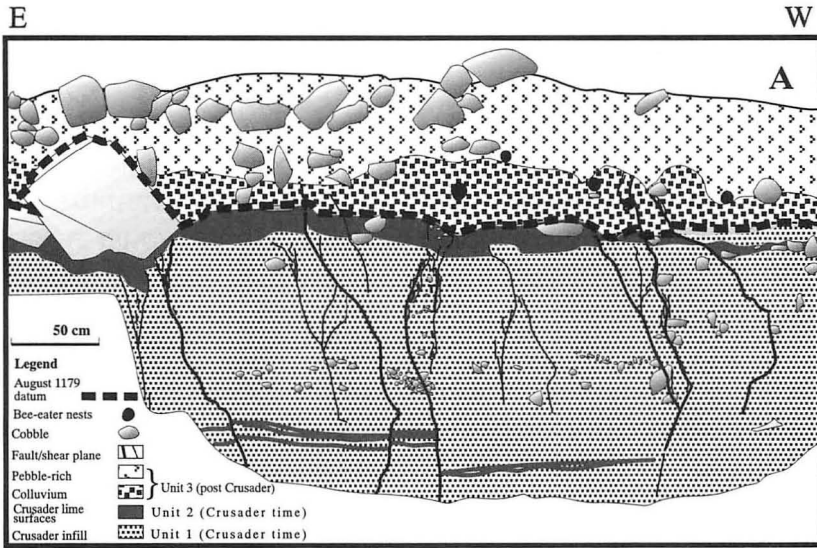
3. תעלה פאליאוסייסמית (ציור 4)

תיעוד מפורט של תעלה בסוללה הדרומית מאפשר תיארוך של תזוזות על ההעתק, שם ביטויו האופקי מובהק (ציור 3). התעלה מוקמה כאן כדי להבהיר את ההיסטוריה של התזוזות שנרשמו על החומה הדרומית שהינה המרכיב הלינארי הרציף היחיד שחוצה את אזור המצודה ממזרח למערב.

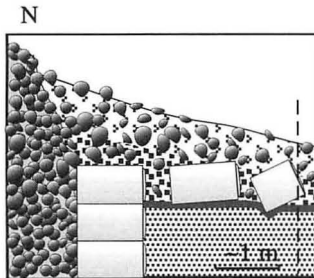
הסדימנטים שנחשפו בתעלה מורכבים משלוש יחידות:

יחידה 1 מורכבת משפך העפר שכיסה את שישה הנדבכים התחתונים (ציור 4). היחידה מכילה חרסים הלניסטיים ועתיקים יותר.

יחידה 2 דקה (עד 10 ס"מ) ומורכבת מטיט לבן. היחידה מוכרת מכל החתכים שסביב המבצר ותמיד היא מכסה על **יחידה 1**. ראשי חץ, כלי בניה, אבני גזית, וסימנים נוספים למצור נמצאו מונחים מיד מעל ליחידה זו, והם מצביעים שיחידה זו היוותה פני שטח באוגוסט, 1179. לפיכך יחידה זו משמשת סמן זמן מדוייק. אחד המקורות המוסלמיים ציין שסלאח-א-דין "עקר במו ידיו את אבני החומה והרס אותה כמוחק אותיות מקלף". תיאור זה מסביר את האנדרלמוסיה בה זרוקות אבני גזית מקיר התמך החיצוני של החומה הדרומית ישירות על **יחידה 3**, תוך עיוותה על ידי כובד האבנים (ציור 4). נראה כי אבני הגזית הושלכו מיד בתום הקרב או אף במשך המצור בסוף אוגוסט, 1179.



A. Trench log (see Fig. 3 c for location). Exceptionally precise archaeological stratigraphy allows dating of fractures: the limy layer is dated to 3 days precision (the siege ant the end of August, 1179). The fractures that terminate in this layer are assigned to the 1202 earthquake.



B. A schematic profile across the wall perpendicular to the wall. Dashed vertical line shows the approximate location of the trench' section (Fig. 2 A). The rectangular blocks misplaced on the limy layer were likely thrown by the Muslim conquerors immediately after the siege. The colluvium above it represents subsequent slow deterioration of the basalt cobble infill.

Figure 4: The trench southeast of the southern gate (work jointly with T. Rockwell).

יחידה 3 מונחת על שכבת הטיט (**יחידה 3**) כטריז קולוביאלי. היחידה בנויה קרקע ומכילה חלוקי בזלת גדולים לרוב. נראה כי חלוקי הבזלת נפלו ממילוי החומה לאחר שקיר הגזית הוסר (ציור 3). **יחידה 3** הצטברה כנראה כאשר מלט המילוי הפנימי של החומה התפורר, במאות השנים שאחרי הכיבוש המוסלמי. לפיכך **יחידה 3** מייצגת תקופה שהחלה לקראת סוף 1179 ונמשכת עד ימינו. 20-30 הס"מ העליונים המחפים על **יחידה 3** הם תוצאת ביוטורבציה באופק A של הקרקע המכיל נבירות ושורשים.

חתך התעלה (ציור 4) מראה שתי מערכות של סדקים ומישורי העתקה. המערכת הראשונה מעתיקה את השפכים **מיחידה 1** ואת אופק הטיט **מיחידה 3**, אך אינה מסיטה את היחידה שמעל. לעומת זאת המערכת השנייה של הסדקים ומישורי ההעתקה מסיטה גם את הטריז הקולוביאלי של **יחידה 3**, עד לבסיס אופק הקרקע, ויתכן שעד פני השטח. תצפיות אלה מצביעות כי לפחות שני אירועים גרמו להעתקת 2.1 מ' הרשומה בחומה הדרומית. ההעתקה הראשונה קרתה זמן קצר לאחר שהחומה החיצונית נפגעה ולפני צבירת משקעים ניכרים, כלומר בסמוך לאחר 1179. רעידה נוספת יצרה קריעת פני שטח זמן ניכר אחרי פירוק החומה כאשר חלק נכבד מהקיר הפנימי כבר התפורר והצטבר על משטח הטיט של 1179 (**יחידה 3**), בתקופה קרובה יותר להווה.

4. רצפות מעוותות

קמרון ממוטט שממדיו המלאים טרם נחשפו גילה תחתיו שפע ארכיאולוגי וגיאולוגי:

על הרצפות שמתחת לקמרון נמצאו שני שלדי סוסים וכן מטבעות צלבניים המתארכים את הרצפות והקמרון הממוטט עליהן מעבר לכל ספק. בסמוך לשלד סוס אחד נמצאו משפר ראשי חנית וחצים ויתכן שהם חיצו האוייב שהכריעו אותו.

הרצפה הדרומית ביותר (ממזרח לכניסת השער הדרומי ובסמוך לחומה הדרומית) מראה עיוותים וסידוק ואף העתק הפוך בסטרייק צפ-מז' דר-מע', עקבי עם הפעלת גזירה שמאלית על כיוון צפון-דרום. ההעתקה על ההעתק מגיעה ל-1.5 ס"מ. מבנים דוגמת העתק זה מחיבים רצפה קשה מאד הן כדי להיווצר והן כדי להשמר. נראה שחשיפה מזרחה עשויה לגלות עוד העתקים כאלה. סדקי מתיחה ניצבים לסטרייק של ההעתק נפוצים ברצפות.

5. גראבן על פיתול ימני (releasing bend)

צפונה מהשער הדרומי ההעתק הראשי נכפף מערבה כהעתק נורמאלי (15 ס"מ העתקה) ועוקף ממערב אומנה בגודל 4 x 4 מ' (ציור 3). צפונה ההעתק מזוהה כגראבן ברוחב כ-2 מ' שמפיל רצפת טיט עד 0.5 מ'.

6. מסגד

בחלק הצפוני של המבצר ובשיא הגבעה נחשף אתר מוסלמי קדוש שקירו הצפוני נקרע בתנועה לטרלית שמאלית כחצי מטר (ציור 3). ככל הנראה זהו "משהד יעקובי" שבו לפי המסורת המוסלמית התאבל יעקב אבינו משהסיק כי "טרוף טורף יוסף".

"מחרב" (גומחת תפילה) נשמר היטב בקיר הדרומי, אך קמרון התקרה התמוטט ישירות על הרצפה. המסגד נחרב ונבנה מחדש לפחות פעמים: המבנה יוסד בתקופה האיובית (מאה 12-13) כנראה מיד לאחר הכיבוש. המבנה נבנה מחדש באופן רצפה גבוה יותר בתקופה העותומנית (1517-1917) על פי מקטרוט שנמצאו בחפירה. ההסטה האמורה נמצאה בקיר החדש ביותר מהתקופה העותומנית.

הרעידות המועמדות להרס המסגד העותומני הן מ-30 באוקטובר 1759 ו-1 בינואר 1837. זאת בהתעלם מרעידת ארץ הקודש (14 בינואר 1546) שלפי Ambraseys & Karcz (1992) זכתה לתהודה מוגזמת במקורות ההיסטוריים ועיקר נזיקה היו בהרי יהודה.

7. קיר צפוני (ציור 3)

אזור המפגש של ליניאמנט ההעתק עם הקיר הצפוני נחשף חלקית רק בעונת החפירות של אוקטובר 1996. ההסטה הנחשפת מגיעה ל-80 ס"מ. בנוסף להסטה אופקית יש כ-15 ס"מ פתיחה בכיוון מז' מע' ומען העתקה אנכית. פאות מערביות של אבני גזית שמוסטות מהקיר ונחשפות מראות סימני החלקה (slickensides) אופקיים. בניגוד למחשופים סמוכים (כ-7 מטר מערבה) סוללת השפוכת באזור ההעתק אינה מראה שיכוב מסודר ונראה כי סבלה דפורמציה.

8. מעוות בתצורת בנות-יעקב

משקעי אגם פלייסטוקני מאוחר עתירים בכלים אשליים נחשפים ממזרח ובסמוך למבצר שם הם נוטים 60 מעלות מזרחה (Picard, 1963; Goren-Inbar & Belitzky, 1989). המשקעים מונחים על שפך בזלת ירדה מגיל 0.8-0.9 מליון שנה (Heimann & Ron, 1993). העתק עליו "שעונות" שכבות אלה נראה ממזרח למבצר והמשכיו מצפון ודרום מזוהים ברדר חודר קרקע (Marco et al., in press). שריטות אופקיות בכיוון צפון על בזלת שנחשפת כ-50 מטר מדרום למבצר הביאה את בליצקי (בע"פ, 1994) לחשוך שהעתק תנועה אופקית חוצה את גבעת המבצר.

ביבליוגרפיה

- Ambraseys, N., and Karcz, I., 1992. The earthquake of 1546 in the Holy Land. *Terra Nova*, 4: 253-262.
- Ambraseys, N. N., and Barazangi, M., 1989. The 1759 earthquake in the Bekaa valley:

- Implications for earthquake hazard assessment in the eastern Mediterranean region. *J. Geophys. Res.*, 94: 4007-4013.
- Ambraseys, N. N., and Melville, C. P., 1988. An analysis of the eastern Mediterranean earthquake of 20 May 1202. In: Lee, W. K. H., Meyers, H. and Shimazaki, K. (Editors), *Historical Seismograms and Earthquakes of the World*. Academic Press, San Diego, 181-200.
- Amiran, D. H. K., Arieh, E., and Turcotte, T., 1994. Earthquakes in Israel and adjacent areas: Macroseismic observations since 100 B.C.E. *Israel Explor. Jour.*, 44: 260-305.
- Bartov, Y., 1990. Geological photomap of Israel & adjacent areas 1:750,000.
- Belitzky, S., 1987. Tectonics of the Korazim Saddle (M.Sc. thesis). Hebrew University, Jerusalem (in Hebrew, English abstract).
- Freund, R., Zak, I., and Garfunkel, Z., 1968. Age and rate of the sinistral movement along the Dead Sea Rift. *Nature*, 220: 253-255.
- Garfunkel, Z., Zak, I., and Freund, R., 1981. Active faulting in the Dead Sea rift. *Tectonophysics*, 80: 1-26.
- Goren-Inbar, N., and Belitzky, S., 1989. Structural position of the Pleistocene Gesher Benot Ya'akov site in the Dead Sea Rift zone. *Quaternary Research*, 31: 371-376.
- Guidoboni, E., 1996. Archaeology and historical seismology: the need for collaboration in the Mediterranean area. In: Stiros, S. and Jones, R. E. (Editors), *Archaeoseismology*. Institute of Geology & Mineral Exploration, and The British School at Athens, Athens, 7-13.
- Harash, A., and Bar, Y., 1988. Faults, landslides and seismic hazards along the Jordan River Gorge, northern Israel. *Eng. Geol.*, 25: 1-15.
- Heimann, A., and Ron, H., 1993. Geometric changes of plate boundaries along part of the northern Dead Sea Transform: Geochronologic and paleomagnetic evidence. *Tectonics*, 12: 477-491.
- Karcz, I., 1995. Development of a geodetic system for monitoring of recent crustal movements along the Dead Sea rift. Earth Sciences Administration, Ministry of Energy and Infrastructure, report #TR-GSI/7/95.
- Lyons, M. C., Jackson, D. E. P., and Saladin, 1982. *The Politics of the Holy War*: London
- Marco, S., Agnon, A., Ellenblum, R., Eidelman, A., Basson, U., and Boas, A., in press. 817-Year-Old Walls Offset Sinistrally 2.1 m by the Dead Sea Transform, Israel. *Journal of Geodynamics*,
- Mayer, H. E., 1972. Two Unpublished Letters on the Syrian Earthquake of 1202. In: Hanna, S. H. (Editors), *Medieval & Middle Eastern Studies in Honor of Aziz Suryal Atiya*. Leiden, 295-310.
- Quennell, A. M., 1956. Tectonics of the Dead Sea rift. *Congreso Geologico*

- Internacional, 20th sesion, Asociacion de Servicios Geologicos Africanos, Mexico, 385-405.
- Sieberg, A., 1932. Erdbebengeographie. In: (Editors), Handbuch der Geophysik, Band IV. Borntraeger, Berlin, 527-1005.
- van-Eck, T., and Hofstetter, A., 1990. Fault geometry and spatial clustering of microearthquakes along the Dead Sea-Jordan rift fault zone. *Tectonophysics*, 180: 15-27.
- Vered, M., and Striem, H. L., 1977. A macroseismic study and the implications of structural damage of two recent major earthquakes in the Jordan rift. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 67: 1607–1613.

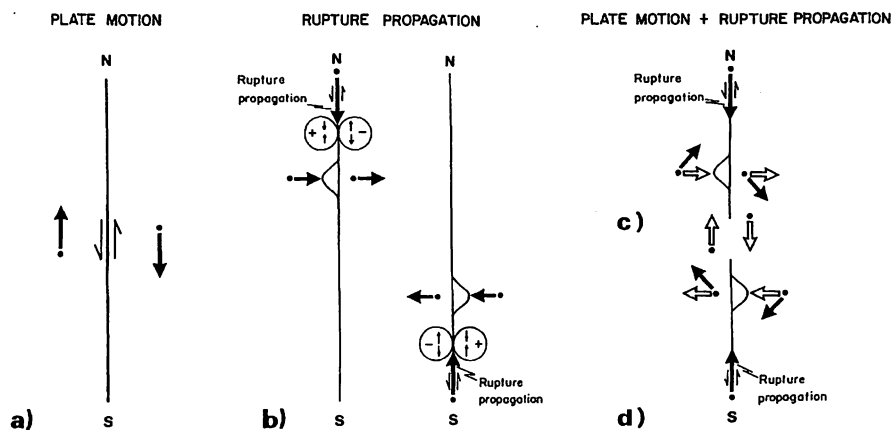
חלק ג': סוסיתא

העמודים של כנסיה ביזנטית מונחים במקביל, ככיוון דרום-מערב. עקביות כזו מוכרת מבית שאן וחירבת מפג'ר ו-Nur & Ron 1989 מציעים שמקורה בנפילה קוהרנטית בזמן רעידות אדמה (כנראה 363 ו-749 לספירה). לדעתם הכיוונית הזו קשורה בתנועת הקרקע, מגמת ההעתקה והתקדמות הקריעה בהעתק שיצר את רעידת האדמה. הם מציעים שריבוי עמודים נפולים באתרים ארכיאולוגיים מאפשר לימוד שיטתי של התופעה באתרים שונים לרעידה נתונה או ברעידות שונות לאתר נתון. להלן מודל פשוט המתאר את כיוון הנפילה של עמודים אשר אינם תומכים קונסטרוקציה כבדה ולכן חופשיים ליפול בכיוון המנוגד לכיוון תנועת הקרקע בעת התרחשות השוק הראשוני:

1. התאוצה של לוח ישראל-סיני בעת רעידת אדמה חזקה תהיה דרומה ותגרום לנפילה של העמודים צפונה (ציור 5a).

2. בעת התקדמות הקריעה משרה קצה הקרע רכיב תאוצה ניצב למישורו (Aki, 1968). במקרה שהקרע מתקדם מהמוקד צפונה יפנה הרכיב הניצב לקרע מזרחה ויפיל את העמודים מערבה. לעומת זאת במקרה שהקרע מתקדם דרומה יפנה רכיב התאוצה הניצב מערבה והעמודים יפלו מזרחה (ציור 5b).

3. ההרכבה של שני רכיבי תאוצת הקרקע, המקביל והניצב לקרע, מתוארת בציור 5c למקרה של התקדמות דרומה ובציור 5d להתקדמות צפונה. אם ניתוח זה נכון והעמודים בסוסיתא נפלו למצבם באותו אירוע כמו העמודים בבית שאן (749 לספירה) אזי מוקד רעידת האדמה היה בין סוסיתא לבית שאן.



ציור 5.

סיור מס' 4:

מעוותים בבלוק משגב-עם - מרגליות בין שבר רום לשבר מרגליות

חגי רון,¹ גדי שמיר,² יהודה איילי²

1 המכון הגיאופיסי לישראל, ת.ד. 2286, חולון 58122

2 המחלקה לגיאולוגיה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, באר-שבע 84105

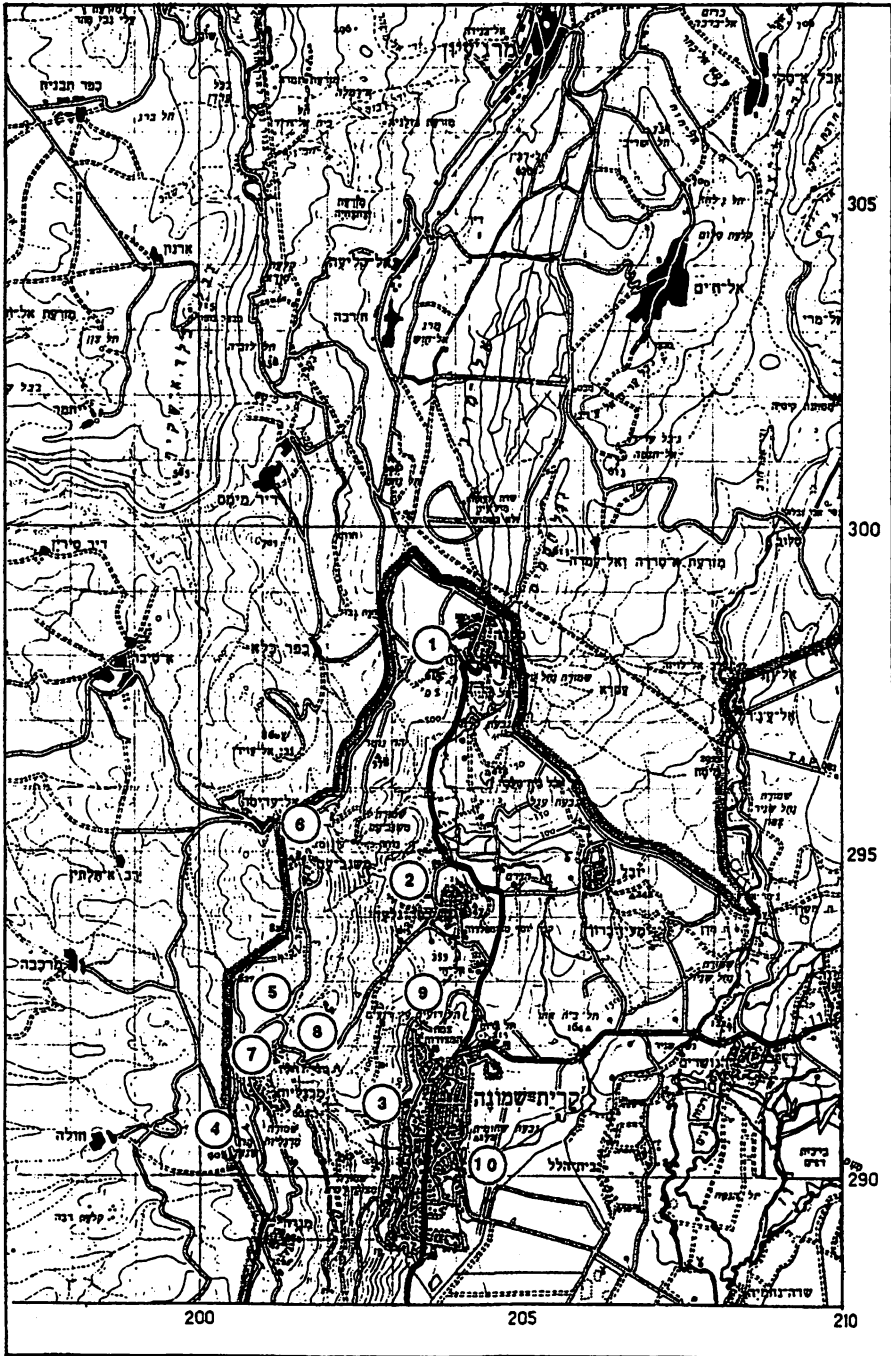
מטרת הסיור:

1. להראות את המעוותים בבלוק משגב-עם - מרגליות שהינם חריגים בהשוואה לאזור שממערב לו.
2. לקשור בין המעוותים בבלוק משגב-עם - מרגליות לבין התפצלות השברים ותנועת הלוחות באזור.

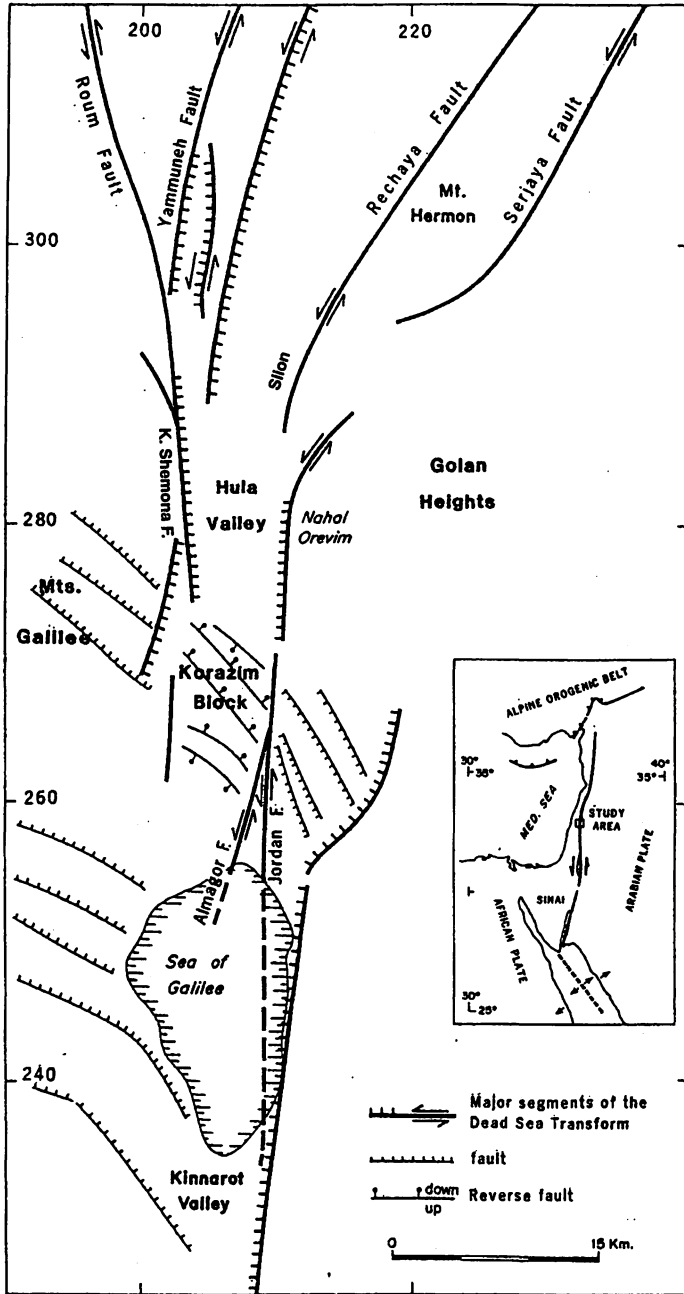
בלוק משגב-עם - מרגליות הנו מבנה צר ומאורך שכוונו צפון-דרום המתחיל מדרום לקרית-שמונה ומשתרע עד לאזור שמצפון לנבטיה בדרום לבנון. הבלוק תחום בשני העתקים ראשיים: גבולו המזרחי הוא העתק קרית-שמונה-רום וגבולו המערבי הוא העתק מרגליות, שהם חלק מהעתקי גבול הלוחות הטרנספורמי. הבלוק מתאפיין במעוות פנימי ניכר המתבטא במבני קמוט הדוקים, שכבות אנכיות, והעתקה הפוכה ואפקית. גיל יחידות הסלע המשתתפות במעוות זה הנו קרתיקון תחתון ועד פלייסטוקן-הולוקן. כיווניות המעוות מראה התקצרות מזרח-מערב שהנה כנראה תוצר של תנועה אופקית שמאלית לאורך העתקים שכיוונם הנו תת-מקביל לכיוון הגזירה ויוצרים מרכיב של לחיצה בניצב להם.

תחנה 1. הר צפיה ממערב למטולה

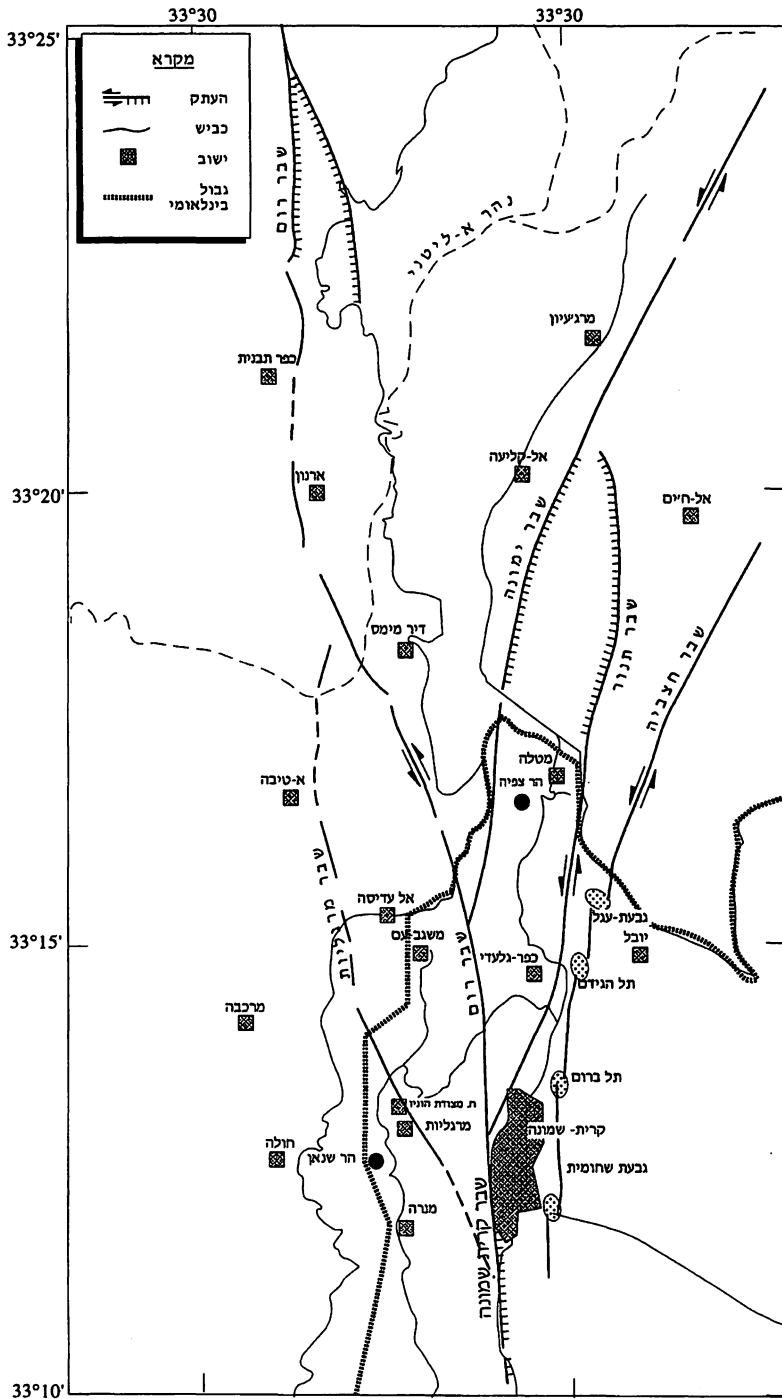
תחנה זו (ציור 1) נועדה להבהיר את המערך הגיאולוגי-טקטוני של צפון עמק החולה ושל אזור הסיור (ציורים 2 ו-4) לפי Glikson (1966); Heimann and Ron (1987); Heimann et al. (1990); היימן (1990); היימן וחבריו (1989). מהתצפית לדרום-מזרח נראה עמק החולה שהינו pull-apart ומדרומו רמת כורזים המהווה מגבה סטרוקטורלי בין ה-pull-apart של הכנרת לזה של החולה. מצפון לחולה נמצא המגבה הסטרוקטורלי של מטולה המפריד בין עמק החולה ל-pull-apart של מרג' עיון.



צילור 1: מפת צפון אצבע הגליל עם סמון תחנות הסיוור.



ציור 2: מפת העתקים כללית של צפון בקע הירדן (לפי היימן, 1990).



ציור 3: מפת העתקים ראשיים באזור התפצלות העתקי הימנה רום ומרגליות מהעתק קרית שמונה.

ממזרח לחולה, ונפרדת ממנו על ידי שבר הירדן, נמצאת רמת הגולן הבנויה מבזלות צעירות ומתחתן סלעים מגיל אאוקן עד קרטיקון עליון. בצפון מזרח עמק החולה נראה רכס החרמון שגבהו המכסימלי כ-2800 מ' והבנוי בעיקר מסלעים מגיל היורה היוצרים מבנה אנטיקלינלי. רכס זה נוצר בגין התקצרות רבה הנובעת מהשילוב של תנועה צפונה של לוח ערב וכיוון NNE של הטרנספורם לאורך קטע הימונה (Ron, 1987; Freund, 1970). בדרום-מזרח החרמון נראה פתח נחל שיאון בו עובר שבר שיאון (רשיה) המתחיל בשבר המזרחי של עמק החולה (שבר עזז) ונמשך לצפון-צפון-מזרח הרחק ללבנון. מדרום לשבר שיאון נראה שבר שמיר שגם הוא מתפצל משבר הירדן ודועך לצפון-צפון-מזרח. ממערב לחולה ונפרד ממנו על ידי שבר קרית-שמונה נמצא רכס הרי נפתלי הבנוי מסלעים מגיל קרטיקון תחתון - קנומן. בצפון-מערב החולה נראה שבר התנור, המציב את קונגלומרט התנור מגיל ניאוגן מול תצורות ערב-תקיה מגיל מאאסטריכט - פליאוקן. שבר התנור נמשך צפונה, שם הוא מהווה את השבר המזרחי של עמק מרג' עיון; ודרומה, ממזרח לתל אבל בית מעכה וכפר גלעדי שם הוא מתחבר להעתק קרית שמונה. גבעת שחומית, תל ברום, תל הגדם וגבעת עגל הינם מבני לחיצה (push-ups) שנוצרו מהשילוב של תנועה שמאלית ודרוג ימני של תוואי השבר (Heimann and Ron, 1987) ממערב לעמק מרג' עיון נראה סופו (או תחילתו) של שבר הימונה הנמשך מכאן לצפון-צפון-מזרח אל הבקעה בלבנון ומשם אל אזור ההפחתה בדרום תורקיה. מכאן ניתן לראות את שבר רום (שאת תחילתו נראה אחר כך בקרית שמונה) העובר במחצבות כפר גלעדי, בחלקו העליון של כפר כילא מצפון מזרח לנבי אל-עוויד, ומשם לכיוון ביירות. כללית, נראה כי שבר רום מתפצל משבר קרית-שמונה ממערב לעיר ואילו שבר הימונה מהווה את המשכו של שבר קרית-שמונה. בצפון עמק מרג' עיון נראה ששבר התנור מתחבר לשבר הימונה אם כי, גם בתצלום אויר, אזורי החיבור וההתפצלות אינם ברורים לחלוטין.

הר צפיה שהינו גבוה טופוגרפית, מהווה גרבו של סלעים מגיל אאוקן הנמצאים בין סלעי הסנון של מטולה והקנומן של רכס משגב-עם, ואילו מטולה הנמצאת באזור נמוך טופוגרפית הינה הורסט הבנוי מסלעי סנון-פליאוקן וממוקם בין סלעי האאוקן של הר צפיה וקונגלומרטים ניאוגניים שממזרח לשבר התנור.

עדויות לשבירה צעירה בעמק החולה ובשוליו:

1. הוצרות ה-push-ups של גבעות שחומית, ברום, הגדם ועגל. השניים האחרונים הבנויים מסלעים צעירים פלייסטוקניים.
2. מעוות של קג"ל פלייסטוקני בגבעת עגל.
3. רעידות אדמה.

שכבות האאוקן של הר צפיה נטויות מאוד ולעתים הן תת-אנכיות עדות למעוות

צעיר שהן עברו. נטיות דומות ניתן לראות בשכבות האגמיות מגיל ניאוגן של תל-חי, בקונגלומרט קרית-שמונה שממזרח לשבר רום ואף בשכבות הסלע מגיל קנומן ממערב לשבר רום.

פעילות סייסמית צעירה באזור עמק החולה ומצפון לו

המאפיין הבולט של הפעילות המיקרו-סייסמית העכשווית באזור אגן החולה ומצפון לו הוא פיזור לא אחיד של רעידות האדמה. ריכוזי הפעילות הבולטים הם (ציור 4):

1. **מרכז אגן החולה** - כאן נרשמו אירועים שפתרונות המוקד שלהם מצביעים על תזוזה לאורך שברים נורמליים שכיוונם הכללי צפון מערב-דרום מזרח, עם רכיב קטן של תזוזה אופקית שמאלית. על בסיס פתרונות אלו ניתן לתאר קו שבירה נורמלית המחבר, במרכז האגן, את שבר שמיר בדרום מזרח עם שבר קרית שמונה בצפון מערב.

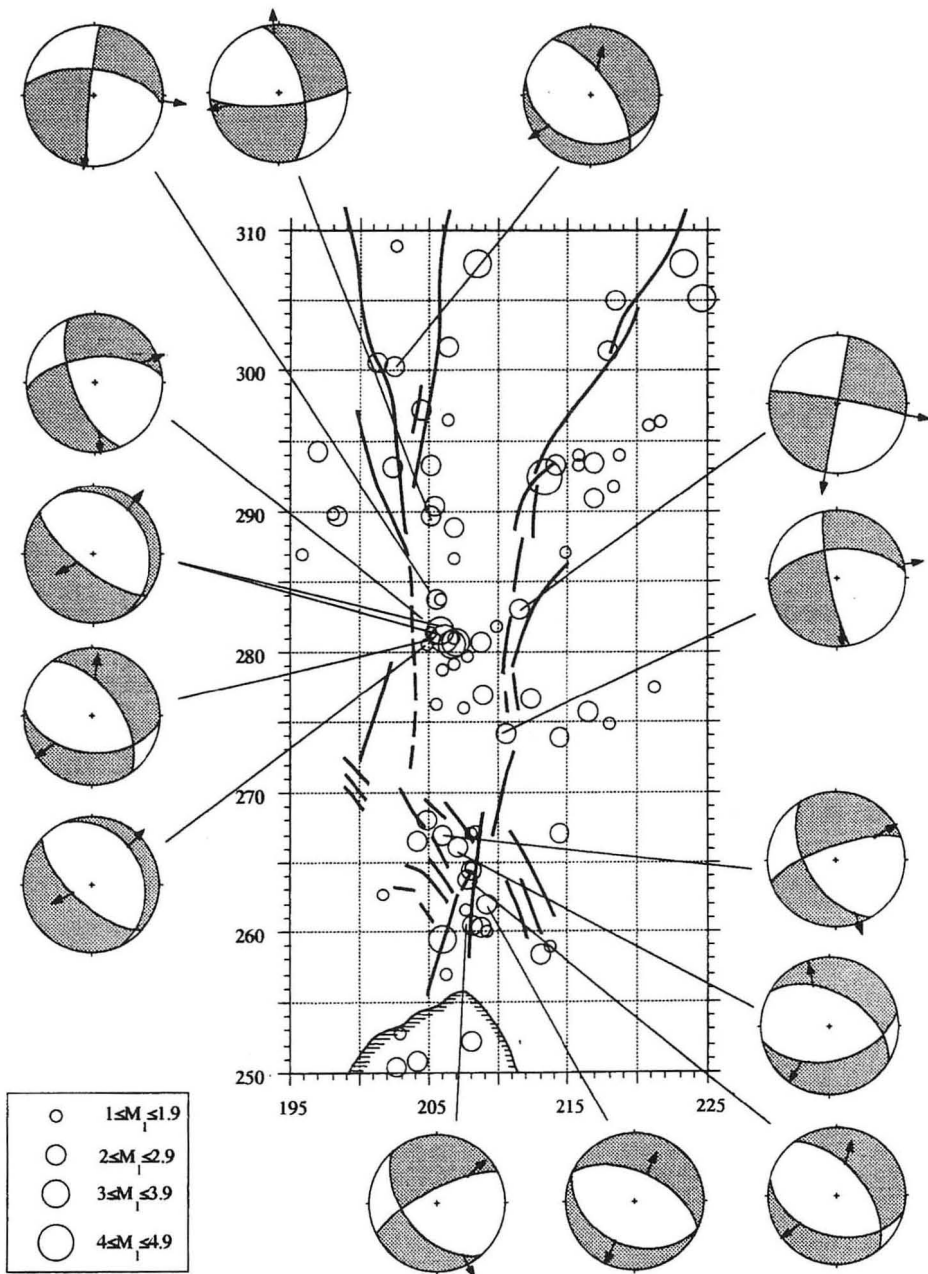
2. **רמת כורזים** - אירועים דומים לאירועי מרכז אגן החולה, מבחינת המנגנון והכיוון. כיוון פתרונות המוקד מתאימים, כללית, לכיוון השברים החוצים את רמת כורזים. כושר ההפרדה באיכון רעידות אדמה אלו איננו מספיק על מנת להבחין בין האירועים ברמת כורזים לבין האירועים לאורך שברי הירדן ואלמגור.

3. **שולי הבקע** - מספר אירועים בודדים, עם פתרונות מוקד של תזוזה אופקית שמאלה נמדדו לאורך שברי שולי הבקע הראשיים, שברי שמיר-כפר סאלד במזרח האגן, ושברי קרית שמונה-התנור במערב האגן.

4. **אזור החרמון** - קיימת פעילות מיקרו-סייסמית על מערכת שברי החרמון, שיאון/רשאייה וג'ובתא/סרג'איה. בגלל אפשרות של שגיאה שיטתית באיכון האירועים באזור זה, יתכן כי אירועי דרום החרמון אירעו למעשה על שברים צפוניים יותר, בפרט שבר שיאון.

תצפיות אלו מצביעות על כך שהחלק המרכזי (בין שברי הגבול המזרחי והמערבי) מהאזור שמצפון לכנרת ועד צפון אגן החולה נמצא כיום בתהליך של השתפלות והתארכות. נראה כי מעוות מקשר את התנועה על שברי הטרנספורם הראשיים מדרום לרמת כורזים (שברי הירדן ואלמגור) עם תנועה על השברים מצפון לחולה, שברי רום-ימונה.

הליכה ברגל לחלק המזרחי של הר צפיה - מבט על תוואי שבר רום הנמשך ממחצבות כפר גלעדי ועד מצפון לנבי אל-עווידי. השבר עובר במספר אוכפים קטנים ומשם הוא נמשך ליד וילה עם גגות אדומים בחלק הגבוה של הכפר (ציור 3).



ציור 4: מפת פיזור מוקדי רעידות אדמה בצפון בקע הירדן ופתרונות מכניים של מוקדים נבחרים (לפי שמיר ופלדמן, 1997)

תחנה 2. שבר רום במחצבות כפר גלעדי

מחצבות כפר גלעדי מנצלות את הסלעים האאוקניים השבורים לאורך שבר רום מול סלעי הקנומן לצורך יצירת תשתית לכבישים ומבנים. באתר המחצבות ניתן לראות ולבדוק את אזור הגזירה שיוצר שבר רום, וכך ללמוד על אופיו של שבר זה. החציבה חשפה מישורי שבר רבים ותת-מקבילים אחד לשני. רוב השברים תת-אנכיים ועליהם סטריאציות אופקיות או תת-אופקיות, אם כי ישנם לא מעט שברים בהם כיוון הסטריאציות מקביל לכיוון נטית המישור. על חלק מהשברים ניתן היה לקבוע כי התנועה האופקית לאורכם היתה שמאלית אולם על חלקם הגדול של השברים הסטריאציות נמצאות על מישורים חלקים שלא הותרו אפשרות לקבוע האם ההסטה ימנית או שמאלית. אנו מניחים כי התנועה לאורך שבר זה שמאלית כ:

- א. לאורך חלק מהשברים נמצאה תנועה שמאלית.
 - ב. תנועה שמאלית מתאימה לתבנית ההסטה הכללית של הלוחות באזור זה.
- בציור 5a מושלכים 25 מישורי העתקה עם סימני החלקה אשר נמדדו באתר החציבה. הנתונים מראים שאוכלוסית השברים היא בימודלית ומאופינת בסטרייקים שכיונם צפון-דרום וצפון-צפון-מזרח. הכיוון הראשון מקביל להעתק רום והשני להעתק הימונה. באזור זה מתפצלים שני העתקים אלו משבר קרית-שמונה.

תחנה 3. אתר צחר במערב קרית שמונה

באתר זה ניתן לראות את תחילתו של שבר רום סמוך לתוואי הצפוי של שבר קרית-שמונה (ציור 3). חציבה שנעשתה במקום זה כדי לסלול כביש לאתר הבניה חשפה קיר סלעים באורך של כ-100 מ', ובו, מדרום לצפון, נראים הסלעים הבאים:

- א. סלעים מסיביים מגיל קנומן בהם כמעט ולא נראית כל הפרעה טקטונית כלשהיא.
- ב. מעבר הדרגתי, לאורך מרחק קצר, של סלעי הקנומן הבלתי מופרעים לברקציה.
- ג. מישור שבר החוצה ומסיט טלוס המכסה סלעים יותר קדומים.
- ד. מישור שבר המפריד בין הטלוס לבין קונגלומרט קרית-שמונה.

עדויות אלו מצביעות על כך ששבר רום היה פעיל גם בתקופות צעירות מאוד, אף לאחר הצטברות הטלוס שגילו כרגע אינו ידוע אך סביר כי הינו הולקני או פלייסטוקני מאוחר.

לפעילות זו לאורך שבר רום משמעות רבה ביחס לבטיחות המבנים באזור זה מחד, וביחס לתקני הבניה הנדרשים למבנים הנבנים באזור זה מאידך.

תחנה 4. קבר רב אשי

מכאן ניתן שוב לראות את הגולן על התלים שבה, החרמון, כפר גלעדי, משגב-עם, נבי אל-עוויד, הבפור, הליטני והים.

1. מבחינה טופוגרפית בולטת העובדה כי אזור הגבול שבין ישראל ללבנון מהים התיכון מזרחה נמצא לאורך רכס יחסית גבוה ולאחר מכן האזור הולך ומשתפל לכיוון צפון. מצב דומה קיים ברכס הרי נפתלי המשתפלים לכיוון מערב. נשוב ונדון בתופעה זו בתחנת משגב-עם.

2. לכיוון צפון נראה שבר מרגליות הנמשך ממצוק רמים לאורך העמק בו נמצא מושב מרגליות לכיוון צפון-מערב.

3. שבר רום הנמצא מצפון לנבי אל-עוויד.

4. בצד הדרומי של רכס משגב-עם ניתן לראות מבנה סניקלינלי לפי נטית השכבות באזור. בנסיעה לתחנה הבאה, בה נראה מקרוב את הקמטים ברכס משגב-עם, נבחין כי הסלעים שממערב לשבר מרגליות כמעט ואינם מופרעים ואילו הסלעים שממזרח לשבר זה עברו מעוות מרשים של שבירה וקמוט. על מידת המעוות הרב של הסלעים שממזרח לשבר מרגליות ניתן ללמוד גם מהסתכלות על הסלעים שבמחצבה ליד צומת משגב עם.

תחנה 5. מתחת למוצב צה"ל ברכס משגב-עם

מנקודת התצפית, ליד המפגש של הכביש היורד מקבר רב אשי צפונה עם כביש המערכת, רואים נטיות בכיוונים שונים המהווים יחד קמטים באורכי גל של מאות מטרים. בשלב זה לא הצלחנו למדוד במדויק את כיווני השכבות, אולם, לפי הערכה, הכיוון הכללי של ציר הקמטים נראה להיות צפון-צפון-מזרח עד צפון-דרום, בדומה למבנים אחרים שבין שברי מרגליות ורום, ועל כן מצביע על התקצרות בכיוון כללי מזרח-מערב. גם מתחנה זו ניתן לראות כי הסלעים שממערב לשבר מרגליות נטויים קלות למערב והמעוות בהם מועט.

תחנה 6. נסיעה לאזור הצפוני של משגב-עם

מכאן רואים את ה-pull-apart של מרג' עיון ואת שברי התנור והימונה שממזרח וממערב לו. שבר רום הנמשך לצפון-צפון מערב מפריד, ובעצם מהווה את הגבול, בין האזור הגבוה של הלבנון (למשל, ג'בל רפייע וג'בל ספי והמשכם צפונה) ובין

האזור הנמוך יותר (למשל, אזור נבטיה) הנמשך מערבה עד לים התיכון, ודרומה עד לאזור הגבוה שלאורך הגבול לבנון - ישראל. שבר מרגליות נמצא ממערב לתצפית ויותר צפונה, באזור שממערב לבופור, הוא מתחבר לשבר רום (ציור 3).

תחנה 7. מבצר הונין ומושב מרגליות

ממשגב-עם נוסעים דרומה עד לצומת משגב, משם שמאלה על הכביש לכפר-גלעד, ולאחר כ-200 מ' דרומה למבצר הונין. נלך בדרך שמדרום למבצר עד לתצפית על מושב מרגליות.

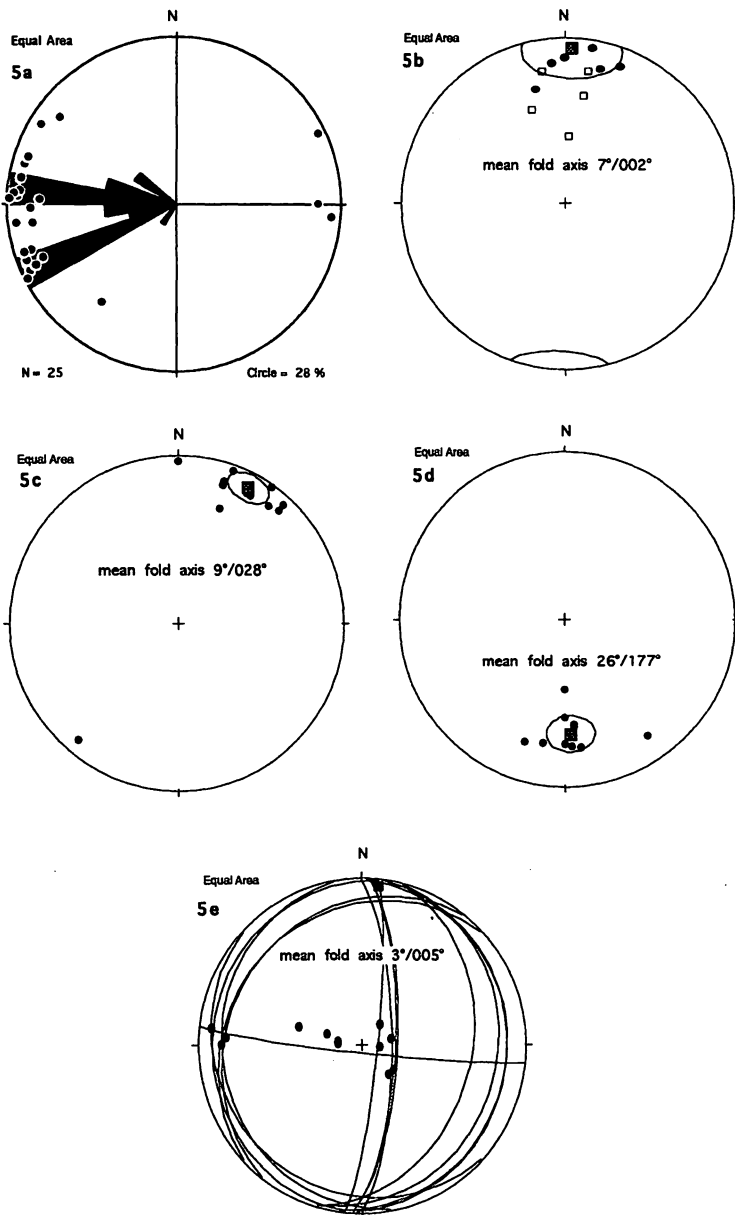
א. הנחל לאורכו ממוקם מושב מרגליות מתחיל ליד מצוק רמים וזורם לצפון-צפון-מערב. נחל זה רחב מאוד כבר בתחילתו ליד המצוק ועל כן נראה כנחל שמערכת הניקוז העליונה שלו חסרה.

ב. בנחל, בתוך השדות הצמודים למושב, ישנו אזור חסר נקוז טבעי. כיום אזור זה קשה לאיתור בגלל פעילות אדם הקשורה לחקלאות אולם הוא נראה היטב בתצלומי אוויר ישנים או גם כיום לאחר גשמים בכמות גדולה.

שתי התופעות הללו מצביעות, כנראה, על שינוי צעיר בכיוון הזרימה של נחל מרגליות מזרימה אל הבקע לזרימה לצפון-צפון-מערב. שינוי זה נראה להיות קשור בפעילות טקטונית צעירה.

ג. תופעות מעוותת בסלעי החפיר שמצפון למבצר. מנקודת התצפית על המושב נמשך ונקיף את המבצר הצלבני עד מצפון לחפיר. מכאן תצפית על קיר החפיר הבנוי מסלעי הקנומן עליהם בנוי המבצר. סלעי הקנומן בחלק המערבי של הקיר בנויים משכבות גסות מאוד, מעל למטר, של דולומיט הנטוי קלות למערב. במרכז קיר החפיר השכבות נעשות תלולות והן יוצרות קמט באורך גל של 20-30 מטרים כאשר שכבות סלע רכות יותר מקומטות למספר רב של קמטים קטנים שכיוונם צפון-דרום עד צפון-צפון-מערב - דרום-דרום-מזרח בהתאמה לקמט הגדול (ציור 5b). קמטים אלו מצביעים על התקצרות בכיוון כללי מזרח - מערב עד מזרח-צפון-מזרח - מערב-דרום-מערב בדומה לקמטים מתחת לרכס משגב-עם. מכאן ניתן להבחין במעוות השונה של הסלעים הקומפטנטיים מזה של הסלעים הפחות קומפטנטיים. האחרונים מקומטים לקמטים יותר קטנים ויותר צפופים והם ממלאים שקעים בסלעים היותר קומפטנטיים.

ד. בקיר המערבי של החפיר בשכבות הגסות של סלעי הקנומן, נחשף מישור שבר שהינו כנראה שבר הסטה אופקית מאחר והוא אנכי מחד וגלי מאידך.



- צור 5: השלכות סטראוגרפיות של אלמנטים סטרוקטורליים בבלוק משגב עם - מרגליות.
- (a) קטבים למישורי העתק ראשיים במחצבת כפר גלעדי ודיאגרמת שושנים של מישורים אלה.
- (b) כווני צירי קמוט במבנה הקמוט - מבצר מרגליות.
- (c,d) כווני צירי קמוט לאורך כביש כפר גלעדי - מרגליות.
- (e) מישורי שכבות וקטבים למישורים אלה של שכבות הקולומרט המקומטות בתחנה 9.

תחנה 8. אזור שכבות נטויות מאוד וקמטים לאורך כביש צומת משגב כפר-גלעדי

ממבצר מרגליות ניסע כקילומטר וחצי לכיוון כפר-גלעדי ונעצור בשולי הכביש.

כאן ניתן לראות שוב את המעוות הפנימי של הבלוק שבין שברי מרגליות ורום. סלעי הקנומן כאן נטויים מערבה בנטיה חריפה, המגיעה לעתים עד לנטיה כמעט אנכית. סלעים שהשיכוב שלהם דק מקומטים לעיתים לקמטים קטנים. מדידת הנטויות בבלוק זה מלמדת כי כיוון הנטיה הדומיננטי הוא למערב ולמזרח וכיוון צירי הקמטים הקטנים הינו צפון-דרום (ציור 5d,5c).

הנטויות וכיווני הקמטים תואמים את כיוון המבנים מתחת לרכס משגב-עם ובחפיר של מבצר הונון ומצביעים על התקצרות בכיוון כללי מזרח-מערב.

תחנה 9. מסלול הליכה לאורך מבנים הקשורים לשבר רום

נסיעה לצפון-מערב כביש המערכת של קרית-שמונה ומכאן הליכה מערבה במעלה הגבעה (מצפון לגדר המערכת) לאורך מחשופים של קונגלומרט קרית-שמונה עד לקמט בשכבות הקונגלומרט.

1. קונגלומרט קרית-שמונה בנוי רובו ככולו מחלוקי גיר מגיל אאוקן המכילים לעיתים קרובות נומוליטים, ועוביו כ-200-300 מ'. לצפון ולמערב הקונגלומרט עובר לטרלית אל, ומכוסה על ידי הסדרה האגמית של תל-חי שעוביה כ-200 מ', הנחשפת היטב ליד הכביש מדרום לכפר-גלעדי. הקג"ל והסדרה האגמית של תל-חי שבורים באזור זה מול סלעי הקרטיקון התחתון של רכס מנרה.

א. מונומיקטיות הקונגלומרט מעידה כי חשיפתם של סלעים מלבד אלו של האאוקן, בזמן השקעת הקונגלומרט, היתה מזערית.

ב. תופעות המסת לחץ כגון מגעים ישרים בין חלוקים, חלוקים שקועים בחלוקים אחרים, ונקודות מפגש משולשות מצביעות על מעוות צעיר להשקעת הקג"ל.

ג. חומר הליכוד של הקג"ל גירי והינו תוצאת השקעה קלציטית של אצות או השקעת חומר שהתגבש בגין המסת הלחץ. לכן, החלוקים אינם בולטים בעקבות הבליה, והשבירה איננה לאורך החלוקים אלא חוצה אותם.

ד. השבירה התרחשה בשני שלבים, פוסט-אאוקן (הצטברות הקונגלומרט), ואי שם בנאוגן (שבירה של סלעי הנאוגן מול סלעי הקרטיקון התחתון).

2. הקמט של שכבות הקונגלומרט הוא א-סימטרי, הנטויות למזרח תלולות עד אנכיות ואילו הנטויות למערב מתונות עד כ-20°. אורך הגל של הקמט הנו כמה עשרות מטרים וכיוון צירו צפון-דרום, תת-מקביל לשבר רום העובר כ-50 מ' ממערב

לו (ציור 5e).

3. שבר רום - קטע של שבר זה נמצא מעל וממערב לקמט והוא מפריד בין השכבות האגמיות, חווארים וקירטונים לבנים, מגיל ניאוגן לגירים צהובים מגיל קרטיקון תחתון עליהם נמצאו מעט סטריאציות תת-אפקיות (ציור 4).

מכאן נלך לנקודת תצפית על תחילתו ואזור התפצלותו של שבר רום משבר קרית-שמונה באזור הבנוי של העיר.

4. שכבות נטויות מאוד של גירים ודולומיטים מגיל קנומן. ממערב וסמוך לשבר רום נחשפות שכבות קרבונטיות מגיל קנומן היוצרות מצוקון מאורך בכיוון צפון-צפון-מזרח שנטית השכבות בו תת-אנכית או תלולה מאוד, ניתן לראות את ההבדל הרב שבין נטית שכבות אלו הנמצאות בין שבר רום לשבר מרגליות לבין נטית השכבות שממערב לשבר מרגליות, למשל מצוק תצורת עין אל אסד (כמו יתר השכבות במצוק רמים ממערב לשבר מרגליות) שהינה מתונה ביותר לכיוון מערב. לכן נראה כי נטית השכבות קשורה במעוות פנימי של הבלוק שבין שברי מרגליות ורום ולא לגלישות לכיוון הבקע.

מכאן נרד לוואדי שמדרום לנו ולכיוון גדר המערכת ונחצה את הגדר ליד הוואדי.

תחנה 10. תצפית מראש גבעת שחומית מערבה לסכום הסיור

מתצפית זאת ניתן לראות את העתק מרגליות המעתיק את תצורות הקרטיקון התחתון והעליון במצוק רמים, את העתקי קרית שמונה ורום ואת בלוק כפר גלעדי.

רשימה בבליוגרפית

היימן, א., 1990, התפתחות בקע ים המלח ושוליו בצפון ישראל בפליוקן ובפלייסטוקן, דו"ח המכון הגאולוגי, GSI/28/90, 82 עמ'.

היימן, א., רון, ח., אייל, י., ואייל, מ., 1989, הטקטוניקה של בקע ים המלח, הכינוס השנתי של החברה הגאולוגית הישראלית (רמות), מדריך סיורים, עמ' 1-26.

Glikson, Y.A., 1966, The Lacustrine Neogen in the Kfar Giladi area, northern Jordan Valley, *Isr. J. Earth Sci.*, 15: 85–100.

Freund, R., 1970, The geometry of faulting in the Galilee, *Isr. J. Earth Sci.*, 19: 117–140.

Heimann, A., Eyal, M., and Eyal, Y., 1990, The evolution of Barahrta rhomb-shaped graben Mount Hermon, Dead Sea Rift, *Tectonophysics*, 180: 101–110.

Ron, H., 1987, The deformation along the Yammuneh, the restraining bend of the Dead Sea transform: paleomagnetic data and kinematic implications, *Tectonics*, 6:653–666.

סיור מס' 5:

עדויות לטקטוניקה צעירה בחוף הגליל

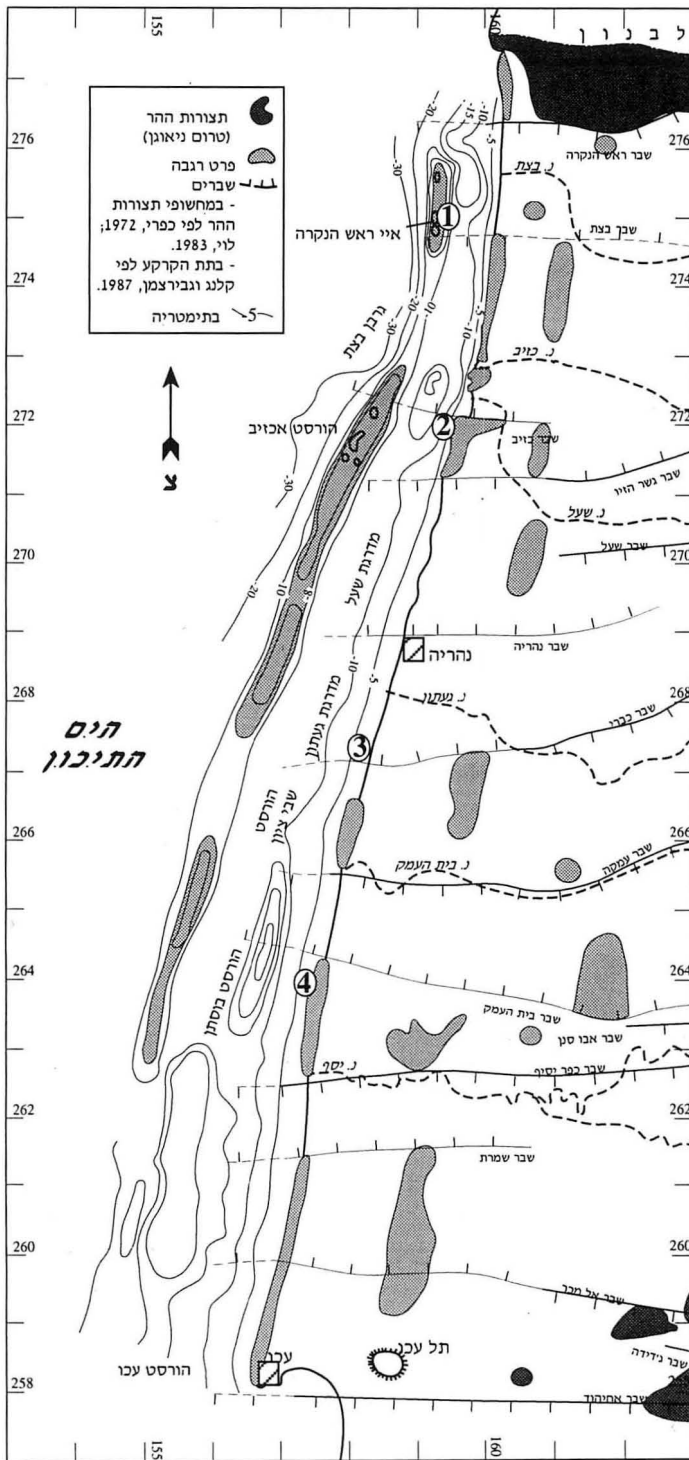
ד. סיון,¹ ג. גבירצמן²

1. החוג לציויליזציות ימיות, אוניברסיטת חיפה, חיפה
2. המחלקה לגיאוגרפיה, אוניברסיטת בר אילן, רמת גן

חוף הגליל משתרע מעכו בדרום ועד ראש הנקרה בצפון, מרגלי ההר במזרח ועד ממערב לאיים במדף הרדוד, המצויים כ-1200-1000 מ' מערבית לחוף (מפה).

חוף הגליל ומפרץ חיפה שייכים לגרben הגליל המוגבל בדרומו על ידי שבר הכרמל, ובצפון, על ידי שבר ראש הנקרה. שבר אחיהוד, שכוונו הכללי מזרח - מערב, מחלק גרben זה לגרben של מפרץ חיפה ועמק זבולון ולהורסט הגליל (Garfunkel and Almagor, 1985). גם הגרben של מפרץ חיפה ועמק זבולון מתחלק לגרbenים והורסטים מדרגה שלישית על ידי שברי מזרח-מערב (Kafri and Ecke, 1964) בעוד הורסט הגליל מתחלק לבלוקים המורמים ומורדים יחסית, שכוונם הכללי מזרח - מערב (סיון, 1996). מבני השבירה התוחמים בלוקים רוחביים אלה (מפה) הינם המשכם של שברי הרוחב שמופו בגליל וגילם נקבע כפליוקן-פליסטוקן (רון, 1984). הפעילות הטקטונית שתחילתה בתקופות קדם רביעוניות, המשיכה לפעול בקצבים שונים לאורך שברי הרוחב בחוף הגליל, במשך הרביעון כולו, כולל בהולוקן לתקופותיו (סיון, 1996).

העדויות לפעילות טקטונית צעירה, הולוקנית, בחוף הגליל, מקורן בחתכים סייסמיים, במזוסטרוקטורות של שבירה בקטעים הסלעיים לאורך החוף, בסטרטיגרפיה של החתך הרביעוני בחוף הגליל (סיון, 1996), ובסקר תת ימי הכולל תצלומים (גלילי ועיטס, 1988). הסקר הסייסמי שבוצע במדף הרדוד מיפה את המשכם במדף של חלק משברי הרוחב בגליל (סיון, 1996). סקר סייסמי מפורט יותר נעשה במדף על ידי ד. סיון וא. גלילי מרשות העתיקות, ענף ים, לאורך מספר שברים בהם ניצפו מדרגות מורפולוגיות בכורכר, לאורך ליניאמנטים שכוונם הכללי מזרח-מערב. חלק מהמדרגות המורפולוגיות הללו תועדו בתצלומים תת ימיים שבוצעו על ידי א. גלילי. במקביל, ניצפו לאורך החוף מערכות סידוק הנימשכות לעיתים לאורך עשרות מ', וכוונן הכללי מזרח-מערב. מערכות הסידוק וההסטה מצויות בעיקר בקטעים הסלעיים של רכס הכורכר החופי הפלייסטוקני, ששויד לפרט רגבה שגילו 128-146 KA (סיון, 1996), בפרט יסף ובפרט נחליאלי שהורבדו מעל פרט רגבה וגילם 122-71 KA (סיון, 1996). ניתן לזהות מערכות אלה גם בסלעי החוף ההולוקניים.



מפת השברים בחוף הגליל וסימון תחנות

מטרת הסיור הנוכחי הינה להציג את העדויות מהשדה לשבירה הצעירה: את מערכות הסדקים, השברים וההסטות בכורכרים הפליסטוקניים של רכס החוף, הנחשפים ברובם בבלוקים המורמים שלאורך החוף, באי נחליאלי השייך לרכס המערבי הטבעי, ובסלעי החוף ההולוקניים.

מסלול הסיור:

תחנה 1. סיור סירות מחוף בצת לאי נחליאלי (מפה)

במדפו הרדוד של חוף הגליל מצויות שתי קבוצות איים: קבוצת איי אכזיב וקבוצת איי ראש הניקרה. שתי קבוצות האיים מצויות בהמשכם המערבי של הבלוקים המורמים יחסית, משני צידיו של גראבן בצת והם מעידים כי המבנים הרוחביים, המתחמים בשברים, נמשכים מערבית לחוף הנוכחי (מפה). האיים נחצבו בתקופות ההסטוריות (כמו הכורכר בקו החוף), ולעיתים הותירו החוצבים רק שוליים כורכריים להגנה מפני נתזי הגלים. רק באי נחליאלי, מקבוצת איי ראש הניקרה, נותר חתך כורכרי המורכב משלוש יחידות כורכר החצויות על ידי שני אופקי חמרה. הכורכר התחתון באי נמצא ימי במקורו ושויך לפרט יסף, ושני אופקי הכורכר העליונים, שנמצאו אף הם ימיים במקורם, שוייכו לפרט נחליאלי (סיון, 1996). החציבות באי מצויות מעל מפלס הים הנוכחי ומערכות הסידוק ניכרות בו היטב. האי נחצה על ידי סדקים פתוחים שכוונם הכללי מזרח-מערב.

תחנה 2. מינת א-זיב. נ.צ. 1595/2718 (מפה)

מינת א-זיב (נמל אכזיב) משתרע בתחום הורסט אכזיב. קו החוף באזור זה מורכב מכפים כורכריים עטורים טבלאות גידוד ומשלושה מפרצים חוליים. הכורכר החשוף שייך לפרט רגבה (סיון, 1996). הפרט מורכב משתי יחידות כורכר ויחידת חמרה החוצצת ביניהם. הכורכר התחתון מסיבי, בעוד העליון מתאפיין בשיכוב צולב. שתי יחידות הכורכר נחצבו בתקופות הסטוריות והחציבות משתרעות לכל אורך קטע חוף זה. עובי החמרה שבין הכורכרים מגיע לכ-20 סמ'.

בקטעים הסלעיים שלאורך החוף מצויות מערכות סידוק שאורכן מגיע לעשרות מ'. חלק מהסדקים הועמקו על ידי האירוזיה האינטנסיבית, והם ניכרים גם בתצ"א בקנ"מ של 1:6000. גיאומטריה, נראות המערכות כסדקים מצטלבים השומרים על שלושה כוונים. עיקריים: צפון מזרח-דרום מערב, צפון-דרום, ומזרח - מערב. חלק מהמעוותים הם ברובם מטיפוס "Romb-shape graben" המעיד על תזוזה אופקית. לאורך סדקים אלה ניצפות גם הסטות אנ'יות שיתכן ומקורן מתזוזה לאורך קוויים אלה. הורסט אכזיב מתאפיין בריכוז הרב ביותר של סטרוקטורות סידוק, שבירה והסטה, המעידות על שדה מאמצים פעיל לאחר פרק הזמן של הרבדת פרט. רגבה, היינו ב-120 אלף השנה האחרונות.

תחנה 3. סלעי החוף בחוף נהריה. נ.צ. 1584/2672 (מפה)

בניגוד לפרט רגבה הפליסטוקני, החשוף בחוף הגליל בעיקר במבני הרוחב המורמים יחסית, מצויים סלעי החוף ההולוקניים ברובם הגדול במבנים הירודים, בעיקר בגראבנים. סלעי החוף הורבדו מעל חתך חולות וחרסיות הולוקניות והם מכילים חרסים, בעיקר רומיים. יחידה סטרטיגרפית זו מורכבת בעיקר מביוקלסטים גדולים, במגוון פאוניםטי גדול. מינרלוגית, היא מורכבת בעיקר מקרבונטים לא יציבים: ארגוניט וקלציט עשיר מגנזיום, המעידים אף הם כי היחידה אינה מוחלפת בשל היותה צעירה יחסית בחתך הרביעוני (סיון, 1996).

המחשוף שממערב לבית העלמין של נהריה, מצוי במדרגת געתון והוא מכיל ריכוז גבוה של מערכות סידוק, עם כמות רבה של מבני "Romb-shape graben", המלווים הסטות אנכיות של עד כמה ס"מ. ואופקיות של כמה עשרות ס"מ. הגיאומטריה של מערכות הסידוק מחזקת את ההנחה שאין כאן רלקסציה או שקיעה עקב תשתית לא יציבה, אלא פעילות שדה מאמצים טקטוני שגילו מאוחר להרבדת הפרט, היינו באלף השנה האחרונות.

תחנה 4. מחשוף הורסט בוסתן. נ.צ. 1573/2635 (מפה)

גבעת הכורכר שמדרום לשבי ציון שייכת לפרט רגבה, שגילו כאמור 128-146 KA, והיא מצויה בתחום הורסט בוסתן (מפה). במקום נמצא שילוב סדקים עמוקים, שכוונם צפון-דרום ומזרח-מערב, לאורכם קיימת הסטה אנכית בסדר גודל של כ-1 מ' ואופקית של כ-0.5-1 מ'.

סיכום

התנועות הטקטוניות בחוף הגליל פעלו בפליסטוקן לתקופותיו, חלקן נמשכו אף בהולוקן. מערכות הסידוק וההסטה בקטעי החוף שהוצגו להלן, מעידות על תנועות שלאחר הרבדת פרט רגבה ששויך לדרגה האיזוטופית 6 (סיון, 1996), והן חלו אם כן במהלך 120,000 השנה האחרונות, על תנועות שלאחר הרבדת פרט נחליאלי ששויך לדרגה האיזוטופית 5.1-5.4 וגילו 110,000-71 שנה (סיון, 1996), ואף על תנועות צעירות, ב-1,000 השנה האחרונות. עדויות אלה מצטרפות לעדויות מתחומים נוספים, המורות על פעילות טקטונית בפליסטוקן המאוחר, בהולוקן ואף בתקופות ההסטוריות. עדויות אלו כוללות מדרגות מורפולוגיות של 2-3 מ' בכורכר החשוף במדף היבשת, והבדלים אנכיים בין בסיס החרסית ההולוקנית. המדרגות המורפולוגיות שכוונן מזרח-מערב, אינן מתכסות בחול, למרות קצבי הסדימנטציה אינטנסיביים, והן מעידות על קצבי התרוממות גדולים מקצבי הסדימנטציה (סיון, 1996; גלילי ועיטם, 1988). הבדלים של 2-3 מ' בין גבהי בסיס חרסית נהריה הימית במקורה, בגראבנים ובהורסטים מעידים אף הם על המשך תנועות צעירות בשברים הראשיים המחלקים את חוף הגליל לגראבנים והורסטים.

מקורות

- גליל, א. עיטס, י., 1988, שבירה צעירה במדף היבשתי הרדוד: עדויות מצפון ישראל. החברה הגיאולוגית הישראלית, הכנס השנתי, עין בוקק. עמ' 18.
- סיון, ד. , 1996, פליאוגיאוגרפיה של חוף הגליל ברביעון. המכון הגיאולוגי, דו"ח 18/96. 214 עמ'.
- רון, ח., 1984, מחקר פליאומגנטי וניתוח מערכות השבירה בגליל - צפון ישראל. חיבור לשם קבלת תואר דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- Garfunkel, Z., and Almagor, G., 1985, Geology and structure of the continental margin off Northern Israel and the adjacent part of the Levantine Basin: Marine Geology, v. 62, p. 105-131.
- Kafri, U., and Ecker, A., 1964, Neogene and Quarternary subsurface Geology and Hydrology of the Zevulun Plain, GSI Bulletin No. 37.

93: 179-184.

- Mimran, Y., 1969. The Geology of Wadi el Malih region. M.Sc. Thesis, Hebrew Univ., Jerusalem 30 p. (in Hebrew, unpubl.)
- Mimran, Y. 1972. The Tayasir Volcanics. A Lower Cretaceous Formation in the Shomeron, Central Israel. *Isr. Geol. Surv. Bull.* 52, 9 p.
- Mor, D., 1987. Har Odem, Geological Map. 1:50.000. The Geological Survey of Israel.
- Rosenfeld, A., Hirsch, F., and Honigstein, A., 1995. Early Cretaceous ostracodes from the Levant. in *Ostracoda and biostratigraphy*, Riha (ed.) Balkema, Rotterdam, 111-121.
- Saltzman, U., 1968. The geology of the southeastern Hermon slopes. Tahal, Internal Rep., 46 p. (in Hebrew).
- Shachnai, E., 1968. Composite section of the Lower Cretaceous at Ein Qiniya-Ein Arik (Ramallah Region) including type sections of Ein Qiniya Fm. and Qatana Fm. (in: Geological Map of the Ramallah area).- *Isr. Geol. Surv., Interim Rep.*, Jerusalem.
- Shimron A. and Peltz, S. 1993. Early Cretaceous pyroclastic volcanism on the Hermon Range. *Isr. Geol. Surv. Bull.* 84, 43 p.
- Sneh, A., Druckman, Y. and Y. Mimran, 1985. Complementary Mapping of sedimentary units of the northern Golan. *Isr. Geol. Surv. Rep.* 21:1-12.

ing the village of Massada the path strikes the massive dolomites of the Yagur Formation. Reach the main road, where the bus is waiting (Bridge over Nahal Sa'ar).

LUNCH BREAK AT BIRKAT RAM

Drive to Nahal Nimrod.

STOP 3 Panoramic view

Drive through Neve Ativ, back to Banias. Way back to Qiriat Shmona.

STOP 4 Shmurat Mazokei Ramim

Drive up through the township, up to the base of the cliffs.

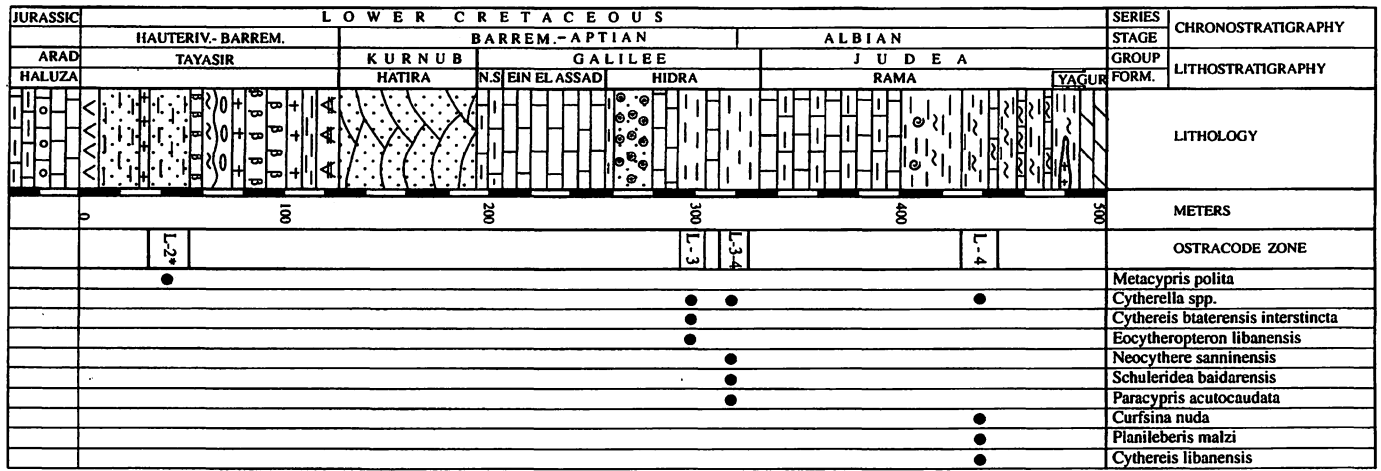
Visit of the Geological park of Mazokei Ramim.

Depending on the time, it is possible to climb along the main cliff and reach the base of the Hydra formation with the iron-oolites.

Back down to the parking, and back to Kfar Giladi.

References

- Conway, B. , 1991. Early Cretaceous (Berriasian) microflora on Mount Hermon. *J. African Earth Sc.*, 13:499-504.
- Dubertret, L. 1960. Feuille Hermon, notice explicative. *Rep. Libanaise, Min. Trav. Publ., Beyrouth.* pp. 1- 46.
- Dubertret, L., 1975. Introduction a la carte geologique au 1:50,000 du Liban. *Notes et Mem. Moyen Orient*, 23: 345-403.
- Eliezri, I., 1965. The Geology of the Beit Jann region. *Isr J. Earth. Sci.*, 14: 51-66.
- Heybroek, F., 1942. La geologie d'une partie du Liban sud. *Leidsche Geol. Meded.*, 12:251-470.
- Hirsch, F., 1996. Geology of the Southeastern slopes of Mount Hermon. *Geol. Surv. Isr. Current Research* 10, 22-27.
- Hirsch, F., Honigstein, A. and Rosenfeld A., 1994. Early Cretaceous ostracodes from the southeastern slopes of Mount Hermon. *Isr. Geol. Surv., Current Research*, 9:90-91.
- Kafri, U. 1991. Lithostratigraphy of the Judea Group in E. Galilee, emphasizing the Naftali Mountains. *Rep. GSI/24/91.*
- Lang, B. & Mimran, Y. 1985. An Early Cretaceous volcanic sequence in central Israel and its significance to the absolute date of the base of the Cretaceous. *J. Geol.*



HAR QITH

a)

STRATIGRAPHY				L I T H O L O G Y	THICKNESS IN M		
SYSTEM	SERIES	STAGE	FORMATION				
TERTIARY	PALEOGENE	Eocene Lower/Middle	Various unnamed formations			Chalk with flint and limestone	up to 1000
			Taqiya Fm.	Greenish argillaceous chalk	0-20		
C R E T A C E O U S	UPPER CRETACEOUS	MASTRICHTIAN	Ghareb Fm.	Slightly argillaceous chalk	0-50		
			Various unnamed formations	Massive chalk, sometimes argillaceous and bituminous	50-150		
		SENONIAN	Various unnamed formations	Chalky limestone ("Ka'akule")	25-60		
			Bina Limestone Yraq Fm.	Sublithographic, also coarse crystalline, limestone	0-150		
		CENOMANIAN	Sakhnin Dolomite	Hard, grey, coarse-crystalline dolomite, frequently karstic, some limestone	100-200		
			Deir - Hanna Formation	Predominantly soft dolomite, chalk, limestone (frequently reefy), and marl; flint concretions; strong lateral facies changes	140-300		
			Kamon Dolomite	Thick bedded, grey dolomites, some marl, flint concretions near top	140-200		
		C R E T A C E O U S	LOWER CRETACEOUS	ALBIAN	"Couches de passage"	Hard fine-grained limestone, some dolomite	55
					"Couches à Knemiceras"	Yellowish marl and argillaceous limestone	126
					"Falaise de Zumoffen"	Hard, fine-grained, partly oolitic limestone	25
"Couches à Orbitolines"	Alternating layers of lst. marl & clay iron oolites (ore)				105		
"Muraille de Blanche"	Marl and limestone						
"Couches à gastéropodes"	Dark limestone, partly argillaceous and sandy, iron oolites				78		
Unnamed formation	Fine grained, partly oolitic, limestone						
"NEOCOMIAN"	Unnamed formation				Oolitic calcarenite Alternating layers of sandstone, limestone, marl	50+	
		Unnamed formation	Nubian Sandstone				

YG 3919

Fig. 3. Generalized Early Cretaceous columnar sections:
 (a) Har Ramim, (b) SE Mt. Hermon slope between Ein Quniya and Massada

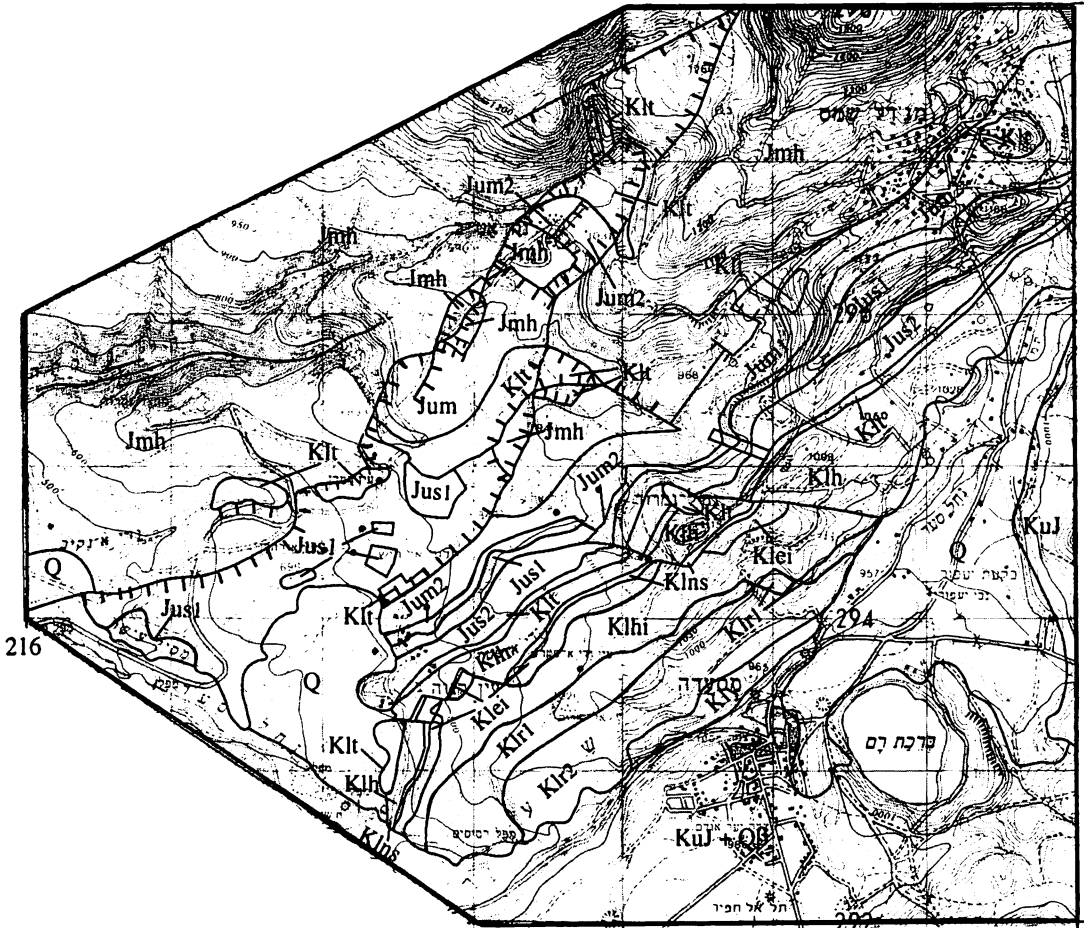
Fig. 2. Geological Map of SE Mt.Hermon Slope (after Hirsch, 1996)

LEGEND

- Q Pleistocene basalts
- Upper Cretaceous KuJ Judea Group (undivided)
- Lower Cretaceous
 - Kly Yagur Fm.
 - Klr2 Rama Fm., marl-limestone mb.
 - Klr1 Rama Fm., limestone mb.
 - Klhi Hidra Fm
 - Klei Ein El Assad Fm.
 - Klns Nabi Said Fm.
 - Klh Hatira Fm.
 - Klt Tayasir Series (undifferentiated)

Jurassic

- Jus2 Nahal Sa'ar Fm., Oolitic yellow Mb.
- Jus1 Nahal Sa'ar Fm., Echinoid limestone Mb.
- Jum2 Majdal Shams Fm., spiculitic lmst.Mb.
- Jum1 Majdal Shams Fm., Shale Mb.
- Jmh Hermon Fm.



216

220

223

Q	Alluvium	Klns	Nabi Said Formation
Kuj+Qβ	Judea Gr. (undivided) + Quaternary basalts	Klh	Hatira Formation
Kuj	Judea Group (undivided)	Klt	Tayasir Volcanics (undivided)
Kly	Yagur Formation	Jus2	Nahal Sa'ar Fm., Yellow OOlite Mbr.
Klr2	Rama Fm., Marl-Lst. Mbr.	Jus1	Nahal Sa'ar Fm., Echinoid Lst. Mbr.
Klr1	Rama Fm., Limestone Mbr.	Jum2	Majdal Shams Formation, Spiculitic Lst. Mbr.
Klhi	Hiḏra Formation	Jum1	Majdal Shams Formation, Shale Mbr.
Klei	Ein El Assad Formation	Jmh	Hermon Formation

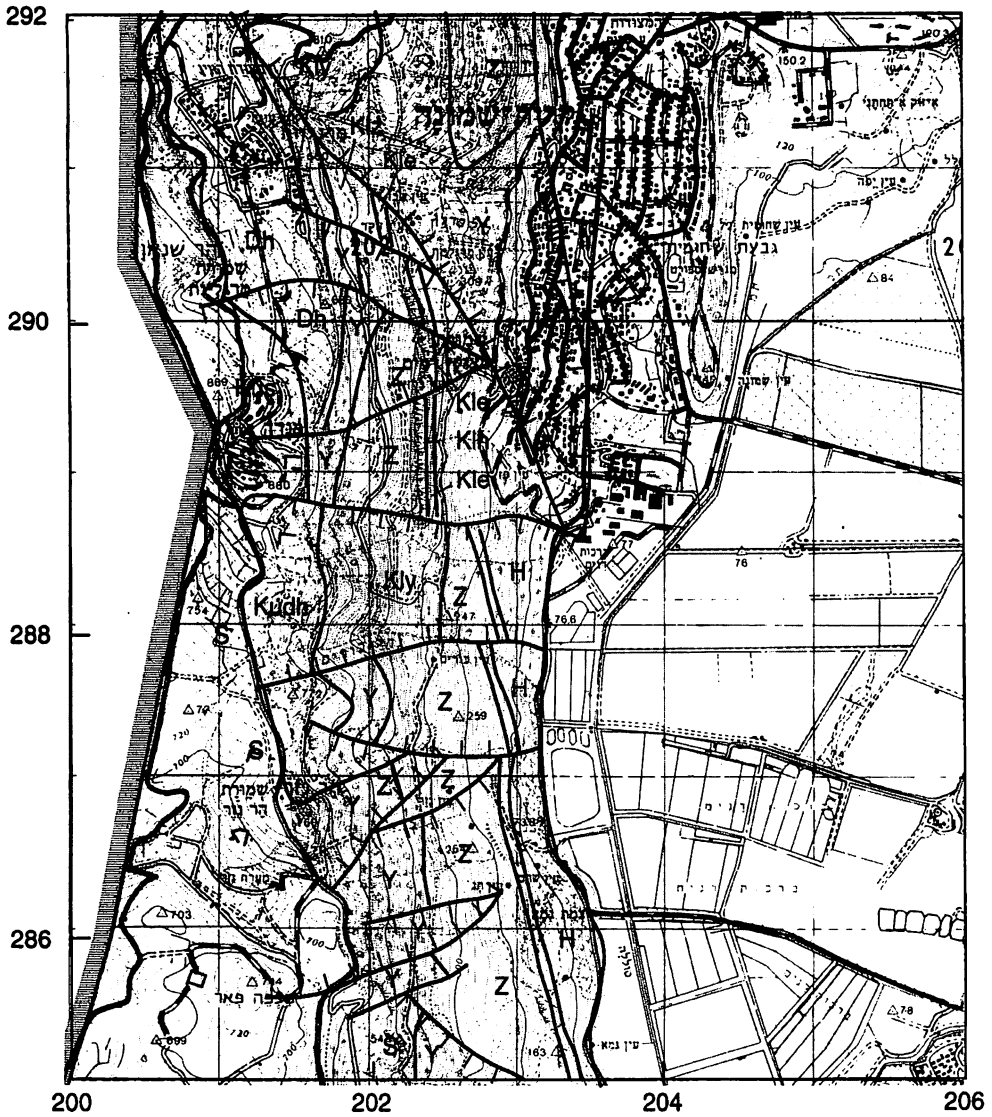


Fig. 1 Geological map of the Ramim cliff (after Kafri, 1991)

LEGEND

- Kus Sakhnin Fm.
- Kudh Deir Hanna Fm.
- Kly Yagur Fm.
- Klz Rama + Hidra Fms.
- Kle Ein El Assad Fm.
- Klh Nabi Said + Hatira Fms.

units are coeval with the Yagur Formation at of the Carmel. At Massada, this unit is represented a massive dolomite. The Yagur Formation is Albian in age (Lewy and Raab, 1976).

EXCURSION ROUTE

Leaving Kfar Giladi in the direction of Banias. Crossing the Hula Valley and climb in the direction of Massada. About 6 km after the Banias bridge, turn to the left in direction of Ein Qunia.

STOP 1 (E2175/N2928) at the bend of the road:

Panoramic view:

WEST: the Ramim Cliffs above Qiriat Shmona

N- NE: the Neue Ativ Graben, Qala'at Nimrod and Jurassic Hermon uplift.

Close-by the stratigraphy of the Lower Cretaceous above Ein Quniya.

STOP 2 Two hour walk crossing the Lower Cretaceous

Drive 2 km further, into the village of Ein Quniya, and leave the car for the 4 km walk to Massada. Up the steep street (Church) in E direction one crosses the Tayasir and Hatira formations. The village of ein Quniya is partly built on the Nahar Sa'far Formation (Upper Jurassic) and on the Lower Cretaceous Tayasir, Hatira and Ein El Assad formations. The latter consist of large downfaulted, slided blocks.

Following the path that leads to Nahal Nimrod and Massada, along one of the numerous faults. To our left we can see Nahal Shatr, where the contact between Tayasir and Upper Jurassic is well exposed. One reaches the larger not-downfaulted part of the ein El Assad Formation. Below the massive limestone, a number of beds are core and contain algae. The bulk of the limestone contains sometimes Orbitolina. Above the whitish carbonates follow the sandy iron oolites of the Hidra Formation. Further up we reach the roadfork, leaving the path leading to Nahal Nimrod, we take right in the direction of Massada. Now we cross the top of the Hidra Formation into the lower member of the Rama formation. Along the path we can study the terraced ledges of the lower Rama Formation until we reach the hardground at top. Abundant bivalves occur in the marly limestones. The shales and marls yield the ammonite *Knemiceras* sp. and Albian ostracodes. Further down a basaltic dike crosses the formation. Before reach-

in 1847 (Dubertret, 1937; Heybroek, 1942). This clear landmark can be followed from the Druze village of Ein Qinia (also spelled Ein Qunia) into Syria, east of Majdal Shams. In the village of Ein Qinia and its vicinity, landslides have dislocated portions of the formation into slabs on which parts of the village are built. Also forming a landmark, the cliff of Ramim above Qiriat Shmona, is 42 m thick (Rosenber, 1960).

Hidra Formation (Eliezri, 1965) [Kli]

Consists of sandstones, iron-oolites, limestones with Orbitolina and shale, known as the Couches a Orbitolines in Lebanon. In the Galilee sections of Menara and Har Ramim 105 m occur (Rosenberg, 1960). Above the village of Ein Quniya, the sequence, 80 m thick, yields Aptian - Early Albian ostracodes (Hirsch et al., 1994). The Hidra Formation was established at Rami in Galilee, where it reaches 133 m thickness. (Eliezri, 1965). The Asfuri limestone, a 12 m thick ledge at Rami, consisting of brown oolite was identified above the Hidra Formation (Eliezri, 1965). The Tammun Formation in Judea and Samaria (Shachnai, 1968; Mimran, 1969) and the Katih Formation at Ein Qunia (Saltzman, 1968; Sneh et al., 1985) are considered as junior synonyms.

Rama Formation (Eliezri, 1965) [Klr]

The Rama formation consists between Ein Qunia and Massada, of up to 230 m of limestones and marls, subdivided into two members:

The lower Limestone and Marl Member at base [Klr1] consists of 80 m of nodular limestones with marly intercallations, forming a distinctive ledge. At Ramim (Qiriat Shmona), the Zumoffen ledge (Heybroek, 1942) consists of 25 m of hard, fine grained, partly oolitic limestone (Rosenberg, 1960). The top bed of the member is covered by a fossiliferous hardground.

The upper Marl and Shale Member [Klr2] consists of up to 150 m of soft marls and thin fossiliferous limestones. The member yields the ammonite *Knemiceras* sp. and abundant large bivalves. Ostracodes indicate an Albian age (Hirsch et al., 1994). This member resembles the Qatana beds in Judea. Based on lithology and fossil content, the name Mas'ada Formation (Saltzman, 1968) is regarded as a junior synonym of the Rama Formation (Eliezri, 1965). At Ramim the unit consists of 126 m of yellowish marl and argillaceous limestone (Rosenberg, 1960).

Yagur Formation (Picard, 1956; emend. Kafri, 1972) [Kly]

Above the Rami Formation follow at Ramim 55 m of hard, fine grained dolomitic limestone, the passage beds (Rosenberg, 1960). Follow 140 - 200 m of thick bedded grey dolomite, some marls and flint concretions at top, the Kamon dolomite. These

STRATIGRAPHY

Tayasir Volcanics (Mimran, 1972) [Klt]

Prior to Latest Jurassic - Early Cretaceous magmatic activity regional tilting affected the area, causing denudation and subaerial erosion. Basaltic flows (Klt) cover an erosional surface carved deep within the Jurassic substratum. Detected in the subsurface of Galilee and exposed in the Malih and Hermon outcrops, the Tayasir tuffs and basalts cover a paleorelief, carved deep within the Jurassic. Near the village of Majdal Shams, these volcanics rest directly on the Oxfordian Majdal Shams Formation (Mor, 1987).

The Tayasir Volcanics of Wadi E'Shatr consist of up to 130 m thick basalts and tuffs, intercalated with lacustrine sediments (Shimron and Peltz, 1993). The carbonaceous intercalation in the volcanics near Ein Quniya yields a Berriasian microflora (Conway, 1991) and freshwater-brackish ostracodes of "Wealden" affinity (Hirsch et al., 1994). A 480 m thick sequence was drilled in Eastern Galilee borehole Hula 2, whereas the sequence is 230 m thick at Wadi El Malih (Mimran, 1972).

Hatira Formation (Wetzel and Morton, 1959) [Klh]

The Hatira Formation consists mostly of coarse reddish sandstones, crossbedded in places, reaching 70 - 80 m. near Ein Qunia. At Ramim, over 50 m are exposed. The unit present here corresponds to the oldest part, prior to the black or brown cuestas of the Hatira Formation in the Negev (Weisbrod et al., 1990).

Nabi Said Formation (Eliezri, 1965) [Kln]

At the entrance to the village of Ein Quniya, a 10 - 20 m thick sequence of sandy limestone beds, yielding gastropod fragments, occurs at the base of the ledge forming the Ein el Assad Formation. This sequence is tentatively identified as the thinned out Nabi Said Formation, representing the beginning of the Aptian transgression. It consists of sand, marls and oolitic limestones, well exposed in the "Couches a Gasteropodes" (Heybroek, 1942) in South Lebanon, where its thickness ranges from 190 m in the W (Abeih) to 65 m in the E (Barouk). A sequence of 78 m is exposed at Har Ramim (Rosenberg, 1966), 86 m at Ras Ramali in Samaria (Mimran, 1972), 77 m. at Har Netofa, west of the Sea of Galilee and over 42 m (base not exposed) at Rami in Galilee (Eliezri, 1965). In the Hermon slope it may represent the proximal end of the facies.

Ein El Assad Formation (Eliezri, 1965) [Kle]

The Ein El Assad Formation builds a well developed carbonate cliff. Known as the "Muraille de Blanche" in Lebanon, named after Blanche, who mentioned it as early as

Field Trip 3:

THE LOWER CRETACEOUS ON BOTH SIDES OF THE RIFT HAR RAMIM (QIRIAT SHMONA) - HERMON

Francis Hirsch

Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Yisrael Street, Jerusalem 95501 Israel

INTRODUCTION

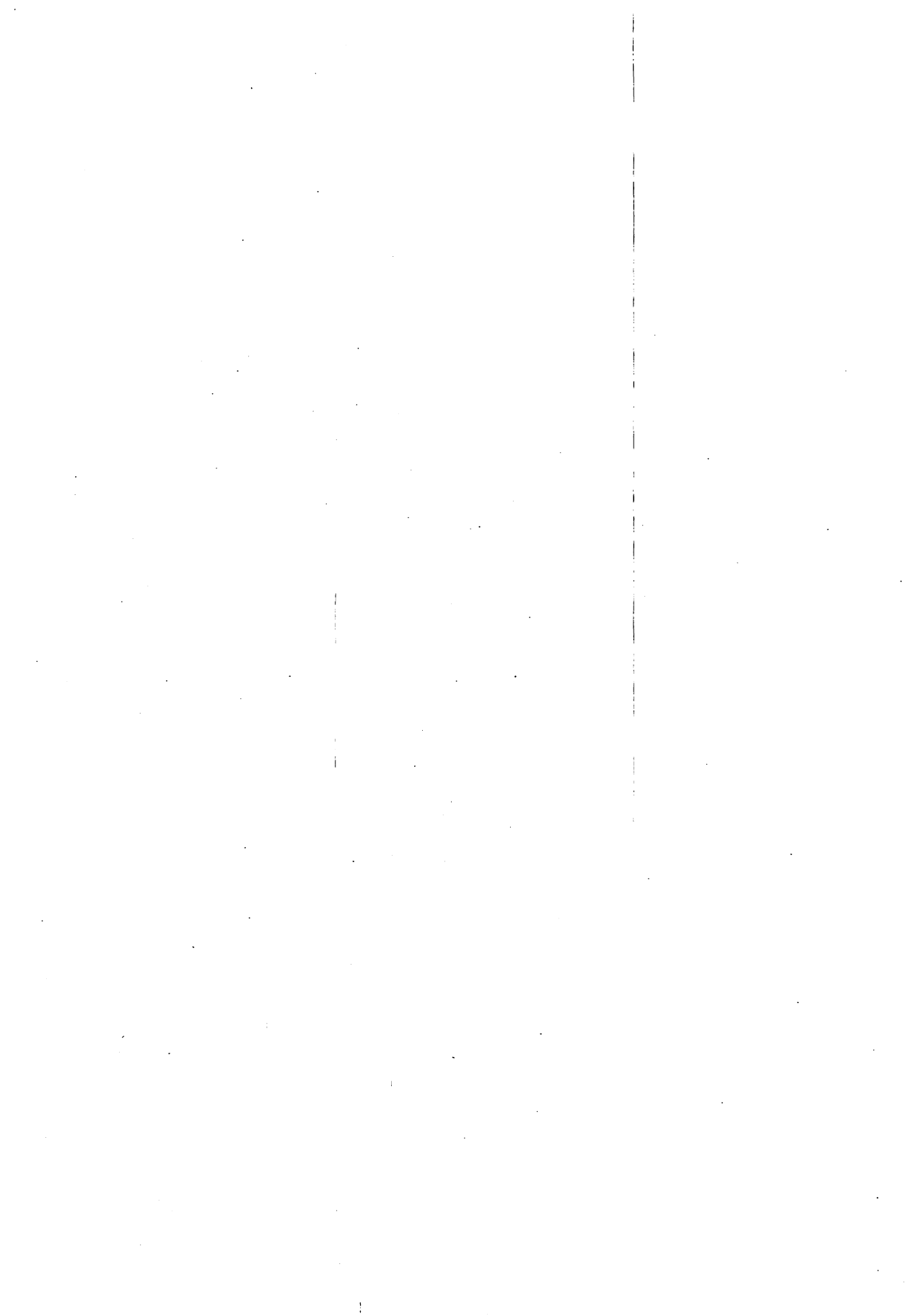
(1) In the newly established nature reserve of Ramim (Qiriat Shmona, Eastern Galilee), the Lower Cretaceous Galilee Group (Kafri 1972) and the lower part of the Judea Group are well exposed in a sequence of nearly 600 m, building up the slopes of the Northern Naftali Mountains (Rosenberg, 1960; Kafri, 1991).

A well marked path permits the study of the Hatira, Nabi Said, Ein El Assad, Hidra , Rama and Yagur formations.

(2) The southeastern slope of Mount Hermon, between Nahal E Shatr and Nahal Sa'ar, in the triangle of Nahal Nimrod, Ein Qinia and Massada, is built of Lower Cretaceous sedimentary and volcanic rocks. The lower contact of these rocks with the underlying Late Jurassic Nahar Sa'ar Formation is well exposed. Toward the SE the sequence plunges with a dip of ca 30 degrees beneath the Pleistocene basalts. The Late Jurassic - Early Cretaceous magmatic complex was studied by Shimron and Peltz (1993). The stratigraphic subdivision of the Lower Cretaceous of Dubertret (1960), Saltzman (1968) and Sneh et al. (1985) was revised by Hirsch (1996).

GEOLOGICAL BACKGROUND

Only 17 km separate today the exposures of Qiriat Shmona and Ein Qinia. In order to understand the stratigraphy, one has to move the eastbank over 100 km back to the south, along the Levant transform, more or less opposite the Lower Cretaceous exposures of Wadi Faria and Malih (Samaria).



FIELD TRIPS — Contents

Field Trip 3: The Lower Cretaceous on Both Sides of the Rift Har Ramim (Qiriat Shmona) — Hermon

F. Hirsch

The Geological Society of Israel thanks the following for their contributions:

The Ministry of Science

Ben Gurion University of the Negev, Beer-Sheva

Bank Tefahot Ltd.

Dead Sea Works

The National Petroleum Company

PAMA (Energy Resources Development) Ltd.

Mivdeket Hagalil Ltd. – Quality Control Services

The Department of Geological and Environmental Studies, Ben Gurion University
of the Negev

Kefar Gil'adi Quarries

Albatross Aerial Photography Ltd.

Geological Society Committee 1996/1997

Yehuda Eyal – President

Avi Shapira – Vice President

Yossi Hatzor – Activities Coordinator

Shmuel Marco – Treasurer

Hagai Ron – Activities Coordinator

Dorit Sivan – Member

Leah Feldman – Member

Dov Ginzburg, Manager, Scientific Fund in the name of the late Dr. Peretz Grader.

The Geological Society of Israel thanks the field trip leaders and members who assisted in preparing the Field Trip Guide and Abstract Book.

Typesetting and Production
Laser Pages Publishing Ltd., Jerusalem
Tel: 02-6522226 Fax: 02-6522277



ISRAEL GEOLOGICAL SOCIETY
ANNUAL MEETING KEFAR GIL'ADI

FIELD TRIPS GUIDEBOOK

EDITOR:

Dorit Sivan, University of Haifa
Yossi Hatzor, Ben Gurion University of the Negev
Hagai Ron, Geophysical Institute of Israel
Shmuel Marco, Geological Survey of Israel
Yehuda Eyal, Ben Gurion University of the Negev

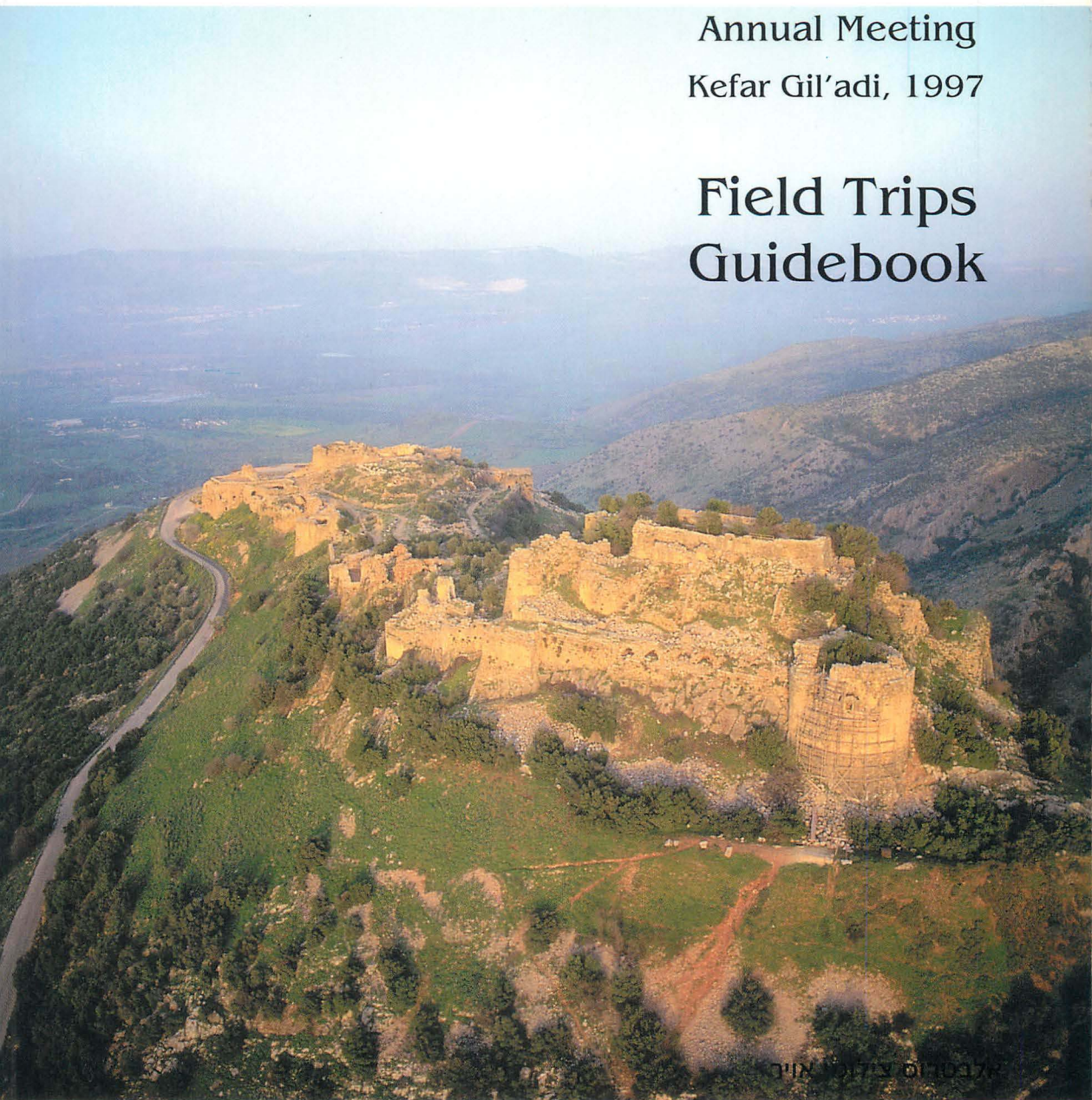
15-17 APRIL 1997





Annual Meeting
Kefar Gil'adi, 1997

Field Trips Guidebook



לוגו החברה הגיאולוגית הישראלית