

כנס לכבודם של פרופ' משה ענבר וד"ר דורון מור כהוקרה על תרומתם למחקר הגיאולוגי והגאומורפולוגי של רמת הגולן

31.10.19

מכללת אוהלו, קצרין

חוברת תקצירים



8:30 - 9:00 התכנסות – קפה ועוגיות
9:00 - 9:20 דברי פתיחה והוקרה – אריאל היימן
9:20 - 9:40 דברי ברכה בשם מכון שמיר – דן מלקינסון
9:40 - 9:20 דברי דורון מור ומשה ענבר

9:40 - 11:10 מושב וולקניזם (יו"ר רמי וינברגר, לאה ויטנברג)

1. מוטי שטיין - עליית האסטנוספירה אל תוך הליתוספירה הערבית המתבקעת: עדויות מהבזלות הנאוגניות-רביעוניות ברמת הגולן והגליל
2. ניקול בכר, רמי וינברגר, יהודית הרלבן - מאגר הגילים השלם של בזלות צפון ישראל וחארט-שאם: השלכות לגיאוכרונולוגיה של הגולן
3. אריאל היימן - גילי תהליכים טקטונים בצפון ישראל - איזה מזל שיש סלעים וולקניים בגולן
4. עמית שגב, איתי רזניק - הוולקניזם והמורפולוגיה של דרום הגולן ואגן כנרת-כנרת בתקופת הפליוקן
5. ישי ויינשטיין פרח נוראל, רמי וינברגר, משה ענבר - הדפוס העיתי של הוולקניזם בצפון מזרח ישראל והקשרים עם טרנספורם ים המלח
6. עמוס פרומקין - גולן, בשן וחורן: עולם תחתון וולקאני

11:10 - 11:30 הפסקה

11:30 - 12:45 מושב גיאומורפולוגיה (יו"ר ישי ויינשטיין, דן מלקינסון)

1. נורית שטובר, משה ענבר, דורון מור - התפתחות אגן ההיקוות של נחל סער
2. חן נתיב, איתי חביב - ניבוי קצבי התחתרות בסלע בעזרת נתונים טופוגרפיים ואקלימיים - מבט על נחלי רמת הגולן
3. נתי ברגמן, נעם גרינבאום - הסעת גרופת ורחופת בנחל הררי בזלתי - נחל משושים
4. מתן בן אשר, איתי חביב, און כרובי - השפעת האקלים והמפנה על התפתחות המדרונות בקונסים הוולקניים ברמת הגולן
5. לאה ויטנברג, דן מלקינסון, גל דרוז - השפעת כיסוי צומח על נגר וסחף קרקע בשטחים חקלאיים ברמת הגולן

12:45 - 13:30 הפסקת צהרים - סנדוויצ'ים

13:30 - 14:45 מושב כללי (נורית שטובר, אריאל היימן)

1. חן שער, ניקול בכר - המחקר הפליאומגנטי ברמת הגולן
2. איתי רזניק, יובל ברטוב - ההסטוריה התרמלית של אגן הגולן - מדידות גיאותרמליות, אנליזת סלעי מקור ומודל אגן
3. הלל גלזמן, דידי קפלן - השפעת מאגרי הגולן על המערכת האקולוגית במורדם
4. אבשלום באב"ד, אילון אדר, אבי בורג - משטר, מאזן ומודל של זרימת מי התהום בעמק החולה
5. חיים בן דוד - גיאוארכיאולוגיה מרחבית של הגולן במהלך הדורות

15:00 - 17:00 סיור מכוניות פרטיות

1. מפלי הבזלת knickpoints - משה ענבר - יובל נחל המשושים, ליד המכינה הקדם צבאית (הקמפינג), בשולי קצרין
2. הר געש חצוי, שני טורי הרי הגעש בגולן ותל טבעת - דורון מור - הר שיפון
3. מורדות הגולן והקשר בין בזלות הגולן לבקע ים המלח - אריאל היימן - מצפה גדות (בדרך הביתה ואם יוותר זמן)

עליית המעטפת האסטנוספירית לתוך הליתוספירה הערבית המתבקעת

מרדכי שטיין

המכון למדעי כדה"א, האוניברסיטה העברית ירושלים והמכון הגאולוגי של ישראל

מודל ה MOMO שהוצג על ידי שטיין והופמן (Stein and Hofmann, 2004) לגבי התפתחות הקרום היבשתי והמעטפת של כדה"א, הציע כי הקרום היבשתי התפתח באופן אפיזודי דרך מחזורים מגמתיים-טקטוניים שהיו קשורים לאירועי היפוך (Overturning) משמעותיים במעטפת שהתבטאו בעליית פלומים גדולים (plume heads) ממעמקי המעטפת אל חלקה העליון ה"רדוד". עליית הפלומים השפיעה על הרכב המעטפת העליונה - הם גרמו להעשרה של מעטפת זאת ביסודות קורט אי-קומפטיביליים, וגרמו לשינוי ההרכב האיזוטופי של המעטפת הרדודה. המגמות שנוצרו על ידי הפלומים העולים הביאו ליצירתן של רמות האוקייניות (oceanic plateau) ורמות בזלתיות יבשתיות. הדוגמאות הצעירות ביותר להתרחשות כזאת הן הרמה האוקיינית של אונטונג-ג'אווה (Ontong-Java plateau) באוקיינוס השקט מגיל קרטיקון תחתון והרמות הבזלתיות הקינוזואיות של אזור עפאר ותימן (Yemen traps) משני עבריו של מפרץ עדן. על פי מודל ה MOMO מיד לאחר יצירת הרמות האוקייניות מתחילים לפעול התהליכים הטקטוניים-מגמתיים המאפיינים את המחזור הטקטוני הוילסוניאני (Wilsonian cycle) הכולל תהליכי פתיחת אוקיינוסים ותהליכי הפחתה והתכנסות. תהליכי פתיחה ויצירת בזלות מרכז אוקייניות מטיפוס MORB ליוו את ביקוע הפלטה הערבית - ואנומליות מגנטיות תועדו במפרץ עדן ובמרכזה העמוק של קרקעית ים סוף. בזלות שנדגמו מקרקעית זאת מראות הרכבים איזוטופיים דומים לבזלות ממקור מעטפתי "מדולדל" - בזלות MORB ואילו בקצה הצפוני והדרומי של הים מופיעות בזלות עם הרכבים איזוטופיים הדומים לאלה של הבזלות שהתפרצו על פני הפלטה הערבית (בין השאר באזורי הגולן והגליל). בחינת ההרכבים האיזוטופיים ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) של הבזלות שהתפרצו באזור הגולן-גליל במהלך הנאוגן-רביעון, מעלה כי לפני כארבעה מיליוני שנים התפרצו בזלות ממקור מדולדל יותר - בעלות הרכבים איזוטופיים הקרובים יותר לבזלות MORB.

טומוגרפיה סייסמית של אזור ים סוף והפלטה הערבית מעידה על עליית חומר אסטנוספירי אל מתחת לאזורים אלה. נראה שתהליכי הביקוע שהביאו לפתיחת מפרץ עדן והים האדום מתחילים למצוא ביטוי באזורים אחרים של הפלטה הערבית ומעידים על תהליכי ההתפוררות הליתוספירה הערבית. תהליך ההתפוררות הוא חלק מהמחזור הטקטוני הוילסוניאני הפנרוזואי שמביא לסימומו את התהליך שהחל באירועי עליית הפלומים ובניית הקרום היבשתי הערבי בסוף הפרוטרוזואיקון.

מאגר הגילים השלם של בזלות צפון ישראל וחארט א-שאם: השלכות לגאוכרונולוגיה של הגולן

ניקול בכר*, רמי וינברגר ויהודית הרלבן

המכון הגאולוגי

מיפוי היחידות הוולקניות ברמת הגולן החל בראשית שנות ה-70 והתבסס על מאפיינים מורפולוגיים של זרמי הבזלת וחרוטי הסקוריה. במהלך שנות ה-80 עודכן המיפוי ושודרג באמצעות גילי אשלגן-ארגון מאתרי מפתח רבים. במהלך שנות ה-90 הושלמה הגדרתה של חבורת הבשן ופורסמו גילים רבים המבוססים על תיארוך בשיטת הארגון-ארגון. בשלושת העשורים האחרונים התווספו מספר רב של גילים רדיוגניים, שתורמים לשיפור הבנתנו את הפעילות הוולקנית בגולן כמו גם לעידון נוסף של המיפוי. בנוסף לגילים הרבים מהגולן, תוארכו מאות סלעים וולקניים בגליל ובחארט א-שאם, כך שלמעשה קיים שפע של גילים שאינו נגיש ואינו מסודר, ועל כן איננו מנוצל דיו. לפיכך, מטרת העבודה הינן (1) איסוף כל הגילים מהנאוגן ועד הרביעון ויצירת מסד נתונים גאוכרונולוגי מסודר של צפון ישראל וחארט א-שאם, (2) בחינת הדפוס האפיזודי של הוולקניזם בגולן, ו (3) בחינה מחודשת של המיפוי בגולן לאור גילי ארגון-ארגון החדשים.

לשם בנית מסד הנתונים אותרו רוב-רובם של גילי האשלגן-ארגון והארגון-ארגון מגיל ניאוגן-רביעון מתוך מאמרים, דוחות, ונתוני המעבדה הגאוכרונולוגית במכון הגאולוגי שבחלקם לא פורסמו. גילים אלו רוכזו בטבלאות ובשכבות ממ"ג. באמצעות מסד הנתונים המעודכן בוצע עיבוד וניתוח הגילים הקיימים בגולן, לשם זיהוי הפערים שבין התובנות הקיימות לבין הנתונים החדשים. בנוסף, במהלך העבודה נדגמו שבעה אתרי מפתח נוספים לתארוך בשיטת ארגון-ארגון.

תוצאות הביניים מצביעות על כך שמסד הנתונים הגאוכרונולוגי כולל 889 גילים, מתוכם 713 גילי אשלגן-ארגון, 171 גילי ארגון-ארגון ו-5 גילי OSL, כולל גילים מקידוחים. אחד הפערים שעולה מהניתוח המחודש של גילי היחידות הוולקניות בגולן עוסק בחרוטי הסקוריה; בעוד שכל החרוטים ממופים כסקוריות 'אודם' או 'שיבן', ניתוח הגילים מראה התקבצויות גיל מובחנות סביב 0.1, 0.6 ו-0.7-0.8 מ"ש ומרמז על האפשרות שישנן יותר משתי תקופות שונות של פעילות סטרומבוליאנית. בנוסף, בהצלבת הגילים והמיפוי הנוכחי ישנם חרוטים המסומנים כסקוריות אודם (הפאזה הצעירה ביותר) בעוד שגילם הרדיוגני עתיק יותר ואינו משתייך לפאזה זו. בהמשך העבודה נעדכן את מיפוי החרוטים על בסיס גילי הארגון-ארגון החדשים.

גילי תהליכים טקטוניים בצפון ישראל – איזה מזל שיש סלעים ווקלנים בגולן

אריאל היימן

שלושה מבנים גאולוגיים גדולים ומשמעותיים חוצים את ישראל: הקשת הסורית, בקע ים המלח והשדה הוולקני של א-שמע. מבנים אלה אחראים לעיקר הביטוי המורפולוגי של ישראל וסביבתה כיום, והם נפגשים בצפון מזרח ישראל (וסביבתה). הקשת הסורית, החלה להיווצר לפני כ- 90-70 מיליון שנה (מ"ש), השדה של א-שמע לפני כ- 25 מ"ש, ובקע ים המלח לפני כ- 18 מ"ש.

התהליכים הטקטוניים לאורך בקע ים המלח נחקרים מזה שנים רבות. בדרום ישראל, שם התבצע מרבית המחקר, היה ויש קושי לתת מסגרת גיל לאירועים השונים. בצפון ישראל, למזלנו הטוב (לפחות בהקשר זה) מופיעים סלעי בזלת הניתנים לתיארוך בשיטות רדיומטריות (K-Ar ו-Ar/Ar). השימוש בכלי זה איפשר לתת מסגרת סטרטגרפית לאירועים הוולקניים בשדה של א-שמע בכלל ובגולן ומזרח הגליל בפרט, אך גם איפשר ומאפשר לתארך את הבזלות בהקשר למבנים גאולוגיים שונים, ובנוסף גם לתת מסגרת גיל מדוייקת לתהליכים ולאירועים הטקטונים שהתרחשו באזור זה.

כך למשל תוארכו שלושה מבנים גאולוגיים משמעותיים לאורך הבקע בצפון מזרח ישראל:

- בקעת בית-שאן כנרות – החלה להיווצר לפני כ-12 מ"ש, והפסיקה את פעילותה לפני כ-1-0.8 מ"ש.
- הכנרת נוצרה עם הפסקת הפעילות בבקעת כנרות לפני פחות ממיליון שנה.
- עמק החולה במבנהו הנוכחי החל לשקוע לפני כ-4.1 מ"ש.

בדרך דומה תוארכו גם המבנים הגאולוגיים לאורך בקע ים המלח מצפון לישראל ועד תורכיה, וניתן גם לשחזר את ההתפתחות ואת הגיל של ההעתק הראשי של בקע ים המלח מצפון לישראל (העתק ימונה) ושל ההעתקים הנלווים (רום, רשאיה, חצביה, וסרגיה).

הוולקניזם והמורפולוגיה של דרום הגולן ואגן כנרת-כנרות בתקופת הפליו-פליסטוקן

עמית שגב ואיתי רזניק

המכון הגאולוגי

המחקר עוסק במקור ובהשתרעות של מגמטיזם בזלתי באזור נהר הירמוך, הנמצא בהצטלבות בין טרנספורם ים המלח ודרום השדה הוולקני של הרט-א-שאאם, החל מאזור משולש הגבולות ועד לאגן כנרת כנרות. המחקר משלב נתונים גאולוגיים, טופוגרפיים וגאופיזיים (מגנטיקה, גרביטי ורפלקציה סייסמית) לצורך תיאור שרשרת האירועים הוולקניים ותפרושתם המרחבית. כמבוא, יש לציין כי הפעילות המגמטית החלה לפני כ-13 מ.ש עם מחדרים בהרכב בזלתי בתוך תצורת הורדוס המיוקנית, בדר- מע הגולן וצפ- מע ירדן (הרי הגלעד) ובתת-הקרקע (קדוח צמח-1). בזלות הכיסוי, ירמוך ורוקד, התפרצו מהרי געש המצויים לאורך נהר הירמוך: הפעילות הוולקנית המאסיבית ביותר באזור התרחשה בפליוקן (3.5-5.3 ~ מ.ש.), עת תצורת בזלת הכיסוי כיסתה את כל דרום רמת הגולן. מחשופי תצורה זו בגדה הדרומית של הירמוך, לרגלי רמת אום-קייס, מצביעים על הימצאות צינור הזנה של הר געש אשר השתמר חלקית ונחשף על ידי התחתרות מאוחרת של הירמוך, כאשר חלק ניכר ממנו כוסה על ידי גלישה. הבזלות מהר הגעש אום-קייס כיסו את רמות אום-קייס ומבוא חמה (בעובי 0-100 מ) וזרמו מערבה על מורדות הגלעד והגולן אל תוך אגן כנרת-כנרות, שם הם הצטברו לעובי של כ-700 מ (קידוח צמח 1). מפה סטרוקטורלית של בסיס תצורת בזלת הכיסוי מלמדת כי המורפולוגיה של דרום הגולן וצפון הגלעד, בתקופת הפליוקן, הייתה דומה להיום, למעט התחתרות הירמוך והנחלים הראשיים. צילומי אויר ומיפוי בזלות ירמוך (0.6-0.8 מ.ש.) ורוקד (0.1-0.2 ~ מ.ש.) מצביעים על מספר אתרי התפרצות געשית בתוך אפיק הירמוך, לאורך העתק הירמוך. כמו כן, חלק מהאתרים שאותרו על ידי תצלומי אויר ומיפוי מאופיינים על ידי אנומליות מגנטיות (שליליות או חיוביות) וגרביטריות מקומיות המעידות על גופים תת-קרקעיים (חלקם צינורות הזנה). יתר על כן, האנומליה התרמלית באזור מעידה כנראה על קשר לתא מגמטי עמוק. הפעילות המגמטית שתוארה מגדירה את שרשרת הרי הגעש לאורך הירמוך (מע-מז) כמחוז וולקני נפרד מזה של שרשרת הרי הגעש שתוארה לאורך רמת הגולן (מדר- מז לצפ- מע). מוצע כי מתיחה בכיוון כללי צפ-דר כתוצאה מהעתק בירמוך הפעילה את הוולקניזם של מחוז הירמוך.

הדפוס העיתי של הוולקניזם בצפון מזרח ישראל והקשרים עם טרנספורם ים

המלח

ישי וינשטיין¹, פרח נוריאלי², רם ויינברגר², משה ענבר³

1. אוניברסיטת בר-אילן

2. המכון הגאולוגי לישראל

3. אוניברסיטת חיפה

טרנספורם ים המלח חותך את הקצה הצפון-מערבי של השדה הוולקני חארט-א-שאם באזור הכנרת-חולה. יחסי הגומלין בין הטרנספורם לפעילות הוולקנית השתנו במהלך הנאוגן-רביעון. במיוקן, הפעילות הוולקנית היתה בעיקרה קשורה לגרנן אזרק-סירחאן ולהמשכו בעמק יזרעאל, אך לא התייחסה לטרנספורם. בפליוקן, כבר התרחשה פעילות וולקנית ערה בשולי הטרנספורם, ומערכת השבירה עצמה אפשרה תנועה מוגברת של מגמות, כפי שמעיד החתך העבה (כ 1,000 מ) של לבות וסלעי מחדר בבקעת כנרות (Garfunkel, 1989) והתפשטות צפונה של אזור הפעילות לאורך הטרנספורם (Weinstein, 2012). בסוף הפליוקן-תחילת הפלייסטוקן, הפעילות הוולקנית החלה לנדוד מזרחה, מה שבא לידי ביטוי תחילה בהידלדלות של הפעילות הוולקנית הצעירה מ-3 מ"ש ממערב לטרנספורם והפסקה מוחלטת שלה לפני כ-2 מ"ש (Mor, 1993). בין 2 ל-0.8 מ"ש, הפעילות הוולקנית התרכזת לאורך העתקי הטרנספורם עצמם ומזרחה להם. מ-0.8 מ"ש הפסיקה הפעילות לאורך הטרנספורם, בעוד היא ממשיכה ברמת הגולן, כ-20 ק"מ מזרחה, עד לפני 0.1 מ"ש. גילי ארגון-ארגון מהגולן מעידים, שהפעילות היתה לא רציפה עם שתי תקופות פעילות, בין 0.6-1 מ"ש ובין 0.2-0.1 מ"ש. הלאה מזרחה, בדרום-מזרח סוריה, נמשכה הפעילות עד לפני מספר עשרות אלפי שנים (לדוגמא: היימן וחובריו, 1993), ובמרחק של כ-120 ק"מ מהטרנספורם, הפעילות המשיכה גם בהולוקן (חורבת אום-באשי, & Dunand, 1955 Dubertret, וא-ופי).

התרחקות הפעילות הוולקנית מהטרנספורם מזרחה והדפוס העיתי של הפעילות בגולן משתלבים בממצאים מהחלק הצפוני של הטרנספורם (עמק החולה-מטולה וצפונה), המצביעים על כך שבפלייסטוקן התנועה האופקית לוותה במרכיב לחיצה (התקצרות) משמעותי בניצב לטרנספורם ומידור המעוות – (partitioned transpression) (Weinberger, 2014). תיארוכים בשיטת U-Th של משקעי קלציט הממלאים עורקים בכיוון מזרח-מערב שנמצאו בבלוק מטולה, מצביעים על תקופות גדילה בין 340-240 ו 53-16 אלף שנה, המקבילות לתקופות השקט הוולקני בגולן. משקעי קלציט, שנמצאו לאורך העתקי תזוזה אופקית בכיוון צפון-דרום באותו אזור, מצביעים על פעילות החלקה המוגבלת ל-60-220 אלף שנה (Nuriel et al. 2012), המקבילה לתקופה האחרונה של הפעילות הוולקנית בגולן. מוצע, שהדפוס העיתי של הפעילות הוולקנית במיליון השנים האחרונות קשור להתחזקות והחלשות מרכיב הלחיצה בחלק זה של הטרנספורם.

גולן, בשן וחורן: עולם תחתון וולקאני

עמוס פרומקין

המרכז לחקר מערות (מלח"ם), המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית בירושלים

חבלי הגולן, הבשן והחורן הם חלק מרמה בזלתית גדולה (חארת א-שאם) שבה התגלו לא מעט חללים תת קרקעיים טבעיים שאינם קארסטיים. החללים הגדולים ביותר הם צינורות לבה, שנוצרו במהלך התפרצויות געשיות בתוך משטחי לבה דלילה שזרמה במדרון טופוגראפי, מתחת לקרום חיצוני שהתמצק. צינור הלבה הארוך ביותר בממלכת ירדן, בדרום החורן, הוא מערת חשיפה, שאורכה 920 מ (Frumkin et al., 2008).

בבשן בתחומי סוריה, בדרום הלגא הגדולה, נמצא צינור הלבה הארוך ביותר במזרח התיכון, שאורכו הכללי 20.5 ק"מ – מערכת שיחאן-חראן. כיום צינור לבה זה מקוטע: חלקים ממנו התמוטטו וסייעו לזיהוי בעזרת צילומי לוויין (Frumkin, 2017). אחד החלקים ששרדו בשלמותם, המכונה מערת עריקא, אף מופה בידי צוות לבנוני (Tawk et al. 2009). אורכו של קטע זה 562 מ, והוא נפתח בעבר לתיירות.

בגולן הישראלי טרם התגלו צינורות לבה. בצפון הגולן קיימת מערת אולם שתקרחה התמוטטה לאחרונה ונפתחה אל פני השטח. מערה זו, המכונה מערת גבי מיש, מהווה אב-טיפוס לעשרות שקעים טופוגראפיים בצפון הגולן, המכונים גובות (מור, 2014). שקעים אלה הינם תוצר של התמוטטות לתוך חלל תת-קרקעי, מאחר ובסביבתם לא נמצאו תוצרי פליטה של התפרצות או פיצוץ געשי. החלל התת קרקעי המקורי נוצר ככל הנראה בגלל חדירת מגמה ממעמקים דרך סדקים, שגרמה להתנפחות (inflation). עם ירידת הלחץ בתא המגמתי בעומק רב, ירד מפלס המגמה בסדקים והם נשארו פתוחים עד להתמוטטות תקרתם ופריצתם אל פני השטח (Frumkin et al., 2019) וראו שם גם תאוריות אחרות.

מערות אחרות בסלעים הוולקאניים בגולן נוצרו בבלייה וסחיפה (Inbar, 1984). דוגמאות בולטות לכך נמצאו בקניון נחל זויתן. אחת המערות, שהתפתחה בגלל סחיפת קלינקר וקרקע פוסילית, אף בולעת את מימי הנחל והופכת אותו לערוץ תת קרקעי בקטע מסויים (מלח"ם, מידע שטרם פורסם).

לקריאה נוספת

מור, ד. 2014. הגולן – ארץ הרי געש. אקדמון.

Frumkin, A., Bar-Matthews, M., Vaks, A., 2008, Paleoenvironment of Jawa basalt plateau, Jordan, inferred from calcite speleothems from a lava tube, *Quaternary Research*, 70, 3, 358-367.

Frumkin, A., 2017. Quaternary evolution of caves and associated palaeoenvironments of the southern Levant. In: Enzel Y. and Bar-Yosef O., eds. Quaternary of the Levant. Cambridge University Press, chapter 15.

Frumkin A., Naor, R., 2019. Formation and modification of pit craters – example from the Golan volcanic plateau, southern Levant. *Zeitschrift für Geomorphologie* (in press).

Inbar, M. (1984). Lava caves and surface volcano karst features in the basaltic area of the Golan Heights (Israel). *Karstologia*, 4(1), 45-49. <https://doi.org/10.3406/karst.1984.946>.

Tawk, J. W., Nader, F. H., Karkabi, S., Jad, W. (2009). As-Suwayda lava caves (southern Syria): speleological study combining geology and history. Proceedings of the 15th International Congress of Speleology. International Union of Speleology, Kerrville, 724-729.

התפתחות אגן ההיקוות של נחל סער

נורית שטובר-זיסו¹, משה ענבר², דורון מור³

1. החוג ללימודי ישראל, אוניברסיטת חיפה

2. החוג לגאוגרפיה ולימודי סביבה, אוניברסיטת חיפה

3. קיבוץ מרחביה

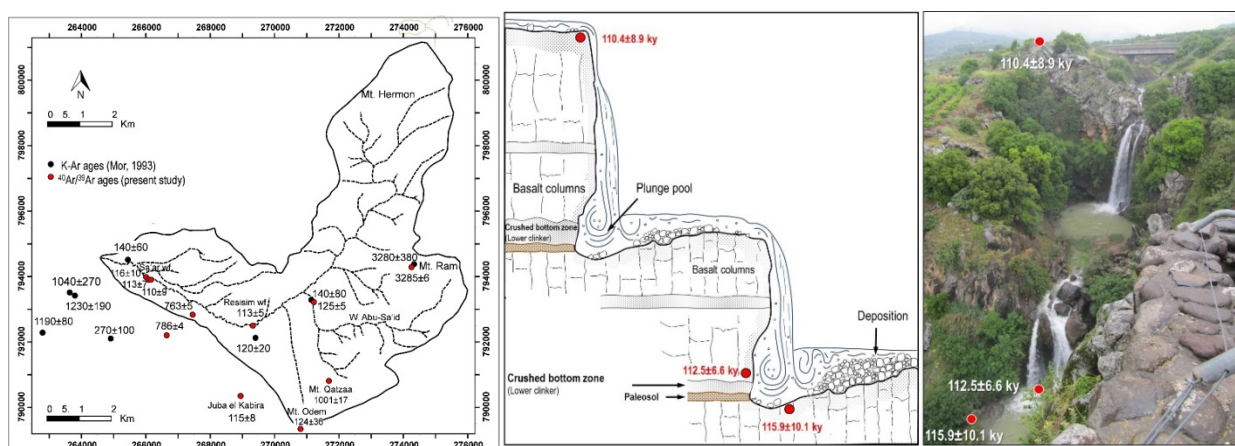
מעטים הם הנחלים בארץ שמהלכם נקבע על ידי גבולות ליתולוגיים חד משמעיים. כזה הוא נחל סער, שהתחתר במהלך הפלייסטוקן בין סלעי הגיר מתקופת היורא בחרמון (201-145 מיליון שנה), לבין סלעי הבזלת הצעירים (כ-1 מיליון שנה) האופייניים לצפון הגולן. אגן נחל סער משתרע בסוריה ובישראל, על שטח כולל של 54.1 קמ"ר. ראשיתו ברום 1650 מ במורדות הדרומיים של החרמון, והוא מהווה יובל עיקרי לנחל חרמון (הבניאס) ברום 330 מ. האפיקים העליונים של הנחל מנקזים את מדרונות החרמון וזורמים בשיפועים גבוהים של 40-50%. בהמשך מהלכו הנחל מנקז את בקעת יעפורי השטוחה והאלוביאלית המשתרעת עד הכפר מסעדה. בבקעה נובעים שני מעיינות גדולים: עין סער הניזון מאקויפר היורה ועין משרפה שניזון מאקויפר הקנומן התחתון. במורד הכפר מסעדה הנחל נכנס בבת אחת לקניון תלול וחתור לעומק של כמה עשרות מטרים. היובל הגדול של נחל סער הוא ואדי אבו סעיד שמנקז את המרחב שבין הר כרמים והר רם, והוא מצטרף לנחל סער בתוך הכפר מסעדה.

היסטוריה גאולוגית: גילים חדשים (Shtober-Zisu et al., 2018) מראים שלפני כ-760-780 אלף שנה קילוחי הר אודם סתמו את רשת הניקוז שהתקיימה בשולי החרמון. מאחר ואלו זרמו צפונה וכיסו את האפיקים הקדומים, ייתכן כי תוואי הזרימה של הנחל הוסט בכיוון צפון מערב. עדות לכך נראית בברך של נחל סער, כקילומטר וחצי במורד הכפר מסעדה, באזור מפל הרכסים. נראה כי מרגע הופעת הבזלות באגן ההיקוות, תוואי הזרימה של נחל סער נקבע לפי מיקומו במגע עם סלעי המשקע של החרמון. נחל סער הקדום התחתר בגבול בין הבזלת לסלעים הסדימנטריים תוך הובלת המים והסחף אל עבר עמק החולה המשתפל. לפני כ-115 ועד 110 אלף שנה, זרמו לתוך הקניון הקדום קילוחי בזלת חדשים (המכונים במפה הגאולוגית "בזלת סער") ומגיעים עד הבניאס. הצטברות הבזלת בתוך האפיק הייתה מהירה מאוד, כפי שמעיד הפרש הגילים בין בסיס לגג הקילוח (איור 1). מאז ועד היום נחל סער שב ומתחתר בגבול בין הבזלת לסלעים הסדימנטריים. באפיק נחשפות יחידות גיריות, חוליות וחואריות מגיל קרטיקון תחתון הבנויות בעיקר חוואר, אבני חול ומעט גיר, המעודדות את ההתחתרות מואצת של נחל סער בהווה, לצד השיפוע הגדול (8.5%) אל עבר החולה. בזלת סער נראית כיום כטרסה מישורית עד מדורגת בגבהים של עד 50 מטרים מעל האפיק. השיפוע של בזלת סער והשיפוע של אפיק נחל סער הנוכחי זהה, מכאן שלא חל שינוי משמעותי ברום הבקע בצפון עמק החולה ב 0.1 מיליון השנים האחרונות. קצב ההשתפלות הטקטונית וקצב מילוי הותירו את עמק החולה ברום דומה לזה שהתקיים בזמן קילוח סער.

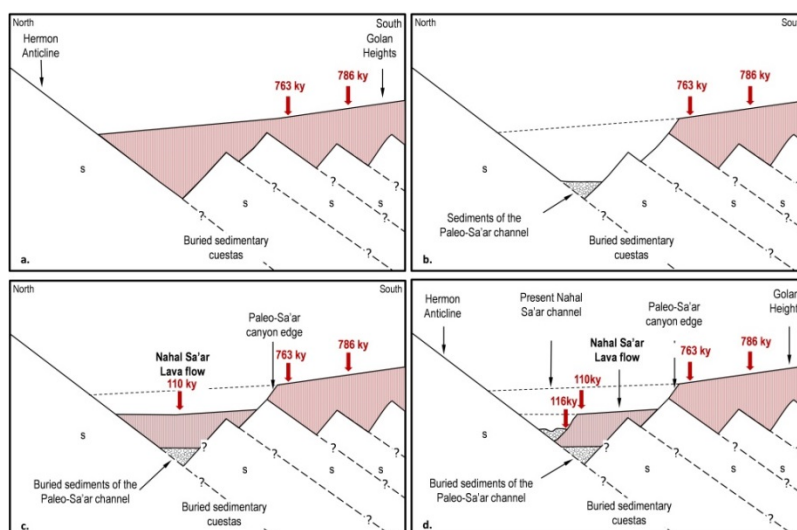
מפלים: בין מסעדה למפל סער יש כ-15 מפלים, מתוכם 6 מעל 5 מטרים. המפלים בנחל סער אינם קשורים ישירות להשתפלות הבקע אלא לנוכחות קלינקרים ופלאוסולים בחתך הבזלתי. אלה מהווים סלע רך (מתחת לקילוח הקשה) ומעודדים התפתחות ונסיגת מפלים. יוצא דופן הוא מפל הרכסים, שאינו קשור בנוכחות פלאוסול אלא בגלישה גדולה של גיר וחול מתצורת מסעדה. גיל הגלישה מאוחר לקילוח סער (113 אלף שנה בבסיס המפל).

במפל סער זהו לפחות 3 קילוחים, וביניהם קלינקרים. כמו כן ישנם שני פלאוסולים (לפחות) בין הקילוחים המכתיבים את גובה המפלים/מיקום המכתשת. נראה שבעת קילוח בזלת סער מיקום האפיק הפעיל היה מעט שונה ממיקומו הנוכחי, שכן התאפשרה היציבות והשקט הדרושים להיווצרות קרקע בין קילוח לקילוח. הפלאוסולים (בעובי של 20-30 ס"מ) התפתחו בזמן השקט הקצר (2000-1000 שנה) שבין קילוח לקילוח.

שיעור נסיגת המפלים ושיעור ההתחזרות של הקניון הם מימד נוסף שניתן ללמוד מגילי הבזלות: גיל הקניון הוא כ-730 אלף שנה על פי התאריכים בצומת עין קניה ובעין פיט. כיום רוחב העמק 650 מ ועומקו 100 מטרים. הרוחב הגדול חב את קיומו לתצורות הגיריות/חוליות של שולי החרמון ולתנועות הבליית המשמעותיות שאפשרו את ההתחזרות, בעיקר לאורך המדרון הצפוני. אלה הביאו לשיעור התחזרות מינימלי של כ-0.13 מ"מ בשנה ("מינימלי" שכן אפיק נחל סער הנוכחי עדיין לא הגיע לאפיק הפלאו-סער, שנמצא מתחתיו). הנסיגה לאחור של מפל סער הנה בשיעור של 0.7 מ"מ בשנה בממוצע ל-100 אלף השנים האחרונות ואילו ההעמקה המקסימלית של האפיק (שיעור ההתחזרות המקסימלי) הוא 0.22 מ"מ בשנה



איור 1: גילים חדשים בנחל סער. ימין: מפל סער; שמאל: אגן היקוות



איור 2. ההיסטוריה הגאולוגית של נחל סער בפלייסטוקן העליון.

Shtober-Zisu, N., Inbar, M., Mor, D., Jicha, B. R., & Singer, B. S. (2018). Drainage development and incision rates in an Upper Pleistocene Basalt-Limestone Boundary Channel: The Sa'ar Stream, Golan Heights, Israel. *Geomorphology*, 303, 417-433.

ניבוי קצבי התחתרות בסלע בעזרת נתונים טופוגרפיים ואקלימיים – מבט על נחלי רמת הגולן

רון נתיב, איתי חביב

המחלקה למדעי הגאולוגיה והסביבה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

אזור רמת הגולן מאופיין בוולקניזם נרחב מתקופות הפליו-פלייסטוקן ובמשרעת משקעים רחבה. תנאים אלו מספקים הזדמנות מצוינת לכמת את האבולוציה של ערוצי סלע בסביבה שבה הגיל ההתחלתי ידוע מזרמי לבה מתוארכים ולנסות להבין טוב יותר אינדקסים גאומורפיים, כדוגמת אינדקס תלילות ערוצים, שעשויים לשמש כקירוב לקצבי התחתרות ואירוזיה. מחקר זה משלב אנליזה גאומורפית של שריג גבהים דיגיטלי, סקרי שדה ברזולוציה גבוהה, גאוכרונולוגיה של מחשפי מפתח ומידול נומרי.

ניתוח של 27 מקטעים נחליים תומך בקשר לא-ליניארי בין אינדקס התלילות לקצב ההתחתרות, כאשר אינדקס התלילות פרופורציונאלי לקצב ההתחתרות עם מעריך חזקה שנע בין 0.4 ל-0.6. תוצאות מודל התחתרות הסתברותי הכולל סף מאמץ מינימאלי להתחתרות, מעידות כי מודלים של מקטעי ערוץ ספציפיים הלוקחים בחשבון שונות מרחבית בפרמטרים כמו גודל הגרגר (סף ההתחתרות) וספיקות מקסימום, מסבירים טוב יותר את הקשר בין אינדקס התלילות לקצבי ההתחתרות. מאסף נתונים חדש מרחבי העולם מעיד שערכי אינדקס התלילות עשויים להשתנות על פני כשני סדרי גודל עבור קצב אירוזיה נתון. דפוס המשקעים יכול להסביר חלק מהפיזור היות שכמות משקעים הגדולה מ-2,000 מ"מ לשנה מאופיינת ביעילות אירוזיבית גבוהה יותר (אינדקס תלילות נמוך עבור אותו קצב אירוזיה).

מחקרים עתידיים נוספים של ערוצים החתורים במסלע הומוגני תחת תנאים אקלימיים מוגדרים יוכלו לסייע בפענוח ההשפעה של המשתנה הליתולוגי ועשויים לאפשר ניבוי טוב יותר של קצבי אירוזיה והתחתרות בעזרת אינדקסים טופוגרפיים.

הסעת גרופת ורחופת בנחל הררי בזלתי - נחל משושים

נתנאל ברגמן, נעם גרינבאום

החוג לגאוגרפיה ולימודי סביבה, אוניברסיטת חיפה

נחל משושים (240 קמ"ר) הוא הנחל השני בחשיבותו באגן הכנרת (אחרי הירדן) ומנקז את מרכז רמת הגולן, לכן גם כל רכיבי הסחף מקורם בבזלות הגולן. הרחופת (סחף דק-גרגר) מהווה את הרכיב העיקרי הנע בשיטפונות בנחל ואילו הגרופת מהווה את הרכיב הגס של הסדימנטים המוסעים. בדלתא של הכנרת הותקנו 4 תחנות למדידת רחופת ואחת של גרופת במוצא קניון נחל משושים כדי להבין את הדינמיקה של הסחף במהלך שנה הידרולוגית ולכמת את נפח הסחף שנע במהלך כל השיטפונות בשנה הידרולוגית מלאה. תחנות הרחופת מוקמו ביובלי הזאכי - נחל יהודיה (80 קמ"ר), נחל משושים (160 קמ"ר) ובחיבור בין שני הנחלים בסמוך לשפך לכנרת ליד בית הבק. תחנת הגרופת מוקמה במוצא קניון נחל המשושים לפני הכניסה לדלתא בצמוד לתחנת השרות ההידרולוגי משושים-דרדרה. התחנות מאפשרות מעקב ברזולוציה גבוהה (דקות) על ריכוז, שטף וכמות הסחף של כל נחל בנפרד ושל כל האגן. נתונים הידרולוגיים מתקבלים מתחנות המדידה של השירות ההידרולוגי, ובכך, לראשונה מתקבלת תמונה רציפה של הסדימנטולוגיה וההידרולוגיה של נחל משושים.

תוצאות מדידות הרחופת מ-3 שנות מדידה מראות שעיקר תנועת הרחופת מתקיימת בחורף במהלך שטפונות ומקור הסחף בקרקעות האגן החשופות. הרחופת מגיעה אל המורד ונמדדת בכל התחנות. התוצאות כוללות תופעות מורכבות כגון היסטרוזות מסוגים שונים בחורף, תנודתיות בעכירות כתוצאה מגאות ושפל של הכנרת ועכירות שמקורה בחומר אורגני, בתקופת הקיץ.

תוצאות משנתיים מדידה של גרופת הראו משרע של תופעות שונות החל מתחילת תנועה של התשתית בספיקה נמוכה ועד אירוע בינוני עם ספיקת שיא של $67 \text{ מ}^3/\text{ש}$. ניתן לראות סוגי תנועה שונים - הסעת חול, חלוקים בודדים שהתנתקו מהתשתית ואף הסעה כמעט רציפה של חלוקים במהלך ספיקות יותר גבוהות. בנוסף, נצפו אי-התאמות בין ספיקות המים להסעת הגרופת (היסטרזות), בעיקר כשהשיטפון בנוי ממספר גלים רוכבים והתשתית מגיבה באיטיות/במהירות לשינוי. מסתמן גם שחול מוסע כגרופת בתחילת תנועה ועד בולדרים קטנים בספיקות הבינוניות. הבולדרים הבינוניים והגדולים נותרים נייחים.

השפעת האקלים והמפנה על התפתחות מדרונות בקונוסים הוולקנים ברמת הגולן

מתן בן אשר¹, איתי חביב¹, און כרובי²

1. אוניברסיטת בן גוריון

2. המכון הגאולוגי

מדרונות הם צורת הנוף הנפוצה ביותר על פני כדור הארץ. הם מהווים מרכיב חשוב במחזור הסלעים ולאורכם מוסעים תוצרי בליה מההרים והרמות אל אגני השקעה. למרות שנעשו מחקרים רבים על תהליכי התפתחות של מדרונות והסעה של קרקעות, הידע הכמותי על קצב התהליכים מועט יחסית והגורמים שמשפיעים עליהם לא ברורים מספיק. סיבה מרכזית לכך היא שהקצבים הם איטיים מאוד ולמעשה בלתי אפשריים למדידה ישירה בעזרת הכלים הטכנולוגיים הקיימים.

הנוף הייחודי וההיסטוריה הגאולוגית של הקונוסים הוולקנים (תלים) ברמת הגולן מהווים מערכת ניסוי טבעית שבעזרתה ניתן להעריך קצבים של התפתחות מדרונות בפרקי זמן ארוכים של עשרות ומאות אלפי שנים. על ידי סימולציה נומרית, המבוססת על מודל דיפוזיה של זחילת קרקע, אנחנו יכולים לתאר את התפתחות צורת המדרונות של הקונוסים הוולקניים במשך הזמן. כדי ליישם את המודל לקונוסים הספציפיים ברמת הגולן עלינו לדעת מהם תנאי ההתחלה, תנאי הסוף ומשך זמן התפתחות המדרונות. את הצורה ההתחלתית של המדרונות אנחנו יכולים לשער על פי נטית שכבות הטוף. תנאי הסוף הם המורפולוגיה הנוכחית של המדרון, שאותה ניתן לכמת בעזרת מכשירי מדידה מדוייקים. זמן התפתחות המדרונות נתון על ידי גילי הקונוסים הוולקנים שתוארכו בעזרת שיטות גאוכרונולוגיות (אשלגן-ארגון, ארגון-ארגון).

יישמנו את המודל עבור חמישה קונוסים וולקניים (פרס, שיפון, בנטל, בראון, אודם) שגילם כמאה אלף שנים, לאורך המשרעת האקלימית המאפיינת את רמת הגולן מדרום לצפון, בין 650 ל-1000 מ"מ גשם בשנה.

תוצאות המחקר מראות ירידה ברורה ביעילות זחילת הקרקע (קצב ארוזיה) עם העלייה בכמות המשקעים. בנוסף, ניכר הבדל משמעותי בין מדרונות במפנה צפוני למפנה דרומי, כאשר במפנה צפוני יעילות זחילת הקרקע נמוכה יותר. שתי המגמות הנ"ל על ידי כיסוי הצמחייה, שעולה עם כמות המשקעים וגבוהה יותר במפנה צפוני, כפי שניתן לראות בעזרת נתוני חישה מרחוק. העלייה בכיסוי הצמחייה וצפיפות השורשים מייצבת את הקרקע ומגבילה את הסעתה.

השפעת כיסוי צומח בטיפולים שונים על נגר וסחף קרקע בשטחים חקלאיים ברמת הגולן

לאה ויטנברג¹, דן מלקינסון², גל דרור¹

1. החוג לגאוגרפיה ולימודי סביבה, אוניברסיטת חיפה

2. מכון שמיר למחקר, אוניברסיטת חיפה

אבדן ודלדול קרקע חקלאית הינה בעיה כלל עולמית. בישראל, הקרקעות המעובדות מאופיינות באובדני קרקע מואצים. מעריכים כי 70% מכלל קרקעות אלו מצויות בסכנת סחיפה בינונית וחמורה. הקשרים בין הגורמים המשפיעים על מאפייני הסחיפה ואובדן הקרקעות אינם לינאריים ומשתנים בהתאם לסקאלת החקירה. המחקר מתמקד בשתי סוגיות מרכזיות: א. תכונות הנגר והסחף משטחי חקלאות בעלי אופי שונה ובממשק של גידול צמחייה מחפה בהשוואה לאזורים ללא צמחייה מחפה. ב. כיצד תכונות אלו משתקפות בסקאלות מרחביות שונות. נבחנו שלושה שימושי קרקע שונים: נשירים, כרם ושטחי מרעה. השטחים נמצאים באזור קדמת צבי ברמת הגולן. בשטחי הנשירים והכרם בוצעו שני טיפולים: א) קרקע חשופה בהדברה כימית וב) ממשק חיפוי צומח עשבוני מקומי. הנגר והסחף נמדדו בסדרת חלקות בשטח 10 מ"ר (כל חלקה). בכל שילוב של טיפול/גידול הוקמו 2 חלקות (שתי חזרות) למעט בשטחי המרעה. בסך הכל נחקרו 10 חלקות. בסקאלה המצומצמת ביותר מתבצעת השוואה בין החלקות השונות, בסקאלה הבינונית מנוטרים שני אגנים בשטח 5 ק"מ - נחל עדי בו כ-40% מהשטח מאופיין בשימוש קרקע חקלאי לעומת מסיל אל ענמה (קשת) ובו כ-98% שטחי מרעה. בסקלה הגבוהה, שני אגנים בשטח 16 קמ"ר. חלקו העליון של אגן נחל משושים (פחורה) וחלקו העליון של אגן הזוויתן (שטחי מרעה). אנליזות מעבדה בוצעו במעבדת שירות שדה נווה יער.

תוצאות עיקריות: במהלך העונה נאספו ונמדדו הנגר והסחף מ-9 אירועים שונים בחלקות המחקר וספיקות הנחלים. נמצאו הבדלים מובהקים בתפוקת הנגר והסחף בין השטחים הפתוחים (מרעה) ושטחי המטעים/כרם. קיים קשר ישיר בין הסחף ואובדני נוטריאנטים. החלקות המרוססות תרמו נגר וסחף בשיעורים גבוהים בהשוואה לחלקות הלא מרוססות. השפעת שימושי קרקע חקלאיים על התגובה ההידרולוגית והסדימנטולוגית באה לידי ביטוי גם בסקאלות מרחביות גבוהות יותר.

המחקר הפליאומגנטי ברמת הגולן

רון שער, ניקול בהר

המכון למדעי כדה"א, האוניברסיטה העברית בירושלים

בזלת היא אחד הסלעים המגנטיים ביותר בטבע. משום כך, ובזכות העובדה שניתן לתארך סלעי בזלת בשיטות רדיומטריות, בזלות מהוות את אחד המקורות העיקריים למסד הנתונים הפליאומגנטי העולמי. בהרצאה זו נציג את התרומה של בזלות רמת הגולן למחקר הפליאומגנטי המקומי והגלובלי. במרחב המצומצם יחסית של השדה הוולקני בגולן, נדגמו ונמדדו עד היום יותר מ-130 קילוחי לבה וחרוטי סקוריה – צפיפות דגימה חריגה בהשוואה לאזורים וולקניים אחרים בעולם. נקודות הדגימה נפרשות על כל המרחב בגולן וכוללות את הרצף השלם של הטור הסטרטיגרפי הוולקני, החל מהזרמים התחתונים של בזלת הכיסוי ועד לקילוחים הצעירים בצפון הגולן. בקנה מידה מקומי המידע הפליאומגנטי מסייע: (א) להבנת הכרונולוגיה של הפעילות הוולקנית (ו-ב) לזיהוי רוטציות טקטוניות. בקנה מידה גלובלי המידע הפליאומגנטי מהגולן מאפשר ניתוח סטטיסטי של השינויים בכיוון ובעצמה של השדה הגאומגנטי לאורך 5 מיליון השנה האחרונות. בהרצאה אנו נסקור את המחקר הפליאומגנטי בגולן משנות השמונים ועד היום. אנו נציג מספר מקרים בהם המידע הפליאומגנטי תורם לשיפור תיארוך יחידות וולקניות ונדון בשאלה האם רמת הגולן הושפעה בצורה זו או אחרת מרוטציות טקטוניות. כמו כן, נראה שבזכות כמות הנתונים הגבוהה והפיזור שלהם על ציר הזמן, אנחנו מסוגלים לתרום לדיון באחת השאלות המרכזיות במחקר הפליאומגנטי: האם השדה הגאומגנטי הממוצע הינו מבנה פשוט של דיפול גאוצנטרי ציר, או מבנה מורכב הרבה יותר.

ההסטוריה התרמלית של אגן הגולן – מדידות גאותרמליות, אנליזת סלעי מקור ומודל אגן

איתי רזניק, יובל ברטוב

האנומליה התרמלית באזור הירמוך, הבאה לידי ביטוי בטמפ הגבוהה של מעיינות חמת גדר ובקידוחי מיצר ועין סעיד מייצגת את שפיעות החום הגבוהות בארץ. ממידע שהתקבל משישה קידוחי חקר שקדחה חברת אפק בדרום רמת הגולן לאחרונה שכלל מדידת פרופילי טמפרטורה בקידוחים עולה כי התפרוסת המרחבית של אנומליה זו רחבה מכפי שהיה ידוע עד כה והיא משתרעת כ-15 ק"מ צפונית לירמוך. בנוסף לפרופילי הטמפרטורה ששימשו לחישוב שפיעות החום העכשוויות באזור, נמדדה רמת הבגרות התרמלית של סלעי המקור מחבורת הר הצופים (ערב, תקיה ומישאש) שנקדחו בקידוחים השונים. בעוד שהגרדיינטים הגאותרמליים מהווים ביטוי לשפיעות החום הנוכחיות, הבגרות התרמלית של הסלע מהווה ביטוי להיסטוריית החום המצטברת אליה היו חשופים הסלעים במהלך ההיסטוריה הגאולוגית. בעזרת נתוני הקידוחים, נבנה מודל אגני הכולל את היסטוריית הקבורה של החתך בגולן, ליתולוגיה, נקבוביות, מוליכות תרמלית ושפיעות החום נוכחיות. מהמודל עולה, כי לא ניתן להגיע לרמת הבגרות התרמלית שנמדדה בקידוחים עקב חשיפה לשפיעות החום הנוכחיות. מכאן עולה, כי בעבר דרוש היה אירוע חום בעל שפיעת חום גבוהה משמעותית משפיעות החום הנמדדות כיום ברחבי האגן. היות וסלעי המקור התבגרו באופן דומה על פני כמעט כל דרום רמת הגולן (לאורך כ-30 ק"מ), אנו מציעים שאירוע החום ההיסטורי היה אירוע בודד שהשפיע בעת ובעונה אחת על כל דרום הרמה. בהעדר מופעי בזלות תחתונות בקידוחי החקר, ובהינתן תפוצה מרחבית מוגבלת של בזלות צעירות בדרום הרמה, האירוע היחיד שניתן לשייכו לתפרוסת המרחבית של אירוע החום, הוא האירוע של בזלות הכיסוי (3.5-5.3 מ.ש). שימוש באילוץ הזמן המתקבל מבזלות הכיסוי מאפשר חישוב של שפיעות החום ההיסטוריות בתקופה זו והשוואתם לשפיעות החום המדודות כיום. מוצע כי מקורו של מנגנון החימום ההיסטורי נובע בתא מגמטי רדוד שיצר חימום מקומי שהלך והתקרר לאחר התפרצויות בזלת הכיסוי/כתוצאה מהתפתחות מערכות הידרולוגיות. האנומליה התרמלית ההיסטורית מוגבלת לאזור שמדרום לשבר שייח עלי כך שלמרות שסלעי המקור בבלוק הירוד שמצפון לשבר נקברו לעומק הגדול בכקילומטר מהבלוק העלוי מדרום לו, סלעי המקור בחלק הצפוני כמעט ולא התבגרו.

השפעת מאגרי המים ברמת הגולן על המערכת האקולוגית במורדם

הלל גלזמן¹, דידי קפלן²

1. מנהל מדור נטור נחלים, רט"ג (לשעבר)

2. ביולוג מחוז צפון, רט"ג (לשעבר), כיום יועץ סביבתי

הרקע למחקר

רמת הגולן מיוחדת בנופי הרי געש, מישורי בזלת, נחלים הרריים, קניונים עמוקים בעלי מדרונות תלולים, מפלים ובריכות מים. כל אלה חברו יחדיו בכדי ליצור חבל ארץ שונה ומיוחד, הנבדל משאר חבלי הארץ ברבים ממאפייניו. בין 1968 ל-1984 נבנו ברמת הגולן 12 מאגרי גיא לתפיסת שיטפונות, עם נפח כולל של 32.5 מלמ"ק, כאשר התנאים הפיסיוגרפיים באפיקים העליונים מתאימים להקמתם: כתפי הנחל מתונות, תשתית האפיק סלעית ויציבה, והקרקה חרסיתית. המאגרים קשורים ברשת של תעלות וצינורות מים, במטרה להעביר מים ממאגר למאגר, להקטין הגלשת עודפים בחורפים הגשומים, וליעל את אספקתם לחקלאות. בניית המאגרים לוותה בוויכוח בין החקלאים צרכני המים לבין הגופים הירוקים, אשר טענו לפגיעה רבת היקף בנחלים. אי לכך הוחלט ב-1984 על ביצוע מחקר בין תחומי רב שנתי, שיעקוב אחרי תהליכי השינוי בנחלים כתלות בהקמת המאגרים. במחקר השתתפו מרשות שמורות הטבע: דר דידי קפלן, דר ראובן אורטל, הלל גלזמן ודרור פבזנר ומאוניברסיטת חיפה פרופ משה ענבר ודר נורית שטובר. המחקר בא לבדוק את התגובה הגאומורפולוגית, הבוטנית וההידרוביולוגית למשטר ההידרולוגי החדש במורד המאגרים. במהלך המחקר הוקמו 28 תחנות ניטור ובקרה בנחלים סכורים ובנחלים שלא נסכרו. התחנות מוקמו בחלקם העליון של הנחלים ובמורד הסכרים, בחלקם הקניוני ובראשי מניפות הסחף שלהם. בהסכם חלוקת המים בין הצרכנים לטבע נקבע שלא יתפסו מי מעיינות ויוקמו מתקנים לחלוקת מי השיטפונות בין המאגרים לנחלים.

השפעות אקולוגיות

מניעת שיטפונות, דחייתם במהלך עונת החורף או הקטנת עוצמתם, משנה מהותית את הדינאמיקה בנחל. לשיטפון חשיבות רבה ביצירת שינויים הנותנים מרחב מחייה למינים הזקוקים לפתיחת הצומח, לסילוק הסחף ולאזון המערכת האקולוגית. אף שבחתך הרחב של האפיק לא חלו שינויים משמעותיים, הקטנת השיטפונות גורמת להצטברות סחף בנחל ול"זחילה" של בית גידול יציב וביצתי אל תוך הנחל הדינאמי והשיטפוני. העדר שיטפונות מביא לסתימת הערוצים בצומח סבוך, בעיקר חישות של פטל קדוש וקנה מצוי, מה שמביא לירידה בשפע ובעושר המינים של צומח ושל בעלי-חיים. מיני צומח ביצתיים פולשים לבתי גידול שאינם אופייניים להם ובכך יוצרים בית גידול חדש, ע"ח בית הגידול של הנחל השטפוני. השינויים הם רבי עוצמה בתחנות הסמוכות למאגרים ופוחתים מעט במורד. המלצות תסקיר המאגרים היו: לא לבנות מאגרי גיא נוספים, להשאיר מספר נחלים ללא מאגרים או תפיסת חלק מן הנחל וכן שחרור זרימות הבסיס של הנחל ע"י עקיפת מאגרים ולא מתחתית המאגר.

מאזן מים עבור המערכת ההידרוגאולוגית בעמק החולה

אבשלום באב"ד^{1,2}, אילון אדר¹, אבי בורג³

1. מכון צוקרברג לחקר המים, המכונים לחקר המדבר ע"ש בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון

2. מו"פ מדבר וים המלח, הר מצדה

3. המכון הגאולוגי

קידוחי מים עמוקים שנקדחו ב-15 השנים האחרונות (2003-2011) סביב עמק החולה אל אקוויפר חבורת ערד היוראסי ואקוויפר חבורת יהודה מגיל קריטיקון העליון שופעים מים בכמויות גדולות ובאיכות טובה. נתוני הקידוחים מעידים על ניקוז מי התהום מאקוויפרים אלו אל עבר שכבת המילוי של עמק החולה. התפיסה ההידרולוגית ההיסטורית גרסה שמעט מים מתנקזים מהשוליים אל עמק החולה וזאת לאור התולכות הנמוכות של שכבות המילוי בעמק. בשל הממצאים מהקידוחים החדשים, יש צורך בבחינה מחודשת של המערכת ההידרוגאולוגית של עמק החולה.

ממצאים גאולוגיים והידרולוגיים בשילוב עם איפיון איזוטופי של מי התהום, אפשרו בניית מודל זרימה קונספטואלי (איכותי) לעמק החולה. מודל הזרימה האיכותי מציע שמי התהום בעמק החולה ניזונים משלושה מקורות עיקריים: אקוויפר חבורת ערד שמקור הזנתו בהר החרמון, אקוויפר חבורת יהודה הממוקם בדרום הלבנון ואקוויפר חבורת יהודה אשר בגליל העליון המזרחי. למערכת זרימת מי התהום בעמק החולה מוצעים שני מוצאי זרימה עיקריים: מערבה אל עבר צפון רכס הרי נפתלי וניקוז אל פני השטח שם המים מזינים יחידות הידרולוגיות רדודות ומתאדים.

על בסיס מודל הזרימה האיכותי מוצב כיום מודל זרימה נומרי מסוג *GMS-MODFLOW*. באמצעות מודל זה, נבחנת ההיתכנות של מסלולי הזרימה השונים שהוצעו. נוסף על כך, לראשונה, נבנית הערכה לגבי כמויות מי התהום הנכנסים ויוצאים מעמק החולה.

גאז-ארכאולוגיה מרחבית של רמת הגולן הבזלתית

חיים בן דוד

המכללה האקדמית כנרת

למבקר ביקור חטוף בגולן או לחילופין גם לחוקר המעיין רק במפה גאולוגית ישנה בקנ"מ של 1:250,000 נראה כל הגולן כרצף בזלתי אחיד. שימוש מושכל במפות הגאולוגיות של הגולן בקנ"מ 1:50,000 "פותח את העיניים" ומאפשר להבין תופעות יישוביות וארכאולוגיות מרחביות רבות.

במחקריו על הוולקניזם בגולן הבחין דורון מור כי המרחב הבזלתי של רמת הגולן מורכב מיחידות משנה בעלי שונות מובהקת. ההבחנה נעשתה בעיקר על סמך קריטריונים מורפולוגיים והיא יחסית קלה להבחנה בשטח ובתצלומי אוויר.

כבר בעבודתו הגאולוגית הבחין מור ביישום הארכאולוגי-היסטורי של חלוקה בסיסית זו וכתב כי "על גבי בזלת דלווה וכמעט רק עליה נמצאים שרידים מגאליתיים רבים מאד (דולמנים, טומולים ומתחמים) וכן כפרים וגדרות. יתכן והדבר נובע מכך שעל גבי בזלת דלווה הטרשית ניתן היה למצוא שברי אבן לבניה, בה בשעה ששטחי הקרקע הנרחבים של בזלת מואיסה הסמוכה שימשו בדרך כלל כשדות לגידולים חקלאיים".

בהרצאה ניגע במספר תופעות ארכאולוגיות ויישוביות במרכז הגולן ובדרומו ונציג את השימוש במפה הגאולוגית כבסיס להבנת המרחבית. במספר מחקרים ארכאולוגיים והיסטוריים בגולן הובחן בשונות מובהקת בין מרכז הגולן ודרומו וכן גם בין מערב מרכז הגולן בין מזרחו. שונות בפיזור הדולמנים מתקופת הברונזה התיכונה, פיזור בתי בד ומתקנים חקלאיים אחרים, גודל אתרי ישוב מתקופות שונות, השתמרות ואי השתמרות שמות עתיקים, מיקומם של היישובים החקלאיים החדשים מאז מלחמת ששת הימים בכלל ושל מושבי עובדים לעומת קיבוצים בפרט, שטחי חקלאות לעומת מרעה, שטחי אש של כוחות שריון לעומת אלו של חיל רגלים ועוד דוגמאות מתחומי חיים וזמן שונים. לדעתנו ההסבר המרכזי לשונות הארכאולוגית וההיסטורית-יישובית נעוץ בשונות המסלע הבזלתי ובפוטנציאל החקלאי הבסיסי של כל תת אזור (דרום גולן, מערב הגולן ומזרח הגולן).

המפל בנחל קצרין

משה ענבר

החוג לגאוגרפיה ולימודי סביבה, אוניברסיטת חיפה

מפל נחל קצרין נמצא בקרבת מכון שמיר למחקר (קצרין), האתר נגיש וניתן להגיע אליו בהליכה ברגל או בנסיעה קצרה. הגולן מצטיין במפלי מים מן הגבוהים בארץ ורובם במסלע הבזלתי. החלק העמודוני של קילוחי הבזלת מהווה את קיר המפל, והחומר הבלוי – קלינקר – הנמצא בין הקילוחים הוא החומר הנסחף באמצעות חתירת הנחל. המפל מהווה "נקע" בחתך האורך של הנחל, ומרבית האנרגיה מתנקזת ב"נקע" זה. עבודת המפל מתרכזת בעיקר בבסיסו כתוצאה משחיקת התשתית הסלעית על ידי תנועת המים וגושי סלע. בבסיס המפל נוצרת בריכה, ואורכה מייצג את נסיגת המפל במשך אלפי השנים מאז היווצרותו. קצב הנסיגה במפלים הבזלתיים איטי ולא ניתנת למדידה בטווח הקצר של עשרות שנים. הבזלת נכללת בתצורת אורטל וגילה כמיליון שנה. מכאן שקילוח הבזלת התרחש כאשר בקע הירדן - ים המלח כבר היה קיים. הפרש הגבהים גורם לשיפוע גדול, כ-20% המחייב יצירת מפלים. גם במורד האפיק קיימים מפלונים כפי שמוכרים בבריכת המשושים.

בתצפית נבחין בחזית המפל המורכבת מעמודוני הבזלת המשושים, באופק ה"קלינקר" בבסיסו, בבריכה במורד ובמרחק הנסיגה מאז היווצרותו. הזרימה מתקיימת רק בעת גאוויות משמעותיות מאחר ואין באגן מעין קבוע. בימי החורף האתר מהווה מוקד משיכה לתושבי קצרין והסביבה.

תצפית מהר שיפון

דורון מור

בתצפית מהר שיפון נראה 3 תופעות שונות:

הר געש חצוי: בדרך כלל אנו רואים הרי געש פירמידליים עם כיפה בראשם, אך כאן הר הגעש הוא חצוי, עם שתי כיפות מקבילות וגיא ביניהן. הדבר נובע מכך שהייתה זו "התפרצות סדק" ולא נקודה, והצטברות הפירוקלסטים משני עברי הסדק היא פרופורציונאלית לרוחב הסדק.

טורי הרי הגעש בגולן: היות והר שיפון הוא קצת מחוץ לשני טורי הגעש בגולן אפשר לראות אותם מכאן, כשכיוונם מדרום-דרום-מזרח לצפון-צפון-מערב, במקביל לים-סוף ולא לבקע ים המלח, שכיוונו צפון-דרום. יתכן שזאת תוצאה ממתיחת הלוח הערבי.

"תל טבעת": מבנה געשי מוזר ונדיר: במרכזו של שקע וולקני עגול מתנשא תל פירוקלסטי קטן. כשבראשו מספר כיפות זו בתוך זו, כשהן נוטות דווקא כלפי פנים ולא כלפי חוץ. נדון בגנזה האפשרית למבנה כזה.