

תוכן העניינים

8	מקרא לחללי המערות.....
9	מקרא לתופעות ומשקעי מערות.....
12	על המחברים.....
15	הקדמה.....
16	מבואות.....
16	סיכונים ואמצעי בטיחות במערות הגליל.....
18	שמירת טבע במערות הגליל.....
20	גאולוגיה, התפתחות הנוף והקרסט בגליל המזרחי.....
27	פעילות האדם במערות הגליל המזרחי: ארכיאולוגיה והיסטוריה.....
39	חללים תת-קרקעיים בגליל: התקנה לשימוש בתקופת המרידות ברומאים.....
60	מיקרו-אקלים, סביבה וביולוגיה במערות הגליל המזרחי (בדגש פרוקי-רגליים).....
72	אקולוגיה של מערות הגליל (בדגש עטלפים).....
76	פליאו-סביבה ופליאו-אקלים של הגליל המזרחי לפי ממצאי מערות.....

מערות הגליל המזרחי

118	מערת דישון עליון 5.....	80	הרי נפתלי
120	מערת דישון עליון 1.....	82	דולינת הר צפיה.....
122	מערת דישון.....	84	מכרה הברזל.....
124	מערות כריית הצור.....	86	מערת נזר.....
128	נחל אביב	90	מערת פאר.....
128	צנר הבצל.....	94	סדקי יפתח.....
130	מערת הכילף.....	98	שקעי קדש.....
132	מערת נחל אביב.....	102	מערת עין תאו.....
134	מערת נחל אביב 29.....	104	נחל דישון ויובליו
136	מכלול מערות אביב.....	106	נחל דישון
140	מערת חניה.....	106	מערת דישון תחתון 1.....
142	עמודי סלע.....	108	מערת דישון תחתון 2.....
144	מערת נחלית.....	110	מערת דישון תחתון 3.....
146	נחל יראון וברעם	112	מערת מגלש.....
146	מערת טרוויל-פיטר.....	116	מערת נדב.....
148	מערת נחל יראון.....		

211 מערת דלתון 13

212 בקעת מירון

214 מערת השבר

216 מערת הקערות.

218 מערת בראשית

220 נחל עמוד

222 נחל עמוד עליון

222 מערת מרטה

224 מערת שכווי

226 מערת שיח' כוויס 3

228 מערת שיח' כוויס 1

230 מערת סתר

234 סלע עכברה.

236 מערת עכברה 13

238 מכלול עכברה הגדול

241 נחל עמוד תחתון

242 מערה AmW-6

244 מערה AmW-7

246 מערת שובך.

250 מערת עמוד

254 מערת גבע

256 מערת שבשבת

260 מערה AmE-11

262 מערת שובביק אל-עליה

266 מערה AmE-20

268 מערה AmE-31

270 מערה AmE-70

272 מערה AmE-72

274 מערה AmE-56

276 מערת שיזף

278 מערת זוטייה

282 מכלול אמירה

286 רמת כורזים ונחל גף

288 מערת פילון.

152 מערת שלושת הדובים.

154 מערת ברעם

156 נחל גוש חלב.

156 מערת הקרציות

158 מערת מרפסת

160 מערת מתבודד

162 אזור מרות - הצור

164 שקעי קציון.

168 מערת סקוריה מריש

170 מערת מריש הגדולה

172 מערת אייל

174 מערת גשר

176 שקע התמוטטות מרות

178 ג'ובת בזלת

180 שקעי מרות.

182 שקע משב.

184 מערת נטיפי חוני

186 אזור עלמה - אביתר - דלתון

188 מערת עלמה

194 הר אביתר

194 הר אביתר: מצוק המערות הגדול

198 הר אביתר: מערות המצוק הנעלם

200 נחל דלתון.

200 מערת דלתון 1

201 מערת דלתון 2-3

202 מערת דלתון 4

203 מערת דלתון 5

204 מערת דלתון 6

205 מערת דלתון 7

206 מערת דלתון 8

207 מערת דלתון 9

208 מערת דלתון 10

209 מערת דלתון 11

210 מערת דלתון 12

340	מערת נתאי 142	290	מערת עמיעד
342	מערת נתאי 138	292	מערת ורד הגליל
344	מערת נתאי 76	294	מערת איוב
346	הר ארבל	296	מערת עין נור
352	מכלול ארבל 48-49-50	298	מערת עין כינר
354	מערת ארבל 26	300	מערת נחל גף הצפונית
356	מערת ארבל 17	302	מערת נחל גף התיכונה
358	מכלול ארבל 113-126	304	מערת נחל גף הדרומית
362	הר ברניקי	306	הר ארבל והר נתאי
364	מערת ברניקי	308	הר נתאי
370	מערת ברניקי א4	312	מערת הדבע
374	מערת ברניקי ב5	316	מערת נתאי 36
378	אזור צלמון - תבור	318	מכלול נתאי 1
380	מערת צלמון	322	מכלול נתאי 2
384	מערת נימרה	326	מכלול נתאי 3
386	מחצבת עמודים בהר תבור	330	מכלול נתאי 4
		334	מכלול נתאי 5
		338	מערת נתאי 94
388			ביבליוגרפיה וקיצורים
401			מפתח

אטלס זה נועד לספק מידע על המערות תוך הדגשת השמירה עליהן ועל תכולתן, והוא אינו מדריך טיולים. כדי לבקר במערות יש להצטייד באישורים הנדרשים על פי החוק. מערות רבות נמצאות בשמורות טבע ומכילות ערכי טבע או ארכיאולוגיה מוגנים, והחוק מחייב קבלת אישור לכניסה לתוכן. חלק מהמערות קשות לגישה וחלקן אינו נגיש ללא אמצעים והכשרה מיוחדים. יש מערות הנגועות בקרציות שנשיכתן גורמת למחלה קשה, המכונה "קדחת מערות". בכל מקרה אין לכותבי האטלס ולמו"ל כל אחריות בנוגע לכניסת אנשים למערות בעקבות פרסומן באטלס.

הקדמה

אוור ולוויין. מפות אלו נעשו על ידי צוותים שונים ובמשך מספר עשורים, כך שטבעי הוא שיתקיים הבדל סגנוני בין המפות השונות. נוסף על המיפוי כללנו גם נתונים מפורטים על התופעות והמצאים במערות. מראי המקום שבסוף כל ערך (ורשימת מקורות מפורטת בסוף האטלס) מכוונים לרוב למחקרים הבסיסיים שעניינם המערות עצמן ולא למחקרים מפורטים של הממצא שהתגלה בהן. מערות רבות מאוד מתפרסמות כאן לראשונה, ומידע נוסף ניתן למצוא במאגר הנתונים של מלח"ם. לגבי כמה מערות שלא תוארו באטלס, הצגנו את מיקומן ומספריהן בצילומי פנורמה, על מנת להקל על חיפוש המידע בעתיד (למשל בפרק הר ארבל והר נתאי).

במבואות של האטלס מוצגים התחומים העיקריים שבהם המערות תורמות לידע הקיים והקורא יכול להסתייע בהם כדי להבין מונחים, תופעות, תקופות ותהליכים המוזכרים בערכי האטלס. המבואות הארכיאולוגיים נרחבים במיוחד, לאור הידע הרב שנצבר והחשיבות הארכיאולוגית הניכרת של חלק נכבד של המערות. באטלס מתועדת עבודת צוות בת עשרות שנים של מחקר בשדה ובמעבדה במסגרת המלח"ם וגופים נוספים. במיוחד יש לציין את המתנדבים הרבים שפעלו בשירות המלח"ם ועשו לילות כימים בסקרים, במיפוי המערות ובמימוש הוצאתו של האטלס לאור. שמותיהם מצויינים בטקסט, במפות ובתמונות, ואם שכחנו לציין את חלקם – עמם הסליחה.

אנו תקווה שהאטלס יהיה נדבך בהעמקת המחקר והרחבתו ושהפצת הידע לא תגרום נזק, אלא תתרום להגברת המודעות וקירוב הלבבות לנושא. למותר לציין שכל שימוש בנתוני האטלס לצורך ביקורים במערות הוא באחריותם הבלעדית של המבקרים, הן בנוגע לפגיעה חלילה במבקרים עצמם והן במערה. כותבי האטלס ועורכיו אינם אחראים לכל שימוש שכזה. הכותבים אינם אחראים לטעויות, אי־דיוקים והשמטות, שוודאי נפלו פה ושם באטלס זה למרות עבודת עריכה מאומצת. אם הבחנתם בחוסר כזה, או במערה שאינה מוזכרת, אנא עדכנו את המלח"ם:

amos.frumkin@mail.huji.ac.il | yinon1950@gmail.com
boazlangford@gmail.com | ShemeshYaaran@gmail.com

אטלס מערות הגליל המזרחי מציג את המערות שממזרח לקו פרשת המים של הגליל, באופן דומה לאטלס מערות מדבר יהודה, שקדם לו (2015). האטלס יוצא לאור בעקבות מחקרים וסקרים מקיפים של צוותים מהמרכז לחקר מערות שנערכו בעשרות השנים האחרונות ברחבי הגליל. כקודמו, האטלס שם דגש על מערות טבעיות, אך אינו מתעלם ממערות מלאכותיות חשובות ומערות שהותקנו לשימוש אנושי שנחצבו באזור (דוגמת מחצבות ומכרות תת־קרקעיים, מערכות מסתור ומקלטי מצוקים). המערות הטבעיות המוצגות מגוונות ביותר, וביניהן מערות מבוך תלת ממדיות (דוגמת עלמה וברניקי), מערות מעיין פעילות עם בריכות נביעה (עין תאו, עין נור, עין כינר), מערות נטיפים (צלמון, נטיפי חוני), מערה בסלע וולקני (סקוריה מריש), קמינים (מרטה), מערות אולם (נזר, מריש הגדולה), ומערות סדקים (פאר, סדקי יפתח, בראשית). מוקדשת תשומת לב גם לשקעים דמויי קערה בפני השטח, שקוטרם עשרות עד מאות מטרים, בשל הקשר האפשרי שלהם עם חללים תת־קרקעיים. באטלס יש התייחסות גם למחקרים ייעודיים שנערכו בכמה מן המערות ולמסקנות הנובעות ממחקרים אלה.

גבולות השטח שבאטלס הם עמק החולה במזרח, גבול לבנון בצפון ובצפון־מערב, קו פרשת המים (ראשי הנחלים המתנקזים מזרחה) במערב ורמות יששכר בדרום. באטלס מוצגים הנתונים הבסיסיים של המערות, ויש בו סקירה תמציתית של הידוע עליהן ושל הנצבר על אודותיהן במהלך הסקר מבחינה גאולוגית, היסטורית, ארכיאולוגית וביולוגית. הנתונים מלווים בתוכניות ובאיוורים המרחיבים את תמונתה הכוללת של כל מערה. שמות המערות באטלס עוקבים במידת האפשר אחר שמות קודמים של המערות שפורסמו על ידי ועדת השמות הממשלתית, הופיעו בספרות או שגורים בפי תושבים מקומיים. למערה ששמה לא היה בידינו השתדלנו להעניק שם הקשור למיקומה או לחלופין לממצא או לתופעה המיוחדים לה או שהתגלו בקרבה. שמות נוספים או מספרים מזהים שניתנו למערה במהלך הסקרים מופיעים בשם המערה או בגוף הטקסט.

מיקום המערות במרחב מוצג על ידי קואורדינטות ברשת ישראל החדשה, רום (גובה) ביחס לפני הים התיכון, תצלומי פתחים ומפות מיקום. המבנה התלת־ממדי של המערות מוצג בתיאור גרפי על ידי מפות וחתכים. המיפוי, שהוא עמוד השדרה של האטלס, מספק מידע חיוני על חללים תת־קרקעיים, שכמובן אינם נראים בתצלומי

נטויות מערבה לעבר קער ואדי־דובה-יראון. קו פרשת המים הארצי עובר בגב הרכס ומפריד בין אגן הניקוז של הבקע, ובו ערוצים קצרצרים, לבין אגן הניקוז המערבי, המתנקז לנהר הליטאני דרך ואדי דובה (בלבנון). בין קרן נפתלי לביריה הרי הגליל נוחתים לעבר בקעת החולה בכמה מדרגות היוצרות טופוגרפיה מגוונת, המוכתבת על ידי העתקים נורמליים וערוצי נחלים (סנה, 2008).

ממערב לאזורים הללו נמצא קער ואדי־דובה-יראון, ובו רמות שבראשן סלעים מגיל סנון-איאוקן ועל חלקם סלעים וולקניים מתצורת בזלת דלתון. הרמות חתורות על ידי נחל דישון, והעתקים ולאורכם ערוצים קצרים יחסית מדרום לו, באזור רמות עלמה-דלתון.



נחל דישון מתחת בקער דובה, ברמה שבה נגדעו סלעים מגיל סנון-איאוקן ועל חלקה שפכי בזלת דלתון

באזור צפת נוחת הרכס אל הבקע בכפיפה או "חצי קער", ואילו ההעתקים מעטים וחיבותם הטופוגרפית מוגבלת. מדרום-מערב לצפת יורד בלוק נטוי לכיוון דרום, אל בקעת כינרות. בתוכו התחתר ערוץ נחל עמוד.

המערכת הטקטונית הבולטת של מזרח הגליל התחתון נוצרה כתוצאה של משטר מתיחה והעתקה במיליוני השנים האחרונות, ונמשכה לפחות עד לפני כ-17,000 שנה (Nuriel et al., 2012). מערכת זו, שכיוון ההעתקים שלה הוא צפון-צפון-מערב עד מערב יצרה מבנה של רצף בלוקים נטויים, המתאפיינים בפני השטח כסדרת רמות נטויות כלפי דרום. כל אחת מהרמות עולה כלפי צפון ומסתיימת במתלול או מצוק הפונה לצפון-מערב



הרמות המבוותרות בהעתקים בין הר אביתר (משמאל) לנחל דישון (מימין). מבט מערבה מהר איילת. צילם ע' פרומקין

מבנה

הגליל המזרחי בנוי בעיקרו מבלוקים היוצרים רמות ורכסים, המופרדים זה מזה על ידי העתקים וערוצי נחלים. ממזרח לאזור שולטים העתקי השוליים של בקע ים המלח, שכיוונם הכללי צפון עד צפון-צפון-מזרח. ממערב לאזור בולטים במיוחד מבנים של הורסטים וגרבנים, מרכס מירון בצפון ועד הרכסים והעמקים של הגליל התחתון, שכיוונם מזרח-מערב (Freund, 1970; Matmon et al., 2003).

העתק השוליים המערבי של בקע ים המלח מתפצל בקריית שמונה להעתק מרגליות והעתק קריית שמונה. האחרון נמשך צפונה ומתפצל להעתק ימונה והעתק רום. העתק ימונה נמשך בתחום לבנון לאורך השוליים המערביים של בקע ים המלח בבקעת עיון בואכה סוריה וטורקיה. העתק רום חוצה את הרי דרום לבנון בואכה אזור בירות. העתק מרגליות מקביל לו ממערב ומסתיים בדרום לבנון.



העתק מרגליות בחפיר של מבצר הונין - העתק שוליים של בקע ים המלח בצוק מנרה מעל קריית שמונה. צילם ע' פרומקין

רכס נפתלי הנו מתלול רצוף של העתק נורמלי, הנופל בתלילות לעמק החולה בין קריית שמונה לקרן נפתלי. נחשפים בו הסלעים הקדומים ביותר הנחשפים בגליל המזרחי, לרבות אבן חול של תצורת חתירה. השכבות



הר דלתון – הר געש מתצורת דלתון, בנוי מסקוריה. מלפנים – פצצה וולקנית. צילם ע' פרומקין

במיוקן המאוחר התרחשה חדירה ימית בדרום הגליל המזרחי, וזו הגיעה עד בקע ים המלח, וקצה הצפוני באזור הכנרת (תצורת בירה). סדרות של משקעים אגמיים ויבשתיים וסלעים וולקניים מילאו את השקעים הטופוגרפיים ויצרו נוף שטוח למדי בפליוקן. הוולקניזם שהתרחש בדרום הגליל בתקופת המיוקן הביא תחילה להצטברות חתכים וולקניים מקומיים עבים של הבזלת התחתונה. בפליוקן הביא הוולקניזם לציפוי של דרום הגליל המזרחי בשכבת בזלת הכיסוי. בצפון הגליל המזרחי התרחשו התפרצויות וולקניות מצומצמות יחסית, בעיקר בפליסטוקן המוקדם ("בזלת דלתון"). חלק מן הרמות כוסו בשכבת בזלת, וזו אף גלשה לכיוון עמק החולה, וקיימים הרי געש בלויים הבנויים מסקוריה. הוולקניזם שכיח במיוחד ברמת כורזים, המכוסה רובה ככולה בבזלת (Heimann and Ron, 1993). מחשופי גיר איאוקני במערב רמת כורזים לא כוסו בבזלת, ושם התפתחו מערות קרסטיות דוגמת מערות פילון, עמיעד וורד הגליל.

תהליכי ההעתקה הצעירים גרמו להתפתחות מחודשת של תבליט תלול באזורים רבים בגליל המזרחי. המתלול המזרחי של הרי נפתלי, היורד לעמק החולה, בולט במיוחד במורפולוגיה המעידה על גילו הצעיר (Zisu et al., 2003). הפרשי הגובה והאקלים הים-תיכוני עודדו התפתחות ערוצים תלולים, שבחלקם קטעים של קניונים מצוקיים. במצוקים נחתכות ונחשפות לעיתים קרובות מערות, שנוצרו בתנאים פריאטיים (מתחת פני מי התהום) בתקופות שקדמו להעתקה וההתחתרות, כאשר המים זרמו ברציפות לאורך שכבות הסלע הקרסטי. מערכת הניקוז וטופוגרפיית המדרונות משקפות היטב את התהליכים הטקטוניים הצעירים שהתרחשו באזור (Kafri,

לאורך העתק נורמלי. מצוקי הר ארבל והר נתאי מציינים את הקצה הצפוני של רמת ארבל, הצפונית מבין הרמות הנטויות של הגליל התחתון המזרחי. נחל ארבל חוצה את הרמה ומפצל אותה לשניים; הר נתאי והר ארבל היו בעבר חלק מרמה אחת. הר ארבל והר נתאי שמשני עברי נחל ארבל מורכבים מגיר קשה של תצורת בר כוכבא האיאוקנית, חבורת עבדת. מתחת לשכבות הגיר מצויות שכבות חוואר אטימות של חבורת הר הצופים, ועליהן מופיעים כמה מעיינות.

מלבר הר ארבל ונתאי, רוב המצוקים הגבוהים בגליל המזרחי נמצאים בנחל עמוד תחתון, נחל עכברה, נחל דישון ויובלו נחל אביב. כולם התפתחו בגיר קשה של תצורת בר כוכבא.

מחשופי חבורת יהודה יוצרים במקומות אחדים מצוקים במתלולי העתק דוגמת הר אביתר (תצורת סחנין) והר ברניקי (תצורת סחנין ובענה), ובמקומות אחדים גם לאורך ערוצי נחלים. מחשוף קטן של גג חבורת יהודה בעין נור (טבחה) קשור כנראה לשילוב בין העתקים לבין אזור מוגבה קדום שנמשך מכאן לעבר הר ברניקי (סנה, 2008).

התפתחות הנוף

הגליל המזרחי היה מכוסה בים לפחות עד תקופת האיאוקן ובחלקו אף מאוחר יותר. סלעי המשקע הימי ששקעו מהקרטיקון ועד האיאוקן הם התשתית העיקרית להתפתחות מערות קרסטיות. עם חשיפת רובו של הגליל באוליגוקן-מיוקן החלו תהליכי בליה לעצב את הנוף. מי הגשם שחלחלו וזרמו בסלעים הקרבונטיים יצרו בתוכם מערות קרסטיות, שהן רוב מערות הגליל.

בה בעת התרחשו תהליכים של קימוט, וולקניזם והעתקה. ההעתקה שברה את הגליל המזרחי לגושים משניים, ובמיליוני השנים האחרונות גרמה לשקיעת בקע ים המלח והיווצרות אגנים עמוקים באזורי הכינרת והחולה (Heimann, 1990). אגנים אלה, יחד עם היווצרות קשת קמרונית לאורך פרשת המים של הגליל, גרמו להטיית האזור ולהיפוך כיוון הניקוז – כלפי מזרח, לכיוון הבקע, במקום בכיוון הכללי מערבה, ששלט קודם לכן (Kafri and Heimann, 1994). באזורים שטוחים התפתח ניקוז תת-קרקעי בתנאים של קרסט אפיגני (של מים שמקורם במשקעים מקומיים) מפותח, בעיקר באזור מירון. שקעים ורמות ממוצא וולקני מופיעים בעיקר באזור רמת דלתון. באזור יפתח – קדש התפתחו בקעות טקטוניות עם פעילות קרסטית מוגברת (Gerson, 1974).

מערת עלמה – שילוב של טקטוניקה וקרסט בחבורת יהודה. ייתכן שגם הוולקניזם המופיע בפני השטח בקרבת מקום השפיע כאן, כפי שהשפיע על היווצרות מערות ושקעי התמוטטות (ג'ובות) באזור מרות. מערות נחל גוש חלב ונחל יראון – זרימת מים מרוכזת בציר הקער בחבורת עבדת. מערה חריגה הינה מערת סקוריה מריש שהתפתחה בסלע וולקני, ככל הנראה בבליה.

שקעים טופוגרפיים סגורים בגליל המזרחי

בגליל העליון קיימת תופעה של שקעים סגורים בפני השטח, שקוטרם עשרות עד מאות מטרים. יש כמה מנגנונים העשויים ליצור שקעים כאלה, ובחינתם דורשת מחקר מפורט בכל אתר.

שקעים טופוגרפיים הקשורים לתהליכי המסה שכיחים באזורים של קרסט מפותח. שקעים כאלה בגליל העליון המזרחי מתנקזים לבולענים, למשל מצפון מזרח למערת עלמה ומצפון לקיבוץ יפתח. הם התפתחו בפעולה משולבת של טקטוניקה והמסה. שקעים טקטוניים המנוקזים חיצונית באופן מלא או חלקי שכיחים גם כן בגליל העליון המזרחי, דוגמת בקעת קדש.

בגליל העליון המרכזי (ממערב לתחומי האטלס) קיימים שקעים קרסטיים רבים במיוחד, והם מתנקזים למערות ולבולענים (המפורסמת שבהם היא מערת פער). באזור הוולקני והמועתק של רמות דלתון-עלמה-מרות בגליל העליון המזרחי (בשונה מאזור מירון-פקיעין שבמרכז הגליל העליון) שכיחים שקעים טופוגרפיים סגורים שעשויים להיות קשורים לוולקניזם ולטקטוניקה. קרקעית השקעים אטומה למדי, וחלקם מחזיקים מי גשמים למשך חודשים ארוכים לאחר החורף. כמה מתוכם נמצאים על רמות שטוחות שמכוסות בבזלת דלתון. הגדול שבהם הוא אגן דלתון (מחוץ לתחומי האטלס). לאגן זה הוצע בעבר מנגנון היווצרות קרסטי, אך כמה תופעות מרמזות על קשר אפשרי לוולקניזם או טקטוניקה: (1) השקע גדול יותר מכל אגן קרסטי סגור בארץ; (2) השקע נמצא בתוך בזלת דלתון המונחת על גבי חבורת הר הצופים, שמורכבת מסלעים שאינם קרסטיים.

תהליכים וולקניים היוצרים שקעי התמוטטות (לעומת לועות או מכתשי התפוצצות) בפני השטח נדונו בעבר בהקשר של שקעים המכונים "ג'ובות" ברמת הגולן. בדומה לסביבת הג'ובות, גם כאן לא נמצאו סביב אגן דלתון ושאר אגני הגליל המזרחי טבעות טוף שעשויות להעיד על התפוצצות וולקנית, זאת בניגוד לבריכת רם והשקע של הר בנטל/אביטל בגולן, שסביבם נמצא טוף והם מיוחסים



גלישה צעירה של חומר בלוי במתלול הצפוני של נחל דישון. צילם ע' פרומקין

במדרונות התלולים מתרחשות לעיתים גלישות של מאסת סלע וחומר בלוי. (2002; Matmon et al., 2000).

המערות הטבעיות בגליל המזרחי

הגליל נמצא בין אזורים נרחבים יותר של התפתחות מערות גדולות: בצפון – המערות האלוגניות (נוצרו מנחלים שנבלעים לתת-הקרקע) בגיר מגיל יורא בלבנון, ובדרום – המערות ההיפוגניות (נוצרו ממים שעלו מהעומק) בגיר טורוני במדבר יהודה (פרומקין, 2015; Frumkin et al., 2017).

רוב המערות הטבעיות בגליל המזרחי הן מערות קרסטיות שמופיעות בתצורות סחנין, בענה, תמרת ובר כוכבא. מערות מלאכותיות שכיחות גם בסלעים רכים, דוגמת תצורת עין זיתים. המערות השכיחות בחלק ממחשופי תצורת בר כוכבא, דוגמת ארבל, נתאי, עמוד תחתון ונחל אביב, מעידות ככל הנראה על ריכוז של קווי זרימה של מי תהום באזורים אלה, שהיו (או עדיין) נמוכים סטרוקטורלית ביחס לסביבתם. רוב המערות הן רליקטיות, כלומר ריקות ממי התהום שיצרו אותן. יוצאות מכלל זה הן מערות מעיין שעדיין מלאות חלקן או כולן במי הנביעה (מערת עין נור, מערת עין כינר ומערת עין תאו), וכן מערות ואדוסיות – בעיקר קמינים קרסטיים השכיחים באזור מירון.

מערות גדולות התפתחו בגליל המזרחי בתנאים מקומיים מיוחדים. ביניהן ניתן למנות את המערות הבאות:

מערת ברניקי – בתנאים של מים חמים עולים באקוויפר כלוא של ראש חבורת יהודה, תחת כיסוי אטים של חבורת הר הצופים.

ומעשירים את מי התהום בחומצות. מים חמים או קרים שהועשרו בגזים אלה חומציים מיוחד ועשויים ליצור מערות גדולות במהירות רבה יחסית.

שקעים טופוגרפיים באזור מרות (על סלעי גיר וקרטון, ראו נחל מרות) עשויים היו להיווצר במנגנונים דומים, לאור קרבתם (מאות מטרים) למחשוףי בזלת דלתון ולמחדרים שלה (Frumkin et al., 2024). תקרת החלל התת-קרקעי עשויה להתמוטט בהדרגה עד הגעתו אל פני השטח. עם פריצתו אל פני השטח מתקבל חלל דמוי פעמון, דוגמת מערת גשר ומערת אייל (ראו ערך). עם התקדמות הארוזיה מתפתחת דולינת התמוטטות שקירותיה תלולים (ראו דולינת התמוטטות נחל מרות), ובהמשך אף דולינה שטוחה דמוית צלחת (ראו צמד דולינות ממערב לחורבת מרות).

במרחק רב יותר ממחשוףי הבזלת, יורדת ההסתברות של שקעים וולקנו-טקטוניים, ועולה ההסתברות של דולינות התמוטטות ממוצא קרסטי, דוגמת השקעים העליונים בקדש (ראו ערך שקעי קדש).

לעומת זאת, השקעים התחתונים בקדש (שקעים ג, ד, ה, ראו ערך), ושקע דומה במורד הצפון-מזרחי של הר עלמון (נ"צ 246858/774926) נוצרו במדרון תלול בסלע חרסיתי-חוארי. מנגנון ההיווצרות הסביר ביותר במקרים אלה הנו "גלישה רוטציונית": תנועה גרביטציונית במורד של מסה גדולה של חומר חרסיתי, שעלולה להתרחש בתנאים של רוויה במים ו/או רעידת אדמה חזקה. סלעים אלה רגישים במיוחד לרעידות אדמה, ותוספת של עיי חורבות עליהם מגבירה עוד יותר את הסיכון לגלישות, כדוגמת העיר העתיקה בצפת, שנהרסה כך לפחות פעמיים במאות השנים האחרונות.



שקע של גלישה רוטציונית במורדות הר עלמון. צילם ע' פרומקין

להתפוצצויות פריאטור-מגמתיות (מתרחשות בעקבות מפגש בין מגמה למים). אגן דלתון מורכב משני אגנים מעגליים וערוץ אירוזיבי צעיר שנשפך לתוכם. ככל הנראה ניתן להשוותו לג'ובה הגדולה בגולן, המורכבת גם היא מכמה שקעים צמודים זה לזה.

שקעים אחרים על רמות בזלת דלתון הם בדרך כלל רדודים יחסית וקטנים בנפחם. בשקע של בריכת קש ובשקע נוסף ממזרח לה (שניהם מצפון למושב דלתון) יש גושי בזלת מעוגלים קונצנטריים רבים, דמויי "בזלת כרים". מופע זה מרמז על כך שבהתפרצות האחרונה באה לבה במגע עם גוף מים, ואם הדבר נכון, הרי שהשקעים היו קיימים כבר בפליסטוקן תחתון.



מבט מהר דלתון צפונה אל בריכת קש – שקע וולקני ברמה מכוסה בבזלת דלתון. צילם ע' פרומקין

שקע הדומה לג'ובות השכיחות בגולן (Frumkin and Naor, 2019) נמצא בבזלת דלתון ממזרח למרות (ראו ג'ובת בזלת). בקרבת מקום, בחורבת קציון (ראו ערך שקעי קציון), מצוי שקע כפול המחולק לשניים על ידי דייק בזלתי. הדבר מרמז על קשר הדוק בין השקעים לבין הוולקניזם.

אם נקבל את הקשר המסתמן בין הוולקניזם או הטקטוניקה לשקעים, אזי ייתכנו כמה מנגנונים: (1) Pit Crater: מגמה העולה בתוך סדק (דייק) ודוחקת את שוליו לכיוון בקעת החולה. הסדק שנפתח בלחץ המגמה נותר פתוח גם לאחר ירידת הלחץ המגמתי, וכך נוצר חלל. התמוטטות החלל מביאה להיווצרות שקע בפני השטח; (2) פתיחה טקטונית של חלל תת-קרקעי והתמוטטותו לאחר מכן; (3) Hyperkarst: גזים חומציים (דוגמת פחמן דו-חמצני ומימן גופרתי) נפלטים ממחדרים וולקניים