

סלע, נוף ואדם בהר הנגב בשני מיליוני השנים האחרונות

יואב אבני



מצפה רמון וירושלים, ינואר 2005

סלע, נוף ואדם בהר הנגב בשני מיליוני השנים האחרונות

יואב אבני

המכון הגיאולוגי, מלכי ישראל 30 ירושלים 95501
מרכז מדע רמון, המכון לחקר המדבר, אוניברסיטת בן גוריון בנגב, ת.ד. 194 מצפה
רמון 80600

מבוא :

במיליוני השנים האחרונות מצוי הר הנגב בעיצומה של תקופת פעילות אינטנסיבית המחוללת בו שינויים דרמטיים במבנה הגיאולוגי ובנוף. פעילות זו קשורה לעובדה שהר הנגב מצוי בסמוך לאחד האזורים הפעילים ביותר בכדור הארץ – השבר הסורי אפריקאי המיוצג באזורינו על ידי בקע הערבה. בקע הערבה הוא חוליה בשרשרת הבקעים והמבנים הגיאולוגיים המלווים את רצועת השבירה הסורית – אפריקאית הנמשכת ממזרח אפריקה אל דרום טורקיה. בשלב כלשהו ברצף התהליכים הגיאולוגיים מופיע האדם בתוך הנוף המתפתח ומשאיר תיעוד לפעילותו. המעקב אחרי האדם הקדמון בנגב מתבצע על ידי איתור ואיפיון כלי אבן קדומים ששימשו את האדם וננטשו בסביבה הטבעית בה פעל לפני כמיליון וחצי שנים. מאז הופעתו הראשונה של האדם היו תהליכי התפתחות המבנה הגיאולוגי והנוף בהר הנגב שזורים בהתפתחות תרבויות האדם שחיו בו ועשו שימוש בנופיו ובמשאביו הטבעיים. תהליכים משולבים אלה של השפעת הנוף והפוטנציאל הגיאולוגי על תרבויות האדם הגיעו לשיאם לקראת סוף התקופה, בשלהי תקופת הפלייסטוקן המאוחר ובעיקר בתקופת ההולוקן הנוכחית. בזמן זה פעלו בהר הנגב תהליכי מדבור והתייבשות טבעיים, בד בבד עם נוכחות הולכת וגדלה של חברות בני אדם שעשו ניסיונות מתמידים לשימוש מיטבי בפוטנציאל הטבעי של האזור. החלו בכך חברות הציידים-הלקטים הקדומים של טרם המהפכה החקלאית ואלה הוחלפו במהלך ההולוקן המוקדם על ידי הרועים והחקלאים. האחרונים הצליחו לבסס בהר הנגב חקלאות נגר משגשגת בנצלם את תהליכי המדבור הטבעיים לתועלתם ואף השכילו להתערב בתהליכי המדבור ולפעול באופן מכוון כנגדם עד שהוחלפו שוב בידי הרועים ששלטו באזור עד לזמן האחרון.

לשתי פרשיות אלו – הופעתו הראשונה של האדם בהר הנגב ולניצול תהליכי המידבור הטבעיים לפיתוח חקלאות במדבר על ידי החקלאים הקדומים של הנגב מוקדש מאמר זה.

ההיסטוריה הגיאולוגית של הר הנגב במיליוני השנים האחרונות

שלב א: הרמת הר הנגב והתפתחות מערכת הניקוז הראשונית

התפתחות הנוף הנוכחי בהר הנגב קשורה קשר הדוק לשלב של פעילות טקטונית אינטנסיבית שהחלה באזורינו בתקופת המיוקן המאוחר (לפני כ-6-5 מיליוני שנה). בשלב זה התרומם הר הנגב לגובה של כמה מאות מטרים מעל לים במקביל לשקיעת עמק הערבה ולהרמת הרי אדום במזרח שהורמו לגובה של יותר מק"מ. הפרשי הגובה הגדולים בין האזורים ההרריים הגובלים בבקע הערבה הנמוך יצרה מפל טופוגראפי שנוצל על ידי המים הזורמים לעיצוב ראשוני של עמקים, קניונים ונחלים. בשלב זה (סוף המיוקן – תחילת הפליוקן) התפתחה באזורינו מערכת ניקוז ראשונית שניקזה את הר הנגב הן למזרח, אל בקע הערבה ואל אגן ים המלח והן למערב ולצפון, אל חופי הים התיכון.

שלב ב: התפתחות מערכת הניקוז והשקעת תצורות הערבה ואחוזם

לאחר זמן התעמקו העמקים והתרחבו ושיפועם נעשה מתון. הנוף שהתפתח בהדרגה החל לשאת אופי של נוף בוגר ומתון ובו החלה לראשונה השקעה של יחידות סלע חדשות בתנאים יבשתיים – נחליים – בעיקר תלכידי נחלים. שלב זה החל ככל הנראה לקראת אמצע תקופת הפליוקן (לפני כ-3-4 מיליוני שנה) ונמשך עד לפליוקן המאוחר (לפני כ-2-1.5 מיליוני שנה). יחידות הסלע ששקעו בתוך אגני הניקוז במהלך הפליוקן כוללות את תצורת הערבה במפנה המזרחי הזורם אל הבקע ואת תצורת אחוזם במפנה המערבי הזורם מערבה אל חוף הים התיכון. שתי התצורות הללו כוללות מספר יחידות משנה המופרדות זה מזה על ידי ארועי התחתרות והשקעה המתעדים שלבי משנה בהתפתחות הנוף של האזור. תצורת אחוזם מתאצבעת במערב עם הים הפליוקני ועם תצורת פלשת הימית, בעוד שתצורת הערבה נעלמת אל מתחת לאגנו הדרומי של ים המלח ומתאצבעת כל הנראה עם תצורת עמורה.

חתך תצורת הערבה בתחומי הנגב כולל שני פרטים עיקריים כשבניהם מפריד אירוע של הרמה טקטונית וארוזיה. שני הפרטים הם :

1. פרט שגיא : מורכב מתלכידי נחלים גסים המכילים בולדרים מעוגלים למחצה בקוטר שעד לשני מטרים. הפרט מכיל מאסף אופייני של סלעי הנגב כמו גיר, צור וקירטון, יחד עם מרכיב בולט של חלוקי צור מעוגלים להפליא המוכרים מן החתך הגיאולוגי ששקע בנגב בתקופת המיוקן (לפני כ- 16-10 מיליוני שנה). פרט זה קיבל את השם "פרט שגיא" על שם נחל שגיא שבהר הנגב הדרומי שבסמוך לשפכו אל נחל פארן מצויים מחשופים גדולים של פרט שגיא.
2. פרט כונתילה : מורכב מחומרי סחף דקי גרגר המשולבים בתלכידי נחלים שבהם נסחפו ושקעו חלוקים עד לגודל של 40-50 ס"מ. בחתך זה משולבים גם משקעים אגמיים שהתפתחו במספר אתרים בנגב הדרומי ובערבה. פרט זה קיבל את השם "פרט כונתילה" על שם הישוב כונתילה במזרח סיני המצוי באגנו העילי של נחל פארן כ-5 ק"מ ממערב לגבול עם מצריים. ליד משטרת כונתילה זיהה הגיאולוג הבריטי Shaw את המשקעים האגמיים הללו במהלך המיפוי הגיאולוגי של הנגב בשנות ה-40 למאה שעברה.

אגמי מים מתוקים בפרט כונתילה

בשנים האחרונות התבררו ממדיהם ומיקומם של גופי המים בתוך פרט כונתילה. מערכת האגמים כוללת את אגם כונתילה שהשתרע על שטח של כ- 300 קמ"ר בחלקו העילי של אגן נחל פארן הנוכחי (בכלל זה מחשופים באזור שסביב משטרת כונתילה), את אגם כרכום שהשתרע על שטח של כ- 15 קמ"ר המרוכזים בחלק המרכזי של נחל פארן ליד באר עדה ואת גדול האגמים שהתפתח בשלב זה – אגם הערבה- שהשתרע על כ- 1000 קמ"ר משני צידי הערבה באזור שתחילתו בדרום ים המלח והוא נמשך לדרום לאזור הסמוך לבאר מנוחה. על פי המאובנים שנמצאו במשקעים האגמיים (דגים, שבלולים וסרטנים ירודים) נראה כי היו אלה אגמי מים מתוקים שהתקיימו ברציפות במשך עשרות אלפי שנים.

במקביל שקעה מעברו המערבי של פרשת המים תצורת אחוזם שעיקרה תלכידי נחלים. התצורה נחלקת למספר יחידות משנה הנבדלים זה מזה בעיקר במפלסי הנוף אותם הם יוצרים. מפלסים אלה מתאצבעים בשפלת הנגב עם מספר מחזורי הצפה שהתרחשו במהלך הפליוקן והשקיעו את תצורת פלשת הימית. בדומה לפרט שגיא של תצורת הערבה, גם היחידה הקדומה של תצורת אחוזם

מיוצגת על ידי מאסף של חלוקים ובולדרים גדולים של סלעים מקומיים (בעיקר סלעי גיר של חבורת עבדת וצור של תצורת משאש). המאסף מכיל גם מרכיב בולט של חלוקי צור מעוגלים שנשטפו ממחשופי תצורת חצבה המיוקנית והורבדו מחדש בתוך תצורת אחוזם.

שיחזור פלאוגיאוגרפי של אגני הניקוז בזמן הפליוקן

שיחזור אגני ניקוז שהתקיימו בנגב בזמן תצורות הערבה ואחוזם מראה כי בנגב הדרומי והמזרחי התקיימה מערכת ניקוז רחבת מימדים שניקזה את מרבית הנגב שמדרום למכתש רמון אל הערבה הצפונית. אגן הניקוז המשוחזר (איור 1) כולל את כל השטח המנוקז היום על ידי יובלי נחל פארן, נחל חיון ונחל נקרות וכן חלקים ממזרח סיני המנוקזים היום על ידי יובליו העיליים והמזרחיים של ואדי אל עריש כמו ראש ואדי קורייה שמדרום להר שגיא. בנוסף כלל אגן הניקוז המשוחזר גם חלקים לא גדולים מהרי אדום שממזרח לגב הערבה באמצעות אפיק שזכה לכינוי "אפיק אדום" על ידי הגיאולוג חנן גינת שאיתר אותו בתחומי הנגב. מערכת הניקוז כולה הצטרפה לנחל מרכזי אחד שניקז את כל אגן הניקוז העצום אל הערבה הצפונית דרך קניון נחל נקרות של היום. נחל גדול זה קיבל את הכינוי "נחל פארן-נקרות" שאליו הצטרף "אפיק אדום" ממזרח, והוא נשפך אל הערבה הצפונית כשהוא יוצר מניפה רחבה באזור שבין עין-יהב למושב חצבה. לקראת הכניסה אל אגנו הדרומי של ים המלח נכנס אל המערכת הזו נחל צין התחתון שהתפתח במקביל בבקעת צין ממזרח לאגן שדה בוקר. לאורך תוואי הניקוז של האגנים המזרחיים שקעה תצורת הערבה.

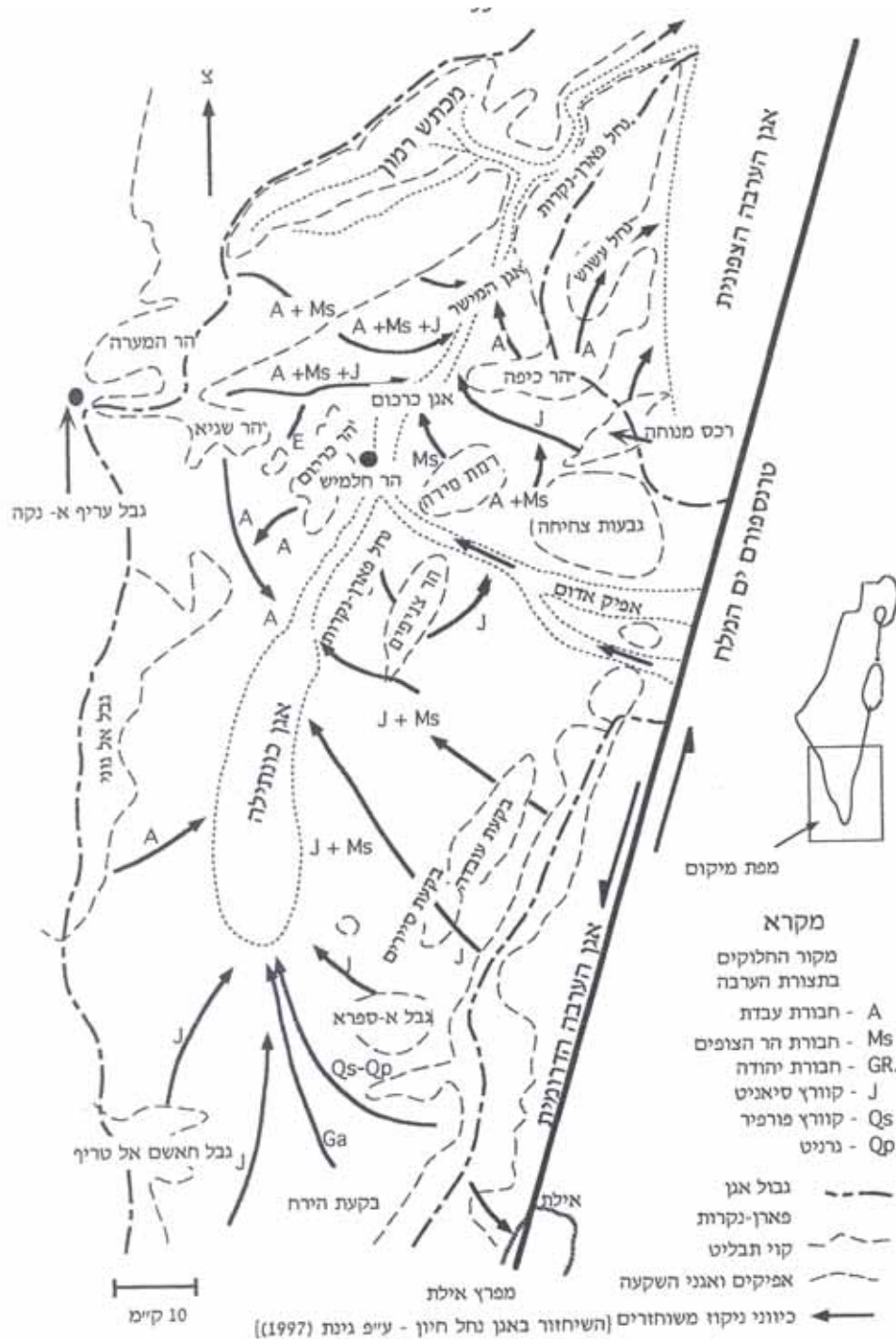
במקביל התפתחו במפנה המערבי אגני הניקוז הגדולים של נחל הבשור – שניקז את רמת עבדת ורכסי הנגב הצפוני אל שפלת הנגב באזור רביבים – צאלים של היום ונחל ניצנה – לבן שניקז את מערב הר הנגב ושולי קמר רמון לצפון אל אזור ניצנה. באגנים אלה שקעה תצורת אחוזם. בד בבד התפתח במרכז סיני אגן הניקוז הגדול של ואדי אל עריש.

ג. פעילות טקטונית בסוף הפליוקן: הרמת הר הנגב ושקיעת בקע הערבה המלווה

בשבירה

בשלב כלשהו לקראת סוף הפליוקן או בתחילת הפלייסטוקן החל האזור שמשני צידי בקע הערבה להתרומם ולהישבר. המעקב אחרי אופייה, עוצמתה והשתרעותה של הדפורמציה הטקטונית הצעירה התאפשר על ידי ניתוח מפורט של השינויים המורפולוגיים שהתרחשו באגני הניקוז הקדומים של תצורת הערבה ואחוזם.

המעקב התאפשר בשל העובדה שמערך כיווני הניקוז ושיפועם המשוחרר, משמש כ"מפת אוצר" למי שרוצה לבחון את שיבוש המערכת על ידי פעילות טקטונית



איור 1: שיחזור פלאוגיאוגרפי של הנגב המרכזי והדרומי בזמן השקעת תצורת הערבה. המקור: אבני, 1998.

חלשה ובאורך גל גדול של קילומטרים ועשרות קילומטרים ואשר איננה ניתנת לאבחון במחשופים בודדים.

ניתוח מפורט של השינויים המורפולוגיים שהתרחשו באגן הניקוז הקדום של תצורת הערבה מלמדים כי בשלב זה החל אזור שרוחבו כ-60-80 ק"מ ממערב לערבה להתרומם בשיעור 200-400 מטרים כשהוא יוצר התרוממות כיפתית מאורכת שצירה ממוקם סמוך לפרשת המים הנוכחית שבין אגן נחל פארן העילי ליובלי ואדי אל עריש. בד בבד עם ההרמה החלה הכיפה המתונה להישבר על ידי סידרת שברים כמעט מקבילים המכוונים לצפון מזרח (איור 2). המבנה המקומט והשבור גרם לשינוי מורפולוגי גדול בנוף האזור כשהוא משנה את כיווני זרימת הנחלים ומטה אותם מזרחה. ממערב לפרשת המים הביאה הפעילות הטקטונית להחרפת השיפוע של יובלי ואדי אל עריש כתוצאה מהתרוממות האזור הכיפתי. בצפון מערב הנגב התחתרו הנחלים בתוואי הניקוז המקוריים שלהם שעוצבו עוד בתקופת הפליוקן.

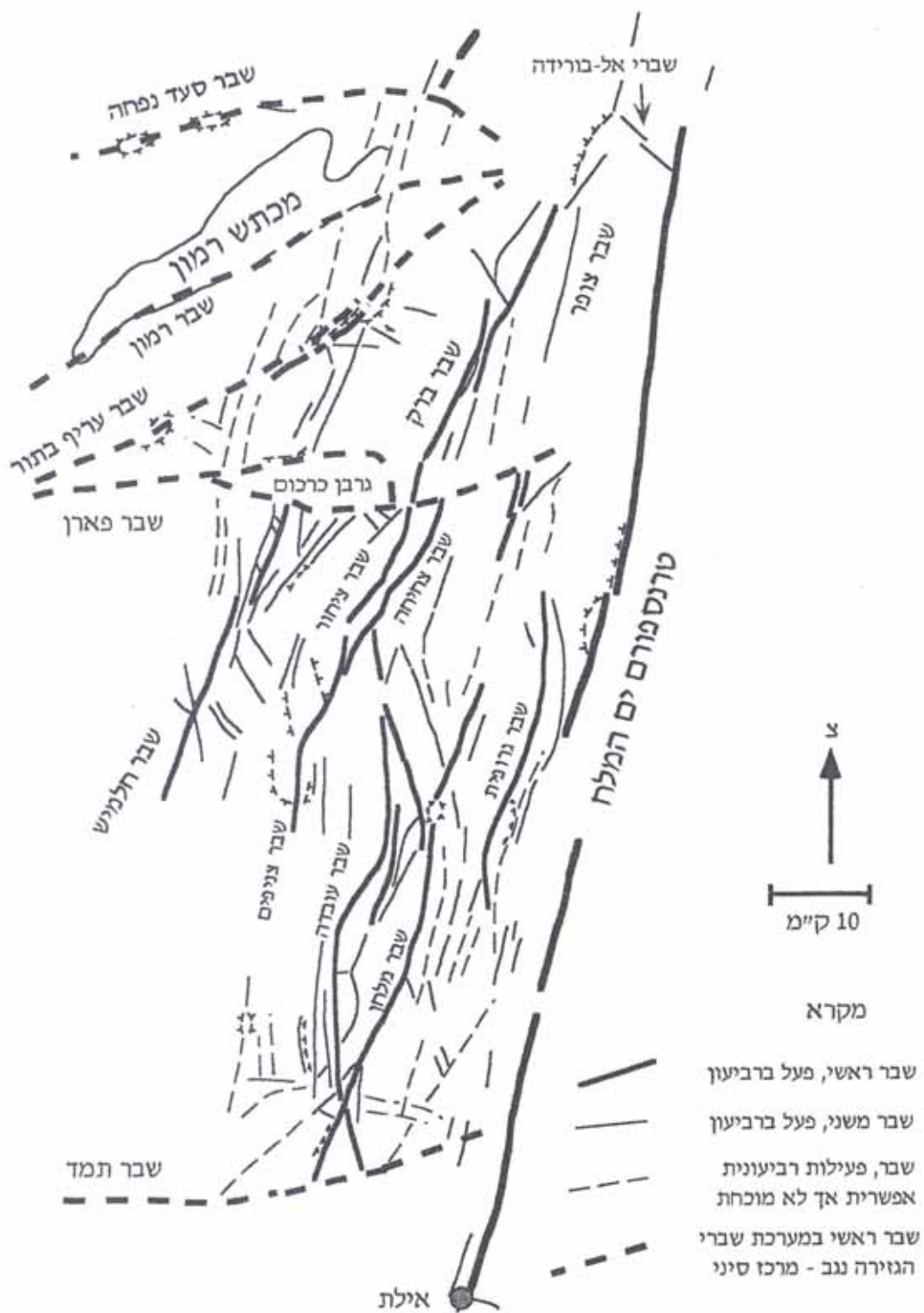
ד. התפתחות אגם ציחור וממצאי האדם הקדמון

באזור נחל ציחור שמצפון להר צניפים מצא הגיאולוג חנן גינת משקעים אגמיים בעובי כ- 15 מ' המונחים על חתך של תצורת הערבה ולכן צעירים ממנה. המשקעים הללו נמצאו כשהם שעונים במזרח על שבר שהרים את השטח שממזרח לאגם בשיעור של כ-100 מ'. נראה שבד בבד עם הטיית האזור של שולי בקע הערבה למזרח התרוממו מספר בלוקים לאורך השברים המכוונים לצפון מזרח ובכך חסמו את מהלך המים שזרמו בנחלים. המים שנחסמו מילאו את השקעים הטקטוניים ויצרו אגנים חסרי ניקוז ואפילו אגמים שהגדול שבהם היה ממוקם בעמק נחל ציחור וזכה לכינוי "אגם ציחור". חנן גינת גילה בחופי האגם שתי תגליות מעניינות: האחת: החופים מוקפים באזור שבו התפתחו קרקעות אדומות, עשירות בתרכיזי גיר, המעידות שהאקלים בתקופה זו היה מדברי למחצה וכמות המשקעים נעה סביב ה- 250-350 מ"מ. הממצא השני, מעניין במיוחד: לאורך חופי האגם נמצאו עשרות כלי צור מגושמים (המוכרים בשם העממי כ"אבני יד") השייכים לתרבות פרה-היסטוריים קדומה. השוואת המאסף של הכלים למאספים ידועים בארץ גילה כי המאסף מנחל ציחור דומה למדי למאסף הכלים שנמצא באתר עובדייה שבעמק הירדן סמוך לכינרת, אתר הנחשב לקדום מסוגו בארץ ואף בעולם הגדול שמחוץ לאפריקה. לפיכך נראה שקבוצות אנושיות קדומות שחיו לאורך בקע הירדן בתקופת הפלייסטוקן המוקדם (לפני כ- 1.4 מליוני שנה) חיו גם בנגב הדרומי והשאירו את כלי האבן הקדומים שלהם לחופי אגם ציחור. המשקעים האגמיים, יחד עם תלכידי

הנחלים והקרקות הקדומות שהתפתחו בו זמנית קיבלו את השם "תצורת צחיחה" על שם בקעת צחיחה הסמוכה.

ה. המשך הדפורמציה הטקטונית ותגובת הנוף הצעיר

עם המשך הפעילות הטקטונית בפלייסטוקן המוקדם (לפני כמיליון שנה) קומטו והורמו המשקעים האגמיים של נחל ציחור. הטיית האגם לצפון מזרח הביאה להתרוקנות גוף המים שנוקז צפונה על ידי נחל ציחור אל נחל פארן. המשך הדרגתי של השבירה וההטיה מזרחה של אזור נרחב הגובל בערבה הביא ליצירת משטר שיפועים חדש הפונה למזרח, בשונה ממשטר השיפועים ששלט באזור קודם לכן והיה מכוון לצפון מזרח. הפעילות הטקטונית האיטית וההדרגתית נמשכה במקביל להמשך פעילותם של הנחלים שהמשיכו לנקז את האזור, ואלה הוטו מנתיבם הקדום באותם מקומות שבהם ניתן היה "לצאת מן הכלים" הישנים ולפתח תוואי ניקוז וזרימה חדשים. דבר זה התאפשר בעיקר באזורים שבהם זרמו הנחלים על גבי סלעים רכים או בנופים טופוגרפיים מתונים. לעומת זאת, באותם מקומות שבהם זרמו הנחלים הקדומים בתוך תוואי נוף החתורים עמוק (כמו קניונים עמוקים) לא ניתן היה להוציא אותם מכליהם והם נשארו צמודים לתוואים הקדומים. באופו זה הוטה נחל פארן מזרחה בשטח הכמעט מישורי של אגן כרכום ופרץ לו נתיב חדש אל הערבה המרכזית הידוע כ"צוואר הבקבוק" של נחל פארן. ככל הנראה, גם הפריצה מזרחה של נחל צין באזור שדה בוקר קשורה גם היא להטיה מזרחה והפריצה התבצעה בשוליו המזרחיים של אגן ההשקעה הרחב של שדה צין אגב פריצת פרשת מים נמוכה במיוחד שהייתה ממוקמת על גבי היחידות הרכות של חבורת הר הצופים. בשאר חלקי הנגב התפתחו בשלב זה נחלים צעירים שהתחתרו מזרחה ביוצרים ערוצים עמוקים. בקבוצה זו ניתן למנות את קניוני ברק ורדית, נחל עשוש, ואת הנחלים המנקזים את הנגב המזרחי אל הערבה הדרומית. נחלים אלה חותכים בדרכם נתיבים קדומים של הנחלים שתפקדו בזמן השקעת תצורות ערבה וצחיחה. החרפת השיפועים ביובלים המערביים של ואדי אל עריש הביאה להגברת הסחיפה והעירוץ בעיקר במקומות שבהם נחשפו הסלעים הרכים של חבורת הר הצופים הבנויים מחוואר וקירטון כמו בראש ודי קורייה שמדרום להר שגיא. התפתחות המבנה הכיפתי שינה את מיקום פרשת המים שבין אגני הפארן והאל עריש וזה הביא לקריעת שטחים מאגנו הפליוקני של נחל פארן וסיפוחם לאגן ואדי אל עריש. תהליך דומה התרחש בנגב הצפוני כאשר חלקים ממערכת הניקוז של נחל הבשור בשולי רמת עבדת שזרמו במקור אל הים התיכון סופחו למערכת הניקוז של נחל צין הזורם אל הערבה ודרום ים המלח. בשאר הקטעים של מערכת הניקוז היורדת



איור 2: מערך השברים הצעירים בנגב המרכזי והדרומי (המקור: אבני, 1998)

צפונה אל הים התיכון מאובחנת התחתרות קלה ללא שינוי מהותי בתוואי הניקוז, להוציא את האזור שממערב לניצנה שסופח גם הוא לאגן ואדי אל עריש.

ו. התפתחות הנוף במהלך הפלייסטוקן

עם דעיכת הפעילות הטקטונית האינטנסיבית לפני כמיליון שנה חלו באזור תהליכים הדרגתיים של התייצבות המתבטאת בהרחבה הדרגתית של העמקים שעוצבו בשלב הקודם ובשקיעת הדרגתית של מספר מפלסים של משקעי סחף המופרדים זה מזה על ידי אירועים ארוזיביים חריפים. על מקצת ממפלסים אלה נלקטו כלים פרה-היסטוריים המתעדים שלבים שונים בהתפתחות האזור, בד בבד עם פעילות אנושית שהתרכזה בנגב בעיקר סביב המעיינות והנחלים שבהם מצאו הציידים הלקטים הקדומים צייד וצמחי לקט לקיומם. התפתחות שיטות התיארוך של המשקעים היבשתיים חסרי המאובנים בשנים האחרונות מאפשרת אומדן הגיל של משקעים שרובם שקעו במהלך תקופות קרחוניות לחות יחסית בעוד שעיקר האירועים הארוזיביים המפרידים בין המפלסים השונים התרחשו בתקופות בין קרחוניות יבשות. תחום זה הנמצא בשנים האחרונות במוקד המחקר מסתמך בעיקר על לימוד מפורט של המחזור הקרחוני והבין קרחוני האחרון שהחל לפני כ-70,000 שנה.

ז. המחזור הקרחוני האחרון

לקראת סוף הפלייסטוקן (70-18 אלף שנה לפני זמננו), בתקופה המקבילה לעידן הקרח האחרון (המכונה תקופת הווירם) הושקעו בהר הנגב משקעים לסיים דקי גרגר שהגיעו לאזור בסופות אבק גדולות שמקורם בשולי מדבר סהרה. סופות אלה היו מלוות בטמפרטורות נמוכות ובמשקעים אשר הרביצו את האבק הנישא ברוח על פני הנגב. ניתן לדמיין סופות אלה כדומות לסופות האבק הפוקדות את ישראל בעונות המעבר והמשקיעות גם היום גשם בוצי רווי לס על אזורינו. לאחר השקעתם הראשונית של גרגירי הלס על גבי הנוף ההררי הם נסחפו מהמדרונות התלולים והצטברו בעמקים כמשקעים עבים שקברו את תשתיות העמקים עד לגובה של 10-15 מ'. בעמקי הנחלים שבהר הנגב התפתחו בתוך משקעי הלס אופקי קרקע ובהם ריכוז גדול של תרכיזי גיר המעידים על התפתחותם באקלים יבש למחצה כדוגמת זה הקיים היום באזור שבין באר-שבע וקריית גת. עיקר הצטברות המשקעים הלסיים התרחשה במפנה המערבי של הר הנגב ומצפון למכתש רמון. בשטחים הדרומיים והמזרחיים של הנגב מאופיינת תקופה זו בהשקעת תלכידי נחלים עדינים שסתמו את עמקי הנחלים והפחיתו את עוצמות הזרימה. במקביל התפתח בתוך

בקעים המלח גוף מים גדול – אגם הלשון – שהציף את הערבה הצפונית עד לאזור חצבה ואף חדר במפרצים אל תוך עמקי הנחלים. במוקדים שונים בהר הנגב נמצאו משולבים בתוך המשקעים הדקים כלי צור המעידים על פעילות אינטנסיבית של ציידים-לקטים שהתבססו על הצמחייה העשירה וחיות הצייד שכול הנראה היו נפוצים באזור בתקופה זו.

ח. עיצוב הנוף במהלך המחזור הבין-קרחוני הנוכחי

עם חלוף עידן הקרח בסוף הפלייסטוקן (לפני כ- 18,000 - 15,000 שנים) התרחשה באזור התחתרות אינטנסיבית, שחתרה ערוצים עמוקים בתשתית העמקים. התהליך זה קשור ככל הנראה בהתבססות האקלים המדברי הנוכחי המתאפיין בהפחתה משמעותית של שקיעת האבק באגני הניקוז הסלעיים של הר הנגב בהשוואה לקצבי השקעה גדולים בהרבה שהתקיימו באזור במהלך תקופת הקרח עצמה. בנוסף, צמצום כמויות המשקעים בהר הנגב ובמקביל העלייה בשכיחות אירועי גשם קצרים וחזקים, הביאו בהדרגה להגברת תהליכי הסחיפה המפנים יחידות סחף קדומות מאגני הניקוז. הואיל והשטח היה רווי במשקעים דקי גרגר שהצטברו בו לגובה 10-15 מ' מעל לתשתיות העמקים, שקעו מדי פעם במהלך תהליכי הסחיפה משקעי סחף גסים לאורך הערוצים, כתוצאה מירידה זמנית ומקומית באנרגיית ההובלה תוך כדי תהליך הסחיפה הראשי הנמשך עד היום. ניתן לראות בכך תהליך של התאמה הדרגתית של המערכת הגיאומורפולוגית של הר הנגב לתנאי האקלים והסובב המאפיינים את האזור בהווה. בתחילת התהליך תרמה הסחיפה לעידוד הצמחייה הטבעית כתוצאה מריכוז מי הגשם המועטים מן המדרונות, ההולכים ונחשפים, אל העמקים. עם המשך התהליך פגעה הסחיפה בתשתית הסחף שבעמקים. הערוצים המתחתרים יצרו במקומות רבים ראשי ביתרונות בתוך העמקים שהתקדמו באופן הדרגתי במהלך השיטפונות אל מעלה העמקים. בראש כל ערוץ מצויים מפלים אנכיים שגובהם 2-4 מ', המהווים את נקודת המעבר מן העמק העליון, הלא מבוטר, אל תחתית הערוץ. ראשי הבתרונות (המהווים גם אתרי התחתרות פעילים) מחלקים את העמקים לשני חלקים בעלי אופי גיאומורפי שונה:

1. העמק העליון, שבו מתפזרים מי השיטפונות לרוחב העמק וזורמים באיטיות תוך הרווית חתך הקרקע המרפדת את העמקים. כתוצאה מכך מפוזרת הצמחית הטבעית למלא רוחב העמק ומתאפשר רעיה אינטנסיבית או אפילו עיבוד חקלאי של הקרקע המושקת במי השיטפונות.

2. בעמק התחתון שבמורד אתר ההתחברות מתפתח ערוץ עמוק וצר, שבו זורמים מי השיטפונות במהירות, והצמחית מרוכזת לאורך גדות צרות המלוות את ערוץ הזרימה. השטחים שמעל לערוץ, המהווים את רוב רוחבו של העמק, אינם מקבלים עוד מי שיטפונות והם מאבדים במהירות את מרבית הצמחייה הטבעית המתייבשת והולכת. ערוצים קטנים היורדים אל הערוץ המרכזי יוצרים ביתרונות משנה המגבירים את הביתור ואת סחף הקרקע. עם התגברות הביתור, פוטנציאל המרעה יורד באופן משמעותי בעוד שהפוטנציאל החקלאי אובד כמעט לחלוטין.

מידבור – תהליך טבעי המתפתח עם הזמן ומשנה באופן דינמי את הסובב בהר הנגב

היות וראשי הבתרונות נעים עם הזמן לכיוון מעלה העמקים, מתרחש בשטח תהליך דינמי שבו העמק התחתון על מאפייניו ההידרולוגיים והסביבתיים הולך "וזוחל" במעלה, אגב צמצום שיטחו של העמק העליון. תהליך זה מלווה בסחיפה פעילה של הקרקע ובשינוי תכונות העמק. במחקר הנמשך בהר הנגב זה קרוב לשני עשורים נמצא כי ראשי הערוצים מתפתחים ומתקדמים במהלך אירועי שיטפונות הפוקדים את האזור בעיקר בעונות המעבר. קצב ההתחברות לאחור של ראשי הערוצים באתרים השונים קשור באופן ישיר לעוצמת השיטפונות ולעמידותו של חתך הקרקע לסחיפה. קצב זה עומד על מטרים אחדים עד לעשרות מטרים לשנה לכל ראש ערוץ. כתוצאה מן התהליך נגרמת ירידה של כ- 70% בביומאסה של הצמחייה הרב שנתית בעוד שבצמחיה החד שנתית, המשמשת כמרעה טבעי איכותי, נרשמה ירידה של כ- 90%. במקביל נפגע קשה גם הפוטנציאל החקלאי של האזור כתוצאה מביתור גובר של השטחים הראויים לעיבוד חקלאי ומתיעול מי השיטפונות לתוך ערוצים צרים החתורים עמוק מתחת לפני השטח הראויים לעיבוד. תהליך כזה ידוע בעולם כ"מדבור" (desertification).

לעומת זאת, תהליך העירוף והחשיפה של עמקי הר הנגב הביא גם לתוצאות חיוביות ובראשם הגברת פוטנציאל הנגר העילי כתוצאה מסחיפת המשקעים דקי הגרגר שכושר ספיגת המים בהם גבוה משל סלעים חשופים. הגברת הנגר העילי הביא להגברת עוצמת השיטפונות ולהחדרת כמויות גדולות של מי שיטפונות אל תוך החצץ המרפד את הערוצים העמוקים לאחר שתהליך ההתחברות וסחיפת הקרקעות הושלם בהם. בהקשר זה ניתן לראות את קיומה של אוכלוסיית עצי ענק

מהמין אלה אטלנטית (*Picetacia atlantica*) הנפוצים בעיקר בהר הנגב הגבוה שממערב ומצפון למכתש רמון ביטוי לשינויים הדינאמיים החיוביים שתהליך הסחיפה גורם. במקביל, הופעת ריכוזי צומח האופייני לאזורים ים תיכוניים בתוככי המדבר, כמו מאות צמחי נרקיס וחלמונית גדולה הגדלים במספר אתרים מבודדים בהר הנגב, קשור בסחיפת הקרקע מעל למדרונות ובחשיפה הולכת וגדלה של הסלעים באגני הניקוז. תהליך זה מגדיל את הנגר העילי ממשטחי הסלע החשופים וזה נקלט בעציצי קרקע לחים המתפתחים בנופים הסלעיים. התופעה תוארה בהרחבה על ידי הבוטנאי אבינועם דנין מן האוניברסיטה העברית.

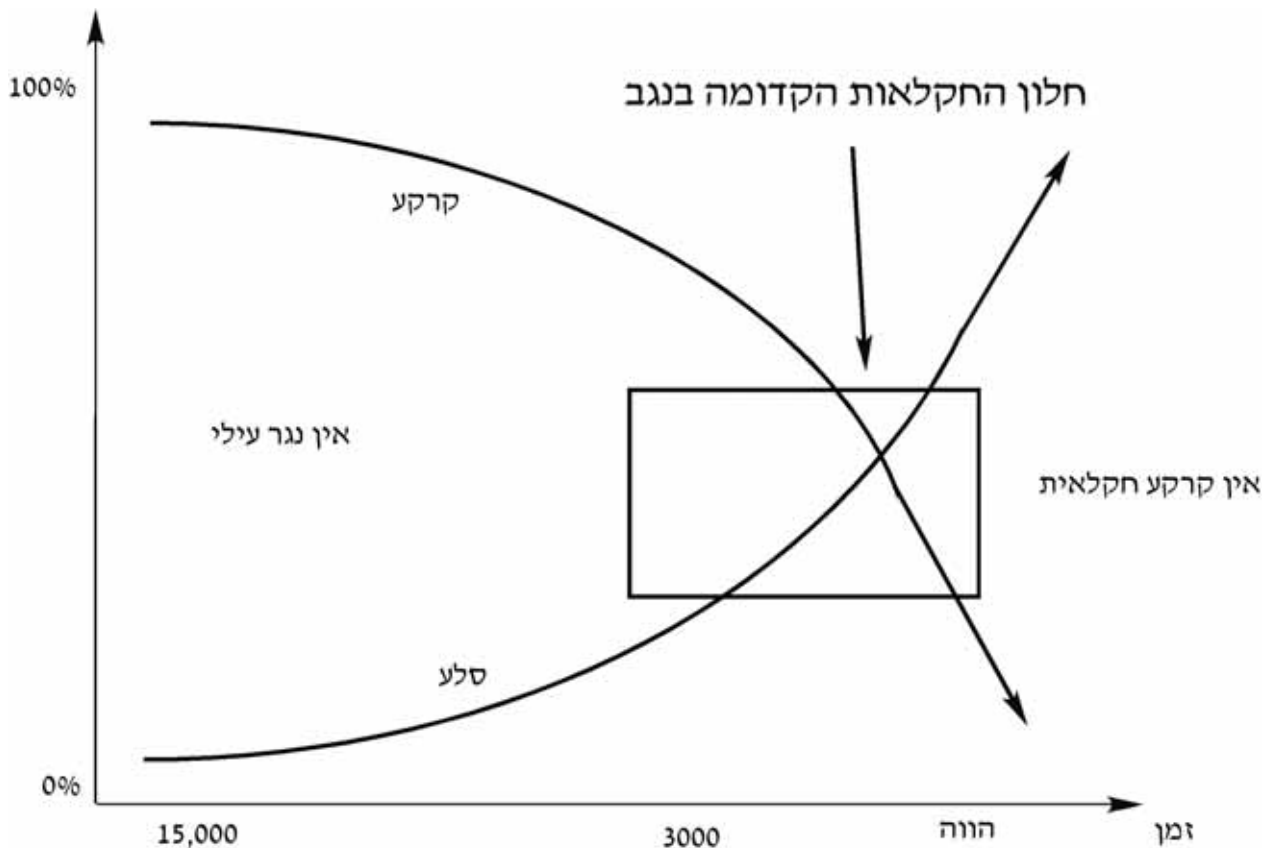
התערבות האדם בתהליכי המדבור של בהר הנגב

אל תוך מגמות המדבור הטבעי של הר הנגב נכנס האדם שחי בהר הנגב כמעט ברציפות, תחילה כצייד לקט ולאחר מהם, למן תקופת הברונזה (לפני כ-4000 שנה) גם כרועה וחקלאי. בעוד שהרועה הביט בתופעת התחתרות הערוצים ובתהליכי המדבור הבאים עקבותיה מן הצד מבלי שנקט עמדה פעילה (ושמה נהנה מהגברת פוטנציאל המים הזמינים שנקוו בגבי המים הסלעיים שבמדבר ?), הרי שהאדם החקלאי ניסה להתערב בתהליכים הטבעיים לתועלתו. מחד, הוא נהנה מכמויות הנגר ההולכות וגדלות כתוצאה מחשיפת המדרונות והערוצים וניסה לנצלם כמי השקיה, אך מאידך, קיום החקלאות באזור היה מותנה ביכולתו לשמר את הקרקע החקלאית מפני הכוחות הטבעיים של העירוף וסחף הקרקע.

החל מתקופת הברזל ובעיקר בתקופות הרומית-ביזנטית והמוסלמית הקדומה נבנו בהר הנגב אלפי סכרי האבן (אלה הטראסות החקלאיות) שנבנו במתכוון על מנת לעקב את מי השיטפונות ולהפנותם להשקיית חלקות חקלאיות. יחד עם מי השיטפון הגיעו לחלקות החקלאיות גם חומרי סחף דקי גרגר שנסחפו עם מי השיטפון ממעלה אגני הניקוז ונלכדו מאחורי סכרי האבן. תהליך זה הוריד בהדרגה את אוגרי מי ההשקיה הנחוץ על מנת להרוות את השדות החקלאיים ואילץ את החקלאים הקדמונים להרים באופן תדיר את מפלס סכרי האבן. בעקבות כך החלו סכרי האבן לאגור כמויות גדולות של משקעי סחף דקי גרגר, וזאת בניגוד למגמה הטבעית של סחיפת משקעים מעין אלו בסובב הטבעי. לפיכך ניתן לראות את פעילות האדם בהר הנגב כתורמת דווקא לעיקוב ומניעה של תהליכי המדבור הטבעיים שהיו אמורים להמשיך ולהתקיים לולא המאמץ הגדול של שימור הקרקע ומניעת סחיפתה.

תופעות הסחיפה חזרו במלא עוזם עם נטישת השדות החקלאיים והתמוטטותם ההדרגתית של הטראסות החקלאיות בהר הנגב במהלך 1400 השנים האחרונות.

בראייה כוללת, תהליך הסחיפה הטבעי בהר הנגב יוצר שינוי מתמיד במאזן הקרקע/סלע באגני הניקוז בהר הנגב כפי שמודגם באיור 3. ככל שעוברים ממשטרי הנוף של תקופת הקרח אל הנוף הנוכחי התהליך מאיץ את סחיפת הקרקעות ואת התפתחות הערוצים. חקלאות מי הנגר שהתפתחה בהר הנגב לפני כ- 3000 שנים ובחלקה פעילה עד היום מנצלת את חלון ההזדמנויות הגיאומורפולוגי שנוצר כתוצאה מחשיפה חלקית של הסובב הטבעי בהר הנגב ממשקעי הסחף הדקים שכיסו את מרביתם בעידן הקרח האחרון. עם החשיפה מתאפשר ריכוז נגר העילי הדרוש לשם קיום החקלאות במדבר המבוססת על השקיה של חלקות חקלאיות הממוקמות בעמקים. עם התגברות הסחיפה נעלמים בהדרגה שטחי הקרקע הראויים לעיבוד חקלאי והאזור מתקדם לקראת התחנה הסופית של התהליך – מדבר סלעים שבו יש נגר עילי בשפע אך הוא עני בצומח וחסר פוטנציאל חקלאי. גורם טבעי זה, ולא רעיית יתר במאות השנים האחרונות או שינוי אקלימי נוכחי כפי שמקובל להניח, הוא העומד מאחורי הירידה המתמשכת בפוטנציאל החקלאות והמרעה של הר הנגב שימשך ככל הנראה גם בעתיד.



איור 3 : התפתחות יחסי קרקע/סלע והשפעתם על פוטנציאל החקלאות בהר הנגב

לקריאה נוספת:

1. י. אבני (1998): פלאוגיאוגרפיה וטקטוניקה בנגב המרכזי ובשולי בקע ים המלח בסוף הניאוגן וברבעון. דו"ח GSI/24/98 המכון הגיאולוגי
2. ח. גינת (1997): הגיאולוגיה והתפתחות הנוף של אגן נחל חיון. עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים
3. י. אבני וח. גינת (1998): סיור לאגני פארן וחיון – בעקבות מערכת הניקוז הקדומה של תצורת הערבה בדגש על הממצאים הפרה-היסטוריים של נחל ציחור. החברה הגיאולוגית הישראלית, מדריך הסיורים של כנס החברה במצפה רמון, עמודים 1-28.
4. י. אבני ונ. פורת (2002) השפעות סביבתיות הנובעות מסחיפת סדימנטים פלייסטוקניים בהר הנגב. דו"ח המכון הגיאולוגי GSI/1/02