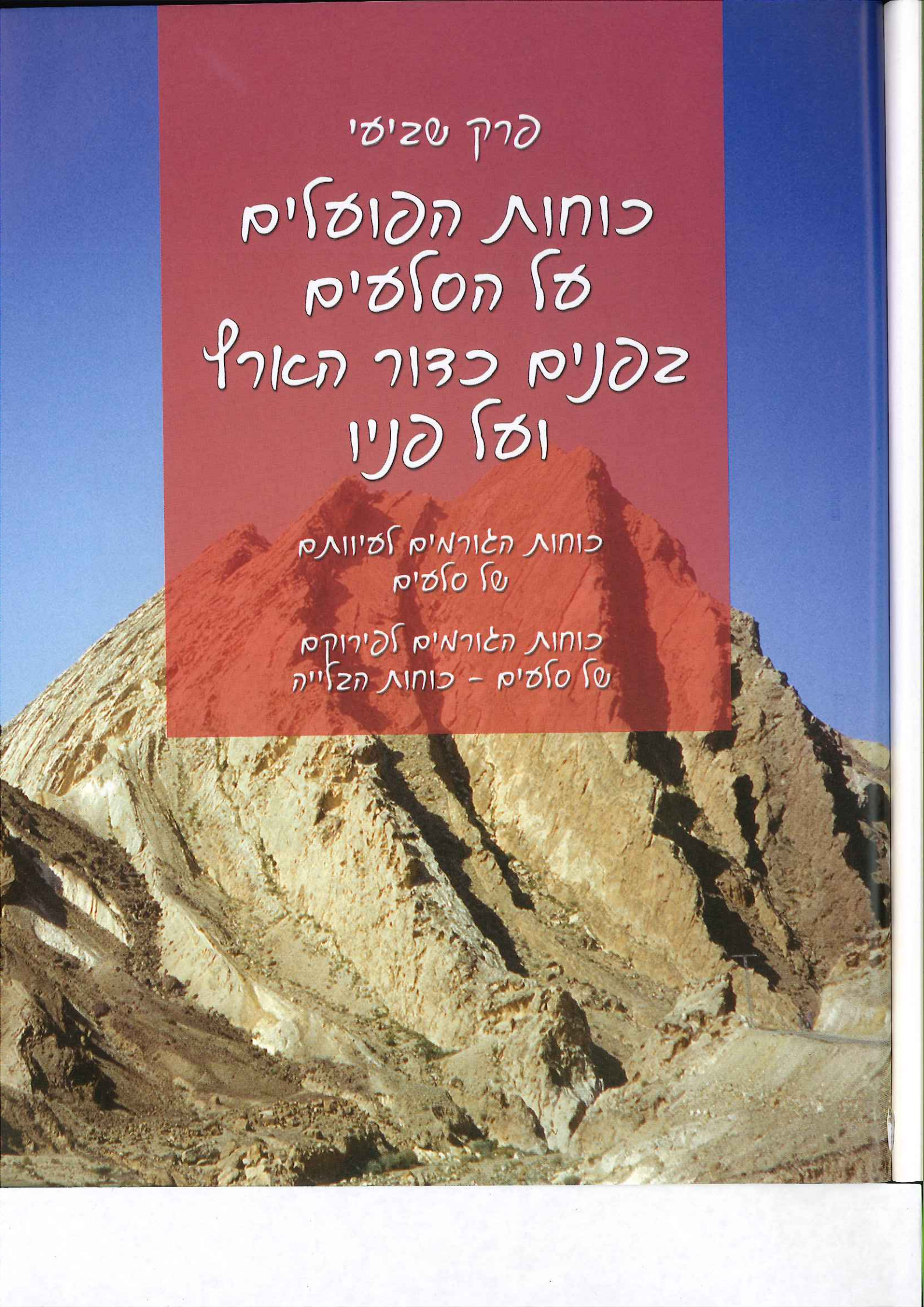


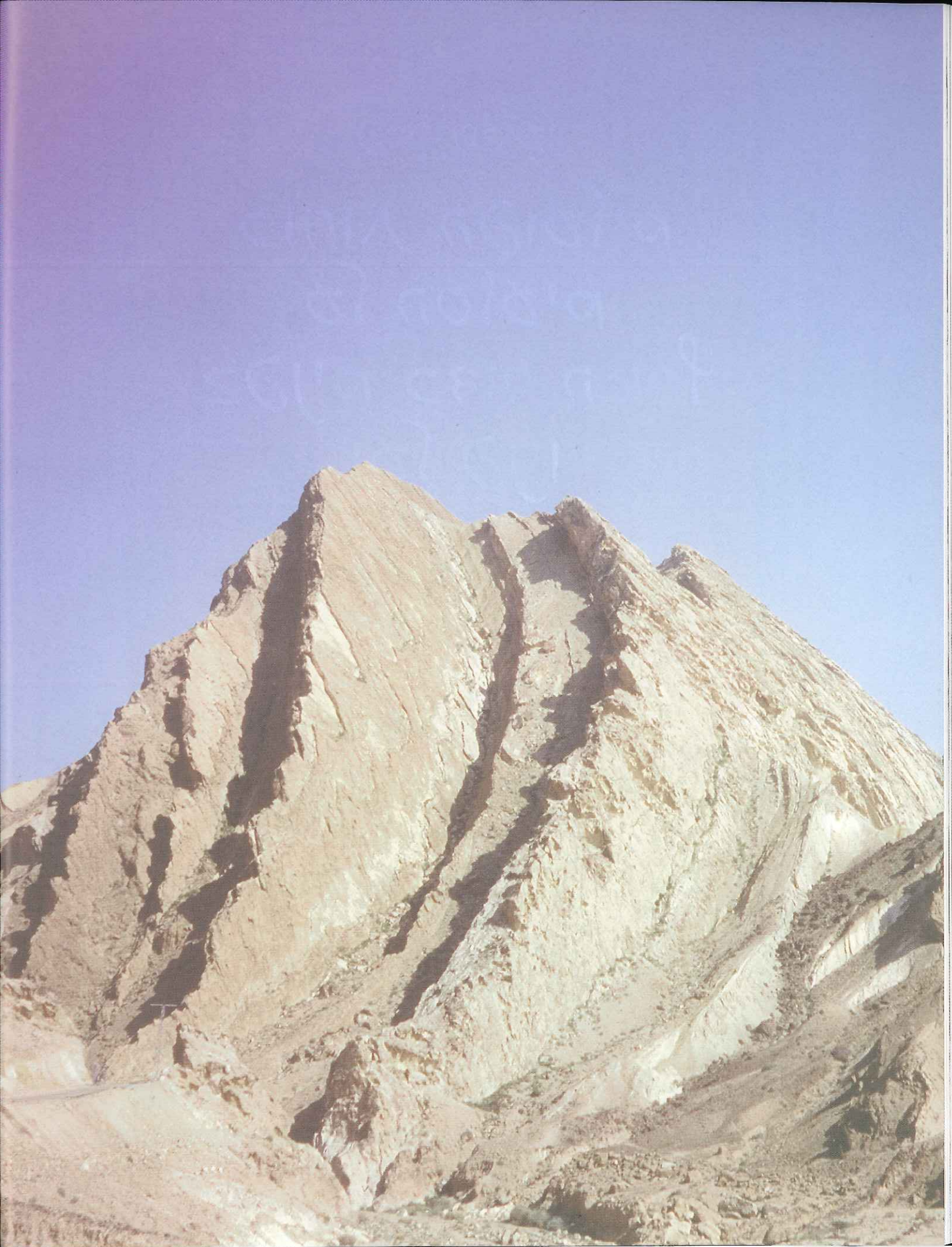
פרק שזי"ט

כוחות העושרים על הסלעים בפנים כדור הארץ ועל פניו

כוחות הלורמים אפיווהם
של סלעים

כוחות הלורמים אפירוקם
של סלעים - כוחות הצליה





כוחות הגורמים לעיוותי שטח סלעים



איור 7.1: שכבות מקומטות.



איור 7.2: שכבות שבורות.

בפרקים הקודמים ניסינו להסיק מניתוח הרכב ומבנה הסלעים השונים על אודות סביבות ההיווצרות ומנגנוני ההיווצרות של סלעים הקיימים בכדור הארץ. בפרק זה ננסה להראות כיצד הסלעים הם גם כלי המספק מידע הקשור בכוחות הקיימים על פני כדור הארץ ובתוכו, כוחות המשאירים חותמים על הסלעים.

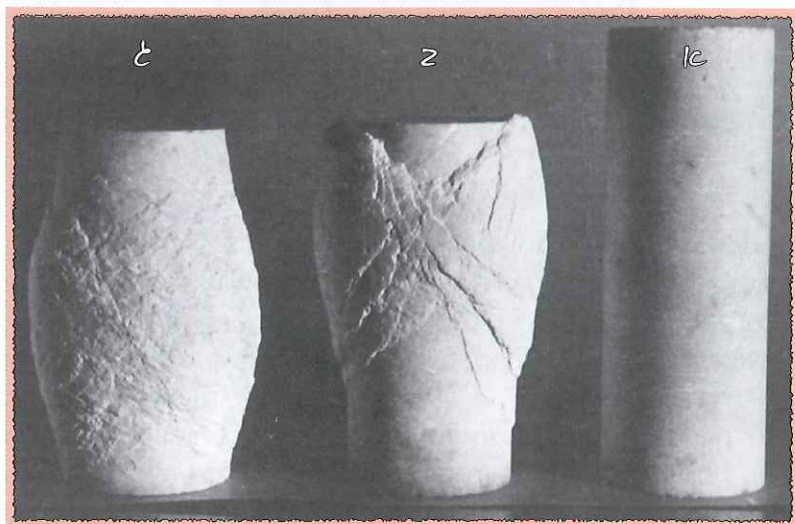
הלימוד על הכוחות הגורמים לעיוותם של סלעים ייעשה באמצעות סלעי המשקע. הסיבה לכך היא כי ישנה נקודת מוצא גאומטרית פשוטה ונוחה שממנה אפשר להתחיל את שחזור תהליכי העיוות: שכבות אופקיות. נקודת מוצא זו נשענת על עקרון השיכוב האופקי המקורי, שהוזכר בפרק הרביעי, הטוען כי בסביבה מימית נייחת מורבדות שכבות במצב אופקי. הסטה מן המצב האופקי מתרחשת בשלב המאוחר להיווצרותן.

כדי ללמוד על הכוחות הפועלים בכדור הארץ אנחנו חוקרים מחשופי סלעים שבהם ניתן לזהות שכבות סלע מעוותות. את הופעת השכבות המעוותות אפשר לתאר כשכבות מקומטות (איור 7.1) ושכבות שבורות (איור 7.2). מהם הכוחות שפועלים על שכבות אלו וגורמים לעיוותן?

שחזור הכוחות הקיימים בכדור הארץ במעבדה

במאות ה-18 וה-19 הבחינו גאולוגים כי עיוות סלעים אינו יכול להתקיים בתנאי הלחץ והחום הקיימים על פני כדור הארץ. משום שכבר אז ידוע היה כי הלחץ והטמפרטורה עולים עם הירידה לעומק, הם שיערו כי תהליכי עיוות הסלעים נעשים בתוך קרום כדור הארץ. פריצת דרך בהבנת תהליכים הגורמים לעיוות סלעים התרחשה בתחילת המאה ה-20 עם בנייתו של מכשיר המאפשר לחקות את התנאים הקיימים בקרום כדור הארץ. למכשיר זה שתי בוכנות שביניהן אפשר להכניס גליל של סלע ולהפעיל עליו לחץ. לחץ מוגדר ככוח הפועל על יחידת שטח ומבוטא ביחידות של פסקל או בר (עיינו בהגדרה המופיעה בעמ' 119). מדענים הכניסו נזל שהקיף את הגליל מצדדיו והצליחו ליצור בניסוי תנאי לחץ בלתי אחידים - הלחץ מצדי הגליל

היה שונה מזה המופעל בקצוות. בסוף הניסוי הוסר הלחץ ונמדד שינוי הצורה. תוצאות ניסוי כזה על גלילי שיש מוצגות באיור 7.3: הגליל המקורי הוא א. איורים ב ו-ג מייצגים גלילים שעברו התקצרות של 20% בעקבות הפעלת לחץ. על גליל ב הופעלו לחצים בטמפרטורות נמוכות יחסית ועל גליל ג הופעלו לחצים בטמפרטורות גבוהות. אפשר לראות כי גליל ב עבר התקצרות ושבירה ואילו גליל ג עבר התקצרות ללא שבירה.



טקטוניקה

המדע העוסק במבנה קרום כדור הארץ ובתהליכים הגורמים לתנועות וללחצים אשר יוצרים שברים וקמטים.

איור 7.3: גליל א: גליל שיש מקורי.
גליל ב: גליל א שעליו הופעלו לחצים בטמפרטורות נמוכות. הגליל עבר התקצרות ושבירה.
גליל ג: גליל א שעליו הופעלו לחצים בטמפרטורות גבוהות. הגליל עבר התקצרות ללא שבירה.

מכשירים מודרניים מסוגלים לייצר טמפרטורות המגיעות עד 1000°C ולחץ עד 10 קילובר. תנאים אלו מתאימים לעומק של 35 קילומטרים, קרוב לתחתית הקרום היבשתי.

אם כן, הגורם המרכזי לעיוותם של סלעים הוא הפעלת לחץ מכוון, שהוא הכוח המופעל על הסלע ומקורו בתוך קרום כדור הארץ. כוח המופעל על סלע נקרא בשפה מקצועית **מאמץ** והתוצאה של הפעלת הלחץ היא **מעוות**.

סוגי מעוות של סלעים

על סמך ניסויים כדוגמת זה שתיארנו קודם ועל סמך תצפיות בסלעים מעוותים ניתן לתאר שני סוגים מעוותים:

1. מעוות פריך: הפעלת לחץ על סלע הגורם לשבירתו. המבנים שנוצרים הם שברים.
2. מעוות משיך: הפעלת לחץ חזק על סלע גורם לעיוותו אבל לא לשבירתו. המבנים שנוצרים הם קמטים.

הגורמים המשפיעים על סוגי המעוותים

כל סלע יכול להתעוות בצורה משיכה או פריכה.

ישנם כמה גורמים המשפיעים על הצורה שבה כל חומר מתעוות:

א. **טמפרטורה**: מאמצים המופעלים בטמפרטורות גבוהות גורמים לחומר להתעוות בצורה משיכה ואילו בטמפרטורת נמוכות בצורה פריכה.

ב. קצב פעילות המאמץ: מאמצים הפועלים על סלעי הקרום יכולים להימשך מאלפים עד מיליונים של שנים. מאמצים אלו יכולים להיות חלשים למדי, אולם לאורך זמן הם יכולים לגרום לחומר הסלעי להתעוות בצורה משיכה. תנאים אלו אי אפשר ליצור במעבדה, מאחר שניסויי המעבדה נמשכים כמה שנים בלבד וכדי לראות תוצאות מופעלים מאמצים חזקים בהרבה מאלו הקיימים בטבע. מאמצים חזקים הנמשכים לאורך זמן קצר גורמים לחומר להתעוות בצורה פריכה.

ג. סוג הסלע: מאמצים דומים המופעלים על סלעים שונים, יצרו צורות עיוות שונות בהתאם לתכונת הפלסטיות שלהם. כך, סלעים כמו חרסית ומלח, שהם סלעים פלסטיים, יטו להתעוות בצורה משיכה. לעומתם, גרניט וגיר שהם הרבה פחות פלסטיים, יטו להתעוות בצורה פריכה.

ננסה לבחון ביתר פירוט את צורות הקימוט והשבירה ואת המידע הנוסף שניתן ללמוד מהן על הכוחות הגורמים להיווצרותם.

קמטים

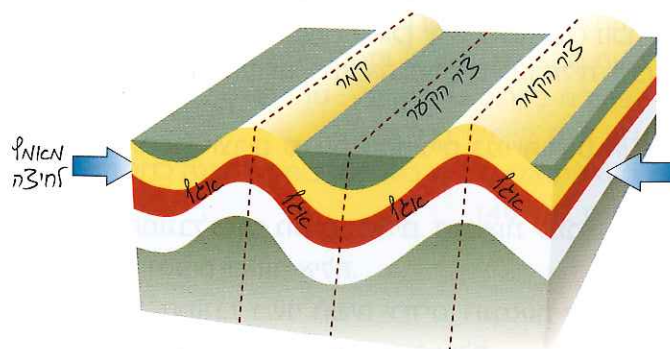
תארו לעצמכם סדרת שכבות אופקיות. איזה כוח יש להפעיל על מנת שהשכבות יתקמטו? כפי שנוכחתם בוודאי בניסוי ההדמיה שעשיתם, יש להפעיל לחץ או כוח במישור האופקי, משני הצדדים (איור 7.4). אנו זקוקים למאמץ של לחיצה ליצירת קימוט. אך כדי שהשכבות יתקמטו יש צורך בתנאי נוסף: הן צריכות להתנהג בצורה משיכה, שאם לא כן, ישברו מגודל המאמץ.

את המבנים הנוצרים מקימוט שכבות ממיינים לקמרים ולקערים (איור 7.4). קמר: מבנה של קמט אשר שכבותיו נוטות כלפי מטה לכיוונים מנוגדים (בלעז אנטיקלינה, אנטי-נגד וקלינה=נטייה).

קער: מבנה של קמט אשר שכבותיו נוטות כלפי מטה אל מרכז משותף (בלעז סינקלינה, סין=יחד וקלינה=נטייה).

ציר הקמט הוא קו אשר ממנו נטיית השכבות פונה לכיוונים מנוגדים. אגפי הקמט הן השכבות הנוטות לכיוונים המנוגדים.

כאשר קמט עובר תהליך של בלייה (עיינו בהמשך הפרק) שבו חלק מן השכבות מוסרות מן המבנה המקורי, נותרות שכבות נטויות שהיו בעבר אגף של קמר או קער (איור 7.13, עמ' 138).



איור 7.4: מאמצי לחיצה גורמים לקימוטן של שכבות וליצירת מבנים של קמרים וקערים.

לומדה - תוכנת מחשב

כדי להבין את המבנה המרחבי של מבני קימוט ומושגים הקשורים בתיאור הגיאומטרי שלהם, מומלץ לעבוד עם לומדת המחשב - גאולומדה המופיעה באתר האינטרנט:

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth/earthbooks.html#14>

שברים

אי-רציפות של שכבות מתבטאת בהסטה של גוש שכבות יחסית לגוש שכן לו ומרמזת לנו על תהליך שבירה שפעל על השכבות לאחר תהליך היווצרותן. תנאי ראשון ליצירת שברים הוא התנהגות פריכה של השכבות. שבירה של שכבות יכולה ליצור מבנים מסובכים מאוד. לצורך ההפשטה, נתאר שבר כמישור שעליו מתרחשת תנועה של שכבות (איור 7.5). מיון השברים נעשה לפי כיוון תנועת השכבות משני צדי המישור.

תנועה אנכית לאורך מישור השבר

נתבונן תחילה בשבר המתואר באיור 7.5. מישור השבר אנכי לחלוטין. גוש א נמצא גבוה מגוש ז. איזו תנועה התרחשה אפוא בין הגושים? האפשרויות רבות:

גוש א נע למעלה וגוש ז למטה.

גוש א נע למעלה וגוש ז נשאר יציב.

גוש א וגוש ז שניהם נעו למעלה אולם א נע יותר מ-ז.

גוש א וגוש ז נעו למטה אולם גוש ז נע יותר מגוש א.

לא קל לקבוע מהי האפשרות הנכונה וכדי לקבוע זאת צריך עדויות שדה נוספות. בדרך כלל מתארים את תנועת השבירה כתנועה של שני הגושים בו-זמנית. גוש אחד עלה יחסית לגוש הסמוך לו ואילו האחר ירד יחסית לגוש הסמוך לו.

כשתנועת השבירה נעשית על גבי מישור נטוי, נהוג למיין את הגושים שמשני עברי מישור השבר לגוש שוכב ולגוש רוכב (איור 7.6).

גוש שוכב: הגוש הנמצא מתחת למישור השבר.

גוש רוכב: הגוש הנמצא מעל מישור השבר.

נהוג להבחין בשני סוגי שברים: שבר של התארכות ושבר של התקצרות.

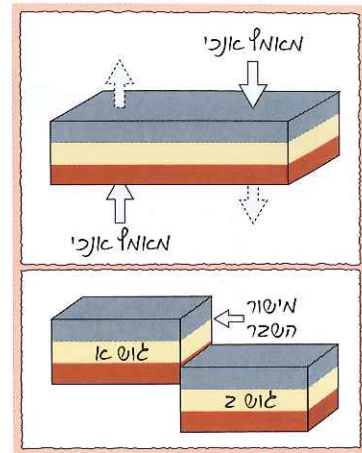
שבר של התארכות (שבר נורמלי)

נתבונן בשבר המתואר באיור 7.6. הגוש הרוכב נע כלפי מטה יחסית לגוש השוכב. כדי שתנועה כזו תתרחש יש למתוח את השכבות עד לנקודת שבירתן במישור האופקי. המאמץ המופעל במקרה זה הוא מאמץ של מתיחה. בספרות הגאולוגית המקצועית שבר כזה מכונה גם שבר נורמלי. בפעילות של בניית מודלים של שבירה (וכן עיינו באיור 7.6) נוכחתם לגלות כי ישנה התארכות של הקרום כתוצאה משבירה נורמלית ולכן שבר זה נקרא שבר של התארכות.

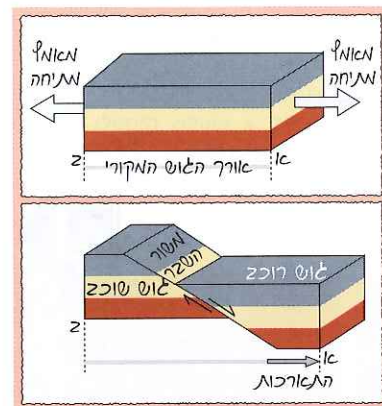
כמה שברי התארכות יוצרים מבנים טקטוניים כמו הורסט או גרבן (איור 7.7).

גרבן: גוש ירוד המוגבל בשני גושים גבוהים. דוגמאות למבנה כזה בארץ הן עמק הירדן ובקע נטפים באזור אילת.

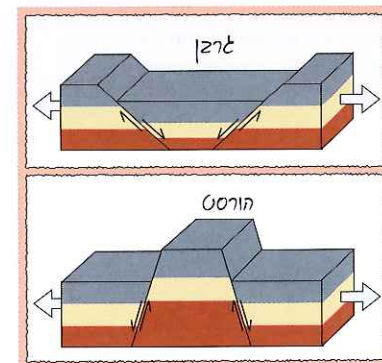
הורסט: גוש גבוה המוגבל בשני גושים ירודים. דוגמאות למבנה כזה בארץ הן מצדה שבמדבר יהודה והר שלמה באזור אילת.



איור 7.5: שבר המאופיין בתנועה אנכית לאורך מישור שבר אנכי.



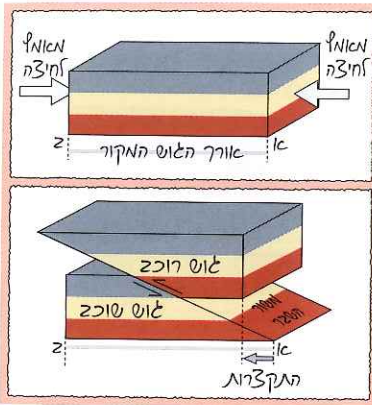
איור 7.6: שבר של התארכות (שבר נורמלי). תנועה אנכית של שני גושים לאורך מישור שבר נטוי כתוצאה ממאמץ מתיחה.



איור 7.7: צורות נף הנוצרות משני שברי התארכות סמוכים. גרבן - גוש שקוע בין שני גושים מורמים. הורסט - גוש מורם בין שני גושים ירודים.

שבר של התקצרות (שבר הפוך)

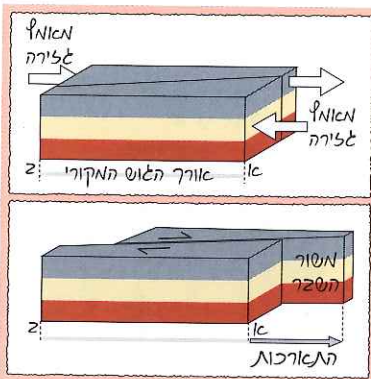
נתבונן בשבר המתואר באיור 7.8: הגוש שמעל מישור השבר נע כלפי מעלה יחסית לגוש הנמצא מתחת למישור השבר. כדי שתנועה כזו תתרחש יש ללחוץ את השכבות במישור האופקי. מאמץ זה הוא מאמץ של לחיצה והוא שווה למאמץ שתיארנו ביצירת הקמטים. מאמצי לחיצה על חומר המתנהג בצורה משיכה יוצר מבנה של קימוט ואילו מאמצי לחיצה על חומר המתנהג בצורה פריכה יוצר מבנה של שבירה. בפעילות של בניית מודלים של שבירה (וכן עיינו באיור 7.8) נוכחתם לגלות כי ישנה התקצרות של הקרום כתוצאה משבירה הפוכה ולכן שבר זה נקרא שבר של התקצרות. בספרות הגאולוגית המקצועית שבר זה מכונה גם "שבר הפוך".



איור 7.8: שבר של התקצרות (שבר הפוך)
תנועה אנכית של שני גושים לאורך מישור
נטוי כתוצאה ממאמץ לחיצה.

תנועה אופקית לאורך מישור השבר - שבר גזירה אופקי

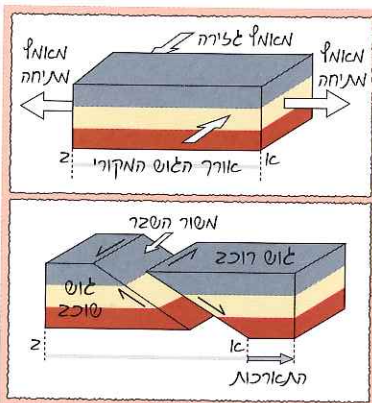
תנועה אופקית של שני גושים לאורך מישור שבר יוצרת שבר תזוזה אופקי (איור 7.9). הכוחות היוצרים שבר כזה הם מאמצים המופעלים במישור האופקי ונקראים מאמצי גזירה, והשבר נקרא שבר גזירה אופקי. שברים מסוג זה קיימים לאורך כל ארצנו, ממפרץ אילת עד לחרמון, והם חלק ממערכת המכונה השבר הסורי אפריקאי.



איור 7.9: שבר גזירה אופקי, תנועה
אופקית של שני גושים.

תנועה משולבת

על קו שבר יכולה להתרחש תנועה המשולבת משתי מגמות תנועה שונות. דוגמה לכך ניתן לראות באיור 7.10 המתאר שבר הבנוי מתנועה אנכית של התארכות יחד עם תנועה אופקית.



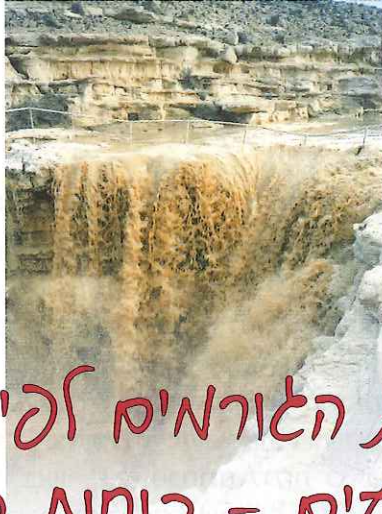
איור 7.10: שבר הבנוי משילוב של מגמות
תנועה שונות. בדוגמה תנועה אנכית של
התארכות ותנועת גזירה אופקית.

סיכום

המאמצים הפועלים בקרום כדור הארץ וגורמים לעיוותם של הסלעים הם מאמצי לחיצה ומתיחה. מאמצים מסוג זה אינם יוצרים שבר או קמט בודד אלא סדרה של שברים או קמטים. מאמצי לחיצה יוצרים מבנים של קמטים אם המעוות הוא משיך, או מבנים של שברים הפוכים אם המעוות פריך, וגורמים להתקצרותו של הקרום. מאמצי מתיחה גורמים למבנים של שברים נורמליים ולהתארכותו של הקרום.

ועדיין לא נגענו בהיבטים חשובים ומסקרנים מאוד בנוגע למאמצי המתיחה והלחיצה הפועלים בקרום כדור הארץ: מהו המקור לכוחות אלו? כיצד הם נוצרים? מדוע אינם קיימים בכל מקום?

התשובות לשאלות אלו ניתנות בהרחבה ביחידה **מבנה כדור הארץ ותאוריית הלוחות** עמודים 146-162.



כוחות האורמים אפירוקם של סלעים - כוחות הבלייה

במהלך הלימוד על קבוצות הסלעים השונות חזרה ועלתה שאלה חשובה: כיצד ייתכן שסלעים שנוצרו בעומק קרום כדור הארץ (פלוטונים ומותמרים) וכן שכבות סלעים או זרמי לבה עתיקים שנקברו תחת חתך עבה של סדימנטים נמצאים היום על פני השטח?

חלק מן התשובה כבר בידינו. דיברנו בסעיף הקודם על כוחות הקיימים בפנים כדור הארץ הגורמים לעיוותם של סלעים. עקב פעילות כוחות אלו הסלעים מתקמטים או נשברים. מבנים אלו גורמים לסלעים להתרומם כלפי מעלה או לשקוע לעומת סביבתם וכך ליצור תבליט בנוף. תבליט הוא מבנה פני שטח כדור הארץ המאופיין בהפרשי גבהים. אולם, כדי לחשוף סלעים הנמצאים מתחת לפני השטח יש צורך בהסרתן של שכבות סלע המכסות עליהם. פעולה זו נעשית באמצעות כוחות שגסוסוק בהם בסעיף זה ומכונים **כוחות הבלייה**.

כוחות הבלייה

התנאים ששררו בזמן התגבשותם של המינרלים הבונים את הסלעים השונים שונים מאלו הקיימים על פני כדור הארץ. הטמפרטורה והלחץ על פני כדור הארץ נמוכים יותר מסביבות היווצרותם של הסלעים השונים. כמו כן קיימים גורמים על פני כדור הארץ שאינם קיימים בפנים כדור הארץ ושאתם הסלעים באים במגע מרגע חשיפתם על פני השטח. הכוונה היא לגורמים הקשורים באטמוספירה כמו משקעים, רוחות, שינויי טמפרטורה בין עונות השנה ובין יום ולילה וכן גורמים הקשורים בפעילות של בעלי חיים וצמחים. עקב חשיפת הסלעים לתנאים החדשים, המינרלים עוברים תהליך אטי וארוך של פירוק. תהליך הפירוק הוא תוצאה של פעילות כוחות הבלייה. כוחות אלו קשורים בתהליכים מכניים, כימיים וביולוגיים הפועלים במקרים רבים בו-זמנית על הסלעים.

בלייה מכנית (פיסית)

הבלייה המכנית גורמת לפירוק הסלעים בלי לשנות את הרכבם. הסלע מתפרק לחלקים קטנים יותר ויותר. הקטנת החלקיקים גורמת לעלייה בשטח הפנים הבא במגע עם הגורמים לבלייה וליצירת חלקיקים קטנים עוד יותר (איור 7.11). פירוק הסלע בתהליך זה מתרחש בעיקר באזורי חולשה של הסלעים כמו מישורי שיכוב או במקומות שבהם הסלעים סדוקים. מנגנונים כגון קפיאה והפשרה של מים בתוך סדקים, שינוי בנפחם של מינרלים כגון חרסיות ומלח המאכל הממלאים סדקים או צמיחת שורשי עצים לתוך אזורי החולשה גורמים להפעלת לחץ על הסלע, לחץ אשר בממד זמן של עשרות עד מאות אלפי שנים גורם לסלע להתפרק את אט.

בלייה כימית

הבלייה הכימית גורמת לפירוק מינרלים בתהליכים כימיים על ידי מים וחומצות טבעיות. התהליכים הכימיים יכולים לגרום להמסתם של מינרלים מסוימים. דוגמה לכך היא המינרל קלציט העובר המסה במגע עם חומצה פחמתית, תהליך המתואר בפירוט בפרק הרביעי בעמוד 86. לעומת זאת, ישנם מינרלים העוברים החלפה במגע עם החומצה הטבעית למינרלים אחרים. דוגמה לכך הוא המינרל פלדספר אשר אשלגני המוחלף למינרל קאוליניט (סוג של חרסית), תהליך המתואר בהרחבה בפרק השלישי בעמוד 55.

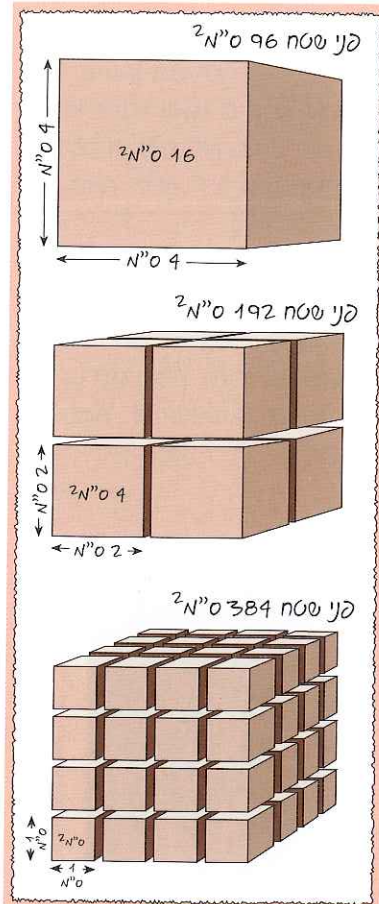
בלייה ביוגנית

היום הולכת וגוברת ההכרה כי לביוספירה (בעלי חיים וצמחים) השפעה משמעותית על תהליכי בלייה של סלעים. פעילותם של בעלי חיים וצמחים החיים על גבי הסלעים או בחללים ובסדקים הקיימים בסלע גורמת להמסה ופירוק המינרלים הבונים את הסלע. תוצר חשוב מאוד של תהליכי הבלייה הפועלים על הסלעים ושל תהליכים הקשורים בבעלי חיים ובצמחים היא **הקרקה**. על היווצרותה עיינו בהרחבה 26 (עמ' 139).

עוצמה וקצב בלייה

עוצמת הבלייה וקצב הבלייה משתנים בהתאם למספר גורמים:

1. **סוג הסלע:** לכל מינרל דרגת עמידות שונה בפני הבלייה. סלעים הבנויים ממינרלים בעלי דרגת עמידות נמוכה בפני הבלייה יתבלו בקצב מהיר יותר מסלעים הבנויים ממינרלים בעלי דרגת עמידות גבוהה בפני הבלייה.
2. **מבנה הסלע:** סלע מסיבי יתבלה לאט יותר מסלע בעל אזורי חולשה כמו מישור שיכוב או סידוק.
3. **נוכחות קרקע:** הקרקע אוגרת בתוכה את מי הגשמים לכן נוכחותה מגבירה את המגע בין הסלע למים. בעקבות פעילות של בעלי חיים וגדילת צמחים בתוך הקרקע נוצרות חומצות המאיצות את תהליכי הבלייה הכימית.
4. **אקלים:** באזורים גשומים ובעלי טמפרטורה גבוהה יהיו תהליכי הבלייה מהירים הרבה יותר מאשר אזורים בעלי כמות משקעים מעטה וטמפרטורה נמוכה.

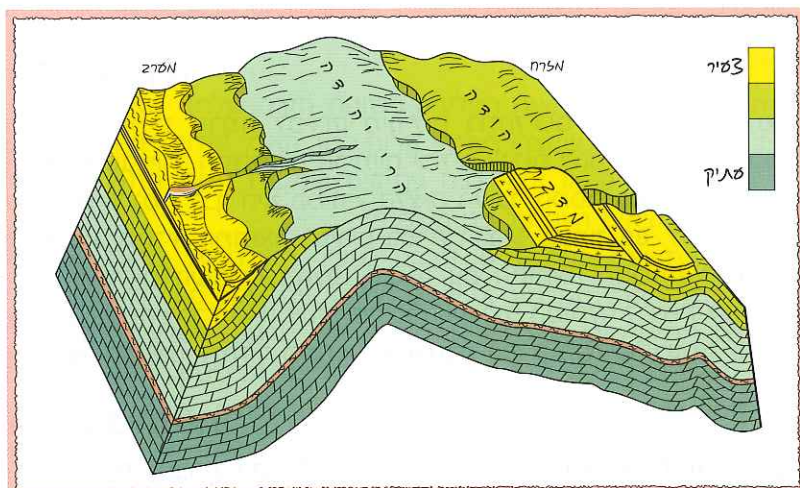


איור 7.11: בלייה מכנית גורמת לפירוק הסלע לחלקיקים קטנים ולעלייה בשטח הפנים.

5. משך זמן החשיפה לתנאי פני השטח: ככל שהסלע חשוף תקופת זמן ארוכה יותר לפני השטח, תהליכי הבלייה יהיו אינטנסיביים יותר.

סיכום

שילוב בין הכוחות הגורמים לעיוותם של סלעים לבין הכוחות הגורמים לפירוקם של סלעים מאפשר לנו הצצה מיוחדת במינה. הכוחות הפועלים בעומק הקרום גורמים להתרוממות הסלעים לפני השטח ואילו כוחות הבלייה גורמים לפירוקם של סלעים על פני השטח. כך נגלים לנו סלעים ותופעות שנוצרו לפני מיליוני שנים, בעבר הגאולוגי הרחוק (דוגמה באיורים 7.12 ו-7.13).



איור 7.12: חתך המתאר את קמר הרי יהודה. השכבות הבונות את הקמר נוצרו לפני כ-100 מיליוני שנים. לאחר מכן, עברו השכבות קימוט והרמה. תהליכי הבלייה גרמו להסרתן של השכבות העליונות, הצעירות יותר, הנמצאות היום בשולי קמר ומופיעות בנוף בצורת מצלעות, ולחשיפתן של שכבות עתיקות במרכז הקמר.



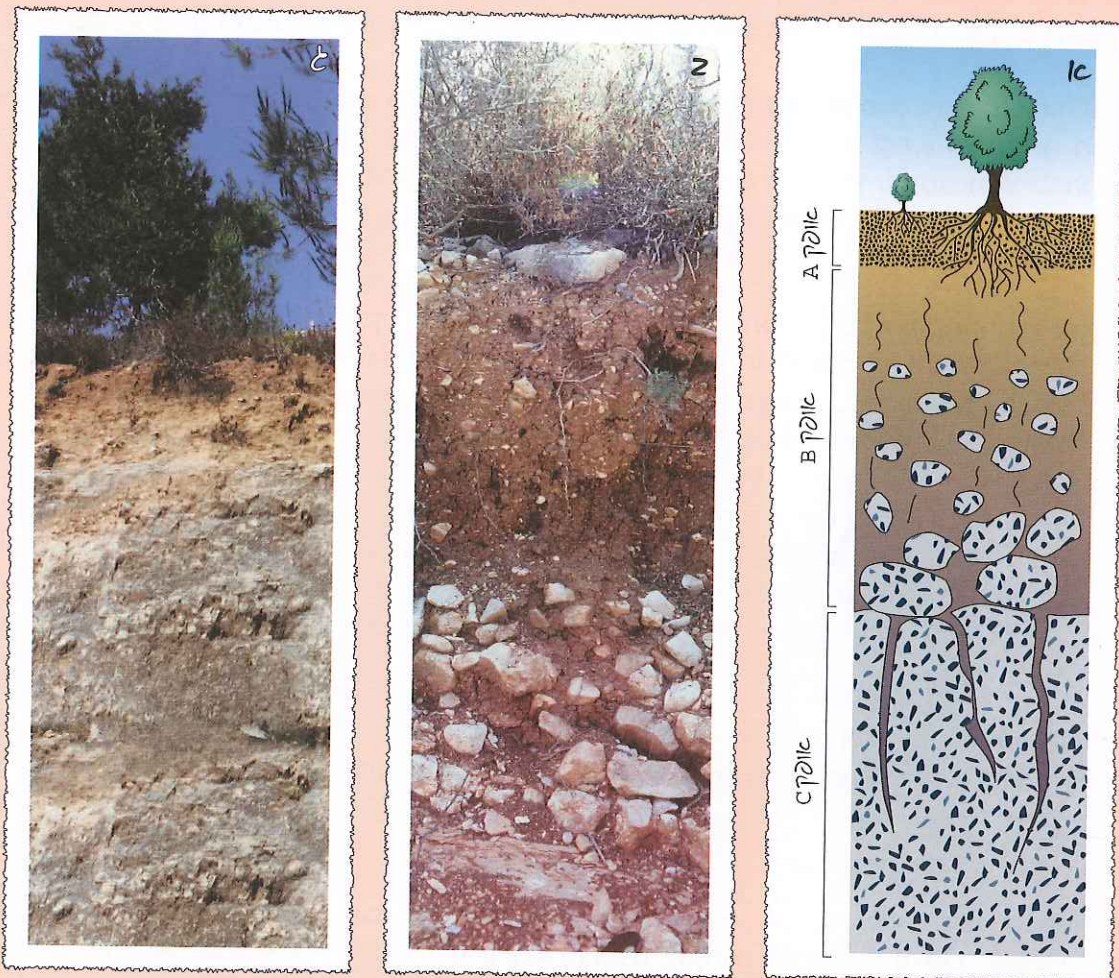
איור 7.13: שכבות עתיקות המתבלות בשולי הקמר יוצרות צורת מצלעות. בתצלום מצלעות שנחשפו מאחד מהקמרים בנגב.

הרחבה 26: קרקע

המדע העוסק בחקר הקרקעות נקרא "פדולוגיה" (פדון היא קרקע ביוונית ולוגיה היא תורה). הקרקע מורכבת מחומר מוצק הכולל חלקיקי סלעים ומינרלים שונים וחומר אורגני. חלקיקי הסלעים והמינרלים מקורם בפירוק הסלעים הנמצאים מתחת לקרקע או בחלקיקים שהובלו על ידי רוח או מים מאזורים אחרים. מקורו של החומר האורגני הוא בצמחים ובעלי חיים שמתו ועברו פירוק בדרגות שונות. בין החלקיקים המוצקים קיימים חללים המלאים בחלקם במים ובחלקם באוויר או בגזים שמקורם בפעילות צמחים ובעלי חיים או בפירוקם על ידי אורגניזמים זעירים לאחר מותם.

לחתך של קרקע אנחנו קוראים **פרופיל קרקע** (איור 7.14) והוא כולל את הקרקע המצטברת מסלע האב עד לפני השטח. בחתך זה אפשר להבחין בסדרת אופקים בעלי צבע שונה, הרכב שונה ותכונות פיסיקליות שונות. כמות האופקים ועוביים משתנה מחתך לחתך אולם בדרך כלל מגדירים שלושה אופקים בולטים:

אופק A - האופק העליון. אופק זה עשיר בחומר אורגני המכיל עלים, שורשי צמחים ובעלי חיים מתים או בתרכובות אורגניות שהן תוצר פירוק שלהם. בדרך כלל צבעו כהה והוא בנוי מחלקיקים זעירים. חומרים מומסים וחרסיות נשטפים ומוסעים על ידי מי הגשמים החודרים דרכו לאופק שמתחתיו. האופק נקרא גם **אופק של שטיפה**.



איור 7.14: פרופילי קרקע: א. פרופיל סכמתי; ב. פרופיל של קרקע טרה רוסה; ג. פרופיל של קרקע רנדזינה.

אופק B - החלקיקים המרכיבים אופק זה גסים יותר מאלו שבאופק A משום שהוא מוגן יותר מתהליכי בלייה. אופק זה מושפע מפעילות אורגנית כמו מערכות שורשים, בעלי חיים נזירים ומיקרואורגניזמים, אולם הרבה פחות מהאופק שמעליו. החומר הנשטף מאופק A מצטבר בו ולכן הוא נקרא גם **אופק של הצטברות**.
אופק C - מכיל שברים גדולים של סלע האב, שעדיין לא עברו שינויים.

בפעילות על אפיון קרקעות וזיהוי ובסיוורים השונים ראינו כי קיימים סוגי קרקעות שונים. היווצרותו של סוג קרקע מסוים תלוי בכמה גורמים:

א. משטר אקלים

אזורים שונים בעולם מאופיינים במשטרי אקלים שונים. כל משטר אקלים מאופיין בטמפרטורה, בכמויות משקעים ובפיזורן לאורך השנה. כך, אקלים טרופי מאופיין בכמויות משקעים רבות היוצרות לאורך כל השנה. אקלים ממוזג מאופיין במשקעים היוצרים רק בחורף ואקלים מדברי בכמויות משקעים מזעריות. ככל שכמות המשקעים רבה יותר והטמפרטורה גבוהה יותר תהליכי הבלייה מואצים ופרופיל הקרקע מתפתח בקצב מהיר יותר.

את חשיבותו של גורם זה אפשר להדגים על ידי השוואה בין פרופילי קרקע המתפתחים על גבי סלע זהה, במקרה שלנו יהיה זה סלע גיר, האחד בנגב, שם התנאים מדבריים והשני בהרי יהודה, שם האקלים לח הרבה יותר:

באזור הנגב, פרופיל הקרקע מצומצם. הקרקע בנויה משברי סלע, חצץ, חול, סילט ומעט חרסיות. צבעה צהוב-שחום וכמות החומר האורגני בה דל מאוד. הקרקע עשירה בקלציט ומלוחה מאוד. קרקע כזו נקראת **חמדה**. בהרי יהודה לעומת זאת, צבע הקרקע חום-אדום והיא מכילה חרסית, גרגרי קוורץ ותחמוצות ברזל. הקרקע עשירה בחומר אורגני וחסרת קלציט ומינרלים מסיסים. קרקע כזו נקראת **טרה-רוסה** (איור 7.14ב).

ב. סלע האב

הרכב סלע האב ומבנהו מקנים לקרקע תכונות חשובות ביותר. כך, בתנאי אקלים זהים מתפתחות קרקעות שונות לגמרי על גבי סלעים שונים. נדגים זאת בשתי קרקעות המתפתחות באזור הרי יהודה האחת על סלע גיר והשנייה על סלע קירטון. הרכבם הכימי של שני סלעים אלו דומה (הם בנויים בעיקר מן המינרל קלציט) אך מבנה הסלע שונה. סלע הגיר קשה וסדוק. בעקבות תהליכי בלייה ושטיפה הקלציט מומס ומוסע הלאה ונשארים רק המרכיבים הבלתי מסיסים של הסלע: חרסית ומעט קוורץ. הקרקע הנוצרת היא קרקע **טרה רוסה**. סלע הקירטון לעומת זאת פריך. עם רדת הגשמים, הגרגרים הדקים הבונים את הסלע סופחים מים לשטח הפנים החיצוני שלהם ותופחים. החללים ביניהם נסגרים והסלע הופך אטום לחדירתם של מים נוספים. תהליכי השטיפה של סלע הקירטון מוגבלים ופרופיל הקרקע הנוצר מצומצם. צבע הקרקע אפור לבן, היא עשירה בקלציט וקשה להבחין במעבר בין הקרקע לסלע האב. קרקע זו נקראת **רנדזינה** (איור 7.14ג).

ג. גיל הקרקע

באזור אקלים נתון, ככל שקרקע בוגרת יותר, היא עוברת תהליכי בלייה לאורך זמן ארוך יותר. תהליכי השטיפה יוצרים פרופיל קרקע עבה ומותירים בקרקע רק את המרכיבים הבלתי מסיסים, בעוד השאר נשטפים לאופקים נמוכים או מוסעים הלאה.

ד. טופוגרפיה

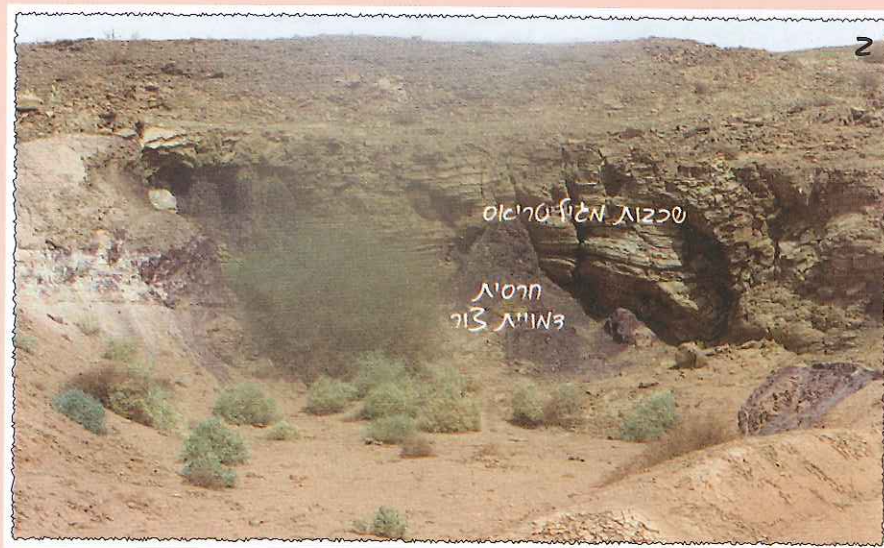
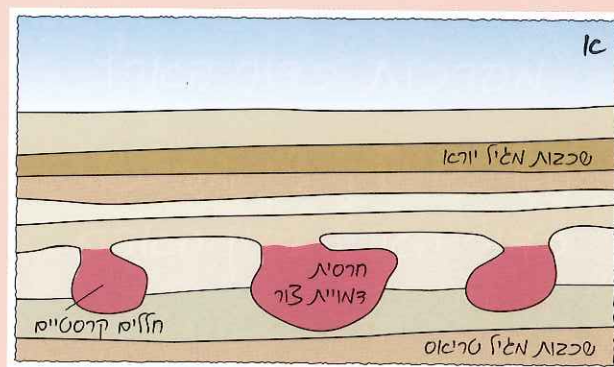
התפתחות קרקע תלויה במבנה הטופוגרפי של האזור. באזורי מדרונות, הקרקע הנוצרת נוטה להיסחף עם המים הזורמים שעליה ולכן פרופיל הקרקע מופרע והוא מצומצם. בעמקים לעומת זאת מצטבר החומר המוסע מן המדרונות, והקרקעות שם בעלות חתך עבה.

ה. נוכחות צמחים ובעלי חיים

הפרשות שורשי צמחים ופירוק שאריות של חומר אורגני על ידי בעלי חיים זעירים (מיקרו-אורגניזמים) גורמים ליצירת תרכובות שונות בקרקע. אם תרכובות אלו באות במגע עם מי גשם נוצרות חומצות הגורמות להאצה בהמסת סלע האב. מערכת השורשים שמקורה בכיסוי הצמחי, עוזרת במידה רבה לבלימת היסחפות הקרקע גם באזורי מדרונות.

קרקע מאובנת

קרקע מאובנת היא קרקע שנוצרה בעבר הגאולוגי בתהליכים דומים לאלו שתיארנו, אולם מאוחר יותר נקברה תחת סדימנטים אחרים ועברה תהליך של הסתלעות. דוגמה יפה קיימת בארץ במכתש רמון (איור 7.15): בתוך שכבת גיר מגיל טריאס (לפני כ-250 מיליון שנים) נמצאו בורות קרסטיים שנוצרו כנראה בזמן ששכבה זו הייתה קרובה לפני השטח (על תהליכי המסה והיווצרות קרסט עיינו בעמוד 86). על פני השטח נוצרה קרקע.



איור 7.15: א. חתך סכמתי של קרקע מאובנת (חרסית דמויית צור) שנמצאה בחללים קרסטיים עתיקים במכתש רמון. ב. תצלום של חלל קרסטי מלא בחרסית דמויית צור.

חלק ממנה נשטף לתוך החללים ומילא אותם. מאוחר יותר, הייתה הצפה של הים ועל גביה הורבדו סדימנטים נוספים. הלחץ שהפעילו הסדימנטים גרם לקרקע לעבור תהליכי דחיסה (עיינו בעמוד 80) ולהפוך לסלע הנקרא חרסית דמוית צור. אך התגלה דבר מעניין: הקרקע המאובנת הנמצאת בחללים הקרסטיים במכתש רמון דומה בהרכבה לקרקע לטריט. קרקע זו נוצרת באזורים טרופיים, קרוב לקו המשווה. כיצד ייתכן שקרקע טרופית נמצאת באזור מכתש רמון? האם ייתכן כי בעבר הגאולוגי היה האקלים באזורינו שונה? או אולי היה אזורנו ממוקם סמוך לקו המשווה ונדד צפונה, למקומו הנוכחי? תשובה לכך ביחידה - מבנה כדור הארץ ותאוריית הלוחות.

