

בלשות גיאולוגית

מיומנו של הבלש הידוע מר גביש צור

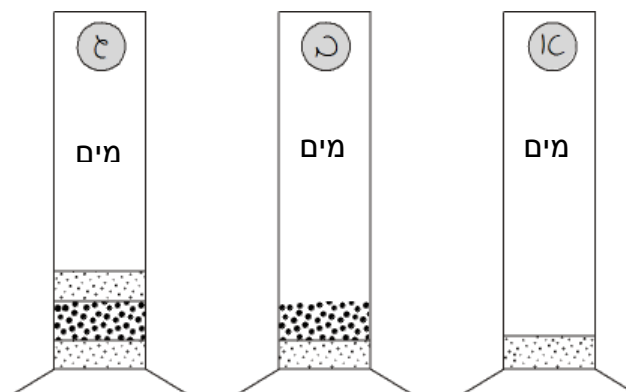
היה זה לילה גשום וקר. מאותם לילות שבלש ותיק כמוני מרגיש בעצמותיו, שמשהו קורה. ב-06:00 צלצל הטלפון. הרמתי את השפופרת וזיהיתי את קולו המבוהל של מנהל חברת הביטוח השוכרת את שרותי בכל פעם שהם נתקלים בבעיה. "תגיע במהירות למוזיאון בירושלים. הייתה פריצה ונגנב פריט יקר ערך. עליך למצוא את הגנבים במהירות, אחרת נפשוט את הרגל, כי פריט זה מבוטח במיליוני דולרים".

התארגנתי בזריזות, נכנסתי למכונית השטח החזקה שלי והתחלתי בנסיעה מזרחה לירושלים. הפקקים בבוקר לא הטרידו אותי. כנהג שטח מיומן להפליא, אני מעדיף לרדת מהכביש ולטפס על הרי ירושלים בדרכי עפר אותן הכרתי ככף ידי.

כבלש אני עסוק תמיד בפתרון בעיות ואין נושא בו אני אוהב לפתח את היכולת הבלשית שלי יותר מאשר תחום הגיאולוגיה. כל סלע וכל תופעה גיאולוגית הם רמזים אותם פיזר הטבע לפני עשרות ומאות מיליוני שנים. תמיד התפעלתי מיכולתם הבלשית של הגיאולוגים לאסוף את הרמזים השונים שפיזר הטבע בסלעים ולשחזר בעזרתם מה היה כאן לפני מיליוני שנים. לדוגמא, איך הם יודעים שהיה כאן ים לפני כ-70 מיליון שנה, ואפילו שהיה זה ים רדוד? או כיצד הם יודעים שהסלעים אשר אני נוסע עליהם כרגע עברו תהליך קימוט?

שאלה 1

כפי שציין הבלש מר גביש צור, המחקר הגיאולוגי דומה מאד לעבודת הבלש. לפניכם תיאור ניסוי הדמיה שנערך על מנת לבחון את מבנה השכבות הנוצרות כאשר חומר היוצר סלעים שוקע בסביבה מימית ניחת. האיור למטה מתאר את שלבי הכנסת החול למשורה. בשלב א' שפכנו חופן חול בהיר לתוך המשורה המלאה במים וחיכינו עד שכל הגרגרים ישקעו על קרקעית המשורה. לאחר שכל הגרגרים שקעו שפכנו חופן חול בצבע כהה וחיכינו שכל הגרגרים ישקעו (שלב ב'). לבסוף שפכנו למי המשורה חופן נוספת של גרגרי חול בהירים (שלב ג').



אילו עקרונות ניתן להכליל על פי ניסוי זה? (הקיפו בעיגול):

- א. עקרון האופקיות המקורית: בסביבה מימית נייחת ישקע חומר היוצר סלעים בשכבות אופקיות.
- ב. עקרון ההווה מפתח לעבר: כאשר מוצאים תופעות בעבר הגיאולוגי הדומות מאד לתופעות הקיימות היום, ניתן להניח שהתנאים שגורמים להיווצרות תופעות אלו היום דומים לתנאים שיצרו תופעות אלו לפני מיליוני שנים.
- ג. עקרון הסופרפוזיציה: כאשר שכבות מורבדות זו על גבי זו, ככל שהשכבה עליונה יותר היא גם צעירה יותר.

שאלה 2

הנסיעה בטבע רוממה את רוחי. הגשם שירד כל הלילה "ניקה" את האוויר. בדרכי מהשפלה להרי ירושלים נגלה לפני הנוף המרהיב. הכחול של הים ולאחריו החולות הזהובים שלאורך החוף, המשיקים לאדום של קרקע החמרה. הלבן הבוהק של סלעי הקירטון הבונים את גבעות השפלה ומצוקי שכבות הגיר האפורות הבונות את הרי ירושלים. כל אלה יצרו סימפוניה מרהיבה של צבעים. לאורך המצוק הגובל בשביל העפר בלטו שכבות הגיר הנטויות. על גבי סלע הגיר בלטו כתמים אדומים של קרקע הטרה רוסה ועליה הצמחים האופייניים להרי ירושלים.

בנסיעתו לירושלים הבחין הבלש המהולל מר גביש צור, כי שכבות סלעי הגיר נטויות ולא אופקיות.

לפניכם מספר תצפיות הקשורות לתהליך היווצרותו של סלע הגיר:

תצפית א': בסלעי גיר ניתן למצוא לעיתים קרובות מאובנים של אלמוגים, צדפות וקיפודי ים.

תצפית ב': סביבת החיים בהווה של בעלי חיים כגון אלמוגים, צדפות וקיפודי ים היא ים.

תצפית ג': לבעלי חיים כגון אלמוגים, צדפות וקיפודי ים יש שלד גירי. כאשר בעלי חיים אלו מתים שוקע השלד שלהם על קרקעית הים.

תצפית ד': קרקעית הים עליה מורבדים שברי השלדים המוזכרים בתצפית ג' היא סביבה מימית נייחת.

איזו מסקנה ניתן להסיק רק מתצפיות אילו לגבי שכבות הגיר הנטויות? (הקיפו בעיגול):

- א. שכבות הגיר של הרי ירושלים עברו תהליך של קימוט.
- ב. שכבות הגיר הורבדו במפרץ אילת, כי שם יש אלמוגים.
- ג. שכבות הגיר הורבדו נטויות כבר במצב המקורי.
- ד. שכבות הגיר של הרי ירושלים אינן נמצאות במצב המקורי.

שאלה 3

סלע הגיר בנוי ממינרל הקלציט שהרכבו שלו הוא פחמת הסידן (CaCO_3). שלדים של בעלי חיים רבים בנויים ממינרלים של פחמת הסידן. מה לדעתכם ניתן להסיק מהתצפיות המתוארות כאן ובשאלה 2 לגבי הקשר שבין הגיאוספירה (סלעים) לביוספירה (היצורים החיים)?

שאלה 4

כבר זמן רב מעסיקה אותי השאלה מדוע קרקע טרה-רוסה, המתפתחת על גבי סלע הגיר, שונה לחלוטין בתכונותיה מהסלע? הגיר מכיל כ-98% של המינרל קלציט (CaCO_3) והשאר כמות זעירה (2%) של מינרלים של חרסית, תחמוצות ברזל וקוורץ. לעומת זאת, קרקע הטרסה-רוסה אינה מכילה בכלל קלציט אלא בעיקר חרסית, תחמוצות ברזל ומעט קוורץ. לכן היא עיסתית, אדומה ואינה תוססת בתגובה לחומצה מלחית מהולה (HCl).

הסיבה לתופעה שמתאר הבלש המהולל נעוצה בכך שאחת התכונות המאפיינות את המינרל קלציט היא שכאשר הוא במגע עם חומצה נוצרת תגובה כימית ביניהם והוא מתמוסס. החומצה הממיסה אותו בטבע מכונה חומצה פחמתית (H_2CO_3), הנוצרת מתגובה כימית שבין מים (H_2O) לפחמן דו-חמצני (CO_2) הנמצא בקרקע. לפניכם שלוש עובדות:

- סלע הגיר מהווה מרכיב מרכזי של חומרי הבניין מהם בונים בתים בישראל ובארצות רבות.
- שריפת דלקים ממפעלי תעשייה ומכוניות גורמת להיווצרות תחמוצות גופרית באטמוספירה.
- מי הגשם סופחים אליהם את תחמוצות הגופרית ונוצרת תופעה המכונה "גשם חומצי".

הסבירו מה הקשר שבין **שלוש** העובדות לבין מצב הבניינים בארצות מסוימות.

שאלה 5

בעודי מהרהר בתעלומות שונות הגעתי למוזיאון בירושלים. הפריצה התבצעה דרך החלון הפונה לגן המוזיאון. יצאתי לגן שעוצב בקפידה על גבי מדרגות סלע הגיר הטבעיות. הפורצים טשטשו היטב את העקבות שטבעו בקרקע הבוצית, אבל לא עד כדי כך שיצליחו להערים על בלש חד עין כמוני.

עזבתי במהרה את המקום, כאשר פני חזרה מערבה. יש רק אדם אחד המסוגל לנטרל מערכת אזעקה כה מתוחכמת. המשטרה, המכנה אותו "הפורץ הדיגיטלי", מנסה כבר שנים לקשור אותו לסדרת הפריצות המתוחכמות המכה במדינה, אך לשווא.

שמתי פעמי למקום מגוריו ברמת השרון. כאשר הגעתי למישור החוף ירדתי מהכביש כדי להימלט מעומס התנועה ונכנסתי לדרכי העפר החוצות את שדות התות שמסביב לרמת השרון. השדות היו עדיין חשופים והצבע האדום-חלודה של קרקע החמרה האופיינית והייחודית למישור החוף בלטה למרחוק. למרות הגשמים שירדו כל הלילה יכולתי לנוע במהירות בדרכי העפר, כי קרקע החמרה שונה לחלוטין מקרקע הטרסה רוסה של אזור ההר. הדמיון היחידי ביניהן הוא שהן מכילות תחמוצות ברזל ומכאן הגוון האדום שלהן. מעבר לכך מכילה הטרסה רוסה חרסית ולכן היא סופחת מים והופכת בוצית בעוד שהחמרה מכילה בעיקר גרגרי קוורץ (SiO_2) מצופים בתחמוצות ברזל ומעט מאד חרסית ולכן המים מחלחלים דרכה במהירות ולא הופכים אותה לבוצית. את קרקע החמרה קל להגדיר. כל מה שצריך זה לקחת גרגר אחד קטן ולשמו בין השיניים ולנסות לגרוס אותו. מאחר והקוורץ הוא מינרל קשה מאד, הוא לא ניתן לגריסה.

בקטע מתוארים המאפיינים של קרקע הטרסה רוסה בהשוואה לחמרה. תכונותיהן של הקרקעות נובעות מהמינרלים המרכיבים אותן. חברו בקו בין כל תכונה ברשימה שלפניכם למינרל שגורם לה:

<u>מינרל</u>	<u>תכונה</u>
קלציט	עיסתי מאוד
חרסית	מתנגד לגריסה
תחמוצת ברזל	תוסס מאוד במגע עם חומצה מלחית מהולה
קוורץ	צבע אדום

שאלה 6

כעבור זמן קצר מצאתי עצמי מול הקוטג' התלת-מפלסי של הפורץ הדיגיטלי. מכוניתו חנתה בחנית הבית. נגעתי במכסה המנוע והוא היה חם. צלצלתי בפעמון הכניסה ותוך דקה נפתחה הדלת על ידי הפורץ הדיגיטלי בכבודו ועצמו, כשהוא לבוש בבגדים שחורים ונעול בנעלים. "שלום ידידי היקר". הוא פנה אלי בחיבה. "ציפיתי לך".

"איך ידעת שאגיע?"

"נו, הודיעו בחדשות על הפריצה במוזיאון בירושלים, וכמו תמיד אחרי כל פריצה בסדר גודל שכזה, אתה הראשון שמגיע אלי".

"מדוע אתה כבר לבוש ונעול בשעה זו של הבוקר? האם היית מחוץ לבית במהלך הלילה?" שאלתי.

"חס ושלום, יש לי עדים כי הייתי בביתי כאן כל הלילה! אני לבוש ונעול, כי רק עכשיו חזרתי מריצת הבוקר שלי בשדות שמסביב לבית. תראה, אפילו לא הספקתי לנקות את הנעליים מהבוץ האדום".

"אם כך, אני מתנצל על ההפרעה בשעה לא נוחה זו וכפיצוי הרשה לי לעזור לנקות את הנעליים". כך אמרתי בעודי מסיר את אחת מנעליו. "מה אתה עושה?" הוא שאל בתדהמה בראותו אותי לש את הקרקע, שהייתה צמודה לנעלו, לצורת כדור ולאחר מכן נוגס בה קלות בשיני הקדמיות.

"הפעם תפסתי אותך משקר". אמרתי בעליצות. "לא רק שלא רצת בשדות שמסביב לבית, יש בידי עדות חותכת כי היית באזור הרי ירושלים".

"לא תוכל להוכיח זאת". הוא ענה לי בטון מזלזל.

"צר לי", עניתי לו בקול אבהי. "אתה אולי גאון במחשבים, אבל מה לעשות, זה לא הכול בחיים. היית צריך גם ללמוד קצת גיאולוגיה".

הסבירו, כיצד הגיע הבלש המהולל מר גביש צור למסקנה, כי הפורץ הדיגיטלי היה בהרי ירושלים ולא רץ בבוקר מסביב לביתו? רשמו שתי ראיות שהובילו אותו למסקנה זו.

מחונן למשימה – בלשות גיאולוגית

הנושאים בתוכנית הלימודים: גיאוספרה – מחזור הסלעים

הקשר המשימה: סביבה

המקור: מחזור הסלעים ומערכות כדור הארץ, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן, 2002.

המקור לאיורים: מחזור חומרי כדור הארץ, מטמו"ן, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן, 2000.

שאלה 1

מטרת השאלה: יכולות – הפקת מידע מאיור

ידע על מדע – הכללת עקרון מדעי

ניקוד מלא (100%): א, ג

ניקוד חלקי (50%): א או ג

ללא ניקוד: תשובה אחרת או לא ענו

שאלה 2

מטרת השאלה: ידע על מדע- עקביות לוגית בהסברים מדעיים

יכולות – פירוש ראיות מדעיות והסקת מסקנות

ניקוד מלא (100%): ד

ללא ניקוד: תשובה אחרת, או לא ענו

שאלה 3

מטרת השאלה: יכולות – הסקת מסקנות והסבר מדעי

ניקוד מלא (100%): ניתן להסיק כי קיימת מחזוריות של חומרים המועברים בין הגיאוספרה

לביוספרה וחזרה. בעלי החיים המהווים את הביוספרה בונים את שלדיהם בעזרת החומרים

המצויים בגיאוספרה, ובמותם חוזרים אותם חומרים לגיאוספרה.

ניקוד חלקי (50%): התייחסו רק לאחת מהמערכות (ביוספרה, גיאוספרה)

ללא ניקוד: תשובה אחרת או לא ענו.

שאלה 4

מטרת השאלה: יכולות- הסבר מדעי המבוסס על תצפיות ועובדות.

ניקוד מלא (100%): פעולות אנושיות מזהמות כמו שריפת דלקים, מביאות ליצירת "גשם חומצי".

מאחר וגיר מתמוסס בחומצה נגרם נזק לבניינים במדינות בהן המרכיב הנפוץ ביותר של חומרי

הבניין הוא סלע הגיר.

ניקוד חלקי (50%): הסבר שמתייחס רק לשתי עובדות.

ללא ניקוד: תשובה אחרת או לא ענו.

שאלה 5

מטרת השאלה: יכולות – הפקת מידע מטקסט

ניקוד מלא (100%):

<u>מינרל</u>	<u>תכונה</u>
קלציט	עיסתי מאוד
חרסית	מתנגד לגריסה
תחמוצת ברזל	תוסס מאוד במגע עם חומצה מלחית מהולה
קוורץ	צבע אדום

ניקוד חלקי: 25% לכל תכונה שהותאמה נכון למינרל.

ללא ניקוד: כל ההתאמות אינן נכונות, או לא ענו.

שאלה 6

מטרת השאלה: ידע על מדע – חקירה מדעית (מציאת ראיות שיסייעו לענות על שאלות מדעיות)

ניקוד מלא (100%):

ציינו לפחות 2 מהראיות הבאות:

1. הקרקע על נעליו של הפורץ הדיגיטלי מכילה חרסית (הופכת לעיסתית בהרטבה)
 2. הקרקע אינה מכילה קוורץ (נגרסת בשיניים)
- התכונות הנ"ל מתאימות לקרקע טרה רוסה המצויה באזור המוזיאון בירושלים בסביבת ביתו של הפורץ יש קרקע חמרה ולא טרה רוסה.

ראיות כמו: מנוע המכונית עדיין חם או הפורץ לבוש בבגדים שחורים, הן ראיות מחשדות, אך אינן מוכיחות שהחשוד היה בהרי ירושלים.

ללא ניקוד: התשובות אינן נכונות, או לא ענו.