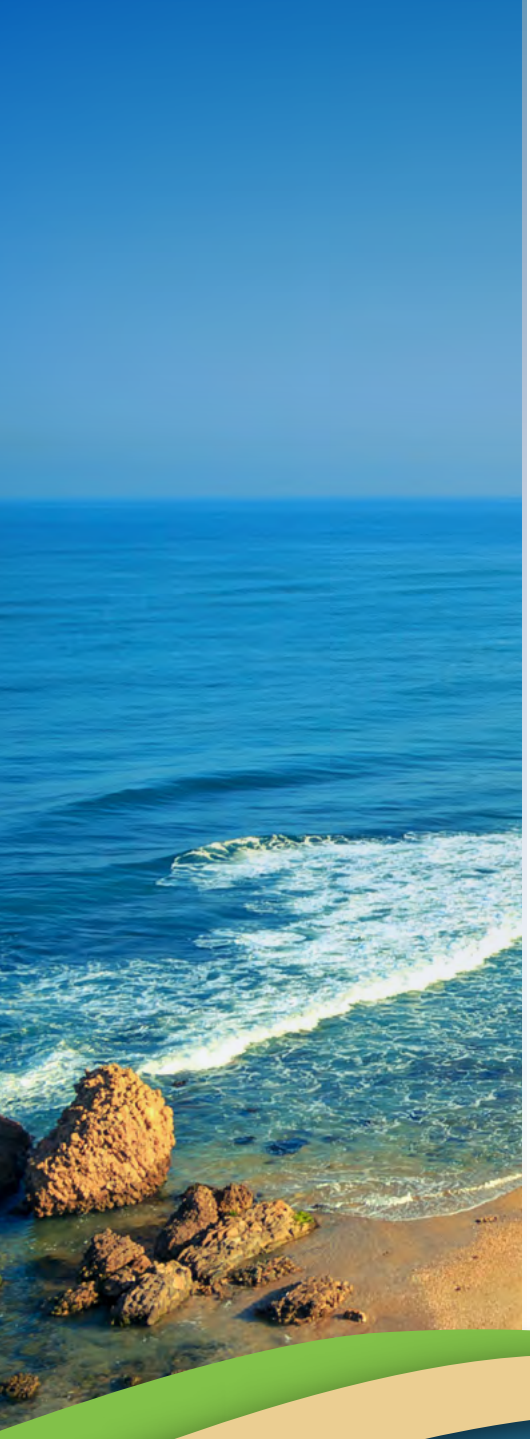
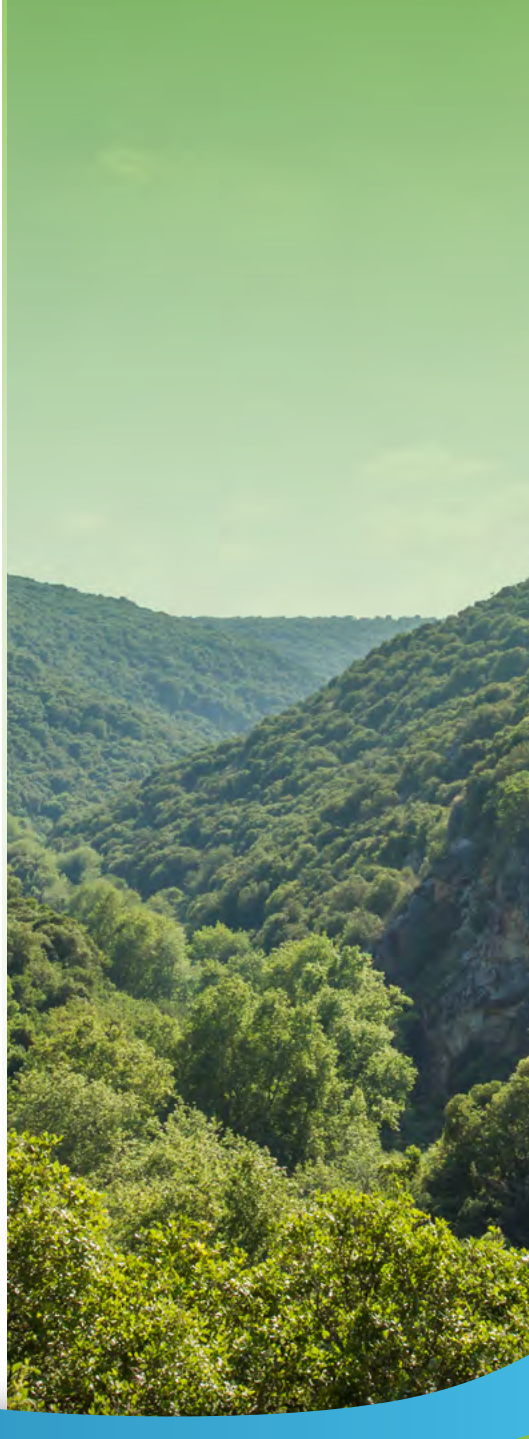






סביבות חיים

מותאם לתכנית הלימודים המעודכנת בביולוגיה

מינהלת מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי
ע"ש עמוס דה־שליט

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף א' למדעים
הפיקוח על הוראת הביולוגיה

המרכז הארצי
למורי הביולוגיה
ולמורי מדעי הסביבה

מכון ויצמן למדע
המחלקה להוראת המדעים

כתיבה: ד"ר מרב סיאני

פיתוח: ד"ר מרב סיאני, ד"ר רות אמיר, עינת פילר

ייעוץ מדעי: ד"ר גיא רותם

ייעוץ אקדמי: פרופ' ענת ירדן

קראה והעירה: ד"ר אירית שדה

ניהול הפרויקט: ד"ר מוריה אריאלי

עיצוב גראפי: עדנה רולניק

עימוד: אבי טל

עריכת לשון: ענבל גיל

צילומים: רוב הצילומים המשולבים נלקחו ברישיון מאתר shutterstock.com.

אין להפיץ, לשכפל, להעתיק, למכור, לשדר, לפרסם, או לאפשר לאחרים לעשות כן בדרכים אלה או בכל דרך אחרת את התכנים בקובץ זה, לרבות באתרי אינטרנט אחרים, בפרסומים אלקטרוניים, בפרסומים מודפסים וכדומה, לכל מטרה, בין שהיא מסחרית ובין שאינה מסחרית אלא אם ניתנה לכך רשות כתובה בכתב וחתומה על ידי המרכז למורי הביולוגיה במכון ויצמן למדע.

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

אב תשע"ט, אוגוסט 2019

הקדמה למורה

בתוכנית הלימודים בביולוגיה שלושה נושאי ליבה. לנושא הליבה העוסק באקולוגיה התווספה בתוכנית הלימודים האחרונה הערה: "על התלמיד להכיר התאמות של צמחים והתאמות של בעלי חיים בארץ ל-3 סביבות: סביבה מימית, אקלים ים תיכוני ואקלים מדברי". בחוברת זו ריכזנו עבורכם מידע רלבנטי וכן שישה מחקרים עדכניים שנערכו בישראל על התאמות, העדפות מחיה והעדפות מזון של בעלי חיים וצמחים הגדלים בשלוש סביבות החיים. שני מחקרים עוסקים בסביבת החיים באקלים הים תיכוני (עמוד 10, 8), שני מחקרים עוסקים בסביבת החיים המימית (עמוד 16, 15) ושני מחקרים עוסקים בסביבה המדברית (עמוד 26, 22). כל אחד מן המאמרים תומצת והותאם לתלמידי מגמת ביולוגיה, לרוב נשמר המבנה המאפיין מאמרים מחקריים: מטרת המחקר, שיטות המחקר ותוצאות המחקר, כולל גרפים וטבלאות. לאחר הצגת עיקרי המחקר מופיעות שאלות הנוגעות לתוצאות המוצגות; התשובות מופיעות בהפניות שבסוף החוברת. הצלמית מצביעה על מיקומו של המאמר המחקרי, שם אפשר למצוא גם הפניה למאמר המלא. שאלות ופעילויות לאורך החוברת מסומנות ב .

בסופה של החוברת הוספנו פעילות הרחבה וכן פעילות מפורטת עם סרטים העוסקים בנושאים של סביבות החיים השונות.

בהפניות שבסוף החוברת מצורפות תשובות לשאלות שבגוף החוברת וכן קישורים לסרטונים, לפעילויות מתוקשבות ולהרצאות העשרה, שבהם תוכלו לגוון את ההוראה. ההפניות לתשובות ולפעילויות מופיעות בגוף החוברת ע"י הפנייה מספרית.

אנו מקווים כי החוברת תסייע להעשרה של הוראת האקולוגיה, תוך שילוב שיטות מחקר עדכניות בהוראת תחום זה.

תוכן עניינים

הקדמה למורה 1

סביבות חיים 4

1 סביבת החיים באקלים הים תיכוני 6

1.1. התאמות בעלי חיים לאקלים ים תיכוני 8

חוקרים אקולוגיה: משק המים ביער ובחורש 8

חוקרים אקולוגיה: העדפות שטחי המחיה של לטאה ירוקה 10

2 המים כסביבת חיים 13

2.1 התאמות של צמחים לחיים במים 13

2.2 התאמות בעלי חיים לחיים במים 14

2.2.1 התמודדות עם מחסור החמצן במים 14

2.2.2 התאמות לחיים במים עמוקים 14

חוקרים אקולוגיה בים בתיכון 15

חוקרים אקולוגיה בימים בישראל 16

3 סביבת החיים המדברית 18

3.1 התנאים הא-ביוטיים במדבר 18

3.2 התאמות של צמחים לסביבת חיים מדברית 18

3.2.1 התחמקות מיובש 19

3.2.2 עמידות ליובש 20

חוקרים אקולוגיה: צמח הפיטייה 22

3.3 בעלי חיים בסביבת החיים המדברית 23

3.3.1 הקשיים של בעלי חיים בסביבה המדברית 23

3.3.2 התאמות של בעלי חיים לחיים באקלים מדברי 24

חוקרים אקולוגיה: טחבן המדבר וכמויות גשמים 25

3.4 התאמות הגמל לבית גידול מדברי 26

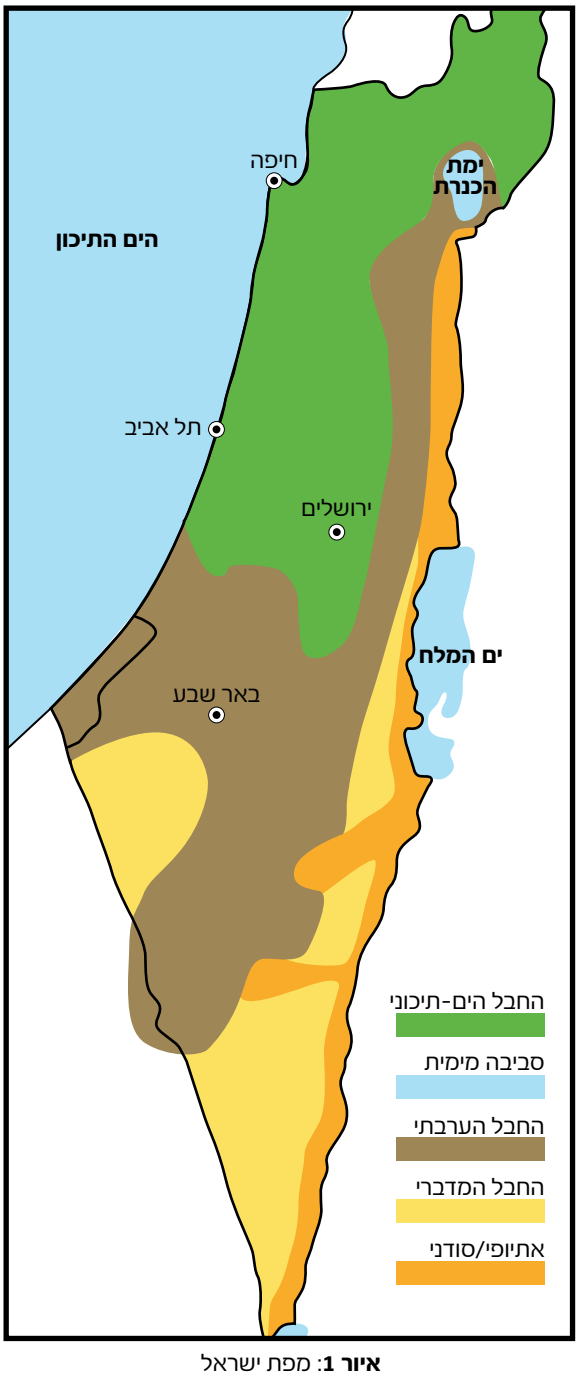
פעילויות עם סרטים 28

הפניות 30

סביבות חיים[1,2]

בכדור הארץ קיימות סביבות חיים רבות אשר הרכבן מוכתב בעיקר על ידי הטמפרטורה וזמינות המים. בפרק זה נעסוק בשלוש סביבות חיים מרכזיות בשטח מדינת ישראל (איור 1): החורש הים תיכוני; סביבה מימית של מים מתוקים ושל מים מלוחים; וסביבת החיים המדברית. סביר כי תִּפְגשו בסביבות אלו כשתצאו לטייל ברחבי ישראל.

קיימות בעולם ובארץ סביבות חיים נוספות, אך לא נעסוק בהן בחוברת זו[3].



איור 1: מפת ישראל



סביבת החיים
באקלים הים-תיכוני

1 סביבת החיים באקלים הים תיכוני

רצועת האקלים הים תיכוני מתפרסת על פני רוב שטחה של ישראל, מקו עזה-חברון בדרום וצפונה, והיא כוללת את מישור החוף, הרי המרכז (יהודה ושומרון, למעט מורדותיהם המזרחיים), עמק יזרעאל, הגליל, עמק החולה והגולן (איור1).

האקלים הים תיכוני מתאפיין ב:

- משקעים המרוכזים בארבעה-חמישה חודשי החורף.
- כמות משקעים של כ-400-700 מ"מ גשם בשנה.
- קיץ ארוך (כשבעה עד שמונה חודשים), יבש מאוד וללא משקעים.
- שונות רבה בכמות המשקעים משנה לשנה.
- טמפרטורת קיץ מתונה עד חמה.
- טמפרטורת חורף קרירה עד קרה.
- קרינת שמש חזקה, במיוחד בקיץ.
- לאורך חופי הים נפוץ ערפל ימי ולחות האוויר גבוהה.

אזורים ים-תיכוניים מאופיינים בחילופי עונות, דבר המתבטא בשינויים בזמינות המים והטמפרטורה. שינויים אלו מובילים להיווצרות תנאים של עקת (stress) יובש וחום במשך הקיץ הארוך יחסית. תכונות רבות מאוד בצמחי החורש הים תיכוני התגבשו בהתאמה לתנאי העקה ומקנות לצמחים יכולת לצמצם את איבוד המים ולאזן את משק המים. יכולת זו משמרת את יכולתם של צמחים אלה לקיים פוטוסינתזה גם בתנאי יובש ובטמפרטורה גבוהה. אף שגם צמחי מדבר חשופים ליובש ולחום, הרי שבחורש הים תיכוני התנודתיות העונתית - חורף קריר וגשום וקיץ יבש וחם - חוזרת מדי שנה והמים זמינים לפחות בחלק מהשנה.

מלבד המכלול האקלימי המיוחד לסובב הים-תיכוני, הקרקעות של האזורים הים-תיכוניים מאופיינות בדלות יחסית של מינרלים מזינים, ובעיקר חנקן וזרחן.

החורש הים-תיכוני הוא בית גידול לבעלי חיים רבים המוצאים בו את מזונם ואת מקומות המסתור והקינון שלהם. כמו כן, בעלי החיים מקיימים בחורש הים-תיכוני יחסי גומלין מורכבים עם הצמחים שבו ותורמים להאבקה ולהפצת פירותיהם וזרעיהם.

ברוב האזורים הים-תיכוניים הצמחייה השליטה היא עצים ושיחים ירוקי-עד עמידים לתנאי יובש בתוספת עשבוניים חד-שנתיים וגיאופיטים כרכיבים חשובים. אחד הצמחים המאפיינים את הבָּתה הים-תיכונית בארץ הוא סירה קוצנית *(Sarcopoterium spinosum)*, ובו מתחלפים עלי החורף הגדולים (תמונה 1א) לעלים קטנים (תמונה 1ב) בעונת הקיץ היבשה.

באזורים הים-תיכוניים, שבהם עיקר הצמיחה והפריחה מתרחש באביב, אפשר למצוא גיוון רב בהרכב חברות הצמחים ובעלי החיים, הנופים וסוגי הקרקע. בפרק זה נתמקד בתצורת הצומח של החורש הים תיכוני המורכב משיחים גבוהים ועצים נמוכים בדרגות כיסוי וגובה שונות.



תמונה 1א: סירה קוצנית *(Sarcopoterium spinosum)*; עלי חורף גדולים



תמונה 1ב: סירה קוצנית *(Sarcopoterium spinosum)*; עלי קיץ קטנים

לעיתים מוצאים באקלים הים תיכוני צמחים אשר צבע הפרחים שלהם שונה בהתאם למקום שבו הם גדלים. דוגמה טיפוסית לכך היא הפרחים הלבנים-ורדרדים של מרוות ירושלים כאשר היא צומחת במעבה החורש (ראו תמונה 2א), לעומת הגוון האדום שיש לפרחים בפרטים הגדלים באזור של צמחייה דלילה ונמוכה וחשופים לשמש (תמונה 2ב). זוהי התאמה התורמת להישרדותם במיקום שונה.

מה היתרון של צבע הפרח השונה כאשר הצמח צומח במעבה החורש לעומת בבתה פתוחה?[4]



תמונה 2א: מרוות ירושלים (*Salvia hierosolymitana*[5])
הגדלה במעבה החורש



תמונה 2ב: מרוות ירושלים (*Salvia hierosolymitana*)
הגדלה בבתה הפתוחה

1.1. התאמות בעלי חיים לאקלים ים תיכוני

החורש הים תיכוני מספק מגוון מזונות ומקומות קינון עבור שפע רב של מיני ציפורים. לחלק מעצי החורש יש פירות עסיסיים, המושכים ציפורים שסבך החורש מהווה עבורם סביבת חיים מועדפת. רוב הפירות בחורש הם בעלי צבע אדום (אלה, קטלב) או שחור (אשחר, בר זית) והם עסיסיים ומתוקים. תכונות אלה של הפירות מותאמות להפצה על ידי ציפורים, והדבר מדגיש את מקומם המשמעותי של הציפורים בשרשרת המזון בחורש. לאחר אכילתם מופרשים הזרעים הקשים שלא עוכלו, ונביטתם אף מזורזת בעקבות המעבר במערכת העיכול של הציפור.

נוסף על כך, רוב הפירות העסיסיים בחורש הים תיכוני הם קטנים יחסית בגודלם; קוטרם הוא 5-10 מ"מ, ובכך יש התאמה בין רוחב מפתח המקור של הציפורים העיקריות הניזונות מהם (בעיקר בולבול, סבכי שחור-ראש אדום) לבין גודל הפרי. ההתאמה בין גודל הפירות של צמחי החורש וצבעם לבין הציפורים הניזונות מהם היא דוגמה להתאמות שהתפתחו בתהליכי קו-אבולוציה.

חוקרים אקולוגיה: משק המים ביער ובחורש[6]

חוקרים מן האוניברסיטה העברית ערכו מחקר העוסק במשק המים של הסלעים ביער אלון מצוי (תמונה 3א) וביער אלון תבור (תמונה 3ב).

מטרות המחקר:

א. הבנת היחסים ההדדיים בין מרכיבי מערכת הסלע-קרקע-מים-צומח לבין התפתחות של חברות הצומח וגידולם של מיני עצים עיקריים ביער ובחורש.

ב. הבנת המשמעות של רצף שנים שחונות על הצומח באזור.

שיטות העבודה:

תיאור והדמיה של תת-הקרקע בתחומי היער והחורש על ידי סריקות המתקיימות בתוך הקרקע ועל ידי צילומי וידאו בתוכה.

שתי תחנות המדידה הראשיות שבהן תוארה מערכת תת-הקרקע הן יער אלון התבור (המשיר עליו בחורף) ביישוב אלון הגליל ובחורש של אלון מצוי (לא נשיר) ביישוב תמרת.

נוסף על כך, נמדדו גורמים אביוטיים: כמות הגשם, עוצמת הרוח, קרינת השמש, טמפרטורת האוויר וכן טמפרטורת העלים. כמו כן נמדדו גורמים ביוטיים: קצב הדיות שנמדד באופן רציף לאורך מספר שבועות, קצב השלכת וכמות הבלוטים על העצים.

תוצאות המחקר:

הגורם המשמעותי ביותר הקובע את תכונות בתי הגידול הוא מבנה מערכת הסלע-קרקע ותכונותיו ההידראוליות, הנובעים מנקבוביות הסלע, מקשיותו ומהיחס בין הסלע והקרקע.

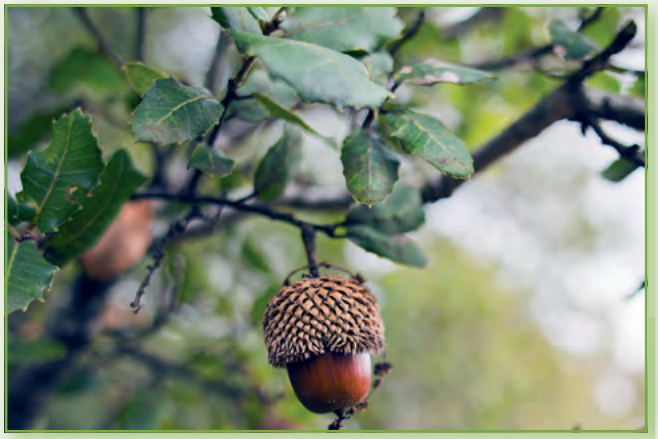
א. תכונות הסלע והקרקע ביער אלון תבור ובחורש של אלון מצוי.

ביער אלון תבור הקרקע היא רנדזינה[7] חומה רדודה ומכילה כיסי קרקע, שהינם אזורים אדמתיים בתוך הסלע. שורשי העצים חודרים לכיסי הקרקע עד לעומק של 1.5 מטר. בחורש של אלון מצוי הסלע הוא קירטון, שצפיפותו נמוכה והוא נקבובי יותר (מכיל יותר חללי אוויר) מאשר ביער אלון תבור.

ב. מבנה מערכת הסלע והקרקע, תכונותיה והתהליכים החלים בה משפיעים על שטף המים. לדוגמה, תנועת המים בסלע לאורך מטר אחד עשויה להימשך מספר חודשים. התנועה האיטית מאפשרת לעץ לנצל באופן הדרגתי את המים האגורים בסלע במהלך כל עונת הקיץ.

בסלעים המכילים נקבוביות רבות, כמו בסלע הקירטון שבחורש אלון מצוי, המים הזמינים לשורשי הצמחים רבים יותר מאשר בסלע נקבובי פחות, ולכן ביער אלון תבור המים זמינים ברמה נמוכה יותר.

בשנים גשומות יש הצטברות של רטיבות בעומק הקרקע, המאפשרת קליטה של מים לשורשי הצמחים אף חודשים ושנים לאחר ירידת הגשמים. בחורש של האלון המצוי דגם האגירה והקליטה שונה מזה שביער אלון תבור. בחורש של אלון מצוי המים מחלחלים במהירות לעומק, מצטברים בכל החתך, והקליטה נעשית במספר אופקים. לעומת זאת, שורשי אלון התבור המגיעים רק עד 1.5 מטר, קולטים מים מהרטיבות שנמצאת בקרקע אפילו עד 3 מטרים. מכאן ששורשי אלון התבור יכולים לקלוט מים המרוחקים מהם במטר עד שניים.



תמונה 3א: עלים ובלוטים של אלון מצוי (*Quercus calliprinos*)



תמונה 3ב: עלים ובלוטים של אלון תבור *(Quercus ithaburensis)*[8]

	חורש אלון תבור	חורש של אלון מצוי
תכונות הסלע והקרקע	קרקע רנדזינה חומה ורדודה, סלע קירטון צפוף יותר המכיל כיסי קרקע	קירטון שצפיפותו נמוכה יותר והוא נקבובי
קליטת מים דרך השורשים	שורשי העצים חודרים לכיסי הקרקע בלבד עד לעומק של 1.5 מטר.	שורשי העצים חודרים לסדקי סלע צרים עד לעומק של מספר מטרים
תחום המים הזמינים לקליטה על ידי הצמחים עקב מבנה הקרקע	24% מנפח הסלע	50% מנפח הסלע
קליטת מים ממוצעת על ידי חברת העצים שנבדקה במהלך המחקר	221 מ"מ מים בשנה	174 מ"מ מים בשנה
אחוז קליטת מים	38% מהמשקעים הרב-שנתיים	30% מהמשקעים הרב-שנתיים

טבלה 1: סיכום היחסים ההדדיים בין מרכיבי מערכת הסלע-קרקע-מים-צומח לבין התפתחותם של חברות צומח

1. איזה יתרון יש לשורשי אלון מצוי לעומת שורשי אלון תבור?
2. מדוע המים פחות זמינים בסלעים של אלוני התבור?
3. האם אפשר לראות קשר ישיר בין אחד הגורמים המשפיעים על קליטת המים בצמח לבין יכולת קליטת המים בפועל? הסבירו.
4. במאמר שנכתב על סמך ממצאי המחקר נאמר: "על בסיס הנתונים שנאספו בבתי הגידול אפשר להעריך את מידת העמידות של הצומח בבתי גידול שונים בתנאי התייבשות במידה ויהיה שינוי אקלים בעתיד".
5. איזה מבין שני סוגי האלונים יהיה עמיד יותר אם יהיו שנות בצורת או יהיה שינוי אקלימי עתידי?
6. האם העובדה שאלון התבור משיר את עליו בחורף עשויה להשפיע על מאזן המים של העץ?[9]

חוקרים אקולוגיה: העדפות שטחי המחיה של לטאה ירוקה *(Lacerta media israelica)* [10]

מטרת המחקר: בדיקת אזורי הגידול של לטאה ירוקה על מנת לקדם תוכניות לשימור המין שנכחד מאזורים שונים בישראל.

רקע מדעי: המין לטאה ירוקה (*Lacerta media*) מצוי ברחבי אירופה בעיקר באזורים הים- תיכוניים; גבול התפוצה הדרומי של המין הוא המזרח התיכון. תת-המין הישראלי, *Lacerta media israelica*, משתרע בין דרום לבנון, דרום מערב סוריה וצפון ישראל והוא נפוץ בבתי גידול שגובהם נע בין 700 ל-2,000 מטר מעל לפני הים. בעבר נצפה המין גם באזורים נוספים בישראל, אך הפעם האחרונה שמין זה נצפה באזור הרי יהודה הייתה בשנת 1970. ידוע כי המין נכחד משטחים נוספים בישראל, כמו נחל אורן התחתון בכרמל. על מנת למנוע את המשך הירידה במספר הלטאות יש צורך בהבנת הדרישות האקולוגיות של המין. אם נבין את אזורי הגידול המועדפים על לטאות, נוכל לקדם תוכניות לשימור המין.

הלטאה הירוקה הנמצאת בישראל *(Lacerta media israelica)* היא לטאה בינונית בגודלה, אשר אורך גופה מגיע עד 42 ס"מ עם זנב ארוך. ישנם הבדלים חזותיים קלים בין זכרים לנקבות, המתבטאים בגודל גוף גדול יותר וצבע גרון כחול אצל הזכרים בעונת החיזור. עונת ההזדווגות מתחילה במאי ונמשכת עד יוני, ולעיתים תיתכן עונת הזדווגות שנייה לאחר סיום הקיץ.

שיטות המחקר: החוקרים דגמו 49 אזורים בגודל 35 מטר מרובע בתוך שטח של 3000 ק"מ בגובה 200 עד 1800 מטר מעל פני הים. האזור מאופיין בקיץ חם ויבש ובחורף קר וגשום. רוב שטחי הסקר כללו מגוון של אלמנטים מבניים הכוללים עשבים, שיחים, שטחים מעוצים, משטחי סלע, מצוקים ושטחים חקלאיים. בנוסף השטחים כללו אלמנטים מעשה ידי אדם, כמו מגרשי חניה וכבישים עם גדרות צמודות. בשטחי הבתה (שדה בלתי מעובד, שגדלים בו עשבים ושיחים נמוכים), הבחינו החוקרים בין חברת אלון מצוי שנחשבה בתה דלילה לעומת בתה צפופה שכללה שיחי סירה קוצנית. החוקרים מדדו גורמים אביוטיים בשטחים הנבדקים, כמו אחוז אדמה חשופה, אחוז סלעים, החשיפה לשמש וכן גורמים ביוטיים כמו שאריות עלים.

תוצאות: לאורך המחקר מצאו החוקרים 35 לטאות שונות המאכלסות 21 אתרים שונים ברכס הכרמל, הגליל העליון, הגליל התחתון והגולן. מתוך 42 אתרים שהיו ידועים בעבר לחוקרים כאתרים שנצפו בהם פרטים של מין זה, איתרו החוקרים פרטים רק ב-14 אתרים, אולם הם איתרו פרטים בשבעה אתרים שלא היו מוכרים קודם לכן.

רוב האזורים שנסקרו הכילו מגוון טיפוסי צומח הכוללים עשבים, שיחים, שטחים מעוצים, משטחי סלע, מצוקים ושטחים חקלאיים. הלטאות נמצאו במגוון רחב של בתי גידול. רובן נמצאו במפנה צפוני, במפנה דרומי ובמפנה מזרחי, ורק מיעוט נמצא במפנה מערבי. רבע מהפרטים נצפו על משטחים שטוחים וחצי על מדרון מתון. רק מיעוט נצפה על מדרונות תלולים.

הגורם המשפיע	מיקום רוב אוכלוסיית הלטאות	מיקום מיעוט אוכלוסיית הלטאות
מפנה	מפנה צפוני, דרומי ומזרחי	מפנה מערבי
כיסוי הקרקע	עשבים ודשא	קרקע חשופה
תצורת השטח	בתה צפופה או פתוחה	סלעים ואדמה חשופה
תצורת הסלע	מקום שטוח או מדרון מתון	מדרון תלול

טבלה 2: השפעת הגורמים הביוטיים והאביוטיים על מיקום אוכלוסיית הלטאות.



תמונה 4: זכר בוגר של לטאה ירוקה *(Lacerta media israelica)*

מסקנות ודיון: תפוצת הלטאות הירוקות ניכרת בכל סוגי בתי הגידול שנבדקו, אך בתות ומקומות שהיו מכוסים בעשב או בדשא היו מועדפים על הלטאות הירוקות. בתי גידול סלעיים ומדרונות תלולים היו פחות מועדפים עליהן.

הממצאים מראים שלטאות בוחרות באופן פעיל בתי גידול המסייעים לתפקודי החיים שלהן. בבתי הגידול הנבחרים הן יכולות להתגונן מפני טריפה, שומרות על חום גופן, מוצאות מקורות מזון ויכולות לקיים אינטראקציות חברתיות (כמו למשל: למצוא בני זוג). על כן, אזורים שיש בהם עשבים או דשא מספקים בית גידול מיטבי מאחר שמצויים בהם חרקים רבים להזנת הלטאות.

ייתכן שהצבע הירוק העוצמתי של הלטאה הירוקה משמש הסוואה, אך כדי להתחמק מטורפים היא זקוקה למקום מסתור, כמו עצים מתים שהצטברו, שיחים, סדקים, סלעים או מאורות.

באביב הלטאה מבלה שעות רבות באזורים החשופים לשמש. בקיץ, לעומת זאת, החורש מספק ללטאות הגנה מפני טמפרטורות גבוהות.

ממצאי המחקר מצביעים על כך שהלטאות נמצאות באזורי בתה באופן מובהק. אזורי בתה אלו סמוכים על פי רוב לאזורים שצומחים בהם עצים, כדי שבחלק מתקופות השנה יוכלו הלטאות לחיות באזור של עצים המוגנים יותר מקרינה. הלטאות זקוקות אפוא למגוון של מבנים ותצורות נוף כדי לחיות בהם בתקופות שונות של השנה. כמו כן, מין זה ניחן בגמישות התנהגותית ביחס לבחירת מקום מחיה כאשר מקום המחיה המועדף על פרטיו אינו זמין.

1. איזה יתרון מפיקה הלטאה מכך שהיא חיה בקיץ במקומות מוצלים ובאביב במקומות חשופים לשמש?
2. מדוע לא נבדקו הלטאות בחורף ובסתיו?
3. מהו היתרון עבור הלטאות בחיים באזור שחיפוי הקרקע בו צפוף?[11]



יער חניתה סמוך לשלומי



המים כסביבת חיים

2 המים כסביבת חיים[12]

סביבת החיים המימית (ראה איור 1) מתחלקת לשתי קבוצות עיקריות:

1. בתי גידול של מים מתוקים, שבהם המלח מהווה פחות מ-1% והם כוללים נהרות, אגמים, ביצות וכולי. בישראל סביבות חיים אלה כוללות את אגם הכנרת, נהרות ונחלים.
2. בתי גידול ימיים, שבהם ריכוז המלח מהווה יותר מ-1% והם כוללים אוקיינוסים, ימים ושוניות אלמוגים. הים התיכון וים סוף הם בתי גידול מימיים מלוחים בישראל.

לבעלי חיים וצמחים החיים בסביבות חיים אלו התאמות המקנות להם יתרון בבית הגידול שלהם.

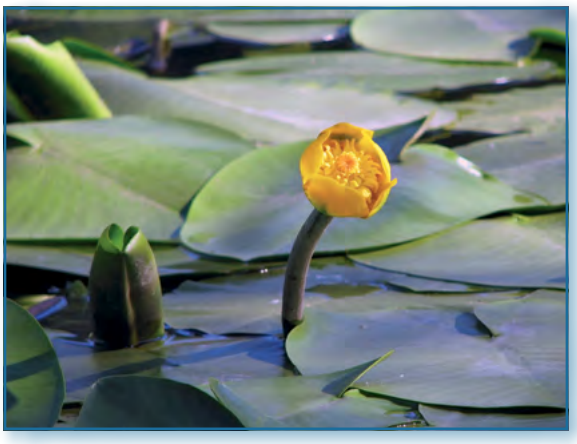
2.1 התאמות של צמחים לחיים במים

הצמחייה בבתי גידול מימיים מאופיינת בהיעדר עצים ושיחים ובריבוי של אצות ושל צמחים חסרי שורשים הטבולים במים. נופר צהוב (תמונה 5א) הוא דוגמה לצמח צף הצומח במים מתוקים וגדל בישראל בעמק החולה ובמקורות הירקון. עליו הגדולים משמשים לקליטת אור, ובפטוטרות העלים שלו יש חללי אוויר המשמשים להעברת חמצן לשורשי הצמח. רקמה ספוגית של גבעול ינקינתון המים (Eichornia) מוצגת בתמונה 5ב.

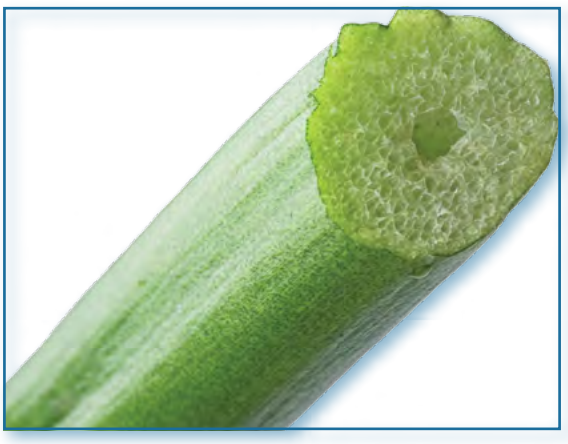
השלימו את הטבלה[13]

ההתאמה	היתרון עבור צמח המים
מעט רקמות הובלה ותמיכה	הגברת היעילות של חילופי הגזים וקליטת המינרלים, חיסכון באנרגיה ובחומרים לבניית רקמות שאינן הכרחיות במים.
חללי אוויר בגבעולים ובפטוטרות	.1
שכבת קוטיקולה דקה על פני העלים	חיסכון במשאבים הנחוצים ליצירת הקוטיקולה.
.2	הגברת היעילות של פוטוסינתזה (קליטת אור), חילופי הגזים וקליטת המינרלים.
פיוניות בעלים צפים לרוב נשארות פתוחות	.3
עלים גזורים לאונות	.4

טבלה 3: היתרון של התאמות מבניות עבור צמח הגדל במים



תמונה 5א: נופר צהוב (*Nuphar luteum*)



תמונה 5ב: גבעול של ינקינתון המים (*Eichornia*)

2.2 התאמות בעלי חיים לחיים במים

החיים במים מהווים אתגר גם לבעלי חיים, למרות היתרונות שיש במים על פני החיים ביבשה. במים ריכוז החמצן נמוך פי 30 מאשר באוויר, ריכוז המלחים במים עלול לסכן יצורים החיים במים מתוקים או לחלופין את אלו החיים במים מלוחים, בהתאם לריכוז המלחים בגופם של היצורים החיים.

2.2.1 התמודדות עם מחסור החמצן במים

1. יצורים "מתחמקים" - למרות היותם יצורים מימיים, הם נושמים אוויר. זחלים של יתושים ושל זבובי בוץ נושמים אוויר בעזרת צינור היוצא מבטנם. הם נושמים את האוויר כשהם צפים קרוב לפני המים. אמנם גופם נמצא בתוך המים, אך הצינור מזרים חמצן אל גופם מן האוויר[14].

2. שימוש בבועות אוויר - יצורים כגון פשפשי שטגב וכן חיפושיות מים שוחים על פני המים, לוכדים בועת אוויר, מצמידים אותה לבטנם, צוללים מטה ושוחים. פתחי הנשימה שלהם מצויים בבטן ודרכם הם נושמים את החמצן מתוך בועת האוויר - עד שמלאי החמצן מתרוקן. אז הם עולים שוב אל פני המים ולוכדים בועת אוויר טרייה.

3. חיים בסמוך לצמחייה - צמחי מים, ובתוכם אצות, פולטים במשך היום כמויות גדולות של חמצן בתהליך הפוטוסינתזה. בתהליך זה צמחי המים קולטים מן המים את הפחמן הדו-חמצני שנפלט בתהליך הנשימה של היצורים החיים במים, ומשתמשים בו לייצור סוכרים בתהליך הפוטוסינתזה ובעקבותיו פולטים חמצן אל המים. כך צמחי המים והאצות מספקים מזון לצרכנים וגם תורמים להעשרת המים בחמצן מומס הדרוש לבעלי החיים במים לביצוע נשימה תאית. זוהי דוגמה למִחזור חומרים בסביבה מימית.

2.2.2 התאמות לחיים במים עמוקים[15]

פיזיולוגיה של דגי סחוס מגבילה את התפוצה שלהם בעומק הים.[16]

מים עמוקים מוגדרים כמים שעומקם החל מ-200 מטר ומעלה. מאפייני הסביבה במים עמוקים מציבים אתגרים בפני מינים של בעלי חיים המאכלסים אותם:

1. שכבת המים העמוקים היא עצומה.
2. אין אור.

שני גורמים אלו מקטינים את הסיכוי למצוא מזון ובן זוג ומגדילים את הסיכוי להיטרף. השטח הגדול מקטין את הסיכויים למצוא בן זוג או טרף, והחושך אינו מאפשר לראות את הטרף או את בן הזוג.



תמונה 6: כריש שחור-סנפירים (*Carcharhinus melanopterus*)

בנוסף לגורמים אלה, שלושה גורמים יכולים להשפיע לרעה על תפקודים פיזיולוגיים של יצורים החיים בסביבות אלה:

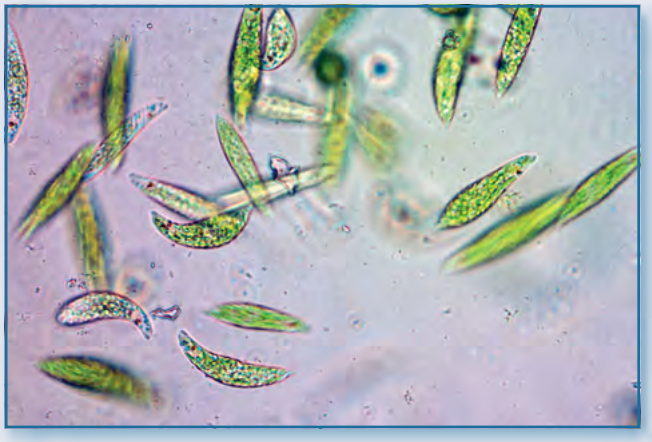
1. טמפרטורה (לרוב 1-4 מעלות צלזיוס מתחת ל-1000 מטר).
2. לחץ הידרוסטטי גבוה (הלחץ עולה ב-1 אטמוספרה בכל 10 מטרים).
3. ירידה ברמת חומרי ההזנה ככל שמעמיקים.

דגי סחוס (*Chondrichthyes*)[17], שעימם נמנים כרישים (תמונה 6) וקרוביהם, אינם מצויים במים עמוקים מעל 3000 מטר. לעומתם, דגים כליל-גרמיים (*Teleostei*)[18] מצויים בתדירות גבוהה עד לעומק של 8400 מטר. חוקרים הציעו מספר הסברים המצביעים על מאפיינים פיזיולוגיים וביוכימיים ייחודיים היכולים להסביר את ההבדל במקום מחייתם של דגי סחוס בעומק הים:

1. גופם של דגי הסחוס אינו יכול לעמוד מבחינה פיזיולוגית בהשפעות של הלחץ בעומק הים.
2. דגי הסחוס משתמשים בשומנים לצורך ציפה. בכך הם מנצלים משאבים רבים ועל כן יכולתם לגדול ולהתרבות מוגבלת.
3. כמות חומרי ההזנה קטן ככל שמעמיקים, מה שמוסיף קושי על החסר בשומנים הנוצר עקב השימוש בשומנים לציפה.
4. הקושי של דגי הסחוס הוא בכך שבעומק הים כמות תרכובות החנקן הזמינות נמוכה, בעוד שהם מאבדים תרכובות חנקן דרך הזימים.[19]

בשל סיבות אלו דגי הסחוס אינם יכולים להתבסס ולהתחרות על מקום המחיה בעומק הים מול דגי הגרם, ועל כן הם נמצאים באזורים פחות עמוקים.

חוקרים אקולוגיה בים בתיכון



תמונה 7: האצה איגלנה (*Euglena*) היא מרכיב של פיטופלנקטון

הים תיכון מהווה רק כ-0.8% משטח האוקיינוסים בעולם, אך נחשב לאתר מרכזי עבור מגוון מינים ימיים. חופי הים התיכון הם "נקודה חמה" (Spot Hot) מבחינת המגוון הביולוגי המאכלס אותם. נכון ל-2010 תועדו כ-17,000 מינים ימיים בים התיכון, שהם 6-7 אחוזים מהמינים הידועים למדע. בהשוואה לחלק המערבי של הים התיכון, חלקו המזרחי, היכן שממוקמת מדינת ישראל, מאופיין בטמפרטורות גבוהות, יחסית, ברמת מליחות גבוהה יותר ובפחות חומרי מזון. בסביבה הימית של הים התיכון של ישראל הוכרזו עד כה שבע שמורות טבע בשטח של 11 קמ"ר, שהם כרבע אחוז מכל שטח הים של ישראל.

בשנים האחרונות עורך המכון לחקר ימים ואגמים מעקב (ניטור) עונתי ורב-שנתי אחר האורגניזמים החיים לאורך החוף הישראלי של הים התיכון. נדגמו חברות של אורגניזמים החיים על קרקעות קשות (סלעים) ורכות (קרקעית הים) וכן חברות פלנקטוניות. מתוך אוכלוסיות אלו, האצות הזעירות - הפיטופלנקטון (ראו תמונה 7) - הן קבוצת האצות הדומיננטית לאורך החוף. הן נמצאות בריכוזים גדולים יותר לאורך החוף מאשר בים הפתוח.

הרכב אוכלוסיות בעלי החיים בקרקעית הים התיכון נבדק במספר תחנות במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף. החי על המצע בעומק קרקעית של בין 20 מטר ועד 80 מטר נבדק באזור אשדוד בעונות הקיץ והחורף. הדגימות נאספו באמצעות מכמורת[20] ופרטי החי כללו דגים, סרטנים, מיני רכיכות, מיני צורבנים ומיני קווצי עור.

	קיץ		חורף	
	דגים	**סרטנים**	**דגים**	**סרטנים**
מספר מינים מקומיים	44	4	50	2
מספר מינים פולשים	20	5	31	7
מספר פרטים מקומיים	14,421	9,321	9,637	3,420
מספר פרטים פולשים	3,593	28,051	67,015	2,038

מקור נתונים: חקר ימים ואגמים לישראל, 2015

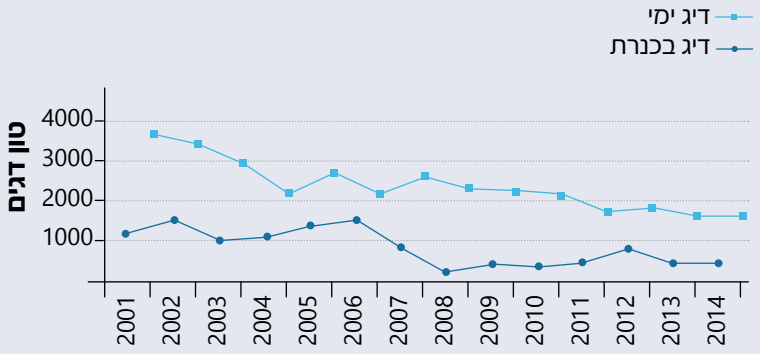
טבלה 4: מספר המינים המקומיים והפולשים בקבוצת הדגים והסרטנים[21]

1. מדוע חשוב לבדוק את מספר המינים וגם את מספר הפרטים בבית גידול? על מה מצביע כל אחד מהם?
2. תארו שלושה ממצאים מן הטבלה.
3. על פי טבלה 4:
   א. מהו אחוז המינים הפולשים מתוך מיני הדגים שנדגמו בקיץ?
   ב. מהו אחוז המינים הפולשים מתוך מיני הדגים שנדגמו בחורף?
   ג. מהו אחוז המינים הפולשים מתוך מיני הסרטנים שנדגמו בקיץ?
   ד. מהו אחוז המינים הפולשים מתוך מיני הסרטנים שנדגמו בחורף?
4. האם קיים הבדל בין מספר מיני הדגים הפולשים בקיץ לבין מספר מיני הדגים הפולשים בחורף? ממה יכול לנבוע הבדל זה?[22]

חוקרים אקולוגיה בימים בישראל[23]

שלל הדגה בים מהווה מדד לאיכות המערכת האקולוגית הימית. מדד זה מושפע מאיכות מי הים, וזו מושפעת ממזהמים, ממצב המערכת האקולוגית הימית ומלחץ הדיג והחקלאות הימית[24]. הדיג הוא משאב כלכלי ותזונתי חשוב ומהווה שירות לתושבי המדינה.

ענף הדיג המניב ביותר הוא המְדֻגָּה[25]. קיימת ירידה ניכרת בכל ענפי הדיג בעשור האחרון. הדיג הימי ירד בכ-57% מאז 2001 והחקלאות הימית ירדה בכ-24%. כמו כן ישנה ירידה בשלל הדיג מהים התיכון בעשור האחרון, וזאת למרות העלייה המתמדת במאמץ הדיג ובמספר כלי הדיג המורשים.



איור 2: דיג ימי ודיג בכנרת בשנים 2001-2014

1. מהן המגמות הבולטות ביחס לשלל הדיג בכנרת לעומת דיג ימי בשנים 2001 עד 2014?
2. העלו השערות בנוגע לסיבות לשינוי במגמת שלל הדיג בשנים אלו בכנרת ובים.
3. כיצד המדינה יכולה להתמודד עם הירידה הניכרת בשנים האחרונות בדיג הימי?[26,27]



דיג בים התיכון



סביבת החיים המדברית

3. סביבת החיים המדברית[28]

3.1. התנאים הא-ביוטיים במדבר

המאפיינים העיקריים של האקלים המדברי הם:

- כמות גשמים מועטה, פחות מ-200 מ"מ בשנה.
- גשמים היורדים בעונת החורף במשך מספר ימים מצומצם מאוד. בדרך כלל אלה גשמים מקומיים שאינם מכסים אזורים נרחבים.
- כמויות גשמים משתנות ממקום למקום ובין שנים עוקבות. לפעמים כמות המשקעים בשנה מסוימת גדולה פי ארבעה מכמות הגשמים בשנה שלפניה או שאחריה.
- שיעור ההתאדות גבוה יחסית ועולה על כמות המשקעים השנתית, ועל כן אין כמעט מים זמינים על פני השטח.
- בקיץ הטמפרטורות הממוצעות גבוהות מאוד, יחסית.
- הלחות היחסית באוויר נמוכה מאוד.
- קיימים הבדלי טמפרטורה גדולים בין יום ללילה ובין קיץ לחורף.

אקלים מדברי, שחון וחם, שורר בדרומה של ישראל (בנגב, בערבה, במדבר יהודה ובבקעת הירדן). באיור 1 אפשר לראות את אזורי הנגב ומדבר יהודה בישראל.

בתמונה 8 להלן אפשר לראות את צחיחות הערבה בישראל.



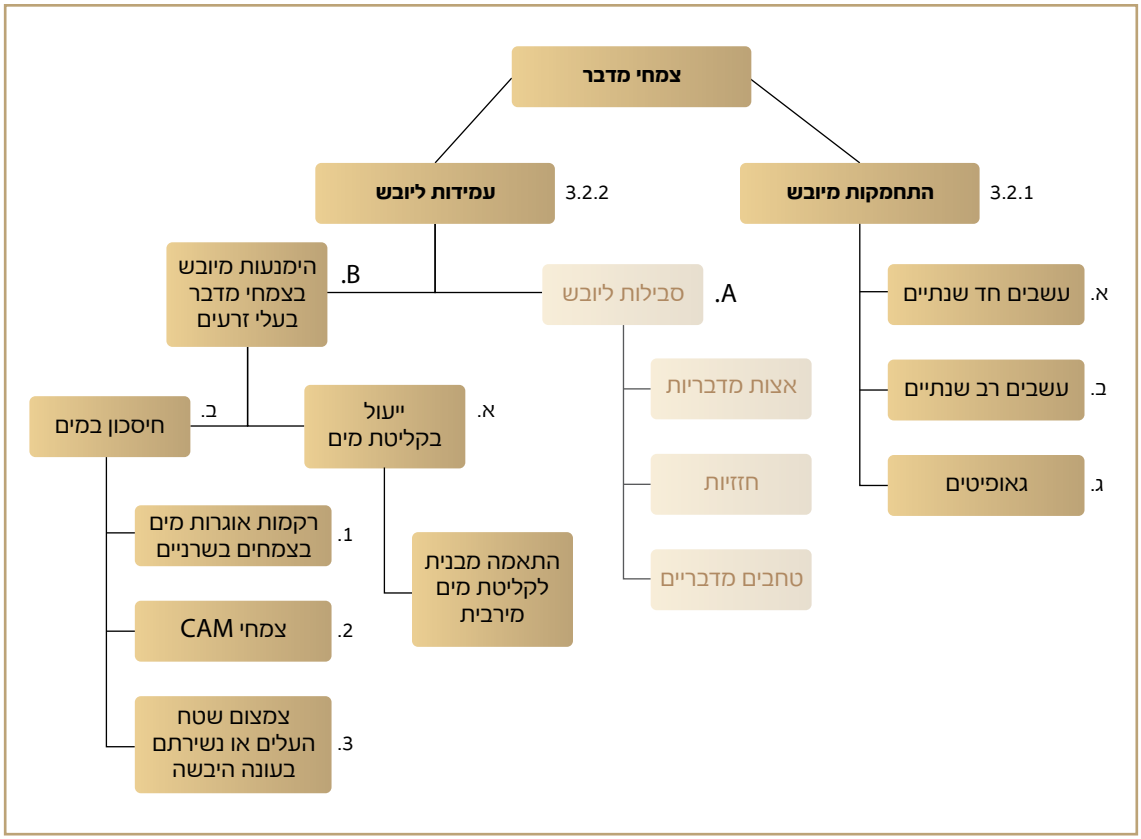
תמונה 8: תמונה פנורמית של הערבה בישראל

3.2. התאמות של צמחים לסביבת חיים מדברית

בצמחי מדבר אנו עדים לשתי התאמות עיקריות להתמודדות עם התנאים הא־ביוטיים השוררים במדבר, אשר יפורטו בהמשך (איור 3):

א. התחמקות מיובש באמצעות מחזור החיים המותאם להשתנות העונתית של זמינות המים והטמפרטורה.

ב. עמידות ליובש באמצעות התאמות מבניות ופיזיולוגיות המסייעות לצמצם את איבוד המים.



איור 3: התאמות של צמחי מדבר

3.2.1 התחמקות מיובש

א. עשבים חד-שנתי (כמו כוכב ננסי, ראו תמונה 9) המהווים רוב בקרב צמחי המדבר, מתאפיינים בדרך כלל במחזור חיים קצר. כלומר, הצמח מתקיים רק בעונה המתאימה לצמיחה ולהשלמת מחזור חייו. צמחי המדבר החד-שנתיים עוברים את תקופת הקיץ בצורה של זרע יבש שאחוז המים בו נמוך מאוד. זרעים והעובר שבתוכם יכולים להישאר חיוניים במשך מספר שנים ואף לפזר את מועד הנביטה על פני מספר שנים. בשנת בצורת כמעט ולא ינבטו זרעים. הם ינבטו רק כאשר כמות הגשמים מספיקה על מנת להשלים את מחזור חייהם. יש צמחים השורדים רק אם הם גדלים בסמוך למעיינות או בנאת מדבר, ובכך "מתחמקים" מתנאי היובש.

ב. עשבים רב-שנתיים הם מיעוט בצמחי המדבר. הם שורדים בתנאי המדבר הקשים בזכות התאמות ייחודיות, שנפרט עליהן בסעיף 3.2.2, עמידות ליובש.



תמונה 9: כוכב ננסי (*Asteriscus hierochunticus*), צמח מדברי חד-שנתי זעיר. נפוץ ברוב שטח הנגב, במיוחד באזורים שכמות המשקעים בהם קטנה מ-150 מ"מ גשם בשנה[29]

ג. גאופיטים[30], במהלך עונת הצמיחה והפריחה שלהם, אוגרים חומרים בבצל או בפקעת. זוהי צורת חיים נוספת של "התחמקות" מעונת היובש במדבר, אך קיימת גם בסביבות חיים אחרות, כגון חורש ים תיכוני. הבצל והפקעת מוגנים בעונת היובש, כשהם חבויים בעומק הקרקע, והצמח מתחיל ללבלב רק לאחר שכמות מספקת של מים הרטיבה את הקרקע. לאחר תקופת פריחה קצרה מתייבשים כל חלקי הצמח העל־אדמתיים והבצל או הפקעת נותרים בקרקע עד לעונת הגשם הבאה. בשנים שלא יורד בהן די גשם חלק מהגאופיטים אינם מלבלבים. ישנם גיאופיטים כגון חצב (וכנראה גם חבצלת הנגב) שפורחים בסתיו עוד בטרם ירד גשם ורק לאחר הפריחה מופיעים בהם העלים (תמונות 10 א,ב).



תמונה 10א: פריחת חצב מצוי בחודשי הסתיו (*Urginea maritima*), גאופיט הצומח ברחבי ישראל



תמונה 10ב: עלים ופקעת של החצב בחודשי החורף

1. גיאופיטים במדבר פורחים לעיתים עוד לפני שירד גשם ראשון. מהו לדעתכם האות הקובע את תחילת הפריחה?
2. מהו היתרון הטמון בצורת החיים של גיאופיטים בהקשר של תנאי הסביבה במדבר?[31]

3.2.2 עמידות ליובש (איור 3)

A. סבילות ליובש (לא נעסוק בה בפרק זה)

B. הימנעות מיובש בצמחי מדבר בעלי זרעים

א. ייעול בקליטת מים

1. התאמה מבנית לקליטת מים מיטבית

קליטת המים והמינרלים מהקרקע נעשית בשורשים דרך יונקות דקות מאוד ובעלות שטח פנים גדול מאוד יחסית לנפחן. כך מוגדל שטח הפנים הכללי של השורש. לרותם המדבר וללענה חד-זרעית, כמו גם לצמחי מדבר נוספים, יש שורשים מסועפים וארוכים, העשויים להגיע למרחק של למעלה מעשרה מטרים.

לזוגן השיח וליפרוק המדבר יש שורשים רב-שנתיים קבועים, שמהם מסתעפים שורשים עונתיים הגדלים עם רדת הגשמים ומתייבשים בעונת הקיץ, לאחר שהצמח אגר מים בעליו הבשריים.

עצי השיטה (תמונה 11) שורדים במדבר החם הודות לשורשיהם הארוכים מאוד, המגיעים לשכבות קרקע לחות.



תמונה 11: שיטה סוככנית (*Acacia tortilis*) בנגב

ב. חיסכון במים

1. רקמות אוגרות מים בצמחים בשרניים

חלק מצמחי המדבר הם צמחים בשרניים, האוגרים מים בעלים או בגבעולים בעונה הגשומה ומשתמשים בהם בעונה היבשה. לצמחים בשרניים קוטיקולה יחסית דקה, פיוניות קטנות ומועטות ומספר קטן של צינורות להובלת מים. רקמת התאים האוגרת מים תופסת את רוב נפחם של איברי הצמח. עלים בשרניים נמצא לדוגמה בזוגן השיח (תמונה 12).[32] העלים בזוגן השיח מורכבים מפטוטרת הנושאת שני עלעלים, שלושתם בשרניים. בזמן עקה מתייבשים ונושרים שני העלעלים, ולאחר מכן גם הפטוטרת.



תמונה 12: זוגן השיח (*Zygophyllum dumosum*) בעל עלים בשרניים

2. צמחי CAM

בצמחי CAM (תמונה 13), המותאמים לחיים בתנאי יובש ונפוצים יותר באזורים צחיחים, נפתחות הפיוניות בלילה, ואז נקלט דרכן ה-CO_2. אמנם בלילה, בעת פתיחת הפיוניות, מתאדים מים, אך בכמות קטנה מהכמות שהייתה מתאדה במשך היום. בשעות האור מתרחש תהליך הפוטוסינתזה, תוך שימוש ב-CO_2 אשר נאגר בשעות הלילה.

המנגנון הביוכימי בצמחי CAM מלווה בתכונות אנטומיות של רקמות בשרניות אוגרות מים.

מדוע איבוד המים דרך פיוניות פתוחות קטן יותר בלילה מאשר ביום?[33]



תמונה 13: צמח CAM הצומח בישראל: אצבוע אירופי (*Caralluma europaea*), הר הנגב[34].

3. צמצום שטח העלים או נשירתם בעונה היבשה

צמצום שטח העלים או נשירתם בעונה היבשה מסייעים לחיסכון במים, כמו בדוגמה של הזוגן לעיל. לעיתים, חלק גדול מתפקודי העלה (פוטוסינתזה ודיות) עובר לגבעול. תופעה זו מכונה "צמיחה רותמית", על שם צמח הרותם. למינים בעלי צמיחה רותמית יש יכולת לבצע פוטוסינתזה יעילה יחסית לשטח הגבעול המצומצם, בזכות מספר גדול יחסית של פיוניות על הגבעול. בגבעוליהם של מינים אלה חרוצים חריצים עדינים, ובהם שקועות פיוניות, שהן אמצעי נוסף למנוע מהצמח לאבד מים.

לעיתים הגבעול אף מכוסה בשערות המסייעות לצמצם את איבוד המים. השרת עלים בתקופות יבשות מאפיינת את המינים כוכב המדבר, רותם מדברי, זוגן השיח ורבים נוספים. צמצום שטח העלים מתבצע על ידי החלפת עלי קיץ בעלי חורף (כמו באשליל השעיר, ראו תמונה 14), על ידי הצמחת עלים קטנים יחסית לגודלם במינים מקבילים הצומחים באזורים לחים, או על ידי גלילת העלים. אשליל שעיר שולט בשטחי קרקע מלוחה שממנה הוא קולט גם מלחים רבים שאותם הוא מפריש מעליו.



תמונה 14: אשליל שעיר *(Reaumuria hirtella)*. מימין: גבישי מלח על בלוטות המפרישות תמיסות מלוחות. משמאל: עלי חורף גדולים ובחיקם עלי קיץ[35]

חוקרים אקולוגיה: צמח הפיטייה[36]

צמחי פיטייה הם חסרי עלים ובעלי גבעולים סוקולנטיים[37] המכילים פיוניות. למרות התאמות אלה והתאמות נוספות לחיים במדבר, צמחי הפיטייה סובלים באזורים מדבריים מן הטמפרטורות הגבוהות המאפיינות את המדבר במהלך היום ומן הטמפרטורות הנמוכות המאפיינות את המדבר בלילה. על כן מגדלים את הפיטייה בישראל ובעולם במקומות המאופיינים באקלים ממוזג. עם זאת, בזכות ההתאמות לחיים במדבר, חוקרים מאוניברסיטת בן-גוריון שבנגב מטפחים זנים בעלי תכונות גנטיות המאפשרות להם לחיות ולהניב פירות באזורי המדבר הצחיחים, כמו חצבה ואילת.

כיום לא מגדלים בישראל את הפיטייה הצהובה (*Selenicereus megalanthus*) שבתמונה 15א מכיוון שהיא מתחילה לפרוח ולחנוט פרי רק בשנתה השלישית, בעוד שכל הפיטיות האחרות מניבות פרי כבר בשנה הראשונה לאחר נטיעת ייחור מושרש. כמו כן, לפיטייה זו יש קוצים, ולכן עבודת הקטיף היא קשה. לכן, בישראל מגדלים את הפיטייה הזהובה (*Hylocereus undatus*) שבתמונה 15ב, שהיבול שלה הוא רב והיא מניבה פרי בחודשי הקיץ כבר בשנתה הראשונה.

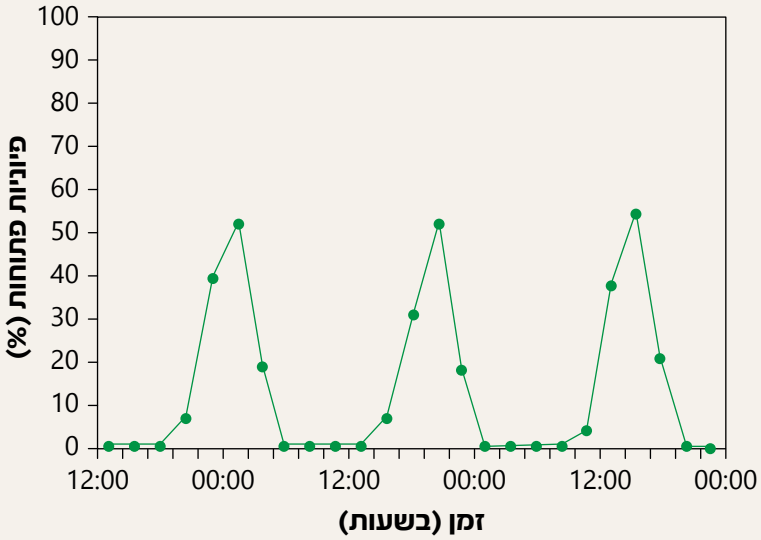


תמונה 15א: פיטייה צהובה (*Selenicereus megalanthus*)



תמונה 15ב: פיטייה זהובה (*Hylocereus undatus*)

1. תארו את הממצאים המוצגים באיור 4.
2. האם אפשר להסיק שמתקיים בצמחים אלו מנגנון CAM?
3. מה היתרון בגידול כזה בתנאי האקלים היבש השורר באזורים מסוימים בישראל?
4. כמו הצבר, גם צמחים אלה הם חסרי עלים. לאיזה סוג התאמה (התחמקות/ עמידות מבנית / עמידות פיזיולוגית) תסווגו תופעה זו?[38]



איור 4: אחוז הפיוניות הפתוחות בגבעולים של פיטייה צהובה במהלך 72 שעות.

3.3 בעלי חיים בסביבת החיים המדברית

שני הגורמים המשפיעים ביותר על עולם החי במדבר הם מקורות המים, שזמינותם משתנה ואינה מובטחת, והטמפרטורות הקיצוניות.

למרות תנאי האקלים המדברי המצוי בנגב, חי בו מגוון רחב של מיני בעלי חיים המייצגים קבוצות שונות של עולם החי. לדוגמה, אפשר למצוא בסביבת החיים המדברית בנגב הישראלי בעלי חיים כגון עזניית הנגב (עוף) ופתן שחור (נחש). כמו כן, חיים בנגב בעלי חיים כגון חרדון המדבר (זוחל), קוצן זהוב (יונק קטן) וכן בעלי חיים כמו צבי המדבר ושועל החולות (יונקים).

למרות מגוון המינים הרחב, אוכלוסיות בעלי החיים בנגב הן דלילות, ומספר הפרטים (השפע) של כל מין קטן לעומת המצוי באזורים לחים.

מה עשוי להיות ההסבר למספר הפרטים הקטן במדבר בהשוואה למספר הפרטים באזורים לא-מדבריים?[39]

3.3.1 הקשיים של בעלי חיים בסביבה המדברית

א. **סכנת התייבשות:** כל התהליכים הפיזיולוגיים בתאים וברקמות מתרחשים בתוך תמיסה מימית, והתייבשות הגוף עלולה לפגוע בתפקודים שונים, ובמצבים קיצוניים אף לגרום למוות. מאחר שמקורות המים במדבר הם מועטים, ואינם זמינים בכל זמן ובכל מקום, הדבר מאלץ את שוכני המדבר לנוע למרחק רב כדי לספק את צורכי קיומם, דבר המעלה את טמפרטורת גופם וגורם להם לאבד נוזלים.

ב. **שמירה על טמפרטורת הגוף:** רוב בעלי החיים המדבריים, הן אלה ההומיאותרמיים (עופות ויונקים) והן אלה הפויקילותרמיים (חרקים זוחלים), מסוגלים לפעול בטווח מצומצם בלבד של טמפרטורות גוף. מידת החום שהגוף מסוגל לקלוט בלי שתפקודיו הבסיסיים ייפגעו היא מוגבלת. ויסות

טמפרטורת הגוף במדבר היא משימה לא פשוטה, שכן טמפרטורת האוויר וטמפרטורת הקרקע גבוהות בהרבה מהטמפרטורה המיטבית לפעילות הגוף. לבעלי חיים הומיאותרמיים קשה להיפטר מעודף חום שנוצר בגופם בנשימה תאית בסביבה שבה הטמפרטורה גבוהה מטמפרטורת גופם.

1. א. אילו תהליכים בגוף בעל החיים עלולים להיפגע בסביבה יבשה?

   ב. אילו תהליכים עלולים להיפגע בטמפרטורות קיצוניות?

2. ביונקים, שמירה על מאזן מים תקין וויסות טמפרטורה קשורים זה בזה. הסבירו.[40]

3.3.2 התאמות של בעלי חיים לחיים באקלים מדברי

בעלי חיים מותאמים לחיים בתנאי מדבר במבנה הגוף (התאמות מורפולוגיות ואנטומיות), בתפקוד מערכות הגוף (התאמות פיזיולוגיות) וכן באורח החיים וההתנהגות (התאמות התנהגותיות). כל ההתאמות מסייעות לבעל החיים להתמודד טוב יותר עם תנאי הסביבה במדבר ונועדו לחסוך במים ולמנוע התחממות יתר של הגוף.

דוגמה להבדלים בין מינים החיים במקומות שונים בישראל היא מיני השועל השונים (תמונה 16). השועל המצוי נפוץ יותר בחבל הים-תיכוני של הארץ. אורך גופו 60-70 סנטימטר, אורך זנבו 30-40 סנטימטר ומשקלו יכול להגיע ליותר מעשרה קילוגרמים. הוא ניכר בצבע השחור בצד האחורי של אוזניו. לעומתו, שועל החולות חי בנגב, באזורים שחונים (שיורדים בהם פחות מ-100 מילימטר גשם בממוצע רב-שנתי), אורך גופו 40-52 סנטימטר ואורך זנבו 25-39 סנטימטר. משקלו של שועל חולות בוגר הוא כ-1.5-3 קילוגרמים. הבדלים אלו קיימים, אך הולכים ונעלמים עם השנים, שכן שועל מצוי, שבעבר נמצא רק באזורים הים-תיכוניים, מלווה את האדם ונמצא במגמת הדרמה. כיום הוא נמצא גם בנגב ובערבה.

אותה התופעה מתרחשת גם בקרב המריונים. המריון המצוי נפוץ בחבל הים-תיכוני, מריון החולות נפוץ בחולות הנגב המערבי ובמישור החוף, מעזה ועד אזור תל אביב, ומריון המדבר חי בנגב, בערבה ובמדבר יהודה.



תמונה 16א.: שועל החולות (*Vulpes rueppellii*)
שימו לב לגוף הצנום של השועל



תמונה 16ב: שועל מצוי (*Vulpes vulpes*)

סכמו את ההתאמות של צמחים ושל בעלי חיים לחיים בסביבה המדברית:[41]

ההתאמה בצמחים	סוג ההתאמה: התחמקות / עמידות (מבנית / פיזיולוגית)	התמודדות עם	צמח לדוגמה
צמחים חד-שנתיים		---	
גאופיטים		---	
מערכת שורשים עמוקה ומסועפת	עמידות מבנית	מחסור במים	רותם המדבר, לענה חד-זרעית, זוגן השיח, שיטה סוככנית
צמחים בשרניים			
צמחי CAM			
צמצום שטח העלים או נשירתם בעונה היבשה			
קוטיקולה עבה			

ההתאמה בבעלי חיים	סוג ההתאמה (פיזיולוגית / מבנית / התנהגותית)	התמודדות עם	בעל חיים לדוגמה
ספיגה חוזרת של מים בכליה			
צבע גוף בהיר			
גודל הגוף			
הפרשת פסולת חנקנית מוצקה			
הלחתה והזעה			
התאמת שעות הפעילות			

טבלה 5: התאמות של צמחים ושל בעלי חיים לחיים בסביבה מדברית

חוקרים אקולוגיה: טחבן המדבר וכמויות גשמים[42]

טחבן המדבר (תמונה 17) הוא סרטן יבשתי שיש לו תפקיד חשוב במערכת האקולוגית של הר הנגב. לאחר תקופת הגשמים הקצרה, שכבת הקרקע העליונה במדבר הולכת ומתייבשת. זוהי תכונה אופיינית לקרקע מסוג לס. התייבשות זו של הקרקע מסוכנת לטחבנים, מאחר שטחבן המדבר זקוק לסביבה לחה להישרדותו. על מנת להתחמק מהתייבשות הוא חופר מחילות לעומק כ-60 סנטימטר, שם הקרקע נשארת לחה בתנאי היובש של המדבר. בכל מחילה שוכנת משפחה ובה זוג הורים וצאצאיהם. הוצאת האדמה מן המחילות והצטברותה על פני הקרקע היא בין הגורמים המרכזיים לסחף הקרקע ולמניעת המלחתה. ההסבר לכך הוא העובדה כי בקרקע לס נוצרת שכבה מלוחה בעומק 20-60 סנטימטר, והטחבנים החופרים את מחילתם מעלים את הקרקע המלוחה אל שטח הפנים והופכים אותה לזמינה לסחיפה על ידי נגר עילי. תהליך זה הוא המנגנון שבעזרתו משפיע הטחבן על המערכת האקולוגית. בהיעדר טחבנים, רמת המליחות של הקרקע עלולה לעלות ורמת הפוריות שלה עלולה לרדת.



תמונה 17: טחבן המדבר (*Hemilepistus reaumuri*) בהר נגב

שנים שנערכו בהן התצפיות	מ"מ גשם לשנה בממוצע*	מספר שנות בצורת בשנים אלו	ממוצע מספר המחילות למ"ר במדרון הטרשי	ממוצע מספר המחילות למ"ר במישור הלס
1992-1973	101	4	0.1	0.5
2000-1993	74	5	כ-0.03	0.5
2011-2001	85	3	0.01	כ-0.04

טבלה 6: השפעת שינויים במשטר הגשמים בין השנים 1973 ל-2011 על שינויים בגודל אוכלוסיית הטחבנים שנמדדה לפי השינויים במספר המחילות למ"ר בשני אזורים בהר הנגב.

*הממוצע הרב-שנתי הוא 101 מ"מ גשם בשנה באזור הר הנגב.

1. תארו את תוצאות המחקר.
2. א. מה עלול להיות הנזק עקב ירידה באוכלוסיית הטחבנים באזור זה? הסבירו.

   ב. אילו מיני צמחים חדשים סביר שיתבססו באזורים אלו? נמקו.
3. אדמת לס מסוגלת לספוג כמויות גדולות של מים ולשמור אותם זמן רב. כיצד מידע זה מאפשר להסביר את ההבדל בין השינויים במספר מחילות הטחבנים לאורך השנים?
4. הטחבן הוא מזון חשוב לטורפים כגון לטאות, עופות ועוד. כיצד עלולה היעלמותו להשפיע על מארג המזון בבית הגידול?[43]

3.4 התאמות הגמל לבית גידול מדברי[44]

ההתאמות המבניות, הפיזיולוגיות וההתנהגותיות של הגמל מאפשרות לו לחיות בתנאי מדבר קיצוניים ולשרוד תקופות ארוכות ללא שתייה.

התאמות מבניות:

1. לגמל רגליים ארוכות המרחיקות את גופו מהקרקע הלוהטת. מבנה כף הרגל רחב ביותר ומונע שקיעה בחול.
2. לגמל דבשת, שהינה מצבור של שומנים, בעוד שאר חלקי גופו דלים בשומן. החום הנקלט על ידי השומן בדבשת אינו מועבר ליתר חלקי הגוף, מפני שהדבשת ענייה מאוד בכלי דם.
3. השומן בדבשת משמש בעיקר מאגר מזון, אך במצבי התייבשות קשים במיוחד, משתמש הגמל בשומן שבדבשת כדי לייצר מים מטבוליים - מים הנוצרים בעת פירוק השומן שבתאי הדבשת.
4. אפו הארוך של הגמל מכיל כלי דם רבים הקרובים לחלל האף. האוויר העובר בנשימה דרך האף קולט את החום הנפלט מצינורות דם אלו ומסייע בכך לאיבוד חום ולשמירה על טמפרטורת הגוף.
5. הפרווה של הגמל מחזירה כמות גדולה מקרינת השמש ומונעת את התחממות הגוף.

התאמות פיזיולוגיות:

1. אם הגמל שותה כמות גדולה מאוד של מים בפרק זמן קצר, או שאינו שותה במשך זמן ארוך, לא ייפגעו תאי הדם האדומים שלו. תאי הדם האדומים הם בעלי צורה סגלגלה, גמישים, חסרי גרעין ועמידים מאוד ללחץ האוסמוטי הגבוה הנוצר מעלייה בריכוז המומסים בדם עקב איבוד נוזלים.

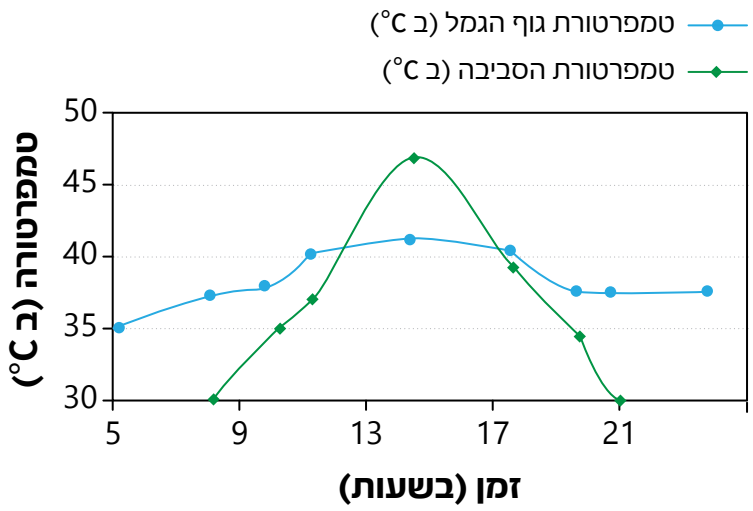
ריכוז NaCl (ב-%)	תאי דם אדומים של אדם	תאי דם אדומים של גמל
1.2% (תמיסה היפרטונית)	מצטמקים ונשברים	נותרים ללא שינוי
0.5% (תמיסה היפוטונית)	עוברים פירוק וקרומיהם נקרעים	נותרים ללא שינוי

טבלה 7: עמידות תאי דם אדומים של גמל ושל אדם בתמיסות מלח בריכוזים שונים

2. הגמל הוא בעל חיים הומיאותרמי, בעל יכולת לווסת את חום גופו. גופו עמיד לטווח טמפרטורות רחב של שינויים (בין 43 ל-24 מעלות צלזיוס). מנגנון זה שומר על טמפרטורת גוף גבוהה מטמפרטורת הסביבה לאורך רוב שעות היום (ראו איור 5), וקירור הגוף מתקיים בעיקר באמצעות הסעה וקרינת חום, ולא על ידי הזעה, תוך כדי חיסכון במים. מנגנון זה יעיל מאוד בסביבה שבה המים הם גורם מגביל.

תנאים	טווח טמפרטורות הגוף (°C)	טווח השינויים בטמפרטורת גוף של הגמל (°C)
מים בשפע	36.5-38.0	שינויים בטווח של 1.5 מעלות
חוסר מים (דהידרציה)	35.0-42.0	שינויים בטווח של 7 מעלות

טבלה 8: שינויים בטמפרטורת גופו של גמל בתנאים שונים



איור 5: טמפרטורת גופו של הגמל וטמפרטורת הסביבה לאורך שעות היממה

1. על פי איור 5, מה ההבדל בתנודות טמפרטורת גופו של הגמל לעומת התנודות בטמפרטורת הסביבה?
2. על פי טבלה 8, יש הבדל משמעותי בטמפרטורת הגוף של הגמל בזמנים שקיים בהם מחסור במים לעומת זמנים שיש בהם מים בשפע. מה היתרון בכך?
3. האם הגמל מתקיים בטווח טמפרטורה רחב? מה היתרון בכך?[45]

פעילות הרחבה

בסביבת החיים המדברית עסקנו בהתאמות של הגמל לסביבתו.

1. בחרו צמח או בעל חיים המותאמים לסביבת החיים המימית או לחורש הים תיכוני.
2. כיצד מותאם בעל החיים או הצמח שבחרתם לבית גידול שבו הוא מתקיים? סכמו את ההתאמות בטבלה.
3. התייחסו להתאמות פיזיולוגיות, ביוכימיות, ובמקרה של בעלי חיים גם להתאמות התנהגותיות.

פעילויות עם סרטים

א. ישראל הפראית 1- הנגב[46]

החל מדקה 1:55

1. עם אילו בעיות מתמודדים בעלי החיים במדבר?
2. אילו התאמות מאפיינות זאבים החיים במדבר?
3. מדוע הזאבים חיים בלהקות קטנות?
4. שרטטו מארג או שרשרת מזון המצויים בנגב.
5. לשם מה זאבים מכסים את עצמם בריח של פגרים?
6. מהן ההתאמות לחיים במדבר האופייניות לדרבנים?

החל מדקה 9:00

7. מה היתרון שמשיגים קיפודים בכך שהם צדים את טרפם בשעות הבוקר?
8. אילו התאמות מאפיינות את הקיפוד בעונת הקיץ?
9. אילו התאמות מאפיינות את הקיפוד בעונת בחורף?
10. מה סוג יחסי הגומלין בין הפסמון לבין המלוח?

החל מדקה 13:48

11. אילו התאמות מאפיינות את החוגלות?
12. אילו בעלי חיים מתאפיינים בהתגוננות קבוצתית?

החל מדקה 18:20

13. מהו מקור המזון העיקרי של צבי הנגב וצבי השיטים? מאילו חלקי הצמח הם ניזונים?

לדלג לדקה 24

14. מנו שלושה שמות של צמחים החיים בסביבה המדברית של הנגב.
15. מה מנגנון העמידות של צמחים אלה ליובש?
16. איזו התאמה מיוחדת מאפיינת את הכוכב הננסי?
17. מה מאפיין את מחזור החיים של הצמחים במדבר?
18. מה מאפיין את הרובס?

לדלג לדקה 28:45

19. אילו התאמות מאפיינות את עצי האלה האטלנטית?
20. אילו התאמות מאפיינות את עלי האלה האטלנטית?

הסרט ממשיך בתיאורי החיים של בעלי חיים שונים במדבר. אפשר להפסיק את הסרט לאחר תיאור האלה האטלנטית.



ב. ישראל הפראית 4 - תנודות בחבל הים תיכוני[47]

החל מדקה 8:15: שמורת הטבע הימית בראש הנקרה

1. אילו התאמות מאפיינות את דגי השפמית נוכח החיים במי הים התיכון?
2. מה היתרון של דג מקרל המלך בחיים במי הים התיכון?
3. מה מסייע לדג תוכינון האוכפים לשרוד?
4. שרטטו שרשרת מזון או מארג מזון בסביבת הים התיכון.
5. אילו התאמות מאפיינות את הברקן האדום? את גרזינון הכוכים?
6. מהו אמצעי הציד של הצניניות?
7. כיצד מתגונן חשמלן עינוני מפני טרופים?

אזור החורש הים תיכוני

החל מדקה 17:10

8. איזו התאמה הנקשרת להפצת זרעים מאפיינת את הכלניות?

החל מדקה 33:30

9. מהם אמצעי ההתגוננות של זעמן גדול?

החל מדקה 37:08: החיים של צבֵי המים

10. מה מאפיין את חום הגוף של הצבים?
11. לְמה נועד הראש הארוך של צב הים?
12. שרטטו את שרשרת המזון במים מלוחים ואת שרשרת המזון במים מתוקים.

החל מדקה 42:00: חורש ים תיכוני

13. תארו את ההשבה לטבע של אוכלוסיית הנשרים.
14. מה מאפיין את הצמחייה בחורש?
15. מה הייתה ההשפעה של השבת היחמורים לחי בר בכרמל?



הפניות

1 ראו: סביבות חיים (סרטון)

2 בכתיבת יחידה זו נעשה שימוש בחוברת "אקולוגיה" של האוניברסיטה הפתוחה, יחידה .6.3.1.1.

3 ראו פעילויות בנושא מערכות אקולוגיות: זאבים משנים פני שטח- סרטון ופעילות; בפעילות מודגם כיצד גורמים ביוטיים משפיעים על גורמים אביוטיים.

4 **תשובה:** צבע בהיר בולט על רקע אפלולית החורש ואילו אדום בולט במרחב הפתוח.

5 http://drorbn.blogspot.co.il/2016/04/salvia-hierosolymitana.html

6 הר נ., שני א., וריוב י. (2016). הדינמיקה של משק המים במערכת הסלע-קרקע-עץ ביער-פארק של אלון התבור ובחורש של אלון מצוי. אקולוגיה וסביבה 7 (1): 52-64.

7 רנדזינה היא סוג של קרקע חרסיתית שנוצרת מסלעי גיר רכים. צבעיה חומים או אפורים. רנדזינה חומה נמצאת בדרך כלל ביערות ואילו אפורה תימצא בדרך כלל בהרים. קרקעות אלו נחשבות לרדודות, אך עדיין עמוקות מעט יותר מטרה רוסה, וכאשר הן מתפתחות על מדרונות מתונים, נוח לגדל עליהן גידולים חקלאיים. אדמה זו בעלת ניקוז טוב ועשירה בגיר ובחומר אורגני.

8 צולם בגן הבוטני ירושלים על ידי ד"ר אורי פרגמן ספיר https://flora.org.il/en/plants/queith

9 **תשובות:**

1. שורשי אלון מצוי חודרים לסדקי סלע צרים עד לעומק של מספר מטרים
   שורשי אלון תבור חודרים לכיסי הקרקע בלבד עד לעומק של עד 1.5 מטר.
2. באלון מצוי הקירטון נקבובי וצפיפותו נמוכה, ותחום המים הזמינים מהווה 50% מנפח הסלע.
   באלון תבור הקירטון צפוף יותר ותחום המים הזמינים מהווה רק 24% מנפח הסלע.
3. לא. יש גורמים רבים המשפיעים על קליטת המים: עומק השורשים, סוג הקרקע, ועוד, ולכן אין מדובר רק בגורם יחיד.
4. אלון התבור, מאחר שהוא קולט אחוז גבוה יותר של מים. הוא גם קולט מים המרוחקים משורשיו.
5. מאחר שהעץ חסר עלים בחורף ואין איבוד מים בדיות, יותר מים נשמרים בקרקע.

10 Loos, J., Dayan, T., Drescher, N., Levanony, T., Maza, E., Shacham, B., ... & Assmann, T. (2011). Habitat preferences of the Levant Green Lizard, Lacerta media israelica (Peters, 1964) (Reptilia: Lacertidae). *Zoology in the Middle East, 52*(1), 17-28.

11 **תשובות**

1. הלטאה היא פויקילותרמית ולכן חיה במקומות מוצלים בקיץ על מנת לשמור על טמפרטורת גוף אופטימלית. באביב נדרשת הלטאה להעלות את טמפרטורת הגוף ועל כן נמצאת במקומות חשופים לשמש.
2. בעונות אלו הטמפרטורה החיצונית קרה עבור הלטאה. המטבוליזם בגוף הלטאה נמוך והיא אינה פעילה, לכן סביר שלא נמצאו לטאות, שכן קשה לצפות בהן כשהן לא בתנועה.
3. חיפוי סמיך מקנה טמפרטורה מאוזנת ולחות גבוהה.

12 חייהם הסודיים של הפיטופלנקטון (הרצאה בתרגום לעברית).
האם סיבי פלסטיק בבגדים מרעילים את הים? (מאמר בעברית).
בע"ח בכנרת (פעילות מתוקשבת).
על אלמוגים וחומציות (פעילות מתוקשבת).

13 **השלמות לטבלה:**

4. הקטנת המשקל הסגולי של הצמח על מנת לאפשר ציפה. אגירה והובלת חמצן לחלקים תת-מימיים, כולל שורשי הצמח.
5. עלים שטוחים וגדולים הצפים על פני המים.
6. אין צורך בוויסות כמות המים הנפלטת מהצמח. כך אפשר לקלוט CO_2 באופן תמידי.
7. הגדלת שטח פנים של העלה על מנת לקלוט יותר אור. בנוסף, הדבר מסייע למנוע קריעה של העלים בזמן סערה.

14 צוללנים המשתמשים בשנורקל מחקים פעולה זו, וזוהי דוגמה לחיקוי מן הטבע (ביומימקרי).

15 ראו: איך יש חיים בעומק הים החשוך? (מאמר קצר וסרטון).

16 Treberg, J. R., & Speers-Roesch, B. (2016). Does the physiology of chondrichthyan fishes constrain their distribution in the deep sea? Journal of Experimental Biology, 219(5), 615-625.

17 שלד של דגי הסחוס עשוי סחוס. עורם של דגים אלה עבה ועליו קשקשים קשיחים. סנפיריהם מוצקים וחסרי גמישות ומספרם אינו זוגי. נחיריהם מצויים בקדמת הראש ופיהם בדרך כלל בתחתיתו. לזימים אין מכסים; המים חודרים לזימים דרך שני נקבים בצד העליון של הראש. הם חסרי שלפוחית אוויר ולכן בתוך המים הם חייבים להיות בתנועה או לרבוץ על הקרקעית (רוב דגי הסחוס הם דגים המצויים סמוך לקרקע).

18 זוהי קבוצה של דגי גרם מקריני סנפיר, הנפוצים בים ובנהרות. רוב דגי המאכל נמצאים בקבוצה זו. רוב דגי הקבוצה הם דגים הנושמים רק באמצעות זימים.

19 למיני אצות שונים בים יש אנזים ניטרוגנאז המקבע חנקן אטמוספרי לאמוניה. האמוניה זמינה לצמחים ליצירת תרכובות חנקן כגון נוקלאוטידים וחומצות גרעין. במים עמוקים כמות האצות הללו נמוכה, על כן כמות הצמחים המכילים תרכובות חנקן נמוכה, ולכן גם כמות תרכובות החנקן הזמינות לדגים נמוכה.

20 המכמורת (Trawl) היא רשת שנועדה ללכוד דגי קרקעית הים המצויים רחוק מהחוף. רשתות אלו אינן ייעודיות ללכידת מינים מסוימים, וכל דג שיימצא באזור המכוסה בה ייתפס. כך נתפסים דגים קטנים שאינם בעלי ערך מסחרי וכן דגים ובעלי חיים רבים שאינם דגי מאכל.

21 מקור: דוח מצב הסביבה בישראל 2017.

22 **תשובות**

1. מספר מינים (עושר) מצביע על מגוון בתי הגידול הקיימים ועל האפשרות של מינים רבים להתקיים. מספר הפרטים (שפע) מצביע על כמות המשאב הזמינה לכל מין ומין. שקלול המידע של מספר מינים (עושר) עם מספר פרטים (שפע) מאפשר לחשב מגוון. ניכר כי יש הרבה יותר מינים מקומיים מאשר פולשים. עם זאת, מספר הפרטים הפולשים רב מאוד בעונות מסוימות, ואילו מספר הפרטים המקומיים יציב יותר בין העונות.
2. (א) מספר פרטים מקומיים - יותר בקיץ מאשר בחורף. גם בדגים וגם בסרטנים; (ב) מספר פרטים פולשים - הרבה יותר דגים בחורף מאשר בקיץ; (ג) מספר פרטים פולשים - הרבה יותר סרטנים בקיץ מאשר בחורף
3. (א) 31%; (ב) 38%; (ג) 58%; (ד) 70%.
4. כן, קיים הבדל. ייתכן שהדגים מגיעים ממקווי מים שהטמפרטורות בהם יורדות בחורף, והם שטים לאזורים כמו הים התיכון, שטמפרטורת המים בהם אינה נמוכה אלא נשארת מתונה גם בחורף.

23 מקור: דוח מצב הסביבה בישראל 2017.

24 חקלאות ימית מתמקדת בניצול אזורים המוצפים במים לגידול צמחייה ובעלי חיים. אחד הגידולים הימיים הנפוצים כיום הוא גידול דגים בכלובים המוצבים בים.

25 גידול אינטנסיבי של דגים בבריכות, באגמים או בנחלים בתנאים מבוקרים.

26 **תשובות**

1. באופן עקבי יש יותר טון דיג בים מאשר בכנרת. בהשוואה בין שני האזורים, במשך השנים ההפרש בין הדיג בשני המקומות הצטמצם.
2. ניצול יתר, ואולי תמותה עקב זיהום, גורמים, לאורך השנים, לירידה בכמות הדגה שניתן לדוג גם בכנרת וגם בים.
3. בכנרת מוסיפים דגיגים כדי להעשיר את הדגה בעונות מסוימות. בים הדבר אינו אפשרי.
4. אפשר לדאוג לפיקוח רב יותר על הדיג ולניהול דיג בר-קיימא. פיקוח כזה יכול להתחזק על ידי קביעת תנאים לקבלת רישיונות דיג, מגבלות על שיטות דיג, הגבלת הדיג בעונת הרבייה והגבלת אזורים האסורים בדיג מסחרי.

27 ראו: http://mafish.org.il/fishing-reform/main/; בפועל קיימים פרויקטים כמו "דגים באחריות", שמטרתם להפסיק שיטות דיג הרסניות, להגן על מינים נדירים ועוד.

28 בחלק זה נעשה שימוש בחומרים מהחוברת: חיים במדבר בהוצאת יד בן צבי.

29 צילום: אבינעם דנין, צמחיית ישראל ברשת flora.org.il.

30 ראו: גאופיטים כמבשרי הגשם (מאמר קצר בעברית).

31 **תשובות**:

1. האות הקובע את תחילת הפריחה הוא השינוי בין אורך היום והלילה.
2. המים, העמילן ושאר החומרים המזינים שנאגרים באיבר האגירה מאפשרים לצמח לשרוד את התקופה הקשה ולאפשר את הצמיחה בעונה הבאה.

32 בין הצמחים המדבריים העמידים ביובש ישנם רבים שהם בעלי ענפים או עלים בשרניים האוצרים בקרבם כמות גדולה של מים, כמו למשל היפרוק. יש דעות שונות באשר לתפקידה של תכונה זו. יש הטוענים כי הבשרניות נועדה לאגירת כמות גדולה של מים בתקופה הגשומה, שיתאדו בהדרגה בעונת הקיץ. חוקרים אחדים סבורים שהעלים והענפים הבשרניים חשובים דווקא לקיומו של תהליך הטמעה מיוחד המאפשר לפיוניות להיפתח בלילה ולהישאר סגורות במשך היום (בצמחי CAM). חוקרים אחרים טוענים כי תכונה זו התפתחה בצמחים הגדלים בקרקעות מלוחות. לדעתם, התפקיד העיקרי של כמות המים הגדולה בצמחים בשרניים הוא מהילת עודפי המלחים.

33 **תשובה**: בלילה הטמפרטורה נמוכה יותר ולכן האידוי יהיה קטן יותר.

34 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/da/Caralluma_europaea_1.jpg

35 צילום: אבינעם דנין, צמחיית ישראל ברשת flora.org.il.

36 Mizrahi, Y., Nerd, A., & Sitrit, Y. (2002). New fruits for arid climates. Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA, 378-384.

37 גבעולים עבים ובשרניים המכילים תאים אוגרי מים

38 **תשובות**

1. אחוז הפיוניות הפתוחות בגבעולי הפיטייה גבוה בשעות הלילה ונמוך במהלך היום.
2. כן, מאחר שצמחי CAM יכולים לנצל במהלך היום את הפחמן הדו חמצני שהם קלטו דרך הפיוניות במהלך הלילה.
3. מאחר שבצמחי CAM הפיוניות תמיד סגורות במשך היום ופתוחות בלילה, נמנע איבוד המים בתנאי היובש הקשים המאפיינים אזורים שגדלים בהם צמחי CAM.
4. עמידות מבנית.

39 הפרטים משקיעים אנרגיה במספר קטן יחסית של צאצאים, עקב התנאים הקשים במדבר והזמינות הנמוכה של המשאבים.

40 1. א. בסביבה יבשה עלולים בע"ח לסבול מהתייבשות. איבוד מים עלול לגרום לפגיעה בפעילות אנזימטית המתרחשת בסביבה מימית.

ב. טמפרטורה קיצונית עלולה לגרום להתייבשות ולדנטורציה של אנזימים.

2. הזיעה המופרשת מתאדה מעל פני העור: ההתאדות היא זו שמקררת את הגוף ומורידה את הטמפרטורה שלו.

41

ההתאמה בצמחים	סוג ההתאמה: התחמקות / עמידות (מבנית / פיזיולוגית)	התמודדות עם	צמח לדוגמה
צמחים חד-שנתיים	התחמקות מעונה יבשה	---	כוכב ננסי
גאופיטים	התחמקות מעונה יבשה	---	חבצלת הנגב, צבעוני המדבר
מערכת שורשים עמוקה ומסועפת	עמידות מבנית	מחסור במים	רותם המדבר, לענה חד-זרעית, זוגן השיח, שיטה סוככנית
צמחים בשרניים	עמידות מבנית	מחסור במים	זוגן שיח (עלים בשרניים)
צמחי CAM	עמידות פיזיולוגית	מחסור במים	קקטוס, אהל הגבישים
צמצום שטח העלים או נשירתם בעונה היבשה	עמידות מבנית	מחסור במים	רותם המדבר, זוגן השיח, כוכב במדבר, לענת המדבר
קוטיקולה עבה	עמידות מבנית	מחסור במים	יפרוק המדבר

ההתאמה בבעלי חיים	סוג ההתאמה (פיזיולוגית / מבנית / התנהגותית)	התמודדות עם	בעל חיים לדוגמה
ספיגה חוזרת של מים בכליה	מבנית	מחסור במים	גמל
צבע גוף בהיר	מבנית	התחממות יתר	חרדון המדבר, גמל
גודל הגוף	מבנית	התחממות יתר	קוצן מצוי
הפרשת פסולת חנקנית מוצקה	פיזיולוגית	מחסור במים	חרדון סיני, חרדון המדבר
הלחתה והזעה	פיזיולוגית	התחממות יתר	צבי
התאמת שעות הפעילות	התנהגותית	התחממות יתר	שממית זוטית, חולד

42 גרנות י., ברנד סול., ושחק מ. (2012) שינויים בגודל האוכלוסייה של טחבן המדבר כסמן להשפעת שינויים במשטר הגשמים על מערכות אקולוגיות בנגב. אקולוגיה וסביבה 3(2) 186-181.

43 **תשובות**

1. בשנים 1973-1992, שבהן הייתה כמות ממוצעת של גשמים, מספר המחילות היה הגדול ביותר לפי מחקר זה. ככל שעברו השנים, וכמות הגשמים ירדה, וכן גם רמת הבצורות נמשכה, מספר המחילות בשתי הנישות האקולוגיות שנבדקו ירד. בנישה של המדרון הטרשי,

מספר המחילות ירד באופן תלול יותר והירידה החלה כבר בשנים 1993–2000. בנישה של מישור הלס, מספר המחילות ירד רק בשנים 2001–2011 והירידה במספר מחילות הטחבנים הייתה מתונה יותר.

2. א. אם כמות הטחבנים תרד, תהיה פחות הוצאה של אדמה מלוחה מעומק הקרקע, פחות סחף של קרקע מלוחה על ידי נגר עילי, והקרקע תישאר מלוחה יותר.
   ב. מינים המותאמים לקרקע מלוחה יוכלו להתבסס במקום ולהתחרות בהצלחה במינים אחרים שאינם עמידים לקרקע מלוחה.
3. במישור הלס, לחות הקרקע נקבעת על ידי תוספת מים משיטפונות מהרכסים שמסביב ועל ידי קרקע עמוקה שעשויה לאגור כמויות גדולות של מים. החוקרים מציעים שמקור הנגר ונפח הקרקע שמים מסוגלים להיאגר בו בעומק ולהישאר בו לאורך זמן, הם הגורמים שמשפיעים על שרידותם של הטחבנים. במדרון הטרשי, נפח הקרקע קטן מזה שבמישור הלס, ולכן מאגר המים קטן יותר ואגירת המים בו תלויה במספר גדול של אירועי נגר הפוחתים בשנות בצורת. לכן, שנות הבצורת גרמו להתייבשות ולירידת כמות הטחבנים. במישור הלס, שמשטחי הלס בו רציפים ועמוקים, התקיימו אירועי גשם גדולים לפני תקופת הבצורות, שהזרימו כמויות נגר עילי גבוהות מהרכסים שמסביב, ואִפשרו לאדמת הלס לספוג כמויות גדולות של מים שנאגרו בקרקע הלס ונשמרו לטווח הארוך.
4. אם יהיו פחות טחבנים, כמות הלטאות והעופות תרד, מאחר שמקור מזון חיוני שלהם ייעלם או שכמותו תרד.

44 חלק זה מבוסס על:

Yagil, R. (1985). The desert camel. *Comparative physiological adaptation*. Karger.

45 **תשובות**

1. קיימות תנודות משמעותיות בין טמפרטורת הסביבה ביום לבין אלה שבלילה. טמפרטורת הגוף משתנה באופן מתון, למרות שינויים קיצוניים בטמפרטורת הסביבה.
2. כאשר יש מחסור במים היתרון הוא שהגוף אינו מתקרר על ידי הזעה, אלא רק על ידי הסעת חום ולכן מתחוללים שינויים בטמפרטורת הגוף. כשיש מספיק מים, הגוף יכול להזיע וכך לאבד את החום, ללא שינויים משמעותיים בטמפרטורת הגוף.
3. גופו של הגמל יכול להתקיים בתנודות משמעותיות בטמפרטורה.
4. טמפרטורת הגוף של הגמל יכולה להגיע עד 40.7°C. רק בטמפרטורה זו הגמל מתחיל להזיע כדי לקרר את גופו. טמפרטורת גופו יכולה לרדת עד 35°C. בזכות טמפרטורת גוף נמוכה זו, הגמל מקטין את כמות אנרגיה הנקלטת על ידי הקרינה במשך היום.

46 ישראל הפראית -1 הנגב (48 דקות)

47 ישראל הפראית -4 תנודות בחבל הים תיכוני (48 דקות)