



שרפה ברמות מנשה. שרפות הן אחת התופעות שמתקשרות באופן הדוק לשינוי האקלים | באדיבות המארג

רפי קנט

המארג – התכנית הלאומית לניטור מצב הטבע, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל-אביב

מיכל שורק

המארג – התכנית הלאומית לניטור מצב הטבע, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל-אביב

ציטוט מומלץ

קנט ר ושורק מ. 2019. השלכות שינוי האקלים על מערכות אקולוגיות בישראל ודרכי היערכות לקראתן. *אקולוגיה וסביבה* 10(4): 24-30.

השלכות שינוי האקלים על מערכות אקולוגיות בישראל ודרכי היערכות לקראתן

גיליון חורף 2019 / כרך 10(4) / היערכות למשבר האקלים | 5 בינואר, 2020

[סקירות](#)

על קצה המזלג

- בעשורים האחרונים חלה התדרדרות מסוכנת במצבן של המערכות האקולוגיות העולמיות, ומשבר האקלים רק מחריף את האיום על יציבותן.
- קשה להפריד בין השפעות שינוי האקלים על המערכות האקולוגיות לבין שלל ההשפעות האחרות עליהן. קושי זה מתבטא בין השאר במיעוט מידע מחקרי על ההשפעות הצפויות של שינוי האקלים על המערכות האקולוגיות בישראל.
- ההמלצות העיקריות להיערכות לשינוי אקלים עוסקות בחיזוק חוסנן של המערכות האקולוגיות כדי לשפר את יכולת ההסתגלות שלהן לשינויים – לדוגמה: הרחבת שמורות טבע, עיגון מסדרונות אקולוגיים ומאבק במינים פולשים – לצד ניטור מתמיד של השינויים והתגובות של המערכות האקולוגיות אליהם.

המערכת

תקציר

שינוי האקלים צפוי להשפיע על כלל המערכות האקולוגיות בישראל ובעולם, והשפעתו צפויה להשתנות בין המערכות האקולוגיות. על אף תשומת הלב הציבורית הרבה שהנושא מקבל בעיתונות הפופולרית, ישנו מספר קטן יחסית של מאמרים שפרסמו מסקנות משמעותיות. ישראל נמצאת בתחתית המדינות המפותחות במספר המאמרים הבוחנים את השפעת שינוי האקלים על מערכות אקולוגיות. עם זאת, קיימים דיווחים על השפעות דיפרנציאליות, לדוגמה על חברות הצומח העשבוני והמעוצה לאורך המפל האקלימי בישראל, וכן לגבי שינויים בגודלי אוכלוסיות של מינים

ימיים. השפעות חזויות נוספות כוללות הרחבת אזור החיץ המדברי בעקבות מדבור, פגיעה בשוניות והגברת החדירה של מינים פולשים.

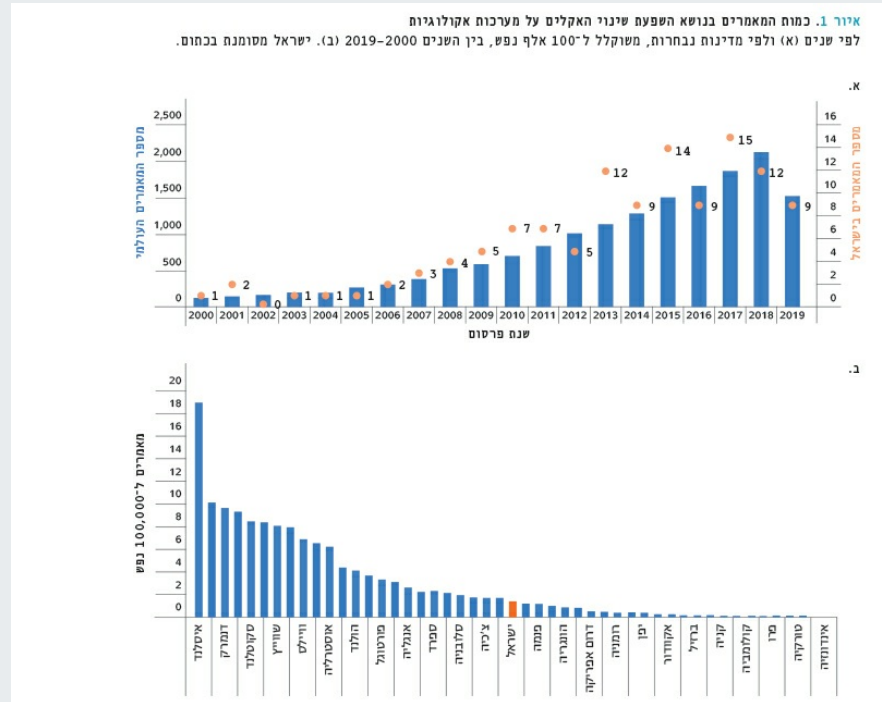
רשויות המדינה שאחראיות על ההיערכות לקראת שינוי אקלים מכינות תוכניות שיש בהן צעדים כלליים, כגון הרחבת שמורות טבע ושיקום נתיבי מים מתוקים, וכן מספר פעולות מקומיות, כגון הצללת שוניות האלמוגים באילת כדי להקטין את ההשפעות הצפויות או יצירת מסדרונות אקולוגיים שיאפשרו למינים תנועה רציפה לאזורי מחיה חדשים לנוכח הסטת תנאי הסביבה צפונה ולרום גבוה יותר.

פער הידע הקיים, הכולל השפעות ספציפיות, ובעיקר מעבר בין הסקאלה המקומית ללאומית, חייב לקבל תשומת לב מוגברת במחקרים בשנים הקרובות כדי לאפשר היערכות וממשק מבוססי ידע לעתיד. פער משמעותי נוסף כולל את הערכת ההשפעה של שינוי האקלים על שירותי המערכות האקולוגיות. מלבד מחקרים בודדים, שבחנו את השפעת האקלים על שירותי האבקה, לא נבחנו השפעה על שירותי מערכות אקולוגיות אחרים. לשירותי המערכת האקולוגית ישנה השפעה ישירה על רווחת האדם, ולכן יש צורך לפעול כדי לצמצם את פערי הידע הללו.

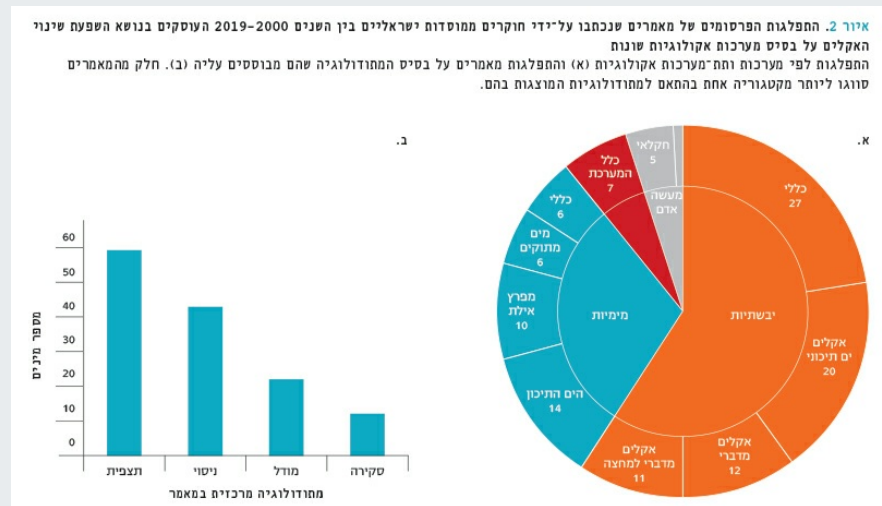
במאמר זה נסקור את ההשפעות הצפויות של שינוי האקלים המתרחש בעשורים האחרונים בעולם בכלל ובישראל בפרט, על מערכות אקולוגיות, מתוך הבנה ששינוי האקלים וביטוייו צפויים להימשך ואף להחמיר בעשורים הקרובים ([ראו עוד בגיליון זה](#)). כמו כן, נסקור את דרכי היערכות המוצעות כיום ואת ההשפעה הפוטנציאלית שלהן על המערכות האקולוגיות בישראל.

בעוד ששינוי האקלים והשפעתו על מערכות אקולוגיות זוכים לתשומת לב ציבורית רבה בישראל ובעולם, בפועל יש בנמצא מספר קטן יחסית של פרסומים אקדמיים העוסקים ישירות בהשפעות אלה. לדוגמה, מספר המאמרים שכללו את צירוף המילים "השפעת שינוי אקלים על מערכות אקולוגיות" ("climate change effects on ecosystems"), נמצא החל בשנת 2000 בעלייה איטית יחסית, אך בשנת 2019 נרשמה ירידה בכמות העבודות והמחקרים שהתפרסמו בעולם בתחום ([איור 1א](#)). כמות המאמרים שפרסמו חוקרים ישראלים היוותה כ-0.7% מהמחקרים שפורסמו בעולם, ובשקלול לפי מספר המאמרים ל-100 אלף נפש, ישראל ממוקמת במקום ה-24 ([איור 1ב](#)). בחינה של התמקדות המאמרים (מישראל) במערכות האקולוגיות השונות, מראה שמספר הפרסומים על אודות המערכות היבשתיות עומד על 70, בעוד שבנושא מערכות מימיות התפרסמו 36 מאמרים בלבד. יש לציין שמערכות אלה הן מערכות רגישות, שכבר כיום נצפית בהן פגיעה ממשית בעקבות שינוי האקלים ([איור 2א](#)). פילוח נוסף של המאמרים מראה כי רוב המחקר בישראל עוסק בתצפיות ובאיסוף נתונים, בעוד שכמות הניסויים, השימוש במודלים ומאמרי הסקירה והסינתזה פחותה משמעותית ([איור 2ב](#)).

חלק גדול מבין ההשפעות הצפויות של שינוי האקלים על מערכות אקולוגיות קשורות להסטה של תחומי המחיה של מינים ים תיכוניים בסדר גודל של כ-300-500 ק"מ צפונה, ו-300-600 מטר רום מעל פני הים ^[23, 31]. חשוב לציין שקיימים פערי ידע משמעותיים המצריכים מחקרים נוספים ^[3], ושמערכות אקולוגיות שונות צפויות להיות מושפעות בצורות שונות. בחלק הבא של המאמר נסקור את השפעות שינוי האקלים על המערכות האקולוגיות המרכזיות בישראל.



איור 1
כמות המאמרים בנושא השפעת שינוי האקלים על מערכות אקולוגיות
 לפי שנים (א) ולפי מדינות נבחרות, משוקלל ל-100 אלף נפש, בין השנים 2000–2019 (ב). ישראל מסומנת באדום.



איור 2
התפלגות הפרסומים של מאמרים שנכתבו על-ידי חוקרים ממוסדות ישראליות בין השנים 2000–2019 העוסקים בנושא השפעת שינוי האקלים על בסיס מערכות אקולוגיות שונות

השפעות שינוי האקלים על המערכות האקולוגיות המרכזיות בישראל

המערכות האקולוגיות היבשתיות

פגיעה באזורי יער וחורש – המערכות האקולוגיות היבשיות הן בעלות חשיבות גבוהה מבחינת המגוון הביולוגי ואספקת שירותי המערכת [7, 18, 27, 29]. שינוי האקלים, הקשור לשינויים בטמפרטורה, במשקעים ובעונתיות, צפוי להשפיע באופן ישיר על המערכות האקולוגיות בראש ובראשונה דרך הפיזיולוגיה של היצרנים

הראשוניים. הירידה הצפויה בכמות המשקעים לצד עלייה הצפויה בשונות הפיזור צפויות להקטין את היכולת של צמחים לבצע פוטוסינתזה. ההשפעה צפויה להיות חזקה יותר על עשבוניים חד-שנתיים מאשר על שיחים ועצים, במיוחד ככל שמדרימים לאורך מפל המשקעים בישראל [14]. בניסוי מניפולציה שבחן השפעה של כמויות משקעים על שרידות נבטי שיחים מעוצים, נמצא שיחסי גומלין ביוטיים הקטינו בצורה משמעותית את האפקט של השינוי בכמות משקעים שהצמחים קיבלו, בניגוד לתחזיות החוקרים. התוצאות לא היו אחידות, ובחלק מהטיפולים נמצאה מגמה הפוכה. תמותת אלונים בכרמל ובגליל התחתון בעקבות התייבשות שאירעה בשנת 2000 גרמה למותם של 12 מתוך 25 אלונים מצויים (*Quercus calliprinos*) בתוך שנתיים [10]. בתרחיש של שינוי אקלים שעלול להוביל לאירועי התייבשות בתדירות גוברת, הממצאים הללו מרמזים על סיכון לאוכלוסיות האלונים בחבל הים תיכוני ולמערכת האקולוגית הים תיכונית כולה.

השפעה עקיפה אך משמעותית של שינוי האקלים באזורי האקלים הים תיכוני היא עלייה צפויה בסיכון לשרפות עקב עלייה במספרן של התקופות היבשות ובאורכן [28,16]. שרפות חוזרות ונשנות עלולות לשנות משמעותית את חברת הצומח [35,25,19,11] ובעקבותיה גם את חברת החי, ובסופו של דבר לשנות את תפקוד המערכת האקולוגית כולה. מנגד, ישנם חוקרים הטוענים כי צפויה עלייה מסוימת ביצרנות הראשונית בגלל דישון בפחמן דו-חמצני, שעשויה למתן במידה מסוימת את הירידה ביצרנות הראשונית ולהאט את ההתייבשות, וזאת בשל שיפור יעילות ניצול המים של צמחים מסוימים במערכות השונות בישראל [26].

המערכות האקולוגיות המדבריות – במערכות האקולוגיות היבשתיות של ישראל שינוי האקלים צפוי להעצים את החום והיובש, ובעיקר להשפיע במערכות המדבריות. כבר כעת ישנם ממצאים המצביעים על השפעה אפשרית של שינוי האקלים, ובהם: א. תוצאותיה של תמותת שיחים בדרום הערבה בין השנים 1997–2009. תמותה זו גררה ירידה בזמינות המזון לפרסתניים גדולים – יעלים וצבאים – וירידה כללית של אנרגיה במארג המזון [1]; ב. התייבשות ותמותה של שיחים בצפון הנגב יחד עם ירידה משמעותית בייצור הראשוני של המערכת וירידה כללית במגוון הצמחים ובעלי החיים, שנגרמו באופן ישיר מהתייבשות ובאופן משני בשל אובדן השיחים ששימשו מבלע למים עבור כלל המערכת באזור אילת [13]; ג. בצורת מתמשכת שהביאה לירידה של 50% בגודל אוכלוסיית היעלים [6]; ד. תמותה של שיטים, מין מפתח במארג המזון בערבה המקושרת לירידה בכמות המשקעים [4]. במערכות היבשתיות צפוי כי חלק מהצמחים ומבעלי החיים יוכלו להסתגל לתנאים החדשים ולהישאר באותם אזורים, ואילו מינים שלא יוכלו להסתגל, צפויים להגר צפונה, אל אזורים שיתקיימו בהם תנאים דומים לתנאים שהורגלו אליהם. כדי שהמינים האלה ישרדו ויצליחו להגר צפונה, הם צריכים רצף של שטחים טבעיים. שטחים בנויים, שטחים חקלאיים ותשתיות, הקוטעים את הרצף הטבעי, עלולים להגביל את הנדידה צפונה של מינים אלה ולהוביל להכחדה [3].



התייבשות אורנים ביער חוף הכרמל

פגיעה במערכות האקולוגיות המימיות

אגנים פנימיים ונחלים: ירידה בכמות המים – מגמה עתידית המצביעה על פחיתה בכמויות המשקעים בישראל עתידה ליצור ירידה בכמות המים בכלל האגנים – בכינרת, בים המלח, בנחלים ובמקווי מים זמניים. מודלים

שבחנו את ההשפעות של שינוי האקלים על ימת הכינרת מצביעים על פחת של כ-2.5 מיליון קוב מים בשנה ובעקבותיו על ירידה במפלס המים ועלייה במליחות האגם. שינויים אלה יפגעו בכושר הרבייה של הדגים, במארג המזון בימה וכן באוכלוסיות החיות באזור המים הרדודים [30]. פגיעה בכמויות המים בנחלים ובאגני הניקוז תגרום גם פגיעה באוכלוסיות של בעלי חיים הצורכים את המים בכלל המערכות האקולוגיות היבשתיות

הים התיכון: עליית טמפרטורה, עליית המפלס ועליית תדירות הסערות – שינוי האקלים, כפי שבא לידי ביטוי בים התיכון, כולל: עליית טמפרטורת המים, עליית המפלס, החמצת מי הים ועליית תדירות הסערות. ככל הנראה קיים אפקט מאגבר בין התחממות המים ופלישת מינים טרופיים הגורמים לשינוי במגוון הביולוגי במערכת. המינים הטרופיים מקורם בים סוף שמימיו חמים ממי הים התיכון, ועל כן הם בעלי יתרון תחרותי על המינים המקומיים [12]. בין השנים 1992 ל-2012 עלה מפלס הים בכ-12 ס"מ [17], והמשך עלייה זו עלול לגרום לשינוי אקולוגי משמעותי בבית הגידול של חוף הים הסלעי בכלל, ובפרט בטבלאות הגידוד, שהן בית גידול ייחודי ובעל חשיבות רבה. פגיעה נוספת בטבלאות הגידוד נגרמת עקב התגברות אירועי השרב בעשורים האחרונים, הגורמים לתמותה משמעותית של אצות ובעלי חיים, וזאת מכיוון שהם מלווים ברוחות מזרחיות עזות המשטחות את הים בקרבת החוף וחושפות את טבלאות הגידוד לאוויר למשך שעות ארוכות ולעיתים אף למשך ימים ושבועות [37]. במקביל, עלייה בטמפרטורת המים מלווה בעלייה ברמת החומציות, שפוגעת ביכולת של אורגניזמים המשקיעים שלד לעשות זאת, וכך נפגע הבסיס לסלע הביוגני שמרכיב את בית הגידול.

מפרץ אילת: פגיעה בשוניות האלמוגים – על פי מחקרים מהשנים האחרונות [24,21] אלמוגים בשונית במפרץ אילת מראים עמידות לטווח של עלייה ב-1-2 מעלות צלזיוס מעל הטמפרטורה המרבית שהם חשופים אליה בקיץ כעת וכן לעלייה בחומציות המים. האלמוגים במפרץ אילת הסתגלו לחום הרב של דרום ים סוף, ועל כן יהיו מסוגלים לשרוד היטב במפרץ אילת הקר יותר גם אם הטמפרטורות בו יעלו במספר מעלות, כפי שקורה וצפוי להימשך במהלך העשורים הבאים.



חלזונות מהמין הפולש *Thiara scabra* במים רדודים לחוף הכינרת, נובמבר 2018. הפלישה הנרחבת של החילזון מקושרת לשינויי המפלס | צילום: תמר זהרי

השפעות רוחביות של שינוי האקלים על כלל המערכות האקולוגיות בישראל

שינוי בגודל אוכלוסיות והכחדת מינים

כיום בישראל אין עדות להכחדה מקומית של מין יבשתי בעקבות שינוי האקלים. לעומת זאת, ישנן עדויות לירידה משמעותית בתפוצה של מינים בים התיכון. דוגמה לכך היא קיפוד הים (*Paracentrotus lividus*). בשנות ה-70 נצפתה צפיפות של 2-10 פרטים של קיפוד ים למ"ר, ואילו בין השנים 2010-2015 אותרו לאורך 80 ק"מ של החוף 19 פרטים בלבד. נוסף על כך, ניסוי מעבדה הראו כי התחממות המים אכן גורמת לתמותה נרחבת של קיפוד הים [36,33]. כמו כן, המגוון הביולוגי באזורים של פליטת מים חמים מתחנות כוח, נמצא שונה במידה רבה מהמגוון הביולוגי באזורי ביקורת [15], ממצא המעיד על תחלופה של המגוון הביולוגי בהתאמה לשינוי הטמפרטורה. חשוב לציין כי מינים מקומיים רבים שתוארו בעבר כנפוצים ביותר, לא נמצאים כיום בשוניות הרדודות לחופי ישראל [34].

עלייה בכמות המינים הפולשים

שינויים בבתי גידול טבעיים כמו במקרה של שינוי אקלים עלולים לגרום לכך שהמינים המקומיים יאבדו את היתרון היחסי על המין האקזוטי [22,20]. עדויות להתבססות של מינים פולשים הקשורות לשינוי האקלים נמצאו בישראל בעיקר בבתי גידול מימיים וימיים, למשל פריחת אצות כחוליות פולשות מקבעות חנקן בימת הכינרת. שני מינים פולשים מופיעים בכל קיץ, ובחלק מהשנים יוצרים פריחות קיציות נרחבות, שכמותן לא נצפו בעבר בכינרת. אחד משני המינים הפולשים מייצר רעלנים שפוגעים באיכות המים כמקור למי שתייה. ככלל, לאצות כחוליות יתרון בטמפרטורות גבוהות, וסביר שעם ההתחממות העולמית ירבו אירועי הפריחות [6]. דוגמה נוספת היא של החילזון הפולש (*Thiara scabra* (Pseudoplotia)). זהו מין חילזון שמקורו במזרח אסיה ומגדלים אותו באקווריומים. מין זה הגיע לכינרת כנראה באמצע העשור הראשון של המאה ה-21, כאשר המינים האנדמיים היו בשפל. במהלך שנת 2010 השתלט המין על האגם כולו, וכיום הוא מהווה 95% מפאונת החלזונות, תוך דחיקת שלושה מינים מקומיים [5].

היערכות לצמצום השפעות שינוי האקלים על מערכות אקולוגיות בישראל

המשרד להגנת הסביבה מרכז את היערכות הבין-משרדית לשינוי האקלים. בהתאם להחלטת ממשלה שהתקבלה בשנת 2009, הוקם ב-2011 מרכז הידע הישראלי להיערכות לשינוי אקלים, שמטרתו לשמש בסיס לתוכנית לאומית להיערכות ישראל לשינוי אקלים. המרכז הוציא מספר דו"חות שמרכזים את הידע הנצבר ואת פערי הידע הדורשים השלמה [8]. החלטת ממשלה נוספת התקבלה בנושא היערכות לאומית לשינוי אקלים (החלטה 4079, יולי 2018), ואחת ממטרות-העל שבה הייתה הגברת העמידות של מערכות אקולוגיות לשינויים הנובעים מהשינוי הצפוי באקלים. במסגרת יישום החלטת ממשלה 4079 מיולי 2018 מקדם המשרד תוכנית חומש שתתמקד בפעולות מיידיות שיתרמו לעמידות המערכות האקולוגיות (ראו עוד בגיליון זה)

רשות הטבע והגנים נערכת כיום לשינוי האקלים במסגרת הפעולות שהיא מבצעת לצורך שמירת טבע. אף על פי שלא קיימת מדיניות רשמית ברשות להיערכות לשינוי אקלים, ישנן פעולות המתבצעות על-ידי הרשות לצורכי שמירת טבע. הפעולות כוללות הגדלת שטחי שמורות הטבע, הסדרת התכנון של מסדרונות אקולוגיים וטיפול במינים פולשים ובמינים בסכנת הכחדה, הצפויים להיפגע משינוי האקלים. נוסף על כך, הרשות מכינה ומעדכנת ספרים אדומים עבור מגוון קבוצות מינים. כמו כן, במסגרת היערכות של המשרד להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים, מפעיל המארג – תוכנית הניטור הלאומית, תוכנית המנטרת השפעות של שינוי האקלים על צומח מעוצה במגוון מערכות אקולוגיות בישראל (ראו עוד בגיליון זה).

פערי ידע

כפי שצינו בפתיחת מאמר זה, מספר המחקרים הבוחנים באופן מפורש את השפעות שינוי האקלים הנמדדות וכן הצפויות – נמוך, בעיקר ביחס לתשומת הלב הציבורית שהנושא מקבל בתקשורת ההמונים. דו"ח של מרכז הידע הישראלי להיערכות לשינוי אקלים מציין זאת במפורש [9]. עם זאת, בהתבסס על ידע עולמי ומקומי, ניתן להעריך באופן גס את השינויים הצפויים להתרחש במערכות האקולוגיות בישראל. יש לציין, כי קיים צורך דחוף במחקרים שיבחנו את ההשפעות המשולבות של שינוי האקלים ותהליכים נוספים, כגון יחסי גומלין בין מינים שונים, יחסי גומלין בין מינים וסביבתם הפיזית, השפעות צפויות על פעילות אנושית ועוד. לפי אותו היגיון, היערכות לקראת שינוי האקלים הצפוי צריכה להיות מבוססת על רמת חוסר-ודאות גבוהה של היכולת לחזות את התגובות של מכלול מינים. בצל חוסר-ודאות זה, הגופים האחראים על היערכות שכזאת משתמשים בגישה שמרנית, כלומר מתיכונים באופן שיתן מענה כללי לשינויים הצפויים. ברמה הלאומית, למרות פערי הידע שנמצאו, ישנה התייחסות והיערכות. בשלטון המקומי יש התייחסות פחותה לנושא השפעת שינוי האקלים על הטבע העירוני. הדבר נובע משני גורמים – חוסר מודעות בקרב מקבלי החלטות, ומחסור משמעותי במחקרים שבוחנים את הקשרים בין הטבע העירוני, תופעת אי החום העירוני ושינוי האקלים. מחקרים ופעולות בסקלות השונות הללו, כולל הקמה של מסדרונות אקולוגיים שמקשרים בין שטחים טבעיים ועושים שימוש חיוני בטבע העירוני כחלק ממאמצי השימור והיערכות, הם בעלי חשיבות רבה, ואנו ממליצים למלא את פער הידע הזה בעתיד הקרוב.

פערי ידע משמעותי נוסף נמצא בתחום של שירותי המערכת האקולוגית. בעוד בעולם הצטבר ידע ביחס לקשר בין שינוי האקלים לשירותי המערכת במגוון תחומים (כגון השפעה על שירותים הידרולוגיים, קיבוע פחמן, האבקה), בסקירה שלנו נמצא שהנושאים שנחקרו בישראל קשורים בעיקר למגוון הביולוגי. שירותי המערכת האקולוגית העיקרי שנבחן בישראל הוא השפעת שינוי האקלים על שירותי האבקה, ודרכי ההתמודדות עם פגיעה במאביקים על-ידי שימוש בדבורי בומבוס מיובאת [32,2]. הקשר בין שירותי המערכת האקולוגית ושינוי האקלים הצפוי הוא בעל חשיבות כלכלית, אקולוגית וחברתית רבה, ולכן לדעתנו יש לפעול למלא את הפער הזה בהקדם.

הלכה למעשה

לנוכח שינוי האקלים הצפוי באזורנו והפחיתה בכמויות המשקעים והמים הזמינים בכינרת, רשות המים נערכת לתגבור המים בצפון ובאגם הכינרת בפרט. התגבור ייעשה באמצעות העברת מים מותפלים ומים ממערכת המים הארצית לאגם, בכמויות שישתנו לפי הצרכים, החל ב-2022. כמו כן, החליטה רשות המים לחבר לרשת המים הארצית את האגן המנותק של מעלה הכינרת (כמו גם את העמקים המזרחיים), וכך יינתן בין השאר מענה לפחיתה בזרימת המים בנחלי מעלה הכינרת.

לקראת הזרמת המים לכינרת מבוצעות בדיקות מעבדה לבחינת השפעתם על המערכת האקולוגית של הכינרת (למשל על ההרכב הגאוכימי ועל פריחת אצות כחוליות). כמו כן, לצורך ניטור פריחת אצות הוספו תשע נקודות דגימה חדשות בצפון האגם (שם מתרחשת בדרך כלל הפריחה), ומתוכננת הצבת מערכת למדידה רציפה של מספר פרמטרים במי האגם. בשל חשש מריכוזים גבוהים של רעלנים באגם מתבצעת כיום בחינה ראשונית של שיטות לטיפול מיטבי בהם.

פיראס תלחמי, מ"מ מנהל תחום ניטור הכינרת, רשות המים

מקורות

1. אחרון-פרומקין ת. 2011. דו"ח מצב הטבע 2010. המארג, בחסות האקדמיה הישראלית למדעים.
2. אפרת ח, סלבצקי ס וויל ד. 2007. דבורים מתות בסתר. *עלון הנוטע מאי*.
3. גבאי ע, שטרנברג מ, אנג'ל ד ואחרים. 2014. האיומים על המגוון הביולוגי בישראל בעידן של שינוי אקלים – קריאה להקמת מרכז לאומי לחקר שינוי האקלים בישראל. *אקולוגיה וסביבה* 5(2): 171-161.
4. רונר א, רפפורט ע, שגב נ ואחרים. 2017. תוכנית ניטור שיטים אחידה בערבה. *מחקרי הנגב, ים המלח והערבה* 9(1): 14-1.
5. דולב ע. 2012. חידת המין הפולש. *ארץ הכנרת* 3: 38.
6. זלץ ד ולנדאו ס. 2009. השפעת שינוי אקלים על פרסתניים בעלי דו-פרצופיות זוויתית. מוגש למדען הראשי המשרד להגנת הסביבה.
7. לוטן א, גרוסברד ש, ספריאל א ופייטלסון ע (עורכים). 2018. מערכות אקולוגיות ורווחת האדם – הערכה לאומית, דו"ח ממצאי מפתח. תל-אביב: המארג.
8. מרכז הידע הישראלי להיערכות לשינויי אקלים. ICCIC.
9. מרכז הידע הישראלי להיערכות לשינויי אקלים. 2011. דו"ח מספר 1: סקירת ידע קיים, זיהוי פערי ידע ועדיפות להשלמתם.
10. סבר נ ונאמן ג. 2008. התייבשות והתאוששות של עצי אלון מצוי בישראל לאחר רצף של שנות בצורת. *יער* 10: 16-10.
11. ספיר ג וכרמל י. 2010. חיזוי התחדשות צומח אחרי שרפה ביערות אורן נטועים. *אקולוגיה וסביבה* 3: 23-14.
12. רילוב ג וגיא חיים ת. 2014. שוניות סלעיות בליטורל חופי הים התיכון הישראלי – אקוסיסטמות בשינוי פאזה. בתוך: סטמבלר נ (עורכת). הוד הים: יציבות ושינוי במערכות הימיות של ישראל.

ישראל: העמותה הישראלית למדעי הימים.

13. שחק מ וקרניאלי א. 2009. עלייה בתדירות הבצורות וקריסת מערכות אקולוגיות בנגב: הקשר בין שינויי אקלים ותפקוד אקו-סיסטמות. כנס שינויי אקלים בישראל 2009 – הערכת מצב. 15.9.2009. חוברת תקצירים של הכנס. המשרד להגנת הסביבה, המדען הראשי.
14. שטרנברג מ, הראל ד, קיגל ח ואחרים. 2009. השפעת שינויי אקלים על אקוסיסטמות יבשתיות: גישה ניסויית לאורך מפל צחיחות בישראל. חוברת תקצירים של כנס שינויי אקלים בישראל 2009 – הערכת מצב. 15 בספטמבר 2009. המשרד להגנת הסביבה, המדען הראשי.
15. שיינין א, ברנע א, אדליסט ד ואחרים. 2013. דו"ח מצב הטבע בים התיכון, 2013. ירושלים: המארג, בחסות האקדמיה הישראלית למדעים.
16. Bedia J, Herrera S, Camia A, et al. 2014. Forest fire danger projections in the Mediterranean using ENSEMBLES regional climate change scenarios. *Climatic Change* **122**(1-2): 185-199
17. Clark R, Stewards WW, Joyce J, and Council WE. 2014. Disturbance monitoring in Smith and Minor Islands Washington Department of Natural Resources Aquatic Reserve. Final monitoring report
18. Cuttelod A, García N, Malak DA, et al. 2009. The Mediterranean: A biodiversity hotspot under threat. In: Vie JC, Hilton-Taylor C, and Stuart SN (Eds). *Wildlife in a Changing World – An analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN: Gland. ((Switzerland
19. Díaz-Delgado R, Lloret F, Pons X, and Terradas J. 2002. Satellite evidence of decreasing resilience in Mediterranean plant communities after recurrent wildfires. *Ecology* **83**(8): 2293-2303
20. Dukes JS and Mooney HA. 1999. Does global change increase the success of biological invaders? *Trends in Ecology and Evolution* **14**(4): 135-139
21. Fine M, Cinar M, Voolstra CR, et al. 2019. Coral reefs of the Red Sea – Challenges and potential solutions. *Regional Studies in Marine Science* **25**: 100498
22. Gritti ES, Smith B, and Sykes MT. 2006. Vulnerability of Mediterranean basin ecosystems to climate change and invasion by exotic plant species. *Journal of Biogeography* **33**(1): 145-157
23. Jeftic L. 1993. Implications of expected climate change in the Mediterranean region. In: Graber M, Cohen A, and Magaritz M (Eds). *Regional implications of future climate change. Proceedings of an international workshop, Weizmann Institute of Science; 28 April – 2 May 1991; Rehovot, Israel*
24. Krueger T, Horwitz N, Bodin J, et al. 2017. Common reef-building coral in the Northern Red Sea resistant to elevated temperature and acidification. *Royal Society Open Science* **4**(5): 170038
25. Malkinson D, Wittenberg L, Beeri O, and Barzilai R. 2011. Effects of repeated fires on the structure, composition, and dynamics of Mediterranean maquis: Short-and long-term perspectives. *Ecosystems* **14**(3): 478-488
26. Maseyk K, Hemming D, Angert A, et al. 2011. Increase in water-use efficiency and underlying processes in pine forests across a precipitation gradient in the dry Mediterranean region over the past 30 years. *Oecologia* **167**(2): 573-585
27. Médail F and Quézel P. 1999. Biodiversity hotspots in the Mediterranean Basin: Setting

- .global conservation priorities. *Conservation Biology* **13**(6): 1510-1513
- Moriondo M, Good P, Durao R, et al. 2006. Potential impact of climate change on fire .28
.risk in the Mediterranean area. *Climate Research* **31**(1): 85-95
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, et al. 2000. Biodiversity hotspots for .29
.conservation priorities. *Nature* **403**(6772): 853-858
- Ostrovsky I, Rimmer A, Yacobi YZ, et al. 2013. Long-term changes in the Lake Kinneret .30
ecosystem: The effects of climate change and anthropogenic factors. In: Goldman CR,
Kumagai M, and Robarts RD (Eds). *Climatic change and global warming of inland
waters: Impacts and mitigation for ecosystems and societies*. Chichester (UK): John
.Wiley & Sons, Ltd
- Pe'er G and Safriel UN. 2000. Climate change: Israel national report under the United .31
Nations Framework Convention on Climate Change: Impact, vulnerability and
.adaptation. Sede Boqer: Ben-Gurion University of the Negev
- Potts SG, Roberts SPM, Dean R, et al. 2010. Declines of managed honey bees and .32
.beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research* **49**(1): 15-22
- Rilov G. 2016. Multi-species collapses at the warm edge of a warming sea. *Scientific* .33
.Reports **6**: 36897
- Rilov G, Peleg O, Yeruham E, et al. 2018. Alien turf: Overfishing, overgrazing and .34
invader domination in southeastern Levant reef ecosystems. *Aquatic Conservation:
.Marine and Freshwater Ecosystems* **28**(2): 351-369
- Tessler N, Sapir Y, Wittenberg L, and Greenbaum N. 2016. Recovery of Mediterranean .35
vegetation after recurrent forest fires: Insight from the 2010 forest fire on Mount
.Carmel, Israel. *Land Degradation and Development* **27**(5): 1424-1431
- Yeruham E, Rilov G, Shpigel M, and Abelson A. 2015. Collapse of the echinoid .36
Paracentrotus lividus populations in the Eastern Mediterranean – result of climate
.change? *Scientific Reports* **5**: 13479
- Zamir R, Alpert P, and Rilov G. 2018. Increase in weather patterns generating extreme .37
desiccation events: Implications for Mediterranean rocky shore

קריאה נוספת

אתר מרכז הידע הישראלי להיערכות לשינויי אקלים, המרכז חומרים רבים, כולל דו"חות ופרסומים
בנושא ההיערכות לשינויי האקלים בישראל.

www.iccic.org.il

ראיונות עם אנשי מקצוע ובעלי עניין בנוגע להשפעות ורמת המוכנות לשינויי האקלים בישראל במגוון
רחב של תחומים. פרקים א.5.2, א.3.3 ו-א.6.4 רלוונטיים למאמר זה.
קליאוסט נ, פז ש וקידר א. 2008. [מסגרות הבנה להיערכות לשינויי אקלים בישראל](#). הוגש למדען הראשי של
המשרד להגנת הסביבה.