



**הקשר הדו-כיווני בין מערכות
האקלים והמערכות האקולוגיות -
מדיניות ופתרונות מבוססי-טבע
להתמודדות עם משבר האקלים**

החברה להגנת הטבע, מרץ 2023

כתיבה: תמרה לוטנר לב, שירה ליברטי, שחר מזרחי

עריכה לשונית: אפרת כרמון

עיצוב: סטודיו בילט

תודה לכל מי שסייע, קרא, העיר והאיר:

איריס האן, דן אלון, דנה אלשטיין, עידן ברנע, יעל זילברשטיין-ברזידה, אסף זנזורי,
אלי חביב, דניאל חנין בקר. כמו כן תודה לצלמים שתורמו מתמונותיהם לפרסום זה.
מסמך זה נכתב בתמיכה כספית של המשרד להגנת הסביבה, ותודתנו נתונה גם לו.
הדברים האמורים במסמך הם על אחריות הכותבים בלבד.

© כל הזכויות שמורות לחברה להגנת הטבע (ע"ר) 2023 www.teva.org.il

תוכן עניינים

פרק ראשון: הקשר הדו-כיווני בין משבר האקלים ומשבר המערכות האקולוגיות –

4	ממצאים מדו"חות ה- IPCC וה- IPBES
5	1. רקע
	2. מסקנות עיקריות מדו"חות הפאנלים הבין-ממשלתיים המדעיים האחרונים: השפעות משבר האקלים על האקולוגי, והשפעות המשבר האקולוגי על האקלים
7	3. תמצית הדו"ח המשותף ל- IPCC ול- IPBES
13	4. בין המשבר האקלימי והמשבר האקולוגי – ההקשר הישראלי
23	

פרק שני: פתרונות מבוססי-טבע (Nature-based Solutions) – להתמודדות עם משבר האקלים

28	1. מבוא והכרות עם מושגי יסוד
38	2. פתרונות מבוססי-טבע לסביבה הישראלית ותועלות אקלימיות צפויות – דוגמאות מרכזיות
38	התפראות – Rewild
41	מערכת ניקוז מבוססת מסדרון נחל
44	חקלאות בת-קיימא
47	שמירה על יערות טבעיים ונטיעה עירונית
50	הקמת אגנים ירוקים לטיהור מים
53	מיתון שריפות מבוסס-טבע: חי, צומח, זורם
56	מעטפת בניין חיה – גגות וקירות ירוקים
59	גומחות צמחייה לספיחה מוגברת של מי נגר
62	בריכות ויסות אקולוגיות למניעת שטפונות בעיר

פרק שלישי: הקשר בין משבר האקלים ומשבר המערכות האקולוגיות במדיניות וחקיקה – סקירה ..

67	1. ארצות הברית – הרמה הפדרלית
74	2. ארצות הברית – מדינת קליפורניה
80	3. האיחוד האירופי
91	4. סיכום

פרק רביעי: סיכום ומסקנות למדיניות אקלים ואקולוגיה בישראל

105	נספח: מקרי בוחן מהעולם – על קצה המזלג
106	1. מקרה בוחן של התפראות – ביצות, סקוטלנד
109	2. מקרה בוחן לפתרונות מבוססי-טבע בסביבה עירונית: ברוקלין ברידג' פארק, ניו יורק
113	3. פתרון מבוסס-טבע למניעת נזקי הצפות ושיקום מרכיבים במערכת הנחלית – מעקף יולו, קליפורניה

מקורות

פרק ראשון:

הקשר הדו-כיווני בין משבר האקלים ומשבר המערכות האקולוגיות – ממצאים מדו"חות ה-IPCC וה-IPBES¹



1 IPCC – הפאנל הבין-ממשלתי לאמנת האקלים שתפקידו להעריך לנתח את הידע המדעי על שינוי האקלים שהוא תוצאה של פעילות אנושית. IPBES – הפלטפורמה המדעית לאמנת המגוון הביולוגי.

צילום: לירון שפירא,
החברה להגנת הטבע

בחזרה לתוכן העניינים

1. רקע

החמים מאוד יעלה בכ-30%. ימים חמים מוגדרים כימים בהם טמפרטורת המקסימום מעל 30°C וימים חמים מאוד כימים שבהם טמפרטורת המקסימום מעל 34°C². כמו כן צפויה החמרה בעוצמתם ובמשכם של גלי החום בשלושת העשורים הבאים, כשגלי החום צפויים להתארך ולחצות את הטמפרטורה של 42°C (השירות המטאורולוגי 2022).

התייבשות – ירידה בכמות המשקעים, בצורות ומדבור. על פי השירות המטאורולוגי, כמות המשקעים הכללית הממוצעת בישראל צפויה לפחות במהלך המאה ה-21 בכל אגני ההיקוות, בשיעור ממוצע של כ-10% לפי התרחיש המתון ועד ל-24% לפי התרחיש הקיצוני³, ביחס לתקופה שבין 1988-2017 (השירות המטאורולוגי 2021). בנוסף, לפי המודלים האקלימיים ניתן לזהות עליה קלה אך ברורה בסיכוי לבצורת ברמה בינונית עד חמורה במרכז ובדרום הארץ בטווח השנים 2050-2021. מאמצע המאה ואילך מצביעים המודלים על

עלייה נוספת בסיכוי לבצורות, לרבות סיכוי לבצורות חריגות (השירות המטאורולוגי, 2021). במהלך המאה ה-21 יעלה הסיכוי לרצף ארוך של שנים פחותות משקעים, שנים שבהן כמות המשקעים נמוכה מהממוצע.

לפי התרחיש המתון, הסיכוי לרצף שנים פחותות משקעים גדול בעיקר במרכז הארץ ובדרומה, ואילו לפי התרחיש החמור, הסיכוי לשנים פחותות משקעים גובר במידה ניכרת בכל חלקי הארץ (השירות המטאורולוגי 2021).

הפנאל הבין-ממשלתי לשינוי אקלים של האו"ם (IPCC) קבע כי הגורם העיקרי לשינוי האקלים הוא פליטת גזי החממה כתוצאה מפעילות האדם. פליטת גזי החממה ברחבי העולם, ההולכת ומתעצמת מאז המהפכה התעשייתית, הביאה לריכוזים הגבוהים ביותר זה 800,000 שנה של גזי חממה באטמוספירה, והעיקריים שבהם הם פחמן דו-חמצני (CO₂) ומתאן (CH₄). ריכוזם הגדול של גזי החממה הוא הסיבה להתחממות האטמוספירה והאוקיינוסים בקנה מידה גלובלי (IPCC Climate Change 2014). התחממות זו גורמת להשפעה מורכבת, עוצמתית ורב-מערכתית על המערכת האקלימית כולה, ועל המערכות הטבעיות שתפקודן איפשר במשך אלפי שנים תנאי מחיה יציבים לאדם על כדור הארץ.

אזור המזרח התיכון בכלל וישראל בפרט נחשבים למוקד חם (Hot-Spot) של שינוי אקלים, כלומר לאחד מהאזורים שבהם שינוי האקלים ניכר ומשמעותי ביותר (Waha et al., 2017). לכן, הוא צפוי לסבול

מהתחממות, מהתייבשות, מעלייה במפלס ובטמפרטורת פני הים וגם מעלייה בסיכויי הצפות ושרפות יותר מן הממוצע בעולם.

שינוי האקלים בישראל מתבטא בכמה מגמות עיקריות, אשר חלקן מורגשות ונמדדות כבר היום

(ממשלת ישראל 2021), ואלו הן בתמצית:

התחממות – עלייה בטמפרטורה הממוצעת והתעצמות גלי החום. הטמפרטורה הממוצעת בישראל עלתה בכ-1.4°C משנת 1950 ועד היום. הצפי הוא שעד שנת 2050 יעלה מספר הימים החמים בכ-15% ומספר הימים

² השירות המטאורולוגי, 2022 בעמוד https://ims.gov.il/sites/default/files/inline-files/%D7%90%D7%A8%D7%A6%D7%99_o.pdf

³ התרחיש המתון – מניח הפחתה משמעותית בפליטת גזי חממה על-ידי האנושות בעשורים הקרובים. התרחיש הקיצוני – מניח המשך פליטות גזי חממה, "עסקים כרגיל".

עליית המפלס וטמפרטורת הים – מפלס הים
התיכון רגיש יחסית להתחממות כדור הארץ ולשינוי האקלים ולפיכך שינויים במאפייניו, כגון גובה המפלס והטמפרטורה, צפויים להיות גדולים יותר לעומת שינויים בימים ובאוקיינוסים אחרים בעולם. כך, הממוצע הגלובלי של טמפרטורת הים עלה ב- 1°C ב-150 השנים האחרונות, ואילו בדרום מזרח הים התיכון נרשמה התחממות של 3°C ב-30 השנים האחרונות (Masson-Delmotte et al., 2018). גם מדידות המפלס של הים התיכון מצביעות על שינויים חריפים יותר מהממוצע העולמי. בשנים 1992–2019 נמדדה עליית מפלס ממוצעת של כ-7 מ"מ לשנה וזאת לעומת 3.2 מ"מ לשנה בממוצע העולמי. ההקצנה במדדי הים התיכון תומכת בחיזוי

של עלייה בתדירות, בכמות ובעוצמה של אירועי קיצון המגיעים מהים, כגון עליות מפלס חדות בפרקי זמן קצרים (ממשלת ישראל 2021).

עלייה בסבירות להצפות ולשרפות – ההתחממות
הגלובלית והעלייה במעלה אחת מגבירות בכ-30% את ההסתברות לאירועי אקלים קיצוניים, ולכן יש לשים דגש בבחינת הקצנת המדדים ואירועי האקלים (ענבר 2007). כך, הקיץ צפוי להיות חם יותר ובו רצפי ימים חמים וארוכים מכרגיל והמשקעים צפויים לרדת באירועי סופה קצרים ואינטנסיביים. אלו צפויים להגביר את הסיכוי ואת עצמתם של הצפות, שטפונות ושריפות. הגידול בעוצמה, בתדירות ובמשכם של אירועי אקלים קיצוני מגדיל את הסבירות לנזקים, ואת החשיבות שבהיערכות נכונה לקראתם.



יחמור. צילום: לירון שפירא, החברה להגנת הטבע

2. מסקנות עיקריות מדו"חות הפאנלים הבין-ממשלתיים המדעיים האחרונים: השפעות משבר האקלים על האקולוגיה והשפעות המשבר האקולוגי על האקלים

המערכות האקולוגיות הטבעיות מאפשרות זה אלפי שנים את היציבות האקלימית ואת החיים על פני כדור הארץ: הן מייצרות חמצן, סופחות פחמן, מטהרות ומספקות מים, מזון, אנרגיה ועוד.

חוסנה של המערכת האקולוגית, על המרכיבים החיים שבה, מגדיל את יכולתה להתמודד בהצלחה עם לחצי סביבה, כגון טמפרטורות קיצוניות, מחסור במשאבים, זיהום וכדומה. כושר גבוה בהתמודדות עם לחצי סביבה מסייע למינים במערכת לשרוד בהצלחה אירועי קיצון ולכן תורם גם לשמירת תפקידם במערכת: לקיום מינים אחרים התלויים בהם, למחזור חומרים, לאספקת שירותי ויסות סביבתיים ועוד.

ככל שמגוון המינים רב יותר, כך גדל שיעור האינטראקציות ויחסי הגומלין שבין המרכיבים בבית הגידול והשפעת מרכיבי המערכת זה על זה הופכת מורכבת יותר. מכיוון שכל רכיב מושפע מרכיבים רבים שאינם מבודדים, הרי שהשפעתם זה על זה עשויה להיות תוספתית (אדטיבית, כל גורם מוסיף את חלקו היחסי), סינרגיסטית (השפעה גדולה מצירוף הגורמים) או אנטגוניסטית (קטנה מצירוף הגורמים). כאשר אחד או יותר ממרכיבי המערכת נפגעים, מוקרים מהמערכת או חווים שינוי תפקוד משמעותי, משתנה הדינמיקה שבין הפרטים שבמערכת, ועשוי להשתנות גם תפקוד המערכת האקולוגית כולה והשירותים המועילים שהיא מייצרת, בין היתר, לבני האדם.

"Nature restoration is a prerequisite to reach the global ambition of keeping global warming well below 2°C. Decreasing GHG emissions from degraded land and increasing natural GHG sinks is widely cited as having the potential to contribute up to 30% of the GHG mitigation needed to 2050 (Seddon et al., 2021)."

"Natural Climate Solutions, which cover a wide range of land management practices that conserve, restore, or sustainably manage natural ecosystems and lands and that increase carbon storage, could limit warming by an additional 0.3°C by the end of the century, but only if implemented alongside the rapid decarbonisation of other sectors needed to achieve the IPCC emission scenario which aligns with the Paris Agreement targets (Rockström et al. 2021)."



צבאים במרעה בליבה הטבעית בפארק עמק הצבאים, ירושלים. צילום: עמיר בלבן, החברה להגנת הטבע

4 "שיקום הטבע הוא תנאי הכרחי כדי להגיע ליעד העולמי לשמור על התחממות כדור הארץ מתחת ל-2 מעלות צלזיוס. הפחתת פליטת גזי החממה מקרקעות פגועות, והגדלת קיבוע גזי חממה על ידי הטבע הוכרו כבעלי פוטנציאל לתרום עד 30% מהפחתת גזי החממה הדרושה עד 2050" (Seddon et al., 2021).

"פתרונות אקלים טבעיים, המבססים מגוון רחב של שיטות ניהול קרקע המשמרות, משחזרות או מנהלות באופן בר-קיימא מערכות אקולוגיות ואדמות טבעיות ומגבירות את אגירת הפחמן, יכולים להגביל את ההתחממות ב-0.3 מעלות צלזיוס נוספת עד סוף המאה, אך זאת רק אם הם ייושמו לצד מעבר מהיר של מגזרים אחרים לפעול באופן שאינו פולט פחמן, כנדרש להשגת תרחיש הפליטות של ה-IPCC המתאים ליעדי הסכם פריז" (Rockström et al., 2021).

והבין-ממשלתי הגדול והמקצועי בעולם לתחום שמירת הטבע – IUCN, כ-128,918 מינים הנכללים ברשימה נתונים בסכנה, מתוכם כ-35,765 (28%) נחשבים בסכנת הכחדה ממשית (IUCN 2021).

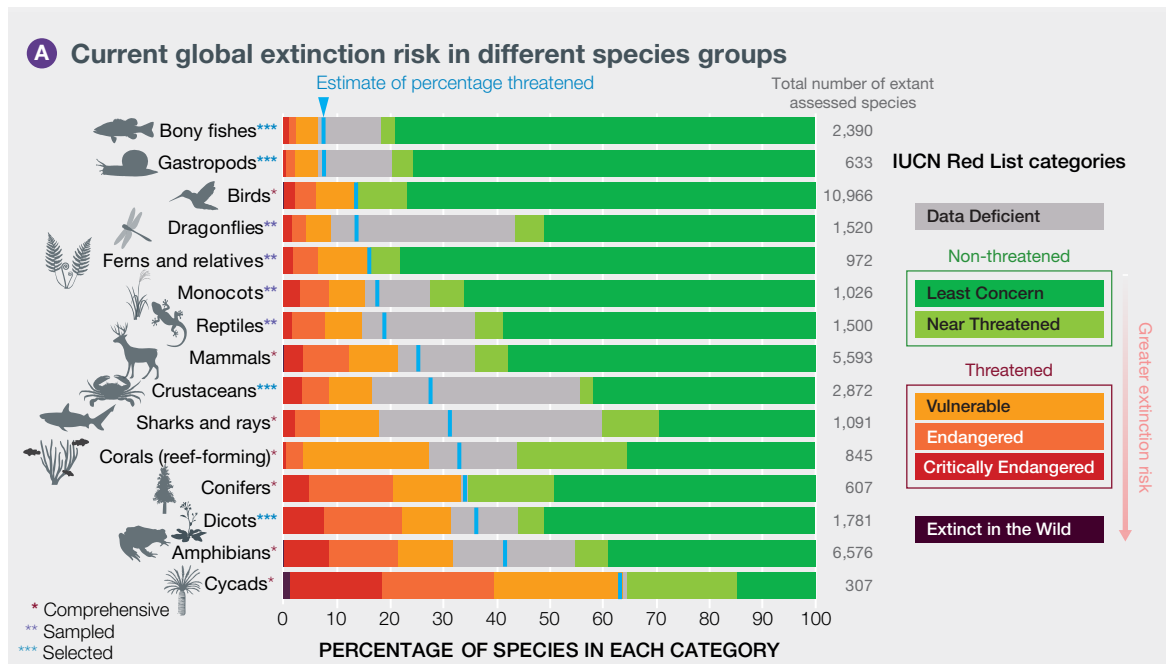
הגורמים למצבם המדורדר של מערכות הטבע ומגוון המינים הם בראש ובראשונה שינויים ביעוד הקרקעות: הסבת המרחב הטבעי, על בתי הגידול הטבעיים והמגוון הביולוגי שבו, לבנייה, לתשתיות, לשטחים חקלאיים וכדומה, היא לבדה אחראית לאובדן 75% ממיני הצומח ובעלי החיים שנכחדו בעולם במהלך 500 השנים האחרונות (WWF 2020).

הגורמים העיקריים הנוספים הם ניצול יתר (שימוש במשאב טבע באופן שאינו מאפשר לו להתחדש, למשל ציד יתר, דיג יתר, כריתת יערות), זיהום (מים ונחלים, קרקע, אוויר), ומינים פולשים (הרחבת התפוצה של מינים אל אזורים תפוצה חדשים, שבהם לא חיו קודם לכן ולא סביר שהיו מגיעים אליהם אלמלא התערבות האדם).

אולם המערכות הטבעיות, המגוון הביולוגי ובתי הגידול הטבעיים חווים כיום פגיעה בקצב ובהיקף הגבוהים יותר מאשר אי-פעם (WWF 2022):

- בשנים 1993–2009 אבדו מרחבי טבע יבשתיים בהיקף עצום: כ-3.3 מיליון קמ"ר (שטח השווה בערך לשטחה של הודו כולה) עקב שינוי ייעודי קרקע והפיכתם מטבע מתפקד למרחב לשימושי האדם: בנייה, תחבורה, חקלאות, תעשייה, כריית מחצבים ועוד.
- גם בשטחים הימיים, למעט האזורים הארקטיים, לא נותרו עוד מרחבים טבעיים, נקיים מפעילות האדם, כגון דייג תעשייתי (Watson et al., 2018).
- מדד Living Planet Index⁵ לניטור מצב המגוון הביולוגי בעולם מציג הידרדרות דרמטית של 69% מבעלי החיים המנוטרים משנת 1970 (WWF 2022).
- לפי מדד Red List Index של הארגון הבין-לאומי

אחוז המינים הנתונים בסכנת הכחדה בכל אחת מקבוצות החי והצומח (מקור: IPBES, 2019)



5 מדד Living Planet Index משמש להבנת מגמות השינוי העולמיות במצב המגוון הביולוגי תוך התבססות על נתוני אוכלוסיות יונקים, עופות, זוחלים, דו-חיים ודגים באזורים יבשתיים וימיים.

מ-10,000 מינים שנמצאים בסכנת הכחדה (IUCN 2021 Species and Climate Change).

שינוי האקלים מאלץ אוכלוסיות טבעיות לשנות את מרחב מחייתן: דוחק אוכלוסיות מינים מאזורי תפוצתם, ומזרז הפצת אוכלוסיות לאזורים שבהם לא נכחו בעבר. כך למשל מוסברת נדידת

סלמון הצ'ינוק (Oncorhynchus tshawitsch) לנהרות הארקטיים כפועל יוצא של שינוי האקלים (IUCN 2021 Species and Climate Change). שינוי באזורי התפוצה של מיני צומח ובעלי חיים מאלץ

שינויים במבנה המארג האקולוגי, שעשויים לגרום להשפעות מרחיקות לכת על תפקוד המערכת האקולוגית כולה.

כבר היום, בעקבות התחממות במעלה אחת, קיימים ממצאים המעידים על אוכלוסיות המתאימות עצמן

לגורמי הפגיעה האלו נוסף בעת גם שינוי האקלים והוא משפיע על המערכות הטבעיות במגוון אופנים שהם מכריעים לעמידותן ולשרידותן.

החי והצומח במערכת הטבעית הותאם לתנאי הסביבה הנתונים במהלך משכי זמן ארוכים. שינוי האקלים

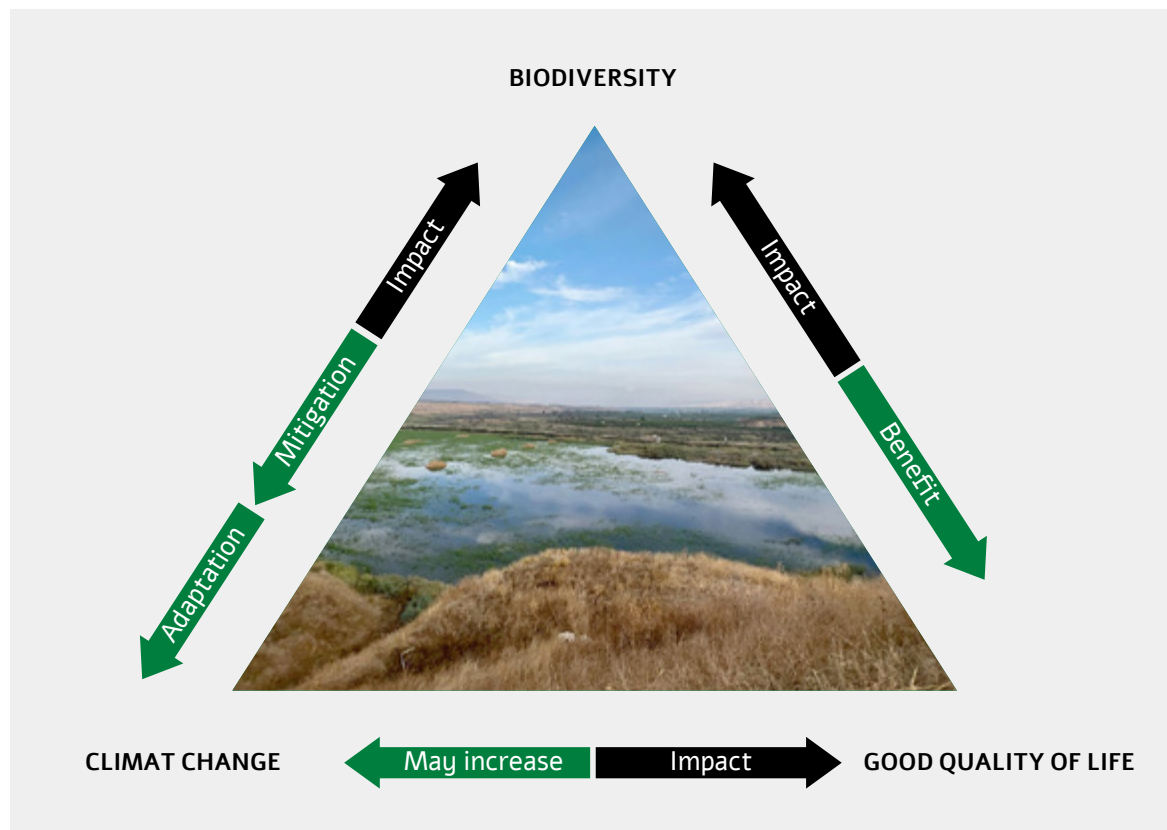
מכתיב שינויים רבים בתנאי הסביבה, כגון התחממות, הפחתת משקעים, התייבשות אזורית, הצפות, שרפות וכדומה, וזאת בפרקי זמן קצרים ובחלון זמן קצר ביותר להסתגלות המינים המקומיים. מכאן ששינוי האקלים

מעצים את האיומים על המערכות הטבעיות, על המגוון הביולוגי שבהן, ובפרט על מערכות אקולוגיות פגיעות או הנתונות במחסור (IPBES-IPCC 2021A).

על פי ה-IUCN, הארגון המוביל המדעי המוביל בתחום שמירת הטבע, שינוי האקלים משפיע על למעלה

הקשר המשולש, הבלתי ניתן להפרדה, שבין המגוון הביולוגי, האקלים והאדם

(מקור: IPBES-IPCC 2021)



באמצעות שיבושים והשפעות על המחזורים הגלובליים של המים, הפחמן והחנקן.

לדוגמה: יערות, אוקיאנוסים וביצות קולטים ופולטים פחמן וגזי חממה במהלך פעילותם הטבעית. חלק מכמות הפחמן נספחת ומקובעת באמצעותם, ונאגרת בחובם זמן רב. בכך תורמות המערכות האלו להפחתת כמות הפליטה שמגיעה לאטמוספירה. אולם השפעת האדם על המערכות הללו וצמצומן המשמעותי גורם לשינויים בתפקודן: החל בירידה בתפקוד המערכות הטבעיות כ"מבלעי פחמן" (כלומר מסלקי פחמן מהאוויר, CARBON SINK) ובקצב ספיחתו, וכלה בהפיכת כיוון שטף הפחמן – מ"מבלע" ל"מקור", כלומר ממערכת הסופחת ומקבעת פחמן אטמוספרי למערכת הרוסה ומופרת הפולטת פחמן לאטמוספירה בהיקף נרחב, כפי שמתרחש בעקבות בירוא יערות, ייבוש ביצות והרס בתי גידול טבעיים בכלל (IUCN 2021).



ילקוט הרועים, צילום: שחר מזרחי

לתנאים החדשים באמצעות שינוי גובה אזורי המחיה (ביבשה), עומק אזורי המחיה (בסביבה הימית) ובאמצעות שינויים התנהגותיים. דוגמאות מהעולם כוללות למשל את הקדמת זמני הרבייה אצל סנוניות עצים (*Tachycineta bicolor*) בצפון אמריקה (Dunn, P.O., & Winkler, D.W. 1999).

במקרים מסוימים, חסמים שונים מונעים מאוכלוסיות הנתונות ללחצי שינוי האקלים ואירועי קיצון לנוע במרחב ובכך הם גורמים לדחיקתם ולהיעלמותם. כך למשל היונק הראשון שנחשב להיכחד כתוצאה ישירה משינוי האקלים הוא *The Bramble Cay melomys* (*Melomys rubicola*) אשר מרחב המחיה שלו באזור שוניית האלמוגים הגדולה נחרב כתוצאה מעליית גובה פני הים⁶.

שינויים אלו גורמים לשינויים בהרכב המערכות האקולוגיות, לירידה במגוון המינים ובמגוון הגנטי, לשינוי התפקודיות של המערכת ולארגון מחדש של חברת המערכת האקולוגית המקומית (IPBES-IPCC 2021A). כך לדוגמה, הפרשה מוגברת של קרח הים והחמצת אוקיאנוסים ואוקיאנוס הארקטי מפחיתה את אוכלוסיות הקרילאים⁷, ומאיימת על הישרדותם של לווייתנים, פינגווינים וכלבי ים התלויים בהם כמקור מזון ראשוני. מכיוון שהמינים הנמוכים ביותר בשרשרת המזון הם לרוב מהראשונים שהושפעו משינויי אקלים, ייתכן שלא ניתן לראות את מלוא ההשפעות של אובדן מינים במשך עשרות שנים.

למצבם המדורדר של המערכות הטבעיות השפעה חוזרת על האקלים. שינויים במאפיינים, בתפקוד ובהרכב של המערכות האקולוגיות והמגוון הביולוגי המרכיב אותן משפיעים חזרה, באופן ישיר ועקיף, על מערכת האקלים, התנהגויותיה והשפעותיה על המרחב הפיזי. זאת במיוחד

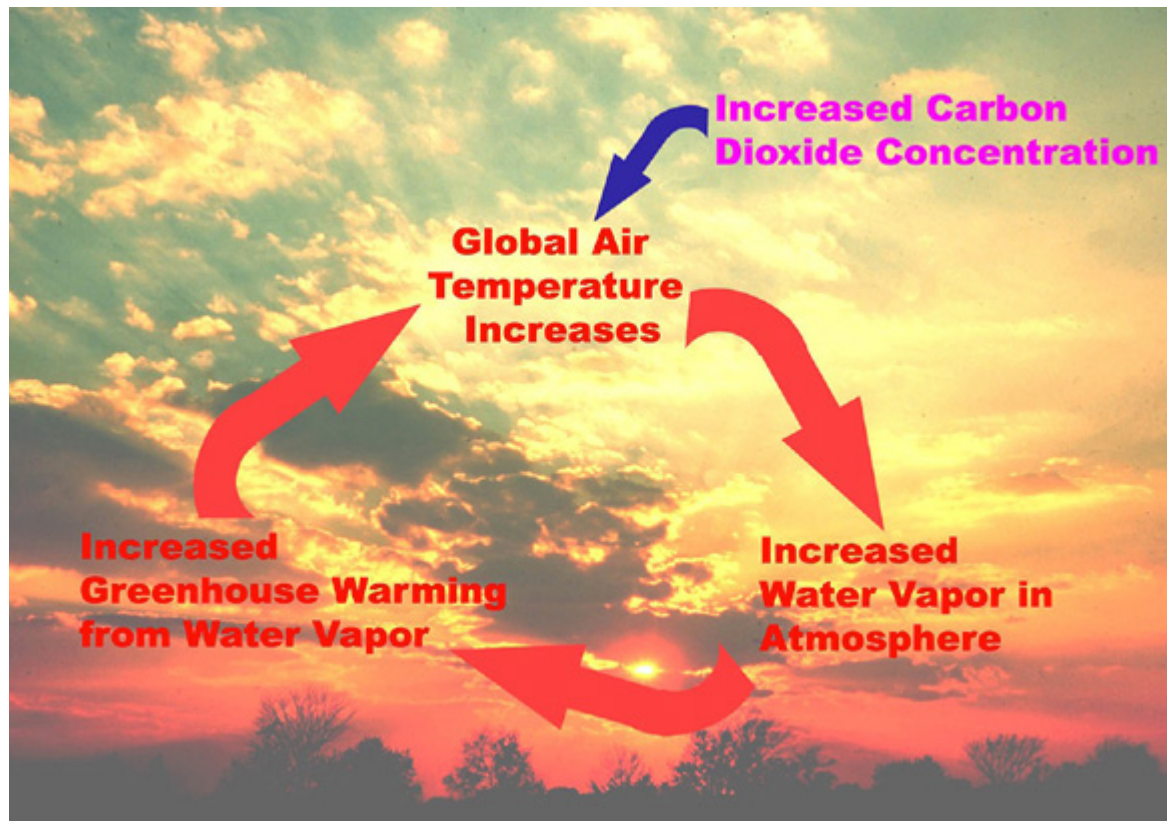
6 Wildlife in a Changing Climate, January 19, 2023 <https://www.iucn.org/story/202211/wildlife-changing-climatelooded>

7 קריל – Euphausiacea מין מסדרה של סרטנים עילאיים חסרי חוליות המרכיבים חלק גדול מהזואופלנקטון ומהווים מזון ללווייתנים, כלבי ים, פינגווינים ועוד.

8 IPBES-IPCC 2021.

דוגמה למשוב אקלימי

מקור: אתר NASA - <https://climate.nasa.gov/ask-nasa-climate/3143/steamy-relationships-how-/atmospheric-water-vapor-amplifies-earths-greenhouse-effect>



מערכת, אשר בין היתר הם בעלי חשיבות למיתון ולהתמודדות עם שינוי האקלים.

שינוי האקלים והרס המערכות האקולוגיות הם שניים מהאיומים הגדולים שניצבים בפני החברה האנושית. אלו איומים נפרדים, אך הם קשורים זה בזה במערכת מורכבת, גלובלית ודו-כיוונית של השפעות ומשובים (קנט ושורק 2020; WWF 2020). מכאן שיש לבחון פתרונות לאתגרי האקלים ולאתגרי המערכות הטבעיות בראייה כוללת ורחבה, מתוך הבנה שהם מהווים חלקים ממערכת אחת.

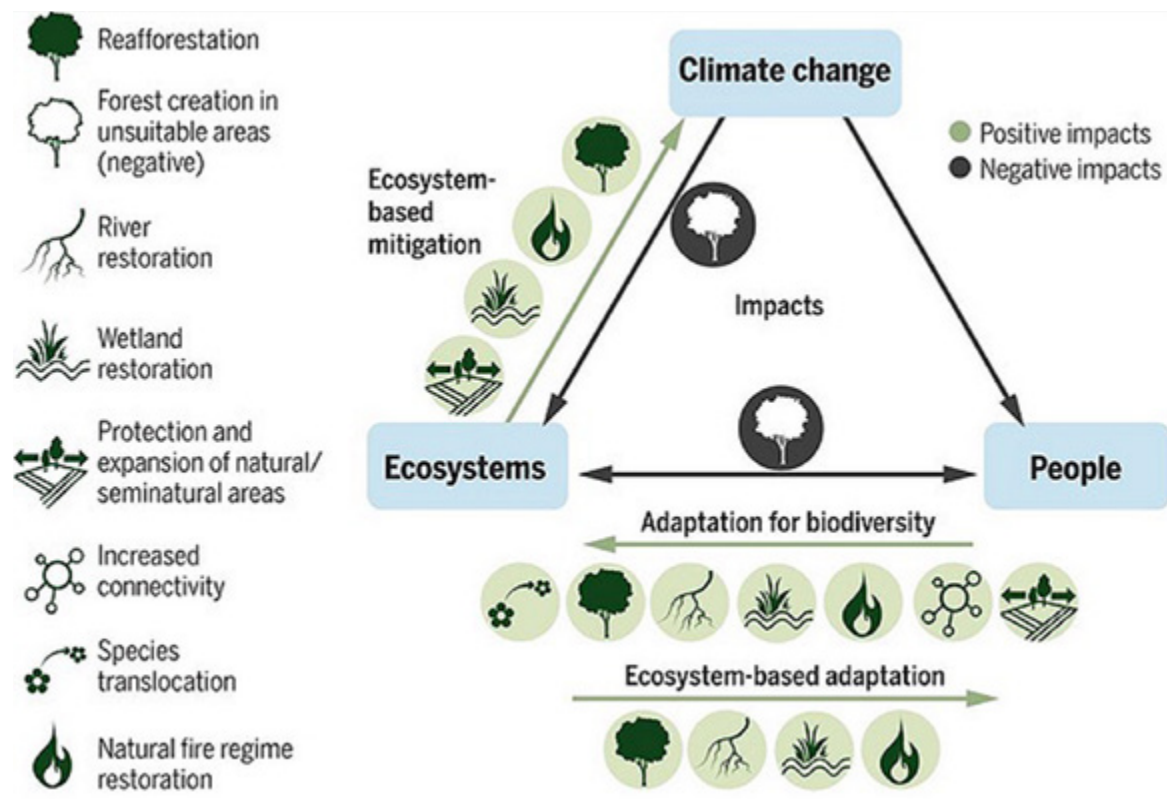
ניסיונות התמודדות עם שינוי האקלים תוך התעלמות מהמשבר האקולוגי, עלול להוביל לפתרון שיוצר נזק למערכות הטבעיות. למשל, ייעור בשטחים טבעיים פתוחים שמטרתו לקבע פחמן אך מזיק למגוון הביולוגי, טורבינות רוח שמטרתן לייצר חשמל ירוק הגובות מחיר עצום למגוון הביולוגי ועוד.

מערכות טבעיות הרוסות עשויות כאמור להפוך ממבלע של גזי חממה למקור הפולט גזי חממה, ויחד עם צמצום מרחבי הטבע ששימשו בעבר כמבלע פחמן מדובר בתהליכים אשר מעצימים את היקף הפליטות ומאיצים את שינוי האקלים והשלכותיו (Gatti et al., 2021). בכך נוצרת שרשרת תגובות אשר מעצימה את שינוי האקלים ("פידבק חיובי").

תהליכים אלו מתרחשים במערכת מורכבת וגלובלית של אינטראקציות, משובים ותגובות בין מערכת האקלים, המערכות האקולוגיות ופעילות האדם. השפעת כל אחד מאלה על השניים האחרים מהדהדת ביניהם ואף חוזרת למקור, ולעיתים השפעתה נרחבת ובלתי צפויה (IPBES-IPCC 2021).

כלומר: קיימת הדדיות בין המערכות – הידרדרות המגוון הביולוגי גורמת לפגיעה בעמידות ובחוסן המערכות הטבעיות וביכולתן לספק שירותי

ההשפעות הדו-כיווניות בין פתרונות מבוססי-טבע, שינוי האקלים, והאדם



Morecroft Michael D., Simon Duffield, Mike Harley, James W. Pearce-Higgins, Nicola Stevens, Olly Watts, and Jeanette Whitaker, *Measuring the Success of Climate Change Adaptation and Mitigation In Terrestrial Ecosystem*, *Science*, Vol 366, Issue 6471 (2019), DOI: 10.1126/science.aaw9256
[https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aaw9256?%7BidParamMap%7D%="](https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aaw9256?%7BidParamMap%7D%=)

- Positive impact השפעה חיובית
- Negative impact השפעה שלילית
- Reafforestation ייעור מחדש
- Forest creation in unsuitable areas (negative) (שלילי) ייעור במקום שאינו מתאים (שלילי)
- River restoration שיקום נחלים
- Wetland Restoration שיקום ביצות
- Protection and expansion of natural and seminatural areas הגנה והרחבה של אזורים טבעיים וטבעיים-למחצה
- Increased connectivity הגברת הקישוריות
- Species translocation שינוי אזור המחיה של מינים
- Natural fire regime restoration שיקום משטר השריפות הטבעי

3. תמצית הדו"ח המשותף ל-IPCC ול-IPBES⁹

האקלים. זאת, לאור הדחיפות בהבאת המגוון הביולוגי לחזית הדיונים בנושא מיטיגציה ואדפטציה של שינוי אקלים. הבחינה כללה חקירת השפעות שינוי האקלים על המגוון הביולוגי, הבנת היכולת והמגבלות של מינים להתאים עצמם לשינוי אקלים, בחינת החוסן של המערכות האקולוגיות תחת שינוי אקלים, התרומה של מערכות טבעיות למשויבים אקלימיים (כלומר תהליכים המאיצים או המאיטים את שינוי האקלים), ולהפחתת פליטות, וכל זאת על רקע המשך אובדן הביומסה של הביֶּיֶטָה (סך כל האורגניזמים באזור גאוגרפי), והסיכונים הנלווים לכך למערכות האקולוגיות ולשירותיהן לאדם.

להלן תקציר מסקנות הדו"ח:

1. העלייה בצריכת האנרגיה, ניצול יתר של משאבי הטבע והשינוי חסר התקדים בקרקעות, בים, ובמאגרי המים המתוקים במהלך מאה וחמישים השנים האחרונות, איפשרו פיתוח יכולות טכנולוגיות שתמכו באיכות החיים לאדם אך במקביל גרמו לשינויים באקלים ולהידרדרות המואצת של המגוון הביולוגי בעולם. חברה בת-קיימא נדרשת גם לאקלים יציב וגם למערכות טבעיות בריאות. אלא שכיום, כ-77% מהקרקעות (לא כולל אנטארטיקה) ו-87% משטחי האוקיינוסים עברו שינויים מרחיקי לכת בעקבות הפעילות הישירה של בני האדם. שינויים אלו נחשבים קשורים לאובדן 83% מהביומסה של היונקים בטבע, ושל מחצית מהצומח. חיות המשק ובני האדם מייצגים כיום כמעט 96% מכלל הביומסה של היונקים על כדור



בשנת 2020 התקיימה סדנה משותפת לשני הפאנלים הבין-ממשלתיים של האו"ם – הפאנל המדעי לאמנת האקלים (IPCC) והפלטפורמה המדעית לאמנת המגוון הביולוגי (IPBES). מטרת הסדנה המשותפת היתה לייצר בסיס ידע משולב עבור הוועידות שלמען עובדים הפאנלים האלו: הוועידה העשרים ושש של הצדדים לאמנת המסגרת לשינוי האקלים, שהתקיימה בשנת 2021 (CCCOP26), והוועידה החמש-עשרה של הצדדים לאמנת המגוון הביולוגי בשנת 2022 (CBD COP15).

מטרת הסדנה הייתה להפיק דו"ח מפורט על הקשרים בין המגוון הביולוגי, מים, מזון, בריאות ושינוי

9 Pörtner, H.O.; Scholes, R.J.; Agard, J.; Archer, E.; Arneth, A.; Bai, X.; Barnes, D.; Burrows, M.; Chan, L.; Cheung, W.L.; Diamond, S.; Donatti, C.; Duarte, C.; Eisenhauer, N.; Foden, W.; Gasalla, M. A.; Handa, C.; Hickler, T.; Hoegh-Guldberg, O.; Ichii, K.; Jacob, U.; Insarov, G.; Kiessling, W.; Leadley, P.; Leemans, R.; Levin, L.; Lim, M.; Maharaj, S.; Managi, S.; Marquet, P.A.; McElwee, P.; Midgley, G.; Oberdorff, T.; Obura, D.; Osman, E.; Pandit, R.; Pascual, U.; Pires, A.P.F.; Popp, A.; Reyes-García, V.; Sankaran, M.; Settele, J.; Shin, Y.J.; Sintayehu, D.W.; Smith, P.; Steiner, N.; Strassburg, B.; Sukumar, R.; Trisos, C.; Val, A.L.; Wu, J.; Aldrian, E.; Parmesan, C.; Pichs-Madruga, R.; Roberts, D.C.; Rogers, A.D.; Díaz, S.; Fischer, M.; Hashimoto, S.; Lavorel, S.; Wu, N.; Ngo, H.T.; 2021. IPBES-IPCC co-sponsored workshop report synopsis on biodiversity and climate change; IPBES and IPCC, DOI:10.5281/zenodo.4782538

הארץ, ויותר מינים מצויים בסכנת הכחדה מאשר אי פעם בהיסטוריה האנושית. תהליכים אלו קשורים יותר ויותר בשינוי האקלים. כלל פליטות גזי החממה – מדלקים פוסיליים, תעשייה, חקלאות, יערות ושימושי קרקע אחרים, עומדת כיום על יותר מ-55 ג'יגהטון פחמן דו-חמצני בשנה, וכבר הובילו להתחממות גלובלית של מעל למעלה (1°C) ביחס לתקופה הטרם-תעשייתית.¹⁰ שינוי האקלים ואובדן המגוון הביולוגי מציבים איומים משמעותיים לחיינו, לביטחון המזון ולבריאות הציבור. ההשפעות השליליות משליכות באופן שאינו מידתי על אוכלוסיות מוחלשות חברתית, פוליטית, גיאוגרפית וכלכלית.

2. הטיפול המשולב בשינוי האקלים ובאובדן המינים משמעותו שפתרון מספק של אחד מהנושאים מחייב להביא בחשבון את השני. שינוי אקלים ואובדן מגוון ביולוגי קשורים זה בזה ויש להם גורמים משותפים כתוצאה הפעילות האנושית. לשניהם השפעות שליליות משמעותיות על איכות החיים של בני האדם. עלייה בריכוז גזי החממה האטמוספיריים הובילה לעלייה בטמפרטורות, שינתה את משטרי המשקעים, העלתה את תדירות אירועי מזג אוויר קיצוניים, את הירידה בחמצן והחמצת הסביבה הימית, דבר שהוביל להשפעה על המגוון הביולוגי. שינויים במגוון הביולוגי משפיעים באופן הדדי על מערכת האקלים, במיוחד דרך השפעתם על מחזורי המים, החנקן והפחמן. האינטראקציות האלו יכולות להוביל למערכת מורכבת של משוברים בין האקלים, המגוון הביולוגי, והאדם, אשר עשויה להוביל לתוצאות שאינן צפויות בשלב זה ואף חזקות יותר. התעלמות מהקשרים

בין האקלים, המגוון ביולוגי ואיכות החיים של בני האדם תוביל לפתרונות שאינם אופטימליים לכל אחד מהמשברים האלו.

3. מדיניות קודמת ביקשה להתמודד בנפרד עם נושא שינוי האקלים ועם נושא אובדן המגוון הביולוגי. אולם מדיניות החותרת לסינרגיה בין צמצום הפגיעה במגוון הביולוגי ושינוי האקלים, וגם מביאה בחשבון השפעות חברתיות, ובכלל זה הצורך בפיתוח, מציעה הזדמנות למיקסום תועלות. ברמה הבינלאומית, סינרגיה משמעותית יותר בין ההסכמים הסביבתיים, בראשם – אמנת המסגרת של האו"ם לשינוי האקלים ואמנת המגוון הביולוגי, ובין יעדי פיתוח בני-קיימא (SDG's), יכולה לסייע להתמודד עם אובדן המגוון הביולוגי ולמתן את שינוי האקלים.

4. עם התקדמות שינויי האקלים משתנים הפיזור, התפקוד והאינטראקציות בין האורגניזמים במידה הולכת וגוברת, ומכאן בין המערכות האקולוגיות. מערכות אקולוגיות ומינים שתפוצתם הגיאוגרפית מוגבלת – אלו הקרובים לגבולות העמידות שלהם, או שיכולתם לנדוד ולבסס עצמם בבתי גידול חדשים היא מוגבלת – הם הפגיעים ביותר לשינויי האקלים. סכנת ההכחדה היא גבוהה ביותר באזורים בעלי ייחודיות במגוון הביולוגי ומאפיינים מבודדים – כגון הרים, איים, שוניות אלמוגים ואזורים חופיים, או באזורים שנותרו כמקטעים מבודדים ומדוללי מינים בגלל שינוי ייעוד קרקעות. שינוי אקלים מעשה ידי אדם הופך דומיננטי כאיום ישיר על הטבע ועל תרומתו לאדם, ובייחוד למי שתלויים בו באופן הישיר ביותר.

¹⁰ Carbon dioxide equivalent (CO₂ e): A way to place emissions of various radiative forcing agents on a common footing by accounting for their effect on climate. It describes, for a given mixture and amount of greenhouse gases, the amount of CO₂ that would have the same global warming ability, when measured over a specified time period. (UNEP, 2020, see glossary). According to IPCC (2019) Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) activities accounted for around 13% of CO₂, 44% of methane (CH₄), and 81% of nitrous oxide (N₂O) emissions from human activities globally during 2007–2016, representing 23% (12.0 ± 2.9 GtCO₂ e yr⁻¹) of total net anthropogenic emissions of greenhouse gases during this period. The natural response of land to human-induced environmental change caused a net sink of around 11.2 GtCO₂ yr⁻¹ during 2007–2016 (equivalent to 29% of total CO₂ emissions).



צולל ביצות בעמק הצבאים, ירושלים. צילום: עמיר בלבן, החברה להגנת הטבע

שימור מוגברים ומדויקים, בשילוב עם מאמצי אדפטציה משמעותיים וחדשנות. לחץ על המגוון הביולוגי גובר כתוצאה מאיומים מרובים ומגוונים. אלו נובעים מן הדרישות הכלכליות והחברתיות הגוברות מן הטבע, המונעות על-ידי צריכה גבוהה בעיקר במדינות העשירות, ולכן הן צפויות להמשיך ולגבור אלא אם יטופלו באופן ישיר, שכן אחרת הן יאפשרו תוצאות עוד יותר בלתי שוויוניות מבחינת איכות חיים טובה. יעדי המגוון הביולוגי שנקבעו לשנת 2020 (Aichi Biodiversity Targets) לא הושגו, והדבר מגביר את הדחיפות להרחבה מהירה ומקיפה יותר של האמצעים לשימור המגוון הביולוגי.

7. גישות לשימור המגוון הביולוגי, כגון אזורים מוגנים, היו חיוניות אך לא הספיקו לעצור את אובדן המגוון הביולוגי בקנה מידה עולמי. זאת, אפילו בחלק הקטן-מדי של כדור הארץ שנמצא תחת הגנה, חלק העומד כיום על כ-15% מהקרקע ו-7.5% מהאוקיאנוס. סיבה נוספת

5. יכולת ההסתגלות של מרבית המערכות האקולוגיות והמערכות החברתיות-אקולוגיות צפויה להיות נמוכה מזו שתידרש מהן במציאות של שינוי אקלים הנמשך בקצב הנוכחי, ויכולת הסתגלות משמעותית תידרש מהן גם במציאות של הפחתת פליטות שאפתנית. כבר כיום שורה של מערכות אקולוגיות מושפעות מאוד ודורשות התערבות חזקה כדי לשמור ולהגביר את יכולת ההסתגלות שלהן: שוניות אלמוגים טרופיות שלהן רגישות גבוהה להתחממות ולהחמצת האוקיאנוסים, סוואנות שהגדלת CO₂ באטמוספירה משפיעה על הצמיחה בהן, יערות טרופיים שבהם צפויים שינויים בצמחייה כתוצאה מיובש, מערכות אקולוגיות בקו רוחב וגובה גבוה ובאקלים הים-תיכוני, שהן בעלות רגישות גבוהה להתחממות מתמשכת, ומערכות אקולוגיות חופיות – הן מהמערכות האקולוגיות הפגיעות ביותר בעולם.

6. בעולם המושפע יותר ויותר משינוי האקלים, השמירה על המגוון הביולוגי תלויה במאמצי

קובעות כי נדרשים בין 30% ל-50% של שטחי הקרקע ושטחי פני האוקיאנוס בתפקוד טוב, כדי להשיג את היעדים האמורים.

10. הפעולות לשמר, לנהל באופן מקיים, ולשקם מערכות אקולוגיות, המתייחסות גם לאתגרים חברתיים, הן פעולות הנחשבות לעיתים לפתרונות מבוססי-טבע. אלו יכולים למלא תפקיד חשוב במיטיגציית אקלים, אף שהיקף תפקידם זה אינו ברור עדיין. אך בכל מקרה, הם יוכלו להיות יעילים רק לצד הפחתה משמעותית בפליטות גזי החממה בידי תושבי כדור הארץ. פתרונות מבוססי טבע יכולים להיות אפקטיביים במיוחד כשהם מתוכננים לטווח ארוך ולא באופן צר או תוך מיקוד בקיבוע פחמן מהיר.

11. יישום של פתרונות מבוססי טבע יוצר תועלות גם לאדפטציה – היערכות לשינוי האקלים שהוא כבר בלתי נמנע. על-ידי חיזוק יכולת המערכות להתאים עצמן לאקלים המשתנה, פתרונות מבוססי טבע מפחיתים את עצם ההשפעה של שינוי האקלים עליהן. בהקשר הזה, שמירה ושיקום מגוון ביולוגי ממלאים תפקיד חשוב משום שמערכת אקולוגית הכוללת יותר מינים ושונות גנטית יכולה לסייע להפחית תהליכים סטוכסטיים ולשמור על אפשרויות היערכות שונות.

12. להפיכת מגמת האובדן והפגיעה במערכות אקולוגיות עשירות במינים ובפחמן ביבשה ובאוקיאנוסים נודעת חשיבות הגבוהה ביותר, בהיותן פעולות המשלבות הגנה על הטבע, מיטיגציה, עם תועלות אדפטציה רחבות.

13. שיקום מערכות אקולוגיות עשירות בפחמן ובמינים ביבשה ובאוקיאנוס יעיל מאוד גם הוא הן למיטיגציה הן להגנה ושימור המגוון הביולוגי, והוא אף בעל תועלות גבוהות של אדפטציה.

14. חקלאות בת קיימא ושיטות ניהול יערות בנות קיימא מסוגלות לשפר את יכולת האדפטציה, לחזק את חוסנו של המגוון הביולוגי, להעלות

לאי-ההצלחה היא שאמצעי ההגנה תוכננו, במקרים מסוימים, בצורה לא נכונה ו/או לא יושמו ולא נאכפו מספיק. השטחים המוגנים, לא זו בלבד שהם קטנים מדי במצטבר, לעתים קרובות הם לא מפוזרים בצורה אופטימלית, לא מחוברים, נעדרי משאבים וניהול ונתונים בסיכון מתמיד לצמצום ולביטול. גם תפקוד מערכות אקולוגיות מחוץ לאזורים מוגנים הוא כרגע לא מספיק כדי לתמוך כראוי באדם ובטבע בעתיד. מרכיבים חיוניים בגישות שימור עתידיות חייבים לכלול "מקלטי אקלים" ומסדרונות אקולוגיים המאפשרים הגירת מינים, אימוץ תוכנית שימור מחוץ לאזורים מוגנים, ותכנון להסעת חגורות אקלים. הגדלה משמעותית של המחויבות והמשאבים היא חיונית להתמודדות עם אתגרי המאה ה-21.

8. פרדיגמת שימור טבע חדשה ומעודכנת תתייחס באופן משולב למטרות של שמירה על אקלים מתאים לחיי אדם, למגוון ביולוגי המקיים את עצמו, ולאיכות חיים טובה לכולם. גישות חדשות יכללו לצד חדשנות התאמה והרחבה של גישות קיימות. לדוגמה, החיפוש אחר פתרונות מרובי תועלות ובני-קיימא יתמקדו בשמירה על שטחים רב-תכליתיים (הכוללים נופים ביבשה, מים מתוקים ואוקיאנוס), במקום להתמקד ברכיבים נפרדים ועצמאיים, כגון בתי גידול ספציפיים. גישה זו כוללת הגנה על רשתות של אזורים ועל מסדרונות מוגנים, בהן מערכות אקולוגיות שעברו טרנספורמציה, למשל מערכות עירוניות ואזורים מעובדים אינטנסיביים. כדי שגישות חדשות אלו יצליחו, נדרשת השתתפות קהילות מקומיות.

9. השטח העולמי של שטחים הנחשבים למוגנים בצורה יעילה, אשר נדרש כדי לעמוד בשלוש המטרות שהוזכרו (אקלים מתאים לחיי אדם, מגוון ביולוגי המקיים את עצמו, ואיכות חיים טובה), עדיין אינו בנמצא. הערכות עולמיות

הקרקע, דבר העלול להביא לאפקטים שליליים. ייעור עשוי אפילו להפחית את כמות הפחמן האגור במערכת האקולוגית, לגרום לאובדן נוסף של מגוון מינים, להזיז ממקומן קהילות או לצמצם את הנגישות שלהן לקרקע. נטיעת סוג נטיעות אחד יכולה להגביר את המחלות ואת מזיקי הצמחים.

20. צעדים מבוססי טכנולוגיה, שיעילים למיטיגציית אקלים, יכולים להוות איום משמעותי על המגוון הביולוגי. יש להעריך אותם במונחים של התועלות מול הסיכונים הטמונים בהם. אנרגיות מתחדשות בתחבורה ובסקטור האנרגיה הן אפשרויות חשובות למיטיגציית אקלים, אך כיום הן נשענות על כריית מינרלים בקרקע ובים, כדוגמת מתכות נדירות המשמשות לטורבינות רוח, למכונות חשמליות ולסוללות חשמל, ועלולות להיות ללא פתרון כפסולת. ניתן להפחית את ההשפעות השליליות הסביבתיות והחברתיות של הכרייה באדמה ובים על-ידי פיתוח סוללות חלופיות ומוצרים בעלי אריכות חיים רבה יותר, וכן מערכת מחזור טובה למשאבי המינרלים, עם שיטות כרייה בנות-קיימא, שיכללו התחשבות משמעותית בסביבה ובקהילה. גם תשתיות לאנרגיה מתחדשת, כגון חוות רוח, חוות טורבינות בים וסכרים הם לעיתים קטלניים למגוון הביולוגי. כדי להיות אפקטיבי באופן כולל צריך הפיתוח של אנרגיות מתחדשות לשקול יישום של כלכלה מעגלית, ומעל הכול – מגוון ביולוגי.

21. צעדים טכנולוגיים וטכניים הממוקדים באופן צר רק בהיערכות לשינוי האקלים עלולים להיות בעלי השפעות שליליות על הטבע ועל תרומת הטבע לאדם, אבל הם יכולים גם להיות משלימים לפתרונות מבוססי-טבע. למשל, צעדים טכניים לניהול הצפות ובצורות, כגון בניית סכרים, או להגנה על חופים מפני עליית גובה פני הים, כגון בניית חומות, מדאיגים מאוד משום שלעיתים קרובות נודעת להם השפעה עצומה על המגוון הביולוגי. אולם יש צעדים טכנולוגיים היכולים

את כמות אגירת הפחמן ולהפחית את פליטות גזי החממה. עולמית, ההערכות הן שתעשיית המזון אחראית ל-21%–37 מכלל פליטות גזי החממה, בהכללת פעולות שלפני הייצור, במהלכו ואחריו.

15. יצירת תשתיות ירוקות בערים היא מגמה ההולכת וגוברת כפעולה לאדפטציה של אקלים ולשיקום המגוון הביולוגי, המייצר תועלת אקלימית.

16. במערכות היבשתיות והימיות כאחד יש אפשרויות לשלב פתרונות מבוססי טבע ופתרונות מבוססי טכנולוגיה לשם מיטיגציה ואדפטציה של האקלים ובכך לתרום לשימור הטבע.

17. פעולות שנעשות לטובת מיטיגציית האקלים על-ידי חיזוק המערכות שסופחות פחמן באמצעות ביומסה, שתילת יערות או תבואות, יכולות להביא לתוצאות אחרות למערכת האקלימית. לבחינת כל התוצאות האקלימיות של פעולות כאלו נודעת חשיבות רבה כאשר בודקים את תרומתן, הן בטווח הקרוב הן בטווח הרחוק. התוצאות האלו כוללות השפעות של גזי חממה שאינם פחמן דו-חמצני (ובעיקר מתאן), השפעות על קרינת השמש בשטח (אפקט אלבדו), אידוי, ריכוז אירוסולים באטמוספירה ועוד.

18. שתילת גידולים לצורך שימוש כלשהו בעולם האנרגיה (כגון נטיעת עצים וגידולים אחרים) בהתבסס על גידול יחיד (מונוקולטורה), על פני שטח גדול עשויה להיות הרסנית למערכת האקולוגית, להפחית הפקת תועלות רבות אחרות מן הטבע לאדם ולפגוע בהישגים של יעדי פיתוח בני-קיימא רבים.

19. ייעור, אשר משלב נטיעת עצים במערכות שלא היו יערות היסטוריים, וכן ייעור מחדש על-ידי נטיעה חד-גידולית, יכולים לתרום למיטיגציה אך לעיתים קרובות תהיה השפעתו הרסנית למגוון המינים ולא תביא תועלות ברורות לאדפטציה. נטיעת עצים בהיקף גדול יכולה להיות פוגענית למגוון המינים ולייצור מזון בשל התחרות על

להביא תועלת למגוון הביולוגי. שיפור ההשקיה למשל על-ידי טכנולוגיות לניהול המים יכול לשפר את יכולת המערכת החקלאית להתאים עצמה ללחצי המים, להשלים צעדי התאמה המבוססים על הבראת הקרקע והפחתת הסטת מים מהנחלים. הבנה טובה יותר של השפעות הצעדים הטכנולוגיים וההשלמה בינם ובין פתרונות מבוססי טבע היא משימה דחופה.

22. צעדים המכוונים לאפשר אדפטציה להיבט אחד מסוים של שינוי האקלים, בלי לשקול את ההיבטים האחרים של קיימות, עשויים להתברר למעשה כבלתי מתאימים ולגרום לתוצאות בלתי צפויות והרסניות. למשל, הגדלת יכולת ההשקיה היא צעד מקובל להתאמת המערכת החקלאית לעלייה הצפויה ביובש ולבצורת. אולם הגדלת ההשקיה מובילה פעמים רבות לקונפליקט באשר לשימוש במים, לצורך לבנות סכרים, ובטווח הארוך לפגיעה ולהידרדרות הקרקע בשל המלחתה. כדי להימנע מאדפטציה גרועה, חשוב להביא בחשבון את התוצאות הבלתי מכוונות,

גם כאשר מיישמים פתרונות מבוססי-טבע, והכרח גם להביא בחשבון מידה רבה של חוסר ודאות בתחזיות שינוי האקלים ובדינמיקות של המערכות הסוציו-אקולוגיות.

23. כאשר מיישמים פתרונות מבוססי טבע לשם קיצוז פחמן (carbon offsets), הם יהיו יעילים ביותר בהיותם מיושמים בתנאים ברורים, ולא כדי לעכב פעולות מיטיגציה בסקטורים אחרים. הרעיון של "קיצוז" בעת יישום פתרונות אקלים טבעיים הוצע כדי להשיג הפחתה מהירה יחסית של פליטות ובעלות נמוכה, או כדי לחפות על המשך פליטות מסקטורים מסוימים שקשה מאוד לנטרל בהם את הפחמן. קיצוזים כאלו מבוצעים יותר ויותר בגלל התחייבויות לאיפוס פחמני. אולם השימוש בקיצוז דורש יתר בחינה ובדיקה בשל דרישת התוספתיות (הדרישה שהקיצוז יהיה תוספתי להפחתת הפחמן המושגת בלעדיו), וגם בגלל בעיות של הצהרות מנופחות על הפחתת פליטות, חישובים כפולים, קושי בניטור ובאישרור של המדידות, וחוסר הוודאות ביחס לקביעות ההפחתה לאורך זמן.



פלמינגו בעמק יזרעאל. צילום: לירון שפירא, החברה להגנת הטבע

24. אזורים מוגנים הם כלי חשוב להתמודדות עם אובדן המגוון הביולוגי, מלבד תועלות נוספות שלהם למיטיגציה ולאדפטציה אקלימית. המגמה בניהול שימור הטבע היא להביא בחשבון רצף או סקאלה של אזורים המתאפיינים ברמות גבוהות של הגנה דרך "אזורים משותפים", ועד אזורים שבהן הפעילות האנושית היא הדומיננטית. ההטמעה של אזורים לשימוש משולב על הקרקע ובים באמצעות גישה הוליסטית, מיעצת ואדפטיבית, יכולה למקסם את היתרונות המשותפים בשימור המגוון הביולוגי, מתן שינויי אקלים ושמירת איכות חיים טובה. מיקומים אופטימליים להגנה על המגוון הביולוגי אינם בהכרח תואמים את המיקום האופטימלי ללכידה ולקיבוע פחמן, למרות שלעיתים קרובות מתקיים מתאם גבוה. למשל, יער גשם טרופי ויערות המנגרובים הם שתי מערכות אקולוגיות מגוונות מבחינה ביולוגית המתאפיינות בשיעורים גבוהים של אגירת פחמן.

25. ניהול אקטיבי של שימור, כגון הצגה מחודשת של מינים, יכול להביא תועלת גם למגוון הביולוגי וגם למיטיגציה ואדפטציה אקלים, אבל השפעתו עלולה להיות במקרים מסוימים גם הפוכה.

26. השגת תועלות סינרגיות ואיזונים בין שימור המגוון הביולוגי וחיזוק שירותי המערכת ובין מיטיגציה אקלים תלויה במידה גדולה בכל מקרה ומקרה – הביומסה שבה מדובר, השימוש במערכת האקולוגית, והאינטראקציות בין הסקטורים הנבחנו. לעיתים אין דרך להגיע לידי סינרגיה מלאה בכל חלק וחלק של האזור, אך ניתן להגיע לזאת דרך תכנון אזורי גישות המשלבות יעדים רבים עם צעדים לתכנון הטרונגי. דיווחים לאומיים תחת אמנת האקלים ואמנת המגוון הביולוגי מציעים למדינות מסגרת משמעותית לחבר בין יעדי המיטיגציה והשימור במקביל.

27. פעולות לשימור ביולוגי שהמוטיבציה שלהן מקומית יכולות להיות מתומצצות, מונחות

ומתועדפות על-ידי יעדים גלובליים, כגון תועלות אקלימיות. כל יוזמה מקומית קטנה מצטברת למעשה עם יוזמות קטנות אחרות לתועלת ברמה הגלובלית, שהיא משמעותית, במקביל לתועלת המקומית. למשל, פתרונות מבוססי טבע בהקשר העירוני יכולים לתרום בנפרד רק מידה קטנה יחסית למיטיגציה העולמית, אבל תועלת רבה לאיכות החיים המקומית. וכך יחד, המאמץ הקטן יחסית של העיר לחזק את המגוון הביולוגי ואת המיטיגציה האקלימית יכול לתרום תרומה משמעותית. שיקום המנגרובים באזורי עיר חופיים הוא דוגמה לריבוי תועלות גלובליות של מגוון ביולוגי ויעדים אקלימיים וגם מחזקת את הטבע המקומי ובזאת תועלתו לקהילה ולאדם.

28. שינויים בצריכה לאדם, שינויים משמעותיים בתפריט והתקדמות לקראת ניצול בר-קיימא של משאבי טבע, יכולים לתרום תרומה משמעותית להתמודדות עם משבר המגוון הביולוגי, מיטיגציה אקלים ואדפטציה. צעדים כאלו, בצד הביקוש, משחררים קרקעות ופני אוקיאנוס אשר יכולים להפוך למוגנים או לספק תועלות אקלימיות.

29. לשם הגנה ושימור מגוון ביולוגי, הרעיון של קיזוז, כלומר האפשרות למצוא "תחליפות" בין שורה של פעולות אפשריות, יכול להציע את הגמישות הנדרשת להשגת ריבוי יעדים מתחרים בקנה מידה אזורי, אם ייושמו בכפיפות לתנאים והחרגות מחמירים. רעיון הקיזוז כבר מיושם באופן נרחב בצעדי הסרה של CO₂, אך מיושם פחות לשם הגנה על המגוון הביולוגי. קיזוז המגוון הביולוגי הוא הפרקטיקה של מתן השפעות השליליות של הפיתוח על המגוון הביולוגי (למשל, כרייה, פיתוח עירוני, התרחבות חקלאית) על-ידי שיקום הטבע או על-ידי ייחוד שטח מסוים להגנה באזור אחר. ישנם 12,983 יישובים של "קיזוזי" מגוון ביולוגי ב-37 מדינות, אך רק שליש מהם מצליחים



נץ מצוי. צילום: יואב פרלמן, החברה להגנת הטבע

שינויי אקלים עלולים לגרום להיעלמות מערכות אקולוגיות של קרח ים. שינוי במגוון הביולוגי ושינויי אקלים יכולים ליצור משוברים באופן שישנו (בזמן או בתהליך) את מיקומן של נקודות המפנה. למשל, השפעות שליליות של האקלים על מגוון ביולוגי, בייחוד במערכות שכבר קרובות לנקודת המפנה שלהן, יכולות להחריב את התפקוד של מערכות אקולוגיות ואת פוטנציאל אגירת הפחמן שלהן, שיש לו חשיבות רבה למיטיגציה שינוי האקלים. התעלמות מהפוטנציאל של ההשפעות בין המגוון הביולוגי לשינוי האקלים יכולה להוביל למדיניות שתגדיל את הסיכון להגיע לנקודות המפנה – למשל, ייעור שמתמקד רק בנטיעת מיני עצים שלהם קיבוע פחמן גדול יכול לעשות נזק למגוון הביולוגי, שיגדיל את הסכנה של קריסת המערכת האקולוגית כולה.

32. כאשר שוקלים את האינטראקציות אקלים-מגוון ביולוגי-חברה, חשוב לבחון איך הקשרים בין החלטות מדיניות ותוצאותיהן מעבר להקשר

להגיע לעקרון של "no net loss", כלומר בסך הכול יותר שיקום מאשר פגיעה.

30. קבלת החלטות בהתחשב באינטראקציות בין מגוון ביולוגי, אקלים וחברה, מאפשרת למקסם את התועלות ולהקטין את המחיר (trade-offs) ואת הנזקים ההדדיים לאדם ולטבע. המערכת "אקלים-מגוון ביולוגי-חברה" היא ציר שראוי ביותר להתייחס אליו מנקודת מבט של מערכות סוציו-אקולוגיות. גישה כזו מתחשבת במשובים הדדיים, בקיזוזים, בנזקים, ובהשפעות השונות והיחסים בין המערכות הביו-פיזיות לבין המשתנים החברתיים, המרחביים והדוריים.

31. תחת השפעות אובדן המינים ושינויי האקלים, אנו עשויים לחרוג מספים קריטיים ולהגיע לנקודות מפנה (tipping points – נקודות שלא יהיה אפשר או יהיה קשה מאוד לחזור מהן או להפוך את כיוון ההתקדמות שלהן), עם השלכות קשות על אנשים ועל הטבע. חריגה מהסף יכולה להוביל לשינויים בתפקוד המערכת האקולוגית. לדוגמה,

הספציפי המקומי. למשל, שיקום המערכות האקולוגיות המגוונות עם פוטנציאל קיבוע פחמן גבוה עשוי לשפר את המגוון הביולוגי יחסית מהר, ואילו קיבוע הפחמן יושג רק במשך זמן ארוך יותר. הגברת הביקוש לאנרגיה מתחדשת בעשור אחד עשויה, למשל, לגרום שינוי משמעותי ביעודי קרקעות שיהפכו משטח פתוח ועשיר לשטח מופר ומדורדר אקולוגי – באזורים אחרים. התוצאות עלולות להיות שליליות למגוון הביולוגי ולחקלאים קטנים.

33. הערכה של מגוון הפתרונות האפשריים להשגת הפחתת הפליטות הנדרשת, האדפטציה ושיקום הטבע, דורשת הכרה בהקשרים הסוציו-אקולוגיים השונים. האיפיונים הסביבתיים השונים במקומות שונים, המוטיבציות, האינטרסים, ההעדפות והערכים המשתנים בין קהילות ותרבויות. זיהוי ההתערבויות האוניברסליות מצד אחד אך השומרות על יכולת הגמישות והאדפטציות בהקשרים החברתיים והאקולוגיים השונים – הוא קריטי.

34. כאשר ישנן פשרות (trade-offs) משמעותיות ובלתי נמנעות בין החלקים של ציר האקלים-מגוון ביולוגי-חברה, אזי קידום התערבויות לשינוי הדרכים שבהן החברה והטבע מתקשרים יכול להיות פתרון משותף בר-קיימא.

35. פתרונות משולבים לאקלים ולמגוון הביולוגי לצד תועלות נוספות של פיתוח בר-קיימא וסיוע לצורכי אוכלוסיות חלשות אמנם קיימים וניתנים ליישום, אלא שהמימון שלהם ושילובם בתהליכי הממשל מהווה אתגר. מערכות ממשלתיות חסרות הרבה פעמים את המכניזם האפקטיבי לשיפור האינטגרציה בין האקלים למגוון ביולוגי.

36. לממשל המשלב בהצלחה אקלים, מגוון ביולוגי ואיכות חיים טובה תהיה התוצאה המהותית סיוע בזיהוי פתרונות המספקים את התועלת המשותפת הגבוהה ביותר תוך הימנעות מפשרות. זיהוי האופן

שבו ניתן לתמוך בגישות משולבות של פעולות להגנה, שחזור, ניהול, יצירה של טבע בריא, לצד היערכות הוא בעל חשיבות ראשונה במעלה. קיימות סינרגיות ויתרונות משותפים רבים למדיניות מגוון ביולוגי ואקלים, אך יכולות להיות גם פשרות העלולות לפגוע בטבע, באקלים או ברווחת האדם. מערכות ממשל הנעזרות בפרספקטיבה מערכתית יכולות לסייע בניהול פשרות ובהסתגלות לסיכון, באמצעות מנגנונים כגון ניהול אדפטיבי, הערכה רפלקסיבית ולמידה חברתית.

37. מדיניות מבוססת-יעדים היא כיום נורמה לממשל אקלים, מגוון ביולוגי ופיתוח בר-קיימא, אך מדיניות מבוססת כך יכולה גם להציב אתגרים ביישום. לדוגמה, בתחום המגוון הביולוגי סביר להניח שהגדרת יעדים הנשענת על השגת יעדי אזור מוגן מבוסס-אזור בלבד לא תצליח, בהתחשב בלחצים של שינויי האקלים. מנגנונים גמישים ומסתגלים יצליחו יותר בתוך גישות מבוססות-יעדים, כגון יעדי הפיתוח בר-הקיימא (SDGs), או יעדי הסכם פריז. יעדים גלובליים המותאמים להקשר, לערכים וליכולות המקומיים, והתאמה הדרגתית של מידת השאפתנות של היעדים, יכולים לסייע בחיזוק הממשל.

38. מדיניות שכוללת שחקנים רבים והיקפי שטחים שונים תתאים לניהול אזורי רב-תכליתיים בהיקפים שונים. ההכרח בפעולה מהירה הן בתחום שינויי האקלים הן בתחום אובדן המגוון הביולוגי דורש מודלים שאינם מבוססים רק על המדינה אלא גם על אימוץ פתרונות שיתופיים. מרכיבים הכרחיים לפתרון אתגר המדיניות והממשל וההתמודדות עם המשברים האמורים דורשים מעורבות של מגוון רחב של שחקנים, כבוד לערכים מגוונים, התבססות על מערכות ידע שונות והתגברות על הבדלי כוח בין שחקנים.

39. שינוי טרנספורמטיבי, הנדרש נוכח האתגרים, יכול להתרחש באמצעות נקודות מינוף מערכות

סוציו-אקולוגיות שבכוון לשנות את המסלולים העתידיים. נקודות מינוף קריטיות כאלו כוללות מחקר של תפיסות שונות של "איכות חיים טובה", חשיבה מחודשת על צריכה ובדבז, שינוי ערכים הקשורים ליחסי אדם-טבע, צמצום אי-שוויון וקידום חינוך ולמידה. ההפרעות החברתיות העולמיות, שנגרמו על-ידי משבר מגיפת הקורונה, הדגישו את החשיבות של אימוץ מסלול חסין יותר ובר-קיימא המוליך להתקדמות אמיתית.

40. כלים טובים יותר לתכנון תרחישים ומודלים רב-מגזריים יכולים לעזור למפות מסלולים להשגת יעדי פיתוח בני-קיימא, יעדי הסכם פריז ויעדי המסגרת העולמית למגוון הביולוגי בטווח הבינוני והארוך. כדי שיהיו עמידים וניתנים ליישום, צריכים אמצעי המדיניות וההחלטות להכיר בתפיסות התרבותיות השונות של איכות חיים ושל חלופות לעתיד חיובי לטבע ולאקלים.

41. מימוש השינויים הטרנספורמטיביים הדרושים כדי לעמוד ביעדי אמנת האקלים (UNFCCC)

ואמנת המגוון הביולוגי (CBD), מסתמך על פעולות מהירות ומרחיקות לכת מסוג שלא נוסה עד כה. על המדינות המחויבות לפעול באמצעות פעולות בשטחים הלאומיים שלהן, בקואליציות חדשות ומודלים של ממשל בכל הרמות. על אלו לכלול אג'נדות אינטגרטיביות חדשות המקשרות בין כל השחקנים, פרטיים וציבוריים, לתמיכה בפעולות להגנה על המגוון הביולוגי, לצמצום השפעות שינויי האקלים ולהשגת פיתוח בר-קיימא. אלמנטים של שינוי יכולים כאמור לכלול תמריצים יעילים ובניית יכולת, שיפור שיתוף הפעולה בין מגזרים ובין תחומי שיפוט, פעולות מקדימות ומונעות, קבלת החלטות הוליסטית ואדפטיבית, וחזוק המדיניות הסביבתית ויישומה. מסלולים חסינים לטובת האקלים והמגוון הביולוגי, המאפשרים קבלת החלטות מכוונת ומקדימה, מספקים גישה אחת להשגת היעדים ארוכי הטווח של הסכם פריז, מסגרת עולמית למגוון ביולוגי שלאחר 2020 ויעדי פיתוח בני-קיימא.



זרון תכול. צילום: יואב פרלמן, החברה להגנת הטבע

4. בין המשבר האקלימי והמשבר האקולוגי – ההקשר הישראלי

בישראל ומגמות השינוי שלו (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה 2019):

- בשנת 2019 עמד מדד המגוון הביולוגי על 0.96 ביחס לתקופת הבסיס (2013–2015), כלומר במהלך תקופה זו חלה הרעה במצב המגוון הביולוגי בשיעור כ-4%.
- ברכיב גודל השטח הטבעי חלה גריעה של 145.2 קמ"ר מהשטח בשנים 2015 עד 2019.

במסגרת הערכת מינים הנתונים בסכנת הכחדה נמצא כי יותר מ-400 מיני צומח בישראל, שהם כמעט 20% מצמחי הבר בישראל, נכללים ברשימת המינים האדומים (הספר האדום 2011).

נתונים אלו, המעידים בבירור על היתדרדרות המערכות האקולוגיות והמגוון הביולוגי בישראל, הם בעלי משמעות רבה בעידן שינוי האקלים, משום שהיתדרדרות הטבע משמעותה פגיעה ישירה הן בחוסן המערכות האקולוגיות, כלומר ביכולתן להגן על עצמן מפני השפעות סביבתיות ואקלימיות, הן בשירותי המערכת

מדינת ישראל נחשבת לאזור עשיר ביותר במגוון ביולוגי, בין היתר משום שהיא נמצאת בצומת גיאוגרפי המחבר בין שלוש יבשות וכמה אזורי אקלים ומכילה מגוון גדול של בתי גידול בעלי מאפיינים שונים זה מזה. ישראל נכללת במפת האזורים החשובים ביותר לשמירת המגוון הביולוגי בעולם, מפה הכוללת רק כ-1.4% מהשטח היבשתי העולמי (Myers et al., 2000).

למערכת האקולוגית של ישראל נודעת חשיבות בקנה מידה גלובלי, גם מכיוון שהיא נמצאת בנתיב הנדידה של עשרות מיליוני עופות, החולפים פעמיים בשנה בשמי ישראל בדרכם לאפריקה ולאסיה וחזרה לארצות הצפון. בתי גידול טבעיים לשם מנוחה, ליקוט מזון וצבירת אנרגיה לציפורים הנוודות הם קריטיים לצליחת המסע. בתי הגידול הלחים המעטים שנותרו בישראל מהווים את תחנות העצירה העיקריות לחלק ניכר מהעופות הנוודים ובפרט הגדולים שביניהם.

בשנת 2019 נערכו ופורסמו, לראשונה בישראל, חישובים ראשוניים של מדד המגוון הביולוגי



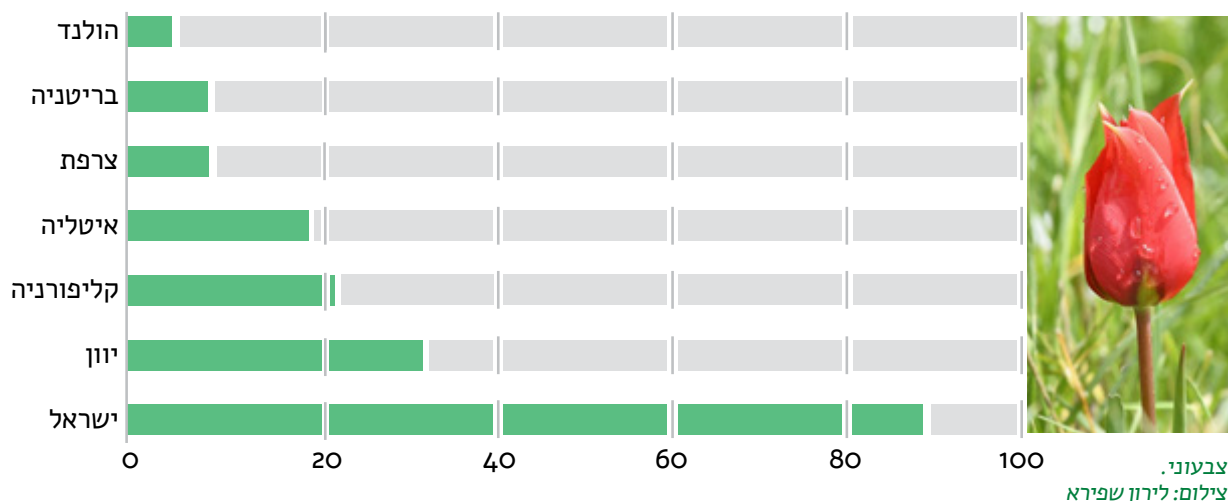
Myers et al., Nature (2000)

מדדים אקולוגיים מנורמלים ליחידת שטח בישראל לעומת מדינות אחרות

(האן ושגיא 2009)

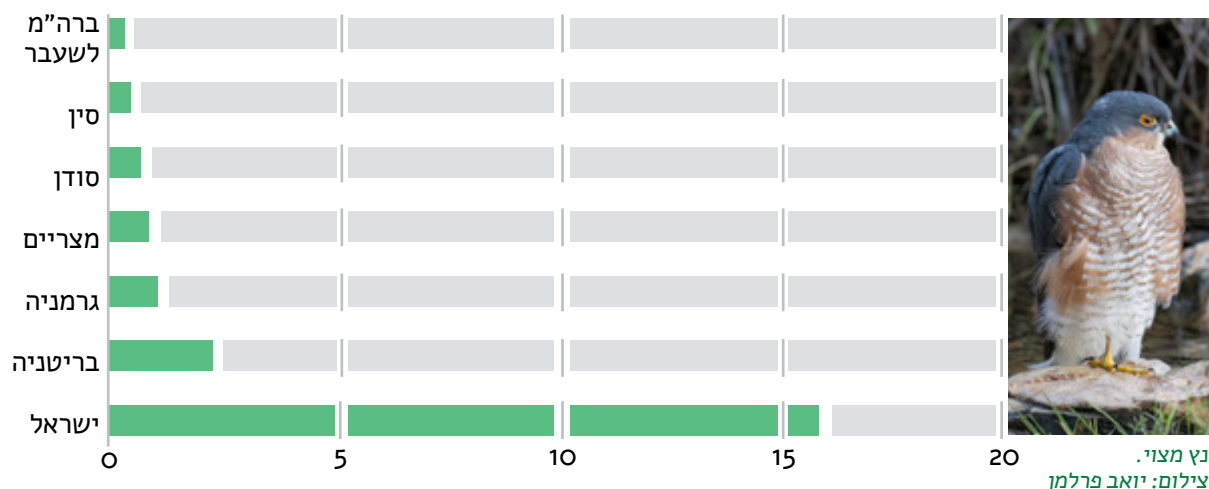
צפיפות מיני צומח

(מספר מינים לקילומטר)



צפיפות מיני ציפורים

(מספר מינים לקילומטר)



גם במערכות האקולוגיות, שנמצאות בתת-ייצוג בשטחים מוגנים בישראל, ממשיכה גריעת השטח הטבעי. חולות מישור החוף, למשל, איבדו כ-2% משטחם בתקופה זו. השטחים הפתוחים מאופיינים בהיותם מקוטעים בהשפעת הפיתוח המואץ. בצפון ישראל ובמרכזה מחולקים השטחים הפתוחים ליחידות קטנות ומקוטעות, אף שמקו באר שבע ודרומה רוב השטחים הפתוחים נרחבים ורצופים יחסית וכך גם באזור רמת הגולן.

האקולוגית המסופקים מידי הטבע למיתון שינוי האקלים ולרווחת האדם.

על-פי דו"ח מצב הטבע 2022 (עורכים: בן-משה ורנן), קצב גריעת השטחים הפתוחים (שטחים טבעיים, מיוערים וחקלאיים) בישראל ממשיך להיות גבוה ועמד בשנים 2017-2020 על ממוצע של 30 קמ"ר בשנה הנגרעים לצורכי פיתוח (בעיקר לבינוי, חקלאות, תחבורה, מחצבות ושדות סולאריים).

היקף השטחים המוגנים כשמורות טבע וכגנים לאומיים מוכרזים ומאושרים עומד בישראל על 26.1% משטחה היבשתי של הארץ והוא במגמת עלייה, ואילו השטח הימי המוגן, אשר גדל במידה ניכרת בשנים האחרונות, עדיין עומד כיום על 3.9% מהשטח בלבד. זאת ביחס ליעדי המשרד להגנת הסביבה ויעדי אמנת המגוון הביולוגי של האו"ם, אשר ישראל צד לה, העומדים על 30% שטחים מוגנים ביבשה ובים עד לשנת 2030.

המחקר המדעי באשר להשפעות הצפויות של שינוי האקלים על המערכות האקולוגיות בישראל עודנו בחיתוליו והידע בנושא אינו רב. דו"ח מצב הטבע האמור מציין כי, בעקבות הירידה בכמות המשקעים והעלייה בטמפרטורה הממוצעת בישראל צפויה פגיעה משמעותית בבתי גידול של מים מתוקים – נחלים, מעיינות ובריכות חורף. אזורים רגישים נוספים הם האזורים שבין החבל המדברי לחבל הים-תיכוני, ואזורים המתאפיינים בטמפרטורות קרירות, כהר הנגב הגבוה והחרמון. גם חוף־שנים, יערות ובתות

צפויים להיפגע מאירועי בצורת ממושכים ומהעלייה הצפויה בתדירות השרפות. כן צפויים באזורים המדבריים בישראל שינויים בתקופות הגשומות, רצף שנים צחיחות ועליית טמפרטורות, העתידים להשפיע גם הם על הצומח והחי. בסביבה הימית צפויה התחממות הים התיכון לגרום להכחדה של חמישית ממיני הדגים האנדמיים לו עד סוף המאה ה-21, ולהקלה על התבססות מינים פולשים (מים סוף, מהאוקיאנוס ההודי ומדרום האוקיאנוס השקט), דבר שיוביל לפגיעה נוספת בהרכב המינים המקומי.

עוד נמצא בדו"ח כי תדירות השריפות בישראל היא במגמת עלייה. כ-500 קמ"ר (כ-15%) מהשטחים הטבעיים והמיוערים בחבל הים-תיכוני בישראל נשרפו לפחות פעם אחת בין השנים 2015–2021. כרבע משטחי הבתות העשבוניות בישראל נשרפו בשבע השנים האחרונות. המגמה הניכרת מאז שנות ה-80 באזור הים-תיכוני בישראל היא איחור בירידת הגשמים הראשוניים לעומת העבר, תקופות היובש מתארכות, ומספר ימי השרב המלווים ברוחות מזרחיות חזקות



קיפוד. צילום: לירון שפירא, החברה להגנת הטבע

עולה, והדבר יוצר תנאים להתלקחות שריפות עצות ימים רבים יותר, ולהגדלת תדירותן ועוצמתן. שרפות חוזרות בתדירות גבוהה פוגעות באופן משמעותי במערכות אקולוגיות ומקשות על השתקמותן.

אמנם לשריפות יש חלק אינטגרלי בתפקוד מערכות הצומח הטבעיות בארץ – הן מעודדות נביטה והתחדשות של צומח באזורים שנשלטו על-ידי עצים ושיחים דומיננטיים בשטח הנשרף, הן פותחות שטחי סבך ועוד. אולם יכולת ההשתקמות של המערכות האקולוגיות מאירוע שרפה תלויה במידה רבה בתדירות ובעוצמה של השריפות: ככל שעולה תדירותן ועוצמתן, יכולת ההשתקמות של המערכות האקולוגיות פחותה. כאשר מרווחי הזמן בין השרפות מצומצמים, עצים שנבטו או צמחו מחדש לאחר אירוע שרפה קודם עשויים שלא להגיע לבגרות כדי לחדש את בנק הזרעים שלהם. אי לכך, שריפות נשנות מכלות את פוטנציאל הרבייה של העצים. אשר לבעלי החיים – השפעות השריפה על בעלי החיים יכולות להיות שתיים – פגיעה ישירה מן השרפה עצמה, או עקיפות – פגיעה בבית הגידול. השתקמות עולם החי משרפות מושפעת ממידת רציפות השטח עם שטחים שלא נשרפו, אשר יכולים לספק מקלט לבעלי החיים הנמלטים מהשרפה.

בעבודה שבחנה את מצב הנחלים בישראל בעידן של שינוי אקלים (אבישר, קורן, ינאי ומרכוס, 2022) עולה כי ההתדרדרות הצפויה בתפקודם האקולוגי של הנחלים, שהם מבתי הגידול הרגישים והמאוימים ביותר בעולם ובישראל, צפויה להשפיע על שורה של שירותים לאדם: פגיעה בהספקת מים איכותיים לשתייה ולחקלאות, החמרה בנזקי שיטפונות והצפות, פגיעה במרחב שירותי פנאי ונופש, ופגיעה במסדרונות אקולוגיים וצירים פתוחים במרכז הארץ המצטופף ונמצא תחת לחץ פיתוח מאסיבי. בעבודה זו נסקרו עבודות שמצביעות על התקצרות העונה הרטובה ועלייה במשך הימים בין אירועי גשם, אשר משפיעים באופן ישיר ולא לינארי על ירידה בנפחי המילוי החוזר של מי התהום. מהעבודה עולה כי

קיימת ירידה בשפיעה הטבעית של עשרות מעיינות שנסקרו בצפון הארץ, ובהתאם התחזיות מצביעות על ירידה של 20–50 אחוזים בנפחי הזרימה בנחלים. הדבר ניכר בעיקר באגנים הצפון מזרחיים של ישראל. באגן הכנרת בו הפחיתה בכמויות המשקעים היא המשמעותית ביותר והפגיעה בזרימות באגן הירדן העליון צפויה כבר בעשור הקרוב. באגן נחל חרמון נמצאה ירידה של כ-15% בממוצע בכמות המשקעים השנתית בחמישים השנים האחרונות, במעיין הבניאס ובמעין הקצינים יש ירידה בשפיעה בשיעור של כ-20%, והנפח השנתי בתחנה ההידרומטרית של הנחל פחת ב-7% בחמישים השנים האחרונות (אבישר ועמיתיה, 2022). לצד זאת, מתואר בעבודה התהליך האקולוגי של התייבשות נחל איתן ושרשרת ההשפעות שהוא מחולל: עם הירידה בספיקת המים נחשפים בנחל אזורים שהיו בעבר מוצפים, מינים שאינם נעים במהירות (למשל רכיכות, ספוגים או טחבים) עלולים להיחשף לאוויר הפתוח ולהתייבש. התייבשות גדות הנחל בתרחיש של נסיגת מפלס המים עלולה לפגוע בצמחיית הגדות ולשנות את הרכב הצומח ואף לאפשר כניסה והתבססות צמחים פולשים. ניתוק הקשר בין ערוץ הנחל וצמחיית הגדות עלול לפגוע בבעלי חיים המאכלסים אותו. ככל שספיקות המים ימשיכו לרדת, הנחל עלול להתייבש לאורכו, הרציפות ההידרוביולוגית תיפגע עד כדי יצירת בריכות רדודות מנותקות אחת מהשניה הדומות יותר לבריכות חורף ואף גרוע מכך. בסופו של יום, אירועי התייבשות ממושכים ותכופים, המלווים בהאטת מהירות הזרימה, עשויים להביא לשינוי בהרכב החברה הביולוגית באופן קיצוני.

אם לא תינקט פעולה משמעותית להגנה על בתי גידול טבעיים ועל המגוון הביולוגי ולשיקומם, צפויות החמרה נוספת והאצה בקצב הכחדת המינים, הידרדרות תפקוד המערכות האקולוגיות וצמצום תועלות ושירותי מערכת לרווחת האדם, לרבות תועלות להתמודדות עם שינוי האקלים.

פרק שני:

פתרונות מבוססי-טבע (Nature-based Solutions) – להתמודדות עם משבר האקלים



1. מבוא והכרות עם מושגי יסוד

הן בהתבסס על הספרות הן על-סמך התייעצויות עם מומחים, והם בעלי הדירוג הגבוה ביותר מכמה היבטים:

- יעילותם לביצוע מיטיגציה
- יעילותם בסיוע לאדפטציה
- ריבוי תועלות-משנה (co-benefits) שהם מספקים, כגון תרומה לכלכלה הארצית, תרומה לכלכלה המקומית ורווחה (Well-Being) אישית וקהילתית.

הפרק מבקש להציג את מרחב הפעולה האפשרי לפתרונות מבוססי-טבע באופן פרגמטי, מרובה תועלות ונגיש.

על רקע ההבנה של הקשר בין מערכות הטבע לבין המערכות האקלימיות, כפי שתואר בפרק הקודם, מטרתו של פרק זה – לספק כלי עבודה מעשי ויישומי למקבל החלטות. לאחר רקע קצר, היכרות עם מושגי יסוד ועם קריטריונים מקובלים בעולם בתחום, הפרק מציע שורה של פתרונות מבוססי-טבע שהם רלוונטיים לסביבה הישראלית ולמקבלי ההחלטות בישראל, ומאפשר היכרות ראשונית עם היתרונות, התועלות והאתגרים היחסיים של כל פתרון, ובכלל זה התועלות האקלימיות.

הפרק מציג את הפתרונות על-פי פרמטרים רב-מערכתיים, ולצדם דירוג ותעדוף. הפתרונות נבחרו



שדמית אדומת-כנף. צילום: יואב פרלמן, החברה להגנת הטבע

א. מה הוא פתרון מבוסס-טבע וכיצד הוא מקדם איזון אקלימי?

”פתרונות מבוססי-טבע ממנפים את כוחו של הטבע כדי להגן על בני האדם, לייעל תשתיות ולשמור על איזון במערכות כדור הארץ”
([2023 Nature-based Solutions | IUCN](#))

מדיניות המאמצת פתרונות מבוססי-טבע באופן מקצועי ועל בסיס מדעי תאפשר לרתום את הדינמיקה הטבעית של מערכות כדור הארץ לטובת האדם, ולמיתון והתמודדות עם הבעיות הצפויות באזורנו, בין היתר כתוצאה ממשבר האקלים. בבדי למנף את כוחו של הטבע, יש להבין את המערכות הטבעיות הפועלות סביבנו לעומקן, ואת מערך המשובים, המחזורים והעקרונות שלפיהם הן עובדות.



בקצרה:

– משובים, מחזורים ועקרונות פעולה עיקריים, המשפיעים על איזון ועל הפרת איזון המערכות הטבעיות.

משובים: את תהליכי המשוב נהוג לחלק לשני סוגים: משובים מאזנים או מְכַנְסִים, המכוונים במדע “משוב שלילי”, ומשובים מאיצים, המרחיקים מאיזון, המכוונים במדע “משוב חיובי”. המשובים ה”מאזנים” מחזקים את מגמת האיזון במערכת. לדוגמה: עלייה בטמפרטורה מגדילה את כמות האידוי מפני השטח וממקורות המים. כתוצאה מכך עולה כיסוי העננים. כיסוי עננים גבוה יכול להפחית את קרינת השמש החודרת ארצה ולהוריד את הטמפרטורה על פני הקרקע. המשובים ה”מְאִיצִים”, לעומתם, נחשבים למרחיקים את המערכת מאיזונה, ומעצימים תהליכים. לדוגמה: כאשר טמפרטורת פני השטח עולה באזורים שיש בהם קרח או שלג, חלק מהקרח והשלג נמסים ותחתם נחשפת קרקע כהה ורטובה. קרקע זו סופחת יותר חום מאשר משטח השלג שקדם לה, דבר המוביל לעלייה בקרינת השמש הנספגת ולהגברת התחממות פני השטח.

פתרונות מבוססי-טבע בנויים על דינמיקה של משובים שניתן להבינם באמצעות מודלים של מערכות מדע כדור הארץ (EES: earth science systems. Stanley, Steven M., 2005). מודלים אלו מתארים את כדור הארץ כמערכת סגורה, המכילה שבע תת-מערכות. לצורך בחינת נושאי האקלים בסדרי זמן אנושיים יש להבין בעיקר את ארבע תת-המערכות הבאות:

1. מערכת המים (ההידרוספירה: ים, נחלים, אגמים, מי תהום ועוד);
2. מערכת הגז (האטמוספירה על כל שכבותיה, גז בתת-הקרקע ועוד);
3. מערכת הסלע (הגיאוספירה: סלעים, קרקעות, חול ועוד);
4. מערכת החיים (הביוספירה: כל האורגניזמים החיים, לרבות צמחים, בעלי חיים ואנשים).

ארבע המערכות הטבעיות האלו מזרימות ומקבלות חומר ואנרגיה זו מזו. מתקיימים ביניהן יחסי גומלין תמידיים והן קשורות במערך הדוק של השפעות

הארץ. כדור הארץ מוגדר כמערכת בהומאוסטזיס, כלומר סך התנאים הפיזיקליים והכימיים השוררים בה נשמרים בטווח ערכים קבוע המתאים לחיים. המערכת האקולוגית מניעה לאיזון באמצעות תהליכי ויסות פיזיקליים וביוכימיים (Lovelock, J.E., 1973). פתרונות מבוססי-טבע מעניקים אפשרות להקטנת ההפרעות וליצירת איזון על-ידי חיבור הפתרונות אל עקרון האיזון, אל המחזוריים הטבעיים ואל מנגנוני המשוב המכנסים והמאזנים של הטבע.

פתרון מבוסס-טבע מעוצב על בסיס הבנת המערכות הטבעיות עצמן ולכן הוא יהיה יציב לאורך זמן ובעל גמישות דינמית (אגוזי, 2021). כאשר אנו פועלים שלא מתוך ראייה מערכתית של הטבע אנו עלולים להחמיץ הזדמנויות לפתרונות פשוטים ויעילים, או, חמור מכך, להחמיר את מצבנו תוך בזבז זמן יקר ומשאבים. הניסיון לקדם פתרונות למשבר המגוון הביולוגי בנפרד ולמשבר האקלים בנפרד הוא דוגמה לכך. המשברים משפיעים ומושפעים זה מזה באופן הדוק, רב-מערכתי ומורכב. למרות זאת, במרבית המדינות קיימת הפרדה בטיפול ובהתמודדות עם אתגרים אלו, החל בתפיסה ובפתרונות דרך משקפי המדיניות הלאומית, וכלה בפעולות בשטח, המתבצעות בידי גורמים שונים. הפרדה זו גורמת להחמצת הזדמנויות ליישום פתרונות כוללניים. למעלה מזאת, ההפרדה עשויה להוביל לקבלת החלטות אשר תורמות להתמודדות עם משבר אחד אך מעצימות את המשבר השני. טיפול באתגרים אלו כמערכות מקושרות הוא המפתח לתוצאות מיטביות, הן כמענה לאתגרי הסביבה והאקלים, הן לחיזוק המגוון והמערכות הטבעיות (IPBES-IPCC, 2021). אימוץ ויישום פתרונות מבוססי-טבע רותמים את הדינמיקה הטבעית של מערכות כדור הארץ לטובת מיתון משבר האקלים והיערכות להשלכות המשבר הצפויות באזורנו: שיטפונות, פיחות משקעים, רצפי שרב קיציים, איי חום עירוניים ועוד (תוכנית יישום לאומית להתמודדות עם משבר האקלים, 2022).

משוב מתכנס המוגדר גם כמשוב שלילי (negative-feedback) – הוא משוב מערכתי הגורם להיחלשות ההפרעה במערכת ומקדם איזון. משוב מאיץ המוגדר גם כמשוב חיובי (positive feedback) – גורם להגברת הפרעה, ומפר איזון. ניתן להבין זאת כך:

$$output(t) = input(t) + \sum_i sampling_i(t, output(t))$$

output – המערכת המופרעת ~ Input – ההפרעה ~ Sampling – המשוב ניתן לראות שכאשר הזמן מתקדם והמשוב הוא שלילי ההפרעה קטנה

ביטוי מתמטי של משובים במערכת סגורה – ניתן לראות משוב כיצד משוב שלילי גורם לכך שההפרעה במערכת מצטמצמת גם הזמן

מחזוריים: פרט למערכת המשובים, מערכות כדור הארץ קשורות זו בזו במערכת של מחזוריים, החוצים בין מערכת למערכת במעגליות אין-סופית, הכוללים את: מחזור האנרגיה, מחזור המים, מחזור הפחמן, מחזור הזרחן, מחזור החנקן (Stanley, Steven M., 2005). כך לדוגמה במחזור הפחמן משתתפות מערכות אקולוגיות רבות הכוללות צמחים, אצות, וחיידקים הקולטים פחמן מהאטמוספירה דרך תהליכי פוטוסינתזה, נשימה, ריקבון, הסתלעות, ומסיסות במים. חלק מהפחמן שהם קולטים נפלט חזרה לאוויר, וחלק אחר נשאר אצור במסה שלהם, בקרקע ובים. כשהם מתים, הם שוקעים יחד עם הפחמן שאצור בתוכם, מסתלעים ומקבעים אותו לשנים ארוכות. הפחמן ישוב אל האטמוספירה ומשם למערכת הצמח והחי על ידי שריפת דלקים מאובנים, פעילות געשית או מהים. דוגמה נוספת ומוכרת היא מחזור המים: קרני השמש מחממות את המים במאגרים ובימים, מה שגורם להיווצרות אדים העולים למעלה, מתקררים, מתעבים ויוצרים עננים, המוסעים על-ידי הרוחות אל היבשה ומורידים גשמים הזורמים חזרה אל מאגרי המים והאוקיינוסים וכן הלאה.

עקרון האיזון של כדור הארץ: מאפיין נוסף ומשמעותי, שיש להבינו כדי לעמוד על מנגנוני הפעולה של פתרונות מבוססי-טבע הוא עקרון האיזון של כדור

ב. חשיבותם של פתרונות מבוססי-טבע בעידן של שינוי אקלים



בקצרה:

המערכות הטבעיות על כדור הארץ פגועות כתוצאה מפיתוח וניצול יתר ומהשלכות משבר האקלים. מגמות אלו צפויות להתעצם בעתיד. כתוצאה מכך נפגעת גם הדינמיקה הטבעית של המחזורים והמשוברים וחלקם אף הופכים למנגנונים המאיצים את שינוי האקלים ומעצימים את השלכותיהם. כלומר, כאשר המערכות הטבעיות פגועות, לא זו בלבד שהן אינן מסייעות על-ידי איזון, אלא הן בעלות פוטנציאל להחרפת משבר האקלים. פתרונות מבוססי-טבע מאפשרים לצמצם את הפגיעה ולשקם את הדינמיקה המאזנת הטבעית של מערכות כדור הארץ. זאת, לצד מתן פתרון מקומי למגוון בעיות ולשיפור היערכות מקומית לקראת שינוי האקלים.

(2014), מובילה לפגיעה מסיבית בתשתיות החיים (Jaime Urrutia-Fucugauchi 2015). יש להדגיש כי גם במצבן הבריא, המערכות הטבעיות של כדור הארץ לבדן אינן יכולות לאזן את ריכוזי הפחמן הדו-חמצני הגבוהים שהצטברו באטמוספירה במאה וחמישים השנים האחרונות. אולם, כל עוד הן מתפקדות, יש להן תפקיד חשוב בתהליך הפחתת הפליטות: **פתרונות מבוססי-טבע לבדם הם בעלי פוטנציאל לספק כ-30% מיעדי המיטיגציה הנדרשת עד שנת 2030 כדי לייצב את ההתחממות הגלובלית מתחת לרף 2 המעלות (IUCN, 2020).** **נוסף על כך, פתרונות מבוססי-טבע הם כלים עוצמתיים להתמודד עם השלכות משבר האקלים (כגון שיטפונות, חום, מיעוט והרעה באיכות מקורות המים כתוצאה מירידה בכמות המשקעים, איבוד פוריות הקרקע), כלומר, אדפטציה.** אלא שיעילותם של פתרונות אלו תלויה כאמור בבריאות המערכת האקולוגית. פתרונות מבוססי-טבע פועלים להבראת המערכת ולכן עצם השימוש בהם הוא גורם חיובי המאפשר למערכת להתכנס ולאזן את עצמה. חלון ההזדמנויות למיתון ועצירת השפעות סביבתיות, אקלימיות ואקולוגיות בלתי הפיכות הולך ונסגר. נקיטת מדיניות ופעולות להתמודדות עם אתגרים אלו צריכה להתבצע במהירות וביעילות, מלוות בזיהור ושיקול דעת (IPBES-IPCC 2021).

מערכות אקולוגיות יבשתיות, משפיעים על מחזור הפחמן העולמי וכן על ההידרולוגיה ועל האקלים המקומיים, דרך מחזורי המים והאנרגיה העיליים (Adams, H.D., Macalady 2010). כאשר המערכות בריאות, הן תורמות לאיזון ויציבות המחזורים הללו באופן שאיפשר את התנאים האקלימיים המוכרים לנו באלפי השנים האחרונות. אולם כאשר המערכות הטבעיות נמצאות במצב של עקה (stress), יכולת שמירת האיזון שלהן נפגעת, וכיוון המשוב שהן מייצרות עלול להתהפך. כך הופכים תהליכים טבעיים, שבעבר תרמו להפחתת הפליטות המגיעות לאטמוספירה, לגורמים המאיצים את תהליך שינוי האקלים ומחמירים את השלכותיו.

כיום נמצאות המערכות הטבעיות במצב של עקה משמעותית משתי סיבות עיקריות:

1. ניצול-יתר של משאבי הטבע: כרייה, זיהום, כריית יערות, תיעוש, ובנייה (Ben-Moshe, N., Renan 2022);
2. עליית ריכוזי גזי החממה באטמוספירה מאז תחילת העידן התעשייתי גורמת להפרעה עוצמתית במערכת האקלים, וכנגזרת של זאת – בכל מערכות כדור הארץ (Zachos J. et al., 2001). הפרעה שכזו, המובילה לעליית הטמפרטורה הממוצעת הגלובלית (Pagani, M. et al.,



פשתה שעירה, צילום: שחר מזרחי

בשורה התחתונה:



1. מערכות טבעיות פגועות הן בעלות פוטנציאל למשוב המאיץ את שינוי האקלים ("משוב חיובי"): מערכות פגועות עלולות לפגוע במאמצי אדפטציה, להחריף את השלכות משבר האקלים בצורה מקומית (שטפונות קשים יותר, גרעון מים קיצוני יותר וכיו"ב) ולהקטין את היכולת למיטיגציה. במקרה הטוב, יכולת ספיחת הפחמן נפגעת ובמקרה הפחות טוב חלק מבתי הגידול הופכים למקורות פליטה.
2. בלימת משבר האקלים ואיזון המערכות הטבעיות תלויים בריסון השימוש בדלקים מאובנים (IPBES-IPCC, 2021).

ג. עקרונות וקריטריונים ליישום פתרונות מבוססי-טבע

2. על הפתרון להיות בר-השגה מבחינה כלכלית, שכן עלויות יישומו והתועלות שיביא בטווח הארוך הן שיכתיבו את מידת הצלחתו. בין ההיבטים הכלכליים יש להתחשב בהיקף ההשקעה, ביעילות ובאפקטיביות של הפתרון ובפריסתו הפיזית במרחב. כדי שהפתרון יהיה בר-קיימא, יש לאזן בין עלויות הטווח הקצר, כגון התכנון והפיתוח, ובין תועלות לטווח הארוך. בתהליך בחירת הפתרון יש להתחשב באפקטיביות הפתרון ביחס לפתרונות אלטרנטיביים וכן במצב השוק, לרבות המגזר הציבורי, קהילה מתנדבת, רגולציה וכדומה.

3. על הפתרון לספק מענה לאחד או ליותר מאתגרי החברה המרכזיים, כפי שהם מוגדרים בידי הקהילה הצפויה להיות מושפעת מעצם הפתרון. אתגרי החברה העיקריים שהוגדרו על-ידי IUCN, הם התמודדות עם שינוי אקלים, הפחתת סיכון לאסונות, פיתוח כלכלי וחברתי, קידום בריאות,

עם עליית ההכרה בחשיבותם של פתרונות מבוססי-טבע, פותחו קריטריונים ועקרונות ראשוניים ליישום ולבחינה של פתרונות אלו. האיגוד הבינלאומי והבין-ממשלתי הגדול ביותר לשמירת טבע (IUCN) גיבש תקן בינלאומי המגדיר שמונה קריטריונים לפתרונות מבוססי-טבע. מטרת הקריטריונים לספק מסגרת מנחה לעידוד וליישום פתרונות מבוססי-טבע ברחבי העולם (IUCN, 2020):

1. על התכנון של פתרון מבוסס-טבע להתחשב בכל היקפי השפעה של הפתרון. מערכות אקולוגיות הן מטבען מורכבות ומכילות היבטים של אי-וודאות. תכנון המתחשב בהיקפי השפעה של הפתרון אינו בוחן רק את יישום הפתרון בסביבתו הסמוכה, אלא גם מצבים של השפעה מרחבית, אקולוגית, חברתית, כלכלית וכדומה. על תכנון נכון לזהות סיכונים שמקורם מחוץ לאתר הפתרון, במטרה למנוע השפעה שלילית בלתי מתוכננת.

ביטחון מזון וביטחון מים, מניעת התדרדרות המגוון הביולוגי ופגיעה סביבתית. בתהליך תכנון הפתרון יש להגדיר את הבעיה או הבעיות באופן ברור בידי אלו שחווים אותה/ן; יש להגדיר את מטרות הפתרון הספציפיות, לוודא שהן ברות השגה וכן שהפתרון יספק תועלת מוחשית ובת-מדידה לרווחת האדם ולמערכות האקולוגיות.

4. פתרונות מבוססי-טבע צריכים להיות מנוהלים ומנוטרים לאורך זמן באופן גמיש ובר-התאמה (אדפטיבי). אי-ודאות היא בלתי נפרדת ממערכות אקולוגיות עקב המורכבות, הדינמיות וההתפתחות המאפיינות אותן. לכן, חשוב להכיל בפתרון יכולת להתאמות עתידיות כמענה לאי-ודאות ול"בלתי צפוי". ניהול גמיש ובר-התאמה מבוסס על ניטור, הערכה והתבססות על ידע מדעי ומידע מהשטח. מידת הגמישות של הפתרון תשפר את סיכויי שרידותו ואת המשך תפקודו למשך פרקי זמן ארוכים, בתנאים משתנים, באי-ודאות, ולנוכח אירועים חברתיים, אקלימיים וכלכליים בלתי צפויים.

5. הפתרון בטווח הארוך צריך לייצר לרווח נטו

למגוון הביולוגי ולמערכת האקולוגית ולתמוך בשלמותם. פתרונות מבוססי-טבע תלויים במידה רבה ביותר בתפקוד המערכת האקולוגית שהם מקושרים אליה או שהם תומכים בה. היקף התועלות שיספק הפתרון ייקבע לרוב על-פי מידת בריאות המערכת ותפקודה התקין. לכן, תכנון ויישום של פתרון חייב לחתור לשיפור התפקוד והקישוריות של המערכת, ואלה יגדילו את מידת החוסן והעמידות של הפתרון בטווח הארוך.

6. תהליך קידום הפתרון צריך להיות מאורגן, שקוף לציבור ובהובלת הרשויות. לשיפור סיכויי הצלחת הפתרון בטווח הארוך וכן לקידום התהליך תחת "רישיון הציבור" ובהסכמת כלל הגורמים הרלוונטיים, יש לשתף את כלל בעלי העניין בתהליך התכנון וקבלת ההחלטות ואת בעלי הזכויות השונים והמושפעים במישרין ובעקיפין מהפתרון.

7. יש לשאוף לפשרות הוגנות בין מטרות הפתרון העיקריות ובין תועלות והיבטים אחרים. זאת מתוך הכרת כלל השיקולים ולשם הפקת תועלת מיטבית מתהליך התכנון והיישום של הפתרון.



צילום: יואב פרלמן, החברה להגנת הטבע

יש שבמסגרת יישום פתרון מבוסס-טבע עלולים ערכי טבע או ערכים חברתיים שונים להיחשף לסיכונים. יש להביא זאת בחשבון בעת תכנון הפתרון והצפת כלל השיקולים, ולעיתים נחוץ לקחת טווחי ביטחון לשם הימנעות מתוצאות לא רצויות.

8. נדרשת הכרה פורמלית ואימוץ רב-מגזרי של הפתרון. ככל שהרשויות השונות יכירו בפתרונות מבוססי-טבע ככלים בעלי משמעות לרווחת האדם והמגוון הביולוגי, כך תתרחב התשתית הארגונית והחברתית התומכת בהם, הן בקידום פתרונות הן בתפעול ובתמיכה שוטפת וארוכת טווח בפתרונות בני-קיימא. על ההכרה להיות לא רק של גופים ציבוריים אלא גם של חוקרים מהאקדמיה, חברות, עמותות, קהילות מקומיות, רשתות בין-לאומיות, קהילה תקשורת עוד. ככל שגופים רבים יותר, לרבות אנשים רבים, יכירו, יתעניינו, ישתתפו, יתמכו או יאמצו פתרונות מבוססי-טבע, כך תלך ותתרחב הפצת הידע בדבר הפוטנציאל שביישומם, יתעצם השימור, יצמחו היקפי היישום ויתרחבו תועלותיהם.



מרומית לבנת לחי. צילום: יואב פרלמן, החברה להגנת טבע

בהקשר הישראלי, אשר נדרש לפתרונות עבור האיומים המרכזיים הצפויים לגבור בעידן של שינוי אקלים, הוצעו לאחרונה שלושה עקרונות בסיסיים ליישום פתרונות מבוססי-טבע – לטובת ניהול סיכוני הצפות (אגוזי, 2021).

1. הבנת המערכת, ובכלל זה התהליכים ההידרולוגיים,

המורפולוגיים והאקולוגיים הפועלים במרחב המקומי והאזורי. לשם כך יש לבחון לעומק מהן הבעיות שהפתרון מבקש להתמודד עמן, מה התאמת הפתרון לבעיה, מה אפיוני האזור, מה תהיה התוצאה של יישום הפתרון, וכיצד ישפיע הפתרון על המערכת האקולוגית בטווח הקרוב והרחוק.

2. התייחסות לכלל הגורמים המשפיעים והמושפעים

מהפתרון. יש להתייחס להיבט המרחבי (מידת השפעתו של הפתרון על המרחב, ושל המרחב על הפתרון), להיבט הזמן (כיצד תשתנה המערכת לאורך השנים עם הפתרון המיושם), להיבטי התחזוקה הנדרשת, להיבטים חברתיים (בין היתר הכנה והתאמה של הפתרון לאוכלוסייה הסובבת), כלכליים ומשפטיים.

3. ניטור דינמיקת המערכת האקולוגית והפתרון.

מערכות אקולוגיות שעליהן נשענים פתרונות מבוססי-טבע מתפתחות ומשתנות במשך הזמן ורכיבי אי-ודאות הם חלק מהתפתחות זו. לפיכך הכרה, למידה וניטור של דינמיקת המערכת האקולוגית ושל הפתרון המיושם דרושים לשם קבלת החלטות מושכלות באשר לתחזוקתה. פתרון מבוסס-טבע נשען על יכולת המערכת האקולוגית להכיל מרכיבי אי-ודאות, זאת בניגוד לפתרון ההנדסי, אשר מתמודד עם מרכיבי אי-הוודאות של הסביבה באמצעות מקדמי ביטחון (יותר ברזל, יותר בטון וכדומה). פתרון מבוסס-טבע, אשר מהווה חלק ממערכת אקולוגית בריאה ומתפקדת, מכיל בתוכו את הפוטנציאל להתמודדות עם אי-ודאות כדוגמת אירועי קיצון, וצפוי להשתנות עמם בדומה למערכות אקולוגיות בריאות ולהשתקם באופן עצמאי מהשינויים.

ד. פרמטרים לבחינת יעילותו של פתרון מבוסס-טבע ולהפקת התועלת המרבית ממנו

”על ידי עבודה עם הטבע, במקום נגדו, יכולות קהילות לפתח וליישם פתרונות הסוללים את הדרך לכלכלה עמידה, יעילה במשאבים וירוקה”
(הנציבות האירופית, 2015).

פתרונות מבוססי-טבע פועלים ”יחד עם הטבע” כדי להועיל הן למערכות האקולוגיות הטבעיות הן לאנשים התלויים בהן (Sowińska-Świerkosz, B., et al., 2021).¹ תפיסה זו משקפת את הפרדיגמה שהטבע מספק פתרונות לאתגרים גלובליים והופך אותם להזדמנויות (Science for Environmental Policy, 2021).

כדי להיות פרקטי, בר ביצוע ולספק פתרון לטווח ארוך, פתרון מבוסס-טבע צריך להיות יעיל וחסכוני. דו”ח הנציבות האירופית בנושא פתרונות מבוססי-טבע וערים (הנציבות האירופית, 2015) קרא למאמצי מחקר וחדשנות בנושא יעילותם של פתרונות אלו, והציע לבחון שלושה היבטים כבסיס לאופטימיזציה של הפתרונות: **האם הפתרון מוביל ליתרונות סביבתיים, חברתיים, וכלכליים?**

בהתאם, הציגה הנציבות האירופית עקרונות מספר ליצירת גישות מבוססות-מערכת אקולוגיות, יעילות ומועילות (The Solution Is in Nature. Future Brief 24. Brief Produced for the European Commission DG Environment 2021): התערבות יעילה צריכה להיות מבוססת ראיות, לשלב ידע מסורתי ולהיתמך בנתונים, מחקר ופרקטיקה זמינים (Science for Environmental Policy, 2021). עוד הודגש, כי פיתוח קריטריונים ושיטות הערכה ברורות יעודד קליטה ויישום נאותים של פתרונות מבוססי טבע.

לבסוף, גובשו שבעה מושגים עיקריים הקשורים ליעילות פתרונות מבוססי טבע: (Sowińska-Świerkosz, B., et al., 2021)

1. **שיתוף בעלי עניין:** השתתפותם של בעלי עניין חיונית ליישום ולניהול יעיל של פתרונות מבוססי טבע (Chauson et al., 2020; Dumitru et al., 2020; Ferreira et al., 2020; Frantzeskaki et al., 2019; Giordano et al., 2020; Padma et al., 2017b; Raymond et al., 2019). פתרון יכול להיות אידיאלי מנקודת מבט סביבתית אך עשוי שלא להתקבל על-ידי הקהילה. לכן, כל פעולה להתמודדות עם אתגרים צריכה להתבסס על מעורבות של בעלי עניין ולכבד ולחזק את זכויות הקהילות המקומיות על משאבי טבע (Ferreira et al., 2020). חשוב ליצור מעורבות רחבה של קבוצות מגוונות, לרבות אנשי אקדמיה, מנהלים, יזמים ובעלי עסקים. השיתוף צריך להיעשות בכל שלבי חיי ההתערבות: עיצוב, יישום, ניהול ומעקב.

2. **יכולת מדיניות וניהול:** יעילותו של פתרון מבוסס-טבע תלויה במודל ניהול נכון. מודלים גמישים ושקופים ייטיבו למדוד, לאמת, לשכפל, לתחזק ובמידת הצורך לשנות ולשפר את הפתרונות שאומצו באופן יעיל (Causson et al. 2020; European Commission, 2015; Krauze and Wagner, 2019; Nesshöver et al., 2017; Raymond et al., 2017b; Santoro et al., 2019; Sowińska-Świerkosz et al., 2021). מדיניות יכולה להתבסס על מסגרות קיימות – בנושאי הגנת הסביבה, מורשת תרבותית, תכנון מרחבי

1 חלק זה מבוסס על עבודתה של החוקרת סווינסקה-שווירקוש בנושא פתרונות מבוססי טבע. עבודתה בנושא מציגה פרספקטיבה פרגמטית ועמוקה הנשענת על סקירות ספרות ומעניקה כלים ישומיים. העבודה המלאה כוללת דיונים בנושא: (1) פיתוח מסגרת להערכת פרויקטים של פתרונות מבוססי טבע בשלב בחירת הפרויקט (2) השימוש באינדיקטורים ככלי להערכת פתרונות מבוססי טבע.

פתרונות מבוססי-טבע ממלאים תפקיד מכריע בקידום המעבר ממודל צמיחה עתיר משאבים למודל צמיחה יעיל ובר-קיימא (Faivre et al., 2017). מודל זה גורס כי עלות ההטמעה, התחזוקה או השינוי של פתרון לא תעלה על היתרונות הסביבתיים והחברתיים הפוטנציאליים (הנציבות האירופית, 2015). עלויות אלו כוללות רכישה, ניהול, שתילה, השקיה, ניהול מים ואנרגיה, ניקיון ותיקון תשתיות הנדסיות לאורך פרק זמן מסוים.

4. סינרגיות ופשרות: ניתוח היחסים ההדדיים בין תועלות שונות שמספקים פתרונות מבוססי-טבע מבטיח את יעילות הפתרון (Chausson et al., 2020; Dumitru et al., 2020; European Commission, 2015; Giordano et al., 2020; Kabisch et al., 2016; Science for Environment Policy, 2021). ניתוח כזה הוא קשה, מכיוון שהיתרונות תלויים זה בזה (Xing et al., 2017), קיימות ביניהם סינרגיות (הגדלת שירות אחד גורמת להגדלת שירות אחר) ופשרות (הגדלה של שירות אחד גורמת לירידתו של שירות אחר) (Kabisch et al., 2016; Raymond et al., 2017b; Raymond et al., 2017a). פתרון מבוסס-טבע יעיל צריך להתבסס על פתרון המנצל את הסינרגיות ואינו מוביל לפשרות משמעותיות (Sowińska-Świerkosz et al., 2021).

5. התאמה לתנאים המקומיים: כדי להיות יעיל, פתרון מבוסס-טבע חייב להיות מותאם למאפיינים הסביבתיים של אזור היישום הנתון (הנציבות האירופית, 2015; Short et al., 2019; Majidi et al., 2019). דבר זה חשוב בייחוד כאשר בוחנים פתרונות מבוססי-טבע המשלבים שימוש באורגניזמים (כגון צמחים) ככלי מרכזי. בחירתם תלויה בהיבטים רבים, לרבות מאפייני קרקע, מגוון ביולוגי מקומי,



חריץ ודבורה. ליאור שפירא, חברה להגנת הטבע

ותמריצים כלכליים (Nesshöver et al., 2017). בעוד שמסגרת ממשלתית קיימת עשויה לטפח או לעכב יישום של פתרון מבוסס-טבע, יש להביא בחשבון גם את הצורך לאמץ מבנים מוסדיים חדשים (Vignola et al., 2013). שינויים במדיניות, בחקיקה ובתכנון המרחבי מאפשרים להשפיע על קליטתו של פתרון מבוסס-טבע. עם זאת, לעיתים נושאים הקשורים למדיניות מוסדית עשויים להיות חסם הפוגע ביעילותו של יישום פרויקט מבוסס-טבע ויש לשים לב לכך (Santoro et al., 2019).

3. יעילות כלכלית: לפתרון מבוסס-טבע יש פוטנציאל להיות חסכוני הן בעלות היישום הן בשימוש במשאבים, כגון חומרי בניין, משאבי טבע ואנרגיה, בשימוש בר-קיימא ובמזעור ההשפעות על הסביבה (הנציבות האירופית, 2015; Frantzeskaki et al., 2017; Faivre et al., 2019; Maes and Jacobs, 2017; Nika et

התאמה לאקלים, עמידות לבצורת, ועקה (Short et al., 2019; Xing et al., 2017). כדי להבטיח את יעילות הפתרון, יש לאמץ גישה של 'דיוק והתאמה', ולא גישה של 'העתק-הדבק'. יש לקבוע את המידה שבה משתנים מקומיים משנים את האפקטיביות ולעמוד על התאמת הפתרון להקשר המקומי.

6. ביצועים בטווח הארוך: לעיתים נדרש לפתרונות מבוססי-טבע זמן כדי להיות אפקטיביים, שכן יש פער זמן בין יישום התערבות לבין שיא יעילותה (הנציבות האירופית, 2015; Giordano et al., 2020; R). לכן, הערכת הצלחת פתרון מבוסס-טבע צריכה להיעשות תוך התחשבות במשתנים המותאמים לטווח הזמנים כגון גידול

אוכלסייה, שינוי אקלים, עליית צריכה ועוד. מומלץ להעריך את יעילות הפתרונות ביחס לטווחי זמן שונים, לדוגמה: השפעות בזמן קצר (1-5 שנים), השפעות בזמן בינוני (5-10 שנים) והשפעות ארוכות זמן (מעל 10 שנים).

7. קנה מידה מרחבי נאות: פתרון מבוסס-טבע יכול לייצג התערבות ברמת המיקרו – למשל בניין בודד (למשל, גג ירוק), ברמת המזו – של עיר או אזור (למשל, שיקום אגני נחלים), או ברמת המאקרו – של מדינה שלמה (למשל, אסטרטגיה לאומית של פתרונות מבוססי טבע להשלכות משבר האקלים) (Raymond et al., 2017b). היקף הפתרון משפיע על האפקטיביות. (Sowińska-Świerkosz et al., 2021).



חסידות. צילום: לירון שפירא, החברה להגנת הטבע.

2. פתרונות מבוססי-טבע לסביבה הישראלית ותועלות אקלימיות – דוגמאות עיקריות



מאגר עמוד לאחר תהליך התפראות, כפר רופין. צילום: יואב פרלמן, החברה להגנת הטבע.

התפראות – Rewild

התפראות – Rewild, היא תהליך השבת הטבע אל שטח מופר, בצורה מערכתית ובקנה מידה נרחב. מאפשר

התחדשות, חוסן ודינאמיות למערכות האקולוגיות לאורך זמן, עם התערבות מינימלית ככל הניתן של האדם. שטח מופר

צפוי לספק שירותי מערכת עשירים: ספיחה וקיבוע של פחמן לטווח ארוך, הורדת הטמפרטורה היומית והלילית, העשרת

מי תהום ומערכות מים עיליות, הפחתת סחף קרקע, מיתון סיכונים שיטפונות ועוד. בנוסף, מרחבי פרא תורמים לבריאות

הפיזית והנפשית של הפרט, לחוסן החברתי והקהילתי, ולחיסכון כלכלי. ביצוע של תהליך התפראות הוא משימה רב

תחומית ומצריכה ידע, מיומנויות, ניהול ושותפויות ברמה המקומית והארצית. ה-IUCN הגדיר עמודי תווך לביצוע נכון

של התפראות: (1) תהליך המבוסס על משובים ומאפיינים טבעיים ומקומיים (2) שטח ההתפראות צריך להיות רחב (3)

תהליך ההתפראות מתמקד בהחלמת המערכת האקולוגית (4) תכנון ההתפראות מתבסס על ההבנה שהטבע הוא דינמי

ומשתנה, ומתכלל בהתאם לכך את תחזיות הרבייה, שטפי חומרי הזנה ועוד (5) תכנון התפראות צריך להיעשות לאור

תחזיות אקלימיות אזוריות, ויהווה כלי למיתון ולהתמודדות עם משבר האקלים (6) תהליך Rewild צריך להיות שיתופי

ולכלול את כלל בעלי העניין כבר משלבי התכנון הראשונים (7) מדע וידע היסטורי מקומי צריכים להיות הבסיס לתהליך

ההתפראות (8) תהליך ההתפראות ילווה בניטור ותכנון רספונסיבי – המתעדכן ומגיב לדינמיות בשטח (9) התפראות

מכירה בזכות הקיום לטבע ובאחריות של האדם להגן עליו (10) הפרדיגמה החדשה שבבסיס ההתפראות – אופטימיות,

תכלית ומוטיבציה. מערכות טבעיות שנמצאו יעילות במיוחד להתפראות מבחינה אקלימית הן: יערות, אדמות כבול,

אדמות ביצות, אדמות עשב, וקרקע עשב ים.

תיאור:

תועלות:

קידום מאזן פליטות נייטרלי

אומדן ליעילות הפתרון לספיחה או מניעת פליטה של פחמן דו-חמצני ומתאן

ספיחה: המערכת הטבעית היא כיום מבלע הפחמן המשמעותי היחיד בעולם. עיקר פעולת הספיחה לטווח ארוך תלויה ביחסי גומלין מתפקדים בין החי לקרקע ולצומח, ובריאות המערכת הטבעית היא חיונית לקיום התהליך. התפראות משקמת את בריאות המערכת כולה.

סופח לטווח זמן ארוך (3)

מניעת פליטה: התפראות יכולה לשחזר מערכות טבעיות ולאפשר להן למצות את פוטנציאל הקיבוע שלהן תוך מניעת תהליכי בליה גאו-כימיים בקרקע המשחררים פחמן דו-חמצני אגור.

מונע פליטה בהיקף ארצי-אזורי גדול (3)

מניעת פליטת מתאן: פירוק אנאירובי של ביומסה (ריקבון) הוא מקור פליטת המתאן הגדול בעולם. שטחי פרא מונעים פירוק זה כיון שהם מאפשרים פירוק אירובי. תוצר פירוק זה הוא דשן איכותי.

מונע פליטה בהיקף מקומי גדול (2)

התמודדות עם השלכות משבר האקלים

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להתמודדות עם השינויים הצפויים בעיקבות שינוי האקלים

ויסות טמפרטורה: למערכת טבעית מתפקדת פוטנציאל משולש להורדת הטמפרטורה על-ידי צמחייה (צל ואידוי), מאגרי מים (קיבול חום), ומשטר רוחות יומי (הולכה וקונבקציה).

בעל יכולת לאיזון טמפרטורה באזור נרחב (3)

מניעת הצפות: יכולת גבוהה לווסת שיטפונות בזכות מערכות הצומח, הקרקע, והשטח הנרחב. בהינתן תכנון אגני, שטחי פרא יכולים למתן אירועים שיטפוניים.

פתרון מוכח למניעת הצפות (3)

עליית מפלס מאגרי ושיפור איכותם: שטח שעבר התפראות וחזר לתפקד כשטח טבעי – משפר את איכות המים על ידי סינון פיזיקלי, פירוק מזהמים ביולוגי והעשרת חמצן. בנוסף, בשטח כזה גדלה כמות המים המחלחלת אל מי התהום וזורמת אל המאגרי העיליים.

מעלה את מפלס מאגרי המים ומשפר את איכות המים (3)

התמודדות עם השלכות עליית מפלס הים: שטחי פרא בנחלי החוף או סמוך לקו הים מעניקים חוסן ויציבות לקרקע בזמן סופות חורפיות ואירועי קיצון. שטח הפרא מעשיר את אקוויפר החוף ותורם להגנה עליו מפני המלח.

משפר את ההתמודדות עם השלכות עליית מפלס הים באופן עקיף (1)

מיתון שריפות: התפראות מסייעת למיתון שריפות חורש או יער כיון שהיא מאפשרת שיבת חי מקומי המסלק חומר אורגני עודף ודליק, מגוון צומח מקומי עמיד ואדמה רוויה מים.

בעל פוטנציאל רב למיתון שריפות חמורות (2)

שיקום קרקע – פוריות, ייצוב והבראת קרקעות: התפראות מאפשרת התחדשות הקרקע, משיבה לה את פוריותה ומחדשת את מבנה הקרקע. יכולת זו היא משמעותית ביותר נוכח אובדן הפוריות של 75 מיליארד טונות אדמה בשנה בעולם.

פתרון מוכח לשיקום קרקע (3)

הגנה על הטבע

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להשבת בתי גידול ושיקום המערכות הטבעיות

שמירה על המערכות הטבעיות: משקם את כלל המערכות הטבעיות ומאפשר התחדשות וחוסן מערכתי מעבר לגבולת השטח המפורא.

משקם בתי גידול בהיקף רחב (3)

Co-benefits

אומדן איכותני לתרומת הפיתרון לתועלות-משנה משמעותיות

איכות אוויר: התפראות מסייעת להשקעת חומר חלקיקי וספיחת גזים מזהמים וכך תורמת לאיכות האוויר, ומשפרת את בריאות הציבור, בהתאם למיקום השטח המפורא, לאוכלוסייה ולמשטר הרוחות המקומי.

פתרון מוכח לשיפור איכות האוויר ובריאות הציבור (3)

כלכלה ארצית: מערכות טבעיות כמו זו הנוצרת בהתפראות הן בעלות פוטנציאל כלכלי. טיהור וניקוי המים והאוויר על-ידי הטבע מוערך כחיסכון של מיליארדי יורו לשנה לקמ"ר. טבעה הרחב של התפראות מאפשרת גם לבסס מודל מנוטר לסחר בפחמן.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

כלכלה עירונית מקומית: התפראות מביאה עימה הזדמנות לפיתוח עסקי, חדשנות ויצירת מקומות עבודה.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

בריאות הציבור

Wellbeing – בריאות הנפש, בריאות הגוף: שהות בטבע בריא ורחב ידיים היא בעלת פוטנציאל לשיפור תפקודי מערכת החיסון, ולהפחתת סיכון למחלות לב וכלי דם, חרדות ועקה (סטרס).

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

חוסן קהילתי – מוקד לצמיחת עסקים, לחינוך פורמלי ובלתי פורמלי, ולחיזוק הקהילה: סביב התפראות יש פוטנציאל להתפתחות זהות מקומית הקשורה לטבע ולמורשת התרבותית המקומית.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

קריאת המשך ומקורות

התפראות באירופה [Rewilding Europe](#)

10 עקרונות לתהליך התפראות – [Rewilding Principles | IUCN](#)

שלב פרקטים לביצוע התפראות [12 steps to rewilding](#)

כלי לתעדוף שטחים לשימור במבט רב-מערכתי

[Global priority areas for ecosystem restoration](#)

הקשר בין התפראות לשריפות

[Rewilding and wildfire prevention](#)

EU – הערכה מוניטרית של שירותי המערכת הטבעית, כולל מקרי בוחן [Biophysical Assessment and Monetary Valuation of Ecosystem Services](#)

דוגמאות מהארץ ומהעולם

1. פרויקט השבת שטחים מעובדים למצבם הפראי בעמק בית שאן. "החיות חזרו": איך עושים רוורס לטבע? [המהפך של עמק בית שאן](#)

2. פרויקט התפראות באגן הים התיכון – ספרד, סמוך למזריד. [Lynx, wild horses and vultures return to eastern Spain in latest rewilding project](#)

3. שיקום המערכות הטבעיות של הסרנגטי והפיכת המערכת ממוקד פליטה לממוקד ספיחת גזי חממה. [Climate Players: Animals Can Swing A Landscape's Capacity to Store Carbon](#)



פיתולי נחל המאפשרים רמות זרימה באנרגיה משתנה. נחל הקיבוצים. צילום: יובל דקס, חברה להגנת הטבע

מערכת ניקוז מבוססת מסדרון נחל

מומלץ לישום בשטח: ✓ פתוח-טבעי ✓ חקלאי ✓ טבע עירוני ✓ בין עירוני

ביישום פתרון יש צורך ב: ✓ פיתוח הנדסי ✓ שיקום ✓ rewild ✓ ניהול ✓ הסדרה ורגולציה

תיאור:

מערכת ניקוז מבוססת מסדרון נחל רותמת את היכולות הדינמיות המובנות במערכת הטבעית ומאפשרת להגן על חיים ורכוש מפני נזקי הצפות. מסדרון הנחל מתייחס לתוואי הנחל הטבעי הכולל את האפיק ואת גדותיו, ברוחב המותאם, בעל יכולות השתנות לנפחי זרימה מגוונים בהתאם לגאוויות החורף. המערכת מבוססת על כלים אקו-הנדסיים התומכים בשיקום תהליכים שטפוניים טבעיים וביכולת הנחל להכיל ולווסת כמויות משקעים גדולות, כתלות ברצף זרימה וכושר ההולכה לכל אורכו. אזור הזרימה הדינמי של הנחל מוגדר כבזה הכולל את האפיק הטבעי ואת פשטי ההצפה המשתרעים משני צדיו. האפיק הטבעי מאופיין בפיתולים, בדינמיקת זרימה, הסעה והשקעה המשתנה בהתאם לטופוגרפיה ולמיקום במרחב אגן הניקוז. בעת אירועי שטפון המים גולשים מעבר לאפיק אל הגדות ואל פשטי ההצפה. בתהליך של הצפת גדות הנחל מתמתנת ההשפעה על האפיק, נשמרת יציבותו הגאומורפולוגית, ועליית מפלס המים מתמתנת יחד עם הקטנת מהירות הזרימה. פשטי ההצפה ממלאים תפקיד חשוב בעיצוב המערכת האקולוגית הנחלית. פני השטח המורכבים יוצרים דפוסי הצפה והשקעה משתנים כאשר תהליכי הסעה והשקעה של סחף קרקע וחומר צמחי בתוספת חומרי הזנה תורמים ליצירת תשתית פורה לקיום בתי גידול לחים התומכים במגוון ביולוגי גבוה. מערכת ניקוז הבוססת על מסדרון נחל, היא בעלת תועלות רבות: צמצום נזקי הצפות, ויסות חום המים והסביבה בדגש על איזון הצטברות חום לילי, העלאת מפלסי מאגרי מים ושיפור איכותם, שיקום וייצוב מערכות אקולוגיות, שמירה על פוריות קרקע, ספיחת פחמן, ותרומה לרווחת הפרט והקהילה.

תועלות:

קידום מאזן פליטות נייטרלי

אומדן איכותני ליעילות הפתרון לספיחה או מניעת פליטה של פחמן דו-חמצני ומתאן

ספיחה: המערכת היא למעשה המרה של 'פתרון אפור' – על פי רב תעלת ניקוז מבוססת מובילת מים, ל'פתרון ירוק' – ערוץ נחל מתפקד אקולוגית. שיקום הצמחייה מאפשר ספיחת פחמן על-ידי תהליך הפוטוסינתזה ושיקום קרקעות האוגרות גם הן פחמן ביעילות.

סופח לטווח זמן ארוך (3)

מניעת פליטה: שיטפונות, התייבשות ומערכות ניקוז הנדסיות גורמים לבלייה של קרקעות אגן הניקוז. הקרקע היבשה פולטת את הפחמן האגור בה, מאבדת פוריות וכן את היכולת לגדל פלורה עונתית ולהטמיע פחמן.

מונע פליטה בהיקף ארצי-אזורי גדול (3)

מניעת פליטת מתאן: לאורך הזרימה במערכת ניקוז מצויים מצבורי חומר אורגני. במערכת המבוססת על אפיק נחל טבעי, פירוק החומר מזין את המערכת הטבעית. במערכת הנדסית (לדוגמה תעלת בטון) פירוק אנאורגני פולט גז מתאן.

מונע פליטה בהיקף ארצי-אזורי גדול (3)

התמודדות עם השלכות משבר האקלים

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להתמודדות עם השינויים הצפויים בעיקבות שינוי האקלים

ויסות טמפרטורה: נחל משוקם הוא בעל יכולת איזון חום משולשת: (1) מים הם בעלי קיבול חום גבוה (2) ערוץ הנחל מאפשר למשטר הרוחות המקומי להסיע את החום המצטבר (3) צמחיית הגדות מורידה את הטמפרטורה הלילית ויוצרת צל ביום.

בעל יכולת לאיזון טמפרטורה באזור נרחב (מעל לגודל של שכונה) (3)

מניעת הצפות: ניהול ניקוז המבוסס נחל טבעי מקובל בעולם כפרקטיקה מרכזית למיתון נזקי הצפות. לאור הצפי בעלייה בסיכונים לשיטפונות, הפתרון מקבל חשיבות בשל האיכותיות הדינמיות שלו ותועלות המשנה הרבות המשמעותיות שלו.

פתרון מוכח למניעת הצפות (3)

עליית מפלס מאגרים ושיפור איכותם: המערכת מאפשרת קישוריות אורכית, לטרלית, עומקית ודינמיקת זרימה משתנה. דינמיקת זרימה מהירה עוזרת לטפל במזהמים ומשפרת את איכות המים, הזרימה האיטית מאפשרת למים לחלחל אל תת-הקרקע.

מעלה את מפלס מאגרי המים ומשפר את איכות המים (3)

התמודדות עם השלכות עליית מפלס הים: המערכת מאפשרת מילוי חוזר יעיל ומשמעותי של האקוויפר. לחץ המים מאפשר הגנה מפני תנועה מזרחית של מי הים בתת-הקרקע (הפן הביני) כתוצאה מעליית מפלס הים והתייבשות האקוויפר.

בעל פוטנציאל לתרומה משמעותית להתמודדות עם השלכות עליית מפלס הים (2)

תרומה להורדת שכיחות שריפות חמורות: צמחייה ייעודית בריאה וקרקע רוויה הן בעלת פוטנציאל למיתון שריפות. כאשר המים אינם מפוזרים היטב, האדמה מתייבשת. צמחייה יבשה מגבירה עוצמת שריפות.

בעל פוטנציאל מועט להורדת שכיחות שריפות חמורות (1)

שיקום קרקע – פוריות, ייצוב והבראת קרקעות: קרקע פורייה, בריאה ויציבה היא נגזרת של בריאות האקולוגיה שלה: צמחים, בקטריות, פטריות, רמשים וכו'. המערכת המבוססת על אפיק נחל טבעי מרווה את הקרקעות ושומרת על בריאותן.

פתרון מוכח לשיקום קרקע (3)

הגנה על הטבע

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להשבת בתי גידול ושיקום המערכות הטבעיות

שמירה על המערכות הטבעיות: הפתרון משקם את כלל המערכות הטבעיות, תורם למגוון הביולוגי, ומחזק את עמידות בית הגידול המקומי לשינוי האקלים.

משקם בתי גידול בהיקף רחב (3)

Co-benefits

אומדן איכותני לתרומת הפיתרון לתועלות-משנה משמעותיות

איכות אוויר: מערכת ניקוז נחלית משקמת שטחים רבים הכוללים מסה אדירה של צמחייה. צמחייה בכלל, ועצים בפרט, משפרים את איכות האוויר על ידי שיקוע חומר חלקיקי וקליטת מזהמים.

פתרון מוכח לשיפור איכות האוויר (3)

כלכלה ארצית: בקנה מידה נרחב, הפתרון הוא בעל פוטנציאל לחסוך כספים רבים לקופת המדינה בהם: עלויות שיקום נזקי שיטפונות, עלויות טיפול במי הנגר, ובעיקבות הטיפול המקומי במים נחסכות עלויות התפלה ושינוע של מים.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

כלכלה עירונית מקומית: עם החרפת משבר האקלים צפויה עלות נזקי השטפונות לגדול. ניהול נגר נחלי מאפשר חיסכון כלכלי משמעותי ברמה המקומית – עירונית. בנוסף, שטחים ירוקים ציבוריים שהם בלב הפתרון נחשבים למנוע צמיחה עסקי מקומי.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

בריאות הציבור

Wellbeing – בריאות הנפש, בריאות הגוף: מערכת ניקוז נחלית היא זרז לשיקום ופיתוח אתרי טבע עירוני ונחלי לנופש ופנאי, המיטיבים עם בריאות הגוף והנפש של הפרט.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

חוסן קהילתי – מוקד לצמיחת עסקים, לחינוך פורמלי ובלתי פורמלי, ולחידוק הקהילה: אתרי טבע פתוחים ועירוניים מאפשרים צמיחה של עסקים קטנים ובינוניים, תומכים במערכות החינוך הפורמלית והבלתי פורמליות על ידי יצירת מרחבי פעילות לחינוך, ומאפשרים פנאי ונופש לתושבים ומבקרים.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

קריאת המשך

סקירה רחבה וידע בסיסי ללמידת הנושא
[NATURE-BASED SOLUTIONS FOR DISASTER RISK MANAGEMENT: River flood hazards](#)

סקירה עמוקה של הבנק העולמי בנושא מיתון שיטפונות על ידי פתרונות מבוססי-טבע, כולל מקרי בוחן מהעולם
[Nature-based Solutions for Disaster Risk Management](#)

צמחייה והורדת אי-חום עירוני
[Using Trees and Vegetation to Reduce Heat Islands | US EPA](#)

הערכות לבריאות המערכת הנחלית: [Organic Matter Decomposition and Ecosystem Metabolism as Tools to Assess the Functional Integrity of Streams and Rivers–A Systematic Review](#)

דוגמאות מישראל ומהעולם:

1. למקרי בוחן מישראל [מאגר הידע האינטרנטי של אגמא המציג עשרות מקרי מבחן של שיקום נחלים](#)
דוגמה: תוכנית ניקוז משולבת בתוכנית אקו-הידרולוגיה ונוף לצורך הגנה משיטפונות בנתיבי אילון ודרום תל אביב: [נחל שפירים בפארק אריאל שרון](#)

2. בלגיה, בחינה משווה בין פתרון מבוסס-טבע לפתרון הנדסי

[How does a nature-based solution for flood control compare to a technical solution? Case study evidence from Belgium | SpringerLink](#)

3. וושינגטון, קנט – ארה"ב
<https://sci-hub.se/10.1007/s11069-013-0923-4>



השארית כיסוי אדמה על ידי כלי עבודה בחלקאות מחדשת. צילום: Uwe E. Nimmrichter.

חקלאות בת-קיימא

מומלץ לישום בשטח: ✓ חקלאי ✓ פתוח – מופר (שאינו במצבו הטבעי)

ביישום פתרון יש צורך ב: ✓ תכנון ✓ ניהול ✓ מדיניות ✓ תחזוקה

תיאור:

חקלאות תעשייתית נמצאת כיום במשבר – השיטות הקיימות מובילות לשחיקת הקרקע, פליטות גזי חממה, והתפרצויות מזיקים. בנוסף השלכות משבר האקלים כבר כאן: התעשייה החקלאית סובלת מקייצים ארוכים וחמים, חורפים עם מעט לילות קרה (הנחוצים לגידולים רבים), לצד שינוי מהותי בתדירות, אופי וכמות המשקעים. **חקלאות בת-קיימא מתמודדת עם אתגרים אלו, ושואפת לענות לצרכי המזון והטקסטיל בהווה, מבלי לפגוע ביכולת לעשות זאת בעתיד.** חקלאות בת-קיימא שומרת על בריאות הקרקע ומגבירה את חוסן היצור על-ידי שורה של פרקטיקות, למשל: (1) חיפוי קרקע וכיסוי צמחי לאורך כל השנה להגנה על הקרקע ושמירה על הלחות והחיים בה (2) מזעור הפגיעה בקרקע ושיקומה על-ידי הפסקת חריש או חריש מופחת באזורים מעובדים, ומניעת זליגת זיהום אל אזורי בר (3) גיוון יבולים ושילוב גידולי-משנה, כגון עצים וצמחי כיסוי, לאיזון הביוטיקה של הקרקע וביסוס אקולוגיה תומכת (4) חקלאות מדויקת המשלבת טכנולוגיות שמאפשרת להפחית דשנים ולחסוך במים (5) שילוב בין גדולי שדה ובעלי חיים, המאפשר יצירת דשן מקומי ואיכותי, עיבוד הקרקע ללא חריש ורעיית גידולי כיסוי (6) דאגה לאדם: הימנעות מחומרים כימיים והדגשת ביטחון מזון, נגישות למים נקיים, אוויר נקי, ומידע שקוף (7) תעדוף יצרנות ותוצרת מקומית. יישום עולמי של חקלאות בת-קיימא יאפשר להפחית פליטות של כמעט מיליארד טונות פחמן דו-חמצני מדי שנה! בישראל הכירו בצורך לעבור לחקלאות בת-קיימא במשרד החקלאות, אך יש גם להכיר בתועלת האקלימיות של חקלאות זו, ולקדמה בהתאם.

תועלות:

קידום מאזן פליטות נייטרלי

אומדן ליעילות הפתרון לספיחה או מניעת פליטה של פחמן דו-חמצני ומתאן

ספיחה: חקלאות בת-קיימא משקמת את הקרקע ומשיבה לשדות את היכולת לקבע פחמן, היא נחשבת כאחד המסלולים בעלי הפוטנציאל הגבוה ביותר בעולם כיום לקיבוע פחמן.

סופח לטווח זמן ארוך (3)

מניעת פליטה: חקלאות היא הסקטור הרביעי בגודלו בפליטת פחמן דו-חמצני בעולם. גם בישראל חקלאות בת-קיימא היא הכרחית לצמצום פליטות.

מונע פליטה בהיקף ארצי-אזורי גדול (3)

מניעת פליטת מתאן: חקלאות היא המקור האנתרופוגני הגדול ביותר במאזן הפליטה העולמי של מתאן. מעבר לחקלאות בת-קיימא הוא צעד הכרחי להפחתת הפליטות בישראל.

מונע פליטה בהיקף ארצי-אזורי גדול (3)

התמודדות עם השלכות משבר האקלים

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להתמודדות עם השינויים הצפויים בעיקבות שינוי האקלים

ויסות טמפרטורה: בית גידול מגוון ובריא מוריד את הטמפרטורה ביום על-ידי צל, ובלילה על-ידי אידוי. תכונה זו היא קריטית ליציבות החקלאות לאור מגמת החימום המואצת באזרנו.

בעל יכולת לאיזון טמפרטורה באזור נרחב (3)

מניעת הצפות: חקלאות ממתנת באופן אקטיבי דינמיקה שטפונית בשטחי חקלאות. על-ידי תיכנון מערכתי, מרחבים אילו יכולים למתן נגר מעבר לגבולות השדה, ולעזור להתמודדות של אזורים עירוניים עם אירועי הצפות ושטפונות.

פתרון מוכח למניעת הצפות (3)

עליית מפלס מאגרים ושיפור איכותם: כמות ואיכות מי התהום עולה משמעותית בזכות מיעוט חומרי דישון ושיפור יכולות אוגר הקרקע; בריאות הקרקע מאפשרת חיסכון בהשקיה.

מעלה את מפלס מאגרי המים ומשפר את איכות המים (3)

התמודדות עם השלכות עליית מפלס הים: יכולת למילוי חוזר של אקוויפר החוף ומיתון התקדמות מי הפן הפנימי מזרחה. כמו כן שיקום המערכות הטבעיות הסמוכות מאפשר מיתון נזקי סופות חופיות.

משפר את ההתמודדות עם השלכות עליית מפלס הים באופן עקיף (1)

מיתון שריפות: באמצעות ניהול נכון של שילוב יבולים, ומיקום החקלאות ביחס לעיר, ליער או לחורש, חקלאות בת-קיימא יכולה להיות כלי אקטיבי למיתון שריפות.

בעל פוטנציאל רב למיתון שריפות חמורות (2)

שיקום קרקע – פוריות, ייצוב והבראת קרקעות: חקלאות בת-קיימא היא כלי משמעותי במאמץ העולמי לשינוי מגמת ההיתדרדרות בתחום פוריות ואיכות הקרקעות.

פתרון מוכח לשיקום קרקע (3)

הגנה על הטבע

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להשבת בתי גידול ושיקום המערכות הטבעיות

שמירה על המערכות הטבעיות: חקלאות בת-קיימא יוצרת נישות ובתי גידול באזורים מופרים; היא מסייעת לשיקום מערכת המים על-ידי הסרת מזהמים והשבת מי נגר אל הטבע, עוזרת לשיקום קרקעות, ומאפשרת ספיחת גזי חממה ושיפור איכות האוויר.

משקם בתי גידול בהיקף רחב (3)

Co-benefits

אומדן איכותני לתרומת הפיתרון לתועלות-משנה משמעותיות

איכות אוויר: אפקט כפול של שיפור איכות האוויר – הפחתה משמעותית של כמות הזיהום הנוצר בתהליכי חקלאות שאינה בת-קיימא, ותמיכה בבתי גידול הסופחים אקטיבית זיהומי אוויר.

פתרון מוכח לשיפור איכות האוויר ובריאות הציבור (3)

כלכלה ארצית: חקלאות בת-קיימא היא בעלת פוטנציאל לתועלות כלכליות משמעותיות: משימור קרקע ומים, ביסוס קהילות חקלאיות, וחיסכון בכספי פיצויים לחקלאים נוכח תעוקת מים ונזקי הצפות.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

כלכלה עירונית מקומית: חקלאות מקיימת יכולה להעניק חוסן כלכלי חשוב למועצות מבוססת חקלאות, לצד חיזוק שירותי המערכת הטבעית.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

בריאות הציבור

Wellbeing – בריאות הנפש, בריאות הגוף: חקלאות בת-קיימא משפרת את איכות התנובה, מבטיחה אוכל מזין יותר, עם פחות חומרים כימיים.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

חוסן קהילתי – מוקד לצמיחת עסקים, לחינוך פורמלי ובלתי פורמלי, ולחיזוק הקהילה: פתרון חשוב להבטחת מקור הפרנסה של קהילות בישראל, ואפשרות ליצירת שילוב של חינוך וקהילה.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

דוגמאות מהארץ ומהעולם

משרד החקלאות, האגף לשימור קרקע וניקוז
[שימור קרקע וחקלאות משמרת | משרד החקלאות ופיתוח הכפר](#)

משרד החקלאות האמריקאי, כמות פליטות גזי חממה מחקלאות
[Emissions due to agriculture](#)

האיחוד האירופי, הקשר בין חקלאות ואיכות האוויר [Clean air](#)

The Syngenta Group – התאגדות קקלאים עולמית החולקים ידע ליצירת חקלאות משמרת רחבת היקף
[?What is regenerative agriculture](#)

[CO2 Payoff of Extensive Green Roofs with Different Vegetation Species](#)
<https://sci-hub.se/10.3390/su10>

דפוזי חיסכון באנרגיה בבניינים
[Model predictive control applied toward the building indoor climate – ScienceDirect](#)

סקירות מועילה של משרד להגנת הסביבה האמריקאי
[Using Green Roofs to Reduce Heat Islands | US EPA](#)

משוב תחת מחקר: התגברות אירועי גשם כתוצאה מנוכחות גגות ירוקים וצמחיה בעיר.

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac1011>

<https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe/file>

על הגבול בין greenwash, עיצוב ותרומה אמיתי לאיזון סביבתי
[Can We Please Stop Drawing Trees on Top of Skyscrapers? | ArchDaily](#)

1. עידו סירקין – זוכה פרס חקלאי מוביל של משרד החקלאות ב-2018

https://www.youtube.com/watch?v=j_QljXNbFHo

2. האיחוד האירופי: 5 מקרים ליישום עקרונות חקלאות מחדשת מהעולם והשפעתם האקלימית

[Farming for a better climate: five case studies of regenerative agriculture – EIT Food](#)

3. סקירת מעבר לחקלאות משמרת של קונצרן המזון הבינלאומית דנונה

[Danone to cut methane by 30% by 2030 through regenerative farming, feed innovation](#)

קריאת המשך ומקורות

יעוץ וחשיבה משותפת לניתוח פיתרון זה לירון ישראלי, מנכ"ל אדמה חיה

[נייר מדיניות | דור חדש בחקלאות](#)

מקרה בוחן למיתון שריפות על-ידי בניית קו אספקת ביומסה חקלאית

[Reducing Rural Fire Risk through the Development of a Sustainable Supply Chain Model for Residual Agroforestry Biomass Supported in a Web Platform: A Case Study in Portugal Central Region with the Project BioAgroFloRes](#)



עצים בסביבה עירונית, עכו, צילום: יעל זילברשטיין-ברזידה, החברה להגנת הטבע

שמירה על יערות טבעיים ונטיעה עירונית

מומלץ לישום בשטח: ✓ עירוני ✓ בין-עירוני ✓ חקלאי ✓ שטחים פתוחים פגועים

ביישום פתרון יש צורך ב: ✓ פיתוח ✓ תחזוקה בסיסית

תיאור:

לעצים יש יכולת לסייע לנו רבות בהתמודדות עם משבר האקלים. ראשית, עצים יעילים ביותר בלכידת ואחסון פחמן, למאות שנים ובקצב קיבוע המוערך ב-25 ק"ג ליום לעץ. כריתת ושריפת יערות מייצרת פגיעה כפולה: מצד אחד היא פוגעת ביכולת קיבוע הפחמן של היער, ומצד שני היא גורמת לפליטת כמויות גדולות של פחמן דו-חמצני בזמן קצר. **לכן, שמירה על היערות הבריאים והמתפקדים מפני כריתה, שריפה, או פגיעה אחרת היא כלי חשוב ביותר במאבק במשבר האקלים.** שנית, נטיעת עצים בעיר יכולה לשפר משמעותית את הטמפרטורה המקומית ואת הנוחות האקלימית של התושבים. עצים הם לכן בעלי פוטנציאל עצום למיטיגציה ולאדפטציה. אולם, השימוש בעצים כפתרון אקלימי חייב להתבסס על המערכת האקולוגית המקומית. נטיעת עצים הנעשית באופן מלאכותי ובלתי מקצועי יכולה להוביל לתוצאה ההפוכה – להעלות את הטמפרטורה המקומית, להגביר פליטת גזי חממה, ולפגוע באופן עמוק וארוך טווח במגוון הביולוגי. לדוגמה, נטיעת עצים באזורים שאינם מיועדים לכך – כגון אזור עשבוני הסופח פחמן באופן יעיל ביותר, או אזור מדברי שהוא בעל יכולת החזרת קרינה גבוהה במיוחד, תוביל לפליטת גזי חממה או לחימום עודף, ולכן יש להימנע ממנה. גם סוג העץ הוא מהותי ביישום הפתרון. לדוגמה, עידוד וטיפוח של עצים שגדלים במהירות ושאובסג מקומיים, עלול להוביל למונו-תרבותיות אקולוגית וליצירת יערות שקטים – יערות שאינם תומכי חיים והם מוגבלים ביכולתם לסלק פחמן. לעומת זאת, שמירה על יערות מתפקדים, עידוד התחדשות טבעית של יער שנפגע, ושיתלת מינים מקומיים המתפתחים באופן בר-קיימא ותמכים במגוון הביולוגי, במיוחד בסביבה העירונית, הם מפתח לספיחת פחמן דו-חמצני, הבראת המערכות הטבעיות, קירור מקומי, וכל זאת לצד תועלות משנה כלכליות, חברתיות, ובריאותיות חזקות.

תועלות:

קידום מאזן פליטות נייטרלי

אומדן ליעילות הפתרון לספיחה או מניעת פליטה של פחמן דו-חמצני ומתאן

ספיחה: עצים סופחים פחמן לטווח ארוך ושומרים על בריאות הקרקע, קרקע בריאה תומכת ומגבירה את יעילות הספיחה.

סופח לטווחי זמן ארוך (3)

מניעת פליטה: עצים משפרים את הזנת המים אל הקרקע ושומרים על בריאות האדמה ומערכות החיים בה. בלעדיהם, ובהעדר צמחייה אחרת, קרקע עלולה לפלוט את הפחמן האגור בה ואף לאבד פוריותה ואת היכולת להטמיע פחמן עונתי.

מונע פליטה בהיקף מקומי גדול (2)

מניעת פליטת מתאן: לא רלוונטי

לא רלוונטי (0)

התמודדות עם השלכות משבר האקלים

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להתמודדות עם השינויים הצפויים בעיקבות שינוי האקלים

ויסות טמפרטורה: עצים מורידים את הטמפרטורה על-ידי צל ואידוי. שני אילו יחד יכולים ליצור קירור המוערך ב-11-25 מעלות בטמפרטורה של משטחים, ו-1-5 מעלות בטמפרטורת האוויר.

בעל יכולת לאידוי טמפרטורה באזור נרחב (מעל לגודל של שכונה) (3)

מניעת הצפות: חופת העץ שוברת מטחי גשם ומורידה את עוצמתם, הגזע מוריד קצבי זרימה קרקעית, והשורשים מונעים שחיקת קרקע, מיצבים את הקרקע ופחיתים הסחף, ומשפרים את קצבי החלחול של הקרקע.

פתרון מוכח למניעת הצפות (3)

עליית מפלס מאגרי מים ושיפור איכותם: עצים הופכים את הקרקע לנקבובית יותר, כך הם משפרים את החלחול ומטייבים את איכות המים על-ידי סינון. במקרה הנפוץ של זיהומי דישון חקלאי או עירוני העץ אף סופח זרחן וחנקן.

מעלה את מפלס מאגרי המים ומשפר את איכות המים (3)

התמודדות עם השלכות עליית מפלס הים: עם עליית המפלס תדירות סופות החוף עולה והן נעות מזרחה. עצים יכולים לעזור בכך שהם: מחזיקים את הקרקע, מאטים רוחות, מחלישים עוצמת גשם, ומיטיבים את חידור הנגר.

בעל פוטנציאל לתרומה משמעותית להתמודדות עם השלכות עליית מפלס הים (2)

תרומה להורדת שכיחות שריפות חמורות: שיקום המבוסס על מגוון ביולוגי רחב ומקומי יכול למנוע התפרצויות של מינים פולשים ולזרז תהליכי חידוש, ובכך לשפר את עמידות היער לשריפה.

בעל פוטנציאל רב לתרומה משמעותית בהורדת שכיחות שריפות חמורות (2)

שיקום קרקע – פוריות, ייצוב והבראת קרקעות: עצים מקיימים סימביוזה עם תפטיר (חלקה הצמחי של הפטריה) ועם בקטריות השומרות על פוריות הקרקע ומאזנות אותה בהיקף אזורי. בנוסף, עצים מייצבים את הקרקע על ידי מערכות שורשים רוחבית ושורשי עומק.

פתרון מוכח לשיקום קרקע (3)

הגנה על הטבע

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להשבת בתי גידול ושיקום המערכות הטבעיות

שמירה על המערכות הטבעיות: משקם את כל המערכת הטבעית: מחזק מגוון ביולוגי, מסיר מזהמים ומשיב מי נגר אל הטבע, משפר את פוריות ויציבות הקרקע ומעלה את רמת איכות האוויר.

משקם בתי גידול בהיקף רחב (3)

Co-benefits

אומדן איכותני לתרומת הפיתרון לתועלות-משנה משמעותיות

איכות אוויר: עצים מסירים זיהום אוויר על-ידי השקעת חומר חלקיקי על שטח הפנים של הצמח, וספיגה של גזים מזהמים דרך פיוניות העלים. איכותה והיקפה של פעילות זו תלוי בסוגי הצמחייה, בריאותה, וכן בסוג הדיווח.

פתרון מוכח לשיפור איכות האוויר
ובריאות הציבור (3)

כלכלה ארצית: ביטוח נרחב הפתרון בעל פוטנציאל לחיסכון משמעותי, בזכות שיפור בריאות הציבור, תמיכה במערכות אקולוגיות מורכבות, והגנה על תשתיות וחיים.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

כלכלה עירונית מקומית: יעילות וטבע עירוני מאפשרים חיסכון מקומי בזכות הגנה על תשתיות עירוניות, חיסכון אנרגטי משמעותי הנובע מוויסות טמפרטורה ומצמצום כמות המים במערכות הביוב.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

בריאות הציבור

Wellbeing – בריאות הנפש, בריאות הגוף: עצים תורמים להפחתת תחלואה נשימתית, מקלים את עומסי החום, ותורמים להפחתת חרדה, עקה ודיכאון בקרב הציבור.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

חוסן קהילתי – מוקד לצמיחת עסקים, לחינוך פורמלי ובלתי פורמלי, ולחזוק הקהילה: עצים בעיר הם משאב קהילתי-חינוכי יקר ערך ומשמעותי. יעילות נגישות וטבע עירוני הם זרז לפיתוח של עסקים קטנים וזעירים.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

[reducing land surface temperatures in European cities | Nature Communications](#)

על הקשר בין ייעור לשריפות. <https://www.nationalforests.org/blog/five-burning-questions-about-tree-planting-and-wildfire>

הקשר בין עצים ואיכות אוויר [Tree and forest effects on air quality and human health in the United States](#)

הקשר בין עצים וצמחייה עירונית לבריאות נפשית [World economic forum 2021: This simple addition to a city can dramatically improve people's mental health](#)

מחקר משווה: עקרונות מנחים לנטיעה יעילה [Large-scale tree planting initiatives as an opportunity to derive carbon and biodiversity co-benefits: a case study from Aotearoa New Zealand | SpringerLink](#)

דוגמאות מהארץ ומהעולם

אתיופיה: ניתוח אתגרים חברתיים-כלכליים בתכנון, יישום ומעקב אחר פעילויות נטיעת עצים מאסיבית [Perspectives on the socio-economic challenges and opportunities for tree planting: A case study of Ethiopia - ScienceDirect](#)

מחקר משווה עם מקרי בוחן רבים המנתח את יעילות עצים בעיר בכלים כמותיים. [The Benefits and Limits of Urban Tree Planting for Environmental and Human Health](#)

קריאת המשך ומקורות

המשרד להגנת הסביבה ארה"ב על הקשר בין צמחיה ואי חום [Using Trees and Vegetation to Reduce Heat Islands | US EPA](#)

על הקשר בין עצים לחום [The role of urban trees in](#)



אגן ירוק לטיפול בתשטפי חקלאות כשנתיים לאחר תחילת פעולתו. צלם: Lloyd roz

הקמת אגנים ירוקים לטיהור מים

מומלץ לישום בשטח: ✓ עירוני-בנוי ✓ תעשייתי ✓ ביו-עירוני ✓ חקלאי ✓ פתוח – מופר (שאינו במצבו הטבעי)

ביישום פתרון יש צורך ב: ✓ תכנון ✓ ניהול ✓ פיתוח ✓ מדיניות ✓ תחזוקה

תיאור:

”אגנים ירוקים” (Constructed wetlands: CWs) הם פתרונות מבוססי-טבע לטיפול בשפכים ביתיים ושפכים תעשייתיים על-ידי צמחייה טבעית, קרקעות וחידקים. המערכת מחקה אזורי גידול לחים (ביצות) ומורכבת מסידרה של בריכות המסוגלת לקלוט ולטפל בקשת רחבה מאוד של ספיקות ומזהמים. אגנים ירוקים משפרים את איכות המים בשני אופנים מרכזיים: (1) טיפול ביולוגי: צמחי מים ויבשה, אצות, חיות, ובקטריות משמשות לפירוק תרכובות אורגניות. ההרכב המדויק נבחר באופן ייעודי לפי סוג הזיהום. גם מתכות כבדות מסולקות על-ידי שימוש בצמחים הסופחים מתכות כבדות בתהליך הקרוי Phytoremediation – פיטורמדיאציה (2) טיפול פיזיקלי: זרימת המים בין הבריכות היא טבעית ומשלבת אזורי שיקוע לחומר חלקיקי מרחף, זרימה דרך גרגרים בגדלים שונים לסינון המים, ומפלי פכפוך המאפשרים נידוף והעשרה של גוף המים בחמצן. אגנים ירוקים זולים להקמה ותפעול ביחס לפתרונות סטנדרטים לטיפול במים, והמים המטופלים בהם הם איכותיים ביותר ובטוחים לשימוש בחקלאות, גינון עירוני ושיקום טבע. אגנים ירוקים נראים כבריכות נוי, ולכן ניתן לשלבם באתרי טבע עירוני, לאורך כבישים, בשולי העיר כפארק חיץ-מעבר לשטח פתוחים, או כאגן לח בשטחים פתוחים מופרים. בנוסף לטיפול יעיל, חסכוני ואסתטי, האגן הירוק מספק תועלות משמעותיות להתמודדות עם משבר האקלים: חיזוק המערכות הטבעיות המקומיות, קיבוע פחמן לטווח ארוך, ויסות נגר ומיתון שיטפונות, וקירור הסביבה הסמוכה.

תועלות:

קידום מאזן פליטות נייטרלי

אומדן ליעילות הפתרון לספיחה או מניעת פליטה של פחמן דו-חמצני ומתאן

ספיחה: בניהול נכון אגן ירוק יכול לתפקד כביצה (אגן לח טבעי) ולספוח פחמן ביעילות לטווח ארוך.

סופח לטווח זמן ארוך (3)

מניעת פליטה: מערכות סטנדרטיות לטיפול בשפכים מייצרת פי 100 יותר גזי חממה [פחמן דו-חמצני, מתאן, וחנקן דו-חמצני] מאשר טיפול באגנים ירוקים בקיבולת דומה.

מונע פליטה בהיקף ארצי-אזורי גדול (3)

מניעת פליטת מתאן: בזכות הפירוק הטבעי בנוכחות חמצן על-ידי אורגניזמים, המערכת מונעת פליטות מתאן בטיפול בשפכים.

מונע פליטה בהיקף מקומי גדול (2)

התמודדות עם השלכות משבר האקלים

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להתמודדות עם השינויים הצפויים בעיקבות שינוי האקלים

ויסות טמפרטורה: אפקט קירור משמעותי מאוד: המים הם בעלי קיבול חום גבוה במיוחד, ומסוגלים לווסת מצבי קיצון. הצמחייה באגן הירוק מקררת את הטמפרטורה בלילה על- ידי דיות, וביום על ידי הצללה.

בעל יכולת לאיזון טמפרטורה באזור נרחב (3)

מניעת הצפות: אגנים ירוקים המיועדים לנגר עירוני יכולים לקלוט אירועים שטפוניים, למנוע עומסים על מערכות הביוב העירוני ולאפשר שימוש חוזר במי השיטפון.

פתרון מוכח למניעת הצפות (3)

עליית מפלס מאגרים ושיפור איכותם: אגנים ירוקים מאפשרים העשרה של מאגרי מים טבעיים על-ידי הזרמה וחילחול של מים מטופלים ברמה גבוהה, לצד חיסכון במים להשקיה עירונית.

מעלה את מפלס מאגרי המים ומשפר את איכות המים (3)

התמודדות עם השלכות עליית מפלס הים: אגנים ירוקים תורמים למילוי חוזר של האקוויפר ומצמצמים את הסכנה להמלחתו בשל עליית מפלס הים. ככל שיוטמעו באופן נרחב ובקרבת קו החוף, ההשפעה צפויה להפוך משמעותית.

בעל פוטנציאל לתרומה משמעותית להתמודדות עם השלכות עליית מפלס הים (2)

מיתון שריפות: תורמים להרוויית הקרקע ובעלי פוטנציאל לשמש כקו הגנה לישובים עם גבול משותף ליער או חורש בסכנה

בעל פוטנציאל רב למיתון שריפות חמורות (2)

שיקום קרקע – פוריות, ייצוב והבראת קרקעות: על-ידי השבת מים למערכות הטבעית, האגנים הירוקים תומכים בהתפתחות צמחייה, ומגינים על קרקעות מפני שחיקה ופגיעה בפוריות.

פתרון מוכח לשיקום קרקע (3)

הגנה על הטבע

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להשבת בתי גידול ושיקום המערכות הטבעיות

שמירה על המערכות הטבעיות: תורמים לשיקום ארבעת המערכות: יצירת בתי גידול, השבת מים אל הטבע, הגנה על הקרקע, ספיחת פחמן, מניעת פליטה ושיפור איכות האוויר.

משקם בתי גידול בהיקף רחב (3)

Co-benefits

אומדן איכותני לתרומת הפיתרון לתועלות-משנה משמעותיות

איכות אוויר: צמחים משפרים את איכות האוויר על-ידי השקעת חומר חלקיקי על שטח הפנים של הצמח וספיגת גזים מזהמים דרך פיוניות העלים.

תורם באופן משמעותי לשיפור איכות האוויר (2)

כלכלה ארצית: בעל פוטנציאל לחיסכון משמעותי על ידי שמירה והגנה על תשתיות, שיפור בריאות הציבור, שימור וחיסכון במים, הורדת עומס על מערכות ביוב ועוד.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

כלכלה עירונית מקומית: אגן ירוק מאפשר חיסכון רב. הקמה – אין תשתיות מרכבות וטכנולוגיות; תפעול – מופעל ללא אנרגיה; תחזוקה – יש צורך בניטור המים, גינון הצמחים, ותחזוקה משמרת בלבד.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

בריאות הציבור

Wellbeing – בריאות הנפש, בריאות הגוף: במידה והאגנים הירוקים נגישים לציבור הם מוקד טבע המפחית שכיחות חרדה, מתח, עקה ודיכאון. משפר את הנוחות האקלימית ואיכות האוויר.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

חוסן קהילתי – מוקד לצמיחת עסקים, לחינוך פורמלי ובלתי פורמלי, ולחידוק הקהילה: טבע עירוני עשיר יכול להיות מוקד להוראה פורמלית ובלתי-פורמלית וכן לפעילות קהילתית.

תורם במידה בינונית (2)

מקורות

[Ecosystem Services](#) ניתוח שירותי המערכת של אגנים ירוקים
[Valuation of Constructed Wetland as a Nature-Based Solution to Wastewater Treatment](#)

סקירה של מערכות אגנים ירוקים שונות, השוואה בין איכות ניקוי המזהמים והתרומה למיתון אקלימי
[Role of constructed wetlands in mitigating the challenges of industrial growth and climate change impacts in the context of developing countries](#)

הערכת עלויות הקמה ותפעול של אגנים ירוקים
[Construction and operation costs of constructed wetlands treating wastewater](#)

השוואת פוטנציאל קיבוע הפחמן בין אדמות ביצות טבעיות ובנויות
[The Use of Constructed Wetlands in Sequestering Carbon: An Overview](#)

החיסכון הכלכלי והאנרגטי באגנים ירוקים
[Energy Savings: The Wetland Advantage | Storm Water Solutions](#)

דוגמאות מהארץ ומהעולם

1. בניין – אוניברסיטת תל אביב, טיפול במים האפורים של בניין הקפסולה באופן מקומי ובחזית הבניין
[אגן ירוק | בניין הקפסולה](#)

2. עירוני – מערכת אגנים ירוקים שהוקמה במטרה לטפל במי קולחין הזורמים ממכון טיהור שפכים כפר-סבא והוד-השרון אל נחל הירקון, לשיקום המערכת האקולוגית בנחל
[אגנים ירוקים בהוד השרון](#)

3. מטרופולין – עומאן, האגנים הירוקים הגדולים בעולם
[Nimr Water Treatment Project, Oman](#)



עין דבשה, צילום: לירון שפירא, החברה להגנת הטבע

מיתון שריפות מבוסס-טבע: חי, צומח, זורם

מומלץ לישום בשטח: ✓ עירוני - בנוי ✓ תעשייתי ✓ בין-עירוני ✓ חקלאי ✓ פתוח - מופר (שאינו במצבו הטבעי)

ביישום פתרון יש צורך ב: ✓ תכנון ✓ ניהול ✓ פיתוח ✓ מדיניות ✓ תחזוקה

תיאור:

תדירות וחומרת השריפות באגן הים התיכון עלתה בשנים האחרונות צפויה להמשיך לעלות עם שינוי האקלים. איחור בירידת הגשמים הראשוניים לעומת העבר, תקופות היובש מתארכות, ומספר ימי השרב המלווים ברוחות מזרחיות חזקות עולה, יוצר תנאים להתלקחות שריפות עזות ימים רבים יותר. פרט לסכנה המיידית לחיי אדם ורכוש, שריפות פולטות כמות גדולה של פחמן דו-חמצני לאטמוספירה-בעולם נמדדו 1.1 ג'יגה טון CO₂ לאטמוספירה מדי שנה. שמירה על היער והחורש תוך ניהול הצומח, החי והמים באופן מבוסס-טבע צפויים למנוע פגיעה בחיי אדם ורכוש, לאפשר ספיחת פחמן דו-חמצני, למנוע פליטות בעת שריפה, ולאפשר התחדשות טבעית של המערכת האקולוגית אשר נפגעת מהעלייה בתדירות השריפות:

(1) צומח: שמירה על המערכת האקולוגית הטבעית, ושיקום של מערכות חורש ויערות פגועים למצבם הטבעי (בדגש על התחדשות טבעית), היא אמצעי יעיל למיתון שריפות. לדוגמה: באזור הכרמל נמצא לאחר שריפה בשנת 2010 שחורשים טבעיים עמידים בפני אש עד פי שלושה לעומת יער מחטני נטוע. באזור זה, ככל שהמערכת האקולוגית תכיל יותר צומח מעוצה של מינים מקומיים (למשל עצי אלון) ביחס לצומח מחטני (למשל אורן) החורש יהיה דליק פחות, שריפה שתפרוץ בו תתקדם לאט יותר וכיבויה יהיה מהיר יותר. **(2) חי - תחזוקה מבוססת רעייה:** צמחי היער והחורש הים-תיכוני טובים למרעה של צאן ובקר. ניהול הרעייה באופן שימנע מצבורי חומר אורגני יבש ודליק בשטח, יתרום למיתון שריפות תוך שמירה על בריאות הקרקע והאקולוגיה. **(3) מים:** הפחתת כמות המשקעים לצד עליית הטמפרטורה גורמים למערכת היער והחורש באזורינו להתייבשות, ומגבירים סכנת שריפות. ניהול אגני נחלים באזור היער, שחרור מים לטבע ויישום פתרונות מבוססי-טבע להעשרת מי התהום והמאגרים הטבעיים יתרמו משמעותית למיתון שריפות, לצד שיפור בריאות המערכת האקולוגית ויכולת התחדשותה.

1 בסכימה עולמית, בשנים 2001-2021 - [Greenhouse Gas Fluxes from Forests | Global Forest Review](#)

תועלות:

קידום מאזן פליטות נייטרלי

אומדן ליעילות הפתרון לספיחה או מניעת פליטה של פחמן דו-חמצני ומתאן

ספיחה: היעילות והחורשים בישראל לוכדים כ- 0.18-0.54 מיליון טון פחמן דו-חמצני בשנה. שמירה על היעילות והחורשים וניהולם באופן שימתן או ימנע שריפות יאפשר המשך תפקוד המערכת הסופחת.

סופח לטווח זמן ארוך (3)

מניעת פליטה: שריפות פולטות כמות גדולה, בבת-אחת, של פחמן דו-חמצני שאגור בביומסה ובקרקע במשך שנים רבות. מיתון שריפות מונע או מצמצם פליטות אלו ושומר על יכולת הספיחה של היער.

מונע פליטה בהיקף ארצי-אזורי גדול (3)

מניעת פליטת מתאן: גז מתאן, שנחשב לגז חממה חזק פי למעלה מ-80 מאשר פחמן דו-חמצני, מהווה כ-3% מסך גזי החממה הנפלטים בזמן שריפת חורש ים תיכוני. מיתון ומניעת שריפות יצמצמו פליטות מתאן.

מונע פליטה בהיקף מקומי גדול (2)

התמודדות עם השלכות משבר האקלים

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להתמודדות עם השינויים הצפויים בעיקבות שינוי האקלים

ויסות טמפרטורה: יערות בריאים ומתפקדים מפחיתים את טמפרטורת הקרקע והאוויר.

בעל יכולת לאיזון טמפרטורה באזור נרחב (3)

מניעת הצפות: נזקי שיטפונות יהיו, על-פי רב, חמורים יותר לאחר שריפה. זאת, משום שפסולת ואפר שנוצרו מהשריפה מצטרפים למי הנגר, ומשום שהשריפה גורמת לקרקע לאבד מיכולת החדירות שלה ויציבותה. מניעת ומיתון שריפות יתרמו גם למיתון הצפות וצמצום הנזקים מהן.

פתרון מוכח למניעת הצפות (3)

עליית מפלס מאגרי מים ושיפור איכותם: שריפה מביאה איתה סכנה לזיהום מקורות מי תהום ומים עיליים באפר ומתכות כבדות. שמירה מפני שריפות ומיתון צפוי למתן ולצמצום השפעות אלו.

מיטיב עם מערכת מים באופן עקיף (1)

התמודדות עם השלכות עליית מפלס הים:

אינו נוגע להתמודדות עם השלכות עליית מפלס הים (0)

מיתון שריפות: פתרונות מבוססי-טבע מהווים כלי משמעותי למיתון שריפות וצמצום נזקיהן, תוך שמירה על המערכות האקולוגיות ושיקומן.

פתרון מוכח למתון שריפות חמורות (3)

שיקום קרקע – פוריות, ייצוב והבראת קרקעות: מיתון שריפות על-ידי פתרונות מבוסס-טבע תורמים לשיקום המערכת הביולוגית וההידרולוגית בקרקע הן בימי שיגרה והן לאחר שריפה.

פתרון מוכח לשיקום קרקע (3)

הגנה על הטבע

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להשבת בתי גידול ושיקום המערכות הטבעיות

שמירה על המערכות הטבעיות: שמירה על היעילות וניהולם באמצעים בני-קיימא כגון עידוד מינים מקומיים, ניהול לחץ הרעייה, ניהול אגני – תורמים לחיזוק המערכות הטבעיות הן בשיגרה והן לאחר אירועי קיצון.

משקם בתי גידול בהיקף רחב (3)

Co-benefits

אומדן איכותני לתרומת הפיתרון לתועלות-משנה משמעותיות

איכות אוויר: שריפות גורמות לפליטתם של מזהמי אוויר רבים: חומר חלקיקי מרחף, פחמן דו-חמצני, פחמן חד-חמצני, תחמוצות נתרן ועוד. מיתון שריפות וצמצומן מונע פליטת המזהמים ותורם לאיכות האוויר ובריאות הציבור.

פתרון מוכח לשיפור איכות האוויר ובריאות הציבור (3)

כלכלה ארצית: מניעה או צימצום משך הזמן והשטח של שריפה הוא בעל פוטנציאל לחיסכון משמעותי של משאבים כלכליים: מערך הכיבוי, פיצויים, פעולות שיקום, נזקים בריאותיים ועוד.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

כלכלה עירונית מקומית: עבור מועצות החשופות לסכנות שריפה (למשל חיפה, חוף הכרמל, מטה יהודה ועוד), מיתון שריפות יכול לחסוך משאבים וכספים ברמה המקומית: שיקום נזקים, ימי עבודה ועוד.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

בריאות הציבור

Wellbeing – בריאות הנפש, בריאות הגוף: מניעת ומיתון שריפות היא בעלת חשיבות גדולה לשמירה על חיי אדם ותחושת הביטחון האישי.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

חוסן קהילתי – מוקד לצמיחת עסקים, לחינוך פורמלי ובלתי פורמלי, ולחיזוק הקהילה: מיתון ומניעת שריפות מחזקים חוסן קהילתי; שימוש בפתרונות מבוססי-טבע וקהילה כגון ניהול משטר רעייה מאפשר מעורבות הקהילה במניעת שריפה.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

קריאת המשך ומקורות

תוכנית לאומית 2019 לצמצום נזקי שריפות יער וחורש לנוכח אירועי מזג אוויר קיצון והתארכות עונת השריפות
[תכנית לאומית להתמודדות עם שריפות יער, חורש ושטחים פתוחים](#)
[| מספר החלטה 1091 | משרד ראש הממשלה](#)

ההשפעה ההידרולוגית של יערות
[The hydrological impact of the mediterranean forest: a review of French research](#)

סקירה ספרותית על יכולת היערות והחורשים בארץ להיות כלי מיטגציה
[יערות נגד פליטות | זווית](#)

על פליטות גזי חממה משריפות יער
[Greenhouse Gas Fluxes from Forests | Global Forest Review](#)

הקשר בין שינוי האקלים לעלייה בתדירות שריפות
[Wildfire climate connection | National Oceanic and Atmospheric Administration](#)

על הקשר בין סוג עץ, כמות השרף ועוצמת הדלקה
[Spatio-temporal perspectives of forest fires regimes in a maturing Mediterranean mixed pine landscape | SpringerLink](#)

ניסוי מבוקר בעקבות שריפות חורש בקפריסין: פילוח כמותי של גזי חממה כתוצאה משריפת חורש
[Carbon emissions in Mediterranean shrubland wildfires: An experimental approach – ScienceDirect](#)

דוגמאות מהארץ ומהעולם

1. מקרי בוחן של יישום כלים למיתון שריפות השומר על מגוון ביולוגי, שירותי מערכת וקיימות חברתית

[FIRESMART – NATURE-BASED SOLUTIONS FOR PREVENTIVE FIRE MANAGEMENT AND SUSTAINED SUPPLY OF ECOSYSTEM SERVICES | Adrián Regos | 7 updates | Research Project](#)

2. התמודדות עם שריפה במערכות אקולוגיות ים תיכוניות

[Super Case Study Forest fires in Portugal in 2017](#)

3. אסטרטגיות שונות לעמידות בפני שריפות ברגליציה (צפון מערב ספרד)

[Different Strategies for Resilience to Wildfires: The Experience of Collective Land Ownership in Galicia \(Northwest Spain\)](#)



גג חי, צילום: עמיר בלבן, החברה להגנת הטבע

מעטפת בניין חיה – גגות וקירות ירוקים

מומלץ לישום בשטח: ✓ עירוני ✓ בין-עירוני ✓ חקלאי

ביישום פתרון יש צורך ב: ✓ פיתוח ✓ תחזוקה בסיסית

תיאור:

גגות ירוקים וקירות ירוקים הם מעטפת הנדסית המאפשרת למערכות חיים לשגשג על גבי מבנה בנוי. בעידן של שינוי אקלים למעטפת החיה ישנן תועלות משמעותיות. ראשית, המעטפת החיה יוצרת ויסות תרמי: באקלים ים תיכוני, קירות וגגות ירוקים נמצאו כתורמים להורדת צריכת האנרגיה במיזוג אוויר בכ- 40% עד 60%, ובנוסף הם יכולים להוריד את הטמפרטורות ברחוב הסמוך עד 3 מעלות צלזיוס. שנית, המעטפת מפחיתה את עומס החום הלילי: יכולת ההחזרה (אלבדו) של הצמחים העוטפים את המבנה גבוה פי 4-5 ביחס לשטח העירוני המבונה ללא הצמחייה. הדבר גורם לכך שכמות החום האגור במבנה יורדת ועמה עומס החום הלילי. תועלת נוספת ומשמעותית, היא ניהול משופר של נגר שיטפוני. מעטפות המבנה בכלל והגג בפרט מווסתים כמויות גדולות של מים. באירועי גשם כבד קצרים (עד 30 דקות) המעטפת הירוקה יכולה לפתור את בעיית הנגר על ידי קליטתו, ובאירועי גשם ארוכים המעטפת הירוקה יכולה להפחית מעל למחצית מזרימות השיא. לבסוף, מעטפת המבנה תורמת גם לקיבוע פחמן עונתי; לתמיכה במערכות חיים נעות (חרקים מאביקים, ציפורים וכו'); לבריאות הפרט הפיזית והנפשית ולחוסן הקהילתי. מעטפת המבנה מבוססת על ניהול בר-קיימא, קרי שתילת מינים מקומיים, השקיה מבוססת משקעים, תמיכה בחי המקומי, ניהול נגר והשבת מים באופן מקומי. הקמה של מעטפת יכולה להיות פרויקט פרטי זעום תקציב או משאב ציבורי רחב היקף בעלויות הקמה גדולות יחסית. כך או כך, מעטפות מבנה יכולות להיות פיתרון מבוסס-טבע קל יחסית לביצוע, זול לניהול ולתחזוקה ועמיד בזמן.

תועלות:

קידום מאזן פליטות נייטרלי

אומדן ליעילות הפתרון לספיחה או מניעת פליטה של פחמן דו-חמצני ומתאן

ספיחה: בסיס למערכת אקולוגית מלאה המקבעת פחמן בנשימה עונתית. תהליך ההקמה פולט גזי חממה אך הם מתקזזים עם יכולות הספיחה של הגג בבמוצע לאחר 5 שנים.

סופח לטווח זמן קצר (2)

מניעת פליטה: 40% מהאנרגיה העולמית מושקעת בבניינים, 60% מתוך אנרגיה זו מושקעת בויסות תרמי של הבניין. מעטפת חיה יכולה לחסוך 40%-60% מצריכת האנרגיה המושקעת בחימום או קירור של בניינים. כלומר, החיסכון אנרגטי שקול למניעת פליטות פוטנציאלי בהיקף של 9.6%-14.4%.

מונע פליטה בהיקף ארצי – אזורי גדול (3)

מניעת פליטת מתאן: לא רלוונטי.

לא רלוונטי (0)

התמודדות עם השלכות משבר האקלים

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להתמודדות עם השינויים הצפויים בעיקבות שינוי האקלים

ויסות טמפרטורה: גגות וקירות ירוקים יכולים למתן באפקטיביות איי חום. ביום, גג חי יכול להיות קריר ב-30 מעלות בהשוואה לגג קונבנציונלי, ומעטפת חיה יכולה להפחית את טמפרטורות הסביבה ב-15-3 מעלות.

בעל יכולת לאיזון טמפרטורה ברמה משמעותית (3)

מניעת הצפות: מעטפת חיה בנויה משכבות של אדמה וצמחים, שכבות אלו מעניקות למעטפת קיבולת מים גבוהה ויכולת לווסת נגר שיטפוני.

פתרון מוכח למניעת הצפות (3)

עליית מפלס מאגרי מים ושיפור איכותם: תדירות אירועי גשם קיצוני צפויה לגבור, כמות המשקעים השנתית צפויה לרדת. מעטפת המבנה מגשרת על הפער על-ידי שימוש מקומי להשקיה או השבת מים אל אקוויפר ושיפור איכות המים.

מעלה את מפלס מאגרי המים ומשפר את איכות המים (3)

התמודדות עם השלכות עליית מפלס הים: הפתרון תורם למילוי חוזר של האקוויפר ומצמצם את הסכנה להמלחתו בשל עליית מפלס הים. הפתרון נקודתי ולכן השפעתו נמוכה באופן יחסי, אך בכל שיוטמע באופן נרחב פוטנציאל ההשפעה שלו יהפוך משמעותי.

משפר את ההתמודדות עם השלכות עליית מפלס הים באופן עקיף (1)

מיתון שריפות חמורות: למרות שהפתרון תורם להרוויית הקרקע ובעל פוטנציאל להפחתת צמחייה יבשה בשולי העיר, הוא נמצא כרלוונטי פחות לסוגיה זו.

אינו נוגע למיתון שריפות חמורות (0)

שיקום קרקע – פוריות ייצוב והבראת קרקעות: נקודות הזנת המים תורמות לבריאות הקרקע, אך מכיוון שמצע הגידול מנותק מהקרקע, לפתרון עצמו השפעה נמוכה גם ברמה אזורית רחבה יותר.

משפר את בריאות הקרקע באופן עקיף (1)

הגנה על הטבע

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להשבת בתי גידול ושיקום המערכות הטבעיות

שמירה על המערכות הטבעיות: משקם את מערכת המים המקומית, תומך אקולוגית על-ידי יצירת בתי גידול, תורם אטמוספירית על-ידי ספיחת חומר חלקיקי והטמעת פחמן דו-חמצני עונתית. תרומה עקיפה לבריאות הגיאוספירה.

משקם חלקית או יוצר טבע ברמה מקומית (2)

Co-benefits

אומדן איכותני לתרומת הפיתרון לתועלות-משנה משמעותיות

איכות אוויר: צמחים מסננים חומר חלקיקי מזהם מהאוויר ותורמים משמעותית לאיכות האוויר. יעילות הפעולה משתנה בהתאם לסוג הצמחייה, למידת בריאותה, ולסוג הזיהום.

פתרון מוכח לשיפור איכות האוויר ובריאות הציבור (3)

כלכלה ארצית: בקנה מידה ארצי הפתרון בעל פוטנציאל לחיסכון משמעותי לקופת המדינה על-ידי חיסכון אנרגטי, שמירה והגנה על תשתיות, שיפור בריאות הציבור, שימור וחיסכון במים, יצירת מקורות הכנסה.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

כלכלה עירונית מקומית: חיסכון אנרגטי משמעותי למבני ציבור, מניעת נזקי רכוש ותשתיות, יכולת לאפשר תמיכה לאזורים הסובלים מעוני אנרגטי ואינם יכולים לחמם או לקרר את ביתם.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

בריאות הציבור

Wellbeing – בריאות הנפש, בריאות הגוף: טבע ביתי קרוב הוא בעל חשיבות לבריאות הציבור: ירידה במחלות נשימתיות, הקלה על עומסי חום, הורדת שכיחות חרדה, עקה ודיכאון.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

חוסן קהילתי – מוקד לצמיחת עסקים, לחינוך פורמלי ובלתי פורמלי, ולחיזוק הקהילה: מעטפות חיות בכלל וגגות בפרט שולבו במודלים ליצירת מקומות עבודה עבור אוכלוסיות מוחלשות, לצד יצירת קהילה מלוכדת במגוון אוכלוסיות.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

דוגמאות מהארץ ומהעולם:

בחינת קיבוע פחמן לטווח ארוך בשימוש בצמחים משתנים
[CO₂ Payoff of Extensive Green Roofs with Different Vegetation Species](https://sci-hub.se/10.3390/su10) <https://sci-hub.se/10.3390/su10>

ארה"ב, מיזורי [Estimating the environmental effects of green roofs: A case study in Kansas City, Missouri](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167636918300011)

דפוסי חיסכון באנרגיה בבניינים
[Model predictive control applied toward the building indoor climate – ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167636918300011)

ארה"ב, קליפורניה: בחינה של תרומת גגות ירוקים לחוסן באיזור החוף בסביבות אקולוגיות שונות.
[Green Roofs in California Coastal Ecoregions | SpringerLink](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167636918300011)

סקירות של משרד להגנת הסביבה האמריקאי
[Using Green Roofs to Reduce Heat Islands | US EPA](https://www.epa.gov/greenroofs/using-green-roofs-to-reduce-heat-islands)

דוגמאות ליישום בברוקלין ומנהטן כולל מפרט טכני
[Stormwater Tree Pit Guidance](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167636918300011)

משוב תחת מחקר: התגברות אירועי גשם כתוצאה מנוכחות גגות ירוקים וצמחייה בעיר.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac1011>
<https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe/file>

קריאת המשך ומקורות

על הגבול בין greenwash, עיצוב ותרומה אמיתי לאיזון סביבתי: [Can We Please Stop Drawing Trees on Top of Skyscrapers? | ArchDaily](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167636918300011)

פתרונות מבוססי-טבע באירופה: מדיניות, ידע ופרקטיקה להתאמת שינויי אקלים והפחתת סיכון לאסונות
[Future of our coasts: The potential for natural and hybrid infrastructure to enhance the resilience of our coastal communities, economies and ecosystems \(PDF\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167636918300011)



מימין: ניקוז בבניין מגורים. משמאל: ניקוז פארק. למטה: תרשים סכמתי של ניקוז כביש

גומחות צמחייה לספיגה מוגברת של מי נגר

מומלץ לישום בשטח: ✓ עירוני-בנוי ✓ תעשייתי ✓ בין-עירוני

ביישום פתרון יש צורך ב: ✓ פיתוח ✓ תחזוקה בסיסית

תיאור:



הטמפרטורה הלילית, שיפור איכות האוויר, טיוב מי נגר, ושיפור בריאות הציבור וחוסן קהילתי.

גומחות צמחייה הן נישות שבהן ישנה קרקע מחלחלת בקצב גבוה וצמחים. הגומחות ממוקמות בנקודות אסטרטגיות לקליטת נגר ומניעת שיטפונות בשטח בנוי. גומחות הצמחייה משפרות את איכות מי הנגר על-ידי טיפול ראשוני במזהמים ומסייעות בגישור בין קצבי הגשם לבין קיבולת מערכות הובלת המים המקומיות. הפתרון ניתן ליישום באופנים רבים, בהם ניקוז של כבישים, רחובות, מגרשים, גגות, בתים פרטיים פארקים וגינות. הפתרון מאפשר הורדת איי חום עירוני על-ידי הצללה והורדת הטמפרטורה הלילית, שיפור איכות האוויר, טיוב מי נגר, ושיפור בריאות הציבור וחוסן קהילתי.

תועלות:

קידום מאזן פליטות נייטרלי

אומדן ליעילות הפתרון לספיחה או מניעת פליטה של פחמן דו-חמצני ומתאן

ספיחה: גומחות צמחייה יוצרות תאי צמחייה קטנים בהם מתבצעת פוטוסינתזה – הטמעה עונתית של פחמן דו-חמצני.

שומר על מערכת ספיחה עונתית (1)

מניעת פליטה: גומחות צמחייה מזינות את הקרקע במים ומקטינות את הסיכוי להתייבשות הקרקע מעבר לגבולותיהן. קרקע יבשה עלולה לפלוט את הפחמן האגור בה, לאבד מפוריותה, ואף מיכולתה להטמיע פחמן בפלורה עונתית.

מונע פליטה בהיקף מקומי גדול (2)

מניעת פליטת מתאן: דינמיקה שיטפונית יוצרת מערומי חומר אורגני באזור בהם אנרגיית המים יורדת כלומר הזרימה מאיטה. אזורים אילו עשויים ליצור ריקבון אשר בתנאים אנאורגניים יוביל לפליטת מתאן.

מונע פליטה בהיקף מקומי קטן (1)

התמודדות עם השלכות משבר האקלים

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להתמודדות עם השינויים הצפויים בעיקבות שינוי האקלים

ויסות טמפרטורה: העיר מתחממת במהירות ובעוצמה רבה יותר מכל סביבה אחרת. צמחייה ועצים מעניקים צל ביום ומורידים טמפרטורה בלילה על-ידי צריכת חום כמוס באידוי מים. תרומת העצים לבדם מוערכת בהורדת של כ-4 מעלות מהטמפרטורה העירונית הממוצעת.

בעל יכולת לאיזון טמפרטורה באזור נרחב (מעל לגודל של שכונה) (4)

מניעת הצפות: גומחות צמחייה לספיחה מוגברת של מי נגר הן כלי להתמודדות עם שיטפונות. לאור הצפי לעלייה בתדירות הצפות ושיטפונות והתייבשות, כלי זה הופך להיות מרכזי עוד יותר.

פתרון מוכח למניעת הצפות (4)

עליית מפלס מאגרי מים ושיפור איכותם: תדירות אירועי גשם קיצוני צפויה לגבור, וכמות המשקעים השנתית צפויה לרדת. הגומחות מאפשרות למתן את הפער הזה על ידי שמירה של מי השיטפונות, הזנתם אל האקוויפר המקומי, ושיפור איכות המים.

מעלה את מפלס מאגרי המים ומשפר את איכות המים (3)

התמודדות עם השלכות עליית מפלס הים: הפתרון תורם למילוי חוזר של האקוויפר ומצמצם את הסכנה להמלחתו בשל עליית מפלס הים. הפתרון נקודתי ולכן השפעתו נמוכה באופן יחסי, אך ככל שיוטמע באופן נרחב פוטנציאל ההשפעה שלו הופך משמעותי.

משפר את ההתמודדות עם השלכות עליית מפלס הים באופן עקיף (1)

תרומה להורדת שכיחות שריפות חמורות: למרות שהפתרון תורם להרוויית הקרקע ובעל פוטנציאל להפחתת צמחייה יבשה בשולי העיר, הוא נמצא כרלוונטי פחות לסוגיה זו.

אינו נוגע להורדת שכיחות שריפות חמורות (0)

שיקום קרקע – פוריות, ייצוב והבראת קרקעות: גומחת הצמחייה והמערך הסובב אותה מייצבים את הקרקע ומסייעים במניעת סחף וכן מאפשרים לפלורה לשמור על מאזן פורה בתא השטח. נקודות הזנת המים תורמות לבריאות הקרקע גם ברמה האזורית הרחבה יותר.

בעל פוטנציאל לתרומה משמעותית לשיקום הקרקע (2)

הגנה על הטבע

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להשבת בתי גידול ושיקום המערכות הטבעיות

שמירה על המערכות הטבעיות: משקם את כלל המערכות הטבעיות, תורם למגוון הביולוגי על-ידי יצירת נישות ובתי גידול באזור עירוני מופר. משקם את ההידרוספירה על-ידי הסרת מזהמים והשבת מי הנגר אל הטבע, מרווה את הקרקע ומיטיב את איכות האוויר.

משקם בתי גידול בהיקף רחב (3)

Co-benefits

אומדן איכותני לתרומת הפיתרון לתועלות-משנה משמעותיות

איכות אוויר: עצים מסירים זיהום אוויר על-ידי השקעת חומר חלקיקי על שטח הפנים של הצמח, וספיגת גזים מזהמים דרך פיוניות העלים. איכותה והיקפה של פעילות זו תלוי בסוגי הצמחייה, בריאותה, וכן בסוג הזיהום.

פתרון מוכח לשיפור איכות האוויר ובריאות הציבור (3)

כלכלה ארצית: בקנה מידה נרחב פתרון זה הוא בעל פוטנציאל לחיסכון משמעותי לקופת המדינה. זאת על-ידי שמירה והגנה על תשתיות, שיפור בריאות הציבור, שימור וחיסכון במים, הורדת עומס במערכות ביוב ומתקנים לטיהור שפכים, ועוד.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

כלכלה עירונית מקומית: לפתרון זה יכולת להקל על נזקי רכוש פרטי ותשתיות, אשר צפויים לגבור עם החרפת משבר האקלים. הפתרון אף בעל יכולת לחיסכון בצריכת חשמל במבנים על-ידי איזון חום משופר של מעטפת המבנה.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

בריאות הציבור

Wellbeing – בריאות הנפש, בריאות הגוף: שילוב גומחות ניקוז נגר מבוססות על צמחייה באופן רציף הוכח כבעל חשיבות לבריאות הציבור: ירידה במחלות נשימתיות, הקלה על עומסי חום, הורדת שכיחות חרדה, עקה ודיכאון.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

חוסן קהילתי – מוקד לצמיחת עסקים, לחינוך פורמלי ובלתי פורמלי, ולחיזוק הקהילה: ניקוז מבנים פרטיים ומבני ציבור אל גינות גשם וגומחות צמחייה יכולות להיות פעולה מבוססת קהילה. פעולה זו היא בעלת פוטנציאל למיתון נזקי נגר לצד תרומה משמעותית לחוסן קהילתי.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

קריאת המשך ומקורות

מסמך ממשלתי 2020 בנושא הטיפול בנגר עירוני
[מסמך מדיניות בנושא נגר עירוני | מינהל התכנון](#)
על הקשר בין עצים לחום בעיר
[The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities | Nature Communications](#)
צפיה: על גומחות נגר בניו יורק – החל מפעילות קהילתיות למניעת הצפה ברחובות ועד תכנון עירוני למניעת זליגת נגר מזוהם אל מקורות מים
[Stormwater Management: Downspout Planters, Permeable Pavement, and Enhanced Tree Pits on Vimeo](#)
הקשר בין עצים ואיכות אוויר
[Tree and forest effects on air quality and human health in the United States](#)
הקשר בין עצים וצמחייה עירונית לבריאות נפשית
World economic forum 2021: [This simple addition to a city can dramatically improve people's mental health](#)

דוגמאות מהארץ ומהעולם

1. ארה"ב, ניו-יורק
[Stormwater infiltration capacity of street tree pits: Quantifying the influence of different design and management strategies in New York City – ScienceDirect](#)
דוגמאות ליישום בברוקלין ומנהטן
[Stormwater Tree Pit Guidance](#)
2. מסמך אסטרטגי המציג ניקוז מבוסס גומחות צמחייה לנגר עירוני בדרום אוסטרליה
[Introduction South Australia's approach to managing rain and runoff](#)
3. רוטרדם, הולנד – יישום מצליח של פתרונות מבוססי טבע בעיר בעלת רגישות הידרולוגית: תקציר מנהלים של ה-United Nations Development Programme
[Water management & climate adaptation Rotterdam – NBS for building a waterproof city | Connecting Nature](#)



שטחי הצפה ובריכה לוויסות נגר בעמק הצבאים, ירושלים. צילום: עמיר בלבן, החברה להגנת הטבע

בריכות ויסות אקולוגיות למניעת שטפונות בעיר

בריכות אקולוגיות לקליטה, השהיה וייסות נגר, נועדו להתמודד עם הבעיה הגוברת של הצפות עירוניות, אשר מחריפה באזורנו בעידן של שינוי אקלים. הפתרון מורכב מבריכה מלאכותית או משוקמת הממוקמת בנקודה אסטרטגית לניקוז העירוני. הנגר העירוני מוזרם אל בריכה הנמצאת בשטח שהוא בעל פוטנציאל להכיל ספיקות גבוהות של מים ונבחר מתוך הקפדה על שיקולים טופוגרפיים-הידרולוגיים וגיאולוגיים. הבריכה מאפשרת ויסות של כמות הגשם הגבוהה באירועי קיצון נוכח חידור המים האיטי אל הקרקע. פתרון זה חשוב במיוחד לאור מגמת עלייה בתדירות אירועי גשם בעלי פוטנציאל שיטפוני, וירידה ביכולת העיר לספוח גשם בשל פיתוח גובר וכיסוי האדמה. פתרון זה הוא בעל תועלות משנה משמעותיות כגון חיסכון כלכלי, שיפור איכות מפלסי מי תהום, וייסות טמפרטורה מקומית, ורווחת הציבור מאזור טבע עירוני.

מומלץ לישום בשטח: ✓ פתוח-טבעי ✓ חקלאי ✓ טבע עירוני ✓ בין עירוני

ביישום פתרון יש צורך ב: ✓ שיקום ✓ rewild ✓ ניהול ✓ הסדרה ורגולציה

תועלות:

קידום מאזן פליטות נייטרלי

יעילות הפתרון לספיחה או מניעת פליטה של פחמן דו-חמצני ומתאן

ספיחה: בריכת ויסות נגר המנוהלת בבית גידול לח, ומתוכננת באופן מאפשר שקיעה וריבוד של חומר אורגני, היא בעלת פוטנציאל לסילוק פחמן דו-חמצני לטווח ארוך באופן יעיל ומשמעותי.

סופח לטווח זמן ארוך (3)

מניעת פליטת פחמן דו-חמצני: דינמיקה שיטפונית מגבירה את שחיקת הקרקע. לנוכח מגמת ההתייבשות הצפויה וללא חלחול מים לקרקע באירועי קיצון, הקרקע עשויה לאבד את היכולת להטמיע פחמן במחזור העונתי.

מונע פליטה בהיקף מקומי גדול (2)

מניעת פליטת מתאן: דינמיקה שיטפונית יוצרת מערומי חומר אורגני באזור בהם אנרגיית המים יורדת כלומר הזרימה מאיטה. אזורים אילו עשויים ליצור ריקבון אשר בתנאים אנאורגניים יוביל לפליטת מתאן.

מונע פליטה בהיקף מקומי קטן (1)

התמודדות עם השלכות משבר האקלים

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להתמודדות עם השינויים הצפויים בעיקבות שינוי האקלים

ויסות טמפרטורה: בזכות יכולת הקליטה הגבוהה של החום במים, הבריכה היא וסת טמפרטורה עוצמתי. צמחי בית הגידול הלח מסייעים בהפחתת הצטברות החום הלילי. יעילות הוויסות מושפעת מהמיקום ביחס לעיר ולמשטר הרוחות.

בעל יכולת לאיזון טמפרטורה באזור נרחב (מעל לגודל של שכונה) (3)

מניעת הצפות: שיטפון נוצר כאשר קצב ירידת הגשם גדול מאשר קצב החלחול של הקרקע וקליטת הנגר בתשתיות העיר. הבריכה מתפקדת כמתאמת בין הקצבים האלו על-ידי אגירת מי הגשם, השהייתם, וחילחולם אל תת-הקרקע. בכך נמנעים פגיעה בחיים, נזקים לרכוש, ומועשרים מי התהום.

פתרון מוכח למניעת הצפות (3)

עליית מפלס מאגרים ושיפור איכותם: תדירות אירועי גשם קיצוני צפויה לגבור, וכמות המשקעים השנתית החזויה לרדת. הבריכה מאפשרת לשמר את מי השיטפונות, להזינם אל האקוויפר המקומי, להעלות מפלסים ולהיטיב את איכות המים.

מעלה את מפלס מאגרי המים ומשפר את איכות המים (3)

התמודדות עם השלכות עליית מפלס הים: כאשר פיתרון זה מיושם באזור החוף חידור המים תורם למילוי חוזר של האקוויפרים.

משפר את ההתמודדות עם השלכות עליית מפלס הים באופן עקיף (1)

תרומה להורדת שכיחות שריפות חמורות: תקופות יובש ממושכות הן בעלות פוטנציאל להחמרה של שריפות בשל התייבשות הקרקע והצמחייה. קרקע רוויה במים וצמחייה טבעית בריאה הן בעלות פוטנציאל למיתון שריפות.

בעל פוטנציאל מועט להורדת שכיחות שריפות חמורות (1)

שיקום קרקע: פוריות, ייצוב והבראת קרקעות: קרקע פוריה, בריאה ויציבה היא נגזרת של בריאות האקולוגיה שלה: צמחים, בקטריות, פטריות, רמשים ועוד. מים זמינים הם תנאי לקיום תנאים אילו. בריכות אגירה הן נקודת הזנה של מים אל מערכת הקרקע.

משפר את בריאות הקרקע באופן עקיף (1)

הגנה על הטבע

אומדן איכותני ליעילות הפתרון להשבת בתי גידול ושיקום המערכות הטבעיות

שמירה על המערכות הטבעיות: פתרון זה משקם את כלל המערכות הטבעיות, תורם למגוון הביולוגי, ומחזק את עמידות בית הגידול המקומי לשינוי האקלים.

פתרון מוכח לשיקום קרקע (3)

Co-benefits

אומדן איכותני לתרומת הפיתרון לתועלות-משנה משמעותיות

איכות אוויר: צמחייה בכלל ועצים בפרט משפרים את איכות האוויר על ידי שיקוע חומר חלקיקי וקליטת מזהמים. מערכת הצומח בבית הגידול הלח משמשת כחיץ ופילטר מקומי עבור האוכלוסייה הסמוכה לו.

תורם באופן משמעותי לשיפור איכות האוויר (2)

כלכלה ארצית: יישום פתרון זה בקנה מידה גדול הוא בעל פוטנציאל לחסוך עלויות שיקום שיטפונות בערים וטיפול בכמויות מים גדולות במט"שים עירוניים, ולשמר עתודות מי התהום של ישראל.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

כלכלה עירונית מקומית: תדירות אירועי קיצון צפויה להחריף ואת נזקי השיטפונות בערים. יישום הפתרון הוא בעל פוטנציאל למניעת נזקים וחיסכון משמעותי גם ברמה המקומית.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

בריאות הציבור

Wellbeing – בריאות הנפש, בריאות הגוף: אתרי טבע עירוניים מוכרים כמטיבים עם הגוף והנפש של הפרט, ומפתחים רווחת הקהילה וצמיחה תרבותית.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

חוסן קהילתי – מוקד תמיכה לחינוך פורמאלי / א-פורמלי / לכידות קהילתית: אתרי טבע עירוני מאפשרים פעילות למידה פורמלית חוץ-כיתתית. מרחבי פעילות לחינוך ואזורי בילוי ופנאי לתושבים. ומקדם חוסן כלכלי בקהילה.

תורם במידה גבוהה ומשמעותית (3)

קריאת המשך

סקירה רחבה וידע בסיסי ללמידת הנושא
[NATURE-BASED SOLUTIONS FOR DISASTER RISK MANAGEMENT: River flood hazards](#)

סקירה עמוקה של הבנק העולמי בנושא מיתון שיטפונות על ידי פתרונות מבוססי טבע, כולל מקרי בוחן מהעולם:
[Nature-based Solutions for Disaster Risk Management](#)

צמחייה והורדת איי חום עירוני: [Using Trees and Vegetation to Reduce Heat Islands | US EPA](#)

הערכות לבריאות המערכת הנחלית: [Organic Matter Decomposition and Ecosystem Metabolism as Tools to Assess the Functional Integrity of Streams and Rivers–A Systematic Review](#)

דוגמאות מישראל ומהעולם:

1. למקרי בוחן מישראל בנושא זה מומלץ לסקור את [מאגר הידע האינטרנטי של אגמא המציג עשרות מקרי מבחן של שיקום נחלים](#)
דוגמה: תוכנית ניקוז משולבת עם תוכנית אקו-הידרולוגיה ונוף לצורך הגנה משיטפונות בנתיבי אילון ודרום תל אביב: [נחל שפירים בפארק אריאל שרון](#).

2. בלגיה, בחינה משווה בין פתרון מבוסס-טבע לפתרון הנדסי
[How does a nature-based solution for flood control compare to a technical solution? Case study evidence from Belgium | SpringerLink](#)

3. וושינגטון, קנט – ארה"ב
<https://sci-hub.se/10.1007/s11069-013-0923-4>

פרק שלישי:

הקשר בין משבר האקלים ומשבר המערכות האקולוגיות במדיניות וחקיקה – סקירה



המדינות הנסקרות הן מדינות מערביות בעלות מדיניות סביבתית מתקדמת, ואשר נמצאו בהן חוקים הכוללים התייחסות מפורשת לקשר בין המערכות הטבעיות ובין ההתמודדות עם שינוי האקלים ופליטות גזי החממה – ארצות הברית (פדרלית), קליפורניה (מדינתית) והאיחוד האירופי.

נציין כי המדינות לא נבחרו על-פי מידת דמיון היחסי לישראל (בין שאקולוגית ובין שרגולטורית), כפי שנעשה לעיתים קרובות בבחינה השוואתית של חקיקה. שלא כך, כאן אנו מבקשים להציג את עיקרי המדיניות המתקדמת ביותר הקיימת כיום בתחום זה באותן מדינות שהחלו לאמץ מדיניות אקו-אקלימית. בהיותן מדינות מערביות ומובילות סביבתית, הן אף מדינות שישראל עוקבת אחריהן בתחום הרגולציה הסביבתית.¹ באופן זה אנו מבקשים לאפשר למקבלי החלטות בישראל לבחון אימוץ עקרונות דומים לאלו שאומצו במדינות אלו – כדי להיות חלק מקבוצת המדינות המובילה את המדיניות הזו.

מטרתו של פרק זה היא להציג את עיקריה של החקיקה המעודכנת והמתקדמת במדינות מרכזיות בעולם, המשקפת הפנמה של הקשר שבין משבר האקלים ומשבר המערכות האקולוגיות, ומייחסת למערכות האקולוגיות ולפתרונות מבוססי-טבע חשיבות כחלק מהאסדרה האקלימית.

לשם כך נבחנו החקיקה המרכזית בתחום הפחתת פליטות (מיטיגציה) וההיערכות לשינוי אקלים (אדפטציה) מתוך נקודת המבט האקולוגית. באופן קונקרטי, **נבחנה השמעת חשיבותן של המערכות הטבעיות במסגרות הרגולטוריות העוסקות בשינוי האקלים**. המטרה אם כן, אינה להציג את תמונת החקיקה האקלימית הכללית במדינות הנסקרות, ואף לא את תמונת החקיקה הכללית לשמירת הטבע בהן. המטרה היא לזהות ולהציג את החוקים שמיישמים תובנות לגבי הקשר בין שני הנושאים הללו – המערכות האקולוגיות ושינוי האקלים, כפי שתואר בפרקים הקודמים.



צבוע. צילום: לירון שפירא, החברה להגנת הטבע

¹ אלו, למשל, חוקים שצעדו בעקבות החקיקה האמריקאית והאירופית: חוק אוויר נקי (כפי שעולה מדברי ההסבר לחוק: "ההסדר המוצע בחוק מבוסס על למידה מעמיקה מהסדרים דומים במדינות אחרות ובייחוד חוק אוויר נקי האמריקאי, דירקטיבות אירופיות, והאסדרה החקיקתית הקיימת בגרמניה..." https://fs.knesset.gov.il/17/law/17_lsi_566330.pdf); הצעת חוק הגנת הסביבה התשע"א-2010, שעניינו הפחתת פסולת אלקטרונית ומחזוריה ("חוק זה מתבסס על הדרישות הקבועות בדירקטיבה האירופית לטיפול בפסולת אלקטרונית משנת 2003, המאמצות את התפיסה המקובלת בעולם, שלפיה יש להטיל את האחריות לטיפול בזיהום על הגורם המזהם (עיקרון אחריות הייצרן המורחבת); תזכיר חוק לייעול הליכי רישוי סביבתי (תיקוני חקיקה), תשפ"ב-2022 במסגרת החוק המוצע, "יתקנו הסדרי הרישוי בחקיקה הסביבתית הקיימת, באופן שהליכי הרישוי יאוחדו ככל האפשר, על בסיס עקרונות האסדרה באיחוד האירופי"; וראו גם במדריך הממשלתי להערכת השפעות רגולציה https://regulation.gov.il/uploads/reports/7/RIAGUIDE_opt.pdf.

1. ארצות הברית – הרמה הפדרלית



בקצרה:

חוק הפחתת האינפלציה, אחד החוקים המשמעותיים ביותר שהתקבלו בארצות הברית בשנת 2022, כולל התייחסות מפורשת לטבע ולמערכות הטבעיות כחלק מההתמודדות עם משבר האקלים, ומקצה מימון לשמירה, לשיקום ולניהול מערכות אקולוגיות בהתאם לצורך במיתון שינוי האקלים ובהיערכות לקראתו.

חוק עצמאות אנרגטית 2007 כולל חלק מפורט על מיקומן של המערכות הטבעיות באגירת וקיבוע פחמן. חקיקה זו הובילה ליצירת בסיס מקצועי ליכולת המערכות הטבעיות בארצות הברית להיות חלק מהפתרונות לשינוי האקלים ולהיערכות לו, כדי לתת לקובעי המדיניות כלים לעיצוב מדיניות שמירת הטבע הממקסמת את קיבוע הפחמן במערכות הטבעיות.

חוק הפחתת האינפלציה 2022

באוגוסט 2022 נחקק בארצות הברית **חוק הפחתת האינפלציה** (Inflation Reduction Act, 2022)². חוק זה הוא מסמך רחב יריעה, שמטרתו להפחית את רמת האינפלציה, לשפר את מערכת ביטוח הבריאות, להשקיע בייצור מקומי של אנרגיה ולהגדיל את הביטחון ואספקת מקומות העבודה, ובתוך כך להפחית את פליטות הפחמן ולקדם קהילות מוחלשות.

החוק נחשב לחקיקה אקלימית משמעותית משום שאחת ממטרותיו העיקריות היא הפחתת עלויות האנרגיה על-ידי שימוש בטכנולוגיות נקיות ובנות-השגה, והפחתת עלויות עתידיות של פגיעות אקלימיות, אשר יתרחשו אם לא יינקטו פעולות מניעה כעת.

החוק, המבוסס על סדרה של הטבות מס, מענקים וסובסידיות, קובע היקף מימון של קרוב ל-400 מיליארד דולרים לתהליכים הקשורים במטרות אקלימיות בתחום האנרגיה והתחבורה. זוהי חבילת המימון הפדרלי הגדולה ביותר שהוקצבה עד כה

בארצות הברית לעידוד סקטורים רבים להגביר את מאמציהם להפחתת פליטות. תמריצים עיקריים הכלולים בחוק מיועדים לייצור ולרכש מקומיים של רכבים חשמליים, פאנלים סולאריים, טורבינות רוח ובטריות; לפיתוח והטמעה של פתרונות לתפיסת פחמן; לייצור מימן ירוק, ליעילות אנרגטית וגם לשמירת יערות והגנה עליהם מפני שריפות. כן שואף החוק להגביר את החוסן באזורים הכפריים על-ידי תמיכה בפרקטיקות חכמות-אקלימית (climate smart) לחוות חקלאיות, ליערות ועוד. החוק גם מספק מימון לסוכנות להגנת הסביבה לחזק את האכיפה והניטור, ולתמוך בדיווח מוגבר של תאגידים על פליטות גזי חממה ומחויבותם להפחתת פליטות.

נושא הטבע והמערכות האקולוגיות מופיע גם הוא כחלק מהמאמץ האקלימי. ראשית, החוק מייעד תקציב לשימור יערות, לנטיעת עצים באזורים עירוניים ולהגנה ולשימור בתי גידול וקהילות חופיים.³ נוסף על כך, החוק מקצה מימון לשמירה על מערכות אקולוגיות ימיות וקרקות מיוערות, ולחקלאות "חכמה-אקלימית", כלומר חקלאות

² Inflation Reduction Act of 2022, Public L. No. 117-169, 136 Stat. 1818. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-117publ169/pdf/PLAW-117publ169.pdf>

³ Inflation Reduction Act of 2022, Sec. 23001. National Forest System Restoration and Fuels Reduction Projects; Sec. 23003. State and Private Forestry Conservation Program; Sec. 40001. Investing in Coastal Communities and Climate Resilience.

חוק עצמאות אנרגטית 2007

חוק ותיק יותר המכיר בקשר שבין המערכות הטבעיות ובין משבר האקלים, הוא חוק עצמאות אנרגטית משנת 2007.⁷

חוק זה, שנחתם בתקופת ממשלו של הנשיא ג'ורג' בוש הבן, נועד להגביר את הביטחון האנרגטי בארצות הברית, לפתח ייצור אנרגיה מתחדשת ולשפר את כלכלת הדלקים של כלי הרכב. החוק הוא רחב-היקף וכולל פרקים שלמים העוסקים בהתייעלות אנרגטית, חיסכון ושימור מים, בנייה בת-קיימה, ואנרגיה מתחדשת.

נוסף על כך כולל החוק פרק העוסק **בתפיסה וקיבוע של פחמן**.

לפרק זה שני חלקים: החלק הראשון עוסק במחקר, פיתוח והדגמה והחלק השני עוסק ב"מסגרת ותסקיר לתפיסה וקיבוע של פחמן" (Subtitle B—Carbon Capture and Sequestration Assessment and Framework). חלק זה כולל, בין היתר,⁸ וכפי שיפורט להלן, הוראות המטילות **חובה על המדינה להעריך את יכולת קיבוע הפחמן של המערכות הטבעיות בכל רחבי ארצות הברית, ולבחון מדיניות למיקסום היכולות האלו של המערכות האקולוגיות**.

הסעיף העוסק כולו ב"הערכת קיבוע פחמן ופליטת מתאן וחמצן דו-חנקני ממערכות טבעיות" (סעיף 712) פותח בהגדרת מושגי-יסוד חיוניים 712(a), בהם למשל:

המנוהלת בפרקטיקות מועטות-פליטות ומותאמות לשינוי האקלים.⁴

חלק נוסף בחוק עוסק בפארקים הלאומיים ובשמירה על חוסנם. חלק זה מקצה מימון לביצוע פרויקטים של שימור, הגנה ובניית חוסן לקרקעות ומשאבים המנוהלים בידי שירות הפארקים הלאומיים (NPA) והמשרד לניהול הקרקע (BLM).⁵ החוק מייעד מימון לביצוע פרויקטים של **שימור ושיקום בתי גידול ומערכות אקולוגיות** על קרקעות המנוהלות בידי הרשויות האמורות, NPS ו-BLM. בסעיף העוסק בהיערכות לבצורות ומיתונן, החוק מקצה מימון נוסף לפרויקטים של שיקום מערכות טבעיות ובתי גידול, להתמודדות עם סוגיות שנגרמות ישירות בשל בצורות באגני ניקוז של נחלים או בגופי מים שנמצאים ביבשה (כלומר לא אוקיינוסים).

בשורה התחתונה:



אחד החוקים המשמעותיים ביותר שהתקבלו בארצות הברית בשנת 2022 כולל התייחסות מפורשת לטבע ולמערכות הטבעיות כחלק מההתמודדות עם משבר האקלים, ומקצה מימון לשמירה, לשיקום ולניהול מערכות אקולוגיות בהתאם לצורך במיתון שינוי האקלים ובהיערכות לקראתו,

4 Inflation Reduction Act of 2022, Sec. 21001. Additional Agricultural Conservation Investments; Sec 40001. Investing in Coastal Communities and Climate Resilience; Sec. 40002. Facilities of the the National Oceanic and Atmospheric Administration and National Marine Sanctuaries; Sec. 40003. NOAA Efficient and Effective Reviews; Sec. 40004. Oceanic and Atmospheric Research and Forecasting for Weather and Climate.

5 Inflation Reduction Act of 2022, Sec. 50222.

6 Inflation Reduction Act of 2022, sec. 50233.

7 Energy Independence and Security Act of 2007 Pub.L. 110-140, 121 Stat. 1492,

<https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf>

8 המשכו של חלק זה עוסק בקיבוע פחמן במאגרים גיאולוגיים.

"אסטרטגיית אדפטציה" – מוגדרת כשימוש בקרקע ואסטרטגיית ניהול היכולה לשמש (א) להגברת יכולות קיבוע של גזי חממה על-ידי כל מערכת אקולוגית, או (ב) להפחתת פליטות גזי חממה ממערכת אקולוגית.

"מערכת אקולוגית" – מוגדרת ככל מערכת טבעית יבשתית, אקוויטית או חופית, ובכלל זה אסטוארים (שפכי נחלים).

"מיני צומח מקומיים" – מוגדרים כמיני צומח שאינם פולשים אלא קיימים באופן טבעי במערכת אקולוגית.

"גזי החממה" – מוגדרים בחוק זה ככוללים פחמן דו-חמצני, חמצן דו-חמצני וגז מתאן, כלומר 3 גזי החממה העיקריים.

ההוראה המרכזית של הסעיף 712)

((b) קובעת כי בתוך שנתיים מיום פרסום המתודולוגיה הקבועה בהמשך הסעיף תושלם הערכה לאומית של:

(1) כמות הפחמן המאוחסן במערכות אקולוגיות ונפלט מתוכן, ובכלל זה משריפות טבעיות ושריפות מעשה ידי אדם;

(2) כמות התשטיפים השנתיים של גזי חממה לתוך מערכות טבעיות ומתוכן. האחריות לביצוע ההערכה הלאומית האמורה מוטלת על השר האחראי, הוא שר הפנים.

עוד נקבע (ס' 712 (c)) כי במסגרת ההערכה האמורה יש לבצע:

(1) הגדרת התהליכים המובילים בזרימת תשטיפי הגזים אל כל מערכת אקולוגית ומתוכה.

(2) הערכת פוטנציאל הגברת קיבוע הפחמן במערכות אקולוגיות טבעיות ומנוהלות.

(3) פיתוח אסטרטגיות אדפטציה

או מיטיגציה קצרות-טווח וארוכות-טווח שניתן ליישם: כדי לחזק את קיבוע הפחמן בכל מערכת אקולוגית; כדי להפחית את כמות הפליטות של גזי החממה מהמערכות האקולוגיות; כדי להיערך לשינוי האקלים.

(4) הערכת יכולת הקיבוע השנתית של פחמן במערכות האקולוגיות תחת מגוון תרחישי מדיניות של תמיכה בניהול הפעילות לשם מיקסום קיבוע הפחמן.

החוק מדגיש כי בפיתוח פעולות שיקום ואסטרטגיות ניהול ואדפטציה יודגש השימוש במיני צמחים מקומיים, ובכלל זה תמהיל של מינים מקומיים רבים, לשם קיבוע גזי חממה בכל מערכת אקולוגית (סעיף 712(d)).

החוק מגדיר מספר מונחים מרכזיים: מערכת אקולוגית, מיני צומח מקומיים, אסטרטגיית אדפטציה ועוד

החוק מעניק חשיבות לשיתוף כלל הרשויות הרלוונטיות וקובע (ס' 712(e)) חובת התייעצות עם שורה של גורמים רלוונטיים בממשל.

סעיף 712(f) עוסק במתודולוגיה וקובע כי (1) לא יאוחר משנה לאחר החלת החוק, יפתח המשרד מתודולוגיה לביצוע ההערכה, וכי (2) המתודולוגיה שתפותח:



צילום: לירון שפירא, החברה להגנת הטבע

דו"חות קיבוע פחמן במערכות הטבעיות: בעקבות חוק עצמאות אנרגטית 2007

בעקבות הוראות החקיקה האמורות, פרסם המכון הגיאולוגי האמריקאי בשנת 2010, מסמך המפרט את המתודולוגיה להערכת קיבוע פחמן ותשטיפי גזים במערכות הטבעיות ("מסמך המתודולוגיה").⁹ מסמך

המתודולוגיה מתייחס לשתי מסגרות זמנים: כמות הפחמן והגזים בהווה (בשנים 2001–2010), המשמשת בסיס לתיקוף המודלים, והכמות העתידית (2011–2050). מסמך המתודולוגיה כולל פרקים מפורטים, הכוללים בין היתר את פירוט הדרישות שהציב החוק לחוקרים, סקירת ספרות, בחינת הידע הקיים, בחינת הצרכים של מתודולוגיה כזו מבחינת עיצובה, היקפה ומגבלותיה, גורמים שונים המשפעים על המתודולוגיה, וכמובן חלקים טכניים העוסקים בעצם המתודולוגיה.

בשנים שלאחר מכן פורסמו דו"חות הערכת "מחסני" הפחמן והגזים במערכות הטבעיות ביחס לרחבי ארצות הברית:

- בשנת 2011 פורסם הדו"ח הראשון שהציג הערכת קיבוע פחמן ותשטיפי גזי חממה במישורים הגדולים של ארצות הברית,¹⁰
- בשנת 2012 פורסם הדו"ח השני ביחס למערב ארצות הברית,¹¹
- בשנת 2014 פורסם הדו"ח השלישי ביחס למזרח ארצות הברית,¹²

(A) (i) תקבע את הדרך למדידה, ניטור, וכימות פליטת גזי חממה והפחתתם; (ii) תעריך את הקיבולת

הכוללת של כל מערכת אקולוגית לקיבוע פחמן; (iii) תעריך את יכולת המערכות האקולוגיות להפחית פליטות של גזי חממה דרך פרקטיקות של ניהול.

(B) יכולה להשתמש במודלים כלכליים ובהערכות וניתוחים אחרים של מערכות, שיפותחו בהתייעצות עם כל אחד מהגורמים המייצגים שהוזכרו בסעיף (e).

עוד נקבע בסעיף זה כי עם השלמת המתודולוגיה המוצעת, המשרד: יפרסם אותה; לפחות 60 יום לפני פרסומה יפנה לקבלת הערות מהציבור ומראשי הסוכנויות הפדרליות והמדינתיות שצפויות להיות מושפעות מכך; יקים פאנל לבחינת המתודולוגיה המוצעת ולבחינת כלל ההערות שהתקבלו, ואשר יורכב מהגורמים הרלוונטיים המנויים בסעיף; עם השלמת הבחינה, יפרסם המרשם הפדרלי את המתודולוגיה הסופית המתוקנת.

סעיף 710(g) קובע עריכת רישום של הנתונים והמידע על בסיס ההערכה הלאומית, והצגת את תוצאות ההערכה בדבר יכולת קיבוע הפחמן במערכות האקולוגיות, לגורמים הרלוונטיים בממשל.

לבסוף, נקבע בעניין הנתונים והנגישות לדו"ח, כי עם השלמת ההערכה, יאגוד המשרד את התוצאות למסד נתונים נגיש ואינטרנטי לשימוש הציבור (סעיף 710(h)).

⁹ Zhu, Zhiliang, ed., Bergamaschi, Brian, Bernknopf, Richard, Clow, David, Dye, Dennis, Faulkner, Stephen, Forney, William, Gleason, Robert, Hawbaker, Todd, Liu, Jinxun, Liu, Shuguang, Pringle, Stephen, Reed, Bradley, Reeves, Matthew, Rollins, Matthew, Sleeter, Benjamin, Sohl, Terry, Stackpole, Sarah, Stehman, Stephen, Striegl, Robert, Wein, Anne, and Zhu, Zhiliang, A method for assessing carbon stocks, carbon sequestration, and greenhouse-gas fluxes in ecosystems of the United States under present conditions and future scenarios: U.S. Geological Survey: Scientific Investigations Report, 2010–5233, 190 p., 2010 <http://pubs.usgs.gov/sir/2010/5233/>

¹⁰ Zhu, Zhiliang, ed., Bouchard, Michelle, Butman, David, Hawbaker, Todd, Li, Zhengpeng, Liu, Jinxun, Liu, Shuguang, McDonald, Cory, Reker, Ryan, Sayler, Kristi, Sleeter, Benjamin, Sohl, Terry, Stackpole, Sarah, Wein, Anne, and Zhu, Zhiliang, Baseline and projected future carbon storage and greenhouse-gas fluxes in the Great Plains region of the United States: U.S. Geological Survey Professional Paper 1787, 28 p. 2011 <https://pubs.usgs.gov/pp/1787/>

¹¹ Zhu, Zhiliang and Reed, B.C., eds., Baseline and projected future carbon storage and greenhouse-gas fluxes in ecosystems of the Western United States: U.S. Geological Survey Professional Paper 1797, 192 p. 2012 <https://pubs.usgs.gov/pp/1797/>

¹² Zhu, Zhiliang and Reed, Bradley, eds., Baseline and projected future carbon storage and greenhouse-gas fluxes in ecosystems of the eastern United States: U.S. Geological Survey Professional Paper 1804, 204 p. 2014 <https://dx.doi.org/10.3133/pp1804>



שער דו"ח הערכת צפי אגירת הפחמן ותשטיפי הגז במזרח ארצות הברית, המכון הגיאולוגי האמריקאי
<https://pubs.usgs.gov/pp/1804/>

בהסרת פחמן דו-חמצני מזיק מהאטמוספירה, אשר תורם לשינוי האקלים.¹³

ממצאי הדו"חות עשירים ביותר וכוללים שורה של מסקנות ביחס למצב הקיים בכל אזור וכן ביחס לתחזיות לעתיד.

כך, למשל, ביחס לאזור מזרח ארצות הברית נמצא כי יערות, שמכסים כמחצית מהאדמות בשטחו, אחראים ליותר מ-80% מקיבוע הפחמן השנתי המוערך באזור כולו, והם בעלי שיעור קיבוע הגבוה ביותר מבין סוגי המערכות האקולוגיות. נמצא גם כי הביצות, לרבות הביצות של אזורי החוף, המכסות כ-9% משטח האדמה באזור זה, אחראיות לכמעט 13% מכמות הפחמן השנתית

• בשנת 2016 פורסם הדו"ח ביחס לאלסקה.¹⁴

כל אחד מהדו"חות מפרט את מחסני הפחמן ותשטיפי גזי החממה במערכות הטבעיות באזור המבוסה, וכולל את המערכות היבשתיות המרכזיות (יערות, אדמות עשבוניות ושיחיות, קרקעות חקלאיות ובתי גידול לחים/ביצות) ואת המערכות המימיות (נחלים, נהרות, אגמים, אסטוארים, ומי חוף), ככל שהן רלוונטיות, בשתי תקופות: תקופת הבסיס 2001–2005 או 2001–2010, והעתיד (תחזיות מסוף שנת הבסיס ועד 2050).

איסוף הנתונים, ניתוחם והערכתם נעשו בידי המכון הגיאולוגי האמריקאי לצד גופים רבים אחרים, בעזרת שימוש בחישה מרחוק, מתודולוגיות סטטיסטיות ומודלים של סימולציה.

כפי שהוזכר, חוק עצמאות אנרגיה 2007 עבר בתקופת ממשל הנשיא בוש, אך הדו"חות ביחס ליכולת אגירת הפחמן ותשטיפי גזי החממה פורסמו בתקופת ממשל הנשיא אובמה שבא אחריו. עם פרסום הדו"ח השלישי, בשנת 2014, נכתב באתר הממשלתי:

On the one-year anniversary of President Obama's Climate Action Plan, Secretary of the Interior Sally Jewell today released a new report showing that forests, wetlands and farms in the eastern United States naturally store 300 million tons of carbon a year (1,100 million tons of CO₂ equivalent)¹⁴

השרה סאלי ג'וול, ששימשה שרת הפנים בעת הפרסום, אמרה כי מחקר מכונן זה שביצע המכון הגיאולוגי מספק סיבה נוספת לכך שיש לשמור ולפעול באחריות ביחס לסביבה הטבעית שלנו, מכיוון שמערכות אקולוגיות ממלאות תפקיד קריטי

¹³ Zhu, Zhiliang and McGuire, A.D., eds., Baseline and projected future carbon storage and greenhouse-gas fluxes in ecosystems of Alaska: U.S. Geological Survey Professional Paper 1826, 196 p., 2016, <http://dx.doi.org/10.3133/pp1826>

¹⁴ United States Geological Survey [Communications and Publishing](https://www.usgs.gov/news/national-news-release/carbon-storage-us-eastern-ecosystems-helps-counter-greenhouse-gas), Carbon Storage in U.S. Eastern Ecosystems Helps Counter Greenhouse Gas Emissions Contributing to Climate Change, June 25, 2014 <https://www.usgs.gov/news/national-news-release/carbon-storage-us-eastern-ecosystems-helps-counter-greenhouse-gas>

הנאגרת והן בעלות שיעור הקיבוע השני בגובהו מבין המערכות האקולוגיות.

כן נמצא כי נוטריינטים וסדימנטים בנהרות ובנחלים זורמים מהסביבה היבשתית שעברה שינוי ייעוד (חקלאות, ערים) לים ובכך תורמים במידה ניכרת לאחסון הפחמן בסדימנטים של החופים המזרחיים ובמי האוקיינוסים העמוקים.

עוד נמצא כי פחמן דו-חמצני הנפלט מגופי ימים שביבשה (inland) שווה לכ-18% משיעור הפחמן המקובע השנתי האחרון במערכות האקולוגיות היבשתיות במזרח.

ביחס לאדמות חקלאיות אשר מכסות כ-31% משטחי המזרח, נמצא שהן אחראיות רק ל-4% מקיבוע הפחמן באזור כלומר יכולתן זו דלה ביחס למערכות אחרות. בתות עשבוניות ושיחיות, לצד אדמות מסוגים אחרים, מכילות רק 1.1 או אפילו פחות מהפחמן באזור. הנתונים הללו יכולים כמובן להיות רבי-משמעות לגבי מדיניות המבקשת להתחשב בהשפעה הפחמנית של שמירה ושיקום המערכות הטבעיות.

אשר לתחזיות לעתיד, הדו"ח על מזרח ארצות הברית צופה כי האזור ימשיך להיות "מבלע" פחמן, (כלומר אזור שסופח יותר פחמן מאשר הוא פולט) לפחות עד שנת 2050 (לא נבחנה התקופה שמעבר לזאת), עם עלייה בכמות הפחמן שתיאגר. יחד עם זאת שיעור הקיבוע צפוי לפחות ב-20% במהלך תקופה זו, בעיקר בשל הירידה בהיקף תבסית היערות.

שינוי ייעוד, כלומר הפיכת שטחים טבעיים לשטחים שאינם טבעיים – בנויים או מעובדים או מופרים בדרך אחרת, צפוי להמשיך עד שנת 2050 בעיקר לצורך מוצרי עץ ויער, פיתוח עירוני, וחקלאות, דבר העשוי להשפיע על פוטנציאל ספיחת הפחמן באזור ולהפחיתו.

האזור אשר צפוי לעבור את השינוי הגדול ביותר – ירידה בכמות השטח הטבעי בכ-30%, הוא דרום-מזרח ארצות הברית, בעיקר בשל הפיכת שטחי יער לקרקע חקלאית ועירונית.

עוד עולה מהדו"ח של מזרח ארצות הברית – כי עד שנת 2050 צפויים מחסני הפחמן החופיים לעלות ב-18 עד 56 אחוזים, בין היתר משום ששינוי ייעוד



חסידיה שחורה. צילום: יואב פרלמן, החברה להגנת הטבע

התייחסות דומה לנושא כשנאמר בה שהמערכות הטבעיות של אמריקה הן קריטיות לכלכלה, לחיים ולבריאות תושביה, וכי משאבי הטבע יכולים גם להקטין את השפעות שינוי האקלים אם הן יישמרו באופן הראוי. ועוד צוין בה כך:

"... The Administration is also implementing climate-adaptation strategies that promote resilience in fish and wildlife populations, forests and other plant communities, freshwater resources, and the ocean. Building on these efforts, the President is also directing federal agencies to identify and evaluate additional approaches to improve our natural defenses against extreme weather, protect biodiversity and conserve natural resources in the face of a changing climate, and manage our public lands and natural systems to store more carbon."



צהרון מצוי. צילום: שחר מזרחי

בשורה התחתונה:



באחד החוקים המרכזיים בתחום האנרגיה וניהול נושא הפליטות בארצות הברית מוקדש חלק שלם ומפורט ביותר למקומן של המערכות הטבעיות בארגז הכלים של התמודדות עם משבר האקלים. חקיקה זו הובילה ליצירת בסיס מדעי ועובדתי ליכולת המערכות הטבעיות בארצות הברית להיות חלק ממאגר הפחמן, וזאת באופן מתודולוגי ושקוף. בסיס כזה הוא הכרחי כדי לתת בידי קובעי המדיניות את הכלי לבחור בין אפשרויות שונות של מדיניות שמירת הטבע הממקסמת את קיבוע הפחמן במערכות הטבעיות.

הקרקעות מוביל לעלייה ברמת הנוטריינטים והסדימנט הנשטפים משטחי החקלאות והערים, דבר המגביר את היקף הפחמן במערכות אלו אך יוצר אתגר אחר נפרד. בהקשר זה יש לציין כי, מסלול הבוחן את יעילות המערכת האקולוגית לקיבוע פחמן פותח גם אפשרות להחלשת חשיבותן של מערכות טבעיות. למשל, כאשר מערכת טבעית תימצא בלתי משמעותית מבחינה אקלימית. במקרים אלו יש משמעות לממצאים אך חשוב להביא בחשבון גם תועלות אחרות של המערכת הטבעית – הן לצורך היערכות למשבר האקלים (אדפטציה), הן לצורך הבטחת שירותי המערכת האקולוגית לאדם בהם מחקר ופיתוח, הן לטובת המגוון הביולוגי, והן לחיזוק החוסן האקולוגי והחברתי, הקהילתי והתרבותי.

לבסוף נזכיר גם את תוכנית הנשיא לפעולה בעניין שינוי האקלים,¹⁶ שפרסם ממשל אובמה בקיץ 2013, שנה קודם לפרסום הדו"ח האחרון. התכנית כללה

¹⁶ Executive Office of the President, *The President's Climate Action Plan*, June 2013, <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/image/president27sclimateactionplan.pdf>

2. ארצות הברית – מדינת קליפורניה

בקליפורניה, הסובלת מפגיעות רבה לשינוי האקלים, אומצה בשנים האחרונות מדיניות המכירה בצורך להתמודד עם משבר האקלים תוך שמירה על המערכות הטבעיות וניצול התועלות שלהן גם בהקשר האקלימי. בהתאם אומצו תכניות עם יעדים שאפתניים לשימור ולשיקום טבע, נקבעו תעדופים ותקצובים להגנה על המגוון הביולוגי, וגובשו אסטרטגיות למיקסום התועלות האקלימיות מהמערכות הטבעיות.



בקצרה:

הוולונטרית הראשונה בקליפורניה, ובשנת 2006 התגבשה מדיניות המחייבת הפחתת פליטות בחוק "פתרונות התחממות גלובלית" הקליפורני 2006. Global Warming Solutions Act of

קליפורניה גם עמדה, על-ידי קידום שינוי תפיסתי, במטרות שהציבה לעצמה לבטל את ההצמדה ("decoupling") של פליטות גזי החממה וצמיחה כלכלית. ההפרדה הזאת איפשרה לה, במקביל להתקדמות האקלימית, לייצר עבודות, לחסוך בהוצאות, לצמצם אי-שוויון ועוד. המדיניות של קליפורניה כוללת רגולציה, פעולה אקלימית חוצת משרדים, ושוק פחמן משוכלל.

בציר המחבר בין שינוי האקלים לבין המערכות הטבעיות, ובנוסף לחקיקה הפדרלית, קליפורניה היא אחת המדינות שהכירו בקשר שבין המערכות האקלימיות והמערכות הטבעיות – במפורש ובאופן פורמלי ומחייב – הן בצו מושל הן בחקיקה, ואף קבעו הוראות ויעדים הנובעים מכך:

צו המושל ניוסום משנת 2020

צו המושל משנת 2020, שפרסם המושל גאוויין ניוסום (Newsom)¹⁹, נפתח בהכרה כי רווחת הקהילות

נוסף על הרמה הפדרלית, מדינות מספר בארצות הברית נחשבות לחלוצות המדיניות הסביבתית בהציבן יעדים שאפתניים, אשר לעיתים משפיעים על פעולותיהן של תעשיות ומדינות נוספות. אחת המדינות הללו היא קליפורניה, הנחשבת למדינה מובילה במדיניות הסביבתית שלה.¹⁶

בהקשר האקלימי, המדיניות הסביבתית של קליפורניה מתמודדת עם העובדה שהיא אחת המדינות הנפגעות כבר כיום משינויי האקלים והשלכותיהם ההרסניות: עלייה במפלס פני הים, הצפות ושחיקה של אזורי החוף, אובדן השלגים באזור הסיירה, שמשמעותו איום על מקורות המים של המדינה, בצורות ארוכות ושריפות ענק.¹⁷ שינוי האקלים פוגע ישירות בחקלאות הענפה של קליפורניה ובקהילות החופיות הרבות שחיות שבה: קרוב ל-85% מהאוכלוסייה בקליפורניה חיה לצד החופים וכבר חווה כיום עליה במפלס פני הים; החקלאות של קליפורניה, שמספקת לארצות הברית כמעט מחצית מהפירות והירקות שלה, מאוימת על ידי שינוי טמפרטורה הגורם למעט מדי שעות קרות במהלך החורף, דבר שמשפיע ביותר על התבואות.¹⁸

ואכן, גם בתחום זה קליפורניה נחשבת לחלוצה. בשנת 2001 פורסמה תוכנית דיווח פליטות גזי החממה

¹⁶ Aimee Barnes et al., Learning from California's Ambitious Climate Policy, The Center for American Progress, 2021,

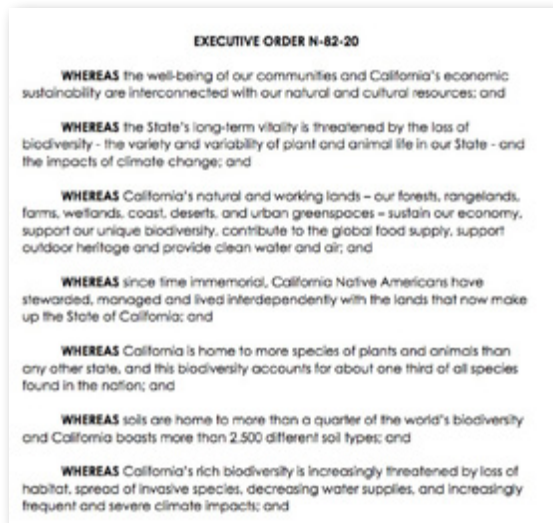
<https://www.americanprogress.org/article/learning-californias-ambitious-climate-policy>.

¹⁷ California's Fourth Climate Assessment, Key Findings, <https://www.climateassessment.ca.gov/state/overview/#wildfire>

¹⁸ Aimee Barnes et al., לעיל הערה 13.

¹⁹ Executive Order N-8220, Nature-Based Solutions,

<https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2020/10/10.07.2020-EO-N-82-20-.pdf>



צו המושל ניוסום המכיר בקשר בין משבר המגוון הביולוגי למשבר האקלים וכולל בין השאר הוראה לפיתוח אסטרטגיה לניהול קרקעות להפחתת פחמן וגזי חממה
<https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2020/10/10.07.2020-EO-N-82-20-.pdf>

והכלכלה המקיימת קשורים באופן הדוק עם משאבי הטבע והתרבות, וכי אבדן המגוון הביולוגי וההשפעות של שינוי האקלים מהווים יחדיו איום על המדינה. עוד מצהיר הצו כי הקרקעות הטבעיות ו"הקרקעות העובדות"²⁰ של קליפורניה תומכות במגוון הביולוגי הייחודי, תורמות לאספקת המזון העולמית, תומכות במורשת ומספקות אויר ומים נקיים, וכי התמודדות עם משבר המגוון הביולוגי והרחבה של פתרונות מבוססי טבע דורשים שותפות ושיתוף פעולה בין ממשל פדרלי, מדינתי, ומקומי, לבין קהילות, מגזר פרטי, עובדים, אנשי שמירת טבע, אקדמיה, מנהלי קרקעות ועוד. לאור ההכרה בכל אלו, קובע צו המושל כי לצורך מאבק במשבר האקלים ובמשבר המגוון הביולוגי יש לנקוט את הפעולות הבאות:

1. הקמת שותפות בנושא מגוון ביולוגי להגנה

ולשיקום המגוון הביולוגי

בקליפורניה – כדי להיאבק בשני המשברים, משבר האקלים ומשבר המגוון הביולוגי, הסוכנות למשאבי טבע בקליפורניה, בהתייעצות עם מחלקת המזון והחקלאות של המדינה, הרשות להגנת הסביבה, וסוכנויות מדיניות אחרות, נדרשות להקים שותפות למגוון

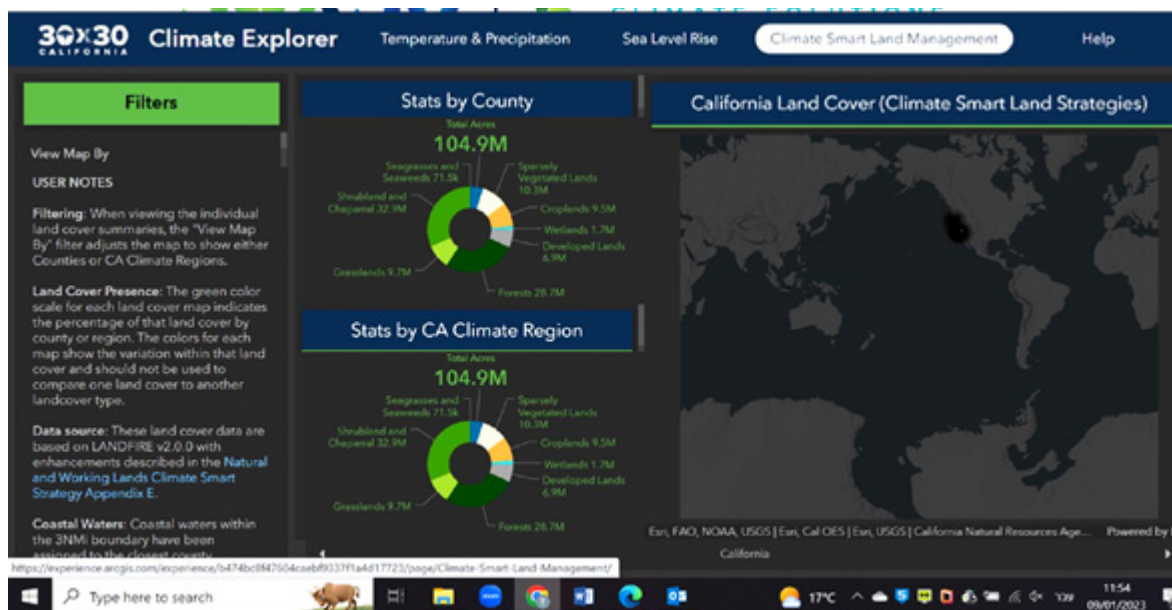
ביולוגי (California Biodiversity Collaborative, "השותפות"). על השותפות מוטל לסייע, עם שותפים נוספים, מומחים ומנהיגי קהילות, להגנה ולשיקום המגוון הביולוגי.

השותפות מהווה גורם מייצג לסוכנויות של המדינה לצורך: (א) ביסוס הערכת "מצב מוצא" (Baseline) של מצב המגוון הביולוגי בקליפורניה; (ב) ניתוח וצפי

בקליפורניה, הנחשבת למובילה במדיניות סביבתית, פורסמו הן צו מושל והן תיקון חקיקה מהשנתיים האחרונות המכירים בחשיבות של התמודדות משולבת עם המשבר האקולוגי ועם משבר האקלים, מקדמים אסטרטגיה לניהול "חכם-אקלימית" של קרקעות להפחתת פליטות, וכוללים את מדיניות שיקום 30 אחוז משטח המדינה עד 2030 (30x30) כחלק מהמדיניות האקלימית של קליפורניה

של השפעות שינוי האקלים ולחצים נוספים על הטבע של קליפורניה; (ג) ריכוז ורישום המאמצים שנעשים כבר היום בהדגשת ההזדמנויות לפעולות נוספות לשמירה ולחיזוק המגוון הביולוגי; (ד) הרחבת התקשורת והידע, האינדיקטורים והכלים לניטור, מעקב והגנה על המגוון הביולוגי ומשאבי הטבע של קליפורניה; (ה) קידום גישות מרובות תועלויות, המגינות ומשקמות מגוון ביולוגי מתוך דאגה אחראית לטבע ולאדמות העובדות, בניית חוסן אקלימי ותמיכה בכלכלה בת-קיימא; (ו) שילוב בעלי עניין מרחבי הקהילות במדינה, בהם מכוני מחקר ואקדמיה, ממשל מקומי ופדרלי, שבטים ילידים, ארגוני סביבה, ציידים ודייגים, חוואים וחקלאים, בעלי קרקעות ומנהלי קרקעות, מפתחי קרקעות, מחנכים, ועוד.

²⁰ ה"קרקעות העובדות" כוללות את היערות, שטחי החוות, שטחי הגידולים והתבואות, השטחים הירוקים העירוניים, אדמות הביצות, החורשות, שטחי עשב, שטחי שיחים, אדמות ביצות – שאינם טבעיים אלא מנוהלים באופן כלשהו על ידי גורמים פרטיים או ציבוריים.
<https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2020/10/10.07.2020-EO-N-82-20-.pdf>



מתוך האתר של מדינת קליפורניה העוסק בקידום המדיניות האקלימית, בין היתר על ידי תוכנית 30*30 לשיקום ושמירה על הטבע



<https://experience.arcgis.com/experience/b474bc8f47604caeb09337f1a4817723/page/Climate-Smart-Land-Management/>

את המאמצים לשימור מגוון ביולוגי, הסוכנות למשאבי טבע נדרשת בצו המושל: (א) לתעדף באופן אסטרטגי את ההשקעות לשם קידום השמירה על מגוון ביולוגי, שיקום בתי גידול, שמירת חוסן הטבע הפראי, ניהול בר-קיימא של קרקעות; (ב) ליישם צעדים להגברת הקצב והגדלת ההיקף של שיקום הטבע וניהול הקרקעות, עלי-ידי הקלה על התהליכים לאישור פרויקטים מסוג זה; (ג) לשתף פעולה עם מכוני מחקר פדרליים ומדינתיים לשימוש במדע ובטכנולוגיות חדשניים, ועם שותפים מנציגי השבטים לשימוש בידע אקולוגי מסורתי; (ד) להשתתף במאמצים אזוריים, לאומיים ובינלאומיים לקידום המגוון הביולוגי.

4. שיקום מאביקים ושמירה על מינים מקומיים מפני מינים פולשים – הסוכנות למזון וחקלאות נדרשת על-פי צו המושל לבצע, בשיתוף פעולה

2. תוכנית 30x30: שימור 30% משטחי המדינה וממי החופים שלה עד 2030 – כדי לתמוך במאמץ העולמי למלחמה במשבר האקלים ובמשבר המגוון הביולוגי, קליפורניה היא המדינה הראשונה בארצות הברית שהציבה יעד כזה עד שנת 2030²¹. הסוכנות למשאבי טבע וגורמים רלוונטיים אחרים, בהתייעצות עם השותפות, נדרשו לפתח אסטרטגיות להשגת המטרה באופן שישמור על כלכלה בת-קיימה וביטחון מזון; יגן על וישקם את המגוון הביולוגי; יאפשר שימור מתמשך לסוגים שונים של נופים ובתי גידול; יחזק חוסן אקלימי, יפחית סיכונים מאירועי קיצון ויתרום למאמצים להיאבק בשינוי האקלים; ירחיב את הנגישות השוויוניות לשטחים הפתוחים ולמרחבי הפנאי והנופש.

3. תיעדוף בהשקעות ותקציבים – כדי לקדם

²¹ Office of Governor Newsom, Governor Newsom Launches Innovative Strategies to Use California Land Fight Climate Change, Conserve Biodiversity and Boost Climate Resilience, Published: Oct 07, 2020, to <https://www.gov.ca.gov/2020/10/07/governor-newsom-launches-innovative-strategies-to-use-california-land-to-fight-climate-change-protect-biodiversity-and-boost-climate-resilience/>

יעדי איפוס הפחמן המדינתיים, ולבנות חוסן אקלימי.

7. השתלבות בתוכניות למניעת זיהום אוויר –

מועצת משאבי האוויר של קליפורניה, בתיאום עם סוכנויות המדינה הרלוונטיות וכחלק מהתוכנית שהיא מכינה על-פי חוק למניעת זיהום אוויר ולאפוס פחמן, תביא בחשבון את האסטרטגיה החכמה-אקלימית של הקרקעות הטבעיות ואת הנתונים מבוססי-המדע, כדי לעדכן יעד זה למגזר הקרקעות.

8. פתרונות בשיתוף החקלאים –

והחקלאות של קליפורניה תשתף פעולה עם חקלאים בעלי עניין כדי לזהות פתרונות ביוזמת חקלאים וחוואים.

בעקבות צו המושל פורסמה באפריל 2022 תוכנית "הדרך ל-30x30", שהיא מסמך המפרט כיצד ניתן להגיע לשימור 30% משטחי האדמה וממי החופים של קליפורניה.²²

עם גורמים אחרים, שיקום אוכלוסיות של חרקים מאביקים; ליישם מאמצים אסטרטגיים לשמור על המינים המקומיים של קליפורניה מפני מינים פולשים, המאיימים על המגוון הביולוגי ועל הפעילות הכלכלית; לחזק את בריאות האדמה באמצעות יוזמות לשיקום ולהבראת קרקעות.

5. הסרה וקיבוע של פחמן על-ידי המערכות

הטבעיות – הסוכנויות שהוזכרו לעיל, עם משרד המושל לתכנון ומחקר, יזהו ויישמו פעולות בטווח הקצר והארוך הנתונות לסמכותן כבר במצב הקיים, כדי לחזק ולזרז הסרה טבעית של פחמן ולבנות חוסן אקלימי ביערות, ביצות, אזורים ירוקים עירוניים ואדמות חקלאיות, ולנקוט פעילות שימור בדרכים שישרתו את הקהילות ובייחוד את הפגיעות יותר שבהן.

6. אסטרטגיה לניהול קרקעות להפחתת פליטות –

בתוך שנה על הסוכנות למשאבי טבע, בהתייעצות עם סוכנויות אחרות, לפתח אסטרטגיה חכמה-אקלימית לקרקעות, שתשמש מסגרת לקדם את



גלי ים בצת. צילום: לירון שפירא, החברה להגנת הטבע

²² Pathway to 30x30 California, Accelerating Conservation of California's Nature, 2022 https://resources.ca.gov/-/media/CNRA-Website/Files/Initiatives/30-by-30/Final_Pathwayto30x30-042022-508.pdf see also: <https://storymaps.arcgis.com/stories/91ee325b4ab64fab9bd9400fbbdf49e8>



אנפה ארגמנית. צילום: יואב פרלמן, החברה להגנת הטבע

את גזי החממה, מקבעים פחמן ומסייעים להגביל את הסיכונים משינוי האקלים:

(g) *Natural and working lands can have significant positive benefits in helping California's communities be resilient in the face of climate change. Forestry management, healthy soils, wetlands restoration, mountain meadows restoration, and other nature-based climate solutions can deliver greenhouse gas reductions, carbon sequestration benefits, and help limit local community risk to the impacts of climate change, such as wildfire, sea level rise, temperature increases, and changes in global weather patterns*".

לאור זאת, קובע החוק²³ כי לא יאוחר מן ה-1 ביולי 2023 הסוכנות המדינתית למשאבי טבע בתיאום

נציין כי לאחר שאומצה בקליפורניה השאיפה להגיע ל-30% של שטחים שמורים הזכירה גם הנשיא ביידן בצו נשיאותי 14008 "Tackling the Climate Crisis at Home and Abroad"²³.

תיקון חקיקה בנושא קיבוע פחמן בקרקעות טבעיות

בשנת 2021 עבר בקליפורניה תיקון חקיקה מספר 27 (Senate Bill 27) אשר הוסיף לקוד המדינתי העוסק בבריאות ובטיחות את חלק 4.3 שכותרתו "קיבוע פחמן: מטרות המדינה – קרקעות טבעיות ועובדות, רישום פרויקטים"²⁴ (בפרק זה "החוק" או SB 27). החוק, אשר משקף חלק מהנאמר בצו המושל, קובע כי הקרקעות הטבעיות והעובדות יכולות להיות בעלות תועלות משמעותיות ביצירת חוסן בפני שינוי האקלים. ניהול היער, האדמות, שיקום הביצות ופתרונות מבוססי-טבע המפחיתים

²³ Executive Order 14008 of January 27, 2021, Federal Register/Vol. 86, No. 19/Monday, February 1, 2021/Presidential Documents. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021/02/f83/eo-14008-tackling-climate-crisis-home-abroad.pdf>

²⁴ Senate Bill No. 27, CHAPTER 237, An act to add Chapter 4.3 (commencing with Section 39740) to Part 2 of Division 26 of the Health and Safety Code, relating to air pollution. [Bill Text - SB-27 Carbon sequestration: state goals: natural and working lands: registry of projects.](#)

²⁵ SB27 §39740.2, [Today's Law As Amended - SB-27 Carbon sequestration: state goals: natural and working lands: registry of projects.](#)

כאלו לא יוכלו להירשם לסחור בפליטות שהוסרו על-פי מנגנון הסחר בפליטות הקבוע בחוק לפתרונות התחממות גלובלית של קליפורניה משנת 2006).²⁷

בשורה התחתונה:



קליפורניה היא מדינה שבדומה לישראל סובלת מפגיעות רבה לשינוי האקלים, היא בעלת מגוון ביולוגי ייחודי ומגזר חקלאות מפותח ומשמעותי.

בראשית העשור הנוכחי (א) הכירה קליפורניה בקשר הבלתי נפרד בין המערכות הטבעיות למערכות האקלימיות ובצורך להתמודד עם משבר האקלים תוך שמירה על המערכות הטבעיות וניצול התועלות שלהן גם בהקשר האקלימי; (ב) הפנימה את ההכרה האמורה הן בתוכנית 30x30 לשמירה על 30% משטחי המדינה עד לשנת 2030 הן בקידום פרויקטים לקיבוע פחמן על-ידי המערכות הטבעיות.

עם הרשות להגנת הסביבה בקליפורניה וגורמים נוספים יגבשו אסטרטגיה אקלימית לקרקעות טבעיות ועובדות, ובכלל זאת תגובש מסגרת לקידום יעדי המדינה; יובאו בחשבון השלכות שינויי האקלים (הסיכון הגדל לשריפות, עלייה בטמפרטורות, ירידה בכמות המשקעים ושאר השפעות צפויות), העלולים להשפיע על יכולת המדינה לקבע פחמן במערכות הקרקעיות, יתמכו בהערכת השווי של המערכות לאור ריבוי התועלות מהן, יתמכו במציאת דרכים לסקטורים השונים במעבר לכלכלה מאופסת פחמן, ייאספו תגובות מהציבור, ויאותרו דרכים לאיגום משאבים לשם קידום האסטרטגיה.

החוק אף מטיל על הסוכנות למשאבי טבע להקים ולתחזק מרשם לפרויקטים לקיבוע פחמן וחוסן אקלימי בקליפורניה, לצורך זיהוי פרויקטים מתאימים המחפשים מימון. הפרויקטים יכולים לכלול כאלה המבוססים על קיבוע פחמן בקרקע או קיבוע פחמן ישירות מהאוויר, אך הסוכנות תבחן את ההשפעות הסביבתיות והבריאות של כל פרויקט לקיבוע פחמן מהאוויר לפני הכנסתו למרשם.

הסוכנות מוסמכת בחוק ליצור מנגנון להגשה ובחינה של הבקשות²⁶ אשר מביאה בחשבון קריטריונים בסיסיים המחויבים לפי החוק וכוללים לכל הפחות הפחתת גזי חממה או הסרת פחמן (כולל כמויות); ניטור ודיווח לאורך זמן (והערכת משך קיבוע הפחמן); שיפור חוסן המדינה לשינוי האקלים; כלל התועלות מהפרויקט, לרבות היערכות לעליית גובה פני הים, חום ובצורת, השפעה על המגוון הביולוגי, ביטחון מים, שיקום מערכות מים ותועלות לאוכלוסיות מוחלשות.

עוד נקבע כי על הסוכנות לעקוב אחרי הסרת פחמן והפחתת גזי חממה שנובעים מהפרויקטים הממומנים על ידה באמצעות המרשם וכי פרויקטים ממומנים



חצב. צילום: לירון שפירא, החברה להגנת הטבע

²⁶ SB27 §39740.5

²⁷ SB27 §39740.2

3. האיחוד האירופי EU הצעת חוק שיקום הטבע 2022



בקצרה:

הצעת חוק שיקום טבע שהניחה הנציבות האירופית בשנת 2022 לאישור הפרלמנט האירופי, מבשרת על שינוי בתפיסת ההתמודדות של אירופה עם שני משברים דחופים: משבר המגוון הביולוגי ומשבר האקלים. ההצעה מוסיפה יעדים קונקרטיים לשמירה ושיקום שורה של בתי גידול לרוחבה של אירופה הכוללים אדמות כבול, אדמות חקלאיות, אוכלוסיות מאביקים, יערות, נחלים ועוד. ההצעה מתייחסת מפורשות לתועלות האקלימיות בשמירת ושיקום טבע ובהכרח לשקם את המגוון הביולוגי – כדי להתמודד עם משבר האקלים.



Source: European Commission, Directorate-General for Environment, Nature restoration 26 for people, climate, and planet, Publications Office of the European Union, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/86148>

ברחבי היבשת לתועלת המגוון הביולוגי, האקלים

והאדם.²⁹

החקיקה המתקדמת ביותר באירופה בתחום היא הצעת חוק שיקום הטבע,²⁸ אשר הנציבות האירופית אימצה ביוני 2022 והניחה לאישור הפרלמנט האירופי והמדינות החברות בו.

הצעת החוק, אם תאושר ותיושם באופן מלא, צפויה להביא לידי שינוי דרמטי, שכן היא מוסיפה רמה קונקרטית של יעדים והגנות משפטיות למאמצי שמירת הטבע ושיקומו לרוחבה של אירופה ומשלבת את התועלות האקלימיות בחקיקת שמירת הטבע.

למרות שהצעת החוק טרם עברה, ועוד ייתכן שייערכו בה שינויים כשתקודם, היא משקפת את עמדת הנציבות האירופית, ומפרטת בצורה בהירה את התובנות המעודכנות ביותר שמספק עולם המדע, לצד מטרות מדיניות הנובעות מתובנות אלו.

לכן זהו מסמך שניתן ללמוד ממנו רבות ככל שממשלה מבקשת ללמוד מאירופה ולהתקדם בכיווני הפעולה המהדהדים משם.

הצעת חוק שיקום הטבע משקפת בראש ובראשונה את שאיפת הנציבות להשיב את הטבע לקדמותו

²⁸ Proposal for A Regulation of the European Parliament and of the Council on Nature Restoration, Brussels, 22.6.2022 COM(2022) 304 final 2022/0195 (COD) (Hereinafter: **Nature Restoration Law**), [Nature restoration law \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/2000/oj)

²⁹ IUCN, EU Nature Restoration Law: A boost for biodiversity and climate, 22 Jun, 2022 <http://www.iucn.org/news/europe/202206/eu-nature-restoration-law-a-boost-biodiversity-and-climate-26> see also: Institute for European Environmental Policy, Nature restoration: Contributions to tackling climate Change, 16 November 2022, <https://ieep.eu/publications/nature-restoration-contributions-to-tackling-climate-change/>

כבר כיום במערכת החוקים. היעד הקונקרטי הוא לכסות בצעדי שיקום לפחות 20% מהקרקעות וממי החופים של האיחוד עד שנת 2030 ולהגיע לכיסוי של כלל מערכות הטבע הצריכות שיקום עד 2050.

הצעת החוק מכירה בסינרגיה שבין האקלים והמגוון הביולוגי ולאור זאת קוראת לשיקום המערכות היעילות ביותר מבחינת קיבוע פחמן והפחתת סיכונים אקלימיים.³⁰

ההצעה משקפת את תפיסת ה-European Green Deal,³¹ שלפיה האסטרטגיה שאומצה בנושא מגוון ביולוגי לשנת 2030³² הציבה יעדים **לשמירה** על הטבע, אך נוסף על פעילות הגנה על הטבע, נדרשות גם **פעולות של שיקום**, כדי להחזירו למצבו הבריא. לכן החוק מציע יעדי שיקום של מערכות אקולוגיות, בייחוד של אלו בעלות הפוטנציאל להסיר ולאגור פחמן דו-חמצני מהאוויר ולהפחית את השפעות אסונות הטבע.

ההצעה מכירה גם בכך ש**שיקום טבע אינו שווה לשמירת טבע ואינו מוביל אוטומטית ליותר אזורי טבע מוגנים בשמורות** או במסגרות מקבילות. זאת, משום שמצד אחד שיקום טבע נחוץ גם באזורים המוגדרים כמוגנים, בשל מצבם הירוד; ומצד שני לא כל האזורים המיועדים לשיקום חייבים להיות שמורות או אזורים מוגנים והם יכולים להתקיים לצד שימושים אחרים, במקרים מסוימים. למעשה, ברור שמרבית האזורים שבהם נדרש שימור ושיקום טבע לא יהפכו לשמורות טבע. במובן זה, הצעת החוק מכירה בצורך לבסס צורות הגנה מגוונות ורחבות

החוק נכתב מתוך הכרה בכך שניסיונות קודמים להגביר את שמירת הטבע, על-ידי תוכניות שאינן מחייבות, נכשלו. כך התוכנית האסטרטגית של אירופה למגוון ביולוגי (EU Biodiversity Strategy to 2020) לא הובילה לתוצאות הרצויות ונחשבת לכישלון, וכך, גם ברמה הגלובלית, אשר המגמה של הידרדרות מצב הטבע בו נמשכת. חוק שיקום הטבע מבקש להציב את אירופה כמובילה עולמית במעבר לשיקום טבע רחב-היקף, שנועד להתמודד עם אובדן מגוון המינים ולמתן את השפעות שינוי האקלים.

מטרות החוק הן להשיג שיקום מתמשך, ארוך טווח, של מגוון מערכות אקולוגיות ובתי גידול, להחזיר את הטבע האירופי הפגוע למצבו הבריא, ואף למתן את שינוי האקלים ולחזק את ההיערכות לו – באמצעות שיקום טבע ופתרונות מבוססי-טבע. כל זאת, בהתבסס על עבודות מקצועיות של מומחים.

הצעת החוק נחשבת לצעד מפתח למניעת התמוטטות המערכות האקולוגיות והשלכות חמורות עוד יותר מבחינה אקלימית ומבחינת אובדן המגוון הביולוגי. שיקום הביצות, הנחלים, היערות, מרחבי העשב והמערכות הימיות, הסביבה העירונית והמינים הרבים שהמערכות הללו מכילות, מוצג בהצעה כקריטי, ובנוסף גם מוצג כהשקעה יעילה מבחינת עלותה: למען ביטחון המזון, חוסן אקלימי, בריאות ורווחה.

הצעת החוק מגדירה לראשונה יעדים מפורשים של שיקום הטבע האירופי, יעדים שעל המדינות לעמוד בהם עד 2030 ועד 2050, מלבד הדרישות הקיימות

³⁰ Giulia Costa Domingo, Gabrielle, *Nature restoration: Contributions to tackling climate change* Aubert, Institute for European Environmental Policy 2022, [Nature restoration: Contributions to tackling climate change \(ieep.eu\)](https://ieep.eu/nature-restoration-contributions-to-tackling-climate-change)

³¹ Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European, Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, The European Green Deal, COM/2019/640 final.

³² European Commission, Directorate-General for Environment, *EU biodiversity strategy for 2030 : bringing nature back into our lives*, Publications Office of the European Union, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/677548>

3. היעדים כוללים מגוון של מערכות אקולוגיות ביבשה ובמים. מערכות טבעיות בעלות הפוטנציאל הגדול ביותר להסרה ולקיבוע של פחמן, והיכולות הגדולות יותר להפחית אסונות כגון הצפות, עומדות בעדיפות העליונה.

4. החוק החדש בונה ומוסיף על החקיקה הקיימת. הוא מבסס את כל המערכות האקולוגיות ולא רק את בתי הגידול המוגדרים בדירקטיבה האירופית לבתי גידול (Habitats Directive) ובתוכנית נטורה 2000 לאזורים מוגנים (Natura 2000 protected areas).

המטרות המפורטות בהצעת בחוק כוללות שורה של יעדים למערכות אקולוגיות שונות³³:

5. **מאביקים:** הפיכתה של מגמת הירידה בכמות אוכלוסיית המאביקים עד 2030 ומשנה זו ואילך מעבר למגמת עלייה בהיקף האוכלוסייה.

6. **טבע עירוני:** הפסקת אובדן נטו של אזורים ירוקים בערים עד 2030, עלייה של 5% בהיקף אזורים אלו עד 2050; מינימום 10% תכנית חופת עצים בכל עיר אירופית, עיירה או פרורר ועלייה נטו של חללים ירוקים במסגרת בנייה ותשתיות.

7. **מערכות אקולוגיות בחקלאות:** עלייה כוללת של המגוון הביולוגי ומגמת עלייה באוכלוסיות פרפרי עשב וציפורים באזורים החקלאיים, פחמן אורגני בקרקעות לגידול יבולים, אדמות מינרלים ומרחבים שבהם מגוון מינים גבוה באדמות חקלאיות.

8. **אדמות כבול:** שיקום והרטבה מחדש של שטחי כבול מיובשים המנוקזים בשימוש חקלאי ובאתרי מיצוי כבול.

9. **מערכות היער:** מעבר למגמת עלייה כללית של המגוון הביולוגי ומגמה חיובית בקישוריות היערות, במגוון הציפורים, במלאי הפחמן האורגני ועוד.



לפי הצעת החוק – ההשקעה בשיקום טבע היא יעילה כלכלית. מקור: https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-law_en#objectives

יותר מאשר ההבחנה הדיכוטומית בין "שמורות טבע" למה שאינו שמורה. כך ניתן יהיה לשקם מערכות טבעיות הן בשמורות הן מחוצה להן באזורים בעלי רמות הגנה שונות. התפיסה המשתקפת היא שיקום שמתמקד באפשרות לחיות ולייצר עם ולצד הטבע, על-ידי השבת המגוון הביולוגי לכל מקום, לרבות באזורים שבהם מתקיימת פעילות כלכלית כגון יערות מנוהלים, קרקעות חקלאיות וערים. שיקום טבע על-פי הצעת החוק כולל כמה עקרונות מנחים:

1. שיקום משמעותי מעורבות ותועלות לכל חלקי החברה, ולכן הוא חייב להיעשות באופן **מכיל ומשתף** וצריכה להיות לו השפעה חיובית בייחוד על אלו התלויים ישירות במערכות הטבעיות למחייתם כגון חקלאים, יערנים ודייגים.

2. **ההשקעה בשיקום טבע היא יעילה כלכלית** – על-פי ההצעה, השיקום צפוי להוסיף 8–38 יורו לכל השקעת יורו אחד³⁴, וזאת בזכות שירותי המערכת, התומכים בביטחון מזון, בחוסן אקלימי ובמיתון אקלימי ובבריאות האדם. ההשקעה גם מגדילה את הנוכחות הנופית של הטבע בחיינו, דבר שיש לו תועלות מוכחות לבריאות ולרווחה³⁵.

33 European Commission, Green Deal: pioneering proposals to restore Europe's nature by 2050 and halve pesticide use by 2030, Press Release, 22 June 2022 https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3746

34 European Commission, [The EU #NatureRestoration Law \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3746)

35 European Commission, [The EU #NatureRestoration Law \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3746)



10. **המערכת הימית:** שיקום בתי גידול ימיים כגון עשב ים וקרקעית הים, ושיקום בתי הגידול של מינים ימיים כגון דולפינים ודובנים, כרישים ועופות ים.

11. **נחלים:** הסרת חסמים בנהרות כך שלפחות 25 אלף ק"מ של נחלים יזרמו באופן חופשי עד 2030.

באשר לדרך להגיע אל היעדים – החוק מטיל על המדינות החברות לפתח תוכניות שיקום לאומיות, בשיתוף פעולה עם מדענים, בעלי עניין והציבור. התוכניות המפותחות ברמה הלאומית יותאמו לכל מדינה ויאפשרו את הגמישות הנדרשת לצד היעדים המשותפים. החוק כן קובע ביחס לתכניות אלו, הנחיות ברורות בנושאי ממשל (כגון ניטור, הערכה, תכנון, דיווח ואכיפה), שמטרתן לשפר את מימוש המדיניות ברמה הלאומית והאירופית.

יש לציין כי החוק כולל גם חלק העוסק בהפחתת השימוש בחומרי הדברה במטרה להבטיח מערכת מזון בת-קיימה עד 2030 ובמסגרת יישומה של המחויבות לעצור את אבדן מגוון המינים. בכך נוצר קישור טבעי בין מערכות הטבע, שמירתן ושיקומן, ובין ביטחון שרשרת המזון היציבה, באופן שמהדהד את תוכנית "מהחווה למזלג", תוכנית שהיא חלק מתוכנית ה-The European Green Deal³⁶.

על-פי המכון האירופי למדיניות סביבה³⁷, ההצעה משקפת גישה משולבת להתמודדות עם משבר האקלים ואובדן מגוון המינים. שיקום מערכות אקולוגיות הוא חיוני כדי לשמור על מחסני הפחמן ולחזק את יכולות קיבועו בהן, וגם לשם חיזוק חוסנן והתאמתן של המערכות לעידן של שינוי אקלים. בהצעת החוק יש תרומה משמעותית ליעדי המיטיגציה של אירופה על-ידי שיקום טבע ובעזרתו חיזוק קיבוע הפחמן והיקף האחסון של פחמן במערכות הטבעיות, ובו בזמן הפחתת פליטות מהקרקע והמערכות הטבעיות.

תמצית הצעת החוק לפי סעיפים

סעיף 1: מציג את מהותה של הצעת החוק ומשקף את החיבור שיוצר חוק זה בין ההתמודדות עם שינוי האקלים ובין המערכות האקולוגיות.

הסעיף קובע כי החוק פורש את הכללים שיתמכו בו: (א) התאוששות מתמשכת, ארוכת-טווח, של טבע חסין ועשיר במגוון ביולוגי על פני שטחי היבשה והים של האיחוד האירופי באמצעות שיקום מערכות אקולוגיות; (ב) השגת יעדי-העל של האיחוד בנוגע למיתון שינויי האקלים (מיטיגציה) והיערכות לשינויי האקלים (אדפטציה); (ג) עמידה בהתחייבויות הבינלאומיות של האיחוד. עוד קובע הסעיף, כי "רגולציה זו מבססת מסגרת שבה המדינות החברות יישמו ללא עיכוב צעדים לשיקום אפקטיבי

36 Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European, Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, The European Green Deal, COM/2019/640 final

37 [Nature restoration law \(europa.eu\)](https://european-council.europa.eu/media/en/press-summaries/2021/01/11/Pages/11.aspx)

או פסיבי להתאוששות של מערכת אקולוגית לקראת או לכדי מצב טוב; של בית גידול לרמת המצב הגבוהה ביותר האפשרית לו ולאזור המועדף עליו; לאיכות ולכמות מספקת של בתי גידול לכל מין; ולרמות משביעות רצון בתנאי קיומן של אוכלוסיות מינים, כאמצעי לשימור או לשיפור המגוון הביולוגי וחוסן המערכת האקולוגית.

הסעיפים הבאים בהצעת החוק נוגעים לבתי גידול אשר לגביהם כבר יש ידע, נתונים ונקודת מוצא להתייחסות (Baseline), ואשר קיימות מתודולוגיות ניטור ביחס אליהם.

סעיף 4 עוסק ב"שיקום מערכות יבשתיות, חופיות ומערכות מים מתוקים" – הסעיף מטיל חובה בנוגע לשיקום ביצות, יערות, ובתי גידול עשבוניים לצד אחרים, הנמנים בנספח I לדירקטיבה האירופית לבתי גידול³⁸, שאפשר לשקם בהם היטב את היקפי קיבוע הפחמן ואחסונו. שיקום אדמות כבול, ביצות, מערכות חקלאיות ומערכות יער הוא בעל הפוטנציאל הגדול ביותר לקיבוע ולאגירה של פחמן³⁹. הסעיף קובע כי המדינות החברות יישמו את הצעדים הנדרשים לשיקום הנדרש כדי: לשפר את הקישוריות במערכות האקולוגיות הללו, לחדש את בתי הגידול ולשפר את כמות ואיכות בתי הגידול, וכל זאת ב-30% לפחות מבתי הגידול שהיום מצבם "לא טוב" עד שנת 2030, ב-60% עד שנת 2040 וב-90% (ביחס לקישוריות) עד 100% (יחס למצב בית הגידול) עד 2050. הסעיף מצוין כי בחירת האזורים המתאימים ביותר לצעדי שיקום צריכה להיעשות בהתבסס על ידע וראיות מדעיות.

סעיף 5 עוסק בשיקום המערכות הימיות, וקובע לגביהן דברים דומים לנאמר בסעיף 4.

סעיפים 6-10 מדברים על בתי הגידול שאינם מצוינים בנספח I לדירקטיבת בתי הגידול, ומרחיבים

ומבוסס-אזור, שיחדיו יכסו עד שנת 2030 לפחות 20% משטחי האיחוד וממי הים שלו, ועד 2050 את כל המערכות הצריכות שיקום".

סעיף 2 עוסק בהיקף הגאוגרפי של הצעת החוק בסעיפים 4-10 (הסעיפים האופרטיביים), וקובע כי המערכות האקולוגיות אליהן מתייחס החוק הן המערכות אשר מצויות בטריטוריה של המדינות החברות, ובים – בקרקעית המים ותחתיתה בתוך המים הריבוניים של המדינות החברות בהתאם לאמנת הים.

סעיף 3 מכיל הגדרות שניתן ללמוד מהן בבסיס לכל עבודה מדינית בתחום שיקום הטבע, כגון:

"מערכות אקולוגיות": הרכב (קומפלקס) דינמי של צמחים, בעלי חיים, וקהילות מיקרואורגניזמים הכוללות את סביבתן, המגיבות ופועלות כיחידה תפקודית, ובכלל זאת מגוון בתי גידול של מינים ואוכלוסיות מינים.

"שיקום" (RESTORATION): תהליך של סיוע אקטיבי



שיקום ביצות באירלנד Wild Wonders of Europe/Hermansen/naturepl.com ©

https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-law/success-stories_en

³⁸ Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, OJ L 206, 22.7.1992, p. 7-50, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31992L0043>

³⁹ [Nature restoration: Contributions to tackling climate change \(ieep.eu\)](https://ieep.eu/nature-restoration-contributions-to-tackling-climate-change)



שועל. צילום: לירון שפירא, החברה להגנת הטבע

אוכלוסיית המאביקים עד לשנת 2030 ולאחריה להגיע למגמת עלייה.

סעיפים 9–10 דנים בשיקום היערות והמערכות האקולוגיות-החקלאיות (agroecosystems), מעבר לבתי הגידול שבנספח I לדיקטיב בתי הגידול. הסעיפים כוללים תחת יעד הגידול של מערכות אלו כמה אינדיקטורים. האינדיקטורים הנדרשים למערכות האגרו-אקולוגיות כוללים למשל את כמות הפחמן בקרקע של אדמות התבואות, ואת חלק האדמה החקלאית שבה מגוון ביולוגי גבוה; וביחס למערכות היערות כוללים האינדיקטורים למשל – את כמות העצים החיים לעומת העצים המתים, קישוריות היערות, אינדקס ציפורי היער, כמות האחסון של פחמן אורגני ועוד. שני יעדים נוספים למערכות החקלאיות הם עלייה באינדקס של ציפורי החווה הנפוצות (Common Farmland Birds) וצעדים לשיקום אדמות כבול שתחת שטח חקלאי לכדי 30% עד 2030, ובכלל זאת הרטבה של רבע

את ההגנה על בתי גידול נוספים. הדגש בסעיפים אלו הוא על שלושה סוגי מערכות אקולוגיות בשל הכיסוי המרחבי הגדול שלהן, הפוטנציאל הגדול הקיים בהן לקיבוע פחמן, והעובדה שבעלי העניין הביעו דאגה ביחס לצורך להרחיב את שיקומן.⁴⁰

סעיף 6 עוסק בשיקום המערכות האקולוגיות בסביבה העירונית, וקובע למדינות החברות יעד להגדיל את האזורים הירוקים בערים ב-3% עד שנת 2040 וב-5% עד 2050.

סעיף 7 עוסק בשיקום הקישוריות הטבעית של נחלים וקובע כי על המדינות לערוך רישום של החסמים שיש להסיר כדי לשקם את המערכות באופן ובהיקף שהוגדר בסעיפים הקודמים, ולהגיע לשיקום של לפחות 25 אלף ק"מ של נהרות שיזרמו באופן חופשי עד 2030.

סעיף 8 עוסק בשיקום אוכלוסיית המאביקים ותובע מהמדינות לפעול להפיכת מגמת הירידה של

⁴⁰ [Nature restoration: Contributions to tackling climate change \(ieep.eu\)](https://ieep.eu/nature-restoration-contributions-to-tackling-climate-change)

מהן, ולכדי שטח של 70% עד לשנת 2050, ובכלל זאת הרטבה מחדש של מחצית האדמות.

הרקע להפיכת נושא השיקום לחקיקה בעלת השלכות אקלימיות נובע מהצורך הדחוף להתמודד עם שינוי האקלים ולהפחית פליטות מצד אחד, וההבנה של מקומן של המערכות הטבעיות במסגרת זאת, מצד שני.

תוספת קיבוע פחמן בביצות מעבר למניעת פליטות היא קטנה, אך היא כנראה תפצה על העלייה בכמות המתאן הנפלט מהרטבת אדמות הכבול. ישנן ראיות חזקות המראות כי כאשר לוקחים בחשבון את כל גזי החממה, הרטבת הביצות מפחיתה את כמות גזי החממה נטו.

ביצות הכבול מכסות רק כ-3% משטחן החקלאי של 27 מדינות האיחוד האירופי, אך הן פולטות כ-25% מכמות הפליטות השנתית הנפלטת ממגזר החקלאות.⁴¹ אירופה היא הפולטת הגדולה ביותר של פחמן דו-חמצני מאדמות כבול מיובשות, והרטבת אדמות כבול ושיקומן היא על-פי הצעת החוק צעד מפתח להפחתת כמות

הפליטות.⁴² כדי להגיע ליעדי איפוס פליטות עד 2050 צריכים כל שטחי הכבול המיובשים להיות משוקמים. אם לא ייעשו צעדים להרטבת האזורים הללו, יגיע שיעור הפליטות מהם ל-12-42% מכלל קצבת הפליטות העולמית הנדרשת כדי לעמוד ביעדי הסכם פריז.⁴³ הרטבה לבדה יכולה לעצור את הפליטות העצומות משטחים מופרים והרוסים של כבול, למנוע את שחרור מחסני הפחמן ואולי אף

תוכל להפוך אותם לבולעי פחמן (carbon sinks). התוספת של קיבוע פחמן מעבר למניעת שחרור במקרה של ביצות היא קטנה יחסית,⁴⁴ אך התועלת מהרטבת הביצות היא בעיקר במניעת הפליטות מהביצות הללו – ישנן ראיות חזקות לכך שבאשר מביאים בחשבון את כל גזי החממה, הרטבת הביצות מפחיתה את כמות נטו.⁴⁵ הרטבה מחדש מספקת

תועלות מיטגציה מיידיות, שכן ההשפעות של עלייה בפליטת מתאן היא קצרת מועד, לכן גם כאשר פליטת המתאן היא בשיעורים גבוהים, אין היא מערערת את התועלות האקלימיות ארוכות-הטווח.⁴⁶ חשוב לציין כי כל אלו הן הערכות גסות יחסית של פוטנציאל התועלות, בהתבסס על המידע הקיים. ההערכות אינן מדויקות מכיוון שאין הן מתייחסות לאזור המדויק, למיקום, לשוני בין בתי הגידול וכיו"ב.

המערכות האקולוגיות-החקלאיות פולטות גם הן כמויות גדולות של גזי חממה. ההערכות מדברות על היקף פליטה מאדמות תבואות בשיעור 50.2 מיליון טון גזי חממה (במונחים שווי-ערך לטון של פחמן דו-חמצני, CO₂eq) בשנה משטח של כ-125 מיליון הקטר, ועל היקף פליטה מאזורים עשבוניים בהיקף

41 O'Brolchain, Niall & Peters, Jan & Tanneberger, Franziska, 2020. CAP Policy Brief Peatlands in the new European Union Version 4.8. https://www.researchgate.net/publication/340829681_CAP_Policy_Brief_Peatlands_in_the_new_European_Union_Version_48

42 IPCC 2014, 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Wetlands_Supplement_Entire_Report.pdf

43 Leifeld, J., Wüst-Galley, C. & Page, S. Intact and managed peatland soils as a source and sink of GHGs from 1850 to 2100. *Nat. Clim. Chang.* 9, 945–947 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0615-5> <https://www.nature.com/articles/s41558-019-0615-5>

44 Mroczek, Almut, Dierk Michaelis, Anke Günther, Nicole Wrage-Mönnig, and John Couwenberg. "Mass Balances of a Drained and a Rewetted Peatland: on Former Losses and Recent Gains" *Soil Systems* 4, no. 1: 16 (2020). <https://doi.org/10.3390/soilsystems4010016>

45 Wilson, D., Blain, D., Couwenberg, J., Evans, C.D., Murdiyarsa, D., Page, S.E., Renou-Wilson, F., Rieley, J.O., Sirin, A., Strack, M., Tuittila, E. –Snity di Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils Mires and Peat, 17 : 4 (2016). <http://dx.doi.org/10.19189/MaP.2016.OMB.222>

46 Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V. et al. Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nat Commun* 11, 1644 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15499-z>

ואקולוגיות. פתרונות מבוססי-טבע המיושמים באופן אפקטיבי יכולים להיות יעילים יותר מהאלטרנטיבות ההנדסיות.⁵² מבחינת הפוטנציאל להפחתת סיכונים אקלימיים קונקרטיים למיניהם, שיקום טבע הוא תורם מוכר להפחתת סיכוני אירועי מזג

אוויר קיצוניים ושינוי במשטר המשקעים, מסיכונים לאספקת מים, ועד סיכונים של הצפות, בצורות, שריפות יער, שטפונות וסחף, סיכונים לאזורים החופיים, סיכונים לבריאות האדם ועוד.⁵³

יערות בולעים ומקבעים פחמן רב באירופה, אך הכמות המקובעת בהם נמצאת בירידה בעשור האחרון. יערות עשויים להפוך גם להיות מקור של גזי חממה, וכדי לשקם יער או חורש לצורך תועלת פחמנית נדרשות עשרות שנים.

של כ-10.9 מיליון טון.⁴⁷ כלומר, יחדיו מדובר על היקף של כ-60 מיליון טון של גזי חממה בשנה.⁴⁸ שיקום האזורים הללו יכול לייצר מחדש את מחזור הפחמן הטבעי שלהם ואת יכולות האגירה בהם. **היערות הם כיום מבלע פחמן**

(Carbon Sink) עיקרי באיחוד האירופי, והם מקבעים כ-365 מיליון טון פחמן דו-חמצני בשנה, אך הכמות המתקבעת בהם נמצאת בירידה מאז 2013.⁴⁹ המשך הירידה עלול גם להביא למצב של היפוך – שבו היערות יפלטו יותר פחמן מאשר ייקלט בהם. שיקום, יצירה מחדש וחיזוק של בתי הגידול ביערות יכולים לתרום להפחתת פליטות משמעותית על-ידי חיזוק יכולת בליעת הפחמן ומניעת פליטות הקשורות בעיקר לכריתת יערות, לניהול אינטנסיבי של היער ולשריפות יער. שטח יערות יכול לגדול גם באמצעות ייעור שנעשה בדרך ידידותית מבחינה אקולוגית. היבט חשוב בהקשר זה של שיקום יערות הוא שהזמן הנדרש ליער או חורש חדש לספק את תועלות קיבוע הפחמן עומד על 10–30 שנה, ונדרשות עוד עשרות שנים להיקפי הפחמן הללו להצטבר.⁵⁰

מבחינת אדפטציה, שיקום בתי הגידול יכול לתרום להפחתת העצימות והתכיפות של סיכונים הקשורים באקלים,⁵¹ ולהקטנת הפגיעות של מערכות אנושיות

בשורה התחתונה:



הצעת חוק שיקום טבע מבושרת על שינוי דרמטי, שכן היא מוסיפה יעדים קונקרטיים והגנות משפטיות למאמצי שמירת הטבע ושיקומו לרוחבה של אירופה תוך התייחסות לתועלות האקלימיות בחקיקת שמירת הטבע והתייחסות למגוון בתי גידול וקרקעות ובכלל זה יערות, נחלים, ים, קרקעות חקלאיות, אדמות כבול, טבע עירוני ועוד.

47 Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2020 and inventory report 2022 Submission to the UNFCCC Secretariat, Submission to the UNFCCC Secretariat. EEA/PUBL/2021/066, European Commission, DG Climate Action, European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-1>

48 Nature restoration: Contributions to tackling climate change (ieep.eu) p.8

49 Forzieri G, Girardello M, Ceccherini G, et al. Emergent vulnerability to climate-driven disturbances in European forests. *Nature Communications*. 12(1):1081 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21399-7>

50 Anderson, P, Carbon and ecosystems: restoration and creation to capture carbon. FCIEEM. (2021). <https://cieem.net/wp-content/uploads/2021/05/Carbon-and-habitats-paper-v3.pdf>

51 McVittie, A, Cole, L, Wreford, A, Sgobbi, A and Yordi, B (2018) Ecosystem-based solutions for disaster risk reduction: Lessons from European applications of ecosystem-based adaptation measures. *International Journal of Disaster Risk Reduction* No 32, 42–54. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420917302741>

52 EEA (2021) Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction. EEA Report No 1/2021, European Environment Agency, Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe/>

53 Nature restoration: Contributions to tackling climate change (ieep.eu) (p. 11); Chausson, A, Turner, B, Seddon, D, Chabaneix, N, Girardin, C A J, Kapos, V, Key, I, Roe, D, Smith, A, Woroniecki, S and Seddon, N (2020) Mapping the effectiveness of nature based solutions for climate change adaptation. *Global Change Biology* No 26 (11), 6134–6155. <https://doi.org/10.1111/gcb.15310>

**מדיניות האיחוד האירופי כיום –
הדירקטיבות המהוות בסיס להצעת
חוק שיקום הטבע**

הצעת חוק שיקום הטבע מיישמת את ההשקפה שאומצה בתוכנית החדשה של אירופה, היא European Green Deal.⁵⁴ תוכנית זו היא תוכנית מקיפה, שהעמידה במרכז את העברת האיחוד האירופי לעידן מאופס-פליטות גזי-חממה, ולניתוק הקשר שהתהווה בעשרות השנים האחרונות בין צמיחה כלכלית לניצול יתר של משאבי טבע, וזאת על בסיס עקרון השיתוף של כלל האוכלוסייה ("no person and no place left behind"). התוכנית, שאומצה בידי הנציבות האירופית, כוללת החלטות מדיניות בתחומי האקלים, האנרגיה התחבורה והמיסוי, האמורות יחדיו להביא את אירופה לידי הפחתת גזי החממה ב-55% עד שנת 2030 (ביחס לשנת 1990), ולאיפוס פליטות ויצירת יבשת נייטרלית-אקלימית עד לשנת 2050.⁵⁵

התוכנית היא מעין מתווה להפיכת כלכלת אירופה לכלכלה בת-קיימה על-ידי הפיכת האתגרים האקלימיים והסביבתיים להזדמנויות באמצעות כל תחומי המדיניות והבטחת מעבר צודק ומכיל



לכל.⁵⁶ התוכנית משרטטת את ההשקעות הנדרשות ואת הכלים הכלכליים הקיימים, ומפרטת איך להבטיח את המעבר באופן צודק. התוכנית מכוונת לכל מגזרי הכלכלה ובייחוד לתחבורה, לאנרגיה, לחקלאות, לבנייה ולתעשיות הגדולות – ברזל, מלט, כימיקלים וטקסטיל.

כדי להפוך את השאיפות של התכנית לכדי חקיקה, הציגה הנציבות האירופית והיא ממשיכה להציג שורה של דברי חקיקה: חוק האקלים האירופי,⁵⁷ התוכנית האסטרטגית למגוון ביולוגי 2030,⁵⁸ האסטרטגיה החדשה לתעשייה, תוכנית הפעולה לכלכלה מעגלית, תוכנית "מהחווה למזלג"⁵⁹ ועוד. השגת יעדי התוכנית ידרשו השקעות ניכרות והנציבות הציגה תוכנית השקעות שלפיה 25% מתקציב השקעותיו ארוכות-הטווח של האיחוד יוקדשו לפעולת אקלים. בשנת 2020 השיקה הנציבות את "הסכם האקלים" (Climate Pact), המאפשר הליך פתוח ושיתוף ציבור בפעולות עתידיות בהקשר לפתרונות אקלימיים.

אחד מרכיבי התוכנית הוא שיקום טבע והשבת המגוון הביולוגי לשגשוג, בין היתר כפתרון הזול יותר לספיחת פחמן ואגירתו. לשם כך מציעה התוכנית לשקם את היערות, האדמות, הביצות ואדמות הכבול של אירופה.

ה-GREEN NEW DEAL מציעה מטרות שאפתניות חדשות, אך היא מתבססת על כמה חוקי שמירת טבע, אשר אף שלא נכתבו כ"חוקים אקלימיים", הם בונים תשתית להגנה על המערכות האקולוגיות, שביום אנו מבינים גם את התועלות האקלימיות שלהן ואיך להתבסס עליהן, בעיבוי המרכיב הנוסף והחשוב, הוא שיקום טבע אקטיבי.

54 A European Green Deal (europa.eu)

55 [The European Green Deal \(europa.eu\)](#)

56 [Making the EU climate-neutral by 2050 \(europa.eu\)](#)

57 Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). PE/27/2021/REV/1 OJ L 243, 9.7.2021, p. 1–17. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>

⁵⁸ Biodiversity strategy for 2030 (europa.eu); Communication from The Commission to The European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee And The Committee Of The Regions: EU Biodiversity Strategy for 2030.

59 https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en#:~:text=The%20Farm%20to%20Fork%20Strategy%20aims%20to%20accelerate%20our%20transition,reverse%20the%20loss%20of%20biodiversity



צילום: לירון שפירא, החברה להגנת הטבע

ממנו, וחלה חובה על המדינות לוודא שניהול האתרים נעשה בצורה אקולוגית וכלכלית ובת-קיימה.

דירקטיבת הציפורים משנת 1979⁶² יצרה משטר להגנת מיני ציפורים ברחבי אירופה, הכולל סיווג של הציפורים לפי המדינות החברות ולפי אזורים להגנה מיוחדת ל-194 מיני ציפורים שהיו תחת איום מיוחד ולכל הציפורים הנודדות.

אירופה היא בית ליותר מ-500 מיני ציפורי-בר, ולמעלה משליש מהן נתון כרגע במצב שימור "לא טוב". התפשטות המרחב הבנוי והעירוני לצד תשתיות תחבורה פיצלו וצמצמו את בתי הגידול של הציפורים; חקלאות אינטנסיבית, ייעור, דיג ושימוש בחומרי הדברה הפחיתו את זמינות המזון שלהן; והצייד מחייב אסדרה כדי לא לפגוע באוכלוסיות אלה. הגנה על בעלי הכנף דורשת שיתוף פעולה חוצה גבולות, ולכן הוחלט על אימוץ דירקטיבת הציפורים EEC/79/409 שנועדה להגן על כל 500 המינים.

בשנת 2009 תוקנה הדירקטיבה והפכה ל-[Directive 2009/147/EC](#), אשר מדגישה את ההגנה על בתי הגידול של מיני הציפורים הנודדות והציפורים הנתונות בסכנת הכחדה, שכן אובדן והידרדרות

תשתית שמירת הטבע הקיימת במדינות האירופיות כוללת כלי מדיניות עיקריים אחדים הקשורים ביניהם: נטורה 2000, דירקטיבת הציפורים והדירקטיבה לבתי הגידול, וכן התוכנית למגוון ביולוגי 2030. להלן נסקור בקצרה את הכלים המרכזיים האלה.

נטורה 2000⁶⁰ היא התוכנית הגדולה ביותר להגנה על שטחים פתוחים בעולם, המכסה 18% משטחי האיחוד האירופי ויותר מ-8% משטחי הים של האיחוד. זוהי רשת של אתרי רבייה ומנוחה של מינים נדירים ומאוימים ושל בתי גידול טבעיים. היא כוללת שטחים מכל 27 מדינות האיחוד, ומטרתה להבטיח את שרידותם ארוכת-הטווח של המינים ובתי הגידול המאוימים ביותר של אירופה, הכלולים בדירקטיבות הוותיקות יותר – דירקטיבת הציפורים (Directive Birds) ודירקטיבת בתי הגידול Directive Habitats⁶¹. נטורה 2000 אינה כוללת רק שמורות טבע, שאינן מאפשרות שום פעילות אנושית בשטחן, אלא גם שטחים פרטיים רבים שבהם מתקיימות פעילויות אנושיות ברמות שונות. הגישה המשתקפת לשימור ולשימוש בר-קיימה בנטורה 2000 היא רחבה יותר ומרוכזת בעשייה של האדם עם הטבע ולא בנפרד

⁶⁰ [Natura 2000 – Environment – European Commission \(europa.eu\)](#)

⁶¹ [The Natura 2000 protected areas network – European Environment Agency \(europa.eu\)](#)

⁶² [The Birds Directive – Environment – European Commission \(europa.eu\)](#)

הם מינים שלגביהם חלה חובה על המדינות החברות להבטיח שניצולם וצידם בשטחי הבר תואם את תקנות שמירתם במצב רצוי.

הדירקטיבה דורשת מהמדינות החברות לדווח על מצב בתי הגידול והמינים ועל פעילותם בהתאם לתקנות הדירקטיבה, וגם על צעדי פיצוי לפרויקטים בעלי השפעה שלילית על אתרי נטורה 2000 או על פגיעה בצעדי השמירה המחייבים.

אסטרטגיית המגוון הביולוגי של אירופה 2030⁶⁴

זוהי אסטרטגיה מקיפה וארוכת-טווח, שמטרתה להגן על הטבע ולשנות את מגמת ההידרדרות של מצב המערכות האקולוגיות. היא שואפת להציב את המגוון הביולוגי באירופה על מסלול יציב לשיקומו עד שנת 2030, וכוללת פעולות ומחויבויות קונקרטיות בלהלן:⁶⁵

1. הגנה על לפחות 30% מאדמות האיחוד האירופי ומאזורי הים של האיחוד, לרבות מסדרונות אקולוגיים.

2. הגנה מוחלטת על לפחות שליש מהאזורים המוגנים, בהם יערות בראשית והיערות הוותיקים ביותר באירופה.

3. ניהול אפקטיבי של כל האזורים המוגנים, הכולל הגדרה ברורה של יעדים וצעדים לשימור וניטור.

התוכנית האסטרטגית מכירה בתועלות המרובות של המגוון הביולוגי לחברה ולחיים על פני כדור הארץ. היא פונה לחלקים שונים של החברה ומשלבת מדיניות חקלאות, מזון, איפוס פליטות, ערים ירוקות, מעבר לאנרגיה נקייה ועוד. הנציבות האירופית הציבה במסגרת התוכנית שאיפה לשיקום והגנה על כלל המערכות האקולוגיות עד לשנת 2050.⁶⁶



עכביש. צילום: לירון שפירא, החברה להגנת הטבע

מצבם של בתי גידול הוא האיום הגדול עליהן. הדירקטיבה מבססת רשת של אזורים הגנה מיוחדים, Special Protection Areas – SPA, הכוללים את כל האזורים המתאימים למחיית המינים הללו. אזורים אלו כלולים ברשת האקולוגית של נטורה 2000.

הדירקטיבה לבתי גידול⁶³ אומצה בשנת 1992 ומטרתה לוודא שמירה על מגוון רחב של מיני חי וצומח אנדמיים, מאוימים ונדירים. היא מהווה אבן הפינה של מדיניות שמירת הטבע האירופית יחד עם דירקטיבת הציפורים ותוכנית נטורה 2000. בסך הכל מוגנים בדירקטיבה למעלה מ-1000 מינים וכ-200 סוגי בתי גידול, המנויים בנספחים, אשר ההגנה עליהם נעשית בכמה רמות:

ב-900 מינים המנויים בנספח II הם מינים החיים באזורים ובבתי גידול הכלולים ברשת נטורה 2000, וחלה חובה לנהל אותם בהתאם לצרכים האקולוגיים של המינים. למעלה מ-400 מינים המנויים בנספח IV (ובכלל זאת רבים הנמצאים בנספח II) הם מינים שמשטר ההגנה עליהם חמור יותר ויש להגן על כל שטח המחיה שלהם באיחוד, גם מחוץ לאזורי נטורה 2000. יותר מ-90 מינים המנויים בנספח V

⁶³ https://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/index_en.htm

⁶⁴ [Biodiversity strategy for 2030 \(europa.eu\)](#); Communication from The Commission to The European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee And The Committee Of The Regions: EU Biodiversity Strategy for 2030, [EUR-Lex – 52020DC0380 – EN – EUR-Lex \(europa.eu\)](#)

⁶⁵ [EU 2030 Biodiversity Strategy – EUROPARC Federation](#)

⁶⁶ [Biodiversity strategy for 2030 \(europa.eu\)](#), p.8.

סיכום

Nature restoration can significantly contribute to the EU's climate mitigation efforts by enhancing ecosystem's carbon sequestration and storage capacities while reducing some significant land-based carbon emissions (IPCC, 2019).⁶⁷

בחינת המדיניות המעודכנת בארצות הברית ובאיחוד האירופי מראה כי התובנות ביחס לקשר בין משבר האקלים ובין המערכות הטבעיות והמגוון הביולוגי הולכות ומוטמעות במדיניות ובחקיקה שלהן.

אין מדובר במהלך פשוט או מהיר, אלא בשורה של תוכניות שיש לגבש ולאמץ. הן כוללות תוכניות לשיקום מערכות אקולוגיות ספציפיות (כגון מאביקים, אדמות כבול) וכלליות (כגון יעדים להיקף שימור כולל), מתודולוגיה למדידה וניטור תשטיפי גזי חממה ממערכות טבעיות, למידה של המערכות הטבעיות בהקשר האקלימי וחלופות לניהולן הן מבחינת מיטיגציה (פליטה וספיחה של גזי חממה) הן מבחינת אדפטציה (פתרונות מבוססי-טבע להתמודדות עם השינויים). הליכי הלמידה צריכים להבין מהו תכנון "חכם-אקלימי", כלומר תכנון המביא בחשבון את התועלות והנזקים האקלימיים של החלופות השונות, ולקדם מדיניות חכמה-אקלימית לשיקום המערכות הטבעיות ולתקצבה.

הטמעת התובנות הללו כוללת למעשה:

1. הכרה מפורשת בקשרים העמוקים בין המערכות הטבעיות למערכות האקלימיות והכרה בצורך להתמודד עם משבר האקלים תוך שמירה על המערכות הטבעיות וניצול התועלות שלהן גם בהקשר האקלימי. הכרה זו חשובה כשלעצמה, וגם כבסיס להקצאת משאבים ופיתוח מדיניות מכוונת-שיקום המערכות הטבעיות.

2. הקצאת מימון ומשאבים לשמירה, לשיקום ולניהול מערכות אקולוגיות בהתאם לצורך במיתון שינוי האקלים ובהיערכות לו, וכן תיעדוף בהשקעות ובתקציבים לפרויקטים בעלי תועלות אקלימיות, אקולוגיות ופחמניות.

3. גיבוש מתודולוגיה למדידה וניטור של קליטה ופליטה של גזי חממה מהמערכות הטבעיות, ויצירת בסיס מדעי על התועלות הפחמניות והאקולוגיות הפוטנציאליות של המערכות הטבעיות. בסיס מידע כזה יאפשר לקובעי המדיניות לבחור בין אפשרויות שונות של מדיניות שמירת טבע הממקסמת את התועלות.

4. גיבוש ויישום תוכניות שימור ושיקום עם יעדים מוגדרים כדוגמת תוכניות "30x30" לשמירה על 30% משטחי המדינה וממי החופים שלה עד לשנת 2030.

5. הוספת נדבך לחקיקה על שמירת טבע שבמרכזו שיקום אקטיבי. בכלל זה הכרה בכך ששיקום טבע אינו שווה לשימור טבע – לא כל האזורים המיועדים לשיקום חייבים להיות שמורת טבע; שיקום טבע נחוץ גם באזורים המוגדרים כשמורות או גנים בשל מצבם הירוד.

6. גיבוש ויישום תוכניות לשמירה ולשיקום אקטיבי של שורה של בתי גידול: מאביקים וחרקים, טבע עירוני, אדמות חקלאיות, אדמות כבול, מערכות יער, מערכות ימיות, נחלים וקרקעות מופרות.

מקבלי ההחלטות במדינת ישראל, אשר ישבילו להתחיל לקדם את הצעדים הללו, יציבו את מדינת ישראל בחזית המאבק מבוסס-המדע בשינוי האקלים ובחזית העשייה להיערכות לשינויים המתרחשים בעולם וגם בישראל כבר כיום.

⁶⁷ [Nature restoration: Contributions to tackling climate change \(ieep.eu\)](https://ieep.eu/nature-restoration-contributions-to-tackling-climate-change)



בכירי החברה להגנת הטבע עם הגנרל מנסור אבו ראשיד מירדן והשגריר גדעון בכר, בהובלת החברה להגנת הטבע ובשיתוף רשות הטבע והגנים, קרן קונרד אדנוואר, ושותפים רבים מארץ ומהאזור. ספטמבר 2022. צילום: אסי אפרתי.

פרק רביעי:

סיכום ומסקנות למדיניות אקלים ואקולוגיה בישראל



מיתנה את כמות הפליטות המגיעות לאטמוספירה לכזו שמגדילה את כמות הפליטות.

מצבן הפגוע של המערכות האקולוגיות מחליש גם את יכולת ההיערכות של בני האדם לשינוי האקלים. כך, למשל, אגני נחלים שצומצמו ונחלים שנכלאו בתעלות ניקוז אינם יכולים לתפקד בעת שיטפונות והצפות באופן הטבעי והמיטבי שלהם להשהיה, ויסות וחלחול של המים. לכן, השיטפונות, שצפויים להתגבר בעקבות שינויי האקלים, גורמים לנזקים גדולים ורבים יותר מכפי שהיו נגרמים אילו היו אגני הנחלים בריאים ומתפקדים, ערוציהם רחבים ומפותלים, ואזורי ההצפה שלהם נרחבים.

ישראל, עם כל אזור המזרח התיכון, היא "נקודה חמה" (HOT SPOT) של שינוי אקלים: היא צפויה לסבול יותר מן הממוצע העולמי מהתחממות, התייבשות, עלייה במפלס ובטמפרטורת פני הים, ועלייה בסיכוני הצפות ושריפות. התחזיות הללו החלו להתממש וכבר כיום נמדדת בישראל טמפרטורה גבוהה בכ-1.5 מעלות מן הממוצע שהיה בשנות ה-50.

ישראל היא גם "נקודה חמה" אקולוגית: למערכת האקולוגית של ישראל נודעת חשיבות עולמית, שכן היא עשירה במגוון ביולוגי ייחודי ונמצאת בנתיב הנדידה של עשרות מיליוני ציפורים בשנה. אך בתי הגידול הטבעיים בה הולכים ונעלמים ובכך פוגעים אנושות בעושר הזה. אם לא תינקט פעולה משמעותית להגנה על בתי הגידול והמגוון הביולוגי הטבעיים ולשיקומם, צפויים החמרה נוספת והאצה בקצב הכחדת המינים, הידרדרות תפקוד המערכות האקולוגיות ואיתן גם התועלות והשירותים שמערכות אלו מעניקות לאדם.

הטבע הוא בן בריתנו. ככל שנשמור עליו ונשקם אותו, הוא יסייע לנו לייצב את מערכת האקלים ולהיטיב להתמודד עם השינויים הצפויים. אך לשם כך עלינו להפנים את חשיבות השמירה על הטבע, לא כמותרות ולא רק לצורכי הנאה ונופש, אלא כצורך מיידי והכרחי להמשך חיי האנושות ולשמירת

מזה אלפי שנים מספקות המערכות האקולוגיות שירותים חיוניים לחיי האדם על פני כדור הארץ. הן אחראיות לייצוב מערכת האקלים, וויסות תנאי האוויר, ייצור חמצן, ספיחת פחמן, טיהור ואספקת מים, ייצור מזון, אספקת מקורות אנרגיה, ייצוב קרקעות, מיחזור חומרים ועוד. חיינו, כפי שאנו מכירים אותם, תלויים במערכות הללו ומתבססים עליהן.

כדי שהמערכות האקולוגיות ימשיכו להוות בסיס לתמיכה בחיי האנושות על פני כדור הארץ, הן חייבות להיות יציבות וחסינות. אולם, במהלך עשרות השנים האחרונות ספגו המערכות האקולוגיות פגיעה בקצב גובר והולך ובהיקף עצום, והן חוות זאת גם היום. ניצול יתר של משאבי הטבע, צמצום השטחים הפתוחים לצורך פיתוח ובינוי, זיהום וחדירת מינים פולשים תרמו כולם לפגיעה במערכות הטבעיות בהיקף חסר תקדים בהיסטוריה האנושית: 77% מהקרקעות (לא כולל אנטרקטיקה) ו-87% משטחי האוקייאנוסים נפגעו על-ידי שינויים מרחיקי לכת בשל פעילות ישירה של בני האדם; בשטחים הימיים לא נותרו עוד מרחבים טבעיים נקיים מפעילות האדם, כגון דייג תעשייתי וזיהום, להוציא האזורים הארקטיים; מצב המגוון הביולוגי בעולם מציג התדרדרות דרמטית של אובדן 69% מבעלי החיים המנוטרים מאז שנת 1970. לגורמי הפגיעה האלו נוסף כעת גם שינוי האקלים, שגורם לשינויים משמעותיים בתנאי הסביבה של החי והצומח, המתרחשים בתוך פרקי זמן קצרים ומותירים חלון זמן קצר ביותר להסתגלות המינים המקומיים.

למצבם המדורדר של המערכות הטבעיות ישנה השפעה חוזרת על אקלים כדור הארץ. זאת, בעקבות שיבושם של המחזורים הגלובליים, בייחוד אלו של המים, הפחמן והחנקן. כך, לדוגמה, הרס של מערכות אקולוגיות על-ידי בירוא ושריפת יערות ועל-ידי ייבוש ביצות, גורם לפגיעה בתפקודן כמבלעי פחמן ואף הופך את חלקן ל"מקור" הפולט פחמן לאטמוספירה בהיקף ניכר. כך הופכת מערכת אקולוגית שבעבר



צבוע מפוספס. צילום: יובל דקס, החברה להגנת הטבע

איכותם על פני כדור הארץ.

את התובנות בגין הקשר בין המערכות האקלימיות והאקולוגיות יש ליישם הלכה למעשה באמצעות מדיניות ממשלתית. שלוש דרכים מרכזיות משמשות מדיניות מובילות בעולם להטמעת התובנות הללו:

1. **אימוץ והטמעה של פתרונות מבוססי-טבע** – פתרונות אלו הם מרובי תועלות לטבע ולאדם, כאשר התועלת האקלימית מצטרפת לשורה של תועלות המוכרות לנו. כך, למשל, תכנון מבוסס על מסדרון נחל רחב ובריכות להשהיה וויסות נגר מאפשרים ניקוז משופר של הנגר, ויסות של כמות גשם גבוהה באירועי קיצון, לצד חסכון כלכלי, שיפור במפלסי מי תהום, ויסות טמפרטורה מקומית, ואזור טבע לרווחת הציבור. כך גם שמירה על יערות טבעיים

מתפקדים ונטיעה בסביבה עירונית של עצים בהתאם למערכת האקולוגית המקומית, יסייעו הן למיטיגציה (ספיחת פחמן ביערות טבעיים) והן לאדפטציה (הורדת טמפרטורה מקומית בעיר).

2. **אימוץ מדיניות וחקיקה לביסוס הידע המדעי על יכולתן של המערכות האקולוגיות לסייע במיתון שינוי האקלים ובהיערכות לו** – מדיניות כזו כוללת גיבוש מתודולוגיה למדידה וניטור ספיחת ופליטת גזי חממה על-ידי המערכות הטבעיות, תקצוב והנחייה לביצוע של מדידות כאלו בשטחי המדינה הרלוונטיים, ובהתאם לכך גיבוש אסטרטגיות "חכמות אקלימית", ואימוץ פתרונות מבוססי-טבע בעלי תועלות אקולוגיות ואקלימיות – בהליכי התכנון, בחקלאות, בתעשייה, בשמירת טבע ועוד.

3. **גיבוש יעדים קונקרטיים ומפורטים להגנה ולשיקום מערכות אקולוגיות, ואוכלוסיות של מינים חיוניים** – ובכלל זה קביעת יעדים להגנה על מאבקים, הגנה על כלל סוגי בתי הגידול המאוימים והפגועים (בהם: נחלים, ים, ביצות, בתי גידול עשבוניים וכיו"ב) ושיקומם, וכל זאת במידה הנדרשת לשמירה על המגוון הביולוגי והמערכות האקולוגיות.

בארצות הברית – החקיקה הפדרלית משקפת את ערוצי הפעולה הללו דרך שני דברי חקיקה עיקריים: האחד הוא חוק הפחתת האניפלציה משנת 2022 שנחשב לחקיקה אקלימית משמעותית וכולל התייחסות מפורשת לטבע ולמערכות הטבעיות במסגרת ההתמודדות עם משבר האקלים. החוק מקצה תקציבים ייעודיים לשמירה, לשיקום ולניהול מערכות אקולוגיות בהתאם לצורך במיתון שינוי האקלים ובהיערכות לקראתו, וזאת מלבד התקציבים הגדולים המוקצים בו למעבר לאנרגיות ולתעשייה נקייה מפליטות. דבר החקיקה השני, הוא חוק עצמאות האנרגיה משנת 2007 הכולל פרק ארוך על מקומן של המערכות הטבעיות בארגז הכלים של ההתמודדות עם משבר האקלים. פרק זה חייב את הרשויות האמריקניות ביצירת בסיס מדעי ועובדתי ליכולת המערכות הטבעיות בארצות-הברית להיות חלק ממאגר הפחמן, וזאת באופן מתודולוגי ושקוף. בסיס כזה מאפשר לתת בידי קובעי המדיניות כלי לבחור מבין אפשרויות שונות של מדיניות תכנון ושמירת הטבע את זו הממקסמת את קיבוע הפחמן במערכות הטבעיות. החוק כולל בין היתר חובה להשלים מתודולוגיה להערכת כמות הפחמן המאוחסן במערכות הטבעיות והנפלט מתוכן, וחובה לבצע בפועל הערכה כזו ביחס למערכות שברחבי ארצות הברית. בהתאם לחוק, פורסמו דו"חות מפורטים ביחס לאזורים השונים בארה"ב. כך, למשל, הדו"ח על מזרח ארצות-הברית צופה כי אזור זה ימשיך לספוח

יותר פחמן מאשר לפלוט לפחות עד שנת 2050, אולם שיעור קיבוע הספיחה להיות נמוך ב-20%, בעיקר בשל הפיכת שטחים טבעיים לשטחים מופרים או בנויים. מכאן שככל שהמדיניות תצמצם את הבינוי בשטחים אלו (למשל על-ידי ציפוף הערים), יעלה שיעור הפחתת הפליטות.

ברמה המדינתית בארצות הברית – **קליפורניה**, הסובלת, בדומה לישראל, מפגיעות רבה לשינוי האקלים, נחשבת כמדינה מובילה בחום. חקיקה עדכנית במדינה כוללת הכרה מפורשות בקשר שבין משבר האקלים ומשבר המגוון הביולוגי. המדיניות שמיישמת המדינה משקפת הכרה זו ומתווה את הדרך ליישום משמעויותיה. תיקון חקיקה משנת 2021, העוסק בקיבוע פחמן בקרקעות טבעיות, מכיר בכך כי שיקום הביצות, ניהול בר-קיימא של האדמות, ופתרונות מבוססי-טבע מפחיתים את גזי החממה, מקבעים פחמן ומסייעים להגביל את הסיכונים שבשינוי האקלים. בהתאם לזאת, החקיקה מורה על גיבוש אסטרטגיה לניהול חכם אקלימית של קרקעות; קידום פרויקטים לקיבוע פחמן באמצעות המערכות הטבעיות; שיקום מינים ובתי גידול חשובים כגון אוכלוסיית המאבקים; וקידום תוכנית "30X30" לשימור 30% משטחי המדינה עד לשנת 2030.

באיחוד האירופי, מונחת כיום על שולחן הפרלמנט הצעת חוק שנחשבת למתקדמת ביותר – הצעת חוק שיקום הטבע,¹ אשר הנציבות האירופית אימצה ביוני 2022. שני סוגי יעדים עיקריים באים לידי ביטוי בהצעת החוק:

א. **הפיכת מגמת הירידה וההתדרדרות של בתי הגידול והמגוון הביולוגי עד לשנת 2030**, ומעבר למגמת התאוששות וגדילה משנה זו ואילך, בקרב שורה של בתי גידול ומינים (בהם: אוכלוסיית המאבקים, האזורים הירוקים בערים,

1 Proposal for A Regulation of the European Parliament and of the Council on Nature Restoration, Brussels, 22.6.2022 COM(2022) 304 final 2022/0195 (COD) (Hereinafter: **Nature Restoration Law**), [Nature restoration law \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022P0195)

החוק מטיל על המדינות החברות חובה לפתח תכניות שיקום לאומיות בשיתוף פעולה עם מדענים, בעלי עניין והציבור. במסגרת התוכנית הלאומית כפופות המדינות להנחיות בנושאי ממשל (כגון ניטור, הערכה, תכנון, דיווח ואכיפה), שמטרתן, בין היתר, להבטיח שהרשויות מביאות בחשבון גם את סוגיות המגוון הביולוגי וגם את סוגיות האקלים.

המגוון הביולוגי ביערות, קישוריות אקולוגית, המגוון הביולוגי באזורים החקלאיים ועוד).

ב. **השבת הטבע למצבו הטבעי, "התפראות":** שיקום והרטבה מחדש של שטחי כבול מיובשים ומנוקזים, שיקום בתי גידול ימיים, הסרת חסמים בנהרות לזרימה חופשית והשבה של כלל סוגי בתי הגידול הטבעיים ככל הניתן למצבן הפראי הטבעי.



יער אודם. צילום: דב גרינבלט, החברה להגנת הטבע

מדיניות אקלים ושמירת טבע למדינת ישראל: המלצות אופרטיביות לפעולה

לסייע או להקצין את משבר האקלים, ובצורך להתמודד עם משבר האקלים תוך שמירה על המערכות הטבעיות. הכרה זו חשובה גם כשלעצמה ולצורך הטמעתה בקרב מקבלי ההחלטות בסקטורים השונים, וגם כבסיס להקצאת משאבים ולפיתוח מדיניות לשיקום המערכות הטבעיות. כיום, השיח

בישראל, על מנת לקדם הטמעה של התובנות הללו ואימוץ המדיניות בדומה למדינות מובילות בעולם, נדרשת פעולה בשלושת הערוצים האמורים:

1. נדרשת הכרה מפורשת, של הממשלה ובחקיקה, בקשרים העמוקים בין המערכות הטבעיות למערכות האקלימיות, ביכולתן של המערכות הטבעיות



כלניות, צילום: אבנר רינות, החברה להגנת הטבע

חומרת משבר האקלים ואת השלכותיו הצפויות על ישראל, ואת הקשר בין משבר האקלים ומשבר המערכות הטבעיות. על ההחלטה לחייב הכנת תכניות היערכות להתמודדות עם שני המשברים באופן משולב – בכלל משרדי המשלה ובגופי הסמך והביצוע הפועלים בשטח (כגון: רשויות מקומיות ואזוריות, רשויות ניקוז, רשות המים ותאגידי ביוב, ועוד).

✓ **על הממשלה להקים קבינט אקלים, בראשות ראש הממשלה, שיהיה קבינט ביצועי, מתוקצב, נתמך בהחלטות ממשלה ובחקיקה, ובעל יכולת להוציא מן הכוח אל הפועל פרויקטים ומדיניות (בדומה לקבינט הדיור). זאת, נוכח היקפו העצום של המשבר, והדחיפות שבקיודם פתרונות מחייבים טיפול רחב וחוצה משרדים.**

בישראל בנושא משבר האקלים, מתמקד כמעט כולו בהפחתת פליטות ואנרגיה נקייה. הפחתת פליטות היא אכן הדרך היחידה לעצור את ההתחממות העולמית ומשבר האקלים, אולם הדו"חות המדעיים מבהירים כי זה לא מספיק – משבר האקלים קשור בטבורו במשבר המערכות האקולוגיות ובמצבן של מערכות טבעיות. גם אם נעבור למאה אחוז של אנרגיות מתחדשות ונפחית לאפס את פליטות גזי החממה – ללא קיומן של מערכות טבעיות יציבות ובריאות לא נוכל להתמודד עם משבר האקלים ולעמוד ביעדים שנקבעו בוועידות האקלים בפאריז (2015) ובגלזגו (2021). לכן, על הממשלה להכיר בחלקו של הטבע הן במיטיגציה והן באדפטציה, ולהכיר בהכרח לקדם פתרונות משולבים לנושא בכללותו.

✓ **על הממשלה לקבל החלטה המבהירה את**

✓ **על הרשויות המקומיות להכין ולקדם תכניות היערכות להתמודדות עם אתגרי האקלים והפחתת פליטות בתחומן תוך הדגשת חלקן של המערכות הטבעיות ופתרונות מבוססי-טבע למניעת ההצפות בתחומן (למשל תכנון נחלים ונגר), לשיפור הנוחות האקלימית (למשל עידוד נטיעת עצים), לשיקום מערכות טבעיות, התמודדות עם איי החום העירוניים, והעלאת החוסן הקהילתי (למשל על-ידי הקמת אתרי טבע עירוניים קהילתיים).**

3. **יש לפעול לגיבוש מתודולוגיה למדידה ולניטור של כלל התועלות האקלימיות של המערכות האקולוגיות, ובכלל זה קליטה ופליטה של גזי חממה מהמערכות הטבעיות.** יש לפעול ליצירת בסיס מדעי ועובדתי על יכולת המערכות הטבעיות להיות חלק ממאגר גזי החממה בישראל. בסיס מידע כזה חייב לכלול גם את השפעת אופן ניהול הקרקעות על תפקודן האקלימי של המערכות הטבעיות, והוא מיועד לשפר את יכולתן של מעצבות המדיניות ליישם מדיניות מרובת תועלות עבור שמירת, שיקום וניהול הטבע, השטחים הפתוחים, אזורי החקלאות, ותכנון הבניה והתשתיות בישראל. הפאנלים המדעיים הבין-ממשלתיים של האו"ם מבהירים כיום כי אין דרך להגבלת התחממות כדור הארץ ל-1.5 מעלות צלזיוס ללא הטבע – אנו זקוקים לטבע כדי למתן ולהסתגל לשינויי האקלים ולהשיג איפוס פחמני. במסגרת זו, אנו חייבים לעבור ממצב של התדרדרות מצב הטבע למצב של השתקמות הטבע (Nature Positive), ועלינו לקדם שוק פחמן מתומחר, שגם לטבע יש בו תפקיד. אמנם, קיזוז פחמן על בסיס טבע לא יכול להוות חלופה להפחתה המהירה הנדרשת בפליטת גזי החממה העולמיים מתעשיית האנרגיה הפוסלית. אך קיזוז פחמן יכול לפצות על פליטות שיוניות שקשה להפחיתן כדי להגיע לאיפוס פליטות. פרויקטים של קיזוז פחמן מבוסס-טבע חייבים להיות בעלי יושרה גבוהה, מבוססים על מתודולוגיות שקופות, קפדניות ומעודכנות מבחינה

2. **על בסיס ההכרה במערכות הטבע כחלק מההתמודדות עם משבר האקלים, יש להקצות מימון ומשאבים למחקר, לניטור, לשמירה, לניהול ולשיקום מערכות אקולוגיות.** יש לחקור ולמפות את השפעות משבר האקלים הצפויות על הטבע בישראל, ולגבש המלצות מבוססות מדע על האופן שבו ניתן לצמצם את ההשפעות השליליות. יש להטמיע את התובנה המקובלת כיום בעולם, לפיה פתרונות למשבר האקלים שלא יתייחסו למצב הטבע עשויים להוביל לפתרונות מזיקים. פתרונות כאלה שלכאורה מספקים פתרונות 'חירום' למשבר האקלים, עלולים למעשה ליצור פגיעה בטבע ובסופו של דבר גם לפגוע במאזן הפחמני. דוגמה לכך היא ייעור נרחב על חשבון שטחים טבעיים, תחת המחשבה השגויה כי ייעור הוא פתרון קסם למשבר האקלים. ייעור שנעשה על חשבון מערכות טבעיות פוגע בטבע באופן שפוגע גם במאזן הפחמני. דוגמה נוספת היא קידומן של אנרגיות מתחדשות הפוגעות במערכות טבעיות – טורבינות רוח המסכנות את אוכלוסיות הנשרים בישראל עד כדי איום להכחדתן, בזמן שתרומתן להפחתת פליטות היא שולית ביותר, בשל מיעוט הרוח היחסי בישראל.

✓ **על הממשלה להקים ולתקצב מכון מחקר לאומי אקלימי-אקולוגי שיכלול מיפוי הידע הקיים, הבנת פערי הידע, ומחקרים קצרי וארוכה טווח אקלימיים-אקולוגיים מקומיים ואזוריים. במחקר ייקחו חלק גורמי מחקר קיימים (בהם השירות המטאורולוגי, המכון לחקר ימים ואגמים, המכון הגאולוגי, המאר"ג, האוניברסיטאות), לצד גורם מקצועי לתכלול המחקרים הקיימים ולגיבוש המלצות.**

✓ **על הממשלה לתקצב ולקדם מיפוי כלל ההשלכות הצפויות והערכת הסיכונים שמציב שינוי האקלים למערכות האקולוגיות והמגוון הביולוגי בישראל, ולגבש דרכי פעולה וצעדים שיש לנקוט כבר כיום, ובטווח הבינוני והארוך, לכדי הימנע מהגעה למצבים בלתי הפיכים.**

בתכנית להתבסס על הידע הקיים זה מכבר ועל הנעשה במדינות מתקדמות בעולם, ולכלול בין היתר:

שמירה על בתי גידול בתת ייצוג:

- על מנהל התכנון ורשות הטבע והגנים, תוך היועצות עם קק"ל, להגיש תכנית לשינוי הייעוד של שטחים המוגדרים "יער טבעי" בתכנית מתאר ארצית (תמ"א) 1, ואשר מצויים בתת-ייצוג לייעוד שמורות טבע וגנים לאומיים. זאת, משום ששמורות טבע הן הכלי המרכזי להגנת המגוון הביולוגי, אולם הגנה יעילה מתבצעת רק כשהיקף השטח המוגן הוא גדול. לכן, ייצוגיות של בתי גידול בשטחים מוגנים היא רכיב מרכזי בכל תכנית פעולה להגנה על המגוון הביולוגי. תמ"א 1 סיווגה את השטחים המוגדרים "יער" לשטחי יער נטע אדם ולשטחי יער טבעי, האמור להישאר כטבעו. רשות הטבע והגנים היא הגוף הממשלתי האמון על שמירת הטבע, ולה הכלים המיטביים לנהל ולאכוף את ההגנה על המגוון הביולוגי בשטחים טבעיים. לכן, מוצע כי בתי גידול המצויים בתת-ייצוג בשמורות טבע וגנים לאומיים (כלומר פחות מ-30% משטחם מוגן ביעילות: מישורי לס, חולות מישור החוף, בתה ושטח עשבוני, מלחות, בריכות חורף, וכד') ומוגדרים כיום "יער טבעי", ישנו ייעודם ל"שמורות טבע/ גן לאומי" ויעברו לניהול רשות הטבע והגנים הלאומיים.

- על מנהל התכנון לקדם, במסגרת התיקון לתמ"א 1 והתכנית האסטרטגית לשטחים פתוחים, את העלאת ייצוגן של מערכות אקולוגיות המצויות בתת-ייצוג ל-30% ייצוג בשמורות טבע וגנים לאומיים מכל מערכת אקולוגית.

שמירה ושיקום של קישוריות אקולוגית:

- קישוריות אקולוגית היא רכיב חיוני בשמירת המגוון הביולוגי. קיטוע אקולוגי נגרם כתוצאה מאלמנטים המונעים מעבר בעלי חיים וזרעי

מדעית, אקלימית ואקולוגית. יש לפעול ליצירת מתודולוגיה מקצועית ואמינה, ולמדידה של התפקוד האקלימי האמיתי של המערכות האקולוגיות.

✓ **על הממשלה להורות לתקציב גיבוש מתודולוגיה למדידה וניטור של התועלות האקלימיות ולהנחות את רשות הטבע והגנים לתכלול עבודה זו.**

✓ **על רשות הטבע והגנים והמשרד להגנת הסביבה להכין תכנית למדידה וניטור של התועלות האקלימיות, על בסיס המתודולוגיה שתגובש, בשיתוף עם המכון הגיאולוגי, המאר"ג וגורמי מחקר נוספים.**

4. יש לגבש, לתקצב, לעגן בחקיקה, ליישם ולאכוף תכניות הכוללות יעדים קונקרטיים לשמירה על מינים, בתי גידול ומערכות אקולוגיות, תוך אימוץ של פתרונות מבוססי-טבע. על תכניות אלו להדגיש שמירה על מינים מקומיים והתמודדות עם מינים פולשים, ולהוסיף לפרקטיקה של שמירת טבע נדבך אקטיבי של שיקום טבע פגוע ויצירה מחדש של טבע הרוס על-בסיס המערכת האקולוגית המקומית (התפראות). יש להכיר בכך ששיקום טבע אינו שווה ל"שמורות טבע", שכן הוא יכול להתבצע בין היתר באזורים מרובי שימושים, והוא נחוץ גם באזורים המוגדרים כשמורות או גנים, בשל מצבם הירוד של בתי הגידול. לשם כך יש להרחיב את סל הכלים לשמירת טבע אל מעבר לסל הקיים המאפשר הגנה רק בשמורות טבע וגנים לאומיים, תוך הבנה כי השקעה בשמירה על מערכות טבעיות היא כלכלית ומשתלמת בהרבה מאשר השקעה בשיקום של מערכות פגועות.

✓ **על המשרד להגנת הסביבה להשלים בהקדם את התכנית הלאומית למגוון ביולוגי ולקבוע בה יעדים מחייבים לשמירת טבע ולשיקומו. על הממשלה לאשר בהחלטת ממשלה תכנית לאומית למגוון ביולוגי, לתקצב אותה ולגבש עבודה תכנית פעולה אופרטיבית. על היעדים**

- על משרד התחבורה ונתיבי ישראל, בתיאום עם מנהל התכנון ורשות הטבע והגנים, להכין תכנית רב-שנתית לתקצוב וביצוע מעברים אקולוגיים בנקודות מפתח חיוניות למניעת פגיעה ברציפות האקולוגית כתוצאה מתשתיות תחבורה ודרכים לפי המיפוי של רשות הטבע והגנים.

- על הקרן לשמירה על שטחים פתוחים לקדם ולתעדף הצעות ל"גאולת קרקע" וייעודה כשטח מוגן ב"צווארי בקבוק" במסדרונות אקולוגיים, ובאתרים המקשרים בין בתי גידול ייחודיים.

- על רשות הטבע והגנים, בשיתוף משרד החקלאות, להקים מגנן ניהול ופיקוח לצורך שיפור התפקוד של המסדרונות האקולוגיים תוך יצירה של גוף אגרו-אקולוגי.

צמחים בין שטחים טבעיים. קיטוע אקולוגי גורם לצמצום הגיוון הגנטי באוכלוסיות, ולירידת החוסן שלהן, ולכן מזרז את הכחדתן הן ברמה המקומית והן ברמה הלאומית. שטחים טבעיים מקושרים הם חסינים יותר להשפעות שליליות של שינוי אקלים, שריפות ושאר עקות, ומאפשרים לבעלי חיים ולצמחים להתאים את תפוצתם, לאורך זמן, לאקלים המשתנה.

- על מנהל התכנון ורשות הטבע והגנים לקדם את עיגונם של המסדרונות אקולוגיים וצווארי בקבוק בתכניות ברמה הארצית (תיקון לתמ"א 1) והמחוזית, ולהמשיך בקידום תכניות המתאר המחוזיות (תמ"מ) תוך הטמעה בתכניות כוללניות כשטח שהוראותיו מבטיחות את הקישוריות האקולוגית באופן יעיל עבור בעלי חיים וצמחים.



להקת חסידות ועגורים מעל עמק החולה. צילום: יובל דסק, החברה להגנת הטבע

יעדים לשמירת בתי גידול ימיים ותכניות להשגתם:

• על מנהל התכנון להגיש עדכון למסמך המדיניות למרחב הימי בים התיכון, ולקדם מסמך המדיניות למפרץ אילת, במסגרתם ייועדו כ-20% מהשטח הימי הריבוני כשטחי חיפוש לשמורות טבע ימיות וגנים לאומיים ימיים (שהדיג ופעילות פוגענית אחרת אסור בהן) עד שנת 2030, וכ-30% מהשטח הימי הריבוני עד שנת 2035. כל זאת, על מנת לאפשר הגנה יעילה על כלל בתי הגידול הייחודיים, ועל ייצוג הולם לשאר בתי הגידול בים התיכון, בהתאם לאמנת ברצלונה ואמנת המגוון הביולוגי.

• באזור הכלכלי הבלעדי על הממשלה לאמץ את תכנית האב לשמורות ימיות שהוכנה על-ידי החברה להגנת הטבע, לייעוד 30% מהשטח כשמורות ימיות, תוך קידום חקיקה מסדירה שתאפשר אכרזה ופיקוח בשמורות אלה.

• על המשרד להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים, באמצעות הקרן לשטחים פתוחים, לתקצב סקרים אקולוגיים בים התיכון ובמפרץ אילת לצורך קידום תכניות סטטוטוריות לשמורות וגנים לאומיים ימיים.

• על משרד החקלאות ליישם מתווה להוצאת ספינות המכמורת שנותרו בים ויוצרות נזק עצום למערכות האקולוגיות תוך שחרור גזי חממה. זאת באמצעות מתווה פיצוי משולב בחקיקה.

• על משרד האוצר לשלול בצו את הפטור שניתן בצו הבלו על דלק (פטור והישבון), תשס"ה-2005, למפעילי ספינות דיג בשיטת המכמורת.

הגנה מפני מינים פולשים:

• על המשרד להגנת הסביבה ומשרד החקלאות, בתיאום עם רשות הטבע והגנים, המבס ומשרד הכלכלה, להשלים ולאשר חקיקה למניעת חדירה, התבססות והפצה של מינים פולשים, ולטיפול בהם אם התבססו, כדי להגן על המגוון הביולוגי,

על בריאות הציבור, ולמנוע נזקים כלכליים. על הצעת החוק להתייחס לרכיבים הבאים: מניעת פלישות בעת יבוא כבודה, סחורות ומטענים; הערכות סיכון אקולוגיות לבקשות יבוא של מוצרים או מינים בעלי סיכון לפלישה ביולוגית; מניעת הפצה של מינים פולשים בתוך ישראל ובכלל זה בגינון; טיפול וסמכויות כניסה לחצרים לביעור מוקדם של מינים פולשים; פיקוח ואכיפה;

• על המשרד להגנת הסביבה לקדם תיקון חקיקה נקודתי לאיסור המכירה, היבוא וההפצה של צמחי מים פולשים.

✓ על הממשלה, ובכלל זה גופי הסמך וגורמי הביצוע, לאמץ באופן עקרוני ובאופן מעשי

גישת פתרונות מבוססי-טבע ולפעול להטמעתם בסקטורים ובאזורים השונים: בשטחים הפתוחים (למשל עיגון מסדרונות אקולוגיים, שיקום אזורים מופרים, ניהול משטרי רעייה), בתחום הנחלים (ניהול מרחבי נחלים בגישה אגנית, התבססות על התועלות של מסדרון הנחל, הוצאה לאור של נחלים שזורמים בתת הקרקע או בתעלות בטון – "daylighting"), בסביבה העירונית (הקמת אתרי טבע עירוניים קהילתיים, נטיעת עצים בעיר ומניעת כריתות, עידוד גגות חיים, עידוד גינון בר קיימא), בחקלאות (עידוד חקלאות בת-קיימא), בניהול היערות (עידוד התחדשות יער טבעית מבוססת מינים מקומיים), ועוד.

✓ על מנהל התכנון וועדות התכנון להטמיע

את הידע העדכני בתחום פתרונות מבוססי-טבע להתמודדות עם משבר האקלים ומשבר המערכות הטבעיות. לתכנון שימושי קרקע יש השפעה משמעותית על משבר האקלים. אולם על-אף חלקה המשמעותי של מערכת התכנון בנושא זה, העיסוק בו חסר וטרם הוטמע בכל תכנית משמעותית ומדיניות אסטרטגית, כפי שנדרש.



ארנבת. צילום: נעם וייס, החברה להגנת הטבע

הערה לסיום

עבודה זו התמקדה בהיבט אחד של התמודדות עם משבר האקלים – והוא ההכרה בחשיבות המערכות האקולוגיות להתמודדות עם האקלים. היבט זה הוא חשוב, מרכזי והכרחי, על-פי כל הדו"חות המקצועיים העדכניים הבין-לאומיים, אולם הוא אך רכיב אחד בתמונה כולה. שמירה על הטבע ושיקומו הם פעולה אחת, הכרחית, מתוך מערך של פעולות מחויבות ודחופות שעל ממשלת ישראל לקדם, על מנת להתמודד עם משבר האקלים. פעולות אלו כוללות:

- **חקיקת חוק אקלים שאפתני ומחייב** אשר יבסס את המסגרת המוסדית ואת החובות הממשלתיות להתמודדות עם משבר האקלים;
- **קביעת יעדים להפחתת פליטות של גזי חממה** בהיקף של לפחות 50% עד לשנת 2030 ואיפוס פליטות על לשנת 2050, בהתאם ליעדי האו"ם, ובכלל זאת קביעת יעדים למגזרים השונים (תחבורה, חקלאות, פסולת וכיו"ב), אימוץ תכניות אופרטיביות להשגת היעדים, עיגון תקציבים, ויצירת מנגנון למעקב אחר יישומן.
- **גיבוש מדיניות ותכנית פעולה למעבר לאנרגיות דלות-גזי חממה ולנטישה של מקורות אנרגיה פוסיליים – גז, נפט ופחם.** בכלל זה, עצירת שיווק שטחים חדשים לחיפושי גז ונפט בים התיכון ובכלל, והשקעה מאסיבית בקידום אנרגיות מתחדשות, בדגש על אנרגיה סולארית על גגות ובשטחים מבוזרים.

- **הכנת תכניות היערכות לשינוי האקלים, תקצובן ומעקב אחר יישומן** – בכלל משרדי הממשלה, הרשויות המקומיות, גופי הסמך, וגופים המנהלים שטחים ומשאבי טבע, ובכלל זאת: רשות המים, רשות מקרקעי ישראל, רשויות הניקוז ועוד.
 - **קביעת חובה לבצע סקרי סיכון אקלימיים** לכל פרויקט תשתיתי או גדול, כחלק אינטגרלי מההליך התכנוני.
 - **שילוב מובנה ומחייב של שיקולי אקלים ומדדים אקלימיים בתהליכי קבלת ההחלטות** של כלל הגורמים השלטוניים: משרדי ממשלה, רשויות מקומיות, וועדות וגורמי תכנון, רשויות ניקוז ונחלים, קק"ל, רשות הטבע והגנים, חברות ממשלתיות ועוד.
- פעולות אלו יבטיחו כי ממשלת ישראל פועלת בדחיפות ובנחישות, ומציבה את מדינת ישראל יחד עם המדינות המובילות את העולם במאבק הגדול ביותר של האנושות בעידן הנוכחי – המאבק במשבר האקלים.

”שינוי האקלים הוא איום על רווחת האנושות ובריאות כדור הארץ. חלון ההזדמנויות להבטיח עתיד בר-קיימא לכל הולך ונסגר. הבחירות וההחלטות שיילקחו ויישמו בעשור הנוכחי – יהיו בעלות השפעה מכרעת על העתיד הקרוב שלנו, ועל אלפי השנים הבאות.”

(IPCC, March 2023)

נספח:

מקרי בוחן מהעולם על קצה המזלג



מאגר עמוד בקיבוץ כפר רופין לאחר REWILDING.
צילום: אסף זנזורי, החברה להגנת הטבע

בחזרה לתוכן העניינים

1. מקרה בוחן של התפראות – ביצות, סקוטלנד¹

- צמצום החקלאות האינטנסיבית, שהוביל למבנה צמחייה מגוון יותר, לעומת ניהול הקרקע הקודם;
 - הרטבה ויצירת אדמות ביצות כדי לשקם את בתי הגידול ואת אזור המים המתוקים, שהופך לאגם לציפורים חורפות ולאגירת מי שיטפונות, המסייעים בהפחתת הלחצים על התעלות בעת אירועי גשמים חזקים או קיצוניים;
 - ניהול מבוקר של שטף המבקרים והתיירים על-ידי גידור שעודד התחדשות טבעית;
 - ניהול מתמשך של השמורה. הניהול כולל גם את ניהול מפלס המים כדי לשמור על בתי הגידול המלוחים והלגונות של המים המתוקים ובתוך כך על אזורים החשובים לרבייה ולחריפה של משכשכים ועופות בר.
- במשך כל התהליך, החל בשלב התכנון, דרך שלבי התקדמותו ואף כיום, לאחר השלמתו, היה למעורבות הקהילה חלק מרכזי בפרויקט. במסגרת זו נוהלו התייעצויות ודיונים להצגת צורכי הקהילות המקומיות והתאמת הפרויקט לצרכים אלו.

התוצאות

- שיקום האזור החזיר לחיים בתי גידול ההולכים ומבריאים, ומספקים שורה של שירותים:
- בראש ובראשונה האזור מהווה מרחב מחייה איכותי לחיות בר. בתי הגידול שנוצרו – ביצות מלח, בוצ וביצות מרעה במים מתוקים – מספקים אפשרויות מחיה עשירות למגוון חיות בר, כגון לוטרות, אווזי בר, אנפות, ינשופים ועוד. אוכלוסיית התמירונים (Black-winged stilts), המתרבה בדרך כלל בים התיכון, התרבתה בהצלחה לראשונה באזור

על אחד מחופיה של סקוטלנד שוכנת שמורת ביצות מן הגדולות בבריטניה – ביצות סטיארט (Stewart). פרויקט ההתפראות (Rewilding) של האזור החל בשנת 2014 כמיזם של יצירה מחדש של בית גידול, שנדרשה כפיצוי על אובדן בתי גידול מסוג מלחות בשפך לא הרחק משם, Severn Estuary.

יצירתן מחדש של הביצות הייתה פרויקט משותף של קרן Wildfowl & Wetlands ושל סוכנות הסביבה של סקוטלנד. ביצוע הפרויקט החל לאחר שורת התייעצויות עם הקהילה המקומית שהחלו לא פחות מאשר חמש שנים קודם לכן.² והנה, מה שהיה עוד לפני שנים ספורות קרקע חקלאית המנוהלת ומעובדת בשיטות אינטנסיביות, הוא כיום מרחב של בתי גידול משוקמים, מקום מחיה לעושר חיות בר וצמחייה, המסייע בניהול הצפות, ואף מקבע פחמן. החוות החקלאיות ומשקי החי גם הם עדיין חלק מהאזור, ואף שחלקות המרעה שלהם צומצמו, הבשר שהם מוכרים נמכר במחירים גבוהים יותר משום שטעמו, על-פי העדויות, עשיר ואיכותי יותר.³

השיקום

האזור המשוקם מקיף שטח של כ-50 קמ"ר והוא כולל שיקום ויצירה מחדש של אזורי ביצות, הכוללות ביצות כבול, ביצות מסוג marshes, אזורי חוף שבין גבולות הגאות והשפל (Intertidal zone) ובהם מלחות ובוצ, ואזורי ימיים.

הפרויקט כלל צעדים אחדים:

- שינוי תוואי השטח על ידי שיקום ויישור החופים מחדש, דבר שאיפשר חידוש בית גידול מסוג מלחה;
- קביעת משטר מרעה ושתילה משלימה;

¹ Rewilding Britain, Stewart Marshes <https://www.rewildingbritain.org.uk/rewilding-projects/stewart-marshes>

² Rewilding Britain, Case study, <https://www.rewildingbritain.org.uk/blog/case-study-stewart-marshes>



מקור: [Steart Marshes Rewilding Project Rewilding Britain](#)

לטווח ארוך, ואם אכן אגירת הפחמן תימשך בהיקף שהוערך, יוכל הפרויקט להיות גם מקור הכנסה. מטרת שיקום הביצות אמנם אינה רווח כלכלי, אך מנהלת האתר מעידה כי ישנה שאיפה להגיע למודל כלכלי בר-קיימא. כיום תלויות הביצות במימון ממשלתי, בהכנסות מהחקלאים המשתמשים בקרקע, בתרומות של מבקרים ובפעילויות שונות כגון אירועים וטיולים. מנהלת האתר מצביעה על כמה נקודות שהן חיוניות להצלחת פרויקט שיקום מסוג זה:

1. **שקיפות וישירות** מול הקהילה המקומית ופגישות שוטפות עם בעלי העניין.
2. **סבלנות**. לא למהר ולתת לטבע לעשות את שלו.
3. **העדפת של שיקום בית גידול על-פני שיקום מינים**. שימור טבע היה מבוסס במשך שנים על שמירה על מגוון המינים, אבל אם משקמים בית גידול, ממילא יגיעו כל המינים הנכונים.

צעדים להמשך הפרויקט:

- ניטור מתמשך של המגוון הביולוגי, כמות הפחמן הנאגרת, איכות המים וההידרולוגיה, והכול בשיתוף עם גורמי מחקר והתומכים;
- מילוי חלק פעיל בתוכנית לניהול החופים האזורית.

המים המתוקים של ביצות סקוטלנד בשנת 2020; צמחים סבילים למלח ביססו עצמם באזורי הגאות לאורך הביצות, ונחלי הגאות והשפל נתנו מחסה לדגיגוני מינים כגון מוסר-ים וצלופחים. ניטור מתמשך גילה שהאזור הלך והפך עם חלוף הזמן עשיר יותר ומגוון יותר.

- יכולת ניהול השיטפונות ויעילותה משתפרת, שכן האצות מגינות על קו החוף מפני עליית פני הים ומפני הסיכון המוגבר להצפות חופיות כתוצאה משינויי אקלים.

- תועלת נוספת היא אחסון פחמן והסרתו מהאטמוספירה ובכך תרומה להפחתת כמות הפליטות. קבוצת חוקרים מאוניברסיטת מנצ'סטר מטרופוליסן, החוקרת את קרקעית הביצות, חישה כי **הביצות קיבעו 19 טון של פחמן בכל הקטר (10 דונם) בשנה** ובסך הכל כ-30,000 טונות של פחמן "נקברו" וקובעו באדמת האתר מאז שחזרו (Mossman et al., 2021).

- התועלות הנוספות של הביצות מסייעות לבריאותם הנפשית של התושבים. ככלל, הפרויקט משפר את רמת הרווחה והבריאות של אנשי הקהילה והמבקרים באזור בכך שהוא מאפשר להם להתחבר אל הטבע.

סקר שנעשה באזור הוכיח כי המשקעים והצמחייה מסייעים גם הם באגירת פחמן. לדברי מנהלת האתר: "מלחות הן מן המקומות הטובים ביותר לאגור בהן פחמן. מלחה משוקמת אחת בבריטניה תאגור בארבע שנים יותר פחמן ממיליון עצים בעשר שנים." מנהלי הפרויקט ומממניו תומכים בהכללת המלחות בשוק הפחמן, כשם שביצות כבול ויערות כלולים בו. לדבריהם, ביצה כמו סטיארט יכולה להיות שווה בשוק זה 150–250 אלף פאונד בשנה.

עלות הפיתוח של הפרויקט עמדה על כ-21 מיליון פאונד שמתוכם 7 מיליון פאונד שימשו לרכישת הקרקע. הביצות מעסיקות 6 עובדים במשרה מלאה מלבד 60 מתנדבים (לעומת 2–3 חקלאים שעבדו בביצות טרם השיקום).

<https://www.researchgate.net/publication/355265428-Rapid-carbon-accumulation-at-a-saltmarsh-restored-by-managed-realignment-far-exceeds-carbon-emitted-in-site-construction>
Rewilding Britain, Steart Marshes, [Steart Marshes Rewilding Project | Rewilding Britain](#)
WWF Steart Marshes, <https://www.wwt.org.uk/wetland-centres/steart-marshes/about/>

מקורות למקרה בוחן 1

Mossman, H.L., Pontee, N., Born, K., Lawrence, P.J., Rae, S., Scott, J., Serato, B., Sparkes, R., Sullivan, M. & Dunk, R.M. (2021). Rapid carbon accumulation at a saltmarsh restored by managed realignment far exceeds carbon emitted in site construction. *bioRxiv*, 10.1101/2021.10.12.464124



מקור: [Steart Marshes Rewilding Project | Rewilding Britain](#)

2. מקרה בוחן לפתרונות מבוססי-טבע בסביבה עירונית: ברוקלין ברידג' פארק, ניו-יורק, ארצות הברית⁴

ב-340 דונם והוא משלב אזורים אינטנסיביים לפעילות פנאי ונופש עם אזורים שתוכננו על בסיסי מערכות טבעיות האופייניות לאזורי החוף המזרחי – חופים סלעיים, ערוצים מיוערים ומלחות.

המערכות הטבעיות מגנות על הפארק וגם מספקות הגנה לקו החוף הזה, שהוא בעל רמת פגיעות גבוהה להצפה בעת סערות חורף ועליית מפלס מי הים בעקבות משבר האקלים. בפארק פועל גם מרכז טבע עירוני ציבורי.

היסטוריה

ברוקלין ברידג' פארק הוקם באזור שבעבר שכנו בו תעשיות שונות, מחסנים ומזחים למעבורות ואוניות משא. אזור זה, קו המים של העיר, היה אזור סחר ימי מרכזי ביותר עוד למן המאה ה-17. עם פיתוח טכנולוגיות סחר חדשות ומתקדמות החל האזור, מאז שנות ה-70 של המאה ה-20, לאבד את מרכזיותו, ועסקים רבים בו החלו להיסגר, להינטש וליהרס בזה אחר זה. הדבר

פתרונות מבוססי-טבע בסביבה העירונית קיימים בשטחים מבונים במרכז הערים, בבניינים, רחובות, שדרות, פארקים, מבני ציבור וגם בשולי העיר. נקיטת פתרונות מבוססי-טבע משמשת כלי תכנוני שמסייע לרשויות מקומיות להתמודד עם סוגיות של אקלים עירוני, מגוון ביולוגי, צרכים כלכליים ואתגרים חברתיים וקהילתיים. תכנון ופיתוח המבוסס על מערכות טבעיות מתפקדות מאפשר יצירת מרחבים עירוניים בעלי חוסן אקלימי, ביולוגי וחברתי.

פרויקט ברוקלין ברידג' פארק בנוי-יורק הוא דוגמה לתכנון ופיתוח מבוסס-טבע המושתת על הבנה עמוקה של המערכת האקולוגית המקומית, שימוש נדיב בפתרונות מבוססי-טבע ושילוב הקהילה בתהליכי התכנון והביצוע.

רקע

ברוקלין ברידג' פארק הוא פארק אינטנסיבי שנבנה על גדת הנהר המזרחי של מנהטן, ניו-יורק. שטחו



Marcos Rivera – Flickr

4 תודה ליעל זילברשטיין-ברזידה ודניאל חנין בקר מיחידת הטבע העירוני, החברה להגנת הטבע, על הסיוע בכתיבת חלק זה.



Photograph: Sergio Ruiz – Flickr

הפארק. העבודות להקמתו החלו ב-2007 ובעבור 3 שנים נפתח הפארק לציבור.

מנהל את הפארק תאגיד Brooklyn Bridge Park Corporation, ארגון שהוא ללא מטרות רווח. חברים בארגון בין היתר ראש עיריית ניו-יורק וראש מחלקת תפעול הפרויקטים בעיר. מועצת המנהלים של הפארק מונה 17 דירקטורים, הממונים בידי חברי הארגון, מושל מדינת ניו-יורק ונבחר ציבור מקומיים. המועצה המייעצת של הפארק היא הגוף העיקרי שדרכו יכולה הקהילה לספק משוב והערות לחברי התאגיד ולמועצת המנהלים שלו. החברות במועצה מוקנות לאחר התייעצות עם נבחר ציבור מקומיים וכוללת תושבים ונציגים מארגונים מקומיים. גוף זה מלווה את פעילות הפארק החל מהקמתו. פגישות המועצה פתוחות לקהל הרחב ונערכות במשרדי הפארק.

פתרונות מבוססי-טבע בברוקלין ברידג' פארק

תכנון הפארק התבסס על המערכות הטבעיות האופייניות לאזורי החוף המזרחי בארה"ב – חופים סלעיים, ערוצים מיוערים, ביצות מים מתוקים,

הביא את רשות הנמלים של ניו-יורק וניו ג'רזי (Port Authority of New York and New Jersey) בשנת 1983 לסגור את פעילות הסחר הימי במקום.

שנה לאחר מכן החליטה רשות הנמלים למכור את המזחים הנטושים לפיתוח מסחרי. בתגובה לכך הוקם בשנת 1985 ארגון ללא מטרות רווח – Friends of Fulton Ferry Landing – שהגה את רעיון הקמתו של פארק גשר ברוקלין.

בשטח עצמו התגלעו אמנם מחלוקות רבות והדבר גרם לעיכוב ניכר, אך רעיון הקמת הפארק הלך וצבר תמיכה, עד שב-2002 חתם ראש עיריית ניו-יורק, מייקל בלומברג, על מזכר הבנות להקמת הפארק.

עיריית ניו-יורק, עם מדינת ניו-יורק ורשות הנמלים של ניו-יורק וניו ג'רזי, מימנו את הקמת הפארק בסכום 360 מיליון דולר. כדי להבטיח שהפארק יהיה בר-קיימא מבחינה כלכלית, נקבע כבר במזכר ההבנות להקמתו, שכל התחזוקה והתפעול שלו נדרשים להיות עצמאיים כלכלית, וממומנים באמצעות הכנסות מפיתוח מסחרי וממגורים בשטחי הנמל והתעשייה שפוננו. בכך הושג מימון נוסף להקמת

כדי שיוכלו לשמש להשקיית גני הפארק והמדשאות. כיום נאגרו קרוב ל-400 קוב מי שיטפונות באחד המכלים, ובמכל אחר אף יותר מזאת.

הצלחתו של התכנון הומחשה בזמן הוריקן סנדי, אשר היכה בחוף המזרחי של ארצות הברית באוקטובר 2012. הפארק עצמו, המזחים סמוך לו, ואף רחובות סמוכים היו שקועים במהלך הסופה עד ארבע שעות במים מליחים. בעוד שאזורים רבים אחרים נפגעו קשות מאירוע זה, הפארק עבר את הסופה יחסית ללא פגע, ואף הגן על שכונות סמוכות לו מנזק צפוי.

בזמן התרחשות ההוריקן, השוני הטופוגרפי בין אזורים שונים בפארק חסמו חלק גדול ממי השיטפונות: ביצות המלח במקום החזיקו מעמד מול כוחות המים החזקים, והפארק עצמו ספג מים שהיו עלולים לפגוע עוד יותר בשכונות שמסביבו; אדמת הפארק החולית עזרה לקרקעות המלוחות להתנקז במהירות; והצמחים במקום (Pitch Pine, Beach Plumb, Baccharis), אשר נבחרו בגלל היותם סבילים למלח ונשתלו במחשבה על עליית מפלס המים, החזיקו מעמד למול המים המלוחים.

הפחתת רעש: מלבד הגנה מפני שטפונות והצפות, הפארק מספק הפחתה משמעותית ברעש הרחוב.

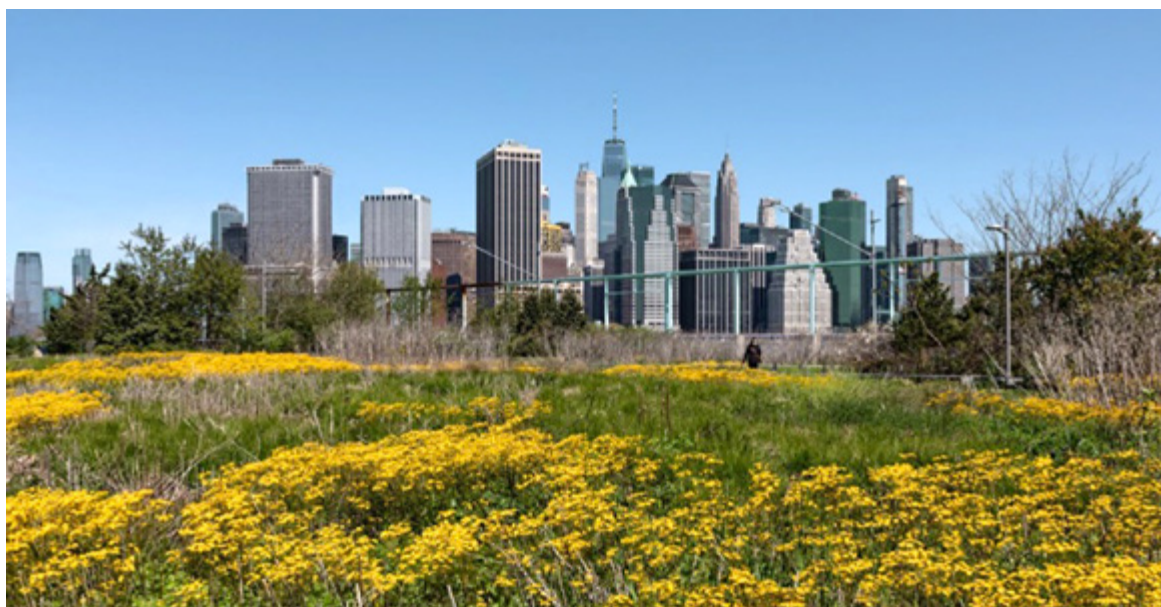
ברכיכות גאות ושפל, ומלחות. המערכות הללו מספקות הגנה לקו חוף זה, שיש בו סיכון גבוה להצפה מחמת סערות חורף ועליות מפלס מי הים בעקבות משבר האקלים, ובכך הן גם מגנות על הפארק.

תכנון הפארק כלל:

- למידת המערכות הטבעיות, והכרת בתי גידול דומים שניתן לשחזר
- סקר צמחים של אזור הפארק לפני השיקום
- ועידות פסגה אקולוגיות אשר בהן נבחנו הצעות ליצירת בתי גידול משגשגים

הפארק תוכנן כך שיוביל לריבוי תועלות:

הפחתת הצפות – בעת התכנון הושם דגש בנושא החשש מהצפות. אדריכלי הפארק בחנו בקפידה את מיקום חוף הים, תנאיו, צפי עליית פני הים ושינויי אקלים, כדי ליצור פארק המסוגל לעמוד בפני סערות ושיטפונות כבדים. הם בנו מערכת של תעלות, "סוויילס" (swales)⁵ אשר נועדו לטפל בנגר בזמן סופה ולמנוע הצפת שטחים סמוכים. הסוויילס מסננים את מי הסערה באמצעות צמחים, ולאחר מכן נאגרים המים המטופלים במכלים מתחת לאדמה,



Robert Wash – Flickr

5 <https://ginamezina.co.il/blog-post/water-harvesting-earthworks-what-is-a-swale/>

הביולוגי של האזור שוקם ונוצר קו חוף ומערכת טבעית "פוסט-תעשייתית" משוקמים. לשם כך נעשה שימוש בכמה אסטרטגיות ונוצר איזון חדש בין המערכת האנושית והאקולוגית (Urbanski, 2012).

חינוך וקהילה: יותר ממיליון איש מבקרים בפארק מדי שנה וקיים בו מרכז חינוך סביבתי אשר לומדים בו למעלה מ-10,000 תלמידים. אזורי הגאות והשפל של הפארק ובית הגידול שבו משמשים כיתות ללימוד חשיבות המגוון הביולוגי, שיקום ושימור בתי גידול, ופתרונות מבוססי-טבע להגנה מפני עליית פני הים.

מקורות

Brooklyn Bridge Park Ecological Design, Brooklyn, NY, Great Ecology Consulting, <https://greatecology.com/portfolio-item/brooklyn-bridge-park/>

Brooklyn Bridge Park website, <https://www.brooklynbridgepark.org/>

McMackin, Rebecca, Weathering the Storm: Horticulture Management in Brooklyn Bridge Park in the Aftermath of Hurricane Sandy, *Ecological Landscape Alliance* (2013), [Weathering the Storm: Horticulture Management in Brooklyn Bridge Park in the Aftermath of Hurricane Sandy – Ecological Landscape Alliance \(ecolandscaping.org\)](https://www.ecolandscaping.org/Weathering-the-Storm-Horticulture-Management-in-Brooklyn-Bridge-Park-in-the-Aftermath-of-Hurricane-Sandy)

Padilla, Dianna K., (2012). Brooklyn Bridge Park: A Win-Win for the People of Brooklyn and the Environment, *Ecological Restoration*, Volume 30, Number 1, p.78.

Urbanski, Matthew, Rachel Gleeson (2012)., Strategies for Enhancing Marine (and Human) Habitat at Brooklyn Bridge Park, *Ecological Restoration*, Volume 30, Number 1, pp. 71-75.

תושבי רחוב פורמן שליד הפארק סובלים רבות מהרעש הבא מכביש ברוקלין-קווינס הסמוך, והטופוגרפיה הגבעית של הפארק עזרה להוריד את רמת הרעש בעבורם מ-75 ל-68 דציבלים.

גגות ירוקים: מספר מבנים בתוך הפארק כוללים גגות ירוקים. גגות ירוקים סופגים מי גשמים, מספקים בידוד למבנים, יוצרים בית גידול לחיות בר ומסייעים בהורדת טמפרטורות האוויר העירוניות.

נוסף על כך, **בבניית הפארק נעשה שימוש נרחב במחזור חומרים קיימים וממוחזרים** – הן מחומרים ששימשו את אזור המזחים עצמו, הן מחומרים מפרויקטים אחרים של בנייה ברחבי ניו-יורק והן מחומרים אשר "הוצלו" מאתרים הרוסים ברחבי העיר. שימוש רב נעשה גם באדמה, אשר נלקחה מפרויקטים של קידוחים וחפירות ברחבי העיר, ליצירת הטופוגרפיה הגבעית של הפארק.

שחזור מערכות אקולוגיות: הפארק פועל להחיות את המערכות האקולוגיות אשר התקיימו באזור זה בעבר. מלבד המערכות שכבר הוזכרו, הפארק פועל עם מיזם Billion Oyster Project ועם בתי-ספר תיכוניים באזור לשקם את אוכלוסיית הצדפות באזור. אוכלוסייה זו, של טריליוני צדפות, כיסתה בעבר את כל שפך הנמל של ניו-יורק וסיפקה סינון מים, הנחתת גלים ומזון לאלפי מינים ימיים. בכך שיקום אוכלוסיית הצדפות יעזור אפוא בתורה לשקם מערכות אקולוגיות נוספות באזור.

אמנם, הפארק אינו משחזר את קו החוף המקורי, והאילוצים השונים גם לא איפשרו שיקום אקולוגי כולל ומלא, אבל חלק גדול מבתי הגידול ומן המגוון

3. פתרון מבוסס טבע למניעת נזקי הצפות ושיקום מרכיבים במערכת הנחלית – מעקף יולו, קליפורניה⁶

מקום להזרמת העודפים במורד, ניתן לשחרר זרימות במעלה, לטובת יצירת מסדרון זרימה רציף שיכיל את הספיקות הצפויות ויאפשר את שיקום תפקודי הנחל.

מעקפים לצווארי בקבוק לאורך תוואי הנחל מהווים אמצעי משלים בגישה רחבה יותר המתעדפת את שיקום מסדרונות הנחלים באמצעות שיחרור זרימות שטפוניות לאורך התוואי, למניעת נזקי הצפות במצבי קיצון. על פי גישה זו, יש למצוא פתרונות להגדלת כושר ההולכה לאורך תוואי הנחל עצמו תוך התבססות על מנגנון הוויסות הטבעי שלו, על יתרונותיו ההידרולוגיים. תנאי הבסיס לפי גישה זו הוא הבטחת רצף זרימה וכושר הולכה לאורך תוואי הנחל מהמעלה למורד, תוך התגברות על חסמי זרימה לאורכו. יש למצוא תחילה את הגדלת כושר ההולכה במסדרון הנחל הקיים, באמצעות חיבור לפשט ההצפה הקריטי בו מתקיימת זרימה רדודה ורחבה במקביל לאפיק הנחל. במידת הצורך, ורק לאחר שמוצו האפשרויות בתוואי הנחל, ניתן לפנות ליישם פתרונות נוספים התומכים בגישה זו כגון בצוע מעקפים לנחל (אלשטיין ואח', 2022).

העמק המרכזי של קליפורניה היה בעבר רצוף בפשטי הצפה ואדמות ביצה. בחורף, שלג שנמס תרם לזרימות בנחלים, ושפע של דגי סלמון צעירים נמשכו אל המוני החרקים ששגשגו במים רדודים שטופי שמש, לפני שהם עשו את דרכם אל האוקיינוס. בניית הסכרים, הסוללות והפיתוח הפרידו מאז בין הנהרות לפשטי ההצפה, והערכה היא כי רק כ-5% מבתי הגידול הלחים ההיסטוריים שרדו. רב בתי הגידול הלחים נוקזו והוחלפו בחוות חקלאיות וערים אשר נבנו עוד מאמצע המאה ה-19 (USBR, 2022). הכחדת בית הגידול נקשרת לנתקים שנוצרו בפשט ההצפה –

המקרה הבא מציג פתרון של מעקף לנחל, המתוכנן בתחום שהיה בעבר שטח ההצפה הטבעי של הנחל.

פשטי ההצפה בעמקי הנחלים (גדות הנחל), הם אזורים דינאמיים בעלי מאפיינים גאומורפולוגיים של זרימה, הסעה והשקעה והם מושפעים מהדינמיקה של השיטפונות.

במצב הטבעי, הם חווים הצפה עונתית בהתאם לעצמת גאויות החורף. הצפת גדות הנחל מבטיחה את יציבותו הגאומורפולוגית של האפיק, ופועלת למיתון עליית מפלס המים ולהקטנת מהירות הזרימה.

פשטי ההצפה ממלאים תפקיד חשוב במערכת האקולוגית. פני השטח המורכבים יוצרים דפוסי הצפה משתנים, הסעה והשקעה של סחף, "ביוטה" וחומרי הזנה, בהם נוצר כר פורה לקיום בתי גידול מימיים (אקוואטיים) התומכים במגוון ביולוגי גבוה.

במקרה של פרויקט המעקף בנהר יולו תוכננה תוספת תוואי מתוכנן לנחל שמאפשרת העברת עודפי זרימה או ספיקות צפויות שאינן יכולות להיות מוכלות בנחל עצמו. המעקף תוכנן במטרה לצמצם נזקי הצפות אך עם השנים הפרויקט התפתח ונוספו לו יעדים התומכים גם בשיקום מרכיבים במערכת הנחלית וביצירת חוסן להתמודדות עם שינויי אקלים.

ככלל, מעקפים מלאכותיים מורידים את מפלס המים בנחל הראשי ומנתבים עודפי שיטפונות, מהנחל למקום אחר. המעקפים מנתבים את עודפי הזרימה מסביב לאזורי פיתוח, באופן שמונע הצפות באזורים מיושבים כגון מרכזים עירוניים צפופים, המהווים 'צוואר בקבוק' לזרימות. עודפי שיטפונות יכולים להיות מנותבים במקביל לאפיק הנחל, למורד הנחל, לאגן נחל אחר, או ישירות לים, תוך צמצום עצמת הקונפליקטים בהגנה על בית הגידול הנחלי לעומת הגנה על בתי הגידול בים. כשיש

6 תודה לאדריכלית דנה אלשטיין, רכזת תכנון נחלים בחברה להגנת הטבע, על הסיוע בכתיבת חלק זה.

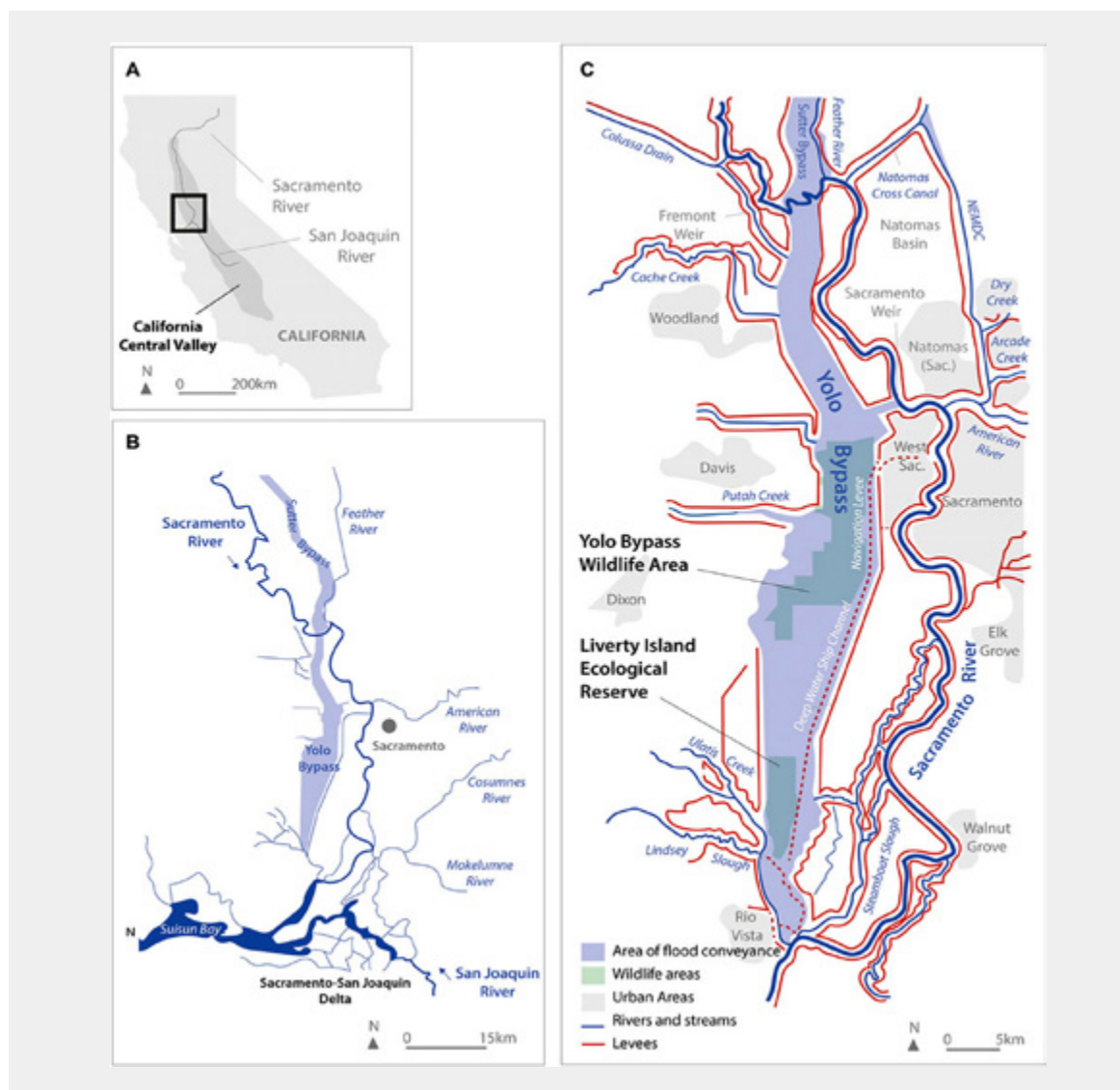
כבר בשנת 1911 על ידי תכנית להסיט את עודפי הזרימה במהלך שיטפונות גדולים במורד לעבר דלתת הסקמנטו-סן חואקין בשורה של מעקפים. מעקף יולו הוא אחד משני מעקפים מרכזיים בעמק שמסייע למנוע הצפות באזורי העיר (Christian-Smith, 2013).

מודל הפרויקט התאפיין בשותפות ציבורית פרטית - 75% משטח המעקף נמצא בבעלות פרטיות, והשאר הוא ציבורי. מרבית הקרקע משמשת לחקלאות במשך הקיץ והאביב, והשאר הן ביצות המהוות בתי גידול עשירים, לצד איזור נופש ופעילות של דיג, ציד ועוד (Garnache, 2011).

הנתקים השפיעו דרמטית על אוכלוסיית הציפורים הנודדות שהסתמכו על בתי הגידול הלחים כנקודות עצירה, ועל אוכלוסיית הדגים שאיבדו קשר לבתי הגידול הרדודים בפשטי ההצפה שסיפקו לאוכלוסיות אלו את התנאים לשיחור מזון, מנוחה ורבייה.

הצורך במעקף עלה לאחר מספר אירועי הצפות שהתרחשו במהלך המאה ה-19 וה-20 ואשר הגבילו את הגישה והתנועה בין הערים בכל עמק הסקמנטו, שם זורמים נהרות הסקמנטו (Sacramento) והסאן חואקין (San Joaquin) על יובליהם.

הקונגרס אישר את הפרויקט להתמודדות עם ההצפות



רפרנס: Serra-Llobet et al., 2022
תיאור: Yolo Bypass Project, California. (A) Location Map (B) Regional Map (C) Yolo Bypass



Yolo Bypass Floodplain and view of downtown Sacramento, 2007
(Courtesy of California Department of Water Resources, Serra-Llobet, 2022).

מטרת המעקף:

המעקף מגן על העיר סקרמנטו וישובים נוספים מפני הצפות. 65 קמ"ר, מתוך 240 קמ"ר משמשים כמרחב טבעי לבתי גידול. מאחר והמעקף מופעל באמצעים הידראוליים, מדובר בפתרון הנדסי אולם כזה השואף לחקות את הזרימה הרדודה והרחבה האופיינית לפשט הצפה טבעי זאת לעומת זרימה במעקף נתיב צר. פשט ההצפה עצמו מהווה אזור מנוהל, הנע במנעד בין כמעט טבעי למוסדר ביחס לפשט ההצפה הטבעי. המעקף לפשט ההצפה, מעביר כמויות גדולות מהנחל עצמו ומוצף באופן פחות שכיח ובזמן קצר יותר ביחס לפשט ההצפה הטבעי. אולם, כששטח זה מוצף הוא מציע בית גידול למינים מימיים (אקוטיים) ולמיני גדות הנחל (ריפאריים) בעלי מחזורי חיים שונים.

ערכים אקולוגיים:

שלא כמו רבות מהמערכות למניעת הצפות, אשר פעמים רבות מבודדות את הנחל מפשט ההצפה האקולוגי המקורי, מעקף יולו תוכנן באופן

שיאפשר למים הזורמים בעמק סקרמנטו להציף מישור רחב.

מנקודת המבט של מניעת הצפות – המעקף שמאפשר זרימה רחבה יחסית נחשב להצלחה בשל יכולתו לקלוט עד 80% מהזרימות באגן הסקרמנטו באירועי עליה במפלס המים.

מנקודת המבט האקולוגי – קרקעות חקלאיות וביצות קבועות ועונתיות בתוך אזור המעקף מספקים בתי גידול מרכזיים לעופות מים נודדים. מחקרי שדה מלמדים כי המעקף תומך עונתית ב-42 מיני דגים, 15 מתוכם מינים מקומיים. המערכת עשויה להיות מקור חשוב למזון עבור מורד הנחל (Sommer et al., 2001).

מרבית הקרקעות במעקף יולו משמשות לחקלאות עונתית, אך כרבע מהאזור הוא אוסף של בתי גידול מתוכננים בפשטי ההצפה.

סוגי בתי הגידול באגן יולו כוללים את הביצות העונתיות, הביצות הקבועות, וצמחיית הגדות, המנוהלות בעיקר לטובת עופות מים. המעקף הוא

Garnache, C. & Howitt, R. E., 2011. Species Conservation on a Working Landscape: The Joint Production of Wildlife and Crops in the Yolo Bypass Floodplain, 2011 Annual Meeting, July 24–26, 2011, Pittsburgh, Pennsylvania 103973, Agricultural and Applied Economics Association.

Serra-Llobet A., Jähnig SC., Geist J., Kondolf GM., Damm C., Scholz M., Lund J., Opperman JJ., Yarnell SM., Pawley A., Shader E., Cain J., Zingraff-Hamed A., Grantham TE., Eisenstein W. and Schmitt R. (2022) Restoring Rivers and Floodplains for Habitat and Flood Risk Reduction: Experiences in Multi-Benefit Floodplain Management from California and Germany. *Front. Environ. Sci.* 9:778568. doi: 10.3389/fenvs.2021.778568, [fenvs-09-778568 \(1\).pdf](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2021.778568/full)

Sommer T., Harrell B., Nobriga M., Brown R., Moyle P., Kimmerer W., Schemel L., 2001. California's Yolo Bypass: Evidence that flood control can be compatible with fisheries, wetlands, wildlife, and agriculture, Fisheries, August 2001, www.fisheries.org https://www.waterboards.ca.gov/waterrights/water_issues/programs/bay_delta/docs/cmnto81712/sldmwa/sommeretal2001b.pdf

USBR 2022. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, California–Great Basin, February 2022. Yolo Bypass <https://www.usbr.gov/mp/mpr-news/docs/factsheets/yolo-bypass.pdf>

Yolo Bypass Cache Slough Partnership, <https://ybcspartnership.org/>

חלק מנתיב הנדידה הפאסיפי, העמוס בעופות מים ממינים שונים כגון: mallards, northern pintails, American wigeon, green-winged teal, northern shovelers, ruddy ducks, snow geese, Ross's geese. האזור גם תומך במינים רבים של ציפורי חוף, עופות דורסים, ציפורי שיר, ויונקים.

השטח מנוהל באופן שמאפשר הצפה עונתית של הבריכות בין אוקטובר לינואר לטובת העופות הנוודים.

מקורות

אלשטיין ד., קסלר א. עידן ב. (2022). מקום לנחל – בניהול סיכונים הצפה במצבי קיצון. החברה להגנת הטבע.

קסלר, א., הנדסת סביבה ומשאבי מים בע"מ (אפריל 2022) מניעת נזקי הצפות בנחלי החוף – שינוי קונספציה, בהזמנת החברה להגנת הטבע.

קסלר, א., (מרץ, 2022) היבטים הנדסיים בהתמודדות עם נזקי הצפות לאורך עורקי הניקוז הראשיים בשפלת החוף. בהזמנת החברה להגנת הטבע. בהזמנת החברה להגנת הטבע.

Christian-Smith, J., 2013. Managing for Multiple Benefits: Farming, Flood Protection, and Habitat Restoration in the Yolo Bypass Wildlife Area. Pacific Institute Farm Water Success Stories, February 21, 2013. Retrieved June 28, 2018

מקורות



עֵיט נִיצִי דּוֹאָה מֵעַל מְצוּקֵי מִדְבַּר יְהוּדָה, אֶחָד מֵהַזּוּגוֹת הָאֲחֵרוֹנִים
שֶׁנּוֹתְרוּ כִּמְקַנְנִים בִּישְׂרָאֵל. צִילוּם: הַדּוֹרֵם שִׁירִיחִי

בַּחֲזָרָה לַתּוֹכֵן הָעֵנִיִּינִים

מקורות

- <https://deshe.org.il/%d7%a0%d7%97%d7%9c%d7%99%d7%9d-%d7%aa%d7%97%d7%aa-%d7%a9%d7%99%d7%a0%d7%95%d7%99-%d7%90%d7%a7%d7%9c%d7%99%d7%9d>
- אגוזי ר' 2021. פתרונות מבוססי טבע – סל כלים לטובת ניהול סיכונים הצפה. אקולוגיה וסביבה 12(3), עמ' 49–58. <https://magazine.isees.org.il/?p=36064>
- בן-משה נ' ורנן א' (עורכים), דו"ח מצב הטבע 2022. המארג – התוכנית הלאומית להערכת מצב הטבע, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב. [דו"ח מצב הטבע 2022 – כרך מגמות ואיומים](https://hamaarag.org.il) – המארג (hamaarag.org.il)
- ברמן ט' וקריגל ק', 2020. שינוי אקלים ובריאות הציבור: סקירת ספרות, מיפוי מדדי בריאות והמלצות לפעולה לקראת תוכנית עבודה של משרד הבריאות. https://www.gov.il/he/departments/publications/reports/climate_change_and_public_health_2020
- גוטמן, ג' (עורכת), 2019. גישה אגנית משולבת לניהול אגני היקוות: נייר מדיניות ומפת דרכים להטמעת עקרונות הגישה בישראל, משרד החקלאות ופיתוח הכפר (2019) <https://www.gov.il/BlobFolder/reports/gisha-meshalevet/he/water-and-soil-soil-conservation-and-drainage-nihul-agani.pdf>
- גולן-אנגלקו, ע', ובראור, י', 2008. היערכות ישראל לשינויי אקלים גלובליים, לשכת המדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה.
- גרונר, א', כץ, א', אבריאל-אבני, נ' ובר, פ' (עורכים), 1412. המערכות האקולוגיות המדבריות – הפרק המלא, המארג ג'. מערכות-אקולוגיות-מדבריות. <https://hamaarag.org.il.pdf>
- דה מלאך, נ' וסגרה, ה', 2017. השפעת רעייה על עושר והרכב מיני צמחים עשבונים בישראל – שיפור או דיכוי?, כלנית 4, <https://www.kalanit.org.il/grazing-herbs/>
- האן, א' ושגיא, י', 2009. השמירה על השטחים הפתוחים: ניתוח החלטות מדיניות, [מכון דש"א השמירה על השטחים הפתוחים](https://deshe.org.il) (deshe.org.il)
- החברה להגנת הטבע, מנדלסון ואחרים (עורכים), 2017. מדיניות ארצית לטבע עירוני, המשרד להגנת הסביבה, <https://www.gov.il/BlobFolder/policy/national-policy-urban-nature/he/biodiversity-po844a.pdf>
- החברה להגנת הטבע ורשות הטבע והגנים, 2018. שמורות טבעי ימיות – תיבת האוצר של הים התיכון. 2018, <http://mafish.org.il/wp-content/uploads/2018/07/booklet-singles-medium-.pdf>
- החלטת ממשלה מספר 1091 בנושא: תוכנית לאומית להתמודדות עם שריפות יער, חורש ושטחים פתוחים מיום 6.2.2022, משרד ראש הממשלה https://www.gov.il/he/departments/policies/dec1091_2022
- החלטת ממשלה מספר 1022 בנושא: הצללה וקירור של המרחב העירוני באמצעות עצי רחוב במסגרת היערכות לשינויי האקלים, מיום 23.01.2022 [הצללה וקירור של המרחב העירוני באמצעות עצי רחוב במסגרת היערכות לשינויי האקלים | מספר החלטה 1022 | משרד ראש הממשלה](https://www.gov.il) (www.gov.il)
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2019. מדד המגוון הביולוגי, <https://www.cbs.gov.il/he/mediarelease/DocLib/2021/335/07-21-335b.pdf>

https://www.gov.il/BlobFolder/reports/climate_change_municipal_planning_green_bldg_booklet_2015/he/planning_climate_change_municipal_planning_green_bldg_2015.pdf

המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה, משרד הפנים. 2022. מדריך להכנת תוכנית פעולה מקומית להיערכות לשינוי אקלים ואנרגיה מקיימת. https://www.gov.il/BlobFolder/reports/local_action_plan/he/climate_change_and_energy_efficiency_local-action-plan.pdf

הספר האדום 2011. שמידע, א', פולק, ג' ופרגמן-ספיר, א' 2011. הספר האדום - צמחים בסכנת הכחדה בישראל, רשות הטבע והגנים. [מבואות הספר האדום \(parks.org.il\)](http://parks.org.il)

השירות המטאורולוגי, 2021. וגבר, ד', חלפון, נ', ויוסף י' (איציק), 2021. מגמות היסטוריות ומגמות חזויות בדפוסי המשקעים בישראל עד סוף המאה הנוכחית. <https://ims.gov.il/sites/default/files/inline-files/%D7%93%D7%95%D7%97%20%D7%A8%D7%A9%D7%95%D7%AA%20%D7%94%D7%9E%D7%99%D7%9D%20%D7%9E%D7%A8%D7%A5%202021.pdf>

השירות המטאורולוגי, יוסף, י', פורשפן, א', ד"ר אוזן, ל' וד"ר ציפורי א', 2022. מגמות בטמפרטורות הגבוהות בעשורים הקרובים: תרחיש כלל-ארצי. <https://ims.gov.il/he/node/1903>

טופורוב, ג', פרל, מ', גרינהוט, צ' ולוינגרט, ע'. 2019. היערכות חקלאות ישראל לשינוי האקלים. אקולוגיה וסביבה 10(4), עמ' 39–45. <https://magazine.isees.org.il/?p=16720>

לוי, ש', דיסני, ד', שבטר, מ' ונאמן, ג'. 2018. הגורמים לשריפות ביערות ובחורשים בישראל ועלות כביון. אקולוגיה וסביבה 9(2), עמ' 42-48. <https://magazine.isees.org.il/?p=16468>

מבקר המדינה, 2018. דו"ח ביקורת מיוחד, היערכות הרשויות המקומיות לשריפות, תפקודן במהלך גל השריפות בנובמבר 2016, פיצוי הניזוקים והעלויות למשק. https://www.mevaker.gov.il/he/Reports/Report_645/209a2f65-22e9-4d5b-aae5-0dc6d1500ea4/2018-Fire-Report.pdf

מבקר המדינה, 2021. דו"ח מיוחד פעולות ממשלת ישראל והיערכותה למשבר האקלים התשפ"ב-2021, פרק 3: היבטים כלכליים ופיננסיים של משבר האקלים. <https://www.mevaker.gov.il/sites/DigitalLibrary/Documents/2021/Climate/2021-Climate-103.pdf>

<https://www.mevaker.gov.il/sites/DigitalLibrary/Documents/2021/Shilton/2021-Shilton-501-Floods.pdf>

https://www.gov.il/BlobFolder/reports/climate_change_adaptation_report_2021/he/climate_change_and_energy_efficiency_climate_report_2021.pdf. ממשלת ישראל, 2021. דו"ח היערכות לשינוי האקלים, אפריל 2021.

https://www.gov.il/BlobFolder/policy/policy_doc_upper_runoff/he/Water_Energy_Communication_draft_national_policy_document-o8.21.pdf. מנהל התכנון, 2021. מדיניות נגר עירוני.

- מעין, ח', 2013. עצים במפחית זיהום אוויר בערים, אקולוגיה וסביבה 4(2), עמ' 176–182.
<https://magazine.isees.org.il/?p=15769>
- משרד הבינוי והשיכון, אגף בכיר תכנון אסטרטגי ומדיניות, יישום יעד 11 בישראל ומבט לעתיד (2019).
https://www.gov.il/BlobFolder/reports/sdg11_israel_report_2019/he/documents_tichnun_ironi_sdg11_israel_report_hebrew.pdf
- משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2007. עקרונות גינון בר-קיימא. <https://www.mhh.org.il/uploads/n/file1068.pdf>
- סקוטלסקי, א' ופרלמוטר מ', 2012, געגועים לנחל – הנחלים ובתי הגידול הלחים בישראל: מצב קיים, ומתווה לשיקום הידרולוגי ואקולוגי, החברה להגנת הטבע. <https://www.yarkon-nikuz.org.il/index.php/2016-08-14-15-36-49/2017-01-25-22-02-40/item/193-2016-12-14-17-00-41>
- ענבר, מ' ופורת, ר' (עורכים), 2007. אסונות טבע בישראל. החוג לגיאוגרפיה ולימודי סביבה, אוניברסיטת חיפה, 2007.
- צמח, ש', 2019. הנזק הכלכלי של משבר האקלים. אקולוגיה וסביבה 10(4). <https://magazine.isees.org.il/?p=16726>
- קנט, ר' ושורק, מ', 2019. השלכות שינוי האקלים על מערכות אקולוגיות בישראל ודרכי היערכות לקראתן. אקולוגיה וסביבה 10(4), עמ' 24–30. <https://magazine.isees.org.il/?p=16712>
- רוטשילד, א' וחביב, א' 2019. נטיעת עצים למיתון שינוי האקלים? לא הפתרון עבור ישראל. אקולוגיה וסביבה 10(4), עמ' 31–34. <https://magazine.isees.org.il/?p=16714>
- שפיר, ש', ברקוביץ, ע', ספריאל, א' ווייץ, י' (עורכים), 1112. המערכות האקולוגיות של החבל הים-תיכוני, הפרק המלא. [מערכות-אקולוגיות-של-החבל-הים-תיכוני.pdf](https://hamaarag.org.il/pdf/מערכות-אקולוגיות-של-החבל-הים-תיכוני.pdf) (hamaarag.org.il)
- Adams, H. D., Macalady, A. K., Breshears, D. D., Allen, C. D., Stephenson, N. L., Saleska, S. R., Huxman, T. E., and McDowell, N. (2010), [Climate-Induced Tree Mortality: Earth System Consequences, Eos Trans. AGU, 91\(17\), 153–154, doi:10.1029/2010EO170003](https://doi.org/10.1029/2010EO170003)
- Almut, M., Michaelis, D., Günther, A., Wrage-Mönnig, N., and Couwenberg, J., 2020. Mass Balances of a Drained and a Rewetted Peatland: on Former Losses and Recent Gains, *Soil Systems* 4(1), pp. 16. <https://doi.org/10.3390/soilsystems4010016>
- Anderson, P., Carbon and ecosystems: Restoration and creation to capture carbon. *FCIEEM*, 2021. <https://cieem.net/wp-content/uploads/2021/05/Carbon-and-habitats-paper-v3.pdf>
- Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2020 and inventory report, 2022. Submission to the UNFCCC Secretariat, Submission to the UNFCCC Secretariat. EEA/PUBL/2021/066, European Commission, DG Climate Action, European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-1>
- Asian Development Bank, 2016. Nature-Based Solution for Building Resilience in Towns and cities <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/215721/nature-based-solutions.pdf>

- Asselman, N. and Klijn, F., 2016. Making room for rivers: quantification of benefits from a flood risk perspective. E3S Web of Conferences No 7, 12001.
- Barnes, Aimee et al., 2021. Learning from California's Ambitious Climate Policy, The Center for American Progress. <https://www.americanprogress.org/article/learning-californias-ambitious-climate-policy/>
- Brandle, J.R. and Finch, S., 1991. How Windbreaks Work, *Papers in Natural Resources*, 121 <https://digitalcommons.unl.edu/natrespapers/121>
- California's Fourth Climate Assessment, Key Findings <https://www.climateassessment.ca.gov/state/overview/#wildfire>
- Cárceles Rodríguez, B., Durán-Zuazo, V.H., Soriano Rodríguez, M., García-Tejero, I.F., Gálvez Ruiz, B., Cuadros Tavera, S., 2022. Conservation Agriculture as a Sustainable System for Soil Health: A Review. *Soil Syst.* 6, pp. 87. <https://doi.org/10.3390/soilsystems6040087>
- Chausson, A., Turner, B., Seddon, D., Chabaneix, N., Girardin, C.A.J., Kapos, V., Key, I. Roe, D. Smith, A. Woroniecki, S. and Seddon, N. (2020), Mapping the effectiveness of nature based solutions for climate change adaptation. *Global Change Biology*, No. 26(11), pp. 6134–6155. <https://doi.org/10.1111/gcb.15310>
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds.), 2016. Nature-based Solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97 pp. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>
- Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European, Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, The European Green Deal, 2019. COM/640 final.
- Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, *OJ L* 206, 22.7.1992, pp. 7–50. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31992L0043>
- Crouzeilles, R., Beyer, H.L., Monteiro, L.M., et al., 2020. Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. *Conservation Letters*. 13:e12709. <https://doi.org/10.1111/conl.12709>
- Dunn, P.O. and Winkler, D.W., 1999. Climate Change Has Affected the Breeding Date of Tree Swallows throughout North America. *Proceedings: Biological Sciences* Vol. 266, (1437) (Dec. 22, 1999), pp. 2487–2490, <http://www.jstor.org/stable/1353816>
- EEA 2021. Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction. EEA Report No 1/2021, European Environment Agency, Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe>
- Environmental Protection Agency 2022. Colony Collapse Disorder, Last updated on (October 26, 2022) <https://www.epa.gov/pollinator-protection/colony-collapse-disorder>

- European Commission 2021. Directorate-General for Environment, EU biodiversity strategy for 2030: bringing nature back into our lives, Publications Office of the European Union, 2021. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/677548>
- European Commission 2022. Green Deal: pioneering proposals to restore Europe's nature by 2050 and halve pesticide use by 2030, Press Release, 22 June 2022. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3746
- European Environment Agency 2021. Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction, EEA Report No. 01/2021. <file:///C:/Users/tamaral/Downloads/THAL21001ENN%20Nature-based%20solutions.pdf>
- FAO 2019. FAO, The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. Rome. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO (2019). <https://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>
- FAO 2020. FAO, Emissions due to agriculture. Global, regional and country trends 2000–2018. FAOSTAT Analytical Brief Series No 18. Rome (2020). <https://www.fao.org/3/cb3808en/cb3808en.pdf>
- Ferre, M. and Martin-Ortega, J. (2019). A User Guide for Valuing the Benefits of Peatland Restoration. University of Leeds, Leeds. https://www.researchgate.net/publication/331894138_A_User_Guide_for_Valuing_the_Benefits_of_Peatland_Restoration
- Forzieri, G., Girardello, M., Ceccherini, G. et al., 2021. Emergent vulnerability to climate-driven disturbances in European forests. *Nature Communications*. 12(1):1081. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21399-7>
- Gascon, M., Triguero-Mas, M., Martínez, D., Dadvand, P., Fors, J., Plasència, A., and Nieuwenhuijsen, J.M., 2015. Mental health benefits of long-term exposure to residential green and blue spaces: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* No. 12 (4), pp. 4354–4379. <https://www.mdpi.com/1660-4601/12/4/4354>
- Gatti, L.V., Basso, L.S., Miller, J.B. et al., 2021. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change, *Nature* 595, pp. 388–393. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>
- Giulia, Costa Domingo, Gabrielle, 2022. Nature restoration: Contributions to tackling climate change Aubert, Institute for European Environmental Policy [Nature restoration: Contributions to tackling climate change \(ieep.eu\)](https://ieep.eu/publications/nature-restoration-contributions-to-tackling-climate-change)
- Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V. et al., 2020. Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nat Commun* 11, 1644 <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15499-z>
- Institute for European Environmental Policy, Nature restoration: Contributions to tackling climate Change, 16 November 2022. <https://ieep.eu/publications/nature-restoration-contributions-to-tackling-climate-change>
- IPBES 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, E. S. Brondizio, J. Settele, S.

- Díaz, and H.T. Ngo (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- IPBES-IPCC 2021. Pörtner, H.O., Scholes, R.J., Agard, J., Archer, E., Arneth, A., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W.L., Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M.A., Handa, C., Hickler, T., Hoegh-Guldberg, O., Ichii, K., Jacob, U., Insarov, G., Kiessling, W., Leadley, P., Leemans, R., Levin, L., Lim, M., Maharaj, S., Managi, S., Marquet, P.A., McElwee, P., Midgley, G., Oberdorff, T., Obura, D., Osman, E., Pandit, R., Pascual, U., Pires, A.P.F., Popp, A., ReyesGarcía, V., Sankaran, M., Settele, J., Shin, Y.J., Sintayehu, D.W., Smith, P., Steiner, N., Strassburg, B., Sukumar, R., Trisos, C., Val, A.L., Wu, J., Aldrian, E., Parmesan, C., Pichs-Madruga, R., Roberts, D.C., Rogers, A.D., Díaz, S., Fischer, M., Hashimoto, S., Lavorel, S., Wu, N., Ngo, H.T., IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change (2021);. DOI:10.5281/zenodo.4782538
- IPBES-IPCC 2021A. Scientific Outcome Of The IPBES-IPCC Co-Sponsored Workshop On Biodiversity And Climate Change, 2021. https://ipbes.net/sites/default/files/2021-06/2021_IPCC-IPBES_scientific_outcome_20210612.pdf
- IPCC 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds.). Published: IPCC, Switzerland. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Wetlands_Supplement_Entire_Report.pdf
- IPCC 2014 Climate Change. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 151.
- IPCC 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-24. <https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>
- IPCC, 2021. IPCC WGII Sixth Assessment Report Cross-Chapter Paper 4: Mediterranean Region, 2021 https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_CrossChapterPaper4.pdf
- IUCN, 2020. IUCN, Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS. First edition. Gland, Switzerland: (2020) <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-020-En.pdf>
- IUCN. Nature-based Solutions. IUCN, <https://www.iucn.org/our-work/nature-based-solutions>

- IUCN 2021 Species and Climate Change. October 2021. <https://www.iucn.org/resources/issues-brief/species-and-climate-change>
- IUCN, 2021. IUCN, Red List 2017–2020 Report, 2021. <https://www.iucnredlist.org/>
- IUCN, 2022. EU Nature Restoration Law: A boost for biodiversity and climate, 22 Jun, 2022. <https://www.iucn.org/news/europe/202206/eu-nature-restoration-law-a-boost-biodiversity-and-climate>
- Leifeld, J., Wüst-Galley, C. and Page, S., 2019. Intact and managed peatland soils as a source and sink of GHGs from 1850 to 2100. *Nat. Climate Change* 9, pp. 945–947 <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0615-5> <https://www.nature.com/articles/s41558-019-0615-5>
- Lewis, L. Simon et al., 2019. Regenerate natural forests to store carbon, *Nature* 568, pp. 25–28, doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-019-01026-8>
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C. et al., Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853–858 (2000). <https://doi.org/10.1038/35002501>
- McVittie, A., Cole, L., Wreford, A., Sgobbi, A. and Yordi, B., 2018. Ecosystem-based solutions for disaster risk reduction: Lessons from European applications of ecosystem-based adaptation measures. *International Journal of Disaster Risk Reduction* No 32, pp. 42–54. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420917302741>
- Morecroft M.D., Duffield, S., Harley, M.J.W, Stevens N., Watts, O., and Whitaker, J., 2019. Measuring the Success of Climate Change Adaptation and Mitigation In Terrestrial Ecosystem, *Science*, Vol 366, Issue 6471 DOI: [10.1126/science.aaw.9256](https://doi.org/10.1126/science.aaw.9256).
- O'Brolchain, Niall & Peters, Jan & Tanneberger, Franziska, 2020. CAP Policy Brief Peatlands in the new European Union Version 4.8. https://www.researchgate.net/publication/340829681_CAP_Policy_Brief_Peatlands_in_the_new_European_Union_Version_48
- Office of Governor Newsom, Governor Newsom Launches Innovative Strategies to Use California Land to Fight Climate Change, Conserve Biodiversity and Boost Climate Resilience, Published: Oct. 07, 2020. <https://www.gov.ca.gov/2020/10/07/governor-newsom-launches-innovative-strategies-to-use-california-land-to-fight-climate-change-protect-biodiversity-and-boost-climate-resilience/>
- Ogle S.M., Alsaker C., Baldock J., Bernoux M., Breidt F.J., McConkey B., Regina K, Vazquez-Amabile G.G. (2019). Climate and Soil Characteristics Determine Where No-Till Management Can Store Carbon in Soils and Mitigate Greenhouse Gas Emissions. *Sci Rep.* 12;9(1), p.1665. doi: [10.1038/s41598-019-47861-7](https://doi.org/10.1038/s41598-019-47861-7)
- Pathway to 30x30, California, Accelerating Conservation of California's Nature, 2022. https://resources.ca.gov/-/media/CNRA-Website/Files/Initiatives/30-by-30/Final_Pathwaysto30x30_042022_508.pdf
- Phalan, B., Hayes, G., Brooks, S., Marsh, D., Howard, P., Costelloe, B., Whitaker, S., 2018. Avoiding impacts on biodiversity through strengthening the first stage of the mitigation hierarchy. *Oryx*,

- 52(2), pp.316–324., DOI: <https://doi.org/10.1017/S0030605316001034>
- Reicosky, D., 2021. Carbon Management in Conservation Agriculture Systems, in: *Regenerative Agriculture*, pp. 33–45. DOI:[10.1007/978-3-030-72224-1_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-72224-1_3)
- Rockström et al., 2021. Rockström J., Beringer, T., Hole, D., Griscom, B., Mascia Michael, B., Folke, C. and Creutzig, F. We need biosphere stewardship that protects carbon sinks and builds resilience. *Proceedings of the National Academy of Sciences* No 118 (38), e2115218118 <https://doi.org/10.1073/pnas.2115218118>
- Seddon, N., Smith, A., Smith, P., Key, I., Chausson, A., Girardin, C., House, J., Srivastava, S. and Turner, B., 2021. Getting the message right on nature-based solutions to climate change. *Global Change Biology* 27 (8), pp.1518–1546. <https://doi.org/10.1111/gcb.15513>
- Seidl R., Thom D., Kautz M., Martin-Benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Wild J., Ascoli D., Petr M., Honkaniemi J., Lexer M.J., Trotsiuk V., Mairota P., Svoboda M., Fabrika M., Nagel T.A., Reyher C.P.O., 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, vol. 7, pp. 395–402 Doi: [10.1038/nclimate3303](https://doi.org/10.1038/nclimate3303)
- Sinclair, A.J., A. Diduck, T. Morris-Oswald and M. Olczyk, 2003. Public Involvement in Flood Management in the Red River Basin: An Assessment of a Recent Initiative, *Canadian Water Resources Journal*, 28:3, pp. 461–480, <https://doi.org/10.4296/cwrj2803461>
- Stanley, Steven M., 2005. EES: earth science systems Lovelock, J.E. 1973.
- Sutton-Grier, Ariana E., Kateryna Wowk, and Holly Bamford, 2015. Future of Our Coasts: The Potential for Natural and Hybrid Infrastructure to Enhance the Resilience of Our Coastal Communities, Economies and Ecosystems, *Environmental Science Policy* 51, pp. 137–148 <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.006>
- Sowińska-Świerkosz, Barbara, García, Joan, 2021. A new evaluation framework for nature-based solutions (NBS) projects based on the application of performance questions and indicators approach, *Science of The Total Environment*, Volume 787, 147615, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147615>
- Ten Brink, P., Mutafoğlu, K., Schweitzer, J-P., Kettunen, M., Twigger-Ross, C., Kuipers, Y., Emonts, M., Tyrväinen, L., Hujala, T. and Ojala, A., 2016. The Health and Social Benefits of Nature and Biodiversity Protection. Initiative funded by the European Commission (ENV.B.3/ETU/2014/0039), Institute for European Environmental Policy, London/Brussels
- Thorslund, J., Jerker J., Fernando J., J.W. Jawitz, S. Manzoni, N.B. Basu, S.R. Chalov, J. Cohen, I.F. Creed, R. Goldenberg, A. Hylin, Z. Kalantari, A.D. Koussis, S.W. Lyon, K. Mazi, J. Mard, K. Persson, J. Pietro, C. Prieto, A. Quin, K. Van Meter, G. Destouni, 2017. Wetlands as large-scale nature-based solutions: Status and challenges for research, engineering and management, *Ecological Engineering*, Vol. 108, /B, pp.489–497, <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.07.012>
- United Nations Environment Programme (UNEP) and International Union for Conservation of Nature (IUCN), 2021. Nature-based solutions for climate change mitigation. Nairobi and Gland.

- <https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/37318/NBSCCM.pdf>
- Urrutia-Fucugauchi, Jaime (2015). Planetary Sciences, Geodynamics, Impacts, Mass Extinctions, and Evolution: Developments and Interconnections. no. 29 Sept 2015.
- U.S. Army Corps of Engineers Digital Library, 2015. Use of Natural and Nature-Based Features (NNBF) for coastal resilience <https://usace.contentdm.oclc.org/digital/collection/p266001coll1/id/3442/>
- U.S. Environmental Protection Agency Office of Wetlands, Oceans and Watershed, 2013. Stormwater to Street Trees: Engineering Urban Forests for Stormwater Management <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/stormwater2streettrees.pdf>
- U.S Geological Survey Communications and Publishing, Carbon Storage in U.S. Eastern Ecosystems Helps Counter Greenhouse Gas Emissions Contributing to Climate Change, June 25, 2014. <https://www.usgs.gov/news/national-news-release/carbon-storage-us-eastern-ecosystems-helps-counter-greenhouse-gas>
- Vignola, R., Harvey, C.A., Bautista-Solis, P., Avelino, J., Rapidel, B., Donatti, C., and Martinez, R., 2015. Ecosystem-based adaptation for smallholder farmers: Definitions, opportunities and constraints. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 211, pp. 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.05.013>
- Waha, K., Krummenauer, L., Adams, S. et al., 2017. Climate change impacts in the Middle East and Northern Africa (MENA) region and their implications for vulnerable population groups. *Reg Environ Change* 17, pp. 1623–1638. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1144-2>
- Waitz Y., Paz S., Meir D., Malkinson D., 2018. Temperature effects on the activity of vectors for *Leishmania tropica* along rocky habitat gradients in the Eastern Mediterranean. *J Vector Ecol.*;43(2), pp. 205–214. doi: [10.1111/jvec.12304](https://doi.org/10.1111/jvec.12304). PMID: 30408284
- Watson et al. 2018. Watson, J.E.M., Venter, O., Lee, J., Jones, K.R., Robinson, J.G., Possingham, H.P., Allan, J.R.. Protect the last of the wild. *Nature* 563(7729), pp. 27–30. DOI: [10.1038/d41586-018-07183-6](https://doi.org/10.1038/d41586-018-07183-6)
- Wilson, D., Blain, D., Couwenberg, J., Evans, C.D., Murdiyarso, D., Page, S.E., Renou-Wilson, F., Rieley, J.O., Sirin, A., Strack, M., Tuittila, E.-S., 2016. Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils Mires and Peat, 17 : 4. <http://dx.doi.org/10.19189/MaP.2016.OMB.222>
- Willson, R. W., Parking Management for Smart Growth. Island Press, 2015.
- Winfree, R., Williams, N..M., Dushoff, J., Kremen, C., 2007. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. *Ecol Lett.*;10(11), pp. 1105–11013. [10.1111/j.1461-0248.2007.01110.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01110.x)
- World Health Organization, 2018. COP24 special report: health and climate change. World Health Organization <https://apps.who.int/iris/handle/10665/276405> License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- WWF 2020. WWF, Living Planet Report 2020 – Bending the curve of biodiversity loss. Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. (eds.). WWF, Gland, Switzerland (2020). <https://www.zsl.org/sites/default/files/LPR%202020%20Full%20report.pdf>
- WWF 2022. WWF, Living Planet Report 2022 – Building a nature- positive society. Almond, R.E.A., Grooten,

- M., Juffe Bignoli, D. and Petersen, T. (eds.). WWF, Gland, Switzerland (2022). https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/embargo_13_10_2022_lpr_2022_full_report_single_page_1.pdf
- Zachos J., Pagani M., Sloan L., Thomas E, Billups K. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*. 2001 Apr 27;292(5517):686–93. doi: 10.1126/science.1059412.PMID: 11326091
- Zelingher, R., A. Ghermandi, E. Cian, M. Mistry and I. Kan., 2019. Economic Impacts of Climate Change on Vegetative Agriculture Markets in Israel, *Environmental and Resource Economics*, Springer; *European Association of Environmental and Resource Economists*, vol. 74(2), pp. 679–696 DOI: [10.1007/s10640-019-00340-z](https://doi.org/10.1007/s10640-019-00340-z)
- Zhiliang, Z., and R., Bradley, (eds.), Baseline and projected future carbon storage and greenhouse-gas fluxes in ecosystems of the eastern United States: *U.S. Geological Survey Professional Paper* 1804, p. 204, 2014 <https://dx.doi.org/10.3133/pp1804>
- Zhu, Zhiliang (ed.), Bergamaschi, B., Bernknopf, R., Clow, D., Dye, D., Faulkner, S., Forney, W., Gleason, R., Hawbaker, T., Liu, J., Liu, S., Prisley, S., Reed, B., Reeves, M., Rollins, M., Sleeter, B., Sohl, T., Stackpoole, S., Stehman, S., Striegl, R., Wein, A. and Z. Zhiliang, A method for assessing carbon stocks, carbon sequestration, and greenhouse-gas fluxes in ecosystems of the United States under present conditions and future scenarios: *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report* 2010–5233, p.190, 2010 <http://pubs.usgs.gov/sir/2010/5233/>
- Zölch, T., Henze, L., Keilholz, P. and Pauleit, S. (2017). Regulating urban surface runoff through nature-based solutions – An assessment at the micro-scale. *Environmental Research* No 157, pp. 135–144. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935117309611>

Directives, Legislation and Executive orders

- An act to add Chapter 4.3 (commencing with Section 39740) to Part 2 of Division 26 of the “Health and Safety Code, relating to air pollution”, [Bill Status – SB-27 Carbon sequestration: state goals: natural and working lands: registry of projects.](#)
- Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora *OJ L* 206, 22.7.1992, p. 7–50 [EUR-Lex – 31992L0043 – EN – EUR-Lex \(europa.eu\)](#)
- Directive 2009/147/EC of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on the conservation of wild birds (Codified version) *OJ L* 20, 26.1.2010, p. 7–25 [EUR-Lex – 32009L0147 – EN – EUR-Lex \(europa.eu\)](#)
- Energy Independence and Security Act of 2007 *Pub.L.* 110–140, 121 Stat. 1492, <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf>
- Executive Office of the President, The President’s Climate Action Plan, June 2013, <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/image/president27climateactionplan.pdf>
- Executive Order N-8220, Nature-Based Solutions, <https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2020/10/10.07.2020-EO-N-82-20-.pdf>

Executive Order 14008 of January 27, 2021, Federal Register/Vol. 86, No. 19/Monday, February 1, 2021: Presidential Documents. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021/02/f83/eo-14008-tackling-climate-crisis-home-abroad.pdf>

Inflation Reduction Act of 2022, Public L. No. 117-169, 136 Stat. 1818. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-117publ169/pdf/PLAW-117publ169.pdf>

Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on Nature Restoration, Brussels, 22.6.2022 COM(2022) 304 final 2022/0195 (COD), [Nature restoration law \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022PC0304)

