

אדם, טבע ומה שביניהם

יעילות אמצעי סימון לצמצום התנגשויות עופות בקווי מתח

אשל אופיר¹, אלון רוטשילד², אוהד הצופה², עופר שטייניץ², יואב פרלמן², מרים פרוינד², ליהי ברקן², מיכל אלרואי³, נעם לידר², אורי נווה²

1. המכללה האקדמית הדסה
2. החברה להגנת הטבע
3. חברת החשמל לישראל

eshelo@savion.huji.ac.il

בעשורים האחרונים מתבררת תופעת ההתנגשות בקווי מתח כאחד המפגעים האנתרופוגניים הגלובליים המשמעותיים ביותר עבור עופות.

בישראל זכה הנושא לבחינה מוגבלת והחלטות ליישום גישות מקובלות בעולם לצמצום הבעיה, טרם התקבלו. במחקר שנערך בעמק יזרעאל בשנים 2016-2018 נמצאו היקפי התנגשויות שנתיים של כ- 200 פגיעות לק"מ של קו מתח. זהו היקף גבוה יחסית לממצאים מהעולם והוא עשוי להשתנות בהתאם למאפייני בתי הגידול, שימושי הקרקע ועוד. במחקר המשך בדקנו את:

- יעילותם של 3 סוגים של אמצעי סימון בהפחתת ההתנגשויות בקווי מתח.
- השפעתם של גורמים שונים על יעילות האמצעים.
- יעילות התקנת האמצעים ע"י רחפנים.

במסגרת המחקר נבחרו 30 מקטעים, 800 מ' אורכם, של מתח גבוה ועליון, בין עמק יזרעאל לעמק בית שאן. קווי המתח חולקו לשני טיפולים שונים ולביקורת. אמצעי הסימון הותקנו על 20 מקטעי הטיפול בעזרת רחפנים. על מקטעי הביקורת לא הותקנו אמצעים. איתור הפגרים מתחת לקווי המתח נעשה בעזרת כלבים מאומנים.

תוצאות המחקר מצביעות על כך ששני הטיפולים הפחיתו משמעותית את היקפי ההתנגשויות של עופות בקווי מתח, לעומת מקטעי הביקורת. שני הטיפולים נמצאו יעילים והביאו להפחתה של 51% (תמהיל אמצעים עם זהירה פאסיבית) ו- 84% (תמהיל שכלל אמצעי תאורה אקטיבית) בתמותת עופות, בהשוואה למקטעי הביקורת, בהתאמה. ממצאים אלה תואמים לנתונים ממחקרים דומים בעולם.

נקודות מרכזיות שעלו מהמחקר:

- לטיפולים יעילות מובהקת בהפחתת ההתנגשויות.
- למיקום קו המתח ביחס לשימושי קרקע חשיבות גדולה ביחס להיקף ההתנגשויות.

- קיימת שונות בין המינים בהשפעת הטיפולים על היקף ההתנגשויות.
 - השימוש ברחפנים להתקנת אמצעי סימון על קווי המתח התברר כיעיל מאוד.
 - ההסתייעות בכלבים נמצאה כשיטה האולטימטיבית לניטור פגרים.
- מומלץ לקיים מחקרים המשכיים לבחינת השפעת אמצעי הסימון באזורים נוספים ועל גילדות אקולוגיות שטרם נבדקו. לנוכח ממצאי המחקר, בשלה העת למהלך כלל-ארצי של פריסת אמצעי סימון קווי המתח בקנה מידה נרחב, למזעור תמותת עופות כתוצאה מהתנגשות בקווי מתח. המחקר משותף לחברה להגנת הטבע, לרשות הטבע והגנים ולחברת החשמל, ובסיוע הקרן לשמירה על שטחים פתוחים.
- מדינות רבות בעולם כבר נמצאות בשלבים מתקדמים של יישום פרקטיקות מותאמות להפחתת התנגשויות של עופות בקווי מתח. בישראל לעומת זאת, טרם גובשה מדיניות לגבי ההתמודדות עם הבעיה ולפיכך, טרם התקבלו החלטות בדבר הפתרונות הראויים והקצאת המשאבים הנדרשים.
- תוצאות המחקר מהוות בסיס לתכנון מענה מיטבי לבעיה. יישומו של מענה שכזה בפריסה המבוססת על מודל אזורי סיכון יצמצם משמעותית את היקף ההתנגשות בקווי מתח של עופות בישראל, כפי שהוכח במדינות רבות בעולם.

מים חיים לכולם: השפעת מספר המבקרים וניהול המרחב על פעילות חיות בר סביב מקורות מים בשמורת עין גדי

* יובל צוקרמן¹, טניה בירד², עודד ברגר-טל¹

1. אוניברסיטת בן גוריון

2. רשות הטבע והגנים

yuvalzuk@post.bgu.ac.il

מים במדבר הם מרכז החיים של מינים רבים ושרידותם תלויה במקורות אלו. בו בזמן, מקורות המים מהווים גם מוקד משיכה לאלפי מטיילים ומפגש זה עלול ליצור קונפליקט בין חיות הבר למבקרים בשמורות טבע. על מנת לאפשר דו-קיום במרחבים אלו, נדרשות שיטות ניהול יעילות שמטרתן לאפשר חווית טיול אופטימלית תוך צמצום השפעת המבקרים על החיות. עם זאת, ישנו מחסור בידע לגבי ההשפעות האפשריות של מבקרים, שכן השמורות סביב מקורות המים בארץ פתוחות כמעט כל ימות השנה. השלמת פער זה תקדם את שיפור אמצעי הניהול וההגנה על בעלי-החיים בשמורות עמוסות מבקרים בעלות ערכיות אקולוגית גבוהה. בעקבות סגירת שמורת הטבע עין גדי לאחר מפולת סלעים קטלנית בקיץ 2023, נוצרה הזדמנות ייחודית לחקור את פעילות והתנהגות החיות בשמורה גם בהעדר מבקרים. במחקר זה, הצבנו 6 מצלמות וידיאו סביב בריכות מים בנחל דוד, כאשר חלקן מוקמו באזורים המותרים לכניסת מבקרים וחלקן באזורים אסורים לכניסה. עם פתיחת השמורה, הגיעו אלפי מבקרים ביום, ומספרם הצטמצם שוב למאות בלבד לאחר השביעי באוקטובר. המצלמות פעלו 44 ימים, ותיעדו את פעילותם של שבעה מיני יונקים: יעל נובי, דרבן הודי, שפן סלעים, שועל מצוי, שועל צוקים, זאב ערבי, וצבוע מפוספס. השתמשנו במודלים בייסיאנים כדי לבחון כיצד מספר המבקרים ומיקום הבריכה משפיעים על פעילות המינים. מצאנו כי פעילות יעלים ודרבנים ירדה באופן משמעותי עם עליית מספר המבקרים רק באזורים המותרים לכניסת מבקרים, בעוד שפעילותם באזורים האסורים עלתה, בעוד ששפנים הראו העדפה לאזורים האסורים לכניסת מבקרים, גם כשמספר המבקרים היה נמוך. לעומתם, שועלי צוקים הושפעו שלילית מנוכחות מבקרים בכל חלקי השמורה, גם באזורים האסורים לכניסת מבקרים. שועלים מצויים, היו פעילים יותר באזורים עם עומס מבקרים כאשר חלה עלייה במספר המבקרים, ופחות באזורים שסגורים למבקרים. ממצאים אלו מלמדים שיעילות שיטות הניהול היא תלויות מין. לכן יש צורך להגדיר את מטרות השמורה והמינים הייחודיים בה, ולשלב שיטות ניהול שונות על מנת להגן על קיומם של בעלי החיים בשמורות עמוסות מבקרים.

בחנו את יעילותן של שיטות שונות לניהול שמורות טבע. מצאנו שמינים מקומיים שונים מגיבים שונה לנוכחות מבקרים ויעילות שיטות הניהול משתנה בין המינים. תוצאות המחקר מדגישות את החשיבות של מיקוד מטרות שמורות הטבע ובהן שמירה על המינים הרגישים והייחודיים לאזור. בנוסף אנו מראים ששילוב של כמה שיטות ניהול יכול למרב את השמירה על מגוון רחב של מינים תוך צמצום השפעות המבקרים ומאפשר דו קיום של חיות-בר ומטיילים בשמורות טבע.

חשיפת המדריך להקמת אתרי טבע עירוניים בישראל (2025)

יעל זילברשטיין ברזידה¹, מיה עתידיה¹

1. החברה להגנת הטבע

yaelz@spni.org.il

המדריך לתכנון והקמת אתרי טבע עירוניים בישראל נכתב במטרה להנגיש כלי עבודה מקצועיים וידע מעשי לכל העוסקים בקידום שטחי טבע במרחבים עירוניים, כולל רשויות מקומיות, מתכננים, מהנדסים, אנשי חינוך, אדריכלים וקהילות מקומיות. מדריך זה, שנוצר בתמיכת המשרד להגנת הסביבה, מציע גישה שיטתית לתכנון אתרי טבע עירוניים תוך שמירה על ערכים אקולוגיים ושילוב קהילתי.

המדריך כולל:

מבוא והקדמה על הבנת תפקידים המרכזי של אתרי טבע עירוניים בקידום חוסן אקלימי, מגוון ביולוגי ורווחת הציבור בערים צפופות ומפותחות בישראל.

שלבי תכנון והקמה – מתודולוגיה ברורה החל מאיתור מיקומים ועד לתכנון מפורט, הכולל הכנת פרוגרמה, עקרונות תכנון אקולוגיים, חיזוק הקשרים עם שטחים פתוחים וקידום שיתוף ציבור.

ניהול ותחזוקה – דגשים ליצירת תוכניות תחזוקה ושיווק ארוכות טווח, המשלבות שיקולים אקולוגיים וחברתיים.

קהילתיות ושיתוף פעולה – חשיבות שיתוף הקהילה המקומית והפיכתה לחלק משמעותי בשימור ובתפעול האתרים.

שימור, שיקום ושחזור – הנחיות מעשיות לשימור מערכות טבעיות קיימות, שיקום שטחים פגועים ויצירת טבע 'יש מאין' באזורים מופרים.

מודלים לניהול – סקירת מודלים שונים לניהול אתרים, משותפות עירונית-ממשלתית ועד לניהול קהילתי.

כלים סטטוטוריים – עקרונות לשילוב אתרי טבע בתוכניות מתאר, קביעת הנחיות סטטוטוריות ושימוש במסמכי מדיניות.

המדריך משלב בתוכו דוגמאות מאתרי טבע עירוניים רבים בישראל ומבהיר את חשיבות התכנון והניהול המקצועי של אתרי טבע עירוניים, המאפשרים ערך רב כמרחבים המשלבים שמירה על טבע לצד שימושים ציבוריים.

המדריך להקמת אתרי טבע עירוניים בישראל, משמעותי לקידום תכנון וניהול מקצועיים של אתרי טבע עירוניים בישראל. כלים אלה יכולים לשמש גופים ממשלתיים, רשויות מקומיות וציבור בקבלת החלטות מיטביות לשימור המגוון הביולוגי והשתלבותו במרחבים עירוניים. יישום עקרונות המדריך ייסע בהגשת שטחים פתוחים עירוניים ולחזק את הקשר בין האדם לטבע, במיוחד באזורים צפופים.

קידום רשת אתרי טבע עירוניים קהילתיים בירושלים

יערה ישראלי¹

1. יועצת לעיריית ירושלים

israeli.yaara@gmail.com

ירושלים, העיר הגדולה בישראל, נמצאת במיקום גיאוגרפי מיוחד המעניק לה את התשתית להתפתחות מגוון מערכות טבעיות איכותיות וחשובות ובהן בתי גידול ייחודיים, מגוון ביולוגי עשיר ונופים מרשימים. כל אלו פרושים כיום ברחבי המרקם העירוני הצפוף, אשר התפתח בתהליך היסטורי רב שנים, והם מהווים מרכיב בלתי נפרד מדמותה ואופייה של העיר. בעשור האחרון מובילה עיריית ירושלים תהליך המתייחס אל המערכות הטבעיות כחלק אינטגרלי ממערך תכנון העיר. בשנת 2020 אושרה תכנית מתאר לטבע עירוני המעגנת סטטוטורית את אתרי הטבע בעיר ומחייבת עריכת סקרי טבע עירוני מקדמיים ו/או מפורטים אשר ממצאיהם והמלצותיהם נלקחים בחשבון בעת בחינת תכניות המקודמות בתחום אתרי הטבע. כל זאת לשם מציאת האיזון המיטבי המאפשר מצד אחד מענה לצרכי הפיתוח העירוני ומאידך הבטחת השמירה על המערכות הטבעיות, המגוון הביולוגי ושירותי המערכת האקולוגית. בין מגוון הפעולות המבוצעות כיום לטובת שמירה וטיפול הטבע העירוני בשולי ובתוך העיר, בולטת היוזמה לקידום רשת פארקי טבע עירוניים קהילתיים הכוללת, בין השאר, קידום פארק טבע עירוני קהילתי נחל דרגה (הר חומה), פארק טבע עירוני קהילתי בנחל צופים, פארק טבע עירוני קהילתי בנחל זימרי (פסגת זאב). אלו יצטרפו לפארק עמק הצבאים שנפתח לפני כעשור למבקרים ומנוהל כיום על ידי החברה להגנת הטבע, עבור עיריית ירושלים. בהרצאה נציג את תהליך בחירת מיקום הפארקים, עקרונות על פיהם מקודם התכנון, דגשים בנוגע לניהול הפארקים ונאפשר הצצה לתכנון המקודם בימים אלו. הצגת רשת אתרי הטבע העירוניים קהילתיים המקודמת בירושלים יכולה להוות השראה לערים רבות נוספות בישראל ולאפשר קידום מדיניות דומה בערים אלו.

על חזירים ואנשים: קונפליקט אדם-חיה בחיפה

*ערן שוורצפוקס¹, דרור בן עמי², דניאל אורנשטיין³, תמר דיין¹

1. אוניברסיטת תל אביב

2. Compassionate Conservation Middle East

3. הטכניון

eranis@gmail.com

חזירי הבר (*Sus scrofa*) בחיפה הפכו לסמל של האתגרים בממשק בין אדם לחיות בר במרחב העירוני. מחקר זה מציע שיטה מקיפה למדידת תפוצתן של חיות בר עירוניות והקונפליקטים הנלווים עמן, המבוססת על ניתוח מעמיק של דיווחי אזרחים. המחקר מתמקד בחקר הגורמים האקולוגיים והחברתיים המשפיעים על הן על תפוצת חזירי הבר והן על תפוצת הקונפליקט בינם לבין האוכלוסייה המקומית. המחקר מבוסס על ניתוח של 2,921 דיווחי תושבים על מפגשים עם חזירי בר שנאספו בין ינואר 2014 למאי 2016. באמצעות מודל תפוצת מינים מסוג Maxent, פיתחנו שתי מפות תחזית נפרדות: האחת חוזה את נוכחות חזירי הבר, והשנייה את אזורי הקונפליקט בין חזירי הבר לבני האדם בעיר. המודלים משלבים מגוון רחב של משתנים אקולוגיים, כולל אינדקס צמחייה (NDVI), צפיפות שטח בנוי ומרחק משמורות טבע, יחד עם משתנים חברתיים כגון גודל אוכלוסייה, צפיפות ומצב סוציו-אקונומי.

תוצאות מודל התאמת בית הגידול של חזירי הבר מאששות ממצאי מחקרים קודמים, ומצביעות על קשר הדוק בין נוכחות החזירים לבין זמינות השטחים הירוקים ורמת הקיטוע שלהם. לעומת זאת, מודל הקונפליקטים חושף תמונה מורכבת יותר: עימותים בין בני אדם לחזירים קשורים בעיקר למאפייני האוכלוסייה האנושית – גודלה, צפיפותה ומצבה הסוציו-אקונומי. באזורים בעלי מצב סוציו-אקונומי גבוה יותר נמצאה הסתברות גבוהה יותר לדיווח על קונפליקטים, גם כאשר מנטרלים את ההשפעה של גורמים אקולוגיים. מחקר זה תורם להבנת הדינמיקה המורכבת של יחסי אדם-חיה במרחב העירוני ומדגיש את חשיבות השילוב של גורמים אקולוגיים וחברתיים בהבנה וניהול של קונפליקטים עירוניים. ממצאינו מצביעים על כך שאסטרטגיות ניהול יעילות חייבות להתחשב לא רק בצרכים האקולוגיים של חיות הבר העירוניות, אלא גם בהקשרים החברתיים והכלכליים של השכונות העירוניות השונות.

תרומתו המרכזית של המחקר היא בהצבעה על תופעות הנוגעות לקונפליקט אדם-חזיר בחיפה, ובראשן החשיבות הגבוהה של מאפיינים סוציו-אקונומיים. המחקר מאפיין אזורי מפתח דרכם ניתן לבחון סוגיות מקומיות וכלליות הנוגעות לניהול הקונפליקט, תוך מתן המלצות קונקרטיביות לממשק. תרומה חשובה נוספת היא קונספטואליזציה ויישום של מודל מקיף לבחינת הדפוסים המרחביים של קונפליקט אדם-חיה, הניתנת לשחזור בערים נוספות בישראל ובעולם, תוך שימוש בנתונים זמינים.

השפעת האדם וטורפים טבעיים על דפוסי הפעילות העיתיים של יונקים גדולים ברמת הגולן

* שלמה פרייסבלום¹, הילה שמון², זכריה אמיר³, דרור בן-עמי¹, תמר דיין^{1,4}

1. אוניברסיטת תל אביב
2. מכון הסמית'סוניאן
3. אוניברסיטת קווינסלנד
4. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט

preissbloom@mail.tau.ac.il

בעלי חיים מנהלים משאבים וסיכונים לא רק במרחב אלא גם בזמן, כאשר דפוסי פעילותם העיתיים משקפים את הסתגלותם ללחצים כמו טריפה ופעילות אנושית. באזורים שבהם פעילות אנושית מתקיימת לצד מערכות טבעיות, מיפוי האיומים המרכזיים חיוני לגיבוש מדיניות שמירת טבע מבוססת נתונים. כיום חסר מחקר הבוחן השפעות מצטברות של לחצים אנושיים על יחסי טורף-נטרף ברמת החברה. ברמת הגולן, המאופיינת בפסיפס של שימושי קרקע מגוונים ורמות פעילות אנושית משתנות, מתקיימות תוכניות דילול לצמצום קונפליקט אדם-חיה עם זאב אפור (*Canis lupus*), תן זהוב (*Canis aureus*), וחזיר בר (*Sus scrofa*). המין השכיח הרביעי בחברת היונקים הגדולים, הצבי הארץ-ישראלי (*Gazella gazella*), מצוי בסכנת הכחדה עולמית. באמצעות מערך מצלמות שביל, בחנו את דפוסי הפעילות העיתיים של מינים אלו לאורך מדרגי הפרעה אנושית ופעילות טורפים. מצאנו (1) שפעילות אנושית, המרוכזת בשעות היום, דחקה את כל ארבעת המינים לפעילות לילית יותר. דחיקה זו בלטה במיוחד בצבאים, שהפגינו שיא של פעילות יום באזורים עם פעילות אנושית נמוכה, אך נמנעו לחלוטין משעות היום תחת פעילות אנושית גבוהה. אולם, עופרי הצבאים היו פעילי יום בכל האזורים (96% מהתצפיות), יתכן כהימנעות מטורפיהם שנדחקו לפעילות לילה, גם במחיר חשיפה ללחץ אנושי. (2) לחץ דילול השפיע באופן דומה, ודחק זאבים, תנים וחזירי בר לפעילות לילה. (3) מבחינת לחץ טורפים טבעיים: פעילות זאבים לא השפיעה באופן משמעותי על המינים האחרים, כנראה בשל צפיפותם הנמוכה יחסית. לעומתם, פעילות תנים, מין מלווה אדם הנמצא בצפיפות גבוהה, דיכאה באופן מובהק את שיאי הפעילות הטבעיים של צבאים וחזירי בר בשעות הזריחה והשקיעה. ממצאים אלה מדגישים את השפעת האדם – ישירות ובעקיפין – על יחסי הגומלין העיתיים בחברת יונקים גדולים. עם הפיכת בתי גידול לצפופים, מקוטעים ומשותפים יותר, ציר הזמן היממתי מסתמן כמשאב קריטי לשימור. התמקדות בצמצום הפרעות בממד זה תעזור לחיות בר לשחרר מזון, להימנע מטריפה ולקיים יחסי טורף-נטרף טבעיים. שילוב הבנה זו במדיניות תכנון ושימור חיוני לשמירת מערכות אקולוגיות בריאות הן ברמת הגולן והן בנופי פסיפס אחרים בעולם.

המחקר מדגיש את תפקיד האדם בעיצוב יחסי הגומלין העיתיים המתקיימים בתוך חברת יונקים גדולים, ומדגים את חשיבות ציר הזמן היממתי כמשאב קריטי לשימור. הוא תורם להבנת ההשפעות המצטברות של האדם, טורף-על (זאב) וטורף-ביניים מלווה אדם (תן) על חיה בסכנת הכחדה (צבי). תובנות המחקר יכולות לסייע בעיצוב מדיניות סביבתית בישראל אשר מפחיתה הפרעות בממד ציר הזמן היממתי ומשמרת מערכות אקולוגיות באופן מקיף יותר.

אדם, קהילה וטבע

האם גורמים סביבתיים תורמים לבניית קהילתיות? המקרה של גינות קהילתיות בישראל

אופירה פוקס¹, דניאל ברקוביץ¹, עדי לוי², זהר ברנט-יצחקי¹

1. המרכז האקדמי רופין

2. המכללה האקדמית אחווה

ofira.fuchs@gmail.com

הקשר בין גינות קהילתיות באזורים עירוניים לבין פיתוח חוסן קהילתי מתועד היטב במחקרים רבים בארץ ובעולם. גינות קהילתיות נמצאו כבעלות תועלות חברתיות ובריאותיות רבות, ולהן תפקיד משמעותי בבניית חוסן קהילתי-חברתי. גורמים חברתיים כמו אינטראקציות חברתיות, תחושת שייכות ולכידות חברתית נמצאו כתורמים לחוסן קהילתי לאחר אסונות. מאידך, לא הוקדשה תשומת לב מספקת לבחינת הקשר בין ההיבטים הסביבתיים של גינות קהילתיות, כגון מגוון ביולוגי-חקלאי, לבין התועלות הקהילתיות של גינות אלו. המחקר הנוכחי בוחן היבטים של חוסן קהילתי-חברתי בגינות קהילתיות תוך התמקדות בשאלה שטרם נחקרה דיה – כיצד גורמים סביבתיים משפיעים על התועלות הקהילתיות של הגינות? מחקר זה מתבסס על נתונים מ-30 גינות קהילתיות בישובים עירוניים וכפריים בישראל. הנתונים נאספו באמצעות מספר כלי מחקר: (1) שאלונים לרכזי/ות גינות, שהתייחסו למאפיינים הסביבתיים, הפיזיים והמבניים של הגינה כמו גם למאפיינים החברתיים והקהילתיים של הקהילות. (2) מידע גיאוגרפי על מיקום הגינות, שטחן, וקירבתן לשטחים פתוחים נוספים. באמצעות מודלים של רגרסיה לינארית ומבחינה קורלצית ספרמן וכן מבחנים סטטיסטיים א-פרמטרים, נבדקו קשרים בין גורמים סביבתיים ובין פרמטרים של פעילות קהילתית המעידים, עפ"י הספרות המחקרית, על חוסן קהילתי. תוצאות מחקר זה מצביעות על קשר מעניין בין גורמים סביבתיים ומבניים ופעילות קהילתית המעידה על חוסן קהילתי. בין השאר, נמצא קשר חיובי בין שטח ערוגות הירקות ובין מדדי קהילתיות בעוד ששטח עצי המאכל בגינה נמצא במתאם שלילי למדדי קהילתיות. בנוסף, נמצא שגינות הפועלות לפי מודל של עיבוד אישי/משפחתי (לעומת שיתופי), מאופיינות במדדי קהילתיות נמוכים וכן כי הימצאות קומפוסטר פעיל בגינה ותיחום הגינה בגדר תרמו למדד קהילתיות גבוה יותר שלה. מחקר זה מצביע על חשיבותם של גורמים סביבתיים בקידום חוסן קהילתי-חברתי בגינות קהילתיות. ממצאים אלו רלוונטיים במיוחד לאור המשבר שפרץ בישראל מאז ה-7.10.23 והאתגרים הסביבתיים הנובעים ממשבר האקלים. הבנה מעמיקה של הקשר בין גורמים סביבתיים לחוסן קהילתי עשויה לתרום לתכנון מיטבי של גינות קהילתיות ולחיזוק הקהילות שסביבן, נוכח האתגרים הסביבתיים שיוצרו ממשבר האקלים המשפיעים על קהילות ברחבי ישראל וצפויים להחריף בעשורים הקרובים.

מחקר זה תורם להבנה מקיפה יותר של הגורמים המקדמים חוסן קהילתי, תוך התמקדות בהיבטים הסביבתיים של גינות קהילתיות. ממצאיו עשויים לסייע בגיבוש מדיניות סביבתית בישראל, במיוחד בתחומי התכנון עירוני והפיתוח הקהילתי. היישום המעשי של תוצאות המחקר יכול לכלול הנחיות לתכנון גינות קהילתיות, קידום מודלים של עיבוד חלקות שיתופי, ושילוב גינות קהילתיות כחלק מאסטרטגיות להתמודדות עם אתגרי האקלים ומשברים עתידיים. חשיבות המחקר מתעצמת לאור האתגרים

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



הביטחוניים והסביבתיים הייחודיים לישראל, ותרומתו עשויה להיות משמעותית הן ברמה המקומית והן בהקשר הגלובלי של התמודדות עם שינויי האקלים וחיזוק החוסן הקהילתי.

מאפייני הפדגוגיה של חינוך יער בישראל והשוואה של רמת החיבור לטבע בין תלמידים הלומדים בבתי ספר יער לאלו הלומדים בבתי ספר רגילים

דניאל מלמוד בלייר¹

1. אוניברסיטת תל אביב

malamud@mail.tau.ac.il

חינוך יער (Forest Education) הינו זרם חינוכי אלטרנטיבי המתפתח במהירות בעולם המערבי ובעשור האחרון גם בישראל. במסגרת חינוך יער נעשה שימוש בלמידה חוץ כיתתית ואחת ממטרותיו המרכזיות היא בחיבור הילדים לטבע. למרות העובדה שחינוך יער הולך וצובר פופולאריות, עדיין חסרים מחקרים העוסקים בבסיס התאורטי שלו ובתוצאותיו. מחקר זה התמקד בשני היבטים של חינוך יער בישראל: האחד- אפיון הגישה הישראלית לחינוך יער בהיבטים הרעיוניים והמעשיים שלה והשני- בחינת תחושת החיבור לטבע של תלמידים הלומדים בבתי ספר יער בהשוואה לתלמידים הלומדים בבית ספר רגיל.

בכדי לבחון את שני היבטים אלה נעשה שילוב בין גישה כמותית ואיכותנית. המשגת הגישה הישראלית נעשתה באמצעות ראיונות עומק חצי מובנים עם שמונה דמויות מובילות מתוך הזרם החינוכי בישראל (מנהלי מסגרות יער ומחנכים וותיקים) ובחינת הקשר לטבע נעשתה על- ידי השוואת תלמידים בגילאים 6-11 משני בתי ספר יער לתלמידים הלומדים בבית ספר רגיל ובעזרת שלושה כלי מחקר כמותניים שונים (שאלון, תצלומי סביבת משחק ומדד הכללת הטבע בעצמי) שעליהם נערך ניתוח נתונים סטטיסטיים. הממצאים מתוך הראיונות מראים שגישת היער הישראלית מאמצת תפיסה סביבתית אקוצנטרית ועוסקת בחיבור הילדים לטבע ובמערכות היחסים בין האדם לעצמו, לקהילתו ולסביבתו. חינוך היער בישראל שואף להוביל את הילדים להתפתחות אישית דרך חיבור עמוק עם הטבע ומתמקד בין היתר בערכים כגון עצמאות, אחריות ומודעות סביבתית. הלמידה בחינוך היער בישראל מבוססת מקום וחוויה ונעשה שימוש במשחקים, שירים, ספורים ומלאכות יד.

ממצאי החיבור לטבע בקרב התלמידים חושפים שהתלמידים הלומדים בבתי ספר היער מראים באופן מובהק זיקה אקולוגית גדולה יותר, מודעות אקולוגית גבוהה יותר ותופסים את עצמם כחלק מהטבע מבחינה קוגניטיבית יותר מאשר תלמידים הלומדים בבית הספר הרגיל ומעדיפים טבע בר כסביבת משחק.

ממצאי המחקר מראים שמסגרות חינוך יער המוכוונות למידה חוץ כיתתית וטיפול קשר לטבע משפיעות לחיוב על תחושת החיבור לטבע, על המודעות הסביבתית ועל תחושת הבטחון והנינוחות בעת השהות בטבע אצל התלמידים. עם זאת, קיימת המלצה להמשך מחקר בנושא ובחינת משתנים נוספים המשפיעים על תחושת החיבור לטבע.

הספרות המקצועית מצביעה על כך שתחושת חיבור לטבע הינה רכיב מרכזי בטיפול תחושת אחריות והתנהגות פרו-סביבתית. מחקר זה, שהוא בין המחקרים הבודדים שנערכו בישראל בנושא, מראה כי תלמידים הלומדים בבתי ספר יער מראים חיבור חזק יותר לטבע מאשר חבריהם הלומדים במסגרות רגילות. ניתן להסיק מתוך התוצאות כי שהות בטבע וחינוך סביבתי חוץ כיתתי הינם רכיבים חשובים בטיפול זיקה לטבע בקרב ילדים ועל כן מומלץ לשלבם במסגרות חינוכיות נוספות ברחבי הארץ.

אקולוגיה והמפעל הציוני: "ניהול הסכסוך" בכתיבת הטבע של מאיר שלו

נטע בר-יוסף פז^{1,2}

1. מכללת סמינר הקיבוצים,

2. מכללת בית ברל

netta.baryosef@gmail.com

שני ספריו של מאיר שלו הדבר היה ככה (2009) וגית-בר (2017) מציעים כר נרחב לבחינת הממשקים בין אקולוגיה וציונות, בין לאומיות והיחסים בין האדם לטבע. אף שהספרים משתייכים לסוגות שונות—ממאר וכתובת-טבע— לשני הספרים יסודות ביוגרפיים ונטייה לריאליזם. כמו-כן, החיבור החזק של המספר לטבע היותר-מאנושי – לאדמה, לצמחים ולבעלי החיים – הוא ציר תמטי מרכזי בשניהם.

מחקר זה מבקש למקם את יצירותיו של שלו במסגרת מחקר פוסט-קולוניאליזם סביבתי. בהתבסס על לימודי שינויי-אקלים-ילדיים וחקר מזיקים ומינים-פולשים בהקשרים תרבותיים, המחקר בוחן כיצד יצירות אלו מתארות מחדש את היחס הציוני לאדמה ואת הנזקים הסביבתיים והקולוניאליים הכרוכים בכך. הניתוח מתמקד בשני סמלים מרכזיים: שואב-האבק בהדבר היה ככה והמדשן (קומפוסטר) בגית-בר. כל אחד מהם משמש כמטפורה להתמודדות עם "לכלוך" – בין אם מדובר במושגים פיזיים, סביבתיים או לאומיים – וכאמצעי לחקירה של זהות לאומית ויחסים בין בני אדם לטבע. שואב-האבק מדגיש את המאמץ הציוני "לנקות" את הארץ ולמחוק את נוכחות הפלסטינים, בעוד המדשן מסמל אפשרות של התחדשות, טרנספורמציה וקיום משותף. נוסף לכך, הספרים עוסקים במאבקים מול מזיקים ומינים פולשים של צמחים ובעלי-חיים באמצעות שפה צבאית, המהדהדת את הקונפליקט הישראלי-פלסטיני כמאבק בלתי פוסק.

מאמר זה טוען כי בעוד ספריו של שלו מוצגים כלא-פוליטיים, שניהם מדמיינים מחדש את הפרויקט הציוני ואת השפעותיו על האדמה, הטבע והאנשים (הילידים והלא-ילידים). זאת באמצעות דימויים מורכבים של היחסים, ולעיתים היריבות, בין בני האדם לבין הטבע השובב אותם, אשר לעיתים קרובות מתואר כלכלוך, ובין מינים – המסומנים כילדיים, פולשים או מזיקים. קריאה בגישת הביקורת האקולוגית בטקסטים אלו חושפת את עמדתם האמביוולנטית כלפי הציונות. עמדה זו מבטאת אהבת מולדת כנה הכרוכה בקשר תרבותי לטקסט התנ"כי, ובד בבד מכירה בנזקים סביבתיים הקשורים באי-הצדק הקולוניאלי שהפרויקט הציוני אחראי לו.

שלו קורא תיגר על הנרטיב הציוני המסורתי ומציע נקודת מבט מורכבת על העבר, ההווה והעתיד של הארץ. באמצעות השימוש במטפורות חזקות ובהומור, הוא מצביע על חשיבות החיבור בין האדם לטבע וקורא לכינון יחסים חדשים בין האדם לסביבתו.

המחקר מציע קריאה סביבתית חדשנית בטקסטים ספרותיים של מאיר שלו, תוך הדגשת המתח בין אהבה לטבע ולארץ לבין הנזקים הסביבתיים שנגרמו כחלק מהפרויקט הציוני. קריאה זו תורמת להבנת מורכבות היחסים בין האדם לטבע והמחיר

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



הסביבתי של פעולות האדם. כמו-כן, הוא תורם לביקורת האקולוגית (Ecocriticism) של הספרות העברית, ובכך מעודד מודעות סביבתית, מאתגר תפיסות אנתרופוצנטריות, ומקדם תפיסה הוליסטית של בעיות סביבתיות והדרכים לפתרונן.

אדמה ושמים: תפיסות ומוטיבציות בשדה החברתית-סביבתית של השמיטה

*עינת קרמר¹

1. האוניברסיטה העברית

einat.kramer@gmail.com

השמיטה, מצווה יהודית המורה על הפסקת עיבוד האדמה, מנוחת החקלאי ופתיחת השדות לכל דורש, משמשת בעשורים האחרונים כמקור השראה ליוזמות חברתיות וסביבתיות בישראל. המחקר בוחן כיצד עקרונות השמיטה מתורגמים לתפיסות ולמוטיבציות המניעות יוזמות עכשוויות, וכיצד עקרונות אלו משמשים מצע להתמודדות עם אתגרים סביבתיים וחברתיים בני זמננו, אל מול משבר האקלים.

באמצעות מתודולוגיה איכותנית שכללה ראיונות עומק עם 46 פעילים מרכזיים, שאלונים, תצפיות משתתפות וניתוח תוכן של חומרים ארגוניים וציבוריים, המחקר חושף שלושה דפוסים עיקריים של יוזמות, כשכל אחת מהן מציעה פרשנות ייחודית לעקרונות השמיטה ומתאימה אותם לאתגרי ההווה: יוזמות המבוססות על מסורת שואפות לשמר את המימוש ההלכתי-חקלאי של השמיטה, תוך הדגשת ערכיו הסביבתיים-חברתיים, כגון מנוחת הקרקע ופתיחת השדות לציבור. יוזמות אלה רואות בשמיטה ביטוי של ידע אקולוגי מסורתי (TEK), המדגיש ניהול משאבים בני-קיימא ושיקום הקשר בין קהילות לאדמתן. יוזמות המבוססות על ערכים מפרשות מחדש את האתוס והערכים של השמיטה בכלים אקו-תיאולוגיים, לטובת עשייה בתחום הקיימות והצדק החברתי. הן שואבות השראה מהמסורת העתיקה ופועלות אל מול אתגרי השעה בכלים עכשוויים. יוזמות רחבות היקף פועלות לשלב את עקרונות השמיטה בתוך השיח הציבורי בישראל, ומבקשות למצב אותה כבסיס תרבותי-רוחני לקידום צדק חברתי וקיימות, כבסיס החיים המתחדשים של עם ישראל בארצו. כל הגישות הללו מציגות את השמיטה כמסגרת ייחודית המשלבת מסורת והתחדשות, וכמנוע לשינוי חברתי וסביבתי הנדרש למציאות ימינו.

הממצאים מראים כי יוזמות השמיטה משמרות את ערכי המסורת תוך התאמתם למציאות עכשווית כאשר הפעילים מזהים את עקרונות השמיטה כמקור השראה לפיתוח דרכים חדשות לקידום צדק חלוקתי, חוסן קהילתי ושימור משאבים טבעיים. בכך הוא מדגים כיצד פרשנות אקו-תיאולוגית או התייחסות אל המסורת כאל ידע אקולוגי מסורתי (TEK) מאפשרת לרתום את המסורת לעשייה סביבתית, ומדגישה את הפוטנציאל הגלום במסורת דתית ככלי להתמודדות עם משברים עכשוויים.

המחקר מדגיש את הקשרים המורכבים בין ערכים מסורתיים לבין אתגרי המודרנה והקיימות בעידן העכשווי. הוא בוחן כיצד מסגרות דתיות ותפיסות רוחניות מתפקדות כמשאב לפיתוח יוזמות חברתיות וסביבתיות, תוך שילוב בין ידע מסורתי, זהות תרבותית ושאיפות חדשניות. בעידן שבו קיימת הכרה גוברת בתפקיד התרבות והדתות בהתמודדות עם משברים גלובליים, המחקר מציע תובנות ייחודיות על הדרכים שבהן מסורות עתיקות יכולות להשתלב ולהשפיע על מציאות מודרנית.

באמצעות חקר יוזמות מגוונות בשדה החברתית-סביבתי, המחקר חושף את הפוטנציאל של מסגרות דתיות כמרחב לדיון, גישור

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



וחדשנות, ומציע מודל ליצירת חיבורים בין זהות קהילתית לערכים אוניברסליים. חשיבות המחקר טמונה ביכולתו להצביע על דינמיקות רחבות המאפשרות לא רק התמודדות עם משברים מקומיים, אלא גם יצירת השראה גלובלית לשיח על קיימות, צדק חברתי וחיזוק חוסן קהילתי

בין פלישה ושייכות: אתנוגרפיה של המיינה המצויה בישראל

ערן שוורצפוקס¹

1. אוניברסיטת תל אביב

eranisan@gmail.com

מחקר זה בוחן את מערכות היחסים המורכבות בין החברה הישראלית למיינה המצויה (*Acridotheres tristis*), שהפכה בתוך שלושים שנות פלישה לאחת הציפורים הנפוצות בישראל. באמצעות עבודת שדה אתנוגרפית במרכז הישראלי למדע אזרחי במזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, ראיונות עם צפרים, וניתוח מדיה ושיח ציבוריים, אני מדגים כיצד המיינה השתרשה בחברה הישראלית דרך שלושה ייצוגים נפרדים אך קשורים: כאיום פולשני, כ"אחר" חברתי-תרבותי, וכהשתקפות של הזהות הישראלית עצמה. הממצאים מערערים על הדיכטומיות המקובלות בין מינים "מקומיים" ו"פולשים", ומציעים במקומן ספקטרום דינמי המעוצב על ידי התנהגות בעלי החיים, הקשרים תרבותיים, וממד הזמן. בעוד שביקורות קודמות על ביולוגיה של פלישה (Invasion Biology) התמקדו בחשיפת השיח הקולוניאלי שבבסיסה, מחקר זה מציע גישה מורכבת יותר, המכירה הן במציאות האקולוגית של השפעות מינים פולשים והן בהבנייתם החברתית. המחקר תורם להבנת האופן שבו חברות מתמודדות עם שינויים סביבתיים ומערכות היחסים המורכבות בין אדם לטבע בעידן האנתרופוקן, ומציע תובנות חשובות למדיניות סביבתית המשלבת שיקולים אקולוגיים וחברתיים.

המחקר מציע מסגרת תיאורטית ותורם להבנת האופן שבו חברות מתמודדות עם שינויים סביבתיים ומערכות היחסים המורכבות בין אדם לטבע. ברמה היישומית, המחקר מציע תובנות חשובות למדיניות הסביבתית בישראל, בדגש על פיתוח גישות ניהול המתחשבות בהיבטים אקולוגיים וחברתיים, שילוב ידע מקומי בתכניות ניטור, וקידום שיח ציבורי מורכב יותר על מינים פולשים. המחקר מדגיש את הצורך במדיניות סביבתית מאוזנת, המכירה הן באתגרים האקולוגיים שמינים פולשים מציבים והן במורכבות החברתית-תרבותית של התופעה.

טיפוח אזרחות סביבתית-חברתית: תפקידן של קהילות ייעוד בקידום חוסן אישי וקהילתי באמצעות אקטיביזם חינוכי-סביבתי – חקר מקרה בישראל

*שושן ברקן-ערן¹, דפנה גן², איריס אלקחר³

1. מכללת סמינר הקיבוצים
2. האוניברסיטה הפתוחה
3. מכללת סמינר הקיבוצים

shoshanbarkan@gmail.com

ההשפעה של בני האדם על הסביבה הטבעית מהווה אתגר לדור הנוכחי ולבאים. על מנת להתמודד עם אלה, יש חשיבות קריטית למדיניות ברמת הלאומית והגלובלית, המתבססת על מחויבות אזרחית לנהוג באחריות ברמה המקומית. המחקר מתמקד בתפקיד קהילות ייעוד בחיזוק החוסן החברתי-סביבתי במרחב העירוני בעידן של אי-ודאות, ומשברים חברתיים, כלכליים, פוליטיים וסביבתיים. קהילת ייעוד הינה תופעה עולמית של קבוצות תושבים הגרים במרחב גיאוגרפי, בעלי ערכים ונורמות משותפים, ומערכות יחסים ואינטנסיביות, במטרה לשפר בעיות חברתיות. מחקר איכותני זה בחן בגישת חקר מקרה, את הקשרים וההשפעות בין החברה לסביבה באמצעות אפיון עמדות והתנהגויות סביבתיות, וזיהוי ביטויים של תחושת מקום, אקטיביזם וחינוך סביבתי בקרב קהילת ייעוד בפריפריה הצפונית בישראל.

מטרת המחקר לבחון כיצד קבוצה חברתית בעלת קהילתיות חזקה מקדמת אחריות סביבתית וחברתית כלפי מקום מגוריה והסביבה, בהתבסס על תיאוריית המערכות האקולוגיות-חברתיות, הרואה את המערכות החברתית והאקולוגית כאחת ומגבירה את הדרישה מהאדם לאחריות סביבתית, ועל תיאוריית האקולוגיה האנושית, הבוחנת את הפרט והמערכות המשפיעות עליו. ממצאי המחקר מראים כי השותפות בקהילת הייעוד מגבירה את המודעות הסביבתית של החברים, מרחיבה את מגוון ההתנהגויות הסביבתיות, ויוצרת עוגן לאקטיביזם וחינוך סביבתי. חלק מחברי הקהילה ציינו כי הם פעילים במאבקים סביבתיים, ורבים מהם בקידום חינוך סביבתי עבורם ותושבי העיר, דרך הקמה וקידום מסגרות חינוך סביבתיות ותוכניות סביבתיות ייחודיות. לעומת קהילות ייעוד אחרות, בהם נמצאו סממני התבדלות, קהילת הייעוד הנחקרת עושה מאמץ ייחודי להשתלב ולהשתתף באופן אינטגרלי בשיח, בהתנהלות ובמרחב העירוניים. השתלבות זו מאפשרת להם נוכחות וחיבור אמיתי לשטח, רגישות ומודעות לצרכים וכוחות קהילתיים בצורה מהירה יותר מגופים ממסדיים וגדולים, וכן השפעה בצורה רחבה על תושבי העיר כולה. חוסנה של פרט או מערכת נוגע ביכולת העמידות של המערכת אל מול שינויים בסביבתה ויכולת ההסתגלות שלה אליהם. מהממצאים עולה כי קהילת הייעוד מייצרת ומחזקת בחברים ובילדים חוסן אישי וקהילתי, באמצעות מערכת תומכת של משפחות, וחיבור חווייתי וישיר לטבע במסגרות החינוך הסביבתי ובקהילה, ועבור הילדים מחזקת את תחושת העצמאות והבחירה במרחב פעולה בטוח בעיר.

המחקר מעמיק את ההבנה לגבי תפקיד קהילות ייעוד בישראל בקידום חברה בת-קיימא ואזרחות סביבתית-חברתית באמצעות חיזוק הקהילתיות במרחב העירוני, וקידום מסגרות חינוך ותוכניות סביבתיות הפתוחות לכל. תרומתו בהרחבת הידע המחקרי המועט על קהילות הייעוד בישראל, והשפעותיהן על מערכות חברתיות ואקולוגיות מקומיות. מתוך ההבנה שקידום חוסן אישי

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



וקהילתי מסייע לאזרחים להתמודד עם משברים, כגון המשבר הסביבתי, המחקר הנוכחי מסייע להבין כיצד קהילות ייעוד מקדמות חוסן זה, בייחוד בתקופת משבר וחוסר-ודאות.

בעולם ניתן לזהות אלפי קהילות ייעוד (Intentional communities) המציגים דגמים קהילתיים מגוונים. בישראל הן תופעה קטנת ממדים אך משמעותית בהשלכותיה החברתיות והסביבתיות המונה כמה מאות קהילות, וכוללת קהילות שיתופיות (קיבוצים עירוניים, בוגרי תנועות נוער וקהילות משימתיות) גרעינים תורניים, קהילות בני המקום.

אקולוגיה בסביבה הימית

אירוע ההלבנה הראשון במפרץ אילת: עמידות יוצאת דופן של אלמוגים נפוצים במהלך גלי חום ימיים עוקבים

נעמה רוז קוכמן¹, מעוז פיין¹

1. האוניברסיטה העברית

naama-rose.kochman@mail.huji.ac.il

גלי חום ימיים הולכים ומחמירים בתדירותם ועוצמתם, ומהווים איום קיומי על שוניות אלמוגים ברחבי העולם. למרות שמפרץ אילת נחשב למקלט אלמוגים מפני התחממות מי-הים, המפרץ מתחמם בקצב מהיר מהממוצע העולמי ומזהים בו גלי חום ימיים חמים ותכופים יותר. במחקר זה עקבנו אחר התגובה המטבולית והביצועים הפוטוסינתטיים של שני מיני אלמוגים נפוצים, שיחן שכיח (*Stylophora pistillata*) ושיחית (*Pocillopora damicornis*) ואצותיהם השיתופיות, במהלך ארבעה קיצים רצופים במפרץ אילת, הכוללים את קיץ 2024 שובר-השיאים. בקיץ זה, הרביעי ברציפות בו אירע גל חום ימי, טמפרטורת פני המים הגיעה ל-32.6 מעלות צלזיוס- טמפרטורה שנחזתה רק בסוף המאה. גל החום היה החמור ביותר בעולם במהלך אירוע הלבנת האלמוגים העולמי שאירע ב-2024, והחמישי בחומרתו מתחילת המדידות, לאחר שהגיע ל-30 מעלות חימום שבועיות (DHWs)- מדד המשקלל את עוצמת גל החום ומשכו מעל לטמפרטורת הקיץ האופיינית. למרות התנאים הקיצוניים, כל מושבות האלמוגים שנטרו שרדו ללא הלבנה או ירידה בביצועים הפוטוסינתטיים לאורך כל תקופת המחקר (2021-2024). יתרה מזאת, בקיץ 2024 ריכוזי הכלורופיל עלו בכ-44% בשיחן שכיח וב-60% בשיחית בהשוואה לקיץ 2021. במהלך קיץ 2024 שני מיני האלמוגים לא חוו ירידה במאגרי האנרגיה שלהם (חלבונים, פחמימות ושומנים), בעוד שבאצות השיתופיות הם פחתו בכ-31% בשני המינים. עם זאת, כמות הפחמימות באלמוגים ובאצות היו גבוהות משמעותית בשיא קיץ 2024 בהשוואה לרוב הקיצים הקודמים בכ-28% ו-38% בשיחן שכיח וב-25% ו-44% בשיחית, בהתאמה. ממצאינו מעידים על עמידות תרמית יוצאת דופן של אלמוגים נפוצים אלה, אשר שרדו ללא פגיעה מטבולית ופוטוסינתטית בגל חום קיצוני של 30 DHWs. ממצאים אלה הם בניגוד בולט לתמותת אלמוגים כמעט מוחלטת (80%) בשוניות ברחבי העולם החשופות ל-20 DHWs. לאור העובדה ש-44% מהאלמוגים בוני-השונית נמצאים בסכנת הכחדה, מפרץ אילת מהווה מקלט חיוני להשרדות אלמוגים. אולם, במהלך קיץ 2024 נצפתה הלבנת אלמוגים לראשונה בשונית הרדודה של מפרץ אילת במספר מינים, כולל באלו שנחקרו כאן. לפיכך, העלייה בגורמי עקה מקומיים וגלובליים מחייבת בנקיטת מהלכי שימור דחופים להגנת שונית אלמוגים זו, בעלת החשיבות העולמית.

אנו חושפים עמידות אלמוגים יוצאת-דופן במהלך גלי חום ימיים עוקבים ועקת טמפרטורה קיצונית במהלך אירוע ההלבנה העולמי של 2024, ומספקים הוכחות לכך שמפרץ אילת משמש כמקלט אלמוגים ייחודי בקנה-מידה עולמי. ממצאים אלה ממחישים את הצורך הדחוף במאמצי שימור לאומיים ובין-לאומיים מפני זיהום מקומי בשונית אלמוגים ייחודית זו, היכולה לשמש כמאגר גנטי פוטנציאלי למאמצי שיקום שוניות עתידיים.

אשראי פחמן ומגוון ביולוגי לשיקום יערות מבוססי בעלי חיים ימיים MAF; Marine Animal Forests

דור שפי¹, ברוך רינקביץ¹, סרג'יו רוסי²

1. חקר ימים ואגמים

2. University of Salento

dorshefy@gmail.com

מערכות האקולוגיות המבוססות על בעלי חיים ימיים ישיבים נקראות יערות מבוססי בעלי חיים ימיים ('ימב'), Marine Animal Forests; MAF), מבוססות על חסרי חוליות ישיבים (כגון: אלמוגים, ספוגים, דו-קשוותיים וכו'...). הנותנים מבנה תלת מיימדי מורכב לבית הגידול ומשמשים כמקלט, אזורי רבייה ותזונה למגוון רחב של אורגניזמים ימיים. בתי גידול אלה נמצאים תחת איומים מידיים עקב פעילות אנושית ושינויי אקלים, מייצגים אזורים בעלי מגוון ביולוגי גבוה המספקות שירותים אקולוגיים רבים. פרספקטיבה זו בוחנת את הרעיונות של קיזוז ואשראי פחמן (credits / carbon offsetting) ומגוון ביולוגי (biodiversity / offsetting) ואת היעדים של הארגונים הבין ממשלתיים (או"ם והאיחוד האירופאי) להתמודדות עם שינויים גלובליים. אנו מספקים כיוון עתידי ופרספקטיבה השוזרת את הקונספט של אשראי פחמן ומגוון מינים לתוך מנגנון יחיד המיועד לשיקום של הימב" (MAF), המותאם ליעדיי הבינלאומיים העוסקים במגוון הביולוגי העולמי ויעדי השיקום לשנת 2030. גישה זו מתמרת פרויקטים של שיקום, וניצול היתרונות של שתי הגישות תחת המושג "אשראי פחמן-ביולוגי עבור יערות מבוססי בעלי חיים ימיים" (Biodiversity-Carbon Credits for the MAFs). כמו כן, גישה זו מתגברת על הקשיים והאתגרים הקיימים במנגנונים הנוכחים של קיזוז ואשראי פחמן ומגוון מינים. חישוב האשראי מתייחס לכלל המרכיבים (עושר מינים, מגוון מינים, מגוון גנטי, פונקציונליות ותהליכים אקולוגיים) של מגוון ביולוגי ולכלל המרכיבים של שיקום אקולוגי מוצלח שמתאים למספר סוגים של בתי גידול ימיים. מעבר להתייחסות לפערי השיקום בבתי גידול אלו, הגישה שלנו מתיישבת עם יוזמות בינלאומיות ומעודדת בעלי עניין להצטרף למאמצי השיקום. בגישה שאנו מציעים, בתי גידול אלו, אשר לעיתים קרובות אינם מקבלים התייחסות בהקשר של שיקום אקולוגי, מציעה להכשיר אמצעים אקטיביים לשיקום ושימור הימב"י. ע"י הגדלת המגוון הביולוגי וספיחת פחמן, הגישה שלנו לא רק מגדילה את השירותים האקולוגיים הניתנים ע"י בתי גידול אלו, אלא גם מחזקת את העמידות של בתי הגידול הימיים החיוניים הללו לעתיד בר קיימא.

גישה זו יכולה להוות מודל ישומי במדיניות הסביבתית של מדינת ישראל, במיוחד בשיקום סמערכות ימיות. פיתוח אינדקס המחשב את הקרדיט תורם לאסטרטגיות שימור ימיות, מועדד מעורבות ציבורית ותאגידית, ומסייע בהכוונת השקעות בתחום השיקום האקולוגי תוך שמירה על מגוון ביולוגי עשיר וחיזוקן של המערכות הימיות בישראל.

הבנת מערכות יחסים אבולוציוניות של מלפפוני ים מסוג Apodida בים האדום בעזרת הווריאציות המורפולוגיות שלהם

נועה סיטון¹

1. אוניברסיטת תל אביב

noa.sutton08@gmail.com

מלפפוני ים הם חסרי חוליות ימיים בעלי גוף מוארך דמויי תולעת, והנם בעלי לוחיות הנקראות מחטי שלד. מחטי השלד משתנים בין מינים שונים של מלפפוני ים ובין חלקים שונים בגוף מלפפון הים. במחקר זה, במטרה למקד את המינים של מלפפוני הים הנמצאים בים האדום על עץ פילוגנטי ולהבין את מערכות היחסים האבולוציוניות שלהם, נלקחה רקמה מדגימות של מלפפוני ים. מחטי השלד של הדגימות השונות נבחנו במיקרוסקופ אלקטרוני, מחלק מהדגימות הופק DNA נעשה להן PCR והן רוצפו גנטית. לאחר מכן, דגימות מחטי השלד הוששו למה שנחקר עד עכשיו בספרות והרצפים הוכנסו לעץ פילוגנטי יחד עם רצפים הנלקחו מ-GenBank. מהעץ הפילוגנטי נמצא שרוב הרצפים הנלקחו מ-GenBank נמצאו על ענפים שונים מאלה שרוצפו במעבדה. בנוסף, נמצאו ווריאציות שונות של המין *Synpatula reciprocans*, שעד לנקודה זו תואר כחום, שחור וסגול כהה, בצבעים אדום וכתום. בעקבות המחקר אנו רואים את כמות המידע שאפשר לגלות על אזור זה והאורגניזמים החיים בו, את השינוי שקיים בין המינים השונים ובין מלפפוני הים השייכים לאותו המין, לאור מחקר זה אנחנו צעד אחד יותר קרוב למיפוי של האזור ולהבנה של החברה האקולוגית הקיימת בו.

בעזרת המחקר רכשנו מידע נוסף על המגוון הביולוגי של מינים של מלפפוני ים וראינו כמה אפשר לגלות על האזור והאורגניזמים בו. בנוסף, ראינו שכנראה יש מינים שרוצפו אך זהו לא נכון. בעקבות המחקר אנו קרובים יותר להבנת המערכת האקולוגית בים האדום והאבולוציה של האורגניזמים החיים שם. לאור התנאים הייחודיים של אזור זה והחשיבות של מלפפוני ים לסביבה, בעזרת מחקר זה ונוספים נוכל להבין את הסיבה לעמידות והתרומה של מלפפוני הים.

הסתגלות לשינויי אקלים ב*Phallusia nigra*: מחקר השוואתי בין אוכלוסיות מקומיות וזרות

* עמית אונגר זוננרייך¹, נועה שנקר¹

1. אוניברסיטת תל אביב

amitunger@mail.tau.ac.il

השינויים הגלובליים מאיימים על המגוון הביולוגי, מובילים להפחתת עושר המינים ולשינויים בתפוצתם. פלישות ביולוגיות ימיות הן גורם מרכזי בשינויים אלה, המתגברות עקב העלייה בהיקף התחבורה הימית ושינויי האקלים. מינים פולשים מהווים איום על המגוון הביולוגי האנדמי בשל תחרות על משאבים כמו מזון ושינויים בבית הגידול. הבנת סבילותם של מינים אלו וחיזוי התפשטותם העתידית חיוניים למיתון השפעותיהם ולהגנה על מגוון המינים. איצטלנים (מערכה: מיתרניים) ידועים כפולשים מוצלחים הנפוצים ממקום למקום על גבי תחתיות כלי שייט ועלולים לגרום לנזקים אקולוגיים וכלכליים. מטרת המחקר הנוכחי הייתה להשוות את סבילותם של אוכלוסיות מקומיות (ים-אדום) ולא-מקומיות (ים-תיכון וסינגפור) של האיצטלן הסוליטרי *Phallusia nigra* למגוון תחזיות אקלים ובשלבי חיים שונים על מנת לבחון את הסתגלות לשינויי אקלים ואת פוטנציאל ההתפשטות הגיאוגרפי של מינים דומים.

ניסויי חשיפה בוצעו על פרטים בני שלושה חודשים שגודלו בהפרייה מלאכותית מאותה אוכלוסיית מקור תחת תנאי מעבדה מבוקרים, ובמקביל על תהליך ההפרייה, תוך שימוש בפרוטוקול ייחודי שפיתחנו. בניסוי רב-משתנים שנמשך חודש נבחנו שלוש רמות מליחות (35, 40, 43 PSU) ושלוש טמפרטורות (16, 25, 31 °C). שרידות הפרטים נבדקה שלוש פעמים בשבוע, וכיוון זרימת הדם נמדד מדי שבוע כמדד לעקה. תוצאות הראו שמליחות הייתה הגורם המשמעותי ביותר שהשפיע על השרידות של האוכלוסייה הים תיכונית, בעוד שטמפרטורה הייתה קריטית יותר לאוכלוסיות הטרופיות. אוכלוסיית סינגפור הראתה אחוזי שרידות גבוהים בטמפרטורות של 25°C ו-31°C, ללא תלות במליחות. בטיפול של 16°C, פרטים מכל האוכלוסיות לא שרדו ואחוזי ההפרייה היו אפסיים, דבר המצביע על מחסום רבייה בקור.

מודל תפוצת מינים (SDM) על בסיס נתוני המחקר מראה התרחבות טווח תפוצה נרחב בתנאים עתידיים, ומדגישים את פוטנציאל ההתפשטות של מינים דומים תחת תחזיות שינויי אקלים. מחקר זה מעמיק את הבנתנו לגבי יכולת ההסתגלות של מינים פולשים, בדגש על האיצטלן *P. nigra*, ומספק כלים חדשניים לבחינת יכולת ההסתגלות לשינויים סביבתיים הנובעים משינויי אקלים.

מחקר זה מעמיק את הבנתנו לגבי יכולת ההסתגלות של מינים פולשים לשינויי האקלים, בדגש על האיצטלן *P. nigra* הנפוץ בהרבה חופים ומרינות בים התיכון הישראלי בו הוא זר. בנוסף מחקר זה מספק כלים חדשניים לבחינת יכולת ההסתגלות לשינויים סביבתיים הנובעים משינויי אקלים. מדיניות וחוקים לגבי ניקוי כלי שייט ומניעת הגעת מינים פולשים לחופים שלנו תסייע בהפחתת המצאות של מינים אלו ויכולים למזער את הנזקים שהם גורמים, אם זה כלכליים בניקוי נמלים וספינות או אקולוגיים בתחרות על מזון ומצע עם אורגניזמים אנדמיים.

כימות טריפת זואופלנקטון על ידי דגי שונית אלמוגים (בסביבתם הטבעית)

* הדר אלה¹, Eric Orenstein², Paul Roberts³, אירנה קולסניקוב¹, תומר שאולוב¹, Jules S. Jaffe⁴, אמציה גנין¹

1. המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת
2. Ocean Informatics in The National Oceanography Center
3. Monterey Bay Aquarium Research Institute in California
4. University of California – San Diego, Scripps Institution of Oceanography

hadar.ella@mail.huji.ac.il

שוניות אלמוגים משגשגות בים עני בנוטריינטים. מקורות חומרי ההזנה של השונית, הדרושים לקיום מערכת אקולוגית כה מגוונת ועשירה, אינם ידועים ועוררו את סקרנות החוקרים מאז שנות ה-50 (תופעה אשר כונתה "פרדוקס השונית"). מחקרים עדכניים הראו שייבוא חומרי הזנה באמצעות צריכת פלנקטון על ידי חיות המתגוררות בשונית יכול לפתור את חידה זו. עם זאת, צריכת זואופלנקטון מעולם לא כומתה בשונית עצמה, אלא רק בניסויים הכוללים התערבות והשפעה מסיבית על הדג או סביבתו. באמצעות מיקרוסקופ תת-ימי מתקדם, מדדנו לראשונה את שיעורי הטריפה של הדגים בסביבתם הטבעית תוך הפרעה מינורית לזרם. זאת תוך התמקדות ב-3 מיני דגים זואופלנקטיבוריים, אשר נפוצים בשונית אלמוגים בים סוף. שיטת המחקר שלנו אפשרה גם לבדוק את סלקטיביות הדגים לטרף, וכן את השפעות מהירות הזרם, טמפרטורת המים וצפיפות הטרף על שיעורי הטריפה. להקת דגים בודדת הסירה בממוצע 40% מהזואופלנקטון שעובר דרכה. שיעור כזה תרם כמות בלתי מבוטלת של חומרים מזינים לשונית, מה שיכול להסביר בחלקו את "פרדוקס השונית". השפעות מהירות הזרם, צפיפות הטרף, טמפרטורת המים, כמו גם סלקטיביות הטרף נבדלים מאוד בין המינים. הבדלים אלו יכולים להסביר את הבדלים נוספים בין המינים כגון: גודל טיפוס של להקת הדגים וכן תפוצה גיאוגרפית. מחקרנו מציג טכניקה חדשה לכימות טריפת זואופלנקטון בסביבתם הטבעית של הדגים, ובכך תורם להבנת תפקוד המערכת האקולוגית בשוניות אלמוגים.

מחקרנו תורם להבנת מאזן הנוטריינטים התומך בשגשוג השונית, בנוסף להבנת תפקיד וחשיבות דגים הטורפים זואופלנקטון למערך זה. מלבד זאת, מחקרנו מציג טכניקה חדשנית לכימות טריפה של זואופלנקטון על ידי חיות שונות בסביבתם הטבעית בשונית תוך הפרעה מינימלית. ניסוינו יכולים להתבצע על חיות שונות מלבד דגי שונית, כגון אלמוגים, חבצלות ים, דגי מים מתוקים ואף מאפשרים לבחון צפיפויות של זואופלנקטון בסביבות ימיות שונות.

צריכה והמרה של חומר אורגני מומס, מאגר הפחמן האורגני הגדול ביותר בים, על ידי בע"ח מסננים

* רעי דיגה¹, גיתי יהל², אמציה גנין²

1. האוניברסיטה העברית

2. המרכז האקדמי רופין

diga.boker@gmail.com

חומר אורגני מומס (DOM) מהווה את מאגר הפחמן האורגני הגדול ביותר בים. זהו מאגר פחמן אורגני פעיל ודינמי בעל חשיבות גדולה בשטפים שבין האטמוספירה והים. עד כ-50% מתוצרי פוטוסינתטזה של יצרנים ראשוניים משוחררים למים כפחמן אורגני זמין אשר חלקו נצרך מיידית (בין דקות לשעות) על ידי חיידקים בתהליכים מטבוליים כמו נשימה, בניית ביומסה והעברה של החומר לרמות טרופיות גבוהות, וחלקו עובר שינוי לפחמן אורגני לא זמין באמצעות הלולאה המיקרוביאלית. בניגוד לדעה הרווחת כי חיידקים הם האורגניזמים היחידים היכולים לצרוך ולשנות בעילות חומר אורגני מומס ישנן עדויות רבות שספוגים, בעלי חיים הרב-תאיים הקדומים ביותר, מסוגלים לצרוך ולשנות חומר אורגני מומס במהלך המעבר של מי הסביבה דרך גופם. למרות שמספר ניסויי מעבדה הציגו עדויות ליכולת קליטת DOM על ידי בעלי חיים מורכבים יותר מספוגים, כמו צדפות, ואצטלנים, אין לכך תימוכין מהשטח, תחת תנאים טבעיים. מחקרנו בחן את השאלה בשונית האלמוגים בקרב בעלי חיים מסננים נפוצים בנוסף לבחינת ההשערה שצריכה שכזו יכולה לשנות את הרכבו של ה DOM בבית הגידול ואת יכולתם של חיידקים לצרוך את החומר שנתר. ממצאינו מראים הסרה תלוית-ריכוז של חומר אורגני מומס על ידי צדפות מסוג Spondylus והאצטלן הסוליטרי P. mytiligera בעונות שונות בשונית האלמוגים במפרץ אילת. כמו כן, נמצא ששני המינים משנים את הרכב החומר האורגני המומס בצורות שונות ובכך עלולים להשפיע על הצריכה שלו על ידי חיידקים בשונית האלמוגים. בעלי חיים מסננים מהווים חלק אינטגרלי ומהותי בשונית האלמוגים ולכן היכולת שלהן להסיר חומר אורגני מומס (או להוסיף) באיכויות שונות ובריכוזים שונים יכולה להשפיע על מיחזור החומר האורגני בשונית אלמוגים.

המחקר בחן וממשיך לבחון שאלות הקשורות בסחרור פחמן באקוסיסטמות חופיות כמו שונית אלמוגים וממצאיו יכולים להשפיע על מאזני אנרגיה בשונית והבנה מעמיקה של התרומה של בע"ח שונים לסחרור נוטריינטיים בשונית ולכן גם על התפקוד הכללי של המערכת.

אקולוגיה ושמירת טבע

הרעש האנתרופוגני הגלובאלי עולה על רעשי הטבע במונחי אנרגיה אקוסטית כוללת

אסף שמואל¹, ליאור גרינספון¹, רון מילוא¹

1. מכון ויצמן למדע

assafshmue191@gmail.com

השמיעה היא חוש חיוני הן לבני אדם והן לבעלי חיים, ויש לה תפקיד מרכזי בתקשורת, בניווט ובזיהוי סכנות. רעש אקוסטי גבוה עלול לשבש פעילויות אלו, לפגוע בבריאות הנפש ואף לגרום לכאב פיזי. קיימת ספרות מחקרית רחבה על השפעותיו של זיהום רעש (Noise Pollution) על בני האדם ועל בעלי החיים, ועל הדרכים לצמצם אותו. במחקר זה אנו מבצעים את הכימות הגלובלי הראשון של רעש שמקורו בפעילות אנושית ומשווים אותו לרעש המצטבר בסביבות טבעיות. לצורך השוואת רמות הרעש השתמשנו במדד של אנרגיה אקוסטית. כימות מקורות הרעש הוא אתגר משמעותי, שכן לא ניתן למדוד רעש באופן גלובאלי באמצעות חישה מרחוק. לצורך משימה זו מיפינו באופן מקיף ככל הניתן את מקורות הרעש האנתרופוגניים (Anthropophony), של בעלי החיים (Biophony), ושל הסביבה (Geophony). הערכנו את תפוצת כל מקור, את רמות הרעש האופייניות שלו ואת אחוז הזמן בו הוא מרעיש, על ידי סקירה רחבה של הספרות. לאחר מיפוי מקורות הרעש, חישבנו את האנרגיה האקוסטית הממוצעת המופקת על ידי כל מקור וסכמנו את המקורות האנתרופוגניים תוך השוואתם למקורות הטבעיים. ממצאינו מגלים כי כיום פעילות אנושית היא המקור העיקרי לאנרגיה אקוסטית ברחבי העולם, הן באוויר והן מתחת לפני המים, עם רעש בהיקף של כ-600 מגה-וואט שמיוצר על ידי בני אדם באוויר, לעומת כ-300 מגה-וואט של רעש טבעי. להערכתנו הרעש האנתרופוגני גובר על הרעש הטבעי מזה עשרות שנים לפחות. אנו מוצאים כי רעש שמקורו בפעילות אנושית גדל פי עשרה מאז שנת 1950, מה שמעמיק עוד יותר את הפער בין הרעש האנושי לטבעי. ממצאים אלו מדגישים ממד נוסף של השפעת האנושות על כדור הארץ ומדגישים את הצורך בניטור, בקרה, והגבלת הרעש האנתרופוגני.

מחקר זה מכמת לראשונה את הרעש הסביבתי המופק על ידי האנושות ומדגים כיצד הוא עולה באופן משמעותי על סביבת הרעש הטבעית. המחקר שם זרקור על הסוגיה של זיהום רעש, סוגיה סביבתית מהותית המשפיעה על חייהם של בני האדם ובעלי החיים בישראל, וזוכה ליחסית מעט קשב ציבורי. בעוד שהמחקר אינו מציע כלים ספציפיים להפחתת רעש, קיימת ספרות רחבה עם פתרונות מגוונים שניתן ליישם על מנת להפחית את זיהום הרעש בישראל.

הזוחלים ומיני העופות המאוימים הולכים ומתמעטים במישורי הלס בנגב

אור קומאי¹, רון חן¹, שירה גרוסברד¹, עידו לבנה¹, מיכל קורן¹, טליה גבאי¹, אלה פסטרנק¹, תומר קרני¹, איתי רנן¹

1. מארג (אוניברסיטת תל אביב, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט)

orr.comay@hamaaraq.org.il

קרקע הלס, אשר נוצרה ממשקעי אבק נישא ברוח ומכסה מעל 5000 קמ"ר בישראל, מקיימת מערכת אקולוגית בה חיים מינים אנדמיים של צמחים, זוחלים ועופות. בית גידול זה מאוים ובעל ייצוג חסר בשמורות. תכנית הניטור הלאומית בהובלת המארג נועדה לעקוב אחר מגמות במגוון הביולוגי בישראל במטרה לסייע לקובעי מדיניות בהגנה ושימור מבוססי מדע. במסגרת התכנית, ביחידת מישורי הלס בצפון הנגב מנוטרים בקביעות צומח בשטחים טבעיים באמצעות חישה מרחוק וכן זוחלים ועופות בעבודת שדה, תוך הבחנה בין לס טבעי, חקלאות מסורתית ויערות קציר נגר. בעוד שניטור מדד הצומח (NDVI) הצביע על יציבות בארבעת העשורים האחרונים, בקרב הזוחלים והעופות נצפו שינויים דרמטיים. ניטור הזוחלים הצביע על התמעטות פי 1.92 בשפע הכולל בשנים 2014-2020, וביתר שאת בחקלאות המסורתית, שם הזוחלים התמעטו פי 4.35, בעוד בלס הטבעי וביערות קציר הנגר לא נצפתה ירידה מובהקת. יתרה מזאת, הלטאה האנדמית שנונית באר שבע נצפתה רק בפארק הלס (שבו לס טבעי) בכל תקופת הניטור. כמו כן, בעוד ששפע ועושר העופות גבוהים יותר בחקלאות המסורתית לעומת הלס הטבעי, ובחקלאות המסורתית עושר המינים אף עלה עם הזמן, הרכב חברת העופות נבדל בין שימושי קרקע אלו. מינים מלווי אדם נמנעים מהלס הטבעי והם האחראים העיקריים לעליה בעושר המינים בחקלאות המסורתית, בעוד מיני עופות בתה מאוימים כגון חוברת מדברית וקטה חדת-זנב נצפו כמעט בלעדית בלס הטבעי. יתרה מזאת, מיני עופות הבתה המאוימים התמעטו מ-18% מכלל מיני העופות בלס הטבעי ב-2012 ל-2% בלבד ב-2020 – ירידה פי 9 בשיעורם! לעומת זאת, מיני עופות מלווי אדם דווקא התרבו בממוצע בתקופה זו, והמיינה המצויה הפולשת אף התרבתה פי 2.06. ממצאים אלה מצביעים על כך שבעוד שהלס הטבעי הוא בית גידול דל שאינו מקיים עושר מינים גבוה או אוכלוסיות גדולות, המינים שמתקיימים בו הינם מינים מתמחים הנמנעים מקרבת האדם, ואף נמנעים מהחקלאות המסורתית ומיערות קציר הנגר. מכאן נגזרת חשיבות ההגנה על הלס הטבעי עבור שימור אותם מינים.

מחקר זה הינו ארוך טווח ורחב היקף, הנדיר בנוף המחקר האקולוגי בישראל. המחקר מצביע על מגמות מדאיגות בטבע הישראלי, באזור המאויים מפיתוח עירוני (מטרופולין באר שבע) וחקלאי, מדבור ושינוי אקלים וכן שריפות תדירות, בכלל זה בשל אימוני צה"ל. ממצאי המחקר ניכר כי אפילו שטחי החקלאות המסורתית ויערות קק"ל, הגם שהם נחשבים לשטחים פתוחים, אינם מהווים תחליף לשטחים טבעיים, ומצביעות על הצורך בהחלת שמורות הטבע בלס.

עיר, כפר, חקלאות, טבע - מצב השטחים הפתוחים באזור מורדות דרום הרי נצרת, הר התבור וגבעת המורה

יונתן לבנוני¹, דבורה לב רמתי¹, עמית מנדלסון¹, בר שמש¹, לירז כברה לייקין¹, איתן רומם¹, אורי ערד, ליאור אנמר, מימי רון¹, אמיר פרלברג¹

1. מכון דש"א

jonathanlev@tauex.tau.ac.il

עבודה זו מסכמת את ממצאי סקר טבע ונוף בדרום רכס הרי נצרת, הר תבור, בקעת כסולות, גבעת המורה וחלקו המערבי של עמק חרוד, המשתרעים על פני כ-134 אלף דונם. רובו של השטח מורכב משטחים חקלאיים, כרבע משטחים פתוחים וכחמישית משטח בנוי. סקר זה נועד לספק מידע סביבתי שיסייע בקבלת החלטות תכנוניות, ניהוליות וממשקיות לשימור ופיתוח בר-קיימא של השטחים הפתוחים. העבודה כללה שלושה שלבים עיקריים: איסוף ואפיון המצאי בתחומי הנוף, מורשת האדם, הבוטניקה והזואולוגיה; דירוג ערכותם וניתוח המידע הכולל; ויצירת תמונת מצב מקיפה ועדכנית. נרשמו בשטח זה אתרי מורשת ונוף רבים, המהווים בהווה ויכולים להוות בעתיד גורמי משיכה לקהל. נמצאו עשרות מיני צמחים נדירים, חלקם בסכנת הכחדה. תפוצת הצמחים מושפעת מתנאים פסיים וביוטיים, כולל המפגש בין בתי הגידול הים-תיכוניים עם האזורים הסהר-ערביים והאירנו-טורנים, והשפעות אדם כמו שינויי האקלים, ייעור, פיתוח יישובים, חקלאות וגיבון. השטח כולל שטחי חורשים ויערות גדולים ושמורים, וכן שטחי העמקים עם הרכב צומח מיוחד. תועדו 41 מינים המוגדרים על סף-איום או בסכנת הכחדה. ניכר בשטח שלטון של עשבוניים בני-חלוף ויערות מחטניים נטועים. השטח מציג עושר מינים גבוה בקבוצות טקסונומיות שונות. ניכר עושר מיני פרפרים גבוה בשטחים הפתוחים. נמצאו שלושת המינים הנפוצים של דו-חיים: קרפדה ירוקה, צפרדע נחלים ואילנית מצויה בעיקר בשטחי העמקים. זוהו שני מיני זוחלים בסיכון: צב-יבשה מצוי ונחושית עינונית. נמצאו 43 מיני עופות, ביניהם שני מינים בסיכון: סבכי הקוצים והבז האדום. באשר ליונקים גדולים, נצפו אוכלוסיות משמעותיות ומבוססות של צבי ארץ-ישראלי. השטחים החקלאיים הרבים והפתוחים משמשים כמסדרונות אקולוגיים, אך הם הולכים ומצטמצמים לטובות פיתוח הבינוי. העבודה מדגישה את הצורך בשימור רצף השטחים הפתוחים, צמצום השפעות של תשתיות חוצות ושיפור עבירות המסדרונות האקולוגיים. מומלץ לבחון תהליכי שימור של חקלאות אקסטנסיבית, השומרת על הצומח המקומי של הקרקעות הכבדות, לתחזק מעברי מים ולצמצם השפעות של זיהום אור. המידע שנאסף יסייע בקבלת החלטות מבוססות נתונים לשימור ופיתוח השטחים הפתוחים, תוך שמירה על המגוון הביולוגי והמורשת התרבותית באזור.

המחקר מציג את מצב הטבע בשטח של במגוון בתי גידול שונים ומספר קבוצות טקסונומיות שונות, כמו גם ערכי המורשת והנוף באזור זה, ובכך משמש ככלי לתכנון סביבתי וקביעת מדיניות ע"י הגופים השונים.

A retrospective review of presentation ,treatment ,and outcome of rescued free-ranging Gazelle spp . in Israel (2007–2022)

דודו אשחר¹

1. בית החולים לחיות בר ספארי רמת גן

deshar@safari.co.il

סקירה רטרוספקטיבית נערכה על רשומות רפואיות של צבאי *or* מחולצים ($n=621$) שהוצגו לבית החולים לחיות בר בישראל, במהלך תקופה של 16 שנים (2007–2022). המינים שהתקבלו כללו את צבי א"י (*Gazella gazella gazelle*, $n=589$, 95%) ואת צבי דורקס (*Gazella dorcas*, $n=32$, 5%). פציעות טראומטיות ($n=437$, 70%) היו הגורם השכיח ביותר לאשפוז בבית החולים. עופרים יתומים ($n=108$, 17.2%) הוצגו בעיקר בעונת הרבייה בעיקר כתוצאה מהתערבות אנושית בלתי הולמת, ולאחר מכן שוחררו ($n=21$, 19%) או שוקמו ($n=55$, 51%) ובהמשך רובם שוחררו. טיפול וטרינרי (טיפולים כירורגיים או רפואיים) ניתן כנדרש לכל המקרים. בשל ההצגה הקלינית החמורה שלהם, רוב בעלי החיים ($n=266$, 43.3%) מתו טבעית ($n=79$, 12.9%) או בהמתת חסד ($n=187$, 30.5%) במהלך 48 השעות הראשונות מהגעה. שיעור ההישרדות הכולל לאחר 48 השעות הראשונות, היה 63% לכלל בעלי חיים משוחררים ($n=86$, 31%) ומשוקמים ($n=89$, 32%). לפעילויות הקשורות לבני אדם ($n=545$, 87%) היה התפקיד החשוב ביותר בתחלואה ותמותה של צבאים.

הבנה של גורמי הפגיעה באוכלוסיית הבר של צבאים בארץ יכולה לעזור בנקיטת צעדי מניעה שיצמצמו פגיעה באוכלוסייה המתמעטת.

היקף התמותה של ציפורים ויונקים – הערכה גלובלית

* ליעד בן אורי¹, ליאור גרינשפון¹, רון מילוא¹

1. מכון ויצמן למדע

liad.ben-uri@weizmann.ac.il

הציפורים והיונקים הם מקבוצות בעלי החיים הנחקרות ביותר, בשל הדומיננטיות והכריזמטיות שלהם, והם במוקד של מאמצי שימור רבים. עם זאת, חסרה הערכה גלובלית כמותית של היקף התמותה של בעלי חיים אלו והגורמים לה. במחקר זה אנו מעריכים את מספר האינדיבידואלים שמתים בטבע מכל אחד מיותר מ-11,000 מיני הציפורים וכן מכל אחד ממיני היונקים גדולי הגוף (מעל 10 ק"ג). אנחנו משתמשים בהערכות גודל אוכלוסיה ומאפייני היסטוריית חיים על מנת לשערך את היקף התמותה של בוגרים ושל צעירים לכל מין. לשם השוואה להיקף התמותה הטבעי, אנחנו מעריכים את היקף התמותה של ציפורים ויונקים כתוצאה מפעילות האדם, הן במשק החי והן בבר. מעבר להערכת היקף השחיטה של יונקים וציפורים, אנחנו מעריכים את התמותה במשק החי לאורך גידול בעלי החיים כתוצאה מהרג מכוון וכן כתוצאה מפציעה או מחלות. במסגרת תמותת חיות הבר כתוצאה מפעילות האדם, אנחנו מעריכים את היקף התמותה כתוצאה מציד, דריסה, פגיעה בתשתיות (כגון מבנים וטורבינות), התחשמלות, הרעלות, זיהום וטריפה ע"י חיות מחמד ומינים פולשים. לבסוף, אנחנו מציגים את מגמות השינוי של גורמי התמותה השונים לאורך העשורים האחרונים ומעריכים את המשך המגמות בעתיד הקרוב. הממצאים מדגישים את חלקה המרכזי של האנושות בתמותת בעלי חיים, בהיקפים גדלים והולכים. הניתוח הכמותי ממפה את גורמי התמותה המשמעותיים ביותר, ומאפשר למקד מהלכי מדיניות והתערבויות לצמצום תמותת בעלי חיים באורח מכוון נתונים. פעולה נחושה ומקיפה נדרשת על מנת לצמצם את היקפי התמותה, הן במשק החי והן בקרב חיות הבר עקב פעילות האדם.

המחקר מדגיש את חלקה המרכזי של האנושות בתמותת בעלי חיים באופן שפונה הן למקבלי החלטות והן לציבור הרחב. הניתוח הכמותי ממפה את גורמי התמותה המשמעותיים ביותר, ומאפשר למקד מהלכי מדיניות והתערבויות לצמצום תמותת בעלי חיים באורח מכוון נתונים. המחקר קורא לפעולה נחושה ומקיפה על מנת לצמצם את היקפי התמותה, הן במשק החי והן בקרב חיות הבר עקב פעילות האדם, ונדרש ליישמו בקרב המדיניות הסביבתית של כל מדינה ומדינה, כולל ישראל.

גורמים המשפיעים על קשרים חברתיים בין נקבות באוכלוסיית הפרא האסייתי (*Equus hemionus*) בעקבות שינוי בפיזור מקורות מים

* נועה יפה קן-לינגווד¹, אלן טמפלטון¹, דן רובינשטיין², עמוס בוסקילה³, שירלי בר-דוד³

1. אוניברסיטת וושינגטון בסנט לואיס

2. אוניברסיטת פרינסטון

3. אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

noayaffakan@gmail.com

שינויי האקלים ופעילות האדם האינטנסיבית מגבילים יותר ויותר את זמינותם של מקורות מים בבתי גידול טבעיים, ובמיוחד בסביבות מדבריות. מבין סוגי ההתערבות שניתן לבצע לשימור מינים בסביבות אלו היא פעילות ממשקית של מקורות מים מלאכותיים. מעבר לחשיבותם לשתיה, מקורות מים משפיעים גם על דפוסי תנועה, דמוגרפיה ורבייה. לפיכך, ישנה חשיבות להבין את המבנים החברתיים של מינים המושפעים משינויים של פיזור מקורות מים. במחקר זה בחנו מה הם הגורמים המשפיעים על קשרים חברתיים של נקבות באוכלוסיית הפרא האסייתי (*Equus hemionus*) בעקבות ממשק מקורות מים בהר הנגב הגבוה בישראל. במחקר נעשה שימוש באנליזת רשתות חברתיות וגנטיות על בסיס פרופילים גנטיים (גנוטיפים) של נקבות באוכלוסייה, ונעשתה בחינת התאמה (קורלציה) בין חברתיות, קרבה גנטית והצלחת רבייה בין הנקבות. כמו כן, נבחנו מיקומן הגיאוגרפי של הנקבות ביחס למקורות המים לאחר הממשק. בהתבסס על 2,014 דגימות גללים שנאספו בין השנים 2020-2023, זיהינו 100 גנוטיפים ייחודיים של נקבות, כאשר ל-57 מהם נמצאו קשרים חברתיים חזקים. מבחן הקורלציה בין הרשת החברתית לגנטית הראה מתאם מובהק בין חברתיות לקשר גנטי לאורך שנים מרובות ($p < 0.001$), אך לא נמצא מתאם מובהק עם הצלחת רבייה ($p = 0.831$). הניתוח המרחבי הצביע על כך שנקבות עם קשרים חברתיים חזקים נוטות לשוב לאזורים דומים משנה לשנה. מרבית קשרים אלו (80%) הם בין נקבות שאינן קרובות גנטית, ולכן ייתכן ולתכונה זו תפקיד בהימנעות מרביית שארים באוכלוסייה.

המחקר מדגיש את המשמעות של הבנת התנהגויות חברתיות ומרחביות בתגובה לשינויים סביבתיים עבור אסטרטגיות ניהול של אוכלוסיות בסיכון, תוך הדגשת החשיבות של הקשר הגנטי לחברתיות ולניצול משאבים. מטרת המחקר, מעבר לשימור מין הפרא בישראל, היא לאפשר מסגרת ממשקית של אוכלוסיות והמגוון הגנטי שלהן באמצעות ממשק מבוקר של משאבים שתוכל לשמש חוקרים, מנהלים ומקבלי החלטות.

אקולוגיה של צמחים

Drying Times: Long-Term Ecological Consequences of Drought and the Combined Effects of Reduced Rainfall and Altered Frequency on Mediterranean Pollination Networks and Plant Reproductive Success

Arielle Lofchick^{1*}, מרסלו שטרנברג², יעל מנדליק¹

1. האוניברסיטה העברית

2. אוניברסיטת תל אביב

lofchick@gmail.com

Droughts are becoming more frequent and severe due to climate change, posing a significant threat to biodiversity and ecosystem services, especially in Mediterranean ecosystems. However, little is known about the effects of prolonged droughts, including the interactive and combined effects of reduced rainfall amount and altered frequency, on ecological interactions and reproductive success in plant and pollinator communities. This study investigates the long-term impacts of drought on the reproductive and physiological traits of *Salvia fruticosa* (Greek sage), a drought-tolerant, nectar-rich Mediterranean shrub, at the Matta Long-Term Ecological Research (LTER) station, central Israel. Since 2002, we have used rainout shelters to simulate prolonged drought conditions by reducing rainfall by 66% and varying its frequency (3 vs. 9 events) to mimic severe drought scenarios and assess plant responses against a control treatment. Results revealed significant drought-induced effects. Plants subjected to drought treatments, both under the 9-event and 3-event irrigation regimes, flowered significantly later than controls, produced fewer flowers, and had extended flower lifespans. Drought conditions reduced nectar volume but increased sugar concentration. Interestingly, despite these stress conditions, drought-treated plants produced more seeds, though germination studies are ongoing. Nevertheless, visitor patterns to *S. fruticosa* showed no significant differences between treatments, suggesting consistent pollinator activity despite changes in floral resources. These findings demonstrate the various facets of altered rainfall regimes effects on flowering plants and their insect visitors, with cascading implications for ecosystem stability. *S. fruticosa* demonstrates a capacity for physiological and reproductive adjustments under drought stress, providing insights into plant-pollinator interactions in the face of climate change. This work underscores the importance of understanding how altered rainfall patterns

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



reshape Mediterranean ecosystems and the need for adaptive management strategies to safeguard biodiversity and ecosystem services.

The research contributes to understanding how long-term drought and altered rainfall affect Mediterranean ecosystems, focusing on plant-pollinator interactions and reproductive success. This work is crucial for informing environmental policies in Israel, supporting adaptive water management, slowing climate change, and safeguarding biodiversity. It holds practical potential for improving land-use strategies and promoting sustainable ecosystems, ensuring ecosystem services remain resilient under the pressures of climate change.

כיצד כתמיות צומח וגמישות פנוטיפית חוברות יחד להגדלת העמידות של מערכות אקולוגיות בתנאי יובש?

אהוד מירון¹

1. אוניברסיטת בן גוריון

ehud@bgu.ac.il

רקע: מערכות אקולוגיות יובשניות מתאפיינות בדפוסים שונים של כתמיות צומח. התקדמות רבה בהבנת כתמיות זאת חלה עם הופעתם של מודלים מתמטיים מרחביים המדמים משוברים שונים בין גידול מקומי של הצומח ותנועת משאב המים אליו. ניתוח מודלים אלו חשף את המקור להופעת כתמיות ואת השינויים המורפולוגיים שחלים בה לאורך מפל הגשם. כתמיות צומח היא תגובה ברמת האוכלוסיה לעקת מים המשפרת את עמידות המערכת בתנאי יובש על ידי תמותת צמחים חלקית והגדלת זמינות משאב המים לצמחים שנתרו. לצד תגובה זאת עומדות למערכת דרכי תגובה ברמות ארגון אחרות, כמו שינויים פנוטיפיים ברמת הצמח הבודד. תגובות אלו תלויות זו בזו מאחר שהפחתת עקת המים על ידי תגובה אחת מחלישה את הכוח המניע של תגובה אחרת. תגובות משולבות כאלו עדיין לא נחקרו. מטרה: חקר הפעולה המשולבת של כתמיות צומח וגמישות פנוטיפית והאפשרות של הגברת עמידות המערכת בתנאי יובש. שיטות: המחקר מתמקד במערכת "עיגולי הפיות" במערב נמיביה הכוללת שטחים נרחבים של ערבות עשב עם דפוסים מסודרים של עיגולי קרקע חשופה (עיגולי הפיות) בקוטר ממוצע של כ-6 מ'. המחקר משלב בניה וחקר של מודל מתמטי עם ניסויי שדה ותצפיות חישה מרחוק. המודל כולל: (1) משוב חיובי בין גידול צומח ודיפוסיה רחבית של מים בקרקע. (2) שתי שכבות קרקע כשהעמוקה מביניהן קומפקטית יותר. (3) אפשרות העמקת השורשים כששכבת הקרקע העמוקה לחה יותר (הידרוטרופיזם). תוצאות: השילוב של כתמיות והידרוטרופיזם הביא לפתרון שתי חידות: העדר דפוסים פסים ונקודות לאורך מפל הגשם, כפי שחזרה התורה ה"קלאסית" של דפוסים צומח, והופעתם של דפוסים המתאפיינים בשתי סקלות אורך; סקלה ארוכה של עיגולי הפיות, וסקלה קצרה של דפוס נקודות במטריצת הצומח שבין עיגולי הפיות. בנוסף, נמצא ששילוב שתי התגובות משפר במידה ניכרת את עמידות המערכת בתנאי יובש. דיון ומסקנות: מערכת עיגולי הפיות מדגימה את החשיבות של חקר תגובות ללחצים סביבתיים המשלבות מנגנונים ברמות ארגון שונות. למחקרים מסוג זה תרומה חשובה להבנת העמידות של מערכות אקולוגיות בתנאי היובש הקיצוניים העלולים להתפתח עקב שינויי האקלים.

זהו מחקר בסיסי באופיו המדגים לראשונה את החשיבות של הבנת יחסי הגומלין בין מנגנונים ליצירת כתמיות למנגנוני גמישות פנוטיפית. הבנה מעמיקה של יחסים אלו נדרשת לצורך זיהוי מסלולי תגובה המסתיימים בנקודות אל-חזור וקריסה, לעומת מסלולים חלופיים המתאפיינים בעמידות גבוהה יותר. זיהוי של האחרונים עשוי להצביע על דרכי התערבות במערכת במטרה להסיט אותה ממסלול קריסה למסלול עמיד. תרומת המחקר עשויה למצוא ביטוי במדיניות הסביבתית של מדינת ישראל מעצם המצאותה באזור יובשני.

אקראיות או סדר? הבנת הדינמיקה של חברות צומח בקרקעות החמרה בישראל

* אור גרוס¹, יובל נוימן¹, טל שבת¹, דרור מינץ², ניב דה מלאך¹

1. האוניברסיטה העברית

2. מכון וולקני

or.gross@mail.huji.ac.il

מדוע חברות צומח נבדלות בהרכבן גם כשהן גדלות בתנאים סביבתיים דומים? האם זה נובע מהיסטוריה שונה או מאוסף של תהליכים אקראיים ובלתי ניתנים לחיזוי? לשאלות הללו יש חשיבות רבה בחברות הצומח האופייניות לקרקעות החמרה במישור החוף שמאופיינות בשיעור גבוה של מינים אנדמיים. בעשורים האחרונים רוב חברות החמרה נכחדו כתוצאה מפיתוח מואץ ושינויים סביבתיים. עם זאת, ישנם פרוייקטים רבים בהם מנסים לשחזר את החברות הללו בסקאלות קטנות ע"י שיקום אקולוגי. בפרויקטים כאלו, הבנת הדינמיקה של חברות הצומח יכולה לשפר את יעילות השיקום. בניסוי שלנו בחנו את היפותזת ה"פריויריטי אפקטס" על פיה ההרכב הסופי של חברה נקבע על פי תנאי ההתחלה שלה כאשר שינויים בהרכב הראשוני מתחזקים עם הזמן על ידי משוב חיובי ומובילים להרכב חברה שונה, ובהתאם תפקוד שונה של המערכת האקולוגית. המחקר שלנו הקמת מערכת מחקר נרחבת של 210 חברות ניסיוניות המדמות פרויקט שיקום אקולוגי. הניסוי כלל מניפולציות שונות של שכיחות הזריעה ההתחלתית של שבעה צמחי בר חד-שנתיים, אופייניים לקרקעות החמרה. במשך ארבע שנים עקבנו אחר השינויים בהרכב החברות. בניגוד להשערת "פריויריטי אפקטס", חברות בעלות תנאי התחלה שונים התכנסו להרכב דומה שנשלט בעיקר על ידי דגניים. מנגד, חברות בעלות תנאי התחלה דומים דווקא התפצלו להרכבים שונים, תוך "דעיכה" של תנאי ההתחלה - תמיכה ברורה לכך שתהליכים אקראיים הם שעיצבו את החברות. יתרה מזאת, תוצאות אלו היו עקביות גם תחת משטרי הפרעה שונים, המדמים רעיית בקר או גיזום. המחקר שלנו מדגיש את תפקידם המשמעותי של תהליכים אקראיים על פני משוב דטרמיניסטי בעיצוב חברות צומח. ממצאים אלו יכולים לרמז על כך ששיקום קרקעות בישראל ידרוש התחשבות לא רק בתכנון מדוקדק של זריעות, אלא גם בהבנת המידה שבה תהליכים אקראיים יכולים לעצב את התוצאה הסופית.

המחקר מפענח את השפעתם של תהליכים אקולוגיים שונים על עיצוב חברות צומח ומשפר את הבנתנו בעניין שיקום קרקעות חמרה בישראל. תובנות אלו יכולות לתרום למדיניות שימור ושיקום אקולוגי על ידי התאמת גישות זריעה, וייתכן שאף הפחתת התלות בשיטות דטרמיניסטיות. בנוסף, המחקר מעשיר את תחום האקולוגיה היישומית ומשמש כבסיס לפרויקטים לשימור מינים אנדמיים, תוך חיזוק מודעות הציבור לחשיבות שימור המערכות האקולוגיות במישור החוף.

האם שונות בצבעי פרחים בתוך אוכלוסיה היא התאמה לסביבה או תכונה נייטרלית?

יובל ספיר¹

1. אוניברסיטת תל אביב

sapiryuval@gmail.com

בברירה הטבעית השונות הפנוטיפית מצטמצמת בגלל יתרון אבולוציוני של חלק קטן מטווח השונות על פני פנוטיפים אחרים. עם זאת, תהליכי ברירה טבעית שאינם ברירה כוונת עשויים להגדיל את השונות, כמו למשל בברירה מאזנת או ברירה מתבדרת. צבעי הפרחים מהווים תכונה שמאפשרת לחקור שאלות בסיסיות בגורמים שיוצרים שונות פנוטיפית, ובעיקר את תפקיד הברירה הטבעית ביצירת, שמירת או הסרת השונות הפנוטיפית. בסדרת מחקרים על צמחים שבהם יש מגוון צבעים בתוך האוכלוסיות אנו מראים כי קיים קשר בין סוג השונות בצבעי הפרחים ובין סוג הברירה הטבעית שמופעלת (או שלא). ברמה העולמית מצאנו הבדלים בתפוצה וברוחב הנישה האקולוגית בין מינים מגוונים צבע למינים אחידי צבע הקרובים אליהם. פשתה שעירה, מין בעל שני מופעי צבע במרכז הפרח, מואבק על ידי מאביק עיקרי אחד שהתנהגותו שונה בפרחים שונים בצבעם, וכן הביקורים בפרחים שונים בצבעם נעשה בשעות שונות ביום, שמעיד על ברירה מאזנת. לכלנית מצויה אוכלוסיות חד-גוניות אדומות באזור היובשני, לעומת האזור הים תיכוני שבו אוכלוסיות חד-גוניות ומגוונות. ברירה מאזנת, תוצר מערכת מורכבת של התאמה לקרקעות שונות ותנאי אקלים שונים, תיזמון הפריחה, בחירות צבע ע"י המאביקים העיקריים והאבקת רוח, מאפשרת קיום של פרחים בצבעים שונים בתוך חלק מהאוכלוסיות. באוכלוסיות אירוס ירוחם קיימת שונות צבע רציפה של גווני חום סגול, כתום לבן וצהוב, שנוצרת מביטוי בעוצמות שונות של מספר גנים במסלול ייצור הצבענים של הפרח. ההבדלים בצבעים בין פרחים שונים אינם מובחנים בעיני המאביקים, ובהתאמה מצאנו כי אין ברירה טבעית כלל על צבעי הפרחים באירוס ירוחם. המסקנה היא כי כאשר השונות בצבעי הפרחים היא בדידה (דו-גוניות או רב-גוניות), ברירה טבעית יכולה להסיר את רוב הצבעים וליצור אוכלוסיה חד-גונית, או במקרים נדירים בהם יש מספר סוכני ברירה טבעית, לשמר את השונות. כאשר השונות היא רציפה, הברירה הטבעית לא פועלת ואין התאמה של צבע מסוים או של צבעים בודדים. לסיכום, הבנת האבולוציה של מינים בעלי שונות פנוטיפית יכולה לשפוך אור על התהליכים המניעים של האבולוציה בטבע.

המחקר מוסיף להבנתנו את השונות הטבעית ועל החשיבות של שימורה כדי לשמר תהליכים מעבר לשמירת המינים עצמם. ניתן ליישם את המחקר בישראל אם ישמרו על הטבע.

סקר טבע, נוף ומורשת האדם בחוף ים המלח ומצוק ההעתקים

לביא קורן¹, עמית מנדלסון¹, דר בן נתן¹, אורי הלבפשטדט, רונה לבנה¹, איתן רומם¹, אמיר פרלברג¹

1. מכון דש"א

lavie.coren1@gmail.com

חוף ים המלח הוא אזור ייחודי בישראל המשלב שטחים פתוחים במדבר הצחיח עם מופעים גיאולוגיים ונופיים יוצאי דופן. תהליכי השתנות הנוף מהירים בשל נסיגת ים המלח, התפתחות בולענים ושינויים מבניים בנחלים. המרת האגן הדרומי לבריכות תמלחת תעשייתיות, הסטת נחלים, הקמת מאגרי מים, קידוחים, חציבה, כריית חומרי ואדי, פעילות תיירותית והגדלת שטחי החקלאות מהווים אימים משמעותיים על השטחים הפתוחים. הסקר הנוכחי נערך במטרה ליצור בסיס נתונים אקולוגי ונופי, למפות מפגעים וחסימים, ולהכין רקע לתכנון מושכל ומתחשב בערכי הטבע והנוף. ממצאי הסקר כוללים תיעוד של 289 אתרים בעלי עניין לציבור, כולל אתרים ארכיאולוגיים, בוטניים, גיאומורפולוגיים, הידרולוגיים, היסטוריים, אתרי הנצחה ואתרי נוף. נמצא שהאזור מהווה רצף ארוך של שטחים פתוחים, עם הפרות מרוכזות בעיקר בקרבת כביש 90 והקומפלקס התעשייתי של מפעלי ים המלח. בסקר הבוטני, תועדו 327 מיני צמחים עילאיים, כולל מינים בסכנת הכחדה ומינים נדירים. מבחינת זואולוגיה, נותחו תצפיות עבר. עולה שתועדו 59 מיני יונקים, 286 מיני עופות, 31 מיני זוחלים ו-3 מיני דו-חיים, כולל מינים בסכנת הכחדה ומינים פולשים. מלחת אדמון נמצאה כשטח ערכי במיוחד שהוא בית גידולם של מספר מיני צמחים נדירים ובסכנת הכחדה. מלחת סדום חולקה לשלושה אזורים השונים במאפייניהם: (1) מניפת צין, (2) אזור המעיינות (3) ואזור נחל ערבה. נמצא שרק אזור המעיינות מוגן כשמורת טבע. מיצר לינץ' הוא חבל ארץ חדש ומיוחד שנחשף בשל ירידת מפלס ים המלח. האזור מאופיין בתופעות גיאולוגיות וגיאומורפולוגיות יוצאות דופן. תעלת ההזנה של מפעלי ים המלח מגבילה את הזרימה של רוב הנחלים וערוצי הזרימה אל המיצר, מה שמקשה על התבססות הצומח והקרקע במיצר. אלה מצויים בעיקר במספר בולענים בקרבת התעלה. מניפות הסחף נמצאו כיחידה אקולוגית מגוונת. מניפות הסחף המתפקדות מכוסות בצומח נחלים אופייני וצפוף ביחס לסביבה ומשמשות כבית גידולם של בעלי חיים רבים כחרדון-צב מצוי שזהו תחום תפוצתו הצפוני. מניפות הסחף הפוסיליותהן בית גידול ערכי במיוחד שמכיל צמחים נדירים כפגוניה צרת-עלים. אזורי בתרונות תצורת הלשון מהווים ערכי טבע דוממים בעלי מופעים ייחודיים.

הסקר נותן בסיס נתונים אקולוגי ונופי משמעותי במרחב חוף ים המלח בין עין גדי לנאות הכיכר, ממפה את מאפייניהם של המערכות האקולוגיות, ואת המפגעים והחסימים להתפתחותן. כן מהווה את התשתית לשמורות מוצעות באזור ולחידוש שטח הזיכיון של מפעלי ים המלח

לאן הוא הולך? השפעת צמח מקבע חנקן (קידה שעירה) על מחזור החנקן במערכות מוגבלות מים

* עמית סיון¹, גיא דוברת², אפרת שפר¹

1. האוניברסיטה העברית

2. מכון וולקני

amit.sivan@mail.huji.ac.il

קידה שעירה היא שיח ממשפחת הקטניות בעל תפוצה נרחבת בישראל. השיח מקיים סימביוזה עם חיידקים מקבעי חנקן אטמוספרי, המעניקים לשיח אספקה של חנקן זמין המהווה יתרון בגדילה באזורים מוגבלי חנקן ובהתחדשות לאחר שריפה. במערכות אקולוגיות רבות, קיבוע סימביוטי הוא המקור הטבעי העיקרי לכניסת חנקן חדש ולכן עשוי לכוון את מהלך הסוקצסיה ולעודד התחדשות לאחר שריפה. מחקרים שנערכו לאחרונה הראו ויסות חזק של פעילות הקיבוע ושל תכולות החנקן בקידה שעירה בהתאם לצרכי הצמח זמניות החנקן בקרקע. ובניגוד למצופה, בשני מחקרי שטח לא נמצאה הצטברות של חנקן בקרקע תחת השיחים. על מנת לבחון את ההשפעה של שיחי קידה שעירה על מחזור החנקן במערכת האקולוגית, ניטרנו שיחים בחמישה אתרים המייצגים מגוון תנאי אקלים, סוגי קרקע ותצורות צומח. לאורך שנה, מדדנו את מאגרי החנקן בשיח (בכל אברי הצמח) ובקרקע ואת השטפים דרכם החנקן נכנס אל הצמח (קצב הקיבוע הסימביוטי), דרך מעברו בצמח והדרכים בהן הוא עוזב אותו (ייצור ופירוק נשר, וטרופת זרעים). תוצאות המחקר תומכות בממצאי המחקרים הקודמים אשר לא מצאו הצטברות של חנקן תחת שיחי הקידה בהשוואה לשטחים הסמוכים. בנוסף, מצאנו שבאתר שבו תכולות החנקן בקרקע היו הגבוהות ביותר, תכולות החנקן בשיחים היו הגבוהות ביותר גם כן, ופעילות הקיבוע הייתה נמוכה מבשאר האתרים. הרכב הנשר וכמות החנקן בנשר היו שונים בין האתרים, ולמרות שקצב פירוק הנשר היה דומה, קצב שחרור החנקן מהנשר היה שונה מאוד. התוצאות הראו ששיח ממוצע מאבד כמות קטנה של חנקן בכל שנה דרך פירוק נשר וטרופת זרעים, ורוב החנקן החדש שמקבע הצמח מדי שנה נאגר לטווח ארוך בענפים. המחקר מראה כי שיחי קידה מווסתים בצורה יעילה את כמות החנקן אותו הם קולטים ואת השימוש בו, ורוב החנקן משמש לגדילה ושרידות הצמח ולכן לא "הולך" אל הקרקע ולא מעשיר את המערכת האקולוגית. לכן, נראה שלשיחי קידה שעירה, למרות היותם מקבעי חנקן, תרומה נמוכה למחזור החנקן במערכת לאורך חייהם, ורק בסוף חייו של השיח החנקן הנאגר בו ישתחרר למערכת.

להכרת הדינמיקה של מחזור החנקן במערכות אקולוגיות יובשניות וים-תיכוניות, ואיך הוא מושפע מנוכחות קידה שעירה, ושיחים דומים ממשפחת הקטניות, חשיבות רבה בהבנת תפקידם בעיצוב המערכת האקולוגית בה השיחים נמצאים. להתפשטות קידה באזורים מופרעים חשיבות אקוסיסטמית, אך גם עלויות ממשקיות משמעותיות באזורים קולטי קהל, בשטחי מרעה ובטיפול בשטחים פתוחים לאחר שריפות. כמו כן, מחקר זה מספק תובנות על ההשפעה של ממשק יער וחורש על תהליכי מחזור נוטריינטים ברמת המערכת האקולוגית. המחקר מדגיש את המשמעות של הבנת התנהגויות חברתיות ומרחביות בתגובה לשינויים סביבתיים עבור אסטרטגיות ניהול של אוכלוסיות בסיכון, תוך הדגשת החשיבות של הקשר הגנטי לחברתיות ולניצול

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



משאבים. מטרת המחקר, מעבר לשימור מין הפרא בישראל, היא לאפשר מסגרת ממשקית של אוכלוסיות והמגוון הגנטי שלהן באמצעות ממשק מבוקר של משאבים שתוכל לשמש חוקרים, מנהלים ומקבלי החלטות.

גידול מזון העתיד

חיידקי קרקע מועילים הפתרון האלטרנטיבי להזנת צמחים בדשן סינטטי והדברה כימית

ירון שטרית¹, עופר גיא¹, טלי אילני², גלית יחזקאל¹

1. אוניברסיטת בן גוריון

2. מופ דרום

sitrit@bgu.ac.il

משבר האקלים מחייב למצוא פתרונות לקיום חקלאות בתנאי סביבה שהולכים ונהיים קשים לצמחים. בנוסף, המקורות להזנת צמחים הולכים ומתמעטים ובמאה הנוכחית נעמוד בפני משבר בכריית זרחן לדישון (עפ"י האו"ם). בדיקה שביצענו מראה שחקלאי ישראל מדשנים בעודף ניכר. כתוצאה מכך, דשן עודף מזהם את מי-התהום, כריית הפוספטים מזהמת את הסביבה ופוגעת בנוף, עלויות הדישון גבוהות ורווחיות הגידולים קטנה. עלינו לחפש דרכים להגביר את עמידות הצמחים לתנאי הסביבה המתחממת, להעלות עמידות למחלות ומזיקים, ולייעל השימוש בדשנים. בעולם מתגבר השימוש בדישון בחיידקי קרקע כחלק מהפתרון לבעיות האלו ואילו בישראל כמעט ואין שימוש בחיידקי קרקע.

מטרות המחקר

1. לבדוד חיידקי קרקע ולבחון כיצד הצמח מושכם לריזוספירה

2. לבחון השפעת טיפול בהם על ביצועי הצמח

3. לבחון מהם המנגנונים שדרכם החיידקים תורמים לשרידות הצמח

שיטות

בודדנו חיידקי קרקע משורשי צמחים המקיימים מיקוריזה-סימביוזה המשפרת הזנה בזרחן. החיידקים רוצפו וזוהו. בניסויים עם צמחי מודל עגבנייה ותות ועוד ניתן טיפול בחיידקים בעת שתילתם ובתנאי אקלים קשים בקיץ ובחורף. צמחי עגבנייה שטופלו בחיידקים גודלו במחסור דישון הניבו בדומה לביקורת משקית. ניכר שיפור בנצולת של חומר אורגני שניתן כקומפוסט, איכות הפרי הייתה טובה יותר בבחינת כלל מוצקים מסיסים, הייתה ירידה דרמטית במחלת שחור הפיטם הנובעת ממחסור בסידן בתנאי עקת חום. בנוסף, הייתה הפחתה ניכרת בתסמיני ווירוס הטובמו בעגבנייה. הטיפול בחיידקים גרם להפחתה בנגיעות פטריית קרקע פתוגנית. ההפחתה בדישון גרמה להפחתה ניכרת בניטרטים מזהמים בקרקע. בדיקות מעבדה לאפיון החיידקים תמכו בתוצאות שנצפו בשדה.

התוצאות שבידינו מצביעות על כך שמצויה בידינו אלטרנטיבה מעשית לשיפור הנצולת של דשנים, הפחתה בזיהום סביבתי, תוך שמירה על ערכי טבע כתוצאה מצמצום כריית דשנים. הטיפול בחיידקים משפר את עמידות הצמחים לקור ולחום ומעניק הגנה בפני מחלות קרקע. ההפחתה בדישון גרמה להפחתה ניכרת בניטרטים בקרקע. העלאת עמידות למחלות תוביל לשימוש מופחת בחומרי הדברה מזהמי סביבה.

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



1. להפחתה ניכרת בשימוש בדשנים סינטטים
2. משפר עמידות צמחים לעקות חום בעידן של התחממות גלובלית
3. מקטין זיהום מי תהום בניטרטים וחומרי הדברה כימיים
4. משפר ריווחיות הגידול לחקלאים.

שינויי האקלים משנים את הסיכון למליחות הקרקע הגרעת הקרקע באזורים הסובלים ממחסור במים

יאיר מאו¹, איזיק קריימר¹, נדב פלג²

1. האוניברסיטה העברית בירושלים

2. University of Lausanne

yair.mau@mail.huji.ac.il

שינויי האקלים מוסיפים אי-ודאות משמעותית בעת הערכת הסיכון למליחות הקרקע באזורים הסובלים ממחסור במים. במחקר זה שילבנו מודל קרקע-מים-מליחות-ניתרון (SOTE) עם מודל ליצירת מזג אוויר (AWE-GEN) כדי לפתח פלטפורמה לחקר הדינמיקה של מליחות וניתרון תחת תרחישי אקלים משתנים. בהתבסס על עמק סן חואקין בקליפורניה כמקרה מבחן, ערכנו ניתוחי רגישות מדרגה ראשונה להשפעת השינויים בקצב האידוי-דיות (ET), באורך עונת הגשמים ובעוצמת אירועי גשם קיצוניים. צחיחות מוגברת, המתבטאת בעלייה ב-ET, בקיצור עונת הגשמים או בירידה בעוצמת אירועי גשם קיצוניים, מביאה לעלייה במליחות — כאשר העלייה ב-ET היא הגורם המוביל לרמות המליחות הגבוהות ביותר. עלייה זו ב-ET אף מפחיתה את המוליכות ההידראולית של הקרקע, בעוד שהשפעה הפוכה ניכרת כאשר עונת הגשמים מתקצרת ואירועי הגשם הקיצוניים נחלשים. נוסף על כך, עלייה ב-ET מגבירה את אי הוודאות בתגובת הקרקע ומעלה את הסיכון להיווצרות מליחות גבוהה הגרעה במבנה הקרקע. על אף שלא ידוע במדויק כיצד יתפתחו שינויי האקלים בעתיד, תוצאות המחקר מצביעות על עלייה משמעותית בסיכון למליחות בתרחישי האקלים הצפויים. ממצאים אלו רלוונטיים לאזורים נוספים רבים המועדים למליחות, במיוחד באזורים המאופיינים בעונות רטובות-יבשות לסירוגין. בעוד שעמק סן חואקין מצוי במצב יחסי טוב להתמודדות עם עליית המליחות, באזורים אחרים ייתכן שיהיה קשה לשמר רמות ייצור מזון גבוהות בתנאי חום ויובש מוגברים. המחקר שלנו תורם משמעותית לתכנון חקלאי ארוך טווח, כולל בחירת גידולים מתאימים ושמירה על איכות מי ההשקיה. הדבר חשוב במיוחד לישראל, שמתחממת בקצב כפול מהמוצע העולמי, ובמקביל מתקצרות עונות הגשם בעוד אירועי הגשם הופכים חזקים יותר. המגמות שהמחקר שלנו מצביע עליהן יכולות לסייע בקידום חקלאות בת-קיימא בישראל, תוך התאמה לתנאי האקלים המשתנים ושמירה על חוסן המערכת החקלאית לדורות הבאים.

ונילן כמעב פתוגנים פטרייתיים: חקר הפוטנציאל האנטי-פטרייתי ויישומיו בחקלאות

* עמית פארן¹, ורד צין¹, נועם אלקן¹

1. אוניברסיטת בן גוריון

amitfaran6@gmail.com

וניל (*Vanilla planifolia*) הוא אחד מצמחי התבלין הנפוצים ביותר בעולם, אך מחירו הגבוה הופך אותו לאחד המוצרים היקרים בשוק. למרות חשיבותו הכלכלית, המחקר בצמחי וניל היה עד כה מוגבל. במחקר זה אנו מציגים גישה מקיפה להבנת הפחת בפירות וניל (פולים) – החל בזיהוי גורמי הפחת והעובשים המתפתחים עליו ועד ליישום חומרים אקטיביים שמקורם בוניל לצורך מניעת עובשים בפירות אחרים. במסגרת המחקר, פולי וניל יובשו, והעובשים שהתפתחו במהלך תהליך זה בודדו וזוהו. לראשונה, זוהו שני פתוגנים חדשים התוקפים וניל, שלא דווחו בעבר: *Mucor fragilis* ו-*Galactomyces candidum*. בנוסף, נבדקה התפלגות החומר 'ונוילין' לאורך מקל הונויל באמצעות HPLC, מתוך השערה כי הונוילין מהווה גורם הגנה. אכן, נמצא כי קיימת חפיפה בין ריכוזי הונוילין לאורך המקל לבין האזורים שבהם נצפו עיפוש ועובש. בהמשך, נבחן קצב גדילת הפטריות המבודדות, לצד פטריות פתוגניות נוספות הידועות כגורמי ריקבון במהלך אחסון תוצרת חקלאית. הפטריות נחשפו לחומרים שונים ממסלול הביסוינתזה של ונוילין, ונמצא כי החומר ונוילין מהווה חומר אנטי-פטרייתי יעיל כנגד כלל הפטריות שנבדקו. כדי להדגים את יישומיות הממצאים, נבחנה יעילות הונוילין במניעת התפתחות עובשים על אגסים שטופלו בחומר. לצד בדיקת התפתחות העובשים, נבחנו השפעות הטיפול על מאפייני הטעם והעדפת הצרכנים. תוצאות המחקר הראו כי ונוילין לא רק שיעיב את התפתחות העובשים, אלא גם שיפר את איכות האגסים המטופלים והעלה את מידת ההעדפה של הצרכנים לפירות אלו. מחקר זה מציע תובנות חדשות על הקשר בין ונוילין לעיכוב פטריות פתוגניות, משלב האינטראקציה בפולי וניל ועד ליישום בשימור תוצרת חקלאית כאלטרנטיבה לפונגיצידיים כימיים. הממצאים מציעים פתרון טבעי, חדשני ויעיל לשימור ושימור תוצרת חקלאית, עם פוטנציאל יישום על מגוון רחב של פירות, ובכך עשוי לצמצם משמעותית את אובדן התוצרת לאחר הקטיף.

תרומת מחקר זה היא בהבנת מנגנוני הפעילות האנטי פטרייתית של הונוילין ושימושם במניעת אובדן תוצרת חקלאית. ממצאי המחקר מציעים פתרון טבעי, יעיל ובר-קיימא לשימור ושיפור איכות פירות, עם פוטנציאל יישום רחב. בישראל, ניתן ליישם את הממצאים לצמצום בזבז מזון והפחתת השימוש בכימיקלים מזיקים, תוך שיפור איכות התוצרת החקלאית לשוק המקומי ולייצוא.

לאכול את הפרה ולהשאיר אותה שלמה - על חקלאות תאית ובשר מתורבת

שרון שלזינגר¹

1. האוניברסיטה העברית

sharon.shle@mail.huji.ac.il

בעולם של משאבים מתדלדלים והתדרדרות אקולוגית, יחד עם צמיחה מעריכית של האוכלוסייה, הצורך בפיתוח טכנולוגיות חדשות לייצור מזון, יעילות יותר ופחות מזיקות לסביבה, הינו ברור ומיידי. בישראל, המדע המתקדם והמשאבים הטבעיים המוגבלים חוברים יחד לפיתוח מואץ בתחום הבשר המתורבת. למחקר תאי גזע יכולה להיות תרומה משמעותית לתחום שכן תאים אלו הם תאי המקור שעתידיים להפוך לבשר שגדל במעבדה. כיום, חברות בשר מתורבת שונות, בעולם ובארץ, נתקעות בחסמים טכנולוגיים המעכבים גמלון והורדת עלויות של תהליך הייצור באופן שיתאים לתעשיית המזון. חסם אחד כזה הוא חוסר היכולת לגדל תאים ולמיינם לרקמות שריר ושומן ע"ש חומרים המאושרים לשימוש במזון ומחירם סביר. חסם אחר הוא הקושי לבנות נתח בשר ויחכה, במרקם ובתכונות הכימיות והפיזיקליות, סטייק "אמיתי". בפרויקט המתואר סרקנו חומרי טבע לבחינת אפשרות לשימוש בהם כפיגום ליצירת נתח בשר מתורבת. מצאנו כי חתיכות מעלי אלורה - צמח מאושר למאכל אשר החלק התאי שלו מהווה פסולת של תעשיית הקוסמטיקה לאחר מיצוי הג'ל - משמשות כפיגום מוצלח לתאי גזע מזנכמליים של פרה, הגדלים מסביב וחודרים לתוך הפיגום. בידקה במיקרוסקופ אלקטורני סורק הראתה שאכן חתיכות האלוורה מכילות חורים בגודל הרצוי לגידול תאים, כך שאלו יכולים לייצר מבנה דמוי רקמה סביב ובתוך הנתח. לבסוף, השרנו על התאים השתנות לתאי שומן והראינו צבירת חומצות שומן ופנוטיפ אופייני של נתחי שומן קטנים המתקבצים סביב פיגומי האלוורה. לסיכום, מחקר זה מביא מוצר היברידי- תאי גזע מפרה הגדלים על מוצרי מזון מן הצומח, ויאפשר בעתיד להוריד עלויות בתחום הבשר המתורבת כמו גם שילוב של נתחי שומן הקטנים עם מוצרים צמחיים וכך לשפר את הדמיון בטעם, במרקם ובריח לזה של בשר מין החי.

המודעות הגוברת לבעיות האקלים והצורך לעבור לחקלאות מקיימת מביאה לפריחה מחקרית ומסחרית בתחום החקלאות התאית והבשר המתורבת. למרות הכוונות הטובות, רבים הטוענים שעלויות הייצור הגבוהות לעולם לא יוכלו להשתוות למשק החי המסורתי ושמדובר למעשה במוצר לעשירים. מחקר זה נענה לאתגר ע"י הסבת המבט מהפיגומים המסורתיים, המלאכותיים והיקרים, לסריקה ואיתור של תוצרים חקלאיים צמחיים זולים וזמינים שישתלבו במוצר ויעניקו לו מבנה וערכים תזונתיים תוך כדי שמירה על תכונות התאים, כך שהשימוש בהם יזיל את התהליך של הפיכת תאי גזע לנתח בשר מלאכותי. חדשנות נוספת היא ההתבוננות המעמיקה בתהליכים העוברים על התאים בדרכם להתמיינות לרקמות המטרה, מה שיעזור לתכנן את מוצרי העתיד בשילוב אופטימלי בין תאים צמחיים לתאים אנימליים. נושא הבשר המתורבת שייך לתחום ה"פוד-טק", תחום מתפתח בארץ ובעולם וצובר והולך חשיבות חקלאית וכלכלית גלובלית. תחום תאי הגזע בישראל נמצא בחזית המחקר המדעי העולמי, ותמיכת המדינה ומשרד החקלאות בתחום החקלאות התאית מספקת יתרון משמעותי ומאפשרת ליישם רעיונות מהאקדמיה בתחום זה.

שימוש במגא-אנליזה של נתוני ביטוי גנים על מנת להבין את מנגנון הייצור הייחודי של שומן חלב בבקר

רוני תדמור-לוי¹, נורית ארגוב-ארגמן¹

1. האוניברסיטה העברית

roni.tadmor@mail.huji.ac.il

גידול בקר לחלב מהווה גורם מרכזי בשחרור גזי חממה, זיהום קרקעות ומי נגר. עקב כך, בשנים האחרונות מוצעים שלל פתרונות לייצור חלב "אלטרנטיבי", המיוצר ללא תלות בבעל החיים. נכון להיום, עיקר המאמצים מופנים לייצור חלבוני החלב בפרמנטציה, בעוד שכתחליף לשומן החלב, משמש שמן צמחי. לשומן חלב בקר הרכב ייחודי המאופיין בריבוי חומצות שומן קצרות ורוויות. מכיוון שהרכב השומן אחראי על חלק גדול מהארומה, המרקם והתכונות הטכנולוגיות של החלב, התחליפים הצמחיים אינם מהווים תחליף ראוי. בניגוד לחלבונים, שומנים אינם תוצר ישיר של גן, אלא תוצר של מסלולים ביוכימיים מחזוריים בתא. מסלולים אלו, משותפים למגוון אורגניזמים החל מבקטריות, צמחים ועד בעלי חיים מורכבים אך מובילים להרכב תוצרים שונה באורגניזמים שונים ורקמות שונות. כדי להבין את המנגנונים המאפשרים ייצור שומן ייחודי בבלוטת החלב בפרה, חקרנו באמצעות מגא-אנליזה את הבדלים בביטוי גנים הקשורים למטבוליזם של שומנים בין רקמות שומניות שונות בפרה. נבחנו כלל הגנים הקשורים במטבוליזם של שומנים לפי אנוטיציית GO. רקמות שונות נבדלו בדגמי הביטוי בגנים אלו. ברקמת השומן מרבית הגנים נמצאו בקורלציה חיובית לגן FASN, הגן המרכזי בייצור חומצות שומן, בבלוטת חלב כ-70% מהגנים היו בקורלציה שלילית לגן זה. רק גנים בודדים בבלוטת החלב היו בקורלציה חיובית לגן FASN, ביניהם הגנים AGPAT1 ו-AGPAT6, שניהם מרכזיים במסלול ייצור הטריגליצרידים. הבדל נוסף שנמצא בין הרקמות היה קשור בקבוצות אנזימים האחראיים על שפעול חומצות שומן על ידי ליגציה ל-CoA. ביניהם הגן ACSS1, האחראי על הפיכת אצטט לאצטיל-CoA, היה בעל הביטוי הגבוה ביותר בבלוטת החלב ולעומתו, גנים אחרים שאחראיים על אקטיבציה של חומצות שומן ארוכות היו בעלי ביטוי נמוך יותר. תוצאות אלו תרמו להבנה כי הרכב שומן החלב נקבע על ידי דגם ביטוי ייחודי של גנים הקשורים בייצור חומצות שומן ובניצולן בבלוטת החלב. תוצאות אלו מהוות בסיס למחקר יישומי לפיתוח מערכות מקיימות אשר יחקו תהליכים אלו וייצרו שומן אלטרנטיבי בעל תכונות דומות לשומן חלב פרה.

מחקר זה עוסק בהבנת המנגנונים האחראיים על ייצור רכיבי השומן הייחודיים בחלב פרה. הבנת מנגנונים אלו יכולה לקדם מחקרים יישומיים ויוזמות לייצור שומן חלב אלטרנטיבי, במערכות מקיימות, שיחקה בצורה טובה יותר חלב פרה אמיתי. בנוסף, עונה המחקר על פער ידע מהותי לגבי מנגנוני הייצור של חומצות שומן קצרות בבלוטת החלב.

פיתוח דיאטה בת קיימא לדגי אמנון, מבוססת לרוות חרקים, כתחליף לדיאטה מסחרית מבוססת קמח דגים

גבי בנט¹

1. מו"פ מדבר וים המלח

gabi@adssc.org

למרות שחקלאות המים הולכת ותופסת את מקום הדיג בעולם- מספקת כיום יותר ממחצית הדגה הנצרכת, היא עדיין אינה בת קיימא כמצופה, שכן קמח הדגים עדיין מהווה מרכיב מרכזי במזון הדגים המסחרי- בין 10-1% ממשקל המזון. קמח הדגים, המכיל 60-70% חלבון ו-5-10% שמן דגים, מופק מדגי ים קטנים (אנשובי, מנהדן, סרדינים והרינגים), אשר מהווים חלק מרכזי במארג המזון בים. למרות שיחס ה- (fish in:fish out) FIFO בחקלאות המים הולך ויורד עם הזמן, עדיין, בשנת 2020, הוא היה קרוב ל-0.5 עבור כל מגזרי חקלאות המים וקרוב ל-1 עבור מגזר הסלמונואידים. אחד הגורמים האחראים לירידה המתמשכת ביחס ה-FIFO הוא החיפוש הקבוע אחר תחליפי קמח דגים, כגון אצות, חיידקים, שמרים וחרקים. בין אלה, לקמח חרקים יש את הפוטנציאל רב להחליף קמח דגים כמקור בר קיימא לחלבון ושומן, מה גם שלרוות החרקים יכולות לשגשג כמעט על כל סוגי הפסולת האורגנית. נכון להיום, 14 מיני חרקים נבדקו ונותחו כתחליפי קמח דגים פוטנציאליים במזון לדגים והוצע להכלילם במזון הדגים ברמה של 25-30%. בעבודה זו בחנו את האפשרות להחליף באופן מלא את מזון הדגים המסחרי הניתן לדגי אמנון, בדיאטות המכילות קמחים של תולעת הקמח ושל זבוב החיל השחור, בשילוב עם קמח טפיוקה וסובין חיטה שעבר התססה כתחליפים אפשריים. עבור הדיאטות שנבחנו, הושם הדגש על שימוש במספר הקטן ביותר האפשרי של מרכיבים (שניים בלבד), האפשרות לגדל את המרכיבים in house ובמידה ונחוץ לרכוש אותם, הם זמינים ביותר בשוק, גם בארצות מתפתחות, ובמחיר זול ביותר. הדגים, בגודל של 100-200 גרם, גודלו למשך 60-80 יום במערכות גידול פתוחות וחושב עבורם קצב העליה היומית במשקל, הגידול הספציפי (SGR) (ומקדם היפוך המזון FCR)) עבור כל תקופת הגידול. כמו כן נעשו אנליזה להרכב הדיאטות השונות ומעקב אחר בריאות הדגים. נמצא שעבור חלק מהדיאטות ניתן היה להחליף באופן מלא את המזון המסחרי מבלי להתפשר על קצב הגידול. אנו ממשיכים במחקר על מנת להעלות את מספר הדיאטות באמצעותן ניתן יהיה להחליף את המזון המסחרי.

למרות שהמחקר מתוכנן להיות מיושם בקניה, כמודל למדינות מתפתחות, הוא רלוונטי לתעשייה כולה, גם בישראל. מצאנו, וגם אחרים, שלא רק שהמזון האלטרנטיבי יותר בר קיימא, הוא גם יותר זול ובכוונתנו ליצור מצב, שכמו המזון לפרות, גם את המזון הניתן לדגים יהיה אפשרי לייצר בסמוך לבריכות הדגים, על ידי המגדלים.

השפעות האדם על הסביבה הימית

ההשפעות האקולוגיות של דיג מכמורת בעולם ובישראל

אלון רוטשילד¹

1. החברה להגנת הטבע

alon@spni.org.il

סביבה ימית בריאה מעניקה לתושבי ישראל תועלות רבות. אולם, דיג מכמורת הוא מהסיכונים הגדולים לבריאות הסביבה הימית בישראל. מכמורת היא שיטת דיג המבוצעת מספינה הגוררת רשת על גבי הקרקעית במשך מספר שעות, ולוכדת בעלי חיים הנקרים בדרכה ללא אבחנה. חלק מציד המכמורת, כמו "דלתות" הרשת וכבלי הקרקעית, נגרר פיזית על גבי קרקעית הים וחורץ אותה כמו מחרשה. ברמה הגלובלית, הסעת החלקיקים הנגרמת מדיג מכמורת זהה בהיקפה לכמות הסדימנט הגלובלית המוסעת לים מנהרות. באזור מדף היבשת האיברי נמצא כי דיג המכמורת גורם להרחפת סדימנט גדולה פי 6 מהסעת החלקיקים הנגרמת באופן טבעי מזרמי הים! היקף עצום זה של הרחפת חלקיקי המצע הרך על ידי דיג מכמורת גורם לדלדול המצע הרך במדף היבשת. ביצעו סקירת ספרות נרחבת של כ-70 מקורות מדעיים. מהסקירה עולה כי דיג המכמורת דורג כבעל ההשפעה ההרסנית ביותר על הסביבה הימית. הוא פוגע בתשתית בית הגידול של קרקעית הים, גורם לסחף קרקע ולהרחפת סדימנט, ופוגע במגוון רחב של בעלי חיים, אלמוגים רכים, רכיכות, סרטנים, תולעים, קווצי עור (לדוגמה כוכבי ים וקיפודי ים), דגי סחוס וצבי ים. עד 80% משלל המכמורת הוא "שלל לוואי" של דגיגים צעירים, מינים לא מסחריים ומינים מוגנים – המושלכים מתים בחזרה לים. לאחרונה אף הוערך כי לדיג המכמורת השפעה אקלימית שלילית משמעותית. המכמורת מספקת כ-1% בלבד מצריכת הדגה בישראל, ומעסיקה פחות מ-10% מהדייגים המסחריים בישראל. לצד תרומתה הזניחה למשק, פגיעתה בהתחדשות הדגה ובשאר הדייגים בישראל היא אדירה, והוערך שנזקה הכלכלי הוא כ-860 מיליון ש"ח. דיג המכמורת אף מהווה איום בטיחותי וסביבתי על תשתיות ימיות, לרבות סיכון של פגיעה בצנרת גז וקונדנסט. למרות הגבלות שהוטלו על דיג המכמורת במסגרת תקנות הדיג, ממשיך דיג המכמורת להוות מכשול בפני הפיכת ענף הדיג הישראלי לבר קיימא, ומהווה איום מתמיד על הסביבה הימית.

במסגרת תכנון המרחב הימי והחזון לצמיחה כחולה, דיג המכמורת נותר שריד ארכאי מהעבר, שיטה לא יעילה, הצורכת שטח עצום, ומפרנסת רק קומץ דייגים הדגים בקונפליקט עם שאר הדייגים והמשתמשים האחרים במרחב הימי. מסמך המדיניות למרחב הימי שפורסם בשנת 2020, המליץ "להמשיך ולצמצם את דיג המכמורת עד להפסקתו, באמצעות תיקון התקנות. במקביל, יש לשקול מתווה פיצויים מתאים לדייגי המכמורת". כעולה מהסקירה, השבתת דיג המכמורת, תוך מתן פיצוי הולם לדייגים, היא החלופה הריאלית והנכונה ביותר. לחלופה זו תועלות עצומות למשק, לענף הדיג ולסביבה הימית, אל מול עלויות צנועות בהיקף של עשרות מיליוני ש"ח בלבד. הפסקת דיג המכמורת תאפשר לענף הדיג בים התיכון להתבסס על דיג מסחרי חופי, שגשוג לאלפי

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



הדו"גים הספורטיביים, ותבטיח סביבה ימית בריאה שבה מתפתחת גם תיירות ופעילות פנאי ימית, כחלק מהצמיחה הכחולה.

מדע אזרחי לניטור שמורות ימיות

בעז מיזל¹, שרה אוחיון², גליה פסטרנק³

1. ההתאחדות הישראלית לצלילה
2. אוניברסיטת תל אביב
3. אוניברסיטת חיפה

boaz@diving.org.il

רקע: "משמר הים" הינה מסגרת התנדבותית של ההתאחדות הישראלית לצלילה ובמסגרתה מבצעים צוללים ספורטיביים פעילות מדע אזרחי ושמירת טבע ימית. הצוללים המתנדבים עוברים הכשרה ייעודית הכוללת היכרות עם ערכי טבע ומפגעים בים התיכון, שיפור מיומנויות צלילה ושיטות במחקר ימי. במסגרת שיתוף פעולה מחקרי עם אוניברסיטת תל אביב, נבחן שילוב מדע אזרחי ימי בניטור שמורות טבע ימיות. מטרת המחקר: בחינת שיטות מדע אזרחי לניטור שוניות סלעיות רדודות בשמורות ימיות בים התיכון. שיטות: בשנים 2020-2024 ביצעו הצוללים סקרי דגים ויזואליים תת-ימיים בשוניות סלעיות בשמורת ים ראש הנקרה ובשמורות הטבע המוצעות בים פולג, גבעת עליה וים אבטח באשקלון. למחקר פותח פרוטוקול סקר ייעודי אשר כלל רשימה סגורה של מיני דגים בהם יש עניין לחוקרים. למתנדבים נבנה דף רישום נתונים ייעודי, בו מופיעים איורי מיני הדגים וקטגוריות גודל מובנות. סקרי הדגים בוצעו באותן עונות ובאותו גודל חתך בהם נערכים סקרים מדעיים של רשות הטבע והגנים בשמורות הימיות ("ביובליץ"). בכל סקר בוצעו מספר חתכי סקר עצמאיים על ידי זוגות של צוללים מתנדבים. אימות הנתונים התבצע על ידי השוואה לחתכים שבוצעו על ידי סוקר מדעי במקביל לסוקרים המתנדבים. תוצאות: השוואה לתוצאות סקרי ה"ביובליץ" מראה כי ממוצע עושר המינים, הביומסה הכללית, מספר הדקרים לחתך ורשימת המינים הנפוצים בסקרי המדע האזרחי דומים לאלה המתקבלים בסקרים המדעיים. השונות בין תוצאות המתנדבים גבוהה יותר מאשר בסקרים המדעיים ומדגימה פערים ביכולת הזיהוי והתיעוד הכמותי בין צוללים שונים. מתנדבים מנוסים ומיומנים הציגו תוצאות דומות יותר לסוקר המדעי לעומת מתנדבים חדשים. דיון ומסקנות: על אף השונות בתוצאות סקרי הדגים בין הסוקרים המתנדבים, הערכים הממוצעים של מדדים שונים המשקפים את מצב חברת הדגים דומים לסקרים מדעיים רשמיים. חוסר האחידות במיומנות ובידע מפוצה על ידי ביצוע מספר גדול של חתכים בכל אתר. פרוטוקול הסקר והדף שפותחו במיוחד, הוכחו כיעילים באיסוף נתונים על ידי צוללים מתנדבים. למדע אזרחי פוטנציאל להשלמת פערי ידע על מצב חברת הדגים באתרים ועונות שאינם נכללים כיום בתוכניות ניטור רשמיות.

מחקר זה מתאר לראשונה בישראל שימוש במדע אזרחי לניטור תת ימי של שמורות טבע ימיות. השימוש במדע אזרחי בצורה מושכלת, כפי שמתואר בעבודה זו, יכול להוות מכפיל כח למחקרים המדעיים ותכניות הניטור למצב שמורות הטבע הימיות. כמו כן, השימוש במתנדבים מגביר את מעורבות הציבור בשמירת הטבע וכך מגדיל את הזיקה של הקהל הרחב לערכי הטבע בסביבה הימית בישראל.

השכלות של אירועי זיהום על המערכת האקולוגית הימית

גדעון גל¹, איל אופיר¹, טושיט איסלם², אלה להב¹, יואב פלד¹, פלג אסטרון¹, רויטל בוקמן³

1. חקר ימים ואגמים
2. מרכז PEAS
3. אוניברסיטת חיפה

gal@ocean.org.il

חיפוש, הפקה והובלה של דלקים פוסיליים בסביבה הימית טומנים בחובם סיכונים סביבתיים מובנים. אירועי זיהום עלולים לגרום לנזקים סביבתיים מידיים ולטווח הארוך. הפעילות המוגברת לאורך חופי ישראל מציבה סיכונים שיש להעריך. מטרתנו הייתה לפתח וליישם כלים להערכת וכימות הנזק האפשרי למערכת האקולוגית הימית הישראלית. כדי להעריך את השפעת הזיהום, נעשה שימוש במודל OpenOil בשילוב עם מודל Ecospace שפותח עבור מדף היבשת הישראלי. תרחישים גובשו על בסיס המסמך הסביבתי של רישיון כריש של חברת אנרג'יאן, תחת תנאי מזג אוויר שונים. מכיוון שזיהום קרקעית הים נשאר במערכת לתקופות ממושכות יותר בהשוואה לזיהום בעמודת המים, התמקדנו במינים החיים על, או בסמיכות, לקרקעית הרגישים במיוחד. אי-ודאות גדולה בתגובת הביטחון המקומית לריכוזים משתנים של מזהמים וברמות הזיהום מקשה על הערכה מדויקת של ההשפעות האפשריות. לכן, שילבנו כלים חדשניים להתמודדות עם אי-ודאות עמוקה במטרה לתת מענה לחוסר הוודאות. התוצאות מצביעות על כך שאוכלוסיות עמוקות מציגות נזק ממושך יותר וזמני התאוששות ארוכים יותר בהשוואה לאוכלוסיות רדודות, בשל ריכוזי מזהמים גבוהים יותר. בנוסף, נמצא כי ברמות זיהום מתונות יחסית, תקופת ההתאוששות הנדרשת להגיע ל-50% מהביימוסה הראשונית עלולה להימשך מספר שנים. יחד עם זה, ישנם מינים שהפגיעה בהם מיזערית. לאור פעילות הדלקים הפוסיליים הנוכחית והמתוכננת ברחבי העולם, הכלים שפותחו במחקר יכולים לסייע בהערכת ההשפעות האפשריות של מגוון רחב של אירועי זיהום על המערכת האקולוגית הימית.

הכלים שפותחו במחקר מאפשרים לבחון את ההשלכות של אירועי זיהום על המערכת האקולוגית הימית של ישראל. הכלים יכולים לספק לקובעי המדיניות דרכים לבחינת תרחישי זיהום ופגיעה סביבתית אפשרית כתוצאה של חיפוש, הפקה ושינוע של דלקים פוסיליים במרחב הימי הישראלי. בנוסף, ניתן לחייב את חברות החיפוש וההפקה של הדלקים לערוך סקרים סביבתיים הכוללים כלים כגון אלו שפותחו במחקר, על מנת להעריך את המצבים שבהם יגרמו נזקים משמעותיים למערכת האקולוגית הימית.

מקורות פסולת הפלסטיק הימית בחופי ישראל

גליה פסטרנק¹

1. אוניברסיטת חיפה

galia_ps@hotmail.com

הפסולת הימית, ובעיקר הפלסטיק, הפכה לבעיה סביבתית המאימת על מערכות אקולוגיות ימיות וחופיות, בעלת השפעה שלילית על הכלכלה והבריאות. במחקר שהתקיים בין נובמבר 2020 לפברואר 2023, עבור לשכת המדענית המשרד להגנת הסביבה, נערך ניטור של הפסולת הימית בכל אחת מהרשויות המקומיות לאורך חופי הים התיכון ומפרץ אילת, בחוף שנבחר על פי קריטריונים בינלאומיים בתיאום עם המשרד להגנת הסביבה והרשויות המקומיות. זיהוי מקורות הפסולת התבסס על איסוף נתונים של הפסולת בחופי הים, כולל הרכב, שימוש מיקום בחוף ותויות, של מבנה החוף ושל תנאי הים ומזג האוויר, וביצוע ניתוח אינטגרלי של כל הנתונים לרבות השוואה בין חופים ועונות, ולתוצאות מחקרים קודמים. חופי הים התיכון נמצאו נקיים יותר מבעבר וניכר כי מרבית חופי הארץ מנוקים בתדירות גבוהה. ניקוי החופים הקשה על איסוף מספיק נתונים, והשאיר בחופים בעיקר פריטי פסולת קטנים, ולכן ייתכן שיצר הטייה של התוצאות. פסולת ממקור ימי (כולל מדינות שכנות) מהווה 16% מכלל הפסולת בחופים וניכרה ירידה קלה בכמות הפסולת ממקור ימי כשעולים מדרום הארץ צפונה. לפי מראה הפסולת בחוף, מקור הפסולת היבשתית הוא בעיקר נופשים בחוף, עם תרומה מסוימת של פסולת מנחלים או נקזים לאחר ארועי גשם. פלסטיק היווה 84% מהפסולת בחופי הים התיכון, לעומת 90% בעבר, ובאילת הפלסטיק היווה 83% מהפסולת. בדלי הסיגריות, שהיו פריט הפסולת הנפוץ ביותר (24% מכלל הפסולת בים התיכון ו-55% מכלל הפסולת באילת), היוו סמן לריבוי נופשים – יותר בדלים יותר נופשים, וגם ליעילות הניקוי – ככל שהחוף נוקה יותר, כמות הבדלים עלתה ביחס לפריטי הפסולת האחרים. עם זאת, כ-20% מבדלי הסיגריות שנמצאו במחקר זה, הגיעו מנקזי מי גשם. כלים חד פעמיים היוו כרבע מהפסולת בחוף, מתוכם למעלה מחצי היו כוסות וקשיות שתייה. היתה ירידה משמעותית בכמות הבקבוקים בחופים, ביחס למחקרים שנערכו בשנים הקודמות בזכות ניקוי טוב יותר, או בזכות הרחבת חוק הפקדון באותה תקופה. סיכום המחקר כלל פרט להמלצות כלליות, גם סיכום פרטני לכל רשות, הכולל את מקורות הפסולת ואזור הצטברות הפסולת והמלצות לטיפול.

איתור מקורות פסולת הפלסטיק בחופי הים התיכון ומפרץ אילת בחלוקה לרשויות, נועד להצביע על מקורות הפסולת העיקריים, ובכך לסייע לרשויות המקומיות לנהל נכון את הפסולת בחופיהן ולצמצם את הגעתה לחוף ולים, ולתכנית "חוף נקי" של המשרד להגנת הסביבה לחלק את התקציב המיועד לניקוי החופים בצורה מושכלת יותר. המחקר הצביע על הצורך בהסברה ו/או אכיפה למניעת השלכת פסולת בחופים, ובאמצעים הנדסים למניעת הגעת פסולת לנקזים העירוניים, ומהם לנחלים ולים.

מצבם העגום של צבי הים בישראל

יעל סגל¹, שיר ששון², יניב לוי²

1. חקר ימים ואגמים
2. רשות הטבע והגנים

yael_segal@ocean.co.il

פסולת ימית נפוצה בכל חלקי הסביבה הימית, משפיעה רבות עליה ועל החיים בה, ומהווה מקור לדאגה עולמית. צבי ים, הנפוצים בכל העולם, משתמשים בבתי גידול מרובים במהלך מחזור חייהם, חשופים למגוון רחב של מפגעים וכמות גבוהה של פסולת. במסגרת הניטור הלאומי של ישראל בוצעה נתיחה לאחר המוות עבור צבי ים ירוקים וצבי ים חומים (שנבחרו כמין המייצג באיחוד האירופי), לבדיקת תכולת פסולת במערכת העיכול. העבודה נעשתה בשיתוף פעולה בין המרכז להצלת צבים של רט"ג ומחלקת כימיה ימית בחקר ימים ואגמים חיפה. הפסולת אופיינה על פי פרקציות למיקרו (5000-1000 מיקרון), מזו (5000-25000 מיקרון) ומאקרו (>25000 מיקרון) ואובחנה באזורים השונים של מערכת העיכול (ושט, קיבה ומעי). אפיון המיקרו והמזו פלסטיק בוצע על פי צבע, שקיפות וצורה בעוד המאקרו פסולת אופיינה להרכב ומוצר, בהתאם לפרוטוקולים מקובלים. בנוסף, עבור 11 צבים ירוקים ו-19 צבים חומים נמדדו מתכות כבדות (אבץ, ארסן, ברזל, כספית, מנגן, נחושת, עופרת וקדמיום) ברקמת השריר. המתכות נמדדו במעבדה מוסמכת בחקר ימים ואגמים חיפה.

במרבית הצבים (מעל ל-70%) נמצאה פסולת במערכת העיכול. באחד מצבי הים הירוקים נמצאו 12,515 פרטי פסולת בקיבה ובצב חום יחיד 599. ריכוז הפסולת היה גבוה משמעותית בצבים הצעירים בהשוואה לבוגרים, זאת ככל הנראה כתוצאה מאזורי המחיה השונים. מרבית הפסולת שנמצאה היא חתיכות שקיות ועטיפות. סיבים ובניהם חוטי דייג נמצאו באופן נרחב אף הם במערכות העיכול. נראה כי הפסולת גרמה באופן ישיר למותו של לפחות אחד מצבי הים, בשל סתימת מערכת העיכול והרעבה. בצב החום נמצאו ריכוזי כספית וארסן מעל 1 חל"מ (1.9 חל"מ ו-1.1 חל"מ בחומר יבש בכספית וארסן בהתאמה). קדמיום מעל 1 חל"מ התקבל בשני מיני הצבים.

התוצאות מראות כי מצב צבי הים בישראל דורש טיפול משמעותי. ההמלצות שלנו הן הגברת הפיקוח והאכיפה הימית והחופית, בין השאר בעזרת שיתופי פעולה בינ"ל. הגבלת דייג ופעילות ימית באזורי פעילות הצבים בהתאם לעונות ושיפור כלי הדייג. וכמובן לקדם יוזמות להפחתת ייצור פסולת פלסטיק במקור.

הצבים מהווים אינדיקטור למצב הים בכלל ובאזורנו בפרט. נוכחות הפסולת במערכות העיכול של הצבים וריכוזי המתכות הגבוהים מעידים על מצד ים ירוד, הדורש טיפול והתייחסות. הנושא צריך להיות מטופל הן ברמה המקומית בחקיקה, באכיפה ובטיפול והן וביצירת קשרי חברות, עבודה ושיתוף פעולה עם שכנו לטובת טיפול אזורי משותף ויעיל בבעיה.

השפעות זיהום גז-קונדנסט והתחממות על ברכידונסט פאראוניס, מין מודל לזיהום ימי

נגה פרסמן^{1,2}, פלג אסטרן², תמר גיא חיים^{2,3}

1. אוניברסיטת חיפה
2. חקר ימים ואגמים
3. אוניברסיטת בן-גוריון

nogalita.p@gmail.com

התחממות האוקיינוסים וזיהום נפט נחשבים לשני גורמי סיכון סביבתיים המעוררים דאגה משמעותית לעתידם של המערכות האקולוגיות הימיות. מספר מחקרים הראו השפעות סינגרטי שלם, המהוות איום חמור על הסביבה הימית. צדפות ממלאות תפקיד קריטי ברשתות המזון הימיות כצרכנים ראשיים וכטרף למגוון רחב של אורגניזמים. כמסננים, הן צורכות פלנקטון וחלקיקים אורגניים תלויים במים, והופכות אותם לביומסה הזמינה לרמות טרופיות גבוהות יותר. מינים רבים, כגון דגים, סרטנים וציפורי ים, תלויים בצדפות כמקור מזון מרכזי. בנוסף לתפקידן במחזור החומרים המזינים, צדפות תורמות ליציבות המערכות האקולוגיות הימיות.

לבדוק את השפעת הזיהום הכרוני של גז קונדנסט, ההתחממות, וכן את ההשפעה המשולבת שלהם על שרידות ותפקוד של ברכידונסט פאראוניס מול ים התיכוני נפוץ.

הצדפות נחשפו לחמישה ריכוזים של גז קונדנסט בשתי טמפרטורות: טמפרטורה אמביאנטית (ממוצע 21.4 מעלות צלזיוס) ובחימום של שלוש מעלות (ממוצע 24.5 מעלות צלזיוס). הניסוי נמשך 77 ימים. נבדקו תמותה, קצת סינון, קצב נשימה, שנויים במבנה הרקמה והתאים ע"י היסטולוגיה וכן ביואקומולציה של PAHs ברקמות הצדפות.

התמותה הייתה זניחה בשני הטיפולים, מה שאישר כי הריכוזים שנבחרו היו תת-לטאליים. שיעור הסינון ירד עם העלייה בריכוזי הקונדנסט בשני הטיפולים, אך היה נמוך יותר בטיפול החימום בכל הריכוזים בהשוואה לטמפרטורה האמביאנטית. קצב הנשימה ירד בצורה מובהקת עם העלייה בטמפרטורה. האינטראקציה בין הטמפרטורה והקונדנסט היתה מובהקת גם היא. נצפו עיוותים ושינויים היסטולוגיים בתאי המין של הברכידונסט, עם שינויים חמורים יותר בריכוזים הגבוהים. בטיפול ההתחממות נצפו השינויים החמורים ביותר. ריכוזי PAHs שהופקו מרקמות הצדפות עלה בהתאם לעלייה בריכוזי הקונדנסט בטמפרטורה האמביאנטית. בטיפול החימום לעומת זאת, נצפתה עלייה בריכוזי PAHs בצדפות בריכוזים הנמוכים של הקונדנסט ולאחר מכן ירידה בריכוזם ברקמה, מה שעשוי להיות מוסבר בירידה בשיעור הסינון של הצדפות בחשיפה לריכוזים הגבוהים של הקונדנסט.

הצדפות הראו עמידות גבוהה גם להתחממות וגם לחשיפה לקונדנסט, בהתאם למחקרים קודמים שהדגימו את עמידותם לגורמי לחץ סביבתיים מגוונים. עמידות זו עשויה להוות מסלול לביואקומולציה של PAHs לאורך רשת המזון.

מחקרים רבים בעולם בחנו את השפעות זיהום נפט גולמי והתחממות על הסביבה הימית. לעומת זאת, למרות התרחבות בשימוש בגז טבעי, בהפקה ובשינוע שלו ברחבי העולם בכלל ובים תיכון בפרט, רק מספר קטן של מחקרים עסק בהשפעות של גז קונדנסט (תוצר לוואי פחמימני של הפקת גז טבעי) על הסביבה הימית, בפרט בים תיכון ואף לא אחד מהם בדק את ההשפעות המשולבות

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



של התחממות וזיהום של גז קונדנסט. תוצאות המחקר יספקו מידע חיוני לקובעי המדיניות ומנהלי משאבי טבע וסביבה, ויאפשרו פיתוח כלים לתמיכה בניהול ופיתוח בר קיימא של משאבים ימיים והמרחב הימי בישראל.

התנהגות בעלי חיים

מחוץ לשדה הראייה: מנגנוני התעופה של מעופפים זעירים

אמיר שריג¹, גל ריבק¹

1. אוניברסיטת תל אביב

amirs21@gmail.com

מזעור קיצוני של הגוף תוך כדי שימור יכולת התעופה התפתח במהלך האבולוציה של חרקים מספר פעמים באופן בלתי תלוי. היכולת לעוף באמצעות כנפיים זעירות, באורך 1 מ"מ או פחות, מהווה חידה לא פתורה שכן בסדרי גודל אלו (המאופיינים במספרי ריינולדס נמוכים, $Re < 100$) ספק אם ניתן להסביר את תעופת החרקים הזעירים באמצעות המנגנונים האווירודינמיים המאופיינים חרקים גדולים יותר, ובעבר אף היו שטענו שחרקים אלו אינם עפים אקטיבית אלא רק מאטים את שקיעתם תוך כדי היסחפות ברוח. הידע המועט בספרות מתמקד במינים זעירים ספורים, ובתעופת ריחוף, בה החרק מייצר כוחות התומכים במשקל הגוף באוויר אך ללא התקדמות במרחב. מחקר זה התמקד בתעופה חופשית בה החרק נע במרחב. תיעדתי חרקים זעירים מארבעה סדרות טקסונומיות ובחנתי את יכולתם להתמודד עם רוח, זאת באמצעות שימוש במנהרות רוח אופקית ואנכית. תיעדתי גם את תנועות נפנוף הכנפיים של צרעות טפיליות וכנימות זעירות באמצעות וידאו מהיר. מצאתי שנפנוף הכנפיים מתבצע במסלול א-סימטרי דמוי סהר בדומה למיני חרקים זעירים אחרים, ובניגוד לנפנוף מישורי האופייני לחרקים גדולים יותר. לתנועת כנף כזו מאפיינים של שימוש בגרר ככוח האווירודינמי המשמעותי לצורך הנעת הגוף. במהירויות התעופה המקסימליות, מצאתי מתאם שלילי בין מהירות התעופה האופקית לאנכית, כמו גם בין מהירות התעופה הכללית לזווית הנסיקה. מתאמים אלו העידו שמהירויות התעופה המקסימליות מייצגות את גבולות ביצועי התעופה של חרקים אלו. במחקר השוואתי מצאתי שמהירות התעופה של החרקים הזעירים עולה על הציפיות ביחס לגודלם, ויכולת התמרון שלהם גוברת על זו של חרקים ובע"ח אחרים גדולים יותר. בנוסף, החרקים הראו העדפה לעוף כנגד הרוח, לפעמים גם כשהרוח גברה על מהירות תעופתם, כך שההתקדמות במרחב הייתה נגד כיוון התעופה. לסיכום, המחקר הנוכחי מרחיב את הידע על תעופה בחרקים למינים שעד כה נשארו מחוץ לשדה הראייה המדעי. הממצאים מראים כי חרקים זעירים אינם "פלנקטון אווירי" הנתון לחסדי הרוח אלא מעופפים אקטיביים נמרצים המנצלים את התנגדות האוויר הרבה על כנפיהם לצורך הנעת הגוף במשטר זרימה שבו תעופה מבוססת עלילי אינה יעילה.

קבוצת המעופפים הזעירים כוללת מגוון מינים רב, אך לא זוכה להתייחסות רבה בתכנון הסביבתי. ניתן להשתמש בממצאי המחקר על-מנת להתאים את מדיניות שימור השטחים הפתוחים כך שתתן מענה למאפייני התנועה של חרקים אלו ותאפשר להם לנוע ברחבי בתי הגידול ובין שטחים מקוטעים. למשל, התייחסות למשטר הרוחות ושילוב מגננים בפני הרוח בשלבי תכנון השטח. בתחומי הביומכניקה המחקר מאשש ומרחיב על מנגנוני הנעת הגוף במשטר זרימה שבו תעופה מבוססת עלילי אינה יעילה.

חשיבות תת קרקע בהגנה על בתי גידול וחיזוי השפעת שינויי אקלים – זוחלים כמקרה בוחן

* לירן שגיא¹, עמוס בוסקילה¹

1. אוניברסיטת בן גוריון

liransag@post.bgu.ac.il

בעלי חיים רבים משתמשים בתת הקרקע במהלך חייהם. השימושים בתת הקרקע מגוונים – הגנה מטורפים, והימנעות מתנאים קיצוניים, ייצוב תנאי אקלים, רבייה והדגרה. בעלי החיים השונים בוחרים את המקום בו הם נכנסים מתחת לקרקע, את הזמן, העומק, על בסיס סיגנלים שונים. פעמים רבות בתי גידול שנראים מתאימים מעל פני הקרקע, לא יתאימו מתחת לקרקע, ושיקול זה לרוב לא נלקח בחשבון. זוחלים משתמשים רבות בתת הקרקע לויסות טמפרטורה ורבייה, בעומקים של סנטימטרים בודדים עד מספר מטרים. פרטים בוגרים יכולים להתאים את המיקום בו הם נמצאים בהתאם לאקלים המשתנה ולבחון את ההחלטות שלהם מספר פעמים. לעומתם כאשר נקבות בוחרות מקום להטיל, להחלטה שגויה עלול להיות מחיר כבד של תמותת התטולה. בזוחלים לרוב אין טיפול הורי לאחר ההטלה ולכן בחירת מקום ההטלה צריכה להבטיח תנאים טובים למספר חודשים עם התאמה לאקלים משתנה. משתנים רבים משפיעים על התנאים בתת הקרקע: סוג הקרקע ועומקה, פיזור משקעים, כמות צומח ועוד. תנאים אלו לא משתנים בצורה אחידה עם התנאים מעל הקרקע. למרות החשיבות הרבה של תת הקרקע אנו יודעים מעט מאוד על העומקים בהם זוחלים מטילים את הביצים, ולא יודעים כיצד הם בוחרים מקומות אלו. בהקשר הזה, זיקיות סיני שונות: בשנים האחרונות איתרנו מחילות הטלה רבות וחקרנו את תהליך קבלת ההחלטות של הנקבה סביב עונת ההטלה. מצאנו שמחילות הזיקיות הן בקרקע חולית, ובעומק מטר, כך שבתי גידול עם חול רדוד יותר לא מתאימים לקיום המין. הזיקיות מתבססות על טמפרטורה ועל כמות המים על מנת לקבל החלטות לאורך החפירה, ושינויים באלו עלולים להוביל את הנקבות לקבל החלטות שגויות ולהטיל את הביצים במקום שלא יאפשר להם להתפתח בהצלחה. עובדה זאת תואמת את תפוצת הזיקיות בחולות מערב הנגב ואת העדרן באזורים בהם החול רדוד. כאשר אנו בוחרים בתי גידול להגנה עלינו לזכור את חשיבות תת הקרקע ולקחת בחשבון את הדרישות של בעלי החיים השונים, כך לדוגמה, אזורים עם חול שאינו עמוק לא יתאימו ככל הנראה לזוחלים מדבריים עם הדגרה ארוכה.

הטווח התת קרקעי לא בא מספיק לידי ביטוי בבחירת בתי גידול להגנה, למרות חשיבותו הרבה לבעלי חיים רבים. מחקר זה שם דגש על תת הקרקע, מדגים את חשיבותו ומציג מקרה בוחן ייחודי. זוחלים תלויים רבות בתת הקרקע, לתהליכי ויסות חום ורבייה, וידוע מעט מאוד על הדרישות שלהן וכיצד הם מקבלים החלטות. על ידי הבנת מנגנונים אלו, נוכל לבצע שמירת טבע יעילה יותר אשר מותאמת לצרכי בעלי החיים ולהתנהגותם.

עופות בתנועה: השפעת טביעת הרגל האקולוגית על מרחקי תעופה ואינדיקטורים בתנועה

* טובליה סלומון¹, אור שפיגל¹

מוסד: ¹אוניברסיטת תל אביב

איש קשר: tovale.solomon@gmail.com

הפעילות האנושית שינתה חלקים נרחבים מהקרקע ברחבי העולם באמצעות הפרעות שונות, כולל חקלאות, עיר וזיהום. הפרעות נרחבות אלו ושינויים בבתי הגידול הם גורמים מרכזיים לאובדן מגוון ביולוגי ולשיבוש תפקוד מערכות אקולוגיות. לעומת זאת, ההשפעות על המגוון הפנוטיפי (תוך מיני) נותרו ברובן בלתי ידועות. למרות שמינים ואוכלוסיות מפגינים, לעיתים קרובות, הבדלים משמעותיים במגוון הפנוטיפי, לא ברור אם מגוון זה משקף גורמים אקולוגיים מרכזיים כלשהם, או באיזו מידה הוא מושפע משינויים אנתרופוגניים. מחקרים הראו כי פעילות אנושית, ובעיקר פרגמנטציה והפרעות, מפחיתה את התנועה ביונקים יבשתיים, אך ההשפעה על עופות אינה ברורה עם תוצאות מעורבות ממחקרים המוגבלים לאזורים מצומצמים ולמינים ספציפיים. כדי לבחון את השפעות עקבות האדם על דפוסי תנועה יומיומיים ועל השונות התוך-מינית בתנועת עופות, ריכזנו מאגר נתונים השוואתי עולמי של מסלולים של 1,132 פרטים מ-33 מינים. חישבנו את החשיפה של הפרטים לגורמי לחץ אנתרופוגניים (Human footprint Index; HFI). בנוסף, תיארנו את תנועתם באמצעות חישוב המרחקים היומיים הכוללים והמרחקים היומיים המקסימליים עבור כל פרט. בנוסף, חישבנו את החזרתיות (Repeatability) עבור מדדי התנועה ושילבנו מודלים ליניאריים מעורבים מוכללים (Generalized Linear Mixed-Effects Models) כדי לזהות את הגורמים המשפיעים על התנועה ועל השונות התוך מינית בתנועה. מצאנו כי תנועת העופות מופחתת באופן משמעותי באזורים עם HFI גבוה. נראה כי דפוס זה נובע בעיקר מתחלופת מינים, כאשר מינים נידים יותר מיוצגים פחות באזורים עם HFI גבוה. שנית, תוצאות המחקר שלנו מראות כי החזרתיות של התנועה גבוהה יותר באזורים עם HFI גבוה. חזרתיות מוגברת זו משקפת שונות תוך-מינית גבוהה יותר בממוצע התנועה וכן עקביות גבוהה יותר בתנועה של הפרטים באזורים אלו. הממצאים שלנו מספקים תובנות חשובות על האופן שבו פעילות אנושית מעצבת את תנועת העופות. על ידי קישור בין אקולוגיה של תנועה ושמירת טבע, מחקר זה מספק בסיס להבנת האינטראקציות המורכבות בין פעילות אנושית לתנועת חיות הבר, אשר בסופו של דבר עשויות להשפיע על בריאות המערכת האקולוגית, לשפר שירותים אקולוגיים ולתרום לרווחת האדם.

המחקר מספק הבנה כיצד פעילות אנושית משפיעה על תנועת עופות והתנהגותם, ואת הצורך בזיהוי אזורים בהם יש להגביל הפרעות אנושיות כדי לשמר תפקוד אקולוגי תקין. המחקר מדגיש את הצורך בבדיקה של המצב התוך מיני כהבנה של מצב מערכת אקולוגית, בנוסף למגוון המינים במערכת. בישראל, ממצאי המחקר יכולים לתמוך בתכנון מדיניות לצמצום השפעות של פיתוח אורבני ותשתיות על חיות הבר, וכן לשמש בסיס למעקב אחר שינויים בהתנהגות מינים באזורים מושפעים.

לכודים בין החושך לחום: התאמות התנהגותיות של הזנבן המדברי נוכח שינויי האקלים בערבה

עודד קיני¹, יצחק בן מוחא²

1. מו"פ מדבר וים המלח

2. University of Konstanz

oded@adssc.org

במחקר זה השתמשנו במאגר נתונים ארוך-טווח שנאסף במחקר רב-שנתי על זנבנים בשמורת שיזף בערבה, ובתצפיות ייעודיות בשטח. הנתונים מאפשרים לבחון את דפוסי הפעילות של הזנבן הערבי (*Argya squamiceps*), ציפור שיר חברתית מדברית, כמודל לבחינת השפעת שינויי האקלים על מינים יומיים במדבר. הממצאים מראים כי הזנבנים מתחילים את יומם בתוך חלון זמן של 45 דקות סביב אור ראשון. ככל שהטמפרטורה עולה, הם מקדימים את תחילת הפעילות אך לא לפני עלות השחר. דפוס זה מדגיש את האיזון העדין בין הימנעות מסכנת טריפה בחשיכה לניצול שעות הבוקר הקרירות לצמצום השקעת אנרגיה על קירור הגוף. הנתונים האקלימיים מראים כי בשלושת העשורים האחרונים הקיצים בערבה הפכו חמים וארוכים יותר, מה שהוביל לקיצור פרקי הזמן הנוחים לפעילות. מחקרים קודמים הראו כי מעל לטמפרטורה של 27 מעלות צלסיוס, הזנבנים מתחילים להשקיע אנרגיה בקירור הגוף. העלייה בטמפרטורות צמצמה את משך הזמן שבין ההתעוררות לתחילת ההשקעה באנרגיה לקירור, מה שעלול לפגוע ביעילות שיחור המזון. מסקנות המחקר מצביעות על כך ששינויי האקלים מפעילים לחץ גובר על התאמות ההתנהגות של מינים יומיים מדבריים, כמו הזנבן. אף על פי שהזנבנים פיתחו התאמות ייחודיות לתנאי המדבר, צמצום פרקי הזמן לפעילות עלול לערער את יכולתם להסתגל ולשגשג בטווח הארוך.

המחקר מצביע על דפוס שחשוב לשים לב אליו: שינויי האקלים עלולים לפגוע ביכולת ההסתגלות של מינים מקומיים לתנאים, במיוחד במדבר הצחיח בערבה. הבנת התהליכים הללו יכולה לעזור למדיניות סביבתית שמתמקדת בשימור מערכות אקולוגיות מדבריות ובהתמודדות עם השפעות שינויי האקלים.

מחקר דגמי תנועה ואומדן גודל אוכלוסייה של התן הזהוב בעמקים חרוד והמעיינות ככלים לשיפור ממשק הכלבת

* יהודה סמואל¹, יהונתן תיכון¹, אורי ויינגרטן², רועי לפיד³, רוני קינג⁴, תומר ניסימאן⁴, עופר שטייניץ⁴, ארז בן יוסף⁴, אסף אוזן¹, אור שפיגל¹

1. אוניברסיטת תל אביב
2. אוניברסיטת אברסוולדה לפיתוח בר קיימא, גרמניה
3. האוניברסיטה העברית
4. רשות הטבע והגנים

yehudasam@gmail.com

מינים מתפרצים משפיעים על המערכת האקולוגית ועלולים לשמש כמעברי מחלות מידבקות עם פוטנציאל סכנה לחיות בר, חיות משק ולאדם. התן הזהוב (*Canis aureus*) הוא מין מלווה אדם המהווה בשנים האחרונות וקטור מרכזי של מחלת הכלבת בישראל, כתוצאה מהתפשטות ועלייה בגדלי האוכלוסיות. רשות הטבע והגנים והשירותים הווטרינריים שותפים במאמץ לבלימת הכלבת על ידי ממשק הכולל פיזור חיסונים אוראליים וכן דילול אוכלוסיות התנים בעזרת שיפור הסניטציה ובפגיעה ישירה. על מנת להתאים את פיזור הפיתיונות למספר התנים ולאופן השימוש שלהם בשטח, יש להבין את דפוסי התנועה, ובחירת בתי הגידול של התנים באזור.

מטרת המחקר הינה לאפיין את תנועת התנים בעמקים חרוד והמעיינות. ע"פ תצפיות רט"ג דרך אזור זה מהווה הכלבת חודרת מירדן ומהווה מוקד התפרצות מרכזי עם אירוע חסר תקדים באוכלוסיית התנים המקומית בחורף 2017-2018 והופעות חוזרות מאז. תצפיות ראשוניות מלמדות שעודף מזון אנתרופוגני מאפשר פעילות תנים ענפה ורבייה מוגברת. המחקר מתבסס על לכידה, סימון ומשדור תנים לצורך מעקב טלמטרי באמצעות מערכת ה-ATLAS הפרוסה בעמק ומאפשרת מיפוי התנועה ברזולוציה של 1Hz ובדיוק גבוה.

עד כה, לכדנו 59 תנים הנעים ברחבי העמק. התוצאות מראות כי גודל שטח המחיה הממוצע של התנים הינו 1.2 ± 16.8 קמ"ר (95%KDE), עם הבדלים משמעותיים בין העונות, כאשר השילוב של גיל וזוויג התן יחד עם העונה היה המובהק ביותר: זכרים צעירים בחורף הולכים משמעותית יותר. התנים השתמשו במגוון של בתי גידול, ללא העדפה מובהקת לבית גידול מסוים, אך פרטים רבים השתמשו בבריכות דגים ובשמורות טבע וכן בדרכי עפר. כמו כן, נראה כי התנים נמנעו מיישובים וייתכן שישנה הפרדה בין התנים בתוך יישובים אל מחוצה להם.

התוצאות מלמדות שעל מנת לשפר את ממשק החיסונים יש להתחשב בשונות פוטנציאל ההפצה בין העונות וכן לפזר במגוון בתי הגידול בעמק. כמו כן יש למצוא פתרון עבור הפרטים בתוך היישובים, שם לא מפזרים חיסונים, על מנת להגיע לאחוזי חיסון מקסימליים של האוכלוסייה. בנוסף, המחקר צפוי לאפיין לאמוד את גודל האוכלוסייה לצורך קביעת כמות החיסונים הנדרשת.

מחלת הכלבת מסכנת חיות בר, חיות משק ובני אדם. המחקר תורם ישירות לשיפור ממשק ההתמודדות עם המחלה (פיזור חיסונים ודילול תנים) בזכות הבנת דפוסי התנועה וההתנהגות של התנים, המתפקדים כווקטור המרכזי של המחלה. הבנה

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



מעמיקה של תנועת התנים באזור העמקים בהם הכלבת נפוצה ביותר תסייע בפיזור מיטבי יותר של החיסונים, בהבנת יעילות ממשק הדילול ובאופן כללי בהתמודדות עם מין זה אשר מתפרץ בכל הארץ.

מעקב אחר תנועה ככלי להערכת הצלחת השחרור של גוזלי בזים מצויים (*Falco tinnunculus*) לאחר טיפול ואקלום

עמנואל לוריא¹, איתן דולנר¹, רונה נדלר-ולנס²

1. המכללה האקדמית תל חי

2. קרן קיימת לישראל

emm.lourie@gmail.com

טיפול ואקלום של חיות בר בארץ ובעולם, מהווה פרקטיקת שימור טבע נפוצה מאד במטרה לטפל בבעלי חיים פצועים, חולים או יתומים ולהשיבם לטבע בבטחה. כדי להעריך את מידת "הצלחת" ההשבה, נדרש ניטור של התנהגותו הטבעית של הפרט המשוחרר. אך רכיב זה לרב חסר בפרוטוקולים של מרכזי אקלום בשל מגבלות טכניות ותקציביות, ובעיקרן שימוש בטכנולוגיות משדור בעלי חיים בסביבתם הטבעית. במחקר זה גוזלים יתומים של בזים מצויים שהגיעו לטיפול במרכז לאקלום חיות בר באגמון החולה ($n=10$), מושדרו בעזרת מערכת ATLAS למעקב ברזולוציה מרחבית ועיתית גבוהה (כל 4 שניות). בנוסף, מושדרו גוזלים מתיבות קינון בטבע כקבוצת ביקורת ($n=5$). מתוך נתונים אלה, חושבו 14 משתני תנועה המייצגים את יכולתם של הפרטים למצוא מזון, אתרי קינון ולחקור את השטח ביעילות. מניתוח הנתונים עלה כי עבור חלק ממשתני התנועה, ישנה שונות רבה בין פרטים המעידות על הבדלים "אישיותיים" בין הפרחונים ועל הבדלים פוטנציאליים ביכולת ההתאמה לסביבה המושבת. יתרה מכך, הבדלים מובהקים בין פרטים (למשל, בנטייה לחזור אל אתרים מוכרים) לא היו מוסברים על ידי שייכותם של הבזים לקבוצת המאוקלמת או לקבוצת הבר, אלא להבדלים ברמת הפרט שככל הנראה אינם נובעים מתהליך האקלום הספציפי, אשר כולל שחרור "רך", דגש על שחרור בגיל המתאים לפריחת הפרחונים בטבע, ובחינת מוכנות גופנית לפני השחרור. מחקר זה מהווה דוגמה לשימוש בנתוני תנועה מפורטים בכדי להעריך את הצלחתם של בעלי חיים מאוקלמים, כולל תהליך בחירת המשתנים הרלבנטיים ביותר, ומדגיש את החשיבות של התייחסות לשונות בין-פרטים בניתוחים התנהגותיים בכלל, ובעת הערכת הצלחת השבתם של פרטים מאוקלמים בפרט.

מחקר זה הינו ראשון מסוגו בכך שהוא עושה שימוש בנתוני תנועה מפורטים בכדי להעריך את מידת ההצלחה של ציפורים לאחר אקלום. זיהויים של הבדלים בין-פרטים בתנועה, הינו קריטי להערכת הצלחת האקלום ואינו זוכר להתייחסות הולמת בתחום אקלום חיות בר. מחקר זה מהווה בסיס למחקרים דומים והעשרת בסיס הידע המאפשר בניית פרוטוקולים מיטיבים לאקלום והשבה של בעלי חיים פצועים, יתומים או חולים.

זיהום וטכנולוגיה - בין אטמוספירה לקרקע

בסיס נתונים מטאורולוגים ברזולוציה של 500 מטר מעל חיפה והכרמל לתקופה של חמש שנים כקלט עבור מודלים לפיזור מזהמים

דוריטה רוסטקייר-אדלשטיין¹, דוד אבישר², סיגלית ברקוביץ³, אלכסנדרה צ'ודנובסקי⁴, פימה רוטר⁴, קוין אוהנר⁵, אלברט אנסמן⁵

1. האוניברסיטה העברית
2. המכון למחקר ביולוגי והאונ' העברית
3. המכון למחקר ביולוגי
4. אוניברסיטת תל אביב
5. Leibniz Institute for Tropospheric Research (TROPOS)

drostkier@yahoo.com

המשרד להגנת הסביבה זקוק לנתונים מטאורולוגים היסטוריים אמינים לצרכי חישובים מתקדמים של הסעה ופיזור של זיהום אוויר באזור חיפה והכרמל. חישובים אלו דורשים רזולוציה מרחבית אופקית ואנכית גבוהה אשר לא ניתנת להשגה באמצעות המדידות המטאורולוגיות באזור. על מנת להתמודד עם מגבלה זו אנו חישבנו את הנתונים המטאורולוגיים ברזולוציה הדרושה לתקופה היסטורית של חמש שנים באמצעות השיטה של ירידה דינאמית בסקלה. שיטה זו מבוססת על הרצת מודל מזו-מטאורולוגי אזורי ברזולוציה מרחבית גבוהה תוך שימוש בריאליזציה גלובלית לתנאי ההתחלה ושפה שלו. במקרה זה נעשה שימוש במודל WRF ובריאליזציות ERA5. במטרה להשיג דיוק מרבי בתוצאות מודל WRF הזנו אותו במידע מפורט אודות התכסית העירונית בחיפה מתוך נתוני מפ"י. ריצות מבחן של המודל בוצעו עבור סדרה של אירועי מזג אוויר היסטוריים בהם תנאי זיהום אוויר משמעותיים. ביצועי המודל הושוו לתצפיות זמינות באזור ונבחרו פרמטרים פיזיקליים ונומריים של מודל WRF לצורך ריצות של חמש שנים. המודל הורץ במתכונת של תחומים מקוננים, זאת אומרת, בוצע ירידה הדרגתית בסקלה תוך שימוש בשריגים ההולכים ומתמקדים בחיפה והכרמל ברזולוציות של 13.5, 4.5, 1.5 ו-0.5 ק"מ תא-שריד. אימות תוצאות המודל כנגד תצפיות קרקע במהלך 5 השנים הראה שמומלץ להשתמש בנתוני המודל למטרות חישובי הסעה ופיזור של מזהמים באזור במקביל לחישובים המבוצעים על פי נתוני מדידות בלבד. מאחר והמדידות אינן מייצגות את הטופוגרפיה המורכבת באזור, מומלץ להעזר בנתוני המודל המספק תמונה מלאה של ההשתנות המרחבית והעיתית של השדות המטאורולוגיים באזורים בעלי טופוגרפיה מורכבת. בהרצאה נציג בקצרה את נתוני התכסית העירונית שהוכנו במיוחד כקלט למודל WRF, את אירועי הבוחן ששמשו לבחירת קונפיגורציה המודל ואת ביצועי המודל בהשוואה לתצפיות. בפרט, נציג השוואה של המודל למדידות שבוצעו בחיפה באמצעות לידר אווירוסולים "Polly" אשר הוצב בחלק מזמן הריצות בטכניון ומדד פרופילים אנכיים של האטמוספירה. השוואה זו מדגימה את יכולת המודל לשחזר את המבנה המטאורולוגי האנכי אשר לא זמין מתוך מדידות הקרקע בלבד באזור. נתונים ברזולוציות של 1.5 ו-4.5 ק"מ זמינים לצפון ולכלל הארץ בהתאם.

הוועידה השנתית ה-53 למדע ולסביבה



השיטה שלנו מתאימה לשמש מודל למטרופוליני חוף דומים אחרים. ניתן לפתור את הבעיות הסביבתיות הבאות באמצעות בסיס הנתונים המטאורולוגי: לחקור את ההשפעה של מזהמים בתנאי מזג אוויר שונים (תנאים סינופטיים, עונות, שעה ביום, ימים בשבוע וכו'). לשתמש במידע זה כדי לתכנן את הפעילויות התעשייתיות באופן שיצמצם את השפעת המזהמים בעתיד. מאגר הנתונים המטאורולוגי יכול לשמש לתכנון פריסת תשתיות כימיות קיימות או ביטולן של תשתיות כימיות קיימות באזור חיפה-כרמל. זה יכול להתבצע על ידי הפעלת מודל איכות האוויר המונע על ידי הנתונים המטאורולוגיים תוך שימוש במקורות פליטה צפויים עתידיים הנובעים מהתעשיות שנוספו או בוטלו. להפעיל את המודלים הנ"ל לתרחישים של שחרור פוטנציאלי בשוגג של מזהמים (מתשתיות תעשייתיות ושינוע כימיקלים) באזור חיפה-כרמל בתנאי מזג אוויר אופייניים. חישובים אלו יכולים לשמש להערכת סיכונים ולתכנון צעדים מראש (למשל הליכי פינוי). לתצורות הקיבון, המספריות והפיזיקליות האופטימליות של מודל WRF שפותחו במחקר זה יש פוטנציאל לשימוש במערכת חיזוי איכות אוויר בזמן אמת המבוססת על תחזיות מטאורולוגיות WRF בשילוב מודל איכות אוויר, או מבוססת על מודל WRF-Chem, בהם תחזיות מטאורולוגיות ואיכות אוויר מופעלות במצב דו-כיווני מלא.

זיהום מיקרו-פלסטיק בגינות קהילתיות עירוניות בחיפה: תפוצה, מקורות ופרספקטיבות

אמילי לינה טראן¹, דן מלקינסון², ורנה סטראם³, מיקה מורן²

1. מכון שמיר
2. אוניברסיטת חיפה
3. אוניברסיטת בן גוריון

איש קשר: emilyt@gri.org.il

גינות קהילתיות עירוניות מספקות שירותים אקולוגיים וחברתיים רבים, כולל ביטחון תזונתי, שיפורי בריאות נפשית ופיזית ושיפור סביבתי. עם זאת, גינות אלו חשופות לעיתים קרובות לזיהום קרקע ממיקרו-פלסטיק כתוצאה מפירוק אשפה, יישום של תוספות קרקע המכילים מיקרו-פלסטיק השקעה אטמוספרית של חלקיקים וסיבים מיקרו-פלסטיק. יתר על כן, נוכחות של מיקרו-פלסטיק הוכחה לאחרונה כמגבירה את הזמינות הביולוגית של כמה מתכות כבדות הנמצאות בסביבות עירוניות. גנים בקהילה לרוב אינם מודעים לנוכחותם של מזהמים אלו ולסיכונים הכרוכים בצריכת תוצרת שגדלה בקרקעות מזהמות. מחקר זה מתאר לראשונה את התפוצה והרכב של מיקרו-פלסטיק בקרקעות של גינות קהילתיות ברחבי העיר חיפה. במסגרתו נבדקו מספר גורמים, ביניהם ההבדל בזיהום המיקרו-פלסטיק בין חודשי הקיץ לחורף, המיקרו-פלסטיק מתוספות קומפוסט ביתי והמאפיינים הסוציו-אקונומיים של השכונה בה נמצאת הגינה. נמצא שקומפוסט תורם לנוכחות מיקרו-פלסטיק בקרקעות של גינות קהילתיות, אבל הוא לא המקור היחיד לזיהום מיקרו-פלסטיק, שכן נראה שחלק ניכר מהזיהום הוא גם תוצאה של פירוק אשפה פלסטית. כמו כן, נמצא פחות זיהום מיקרו-פלסטיק בגינות הממוקמות בשכונות המאופייניות בסטטוס סוציו-אקונומי גבוה. עם זאת, הקשר הזה מתבטל כאשר מכניסים דשא סינטטי לגינה. ממצאי מחקר זה מסייעים להגביר את המודעות לנוכחות של מיקרו-פלסטיק בקרקעות עירוניות ולסיכונים הפוטנציאליים הקשורים לגידול תוצרת חקלאית באזורים מזהמים. בעוד שגינות קהילתיות ממלאות תפקידים חשובים בשכונות מגורים ובדרך כלל תורמות לבריאות ורווחת התושבים/ות, אנו ממליצים להגביר את המודעות לנוכחות מזהמים בקרקעות עירוניות. הפתרונות יכולים לכלול שימוש בתוספות קרקע ממקורות כפריים או חיצוניים, ואיסוף אשפה קבוע, כדי להפחית את הסיכון הנשקף מגינון בסביבות מזהמות.

מחקר זה מהווה נושא הקשור לבריאות הציבור כפי שהוא קשור לסביבה. למרות שמצב המחקר אינו מצביע על שינויים גדולים במדיניות הסביבתית ברמה מדינתית, התוצאות שלנו עשויות לעודד שימוש במשאבים ציבוריים כדי ליידיע את הציבור על סיכונים ופתרונות אפשריים לגינון ולצריכת תוצרת שגדלה בסביבות עירוניות החשופות למזהמי קרקע.

כיצד אבק טבעי השוקע על עלוות צמחים יכול לסייע בהזנת צמחים באמצעות מנגנון ההזנה העלוותית

* אנטון לוקשין¹ דניאל פלחן², מרסלו שטרנברג³, אבנר גרוס¹

1. אוניברסיטת בן גוריון

2. אוניברסיטת אריאל

3. אוניברסיטת תל אביב

lokshinanton@gmail.com

שקיעת אבק אטמוספרי במערכות אקולוגיות טבעיות מהווה מקור משמעותי לחומרי הזנה מינרליים חיוניים, כגון זרחן, ברזל, אשלגן ומנגן, והיא ממלאת את מלאי חומרי ההזנה בקרקע לאורך זמן. עם זאת, השפעת השקיעה המיידית של אבק על צמחים במערכות אקולוגיות טבעיות טרם נחקרה באופן מספק. במחקר זה, אנו מציגים תוצאות של ניסוי שדה ייחודי, שבחן את השפעת שקיעת אבק מדברי על צמחים ים-תיכוניים מקומיים. במסגרת הניסוי פיצרנו אבק על שלושה מיני צמחים – מרווה, געדה ולוטם – במשך חודשיים, מפברואר ועד אפריל, תקופת האבק השנתית. הממצאים מראים כי אף שלא נמצאו הבדלים משמעותיים בביומסה או ביצירת איברים חדשים בין צמחים שטופלו באבק לבין קבוצות הביקורת, ריכוזם של מינרלים כמו אלומיניום, מנגן, ברזל, ניקל ונחושת בצמחים המטופלים היה גבוה באופן משמעותי. חלק מהריכוזים עלו עד פי שניים בהשוואה לצמחי הביקורת, למרות הזמינות הביולוגית הנמוכה של אלמנטים אלו בקרקעות האלקליניות באזור. הניתוחים העלו כי המינרלים נלקחו ישירות דרך העלווה, תהליך שהתאפשר הודות לסביבה החומצית שעל פני העלים, שהמיסה את חומרי ההזנה מהאבק. הממצאים מדגישים את חשיבות האבק באספקת חומרי הזנה מינרליים לצמחים באזורים עם קרקעות אלקליניות ודלות בזמינות ביולוגית. בנוסף, הם מצביעים על תפקיד הסביבה החומצית בעלווה כגורם מכריע בהפיכת מינרלים לא זמינים לזמינים עבור צמחים. תהליך זה, המתרחש בעיקר באזורים מדבריים או מדבריים-למחצה, תורם לחוסן ועמידות אוכלוסיות הצמחים בסביבות אלו.

המחקר מדגיש את תפקיד האבק המדברי בהזנת צמחים ובתרומתו למחזור חומרי ההזנה בקרקעות אלקליניות. ממצאיו רלוונטיים לפיתוח שיטות דישון חדשות ולמדיניות שימור בישראל, במיוחד לאור התחזיות להתחממות האקלים והתגברות תנאי היובש והאבק במזרח התיכון. כמו כן, המחקר תורם להבנת יחסי צמח-קרקע-אטמוספירה ומדגיש את הצורך בניהול בר-קיימא של נופי מדבר כחלק מהתמודדות עם שינויי אקלים והשפעות פעילות האדם.

פתרונות טכנולוגיים להפחתת זיהום אוויר מתחנות כוח המונעות בדלקים פוסיליים: המקרה של אורות רבין

זהר ברנט-יצחקי¹, שחר מאיר¹, יובל רוזוליו, עמית נוי, בלה בן דוד²

1. המרכז האקדמי רופין
2. איגוד ערים שרון-כרמל

zohari@gmail.com

רקע: זיהום אוויר מתחנות כח מבוססות מקורות פוסיליים מהווה איום בריאותי וסביבתי משמעותי. חשיפה לזיהום זה עלולה לעורר או להחמיר תחלואת לב-ריאה, להביא לתמותה בטרם עת וגם לפגוע באיכות החיים. בין המזהמים שפולטות תחנות כח אלה ניתן למנות תחמוצות חנקן (NO_x), גופרית דו-חמצנית (SO_2), חלקיקים נשימים (PM), ופחמן חד-חמצני (CO). בשנים האחרונות פותחו והוטמעו טכנולוגיות להפחתת פליטת המזהמים מהתחנות, כגון מערכות ספיחת גופרית (FGD) ומערכות קטליטיות להפחתת תחמוצות חנקן, אך לא בוצעו מחקרים נרחבים לבדיקת השפעתם. מטרת המחקר: המחקר נועד להעריך את ההשפעה של התקנת מערכות אלה על ריכוזי מזהמים באזור תחנת הכח "אורות רבין" בישראל. שיטות: נתוני איכות אוויר נאספו משמונה תחנות ניטור באזור תחנת הכוח, בין השנים 2015 ל-2019. חושבו הריכוזים השעתיים הממוצעים של NO_x , NO_2 ו- SO_2 . ההשוואה בין השנים בוצעה בין התקופה שלפני התקנת המערכות לזו שאחריה, באמצעות מבחן וילקוקסון מזוג. ההשוואה בוצעה הן עבור חודשי החורף והן עבור חודשי הקיץ. תוצאות: ההשוואה חשפה ירידות מובהקות בריכוזי מזהמים בעקבות התקנת המערכות. לדוגמה, ריכוז ה- NO_x ירד מ-11.68 ל-6.88 PPB בקיץ ומ-9.78 ל-7.38 PPB בחורף. גם ריכוזי ה- NO_2 וה- SO_2 ירדו באופן דומה. ב-84.4% מההשוואות בין תחנות הניטור נצפו ירידות מובהקות בזיהום האוויר. תחנות קרובות יותר לתחנה, כגון חדרה ואליכין, הראו הפחתה משמעותית יותר ביחס לתחנות מרוחקות. דיון ומסקנות: המחקר מדגים את האפקטיביות של מערכות הפחתת מזהמים בהפחתת זיהום האוויר, תוך השפעה משמעותית יותר באזורים קרובים יותר לתחנת הכוח. לפיכך, יש לשקול צעדים לשיפור הפחתת מזהמים גם בתחנות קיימות, תוך עידוד שימוש בטכנולוגיות מתקדמות להפחתת זיהום. עם זאת, תחנות כוח מבוססות מקורות פוסיליים עדיין פולטות כמויות משמעותיות של מזהמי אוויר, גם כאשר מותקנות בהן מערכות להפחתת פליטות. לפיכך יש לפעול למעבר לאנרגיות מתחדשות.

המחקר מדגים את האפקטיביות של טכנולוגיות הפחתת מזהמים בתחנות כח מבוססות מקורות פוסיליים, ומספק תשתית מדעית למדיניות סביבתית לשיפור איכות האוויר בישראל, בין היתר גם במטרה להפחית תחלואה ותמותה. תוצאותיו תומכות בהרחבת השימוש בטכנולוגיות דומות בתחנות נוספות, בישראל ובעולם. המחקר גם מחזק ומצביע על הפליטות המשמעותיות של מזהמי אוויר מתחנות כוח, גם כאשר אלה מצוידות בטכנולוגיות להפחתת מזהמים, ומדגיש את חשיבות המעבר לאנרגיות מתחדשות בישראל.

אוזון כמזהם אוויר בישראל: גורמים להיווצרותו בריכוזים גבוהים ודרכים להפחתת ריכוזיו

ערן טס¹, בוריס בזנצ'נקו¹

1. האוניברסיטה העברית

eran.tas@mail.huji.ac.il

אוזון טרופוספרי הינו מזהם אוויר בעל השפעה שלילית משמעותית על בריאות האדם, יכול חקלאי וכן על ההתחממות הגלובלית, בשל היותו גז חממה. בישראל, ריכוזי האוזון חורגים לעיתים קרובות מהמלצות ארגון הבריאות העולמי, בעיקר בשל תנאי האקלים וצפיפות מקורות הזיהום, וכן בשל המורכבות של תהליכי יצירתו וסילוקו מהאטמוספירה, המקשים על מעקב אחר היווצרותו והגבלת ריכוזיו. אוזון אינו נפלט ישירות ממקורות זיהום, אלא נוצר בתגובות כימיות בין תרכובות אורגניות נדיפות (VOCs) ותחמוצות חנקן בנוכחות קרינת שמש. סילוקו נשלט על ידי תגובות כימיות ושקיעה יבשה – תהליך שבו האוזון שוקע באמצעות ערבול אטמוספרי למשטחים כמו קרקע, צמחייה ומבנים. שקיעה יבשה מהווה כ-20%-25% מהסילוק הגלובלי של אוזון. תהליך זה מושפע באופן מורכב מהתנאים האטמוספריים ותכונות המשטח עליו מתרחשת השקיעה. מטרת מחקר זה: (א) לחקור את יצירת האוזון מעל ישראל באמצעות מודל אטמוספרי-כימי מתקדם ברזולוציה מרחבית ועיתית גבוהה; (ב) לאפיין את השפעת התנאים המטאורולוגיים ותכונות המשטחים על קצב השקיעה היבשה של אוזון באזורים עירוניים ובשטחים פתוחים בישראל. בכדי לענות על מטרה א' המחקר כלל סימולציות נומריות באמצעות מודל אטמוספרי-כימי WRF-Chem ברזולוציה מרחבית של 1 ק"מ ובשימוש במצאי פליטות מפורט של המשרד להגנת הסביבה. בכדי לענות על מטרה ב' בוצעו סדרות מדידה של שטפי שקיעת אוזון במשך 12 שנים באזורים צמחיים ובעיר, תוך שימוש בשיטת קורלצית הערבולים (eddy covariance). הממצאים מצביעים על חסרים משמעותיים במידע לגבי פליטת ה-VOCs ממקורות שונים, המגבילים את היכולת לעקוב אחר יצירת האוזון ולהתמודד עם ריכוזיו הגבוהים. בנוסף, נמצא כי צמחיה עירונית יכולה לתרום להרחקת אוזון, אולם ביעילות נמוכה יותר בתנאי זיהום אוויר גבוה ולחות נמוכה. המחקר מציע דרכים לשיפור הייצוג של VOCs במודלים לשם הבנת תהליכי יצירת האוזון והגבלת ריכוזיו, לצד אסטרטגיות להפחתת ריכוזי האוזון באמצעות קידום ערים ירוקות, תוך התייחסות להפחתת ריכוזי מזהמי אוויר נוספים והורדת הטמפרטורה בסביבה העירונית.

למחקר תרומה משמעותית וחשיבות בשני היבטים מרכזיים: (א) המחקר מעלה לדיון בעיה סביבתית משמעותית הנוגעת לבריאותם של כלל אזרחי המדינה; (ב) המחקר מספק מידע חיוני ובעל פוטנציאל יישומי עבור אנשי המקצוע העוסקים בוויסות זיהום האוויר בישראל, כמו גם עבור מקבלי ההחלטות והמופקדים על מדיניות ותכנון לשיפור איכות האוויר. חשוב לציין כי על בסיס תוצאות המחקר יוצג מידע חדשני בנוגע ליכולת המעקב וההבנה של יצירת אוזון בישראל, לצד פיתוח אסטרטגיות יישומיות להפחתת ריכוזיו, אשר כיום חורגים באופן משמעותי מהמלצות ארגון הבריאות העולמי.

חינוך אקלימי

חדר בריחה מדעי וירטואלי חינוכי בביומיקרי כמקדם למידה ושינוי עמדות לטבע

ורד יפלח-וישקרמן¹

1. המכללה האקדמית לחינוך ע"ש קיי- באר שבע

veredy@kaye.ac.il

המחקר בחן את יישום חדר בריחה וירטואלי חינוכי (VEER) שנועד לחשוף תלמידי תיכון ($n=90$) לתחום החדשני של ביומיקרי. תחום הביומיקרי הינו תחום דעת העוסק בחיקוי מודע של הפתרונות התכנוניים של הטבע כדי לפתור אתגרים אנושיים, הרעיון העיקרי של הביומיקרי שיש בטבע פתרונות מדהימים לצרכים שונים, ולכן כדאי מאוד לבדוק אותו כמקור ידע לפתרונות מקיימים. הוראת הביומיקרי מאפשרת ללומדים להכיר את הטבע וחשיבותו. את ההיכרות לנושא והחדשנות שנילוות אליו ביצענו באמצעות בנייה של חדר בריחה וירטואלי. חדר הבריחה פותח על ידי פרחי הוראה ככלי למידה אינטראקטיבי, תוך שילוב חידות, אתגרים וסרטונים במטרה ללמד נושאים רב-תחומיים ולפתח מיומנויות המותאמות למאה ה-21. מטרת המחקר הייתה לבחון כיצד חוויית המשחק השפיעה על עמדות התלמידים כלפי תהליך הלמידה וכלפי הטבע, תוך התמקדות בנושא הביומיקרי. במחקר נעשה שימוש בשלושה כלים: (1) מבחנים לפני ואחרי הפעילות למדידת יעילותו של המשחק, (2) שאלון להערכת עמדות המשתתפים, ו-(3) ראיונות עם התלמידים. הממצאים מראים כי חוויית חדר הבריחה השפיעה באופן חיובי הן על הממדים הרגשיים והן על הממדים הקוגניטיביים של המשתתפים, תוך עידוד מוטיבציה, מעורבות ותחושת יכולת. התלמידים דיווחו על חוויית הנאה גבוהה ועל תחושת "זרימה" בזמן הפעילות. בנוסף, חדר הבריחה תרם להפנמת ידע חדש וערכים, כגון כבוד לטבע ומודעות לחשיבותו. כמו כן, המשתתפים ציינו כי פיתחו מיומנויות למידה במהלך הפעילות. לסיכום, חדרי בריחה וירטואליים מהווים כלי חדשני למידה אינטראקטיבית ומרתקת. חדר הבריחה לא רק עורר סקרנות ועניין בנושא הביומיקרי, אלא גם תרם להעמקת תהליכי הלמידה. עם זאת, כדי למקסם את התועלת, יש להבטיח תשתיות מתאימות ולתכנן משימות מעניינות ומאתגרות.

המחקר מציג נקודת מבט אחרת על הקניית ערכים ושינוי עמדות באמצעות חדר בריחה בביומיקרי (הראשון בתחומו). עמדותיהם של תלמידים כלפי הטבע מהוות גורם משמעותי בעיצוב התנהגויות בקרב הדור הצעיר. המשחק פתוח לכל המעוניין.

ייצוגים בקולנוע ובתרבות הפופולרית של אסונות טבע ושינוי אקלים בהקשרים חברתיים ופוליטיים

יואב יאיר¹, תמר הרמן²

1. אוניברסיטת רייכמן

2. האוניברסיטה הפתוחה

yoav.yair@runi.ac.il

Climate-Fiction (Cli-Fi) היא סוגה חדשה יחסית ביצירות בדיוניות בספרות ובקולנוע, העוסקת בתוצאות של המשבר הסביבתי / אקלימי, תוך שימוש באלמנטים מדעיים לצורך מתן תוקף ריאלי לעלילה. בשנים האחרונות ניכרת עליה חדה בשכיחות של יצירות כאלה – בספרות, בקולנוע המסחרי וגם בסדרות בערוצי הסטרימינג (אפל TV ונטפליקס) - עם הבטים ברורים של חינוך-תוך-כדי בידור. ביצירות אלה קיימים שלושה מהלכים עלילתיים מקובלים: (א) מדענים או הרפתקנים בוחנים את הידע שלהם באירועים קיצוניים ומסתכנים על מנת לקדם את המדע (ב) מדען וותיק בעל מוניטין מפוקפק מתריע בפני אסון מתקרב, אולם המערכות והציבור מתעלמים ממנו עד שזה מאוחר מדי (ג) "אדם רגיל" (everyman) המתמודד עם אסון טבע נוראי ובזכות תושייה ומנהיגות מחלץ את משפחתו ואת הקהילה כולה. אפשר לזהות גם את המוטיב של ההוברים האנושי ושימוש מופרז בטכנולוגיות על מנת למצוא פתרון למשבר האקלים. (Svoboda (2017 סקר כ-61 סרטים בסוגת Cli-Fi מאז שנות ה-80 וחילק אותם לקטגוריות לפי נושאים מובילים: עליית מפלס מי-הים ו/או שיטפונות (כ-14%), אירועי מזג-אוויר קיצוני (הוריקנים/שלג/טורנדו), הפשרת הקרח בקטבים, כניסה לעידן קרח חדש (new ice age), בצורות ורעב, חרדות אקלים Pre-climatic Stress Disorder. חלק הסרטים משלבים כמה ממדים יחד (למשל הפשרת הקטבים ועליית המפלס). ככלל, סרטי הסוגה נעים בין 2 רצונות מתחרים: הרצון להציג מציאות ובעיות אמיתיות מחד, והרצון להיות אטרקטיבי ורווחי במחוזות הפנטזיה מאידך. הקו המנחה המשותף של אסון ותגובה משמש בהם אמצעי לחקר המוסדות הפוליטיים וגם להדגשת אלמנטים פטריטיים והרואיים של יחידים או קבוצות. לא פעם יש שימוש באירועים היסטוריים אמיתיים כבסיס להפרזה/פנטזיה. הסרטים גם מציגים עמדה לגבי האנושות הגלובלית: האם היא מתאחדת נוכח המשבר או האסון או שמא להיפר. ההרצאה תבחן את הקשרים הקיימים בין אופן הצגת הדברים בעת הנוכחית - שבה משבר האקלים כבר אינו בגדר "עתיד" אלא "הווה נוכח" - בקולנוע ובסדרות טלוויזיה לבין העמדה השלטונית באותה תקופה כלפי משבר האקלים (שבדרך כלל מוצגת באופן שלילי), ותציע גישה ביקורתית כלפי יצירות בסוגה זו.

מחקר זה מציג לראשונה את העוצמה של ייצוגי משבר האקלים בתרבות הפופולרית, וכיצד סרטי קולנוע וסדרות טלוויזיה מעצבות את התודעה, העמדות והתפיסות של קהל הצופים לגבי משבר האקלים. לנוכח האפקטיביות הרבה של ייצוגים אלה, מציע המחקר דרכים יצירתיות להשגת שינוי עמדות ואולי אף התנהגויות לגבי המשבר הסביבתי.

צבעים של תקווה: מודל חדשני להכשרת סטודנטיות להוראה לחינוך לקיימות בגיל הרך

עדנה נהון קריסטל¹, רונית הרשקו קלוסקה², שרה פאר²

1. המכללה האקדמית אחווה

2. מכללת אורנים

edna.nahon@gmail.com

שינויי האקלים מציבים אתגרים גלובליים המחייבים חינוך לקיימות כבר בגיל הרך, כדי לטפח בקרב הילדים הצעירים אורח חיים בר-קיימא המושתת על אחריות סביבתית ודאגה לזולת. בגיל הרך מתעצבות תפיסות יסוד והרגלים שיכולים להניח את הבסיס לחיים מודעים יותר לסביבה ולחברה. מחקר זה מציג מודל תוכן ופדגוגיה (CPM- Content and Pedagogical Model) שפותח להכשרת גננות להוראת קיימות בגני ילדים באמצעות סדנאות. המודל מתמקד בשלושה עקרונות מרכזיים: בהתאמת תכנים לשלבי ההתפתחות של הלומדים הצעירים, למידה פעילה ולמידה חווייתית. המחקר התבסס על רפלקציות של 28 סטודנטיות להוראה שלמדו את המודל במסגרת קורס אקדמי-פדגוגי במכללה, ולאחר מכן יישמו אותו בהוראה בגני ילדים. מקריאת הרפלקציות עולה כי בתחילת הקורס, רבות מהמשתתפות היו בעלות מודעות נמוכה לנושא הקיימות והביעו חרדה מהוראתו בשל חוסר ידע מדעי. הן חששו אף מחוסר בשלות התפתחותית של הילדים הצעירים להבין נושאים מורכבים, ומפני יצירת פחדים הקשורים למצבו של כדור הארץ. עם זאת, בעקבות למידת המודל והתנסות בהוראתו – הסטודנטיות הפגינו שינוי משמעותי בעמדותיהן. הן הכירו בחשיבות החינוך לקיימות, אימצו הרגלים ברי קיימא בחייהן, וצברו ביטחון בהתאמת הנושאים ליכולתם של לומדים צעירים באמצעות כלים חווייתיים כגון ניסויים ובניית מודלים. כמו כן, הסטודנטיות הציעו הצעות לשיפור המודל בהתבסס על התנסויותיהן בשטח. הן המליצו על פיצול הפעילויות ליחידות קצרות המותאמות ליכולת הריכוז של הילדים, שילוב הנושאים בתכנים יומיומיים הרלוונטיים לחייהם, והגדלת מעורבות ההורים, כדי ליצור השפעה רחבה. ממצאי המחקר מדגישים כי הסטודנטיות עברו תהליך שבסופו רכשו כלים מעשיים וביטחון בהוראת נושא מדעי חשוב לגיל הרך. בנוסף, הן הבינו את תפקידן כמובילות שינוי וכמודל לחיקוי לילדים הצעירים. המחקר מלמד שיציאת הסטודנטיות לקהילה כחלק מתהליך ההכשרה לא רק העצימה את ביטחונם המקצועי אלא אף הובילה לתובנות משמעותיות לשיפור המודל, תוך התאמתו בצורה מיטבית לצרכים של ילדים בגיל הרך. היכולת של הסטודנטיות לזהות את הפוטנציאל החינוכי והערכי של חינוך לקיימות ולהנחיל אותו בצורה מותאמת גיל מדגישה את ההשפעה המשמעותית של המודל על הכשרתן.

ממצאי המחקר מצביעים על כך שניתן ליישם את המודל במדיניות החינוכית של מדינת ישראל כבר מהגיל הרך. שילובו בתוכניות חינוכיות ובתוכניות ההכשרה לסטודנטיות להוראה, למורות ולגננות, יכול להוות צעד חשוב לקידום מודעות סביבתית בקרב ילדים צעירים ומשפחותיהם, להקנות לילדים ערכים של אחריות סביבתית, לחזק את הקשר בין מוסדות החינוך לקהילה הרחבה, ולתרום להתמודדות עם אתגרי ההתחממות הגלובלית ושינויי האקלים.

חינוך למען האקלים: בחינת אוריינות האקלים בקרב מורים למדעים

ענת אברמוביץ¹, סופי שאולי²

1. אוניברסיטת תל אביב
2. המכללה האקדמית גורדון

anat.malam@gmail.com

שינויי האקלים מהווים את אחד האתגרים הדחופים ביותר העומדים בפני האנושות. למרות התחייבויות בינלאומיות, ההתקדמות בהפחתת פליטות גזי חממה אינה מספקת. מתוך הכרה בחשיבות החינוך להפחתת הפליטות, משרד החינוך בישראל מחייב בתי ספר, החל משנת 2022, להעביר 30 שעות לימוד שנתיות בנושא שינוי אקלים. לרוב, יישום תוכניות הלימוד מוטל על כתפי מורי המדעים, החשים חוסר נוחות ללמד נושא זה. אחת הדרכים להעצמת המורים היא באמצעות אוריינות אקלים. אחת ההגדרות של אוריינות אקלים כוללת הבנה מעמיקה של מערכת האקלים, יכולת הערכה ביקורתית של מידע מדעי, ותרגום הידע לפעולות משמעותיות. מחקר זה נערך במטרה לבחון את רמת אוריינות האקלים של מורי מדעים בישראל, מתוך מטרה לתכנן השתלמויות יעילות שיעצימו את האוריינות האקלימית בקרב המורים. שאלות המחקר שנבדקו: • מהם מאפייני הידע האקלימי, העמדות לגבי שינויי אקלים וההתנהגויות הסביבתיות של מורי מדעים ומה מאפיין את יכולת ההתמודדות של המורים עם שינויים? • מהם הקשרים, אם ישנם, בין הידע האקלימי, יכולת ההתמודדות, העמדות לגבי שינויי אקלים וההתנהגויות הסביבתיות של מורי מדעים? מחקר כמותי זה ניתח תגובות של 110 מורים למדעים בבתי ספר יסודיים באמצעות SPSS27. שאלון מקוון, שתוקף באמצעות ניתוח גורמים אקספלורטורי (EFA), כלל נתונים דמוגרפיים, הצהרות על ידע והתנהגויות בנוגע לאקלים, פריטי יכולת התמודדות ושאלות פתוחות על פעולות אקלים. הממצאים הראו כי רמת הידע הממוצעת של המורים הייתה בינונית-גבוהה (M=78.18%), יכולת להתמודד עם מצבים מאתגרים יותר מאשר עם מצבים בלתי צפויים. יכולת ואקטיביזם קיבלו את ציוני העמדות הגבוהים ביותר, בעוד ש"מניעים כלכליים" היו התמריץ העיקרי להתנהגות סביבתית של מורים, לצד הפחתת צריכה ומחזור. כמו כן, נמצאו מתאמים חיוביים בין ידע אקלים, מיומנויות התמודדות, עמדות והתנהגויות סביבתיות, המצביעים על כך שידע מעמיק ויכולות התמודדות משתלבים עם עמדות ופעולות ברות-קיימא יותר. הפער שקיים בין הידע של המורים לבין ההתנהגות בפועל, במיוחד באקטיביזם, מצביע על חסמים מערכתיים. הנתונים מצביעים על הצורך בהעמקת ידע-אקלים משולב עמדות והזדמנויות לפעול למען הסביבה, מתוך תקווה לשינוי התנהגות משמעותי.

הפער שנצפה בין ידע אקלימי, מיומנויות התמודדות והתנהגות בפועל, ובמיוחד בתחומי פעילות סביבתית, עשוי לרמז על מגבלות מערכתיות או חברתיות המגבילות את יכולתם של המורים לפעול על פי הידע שלהם. תוצאות אלה מצביעות על כך שיש צורך בתמיכה נוספת, הן ברמה המדינית והן בהכשרה מעשית, כדי להעצים מורים ליישם את ערכי הסביבה שלהם בכיתה ובקהילה. ממצאי המחקר יספקו תובנות חשובות לשיפור ההכשרה והתמיכה במורים, ולקידום אוריינות אקלים בקרב תלמידים.

בחינתן של יוזמות לחינוך מבוסס מקום במערכת החינוך הערבית בישראל

עפת מואסי חמזה¹

1. אוניברסיטת חיפה

emawassi@campus.haifa.ac.il

לאור הפערים בין מדיניות החינוך לקיימות לבין ההקשר התרבותי של החברה הערבית בישראל, המחקר בוחן כיצד חינוך מבוסס מקום (PBE) יכול לשמש מנוף חינוכי-קהילתי לקידום קיימות. במבחן התאמת המדיניות של UNESCO לחינוך לפיתוח בר-קיימא (2020), עולה כי החברה הערבית בישראל ממשיכה להתמודד עם פערים בהנגשת חינוך סביבתי רגיש-תרבות. המחקר הנוכחי מבקש לגשר על פער זה באמצעות ניתוח יוזמות חינוכיות בחינוך הערבי בישראל, ולבחון את תרומתן לעיצוב זהות סביבתית מקומית בת קיימא. המחקר התמקד בשתי יוזמות חינוכיות המיושמות בצפון הארץ, האחת סביב נחל מקומי והשנייה סביב מבצר בעל ערך תרבותי. היוזמות נבחנו כמרחבים ללמידה רבת-חומית, חווייתית, מושרשת-מקום וקהילית, תוך שימת דגש על האופנים שבהם הן מעוררות תחושת שייכות, מגבשות זהות סביבתית, ומעודדות אחריות אזרחית-קהילית. המחקר נערך בגישת חקר מקרה מרובה (Multiple Case Study) תוך שילוב של כלים איכותניים וכמותיים: ראיונות עם מובילי היוזמות, תצפיות, ניתוח ציורים, שאלוני תחושת מקום, ואיסוף מסמכים. עיבוד הממצאים נערך באופן משולב, תוך קידוד תמות, הצלבת נתונים והשוואה בין מקרי הבוחן. הממצאים מראים כי חינוך מבוסס מקום, כאשר הוא מעוגן בנוף התרבותי המקומי ומיושם כפדגוגיה רגישת-תרבות בהשראת החינוך הילדי, תורם לעיצוב תחושת מקום, פיתוח אמפתיה סביבתית וחיזוק הקשר בין הלומדים לסביבת חייהם. היוזמות שנבחנו עוררו שינוי חינוכי נרחב, שהתבטא באחריות סביבתית מצד תלמידים, שיקום מרחבים מוזנחים, והעמקת ההבנה של ההקשרים האקולוגיים, התרבותיים והחברתיים. עוד נמצא כי להובלה החינוכית השפעה מכרעת על הצלחת היוזמות: חזון אישי, תחושת שליחות וזיקה למקום סייעו בפיתוח מרחבי למידה מקומיים בני-קיימא, מושרשים בקהילה. בהתאם לממצאים, המחקר מציע המלצות יישומיות להובלת יוזמות חינוך מבוסס מקום בחברה הערבית, המדגישות את הצורך במודל הטמעה רגיש-תרבות, הנשען על הובלה מקומית מלווה בליווי מקצועי מותאם. מודל זה עשוי לאפשר יישום רחב, שיטתי ומתמשך בבתי ספר נוספים. המחקר קורא לאנשי חינוך, מקבלי החלטות ומובילי שינוי לראות ביוזמות מקומיות המעצימות זהות, שייכות ואמפתיה למקום בסיס לפעולה סביבתית עמוקה ומתמשכת — מתוך הבנה שהשינוי מתחיל במקום עצמו.

נקודת מבט בין-דורית על שינויי אקלים וחינוך אקלימי בקרב קהילות בחברה הבדואית בנגב

* שימא אלעוקבי¹, אורית בן צבי אסרף¹

1. אוניברסיטת בן גוריון

shaima.alokbe@gmail.com

למורים ולמורות תפקיד חיוני אך מאתגר בקידום חינוך אקלימי, שמטרתו לסייע לתלמידים בקבלת החלטות מושכלות בעולם משתנה ולפעול לצמצום משבר האקלים. במקביל, בוגרי התיכון הבדואים, המייצגים דור שצמח מתוך מערכת החינוך האקלימית והם המובילים הפוטנציאליים של הדור הבא, מביאים עמם חוויות ותפיסות שונות שנוצרו במהלך לימודיהם. מטרת המחקר היא ראשית להבין את חוויותיהם של המורות ובוגרי התיכון כאזרחיות ואזרחים, כחברים בקהילותם וכהורים פוטנציאליים, ולאחר מכן להיעזר בתובנותיהם ובשקפותיהם לקידום חינוך משמעותי לשינוי האקלים, מותאם תרבותית ומבוסס מקום. המחקר התבסס על הגישה הפנומנולוגית וכלל ראיונות עומק חצי-מובנים עם 10 מורות למדעים המלמדות בבתי ספר תיכוניים ובחטיבות הביניים בחברה הבדואית, ו-20 בוגרי ובוגרות תיכון בגילאים 18-20. ניתוח הראיונות נערך לפי פרדיגמת המחקר האיכותני-פרשני, וחשף את תחושת המקום והחוויות המקומיות של המורות והבוגרים הקשורות לשינויי אקלים. למרות הקשיים וחוסר התנאים הבסיסיים, המורות והבוגרים הביעו קרבה וזיקה חזקה לסביבתן הכפרית. בוגרי התיכון תיארו את ההשפעות הישירות של שינויי האקלים בישוביהם כגון: ירידה בתפוקת החקלאות, קשיים בטיפול בבעלי חיים, והיחלשות אורחות חיים מסורתיים. עבור רבים, שינויים אלה עוררו חרדה לעתיד. כפי שאמר אחד הבוגרים: "מרגיש כאילו המקום שאנחנו מכירים הולך ונעלם." במקביל, המורות הציגו פרספקטיבה רחבה יותר, שהתמקדה בהשפעות מערכתיות על הקהילה: פגיעה בביטחון התזונתי, החמרת מצבים בריאותיים, ושיבוש תשתיות כמו הפסקות חשמל בעקבות גלי חום קיצוניים. עדויותיהן שילבו בין חוויות אישיות לבין תפקידן כמחנכות, המתמודדות עם אתגר הטמעת מודעות אקלימית במערכת חסרת רלוונטיות תרבותית. למרות ההבדלים בהתמקדות, שני הקולות ביקרו את הפער שבין החינוך האקלימי לבין המציאות. בוגרי התיכון תיארו את התוכנית כמנותקת מחוויותיהם, בעוד המורות ציינו מחסור במשאבים ובהטמעת הנושא במערכת. שתי הקבוצות קראו לפיתוח תוכניות מבוססות מקום, שישקפו את האתגרים המקומיים, יתאימו להקשר התרבותי ויספקו פתרונות מעשיים וישימים. ממצאי המחקר מדגישים את החשיבות של תחושת המקום וחוויותיהם המשלימות של מורות ובוגרי תיכון בקהילותיהם, מה שיתרום להבנה מעמיקה ומקומית יותר של הסוגיה בהקשר של מקום, כולל גורמים חברתיים, כלכליים ופוליטיים ברמה האישית והמערכתית.

המחקר תורם להבנת התפקיד המרכזי של החינוך האקלימי בקרב קהילות בדואיות בנגב, הנמצאות בחזית המאבק בשינוי האקלים. על ידי הבנת הפרספקטיבות הבין-דוריות של מורים ובוגרים, המחקר מציע תובנות מעמיקות על הדרכים שבהן שינוי האקלים משפיע על תחושת המקום, הזהות והקהילה שלהם. הבנת נקודות מבט אלו מאפשרת פיתוח תכניות לימודים מבוססות-מקום, המותאמות ומגיבות להקשרים התרבותיים, החברתיים והסביבתיים הייחודיים של הקהילה. תכניות אלו שואפות לגשר על פערים חינוכיים ולעודד צדק אקלימי וחברתי.

חישה, טכנולוגיות ודינמיקת מערכות מים

מעיינות הערבה – מדוע הם מתייבשים והאם ניתן לשקמם?

* אבשלום באב"ד¹, אריאל מרוז¹, מירב כהן¹

1. מו"פ מדבר וים המלח

avshalom@adssc.org

בשולי הערבה, סמוך למרגלות הרי הנגב שוכנים מעיינות רבים. מעיינות אלה, היוו במשך אלפי שנים, מקור חיים למערכת האקולוגית ואבן שואבת לפעילות האדם. המעיינות, שעיקרן נובע מאקוויפר המיליוני מגיל רביעון ואקוויפר המישאש מגיל סנון, ניזונים מזרימת מי תהום מאקוויפרים אזורים וכן מהעשרה על ידי חילול של מי שיטפונות – איבודי תמסורת. בעשורים האחרונים, שפיעת המעיינות הולכת ופוחתת ובמקרים מסוימים המעיינות התייבשו לחלוטין. גישות שונות הציגו התייבשות זו, כהליך טבעי הנובע מהפחתה בכמות המשקעים במרחב. אולם, ניתוח חדש של כמויות המשקעים והשיטפונות במרחב, מעיד כי בהסתכלות של מספר עשורים, כמויות המשקעים והשיטפונות לא פחתו. לעומת זאת, כמות הפקת מי תהום המסופקת בעיקרה לחקלאות בערבה, עלתה באופן משמעותי. בשל ירידת המפלסים המשמעותית, חזרה למפלסים המקוריים המאפשרים שפיעה טבעית איננה נראית אפשרית בטווח זמן סביר. על כן, בימים אלה מקודם פיילוט ראשוני לשיקום מעיין עין שחק בערבה. רעיון השיקום מבוסס על תפיסת מי שיטפונות, החדרתן לאופקים מוליכים ויצירת חציץ תת קרקעי, לטובת יצירת אוגר לחות שיתמוך בצמחיית המעיינות ויאפשר את קיום המערכת האקולוגית היחודית של סביבת המעיין.

למחקר זה חשיבות רבה בשל שני אספקטים: ראשית, ממצאי המחקר מצביעים באופן חד משמעי על הסיבה הגורמת להתייבשות המעיינות. בניגוד לסברות קודמות שהצעו כי המעיינות מתייבשים בשל הפחתה בכמות המשקעים, מחקרנו מראה כי הסיבה - הינה שאיבת יתר מן האקוויפרים. שנית, במסגרת המחקר אנו בחונים פיילוט יחודי לשיקום מעיין עין שחק. בהתאם לתוצאות הפיילוט בעין שחק, נוכל בעתיד להשתמש בשיטה זו כאב-טיפוס לשיקום מעיינות נוספים בערבה.

פיתוח ושימוש ברשתות חיישנים זולות למחקר סביבתי

אלעד לוינטל¹

1. אוניברסיטת בן גוריון

levintal@bgu.ac.il

פיתוח רשתות חיישנים חדשות זולות מבוססות חומרת קוד-פתוח הינו תחום חדש במחקר סביבתי המאפשר יכולות ניטור מתקדמות בעלויות נמוכות בהרבה ביחס לפתרונות מסחריים קיימים. מערכות אלו רלוונטיות לעבודת מעבדה ולעבודת שדה כתלות באפיון בעיית המחקר. במסגרת הוועידה, אציג את העקרונות, יתרונות ואתגרים של שימוש בחומרת קוד פתוח למדידות בקרקע, אוויר ומים, כולל דוגמאות בהן שימוש זה פתר בעיות מחקריות. לדוגמה: (1) מדידת פליטות גזי חממה מקרקעות ומבארות נטושות בעזרת מערכת חיישנים זולה הכוללת חיישני פחמן דו-חמצני, חמצן, טמפרטורה, לחות יחסית ולחץ ברומטרי, (2) פיתוח מערכת חיישנים למדידות רציפות של פעילות מיקרוביאלית בתאי אינקובציה, (3) פיתוח מערכת לניטור בזמן אמת של איכות מים בנחלים ואגמים מבוססת למידת מכונה. פיתוח חיישנים בסגנון "עשה-זאת-בעצמך" (DIY) מתחיל לצבור תאוצה במחקר סביבתי בשנים האחרונות בגלל הורדת העלויות הדרמטית והיכולת לספק פתרונות מודלורים לבעיות מחקריות ייחודיות. בועידה אציג את ההתקדמות שנעשתה בעולם ובמעבדה שלנו בשנים האחרונות, כולל תצוגה של מערכות חיישנים זולות לשימושים סביבתיים.

שימוש ברשתות חיישנים בעלות נמוכה מאפשר למדוד תהליכים ולכמת ערכים של פליטות גזי חממה ממקומות שונים ולא רק להשתמש במקדמים (פקטורים) לחישובי פליטות וכלכלת פחמן. לדוגמה, כמה פחמן דו-חמצני באמת מתקבע או נפלט מקרקעות וביצות. המערכות אותם אציג מאפשרות שכפול והתקנה באזורי עניין שמהם נדרשים נתונים ולא רק הערכות.

יותר בינה, פחות מים: ההשפעה של הבינה המלאכותית על ניצול משאבי מים

* זהר ברנט-יצחקי¹, נועם אל-על², יובל שניידמן², יונתן יעקובוביץ², גלעד בלנק²

1. המכללה האקדמית רופין

2. אסכולה – רשת הבוגרים של מרכז מדעני העתיד

zohari@gmail.com

רקע: הבינה המלאכותית (AI) חוללה מהפכה טכנולוגית משמעותית אשר משפיעה על היבטים רבים בחברה האנושית (חינוך, כלכלה, תעשייה ועוד) ובעלת פוטנציאל לסייע לאנושות באתגרים כגון שינוי אקלים והתמודדות עם מגיפות. מנגד, השימוש הנרחב ב-AI כרוך בעלויות סביבתיות ניכרות: כדי לעשות שימוש במודלים של AI נדרשת הקמתם של מרכזי נתונים (data centers), אשר צורכים כמויות גדולות של אנרגיה. מחקר זה מתמקד בהשפעה סביבתי נוספת של מרכזי הנתונים בהם מופעלים מודלים של AI: צריכת המים הגבוהה הנדרשת לקירור מרכזים אלה. מטרת המחקר: המחקר שם לו למטרה להעריך ולכמת את כמויות המים הנדרשות לקירור מרכזי נתונים המשמשים להפעלת מודלי AI. המחקר בא לבחון את הגורמים העיקריים המשפיעים על צריכת המים במטרה להציע פתרונות ואסטרטגיות לצמצום צריכת המים במרכזי נתונים, תוך שמירה על יעילותם התפעולית. שיטות: במחקר זה ערכנו סקירה של הספרות המדעית בנושא ההשלכות הסביבתיות של מרכזי נתונים, בדגש על ניתוח נתונים כמותיים של צריכת מים במרכזים אלה. בנוסף, התמקדנו בספרות המציעה פתרונות אפשריים לצמצום צריכת המים. תוצאות: בממוצע, נדרשים כ-2 ליטרים של מים כדי לקרר שרת שצרך 1 קילו-וואט לשעה. בתהליך הקירור מתאדה חלק גדול מהמים כך שחוות שרתים קטנה הצורכת 1 מגה-וואט מנצלת כ-25,500 קוב מ"ק מים לשנה בעקבות אידוי המים. במסגרת המחקר אנו מעריכים ש-11,000 חוות השרתים בעולם צורכות מעל 280.5 מיליון מ"ק לשנה. כמות האידוי תלויה בשלושה גורמים עיקריים: בלחות, בטמפרטורה וביעילות הקירור של השרת. למעשה, צריכת המים במרכזי הנתונים מהווה חלק משמעותי מצריכת המים העולמית. דיון ומסקנות: קצב הגידול המואץ של הבינה המלאכותית-AI והקמה של חוות שרתים נוספות יביאו לגידול משמעותי בכמויות המים שייצרכו בשנים הקרובות בעולם. המחקר מדגיש את הצורך הדחוף לפתח אסטרטגיות לצמצום צריכת המים במרכזי נתונים. פתרונות אפשריים כוללים שימוש במים ממוחזרים או במי ים לקירור, בחירת מיקומים גאוגרפים מתאימים, ושימוש בנוזלי קירור אלטרנטיביים בעלי נטייה מופחתת לאידוי. בנוסף, יש צורך בהשקעה במחקר ופיתוח של טכנולוגיות קירור יעילות יותר.

בישראל הוקמו עד כה מעל 25 מרכזי נתונים, ובשנים הקרובות צפויים לקום מרכזים נוספים, מה שיגדיל את הדרישה של מי שתייה לקירור. כמדינה עם משאבי מים מוגבלים, על ישראל להכיר בממצאי המחקר: לבחון את נחיצות הקמת מרכזי הנתונים, לקדם מרכזים הפועלים על תחילפי מים ולאחר מיקומים גאוגרפיים מתאימים להקמתם. בנוסף, העלאת מודעות הציבור וחינוך לשימוש אחראי ב-AI עשויים לתרום גם הם לצמצום ניצול המים בעקבות השימוש ב-AI.

דינמיקה של איכות מים בנחל ים-תיכוני בסביבה עירונית

* טל גודינגר¹, צפריר אדר¹, שי ארנון¹

1. אוניברסיטת בן גוריון
2. מכון צוקרברג לחקר המים

talgodinger@gmail.com

ניטור איכות המים בנחלים מאפשר מעקב אחר מצב ותפקוד המערכת האקולוגית ומהווה בסיס לקביעת רגולציה לשימוש במים כמשאב. יתרון מדידה רציפה באמצעות חיישנים הוא בהתאמת הרזולוציה לתהליכים הידרולוגיים וביוגאוכימיים המווסתים או פוגעים בתפקוד המערכת האקולוגית. נחלים באקלים הים-תיכוני השורר בישראל נבדלים מאלו באזורי אקלים אחרים במשטר הזרימה בהם, בתקופה ממושכת בשנה בה הזרימה איטית במקביל לקרינת שמש גבוהה וכן באוכלוסייה הצפופה השוכנת באזורים אלו. כדי להעמיק את הידע וההבנה על הדינמיקה באיכות המים ותהליכים המשפיעים ומושפעים ממנה כגון מטבוליזם, הוקמה תחנת מחקר בנחל הירקון ביולי 2019. התחנה מכילה חיישני: חמצן, פחמן דו-חמצני, חנקן, חומר אורגני, כלורופיל, עכירות, ערך הגבה, מוליכות חשמלית, מפלס המים וקרינת שמש. מניתוח חמש שנים של מדידה ניתן להסיק כי בעוד ההשתנות העונתית של מומסים כגון חמצן, פחמן דו-חמצני, חנקן ו-cDOM קיימת אך אינה ברורה לעין, היא הופכת ניכרת ברמה היומית. לדוגמה, עבור חמצן ההשתנות היומית הגיעה לכ-30% בחודשי הקיץ, לעומת החורף בו ההשתנות היממתית היא כמעט אפסית (איור 1). הקשר בין ריכוז המומסים לספיקה בזמן שיטפונות מצביע על מיהול בזמן השיטפון (מלבד חמצן) ושטיפה אל המורד. ככלל, רוב הזמן המערכת האקולוגית בנחל נוטה לצריכה על פני יצירת חמצן. כמו כן, מהתפלגות ריכוזי החמצן נראה בבירור כי היפוקסיה היא תופעה רווחת בנחל (הסתברות של כ-12% מהזמן בקיץ וכ-4.5% מהזמן בחורף) ומהווה חסם משמעותי לקיום מערכת אקולוגית נחלית בריאה. מחקר באמצעות חיישנים של איכות המים ומטבוליזם בנחלים ים-תיכוניים הוא נדיר ולכן לא ברורה לגמרי ההתנהגות של הנחל בסקאלות זמן שונות (שעות-שנים). עבודה זו מספקת מבט כולל על מצב איכות המים והמערכת האקולוגית בנחל ים-תיכוני ויכולה לסייע בעתיד במאמצי שיקום והבנת תהליכים המתרחשים בנחל כתוצאה משינויי אקלים.

איסוף הנתונים הרציפים לאורך שנים מקנים לנו ידע רב בנוגע להתנהגות המערכת הנחלית בעונות השנה השונות, ברמה היומית ואף התת-יומית וכן בתנאי זרימה שונים. מאלה ניתן להסיק על הפקטורים העיקריים המשפיעים על איכות המים בנחל ועל בריאות המערכת האקולוגית. מסקנות אלו ניתן ליישם בניהול השוטף של נחלי חוף בישראל, מיקוד מאמצי שיקום נחלי החוף ואף במדיניות ההזרמה לנחלים בישראל.

שימוש בבינה מלאכותית לפיתוח גישות חדשות לשליטה בהפצתם של מינים פולשים ע"י כלי שיט ימיים

* נועה לב¹, יאיר שמעוני¹, טל פופקו¹, נועה שנקר¹

1. אוניברסיטת תל אביב

noalev0906@gmail.com

פלישות ביולוגיות של מינים מאזור אחד לאחר מהוות סכנה עולמית למגוון ביולוגי ולמערכות אקולוגיות. פלישות ימיות מואצות בעקבות תנועת כלי שיט דרך צמדת ים על גוף הספינה ו/או שחרור מי נטל. על אף מחקרים רבים קודמים, קיים פער בידע הנוגע לפרמטרים המכתיבים אילו נתיבי שיט מהווים סיכוני פלישה גבוהים יותר ע"י הפצת אורגניזמים צמודי מצע. שילוב גורמים כמו שינויים במליחות המים ובטמפרטורות, סוג כלי השיט, משך המסע, וזמן שהייה בנמלים צפוי להשפיע על הישרדותם של אותם "נוסעים סמויים". עם זאת, לא ידוע אילו מהגורמים הם בעלי ההשפעה הגדולה ביותר, וכיצד הם משפיעים יחדיו על הישרדות האורגניזמים. במחקר הנוכחי השתמשנו באלגוריתמי סיווג מבוססי בינה מלאכותית כדי לבחון אילו הם הפרמטרים המשפיעים ביותר על הישרדות המינים הפולשים במהלך מסע. ערכנו סדרה של כ-150 סימולציות מסע מבוקרות בתנאי מעבדה, בעזרת שימוש באצטלן הפולש *Styela plicata* (מערכה: מיתרנים), תוך חשיפת הפרטים לתנאים סביבתיים משתנים המדמים מסעות בזמן אמת. הנתונים של כל מסלול שיט כזה מיוצגים כווקטור של מאפיינים, ותוצאה בינארית – האם האורגניזם שרד את המסע או לא. הנתונים נותחו באמצעות מודל "יער אקראי" החוזה שרידות על בסיס מאפייני מסלולי השיט ומאפשר לבחון לעומק את מסלולי השיט הנפוצים ביותר ברחבי העולם. מן הממצאים עולה כי הבדלים עונתיים (חורף/קיץ) משפיעים על דפוסי ההישרדות. בנוסף, משתנה המליחות מהווה גורם משמעותי המשפיע על שרידות האורגניזמים במהלך מסע שיט. בכך, מליחות נמוכה עשויה להוות מחסום א-ביוטי טבעי שיכול להגביל את הפצתם של מינים זרים ללא התערבות אנושית. בהסתמך על תוצאות אלו, ניתן לסווג מסעות שיט כבעלי סיכון גבוה/נמוך להפצת מינים זרים תוך התחשבות בגורמים הסביבתיים המשתנים לאורך המסע. תוצאות המחקר תורמות להבנת ההשפעות המשולבות של גורמים סביבתיים מרכזיים על הישרדותם של אורגניזמים ימיים במהלך מסעות שיט ומספקות כלים חדשניים לחיזוי, מניעה ומיגור התפשטות של מינים לא מקומיים בסביבה הימית. פיתוח כלים דומים מבוססי בינה מלאכותית לשמירת טבע בסביבה הימית מהווים פוטנציאל חדשני לביסוס המלצות מבוססות מדע למקבלי החלטות.

המחקר מציע שימוש בבינה מלאכותית ככלי חיזוי חדשני כדי להבין מהם הפרמטרים המשמעותיים המשפיעים על הישרדות מינים פולשים במהלך מסעות ימיים, ובכך מאפשר לחזות אילו נתיבי שיט מהווים סיכון גבוה יותר להפצת מינים פולשים. המסקנות תומכות בפיתוח המלצות מבוססות מדע למדיניות סביבתית, כולל הגדרת מסלולי שיט בטוחים יותר. יישום תוצאות המחקר במדיניות הישראלית עשוי לתרום לצמצום חדירת מינים פולשים ולשמירה על המגוון הביולוגי הימי לאורך חופי ישראל.

הרכב וריכוז מזהמים בנגר עילי המגיע באירועי גשם ושיטפונות למפרץ אילת

רחל ארמוזה-זבולוני¹

1. מו"פ מדבר וים המלח

rachel@adssc.org

שוניות האלמוגים במפרץ אילת הן בעלות עמידות גבוהה לתנאי עקה. עם זאת, לא לעולם חוסן, עומס עקות סביבתיות עלול לגרום לפגיעה אנושה בשוניות האלמוגים ובמערכת האקולוגית כולה. לאחרונה לדוגמה, מינים שונים של אלמוגי אבן נפגעו כתוצאה מהלבנת אלמוגים בעקבות עליה משמעותית בטמפרטורת מי הים. חלק מגורמי העקה המאיימים על האקולוגיה של המפרץ נובעים מהקרבה לעיר אילת. העיר אילת מושתתת על תיירות ולכן לבריאות השונית יש חשיבות בשגשוג העיר. אחד האימונים הבולטים הוא העשרה בנוטריינטים ומזהמים. בעוד שחלק ממקורות הזיהום מנוטרים ומבוקרים, ישנם מקורות זיהום נוספים אשר לא מנוטרים ולמעשה לא ניתן להעריך את הרכב הריכוז המזהמים שמגיע לים. אחד המקורות שלא נחקרו עד היום הוא נגר עירוני שזורם למפרץ באירועי גשם ושיטפונות. במחקר זה, עקבנו אחר אירועי גשמים ושיטפונות. מדדנו את עוצמת הגשם ודגמנו נגר ב-12 אתרים לאורך קו החוף לפני כניסתו למפרץ. במהלך שלושה אירועי גשם, בהם ירדו בין 7-11 מ"מ גשם אפיינו במי הנגר את הרכב וריכוז המזהמים. מצאנו שריכוזי המזהמים השתנו עם התקדמות העונה הגשומה. באירוע הראשון שלאחר הקיץ, ריכוזי מתכות, הנוטריינטים והחומר החלקיקי היו בשיא. באירועים שהתרחשו באביב ריכוזי המזהמים היו נמוכים יותר. ריכוז החנקן המומס הממוצע הגיע ל-920 מיקרומולר באירוע הראשון, ואז ירד ל-570 ו-180 מיקרומולר באירועי האביב. באופן דומה, עופרת נעה בין 90 ל-40 מיקרוגרם/ליטר, נחושת בין 120 ל-25 מיקרוגרם/ליטר וכרום בין 110 ל-40 מיקרוגרם/ליטר. ריכוז החומר החלקיקי נע בין 5 ל-3.3 גרם/ליטר, עם 15% עד 11% תכולה אורגנית. ריכוזים גבוהים של חנקן ומתכות בנגר הנכנס למפרץ עלולים להחליש את עמידות המערכת האקולוגית ללחצים סביבתיים, במיוחד עם עליית טמפרטורות המים. כדי להעריך טוב יותר את רמות המזהמים, חיוני להעריך את פוטנציאל ייצור הנגר תחת תרחישי סערה שונים.

מפרץ אילת הוא נכס לאומי בעל חשיבות סביבתית וציבורית. תוספת מזהמים למפרץ פוגעת בעמידות של שוניות האלמוגים. המשרד להגנת הסביבה באמצעות ועדת מומחים מספקים היתרי הזרמה של מזהמים לים על סמך עבודת מחקר מקיפה. תוספת של מזהמים ממקורות נוספים, כמו נגר עילי, עלולה לשנות את מצב המערכת. תובנות המחקר מדגישות את הצורך בחשיבה מחודשת על נושא ההזרמות לים.

חקלאות וסביבה

הדברה ידידותית לסביבה כנגד המחלות המתגרות ביותר בגידולי תירס וכותנה בישראל

אופיר דגני¹, אסף גורדני³, אלחנן דימנט¹, און רבינוביץ¹

1. מכון למחקר מדעי בגליל
2. מכללת תל-חי
3. המכללה האקדמית תל חי

d-ofir@migal.org.il

מחלת הנבילה המאוחרת בתירס נגרמת על ידי הפטרייה *Magnaporthe oryzae* ומתבטאת באיום המרכזי בגידול זה בארץ וסיכון גובר בעולם. המחלה שמתפרצת בשלב מאוחר של הגדילה, עשויה, באזורים נגועים בכבדות ובזני תירס רגישים, לגרום לאובדן יבולים מוחלט. מחלת ריקבון הפחם נחשבת לאתגר המרכזי בגידול הכותנה בארץ ובארצות נוספות. גורם המחלה, הפטרייה *Macrophomina phaseolina*, מפריש רעלים וגורם לתמותת צמחים ולאובדן יבולים. הפתוגנים נמצאים בשני הגידולים, תירס וכותנה, בשיווי משקל מרסן שהפרתו בתנאים מסוימים עלולה להוביל להתפרצות קשה יותר של המחלות. שני גורמי המחלה מופצים בקרקע ובזרעים וההתמודדות עמם מבוססת על תכשירים כימיים הפוגעים במיקרואורגניזמים ידידותיים בקרקע ומהווים סיכון בריאותי לאדם ולחיות המשק. ייתרה מכך, הרישוי לשימוש בתכשירים כימיים הולך ומצטמצם עקב הסיכון שבהם ורבים מהם מאבדים מעילותם עקב התפתחות פתוגנים עמידים. במחקר שנערך בחמש השנים האחרונות פותחה הדברה יעילה כנגד שתי המחלות המבוססת על פטריות מגינות מהסוג *Trichoderma* וחיזוק מיקרואורגניזמים מיטיבים במיקרופלורה של הצמחים. הפטריות *T. longibrachiatum* (T7407), *T. asperelloides* (T203), *T. asperellum* (P1) ואחרות (ותוצרי ההפרשה שלהן) נבחנו בסדרת ניסויים במעבדה ובחדר גידול בתנאים מבוקרים, עד לבחינתן הסופית בתנאי שדה לאורך עונת גידול מלאה. בתירס, בתנאי שדה בקציר, היישומים הביולוגיים בעיטוי זרעים ובקרקע שיפרו משמעותית את מדדי הצמיחה והיבולים והפחיתו את כמות הפתוגן ברקמות הצמחים ב-98%. בניסויים דומים בשדה כותנה מסחרי, כנגד מחלת ריקבון הפחם, הניב הממשק הירוק 16-17% תשואה ביבול, 14-31% שיפור בבריאות ו-22-37% הפחתה בנגיעות השורשים בפתוגן. הטיפול הביולוגיים בשתי המחלות היו יעילים בדומה (ואף יותר) ליישומים כימיים קונבנציונליים מבוססי *Azoxystrobin*. במקביל הושגה התקדמות באיתור ויישום מיקרואורגניזמים מגינים במיקרוביום הצמחים, החיים בסימביוזה עימם. העשרת זרעי תירס במינים נבחרים ובמיוחד בחיידק *Bacillus subtilis* חזקה את חסינות הצמחים למחלת הנבילה המאוחרת והביאה לשיפור הגדילה וריסון משמעותי של הפתוגן בשורשים. המחקר הנוכחי משפר את הבנתנו לגבי מחלות אלו וההתמודדות עימן ומבסס ממשק הדברה ירוק בעל יעילות גבוהה שימנע התפתחות עמידות של הפתוגנים ליישומים ויאפשר מיגון כנגד מחלות שונות.

הדברה ביולוגית כנגד מחלות בגידולי שדה מהווה פתרון לצורך הגובר בתחליף לתכשירים כימיים הפוגעים בסביבה ומהווים סיכון בריאותי לאדם ולחיות המשק. התכשירים המיושמים כיום מוגבלים עקב צמצום הרישוי ואובדן היעילות עקב התפתחות עמידות

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



לתכשיר. כאן פותחה לראשונה בארץ הדברה מבוססת פטריות מהסוג טריכודרמה וחיזוק מיקרוביום הצמחים, כנגד שתי המחלות המאתגרות ביותר בגידול התירס והכותנה. הממשק הירוק, הוכח כיעיל אף יותר מהדברה כימית ומאפשר כעת הרחבת היישום וביסוסו בקנה מידה רחב.

מה קודם למה בשדה החקלאי – יצרנות ואחידות, או מגוון ויציבות?

אורן שלף¹, אייל בן-שמחון², יונתן פיירמן^{1,2}, דבורה ווליצקי^{1,2}, מאור לוי^{1,2}, גיא יוגב^{1,2}

1. מכון וולקני

2. האוניברסיטה העברית

shelef@volcani.agri.gov.il

כמו כל מערכת יצרנית אינטנסיבית, השדה החקלאי תובע אחידות. יחד עם זאת, השדה החקלאי הוא מערכת חיה המושפעת מסביבתה ולכן נסמכת על מגוון התפקודים של סביבה זאת. בשנים האחרונות מתחזקת ההבנה כי אחידות המרחב החקלאי חושפת אותו לפגיעות בפני שינויים ולכן קבוצת המחקר שלנו עוסקת בממדים של מגוון בשדה החקלאי המודרני. אלו ארבעת ממדי המגוון בהם אנו עוסקים: (1) מגוון גידולים – נציג מחקרים בהם אנו בוחנים שימוש בצמחי-בר מקומיים, על-מנת להעלות את מגוון הגידולים בחקלאות; (2) עיצוב השדה – למשל באמצעות שילוב גידולים (Intercropping) באותו המרחב בו-זמנית. בניגוד לממשק חד-גידולי (Monoculture) הרווח בחקלאות אינטנסיבית מודרנית, בחקלאות רב-גידולית (Polyculture) גידולים שונים, צמחים ו/או בע"ח, משולבים באותו זמן בשדה באופן המאפשר אינטראקציות ביולוגיות. נציג מערכות מחקר שהקמנו ותוצאות ראשוניות. (3) ממשק בין חקלאות לסביבה החיה. הקבוצה מתמקדת ביחסי הגומלין בין פרקטיקות חקלאיות ובין מגוון ביולוגי בקרקע ותפקודיו; (4) חקלאות תוספתית – גידול תוצרים חקלאיים מחוץ לשדה המסורתי. למשל, באזורים עירוניים, או בהפקת תוצרים חדשים מפסולת חקלאית. הרחבת המגוון בחקלאות יכולה לחזק את החוסן המשקי הנשען על שירותי המערכת האקולוגית במרחב החקלאי. נציג תוצאות ראשוניות לכך מהמחקרים של קבוצת המחקר.

הרחבת המגוון בחקלאות יכולה לחזק את החוסן המשקי הנשען על שירותי המערכת האקולוגית במרחב החקלאי. נציג תוצאות ראשוניות לכך מהמחקרים של קבוצת המחקר.

שימוש בגישת ניתוח מחזור חיים (LCA) להערכת גורמי זיהום סביבתיים במטעי שקד בישראל

* איתי שולנר¹, רן לאטי¹, מידד קיסינגר²

1. מכון וולקני

2. אוניברסיטת בן גוריון

itayshulner@gmail.com

שינויי תנאי הסביבה והצורך להפחית את ההשפעה הסביבתית של מערכות המזון מדגישים את חשיבות ניתוח ההשפעות הסביבתיות הישירות והעקיפות של מערכות ייצור חקלאיות. ניתוח זה צריך לכלול תנאי סביבה שונים ולהתחשב בשיטות החקלאיות. עבודה זו מאמצת גישה של הערכת מחזור חיים (LCA) כדי לנתח מגוון אינטראקציות סביבתיות בייצור שקדים בשלושה אזורים אקלים – ים תיכוני, צחיח למחצה וצחיח. הנתונים נאספו מ-94 חקלאים ברחבי ישראל, המייצגים כ-75% משטח המטעים של השקדים במדינה. מצאנו שייצור 1 ק"ג של גלעיני שקדים מייצר בממוצע פליטה של 4.78 ק"ג של פחמן דו-חמצני, 0.02 ק"ג של גופרית דו-חמצנית, ו-0.02 ק"ג של חנקן. שלושת התשומות העיקריות, שמהוות מעל 90% מהפליטות הללו, הן השקיה, דשנים וניהול מזיקים. לניהול עשבים הייתה השפעה קטנה. בנוסף, נמצאו הבדלים בין ובתוך אזורים הגידול, דבר שאפשר לחקור את השפעת המשתנים האקלימיים והאנושיים בכל חלקה שנבדקה. מחקר זה מצטרף למספר קטן של מחקרים שבחנו את ה-LCA של השקדים, והוא בין הראשונים שבודק את ההשפעות של משתנים אקלימיים באזורים שונים לגידול. על ידי זיהוי מוקדים עיקריים, המחקר מספק תשתית למחקרים עתידיים מפורטים של שיטות חלופיות, יישום השיטות המובילות של החקלאים, והשלכות מדיניות לקידום מערכת גידול שקדים מותאמת וברת קיימא.

המחקר מהווה עבודה מקיפה וראשונית של ענף השקד בישראל על ידי שימוש ב-LCA. עבודה זו מזהה נקודות חמות סביבתיות רלוונטיות לענף המטעים בישראל בכלל, ולענף החקלאות בישראל בכלל. תוצאות המחקר יוכלו לתרום בשיפור ממשקי הגידול המקיימים במדינה, ומסקנותיו יכולות לתרום רבות לגיבוש חבילות של קבלת החלטות בגידולים השונים, תוך תמרוץ החקלאים המצטיינים.

אינטראקציות בין מזהמים אורגניים למיקרופלסטיק ממקור חקלאי

* יובל שחר¹

1. האוניברסיטה העברית

yuvalsha1991@gmail.com

פלסטיק הוא חומר רב תכליתי עם שימוש ניכר בתעשיות שונות, והעובדה כי אינו מתכלה גורמת להצטברותו המאסיבית בסביבה. בלייה של חיפויי קרקע העשויים פלסטיק היא אחד הגורמים העיקריים להצטברותם של חלקיקי מיקרופלסטיק בקרקעות מעובדות, כאשר אחד החומרים העיקריים בתעשיית החיפויים הוא הפולימר (Linear low-density polyethylene (LLDPE). זיהום נוסף המשפיע על הסביבה החקלאית מגיע דרך תרופות ומוצרי טיפוח אישי (PPCPs) אשר לא מטופלים באופן יעיל במט"שים וחודרים אל הקרקעות המעובדות דרך השקיה בקולחים ויישום של קומפוסט בוצה. מטרותיו העיקריות של המחקר הן אפיון השינויים המבניים המתרחשים על פני חלקיקי LLDPE בתהליך הדגירה בקרקע ובחינת שיעור ספיחתם של המזהמים האורגניים (מקבוצת ה-PPCPs) על פני חלקיקי המיקרופלסטיק, הן כפונקציה של זמן דגירת החלקיקים בקרקע והן כפונקציה של סוג הקרקע בה נערכה ההדגרה. לביצוע המחקר עורבבו חלקיקי LLDPE בקוטר של 700-1000 מיקרון עם שלוש קרקעות לס שונות, ביחס משקלי של 1%. אחת למספר חודשים, הופרדו חלקיקי המיקרופלסטיק מהקרקעות והועברו לאנליזות FTIR, הן במצבם הטבעי לאחר המיצוי, והן לאחר שימוש בחומצה גופרתית, שהסירה מהם את המעטפת האורגנית. כמו כן, נערכו ניסויי ספיחה ושחרור של עשרות PPCPs על פני חלקיקי המיקרופלסטיק, והכימות התבצע בכרומטוגרפיית LCMS. הממצאים העיקריים מאנליזות ה-FTIR הראו ירידה בקשרי C-H ועלייה בקשרי C-O ו-Si-O על פני המעטפת האורגנית שכיסתה את חלקיקי המיקרופלסטיק, כאשר עיקר השינוי התרחש במהלך 6 החודשים הראשונים של ההדגרה. מניסויי הספיחה נראה כי מרבית המזהמים הנספחים בשיעור גבוה על פני מיקרופלסטיק שהודגר בקרקע הם בעלי מטען חיובי/נייטרלי וליפופיליות גבוהה, ומרבית המזהמים שהציגו שיפור בספיחה כפונקציה של זמן ההדגרה, הם נטולי מטען. כמו כן הוכח כי ספיחת המזהמים על גבי המיקרופלסטיק אינה מושפעת מסוג הקרקע בה הודגר. מסיכום הממצאים נראה כי בחודשי הדגירה הראשונים של חלקיקי המיקרופלסטיק בקרקע, הם מתכסים מעטפת אורגנית החושפת קבוצות פונקציונליות בעלות תכונות הידרופיליות. המולקולות האורגניות מהוות מצע סופח יעיל למזהמים נטולי מטען, בעוד הקבוצות ההידרופיליות, שעשויות לקבל מטען שלילי, מהוות מצע סופח למזהמים טעונים חיובית.

במחקר זה ניתן דגש על שימוש במיקרופלסטיק שהתבלה באופן טבעי בסביבה טרם הדגרתו בקרקע, מה שמאפשר קבלת תוצאות רלוונטיות בהרבה ביחס למחקרים אחרים בתחום, בהם נעשה שימוש במיקרופלסטיק סינטטי/מהונדס. כמו כן, מחקר זה עוסק בתהליכים שעובר המיקרופלסטיק בקרקעות מעובדות, בניגוד לרוב המחקרים בתחום העוסקים במיקרופלסטיק בסביבות מימיות. תוצאות המחקר יכולות להוות בסיס ידע שיביא לשינוי ביישומן של טכנולוגיות ושיטות עבודה מסוימות, ולגיבוש מדיניות חדשה בהקשר של שימוש בפלסטיק לצרכים חקלאיים.

תפקידם של עצים בשיקום שירותי מערכת אקולוגית ברצועות חיץ בשטחים חקלאיים

* לירון ישראלי¹, אורה משה², תמר דיין¹

1. אוניברסיטת תל אביב

2. משרד החקלאות

lironisraely@mail.tau.ac.il

אגן היקוות הקישון הוא מהגדולים והחשובים באגני ארץ ישראל, הווה עורק קשוריות אקו-הידרולוגית בין מזרח למערב ישראל. לאורך השנים נחל הקישון ויובליו סובלים מזיהום איכות המים, איכות אקולוגית ירודה, וסתימת תשתיות ניקוז כתוצאה מניהול לקוי של מרחב חקלאות נחל באגן ההיקוות. שיקום רצועות חיץ המשלבות עצים, שיחים ועשבונים, בין גדות הנחל לבין שדות חקלאיים הוא אחד מהכלים המקובלים בעולם של פתרונות מבוססי טבע לניהול אגני. ממשק זה מספק מגוון שירותי מערכת אקולוגית, אך בישראל כמעט ואין יישום מעשי מבוסס מדע של שיקום רצועות חיץ המשלבות עצים. בנוסף, השתנות המיקרו-טופוגרפיה של אזור החיץ יכולה להוות גורם משמעותי שיקום אקולוגי היות ובאקלים יובשני תנועת המים העילית הינה משאב במחסור. מטרת המחקר היתה לבחון את הביצועים של שירותי מערכת אקולוגית ותהליך השיקום של רצועת חיץ רב שכבתית. חלקת הניסוי של מחקר נורה לאורך שלוש שנים בין נחל הקיני לחלקת גד"ש העמק. שיטות המחקר כלול מכלול של מדדים לבדיקת תפקודיות שירותי המערכת, כמו: ניטור סחף קרקע, לחות וכושר חידור, מגוון צומח וחרקים, ביואקוסטיקה ותכונות הקרקע. תוצרי המחקר מיפו את הקשרים בתוך רצועות חיץ משוקומת לפי נתיב הנגר העילי לבין מדדים תפקודיים כמו כושר חידור המים היה הגבוה ביותר תחת עצים בוגרים, מידת הלחות בקרקע נעה בקולציה לרמת הסחף הקרקע. מכלול ניתוח הנתונים נותן המלצות ספציפיות לתהליכי השיקום בפועל ביחד עם הבנה בסיסית של תפקוד שירותי מערכת באזור חיץ מעוצה. בנוסף הודגם שכמות הסחף מתגברת ככול במרכז נתיב הסחף, דבר המחזק את החשיבות של האיפיון המרחבי בתהליכי שיקום ושימור אזור החיץ. הניטור הביואקוסטי סייע לראות את החשיבות של רצועות חיץ בהגדלת משך השהות לאורך היום וחודשי השנה של מגוון מינים באזור המשוקם. הניתוח המרחבי יצר כלי קבלת החלטות לתיעודף של התפקודיות המרחבית המשפיעה על אזור החיץ. תוצרי המחקר מניחים תשתית מקצועית ומדעית לתהליכי הקמה, שיקום ושימור רצועות חיץ מבוססות עצים ומותאמות לנתיב הנגר העילי. בכך אנו תורמים לידע המדעי והישומי של ניהול אגני משולב.

המחקר בסיס את חשיבותם של עצים בשיקום אזור החיץ ושיקום אקולוגי. בנוסף, הודגם כי מיפוי נתיב הנגר העילי מהשדה לנחל מסייע להתבססות של רצועות חיץ, אספקת שירותי מערכת אקולוגית והפחתת השפעות שליליות מהחקלאות על הסביבה הטבעית והתשתיות הציבוריות. מכלול התובנות הללו מסייעות לפיתוח מתודולוגיה וארגז הכלים ישומי, מבוסס מדע, של תהליכי ניהול אגני משולב בישראל ובאזורים אקלים ים תיכוניים, הרלוונטים הן למנהלי שמירת טבע בשטח והן למדיניות ומקבלי החלטות.

השפעת צמחיה ספונטנית וגידולי שירות על מגוון המאביקים ופעילותם ועל הפוריות במטעי אבוקדו

* שרון אסיס¹, גיל אשל², ארנון דג³, יעל מנדליק¹

1. האוניברסיטה העברית
2. משרד החקלאות
3. מכון גילת

asis.sharon@mail.huji.ac.il

אתגר מרכזי בניהול מערכות חקלאיות הוא פיתוח ממשקים לביסוס שירותי מערכת אקולוגית ביניהם בריאות הקרקע, שרותי האבקה והדברה ביולוגית. שרותי האבקה ע"י מאביקי בר ומאביקים מסחריים תורמים משמעותית להיקף ולאיכות היבול בגידולים רבים. עם זאת, שטחי חקלאות אינטנסיבית מהווים לרוב בית גידול עני וחד-גוני במשאבים החיוניים למאביקים, בעיקר מקורות מזון רציפים ומצעי קינון. במחקר זה בחנו השפעת גידולי שירות פורחים על חברת המאביקים ושירותי האבקה שלהם במערכת מודל של מטעי אבוקדו האס במרכז הארץ ובדרומה. האבוקדו כמו גידולים רבים, תלוי בחרקים לצורך האבקה. אולם דבורי הדבש, המשמשות כמאביק המרכזי במטעים, מעדיפות פריחה מתחרה חיצונית למטע על פני פריחת האבוקדו, במיוחד בזן האס. במחקר זה אנו בוחנים שתי גישות ליישום גידולי שירות פורחים ככלי למשיכת מאביקים ותגבור שרותי האבקה במטעי אבוקדו: ביסוס הצמחייה הספונטנית במטע לעומת העשרת הצומח במטע על ידי זריעת תערובות גידולי שירות עשירות או דלות במינים. נבדקה השפעת כיסוי הצמחייה על מגוון, שפע והרכב חברת מאביקי האבוקדו והעדפותיהם בנוגע לצמחיית השורה. מלבד דבורי הדבש, מגוון מאביקי בר ביקרו בפרחי אבוקדו, הנפוצים היו הזבובים. נצפו חיפושיות, דבורי בר, צרעות, ופשפשאים במספרים קטנים יותר. גידולי שירות הראו השפעה חיובית על ביקורי מאביקים בפרחי אבוקדו. מגמה זו נצפתה בשני טיפולי הזריעה, כשבטיפול התערובת הדלה היה ההבדל מובהק עבור דבורי הדבש, ובטיפול התערובת העשירה היה ההבדל מובהק למאביקי הבר. במחקר הבודק את השפעת הצמחייה הספונטנית ישנה מגמה עיתית הפוכה בין ביקורי דבורי הדבש ומאביקי הבר בפרחי האבוקדו – דבורי הדבש דומיננטיות בתחילת העונה, ומאביקי הבר דומיננטיים באמצע העונה ובסופה. תמונה דומה נצפתה לאורך היום – דבורי דבש דומיננטיות בבוקר ואילו מאביקי בר דומיננטיים בצהריים. התוצאות מראות כי גידולי שירות פורחים מגבירים את הקומפלקסיות בין דבורי הדבש ומאביקי הבר בדגמי הפעילות היממתיים והעונתיים. נראה כי פריחה שאינה פריחת אבוקדו במטע משמשת כפריחה משלימה למאביקי הבר ולדבורי הדבש, ואספקת התנאים הללו למאביקים במטע עשויה לתרום לשירותי האבקה גבוהים ויציבים יותר לאורך היום ובמשך עונת הפריחה.

חקלאות מהווה חלק גדול מהשטחים הפתוחים בישראל ורובה מנוהלת בצורה שפוגעת במגוון הביולוגי בתוכה ומחוץ לה. יתר על כן, שטחי החקלאות הרבים במדינה גורמים לקיטוע בתי גידול. מדובר על מחקר בעל אופי ישומי במסגרתו אני יוצרת בתי גידול נרחבים לחרקים מועילים בתוך שורות המטעים עצמם. במהלך השנה האחרונה הממצאים מהמחקר מראים כי צמחיה פורחת שזרעתי במטע מעלה ביקורי מאביקים לפרחי האבוקדו ועשויה לשפר את האבקה באבוקדו. במידה ותקודם פרקטיקה כזו בשטחי האבוקדו היא תתרום משמעותית למגוון הביולוגי בתוך שטחי החקלאות ומעבר לתרומתה הכלכלית היא עשויה לשפר את הקישוריות בין השטחים הפתוחים סביב המטעים.

יער, אקלים, ומגוון ביולוגי: מדע כבסיס לקבלת החלטות בניהול שטחים פתוחים

גלי חום לבדם אינם מפחיתים את חוסנם של עצים, אך שילובם עם יובש קרקע כן

ארז פויר¹, יקר פרייזלר², אייל רוטנברג¹, דן יקר¹, יאיר מאו¹

1. האוניברסיטה העברית

2. מכון וולקני

3. מכון ויצמן למדע

erez.feuer@mail.huji.ac.il

במחקר זה בחנו את חוסנם של עצים בתגובה ליובש אטמוספרי ויובש קרקע משולבים, באמצעות מדידות קוטר גזע שנאספו על ידי דנדרומטרים ביער יתיר - יער אורנים באזור חצי-צחיח. השאלה המרכזית במחקר זה היא: מהי ההשפעה הדיפרנציאלית של יובש אטמוספרי לעומת יובש קרקע על הצמיחה והחוסן של העצים? באמצעות ניתוח נתונים מניסוי השקיה בעצי אורן בוגרים, פיתחנו כלים חדשים לאפיון גלי חום והצגנו מדדי חוסן חדשניים שנועדו במיוחד להעריך את יכולת ההתאוששות והעמידות של עצים שנחשפו לגלי חום קצרים ואינטנסיביים על רקע יובש קרקע ממושך. ממצאי המחקר הראו שהשקיה הגנה ביעילות על העצים מההשפעות השליליות של גלי חום. לעומת זאת, עצים שלא הושקו הפגינו ירידה משמעותית בחוסנם במהלך העונה היבשה, בעיקר בתקופות של יובש משולב, ירידה שלא נצפתה בעצים המושקים. עם תחילת העונה הרטובה, החוסנם של העצים שלא הושקו עלה במהירות והשתווה לחוסנם של העצים המושקים, מה שמעיד על פגיעה מינימלית בתפקוד ההידראולי. לממצאים אלה יש השלכות משמעותיות על ההבנה של חוסן היערות מול ההשפעות המחרפות של שינויי האקלים.

המחקר תורם להבנת חוסנם של עצים ליובש אטמוספרי וקרקע משולבים, ומשפר את יכולתנו לנטר ולהעריך את השפעתם בזמן אמת. הממצאים מספקים אינדקסים חדשים שיכולים לשמש גם כמדדי התרעה מוקדמת (early warning indicators), ובכך לסייע בקבלת החלטות במדיניות ניהול הסביבה הטבעית, העירונית והחקלאית.

ניטור נזקי שלגים ביערות ביריה, מירון ובעל שם טוב

גולדי יורקוביץ¹

1. מכון דש"א

goldie.jurkowicz@gmail.com

בשנת 2013 התרחשה סופת שלגים חזקה מאוד וחריגה בעוצמתה לישראל. ביערות ביריה, מירון ובעל שם טוב, עצים רבים מתו או נשברו. הזדמנות מצערת זו שימשה את קק"ל בכדי לבדוק את השלכות הסניטציה לאחר אסון שגורם לקק"ל לטפל בשטח. המטרה היתה לבדוק את השפעת הסניטציה על התאוששות העצים ועל מניעת שריפות ומחלות לאורך זמן. 32 חלקות נדגמו, בהן 16 על מסלע רך, 16 על מסלע קשה, 16 ביער נטוע של אורן ברוטיה ו-16 ביער נטוע של אורן ירושלים. חצי מהחלקות עברו טיפול של סניטציה שטח וליד כל אחת מהן חלקה שלא טופלה, ששימשה כביקורת. כל חלקה מורכבת מ-3 תת-חלקות. כל החלקות נדגמו באותם המדדים בשנת 2014 לפני הסניטציה וב-2015 וב-2024. המדדים שנמדדו בחלקות הם: בעצים: גובה, גובה המכוסה בעלווה, קוטר הגזע ו כיסוי העלווה. בתת היער: לאורך חתך של 8 מטרים וברצועה של 2 מטרים מהחתך משני הכיוונים, נמדדו מיני מעוצים וכמותם, מיני זריעי עצים, כמותם וגבהם, גובה וקוטר חומר עץ מת. לאורך החתך נמדדו מרכיבים מבניים כגון נשר, אבנים, עשבונים וכו'. ונמדדו מיני עשבונים וכמותם בשני ריבועי מטר על מטר על החתך. כיסוי חומר עץ מת נערך לכל חלקה. מהמדדים של תת היער נעשה חשבון של עושר, שפע ומגוון מיני עשבונים, מעוצים ומרכיבים מבניים בחלקות השונות. ההבדלים בערכים האלא, יחד עם הבדלים במדדי העצים נבדקו סטטיסטית, בין חלקות טיפול וביקורת, סוג מסלע ומין אורן, לאורך שלושת השנים. השוואות אי-שוויון גם נעשתו. המדדים השונים שנדגמו מראים התאוששות של היער והעצים. נמצאו הבדלים מובהקים במדדים רבים בין סוגי המסלע וגם בין מיני האורן, כך שניתן לסכם שהם המשתנים היותר משמעותיים לצמחים ולמבנה היער מאשר סניטציה השטח. לעבודת הסניטציה היו השפעות שליליות על שפע מיני המעוצים בתת היער שהוא מרכיב חשוב ביער. לעומת זאת, יש השפעה מובהקת שלה על מידת הכיסוי של חומר עצי מת, כך שיש פחות כיסוי בחלקות טיפול – מה שימנע התפשטות של שריפות.

הניטור הראה שסניטציית שטח מוריד כיסוי של חומר עץ מת, שימנה התפשטות של שריפות. חשיבותה עלתה לאחר שריפות שנגרמו מירי טילים וגרמו נזק לחלק מחלקות הניטור. מומלץ להמשיך את הניטור ולבדוק את השפעת הסניטציה, סוג המסלע ומין האורן על החלקות שנשרפו ועל התאוששות היער. ההבדלים שנמצאו בין סוג מסלע ומין אורן על עושר, שפע ומגוון של מינים וגם התחדשות עצים וזריעי אורנים משמעותיים לתכנון יערות בארץ, ולשמירת מגוון מינים ביערות.

בין יער לבתה - תובנות חדשות על ייעור תומך מגוון ביולוגי בישראל

* דניאל עידן^{1,2}, ניב דה-מלאך¹, הילה סגרה²

1. האוניברסיטה העברית

2. מכון וולקני

ldanielidan2@gmail.com

ייעור הינו כלי חשוב בניהול שטחים פתוחים, אך השפעתו על המגוון הביולוגי שנויה במחלוקת. בעוד שרוב המחקרים עד כה עסקו ביערות צפופים או מחטניים, מחקר זה בוחן כיצד יער פתוח (יער-פארק) של רחבי-עלים מקומיים משפיע על מגוון עופות צומח. איתרנו 10 שטחי יערות פארק נטועים בגליל התחתון בסמיכות לשטחי בתה. סקרי עופות בוצעו באמצעות ספירת נקודה (point count) באביב ובסתיו, והמגוון והרכב החברה נבדקו בניתוח מזווג. דיגום צומח בוצע בשני אתרים עם כ-1,400 דגימות מצפון ומדרום לחופת העץ, מכתמי יער פתוחים ומהבתה הסמוכה. ניתוח דגמי המגוון נעשה באמצעות עקומות הצטברות מינים. נמצא שעושר מיני העופות ביער-פארק גבוה ב-35% מאשר בבתה, וכן שהרכב החברות שונה. מקנני קרקע נצפו בבתה פי 3.5 יותר מביער, ומקנני עצים נצפו ביער פי 1.75 יותר מבתה. עם זאת, ברוב שטחי המחקר נצפו נציגים משתי קבוצות הקינון, דבר המרמז על תרומתם של שני בתי הגידול למורכבות המרחבית ולתמיכה במגוון העופות. ממצאי הצומח מראים תמונה מורכבת יותר: סמוך לעצים התקבל מגוון ועושר מינים נמוך לעומת כתמים פתוחים (למשל, בחרוב התקבלה הפחתה של 50%). מנגד, מגוון בטא, המבטא הטרוגניות מרחבית, היה גבוה יותר, והמגוון המרחבי (מגוון גמא) היה דומה בין בתי הגידול. הרכב הצומח אף הוא נמצא שונה בין העצים לכתמים הפתוחים ומינים נדירים בישראל (כגון אאירה נימית ואספסת כדורית) נמצאו רק בכתמים הפתוחים. ממצא נוסף ומפתיע הראה שהבדלי הקרינה בין צידי העץ לא השפיעו על עושר המינים, דבר שעשוי להצביע על כך שהשפעת העץ אינה קשורה לתחרות על אור. בהשוואת יער-פארק לבתה, הרכב המינים נמצא שונה, אך דומה יותר בין הבתה לכתמים הפתוחים. ממצאים אלו מדגישים את חשיבות הנטיעות הדלילות, המאפשרות ככתמים פתוחים ומקדמות מגוון ביולוגי, לצד שימור הבתות כבתי גידול ייחודיים. תובנות אלו עשויות לתמוך בגיבוש ממשק יערני המקדם מגוון ביולוגי וכן בניהול מרחבי מאוזן.

ממצאי המחקר מהווים מידע חשוב עבור גיבוש ממשק יערני, ובפרט אם המתרה היא בקידום המגוון. המחקר עונה על שאלה לא פתורה כיצד יער נטע אדם פתוח ובו מיני עצים מקומיים משפיע על המגוון הביולוגי של קבוצות שונות- צמחים ועופות. המחקר מראה שיערות כאלה (בשונה מהרבה תצורות יער אחרות) עשויים לתמוך במגוון מינים גבוה. המחקר גם מחזק את חשיבו השמירה על שטחי בתה היות שלהם מאפיינים יחודיים המאפשרים תמיכה בקיום מיני צומח ועופות אחרים מאלה שביער. בנוסף, הממצאים מספקים עוד נדבח מדעי לניהול מאוזן של יערות ובתות במדיניות הסביבתית בישראל, עם פוטנציאל לשימור טבע בר-קיימא.

הערכת מתודולוגיות סקר מומחים וקהילה לניטור מקרו־פטטריות – תוצאות פיילוט ביער חוף כרמל

* ניצן בר- שמואל^{1,2}, תמיר קליין³, סתיו לבנה לוזון³, דן מלקינסון^{1,2}

1. אוניברסיטת חיפה

2. מכון שמיר למחקר

3. מכון ויצמן למדע

nitsanber@gmail.com

לפטטריות תפקידים חיוניים בתהליכים אקולוגיים ואבולוציוניים, והן יכולות לשמש כביואינדיקטורים חשובים. האינטראקציות שלהן עם אורגניזמים אחרים והשתתפותן במעגלים ביוגיאוכימיים מדגישות את חשיבותן לתפקוד המערכות האקולוגיות. למרות שישראל נחשבת נקודה חמה של מגוון ביולוגי ועושר פטרייתי, קיים מחסור משמעותי במחקר מעמיק בתחום זה. כדי לצמצם פער זה, ערכנו מחקר להערכת מתודולוגיות שונות לבחינת שפע ומגוון מיני מקרו־פטטריות, תוך שימוש בסקרי מומחים ובמידע הנאסף במסגרת של מדע קהילתי. נבחנו פרוטוקולי דיגום שונים, הכוללים דגימה אקראית במשך עשרים דקות בשטח של 0.15 דונם, וחתכי טרנסקט של 100 מטרים בתוך החלקה. בנוסף המחקר בא לבחון את ההשפעה של האקלים המקומי על מגוון ועושר המינים. ב 15 סקרי מומחים שבועיים, שנערכו מדצמבר 2023 עד אפריל 2024, תיעדו 4,276 גופי פרי של למעלה מ-115 מינים, וזאת בהשוואה לסקרים המבוססים מדע קהילתי בהם תועדו 33 מינים שונים, בארבעה מפגשים בלבד. בסקרים נמצאו הבדלים משמעותיים בין אתרי הניטור כנראה כתוצאה משינויי מיקרו אקלים בין האתרים. לאורך הסקר ניצפו שינויים עיתיים מהירים בהרכב גופי הפרי בין סבבי הדגימה, כאשר מספר גופי הפרי למטר היה הגבוה ביותר באמצע עונת הגשמים. מדד שנון למגוון הביולוגי הצביע על מגמה דומה, עם המגוון הגבוה ביותר של גופי פרי בסביבות יונאר. בנוסף, הניתוח הראה שדגימה אקראית בפוליון מוגדר הייתה יעילה יותר באומדן מגוון ביולוגי מאשר דגימת חתכי אורך בטרנסקט. למרות האתגרים בשיתוף הקהילה בסקר, שילוב זה הוכח כיעיל בהערכת שפע המינים, כפי שמאושש בניתוח ררפקציה. על כן, יש לשקול שילוב הקהילה במתכונת ביובליץ בתוך סקרי המומחים.

ממצאי המחקר חושפים מגוון פטריות משמעותי, ומספקים מתודולוגיה בסיסית להקמת פרויקט ניטור פטריות ארוך טווח בישראל, התומך במגוון הביולוגי ובקיימות היער.

חקר אינטראקציות יער-אטמוספירה תחת תנאי שרב באזור צחיח למחצה

* יותם מנחם¹, ליהי מגריץ-רון¹, אייל רוטנברג¹, ליאור הוכמן¹, שירה רוא-רובין¹, דן יקיר¹

1. מכון ויצמן למדע

yotam.menachem@weizmann.ac.il

השפעת ייעור באזור מדברי, כדוגמת מאמצי ייעור המשמשים למיתון שינויי אקלים, במהלך אירועי חום קיצוניים הנה שאלה חשובה ובלתי פתורה. בנוסף, בעוד שהשפעת הטרוגניות פני שטח בקנה מידה גדול, כגון פיזור ים-יבשה ורכסי הרים על מזג האוויר, מבוססת היטב ומוטמעת במודלים נומריים לחיזוי מזג אוויר, השפעת הטרוגניות בקנה מידה קטן יותר עדיין אינה לגמרי ברורה. באופן ספציפי, יחסי הגומלין בין האילוץ הסינופטי וההשפעות הנובעות מהטרוגניות פני השטח בסקאלת המזו טרם הובנו במלואם. באזור המזרח התיכון חלה החמרה בתנאי החום והבצורת ועלייה בתכיפות אירועים קיצוניים כתוצאה משינויי האקלים, המשפיעים על מזג האוויר האזורי והמערכות האקולוגיות המקומיות. יערות צחיחים למחצה, כדוגמת יער יתיר בקצהו הצפוני של הנגב, מספקים נקודת מבט ייחודית לחקר יחסי הגומלין בין פני השטח לאטמוספירה, במיוחד תחת אירועי חום קיצוניים. מחקר זה בוחן את יחסי גומלין אלו תוך התמקדות במנגנונים המניעים את מאזני הקרינה, שטפי האנרגיה ומחזורי הזרימה המקומיים. גישתנו משלבת מדידות מתחנת המחקר ביער יתיר, נתוני רח-אנליזה אטמוספריים, ניתוח לגרנדז', וסימולציות ברזולוציה גבוהה באמצעות מודל נומרי לחיזוי מזג האוויר, ICON. באמצעות סדרת ניסויים נומריים הבוחנים תצורות יער שונות ומשלבים משוב יער-אטמוספירה, אנו בוחנים את הפוטנציאל של ייעור באזורים צחיחים למחצה להשפיע על דינמיקת שכבת הגבול, תוך בחינת ההשלכות האפשריות על אירועי שרב קיצוניים והדגמת רגישות התוצאות הנומטריות לפרמטרים של פני השטח ומערכות סינופטיות שונות. התוצאות מראות כי בשל קרינה סולארית נכנסת גבוהה ואלבדו נמוך, קרינת הנטו ביער יתיר גבוהה בהשוואה לאזורים אקולוגיים אחרים בעולם, ומאוזנת על ידי שטף חום מוחשי גדול. כתוצאה מכך, פני השטח קרים יותר ומדכאים את פליטת הקרינה ארוכת הגל בהשוואה לשטחי הבתה החמים הסובבים. הניגוד התרמי בין היער לבתה הסובבת עשוי גם להוביל להתפתחות מחזורי זרימה משניים בתוך שכבת הגבול הפלנטרית. ההשפעות המשולבות של תהליכים אלה משנות באופן משמעותי את חילופי האנרגיה בין פני השטח לאטמוספירה, עשויות להשפיע על המיקרו אקלים של היער, ובקנה מידה גדול יותר, עשויות להשפיע על מזג האוויר והאקלים האזורי.

מחקר זה בוחן את השפעת ייעור באזורים צחיחים למחצה על מזג האוויר האזורי, ואת הרלוונטיות הפוטנציאלית של ממשקי יער-יער. המחקר, מדגיש את חשיבות שילוב שיקולי השפעת אינטראקציות יער-אטמוספירה בתכנון שימושי קרקע ופיתוח סביבתי.

כלכלה לשם שינוי: מנועי צמיחה ורגולציה בעידן המשבר הסביבתי

הסתגלות להסתגלות - התאמה מסדר שני לשינויי אקלים במשק המים בישראל

אורי נחמני¹, עמית טובי¹

1. האוניברסיטה העברית

ori.nachmani1@mail.huji.ac.il

עם החרפתם של שינויי האקלים, הצורך בהסתגלות (אדפטציה) הולך וגובר ואיתו הצורך בחשיבה מחודשת, אפיון ובחינה של תהליכים אלה. ככלל, הסתגלות נתפסת כפעולה חיובית ובעלת נקודת קצה ברורה בה מופחתת מידת הסיכון האקלימי. זאת למרות שפעולות הסתגלות כרוכות בהתערבות ישירה במערכות אקולוגיות ואנושיות, ולכן טומנות בחובן השלכות רבות אפשריות. על אף חומרתן האפשרית, השלכות אלו וההתמודדות עימן לא זכו לתשומת לב מקיפה במחקר. במטרה להתחיל ולפצות על פער זה, המחקר בחן כיצד נתפסות תגובות לתהליכי הסתגלות, המוגדרות כ'הסתגלות מסדר שני'. כמקרה בוחן, המחקר התמקד באופן בו בעלי עניין שונים תופסים הסתגלות זו ביחס להתפלת מי ים בישראל – פעולה בעלת השלכות רחבות היקף על מערכות שונות ותחומים שונים, ביניהם מערכות חופיות מקומיות, מערכת האקלים הגלובלית והשלכות על בריאות הציבור וביטחון מים. תפיסות אלו נבחנו בראיונות מובנים למחצה, המאפשרים הפקת מידע כמותני לצד מידע איכותני, המספק סיבתיות ומסביר את הגורמים העומדים בבסיס התפיסות השונות. התוצאות מראות, בניגוד להשערות המחקר, כי התפלה נתפסת כפעולה בעלת עלות כלכלית גבוהה יותר ביחס לפעולות הנדרשות למיתון השלכותיה, כמו גם בעלת מורכבות ביצועית ומוסדית גבוהה יותר. לצד זאת, הטיפול בהשלכותיה דורש מגוון רחב יותר של יכולות ותחומי ידע מאשר הנדרש ליישום התפלה עצמה. בנוסף, הראיונות מעלים שני חסמים מרכזיים להסתגלות מסדר שני: האחד כרוך ביכולת להכיר בהשלכותיה השליליות של התפלה, הנתפסות לעיתים כשוליות לאור תפקידה המרכזי באספקת מים, בעוד שהשני כרוך בקושי בסיסי יותר בהתייחסות להשלכות עתידיות, אשר אינן נמצאות על סדר היום הציבורי והתכנוני. לרוב, מרואיינים מארגוני חברה אזרחית תפסו הסתגלות מסדר שני כמאתגרת וחיונית יותר ביחס למרואיינים מהסקטור הממשלתי, סקטור המים או בעלי רקע טכני/מדעי. בהתאם למחקר זה, הסתגלות מסדר שני עלולה להיתקל בחסמים שונים ליישומה, בראשם העדרה של ראייה ארוכת טווח המכירה בהסתגלות כתהליך דינאמי, מתמשך ורב-שלבי, הדורש גמישות ויכולות שונות בכל אחד משלביו. על המוסדות האחראים להסתגלות לשינויי אקלים לאמץ ראייה צופת עתיד ומורכבת יותר על מנת לענות על האתגרים באופן מיטבי.

לממצאי המחקר משמעות אפליקטיבית רבה בכל הנוגע למדיניות טיפול בהשלכות התפלת מים, בפרט, והסתגלות למשבר האקלים בכלל. ראשית, יש להעלות את סוגיית השלכות התפלת מי ים בישראל על סדר היום המדיני והתכנוני, כמו גם באקדמיה ובמגזר השלישי. תהליך זה צריך להיות מלווה בבחינה מקיפה של השלכות ההתפלה והשפעתן על תחומי החיים השונים. שנית, על השיח להיות רחב ומגוון, ויש לשלב בו נציגים ממדעי הסביבה והחברה. בנוסף, כדאי שכבר בשלב תכנון אסטרטגיות הסתגלות מסדר ראשון, יבחנו השלכותיהן והשפעותיהן של אותן אסטרטגיות הן על הסביבה הטבעית והן על זו האנושית. לבסוף, יש לקיים

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



מחקר מדיניות מקיף על אופן הטיפול בהשלכות התפלת מי ים בישראל בראי התפלה כהליך הסתגלות רב שלבי. באופן ממוקד יותר, יש לבצע הערכה כיצד התפלת מי ים מחמירה או מפחיתה את הפגיעות של ישראל לשינויי אקלים. כפי שמחקר זה מוצא, התפלה כרוכה בטווח רחב של שקלולי תמורות הכוללים מערכות הקשורות באופן הדוק לחוסנה של ישראל בפני שינויי אלו.

עיצוב שוק הרכב החשמלי: הקצאת סבסוד אופטימלית לרכבים חשמליים ולתשתיות טעינה

* איתי דאבוש¹, חן כהן¹, דורון לביא², עידן בטאט

1. אוניברסיטת בן גוריון

2. המכללה האקדמית תל-חי

dabushitay@gmail.com

רקע: המעבר לרכבים חשמליים הוא יעד מרכזי לצמצום פליטות פחמן עולמיות ולהתמודדות עם משבר האקלים. עם זאת, אתגרים כלכליים ותפעוליים, כמו עלויות רכישה גבוהות ותשתיות טעינה מוגבלות, מהווים חסמים מרכזיים בענף. מטרת המחקר: המחקר מציע מנגנון חדשני לבחינת מדיניות סבסוד ומטרתו היא להעריך את ההשפעות הכלכליות והסביבתיות של מדיניות סבסוד על התפתחות שוק הרכבים החשמליים ופריסת תחנות טעינה, תוך זיהוי מבני סבסוד מיטביים לקידום אימוץ ע"י הצרכנים. שיטות: המחקר בוחן ארבעה תרחישי מדיניות: תקציב בלתי מוגבל בטווח הקצר, תקציב קבוע, תקציב יורד בהדרגה ותקציב המוקצה בשני שלבים. הנתונים מבוססים על שוק הרכבים בארה"ב, ונאספו ממקורות אקדמיים ודוחות רגולטוריים רלוונטיים. המחקר משלב מודל מבוסס סוכנים (ABM) עם סימולציות אבולוציוניות ברשתות עולם-קטן וכולל ניתוח עלות-תועלת (CBA) מקיף. תוצאות: סבסוד לצרכנים בשלבים מוקדמים מוביל להאצה משמעותית באימוץ רכבים חשמליים, בעוד שסבסוד לתשתיות טעינה משפיע במידה פחותה יותר. לדוגמה, צמצום סבסוד לתחנות טעינה גרם לירידה זניחה של 0.87% בלבד בשיעור האימוץ של רכבים חשמליים על ידי הצרכנים. לעומת זאת, צמצום הסבסוד לצרכנים הוביל לירידה משמעותית של 8.8% בניתוח עלות-תועלת הראה כי הקצאת משאבים דינמית, בעיקר בשלבים הראשונים של התהליך, מניבה תוצאות מיטביות הן מבחינת עלות-תועלת כלכלית והן מבחינת האצת קצב האימוץ. בניתוח הרגישות למחירי הטעינה מצאנו כי עלייה במחירי החשמל האטה את צמיחת השוק. מצד שני, מחירים נמוכים מדי הגבילו את הכדאיות הכלכלית להשקעה בתשתיות טעינה. דיון: המחקר מדגיש את הצורך במבנה סבסוד דינמי שמותאם לשלבי התפתחות השוק ומאזן בין יעילות כלכלית לקידום מהיר של רכבים חשמליים. ניתוח הרגישות למחירי הטעינה הבליט את ההשפעה על החלטות הצרכנים ואסטרטגיית המשקיעים. מסקנות: המסקנות מדגישות את חשיבותה של מדיניות סבסוד דינמית וממוקדת, המתאימה את עצמה לשלבים שונים בהתפתחות השוק. המחקר מספק לקובעי המדיניות כלי חיזוי וניתוח מבוסס נתונים, המאפשר תכנון אופטימלי של אסטרטגיות סבסוד תוך מקסום התועלת הכלכלית והסביבתית. גישה זו תורמת להאצת המעבר לרכבים חשמליים, כחלק מהמאמץ לקדם כלכלה דלת פחמן.

המחקר תורם להבנת ההשפעה של סבסוד דינמי וממוקד על האצת אימוץ רכבים חשמליים ופריסת תשתיות טעינה תוך שהוא מאפשר השוואת חלופות למדיניות סובסידיה בטווחי זמן שונים באמצעות קריטריון עלות תועלת כלכלית-סביבתית. הוא מציע מסגרת מדיניות ישימה, הניתנת להתאמה למדינות נוספות. יישום תובנות המחקר בישראל עשוי לסייע לצמצום פליטות גזי חממה, שיפור איכות האוויר והפחתת התלות בדלקים מזהמים, תוך השגת יעילות כלכלית לטווח הארוך.

איפה נגמר ה"מעלה" ומתחיל "מורד" הנחל? - עדכונים בתמריץ הכלכלי לשחרור מעיינות

גיא קפלן¹, עשהאל גרינפלד²

1. רשות המים

2. המכללה האקדמית תל חי

guyk@water.gov.il

שחרור מים לטבע מהווה תנאי בסיסי לשיקום בתי גידול לחים שנפגעו כתוצאה של הפניית מקורות המים הטבעיים לשימושי האדם. רשות המים משתמשת בכלי רגולטוריים שונים לצורך הגדלת היצע המים הטבעיים בבתי גידול לחים כדי לאפשר את שיקומם. מזה שנים רבות שקיים תעריף דיפרנציאלי המעודד חקלאים לשאוב מים ממרוד הנחל בתעריף מופחת במקום במעלה הנחלים ובראשי המעיינות. החלת התעריף הביאה למספר השגים, אך הצלחתו היתה מוגבלת. בין החסרונות של הרגולציה ניתן למנות: 1. חוסר בהירות בהגדרת מיקום ההפקה - מתי בדיוק זה נחשב מעלה? איפה מתחיל המורד? ומה נחשב "ביניים"? 2. חוסר כדאיות של המעבר להפקה במורד עקב הירדיה ברום הטופוגרפי, ופגיעה באיכות המים. עבודת מטה ממושכת ברשות המים שהסתיימה לאחרונה הביאה לאישור תבחינים ברורים יותר לסיווג מיקום ההפקה, וכן להגדלת התמריץ להפסקת השאיבה במעלה. נייר העמדה שפורסם לאחרונה יוצג ויוסבר, כמו גם המשמעויות של העלאת תעריף דמי המים במעלה ל-150% על היכולת לשחרר עוד מעיינות ונחלים.

המחקר שאפשר את אישור התבחינים משמש כבר היום לקידום מדיניות סביבתית המיטיבה עם הנחלים, וישמש כמצע לקידום פרויקטים נוספים בעתיד לשחרור מעיינות, ולהעברת הפקת מים למורד האגנים. לאור העניין הציבורי הרב וההשלכות הכלכליות של המחקר על מחירי המים לצרכנים ועל קידום תכניות שיקום לנחלים התקיימו מספר סבבים של שימוע ציבורי והערות חשובות של בעלי עניין השפיעו על הניסוח הסופי.

מנועי צמיחה כלכליים לאור האתגרים הגלובליים

יהודה כהנא¹

1. אוניברסיטת תל אביב

kahane@ykcenter.org

הכלכלה העולמית והישראלית עומדת בפני שני אתגרים משמעותיים: בתחום האקלים והסביבה - בטווח הקצר, ובתחום הפנסיה - בטווח הארוך. משברים אלו עלולים להוביל לקריסה של מערכות כלכליות ואקולוגיות אם לא נטפל בהם לפני נקודת האל חזור. מדינות נדרשות לאמץ מודלים חדשניים למימון פרויקטים תשתיתיים ואימוץ פתרונות כלכליים ברי קיימא. מדינות רבות, ביניהן גם האיחוד האירופאי, מטילות עיצומים כלכליים ומיסים במטרה למגר את משבר האקלים ולממן טרנספורמציה. התקציב הממשלתי השוטף בעולם (וגם בישראל) לא יכול לתמוך בכך בגלל סדרי הגודל של ההשקעות. מאז המשבר בשנת 2008, לבנקים המרכזיים במדינות המערב, מדיניות של שער ריבית ריאלי (בניכוי אינפלציה) של 0-1% - לעניין זה השפעה גדולה ביותר על הפנסיה כתוצאה מכך, מערכות הפנסיה ברחבי העולם מתמודדות עם אתגרים חסרי תקדים בשל ירידה בתשואות מזה 15 שנים (ועלייה בתוחלת החיים). כפי שיוכח במאמר אין אפשרות לממן את הפנסיות משער ריבית ריאלית של 5% ומטה. משבר כפול זה מחייב כלים פיננסיים חדשניים המשלבים פתרונות הן לטווח הקצר והן לטווח הארוך, בערבויות הממשלה הן בתחום הביטחון הפיננסי והן בתחום החוסן הסביבתי. הממשלה היא הגוף היחיד המוסמך לעשות זאת ויש ביכולתה לעשות זאת ע"י תחשיב העלויות החיצוניות. מדינות אירופה כבר החלו ללכת בכיוון זה בשנים האחרונות במטרה לעצור את הזיהום ביבשה, באוויר ובים בהתאם ליעדי הפיתוח בר קיימא (SDGs) כפי שניתן לראות זה במיסוי הפחמני ובחוק שימור הקרקע המחייבים את שיתוף הפעולה של הסקטור העסקי. מאמר זה מציע מודל המבוסס על אג"ח ייעודיות ארוכות טווח (40 שנה) המבטיחות תשואה ריאלית יציבה של 5%. הצמדה למדד והבטחת התשואה ע"י ניטור ובקרה על ביצועי הפרויקטים הממומנים, תוך שימוש במדדים איכותיים וכמותיים של יעדי הפיתוח בר קיימא. מודל זה כבר יושם בעבר בישראל ונדרשים לו בשינויים הכרחיים. כגון: הטמעת מדידת אימפקט אחידה בתוך החשבונאות הלאומית. מיסוי וקנסות על חברות מזהמות המייצרות אימפקט שלילי שיאפשרו סבסוד של חברות בתחום האימפקט.

דו"ח ההערכה השישי של ה-IPCC מדגיש את הצורך הדחוף למנוע את התחממות כדור הארץ מעבר לספי קריטיים כדי להימנע מהשלכות קטסטרופליות על מערכות אקולוגיות וכלכליות (IPCC, 2021). עם זאת המעבר למערכות בנות קיימא כגון: כגון אנרגיה מתחדשת, תחבורה ציבורית, ניהול פסולת, חקלאות מחדשת ועד, נתקל בקשיים פיננסיים משמעותיים, כאשר נדרש כמעט לכל העולם כ-10 טריליון דולר באופן שנתי על מנת להצליח לממן את המעבר והפער בין הצרכים למימון לבין ההשקעות בפועל גדל בהתמדה. על פי דו"ח שפורסם על ידי UNCTAD (2023), נדרש מימון שנתי נוסף של לפחות 4 טריליון דולר כדי לעמוד ביעדי הפיתוח בר קיימא (SDGs) עד שנת 2030. על רקע הוצאות המלחמה הכבדות, וההקפאה של מימון מצד מקורות זרים בעקבות המלחמה - כספי הפנסיה של ישראל והרגולציה שתאמוד עליות חיצוניות יכולו להוות מקורות מימון לשיקום ופיתוח בר קיימא.

שימור התחרות והרווחה הכלכלית בשוק הפוטו-וולטאי בישראל

מרים תורג'מן¹, חנה כהן¹, אופיר רובין¹

1. אוניברסיטת בן גוריון

meravt1972@gmail.com

למרות המאמצים העולמיים, מדינות רבות מתקשות לעמוד ביעדי האנרגיה המתחדשת. בשנת 2022 היוותה האנרגיה המתחדשת בישראל רק 10% מייצור החשמל שלה, למרות משאביה הסולאריים השופעים. המחקר המוצג מנתח את תוצאותיהם של שלושה מכרזים למתקנים פוטו-וולטאיים (PV) שמטרתם לקדם יעדים לאומיים של אנרגיה מתחדשת. התוצאות חושפות עלויות ייצור נמוכות יותר אך ריכוזיות מוגברת בשוק, עם ירידה של 50% במספר החברות הזכות, המתגבשות סביב שחקנים מרכזיים. בעוד שהיעילות השתפרה, עזיבתן של חברות קטנות יותר ותחרותיות פחות מעלה חששות לגבי דומיננטיות ארוכת טווח. סימולציות אוליגופול של קורנו מנבאות עלייה בריכוזיות ובכוח השוק. מטרת הבחינת אפקטיביות המעבר של המדינה למכרזים בטווח הקצר ואת השפעתם הפוטנציאלית ארוכת הטווח של המכרזים, על שוק זה. שיטת המחקר מבוססת על ניתוח תוצאות מכרזי PV פומביים בשוק הישראלי על ידי שילוב מודל קורנו לתחרות אוליגופוליסטית עם סימולציות לחיזוי מבנה השוק העתידי. בהתאם לכך, כוילו פרמטרי המודל כך שישקלו את תוצאות מכרזי ה-PV בישראל. תוצאות דיון ומסקנות דיון במחקר זה בחנו את הדינמיקה של מכרזי PV ציבוריים הנערכים על ידי רשות החשמל, במטרה לשפוך אור על יחסי הגומלין בין תהליכי מכרז תחרותיים, ריכוזיות השוק והשלכותיהם על משק האנרגיה המתחדשת בישראל. המבנה האוליגופוליסטי שהונהג בשוק התעצם עם הירידה במספר החברות. עלייה זו בריכוזיות השוק הביאה גם לעלייה משמעותית באובדן הרווחה הכלכלית לחברה. הליך המכרז דחק חברות קטנות ובינוניות אל מחוץ לענף, כי הם לא יכולים להתחרות עם חברות גדולות יותר. חברות גדולות אלה, בתורן, משתמשות בכוחן כדי לעסוק בהתנהגות אסטרטגית החותרת תחת המטרות שנקבעו על ידי הממשלה להגדלת כושר הייצור באמצעות טכנולוגיה. ממצא מעניין הוא שהסימולציה מצביעה על כך שאובדן הרווחה הכלכלית יורד עם עזיבתה של כל פירמה נוספת מעבר לשש הקיימות כיום בתעשייה בשל יעילות ייצור גבוהה יותר בקרב החברות הנותרות. עם זאת, אם התעשייה תהפוך למונופוליסטית בשל ניצול לרעה של כוח שוק, אובדן הרווחה הכלכלית כתוצאה מכך יהיה דומה למצב הנוכחי. המחקר שלנו תורם באופן משמעותי לניתוחים האמפיריים הקיימים של ריכוזיות השוק על ידי הערכה מקיפה של מכרזים פומביים PV בישראל. לשם כך, אנו בוחנים מקרוב שלושה מכרזים ומחשבים את שיעור היעילות של כל מכרז מבחינת רווחה כלכלית. אנו מעריכים את הפסד המשקל המיוחס לשני גורמים פוטנציאליים: ניצול לרעה של כוח שוק במקרה של שוק מרוכז והכנסת חוסר יעילות טכנולוגית הנובעת מהאפשרות לחברות פחות תחרותיות לזכות במכרזים.

הערכת השווי הכלכלי של שוניות האלמוגים במפרץ אילת בצל הסיכונים האזוריים

* עפרי מנה¹, עידו בר-זאב¹, אופיר רובין¹

1. אוניברסיטת בן גוריון

ofrimann@post.bgu.ac.il

שונית האלמוגים במפרץ אילת, הצפונית בעולם, ידועה כחסינה באופן יחסי לשינויים גלובליים ופעילות אנטרופוגנית. השוניות מהוות בראש ובראשונה יעד תיירותי מרכזי, מיצרות מנוע כלכלי אזורי, תורמות לשימור המגוון הביולוגי ומשמשות מוקד מחקר בינ"ל. עם זאת, אימים סביבתיים כמו שינויי אקלים, זיהום ימי ופיתוח תעשייתי, כולל הרחבת התפלת מי ים, מציבים את השוניות בסיכון הולך גובר. מטרת: אמידת הערך הכלכלי של השוניות באמצעות שיטות הערכה לא-שוקיות, ליצירת בסיס מדעי לגיבוש מדיניות שימור מאוזנת. שיטות: המחקר עושה שימוש בשתי שיטות עיקריות להערכת ערך כלכלי לא-שוקי של משאב טבע: שיטת עלות הנסיעה (TCM - Travel Cost Method): ניתוח הביקוש לשמורה באמצעות כימות ההוצאות הישירות שהושקעו על ידי המבקרים, כגון תחבורה, לינה, זמן נסיעה והוצאות בשמורה. בניית עקומת ביקוש שמייצגת את הערך הכלכלי של שימוש המבקרים בשמורה. שיטת הערכה מותנית (CVM - Contingent Valuation Method): הערכת נכונות המבקרים לשלם (WTP) עבור שימור ושיפור השוניות, באמצעות שאלון מובנה עם הדמיות גרפיות של מצבי השוניות (התדרדרות, מצב נוכחי, שיפור) ותרחישי תרומה כספית. הנתונים נאספו בשמורת חוף האלמוגים באוגוסט ובאוקטובר 2024. המדגם כלל 473 נדגמים המייצגים 2,809 מבקרים. השאלון כלל שלושה חלקים עיקריים: מידע על הגעה לשמורה, שאלות על נכונות לתרום, ונתונים סוציו-דמוגרפיים. תוצאות: TCM: הערך הכלכלי השנתי לשמורה הוערך ב-24.65 מיליון ₪, עם ממוצע הוצאה למבקר של 137 ₪. עודף הצרכן, המייצג את התועלת הכלכלית שמעבר להוצאות המבקרים, הוערך ב-8,910,000 ₪ לשנה. CVM: נכונות ממוצעת לתרומה חד-פעמית: 152.2 ₪ לשימור ו-184.4 ₪ לשיפור, עם משתנים מסבירים כגון הכנסה, רמת צריכה ודאגה לדורות הבאים ולסביבה. לצד האומדנים לעיל (ערכי השימוש), בוועידה יוצגו גם תוצאות נכונות לשלם בקרב מדגם מייצג של האוכלוסייה (ערכי אי-שימוש). על מנת לאמוד את ערך השוניות עבור כלל החברה הישראלית. דיון ומסקנות: הממצאים מדגישים את הערך הכלכלי של השוניות. על מקבלי ההחלטות לשלב כלים כלכליים ואקולוגיים בקבלת החלטות, תוך התחשבות בעלויות חיצוניות ובערכי שימוש ואי-שימוש. מדיניות מאוזנת תבטיח את שימור השוניות ואת תרומתן לאורך זמן.

המחקר משמש כבסיס נתונים כמותי ראשון מסוגו אשר ישמש בגיבוש מדיניות מאוזנת לשימור השוניות לצד סיכוני התקופה. תוצאות המחקר מדגישות בצורה ברורה את המודעות לחשיבות שוניות האלמוגים כמשאב טבע ייחודי וכמנוע כלכלי משמעותי התורם לתיירות ולפרנסה מקומית. בנוסף, המחקר תורם לפיתוח גישות הערכה לא-שוקיות (CVM ו-TCM) ומחזק את ההבנה של הקשר בין ערכים סביבתיים לכלכליים. ממצאיו ניתנים ליישום במדיניות בישראל באמצעות הערכות כלכליות לפרויקטים, פיתוח חינוך סביבתי, ותמחור שירותי המערכת האקולוגית, במטרה לקדם פיתוח בר-קיימא.

כשמים, טכנולוגיה ובריאות נפגשים

מים מושבים 2.0

הדס רענן קיפרווס¹, שי עזרא¹, מריו קומל¹, ילנה גלמן¹, ודים דרוביצקי¹, שניר לוי¹, אבי אהרוני¹

1. מקורות חברת המים הלאומית

o-hraanan@mekorot.co.il

מחסור בשטחי החדרה לטיפול קרקע אקויפר (SAT) וגידול מתמשך באוכלוסיה ואיתה שפיעת השפכים למכון טיהור שפכי דן, הובילו את משק המים לבחון טכנולוגיה חלופית להחדרה שתייצר מים מושבים שיוגדרו ע"י משרד הבריאות כ"שווי ערך SAT". שרשרת הטיפול שנבחרה כוללת MBR בעומס נמוך, אוזונציה, סינון פעיל ביולוגית וחיטוי באמצעות UV, ובחינתה בוצעה במשך שנה וחצי במתקן חלוץ שהוקם באתר הניסויים של מקורות בשפד"ן. היעדים שהוצבו עבור שרשרת הטיפול הוגדרו ע"י משה"ב וכללו עמידה בדרישות להרחקת וירוסים וטפילים, הרחקת מיקרומזהמים, ודרישה לשרשור מספר שיטות טיפול שונות. שרשרת הטיפול נדרשה להיות כלכלית, לייצר השפעה מינימלית על הסביבה, ולעמוד בדרישות תפעוליות הקשורות לטכנולוגיות המסויימות שנבחרו להכלל בשרשרת כדוגמת עמידה בתנאי סף לעכירות וניטרופיקציה בכניסה לאוזונציה. תוצאות מתקן החלוץ מראות כי הטכנולוגיה שנבחרה אכן עומדת בכלל הדרישות שהוצבו בפניה. שרשרת הטיפול הוכחה כמרחיקה באופן מלא את כלל הפתוגנים שנבדקו - וירוסים, טפילים וחיידקים - כבר אחרי שלב הטיפול הראשון. ה MBR שנמצא בראש שרשרת הטיפול הוכח כעמיד ואמין בהגנה על בריאות הציבור כפי שניכר מעמידתו העקבית בדרישות הסף התפעוליות בכניסה לאוזונציה באופן מלא ולאורך זמן, בלי תלות באיכות מי הגלם בכניסה לתהליך וגם בתקופות בהן המתקן פעל בתחזוקה מינימלית. מערכת זו הנה המקרה הראשון בישראל בו קמה דרישה להרחקת מיקרומזהמים. רשימת המיקרומזהמים להרחקה פותחה במסגרת העבודה על הפיילוט ונועדה לוודא פעילות תקינה של רכיבי התהליך השונים. שרשרת התהליך שנבחרה ונבחנה במתקן החלוץ נמצאה כאמינה, מגינה על בריאות הציבור ועומדת בדרישות שהוצבו עבורה, ולכן הוחלט לפתחה למתקן מסחרי בגודל מלא. עבודה זו ותוצאותיה מביאות לישראל לראשונה טיפול רביעוני מתקדם בקולחים, ובכך מאשררת את מיצובה של ישראל בחזית הטכנולוגית להשבת קולחים להשקיה באופן שמגן על בריאות הציבור בצורה טובה אף יותר מהמקובל במקומות שונים עבור השבת קולחים למטרות שתיה.

המחקר הנו יישומי בהווייתו ונועד לסייע למשק המים באשרור שרשרת תהליך להשבת קולחים לחקלאות באמצעות תהליך הנדסי, כפתרון לטיפול מתקדם בעודפי קולחים שלא ניתנים להחדרה. המחקר הנו שלב חדש בהשבת קולחים בישראל, ועושה שימוש בטכנולוגיות בעלות דרישות אנרגטיות והשפעות סביבתיות פחותות מהמקובל בעולם עבור השבת קולחים לאיכות המקבילה למוגדר בישראל כמים מושבים. תהליך הטיפול כולל שילוב חדשני של טכנולוגיות שצובר כיום תאוצה במקומות שאינם סמוכים לים ונדרשים להשבת קולחים לשתיה בלתי ישירה, וכן במקומות המקדמים השבת קולחים לשתיה ישירה.

חקר ההשפעה של חשיפה אימהית למזהם הסביבתי קרבמזפין על התפתחות העובר במודל עכבר

* אליאן ורטניק¹, דלית סלע-דוננפלד¹

1. האוניברסיטה העברית

eliane.veretnik@mail.huji.ac.il

התרופה נוגדת הפרוסים קרבמזפין מופרשת לסביבה ונמצאת באופן נרחב בנישות מימיות וחקלאיות שונות המושפעות ממי שפכים. קרבמזפין מתגלה גם בשתן של בני אדם לאחר צריכת תוצרת חקלאית שהושקתה במי שפכים מטהורים. השאלה האם חשיפה בלתי מכוונת לקרבמזפין, דרך מזון או מים, משפיעה על בריאות האדם, נותרה בלתי ידועה. הדבר מדאיג במיוחד במהלך ההיריון, שכן קרבמזפין הוא חומר טרטוגני; מרשם התרופה לנשים בהריון מגביר משמעותית את הסיכון למומים מולדים בעובר. אף שרמות קרבמזפין בסביבה נמוכות משמעותית מהמינונים הקליניים שלה, יש לחקור את השפעות רמות הקרבמזפין הסביבתיות על התפתחות עוברית, במיוחד בשלבי התפתחות מוקדמים הרגישים מאוד להשפעות שליליות. המחקר המוצג השתמש במודל העכבר, המשמש כמודל מרכזי לחקר מגוון תחלואה באדם, לשם בחינת ההשפעה האפשרית של קרבמזפין בריכוזים סביבתיים על התפתחות העובר. נקבות עכבר בגיל הפוריות נחשפו לריכוזים סביבתיים עולים של קרבמזפין דרך מי השתייה, לפני ותוך כדי הריון. לאחר 9.5 ימי הריון, העוברים נאספו לשם ביצוע אנליזות מורפולוגיות ומולקולריות שונות. בעוד שלא התגלתה כל השפעה על שרידות העובר או על קבלת מומים מולדים, נמצא עיכוב בקצב הגדילה העוברית באופן תלוי מינון, כפי שניכר מהשלב העוברי הצעיר מהצפוי, מספר סומיטים נמוך ועיכוב בהתפתחות הלב. אנליזה מולקולרית של ממצאים אלו חשפה ירידה תלויית מינון במספר התאים המתחלקים, לצד ירידה בביטוי של גנים המווסתים את מחזור התא והתפתחות העובר. מחקר זה מראה לראשונה כי חשיפת נקבות עכבר לריכוזים סביבתיים של קרבמזפין גורמת לעיכוב בקצב ההתפתחות העוברית ולהפחתה בחלוקת תאים. לאור העובדה שעיכוב בגדילה העוברית באדם נמצא בקורלציה הדוקה עם תחלואות שונות, החל משלב ההריון ולאורך כל החיים, נתונים אלו קוראים לעריכת ניתוחי סיכונים מעמיקים נוספים שיחשפו את ההשפעות של תרופות הנפלטות לסביבה על בריאות העובר המתפתח.

השפעת זיהומים מהסביבה על בריאות האדם היא שאלה מהותית בתחום בריאות הציבור. התרופה נוגדת הפרוסים קרבמזפין, אשר נטילתה במהלך הריון מזיקה להתפתחות העובר, נפלטת לסביבה ונוכחת בביוב, במי תהום ובמי קולחים אשר משמשים להשקיה בארץ ובעולם, ובכך חושפים את כלל האוכלוסייה לתרופה. למחקר זה חשיבות מבחינת הדגשת הצורך ביישום מדיניות עתידית לניטור וסילוק מזהמים פרמצבטיים במים מושבים כדי למנוע חשיפה כרונית לא מודעת של האוכלוסייה למזהמים סביבתיים.

שינויי האקלים ומשאבי המים בישראל

מוטי קפלן¹, דן יקיר², דן רוזנפלד³, גדעון בכר⁴

1. הטכניון
2. מכון ויצמן למדע
3. האוניברסיטה העברית
4. משרד החוץ

kaplan.moti@gmail.com

המודעות בישראל לשמירת האקוויפרים - מאגרי המים הטבעיים אינה גבוהה. האיום המרכזי נמצא בבנייה מאסיבית ואטימת פני-השטח מעל האקוויפרים (כ-30,000 דונם ההופכים משטח פתוח לבנוי - נתוני המארג). כתוצאה נמנע מילוי-חוזר לאקוויפרים, ובמקביל, עקב הבינוי, מחלחלים אליהם זיהומים, עד-כדי פגיעה חמורה בתפקודם. ישראל מושפעת משינויי האקלים עקב מאפייניה הייחודיים, במספר היבטים: ירידה בכמות המשקעים ובתפוצתם - שינויים בדפוס המשקעים, ירידה כללית בכמותם, ריכוזם בעונות קצרות, בשטחים מצומצמים, ומכאן לשיטפונות ולחוסר-יכולת לאגירת-מים בעילות; עלייה בטמפרטורות, והגדלת שיעורי ההתאדות. מקורות מים עיליים, יאבדו מים בקצב מהיר; פני-הים עלו בכ-25 ס"מ מאמצע המאה ה-19, וממשיכים לעלות בקצב ממוצע של 2.3 ס"מ בעשור. בישראל, השוכנת לאורך החוף, יש לכך השלכות על משק-המים, נזק לתשתיות התפלה, הצפות, וחדירת מי-ים ובעקבותיה המלחת אקוויפרים. חשיבותם הסגולית של האקוויפרים גמישות תפעולית - קידוחי המים השואבים ממקורות מי-התהום זמינים תדיר; ביטחון מים - האקוויפרים חסינים בפני פגיעה חיצונית. בעיתות חירום, ובפרט בזמן משבר אקלימי או בטחוני, קידוחי המים יהוו את מקור המים האמין והיעקרי; עלויות נמוכות - עלות הפקת מי-תהום נמוכה מעלות התפלה, המחייבת השקעות ותחזוקה מתמדת; ביזור - האקוויפרים משתרעים על-פני שטח נרחב, והקידוחים ששואבים מהן מפוזרים ברחבי הארץ; יתרון בריאותי - בניגוד למים מותפלים, מי-התהום טבעיים, ומכילים את כלל המינרלים החיוניים לבריאות האדם; חותם סביבתי - של קידוח מושתת-אקוויפר נמוך מול השפעת מתקן התפלה, התופס שטחי חוף ברגישות אקולוגית גבוהה. להפעלתו נדרשת השקעת אנרגיה רבה, והוא גורם לפליטות גזי-חממה בהיקף נרחב. מאגרי המים הטבעיים וקידוחי המים השואבים מהם עומדים זה שנים תחת לחצי פיתוח כבדים שמקורם בגידול האוכלוסייה ובדרישה הגוברת לשטחי מגורים, תעסוקה, דרכים ותשתיות. ככלל, איטום שטחים מעליהם גורם להקטנת המילוי החוזר, ויוצר נגר-עילי הכולל מזממים ודליפות שפכים. לצד זאת - עלייה בשימושים שעלולים לפגוע באיכויות המים, חקלאות, שפכי משקי בעלי-חיים, השקיה בקולחים באיכות שניונית, תעשיות מזהמות ועוד. כל אלה מחייבים היערכות מיוחדת להגנת פני השטח שמעל האקוויפרים.

נדרשת הבטחת קיום "מנת-ברזל" - מים באיכות גבוהה, במסגרתה - סימון שטחים חיוניים כ"שמורות הגנת מי-תהום" למניעת איטום שטחי מילוי-חוזר לאקוויפר. מדיניות ניהול ותכנון משק-המים בישראל - מן המתקדמות בעולם. ניצול יעיל, טכנולוגיית-התפלה, השבת-קולחין. עם-זאת נעדרת מדיניות לשמירת מאגרי-המים הטבעיים, המובילה לפגיעה באקוויפרים ולהישענות-יתר על התפלה. נדרש שינוי במדיניות פרישת הבינוי, הימנעות מבנייה על-פני שטחי החילחול (מחשופי הגיר והדולומיט באקוויפר

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



ההר, חמרה, כורכר וחולות באקוויפר החוף). מדיניות שמירת האקוויפרים תומכת במדיניות שמירת-טבע - שחרור מים לטבע - בסיס לשפיעת המעיינות ולזרימה בנחלים, ובסיס לרשת המסדרונות האקולוגיים הארצית.

חשיפה לטריהלומתנים במי השתייה בישראל: ניתוח מרחבי על בסיס נתוני משרד הבריאות (2015–2024)

ניצן שגיא^{1,2}, רוני לוין³, עירית הן⁴, עטר עדות הבלנה⁴, לודה גרויסמן⁴, תמר ברמן⁴, נועה סידר⁴, לנה נובק^{1,2}

1. אוניברסיטת בן גוריון
2. המרכז למחקרים קלינים סרוקה
3. אוניברסיטת הרווארד, ארה"ב
4. משרד הבריאות

sagieni@post.bgu.ac.il

רקע: מי השתייה מהווים גורם סביבתי בעל השפעה משמעותית על בריאות הציבור. הכלרה, אחת משיטות החיטוי הנפוצות בעולם, עלולה להוביל להיווצרות תוצרי לוואי של חיטוי (Disinfection By-Products). אחת הקבוצות העיקריות של תוצרים אלו היא הטריהלומתנים, הנוצרים בתגובה בין חומרים אורגניים (עיקר החומרים האורגניים הטבעיים) (לכלור והוכחו במספר מחקרים כחומרים מסרטנים. מטרת: מטרת המחקר היא לתאר את החשיפה לטריהלומתנים במי השתייה באזורים שונים בישראל. שיטות: המחקר מבוסס על מאגר הנתונים שפורסם על ידי משרד הבריאות, הכולל את כלל בדיקות איכות המים שנמדדו במי השתייה בשנים 2015–2024. החומרים שנבדקו כוללים ברומופורם (CHBr_3), דיברומוכלורומתן (CHBr_2Cl), ברומודיכלורומתן (CHBrCl_2), כלורופורם (CHCl_3) וערך סכימה כולל (TTHMs, Total Trihalomethanes) שהוא סכום כלל הטריהלומתנים הנמדדים. כתובות הדגימה שימשו לייחוס מיקום גיאוגרפי מדויק, וחושב ממוצע גאומטרי חודשי לכל נקודה, אשר שימש לחישוב ממוצע גאומטרי אזורי לכל התקופה. תוצאות: סה"כ הוכללו 19,367 בדיקות עבור TTHMs. כלל הערכים מוצגים ב-mg/L. הערכים הממוצעים הגבוהים ביותר של TTHMs נמדדו במחוז חיפה (0.035 (CI95%: 0.034, 0.036) ובמחוז הצפון (0.025 (CI95%: 0.024, 0.024), כאשר החומר העיקרי שתרם לערכים הגבוהים היה ברומופורם, עם ערכים בחיפה של 0.033 (CI95%: 0.032, 0.034) ובצפון של 0.024 (CI95%: 0.023, 0.024). במחוזות אלו נצפתה עלייה משמעותית בערכים החל משנת 2019 ואילך, בעוד שבשאר המחוזות לא נרשמה עלייה דומה. בניתוח לפי מקורות המים, נצפו ערכים נמוכים יותר של TTHMs באזור המסופק בו מסופקים בעיקר מים מותפלים (0.007 (CI95%: 0.000, 0.014) לעומת אזורים בהם מסופקים מי קידוחים (0.017 (CI95%: 0.013, 0.021) או מקורות משתנים (0.030 (CI95%: 0.029, 0.032). דיון: אף על פי שהממוצעים עבור TTHMs אינם חוצים את הרמה המירבית המוגדרת בתקנות (0.1), קיימת שונות משמעותית בחשיפה בין המחוזות השונים בישראל. ייתכן והסיבה היא שבצפון ובחיפה, נכון לשנים הנבדקות, מסופקים יותר מים עיליים (בעיקר מי כינרת), בעוד שבשאר האזורים מסופקים יותר מים מותפלים ומי תהום. מסקנות אלו יכולות להוות בסיס למחקרים נוספים שיבחנו את השפעת איכות המים על בריאות הציבור בישראל.

המחקר הנוכחי תורם להבנת איכות המים ששותים תושבי ישראל. באמצעות הניתוח המרחבי שביצענו ניתן יהיה לבחון את הקשר בין רמות החשיפה לטריהלומתנים לבריאות הציבור בישראל. בנוסף, המחקר בוחן את הקשר בין מקורות המים לחשיפה לטריהלומתנים ולכן יש לו פוטנציאל להשפיע על מדיניות מקורות המים בישראל.

חשיפה לאורך זמן קצר למזהמים סביבתיים המשמשים בתעשיית הפלסטיק גורמת לסוגים שונים של סטרס בנמטודה *C. elegans*

עאישה ניג'ם טאהט¹, עמיר ספיר¹

1. אוניברסיטת חיפה

n_3aishe@hotmail.com

מבוא (Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) הינם מזהמים סביבתיים נפוצים בתעשייה ובמוצרים יומיומיים, הידועים בעמידותם הרבה לפירוק כימי וביולוגי. עקב כך, הם מצטברים בסביבה, במים, בקרקע ובאורגניזמים חיים, כולל בני אדם. בישראל, דוחות הצביעו על נוכחות PFOS – אחד הכימיקלים הנפוצים במשפחת PFAS – במקורות מים, קרקעות, וביוב תעשייתי. אחד האתגרים המרכזיים הינו קביעת סף הרעילות של PFOS. כיום חסר מידע על השפעות חשיפה כרונית ברמות נמוכות, דבר המכביד על גיבוש רגולציה סביבתית מותאמת. שיטותכדי לבחון את רעילות PFOS לבעלי חיים ובני אדם, השתמשתי בנמטודה *Caenorhabditis elegans* כמודל מחקר. ההשערה המרכזית שלי היא שרעילות PFOS גורמת להפעלת מסלולי עקה תאיים, דבר שעשוי לשמש כסמן לרעילות חומר זה. לצורך בדיקת ההשערה, ביצעתי סריקה גנטית באמצעות ספריית *C. elegans* המכילים ריפורטרים פלואורסצנטיים של גנים הקשורים למסלולי עקה שונים. ספרייה זו מאפשרת לזהות את סוג העקה הנגרמת מחשיפה PFOS באמצעות מדידה פלואורסצנטית. כדי לזהות את כלל הגנים המבוקרים על ידי מסלולי עקה אלו, ביצעתי ריצוף RNA של תולעים שנחשפו לריכוזים שונים של PFOS. תוצאות מצאתי שחשיפה ל-PFOS מגבירה את פעילותו של מסלול עקה הקשור לרשת האנדופלזמית ושני מסלולי עקה הקשורים למיטוכונדריה. מתוצאות ריצוף RNA זהיתי שחשיפה ל PFOS גורמת לעליה בביטוי של שלושה גנים ממשפחת *cyp* (cytochrome P450), הידועים כמעורבים במטבוליזם של רעלים. חשוב לציין כי שינויים אלו התרחשו גם בריכוזים של PFOS הדומים ואף נמוכים יותר מאלו שנמצאו באזורים תעשייתיים שונים בישראל למשל בחוות דלקים בקריית-חיים. דיון ומסקנות ממצאנו מצביעים על כך ש PFOS בריכוזים שנמצאו בסביבה בישראל מסוגל לגרום להשפעות ביולוגיות משמעותיות, כולל הפעלת מסלולי עקה ופגיעה בהתפתחות האורגניזם. המשמעות הסביבתית של נתונים אלו היא שזיהום PFOS, גם ברמות נמוכות, עלול להשפיע על מערכות אקולוגיות שלמות, החל ממיקרואורגניזמים ועד לבעלי חיים מורכבים יותר. מכיוון שמסלולי סטרס אלו שמורים אבולוציונית, המחקר שלנו מציע שהשפעות דומות מתרחשות גם בבני אדם החשופים לזיהום סביבתי של PFOS.

המחקר שלנו מצביע על כך שגם בריכוזים נמוכים PFOS עלול לגרום להשפעות שליליות על מערכות ביולוגיות, ומדגיש את החשיבות בניטור רציף, קביעת תקנים מחמירים והגברת המודעות לחשיפה ל PFOS. בנוסף, מחקרנו תורם להבנת המנגנונים דרכם משפיע PFOS על מסלולי עקה ומטבוליזם, ומספק בסיס לגיבוש מדיניות סביבתית אחראית בישראל, כולל ניטור מזהמים, הפחתת השימוש בכימיקלים אלו בתעשייה ובמוצרים, ופיתוח אסטרטגיות לשמירה על בריאות הציבור והסביבה.

מדיניות מקומית מקיימת

יישום מדיניות סביבתית בשלטון המקומי: ממשל חוזי ואי-צדק סביבתי-מנהלי ביחידות הסביבתיות

אורן שלמה¹

1. האוניברסיטה הפתוחה

orensh@openu.ac.il

אחת מדרכי יישום מדיניות סביבה בישראל היא באמצעות מימון הקמתן של יחידות סביבתיות בשלטון המקומי. יחידות סביבתיות נתמכות על ידי המשרד להגנת הסביבה באמצעות קול קורא, מעין-חוזי, באחת מהדרכים הבאות. תמיכה ישירה ביחידה סביבתית של רשות מקומית אחת. תמיכה ביחידה סביבתית אזורת המשרתת מספר רשויות. ותמיכה באיגוד ערים האמור לספק שירותי יחידה סביבתית לערים השותפות בו. היחידות הסביבתיות אמנות על יישום מטרות המשרד, בעיקר בתחומי חינוך סביבתי, קיימות, רישוי עסקים ובדיקת תכניות, וכן עוסקות בקידום יעדי סביבה מקומיים.

בעוד "המשילות החוזית" contractual governance, שבה רשויות שלטוניות מיישמות את מדיניותן באמצעות חוזי ביצוע עם שחקנים מהמגזר העסקי או החברה האזרחית היא נפוצה מאוד, ובמידה רבה הפכה למעין "סטנדרט" ביצוע שלטוני, המידע אודות יתרונותיה וחסרונותיה של צורת יישום מדיניות זו בתחומי הסביבה נוטה להיות חסר. המחקר בוחן את יישום שיטה זו במדיניות הסביבה בישראל בהתמקדות בצורת התפקוד וההפעלה של היחידות הסביבתיות. שיטת המחקר היא מעורבת. היא כוללת ניתוח סטטיסטיקה תיאורית של תמיכות שהועברו להקמה ותפעול יחידות סביבתיות בישראל בשנים 2007 ועד 2017 ובחינת הקשר בין מאפייני הרשויות הנתמכות והלא נתמכות, לבין צורת התמיכה בהן (תמיכה ישירה, באמצעות איגוד ערים, באמצעות יחידה סביבתית אזורת). בנוסף המחקר כולל ניתוח תוכן תמטי של ראיונות עם 26 מנהלי יחידות סביבתיות ותפקידים רלבנטיים נוספים, במטרה ללמוד את המאפיינים המרחביים והתפעוליים של פעילות היחידות הסביבתיות.

תוצאות ביניים: נמצא שליישום מדיניות סביבה באמצעות משילות חוזית, ישנן חסרונות בולטים בעיקר כאשר מיושמת באמצעות יחידה סביבתית אזורת. כמו כן נמצא שבתקופת המחקר, רוב הרשויות המקומיות הנתמכות מקרב החברה הערבית, נתמכות באמצעות יחידה אזורת, (39 מתוך 62), לעומת 33 מתוך 117 ברשויות החברה היהודית. בהסתמך על תוצאות נוספות וניתוח איכותני, המחקר מפתח את המושג "אי צדק סביבתי מנהלי" בנסיון לתאר כיצד אי-צדק סביבתי "שוכן" בתוך מופעל על ידי תהליכים ביורוקרטיים שגרתיים של משילות סביבה והסדרים פוליטיים המרכיבים את מפת השלטון המקומי.

המחקר עשוי לסייע לקובעי מדיניות לבחון את החולשות והיתרונות של שיטת יישום מדיניות זו.

מקל"ע - מדדים לבחינת היבטים סביבתיים בתכניות התחדשות עירונית: בחינה אמפירית של 150 תוכניות להתחדשות עירונית בישראל

בני פירסט¹, אור קרסין¹, נמרוד גבע¹

1. האוניברסיטה הפתוחה

bennyfurst@gmail.com

בעשור האחרון חלה עלייה משמעותית בקצב הכנתן של תוכניות להתחדשות עירונית בישראל, זאת במענה לאתגרי הגידול המהיר של האוכלוסייה, אזילת השטחים הפתוחים והשאיפה לחיים עירוניים איכותיים ובני קיימא. תוכניות אלה כוללות היבטים סביבתיים כגון ניצול מיטבי של משאב שטח הקרקע, תכנון שטחים פתוחים, מניעת מטרדים סביבתיים, בנייה ירוקה ורווחה חברתית. מטרת המחקר הינה לבחון את קיומם ואיכותם של היבטים סביבתיים ותחבורתיים כפי שמופיעים בהוראות המחייבות של כל התוכניות הסטטוטוריות המאושרות למתחמים של התחדשות עירונית. ככל הידוע מחקר זה הוא הראשון מסוגו שנערך בישראל. שיטת המחקר התבססה על מתודולוגיה משולבת (כמותנית ואיכותנית) אשר בחנה את כל 150 התוכניות למתחמי התחדשות עירונית כפי שפורסמו על ידי הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית ואושרו עד שנת 2024, ב-31 רשויות מקומיות. על בסיס מסמכי תכנון אסטרטגי ומסמכים מקצועיים מנחים, פותחו 14 מדדי סביבה להתחדשות עירונית שסווגו לארבע קטגוריות שונות: בניה ירוקה, תחבורה והליכתיות, תשתיות איסוף פסולת ומיחזור וטבע עירוני. המדדים גובש לכלל אינדקס (מדד כולל) חדש-מסל"ע: מדד סביבתי להתחדשות עירונית. כל התוכניות הוערכו וקודדו לפי 14 המדדים ונקבע להן ציון על בסיס אינדקס זה. הממצאים מלמדים שציון האינדקס הממוצע ל 150 התוכניות הוא נמוך מאוד ועומד 38% מתוך 100. ההתייחסות הממוצעת להיבטים של שטחים פתוחים, תקני חניה הייתה גבוהה בהרבה מהממוצע. התייחסות גבוהה מהממוצע הייתה לטיפול בנגר עילי, חזות ונראות המבנים, הליכתיות וטיפול בפסולת בניה ואסבסט. לעומת זאת, התייחסות לנגישות לתחבורה ציבורית ולעצמאות אנרגטית וזכויות שמש הייתה זניחה. בנוסף, נמצא כי אף תוכנית לא זכתה לדירוג גבוה מאוד - הציון הגבוה ביותר של תוכנית על פי האינדקס עמד על 83%. כמו כן, נמצא כי התוכניות שאושרו בערים קטנות (פחות מ 100 אלף תושבים) קיבלו בממוצע ציון גבוה יותר בהשוואה לערים מטרופוליניות וערים גדולות ובינוניות.

תרומתו של המחקר: המדדים והאינדקס שפותחו במחקר זה מאפשרים להעריך את איכות התכנון הסביבתי בתוכניות להתחדשות עירונית שאושרו בישראל, והם מהווים כלי חדשני שישומו יאפשר לעקוב אחר איכותן הסביבתית של תוכניות עתידיות. ממצאי המחקר מצביעים על פערים בין מסמכי אסטרטגיה ומסמכים מנחים לבין התוכניות הסטטוטוריות שאושרו בפועל. למעשה המחקר ממחיש שבאם התוכניות שאושרו יושמו כפי שהן, הרי שאיכות המענה שלהן להיבטים סביבתיים מהותיים תהיה לקויה. שיפור תוכניות הנמצאות במערכת התכנון בהתאם למדד המסל"ע תסייע לקדם התחדשות עירונית טובה ומקיימת יותר בישראל.

התבנית להרכבת מדיניות קירור עירונית

דניאל שוימר¹, יואב זק², יובל זליאסניק³, מיכל צרפתי⁴

1. אוניברסיטת תל אביב
2. הטכניון
3. האוניברסיטה העברית
4. יועצת בכירה לקיימות ואחריות סביבתית

danielshvimmer1@gmail.com

עומס החום העירוני הינו בעל השלכות מרחיקות לכת על המרחב הציבורי והתנועה בו, ועל כן על כל המרחב האקולוגי האורבני. למרות היכרות ארוכת שנים עם התופעה, הטיפול בה בערים מודרניות איטי ולא מספק, בין היתר כתוצאה מהקושי להמיר ידע אקדמי ומקצועי למדיניות עירונית יישומית.

על מנת להאיץ פיתוח מדיניות עירונית מתאימה ברשויות המקומיות ולשפר את ההתמודדות עם עומס החום העירוני, פיתחנו את "ארגז הכלים לקירור המרחב הציבורי בערים" – מסמך תבנית למדיניות עירונית, המבוסס על המחקר העדכני ביותר, המהווה פלטפורמה שתאפשר למקבלי ההחלטות ולדרג המקצועי לבנות ולהוציא לפועל מדיניות קירור עירונית אפקטיבית בקלות וביעילות. המסמך נכתב על בסיס סקר ספרות נרחב של הידע האקדמי והמקצועי בתחום קירור עירוני בארץ ובעולם, במטרה לייצג את חזית המחקר בצורה אמינה ומדוייקת. מלבד סקירת הספרות, חלק נרחב מן המסמך מבוסס על סקירת מדיניות הקירור הנוכחית של מגוון רשויות בארץ, וראיונות עם אנשי מקצוע, אקדמיה, ובעלי תפקידים ברשויות המקומיות. המסקנות שעלו מתוך המחקר עזרו להתאים את המסמך כך שיהיה בר ביצוע ונוח לשימוש.

המסמך הסופי חולק ל-2 חלקים: מדיניות עירונית, ותוכנית פעולה. החלק הראשון עוסק במדיניות העירונית עצמה - הצהרת כוונות, והתחייבות לכתובת 2 תוכניות פעולה ומעקב אחרי ביצוען: תוכנית פעולה לקירור העיר, ותוכנית פעולה להצללה. החלק השני מהווה תבנית בסיס עבור שתי תוכניות הפעולה בעזרתן יוטמעו הפעולות לחלק ייעודי בתוכניות העבודה העירוניות. באמצעות חלוקה זו המסמך פונה למקבלי ההחלטות (בחלק הראשון) ולדרג המקצועי (בחלקו השני) כאחד.

המסמך יעבור בחודש פברואר ביקורת ועדת היגוי המורכבת מבעלי מקצוע ובעלי תפקיד ברשויות המקומיות, ולאחר מכן יופץ לרשויות המקומיות במטרה להאיץ את הכנסתו לשימוש.

זהו מסמך ראשון מסוגו, הממוקד בפעולות יישומיות וברשות המקומית כקהל יעד. אנו מקווים כי מיקוד זה יאפשר לרשויות לשפר את מדיניות הקירור העירונית שלהן תוך מינימום השקעה, ולפעול לפתרון עומס החום העירוני.

ארגז הכלים לכתובת מדיניות קירור עירונית הוא כלי עבודה ונועד ליישום בפועל ע"י בעלי תפקידים ברשויות המקומיות שלרוב נמצאים בעומסי עבודה משמעותיים ומתקשים בגיבוש מדיניות כזו בעצמם. בכך הוא שונה ממסמכים קודמים שפורסמו עבור גופי התכנון הלאומיים, גופים מקצועיים, או אנשי אקדמיה.

אם ההצעות המופיעות במסמך יצאו לפועל, אנו מאמינים כי הוא יהווה צעד משמעותי במלחמה נגד עומסי החום העירוניים במדינת ישראל, וישפר את חיי כלנו.

מדיניות בתנועה: תובנות מפרויקט שביל האופניים C9 במערב לונדון

יונת ריין-ספיר¹, Robin Hickman²

1. הטכניון

2. UCL

yonat.rein@mail.huji.ac.il

לתחבורה לא ממונעת, כמו רכיבה על אופניים והליכה, יתרונות בריאותיים, חברתיים וסביבתיים רבים. מחקרים מדגישים את החשיבות של תשתיות שמעודדות "התניידות-פעילה", כמו רשת שבילי אופניים נגישים ומחברים. עם זאת, קידום פרויקטים כאלה נתקל באתגרים, במיוחד מצד תפיסות הציבור כלפי שבילי אופניים במרחב העירוני. שיתוף ציבור נחשב כלי חיוני להשגת לגיטימציה ולשיפור התאמת התוכניות לצורכי השטח.

מחקר זה בחן את תהליך תכנון ויישום שביל האופניים C9 בצ'יזיק, מערב לונדון, שמטרתו לחבר בין שכונות מערביות למרכז העיר. באמצעות "המשולש המרחבי" של לפבר (1974), נבחנו תפיסות השחקנים המרכזיים – מתכננים, פוליטיקאים ותושבים – כלפי הפרויקט, תוך התמקדות בפערים בין המרחב המתוכנן, הנתפס והנחוה.

במסגרת המחקר נערכו 17 ראיונות עומק עם בעלי תפקידים ותושבים פעילים בעד ונגד הפרויקט. תהליך היישום של שביל האופניים C9 שנמשך 14 שנים, כלל שלושה סבבי שיתוף ציבור ושינויים בתכנון, אך גם לאחר השלמתו נותרו מתנגדים רבים. מהראיונות עלו שמונה תמות מרכזיות (1) תפיסות שונות של המטרות; (2) מקומיות לעומת אסטרטגיה חיצונית; (3) למי שייך הכביש; (4) עיצוב המרחב; (5) פוליטיקה; (6) השתתפות ציבור; (7) מימון; ו-(8) השפעות והערכת התוצאות. מרבית העמדות שעלו לא היו דיכוטומיות, והציגו פרספקטיבות מורכבות לגבי הפרויקט. אך עלה שאופן ניהול השיח והדיונים על התכניות יצרו מחלוקת שמתקשה לייצר הסכמות.

המחקר ממחיש כיצד שחקנים שונים תופסים באופן שונה את המרחב, וכיצד אלה קשורות בהנחות מוצא, פרשנות ודפוסי שימוש שונים. ישנם פערים מובנים בין ההבנה של מתכננים ובין התפיסות של הציבור, ואלו מקשים על קידום מטרות מדיניות המיטיבות עם הסביבה. פרויקטים סביבתיים מערערים פעמים רבות על תפיסות נוחות קיימות, ומצריכים ראייה ארוכת טווח של מתכננים, על-מנת להביא לשיפור עתידי. אך כדי להצליח להתגבר על ההתנגדויות חשוב להכיר את הגישות של השחקנים השונים, ומתוך הבנה שלהם לבצע התאמות לפרויקטים שיביאו לקבלה גבוהה יותר שלהם. בנוסף, תהליך שיתוף ציבור שמתחיל בשלבי התכנון הראשוניים, הכולל נציגים של כל בעלי העניין, ומנוהל מנקודת מבט חברתית מכילה, יכול לגשר על רבים מהפערים.

מחקר זה מלמד אותנו על האתגרים הניצבים בפני מתכננים המבקשים ליישם מדיניות סביבתית (במקרה זה שבילי אופניים) במרחב עירוני בנוי. על אף שהמקרה הנחקר הוא בלונדון, ניתן ללמוד ממנו על פרויקטים מקבילים בישראל. העמדות והתפיסות של השחקנים רלוונטיות גם למקרה הישראלי, וממחישים כיצד האתגרים הם לא רק מקומיים אלא דומים בכל העולם. בהתאם, ההמלצות לפיתוח תהליכי שיתוף קשובים ומכילים יכולים לסייע למקבלי ומיישמי החלטות במגוון פרויקטים בישראל.

ניתוח טביעת הרגל הפחמנית של ישובים עירוניים בישראל

*עידן מגירא¹, טל גולדרט², מידד קיסינגר¹

1. אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

2. מכללת שנקר

megira@post.bgu.ac.il

רוב פליטות גזי החממה ברחבי העולם קשורות במישרין ובעקיפין בערים ובפעילות העירונית שלהן. בשנים האחרונות הולכות ומתפתחות שיטות לאמידת הפליטות הקשורות במגוון פעילויות בתחומי הערים ומחוצה להן במטרה להפחיתן. מטרת המחקר הינה כימות וניתוח היקפי ומאפייני הפליטות של ערים ישראליות. כאמצעי להכוונת צעדי מדיניות למיטיגציה וקידום מערכת עירונית דלת-פחמן בישראל.

עד כה, נערכו בישראל מספר מוגבל של ניסיונות לכימות הפליטות העירוניות, אך אלו התמקדו בעיקר בפליטות ישירות מתחבורה וחשמל תוך התעלמות מפליטות עקיפות הקשורות ל"מחזור החיים" של סחורות ושירותים הנצרכים בעיר. מחקר זה מציג, לראשונה בישראל, ניתוח מערכתי רחב של הפליטות העירוניות הישירות והעקיפות עבור מדגם מייצג הכולל 92 יישובים עירוניים, המגוונים מבחינה סוציו-אקונומית, דמוגרפית, וגיאוגרפית. מרבית המחקרים בעולם שבחנו במקביל ערים רבות התבססו על נתונים ממוצעים ברמה הלאומית העלולים לגרום להערכת יתר ו/או חסר תוך אי-זיהוי של מאפייני פליטה עירוניים ייחודיים. מחקר זה מתבסס על איסוף ועיבוד נתונים מפורטים מהרמה העירונית-מקומית (bottom-up) והמתרן לפליטה, שיטה פחות שכיחה/נפוצה בספרות בקרב מחקרים רב-עירוניים היות ומצריכה איסוף נתונים אינטנסיבי בהיקף נרחב. גישה זו מאפשרת אומדן מדויק יותר של הפליטה העירונית, ממנו ניתן לגזור צעדי פעולה אפקטיביים יותר המותאמים למאפייני כל עיר.

המחקר מצא כי טווח הפליטות העירוניות בישראל משמעותי ונע בין 1.7 ל-8.1 טון שווה-ערך פחמן דו-חמצני לנפש לשנה, כאשר הפליטה הממוצעת לנפש הינה 4.9 טון. עיקר הפליטה קשור בצריכת חשמל, המהווה כ-44% בממוצע מסך הפליטה העירונית. מרכיבים נוספים הם תחבורה (22%), צריכת חומרים (12%), טיפול בפסולת (12%) ובשפכים (2%) ואספקת מים (3%). ניתוח מעמיק של כלל המרכיבים בקנה מידה רב-עירוני זיהה שונות רבה בין מאפייני פליטה של ערים שונות הן מבחינת מקורות הפליטה והן מבחינת היקפיהן. כך ממצאי המחקר מדגישים את הצורך בצעדי הפחתה המותאמים לפרופיל הפליטות העירוני הייחודי של כל עיר וישראל. והם משמשים עבור מקבלי המדיניות ברמה הלאומית והמקומית, כתשתית לזיהוי, פיתוח ויישום צעדים מעשיים לייעול מאמצי המיטיגציה העירונית-לאומית ולקידום מערכת עירונית דלת-פחמן בישראל. המחקר מספק למקבלי ההחלטות ברמה הלאומית והמקומית כלי לזיהוי מוקדי פליטה משמעותיים (hotspots), לתיעודף מאמצי הפחתה ולפיתוח אסטרטגיות מותאמות לכל עיר. ע"י הקניית הבנה מפורטת של מאפייני הפליטה של יישובים עירוניים בישראל, גישה זו מבטיחה הקצאת משאבים יעילה התומכת במטרות ויעדי קיימות מקומיים ולאומיים כאחד. יתרה מכך, מסגרת הניתוח ושיטותיה אינן מוגבלות רק למקרה הישראלי, אלא הן ניתנות ליישום גם באזורים עירוניים אחרים העולם, ומהוות כלי שימושי לכימות הפליטות עירוניות ולקידום מיטיגציה ברמה המקומית ולאומית כאחד

ממעוף הציפור לאשה ברחוב: הקשר בין צמחייה בסביבת המגורים מתמונות לוויין ותמונות גוגל ורמת הורמונים סטרואידים בשיער בנשים בהריון בטרימסטר השני

קרן אגאי-שי¹, סוהיני בטצ'רה¹, ירון מיכאל¹, אהרון טטלר¹

1. אוניברסיטת בר אילן

kagayshay@gmail.com

קיים קשר בין כמות הצמחייה בסביבת המגורים שנמדדת באמצעות תמונות לוויין, ורמות קורטיזול נמוכות אך המידע לגבי נשים הרות מוגבל. תמונות גוגל (Google Street View (GSV) מספקות מידע פנורמי על הסביבה כפי שהיא נראית על ידי אנשים ומאפשרות לבחון מאפייני הצמחייה.

מטרה: להעריך את הקשרים בין צמחייה בסביבת המגורים, הן מלוויין, והן בפני הקרקע, לבין רמות סטרואידים בשיער במהלך הטרימסטר השני להריון.

נאספו דגימות שיער מנשים הרות, ובוצע כימות רמת הורמונים סטרואידים בטרימסטר השני באמצעות LC-MS/MS ב-385 נשים. בוצע גיאוקידוד לכתובת הלידה וחושב ממוצע רמת הצמחייה בסביבת המגורים באמצעות נתוני אינדקס צמחייה מנורמל (NDVI) מנתוני לוויין ברזולוציה גבוהה. הממוצע חושב למרחק של 100, 300 ו-500 מטר מכתובת המגורים. בנוסף, יושמו אלגוריתמי למידה עמוקה על 176,196 תמונות GSV כדי לחשב מדד חדש של צמחייה הנראית במרחק של 100 מטר מכתובת המגורים. בכל תמונה חישבנו % צמחייה כולל וכן %דשא, %צמחים ו-%עצים שחושבו בנפרד. נעשה שימוש במודלים מסוג GAMs להערכת הליניאריות של הקשרים. מודלים של רגרסיה ליניארית שימשו להערכת הקשרים בין שלישוני כמות צמחייה לבין רמת הורמונים סטרואידים בשיער הן במודלים גולמיים והן במודלים מתוקננים.

במודלים המתוקננים, נשים שגרו באזורים עם רמת צמחייה גבוהה בהשוואה לרמה הנמוכה ביותר (T3/T1) של ממוצע NDVI במרחק 100 מ', 300 מ', ו-500 מ' מכתובת המגורים, היו בעלות רמות נמוכות יותר משמעותית של קורטיזול בשיער [לדוגמה ב-100 מ': -0.148, רווח בר סמך 95%:(-0.026)-0.271)]. בנוסף, ממוצע NDVI גבוה יותר במרחק 500 מ' מהבית היה קשור לרמות נמוכות משמעותית של קורטיזון בשיער. עבור תמונות GSV, אחוז גבוה יותר של דשא היה קשור באופן מובהק סטטיסטי לרמות נמוכות יותר של קורטיזול, קורטיזון ויחס קורטיזול ל-DHAE. אחוז גבוה יותר של עצים היה קשור לרמות סטטוסטרון גבוהות יותר. לא נמצאו קשרים בין צמחייה לפרוגסטרון.

הממצאים מציעים כי מגורים באזורים עם רמות צמחייה גבוהות יותר במהלך הטרימסטר השני להריון קשורים לסמני מתח כרוני נמוכים יותר, במיוחד קורטיזול וקורטיזון בשיער.

המחקר בוחן לראשונה שימוש במידע על כמות ואופי הצמחייה מתמונות גוגל. רמות קורטיזול והורמונים סטרואידים אחרים בשיער מהווים אינדיקציה לחשיפה כרונית שאינה תלויה במחזוריות היממתית של הורמונים בגוף. המחקר מדגים לראשונה שבטרימסטר השני בהריון, רמת צמחייה גבוהה יותר קשורה לרמות נמוכות יותר של מרקר ביולוגי של סטרס כרוני. במצב הקשה של מתח וחרדה בישראל, ממצאים אלו יכולים להעיד על חשיבות הטבע העירוני לבריאות הנפש של נשים בהריון ובכלל.

מהו הנטל הבריאותי והכלכלי של עומס חום בישראל? מתודולוגיה, נתונים ומדיניות

בוער מבפנים: הקשר הסיבתי בין תנודות מזג-אוויר והתאבדויות בהודו

ליאור קרסו-רם¹, רם פישמן¹

1. אוניברסיטת תל אביב

leeor.carasso@gmail.com

בעשור האחרון נעשתה התקדמות משמעותית בחקר היחסים בין מזג-אוויר וקונפליקטים. מרבית העבודה המחקרית התעסקה בחקר קונפליקטים קבוצתיים ובין-אישיים. חקר קונפליקטים תוך-אישיים לא קיבל מענה מספק, בעיקר חקר התאבדויות. הפער הזה מפתיע ומדאיג כאחד, משום שאובדנות היא תופעה גלובלית נפוצה. נתוני ארגון הבריאות העולמי מצביעים על יותר מ-700,000 מקרי התאבדות בכל שנה ברחבי העולם, פי 4 ממקרי המוות כתוצאה ממלחמה ומאבקים, ופי 10 ממקרי מוות כתוצאה מאלומות במשפחה. מתוך כלל מקרי האובדנות, 73% נעשים במדינות מתפתחות. הסטטיסטיקות האלו ממחישות את החשיבות של חקר הגורמים לאובדנות.

מטרת מחקר זה היא לבחון את הקשר בין תנאי מזג-אוויר מקומיים ובין שיעור ההתאבדויות במדינת קרנטקה שבהודו. קרנטקה, מדינה בגודל של צרפת, היא ביתם של מרכזי יזמות ופיתוח טכנולוגי עירוניים לצד איזורים כפריים עם אוכלוסייה שעוסקת בעיקר בחקלאות. בעזרת נתונים ברזולוציה זמנית ומרחבית גבוהה מאוד - נתונים יומיים ברזולוציה של תחנת משטרה - אנחנו בוחנים כיצד משפיעות תנודות בטמפרטורות ותנודות בכמות הגשמים על אובדנות באזורים כפריים של מדינות מתפתחות. הנתונים הייחודיים שבידינו מאפשרים לנו לחקור את המנגנונים שמתווכים את הקשרים הללו, קשרים שעד כה נבדקו בהקשרים עירוניים בלבד.

האסטרטגיה האמפירית שבה אנו נוקטים על-מנת לבצע את הניתוחים המוצעים היא מתודולוגיית רגרסייה עם אפקטים קבועים. רגרסייה עם אפקטים קבועים היא מתודולוגיה נפוצה מאוד בספרות של השפעות אקלימיות, אשר מאפשרת לפרש את האומדנים המתקבלים בצורה סיבטית.

אנחנו מוצאים קשר חיובי ומובהק בין תנודות בטמפרטורה ובין התאבדויות. ספציפית, עליה של מעלה אחת בטמפרטורה היומית מתואמת עם עלייה של 1.13% במספרי מקרי ההתאבדות. בנוסף, אנחנו מוצאים קשר שלילי ומובהק בין תנודות גשם ובין התאבדויות. עלייה של מילימטר אחד בכמות המשקעים היומית מתואמת עם ירידה של 0.3% במספרי מקרי ההתאבדות. השאלה המתבקשת היא מהם הגורמים שמתווכים את הקשרים שמצאנו. מחקרים קודמים פירשו את התוצאות כנגרמות ממנגנון פסיכולוגי \ הכנסה חקלאית. אנחנו עושים שימוש בנתוני מפקד על-מנת לבחון האם גודל ההשפעות שאמדנו משתנה כתלות במאפיינים סוציאוקונומיים, ובכך מקדמים את הדיון בסוגיית המנגנונים.

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



למחקר זה יש השלכות מדיניות ברורות. האומדנים שאנחנו מחשבים בנוגע לקשר בין תנאי מזג אוויר (חום, גשם) והתאבדויות מטרם לסייע לקבוע מדיניות של הקצאת משאבים לתוכניות למניעת התאבדויות בתגובה לתנודות מזג אוויר, באזורים כפריים ובמדינות מתפתחות. בנוסף חשובה ההבנה של השפעת מאפיינים סוציאקונומיים שונים על עוצמת הקשר בין תנאי מזג אוויר והתאבדויות, על-מנת לעצב מדיניות בצורה מותאמת שתייעל למיתון עוצמת הקשר הנ"ל. כל הנאמר חשוב במיוחד לאור ההתחממות הגלובלית ושינויי האקלים העתידיים.

הקשר בין טמפרטורה סביבתית לסיכון ללידה מוקדמת: כיצד ניתן לכמת את הקשר הסיבתי?

רענן רז¹, סלין גירגין¹, עפר ארז², דניאל נבו³

1. האוניברסיטה העברית
2. המרכז הרפואי סורוקה
3. אוניברסיטת תל אביב

razraanan@gmail.com

קשרים בין טמפרטורה סביבתית במהלך ההריון לבין הסיכון ללידה מוקדמת נחקרים בהרחבה ברחבי העולם, כחלק מהנסיון להבין את ההשפעות האפשריות של שינוי האקלים על בריאות האם והילד. המחקרים השונים מראים אומדנים שונים מאוד, ואף מתבצעים במגוון רחב של שיטות המתפתחות במהרה. הקשר הסיבתי שעלול לעמוד ביסוד הקשרים הסטטיסטיים המודגמים במחקרים אלו קשה מאוד לכימות עקב נוכחות של הטיות פוטנציאליות רבות. בהרצאה זו נציג את הבעיות העיקריות המקשות על אומדן הקשר הסיבתי במחקרים אלו, ונציע שיטות חדשות להתגבר על ההטיות השונות, תוך כדי שימוש חדשני במרכיב העונתיות. השימוש בשיטה יודגם בעזרת מחקר עוקבה היסטורית על בסיס נתונים של לידות מהמרכז הרפואי סורוקה.

כימות נכון של ההשפעה הסיבתית של עליית הטמפרטורה באזורנו הינו הכרחי לאומדן השפעות אפשריות של שינוי האקלים העתידי על בריאות האם והילד. מחקר זה הינו צעד נוסף בנסיון לשפר את האומדנים ולמנוע הטיות שכיחות במחקרים אלו.

היערכות מערכת הבריאות לשינוי אקלים בדגש על אוכלוסיות פגיעות: מחקר משולב שיטות

מיה נגב¹, ענת רוזנטל², מתן סינגר¹, סוהא נטור², אירית לדור¹, סתיו שפירא²

1. אוניברסיטת חיפה

2. אוניברסיטת בן גוריון

mnegev@univ.haifa.ac.il

אגן הים התיכון רגיש במיוחד לשינויי אקלים, המשפיעים על כלל האוכלוסייה, אך באופן בלתי שוויוני. אוכלוסיות פגיעות כמו אנשים החיים בעוני, קשישים, חולים, תושבי כפרים בלתי מוכרים ועובדים בחוץ חשופות במיוחד להשפעות של אירועים קיצוניים כמו גלי חום וסופות אבק. בישראל, אוכלוסיות אלו מרוכזות בעיקר בפריפריה, במיוחד בדרום, אזור בו קיימים פערים משמעותיים בזמינות ובנגישות לשירותי בריאות. שינויי האקלים צפויים להחמיר את מצבן של אוכלוסיות פגיעות אלו ולהגביר את הפערים הבריאותיים בין המרכז לפריפריה.

מטרת המחקר הייתה למפות תפיסות, צרכים בריאותיים, חשיפה ושיטות התמודדות עם שינויי אקלים באוכלוסייה הכללית ובקרב אוכלוסיות פגיעות, ולזהות יכולות וחולשות של קהילות מקומיות ושל מערכת הבריאות במענה לצרכים אלו בעידן של שינוי אקלים. שיטות: הזרוע האיכותנית של המחקר כללה 10 קבוצות מיקוד בנגב (N=69), המהווה מוקד לחום קיצוני וסופות אבק, כדי להבין לעומק את האתגרים ברמת הפרט והקהילה. הזרוע הכמותית כללה מחקר חתך (N=1,492) באמצעות סקר של מדגם מייצג של האוכלוסייה בישראל ודגימה מוגברת של האוכלוסייה הערבית. המחקר בחן ידע, תפיסות וחשיפה לאירועים קיצוניים ודרכי התמודדות עימם. תוצאות: קבוצות המיקוד העלו ארבעה נושאים מרכזיים: השפעות בריאותיות, חסמים מבניים, חוסר אמון ברשויות ותמיכה קהילתית. הסתגלות יומיומית קיימת, אך אינה מספקת בעומסי חום קיצוניים. בממצאי הסקר, 46% מהנשאלים דיווחו כי נאלצו לוותר על תור רפואי בעקבות שינויי אקלים, כולל 65% מהמוסלמים ו-35% מהיהודים. בהתמודדות עם עומס חום, 58% מהיהודים דיווחו על שימוש במזגן, לעומת 42% מהערבים. בנגב, 25% מהיהודים ו-29% מהמוסלמים "סובלים את החום". 21% מהנשאלים בגיל 18-65 מתמודדים על ידי ביקור אצל משפחה או חברים, לעומת 9.8% בלבד בגיל 65 ומעלה. מסקנות: שינויי האקלים צפויים להחמיר מצבים בריאותיים ולהעמיק פערים בריאותיים.

מהמחקר עולה כי נדרשת הסתגלות מוסדית ברמה הלאומית והמקומית, כולל במערכות הבריאות. מיפוי תפיסות וצרכים של אוכלוסיות פגיעות בהקשר אקלימי הוא צעד חיוני להתאמה מוצלחת לאתגרי האקלים.

שינויי אקלים מגבירים את הפגיעות הבריאותיות, במיוחד באוכלוסיות פגיעות. יש צורך בזיהוי דרכים להפחתת הסיכון ולתכנן מדיניות הערכות לשינוי אקלים ולמנוע נזקים לבריאות. ממצאי המחקר יספקו בסיס למעבדת מדיניות שתתקיים בשנה הקרובה בשיתוף בעלי עניין במערכת הבריאות בדרום. התהליך השיתופי יניב המלצות מדיניות מבוססות ראיות להיערכות לשינויי אקלים במערכת הבריאות בישראל, ויתרום לפיתוח מדיניות אפקטיבית לשיפור המענה האקלימי.

חום, חירום וחוסן: היערכות מערכת הבריאות בישראל לאקלים המשתנה

* אירית לדור¹, סתיו שפירא², ענת רוזנטל², מתן סינגר¹, סוהא נאטור², מיה נגב¹

1. אוניברסיטת חיפה

2. אוניברסיטת בן גוריון

iritfertig@gmail.com

שינוי האקלים הוא האתגר הגדול ביותר לבריאות. ארגון הבריאות העולמי מגדיר מרכיבי ליבה לפיתוח חוסן אקלימי של מערכות בריאות ביניהם: מנהיגות וממשל, מימון, כוח אדם והיערכות וניהול חירום. ישראל רגישה במיוחד לשינויי אקלים, הצפויים להחריף את הנטל על מערכת בריאות שסובלת משחיקה בתקציבים ובכוח האדם, מחסור בצידוד ואתגרים ביטחוניים. בכוחה של מדיניות אקלים ובריאות מתאימה, להתמודד עם האתגרים מקומיים, למנף תשתיות קיימות ולהרים תרומה משמעותית לבריאות הציבור. מטרת המחקר - לנתח את החסמים וההזדמנויות לחוסן אקלימי במערכת הבריאות בישראל מנקודת מבטם של מקבלי ההחלטות, במטרה לתרום לפיתוח מסגרת מותאמת לאקלים ובריאות ולעיצוב מדיניות לאומית.

במסגרת מחקר איכותני, נערכו ראיונות חצי-מובנים עם 25 מקבלי החלטות, מנהלים ואנשי מקצוע ממשד הבריאות, בתי החולים וקופות החולים. המשתתפים נבחרו באמצעות דגימה מכוונת כדי להבטיח ייצוג מגוון. הניתוח בוצע באמצעות ניתוח תמטי דדוקטיבי, תוך שימוש במסגרת המחקר Consolidated Framework for Implementation Research.

זוהו 3 תמות מרכזיות: (1) חסמים מערכתיים ברמה הלאומית, כולל היעדר מסגרת מדיניות ומימון ייעודי; (2) חסמים מוסדיים ומקצועיים, כולל פערים משמעותיים במודעות לשינויי אקלים ותעדוף נמוך; (3) גורמים מאפשרים הכוללים תמריצים כלכליים ומערכות קיימות להיערכות לחירום. ממצאי המחקר עולה כי במערכת הבריאות הישראלית קיימת נטייה לתעדוף נמוך של סוגיות אקלימיות בשל אילוצים ביטחוניים ותקציביים וחוסר מודעות לסיכונים אקלים. תופעות אלו באות לידי ביטוי בהיעדר תקציבים ייעודיים ובהיעדר מערך רגולטורי מתאים.

לצד הקשיים בהערכות מערכת הבריאות הישראלית לשינויי אקלים, ממצאי המחקר חושפים את הפוטנציאל לשילוב היערכות אקלימית במערכי החירום הקיימים. שילוב זה נבחן באמצעות גישת All-Hazards, המאפשרת מענה כוללני וגמיש למגוון רחב של איומים, ובאמצעות גישת Top-Hazards, המתמקדת בתעדוף איומים מרכזיים; היעדרה של מסגרת מדיניות לאומית, הכוללת תקציב ייעודי ורגולציה מחייבת, מהווה חסם מרכזי המונע התקדמות משמעותית בכל הנוגע להיערכות לשינויי אקלים. ללא מסגרת זו, היוזמות המקומיות והפתרונות הנקודתיים נותרים מוגבלים בהיקפם ובהשפעתם. לפיכך, מהמחקר עולה צורך דחוף במדיניות לאומית כוללת להיערכות מערכת הבריאות לשינויי אקלים. המחקר מספק תובנות חיוניות למקבלי החלטות לגבי הפערים הקיימים ביכולת היערכות והמענה של מערכת הבריאות לשינויי האקלים ואירועי מזג אוויר קיצוני, וכן לגבי האסטרטגיות הדרושות כדי לגשר על פערים אלו. הממצאים יתרמו לפיתוח כלי מדיניות אפקטיביים תוך שימוש במנגנונים קיימים, ויסייעו בחיזוק החוסן האקלימי של מערכת הבריאות ומתן מענה לאתגרים המקומיים.

פרויקט CLIMOS - להערכת הסיכון, להיערכות ולהתמודדות עם התפשטות מחלות המועברות על ידי זבובי חול כתגובה לשינויי אקלים ושינויים בשימושי קרקע באגן הים התיכון ובאירופה

יוני וייץ¹, שלומית פז¹

1. אוניברסיטת חיפה

yonyonw@gmail.com

מחלות המועברות על ידי זבובי חול כגון לישמניאזיס ו-וירוסים שונים, מהוות איום משמעותי על בריאות הציבור, באירופה, באגן הים התיכון ובאזורים סמוכים. תפוצת מחלות אלה ושכיחותן מוחרפת על ידי שינויי אקלים ושינויים בשימושי הקרקע אשר האיזון את התפשטות אוכלוסיות זבובי החול והגדילו את סיכון ההדבקה הן לבני אדם והן לבעלי חיים. פרויקט קלימוס (CLIMOS - Climate Monitoring and Decision Support Framework for Sand Fly-borne Diseases Detection and Mitigation) במימון קרן Horizon של האיחוד האירופי, מתמודד עם אתגר זה באמצעות גישה המשלבת את בריאות האדם, בעלי החיים והסביבה (One Health) על ידי הקמת פלטפורמה להיערכות טובה יותר לאיום הנוכחי והעתידי. הפרויקט מאגד 29 שותפים מ-16 מדינות, אוניברסיטאות, מכוני מחקר ומשרדי בריאות לאומיים.

במסגרת הפרויקט נאספו נתונים על דגמי שפעה והתפוצה במזרח התיכון (ישראל וטורקיה) וברחבי אירופה של כלל מיני זבובי החול מעשורים של סקרי שדה וכן מבוצעת בו עבודת שדה נרחבת בשתי עונות דיגום מעשר מדינות, כולל מארבעה אתרים בישראל. נתונים אלו משמשים להערכת דינמיקת אוכלוסיות ובכדי לבחון כיצד הן מעוצבות על ידי משתני אקלים וסביבה לטווח קצר וארוך, ועל ידי פעילות אנושית כמו שינויים בשימושי הקרקע. על בסיס נתונים אלו מפותחים מודלים אפידמיולוגיים-אקלימיים לחיזוי המדמים תרחישי שינויי אקלים שונים וכן מערכת התרעה מוקדמת המסוגלת לחזות התפרצויות ולשפר את היערכות למחלות. מערכת התרעה מוקדמת זו משלבת נתוני סביבה מתצפיות קרקעיות וחישה מרחוק.

בהרצאה זו נציג תוצאות ראשוניות של ניתוח דגמי העונתיות, השפעה והתפוצה של זבובי החול בישראל ובאירופה, את הקשר שלהם לגורמי האקלים והסביבה בסקאלות מרחביות שונות ואת המגמות הצפויות על בסיס השפעות תרחישי שינויי אקלים שונים.

מודל החיזוי וההתרעה המוקדמת של הפרויקט יהווה כלי ראשון מסוגו שישמש את מקבלי ההחלטות במערכות הבריאות והתכנון הסביבתי לצורך מניעת תחלואה והיערכות לקראתה.

ממשק יערות בישראל

שיפור המלצות דילול יערות בעזרת טכנולוגיות מיפוי מבוססות חישה מרחוק

* אלן פרידמן¹, אסף חן²

1. המכללה האקדמית תל חי

2. מכון למחקר מדעי בגליל

ellenf@migal.org.il

יערות באגן הים התיכון חיוניים לשימור מערכות אקולוגיות איתנות, ומספקים שירותי מערכת כגון: שימור קרקע, תמיכה בבתי גידול, ועידוד המגוון הביולוגי. דילול יערות, כריתה מבוקרת של עצים, הכרחי לשמירה על בריאות היער ולהפחתת הסיכון לשריפות ולמזיקים. דילול יערות מתבצע באמצעות סקרים רגליים, שעלותם גבוהה. השערת המחקר גורסת ששימוש ברחפן המצויד בחיישן לידאר עשוי ליעיל ולשפר את תהליך איסוף ועיבוד המידע החיוני לקבלת החלטות לגבי דילול היער כגון זיהוי וסיווג עצים בודדים, מדידת צפיפות יער, והערכת נפח חופה ובימסה מעוצה. המחקר התמקד ביער חרובית בשפלת יהודה. צולמו חלקות יער עם עצים מחטניים ללא תת-יער; מחטניים מעל חורש; ומעורבים- רחבי עלים ומחטניים. נעשה שימוש ברחפן DJI-Matrice-300-RTK המצויד בחיישן LiDAR-Zenmuse-L1 ובוצעו מתווי סריקה חזרתיים ולא חזרתיים, עם מספר החזרות משתנה. בנוסף, נבחן צילום אור-נראה בטריאנגולציה בשיטת SfM (structure from motion) המאפשרת יצירת ענני נקודות בדומה לחיישן הלידאר. עיבוד הנתונים בוצע בשפת R בעזרת ספריות ITSM, ForestTools, וכלל סינון "רעשים", סיווג קרקע, ויצירת מפות גבהים תלת-ממדיות. האלגוריתמים שנבחרו לזיהוי וסיווג עצים כללו את VWF (variable-window-filter), marker-controlled-watershed-segmentation (MCWS) ואפשרו חישוב מדדים חיוניים כגון צפיפות יער, גובה עץ, וקוטר גזע בגובה חזה (DBH). אלגוריתמי זיהוי העצים הצטיינו בכל מתווי הסריקה. מצב סריקה של שלוש החזרות התעלה על שתי החזרות באזורים בעלי צפיפות גבוהה, בעוד ששיטת SfM הניבה תוצאות עדיפות באזורים בצפיפות בינונית. עם זאת, זמן הסריקה הארוך של SfM מגביל את היעילות שלה בפרויקטים רחבי היקף. קיימת נטייה להערכת יתר של מספר העצים ביערות בצפיפות בינונית, כמו *Pinus brutia* ו-*Eucalyptus gomphocephala* ו-*Pinus halepensis* לעומת הערכת חסר ביערות צפופים של *Pinus brutia*. ככל הנראה בשל הסתעפות העצים ביערות הפחות צפופים, והסתרת עצים ביערות הצפופים. תוצאות המחקר מדגישות את הפוטנציאל של טכנולוגיות חישה מרחוק וחיישני לידאר ליעול תהליכי ניהול יערות ודילול בר-קיימא. מחקר עתידי יתמקד בהתאמת מתווי סריקה לסוגי יער וצפיפותם, ושיפור האלגוריתמים לזיהוי עצים וחישוב DBH ביערות הטרוגניים עם מבני חופה מגוונים.

חשיבות מחקרים יערניים המשלבים טכנולוגיות אוטומטיות מתקדמות של חישה מרחוק, מתבטאת בעיקר בפוטנציאל הגדול שלהם לייצוא מדדי יער מדויקים ברמת העץ הבודד, ובקנה מידה גדול, באזורים נרחבים שחלקם אינם נגישים לסקרים רגליים,

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



אשר יהוו מדד מהימן למהנדסי יער בתהליך קבלת ההחלטות בביצוע דילול יער מבוקר ותהליכים נוספים הכרוכים בהפעלת ציוד ממוכן כבד. אוטומציה של תהליכים אלו תחסוך זמן ומשאבים, ותספק תובנות נוספות שאינן זמינות למקבלי ההחלטות כיום.

התחדשות לאחר שריפה - דרום רכס הרי נצרת

אמיר פרלברג¹, יונתן לבנוני¹, דבורה לב רמתי¹, נעם שגב¹, גולדי יורקוביץ¹, רונה וינטר-לבנה¹, איתן רומם¹

1. מכון דש"א

aperelbe@tauex.tau.ac.il

עבודה זו מסכמת את ממצאי ניטור השטח בדרום רכס הרי נצרת, שנפגע בשריפה באוקטובר 2020. השטח הנבדק כולל כ-4600 דונם של יער וחורש טבעי המנוהל ע"י קק"ל וחלקיו השונים נמצאים בשלבי התחדשות. המטרה הייתה לספק מידע סביבתי לתכנון וניהול מושכלים לשימור ערכי הטבע שנותרו בשטח והצעת כלים שונים לשיקומו, לאחר תהליך ניטור ארוך טווח. במהלך העבודה נאסף ונותח מידע רב על מצב השטחים הפתוחים, כולל תיאור משתנים להערכת דינמיקת הצומח, מצב הקרקע, הפרות וסחירות קרקע, ומצב הרעייה והשפעתה על הצומח. ממצאי הניטור לשנת 2024 מראים כי השטח נמצא בשלטון יערות מחטניים גבוהים אך בעלי כיסוי נמוך, לצד שלטון חורש טבעי בהר דבורה. נמצאו בשטח שלושה בתי גידול ייחודיים: מצוקים, טרשים וערוץ נחל, המהווים כר פורה למינים ייחודיים. ערכי טבע בפסגת הר דבורה, בהר כסולות ובערוץ נחל תבור, כוללים מיני צמחים בסכנת הכחדה ופעילות צבאים רבה. זהו התבססות זרעי מחטניים מאסיבית, בעיקר אורנים בהיקפו של הר דבורה, והתחדשויות של מיני רחבי-עלים כמו אלון מצוי וחורב מצוי ברוב השטח הפגוע. כמו כן, נמצאו התבססויות של מינים פולשים כמו שיטה כחלחלה, קיקיון מצוי, לכיד הנחלים ואילנתה בלוטית. הובחנה רעיית עדרי בקר ברוב השטח, הגורמת לדיכוי ההתחדשות של רחבי-העלים. נרשמו מספר אירועי סחירת קרקע משמעותיים בערוצי הניקוז, וכן הפרות שונות כמו עצים נפולים ודרכים פיראטיות. מעבודה זו עולה הצורך בשיקום היער והחורש, שמירה על בתי גידול ייחודיים, ניהול רעיית בקר, טיפול בסחירת קרקע והתמודדות עם הפרות. הממצאים מדגישים את הצורך בוויסות רעיית בקר, טיפול במינים פולשים ועידוד התחדשות הצומח בבתי הגידול הייחודיים. ניטור זה נועד לספק מידע סביבתי שיסייע בקבלת החלטות תכנוניות, ניהוליות וממשקיות – מושכלות ומבוססות נתונים, לשימור ופיתוח השטחים שבניהול קק"ל ובהכוונת תהליך ההתחדשות של היער לאחר השריפה.

מחקר זה הינו חלק קטן מתהליך ניטור ארוך טווח המיועד לתאר את תהליכי ההתחדשות של הצומח לאחר השריפה ב-2020. הוא יכול להצביע על תופעות הקורות בשטח ודורשות טיפול וכן להבנת הדינמיקה של התהליך לאורך פרק זמן ממושך, מה שיאפשר בניית כלים להתמודדות עם אירועי שריפה.

ניטור ארוך-טווח של אוכלוסיות מיני צמחים בסכנת הכחדה ומינים נדירים ביערות קק"ל, והשפעת ממשק היער וקליטת הקהל על חיוניותן

דבורה לב רמתי¹, גל לופוביץ¹, אחיעד שדה¹, בר שמש¹, אמיר פרלברג¹, רונה וינטר-לבנה¹, ענת צפריר², יהל פורת²

3. מכון דש"א

4. קק"ל

lowramati@tauex.tau.ac.il

יערות קק"ל פרושים על פני מגוון בתי-גידול בישראל, וחשיבותם האקולוגית גדולה במיוחד בבתי-גידול מאוימים, שאינם מיוצגים במידה מספקת בשטחים מוגנים (שמורות טבע, גנים לאומיים ויערות קק"ל). לדוגמה: קרקעות העמקים הכבדות שרובן מנוצלות לעיבוד חקלאי, והקרקעות הקלות במישור החוף (חולות, חמרה וכורכר) שרובן כוסו באספלט ובבטון. בבתי-גידול אלו, יערות קק"ל מהווים לעתים מקלט אחרון למיני צמחים נדירים ובסכנת הכחדה, וכן למיני דגל דוגמת חלמונית גדולה. על מנת להגן על אוכלוסיות מינים אלו באופן מיטבי, דרוש ניטור ארוך-טווח למעקב אחר מצבן. בשנת 2022 החל פרויקט ע"י מכון דש"א ובמימון קק"ל, שמטרתו הקמת חלקות כבסיס למחקר וניטור ארוך-טווח, להבנת השפעת מבנה היער על אוכלוסיות מיני המטרה. במסגרת הפרויקט הוקמו 130 חלקות לניטור ארוך-טווח עבור מיני מטרה ועבור בתי-גידול. מיני המטרה שנבחרו הם: אירוס שחום, א. נצרתי וא. הגלבוע, חלמונית גדולה, שלהבית הגלגל ומרוות אייג. ניטור ברמת בית הגידול נעשה עבור קרקעות כבדות בעפולה ובאחיהוד, חמרה חולית וחמרה לחה באילנות ובחדרה, בית-גידול לח בחדרה וחול-לס ברוחמה. במסגרת הניטור הוקמו חלקות קבועות, בהן מנוטרים מיני המטרה, ונאסף מידע סביבתי אודות מאפייני בית הגידול, הפרעות אפשריות, מבנה היער, תצורת הצומח, ממשק יערני, רעייה וקליטת קהל. פרוטוקול הניטור דווקא בהתאמה למאפיינים הספציפיים של כל מין או בית-גידול. עבור כל מין/בית-גידול, משוות חלקות הניטור בין ממשקים שונים כגון: כיסוי יערני, דילול, נטיעות צעירות, ממשק רעייה, וכיסוח יזום. בהרצאה נציג את תוצאות סבב הניטור הראשון של כל האתרים, והמסקנות העולות מהן. דוגמה לתוצאות ראשוניות הינה השפעת רעייה על מספר התפרחות והפרטים הצעירים של מרוות אייג ביער לביא, בהשוואה ליער קריית גת, שבו אין רעייה. דוגמה נוספת הינה השפעה שלילית של כיסוי יערני על אשבל זהרי ביער אחיהוד, אירוס הגלבוע ומרוות אייג, לעומת השפעה חיובית של הצללה על שלהבית הגלגל ביער יתיר. לעומת זאת, ביער אילנות מינים בסכנת הכחדה נמצאו רק באתרים ללא הצללה, ומכאן ניתן להסיק את חשיבות הדילול היערני בשטח זה.

מערך הניטור שהוקם מהווה בסיס לניטור ארוך-טווח. ניתוח התוצאות יאפשר הבנה מעמיקה של הגורמים שפוגעים באוכלוסיות מינים אלו מחד, והתנאים שמאפשרים להן לשגשג מאידך. הממצאים ישמשו לטיוב הממשק היערני, לטובת ניהול בר-קיימא של היער בכלל, ושל אוכלוסיות מיני המטרה המצויות בו בפרט. זאת, לשם הגנה על המגוון הביולוגי, שמירה על תפקודן התקין של המערכות האקולוגיות, והגנה על מיני-דגל שהינם בעלי ערך תרבותי עבור תושבי המדינה.

יעדי פיתוח בר קיימה ככלי יישומי לתכנון והפעלה של יזמויות בשטחי הייעור של קק"ל

יעל רם¹, נוגה לכמן ברק², נגה קולינס קריינר¹

5. המכללה האקדמית אשקלון

6. אוניברסיטת חיפה

yaelram@gmail.com

יעדי פיתוח בר-קיימה הם כללים אוניברסליים, שנוסחו על ידי האו"ם ונועדו לקדם ערכי קיימות, ולפתור סוגיות חברתיות, כלכליות וסביבתיות. מדובר בתוכנית פעולה המורכבת מ-17 יעדים הכוללים 169 מטרות ו-232 מדדים ישימים. פרויקטים שנועדו לקליטת קהל ביערות קק"ל, צריכים לאזן בין צרכי המבקרים לשמירה על הסביבה. כיוון שיעדי פיתוח בר-קיימה נמצאו מתאימים לקידום משימות מורכבות בהקשרים סביבתיים וחברתיים, הוחלט לבחון את התאמתם של יעדי פיתוח בר קיימה להערכת יזמויות ביקור ביערות קק"ל ברחבי הארץ. מטרת המחקר המחקר בחן כיצד יכולים יעדי פיתוח בר-קיימה לשמש 'מצפן' ומסגרת מתודולוגית עבור פיתוח תיירות בת-קיימה ביערות קק"ל. שיטות מחקר במסגרת המחקר פותח כלי יישומי המתבסס על יעדי פיתוח בר קיימה, הכולל 32 מטרות רלוונטיות, ו-47 מדדים ישימים. כלי המחקר נבחן בתשע יזמויות שונות, מהן שלוש יזמויות בהן ההון, הקרקע והאנשים בשליטת קק"ל, 3 יזמויות בהן המעורבות של קק"ל מתבטאת בניהול משותף עם גוף או גופים נוספים, ושלוש יזמויות בהן רק השטח בשליטת קק"ל. אתר עשירי נבדק כאתר ביקורת, בו אין יזמות. תוצאות כלי המדידה שפותח מדד בהצלחה את המימדים האישיים, החברתיים, הסביבתיים והגלובליים של יעדי פיתוח בר קיימה ביזמויות השונות. המימדים אישיים נמצאו כמיושמים בצורה טובה יותר יחסית למימדים אחרים. יזמויות שנמצאו תחת שליטה מלאה של קק"ל מילאו בצורה טובה יותר יחסית את כל היעדים. עם זאת קיים פער גדול במידת יישום כל יעדי פיתוח בר קיימה. דיון ומסקנות מחקר זה סייע באיתור שני אתגרים עיקריים ליזמויות ביערות קק"ל. הראשון קשור ליישום של יעדי פיתוח סביבתיים. השני הוא ניהול היזמויות, שכן המחקר מעלה כי יישום היעדים עדיף ביזמויות בהן השטח, ההון והאנשים שייכים לקק"ל. אם קק"ל מעוניינת לקדם את יעדי פיתוח בר-קיימה ביזמויותיה בעתיד, עליה להקפיד הן על ממדים סביבתיים והן על ניהול ישיר או עקיף של היזמויות בשטח.

המחקר מציג כלי יישומי המתאים לכל הגופים המנהלים שטחים פתוחים ומבקרים. בנוסף, המחקר כולל הגדרה ליזמות, וקובע איזה סוג יזמות עדיף מבחינת פיתוח בר קיימה בשטחים הפתוחים. לשתי התרומות הללו יכולה להיות השפעה רבה על מדיניות עתידית, והן רלוונטיות לקהל המטיילים, לגופים מנהלים, למפעילי אטרקציות בשטחים הפתוחים ולתחום המחקר של ניהול ממשק אדם וטבע.

ניתוח העדפות קהל והתנהגות מבקרים של אזרחים וותיקים ביערות קק"ל

* יערה שפיגל¹, ערן כתר², נגה קולינס-קריינר¹

1. אוניברסיטת חיפה

2. המכללה האקדמית כנרת

yaaraspiq15@gmail.com

המחקר בוחן את עמדות, רצונות והתנהגות הצרכנים של וותיקים (+65), לפעילות פנאי בחניוני היער. הזדקנות האוכלוסייה בעולם ובישראל, וחשיבות היערות לאיכות חייהם של הוותיקים, מחייבת מחשבה על תכנון האתרים והשירותים, ומטרת המחקר הינה לשפר ולשדרג את התכנון, השירות והחוויה שמספקים היערות עבור אוכלוסייה זו. האוכלוסייה בעולם ובישראל מזדקנת, ובשנת 2040 כ-14% מאוכלוסיית ישראל יהיו אזרחים וותיקים. ליערות וחניוני קק"ל חשיבות רבה עבור כלל האוכלוסייה ועבור האוכלוסייה הוותיקה בפרט. לפי תאוריית הפעלתנות בזקנה, שטחים פתוחים מהווים מקום למפגש עם הטבע ולבילוי חברתי, והינם בעלי תרומה מרכזית לבריאות הגופנית והנפשית של אזרחים וותיקים. סקר מבקרים הועבר ל-446 משיבים מעל גיל 65 במהלך שנת 2023. כמחצית מהנדגמים היו בני גיל 65-75, כרבע בני גיל 76-80 וכרבע נוסף מעל גיל 80. מרבית הנשאלים במצב בריאותי טוב ומגדירים עצמם כפעילים. המבקרים בחניוני היער מייצגים מגוון רחב של רמות השכלה פורמאלית. כשני-שלישים מהמשיבים הינם מבקרים מזדמנים, המבקרים בחניון קק"ל אחת לכמה חודשים או פעם-פעמיים בשנה. יתר המדגם (36%) הינם מבקרים קבועים אשר מבקרים בחניוני היער של קק"ל לפחות אחת לחודש. היבטים רבים נמצאו משמעותיים מאד, כאשר הממדים החשובים ביותר הינם: רמת הניקיון בחניון, תשתיות החניון (צל, פחים, שירותים וברזי מים), גישה נוחה מהחניה והיבטי נגישות, שילוט ומידע בחניון, והימצאותם של שולחנות וספסלי פיקניק. ניתוח הממצאים חשף הבדלים משמעותיים בעיקר בין קבוצות הגיל השונות וכן בין מבקרים בעלי תדירות ביקור שונה. ביחס לגיל הנשאלים, משיבים מבוגרים יותר נוטים לחשוב כי הביקור ביער הנו מורכב ולא נוח. כך, היער הוא מקום מזמין, אבל בעיקר עבור מבוגרים צעירים ובריאים. ממצאי המחקר עולים בקנה אחד עם התפיסה של "זקנה פעילה" ויש להתייחס לקהל זה כסוג משתמשים חשוב בעת תכנון, פיתוח, ניהול ושיווק של חניוני יער. בין היתר, יש לשתף נציגים מקבוצת גיל זאת בתכנון ופיתוח החניונים, במטרה לקבל את זווית הראייה הייחודית להם. המלצות המחקר יסייעו לשפר את חוויית השימוש ואת ההיצע התיירותי עבור אזרחים וותיקים בחניוני היער של קק"ל, ישמשו ככלי עבודה יישומי בידי מנהלי חניונים ומקבלי החלטות בקק"ל, ויסייעו בשיפור הבריאות הגופנית והנפשית של האזרחים הוותיקים בישראל. בהתבסס על התועלות הרבות של הביקור ביער לבריאות הנפשית והגופנית, מומלץ לקדם תוכניות פעילות והעשרה ביערות קק"ל עבור אזרחים וותיקים. פעילות זאת יכולה להיעשות כחלק משיתוף פעולה של קק"ל עם גופים העוסקים ברווחת האזרחים הוותיקים לרבות המשרד לשוויון חברתי, תוכניות ממשלתיות לתמיכה בקשישים, ורשויות מקומיות. זאת בנוסף להגברת המודעות של גורמי בריאות וקופות חולים לתועלות הרגשיות והגופניות של ביקור ביער עבור אזרחים וותיקים וקידום הפתרון של Park Prescription - הפנייה מטעם רופא משפחה/ גרונטולוג לביקור ביער כדרך לעודד אורח חיים פעיל ושהייה בטבע בקרב אזרחים וותיקים.

סקר תחמסים ביערות צפון הנגב – אביב וקיץ 2022

ענת צפריר¹, מנחם אדר², יהל פורת¹

1. קרן קיימת לישראל

2. מנחם אדר ייעוץ אקולוגי

anatt@kkl.org.il

התחמס האירופי בישראל הינה ציפור שכיחה בעונות הנדידה ומקנן מקרי בארץ. משנות ה-60 עד ל-2017 לא נמצאו אוכלוסיות תחמסים מקננות, ובשנת 2021 נצפו תחמסים ביער גברעם בהתנהגות טריטוריאלית. בעקבות הגילוי יצא סקר קינון תחמסים מטעם קק"ל על ידי מנחם אדר, ביערות צפון הנגב. מטרת הסקר היו איתור טריטוריות של תחמסים ביערות קק"ל ואפיון בתי הגידול שלהם. התחמס האירופי הינה ציפור טריטוריאלית, מקננת קרקע, פעילת לילה ומוסווה היטב. הסקר נערך בין אפריל לספטמבר 2022, איתור התחמס נעשה בסיוורם רגלים בשעות הלילה, ע"י השמעה של הקלטות של קריאות תחמס ומעקב אחר התגובות של התחמסים. טריטוריות בוודאות גבוהה הוגדרו במידה ונצפה זוג תחמסים (זכר ונקבה), טריטוריה בוודאות נמוכה נקבעה אם בביקורים חוזרים באותה נקודה אותר תחמס. מתוך היערות שנסקרו אותרו טריטוריות ביער גברעם וביער יד מרדכי. נראה כי המשותף לכל הטריטוריות הוא כיסוי עצים במגוון של צפיפויות, ושכבת תת יער עשירה. אומנם המידע שהתקבל מסקר זה אינו מאפשר לדעת כיצד מנצלים התחמסים את השטח (מהן אזורי הקינון ואזורי שיחור המזון). אך נראה שהתחמסים מנצלים את חלקיו השקטים והחשוכים של היער. יער יד מרדכי נמצא כיותר רועש ומואר מיער גברעם, אך יחד עם זאת מספר הטריטוריות שנמצאו בו היה קטן יותר. כך שיער גברעם הינו מיוחד וערכי ביותר בהקשר של התחמסים מסביבתו. נראה שיחודו של יער גברעם נובע משטחו היחסית גדול מה שמאפשר שיש יותר אזורים בו שהם חשוכים ושקטים. זהו יחד עם מגוון כיסוי הצמרות בשילוב עם תת היער המפותח.

הגילוי של התחמסים ביער גברעם ויער יד מרדכי הינו חשוב מאחר וזו האוכלוסייה המקננת השנייה של תחמס שנמצאה בארץ. קק"ל רואה בהימצאות התחמסים ערך טבע חשוב שיש לשמור עליו. ממצאי הסקר מסייעים לקק"ל לפתח ממשק מתאים על מנת לשמר את אוכלוסיית התחמסים ביער. הגבלות בבחינת עונת העבודה ביער, מציאת מקומות מתאימים לפיתוח תיירותי והמשך מחקר על התחמס האירופי להבנת העדפות בית הגידול שלו ודיוק הממשק ביער גברעם ויער יד מרדכי.

מעבר להרגל: חדשנות סביבתית בהתנהגות וצרכנות

נכונות הציבור הערבי-פלסטיני בישראל לנקוט באמצעי היערכות לשינוי אקלים

*אליקס פאהאוט¹, אלאא עביד², מיה נגב¹

1. אוניברסיטת חיפה

2. אגודת הגליל

alixpahaut@gmail.com

אזור הים התיכון הוא מוקד של שינוי אקלים. מפגעים וסיכונים אקלימיים גוברים ומהווים איום על הבריאות והחברה. לרשויות הערביות בישראל יש קשיים ספציפיים המגבירים את פגיעותן לסיכונים אלה, כולל משאבים סוציו-אקונומיים מצומצמים, שיעורים גבוהים מהממוצע של גורמי סיכון בריאותיים, והיעדר מרחבים ציבוריים פתוחים. אמצעים ברמת משקי הבית יכולים לתרום לחוסן ולהיערכות לשינוי אקלים. על מנת שמקבלי ההחלטות יוכלו לעודד את הציבור לנקוט באמצעי היערכות ברמת משק הבית, קיים צורך להבין כיצד התושבים תופסים את אמצעי היערכות השונים ומה הגורמים שיכולים להניע אותם לפעולה.

מחקר זה בוחן את תפיסותיהם של האזרחים הערבים פלסטינים בישראל בנוגע למפגעים הקשורים לאקלים; את הניסיון האישי שלהם עם מפגעים כאלו; ואת נכונותם להטמיע אמצעי היערכות ברמת משק הבית, לתרומת קירור העיר, מניעת הצפות וגלישות ביוב, והגנה על אוכלוסיות פגיעות.

מחקר חתך טלפוני במדגם של 566 אזרחים ערבים-פלסטינים בישראל, המייצג מבחינת מגדר ואזור מגורים, וקרוב למייצג מבחינת גיל והשכלה. רוב גדול של המשיבים תפסו את שינוי האקלים כתופעה אמיתית (93.6%) שתגרום השלכות שליליות חמורות (90.1%). 43.3% דיווחו על תופעה שלילית כלשהי שחוו הנובעת ממפגע אקלימי אחד לפחות. שיעור המשיבים שאמרו שהם "חוששים מאוד" בנוגע למפגעים אקלימיים, נע בין-10.4% החוששים משריפות יער, ל-48.2% החוששים מגלי חום קיצוניים. יותר מחצי מהמשיבים אמרו שהם מוכנים לנקוט 7 מתוך 8 אמצעי היערכות הכלולים בסקר. תחושת מסוגלות, נורמות חברתיות וציפיית תוצאה נמצאו כבעלי קשר חיובי עם הנכונות לנקוט את אמצעי היערכות המרכזיים, יותר מאשר משתנים דמוגרפיים או תפיסות לגבי שינוי אקלים. האוכלוסייה הערבית-פלסטינית בישראל חשופה לאתגרים רבים מלבד שינוי אקלים וקיימים (למשל נושא האלימות) ואלה עשויים להקשות על היערכות לשינוי האקלים. עם זאת, המשיבים הראו מודעות גבוהה לשינוי האקלים ונכונות גבוהה לנקוט במספר צעדי היערכות. על הרשויות לנצל את הנכונות הקיימת בציבור כדי לגייס אותו לפעולה, במקום להנחית עליו דרישות שיתקשו לאכוף. נורמות חברתיות, תחושת מסוגלות עצמית, וציפיית תוצאה הם גורמים חשובים במודלים של התנהגות, שלא נחקרו מספיק בהקשר של היערכות לשינוי אקלים, במיוחד לא כשמדובר באמצעים שתורמים בעיקר להיערכות הקהילה, לעומת משק הבית. אמצעי היערכות שנכללו במחקר זה מתאימים לסיכונים רלוונטיים ליישובים ערביים. בהתבסס על התוצאות, רשויות מקומיות יכולות להגדיר יוזמות מתאימות כדי לעודד היערכות לשינוי אקלים ברמת משק הבית.

ממטרד למשאב – כלכלה מעגלית של שימוש בתוצרי לוואי עסקיים בחברה הערבית: סקר בעלי עסקים ביישובי ואדי ערה

לירון אמדור¹, אלאא חאג' יחיא², איברהים יחיא²

1. מכון דש"א

2. מו"פ כפר קרע

amdurliron@gmail.com

רקע: כלכלה מעגלית היא גישה החותרת למניעת בזבז על ידי ניצול של חומרי גלם מספר רב של פעמים לפני שיסימו את תפקידם בכלכלה. במגזר העסקי, כלכלה מעגלית תתבטא בהעברת פסולת של עסק אחד כחומר גלם לעסק אחר. ביישובי החברה הערבית הטיפול בתוצרי לוואי עסקיים הינו אתגר סביבתי מרכזי. כלכלה מעגלית מקטינה את כמות תוצרי הלוואי שהופכים לפסולת, את הצורך באיסוף ושינוע והקמת מתקני קצה למחזור, שלרשויות ערביות רבות אין אמצעים כלכליים לממש אותם; ויכולים להגדיל את מקורות ההכנסה של העסקים, שכן תוצרי הלוואי הופכים מפסולות למשאבים שניתן למכור אותם. מטרות המחקר: זיהוי פעולות כלכלה מעגלית קיימות במגזר העסקי ביישובים ערביים ובחינת דרכים לחיזוקן והרחבתן. שיטות: סקר בקרב בעלי עסקים ב-3 יישובים בואדי ערה (אום אלפחם, כפר קרע ובקעה אלגרבייה), לבחינת תוצרי לוואי, תשומות ופעולות כלכלה מעגלית קיימות.

תוצאות: כמחצית מבעלי העסקים מדווחים על בעיות בפינוי הפסולת של העסק, כאשר עבור 42% מתוכם הבעיה היא תדירות איסוף הפסולת. 35% מנסים להפחית את כמות הפסולת של העסק. 40% אמרו כי הם מעבירים תוצרי לוואי של העסק לעסק אחר. תוצרי הלוואי העיקריים אותם מעבירים הם: קרטון, שמן, עץ ושאריות ירק. 60% מהעסקים הקולטים הינם באותו יישוב כמו העסק המוסר, וב-76% מהמקרים העסק הנותן אינו מקבל תשלום על תוצרי הלוואי. רק 4% מהנשאלים אמרו שהם מקבלים תוצרי לוואי מעסקים אחרים. קשה לאמר אם הממצא קשור בחסמים לקליטת תוצרי לוואי, או אי-נוחות הקשורה בהודאה בקליטת "פסולת" לשימוש בעסק.

דיון ומסקנות: המחקר מצביע על פעילות ערה של כלכלה מעגלית בסקטור העסקי ביישובים הערביים. העובדה שמרבית הפעילות מתרחשת ביישוב עצמו, מאפשרת חיסכון בעלויות הובלת תוצרי לוואי, שלעיתים קרובות הן חסם לטיפול מיטבי בפסולת. יש לפתח חלופות לתגמול העסקים הנותנים, כדי לייצר תמריצים להרחבת פעולות כלכלה מעגלית לעסקים וסקטורים כלכליים נוספים, וכן כלים להפחתת סטיגמה וחסמים לקליטת תוצרי לוואי כחומרי גלם עסקיים. במחקר המשך מוצע לבדוק את כמות החומרים המועברים וההשפעה על נפח הפסולת העסקית.

המחקר מפתח כלים בעלי חשיבות למדיניות הסביבתית ביישובים ערביים. המחקר אפשר ללמוד ולהרחיב מודלים שפותחו על ידי בעלי עסקים מקומיים, למשל רכישת דחסן אשפה על ידי עסק אחד ומכירת שירותי שדחיסה לעסקים סמוכים. מסקנות המחקר יצביעו על אמצעים ישימים לצמצום מטרדים ביישובי החברה הערבית, חיזוק הכלכלה המקומית ו"גילוי" משאבים חדשים המהווים כיום פסולת. חלק מהמסקנות ניתן לאמץ גם לחברה הכללית בישראל, למשל בדבר סוגי הפסולות שניתן בקלות להפוך לחומרי גלם.

ניתוח כלכלי-סביבתי-התנהגותי של מעבר לטכנולוגיות הנעה חלופיות מתקדמות בענף התחבורה

אילת דוידוביץ¹, ורד בלאס¹, רותם אייזק¹, ענת צ'צ'יק², Paul Kishimoto³

1. אוניברסיטת תל אביב

2. אוניברסיטת בר אילן

3. IIASA

ayeletd3@mail.tau.ac.il

המעבר לטכנולוגיות הנעה חלופיות של כלי רכב פרטיים מהווה מרכיב משמעותי בהתמודדות עם אתגרים עולמיים ולאומיים בתחום האנרגיה והסביבה. טכנולוגיות הנעה חלופיות כוללות הנעה חשמלית, הנעה היברידית, הנעה היברידית-נטענת והנעה תא-דלק מימן.

המחקר בוחן את הקשר בין אנרגיה, תחבורה וסביבה בראיה רב-שנתית בשלושת העשורים הקרובים בהתאם למגמה העולמית להפחתת פליטות גזי החממה ומעבר משמעותי למערכות אנרגיה ברות קיימא. בחינת המעבר לטכנולוגיות הנעה חלופיות משלבת היבטים כלכליים וסביבתיים והיבטים התנהגותיים, כולל העדפות צרכנים ואימוץ טכנולוגיות חדשות.

המחקר החדשני כולל שילוב מודל טכנולוגי-כלכלי לאומי עם מודל ביקוש צרכנים, שמאפשר ראייה רחבה והבנה מקיפה של הגורמים המניעים את אימוץ טכנולוגיות הנעה החלופיות. באמצעות שילוב מודל מקרו-כלכלי ומודל מיקרו-כלכלי, המחקר מציע גישה הוליסטית לניתוח ההשפעות ארוכות הטווח. ראשית, המודל המקרו-כלכלי, מודל MESSAGEix_IL-Transport, הינו מודל אופטימיזציה כלכלי-סביבתי-התנהגותי דינמי מותאם למשק הישראלי. בנוסף, המודל המיקרו-כלכלי כולל ניתוח של העדפות הצרכנים ביחס למאפייני הרכב כגון: מחיר, טווח נסיעה ובטיחות.

המחקר בוחן 12 תרחישים, הכוללים תרחיש בסיס, תרחישי מדיניות ותרחישים המשלבים העדפות צרכנים. תרחישי המדיניות כוללים השגת נתחי שוק ייעודיים של טכנולוגיות הנעה חלופיות עד 2050. תרחישי העדפות צרכנים משלבים העדפות, כגון: רגישות למחיר וסיכוני טווח נסיעה, שמייצגים בצורה מעשית את אופן קבלת ההחלטות של הצרכנים. הממצאים מצביעים על כך שאימוץ נרחב של טכנולוגיות הנעה חלופיות יוביל לשיפורים בצריכת האנרגיה ולהפחתה בפליטות מזהמים בטווח הארוך. עם זאת, הממצאים מדגישים את האתגרים עקב המעבר ובמיוחד את הצורך ברשת חשמל מאופסת פחמן, שתתמוך בדרישה הגוברת לרכבים חשמליים.

מסקנות המחקר כוללות את החשיבות המרובה בשילוב העדפות צרכנים והיבטים לא-מוניטריים במידול טכנולוגי-כלכלי לצורך התחשבות בהיבטי התנהגות בעיצוב מדיניות יעילה למעבר לאנרגיית הנעה בת-קיימא. המחקר מצביע על הצורך בעידוד המעבר לטכנולוגיות החלופיות בדגש על הנעה חשמלית והיערכות מיידית, כולל פיתוח תשתיות מתאימות. המלצת המחקר היא להקים ועדה בין-משרדית שתכלול את המשרדים להגנת הסביבה, האנרגיה והתחבורה. הוועדה תפעל לתיאום היעדים וחיזוק המאמצים של הגופים הממשלתיים, כדי להבטיח גישת מדיניות מתואמת בתחום האנרגיה והתחבורה.

תוצרי המחקר כוללים תובנות משמעותיות לגבי עתיד טכנולוגיות הנעה החלופיות לכלי רכב והשפעתם על מערכות האנרגיה והסביבה בישראל. ההתמקדות המשולבת בהיבטים טכנולוגיים והתנהגותיים, מספקת מסגרת ישימה להשגת מעבר אנרגטי בר-

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



קיימא, עם ניתוח השלכות משמעותיות למדיניות אנרגיה, סביבה ותחבורה ברמה הלאומית. התרומה המרכזית של המחקר כוללת פיתוח תשתית מידול משולבת, שתומכת בקבלת החלטות מדיניות רחבות-היקף והמלצה לעידוד מעבר לטכנולוגיות הנעה חלופיות והיערכות בטווח הזמן המידי לפיתוח תשתיות מתאימות.

ניתוח שיעור החלופה של בגדי יד שנייה: מחקר התנהגות צרכנים בישראל

נעם לובטון¹

1. אוניברסיטת בר אילן

noam.luvatton@gmail.com

תעשיית האופנה היא תורמת משמעותית לפליטות גזי החממה העולמיות והיא צרכנית גדולה של מים ומשאבים אחרים. בעשור האחרון הטרנד של רכישת בגדי יד שנייה החל לצבור תאוצה משמעותית, זאת בעקבות עליית המודעות להשפעה הסביבתית של תעשיית האופנה וצמיחת פלטפורמות יד שנייה מקוונות. ברם, היעילות הסביבתית של רכישת בגדי יד שנייה תלויה בשיעור החלופה - המידה בה רכישת בגד יד שנייה מחליפה רכישת בגד חדש.

מטרות המחקר:

1. אמידת שיעור החלופה בשוק בגדי היד שנייה בישראל

2. זיהוי הגורמים המשפיעים על שיעור החלופה וחסמים מרכזיים

3. זיהוי המוטיבציות המרכזיות לרכישת בגדים יד שנייה

שיטות המחקר הינם מעורבות (mixed methods) וכוללות סקר מקוון בקרב צרכנים שרכשו בגדי יד שנייה לפחות פעם אחת. הסקר כלל שאלות שאפשרו לאמוד את שיעור החלופה ואת הגורמים המשפיעים עליו, וראיונות עומק (20 נשים). תוצאות הסקר נותחו ע"י שיטות אקונומטריות שמפקחות על אנדוגניות והטיית בחירה עצמית.

המחקר מצא שיעור חלופה ממוצע של כ-60%, עם הבדלים משמעותיים בין קבוצות סוציו-דמוגרפיות שונות. נמצא כי הגורמים הבאים קשורים באופן מובהק וחיובי עם שיעור החלופה: נטייה להתנהגות פרו סביבתית, תחושת מסוגלות עצמית, העדפת וינטג'רטרו ותפיסת איכות גבוהה של פריטי יד שנייה. כמו כן, נמצא כי לגורמים גאוגרפים, השכלה, רקע משפחתי והרגלים מהבית יש השפעה מובהקת על ההחלטה לקנות יד שנייה.

ביחס למוטיבציות לקניית יד שנייה נמצא כי הרצון לרכוש אופנת וינטג'רטרו גבוהה יותר מהמוטיבציה הכלכלית.

בנוסף, נמצא כי החסמים המרכזיים לרכישת בגדי יד שנייה הם: הקושי במציאת מידות, חששות היגייניים וחוויות קנייה לא נעימה. התנגדות משמעותית נמצאה לקניית פריטים ספציפיים כגון בגדי ספורט ובגדי ילדים.

הממצאים מראים כי כאשר מתקיים שילוב של מודעות סביבתית ותפיסת איכות חיובית, שיעור החלופה עולה משמעותית. כמו כן נראה כי קיים פוטנציאל משמעותי לשוק בגדי היד השנייה בישראל, במיוחד בקרב צרכנים המעריכים סגנון וינטג'רטרו וצרכנים עם תחושת מסוגלות עצמית גבוהה (שמאמינים שהפעולות שלהם, כגון הפחתת פסולת, תורמות למאבק בשינויי האקלים).

ברמה המחקרית, המחקר אומד לראשונה את שיעור החלופה בישראל עבור בגדי יד שנייה, מרחיב את הידע הקיים ממחקרים במדינות אחרות ומציע מתודולוגיה אקונומטרית קפדנית למדידת שיעור החלופה.

ברמת המדיניות, המחקר מספק תשתית לקובעי מדיניות בישראל להערכת יעילות שוק בגדי היד שנייה ולגיבוש תמריצים והסרת חסמים.

חסמים ותמריצים לאימוץ רכבים שיתופיים בבנייני מגורים כמנוף לצמצום השימוש ברכב פרטי

אביבה שמש¹, יעל פרג¹

1. אוניברסיטת רייכמן

aviva.shemesh@tum.de

צמצום בעלות על רכב פרטי, שינוי דפוסי ניידות ועידוד השימוש בכלי רכב חשמליים (EV) יכולים לתרום להפחתת פליטות וזיהום אוויר, הפחתת העומס בכבישים ולפינוי מקומות חניה, במיוחד באזורים עירוניים צפופים. כבר היום רשויות מקומיות בעולם וגם בישראל, מצמצמות תקני חניה ומציעות שירותי ניידות אלטרנטיביים על מנת לשנות הרגלי ניידות בקרב תושביהן. מחקר זה ביקש לבחון את מידת התמיכה במודל שירות רכבים שיתופיים בבנייני מגורים מרובי דירות, כיצד הוא נתפס בקרב משתמשים פוטנציאליים מגוש דן ואת החסמים לאימוץ השירות. ייחודו של שירות חדשני זה בכך שהוא מותאם לצרכי המשתמשים ומעניק חווית שימוש של רכב פרטי. שירות מסוג זה חשוב במיוחד לאור מגמת צמצום תקני החניה בבניינים משותפים במרכזי ערים בישראל.

המחקר התנהל בשני שלבים. בשלב הראשון נעשה שימוש בקבוצות מיקוד מהן עלו ממצאים ראשונים לגבי המניעים והחסמים לאימוץ השירות בקרב תושבים במספר ערים בגוש דן. בשלב השני, בנינו שאלון מסוג סקר העדפות צרכנים (Stated Preference) שהופץ ל-504 משתתפים ובו ביקשנו לבחון איזה מהמשתנים שזוהו בקבוצות המיקוד משפיעים באופן מובהק על הנכונות לאמץ את השירות, ואת מידת השפעתם.

הממצאים מצביעים על כך שהנכונות לאמץ שירות זה אינה מושפעת ממשתנים סוציו-דמוגרפיים. בין המשתנים המנבאים נכונות לאמץ את השירות נמנים: תמיכת דיירי הבניין בשירות (ביחס הפוך), העדפת השימוש ברכב פרטי בכל תנאי (יחס הפוך), רמת ניקיון גבוהה של כלי הרכב, ניסיון קודם של הנשאלים עם רכב שיתופי וכן שרכבי השירות יהיו חשמליים. כמו כן מצאנו שמשתנים כמו חסיון פרטי הנסיעה, גודל הרכב והגבלת גיל הנהג הם נושאים חשובים לנשאלים ומשפיעים על נכונותם לאמץ את השירות. לבסוף, בקרב נשאלים שאין ברשותם חניה, מידת התמיכה בשירות עולה ככל שהמחיר נתפס בעיניהם כסביר במיוחד בקבוצת הגיל 35-45.

ישראל סובלת מפקקים, זיהום אוויר, ובעיות חניה במרכזי ערים. מחקר זה בודק לראשונה מודל שיתופי מסוג חדש, המספק שירות רכבים שיתופיים בבניינים מרובי דירות שיותאם לצרכי הדיירים. אם יאומץ, יתרום השירות להפחתת שיעור הבעלות על רכב פרטי, יקטין את הצורך במקומות חניה ויתרום להפחתת זיהום אוויר במרכזי ערים. יש לציין ישראל שונה מבחינת מאפייני השימוש ברכב שיתופי ומבחינת מאפייני האוכלוסייה. על כן, למרות שקיימת ספרות ענפה העוסקת ברכב שיתופי, מחקר מסוג זה הכרחי על מנת לקבל תוצאות מהימנות בהקשר הישראלי.

משפט וסביבה: רגולציה ומדיניות במבחן השינוי האקלימי

מנגנוני כבילה וקיימות בין-דורית (Binding the Future): Long-sighted altruism boosts intergenerational sustainability)

אורן פרז¹, אלירן הללי¹

1. אוניברסיטת בר אילן

oren.perez@biu.ac.il

שיתוף פעולה בין-דורי, שהוא חיוני להתמודדות עם חלק מהאתגרים הדחופים ביותר העומדים בפני האנושות כיום, הוא קשה במיוחד להשגה. הסיכון של פגיעת אסטרואיד, אובדן מגוון ביולוגי ובטיחות בינה מלאכותית הם דוגמאות טיפוסיות לדילמות חברתיות בין-דוריות, אך הדילמה הגדולה והדחופה ביותר נוגעת למשבר האקלים. אתגר ייחודי של דילמות חברתיות בין-דוריות הוא היעדרם של מנגנונים המאפשרים שיתוף פעולה בדילמות חברתיות חד-דוריות (כמו הדדיות וענישה על ידי צד שלישי) או מפצים על היעדרם (כגון מנגנוני אכיפה משפטיים). פתרון אפקטיבי לעידוד שיתוף פעולה רב-דורי עשוי לכלול מנגנון כבילה שנכפה על ידי הדור הנוכחי על דורות העתיד, ומחייב אותם להמשיך ולשתף פעולה עם הדורות שאחריהם. בעבודה הנוכחית אנו בוחנים ניסויית את ההיבטים ההתנהגותיים של יישום מנגנון כבילה לשיפור שיתוף הפעולה הבין-דורי. אנו מגלים תמיכה רחבה בשימוש במנגנוני כבילה, למרות העלויות הנלוות לכך. נראה כי תמיכה זו משקפת "אלטרואיזם רחוק טווח" (long term altruism): הנטייה של יחידים לוותר על רווח אישי על מנת לשפר לא רק את הרווחה של הדור הבא, אלא גם את זו של דור רחוק יותר (הדור השלישי). בנוסף, אנו מגלים שמנגנוני התחייבות מניבים תועלות ארוכות טווח על ידי הגדלת שיעור הקיימות (כלומר, שיעור השרשראות שהצליחו לשמור על מאגר משותף לאורך כל הדורות). לבסוף, תוצאות הניסוי מרמזות כי לאחר שהופעלו, מנגנוני כבילה נוטים להתמיד לאורך זמן, כאשר הדורות הבאים ממשיכים להשתמש בהם. לתוצאות אלו יש השלכות חשובות עבור קובעי מדיניות המחפשים דרכים לגבש מדיניות אקלים אפקטיבית יותר.

בהמאמר שלנו מציג עמדה הפוכה לעמדת ממשלת ישראל הנוכחית שנמנעת (נכון למועד הגשת התקציר) מלחוקק חוק אקלים, ואף פעלה בנחרצות כדי לרוקן אותו מתוכן באופן שיכול לכבול את ידי הממשלות הבאות. הוא יכול על כן לשקף אלטרנטיבה אחרת שמבוססת על מחקר התנהגותי.

ארכיטיפים לסחר חוצה גבולות בחשמל מבוסס אנרגיות מתחדשות

* בר רפפורט^{1,2}, איתי פישהנדלר², עילי רטינג³

1. האוניברסיטה העברית

2. מכון מיתווים

3. אוניברסיטת בר אילן

bar.rapaport@gmail.com

חיבוריות חשמל חוצת גבולות בין מדינות יכולה להתקיים בתצורות שונות, ותוך העברת סחורות שונות. העברת מים מישראל לירדן במסגרת הסכם השלום ובניית תשתיות חשמל לגיבוי בשעת חירום בין צפון לדרום קפריסין הן דוגמאות קטנות המדגימות את השוני הרב שבין סוגי חיבוריות שונים. חיבוריות של תשתיות חשמל מדגימה אולי בצורה המתקדמת ביותר את העולם החדש של חיבוריות, שכן מעבר לתשתית הפיזית הנדרשת לחיבור, נדרשת גם מידה רבה של ניהול ותכנון שוק משותף. תחת המעבר לאנרגיות מתחדשות, חיבוריות חשמל הופכת ליותר ויותר אטרקטיבית שכן היא מציעה השלמתיות של מקורות אנרגיה, ואמצעי לעמוד ביעדים לאומיים להפחתת פליטות גזי חממה. אך חיבוריות היא לא רק סוגייה של הקמת תשתיות ושל פיתוח משק החשמל, היא קודם כל, סוגייה פוליטית מדינית מכיוון שהיא מייצרת מערכת יחסים מתמשכת סביב צורך קיומי חיוני, ומבנה יחסי תלות הדדית בין הצדדים השותפים. מדינות מכירות בכך, ועל כן נעות כל הזמן על הציר שבין רצון להתחבר, לבין חשש מכך וחתירה לייצור עצמאי. המחקר מציע מסגרת תיאורטית מקיפה להעמקת ההבנה של חיבורי חשמל חוצי גבולות. הוא מפרק את המורכבות של חיבורי חשמל על ידי הבחנה בין פרספקטיבות שונות, בחינת מושגי מפתח ושילוב דיסציפלינות שונות. לאחר מכן, הוא בונה מחדש את הפרספקטיבות הללו בצורה מסודרת, מזהה את מרכיביהן המרכזיים ומבנה אותן לשלוש שכבות יסוד: ישויות פוליטיות, מרחביות של משטרי סחר וגבולות שוק. שכבות אלו מהוות את הבסיס המבני להגדרת חמישה ארכיטיפים מרחביים המייצגים את מגוון מערכות היחסים של חיבורי החשמל. הארכיטיפים שואבים השראה ממונחים מעולם מערכות היחסים הבין-אישיות: פוליאמוריה, פוליגמיה, מונוגמיה, פונדקאות וכפיה. בעוד שמסגרת זו ישימה לכל סוגי חיבורי החשמל, המחקר מתמקד בחיבורים המונעים מייצור אנרגיה מתחדשת. הוא מדגיש את האנרגיה המתחדשת כמאיץ של ארכיטיפים שונים של חיבורי חשמל וכרז להופעת ארכיטיפים ייחודיים למאפיינים הספציפיים של מקורות אנרגיה מתחדשת. המחקר בוחן גם את הדינמיקה המשתנה של החיבורים, מציג מעברים בין ארכיטיפים של חיבורי חשמל לאורך זמן ומזהה שלושה נתיבי תנועה מרכזיים לחיבוריות.

מדינת ישראל לאורך שנים, התנהלה כמדינת "אי" שאינה מחוברת לסביבתה. סכסוכים פוליטיים, ופערים בין רמת הפיתוח השונה, השאירו את ישראל – גם לאחר הסכמי השלום עם מצרים וירדן, מבודדת במרחב. לאחר אירועי ה-7 באוקטובר, תפיסת הביטחון הישראלית נשברה, דבר המחייב את כולנו לשאול מחדש מה מקנה ביטחון וחוסן לאומי. הרעיון של חיבוריות קשור בעיצוב תפיסת ביטחון חדשה, של קידום תלות הדדית בריאה, של הגדלת מרחב ההשפעה הדיפלומטי באמצעות השתתפות במסגרות אזוריות מקצועיות המנהלות רשתות חשמל אזוריות, משאבי מים משותפים ועוד. זאת לצד, הבנה שהיציבות של המדינות השכנות, מעצבת את החוסן האזורי ומשפיעה על הביטחון הלאומי. על כן, ישנו ערך ביחסי חיבוריות המטיבים עם כל השותפים במ. ייחודו של מחקר זה, שהוא מתעמק בקשר בין יחסי חיבוריות פיזיים למדיניים, ומציע כיצד אלו יכולים להזין זה את זה. מבקש לקחת

הוועידה השנתית ה-53 למדע ולסביבה



ידע מתהווה על חיבוריות בעולם, שאולי יאפשר למדינת ישראל להיכנס ליחסי חיבוריות שונים שיבטיחו אינטרסים חיוניים – השתלבותה של ישראל באזור, רשת חשמל עם פרוטופוליו מגוון ואחוז גבוהה של מתחדשות, הגדלת ההשפעה הדיפלומטית על מדינות שכנות וחיזוק כלכלי-אנרגטי של שכנותיה. כמו כן, המחקר יכול להאיר אור על יחסי החיבוריות הנוכחים בין ישראל לפלסטינים, ולהציע כיצד תנועה לכיוון מודלים אחרים של חיבוריות יכולה להשפיע לטובה על מערכת היחסים הפוליטית

נטילת רווחי המזהמים: דיני עשיית עושר ולא במשפט ככלי למאבק במשבר האקלים

יותם קפלן¹, ניב מאירסון¹

1. האוניברסיטה העברית

yotam.kaplan@mail.huji.ac.il

זיהום האוויר ומשבר האקלים הם איומים מרכזיים על בריאות הציבור והסביבה בישראל. פליטות גזי החממה תורמות להחרפת משבר האקלים, המאיים על היציבות החברתית, על הציבור והדורות הבאים. על אף שחוק אוויר נקי מציע מסגרת רגולטורית מתקדמת לצמצום הזיהום, פערים באכיפה פוגעים באפקטיביות שלו. בהקשר האקלימי המצב חמור אף יותר, והחוק כלל לא מיושם להפחתת פליטות גזי חממה. גם כאשר מוטלים עיצומים כספיים על הפרת החוק, אלו לרוב נמוכים משמעותית מרווחי התעשיות המזהמות, כך שמשתלם לזהם אף מעבר לרמות המותרות בחוק. מצב זה מדגיש את הצורך באכיפה אזרחית משלימה לאכיפה המדינתית, שתהפוך את הזיהום העודף לבלתי כדאי כלכלית, על ידי שלילת רווחי המפרים. מטרת המחקר: להציג את הפוטנציאל של דיני עשיית עושר להתמודדות עם משבר האקלים ומשבר הזיהום בישראל, ככלי משפטי משלים לרגולציה הקיימת. המחקר בוחן כיצד אפשר ליישם את דיני עשיית עושר בהקשר הסביבתי והאקלימי, ובאילו תנאים ונסיבות ניתן לשלול רווחים שנעשו כתוצאה מזיהום עודף, וכך להפוך אותו לפחות כדאי מבחינה כלכלית. שיטות: המחקר מתבסס על ניתוח משפטי דוקטרינרי הכולל בחינה מעמיקה של החקיקה, פסקי הדין והספרות המשפטית בישראל, הן בתחומי דיני עשיית עושר והן בתחומי דיני הסביבה. המחקר כולל גם התייחסות לספרות משפטית בעולם ולהליכים משפטיים תקדימיים בארצות הברית. כל זאת, במטרה להבין כיצד ניתן ליישם כלי משפטי זה בישראל, כך שיאפשר להתמודד עם כשלי היישום והאכיפה של החקיקה הסביבתית בתחומי זיהום האוויר ומשבר האקלים. תוצאות: דיני עשיית עושר עשויים לשמש כלי משפטי אפקטיבי לצמצום זיהום האוויר ופליטות גזי החממה, באמצעות תביעות אזרחיות כנגד גורמים מזהמים. בניגוד לעיצומים כספיים, שלילת רווחים בלתי צודקים מהתעשיות המזהמות עשויה לייצר הרתעה אפקטיבית מהפרת תקני הפליטה, ולהבטיח שהזיהום לא יהיה משתלם. דיון ומסקנות: משבר האקלים וזיהום האוויר דורשים התמודדות משפטית חדשנית במקרים שבהם המדיניות והאכיפה נכשלות. ליישום סביבתית המבוססת על דיני עשיית עושר יכולה לשמש כלי משלים ויעיל, המחזק את עיקרון "המזהם משלם", מקדם צדק סביבתי, ומפחית את התמריץ הכלכלי לזיהום עודף.

המחקר מציע פתרון מעשי אפשרי לבעיה מרכזית במדיניות הסביבתית בישראל – פערים באכיפה והיעדר הרתעה אפקטיבית נגד מזהמים. ארגוני סביבה, אזרחים ורשויות מקומיות יוכלו להגיש תביעות לשלילת הרווחים מזיהום אוויר עודף ומהחרפת משבר האקלים באמצעות שימוש בדיני עשיית עושר ולא במשפט. יישום המחקר בדין הישראלי יכול לאפשר לגשר על הפערים באכיפה של חוק אוויר נקי, ולהפוך את צמצום זיהום האוויר ופליטות גזי החממה לכדאית יותר כלכלית עבור התעשייה.

מיסוי סביבתי מעורר התנגדות פסיכולוגית מתמשכת למדיניות אקלים

* לאה בלוי¹, נחומי מלוביצקי-יפה², בועז המאירי², רם פישמן²

1. האוניברסיטה העברית

2. אוניברסיטת תל אביב

Leah.bloy@mail.huji.ac.il

מיסוי סביבתי נחשב לעיתים קרובות לכלי יעיל לשינוי התנהגות צרכנית, אך הוא עלול לעורר התנגדות פסיכולוגית משמעותית, במיוחד בקרב קבוצות שנפגעות באופן לא פרופורציונלי, כגון הקהילה החרדית, ובכך עלול להוביל לתגובה נגדית רחבה נגד הסביבה. במחקר הנוכחי אנו מספקים ראיות אמפיריות חדשות למנגנונים הפסיכולוגיים שיכולים להניע תגובה זו ולהתמשכותה האפשרית לאורך זמן. בשנת 2021 הונהג בישראל מס על כלים חד-פעמיים, אך הוא בוטל במהירות על רקע התנגדות פוליטית נמרצת ושינוי ממשלתי. ערכנו שישה סבבי סקרים בתוך האוכלוסייה החרדית, המשתמשת בכלים חד-פעמיים בכמות רבה. מיד לאחר כניסת המס לתוקף, מצאנו ירידה משמעותית בעמדות התומכות בקיימות וסביבה. ניתוח רגרסיה הראה ששינוי זה נובע בעיקר מתחושת קורבנות—התחושה שהמס כוון אליהם שלא בצדק מסיבות פוליטיות ולא סביבתיות. הנטל הכלכלי של המס היה גורם משני. עם זאת, שנתיים לאחר ביטול המס, הירידה בעמדות התומכות קיימות וסביבה נותרה בעינה, על אף ירידה בתחושת הקורבנות. ממצאים אלו מאירים את ההשלכות הפסיכולוגיות והפוליטיות השליליות והמתמשכות האפשריות של מיסוי סביבתי. הם מדגישים את החשיבות של טיפול בתלונות ובמועקות בסיסיות על מנת לעודד מעורבות כנה בנושאים הקשורים לאקלים.

המחקר בוחן את הקשר בין עמדות פרו סביבתיות, מיסוי ותחושת קורבנות, על מנת שיוכלו לקחת בחשבון בתכנון מדיניות גם את ההשפעה ארוכת הטווח האפשרית של פגיעה בעמדות פרו סביבתיות מסיבות פסיכולוגיות, שהיא משמעותית למשך זמן. תופעה זו משמעותית בתכנון מדיניות שמטרתה בסופו של דבר לשנות עמדות והתנהגות בעד קיימות וסביבה. המחקר נערך בישראל, ניתן ליישם את ממצאיו במדיניות המורכבת הנוכחית. אפילו כדאי ליישם.

פיתוח מזון בר קיימא

לא רק אקלים, לא רק מלחמה - ניהול סיכונים לאומי אינטגרטיבי לשרשרות אספקת המזון לישראל

גלית כהן¹, ורד בלאס², עמית אשכנזי^{1,2}

1. המכון למחקרי בטחון לאומי

2. אוניברסיטת תל אביב

galitc@inss.org

רקע: העשור האחרון התאפיין בהתעצמות הסיכונים לסחר הבינלאומי בכלל, ובפרט לשרשרות אספקת המזון בין מדינות. במדינת תלויית יבוא כמו ישראל מגמה זו מחייבת בחינה אינטגרטיבית ורחבה של הסיכונים לאספקת המזון ממדינות אחרות - סיכונים סביבתיים, גאופוליטיים, לוגיסטיים, בריאותיים ועוד. מחקר זה מסכם תהליך עבודה ששילב בין חוקרים מדיציפלינות שונות, אנשי תעשייה, וקובעי מדיניות, במטרה לבנות מערכת ניתוח סיכונים למזון המיובא לישראל, ולהדגים את יכולתיה על שתי סחורות עיקריות: דגים ותבואות. מטרת: מיפוי הסיכונים לייבוא הישראלי של דגים ותבואות, תוך ניתוח פרטני של סיכונים האקלים, סיכונים סביבה נוספים, סיכונים גאופוליטיים, סיכונים כלכליים וסיכונים השינוע לשרשרות האספקה. שיטות: איסוף נתונים סטטיסטיים (נתוני ייבוא לישראל), שימוש בבינה מלאכותית למיפוי סיכונים אקלים לאתרי הגידול, ראיונות חצי מובנים להגדרת הסיכונים הגאופוליטיים, סקירות וניתוח מקורות שניוניים לאיסוף נתונים על סיכונים נוספים. תוצאות: בכנס נציג את מודל מיפוי הסיכונים, את ניתוח הסיכונים במדינות המרכזיות מהן ישראל מייבאת כל סחורה, ואת ההשלכות האפשריות לבטחון המזון בישראל. דיון: בהתבסס על הניתוח נדון בכלי מדיניות אפשריים למיתון הסיכונים - בתוך ישראל ומחוץ לה, כחלק מאסטרטגיית בטחון המזון של ישראל ובאופן שוטף. מסקנות: ניתוח הסיכונים הראה שיש להיערך לשינויים משמעותיים בהיקף הגידולים הזמינים לייבוא בהרכב מדינות המקור הנוכחי בסחורות מסוימות בהינתן מימוש תרחישי קיצון אקלימיים, ולהתלכדות סיכונים מסוגים שונים (אקלימי, גאופוליטי, בריאותי) כפי שבא לידי ביטוי במהלך המלחמה האחרונה. כמו כן הצורך לגדר את הסיכונים בין ייבוא וייצור מקומי דורש מודל חדש לחישוב היעדים הרצויים לכל רכיב.

המחקר מתבצע בשיתוף פעולה עם משרד החקלאות, ותוצאותיו מזינות את עבודת הוועדה שבונה אסטרטגיה לאומית לבטחון מזון לישראל.

מאקרו-אצות של ארץ ישראל: חקר חומרי טבע ותזונה, והגברתם באמצעות חקלאות ימית בת קיימא

* דורון אשכנזי^{1,2}, אביגדור אבלסון¹, אלוארו ישראל²

1. אוניברסיטת תל אביב

2. חקר ימים ואגמים לישראל

doronashkenazi1@gmail.com

בעידן של אתגרים סביבתיים, שינויי אקלים, ניצול יתר של משאבי הטבע ואדמות, ומחסור במים מתוקים, מאקרו-אצות ימיות (Seaweeds) מתגלות כמשאב חיוני בר-קיימא לעתיד האנושות. לאצות סגולות רפואיות מגוונות בשל תכולת חומרי הטבע הפעילים הייחודיים שלהן. יתר על כן, האצות מספקות שירותי מערכת אקולוגית חיוניים, כגון טיהור מים, ייצור חמצן, וקיבוע פחמן, התורמים להתמודדות עם משבר האקלים. למרות הפוטנציאל האדיר הגלום בשירותי האצות לטובת האדם, קיימים אתגרים המעכבים מימוש מלא של פוטנציאל זה, בראשם ניצבים היעדר טכנולוגיות חקלאות ימית מתקדמות, יעילות ובנות-קיימא, כמו גם חוסר ידע מעמיק על מיני האצות, הביולוגיה שלהן והרכבן הכימי. כך למשל, קו החוף הים-תיכוני הישראלי מהווה בית גידול ייחודי למאקרו-אצות, אך מאז סוף שנות ה-90 לא נערכו פורסמו סקרי דיגום מקיפים המתארים את אוכלוסיות האצות המקומיות. המחקר הנוכחי מציג סקר ארוך-טווח של אוכלוסיות המאקרו-אצות לאורך חופי הים של ישראל באזור הגאות והשפל, ומתעד את המגוון הביולוגי ואת תפוצתן במרחב לאורך עונות השנה. לראשונה, הסקר מתעד גם את הרכבן הכימי של האצות. בסך הכול נדגמו שישה אתרים, כולל הים התיכון ומפרץ אילת, נאספו 350 דגימות וזוהו 60 מינים. בניגוד למתועד קודם לכן, פריחת אצות בולטת נצפתה רק במהלך עונת האביב. לצורך בחינת ההרכב הכימי של האצות הישראליות, התמקדנו במינים הדומיננטיים ביותר ובחומרי טבע פעילים יקרי ערך. השינויים העונתיים השפיעו באופן משמעותי על ההרכב הכימי של האצות, אך המגמות לא היו עקביות בכל המינים. ככלל, נמצא שתכולת החלבון באצות הייתה גבוהה יותר במהלך החורף, בעוד שתרכובות נוגדות חמצן הגיעו לשיאן באביב. חומרים פנולים ומולקולות הגנה מקרינת השמש לא הראו עונתיות ברורה. הממצאים עשויים לשמש את תעשיות המזון הרפואה והקוסמטיקה. בנוסף, תוצג טכנולוגיה חדשנית לחקלאות ימית בת-קיימא, המבוססת על מערכת חקלאות ימית משולבת (Integrated Multi-Trophic Aquaculture) אשר פותחה לאור הממצאים הסביבתיים והכימיים של הסקר. המערכת מציעה גישה חדשה לחקלאות ימית ידידותית לסביבה, וכוללת פרוטוקולים מתקדמים לגידול אצות, תוך התמקדות בהשבחה ובאופטימיזציה של הערך התזונתי והרפואי של האצות לטובת האדם.

מחקר זה מספק תובנות חשובות לגבי התנאים הסביבתיים המשפיעים על ההרכב הכימי של אצות ים, ומאפשר לזהות את העונות המיטביות לאיסוף אצות ואת תנאי הגידול האידיאליים, תוך מיקוד בחומרי תזונה ובריאות, לטובת קידום תעשיית החקלאות הימית. אנו מציעים כי המאפיינים האקולוגיים הייחודיים של הים התיכון הישראלי מעודדים התפתחות מינים עמידים בעלי פוטנציאל ביוטכנולוגי רב. תנאים אלו עשויים להוות בסיס לפיתוח משאבים ברי-קיימא לעתיד ישראל, במיוחד לאור שינויי האקלים וההתחממות הגלובלית.

צמצום בזבז תוצרת חקלאית בישראל באמצעות ניתוח מחזור חיים (LCA)

חגית אולנובסקי¹, רון פורת², ויקטור רודוב², פלג עתיר³, אלי שמושקו⁴, עדי דיסון³, ציפי פרידקי⁵

1. המכללה האקדמית אחווה
2. מכון וולקני
3. מרכז ויץ לפיתוח בר-קיימא
4. יעד ירוק
5. משרד החקלאות

hagitu@sp-interface.com

צמצום בזבז ואובדן מזון מהווה מענה ל-2 אתגרים: הצורך הקריטי בהשגת ביטחון מזון באמצעות החקלאות המקומית, והפחתת כמויות הפסולת האורגנית שכיום אינה מטופלת כראוי. מחקרים קודמים שבדקו מלפפונים המשווקים בישראל מצאו שאריזת התוצרת בפלסטיק יכולה להאריך חיי-מדף במידה משמעותית ולסייע בצמצום כמות התוצרת שאינה נצרכת. עם זאת, פתרון זה התמקד בשלב השיווק הסיטוני ולא בשלב הסופי של הצרכן הביתי. מטרה: בחינת ההשפעות הסביבתיות של הוספת מארז פלסטיק על צמצום בזבז המזון בשיווק מלפפונים בישראל. בדקנו את מידת הארכת משך חיי-המדף של מלפפונים ארוזים מול תפזורת, בתנאים המדמים אחסון במקרר ביתי. השתמשנו בניתוח מחזור חיים (LCA) להערכת ההשפעות הסביבתיות של צריכה משפחתית ממוצעת של 50 ק"ג מלפפונים בשנה. ההשפעה הסביבתית המשמעותית ביותר נגרמת מאובדן של מלפפונים שלא נקטפים ולא מגיעים למיון בבית האריזה. בהשוואה לשלבי החיים העוקבים, נזק עצום לסביבה נגרם מהחומר האורגני הנותר בחממה, מפעולות הגידול, כהשקיה ושריפת דלקים, ומגורמי יצור: דשן וחומרי הדברה. המחקר העלה את היתרון הסביבתי שבשימוש במארז פלסטיק בשלב אחסון המלפפונים בבית הצרכן, הודות להארכת משך חיי-המדף. תועלת זו עולה על הנזקים הסביבתיים הכרוכים בתוספת מארז הפלסטיק. עם זאת, התועלת הסביבתית שבהוספת מארז הפלסטיק קטנה משמעותית מהתועלת הפוטנציאלית שבמניעת אובדן המזון אצל החקלאי ושיווק שיעור גדול יותר מהמלפפונים. הארכת חיי-המדף של המלפפונים באמצעות הוספת מארזי פלסטיק עולה בקנה אחד עם מחקרים דומים מהעולם. עם זאת, הוספת המארז לפני שלב השיווק עלולה לגרום רכישה עודפת, לכן מומלץ על הוספתו בשלב השיווק הקמעוני כך שהצרכן ירכוש את כמות המלפפונים המתאימה לו. התועלת הסביבתית בהוספת מארז הפלסטיק תלויה בהשארת המלפפונים ארוזים במהלך האחסון בבית הצרכן. הופתענו למצוא שעיקר הנזק הסביבתי נגרם בשלב הגידול של המלפפונים. כשליש מהמלפפונים המיוצרים בישראל לא נקטפים ולא משווקים, ויש לפעול למיצוי פוטנציאל הנצלת המלפפונים בשלב מוקדם. LCA הוא כלי מצויין לאיתור השלבים המשמעותיים לצמצום הנזק הסביבתי של בזבז מזון. יש לבצע LCA נפרד לכל פרי וירק על-מנת למצוא את השלבים המשמעותיים לצמצום הנזק הסביבתי.

המחקר יסייע לקביעת מדיניות הממשלה בצמצום אובדן ובזבז תוצרת חקלאית. הוספת מארז הפלסטיק לא עולה בקנה אחד עם מאמצי המשרד להגנת הסביבה לצמצם את השימוש באריזות בכלל ובפלסטיק בפרט, אולם תוצאות המחקר חד-משמעיות ויש

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



לבסס את המדיניות על מחקר זה ולבצע ניתוחי LCA נוספים לקביעת מדיניות בנושא. נדגיש כי מדיניות שתיקבע בהתאם לתוצאות המחקר הזה תהיה דומה למדיניות באירופה ובמדינות נוספות בעולם.

חקלאות תאית ושימוש במודלים מטבוליים חישוביים לאופטימיזציה של תהליך היצור

מרינה דה ליאון¹

1. מכון וולקני

deleeuw@volcani.agri.gov.il

בשנים האחרונות, נהיה ברור יותר ויותר ששיטות חדשות ויעילות לייצור מזון נדרשות על מנת להבטיח ביטחון תזונתי עבור האוכלוסייה בארץ ובעולם. הבנה זו הובילה להתפתחות תחום מחקר חדש - חקלאות תאית. בחקלאות תאית, תאים גדלים בביוראקטורים ומשמשים בשתי דרכים עיקריות: האחת, ישירות כמזון (microbial food) והשנייה, לייצור מרכיבי מזון. על מנת להתעלות על דרכי יצור המזון הקיימות, על התאים לייצר את מרכיבי המזון בצורה יעילה וזולה. יעילות היצור יכולה להשתפר משמעותית ע"י הנדסת המערכת המטבולית בתא המייצר באופן מיטבי. לצורך מיטוב תהליך הייצור והנדסת תאים יעילים, ניתן להשתמש במודלים ממוחשבים של המערכת המטבולית של התא. במחקר המוצג פותח מודל ממוחשב של תהליכים מטבוליים המתרחשים בתא שמר. לצורך הרכבתו הוגדרו עבור כל אנזימים במודל: סוג התגובה, מעכבים מסוגים שונים, קטליזטורים וכן האנרגיה החופשית של גיבס עבור התגובה. כמו כן, נעשה שימוש בריכוזי המטבוליטים (metabolomics) ובשטפים של המטבוליטים בתא (fluxomics). לאחר בנית המודל נעשתה אנליזה של התוצאות והודגם כי המודל מייצג היטב את התהליכים המטבוליים המתרחשים בתאי שמר. כמו כן, ניתן להשתמש במודל לאיתור של צווארי בקבוק בתהליך הייצור וכן להיעזר בו בתהליך הנדסת התא. מודלים ממוחשבים של מערכות מטבוליות של תאים, כדוגמת המודל המוצג במחקר, צפויים להפוך בשנים הקרובות לכלי מרכזי בתהליך הנדסת תאים לצורך חקלאות תאית ובפיתוח שיטות ייצור חדשניות, יעילות וסביבתיות.

המחקר המוצג עוסק בפיתוח מודלים מתמטיים המתארים את המטבוליזם בתוך תאים המשמשים לייצור חומרים שונים. מודלים אלו יכולים לשמש ככלי לתכנון הרשת המטבולית בתא וכך לעזור בהנדסת תאים יעילים המהווים אלטרנטיבה סביבתית, זולה ויעילה לשיטות ייצור מסורתיות. באקדמיה ובתעשיות שונות ברחבי העולם נעשה כבר שימוש במודלים מטבוליים בשלב הנדסת התא ופרקטיקה זו יכולה לשמש גם את התעשיות הרבות בישראל.

פיתוח מערכת מדגה מתועש עם טיפול מקומי במי הפלט מבוססת אסימילציה בריאקטור בוצה משופעלת מיקרואירופילי עם ממברנה

* אוראל רחמים¹, עמית גרוס¹, אלי אפללו², זי זו¹

1. אוניברסיטת בן גוריון

2. המכללה האקדמית אחווה

orelra@post.bgu.ac.il

חקלאות מים אינטנסיבית מסוחררת (מדגה מתועש) מתרחבת במהירות במטרה לענות על הביקוש העולמי הגובר לדגים. מאחר שכ-75% מהחלבון הניתן לדגים במזון מופרש למים כאמוניה, שהיא רעילה לדגים בריכוזים נמוכים, וכן כמוצקים, יש צורך בטיפול במים לפני שניתן להמשיך ולגדל בהם את הדגים. במרבית מערכות המדגה, החנקן מסולק באמצעות ריאקטורי ניטריפיקציה בשילוב עם תחלופת מים או טיפול בריאקטור דה-ניטריפיקציה המפחית באופן משמעותי את תחלופת המים. בשני המקרים, החנקן "הולך לאיבוד". טכנולוגיה מבוססת אסימילציה לייצור ביומסה חיידקית פותחה לצורך ניהול מקיף של חנקן בבריכות דגים, תוך ייצור ביומסה מיקרוביאלית עשירה בחלבון (ביופלוק). אנו מציעים תכנון מחדש של מערכות מדגה מתועשות, (RAS) המבוסס על שילוב חיידקים מיקרו-אירופיליים המשתמשים בחנקן וביתר הנוטריינטים ממי הפלט לייצור ביומסה בריאקטור צד, אשר יכול להחליף את תהליך הניטריפיקציה. מערכת מדגה מתועשת מבוססת אסימילציה, הכוללת ריאקטור מיקרו-אירופילי וממברנה, נבנתה. דגי ברמונדי (*Lates calcarifer*) גודלו במשך 90 יום, עם קצב האכלה יומי של 2% ממשקל הגוף, תוך שימוש במזון דגים מסחרי (45% חלבון). שיעור השרידות בסוף הניסוי עמד על 100%, והדגים גדלו בהתאם לציפיות; יחס ההמרה של המזון (FCR) עמד על 1.2, ללא טעמי לוואי משמעותיים ושאינם שונים מאלו של דגים שגדלו במערכת "קונבנציונלית". כ-45% מהחנקן שהופרש נוצל כחלבון מיקרוביאלי, עובדה הממחישה תהליך מחזור יעיל של חומרים מזינים והפחתת פוטנציאל הזיהום. איכות המים השתפרה משמעותית: ריכוזי האמוניה הממוצעים עמדו על 1.2 מ"ג/ליטר, וה-TSS הממוצע היה 33 מ"ג/ליטר. צריכת האנרגיה במערכת פחתה בהשוואה למערכות מדגה מתועשות המבוססות על ניטריפיקציה, וכן רמת מיחזור המים הייתה גבוהה יותר. ריכוז החלבון בביופלוק שנוצר היה גבוה מאוד, כ-40%, והוא עשוי לשמש תחליף לקמח הדגים המשמש כיום במזון הדגים. בנוסף, שימוש במתקן חדשני זה צפוי להפחית את לכידת דגי הבר ולצמצם את ההשפעות השליליות על המערכות האקולוגיות הימיות, ובכך לקדם שיטות אינטנסיביות ברות קיימא לחקלאות מים.

מחקר זה תורם גישה חדשה ובת קיימא לקיום חקלאות מים על ידי שילוב טכנולוגיית אסימילציה חיידקית וקצירה של הביופלוק שנוצר כתוסף מזון לאוכל דגים. השיטה תפחית את הצורך בקמח דגים ושיפור איכות המים של המדגה. הממצאים יכולים לתת מענה למדיניות הסביבתית בישראל, קידום חקלאות מים בת קיימא והפחתת השפעות אקולוגיות, ותמיכה בשימור מים.

ההשפעות הסביבתיות של מאכלי ים מתורבתים

* שירה שבתאי¹, תמר מקוב¹, אלון שפון²

1. אוניברסיטת בן גוריון

2. אוניברסיטת תל אביב

shirashabtai6@gmail.com

רקע -חקלאות סלולרית (בשר מתורבת) הינה טכנולוגיה מבטיחה, בעלת פוטנציאל להפחתת ההשפעות השליליות של צריכת מוצרים מן החי תוך שמירה על עמידה בביקושים הגוברים. מחקרי הערכת מחזור חיים (LCA–LifeCycleAssessments) שנערכו בשנים האחרונות מצביעים על הפחתה פוטנציאלית בפליטות גזי החממה שתושג אם בשר מתורבת יחליף את ייצור וצריכת מוצרי בשר קונבנציונליים. אולם בעוד מספר הולך וגדל של מחקרי LCA בוחנים חלופות מבוססות מעבדה לחיות משק' כולל בקר, כבש או עוף, מחקרים על מאכלי ים מתורבתים חסרים באופן מפתיע. יתר על כן, הפוטנציאל של מוצרים היברידיים המכילים גם כמויות גדולות של מרכיבים שאינם מתורבתים, כולל חלבונים ושמינים מהצומח, אינו נחקר במידה רבה. מטרת-ראשית, מחקר זה נועד להעריך את ההשפעות הסביבתיות של ייצור מאכלי ים מתורבתים בקנה מידה מסחרי והשוואתם למזונות קונבנציונאליים שכיחים. שנית, זיהוי "נקודות חמות" בתהליך הייצור ובחינת כיצד תרחישים שונים וניתוחי רגישויות משפיעים על תוצאות ההשפעות הסביבתיות (לדוגמא, החלפת מקור האנרגיה למתחדשת או שינוי במתכון). שיטות –בהתבסס על נתוני ייצור של חברת בשר מתורבת, במחקר זה השתמשנו במתודת LCA להערכת ההשפעות הסביבתיות של ייצור 1 ק"ג של מזון מתורבת, כאשר גבולות המחקר הוגדרו מ"העריסה אל השער". להשוואת ההשפעות הסביבתיות למוצרים קונבנציונאליים התמקדנו בשלוש קטגוריות אימפקט – פוטנציאל התחממות גלובלית, צריכת מים ושימוש בקרקע. בנוסף, הרצנו תרחישי ייצור שונים כדי להעריך כיצד הנחות ובחירות מודלים לגבי תשומות חומרי גלם, מקור אנרגיה ותהליכי פסולת שונים משפיעים על התוצאות – התוצאות מצביעות על יתרון משמעותי לבשר המתורבת עבור שלושת קטגוריות האימפקט הסביבתי עבור כל התרחישים אשר נבחנו במחקר זה. ניתוחי הרגישויות הצביעו על אפשרויות שיפור, למשל שינוי במתכון הוביל להפחתה של כ-50% מפליטות גזי החממה בעוד שמעבר לאנרגיה מתרחדשת הוביל לפחתה של כ-30%. דיון ומסקנות –תוצאות המחקר מצביעות על כך שמזון מתורבת יכול להוות חלופה ברת קיימא למאכלי ים קונבנציונאליים. השיטות והממצאים של מחקר זה ישמשו בסיס מדעי לקביעת מדיניות מושכלת ויסייעו להנחות את הפיתוח העתידי של מזונות מתורבתים לקראת עתיד מקיים.

תוצאות מחקר זה כוללות מיפוי ההשפעות הסביבתיות וזיהוי נקודות חמות בשלבי הייצור של טכנולוגיה חדשנית ליצור בשר מתורבת ויכולים לתמוך בקבלת החלטות מושכלת בשלבי התכנון והפיתוח. לכן, מחקר LCA זה יכול להציע תובנות חשובות לקידום טכנולוגיות בהתאם ליעדי קיימות ולקדם את תעשיית החלבון האלטרנטיבי במדינת ישראל ובעולם כולו. למיטב ידיעתנו, מחקר זה הינו בין הראשונים עבור מאכלי ים מתורבתים ובכך מוסיף לגוף העבודה המתפתח על ההשפעות הסביבתיות של חקלאות סלולרית.

רוחות של חידוש: חדשנות, רגולציה וקהילה בשוק האנרגיה

הגדול שורד: הכישלון של ישראל בפיתוח שוק אנרגיית רוח הטרוגני

* אריאל פז-סוויצקי¹, איתי פישהנדלר¹, דוד כץ²

1. האוניברסיטה העברית

2. אוניברסיטת חיפה

ariel.paz-sawicki@mail.huji.ac.il

אילו גורמים משפיעים על פיתוחם של פרויקטי רוח בגדלים שונים? בבחינת ענף הרוח בישראל, אנו מנתחים מדיניות שהעניקה במפורש יתרונות לפרויקטים קטנים, אך בכל זאת הובילה לענף רוח הנשלט על ידי פרויקטים גדולים שפותחו על ידי תאגידי אנרגיה רב-לאומיים. כך, מבין 13 פרויקטים מעל 20MW שהוגשו מאז אימוץ תכנית המתאר הארצית לטורבינות רוח (תמ"א 10-ד-12), 7 פרויקטים אושרו; לעומת זאת, מתוך 25 פרויקטים מתחת ל-20MW, רק שלושה אושרו. ביצענו ניתוח טקסט כמותי של פרטוקולים משיבות תכנון כדי להעריך את ההבדלים בין פרויקטים קטנים וגדולים במונחי האתגרים שהם מתמודדים איתם ורמת התמיכה שהם מקבלים מגורמים שונים. עיבינו את ניתוח הטקסט עם ראיונות מול שחקנים מרכזיים בשביל הבנת ההקשר ואימות הממצאים הכמותיים. תוצאות המחקר שלנו מצביעות על כך שהמכשולים המרכזיים שעמדו בפני פרויקטים קטנים וגדולים היו דומים, כאשר דרישות סביבתיות, במיוחד ביחס לבעלי כנף, בלטו במיוחד. יזמים בפרויקטים גדולים הצליחו להתגבר על מכשולים אלו, בעוד שפרויקטים קטנים נכשלו בכך. הבדל משמעותי נמצא ברמת התמיכה לה זכו פרויקטים, כאשר פרויקטים גדולים זכו לתמיכה רחבה יותר מצד משרדי הממשלה ומוסדות התכנון. חלק מהסיבות לכך נראה קשור לקשר שבין פרויקטים גדולים לתאגידי גדולים, אשר להם יש משאבים רבים יותר, כולל מימון, פעילות לובי ומומחיות, המאפשרים להם להתמודד טוב יותר עם עיכובים רגולטוריים. על מנת לקדם בפועל פרויקטי רוח בקנה מידה קטן, על הרגולטורים בתחום האנרגיה להבטיח תנאים שוויוניים על ידי הענקת יכולות נוספות ליזמי פרויקטי רוח קטנים להתמודד עם דרישות טכניות ועיכובים לאורך כל תהליך התכנון. אחרת, התוצאה תהיה ענף רוח הומוגני המורכב מפרויקטים גדולים בלבד, עם פוטנציאל נמוך יותר להגדלת ההספק הכולל.

הכישלון של טורבינות הרוח הקטנות בישראל פוגע ביעדים של מדיניות אנרגיה, הן בהפחתת ההספק המותקן והייצור מאנרגיות מתחדשות, והן מבחינת צדק חלוקי וביזור ההנאה מתחום ייצור האנרגיה. המחקר מבחין בסיבות לכשל זה, ומצביע על צעדי מדיניות לשילוב טורבינות רוח קטנות במארג האנרגיה הישראלי, מבחינת מדיניות תכנון ומדיניות רשיונות הייצור.

שילוב אנרגיית רוח בתמהיל מקורות יצור החשמל של ישראל בתרחיש של 50% אנרגיה מתחדשת: תועלות סביבתיות ועלויות נמנעות

יעל פרג¹, מייק רות², שירי צמח שמיר¹, גד הראלי³

1. אוניברסיטת רייכמן

2. Boston Government Services LLC

3. WindStore Ltd

yael.paraq@gmail.com

רקע: בישראל רווחת ההנחה כי פוטנציאל יצור חשמל מרוח מוגבל. לכן, תסריטי הפחתת הפליטות מסקטור החשמל נשענים על יצור מאסיבי של חשמל מאנרגיה סולארית בתאים פוטו-וולטאים (PV) ולרוח תפקיד זניח בתמהיל מקורות האנרגיה העתידי. מטרת המחקר: מחקר זה מכמת את ההשפעות של תוספת רוח בשיעורים שונים לתמהיל מקורות האנרגיה המתחדשים של ישראל בשנת 2035 מבחינת הצורך בשטח, בהספק מותקן של אחסון, בתחנות כח גזיות. המחקר גם מכמת את הערך הכלכלי וקשרי הגומלין במעבר מ-PV לאנרגיית רוח, על היתרונות והחסרונות לסביבה. שיטה: השתמשנו במודל ROTH המדמה יצור ואספקת החשמל בישראל מרוח, שמש, אגירה וגז טבעי. דגמנו תרחישים שמייצרים 50% מהייצור השנתי ממתחדשות, ושיעורי הקיטום הוגבלו ל-10% או פחות. הערכנו את תשתיות ה-PV, האחסון ותחנות כח גזיות שנמנעו (avoided) בשל עלייה שולית של 1 GW בהספק המותקן של רוח בתסריט של 50% מתחדשות. הניתוח הכלכלי מתבסס על סקירת ספרות מקיפה ומחשב את העלות/תועלת השולית במעבר לאנרגיית רוח מבחינת משמעותיות הכלכליות של הפגיעה הסביבתית הנגרמת מהתשתיות השונות והאחסון. ממצאים: התועלת השולית של כל 1 GW הספק מותקן של רוח היא הפחתה גדולה מ-1 GW של PV סולארי, בנוסף, נחסכים עד 6.5 GWh של אחסון, ו-17 קמ"ר של שטח פתוח. 4 GW של טורבינות רוח ימנעו את הצורך ב-6 GW של PV סולארי, 19.5 GWh של אחסון סוללות ו-136.5 קמ"ר של שטח פתוח. אם קיבולת הרוח בישראל הייתה מתרחבת ל-8 GW, אז ישראל הייתה נמנעת מ-11 GW של PV סולארי, 29.5 GWh של אחסון, ו-214.5 קמ"ר של שטח פתוח. אם אחסון הסוללות יתייקר בעתיד, ניתן יהיה לייצר גם 50% מהייצור של ישראל מ-8 GW של רוח ו-19 GW של PV סולארי כמעט ללא אחסון, ועם קיטום של 7.6%. ממצאים נוספים, כולל הפחתת הצורך בהספק מותקן של תחנות כח גזיות ותועלות סביבתיות יוצגו בכנס. מסקנות: את התועלת של אנרגיית הרוח למשק החשמל הישראלי יש לבחון גם בהקשר של העלויות הסביבתיות והאחרות שנמנעות והתועלות השונות.

המחקר מכמת ומדגים, לראשונה, את התועלות השונות - הסביבתיות והאחרות של שילוב אנרגיית רוח בתמהיל המקורות המתחדשים בישראל באמצעות שימוש במודל שעותי. יישום תובנות מהמחקר במדינת ישראל אפשרי, אולם דורש מעבר לרגולציה מאפשרת גם הבנה מעמיקה יותר של החסמים החברתיים השונים להתקנת טורבינות.

פיתוח שיטה להשוואת משתני קיימות בסוגי מערכות אגרו-סולאריות: בשטחים פתוחים, על גג חממות ובתוך חממות

לירון אמדור¹

1. מכון דש"א

amdurliron@gmail.com

רקע: מערכות אגרו-סולאריות מאפשרות להפיק אנרגיה ומזון בתא שטח אחד, ולקדם ביטחון אנרגטי וביטחון מזון, תוך צמצום ההשפעה על האקלים. ישנו מגוון מערכות אגרו-סולאריות: מערכות בשטחים חקלאיים פתוחים (מטעים וגידולי שדה); מערכות על גג חממות; וטכנולוגיה חדשנית שפותחה במחקר הנוכחי המטמיעה את הפאנלים בתוך החממות, מתחת ליריעות הכיסוי. מטרת המחקר: זיהוי משתני הקיימות ובחינה השוואתית של מערכות אגרו-סולאריות שונות בהיבטים כלכליים, חברתיים וסביבתיים. שיטות: נבדקו היבטי הקיימות הבאים: כלכלה- עלות ההקמה, על בסיס נתוני מערכות אגרו-סולאריות מהעולם והמערכת שפותחה במחקר המוצג; חברה- יצירת תעסוקה בהקמה ותחזוקת מערכת האנרגיה ותוספת עבודה חקלאית בשל שילוב מערכת האנרגיה; סביבה- השפעות נופיות, שימוש במשאבי טבע, וטביעת כף רגל פחמנית. תוצאות: כלכלה- תליית הפאנלים בתוך חממה מוזילה את עלות ההקמה לקילו-וואט בכ-23% בהשוואה להקמת מבנה תמך הנושא את הפאנלים מעל גידולים חקלאיים בשטחים פתוחים. חברה- עלות העבודה בהתקנת מערכת סולארית בחממות זולה בכ-39% לקילו-וואט ביחס להתקנה בשטח פתוח. בשטחים פתוחים מערכות אגרו-סולאריות מייצרות עבודה חקלאית נוספת, בשל מורכבות התמרון של כלים חקלאיים בין עמודים, או חוסר יכולת לשימוש במכונות (למשל קטפת בכרם אגרו-סולארי). בחממות העבודה החקלאית היא ידנית ולא מתווספת עבודה כתוצאה מהתקנת מערכת סולארית. סביבה- למערכות אגרו-סולאריות בשטח פתוח השפעה נופית ניכרת, כאשר בחממות הפאנלים מוצנעים תחת היריעות. בשטחים פתוחים מערכת התמך של הפאנלים צורכת כ-99 ק"ג ברזל לקילו-וואט חשמל, כאשר בחממות מערכת התמך כצורכת כ-48 ק"ג ברזל בלבד לקילו-וואט. ייצור ברזל כרוך בפליטה משמעותית של פחמן דו-חמצני. טביעת כף הרגל הפחמנית של אגרו-סולארי שטחים פתוחים הינה כ-178.2 ק"ג פחמן-דו חמצני לקילו-וואט חשמל, ובחממות כ-86.4 ק"ג פחמן דו-חמצני לקילו-וואט בלבד. דיון ומסקנות: עלות ההקמה של מערכת סולארית בחממות נמוכה יותר מבשטחים פתוחים, עובדה היכולה לתמרץ הקמת מערכות אנרגיה מתחדשת. החיסכון בעבודה יכול להשפיע שלילית על פיתוח תעסוקה בסקטור האנרגיה והחקלאות, ומאידך- להשפיע חיובית במקומות בהם יש מחסור בעובדים. בהיבטים סביבתיים למערכות בחממות השפעות נמוכות יחסית על הנוף, שימוש במשאבי ברזל ופליטת פחמן.

מיזמים אגרו-סולאריים נועדו לצמצם השפעות אקלימיות באמצעות מעבר לאנרגיות מתחדשות. עם זאת, לחלק מהטכנולוגיות השפעות סביבתיות השמות את התועלת האקלימית בסימן שאלה. ייצור ברזל למערכת התמך של אגרו-סולארי בשטח פתוח, צורך אנרגיה ופולט כמות רבה של פחמן. המחקר מסייע לקובעי המדיניות לקבל החלטה מושכלת על הטכנולוגיה שתקודם, על בסיס מגוון פרמטרים של קיימות. שילוב סולארי בתוך חממות הינה הטכנולוגיה בעלת היבטי הקיימות המיטביים, ומוצע לתעדף אותה במדיניות האנרגטית של ישראל.

המחקר נערך במסגרת מכון דש"א אוניברסיטת תל אביב ומו"פ המשולש. המחקר הינו חלק מפרויקט מחקר REGACE המרוכז על ידי מו"פ המשולש ולו שותפים חוקרים מישראל ומספר מדינות באירופה. הפרויקט קיבל מימון מתוכנית המחקר והחדשנות

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



Horizon Europe של האיחוד האירופי במסגרת הסכם מענק מספר 101096056. הטכנולוגיה של שילוב סולארי בחממות פותחה במו"פ המשולש.

פתרונות אנרגיה מונעים על ידי קהילות: קידום מערכות מיקרו-רשת ויעילות אנרגטית עבור מבנים דירות ודירות מגורים – בהתבסס על גישת תורת המשחקים

* מתן שטרית¹, חן כהן¹, תהילה קלעג'י¹

1. אוניברסיטת בן גוריון

matanshitrit9@gmail.com

המחקר מציע מודל קהילתי מבוסס תורת המשחקים לקידום פתרונות אנרגיה באמצעות מערכות מיקרוגרید והתייעלות אנרגטית בבנייני מגורים ודירות. השימוש במיקרוגרידים מאפשר ייצור ואגירה של אנרגיה מתחדשת מקומית, תוך הפחתת התלות ברשתות חשמל מרכזיות והגברת הביטחון האנרגטי, בין היתר, עבור אוכלוסיות הסובלות מעוני אנרגטי. המודל מאפשר הקצאת משאבים אופטימלית וניהול חכם של צריכה וייצור אנרגיה, על ידי תמרוץ שיתופי פעולה בין תושבים, חברות אנרגיה עסקיות ורשויות ממשלתיות. המחקר מדגיש את התפקיד המרכזי של הקהילה בהטמעת פתרונות אלו, ואת מעורבותה בתהליך קבלת ההחלטות וביישום הטכנולוגיות. השימוש במאפיינים קהילתיים כמו חוסן חברתי, נורמות חברתיות, שיתופי פעולה ולחצים חברתיים, מאפשר לפרוס את הטכנולוגיות בצורה רחבה במגוון מבנים ושכונות. שילוב של פאנלים סולאריים ואגירת אנרגיה במבנים ובשכונות, מביא לשיפור היעילות האנרגטית, להפחתת העומס על רשתות החשמל ולהוזלת הוצאות האנרגיה עבור הדיירים. המחקר עושה שימוש במודל מתמטי של תורת המשחקים, המאפשר מסגרת תיאורטית לניהול האינטראקציות בין כל הגורמים המעורבים – הממשלה, הרשות המקומית והקהילה המקומית. המודל יוצג הן תחת אינטראקציה סימולטנית והן תחת אינטראקציה סדרתית תוך שאיפה למציאת שיווי משקל יעיל לכל הצדדים. יישום מודל זה מדגים כיצד ניתן להתמודד עם עוני אנרגטי, לשפר את איכות החיים, ולחסוך בהוצאות אנרגיה למשקי הבית, תוך הגברת הקיימות במרחב העירוני.

המאמר מציע מודל קהילתי מבוסס תורת המשחקים לקידום פתרונות אנרגיה באמצעות מיקרוגרید ויעילות אנרגטית בבנייני מגורים. המודל מקדם שיתופי פעולה בין קהילות, חברות אנרגיה ורשויות מקומיות, תוך הפחתת עלויות אנרגיה ושיפור הביטחון האנרגטי. הוא מציע פתרונות להתמודדות עם עוני אנרגטי, שיפור איכות החיים והגברת הקיימות במרחב העירוני, ויכול להיות מיושם במדיניות הסביבתית של מדינת ישראל, במיוחד בעידוד אנרגיה מתחדשת בקהילות שונות.

ניהול ביקושים במגזר הביתי: אסטרטגיה לשיטוח עקום הביקוש, שיפור יציבות הרשת, הפחתת פליטות וקידום מודעות צרכנית

הילה אטקין¹, נורית גל²

1. מרכז הש"ל

2. NZO

hila@heschel.org.il

רקע: ישראל מתמודדת עם משבר אנרגיה המונע על ידי שינויי אקלים קיצוניים, גידול אוכלוסייה מואץ, מהפיכת החישוב אשר מזניקה את הביקושים ומעבר למקורות אנרגיה מתחדשים. עומסי השיא ברשת החשמל מאתגרים את היציבות האנרגטית, מגבירים את התלות בתחנות כוח מזהמות, ודורשים השקעות כבדות בפיתוח הרשת. ניהול ביקושים, גישה המתמקדת בהפחתת צריכת החשמל בשעות השיא, מציע פתרון שמאזן בין יציבות הרשת, חיסכון בעלויות ומעבר לכלכלה דלת פחמן. מטרת המחקר: להבהיר את התפקיד הקריטי של ניהול ביקושים במגזר הביתי כמפתח להפחתת עומסי השיא, להעריך את פוטנציאל ההשפעה: כיצד תוכניות ניהול ביקושים יכולות לצמצם עומסים ולשפר את יציבות משק החשמל, לבחון תמריצים וכלים טכנולוגיים: כולל מונים חכמים וטכנולוגיות שליטה מרחוק, להפיק לקחים ממקרי בוחן בינלאומיים: כגון קליפורניה ובריטניה, שהטמיעו בהצלחה ניהול ביקושים ולספק המלצות יישומיות: לגיבוש מדיניות מבוססת נתונים שתעודד את המעבר לצריכה חכמה ומודעת בישראל. שיטות: המחקר עושה שימוש בניתוח כמותי מעמיק של נתוני צריכת חשמל ממדינות מובילות, לצד סימולציות מותאמות למשק הישראלי. נבחנו תרחישים מגוונים של תמריצים כלכליים ושימוש במערכות חכמות. תוצאות: תרחישים שמרניים: ניהול ביקושים יכול להפחית 300 מגה-וואט בשעות השיא – שווה ערך לתחנת כוח פיקרית אחת קטנה עד בינונית. תרחישים אופטימיים: הפחתה של עד 800 מגה-וואט, המקבילה לכ-3-4 תחנות כוח פיקריות. אפקטיביות התמריצים: במדינות מובילות, תמריצים כספיים העלו את השתתפות הצרכנים בתוכניות ניהול ביקושים ב-30%-50%, עם חיסכון משמעותי לכלכלה ולסביבה. דיון ומסקנות: הממצאים מדגישים כי ניהול ביקושים במגזר הביתי הוא הרבה יותר מכלי טכנולוגי – הוא מהווה אסטרטגיה של שינוי פרדיגמה במשק האנרגיה. באמצעות ניהול חכם של ביקושים ניתן: להפחית עומסי שיא ולשפר את יציבות הרשת, לדחות השקעות כבדות בתשתיות חדשות ולהקטין עלויות לצרכנים, למנוע הקמה של תחנות מזהמות ולהפחית פליטות. ניהול ביקושים הוא לא רק פתרון טכני – הוא חזון אנרגטי חדשני שמשלב קיימות, יציבות כלכלית, ומודעות סביבתית. מדיניות חכמה יכולה למנף אותו לשינוי מערכתי, שיוביל את ישראל לעתיד של משק חשמל נקי, גמיש ואמין יותר.

המחקר מציע מסגרת מעשית ליישום ניהול ביקושים במשק החשמל הישראלי, עם דגש על המגזר הביתי, במטרה להפחית עומסי שיא, לשפר את יציבות הרשת ולצמצם פליטות גזי חממה. באמצעות שילוב תמריצים כלכליים, טכנולוגיות מתקדמות ומקרי בוחן בינלאומיים, המחקר מספק כלים יישומיים לגיבוש מדיניות סביבתית אפקטיבית בישראל, תוך חיזוק המודעות הציבורית לחשיבות צריכה חכמה ומודעת.

חזית חדשה לאנרגיה נקיה: תאי דלק המונעים על ידי אמוניה

קונסטנטין בורודיאנסקי¹, אור רחומי¹

1. אוניברסיטת אריאל

konstantinb@ariel.ac.il

על רקע החיפוש הגובר אחר חלופות אנרגיה ידידותיות לסביבה, אמוניה זוכה לעניין רב כדלק פוטנציאלי לתאי דלק קרמיים – מערכות אלקטרוכימיות הממירות אנרגיה כימית לחשמל בצורה יעילה. לאמוניה יתרונות משמעותיים: היא מולקולה נטולת פחמן, בעלת תכולת אנרגיה גבוהה, תכולת מימן מרשימה, ותשתית עולמית מבוססת לאחסון, שינוע והפצה. במחקר הנוכחי הוצג חומר מהפכני במבנה תחמוצת פרובסקיט (SFNM - Sr_{1.9}Fe_{0.4}Ni_{0.1}Mo_{0.5}O₆) כאלקטרודה משופרת לתאי דלק המזנים ישירות באמצעות אמוניה. המחקר הראה כי במהלך פעולת התא נוצרו על פני האלקטרודה ננו-חלקיקים של ניקל-ברזל (FeNi₃), שהגבירו משמעותית את יעילות המרת האמוניה לאנרגיה. כמו כן, הנדסת החומרים הנ"ל והמיקרו-מבנה של האלקטרודות הביאו לשיפור ניכר בהספקים החשמליים של התאים. במחקר זה נבחנו פעילותם של תאי דלק שיוצרו בטכנולוגית הדפסה תלת-ממדית. הממצאים הראו יעילות גבוהה ויציבות לטווח ארוך, המשוות לתאים המזנים במימן. הישג זה מהווה צעד משמעותי בדרך להפיכת האמוניה לדלק נקי ויעיל. המחקר מדגיש את הפוטנציאל שביישום אלקטרודות SFNM בתאי הדלק המונעים באמוניה וסולל דרך לחדשנות בתחום מערכות האנרגיה. ממצאי המחקר מהווים אבן דרך חשובה במימוש הפוטנציאל של אמוניה כפתרון אנרגטי נקי ובר קיימא, המתאים לצרכים הגוברים של עולם האנרגיה המודרני.

המחקר תורם לפיתוח תאי דלק המונעים באמוניה, דלק נקי ויעיל, המהווה חלופה בת קיימא למקורות אנרגיה מזהמים. הוא מדגיש את הפוטנציאל בשימוש באמוניה להפחתת פליטות פחמן ולהגדלת עצמאות אנרגטית. יישום המחקר במדיניות סביבתית בישראל יוכל לתרום לפיתוח מקורות אנרגיה ירוקה, לקדם חדשנות טכנולוגית, ולתמוך במעבר לכלכלה דלת פחמן תוך חיזוק התשתיות והעצמאות האנרגטית.

שינוי האקלים: מגמות לתחזיות עבור ישראל והאזור

מגמות נצפות וחזויות בעומסי החום בישראל, 1950-2100

איל אילוטוביץ¹, יצחק יוסף¹, נועם חלפון¹

1. השירות המטאורולוגי

ilotovize@jms.gov.il

עומסי חום מהווים אחד האיומים המשמעותיים ביותר בעידן של שינויי אקלים המשפיעים על מגוון היבטים, בעיקר בריאותיים הנוגעים לאדם, לבעלי חיים ולצמחים. השפעתם ניכרת גם בתחומי האנרגיה, משאבי המים, החקלאות והמזון. מדד עומס החום משקלל את ההשפעה המשולבת של הטמפרטורה והלחות היחסית באוויר ומורכב בישראל ממדרג בן שש קטגוריות (מהעדר עומס חום ועד עומס חום קיצוני). מחקר זה בחן את מגמות עומסי החום בישראל לאורך תקופה ארוכה, מ-1950 ועד 2100, תוך שימוש בנתוני ריאליזת (ERA5-LAND) ותחזיות אקלימיות לעתיד עד 2100, לשני תרחישים, מתון (RCP4.5) וחמור (RCP8.5). המחקר התחלק לשתי תקופות. הראשונה: תקופה העבר 1950-2022 שבו השתמשנו בנתונים שעתיים של ריאליזת ברזולוציה אופקית של כ-9 ק"מ. למרות שהמודל ברזולוציה אופקית יחסית גבוהה, נמצא שנדרש לבצע תיקון ביחס למדידות מהתחנות השונות. מכאן בוצע חישוב של statistical downscaling על מנת לקבל סט נתונים מכויל עם המדידות מהתחנות המטאורולוגיות. השנייה: תקופת העתיד 2006-2100 המבוססת על 10 מודלים אקלימיים גלובליים, בעלי רזולוציה מרחבית של 0.44 מעלות (כ-50 ק"מ). תהליך דומה של statistical downscaling בוצע גם במקרה זה. חישוב המגמות הליניאריות ומידת מובהקותן, בוצע לכל מדד בנפרד, באמצעות מבחן א-פרמטרי (Mann-Kendall and Sen's slope estimator) דו צדדי, עם רמת מובהקות של 0.05. הממצאים מצביעים על עלייה עקבית בעומסי החום, במיוחד מאז שנות ה-80 של המאה הקודמת. בשלושת העשורים האחרונים נרשמה האצה בעליית עומס החום הממוצע, הנאמדת בשיעור של 0.38-0.52 יחידות אי-נוחות (יא"נ) בכל עשור. התחזיות לעתיד מצביעות על שינוי דרמטי המאופיין בהמשך עלייה של קטגוריית עומס חום אחת במוצע בתרחיש המתון ושתי קטגוריות בתרחיש החמור, עד סוף המאה. בנוסף, חלה ירידה משמעותית בזמן היחסי ללא עומס חום ונרשמה עלייה בזמן היחסי של עומסי חום כבדים. ממצאים אלו מצביעים על מגמת החמרה עקבית בעומסי החום בישראל. העלייה בעומסי החום צפויה להשפיע באופן משמעותי ונרחב על מגוון היבטים סביבתיים, בריאותיים וכלכליים. לפיכך, מחייבת תכנון אסטרטגי ארוך טווח והיערכות לאומית מתאימה כדי להתמודד עם האתגרים האקלימיים הצפויים.

תרומת המחקר ויישומה: דו"ח המחקר התפרסם בינואר 2025 והופץ למשרדי הממשלה השונים על מנת להיערך לתרחישים השונים. היערכות של מדינת ישראל תלויה במקבלי ההחלטות שאנחנו מקווים כי יראו תוצאות מחקר אלו הזדמנות להתכונן ולפעול למניעת נזקים בעקבות שינויי האקלים שכבר התרחשו ועוד צפויים להחמיר בעתיד. דוגמאות, חקלאים יכולים לפעול בעזרת פעולות אגרוטכניות כגון הצללה, העתקה של מטעים למקומות קרירים יותר על מנת שהיבול לא יפגע. עיריות יכולות

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



לשתול עצים ולהעצים בנייה עירונית ירוקה. אלו הן רק מספר בודד של דוגמאות לתכנון ולהיערכות מפני העלייה הצפויה בעומסי החום בישראל.

הערכות טמפרטורות עתידיות באזורי אקלים שונים בארץ באמצעות ירידה סטטיסטית בסקלה של מודלים אקלימיים גלובליים

אנטון גלמן¹, לידיה שנדריק², אפרת מורין¹, חיים גרפינקל¹, דוריטה רוסטקייר-אדלשטיין¹

1. האוניברסיטה העברית

2. מכון ויצמן למדע

anton.gelman@mail.huji.ac.il

המזרח התיכון הינו "נקודה חמה" ("hot spot") של שינוי אקלים. מודלים גלובליים של שינוי אקלים גסים ברזולוציה המרחבית שלהם (מ-0.5°x0.5° עד 2.8°x2.8°) ואינם מתארים את השונות המרחבית של האקלים באזורנו. אנו פיתחנו שיטה של ירידה סטטיסטית בסקלה (SD, statistical downscaling) לצורך הערכת שינויי הטמפרטורה הצפויים בארץ באזורי אקלים שונים. התמקדנו בטמפרטורות מינימום ומקסימום יומיות בארבעת העונות. אלגוריתם SD שפותח מבוסס בחיפוש המצבים הסינופטיים הדומים ביותר בעבר ("אנלוגיים"), הידועה גם כשיטת K nearest neighbors (KNN). בעזרתו אנחנו מקשרים בין המודלים האקלימיים הגלובליים הגסים ותצפיות טמפרטורה מקומיות בעבר למתן הערכות עתידיות של הטמפרטורה. העבודה עושה שימוש במודלים אקלימיים גלובליים CMIP6 בשני תרחישים: 245SSP ו-585SSP. הראשון מהם מייצג פליטות גזי חממה קרוב לזה הנוכחי והשני מייצג את העלייה הגדולה של פליטות גזי חממה. האלגוריתם נבחן על נתונים היסטוריים של ריאליזת ERA5 ושל מודלי אקלים גלובליים של CMIP6 בשיטת validation-cross עבור התקופה 1980-2014 תוך שימוש במדידות טמפרטורת מתוך 30 תחנות מטאורולוגיות הומוגניות. תוצאות אלגוריתם SD משחזרות היטב את התפלגויות הטמפרטורות המדודות כולל קצוותיהן לעומת ההתפלגויות הנגזרות מהמודלים האקלימיים הגלובליים הגסים. לאחר בחינת האלגוריתם הרצנו אותו על ההערכות האקלימיות הגלובליות של CMIP6 למאה ה-21, בדקנו את 20 השנים האחרונות של המאה ה-21, 2080-2100. השוואת התפלגות הטמפרטורות המקסימליות והמינימליות שהתקבלו מ-SD עם ההתפלגויות המדודות עבור 30 תחנות בארץ בתקופה היסטורית (1980-2014) מראה עליית הטמפרטורה המקסימלית משמעותית (6-7 מעלות ב-DJF, 2-3 ב-JJA) בערך הממוצע של התפלגות לתרחיש 585SSP ועלייה קטנה לתרחיש 245SSP (2-3 מעלות ב-DJF ו-1-2 ב-JJA). התחממות משמעותית יותר נצפית במהלך העונה הקרה, בהתאם למחקרים שדווחו בעבר באזורים החוץ-טרופיים בחצי כדור הארץ הצפוני. כמו כן, ההערכות העתידיות של טמפרטורות מראות הבדלים משמעותיים בין אתרים בעלי מאפיינים גיאוגרפיים ואקלימיים שונים כגון ערים לעומת אזורים כפרים, שטח מישורי לעומת הררי, ועוד. העבודה השוטפת מתמקדת בתקופות זמן ותרחישים עתידיים נוספים, שיפור נוסף של האלגוריתם בהתמודדות עם נתונים מחוץ לדגימה, יכולת העברה גיאוגרפית ושימוש בהערכות הטמפרטורות העתידיות במחקרי בריאות האדם.

מחקרים ותחזיות אקלימיות עתידיות חשובים מאוד להרבה היבטים של חיי אדם, כגון בריאות, כלכלה, סגנון חיים ועוד רבים אחרים. במחקר זה מוצע מתודולוגיה שבאמצעותה ניתן תוך שימוש במודלים אקלימיים גלובליים ברזולוציה נמוכה, לחזות את הטמפרטורה ברזולוציה מרחבית גבוהה בעשורים הבאים. תחזית כזו יכולה לסייע למדינה להכין טוב יותר את מערכת הבריאות

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



והכלכלה לאתגרים של המאה ה-21. במקרה של המחקר הנוכחי ההערכות האקלימיות ברזולוציה גבוהה ישמשו מחקר בנושא לידות מוקדמות כתוצאה משינוי טמפרטורה צפויים.

מגמות בעוצמות גשם בישראל

אסף צפורי¹, יצחק יוסף¹

1. השירות המטאורולוגי

ziporia@ims.gov.il

בשנים האחרונות אנו עדים לשינויי דפוסי הגשם בישראל. שינויים אלו מתבטאים בעלייה במספר הימים בהם הכמויות עולות מעל ספים נתונים, ירידה במספר ימי הגשם, ועליה במספר ימי הגשם. בעוד שעל כמויות הגשם היומי נעשו מספר עבודות בישראל, חלקן במסגרת אקדמיה וחלקן במסגרת השירות המטאורולוגי, בחינת השינויים והמגמות בעוצמות הגשם השעתיות והתת שעתיות לא נעשתה. מחקר זה מציג ניתוח מקיף ראשון מסוגו בישראל של שינויים בעוצמות הגשם לאורך התקופה 1970-2024. הניתוח מתבסס על שילוב נתונים מרשמי גשם ותחנות אוטומטיות ובוחן את מידת השינוי בעוצמות הגשם למשכים של 10 עד 240 דקות. המחקר מתמקד בשמונה אזורים גיאוגרפיים ברחבי הארץ: מישור החוף (צפון, מרכז, דרום), עמקים, הרים (צפון ומרכז), האזור הצחיח-למחצה והאזור הצחיח. בחינת המגמות נעשתה באמצעות מבחנים סטטיסטיים על סדרות עוצמות גשם אזוריות, שמכילות נתונים מחורף 1970/1 ועד חורף 2023/4. הבחינות נעשו בהתייחסות למגמה הכללית של עוצמות הגשם המקסימאליות השנתיות של האזור (Block Maxima-BM), השוואת העוצמות המחולצות מזמני החזרה בין שתי תקופות והתייחסות למגמות באחוזונים השונים של עוצמות הגשם באמצעות רגרסיית אחוזונים (Quantile regression). ממצאי העבודה מראים כי ברוב חלקי הארץ נצפה שינוי בעוצמות הגשם בחלק מהמשכים לפחות, כאשר ניתן לחלק את אופי השינוי והמשכים שבהם נראה שינוי לקבוצות: באזורים שבהם הגשם מאופיין כגשם קונבקטיבי (אזורי מישור החוף והעמקים), נראית עלייה בעוצמות בעיקר במשכים הקצרים (עד ל-45 דקות) המתאימים לזמן ההשפעה של תא קונבקטיבי, ובמשכים הארוכים (180 דקות ומעלה). באזורי ההר ניתן להבחין במגמות התחזקות במשכים הארוכים, המתאימים לאופי הגשם האורוגראפי שם. בנוסף, גם באזור הצחיח נראתה מגמת שינוי דומה. באזור הצחיח למחצה, לא נראית מגמה של ממש. למגמות אלו ישנה השפעת על תכנון עירוני, בין עירוני, ניקוז נחלים וחיזוי שיטפונות. כמו כן, ממצאי עבודה זו מדגישים את החשיבות של המשך מעקב אחר מדדים אקלימיים בישראל, בהתייחס לאזורים שונים.

המחקר מתאר את השינויים בעוצמות הגשם התת יומיות בישראל במשך יותר מחמישה עשורים. יש לו חשיבות רבה מבחינת תכנון תשתיות ניקוז עירוניות ובין עירוניות על כל היוצא מכך, ביחוד בראי שינויי האקלים. מחקר זה ניתן ליישום בתכנון של תשתיות ניקוז, כך שיתאימו למגמות שנראו בעשורים האחרונים, ושצפויות להימשך הלאה לעשורים הבאים. כמו כן, המחקר מבדיל בין אזורים שונים, כך שההתאמה יכולה להיעשות בהתאם לתגובת האזור לשינויי בעוצמות כתלות בגודל השינוי, במשכים שנראה בהם השינוי וכדומה.

שונות הידרו-אקלימיים ומאפייני מערכות מזג האוויר בלבנט בתקופה הבין-קרחונית האחרונה

* אפרים בריל¹, אסף הוכמן¹, עדי טורפשטיין^{1,2}

1. האוניברסיטה העברית

2. המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת

efraim.bril@mail.huji.ac.il

שחזורים פלאו-אקלימיים מבוססי פרוקסי (Proxy) של שיא התקופה הבין-קרחונית האחרונה (LIG) מצביעים על שינויים באופי המשקעים בלבנט. השחזורים הללו מציעים כי המשקעים התרחשו באירועים עזים וקצרים, במיוחד בחלקים הדרומיים של הלבנט. כמה מחקרים קודמים הציעו פרדיגמות שונות להסבר השתנות האקלים ההידרולוגי, אך עדיין לא נבדקו בעקביות במסגרת מודלים. למעשה, שימוש במודלים אקלימיים יכול ללא ספק לשפר את הפרשנות המשולבת של רישומי פרוקסי והבנתנו את תהליכי האקלים בעבר. השתמשנו בסימולציות מפרויקט השוואה בין מודלים פלאו-אקלימיים (PMIP4) כדי להעריך ולשחזר את מאפייני המשקעים בלבנט הדרומי. תחילה זיהינו כי מודל האקלים של מכון אלפרד וגנר (AWI) משקף בצורה אמינה את שחזורי הפרוקסי. לאחר מכן, השתמשנו בו כדי להבין את השתנות האקלים. בהתבסס על ההשערות שהוצעו בספרות, בדקנו שינויים בתדירות, עונתיות והתמדה של סוגי מזג האוויר המביאים משקעים בלבנט, כולל שקעי קפריסין ואפיקי ים סוף. בנוסף, פירקנו את התרומות הדינמיות והתרמודינמיות לשינויים במאזן המים של המשקעים בניכוי ההתאדות, והשוונו את שיא התקופה הבין-קרחונית האחרונה לזמן הטרם-תעשייתי. אנו מספקים עדויות לכך שמערכות מזג האוויר המורידים משקעים הניבו יותר משקעים (כ-20%) בשיא התקופה הבין-קרחונית האחרונה מאשר טרום המהפכה התעשייתית, בעיקר כתוצאה משינויים תרמודינמיים. לא נמצאו הבדלים מובהקים סטטיסטית בתדירות, בעונתיות או בהתמדה של מערכות מזג האוויר הללו. המחקר שלנו מספק תובנות על שינויים היסטוריים באקלים ההידרולוגי בלבנט, ומרחיב את הפרספקטיבה שלנו על השפעות האקלים העתידיות המונעות על ידי משתנות טבעית ופעילות אנושית.

התקופה הבין-קרחונית האחרונה התאפיינה באקלים חם ובריקוז גזי חממה גבוה בהשוואה לתקופה שלפני המהפכה התעשייתית, ולכן היא יכולה לשמש כאנלוגיה לאקלים הצפוי בארץ תחת התחממות גלובלית ושינויי אקלים עתידיים. זאת במיוחד בהקשר לשינויים במשטר המשקעים ועוצמתם באזור הלבנט בכלל ובישראל בפרט. מחקר זה משלב מידע מבוסס פרוקסים ומודלים אקלימיים כדי לענות על שאלות קלימטולוגיות בתחום הפלאו-אקלימים. שילוב זה אינו נפוץ במחקר באזור הלבנט.

פיתוח מערכת חיזוי אופרטיבית לכנרת עבור מתן תחזית יומית והתראות במקרי קיצון

יעל אמיתי¹, אופיר טל¹, גדעון גל¹

1. חקר ימים ואגמים

yael.amitai@ocean.org.il

הכנרת, כאגם הטבעי היחיד בישראל, מהווה מקור אסטרטגי למי שתיה עבור מדינת ישראל ואתר נופש מרכזי וייחודי. את חופי הכנרת המוסדרים פוקדים מעל 3 מיליון נופשים כל שנה בנוסף לרבות נוספים שמבקרים בחופים לא מוסדרים. על מנת לאפשר למקבלי החלטות ושרותי החרום להתמודד טוב יותר עם אירועים חריגים מסכני אדם ורכוש, נדרש מצד אחד ידע מוקדם ככל הניתן לגבי צפי לאירוע חריג, ומצד שני, יכולת לבחון תוך פרק זמן קצר אירוע שהתרחש, כגון היסחפות של אדם הרחק מהחוף, כדי להגיב במהרה. יכולות אלו דורשות מערכת חיזוי אופרטיבית אשר מבצעת אינטגרציה בין תחזית מטאורולוגית קצרת טווח לבין מודלים מתקדמים. בשנים האחרונות אנו עדים לאירועי מזג אוויר חריגים, ולאירועי פריחת אצות המהוות מפגע בריאותי לנופשים. דוגמה לאירוע חריג התרחשה במאי 2022 כאשר רוחות מזרחיות עזות הכו בכנרת וגרמו לגלים גבוהים באופן חריג באזור הטיילת בטבריה. התוצאה הייתה נזקים בשיעור מיליוני ₪. בנוסף, הכנרת נמצאת באזור רגיש לשינויי האקלים, הסובל מעלייה מתמשכת בטמפרטורת האוויר ועליה בתדירות ועוצמת אירועי אקלים חריגים. אירועים אקלימיים חריגים אלו, המתבטאים בהשתנות פיזור ועוצמת המשקעים, הובילו לשינוי המאזן הכימי והביולוגי בכנרת. שינוי זה עלול להיות הגורם המשפיע על תדירות הופעת פריחות רעילות. פריחות אשר מהוות איום לבריאות ורווחת האדם כאשר הן מתפשטות עם הזרמים ברחבי האגם ולחופים ועלולות להוות מפגע בריאותי לנופשים. על מנת לצמצם את ההשלכות של אירועים חריגים אלו, ואת השלכותיהן הכלכליות המשמעותיות, נדרשת מערכת אופרטיבית שתדע לחזות זרמי פני שטח וגלים מספר ימים קדימה וגם להתריע במקרה של צפי לאירוע מזג אוויר קיצוני שישפיע על האגם. מערכת החיזוי האופרטיבית, בפיתוח המעבדה לחקר הכנרת, תספק התרעות בזמן אמת. המערכת קולטת באופן שוטף ואוטומטי תחזית מטאורולוגית מהשירות המטאורולוגי בכל יום בשעה קבועה עבור 72 השעות העוקבות. מידע זה מועבר לסדרה של מודלים מתקדמים שונים אשר מנצלים את התחזית מטאורולוגית ומספקים תחזיות אגמיות כגון גובה גלים, זרמים בפני השטח ובעומק, ופיזור פריחות אצות.

המחקר עוסק בפיתוח מערכת אופרטיבית לכנרת, המשלבת תחזיות מטאורולוגיות ומודלים מתקדמים לחיזוי זרמים, גלים, ופיזור פריחות אצות. המחקר מספק כלי לניהול אירועי חירום, עם פוטנציאל להצלת חיים, צמצום נזקים כלכליים וניהול מיטבי של משאבי טבע. המחקר תורם לידע המדעי על יחסי הגומלין בין שינויי אקלים, תהליכים אגמיים, והשפעתם על בריאות הציבור והמערכת האקולוגית. שילוב הגישות החדשניות צפוי להרחיב את הבנתנו על מערכות אקולוגיות ולתרום להתמודדות המדינית עם אתגרי שינויי האקלים.

עתיד האקלים בישראל: מגמות ואירועי קיצון במאה ה-21

יצחק יוסף¹, אסף צפורי¹, איל אילוטוביץ¹, יצחק כרמונה¹, נועם חלפון¹, לינס אוזן¹, ענת בהר^{ד1}, אבנר פורשפן¹, יואב לוי¹, עמיר גבעתי¹

1. השירות המטאורולוגי

yosefy@ims.gov.il

מחקר זה מציג ניתוח מעמיק של מגמות אקלימיות נצפות וחזויות בישראל עד שנת 2100, תוך שימת דגש על אירועי קיצון, כולל טמפרטורות גבוהות, עומסי חום וכמויות גשם. הניתוח מתבסס על מערכי נתונים (יומיים ושעתיים) ממדידות מטאורולוגיות היסטוריות ומודלים אקלימיים המותאמים ספציפית לאזור ישראל, תוך בחינת תרחיש ההתחממות החמור (RCP8.5) בשישה אזורי אקלים שונים. המזרח התיכון, ובתוכו ישראל, הוא אזור רגיש במיוחד לשינויי אקלים. מאז תחילת שנות ה-90 של המאה ה-20, הטמפרטורה הממוצעת בישראל עלתה בקצב של 0.6 מ"צ/עשור, פי 3 מהממוצע העולמי. לצד עלייה זו ניכרת עלייה בתדירותם ובעוצמתם של אירועי קיצון, בהם ימים ולילות חמים מאוד, ירידה בימים ולילות קרים מאוד וכן גידול בגלי חום ובשיאי טמפרטורה. התחזיות מצביעות על כך שעד סוף המאה, הטמפרטורה הממוצעת בישראל תעלה בכ-3.5 מ"צ בהשוואה לממוצע עשרים השנים האחרונות. אירועי טמפרטורה קיצונית של 45 מ"צ ומעלה צפויים להיות תדירים פי חמישה כבר בעשורים הקרובים, בעוד שבאזורים כמו הערבה והבקעה, טמפרטורות של 50 מ"צ יהפכו כמעט שגרתיות, עם זמן חזרה ממוצע של שנתיים עד סוף המאה. עומסי החום צפויים להחריף באופן דרמטי, תוך מעבר של כל אזורי הארץ לשתי קטגוריות עומס חום גבוהות יותר במדרג עומס החום. תדירותם של אירועי עומס חום קיצוני צפויה לגדול פי 3 בעשורים הקרובים. במקביל, צפויה ירידה של 20%-25% בכמות המשקעים הממוצעת, לצד צמצום במספר ימי הגשם. עם זאת, עוצמות המשקעים בפרקי זמן קצרים ימשיכו לעלות, תוך העצמת הסיכון להצפות באזורי מישור החוף. ממצאי המחקר מדגישים את השלכות שינויי האקלים על מגוון רחב של תחומים, דוגמת חקלאות, אנרגיה, בריאות הציבור, ניהול משאבי מים, תשתיות קריטיות ועוד. הבנת המגמות ותכנון אסטרטגי מותאם נדרשים בדחיפות לשם התמודדות עם אתגרי האקלים הצפויים, ולהבטחת חוסנה של ישראל בעשורים הקרובים.

המחקר תורם להבנת מגמות שינויי האקלים בישראל, בדגש על אירועי קיצון לאורך המאה ה-21. ממצאיו מהווים נדבך חיוני לגיבוש מדיניות סביבתית, תכנון תשתיות, ניהול משאבי מים והיערכות לאירועי קיצון. המחקר מספק בסיס מדעי כמותי לקבלת החלטות מושכלות, המאפשר תכנון לטווח הבינוני והארוך ומשפיע על מגזרי משק רבים (בריאות, חקלאות, אנרגיה, צבא ובטחון ועוד). יישום הממצאים במדיניות הסביבתית יסייע לחיזוק עמידות המדינה בהתמודדות עם אתגרי האקלים.

שמירת טבע בבתי גידול לחים

שינוי משטר מפלסים כתוצאה משינוי האקלים והשלכותיו על האקולוגיה של אגמים ועל שרותי המערכת לתועלת האדם – אגם כנרת אור לגויים

אביטל גזית¹, תמר זוהרי²

1. אוניברסיטת תל אביב

2. חקר ימים ואגמים

avitalg@tauex.tau.ac.il

גופי מים אגמיים חווים שינויי מפלס שנתיים כתוצאה מהבדלים עונתיים בכמויות הגשמים. שינויים אלו גורמים להצפה ויבוש עונתיים של רצועה חופית ששטחה משתנה על פי טווח שינוי המפלס. כתוצאה משינוי האקלים המלווה בשינויים קיצוניים במשטר הגשמים, רצועת שינוי המפלסים מתרחבת. רצף שנים שחונות מרחיב את האזור היבש מעבר לטווח העונתי לתקופות ארוכות. הדבר מאפשר התבססות רב-שנתית של צמחייה חופית צפופה. אבנים וסלעים המאפיינים את אזור שינוי המפלסים נותרים מחוץ למים. המורכבות המבנית, הביוטית והאביוטי, פוחתת ואיתה קטן מגוון זמינות בתי הגידול בליטוראל (האזור הרדוד). תהליך זה מלווה בירידה משמעותית במגוון הביולוגי. גשמים עוצמתיים שבין חורפים שחונים מצמצמים את הרצועה היבשה ומשנים את מיקומו של הליטוראל. הצמחייה החופית האבנים והסלעים מוצפים ומגוון זמינות בתי הגידול גדלים ואיתם גדל המגוון הביולוגי בליטוראל. השינויים באזור הרדוד משליכים על תהליכים אקולוגיים באגם כולו. מבחינת שרותי המערכת לתועלת האדם, שינויי המפלס הרב-שנתיים פוגעים ביכולת ובנחוח לצל אזורים חופיים לקיט ונופש, פוגעים בנראות האגם לתושבי הישובים שלחופו ואף גורמים למטרדים סביבתיים. תופעות אלו הובילו במקרה של הכנרת לתביעה משפטית כנגד רשות המים. בעקבות מעורבותנו כיועצים לימנולוגיים הובהרה חשיבות המורכבות המבנית, ממקור ביזי ואביוטי לבריאות האגם. בהסתמך בנוסף על עקרון הזהירות המונעת, דחה בית המשפט את התביעה והצביע בכך על חשיבות שמירת הצמחייה החופית. ניתוח של תוצאות מחקר הליטוראל בכנרת מעל ל 35 שנים וסקר ספרות, הובילו לתובנה שיש להבחין בין שינויי מפלס עונתיים, בהם המפלס השנתי הממוצע נשאר יציב לבין שינויי משטר מפלסים רב-שנתיים בהם המפלס השנתי הממוצע משתנה. ההבנה של השפעת האקלים על התהליכים הלימנולוגיים הנ"ל מסייעת בהבנת של השפעות אקולוגיות מפליות שבין התהליכים החופיים לבין שאר האגם. מנקודת ראות של תועלת לאדם (שרותי המערכת האקולוגית) לשינויי משטר המפלסים השפעה מכרעת. עם התחזקות שינוי האקלים, טווח השינוי הרב שנתי של משטר המפלסים יגדל והשפעותיו המזיקות לשרותי המערכת יגברו. גם אגמים שהיו עד כה יציבים, יחוו שינוי משטר מפלסים שיחייב התאמה של ממשק האגמים.

המחקר מצביע לראשונה בארץ ובעולם על חשיבות האבחנה הפונקציונאלית שבין שינויי מפלס עונתיים לבין שינויי משטר מפלסים רב-שנתי. האבחנה הזו משפיעה על קבלת החלטות ממשקיות של ניהול ובקרת מפלסים באגמים והצורך בהתייחסות אגנית לניהול ובקרת משק המים בתנאי קיצון המוכתבים משינוי האקלים. ניצול תועלת לאדם (שרותי המערכת האקולוגית) יחייבו

הוועידה השנתית ה-53
למדע ולסביבה



פשרות מצד החברה שכן התהליכים האקולוגיים המדוברים משפיעים באופן מכריע על הבריאות האקולוגית של מערכת האגם ובכך אינם ברי פשרה.

סקר בריכות חורף באגן ניקוז נחל הירקון

הילה גיל¹, שרה אוחיון², מיכל שורק³

1. מכון דש"א
2. מתחת למים ישראל, אקולוגיה ימית ואקווטית
3. רשות ניקוז ונחלים ירקון

hillagi@post.bgu.ac.il

רקע: בריכות חורף הן בתי גידול לחים עונתיים המהווים מוקד מגוון ביולוגי ייחודי. במאה השנים האחרונות נעלמו רוב בריכות החורף במישור החוף כתוצאה מפיתוח וחקלאות. לצד פעילות לשיקום בריכות, קיימים אתגרים משמעותיים בניהולן ובשימור המגוון הביולוגי בהן. מטרת המחקר: אפיון הידרו-ביולוגי של בריכות החורף באגן ניקוז הירקון. גיבוש המלצות מבוססות ידע לשימור ושיקום בריכות חורף וערכי הטבע הקשורים בהן. שיטות: במהלך מרץ-מאי 2024, נערך סקר שטח ל-34 בריכות חורף באגן ניקוז הירקון, ע"י שרה אוחיון ומכון דש"א, עבור רשות ניקוז ירקון. בוצעו מדידות איכות מים, דיגום חסרי חוליות ודו-חיים, וצמחים. המידע נותח בהשוואה לנתוני עבר מ-2010. תוצאות: 31 מתוך 34 הבריכות הכילו מים בעת הדיגום הראשון, אך רק 7 שפרו על מים עד הדיגום השני. בסקר אותרו 8 בריכות חדשות ו-3 ותיקות שעברו שיקום. בסקר נמצאו מיני דו-חיים וסרטנים ייחודיים, בהם מינים בסכנת הכחדה באתרים שלא היו ידועים בעבר, דבר המדגיש את חשיבות מעקב מתמשך. דיון: על אף מאמצי השיקום, חוסר בתוכניות אקולוגיות מסודרות ובניטור ארוך טווח פוגע בהערכת הצלחת השיקום. נתונים מהסקר מראים ירידה בהיקף המגוון הביולוגי, אך גם פוטנציאל לשיקום בריכות החורף ולשימור מינים ייחודיים. מסקנות: יש להגדיר יעדים אקולוגיים לשיקום, לתעד פעולות שיקום ולבצע ניטור מתמשך. המידע שנאסף תומך בפיתוח אסטרטגיות לשימור ושיקום בריכות החורף באגן הירקון.

המידע שנאסף תומך בפיתוח אסטרטגיות לשימור ושיקום בריכות החורף באגן הירקון

תפוצת חסרי חוליות זרים בנחלי ישראל: תמונת מצב עדכנית

ירון הרשקוביץ¹, אביטל כ"ץ¹

1. אוניברסיטת תל אביב

yaronhe@tauex.tau.ac.il

רקע: מערכות אקולוגיות של מים מתוקים מתמודדות עם שינויים משמעותיים הנגרמים מפעילות אנתרופוגנית, כגון זיהום, ניקוז, סכירה ושינויי אקלים. גורם נוסף הפוגע במערכות אלו הוא חדירה של מינים פולשים-זרים, המתחרים עם מינים מקומיים על משאבים ומשפיעים על המגוון הביולוגי ותפקודי המערכת. אף על פי שמדובר באתגר משמעותי, המידע הקיים על מינים פולשים במערכות נחלים בישראל מועט, ומתמקד בעיקר בדגים ובצומח. שיטות: במסגרת ניטור ביולוגי נרחב, נאספו למעלה מ-1,000 דגימות של חסרי חוליות גדולים בכ-100 נחלים בישראל. הדגימות נאספו באמצעות רשת יד עם גודל נקבים של 400 מיקרון, לאורך מקטע נחל באורך כ-100 מטרים, ושומרו באתנול (70%) להמשך מיון והגדרה טקסונומית. המינים הזרים זוהו בכל דגימה והוערכה צפיפותם. תוצאות: זוהו למעלה מ-20 מינים פולשים של חסרי חוליות, ובהם הידרתיים (1), תולעים רב-זיפיות (1), עלוקות (1), חלזונות (10), צדפות (1) וסרטנים (8). מינים פולשים תועדו ב-70% מהנחלים, ובחלקם נמצאו עד שישה מינים פולשים באותו מקטע. המין הפולש הנפוץ ביותר היה החילזון *Physella acuta*, שנמצא בכל עשרת האגנים וביותר ממחצית מהדגימות. החילזון האמריקאי *Pyrgophorus coronatus*, שתועד לראשונה בישראל ב-2010, נצפה כיום ב-70% מהאגנים, לעיתים בצפיפות העולה על 10,000 פרטים למ"ר. מין נוסף של חילזון, *Mieniplotia scabra*, שמקורו במזרח הרחוק, נצפה במספרים גבוהים בנחלים מרכזיים, כגון הירקון, הקישון והחרוד. דיון: היקף נרחב זה של מינים פולשים מדגיש את השפעתם הפוטנציאלית על מערכות מים מתוקים בישראל. דרכי חדירתם כוללות פעילות אנושית כגון ריקון תכולת אקווריומים, נשיאת "טרמפיסטים" על צמחים, והזרמת מי נטל מאוניות. חלק מהמינים עשויים להתפשט באופן טבעי על ידי בעלי חיים נודדים. השפעותיהם האקולוגיות אינן מובנות במלואן, אך קיימת סבירות גבוהה כי הם גורמים לפגיעה במינים מקומיים ואף משנים את תפקוד המערכת האקולוגית כולה. מסקנות: המחקר מדגיש את הצורך בפיתוח חקיקה מונעת, מנגנוני ניטור מתקדמים, ומתודולוגיות לבקרה ומניעה של חדירת מינים פולשים. נדרשים מאמצים משולבים ברמה הלאומית והבינלאומית לשמירה על מערכות המים המתוקים מפני השפעותיהם השליליות.

השלב הראשון בכל יישום מדיניות סביבתית הוא איסוף ועיבוד המידע למקבלי ההחלטות וגזירת תוכנית פעולה בשלבים. ממצאי עבודה זו מצביעים על הצורך הדחוף בהתמודדות לאומית עם בעיית המינים הפולשים אשר מהווה איום נוסף על מערכות הנחלים הפגועות ומאיומות גם כן. יישום תוכנית פעולה למיגור מינים זרים יכול להכלל למשל במסגרת הפעולות של התוכנית האסטרטגית לנחלים.

טמפרטורות גבוהות כגורם להאצת דעיכת פריחות ציאנובקטריה: תובנות משיטות חישוביות וניסויי מעבדה

עודד לירן¹, אלי שמש², תמר זהרי¹, אסף סוקניק¹, דן צ'רנוב²

1. חקר ימים ואגמים

2. אוניברסיטת חיפה

oded.liran@ocean.org.il

ההתחממות הגלובלית מובילה לפריחת אצות וציאנובקטריה בגופי מים יבשתיים ובאוקיינוסים, פריחות שתדירותן ועוצמתן גוברת במהלך השנים. פריחות של ציאנובקטריה מאיימות על איכות המים ועל האיזון האקולוגי של אגמים. מחקרים רבים מתמקדים בתהליכי היווצרות הפריחות, ואילו תהליכי דעיכתן והתפרקותן מובנים פחות, למרות חשיבותם להתאוששות המערכת האקולוגית ולשמירה על יציבותה. במחקר זה נותחו סדרות נתונים היסטוריות מתוכנית הניטור ארוכת הטווח של אגם הכנרת, במטרה לזהות דפוסים המקשרים בין גורמי סביבה לדינמיקה של פריחת הציאנובקטריה מייצרות הרעלנים *Microcystis aeruginosa*. לצורך המחקר נעשה שימוש בטכניקות מדעי הנתונים ואילו התגלו כיעילות ביותר בזיהוי קשרים משמעותיים בין צפיפות תאי הציאנובקטריה בשלב דעיכת הפריחה לבין המשתנים הסביבתיים. באופן מפתיע, נמצא כי טמפרטורות גבוהות, אשר נחשבות לרוב כמקדמות גדילה של פיטופלנקטון, קשורות דווקא להאצה בקצב התפרקות פריחות הציאנובקטריה בכנרת. כדי לאמת את ממצאי ניתוח הנתונים, ערכנו ניסויי מעבדה שבהם השוינו את תגובות המערכת הפוטוסינתטית של *aeruginosa* שבודדה מהכינרת לזן הרפרנס *aeruginosa* PCC7806. שני הזנים גודלו בטמפרטורה של 20 מעלות צלזיוס, שהיא הטמפרטורה הממוצעת בעת פריחות הזן המקומי, ונחשפו לטמפרטורות גבוהות יותר באופן מדורג ובאופן מהיר. המאזן האנרגטי נבחן באמצעות מעקב אחר שטפי הנשימה והפוטוסינתזה, שנמדדו במקביל בזמן אמת באמצעות ספקטרומטר מסות. קצבי חמצון וחיזור של קומפלקסים פוטוסינתטיים נמדדו באמצעות ספקטרופוטומטר פלט-קלט. תחת התאקלמות מדורגת, שני הזנים הפגינו קצב גידול דומה. לעומת זאת, חשיפה לעקת חום פתאומית גרמה להפחתה בקצב התהליכים הפוטוסינתטיים בזן המקומי, שפגעה ביכולתו להתמודד עם החום. ממצאים אלו תומכים בניחות המידע ההיסטורי ומעידים כי הפיזיולוגיה הייחודית של הזן מהכנרת מובילה לדעיכת הפריחה שלו עם העלייה בטמפרטורה. תובנות אלו עשויות לסייע בהבנת מנגנוני דעיכת הפריחות ולהציע פתרונות לצמצום פריחות אצות מזיקות וציאנובקטריה רעילות באגם הכינרת ובעולם.

המחקר מספק תובנות חדשות על מנגנוני דעיכת פריחות ציאנובקטריה (*Microcystis aeruginosa* כמודל) תוך הדגשת הקשרים בין משתנים סביבתיים לפעילות פוטוסינתטית. הממצאים תורמים לפיתוח כלים לחיזוי וניהול פריחות, שיפור איכות מי השתייה וצמצום נוכחות רעלנים מסוכנים במים. היישום בישראל כולל ניטור מבוסס טמפרטורה, הנחיות לניהול עומסי חום ופיתוח פתרונות ביוטכנולוגיים לצמצום פריחות, התומכים בניהול מקורות מים ברי-קיימא.

סקר נחל הקישון בראי שינויי האקלים

עפרי גבאי¹, עידן שפירא¹, הילה אברהם¹, יוני גביש², גל דרור¹, יותם לנרד¹, הדס רייזר¹

1. ליג"מ פרוייקטים בע"מ

2. מדע. נתונים. סביבה. פתרונות סטטיסטיים ואקולוגיים

ofrig@lygm.co.il

חל הקישון סבל לאורך השנים מזיהומים ומהפרעות רבות ובשנים האחרונות מתנהלים מאמצים לשיקומו. מאמצים אלה מלווים בניטור וסקרים כבסיס לממשק אדפטיבי. הצורך בניטור מקבל משנה תוקף לאור תהליכי שינויי האקלים המשפיעים על המערכת האקולוגית במגוון דרכים. רשות נחל הקישון ביצעה סקר אקולוגי שמציג תמונת מצב עכשווית של נחל הקישון, בנוסף לניתוח חדשני לבחינת הזיקה בין הנתונים הביוטיים לרכיבים פיזיים והידרולוגיים של הנחל המושפעים משינויי האקלים. הבנת הקשר ביניהם יכולה לשמש להערכת השפעות שינויי האקלים על הגורמים הביוטיים של הנחל. הסקר התבצע על מקטע הקישון שבין תל קשיש לשפך וכלל גם את נחל גדורה. לכל אורך המקטע נדגמו 54 מקטעי דיגום באורך 50 מ' הנמצאים במרחק 500 מ' זה מזה. בכל מקטע דיגום נאספו נתונים על שימושי השטח הגובלים, שיפועי הגדות, אחוזי הצפת הגדות בהסתברויות של 1% ו-10%, אחוזי הכיסוי של מיני הצמחים הדומיננטיים, תוך אפיונם לצורות החיים, זיקה למים או לבתי גידול מופרים, ומיני העופות והצמחים שנמצאו בו. ניתוח הנתונים העלה כי ככל שחלק גדול יותר מהגדות נמצא בפשט הצפה בהסתברות 10%, עלה עושר מיני הצמחים ההידרופיליים וכן אחוז הכיסוי של צמחים מעוצים. עליה באחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס קשורה בירידה בעושר מיני הצמחים, ובעיקר בעושר מיני הצמחים העשבוניים החד-שנתיים, יחד עם עליה בעושר מיני הצמחים הזרים והפולשים. עושר מיני הצמחים הנדירים או בסכנת הכחדה ירד באופן מובהק עם העלייה במידת ההפרה של השטח. עושר מיני העופות ירד עם העלייה באחוז הכיסוי של פשט הצפה 10% ועלה באופן מובהק ככל שגדל אחוז השטח הגובל המשמש לחקלאות. מגמות אלה נראו גם כשנבחנו בנפרד עבור עופות בעלי זיקה למים. ניתוח זה יכול ללמד על מגמות השתנות בהרכבי החי והצומח בנחל בתרחיש עתידי של עליה בתדירות ההצפות הצפוי עם שינויי האקלים. כך למשל, עליה בגודל השטח שנמצא בפשט הצפה בהסתברות 10% עשויה להביא לעליה בנוכחות מינים הידרופיליים וכן באחוז הכיסוי של צמחים מעוצים. הניתוח יכול לסייע בתכנון פעולות להערכת לשינויים הצפויים.

לראשונה שנערך ניתוח סטטיסטי בשיטות מתקדמות למציאת הקשרים בין הרכיבים הפיזיים לאקולוגיה של הנחל. הבנה זו יכולה לסייע בהבנת השפעות שינויי האקלים על המערכת האקולוגית בנחל, ובכך לתמוך בתכנון פעולות עתידיות המכוונות לשימור החי והצומח בסביבת הנחל.

סרטן הנהרות המשוּיֵש בישראל: אקולוגיה טרופית של מין פולש פרתנוגנטי

רותם מור¹, אורן קולודני¹, תמר גיא-חיים²

1. האוניברסיטה העברית

2. חקר ימים ואגמים

rotem.mor1@mail.huji.ac.il

סרטן הנהרות המשוּיֵש *Procambarus virginalis* הוא מעשיר רגל שחי במים מתוקים אשר במהלך העשורים האחרונים פלש וביסס אוכלוסיות במאות אתרים ברחבי אירופה, צפון אמריקה, אפריקה, אסיה ובשנים האחרונות גם במספר אתרים בישראל. פלישות אלו מעוררות חשש למערכות האקולוגיות המימיות הרגישות של ישראל. מטרת המחקר היא לבחון את השפעת סרטן הנהרות המשוּיֵש על מארג המזון באתרים אליו פלש בישראל. בשונה ממחקרים דומים שנעשו באירופה, בתי הגידול אותם אנחנו בחנו הינם עונתיים או מתייבשים חלקית בעקבות פעילות בני אדם, והינם חמים יותר מאלו שנבחנו בעבר. בנוסף, בבתי גידול אלו אין דגים שהם טורפים טבעיים לסרטני נהרות ואין סרטני נהרות מקומיים, כך שקשה יותר לנבא איזו נישה טרופית תיתפס ע"י סרטן הנהרות המשוּיֵש. כדי לאמוד את ההשפעה על מארג המזון, ביצענו ניסויי תזונה במעבדה ואנליזת איזוטופים יציבים של הסרטנים הפולשים ושל רכיבים ביוטיים נוספים בשלושה אתרים: בריכת צאנן ובריכת מקורות שבנחל גוברין, ועין משוטטים ליד חיפה. נאספו דגימות בעונות שונות, על מנת לקבוע ולהשוות את הרמה הטרופית, הנישה האיזוטופית ומקורות המזון העיקריים בין האתרים השונים, בין עונות שונות ובשלבי התפתחות שונים של הסרטנים. האנליזה הראתה כי סרטן הנהרות המשוּיֵש הינו אומניבור. מקורות המזון העיקריים היו שונים בין האתרים וכללו חלזונות, חרקים וראשנים, עלים ופריפוטון. האנליזה האיזוטופית הצביעה על כך שסרטנים צעירים הם מקור מזון אפשרי עבור הבוגרים. אפקט אונתוגנטי נצפה בעין משוטטים, אך לא בשני האתרים האחרים. הרמה טרופית של הסרטנים בבריכת צאנן היתה נמוכה יותר מאשר בשני האתרים האחרים. ניסויי התזונה הראו כי בוגרים עשויים לטרוף את הצעירים שאורכם קטן מ-1.5 ס"מ, בייחוד כאשר ניתנת להם תזונה צמחית עניה. השונות הגבוהה ברמה ובגודל הנישה הטרופית בין האתרים ובעונות השונות מעידה על התאמתו של סרטן הנהרות משויש למגוון גדול של מקורות מזון צמחיים ואנימליים, בהתאם לזמינותם בבית הגידול. התפשטותו של מין זה ושל מיני סרטני נהרות פולשים אחרים בישראל מהווה איום על מארג המזון במערכות האקולוגיות המימיות.

לסרטן הנהרות המשוּיֵש פוטנציאל פלישה רחב, וסביר כי הוא מין מהנדס סביבה. מלבד שני מאמרים שדיווחו על הפלישה, זה המחקר הראשון שנעשה בארץ שחוקר את השפעתה על המערכת האקולוגית. המחקר יכול לתרום לניהול פלישות ביולוגיות ולניטור ופיקוח על אתרים שעשויים להיות רגישים לפלישה של סרטן הנהרות המשוּיֵש. כמו כן למחקר ערך ציבורי בהגברת המודעות להשפעת מינים פולשים על מערכות אקולוגיות מקומיות.