



# שירותי המערכת האקולוגית של הצומח המעוצה בגדות הנחל והאמצעים להרחבתם

אביב אבישר<sup>1,2\*</sup> | דנה גינור<sup>1</sup> | לירון ישראלי<sup>2</sup> | אורי רמון<sup>1</sup> | אורה משה<sup>3</sup>

- 1 מכון דש"א, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב
  - 2 בית הספר לזואולוגיה, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל אביב
  - 3 התחנה לחקר הסחף, החטיבה לניהול משאבי סביבה, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
- \* Avivavis@mail.tau.ac.il

אנושיות (Zaimes, 2020). השפעות האדם על הצומח המעוצה בגדת הנחל והדרכים למיתונן יידונו בחלקו השני של המאמר, שיכלול גם עקרונות לשיקום רצועות הצומח המעוצה באופן שירחיב את שירותי המערכת האקולוגית שהן מספקות לאדם.

## שירותי מערכת אקולוגית של צומח מעוצה בגדת הנחל

### אחזקת קרקע

אחוז כיסוי הצומח הוא אחד האלמנטים החשובים בקביעת מידת סחיפת הקרקע (Rein et al., 2007). ההחזקה המכנית של מערכת השורשים והתמיכה בפאונת הקרקע משפרות את מבנה הקרקע ומצמצמות סחיפת קרקע גם בשכבות העליונות וגם בתת-הקרקע (Swanson et al., 1989). נוסף על כך, האנרגיה המכנית של טיפות הגשם נבלמת על ידי הצמחייה ומקטינה את הפגיעה בקרקע החשופה. כך שומרת הצמחייה על מבנה הקרקע ומונעת את סחיפתה (Eshel et al., 2015). כמו כן, כיוון שהצמחייה היא אלמנט מחוספס הלוכד עליו את טיפות הגשם, היא

מערכות אקולוגיות של נחלים מאופיינות בתהליכים ביוגאוכימיים מורכבים (Liu et al., 2017) ובמגוון ביולוגי עשיר וייחודי (Tonkin et al., 2017; Vidal-Abarca et al., 2020). נחלים באזורים ים תיכוניים מספקים שירותי מערכת אקולוגית חיוניים, כגון החזקת קרקע, סינון מזהמים, מיתון נגר, הגדלת יציבות הגדה, שמירה על הצורה והמבנה של הערוץ, יצירת מיקרו-אקלים קריר ושירותי תרבות שונים. שירותים אלה מגינים על הסביבה ותומכים באוכלוסייה המצטופכת (Urbanic et al., 2022), והם מגוונים במיוחד ברצועת הצומח בגדת הנחל ביחס לשטחה המצומצם (Gonzalez et al., 2017; Urbanic et al., 2022). נוסף על כך, רצועת הצומח מהווה בית גידול מורכב התומך במגוון הביולוגי, וציר פתוח רציף במרחב מפותח. החלק הראשון של המאמר עוסק בשירותי המערכת האקולוגית שרצועת הצומח בגדת הנחל מספקת, בדגש על צומח מעוצה (עצים, שיחים, בני-שיח וצמחים רב-שנתיים אחרים בעלי גבעול מעוצה). למרות חשיבותן, על המערכות האקולוגיות של נחלים בישראל פועלים לחצים אנושיים כבדים המשפיעים על תפקודן, ומשנים את הרכב הצומח הגדל בהן. המבנה הגאומטרי הצר ושטח הפנים הרחב שלהן הופכים את מערכות הנחלים לרגישות במיוחד להשפעות

משהה את הנגר ומעודדת את חלחולו. כך מצמצמת הצמחייה את כמות הנגר העילי הגורם לסחיפת קרקע, מאיטה את מהירות הזרימה של הנגר שנוצר, ומעודדת את שקיעת הקרקע שנסחפה (Rein, 2007).

### סינון מזהמים

קרקע המוסעת מאזורים עירוניים, מתועשים או מסביבות חקלאיות, סופחת אליה מזהמים שונים, חומרי הדברה ודשנים, השוקעים בנחל ומזהמים אותו (Schwarzenbach et al., 2010). כימיקלים אלה משפיעים על הביוכימיה של גדות הנחל ועל המערכת האקוויטית כולה (Topaz et al., 2018). בהיותה חיץ פיזיקלי וביולוגי, רצועת הצומח משמשת מסנן טבעי הלוכד ומשקע קרקע וחומרי דשן והדברה הספוחים אליה. כושר הסינון של הקרקע תלוי בהרכב הצמחייה ברצועה, והוא יכול לנוע בין 34%-ל-85% (Pan et al., 2018). לרצועת הצומח המעוצה יש כושר סינון גבוה של חומרי דשן והדברה בשיעורים שנעים בין 10%-ל-100%. צפיפות הצמחייה משפיעה על יעילות הסינון אף יותר מרוחב הרצועה (Prosser et al., 2020). רצועות צומח מעוצה שנשר עצי מרובד עליהן הן גם סנן ביולוגי המורכב מחברות חיידקים המתמחות בפירוק חנקן (Parkyn, 2004). צמחים סופגים את חומרי ההזנה ומקבעים אותם ברקמותיהם, ועצים צעירים, שיחים ועשבים יעילים במיוחד בקליטה חומרי הזנה מהסביבה ובקיבועם בטרם הגיעם לאפיק (Lowrance, 1997). איכות הסינון מושפעת מהרכב הצומח (משה, 2019; Naiman and Decamps, 1997), ולרצועות צומח מעוצה יש יתרון בניקוי חומרי דשן מומסים כניטרט, אמוניה וזרחן. התרכובות הכימיות האלה מומסות במים, מחלחלות לעומק הקרקע, ונצרכות שם על ידי שורשי העומק של הצומח המעוצה (Fennessy and Cronk, 1997; Parkyn, 2004; Jiang et al., 2020).

### מיתון נגר

מבנה רצועת הצומח והרכבה משפיעים על איכות שירותי הוויסות שהן מספקות (Dollinger et al., 2019). צומח מעוצה על שורשיו העבותים משפר את כושר החידור של המים לעומק קרקע, ובכך מפחית את כמות הנגר העילי (Basche and DeLonge, 2019). ככל שהצומח צפוף יותר, הוא מגדיל את החיכוך של המשטח עם הנגר הזורם, וכך מפחית את עוצמת הזרימה בערוץ (Cole et al., 2020).

### הגדלת יציבות הגדה ושמירה על מבנה הערוץ

עצים ושיחים מאיטים את זרימת הנגר בערוץ, ומעודדים שקיעה של חלקיקי קרקע. כך הם משפרים תהליכים הידרו-גאומורפולוגיים שקובעים את המבנה והיציבות של הגדות, את העומק והרוחב של האפיק, את היווצרותם של נפתולים ושרטונות ואת רוחב השטח הרטוב באפיק ובגדות

### יצירת מיקרו-אקלים ממוזג

חופת הצומח מפחיתה את קרינת השמש, כמות המשקעים ומהירות הרוח בקרבת הקרקע, ויוצרת תנאי חום ולחות מקומיים תחתיה. לצפיפות העצים ולסידור העלווה, כלומר לאופן שקרינת השמש עוברת דרך הצמרות, יש השפעה על המיקרו-אקלים בתוך היער (Moore et al., 2005), כך שבתוך היער נוצר מיקרו-אקלים קריר יותר המשפיע על טמפרטורת המים בנחל החוצה אותו (Rykken et al., 2007). הסביבה הקרה והלחה מאפשרות מפלט לצמחים ובעלי חיים, ומסייעות להם לשרוד תקופות בצורת (Naiman and Decamps, 1997).

### נופש בחיק הטבע

רצועות צומח מעוצה מוצלות לצד הנחל מספקות שירותי תרבות שונים למבקרים, ובפרט שירותי טיילות ונופש. לתועלת הטמונה בנופש בחיק הטבע יש מקום מרכזי בתורת ניהול היער החדשה של קק"ל (אסם ושות', 2014). על פי מודל שפותח להערכת הערכיות של שטחים פתוחים בישראל לנופש (אמדור ושות', 2017), צמחייה היוצרת צל היא גורם משיכה עיקרי לנופשים בישראל. לכן, חורשים ויערות דורגו כשטחים בעלי ערכיות גבוהה לנופש. מקורות מים מהווים נקודות עניין בעלות השפעה רבה על ערכיות הנופש של שטח פתוח. השילוב בין מקורות מים וצומח גדות מצל נתפס על ידי המטייל הישראלי כשטח מועדף לנופש. מעיינות, נחלים, גשרים ואתרי צפרות צמודי מים מהווים מוקדי עניין שעשויים לעודד פעילות גופנית (פלאוט ושות', 2015). במחקר שנערך בספרד נמצא כי בהשוואה לשימושי קרקע אחרים, יערות בגדות הנחל סיפקו במידה הרבה ביותר שירותי ספורט, חינוך ופנאי באגן הנחל (Felipe-Lucia et al., 2014).

### יצירת בתי גידול חדשים ותמיכה במגוון ביולוגי

חלקי הצומח המעוצה הטבולים במים (שורשים וענפים) מגדילים את המורכבות המבנית של האפיק, יוצרים בתי גידול מגוונים לאוכלוסיות האורגניזמים החיות בנחל, ומהווים מקלט לפרטים צעירים (Van Looy et al., 2017; de Sosa et al., 2018). צמחיית הגדות שומרת על לחות הקרקע ויוצרת מיקרו-אקלים למגוון צמחים, בעלי חיים ומיקרואורגניזמים. הנשר האורגני מהעצים המצטבר על הגדות והאפיק מהווה מקור מזון לאוכלוסיות של מפרקים ומיקרואורגניזמים שונים

(פרידמן ושות', 2022). בנחלי אכזב החוצים את העמקים יתפתחו עצי שיזף מצוי (*Ziziphus spina-christi*), אלה אטלנטית (*Pistacia atlantica*) ולפעמים גם אלון התבור (*Quercus ithaburensis*), בהתאמה לצומח סביב לנחל (שפירא ושות', 2019).

### השפעות האדם על חברת הצומח בנחל

נוסף למשתני הסביבה הטבעיים, את צומח הנחל הים תיכוני בישראל מעצבים שני כוחות נוספים, חדשים יותר: (א) שינוי האקלים, המתבטא בתקופות יובש ממושכות ובאירועי גשם קיצוניים (גבעתי וטל, 2017; יוסף ושות', 2019; זיו ושות', 2021). באגן המזרחי של הים התיכון, המתחמם בקצב מהיר, הנחלים מאוימים במיוחד, ואחוז הכיסוי הצמחי בהם צפוי לרדת בשל תהליכי ההתייבשות (Pacheco, 2016); (ב) גידול אוכלוסין מהיר, המגדיל את הלחץ על הנחלים בשלל דרכים, ובין השאר גם מגדיל את הצורך להפנות את מרב השימוש בקרקע לטובת בינוי או חקלאות. שטחו של הנחל, שבאופן טבעי כולל נפתלים רחבים, פשטי הצפה המתמלאים בחורף ורצועות צומח עבותות – מוסדר ומוצר. פעמים רבות נפתולי הנחל מיושרים, והנחל מועמק והופך לתעלת ניקוז תלולה ועמוקה (אבישר ושות', 2022). התבססות טבעית של צומח בגדות נחלים מתאפשרת כאשר רצועת הנחל רחבה, וכשגדות הנחל מתונות ומשמרות משרע לחות רחב. בתום עבודות ההסדרה מתקבלת גדת נחל תלולה ויובשנית. הסדרה בדפוס זה מחייבת תחזוקה מתמדת ויקרה, הפוגעת בהתפתחות הצומח הטבעי ומעודדת התבססות של צומחים פולשים, כגון קיקיון מצוי (*Ricinus communis*) ופרקינסוניה שיכנית (*Parkinsonia aculeata*) (להב ורמון, 2005; רמון ושות', 2005; פרלברג ושות' 2010, 2012).

נוסף על כך, לאורך נחלי ישראל ניטעו לאורך השנים שדרות עצים שאינם מקומיים, לרוב מהסוג איקליפטוס, שזרעיו יוצרים בחלק מהמקרים עומדים צפופים לאורך הגדה. תהליך הפירוק והמחזור של נשר האיקליפטוס, העשיר בליגיני ובשמנים אתרים, איטי במיוחד, וחברת המפרקים הטבעית המותאמת לפירוקו אינה נוכחת מחוץ לארץ מוצאו, אוסטרליה (אשכולי, 2008; אבישר ושות', 2023). משום שהחומר האורגני אינו מתפרק, הוא מצטבר מתחת לחופת העצים במים ומשפיע לרעה על ריכוז החמצן, על איכות המים ועל חברת חסרי החוליות (גזית, 2021). נוסף על כך, לשכבת הנשר האורגני המצטברת מתחת לאיקליפטוסים ולעצים נוספים יש אפקט אלולופתי, המונע נביטה אפקטיבית של תת-יער (Patnaik, 2000; Niakan et al., 2009), דבר המקטין עוד יותר את כמות השורשים האחוזים בקרקע, ומגדיל את סכנת הסחיפה של הקרקע וחשיפת השורשים (אורי מורן, מידע בע"פ). לסוג איקליפטוס יש השפעה

ולחסרי חוליות רבים, כמו בריומאים, גדותאים או חיפושיות הניזונות מחלקי עץ של מינים רחבי עלים (Covich et al., 1999). מאחר שנחלים הם ישויות לינאריות ארוכות, הם מהווים מסדרון אקולוגי אורכי פתוח וארוך, ולכן, רצועות צומח מפותחות שהמגוון הביולוגי בהן גדול, מגדילות את הקישוריות המרחבית (Bentrop and Kellerman, 2004). לנוכחות עצים ברצועת הצומח יש השפעה גם על תפקוד המערכות האקולוגיות הסמוכות אליה (Naiman et al., 1997; Sabater et al., 2000), למשל, כשהם תומכים בחברות של טורפים המווסתים מזיקים באזורים חקלאיים (שוורץ ושות', 2018).

לסיכום, רצועות צומח לצד הנחל ככלל, ורצועות צומח מעוצה בפרט, הן ספקיות חשובות של שירותי מערכת אקולוגית החיוניים לאדם, בייחוד בישראל הצפופה והיובשנית. עם זאת, להרכב המינים ולמבנה הצומח המעוצה בגדת הנחל יש השפעה משמעותית על תפקודה של רצועת הצומח ועל יכולתה לספק את השירותים הנדרשים.

## הרכב חברת הצומח בגדת הנחל בישראל והלחצים הפועלים עליה

### חברת הצומח המעוצה הטבעית בגדת הנחל הים תיכוני בישראל

הרכב חברת הצומח המעוצה הטבעית בגדת הנחל באזור הים תיכוני של ישראל מושפע מאופי הנחל (איתן, עונת, אכזב, שיטפוני), מסוג הקרקע, מהאקלים וממשתנים אקולוגיים נוספים. למשל, בנחלי האיתן בגליל העליון ובחלקים מהגליל התחתון והמערבי המשופעים במשקעים, מתפתח יער גדות שופע של דולב מזרחי (*Platanus orientalis*), ערבה (*Salix sp.*) ומילה סורית (*Fraxinus syriaca*) (פרלברג ושות', 2018; שניצר ושות', 2022). באזורי קרקעות עמוקות בנחלי האיתן במישור החוף והעמקים יתפתחו בעיקר מיני ערבה ואשל (*Tamarix sp.*) (טלמון ושות', 2019). עם התמעטות המשקעים לאורך המפל צפון-דרום תשתנה גם חברת הצומח לטובת דומיננטיות של סבך שיחים וחישת קנים, בשליטה של קנה מצוי (*Phragmites australis*), עבקנה שכיח (*Arundo donax*) ופטל קדוש (*Rubus sanguineus*), ומיעוט עצים (אלון, 1990). בערוצי נחלי אכזב המהווים "בית גידול משופר" מבחינת זמינות המים, יתפתחו עצים ושיחים האופייניים למערכת האקולוגית העוטפת את הנחל, שאינם נמנים על חברת צומח הנחלים. למשל, בנחל אכזב החוצה חורש ים תיכוני יתפתחו בערוץ עצים כמו אלון מצוי (*Quercus calliprinos*) ואלה ארץ-ישראלית (*Pistacia palaestina*), ושיחים כמו אשחר ארץ-ישראלי (*Rhamnus lycioides*) וער אציל (*Laurus nobilis*)

- נוספת וייחודית לו. בשמן האתרי בודדו מעל ל-70 תרכובות כימיות, שרובן יציבות מאוד והידרופוביות (Boon and Johnstone, 1997; Lis-Balchin et al., 1998), כך שהחומר האורגני המצטבר מתחת לעץ יוצר שכבה אטימה ובלתי חדירה למים (אבישר ושות', 2023). בעקבות זאת, פחות מים מחלחים לתת-הקרקע, ויותר מים מוסעים בנגר עילי ומעצימים את סחיפת הקרקע אל הנחל.

### כיצד ניתן לשקם את רצועת הצומח המעוצה בגדות הנחל?

- לסיכום, לרצועות צומח בכלל, ולרצועות צומח מעוצה בגדות הנחל מהווה מסננת פיזיקלית וכימית למזהמים ממקורות מתועשים, עירוניים וחקלאיים, מווסתת שיטפונות, משפרת את איכות המים בנחל, מגדילה את יציבות הגדה, ושומרת על מורפולוגיית הערוץ. רצועות צומח מעוצה גם ממתנות את טמפרטורת הסביבה, משפרות את החוסן האקלימי של סביבתן, מגדילות את המורכבות המבנית של בית הגידול, מחזקות את מארג המזון, ותומכות במגוון הביולוגי המקומי. רצועות מוצלות לאורך הנחלים מעניקות שירותי תרבות לאוכלוסייה המצטופפת, ומשפרות את חוסנה הפיזי והנפשי. עם זאת, רבות מרצועות הצומח לאורך הנחלים בישראל פגועות עקב נטיעת עצים זרים ופעילות האדם. כדי ליהנות מכל שירותי המערכת האקולוגית שרצועות צומח מעוצה בגדות הנחלים מציעות, עלינו לשקמן וליצור רצועות צומח רחבות וסבוכות, שיתבססו על מינים מקומיים המותאמים למשטר הזרימה בנחל. להלן מספר עקרונות לשיקום יעיל שיאפשר אספקה מיטבית של שירותי מערכת אקולוגית:
- יש להתאים את הרכב הצומח וצפיפותו למשטר הזרימה בנחל (איתן, אכזב, עונתי או שיטפוני) ולתנאי הסביבה שהוא נמצא בהם. נוכחותם הטבעית של עצים בנחל הולכת ופוחתת עם הירידה בכמות המשקעים ומוחלפת בחישות קנים, בשיחים ובבני-שיח, בהתאם לכמות המים הזמינים.
- סבך צומח או חישות קנים הם בלתי נגישים מבחינת המטיילים, ועל כן מהווים כלי יעיל לניהול קהל ולהרחקת ממפגשי ערוצים ומאזורי נחל רגישים.

הכרזת האו"ם על "עשור השיקום האקולוגי" (UNEP/FAO, 2020) הניעה מהלכים חשובים בקרב מקבלי ההחלטות בישראל, והיוותה זרז חשוב להטמעת נושא השיקום האקולוגי במדיניות, במחקר ובחלוקת המשאבים. הוקמו מרכזי ידע חדשים לתחומי הנחלים (אגמא) והשיקום האקולוגי (במזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט באוניברסיטת תל אביב), קרנות שונות מפנות תקציבים למחקר, לתכנון ולביצוע של פרויקטים לשיקום אקולוגי, וגם קק"ל משקיעה משאבים לא מבוטלים במחקר, בניטור ובבניית מדיניות בנושא בתי הגידול האקוטיים שלה בהובלת אגף המדען הראשי, אגף הייעור והמחוזות. אנחנו מקווים שהמאמר הנוכחי יסייע בבניית הידע הנדרש לשיקום אקולוגי יעיל ומותאם לבתי הגידול השונים, שיאפשר לזכות במרב שירותי המערכת האקולוגית שיש לרצועת הצומח המעוצה בגדות הנחל להציע.

- יש להבטיח שרצועת הצומח בגדת הנחל תהיה רחבה ככל הניתן. ככל שהרצועה רחבה יותר, כך ההגנה שהיא מספקת לאפיק הנחל ולאיכות המים הזורמים אליו מהסביבה טובה יותר.
- בשיקום רצועת הצומח בנחל יש להשתמש רק במינים מקומיים המוכרים מסביבת הנחל, ובעושר מינים גדול ורחב ככל הניתן, שיגדיל את סיכויי הקליטה של כמה שיותר מינים בנישה המתאימה להם.
- ככל שרצועת הצומח צפופה וסבוכה יותר, תפקודה כסנן מזהמים השומר על מורפולוגיית הערוץ משתפר, ולכן יש לתת עדיפות למגוון תצורות צומח, הכוללות עצים (בנחלי האיתן ובאזורים ברוכי משקעים), שיחים ובני-שיח מעוצים.

- Basche AD and DeLonge MS. 2019. Comparing infiltration rates in soils managed with conventional and alternative farming methods: A meta-analysis. *PLoS ONE*, 14(9), 1–22.
- Bentrop G and Kellerman T. 2004. Where should buffers go? Modeling riparian habitat connectivity in northeast Kansas. *Journal of Soil and Water Conservation*, 59(5), 209–215.
- Boon PI and Johnstone L. 1997. Organic matter decay in coastal wetlands: An inhibitory role for essential oil from *Melaleuca alternifolia* leaves? *Archiv für Hydrobiologie*, 138, 433–449.
- Burch GJ, Moore ID, and Burns J. 1989. Soil hydrophobic effects on infiltration and catchment runoff. *Hydrological Processes*, 3, 211–222.
- Cole LJ, Stockan J, and Helliwell R. 2020. Managing riparian buffer strips to optimise ecosystem services: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 296, 106891.
- Cotrufo MF, Wallenstein MD, Boot CM, Deneff K, and Paul E. 2013. The Microbial Efficiency-Matrix Stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: Do labile plant inputs form stable soil organic matter? *Global Change Biology*, 19(4), 988–995.
- Covich AP, Palmer MA, and Crowl TA. 1999. The Role of species invertebrate freshwater ecosystems benthic zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience*, 49(2), 119–127.
- De Sosa LL, Glanville HC, Marshall MR, Abood SA, Williams AP, and Jones DL. 2018. Delineating and mapping riparian areas for ecosystem service assessment. *Ecohydrology*, 11(2), e1928.
- Dollinger J, Lin CH, and Udawatta RP. 2019. Influence of agroforestry plant species on the infiltration of S-Metolachlor in buffer soils. *Journal of Contaminant Hydrology*, 225, 103498.
- Eshel G, Egozi R, Goldwasser Y, Kashti Y, Fine P, Hayut E, et al. 2015. Benefits of growing potatoes under cover crops in a Mediterranean climate. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 211, 1–9.
- Felipe-Lucia MR, Comin FA, and Bennett EM. 2014. Interactions among ecosystem services across land uses in a floodplain agroecosystem. *Ecology and Society*, 19(1), 20.
- Fennessy MS and Cronk JK. 1997. The effectiveness and restoration potential of riparian ecotones for the management of nonpoint source pollution, particularly nitrate. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 27(4), 285–317.
- Hu B, Zhou M, Dannenmann M, Saiz G, Simon J, Bilela S et al. 2017. Comparison of nitrogen nutrition and soil carbon status of afforested stands established in degraded soil of the Loess Plateau, China. *Forest Ecology and Management*, 389, 46–58.
- Jiang F, Preisendanz HE, Veith TL, Cibin R, and Drohan PJ. 2020. Riparian buffer effectiveness as a function of buffer design and input loads. *Journal of Environmental Quality*, 49(6), 1599–1611.
- Liu Y, Dedieu K, Sánchez-Pérez J, Montuelle B, Buffan-Dubau E, Julien F, et al. 2017. Role of biodiversity in the biogeochemical processes at the water-sediment interface of macroporous river bed: An experimental approach. *Ecological Engineering*, 103(B), 385–393.
- Niakan M and Saberi K. 2009. Effects of Eucalyptus allelopathy on growth characters and antioxidant enzymes activity in phalaris weed. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8, 440–446.
- González E, Felipe-Lucia MR, Bourgeois B, Boz B, Nilsson C, Palmer G et al. 2017. Integrative conservation of riparian zones. *Biological Conservation*, 211(B), 20–29.
- Lis-Balchin M, Buchbauer G, Ribisch K, and Wenger MT. 1998. Comparative antibacterial effects of novel *Pelargonium essential oils* and solvent extracts. *Letters in Applied Microbiology*, 27, 135–141.
- אבישר א, דיין, ת, ואהרונסון ג. 2023. השפעת ייעור באקליפטוסים על דיונות החוף במרכז ישראל, ושיטות להאצת תהליכי שיקום של המערכת הטבעית (עבודה לקבלת תואר דוקטור). תל אביב: אוניברסיטת תל אביב.
- אבישר א, קורן ל, ינאי ז ומרכוס ת. 2022. נחלים בעידן של אקלים משתנה – תמונת מצב, השפעות אקולוגיות והדרכים לפתרון. יחידת המחקר, מכון דש"א. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב.
- אלון ע. 1990. **האנציקלופדיה של החי והצומח של ארץ-ישראל**, כרך מספר 1. הוצאת משרד הבטחון.
- אסם י, ברנד ד, טאובר י, פרבולוצקי א וצורף ח. 2013. תורת ניהול היער בישראל – מדיניות והנחיות לתכנון ולממשק היער. **אקולוגיה וסביבה**, 2(4), 131–129.
- אמדור ל, רמון א, שלם מ, מיטרי מ אופרת י. 2017. פיתוח שיטה לאומדן ערכיות שטחים פתוחים לנופש בחיק הטבע. **אקולוגיה וסביבה**, 8(3), 14–19.
- אשכולי ט. 2008. האם קטע מעלה הירוקן "נקני" עני במינים של חסרי חוליות גדולים? (עבודת גמר לתואר מוסמך). אוניברסיטת תל אביב.
- גבעתי ע וטל ע. 2017. המצב ההידרולוגי באגן הכינרת – מגמות נצפות וחזויות על בסיס מודלים הידרו-אקלימיים. **אקולוגיה וסביבה**, 8(4), 12–19.
- גית א. 2021. אקליפטוסים ובריכות חורף – הילכו השניים יחדיו גם מחוץ לאוסטרליה? **יער**, 20, 27–37.
- זיו ב, דרוז ר, סערני, ה, אטקין ע ושפר א. 2021. מגמות שנוי במשטר הגשם בישראל בשנים 1975–2020. מצגת שהוצגה בוועדת ההיגוי לכפויקט "נחלים בעידן שינוי אקלים". 9 בפברואר.
- זלמן ע, מנדלסון ע, שמש ב, רון מ, הר נ, פרלברג א, ושות'. 2019. גבעות אלונים – צפון הרי נצרת. סקר, ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט. אוניברסיטת תל אביב.
- יוסף י, בהר"ד ע, אוזן ל, אוסטינסקי-צדקי א, כרמונה י, חלפון נ ושות'. 2019. **שינוי האקלים בישראל – מגמות עבר ומגמות חזויות במשטר הטמפרטורה והמשקעים**. דו"ח מחקר מס' 0000075-2019-0804-4000. השירות המטאורולוגי הישראלי.
- להב ח ורמון א. 2005. נחל פולג וסביבתו. סקר, ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. אוניברסיטת תל אביב.
- משה א, רטנר ט וודדיאן נ. 2019. בחינת היעילות של שילובים שונים של צמחייה לסינון נגר משדות חקלאיים, לשימור קרקע ולהגנה על איכות מי הנחל. חוברת נקודת ח"ן, האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה. עמ' 54–44.
- פלאוט פ, מורן מ, מיטרי מ וגולן ל. 2015. יערות/פארקים/אתרי נופש ופעילויות קק"ל סביבות מקדמות בריאות. המרכז לחקר העיר והאזור, הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים. הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל.
- פרידמן נ, רון מ, שמש ב, מנדלסון ע, רומם א, חמליני י ושות'. 2022. חבל אשר. סקר, ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט. אוניברסיטת תל אביב.
- פרלברג א, רון מ, שיצר ד, שוב א, לבינגר ז ורמון א. 2012. רגישות סביבתית לפעולות תחזוקה של הערוצים ברשות ניקוז נחלים ירדן דרומי. מכון דש"א. אוניברסיטת תל אביב.
- פרלברג א, הרשקוביץ י, ינאי ז, אורן א, ערד א ורמון א. 2012. רגישות סביבתית לפעולות תחזוקה של הערוצים ברשות ניקוז נחלים קישון שלב א'. מכון דש"א. אוניברסיטת תל אביב.
- פרלברג א, ערד א, מנדלסון ע, רון מ, אורן א ורמון א. 2018. סקר דישון דלתון. ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. אוניברסיטת תל אביב.
- רמון א, זוסמן ה, רון מ ופרלמן י. 2004. נחל שקמה – אגן מרכזי. סקר, ניתוח והערכה של משאבי טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. אוניברסיטת תל אביב.
- שוורץ א, כרמל י, טגוילי מ, סגרה ה, ציציק ע ורנן א. 2018. שדות ושוליים חקלאיים: השפעות אקולוגיות והדדיות והשלכות כלכליות של חלופות ממשק. קרן המדען הראשי, משרד החקלאות.
- שינצר ע, פרלברג א, רומם א, מנדלסון ע, רון מ, שמש ב ושות'. 2022. סקר משגב. סקר, ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט. אוניברסיטת תל אביב.
- שפירא א, שמש ב, מנדלסון ע, גיל ה, כגן ג, פרלברג א ושות'. 2019. גבעות גומר. סקר, ניתוח והערכה של טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט. אוניברסיטת תל אביב.

- Rykken J, Chan S, and Moldenke AR. 2007. Headwater riparian microclimate patterns under alternative forest management treatments. *Forest Science*, 532, 270–280.
- Schwarzenbach R, Egli T, Hofstetter TB, Von Gunten U, and Wehrli B. 2010. Global water pollution and human health. *Annual Review of Environment and Resources*, 35, 109–136.
- Swanson SD, Kozlowski R, Hall D, and Lin J. 2017. Riparian proper functioning condition assessment to improve watershed management for water quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 72(2), 168–182.
- Tonkin J, Bogan M, Bonada N, Rios-Touma B, and Lytle D. 2017. Seasonality and predictability shape temporal species diversity. *Ecology*, 98(5), 1201–1216.
- Topaz T, Egozi R, Eshel G, and Chefetz B. 2018. Pesticide load dynamics during stormwater flow events in Mediterranean coastal streams: Alexander stream case study. *Science of the Total Environment*, 625, 168–177.
- Urbanić G, Politti E, Rodríguez-González PM, Payne R, Schook D, Alves M, et al. 2022 Riparian Zones – From policy neglected to policy integrated. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 868527.
- Van Looy K, Tormos T, Souchon Y, and Gilvear D. 2017. Analyzing riparian zone ecosystem services bundles to instruct river management. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 13(1), 330–341.
- Vidal-Abarca MR, Gómez R, Sánchez-Montoya MM, Arce MI, Nicolás N, and Suárez ML. 2020. Defining dry rivers as the most extreme type of non-perennial fluvial ecosystems. *Sustainability*, 12(17), 7202.
- Zaimis GN. 2020. Mediterranean Riparian Areas – Climate change implications and recommendations. *Journal of Environmental Biology*, 41(5), 957–965.
- Sabater F, Butturini A, Martí E, Muñoz I, Romani A, Wray J, et al. 2000. Effects of riparian vegetation removal on nutrient retention in a Mediterranean stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 194, 609–620.
- UNEP/FAO. 2020. The UN Decade on Ecosystem Restoration 2021–2030. UNEP/FAO Factsheet.
- Lowrance R, Altier LS, Newbold JD, Schnabel RR, Groffman PM, Denver JM, et al. 1997. Water quality functions of riparian forest buffers in Chesapeake Bay watersheds. *Environmental Management*, 21(5), 687–712.
- Moore RD, Spittlehouse DL, and Story AC. 2005. Riparian microclimate and stream temperature response to forest harvesting: A review. *JAWRA – Journal of the American Water Resources Association*, 41(4), 813–834.
- Naiman RJ and Decamps H. 1997. The ecology of interfaces: Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28(1), 621–658.
- Naiman RJ, Fetherston KL, McKay S, and Chen J. 1997. Riparian forests. In: RJ Naiman RJ and Bilby RE (Eds). *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Region*. New York: Springer Verlag.
- Pacheco AJC and Marco C. 2016. Linking wood anatomy and xylogenesis allows pinpointing of climate and drought influences on growth of coexisting conifers in continental Mediterranean climate. *Tree Physiology*, 36(4), 502–512.
- Padhy B, Patnaik PK, and Tripathy AK. 2000. Allelopathic potential of Eucalyptus leaf litter leachates on germination and seedling growth of finger millet. *Allelopathy Journal*, 7(1), 69–78.
- Pan D, Gao X, Wang J, Yang M, Wu P, Huang J, et al. 2018. Vegetative filter strips – Effect of vegetation type and shape of strip on run-off and sediment trapping. *Land Degradation and Development*, 29(11), 3917–3927.
- Parkyn S. 2004. Review of riparian buffer zone effectiveness. Vol. 2005. Wellington, New Zealand: Ministry of Agriculture and Forestry.
- Prosser RS, Hoekstra PF, Gene S, Truman C, White M, and Hanson ML. 2020. A review of the effectiveness of vegetated buffers to mitigate pesticide and nutrient transport into surface waters from agricultural areas. *Journal of Environmental Management*, 261, 110210.
- Rein F, Los Huertos M, Holl K, and Langenheim J. 2007. Restoring native grasses as vegetative buffers in a coastal California agricultural landscape. *Madrone*, 54(3), 249–257.



נחל תנינים וגדה צמחית המורכבת משיחים ומחישת קנים, 2023  
צילום: נדב שדה



יער גדות בנחל חרמון, 2021  
צילום: אביב אבישר



נחל חילזון לאחר הסדרתו, 2024  
(הנחל יבש רוב השנה)  
צילום: רונה וינטר-לבנה