



רשות נחל הקישון

Kishon River Authority



סקר אקולוגי במורד נחל קישון בראי שינוי האקלים | מסמך מסכם

מוגש לרשות נחל קישון

אפריל 2024

מוגש על ידי ליג"מ פרויקטים סביבתיים בע"מ

אקולוגיה | ד"ר עפרי גבאי, ד"ר עידן שפירא

צומח | הילה אברהם

אקלים | ד"ר הדס רייזר

GIS | גל דרור

צפרות | יותם לנרד

סטטיסטיקה וניתוח נתונים | ד"ר יוני גביש



6	.....	תקציר
7	.....	1 | רקע
7	.....	1.1. נחל הקישון
8	.....	1.2. השפעות שינויי האקלים על המערכת האקולוגית בנחלים
11	.....	1.3. סקר אקולוגי בקישון בראי שינוי האקלים
12	.....	2 | שיטות הסקר
11	.....	2.1. איסוף הנתונים
13	.....	2.2. נתוני אקלים והידרולוגיה
13	.....	2.3. חישוב שיפועי הגדות ואחוזי ההצפה
15	.....	2.4. מאפיינים כימיים של המים
15	.....	2.5. חסרי חוליות במים
15	.....	2.6. ניתוח הנתונים
21	.....	3 | תוצאות ודיון
21	.....	3.1. אקלים והידרולוגיה
34	.....	3.2. אקלים והידרולוגיה
35	.....	3.3. סקר הצומח
48	.....	3.4. סקר העופות
55	.....	3.5. חסרי החוליות הגדולים במים
66	.....	3.6. יונקים

67	 3.7. ניתוח הקשרים בין הגורמים הנבחנים
91	 4 | תובנות ומסקנות
92	 הממצאים העיקריים שעלו מהסקר
95	 המלצות
97	 סכום
98	 5 | מקורות

תקציר

נחל הקישון סבל לאורך השנים מהפרעות רבות ובשנים האחרונות מתנהלים מאמצים לשיקומו. מאמצים אלה מלווים בניטור ארוך-טווח שמבצעת רשות נחל הקישון כבסיס לממשק אדפטיבי. הצורך בניטור מקבל משנה תוקף לאור תהליכי שינויי האקלים המשפיעים על המערכת האקולוגית במגוון דרכים שעדיין קשה להעריך במדויק.

סקר זה נבדל מסקרים קודמים שבוצעו באזור זה בכך שהוא תוכנן במטרה להאיר את הקשרים בין נתוני המגוון הביולוגי לנתונים הפיסיים וההידרולוגיים של הנחל. זו פעם ראשונה שמתבצע בנחל סקר בצורה כזו, הייחודי הן בשיטת הדיגום ואיסוף הנתונים, שהם סיסטמטיים ואחידים, והן בניתוחים הסטטיסטיים שבוצעו בו.

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%-10%, אחוזי הכיסוי של מיני הצמחים הדומיננטיים, תוך אפיונם לצורות החיים, זיקה למים או לבתי גידול מופרים, ומיני העופות והצמחים שנמצאו בו.

ניתוח הנתונים מראה כי עליה באחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס קשורה בירידה בעושר מיני הצמחים, ובפרט בעושר מיני הצמחים העשבוניים החד-שנתיים, ובעליה בעושר מיני הצמחים הזרים והפולשים. גם עושר מיני העופות המקננים עולה עם עליית כיסוי עצי האקליפטוס. כמו-כן, ככל שחלק גדול יותר מהגדות נמצא בתחום פשט הצפה בהסתברות 10%, עולה עושר מיני הצמחים ההידרופיליים וכן עושר המינים המעוצים ואחוז הכיסוי שלהם. בנוסף לכך, העלייה בגודל השטח שנמצא בתחום פשט הצפה בהסתברות 10% קשורה בירידה בעושר מיני העופות בכלל, ובעושר מיני העופות בעלי הזיקה לבתי גידול מימיים בפרט. עלייה באחוז הכיסוי של בית גידול מופר קשורה בירידה בעושר מיני הצמחים הנדירים ובסכנת הכחדה ואילו עלייה בכיסוי של שטחים חקלאיים קשורה בירידה בעושר מיני צמחים מעוצים ובעליה בעושר מיני העופות בכלל והעופות בעלי הזיקה לבתי גידול מימיים בפרט.

הבנת הקשר בין הרכיבים הביוטיים והפיסיים של הנחל יכולה לסייע בהכוונת פעולות ממשק המיועדות להשגת תוצאות רצויות על הרכב חברת הצומח או העופות. למשל, צמצום השטח המוצל ע"י עצי אקליפטוס יכול לסייע להגדלת מגוון מיני הצומח. בהיבטים של היערכות לשינויי אקלים, ניתן להניח שעם הגדלת תדירות ועצמת השיטפונות יגדל אחוז השטח שנמצא בפשט הצפה בהסתברות 10%. לפי תוצאות הסקר, דבר זה יכול להתבטא בעליה באחוז הכיסוי של צמחים מעוצים ובעושר המינים המעוצים וכן בעושר המינים ההידרופיליים. פעולות שעתידות להתבצע כהיערכות לשינויי האקלים, כגון יצירת אתרי ויסות למיתון הצפות באזור מפרץ חיפה, יכולות להתבטא בעליה באחוז הכיסוי של מיני צמחים מעוצים ובעושר המינים שלהם, ובמספר המינים ההידרופיליים בשטחי ההצפה. יתכן כי יצירת שטחי הויסות תביא לצמצום שטחי הגדות בהסתברות הצפה 10% לאורך הנחל, וכך תגרום לירידה באחוז הכיסוי של צמחים מעוצים, עושר המינים המעוצים וכן עושר מיני הצמחים ההידרופיליים.

בנוסף לכך, שיטת הדיגום האחידה בה התבצע הסקר מאפשרת להשוות בין מקטעים שונים של הנחל ואף יכולה לשמש בהמשך כבסיס לניטור רב-שנתי של הנחל, כאשר הנקודות שנדגמו, או חלקן, יכולות להוות תחנות דיגום קבועות.

1 | רקע

1.1. נחל הקישון

נחל הקישון הינו אחד הנחלים הגדולים והחשובים בישראל. אגן הניקוז שלו הוא השני בגודלו בנחלי החוף בארץ, והוא משתרע על פני שטח של כ-1,073 קמ"ר. הקישון זורם לאורך כ-70 ק"מ, מג'נין בצפון השומרון, דרך עמק יזרעאל, מפער הקישון (בין הכרמל לגבעות אלונים-שפרעם) ועמק זבולון, עד יציאתו לים במפרץ חיפה. באגן הניקוז מתנקזים יובלים רבים, אשר החשוב בהם הוא נחל ציפורי, שהוא נחל איתן. נחל הקישון מהווה מסדרון אקולוגי אקוויט ארצי חשוב המקשר את עמק זבולון אל עמק יזרעאל ומזרחה משם. יובלי הקישון נמצאים בסמיכות למעלות הנחלים תבור וחרוד, ומאפשרים מעבר של בע"ח אקוויטים בין אגן הניקוז של הירדן לנחלי החוף. כך לדוגמה, נראה שהלוטרה, שנמצאת בארץ בסכנת הכחדה חמורה, ניצלה בעבר מסדרון זה, כדי לעבור מנחל חרוד אל אגן הקישון (שחל וחובל, 2023).

ששת הק"מ האחרונים של הנחל, מהחיבור של נחל ציפורי ועד למעגן הקישון, הם מיקרו-אסטואר בו מי הים חודרים עמוק מזרחה מתחת למים המתוקים של הנחל ויוצרים דינמיקה ייחודית. אסטואר הקישון ייחודי בנחלי החוף בישראל בכך שהוא אסטואר אורבני תעשייתי, אשר לכל אורכו יש כניסות מים קבועות, ובשפכו יש נמל עמוק במקום מחסום החול המאפיין את נחלי החוף. כתוצאה מכך, אסטואר הקישון פרוץ לחלוטין למי הים, כך שהוא חשוף יותר לתנאי הגאות והשפל, וגם בעונת הגשמים והשיטפונות ניתן לראות את השפעתו החזקה של הים.

לאורך השנים סבל הקישון מהפרעות רבות, הכוללות זיהום תעשייתי חמור, זיהום סניטרי, פסולת, ניצול המים, פעילות חקלאית, הסטת ערוץ הנחל ושינוי מבנה הגדות ולחצי פיתוח. בשנים האחרונות מתנהלים מאמצים לשקם את הנחל הפגוע. מאמצי השיקום מלווים בניטור ארוך טווח לצורך מעקב אחר המערכת האקולוגית ובקרת פעולות השיקום המבוצעות, כבסיס לממשק אדפטיבי. כחלק מכך מבוצעים דיגומי איכות מים חודשיים, דיגומים דו-שנתיים של חסרי החוליות במים וסקרים שונים.

הצורך בניטור מקבל משנה תוקף לאור ההבנה שתהליכי שינוי האקלים החלו להראות את השפעותיהם על אפיקי הנחלים ועל כלל המערכת האקולוגית. שינויים אלה צפויים להשפיע על המערכת האקולוגית של נחל הקישון במגוון דרכים אשר פועלות בצורה מצרפית.



תמונה 1: נחל הקישון (צילום ליגמ)

1.2. השפעות שינויי האקלים על המערכת האקולוגית בנחלים

שינויי האקלים הצפויים כוללים ארבע מגמות מרכזיות (ממשלת ישראל, 2021):

חם יותר - עלייה בטמפרטורות. עליה בטמפרטורה הממוצעת בכ-0.9-1.2 מ"צ, כאשר ההתחממות בולטת יותר בקיץ, עם עליה בתדירות מספר הימים והלילות החמים ביחד עם ירידה בתדירות הימים והלילות הקרים (יוסף וחובל, 2019).

יבש יותר - הפחתה בכמות המשקעים בסוף המאה (2071 עד 2100) בשיעור ממוצע של כ-10%-20% ביחס לתקופה האחרונה (1988 עד 2017) והפחתה במספר ימי הגשם בשנים (יוסף וחובל, 2019).

קיצוני יותר - עלייה בתדירות ובעוצמת אירועי מזג אוויר קיצוניים.

גבוה יותר - עליה של מפלס פני הים, כאשר בשלב זה מוערכת בישראל עלייה של 1.06 מטרים מעל אפס האיוון הארצי עד לשנת 2100 (ממשלת ישראל, היערכות מדינת ישראל לשינוי אקלים: דוח היערכות לעליית מפלס פני הים, דצמבר 2023).

שינויי האקלים ישפיעו על המערכות הנחליות במספר דרכים (ינאי וחובל, 2022):

השפעות ירידת המפלס והתייבשות

תקופות יובש הן חלק מהעונתיות הטבעית באזורים ים תיכוניים, אך לאחר תקופות בצורת ארוכות המערכת האקולוגית מתקשה להתאושש. תקופת יובש ממושכת עלולה להוביל לשינוי בהרכב החברה בנחל. עם הירידה בספיקת המים מינים שאינם נעים במהירות (למשל רכיכות, ספוגים או טחבים) עלולים להיחשף לאוויר הפתוח ולהתייבש. התייבשות מוגברת של נחל אף יכולה להביא לקיטוע שלו, תוך היוותרות בריכות מנותקות. במצב זה, מינים שתלויים בזרימת מים למטרת נשימה (למשל, חלזונות נושמי זימים) או הזנה (למשל, חרקי מים מסננים) לא ישרדו. התייבשות הנחל עלולה להוביל לפגיעה הדרגתית בצמחיית הגדות, עד היעלמותה והחלפתה בצמחייה רודרלית או פולשת שאינה מתאימה למערכת הטבעית המקורית. דבר זה עלול לפגוע בבעלי החיים המשתמשים בבית הגידול לשם מארב לטרף, הטלת ביצים או להתפתחות בשלבי החיים המוקדמים, כגון דגים, חרקי מים ועוד.

שינויים במשטר הזרימה

אירועים שיטפוניים הם חלק מהמחזוריות הטבעית של נחלים ים תיכוניים ושל נחלי מדבר בישראל. באירועי גשם משמעותיים, לרוב בתחילת החורף, המערכת כולה נשטפת ו"מתאפסת", ולאחר מכן מתחיל מחזור חדש של התייבשות והתבססות של מינים מהסביבה הקרובה או באמצעות גופי קיימה (זרעים, ביצים) שנותרו בנחל לאחר העונה האחרונה. עובר זמן עד שהאורגניזמים מתבססים ומתבגרים ועד שהחברה מתייצבת. שינויי האקלים שיגבירו את תדירות השיטפונות ואת עוצמתם יביאו ל"איפוס" של המערכת בצורה תדירה יותר. אורגניזמים שמחזור החיים שלהם ארוך יחסית עלולים שלא להספיק להשלים אותו, בטרם יישטפו על ידי השיטפון הבא.

צפוי הבא. כתוצאה מכך, החברה הביולוגית כולה עלולה להיסחף פעמים מספר במהלך העונה הגשומה, ולאחר מכן להיות תלויה בסיכויי התאוששות איטיים, עד השיטפון הבא.

הומוגניזציה של גומחות אקולוגיות

נחלים בריאים ומאוזנים אקולוגית מקיימים מגוון גומחות אקולוגיות, התלויות בעומק המים, מהירויות זרימה, תשתית המצע, צמחיית מים, הצללה מצמחיית גדות ועוד. מורכבות התנאים הסביבתיים מאפשרת למינים שונים למצוא את הגומחות המתאימות להם, לחלקם מגוון רחב של גומחות ולאחרים דרישות מדויקות ביותר. מגוון הגומחות האקולוגיות משקף את מגוון המינים הפוטנציאלי בנחל. הפחתה בכמות המים בשל ירידה בספיקת הנביעות מובילה לצמצום המורכבות המבנית ומגוון הגומחות האקולוגיות בנחל, ולפיכך גם לירידה במגוון המינים.

עליית טמפרטורת המים

ככלל, בבתי גידול של מים זורמים הטמפרטורה יציבה ונמוכה בהשוואה לבתי גידול של בריכות ואגמים. עליה בטמפרטורת המים בנחלים עלולה להקשות על מינים הרגישים לחום. רוב העדויות בישראל לתגובות כאלה תועדו במינים הגדלים בנחלי מקורות הירדן, המאופיינים בטמפ' נמוכות. התחממות המים מעלה את ריכוז המלחים המומסים, מפחיתה את יכולת המסת החמצן האטמוספרי ופוגעת בכושר המיהול של מזהמים ממקור חיצוני. באזור האסטואר, המושפע ממליחות מי הים, צפויה התחממות המים להשפיע על חתך המליחות הממוצעת.

ריכוז מלחים ומזהמים במים

נחלים הזורמים בשטחים חקלאיים מזדהמים מתשטיפים הנושאים עמם חומרי הדברה וכן דשנים המעשירים את הנחל בנוטריינטים ומעודדים התפתחות אצות. תקופות ארוכות ללא גשמים יפחיתו את היכולת של הנחל להסיע את המזהמים במהירות או למהול אותם. ככל שספיקת המים בנחלים תקטן, התשטיפים והשפכים יהוו מרכיב דומיננטי יותר בזרימה, ויכולת המיהול הטבעית של הנחל תצטמצם. בנוסף, קריסת מתקני תשתית המתרחשת בישראל באירועי גשם קיצוניים תביא להזרמת ביוב וקולחין אל הנחלים. מערכות אקוואטיות במצב טוב וחפות מזיהום, מסוגלות לספוג שינויים במשך זמן מה לפני שיתערער האיזון האקולוגי בהן. למרבה הצער, בגלל הזיהום בנחלי ישראל, השינויים הצפויים כתוצאה משינויי אקלים יפרו את האיזון האקולוגי בהם אף יותר.

ריכוז החמצן המומס

עליית טמפרטורת המים תביא לירידת ריכוז החמצן בהם, דבר שיפגע בעיקר במינים הנושמים באמצעות זימים ושאינם מסוגלים לצאת ליבשה, כמו דגים, ראשני דו-חיים, סרטנים ירודים, חלזונות נושמי זימים (למשל מגדלית או שחריר, spp Melanopsis, spp Melanoides, סוגים בולטים בנחלים רבים בישראל), וזחלי חרקים כמו בריומאים, גדותאים, שעירי- כנף, שפיריות ושפיריות. בתנאי עקת חמצן מתמשכת יתבססו מינים אחרים, חלקם מהווים מטרד עבור בני האדם, כמו זחלי יתושים, Culicidae.

מהלך חיים ותזמון

מינים מציגים פנולוגיה (עונתיות) שמשקפת מהאקלים שבמסגרתו הם התפתחו במשך שנים רבות. שינויים קיצוניים בדפוסים עונתיים עלולים לשנות את מהלך החיים ולפגוע בתזמון של שלבי מפתח בחייהם של בעלי חיים וצמחים. כך למשל, במקרה של התייבשות מוקדמת, ראשנים יאיצו את ההתפתחות במחיר גודל גוף קטן יותר וסיכויי שרידות נמוכים יותר. בטמפרטורות מים גבוהות יותר, התפתחות חרקים עלולה להיות מהירה יותר ולהתבטא בפגיעה ביכולות הרבייה וההפצה ופוטנציאל השרידות והרבייה של הבוגרים, או בשינוי ביחס הזוויגים.

שינויים בהרכב החברה

היעלמותם של מינים מהמערכת לצד הגעתם של מינים חדשים (מינים אופורטוניסטים הממלאים גומחות שהתפנו, או כאלה המחפשים מפלט) משנות את פני החברה הביולוגית. בתרחישים של שינויי אקלים, שינויים בהרכב החברה צפויים להפוך מהירים ותכופים. ככל שנצברים שינויים רבים יותר, המערכת האקולוגית כולה משתנה, וקטנים סיכוייה להשתקם ולחזור למה שהייתה.

פלישות ביולוגיות

שינויי אקלים עשויים לעודד ולהרחיב את מגמת הפלישות הביולוגיות. בעבר, גם אם הגיעו מינים ממקור טרופי למערכות טבעיות בישראל, הם לא שרדו זמן רב ובוודאי שלא הצליחו להעמיד צאצאים. היום, לעומת זאת, עם עליית הטמפרטורות, הם פוגשים תנאים נוחים יותר שמעלים את סיכוייהם להתבסס. כך למשל נצפו בישראל סרטנים פולשים בטבע, וחלקם אף הצליחו לבסס אוכלוסיות. בהתמודדות מול מינים פולשים, ידם של המקומיים בדרך כלל על התחתונה. כשהתבססה פלישה של מין זר במערכת אקולוגית מופרעת, המין הזר מתערב ביחסי הגומלין הוותיקים במערכת, ויוצר אינטראקציות של טריפה או תחרות עם המינים המקומיים. למשל, החסילון הטרופי שפלש לאחרונה לנחלי ישראל, *Neocaridina denticulata*, הוא מתחרה פוטנציאלי של הסרטן המקומי קפיצון הנחלים *Atyaephyra orientalis*.

עליית מפלס פני הים

המסת קרחונים יבשתיים במשולב עם עלייה בנפח המים בשל עלייה בטמפרטורות המים צפויים להביא לעלייה עולמית במפלס פני הים. בשלב זה מוערכת בישראל עלייה של 1.06 מטרים מעל אפס האיוון הארצי עד לשנת 2100 (ממשלת ישראל, 2023). עליית מפלס הים תגרום לעלייה במשכי הזמן של הצפת אזורי חוף רדודים וחדירת מי הים לאסטוארים של מוצאי נחלים. כתוצאה מכך תיתכן עליה במליחות מי הנחלים במעלה האסטוארים והצפת נחלים במהלך שיטפונות באזור האסטואר ובמעלה הנחל.

השפעות ישירות של פעולות האדם

ההבנה כי שינויי האקלים משפיעים על המערכת ההידרולוגית באגן הניקוז מביאה לביצוע של פעולות שמטרתן להפחית השפעת אירועי גשם בעוצמות חזקות והצפות. פעולות אלה, דוגמת הקמת מתקני ויסות ושינויים במבנה הנחלים או בתוואי שלהם, משפיעות בצורה מהותית על

הנחלים ועל המערכות האקולוגיות סביבן. ההשפעות על הנחל תלויות באופי הפעולה ובמאפייני הנחל.

1.3 סקר אקולוגי בקישון בראי שינוי האקלים

השפעותיהם של שינויי האקלים על המערכת האקולוגית הן מורכבות מאוד ועדיין לא מספיק ברורות. יש צורך במחקרים רבים שישפכו אור על הקשת הרחבה של ההשפעות הצפויות. נוסף על כך, יש השפעה מכרעת לפעילות האדם. למשל, זיהום מעשה ידי אדם ותשתיות צמודות לנחל משפיעים על החי והצומח בנחל בצורה מיידית ומשמעותית בהרבה משינויי הטמפל, כך גם מתקני יסות משפיעים על כמות המים שמגיעה לנחל לא פחות משינויים במשטר הגשמים.

סקר זה בא להציג תמונת מצב עכשווית של נחל הקישון, תוך בחינת הזיקה בין הנתונים הביוטיים לרכיבים פיזיים והידרולוגיים של הנחל המושפעים משינויי האקלים. באמצעות הבנת הקשר ביניהם ניתן להשתמש בתחזיות לגבי השינויים שיחולו ברכיבים הפיזיים וההידרולוגיים של הנחל, על מנת לערוך תחזיות לגבי השפעת שינויי האקלים על השתנות הגורמים הביוטיים של הנחל.

ניתן להשוות את נתוני הסקר לנתונים שנאספו בסקרים קודמים, על מנת ללמוד על שינויים שהתרחשו בנחל בשנים האחרונות. יתרה מזאת, היות שהסקר תוכנן ובוצע בצורה סיסטמית ואחידה, הוא יכול להוות בסיס להמשך ניטור הנחל בשנים הבאות בצורה סדורה וקבועה.

2 | שיטות הסקר

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 (מפה 1).

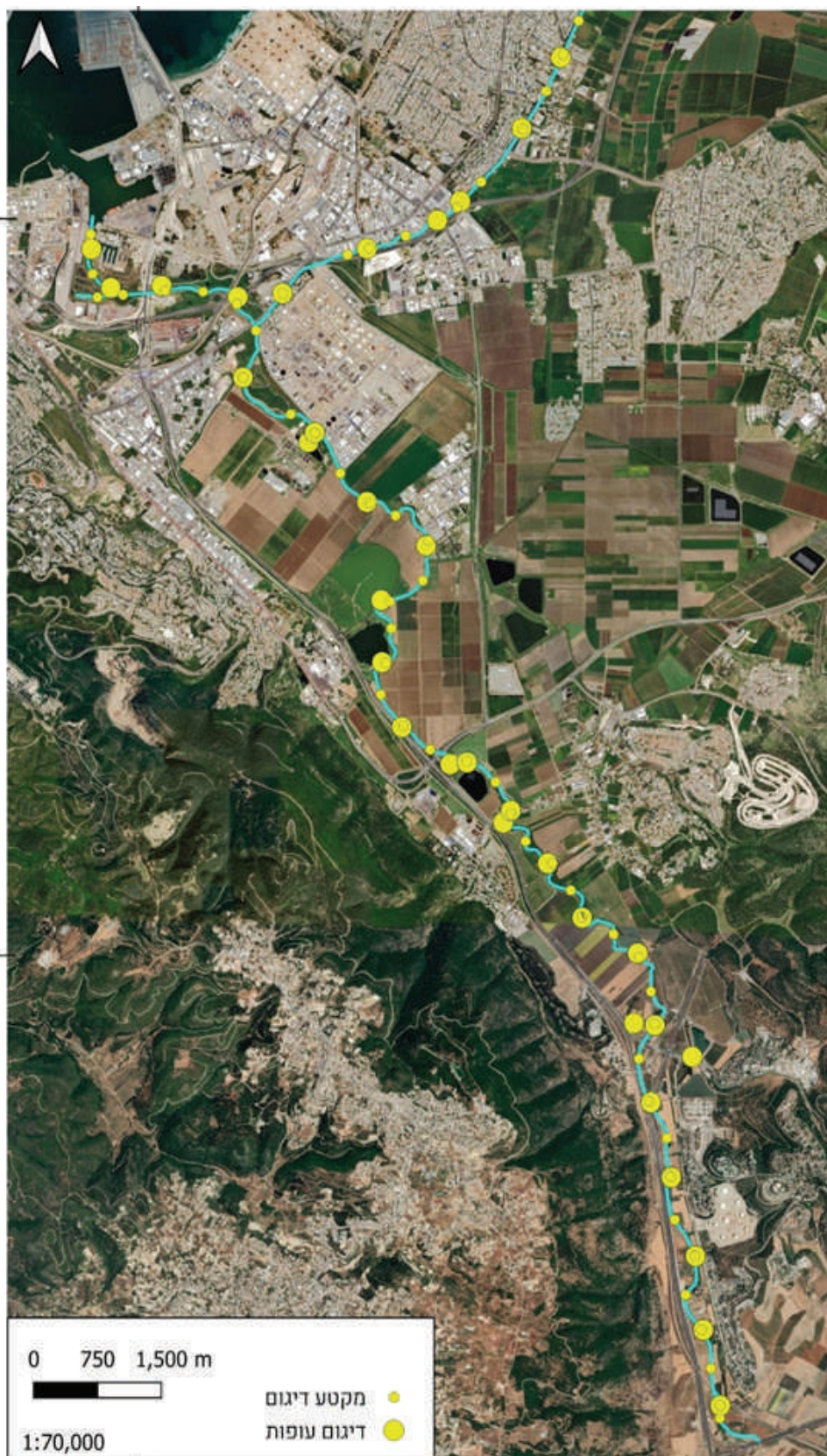
2.1 איסוף הנתונים

בכל מקטע דיגום נאספו נתונים על אחוזי הכיסוי של המינים הדומיננטיים, תוך ציון צורות החיים, זיקה למים (מינים הידרופיליים) או לבתי גידול מופרים (מינים פולשים ורודרליים). בנוסף נרשמו בכל מקטע שימושי השטח הגובלים בו, נוכחות דרכים ונוכחות פסולת. אחוזי הכיסוי חושבו באמצעות דיגום של עשרה חתכים במרחק 5 מטר זה מזה, שבהם נרשמה הנוכחות של הגורמים הנבחרים. פירוט מלא של השיטות מצורף בנספח.

סקר צומח. סקר הצומח נערך פעמיים בשנה: באביב ובקיץ 2023, על מנת לזהות הן את המינים שפורחים באביב והן את מיני בתי גידול לחים שמופיעים רק בקיץ. נרשמו כל מיני הצמחים לאורך המקטע. לשם ניתוח הנתונים סווגו מיני הצמחים לפי צורת חיים, זיקה לבתי גידול לחים ופולשנות (פליטמן וחובל, 1999).



תמונה 2: דיגום בשטח (צילום הילה אברהם)



מפה 1: מקטעי הדיגום לאורך הנחל

סקר עופות. הסקר התבצע במשך ארבעה ימים בעונת הקינון (חודש אפריל) 2023, בין השעות 6:00 עד 11:00 בבוקר, שהן עיקר שעות הפעילות של הציפורים. הדיגום התבסס על ספירות-נקודה (Fixed circle point-count, Bibby et al. 2000) בכל 1000 מ' לאורך הנחל. בכל נקודה נרשמו כלל המינים שנצפו או נשמעו במשך 10 דקות בשני טווחי מרחק ממיקום הסוקר: 0-100 מ', 100-250 מ' ותעופה (ללא קשר למרחב). במהלך ההליכה בין נקודות הספירה תועדו כלל המינים שלא נצפו בנקודות הספירה וכן מינים בסכנת הכחדה. בכל המקרים נרשמה אינדיקציית קינון במידה שנצפתה (שירה, חיזור, הזדווגות, קן, צעירים וכד').

2.2 נתוני אקלים והידרולוגיה

נתוני האקלים שמהווים בסיס הנתונים בעבודה זו כוללים נתוני טמפרטורה וגשם נלקחו מאתר השרות המטאורולוגי: <https://ims.gov.il/he>. התחנות המייצגות את מרחב העבודה הן יגור, חיפה – בתי זיקוק וחיפה-שדה התעופה.

ניתוח הנתונים כלל:

- **טמפרטורה-** חישוב ערכי מינימום, מקסימום וממוצע רב-שנתיים (1995-2009) ותיעוד אירועי קיצון היסטוריים.
- **גשם-** חישוב כמות הגשם השנתית, העונתית, החודשית והיומית, התנובה של פרקי הגשם (הסופות) ואורכם. מאפייני אירועי הקיצון (תדירותם ועוצמתם) וניתוח אי הודאות במרכיבים השונים.
- **נתונים הידרולוגיים התקבלו מרשות המים –** אגף מים עיליים עבור תחנת המדידה קישון-מחצבה (8146) שמתנקז אליה שטח של 694 קמ"ר. הניתוח ההידרולוגי כלל ניתוח זרימות בסיס המאפיינות את העונות היבשות וניתוח של ספיקות שיא היסטוריות – החל משנת 1962.
- **פשט ההצפה של נחל הקישון** התקבל כמידע דיגיטאלי ממ"ג (שכבת SHP) מרשות ניקוז קישון להסתברות של 1% ו-10%. מידול הזרימה בוצע על ידי חברת נהרא ופשטיה בע"מ במסגרת תוכנית האב לניקוז נחל קישון (2019).
- **מפלסי המים** התקבלו מהמכון לחקר ימים ואגמים.

2.3 חישוב שיפועי הגדות ואחוזי ההצפה

שיפועי הגדות:

על מנת לחשב את שיפוע הגדות הממוצע לצד כל נקודת דיגום, שורטטו בתוכנת ARCMAP חמישה חתכים בצמוד לכל נקודת דיגום. החתכים שורטטו לאורך כ-50 מטרים, בשתי גדות הנחל, מתחתית הגדה עד לסוף הצמחייה הטבעית, או למרחק של 20 מטרים מהמים, הגדול מבין השניים, ובהתאם לדיגום הצמחייה שנעשה בשטח (ראה איור ו). כל חתך הומר לנקודות במרווח של 0.5 מטרים אחת מהשנייה. בכל נקודה לאורך החתכים נבדק נתון של גובה מעל פני הים בעזרת הצלבה עם שכבה המפרטת את גובה פני הקרקע בהפרשים של סנטימטר (שכבת DTM, רשות ניקוז קישון, 2019).



איור 1: החתכים שנעשו לאורך 50 מטרים מהנחל בצמוד לנקודת הדיגום, ושטח הגדות שהוצף בהסתברויות שונות.

לאחר קבלת נתוני גובה של כל הנקודות, חושבו השיפועים מנקודת המינימום (גובה פני המים של ערוץ הנחל) לחלק הגבוה של כל אחת מן הגדות. דבר זה נעשה על ידי חלוקה של שינויי הגובה לשינוי באורך הגדה. לאחר מכן נעשה ממוצע של השיפועים של כל חמשת החתכים המייצגים נקודת דיגום אחת, וכך התקבל שיפוע ממוצע של הגדה עבור כל נקודת דיגום.

חישוב זה נעשה עבור כל אחד מצידי הערוץ, והנתונים הוכנסו למודל הסטטיסטי, על מנת לבדוק אם קיימת קורלציה בין נתון זה לנתונים אחרים שנאספו.

בדיקת אחוז גדה מוצף בהסתברות 1% ו-10%:

בעזרת תוכנת ARCMAP שורטט שטח הגדה בצמוד לנקודת דיגום. שטח הגדה נמדד לאורך 50 מטרים לאורך הגדה בצמוד לכל נקודת דיגום. לאחר סימון שטח הגדה, נעשה חיתוך עם שכבת פשט הצפה בהסתברות 1% ועם שכבת פשט ההצפה בהסתברות 10%. פשט ההצפה לקוח מתוך תכנית האב לניקוז, רשות ניקוז ונחלים קישון, 2019. מידול פשט ההצפה בוצע ע"י רפי הלוי וינאל לאוז ממשרד נהרא ופשטיה בע"מ.

החיתוך עם השכבות הפיק את נתוני שטח הגדה המוצף בהסתברויות השונות (איור 1). על ידי חלוקת שטח הגדה המוצף בהסתברויות השונות בשטח הגדה הכולל, התקבל אחוז הגדה אשר מוצף באירועי זרימה בהסתברויות השונות. אחוז שטח הגדה המוצף חושב עבור כל נקודת דיגום משני צידי הערוץ.

2.4. מאפיינים כימיים של המים

רשות נחל קישון מנטרת בקביעות את מי הקישון. לצורך סקר זה השתמשנו בנתונים שנאספו באביב 2023 (נתוני רשות נחל קישון). הנתונים שנבחנו הם ערך הגבה (pH), מוליכות חשמלית, טמפרטורה, חמצן מומס, צריכת חמצן ביוכימית, עכירות, ריכוזי תרכובות החנקן והזרחן. תחנות דיגום המים מופיעות במפה 2.

2.5. חסרי חוליות במים

רשות נחל קישון מבצעת ניטור הידרוביולוגי של חברת חסרי החוליות הגדולים במים בצורה סדירה פעמיים בשנה. הניטור מתבצע ע"י המרכז הלאומי לאקולוגיה אקוויטית ממוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב. הניטור שתוצאותיו מובאות כאן בוצע בשנת 2022 באביב (מאי) ובסתיו (אוקטובר) ותוצאותיו המלאות מתוארות בדו"ח שפורסם (שגב וחובל, 2022). תחנות דיגום חסרי החוליות מופיעות במפה 2.

2.6. ניתוח הנתונים

ניתוח הנתונים נועד למצוא קשרים בין מאפיינים של הנחל במטרה להבין את הגורמים המשפיעים על הרכב חברות הצומח והעופות. הנתונים של ההרכב הכימי של המים ושל חסרי החוליות בנחל לא נכנסו לניתוח הסטטיסטי מאחר ואין מספיק תחנות דיגום שיאפשרו את הניתוח. הניתוח התבצע במטרה לענות על השאלות הבאות:

1. מהם הגורמים המשפיעים על עושר מיני הצמחים בנחל הקישון?
2. מהם הגורמים המשפיעים על עושר המינים של קבוצות צומח שונות: מינים הידרופיליים, מינים פולשים וזרים, מינים נדירים ובסכנת הכחדה, עשבוניים חד-שנתיים, עשבוניים רב-שנתיים, צומח מעוצה?
3. מהם הגורמים המשפיעים על אחוז הכיסוי של מינים חד-שנתיים, עשבוניים רב-שנתיים, צומח מעוצה בנחל הקישון?
4. מהם הגורמים המשפיעים על מבנה חברת הצומח?
5. מהם הגורמים המשפיעים על עושר המינים ושפע הפרטים הכולל של עופות בנחל הקישון?
6. מהם הגורמים המשפיעים על עושר המינים ושפע הפרטים הכולל של עופות מקננים ושל עופות בעלי זיקה בתי גידול מימיים בנחל הקישון?
7. מהם הגורמים המשפיעים על מבנה חברת העופות?



מפה 2: נקודות דיגום המים וחסרי החוליות האקוטים

על מנת לענות על השאלות, נעשה שימוש במשתנים המסבירים הבאים:

משתנים מסבירים:

- פרופורציית כיסוי שטח חקלאי
- פרופורציית כיסוי שטח מגוון
- פרופורציית כיסוי שטח מופר
- שיפוע הגדה הממוצע
- פרופורציית כיסוי של עצים
- עושר מיני הצמחים
- פרופורציית כיסוי צומח
- פרופורציית כיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10%
- פרופורציית כיסוי של עצי אקליפטוס
- פרופורציית כיסוי שטח טבעי

משתנים התלויים:

- עושר מיני צומח כללי
- עושר מיני צומח הידרופילי
- עושר מינים צומח פולש/זר
- עושר מינים צומח נדיר או בסכנת הכחדה
- עושר מינים צומח חד-שנתי
- עושר מינים צומח רב-שנתי
- עושר מינים צומח מעוצה
- אחוז כיסוי מינים חד-שנתיים
- אחוז כיסוי עשבוניים רב-שנתיים
- אחוז כיסוי צומח מעוצה
- עושר מיני עופות כללי
- שפע פרטים כולל
- עושר מיני עופות מקננים
- שפע פרטים כולל של עופות מקננים
- עושר מיני עופות אקוטיים
- שפע פרטים כולל של עופות אקוטיים

2.6.1 ניתוח עושר המינים, שפע פרטים כולל ואחוז כיסוי הצומח

בחינת מתאם בין משתנים

חישבנו את מקדם המתאם של Pearson בין כל זוג משתנים (מסבירים ו/או תלויים) ובחנו ויזואלית את הקשר ביניהם. הגדרנו את חוזק וכיוון הקשר כמפורט בטבלה 1.

טבלה 1: תחומי מקדם המתאם של Pearson עבור כל מגמה ועוצמת קשר

עוצמת הקשר	מגמת הקשר	תחום ערכי r
חזק מאוד	חיובי	$0.8 \leq r \leq 1.0$
חזק	חיובי	$0.6 \leq r < 0.8$
מתון	חיובי	$0.4 \leq r < 0.6$

תחום ערכי r	מגמת הקשר	עוצמת הקשר
$0.2 \leq r < 0.4$	חיובי	חלש
$0.0 \leq r < 0.2$	חיובי	חלש מאוד
$r = 0$	אין קשר	-
$-0.2 \leq r < 0$	שלילי	חלש מאוד
$-0.4 \leq r < -0.2$	שלילי	חלש
$-0.6 \leq r < -0.4$	שלילי	מתון
$-0.8 \leq r < -0.6$	שלילי	חזק
$-1.0 \leq r < -0.8$	שלילי	חזק מאוד

התאמת מודל הראשוני מסוג Generalized Linear Mixed Models (GLMM)

ניתוח מדדי עושר המינים, שפע הפרטים הכולל ואחוז כיסוי החל בהתאמת מודל מסוג Generalized Linear Mixed Models - GLMM, תוך שימוש בחבילה glmmTMB ב-R. המודלים הראשוניים עבור עושר מיני הצמחים, אחוז כיסוי הצומח, עושר מיני העופות ושפע העופות הכילו משתנים מעט שונים. עקב מספר התצפיות הקטן ומספר המשתנים הגבוה, המודלים לא הכילו אינטראקציות או משתנים רנדומליים.

המודל הראשוני הותאם מספר פעמים לכל משתנה תלוי, תוך שימוש במשפחות התפלגויות רלוונטיות. הסבר מלא על בחירת המודלים מופיע בנספח.

חישוב marginal effects והצגה ויזואלית

לאחר שמצאנו את המודל החסכני ביותר ווידאנו שהוא מייצג בצורה טובה את התצפיות, חישבנו את ה- marginal effects של כל fixed factor ו/או אינטראקציה שנשמרה במודל. חישבנו את ערך המדד האקולוגי הצפוי עבור ערכים שונים של fixed factor מסוים תוך החזקת ערכי ה- fixed factors הנוספים קבועים. עבור fixed effect נוסף כמותי, הערך מקובע על הערך הממוצע. עבור fixed effect נוסף קטגוריאלי, ראשית מחושב הערך הצפוי על פי כל ערך של המשתנה הקטגוריאלי ואז ערכים אלו ממוצעים תוך שימוש בפרופורציית המקרים מכל ערך קטגוריאלי כמשקל.

מתוך חישובי ה- marginal effects ניתן לסכם את הערך הצפוי הממוצע ואת המרווח בר-סמך (confidence intervals) מסביבו. עבור משתנים רציפים מתקבל קו מגמה בעל שיפוע חיובי, שלילי או ללא שיפוע, ואילו עבור משתנים קטגוריאליים מתקבל ערך ממוצע ו- confidence intervals, כאשר נהוג שקטגוריות שה- confidence intervals שלהן שאינן חופפות נחשבות ככאלה שנבדלות זו מזו באופן מובהק. ראוי לציין, שהפונקציה מסוגלת להחזיר את ערך התצפית הצפוי (הכולל גם 'רעש' הנובע מהשונות בערכי fixed factors אחרים) או את ערך ה- partial residuals הכולל אך ורק את תרומתו המוחלטת של ה- fixed factor הנדון לערך המדד התלוי ומאפשרת זיהוי ויזואלי קל יותר של הבדלים. לצורך הצגה ויזואלית של התוצאות יצרנו איורים של הערך הממוצע הצפוי (בליווי ה- confidence intervals) מול כל fixed factor, הן בהסתמכות על הערכים הצפויים והן על ערכי ה- partial residuals.

2.6.2 ניתוח סטטיסטי – מבנה חברות הצומח והעופות

חישוב ובחינה של אי-הדמיון במבנה החברה בין כל זוג אתרים

ראשית, חישבנו את מדד האי-דמיון של bray-curtis בין כל זוג מקטעים. מדד זה מקבל ערך של 1 כאשר אין כלל מינים חופפים בין המקטעים וערך של 0 כאשר כל המינים חופפים בין המקטעים. לאחר יצירת מטריצת האי-דמיון (dissimilarity), מיינו את המטריצה על פי כל אחד מהמשתנים המסבירים.

אנליזת metaNMDS לזיהוי ויזואלי של תבניות, משתנים מסבירים חשובים ואינט' ראקציות בין משתנים

לאחר חישוב האי-דמיון ביצענו אנליזת metaNMDS תוך שימוש בחבילה vegan ב- R. שיטת אורדינציה זו מבוססת על התמרה של אי-הדמיון ל- ranks ומציאת הסידור המרחבי האופטימלי של האתרים ב- 2 ממדים, כך שהמרחק בחלל האורדינציה יהיה בקשר מונוטוני חיובי מיטבי מול ה- ranks של האי-דמיון. איכות האורדינציה מסוכמת ע"י מדד ה- stress, כאשר נהוג לחלק את תוצאות ניתוח הנתונים על פי טבלה 2. בנוסף, ניתן ליצור איור (shepard diagram) אשר מראה את המרחק בחלל האורדינציה מול מדד האי-דמיון ומשווה את התבנית המתקבלת לתבנית הצפויה במידה ויש קשר מונוטוני חיובי מושלם. לבסוף, הוספנו לחלל האורדינציה משתנים סביבתיים נוספים תוך שימוש בפונקציה אשר מתאימה מודל של רגרסיה מרובת משתנים של המשתנה הסביבתי מול צירי האורדינציה. אורך הווקטור מייצג את ה- R2 של הרגרסיה בעוד כיוון הווקטור את הכיוון בחלל האורדינציה שבו המשתנה משתנה באופן החד ביותר. חשוב לציין שאורך הווקטור הינו יחסי לוקטורים אחרים וערכו המוחלט מוכפל בקבוע לצורך התצוגה הגרפית. לאחר הרצת המודל שירטטנו מספר איורים שבהן בחנו ויזואלית את ההפרדה על פי על אחד מהמשתנים המסבירים. בנוסף, בחנו את רמת המובהקות של כל משתנה באנליזת ה- envfit. בהתאם לערכי המובהקות הסטטיסטית וההפרדה הוויזואלית בחרנו עד ל- 4 משתנים מסבירים להמשך ניתוח באמצעות adonis (להלן, משתני adonis).

טבלה 2:

איכות המודלים על פי מדד ה- stress באנליזת metaMDS

איכות המודל	תחום stress
excellent	$0 \leq \text{stress} < 0.05$
good	$0.05 \leq \text{stress} < 0.10$
Fair with weak ties	$0.10 \leq \text{stress} < 0.20$
poor	$0.20 \leq \text{stress}$

אנליזות adonis לכימות השונות במבנה חברה המוסבת ע"י כל משתנה

כדי למצוא את השונות במבנה החברה (באי-דמיון) אשר מוסברת ע"י כל אחד מהמשתנים המסבירים ביצענו אנליזת Permutational Multivariate Analysis of Variance Using Distance Matrices. לשיטה זו שני תוצרים עיקריים: ערך ה- R^2 של כל משתנה מסביר או אינטראקציה הנכללים במודל ומידת המובהקות של כל משתנה מסביר או אינטראקציה הנכללים במודל. ערכי ה- R^2 (השונות המוסברת) הינם אדטיביים ומייצגים את הפרופורציה מה- sum of square difference הכולל אשר מוסברת ע"י המשתנה.

חשוב לציין שערך ה- R^2 הכולל גדל עם עלייה במורכבות המודל ושנכון להיום אין שיטה מקובלת לבחירת מודלים באנליזה זו אשר מאפשרת איזון בין מורכבות המודל ואיכותו. לפיכך, ראשית התאמנו את המודל המורכב ביותר אשר כולל את כל משתני ה- adonis שנבחרו בשלב הקודם ואת כל האינטראקציות האפשריות ביניהם. לאחר מכן, בחרנו מתוך מרכיבי המודל (לדוגמא, משתנה A או האינטראקציה בין משתנים A ו-B) את אלו שהיו מובהקים סטטיסטית כמודל סופי שמאזן בין מורכבות לאיכות. סיכמנו את האנליזות בטבלאות ובאיור מסוג venn אשר מראה את השונות המוסברת (R^2) ואת המובהקות הסטטיסטית בכל קומבינציה של אינטראקציה בין משתנים מסבירים.

3 | תוצאות ודיון

3.1. אקלים והידרולוגיה

נתוני האקלים וההידרולוגיה הינם גורמים פיזיים המשפיעים על המאפיינים הביולוגיים של הנחל, ולכן במקביל לאיסוף הנתונים בסקרי השטח באביב ובסתיו נאספו גם נתוני האקלים וספיקות הנחל ונותחו מאפייני האקלים.

3.1.1 משטר טמפרטורה

הנתונים מתבססים על תחנת חיפה שדה תעופה לשנים 1995-2009 (נתונים מתוך אתר האקלים, אתר השרות המטאורולוגי: <https://ims.gov.il/he/ClimateAtlas>) בטבלה 3 מוצגים ערכים ממוצעים לתקופת המדידה. הנתונים מראים שמשרעת הטמפרטורה קטנה ועומדת על 4 מעלות.

טבלה 3: ערכי מינימום, מקסימום וממוצע רב שנתיים

מינימום שנתי	21.2 מעלות
ממוצע שנתי	17.2 מעלות
מקסימום שנתי	25.2 מעלות

טבלה 4 מציגה אירועי קיצון שהתרחשו בתקופת המדידה. אירועי קיצון משמעותיים מציגים חריגה מהממוצע בעשרות מעלות (מעל ומתחת).

טבלה 4: התפלגות ערכי קיצון לאורך השנה

	ינואר	פברואר	מרץ	אפריל	מאי	יוני	יולי	אוגוסט	ספטמבר	אוקטובר	נובמבר	דצמבר
מקסימום מוחלט	27.0	30.4	38.0	42.5	44.6	43.5	39.7	37.8	41.8	41.4	36.0	31.5
תאריך	7/1/1971 8/1/1971	27/02/1929	23/03/2008	22/04/1928	10/05/1941	09/06/2002	17/07/2019	01/08/2002	27/09/1929	04/10/1940	15/11/1933 6/11/1949	03/12/1956
מינימום מוחלט	-1.6	-3.5	2.0	4.3	9.6	13.0	17.0	17.9	14.2	8.5	5.0	0.2
תאריך	25/01/1907	07/02/1950	03/03/1928	12/04/1997	01/05/1908	02/06/1991	02/07/1940	22/08/1949	28/09/1992	15/10/1948	29/11/1953	28/12/1924

3.1.2 ניתוח משטר הגשם

משטר גשם הינו מקבץ משתנים הכוללים את כמות הגשם השנתית, העונתית, החודשית והיומית, התנובה של פרקי הגשם (הסופות) ואורכם. מאפייני אירועי הקיצון (תדירותם ועוצמתם) מאפשרים לאפיין את אופי הגשם במקום מסוים.

אי-וודאות מתייחס ליכולת לחזות התרחשותה של תופעה בעוצמה מסוימת במקום ובזמן נתון. בתקופה של שינויי אקלים, כימות אי-הוודאות הינו מדד המאפשר לבחון את הקיצוניות שמשטר הגשם יכול להגיע אליו.

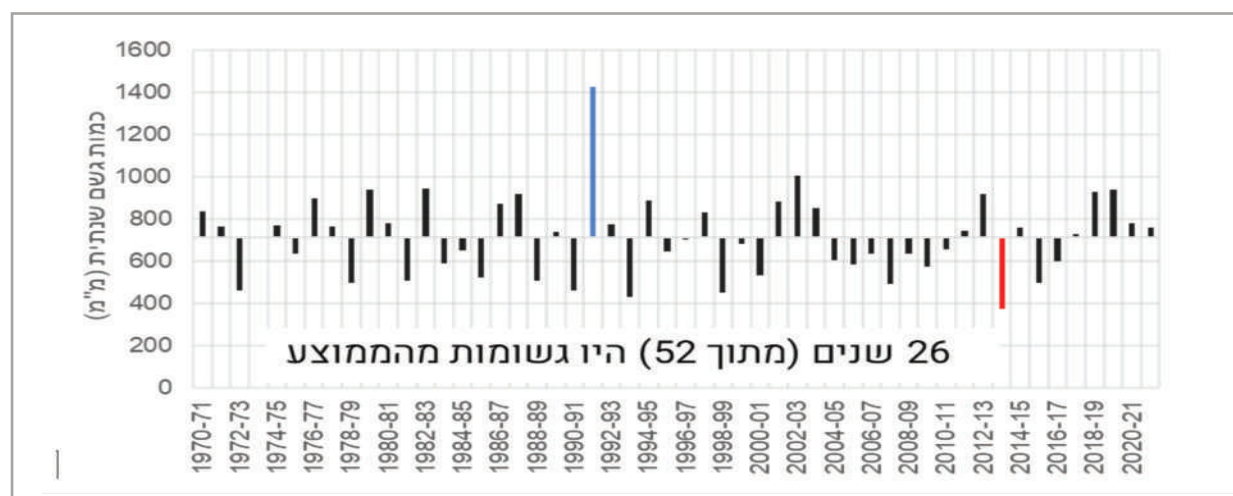
כמות גשם שנתית

ניתוח משטר הגשם השנתי מתבסס על נתוני תחנת יגור לשנים 1970 – 2022. טבלה 5 מציגה את ערכי המקסימום, המינימום והממוצע הרב-שנתיים ואת עוצמת אי הוודאות בכמות הגשם השנתית. מחצית מתקופת המדידות הייתה גשומה מהממוצע אבל מדד אי-הוודאות מעיד על כך ששנת גשם יכולה להיות אפילו פי 2 גשומה מהשנה הממוצעת, וגם כמעט פי 2 שחונה ממנה.

טבלה 5: ערכי מינימום, מקסימום ממוצע, ועוצמת אי הוודאות הרב שנתית

מקסימום	1,424 מ"מ (1991-92)
ממוצע	714 מ"מ
מינימום	378 מ"מ (2013-14)
אי וודאות	פי שתיים גשומה מהממוצע פי 1.8 שחונה מהממוצע

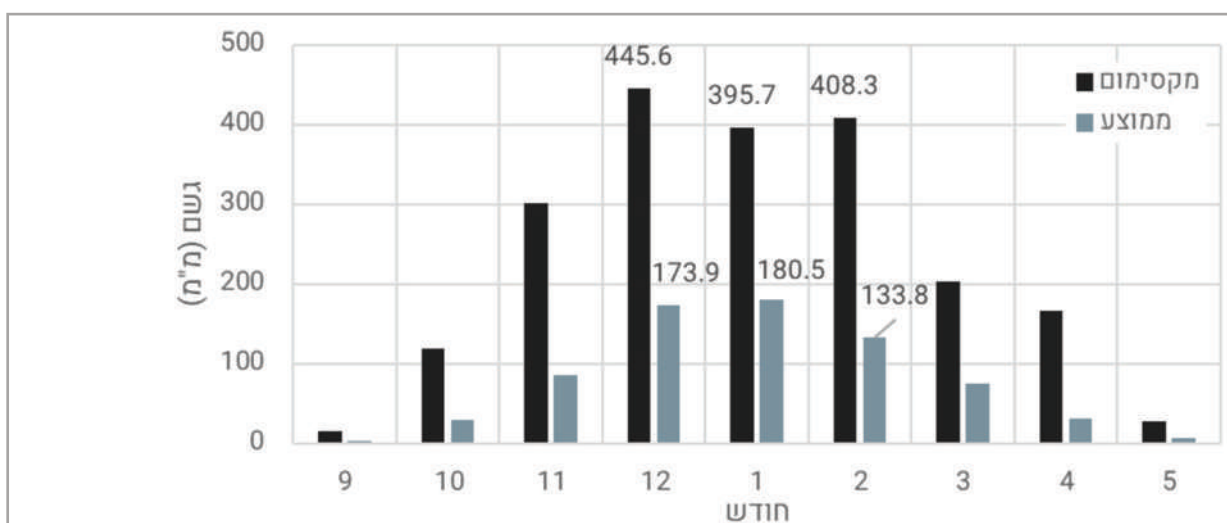
איור 1 מציג את התפלגות הגשם השנתי בתקופת המדידות



איור 1. התפלגות כמות הגשם השנתית

כמות גשם חודשית

החודשים הגשומים ביותר הם דצמבר ינואר ופברואר (איור 2).



איור 2. התפלגות הגשם החודשי הממוצע והמקסימום

חודש ינואר הוא החודש הגשום ביותר בממוצע, אבל ערך המקסימום הוא בדצמבר. אי וודאות גדולה יותר בחודש דצמבר לעומת ינואר ובחודש פברואר מגיעה לפי 3 לעומת הממוצע (טבלה 6).

טבלה 6: ערכי ערך המקסימום החודשי ואי הוודאות בכמות הגשם החודשית

אי וודאות			מקסימום
פברואר	ינואר	דצמבר	
3	2.2	2.5	445.6 מ"מ (דצמבר 1991)

כמות גשם יומית

כמות הגשם היומית מוגדרת ככמות הגשם שהצטברה בין 08:00 ל-07:59 ביום למחרת. ההסתברות של יום הגשם שהתרחש בדצמבר 1991, שהוא המקסימום הרב שנתי, עומדת על כ- 4% - תקופת חזרה של 25 שנה.

טבלה 7:

כמות הגשם היומית המקסימלית ומספר ימי הגשם הממוצע

מקסימום (9/12/1991)	120 מ"מ
מס' ימי הגשם השנתי הממוצע	68

ימי גשם בהסתברות נדירה יותר לא התרחשו עדין אך בעידן שינוי אקלים קיים תרחיש להקצנת סופות הגשם כך שיתקבלו בפועל ימי גשם המחושבים להסתברויות הנדירות.

טבלה 8:

הסתברות לעוצמת גשם יומית מקסימלית.
[מתוך: ניתוח הסתברויות מתוך תכנית אב לניקוז אגן הקישון (2019)]

הסתברות של גשם יומי מקסימלי (מ"מ)					
1%	2%	5%	10%	20%	50%
150	135	117	104	91	71

אירועי קיצון – סופות גשם

כמות הגשם היומית אינה בהכרח גדולה, אך הקרקע מגיעה לרוויה מסך גשם מסוים, כך שרציפות הגשם מייצרת עודפי נגר ההופכים לזרימות משמעותיות בנחל (יפורט בפרק הידרולוגיה).

טבלה 9:

אירועי הגשם הקיצוניים שנמדדו בכל חודש

חודש (שנה)	גשם יומי מקסימלי (מ"מ)	מספר ימים	כמות גשם מצטברת (מ"מ)
אוקטובר (2012)	49.8	4	75.3
נובמבר (1976)	67.0	6	234.0
דצמבר (2001)	82.7	8	267.3
ינואר (1974)	40.9	11	241.0
פברואר (1992)	88.2	15	355.4
מרץ (2003)	59.2	8	164.7

טבלה 10: שכיחות אירועי הגשם בהתאם לכמות המצטברת

100 מ"מ +	50 מ"מ +
1.5 בשנה באורכים שונים	4 בשנה (באורכים שונים)

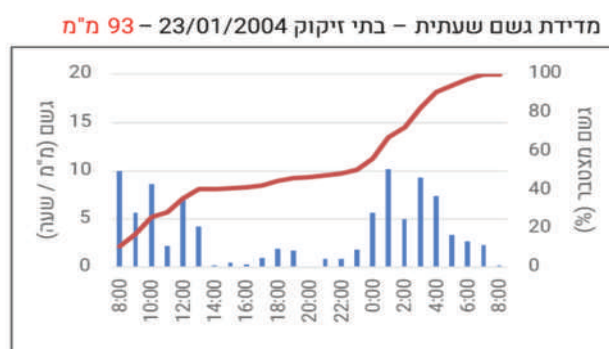
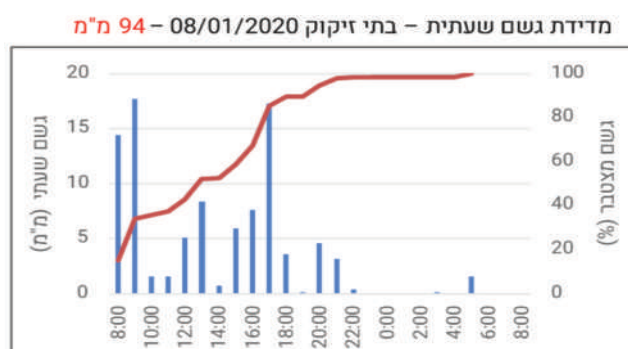
ניתוח גשם יומתי

הניתוח מתבסס על מדידות גשם בהפרש זמן של 10 דקות. מאגר הנתונים העשר דקותי כולל מידע שנמדד בתחנות אוטומטיות בלבד המתבצעת רק בתחנת בתי הזיקוק. טבלה 11 מציגה את הכמות המקסימלית שנמדדה ביממה ביגור כפי שהוצגה בסעיף 3.3. אבל בהיעדר נתוני התפלגות של הגשם במהלך היממה הניתוח יתבסס על תחנת חיפה בתי זיקוק (השוואה בין שני ימי הקיצון שנמדדו).

טבלה 11: כמות גשם יומית מקסימלית

23/01/2004	08/01/2020	20/11/2020	תחנה
114.6 מ"מ	61.3 מ"מ	120.7 מ"מ	יגור
92.7 מ"מ	93.9 מ"מ	75.4 מ"מ	*חיפה בתי זיקוק

האירורים מציגים שני דפוסים של ימי גשם, המניבים את אותה כמות גשם יומית:



איור 3. מימין - יום גשם בו עוצמות הגשם נמוכות יחסית אך נמשכות לאורך כל היום

איור 4. משמאל - יום גשם בו התקבלו עוצמות גבוהות במיוחד במשך 7 שעות

3.1.3 ניתוח הידרולוגי

הניתוח מתבסס על נתוני התחנה ההידרומטרית קישון מחצבה (8146) של השרות ההידרולוגי – רשות המים. תחנה זו מנקזת של 694 קמ"ר.

זרימות בסיס:

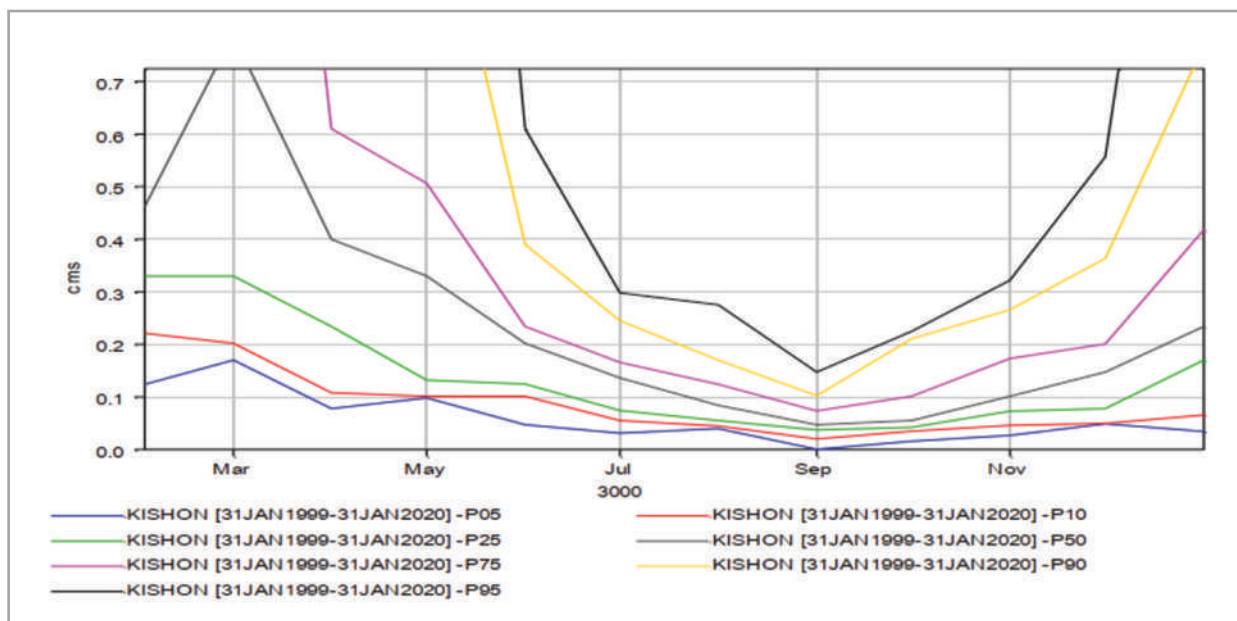
בשיקום אקולוגי יש משמעות רבה לנתוני זרימת הבסיס בחודשים מאי, יוני, יולי, אוגוסט, ספטמבר, בהם בדרך כלל אין גשם ואין גאוויות. לצורך תכנון הידרולוגי של בתי הגידול הלחים מוצע להתייחס לספיקות שמתאימות להסתברות של 50%, ו- 90% כמדד לשנים שחונות.

זרימות בסיס:

0.04 מ"ק/שניה (בהסתברות של 90% - השנים השחונות ביותר)

0.14 מ"ק/שניה (בהסתברות של 50% - מחצית משנות המדידה)

מתוך המחקר נלמד שהנחל מזרים מים בספיקות מינימליות גם בשנים שחונות.



איור 5 – הסתברות של זרימות בסיס בנחל הקישון – [מתוך: נהרא ופשטיה. זרימות בסיס באגן הקישון (2021)].

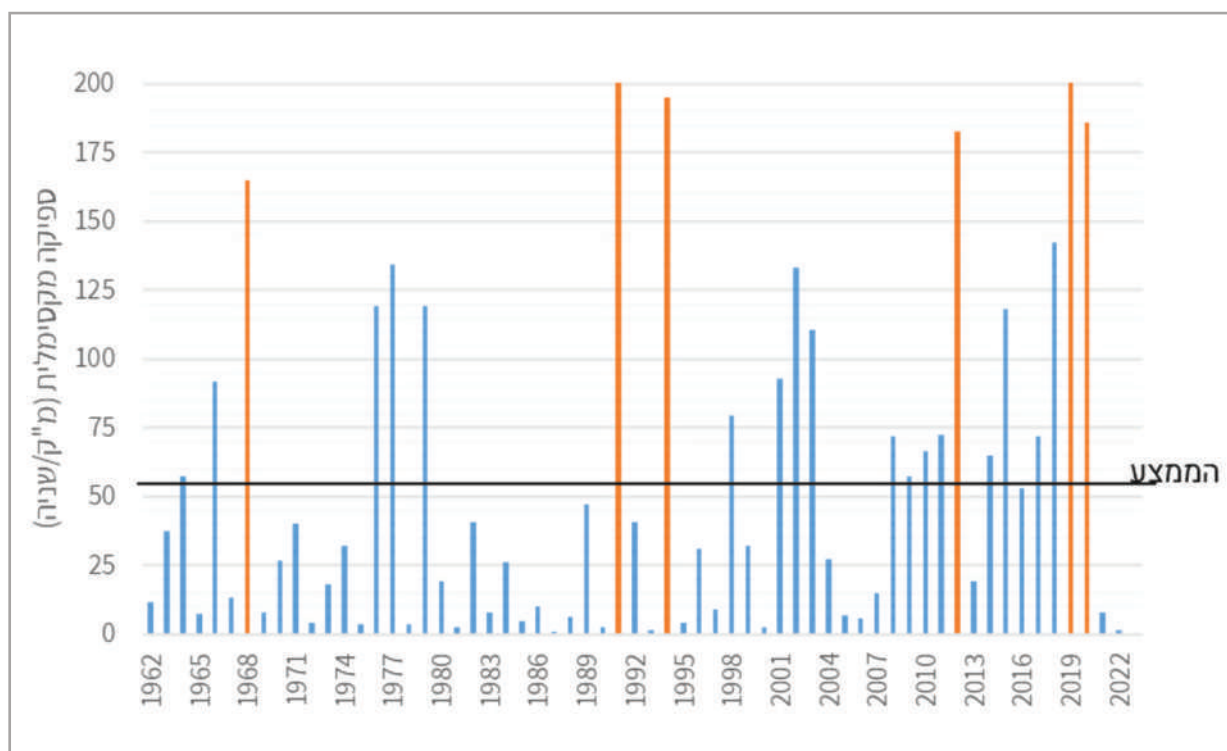
ספיקות שיא שנתיות

טבלה 12 מציגה את ספיקות המקסימום, המינימום והממוצע שנמדדו בתחנה קישון מחצה בין השנים 1962 ו-2022. האיור מציג את ההתפלגות המדידות. אירועי זרימות משמעותיים התרחשו, עד פי 4 מהממוצע הרב שנתי ויצרו פשטי הצפה נרחבים. ספיקות בהסתברויות שונות (טבלה 14), מתבססות על תכנית האב לניקוז אגן הקישון (2019) ומראות ספיקות שעדיין לא התרחשו שלהן הסתברות של 2 ו-1 אחוז. ההסתברות של הספיקה המקסימלית שנמדדה עומדת על תקופת חזרה של כ-25 שנה.

בעידן שינוי אקלים קיים תרחיש להקצנת סופות הגשם ואיתן גם אירועי ספיקות קיצוניים יותר.

טבלה 12: ספיקות מקסימום, מינימום וממוצע שנמדדו בתחנת קישון מחצה

מקסימום	217.6 מ"ק/שניה
ממוצע	55.6 מ"ק/שניה
מינימום	1.5 מ"ק/שניה



איור 6 - התפלגות ספיקות שיא שנתיות

טבלה 13: ספיקות שיא באירועים נדירים (מ"ק/שניה)

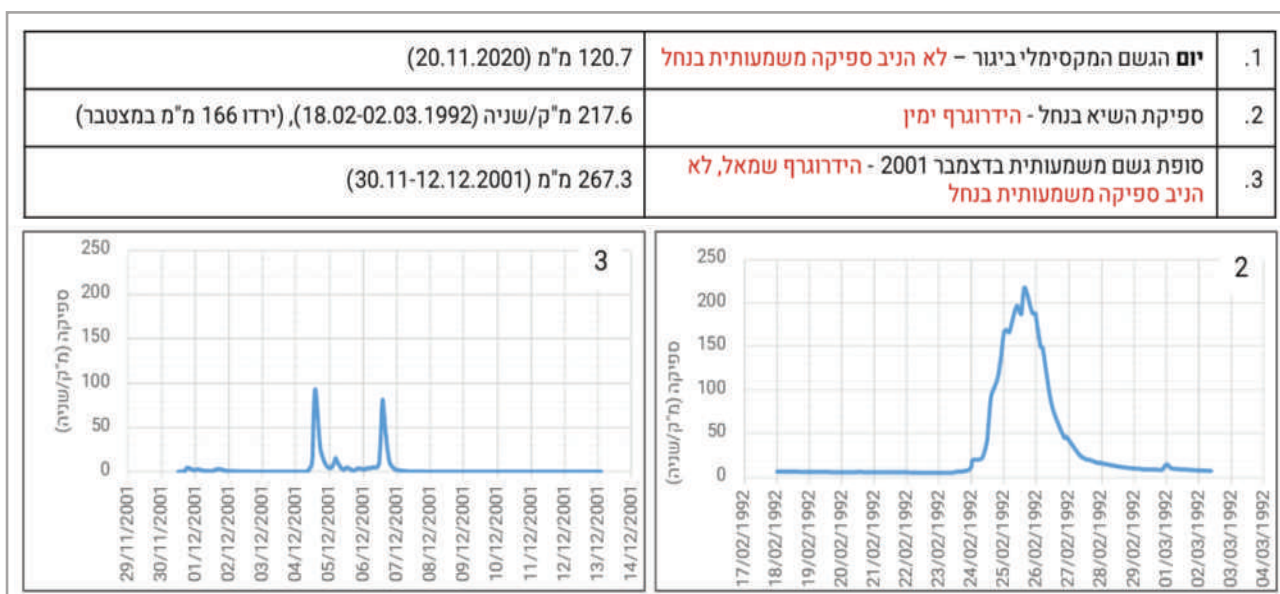
2012/3	1994/5	1991/2	1968/9	1961/2
182	195	218	165	200

טבלה 14: ספיקות בהסתברויות שונות (מ"ק/שניה)

2012/3	1994/5	1991/2	1968/9	1961/2
182	195	218	165	200

3.1.4 הקשר בין הידרולוגיה וקלימטולוגיה

הזרימות בנחל, בתחנת קישון מחצבה, מושפעת מאגן ניקוז שגודלו 694 קמ"ר ומהנגר שנאסף בו עד לתחנת המדידה ההידרומטרית. מדידת הגשם בתחנה המטאורולוגית יגור אינה מתאימה לחזוי משטר הזרימה שנוצר בנחל ביום הגשם. לדוגמא: כמות הגשם היומית שנמדדה ב-20.11.2020 הייתה המקסימלית בכל תקופת המדידה אך היא לא יצרה זרימות משמעותיות בנחל. גם בסופת הגשם המשמעותית שהתרחשה בדצמבר 2001 המדידות בנחל לא הראו ספיקה משמעותית. לעומת זאת, ספיקת השיא בנחל התקבלה במהלך סופת גשם שכיחה באופן יחסי (איור 7).

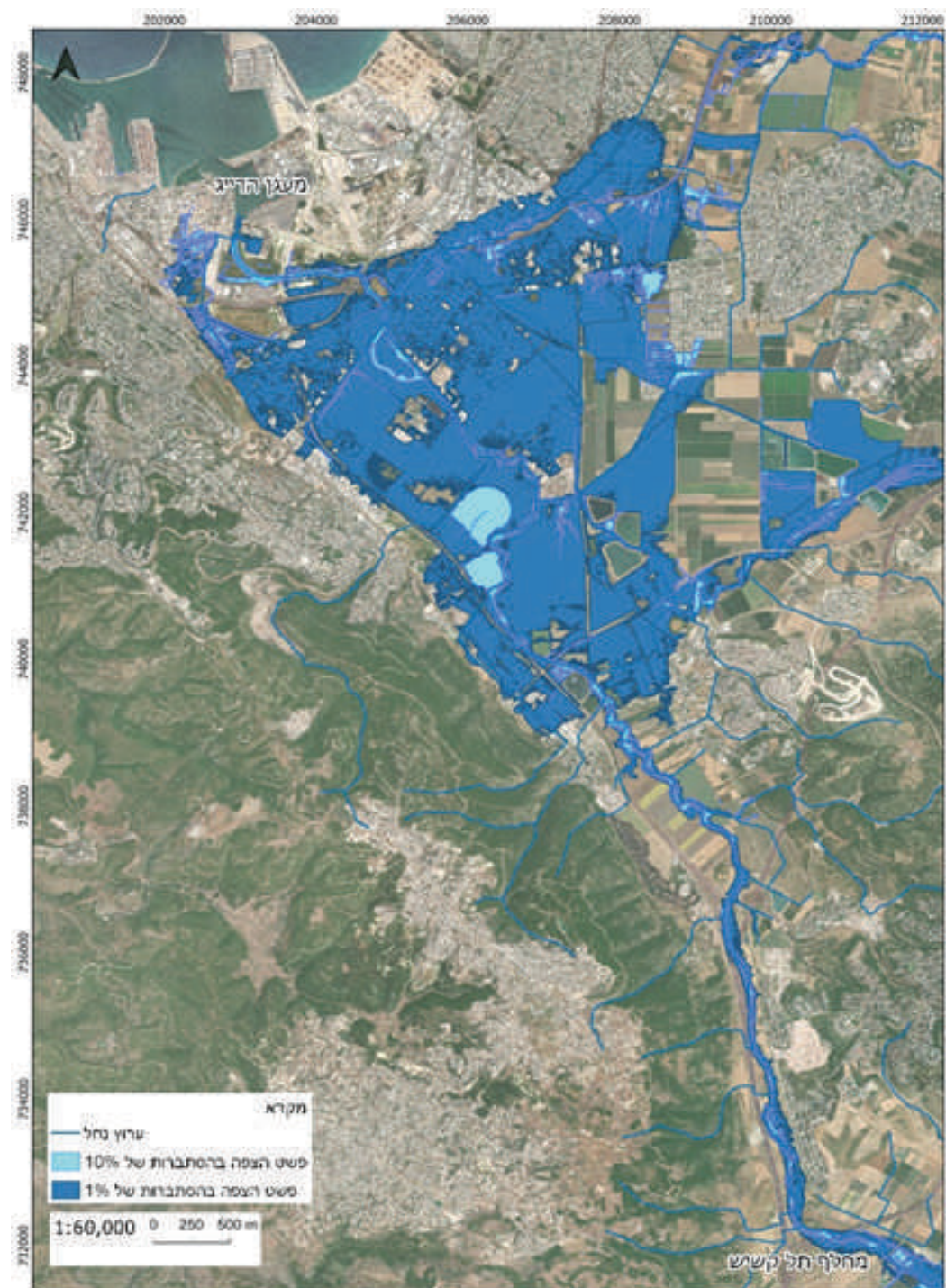


איור 7 – קשר בין ספיקות השיא וסופות הגשם

3.1.5 פשטי הצפה

מודל זרימה בנחל שבוצע עבור תכנית האב לניקוז (2019), מציג את פשטי ההצפה בהסתברות של 10% (135 מ"ק/שניה) ובהסתברות של 1% (299 מ"ק/שניה).

פשט ההצפה בהסתברות של 1% מציף שטחים ניכרים במרחב במיוחד במורד הנחל. בעידן שינוי אקלים קיים תרחיש שפשט הצפה זה יתרחש בהסתברויות שכיחות יותר מ- 1:100 שנים.



מפה 3: מודל זרימה בנחל 2019

3.1.6 מפלס הים

נתוני מפלס ים מתבססים על הנתונים המוצגים באתר מרכז למיפוי ישראל:

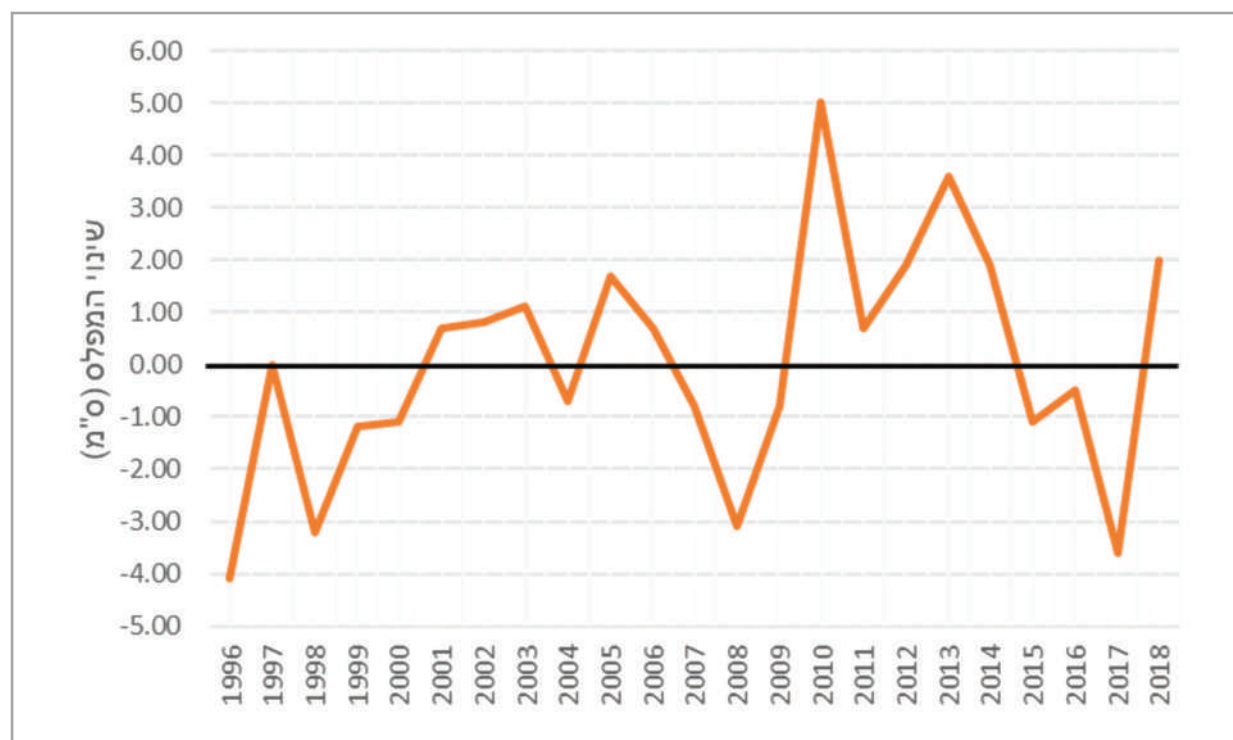
https://www.mapi.gov.il/Research/sea_level/info/Documents/sea-level-il-med-2005-2018.txt. באופן כללי, התחזיות לעליית גובה פני הים מתאפיינות ברמת ודאות נמוכה מאוד, בעיקר בגלל חוסר הידע בנוגע להשלכות שינוי האקלים על הקרחונים בקטבים.

מקובל כי קצב עליית גובה פני הים בים התיכון עומד על כ-0.4-0.5 ס"מ לשנה, כלומר עלייה של כ-40 סנטימטר עד 2100, אם קצב העלייה נמשך קבוע. אולם על ישראל לעדכן את התחזיות והתרחישים בנוגע לעליית גובה פני הים. מכיוון שקצב ההמסה הולך וגובר (ממשלת ישראל, 2023).

בטבלה 15 ובאיור 8 נראה שינוי מפלס פני הים בין השנים 1996 ו-2018 לעומת מפלס 0.

טבלה 15: שינוי מפלס הים התיכון בישראל לעומת הממוצע לשנים 2005-2018

מינימום (מ')	ממוצע (מ')	מקסימום (מ')
0.073	0.114	0.164



איור 8 – שינוי מפלס הים בין השנים 2005-2018

בסקר זה, המרכיב המשמעותי בהקשר של השפעת הים על האקולוגיה במורד הקישון, הוא בזרימה ההפוכה בה מי הים נכנסים אל תוך תוואי הנחל ומייצרים יחסי גומלין בין מי הים ומי הנחל. לתופעה זו יש הקשר מידי על הרכב ואיכות המים בנחל. זהו מרכיב המשתנה האופן תדיר יותר מהשינוי במפלס הים, שלו סדרי זמן ארוכים מידי עלך מנת להוות מרכיב שמשפיע בסקר הנוכחי.

3.1.7 סיכום הניתוח האקלימי

משטר טמפרטורה:

משרע הטמפרטורה השנתי עומד על 4 מעלות אך נרשמו אירועי קיצון משמעותיים הן במקסימום והן במינימום

משטר גשם:

שנתי – כמות הגשם השנתית עומדת על כ- 700 מ"מ אך נרשמו שנים שחרגו מהממוצע עד פי 2 ממנו.

חודשי – חודש ינואר הוא הגשום ביותר בשנה ובחודש דצמבר אי הוודאות בכמות הגשם גדולה. יומי – ביום גשם אחד נמדדו 120 מ"מ והוא מחושב להסתברות של 4%, תנובה כזו צפויה להיות שכיחה יותר בעידן שינויי האקלים.

שעתי – ישנם דפוסים שונים של ימי גשם בהם משתנה עוצמת הגשם היומית.

הידרולוגיה:

זרימות בסיס – תוואי הנחל מזרים נגר בספיקה נמוכה גם בשנים שחונות באופן קיצוני

ספיקות שיא – הספיקות השיא הנמדדות בתחנת מחצבה לא מושפעות ישירות מעוצמת הגשם היורדת ביגור או במפרץ. מדובר באגן גדול אשר בו מצטבר נגר המגיע מאזורים מרוחקים ומתנקז אל מרחב הסקר.

פשטי הצפה – לנחל יכול הצפה של שטחים נרחבים במפרץ חיפה, בשילוב עם שימושי הקרקע המקומיים הדבר מהווה סיכון מפני נזקי הצפה משמעותיים.

מפלס הים: נושא זה משמעותי בקנ"מ רחב יותר של אזור החוף בישראל ולא נראה רלוונטי לשפך הקישון אל הים שכבר היום מושפע מכניסות של מים אל תוך תוואי הנחל.



תמונה 3: ספיקת שיא בקישון 2023 (צילום עפרי גבאי)



תמונה 4: אזור פשט ההצפה בעונה יבשה (צילום עפרי גבאי)

3.1.8 בדיקות כימיות של המים

טמפרטורה:

מקסימום מוחלט	מרץ	אפריל	מאי	ספטמבר	אוקטובר	נובמבר
31	35.6	38	36.8	37.6	34.2	
תאריך	1-2/3/2023	19/04/2023	05/05/2023	12/09/2023	09/12/2023	01/11/2023
מינימום מוחלט	8.8	8.7	12.0	20.1	15.9	12
תאריך	10/03/2023	03/04/2023	01/05/2023	16/09/2023	21/10/2023	29/11/2023

משקעים:

אביב	בתי זיקוק אביב	נמל חיפה	יגור
114.6 מ"מ	81.1 מ"מ	147.7 מ"מ	
סתיו	110.9 מ"מ	99.2 מ"מ	138.3 מ"מ

זרימות שיא בנחל:

ספיקת שיא (מ"ק/שניה)	עונת אביב	סתיו (ספטמבר)
9.2	0.078	
תאריך	13/04/2023	4-6/09/2023

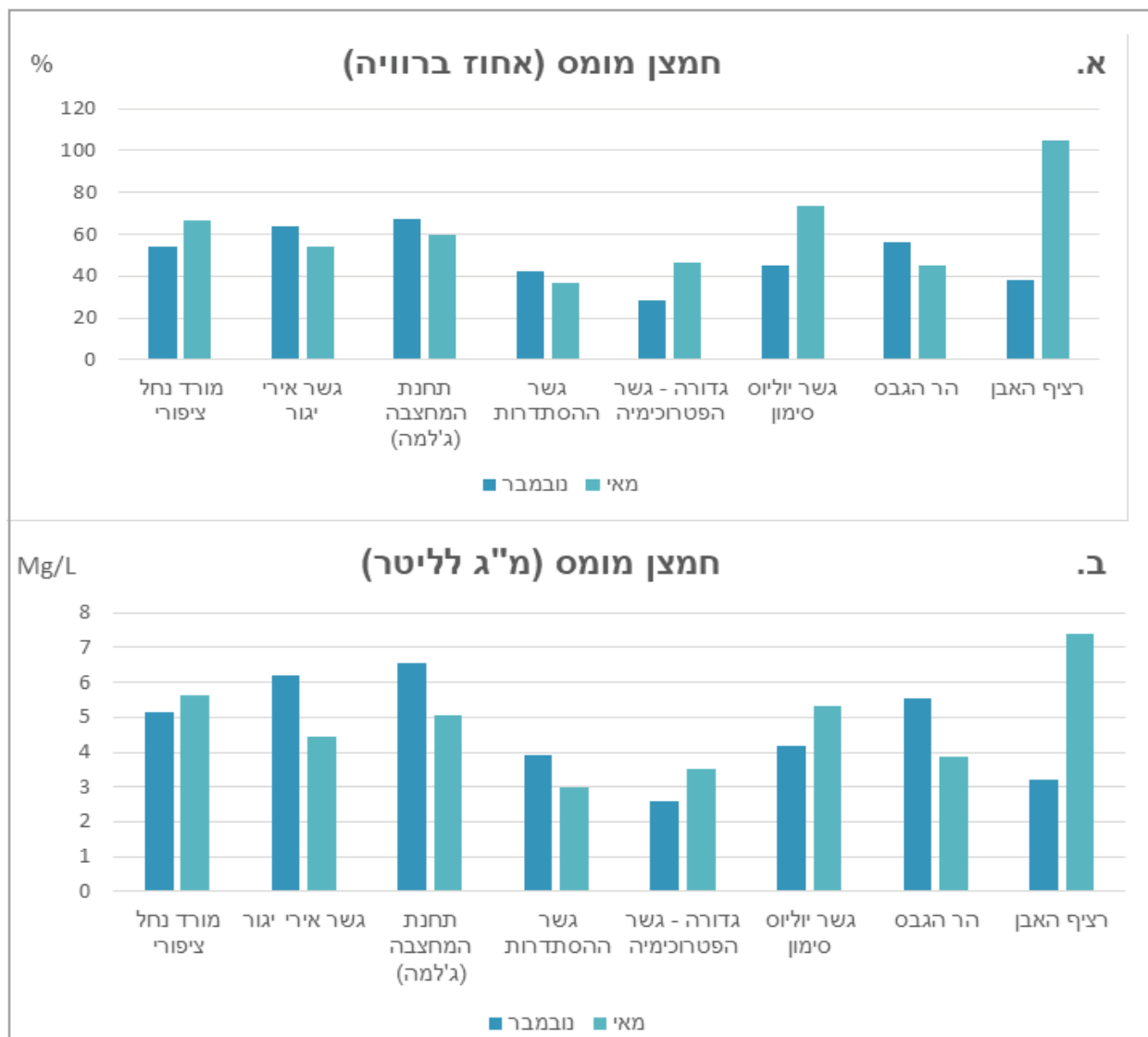
מפלס פני הים:

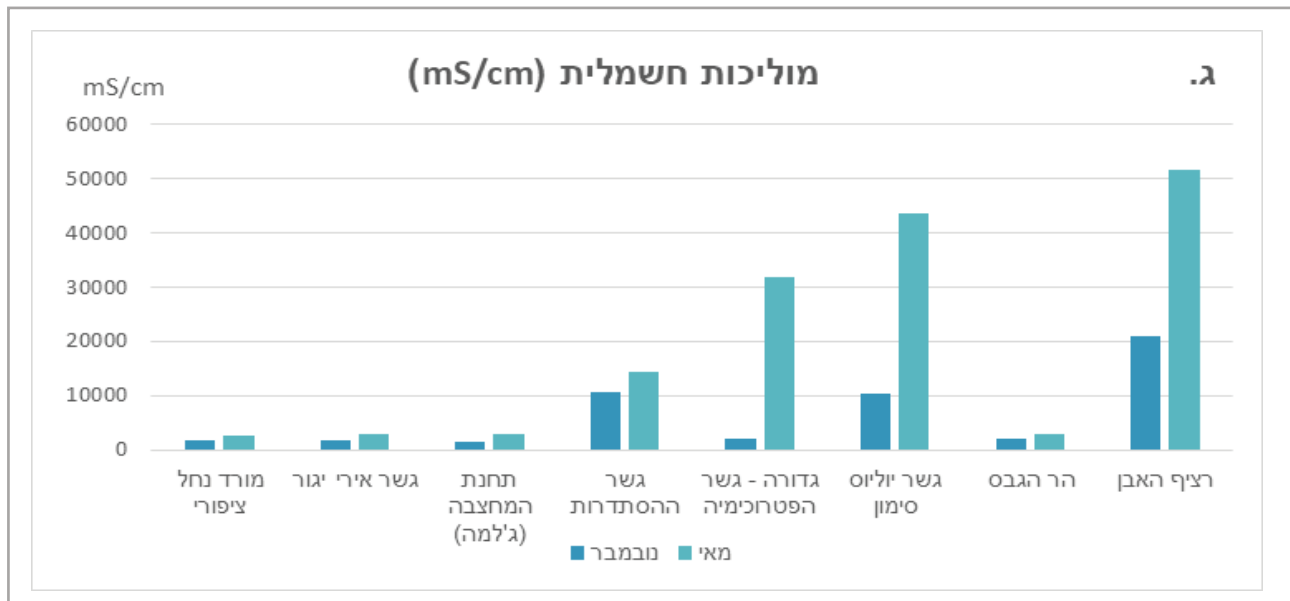
מקסימום מוחלט	עונת אביב	עונת סתיו
0.463	0.538	
מינימום מוחלט	-0.129	0.088-

3.2. בדיקות כימיות של המים

רווית החמצן באביב היתה גבוהה ביותר (105%) ברציף האבן וגבוהה בהרבה מתחנות המדידה האחרות (איור 9א). כך גם לגבי **אחוז החמצן המומס** (איור 9ב). רווית החמצן באביב נעה בין תנאי היפוקסיה (36.8%) בגשר ההסתדרות לרווית יתר (105%) מול רציף האבן. רווית יתר מאפיינת נחלים עשירים באצות. הר הגבס והגדורה היו התחנות בהן ערכים אלה היו הנמוכים ביותר.

המוליכות החשמלית, המהווה מדד למליחות, גבוהה יותר באביב לעומת הסתיו, כפי הנראה בגלל שגשמי הסתיו מוהלים את המלחים שבמים (איור 9ג). מליחות גבוהה מהווה גורם מגביל למינים שונים של מים מתוקים, בעיקר חרקים. המוליכות החשמלית באביב נעה בין מינימום של כ-1,758 מיקרוסימנס במורד נחל ציפורי באביב למקסימום של 51,650 מיקרוסימנס מול רציף האבן במעגן הקישון. המוליכות בחודשי הסתיו נעה בין מינימום של כ-1,450 מיקרוסימנס בחלקו האלוביאלי של הנחל, לערכים סביב 10,000 מיקרוסימנס בחלקי הנחל הקרובים לשפך, ועד ל-21,000 מיקרוסימנס מול רציף האבן במעגן הקישון. יוצאת דופן היא המוליכות הנמוכה בהר הגבס בשתי עונות הדיגום.





איור 9. נתונים כימיים של המים בחודשים מאי ונובמבר. א) אחוז החמצן המומס ברוויה; ב) אחוז החמצן המומס; ג) מוליכות חשמלית. מקור הנתונים: דיגום רשות נחל קישון.

3.3 סקר הצומח

סה"כ נצפו בסקר 346 מיני צומח שונים. בממוצע, נצפו 38 מינים במקטע (איור 10א), כאשר היתה שונות גבוהה בעושר המינים בין המקטעים השונים לאורך הנחל: החל מ-12 מינים במקטעים עם העושר הנמוך ביותר, ל-63 מינים במקטע העשיר ביותר (מפה 3). מספרי המינים הנמוכים ביותר נצפו בקטע הנחל שבין כפר חסידים לשפך הגדרה. בקטע זה נספרו בממוצע 28 מינים במקטע, לעומת 45 במקטעים האחרים. המקטע העשיר במיני צמחים הוא חלקו הדרומי של הקישון עד לכפר חסידים. מקטע זה גם עשיר במינים המאפיינים בתי גידול לחים. מקטע נוסף עשיר במינים הוא חלקו הדרומי של הגדרה, אך עושר המינים שם קשור בשתילות ובמינים שמקורם בגינון (מפה 3).

מספר המינים החד-שנתיים שנמצאו במקטע נע בין 3 ל-36 מינים עם ממוצע של 20.30 מינים למקטע. מספר הצמחים העשבוניים הרב-שנתיים שנמצאו במקטע היה נמוך יותר, ונע בין 3 ל-20 מינים עם ממוצע של 11.43 מינים למקטע, ומספר המינים המעוצים במקטע הוא הנמוך ביותר מבין צורות החיים, ונע בין 2 ל-15 מינים עם ממוצע של 6.00 מינים למקטע (איור 10ב).

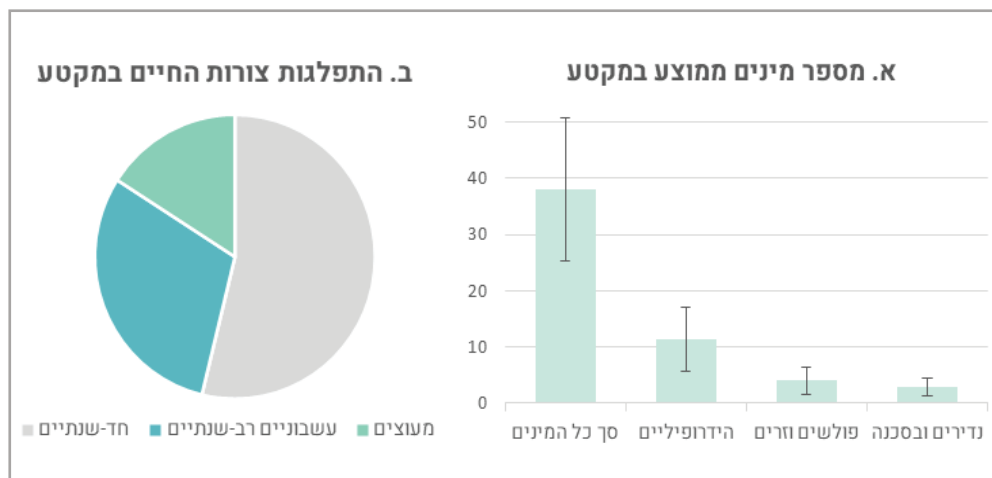
אחוז כיסוי הצמחים החד-שנתיים היה גבוה ביותר, עם ממוצע של 0.915. אחוז הכיסוי הנמוך ביותר שנרשם היה 0.4 אחוז. ממוצע כיסוי העשבוניים הרב-שנתיים היה 0.879, כאשר אחוז הכיסוי הנמוך יותר שנרשם היה 0.3. אחוז כיסוי הצומח המעוצה הנמוך ביותר שנרשם היה 0, והממוצע עמד על 0.736.



מפה 3: עושר מיני הצמחים במקטעי הדיגום

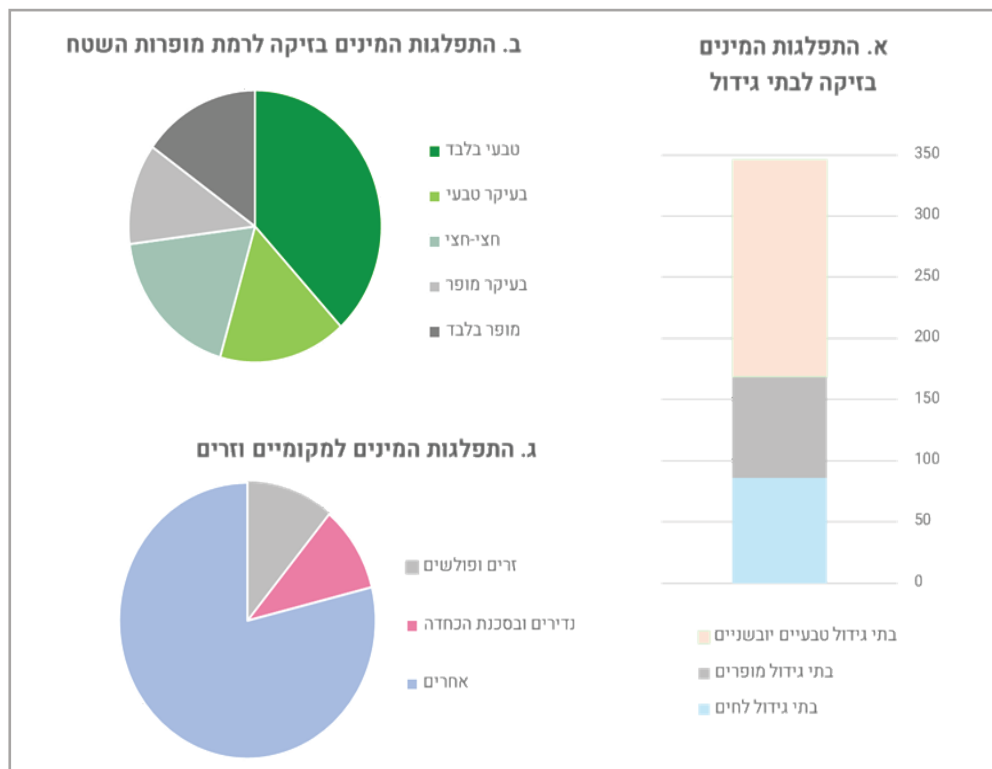
86 מהמינים שנמצאו בסקר (כ-24.5% מכלל המינים) הם בעלי זיקה לבתי גידול לחים. מספר מיני הצמחים ההידרופיליים שנמצאו במקטע נע בין 3 ל-23 מינים עם ממוצע של 11.40 מינים למקטע. (איור 10 ומפה 4). 83 מינים הם בעלי זיקה לבתי גידול מופרעים או מעובדים (כ-24% מכלל המינים, איור 11 וטבלה 16). רוב המינים (55%) גדלים בבתי גידול טבעיים בלבד, או בעיקר בהם (איור 11ב).

34 מינים (כ-10% מכלל המינים שנמצאו בסקר) הם מינים מוגנים, 17 מינים בסכנת הכחדה (כ-5%), ו-13 מינים (כ-4%) הם מינים נדירים (איור 11ג). מספר מיני הצמחים הנדירים או בסכנת הכחדה שנמצאו במקטע נע בין 0 ל-7 מינים עם ממוצע של 2.92 מינים למקטע (איור 10א). טבלה 17 ומפה 5 מציגות את המינים הנדירים ובסכנת הכחדה שנמצאו בסקר.



איור 10.

(א) מספרי מינים ממוצעים במקטע;
(ב) התפלגות ממוצעת של צורות החיים במקטע.



איור 11.

(א) התפלגות סך המינים שנצפו בסקר בזיקה לבתי גידול;
(ב) התפלגות המינים בזיקה לרמת מופרות השטח;
(ג) התפלגות המינים לנדירים ובסכנת הכחדה, זרים ופולשים ומקומיים.

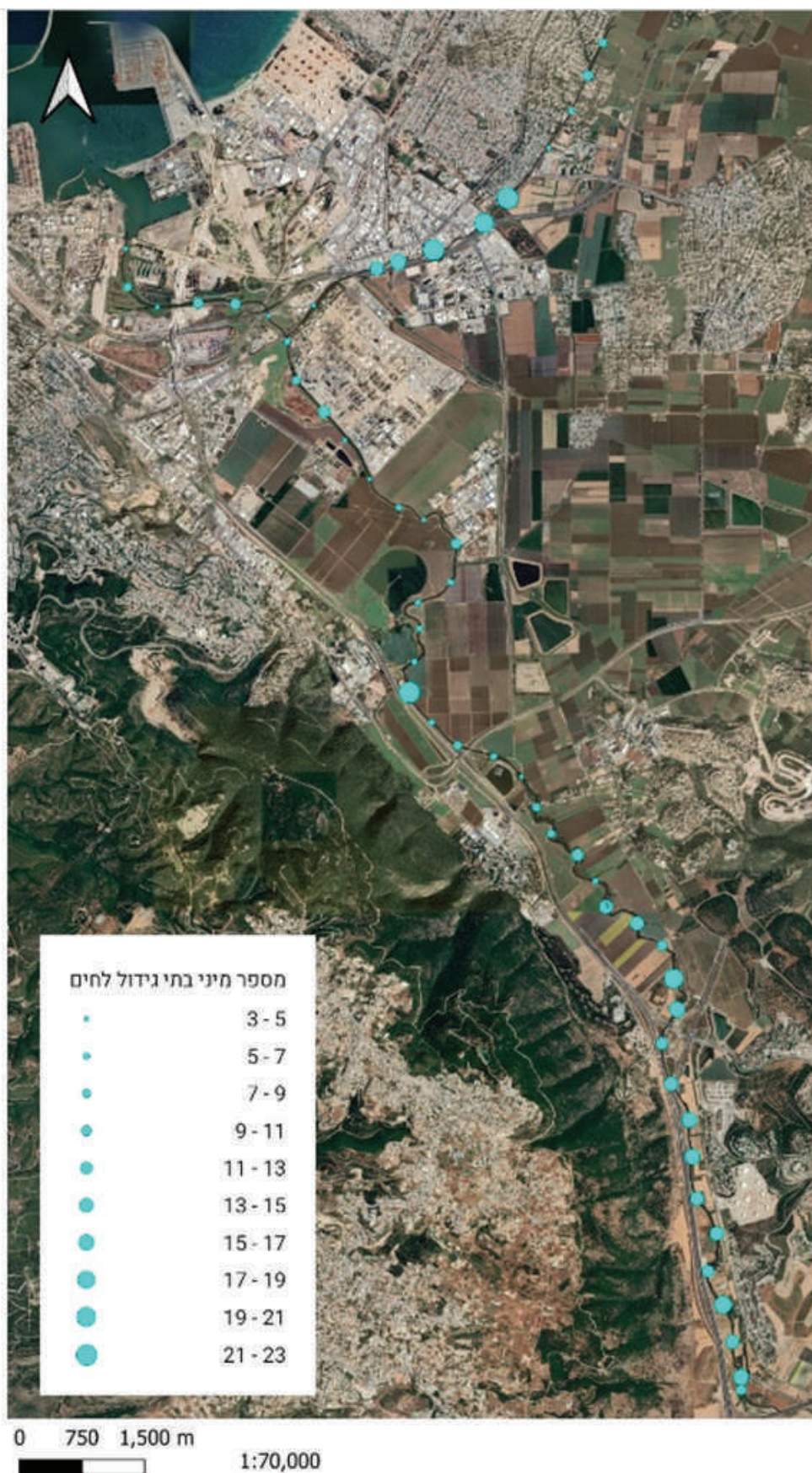
טבלה 16: בתי הגידול אליהם משתייכים המינים שנמצאו בסקר

מס' המינים בסקר	בית גידול
1	ביצות מלוחות (בתי-גידול לחים)
109	בתות
1	בתות, בתי-גידול לחים
7	בתות, בתי-גידול מופרעים-מופרים
1	בתות, בתי-גידול מופרעים-מופרים, קרקעות עשירות בנוטריינטים, רודרליים
1	בתות, מחשופים של סלעים קשים
2	בתות, ערבות-שיחים
4	בתות, ערבות-שיחים, מדבר
1	בתות, צומח עשבוני ים-תיכוני
1	בתות, קרקעות מלוחות
1	בתות, קרקעות עשירות בנוטריינטים, רודרליים
1	בתות, שטחים מעובדים
74	בתי-גידול לחים
6	בתי-גידול לחים, בתי-גידול מופרעים-מופרים
1	בתי-גידול לחים, קרקעות מלוחות
1	בתי-גידול לחים, קרקעות מלוחות, בתי-גידול מופרעים-מופרים
23	בתי-גידול מופרעים-מופרים
3	בתי-גידול מופרעים-מופרים, קרקעות עשירות בנוטריינטים, רודרליים
1	גדות נחלים, מקווי מים וביתות
3	חולות
1	חולות, בתי-גידול מופרעים-מופרים
1	חולות, חמרה, בתה, מדבר
1	חולות, מחשופים של סלעים קשים
1	חולות, שדות, קרקעות כבדות
20	חורש ויער ים-תיכוני
1	חורש ויער ים-תיכוני, בתי-גידול לחים
1	חורש ויער ים-תיכוני, מחשופים של סלעים קשים
2	מחשופים של סלעים קשים
1	מחשופים של סלעים קשים, בתי-גידול מופרעים-מופרים

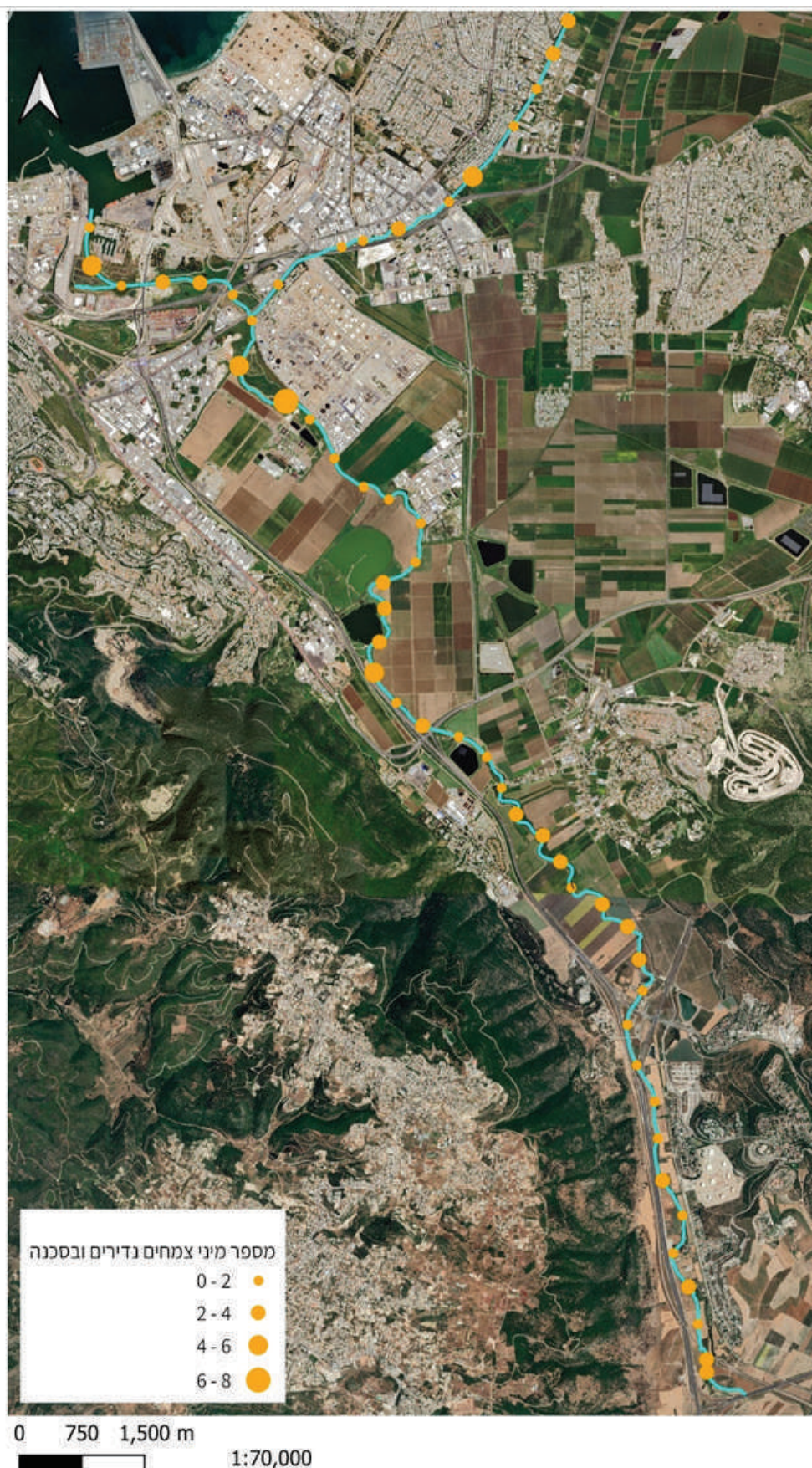
מס' המינים בסקר	בית גידול
1	סלעים מוצלים, קירות וחומות
4	ערבות-שיחים, מדבר
1	צומח עשבוני ים-תיכוני
9	קרקעות מלוחות
2	קרקעות מלוחות, אזור הרסס של חוף הים התיכון
1	קרקעות מלוחות, בתי-גידול מופרעים-מופרים
10	קרקעות עשירות בנוטריינטים, רודרליים
4	שטחים מעובדים
22	שטחים מעובדים, בתי-גידול מופרעים-מופרים
1	שטחים מעובדים, שדות בור
20	מיני תרבות

טבלה 17: מינים נדירים ובסכנת הכחדה שנמצאו בסקר

מינים נדירים		מינים בסכנת הכחדה	
רמת נדירות	שם המין	מספר אדום	שם המין
נדיר למדי	אספרג ארץ-ישראלי	4.7	טופח קסיוס
נדיר למדי	ברומית קצרת-שיבולית	4.2	ורד צידוני
נדיר למדי	גומא צפוף	4.2	דק-זנב נימי
נדיר למדי	חומעה מסולסלת	3.7	בוצין הגליל
נדיר למדי	תלתן רפה	3.7	גלדן מאורך
נדיר למדי	דבשה הודית	3.7	כדורן ענף
נדיר למדי	זון אשון	3.7	כריך שעיר
נדיר למדי	מיש דרומי	3.7	נסמנית קיפחת
נדיר למדי	עפעפית שרועה	3.7	מלחית הבורית
נדיר למדי	שחליים דוקרניים	3.2	שחליים גבוהים
נדיר	לוטוס צר-עלים	2.5	סמר מרצעני
נדיר	עבקנה נדיר	2.5	שרשר שיחני
נדיר	עדעד הביצות	2.5	ארכובית סנגלית
		2.5	גומא שופע
		2.5	ערבה לבנה
		2.5	שוש קרח
		2.5	אספסת הגליל



מפה 4. עושר המינים ההידרופיליים (מינים המאפיינים בתי גידול לחים) במקטעי הדיגום



מפה 5. עושר המינים הנדירים ובסכנת הכחדה במקטעי הדיגום

מתוך המינים שנמצאו בסקר, 11 הם אנדמיים, הגדלים רק בישראל ובסביבתה:

- אנדמיים לישראל ולטורקיה: בוצין הגליל, תלתן בירותי וקחון ארץ-ישראלי

- אנדמיים לישראל, סוריה ולבנון: דבקת האפונים, דל-קרניים כרמלי, חוחן הקנרס, לוענית גדולה, מרוות ירושלים וקנרס סורי.

- אנדמי לישראל וללבנון: לוף ארץ-ישראלי

- אנדמי לישראל וקפריסין (לעתים גם לבנון ותורכיה): ניסנית שיכנית.

לכל אורך הנחל נמצאו מינים זרים ופולשים. סך הכל 38 ממיני הצמחים שנצפו בסקר (כ-11%) הם מינים זרים ופולשים. מספר מיני הצמחים הזרים והפולשים שנמצאו במקטע נע בין 0 ל-10 מינים עם ממוצע של 4.06 מינים למקטע. קטע הגדורה בלט בעושר גבוה של מינים כאלה. טבלה 18 מציגה את המינים הזרים והפולשים שנמצאו בסקר ומפה 6 מציגה את מספר המינים הפולשים במקטעים השונים.

טבלה 18: מינים פולשים וזרים בתחום הסקר

שם המין	פולש/ זר	צורת חיים	תפוצה פיטוגיאוגרפית
אבוטילון תיאופרסטוס	זר	חד-שנתי	טרופי
אגמית (זר)	זר	עשבוני רב-שנתי - צף עפנ"י המים	רב-אזורי - טרופי
אזדרכת מצויה	פולש	עץ	אסיה דרום-מערבית
איכליפטוס המקור	פולש	עץ	אוסטרלי
אל-ציצית לבנה	זר	חד-שנתי	סובטרופי - טרופי
אלוי אמיתי	זר	בן-שיח	אפריקני
אסתר מרצעני	פולש	רב-שנתי קצר-חיים	אמריקני
ברומית גדולה	זר	חד-שנתי	אירו-סיבירי - ים-תיכוני - אירנו-טורני
גומא ריחני	פולש	חד-שנתי	סובטרופי - טרופי
דו-שן שעיר	פולש	חד-שנתי	אירו-סיבירי - ים-תיכוני - סהרו-ערבי
דשא תרבותי	זר	עשבוני רב-שנתי	
ושינגטוניה חסונה	פולש	עץ	אמריקני
זיף-נוצה חבוי	פולש	עשבוני רב-שנתי	טרופי
זיפן מצוי	פולש	חד-שנתי	רב-אזורי - טרופי
חבלוב נטוי	פולש	חד-שנתי	אמריקני

שם המין	פולש/ זר	צורת חיים	תפוצה פיטוגיאוגרפית
חלבוב פושט	זר	חד-שנתי	אמריקני
חמנית מצויה	פולש	חד-שנתי	אמריקני
חמנית נחותה	זר	עשבוני רב-שנתי	
חמציץ נטוי	פולש	גיאופיט	רב-אזורי - טרופי
טבק השיח	פולש	שיח/עץ	רב-אזורי - טרופי
טיונית החולות	פולש	עשבוני רב-שנתי	אמריקני
ירבוז לבן	פולש	חד-שנתי	אמריקני
ירבוז מבריק	פולש	חד-שנתי	טרופי
ירבוז עדין	פולש	חד-שנתי	רב-אזורי - טרופי
ירבוז פלמר	פולש	חד-שנתי	אמריקני
כדרורית המים (זר)	פולש	עשבוני רב-שנתי- צף על מים	אמריקני
כובע הנזיר	פולש	חד-שנתי	אמריקני
כף-אווז ריחנית	פולש	חד-שנתי	רב-אזורי - טרופי
כשות השדות	פולש	חד-שנתי/טפיל	אמריקני
ליבן משולש	זר	עשבוני רב-שנתי	
לכיד הנחלים	פולש	חד-שנתי	רב-אזורי - טרופי
לפופית כפנית	פולש	עשבוני רב-שנתי/מטפס	טרופי
סולנום זיתני	פולש	עשבוני רב-שנתי	אמריקני
פיסטיה צפה	פולש	עשבוני רב-שנתי - צף עפנ"י המים	סובטרופי - טרופי
פלפלון דמוי-אלה	פולש	עץ	אמריקני
פספלון דו-טורי	פולש	עשבוני רב-שנתי	אמריקני
פקאן	זר	עץ	
פרקינסוניה שיכנית	פולש	עץ	אמריקני
קייצת מסולסלת	פולש	חד-שנתי	אמריקני
קייצת קנדית	פולש	חד-שנתי	אמריקני
קיקיון מצוי	פולש	עץ	סובטרופי - טרופי
רב-מוץ מחוספס	זר	עשבוני רב-שנתי	טרופי
שיטה כחלחלה	פולש	עץ	אוסטרלי
תות לבן	זר	עץ	



תמונה 5: לוף ירוק (צילום הילה אברהם) תמונה 6: גומא צפוף (הילה אברהם)



תמונה 7: פיסטיה צפה ("חסת המים") -מין פולש בערוץ נחל גדורה (צילום הילה אברהם)



מפה 6. מספר המינים הפולשים במקטעי הדיגום

בסקר זה נצפו יותר מינים בהשוואה לסקר הקודם שנערך בקישון (אלרון וחוב', 2016), כפי שמראה טבלה 19. עובדה זו קשורה לשיטות הדיגום השונות ולמאמץ הדיגום שהיה שונה בין שני הסקרים, ולא ניתן להסיק ממנה על מגמות השתנות חברת הצומח בנחל.

טבלה 19: מספר המינים הכללי, מספר המינים הנדירים ומספר המינים הפולשים במקטעים השונים שבסקר 2016 (אלרון וחוב') בהשוואה לסקר הנוכחי.

מס' מינים 2023	מס' מינים 2015	פולשים וזרים 2023	פולשים וזרים 2015	מינים נדירים 2023	מינים נדירים 2015	
74	22	3	3	6	5	תל קשיש-דרומית לגשר הרכבת
56	24	3	2	1	4	מאיזור הגשר עד תחילת אקליפטוסים אלרואי
87	20	10	5	6	4	אקליפטוסים עד תעלה כלשהי
75	19	7	4	4	2	תעלה עד כניסת מעיין אלרואי
77	23	8	4	6	3	מתעלת מעיין אלרואי עד גשר צומת העמקים
80	28	12	6	9	5	גדורה מרח' הערמונים לגשר אושה
105	14	21	4	8		גדורה מגשר אושה עד הביג
97	16	16	5	4	1	מהביג עד אחרי חציית כביש 23
36	14	2	6	1	1	מחציית כביש 22 עד שער בתי הזיקוק וחציית כביש 5
65	20	14	5	5	4	מפארק גשר העמקים עד פיתול הנחל
90	18	16	5	10	5	מפיתול הנחל עד אנטנה ומבנה מנדטורי
54	13	22	6	11	4	מאנטנה ומבנה מנדטורי עד גשר כפר חסידים

מס' מינים 2023	מס' מינים 2015	פולשים זרים 2023	פולשים זרים 2015	מינים נדירים 2023	מינים נדירים 2015	
39	17	11	5	4	3	גשר כפר חסידים עד מחלף יגור
49	15	8	3	5	3	ממחלף יגור עד גשר אירי לפני בריכות נשר
82	18	17	4	16	3	מגשר אירי לפני בריכות נשר עד גשר אירי בריכות נשר
68	14	20	3	5	2	מגשר אירי בריכות נשר עד מט"ש חיפה
45	14	2	4	1	4	ממט"ש חיפה עד קצת לפני גשר ההסתדרות
78	20	4	4	7	5	מקצת לפני גשר ההסתדרות עד גשר יוליוס סימון
64	28	13	4	9	8	מגשר יוליוס סימון עד השפך

3.4. סקר העופות

סה"כ נצפו בסקר 1250 פרטים, כאשר מספר הפרטים הכולל של עופות אשר נצפו במקטע נע בין 17 ל- 133 פרטים למקטע, עם ממוצע של 45.44 פרטים למקטע.

תועדו 76 מיני עופות שונים, כאשר סך המינים שנמצאו במקטע נע בין 5 ל- 23 מינים עם ממוצע של 14.63 מינים למקטע.

שלושה מינים (מיינה מצויה, דררה ותוכי נזירי) הם מינים פולשים בישראל. שני מינים (יונת הבית וברכיה) הנם פליטי תרבות פוטנציאליים.

מינים מקננים

169 תצפיות (כ-46% מסך התצפיות) כללו אינדיקציה לפעילות קינון, כאשר מספר הפרטים הכולל של עופות מקננים אשר נצפו במקטע נע בין 2 ל-41 פרטים למקטע, עם ממוצע של 19.07 פרטים למקטע. מספר המינים המקננים שנמצאו במקטע נע בין 3 ל- 12 מינים, עם ממוצע של 7.11 מינים למקטע.

ארבעים מינים תועדו בפעילות המהווה אינדיקציה לקינון. עשרה מינים נוספים ידועים כמקננים במרחב אך לא תועדו אינדיקציות קינון שלהם. יתר המינים שנצפו הם מינים נודדים או שאינם מוכרים כמקננים במרחב.

מבין המינים המקננים שתועדו בפעילות קינון בשטח הסקר או ידועים כמקננים במרחב, שבעה מינים נמצאים בדרגות סיכון בישראל כמינים מקננים (מירוז וחובריו, 2017). שני מינים מוגדרים בסכנת הכחדה (EN), מין אחד מוגדר כפגיע (VU) וארבעה מינים קרובים לסיכון (NT) (טבלה 20).

טבלה 20: מינים מקננים בשטח סקר נחל קישון וגדורה. מינים שלא נצפו בסקר אלרון וחוב, 2016 מסומנים בכוכבית.

LC=least concern; DD=Data deficient; NA=Not Available; NT=Near Threatened;
VU=Vulnerable; EN=Endangered

מין	מקנן/ידוע	דרגת סיכון	מין	מקנן/ידוע	דרגת סיכון
LC	מקנן	חוגלת סלעים	LC		בולבול ממושקף
LC	מקנן	חוחית	LC	מקנן	בז מצוי
LC	מקנן	יונת הבית	EN	מקנן	ברווז משויש*
LC	מקנן	ירגזי מצוי	LC	מקנן	ברכיה
LC	מקנן	כרוון מצוי*	LC	מקנן	גדרון מובהק*
LC	מקנן	לבנית קטנה	LC	מקנן	גיבתון עפרוני*
LC	מקנן	מיינה מצויה	LC	מקנן	דאה שחורת-כתף*
NT	מקנן	סבכי קוצים	LC	מקנן	דרור הבית
LC	מקנן	סופית	LC	מקנן	דררה

מין	מקנן/ידוע	דרגת סיכון	מין	מקנן/ידוע	דרגת סיכון
LC	מקנן	שחרור	LC	מקנן	סיקסק
LC	מקנן	שיחנית קטנה	LC	מקנן	סנונית מערות*
LC	מקנן	שלדג לבן חזה	LC	מקנן	סנונית רפתות*
LC	מקנן	תוכי נזירי	LC	מקנן	עורב אפור
NT	מקנן	תור מצוי	LC	מקנן	עורבני שחור-כיפה
LC	מקנן	תור צווארון	LC	מקנן	עפרוני מצויץ
LC	ידוע	אנפית בקר	LC	מקנן	פרנקולין שחור*
NT	ידוע	אנפית סוף	LC	מקנן	פרפור עקוד
LC	ידוע	אנפת לילה	LC	מקנן	פשוש
NA	ידוע	אנפת מנגרובים	LC	מקנן	צופית בוהקת
LC	ידוע	חיוויאי הנחשים	LC	מקנן	צוצלת
DD	ידוע	סיס הרים	LC	מקנן	צטיה חלודית
LC	ידוע	סיס חומות	LC	מקנן	קאק
EN	ידוע	שחפית גמדית	LC	מקנן	קוקיה מצויצת*
VU	ידוע	שרקרק מצוי	LC	מקנן	קנית אפריקנית*
NT	ידוע	תמירון	LC	מקנן	קנית קטנה



תמונה 8: קנית אפריקאית (צילום ניתאי חיון)

מינים בעלי זיקה לבתי גידול מימיים

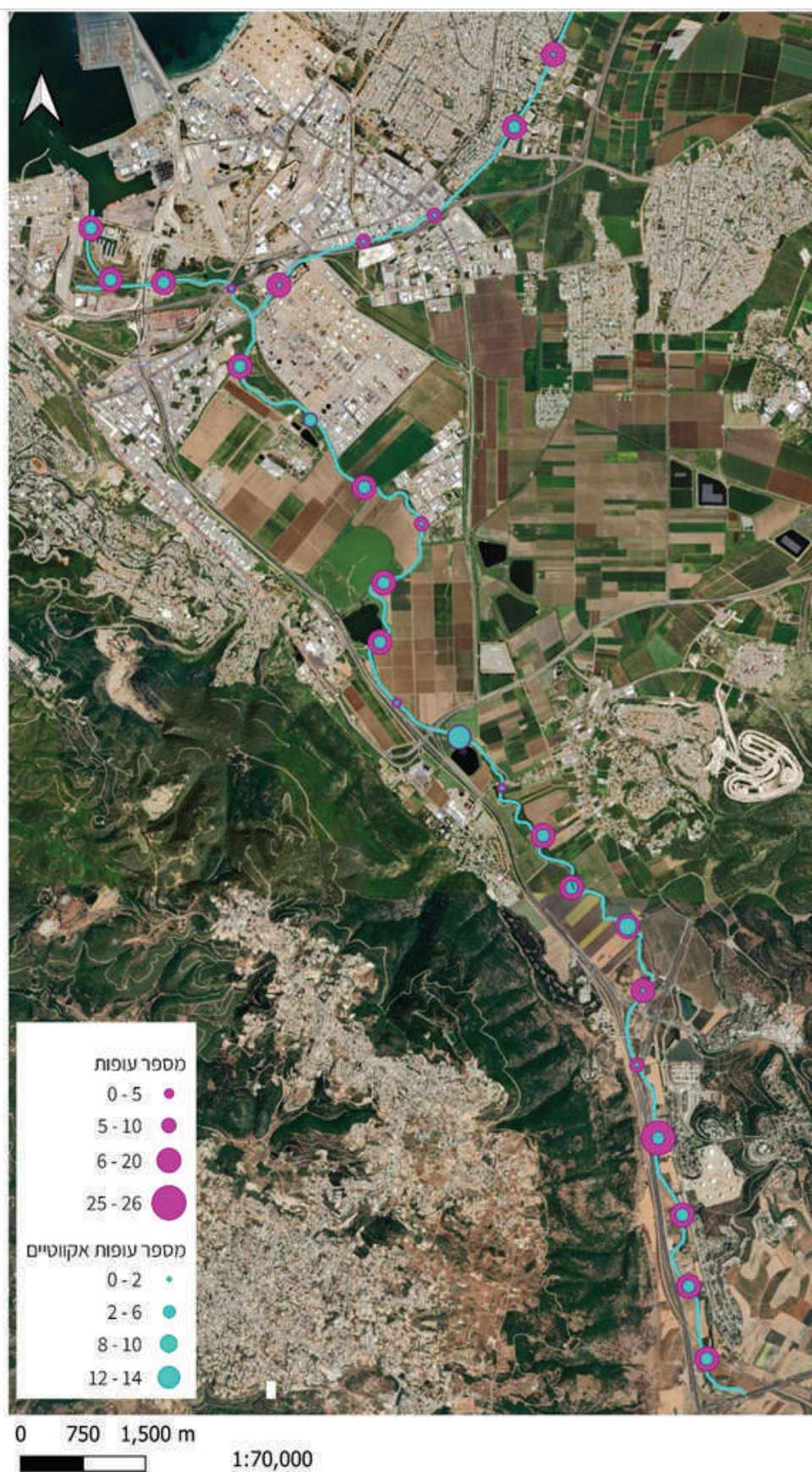
מספר הפרטים הכולל של עופות בעלי זיקה לבתי גידול מימיים אשר נצפו במקטע נע בין 0 ל- 25 פרטים לאתר עם ממוצע של 7.30 פרטים למקטע. סך המינים שנמצאו במקטע נע בין 0 ל- 10 מינים עם ממוצע של 4.67 מינים למקטע.

מבין 76 מיני העופות שתועדו במהלך הסקר, 26 מינים (כשליש מהמינים שנצפו) הם בעלי זיקה גבוהה לבתי גידול מימיים, חלקם באופן בלעדי (טבלה 21). שמונה מתוך 26 המינים בעלי הזיקה לבתי גידול מימיים תועדו בפעילות המהווה אינדיקציה לקינון. חמישה מינים נוספים ידועים כמקננים במרחב אך לא תועדו אינדיקציות קינון שלהם. חלקם מקנני מושבות בעלי העדפה מאוד ספציפית בבחירת אתרי הקינון שלהם, כמו שחפית גמדית או אנפת לילה, שלמרות שלא נמצאו בשטח הסקר עדיין משתמשים בבית הגידול (למשל לציד והבאת מזון לקן מרוחק).

אחוז מיני העופות בעלי זיקה גבוהה לבתי גידול מימיים בנקודות הספירה נע בין 0% בשלוש נקודות ספירה עד למעלה מ-45% בארבע נקודות ספירה (מפה 7). על אף שכל נקודות הספירה היו בסמוך לבית גידול מימי, אחוז המינים בעלי זיקה גבוהה לבתי גידול מימיים משתנה בקיצוניות בין נקודות הדיגום. נראה שבתי הגידול המימיים בחלק מהאזורים לאורך נחלי הקישון והגדורה לא מספקים את התנאים הדרושים עבור העופות בעלי הזיקה לבתי הגידול המימיים. הפער יכול לנבוע ממספר גורמים ודרושה עבודה מעמיקה יותר על מנת למצוא הסברים מבוססים לצורכי ממשק ותכנון.

טבלה 21: מינים מקננים בעלי זיקה גבוהה לבתי גידול מימיים

מין	אחוז נוכחות בנקודות ספירה	מקנן/ידוע כמקנן	מצב שימור בישראל	מיקום הקן
אנפית סוף	3.7%	ידוע כמקנן	NT	עץ - מושבה
אנפת לילה	11.1%	ידוע כמקנן	LC	עץ - מושבה
אנפת מנגרובים	3.7%	ידוע כמקנן	NA	
ברווז משויש	7.4%	מקנן	EN	גדות סבוכות
ברכיה	22.2%	מקנן	LC	גדות סבוכות
לבנית קטנה	7.4%	מקנן	LC	עץ - מושבה
סופית	14.8%	מקנן	LC	גדות סבוכות
פרפור עקוד	18.5%	מקנן	LC	חורים בקירות אדמה רכה
צטיה חלודית	59.3%	מקנן	LC	גדות סבוכות
קנית אפריקנית	7.4%	מקנן	LC	חישות קנים
קנית קטנה	55.6%	מקנן	LC	חישות קנים
שחפית גמדית	3.7%	ידוע כמקנן	EN	על הקרקע - מושבה
תמירון	3.7%	ידוע כמקנן	NT	על הקרקע



מפה 7. מספר מיני העופות ואחוז העופות בעלי זיקה לבתי גידול מימיים שנצפו בסקר

מיני עופות ייחודיים שנצפו בסקר:

ברווז משובש *Marbled Duck - Marmaronetta angustirostris*

עבור מין זה השייך למשפחת הברווזים המסננים ונמצא בסכנת הכחדה כמקנן בישראל (EN) וקרוב לסיכון גלובלית (NT) נמצאו אינדיקציות קיבולן בשטח הסקר ובשנים האחרונות תועדו קיבולנים במערב עמק יזרעאל ועמק עכו.

ראויה לציון תצפית ב-8 פרטים במאגר נשר (32.77 35.06) המדגישה את הצורך של מין זה במקווי מים משמעותיים יותר מאפיק נחל צר.

תור מצוי *European Turtle-Dove Streptopelia turtur*

מין זה המוגדר בישראל כמין קרוב לסיכון (NT) וגלובלית כמין שעתידי בסכנה (VU). מקיץ ומקנן בתחום הסקר. נצפה ב-22% מנקודות הספירה בלבד ובמספרים קטנים יחסית (4 פרטים מקסימום). יתכן ותזמון הסקר מעט מוקדם עבור שיא עונת הקיבולן של התור המצוי באזור, או שבית הגידול לא תומך באוכלוסייה גדולה לקיבולן, יש צורך בעבודה ממוקדת ומעמיקה על מנת להגיע למסקנות מבוססות יותר.

אנפית מנגרובים *Striated Heron - Butorides striata*

תפוצתו של מין זה הייתה מוגבלת בעבר לאזור מפרץ אילת בלבד, אך בשני העשורים האחרונים התפשט לאורך בתי גידול מימיים לחופי הים התיכון. תצפיות באזור מפרץ חיפה מוכרות משמונה השנים האחרונות. נראה שהמין מרחיב את אזור תפוצתו באזור ומתבסס באיטיות בבתי הגידול המתאימים לו. עם זאת, טרם תועד קיבולן במרחב, למרות שתועדו פרטים צעירים.



תמונה 9: אנפית מנגרובים (צילום יותם לרנר)

38 ממיני העופות שנצפו תועדו גם בסקר הקודם שנערך באזור זה (אלרון וחוב', 2016). 34 מינים נצפו בסקר הקודם, אבל לא בסקר זה, ו-30 מינים אחרים נצפו בסקר זה אך לא בסקר הקודם (טבלה 22)

טבלה 22: רשימות המינים שנצפו בסקר הקודם (אלרון וחוב', 2026) ובסקר זה.

נצפו ב-2016 ולא ב-2023	נצפו ב-2016 ולא ב-2023	נצפו בשני הסקרים
אנפת מגרובים	אנפה ארגמנית	אנפה ארגמנית
בז אדום	בזבז אירופי	בזבז אירופי
ברודית קטנה	ביצינית לבנת-כנף	ביצינית לבנת-כנף
ברווז משיש	דוחל חום-גרון	דוחל חום-גרון
גדרון מובהק	דוחל מזרחי	דוחל מזרחי
גיבתון אדום-מקור	דוחל שחור-גרון	דוחל שחור-גרון
גיבתון עפרוני	זהבן	זהבן
דאה שחורת-כתף	זרון סוף	זרון סוף
זמיר הירדן	חטפית אפורה	חטפית אפורה
זמיר מנומר	חנקן אדום-גב	חנקן אדום-גב
חופמי גדות	טבלן גמדי	טבלן גמדי
חיוויאי הנחשים	יונת עצים	יונת עצים
טסית בתים	ירקון	ירקון
יונת הבית	כחול חזה	כחול חזה
כוכית גדות	ליבנית גדולה	ליבנית גדולה
כרוון מצוי	נחליאלי זנבתן	נחליאלי זנבתן
סבכי טוחנים	נחליאלי לבן	נחליאלי לבן
סיס הרים	נץ מצוי	נץ מצוי
סיס חומות	נקר סורי	נקר סורי
סנונית מערות	סבכי שחור-ראש	סבכי שחור-ראש
סנונית רפתות	סלעית אירופית	סלעית אירופית
עלווית לבנת-בטן	עיט ניצי	עיט ניצי
עקב מזרחי	עיט צפרדעים	עיט צפרדעים
פרנקולין שחור	עלווית חורף	עלווית חורף
צולל חלודי	עקב חורף	עקב חורף
צחראש לבן	פיפיון מים	פיפיון מים

נצפו בשני הסקרים	נצפו ב-2016 ולא ב-2023	נצפו ב-2023 ולא ב-2016
פפיון עצים	פצחן	קוקיה מצויצת
פרפור עקוד	פרוש מצוי	קנית אירופית
צופית בוהקת	שחף אגמים	קנית אפריקנית
צוצלת	שחף ארמני	שחפית גמדית
צטיה חלודית	שחף שחור	
קאק	שלך	
קנית פסים	תור מצוי	
קנית קטנה	תור צווארון	
רמית		
שחרור		
שיחנית קטנה		
שלדג גמדי		



תמונה 10: ברווז משויש (צילום יותם לרנר)

3.5. חסרי החוליות הגדולים במים

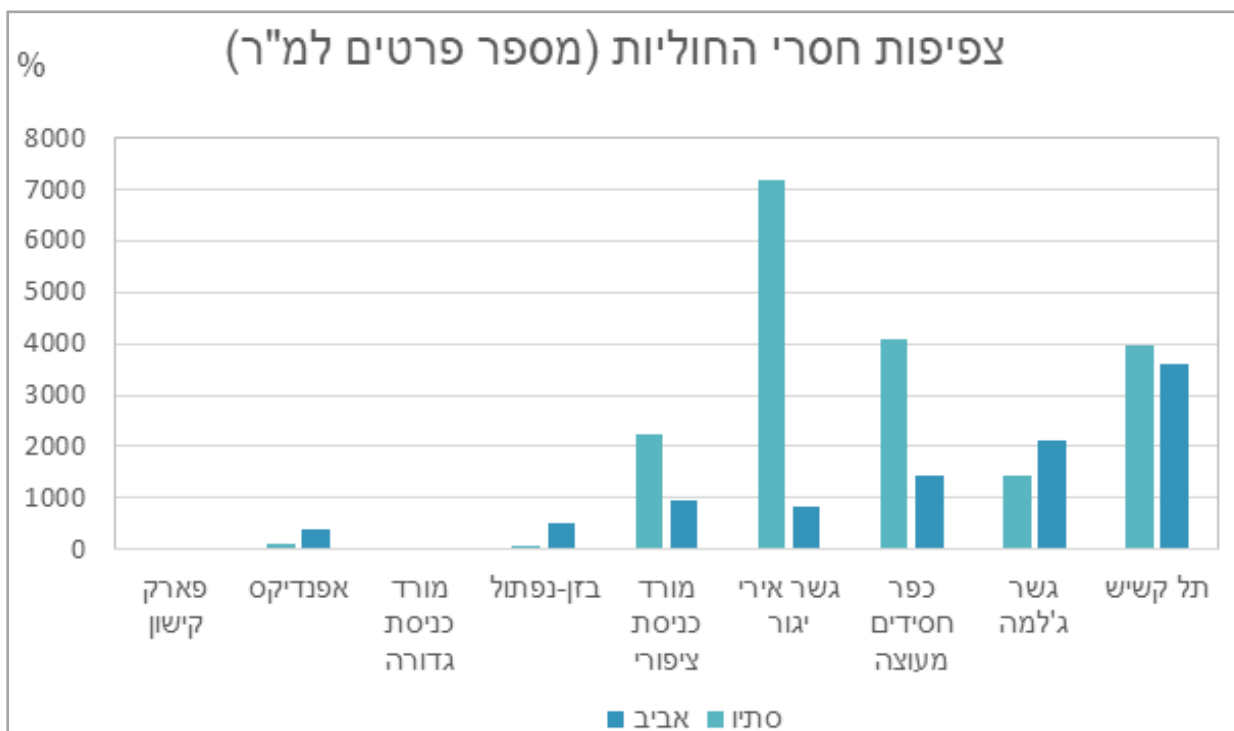
זיהוי חסרי החוליות אורך כשנה ולכן מוצגים כאן נתוני 2022. בסה"כ נמצאו בשתי עונות הסקר (אביב וסתיו 2022) 71 טקסונים של חסרי חוליות מ-11 סדרות, המשתייכות ל-40 משפחות. החרקים הם הקבוצה הדומיננטית ביותר, עם יותר מ-80% מהפרטים באסופה במרבית מקטעי הדיגום. מרבית הטקסונים שנדגמו (15) שייכים לסדרת הזבובאים.

מספר הפרטים למ"ר באביב נע בין מינימום של 11 ו-17 פרטים למ"ר בשפך ("מורד כניסת גדורה" ו-"פארק הקישון", בהתאמה), למקסימום של 3623 פרטים למ"ר ליד תל קשיש. מספר הפרטים למ"ר בסתיו היה גבוה בהרבה, ונע בין מינימום של 23 פרטים למ"ר בפארק הקישון, למקסימום של 7179 פרטים למ"ר ליד יגור (מפה 8 ואיור 12).

בניטור האביב ניכרת מגמת ירידה הדרגתית בצפיפות הפרטים למ"ר ממקטעי המעלה לכיוון השפך.

בכפר חסידים וביגור תועדה עליה בצפיפות הפרטים בניטור הסתיו לעומת האביב. הטקסונים שתרמו לעליה בצפיפות היו החילזון הפולש *Pyrgophorus sp.* והסרטן *Echinogammarus foxi*. עליה כנ"ל במורד כניסת ציפורי קשורה לעליה חדה בצפיפות הצדפה הימית הפולשת *Mytilopsis sallei*.

בניטור הסתיו תועדה עליה בצפיפות הפרטים במקטע "כפר חסידים" לעומת האביב (1444 פרטים למ"ר באביב לעומת 4080 פרטים בסתיו) ובמקטע גשר אירי יגור (821 פרטים למ"ר באביב לעומת 7179 פרטים בסתיו).

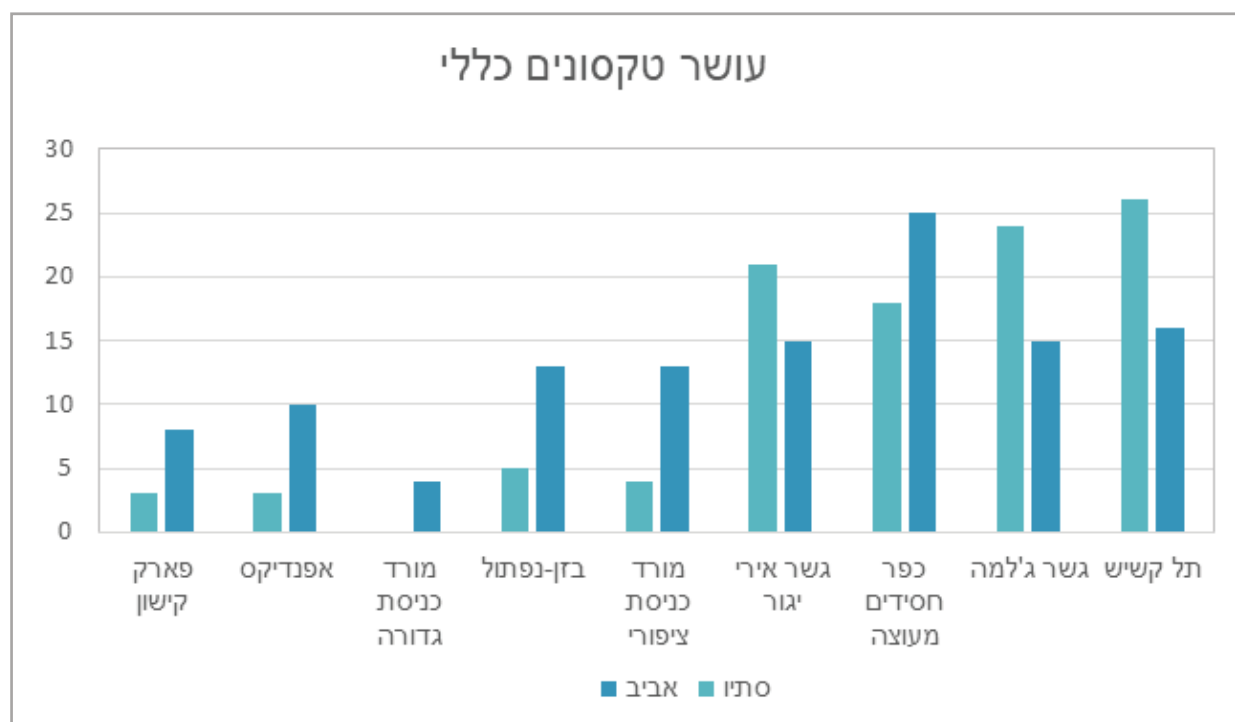


איור 12. צפיפות חסרי החוליות (מספר פרטים למ"ר)



מפה 8. צפיפות חסרי החוליות (מספר פרטים למ"ר)

עושר הטקסונים הנמוך ביותר נדגם במקטעי הקישון המליחים ובשפך. עושר הטקסונים הגבוה ביותר תועד במקטע תל קשיש בסתיו (26 מינים), במקטע "כפר חסידים" באביב (25 מינים). בהשוואה לשנים קודמות ניכרת עליה בעושר הטקסונים במקטעים האלוביאליים הן באביב והן בסתיו. במקטעים המליחים של הקישון נמצא ב-2022 עושר טקסונים דומה לזה שנדגם ב-2021 עם ירידה דומה בעושר הטקסונים בשני המקטעים בסתיו. בפארק הקישון נדגם באביב 2022 עושר גבוה יחסית לשנים קודמות עם 8 טקסונים, מהם 3 (38%), מינים ימיים (איור 12 ומפה 9).

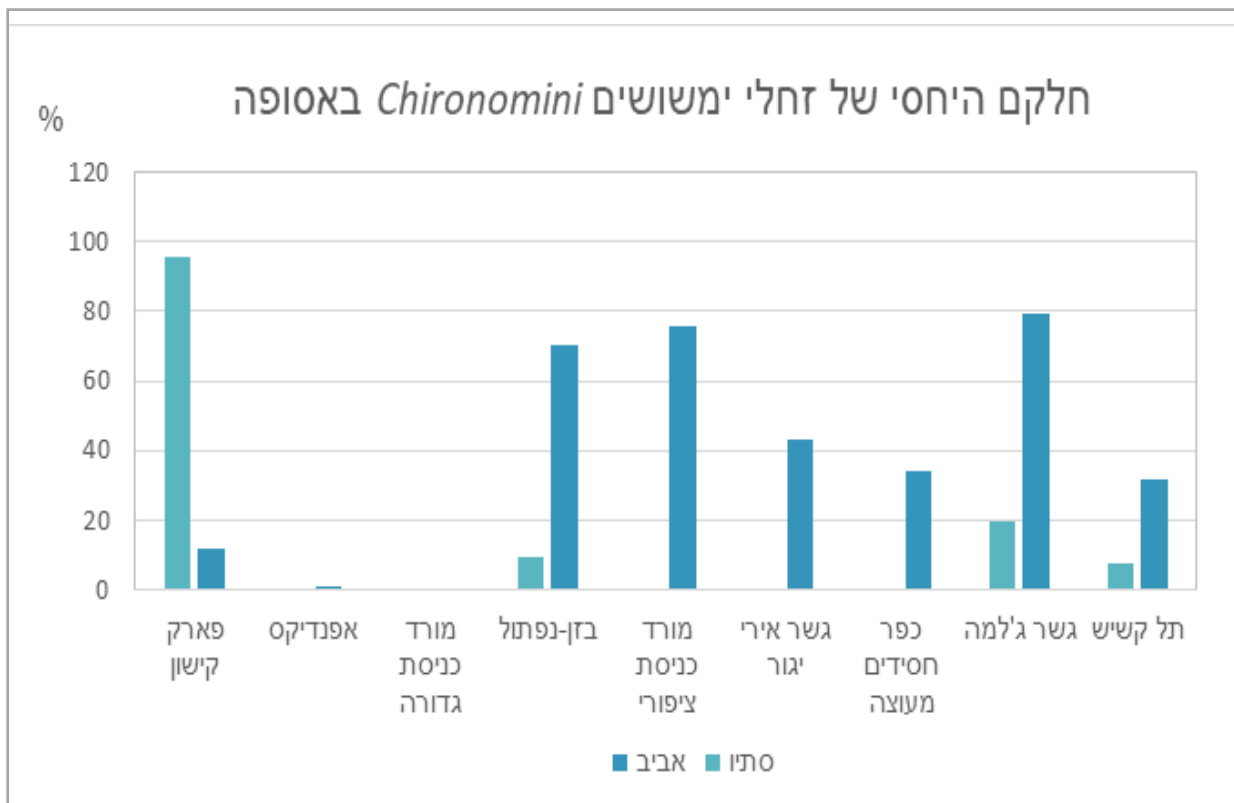


איור 13. עושר מיני חסרי החוליות



מפה 9. עושר מיני חסרי החוליות

מתוך החרקים, הטקסון הנפוץ ביותר הוא זחלי ימשושים השייכים לשבט Chironomini ומוכרים כעמידים לזיהום אורגני (שפכים ביתיים, קולחים ומי מדגה). לכן, אחוז פרטים אלה מתוך אסופת המינים מהווה מדד המעיד על מקור זיהום אורגני שיוצר מערכת אקולוגית מופרת ודלה מבחינת המגוון הביולוגי בו היא תומכת. במקטעי מפער הקישון ועמק זבולון נראתה ירידה משמעותית בחלקם היחסי של הימשושים בניטור הסתיו לעומת ניטור האביב. במקטעים המליחים נדגמה עליה באחוז הימשושים באביב במקטעי "בזן נפתול" ו"מורד כניסת ציפורי" לעומת שנים קודמות ולעומת סקר הסתיו. בפארק הקישון נראה האחוז הגבוה ביותר של הימשושים בסקר הסתיו (איור 14 ומפה 10).

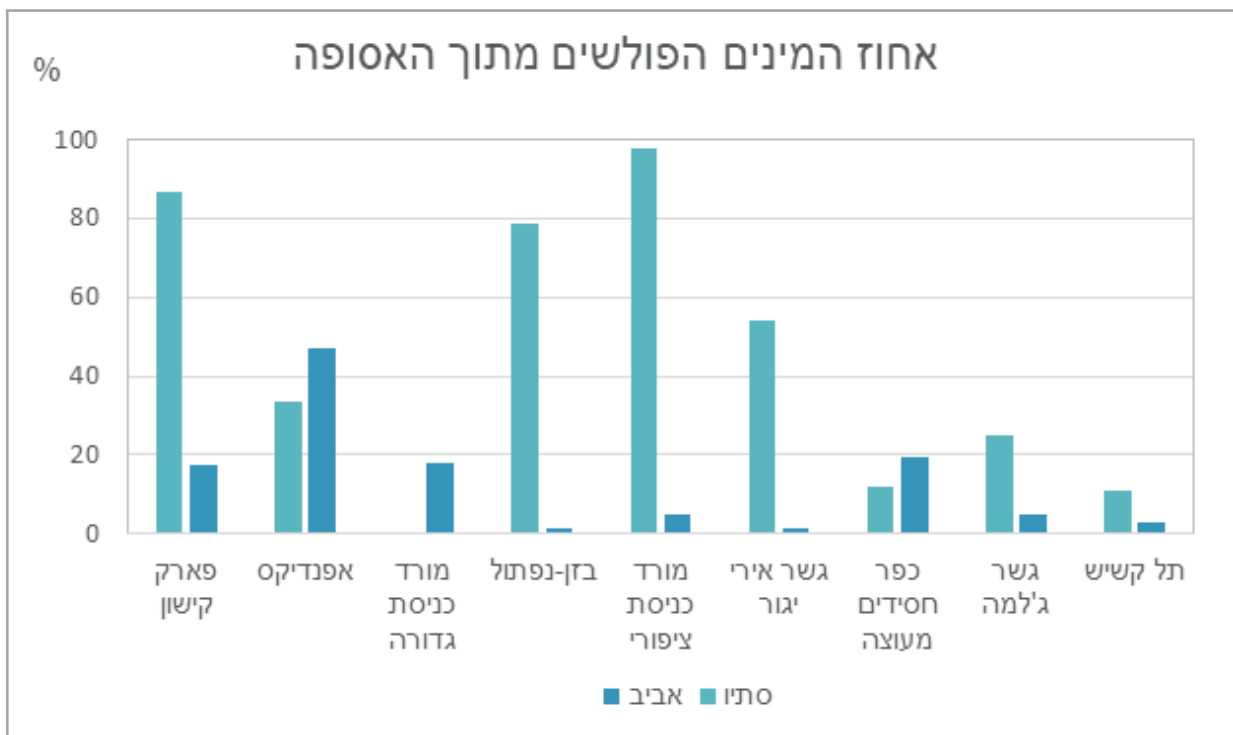


איור 14. חלקם היחסי של זחלי ימשושים Chironomini באסופת המינים (באחוזים)

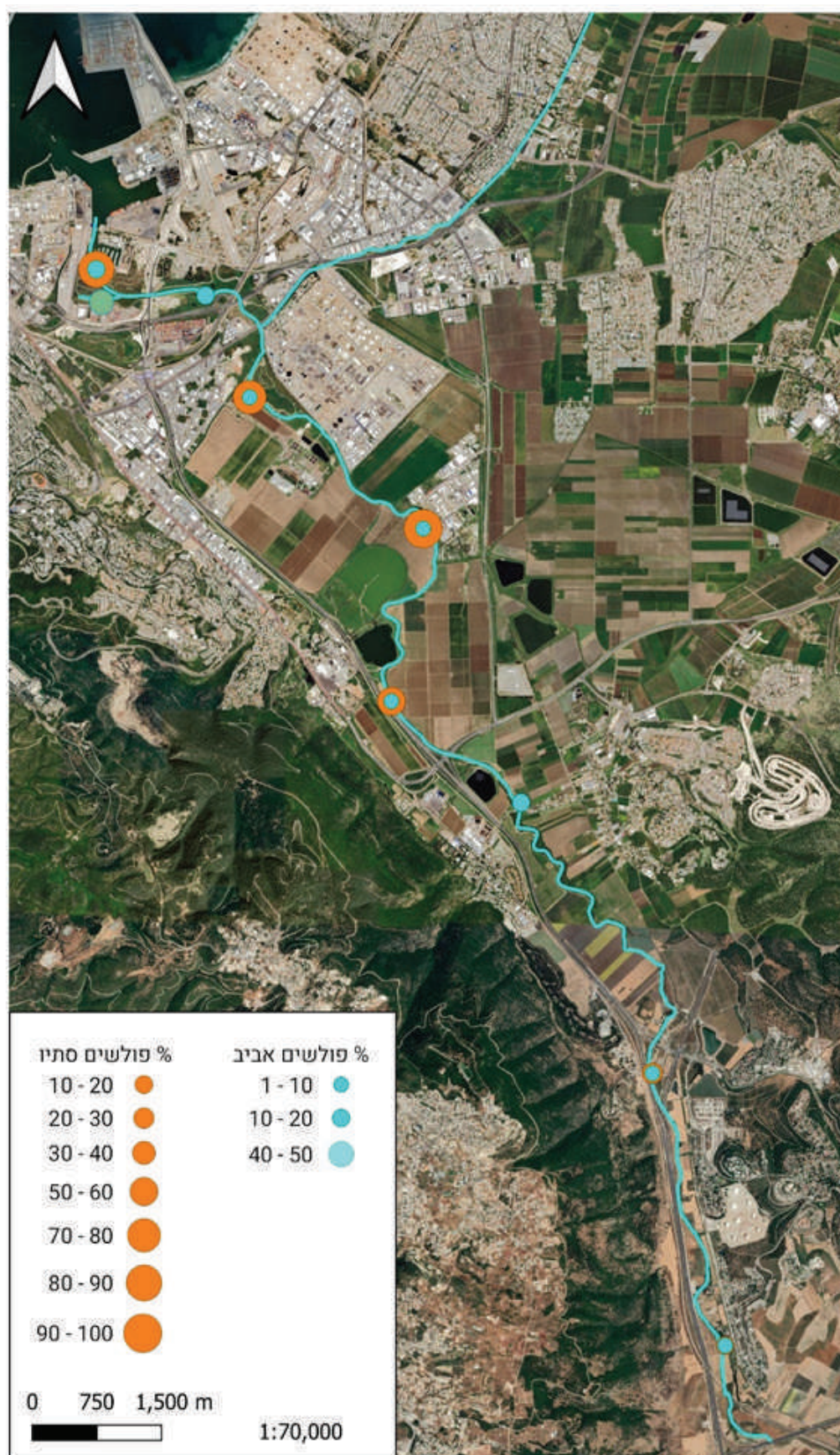


מפה 10. חלקם היחסי של זחלי ימשושים משבט ימשושים Chironomini באסופת חסרי החוליות

עושר ושפע הטקסונים הפולשים יחסית למינים המקומיים יכול להוות עדות לעוצמת ההפרה במערכת האקולוגית בנחל. בסך הכל נמצאו בסקר 5 טקסונים פולשים, כאשר בכל מקטע בסקר נמצא לפחות טקסון פולש אחד (מפה 11). המינים הפולשים משתייכים לשלוש סדרות – חלזונות, צדפות, וסרטנאים. כולם מינים המוכרים מסקרי עבר בקישון. עושר ושפע הפולשים היה גבוה יותר בסתיו לעומת האביב ובלט במקטעי השפך: מורד כניסת ציפורי, פארק קישון, ובזן נפתול. בשלושת מקטעי המורד, המושפעים מכניסת מי ים נמצאו שני מיני סרטנים ימיים פולשים: *Penaeus aztecus* ו-*Orchestia platensis*, וצדפה ימית פולשת: *Mytilopsis sallei*. במקטעי המעלה נמצאו שני טקסונים של חלזונות פולשים: החילזון *Pyrgophorus* sp. נמצא באחוזים גבוהים במורד גשר אירי יגור (54%) ובבזן נפתול (75%). החילזון *Physella* sp., נדגם בכפר חסידים (18%) ובמורד ג'למה (10%). במורד כניסת ציפורי תועדה עלייה מדאגיה בצפיפות הצדפה הימית *Mytilopsis sallei* בין ניטור האביב והסתיו: מצפיפות של 42 פרטים למ"ר (5% מתוך האסופה), לצפיפות של 2200 פרטים למ"ר (97%). במקטע "בזן נפתול" נמצאו בניטור באביב והסתיו עדות לנוכחות של 4 טקסונים פולשים: סרטן, צדפה, ושני חלזונות. אחוז המינים הפולשים מתוך האסופה מוצג באיור 15.



איור 15. חלקם היחסי של מינים פולשים באסופת חסרי החוליות (באחוזים)

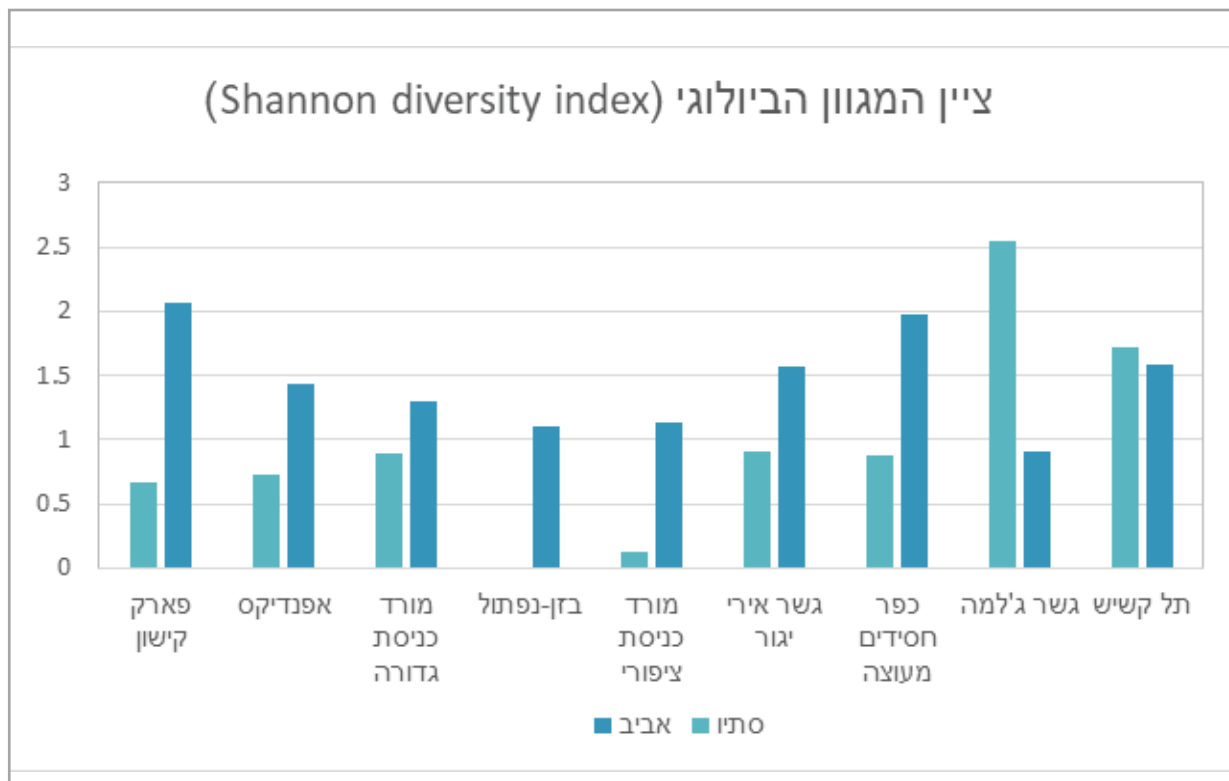


מפה 11. חלקם היחסי של מינים פולשים באסופת חסרי החוליות

במפער הקישון (תחנות הדיגום "תל קשיש", "גשר ג'למה" ו-"כפר חסידים") מקור המים העיקרי בנחל הוא מאגרי השקיה ומפעלי טיהור שפכים. עם זאת, למרות שאיכות המים לא טובה, שיפוע הנחל המדורג ואפיק הזרימה הצר מביאים לזרימת מים עירבולית ולמפלונים, המעשירים את המים בחמצן ובכך מאפשרים קיום של חברת חסרי חוליות מגוונת יותר. בשפך הקישון (תחנות "מורד כניסת ציפורי", "בזן נפתול", "מורד כניסת גדורה", "פארק קישון" ו-"אפנדיקס") אפיק הנחל רחב וזרימת המים איטית. מליחות המים מושפעת מחדירת מי ים. במעלה אזור זה מתקיימים מיני מים מתוקים יחד עם מינים ימיים החודרים אל הנחל מכיוון הים.

ערכי מדד המגוון הביולוגי (Shannon diversity index) במקטעים האלוביאליים שנדגמו בנחל קישון נעו בין 2.55 (במקטע מורד ג'למה) למינימום של 0.91 (במורד נחל ציפורי). בהתאם לעושר הטקסונים בסתיו נראה מדד מגוון ביולוגי גבוה במקטעי "מורד ג'למה" ו"תל קשיש" (איור 16 ומפה 12).

במקטעים המליחים השינוי המשמעותי הנראה הוא ירידה במגוון במקטע "מורד כניסת ציפורי" במסגרת ניטור הסתיו (0.12) לעומת ניטור האביב (1.13). בערך של מדד המגוון במקטע "בזן נפתול" נמשכת מגמת ירידה קלה שהחלה באביב 2021 מערך של 1.52 לערך 0.82 בסתיו 2022. באביב 2022 נראה דמיון בין ערכי המגוון במקטעים המליחים: "מורד כניסת ציפורי" ו-"בזן נפתול". במקטעי האסטואר נראה עליה במגוון באביב לעומת הסתיו עם ערך מגוון גבוה יותר ב"פארק קישון" לעומת מקטע ה"אפנדיקס" (איור 16 ומפה 12).



איור 16. מדד המגוון הביולוגי Shannon diversity index



מפה 12. מדד המגוון הביולוגי Shannon diversity index

בדיגום סתיו 2022 מסתמנת תמונה ברורה של שינוי בהרכב חברת חסרי החוליות האקוויטיים בקישון ממינים בעלי רגישות בינונית לזיהום במקטעי מפער קישון ועמק זבולון עד למקטעים המליחים. כך במסגרת סקר 2022 תועדו בפעם הראשונה מאז החלו סקרי המרכז הלאומי לאקולוגיה אקוויטית בנחל הקישון זחלים של חרקי מים מסדרת "שעירי הכנף" (משפחה: Hydropsychidae). שעירי הכנף נמצאו במקטע "תל קשיש" בו נמצא גם המגוון הרב ביותר של טיפוסי תשתית, מהם כ- 35% של תשתית אבנית בגודל שונה התורמת למורכבות מבנית באפיק. שעירי הכנף נחשבים לקבוצת חרקים רגישה יחסית לזיהום ונוכחותם קשורה לשיפור באיכות המים במקטע תל קשיש בניטור הסתיו. במקטע תל קשיש אף נמצא בדיגום הסתיו עושר הטקסונים הגבוה ביותר, 26 טקסונים. מבחינת מדדי איכות המים לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין מקטע תל קשיש למקטעים סמוכים במעלה ובמורד. עם זאת ראוי לציין כי זחלים של מינים רגישים יותר כמו השפרירית "תכשיטית זוהרת" לא נצפו בדגימות מהנחל, למרות נוכחות בוגרים בגדות הנחל.

את השיפור הנראה במקטעי מפער הקישון בדיגום סתיו 2022 לעומת ניטור האביב וניטורי שנים קודמות מבחינת עמידות הטקסונים בחברת חסרי החוליות האקוויטיים ניתן אולי לייחס בין היתר לשדרוג מט"ש עפולה מבחינת יכולת הקליטה ואיכות הטיפול בשופכים גולמיים.

נתוני ניטור הסתיו במקטעים המליחים ובמקטעי השפך בנחל הקישון מצביעים על מגמת עליה בחלקם היחסי של מינים פולשים בחברת חסרי החוליות לעומת ניטור האביב וניטורי שנים קודמות. גרדיינט המליחות המאפיין מקטעים אלו יוצר תנאים מתאימים לפלישת מינים ימים בעלי סבילות לטווח רחב של מליחות.

3.6. יונקים

רוב מיני בעלי החיים שנצפו בסביבת הנחל הם מינים שכיחים, פולשים או מתפרצים, בעלי עמידות גדולה לזיהומים ולהשפעות אדם. יוצאים מכלל זה אוכלוסייה של צבים רכים המתקיימת במורד הנחל, מאזור נחל ציפורי ועד לשפך, וכן אוכלוסיות קטנות של חתול ביצה וסמור. המינים צב יבשה ושנונית שפלה נצפו בשטח הטבעי שנותר מצפון לנחל באזור גשר יוליוס סימון. סימני פעילות של לוטרות תועדו באגן הקישון בין השנים 2007-2010. בפברואר 2021 נמצא לוטרה זכר דרוס ליד מדרך עוז, באחד מהיובלים של הקישון, ובשנת 2023 אף יש תצפית מהימנה, לנוכחות לוטרה סמוך לאתר זה. טבלה 23 מציגה את מיני החולייתנים היבשתיים שנצפו בסביבת הנחל, בהתבסס על נתוני רט"ג ומאגר המידע BioGIS.

נראה כי יש קשר בין נוכחות מיני היונקים להרכב הצומח בסביבת הנחל. תצפיות רבות ביונקים נמצאות בנקודות בהם נמצא כיסוי גבוה יחסית של שיחים ושל עצים (מפה 13).

טבלה 23: מיני החולייתנים היבשתיים בנחל ובסביבתו.

המין	מעמד בספר האדום	נדירות וזיקה לנחל (1-3)
יונקים		
ארנבת השדה	לא בסיכון	1
חזיר בר	לא בסיכון	1
נוטריה	לא בסיכון, פולש	1
נמיה	לא בסיכון	2
סמור	עתידי בסכנה	2
תן זהוב	לא בסיכון	1
חתול ביצה	עתידי בסכנה	3
זוחלים		
זעמן מטבעות	לא בסיכון	1
צפע מצוי	לא בסיכון	1
שנונית שפלה	בסכנת הכחדה חמורה	3
צב ביצה	לא בסיכון	2
צב רך	בסכנת הכחדה חמורה	3
צב יבשה מצויה	עתידי בסכנה	2
דו-חיים		
צפרדע נחלים	לא בסיכון	3
אילנית מצויה	עתידי בסכנה	2
טריטון הפסים	בסכנת הכחדה חמורה	2
קרפדה ירוקה	בסכנת הכחדה	1



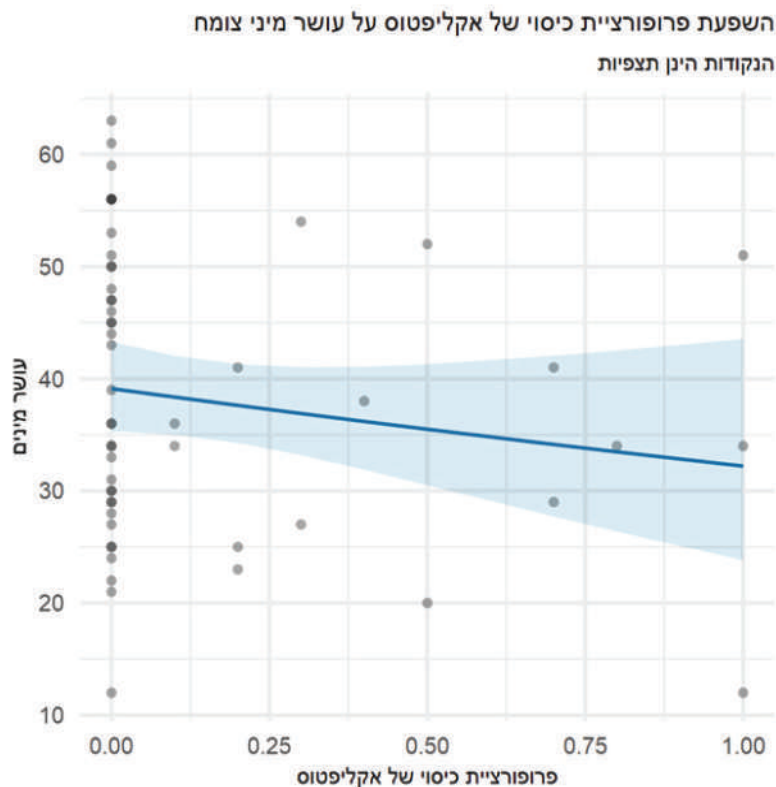
תפסה 13. מיקום תצפיות יונקים על רקע אחוזי כיסוי השיחים והעצים כפי שנמדדו בסקר

3.7. ניתוח הקשרים בין הגורמים הנבחנים

חלק זה של התוצאות מציג את הקשרים בין הגורמים הפיסיים והביולוגיים, ובוחן מה הגורמים המשפיעים על עושר מיני הצמחים והעופות מהקבוצות השונות, אחוזי הכיסוי של צורות החיים השונות, שפע הפרטים של עופות מקבוצות שונות, ומבנה חברות הצמחים והעופות.

3.7.1 עושר מיני הצמחים

המודל הנבחר הציג מגמה לינארית שלילית של עושר מיני הצמחים מול אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס, אם כי מגמה זו לא הייתה מובהקת ($p=0.241$). על פי המודל, עושר המינים ירד בקצב של פי 0.823 ליחידה, כלומר ירידה של 17.67% בין אזורים ללא כיסוי אקליפטוס לאזורים עם כיסוי מלא של אקליפטוס (איור 17).

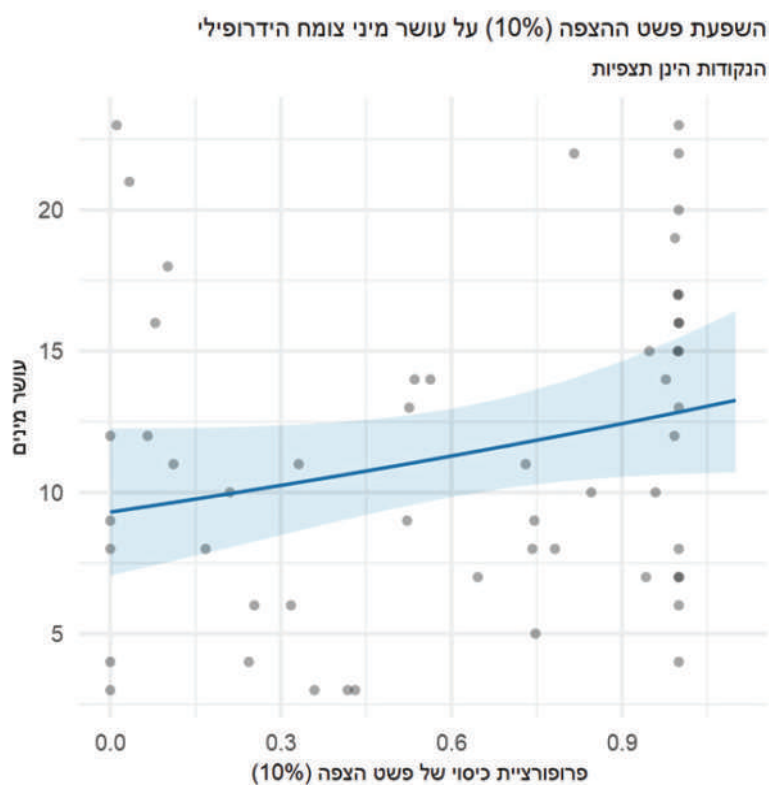


איור 17:

השפעת אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס על עושר מיני הצמחים. בכחול – הערך הממוצע הצפוי ו-95% confidence intervals מחישוב ה- marginal effects. הנקודות האפורות מייצגות תצפיות.

3.7.2 עושר מיני צומח הידרופיליים

באנליזת עושר המינים ההידרופיליים, המודל הנבחר הציג מגמה לינארית חיובית של עושר המינים של צומח הידרופילי מול אחוז השטח הנמצא בתחום פשט הצפה בהסתברות 10%, אך מגמה זו לא הייתה מובהקת ($p=0.079$). על פי המודל, עושר המינים ההידרופילי עלה עם העלייה באחוז השטח הנמצא בתחום פשט הצפה בהסתברות 10%, בקצב של פי 1.380 ליחידה, כלומר עלייה של 38.02% בין אזורים שאין בהם כלל שטחים מוצפים ב-10% לאזורים הנמצאים במלואם בתחום פשט הצפה בהסתברות 10% (איור 18).



איור 18:

השפעת אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% על עושר מיני הצמחים ההידרופיליים. בכחול- הערך הממוצע הצפוי ו- 95% confidence intervals מחישוב ה- marginal effects. הנקודות האפורות מייצגות תצפיות.

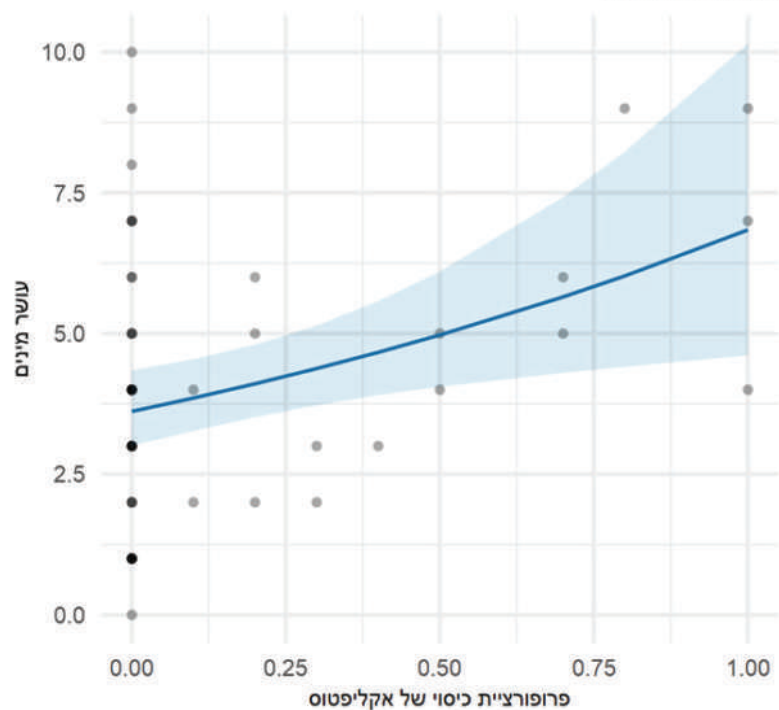


תמונה 11: צימוח המין ליבן משולש (מין פולש) תחת עצי איקליפטוס המקור בקרבת כפר חסידים (צילום: עפרי גבאי)

3.7.3 עושר מיני צמחים הפולשים וזרים

באנליזת עושר מיני הצמחים הפולשים והזרים, בחינה ראשונית הראתה קשר לינארי חיובי חלש מול אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס וקשר לינארי שלילי חלש מול אחוז הכיסוי של צומח. המודל הנבחר הציג מגמה לינארית חיובית מובהקת ($p=0.005$) של עושר מיני צמחים פולשים וזרים מול אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס. על פי המודל, עושר מיני הצמחים הפולשים והזרים עלה בקצב של פי 1.893 ליחידה, כלומר עלייה של 89.23% בין אזורים ללא כיסוי של עצי אקליפטוס לאזורים עם כיסוי מלא של עצי אקליפטוס (איור 19).

השפעת פרופורציית כיסוי של אקליפטוס על עושר מיני צומח פולש / זר
הנקודות הינן תצפיות



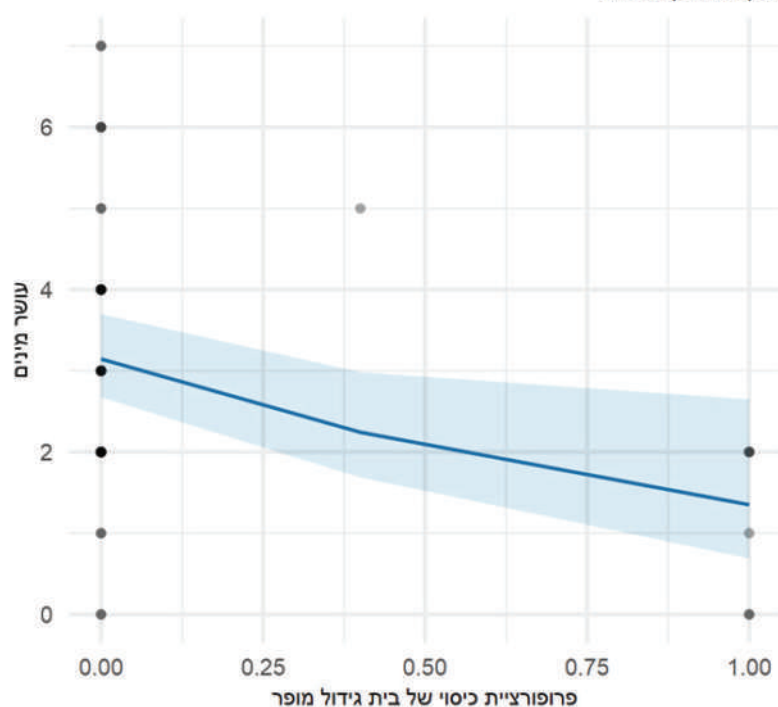
איור 19:

השפעת אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס על עושר מיני הצמחים הפולשים והזרים. בכחול – הערך הממוצע הצפוי ו-95% confidence intervals מחישוב ה-*marginal effects*. הנקודות האפורות מייצגות תצפיות.

3.7.4 עושר מיני צמחים נדירים ובסכנת הכחדה

באנליזת עושר מיני צמחים נדירים ובסכנת הכחדה, בחינה ראשונית הראתה קשר לינארי חיובי חלש מול אחוז כיסוי הצומח ואחוז הכיסוי של שטח טבעי, וקשר לינארי שלילי חלש מול אחוז הכיסוי של שטח מופר. המודל הנבחר הציג מגמה לינארית שלילית מובהקת ($p=0.017$) של עושר המינים של צומח נדיר או בסכנת הכחדה מול אחוז הכיסוי של שטח מופר. על פי המודל, עושר מיני הצמחים הנדירים ובסכנת הכחדה ירד עם הגידול בכיסוי השטח המופר בקצב של פי 0.429 ליחידה, כלומר ירידה של 57.05% בין אזורים שאינם מופרים כלל לאזורים מופרים במלואם (איור 20).

עושר מיני צומח נדיר או בסכנת הכחדה מול פרופורציית כיסוי של בית גידול מופר הנקודות הינן תצפיות



איור 20:

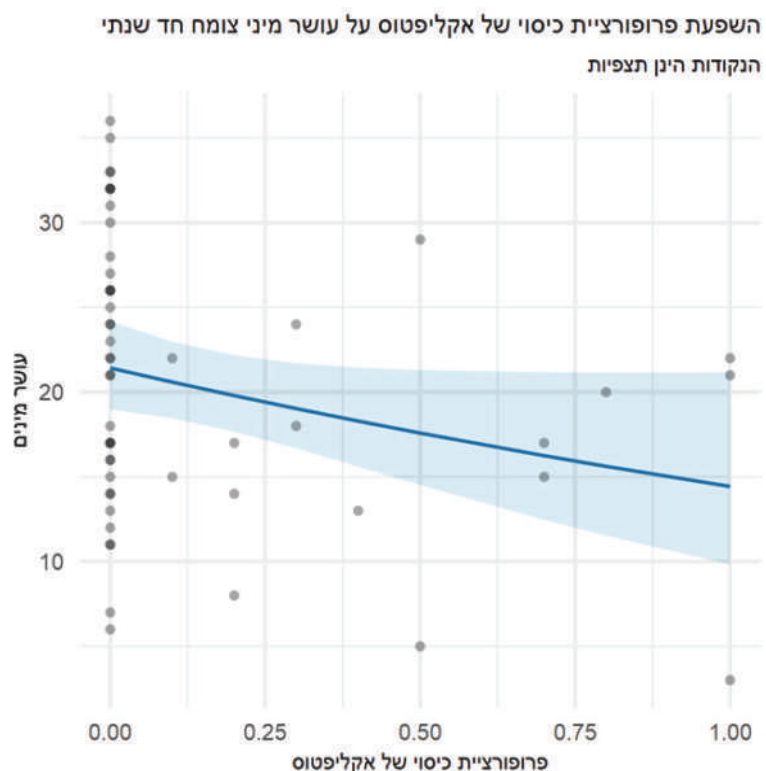
השפעת אחוז הכיסוי של השטח המופר על עושר מיני הצמחים הנדירים ובסכנת הכחדה. בכחול-הערך הממוצע הצפוי ו-95% confidence intervals מחישוב ה-marginal effects. הנקודות האפורות מייצגות תצפיות.



תמונות 12, 13, 14: מינים נדירים ובסכנת הכחדה. מין לשמאל- טופח קסיוס, ורד צידוני, נסמנית קיפחת (צילומים: הילה אברהם)

3.7.5 עושר מיני צמחים חד-שנתיים

באנליזת עושר מיני צמחים חד-שנתיים, בחינה ראשונית הראתה קשר לינארי חיובי חלש מול שיפוע הגדה וקשר לינארי שלילי חלש מול אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס ומול אחוז השטח הנמצא בתחום פשט הצפה בהסתברות 10%. המודל הנבחר הציג מגמה לינארית שלילית גבולית אך בלתי-מובהקת ($p=0.059$) של עושר מיני צמחים חד-שנתיים מול אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס. על פי המודל, עושר מיני הצמחים ירד בקצב של פי 0.674 ליחידה, כלומר ירידה של 32.63% בין אזורים ללא כיסוי כלל של עצי אקליפטוס לאזורים עם כיסוי מלא של עצי אקליפטוס (איור 21).

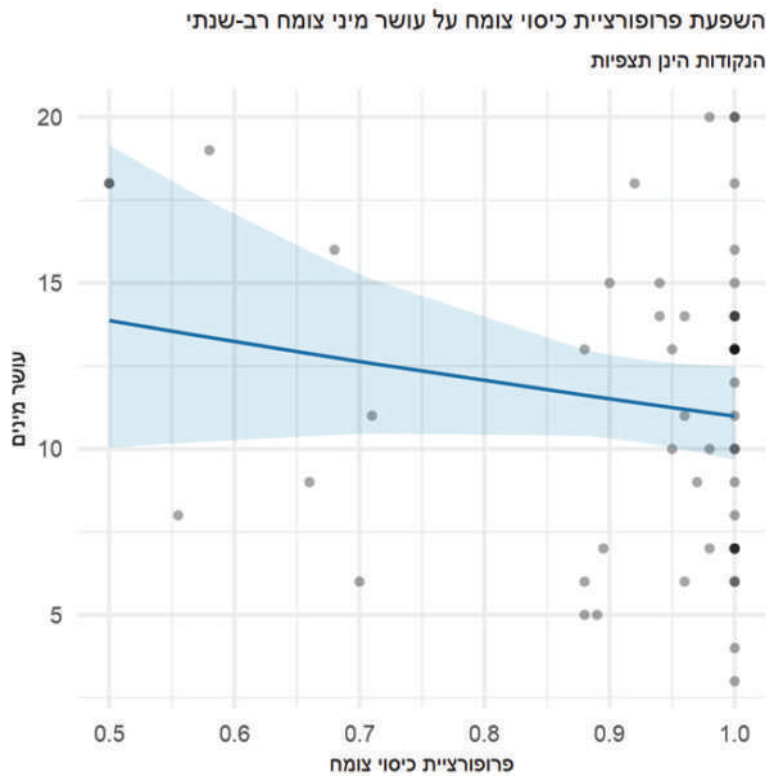


איור 21:

השפעת אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס על עושר המינים החד-שנתיים. בכחול – הערך הממוצע הצפוי ו-95% confidence intervals מחישוב ה-*marginal effects*. הנקודות האפורות מייצגות תצפיות.

3.7.6 עושר מיני צמחים רב-שנתיים

באנליזת עושר מיני צמחים רב-שנתיים, בחינה ראשונית הראתה קשר לינארי חיובי חלש מאוד מול אחוז השטח המגונן ומול אחוז השטח הנמצא בתחום פשט הצפה בהסתברות 10%, וקשר לינארי שלילי חלש מאוד מול אחוז הכיסוי של הצומח ומול אחוז השטח המופר. המודל הנבחר הציג מגמה לינארית שלילית בלתי-מובהקת ($p=0.207$) של עושר מיני צמחים רב-שנתיים מול אחוז הכיסוי של הצומח. על פי המודל, עושר מיני הצמחים העשבוניים הרב-שנתיים ירד בין אזורים ללא כיסוי כלל של צומח לאזורים עם כיסוי מלא של צומח בקצב של פי 0.628 ליחידה, כלומר ירידה של 37.23% (איור 22).



איור 22:

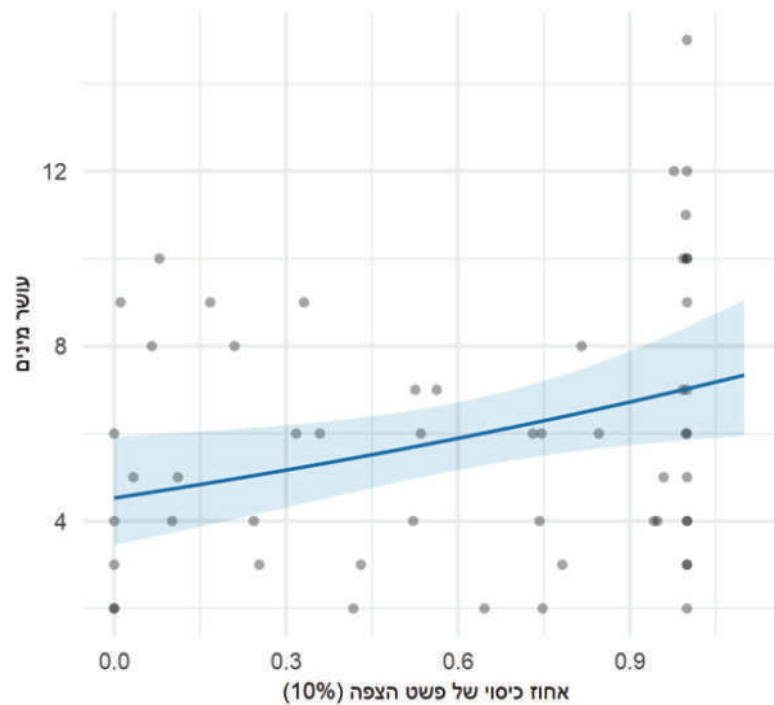
השפעת פרופורציית כיסוי הצומח על עושר מיני הצמחים הרב-שנתיים. בכחול- הערך הממוצע הצפוי ו-95% confidence intervals מחישוב ה- marginal effects. הנקודות האפורות מייצגות תצפיות.

3.7.7 עושר מיני צמחים מעוצים

באנליזת עושר מיני צמחים מעוצים, בחינה ראשונית הראתה קשר לינארי חיובי חלש מול אחוז הכיסוי של שטח טבעי ומול אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% וקשר לינארי שלילי חלש מאוד מול אחוז הכיסוי של שטח חקלאי.

המודל הנבחר הציג מגמה לינארית חיובית מובהקת ($p=0.016$) של עושר מיני צמחים מעוצים מול אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10%. על פי המודל, עושר מיני הצמחים המעוצים עולה עם העליה באחוז השטח הנמצא בתחום פשט הצפה בהסתברות 10% בקצב של פי 1.551 ליחידה, כלומר עלייה של 55.14% בין אזורים שאין בהם כלל הצפה בהסתברות 10%, לאזורים שכל שטחם נמצא בתחום פשט הצפה בהסתברות 10% (איור 23). בנוסף, המודל הציג מגמה לינארית שלילית מובהקת ($p=0.030$) של עושר מיני צמחים מעוצים מול אחוז הכיסוי של שטח גובל חקלאי. על פי המודל, עושר מיני הצמחים המעוצים יורד עם העליה באחוז הכיסוי של שטח חקלאי סמוך בקצב של פי 0.687 ליחידה, כלומר ירידה של 31.29% בין אזורים ללא כיסוי כלל של שטח חקלאי לאזורים עם כיסוי מלא של שטח חקלאי (איור 24).

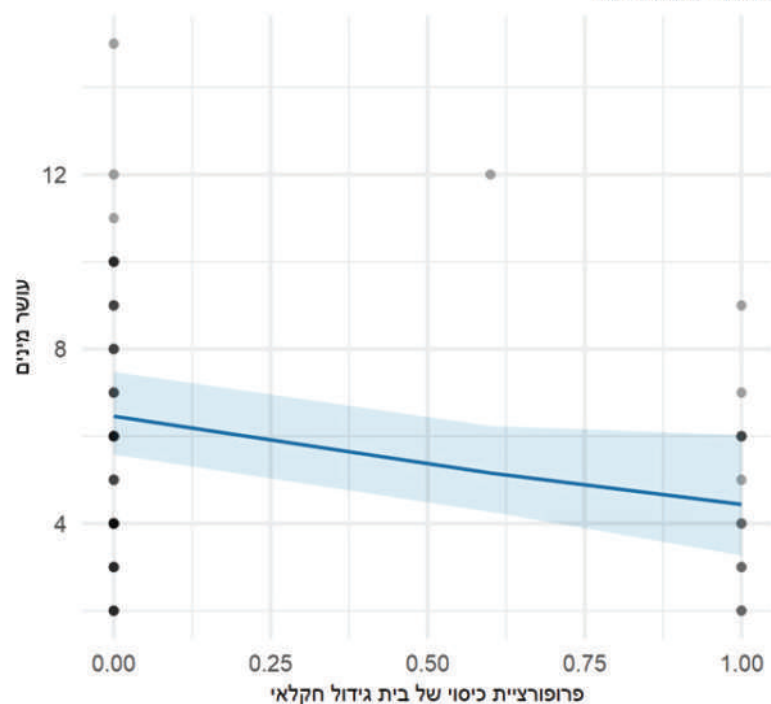
השפעת פשט הצפה (10%) על עושר מיני הצומח המעוצה
הנקודות הינן תצפיות



איור 23:

השפעת אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% על עושר מיני הצמחים המעוצה. בכחול- הערך הממוצע הצפוי ו- 95% confidence intervals מחישוב ה- marginal effects. הנקודות האפורות מייצגות תצפיות.

השפעת פרופורציית כיסוי של בית גידול חקלאי על עושר מיני צומח מעוצה
הנקודות הינן תצפיות



איור 24:

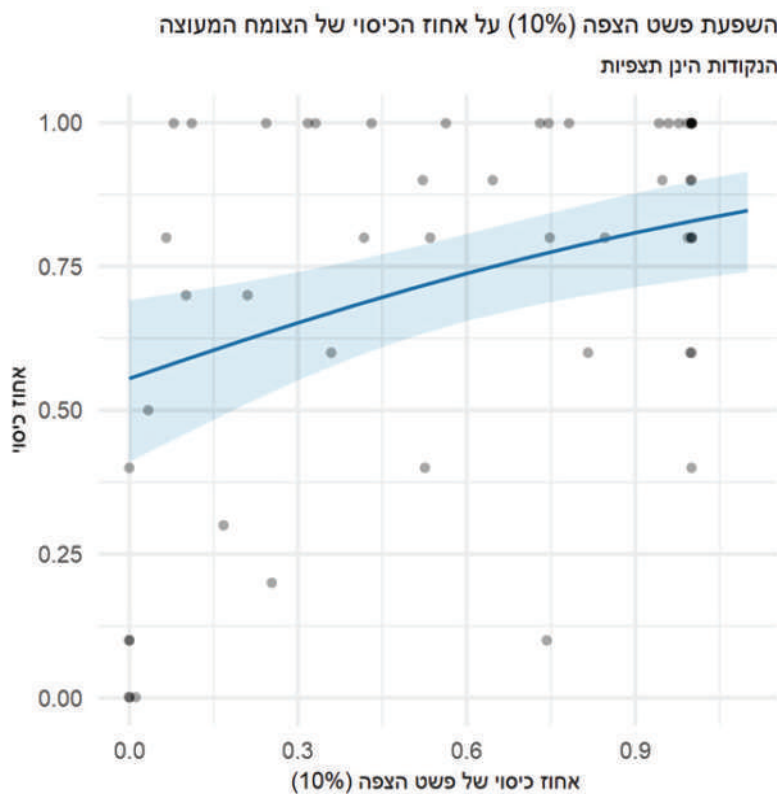
השפעת אחוז הכיסוי של שטח חקלאי על עושר מיני הצמחים המעוצים. בכחול- הערך הממוצע הצפוי ו- 95% confidence intervals מחישוב ה- marginal effects. הנקודות האפורות מייצגות תצפיות.

3.7.8 אחוז כיסוי צומח מעוצה

באנליזת אחוז הכיסוי של צומח מעוצה, בחינה ראשונית הראתה קשר לינארי חיובי מתון מול אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% וקשר לינארי שלילי מתון מול אחוז השטח המגונן. המודל הנבחר הציג מגמה לינארית חיובית מובהקת ($p=0.002$) של אחוז כיסוי צומח מעוצה מול אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10%. על פי המודל, עבור מקטע ממוצע (אחוז כיסוי צומח מעוצה של 0.736), אחוז כיסוי צומח מעוצה עלה בין אזורים ללא הצפה כלל לאזורים עם הצפה מלאה בקצב של פי 1.244 ליחידה, כלומר עלייה של 24.40% (איור 25).

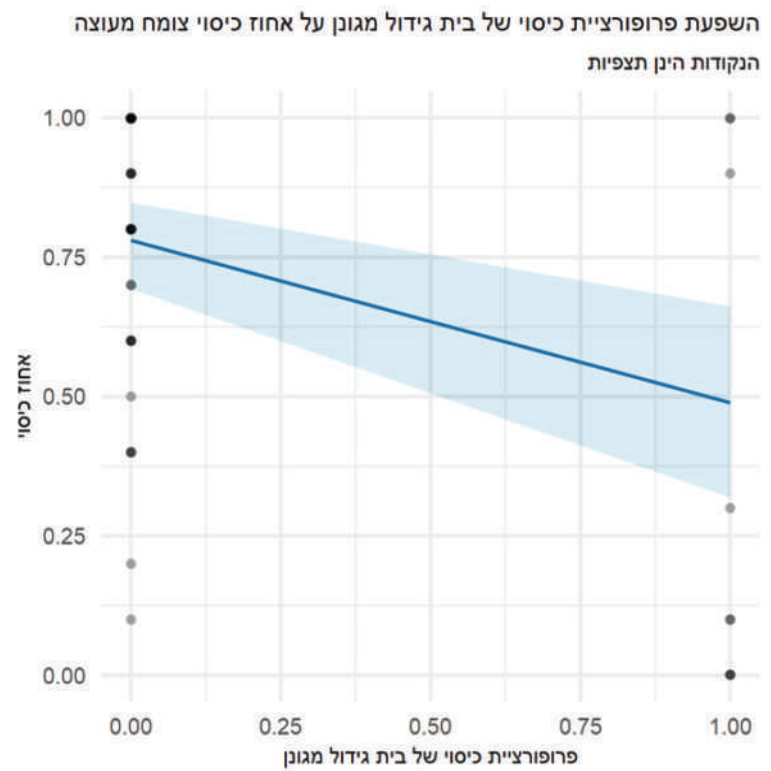
בנוסף, המודל הציג מגמה לינארית שלילית מובהקת ($p=0.002$) של אחוז כיסוי צומח מעוצה מול אחוז השטח המגונן. על פי המודל, עבור מקטע ממוצע (אחוז כיסוי צומח מעוצה של 0.736), אחוז כיסוי צומח מעוצה ירד עם הגידול באחוז השטח המגונן בקצב של פי 0.583 ליחידה, כלומר ירידה של 41.70% בין אזורים לא מגוננים כלל לאזורים מגוננים באופן מלא (איור 26).

אחוזי הכיסוי של צומח עשבוני (הן חד-שנתי והן רב-שנתי) נמצאו בלי קורלציה אל המשתנים המסבירים שבדקנו.



איור 25:

השפעת אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% על אחוז הכיסוי של צומח מעוצה. בכחול – הערך הממוצע הצפוי ו- 95% confidence intervals מחישוב ה- marginal effects. הנקודות האפורות מייצגות תצפיות.



איור 26:

השפעת אחוז הכיסוי של שטח מגוון על אחוז הכיסוי של צומח מעוצה. בכחול- הערך הממוצע הצפוי ו- confidence intervals 95% מחישוב ה- marginal effects. הנקודות האפורות מייצגות תצפיות.

3.7.9 מבנה חברת הצומח העשבונית

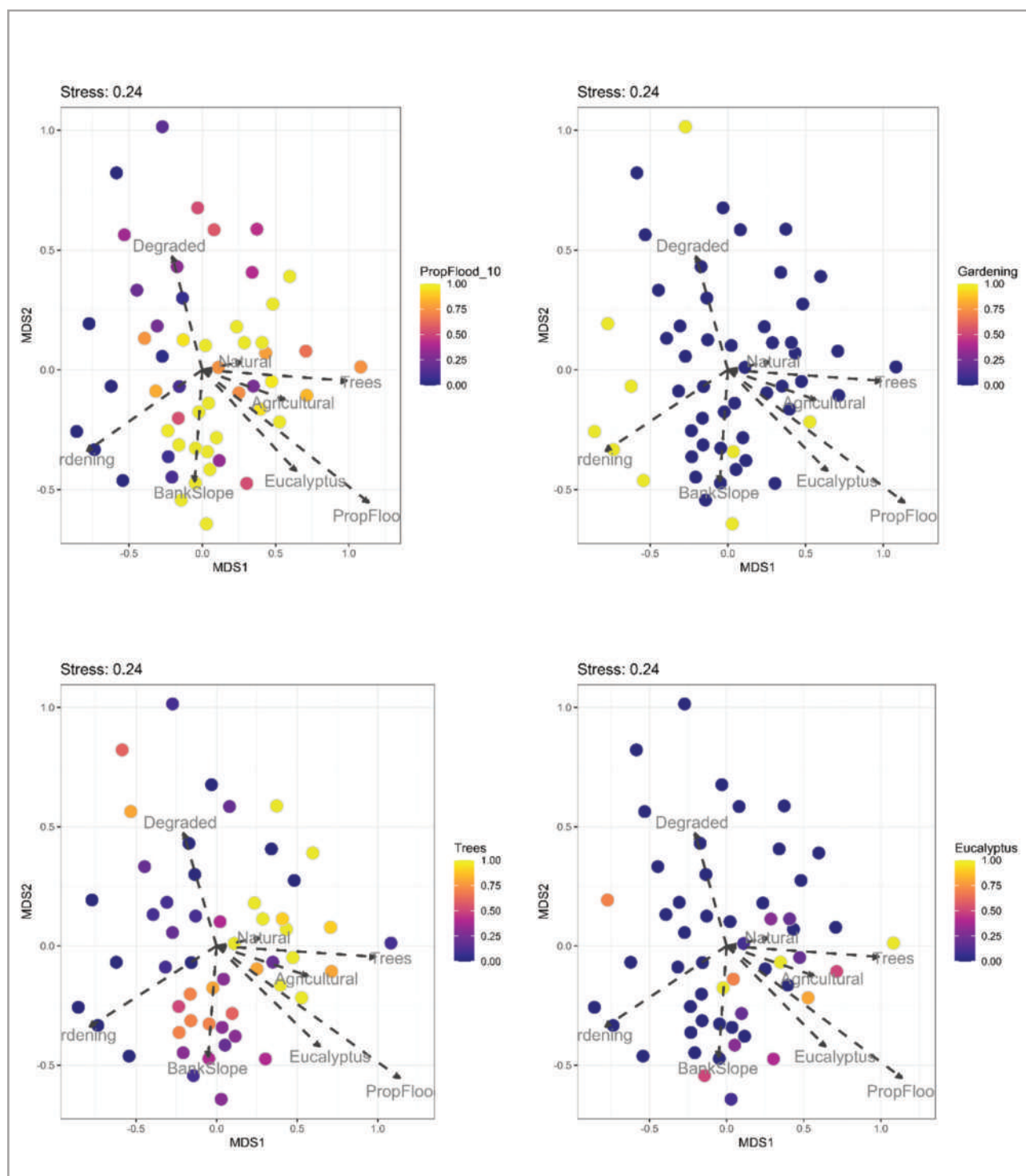
באנליזת מבנה חברת הצומח ללא עצים מצאנו שמתוך 309 מינים עשבוניים, 110 מינים נצפו רק במקטע אחד ו-37 מינים נצפו בשני מקטעים בלבד. בחינה ראשונית של המשתנים הסביבתיים הראתה קשר לינארי חיובי מתון של אחוז השטח הנמצא בפשט הצפה בהסתברות 10% מול אחוז הכיסוי של שטח חקלאי ושל אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% מול אחוז הכיסוי של עצים. בנוסף, ראינו קשר לינארי שלילי מתון של אחוז הקרקע החקלאית מול אחוז הכיסוי של שטח טבעי ושל אחוז הכיסוי של שטח חקלאי מול אחוז השטח המגונן. מטריצות הדמיון לא הצביעו על השפעה ניכרת של אף אחד מהמשתנים המסבירים על מבנה החברה.

אנליזת ה- metaNMDS הניבה מודל עם $\text{stress} = 0.24$, המייצג מודל עם התאמה חלשה (איור 27). הציר האופקי של מרחב האורדינציה הפריד בין אחוז הכיסוי של עצים ואחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% בכיוון החיובי, מול אחוז השטח המגונן בכיוון השלילי. הציר האנכי של מרחב האורדינציה הפריד בין אחוז השטח המופר בכיוון החיובי מול ממוצע שיפוע הגדה ומול אחוז השטח בפשט הצפה בהסתברות 10% בכיוון השלילי. ארבעה משתנים הראו תוצאות מובהקות ותבנית ויזואלית (איור 27) ולפיכך נכללו באנליזת ה- Adonis :

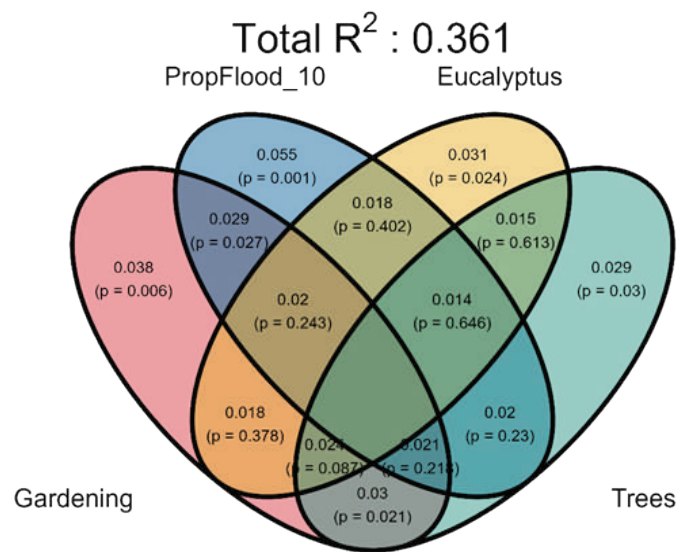
- אחוז השטח המגונן ($p = 0.008$) הצביע לכיוון ערכים שליליים בצירים האופקי והאנכי וערכים גבוהים של משתנה זה היו מרוכזים בפינה זו.
- אחוז השטח המגונן של פשט הצפה בהסתברות 10% ($p = 0.001$) הצביע לכיוון ערכים חיוביים בציר האופקי וערכים שליליים בציר האנכי וערכים גבוהים של משתנה זה היו מרוכזים בפינה זו.
- אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס ($p = 0.018$) הצביע לכיוון ערכים חיוביים בציר האופקי וערכים שליליים בציר האנכי, וערכים גבוהים של משתנה זה היו מרוכזים בפינה זו.
- אחוז כיסוי העצים ($p = 0.003$) הצביע לכיוון ערכים חיוביים בציר האופקי ללא תבנית בציר האנכי וערכים גבוהים של משתנה זה היו מרוכזים בפינה זו.

באנליזת ה- Adonis השונות המוסברת של המודל המלא הגיעה ל- $R^2 = 0.361$, כאשר מרכיב אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% (ללא אינטראקציה) הסביר $R^2 = 0.055$ מתוך השונות המוסברת (איור 28). כשסוכמים את כלל השונות המוסברת ע"י משתנה יחיד (כולל האינטראקציות שלו עם משתנים אחרים), סך השונות המוסברת ע"י אחוז הכיסוי של השטח המגונן (0.179) ואחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% (0.177) היו דומים מאוד וגבוהים משאר המשתנים. מתוך כלל מרכיבי המודל, 6 היו מובהקים ונכללו במודל הסופי, כאשר השונות המוסברת הגיעה ל- $R^2 = 0.199$ (איור 29). מתוך ששת המרכיבים, חמישה היו מובהקים סטטיסטית.

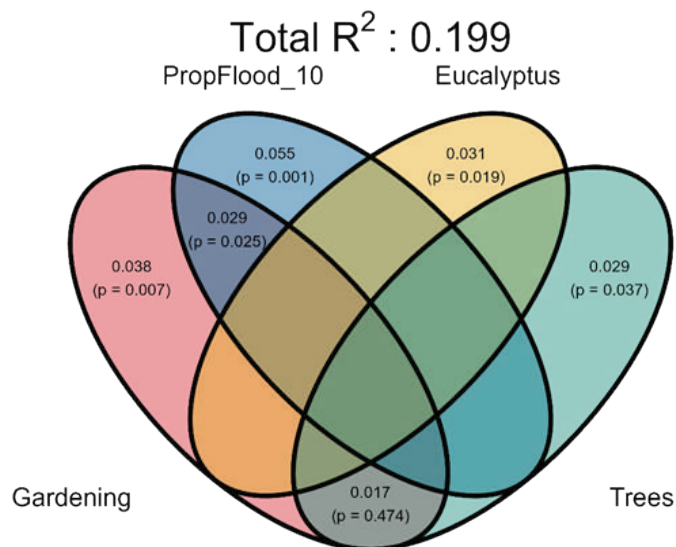
לסיכום, אנליזת מבנה חברת הצומח העשבונית הראתה הפרדה חלשה יחסית של מבנה החברה ע"י המשתנים המסבירים, כאשר אחוז הגינון של פשט הצפה בהסתברות 10%, אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס, אחוז השטח המגונן, ואחוז הכיסוי של עצים הראו את התבנית הברורה ביותר באנליזת האורדינציה. אחוז השונות המוסברת הן במודל המלא והן במודל הסופי הייתה נמוכה ומעידה ששונות רבה במבנה החברה לא מוסברת כלל ע"י אף אחד מהמשתנים שנבדקו.



איור 27: תוצאות אורדינציית ה- metaMDS באנליזת מבנה חברת הצומח (ללא עצים). כל פאנל מציג את אותה תבנית תוך הדגשה של משתנה מסביר אחר.



איור 28: תוצאות אנליזה ה- adonis עם המודל המלא (כל המשתנים וכל האינטראקציות). השונות המוסברת הכוללת מובאת בכותרת. השונות המוסברת ע"י כל משתנה וע"י כל אינטראקציה מובאת באיור יחד עם רמת המובהקות.



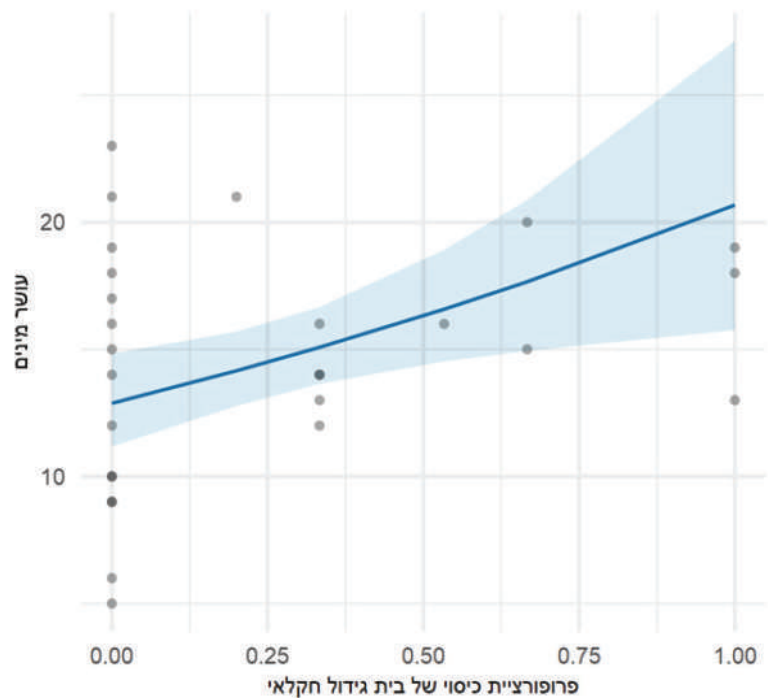
איור 29: תוצאות אנליזה ה- adonis עם המודל הסופי (כל המרכיבים המובהקים מהמודל המלא). השונות המוסברת הכוללת מובאת בכותרת. השונות המוסברת ע"י כל משתנה וע"י כל אינטראקציה מובאת באיור יחד עם רמת המובהקות.

3.7.10 עושר מיני העופות

באנליזת עושר מיני העופות, בחינה ראשונית הראתה קשר חיובי חלש מול אחוז השטח החקלאי וקשר שלילי חלש מול אחוז השטח הטבעי. המודל הנבחר הציג מגמה לינארית חיובית מובהקת ($p=0.009$) של עושר מיני העופות מול אחוז הכיסוי של קרקע חקלאית. על פי המודל, עושר מיני העופות עלה בין אזורים ללא שטח חקלאי לאזורים עם כיסוי מלא של שטח חקלאי בקצב של פי 1.608 ליחידה, כלומר עלייה של 60.55% (איור 30).

בנוסף, המודל הציג מגמה לינארית שלילית מובהקת ($p=0.023$) של עושר מיני העופות מול אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10%. על פי המודל, עושר המינים ירד בין אזורים שאין בהם כלל הצפה בהסתברות 10% לאזורים עם כיסוי מלא של פשט הצפה בהסתברות 10% בקצב של פי 0.626 ליחידה, כלומר ירידה של 37.41% (איור 31).

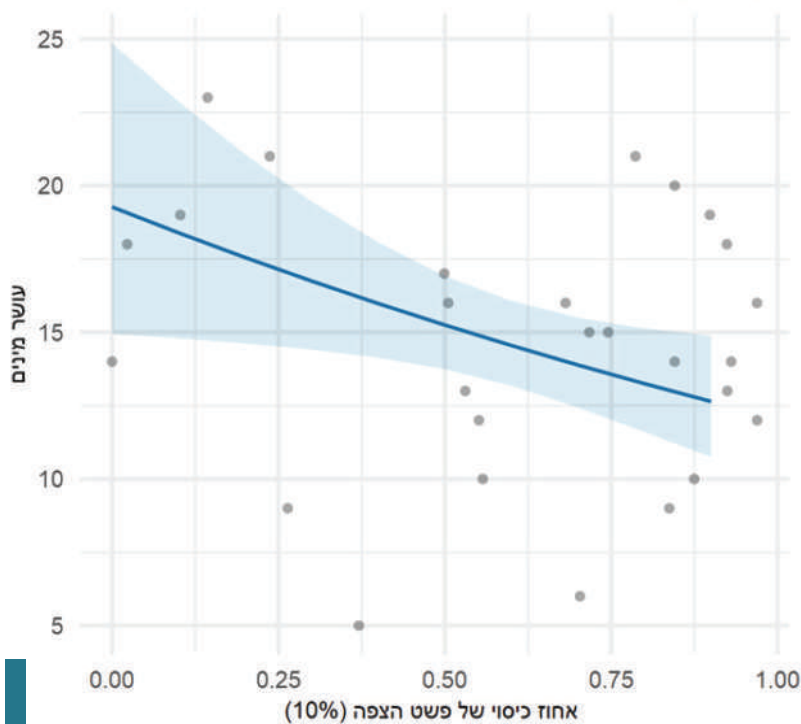
השפעת פרופורציית כיסוי של בית גידול חקלאי על עושר מיני עופות
הנקודות הן תצפיות



איור 30:

השפעת אחוז הכיסוי של שטח חקלאי על עושר מיני העופות. בשחור – הערך הממוצע הצפוי ו- 95% confidence intervals מחישוב ה- marginal effects. הנקודות הכחולות מייצגות תצפיות.

השפעת פשט הצפה (10%) על עושר מיני עופות
הנקודות הינן תצפיות



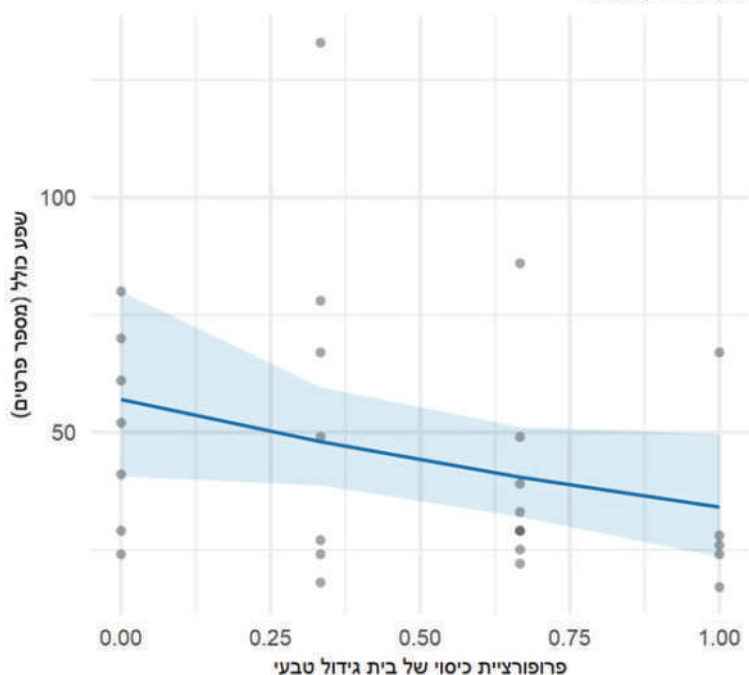
איור 31:

השפעת אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% על עושר מיני העופות. בשחור - הערך הממוצע הצפוי ו-95% confidence intervals מחישוב ה- marginal effects. הנקודות הכחולות מייצגות תצפיות.

3.7.11 שפע פרטים של עופות

באנליזת שפע הפרטים הכולל של העופות, המודל הנבחר אינו שונה מהותית ממודל אפס, והראה שהשפע הכולל של העופות יורד עם העלייה בכיסוי של שטח טבעי, אולם ירידה זו איננה מובהקת (איור 32).

השפעת פרופורציית כיסוי של בית גידול טבעי על שפע פרטים כולל של עופות
הנקודות הינן תצפיות



איור 32:

השפעת אחוז הכיסוי של שטח טבעי על שפע הפרטים הכולל של עופות. בשחור - הערך הממוצע הצפוי ו-95% confidence intervals מחישוב ה- marginal effects. הנקודות הכחולות מייצגות תצפיות.

3.7.12 עושר מינים של עופות מקננים

באנליזת עושר המינים של עופות מקננים, המודל הנבחר הציג מגמה לינארית שלילית מובהקת ($p=0.002$) של עושר מיני העופות המקננים מול אחוז השטח המופר. על פי המודל, עושר המינים ירד עם הגידול באחוז השטח המופר בקצב של פי 0.368 ליחידה, כלומר ירידה של 63.23% בין אזורים לא מופרים כלל לאזורים מופרים במלואם (איור 33).

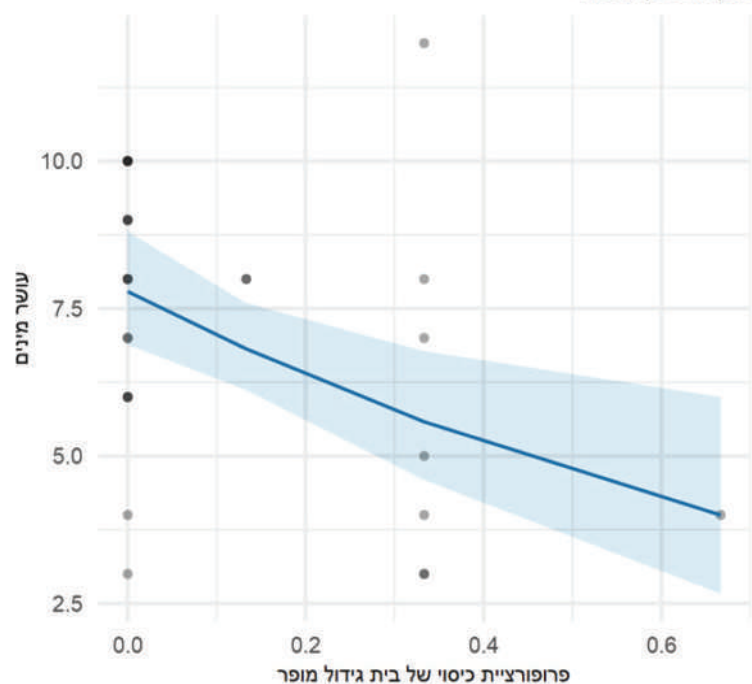
בנוסף, המודל הציג מגמה לינארית שלילית מובהקת ($p=0.001$) של עושר מיני העופות המקננים מול אחוז השטח הטבעי. על פי המודל, עושר המינים ירד עם הגידול באחוז השטח הטבעי בקצב של פי 0.612 ליחידה, כלומר ירידה של 38.81% בין אזורים ללא נוכחות שטח טבעי לאזורים עם כיסוי מלא של שטח טבעי (איור 34).

זאת ועוד, המודל הציג מגמה לינארית חיובית מובהקת ($p=0.041$) של עושר המינים של עופות מקננים מול אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס. על פי המודל, עושר המינים עלה עם עליית כיסוי עצי האקליפטוס בקצב של פי 1.727 ליחידה, כלומר עלייה של 72.75% בין אזורים ללא כיסוי של עצי אקליפטוס לאזורים עם כיסוי מלא של עצי אקליפטוס (איור 35).

לבסוף, המודל הציג מגמה לינארית חיובית מובהקת ($p=0.013$) של עושר המינים של עופות מקננים מול עושר מיני הצמחים. על פי המודל, עושר מיני העופות המקננים עלה בקצב של פי 1.007 ליחידה, כלומר עלייה של 0.70% בעושר המינים המקננים על כל עלייה של מין צמח אחד (איור 36).

לסיכום, המודל הנבחר הראה שעושר מיני העופות המקננים עולה באופן מובהק עם עלייה בכיסוי של עצי אקליפטוס ועם עלייה בעושר מיני הצמחים, ויורד באופן מובהק עם עלייה באחוז השטח המופר ועם עלייה באחוז השטח טבעי.

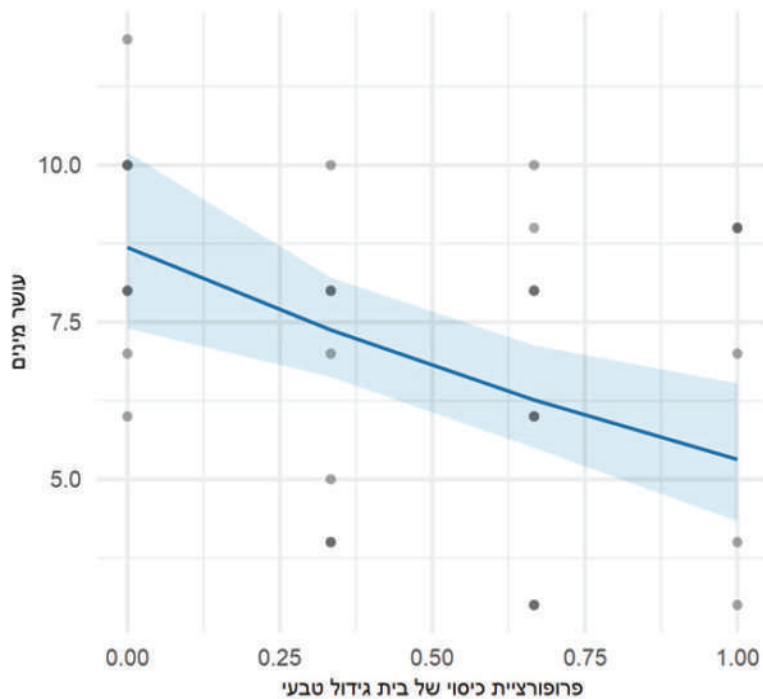
השפעת פרופורציית כיסוי של בית גידול מופר על עושר מיני עופות מקננים
הנקודות הינן תצפיות



איור 33:

השפעת אחוז הכיסוי של שטח מופר על עושר מיני העופות המקננים. בשחור – הערך הממוצע הצפוי ו-95% confidence intervals מחישוב ה-marginal effects. הנקודות הכחולות מייצגות תצפיות.

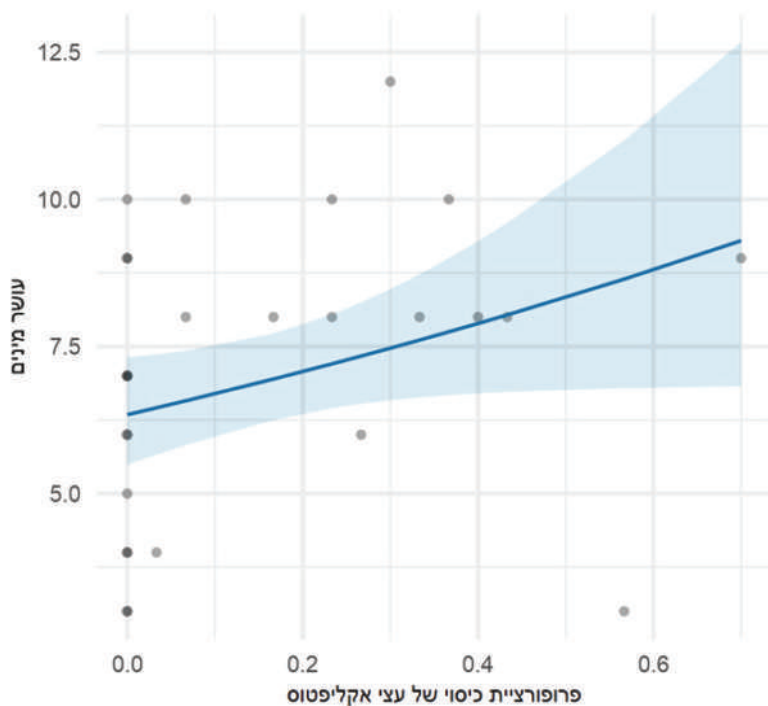
השפעת פרופורציית כיסוי של בית גידול טבעי על עושר מיני עופות מקננים
הנקודות הינן תצפיות



איור 34:

השפעת אחוז הכיסוי של שטח טבעי על עושר מיני העופות המקננים. בשחור – הערך הממוצע הצפוי ו-95% confidence intervals מחישוב ה-marginal effects הנקודות הכחולות מייצגות תצפיות.

השפעת פרופורציית כיסוי של עצי אקליפטוס על עושר מיני עופות מקננים
הנקודות הינן תצפיות

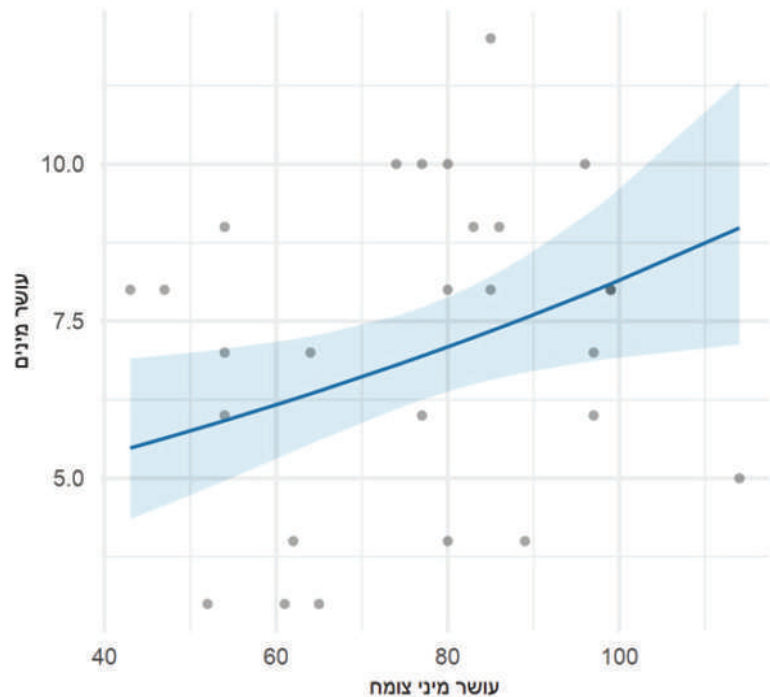


איור 35:

השפעת אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס על עושר מיני העופות המקננים. בשחור – הערך הממוצע הצפוי ו-95% confidence intervals מחישוב ה-marginal effects הנקודות הכחולות מייצגות תצפיות.

השפעת עושר מיני צומח על עושר מיני עופות מקננים

הנקודות הינן תצפיות



איור 36:

השפעת עושר מיני הצמחים על עושר מיני העופות המקננים. בשחור – הערך הממוצע הצפוי ו-95% confidence intervals מחישוב ה-*marginal effects*. הנקודות הכחולות מייצגות תצפיות.

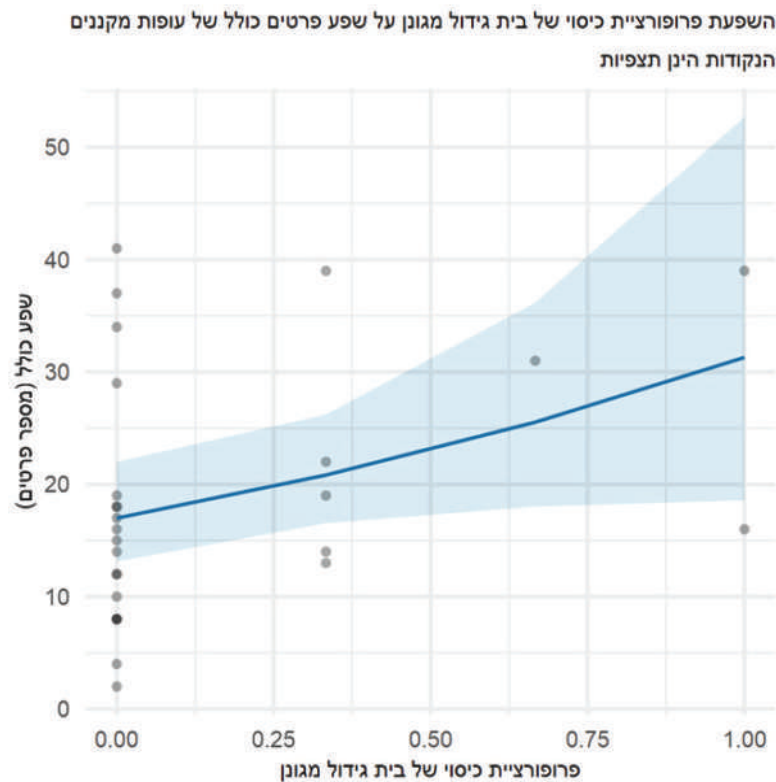
3.7.13 שפע פרטים של עופות מקננים

באנליזת שפע הפרטים של עופות מקננים, המודל הנבחר הציג מגמה לינארית חיובית מובהקת ($p=0.038$) של שפע הפרטים של עופות מקננים מול אחוז השטח המגונן. על פי המודל, שפע הפרטים עלה ב-84.21% בין אזורים שאינם מגוננים כלל לאזורים שכל שטחם מגונן (איור 37).

3.7.14 עושר מינים של עופות בעלי זיקה למים

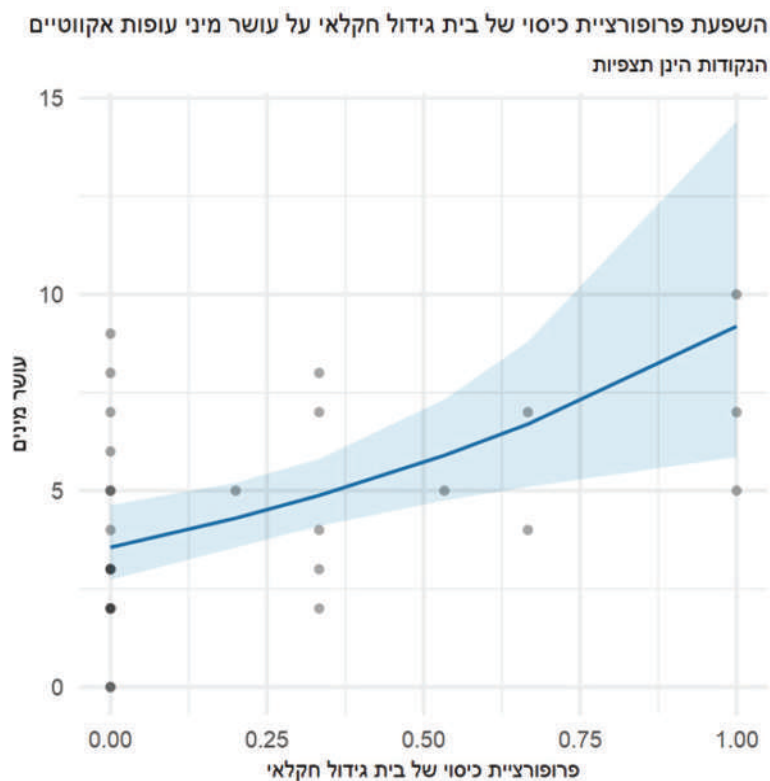
באנליזת עושר המינים של עופות בעלי זיקה למים, המודל הנבחר הציג מגמה לינארית חיובית מובהקת ($p=0.002$) של עושר המינים של עופות בעלי זיקה למים מול אחוז השטח החקלאי הקרוב. על פי המודל, עושר המינים עלה עם הגידול באחוז השטח החקלאי בקצב של פי 2.586 ליחידה, כלומר עלייה של 153.34% בין אזורים ללא שטח חקלאי לאזורים עם כיסוי מלא של שטח חקלאי (איור 38). בנוסף, המודל הציג מגמה לינארית שלילית בלתי-מובהקת ($p=0.074$) של עושר המינים של עופות בזיקה למים מול אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10%. על פי המודל, עושר מיני העופות בעלי זיקה למים ירד עם הגדלת אחוז השטח המוצף בהסתברות 10% בקצב של פי 0.508 ליחידה, כלומר ירידה של 49.19% בין אזורים אין בהם כלל פשט הצפה בהסתברות 10% לאזורים שנמצאם במלואם בתחום פשט הצפה בהסתברות 10% (איור 39).

לסיכום, המודל הנבחר שונה מהותית ממודל אפס, והראה שעושר מיני העופות בזיקה למים עולה באופן מובהק עם עלייה בכיסוי השטח החקלאי ויורד באופן מובהק עם עלייה באחוז השטח הנמצא בתחום פשט הצפה בהסתברות 10%.



איור 37:

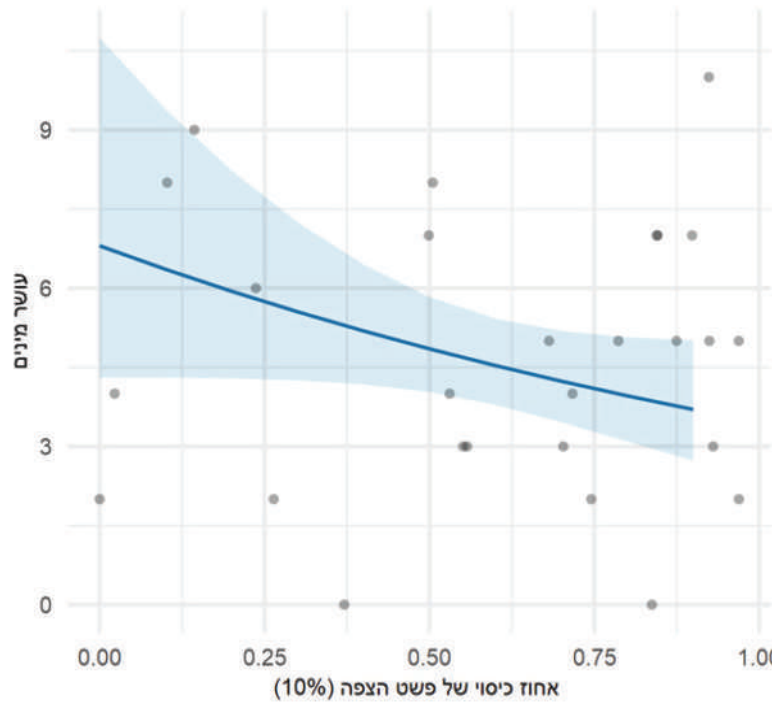
השפעת אחוז הכיסוי של שטח
מגוון על שפע פרטים של עופות
מקננים. בשחור – הערך הממוצע
הצפוי ו-95% confidence
marginal intervals מחישוב ה-
effects. הנקודות הכחולות מייצגות
תצפיות.



איור 38:

השפעת אחוז הכיסוי של שטח
חקלאי על עושר מיני עופות
בעלי זיקה למים. בשחור – הערך
הממוצע הצפוי ו-95% confidence
marginal intervals מחישוב ה-
effects. הנקודות הכחולות מייצגות
תצפיות.

השפעת פשט הצפה (10%) על עושר מיני עופות אקוטיים
הנקודות הינן תצפיות



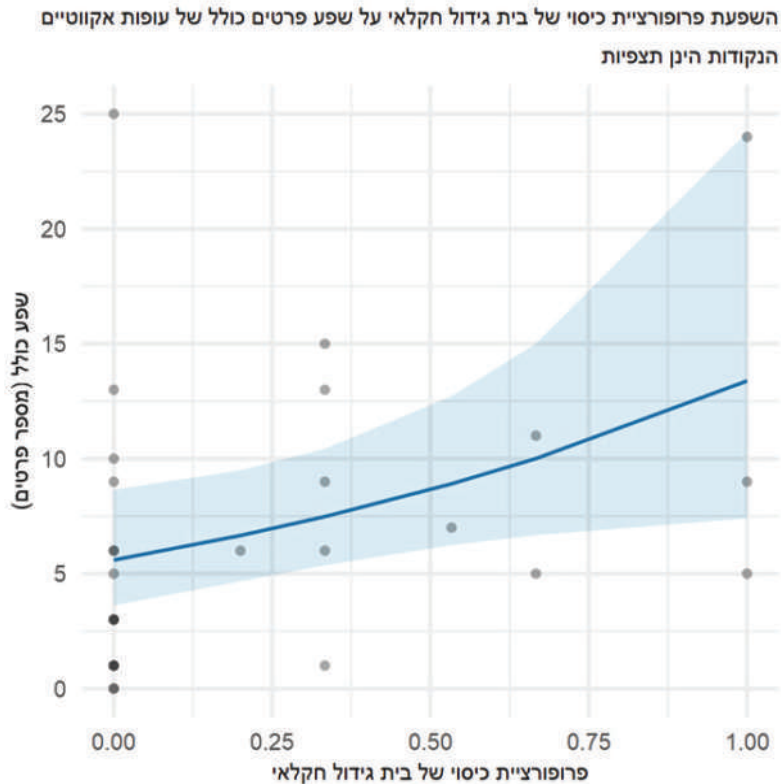
איור 39:

השפעת אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% על עושר המינים של עופות בעלי זיקה למים. בשחור – הערך הממוצע הצפוי ו-95% confidence intervals מחישוב ה-marginal effects. הנקודות הכחולות מייצגות תצפיות.

3.7.15 שפע פרטים של עופות בעלי זיקה למים

באנליזת שפע הפרטים של עופות בעלי זיקה למים, בחינה ראשונית הראתה קשר חיובי חלש מול אחוז הכיסוי של שטח חקלאי ואחוז הכיסוי של עצים וקשר שלילי חלש מול אחוז הכיסוי של שטח מגונן ואחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס. המודל הנבחר הציג מגמה לינארית חיובית מובהקת ($p=0.020$) של שפע הפרטים של עופות בעלי זיקה למים מול אחוז הכיסוי של שטח חקלאי. על פי המודל, שפע הפרטים עלה בקצב של פי 2.393 ליחידה, כלומר עלייה של 139.31% בין אזורים ללא כיסוי של שטח חקלאי לאזורים עם כיסוי מלא של שטח חקלאי (איור 40).

לסיכום, המודל הנבחר שונה מהותית ממודל אפס, והראה שהשפע של עופות בעלי זיקה למים עולה באופן מובהק עם עלייה בכיסוי של שטח חקלאי.



איור 40:

השפעת אחוז הכיסוי של שטח חקלאי על שפע פרטים של עופות בעלי זיקה למים. בשחור - הערך הממוצע הצפוי ו- 95% confidence intervals מחישוב ה- marginal effects. הנקודות הכחולות מייצגות תצפיות.

3.7.16 מבנה חברת העופות

באנליזת מבנה חברה העופות מצאנו שמתוך 74 מינים, 22 מינים נצפו רק באתר אחד ו-10 מינים נצפו בשני אתרים בלבד. בחינה ראשונית של המשתנים הסביבתיים הראתה קשר לינארי חיובי חזק של אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% מול אחוז הכיסוי של עצים. בנוסף, ראינו קשר לינארי שלילי חזק של אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס מול אחוז הכיסוי של עצים ושל שטח חקלאי מול אחוז הכיסוי של שטח טבעי. מטריצות הדמיון לא הצביעו על השפעה ניכרת של אף אחד מהמשתנים המסבירים על מבנה החברה.

אנליזת ה- metaNMDS הניבה מודל עם $stress = 0.216$, המייצג מודל עם התאמה חלשה כאשר בכל רביע התקבצו משתנים שונים (איור 41). ברביע הפונה לכיוון הציר האופקי החיובי והציר האנכי החיובי התרכזו אחוז השטח הטבעי ואחוז כיסוי הצומח. ברביע הפונה לציר האופקי החיובי ולציר האנכי השלילי התרכזו עושר הצמחים, אחוז השטח המגונן ואחוז השטח המופר. ברביע הפונה לציר האופקי השלילי ולציר האנכי השלילי התרכזו אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס. לבסוף, ברביע הפונה לציר האופקי השלילי ולציר האנכי החיובי התרכזו אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10%, אחוז הכיסוי של שטח חקלאי ואחוז הכיסוי של עצים.

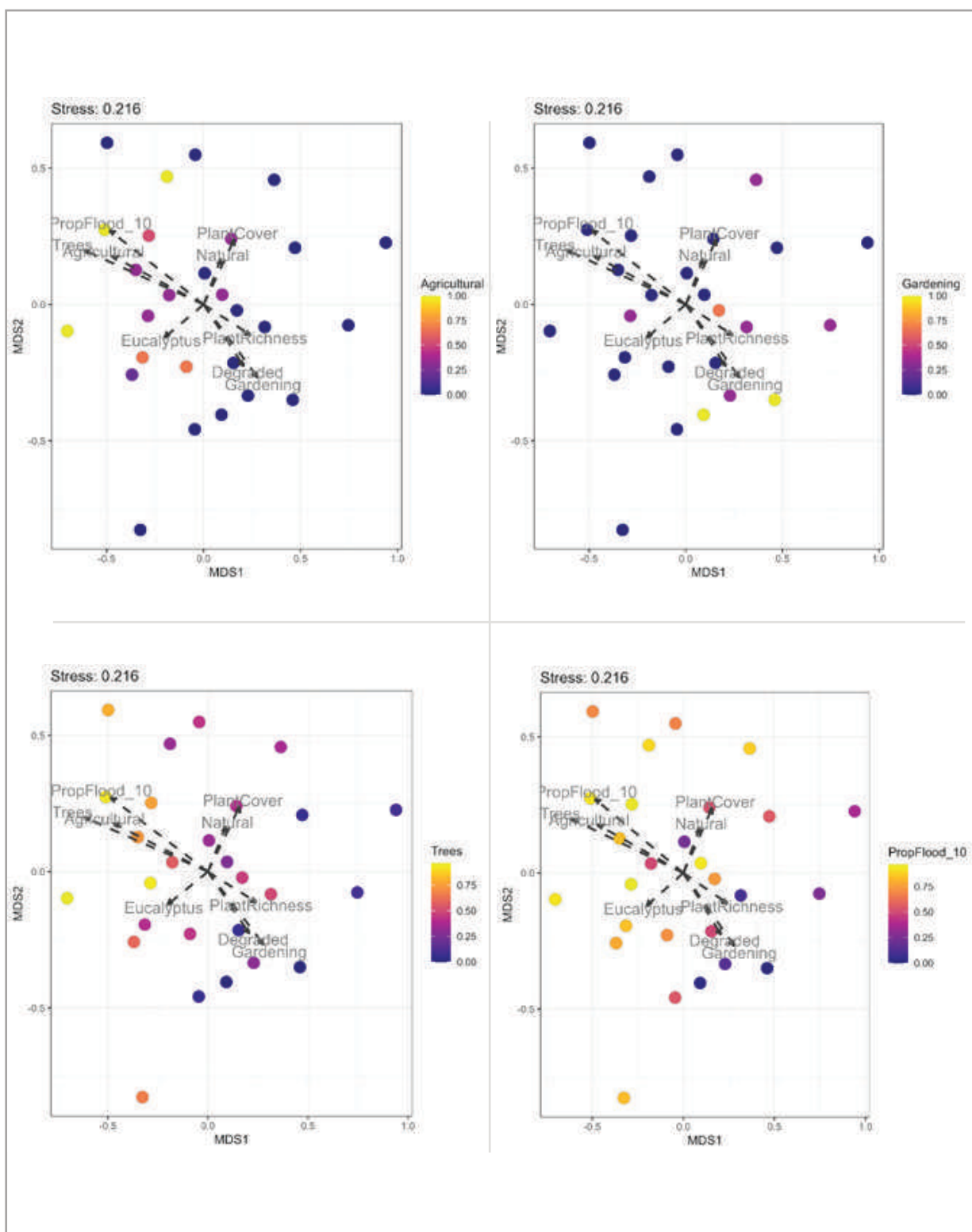
ארבעה משתנים באנליזת ה- envfit הראו תוצאות מובהקות (או כמעט מובהקות) ותבנית

ויזואלית (איור 41) ולפיכך נכללו באנליזת ה-Adonis:

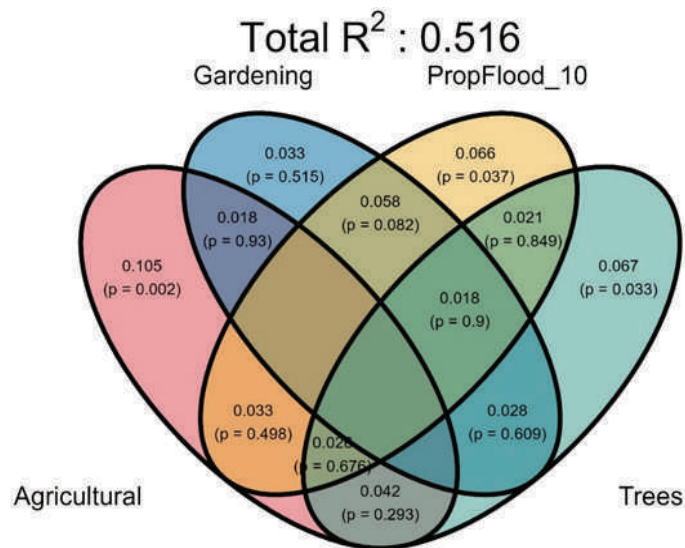
- אחוז השטח המגונן ($p = 0.052$) הצביע לכיוון ערכים חיוביים בציר האופקי וערכים שליליים בציר האנכי וערכים גבוהים של משתנה זה היו מרוכזים בפינה זו.
- אחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% ($p = 0.001$) הצביע לכיוון ערכים שליליים בצירים האופקי והאנכי וערכים גבוהים של משתנה זה היו מרוכזים בפינה זו.
- אחוז השטח החקלאי ($p = 0.004$) הצביע לכיוון ערכים שליליים בצירים האופקי והאנכי, וערכים גבוהים של משתנה זה היו מרוכזים בפינה זו.
- אחוז הכיסוי של עצים ($p = 0.001$) הצביע לכיוון ערכים שליליים בציר האופקי והאנכי, וערכים גבוהים של משתנה זה היו מרוכזים בפינה זו.

באנליזת ה-Adonis השונות המוסברת של המודל המלא הגיעה ל- $R^2 = 0.516$, כאשר מרכיב אחוז הכיסוי של שטח חקלאי (ללא אינטראקציה) הסביר $R^2 = 0.105$ מתוך השונות המוסברת (איור 42). כשסוכמים את כלל השונות המוסברת ע"י משתנה יחיד (כולל האינטראקציות שלו עם משתנים אחרים), סך השונות המוסברת ע"י אחוז הכיסוי של השטח החקלאי (0.224) ואחוז הכיסוי של פשט הצפה בהסתברות 10% (0.222) היו דומים מאוד וגבוהים במעט משאר המשתנים. מתוך כלל מרכיבי המודל, שלושה בלבד היו מובהקים ונכללו במודל הסופי כאשר השונות המוסברת הגיעה ל- $R^2 = 0.246$ (איור 43). כל שלושת המרכיבים היו מובהקים סטטיסטית במודל הסופי.

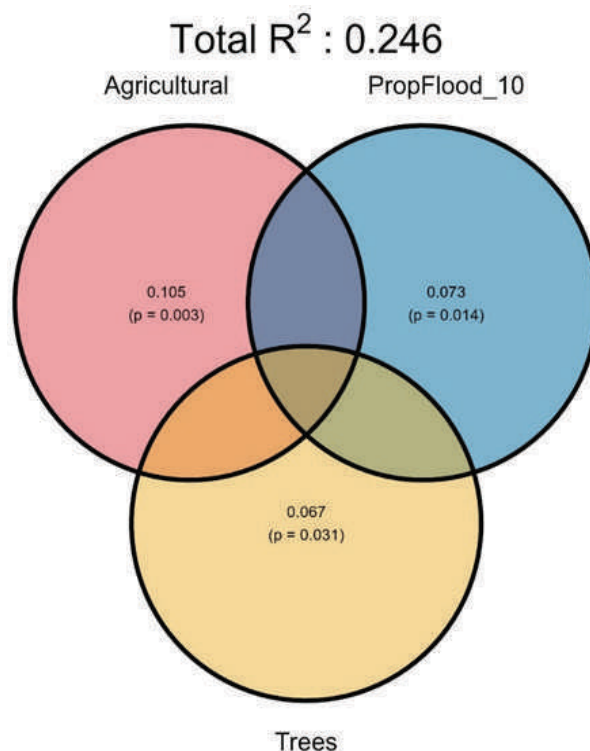
לסיכום, אנליזת מבנה חברת העופות הראתה הפרדה חלשה יחסית של מבנה החברה ע"י המשתנים המסבירים, כאשר אחוז השטח המגונן, אחוז הכיסוי של פשט הצפה 10%, אחוז השטח החקלאי, ואחוז הכיסוי של עצים הראו את התבנית הברורה ביותר באנליזת האורדינציה. אחוז השונות המוסברת הן במודל המלא והן במודל הסופי הייתה נמוכה ומעידה ששונות רבה במבנה החברה לא מוסברת כלל ע"י אף אחד מהמשתנים שנבדקו.



איור 41: תוצאות אורדינציית ה- metaMDS באנליזת מבנה חברה העופות. כל פאנל מציג את אותה תבנית תוך הדגשה של משתנה מסביר אחר.



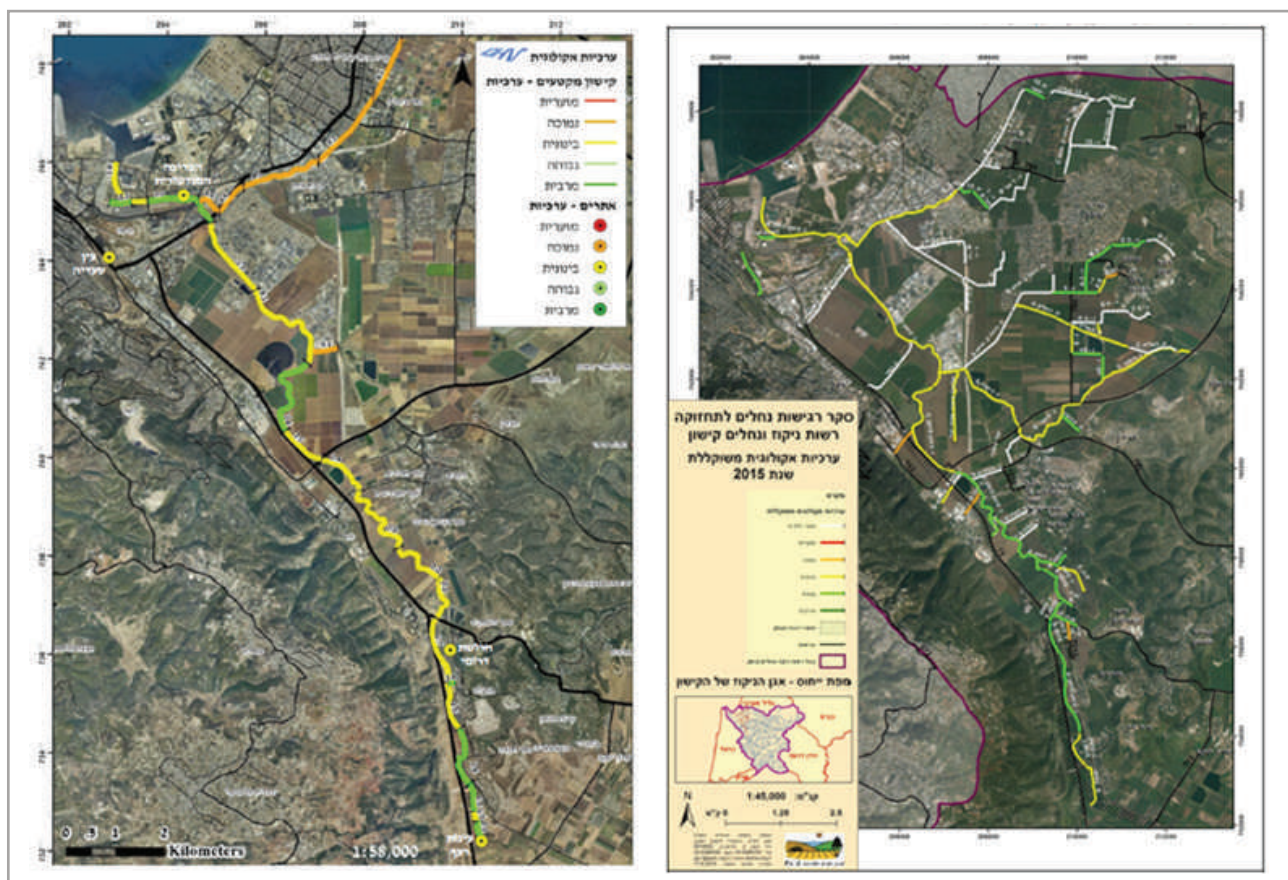
איור 42: תוצאות אנליזה ה- adonis עם המודל המלא (כל המשתנים וכל האינטראקציות) עבור חברת העופות. השונות המוסברת הכוללת מובאת בכותרת. השונות המוסברת ע"י כל משתנה וע"י כל אינטראקציה מובאת באיור יחד עם רמת המובהקות.



איור 43: תוצאות אנליזה ה- adonis עם המודל הסופי (כל המרכיבים המובהקים מהמודל המלא) עבור חברת העופות. השונות המוסברת הכוללת מובאת בכותרת. השונות המוסברת ע"י כל משתנה וע"י כל אינטראקציה מובאת באיור יחד עם רמת המובהקות.

4 | תובנות ומסקנות

סקר זה נערך מתוך מטרה לאסוף נתונים על מצב הנחל וללמוד על הקשרים בין הגורמים הפיסיים והביולוגיים המאפיינים אותו. סקרים שנערכו בעבר (אלרון וחובל, 2016; פרלברג וחובל, 2015) חילקו את הנחל למקטעים שונים ע"פ מאפיינים פיזיים והידרולוגיים והעניקו ציונים של ערכיות אקולוגית לפי קריטריונים משוקללים הקשורים לאיכות המים, מאפייני הצמחים, חברת חסרי החוליות, יונקים, עופות ועוד. שני הסקרים העריכו בערכיות אקולוגית גבוהה את מקטעי האפנדיקס ואת נחל סעדיה, ובערכיות נמוכה את מקטעי הגדורה ומורד נחל ציפורי. עם זאת, שאר מקטעי הנחל נבדלו בין הסקרים בציוני הערכיות שקיבלו, למרות שבוצעו בערך באותו הזמן. כך יצא שבעוד שאלרון וחובל (2016) העריכו בערכיות בינונית את המקטע שבין התעלה היבשה לצומת יגור ובערכיות גבוהה את מקטעי תל קשיש – תעלה יבשה, המקטע בין דרך השירות במורד מחלף יגור עד גשר אירי בריכות נשר, והמקטע בין גשר ההסתדרות עד גשר יוליוס, פרלברג וחובל (2015) הגיעו להערכה הפוכה- ערכיות גבוהה למקטע בין התעלה היבשה לצומת יגור וערכיות בינונית למקטעי תל קשיש – תעלה יבשה, המקטע בין דרך השירות במורד מחלף יגור עד גשר אירי בריכות נשר, והמקטע בין גשר ההסתדרות עד גשר יוליוס (איור 44).



איור 44. מפות הערכיות האקולוגית לאורך הקישון ע"פ פרלברג וחובל, 2015 (מימין) ואלרון וחובל, 2016 (משמאל).

הבדלים אלה בין שני הסקרים נובעים, כפי הנראה, מהבדלים בשיטות הדיגום ובהגדרות סובייקטיביות של חישוב הערכיות. מטרות הסקרים לא היו זהות והגדרות הערכיות האקולוגית נבדלו בקריטריונים ובמשקולות. ההבדלים בין הסקרים בערכיות המקטעים שהוזכרו, מצביעים על כך שיש צורך בסטנדרטיזציה של שיטות הדיגום בכדי שניתן יהיה להפיק תועלת ארוכת טווח ולהסתמך על הנתונים הנאספים בכדי לאפיין את מצב הנחל.

הסקר הנוכחי תוכנן במטרה לבחון, באמצעות מדדים שונים שנדגמו לאורך הנחל, את הקשר בין האקולוגיה של רצועת הנחל לבין המאפיינים הפיסיים והסביבתיים השוררים בו. זו פעם ראשונה שמתבצע בנחל סקר בצורה כזו, הייחודי הן בשיטת הדיגום ואיסוף הנתונים והן בניתוחים הסטטיסטיים שבוצעו. מערך הסקר מאפשר את הרחבתו לכדי ניטור ארוך-טווח כך שיתאפשר מעקב אחרי שינויים בזמן, והוספה של אינדיקטורים נוספים שידגמו בכל מקטע לקבלת תמונה שלמה יותר של מצב המערכת האקולוגית.

ניתוח הנתונים התבצע בכלים סטטיסטיים מתקדמים לבחירת המודלים המסבירים את הקשרים בין הנתונים האקולוגיים לבין הנתונים הפיסיים והסביבתיים. זאת בכדי לוודא כי התוצאות המתקבלות הן ברמת אמינות גבוהה.

המצאים העיקריים שעלו מהסקר

אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס נמצא בקשר שלילי עם עושר מיני הצמחים ובפרט עושר מיני הצמחים החד-שנתיים. לעומת זאת, נמצא אחוז הכיסוי של עצי האקליפטוס בקשר חיובי עם עושר מיני הצמחים הפולשים והזרים (איור 45). אקליפטוס ידוע כמין אללופטי, המדכא מינים אחרים בסביבתו באמצעים פיזיים וכימיים. נראה כי צל האקליפטוסים ושכבת נשר העלים שלהם מהווים הפרעה עבור מיני צמחים חד-שנתיים מקומיים רבים, בעוד שמיני צמחים זרים ופולשים דווקא נהנים מתנאים אלה ומנצלים אותם להתבססות ולהתפשטות. לעומת הצומח, אחוז הכיסוי של עצי אקליפטוס נמצא בקשר חיובי עם עושר מיני העופות המקננים, סביר להניח שבשל אפשרויות הקינון שהם מציעים.

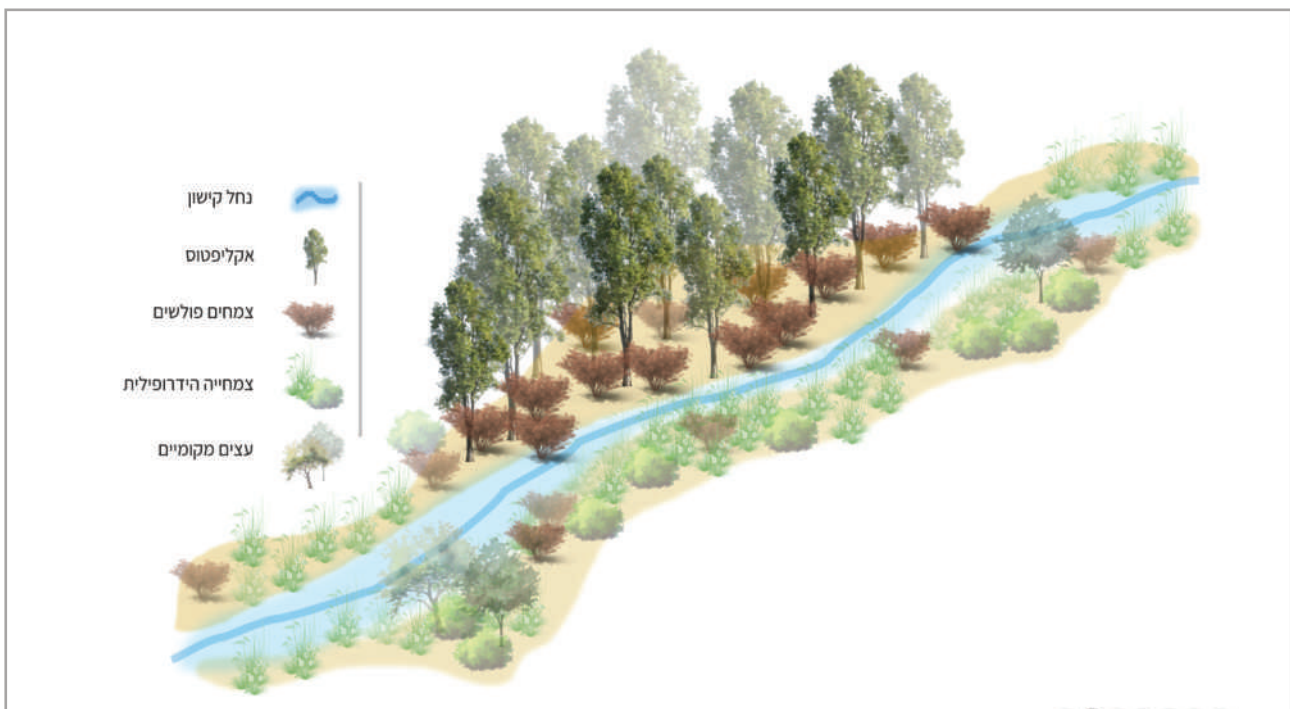
גודל השטח שנמצא בתחום פשט הצפה בהסתברות 10% נמצא בקשר חיובי עם עושר מיני הצמחים ההידרופיליים ועושר מיני הצמחים המעוצים ואחוז הכיסוי שלהם (איור 46). המינים ההידרופיליים הם מינים המותאמים לבתי גידול לחים, ולכן סביר שהרחבת בית הגידול הלח יביא לעלייה בעושר ובתפוצה שלהם. העלייה בכיסוי הצמחים המעוצים ובעושר המינים שלהם מתאפשרת, כנראה, הודות ללחות הגבוהה יותר בשטח פשט הצפה.

בניגוד לכך, עלייה בגודל השטחים שבתחום פשט הצפה בהסתברות של 10% קשורה בירידה בעושר מיני העופות בכלל, ובעושר מיני העופות בעלי הזיקה לבתי גידול מימים בפרט. יש לציין

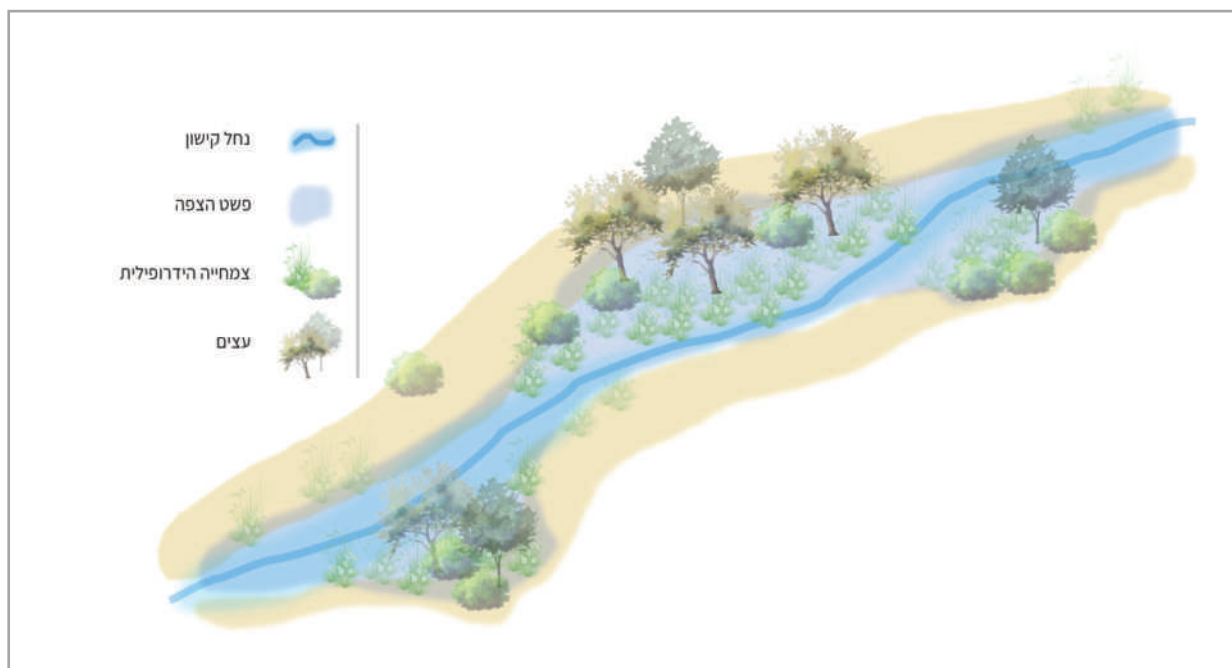
כי נראתה שונות רבה בין נקודות הדיגום באחוזי הנוכחות של מיני העופות בעלי זיקה לבתי גידול מימיים, על אף שכולן היו לאורך הנחל. נראה שמורכבות בית הגידול המימי באזור הנקודה הוא גורם משמעותי: נחל או תעלה צרה לאורך קילומטרים לא מהווים בית גידול מספק לרוב המינים האלה. לעומת זאת, פיתולים, גדות רחבות עם שטחי צומח נרחבים ומגוונים, פשטי הצפה ומאגרים מוסיפים מורכבות משמעותית ומשפיעים גם על חלקי נחל פחות אטרקטיביים הסמוכים אליהם.

אחוז השטח המופר קשור בירידה בעושר מיני הצמחים הנדירים ובסכנת הכחדה ובעושר מיני העופות המקננים. ממצאים אלה אינם מפתיעים, שכן בתי גידול מופרים אינם מעודדים מגוון ביולוגי גבוה.

אחוז הכיסוי של שטחים חקלאיים קשורה בירידה בעושר מיני צמחים מעוצים ובעליה בעושר מיני העופות בכלל והעופות בעלי הזיקה לבתי גידול מימיים בפרט. נראה כי הסביבה החקלאית מספקת תנאים נוחים לעופות, בוודאי בהשוואה לסביבה העירונית.



איור 45: הקשר בין עושר המינים של צמחים עשבוניים ופולשים לאחוז כיסוי של עצי איקליפטוס (איור סכמתי). מתחת לעצי האקליפטוס יש עושר גבוה יותר של צמחים פולשים ועושר נמוך יותר של מיני צמחים, בדגש מינים חד-שנתיים.



איור 46: הקשר בין עושר המינים של צמחים הידרופיליים ומינים מעוצים לפשט הצפה בהסתברות 10% (איור סכמתי). בתחום פשט ההצפה בהסתברות 10% יש עושר גבוה יותר של מיני צמחים הידרופיליים ושל מיני צמחים מעוצים.



תמונה 15: פרפור עקוד (צילום לירון שפירא)

המלצות

ממצאי הסקר מאפשרים הטמעה של התובנות שעולות מהן בתהליכי קבלת ההחלטות והתכנון לאורך הנחל. התוצאות יכולות לסייע ולהכווין פעולות ממשק המיועדות להשגת תוצאות רצויות על הרכב חברת הצומח או העופות.

בהיבטים של היערכות לשינויי אקלים, ניתן להניח שעם הגדלת תדירות ועצמת השיטפונות יגדלו השטחים המשמשים כפשטי הצפה. לפי תוצאות הסקר, דבר זה יכול להתבטא בעליה באחוז הכיסוי של צמחים מעוצים ובעושר המינים המעוצים וכן בעושר המינים ההידרופיליים.

תוצאות אלו מציעות כי יש חשיבות להגדיל את פשטי ההצפה בכלל, ובפרט את פשטי ההצפה המתקיימים על שטחים טבעיים בהם יכול להתפתח בית גידול לח עונתי איכותי. הוספת פיתוליות לנחל, הרחבת רצועות החיץ המוצפות והעלאת המורכבות המבנית, צפויות להעלות לא רק את מגוון הצומח אלא לתמוך גם במגוון ועושר העופות.

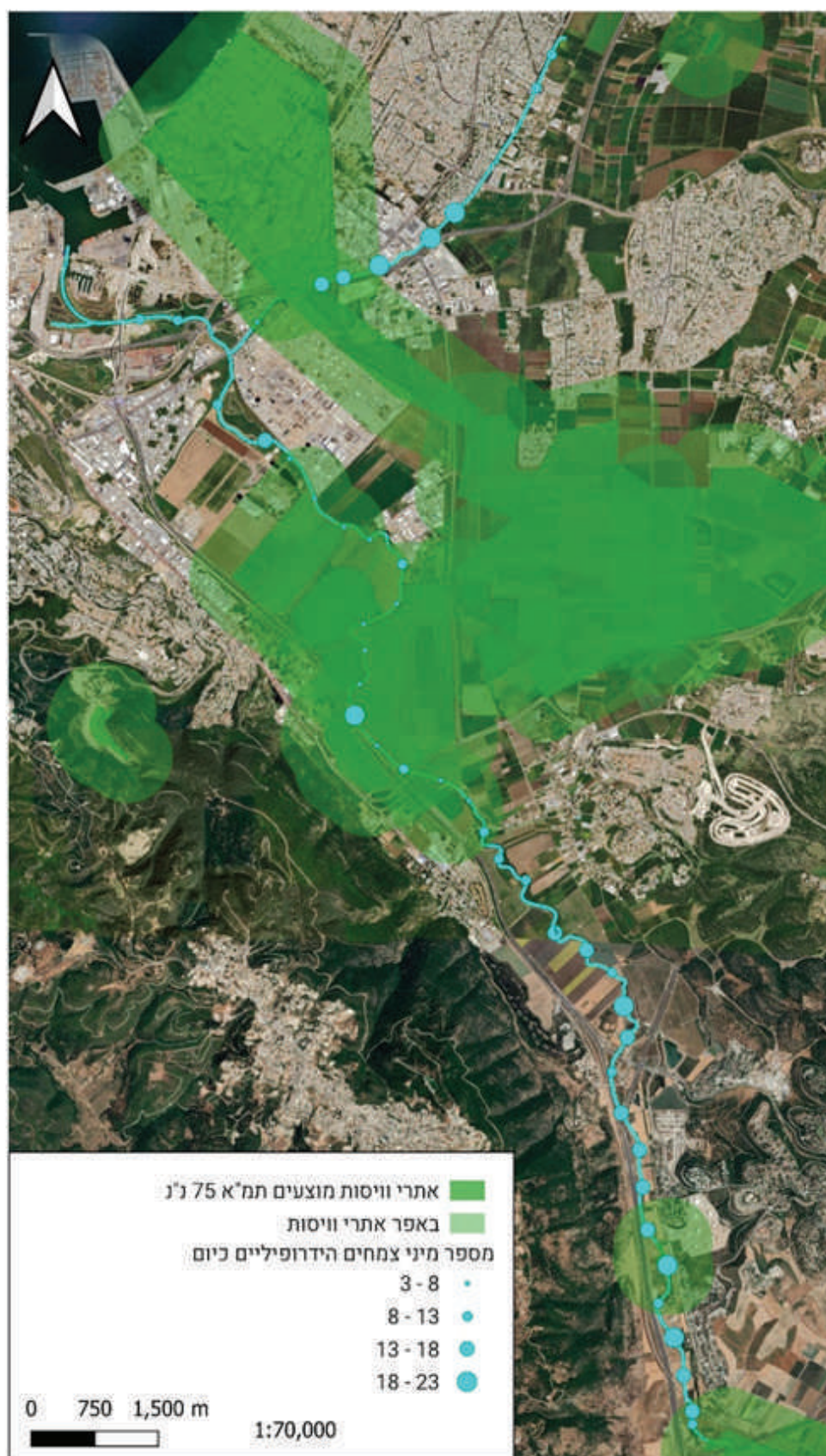
היבט נוסף של היערכות לשינויי אקלים הוא השפעתן של פעולות שמתבצעות להפחתת פגיעות שינויי האקלים, כגון יצירת אתרי ויסות למיתון הצפות באזור מפרץ חיפה. תכנית המתאר הארצית לניהול נגר עילי באגן הקישון (תמ"א 75 נ"נ) איתרה שטחים לויסות נגר עילי שיסייעו להתמודדות עם העלייה בתדירות ובעוצמת השיטפונות (מפה 14). ניתן לשער כי אחת התוצאות של יצירת שטחים אלה תהיה עליה באחוז הכיסוי ובעושר המינים המעוצים ובמספר המינים ההידרופיליים בשטחי ההצפה.

יש לשים לב שתכנון שטחי הוויסות אינו פוגע בגדות הנחל, דבר העלול לגרום לירידה באחוז הכיסוי של צמחים מעוצים, עושר המינים המעוצים וכן עושר מיני הצמחים ההידרופיליים.

מהתוצאות עולה כי רצוי להחליף באופן הדרגתי את האקליפטוסים לאורך הנחל במיני עצים מקומיים. דבר זה יאפשר צימוח וביסוס של מיני צומח מקומי לצד העצים. עצים אלו יספקו בעתיד בית גידול לעופות מקננים במקום האקליפטוסים שיוסרו. החלפה כגון זאת צריכה להיות מדורגת בכדי שהמערכת האקולוגית בכללותה תסתגל לשינוי זה לאורך הזמן.

באופן כללי, מצביעות התוצאות על החשיבות הרבה בשיקום ושחזור בתי גידול באזורים מופרים לאורך הנחל ובהרחבת שטחם של השטחים הטבעיים. בהקשר זה ישנה חשיבות רבה לאפיין את אופי הפעילות האנושית בשטחים אלו כאשר העדיפות היא להגדירם ולתכננם כשטחי אל-געת.

מומלץ לקדם את מקטעי הסקר כתחנות לניטור ארוך טווח ולהוסיף אינדיקטורים כגון חסרי חוליות, דגים ודו-חיים לדיגום. לשם כך יש לתכנן את מערך הדיגום באופן שידגום כל אינדיקטור בתדירות הרצויה. בנוסף, מומלץ להרחיב את הדיגום למקטעים נוספים במעלה הנחל, עד לראש אגן הניקוז.



מפה 14. מספר מיני צמחים הידרופיליים על רקע אתרי ויסות מוצעים ע"פ תמ"א 75 ניהול נגר. ניתן לראות את עושר מיני הצמחים ההידרופיליים כיום באזורים המוצעים לויסות. מקור: מנהל התכנון

סיכום

סקר זה נערך מתוך מטרה לייצר בסיס נתונים אקולוגיים אשר יסייע בקבלת ההחלטות לגבי ניהול השטחים לאורך מורד הקישון. ניתוח הנתונים שנאספו, ביחד עם נתונים קיימים, מלמד על ההקשרים בין הגורמים הפיסיים והביולוגיים המאפיינים את מורד הנחל ומאפשרים להתייחס לתרחישים אפשריים המשפיעים על האקולוגיה של סביבת הנחל. מערך הסקר מהווה בסיס לניטור ארוך-טווח, ומאפשר הוספת אינדיקטורים לניטור וסקרים עתידיים לקידום ההבנות של תפקוד המערכת ולקבלת החלטות מושכלות לטובת שיקום ופיתוח.

5 | מקורות

- אלרון א, מירוז א, קפלן ד. 2016. סקר אקולוגי מקיף בנחל קישון – דו"ח מסכם. DHV עבור רשות נחל קישון והמשרד להגנת הסביבה.
- יוסף י, בהר"ד ע, אוזן ל, אוסטינסקי-צדקי א, כרמונה י, חלפון נ, פורשפן א, לוי י, סתיו נ. 2019. שינוי האקלים בישראל מגמות עבר ומגמות חזויות במשטר הטמפרטורה והמשקעים. דו"ח מחקר מס' 4000-0804-2019-0000075, השירות המטאורולוגי הישראלי.
- ינאי ז. 2018. השפעת שינוי אקלים על המערכות הנחליות - דו"ח מספר 3. מכון דש"א, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט.
- ממשלת ישראל, היערכות מדינת ישראל לשינוי אקלים: דוח היערכות לעליית מפלס פני הים, דצמבר 2023.
- ממשלת ישראל, דוח היערכות לשינוי אקלים אפריל 2021.
- פליטמן ע, הלר ד, פרגמן-ספיר א. 1999. רשימת צמחי הבר של ארץ-ישראל וסביבותיה. הוצאת רשות הטבע והגנים.
- פרלברג א, אלרון א, אגמון ש, שמש ב, להב ח, רון מ, רמון א. 2015. רגישות סביבתית לפעולות תחזוקה של הערוצים ברשות ניקוז ונחלים קישון- סיכום שנת 2015. רשות ניקוז ונחלים קישון ורשות הטבע והגנים.
- שגב א, הרשקוביץ י, קוטלר- וייס ע, גבריאלי נ, אשכולי ט. 2022. ניטור הידרוביולוגי של אגן קישון: אביב-סתיו 2022. מוגש לרשות נחל קישון.
- שחל ר, פולק ט, דולב ע, ארצי י, לידר נ. 2023. סיכום סקר לוטרות 2023. חטיבת המדע, רשות הטבע והגנים.

