

המערכות האקולוגיות של מקווי מים פנים ארציים – הפרק המלא

מחברים מובילים: שריג גפני, דוד פרגמנט, שירה גרוסברד

עוזר מחקר: שירה גרוסברד, ירדן שני-רוקמן, יעל אטשטיין

מחברים תורמים: אבי אוזן, ירון הרשקוביץ, אתי אופיר, איל אופיר, גדעון גל, אלי רז, עיינה בנט פרלברג, ניר

פרוימן, דני גולני, מנחם גורן, ישראל גב, עמיר גבעתי, עמנואל כהן שחם

תוכן עניינים

3	1. מבוא למערכות אקולוגיות של מקווי מים פנים-ארציים
3	1.1 היקף, מיקום וגבולות גיאוגרפיים של מערכת העל
4	1.2 המאפיינים הפיזיים של מערכת העל
4	1.3 המגוון הביולוגי של מערכת העל
6	2. גורמים מחוללי שינוי באספקת שירותי המערכת של מקווי מים פנים ארציים
6	2.1 גורמים מחוללי שינוי ישירים
6	2.1.1 ניצול יתר של משאבים
8	2.1.2 שינויים בשימושי הקרקע
10	2.1.3 זיהום
11	2.1.4 שינוי אקלים
12	2.1.5 מינים פולשים
14	2.2 גורמים מחוללי שינוי עקיפים
16	3. מבואות לתתי-מערכות בתוך מערכת העל מקווי מים פנים ארציים
16	3.1 מבוא למערכת נחלים ומעינות
20	3.2 מבוא למערכת ים המלח
21	3.3 מבוא למערכת הכנרת
27	3.4 מבוא למערכת בריכות חורף
28	3.5 מבוא למערכת החולה
31	3.6 מבוא למערכות מקווי מים מלאכותיים
32	3.6.1 בריכות הדגים
33	3.6.2 מאגרים
34	3.6.3 המגוון הביולוגי של מערכות מקווי מים מלאכותיים
36	4. שירותי המערכת האקולוגית של מקווי מים פנים ארציים
36	4.1 שירותי אספקה
36	4.1.1 אספקת מרעית למקנה
39	4.1.2 אספקת משאבים גנטיים
42	4.1.3 אספקת משאבים רפואיים
45	4.1.4 אספקת צמחי מאכל
47	4.1.5 אספקת דברי קישוט- חומרים ליצירת חפצי קש
50	4.1.6 אספקת דגה למאכל
58	4.1.7 אספקת דגי נוי
60	4.1.8 אספקת מים
66	4.2 שירותי ויסות
66	4.2.1 ויסות איכות המים
73	4.2.2 אספקת דגה לניקוי מקווי מים
75	4.2.3 ויסות איכות הקרקע
76	4.2.4 ויסות אקלים עולמי (קבוע פחמן)

78.....	4.2.5. ויסות אקלים מקומי	
82.....	4.2.6. ויסות אירועי קיצון- שיטפונות ושריפות	
87.....	4.2.7. ויסות מחזור המים	
91.....	4.2.8. ויסות מחלות ומזיקים	
96.....	4.2.9. ויסות מינים זרים-פולשים	
101.....	4.2.10. ויסות סחיפת קרקע	
105.....	4.3. שירותי תרבות	
105.....	4.3.1. תיירות	
106.....	4.3.2. פנאי, בילוי וספורט	
113.....	4.3.3. חינוך	
115.....	4.3.4. מחקר	
122.....	4.3.5. הגנה מנוף והשראה	
125.....	4.3.6. שייכות למקום, פולקלור וקדושה	
127.....	4.3.7. גורמים מחוללי שינוי באספקת שירותי תרבות של מקווי מים פנים ארציים	
129.....	4.4. שירותי תמיכה	
129.....	יצירת קרקע	
130.....	5. יחסי גומלין בתוך ובין המערכות	
	5.1. השפעתן של מערכות-על אחרות על אספקת השירותים והמגוון הביולוגי של מכלול מערכות מקווי המים הפנים-ארציים	
130.....	ארציים	
131.....	5.2. יחסי גומלין בין המערכות השונות שבתוך "מערכת-העל"	
132.....	6. פערי ידע	
133.....	7. רשימת מקורות	

גילויי נאות: מסמך זה הוכן במסגרת פרויקט מערכות אקולוגיות ורווחת האדם – הערכה לאומית, בתמיכה והנחייה של צוות ניהול הפרויקט. עם זאת, האחריות לתוכן המסמך היא של המחברים המובילים בלבד. הנתונים וניתוחם בפרק זה עדכניים נכון לשנת 2018.

ציטוט מומלץ: גפני, ש', פרגמנט, ד' וגרוסברד, ש' (עורכים). (2018). המערכות האקולוגיות של מקווי מים פנים-ארציים – הפרק המלא.

1. מבוא למערכות אקולוגיות של מקווי מים פנים-ארציים

מערכות אקולוגיות של מקווי מים פנים-ארציים פרוסות על פני כל המדינה ומאופיינות בכך שהשתית הפיזית העיקרית שלהן היא המים. מקור כל המים הוא משקעים, וגורלם – חלחול לתת-הקרקע ולמי התהום, זרימה בנחלים בהתאם לאגני ההיקוות, הצפת שטחים, יצירת איגומים או אידוי – תלוי בעיקר באקלים, במזג אוויר, בטופוגרפיה, במסלע ובתכסית. גורל המים הוא שמעצב את הרכב חברת החי והצומח – חברות שאופייניות למים זורמים, לאזורים מוצפים ולקרקעות רוויות, לנחלי אכזב עם זרימה עונתית או לכלל בית גידול לח כמפורט בפרק.

1.1 היקף, מיקום וגבולות גיאוגרפיים של מערכת העל

ישראל התברכה במגוון של מקווי מים פנים-ארציים, בהם מערכות מים זורמים: נחלים ומעינות ומערכות מים עומדים: הכנרת – אגם מים מתוקים, ים המלח – ימת מים מלוחים; ביצות כגון ביצת החולה; ברכות חורף וגבים – גופי מים עונתיים של מי גשמים המתהווים במקומות הנמוכים בנוף, ללא מוצא ניקוז, ומתייבשים בהדרגה בקיץ; מאגרי מים וברכות דגים. מערכות מאגרים ובריכות דגים נכללות בפרק זה, על אף שנבנו ומנוהלות באופן אינטנסיבי ע"י האדם, בגלל שמאפייניהן דומים למאפייני מערכות מקווי המים הטבעיים, ולכן גם השירותים שמספקות דומים.

למרות שיש נטייה לחשוב על המערכות האקולוגיות של מקווי מים פנים-ארציים שהן מערכות "כתמיות", אין הדבר בהכרח כך כי חלקן אורכיות ומרובות בבתי גידול משניים ותלויות במידה רבה ברצף זרימה עד לבסיס הניקוז, לטובת שמירה על בריאותן האקולוגית. מערכות מקווי המים מושפעות מהתהליכים המתרחשים בכלל המערכות היבשתיות שסביבן, הטבעיות, ככל שיש כאלה ומכלול האזורים האורבנים ואחרים מעשה ידי אדם. כל שטחה של מדינת ישראל מחולק לאגני היקוות בהתאם לטופוגרפיה וכל אגני ההיקוות מסתיימים בבסיס הניקוז, המקום הנמוך ביותר אליו מגיעים המים שזורמים בו. בישראל ארבעה בסיסי ניקוז עיקריים – הים התיכון, הכנרת, ים המלח וים סוף. בסיסי ניקוז משניים הם בריכות חורף. המים מגיעים למערכות הנחלים ולבסיס הניקוז מכלל שטחי אגן ההיקוות ועקרון זה הוא מרכזי בהבנת הכלים והפעולות הנדרשות להגנה על מקווי המים ולשיקומם. בעבודה שהוכנה בתחילת שנות ה-2000 נמצא כי מקווי המים מכסים רק כ-3% (645 קמ"ר) מכלל שטח בתי הגידול הלחים המקוריים (גלזמן, 2002). בתי הגידול הלחים מספקים מגוון של שירותי מערכת אקולוגית ובעלי חשיבות מכרעת לקיום תהליכים אקולוגיים במערכות אחרות, מכיוון שבאמצעותם מועברים חומרי הזנה, מים ואנרגיה, והם משפיעים על שינויים בטמפרטורה, בהידרולוגיה, במאפייני בתי הגידול ובמגוון הביולוגי גם במורד הזרם ובאגני ההיקוות. הפגיעה בשירותי המערכת נובעת לא רק מהצמצום המשמעותי בשטח בתי הגידול הלחים אלא גם מהפגיעה הקשה במערכות האקולוגיות המגוונות שמהוות אותן.

במהלך העשורים האחרונים, שינויים בשימושי קרקע וכן ניצול יתר של משאבי המים לשימוש האדם הובילו להתמרת שטחים גדולים מהמערכות הטבעיות של מקווי המים למערכות אחרות, בייחוד חקלאיות ועירוניות. למשל, לפי מקורות, מסוף המאה ה-18 ועד 2009, שטח בריכות החורף והביצות במישור החוף הצטמצם ביותר מ-90% (Levin et al., 2009), בשל תהליך העיור ועיבוד שטחים חקלאיים (גפני ואלרון, 2011). גם בהחולה, שטחים נרחבים (60 קמ"ר) של אגם וביצה הותמרו למערכות חקלאיות (סקוטלסקי ופרלמוטר, 2012). כתוצאה, מתוך שטח בתי הגידול הלחים הטבעיים שהיו חלק מנופה של הארץ בראשית המאה ה-20, נותרו כיום, כאמור, רק 3% (גלזמן, 2002).

1.2. המאפיינים הפיזיים של מערכת העל

במקווי מים פנים ארציים מקור המים הנקווים הוא בעיקר מגשמים היורדים ישירות על מקווה המים או מי נגר המגיעים ממרחב גיאוגרפי, המוגדר כאגן ההיקוות וכן ממעינות. כממוצעים או "כללי אצבע" ניתן לומר שכ-70% מכמות המשקעים היורדת בישראל חוזרת ומתאדה לאטמוספירה בעיקר ע"י התאדות לסוגיה (צמחייה, אגמים, נחלים, אזורים בנויים וכיו"ב). כ-25% ממי הגשמים חודרים לקרקע ומחלחלים למי התהום וחלקם מגיעים לבתי הגידול כשפיעת מעיינות וכ-5% בלבד מהווים נגר עילי שזורמים על פני השטח לנחלים, אגמים או למאגרי מים, בגרויטציה או בשאיבה. כאמור, מקווי המים ניזונים ממי הגשמים היורדים בעונת החורף בלבד. כמות המשקעים פוחתת ככל שיורדים דרומה (לכוון האקלים הערבותי-מדברי, השורר בלמעלה מ-60% משטח המדינה) ועולה ככל שמצפינים וגם ככל שמזריחים לעבר רצועת ההר המרכזית (בגלל העלייה בגובה). בממוצע יורדים בצפון 500-700 מ"מ בשנה וככל שמדרימים הכמות פוחתת ל-100-30 מ"מ גשם בשנה ורוב מקווי המים נמצאים בחלקה הצפוני של המדינה. בנוסף, כמות המשקעים השנתית בארץ אינה יציבה, והיא משתנה משנה לשנה וצפויה לשינויים נוספים בגלל התחממות כדור הארץ ושינוי האקלים.

במקווי מים עומדים וזורמים מתקיימים מגוון תנאים ותהליכים טבעיים שמשפיעים על התכונות של המערכת האקולוגית, ביניהם משטר גשמים, מהירויות הזרימה, זמן שהייה, אופי הקרקעית, קרינת שמש, רוחות, שיכוב עונתי והיפוך שכבות (בגופי מים עומדים כמו הכנרת או ים המלח) וקשר לאקוויפר דרך מנגנון של חלחול. לרוב מדובר על תהליכים שמשפיעים על איכות המים כשככלל, ככל שהמים שוהים במערכת יותר זמן, כולל עצם הזרימה וההתרחקות ממקור המים בנחלים ובמעיינות, איכותם יורדת והמגוון הביולוגי משתנה.

1.3. המגוון הביולוגי של מערכת העל

ככלל, במצבן הטבעי, במערכות אקולוגיות של מים מתוקים יש רמה גבוהה של מגוון מינים יחסית לשטחן. למרות שמקווי מים מתוקים מהווים פחות מ-1% משטח כדור הארץ 126,000 מיני המים המתוקים הידועים כיום מהווים כ-10% מסך מיני בעלי החיים המוגדרים וכשליש ממגוון חסרי החוליות (Strayer & Dudgeon, 2010). גם בישראל מערכות מקווי המים הפנים-ארציים מקיימות מגוון ביולוגי עשיר וייחודי, המשתנה בהתאם לאופי המערכת. המגוון הביולוגי של גופי מים זורמים שונה באופן ניכר מהמגוון הביולוגי של מקווי מים עומדים. האופי הזורם של הנחלים הביא להתפתחות יצורים בעלי התאמות לכוחות הזרימה והגזירה המאפיינים מים זורמים. באופן דומה, המגוון הביולוגי המתקיים במקווי מים עונתיים (ברכות חורף, נחלי אכזב) שונה באופן ניכר מהמגוון הביולוגי שבגופי מים קבועים (הכנרת, נחלי איתן ומעינות). ים המלח, בגלל התנאים הקיצוניים המאפיינים אותו, מקיים מגוון ביולוגי עני בהשוואה למקווי המים האחרים. במקומות שנכנסים לים המלח מים מתוקים מנחלים או מעיינות, ניתן למצוא אזורים מוגבלים עם בעלי חיים האופייניים לגופי מים אחרים, אולם בשאר שטח הימה המגוון הביולוגי מתאפיין במינים הלופיליים (אוהבי מלח), שמרביתם ייחודיים לאזור (אנדמיים).

המגוון הביולוגי של מערכות מים פנים-ארציות, ועמו גם רבים מהתהליכים האקולוגיים ואספקת מרבית השירותים, נפגעים באופן ניכר בעשורים האחרונים, במיוחד בארצות יבשות או יבשות למחצה כדוגמת ישראל, בעיקר עקב פעילויות האדם, המשפיעות על המבנה ועל התפקוד של בתי הגידול ומשנות את אופיים. מעיינות נתפסו או פסקו לזרם בשל השאיבת מי תהום והורדת מפלסים, נחלים הוטו וזוהמו, ברכות חורף נוקזו ואזורי מילוי חוזר של מי תהום נאטמו בגלל פעולות פיתוח ובנייה. כתוצאה מכך, בתי הגידול הלחים שנותרו סובלים מקיטוע ומתפקוד לקוי

בהשוואה למצב לפני הפגיעה, גופי מים רבים נעלמו מהנוף המקומי, ועמם נעלם מגוון של בעלי חיים וצמחים ייחודיים. נוסף על כך, מעצם מיקומן במקומות נמוכים בנוף, מערכות מים פנים-ארציות נפגעות משינויים בשימושי קרקע באגן הניקוז (Carpenter et al., 2011) וכן חשופות לרמות גבוהות של זיהום. הפגיעה הקשה ביותר מתרחשת באזורים צפופי אוכלוסייה (למשל, במישור החוף) ואילו באזורים בהם האוכלוסייה דלילה יותר (למשל, ברמת הגולן והגליל העליון) הפגיעה קשה פחות (גפני וגזית, 2005). יחד עם זאת, חלק גדול מהאזורים ההרריים הם אזורי מילוי חוזר של אקוויפרים ומזהמים רבים מגיעים מהם למי תהום, דוגמת מפעלי תעשייה, אתרי סילוק פסולת לא מוסדרים, רפתות ופעילות חקלאית בכלל. לפי דוח מצב הטבע לשנת 2010 שפרסם המארג (אחירון וטאובר, 2010), בתי הגידול הלחים הם המאוימים ביותר מבין המערכות האקולוגיות בארץ ומאכלסים מינים רבים בסכנת הכחדה. למשל, כ-45% ממיני הצמחים שנכחדו מישראל עד היום (18 מינים), הם מיני בתי גידול לחים (שמידע וחוב', 2011), מבין 32 מיני הדגים של מים פנימיים בישראל, 6 מינים נכחדו ו-6 נמצאים בסכנת הכחדה, מתוך 7 מיני הדו-חיים בישראל 4 מוגדרים בסכנת הכחדה, וכן חולייתנים אחרים הקשורים לבתי גידול לחים, כמו הצב הרך והלוטרה גם נתונים בסכנה (קפלן ופדרמן, 2014).

החל בשנות ה-90 עולה ומתגברת ההכרה בחשיבותם ובתרומתם של מקווי המים הפנים-ארציים לאדם לטבע ולנוף. הכרה זו מתבטאת בין היתר בפעולות שיקום, שחזור ושימור של מערכות הנחלים ומקווי המים, על בתי הגידול האופייניים והייחודיים שלהם.

2. גורמים מחוללי שינוי באספקת שירותי המערכת של מקווי מים פנים ארציים

2.1 גורמים מחוללי שינוי ישירים

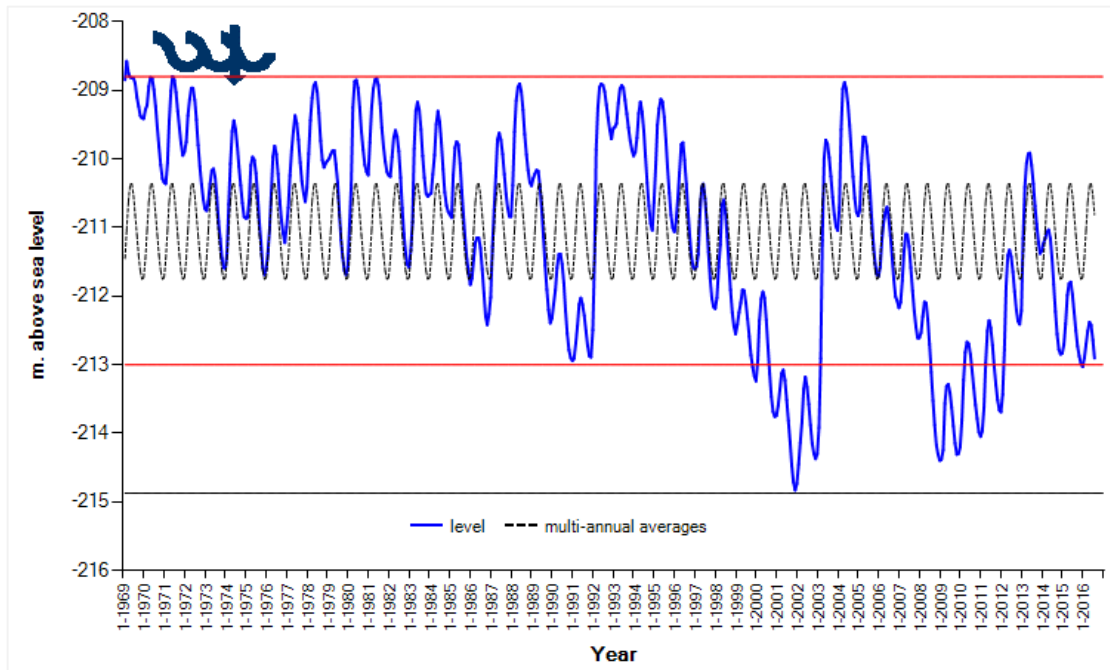
מערכות אקולוגיות של מקווי מים פנים ארציים רגישות ביותר לשינויים מעשי אדם ומושפעות מגורמים ישירים ועקיפים בכלל המערכות היבשתיות, כולל כאלה הפועלים באזורים המרוחקים מהן מרחק רב. מאפייניהן הפיזיים של מערכות מקווי המים – גודלן הקטן ומיקומן הנמוך בנוף, גורמים לכך שכל הפרעה וזיהום זורמים אליהן ונלכדים בתוכן. בגלל אקלימה הצחיח והצחיח-למחצה של ישראל, המאופיין במיעוט משקעים, מקורות המים הטבעיים מצומצמים ולכן רגישותן של מערכות אלה גבוהה ביותר. נפח מי הגשם בשנה מוצעת בישראל הוא כ-7 מיליארד מ"ק (מטר מעוקב). מתוך כמות זו כ-1.4 מיליארד מ"ק נאספים בפועל במאגרי המים העיליים (מקווי מים טבעיים ומלאכותיים) והתחתיים (אקוויפרים) וניתנים לניצול. השאר חוזרים לאטמוספירה באידוי או בדיות. באופן גס, כ-70% מהגשמים חוזרים לאטמוספירה באידוי ישיר מפני הקרקע או על ידי נידוף מצמחייה, כ-5% זורמים בנחלים וכ-25% מחלחלים אל מי התהום (כאשר היחס בין המספרים הללו משתנה בין אזור לאזור ברחבי הארץ) (ספיר ואשכנזי, 2010). ניצול יתר של משאבי המים לשימוש האדם וכן שינויים בשימושי קרקע, המשפיעים על מאזן המים במקווי המים ועל איכותם, הם הגורמים הישירים שמחוללים את השינויים המשמעותיים ביותר במערכות אלה (Metzger et al., 2006; Fan et al., 2016). כתוצאה משינויים אלה, המגוון הביולוגי הייחודי והעשיר שבמערכות אקולוגיות אלה חשוף לאיום מתמיד.

2.1.1 ניצול יתר של משאבים

מים: מאז הקמת המדינה הניע הגידול באוכלוסייה וברמת החיים את ניהול משאבי המים, והוביל לתפיסת מעיינות, לשאיבת מי נחלים ולקידוחים להפקת מי תהום, כדי לשמש את המגזר העירוני, החקלאי והתעשייתי (סקוטלסקי ופרלמוטר, 2012). שאיבת המים גרמה לירידה משמעותית בספיקתם של מעיינות ונחלים, כך שרק כ-11% מהמים שזרמו בשנות ה-40 בנחלי החוף ו-14% מהמים שזרמו בנחלים המובילים לכנרת ולירדן (מלבד הנחלים חרמון, שניר ודן), זורמים כיום (פרלמוטר, 2008).

בדומה לנחלים, סכירת המוצא של הכנרת להמשך הזרימה בירדן וניצול האגם כמאגר מים, אפשרו שאיבה מעבר לכמות המתחדשת, וקביעת קו אדום תחתון של 215- מטר. בכך גדל טווח נידוד המפלסים הרבה מעבר לטבעי (עד ל-6 מ'), והשתנה נפח המים האגור בכנרת בכ-23% ושטח האגם בכ-5 קמ"ר (Markel et al., 2014) (איור 1). התנודות הגדולות הביאו לחוסר יציבות המערכת האקולוגית באגם כפי שבא לידי ביטוי בתנודתיות גדולה במבנה והרכב אוכלוסיית האצות באגם, הופעה של מינים חדשים של אצות ביניהם אצות כחוליות המייצרות רעלנים ושינויים במרכיבים של מארג המזון באגם כולל באוכלוסיות הדגים. אצת הפרידיניום, שהיתה סמל ליציבות המערכת האקולוגית בכנרת, מופיעה ונעלמת חליפות בשנים האחרונות. האצות הכחוליות, המהוות בעיית איכות מים עיקרית בכנרת בשל יכולתן לשחרר רעלנים, תופסות חלק יותר ויותר משמעותי בביומסת האצות בכנרת.

איור 1: מפלס הכנרת בין השנים 1969-2016 (מקור: המעבדה לחקר הכנרת)



בנוסף, שאיבת היתר גורמת להמלחת מי הכנרת, ולכך השפעה מרחיקת לכת על משק המים בישראל – כאשר מי המוביל הארצי מלוחים יותר השימוש בהם משתנה ובנוסף, כתוצאה מהשקיה במי המוביל הארצי ומי קולחים, שמקורם כמי שתיה במי הכנרת, נגרמת המלחה הדרגתית של בארות מים ושל קרקעות חקלאיות ופגיעה באיכותם של מי התהום ומקורות המים העיליים (רימר, 2008). עם חיבור מתקני ההתפלה למוביל הארצי בשנים האחרונות, ריכוז הכלוריד במים המסופקים לאזור החוף ירד, וריכוזי הכלוריד נעים כיום בין 180-250 מ"ג. כיום מליחות המים מוגבלת לאזורים בהם מי הכנרת נצרכים באופן ישיר ובעיית המליחות מחריפה בשנים שחונות, בהן תהליכי המהול באגם מוגבלים. שמירה על איכות המים בכנרת ובכלל זה הקטנת המליחות, מהווה אינטרס לאומי חיוני ואחת ממטרות הניהול העיקריות של רשות המים. בשנת 1964 הוחל בהטיית מלחים מהכינרת באמצעות המוביל המלוח. מפעל זה מאחז את המעיינות המלוחים בטבחה ובחמי טבריה ומוליך אותם בצינור סגור לאורך החוף המערבי של הכינרת, עד למוצא הירדן הדרומי בסכר אלומות. כמות המלח המוטה מהכינרת היא בשיעור של 55,000 עד 65,000 טון כלורידים לשנה וגרמה להפחתת המליחות הממוצעת של הכנרת בשיעור של כ-30% (איור 2).



בים המלח, הטיית מקורות הירדן ושאיבה לברכות האידוי של מפעלי ים המלח גורמים לצמצום דרסטי בכמות המים המגיעים לים ולירידת מפלס המים ביותר ממטר בכל שנה ולעלייה במליחותו. כתוצאה, נפגעים היצורים הייחודיים החיים בו ומתרחשות תופעות של קריסת התשתיות בחופים, התפתחות שדות בולענים, התחתרות ערוצים ופגיעה בשירותי התרבות הנשענים עליהם.

דייג: בנוסף להשפעות אחרות כגון פגיעה בזמינות בתי גידול ופיתוח חופים מוגבר קיימת בישראל תופעה של דיג יתר, שפירושה סילוק דגים בקצב גבוה מהקצב שמאפשר גידול מחדש של אוכלוסיותיהם. תופעה זו היא תוצאה של שכלול שיטות הדיג (למשל, שימוש ברשתות ניילון באורך רב ובעומק גדול, שימוש רחב יותר בסירות הקפה וברשתות הקפה ושימוש במדי הד לאיתור להקות דגים) ושל הגברת מאמץ הדיג (עלייה במספר הדייגים). בעקבותיה חלה פגיעה משמעותית בשלל הדיג באגם. בשנת 1993 (Hambright & Shapiro, 1997), כמו גם בשנת 2008, שלל הדיג היה רק כ- 10% מהשלל הרב שנתי הממוצע (זהרי, 2011). בלט במיוחד השלל הנמוך של אמנון הגליל, דג המהווה רכיב מרכזי בפרנסת דייגי הכנרת. דו"ח מבקר המדינה שבדק את הסיבות לירידת שלל הדיג בישראל ביותר מ-80% בעשור הראשון של שנות האלפיים, קבע כי ניהול הדיג בכנרת ובים התיכון היה לקוי (מבקר המדינה, 2011): מנהל אגף הדיג אישר דיג ברשתות שמידות עניינהן (החורים ברשת) קטנות מאלה שנקבעו בתקנות הדיג, וכתוצאה מכך נידוגו דגים קטנים מהמותר; אכלוס יוזם של דגיגים בכנרת שהיה יכול להשפיע על כמות הדגה באגם לא היה מיטבי; הפיקוח על הדיג הבלתי-חוקי היה גם הוא חלקי. וגם הסקרים שנועדו לאסוף מידע לצורך קבלת החלטות לא בוצעו כפי שתוכנן. לאור חשש לאסון אקולוגי שיתרחש בעקבות הפגיעה הקשה בדגה והפרת האיזון האקולוגי באגם ועל רקע הניסיון מהעולם, הושבת הדייג בכנרת לשנה שלמה ולאחריה נאסר הדייג בארבעת חודשי הרבייה של דגי האמנון (בין אפריל ואוגוסט), איסור שנאכף עד היום. אין מספיק מידע על ממדי הדיג בנחלים ובשפכים ועל השפעתו של דיג זה על מצב המערכות האקולוגיות.

2.1.2 שינויים בשימושי הקרקע

שינויים בשימושי הקרקע, המתאפיינים בישראל בעיקר בהפיכת שטחים טבעיים לשטחים חקלאיים, עירוניים ותשתיות, משפיעים בצורה בולטת על מערכות אקולוגיות של מקווי המים ולכן גם על השירותים שהן מספקות.

שינויים שונים בשימושי הקרקע גורמים להשפעות שונות על מערכות אלה, כאשר הבולטות שבהן: שינויים בהידרולוגיה ובהידראוליקה של הזרימות בנחלים, זיהום מים וקרקע, הרס מוחלט של מערכת אקולוגית, שינוי של מערכת וקטוע מרחבי של רצף בין מערכות.

- **שינויים בהידרולוגיה ובהידראוליקה** נובעים מההבדלים ביחסי גשם-נגר משטחים טבעיים לעומת שטחים שבהם התערב האדם. ככלל, שטחים בנויים מייצרים יותר נגר ויותר מהר ואלה גורמים למהירויות זרימה גבוהות יותר ולזרימת כמויות מים גדולות יותר בנחלים, כולל מגוון מזהמים. השינויים פוגעים בבתי הגידול ובחי וצומח בהם.

- **זיהום קרקע** בשטחים שבהם שונה השימוש, מגיע לבתי הגידול הלחים כשמי גשם שוטפים אזורים בנויים ומסיעים את חומרי הזיהום אליהם.

- **הרס מוחלט של מערכת אקולוגית** על המגוון הביולוגי שלה, נגרם לרוב כתוצאה מייבוש מכוון של המערכת, במטרה להכשיר את השטח לפיתוח עירוני או חקלאי, המהווים שימושי קרקע בעלי ערך כלכלי גבוה יותר (Dodd & Smith, 2003), או בניסיון למגר מטרדי יתושים (Windmiller & Calhoun, 2008). לפי מקורות, מסוף המאה ה-18 ועד 2009, שטח בריכות החורף והביצות במישור החוף הצטמצם ביותר מ-90% (Levin et al., 2009), בשל תהליך העיור ועיבוד שטחים חקלאיים (גפני ואלרון, 2011). בהחולה, שטחים נרחבים (60 קמ"ר) של אגם וביצה הותמרו למערכות חקלאיות (סקוטלסקי ופרלמוטר, 2012). גם בריכות דגים רבות בישראל הוקמו לאחר ובמקביל לייבוש של מעל 89 אלף דונם שטחי מקווי מים טבעיים (למשל, ביצות כבארה) (סקוטלסקי ולבינגר, 2014; בנט וחובי, 2016).

- **שינוי במערכת אקולוגית** באופן שיכול להשפיע לרעה על מרכיביה ותפקודיה, אך אינו מבטל את קיומה לחלוטין (Dodd & Smith, 2003). לדוגמה, שאיבת מים ואגירתם במאגרים גורמות להפרעה לזרימה הרציפה של נחלים ולהפסקת ההסעה של מים ומשקעים (רחופת וגרופת) אל המורד (שטובר-זיסו וחובי, 2013). דוגמה נוספת היא פעילות הסדרת נחלים (שינוי בתשתית, יישור פיתולים, שינויים בשיפוע הגדות והרס המורכבות המבנית) שהייתה נפוצה בעבר במטרה למנוע הצפות, וגרמה במקרים רבים לפגיעה בצמחיית הגדות ובתפקוד המערכת האקולוגית של הנחלים (פרלברג וחובי, 2009). מטרדי היתושים טופלו על ידי השמדת צמחיית גדות באחת הגדות כדי לאפשר התזת חומרי הדברה למים, פעילות שאפשרה סחיפת גדות, הרס בתי גידול והשמדת בע"ח אקוטיים.

היות ומערכות המים ניזונות ממי הנגר הזורמים אליהן בעונת הגשמים מהמערכות האקולוגיות היבשתיות של אגן הניקוז בו הן ממוקמות, לעיתים די בשינוי בשימושי קרקע באגן הניקוז (ולא במקוה המים עצמו) כדי לגרום לפגיעה משמעותית במשטר המים (Cable Rains et al., 2006), באיכות המים ובבתי הגידול היבשתיים של בעלי חיים, למשל דו-חיים, הנוהגים לחלק את זמנם בין גוף המים לבין בתי גידול יבשתיים (Newcomb Homan et al., 2004; Brooks, 2005). לדוגמה, הפיכת קרקע לעירונית, המלווה בשינוי התכסית לסלולה או מבוסנת, גורמת להפחתת חדירות הקרקע למים ולהקטנה במילוי החוזר של מי התהום המזינים את המעיינות והנחלים. כתוצאה חלה עלייה ניכרת בנפחי המים המגיעים לנחלים ובמהירויות הזרימה (Wijesekara et al., 2012), מצב המקשה על המערכת לווסת שיטפונות. לכן עולה גם תדירות ההצפות, סחיפה ודלדול קרקעות והסעה של סחף ומזהמים למקווי המים תוך פגיעה בבתי גידול, פגיעה בכושר ההולכה וזיהום. למשל, ייבוש ביצות החולה ואגם החולה אשר תפקד כמסנן למי הירדן הזורמים לכנרת, במטרה ליצור שטחי חקלאות ולהילחם במלריה, גרמו להתנקזות של חנקות מהכבול המתפרק לכנרת. אלו גרמו לפריחת אצות ולתמורות במערכת

האקולוגית של האגם (סקוטלסקי ופרלמוטר, 2012; Nishri, 2011). בריכות החורף נפגעות מהשינויים בשימושי הקרקע באופן חמור יותר ממערכות מקווי מים אחרות היות ושינוי משטר המים של הבריכות (מועד התמלאות וכמויות המים המגיעות אליהן) עלול לגרום להארכת התקופה בה הן מלאות במים ולאיבוד אופיין העונתי, או לחילופין להתייבשותן לצמיתות (Zacharias et al., 2007; Suriya & Mudgal, 2012). בנוסף, שינוי שטח טבעי לאורבאני משפיע לרעה על איכות המים שזורמת אל בריכת החורף עד לפגיעה בחי ובצומח.

- **קיטוע מרחבי של רצף הזרימה הטבעית שבין מערכות מקווי מים** מונע מעבר של בעלי חיים מימיים בין אוכלוסיות, כך שהאוכלוסיות הנותרות הופכות מבודדות. מודלים אקולוגיים מראים שנת אוכלוסיות מבודדות שאינן מקיימות יחסי גומלין, הופכות לאוכלוסיות נפרדות, וקיימת סבירות גבוהה שהן יכחדו בטווח הארוך (שקדי ושדות, 2000; Pulliam & Johnson, 2002). בנוסף, הקיטוע גורם לצמצום יכולתם של בעלי חיים וצמחים לעבור לבתי גידול שכנים (לצרכי חיפוש מזון, רבייה, הגירה ונדידה עונתית) ועשוי לגרום לפגיעה במגוון הגנטי, שבעל השלכות על יכולת האוכלוסייה להגיב לשינויים סביבתיים (De Meester et al., 2005; Benedict & McMahon, 2006).

2.1.3 זיהום

פעילות האדם מייצרת זיהומים והסעתם למקווי המים, המהווים מבלע (sink) לחומרים המגיעים אליהם מהסביבה היבשתית, גורמת לפגיעה בהם ובבסיסי הניקוז בקצה דרכם. במשך שנים, צרכי פיתוח ומזעור עלויות גרמו לפגיעה מתמשכת בערוצי הנחלים. הנחלים נתפסו כ"חצר אחורית", והזרימו אליהם שפכים ומי קולחים, שגרמו לפגיעה באיכות המים. בנחל הירקון למשל, זיהום המים פגע בתפוצת מיני צומח המים, כמו נמפיאה תכולה, נופר צהוב, נהרונית צפה ונוספים. בנחל אלכסנדר, נעלמו בשנות ה-70 של המאה הקודמת, 18 מינים של צומח מים שדווחו כ-30 שנה קודם לכן עקב הזיהום הכבד (אגמי, 1973). מבין המערכות האקולוגיות המימיות (אקווסיות), בריכות החורף נחשבות לרגישות ביותר לזיהום, בשל מיקומן הנמוך בנוף (Boeckman & Bidwell, 2007). זיהום המים נובע משפכי תעשייה, קולחים ותשטיפי כבישים (הכוללים מזהמים אורגניים ומתכות כבדות), המגיעים באופן ישיר או עקיף עם נגר עילי, דרך תעלות ניקוז המוצאות את דרכן בסופו של דבר אל מקווה המים (שיינס ואיזנר, 2007; Schiffer, 1989; Forman & Alex&er, 1998; Wainwright & Thornes, 2004) וכן בצורה דיפוזית כזיהום אוויר השוקע על שטח אגן ההיקוות (Boone & Pauli, 2008; Gardner, 2001). גם דשנים (חומרי הזנה כמו חנקן או פוספאט) וחומרי הדברה (קוטלי עשבים וקוטלי חרקים) שמקורם בחקלאות עלולים להתנקז למקווי מים ולזהם אותם (Sparling et al., 2001; Davidson et al., 2002; Nguyen et al., 2010), בייחוד באגן עם פעילות חקלאית ענפה כמו הכנרת (גרין, 2013). הם מגיעים בצורה ישירה ע"י ריסוס גופי המים בקוטלי חרקים כחלק ממאמצי ההדברה של יתושים (הרשקוביץ וחובריו, 2013), או בצורה עקיפה (Battaglin et al., 2008), כרסס המגיע במהלך הדברת מזיקים בשטחים חקלאיים סמוכים. גורם נוסף המוביל לזיהום מקווי המים הוא נוכחות בקר באגני ההיקוות של בריכות חורף ובגדות נחלים. הגעה מוגברת של הפרשות בעלי חיים מעשירה את המים בחומרי מזון (איאורופיקציה) שמובילה למשל לפריחת אצות, שעלולה לגרום לחוסר בחמצן בגוף המים וכתוצאה לפגיעה במינים החיים במקווה המים. במקרים רבים גם בריכות דגים מהוות מקור זיהום לנחלים, בכך שערוצי הנחלים משמשים כחלק ממערך התפעול בריקון ומילוי בריכות לאחר הוצאת הדגים מהן. ככלל, זיהום המים מוחרף עקב שאיבת יתר, הגורמת להגדלת הריכוז של המזהמים במים. זיהום גבוה מקטין את יכולת המגוון הביולוגי לווסת

את איכות המים, וכתוצאה מכך נפגעים גם שירותי האספקה, ועלולה להיגרם פגיעה בבריאות הרוחצים ובפעילויות נופש ותיירות.

בניגוד למגמה בשני העשורים האחרונים של התגברות פעולות שיקום הנחלים, הכוללות הפחתה בכמויות השפכים והקולחים המוזרמים לנחלים וליים והחזרת המים השפירים לטבע (רט"ג, 2003), בשנתיים האחרונות (2015-2016) ישנה עליה בכמות שפכים וקולחים ברמת טיפול נמוכה המוזרמים לנחלים וליים בהיתר ולא בהיתר (דו"ח פעילות רשות המים 2013, 2014, 2015, 2016; סיכום פעילות הועדה המייעצת למתן צווי הרשאה להזרמה לנחלים, 2017). לדוגמה, בחורף 2016-17, כמו בחורפים קודמים, זרמו קולחים ממת"ש איילון לנחל איילון; לירקון זרמו כמויות גדולות של שפכים ממת"ש דרום שרון מזרחי, שגרמו לנזק קשה לנחל שבשיקומו הושקעו עשרות מיליונים; לנחל נעמן ולחופי עכו הוזרמו קולחים ממת"ש כרמיאל, הזרמה שהביאה לסגירת החוף לרחצה (טל, 2017; צלול, ח.ת.). הסיבות העיקריות להזרמה הן היעדר כושר איגום גדול דיו כדי לקלוט את מי הקולחים המטופלים בעונת החורף (כאשר השימוש בקולחים להשקיה מצומצם) (טל, 2017). סיבה נוספת להזרמת קולחים לנחלים היא שאגני ההחזרה של השפד"ן הולכים ונאטמים ויעילותם יורדת, בשל הצטברות של חומר אורגני שמקורו בקולחים, בתת-הקרע, הגורם להתלכדות גרגרי החול המשבשת את יעילות החלחול (טל, 2017). על-פי הערכה, ב-2016-2017 הוזרמו לנחל שורק 12 מלמ"ק קולחים ברמת טיפול שניונית מהשפד"ן וכמויות נוספות ממספר מת"שים שגרמו לזיהום הנחל ושמורת הטבע ולסגירת חוף פלמחים למשך כ-120 יום. במצב התפעולי הנוכחי, הצפי הוא שבשנת 2025 כמות קולחי השפד"ן המסולקים לנחל תגיע ל- 20 מלמ"ק (טל, 2017).

2.1.4 שינוי אקלים

על פי מדענים שינוי האקלים צפוי להשפיע על המערכת האקולוגית של מקווי המים הפנים-ארציים (Joint Nature Conservation Committee, 2007; Erwin, 2008; Pyke, 2005), בעיקר במדינות כישראל המתאפיינות במזג אוויר יבש במשך מרבית ימות השנה, במקורות מים מועטים ובכמות משקעים נמוכה במיוחד. המגמה העתידית באזור ישראל צפויה ירידה בכמות המשקעים אך הגברת עוצמת אירועי הגשם (Ziv et al., 2014). תופעה זו צפויה להגביר את הנגר העילי ולהקטין את המילוי החוזר של האקוויפרים (Samuels et al., 2009), ולהגביר את התחרות על משאבי המים. כפועל יוצא, צפויה הגברה של תפיסת מי הנגר העילי, תופעה שתגרום להפחתה בכמויות מי הנגר המגיעים לכנרת, לים המלח, לנחלים ולבריכות החורף. כמו כן, צפויה עליה בטמפרטורות ובעוצמת ההתאיידות, וסבירות גדולה יותר לאירועי קיצון (Ostrovsky et al., 2013). שינויים אלו עלולים לגרום לירידה בכמות החמצן המומס במים, וכך להקטנה בזמינות החמצן לנשימה של יצורים אקוטיים ופירוק חומר אורגני ומזהמים (Carpenter et al., 2011). לפי מודלים אקלימיים והידרולוגיים לחיזוי משקעים עבור אגן הכנרת, שינוי האקלים יביאו בעשורים הקרובים להמשך מגמת פחיתה בנפחי המים הזמינים באגם בנפח של כ-2.5 מיליון קוב בשנה ועל כן לעלייה של כ-1 מ"ג כלוריד בשנה בריכוזי המליחות באגם. קצב פחיתה כזה של נפחי המים הזמינים יביא לנפח ממוצע של כ-260 מלמק"ש בלבד בעוד כ-18 שנים (2035) לעומת נפח ממוצע של 312 מלמק"ש כיום (גבעתי וחוב, 2015). משרעת מפלסים גדולה החורגת במידה רבה מהמשרעת הטבעית וירידה מתמשכת במפלס הכנרת משפיעים על כושר הרבייה של הדגים, על היחסים במארג המזון, על אוכלוסיות הליטוראל (רצועת המים הרדודים בשולי האגם), על משטר השקעת הסדימנטים בקרקעית ועל פליטת מתאן מוגברת (Ostrovsky et al., 2013). גם בבריכות חורף, הרגישות ביותר לשינויים במשטר אספקת המים (Pyke, 2005), עלולה להתקצר התקופה בה בריכות החורף

מחזיקות מים (Sternberg et al., 2014) ולהיגרם פגיעה קשה במגוון הביולוגי הייחודי שלהן וברמת שרותי המערכת האקולוגית שהן מספקות (Pyke, 2005). עם זאת, מידע רב חסר כדי לתאר את ההשפעה הצפויה של שינוי האקלים על מקווי המים ועל השירותים שמערכות אלה מספקות.

2.1.5 מינים פולשים

מינים פולשים הם גורם מחולל שינוי שנחשב לאחד האיומים הגדולים ביותר על המגוון הביולוגי המקומי של מערכות אקולוגיות מימיות בכל העולם, המשפיע בסופו של דבר באופן שלילי על רווחת האדם (Vitousek et al., 1997; Collinge et al., 2011; Mazza et al., 2014). מערכות אלה רגישות לחדירה של מינים פולשים, במיוחד כאשר יש פגיעה אנושית נוספת, כגון שרפה או שינוי במשטר המים שלהן (Gerhardt & Collinge, 2003; Zacharias et al., 2009; Ehrenfeld, 2008; Matthews et al., 2007). חלק מהמינים הפולשים מגיעים בצורה אקראית, אך אחרים מאוכלסים בכוונה לצורך חקלאות מים, מסיבות אסתטיות או לתיירות דיג (Carpenter et al., 2011). המינים הפולשים פוגעים בבעלי החיים ובצומח המקומי על ידי טריפה או בעקיפין בעקבות תחרות על משאבים (אלרון ורוטשילד, 2012), גורמים לירידה בשרידותם, בקצב הגדילה ולשינויים בהתנהגות, ואף מקלים על חדירה של מזיקים ומחלות (Howard, 1999). במקומות רבים הפולשים הופכים להיות המינים השולטים בצמחיית מקווי המים, תוך שהם דוחקים ואף מכיידים מינים מקומיים ששלטו קודם להופעתם (Houlahan & Findlay, 2004; Hager, 2004), וכתוצאה מכך נפגעים השירותים שמספקים המינים המקומיים או המערכת האקולוגית כולה.

למערכות מקווי המים בישראל חדרו והתבססו כ-25 מיני צמחים זרים פולשים (טבלה 1), מתוכם 5 צמחים צפים הנחשבים מינים "משני סביבה": *Azolla filiculoides*, אלף עלה מימי (*Myriophyllum aquaticum*), חסת מים (*Pistia stratiotes*), יקינטון המים (*Eichhornia crassipes*) וסילביניה גדולה (*Salvinia molesta*) (דופור-דרור, 2010). כאשר מינים אלה פולשים בגוף מים עומדים או בעל זרימה איטית, הם יוצרים רובד צפוף על פני המים המפרי את האיזון האקולוגי הטבעי – חוסם את גישתם של המינים המקומיים למשאבים טבעיים כמו אור וחומרים מזינים, וגורם לשינויים בתכונות הפיזיות של גוף המים, כגון צניחת שיעור החמצן ושינוי בטמפרטורת המים. אלה עלולים לגרום להכחדת המינים החיים במים (דופור-דרור, 2010; אלון ורוטשילד, 2012). לדוגמה, יקינטון המים שפלש לירקון בשנות ה-50 וגרם לסתימת האפיק, פלש שנית למספר מוקדים בתחילת שנות ה-2000, ביניהם נחל אלכסנדר, נחל נעמן, נחל גדורה ותעלה בסמוך לשמורת החולה (דופור-דרור, 2010). הצמח אלף-עלה מימי הוחדר לעין נבוריה שבגליל העליון (אלרון ורוטשילד, 2012). גם לכנרת פלשו מינים רעילים מקבוצת האצות הכחוליות (ציאנובקטריה), ששינו את הרכב האצות המיקרוסקופיות (פיטופלנקטון) המאכלסות את האגם.

למקווי המים של ישראל כבר פלשו 27 מיני דגי מים מתוקים, מהם 10 מתרבים בטבע (Roll et al., 2007). רובם הובאו לישראל למטרת גידול בבריכות הדגים וחדרו למערכות המים הטבעיות. למשל, דגי קרפיון מצוי (*Cyprinus carpio*), מוסר (*Argyrosomus sp.*) וטרוטת עין הקשת (פורל - *Oncorhynchus mykiss*) שהובאו לצורך מדגה וחדרו לכנרת ולנחלי מערכת הירדן; ודגי הגמבוזיה (*Gambusia affinis*) שהוכנס למעיינות, לנחלים ולבריכות חורף בשנות ה-20 של המאה הקודמת, בשל עמידותם הגבוהה לטווח תנאים רחב (גורן, 2002) ויעילותם בטרפייה של זחלי יתושים (Otto, 1973). הכנסת הגמבוזיה לבריכות חורף (למשל לבריכת דיר חנא ובריכת דלתון מערב) גרמה להיעלמות מיני דו-חיים, שבעצמם טורפים יתושים, בהם גם מינים הנתונים בסכנת הכחדה חמורה כשריטון הפסים (*Ommatotriton vittatus*) וזפרית מצויה (*Pelobates syriacus*) (גפני ואלרון, 2011). מחקרים מוכיחים שהגמבוזיה יכול לטרוף חסרי חוליות (Hurlbert & Mulla, 1981) ודגים מקומיים, ובעל פוטנציאל פגיעה גדול

בשרידות ראשני קרפדה הירוקה (*Bufo viridis*) והסלמנדרה הכתומה (*Salamandra infraimmaculata*) (אלרון, 2007; Hamer et al., 2002). דג פולש אחר שמוחזר למעיינות בישראל הוא דג זהב, הנחשב לאחד הדגים הנפוצים ביותר במסחר בבעלי חיים. הוא טורף אוכל כל, שבחיפושיו אחר מזון הוא גורם גם לעכירות גבוהה במים שפוגעת בצמחיית המים הטבעית (אלרון ורוטשילד, 2012). דוגמה נוספת היא דג הקוי – אוכל כל, הניזון מדגים קטנים וכלה בחרקים וחסרי חוליות אחרים. הדגים הזרים המוכנסים אל המעיינות גורמים לפגיעה בבעלי החיים המקומיים שזהו בית גידולם הטבעי. תופעה נוספת, שדגים אלה גורמים לה, היא החדרת "מינים נלווים" של חסרי חוליות זעירים, המהווים "נוסעים סמויים" המשפיעים באופן שלילי על המערכת האקולוגית (אלרון ורוטשילד, 2012). בניגוד למגמה הרווחת בעולם, בעשורים האחרונים נמשכת חדירה של דגים זרים למקווי המים הטבעיים בישראל (Roll, et al., 2007).

המערכות האקולוגיות המימיות בישראל סובלות ממינים פולשים נוספים. ביניהם הסרטן ארוך הבטן *Cherax quadricarinatus*, מיני חלזונות (Roll et al., 2009), הרכיכה *Pseudoplotia scabra*, שכיום מהווה למעלה מ-95% מאוכלוסיית הרכיכות בכנרת, ומסכנת את קיומם של ארבעה מינים מקומיים (Heller et al., 2014) והצבגון אדום-אוזן (*Trachemys scripta elegans*) הדוחק מינים ישראליים, כמו צב 77 (*Cherax quadricarinatus*) וצב ביצה מצוי (*Cherax quadricarinatus*), מבית גידולם בנחל אלכסנדר, בירקון ובנחל האיילון.

קיים חשש ששינויי האקלים יגרמו גם לחדירת מינים פולשים ולשינויים משמעותיים בחי ובצומח בבתי גידול יבשתיים ומימיים.

טבלה 1: רשימת מיני הצמחים העיקריים הפולשים במערכות מקווי המים הפנים ארציים בישראל. חלק מהמינים פולשים גם בבתי גידול יבשתיים (דופור- דרור, 2010).

בתי גידול לחים			סין צמח
שטחים לחים אחרים	גדות נחלים	גפי טים (הידרופיטים)	
-	-	+	אזולה שרכנית
+	+	-	איקליפסוס הסקור
-	-	+	אלף-העלה המיסי
+	+	-	אמברוסיה סכונסת
-	+	-	גוסא סניפי
-	+	-	גוסא ריחני
+	+	-	דסורה זקופת-פרי
+	+	-	זיף-מצה חבוי
-	-	+	חסת הסים
+	+	-	סבק השיח
-	-	+	יקינסון הסים
+	+	-	לכיד הנחלים
-	-	+	לפופית הסים
+	+	-	סלוח ספוגי
-	-	+	סלבייה גדולה
+	+	-	ססבניה סצרית
-	+	-	פיקוס בנגלי
-	+	-	פיקוס השדרות
-	+	-	פיקוס קדוש
+	+	-	פלפלון דסוי-אלה
+	+	-	פספלון דו-טורי
+	+	-	קיקין מצוי
-	+	-	צפצפה סכסיפה
+	+	-	שיסה כחלחלה
-	+	-	שיסת עלי-ערבה

2.2 גורמים מחוללי שינוי עקיפים

בין הגורמים העקיפים, הקובעים באיזה מידה ישפיעו הגורמים הישירים המתוארים לעיל על מערכות מקווי המים, בולטים הגידול באוכלוסייה ובעקבותיו העלייה בדרישה למזון ולמים, העלייה בצריכת המים לנפש שמובילה גם לעליה בכמויות השפכים, השינויים במחירי המים והתפתחות טכנולוגיית ההתפלה והזלתה. גורמים אלה משפיעים בכיוונים שונים על היקפי הניצול של מקורות המים, על אופי השינויים בשימושי הקרקע ועל היקפי הזיהום של מקווי המים. למשל, בשנים האחרונות מסתמנת ירידה בניצול מקורות המים השפירים, בעקבות הסברה, עלייה במחירי

המים, בצורות שגרמו לצמצום מכסות לחקלאות, פיתוחים טכנולוגיים המצמצמים את צריכת המים ופיתוח מקורות חדשים, כמו התפלה ושימוש במי קולחים (פתאל, 2014; נתניהו, 2017; רשות המים, 2018).

גם לאופן ניהול משאבי המים של ישראל השפעה עקיפה אך מכרעת על המערכות האקולוגיות האקוטיות ועל השירותים שהן מספקות. למשל: עצם קיומם, אופיים ותפקודם של מקווי המים נגזר מהמתרחש באגן ההיקוות בו הם נמצאים. לכן, היעדר ראייה אגנית, המתייחסת להשפעות הרחבות וההדדיות המתקיימות בתוך אגן ההיקוות כולו, מובילה לשינוי בשימושי הקרקע שאינו לוקח בחשבון השפעות אלה, והדבר גורם, בין היתר, לפגיעה במילוי החוזר של מאגרי מי התהום, לשינוי כמותי ואיכותי במי הנגר ובתפקוד של בתי הגידול הלחים, ובנגישות הציבור אליהם (פרגמנט, 2013; סקוטלסקי, 2013; נתניהו, 2017). בנוסף, פיגור ביישום טכנולוגיות קיימות להעלאת רמת הטיהור של שפכים ומחסור בנפחי אגירה, יחד עם אכיפה מוגבלת ומתן היתרים להזרמת שפכים וקולחים למקווי המים, מגבירים את היקפי הזיהום המגיע למקווי המים הטבעיים בישראל (כספי-אורון ואלעד, 2010; סקוטלסקי ופרלמוטר, 2012; טל, 2017; המשרד להגנת הסביבה, 2017).

3. מבואות לתתי-מערכות בתוך מערכת העל מקווי מים פנים ארציים

3.1. מבוא למערכת נחלים ומעיינות

3.1.1. היקף, מיקום וגבולות גיאוגרפיים של המערכת (אקלים, קרקעות, שימושי קרקע)

נחלי ישראל

מערכת הנחלים בישראל מחולקת לשני אגני ניקוז עיקריים, מזרחי ומערבי. אגן הניקוז המזרחי מתחיל במקורות הירדן (חלקם בלבנון וסוריה) ומסתיים בים המלח, וכולל את מקורות הירדן, נחלי רמת הגולן, נחלי הגליל המזרחי, גב ההר המזרחי ומדבר יהודה. מדרום לים המלח נמצא קו פרשת מים המחלק את הניקוז המזרחי לצפון (ים המלח) ולדרום (מפרץ אילת). באגן הניקוז המערבי נמצאים כל נחלי החוף המתנקזים לים התיכון: מנחל הבשור (הנשפך לים ברצועת עזה) ושקמה בדרום, נחלים שורק, ירקון, פולג, אלכסנדר וחדרה במרכז ונחלי חוף כרמל, קישון, נעמן ונחלי גליל מערבי בצפון. מעבר לחלוקה הגיאוגרפית של נחלי ישראל, קיימות שיטות אפיון וחלוקה נוספות, על בסיס טופוגרפיה, הידרולוגיה ואזורי אקלים, ים-תיכוני או מדברי.

בשיטת האפיון הטופוגרפית מקובל לחלק את הנחלים לשתי קבוצות עיקריות: נחלים הרריים ונחלים הזורמים על תשתית של סחף (אלוביאליים). בקבוצת הנחלים ההרריים, ההר הוא הקובע את תוואי הנחל (מיקום הקימוטים, השברים וההעתקים) בעוד שבקבוצת הנחלים האלוביאליים, משטר הזרימה של המים והסחף הוא הקובע את תוואי הנחל. לרוב, נחלים הרריים יזרמו על תשתית של סלעים גדולים (בולדרים או סלע אם) ואילו נחלים אלוביאליים יזרמו על תשתית דקת גרגר (חלוקי נחל קטנים, חצץ, חול, טין וחרסיות). נחלים ויובלים רבים עוברים בשני סוגי האזורים.

בנחלי החוף יש אזור נוסף שמושפע מהמתרחש בים. מקטעי נחל אלה נקראים אסטוארים והשיבותם האקולוגית רבה ביותר כי הם מהווים את האזור המקשר בין המערכות היבשתיות לים. המגוון הביולוגי המאפיין את האסטוארים הוא גבוה ביותר בגלל מדרג המליחיות, המעבר בין הסביבה של המים המתוקים המאפיינים את הנחל לבין הסביבה הימית. ישנם מיני דגים, כמו למשל קיפון (בורי) שהאסטוארם מהווים את אזורי אימון לדגיגים הצעירים שלהם, בעיקר בתקופת החורף. התנהגות זאת גורמת לכך שמגדלי בורים בבריכות דגים מגיעים לשפכי נחלים כדי לדוג את הדגיגים ולהעביר אותם לבריכות. בנוסף, במספר מקרים ריכוזי האוכלוסיה סביב האסטוארים הוא גדול והפוטנציאל לאספקת שירותי מערכת לאוכלוסיה רבה הוא גדול. בהיבט של אפיון, אסטוארים הם קטעים איתנים של נחלים שבהם יש חדירה של מי ים אל הנחל ואורכם נע בין מאות מטרים עד 8 ק"מ ויותר (Suari et al., 2019).

שיטת האפיון ההידרולוגית מחלקת את נחלי ישראל לשלושה טיפוסים נחל עיקריים, על פי משטר הזרימה: נחלי איתן, נחלי אכזב עונתיים ושטפוניים בישראל, נחלי האיתן והנחלים העונתיים זורמים לאורך של כ-900 ק"מ, מתוך אורך כולל של כ-15,000 ק"מ ערוצי נחלים עיקריים. באזור ההר ישנו האורך הרב ביותר של ערוצי נחלים, ולאחריו במישור החוף ובנופים מדבריים (אחירון-פרומקין וטאובר, 2010). זרימת הבסיס בנחלים נשענת על אוגר רב-שנתי מאקוויפרים אזוריים, הנובע במעיינות או בדליפות הפזורות לאורך האפיק (למשל בנחלי רמת יהודה), ומזין את מקטע הנחל במורד. זרימה זו יציבה ביחס לזרימה העונתית ועשויה להיות מושפעת מרצף שנות בצורת ומניצול יתר של האקוויפר המזין אותה. זרימת בסיס גדולה וקבועה לאורך כל השנה יוצרת **נחל איתן**. קיומה של זרימת בסיס מאפשר את קיומם של אורגניזמים מימיים שכל מחזור חייהם מתרחש במים והם חסרי התאמה לתנאי יובש, כך שאינם מסוגלים לשרוד התייבשות עונתית (מיני דגים, מיני חלזונות, מיני צדפות, סרטנים, תולעים). גם קיומם של

מיני צמחי מים רבים תלוי בזרימת הבסיס. זרימת בסיס קלושה יוצרת **נחל עונתי** המקיים רצף זרימה רק בחורף ובאביב, ואילו בקיץ ובסתיו הוא מקיים מקטעי נחל מבודדים המשמשים מקלט לאורגניזמים מימיים עד לעונת הגשמים הבאה (לדוגמא נחל געתון ונחל תנינים באזור בקעת הנדיב). לרוב, התנאים בקטעי הנחל המבודדים הולכים ומידרדרים עם הזמן, הן עקב עלייה בתחרות ובטריפה (צפיפות פרטים) הן עקב ירידה באיכות המים ובכיווני החמצון. למעשה, רובם של נחלי ישראל אינם שייכים לקבוצת נחלי האיתן או הנחלים העונתיים, אלא לקבוצת **נחלי האכזב**, המאופיינים בקיום של זרימה רק בעקבות ירידת משקעים ישירים על אגן הניקוז שלהם. יחד עם זאת, אופי השיטפונות עשוי להשתנות: בנחלים מדבריים השיטפון מתרחש בסמיכות לאירוע גשם, ובדרך כלל בעוצמה גבוהה ולמשך זמן קצר. לעומת זאת, שיטפון בנחלי אכזב בחבל הים תיכוני מתרחש רק לאחר שהקרקה מגיעה לרמת רוויה מספקת (ימים ושבועות כתלות במשטר אירועי הגשם), אך משהגיעה לכך, יכולים הנחלים לקיים זרימה שיטפונית שתמשך מספר ימים.

מערכות אקולוגיות של נחלים מעוצבות ע"י גורמים אקלימיים וגאומורפולוגיים. האקלים קובע את תרומות המים ומשפיע על שיעור איבוד המים ובכך מעצב את המשטר ההידרולוגי של הנחל. הגאומורפולוגיה בשילוב עם ההידרולוגיה מעצבות את הפיזיוגרפיה של הערוץ (ממדי הערוץ, שיפועו, שיעור הפיתולים, אופי התשתית) וקובעות את איכות המים, כדוגמת ריכוז החומרים המזינים (נוטריינטים) ועכירות (גזית, 2010). בישראל, מקורה של מרבית הקרקע בסלעי משקע העשירים יחסית בחומרים מזינים (למשל חנקן וזרחן), המים קשים (עשירים יחסית בסידן ובמגנזיום) והמשקעים אשר מתנקזים מהיבשה אל הערוצים גורפים קרקע ותורמים חומרים מזינים נוספים התומכים בקיום מגוון הביולוגי.

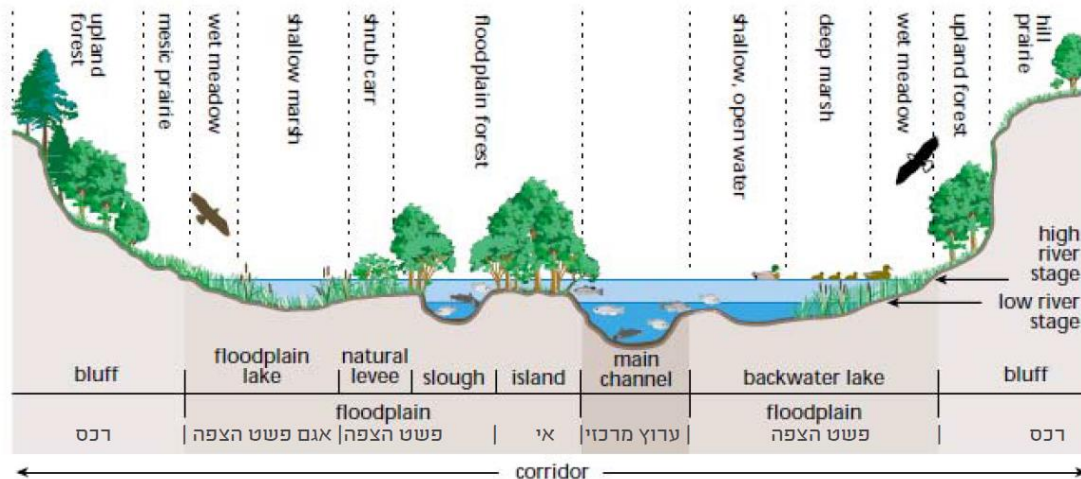
מסדרון הנחל כולל את אפיק הנחל המרכזי בו זורמת ספיקת הבסיס (Main Channel), אפיקים צדדיים ופשטי הצפה (Floodplains) בהם מתקיימת זרימה במעבר גאויות ורצועה מוגבהת המפרידה בין גוף המים לאזור שלא מושפע מנוכחות המים העיליים (Riparian Zone), שחשיבותה היא בהיותה החוליה המקשרת בין הסביבה המימית ליבשתית (איור 3) (פרגמנט, 2007). גבולות הרצועה אינם מוחלטים ורוחבה משתנה ממטרים ספורים עד לכמה מאות מטרים. מתפתחת בה צמחיית גדות אופיינית ועצים המאפיינים את המקטעים השונים של הנחל, בהתאם לרמת הלחות בקרקע (עליה קפילרית ותנועה אופקית) מליחות המים, הקרקע וגורמים נוספים. מלבד מסדרון הנחל, ההתייחסות לנחל כאל מערכת אקולוגית כוללת גם את שטח אגן ההיקוות התורם מים והשפעות סביבתיות לנחל. הנחלים הם היחידים מבין מקווי המים, בהם קיימת תנועת מים חד-כיוונית, וכפועל יוצא, שינויים במעלה הנחל סופם להשפיע במורדו. יחסי הגומלין בין הנחל לסביבה הם בעיקרם חד-כיווניים מהיבשה לנחל ואילו השפעת הנחל על הסביבה, בהיבטים האקולוגיים, נמוכה יותר (המשרד להגנת הסביבה, 2017).

מעיינות

מעיינות הם בתי גידול לחים בהם המים "פורצים" לראשונה אל פני השטח ממעמקי הקרקע. בדרך כלל איכות המים במעיין היא הטובה ביותר מכל מקורות המים האחרים, הואיל ומי הגשם (שהם מלכתחילה בעלי איכות גבוהה) עוברים בדרךם בשכבות תת-קרקעיות המסננות אותם (אלרון ורוטשילד, 2012). מעיינות הם בתי גידול יציבים עם שינויים עונתיים קטנים, לעומת נחלים המהווים מערכת דינמית הנתונה לשינויים (הצפות, בצורת, טמפרטורות קיצוניות). המים באזורי הנביעה שומרים לרוב על יציבות בהרכבם, באיכותם ומתאפיינים בטמפרטורה ממוצעת יציבה שתנודותיה אינן עולות על מעלות בודדות (אלרון ורוטשילד, 2012).

בישראל קיימים מעל 2000 מעיינות, אך רק לכ-300 מהם שפיעה גדולה מסף של כמה עשרות מ"ק לשעה, והם נמדדים באופן סדיר על ידי השירות ההידרולוגי. רובם המכריע של המעיינות הם בעלי שפיעה דלה של מ"ק בודדים לשעה ולעיתים אף זירזוף קל, או בריכה עם מפלס קבוע.

איור 3: מרכיבי מסדרון הנחל בחתך רוחב: תיאור סכמתי של פרודור הנחל בחלוקה לשלוש יחידות בסיס שאינן מתקיימות בהכרח בכל קטע לאורך הנחל. ביחידה האמצעית עובר אפיק הנחל המרכזי, יחידת הביניים כוללת את האפיקים צדדיים ופשטי הצפה, והיחידה החיצונית היא של רצועה יבשתית מוגבה העשירה בצמחייה ומפרידה בין גוף המים לאזור שלא מושע מנוכחות המים (Sparks, 1995 אצל קסלר ואפרתי, 2011).



3.1.2 המגוון הביולוגי של המערכת

המגוון הביולוגי בנחלים

הנחלים בישראל מצטיינים בשפע יחסי של צמחיית מים וגדות התומכת בעולם חי עשיר. צמחיית המים מותאמת לתנאי גידול מיוחדים עם מעט חמצן מומס במים בהשוואה לריכוזו באוויר, עוצמת אור היורדת עם עכירות ועומק וכן טמפרטורה יחסית קבועה המאפשרת לרוב צמחי המים להתפתח ולפרוח בקיץ, בעוד שבחורף הם שרויים בתרדמה. הספיקה ומהירות זרימת המים, איכות המים וטיב הקרקע בתשתית הנחל משפיעות אף הן על הרכב הצומח. למשל, תשתית חרסיתית תורמת להתפתחות טובה יותר של צמחי מים, מאשר תשתית חולית. צמחי המים נחלקים לשלוש קבוצות עיקריות, לפי מידת כיסוי הצומח במים: צמחים טבולים שכל איבריהם טבולים במים (ניידה קטנה *Najas minor*, קרנן טבול *Ceratophyllum submersum*), או שתפרחותיהם בלבד מזדקרות מעל המים (אלף-עלה משובל *Myriophyllum spicatum*, וליסנריה סלולה *Vallisneria spiralis*); צמחים צפים שכל גופם (עדשת-מים זעירה *Lemna minor*, כדרורית המים *Wolffia arrhiza*) או חלק מעליהם (נופר צהוב *Nuphar lutea*, נימפאה תכולה *Nymphaea caerulea* ונימפאה לבנה *N. alba*) צפים על פני המים; וצמחים מזדקרים שבסיסם בתוך המים ועיקר גוף הצמח בולט מעל המים (גומא הפפירוס *Cyperus papyrus*, אגמון האגם *Schoenoplectus lacustris*, קנה מצוי *Phragmites australis* וסוף מצוי *Typha domingensis*). חלק מצמחי המים הם בעלי שורשים או קני-שורש הקשורים לקרקע וחלק אינם קשורים לקרקע והם חופשיים במים.

צמחי גדות גדלים בשטח המוצף לפרקים או הבוצי על גדת הנחל. הם משמשים כקולטן לחלק גדול מהחומרים, מומס וחלקיקי, שזורמים מפני השטח אל הערוץ, מהווים מרכיב חשוב בייצוב הגדות, בוויסות גאויות (קסלר ואפרתי, 2011) ובקביעת אופי חתך הזרימה (פרגמנט, 2007). מיני צמחיית הגדות האופיינית לנחלים בארץ: מיני צומח

מעוצה (מיני הערבה *Salix sp.*, דולב מזרחי *Platanus orientalis*, צפצפת הפרת *Populus euphratica*), שיחים (כגון שיח אברהם מצוי *Vitex agnus-castus*, שינת גדולה *Lythrum salicaria*, הרדוף הנחלים *Nerium oleander*) וצמחים עשבוניים במגוון צורות, החל מהקנה והסוף הדומיננטיים והגבוהים ועד לליפיה הנוחלת (*Phyla nodiflora*) המשתרעת על הקרקע. חברת צומח זו מאופיינת בחיגור התלוי בעיקר בלחות הקרקע. החל מגוף המים עצמו, דרך השוליים הרדודים, גדה נמוכה וכלה בגדה הגבוהה. למשל, הצמחייה בגאון הירדן, האופיינית ליער גדות בארץ, ערוכה בחיגור בעל סדר קבוע: במי הנהר צומחים שיחי סמר (*Juncus sp.*) וגומא (*Cyperus sp.*), על הגדות – קנה (*Phragmites sp.*) ועצי צפצפת הפרת (*P. euphratica*) ואשל הירדן (*Tamarix jordanis*), אליהם נלווית פלגית שיחנית (*Pluchea dioscoridis*). בריחוק מה מקו המים נמצאים צמחים שזיקתם למים נמוכה יותר ועמידותם בקרקע מלוחה גבוהה: שיחי אוכס שיחני (*Suaeda fruticosa*), מלוח קיפח (*Atriplex halimus*), טיין בשרני (*Inula crithmoides*), אטד רב-פרחים (*Lycium depressum*) ועצי שיח מצוי (*Ziziphus spina-*) *christi* (מועצה אזורית בקעת הירדן, ח"ת). גם בנחל הקישון קיים חיגור צומח ברור למדי: בתת בני-שיח בקו המים, בעורפה מופיעים לעיתים עצי אשל (*Tamarix sp.*), ומעבר לרצועה זו יש בתה עשבונית (וכטל, וחוב', 2012). חיגור הצומח בנחלים במישור חוף הנגב דומה (ארבל, 1976). לדוגמה, באפיק נחל הבשור, סמוך למים גדלים סוף מצוי (*Typha domingensis*) וגומא, ברצועה מעליהם קנה וטבק השיח (*Nicotiana glauca*) ובחגורה החיצונית מיני אשלים וסירה קוצנית (*Sarcopoterium spinosum*) (ארבל, 1976).

נחלים מהווים בית גידול חשוב למגוון עשיר של בעלי חיים מחסרי חוליות ועד בעלי חוליות. אסופת חסרי החוליות מגוונת וכוללת תולעים (למשל תולעים שטוחות כגון מזוסטומה, תולעים נימיות כגון נמטודות ותולעי פרקים כגון דל-זיפיות ועלוקות), סרטנים ירודים (למשל, מינים שונים של שטרגליים, דפניתאים וצדפוניות, שטצדים ואיזופודים) וסרטנים מעשירי רגליים (למשל, קפיצון האגמים *Atyaephyra desmaresti*, סרטן הנחלים *Potamon potamios*), רכיכות (חלזונות קדם-זימאים וחלזונות ריאה, צדפות) ומגוון גדול של חרקי מים מהווים את הקבוצה הטקסונומית הגדולה והמגוונת ביותר מבין מאכלסי הנחלים. מבין חרקי המים ניתן להזכיר את הגדולאים (Plecoptera) המאכלסים רק נחלים מהירי זרימה בגולן ובגליל, שעירי הכנף (Trichoptera), בריומאים (Ephemeroptera), שפיראים (Odonata שפיריות Anisoptera ושפיריות Zygoptera), חיפושיות מים (Coleoptera) (שחיניות Dytiscidae, חובבות מים Hydrophilidae, סביבניות Gyrinidae ועוד) וקבוצות רבות של זבובאים. חלק מחרקי המים מתאפיינים בכך שכל מחזור חייהם מתבצע במים ולחלקם שלבים לרוואליים תלויים מים בעוד ששלב הבוגר שלהם יבשתי. אסופת בעלי החוליות כוללת מינים שונים של דגים שעבור חלקם הנחלים מהווים בית גידול בלעדי, בעוד שחלקם עולים במעלה הנחלים לרבייה. מבין הדו-חיים, הסלמנדרה המצויה (*Salam&ra infraimmaculata*), טריטון הפסים (*Ommatotriton vittatus*) וצפרדע הנחלים (*Pelophylax bedriagae*) הם טיפוסיים לנחלים. ומבין הזוחלים, הצב הרך המצוי (*Trionyx triunguis*), צב ביצה מצוי (*Mauremys rivulata*) ונחש המים המשוכך (*Natrix tessellate*) הם טיפוסיים לנחלים. עופות מים רבים משתמשים בנחלים כבית גידול לקינון ורבייה (למשל, טבלן גמדי *Tachybaptus ruficollis*) ואחרים מקננים בצמחית הגדות של הנחלים (למשל, מינים שונים של אנפות). מבין היונקים המנצלים את הנחלים כבית גידול מועדף ראוי להזכיר את הלוטרה (*Lutra lutra*), שעד תחילת המאה העשרים הייתה נפוצה בכל נחלי החוף של ישראל וכיום תפוצתה מוגבלת לנחלים בודדים בצפון הארץ. המגוון הגדול של בעלי החיים המאפיינים את הנחלים מהווה בסיס למארג מזון מסועף המוכב מבעלי חיים רועים, מסננים, מלקטים, מפרקים ואוכלי רקב וטורפים.

המגוון הביולוגי במעיינות

מינים רבים של צמחי מים וגדות נחלים גדלים גם במעיינות, אך עם זאת באזורי הנביעה של מרבית המעיינות בישראל שוררים תנאים ייחודיים המבדילים אותם מבתי גידול לחים אחרים (אלרון ורוטשילד, 2012). סביבת המעיינות מעניקה מקור מים קבוע המהווה בית גידול יציב עם מאפיינים ויחסי גומלין ייחודיים (ברתנא וחוב', 2014). אלו מאפשרים קיום של מגוון ביולוגי יוצא דופן הכולל מספר גבוה של מינים אנדמיים הנתונים בסכנת הכחדה, גם אם המעיין אינו אלא זרזיף של מים או שזרימתו עונתית בלבד. המחקר על האקולוגיה של מעיינות דל בישראל, אולם בסקרי מעיינות בודדים שנערכו בארץ נמצאו בסמוך לנביעות מיני צומח ובעלי חיים רבים (אלרון ורוטשילד, 2012). למעיינות חשיבות רבה לפעילות בעלי חיים יבשתיים (שתייה, שיחור מזון ורבייה), למשל למיני עטלפי חרקים ודו-חיים. על אחת כמה וכמה באזורים יובשניים בהם הנגישות למים נמוכה, חשיבות המעיינות מועצמת מכיוון שהם מספקים מקום מפלט לח וקבוע לצמחים ובעלי חיים (אלרון ורוטשילד, 2012). ההבדלים במבנה הפיזי של נביעות ומעיינות שונים יוצרים עושר מינים הרגישים להפרעה באיכות המים ובתשתית הקרקע עקב שינויים בשפיעה, בזרימה או במקורות זיהום. בגלל חוסר הרציפות בין המעיינות השונים, מתפתחות אוכלוסיות קטנות ונפרדות הרגישות לשינוי בתנאי הסביבה המקומיים ולכן נמצאות תחת סכנת הכחדה (ברתנא וחוב', 2014).

3.2 מבוא למערכת ים המלח

3.2.1 אזכור היקף, מיקום וגבולות גיאוגרפיים של המערכת (אקלים, קרקעות, שימושי קרקע)

ים המלח נמצא בחלקה היבשתי העמוק ביותר של מערכת הבקעים הסורית-אפריקנית ומהווה בסיס ניקוז לאגן של כ- 43,000 קמ"ר הכולל שטחים בישראל, ירדן, סוריה, לבנון וסיני. שטח גוף המים כ-600 קמ"ר, עומקו המרבי כ-300 מ' ורום מפלסו 430 מ' מתחת לפני הים (מאי 2016), פני השטח הנמוכים בעולם. האגם הוא אגם טרמינלי, כלומר חסר ניקוז חיצוני – בסיס ניקוז, ולכן מפלס המים בו מבטא שווי משקל דינמי בין כמות מי הירדן ושאר נחלי אגן הניקוז (נגר) המזינה אותו לבין הכמות הנגרעת ממנו באידוי. בעבר, מפלס האגם ובעקבותיו גם שטחו, הגיבו בעליות או ירידות, בהתאמה לשינויי האקלים, אך במהלך חמשת העשורים האחרונים מתרחשת ירידת מפלס מואצת, כתוצאה מהתערבות האדם במשק המים ותפיסת מרבית המים במערכת הירדן. בשנת 1900 מפלס המים עמד על רום של 392 מ' מתחת לפני הים (רשות המים, 2017) וב-1930, שטח גוף המים היה כ-1000 קמ"ר (כהן, 2011); רשות המים, 2017). מאז ועד 2016 איבד האגם כ-400 קמ"ר משטחו (כהן, 2011), כאשר במהלך העשור הראשון של המאה הנוכחית ממוצע ירידת המפלס השנתית היה כ-1.1 מ' התואם גירעון שנתי של כ-700 מיליון מ"ק (רוז והשירות ההידרולוגי, 2017).

במי האגם מומסים כ-347 גרם מלחים בליטר (Bodaker et al., 2010) וצפיפותם כ-1.25 ק"ג/ליטר, בערך פי 10 בהשוואה לים התיכון (אלמגור ופרת, 2012). לצד מליחותו הגבוהה, מה שמייחד את ים המלח הוא הרכב המלחים שבו: בעוד שבאגמים מלוחים אחרים הנתרן הוא הקטיון (יון חיובי) העיקרי, בים המלח הקטיון העיקרי הוא המגנזיום. ריכוזי המגנזיום והסידן גבוהים במיוחד בהשוואה לאגמים מלוחים אחרים ונחשבים כערכי סף עליון לקיום חיים. בנוסף, בהשוואה לאגמים אחרים, ריכוז יוני האשלגן, הברום והכלור גבוהים, ריכוז יוני הסולפט והביקרבונט נמוכים וחומציות המים גבוהה (pH=6).

ים המלח היה מוכר למדע כאגם משוכב כימית, עם גוף מים עליון, שניזון מהגגר ומושפע מתנאים מטאורולוגיים, ומתחתיו גוף מים תחתון, שהוא מלוח וצפוף בהרבה, מבודד וחסר חמצן (Neev & Emery, 1967).

3.2.2. המגוון הביולוגי של המערכת

גופי מים שמליחותם גבוהה במיוחד (מליחות-על, היפרסליניות) מתאפיינים במגוון ביולוגי עני ושרשרות מזון קצרות, אם כי האוכלוסיות יכולות להיות גדולות. בים המלח, ממדי המגוון הביולוגי אף נמוכים בהשוואה לאלה של גופי מים היפרסליניים אחרים בעולם, גם בעושר המינים וגם בגדלי אוכלוסיותיהם. בניגוד ליתר מערכות מקווי המים בישראל, המערכת האקולוגית של ים המלח מספקת שירותי תרבות בלבד. תועלות אחרות לאדם אינן נובעות מים המלח כמערכת אקולוגית, שכן באספקתן לא מעורב המגוון הביולוגי המצומצם אך הייחודי של אגם זה.

ב-1936 נתגלו לראשונה יצורים חיים בים המלח (Wilkinsky, 1936). הרכיב החשוב של המגוון ביולוגי של ים המלח הוא זה של מינים שמוצאם ממינים הלופילים (אוהבי מלח) הנפוצים למדי במקווי מים היפרסליניים אחרים, שהגיעו לאגם ובמהלך האבולוציה הסתגלו לתנאי העקה הטיפוסיים לים המלח ונעשו למינים בלעדיים לאגם זה, היינו מינים אנדמיים. אלה מסוגלים לאזן את ריכוז המלחים בגופם אל מול הריכוז הנובע ממליחות-העל של מי האגם (אוסמורגולציה).

רכיב שני של המגוון הביולוגי של האגם הוא זה המתקיים סביב מעיינות מליחים הנובעים מהקרקעית בסמוך לחוף ולכן מליחותו של בית גידול זה נמוכה מזו של גוף המים. נמצא שלמעלה ממחצית מכל היצורים בבית גידול זה הם ארכיאה שמקורם בים המלח, והשאר הם בקטריה (חיידקים שאינם ארכיאה) שאפשר שמקורם הוא מחוץ לאגם והגיעו אליו עם הנגר התת-קרקעי. כמו כן התגלו בבית גידול זה יצורים זעירים נוספים המקיימים מחזורים מטבוליים שלא תועדו מים המלח בעבר (Ionescu et al., 2012) וחלקם במארג המזון של האגם עדיין לא ידוע.

הרכיב השלישי של המגוון הביולוגי האגמי רובו בבוצה של קרקעית האגם. אלה הם חיידקים שונים ובעיקר מינים רבים של פטריות.

3.3. מבוא למערכת הכנרת

הכנרת מהווה את מקווה המים המתוקים הגדול ביותר בארץ ומשמשת כמקור מים מרכזי לאספקת מי שתיה. אך בנוסף לאספקת מים כשירות מערכת עיקרי של הכנרת, מספקת הכנרת שירותי מערכת (שמ"א) נוספים, אשר לא תמיד באים לידי ביטוי בצורה ישירה כגון וויסות מחזור נוטריינטים, או התועלת משרותי נופש ופנאי.

3.3.1. אזכור היקף, מיקום וגבולות גיאוגרפיים של המערכת (אקלים, קרקעות, שימושי קרקע)

אגם הכנרת הינו אגם סובטרופי של מים מתוקים הנמצא כ-210 מ' מתחת לפני הים. אגן ההיקוות שלו מתפרש על פני שטח של כ-2,730 קמ"ר (מתוכו כ-2,000 קמ"ר בשטח מדינת ישראל) וכולל את המורדות המערביים של החרמון, המורדות הדרום מזרחיים של הרי הלבנון, עמק עיון, הגליל המזרחי, רמת הגולן ועמק החולה (גבירצמן, 2002). הירדן העליון, שמתנקז לכנרת, מנקז 1,380 קמ"ר מתוך שטח אגן ההיקוות (גבעתי, טל ומרקל, 2015). אורכו של האגם הינו 21 ק"מ ורוחבו המרבי 12 ק"מ (רשות המים, 2017ב). שטח פני האגם הוא 166.7 קמ"ר

ברום המרבי (208.8- מ') והעומק הממוצע הינו 25 מ'. הנקודה העמוקה ביותר בקרקעית האגם (כ-46 מ') איננה במרכזו אלא בשליש המזרחי, ושיפוע קרקעית האגם בצד המזרחי תלול יותר (חקר ימים ואגמים לישראל, 2016).

הכנרת משמשת כמאגר תפעולי וכמקור אספקת מים למערכת הארצית, לצרכנים מקומיים ולממלכת ירדן (גבעתי, וחוב', 2015). המושגים "קו אדום ושחור" נקבעו לצורכי ניהול שאיכות המים מן הכנרת. ה"קו האדום העליון" (208.80- מ') מציין את גובה מפלס המים אשר מעליו עלולה להתרחש הצפה של אזורים מיושבים ותשתיות מסביב לאגם. ה"קו האדום התחתון" (213.0- מ') מוגדר כמפלס סף אשר מתחתיו אסור לשאוב יותר מים. כלומר, אם ימשיכו לשאוב קיים סיכוי שלא ניתן יהיה לשלוט בהמלחה של האגם או בפגיעה במערכת האקולוגית של הכנרת. מסיבה זו בשנים בהן הכנרת כמעט והגיעה לקו האדום התחתון צמצמו את השאיבה מהכנרת למינימום בדצמבר 2001 נמדד המפלס הנמוך ביותר של הכנרת (214.87- מ') והוגדר כ"קו השחור", כלומר מפלס המינימום הקבוע בחוק שמתחתיו אסורה השאיבה (גבירצמן, 2002). נפח המים האגור באגם במפלס המרבי (במפלס הקו האדום העליון) הוא כ- 4412 מיליון מטרים מעוקבים (מלמ"ק), והנפח התפעולי בין הקו האדום העליון לקו האדום התחתון, כלומר נפח המים שניתן לשאוב באופן תיאורטי בכל שנה, עומד על 692 מלמ"ק. אוגר המים עד למפלס הקו השחור מסתכם ב-991 מלמ"ק (רשות המים, 2017). כמות המים השנתית הממוצעת הנאספת בכנרת היא כ-800 מלמ"ק, שמקורם הוא בעיקר הירדן העליון (כ-440 מלמ"ק בשנה בממוצע), נחלים המתנקזים לאגם מרמת הגולן ומהגליל המזרחי (כ-80 מלמ"ק), נגר עילי מסביב לאגם ושפיעת מעיינות (40-30 מלמ"ק) וגשם ישיר על פני האגן (כ-65 מלמ"ק בשנה) (גבעתי, טל ומרקל, 2015; רשות המים, ח.ת.). בממוצע רב-שנתי כמות זו יוצאת מהאגם בהתאדות לאטמוספירה (כ-280 מלמ"ק), גלישה בסכר דגניה (כ-80 מלמ"ק) וצריכה לאספקת מים (כ-440 מלמ"ק) (חקר ימים ואגמים, 2016). מפלס הכנרת, התלוי בכניסות ויציאות המים הטבעיים ממנה, משתנה כתוצאה מהתנודות העונתיות בין חורף לקיץ, מהבדלים בין שנים ברוכות לשנים שחונות וכתלות בשאיבת המים (גבירצמן, 2002). תנודות אלה משנות את נפח המים האגור בכנרת בכ-20% ואת שטח האגם בכ-6% (חקר ימים ואגמים, 2016). ב-20 השנים האחרונות האגם סבל מתנודות מפלס קיצוניות ומירידת מפלס דרסטית (בבצורת של השנים 1999-2001 וכן בשנים 2008-2011).

מליחות אגם הכנרת (ריכוז כלוריד של 200-300 מ"ג כלור בליטר- מגכ"ל) נקבעת ע"י המאזן שבין כניסות מים מתוקים מהירדן ומנחלי רמת הגולן והגליל המזרחי, לבין כניסות המים המלוחים ממעיינות הנמצאים בקרקעית הכנרת ולאורך חופיה הצפון מערביים (רימר, 2008). בשנים גשומות, בהן נפח המים המתוקים הנכנסים לכנרת מנהר הירדן גדול, יורד ריכוז הכלוריד באגם ואילו בשנים שחונות, בהן תהליכי המיהול מוגבלים, בעיית המליחות מחריפה (רימר, 2009). נוסף על המעיינות, יש דליפות מים מלוחות מכל קרקעית האגם. התרומה השנתית הממוצעת של השפיעה המלוחה לאגם היא כ-160,000 טון כלוריד (גבירצמן, 2002; רימר, ח.ת.). פעילות "מוביל המים המלוח" (החל מ-1965), המאחז את המעיינות המלוחים ומוליך אותם לירדן הדרומי מדרום לסכר אלומות, הפחיתה את המליחות הממוצעת של הכנרת בשיעור של כ-30% (רימר, 2008).

עד לבנית סכר דגניה בשנת 1932, הכנרת נחשבה לבית גידול טבעי עם השפעה מזערית של פעילות האדם, אך מאז האגם נתון לשינויים אנתרופוגניים אשר השפיעו על המערכת האקולוגית שלו. טבלה 2 מציגה את השינויים העיקריים אשר התרחשו באגם ובאגן ההיקוות שלו.

1927–1932	The Degania Dam was built on the Jordan River outflow, impounding the lake; outflow deepened to –214 m. Legal maximum and minimum water levels (“red lines”) were set at –209 and –212 m (based on current altitude measurements)
1932–1948	Hydroelectric production at Naharayim, lake levels were manipulated at larger amplitudes than natural but within –209 and –212 m
1951–1958	Drainage of Lake Hula and surrounding swamps in northern catchment
1952–present	Stocking fingerlings of fish of commercial value, which also contribute to improving water quality (St. Peter’s fish, grey mullets, silver carp)
1956–1964	Construction of the National Water Carrier (NWC)
1964–present	Lake Kinneret water is pumped into the NWC from Sapir Site.
Since 1973	the NWC operated at full capacity (300–400×106 m ³ . pumped annually, reduced to ~200×106 m ³ with increasing water from desalination since 2012
1967–present	Diversion of offshore saline springs via a salt-water diversion canal to the southern Jordan River
1978–present	Actions to reduce effluents of domestic and agricultural origin, including sewage treatment plants, reduction of fishpond area and recycling of their effluents, and treatment of cowshed effluents.
In 1984	Einan Reservoir constructed to contain and treat effluents from Kiryat Shmoneh and western Hula basin and recycle them for local agriculture
1981	Legal minimum water level lowered to –213 m
1980s–2000s	Construction of water storage reservoirs in the Golan Heights, storing ~40×106 m ³ of water, for agricultural and domestic use
Early 1990s	Construction of “spurs” at various swimming beaches around the lake, later found to disrupt the natural near-shore flow of water and particles
1994–1999	Hula restoration. Raising the groundwater table; creation of Agmon Wetland, improved drainage and recycling of western Hula Valley water for local use aimed at controlling the flow of water from the Hula Valley to Lake Kinneret
1998–2000	Deepening the Jordan River between Pkak Bridge and Benot Yaacov Bridge for improved drainage control
1995–2006	Subsidized harvest of bleak (Kinneret sardine) to reduce predation on zooplankton and improve water quality
1999–2008	Due to shortage of freshwater, legal minimum water level progressively lowered below –213 m (lower red line). In 2008, the lowest legally permissible water level was declared as –214.87 m. (Lowest recorded water level, Dec. 2001)

2012	Local actions to remove shoreline/inundated vegetation and treat mosquito larvae resulting from the 2011/2012 increase in water levels that followed a series of drought years
------	--

מורפולוגיה ותשתית:

חופי הכנרת רבגוניים מאד מבחינת המורפולוגיה והתשתית. תצורת החופים נעה מחופים צרים ותלולים לחופים רחבים ורדודים. לצד חופי בולדרים בחופי ארבל, כפר נחום ומפרץ אמנון קיימים חופי חלוקים וחול במערב הכנרת, מטבחה עד גינוסר ומטבריה עד למושבה כנרת, ובמזרחה, בין בקעת בית ציידא לעין גב. חלק מחופי הכנרת מתאפיינים בצורות נוף ייחודיות כגון לגונות וביצות לאורך בקעת בית ציידא, ושפכי נחלים בדלתות של נחל סמך, עין גב, צלמון, עמוד והירדן.

בכנרת, התכסית הקרקעית ברצועת התנודות נחלקת לתכסית חולית ואבנית. תשתית חולית/טינית היא בעלת המורכבות הפיזית המזערית. מעט מינים יכולים להתקיים על פני תשתית דקת גרגר שאין בה מסתור מפני טורפים, ואין בה נישות השונות זו מזו ומאפשרות התפתחות מינים בעלי צרכים שונים. תשתית אבנית היא בעלת מורכבות פיזית גבוהה יותר. האבנים מהוות מצע קשה שעליו מתפתחות אצות שמהוות מזון לחסרי חוליות ולדגים. בין האבנים יש מסתור מפני טורפים. תשתית של בולדרים (אבנים גדולות) היא בעלת מורכבות פיזית גדולה עוד יותר מתשתית של אבנים קטנות, כי בין הבולדרים יש אבנים קטנות ומגוון הנישות שתשתית כזו מספקת גדול יותר. צמחיה טבולה או מזדקרת מהווה סוג נוסף של תשתית בעלת מורכבות גבוהה עם מסתור לסרטנים ודגיגים מטורפיהם מחד ומקורות מזון שאינם נמצאים במקומות אחרים מאידך. מידת הערכיות של החוף נקבעת על פי עושר המערכת האקולוגית שבו. לאופי החוף והליטוראל ישנם השלכות על המערכת האקולוגית ומשפיעים בין השאר על אופי הצמחיה המוצפת, הצלחת הרבייה של דגי האגם, היכולת של הדגיגים להסתתר מטורפים ועוד (Cummins et al. 2017, Gafny and Gasith 1999, Gafny et al. 1992, Ostrovsky et al. 2014a,

את חופי הכנרת ניתן לחלק למספר יחידות פסיוגרפיות: חוף השקעת חרסית חול – חוף הבטיחה כולל הדלתא של הירדן, בקעת גינוסר; חוף סלעי בזלתי – אזור כפר נחום, מהדלתא עד לבקעת גינוסר; חוף סלעי מערבי מצפון לטבריה עד המושבה כנרת; חוף נסיגה חווארי – מהמושבה כנרת עד לקיבוץ האון; חופים מזרחיים מגוונים סלעי חול/חלוקים – משתרעים מהאון עד צפונית לחוף כינרת. ישנו קשר ברור בין מפלס האגם לבין התפלגות התשתית לאורך חופי הכנרת. גזית וגפני (Gasith & Gafny, 1990) הראו שעם ירידת המפלס עולה אחוז החופים החוליים ופוחת אחוז החופים האבניים והמכוסים בולדרים. בעוד שבמפלס 209.5- מ' החופים החוליים + טיניים מהווים כ-6% מכלל החופים, הרי שבמפלס הנמוך ב-3 מ' הם מהווים 49% מכלל החופים (סילבר, 2017).

כ-42% מאורך חופי הכנרת הם חופים בעלי אופי טבעי בהם לא מתבצעת הפרה של הליטוראל. החופים הטבעיים והחקלאיים כוללים חופים מוגנים (שמורות טבע ושמורות נוף), חופים של שטחים חקלאיים וחופים טבעיים לא מוסדרים. בכ-58% מאורך חופי הכנרת מתקיימים שימושים היוצרים הפרה של הליטוראל ועלולים לגרום להפרעה בעתיד עקב סוג הפעילות האינטנסיבית שלהם משמשים. ממסכים שהוכנו עבור תמ"א 13 אבל שטרם פורסמו עולה כי מידת ההגנה הסטטוטורית על חופים הטבעיים נמוכה יחסית, רק כשליש מכלל החופים הטבעיים שהם כ-12% מכלל חופי הכנרת מוגנים ביעוד של שמורת טבע או גן לאומי. החופים בצפון הכנרת מהווים את האזור השמור של הכנרת. החופים בדרום הכנרת, במזרחה ובמערבה, משמים לפעילות פנאי ונופש.

3.3.2. המגוון הביולוגי של הכנרת

הכנרת מאופיינת במגוון רחב של בתי גידול ובהם מגוון גבוה של מיני צומח ובע"ח, ביניהם מינים אנדמיים, מוגנים, נדירים ומינים בסכנת הכחדה. בסיס מארג המזון הוא הפיטופלנקטון, הכולל כ-200 מיני אצות וחיידקים פוטוסינתטיים. הפיטופלנקטון מהווה מזון לזואופלנקטון, בעלי החיים הנישאים ע"י הזרם, ואלו נאכלים ע"י בעלי חיים גדולים יותר כסרטנים, דגים ועופות.

בעלי חיים:

בכנרת 26 מיני דגים. 18 הם מינים טבעיים לאגם, מתוכם שלושה אנדמיים לכנרת (טברנון סימון כנרת *Oxynoemacheilus*, לבנון הכנרת *Acanthobrama terraesanctae* ובינון כנרת *Tristramella simonis*) וארבעה אנדמיים למערכת הירדן (אמנונית יוסף *Astatotilapia flavijosephi*, בינית ארוכת-ראש *leontinae*, *Luciobarbus longiceps*, בינית גדולת-קשקש *Barbus canis* ולבנון ליסנר *Acanthobrama lissneri*). 8 מינים הם זרים, מתוכם ארבעה מתרבים בטבע באופן טבעי (קרפיון מצוי, גמבוזיה, סייפן הלרי *Xiphophorus hellerii* והיברידי של אמנון הירדן ואמנון היאור), שלושה מאוכלסים לצורך העשרת הדגה באופן קבוע (כסיף שפל-עין, קיפון גדול-ראש, קיפון טובר) ומין נוסף המאוכלס שלא במתכוון (צלופח אירופאי *Anguilla anguilla*). עד תחילת שנות התשעים של המאה ה-20 היה קיים באגם מין טבעי נוסף, טברנון לקטני (פנרמן *Tristramella sacra*), שנכחד (Ostrovsky et al., 2014). בשנים האחרונות הצטרפו לאגם שני מיני דגים פולשים נוספים טרוטת עין-הקשת (פורל *Oncorhynchus mykiss*) ומוסר אדום (*Argyrosomus* sp.), שחדרו לאגם מבריכות הדגים.

המין הנפוץ ביותר באגם, לבנון הכנרת (סרדין *Acanthobrama terraesanctae*) הוא דג קטן שחי כבוגר בלהקות במים הפתוחים שם הוא ניזון מטריפת זואופלנקטון ומהווה כ-80% ויותר מסה"כ הדגים באגם (אוסטרובסקי, ח.ת.). אזור הבטיחה שבצפון הכנרת (דלתא שמנקזת את הירדן וכמה מנחלי הגולן בדרכם לכנרת), המתאפיין במים רדודים וצמחייה רבה הינו אזור הרבייה העיקרי של הדג אמנון הגליל (*Sarotherodon galilaeus*), המסייע בשמירת המערכת האקולוגית ובאמצעותה על איכות המים. הדינאמיקה הרב-שנתית של כמות הדגים באגם קשורה ביותר לתנודות מפלס המים, המשפיעות על הצלחת הרבייה ועל יכולת הישרדות הדורות החדשים (Ostrovsky & Rynskiy, 2012). קיימים מינים שאוכלוסייתם יציבה, כמו לבנון הכנרת (חקר ימים ואגמים, 2016), ואחרים שאוכלוסייתם במגמת ירידה כמו טברנון סימון כנרת, אמנונית יוסף (*Astatotilapia flavijosephi*) ואמנון הגליל (רוז, 2015).

הכנרת היא מקור מי שתייה עיקרי למגוון רחב של יונקים יבשתיים, חלקם בסכנת הכחדה, וחופיה מהווים לרבים מהם בית גידול מתאים. סבך חישות הקינים בחופי האגם יוצרים מסתור לבעלי חיים רבים, ביניהם חזירי בר, דרבנים, שפני סלע, נמיות, לוטרות, נוטריות וחתולי ביצה. הכנרת גם מהווה אזור מחייה ומנוחה בעל חשיבות רבה לעשרות מיני עופות, בייחוד בחורף. ביניהם הקורמורן הגדול (*Phalacrocorax carbo*), שהכנרת אתר החריפה המרכזי שלו, והקורמורן הגמדי (*Microcarbo pygmaeus*), ששב לקנן בישראל רק בעשור האחרון (אלון, 2008). הכנרת היא מקום ריכוז החריפה הגדול ביותר בארץ של הטבלן המצויץ, וכן אתר חריפה עבור ברווזים צוללים – צולל חלודי (*Aythya ferina*) וצולל מצויץ (*Aythya fuligula*). באביב ובקיץ מהווה הכנרת אתר קינון לעופות סבך וביצה, למשל קנית קטנה (*Acrocephalus scirpaceus*) קנית אפריקנית (*Acrocephalus stentoreus*), צטיה חלודית

(*Cettia cetti*), שיחנית קטנה (*Iduna pallida*), סופית (*Gallinula chloropus*), וכן למיני אנפות ושלדגים (אלון, 2008).

ציומה:

הצמחייה בכנרת הינה בעיקרה צמחיית גדות הגדלה באזור הליטוראל (רצועת המים הרדודים בשולי האגם) המוצף ומתייבש חליפות עם שינויי המפלס העונתיים. בשונה מרוב האגמים בעולם כמעט ואין בכנרת צמחיה טבולה בגלל הרוחות הסוערות לאורך רוב השנה, הגורמות לגלים, אשר יוצרים קרקעית לא יציבה באזורים הרדודים שלא מאפשרת לצומח לאחוז בקרקעית (גפן וגל, 1992). תפוצת צמחיית הגדות תלויה בתשתית הפיזית, ברוחב רצועת החוף הנחשפת עם ירידת מפלס האגם, ובזמינות מי התהום. רוחב רצועת הצומח גדל עם ירידת מפלס האגם ומצטמצם עם עלייתו. צמחיית הגדות מגיעה במרבית החופים עד קו המים ואף מוצפת במים חלק מהשנה. הצמחייה המוצפת מהווה מקור לחומר אורגני במים, שעשוי להגביר זמינות התפתחות של אצות באגם.

התפתחות הצמחייה החופית היא תופעה רצויה היוצרת חיץ מבודד בין היבשה והמים. הצמחים מהווים מעין פילטר המונע דליפה של מזהמים מהקרקע החשופה למים, וכן נוכחות הצמחייה הטבולה מיצבת את החוף ומונעת ארוזיה. לצמחיית הגדות תפקיד חשוב ביצירת בית גידול מגוון ומוגן יחסית מפני טורפים וכן כמקור מזון עשיר עבור מיני חסרי חוליות (סרטנים, חרקים, רכיכות, תולעים) ועבור דגים ממינים שונים. בית גידול זה הוא אזור הטלה ומתאים גם להתפתחות הדגיגים לאחר בקיעתם ("אימון דגיגים"), גם עבור מיני דגים שכבוגרים חיים במים עמוקים יותר (מרקל, 2012).

מיני הצומח הבולטים, המכסים שטחים נרחבים לאורך חופי הכנרת, הם אשל הירדן (*Tamarix jordanis*), עבקנה שכיח (*Arundo donax*) וקנה מצוי (*Phragmites australis*). השניים האחרונים יוצרים סבך הנקרא "חישות-קנים". מינים אלה מותאמים היטב לתנודות העונתיות בקו החוף והם מתפשטים במהירות באזורים המוצפים, מתייבשים חליפות ויוצרים כיסוי צפוף בחופים רבים של הכנרת, בעיקר בחלקה הצפוני. הם לרוב מופיעים ראשונים בשטחים הנחשפים עם ירידת מפלס המים העונתית, ועם עליית פני המים ממשיכים להתקיים כשהם טבולים במים (גפן וגל, 1992). האזורים הסבוכים שמורכבים מחישות הקנים ו/או מעצי האשל והערבה, בתוך המים ומחוצה להם, מהווים בית גידול ייחודי ומועדף לבעלי חיים רבים, המוצאים בתוכם מסתור, מזון ואתרי רבייה (רמון וחוב, 2001). לאורך הכנרת קיימים גם קטעי חוף בודדים, בעיקר אלה המכוסים חלוקים, שאין בהם צומח כלל. מיני צמחים בולטים נוספים, המתפתחים קרוב עוד יותר אל קו המים ואף בתוכם: סוף צר עלים (*Typha angustifolia*), סמר חד (*Juncus Acutus*), שנית גדולה (*Lythrum salicaria*) וערברבה שעירה (*Epilobium hirsutum*). בחופים בלתי-סלעיים מופיעים גם שיח-אברהם (*Vitex agnus-castus*), טיון דביק (*Inula viscosa*), הרדוף הנחלים (*Nerium oleander*) ופלגית שיחנית (*Pluchea dioscoridis*). בקטעי חוף שמיימהם שקטים יותר, כמו בלגונות הבטיחה, במפרצים קטנים באגם ובחופים חשופים, מופיעים מיני גומא (*Cyperus sp.*) וארכובית (*Polygonum sp.*), אלה עלה משובל (*Myriophyllum spicatum*), נידה ימית (*Najas marina*), נהרונית מסרקנית (*Potamogeton pectinatus*) וקרנן טבוע (*Ceratophyllum demersum*) הטובלים במים (גפן וגל, 1992).

שטחים נרחבים סביב הכנרת זוכים להגדרה של ערכיות גבוהה ביותר של צומח וחי. עיקר החופים הערכיים ביותר נמצאים בצפון הכנרת – מדלתת כורסי דרך בקעת הבטיחה, חופי כפר נחום ועד לתל כנרות. קטעים צרים נוספים נמצאים בבקעת גינוסר ובאזור האון ועד למוצא הירדן. חלק ניכר מחופי הכנרת הוגדרו בקטגוריה של "ערכיות גבוהה

מאד" – למרות ערכיהם המיוחדים הם פגועים במידה רבה בגלל פעולות פיתוח שלא התחשבו בערכים אלה (רמון וחוב, 2001).

3.4 מבוא למערכת בריכות חורף

3.4.1 אזכור היקף, מיקום וגבולות גיאוגרפיים של המערכת (אקלים, קרקעות, שימושי קרקע)

בריכת חורף (כולל גבים) היא מערכת אקולוגית ייחודית המתקיימת כמקווה מים עונתי, בעיקר בחורף ובתחילת האביב (רוטשילד ופרלמן, 2010; Zedler, 2003). היא נוצרת במקומות נמוכים בנוף, כתוצאה מהיקוות של נגר עילי (גשמים ישירים וגשמים באגן הניקוז של המערכת) ולעיתים גם מעליית מי תהום (גזית, 1978).

בריכות חורף נפוצות באזורים בעלי אקלים סובטרופי, ובמידה מוגבלת גם במקומות אחרים (Keeley & Zedler, 1998; Zedler, 2003). בישראל, בריכות חורף נפוצות במישור החוף ובאזורים הרריים, במקומות בהם מצויים בקרקע שקעים טבעיים או מעשי ידי אדם (Mendelssohn, 1983; Levin et al., 2009). הבריכות במישור החוף נוצרות במרזבות על גבי קרקע חרסיתית או חולית, ומכונות 'בריכות עפר' ואילו באזורים הרריים הבריכות בעלות תשתית סלעית, כמו גיר ובזלת, ונקראות 'בריכות סלע' (גזית, 1978). בנוסף, קיימות בריכות חורף שנוצרו כתוצאה מבניית תשתיות (למשל, מחלפים) (Yaron, 1964), בריכות שנחפרו בעבר ליד כפרים ערביים, בכדי לשמש כמקור מים לתושבים או להשקיית עדרים (גפני וגזית, 2005) וכן בריכות שנחפרו כדי להחליף בריכות שנפגעו עקב סלילת כבישים ובינוי. כל אלה הפכו עם הזמן לתפקד מבחינה אקולוגית כבריכות חורף לכל דבר (גפני ואלרון, 2011). כמו כן, בשל האופי העונתי של בריכות חורף ישנן בריכות שבמהלך התקופה היבשה שלהן הן משמשות (בכל שטחן או בחלקן) לגידול גידולים חקלאיים (למשל, בריכת דיר בלוט בשומרון, בריכת רוברטס מדרום לאשדוד).

בריכות חורף אפיינו בעבר את הנוף הארצישראלי. תהליך העיור המואץ המאפיין את המדינה מאז הקמתה גרם להרס ופגיעה בבריכות חורף רבות, בעיקר במישור החוף הנתון ללחצי פיתוח גוברים (גפני וגזית, 2005; רוטשילד ופרלמן, 2010). לפי הערכות, כ-95% מבריכות החורף שהיו קיימות במישור החוף בתחילת המאה ה-20 נעלמו (Mendelssohn, 1985), חלה ירידה של מעל 90% בשטחן (כ-2.4 קמ"ר כיום לעומת כ-27.6 קמ"ר בעבר) והקישוריות בין הבריכות ירדה (Levin et al., 2009). הירידה במספר בריכות החורף והעלייה בבידודן מאיימות על מגוון החי והצומח הייחודי המאכלס אותן (גפני ואלרון, 2011).

3.4.2 המגוון הביולוגי של מערכת בריכות החורף

אופייה העונתי של בריכת החורף, המקיימת גוף מים זמני ובו תנאי הסביבה משתנים במהירות ובאופן קיצוני לאורך השנה ואפילו לאורך שעות היממה, רמה גבוהה יחסית של ייצור ראשוני ולחצי ברירה טבעית גבוהים הובילו ליצירת מגוון ביולוגי רחב (Simovich, 1998; Gibbs, 2001), השונה באופן ניכר מהמגוון הביולוגי של גופי מים קבועים (Collinson et al., 1995). הרכב המינים אינו זהה בכל הבריכות ויכול להשתנות משנה לשנה באותה בריכה כתלות בתנאים הסביבתיים (Mendelssohn, 1985). מיני הצומח ובעלי החיים המאכלסים הסתגלו לחילוף העונתי ומתאימים את מחזור חייהם לסביבה המשתנה תדיר (גזית ומילשטיין, 2003; גפני וגזית, 2005). הם מאופיינים באסטרטגיות חיים מיוחדות במינן, על מנת להצליח לסיים מחזור חיים בתוך התקופה הקצרה של חודשים בודדים בלבד בה מתקיימים מים בבריכה (רוטשילד ופרלמן, 2010). עופות, חרקים ודו חיים, כגון צפרדעים, קרפדות

וטריטונים, נוקטים באסטרטגיה של נטישת הבריכה. כלומר, עוזבים את הבריכה בסוף החורף ומסתתרים במהלך הקיץ עד לבוא גשמי היורה והתמלאות הבריכה. לעומתם, סרטנים כגון זימרגל ותריסן, מטילים ביצי קיימא הנשמרות בקרקעית הבריכה, ובוקעות עם התמלאות מחדש של הבריכה בעונת הגשמים הבאה (גפני ואלרון, 2011). קיימים גם מיני דו חיים כמו החפרית המצויה שמתחפרת באדמה שבסביבות הבריכה לתרדמת קיץ. הבריכה מאפשרת קיום, תזונה ורבייה של מיני בעלי חיים ללא נוכחות טורפים יעילים- דגים, וכתוצאה מתאפשרת התפתחות של ביומסה גדולה של חסרי חוליות (גזית, 1978; גזית, 2006).

משך קיום המים בשלולית החורף הוא גורם חשוב ביותר בקביעת יכולתם של האורגניזמים המאכלסים אותה להגיע לסיום מוצלח של מחזור חייהם (גפני, 1986; אלרון, 2007). כמות המים המתנקזת אל בריכת החורף, משטר ההתמלאות שלה, מידת החלחול של הקרקעית וקצב האיבוד הם מהגורמים הסביבתיים המשפיעים על משך זה (גפני וגזית, 2005).

בסיס מארג המזון בבריכות החורף הוא חומר אורגני, שמקורו בצמחים שהוצפו בגשמים הראשונים והרקיבו, בשרידי צמחיה שנותרו בקרקע מתקופת היובש וכן חומר אורגני המגיע עם הנגר העילי והסחף. גזית (1978) מכנה את בריכות החורף "מערכות מתפרצות", שכן הן מתאפיינות בהתפתחות מהירה של מגוון מינים רחב וביצירות ראשונית ומשנית גבוהה (Zedler, 2003). ראשונות לאכלס את הבריכה הן אצות חד ורב- תאיות, ובהמשך מתפתחים צמחי מים עילאיים טבולים, צפים ומזדקרים. צמחי המים מהווים מקור מזון, חמצן מומס ומצע התיישבות והטלה (גזית, 1978). המינים הנפוצים ביותר הם *אגמון ימי* (*Bolboschoenus maritimus*) ו**בצעוני מצוי** (*Eleocharis palustris*) (גפני וגזית, 2005), ואילו בין המינים הנדירים נמנים אלטין עקום זרעים (*Elatine macropoda*) ואמניה רבת פרחים (*Ammannia priureana*) (גפני, 2009). בריכת החורף מאכלסת גם מינים אדומים רבים, למשל בוציץ סוכני (*Butomus umbellatus*), נורית נימית (*Ranunculus trichophyllus*) ואגמון שרוע (*Schoenoplectiella supina*) (שמידע, וחוב, 2007; רוטשילד ופרלמן, 2010).

3.5 מבוא למערכת החולה

3.5.1 אזכור היקף, מיקום וגבולות גיאוגרפיים של המערכת (אקלים, קרקעות, שימושי קרקע)

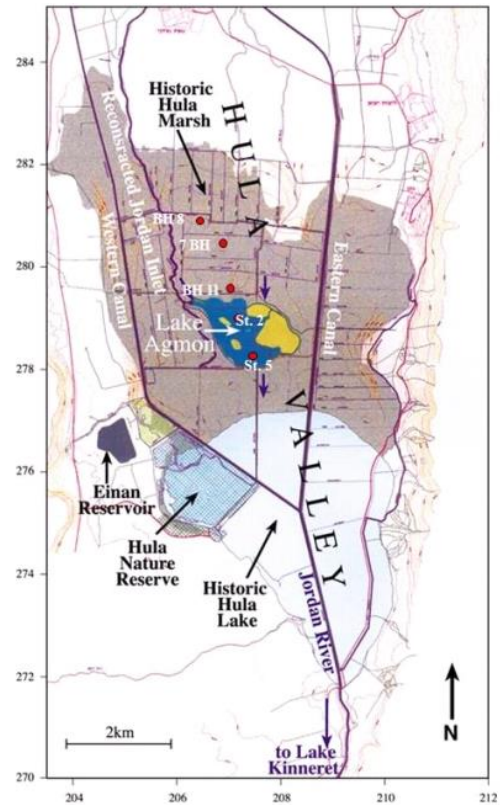
עמק החולה הוא בקעה ששטחה כ-178 קמ"ר, הממוקמת בחלקו הצפוני של בקע הירדן. העמק תחום ממזרח ע"י מדרונות הבזלת של רמת הגולן, ממערב ע"י רכס הרי נפתלי, מדרום ע"י רמת כורזים ומצפון ברמת מטולה והרי הלבנון. העמק מהווה את מרכז אגן ההיקוות של הירדן העליון, המתנקז אל הכנרת. הקרקעית בעמק מצויה ברום של כ-70 מ', משם היא יורדת עד פני הכנרת לרום של כ-210 מ' מתחת לפני הים התיכון. אגן ההיקוות של העמק משתרע על כ-1,470 קמ"ר והוא עשיר מאוד במקורות מים המנקזים את המדרונות הסובבים אותו בזרימה עילית או בזרימה בתת הקרקע (Dimentman et al., 1992). המשקעים הרבים המאפיינים את החרמון ואת הרי הגליל והגולן מזינים את המעיינות הרבים ואת הנחלים הזורמים אל העמק (רייכמן וחוב, 2014).

בעמק החולה קיימות היום שתי מערכות אקולוגיות לחות עיקריות המתפרשות על שטח של כ-4,200 דונם: שמורת החולה (3,116 דונם) ואגמון החולה (1,100 דונם). בעקבות הייבוש וההצפה מחדש (ראה בהמשך) העמק רושת במערכת של תעלות ניקוז המזרימות את המים בין מקווי המים השונים. אגמון החולה מקבל את מימיו בעיקר מתעלת הירדן הישן (אפיק הירדן המשוחזר), בעוד ששמורת החולה מוזנת משני מקורות עיקריים: מעיין העינין ומי תעלת הירדן המערבית, שהיה בעבר מקור המים העיקרי לאגם החולה ההיסטורי (סקוטלסקי ואורון, 2008). אספקת המים

הממוצעת לשמורה בחמש השנים האחרונות היא כ-8.6 מלמק"ש (ענבר וחוב', 2012; ארצי וענבר, 2015; ארצי, 2015), כאשר מעיין העינן מספק כ-40% מכך אך עם שונות גדולה בין שנים (ארצי, 2015). עד תחילת שנות ה-2000 הוזרמו לשמורה מים באיכות ירודה (סקוטלסקי ואורון, 2008) ואילו החל מ-2010 אספקת המים לשמורה הוגדלה משמעותית ואיתה גם איכות המים (ארצי, 2015). המים משמורת החולה יוצאים אל התעלה המערבית (כ-8 מלמק"ש) ומשם לכנרת וחלק משמעותי מתאדה (כ-3.7 מלמק"ש).

המערכות האקולוגיות הלחות שבעמק החולה עברו שינויים משמעותיים מאמצע המאה העשרים ועד ימנו. המהפך הראשון התרחש בשנים 1952-1958 עת ניקזו כ-60 קמ"ר של שטחי אגם וביצה. טרם הייבוש, שטח נרחב מהעמק היווה מערכת אקולוגית לחה - אגם בשטח של 13 קמ"ר בעומק ממוצע של 2.5 מ', וביצות עונתיות שהשתרעו מצפון לו בשטח של 47-8 קמ"ר, כתלות בתנודות מפלס מי התהום בין שיא הקיץ לשיא החורף (איור 4) (גבירצמן, 2002; Dimentman et al., 1992). באגם שקעו סדימנטים חוואריים וביצות שמצפונו התפתחה אדמת כבול, חומר אורגני הנוצר מצמחי הביצה ששקעו מתחת למים ונרקבו בתהליך איטי מחוסר חמצן (רייכמן, קפלן וליטאור, 2014). ייבוש החולה נחשב לאחד משיאי ההגשמה של המפעל הציוני החלוצי, ונועד בעיקרו לחסל את מחלת המלריה ולהכשיר קרקע לחקלאות ולהתיישבות בעמק. ייבוש האגם והביצה הקטין את שטח פני המים החשופים לאטמוספירה והוריד את איבוד המים בהתאדות, מ-68 מלמ"ש לפני הייבוש ל-40 מלמ"ש אחריו, על פי ההערכה המקובלת (אגמון החולה, ח.ת.). בעקבות הייבוש התגלו בעיות הידרולוגיות, אגרונומיות ואקולוגיות קשות, שבעטיין התרחש מהפך שני, פרויקט שיקום והצפה גדול, שהחל ב-1994 וממשיך עד ימינו. השיקום נועד לתת מענה לשקיעת קרקעות הכבול, למנוע הגעה של עודפי נוטריאנטים (בעיקר חנקות) לכנרת, לפתח תיירות ע"י הכשרת 5,000 דונם פארק הכולל 1,100 דונם אגם מחודש, לשמור על החי והצומח הייחודי של אגם החולה ולהשיב מינים שנכחדו (אגמון החולה, ח.ת.). ביצוע הפרויקט כלל חידוש זרימה באפיק הירדן ההיסטורי, הקמת מערכת של תעלות רדודות ואמצעי עזר לשמירה על מפלס מי תהום ועל איכות המים, חפירת אגמון החולה ושחזור מגוון של בתי גידול שאפיינו את האגם והביצה שיובושו.

איור 4: שטח עמק החולה שהיה מוצף בתחילת המאה העשרים ושטחי השמורה והאגמון כיום (אתר רשות המים).



3.5.2. המגוון הביולוגי במערכת

בתי הגידול הלחים שבעמק החולה נמצאים באזור מפגש לחי וצומח שמקורו בשלוש יבשות – אסיה, אירופה ואפריקה. ריבוי מקורות המים שבעמק, הגיוון בבתי הגידול והשטחים הפתוחים (שטחים מעובדים ושטחי בור), הינם הבסיס לעושר הרב של החי והצומח (סקוטלסקי ואורון, 2008; רייכמן וחוב, 2014). בניטור שנערך בשמורת החולה במשך 30 השנים האחרונות נמנו עד כה 340 מיני צומח, כ-400 מיני עופות, מעל 25 מיני יונקים, 3 מיני דו חיים ו-4 מיני זוחלים (סקוטלסקי ואורון, 2008). חלק מהמינים האנדמיים לגופי המים שבעמק נכחדו ככל הנראה עם הניקוז של האגם (Cohen-Shacham, 2015) ואחרים מצליחים עדיין להתקיים. דו החי עגולשון שחור-גחון, שדווח כי נכחד בשנות ה-50 של המאה ה-20, נצפה שנית ב-2011 ומאז נצפו למעלה מ-150 פרטים (Perl et al., 2017).

היונקים הגדולים הבולטים הם חזיר הבר (*Sus scrofa*), חתול הביצות (*Felis chaus*), תן זהוב (*Canis aureus*) וכן צבי ארץ-ישראלי (*Gazella gazella*) המופיע בעיקר באזורי השוליים של העמק. מינים נוספים שנצפים בעמק הם נמיה מצויה (*Herpestes ichneumon*), לוטרה (*Lutra lutra*), ארנבת מצויה (*Lepus capensis*), שפן סלע (*Procavia capensis*), נברן השדה (*Microtus guentheri*) (המהווה את היונק השכיח ביותר בעמק החולה) ומינים שונים של עטלפים. הנוטרייה (*Myocastor coypus*), יונק צמחוני שמוצאו בדרום אמריקה, נפוצה בעמק לאורך תעלות המים והוגדרה כמין פולש שיש לדלל את גודל האוכלוסייה שלו (רייכמן וחוב, 2014).

התנאים השוררים בעמק ומיקומו על ציר הנדידה של העופות לאורך בקע הירדן, מביא לעושר גבוה מאוד של עופות מים, עופות חורפים ונוודים בדרכם בין אפריקה ואירופה (Shy et al., 1998; Shmueli et al., 2000; Olsvig-). באתר "מאגר המידע הלאומי לציפורי ישראל" (נצפה ב-4/11/17) מופיעה באזור

האגמון ושמורת החולה רשימה של 277 מינים שנצפו באזור. העוף שזכה לפרסום הרב ביותר הוא העגור האפור (*Grus grus*) שבכל סתיו מגיע באלפיו לעמק וניזון משאריות הבוטנים שנותרות בשדה לאחר הדיש. בעמק החולה ידוע על 16 מינים של דגי מים מתוקים הטבעיים לגופי המים שבו. חלק מהמינים מקורם ממזרח אפריקה (אמנונים), מהאזור הממוזג (ביניות ולבנונים) ואחרים מהודו (עגלסת הירדן *Garra rufa*) (לבנה, 1990). מינים כמו הגמבוזיה, הקרפיון וטרוטת עין הקשת (פורל) הובאו למערכות המים הטבעיים ע"י האדם, במסגרת ענף גידול הדגים או על מנת להילחם בזחלי היתושים. פרויקט הייבוש הביא לצמצום של שטחי המחיה הזמינים לאוכלוסיית הדגים, וכתוצאה מכך מספרם של חלק מהמינים פחת ואף נכחד (לבנון החולה *Acanthobrama hulensis*), נון הגליל (*Nun galilaeus*), וטבנגון סימון חולתי (כנרתן חולתי *Tristramella simonis intermedia*) בעוד מינים אחרים שגשגו (למשל, השפמנון המצוי) (רייכמן וחוב', 2014; ענבר וארצי, 2014; החברה להגנת הטבע, ח.ת.). בשנים האחרונות חוזרים לשמורת החולה מינים ספורים שנעדרו ממנה מאז הייבוש, למשל בינון הירדן (*Nemacheilus jordanicus*), לבנונית הגליל (*Pseudophoxinus kervillei*) וכינון נמרי (*Nemacheilus panthera*) (ענבר וארצי, 2014).

גופי המים בעמק מקיימים גם מינים רבים של חסרי חוליות ממערכות ומחלקות שונות, מינים החיים במים או בקרבתם ומינים אחרים החיים באזורים היבשים יותר, כגון: גלגיליות (*Rotifera*), רכיכות וסרטנים (לבנה, 1990). עבודות שסקרו את מי המעיינות בחולה מצאו פרטים שונים של רכיכות כגון סהרורית הירדן (*Theodoxus jordani*), סרטנים (סרטן נחלים *Potamom potamios*, סרטן שווה רגליים *Asellus sp.*) וכן מיני חרקים (למשל, מינים שונים של ימשושים *Chironomidae*) (רייכמן וחוב', 2014).

הצמחייה המאפיינת כיום את שטחי העמק שונה מהצמחייה ששלטה בשטחי הביצה והאגם טרם הייבוש (רייכמן, קפלן וליטאור, 2014). שטחי החקלאות התופסים כיום את מרבית השטח דוחקים את הצומח הטבעי אל שטחים הממוקדים לאורך ערוצי הנחלים, בשמורת החולה ולאורך שולי העמק. פרויקט שיקום והצפת החולה הביא להרחבת היקף בתי הגידול הלחים הזמינים להתפתחות של צומח אופייני. בשמורת החולה השתמרה חלק מצמחיית האגם והביצות, הכוללת מינים שמקורם באזורי אקלים שונים, צפוניים (אירוס ענף *Iris pseudacorus*, קנה, סוף, שערות שולמית מצויות *Adiantum capillus-veneris*) וטרופים (גומא הפפירוס). סביבה זו מהווה בית גידול צעיר יחסית המושפע מאוד מהסביבה הכוללת פעילות חקלאית ופעילות ממשקית של השטח (ריסוס, כיסוח עשביה ושינויי מפלס), ומאופיינת בחוסר יציבות שבאה לידי ביטוי גם בשינויים בהרכב המינים (רייכמן וחוב', 2014). מינים פולשים (למשל, גומא ריחני *Cyperus odoratus*, חסת המים *Pistia stratiotes*, שיטה כחלחלה *Acacia saligna*, דטורה זקופת פרי *Datura stramonium* ואמברוסיה לענתית *Ambrosia artemisiifolia*) מהווים גורם נוסף המשפיע על מיני הצומח באזור (ארצי, 2015).

מחקרים מדווחים על מספרים שונים של מיני אצות בבתי הגידול הלחים שבהחולה. Pollinger et al. (1998) דיווחו על המצאות 276 מיני אצות באגמון החולה ועל דמיון רב הקיים בין אוכלוסיות האצות שנצפו באגם החולה לפני הייבוש ובאגמון. בדו"ח השנתי של פרויקט החולה לשנת 2011-2012 דווח על המצאות של 92 מיני/סוגי אצות באגם ובתעלות (רייכמן וחוב', 2014).

3.6 מבוא למערכות מקווי מים מלאכותיים בתוך מערכת העל מקווי מים פנים ארציים

ברכות דגים ומאגרי מים מהווים מערכות אקולוגיות, על אף שמנוהלים באופן אינטנסיבי ומיועדים מיסודם לספק את צרכי האדם – בריכות הדגים מספקות דגים ומאגרי המים מספקים מים לשתייה ולהשקיה (בנט, פרימן ואנג'ל,

2016). במערכות אלה מתקיים מגוון ביולוגי עשיר ותהליכים אקולוגיים תומכים, כמו ייצור ראשוני ומחזור חומרי הזנה. יתרה מזאת, מקווי מים אלה מהווים תחליף מסוים לבתי גידול לחים טבעיים (למשל, נחלי איתן ובריכות חורף) שנעלמו במאה האחרונה כתוצאה מפעילויות פיתוח, ניקוז, שאיבה והסדרת נחלים (רמון וחוב', 2001; לשם וחוב', 2009).

3.6.1. אזכור היקף, מיקום וגבולות גיאוגרפיים של תת-מערכת בריכות הדגים

בריכות הדגים בישראל מכסות שטח של כ-29 אלף דונם, מתוכם כ-23-20 אלף דונם מדגים פעילים (גלר, מידע שבע"פ; מפ"י, 2017) בנפח כולל של כ-90 מיליון מ"ק מים (עופר, 2010; צלול, 2016). מדובר בעיקר בבריכות עפר פתוחות (בריכות אקסטנסיביות) ובמאגרים פתוחים המשתייכים ל-45 משקים, המוחזקים ברובם ע"י קיבוצים. שלושה דונם בלבד הם מערכות מדגה אינטנסיביות סגורות שהפרק אינו מתייחס אליהן. למדגה בישראל היקף ייצור שנתי של כ-18 אלף טון דגים, שהם כ-77% מסך ייצור הדגים בישראל והיקף מכירות של כ-250 מיליון ש"ח (עופר, 2010). אזורי הגידול העיקריים הם עמק בית שאן ועמק הירדן, מפרץ חיפה ואזור החוף בחדרה ובעמק חפר, גליל עליון (בעיקר עמק החולה) וגלבוה. בשנים האחרונות מתפתח ענף בריכות הדגים בנגב ובערבה. עונת הגידול היא בעיקר בחודשים החמים ונמשכת כ-6 חודשים, כאשר אכלוס הבריכות נעשה בהתאם לשיקולים שונים, כגון מין הדג ודרישות השוק.

ראשיתו של ענף בריכות הדגים ביישוב היהודי בארץ ישראל בשנת 1938 (ארגון מגדלי הדגים, ח.ת.). מאז, גדל שטח הבריכות עד שבתחילת שנות ה-70 הגיע לשיאו, כ-50 אלף דונם ("תצומצם הספקת מים לבריכות דגים", 1973; גלר, מידע שבע"פ). בעקבות מחסור במים מתוקים בישראל והמחסור בשטחים, חל פיתוח מואץ של שיטות מתוחכמות לגידול דגים (אכלוס דגים בצפיפות, בקרה יעילה על כמויות המזון והעשרה של המים בחמצן). החוסכות במים ובשטחי קרקע ומאפשרות השגת יבולים גבוהים. כתוצאה, שטח הבריכות הצטמצם באופן משמעותי במהלך העשורים האחרונים ומספר המשקים העוסקים בגידול ירד בכחצי. גם כיום נמשכת מגמה זו, בעיקר מסיבות כלכליות. בישראל קיים מצב ייחודי בהשוואה לשאר העולם מבחינת יחסי הגומלין המרחביים והתפקודיים בין בריכות לגידול דגים, לבין הנחלים ובתי הגידול הלחים הטבעיים (סקוטלסקי ולבינגר, 2015; בנט וחוב', 2016):

- 83% ממקורות המים של הבריכות הם מים ברמות מליחות שונות מנביעות, קידוחים ומי שיטפונות, שאינם ראויים לשתיה ללא טיפול נוסף, וגם השימוש בהם להשקיה מוגבל ביותר (בנט וחוב', 2016; אתר ארגון מגדלי הדגים, ח.ת.). המדגה מסחרר את המים הללו בתוך מערכת גידול הדגים לזמן ממושך ומשפר את איכותם באמצעות תהליכי ביופילטרציה ושיקוע. בתום מחזור הגידול, לאחר שהדגים הגיעו למשקל הרצוי ונאספו, מי פלט עם מליחות נמוכה יחסית ממאגרים שמגדלים בהם דגים, ממשיכים את דרכם להשקיה בשדות, ואילו מי פלט של בריכות דגים, המתאפיינים במליחות גבוהה שאינה מתאימה להשקיית שדות, מוזרמים לנחלים (עופר, 2010). פלט זה מכיל שאריות חומרי הזנה, הפרשות דגים, תרופות, כימיקלים, חומרים אנאורגאניים (חנקן, זרחן) ועוד (צלול, 2016).

- רוב בריכות הדגים בישראל נמצאות בסמוך לאזורים שהתקיימו בהם בעבר בתי גידול לחים טבעיים, למשל באזורי ביצות, בפשטי הצפה ולאורך אפיקי נחלים. הבריכות הוקמו לאחר ובמקביל לייבוש של מעל 89 אלף דונם שטחי מקווי מים טבעיים (למשל, ביצות כבארה, ביצות החולה ואגם החולה) (טבלה 3).

- בריכות הדגים בישראל ממוקמות בסמיכות לערוצי נחלים ובשל המשטר התפעולי מקיימות יחסי גומלין עם הנחלים עצמם ועם מקורות המים המזינים אותם.

לשלושת המאפיינים הללו יש חלק עיקרי בעיצוב יחסי הגומלין הייחודיים של המדגה הישראלי עם הסביבה, חקלאות המים בישראל מנצלת מחד משאבים סביבתיים ולכן היא בעלת השפעות שליליות על הסביבה ומאידך היא מספקת שרותי מערכת אקולוגיים חשובים בישראל (בנט וחוב', 2016).

טבלה 3: הקמת בריכות דגים לאחר ובמקביל לייבוש של מקווי מים טבעיים (בנט וחוב', 2016).

שטח פעיל (כיום דונם)	הקמת שטחי בריכות דגים		שטח שיבוש (דונם)	אירועי ייבוש ביצות ומקווי מים	
	שנים	אזור		שנים	אזור
				ביצות הירקון	1880-1930
1,000	1948	השרון (גן שמואל, משמר השרון, מעברות)	4,500	ביצות חדרה ביצות עמק חפר והשרון	1895-1929 1929-1938
537	1941	עמק הירדן	600	ביצות עמק הירדן ודרום בקעת כנרת	1920-1930
400	1956	עמק יזרעאל	19,370	ביצות עמק יזרעאל וקישון	1921-1938
15,678	1939	עמק חרוד ועמק בית שאן		ביצות עמק בית שאן חרוד	1921-1936
2,601	1950	חוף הכרמל	2,570	ביצות כבארה וחוף הכרמל	1924-1939
1,707	1934	עמק עכו	2,580	ביצות הנעמן	1930-1940
1,823	1940	עמק החולה	62,000	ביצת החולה ואגם החולה	1951-1958
23,746	סה"כ שטח בריכות דגים פעיל (2012)		89,050	סה"כ שטח שיבוש	

3.6.2. אזכור היקף, מיקום וגבולות גיאוגרפיים של תת-מערכת מאגרים

שימוש במאגרים מאפשר ניצול יעיל של מקורות מים מתוקים שאינם זורמים לכנרת או נקלטים באקוויפרים, בייחוד בתנאי האקלים של ישראל, בה המים העיליים שמקורם בגשמים מגיעים אלינו רק בחורף (רבהון, 1999). בעשורים האחרונים נעשות פעולות רבות לייעל את ניצול המים, ובתוכן למאגרים מקום מרכזי. למשל, טיהור מי שפכים ושימוש חוזר להשקיית גידולים חקלאיים, לתעשייה ולהחדרה למי תהום. הנ"ל מזוית ראייה של ניהול משאבי מים מבלי להתחשב בצורכי הטבע.

לפי נתוני רשות המים קיימים למעלה מ-600 מאגרי מים, הפרוסים בכל רחבי הארץ. מתוכם, כ-320 מאגרים, בנפח של כ-270 מיליון מ"ק, משמשים לאגירת מי שיטפונות; כ-270 מאגרים, בנפח של כ-90 מיליון מ"ק, משמשים לאגירת קולחים; וכ-20 מאגרי ביוב ושפכים בנפח של 4 מיליון מ"ק. חלק מהמאגרים הללו הינם רב-תכליתיים, כלומר משמשים לאגירת קולחים ומי שיטפונות או קולחים ומי מעיינות מליחים. בנוסף, קיימים מאגרים ספורים נוספים המשמשים כבריכות אידוי (למשל, בריכות אידוי בים המלח, באילת ובעתלית) ומאגרים שנבנו לצרכי נופש ופנאי (כמו אגם מונפורט במעלות ואגם הפארק שבפארק הירקון ת"א). סוג ייחודי שונה של מאגרים הם אגני החדרה למי התהום. אלו מפעלים המחדירים מי שיטפונות במטרה להעשיר מי התהום, או כדי לטייב את מי התהום ולמנוע המלחת המים (למשל, מפעלי נחלי מנשה ומפעל נחל הבשור). לעומתם, במפעל השפד"ן מוחדרים מי קולחים למי התהום ולאחר נשאבים לצריכה חקלאית (סביר והראל, 2004; טל, 2017). בנוסף, קיימים בארץ גם מאגרי מי שתייה ספורים, המכוסים בכיסוי אטום ואינם מקיימים מערכת אקולוגית ולכן הפרק לא מתייחס אליהם.

חלק מהמאגרים מתמלאים מספר פעמים בשנה, כך שבפועל הם מספקים למשק המים כמות גדולה מנפח האיגום שלהם. המאגרים נבדלים בתשתית (אבנים ובלוודרים, חרסית מהודקת, מדופנים), מידת אטימותם לחלווה וכן

בגודלם. ניתן לאפיין אותם לפי המרחב שבו נמצאים ואופי התפעול שלהם. למשל, אם המאגר מספק מים לאורך כל השנה (מאגר תפעולי) או שאוגר מים בחורף ומספק אותם החל מהאביב (מאגר עונתי) (גב ישראל, מידע שבע"פ, 2017; זעירא וחוב', 2017). אופיו הייחודי של כל מאגר מכתוב תנאים אקולוגיים שונים לקיום בית גידול לה, ובעקבותיו מתפתחת חברה שונה של צמחים ובעלי חיים.

3.6.3. המגוון הביולוגי של מערכות מקווי מים מלאכותיים

התשתית הפיזית של המערכת האקולוגית בכל בריכות הדגים והמאגרים הינה המים, אך הבדלים מהותיים יוצרים את התנאים להתפתחות וקיום של מערכות אקולוגיות אקוטיות שונות. סוג המים, מיקומו וגודלו של מקווה המים ואינטנסיביות הממשק הם בין הגורמים הבולטים המכתיבים את אופיים של בתי גידול אלה. בחלק זה נתאר את המגוון הביולוגי שבגלל או למרות הניהול האינטנסיבי מתקיים במקווי מים אלה, חלקו טבעי ומאפיין בתי גידול לחים בישראל וחלקו מיובא מחו"ל.

בריקות דגים ומאגרים מאכלסים מגוון מיני פיטופלנקטון (למשל, אצות צורניות, אצות ירוקיות), עשבי מים וצומח גדה, כמו פטל קדוש (*Rubus sanguineus*), סוף, קנה, עבקנה ונענע משובלת (*Mentha longifolia*). במקווי מים אלה גדלים גם מיני זואופלנקטון, חלזונות, מכרסמים ודגים. שני מיני דגי המאכל העיקריים בבריכות הדגים הם אמנון הירדן (*Oreochromis aureus*) וקרפיון מצוי, המהווים ביחד 74% מהתפוקה (ארגון מגדלי הדגים, ח.ת.; עופר, 2010). בבריכות מאכלסים מיני דגי מאכל נוספים, למשל קיפונים, כסיף שפל-עין (*Hypophthalmichthys molitri*), נמסיף (בן כלאיים של נמרון וכסיף), טרוטת עין-הקשת (פורל) ואלתית (סלמון) (גולני ורום, 1997; אתר משרד החקלאות, 2012). ישנן גם בריכות המיועדות לגידול דגי נוי של מים חמים (טרופיים) או דגי מים קרים, כמו הקוי, דגי הזהב והשליירים (שלומי, הרפז ופרוימן, 2013). בשונה מבריכות הדגים בהן האכלוס נועד לגידול הדגים לצרכי מאכל, במאגרים מאכלסים דגים למטרת ניקיון ושיפור איכות המים. למשל, כסיף שפל-עין מסנן את המים מאצות פלנקטוניות, קרפיון שחור (*Mylopharyngodon piceus*) ניזון מחלזונות וקרפיון מצוי טורף זחלים של חרקי מים (דותן, 2016; זעירא וחוב', 2017).

עושר הדגים בבריכות מושך אליו מגוון עשיר של עופות, ביניהם מינים נודדים ומינים חובבי מים קבועים. חלק מהעופות תורמים למערכת האקולוגית של הבריכה בהיותם "פועלי ניקיון", הניזונים מתוצרי הלוואי של הבריכה-אצות וצמחים, מיני סרטנים ופלנקטון (לשם וחוב', 2009). למשל, ברווזים מסננים פלנקטון, מיני חופמאים נוברים בבזן אחר סרטנים ושרצים קטנים, ומיני שחפים ועורבים אוכלים פגרים. 39 מיני עופות אחרים, כגון אנפות, שלדגים, חסידות, שקנאים, קורמורנים ושלכים ניזונים מדגים (בעיקר קטנים). שבעה מהם נחשבים כמזיקים למדגה ומושקעים מאמצים רבים לצמצום נזקיהם (בן-צבי, יום-טוב ולשם, 2016). בדומה לבריכות הדגים, גם המאגרים מושכים אליהם עופות רבים בשל היותם מקור מים: עופות דורסים (למשל עיט שמש *Aquila heliaca*, עיט צפרדעים *A. clang* ושלך מערבי *P. haliaetus*), עופות מים (אווזים וברווזים). חלק מהמינים הנצפים במאגרים הם נדירים, למשל הברווז המשוש (*Marmaronetta angustirostris*) והקוויית הלהקנית (*Vanellus gregarious*), וכן קיימים גם מינים בסכנת הכחדה עולמית, כמו הצחראש הלבן (*Oxyura leucocephala*) וצולל הביצות (*Aythya nyroca*). בחורפים המאגרים מהווים אתרי לינה לילה לעגורים אפורים חורפים, חסידות לבנות (*Ciconia ciconia*) (מאמצע ספטמבר עד תחילת אוקטובר) ושקנאים לבנים (*Pelecanus onocrotalus*) (אוקטובר-נובמבר), ואתרי שהייה לחסידה שחורה (*Ciconia nigra*). בצמחייה בשולי המאגרים נצפות כדרך קבע

ציפורי שיר אופייניות, למשל כחול חזה (*Luscinia svecica*) ונחליאלי לימוני (*Motacilla citreola*) (גרניט, 2014). הצמחיה המתפתחת בשולי הבריכות מושכת אליה יונקים וזוחלים שונים.

4. שירותי המערכת האקולוגית של מקווי מים פנים ארציים

4.1 שירותי אספקה

4.1.1 אספקת מרעית למקנה

מהות השרות ומנגנון הפקתו: "מרעית" הוא שם לרכיב מגוון ביולוגי של מערכות מקווי המים, הכולל מינים שחלקי גופם (עלים, שורש, גבעול) נאכלים על ידי חיות המקנה, בקר וצאן, ואף סוסים, חמורים, ותאומים. מינים אלה מונגשים לחיות המקנה על ידי בעלי העדרים המוציאים אותם למרעה במערכות האקולוגיות אותן חוצים ערוצי הנחלים, בגדות בריכות חורף ואף בשטח הבריכה בעונה היבשה. גם בשמורת החולה רועה עדר פרות באלדי (ארצי, מידע שבע"פ, 2016), המוריק את שטחי האחו הסובבים את גופי המים (ענבר וחוב, 2012; ריכמן וחוב, 2014).

מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים באספקת השרות: רכיב זה של המגוון הביולוגי כולל צמחי מים שכל גופם טבול במים, כמו יקינטון המים וחסת המים, מיני גדות נחלים ובריכות חורף, כמו כרפס ביצות (*Apium nodiflorum*), גרגיר הנחלים (*Nasturium officinale*), פטל קדוש (*Rubus sanguineus*), ביצעוני מצוי (*Eleocharis palustris*), אגמון ימי (*Scirpus maritimus*), תלתן הביצות (*Trifolium fragiferum*), פספלון דו-טורי (*Paspalum distichum*), סמר חד (*Juncus acutus*), קנה מצוי (*Phragmites australis*), סוף מצוי (*Typha domingensis*) ומינים צומח נוספים שבקרבת מקווה המים, גדותיו וחופיו (זליגמן וחוב, 1959; זליגמן וחוב, 2016). בבריכת החורף, עיקר הרעייה בחורף ובאביב היא של צמחים יבשתיים הנמצאים בסמוך לבריכה. בקיץ, לאחר שהבריכה מתייבשת כליל, צמחיית הבריכה הממשיכה להתקיים הודות לתכולת המים הגבוהה של הקרקע במקום בו בריכת החורף ממוקמת, משמשת כצמחי מרעה למאכל צאן ובקר. בקר, כבשים וסוסים ניזונים מכל חלקי גוף של צמחים עשבוניים, וחלקי גוף מעוצים במידה פחותה, בעיקר בעונת הלבוב. גם העיזים ניזונות ממינים עשבוניים אך מעדיפות ענפים מעוצים. החמור והתאו אוכלים מינים מעוצים/גסים יותר, כקנה למשל (קפלן, 2010).

ממדי הפקת השרות: שטחי המערכות שבתוכן זורמים הנחלים וחופיהם הסמוכים מהווים מרחב שעדרי הבקר פעילים בו ברציפות וללא הכוונה במשך מספר חודשים בשנה, מאחר והנחלים מהווים מקור יחיד למי שתייה למקנה בעונת הקיץ (דולב וחוב, 2013). קיימים שטחי מרעה בנחלים רבים בארץ, ביניהם נחל דישון, נחל חרמון, יהודיה, גילבון, משושים, יפתחאל, יבניאל, ציפורי, השופט ועוד. לא נמצא מידע על ממדי הרעייה סמוכת הנחלים בישראל ותועלתה הכלכלית, למעט מידע חלקי על מספר היתרי הרעייה בשטחי שמורות טבע בהם עוברים נחלים. לדוגמה, בשנים 2014-2015 רט"ג אישרה 99 חוזים לרעייה בשטח כולל של כ-186,477 דונם בשמורות עם נחלים ומעיינות במחוז צפון, של כ-20,466 בע"ח שרובם בקר ומיעוטם סוסים, עזים, כבשים ופרות (מתוך טבלת הסכמי רעייה בשטחי רט"ג, 2015). בשמורת החולה בה הרעייה מנוהלת, עומד עדר פרות על 46 פרטים (ארצי, 2015).

תרומת התועלות לרכיבים השונים של רווחת האדם: המרעית מהווה מזון למקנה, שממנו האדם מפיך תועלות שונות, כגון מוצרי חלב ובשר למאכל. הצומח העשבוני שבסמיכות לנחלים ניזון מלחות קרקע גבוהה יחסית במשך כל חודשי השנה ולכן הוא מתפקד כמרעית של מערכת הנחלים המאפשרת להאריך את עונת הרעייה אל תוך הקיץ, זמן בו שירות אספקת המרעית של המערכות היבשתיות נמוך ביותר. בדומה גם צמחיית בריכת החורף הממשיכה

להתקיים בקיץ, הודות לתכולת המים הגבוהה של הקרקע, מאפשרת להאריך את עונת הרעייה. למרעית בגדות מקווי המים יש גם תועלת כלכלית, הבאה לידי ביטוי באספקת מזון ישירות מהטבע, ללא עלות נוספת מצד המגדלים, אך לא נעשה כימות של הסכון זה (הנקין וחוב', 1997; לנדאו חוב', 2015).

המשתמשים, המגזרים השונים בחברה המשתמשים בשרות: המגזר החקלאי (בוקרים, רועים), אך אין מידע כמותי בנדון.

מגמות

ממדי הפקת השרות בעבר: המניע לשימוש בהיצע שרות זה הוא בעיקר בקיץ, כאשר יש אספקה נמוכה של שרות המרעית במערכות היבשתיות. היות ורק בעשורים האחרונים התפתחה מגמת האבסת המקנה בזבל עופות ובשעורה בעונה החמה, הביקוש לשרות אספקת מרעית קיץ על ידי מערכת הנחלים עשוי להיות קטן יותר כיום. אפשרי אפוא שבעבר הרחוק יותר, כאשר ההאבסה במזון קנוי נחשבה כיקרה מדי, הביקוש לשרות זה היה גבוה מזה של היום.

מצב המגוון הביולוגי הרלבנטי לאספקה במהלך השנים לאחור: יש לשער כי בטרם החלו ההטיה וייבוש מקורות המים, ועמם גם ייבוש חלק מהנחלים בעונת הקיץ (כמו נחל בצת ונחל ציפורי), צומח המים והגדות (הכולל את רכיב המרעית) וממדי ביומסת המרעית הכוללת של מערכת הנחלים היו גבוהים בהשוואה לאלה של היום. כמו כן נחלים רבים אשר כיום יבשים בתקופת הקיץ, זרמו בעבר בעוצמה לאורך כל חודשי השנה ותמכו בצמחיית גדות רחבה ויציבה.

בשמורת החולה, כשהוצאו בע"ח רועים משטחי האחו בעבר, השתלטו עליהם אשלים וצומח אחר (ריכמן וחוב', 2014).

זיהוי מגמה: היות ואין מידע כמותי על אספקת השרות בעבר ואספקתו כיום, קשה לזהות מגמת היצע שהיא ספציפית לשרות זה. ייתכן שכמו שאר שרותי האספקה והתרבות של מערכות מקווי המים, מאז קום המדינה ממדי ההיצע פחתו, ולאחר זמן החלו להשתקם, גם עדיין לא חזרו, ואפשר שלא יחזרו לממדי טרום-המדינה. לגבי הביקוש, חסרי מידע שיאפשר זיהוי מגמה.

זיהוי הגורמים מחוללי השינוי: אין מידע שגורמים ספציפיים חוללו שינוי במיני המרעית.

סיכום המגמה וגורמיה, והתייחסות להשלכות העתידיות האפשריות במצב בו המגמה שזוהתה תימשך או תשתנה: בשנים האחרונות אנו עדים לשיפור באיכות המים הזורמים בנחלי ישראל בד בבד עם תכניות לשיקום נחלים והקצאת מים ייעודית. ניתן לצפות לשיפור בתנאים אלו יביא לעלייה במספר ובתפוצת צומח המים ורכיב המרעית בתוכו. מצד שני, על אף השיפור הצפוי בהיצע, לא צפוי שינוי בביקוש ושימוש של שרות אספקת המרעית, בגלל שקיימת סבירות גבוהה שנחלים משוקמים לא ישמשו לרעייה חופשית, גברה אכיפת כללי המרעה בשנים האחרונות (מזר וחוב', 2011), וכן הרעייה בתוך ובסמוך למקווי מים מורידה את איכות המים. המרעה יוצר עומס מזהמים הן ע"י פליטת מתאן ממערכת העיכול, והן ע"י חמצן דו פחמני מפסולת הבקר הזורמת לנחלים או חודרת למי התהום (Elferink et al., 2008; Nguyen et al., 2010). בנוסף, חומרים אורגניים מהפרשות בקר מהווים נוטריאנטים הממריצים גדילת אצות וצמחי מים, ועלולים ליצור תנאים של מחסור בחמצן בגוף המים הפוגעים במאכלסים (איור 5). כתוצאה, מצמצמת אספקה של שירותים אחרים כאספקת מים ושרותי תרבות של תירות ונופש. ואמנם, בקיץ 2001 אסר משרד הבריאות את הכניסה למבקרים בשמורות מג'רסה, זאכי ועילבון וזאת בשל המצאות

חיידקי קולי צואתי ברמה הגבוהה פי שניים מהמותר, ככל הנראה בשל רעיית בקר במעלה הנחלים. בשל כך נעשו לאחרונה ניסויים בממשק תחליפי לשרות המערכת של אספקת מרעית, וזאת באמצעות העתקת שקתות המים ומזון מאפיקי הנחלים למעלה הגבעות. כך יש פחות שטיפה של חומרי הפרש לכנרת ופחות נפגעים שרותי התרבות ואספקת המים (דולב וחוב', 2013).

איור 5: פרות רועות בתוך אפיק נחל ארביל (22.03.2015). צילום: ירון הרשקוביץ.



4.1.2. אספקת משאבים גנטיים

מהות השרות ומנגנון הפקתו: מיני דגים, צמחים ויצורים אחרים שהם חלק מהמגוון הביולוגי של מערכות מקווי המים, משמשים להשבחתם של מיני תרבות (המשמשים לחקלאות ולנוי), באמצעות הכלאה עם קרוביהם התרבותיים או ע"י שימוש בגנים שלהם, ויכולים להיות בעצמם גם מקור לביות של מיני חקלאות ונוי חדשים. גם גנים לחומרים בעלי ערך בריאותי או כלכלי המיוצרים באופן טבעי בצמחי מים וגדות ניתנים לניצול לצורך ייצור מסחרי של אותם חומרים הינם משאבים גנטיים. מימוש שירות זה יכול להיעשות באמצעות איסוף פרטים לצורכי ביות וגידול במערכות חקלאיות, או מיצוי של גנים לצורכי סינתזה של חומרים חדשים ולפיתוח חיקויים תעשייתיים של חומרי הטבע.

מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים באספקת השרות: במערכת הנחלים חיים מיני דגים המהווים משאב גנטי. *אמנון היאור* (*Oreochromis niloticus*) שהיה נפוץ בעבר בירקון ובמקורותיו (דולב ופרבולוצקי, 2002), הוא דג שהזן המסחרי שלו נפוץ בבריכות הדגים של ישראל (משרד החקלאות, 2002). היות וגידולו של זן זה דורש בעיקר טמפרטורת מים של כ-28 מעלות, גידול זה סובל בימי חורף קרים (בנט וחוב, 2012). כדי להתגבר על מכשול זה פותחו בישראל זני מכלוא שאחד מהם הוא תוצר הכלאה של *אמנון היאור* (*Oreochromis niloticus*) המסחרי עם דגי *אמנון ירדן* (*O. aureus*) שמקורם באוכלוסיית המעינות שבמדינת צוקים – עין פשחה (בנט וחוב, 2012). המכלוא (*Oreochromis niloticus* x) הוא בעל עמידות גבוהה יחסית למליחות מי ברכות הדגים ולקור, בהשוואה לזנים מסחריים אחרים של *אמנון היאור* (Hulata, 2001). גרעין הרבייה של *אמנון הירדן* ששימש להכלאות בתחנת המחקר דור, שימש גם כמקור להשבת המין לטבע שם היה מאוים, בשל נסיגת ים המלח ששינתה את התנאים בעין פשחה ובשל הדבקת הדגים בטפיל (מילשטיין וחוב, 2017; בנט, מידע שבע"פ).

עגלסת הירדן (*Gara rufa*) הינו דג מים מתוקים הנפוץ בכל חלקיה של מערכת נחלי הירדן, באזור נחל הקיבוצים, בנחלים נוספים ובכנרת. פרטי מין זה ממערכת הנחלים בישראל בויתו ומשמשים כדג רפואי לעיסוי. הדג נצמד אל גוף המתרחצים וניזון משכבות עור חיצוניות ומעור מת. הדג משמש גם לטיפול בחולים במחלות עור, כגון פסוריאזיס. הדגים המבויתים מטופחים בחוות גידול בצפון הארץ ומיוצאים למדינות רבות ברחבי העולם (דיסקוס הגליל, 2010, דיגדגים, 2016; 2017-8; Jordan River Garra Rufa).

בגדות בריכות החורף, הכנרת, החולה ונחלים רבים גדלים צמחי בר שבוייתו על ידי האדם לצרכי גידול חקלאי, ולכן מהווים מקור גנטי להשבחת הזנים המבויתים. למשל, כרפס ריחני (*Apium graveolens*) קרוב לכרפס התרבותי-הסלרי, המשמש כצמח מאכל ותבלין, ואולי פותח ממנו.

גנים של מיני צמחי מים וגדות אחרים מנוצלים לצורך ייצור תעשייתי של חומרי טבע. למשל הרדוף הנחלים (*Nerium ole&er*) משמש לטיפול במחלות לב (אמוץ, 1991). נענע משוכלת (*Mentha longifolia*) היא צמח המקור לצמחי הנענה והמנתה המבויתים, המשמשים לתעשיות מוצרי הניקיון והקוסמטיקה וכן משמשת כתרופה לבעיות במערכת השתן (לבנה, 2017). שוש קרח (*Glycyrrhiza glabra*) משמש כממתיק לא סוכרי בתעשיית הליקרים והממתקים (קריספיל, 1983).

נחלי ישראל הם גם המקור למין של חיידק ה-BTI (*Bacillus thuringiensis israelensis*) (התגלה בערוץ של נחל הבשור ב-1976) המשמש להדברה ביולוגית של זחלי יתושים, והוא מיוצר בהיקפים גדולים ברחבי העולם וגם

בישראל (Ben-Dov, 2014; Goldberg & Margalit, 1977). החומר המיוצר על בסיס החיידק הוא בטוח לשימוש, כולל במי שתיה, והוא אחד התחליפים היחידים לחומרי ההדברה הכימיים המיושמים כנגד יתושים בכל העולם (Bravo et al., 2011).

ממדי הפקת השרות: ידוע בישראל על לפחות שני מינים של צמחים, שלושה מיני דגים ומין אחד של חיידק שביתו או שגנים שלהם שימשו להשבחת מיני חקלאות ואחרים.

תועלות השרות: מיני הבר שהם מקורם של מיני תרבות, המשמשים היום את האדם בישראל, מהווים מקור רב ערך לגנים לצורך השבחת מיני התרבות, ומהווים בטוחה למקרה של קריסת מין תרבותי/תעשייתי שמקורו במשאבים הגנטיים של מערכות מקווי המים. לעיתים, צמחים שעברו תהליך של ביות מאבדים תכונות גנטיות חשובות (למשל, עמידות למזיקים), ואז מכליאים אותם עם זני המקור על מנת להחזיר לזנים המתורבתים את התכונות שאבדו. שרות המערכת מאפשר פיתוחים ושימושים ומחקריים, שיפור גידולים (למשל דגים) ועמידות למחלות ומזיקים. אך גם התחזוקה של מכלול המגוון הביולוגי מהווה תועלת, שכן מינים שאינם מתפקדים כמינים המספקים משאבים גנטיים בהווה עשויים להיות נדרשים לתפקוד כמשאבים גנטיים בעתיד.

תרומת התועלות לרכיבים השונים של רווחת האדם: התועלות הכלכליות מהכלאת מינים שמקורם במערכות מקווי המים הן רבות: (א) הגברת קצב הגידול המוביל להגדלת היקפי התוצרת ליחידת שטח ולהקטנת ההוצאות על מזון; (ב) עמידות המכלוא למליחות מים גבוהה (ולן, 2011); (ג) עמידות המכלוא לקור מאפשרת גידול בבריכות פתוחות וחסך השקעת אנרגיה לחימום (בנט וחוב, 2012); (ד) שיווק של מינים משופרים, שהשבחתם מבוססת (גם) על גנים של מיני בר ישראלים; ו(ה) אספקת דגה עשירה בחלבון בעלות נמוכה (Ansah et al., 2014). מבין המינים המסחריים, אמנון היאור הוא הנפוץ ביותר בגידול בחקלאות, וגידולו מתבצע במים מתוקים (ולן, 2011).

המשתמשים, המגזרים השונים בחברה המשתמשים בשרות: המגזר הפרטי (חברות תרופות ושונים אחרים), המגזר החקלאי (חוות לגידול מסחרי), המגזר הציבורי (רופאים, חוקרים ומדענים), שוק הביוטכנולוגיה (פיתוח תרופות על בסיס חומרי טבע).

מגמות

ממדי הפקת השרות בעבר: אין מידע

מצב המגוון הביולוגי הרלבנטי לאספקה במהלך השנים לאחור: אין מידע

זיהוי מגמה (השוואה בין הממדים במצבי עבר לממדים במצב הנוכחי): קשה לזהות את המועדים ואת המינים שזוהו כמשאבים גנטיים שנעשה בהם שימוש בישראל. הכלאה בין מינים שונים על מנת להשביח מיני תרבות נפוצה מזה מאות שנים, אך עם התפתחות המדע עיקר הדגש עובר לזיהוי גנים ספציפיים המקנים תכונות רצויות במיני המטרה.

זיהוי הגורמים מחוללי השינוי: הגורמים הישירים החשובים ביותר הם השינוי בשימושי הקרקע, ניצול המים והזיהום שגרמו במהלך העשורים האחרונים לירידה בשטחם של בתי הגידול הלחים הטבעיים ולירידה באיכות המים בנותרים. בעתים של אלה מינים אחדים נעלמו ובאחרים השונות הגנטית ככל הנראה ירדה (דולב ופרובולצקי, 2002; שיטנברג וחוב, 2007). החשוב ביותר הוא ההתקדמות הטכנולוגית בתחום ההנדסה הגנטית שהביאה לשינוי באופן בו מנוצלים המשאבים הגנטיים, מהכלאות לבידוד של גנים והנדסתם למיני תרבות. אם בעבר היה צורך באיסוף פרטים רבים של מין שזוהה כמשאב גנטי, על מנת לבצע את המחקר הגנטי או המחקר הכימי-תרופתי, הרי שכיום ניתן להסתפק במספר מועט של פרטים על מנת לקבל ריצוף גנטי ובידוד הגנים הרצויים לעיצוב מין מכלוא או להפקת

חומרים חדשים. משום שהשימוש במשאבים גנטיים מייצר זנים חדשים של דגים שאינם בטבע, ואלה מגודלים גם במערכות שאינן מבודדות מהמערכות הטבעיות, הולך ונוצר סיכון של הכלאות עצמאיות בין אוכלוסיות הבר לבין האוכלוסיות המבויתות, מה שעשוי לשנות ואולי אף להקטין את תפקוד מיני הבר כמשאבים גנטיים. לדוגמא, אוכלוסייה טבעית של אמנון הירדן נמצאת כיום רק בשמורת עיינות צוקים שבצפון ים המלח, ואילו בשאר מערכות הנחלים נמצאים כיום פרטים ממין המכלוא (אמנון ירדן ואמנון יאור) הגדל בבריכות הדגים.

4.1.3. אספקת משאבים רפואיים

מהות השרות ומנגנון הפקתו: צמחים החיים בגדות ובמי נחלים, בריכות חורף, הכנרת והחולה מייצרים חומרים פעילים המגנים עליהם בפני בעלי חיים אוכלי צמחים וטפילים, ולחלק מחומרים אלה תועלות רפואיות לאדם. הם משפיעים על תפקוד מערכות שונות בגופנו, וקוטלים חיידקים ופטטריות פתוגניים. ניתן לאסוף פרטים ממינים צמחים אלה ולעשות שימוש רפואי בהם או בחלקי גופם, ואף להפיק מהם תרופות בתהליכים תעשייתיים.

מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים באספקת השרות: כל מיני הצמחים המספקים שירות זה משמשים כתרופות מסורתיות, ובחלקם נמצאו כמועילים גם ברפואה העכשווית. הערבה הלבנה (*Salix alba*) היא עץ גדול נחלים הידוע ברפואה העממית כאמצעי לשיכוך כאבים, להורדת חום, לריפוי פגעי עור, בעיות בדרכי השתן, ודלקות שונות. ידוע עממי זה נחקר ונמצא כי עץ זה מכיל חומרים בעלי יעילות רפואית מוכחת (Shara & Stohs, 2015). לדוגמה, תמצית המופקת מערבה סייעה בהפחתת עוצמת כאב גב באופן מובהק בחולים בהשוואה לפלצבו (Chrubasik et al., 2001). גרגיר הנחלים הגדל בבריכות חורף, שימש ברפואה העממית לרפוי מחלות פנימיות כגון מחלות כבד ומרה, להמסת אבנים בכליות, לניקוי הדם ולניקוי מערכת העיכול (קריספיל, 1983). נענע משובלת (*Mentha longifolia*) הצומחת בגדות נחלים, בריכות חורף ובכנרת, נחשבת כצמח מרפא חשוב, לטיפול בשיעול, כאבי בטן, כאבי שיניים, הצטננויות ועוד. התרופה רוואכול, המסייעת לפורר אבנים במערכת השתן, מורכבת משמנים אתריים שונים וביניהם המנתול והמנתון המצויים בנענע. השמנים האתריים המופקים מהנענע הם חומרי גלם חשובים בהרכבם של סירופים רפואיים, ברפואת השינויים ובקוסמטיקה הטבעונית. התמר המצוי (*Phoenix dactylifera*), הנפוץ במעיינות ידוע בקרב ערביי ישראל כתרופה לטיפול באין אונות, במחלות מין, במחלות לב ובפצעים. צמח המים כרפס הביצות (*Apium nodiflorum*) הצומח בגדות נחלים ובריכות חורף יכול לשמש לטיפול חלופי בתסמיני אוסטאופורוזיס (Tsakova et al., 2015). הנופר הצהוב (*Nuphar luteum*) הגדל בעיקר בעמק החולה ובמקורות הירקון ידוע כתרופה הומאופתית לבעיות שונות. מחקר ישראלי העלה כי הנופר הצהוב יכול לסייע בריפוי המחלות קוליטיס (דלקת מעי חריפה), לישמניה (שושנת יריחו) ואף להגביר את יעילות הטיפול בסרטן, כאשר מיצוי שלו משולב עם חומרים כימותרפיים (Ozer et al., 2009).

גם פרטי מין העלוקה הרפואית (*Hirudo medicinalis*) עשויים לתפקד כמשאב רפואי: עלוקות משמשות להקזת דם כאמצעי רפואה מסורתית לשיפור בזרימת הדם, טיפול הידוע מזה אלפי שנים ואף נבחן לצורכי שימוש כחלופה במסגרת הרפואה הקונבנציונאלית (Abdullah et al., 2012). העלוקה הרפואית נמצאת כיום במעלה נחל הירקון, בנביעה המכונה "מעייני הדם" (עין שעל), במאגרים רבים בגולן ובמעיינות רבים בהרי ירושלים, כמו למשל עין לימון. בשנים האחרונות נערכים מחקרים העוסקים בפוטנציאל הרפואי הטמון בעורם של מיני דו-חיים המאכלסים בריכות חורף ליצור תרופות. למשל, עורם של מיני דו-חיים מסוימים, כמו הקרפדה הירוקה (*Bufo viridis*) והעגולשון שחור-גחון (*Latonia nigriventer*) מפריש ריר עם חומרי רעל חלבוניים בעלי פעילות אנטי פטרייתית חזקה ואנטי בקטריאלית חזקה, שקיים בהם פוטנציאל להפקת תרופות (Langsdorf et al., 2010).

ממדי הפקת השרות, תועלות ומשתמשים: הפקת השרות יכולה להיעשות בשני אופנים, איסוף פרטים מהמערכות ושימוש בהם כתרופה מסורתית, ואיסוף לצורך הפקה תעשייתית של תרופות הנמכרות בשוק. אין מידע ונתונים על ממדי ההפקה של השרות. לבד מהתועלות הבריאותיות שפורטו לעיל, לאיסוף ולשימוש המסורתיים יש תועלות

תרבותיות שעשויות גם לתרום לרכיב היחסים החברתיים של רווחת האדם. אין ידע ונתונים על ממדי הפקתה של השרות ולכן גם לא על המשתמשים. ניתן לשער שהשימוש המסורתי קטן ביותר, ולגבי השימוש בתרופות התעשייתיות שמקורן במשאבים הרפואיים של מערכות הנחלים של ישראל אין מידע גם כן. כמו כן לא ידוע אם המערכות המתחזקות את המשאבים הרפואיים הללו משמשות כמקור אספקה של משאבים גנטיים, היינו לצורך גידול חקלאי לשם הפקת תעשייתית של התרופות, או לצורך השבחת התרופות, ולכן אפשרי ששרות אספקה זה מתפקד במערכות הנחלים כשרות אספקה פוטנציאלי.

מגמות

ממדי הפקת השרות בעבר: אין נתונים על ממדי הפקת השרות בעבר בישראל, אם זאת ניתן ללמוד שצמחי מרפא שימשו ככלי עיקרי ברפוי מזה אלפי שנים, מתוך ספריהם של גדולי הרופאים בעבר, כמו הרמב"ם ואסף הרופא. ערביי הארץ שימרו את מסורת השימוש בצמחי הבר של הארץ למטרות מרפא. נסים קריספיל היה בין חלוצי התייעוד של הפולקלור והשימושים הרפואיים של הצמחים ופרסם ידע רב בילקוט הצמחים עוד בשנות ה-70.

מצב המגוון הביולוגי הרלבנטי לאספקה במהלך השנים לאחור: היות ומרבית צמחי המים הטבולים וצמחי הביצות נעלמו כתוצאה מזיהום מקווי מים ושינוי במשטרי זרימה, סביר שההיצע של השרות היה במגמת ירידה במהלך המאה הקודמת ועד לנוכחית. אך במקביל, גם הביקוש לשרות הצטמצם במהלך אותה תקופה לאור השימוש הגובר ברפואה המודרנית ומגמות הנטישה של הרפואה המסורתית.

זיהוי מגמה: אין נתוני עבר המאפשרים להשוות בין ממדי ההיצע והביקוש של השרות הן מבחינת הפוטנציאל והן מבחינת השימוש בשרות כשלעצמו. לא ידוע האם בין המינים שנכחדו בעבר הרחוק בעקבות הזיהומים והתמרת מערכות הנחלים שהתייבשו, נמצאים גם מיני צמחי רפואה. אך מכיוון שידוע על מינים רבים שנעלמו מהמערכות הללו, סביר שביניהם היו גם מינים המהווים צמחי מרפא, ולכן היצע השרות היה במגמת ירידה. כך גם פחת הביקוש לשרות מסיבות תרבותיות וכלכליות שהביאו לזמינות מתגברת של הרפואה המערבית ולנטישת הפקת חומרי רפואה "מסורתיים".

אבל במהלך העשורים האחרונים (משנות התשעים ועד 2016) מגמות הביקוש וההיצע של השרות ייתכן והתהפכו; פעילויות תחיקה ואכיפה בתחום הזרמת מזהמים, שיקום נחלים והקמת גרעיני רביה להשבת מינים (למשל, נחל קישון וציפורי-רט"ג, 2014) ייתכן והגבירו או יגבירו את ההיצע של השרות. באותה מידה מעמדה של הרפואה המסורתית משתקם גם בציבור וגם במסד הרפואי, מגמות שעשויות להגביר את הביקוש לשרות.

זיהוי הגורמים מחוללי השינוי: הגורמים הישירים שחוללו את השינוי השלילי בהיצע הם הזרמת מזהמים לנחלים ושאיבת מי המקור לנחלים, מה שהקטין את מיהול המזהמים במים והגדיל את ריכוזם והשפעתם השלילית על מיני המגוון הביולוגי המספקים את השרות. הגורמים הישירים שחוללו את השינוי השלילי בביקוש הם כלכליים וחברתיים, תוצאת המתח בין הרפואה המערבית והרפואה המסורתית. הגורמים העקיפים לשינוי חיובי במגמת ההיצע בעשורים האחרונים הם בתחום התחיקה והאכיפה והלחצים הציבוריים שהביאו ומביאים למיתון זיהום הנחלים ולשיקומם. הגורמים לשינוי חיובי בביקוש לשרות הם גורמי תרבות, חברה ומדע שמביאים להערכות שונות מהערכות העבר בהתייחס לרפואה המסורתית.

סיכום המגמה וגורמיה, והתייחסות להשלכות העתידיות האפשריות במצב בו המגמה שזוהתה תימשך או תשתנה: מבחינת המגמות עד כה ניתן להצביע על עתיד אפשרי בו הסיכונים לצמחי המרפא במערכת הנחלים לא

יהיו שונים מאלה של כל רכיבי המגוון הביולוגי של הנחלים, ומגמת הביקוש לשרות אספקת צמחי מרפא של המערכת תהייה דומה לזו של ביקוש צמחי מרפא מכל המערכות האקולוגיות של ישראל.

4.1.4. אספקת צמחי מאכל

מהות השרות ומנגנון הפקתו: מערכות אקווטיות מספקות מזון צמחי לאדם, באמצעות רכיב המגוון הביולוגי של צמחי בר שחלקי גופם אכילים, בעלי תכונות תזונתיות מועילות לאדם וברובם משמשים כתבלין. צמחים אלה מתקיימים בגדות בריכות חורף, הכנרת ונחלים ובשטחים היבשתיים הסמוכים להם, המוצפים כאשר הזרימות חורגות מעבר לממדי הערוץ/האגן. האדם לרוב אוכל את עלי הצמח, פירותיו ולעיתים את שורשו וזרעיו.

מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים באספקת השרות: בכריכות חורף, נחלים ומעיינות גדלים סמוך למקורות המים כרפס הביצות (*Apium nodiflorum*), גרגיר הנחלים (*Nasturtium officinale*), מליסה רפואית (*Melissa officinalis*) נענעת המים (*Mentha aquatica*), פטל קדוש (*Rubus sanguineus*), נענה משובלת (*M. longifolia*). ונענת הכדורים (*M. pulegium*). השניים האחרונים גם נפוצים בהחולה ובכנרת. במעיינות גם נפוץ התמר מצוי (*Phoenix dactylifera*).

ממדי הפקת השרות: שירות אספקת מזון צמחי לאדם אינו מופק בהיקפים גדולים כיום, להוציא ליקוט של צמחים לשימוש עצמי (בישול ביתי-מסורתי), עיקר האספקה מקורה בגידולים חקלאיים.

תרומת התועלות לרכיבים השונים של רווחת האדם: צמחי בר משמשים לתיבול מאכלים ונעשה בהם שימוש הן כחומר גלם טרי או כמרכיב בתבשילים. למשל, עלי גרגיר הנחלים משמשים כתבלין חריף לתיבול סלטים ומאכלי בשר; אבקת שורשי הצמח שוש קרח משמשת להכנת התבלין המתוק לקרייץ לתה ועלי נענת המים משמשים כתבלין לתה לתיבול רטבים, סלטים, מאפה, בשר, משקאות וממתקים. מקני השורש של בוציץ סוכני (*Butomus umbellatus*) נהגו להפיק קמח לאפיית לחם, וחלקי קני השורש והפרחים של קנה מצוי (*Phragmites australis*) וסוף מצוי (*Typha domingensis*) שימשו למאכל. ייתכן וקיים היבט חברתי-תרבותי בשימור מסורות ישנות של יציאה אל הטבע וליקוט עצמי של צמחי בר.

המשתמשים, המגזרים השונים בחברה המשתמשים בשרות: ליקוט בסביבות נחלים נהוג בפרט בקרב ערביי ארץ ישראל והדרוזים)

איור 6). כיום יש עלייה בפופולאריות של סיורי ליקוט ובישול לאורך נחלים (למשל, נחל אלכסנדר, נעמן, געתון וציפורי). ייתכן וגם בעלי מסעדות עם התמחות במאכלים מסורתיים או "טבעיים" ("בלאדי") משתמשים בשירות. בניגוד לנחלים, המגוון הביולוגי המאפיין בריכות חורף, בכנרת ובהחולה משמש כיום למאכל אדם במידה מוגבלת מאוד ולא ניתן לאתר משתמשים בשירות הנ"ל.

מגמות

ממדי הפקת השרות בעבר: יש להניח שבעבר ליקוט מגוון רחב של צמחי בר היווה חלק מהווי החיים, תרבות האוכל המסורתית והתזונה היומיומית של האוכלוסייה המקומית- חברות נוודים, כפריים או רועי צאן שרעו בסמוך לגדות נחלים (קריספיל, 1983) וממדי הפקת השירות ביחס למספר התושבים, היה גבוה בהשוואה לימינו.

מצב המגוון הביולוגי הרלבנטי לאספקה במהלך השנים לאחור: ניתן להניח כי בעבר נחלים זרמו בעוצמה רבה יותר, איכות המים הייתה גבוהה יותר והלחץ על מקורות המים היה נמוך יותר. לפיכך צומח המים והגדות היה עשיר ומגוון יותר בהשוואה להיום.

זיהוי מגמה: ניתן להעריך כי בעבר השימוש בצמחי בר היה נפוץ בהרבה מאשר כיום. כלומר קיימת היום ירידה הן בזמינות והן בביקוש.

זיהוי הגורמים מחוללי השינוי: שני שינויים עיקריים חלו במהלך השנים: שינוי סביבתי אשר הביא לצמצום במספר ובאיכות מקורות המים הטבעיים ולכן גם במספר הנחלים אשר יכולים לתמוך בצומח מים וגדה, וכן שינוי תרבותי-כלכלי הקשור בהתפתחות החקלאות המוסדרת. הראשון נובע מהעובדה שבמהלך השנים נחלים רבים זוהמו ומשטר הזרימה הטבעי בהם נפגע. כמו כן פעולות לשיפור ניקוז בהם ריסוס בקוטלי עשבים ושימוש בכלים מכאניים, פגעו ישירות בפשט ההצפה הטבעי, בו צומחים רבים מהצמחים המשמשים למאכל. השינוי התרבותי שחל עם המעבר לגידולים חקלאיים וכן תמורות תרבותיות שחלו באוכלוסייה המקומית (בוקמן ושלוחה, 2016), ייתר את הצורך ביציאה לשטח על מנת ללקט צמחי בר.

סיכום המגמה וגורמיה, והתייחסות להשלכות העתידיות האפשריות במצב בו המגמה שזוהתה תימשך או תשתנה: בעשורים האחרונים, עקב מעבר להתבססות על מזון תעשייתי כמעט ופסק ליקוט צמחים אלה. חלק מצמחים נוספים ששימשו למאכל אדם בעבר, כמו כרפס הביצות (*Apium nodiflorum*), פטל קדוש (*Rubus sanguineus*) ונענה משובלת (*Mentha longifolia*), בויתו ולכן כבר לא נאספים כיום מהטבע. בשל הזמינות הגבוהה של מזון מגידולים מתורבתים, לא צפוי כי מספר המשתמשים בצומח הגדות כמקור מזון יעלה בעתיד. זאת על אף השיפור שחל באיכות המים הזורמים בנחלי ישראל (בעקבות תכונות לשיקום נחלים והקצאת מים ייעודית), שעשוי להביא לעלייה בתפוצת צומח המים.

איור 6: ליקוט צמחי מים (גרגר נחלים) בנחל תנינים עליון, סמוך למושב אלונה (30.3.2007). צילום: ירון הרשקוביץ.



4.1.5. אספקת דברי קישוט- חומרים ליצירת הפצי קש

מהות השרות מנגנון הפקתו והמגוון הביולוגי המעורב באספקתו: תכונות של מינים במערכת העושות את חלקי גופם למוצרי נוי וקישוט. צמחי מים וגדה כמו נימפאות (*Nymphaea sp.*), קנה מצוי (*Phragmites australis*), עבקנה שכיח (*Arundo donax*), סוף מצוי (*Typha domingensis*), גומא (*Cyperus sp.*), סמר חד (*Juncus acutus*), פטל קדוש (*Rubus sanguineus*), הרדוף הנחלים (*Nerium oleander*), שוש קרח (*Glycyrrhiza glabra*) ועוד עשויים לשמש לקליעת מחצלות, סלים והפצי קש אחרים. ענפים של עצי ערבה מחודדת (*Salix acmophylla*) משמשים במנהגים דתיים בחג הסוכות.

מצב נוכחי

ממדי הפקת השרות: יש מידע מועט בספרות על האספקה הנוכחית של צומח מים וגדות לשימוש בייצור דברי קישוט על ידי אמנים וחובבים בתחום הקליעה (למשל, Cohen-Shacham, 2015). ממדי שירות האספקה קטנים, שכן מיני צמחים רבים נחשבים כערך מוגן. לפיכך מקור הצמחים המתפקדים כשרות אספקה של מערכת הנחלים הוא גזם ממשקי של מעיינות ונחלים בשמורות טבע, על ידי הרט"ג, וגזם ממשקי המתבצע על ידי רשויות ניקוז הנחלים (קריסטל, 2017, מידע אישי).

תועלות השרות ותרומתן לרווחת המשתמשים באספקת השרות: שרות זה תומך באספקת שרותי התרבות של מערכות מקווי המים הפנים ארציים- התנסות אקטיבית עם מוצרי המערכת הצמחיים שאספקתם מאפשרת שימושי פנאי כקליעת סלים ומחצלות. לאספקת הצמחים כמוצרי שרות זה גם תועלות כלכליות למגזר התעשייתי והעסקי מהצמחים המשמשים כ"חומרי גלם" לייצור מוצרי קליעה.

המשתמשים בשרות אספקת צמחי גדות לייצור מוצרי קליעה הם מספר אמנים שחלקם מקיים סדנאות יצירה לחובבים, לקליעת סלים והפקת סיבים לריהוט וחבלים. סדנאות אלה משחזרות מלאכות קדומות ומאפשרות התנסות מעשית בקליעה ובאריגה. מגמה זו מתפתחת לאחרונה במיוחד בצפון הארץ, שם גילו אמנים מקומיים את סוד הקסם של פעילות יצירה זו של חזרה למלאכות מסורתיות העשויה לשמר את הקשר עם הדורות הקודמים, לחזק את הקשר של האדם למרכיבי המגוון הביולוגי של מערכות הנחלים וכן לתרום לבריאות העוסקים ביצירה (קריסטל, 2014). אין מידע על מספר המשתתפים בסדנאות (למשל, כ-70 איש בסדנה שהתקיימה ביבנאל ב-2016) ובפעילויות אחרות (מספר לא ידוע של משתתפים בפסטיבל הקולעים התשיעי בבית לחם גלילית ב-2015), אך אפשר שלמוצרי הקליעה החובבנית הזו יש גם ביקוש בשווקים ושימוש על ידי צרכנים, אך אין מידע על ממדיהם.

מגמות

ממדי הפקת השרות בעבר: בעבר היו בדואיים שעסקו בהכנה ועיבוד של מוצרים מהחי והצומח, כמו קליעת סלים, אריגה והכנת תכשיטים וכד', ששימשו אותם, את הפלאחים והעירוניים. צרכים ראשוניים כמו נשיאת חפצים, גידור המרחב האישי, ריפוד מקום המשכב, הגנה על הגוף מן הקור, מן הרטיבות ומהקושי של הקרקע החשופה הם בין הגורמים שהביאו לפיתוח מלאכות אלו, כאשר בכל אזור שימשו צמחי הבר המקומיים כחומרי הגלם הראשוניים (קריסטל, 2014).

בסביבת הנחל ובריכת החורף, עלי הסוף המצוי (*Typha domingensis*) שימשו לקליעת מחצלות וסלים, וציציות הזרעים שימשו לבידוד ולמילוי כריות. עלי הסמר החד (*Juncus acutus*) שימשו לקליעת מחצלות עדינות ולהפקת סיבים. מגבעולי קנה מצוי (*Phragmites australis*) יצרו כלי כתיבה (קולמוסים), גדרות, שוברי-רוח, מחיצות, גגות, מחצלות, סלים, חיצים וחלילים. פיסה של קנה משמשת פיה לכלי-נגינה נוספים, כאבוב וקלרנית (קריספיל, 1983). מענפיו הגמישים של הפטל הקדוש (*Rubus sanguineus*) קלעו סלים.

שוש קרח (*Glycyrrhiza glabra*) שימש ליצירת סככה לסוכה (סוכה י"ג), הרדוף הנחלים (*Nerium oleander*) שימש ליצירת מוטות לגדרות, ועבקנה שכיח (*Arundo donax*) שימש לבנייה ולתמיכה, למקלות-הליכה ולחכות-דיג, לחיצים, וכן לבניית כלי נשיפה (קריספיל, 1983). ישנם צמחים נוספים ששימשו להפקת סיבים שתועלתו בנין, ריהוט, שטחים, חבלים, וכו'. לדוגמה הגומא (*Cyperus sp.*) מוזכר במשנה ובתלמוד כצמח ששימש להכנת חבלים, כלי-בית ורהיטים (שבת כ"ד, ה').

למרות שלא קיימים נתונים כמותיים המעידים על ממדי השירות בעבר, ידוע שחפץ כמו מחצלת לכיסוי הרצפה היה נחוץ ומצוי בכל בית, בדווי, פלאחי ועירוני, ואף במקרים רבים היה פריט ה"ריהוט" היחיד (קריסטל, 2014). ייצור מסחרי התרכז באזורים ששפעו חומרי גלם, בעיקר ליד ביצות (הנעמן, חדרה וכאברה, הירקון ובמיוחד ביצת החולה). מרכזי ייצור נוספים היו לאורך הכנרת, נהר הירדן, בקעת הירדן, גאון הירדן וכן בעמקים הפנימיים שסבלו מחוסר ניקוז, כמו עמק סנור ועמק יזרעאל. ואילו נחלים ומעיינות שבקרבתם מקום המגורים היוו מקור לחומר הגלם לייצור בייתי (קריסטל, 2014).

לאורך מרבית חופי הכנרת גדל קנה מצוי, ובחלקם עבקנה שכיח, סוף ומיני גומא, בעיקר ליד נביעות קטנות או בשפכי הנחלים. בביצה שהייתה בעבר בבקעת גינוסר גדל אפילו גומא הפפירוס, הרגיש ביותר ליובש מכל מיני הגומא. גידולם של צמחים אלו מושפע מאוד מהעליות והירידות התכופות במפלס המים של הכנרת (קריסטל, 2014). באתר אוהלו על חוף הכנרת נמצאו סיבים מצמח חד-פסיגי, שהיו מפותלים באופן לא טבעי. השערת החוקרים היא כי מדובר משריד של חבל. גיל המצא מוערך ב-19,000 שנה, וזהו אחד הממצאים הקדומים בעולם המעידים על קליעת חבלים (קריסטל, 2014).

טרם ייבוש החולה, אוכלוסיות מקומיות נהגו להשתמש בגומא פפירוס, שנפוץ בארץ כמעט רק בשמורת החולה, גומא הצפוף ו"סעד" (גומא ממין אחר) לשזירת חבלים ולבנייה של בקתות, מחצלות, חבלים, סלים ורפסודות דייג (Cohen-Shacham, 2015). מחצלות משובחות שנעשו מגומא הפפירוס היו מוצר הייצוא המפורסם של החולה ואחד ממקורות הפרנסה של תושביו (קריסטל, 2014). גם מחצלות הגומא הצפוף (*Cyperus alopecuroides*), שנחשבו לעמידות ביותר, נעשו בעיקר בצפון הארץ רק בידי הנשים הבדוויות (קריסטל, 2014). ככל הנראה, בימי המנדט הבריטי (1930), יום שלישי היה יום השוק של כל תושבי עמק החולה, והגיעו אליו סוחרים ורוכלים מסוריה ומצפת ופלאחים מהאזור כולו. המסחר נעשה בעיקר באמצעות חליפין: מחצלות תמורת צורכי מכולת. החולה היה בעת ההיא אחד משטחי הגומא הגדולים בעולם, שהתפרש על יותר מ-30 אלף דונם. לאחר ייבוש ביצת כבארה, הפך אזור החולה לבית היוצר היחיד למחצלות בארץ ישראל (דואני, ח.ת.).

מצב המגוון הביולוגי הרלבנטי לאספקה במהלך השנים לאחור: התפוצה וגדלי האוכלוסיות של צמחי הגדות המספקים שרות אספקה זה היו גבוהים בעבר הרחוק, פחתו במידה ניכרת עם קום המדינה והתפתחותה, והולכים ומשתקמים בעשורים האחרונים, אך לא בממדי שיחזור מלא.

זיהוי מגמה: בעבר ייצור מסחרי של דברי קישוט (בעיקר מחצלות) התרכז באזורים ששפעו חומרי גלם, בעיקר ליד ביצות, ואילו נחלים ומעינות שבקרבת מקום המגורים היוו מקור לחומרי גלם לייצור בייתי. פעילות זו התרכזה במגזר הערבי, אך הלכה ונעלמה החל משנות השישים של המאה הקודמת, עם הסרת הממשל הצבאי.

זיהוי הגורמים מחוללי השינוי: הגורם ששינה את היצע השרות הוא היעלמות בתי גידול לחים (למשל, ייבוש ביצת החולה), שגרם לצמצום של ממדי המגוון הביולוגי המספק את חומרי הגלם למוצרים הנמכרים בשוק בעבר, אך השיקום של ממדי המגוון הביולוגי שבא לאחר מכן לא הגדיל את ההיצע משום שיחד עם השיקום הופיעו תקנות שמירת הטבע, נחלים רבים הוכרזו כשמורות טבע והאכיפה של שמירת הטבע גברה והתייעלה. גורמים עקיפים אלה מזערו את איסוף מוצרי השרות, צמחי הגדות. אך יותר מכך, גם הביקוש לשרות הלך ופחת בגין פיתוח של מוצרים תעשייתיים וחומרים תחליפיים לחוטים, לקליעת סלים, מחצלות, בהתייחס למוצרי קליעה.

סיכום המגמה וגורמיה, והתייחסות להשלכות העתידיות האפשריות במצב בו המגמה שזוהתה תימשך או תשתנה: מאז קום המדינה ועד עתה התרחשה המרה של תועלות השרות של אספקת חומרי גלם של צמחי גדות הנחלים למטרות לקליעה, מתועלת לרכיב הכלכלה של רווחת האדם (ייצור מחצלות וסלים מעוצבים באופן אמנותי הנמכרים בשוק לשימוש יום-יומי) ולשימוש מגזרי אוכלוסייה רבים, לתועלת לרכיב היחסים החברתיים והתרבות של רווחת האדם, וזאת לשימוש מגזרי מצומצם יותר, אך מראה נטייה לגידול, מה שעשוי לשקול רגולציה של השימוש בהיצע שרות זה על ידי מערכות הנחלים.

4.1.6. אספקת דגה למאכל

מהות השירות ומנגנון הפקתו: מתוך מגוון מיני הדגים החיים במערכות מקווי המים הפנים-ארציים המושג 'דגה' מתייחס כאן למינים המשמשים כמזון לאדם. רובה המכריע של הדגה מסופק על ידי מערכת ברכות הדגים והמאגרים אך גם ממערכת הכנרת, מהן נאסף השלל באמצעות שליית הדגים, על ידי בעלי הברכות ודייגי הכנרת, ומוגש למשתמשים באמצעות השווקים. חלק קטן מהיצע השרות על ידי מערכות הנחלים, הכנרת, החולה והמאגרים, מספק ביקוש נמוך יחסית של דיג חכות ספורטיבי. מקורם של כמה ממיני הדגה (רובם קיפונים) הוא במערכות הים התיכון כאשר נאספים דגיגים מאתרי ההטלה והאימון שבשפכי הנחלים לים. אלה מועברים לגידול מסחרי בבריכות הדגים ובמאגרים, או משוחררים למערכת אגם הכנרת לצורך העשרת האספקה של השרות במערכת זו.

מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים בהפקת השרות:

מיני רכיב המגוון הביולוגי המתפקדים כמיני דגה מתאפיינים בגודל פרט שמקובל כגודל מסחרי. מיני הדגה של מערכות המים המנוהלות, ברכות הדגים והמאגרים, מתאפיינים גם בקצב גידול מהיר ובהסתגלות לממשק האינטנסיבי של מערכות אלה. מיני הדגה של מערכות הנחלים והכנרת מתאפיינים גם בגדלי אוכלוסייה העושים את מאמץ הדיג כדאי כלכלית.

מתוך 48 מיני הדגים החיים במערכות מקווי המים התוך-יבשתיים של ישראל, כמחצית מתפקדים כמיני דגה, היינו מינים שפרטיהם מהווים מוצרים של שרות אספקת מזון. מתוך אלה, כ-10 הם מינים מקומיים החיים במערכות המים הטבעיות (כאשר ארבעה מתוכם אנדמיים לכנרת ו/או למערכת הירדן); חמישה מינים הם בני כלאים; ושישה הם מינים זרים שהובאו ממערכות מים שברחבי העולם לברכות הדגים בישראל, כאשר שניים מתוכם פלשו למערכות המים הטבעיות.

שלושה מינים דגים נוספים, שמקורם במערכת הים התיכון, נאספים מאתרי ההטלה והאימון שבשפכי הנחלים לים התיכון ומועברים לגידול מסחרי בבריכות הדגים, למאגרים או לכנרת לצורך העשרת האספקה של השרות.

ממדי הפקת השרות: לפי נתוני משרד החקלאות (לשנים 2010-2014), בישראל מיוצרים מדי שנה כ-17,600 טון דגי בריכות טריים, המהווים 81% מכלל ייצור הדגים בארץ, ואילו הדיג בכנרת מסתכם ב-387 טון בשנה, כלומר 2% מהייצור (17% הנותרים הם דגים שמקורם בים התיכון) (ארגון מגדלי הדגים, 2012; פרוימן, 2014; משרד החקלאות, 2016). לא קיימים נתוני צריכה של דגי מערכות המים הפנים ארציות.

מערכת ברכות הדגים מפיקה (בממוצע לשנים 2005-2014) כ-7,600 טון לשנה של **אמנון** (רובו מכלוא של אמנון הירדן ואמנון היאור), 5,800 טון קרפיון (רובו קרפיון מצוי), 2,100 טון קיפון גדול-ראש (*Mugil cephalus*) וקיפון טובר (*Liza ramada*) (בורי), המהווים 43%, 32%, ו-12% של השלל, בהתאמה (פרוימן, 2014; משרד החקלאות, 2016), כאשר שללם של שבעה מינים נוספים מהווים את 13% הנותרים (משרד החקלאות, 2012; פרוימן, 2014). לפי נתוני משרד החקלאות, בשנת 2010 גודלו באזור העמקים כ-13 אלף טון דגים טריים (שהם כ-75% מדגי הבריכות בישראל); באזור החוף כ-3,500 טון דגים (כ-20%). בעמק החולה כ-660 טון דגים (3.7%), ובנגב גודלו כ-280 טון דגים, המהווים 1.6% מדגי הבריכות בישראל (משרד החקלאות, 2012). ההפקה לדונם של מערכת הברכות מוערכת בכ- 1-2 טונות דגים לדונם בריכה (ארגון מגדלי הדגים, ח.ת.; גלר מידע בע"פ, 2017).

שלל הדיג בכנרת בשנים 2008-2014 היה כ-470 טון לשנה, כאשר קיימת שונות גבוהה בין השנים. מיני הדגה העיקריים שמהווים את רוב השלל הם אמנון הגליל (*Sarotherodon galilaeus*), הנחשב למשובח בדגי הכנרת ולכן בעל ערך מסחרי רב, קיפונים שגם להם חשיבות מסחרית רבה, כסיף שפל-עין (*Hypophthalmichthys molitrix*), לבנון הכנרת הידוע גם כ"סרדין" (*Acanthobrama terraesanctae*), בינית, וקרפיון מצוי (*Cyprinus carpio*) (משרד החקלאות, 2016). למרות שמין הדגה הנפוץ ביותר במערכת, לבנון הכנרת שגודל אוכלוסייתו הוא כ-80% מסך כל אוכלוסיות מיני הדגים במערכת (בקיץ-סתיו 2011 מעל כ-180 מיליון פרטים, אוסטרובסקי ורינסקי, 2014), הוא מהווה בממוצע רק כ-17% משלל הדגה כולה (נתונים אודות ענפי חקלאות המים והדיג בישראל נכון לשנת 2014).

באגם הכנרת פעילות כ-30 סירות דיג וכ-70 דייגים. פעילות הדיג מתפרסת על פני כל אגם הכנרת, כאשר נקודות העגינה העיקריות נמצאות בטבריה, שפך הירדן, עין גב ואזור כפר נחום (ארגון מגדלי הדגים בישראל, 2014). כיום דגי הכנרת מסופקים בעיקר למסעדות.

הכנרת מאוכלסת מידי שנה בדגיגים של אמנון הגליל, במטרה להגדיל את שלל הדיג שלו, ובשלושה מינים אחרים בעלי ערך מסחרי שאינם מתרבים במקווי המים בישראל: שני מיני קיפון (בורי), שמקורם במערכת הים התיכון, ודגיגי כסיף שפל-עין המגודלים במכונני רבייה. מינים אלה אינם טבעיים לכנרת אך ההערכה היא שהם לא יכולים להתרבות בה ובנחלים הזורמים אליה, ולכן אינם מסכנים את המערכת האקולוגית. היקף האכלוס משתנה מידי שנה ובעוד שהתרומה של אכלוס אמנון לשלל הדיג היא לא ברורה, הרי שהקיפון שיש לו ערך מסחרי גבוה מקורו אך ורק באכלוס. הקביעה של היקף הדגיגים שיאוכלסו בשילוב עם תנאי ההישרדות של הדגיגים משפיעה על השלל של מין זה. הקיפונים נלכדים כדגיגים במשקל 0.12-0.25 גרם ובאורך של כ-1 ס"מ (שה"ם, 2002; לוי וחוב', 2017), בשפכי נחלים לים במהלך חודשי החורף (בעיקר בין אוקטובר לינואר), ומועברים לגידול בבריכות דגים (רוב הדגיגים הנאספים הם מהמין קיפון בורי *Mugil cephalus* בעל הערך המסחרי הגבוה) או לאכלוס הכנרת (בעיקר מהמין קיפון טובר *Liza ramada*) שערכו המסחרי נמוך יחסית). במהלך השנים 2009-2014 אוכלסה הכנרת בכ-5 מיליון דגיגי קיפון בכנרת, בממוצע כ-934,000 דגיגים בשנה (סיכום ישיבת הועדה להכוונת ממשק הדיג ואכלוס, אוקטובר 2014) וזאת בעלות שנתית (מוערכת בשנים 2012 ו-2013) של כ-750,000 ₪ (רובינשטיין, ג. מידע שבע"פ). איכלוס הכנרת בדגיגי קיפון מתבצע למטרה כפולה: שיפור איכות המים והעשרת הדגה כדי להגדיל את שלל הדיג. במהלך השנים האחרונות החלה מגמה של צמצום הדרגתי של מתן היתרים לאיסוף דגיגי קיפון, במטרה להקטין את הפגיעה בנחלים הנמצאים בשטחן של שמורות טבע וגנים לאומיים ולשמר אוכלוסיות של קיפון (לוי וחוב', 2017). האזורים הרלבנטיים לפעילות זו הם האסטוארים של נחל החוף.

מערכת ברכות הדגים תומכת גם באוכלוסיית אמנון הגליל של מערכת הכנרת, וזאת כאשר דגיגים המגודלים בברכות, מועברים לכנרת בכמויות משתנות משנה לשנה. כך למשל במהלך השנים 2009-2014 הועברו לכנרת כל שנה בממוצע כ-2 מיליון ± 230 אלף דגיגים (סטיית תקן) (סיכום ישיבת הועדה להכוונת ממשק הדיג ואכלוס, אוקטובר 2014), אך השפעת תיגבור זה על ממדי הפקת השרות לא ידועה.

במערכת המאגרים שבעה מיני דגים נפוצים, מהם ארבעה מיני דגה – כסיף שפל עין, נמסיף, קיפון גדול ראש ואמנון מצוי (*Coptodon zillii*) שקיומם הרציף במערכת זו מתבצע באמצעות איכלוס דגיגונים (1-5 גר', 10,000-50,000 לשנה) ושמירה על נפח מים קטן אך מספיק כדי להבטיח שרידות, שכן תכלית המאגרים היא אצירת מים לצורכי השקיה, ולכן כמות המים בהם קטינה במהלך הקיץ. אין מידע על ממדי הפקת השרות ממערכת זו, שכן מתקיים בהם דיג ספורטיבי למרות האיסור וגם כמויות הדיג המסחרי המתבצע בהם אינן מתועדות.

כמעט ואין מידע על ממדי הפקת השרות במערכת הנחלים, שרובו ככולו הוא דיג ספורטיבי. המידע היחיד הוא על הפקת כ-2-3 טון לשנה מנחלי מקורות הירדן באמצעות דיג זה (פורום הדיג הספורטיבי בישראל - מידע בע"פ). בגופי המים של מערכת החולה הדיג אסור. באגמון האיסור נאכף כך שממדי הדיג הספורטיבי זניחים, ובשמורה קיים רק דילול של השפמנון לצורכי ממשק (למשל, כ-2 טון דגי שפמנון הוצאו מהשמורה בשנת 2015. ארצי, 2015).

תרומת התועלות לרכיבים השונים של רוחת האדם: תרומת השרות לרכיב הכלכלה של רוחת האדם מתבטאת בפדיון של המגדלים והדייגים של דגי מערכות השונות, וכן תועלת כלכלית המספקת מקומות עבודה לדייגי האזור וספקי ציוד דייג. בשנת 2014 הפדיון ממערכת בריכות דגים היה כ-250 מיליון ₪, כאשר הפדיון מדגי האמנון היה כ-100 מיליון ₪, קרפיון-65 מיליון ₪ וכווי-40 מיליון ₪ (פרוימן, 2014). אין מידע על הפדיון מדגת הכנרת.

תרומת הדגים הנאכלים לרכיב הבריאות של רוחת האדם נחשבת כגבוהה, בהיותם מהווים מקור חלבון (Holmlund & Hammer, 1999), ויטמינים (A, D, E ו-B12), מינרלים וכן חלק מהדגים עשירים בחומצות שומן מסוג אומגה 3, אומגה 6 ומכילים כמויות משמעותיות של חומצות השומן EPA ו-DHA הידועות בתרומתן הבריאותיות לאדם (גולדשטיין, 2015; לוי וחוב, 2017). עלייה במודעות ליתרונות בריאותיים אלה בקרב הציבור, גרמה לגידול בצריכת שרות זה.

תועלת נוספת של אספקת השרות במערכות הנחלים, הכנרת, החולה והמאגרים, מתבצעת באמצעות דיג חובבים (ספורטיבי), אך אין מידע על היקפי פעילות פנאי זו. בגופי המים של מערכת החולה חל איסור על דיג ומתקיים רק דילול ממשקי של שפמנונים בשמורת החולה (ארצי, 2015). גם בצפון הכנרת באזור הבטיחה הדיג אסור במשך שלושת חודשי הרבייה של דגי האמנון, על מנת לשמור על גודל אוכלוסייתם באגם.

המשתמשים, המגזרים השונים בחברה המשתמשים בשרות: המשתמשים בתועלותיו הכלכליות של השרות הם כ-45 משקי מדגה, המוחזקים ברובם ע"י קיבוצים וכ-70 דייגי הכנרת. לכל אלה יש להוסיף את המתפרנסים מאיסוף הדגיגים בשפכי נחלים וממתן שירותים לדיג המסחרי במערכת, בציוד ובמזון לדגי הברכות. המשתמשים בתועלות התרבותיות של השרות הם דייגים חובבים, או אנשי ספורט הדיג, המתמקדים במערכות המים המתוקים, ולהם ניתן להוסיף את המתפרנסים מהפקה ומכירה של ציוד דיג הספורט. לבסוף, למגזר השלישי שייך חלק ניכר ביותר של אוכלוסיית ישראל, המשתמשים בתועלות הבריאותיות של השרות.

מגמות

ממדי הפקת השרות בעבר:

ממדי אספקת השירות בעבר ע"י מערכת נחלים: ניתן לשער כי באמצע שנות השלושים של המאה הקודמת (לוי, 2004) ואולי אף מוקדם יותר, מערכת הנחלים סיפקה ביקוש לדגים של אוכלוסיות יישובים בסמיכות לנחלים, למשל לאורך נחלי הירקון והאיילון (איור 7), כמקור מזון וגם כמקור הכנסה באמצעות שיווק ליישובים מרוחקים יותר. באותו זמן במקביל, גם מערכת החולה שעיקרה היה אגם החולה, סיפקה ביקוש גבוה של דגה על ידי קיבוץ חולתה ומספר תושבים מיסוד המעלה (גולני ורום, 1997). ממדיה של אספקה זו היוו כמחצית שלל הדיג של הישוב היהודי בארץ ישראל ("הדיג העברי באוקטובר", 1939). כאמור, לנחלים יש גם תרומה עקיפה בזה שהאסטוארים של נחלי החוף מהווים את המקור לדגיגי הקיפון (בורי) למגדלים בבריכות דגים.

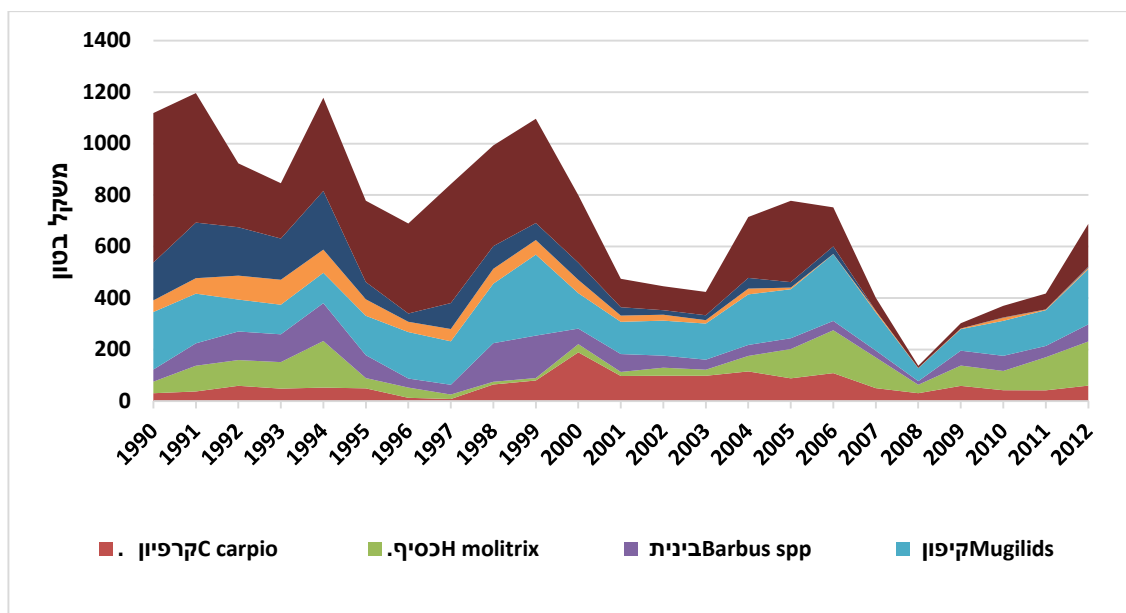


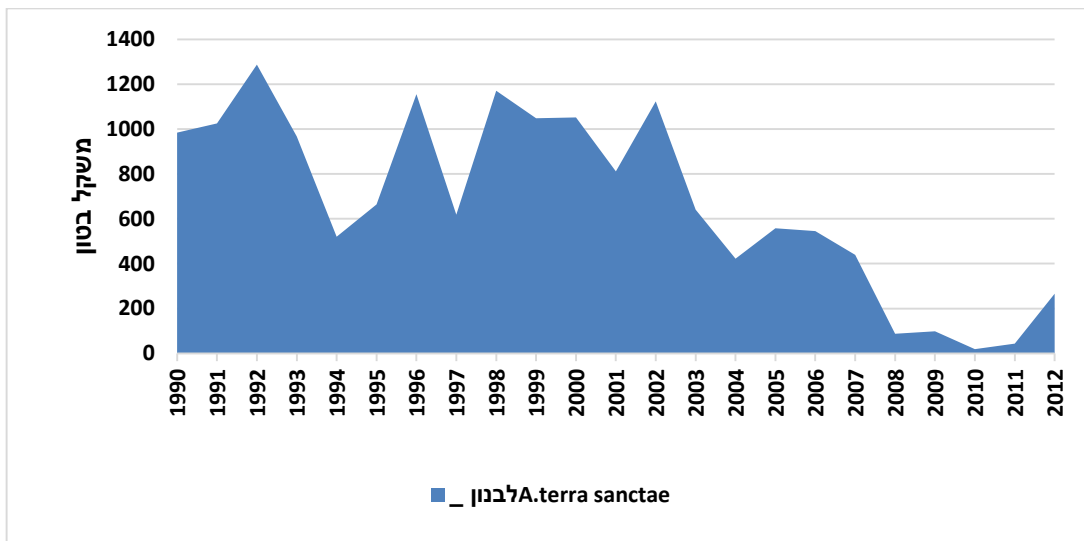
ממדי אספקת השירות בעבר ע"י מערכת הכנרת: לדיג בכינרת חשיבות רבה לכלכלת האזור. חשיבות זו החלה בעת הקדומה. הברית החדשה וסיפוריו של ישו חושפים אותנו לאורח החיים של דייגי הכינרת בראשית הנצרות. למשל סיפור נס הלחם והדגים, שעל פיו הצליח ישו לחולל נס ו-5000 איש אכלו לשובע לחם ודגים. הנס התרחש לעת ערב באזור הצפון מערבי של הכינרת. בספר הבשורה לפי יוחנן (פרק כ"א 10-17) מסופר נס הדגה כאשר פטרוס תפש בזריקת רשת אחת 153 דגים גם כן באזור הצפון מערבי של הכינרת. אזור זה היה ידוע כעשיר מאוד בדגי אמנון הגליל לפני הטית המעיינות המלוחים של עין נור, וסיפור הנס של פטרוס מתאים לכך. יוספוס פלאביוס בספרו "מלחמות היהודים" מספר על המצאות של כ-230 סירות בכנרת כאשר בכל סירה 4 מלחים. בתקופת השלטון הרומאי הדיג סביב לכינרת היה מאורגן כך שהיו כפרים שלמים שעסקו בכך ואף היה מנגנון מאורגן שפיקח וגבה מיסים כתוצאה מדיג. יתרה מכך, כמות הנמלים והעוגנים שנמצאים סביב לכינרת עשויה אף היא להעיד על הפעילות הימית הרבה שהייתה בכינרת.

כאמור לכינרת הייתה חשיבות באספקת דגים לאזור, אולם רק עם הגעתו של המנדט הבריטי לארץ החלו בביצוע פעולות על מנת למסד את הדיג ולהבטיח את המשך קיומו. כך שאספקת השרות על ידי מערכת הכנרת בממדים מסחריים ותחת ניהול משטר דיג על ידי הרשויות החלה מ-1920 (גפן וגל, 1992). בשנת 1921 הכריזה ממשלת המנדט שבאופן רשמי ניתן לנהל דיג מסחרי באגם רק לבעלי רישיונות. בין יתר הפעולות הטילה ממשלת המנדט, בראשית שנות הארבעים על דר' ריקרדו ברטרם, (מטעם משרד קציני הדיג בחיפה, שהיה חלק מהאדמיניסטרציה של ממשלת המנדט הבריטי), לבדוק את מצב הדיג בכינרת. הדו"ח שהוגש ע"י דר' ברטרם כולל תיאור מצב הדיג והדגים בכינרת, ובו המלצות לפעולות ולחקיקה. הדו"ח של ברטרם משמש עד היום בסיס לחוקי הדיג בכינרת, שבחלקם

הגדול תקפים עד היום. הדו"ח הושלם בנובמבר 1944 ומצביע על המצב הקשה של הדיג באגם ועל הצורך לשמור על מלאי הדגים ההולך ונכחד. הוא קובע כי יש להוריד את לחץ הדיג ע"י צמצום רישיונות והגבלת כמות הדייגים (Ricardo-Bertram, 1944). אחרי מלחמת ששת הימים נפתחו לדייגי הכינרת כל האזור הצפון מזרחי של הכינרת בתוכו גם בקעת בית צידא, אזור שעשיר באוכלוסיית אמנון הגליל בעיקר לאחר עונת הרבייה (Reich, 1978) שלל הדיג בכינרת בממוצע בשנות השמונים היה 1,770 טונות לשנה (גופן ויצחקי, 1992). ולאחר מכן ההפקה פחתה בהדרגה עד לימינו, תוך תנודתיות גבוהה (איור 8, איור 9). במהלך השנים האחרונות מתרבים מספר הפעמים בהם הדיג נפגע כתוצאה מאירועים הקשורים בכנרת וכתוצאה מאירועים חיצוניים, למשל בשנת 1993 חלה פגיעה משמעותית בדיג, בעקבות שינוי מפלס, שהתבטאה בכמות מאוד נמוכה של דגים שנתפסו באגם (Hambright & Shapiro, 1997) כמו גם בשנת 2008 חל שפל בשלל אמנון הגליל, דג המהווה רכיב מרכזי בפרנסת דייגי הכנרת כך שהשלל השנתי שעמד על 8 טון, מספר המהווה שפל של כל הזמנים (Zohary & Ostrovsky, 2011) ופגע קשות בפרנסת הדייגים. במהלך שנים אלו שלל הדיג באגם אינו יציב ומשתנה מידי שנה (איור 8). לדוגמה, בין השנים 1990 עד 2006 לדג הלבנון היה נתח מרכזי בשלל הדגה באגם מבחינת ביומסה, וזאת למרות ערכו הכלכלי הנמוך (גולני ורום, 1997), בעיקר בשל פרויקט "דילול" הלבנונים אשר התרחש בין השנים 1994 עד 2006 במהלכו הוצאו מהאגם מידי שנה כ- 1000 טון של לבנונים. לאחר הפסקת תוכנית הדילול בשנת 2006 חלה ירידה משמעותית בשלל הלבנונים באגם (איור 9), וכיום הוא מהווה רק כ-4% מהשלל, בגין היצע וביקוש נמוכים (אוסטרובסקי ורינסקי, 2012).

איור 8: ממדי השימוש בשרות אספקת דגה של מערכת הכנרת כמתבטא בטון לשנה של שלל הדיג בשנים 1990-2012.

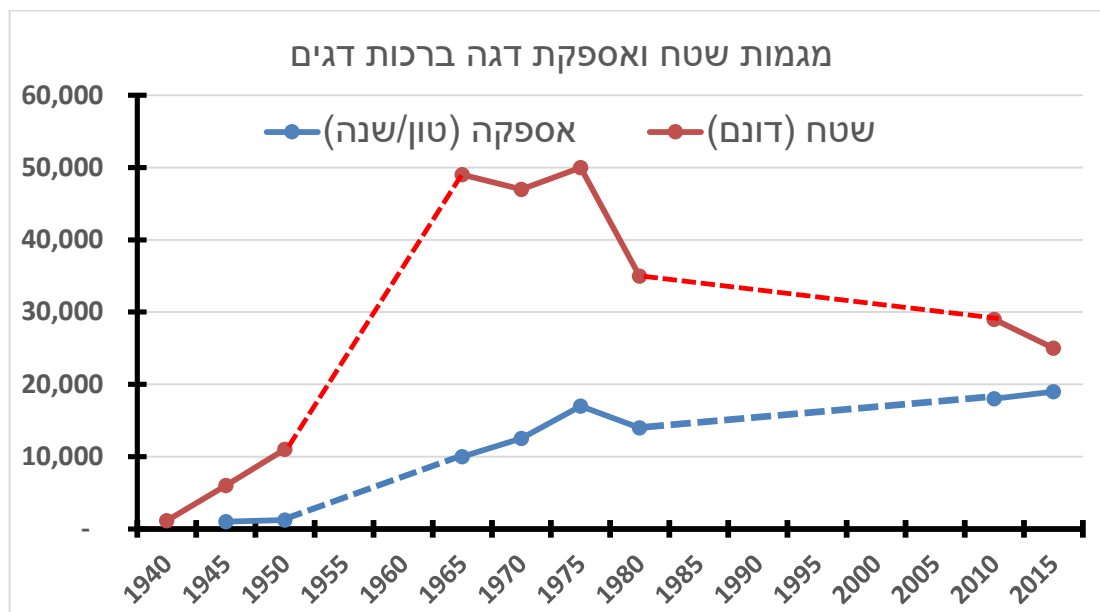




אספקת השירות ע"י מערכת בריכות הדגים: הפקת שרות אספקת דגה ממערכת בריכות הדגים החלה בסוף שנות ה-30, בעיקר מברכות בצפון הארץ (לוי, 2004), שסיפקו כ-25 טון לשנה (בן אהרון, 1973). מאז הלך וגדל שטח ברכות הדגים ועמו גם גדלה אספקת השרות, עד שבתחילת שנות ה-70 הגיע לשיאו ("תצומצם הספקת מים לבריכות דגים", 1973; גלר, מידע שבע"פ). מאז החל תהליך צמצום בשטחי המערכת ובעקבותיו ירידה באספקת השרות עד סוף שנות ה-70. לאחר מכן נמשכה הירידה בשטח לה חבורה דווקא עליה בהפקת השרות, וזאת בעקבות פיתוח של שיטות טכנולוגיות יעילות (למשל, אכלוס דגים בצפיפות, בקרה יעילה על כמויות המזון והעשרה של המים בחמצן), החוסכות במים ובשטחי קרקע ומאפשרות השגת יבולים גבוהים)

איור 10). במהלך העשורים האחרונים מספר המשקים העוסקים בגידול ירד בכחצי. גם כיום נמשכת מגמה זו, בעיקר מסיבות כלכליות.

איור 10: מגמות בתפוקת שרות אספקת דגה ע"י מערכת ברכות הדגים, בהתייחס למגמות השטח הכולל של המערכת.. קו מרוסק – ערכים משוערים. מקורות: צלול, 2012; סלומון 1978.



מצב המגוון הביולוגי הרלבנטי לאספקה במהלך השנים לאחור: אין מידע על מצבן של אוכלוסיות מיני הדגה במערכות הנחלים והחולה, שבהן ממדי השלל של כל מין דגה תלוי במאמץ הדיג אך גם בגדלי אוכלוסיית כל אחד מהמינים הנידוגים, שכן הנתונים הכמותיים על אלה מעטים. באשר לנחלים, שהביקוש לשרות אספקת הדגה שלהם קטן, ייתכן ונמצאים נתונים על הדינמיקה של אוכלוסיות מיני הדגה בנחלים שעברו שיקום, כירקון למשל, וסביר שהם מצביעים על ירידה בגדלי האוכלוסיות, שמקורה לא בהגברת הביקוש לשרות, אלא בגורמים מחוללי שינוי אחרים. לגבי מערכת החולה סביר שחלו שינויים משמעותיים בגדלי אוכלוסיותיה, כולל גם של מיני הדגה, בעקבות ייבוש האגם והביצה, כאשר ממדיהם של האגמון והשמורה יחד קטנים בהרבה מגופי המים של מערכת זו כיום, ביניהם לבנון החולה ומינים אחרים התרבו (למשל, השפמנון והגבמבוזיה).

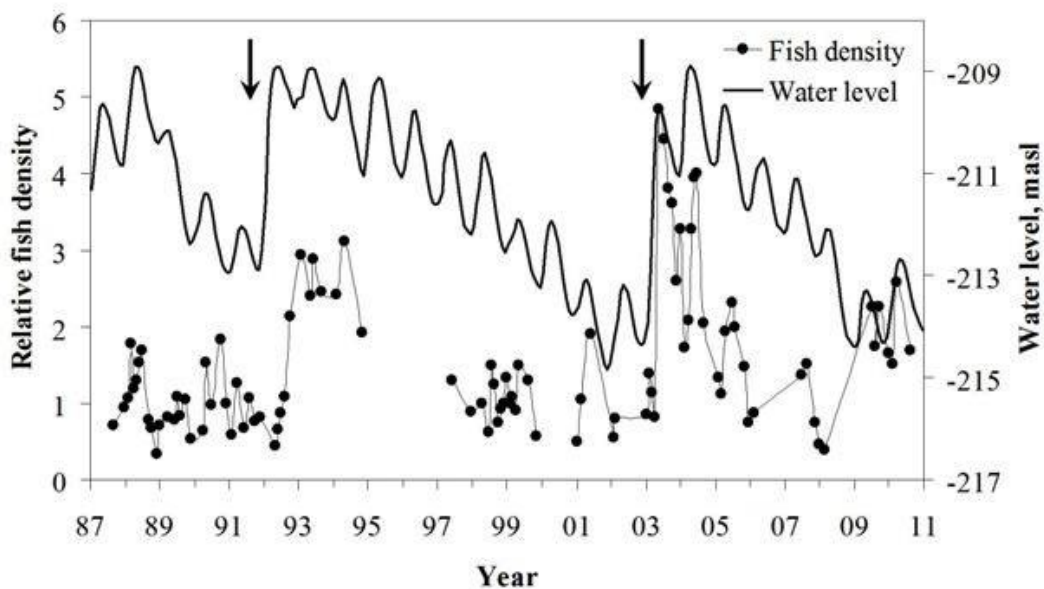
בניגוד לחוסר במידע במערכות נחלים והחולה, בכנרת נבחנים נתוני ניטור ודיג המלמדים על הדינמיקה של מיני הדגה באגם. המצב הפיזיקאלי של האגם - מפלס האגם וכמות הצמחייה הטבולה, משפיעים על בתי הגידול ומשנים את היקף הרבייה ויכולת השרידות של הדגיגים. בשנים האחרונות נצפו שלוש תצפיות מדאיגות המצביעות על שינויים לא רצויים בליטוראל:

1. אמנון הגליל, הדג האנדמי החשוב ביותר בכנרת המושפע ישירות מתהליכים בליטוראל, נעלם כמעט לחלוטין משלל הדייג בכנרת. שלל הדייג שלו עוקב אחרי המפלס עם פער של כשנה (איור 11). אוכלוסיות אמנון הגליל סובלות מדייג יתר, הרי שמחסור בסביבה ליטוראלית בריאה מחליש מין זה ומכאן פוגע במערכת האקולוגית באגם כולו. ירידת המפלס ההדרגתית של השנים האחרונות סייעה לדייג יתר. בשנת 2007 ו-2008 שלל הדייג של אמנון הגליל ירד לשפל של כל הזמנים. על מנת לאפשר התרבות של אוכלוסית הדגים, ובמיוחד אמנון הגליל, נקבע בתקנות הדייג כי אסור לדוג בכנרת בתקופת הקינון וההטלה של אמנון הגליל בכל ציוד דיג שהוא בשטח הבטיחה ושטח חוף מגדל-גינזור.

2. תופעה נוספת היא הופעת עלוקות (*Helobdella stagnalis*) בשנים האחרונות בחופי הכנרת. גם אם עלוקות נצפו בכנרת בעבר, הרי שיש כאן תופעה אקולוגית חדשה המוסברת, ככל הנראה, בהחלשות פאונת השבלולים בליטוראל. שינויי תשתית הליטורל גרמו כנראה להעלמות השבלולים אויבם הטבעי של העלוקות, הניזונים מביצי העלוקות.

3. דג הלבנון (סרדין הכנרת), הדג הנפוץ ביותר בכנרת שניזון מטריפת זאופלנקטון, מתרבה במים הרדודים בחודשי החורף כשהמפלס עולה. הביצים שלו מודבקות לאבנים שכוסו לאחרונה במים, לפני שרופדו במעטה של אצות. בעקבות עליות המפלס ההריגות בשנים 1991/1992 ו-2002/2003 והגדלת הזמינות של אבנים להטלה ואתרי אימון לדגיגים, אוכלוסיית הלבנון גדלה משמעותית, כנראה מעבר לטבעי לה (איור 11). בשני המקרים הדגים הצעירים ניצלו ביתר את מקורות המזון הזמינים תוך פגיעה משמעותית במרכיבי הזאופלנקטון באגם. לחץ יתר על הזאופלנקטון עלול להביא לשינויים במבנה ובתפוצה של אוכלוסיית הפיטופלנקטון באגם (Ostrovsky et al., 2014c; המעבדה לחקר הכנרת, 2008).

איור 11: סדרות זמן של מפלס המים ושל כמות הדגים היחסית בכנרת. החיצים מצביעים על שני אירועים של עליה משמעותית במפלס האגם (4 מ' בחורף 1991/2 ו-4.7 מ' בחורף 2002/3) אשר לוו בעליה ענקית במספר דגי הלבנון. הצפיפויות היחסיות של הדגים נורמלו בהתבסס על הצפיפות הממוצעת של המטרות האקוסטיות לפני עליות המפלס המהירות באותם חורפים. (מקור: kinneret.ocean.org.il)



4.1.7. אספקת דגי נוי

מהות השירות ומנגנון הפקתו: מערכת בריכות הדגים מספקת גם דגים שאינם דגי מאכל אלא דגי נוי. אלה ברובם דגים צבעוניים שנמצאו מתאימים, או בויתו ונבררו לחיים באקווריונים או בברכות נוי בגנים ובמבני ציבור, בהם הם מתפקדים כקישוטים חיים או כחיות מחמד, או גם וגם, לפי עיני המתבוננים בהם והנהנים מכך, שהם משתמשי השרות. רובו של השימוש בשרות זה מתבצע באמצעות גידול דגיגים רובם מגרעיני רביה שבבריכות, שמקורם ההיסטורי מיבוא דגיגים. מהבריכות מועברים רוב הדגים לברכות הנוי, אך גם לאקווריונים בחנויות לחיות מחמד, ומהן לאקווריון הציבורי ואף הביתי.

מצב נוכחי

המגוון הביולוגי המערב באספקת השרות: רוב מיני ופרטי דגי הנוי שבאקווריונים הביתיים ואף הציבוריים אינו מסופק על ידי המערכת האקולוגית של ברכות דגי הנוי, אלא אלה מגודלים ומתרבים במתקני גידול במבנים סגורים באזורים כפריים, שאינם מתפקדים כמערכות אקולוגיות טבעיות. מקורם של כל מיני דגי הנוי בישראל אינו במערכות המים הטבעיות של ישראל ורובם ככולם מינים זרים, למעט הנאוויית הכחולה (*Aphanius mento*) המתקיימת במערכת הנחלים, אך גם מקור פרטי מין זה שבאקווריונים הוא במערכות מים שמחוץ לישראל (קחל, 2005). רק שני מינים ממשפחת הקרפיוניים שמקורם במזרח אסיה ולכל אחד מהם זנים רבים, מסופקים על ידי מערכת בריכות דגי הנוי: דג הזהב (*Carassius auratus*) וקרפיון קוי (*Cyprinus rubrofuscus*) (Craig, 2015). דגים אלה מאריכי ימים, ולכן רוב הייצור במערכת הבריכות מתבצע מגרעיני רבייה מקומיים וללא צורך ביבוא דגיגים (בנט, מידע אישי, 2017).

רק כ-70% מייצור שני מיני דגים אלה מסופקים על ידי מערכת בריכות הדגים, והשאר מגודלים במתקנים הסגורים (פרוימן, מידע אישי ב-2017). שלא כרוב דגי האקווריונים הביתיים שהם דגים טרופיים קטנים, הדגים המסופקים על ידי המערכת האקולוגית שמקורם באזורים ממוזגים, הם דגים גדולים. דג הקוי עשוי להגיע ל-100 ס"מ ומעלה, ודג הזהב לגודל של כ-30 ס"מ, גדלים המסופקים לברכות נוי. בישראל מייצרים גם דגי זהב קטנים המסופקים לאקווריונים, אך אין מידע אם גם מקורם של אלה במערכת האקולוגית.

ממדי הפקת השרות, התועלות ותרומתן לרווחת המשתמשים בשרות: שטחן הכולל של כ-5 החוות המתפקדות כמערכת בריכות דגי הנוי הוא כ-1,000 דונם, היינו כ-5% מכלל 20,000 הדונם של כל חוות ברכות הדגים בישראל (פרוימן, מידע אישי ב-2017). מערכת זו הפיקה ממוצע שנתי של כ-15 מיליון דגים במהלך השנים 2002-2004 (קחל, 2005) ובשנת 2014 כ-21.5 מיליון דגים, וכ-12.7 מיליון דולר (אגף הדיג, 2016).

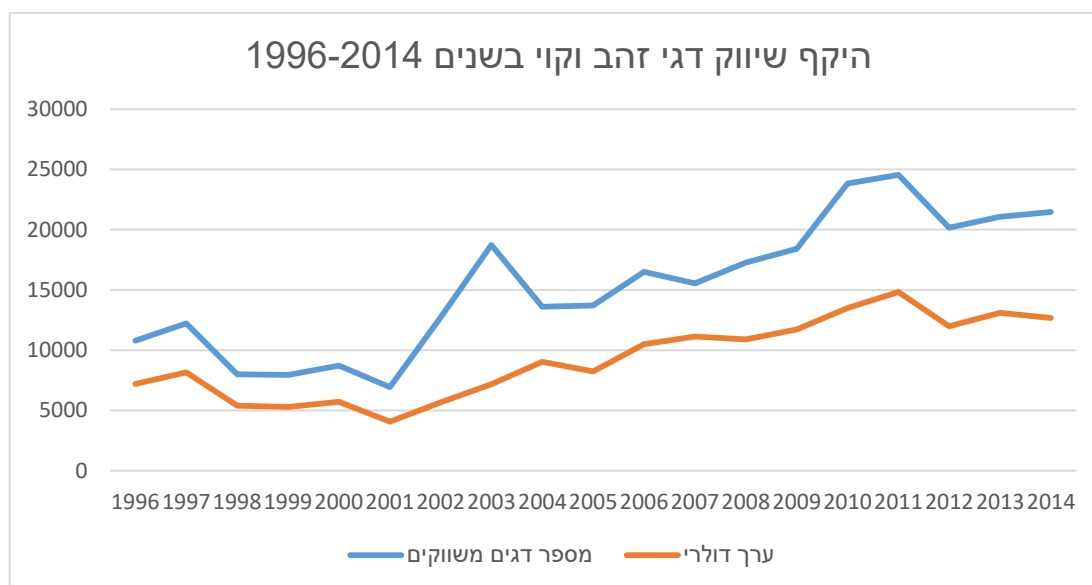
שרות אספקה זה המופק ישירות ממערכת בריכות דגי הנוי גם מגביר בעקיפין את אספקת שרות התרבות של התנסות פסיבית עם הדגים בבריכה או האקווריון הציבוריים או הביתיים. התנסות זו מפיקה תועלת של הנאה אסתטית למתבונן, ואולי אף תועלת לבריאות הנפשית כאשר היא עשויה להביא למרגוע מלחצי החיים הגוברים בעיר של ימינו (קחל, 2005). הביקוש לדגי נוי גובר והולך בשנים האחרונות בעיקר בארצות המפותחות, והאקווריום נעשה לרכיב בעיצוב הבית, המשרד או המבנה הציבורי (ברכה וסימון, 2007). לעומת זאת, אין מידע על ממדי הביקוש לדגי ברכות ברחבי העולם, ואף לא על ממדי הביקוש בישראל לדגי נוי בכלל, ובעיקר לא לדגי בריכות. לכן אין גם מידע על המשתמשים בתועלות החברתיות והתרבותיות, בתועלות הפנאי והאסתטיקה הנובעות משרות אספקת שני מיני דגי הנוי של מערכות בריכות דגי הנוי של ישראל.

אבל, לשרות זה תועלת רבה לרכיב הכלכלי של ריווחת-האדם שכן כמעט כל אספקת מערכת ברכות דגי הנוי מיוצאת אל מחוץ לישראל וההכנסות מיצוא זה תורמות כלכלית לבעלי הבריכות ולמועסקים ביצוא. ההכנסה הממוצעת לשנה בשנים 2006-2008 מיצוא של דגי זהב וקוי הייתה כ-31 מיליון ש"ח. כ-70% מסכום זה, היינו כ-21.5 מיליון ש"ח, מהווה את התועלת הכלכלית של מערכת בריכות דגי הנוי בשנים הללו. סה"כ יצוא כל דגי הנוי של ישראל לאותן שנים עמד על כ-67.5 מיליון ש"ח. אך לשוק המקומי של דגי נוי רק כ-9% מערך ייצור זה (ב-2004, קחל 2009), ואין מידע על שעור תרומת המערכות האקולוגיות של ישראל לערך זה.

מגמות

רוב היישובים והמשקים בהם בריכות לדגי נוי הם כאלה שהיו בהם בתחילת הדרך, לפני שנים, בריכות לדגי מאכל (שלומי, הרפז ופרוימן, 2013). הנתונים בממדי היצוא מראים מגמת עליה במהלך השנים 1998 עם יצוא של 8 מיליון דגי זהב וקוי בערך של 20.5 מיליון ש"ח ועד ל-2008 עם יצוא של דגי נוי אלה בערך של 42 מיליון ש"ח, (קחל 2009), וב-2014 יצוא בערך של כ-12.7 מיליון דולר (אגף הדיג, 2016). הצמצום ביצוא עקב פגיעת מחלה נגיפית בדגי הקוי בשנים 1988-2001 לא השפיע על מגמה זו, הממשיכה בעלייה תוך כדי תנודות בדרך, מגמה המתועדת החל משנת 1996 ועד שנת 2014 (איור 12) (קחל, 2005; אגף הדיג, 2016). החל משנת 2012 מסתמנת מגמת ירידה בהכנסות למרות המשך עלייה במספרי הדגים המופקים והמיוצאים וזאת בהשפעת שינויים כלכליים וחברתיים בארצות היעד ותחרות, עם מדינות יצוא אחרות ובין היצואנים בישראל עצמה (שלומי, הרפז ופרוימן, 2013).

איור 12: היקף שיווק דגי זהב וקוי 1996-2014 (מקור: קחל, 2005; אגף הדיג, 2016).



מהות השרות מגנון הפקתו והמגוון הביולוגי המעורב: מקווי המים הינם אגני היקוות שבהם זורמים ונאגרים המים אשר לאחר מכן נשאבים ביד אדם, ומסופקים לצריכה ביתית, להשקיה חקלאית ולתעשייה. המקור הבלעדי של מים מתחדשים בישראל הם הגשמים, כאשר למערכות האקולוגיות (כולל המגוון הביולוגי) של מקווי המים אין מעורבות ישירה באספקת מים אלה. אם זאת, מקובל לראות בשירות זה כחלק משרותי המערכת של מערכות אקולוגיות אקוטיות (למשל, Costanza et al., 1997; Millennium Ecosystem; Schuyt & Br&er, 2004; Assessment (MEA), 2005; Clarkon et al., 2013; Duffy & Kahara, 2011; McInnes, 2007; (McLaughlin & Cohen, 2013), ואף מדורג כשני בחשיבותו מבין עשרה שירותי מערכת עיקריים של גופי מים כפי שנקבעו באמנת רמסר (Ramsar). המגוון הביולוגי מעורב באספקת שירות זה בעקיפין: ויסות מי הגשמים המופנים לנגר עילי והמוחדרים למי תהום נעשה על ידי שירות ויסות המים באגני ההיקוות של הנחלים, המערב גם את המגוון הביולוגי באזורי המילוי החוזר, בנחלים ובגדות מקווה המים.

מצב נוכחי

ממדי הפקת השרות והמשתמשים: בשנת 2015 נצרכו בישראל¹ 2046.5 מיליון מטר מעוקב מלמ"ק מים, כ-44% מהם מים שפירים ממעינות, נחלים והכנרת, ששימשו לחקלאות, לצריכה ביתית ותעשייה ולטבע, זאת בנוסף לכמויות המים שנכנסו למי תהום, שחלקם מופיעים בשפיעת מעיינות וחלקם נשאבים על ידי קידוחים. כ-122 מלמ"ק מים שפירים נוספים הועברו לצריכת ממלכת ירדן והרשות הפלסטינית (איור 13) (רשות המים 2016א, ב, ג).

אספקת מים ממעינות, נחלים והכנרת: בשנת 2015 מעיינות, נחלים והכנרת סיפקו כ-411 מיליון מטר מעוקב (מלמ"ק) מים, המהווים כ-23% מסך כל המים השפירים שהופקו בישראל בשנה זו (רשות המים, 2018). מים אלה משמשים בישראל לחקלאות, לצריכה ביתית ותעשייתית או להזרמה לטבע וחלקם מועברים לצריכה בממלכת ירדן וברשות הפלסטינית. עיקר אספקת השירות, בהיקף של כ-151 מלמ"ק מים, סופקה על ידי נחלים, רובם באזור מעלה כנרת. כ-136 מלמ"ק מים הופקו מהכנרת, והיתר, כ-123 מלמ"ק מים הופקו ממעינות, בעיקר באגן הכנרת ובאגן ההר המזרחי (אזור בית שאן) (איור 14). בעשור האחרון ניכרת מגמת ירידה ברורה בהיצע המים הטבעיים בישראל, כאשר רצף הבצורות מוריד את ספיקת המעינות והנחלים ולכן גם את מפלס הכנרת בצורה דרסטית ובכך גם הקטין יכולת ההפקה ממקורות אלו (פרלמוטר, 2008; סקוטלסקי ופרלמוטר, 2012; אלרון ורוטשילד, 2012; רשות המים, 2018). אי לכך נרשמת עלייה בכמות ההתפלה אשר הולכת ותופסת נתח עיקרי ממקורות המים של ישראל (נפח ההפקה בהתפלה גדל בכ-30% בין 2014 ל-2015) (רשות המים, 2018). בשנים עברו, ההפקה מהכנרת עמדה על כ-400 מלמ"ק (מהם כ-320 מלמ"ק למוביל הארצי והיתרה לצרכנים השואבים ישירות מהאגם ולממלכת ירדן) והיותה כשליש מאספקת המים השפירים למערכת הארצית. ואילו בשנת 2015, בזכות הגדלת כמות ההתפלה של מי הים והזרמתם למערכת הארצית, שאיבת המים אל המוביל הארצי עמדה על כ-50 מלמ"ק בלבד. כך היא הפכה

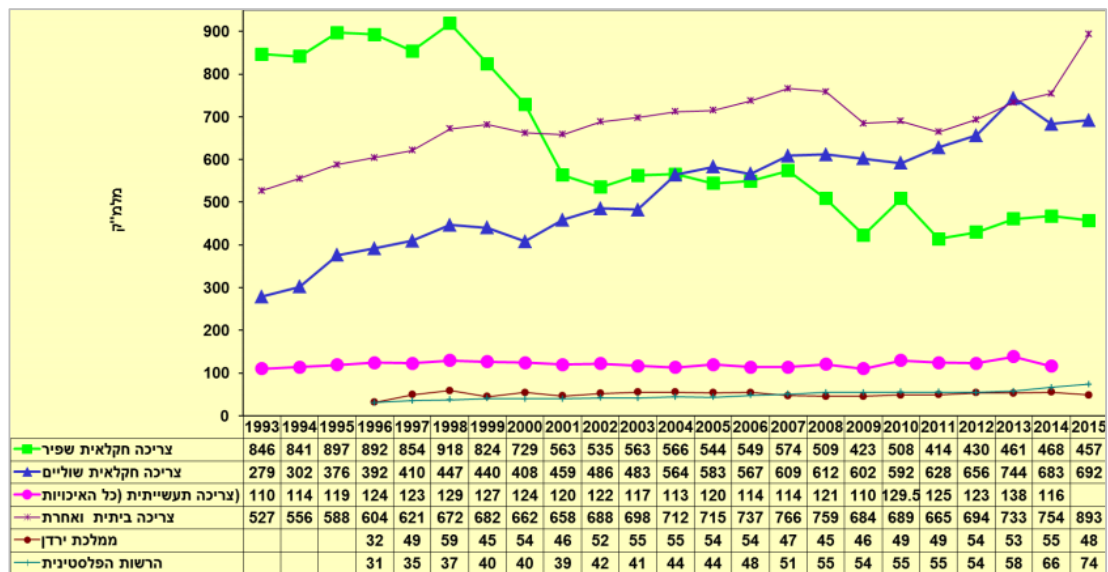
¹ המים הנצרכים בישראל מהווים רק חלק מהמים המסופקים מהמערכות האקולוגיות של מקווי המים ולא ניתן לשייך אותם למערכת ספציפית.

לגורם זניח בהפקת המים השפירים המסתכם בפחות מ-3% מנפח הפקת המים בישראל (רשות המים, 2018). ניתן לראות את מגמת ההפקה הנ"ל באיור 15.

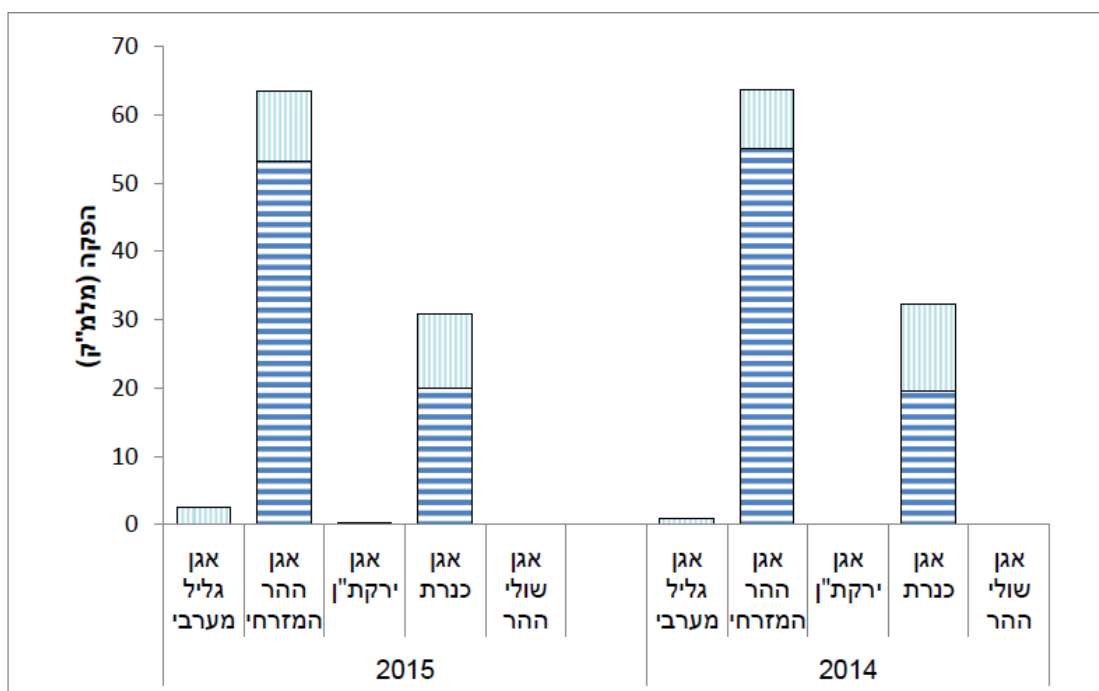
אספקת מים מבריכות חורף: בעבר שימשו רבות מבריכות החורף בארץ אף הן לאספקת מי שתייה והשקיה, בעיקר לכפרי מיעוטים (גפני, 2013), אך בעקבות חיבור היישובים למערכת המים הארצית פסק השימוש במי הבריכות כמי שתייה ופחתה השאיבה הישירה לחקלאות. ברכות חורף רבות מספקות כיום מים המשמשים להשקיית בקר וצאן (למשל, גפני 2007, גפני 2013), במיוחד במקרים שלא ניתן למשוך קווי אספקת מים אל שדות המרעה. לשם כך, מגדלי העדרים מעמיקים ברכות חורף קיימות ואף חופרים ברכות מלאכותיות שחלק מהן נעשו בתוך מספר שנים מערכות אקולוגיות מתפקדות בפני עצמן (לדוגמה בהר חורשן וברמת הגולן).

אספקת מי שיטפונות: בשנים האחרונות, בעקבות הבצורת הממושכת שפקדה את אזורנו, מופעי הגשם מצטמצמים בתדירותם ובאורכם אך מאופיינים בנפח מים גדול יחסית המגיע לקרקע בזמן קצר יחסית (רשות המים, 2018). בעבר היה נהוג לחשוב על זרימת מי שיטפונות לים כעל בזבז אולם גישה זו השתנתה ומאז שהטבע מוכר כבעל זכות למים, נשמר העקרון של רצף זרימה אל הים, בסיס הניקוז. כדי לייעל את ניהול משאב מי השיטפונות תוך שמירה על זכות הטבע למים, הוקמו מפעלים התופסים את מי השיטפונות ומנצלים אותם לצורך החדרתם לאקוויפר לטובת שמירה על מפלסים, תפיסה אל מאגר קולחים לצורך טיוב המים או תפיסה למאגרים לצורך גידול דגים וגידולים חקלאיים ובכך לצמצם את זרימתם לים או אל מקורות מים שאינם ניתנים לשימוש. נפח האיגום שמהוות בריכות הדגים מוערך בכ-20 מיליון מ"ק מי שיטפונות (בנט, 2016), רובו באזורי העמקים והחוף (חואניקו ופרץ, 2012). בתום מחזור גידול, לאחר שהדגים הגיעו למשקל הרצוי ונאספו, מרוקנים את הבריכה ומעבירים את המים המזוהמים, שהצטברו בהם חומרי פסולת רבים, תהליכי טיהור. לאחר הטיהור, המים נשאבים לבריכת הגידול ומשמשים לגידול המחזור הבא, או שהם מוזרמים להשקיית שדות (סביר והראל, 2004). השימוש במי הפלט של בריכות הדגים להשקיה מוגבל, היות והמים המשמשים לגידול דגים הנם מים מליחים המתאימים להשקיה של גידולים ספציפיים בלבד (בנט, פרימן ואנג'ל, 2016). הגבלה זו גורמת לכך שבמקרים רבים המים שלא ראויים לשימוש חוזר כלשהו מוזרמים לנחלים.

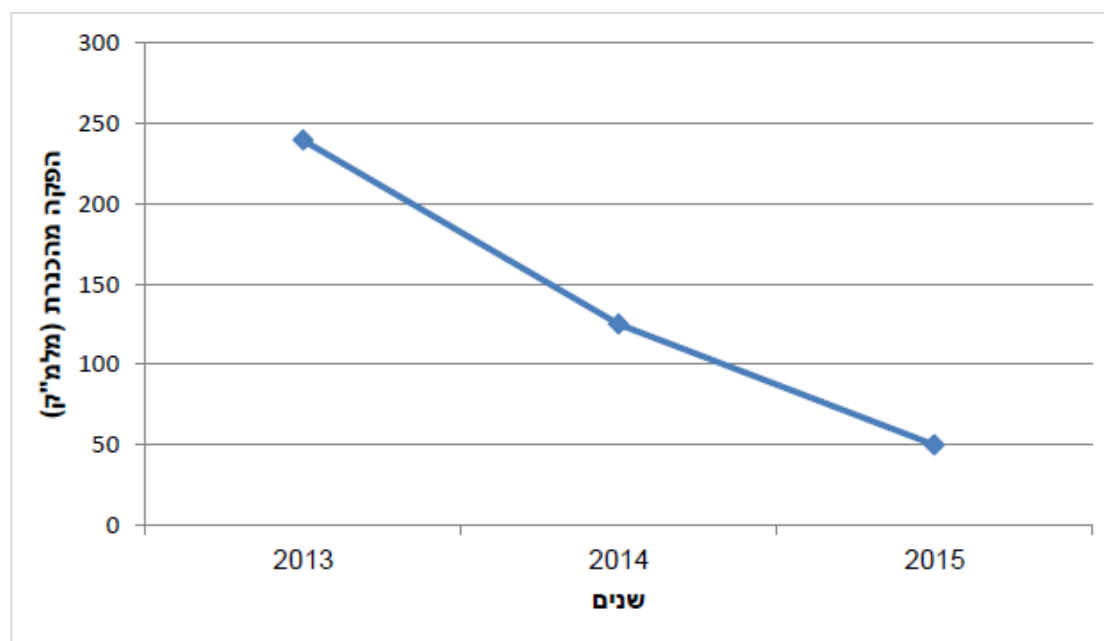
איור 13: צריכת המים למטרות הצריכה השונות (הצריכה החקלאית בתרשים כוללת אספקה של 9.35 מלמ"ק מים שסופקו למטרת טבע ונוף) (רשות המים, 2016).



איור 14: הפקת מים ממעינות (מלמ"ק) ע"י חברת מקורות ומפיקים פרטיים 2014-2015 (רשות המים, 2018).



איור 15: מגמת ההפקה מהכנרת (מלמ"ק) לאורך השנים (רשות המים, 2018).



תועלות השרות והתרומה התועלות לרכיבים השונים של רווחת האדם: תועלת ישירה של אספקה מים לצריכה ביתית, חקלאית ותעשייתית. צרכן נוסף שהצטרף בעשור האחרון הוא הטבע, ומכירים בו כצרכן מים לגיטימי כמו שאר הצרכנים (המשרד להגנת הסביבה, 2013). תועלות נוספות הן פוליטיות - אספקת מים לממלכת ירדן מספקת תועלת פוליטית ומהווה חלק מהסכם השלום, וכן תועלות כלכליות - שאיבת מי נביעות לתעשיית המים המינרליים. למשל, מפעל מי עין גדי השואב את מי מעיין עין גדי ומפעל מי עדן השואב את מי מעיין סלוקיה.

מגמות

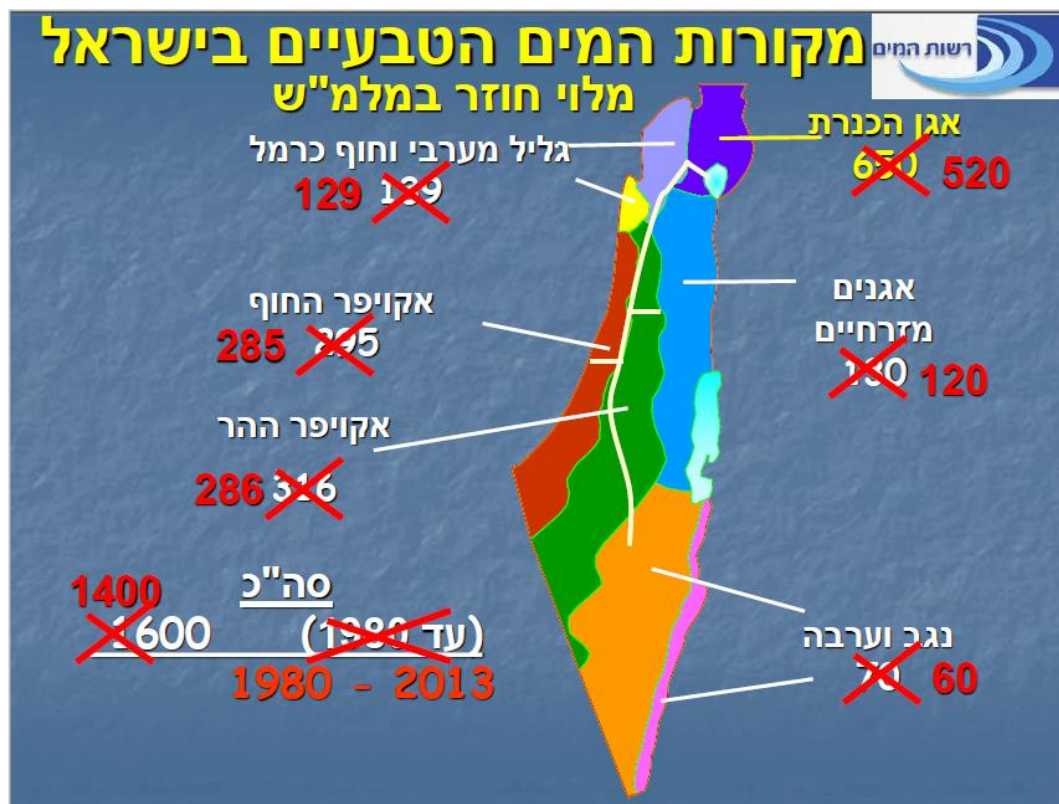
ממדי הפקת השרות בעבר ומגמות:

1. ירידה בנפח המילוי החוזר באקוויפרים ובאגנים: בסקר מעיינות שנערך ב-2012 נמצא שמתוך 91 מעיינות שנסקרו לפחות 60 מעיינות הראו מגמת ירידה ברורה של עשרות אחוזים בספיקה השנתית הממוצעת במהלך 50 השנים האחרונות (סקוטלסקי ופרלמוטר, 2012). נחל הירקון שבעבר היה שני בספיקתו לנהר הירדן, ואילו כיום אין מעיינותיו שופעים עוד מכיוון שמפלס מי התהום נמוך מרום הנביעה בעקבות שאיבת יתר מהאקוויפר. בהיבט הארצי, עד שנות השישים לא נצרכו מים מאגן ירקון-תנינים כלל, ומאגן הכנרת (מעיינות הדרן, הבניאס ונהר הירדן) נצרכו מלמ"קים בודדים, ואילו כיום ההפקות לצריכה משני אגנים אלה הם 250 ו-160 מלמ"ק, בהתאמה (Givati, n.d.).

עד שנות ה-80 נפח המילוי החוזר של מקורות המים הטבעיים היה כ-1600 מלמ"ש, ואילו כיום הוא עומד על 1400 מלמ"ש, לפי הפירוט ב

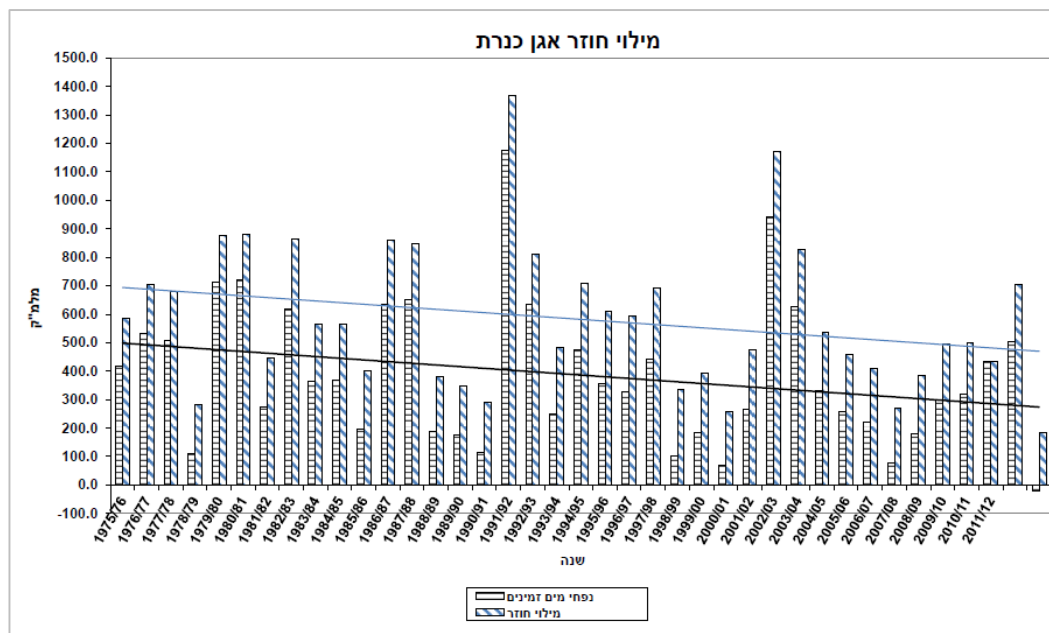
איור 16 (מרקל, 2016).

איור 16: מקורות המים הטבעיים בישראל. מילוי חוזר במלמ"ש (מרקל, 2016).



2. הפחתה בצריכה חקלאית ועלייה בצריכה הביתית: בעבר שימשו מי הכנרת בעיקר להשקיה חקלאית, אך במשך השנים הלך וגדל החלק המופנה לצריכה ביתית. כיום יותר מים מופנים לצריכה ביתית מאשר לחקלאית.
3. ירידה בנפח המילוי החוזר השנתי הממוצע באגן הכנרת: נפח המילוי החוזר השנתי הממוצע של הכנרת (סך כל הזרימות בנחלים, הגשם הישיר על הכנרת, שפיעת המעיינות והמים המחלחלים למאגרי מי התהום בניכוי האידוי מהאגם) נמצא במגמת ירידה בעשורים האחרונים. הוא ירד מכ-582 מלמ"ק לשנה בתקופה שבין 1975-2014 (מרקל, 2016). הפחתת כמות המים הנכנסת לאגם בעשורים האחרונים הינה תהליך הכולל בתוכו את הרכיבים הבאים: הגדלת צריכת מים ופיתוח מערכות אגירה ברמת הגולן; המשך פיתוח מערכות לניצול מים בעמק החולה, בגליל המזרחי ובלבנון; והפחתה מסוימת בכמות הגשם בעיקר ברמת הגולן (מרקל, 2016; Givati & Rosenfeld, 2007). כתוצאה משאיבות המים מן האגם, בכמות שגדולה יותר מכמות המים הנכנסת לאגם מגשמים, נגר זרימות מהנחלים, כמות המים השנתית הזמינה נמצאת במגמת ירידה (איור 17).

איור 17: נפחי מילוי חוזר באגן הכנרת ומים זמינים בכנרת (גבעתי וחוב', 2015).



4. התפלת מים: במדינת ישראל פועלים 5 מתקני התפלת מי ים: באשקלון (120 מלמ"ש; הוקם ב-2005), פלמחים (90 מלמ"ש; 2007), חדרה (127 מלמ"ש; 2009), שורק (150 מלמ"ש; 2013) ואשדוד (100 מלמ"ש; 2015) (רשות המים, ח.ת.). מתקנים אלו פועלים בשיטת אוסמוזה הפוכה (SWRO) ומספקים מים למערכת המים הארצית. מתקן ההתפלה הקטן, יחסית, באילת משלב התפלה ממי ים ומי קידוחים מליחים. סה"כ נפח המים המותפלים לשנת 2015 הוא 550 מלמ"ש, מתוך קיבולת/נפח מקסימאלית של 650 מלמ"ש (מרקל, 2016). תפוקת כל אחד ממתקני ההתפלה קבועה בהסכמים מול המתפילים השונים. במהלך השנים הוחלט על הרחבת חלק מהמתקנים. מידי שנה נבחנת ע"י ועדת תפעול ברשות המים, תפוקת ההתפלה השנתית הנדרשת, בהתאם למצב משק המים והתחזיות לשנה הקרובה. בהתאם לכך, ניתנת הוראה למתפילים השונים באם לייצר את הכמות הקבועה בהסכם או באם נדרש צמצום בהיקפי ההתפלה (רשות המים, ח.ת.).

בישראל קיימים מספר מתקני התפלה בהם מי הגלם הינם מים מליחים המופקים מקידוחים של מי תהום מליחים. מתקנים מסוג זה קיימים, כאמור, באילת (מספק 20 מלמ"ש מים מותפלים בשנה, מתוכם 3 מלמ"ש התפלת מי ים ו-17 מלמ"ש התפלת מים מליחים), בערבה, בדרום מישור החוף ובשפלת החוף - באזור חוף כרמל. היקף ההתפלה של מים מליחים כיום הינו כ-78 מלמ"ש, ועד סוף השנה (2018) צפויים להתווסף 5 מלמ"ש נוספים ממתקן בכפר מסריק שנמצא בהקמה (רשות המים, ח.ת.).

סיכום המגמה וגורמיה, והתייחסות להשלכות העתידיות האפשריות במצב בו המגמה שזוהתה תימשך או תשתנה: למרות הישגי משק המים, מאזן המים של הכנרת בירידה מתמדת הן בשל שינויי אקלים והשינוי במשטר הגשמים הן בשל עליה בשימושים באגן ההיקוות (מרקל, 2016). המגמות הנצפות כבר עתה של ירידה בנפחי המילוי החוזר מגשם באגן ההיקוות של הכנרת אשר באים לידי ביטוי בירידה בשפיעת המעיינות ובהפחתת כניסות המים לכנרת, וצריכת מים מעבר לכמות המים המתחדשת היוצרת משרעת מפלסים גדולה, צפויות להמשך גם במאה ה-21. המשך הירידה בנפחי המים הזמינים צפויה לגרום לעלייה בריכוזי המליחות באגם לרמה של מעל 300 מגכ"ל במידה ולא ינקטו אמצעים נוספים לשלילת מלח מהאגם ובהתאם לעוצמת הפחיתה בכמויות המים הזמינים. הפעלת הכנרת במפלס יציב אך בחילוף מים איטי יותר (פחיתה בכמות המים הנכנסים וכמות המים היוצאים) עשויה אף היא לגרום לפגיעה ביציבות האקולוגית ולעלייה בריכוז הציאנובקטריה באגם. בנוסף, תפגע היכולת לויסות המפלס ומניעת ירידה מקו אדום תחתון בשל האספקה הקשיחה לחלק מצרכני המים של הכנרת (גבעתי, טל ומרקל, 2015). ניצול נוסף של מים במקורות הירדן בישראל ומחוץ לגבולות המדינה, בשילוב עם התגברות תדירות הבצורות, עוצמתן ומשכן יביאו לירידה נוספת בנפחי המים הזמינים בכנרת מעבר לרמתם כיום ולספיקות מינימאליות בנהר הירדן (פחות מ-1 מ"ק/שנייה בחודשי הקיץ), עם כל המשמעויות ההידרולוגיות והאקולוגיות שפורטו לעיל (גבעתי, טל ומרקל, 2015).

בעקבות יציאת משק המים הארצי משנות המחזור הקשות, והתייצבות היצע המים במערכת הארצית עקב פיתוחם של מתקני ההתפלה, התווספו כמויות מים ניכרות להקצאות לשימוש חקלאי במערכת הארצית (גבעתי, טל ומרקל, 2015). תוכנית רשות המים שואפת להגיע לכמות של 750 מלמ"ק מים מותפלים בשנת 2020 (Spiritos & Lipchin, 2013). תוכנית אב למשק המים מדגישה את התפקיד הכפול, ולעיתים סותר של הכנרת: להוות מקור לאספקת מים ולספק שירותי מערכת אקולוגית, תוך ידיעה שבריאות המערכת האקולוגית הכרחית לשניהם (Markel, Shamir & Green, 2014).

4.2.1 ויסות איכות המים

מהות השרות ומנגנון הפקתו: טיהור מים ע"י לכידת סדימנטים והחזקת עודפי נוטריאנטים ומהמים אחרים כגון מתכות כבדות, הוא אחד מהשירותים החשובים ביותר של מקווי מים פנים ארציים (McLaughlin & Cohen, 2013).

מגוון של יצורים החיים במערכות האקולוגיות של מקווי מים 'מטפלים' בעודפי חומר אורגני וחומרי דשן המגיעים למערכות מאגן ההיקוות היבשתי ומפחיתים את ריכוזם במים. ויסות איכות המים נעשה על ידי חיידקים, פטריות זעירות, סרטנים זעירים, חרקי מים, חלזונות, ואף דגים (מלבד בבריכות החורף), המפרקים את החומר האורגני למינרלים- חנקן וזרחן, בסיוע חיידקים ופטריות. המינרלים המומסים עוברים שינויי צורה וחנקן מומס מסולק מהמים ע"י קליטה והטמעה של צמחים (בעיקר אצות) וחיידקים (Reddy & D'Angelo, 1998), ספיחה לסדימנטים, שקיעה של חלקיקים אורגניים ודה-ניטריפיקציה (הדס, וויין ובן- ציון, 2006). הדה-ניטריפיקציה הוא התהליך העיקרי, המתבצע ע"י חיידקים, וגורם לסילוק תמידי של החנקן מהמים, בצורה של חנקן גזי (N_2) המשתחרר לאטמוספירה (סוקניק, וחוב', 2004). זרחן בלתי זמין שוקע לקרקעית (Richardson, 1985; Zedler & Richardson, 1985; Kercher, 2005; Ce' re' ghino et al., 2008; Stamati et al., 2008; Sahuquillo et al., 2012).

בריכות חורף מוכרות בעולם כ"אתרים חמים" (hot spots) לתהליכי דניטריפיקציה (Parkin, 1987; Bedard- Haughn et al., 2006a; Marton et al., 2015), וכנראה שזהו גם המצב בישראל אך אין מידע על כך. עוצמת התהליך מושפעת מאד משימושי הקרקע באגן ההיקוות של הבריכות ועיבוד חקלאי מעצים מאד את השטף של תרכובות חנקן לבריכות החוף ואת עוצמת תהליכי הדניטריפיקציה המתרחשים בבריכות (Bedard-Haughn et al., 2006a). גם בכנרת ריכוז החנקן גבוה במיוחד בחודשי החורף ועיקרו מגיע מאגן ההיקוות. מקור חורפי נוסף לחנקן באגם הוא בתהליך הניטריפיקציה ובו חיידקים מחמצנים את האמוניום (נוצר במינרליזציה של חומר אורגני בשכבת המים התחתונה) המגיע לעמודת המים העליונה כתוצאה מההיפוך התרמי, לחנקן. תהליך הניטריפיקציה מתרחש בחורף (דצמבר-תחילת ינואר) למשך חודש. בתחילת האביב מגיע ריכוז החנקן באגם לשיא שאחריו הוא דועך בעיקר כתוצאה מצריכה ביולוגית על ידי פיתופלנקטון (פרידיניום, למשל) ותהליכי דה-ניטריפיקציה המתבצעים על ידי אוכלוסיות מתמחות של חיידקים. תהליכי דה-ניטריפיקציה נמשכים כשלושה חודשים (אפריל- יולי) ומסולק באמצעותם כ-60% מהחנקן. קיבוע החנקן מספק כ-80-100 טון חנקן לאגם (הדס, וויין ובן- ציון, 2006). במהלך תקופת השכוב בקיץ, שוקעים לשכבה התחתונה שרידי אצות ופירוקם בשכבה זו, משוללת החמצן, מביא לעליה בריכוזי האמוניום והזרחן. בשני העשורים האחרונים בחודשי הקיץ מתפתחות בכנרת חיידקים כחולים מקבוצת הציאנובקטריה, המקבעות חנקן ויוצרות רעלנים ששמן אפניזומנון (*Aphanizomenon ovalisporum*) וצילינדרוספרמופסס (*Cylindrospermopsis cuspidata*) (סוקניק, נשרי והדס, 2004). הופעתן מעידה על שינויים בתנאי הסביבה באגם ועלייה בקיבוע חנקן: עד 1994 לא התפתחו בכנרת מינים בעלי כושר קיבוע חנקן, ומכאן שיכולת זו לא היוותה יתרון משמעותי, כלומר חנקן לא היווה גורם מגביל (זהרי, 2004).

בדומה לבריכות חורף והכנרת, אגמון ושמורת החולה מתפקדים כמבלע (sink) הקולט כמויות גדולות של חנקן וזרחן ומונע את הגעתם לכנרת. באגמון מסולקים 10-60 טון חנקן בשנה בתהליך הדה-ניטריפיקציה בקיץ, אך עדיין מתקיימת הסעה של חנקן לכנרת, בעיקר בחורף, בשיעור של 5.9-42.2 טון. בשונה מגופי מים אחרים, האגמון מתנהג כמקור המוסיף כ-1.2 עד 1.8 טון זרחן כללי בשנה (בעיקר בקיץ ובסתיו), מפירוק האצות והצומח הטבול

של גוף המים, כאשר 0.3-0.7 טון מתוכם מועברים לכנרת (מהווים 20-30% מסך הזרחן הנפלט) והשאר מוטה להשקיה ובכך נמנע מהכנרת. היחס הגבוה של חנקן-זרחן במים היוצאים מהאגמון אל הכנרת (כ- 20 זרחן/ 60 חנקן) יכול לשפר את מצב המערכת האקולוגית של הכנרת הזקוקה לתגבור בחנקן אך יש בה עודף זרחן (ברנע וחוב', 2012).

מערכות האקולוגיות של מקווי מים פנים ארציים גם יכולות לצמצם ריכוזי מתכות כבדות במים. הרחקת המתכות הכבדות (Cd, Cr, Cu, Pb & Zn) מהמים המתבצע ע"י חיידקים וצמחים (Herrmann, 2012). אולם ראוי לציין כי המתכות המסולקות מהמים מצטברות בצמחים, ולכן במקווי מים המתאפיינים בצמחייה עונתית (כמו בריכות חורף), כשצמחים מתים ומתפרקים חזרה במים, המתכות הכבדות שבות ומשתחררות חזרה למים. במידה והצמחים נאכלים ע"י הביוטה, המתכות הכבדות מועברות במארג המזון.

זואופלנקטון ואצות מתפתחים בשכבה המחומצנת במאגרי השקיה, ובריכוזים גבוהים עלולים לסתום מערכות סינון והשקיה (שגיא וניב, 1993). בגלל שבמאגרים אלה לא מתפתחת בד"כ אוכלוסיית דגים טבעית אשר תווסת את איכות המים, הם מאוכלסים באופן יזום ע"י דגים המסננים ביעילות עשבי מים, אצות פלנקטוניות וזואופלנקטון מגוף המים, באמצעות העברת נפח המים דרך מערכת הזימים, או איסוף של חלקיקים גדולים יותר אל לוע הדג ואל מערכת העיכול.

מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים באספקת השרות: הצמחייה שבאזור הליטוראל בכנרת מהווה מעין מתווך בין היבשה לבין גוף המים, ופעמים רבות "מסננת" לחמרים המגיעים מהיבשה למים, כגון חלקיקים, נוטריאנטים מומסים וכימיקלים אחרים (רמון וחוב', 2001). גם להרכב אוכלוסיית הדגים (גודל, גיל, מבנה מגוון וביומסה) יש תפקיד חשוב בוויסות דינאמיקות של מארג המזון ומאזן נוטריינטים, המשפיעים על איכות המים. צריכת אורגניזמים ע"י דגים היא תכונה בולטת ליכולתם להשפיע על רמות הטריפה (trophic levels) ובכך להשפיע על יציבות ודינאמיקת מארג המזון באגם. יתר על כן, השפעות מווסתות אלה משתנות כאשר דג עובר משלב חיים אחד לאחר. העלמות של דגים עם תכונות מפתח מן המערכת האקולוגית עלולה לפגוע ביציבות המערכת ולגרום למעבר ממצב של שווי משקל למצב חדש. במקווי מים מתוקים, להתנהגות הזנה של דגים בוגרים וצעירים יש השפעה ע"י בקרה עילית על הדינאמיקות במארג המזון (Holmlund & Hammer, 1999). בנוסף דפוסי הזנה של דגים יכולים להשפיע על זמינות זמנית של נוטריינטים ופריחת אצות בעקבות הפרשות חנקן וזרחן, כתוצאה של תהליך העיכול, הופך אותם לזמינים עבור ייצור ראשוני (Ostrovsky et al., 2014c). לדגים צעירים יש פוטנציאל להשפיע על עושר האצות. הוכח שבקרה עילית ע"י רעיה של דגי מים מתוקים משפיע על הדינאמיקה של אגמים העשירים בנוטריינטים ויכולים לגרום לשינוי ממצב עכור לצלול (Holmlund & Hammer, 1999). לדג אמנון הגליל חשיבות רבה בשמירה על איכות מי הכנרת, בהיותו מנצל את האצה הפלנקטונית פרידיניום ואצות נוספות כמקור מזון, שאלמלא נאכלו היו מתפרקות ויוצרות חומר אורגני לא מנוצל אשר ירע את איכות המים באגם. בנוסף, הוא אינו טורף יעיל של זואופלנקטון בהשוואה למיני דגים אחרים, וכך לא פוגע ביכולת הזואופלנקטון לזון מאצות.

במאגרי השקיה מאוכלסים מספר מיני דגים, המצליחים להפחית באופן ניכר את ריכוז הזואופלנקטון ולמנוע את פריחת האצות הכחוליות הנפוצות (בעיקר מהסוגים מיקרוציסטיס, אוסצילטוריה, ספירולינה ואנבנה), שעלולים לסתום מערכות סינון והשקיה (שגיא וניב, 1993). במקרים רבים, נוכחות הדגים המסננים במאגר גורמת לשינוי

באוכלוסיית האצות, כך שאצות ירוקיות חד-תאיות קטנות (בקוטר 5-25 מיקרומטר) הופכות להיות הקבוצה השלטת במאגר (שגיא וניב, 1993).

מיני הדגים המסננים היעילים הם (דוּתן, 2016): הכסיף (*Hypophthal michthis molitrix*), קרפיון שהובא במיוחד מסין, בעל מערכת סינון מאוד דקה שיכולה לאסוף אצות קטנות מרחפות; קרפיון שחור (*Mylopharyngodon piceus*), שהובא אף הוא מסין וניחן בלסתות חזקות שיכולות לפצח חלזונות בוגרים; קרפיון מצוי (*Cyprinus carpio*) טורף זחלים של חרקי מים כגון יתושים וימשושים; קיפון בורי (*Mugil cephalus*) אחראי לסילוק שאריות מזון וצואת דגים; אמנון (*Cichlidae sp.*) מעדיף אצות שצמודות לקרקעית; קרפיון גדל-ראש (*Aristichthis nobilis*); נמסיף (דג מכלוא של כסיף וקיפון גדל-ראש); וקרפיון העשב (*Ctenopharyngodon idella*) מין דג צמחוני הניזון מצמחי מים ומאצות חוטיות המתפתחים בשולי המאגר ועל הקרקעית. רוב מיני הדגים המאוכלסים במאגרי השקיה אינם מתרבים באופן טבעי בגופי מים בישראל, וכך אין כל סכנה להדירתם לגופי מים בלתי רצויים, או להתפתחות אוכלוסיות צפופות של דגים, או דגיגים מעבר לרצוי, דבר שעלול לגרום נזקים לגוף המים, או למערכות ההשקיה (שגיא וניב, 1993).

ממדי הפקת השרות: דגים מסננים (למשל, כסיף ונמסיף) יכולים לסנן מדי יום כמות מים, הנאמדת עד פי חמישה סדרי גודל מנפח גופם (דג במשקל 1 ק"ג מסנן כ-100 מ"ק מים מדי יום), ומצליחים להוריד משמעותית את כמות האצות הכחוליות במים והזואופלנקטון שניזון מהן. במחקר שבחן את השפעת צפיפות הדגים המסננים על איכות המים, נמצא שריכוז של 21 גרם דגים למ"ק, או נמוך יותר, מספיק כדי לשפר את איכות המים (שגיא וניב, 1993). בנוסף, קיימים מדדים כמותיים להפחתת חומר אורגני ע"י בקטריות, תהליך המתבצע גם באופן יזום בבריכות חימצון ובמתקנים לטיהור שפכים. במהלך טיפול כזה יורדים ריכוזי החומר האורגני (המבוטאים כצריכת חמצן ביולוגית) מערכים של עשרות מ"ג לליטר לערכים של מ"ג בודדים לליטר. באשר לסילוק החנקן, עוצמת התהליך ניתנת לכימות ע"י השוואת "מרחק האחזקה" (Uptake length) במקטע נחל שאינו מזוהם לעומת במקטע המזוהם שאחריו. בנחל הירקון למשל, במקטע העליון שהוא מקטע חופשי יחסית מזיהומים, מרחק האחזקה של אמוניום עומד על 400-500 מ' כלומר, מרגע שמולקולת אמוניום מגיעה למערכת הנחל היא עוברת כ-500 מ' בממוצע עד שהיא נקלטת ע"י חיידקים ואצות. לעומתו, במקטע התיכון המזוהם מקולחים, מרחק האחזקה של מולקולת אמוניום היה כ-20 ק"מ. כלומר, בממוצע מולקולת אמוניום המגיעה למקטע התיכון של הנחל כלל לא נקלטת ע"י חיידקים ואצות, אלא מוזרמת כמו שהיא לאורך הנחל ומגיעה לים (ומזהמת גם אותו). לאחר שנקטו פעולות לטיפול טוב יותר בקולחים ע"י שדרוג המט"שים, מרחק האחזקה של אמוניום במקטע התיכון ירד ל-3 ק"מ, כלומר יכולתה של מערכת הנחל לטהר את המים עלתה פי שבע (Arnon et al., 2015).

תועלות השירות: ויסות איכות המים הוא שירות חשוב במיוחד כאשר בתי גידול הלה מחובר למקורות מי תהום או מים עיליים (נחלים, אגמים בדומה לחולה) כי הם בתורם משמשים כמי שתייה לציבור (Olmstead, 2010) והשקיה חקלאית. בנוסף, הערך הכלכלי של מקווי מים שבהם המים נקיים יותר גבוה יותר והם מספקים שירותי תרבות-אתרי לפעילות תיירותית כגון שיט ורחצה במים.

תרומת התועלות לרכיבים השונים של רווחת האדם:

- איכות מי מקווה המים משפיעה בצורה ישירה על אספקת שירותי מערכת אחרים (Brauman, Daily, Duarte, 2012; Mooney, 2007; Keeler et al., 2012). למשל, לאיכות מי הנחל השפעה מכרעת על המערכת האקולוגית בגוף המים ובסביבת הנחל וכפועל יוצא גם על שירותי הסביבה כגון הספקת מים לחקלאות, צמצום

- מטרדי יתושים וריחות, ותמיכה בפעילויות של פנאי ונופש (קסלר ואפרתי, 2011). הנושא מקבל משנה תוקף כאשר מדובר בנחל אשר אליו מופנים קולחי מט"ש באיכות שניונית (קסלר ואפרתי, 2011).
- ערך כלכלי- תיירות, ערך הנכסים לאורך חוף האגם עולה, עלות אספקת מי שתייה לציבור יורדת כי נדרש פחות טיפול במים (Olmstead, 2010), עלות נמוכה עבור טיפול במים למגדלי דגים ותאגידי מים.
 - ערך בריאותי- סיכון נמוך יותר בהתפתחות מחוללי מחלות במקווי מים שיש בהם פחות חומר אורגני ופחות נוטריאנטים (Keeler et al., 2012); מגדלי דגים ותאגידי מים יכולים להימנע או להפחית טיפולים פיזיקליים וכימיים לריסוס מאגרי המים, הנחשבים לפחות בריאים במי השתייה (דותן, 2016).
 - ערך תרבותי- מגוון פעילויות נופש ופנאי יכולות להתבצע כשהמים נקיים וצלולים.

המשתמשים, המגזרים השונים בחברה המשתמשים בשרות: כלל האוכלוסייה, המגזר החקלאי, תעשיית התיירות, דייגים, אנשי שמירת טבע ומטיילים.

מגמות

ממדי הפקת השרות בעבר: אגם החולה והביצות שסביבו סיפקו שירותי ויסות ע"י שיפור איכות המים טרם הייבוש, שכן שימשו כמבלע לנוטריאנטים וכמלכודת של חומר אורגני חלקיקי ומומס (גבירצמן, 2002; Dimentman & Bromley, 1992) בביצה הצטברה אדמת כבול, חומר אורגני עשיר בחנקן, הנוצר משיירי צמחים שהצטברו מתחת למים בתנאים של חוסר בחמצן, בכמות של 1000 מיליון טונות בקירוב (מזור, 1994). לאחר הניקון, מבלע הנוטריאנטים החשוב הזה הוסר. התפרקות החומר האורגני במשך הקיץ העשירה את הקרקע בתרכובות חנקן ובחורף, בזמן הרטבת הקרקע, נשטפו תרכובות החנקן לתעלות הניקון והן זרמו לכנרת בזמן השיטפונות (Litaor et al., 2013), כאשר הכבול נחשב למקור עיקרי לזיהום. בשנות השבעים והשמונים המאוחרות, אספקת שירותי הויסות המשיכה לרדת והשפיעה יותר ויותר על הכנרת (Cohen-Shacham, 2015). נחל החולה חדל מלתפקד כאיגום מקדים לכנרת, וחלק ניכר מהסדימנט הכבד ועומסי הנוטריאנטים של נהר הירדן נשטפו ישר לכנרת (Hambright & Zohary 1998). במשך הזמן התברר שייבוש החולה הוא הגורם העיקרי לירידת איכות מי הכנרת. אחרי שהושלם פרויקט האגמון, המשטר ההידרולוגי של עמק החולה עבר שינויים משמעותיים (Tsipiris & Meron, 1998) והשטח שהוצף מחדש הבטיח איכות מים טובה יותר לכנרת, ע"י הפחתת טעינת הנוטריאנטים (Gophen et al., 2003).

מצב המגוון הביולוגי הרלבנטי לאספקה במהלך השנים לאחור: ברוב נחלי החוף המיניים המעורבים באספקת השרות, ובעיקר מרבית צמחי המים שבהם, נעלמו לחלוטין בעשורים האחרונים מהמקטעים המזוהמים של הנחלים ולכן חלה ירידה משמעותית ביכולת הטבעית של הנחל לווסת את איכות המים. למשל, נעשתה השוואה בין צמחיית המים הטבולה, הצפה והמזדקרת לאורך הקטע המזרחי של הירקון בשנות ה-70 ועשרות שנים קודם לכן (רשות נחל הירקון, 1995). ההשוואה הצביעה על פגיעה חמורה בחברות צמחי המים, במקטעים מזוהמים. חלק מהמינים נעלמו כליל (נורית המים *Ranunculus peltatus*, גומא הירקון *Cyperus corymbosus*, אגמון האגם *Schoenoplectus lacustris*, מיני עדשת מים (*Lemna* sp.), מיני נהרונית (*Potamogeton* sp.), שבטבט ענף *Equisetum ramosissimum*), ותפוצתם של מינים אחרים, שבעבר השתרעה על פני חלקים ארוכים של הירקון, הצטמצמה והוגבלה רק לקטעיו המזרחיים. בעקבות ממצאים אלה נבדק הקשר בין טיב המים (בדיקות כימיות ומדידות

פיסקליות) לבין מגוון המינים המתקיים בהם התברר ש-21 מתוך 48 המינים שגדלו בקטעים שנבדקו בנחל, הופיעו רק בקטעים הנקיים, ולא בקטעים המזוהמים. על פי עדויות שונות, רוב המינים הללו גדלו שם לפני הופעת הזיהום. היעלמות המינים הרגישים לזיהום בקטעים המזוהמים אפשרה למיני צמחים לא רגישים לזיהום להתפרש על פני שטחים נרחבים לאורך הנחל. אם בקטעים הנקיים יחסית הייתה חוקיות מסוימת בחיגור הצמחים, הרי בקטעים המזוהמים כמעט נעלם החיגור הזה, וניכרה חדירה בולטת של צמחים סגטליים (עשבים שוטים של שדות מעובדים) ורודרליים (צמחים הגדלים בצדי דרכים). תוצאות המיפוי מראות בבירור כי מגוון מיני צמחים גדול בהרבה בקטעי הנחל הנקיים יחסית לעומת הקטעים המזוהמים, כאשר גם לזיהום העונתי בלבד יש השפעה מכרעת על מגוון המינים. לדוגמא: בקטע הנקי כל השנה, עד ראשית שנות השבעים, נכחו חמישה מיני צמחים שגדלו בגוף המים: נימפאה תכולה (*Nymphaea caerulea*), מדד זוחל (*Ludwigia stolonifera*), נהרונית צפה (*Potamogeton nodosus*), נופר צהוב (*Nuphar luteum*) ואגמון החוף (*Schoenoplectus litoralis*). בקטע שבו הזיהום עונתי, לעומת זאת, נותרו רק שני המינים האחרונים (אגמי, 1973). תוצאות דומות התקבלו גם בנחל אלכסנדר ובנחל עמל (Agami et al., 1984). כדי לבדוק את הקשר הסיבתי בין זיהום המים לבין היעלמות מיני צמחים מהקטעים המזוהמים, העתיקו צמחים מהקטעים הנקיים לקטעים המזוהמים, ובדקו את השפעתו המיוחדת של כל אחד מהקטעים על מיני הצמחים (Agami, et al., 1976). בדרך כלל התברר שככל שהצמחים טבולים יותר במים, כן הם תלויים בטיבם. כל המינים הטבולים והצפים, ובהם: נימפאה תכולה, נופר צהוב, נהרונית צפה ומדד זוחל, נמצאו רק בקטעי הנחל הנקיים יחסית. צמחי מים מזדקרים, לעומתם, כוללים מינים "אדישים" לזיהום ומינים הרגישים לו, כמו אגמון החוף וגומא הפפירוס. עוד נמצא שהשפעת דטרנטים בריכוז 15 חל"מ (חלקיקים למיליון) הייתה הבולטת והמהירה בין מרכיבי הזיהום. ובתוך זמן קצר נצרכו הצמחים קשות ונרקבו. גם כשהוסיפו אמוניה בריכוז 40 חל"מ ומעלה, נפגעו מקצת מיני הצמחים. נראה כי אמוניה יש השפעה עקיפה על הצמחים, בכך שהוא מעודד התפתחות כמות רבה של אצות וחיידקים פוטוסינתטיים, הגורמים לעכירות גבוהה שפוגעת בצמחי המים. לעומת זאת, ריכוזי מינרלי המזון (כגון חנקות וזרחות), שנמצאו במי הקטעים המזוהמים, מעודדים ומזרזים את התפתחותם של הצמחים (רשות נחל הירקון, 1995).

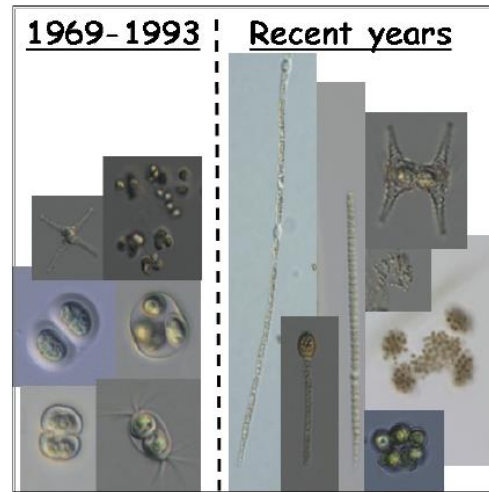
בשנים האחרונות, בעקבות שיפור הטיפול בשפכים והפחתה בממדי הזיהום המזרם למקווי המים, המגוון הביולוגי הנותר במערכת נמצא במגמת התאוששות. ככלל מתרחש במקווי המים תהליך של היזון חוזר חיובי: במקווי מים ללא זיהום הביוטה "רעבה" לחומר אורגני ולנוטריאנטים ולכן כושר הטיהור שלהם גבוה. העשרה מועטה ("טבעית") יכולה להעלות את הביוטה של הביוטה ואז כושר הטיהור העצמי יישאר גבוה ולא יפגע. אבל העשרה גבוהה (זיהום) גורמת לביוטה "להיות שבעה" ולכן רמת קליטת החומר האורגני והנוטריאנטים שלה יורדת וכושר הטיהור העצמי של מערכת המים המתוקים נפגע. לכן, לפני תחילת הזרמת הקולחים המאסיבית למקווי המים הם התאפיינו ברמה גבוהה של יכולת טיהור מים. בנוסף, ישנם מחקרים המראים כי שינויים ביעודי קרקע, משטחים טבעיים לשטחים חקלאיים, תעשייתיים ואורבאניים משפיעה לרעה על כושר הטיהור העצמי של מערכות מים טבעיות לפחות בדומה להזרמה ישירה של קולחים למקווי המים. לכן, כאמור, כושר הטיהור העצמי של מערכות המים תלוי ברמת הזיהום הנוכחית שלהם. במרבית נחלי החוף למשל, כושר הטיהור העצמי כיום הוא ככל הנראה נמוך ביותר.

זיהוי מגמה:

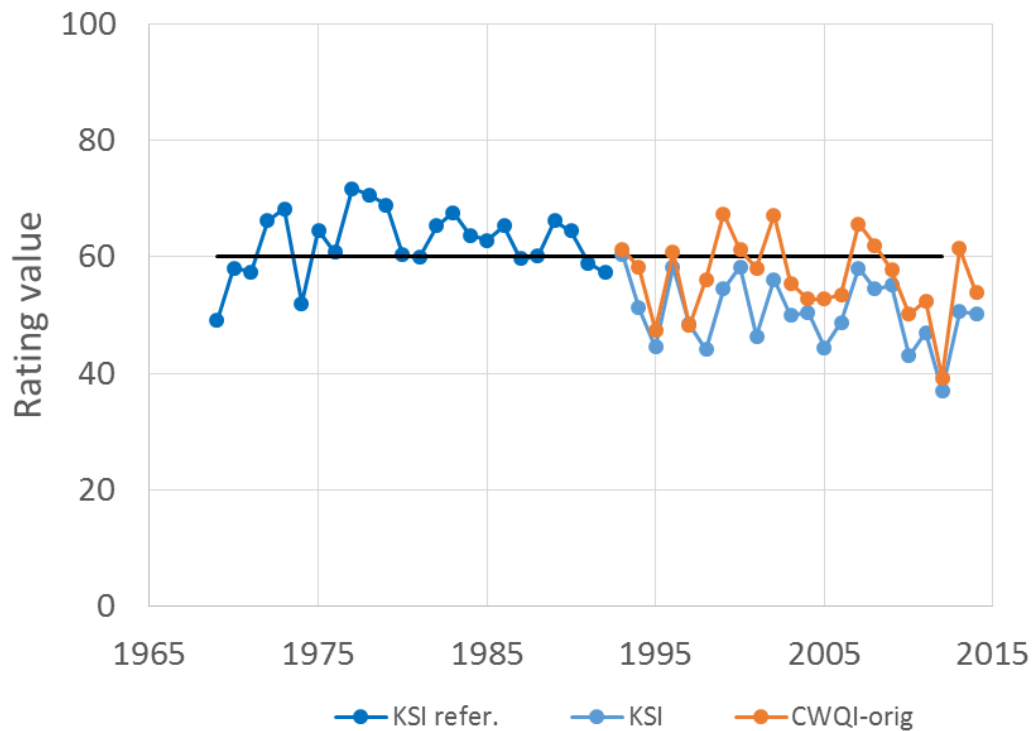
- בנחלים, הפחתת הזרמת מזהמים למקווי המים ע"י איסוף קולחים וטיפול טוב יותר בהם גרמה לשיפור במצב הביוטה המספקת את שירות הויסות.

- לפני הייבוש, החולה תפקדה כמערכת אקולוגית בריאה ומאוזנת שהתרחשו בה תהליכי שקיעה של חומר אורגני ואיבוע משמעותי של נוטריאנטים. תהליכים אלה התרחסו באופן טבעי ווהמערכת התמודדה היטב גם עם הזיהומים שהגיעו אליה. לאחר הייבוש, המערכת הטבעית איבדה את כושרה לטפל בכמויות הנוטריאנטים הטבעית, ובזיהומים. תהליכי שקיעת הסדימנטים וקיבוע הנוטריאנטים הואטו וכמויות גבוהות של נוטריאנטים זרמו לכנרת. בנוסף, בגלל שטחי החקלאות והממשק בהם, חומרי הדברה ודשנים שהוספו לשטחי החקלאות החדשים רק התווספו למערכת וגם הם זרמו לכנרת. כלומר, לאחר הייבוש, השירות נעלם. לאחר השיקום והקמת אגמון החולה השירות חזר להיות מסופק על ידי המערכת הטבעית באופן חלקי בהשוואה לתקופה של לפני הייבוש, בגלל גודלו הקטן של האגם הקטן לאחר השיקום.
- הפעילות האנושית שכללה בין השאר עלייה באינטנסיביות המדגה, הוספת שטחים חקלאיים והקצאת מים לצרכנים אחרים, ובנוסף, ירידה בכמות המשקעים הביאו לעליה בדרישה לאיכות מים גבוהה ולירידה ביכולת אספקתם ע"י הסביבה. המגמה הכללית העתידית תהיה צמצום בשירות המערכת או ירידה באיכותו. מנגד פעילויות כגון וויסות טכנולוגי של איכות המים וסחרורם בתוך המדגה עשויים להוביל לקיבוע ואפילו לירידה בדרישה לשירות המערכת (בנט, פרימן ואנג'ל, 2016).
- מעקב אחר איכות מי הכנרת בעשורים האחרונים מעיד על מגמת התדרדרות באיכות המים משנת 1991, בעיקר עקב עליה בריכוזי כלוריד, גידול יחסי בביומסת הציאנובקטריה וייתכן שגם כתוצאה מצמצום נפח המים באגם. הפגיעה באיכות המים גורמת לעלייה ברמת האוטרופיקציה.
- בכנרת יש מגמה של הופעת אצות כחוליות חוטיות מקבעות חנקן ושל שינוי בהרכב המינים של הפיטופלנקטון הקיצי (איור 18). שינויים אלה חלו בעיקר משנות השבעים והשמונים ועד אמצע שנות התשעים והובילו לכך שהפיטופלנקטון הקיצי התאפיין בעיקר במינים קטנים יחסית שרובם שייכים לקבוצת הירוקיות. מינים אלה מהווים מזון מועדף של הזואופלנקטון המסנן המשפיע באופן חיובי על איכות המים. כתוצאה מלחץ רעייה גבוה הביומסה האצתית נשמרה נמוכה יחסית ומי הכנרת בקיץ היו צלולים. בשנים האחרונות משתלטים על אסופת האצות מינים אחרים, אצות חוטיות, כמו הצילינדרוספרמופסיס והאפניזומנון, שאינם נאכלים ע"י זואופלנקטון. כתוצאה מכך לחץ הרעייה נמוך יותר, הביומסה של האצות החוטיות מצטברת במים והמים הופכים עכורים יותר. הכנרת היא מערכת אקולוגית בה מתקיימים יחסי גומלין מורכבים בין רכיבי המערכת השונים. ולא ניתן להצביע בבירור על הסיבות להופעת האצות הלא רצויות והחיידקים הפוטוסינתטיים ולשינויים המתרחשים בהרכב המינים (המעבדה לחקר הכנרת, 2008). אולם, מקובל לפרש שינויים כאלו בתור סימנים ראשונים לכך שהאגם נתון ללחצים אנתרופוגניים, שהולכים וגוברים עם השנים (זהרי, 2004). השינוי באוכלוסיית האצות המאכלסות את הכנרת משקף שינוי באקולוגיה ובביוגיאוכימיה של האגם (איור 19). הוא יכול לנבוע מהירידה בעומסי החנקן, שעלולה לאיים על האיזון של המערכת האקולוגית ומכאן לפגיעה באיכות המים.

איור 18: מיני האצות האופייניים בכנרת בקיץ של השנים 1969-1993 לעומת המינים האופייניים בשנים האחרונות: בולט השינוי מאצות קטנות, בעלות צורה עגולה בתקופה המוקדמת לאצות חוטיות או מושבתיות או בעלות קוצים בתקופה המאוחרת (זהרי, 2004).



איור 19: איכות המים בכנרת בשנים 1969-2014 (ממוצעים שנתיים) מוערכת באמצעות אינדקס איכות המים (CWQI- COMPOSITE WATER QUALITY INDEX) המודד את מידת השמירה על המערכת האקולוגית ואינדיקטורים של מי גלם למי שתיה, ולפי אינדקס (KSI- KINNERET SUSTAINABILITY INDEX), המתייחס להיבטים של שמירה על המערכת האקולוגית ביחס למצב המערכת האקולוגית שהתקיימה עד לשנת 1991. בשני המקרים התקופה 1969-1992 נחשבת כתקופת הייחוס. הקו האופקי השחור מציין את ערך הסף 60 שמתחתיו הערכים נחשבים כלא קבילים (המעבדה לחקר הכנרת). שני המדדים כוללים פרמטרים אקולוגיים ומשנתי מצב של המערכת האקולוגית כגון שקיפות המים, ריכוזי נוטריינטים ואצות. אינדקס איכות המים CWQI כולל גם פרמטרים הנדסיים כגון עכירות וריכוזי וקוליפורמים צואתיים, והשינוי השנתי מוסבר בעיקר ע"י התנודות במפלס האגם ופחות מכניסה חיצונית של נוטריינטים (פרפרוב, ח.ת.; Parparov, Hambright, & Berman, 2014).



4.2.2. אספקת דגה לניקוי מקווי מים

מהות השרות, מגוון הפקתו והמגוון הביולוגי המעורב: מיני דגים מסננים ניזונים מן המזון הטבעי המתפתח במקווי המים (פיטופלנקטון וזואופלנקטון), ובכך מהווים "פועלי ניקיון" המשפרים את איכות המים ומסייעים לשמירת המאזן האקולוגי (גפן וגל, 1992). השרות מסופק בעקיפין, כאשר נאספים דגיגים ממינים מסננים מבריכות דגים ייעודיות, ומאוכלסים במאגרים, בבריכות דגים, במוביל הארצי ובכנרת. כאמור, הדגים המסננים ניזונים מן המזון הטבעי המתפתח במקווה המים: אצות, זחלי יתושים, סרטנים ושפע של יצורים זעירים. כלומר, הם מנצלים את מארג המזון ולא נעשית כל התערבות חיצונית, כמו למשל תוספת של זואופלנקטון. כאמור, הדגים יכולים לסנן מדי יום כמות מים, הנאמדת פי חמישה סדרי גודל מנפחם (דג במשקל 1 ק"ג מסנן כ-100 מ"ק מים מדי יום) (שגיא וניב, 1993). הם מעבירים את נפח המים דרך מערכת הזימים, וחלקיקים, הגדולים יותר מרווחי המעברים במסרקות הזימים, נאספים אל לוע הדג ואל מערכת העיכול. באופן כזה מסננים הדגים ביעילות אצות גדולות וזואופלנקטון מגוף המים. מיני הדגים המאוכלסים הם: כסיף שפל- עין (*Hypophthalmichthys molitrix*) הניזון מפיטופלנקטון, אמור לבן (אמור העשב- *Ctenopharyngodon idella*) הניזון ממקרופיטים (צמחי מים צפים או טבולים) מיקרופלנקטון ומאקרופלנקטון, קיפון בורי (*Mugil cephalus*) הניזון מזואופלנקטון, ומיני קרפיון הניזונים מאצות בנטיות ומיתושים. מאגרי מקורות גם מאוכלסים בקרפיון שחור (*Mylopharyngodon piceus*) הניזון מחלזונות.

מצב נוכחי

ממדי הפקת השרות: דגיגים ממינים מסננים מגודלים בבריכות דגים ייעודיות ומועברים לאכלוס במאגרים, בריכות דגים, במוביל הארצי ובכנרת. רוב מאגרי המים בארץ מאוכלסים ע"י דגים, ובהם כל המאגרים המשמשים לצרכי השקיה חקלאית, שכן השימוש בדגים המסננים נחשב כשיטה היעילה ביותר למנוע מפילטרים של ההשקיה להיסתם (כתוצאה מרמת זואופלנקטון גבוהה, חלזונות וכו'). בגלל שהמאגרים קולטים מים בעיקר בתקופת החורף ומשמשים להשקיה במהלך הקיץ, מרביתם הינם גופי מים קצרי-מועד, המאופיינים בתנאים אקולוגיים בלתי יציבים, המתבטאים בחילוף אוכלוסיות של אצות וזואופלנקטון. יצורים אלו, המפתחים במאגרים, גורמים סתימות רבות במסננים ובאביזרי השקיה. מאחר והמאגרים מתייבשים בד"כ מדי שנה, במרביתם לא מתפתחת אוכלוסיית דגים טבעית, אשר תשפיע על אוכלוסיית האצות והזואופלנקטון, ונדרש לאכלס אותם בדגים מסננים לשיפור איכות המים. בניגוד למאגרים, בגופי מים רב-שנתיים יציבים יכולות להתפתח אוכלוסיות של דגים, אשר יעמדו בראש מארג המזון, יבקרו את אוכלוסיית האצות וימנעו פריחת של אצות/חידקים פוטוסינתטיים וזואופלנקטון.

אכלוס הדגים במאגרים נעשה ע"י חברת מקורות או ע"י מספר מצומצם של דייגים המקבלים זיכיונות לאכלוס מאגדות מים. למשל, במאגרי רמת הגולן (מים שפירים) מספר מצומצם של דייגים (ארבעה-עד שישה) בעלי זיכיונות. חברת מקורות מאכלסת דגים בכל מאגריה (40 מאגרים מבריכת רם שבצפון הארץ ועד מאגר ספיר) החל משנת 1982. כ-70% ממאגרי חברת מקורות המאוכלסים הם מאגרי קולחים והשאר מאגרי מים שפירים. במאגרי המים השפירים, כאשר הדגים מגיעים לגודל מסוים הם נידוגים ע"י הדייגים המאכלסים, המקבלים היתר מיוחד לאסוף אותם. דגים אלו נמכרים כדגה למאכל. לעיתים, בתום עונת האגירה מעבירים דגים ממאגר שמתייבש למאגר אחר או שמתירים לשקנאים ליהנות מהשלל. הדגים המאכלסים מאגרי קולחים אינם נמכרים למאכל.

גידול מסחרי של דגים מבוסס על הזנה בכמויות גבוהות שמטרתה להביא לתפוקה גבוהה של ביומסת דגים בטווחי זמן קצרים יחסית. באופן טבעי, אכלוס צפוף יותר של הבריכות מייצר עומסים גבוהים מאוד הן של מוצקים והן של

הפרשות דגים במים. הפרשות אלה מעלות מאוד את ריכוז האמוניה בבריכות ומורידות את איכות המים, דבר זה מקשה על גידול הדגים במים האלה וגם על שימוש חוזר במים בהמשך, למטרות אחרות כגון השקיה חקלאית. לכן, בריכות לגידול מסחרי של דגים אינן תורמות לשרות המערכת של טיהור מים ע"י דגים. הכנרת מאוכלסת בדגיגי אמנון הגליל, הניזונים מאצת הפרדיניום ובכך מסייעים לשמירה על איכות מי הכנרת. **תועלות השיירות:** שיפור איכות המים במקווה המים וכן עלות נמוכה יחסית של אכלוס בדגיגים לעומת השקעה כלכלית גבוהה במערכות לשמירה על איכות מים או תיקון פילטרים סתומים של השקיה.

מגמות

בשנים האחרונות מתרחב השימוש בדגים לשיפור איכות המים במקווי המים, בפרט במאגרי השקיה. השימוש בדגים לוויסות איכות המים, מלווה במעקבי שדה ועבודות מחקר, הבוחנים את השפעת הדגים על איכות המים במאגרים. למשל שגיא וניב (1993) המדווחים על השוואה של איכות המים במאגרים ואירועי סתימה של מערכות השקיה בין תקופות בהן היו המאגרים מאוכלסים בדגים ולא מאוכלסים. מסקנתם היא שבכל המאגרים שאוכלסו בדגים למטרות שיפור איכות המים, נוכחות הדגים אכן תרמה לשינוי אוכלוסיית האצות, לירידה בצפיפות הזואופלנקטון, להקלה בסינון המים ולהפחתה בסתימות במערכות ההשקיה. כמו כן, נמצא כי ריכוז של 12 גרם דגים למ"ק, או נמוך יותר, מספיק להשפעה חיובית של הדגים על איכות המים במאגר (שגיא וניב, 1993).

4.2.3. ויסות איכות הקרקע

ייבוש אגם החולה ושטחי הביצות שמסביבו הובילו לתהליך בלייה משמעותי של קרקעות הכבול (קרקע המורכבת משיירי צמחים שהצטברו בקרקעית הביצה בתנאים של חוסר חמצן), שנבע בעיקר מהורדת מפלס מי התהום וחשיפת הכבול (רביקוביץ, 1945). משום שהכבול עשיר מאד בחומר אורגני, בחשיפה לאוויר הוא עובר תהליך מהיר של התחמצנות, המובילה לתופעות של שקיעת קרקע (מאז יבוש החולה ועד שנות התשעים של המאה העשרים שקעה אדמת הכבול בחולה לעומק של למעלה מ-3 מ' מתחת לגובהה המקורי), הגרעה של מרקם ומבנה הקרקע, והאצת סחף רוח. הכבול, משום היותו חומר אורגני, בוער על נקלה ולעיתים גורם לשריפות תת קרקעיות כתוצאה מאינטרקציות מיקרוביאליות (Litaor et al., 2013). אלו גרמו לזיהומי אוויר בכל האזור, והדרך לכבותן היא להציף שוב את האדמה. מן הטעם הזה, בין השאר, אדמת הכבול לא מתאימה לחקלאות.

בשנות ה-90 הוחלט לשוב ולשקם את האגם. אזורים רבים הוצפו מחדש, וכיום רשת תעלות מאפשרת לשלוט בגובה המים למען הרטבה מבוקרת של אדמת הכבול, וכך נמנעים התפרקות הקרקע וזיהום הכנרת. ההעלאה המחודשת של מפלס מי התהום החלה ממועד הקמתו של אגמון החולה, שבעקבותיו תועד תהליך איטי של התרוממות הקרקע כתוצאה מהצטברות סחף ומשקיעת חומר אורגני שמקורו בצמחייה הגדלה בשולי האיים ובגדות האגמון. מניטור תהליך זה עולה כי בסוף 2009 כ-61% מנפח האגמון המקורי נסתם בסחף הממלא את האגמון בקצב ממוצע של כ-5,000 מ"ק בשנה (קדמון וחוב, 2010). בנוסף, בכדי להפחית את הגרעת הקרקע אחרי יצירת האגמון העיבוד החלקאי עבר לשיטה של מחזור זרעים (שיטה חקלאית שבה מחליפים באופן מחזורי, על שדה אחד במשך מספר עונות, גידולים חקלאיים ממשפחות בוטניות שונות, וזאת על מנת לשמור על פוריות הקרקע ולמנוע מחלות) (Cohen-Shacham, 2015).

4.2.4. ויסות אקלים עולמי (קיבוע פחמן)

מהות השרות, מנגנון הפקתו והמגוון הביולוגי המעורב באספקתו: מקווי המים של ישראל מהווים גם מבלע (carbon sink) וגם מקור (carbon source) לפחמן, ע"י קליטת פחמן אטמוספרי (בעיקר CO₂) מחד ופליטת מתאן (CH₄) לאטמוספירה מאידך. פחמן אטמוספרי מגיע למקווה המים בעיקר בדיפוזיה (Alator & Mitsch, 2008), אך יכול גם להגיע כחומר אורגני מומס (DOC), או חלקיקי (POM), עם המים המתנקזים מאגן ההיקוות.

מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים באספקת השרות: פחמן אטמוספרי מגיע למקווה המים ועובר תהליך של קיבוע (פוטוסינתזה) ע"י היצרנים הראשוניים, כלומר ע"י אצות פלנקטוניות ואצות בנתוניות הקולטות פחמן מומס במים וצמחים עילאיים הקולטים בדרך כלל פחמן אטמוספרי ישירות מהאוויר (Zedler & Kercher, 2005; Bonachela et al., 2007; Moyà et al., 2009). היצרנים הראשוניים משתמשים בפחמן דו חמצני, במים ובאנרגיית השמש ליצירת חומרים אורגניים כמו פחמימות (גלוקוז או סוכרוז). אלו משמשות כמקור אנרגיה לתאים כחלק מתהליך הנשימה ובסינתזות כימיות אחרות ליצירת חומרים מורכבים יותר המשמשים את כל היצורים החיים- כמו חלבונים, פחמימות מורכבות, חומצות שומן או חומצות גרעין.

ממדי הפקת השרות: במונחים גלובאליים, מקווי מים מתוקים בהשוואה לסביבה הימית נושאים בתפקיד קטן יותר בקליטת פחמן דרך אצות ומקרופיטים (Maltby et al., 2011), ובכל זאת אגמים יכולים לשמש כמקור לפחמן או כמבלע, כאשר חלק מהפחמן שוקע לקרקעית מקווה המים וכך מורחק לתקופה ארוכה מהאטמוספירה, מה שתורם למיתון ההתחממות העולמית.

קיבוע פחמן גדל עם רמה גבוהה של נוטריינטים ויצור ראשוני. מחקר בארה"ב אשר השווה בין שני אגמים מעושרים בנוטריינטים קשר בין הרכב אוכלוסיית הדגים לקיבוע פחמן במערכת האקולוגית. המחקר של Schindler et al (1996) הראה כי מבנה של אוכלוסיית הדגים באגם יכולה לווסת את יכולת קיבוע הפחמן באגמים מעושרים בנוטריינטים, וכן באופן לא ישיר לתווך בזרימת הפחמן בין האגם לאטמוספירה (Holmlund & Hammer, 1999).

ייצור ראשוני הוא המקור העיקרי לפחמן אורגני בכנרת, עם כמות שנתי של $608 \text{ g m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ או משוכלל לכלל אזור האגם כ- $1.02 \times 10^5 \text{ ton C year}^{-1}$ (מבוסס על ערך ספיגה של ^{14}C) (Yacobi et al., 2014). כניסה חיצונית של פחמן אורגני נמוכה יותר, והממוצע השנתי של כניסה דרך הירדן עומד על $1.8 \times 10^3 \text{ ton C year}^{-1}$. מאגרי הפחמן האורגניים העיקריים הם נשימה והשקעה, ביחד הם משתווים בערך לכמות הפחמן המסופקת ע"י יצור ראשוני, לפיכך הכנרת מוגדרת כאגם אוטורופי (Yacobi et al., 2014). מכאן, שמרבית החומר האורגני המצוי בכנרת נוצר בגוף המים עצמו אך מסולק בהתמדה מגוף המים בשאיבות וכתוצאה משקיעתו לעבר קרקעית האגם וכן מעט דרך מוצא הירדן הדרומי. אולם יותר מכל, מסולק החומר האורגני מהמערכת בתהליכי נשימה.

שיקוע הינו תהליך עיקרי בו חומר חלקיקי מורחק מעמודת המים וגורם חשוב ליציבות מערכת אקוויטית. שיעור החומר השוקע (gross sedimentation rates) בכנרת מנוטרים משנת 1999 בעזרת מלכודות קרקעית, ומראים השתנות בולטת במרחב ובזמן. חלקיקים של חומר אורגני מהווים 33-42% מסך החלקיקים השוקעים שנאספו

ממלכודות במרכז האגם ושיערו פי 1.5-2 פחות בתחנות קרובות יותר לחוף. שיקוע של חלקיקים אורגניים מזין תהליכים ביוגיאוכימיים בהיפלימיניון ובקרקעית וקובע את שיעור הקבורה של מזהמים ונוטריינטים. תהליך השיקוע הדינאמי משפיע על כמות החומר האורגני ואי-אורגני של חלקיקים, ריכוזי נוטריינטים ומזהמים המורחקים מהשכבה העליונה היצרנית, ע"י הרחקתם לשכבות עמוקות יותר ולקרקעית. הביקוש האנתרופוגני למים וקישור בכמות המשקעים באזור במהלך העשורים האחרונים שינו את המשטרים ההידרולוגיים של הסעת חומרים מאגן ההיקוות. שינויים כאלה במקביל לגידול מעבר לטבעי, של משרעת מפלסי המים וירידה בגובה מפלס האגם השפיעו על אוכלוסיית האצות ושינו את שיעור החומר השוקע (Ostrovsky et al., 2014b).

בבריכות החורף, המתאפיינות ברמה גבוהה מאד של ייצור ראשוני (Machtinger, 2007), במהלך היום היצרנים הראשוניים יכולים לנצל לחלוטין את מאגר הפחמן המומס במים, תוך תלות בצלילות המים ובחדירות האור (Williams, 2006). אבל במהלך הלילה, תהליכי הנשימה המתרחשים במים מחדשים את מאגרי הפחמן הזמין במים. מחקר שנערך בארה"ב מלמד כי במהלך תקופה של שנתיים, למעלה מ-40% מהפחמן שקובע במי מקווה המים מסולק מהמערכת ע"י קבורתו בסדימנט (Sharifi et al., 2013). רמת קיבוע הפחמן שונה מבריכה לבריכה ומאזור גיאוגרפי אחד למשנהו (Kayranli et al., 2010). למיטב ידיעתנו לא התבצע מחקר על רמת קיבוע הפחמן של בריכות חורף בישראל.

בשל דינאמיקת ההתמלאות וההתייבשות של בריכות החורף, שמשמעותה חימצון של החומר האורגני שהצטבר בבריכה, הן מהוות בדרך כלל מבלע לפחמן (Becker et al., 2008), בעוד שפליטת המתאן מהבריכות לאטמוספירה כנראה זניחה (Boon et al., 1997), ולכן תורמות להפחתת תהליך ההתחממות הגלובלית (Gleason et al., 2008).

מהות השרות מנגנון הפקתו והמגוון הביולוגי המעורב באספקתו: ויסות האקלים שבסביבת מקווי המים כך שהוא נוח לאדם יותר מזה שמחוץ לאזור מקווה המים. רכיבי האקלים ששרות זה מווסת הם הטמפרטורה, קרינת השמש ולחות האוויר. היינו הוא ממתן את הטמפרטורה והקרינה בעונה החמה ומעלה את לחות האוויר, גם אם בנסיבות מסוימות הגברת לחות האוויר עשויה להגביר את תחושת אי-הנוחות האקלימית. מנגנון הוויסות כולל הצללה מפני השמש וקרינתה, והתאדות. בשני התהליכים מעורבים מיני צומח של "יער" הגדות (למרות שמכונה "יער" באנגלית - forest riparian, ברוב נחלי ישראל רוחב הגורת צומח הגדות צר בהרבה מזה של נחלים ונהרות באזורים לא יובשניים בעולם). צומח גדות מכיל עצים המספקים את מרב ההצללה, ויחד עם שאר צמחי הגדות מאדים מים הנשאבים לגופם באמצעות השורשים ונפלטים כאד מהעלים, תהליך הנקרא דיות (טרנספירציה). גם גוף המים תורם למיתון טמפרטורת האוויר בקולטו חום מהסביבה, אך החום הנקלט מאדה מים, מה שמביא לעליה בלחות האוויר. עיקר השירות מסופק במערכות הנחלים, אך מתקיים במידה מסוימת גם בגדות הכנרת, החולה ובריכות החורף.

מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים באספקת השרות: יער גדות כולל מיני עצים: מספר מיני ערבה (*Salix sp.*), דולב (*Platanus orientalis*), צפצפת הפרת (*Populus euphratica*), אשל האור (*Tamarisk nilotica*), מיש (*Celtis australis*), ומילה (*Fraxinus syriaca*), שעלוותם העשירה מספקת הצללה וממדים גבוהים של דיות. על פי רוב העצים נמצאים בשפת אפיק הנחל ממש ולכן השפעתם האקלימית במרחק מהאפיק עשויה להיות מוגבלת ומקומית ביותר. נחלים באזורים הפחות יובשניים משאר חלקי הארץ, כמו הנחל שבשמורת תל דן, מכילים יער גדות המפיק שרות וויסות בעל השפעה (גזית, 2016 מידע בע"פ). מיני צמחים נוספים כמו הרדוף הנחלים (*Nerium oleander*) ומינים עשבוניים-שיחיים: שנית גדולה (*Lythrum salicaria*), שיח אברהם מצוי (*agnus-castus*), קנה מצוי (*Phragmites australis*), עב-קנה שכח (*Arundo donax*), עב-קנה נדיר (*Arundo plinii*), פטל קדוש (*Rubus sanguineus*) וסוף מצוי (*Typha domingensis*), מעבים את יער הגדות וגם להם אמורה להיות תרומה לאספקת שרות וויסות האקלים המקומי. הם מקיימים רצועת צומח צרה יחסית המוגבלת לקרבת האפיק, בהתאם למפל הלחות (הנחלשת ככל שמתרחקים מהאפיק) המאפשר את קיומה. יער הגדות לאורך צירי הנחלים העוברים סמוך לעיר, בעיקר אלה היורדים לים התיכון, מתפקד כ"יער פארק עירוני", כאשר רוב הצומח הוא צומח נטוע, בין אם בעצים וצמחי בר מקומיים, או עצי וצמחי נוי מתורבתים (כמו איקליפטוס המקור, חרוב, תאנה, הדרים). יער גדות של פארק נטוע קיים לדוגמא לאורך נחל הירקון (פארק הירקון בתל אביב), נחל לכיש (פארק פל"א באשדוד) וסמוך לשפך נחל חדרה לים (פארק נחל חדרה) (קפלן ורוזנר, 2011). יערות גדות נוספים קיימים גם בחלקי נחלים העוברים בתוך שמורות טבע וגנים לאומיים, כמו נחל אלכסנדר, נחל התנינים, ונחל דן.

ממדי הפקת השרות: ההיצע לשרות מופק על ידי "יער" הגדות הפזורים לאורכם של הנחלים, אך רוב הביקוש מתמקד במקומות בהם יער הגדות ושרותיו משודרגים באמצעות נטיעה ותחזוקה של פארקים עירוניים המגדילים את רוחבו וצפיפותו של יער הגדות; אלה הם הפארקים בערים, בשמורות טבע ובגנים לאומיים, וגם במעיינות מוצא של נחלים (לדוגמא בניאס, מעיין חרוד, ראש העין). אתרים אלה וגם אחרים (כמו מעיינות שבמהלכם של הנחלים, כאלה של נחל כזיב) מושכים קהל רב מכל מגזרי החברה, ושרות וויסות האקלים המקומי אמור למתן את אי-הנוחות האקלימית של המבקרים, בעיקר בקיץ.

ממדיו של ההיצע לשרות מערכת של מיתון אקלים הקיץ של ישראל באמצעות מנגנון שרות וויסות האקלים המקומי המסופק על ידי מערכת הנחלים, כנראה לא נבדקו בישראל. ניתן רק להקיש על ממדי אספקת שרות וויסות האקלים המקומי של מערכת הנחלים, בעיקר כשמדובר בפארקים העירוניים כחלק מיער גדות הנחלים, ממחקרים שנעשו בישראל על וויסות האקלים המקומי על ידי פארקים עירוניים. לדוגמא, כוהן וחוב' (2007) מצאו כי ביער רידינג הסמוך לפארק הירקון (אם כי לא ממש על גדות הירקון) ובו עצים בגובה 6-10 מ', טמפרטורת צהרי היום בקיץ 2002 הייתה נמוכה בממוצע ב-2.3 מעלות צלסיוס מזו של השטח הבנוי הסמוך. בנוסף, נמצא כי בצהרי היום הייתה טמפרטורת הקרינה הממוצעת (Mean Radiant Temperature), קרינת השמש החודרת מבעד לצמרות העצים ולכן מבטאת את יעילות ההצללה ואת השפעתה על הנוחות התרמית של האדם) נמוכה בפארק מזו של הסביבה המבונה ב-20 מעלות (46-47 מעלות בשטח הבנוי מול 25-27 מעלות בפארק) (כוהן וחוב', 2007).

המידע על השפעת יער הגדות על אקלים סביבת הנחל מצומצם יחסית, אך נותן סדרי גודל לממדי השרות, גם אם אין הם מתייחסים לנחלים הדומים לאלה שבישראל. למשל, חלקו הנמוך של נהר Truckee המנקז חלק מרכסי הסיירה נוואדה, זורם למדינת נוואדה המדברית ועובר בעיר רנו. נמצא שהטמפרטורה בשני אתרים שבאזור יער הגדות בשעות החמות של יום סתווי הייתה נמוכה ב-1.4 מעלות ביום מדידה אחד, וב-2.9 מעלות ביום שלמחרת, מהטמפרטורה בשדה המדברי הפתוח (בשני אתרים) אותו חוצה הנהר; זאת כאשר טמפרטורת הצהריים הגבוהה ביותר בשטח המדברי הסמוך הייתה 30.5 מעלות (Dana et al., 2001).

מחקר מעמיק יותר, אך מאזור אקלימי שונה לחלוטין מזה של ישראל, על חמישה נחלים (ברוחב 4-2 מ') הזורמים לרגלי ההרים ליד העיר סיאטל שבמדינת וושינגטון, נועד לבדוק מהו רוחב הגורת היער (שעציה טיפוסיים לאלה של יערות רחבי העלים של אזורי האקלים הממוזג) הרצוי כדי שישמש כחיץ המגן על הנחל מפני סביבתו (Bosofske et al., 1997). במחקר נמדדו כל משתני האקלים המקומי במרחקים שונים מהנחל ובממדים שונים של רוחבי החיץ. נמצא כי טמפרטורת האוויר של החיץ העצי עולה בתלילות עם המרחק מהנחל, מתמתנת בתחום של כ-30 עד כ-50 מ' ממנו, ומתייצבת עד למרחק של 200 מ'. אחרי 200 מ', הטמפרטורה עולה ומגיעה לטמפרטורה האופיינית ליערות באותו אזור (שהיא גבוהה בהרבה מטמפרטורות האוויר השוררות עד למרחק זה מהנחל). המחקר גם העלה שהלחות היחסית גדלה מעריכית וקרינת השמש קטנה מעריכית ככל שהחיץ העצי המפריד בין הנחל לאזור שמסביבו רחב יותר (Bosofske et al., 1997).

מכל אלה עולה שיער גדות הנחלים בישראל עשוי להוריד את טמפרטורת הקיץ במעלות ספורות בלבד ובמרחק מטרים ספורים מהנחל בלבד. אך אפשרי שיער גדות במלוא הדרו (כנחל כזיב למשל), ואף יער גדות משודרג בנטיעות, כיער פארק של גדות נחלים בסביבות הערים, עשוי להפיק היצע וויסות אקלים מקומי גבוה יותר בממדי טמפרטורה וממדי השטח בו היא שוררת.

תועלות השרות ותרומתן לרווחת המשתמשים באספקת השרות והמשתמשים: יער הגדות המעורב באספקת שרות זה, תומך באספקת שרות התרבות של תיירות, נופש וספורט למשתמשים בו. כלומר, יש ליער הגדות תועלות חברתיות, בריאותיות ואף תועלות כלכליות הנובעות משרות התרבות לעיל. בנוסף, שרות וויסות האקלים המקומי מווסת גם את טמפרטורת המים ובכך תומך גם ברכיבי המגוון הביולוגי של גוף המים, המעורבים באספקת שירותים אחרים, כמו ויסות איכות המים ואספקת משאבים גנטיים ורפואיים.

ממדי הפקת השרות בעבר ומצב המגוון הביולוגי הרלבנטי לאספקה במהלך השנים לאחור: בסוף המאה ה-19 התקיים יער גדול לאורכם של רוב הנחלים האינתיים והנחלים העונתיים. החל משנות ה-60 וה-70, בעקבות העלייה בגודל האוכלוסייה וברמת החיים, גדל הביקוש למים ונתפסו מעיינות רבים. בעקבות התפיסה הוקטנה הזרימה בנחלים וירדו מפלסיהם, וכתוצאה מההתייבשות היחסית יער הגדות דולל. כמו כן גדלו גם נזקי שיטפונות, לא משום התגברות הגשמים אלא בגלל שפוחתו יותר תשתיות והייתה יותר אוכלוסייה שחשופה למפגעים. תגובות הרשויות לנזקים אלה התבטאו בביצוע שינויים פיזיים במהלכם של הנחלים שכללו שינויים מפליגים בגדות הנחלים. לשינויים אלה, שנקראו "הסדרת נחלים", היו שלוש מטרות- לאפשר הפנייה יעילה ומהירה לים התיכון של כל הזרימות השיטפוניות שמקורן באגני הניקוז המזרחיים, ליעל הובלת שפכים למאגרים או לים, ולהוביל מים שפירים לשימוש ביתי ותעשייתי (קפלן ורוזנר, 2011). הסדרת נחלים זו כללה הטיה לתעלות (Stokman, 2008), העברה המים במובל תת-קרקעי סגור שתפקידו גם מניעת סיכון תברואתי כתוצאה מזיהום, וגם התמרת שטח הקרקע ששימש את הזרימה העל קרקעית הטבעית לקרקע יקרה לבנייה (קפלן ורוזנר, 2011). כמו כן התבטאה ההסדרה ביישור נפתולים, הרחבת האפיק, הרמת סוללות והסרת צומח טבעי. בנוסף על אלה, זחילתה של האוכלוסייה לשטחים הפתוחים, יצרה קרבה ליער הגדות, הנתפס כמאכסן ריכוזי יתושים. תגובת הרשויות למטרד היתושים התבטאה בהסרת יער הגדות (גפני וכהן, 2004), באמצעות כיסוח וריסוס בקוטלי עשבים ובמונעי נביטה. כל אלה יחד דיללו באופן ניכר את צפיפות צמחי הגדות, המאופיינים בחיגור צפוף המלווה את ערוצי הזרימה של הנחל, ובמקרים רבים הפכו מסדרונות הנחלים לחשופים לחלוטין מצמחיית יער גדות טיפוסית (גפני וכהן, 2004). בנוסף, את מקום צמחיית הגדות שנפגעה תפסו מינים צמחים חד שנתיים, הגדלים בחודשי החורף והאביב וקמלים בקיץ, והקשו על השתקמותה של צמחיית הגדות הטיפוסית.

בשני העשורים האחרונים רשויות הניקוז עורכות תכניות ופעולות שיקום נחלים והסדרת הניקוז בהם (גזית וחובי, 2010), הכוללות רכיב של שיקום צמחי שרובו בתחומי ערוץ הזרימה. דוגמאות לפעילויות שיקום יער גדות מוצלחות הן בנחל הירקון ובנחל תנינים, שם שוקם צומח גדות מעוצה, מינים עשבונים, שיחים וחישות קנים (גפני וכהן, 2004). מכאן שגם היצע שרות וויסות האקלים המקומי של מערכת הנחלים עשוי להשתקם.

זיהוי מגמה: מתחילת המאה ועד קום המדינה היצע השרות היה גבוה- רוב הנחלים זרמו ויער הגדות שלהם היה במיטבו, אך סביר שהביקוש לשרות היה קטן, בגלל שהייתה פחות אוכלוסייה וברמת חיים שלא עודדה תיירות ונופש. מאז קום המדינה יער הגדות הלך והצטמצם בממדיו ובצפיפות ובעושר מיניו, כך שהיצע השרות קטן לעומת הביקוש, שגדל עם הגידול באוכלוסייה וברמת החיים. שיקום צומח הגדות שהחל בעשורים האחרונים אמור לשקם גם את ההיצע, ויתכן שגם יעודד את הביקוש.

זיהוי הגורמים מחוללי השינוי: הגורמים מחוללי השינוי בביקוש ובאספקת שרותי התרבות של מערכת הנחלים זהים. גורמים אלה זהים גם לכלל הגורמים מחוללי השינוי המשפיעים על אספקת כלל שרותי המערכת של הנחלים: השינויים בשרות אספקת המים, בשרות ויסות איכות המים ובשרותי התרבות. כל אלה נמצאים במגמת ההרעה החל מהשנים הראשונות שלאחר הקמת המדינה ועד לשנים האחרונות.

סיכום המגמה וגורמיה, והתייחסות להשלכות העתידיות האפשריות במצב בו המגמה שזוהתה תימשך או תשתנה: מאפייני האקלים המקומי בסביבות נחלים בישראל עשויים להשתנות בעקבות שינויי האקלים הגלובליים. ההתחממות הגלובלית עשויה להגדיל משמעותית את הביקוש לשרות הוויסות, אך להקטין את היצע השרות.

בישראל ובעולם קיים מעט מידע על השפעות אפשריות של ההתחממות הגלובלית על האקלים המקומי בסביבות נחלים ולא ועל השפעת ההתחממות הגלובלית על יער הגדות. לכן, טרם ניתן לזהות את השפעת שינויי האקלים הגלובליים על שרות וויסות האקלים המקומי של מערכת הנחלים.

לעומת זאת, ישנם ניסיונות להתייחס לנושא זה מחוץ לישראל. למשל, תחזיות שינויי האקלים הגלובליים כוללות גידול בתדירותם ועוצמתם של זרימות שיטפונות בנחלים. השפעתם האפשרית של השינויים בתבניות הזרימה על יער הגדות נבדקה במחקר בנהר סן-פדרו באריזונה (באזור הדומה לאקלים מערכת אזור המעבר וחלק ניכר של מערכות החבל הים-תיכוני בישראל), שבמהלך 200 הק"מ של זרימתו ישנם קטעים השונים זה מזה בעוצמות ותדירויות הזרימה, ולכן גם בחילופים תכופים של לחות גבוהה ויובש קיצוני. ההשוואות של יער הגדות בין הקטעים השונים הללו העלו כי תחזית העצמת הזרימות עשויה לצמצם את אספקת שרות וויסות האקלים המקומי, וזאת משום שינויים עתידיים ניכרים בהרכב המגוון הביולוגי הצמחי של יער הגדות. ביניהם, החלפה של מיני עצים "אוהבי מים" כמו ערבה וצפצפה, במינים עמידים יותר ליובש כמו האשל והחלפה של שיחים רב-שנתיים במיני צומח חד-שנתי. שינויים אלה במגוון הביולוגי אמורים לגרום לצמצום ממדי צמרות יער הגדות בגובה ובתכסית במקטעים היובשניים, כפי שמתרחש במקטעי נחל החוים חילופים תדירים של יובש וזרימה עוצמתית (Stromberg et al., 2010). כתוצאה מכך גם עתיד להצטמצם היצע השירות וויסות אקלים מקומי.

4.2.6. ויסות אירועי קיצון- שיטפונות ושריפות

מהות השרות ומנגנון הפקתו: שטחי ביצות, בריכות חורף, מאגרים ובמקרים רבים גם בריכות דגים מתפקדים כפשוטי הצפה - שטחים משני צדיו של נחל אשר קולטים מים עודפים כאשר הנחל עולה על גדותיו. כלומר, בזכות כושר אחסון המים הגבוה של מקווי המים, הם תורמים למיתון נגר עילי ולהקטנה בתדירות השיטפונות במורד הנחל ובעוצמתם (שטובר-זיסו וחוב', 2013; Duffy & Kahara, 2011). מלבד יכולת האיגום של המים, הצמחייה המאפיינת בתי גידול אלה מספקת הגנה מפני פגיעה של הצפות, סופות והתפשטות שריפות ליישובים סמוכים (בנט, פרימן ואנגל, 2016). הצמחייה הגדלה באפיק הנחל ובאזור הריפארי- Riparian Zone (ראה אזור 3 בעמוד 18, מבוא לנחלים) משפיעה על אופי חתך הזרימה (פרגמנט, 2007), ובין יתר תרומותיה גם מסייעת באופן פיזי להאט מהירות הזרימה של מי נגר עילי וכך למיתון שיטפונות והגנה מפני פגיעה של הצפות (קסלר ואפרתי, 2011).

הגורמים ליצירת שיטפונות הם בראש ובראשונה עוצמת הגשם ומשכו (Schick, 1988), גודל אגן הניקוז, שיפועים, צמחייה ותכונות הקרקע (Murphey et al., 1977; Schick, 1988; Gee et al., 1994; Greenbaum et al., 1998). לעיתים מתרחש שיטפון על אף שבמורד הזרם אין אירוע גשם, ומקורו בגשמים היורדים בחלק העליון של אגן הניקוז (דהן, וחוב', 2006; Greenbaum et al. 1998).

ויסות שיטפונות באמצעות כושר אחסון המים הגבוה של מקווי המים:

בישראל הוקמו כמה מפעלים הנעזרים בסכרים ל"תפיסת" מי שיטפונות ולאגירתם, בתוך או בסמוך לערוצי נחלים בחלק העליון של אגני ההיקוות, המסייעים להקטנה בתדירות השיטפונות במורד הנחל ובעוצמתם. שיא הגאות נעצר במאגר ואילו הספיקה המשוחררת במורד תלויה בכמות המים במאגר (שטובר-זיסו וחוב', 2013). הרעיון הוא לנצל את מי השיטפונות אשר זורמים רק חודשים אחדים בשנה ולהעבירם בגרביטציה, ללא השקעת אנרגיה, למאגר טבעי, כולל של מי תהום, שממנו אפשר לשאוב את המים באופן קבוע, גם בשנים שחונות (מקורות, 1994). המים נאגרים ומנוצלים לצורכי השקיה חקלאית וגם להעשרת מי תהום. בממוצע, ניתן להפיק 60-70 מלמ"ק בשנה ממי השיטפונות. המפעלים הבולטים בתחום זה הם מפעל נחלי מנשה, התופס את מי יובלי נחל התנינים, מפעל נחל שיקמה, הסמוך לקיבוץ זיקים, המחזיר את המים הנתפסים לאקוויפר, ומפעל על נחל הבשור (המסוגל לקלוט עד 9 מלמ"ק) שמימיו נתפסים לצרכי השקיה (בלנק, 2000). בערבה ישנם שישה מאגרי צד לתפיסת מי שיטפונות המשמשים לשיכון עוצמת השיטפונות בנחלי הנגב והערבה ולהגנה על מושבים ושדות חקלאיים מפני הצפות. המים שנאגרים מוזרמים אל שדות חלחול, שהם מעין בריכות גדולות שבהן מחלחלים המים אל מאגרי מי התהום. לאחר ששהייה בתת הקרקע המים שהוחדרו נשאבים חזרה (בקידוחי הפקה) ומשמשים להשקיה.

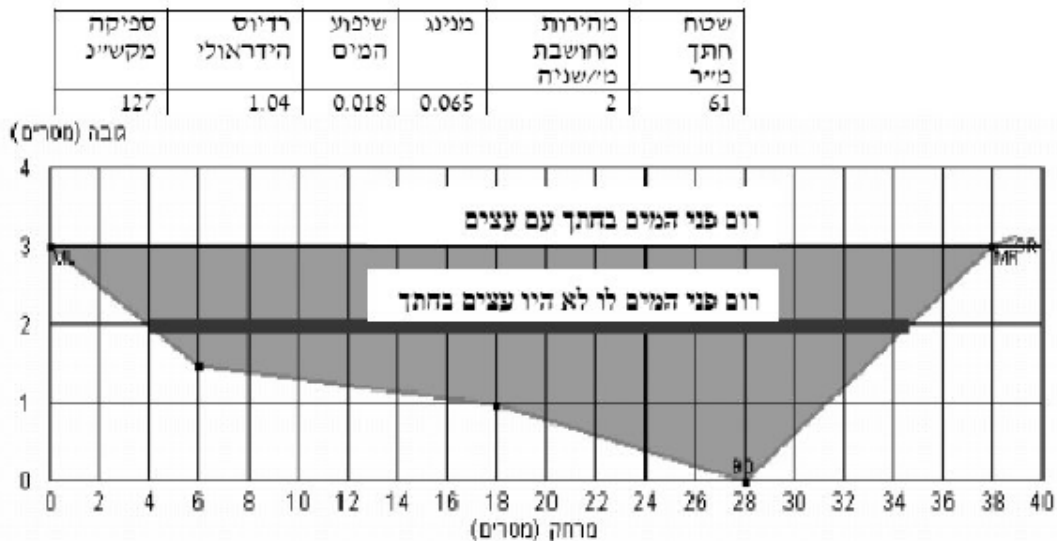
ויסות שיטפונות באמצעות הצמחייה הגדלה באפיק הנחל ובאזור הריפארי:

כאמור, הצמחייה הגדלה באפיק הנחל ובאזור הריפארי מסייעת להאט מהירות זרימת הנגר עילי וכך למיתון שיטפונות. השפעת שיקום צמחיית גדות הנחל על זרימת הגאות נבחנה ע"י מספר רב של חוקרים בעולם (למשל, Wolff & Burges 1994, Woltemade & Potter 1994, Rutherford, et al. 1996), אך בארץ ישנם רק מחקרים בודדים. למשל, במחקר על ממשק תעלות הניקוז בעמק החולה, לצורך גיבוש המלצות לתפעול התעלות בדרכים אגרו-אקולוגיות (שביט וחוב', 2006), נבחן הקשר בין שיטת התפעול של תעלות הניקוז לבין יכולתן לתפקד באירועי גשם שונים. בחינת הזרימה בתעלות כפונקציה של מצבי צומח שונים העלה כי נמצאו ערכי חספוס (לפי מאנינג) נמוכים ודומים זה לזה בכל מצבי הצומח שנבדקו כולל מצבים של סבך קנה וגומא. לא נמצא קשר כמותי בין גובה וצפיפות הצומח, לבין סכנת ההצפה בתעלה (קסלר ואפרתי, 2011). לעומת זאת, במחקר אחר

שנערך בארץ (גטקר ומאיר, 2008), נמצא כי לעצים באפיק מקדם חספוס גבוה המקטין את כושר הולכת הזרימה. הקטנת כושר ההולכה תורמת לוויסות ספיקות השיא במורד תמורת עליה מבוקרת בשיעור ההצפות המקומיות. נטיעת עצים באפיקים ובעיקר בגדותיהם יכולה לפיכך להיות אמצעי תכנוני בהגנה בפני שיטפונות במורד האגן. לצורך בדיקת השפעת עצים באפיק על כושר הולכת הזרימה של הנחל נמדדו שטחי החתך והפרמטרים ההידראוליים בנחל קיני לאחר אירוע שיטפון באפריל 2006.

איור 20 מציג את חתך הרוחב שנמדד לצורך חישוב הספיקה. שטח החתך הזרם המדוד היה 61 מ"ר ומהירות הזרימה שהואטה מאוד עקב העצים הנטועים בצפיפות רבה הייתה 2 מטר לשנייה. ללא נוכחות העצים ובדרגת חספוס נמוכה יותר, המהירות הצפויה היא של 4.1 מטר לשנייה ופני המים היו יורדים עד לקו האדום עם שטח חתך של 31 מ"ר בלבד (גטקר ומאיר, 2008).

איור 20: שטח החתך הזרם בקטע המדידה בנחל קיני בו נמצאים עצים בצפיפות רבה ופרמטרים הידראוליים של הקטע המתואר (גטקר ומאיר, 2008).



מצב נוכחי

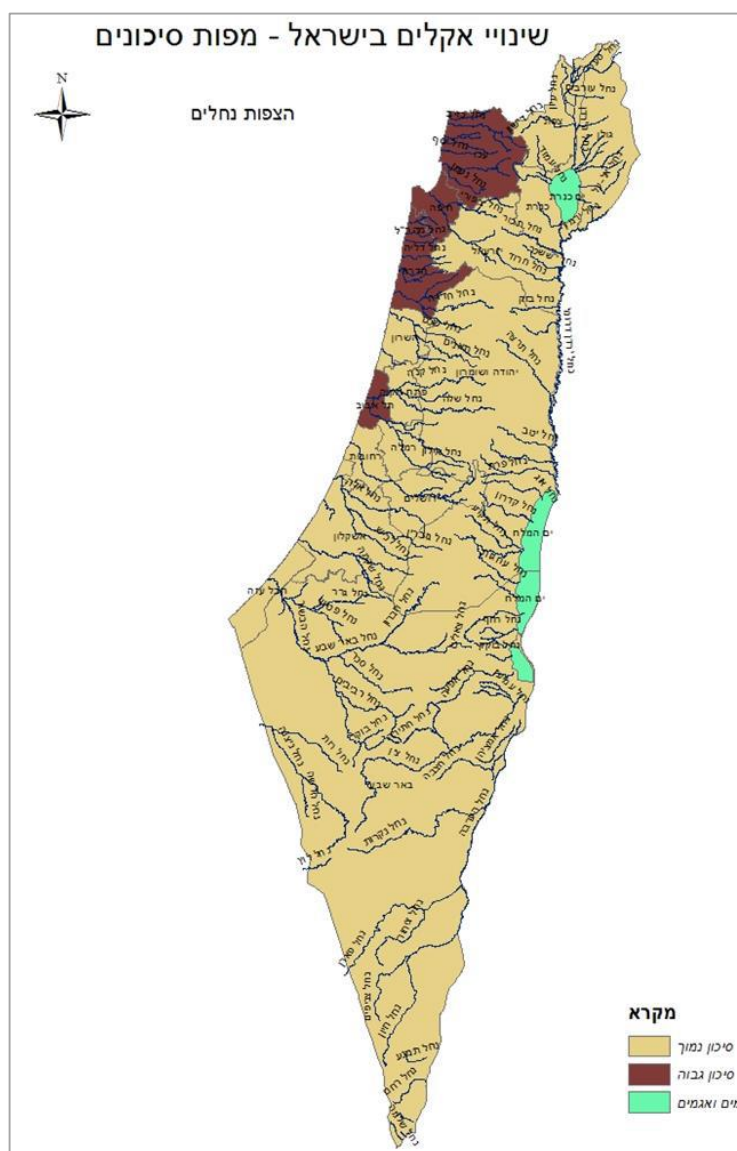
רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים באספקת השרות: מיני צמחיית הגדות המעורבים באספקת השרות ויסות שיטפונות הם אותם המינים המספקים את שירות ויסות המים (חלחול) וסחיפת קרקע. ביניהם: מיני צומח מעוצה (מיני הערבה, דולב, צפצפת הפרת), שיחים (כגון שיח אברהם, הרדוף הנחלים) וצמחים עשבוניים למיניהם וצורותיהם, החל מהקנה והסוף הדומיננטיים והגבוהים ועד לליפיה הזוחלת המשתרעת על הקרקע (פירוט בסעיף 4.2.5). לא קיים ידע בישראל על מיני צמחיית הגדות המעורבים באספקת השרות ויסות שריפות.

ממדי הפקת השרות: לא קיימת בישראל עבודה מקיפה הבוחנת את השלכות אירועי גשם חריגים על ספיקות, נפחים וגלי גאות (אילון וחובי, 2013). כמו כן קיים בארץ חוסר בנתונים על שינויים הגאומורפולוגיים באפיקי הנחלים, במידות חתך הזרימה (קסלר ואפרתי, 2011) ובשיעור שבו שירות הוויסות מסופק ע"י צמחיית הגדות. אם זאת, ידוע כי העלויות הכלכליות הקשורות לנזקי שיטפונות במקומות שונים בעולם עלו במידה ניכרת במהלך 100 השנים

האחרונות, וזאת בשל שינויים בשימושי קרקע לחקלאית ועירונית בפשטי ההצפה של נחלים ובריכות חורף (Zedler & Kercher, 2005).

תרומת התועלות לרכיבים השונים של רווחת האדם:

- **מניעת נזקי הצפות:** הקמת מאגרים בחלק העליון של אגני היקוות מאפשרת ריסון משמעותי של ספיקות שיא באירועי גשם קיצוניים ומניעת נזקי הצפות במורד, המתבטאים בפגיעה ברכוש ואף בחיי אדם. לפי מפת הערכת סיכוני הצפות נחלים (איור 21), המתבססת על אירועי הצפות שהתרחשו בנחלים געתון, דליה, חדרה ואיילון ב-40 השנים האחרונות (לפי נתוני השירות ההידרולוגי), האזורים המוגדרים בסיכון הצפות גבוה הם נחלים ואגני היקוות במישור החוף- איילון, ירקון פולג, אלכסנדר, חדרה וכל הנחלים הנשפכים לים צפונית לחדרה. האוכלוסייה בסיכון גבוה עקב הצפות נחלים מונה 2.8 מליון נפש (אילון וחוב, 2013).
 - **שימור קרקע:** הקטנת ספיקות במורד, מסייעת לשימור קרקע ולמניעת סחיפה באפיקים עצמם ובשטחים חקלאיים הגובלים בנחל ומושפעים מהצפות וספיקות שיא.
 - **תרומה למערכת האקולוגית:** צמצום תחזוקת נחלים במורד משמרת בתי גידול טבעיים לאורך הנחל. שימור שטחים פתוחים כפשט הצפה, מגדיל את המגוון הביולוגי ואת תפקוד הנחל במופע ובתפקוד הטבעיים שלו.
 - **תרומה כלכלית:** בניתוח עלות-תועלת (Cost benefit analysis) שנערך עבור נחל סורק וסביבותיו, נמצא שלשיקום אקו-הידרולוגי של הנחל עלות כלכלית ישירה נמוכה בהשוואה להסדרה הנדסית של הזרימה בערוץ (קסלר ואפרתי, 2011). פתרון זה מאפשר גם לצמצם את עלות התחזוקה השוטפת וכן, תועלות כלכליות עקיפות, כמו פעילות פנאי ונופש בסביבת הנחל, החלופה של השיקום בנחל סורק מתבררת כמשתלמת אף יותר.
- המשתמשים, המגזרים השונים בחברה המשתמשים בשרות: כלל הציבור.**

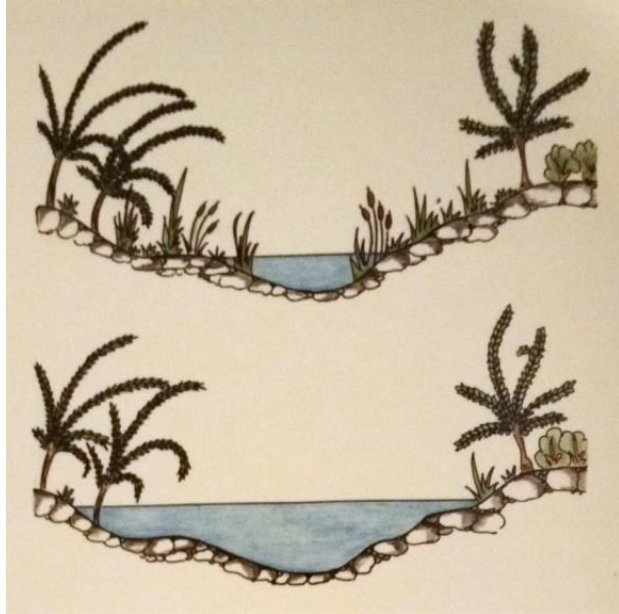


מגמות

מצב המגוון הביולוגי הרלבנטי לאספקה במהלך השנים לאחור:

- כתוצאה מפעולות הסדרת הנחלים בישראל, שכללו גם הסרת צמחיית גדות, ירדה יכולת ויסות הזרימה של נחלים רבים, וכן נפגעה יכולת איחוז הקרקע המונעת סחף גדות.
- בעקבות הקמתם של מאגרים רבים במעלה נחלים, פחתו כמויות המים הזורמות במורדות, וכתוצאה חל שינוי באופי הצומח בערוצים ובגדותיהם, כך שהתפתחה בהם צמחייה צפופה (שטובר-זיסו, 1997; שטובר-זיסו וחוב', 2013). שיטפונות בנחלים גורמים לכיסוח ולניקוי האפיק מצמחייה, ואילו היעדר שיטפונות מאפשר את סתימת האפיק בצומח ואת פלישת צומח גדות למרכז האפיק. איור 22 מדגים את השפעת הזרימות השיטפוניות בחתך סכמטי בפרופיל נחל. הצומח ההידרופילי מושפע בראש ובראשונה על ידי כמות המים הזמינה, תדירות השיטפונות ועוצמתם. ניתן להניח כי השפעות אחרות כגון השפעת המפנה, כמות הקרינה, הרוח וכדומה, מועטות לעומת השפעת השיטפונות, בכל הקשור לכיסוח האפיק.

איור 22: התפתחות צומח במפלס זרימה נמוך: (למעלה) בהיעדר שיטפון צומח הגדות פולש למרכז האפיק- בעיקר עשבוניים או שיחים; התפתחות צומח בעקבות שיטפון: (למטה) צומח הגדות מוסר ממרכז האפיק (שטובר-זיסן, 1997).



זיהוי מגמה: עם השינוי בחוק המים, בתפיסת ניהול הנגר והגברת מאמצי שיקום המערכת האקולוגית של נחלים, החלו לבצע פעילות של השבת צמחייה ועצים לאזורים הריפאריים ולערוצי הנחלים בשנים האחרונות, וניכר שיפור במצבם של צמחי המים והגדה (גזית וחוב', 2010). בניגוד לגישת ההסדרה ההנדסית, השואפת לצמצם את הצמחייה באפיק הנחל, מצביעים מחקרים עדכניים על היתרון ההנדסי של קיום צומח באפיק של מעלה הנחל, המגביר את החספוס ולכן מפחית את כושר ההולכה ומהירות הזרימה בערוץ, כך שממתן את גל הגיאות המגיע למורד הנחל (קסלר ואפרתי, 2011). גם הצמחייה הגדלה בפשט ההצפה מהווה אמצעי השהייה למים הזורמים.

סיכום המגמה וגורמיה, והתייחסות להשלכות העתידיות האפשריות במצב בו המגמה שזוהתה תימשך או תשתנה: כתגובה לעלייה במספר מקרי ההצפות של מקומות יישוב בשנים האחרונות, בתוכנית מתאר ארצית משולבת למשק המים - ניקוז ונחלים, (מנהל התכנון, 2006) הוכנסה התייחסות להבטחת תפקודם של הנחלים כעורקי ניקוז ופשטי הצפה להולכת מים ולצמצום נזקי סחף והצפות הנגרמים מנגר עילי (קסלר ואפרתי, 2011). בתכנית מוגדרות שתי רצועות נחל, רצועת מגן ברוחב 5 מטר ורצועת השפעה ברוחב 50-500 מטר משני צידי העורק, שבתחומן ניתן לבצע פעולות שמטרתן לשמור על תפקודו התקין של העורק בלבד, ובכלל זה עבודות ייצוב העורק והגדות ופיתוח נופי. אולם קיים קושי ביישם הוראות התכנית בנחלים רבים בישראל, בגלל מחלוקות שונות וסתירות עם חוק הניקוז וההגנה מפני שיטפונות (1957) (קסלר ואפרתי, 2011).

4.2.7. ויסות מחזור המים

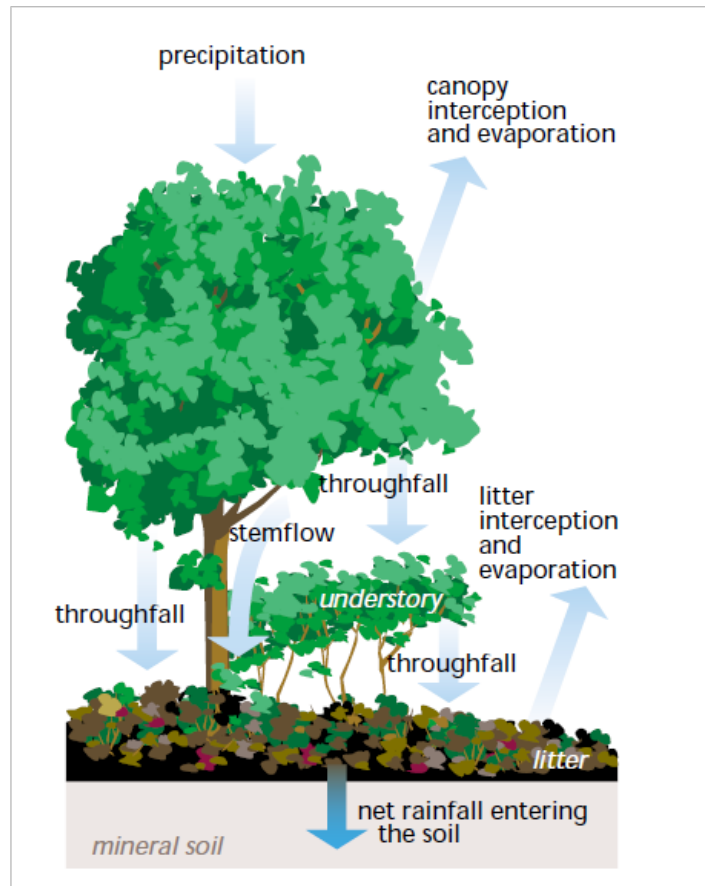
מהות השרות ומנגנון הפקתו: ויסות מחזור המים ע"י הגברת חלחול מי הנגר העילי למי התהום והזנה מתחדשת של אקוויפרים רדודים. החלק הארי של המשקעים היורדים על הארץ, מחלחלים אל מי התהום באזורי מילוי חוזר במערכות יבשתיות. במערכות אקולוגיות של מקווי מים יש לאופי פני השטח וכיסויים חלק בקביעת נפח המים שיצליח לחלחל ונפח המים שיהפוך לזרימה עילית בנחלים. גם באפיקי נחלים יש חלחול למי תהום, בעיקר בנחלי באזורים הרריים ובנחלי אכזב. קצב החידור לתת הקרקע הוא קבוע, כך שהכמות הסופית שתחלחל, תלויה במידה רבה בקצב ירידת המשקעים.

מנגנון הפקת השרות מתבצע בשני אופנים: (1) איגום מים לזמן ממושך על פני שטח מקווה המים מאפשר חלחול איטי של מים למי תהום. אפילו בריכות חורף, המתאפיינות בקרקע חרסית בעלת מוליכות הידראולית (כושר הקרקע להוליך נוזל) נמוכה יחסית, נחשבות לאתרים ממוקדים של חלחול (למשל, Winter, 1989; LaBaugh et al., 1998). ובמיוחד בריכות חורף באזורים המתאפיינים באקלים צחיח למחצה (semi arid) כמדינת ישראל (Van der Kamp & Hayashi, 1998). עלווה חיה וחומר אורגני שהצטבר ומכסה את הקרקע, מהווים מעין "ספוגים" המגדילים את פני שטח החידור ומעלים את פוטנציאל החלחול. (2) החדרת מי קולחים (שפכים מטופלים) או מים שפירים (מי שיטפונות הנאגרים במאגרים עיליים) למי התהום, דרך אגנים ייעודיים, במטרה להשיב מים עודפים למי התהום, או כדי לטייב את מי התהום ולמנוע המלחת המים (סביר והראל, 2004). קיימת הקפדה מרבית על איכות המים המוחדרים ועל הפרדה בין קולחים הנשאבים לצריכה חקלאית לבין המים השפירים הנשאבים לאספקה עירונית (גב, 2016, מידע בע"פ). במקומות מסוימים מוזרמים קולחים באיכות גבוהה לערוצי הנחלים כדי לקיים בהם צומח וחי, או כדי למהול את השפכים הזורמים בהם ממקורות אחרים ולהקטין את זיהום הסביבה. מהילת השפכים מקטינה גם את סכנת זיהום מי התהום משום שריכוז המזהמים המחלחלים לאקוויפר קטן (סביר והראל, 2004).

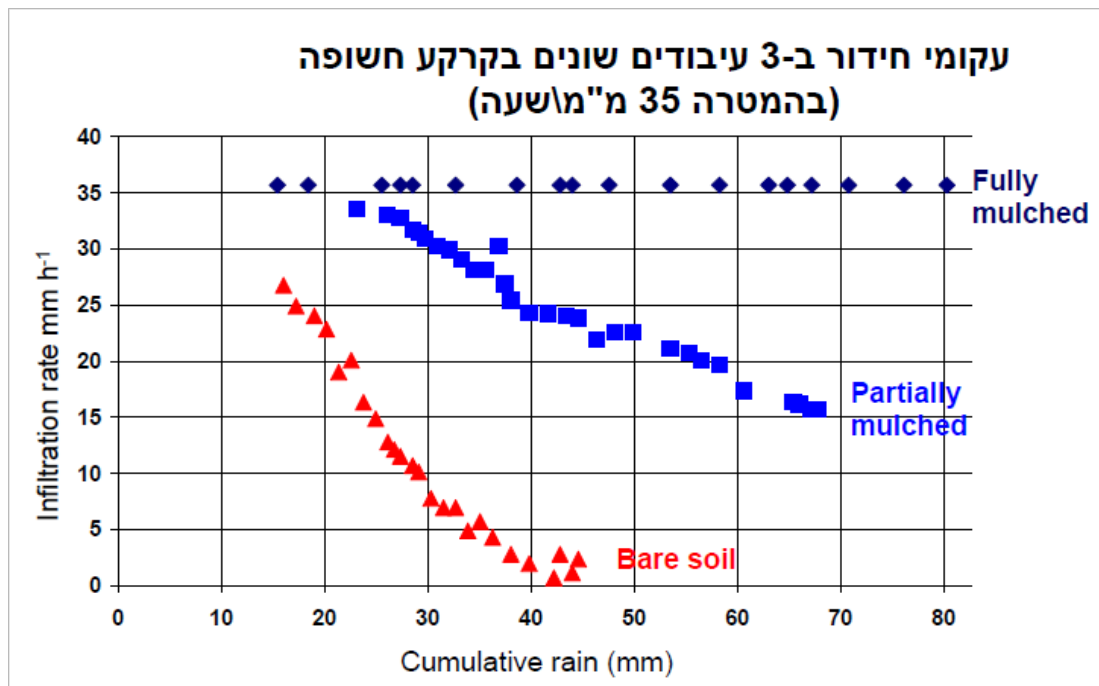
מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המערבים באספקת השרות: מלבד התהליכים הפיזיקליים שמתרחשים בבתי גידול יבשתיים ובמקווי המים, חזירות המים מוסתת ע"י המגוון הביולוגי- מיקרואורגניזמים (חיידקים ופטריות) שבקרומי קרקעית גוף מקווה המים (Seki et al., 1998). מחילות של בעלי חיים שוכני קרקע (למשל, חולד, נמיה, קיפוד) ושורשי צמחים החודרים דרך הקרקע (Kodešová et al., 2006) מגבירים אף הם את המוליכות ההידראולית של הקרקע ומגבירים את חזירותה (למשל, Gómez-Rodríguez et al., 2010). עצים מעמיקי שורש, כדוגמת האלון המצוי, לוקחים חלק בסידוק הסלעים ומסייעים בכך להתפתחותן של מערכות קארסטיות (אזור עם מסלע גירני, שמנוקז בעיקר על ידי מערכת תת-קרקעית ותהליך העיצוב שלו בוצע בעיקר על ידי המסה, בניגוד לאזורים אחרים שאינם גיריים, שניקוזם הוא עילי ושעוצבו על ידי כוחות בליה מגוונים). בנוסף, כאשר פני הקרקע מכוסים בצמחייה ענפה ומגוונת, גדל שטח הפנים של הקרקע ונוצר אוגר זמני של מים. מעגלי החיים של הצומח המעוצה מביא גם לכיסוי הקרקע בשכבה של חומר אורגני (עלווה שנשרה, גזעים, זרדים וענפים). שכבה זו מסייעת גם היא ליצירת אוגר זמני של מים המסייע בהחדרת המים לתת הקרקע (איור 23). תוצאות ניסוי קצב חידור בכיסויי קרקע שונים (איור 24), מראות שבקרקע המכוסה לחלוטין ברסק צומח מעוצה (Mulch) שיעור חידור מי הנגר גבוה יותר ונשמר לאורך זמן, בהשוואה לקרקע המכוסה באופן חלקי בצומח מעוצה ולקרקע חשופה (ארגמן וחוב, 2014).

איור 23: השפעת צומח על חידור משקעים לתת הקרקע.



איור 24: תוצאות ניסוי קצב חידור בכיסוי קרקע שונים (ריסק צומח מעוצה - Mulch) (ארגמן, אגסי ומאור, 2014).



החדרת מי שטיפונות למי התהום: כיום משתמשים במי השיטפונות הנתפסים במאגרים עיליים בעיקר כמקור להעשרת מי תהום. לשם כך מקימים במורדות הנחלים מאגרי מים גדולים על פני שטחים של אלפי דונמים, ובהם מתקנים העוצרים את הסחף הרב המגיע עם השיטפון. מהמאגרים מזרימים את המים לבארות (אותן בארות שבקיץ שואבים מהם מים) או לבריכות חלחול רחבות ידיים, וכך מחזירים את מי השיטפון לאקוויפר. המפעלים הבולטים בתחום זה מפעלי נחלי מנשה התופס את מי יובלי נחל תנינים, מפעל נחל שקמה ומפעל נחל הבשור שבדרום. המים המוטים לאגני החדרה בנגב ובערבה תורמים באופן משמעותי למי התהום, ובעלי משמעות הרבה יותר גדולה ליחידת שטח מאשר אגנים במקום עם הרבה מים (זעירא, פיטקובסקי ואזולאי, 2017). זאת מפני שהעשרת מי התהום באקוויפרים באזורים אלו מותנית בחלחול מי שיטפונות שתדירותם בדרך כלל אינה עולה על פעם או פעמיים בשנה, ומשכם אינו עולה על מספר שעות עד ימים בודדים (דהן וחוב, 2006).

בנחלי הערבה נבנו מאגרי אפיק במטרה להפנות מים לחקלאות. בהמשך נבחנה גם תרומתם בהחדרת מי שיטפונות לאקוויפר החלוקים המקומי, בשל ספקות באשר ליעילות החלחול דרכם וטענות שלעצם קיומם במתכונת הנוכחית יש השפעה שלילית על העשרת מי התהום. נטען כי משקעי חרסית וטיין (סילט) אוטמים את הקרקעית ומונעים חלחול מקרקעית המאגר וכפועל יוצא המאגר עצמו מקטין את המוליכות ההידראולית הטבעית של הקרקעית דרכה מתקיים חלחול טבעי. במחקר שבחן את הגורמים המשפיעים על קצבי החלחול של מי שיטפונות מערוצי נחלים בלתי מופרים בהשוואה למאגרים, נמצא כי בשלבים הראשונים של ההצפות נמדדו ערכי חלחול גבוהים (עשרות ס"מ לשעה) שהלכו ופחתו עם הזמן, גם כאשר התנאים ההידראוליים על פני הקרקע לכאורה לא השתנו (דהן וחוב, 2006). למשל, בשיטפון הראשון של מאגר צוקים, מיד לאחר שזה נוקה משכבות החרסית שהצטברו בו, נמדדו קצבי חידור שאינם שונים מהותית מאלה של נחל טבעי, אלא שכעבור ימים בודדים מכניסת השיטפון הראשון למאגר צנחו ערכי החידור עד לכדי עצירה מוחלטת של תהליך החלחול. נראה שדי בשיטפון אחד כדי לגרום להצטברות של שכבת חרסית וטיין עבה דייה כדי למנוע חלחול מתחתית המאגר. כתוצאה משקיעת רחופת וחרסית בקרקעית המאגר מי השיטפון נשארו במאגר במשך מספר חודשים עד אשר התאדו כליל. כלומר מרבית המים שנקלטו ע"י המאגר החדש למעשה אבדו והמאגר הפסיק לחלחל מיד לאחר השיטפון הראשון. מתוצאות המחקר עולה בוודאות כי המאגר אינו מחלחל בקצב מספק ואינו מעשיר את מי התהום תחתיו. המוליכות ההידראולית של הקרקע פוחתת במהלך החלחול. בהתאם לכך בשיטפונות שעוצמתם נמוכה ואינה עולה על עשרות ס"מ (כ-0.5 מ'), ומשכם אינו עולה על 10 שעות, ניתן להעריך כי ההעשרה לא תעלה על כ-10,000 מ³ לק"מ. יש לציין שנתון זה מוגבל לתנאים הנוכחיים בהם הזרימה בנחל ערבה מופרת ומווסתת ע"י רשת מאגרים המקטינים ככל הנראה את עוצמת השיטפונות לאורכו של נחל הערבה (דהן וחוב, 2006).

החדרת מי קולחים למי התהום: השפד"ן מטפל בשפכים לרמה שניונית ומזרים את הקולחים לאגני החדרה חוליים בשטח של כ-1000 דונם, בין ראשון לציון ליבנה. קולחים אלה עוברים סינון חול ושוהים בתת-הקרקע במשך כ-400 יום. בתום תקופה זו, המים נשאבים באמצעות כ-150 קידוחי הפקה ומוזרמים למערכת הכוללת קו ראשי באורך של כ-90 ק"מ, שישה מאגרים תפעוליים ושישה מאגרי קצה, האוגרים את עודפי המים המושבים במהלך החורף (טל, 2017). "המוביל השלישי" הוא קו צינורות באורך של 70 ק"מ המוביל את הקולחים מהשפד"ן אל הנגב לצרכי השקיה.

לאחר עשרות שנים של שימוש אגני ההחדרה הולכים ונאטמים ויעילותם יורדת, וכתוצאה מוזרמים קולחים לנחלים (טל, 2017). הסיבה לכך היא הצטברות של חומר אורגני שמקורו בקולחים, בתת-הקרקע, הגורם להתלכדות גרגרי החול (ככל שכמות החומר האורגני עולה התלכדות הגרגרים גוברת) המשבשת את יעילות החלחול. בעקבות ירידת כושר החלחול קיבולת קליטת המזהמים יורדת וכתוצאה מוזרמים קולחים לים ולנחלים. על-פי הערכה, בשנים 2016-2017 הוזרמו לים כ-12 מלמ"ק קולחים ברמת טיפול שניונית, שיחסרו בקיץ למשק המים. הצפי הוא שבשנת 2025 כמות קולחי השפד"ן המסולקים לנחל תגיע ל-20 מלמ"ק וסה"כ הקולחים המסולקים לשורק תעמוד על 46 מלמ"ק (טל, 2017). לפני כ-9 שנים החלו בבחינה של חלופות, ביניהן פתיחת אגני החדרה חדשים והחלפת הטיפול השלישוני לטיפול שונה. טרם התקבלה החלטה בנושא (בעיקר בשל התנגדויות של רשויות מקומיות שאגני ההחדרה או הקידוחים שסביבם יהיו בשטחם, כי יש לכך השלכות לגבי שימושי הקרקע ותוכניות פיתוח) ובינתיים כמות הקולחים עלתה כך שיש היום עודפי קולחים יחסית ליכולת הטיפול (ארבל, מידע בע"פ). מחסור בנפח אגירה יגרום לכך שגם קולחים אלה יוזרמו בסופו של דבר לים (טל, 2017).

ממדי הפקת השרות: המילוי החוזר השנתי של האקוויפרים בישראל מוערך בכ-1.4 מיליארד מ"ק. על פני שטח המדינה יורדים כ-5 מיליארד מ"ק מי גשמים, מתוכם כ-70% מתאדה ופחות מ-30% מחלחל למי התהום (גב, 2016 מידע בע"פ). חשוב לציין כי חלחול למי תהום הוא תהליך פיזיקאלי במהותו שהיה מתרחש גם ללא כיסוי צמחייה, אך לא מן הנמנע שממדי החלחול היו קטנים במידה ופני השטח היו חשופים לגמרי מצמחייה.

חידור מים מבריכות חורף למי התהום משמעותית במיוחד באזורים בהם האקוויפר מצוי בעומק רדוד יחסית (Brooks & Hayashi, 2002), למשל בריכת סמר שבחדרה (גפני ואלרון, 2011). יחד עם זאת, מעבר המים בין בריכות עונתיות לבין מי התהום אינו חד כיווני וישנה גם עלייה של מי תהום אל הבריכות, בעיקר בעונה היבשה (Costelloe et al., 2009). באזורים בהם מי התהום מלווה יחסית, יכולה עלייה של מי תהום אל הבריכות העונתיות לגרום להמלחה של מי הבריכות ולהשפיע על הרכב החי והצומח בבריכה (Jolly et al., 2008). תהליכים אלה נכונים גם לאפיקי נחלים, בעיקר באזורים בעלי שיפועים מתונים בשפלה או במישור החוף. המידע על כך מועט כי נדרשת רשת של מתקני מדידה, שבשלב זה אינה קיימת. לגבי ערוצי נחלים באזורים הרריים, ההנחה היא שמים הוזרמים בהם באירועי גשם מחלחלים למי תהום למעטמה שמגיע למוצאי הנחלים מהאזור ההררי, שאז גולר המים הוא כמתואר באזורים מישוריים.

תועלות השירות: כיסוי פני השטח בצמחייה טבעית ומגוונת (חורש ים תיכוני, בתה עשבונית, גריגה) מגדיל את כושר החידור ומקטין את מקדם הנגר. בזכות מאפיינים אלה, מועשרים מאגרי מי התהום וקטנות הספיקות בנחלים. מפלסים גבוהים במאגרי מי התהום, האקוויפרים, מאפשרים את צמצום נפח המים המותפלים הנדרש להשלמת הדרישה למים שפירים.

הימצאות בריכות עונתיות באזורים יובשניים וחצי יובשניים מסייעת לחקלאות, גם אם המים המחלחלים מהבריכות לקרקע, אינם מגיעים בסופו של דבר אל מי התהום. מחקר שהתבצע במערב אפריקה מלמד כי קיומן של בריכות עונתיות בלב אזורים חקלאיים העלה את היבולים באזור זה בגלל זרימה לטראלית של מים מהבריכות לשטחים שמסביבן והגברת תכולת המים בקרקע גם בתקופות היבשות (Acharya & Barbier, 2000). טרם נערך בארץ מחקר הבוחן את השפעת בריכות חורף על יבולי שטחים חקלאיים סמוכים או הערכה כמותית של חשיבות התרומה של בריכות חורף לחידוש מי התהום בישראל.

תרומת התועלות לרכיבים השונים של רווחת האדם: התועלת היא בעיקרה כלכלית וסביבתית.

המשתמשים, המגזרים השונים בחברה המשתמשים בשרות: כלל המגזרים במשק.

4.2.8. ויסות מחלות ומזיקים

מהות השרות ומנגנון הפקתו: המגוון הביולוגי של מערכות נחלים ובריכות החורף כולל מיני בעלי חיים העשויים לתפקד כטורפים או טפילים של מינים המשמשים כמאגר ו/או כנשאים של יצורים מחוללי מחלות אדם, ובכך ממתנים את ממדי הפצת המחלות הללו. מיני בעלי חיים אחרים שאינם מעבירי מחלות, אך מטרידים את האדם, יוגדרו כ"מזיקים".

מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים באספקת השרות: מערכת נחלי ישראל מתחזקת מינים שהם מפיצים פוטנציאליים של ארבע מחלות אדם, נגיף קדחת מערב הנילוס, קדחת הביצות (מלריה), קדחת זיקה והבילהרציה. בוויסותן מעורבים לפיכך רכיבי מגוון ביולוגי שונים, האחד בוויסות שלוש מחלות הקדחת, והשני – בוויסות הבילהרציה.

קדחת הביצות: מערכת הנחלים מתחזקת את הזחלים והגלמים של למעלה מ-40 מיני יתושים. הנקבות של רוב המינים צורכות דם של חולייתניים (בעיקר יונקים אך גם עופות), ומהם כאלה הנוזנים, בין השאר, גם מדם בני אדם, ועקיצותיהם מהוות מטריד. רובם של מינים אלה אינם מחוללי מחלות, אך הנפוץ ביותר בין יתושי ישראל הוא הכלוכית המצויה (*Culex pipiens*) שיחד עם מין אחר בסוג כולוכית (*Culex perexiguus*) מתפקדים כנשאים פוטנציאליים של נגיף (וירוס) קדחת מערב הנילוס. ששה מתוך 16 מיני הסוג אנפלים (*Anopheles sp.*) מתפקדים כמאגר ונשאים פוטנציאליים למחולל (פתוגן) קדחת הביצות (מלריה) שאינו נגיף או חיידק אלא יצור חד-תאי (פרוטיסטה) ה-*Plasmodium*. המלריה הודברה בישראל עוד לפני קום המדינה באמצעים שהביאו להכחדת הפלסמודיום אך לא הכחידו כליל את יתושי האנופלים, שאוכלוסיותיהם בישראל קטנות ומתקיימות רק בנחלים לא-מזוהמים. רק מקרי מלריה בודדים התגלו במהלך העשורים האחרונים בישראל וכולם באנשים נגועים שהגיעו מארצות ואזורים מוכי-מלריה; חולים אלה מזוהים, מבודדים ומטופלים, כך שאוכלוסיות האנופלים בישראל אינן נשאות של מחולל המחלה, מה שמונע התפשטות המחלה.

קדחת מערב הנילוס: מחלה זו שזוהתה בישראל בתחילת שנות ה-50 (לבנטל וקרסנטי, 2001) פחות מסוכנת מהמלריה אך מאז הגעתה לארץ (אולי על ידי ציפורים נודדות שנשאאו את מחולל המחלה ונעקצו על ידי יתושים ישראליים) היא התפרצה מספר פעמים. בעוד שמיני האנופלים נדירים כיום, הנשאים הפוטנציאליים של מחולל מחלת קדחת מערב הנילוס נפוצים ביותר ומתקיימים בעיקר בנחלים וגופי מים מזוהמים.

קדחת זיקה: וירוס המועבר על ידי יתוש נגוע מסוג אדס, בדרך כלל אדס מצרי (*Aedes aegypti*), שאינו קיים בישראל. עם זאת, יש עדויות לכך שגם יתוש הטיגריס האסייתי (*Aedes albopictus*) שהוא מין פולש בישראל, מסוגל להעביר את הנגיף. עד היום לא התגלה בישראל אף יתוש טיגריס אסייתי הנושא את הנגיף. קדחת הזיקה התפשטה ב-2016, במרכז אמריקה ובדרומה, איי האוקיאנוס השקט ודרום מזרח אסיה. בישראל דווח על מקרי תחלואה בודדים של ישראלים שנדבקו בנגיף בעת שהותם בחו"ל.

מכל אלה עולה שעיקר פגיעתם של יתושי מערכות המים הפנים-ארציות, ובעיקר מערכות הנחלים ובריכות החורף, היא זו של מזיקים, ולא של מחוללי מחלות; זאת גם אם הסיכון של החדרת מחוללי מחלת קדחת הביצות כמו גם זו של קדחת מערב הנילוס וקדחת הזיקה, קיים כל הזמן.

וויסות אוכלוסיות היתושים מתבצע בשתי רמות – רמת השלב הראשון במחזור החיים של היתושים הם הזחלים החיים במי הנחלים, הנושמים אוויר, ולכן עולים מדי פעם לפני המים; השלב השני הוא שלב היתוש המעופף, המגיע מהגלמים, שגם הם נמצאים במים. רכיב המגוון הביולוגי המימי העשוי לווסת את אוכלוסיות הזחלים שבמים בגלל נוכחותם של מינים המתחרים בזחלים על מזונם, שהוא מזון פלנקטוני הכולל יצורים זעירים, חיידקים, פרוטוזואה, וחומר אורגני תוצר פרוק ומרחף במים, כל אלה מסוננים מהמים או מלוקטים מהגדות הטבולות. אולם, היות ומזון זה מצוי בשפע סביר יותר שוויסות אוכלוסיות המינים המזיקים מתבצע על ידי טריפה ע"י מיני מים טורפים המהווים אף הם רכיב של המגוון הביולוגי. טורפים אלה כוללים דגים קטנים, כמו שני מיני הנאוויט (*Aphanius*) וגם זחלי חרקי מים טורפים כמו מיני הפשפשים מקבוצת רצי המים (*Gerridae*) וזחלי חיפושיות מים ושפיריות. טורפים פוטנציאליים אחרים הם קרפדות וצפרדעים, בעיקר בבריכות חורף, מפני שהם מסננים לא סלקטיביים, שיתכן ומעלים במנגנון הסינון שלהם גם זחלי יתושים.

גם וויסות היתושים הבוגרים והמעופפים מיד עם גיחתם מהגלמים שבמים לא מתבצע על ידי מתחרים שכן לא רבים המתחרים על הלשד הסוכרי שבצינורות ההובלה של מגוון צמחי הגדות הנמצץ על ידי כל מיני היתושים, (כולל הנקבות, שלא כזכרים, הן אלה הנזונות גם מדם), אלא על טורפי היתושים, עליהם נמנים כל מיני הצפורים אוכלות החרקים הניזונות ומקננות בעיר הגדות - מיני הקניט (*Acrocephalus sp.*), הצטיה (*Cettiidae*), פשוש (*Prinia gracilis*), החטפית (*Muscicapa sp.*), הדוחל (*Saxicoia sp.*), אדום חזה (*Erithacus rubecula*) ועוד העשויים ללכוד את היתושים המעופפים עם הגחתם. בעונות נדידת הציפורים יתוספו אל אלה מספר מיני סבכים ועלוויות. וויסות היתושים הבוגרים מתבצע גם על ידי ציפורים כססים וסנוניות ביום, ועטלפים אוכלי חרקים בלילה שמקורם במערכות אחרות אך הם מתמחים בציד חרקים בסמיכות למקווי מים. תיעוד על שעור היתושים בתפריט דגים ובתפריט מיני ציפורי גדות נחלים ברחבי העולם ובישראל לא נבדק, אך ישנו תיעוד רב על ויסות גדלי אוכלוסיית יתושים (למשל על ידי חרקים טורפים ועל ידי דו חיים) (Chase & Shulman, 2009).

למיני הבר המווסתים את ממדי אוכלוסיות הזחלים ניתן להוסיף מין דג זר שהתאזרח במערכות הנחלים של ישראל ופולש גם לבריכות חורף; דג הגמבוזיה (*Gambusia affinis*), דג זר שהובא לארץ בשנת 1926 כדי לווסת את אוכלוסיית היתושים, ולכן גם מכונה דג היתוש (*Mosquito fish*). דג זה נמצא כיום ברוב הנחלים בארץ, למעט מעיינות בשמורות טבע כמעיינות צוקים (עין פשחה) (גורן ואורטל, 2006). הוא עמיד לזיהום, הכולל גם ריכוזים גבוהים של חומרי דיזון במים, וטורף לא רק זחלי יתושים אלא גם חסרי חוליות נוספים, ודגיגים זעירים (גולן ורום, 2006). בנוסף, דג זה טורף גם דגיגי נאוויט, מין שגם הוא טורף פוטנציאלי של זחלי יתושים, אך למרות זאת מאכלסות מספר נחלים באזורים עם מיני צמחים שגופם טבול במים (גורן ואורטל, 2006), כנחל תנינים. משום השפעת הגמבוזיה על הנאוויט הוצע ב-1966 להשתמש באמנון מצוי (*Coptodon zillii*), שהוא מין בר של מערכת הכנרת כטורף זחלי יתושים, מה שהיה יכול לייתר הבאת מין זר כגמבוזיה לצורך הדברה ביולוגית (סליטרניק, 1966), אך פתרון זה לא נוסה.

בנוסף, עיקר וויסות אוכלוסיית זחלי היתושים בארץ מתבצע ע"י החיידק *Bacillus thuringiensis israelensis* (BTI) שנתגלה בשנת 1976 בערוץ של נחל הבשור. מבקטריה זו פותחו תכשירים לשימוש סניטרי: הבקטריה מוחדרת למים, נאכלת ע"י זחלי היתושים ופוגעת במערכת העיכול שלהם, אך לא פוגעת בחרקי מים אחרים.

בלהרציה: מספר מינים משלשה סוגים של חלזונות של מערכות הנחלים, בעיקר *Bulinus truncates* (בולית) אך גם *Biomphalaria* ו-*Oncomelania* מתפקדים כנשאים של פתוגן הבלהרציה, עלקת הבלהרציה (*aematobium*) *Schistosoma*). זוהי תולעת מקבוצת התולעים השטוחות, הנמטודות, המחוללת את מחלות הבלהרציה, ובעיקר בלהרצית השתן, שהנשא שלה הוא הבולית (יוסף הלר, מידע אישי). צורות לרווליות של התולעת החיה בגוף החלזון מופרשות למים, וחודרות דרך העור לגופו של אדם הבא במגע עם המים. עם התבגרותן לתולעים בגופו של האדם הנגוע הן מגיעות לכלי הדם שבמערכת השתן והביצים שהן מטילות בתוכה מגיעות לכיס השתן וממנו למי הנחל; הזחל הבוקע מהביצה שבמי הנחל מאתר את החלזון וחודר לגופו. מוקד מחלת הבלהרציה הוא באגן הנילוס, המאכלס גם את החלזונות הללו וגם את העלקה. כל עוד שטפונות הנילוס העונתיים היו מגיעים לים התיכון, הם סחפו איתם צומח מי הנחלים, על החלזונות שהיו על העלים והענפים הנסחפים. עם הגעת מי השיטפון למוצא לים התיכון, סחופת שטפון זו נלקחת על ידי זרמי חופי הים התיכון צפונה לחופי ישראל, וסערות הים משליכות את הסחופת אל פתחי כל נחלי החוף בישראל (לפי ראובן אורטל, חלזונות הבולית (בולינוס) נאספו בחופי הים התיכון בישראל, ומתועדים באוסף הרכיכות של האוניברסיטה העברית). השהיה בים לא בהכרח ממיתה את החלזונות, ורבים מהם עשויים להגיע לכל אחד מהנחלים הזורמים לים בעודם חיים, ולהתמקם בהם; היות ומקורם באגן הנילוס, מקורה של העלקה, רוב החלזונות הללו עלולים להיות לנשאים בנחלי הארץ. אלא שהחלזונות נשאי העלקה מתפתחים טוב רק בנחלים שזרימתם איטית, ולכן רוב הנחלים שזרימתם איטית היו נגועים בבילהרציה, והירקון הוא הדוגמה לכך. עם ההזדממות של נחל זה (וגם נחלים אחרים) בשפכים תעשייתיים וביתיים בשנות החמישים נכחדו חלזונות הבולינוס, ובמקביל טופלו האנשים הנגועים במחלה באמצעות תרופה הממיתה את התולעים; אך גם עם מות התולעים, עדיין עובר זמן עד שהאדם הנגוע משתחרר מכל הביצים שבגופו.

עם פעולות שיקום הנחלים אוכלוסיות הבולינוס השתקמו גם הן, כנראה באמצעות ה"יבוא" ממצרים דרך הים. מאז שנות החמישים חלזונות כל הנחלים כנראה אינם נושאים את העלקה ולכן הם בבחינת נשאי עלקה פוטנציאליים בלבד. ואמנם, מאז שנות החמישים לא נודעו מקרי בילהרציה שמקורה בנחלי ישראל, גם אם ישנם מקרים רבים של חולי בלהרציה המיובאת מחוץ לישראל, שכולם מזוהים מבודדים ומתנקים מהטפיל, תהליך שלוקח זמן רב יחסית (שוורץ, 1998).

כמו במקרה המלריה, גם לחלזונות הבולית ישנם טורפים פוטנציאליים שעשויים לווסת את אוכלוסייתיהם ולמתן את מימדי התחלואה במקרה שתתפרץ. מדובר אמנם בחלזונות בעלי קונכיות, אך קונכיות הבולינוס רכות וכך גם האפיפרגמה (ה"סוגר" של פתח הקונכיה) רכה. ישנו מידע על טריפת חלזונות על ידי זחלי שפיריות (Turner & Chislock, 2007) וטורפים פוטנציאליים נוספים מתוך המגוון הביולוגי של מערכות הנחלים הם פשפשי מים מוצצים, וגם מיני עלוקות.

ממדי הפקת השרות: שרות ויסות מחלות ומזיקים באמצעות וויסות הנשאים של מחוללי המחלות וגם וויסות היתושים העוקצים אך אינם נשאים של מחוללי מחלות, בהתאמה, הוא בבחינת שרות פוטנציאלי בהתייחס למחלות בלבד - יש לו היצע אך אין לו ביקוש כלל, שכן מחלות אלה לא קיימות בישראל זה מספר עשורים. בהתייחס ליתושים מכל המינים המוגדרים כמזיקים בגין עקיצותיהם, נראה שהביקוש גבוה מההיצע, מה שמתבטא באמצעים הרבים

הננקטים על ידי האדם (תרסיסים ומשחות) והרשויות (ריסוסים וניקוזים) להפחתת "מטרדי היתושים". הדרך להבין את התועלת של השירות הוא ניתוח השינוי בהוצאות של גופים שעוסקים בהדברת זחלי יתושים במצב של נחלים לפני ואחרי שיקום. בנחל הירקון, למשל, מאז החל השיפור באיכות המים פסק הצורך בביצוע הדברת זחלים. בשנים שבהם בוצעו הדברות, העלויות נעו בין 100,000 ל-200,000 ש"ח. עם השיפורים באיכות מי הנחל ההוצאות ירדו ל-0. התועלות מתייחסות גם לחסכון בטיפול בצמחיה ובעצם הכנסת חומרי הדברה, גם עם מדובר ב-BTI לנחל. במקומות אחרים, היכן שלא בוצעו פעולות שיקום אין אפשרות לנתח מצבים של לפני ואחרי. אין מידע על תרומתו של שרות מערכת זה של הנחלים ובריכות החורף יחסית לאמצעים הננקטים על ידי האדם, בוויסות מטרדי היתושים. בהתייחס לשרות הוויסות האקולוגי, לא נמצא מידע המצביע על חלקם של יתושים בתפריט מיני ציפורי גדות הנחלים, ולכן גם לא על ממדי הוויסות של מכלול מיני היתושים; כך גם לא נמצא מידע על הבדלים בממדי מטרד היתושים בין גדות נחלים ללא צומח גדות (ולכן ללא ציפורי גדות, היינו טורפים פוטנציאליים של יתושים) וגדות נחלים עם יער גדות מפותח. לגבי הוויסות בידי אדם, אפשר שהשימוש בתכשיר ה-BTI מהווה תחליף טכנולוגי יעיל לשרות ויסות היתושים כמזיקים.

תועלות השירות, תרומת התועלות לרכיבים השונים של רווחת האדם והמשתמשים: היות ולא ידועה תרומתו של שרות המערכת בצמצום נזקי מטרדי היתושים, וכך גם לא הובאו ממצאים של ממדי וויסות אוכלוסיות הנשאים הפוטנציאליים של מחוללי מחלות קדחת הביצות, קדחת מערב הנילוס והבילהרציה, לא ניתן לזהות תועלות ומשתמשים עכשוויים. אולם ישנה תועלת בקיום ותחזוק, על ידי מערכת הנחלים, של מגוון ביולוגי עשיר יחסית של מינים טורפי זחלי יתושים, יתושים בוגרים, וטורפי חלזונות של נשאים מחלות אלה; זאת משום שאלה מתפקדים כמנגנון פוטנציאלי של וויסות המחלות, ולכן הם מתפקדים כבטוחה לאפשרות מקרים של חזרת המלריה והבילהרציה לישראל. חזרה זו של המחלות עלולה לקרות דווקא משום מגמת ההפחתה בממדי זיהום מערכות הנחלים בשנים האחרונות, מה שאמור לתמוך באוכלוסיות מיני היתושים נשאי המלריה ומיני החלזונות נשאי הבילהרציה; אלה עשויים להפוך מנשאים פוטנציאליים לנשאים ממומשים, וזאת כאשר אנשים נגיעים מלישראל, בעקבות הגידול בממדי תיירות יוצאת ותיירות נכנסת.

מגמות

ממדי הפקת השרות בעבר: היות ולא מוגש כאן מידע על ממדי הפקת השרות עתה, לא ניתן גם להתייחס למגמות באספקת השרות. יחד עם זאת, ככל שפעולות לשיקום נחלים ובתי גידול לחים יצליחו, צפויה ירידה משמעותית בצורך להדביר וגם אם לא יהיו מדידות ישירות של התועלת, הפסקת הריסוסים היא מדד לגיטימי.

מצב המגוון הביולוגי הרלבנטי לאספקה במהלך השנים לאחור: השינויים שחלו מאז קום המדינה בממדי יער הגדות, השפיעו על השינויים ברכיב המגוון הביולוגי של הציפורים אוכלות החרקים של יער הגדות, ובעקבותם שינויים באספקת השרות לוויסות מטרד היתושים ולוויסות הפוטנציאלי של קדחת הביצות וקדחת מערב הנילוס. השינויים באיכות המים, לרעה בגין הזיהום בעשורים הראשונים, ולשיפור בעשורים האחרונים, בגין מגמת שיקום הנחלים, אמורים היו להשפיע על ממדי אספקת שרות וויסות אוכלוסיות היתושים הטורדניים וגם נשאי קדחת מערב הנילוס, ואוכלוסיות היתושים נשאי קדחת הביצות. כאמור, במקומות שבהם מתקיים ניטור, ניתן לראות את ההשפעה.

זיהוי מגמה: לא ניתן לזהות מגמה בטרם הובהר מהו חלקם של הנחלים במחלות ובמטרדים אותם אמור השרות לווסת. לו חלקם היה משמעותי, אזי היצע השרות ועמו הביקוש לשרות, היו במגמת עליה בשנים של טרום המדינה

שכן הנחלים זרמו בתפוקה מלאה והמגוון הביולוגי בכללו היה עשיר מזה שאחר כך. ומאז הקמת המדינה המגמה הן של הביקוש והן של ההיצע – בירידה, וזאת עקב הדברת המחלות וצמצום המגוון הביולוגי של מערכות הנחלים. אך החזרת המים לנחלים ושיקום צומח הגדות המסתמן במהלך שני העשורים האחרונים, עשויים להגדיל את ההיצע ואולי אף את הביקוש.

זיהוי הגורמים מחוללי השינוי: במהלך השנים מאז תחילת ההתיישבות היהודית וקום המדינה ירד הביקוש לוויסות היתושים וירד גם ההיצע של המינים המעורבים בוויסות אוכלוסיות היתושים, וזאת במידה ומערכות הנחלים תיחזקו את שני הרכיבים הללו של המגוון הביולוגי – מחוללי המחלות, והמווסתים אותם. הגורמים שחוללו שינוי זה היו ההקטנה בממדי הזרימה עקב תפיסת המעיינות שהזינו את הנחלים, וזאת בעקבות מדיניות ניהול משק המים של המדינה; צומח הגדות הצטמצם גם הוא הן עקב צמצום ספיקת המים בנחלים, וגם עקב כריתה כאחד האמצעים למאבק ביתושים. אך היות ולא ידועה תרומתן של ציפורי גדות הנחלים לוויסות אוכלוסיות היתושים, לא ניתן לזהות את הכריתה של צומח הגדות בנחלים רבים, שבוצעה כאמצעי לוויסות מטרד היתושים, כגורם שחולל את השינוי במגוון הביולוגי (עופות צומח הגדות) המעורב באספקת שרות וויסות מחלות ומזיקים.

סיכום המגמה וגורמיה, והתייחסות להשלכות העתידיות האפשריות במצב בו המגמה שזוהתה תימשך או תשתנה: המגמה של החזרת מים לנחלים ושיקום הגדות עשויה להביא להגברת ביקוש השרות, וזאת במידה והמלריה ואולי אף הבילהרציה, יופיעו בשנית.

בדומה למקווי מים תוך יבשתיים עומדים אחרים, בריכות החורף נתפסות על ידי הציבור כמקור לחרקים מטרידים או מחוללי מחלות. אולם, דווקא פעילות להדברת יתושים, וכן זיהומים ובמיוחד זיהומים אורגאניים, הם המעודדים התפתחות חרקים מזיקים. כאשר הבריכות נפגעות מזיהום, או כאשר מתרחשת בהם הדברה כימית כנגד יתושים, הפגיעה בטורפים הטבעיים של המזיקים משמעותית בהרבה מהפגיעה במזיקים עצמם. פגיעה זו מאפשרת את התרבות היתושים שכושר ההתאוששות שלהם גבוה בהרבה מכושר ההתאוששות של טורפיהם הטבעיים. התוצאה היא שלאורך זמן החרקים המזיקים מתפתחים בעוצמה רבה יותר בהשוואה לממדי התפתחותם לפני ההפרעה. כראיה, בסקר בריכות החורף שנערך בין השנים 1998-2004 נמצאו יתושים מהמין כולכית *Culex sp.* (המהווים מטרד בשל עקיצותיהם ואינם גורמים בדרך כלל למחלות זיהומיות) ב-43 מתוך 132 בריכות שנסקרו (33%). כמעט בכל המקרים נוכחות היתושים העוקצים בבריכות נמצאה רק לאחר שהבריכות זוהמו בזיהום אורגני ובעיקר לאחר שהבריכות רוססו כנגד יתושים (גפני וגזית, 2005), קשר שנמצא גם במקומות אחרים בעולם (Carver et al., 2015).

4.2.9. ויסות מינים זרים-פולשים

מהות השרות: מינים זרים פולשים הם מינים שהגיעו למערכות הנחלים של ישראל באמצעים שונים מארצות אחרות ("זרים") ומשהגיעו לנחל אוכלוסיותיהם וממדי כיסוי השטח על ידן גדלו במהירות ("פולשים"). רוב הזרים-פולשים הם מיני בעלי חיים של מים מתוקים, המיובאים כחיות מחמד לאקווריונים בישראל, ומהם הם מגיעים במכוון, בשוגג או משום רשלנות של האדם, למעיינות ולנחלים. אך גם צמחי מים זרים-פולשים מגיעים לנחלי ישראל, בין מאקווריונים ובין באמצעות זרעים מיובאים (כמו בתערובת לגידול דגים, או באמצעות עופות מים נודדים), ובדרך כלל לא ניתן לזהות את מקורו של מין זר - פולש ספציפי. בשל מיעוט המידע והעדר פעילות מוכרת לוויסות מיני בע"ח אקוויטיים פולשים פרק זה מטפל רק בצמחי מים זרים, שפלישתם גורמת לשינויים במגוון הביולוגי הטבעי של הנחל ולכן גם באספקת שרותיו, ולשינויים בתכונות הפיזיות והכימיות של מי הנחלים. פלישה של *יקנטון המים* (*Eichornia sp.*) למספר נחלים בישראל, למשל, הביאה לשינויים בטמפרטורה, ריכוז החמצן, וה-pH של המים והפחתה במהירות וממדי הזרימה ואף בכמויות המים, באמצעות דיות מוגברת, שממדיה נמצאו גבוהים כמעט פי 8 מכמות המים המתאדה מפני המים (דופור-דרור, 2010). מערכות הנחלים אינן מסוגלות למנוע חדירת המינים הפולשים (כזרעים, פירות ועוד) אך משהגיעו למערכת, נבטו, התרבו והתפשטו מסוגלות המערכות למתן את ממדי הפלישה באמצעות שרות וויסות מינים זרים-פולשים.

מנגנון הפקתו: מידת החשיפה והעמידות של מערכת אקולוגית בפני חדירתו והתפשטותו של מין זר-פולש לתוכה מותנית בתכונותיו המצרפיות של המגוון הביולוגי של המערכת. מגוון מינים גבוה, ואוכלוסיות גדולות של מיני צומח רבים, מהם מיני חלוצים כקנה מצוי, עב-קנה, סוף ומיני גומא המתפשטים במהירות, ומהם אחרים היוצרים כיסוי רציף של גדות הנחל, כמו ליפיה זוחלת (*Phyla nodiflora*), מדד זוחל (*Ludwigia stolonifera*), שנית מתפתלת (*Lythrum junceum*) ומיני כריך (*Carex sp.*), עשויים להוות מצרף בעל כושר תחרותי גבוה מזה של המין הפולש. מנגנון הפקת שרות וויסות פלישת מינים זרים מתבטא בעצם קיומו של מגוון צמחי שתכונותיו וממדיו מייצרים דחיקה תחרותית יעילה, הן על האור באמצעות הצללה יעילה, בעיקר על ידי צומח הגדות, והן על חומרי הדשן המסיסים שבמים, בעיקר על ידי מכלול הביומסה הצמחית של הגדות, הקרקעית וגוף המים המנצלת משאב זה על כל צורותיו ביעילות שלא מותירה משאבים פנויים להתפתחות אוכלוסיית המין המוחדר. מניעת שני משאבים הכרחיים אלה, אור וחומרי דשן, מקנים עמידות למערכת הנחלים מפני פלישות מינים זרים. תכסית הגדות העבותה של הרדוף הנחלים, עבקה שכית ופטל קדוש בנחלים שנשארו בטבעיותם או ששוקמו ונראית כבלתי חדירה פיזית, מהווה ביטוי מוחשי בשטח למנגנון שרות וויסות מינים זרים-פולשים.

המידע על קיומו של מנגנון עמידות מערכות אקולוגיות טבעיות לפלישות כמתואר לעיל נתמך על ידי מספר תצפיות וניסויי שדה מרחבי העולם (Diaz et al., 2005). אלה העלו כי **עמידות המערכת לפלישת מינים זרים מוקנית באמצעות עושר ומגוון מינים תיפקודי גבוה שמקטין את זמינות המשאבים אך גם עמיד לתנודתיות באספקתם** (Priour-Richard & Lavorel, 2000). מכאן שפחיתה ברכיבי עושר המינים והמגוון התפקודי של המגוון הביולוגי שעמידותו לגורמים מחוללי שינוי קטנה יחסית, מותירה משאבים לא מנוצלים למינים הפולשים, מה שפוגם בעמידות המערכת האקולוגית לפלישה, היינו באספקת שרות וויסות פלישות של מינים זרים-פולשים. יתר על כן, נמצא גם כי הפרעות תכופות מגבירות את הפגיעה בשרות זה, מה שמביא להגברת ממדי הפלישה (Petryna et al., 2002).

על הרלבנטיות של מחקרים אלה למציאות שבמערכת הנחלים של ישראל ניתן ללמוד ממגמת הפחיתה במגוון הביולוגי של הנחלים ולאחריה מגמת השיקום, שתיהן תוצאת גורמים אנושיים מחוללי שינוי, ובהשוואה בין שני נחלים השונים זה מזה בעוצמת גורמים אלה. גם הירקון וגם אלכסנדר הם נחלים שמגוון מיני צומח גדותיהם וגם זה של גוף המים

שלהם השתנה במספר המינים, בגדלי האוכלוסיות של כל אחד מהם, ובהרכב המינים, ואף בשעורי התכסית הצמחית של הגדות; היינו, ממדי ה"טבעיות" של מכלול המגוון הביולוגי שלהם הצטמצמו. הגורמים הישירים לשינויים אלה הם: הקטנת הספיקה שצמצמה את כמות המים בנחל, הגדלת ממדי הזיהום התעשייתי הפוגע בצומח הנחלים, והגדלת ממדי הזיהום החקלאי המעשיר את המים בחומרי דשן ומעודד את ממדי הפלישה.

הגורם הנוסף והמכריע להבדל בין שני הנחלים הם ממדי ההסדרה הפיזית של גדות הנחלים, שבוצעו למטרות שונות, כולל שיקום, במהלך השנים: גדות נחל הירקון לא הוסדרו באופן נרחב, מסלולו נשמר ולא התבצעו בו פעולות הנדסיות נרחבות. הודות לכך, צמחיית הגדות של הירקון נותרה במלוא טבעיותה, היינו – מגוון ביולוגי גבוה של צומח הגדות וגוף המים. לעומת הירקון, נחל אלכסנדר עבר הסדרות הנדסיות נרחבות, גדותיו הונדסו מחדש, רוססו וכוסחו במשך שנים רבות, המגוון הביולוגי של צמחי הגדות הצטמצם, ובעיקר שרדו צמחי מעזבות כגון *ירוקת החמור Ecballium elaterium*, *קיקיון מצוי Ricinus communis*, *דורת ארם צובא Sorghum halepense*, *כף און מבאישה Chenopodium vulvaria*, *מני ירבוז Amaranthus sp.*, *חרדל לבן Sinapis alba*, *גדילן מצוי Silybum marianum* וברקן סורי; *Notobasis syriaca*; רוב אלה עמידים לזיהומים, אך אינם מסוגלים לדחוק מינים פולשים (דופור-דרור, 2010).

לשני נחלים, אלה ירקון ואלכסנדר חדרו מינים המזוהים כמינים זרים-פולשים (דופור-דרור, 2010): יקינטון המים (*Eichhornia crassipes*) שהוחדר לישראל כצמח נוי פלש בשנות החמישים הראשונות ואף סתם לחלוטין את אפיק הנחל, אך הלך ונכחד מהירקון לאחר מכן. מאוחר יותר הגיעה לירקון אך לא התפשטה בו גם האמברוסיה המכונסת (*Ambrosia confertiflora*) מין גדות שייטכן והגיע מארה"ב בתערובת זרעים להאכלת עופות ודגי ברכות ונחשב כצמח בעל קצב הפלישה המהיר ביותר מבין הצמחים הפולשים בישראל (דופור-דרור, 2010). שני מינים אלה אינם מצליחים להתבסס – קורה שמדי כמה חודשים מאותרים עומדים קטנים של מינים אלה ואחרים, התופסים שטח של מטרים רבועים בודדים, אשר בהשקעה נמוכה של ימי עבודה בודדים ניתן לחסלם.

לעומת זאת לגדות נחל אלכסנדר פלשו יקינטון המים, בתחילת שנות השישים והאמברוסיה המכונסת בסוף שנות ה-90 (דופור-דרור, 2010). יקינטון המים והאמברוסיה המכונסת (*Ambrosia confertiflora*) הצליחו לבסס אוכלוסייה עמידה שגם ההשקעות הגדולות בטיפול (מחזורי ריסוס רבים עם חומרי הדברה יקרים), לא יכלה להם. הדברת האמברוסיה קשה שכן הוא רב שנתי המתרבה גם באופן וגטיבי, ולכן בוצע גם ניסוי הדברה באמצעות שיקום צומח הגדות הטבעי של נחל אלכסנדר על ידי אכלוס מחדש בפרטי מספר מינים, בקנה מידה קטן (50 מ') ובינוני (300 מ'), בעיקר עבקנה נדיר (*Arundo plinii*) ועבקנה שכיח (*Arundo donax*). ניסוי זה הביא לדחיקה מוחלטת של האמברוסיה משטחי הניסוי. ולאחר שמונה שנים של שיקום באמצעות הצומח הטבעי שהוחדר לגדות, נדחקה האמברוסיה המכונסת לרמת צפיפות נמוכה בה היא לא מהווה סיכון למערכת (דופור-דרור ויעקובי, 2012; דופור-דרור וחובי, 2016). יתר על כן, בסקר משווה, נמצא שהמגוון הביולוגי של העופות ושל פרוקי הרגליים בשטח שבו

נדחקה האמברוסיה ע"י עב קנה היו גבוה מזה שבשטח גדות שרוסס בחמרי הדברה לצורך הדברת מין פולש זה.

סביר שזמינות המינים הפולשים הייתה זהה עבור שני הנחלים, שכן אילו החדירה לנחל אלכסנדר הייתה מתבצעת רק לאחר שהמגוון הביולוגי של גדותיו השתקם, אזי גם נחל זה היה עמיד להתפשטות המינים הפולשים. השוואה זו בין שני הנחלים מצביעה איפוא שוויסות מינים פולשים במערכות הנחלים מותנה בשלמותו וטבעיותו של המגוון הביולוגי הצמחי, המתאפשר בנחלים שכמויות ואיכויות מימיהן תואמות את התנאים הדרושים לתחזוקת מגוון ביולוגי כזה.

מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים באספקת השרות: מינים זרים (יקינטון המים, חסת המים, סלביניה גדולה, דטורה זקופת פרי, אמברוסיה מכונסת, אזולה שרכנית, אלף-עלה-מימי) שפלישתם מוסתת ע"י מגוון מינים חלוצים כקנה מצוי, עב-קנה, סוף, מיני גומא, ליפיה זוחלת, מדד זוחל, שנית מתפתלת ומיני כריך שעשויים להוות מצרף בעל כושר תחרותי גבוה מזה של המין הפולש.

ממדי הפקת השרות: ממדי הביקוש של השרות תלויים בזמינות המינים הפולשים, היינו במנגנון שהביא אותם לנחל מסוים (יבוא מסחרי לישראל, עופות מים נודדים ועוד), ולכן אפשר שנחל מסוים יהיה נקי ממינים פולשים משום שאלה לא הגיעו אליו, ולא משום שיש לו היצע רב של שרות ויסות מינים פולשים (היינו, מגוון ביולוגי צמחי שטבעיותו גבוהה ביותר). במילים אחרות, קשה להעריך פלישת צמחים למערכת הנחלים שלא התרחשה בפועל. אך ניתן לחשב את שטחי הגדות (אורך ורוחב) של נחלים בהם מין פולש וטבעיות מגוון הצמחי אינה במיטבה, אל מול שטח גדות הנחלים שלא נפלש על ידי מינים זרים פולשים, אך הוא מתחזק מגוון ביולוגי צמחי בטבעיותו המרבית. אולם קשה יהיה לזהות את תרומת המגוון הביולוגי שטבעיותו גדולה, להעדר מין פולש בנחלים אלה, שכן המין הפולש עשוי להעדר מגדות אלה משום העדר סוכן שיחזיר אותו לנחל, או שנסיבות הגעתו לנחל זה או אחר אקראיות. הביקוש לשרות זה של מערכות הנחלים עשוי להיות גבוה מהביקוש לשרות זה במערכות האקולוגיות האחרות של ישראל, זאת משום שבעוד המים מהווים גורם מגביל לייצור הראשוני בכל המערכות היבשתיות של ישראל, כאשר במהלך תקופת היובש ממדי הגידול קטנים, מגבלה זו לא קיימת במערכות הנחלים, ועושר מיני הצמחים שלהם גבוה יחסית. אך במקביל, גם מספר המינים הזרים-פולשים למערכות המים הפנים-ארציים של ישראל גבוה יחסית – 25 מינים מתוך 34 מינים זרים-פולשים עיקריים של ישראל (דופור-דרור, 2010) מהם 6 מינים של גוף המים, 10 מינים של גדות נחלים ו-9 מיני עצי גדות נחלים. אולם, רבים ממינים אלה מצויים גם בשאר מערכות החבל הים-תיכוני, אך בעיקר בסמיכות כל שהיא לנחלים.

ממדי ההיצע של השרות זהים לממדי המגוון הביולוגי הצמחי של מערכות הנחלים כיום, אך אין נתונים שבאמצעותם ניתן לכמת את ממדי אספקת השרות, נתונים המאפשרים זיהוי מתאם בין ממדי המגוון הביולוגי של נחל לממדי הפלישה לתוכו, וזיהוי המנגנון הספציפי שהיה פעיל במיתון ממדי הפלישה.

תועלות השירות: אלה מתבטאות במיתון נזקיהם של המינים הפולשים למערכות הנחלים. גם אם פלישתם התאפשרה, במידה רבה בגין פחיתה במגוון הביולוגי של המערכות הללו, הרי ככל שהמין הפולש מתרבה ומתפשט הוא מתחרה, בתחרות על משאבים או תחרות של הפרעה (אללופתיה למשל, היינו הפרשת חומרים מעכבי גידול למערכת) עם המגוון הביולוגי הנותר במערכת. מגוון ביולוגי זה שמצבו הירוד איפשר את הפלישה, פגיע למין הפולש (ג'וסטו-חנני, 2011). לפיכך, במקרים רבים המינים פולשים למערכות הנחלים מסלקים או מצמצמים אוכלוסיות מינים מקומיים באמצעות תחרות על מרחב, אור או חומרי הזנה (דופור-דרור, 2010). מתוך 19 המינים הפולשים המדורגים ברמת הנזקים הפוטנציאליים שלהם הגבוהה ביותר (הרביעית מבין ארבע רמות, דופור-דרור, 2010), חמשה הם מינים פולשים למערכות הנחלים. ביניהם: אזולה שרכנית, יקינטון המים, אלף-עלה מימי, מיני נוי של אקווריונים הקשר לא ברור ומשנים את ריכוזי החמצן במים; לפופית המים, מין מאכל שהוחדר על ידי עובדים זרים מאסיה ודוחקת תחרותית מינים מקומיים, והלנטנה הססגונית, מין גינן, המתחרים במינים מקומיים. שינויים אלה בהרכב המגוון הביולוגי המקומי עשויים להשפיע על ממדי אספקת שירותים בה מינים אלה היו מעורבים, ובכך התועלות לאדם ממערכת הנחלים עלולות להצטמצם או אף להתבטל. בנוסף, מינים זרים-פולשים של מערכות הנחלים מתפשטים למערכות אחרות. לדוגמה, האמברוסיה המכונסת פולשת מהנחלים אל מערכות חקלאיות, שדות גדולי

שדה ופרדסים ומהווה מטרד חקלאי, ואף גורמת לאלרגיות עור לאדם (דופור-דרור ויעקובי, 2012). תועלות שרות הוויסות של מינים זרים-פולשים של מערכות הנחלים מתבטאות במיתון או אף במניעת הנזקים המפורטים לעיל.

תרומת התועלות לרכיבים השונים של רווחת האדם: היות והרשויות משקיעות משאבי כוח אדם וכספים בביעור המינים הפולשים למערכות הנחלים, עקב השינויים הבלתי רצויים לאדם הנובעים מפגיעה בשרותי מערכת, ובעיקר בשרותי התרבות של מערכות הנחלים, מיתון ממדי הפלישות על ידי שרות וויסות המינים הפולשים עשוי להקטין את הוצאות הביעור, מה שמקנה לשרות זה תועלת כלכלית. השירות גם מסייע לאבטחת האספקה של שרותי התרבות של מערכות הנחלים, למשל על ידי מניעה של תכסית פני מים ירוקה רציפה, שעשויה לפגוע בהנאת המטייל מהתבוננות בנוף. ניתן למנות גם תועלות בריאותיות לשירות זה: מניעת אלרגיה ממגע עם האברוסיה המכונסת, ומיתון התפשטות מחלת הבילהרציה, שיקנטון המים משמש מסתור לחלזון נשא טפיל הבילהרציה.

המשתמשים, המגזרים השונים בחברה המשתמשים בשרות: המשתמשים במכלול שירותי המערכת של מערכות הנחלים, ובעיקר שרותי התרבות שלהן, וגם חקלאים ששדותיהם הסמוכים לנחלים נפגשו על ידי מינים פולשים של מערכת הנחלים.

מגמות

ממדי הפקת השרות בעבר: כשם שאין נתונים על ממדי הפקת השרות בהווה כך אין נתונים על הפקתו בעבר.

מצב המגוון הביולוגי הרלבנטי לאספקה במהלך השנים לאחור: בעבר, צמחי גדה מזדקרים כקנה וצמחים טבולים וצפים כנמפיאה היו נפוצים בכל נחלי האיתן והנחלים העונתיים, אך תפוצתם פחתה מאז קום המדינה, והשתפרה עם פעילויות השיקום.

זיהוי מגמה: הזיהוי המוקדם ביותר של מין זר-פולש במערכות הנחלים, היה של טבק השיח ב-1898. מאז ועד אמצע המאה העשרים זוהו עוד שלשה מינים, עד סוף המאה שלשה נוספים, ובמהלך העשור הראשון של המאה ה-21, זוהו עוד ארבעה מינים פולשים (נתונים מתוך דופור-דרור, 2010). מכאן שניתן לזהות מגמת עליה בביקוש לשרות הויסות עם העלייה במספר המינים הפולשים לנחלים, וזו במקביל לירידה בהיצע השרות עם הצטמצמות המגוון הביולוגי עד למחצית המאה העשרים. מאז והלאה נראה שהעלייה בביקוש נמשכת (אם כי קיים מידע רק לגבי פחות ממחצית הפלישות), שכן מספר הפלישות למערכת הנחלים גברה (דופור-דרור, 2010), אך חלק ניכר ממינים אלה עדיין אינו בשלב של פלישה מסיבית (דופור-דרור וחוב, 2016). במקביל גם היצע השרות גבר, עם העלייה במאמצי שיקום צומח הגדות, והגידול בכמויות המים המוזרמים לנחלים ובאיכותם.

זיהוי הגורמים מחוללי השינוי: הגורמים מחוללי השינוי הישירים שהביאו למגמת צמצום היצע השרות במהלך העשורים הראשונים למדינה, היינו צמצום ממדי והרכב המגוון הביולוגי של הנחלים, הם צמצום כמויות המים ואיכות המים של הנחלים. הגורמים העקיפים שהביאו לכך הם הדרישה הגוברת של מים לצריכה ביתית וחקלאית ועימם הגברת מימדי הזיהום הביתי והתעשייתי עקב הגידול באוכלוסייה והתפתחות התיעוש. בין הגורמים מחוללי השינוי שהביאו למגמת שיקום היצע השרות היו: (א) הגידול באוכלוסייה, בהכנסה ובזמן הפנוי של האוכלוסייה במהלך העשורים האחרונים שהביאו לגידול ממדי תירות הפנים הצורכת את שרותי התרבות של מערכות הנחלים; (ב) העלייה בנזקי שיטפונות לרכוש ולחקלאות; (ג) הכרה בחשיבות המגוון הביולוגי של התכסית הצמחית של גדות הנחל בשמירה על הנחל מפני סחיפה מוגברת, כך שגדות נחל מיוצבות מתעלות את הזרימה ומצמצמות את תדירותן וממדיהן של ההצפות.

סיכום המגמה וגורמיה, והתייחסות להשלכות העתידיות האפשריות במצב בו המגמה שזוהתה תימשך או תשתנה: בהנחה שממדי היצע שרות וויסות המינים הפולשים תלוי בממדי הטבעיות של המגוון הביולוגי הצמחי של גדות הנחלים, מגמת שיקום המגוון הביולוגי מתבטאת לא רק בשיפור כמויות ואיכויות מי הנחלים, אלא גם במאמצי השבה של צמחי מים וגדה לנחלי ישראל, אלה העוברים בתוך שמורות הטבע והגנים הלאומיים אך גם מחוצה להם, למשל בנחל נעמן, בנחל חרוד, בירדן שמדרום לכנרת, בירקון ובנחל חדרה. אך היות וחלק משמעותי מאוכלוסיות המינים הזרים-פולשים עדיין נמוך יחסית (דופור-דרור, 2009), אפשר שהאצת שיקום המגוון הביולוגי של הנחלים תגביר את אספקת ההיצע, כך שתתאים לממדי הביקוש, גם אם אלה ימשיכו לגדול.

4.2.10. ויסות סחיפת קרקע

מהות השרות ומנגנון הפקתו: ממדי הזרימה ועוצמותיה בנחלי ישראל משתנים בתלות באקלים בתדירות תוך-שנתית (עונת היובש ועונת הגשמים) ובין-שנתית, ובתלות בניהול משאבי המים על ידי הרשויות. מי גשמים שלא נספגו בקרקע אגן הניקוז של הנחל ולא חדרו למי התהום, זורמים כנגר עילי שעלול להפוך לשטפוני, כאשר הוא סוחף בדרכו קרקע של אגן הניקוז, במקרים רבים של שטחים חקלאיים ללא כיסוי צמחייה, ומסיע אותה אל הנחל ובכך מגדיל את כמות הסחף המוסעת על ידי הנחל, וכן חותר וחורץ את גדות הנחל ובכך תורם לסחיפתו. ככל שמהירות הזרימה ועוצמתה גבוהות יותר כך גם עשויים לעלות ממדי סחיפת הקרקע שבערוץ, בגדות ובאזור פשט ההצפה של הנחל. סחף הקרקע גורם נזקים לא רק לאזור שממנו נסחפה הקרקע ותשתית הסלע נחשפה, אלא גם למערכות המימיות שאליהן נסחפת הקרקע. הסחף גורם לעליית עכירות המים והעשרתם בנוטריינטים. כתוצאה מכך עלולות להיפגע המערכות האקולוגיות שמתקיימות בהן ולא פעם גם לאאטרופיקציה ולקריסת מערכות אקולוגיות אלו. יתרה מזאת, הצטברות הסחף בערוץ הנחל עלולה להוריד את כושר ההולכה של האפיק ולעלות את פוטנציאל ההצפה במעלה הזרימה (קסלר ואפרתי, 2011).

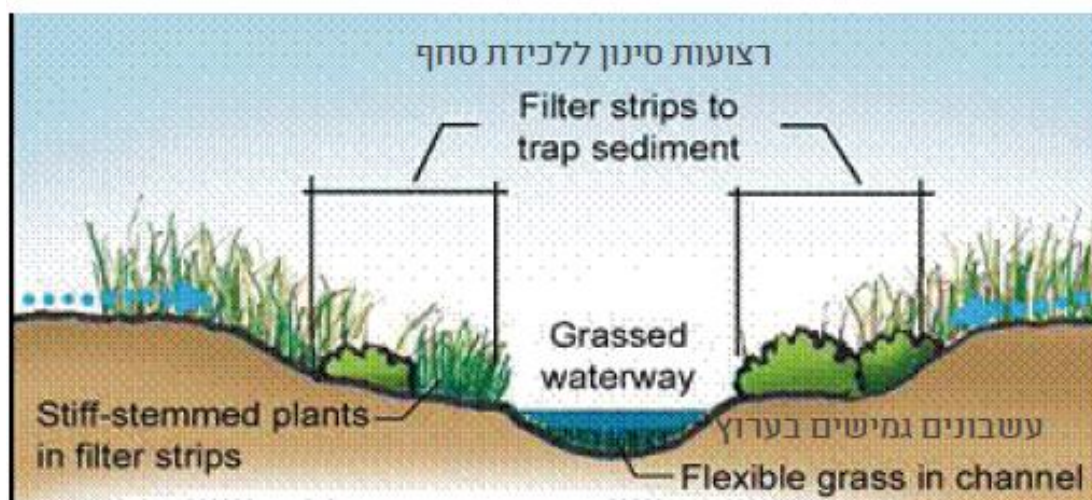
רכיבי המגוון הביולוגי הצמחי של גדות הנחל ואזור פשט ההצפה מווסתים את סחיפת קרקע של ערוץ, גדות ופשט ההצפה (המרחב משני צידי הנחל אליו מתפשטים מי הנחל כאשר זרימות גאות של הנחל גבוהות מגובה גדות הנחל), באמצעות שלשה מנגנונים: (1) חיזוק ושמירה על לכידות הקרקע של הגדות ושל אזור פשט ההצפה, באמצעות שורשי צמחי הגדות ופשט ההצפה (Kalisz, 2000); (2) האטת הזרימה ובכך מיתון עוצמת הסחיפה בערוץ ובגדות באמצעות החלקים העל-אדמתיים של צמחי הגדות ופשט ההצפה; (3) אצירת הקרקע הנסחפת, בפשט ההצפה באמצעות תכסית הצומח שלו, ובקרקעית הערוץ ובכך הקטנת ממדי הקרקע הסחופה המגיעה למורד הנחלים, לים התיכון, לכנרת, לים המלח או למאגרים.

מלבד רכיבי המגוון הביולוגי המספקים את השירות, גם יכולת האיגום של מקווי מים עומדים-כינרת, בריכות חורף ומאגרים, מסייעת בויסות סחף ע"י אגירת משקעים בתוכם. כלומר, הם מהווים אתרי מבלע ואגני שיקוע לסחף קרקע המגיע אליהם עם מי הנגר, ומרכזים אליהם סחף מכל אגן ההיקוות שלהם (שטובר-זיסו וחוב', Luo et al., 2013). לדוגמה, מאגר השיקוע במפעלי נחל מנשה, בו שוהים מי שיטפונות שנתפסו כדי שהסחף המוסע בהם ישקע אל הקרקעית ולא ישקע ויאטום את שדות ההחדרה למי התהום.

מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים באספקת השרות: גורם מרכזי שמכתיב את משטר זרימת הסחף הוא סוג הצמחייה וצפיפותה. כיסוי צמחי של הגדות משמש כחיץ בין המים הזורמים והקרקע ובכך מפחית באופן משמעותי את הסחף הנוצר בתוך האפיק כתוצאה מזרימות חזקות. הצמחייה יכולה גם להפחית את כמות הסחף שמגיע מחוץ לאזור הנחל, דרך מנגנוני הסינון באזור הריפארי (רצועה יבשתית סמוכה המפרידה בין גוף המים לאזור שלא מושפע מנוכחות המים) (פרגמנט, 2007) (איור 25).

איור 25: הדגמה גרפית של צמחיית גדות המאיטה את זרימת הנגר העילי ומגבירה את חדירות הקרקע למים, לוכדת ומסננת מזהמים מהנגר העילי לפני הגעתם למקווי המים, מייצבת את הקרקע ומונעת סחיפה בגדות (Bentrup, 2008).



ממדי הפקת השרות: כמעט כל נחלי ישראל הזורמים בתווך אלוביאלי (חוצים קרקע של משקעי סחף הניתנים להסעה ממקום למקום) נתונים לתהליכי סחיפת קרקע מוגברים. בנחלים אלה מתקיימים יחסי גומלין דינאמיים בין זרימת המים, הסדימנט וצמחיית הגדות התומכים במבנה ובתפקוד המערכת (קסלר ואפרתי, 2011). אך, קיים חוסר בנתונים על השינויים הגיאומורפולוגיים באפיקי הנחלים, במידות חתך הזרימה, במשטר הסעת הסחף (קסלר ואפרתי, 2011) ובשיעור שבו שירות הוויסות מסופק ע"י צמחיית הגדות. אם זאת, ידוע כי הנזקים הנגרמים עקב סחף קרקע מוגבר עשויים להגיע למיליונים רבים של שקלים. לדוגמה, בעקבות סופת גשמים יחידה בחורף 2009/10 באגן נחל פולג, התהוו נזקי ארוזיה והשקעת סחף (ראה דוגמאות ב איור 26) בסך של כ-30 מיליון ש"ח (קסלר ואפרתי, 2011).

במחקר בישראל (גטקר ומאיר, 2008) שבחן את ההשפעה של עצים הנטועים בצפיפות באפיק נחל קיני על כושר הולכת הזרימה לאחר שיטפון, נמצא שהעצים באפיק בעלי מקדם חספוס גבוה המאט את מהירות הזרימה ביותר מפי 2. הקטנת כושר ההולכה תורמת לוויסות ספיקות השיא במורד תמורת עליה מבוקרת בשיעור ההצפות המקומיות. היא מקטינה את סכנת הסחיפה ותורמת לייצוב האפיק. לפיכך, נטיעת עצים באפיקים יכולה להיות אמצעי תכנוני בהגנה בפני שיטפונות במורד האגן.

איור 26: נזקים עקב סחף קרקע מוגבר במעלה אפיק נחל פולג. מימין: מפתנים חשופים. משמאל: אפיק סתום בסחף (קסלר ואפרתי, 2011).



תרומת התועלות לרכיבים השונים של רוחת האדם: בין התועלות של ויסות סחף הקרקע ניתן למנות תועלות הנובעות משימור המערכת עצמה, היינו התועלת בגדות שאינן נסחפות והמאפשרת לנחל לספק את מירב שרותיו, מניעת הצפות, והפחתת הצטברות סחף במאגרים האוגמים את מי הנחל/השיטפון.

המשתמשים, המגזרים השונים בחברה המשתמשים בשרות: כלל הציבור.

מגמות

הגורם מחולל השינוי המרכזי בשרות זה הוא השינוי בשימושי הקרקע, הן בערוץ הנחל והן באגן הניקוז: במסגרת המאמצים לפתח את הארץ ולעודד התיישבות חקלאית, התגבש המונח של "הסדרת נחלים", שנועד מצד אחד להבטיח ניקוז מהיר של עודפי נגר עילי ולהגן על השטחים החקלאיים מפני הצפות ומצד שני להרחיב את היקף השטח החקלאי המעובד (סדן וחובי, 2010). הסדרת הנחלים נעשתה באמצעות גישה הנדסית - מסורתית, שבה נקבעים תנוחת האפיק, שיפוע הקרקעית וחתך זרימה כדי להעביר ביעילות המרבית ספיקת שיא שרירותית, שתמנע התהוות אירועי הצפה, ללא התייחסות להשפעות אקולוגיות, הידראוליות והידרולוגיות. ההסדרה כללה יישור של נפתולי נחלים והסרת מרבית צמחיית הגדות (אוזן, 2010) והביאה להגברת זרימה ולארוזיה - הרס גדות. גם ריסוס צמחיית הגדות כאמצעי לבקרה והדברת יתושים, גרם לארוזיה ובליייה של גדות הנחלים ולהשתלטות מיני צמחייה פולשנית שדחקה את הצומח המקומי. במקביל, דוכאו מיני צמחייה טבולה בגין איכות המים הירודה שזרמה ברוב אפיקי הנחלים או העדר מים בכלל (קסלר ואפרתי, 2011). פועל יוצא של הסדרת הנחלים בגישה המסורתית היה הפיכת נחלי ישראל לתעלות בטון מוסדרות תוך פגיעה בבתי הגידול ושרותי הסביבה האקולוגיים וכן נזק מצטבר שמקורו בארוזיה וסתירת ערוצים (קסלר ואפרתי, 2011).

בשנים האחרונות החל תהליך שיקום של מספר נחלי חוף נבחרים, במטרה להחיותם ולהסב אותם ממטרד אקולוגי למשאב טבע. עם השינוי בחוק המים, בתפיסת ניהול הנגר והגברת מאמצי שיקום המערכת האקולוגית של נחלים, ניכר שיפור במצבם של צמחי המים והגדה (גזית וחובי, 2010). אנו צופים המשך מגמה של שיקום נחלים בארץ, הרחבת פרוזדור הנחל, יצירת רצועות חיץ ויער גדות, יהוו בהמשך השנים פרקטיקה מקובלת לשיקום המבני והתפקודי של מערכות הנחלים בישראל. כבר כיום נראים ניצנים של פרויקטים שמנסים להשיב מעט מהשטחים של

מסדרוני הנחל ולשקמם עם צמחייה טבעית האופיינית לאזור ולבית הגידול. למשל, בנחל פרדסים (יובל של נחל הירקון) ובנחל שורק, בו עמידות בפני סחף קרקע הייתה אחת המטרות המרכזיות של שיקום הצומח.

4.3 שירותי תרבות

תושבי ישראל מפקימים תועלות תרבותיות ממקווי המים. המגוון הביולוגי המיוחד לגופי המים הזורמים והעומדים ובעיקר לגדות הוא רכיב אינטגרלי של נוף מקווי המים, ומוסיף לתחושת הנופש שמעניק הנחל למטיילים, הנהנים מהתבוננות במיני צומח הפורח על פני המים, כנימפאה וכנופר הצהוב, במיני צומח הגדות, ערבות ואיקליפטוסים, במיני עופות מים כמו ברכיות, ציפורי סבך הגדות - שלדג לבן-חזה, ושלדג גמדי, דגי נחלים כמו חפף ישראלי, אמנונים ובינית גדולת קשקש, חרקי מים גדולים כמו שפיראים, ודו-חיים.

4.3.1 תיירות

מקווי מים הינם מוקד משיכה מובהק ומספר המבקרים בהם נאמד במאות אלפים. בשנת 2014 ביקרו למעלה מ-2.8 מיליון מבקרים בשמורות טבע של מערכות נחלים, מהם 2.3 מיליון ישראלים (80%) ו-570,000 תיירים. בשנת 2014 ביקרו פי 1.7 יותר מבקרים בשמורות טבע של מערכות נחלים מאשר בשנת 2000 (הלמ"ס). רבים מהמטיילים מגיעים לאזור הצפון ומקורות הירדן (דן, חרמון, שניר, ירדן). כך למשל בשמורת נחל חרמון (בניאס) לבדה ביקרו בשנת 2014 כחצי מיליון מבקרים, מחציתם תיירים מחו"ל. כמו כן, בעקבות פעולות שיקום מקיפות, אלפי מטיילים פוקדים גם אזורים אחרים כמו נחל הירקון, נחל תנינים, נחל הבשור ואף נחל הקישון אשר עד לאחרונה היה מזוהם ותדמיתו הציבורית הייתה ירודה. אזורי משיכה תיירותיים נוספים הם נחלי ים המלח, בהם שמורת עין גדי, נחל ערוגות ועין בוקק, המהווים מערכת אקולוגית ייחודית המושכת מטיילים רבים מדי שנה. נחל עין גדי הוא המתויר ביותר מבניהם, וביקרו בו כחצי מיליון מבקרים בשנת 2014.

נופש ופנאי בנחלים תורמים, על פי ההערכות, סך של כ-250 מיליון ש"ח מדי שנה לכלכלת מדינת ישראל (אמיר ושליט, 2016). כ-15% מכלל ההכנסות ממבקרים בכל שמורות הטבע של ישראל בשנת 2013 (כ-260 מיליון ש"ח) מקורן במבקרים בשמורות טבע שמערכותיהן הן מערכות הנחלים והמעיינות (כשלושה רבעים מסכום זה מקורו במבקרים בשמורות בהן מערכות נחלים בלבד, והשאר בשמורות בהן מעיינות בלבד). בנוסף לתשלום עבור הביקור באתר, קיימות גם תוספות עקיפות כמו עלות הנסיעה (דלק, בלאי), לינה, מזון, ותשלומים נלווים (כמו דמי מנוי, רכישת ביגוד מתאים, ציוד לקמפינג וכד'). 12 אתרי קמפינג מוכרזים קיימים בסביבת המעיינות והנחלים עמוד, דן, בניאס, שורק, אל-על, יהודייה, מעיינות הבשור ומעיין חצבני, כאשר עלות לינת קמפינג נעה בין 35 ל-1000 ש"ח לאדם ללילה.

קיימים אומדנים שונים לגבי מספר מבקרים שנתי בכנרת (ראה Kurtz, 2007; גסול, 2015; Seifert-Dähnn et al. 2021), אך ניתן להעריך שמידי שנה מבקרים בכנרת כ-4-3.5 מיליון מבקרים (מתוכם כ-2.6 מיליון ישראלים). כ-75% מן האוכלוסייה בישראל ביקרו בכנרת במהלך השנה האחרונה (Ofir, 2016). בהתייחס למספר מבקרים הישראליים נראה כי בשנות ה-90 מספר המבקרים בחופי הכנרת גבוה יותר מאשר בתחילת שנות ה-2000. יש לציין שבשנים האחרונות חלה עליה במספר המבקרים הישראליים, בין היתר הודות לפרויקט שביל סובב כנרת, ושיפור בהסדרת בחופי הכנרת. ישנה עליה משמעותית בביקוש לקמפינג, פעילות בה הנופש בא במגע ממושך יחסית וישיר עם המערכת האקולוגית. בסקר משנת 2006 הצהירו 3% מן הנשאלים שבאו לכנרת לקמפינג, ובשנת 2010 מספרם עלה ל-19.6% ויש להניח שבשנת 2016 מספר זה הולך ועולה, בין היתר הודות לפיתוח ענף השכרת אוהלים, קרוואנים וציוד קמפינג בחלק מן החופים. פעילות המהווה מקור הכנסה נוסף למפעילי החופים.

בעמק החולה ביקרו בשנים האחרונות כ-1.4 מיליון תיירים, כאשר רובם התמקדו בגופי המים בעמק (רייכמן, וחוב', 2014). למשל, בשנת 2014 ביקרו באגמון כ-400,000 מבקרים (ענבר רובין, מידע שבע"פ, 2016) ובשמורת החולה כ-95,000 מבקרים (ארצי וענבר, 2015), שהניבו הכנסה של כ-1.5 מיליון ש"ח (רט"ג, 2015).

4.3.2. פנאי, בילוי וספורט

בני אדם מפקים הנאה משהות ופעילות בסביבת מים. פעילויות הנופש והפנאי העיקריות במקווי המים הן: בילוי על הגדות, רחצה במים, צפייה בנוף וסוירים. מבקרים במקווי המים נהנים גם מפעילות של צפרות, בפרט בהחולה ובבריכות חורף. מבקרים בכנרת ובנחלים נהנים גם מפעילויות ספורט כגון רכיבה על אופנים, שייט ודייג.

4.3.2.1. טיול

בישראל קיימים כ-50 נחלים ו-18 מעיינות המציעים טיול בסביבת המים: הליכה סמוכת מים (לדוגמה, בפארקים ירקון שכולל קטע של שביל ישראל, באר-שבע, אלכנסדר, תנינים וחדרה), שבילי הליכה עם עצירות השתכשכות במפלים, נביעות או גבים (למשל בנחלים דוד, ערוגות, שרך, השופט), שבילי הליכה במים (למשל בנחל המעיינות, שניר, באניאס, דן, ומעיינות עין חרוד) ופארקי מים (גן השלושה שעל הסחנה, פארק המעיין במטולה, הגן הלאומי עין חרוד).

מאגרי מים רבים שנבנו לצרכי איסוף מי שיטפונות משמשים בתרבות הנופש והפנאי בארץ, כמו אגם תמנע, שבו ניתן לבלות בפינות ישיבה מוצלות לצד פינות משחק, מסעדה ואטרקציות כמו שייט באגם (פארק תמנע, 2017). קיימים גם מאגרי מים שנבנו במיוחד לצרכי נופש ופנאי, ומשמשים לדיג, פעילות שחיה ושיט. רוב מאגרים אלה נבנו בצורה המדמה אגמים טבעיים. לדוגמה: אגם מונפורט במעלות, חי פארק מוצקין, פארק הירקון ת"א. בשנים האחרונות מטיילים רבים פוקדים מאגרים בעונת החורף. אחד המסלולים הנפוצים הוא "דרך המאגרים", המבקר במאגרי קולחים ושיטפונות שהוקמו על ידי קק"ל, מרמת הגולן ועד הערבה. המאגרים במסלול הם רק כמה מתוך עשרות מאגרים הפזורים ברחבי הארץ ומאופיינים בגישה למטיילים- ניתן לצפות במים מקרוב, לצפות בציפורים נודדות דרך מצפורים, חלקם מוקפים במסלולי הליכה ורכיבה ובחלקם מתאפשרת ישיבה בסמוך ועריכת פיקניק ליד המים (סבירסקי, ח.ת.).

פעילויות הנופש והפנאי העיקריות בכנרת הם: בילוי על שפת האגם, רחצה, צפייה בנוף, סוירים, פעילויות ספורט כגון שייט ודייג (איגוד ערים כנרת, ח.ת.; Ofir, 2016; Seifert-Dähnn et al. 2021). חופים מפותחים בכנרת, משמשים לפעילות פנאי ונופש, לעומתם החופים בעלי אופי טבעי כוללים את שמורות הטבע וגנים לאומיים, חופים טבעיים וחופים שבעורפם מתבצעת פעילות חקלאית. מבקרים רבים, הגורם המבדיל בין חוף המשמש לפנאי ונופש לחוף טבעי פתוח אינו הסדרת החוף (רבים מהחופים המשמשים לפנאי ונופש מפותחים ברמה נמוכה) אלא מידת הנגישות לחוף. מרבית החופים סביב הכנרת נגישים לרכב, בעוד שנגישות ברגל ובאופניים מוגבלת ע"י היעדר תשתיות והיעדר רציפות. בכ-71% מאורך חופי הכנרת יש נגישות לציבור (חופים שמבקר יכול להגיע אליהם לרבות חופים שהכניסה בתשלום וחופים הסמוכים למלונות וכפרי נופש) ו-29% אינם נגישים (6% חופים פרטיים, 13% חופים חקלאיים, 4% חופי כפרי נופש ומלונות, 2% חופי תשתיות ו-3% אתרי דת).

בעקבות דו"ח מבקר המדינה ("ניהול מקרקעין לאורך חופי הכינרת ושימוש בהם", 2005) שקבע כי הכניסה להולכי רגל ללא תשלום מנועה בחלק גדול מהחופים וגורמים פרטיים השתלטו על קטעי חוף ציבוריים, התחולל מאבק

משפטי בדצמבר 2006, וכתוצאה הוסרו מחופי הכנרת גדרות רבות ונפתחו לציבור הרחב עשרות חופים, שהיו עד אז מגודרים שלא כחוק. בנוסף, חלק מהחופים הונגשו לנכים. רוב פעילות הנופש בכנרת היא פעילות מוסדרת ובתשלום. התשלום עבור כניסה לחוף הוא בד"כ נמוך יחסית ושווה לכל נפש. מחוללי ההכנסות העיקריים בחופים הינם: השכרת כלים לספורט ימי, חנייה, קמפינג והסעדה.

4.3.2.2 רחצה במים ובילוי על הגדות

הכנרת היא מוקד המשיכה הגדול ביותר לרחצה במערכות מקווי המים בארץ. יחד עם זאת, ישנם מוקדים רבים נוספים כמו יובלי הירדן במעלה הכנרת, קטעי נחלים שבהם מתקיימת זרימת מעיינות כמו נחל כזיב, נחל האסי וגם בירקון בקטע העליון בין המעיינות לחיבור עם נחל קנה. בנוסף, בנחלים שונים בישראל מתקיימת פעילות של הליכה בנחל.

הרחצה במים והבילוי על שפת אגם הכנרת מהווים גורם משיכה עיקרי לנופש בחופי הכנרת ומהווים כ-70% מפעילויות הבילוי בחופי הכנרת (Ofir, 2016). בעת בילוי על שפת האגם, הנופש בא במגע פיזי עם הצמחייה החופית, התשתית החופית והמים. מחקר אשר בחן את השפעת השינויים ביציבות המפלס על התועלות משרותי תיירות בקרב נופשים בכנרת, מצא כי קיים קשר חיובי בין השפעת מפלס מים יציב לבין שחיה ובילוי על שפת האגם, מספר הביקורים ומשך הביקור. כ-50% מן הנסקרים הצהירו כי שמירה על מפלס גבוה ויציב יגדיל את מספר הביקורים באגם (Ofir, 2016). יש צורך במחקר נוסף על מנת להגדיר את מידת השפעתם של המשתנים השונים של המערכת האקולוגית על מספר הביקורים באגם.

4.3.2.3 שייט

נחלים מעטים בארץ מציעים חווית שייט למבקרים, ביניהם נחל ירקון (מחיר השכרת סירה 98 ש"ח לשעה), שבקטע המלווה שלו יש 4 מועדוני שיט שמקיימים שייט קיאקים, שייט אולימפי ושייט לבתי ספר, הכולל אימונים במפרשיות ושיט ב-stand up paddle) sup. גם בנחל הקישון, באזור השפך לים, יש פעילות של מועדוני שיט. יש פעילות שיט רפטינג במורד הבניאס, שניר והירדן (בעלות של 70-90 ש"ח) (איור 27). בחופי עין גדי הייתה בעבר ספינת נופש בשם "אשת לוט" אשר קיימה הפלגות לתיירים, אך חדלה מפעילותה עקב חוסר עניין. כיום רק חברה אחת מציעה השכרת קיאקים או הפלגה בים המלח. מלבד סירה זו קיים רק עוד כלי שייט פעיל אחד- ספינת מחקר של רשות הימים והאגמים. בכנרת לעומת זאת קיים מספר רב של כלי שייט (איגוד ערים כנרת, ח.ת.). עם כלי השייט המוטוריים נמנים אופנועי ים, סירות מנוע בגדלים שונים, ספינות דייג ומספר ספינות גדולות לצרכי תיירות, או בבעלות רשויות ציבוריות (מנהלת הכנרת, המעבדה לחקר הכנרת, משרתת ישראל, רט"ג, אגף הדייג ומקורות) (טבלה 4). גם ספורט ימי לא ממונע כגון גלשני מפרש, וגולשי קייטים, סירות חתירה ועוד, נמצא בעליה משנה לשנה (הערכה עומדת על תוספת של כ-1000 גולשים חדשים מידי שנה). עיקר הגולשים מגיעים בחודשים מאי עד אוגוסט (הערכה כ-700 גולשים בסוף שבוע). מספר כלי השייט העוסקים בדייג כיום הוא כ-85, מצב אשר לפי הערכת אגף הדייג לא ישתנה, ולא תתאפשר הנפקת רישיונות דייג נוספים (ראה גם סעיף הדייג בכנרת). בנוסף ישנן כ-18 ספינות תיירות (לא כולן פעילות). כיום נאמד מספר המשייטים בשנה על כ-850,000 מתוכם כ-500,000 צליינים.

איור 27: תלמידים רוחצים בנחל שניר במהלך שייט קייאקים. אחת מהאטרקציות המובילות בתיירות הפנים של ישראל. צילום – ירון הרשקוביץ (16.6.2015).



טבלה 4: כימות מספר כלי שייט בכנרת, מספר כלי שייט סה"כ ומספר כלי שייט אשר נספרו ביום שיא (מקור: ר. הכנרת מידע שטרם פורסם)

סוג כלי השייט	מספר כלי השייט	מספר כלי השייט אשר נספרו ביום שיא (מצב קיים)
אופנוע ים	900	
סירות מנוע 6-120 כ"ס	173	
סירות מנוע 140-200 כ"ס	900	500 (בו זמנית ובזמן שיא)
ספינות דייג ותיירות ורשויות ציבוריות	29	
כלי שייט לא ממונעים למטרות חינוכיות	200	
גלשני רוח וקייטנים		700 (בו זמנית ובזמן שיא)

4.3.2.4 דייג

עד לפני כמה עשרות שנים נבעה ההתעניינות בדיגים בעיקר מהיותם מרכיב חשוב במזונו של האדם ובמידה משנית מהיותם מקור מרגוע והנאה לחובבי דיג (גולני ורום, 1997). בשנים האחרונות חלה התפתחות בדייג הספורטיבי, במיוחד דייג חכות, בו משתתפים עשרות מיליוני אנשים בעולם, המניעים בכך פעילות כלכלית וחברתית ענפה, התורמת לפרנסת התושבים באזור ממקווה המים. כיום דייג למטרות נופש ופנאי הוא הגורם העיקרי לניצול משאב הדגה במרבית מקווי המים המתוקים בעולם המערבי (Lewin et al., 2006). התפתחות ספורט הדייג בארץ הואצה בעקבות קהל העולים מבר"מ, שהביאו עמם תרבות דייג. בנחל הירקון מתקיימת פעילות דייג לאורך עשרות שנים. הפעילות כוללת דייג לא חוקי בקשתות, בעיקר של דייגים מנמל יפו, דייג עם רשתות הטלה, דייג חכות בעיקר בקטע המלווה ובקטע הנקי ודייג של דגיגי בורי. בניגוד לכך, בסיוור לאורך חופי הכנרת נצפים דייגי חכה בודדים, ועד כה לא נערכו מחקרים האומדים את היקף הפעילות. אחת לשנה מתקיימת בכנרת אליפות ישראל הפתוחה לדיג ספורטיבי של קרפיונים "קרפיון הגליל". התחרות מתקיימת בחורף, עונה הנחשבת לטובה במיוחד לדיג הקרפיונים, המתקרבים יותר מתמיד לאזור החוף הרדוד בשל עליית המפלס. בתחרות זו כמה עשרות משתתפים תופסים כמה מאות ק"ג

קרפיונים במשך 125 שעות ברצף. מלבד הדג הגדול ביותר מתחרים הצוותים על תפיסת המשקל הרב ביותר של קרפיונים. בתחרות בשנת 2016 השתתפו 21 צוותים מהארץ והעולם. כל צוות מנה בין 2-3 משתתפים, והוקצה לו שטח של 100 מ"ר לדייג. בתחרות בשנת 2011 נתפסו 380 קרפיונים במשקל כולל של 890 ק"ג לרוב מדובר בקרפיונים גדולים המהווים חלק מאוכלוסיית הרבייה באגם (האוכלוסייה הבוגרת האחראית לרבייה והכרחית להמשך קיום המין באגם), ולכן בתום שקילה מוחזרים הדגים לים (Israfish, n.d.).

בעשרות מקומות בארץ יש פארקי דייג, כאשר רובם התפתחו מבריכות הדגה שבמשקי קיבוצים. פארקי הדייג מספקים דגים תחת פיקוח וטרינרי ומשכירים ציוד דייג. בנוסף לתשלום דמי הכניסה ושכירת ציוד הדייג, המבקר משלם גם על הדגים, קצת פחות ממה שגובים עבורם בסופרמרקט. לאחר הדייג ניתן להחזיר את הדגים למים או לצלות אותם על מנגל. מלבד פעילות הדייג, פארקי הדייג מציעים חווית נופש משלימה למשפחות ולקבוצות, הכוללת מדשאות עם רחבת פיקניקים, מתקני מנגל ומשחקים לילדים, בריכות שחייה, פינת חי, מסעדה, חנות דגים, חנות המשכירה ומוכרת ציוד דייג, ספא דגיגונים, שיט בסירה, קמפינג ועוד. יש גם פארקי דייג המציעים לנופשים חווית אירוח כפרי הכוללת דייג. כמו למשל, דגים בצימר (קיבוצים ניר דוד ונווה איתן, שבעמק בית שאן) ופישנינג-קלאב (בגלבוש). מיני הדגים שנידוגים הם: אמנון, קרפיון, באס, מוסר, בורי, אמור, כסיף, נמסיף ושפמנון.

4.3.2.5 מיזמי נופש ותיירות

לבד מהליכה וטיול לאורך מקווי המים או שהות בצל צומח הגדות, מספקות המערכות זירה לפעילויות תיירות ונופש נוספות כמו תחרויות ספורט ואירועים הפתוחים לקהל הרחב (למשל פסטיבל האביב ופסטיבל הצבע בפארק נחל חדרה, פסטיבל גשרים על גדות נחל אלכסנדר, קרנבל שייט בנחל הירקון ומעגל שירה מקודשת בעין ניל"י). בנחלים זורמים בין מצוקים (למשל, נחלים אורן, קדש, דרגה, נחל חלילים, קומראן, עינות צוקים ונחל יהודיה) מתקיימת גם פעילות טיפוס וגלישת צוקים. מיזמי נופש ותיירות בולטים בכנרת הם: שביל הליכה רגלי טובב כנרת, המאפשר לציבור לטייל באופן מוסדר ובנוחות סביב האגם, וחושף את ייחודה כנכס טבעי, היסטורי, דתי ותרבותי; תחרות צליחת הכנרת המתקיימת מדי שנה בעונת הסתיו- משחה עממי באורך 1.5, 3 (תחרותי) ו- 3.5-4.2 ק"מ תכלות במפלס (12,000 משתתפים בשנת 2014); מרתון הכנרת המתקיים החל משנת 1977 אחת לשנה בחודש ינואר, ומסלולו מטבריה עד סמוך לקיבוץ עין גב וחזרה טבריה (2400 משתתפים בשנת 2016); ואירוע הקפת הכנרת באופניים המתקיים אחת לשנה (מעל 10,000 משתתפים).

במטרה להעלות את המודעות לחשיבות שמירת הטבע של בריכות החורף בקרב הציבור ומקבלי החלטות, נערכים מידי שנה (בעיקר בחודשים פברואר ומרץ) בבריכות החורף אירועים ציבוריים רבים הפתוחים לקהל. אירועים אלה כוללים סיורים מודרכים לבתי ספר בכל בריכות החורף, הרצאות, פעולות יצירה לילדים אירועים לציון ימי אזכור בין לאומיים ולאומיים כגון היום הבינלאומי לשמירת בתי גידול לחים, יום הצפרדע הבינלאומי, שבוע הטבע העירוני ועוד. האירועים כוללים מגוון פעילויות חווייתיות לצד למידה ערכית, שבמסגרתן ניתן אף להצטרף לפעולות השימור והאישוש של בריכות החורף ושל בעלי החיים המאכלסים מערכות אלה. האירועים נערכים ביוזמת תושבים מקומיים, גופי ממשל, גופים עירוניים וארגונים חוץ ממשלתיים (NGO's) כגון, החברה להגנת הטבע, אדם טבע ודין ורשות הטבע והגנים, ובשיתוף מועצות מקומיות ומכללות.

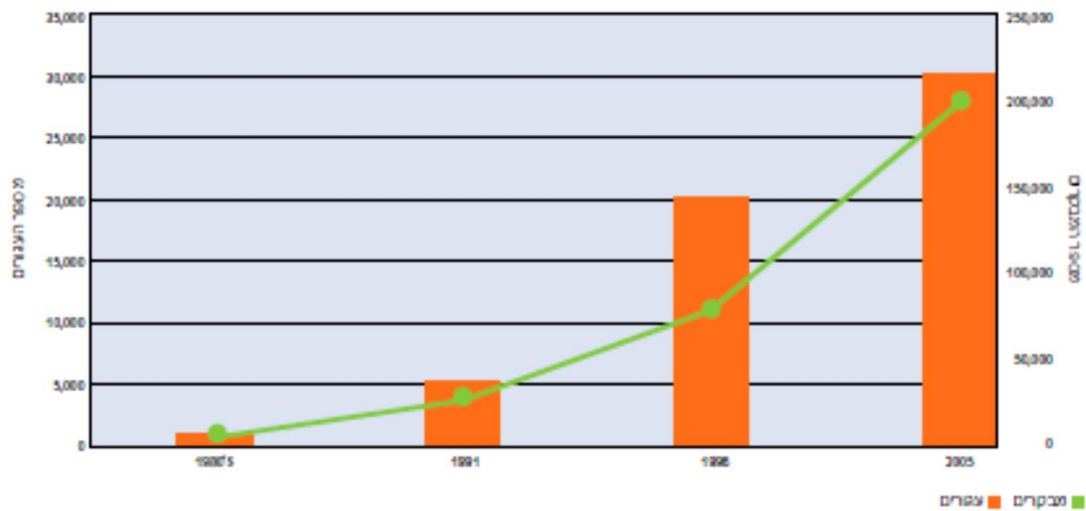
4.3.2.6 צפרות

פעילות צפרות ענפה מתקיימת בארץ בסביבת מקווי מים. בנחלים ומעיינות רבים מתבצעים סיורי צפרות ובאחרים ניתן לצפות בעופות המים דרך מבני מסתור עם שילוט המסביר על העופות (למשל, בחצבני). מתוך 12 מרכזי הצפרות

הקיימים בארץ, ארבעה סמוכים למקורות מים מתוקים ("מקור החסידה" - מרכז הצפרות בכפר רופין, "המרכז ללימודי נחלים, חוף ים וצפרות" שבמעגן מיכאל, מרכז הצפרות בעמק החולה ומרכז הצפרות עין אפק) (אתר הצפרות הישראלי, ח.ת.). מרכזי הצפרות מציעים סיורים מודרכים, פעילויות לבתי הספר, פעילויות לקבוצות, פעילויות מיוחדות למשפחות בחגים ועוד. קהלי היעד הם בתי ספר, קבוצות מטיילים פרטיות ומוסדות, מטיילים מזדמנים, חובבי טבע וצפרים מחו"ל. מקווה המים הידוע ביותר בארץ בפעילות הצפרות הענפה שמקיים הוא אגמון החולה. מיקומו של האגמון בעמק החולה שבלב השבר הסורי אפריקאי, העושר בבתי הגידול (חישות קנים, בריכות דגים, שדות חקלאיים, שמורת החולה ואגמון החולה), כמו גם הקרבה הרבה לגולן ולגליל העליון, כל זה יחד הופך את העמק לאחד מאתרי הצפרות המיוחדים ביותר בישראל ובעולם כולו. בכל שנה נודדות דרכו מאות מיליוני ציפורים, ובחורף משמש העמק גם בית למיליוני ציפורים חורפות. החל מפרויקט שיקום הכבול והפעלת המערך התיירותי החדש באגמון (2004), שיצר הזדמנויות לתיירות אקולוגית המבוססת בעיקר על צפייה בציפורים, עלה מספר המבקרים באופן ניכר (איור 28). התיירים פוקדים את האגמון בעיקר בחודשים אוקטובר-מארס, מועד שנחשב עד כה לעונה כמעט מתה בתיירות האזור. למרות שהכניסה לאגמון היא חינמית לציבור, תרומת הכלכלית של האתר לגליל גדולה מאוד. למשל שירותי התיירות (השכרת אופניים וקרונות גולף, רכיבה בעגלת מחבוא ניידת) מפיקים הכנסה וכן מסופקות משרות רבות (מדריכי טיולים, חוקרי עופות שעובדים במרכז הצפרות, זכיינים פרטיים הקימו מיזמים כלכליים המעסיקים עובדים נוספים בתחומים כגון מכירת מזכרות והפעלת מזנון). גם בשמורת החולה עלה מספר המבקרים באופן משמעותי (בכ-50,000) מאז שהוקם מרכז המבקרים המחודש וה"עופוריה", וחלה עלייה בהתעניינות בצפרות (לשם וחוב', 2009). בניגוד לאגמון, בשמורת החולה הכניסה היא רק לאזור מוגבל ולשירותים ועולה כסף (Cohen-Shacham, 2015). בסקר שנערך בחורף 2001/2 בקרב מבקרים ישראלים בעמק החולה (פליישר ואנגל, 2002) עלו ממצאים חשובים שיכולים לסייע לגורמי הפיתוח באזור לפתח את ענף הצפרות לעסק משגשג (לשם וחוב', 2009):

- כ-40% מהמבקרים שהו באזור לפחות לילה אחד, בעיקר בחדרי האירוח הכפרי הפזורים בכ-65 יישובים בסביבה.
- כ-37% מהמבקרים באגמון אמרו שהגיעו לאתר במיוחד כדי לצפות בציפורים.
- מרבית המבקרים שהו בעמק החולה חצי שעה עד שעתיים.
- ההכנסה לאזור מהאורחים שהגיעו במיוחד כדי לצפות בציפורים עמדה בחורף 2001/2 על כ-4.5 מיליון ש"ח.
- אפקט המכפיל הכלכלי לתרומה למשק מגיע לכ-8.5 מיליון ש"ח. בסקר חוזר בשנת 2007 הגיע ל-32 מיליון ש"ח.
- תנועת המטיילים הגדילה את מספר המבקרים בשמורת החולה ובאתרי תיירות נוספים במרחב הגליל והגולן. מפעילי יחידות האירוח הכפרי דיווחו על עלייה במספרי הלינות באמצע השבוע (פליישר ואנגל, 1997).
- הצפרות שימשה עוגן לבניית "חבילות צפרות" שכללו נושאים נוספים כגון ביקור באתרים ארכיאולוגיים, מסלולי פריחה, מסלולים אתגריים, רכיבה על אופניים וריצות ניווט.

איור 28: העלייה במספר המבקרים בעמק החולה בהשוואה לעלייה במספר העגורים (לשם וחוב', 2009).



בכנרת החלו לקיים בארבע השנים האחרונות טיולי שיט בדגש צפרות, המאפשרות למטיילים לצפות בעופות מזווית לא מוכרת. הטיולים נערכים ביוזמת מרכז הצפרות הישראלי ובשיתוף עם מעגן הספינות בקיבוץ עין-גב. הספינות יוצאות מטבריה, עין-גב או כפר נחום ושטות לעבר הריכוזים של אלפי הקורמורנים בכנרת. הנושא המלהיב ביותר את הקהל הרחב או התלמידים הם להקות השחפים, בעיקר שחפי אגמים, המלווים את הספינה. מכיוון שהשחפים למדו כי ציבור המטיילים משליך לכנרת פיסות לחם, הם מלווים באלפיהם את הספינה ב"מטס צמוד", וניתן לצפות בהם בתעופה ובהתנהגות ציד ממרחק אפס. הסיור מלווה בהדרכה ומאפשר להתמקד בזיהוי מיני השחפים השונים, הברווזים והטבלנים שבכנרת. סיורים מוצלחים במיוחד הם אלה המשלבים צפרות עם נושאים נוספים ומגוונים כמו היכרות עם בעיית המים בכנרת, האתרים המקודשים לנצרות, ושילוב עם ביקור בעמדת הטיבוע באתר האון, או שילוב של שיט ציפורים וצפייה בעגורים באגמון החולה. הסיורים נערכים בחודשים נובמבר-מרץ, כאשר פעילות הציפורים החורפות בשיאה (לשם וחוב', 2009).

פעילות צפרות (חוגי צפרות וסיורים) נערכת גם במאגרים ובריכות דגים, בהיותם מהווים מוקדי משיכה לעופות החורף ולחובבי מים קבועים וכעין תחליף לבתי גידול לחים שנעלמו כתוצאה מפעילויות ניקוז, שאיבה הסדרת נחלים, פיתוח חקלאי והתיישבותי (שטובר-זיסו וחוב', 2013). למשל, אזור עמק המעינות (עמק בית שאן) הנמצא במרכזו של ציר הנדידה העולמי הראשי, ודרכו עוברת רוב נדידת הסתיו בארץ. הוא עשיר בבתי גידול טבעיים ומלאכותיים, מאגרי מים, בריכות דגים, שדות ומטעים. כל אלה מושכים לאזור מגוון מינים מרשים – חסידות לבנות ושחורות, דיות, ניצים, עיטים ועוד. מינים רבים בוחרים לבלות באזור את החורף, ובהם ברווזים, עיט הצפרדעים, חסידות שחורות ומיני אנפות. בשקנאים ופלמינגו ניתן לצפות במאגר שפעה שבבית שאן, ובמאגר רשפים. גם מאגרי דרום רמת הגולן מושכים אליהם מגוון ברווזים ועופות מים, להקות גדולות של אוכלי זרעים ועופות דורסים. התרבות מאגרי המים ואכלוסם ע"י דגים מסננים ייצר נקודות תצפית בציפורים גם במרכז ובדרום הארץ. בשנים האחרונות הוקמו מצפורים רבים, ביניהם: מצפור ויקר במאגר משמר השרון, מצפור מאגר כפר מנחם (מונגש לנכים), מצפור מאגר עידן ומצפור השלום בנחל חצבה (בערבה), מצפור מאגרי הבשור. באתר הצפרות הישראלי מצוינים 28 מאגרים הפרוסים לכל אורכה של המדינה, מרכז צפרות אחד בכפר רופין הצופה על מאגרי עמק המעינות, 7 מאגרי קולחים בצד מט"שים ו-4 אגמים מלאכותיים (אגם ירוחם, אגם הסופרלנד ואגם תמנע, פארק האגם בראשל"צ)

המזיעים נקודות לצפייה בציפורים ובחלקם מתרכזים סיורי הצפרות. ישנן 4 נקודות טיבוע של ציפורים: במאגר פלאי, בן זכאי, חולדה ובפארק ירוחם ניתן אף לעבור קורס טיבוע.

ברכות הדגים גם מהוות מוקד משיכה לתיירות הצפרות, בהיותן מושכות אליהן אלפי עופות שנוודים לאורך חוף הים, עבורם משמש האזור כתחנת ביניים חשובה למנוחה ולאכילה לקראת המשך המסע לאירופה או לאפריקה. השיבות זו מקבלת משנה תוקף לנוכח סכנת הצייד החמורה שאורבת לעופות לאורך חופי סוריה, לבנון, סיני ומצרים. אזור מעגן מיכאל לדוגמה, קולט אליו אוכלוסיות שלמות של מינים מסוימים המקננים באירופה, דוגמת השקנאי הלבן, שכל אוכלוסייתו האירופית נודדת דרך ישראל. בעלי חיים רבים תלויים בשימורם של הבריכות והחוף לצורך קינון ורבייה. למשל השחפית הגמדית (*Sternula albifrons*), שקיומן מותנה ביצירת איים בתחום הבריכות (גם השחף צהוב הרגל (*Larus michahellis*), שמקנן בארץ רק על איי החוף המעטים ושחפית הים). מאגר המידע הלאומי לציפורי ישראל ע"ש יהודה כשר², מאפשר לחובבי צפרות לדווח על תצפיות ציפורים.

אזור מבוקש נוסף הוא פארק הצפרות אילת ותיירות צפרות באילת ובערבה הדרומית. כמות מבקרים שנתיית בפארק הצפרות כ-75,000 איש. כמות המבקרים במגמת עלייה קבועה (חוץ משנת הקורונה). מתוכם מוערך כ-25,000 תיירות נכנסת, 5,000 מהם צפרים מקצועיים שסיבת הגעתם העיקרית לישראל הייתה צפרות. שאר תיירות החוף (20,000) – חובבי טבע. כמו כן כ-10,000 ביקורים בשנה של צפרים מתיירות פנים. שאר המבקרים (40,000) הם תיירות פנים כללית של חובבי טבע.

השירותים לתיירות מקצועית בפארק הצפרות כוללת הודעות של מרכז המידע בזמן אמת על ציפורים מעניינות (חינם), חוברת אתרי צפרות באילת ובערבה (מחיר סמלי – 20 ₪). פארק הצפרות פתוח כול היום, כניסה ללא תשלום. מתקני תצפית ובתי גידול ברמה גבוהה מאוד, תחנת טיבוע פתוחה לציבור. הדרכה מקצועית בתשלום. לינה ושירותים – מבקרים באילת בד"כ זקוקים לסידור לינה. הלינה מתחלקת על כול מגוון אפשרויות הלינה הקיימות, עם הטיה למלונות קטנים, אכסניות, לינה כפרית בקיבוצים ו-Air B&B. תיירות זרה נוטה ללינה עממית, בעיקר Air B&B.

צפרים מקצועיים מעדיפים מלונות קטנים. קיבוץ לוטן החזיק בעבר מלון ייעודי לצפרים עם מדריך צפרות ומידע זמין, אך כבר לא קיים. לוטן עדיין מנסים למתג עצמם כמלון צפרים אך כרגע לא עושים את ההתאמות הנדרשות לקהל זה (מידע והדרכה, ארוחות ארוזות מוכנות מוקדם מאוד בבוקר וכדומה).

כל הצפרים המקצועיים שהם תיירים שוכרים רכב.

הדרכה בפארק הצפרות ובאזור: בפארק הצפרות 4 מדריכים קבועים. כאשר יש אירועים קהילתיים גדולים של המרכז, מתקבלת עזרה ממדריכים מהקהילה, בית ספר שדה ורשות הטבע והגנים. המרכז מכשיר את המדריכים על חשבונם בקורס הדרכה של 5 ימים בכול שנה. מחיר הדרכה בסיסית בפארק הצפרות 35 ₪ לאדם, 100 למשפחה, 750 לקבוצה. ההדרכה כוללת הסבר מקיף על נדידת הציפורים, ביקור בתחנת הטיבוע ותצפית מודרכת בעזרת טלסקופ. הדרכה מקצועית לצפרים בשטח – מציאת ציפורים שקשה למצוא – מדריך אחד קבוע זמין, 1200 ₪ ליום שלם מאור ראשון לאור אחרון.

בפארק הצפרות 4 עובדים קבועים (מנהל, מנהל תחזוקה, עובד תחזוקה ומזכירה שמנהלת את החנות). בנוסף מתנדבים מקצועיים מהארץ וחו"ל מרכיבים את עיקר כוח האדם (נועם וייס, מידע בע"פ).

הערכה כלכלית לתרומת תחום הצפרות לכלכלת ישראל (לשם וחוב', 2009):

² מאגר המידע הלאומי לציפורי ישראל ע"ש יהודה כשר

- ההכנסה למשק מתייר אחד נאמדת ב-\$1,200 הערכת הצוות היא שמספר הצפרים מחו"ל שיבקר בארץ בעקבות קידום התשתיות יעלה מ-30,000 (לפני האינתיפאדה) ל-100,000 בשנה.
- התשתיות המוצעות כרשת מרכזי צפרות יעלו את רמת תיירות הפנים ותיירות מערכת החינוך מ-500,000 מבקרים ל-1,500,000 מבקרים בשנה. הערך המוסף לכל מבקר מקומי עומד על כ-90 ש"ח ליום סיור.
- ההערכה היא כי 15 מרכזי הצפרות והמערכת הנלווית אליהם תוסיף למשק כ-300 מקומות תעסוקה, רובם באזורי הפריפריה שבנגב ובגליל (מבלי להתייחס לפעילות נלווית כגון לינה בצימרים והסעות).

4.3.3. חינוך

פעילויות חינוך העוסקות ברכיבי המגוון הביולוגי של מקווי מים פנים ארציים, נפוצות כיום בעשרות מוסדות אקדמיים וחינוכיים. הן מסייעות לאדם בהבנה של תהליכים אקולוגיים, מעמיקות את הקשר עם המערכת האקולוגית ומגבירות את המודעות לרגישותה. אלו מקנים ערכים חברתיים משותפים של השמירה על מערכות מקווי המים, מגבירים ערנות לשמירה ערכי הטבע וניקיון החופים ואף מעלים את ערכם של מקווי המים. **בבריכות החורף** בישראל ניתן למשל ללמוד על הקשר הבלתי נפרד בין בעלי החיים לבית הגידול שלהם ועל התאמת מחזור חייהם לסביבה המשתנה תדיר. קרבתן של הבריכות למוקדי אוכלוסייה מספקת יתרון נוסף והופכות אותן לאתר חינוכי אידיאלי ללימוד במסגרות שונות ולגילאים מגוונים. לדוגמה: במכללת לוינסקי בחוג מדעים וטבע, סטודנטים עורכים פעילויות ומעקב ושיקום בריכות חורף, בשיתוף ילדי בתי ספר מהסביבה; בחטיבת הביניים אורט- בראודה מתקיים מידי שנה סיור אקולוגי לבריכות החורף הכולל מעבדות שטח; החברה להגנת הטבע עורכת תכנית בשם "ילדים מובילים שינוי" בבתי ספר ברחבי הארץ, ובה הילדים נחשפים לבריכות החורף הסמוכות לעיר מגוריהם, ומשתלבים בעשייה פעילה לשמירה על הטבע וחקירתו.

פעילויות חינוכיות נוספות נערכות באזור עמק המעינות, עמק הירדן ואגן הכנרת. למשל תכנית "פרחי מים" המאפשרת לתלמידי תיכון להשיג תעודת בגרות מדעית-טכנולוגית בתחום מדעי המים והנדסת המים. הם טועמים מהעולם המחקרי ומתנסים בכתיבת עבודת חקר מחקרית, עבודת שדה ועבודת מעבדה בספינת מחקר, וכך לומדים על איכות המים והמערכת האקולוגית של הכנרת. תוכנית נוספת היא "הולכים על נקי זאת הכנרת שלנו", אשר נועדה לוודא כי חופי הכנרת יישארו נקיים, ביוזמת המשרד להגנת הסביבה, מנהלת הכנרת ורשות ניקוז ונחלים כנרת. התוכנית כוללת היבט של ניקוי רציף באמצעות רשויות או קבלני ניקיון בחופים הטבעיים והפתוחים. לצד זה ישנן פעולות חינוכיות והסברתיות שתקדמנה את האחריות הציבורית לשמירה על ניקיון החופים. עם מטרותיה נמנות העמקת הידע והמודעות לחשיבות הלאומית של הכנרת ולמפגעים הרבים המסכנים אותה, פיתוח תפיסת אחריות לגבי ניקיון הכנרת בקרב ציבור תושבי הכנרת ובעלי עסקים מסביב לה; פיתוח תפיסת אחריות לניקיון בקרב המבקרים בכנרת; והעצמת ההתנהגות המקדמת ניקיון בקרב הציבור המגיע לכנרת.

בסוירים מודרכים לאורך הכנרת ובשביל סובב כנרת האדם נחשף למגוון הביולוגי - לחי והצומח באגם, מתחדדת המודעות להגנה על הסביבה החופית, נטמעים ערכי שמירת טבע ואיכות הסביבה. אינטראקציה מוסתרת יותר מעין האדם, אליה לא תמיד מודעים הם איכות הסביבה הימית, איכות המים, תהליכים פיזיקאליים וכימיים בכנרת. במרכז לחינוך סביבתי אקו-כנרת ישנה תכנית סיור לימודי בהנחייה של אגף חינוך והסברה, רשות הכנרת. נערכים סיורים בנושאים שונים כגון: סיור בדגש ביולוגיה, כימיה, אקולוגיה, גיאוגרפיה. ההנחייה ע"י מדריכים מקצועיים בעלי השכלה אקדמית בתחום, מנוסים ובקיאיים בנושא הכינרת. סיור ממוקד, שכולל הפעלות בשני חופים, הפלגה ובדיקות מעבדתיות (בשטח או במעבדה).

מחקר (Ofir, 2016) אף הראה כי אנשים המבלים בכנרת או גרים קרוב אליה, מוכנים לשלם סכום גבוה יותר עבור תוכנית שתצמצם את תנודות המפלס באגם ומודעים יותר לשינויים שחלו במערכת האקולוגית הבאים לידי ביטוי בתנודות מפלס גבוהות, צמחיה חופית סבוכה וגישה לא נוחה לקו המים. העובדה כי הציבור הרחב לא מודע להשלכות של אי יציבות המערכת האקולוגית ולעובדה כי פגיעה במערכת האקולוגית משמעה פגיעה בתועלות המופקות ממנה מעורר את הצורך בהעמקת הידע והגברת החינוך והמודעות בנושא.

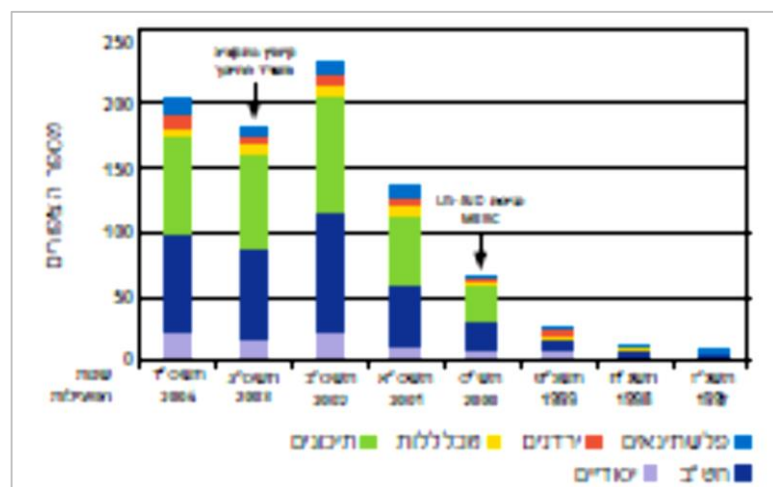
גם במספר **חוות לגידול דגים** גם נערכות פעילויות חינוכיות, הכוללות סיורים ותכניות לימודיות. למשל בחוות דגי הדן שבקיבוץ דן, דגי דפנה שבקיבוץ דפנה, דגי נוי שורשים, ובחממה האקולוגית שבטעין שמר נערכת תכנית חקר "ד"ר דג" לילדי יסודי. גם תחנת המחקר דור של אגף הדיג פותחת את שעריה אחת לשנה לסיורים מודרכים.

בניגוד לרוב מקווי המים, **ים המלח** כמערכת אקולוגית, אינו קיים כנושא בתכניות מערכת החינוך הפורמלית. קיימות יוזמות מעטות ללימוד ים המלח בחינוך הלא פורמלי והן בדרך כלל של מורים, או בתי ספר אחדים בעלי מודעות, או מסגרות מיוחדות, כגון: חמ"דע (חינוך מדעי במסגרת מכון וייצמן), בי"ס פורטר ללימודי סביבה באוניברסיטת תל אביב (קבוצות מעורבות של סטודנטים מהארץ ומחול), בי"ס קיץ של פרויקט (The Virtual) DESERVE (מכון ערבה ללמודי סביבה שולח פעם בשנה תלמידים מירדן, ישראל ושאר העולם לסיור מים הכולל סיור בים המלח ועוד אוניברסיטאות אחדות, בעיקר מארה"ב, המשגרות קבוצות סטודנטים אחת לשנה. בכל המסגרות הללו המערכת האקולוגית של האגם אינה נלמדת כנושא נפרד, אלא כחלק ממכלול ים המלח. אך גם אם סה"כ תלמידים המגיעים במסגרות אלה אינו עולה על מאות אחדות בשנה, הסיורים בחוף ים המלח מהווים תרומה מאלפת, אם כי זעירה בהיקפה, לחשיפת ים המלח כמערכת אקולוגית אל מול התדמית הרווחת שלו. תיאור והסבר המבנה והתפקוד של המערכת האקולוגית, הגם שלא ניתן לראות כל אות חיים במהלך ההסבר, תיאור כישלונותיהם הרצופים של מדענים יידועי שם לגלות את החיים (אורן, 2008; Gay-Lussac, 1819; Lortet, 1891; Bass-Becking, 1934), לעומת הצלחתו של דוקטורנט עברי מהאוניברסיטה העברית, יוצר אצל המשתתפים - תלמידים, סטודנטים, מטיילים ותיירים, שינוי תודעתי ביחסם לאגם זה. שינוי, שהוא כגודל ההבדל בין ציטוט מיצירת מופת בספרות המאה ה-20: "יום מוות בארץ מתה... פות אפורה ושקועה של העולם, עזיבות" (יוליסס, ג'. ג'ויס, 1922) לבין הציטוט שמביא אליעזרי-וולקני בדוקטורט שלו: "כי בכל ומכל נובעים חיים אין קץ.. (בית עולם ח"נ. ביאליק, תרס"א [1901]). מכל אלה עולה כי יש ערך חינוכי רב לחשיפה של הפן המדעי הלא מודע אך המסופק באמצעות המגוון הביולוגי של ים המלח, בפני המגיעים הרבים לים המלח, אם בזכות המורשת, בזכות תכניות העשרה לתלמידים ואם מתוך סקרנות אינטלקטואלית. הרחבת היוזמות והמסגרות המצומצמות הלא פורמליות במערכת החינוך באמצעות השתלמויות מורים, סיורי תלמידים וכד' עשויים להגביר את תועלות שרות חינוך זה המסופק על ידי המערכת האקולוגית של ים המלח.

לצפרות יש פוטנציאל חינוכי יוצא דופן במשיכת תלמידים לשדה, חשיפתם לתופעת טבע ייחודית לישראל והידוק הקשר שלהם למולדתם. המידע שהצטבר בתחום הצפרות הוא כלי חינוכי חשוב, המאפשר לתלמידים להתפתח כ"חוקרים צעירים" בהדרכת מדענים, לקחת חלק פעיל במחקר, תוך היכרות עם נושאים חדשניים, כמו למשל מעקב לווייני, מעקב בסיוע מכ"מים ומצלמות מקוונות בקינים, ולתרום לשמירת הציפורים והטבע. למרבה הפליאה, רוב בתי הספר אינם עוסקים בלימודים הקשורים בציפורים ומרבית מורי הטבע והביולוגיה אינם יוצאים לתצפיות בציפורים בשדה עם תלמידיהם (איור 29). לעומת זאת, בחינוך הבלתי פורמלי - חוגי נוער, פעילות בחוגי סיור וחוגי טבע ובטיולי משפחות, הצפרות זוכה לעניין רב, אך פעילות זו היא נחלתם של חלק זעום מהתלמידים. **לפי הערכות, רק כ-5% מהתלמידים נחשפים באופן מובנה לתחום הצפרות.** לנושאים ההיסטוריים-ארכיאולוגיים -

ונושאי מורשת ניתן במערכת החינוך דגש משמעותי, ונושא הצפרות, הטבע, ושימור הסביבה החל לחדור רק לאחרונה באופן משמעותי לתכניות החינוכיות (לשם וחוב', 2009). דוגמה לתכנית חינוכית חדשה היא "לטוס בשלום עם הציפורים" (תכנית חינוכית בת 60 שעות, שנועדה להמחיש לתלמידי חטיבות הביניים תופעות הקשורות בנדידת הציפורים). התוכנית, שבה משתתפים יותר מ-350 בתי ספר, זוכה להצלחה רבה ומביאה תלמידים למרכזי הצפרות בכפר רופין, לחולה ולאתרי צפרות אחרים. תוכנית חינוכית נוספת, "הציפורים הנודדות אינן יודעות גבולות", פעלה במשך שש שנים רצופות (1998-2004) בו זמנית בבתי ספר של הרשות הפלשתינאית ובירדן, באמצעות גופים ציבוריים מקבילים לחברה להגנת הטבע, בתקציב של 1.5 מיליון דולר. התוכנית זכתה להצלחה רבה ובעקבותיה מפתחים בשנים האחרונות קשר בין בתי ספר יהודיים ברוסיה ובצפון אמריקה הלומדים את התוכנית ומתקשבים ביניהם (לשם וחוב', 2009).

איור 29: מספר בתי הספר העוסקים בתכנית הצפרות בשנים 1997-2004 (לשם וחוב', 2009).



4.3.4 מחקר

מחקרים אקדמיים העוסקים ברכיבי המגוון הביולוגי של מקווי מים, נפוצים כיום בעשרות מוסדות אקדמיים ומכוני מחקר בישראל, ביניהם 15 מחלקות באוניברסיטאות ומכללות שונות, מכוני המחקר של החברה לחקר ימים ואגמים, המכון לקרקע ומים שבמרכז הוולקני ומרכז מדע ים המלח והערבה (הכולל את שלוחות מכון מחקר ים המלח, ערבה תיכונה, חבל אילות ומצפה רמון). גם רשויות סטטוטוריות עוסקות במחקר, למשל 11 רשויות הניקוז, 2 רשויות נחל וכן ארגונים ללא מטרת רווח כמו החברה להגנת הטבע, עמותת צלול וגופים ממשלתיים כמו הגנ"ס, רט"ג וקק"ל.

נחלי ישראל הם הנחקרים ביותר מבין מקווי המים בארץ, כפי שמעיד אזכורם בכ-908 אלף מאמרים מכל התחומים. בהשוואה למדינות מערביות כמו ארה"ב ואירופה, המחקר המדעי והיבטים חינוכיים הקשורים במערכות אקולוגיות של נחלים הינו חדש יחסית, והחל רק באמצע המאה ה-20. לעומת זאת, סיורי מחקר ולימוד היו נפוצים עוד קודם לכן כחלק מחוגי ידיעת הארץ (אבישר, 2000; כהן ושיש, 2011). כיום, עם הגידול באוכלוסייה חלה עלייה גם במספר התלמידים והחוקרים העוסקים בחקר ולימוד המגוון הביולוגי ושרותי המערכת של מערכות הנחלים של ישראל. גם מגמת הירידה במגוון הביולוגי (בשל זיהום, ניקוז והטיית מים לצרכי אדם) מביאה להתפתחות של הבנה כי יש צורך להכיר את התועלות מהמגוון הביולוגי שנתר על מנת לשמרו, וכדי להשתמש בו להוראה וחינוך, ולפיתוח מחקר מדעי המתבסס עליו (דיין וחובריה, 2012).

מקומו של **ים המלח** גם מקובע היטב במורשת העולמית, כפי שמעיד אזכורו המרשים ב-115 אלף מאמרים (לעומת 25 אלף ל- Great Salt Lake, המקבילה הדומה ביותר שבארה"ב) (טבלה 5). אין אגם בעולם שאנשים כה רבים התוודעו אליו, במרוצת הדורות, ברמה כזו או אחרת. לכן, אך טבעי הוא שתלמידים ותיירים (תיירות חוץ ופנים) מגלים הרבה עניין בשאלה המסקרנת של "חיים בים המוות - החיים בים המלח", אך לא פחות מזה גם בורות. "שם המוות הקרוא עליו, כאילו שם הסגר בפני החוקרים לא לחפש את החיים דרך שערי המוות, וככה נשארה מערכת הביולוגיה שבתוכו לוח חלק" (אליעזרי-וולקני, 1940) - אמירה זו של אליעזרי-וולקני (לפנים וילקנסקי) על כישלונות קודמיו בגילוי החיים בים המלח, עדיין רלוונטית לציבור לא מבוטל, חרף הידע הקיים היום.

גילוי החיים בים המלח (Wilkansky, 1936) בתנאי סביבה שנחשבו קודם לכן ככאלה שאינם ברי קיום ליצורים חיים, פתחו אפיק חדש של מחקר החיים עלי אדמות. האמירה של Boetius & Joye (2009): "ים המלח מציג אתגרים מרתקים להבנת תהליכים ביולוגיים וגבולות החיים באחת הסביבות הקיצוניות ביותר בעולם", הולמת את מיצובו של ים המלח כמושא למחקר החיים בסביבות קיצון ומשאת נפש להבנתם (Oren, 1999) וכמקרה בוחן והשוואה לסביבות מלוחות-על אחרות, כפי שבאה לידי ביטוי בספרות המקצועית. לעומת נחלי ישראל וים המלח, אגם הכנרת נזכר רק בכ-13.3 אלף מאמרים, מאגרי מים בכ-5.6 אלף מאמרים, בריכות דגים (לא כולל הכלובים שבאילת) ב-2.8 אלף מאמרים וכן קיימות מאות בודדות של מאמרים העוסקים בבריכות חורף בישראל (טבלה 6).

טבלה 5: השוואה בין מספר המאמרים המאזכרים את ים המלח (DS) לעומת אגם המלח הגדול (GSL) במדינת יוטא, ארה"ב. פי 4.6 מאמרים מכל תחומי העניין משקפים את מעמדו של ים המלח במורשת העולמית לעומת האגם המפורסם מיוטה. יחסים של פי שניים ויותר, במאמרים הנוגעים למחקר החיים בשני האגמים, משקפים את מעמדו הבכיר של ים המלח, במתן שרות תרבות המחקר המדעי לעומת אגם המלח הגדול.

DS	GSL	מילות חיפוש Google Scholar
מס' מאמרים	מס' מאמרים	
115,000	24,900	"dead sea" / "great salt lake" = 4.6 (מאמרים מכל תחומי עניין)
18,100	6,800	"dead-sea" / "great salt lake" organism = 2.6
9,880	5,220	"dead sea" / "great salt lake" microorganism = 1.9
10,200	5,190	"dead sea" / "great salt lake" bacteria = 2.0
4,630	2,080	"dead sea" / "great salt lake" fungi = 2.2
6,700	3,130	"dead sea" / "great salt lake" fungal = 2.1
5,660	2,440	"dead sea" / "great salt lake" fungal life = 2.3
5,420	2,730	"dead sea" / "great salt lake" microbiology = 2.0
1,370	581	"dead sea" / "great salt lake" "halophilic Archaea" = 2.4
1,710	970	"dead sea" / "great salt lake" "halophilic bacteria" = 1.8

טבלה 6: השוואה בין מספר מאמרים המאזכרים את מקווי המים הפנים יבשתיים בארץ.

מס' מאמרים	מילות חיפוש Google Scholar
908,000	river, israel
115,000	"dead sea"
13,300	"lake kinneret"
5,620	"water resevoir" israel
2,870	"fish pond" israel (-Eilat)
335	"vernal pool", israel

המגוון הביולוגי של **ים המלח** תרם משמעותית למספר תחומי ידע ביולוגי בסיסי המפורטים להלן.

אוסמורגולציה: בניגוד לדונליאלה שמבצעת אוסמורגולציה באמצעות החומר האורגני שהיא עצמה מייצרת בתהליך קיבוע הפחמן הדו-חמצני המומס במי האגם, האוסמורגולציה של כל מיני הארכיאה מבוססת על קליטה אקטיבית של יונים אנאורגניים (של אשלגן) מהסביבה המימית החיצונית, שריכוזם בתא יכול להגיע ל-5M (!), ריכוז שהוא קטלני לגבי יצורים אחרים של מערכות מים.

חקר חלבוני התא: מיני ארכיאה מים המלח משמשים כמודלים למנגנוני הסתגלות לסביבה החיצונית העוינת ולתפקודם התקין של חלבוני התא, בסביבה הפנימית העוינת, לכאורה, ולחקר החלבונים בכלל (Calo, 2011; Oren, 2008). זאת משום שלחלבוני תא עמידים במיוחד כמו אלה של הארכיאה מים המלח יש יתרון לחקר מבנה החלבונים, שכן הסיכוי הגבוה להישרדותם במהלך העבודה במעבדה גבוה מאלה של חלבונים בעלי עמידות נמוכה המצויים ביצורים החיים במערכות שמליחותן קטנה יותר. שיקול כזה הנחה את פרופ' עדה יונת והוביל אותה להישג מדעי עולמי וחסר תקדים באמצעות ארכיאון מים המלח (*Haloarcula marismortui*): גיבוש ריכוזים (אברון בתא המתפקד כ'בית החרושת' לחלבונים) שמקורו באותו ארכיאון, בתנאי מעבדה (Yonath, 2009). הישג זה סלל את דרכה של פרופ' יונת אל פרס הנובל ואת דרכם של חוקרים רבים בעקבותיה (Von Bohlen et al., 1991), אם בחקר חלבוני התא ואם ביישומים שונים, כגון בתחום האנטיביוטיקה (Yonath, 2005).

ארכיאון הלופילי אחר שמקורו בים המלח (*Haloferax volcanii*) משרת רבות את חוקרי הארכיאה ברחבי העולם, בגלל נוחיות החזקתו וגידולו במעבדה. שני ארכיאה אלה, שמקורם בים המלח, נזכרים ב-11,250 (!) מאמרים, ציטוטים ופנטטים (טבלה 7) (Google Scholar, June 2016).

טבלה 7: רמת העניין שמעוררים ארכיאה של ים המלח בהקשר לאנטיביוטיקה, לעומת ארכיאה של אגם המלח הגדול (יוטא) כפי שבאה לידי במספר האזכורים בספרות המדעית.

מילות חיפוש Google Scholar	סה"כ מס' מאמרים	עד שנת 1979 מס' מאמרים	1980-1997 מס' מאמרים	1998-2016 מס' מאמרים
"dead sea" "halophilic Archaea" antibiotic	443	3	13	415
"dead sea" "halophilic Archaea" antibiotics	394	3	13	376
"great salt lake" "halophilic Archaea" antibiotic	190	0	5	207
"great salt lake" "halophilic Archaea" antibiotics	212	0	5	185

הישרדות והתאמה לתנאי מליחות קיצוניים: מיני ארכיאה ודונליאלה מים המלח שימשו רבות למטרה זו, אך גם בידודי פטריות מים המלח הרחיבו את המגוון הטקסונומי, נשוא המחקר. עד שנת 1979 (בה התרחש היפוך בגוף המים, ראה להלן) מזכרות פטריות בהקשר לים המלח בכמה מאות מאמרים. במשך 17 שנה שחלפו מאז, עלה מספר האזכורים ב-40-45% ואילו ב-18 השנים שחלפו מאז הזיהוי הראשון של הפטריה מים המלח (Buchalo et al., 2000) ועד עתה, חלה קפיצה מרשימה של סביב 600% אזכורים בספרות, המעידים על העניין המחקרי הרב שעורר זיהוי הפטרייה (טבלה 8)

טבלה 8: מספר האזכורים של פטריות בהקשר לים המלח בפרסומים מדעיים, בשלושה פרקי זמן והיחס במספר האזכורים (%) בין כל פרק זמן לקודמו. שימו לב לגידול המרשים במספר האזכורים מאז הזיהוי הראשון של פטריה מים המלח ב-1998.

מס' מאמרים בשנים 1998-2016	מס' מאמרים בשנים 1980-1997	מס' מאמרים עד שנת 1979	שנת פרסום ראשון	מילות חיפוש Google Scholar
3630 (700%)	517 (140%)	370	1801	"dead sea" fungi
5110 (645%)	792 (146%)	543	1801	"dead sea" fungal
4390 (766%)	573 (145%)	395	1796	"dead sea" fungal life

חקר חיזוי השפעת החדרת מי ים לים המלח: בסוף 2011 פרסם הבנק העולמי את הדו"ח הסופי של סקר היתכנות פרויקט 'תעלת הימים'. לביצוע פרויקט בין לאומי ענק זה, ריכז הבנק העולמי, בין היתר, את מיטב המדענים הרלוונטיים להיבטים השונים של הפרויקט. הניסיון שהצטבר אצל חוקרי החיים בים המלח, נדרש להתמודדות עם אי ודאויות, שעורר הפרויקט, בהקשר להשפעותיו האפשריות על החיים בים המלח.

הפרק המוקדש לחיים בים המלח, נשען על מחקרים שבוצעו בים המלח בעבר ועל ניסויים חצי מעבדתיים במכלים בשטח, שבחנו את המתרחש במיהולים שונים של מי ים סוף עם מי ים המלח והשפעת תוספים, כגון פוספט וחומרים המשמשים בתהליכי ההתפלה (Oren et al., 2004, 2005, 2006, 2009). ברשימת המקורות של הפרויקט נמנים 40 מאמרים המתייחסים לפרק זה והם נכתבו על ידי 51 מחברים, 35 מהם ישראלים, המעורבים בכתיבת 38 מתוך 40 המאמרים.

המחקר המדעי המהווה עדות ראשונה לקיומה של **הכנרת** הוא משנת 1766 ומתאר באופן מדעי את דגי Tilapia (Berman et al., 2014). מאז הקמת המעבדה לחקר הכנרת בשנת 1967, מתקיים מערך ניטור נרחב של עבודה מחקרית בארץ ובעולם. מחקרי הכנרת מקיפים תחומים רבים, ביניהם: ההרכב הכימי והפיזיקאלי של האגם, האוכלוסיות הפלאגיות, תהליכים ביו-גיאוכימיים, אזור הליטוראל, אוכלוסיות הדגים ועוד. במעבדה פועל מרכז מידע כנרת אשר מרכז, מתעד ומפיץ נתונים של ניטור הכנרת ואגן ההיקוות המסופקים ע"י גופים אחרים (מקורות, השירות ההידרולוגי, רשות המים) (Sukenic, Zohary & Markel, 2014). מאגר הנתונים מהווה את הבסיס לניתוח ממצאי הניטור, באמצעותו ניתן לזהות ולבדוק מגמות עונתיות ורב שנתיות המתרחשות באגם. המאגר מאפשר את בדיקת הקשר והאינטראקציה בין מרכיביה השונים של המערכת האקולוגית בכנרת לאורך זמן ומשמש בסיס לבניית מודלים לחיזוי תהליכים בכנרת. הבנת המערכת האקולוגית מאפשרת קבלת החלטת מושכלת באשר לניהול האגם ואגן ההיקוות שלו, לדוגמה תקנות בנושא דייג, ושמירת הסביבה החופית כפי שבאו לידי ביטוי בחוק להסדרת הטיפול בחופי הכנרת, שהתקבל באפריל 2008. הבנת המערכת האקולוגית מאפשרת תכנון בר-קיימא של שימושי קרקע ותכנון שיתייחס לצרכי האדם תוך שמירה על המערכת האקולוגית. דוגמת עבודת ההכנה לתמ"א 13/13: אפיון הקשר האזורי של חופי הכנרת, איתור וזיהוי פיס, אקולוגי ותפקודי ועקרונות מדיניות התכנון (גסול, 2015). בנוסף יש למחקר תועלת רחבה יותר עם השלכות על תחומים נרחבים כגון שיתוף ידע גלובלי, פוליטיקה, תעשייה, כלכלה ועוד. אחד מתוצרי המעבדה לחקר הכנרת, היא"ל, הוא הוצאת הספר Lake Kinneret, Ecology & Management אשר מהווה תרומה חשובה למחקר הלימנולוגי העולמי. תוצרי מחקרים מקדמים התפתחות תעשייתית וכלכלית, דוגמת תוצאות מחקר שנעשה בחקר הכנרת בו נחשפו חלקיקים אורגניים שקופים (TEP)

כשחקן חשוב ולא מוכר בתהליך התהוות של BF (biofouling) במערכות מימיות מכל הסוגים ובעיקר על ממברנות אוסמוזה הפוכה (RO), אשר משמשים בין היתר בתעשייה ובמערכות התפלה (היא"ל, 2015). למחקר יש תועלות נוספות, בתחום הכלכלי (למשל, כלכלת אספקת מים ומזון ממערכות הנחלים), בתחום הבריאות (למשל, מחקר המנגנון של שירות וויסות המחלות המועברות על ידי נשאים כיתושים, או וויסות מחלות אחרות הקשורות במזיקים). מחקר מדעי בנושא **מאגרים** נעשה בארץ בעיקר ע"י קק"ל וחקר ימים ואגמים לישראל. קורסים על תכנון מאגרי מים וניצול נכון של מאגרים מועברים בשלוש מחלקות ללימודי הנדסת טכנולוגיות מים (במרכז לעיצוב וטכנולוגיה באריאל, במכללת רופין ובמכללת הנגב).

מחקר מדעי בנושא **בריכות דגים** נעשה בעיקר בחיא"ל ובמחלקה לחקלאות מים שבמשרד החקלאות ופיתוח הכפר (שכוללת שלוש תחנות מחקר: התחנה למדגה בדור, היחידה למדגה אינטנסיבי בגינוסר, והמעבדה המרכזית לבריאות הדג בניר דוד). המחלקה עוסקת במחקר ומתן פתרונות למגדלי הדגים בנושאים שונים, ביניהם: חקר מחלות, רפואה מונעת, בקרה על מינים מאוכלסים, טכנולוגיות גידול חדשות, שיטות גידול חסכוניות במים ועוד. אחד ממחקריה החשובים של המחלקה עסק במציאת תחליף למלכיט גרין, ששימש לטיהור הבריכה מפטרייה, בשל היותו מסרטן.

מגמות

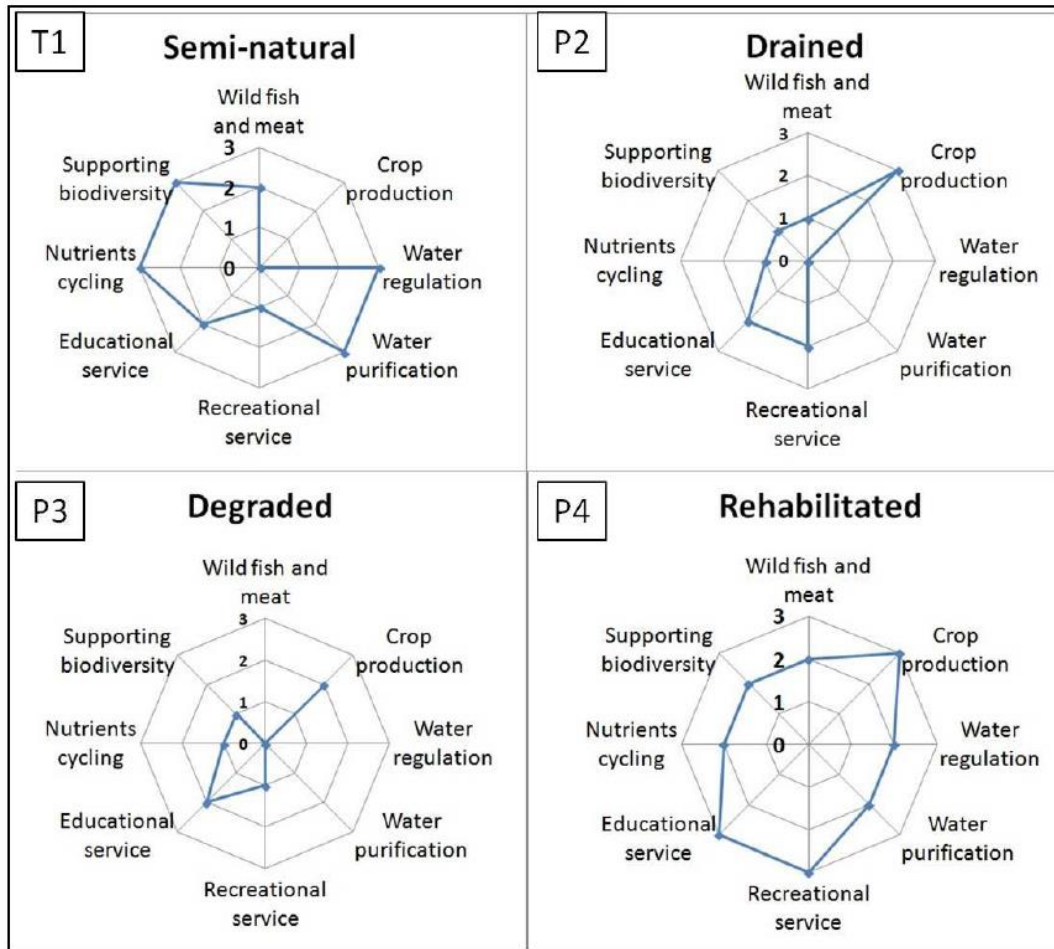
אספקת שרות המדע מותנית בזמינות ובנגישות היצורים של מקווי המים לאיסוף למעבדה לצורכי מחקר, ואספקת שרות הנוף מותנית בממדי ומועדי הפריחה של המינים המעורבים בחילופי הצבעים של מי מקווה המים. בהתייחס לשני שירותים אלה, מבנה עמודת המים במקווה המים במונחי טמפרטורה, מליחות והצפיפות הנגזרת מהם, הוא משמעותי לרכיבי המגוון הביולוגי של מקווה המים המעורבים באספקתם.

בהתייחס לאספקת שרות המדע, ניכר כי בים המלח מחקר החיים החל לפרוח בעקבות הפריחה המיקרוביולוגית של 1980 (טבלה 9) והתעצם, בעקבות זו של 1992. הפריחה לא חזרו עד כה, אך בידודי חומר ביולוגי מדוגמאות שנלקחו בהזדמנויות הללו ונשמרו במעבדות, ממשיכים להניב יבול של מחקרים ומאמרים, גם שנים לאחר הדגימות עצמן, אף כי ייתכן שעצם השמירה לאורך זמן בתנאי מעבדה והמניפולציות שנעשות עליהן, עלולות לגרום לשינויים בהן.

טבלה 9: השוואה בין מספר המאמרים העוסקים בחקר החיים ומאזכרים את ים המלח, לפני ה'היפוך' של 1979 ולאחריו. שימו לב למכפלה של 150 (!) המתייחסת לארכיאה הלופילים שהיו למושא המחקר העיקרי.

מילות חיפוש Google Scholar	פרסום ראשון	עד שנת 1979	משנת 1980	יחס בין מס' המאמרים
		מס' מאמרים	מס' מאמרים	
"dead sea" microorganism	1869	562	9,010	16
"dead sea" bacteria	1869	599	9,280	15.5
"dead sea" microbiology	1897	196	5,140	26
"dead sea" "halophilic Archaea"	1963	9	1,350	150
"dead sea" "halophilic bacteria"	1952	84	1,610	19

החולה היא מערכת מקווה המים הפנים ארצית היחידה בארץ שזכתה למחקר ספציפי על שירותי המערכת שמספקת (איור 30, טבלה 10) (Cohen-Shacham, 2015).



טבלה 10: שירותי המערכת האקולוגית של בית גידול לח החולה בין השנים 1930-2010. סולם אספקת השירותים: 0- אין אספקה, 3- אספקה מקסימלית, ?- אספקה לא ידועה (Cohen-Shacham, 2015).

		T1	P2	P3	P4
	Time-period	1930-1950	1951-1979	1980-1993	1994-2010
	Management state	Semi-natural	Drained	Degraded	Rehabilitated
Services	Sub-category				
Provisioning services					
Food	Wild fish and meat	2	1	0	2 ¹
Food	Fish ponds	0	3	2	1
Food	Crop production	0	3	2	3
Raw materials	Aquatic plants for domestic manufacture (huts, mats, etc.)	3	0	0	0
Fiber & fuel	Production of logs, fuelwood	3	0	0	0
Biochemical	Extraction of materials from biota	?	?	?	?
Genetic materials	Medicine, genes for resistance to plant pathogens	?	?	?	?
Regulating services					
Climate regulation	Greenhouse gases, temperature etc.	?	?	?	?
Water regulation	Groundwater recharge and discharge; water storage	3	0	0	2
Water purification	Retention and removal of excess nutrients and pollutants	3	0	0	2
Soil conservation	Retention of soils	2 ²	1	0	1
Natural hazards	Flood control, storm protection	?	?	?	?
Pollination	Ecosystem changes affect the distribution and abundance of pollinators	?	?	?	?
Cultural services					
Recreational	Opportunities for recreational activities	1	2	1	3
Spiritual and Inspirational	Personal feelings and well-being	?	?	?	?
Aesthetic	Appreciation of natural features	2 ³	?	1	3
Educational	Opportunities for formal and informal education and training	2	2	2	3
Cultural heritage		3	3	3	3
Supporting services					
Soil formation	Sediment retention and accumulation of organic matter	?	?	?	?
Nutrient cycling	Storage, recycling, processing, and acquisition of nutrients	3	1	1	2
Supporting biodiversity	Providing habitats for all components of biodiversity	3	1	1	2

¹ I refer here to fish caught at the Hula Nature Reserve and Agamon.

² I take here into account the negative secondary erosion effect of the Hula Wetland (due to overgrazing and intense deforestation).

³ No records were found on recreational services before the drainage, defined as such.

4.3.5. הנאה מנוף והשראה

בני אדם עשויים לחוות התנסויות רוחניות וסמליות עם מערכות אקולוגיות של מקווי מים באמצעות צפייה והתבוננות במים הזורמים בערוץ, בצומח הגדות, ובבעלי החיים הנקרים מדי פעם, וזאת בשילוב עם הנוף שמסביב, כמו זה של קירות המצוקים, החורשים, הבתות או הדיונות. כל אלה מביאים להשראה או מאפשרים הנאה רוחנית. רכיבי המגוון הביולוגי התורמים במיוחד לאספקת שרות זה הם צמחי הגדות כמו עצי הערבה ותכסית צמח *הקנה המצוי*; צמחי גוף המים כנופר הצהוב והנימפיאה התכולה; הדגים שבמים, חרקים מעופפים מעליהם כשפירות; עופות נראים כשלדגים, ובעיקר נשמעים, כצטיה החלודית *Cettia cetti*; דו-חיים, כצפרדע הנחלים; *Pelophylax bedriagae* ואף יונקים השוחים במים כמו לוטרה ונוטריה.

4.3.5.1. ערך ויזואלי- אסתטי

למקווי מים ערך ויזואלי אסתטי גבוה הגורם להם להוות מוקד משיכה ומקור הנאה למבקרים בהם. למשל, המבקרים באגם ים המלח במועדים ספציפיים נדירים עשויים להפיק הנאה מהנוף באמצעות צפייה והתבוננות בחילופי הצבעים של מי האגם. חילופי הצבע מתרחשים באמצעות רכיב של המגוון הביולוגי, צבענים (פיגמנטים) של היצורים באגם, המקנים צבע למי האגם כאשר מתרחשים אירועים של התעצמות זמנית בגודל אוכלוסיותיהם ("פריחה"). הדונליאלה מכילה כלורופיל ולכן צבעה ירוק. הארכיאה מייצרים צבען סגול המגן עליהם מפני נזקים של קרינת יתר. כאשר מתרחשות פריחות אלה משנים מי ים המלח את צבעם, תחילה לירוק ולאחר מכן לסגול. גם אם פריחות אלה מתרחשות לעיתים נדירות, השינויים הדרמטיים בצבע המים מהווים חוויות מרגשות, לכל מי שמזדמן באותם ימים לחוף ים המלח, ולא להם שנועד להם הדבר וממהרים להגיע וליהנות מהתופעה לפני שהתפוגגה. עד כה התרחשו שלוש פריחות מרשימות בשנים 1964, 1980 ו-1992. הפריחות היו מוגבלות למצב משוכב של עמודת המים, כשגוף המים העליון שהוא זה המכיל חיים, היה מהול לאחר חורפים גשומים במיוחד, והאוכלוסיות של הדונליאלה והארכיאה הגיעו לשיא צפיפותם בהפרש של מספר חודשים, שהיה מלווה בשינוי בצבעי האגם. עד כה תועדו צפיפויות חסרות תקדים, של עד 400 אלף תאי דונליאלה ב-1964 ו-35 מיליון תאי ארכיאה ב-1992 במ"ל אחד של מים (אורן, 2008). התפתחות מיטבית של הפריחות הייתה תלויה במצב שבו העלייה העונתית בטמפרטורה פגשה גוף מים שאינו מלוח מידי. מחוץ לצירוף מתאים זה של מליחות וטמפרטורה, גם ריכוזי פוספט מתאימים חיוניים לתופעת הפריחות (Oren & Shilo, 1985). ריכוזים אלה מותנים בשיטפונות שמספקים לאגם לא רק מים אלא גם את הפוספט המשמש אך גם מתפקד באספקת שרות הנוף של האגם. פריחות אלה סביר כי תישארנה נדירות אלא אם כן תמומש תכנית תעלת הימים.

4.3.5.2. רוחח נפשית

מחקרים רבים עוסקים בתועלות הנפשיות של תחושת החיבור לטבע, כמענה לצורך קיומי בסיסי של האדם. השהייה במקומות המכילים מרכיבים טבעיים, כמו צמחייה ומים, מרגיעה ומעניקה לאדם תחושת רווחה, למול לחצים הנובעים מצפיפות ועומס עירוניים. תועלות בריאותיות נוספות מספקת הצפייה במים זורמים ואף הצליל של פכפוך המים, משמש לעיתים כחלק מטיפול נפשי (הידרותפיה). קיומן של תועלות בריאותיות וחברתיות שהן ספציפיות לשהייה במערכות מקווי מים בישראל לא נבדק.

4.3.5.3. השראה לאומנים

מקווי המים בישראל מהווים מקור השראה למגוון רחב של אומנים - ציירים, צלמים, משוררים וסופרים. מקווי המים נזכרים במקורות מגוונים: במקרא, מתועדים בכתבי מסע של חוקרים, צליינים ותיירים; מתוארים במכחולם של

ציירים במאות שונות ובתצלומים החל מן המאה ה-19 ומבוטאים גם בבולים ישראליים (למשל, איור 31). השראה דתית-רוחנית ויצירות תרבותיות כמו שירים, ציורים וסיפורים הינן מאבני היסוד של התרבות האנושית. ביקור במקומות הנחשבים כבעלי חשיבות דתית או רוחנית, התבוננות ביצירות אומנות או האזנה לשירים, מהווים מקור להנאה רוחנית לרבים ומביאות לתועלות כלכליות, בריאותיות וחברתיות.

לכנרת נתייחד מקום חשוב בשירה, בספרות ובאמנות של ארץ ישראל. שפע השירים שנכתבו על הימה מעיד על מקומה המרכזי והייחודי מבחינה היסטורית וגיאוגרפית, על היותה מחוז חפצם וגעגועים, פנינה מיוחדת בנופש של ארץ ישראל. שירים רבים, שביקשו לבטא את קסמה המיוחדת, נכתבו והולחנו על הכנרת והפכו לנכסי צאן ברזל של התרבות העברית בישראל. רחל המשוררת, שחייה ומותה קשורים יותר מאשר כל משורר אחר קשר הדוק לכנרת, כתבה שירים רבים על האגם (רמון וחוב', 2001). מעטים הם המקומות שספרות כה עשירה נכתבה אודותם כמו אזור הכנרת, והסיבה לכך היא שהכנרת "ימת החיים של ישראל" ועומדת במקום התעניינות הציבור ("הכנרת וסביבתה", 1999). בזכות יופיה והנופים הנשקפים ממנה ואליה, היוותה הכנרת מאז ומתמיד מקור השראה לאומנים וליוצרים. אמנים רבים בכל התקופות ציירו את הכנרת. רוב היצירות קשורות לנושאים מהברית החדשה בגלל חשיבות המקום לנצרות.

איור 31: סדרת טיילות בישראל- ציור: כנרת עץ תמר דקל.



גם החולה ידועה כמקור השראה לאומנים וליוצרים. היא הפכה למוקד משיכה אחרי פרויקט ההצפה מחדש של האגמון, בגלל ערכם האסתטי, אומנותי וההשראתי של גופי המים. למשל, הפרויקט האומנותי העולמי, "אמנים למען הטבע" ("Artists for Nature") שהתרחש באגמון ב-2008, כינס 15 מטובי ציירי הציפורים באירופה וישראל לפעילות של יצירה בעמק החולה, במטרה לעורר מודעות לחשיבות נושא שימור הטבע והסביבה. ציירים וצלמי טבע אחרים פרסמו ספרים ואלבומים על הערכים האסתטיים של גופי המים בעמק. למשל קובץ הצילומים "שירת האגם הגווע" (1960) מאת חבר קיבוץ חולתה פטר מירום, המנציח את נופי האגם ומתעד את החיים לחופו ואת ייבושו. שירים רבים נכתבו על החולה ונופיה, ביניהם: "חולה" (מילים: ירוחם ככפפי, לחן: יואל ולבה). אלבום: הלילות בכנען, (1991); נופו של אגם החולה נזכר בשיר "ליל גליל" (מילים: נתן אלתרמן) ועוד. גם ספרים רבים נכתבו על החולה, והופקו מספר רב של סדרות בולים, טלכרדים וכרטיסי אשראי עם ציורים של ציפורים בעמק. כל "כלי שיווקי" כזה, הודפס במאות אלפי עותקים ואפילו מיליוני עותקים (בולים) (לשם וחוב', 2009). גם צמחים ובעלי חיים המאכלסים מקווי מים מהווים מקור השראה ליוצרים שונים (למשל, איור 32).



אשר למוצרי התרבות שמקורם בהשראה שנתנו מערכות הנחלים של ישראל לסופרים, ציירים ומשוררים, אלה מתבטאים בהופעה של נהר הירדן בשיריהם של אברהם זיגמן ("אלעד ירד אל הירדן") ושל נעמי שמר ("חורשת האקליפטוס"); של נחל הירקון בשיריהם של דני רכט ואלי לולאי ("רחובות העיר"), אריק איינשטיין ("תל אביב גדות הירקון 1950"), שמוליק צ'זיק ("יש לי חלום"), ועמליה זיו ("תמונה אימפרסיוניסטית"); ושל נחל התנינים בשיר של אהוד מנור ("נחל התנינים"); ושירי משוררים בהשראת מעיינות: שושנה דמארי ("בלדה על מעין וים"), אסתר עופרים ("אל המעיין"), קורין אלאל ("מעייין") ועוד. בנוסף, ב-2005 יצא לאור כתב עת לשירה וספרות בשם "מעין", שפרסם עד כה עשרה גיליונות. נחלי ישראל נתנו השראה גם לציור, כפי שמתבטא בסדרת הבולים 'נחלים בישראל' בה מופיעים שלושה נחלים המייצגים את המגוון המרשים של נופי המים בארץ: נחל כזיב מייצג את הנחלים ההרריים, הניכרים בחורש של החבל הים-תיכוני הסבוך ובמי מעיינות צלולים; נחל תנינים - את נחלי מישור החוף הרחבים של מערכות החבל הים-תיכוני, שמימיהם זרמו לאט במישורים ובעמקים החקלאיים; ונחל צין המייצג את הנחלים המרשימים של המדבר, שנופם עוצב בכוחם של מי השיטפונות, ואת עיינות המדבר והגבים החבויים במעמקי הערוצים ומספקים מקור מים לבעלי-חיים וליושבי המערכות המדבריות.

4.3.5.4 מחירי נדל"ן

לנוף יש תרומה כלכלית חשובה בהיבט של מחירי נדל"ן, כלומר נכס הצופה לנוף ובמיוחד נוף כחול הוא בעל ערך גובה יותר (Lansford & Jones, 1995) (Daniel et al., 2012). על פי נתונים שפורסמו על ידי השמאי הממשלתי (פליישמן ואודיש, 2004), לתועלות ציבוריות הנובעות משטחים פתוחים בירוקים בישראל ישנו ערך הבא לידי ביטוי בעליית שוויין של דירות מגורים הסמוכות לשטחים אלו, וכן בנכונותה של אוכלוסיית אותן ערים בהן נמצאים השטחים פתוחים לשלם סכום כסף מסוים על מנת לשמרם כשטחים פתוחים. המחקר מצא שנוף מדירות מגורים לפארק הירקון מוסיף לשווי הדירה כ-5%. מחקר נוסף בירקון הראה כי התועלות של שיקום הנחל לשירותי מערכת בתחום התרבות יחד עם התועלות של ניהול משאבי מים שמחבר בין הנחל לחקלאות מייצרים כדאיות כלכלית (Garcia et al., 2016). נתונים דומים התקבלו בניתוח עלות-תועלת שנערך לפארק נחל באר שבע- דירות עם נוף לפארק צפוויות להיות יקרות ב-9% (לביא ובניאד, 2013).

4.3.6. שייכות למקום, פולקלור וקדושה

4.3.6.1. שייכות למקום

4.3.6.1.1. חיזוק הקשר בין עבר להווה מבוססים תחושת מקום

קהילות אשר התפתחו תוך אינטראקציה עם אזורי ביצות או חקלאות מים מחזיקות במורשת וזהות ייחודיות הקמה במקביל לקום המדינה, כחלק ממפעל חלוצי שבו נוסדו ישובים חקלאיים באזורי ספר, חלקם לאורך גבולות המדינה (בנט, פרימן ואנג'ל, 2016). לדוגמה, מעגן מיכאל ויסוד המעלה.

בעבר הקרוב נתפסת הכנרת כערש ההתיישבות הציונית והתחייה הלאומית, מקום לידתו של הקיבוץ, הקבוצה והמושב, ההתיישבות החקלאית היהודית בארץ, ארגון ה"הגנה" החוות החקלאיות מגדל, פורייה ועוד. האזור היה גם מקום מוצא ומוקד לפועלם של אנשי הגות ורוח ושל אישים ידועים, שנמנו עם ראשי ההתיישבות וה"הגנה": ברל כצנלסון, א.ד. גורדון, יוסף טרומפלדור, שאול אביגור, קדיש לוז, לוי אשכול, יגאל אלון ורבים אחרים. לא פחות מכך פעלו באזור נשים ידועות: המשוררת רחל, חנה מייזל, חיותה בוסל, מרים ברץ, דבורה דיין, מרים זינגר ועוד. באזור מצויים אתרים רבים ונופים סימבוליים וייצוגיים, המתעדים את המפעל החלוצי ומעשי הראשונים יותר מאשר בכל מקום אחר בארץ: מוזיאונים לראשות ההתיישבות, אנדרטאות, מפעלי הנצחה וכן בתי עלמין שבהם נטמנו ראשוני החלוצים ומנהיגי תנועת העבודה. באזור הכנרת התחוללו כמה מן הקרבות המכריעים ביותר בתולדות הארץ (לולב, 1999).

4.3.6.1.2. חיזוק שייכות למקום של התושבים

החשיפה המידית והבלתי אמצעית של תושבים למקווי מים הממוקמים בסמוך למקום מגוריהם, בעיקר בריכות חורף, מעיינות ונחלים, מקרבת את התושבים אל ערכי הטבע ואל המורשת התרבותית של נוף הארץ, מחזקת את הקשר שלהם לסביבה, מעלה מודעות לאופן התפקוד של מערכות אקולוגיות ולאופן בו משתלבת המערכת העירונית במערכת הטבעית ומסייעת בשימור האתר (בן דוד וחוב, 2013). מקווי מים אלה עשויים להוות לכן תשתית להתפתחות של חברה ותרבות עירונית ויכולים להגביר את תחושת הזהות והשייכות לקהילה, עקב היותן מוקד משיכה לחברי קהילה והמפגש בהן מאפשר יצירת קשרים וחיבורים בין חברים ויחידות שונות בתוכה וכך ללכידותה (בריקנר-בראון, 2008). יתרה מזאת, מקווי מים כבריכות חורף תורמים לזהות הייחודית של העיר ובמקרים רבים הם מהווים "כרטיס ביקור" של העיר, וכך ממתגים וממצבים את דמותה, דוגמת בריכות חורף בערים הרצליה ונתניה, נחל הירקון בערים תל אביב, רמת גן והוד השרון ועוד.

4.3.6.2. פולקלור

4.3.6.2.1. מורשת וסמליות

הטרנספורמציה של בית גידול הלח החולה במהלך השנים, מ-1990 ועד היום, מספקת שירות תרבותי מיוחד של ערך מורשת, בעל משמעות למתכננים, מנהלי שטח ואנשי שימור. זהו הלקח, שסופק ע"י התוצאה של פרויקט ייבוש החולה, שתוצאות לא-צפויות עשויות לבוא בעקבות יישום של מידות ניהוליות של אקוסיסטמה שאינן מעוגנות בידע מדעי זמין (Safriel, pers. com.).

במהלך ייבוש החולה הופיע שירות תרבות לא צפוי- ביקורי תיירים לבית הגידול הלח הגווע ("dying wet&") (Duany, 2010). אחרי ייבוש החולה, "האגם הגווע" נותר דימוי שלילי באתוס הישראלי, ושמורת החולה לא יכלה לפצות על ערכי הטבע שאבדו (בן-פורת ומינצקר, 1996).

אחת מהתרומות העיקריות של שמורת החולה במובן של שירותי תרבות היא ייסוד של שמורת הטבע הראשונה בישראל (Hambright & Zohary 1998), והעובדה שהניסיון שנצבר בניהול שלה הוביל לשינוי ההגדרה בחוק של שמורות טבע בישראל, וכתוצאה אפשר התערבות של האדם למען שימור (Duany, 2010).

ב- 1995, שמורת החולה יועדה בישראל כ"בית הגידול הלח הראשון בעל חשיבות עולמית (Wet& Site of "International Importance) ע"י אמנת רמסר (Olsvig-Whittaker et al., 2005).

4.3.6.2.2. אמונות וקדושה

הכנרת היא נכס תרבותי בעל חשיבות היסטורית, דתית ולאומית. ייחודיותה נובעת מכך שהיא כוללת תמהיל משאבי תיירות יוצאי דופן המשלבים ערכי דת, תרבות ומורשת עם ערכי טבע ונוף. התיירות בכנרת מבוססת על שלושה סוגים עיקריים: (1) פנאי ונופש לחופי האגם; (2) תיירות מורשת - הכוללת תיירות דתית יהודית, תיירות דתית דרוזית, תיירות מורשת ציונית, התיישבותית ותיירות דתית צליינית; (3) תיירות נופש בחיק הטבע ותיירות כפרית חקלאית (גסול, 2015).

תיירות דתית צליינית: מזה מאות שנים מהווה ארץ ישראל מוקד עליה לרגל לצליינים, ובמיוחד אזור הכנרת הנחשב לקדוש ביותר לנצרות (פועלו של ישו בגליל ובמיוחד בצפון הכנרת, שזורים ב-4 סיפורי הבשורה הפותחים את הברית החדשה). הצליינים מגיעים לטבול באתר הירדנית, שבמקום יציאת נהר הירדן מכנרת, היכן שהתרחשה לפי המסורת הנוצרית הטבלתו של ישו על ידי יוחנן המטביל. טבילה טקסית זו מהווה מקור לניסים או התחדשות רוחנית כמו "לידה מחדש". אתרים נוספים הם אתר הטבילה המקורי "קאסר אל-יהוד" בירדן הדרומי, סמוך ליריחו ומקורות נחל חרמון (בניאס). בשנים 2 ביקרו בממוצע 211 אלף תיירים בבניאס, והניבו הכנסה של כ-2.9 מיליון ₪.

בחלקה הצפוני של הכנרת מרוכזים כמה מאתרי הצליינות המפורסמים בעולם שבהם התגבשה הזת הנוצרית, כמו כפר נחום, טבחה, הר האושר, כורסי ומגדלא (רמון, 2001). לנוצרי המאמין אלו מקומות קדושים, שהאל התגלה בהם (צפיריס, 1999). מנזרים, כנסיות ובתי הארחה נבנו בסמוך לאתרים, על מנת לשרת את הצליינים הרבים אשר פוקדים אותם. משרד התיירות משקיע מאמצים רבים בהנגשת אתרי הטבילה כחלק ממסלול תיירות צליינית (כ-300 אלף ₪ בשנה; אמיר ושליט, 2016) הכולל גם אתרים חשובים אחרים במסורת הנוצרית, למשל נחל הבניאס ("גלילות קיסריה של פיליפוס") המוזכר בברית החדשה כמקום מושבו של ישוע ושליחיו; מעיין מרים בנצרת, הממוקם בתוך כנסיית הבשורה היוונית אורתודוקסית, והמעין בכפר נחום. מסלול הטיול הקלאסי כולל 1-2 ימים באזור כנרת. הסיור מתרכז ב"משולש הקדוש": הר האושר, טבחה וכפר נחום, כאשר החודשים העמוסים בתיירות דתית נוצרית הינם החודשים הפוכים לחודשי העומס של התיירות הישראלית (משרד הפנים).

תיירות דתית יהודית: לכנרת חלק חשוב בזיכרונותיו ההיסטוריים של העם היהודי. בתקופת המקרא מוזכרות באזור הכנרת מספר ערים, אחת מהן – העיר הכנענית "כנרת" ממנה קיבל האגם את שמו. בתקופת המשנה והתלמוד הייתה העיר טבריה שלחוף הכנרת בירתו הרוחנית של העם היהודי ובה נחתמה המשנה, נוצר התלמוד הירושלמי והומצא הניקוד העברי. באזור הכנרת נתגלו שרידים רבים של יישובים יהודים מהתקופה ובהם שרידי בתי כנסת מפוארים כגון כפר נחום, כורזים, ארבל, חמי טבריה ועוד. טבריה נחשבת לאחת מבין ארבע ערי הקודש בישראל ובה נקברו

רבים מגדולי האומה, ביניהם רבי עקיבא, הרמב"ם ורבן יוחנן בן זכאי. קבריהם מהווים יעד לעולי רגל יהודים רבים. באזור הכנרת קיימים מקווי מים להם מסורת קדושה ליהודים, כמו מעיין אלישע, שנחשב כמרפא עקרות נשים.

אסלאם: לפי החדית', אוסף של הלכות, סיפורים אודות מוחמד ודרך חייו, אשר מופיעים בסונה (מהווה יסוד הלכה השני לקוראן), יבוש הכנרת הוא אחד הסימנים המרכזיים של סוף העולם. באזור הכנרת קיימים מקווי מים הקדושים לאיסלם, למשל נבי רובין בשפך נחל שורק, שנחשב כמקום קבורתו של הנביא ראובן בן יעקב.

4.3.6.3 ערך אוניברסלי

הערך האוניברסלי של נופי התרבות בצפון הכנרת (לצד אתרי הנצרות בגליל) עומד בבסיס ההגשה למועמדות לרשימה היוקרתית של אתרי מורשת עולם של אונסק"ו. נרטיבים שונים הקשורים בנוף הכנרת יוצרים ריבוד משמעותי למגוון קהילות. עבור מרבית הישראלים למשל, נופים אלו קשורים למורשת היהודית העתיקה ולהתיישבות החדשה במקום וכן לזיכרונות מטיולים ומחופשות לחופי האגם. המשמעות התרבותית הנוצרית של נופי צפון הכנרת חושפות רובד נוסף המאפשר להבינם בהקשר של מורשת אוניברסלית. נופי הכנרת היוו מקור השראה שהעשיר את תרבות המערב באין ספור יצירות ספרות ואמנות, ומכאן חשיבותם גם עבור מי שאינם נוצרי מאמין. ב"גאוגרפיה הקדושה", טמונים שרידיה של "ההיסטוריה הקדושה". כאן נוצרים חיבורים רבי עוצמה של הנוף המקומי הרוחני הלא מוחשי, של הארצי עם הקדוש, של העבר עם העתיד. הדיאלוג המתמשך בין הנופים שבסיפורי הברורה ובין הסיפוריות של הנוף הנכתבת מחדש דור אחר דור הוא בעל ערך אוניברסלי, והוא הבסיס להגשת מועמדותם של אתרי הנצרות בגליל לרשימת מורשת עולם (אלף, 2008).

4.3.7 גורמים מחוללי שינוי באספקת שירותי תרבות של מקווי מים פנים ארציים

זיהום, הטיה ותפיסת מקורות מים: עד אמצע המאה העשרים היה היצע שרותי הפנאי והתיירות של מערכות הנחלים גבוה אך הביקוש קטן יחסית שכן ממדי הזיהום ו"תפיסת המעיינות" היו עדיין קטנים. אך גם האוכלוסייה הייתה קטנה ויכולותיה הכספיות והתחברותיות היו מצומצמות ולכן כנראה שהביקוש לשרות אף הוא לא היה גדול. אך מאמצע המאה העשרים החלה מגמת גידול בזיהום ביתי ותעשייתי והטיית מקורות מים בעיקר בנחלי החוף. אלה פגעו בצמחי גוף המים, ואף בדגים, הביאו לגידול באוכלוסיית היתושים, מה שגרר פעילויות הנדסיות למניעת הצפות, סילוק פיזי וריסוסים כימיים לסילוק צמחי המים והגדות, כאמצעי מיגור היתושים. גורמים מחוללי שינוי אלה הקטינו גם את ההיצע וגם את הביקוש לשרות.

גורמים עקיפים: בשלהי המאה העשרים הופיעה מגמת שינוי בתפיסת הציבור שהביאה לזיהוי אתרי מים זורמים כמתאימים לפנאי ונופש. מגמה זו סייעה לקבלת החלטות ואכיפתן בתחום סילוק מקורות זיהום ולהקצאת "מים לטבע" (המשרד להגנת הסביבה, 2013), מה ששיקם את היצע השרות, ובעקבותיו לפעילות הרשויות להתאמת סביבת הנחלים למטיילים (סלילת שבילי אופניים, הסדרת נקודות גישה ואתרי קמפינג), פעילויות שהגבירו את הביקוש השרות. סלילת כבישים מהירים, שיפור טכנולוגי ברכבים, ונגישות לתיירות מעבר לים, הביאו אף הם לעלייה בפוטנציאל התיירות גם לנחלים מרוחקים ממקומות יישוב מרכזיים (נחלי ומעינות מדבר יהודה בחופי ים המלח למשל).

יתר על כן, בשנים האחרונות עלתה המודעות להנגשת הביקור במקווי המים לנכים. לדוגמה, בגן לאומי הירקון ובשמורת טבע עין גדי נסללו שבילים לאורך גדת הנחל המותאמים לכיסאות גלגלים, בשמורת טבע נחל מערות נסלל שביל בתוך המערה וניתן סיוע של מלווה, ובשמורת טבע עין אפק הוקמה כיתת לימוד והדרכה לילדים מוגבלים הכוללת מחשבים מותאמים לכבדי ראייה. המשך מגמות שיקום גדות, הסרת מקורות זיהום והקצאת מים שפירים לנחלים, עשויות יתמוך במגוון הביולוגי של מקווי המים ובכך להגביר את ההיצע והביקוש לשרות הנופש והתיירות של המערכות.

יצירת קרקע

מהות השרות ומנגנון הפקתו: בריכות חורף מהוות אתרים חשובים ומוגברים ליצירת קרקע (Richardson & Vepraskas, 2001; Zedler & Kercher, 2005; Marton et al., 2015). הקרקעית של מרבית בריכות החורף היא בדרך כלל חרסיתית, כהה ובעלת תכולה אורגאנית גבוהה. מקורו של המרכיב החרסיתי הוא בדרך כלל חלקיקי קרקע קטנים המגיעים לבריכה ביחד עם הנגר העילי, והצבע הכהה הוא לרוב תוצאה של מרכיבים אורגאניים. הרכב הקרקע באגן ההיקוות ומשך התקופה בה הבריכות מוצפות במים בכל עונה משפיעים על פרופיל הקרקע הנוצרת בבריכת החורף (O'Geen et al., 2008). כאשר בבריכה מתקיימים תנאים של ריכוזי חמצן נמוכים או במצבים של חוסר חמצן מוחלט תהליך יצירת הקרקע מואץ. הקרקע הנוצרת בבריכה מוצפת בתקופה בה הבריכה מלאה במים אך מתייבשת ונסדקת בקיץ. ליצירת הקרקע אחראים כמה תהליכים, כאשר, התהליך הדומיננטי ביותר הוא מינרליזציה של חומר אורגאני (Hobson & Dahlgren, 1998), המתרחש במקביל לשקיעה וסדימנטציה של חומר אורגאני מרחף (Nyman et al., 1990). המינרליזציה של החומר האורגאני במהלך יצירת הקרקע בבריכות החורף היא תהליך משמעותי של קבורת תרכובות פחמן וקבורת פחמן במערכת (מתואר בסעיף וויסות איכות המים) (Bedard-Haughn et al., 2006). רק מחקרים בודדים כימתו את תהליך יצירת הקרקע במקווי מים תוך יבשתיים בכלל ובבריכות חורף בפרט. למיטב ידיעתנו מידע כמותי על התרומה של יצירת קרקע בבריכות חורף ביחס לכלל תהליכי יצירת הקרקעות בישראל לא קיים.

5. יחסי גומלין בתוך ובין המערכות

5.1 השפעתן של מערכות-על אחרות על אספקת השירותים והמגוון הביולוגי של מכלול

מערכות מקווי המים הפנים-ארציים

כל מערכות המים מהוות "תחנת מעבר" או מבלע למי הנגר הזורמים בעונת הגשמים מאגן הניקוז בו הן ממוקמות. כמות מי הנגר הנקלטת על ידי מערכות המים מווסתת על ידי שרות וויסות המים של המערכות היבשתיות, ולכן תלויה לא רק בכמויות המשקעים שקיבלו המערכות היבשתיות אלא גם בממדי ההפקה של שרות וויסות זה, שהם שונים ממערכת למערכת. שינויים אלה תלויים בטיבו של הוויסות המתבצע על ידי כל אחת מהמערכות שמתבטא בשיעור מי הגשם שנעשה לנגר עילי, בהתייחס לשיעור המים המוחזרים לקרקע או מתאדים. היות ושרות וויסות זה מתבצע באמצעות רכיב המגוון הביולוגי הצמחי שמהווה את התכסית הצמחית של אגן הניקוז, השוני במגוון ביולוגי זה בין המערכות היבשתיות השונות מביא לשוני בשעורי הנגר העילי. בנוסף, פעילויות של גורמים מחוללי שינוי בהפקת שרות וויסות זה כהטיה, ניקוז, והסדרת נחלים מצד אחד, וגורמים מחוללי שינוי בתכסית הצמחית של מערכות אגני הניקוז (התמרת מערכות חורש ובתה למערכות חקלאיות, יישוביות, ויערות נטועים) מצד שני, ממתנים או מגבירים, בהתאם לנסיבות, את כמויות מי הנגר המגיעים למערכות המים.

גם איכות מי הנגר המגיעים למערכות המים ממערכות אגני הניקוז מווסתת על ידי שרות המופק על ידי מערכות יבשתיות אלה - שרות וויסות סחיפת קרקע, גם שרות זה מתבצע באמצעות מגוון התכסית הצמחית של מערכות אלה ותלוי בהרכבה של תכסית זו. השרות ממתן את אובדן הקרקע התורמת לתפקודן של מערכות אגן הניקוז, אך הקרקע הנסחפת למערכות המים דווקא תורמת חומרי הזנה מינרלים ונשורת צמחים אורגנית החשובים לתפקודן של מערכות המים, בעיקר באספקת שירותי תמיכה, כמחזור חומרים וייצור ראשוני. יחד עם זאת, סחף המובל במי הנגר שמקורם מערכות חקלאיות (גריין, 2013), מערכות טבעיות המשמשות למרעה (דולב וחוב', 2013) ומערכות יישוביות הנמצאות באגן הניקוז מהווה גורם מחולל שינוי שלילי בתפקודן של מערכות המים - עודף של חומרי הזנה מדשנים ושפכים, וחומרים רעילים מקוטלי מזיקים ומשפכים ביתיים ותעשייתיים עשוי לפגוע ברכיבים שונים של המגוון הביולוגי ולכן באספקת שירותים רבים של מערכות המים הפנים-ארציות.

עם כל זאת חסר מידע כמותי על ההשפעה הכוללת של המערכות האקולוגיות של ישראל המצויות באגני ניקוז על כמויות ואיכויות המים של מערכות המים, ומכאן גם על המגוון הביולוגי ועל אספקת השירותים של מערכות אלה. אך ההשפעות על מערכות המים הפנים-ארציים, של פיתוח עירוני ותעשייתי ועימו פיתוח מקורות המים כפי שהתבצעו במהלך העשורים הראשונים של ישראל אינן זקוקות לראיות. כך גם מיתון ההשפעות ובעקבותיהם השיפור החזוי באספקת השירותים של מערכות המים במהלך העשורים האחרונים.

5.2 יחסי גומלין בין המערכות השונות שבתוך "מערכת-העל"

מטבע הדברים מתקיימים יחסי גומלין בין אגמים לבין הנחלים המזינים אותם ואלה הניזונים מהם. מציאות זו קיימת במערכת הירדן, שלאורכה מצפון הארץ ועד לצפון ים המלח מתאפשרים מגע ותחלופה עם ובין רכיבי מגוון ביולוגי של מערכות נחלים ואגמים - הירדן העליון, האגמון ושמורת החולה, אגם הכנרת, והירדן התחתון. אך ניהול אגם הכנרת כרכיב מרכזי באספקת מים לאדם בישראל הביא ומביא לשינויים באספקת המים לירדן התחתון ולים המלח, ובממדיהם הפיזיים של מערכות אלה. ניהול עמק החולה ואגן הניקוז שלו ייצר במהלך השנים רצף של התמרת מערכות אקולוגיות והמרת שירותים - מערכות מקווי מים רדודים ועמוקים הותמרו למערכות חקלאיות, וחזרה למקווי מים. לכל אלה השפעה על כמויות ואיכויות המים בכנרת ובאגמי החולה, ועל ממדיהם הפיזיים של גופי מים אלה. בעוד שקיים תיעוד להשפעת השינויים באגן החולה על איכות המים בכנרת, אין תיעוד להשפעות השינויים במימדים הפיזיים של המערכות על המגוון הביולוגי ועל אספקת השירותים של מכלול המערכות המשולבות הללו.

יחסי גומלין במערכת העל של מקווי המים הפנים-ארציים מתקיימים גם בין מערכות הנחלים למערכות בריכות הדגים. הגורם המחולל יחסי גומלין אלה הוא ממשק בריכות הדגים על ידי האדם, הכולל העברת מים ממערכות הנחלים למערכות בריכות הדגים, והעברה חזרה לנחלים מי ברכות דגים על איכותם הירודה - "מי פלט" הכוללים שאריות חומרי הזנה, הפרשות דגים, תרופות, כימיקלים כתרכובות חנקן וזרחן, ועוד (צלול, 2016). גם כאן חסר מידע מתועד על השפעת יחסי גומלין אלה של תחלופת מים על המגוון הביולוגי ועל אספקת השירותים של מערכות אלה. ממשק בריכות הדגים על ידי האדם כולל גם העברה של דגיגים משפכי נחלים לגידול בבריכות דגים ולאיכלוס הכנרת. חלק מהדגים המגודלים בבריכות חודרים למקווי המים הטבעיים, ובעיקר לכנרת ולמערכת הירדן, וחלקם מהווים מינים פולשים במערכות אלה.

מערכות הנחלים, ואף מערכת הכנרת, מושפעות גם ממערכות מאגרי המים. אלה נועדו לניהול כמויות ותזמונים של מים למערכות החקלאיות, מים שמקורם מי נחלים, שכן רוב המאגרים ממוקמים במעלה או אף במוצא הנחלים, ושם הם "תופסים" את הזרימות, כולל אלה השיטפוניות. תפיסת מים זו מקטינה את כמויות המים ואת עוצמות הזרימה בנחלים. הצמצום בכמויות המים בנחלים משמעותי עד כדי כך שנפחי המים המגיעים לכנרת מושפעים ממועדי שחרור מי מאגרי הגולן לנחלים בידי האדם יותר מאשר הם מושפעים מהמועדים הטבעיים של שחרור מי הנחלים לכנרת במהלך השנה.

למיתון עוצמת השיטפונות העונתיים השפעה על האפיק והגדות של נחלים, וגם על נחלי האכזב שאפיקם יבש בקיץ ולכן מתכסה בצומח שמקור חלקו בצומח הגדות הפולש לאפיק המתייבש, מה שמאט את הזרימה בעונת הגשמים. נמצא כי כדי לסלק מאפיק הנחל את הצומח המעוצה שהתבסס בו בעונות היובש נדרשת זרימת שיא שיטפונית אחת ל 4-5 שנים. אך תפיסת המים במעלה הנחל על ידי מאגר מקטינה תדירות זו ל 30-40 שנים (שטובר-זיסו וחוב, 2014), פרק זמן המביא לשינויים בצומח של אפיק הנחל, ובתפקודו בוויסות משטר הזרימה והסחף ובוויסות איכות המים. נראה כי ככל שהמרחק מהמאגר גדל, הצטברות הצמחייה באפיקים פחות ניכרת מאחר ששטח האגן התורם הולך וגדל ועוצמת השיטפונות בו עולה. גם אפיקי נחלים עם זרימה סובלים מצמצום הספיקות שעוברות דרכם בשל פעולות למיתון שיטפונות. צמצום הזרימות גורם לירידה במהירות הזרימה ולשקיעת סחף או אי סילוקו מהקרקעית, דבר שהוא חלק מהאופי של אפיקי נחלים באקלים ים תיכוני.

6. פערי ידע

קיימים פערי ידע משמעותיים במרבית השירותים שמספקות מערכות אקולוגיות של מקווי מים פנים ארציים בישראל. חסר מידע על תפקידם של רכיבי המערכות האקולוגיות באספקת שירותים שונים ועל השלכות מצב המערכות על אספקת שירותים אלו. החוסר במידע מקשה על הערכת ממדיהם של השירותים אותן מספקות המערכות האקולוגיות הלחות ולכן גם על מתן תגובות מיטביות לשינויים באספקת שירותים אלה. הפערים הבולטים נוגעים ל:

- מידע כמותי על השפעתם של הגורמים מחוללי השינוי הישירים, הן על המערכות השונות של מקווי המים הפנים ארציים והן על שירותים ספציפיים שמערכות אלה מספקות.
- ממדי ההפקה של שרות אספקת דגה על ידי הדיג החובבני, כולל פילוח המשתמשים, הרכב המינים של הדגה הנלכדת והמגמות.
- פילוח כמותי של כלל המשתמשים בשירותי התרבות השונים שמספקות מערכות מקווי המים הפנים ארציים של ישראל, וכן מידע על הקשר בין מרכיביו הביולוגיים, כולל מינים ספציפיים בולטים, לבין שימושים אלה.
- תרומתם של בריכות הדגים והמאגרים לשירות הצפרות ובכלל זה לקביעת מסלולי הנדידה של עופות – ממדי השימוש ופילוח המשתמשים בשירות זה.
- מידע כמותי על שירותי וויסות מרכזיים שמספקים מקווי המים הפנים ארציים בישראל – ויסות איכות המים, ויסות אקלים מקומי וויסות שיטפונות.
- מידע עדכני על מיני הדגה המאכלסים את מקווי המים בישראל ובפרט על מינים מקומיים ופולשים, ואילו שירותים הם מספקים לאדם.
- היקף תפוצת מיני צמחים ובע"ח פולשים במקווי מים.
- כמויות המים הנצרכות ופילוח הצריכה ממקורות המים הטבעיים של ישראל.

7. רשימת מקורות

מבוא למערכת העל

- אחירון-פרומקין, ת. וטאובר, י. (2010). דוח מצב הטבע 2010. המארג.
גלזמן, ה. (2002). זכות הטבע למים. הוצג בכנס האגודה הישראלית למשאבי מים בכפר גלעדי, מאי 2002.
גפני, ש. ואלרון, א. (2011). סקר בריכות חורף (מקווי מים עונתיים) במישור החוף המרכזי והדרומי, מרץ - יוני 2010. מוגש לרשות הטבע והגנים.
גפני, ש. וגזית, א. (2005). שלוליות חורף בישראל: דו"ח סקר שלוליות חורף לשנים 1997–2003. הוגש לרשות הטבע והגנים.
סקוטלסקי א. ופרלמוטר, מ. (2012). געגועים לנחל – הנחלים ובתי הגידול הלחים בישראל: מצב קיים, ומתווה לשיקום הידרולוגי ואקולוגי. החברה להגנת הטבע.
קפלן, ד. ופדרמן, ר. (2014). ברג, ג. (עורכת). דוח מצב בתי הגידול הלחים בישראל. המארג.
שמידע, א. פולק, ג., ופרגמן-ספיר, א. (2011). הספר האדום: צמחים בסכנת הכחדה בישראל. רשות הטבע והגנים.
Carpenter, S. R., Stanley, E. H., & Vander Zanden, M. J. (2011). State of the world's freshwater ecosystems: physical, chemical, and biological changes. *Annual Review of Environment and Resources*, 36, 75-99.
Levin, N., Elron, E., & Gasith, A. (2009). Decline of wetland ecosystems in the coastal plain of Israel during the 20th century: implications for wetland conservation and management. *Landscape and Urban Planning*, 92, 220-232.
Strayer, D. L., & Dudgeon, D. (2010). Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(1), 344-358.

גורמים מחוללי שינוי

- אגמי, מ. (1973). השפעת הזיהום של מי נחל אלכסנדר והירקון על צמחייתם. טבע וארץ, 15, 242-247.
בנט, ע., פרימן, ש. ואנגל, ד. (2016). חקלאות המים בישראל ושירותי המערכת שהיא מספקת. דיג ומדגה, 2, 2032-2022.
גרון, מ. (2002). מחלקת הדגים. בתוך: דולב, ע. ופרבולוצקי, א. (עורכים). הספר האדום של החולייתנים בישראל (עמ' 52-39). הוצאת רשות הטבע והגנים והחברה להגנת הטבע.
גפני, ש. ואלרון, א. (2011). סקר בריכות חורף (מקווי מים עונתיים) במישור החוף המרכזי והדרומי, מרץ - יוני 2010. מוגש לרשות הטבע והגנים.
דופור דרור ז"מ (2010). הצמחים הפולשים בישראל. העמותה לעידוד וקידום שמירת הטבע במזרח התיכון, ירושלים. החברה להגנת הטבע.
המשרד להגנת הסביבה. (2017). סיכום פעילות הוועדה המייעצת למנהל רשות המים למתן צווי הרשאה לחורמה לנחלים לשנת 2016. המשרד להגנת הסביבה, רשות המים ומשרד הבריאות.
הרשקוביץ, י., שניידר, י., שפירא, ע. והאן, א. (2013). פיתוח ממשק בר-קיימה לפעולות להדברת יתושים ולהגנה על המגוון הביולוגי במקווי מים בישראל. המלצות למדיניות. החברה להגנת הטבע, המשרד להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים.
זהרי, ת. (2011). משבר הדיג בכנרת. אקולוגיה וסביבה, 2(2), 89-90.
טל, ד. (2017). כשל המאגרים והטיפול השלישוני. כתבות מקצועיות - אתר מים והשקיה ארגון עובדי המים.
כספי-אורון, ש. ואלעד, נ. (2010). דו"ח אדם טבע ודין לעוני סביבתי 2009-2010. אדם טבע ודין וקרן ברכה.
מבקר המדינה. (2011). עוקול אגף הדיג. דוח שנתי 61 לשנת 2010 ולחשבונות שנת הכספים 2009.
נתניהו, ס. (2017). התפלת מי ים - חוסן, אתגרים וסיכונים. אקולוגיה וסביבה, 8(4), 38-47.
ספיר, ג. ואשכנזי, מ. (2010). ישימות של מערכות אגנים ירוקים לטיפול בשפכים בישראל. DHV MED. מחקרי המדען הראשי המשרד לאיכות הסביבה.
סקוטלסקי, א. (2013). ניהול משאבי המים הטבעיים ברמת האגן: הערך והחשיבות של שקיפות ושיתוף הציבור לאיזון בין אינטרסים מנוגדים. בתוך: פרידלר, ע., זיידה, מ., שביב, א. וגלבוט, י. (2013). מים לטבע ושיקום נחלים: סיכום והמלצות דיון פורום המים מס' 3. מוסד שמואל נאמן, רשות המים ומכון גרנד לחקר המים.

- סקוטלסקי, א. ולוינגר, ז. (2014). שיפור התפקוד האקולוגי של בריכות דגים: עקרונות לתכנון וממשק אקולוגי: סקירת ספרות והמלצות ראשוניות. קרן נקודת ח"ן והחברה להגנת הטבע.
- סקוטלסקי, א. ופרלמוטר, מ. (2012). געגועים לנחל - הנחלים ובתי הגידול הלחים בישראל: מצב קיים, ומתווה לשיקום הידרולוגי ואקולוגי. החברה להגנת הטבע.
- פרגמנט, ד. (2013). ניהול נחל - אתגרים ופתרונות. בתוך: פרידלר, ע., זיידה, מ., שביב, א. וגלבוט, י. מים לטבע ושיקום נחלים: סיכום והמלצות דיון פורום המים מס' 3. מוסד שמואל נאמן, רשות המים ומכון גרנד לחקר המים.
- פרלברג, א., רון, מ., שגב, א. ורמון, א. (2009). רגישות סביבתית לפעולות תחזוקה של הערוצים ברשות ניקוז ונחלים גליל מערבי. מכון דש"א.
- פרלמוטר, מ. (2008). מעיינות ונחלים בישראל 2008 - דוח החברה להגנת הטבע על מצב המים במעיינות ונחלים. דוח מס' 1 - מצב המים במעיינות ונחלים בחינה משווה - עבר והווה. החברה להגנת הטבע.
- פתאל, ו. (2014). התפתחות מחיר המים למשקי-בית בישראל ובמדינות המפותחות. מוגש לוועדת הכספים. הכנסת, מרכז המחקר והמידע, המחלקה לפיתוח תקציבי.
- רוטשילד, א. ופדרמן, ר. (2012). מינים פולשים בישראל - תיאור הסיכונים והמלצות למדיניות מונעת. החברה להגנת הטבע.
- רימר, א. (2008). מליחות הכנרת בהשפעת מפלסי וספיקות חיצוניות. חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ, המעבדה לחקר הכנרת.
- רשות הטבע והגנים (2003). זכות הטבע למים. דרישות מים עבור גופי מים ובתי גידול לחים - מסמך מדיניות. רט"ג והמשרד להגנת הסביבה.
- רשות המים (2012). דל"ח פעילות רשות המים לשנת 2011.
- רשות המים (2013). דל"ח פעילות רשות המים לשנת 2012.
- רשות המים (2014). דל"ח פעילות רשות המים לשנת 2013.
- רשות המים (2015). דל"ח פעילות רשות המים לשנת 2014.
- רשות המים (2016). דל"ח פעילות רשות המים לשנת 2015.
- רשות המים (2018). סקר הפקת מים לשנת 2015. חטיבת אסדה, רשות המים.
- צלול (-). דף העמדה של עמותת צלול בנושא הטיפול בנגב. נדלה ב-01.11.17 מתוך אתר צלול.
- שטובר-זיסו, נ., ענבר, מ., קפלן, ד., גלזמן, ה. ואורטל, ר. (2013). השפעות סביבתיות וגיאומורפולוגיות של מאגרי מים בגולן על נחליו. בתוך: עמית, ח. (עורכת). נחלים ומים בגולן (עמ' 199-215). הוצאת יד בן צבי.
- שיינס, א. ואייזנר, א. (2007). תשטיפי כבישים והשפעתם על מערכות ביולוגיות. דו"ח פרויקט מסכמ. החוג לביולוגיה אוניברסיטת חיפה - אורנים וביה"ס לכימיה, אוניברסיטת תל אביב.
- שקדי, י. ושדות, א. (2000). מסדרונות אקולוגיים בשטחים הפתוחים: כלי לשמירת טבע. ירושלים: חטיבת המדע, רשות הטבע והגנים.
- Battaglin, W. A., Rice, K. C., Focazio, M. J., Salmons, S., & Barry, R. X. (2008). The occurrence of glyphosate, atrazine, and other pesticides in vernal pools and adjacent streams in Washington, DC, Maryland, Iowa, and Wyoming, 2005–2006. *Environmental Monitoring and Assessment*, 155, 281-307.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. Washington, D.C. Sprawl Watch Clearinghouse.
- Boeckman, C. J., & Bidwell, J. R. (2007). Spatial and seasonal variability in the water quality characteristics of an ephemeral wetland. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, 87, 45-54.
- Boone, M. D., & Pauli, B. D. (2008). Chemical contamination of vernal pools. In: Clahoun, A. J. K., & deMaynadier, P. G. (Eds.). *Science and Conservation of Vernal Pools in North America* (pp. 215-225). Taylor & Francis. USA.
- Brooks, R. T. (2005). A review of basin morphology and pool hydrology of isolated ponded wetlands: implications for seasonal forest pools of the northeastern United States. *Wetlands Ecology and Management*, 13, 335-348.
- Cable Rains, M., Fogg, G. E., Harter, T., Dahlgren, R. A., & Williamson, R. J. (2006). The role of perched aquifers in hydrological connectivity and biogeochemical processes in vernal pool landscapes, Central Valley, California. *Hydrological Processes*, 20(5), 1157-1175.

- Carpenter, S. R., Stanley, E. H., & Vander Zanden, M. J. (2011). State of the world's freshwater ecosystems: physical, chemical, and biological changes. *Annual Review of Environment and Resources*, *36*, 75-99.
- Collinge, S. K., Ray, C., & Gerhardt, F. (2011). Long-term dynamics of biotic and abiotic resistance to exotic species invasion in restored vernal pool plant communities. *Ecological Applications*, *21*, 2105-2118.
- Davidson, C., Shaffer, H. B., & Jennings, M. R. (2002). Spatial tests of the pesticide drift, habitat destruction, UV-B, and climate-change hypotheses for California amphibian declines. *Conservation Biology*, *16*, 1588-1601.
- De Meester, L., Declerck, S., Stoks, R., Louette, G., Van De Meutter, F., De Bie, T., . . . Brendonck, L. (2005). Ponds and pools as model systems in conservation biology, ecology and evolutionary biology. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *15*(6), 715-725.
- Dodd Jr, C. K., & Smith, L. L. (2003). Habitat destruction and alteration: Historical trends and future prospects for amphibians. In Semlitsch, R. D. (Ed.). *Amphibian Conservation* (pp. 94-112). Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Ehrenfeld, J. G. (2008). Exotic invasive species in urban wetlands: environmental correlates and implications for wetland management. *Journal of Applied Ecology*, *45*, 1160-1169.
- Elferink, E. V., Nonhebel, S., & Moll, H. C. (2008). Feeding livestock food residue and the consequences for the environmental impact of meat. *Journal of Cleaner Production*, *16*(12), 1227-1233.
- Erwin, K. L. (2008). Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecological Management*, *17*, 71-84.
- Fan, M., Shibata, H., & Wang, Q. (2016). Optimal conservation planning of multiple hydrological ecosystem services under land use and climate changes in Teshio river watershed, northernmost of Japan. *Ecological Indicators*, *62*, 1-13.
- Forman, R. T. T., & Alexander, L. E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, *29*, 207-231.
- Gerhardt, F., & Collinge, S. K. (2003). Exotic plant invasions of vernal pools in the Central Valley of California, USA. *Journal of Biogeography*, *30*, 1043-1052.
- Hambright, K. D., & Shapiro, J. (1997). The 1993 collapse of the Lake Kinneret bleak fishery. *Fisheries Management and Ecology*, *4*(4), 275-283.
- Hager, H. A. (2004). Competitive effect versus competitive response of invasive and native wetland plant species. *Oecologia*, *139*, 140-149.
- Hamer, A. J., Lane, S. J., & Mahony, M. J. (2002). The role of introduced mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) in excluding the native green and golden bell frog (*Litoria aurea*) from original habitats in south-eastern Australia. *Oecologia*, *132*, 445-452.
- Houlahan, J. E., & Findlay, C. S. (2004). Effect of invasive plant species on temperate wetland plant diversity. *Conservation Biology*, *18*, 1132-1138.
- Howard, G. (1999). Invasive species and wetlands. Outline of a keynote presentation to the 7th Conference of the Contracting Parties to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971). *People and Wetlands: The Vital Link*. Ramsar COP7 DOC. 24.
- Hurlbert S. H., & Mulla M. S. (1981). Impacts of mosquitofish (*Gambusia affinis*) predation on plankton communities. *Hydrobiologia*, *83*, 125-151.
- Joint Nature Conservation Committee. (2007). [Conservation Status Assessment for H3170: Mediterranean Temporary Ponds](#). Second report by the UK under article 17 on the implementation of the habitats directive from January 2001 to December 2006. Peterborough: JNCC.
- Levin, N., Elron, E., & Gasith, A. (2009). Decline of wetland ecosystems in the coastal plain of Israel during the 20th century: implications for wetland conservation and management. *Landscape and Urban Planning*, *92*, 220-232.

- Markel, D., Shamir, U., & Green, P. (2014). Operational management of Lake Kinneret and its watershed. In: Zohary, T., Sukenik, A., Berman, T., & Nishri, A. (Eds.). *Lake Kinneret* (pp. 541-560). Springer Netherlands.
- Matthews, J. W., Peralta, A. L., Soni, A., Baldwin, P., Kent, A. D., & Endress, A. G. (2009). Local and landscape correlates of non-native species invasion in restored wetlands. *Ecography*, *32*, 1031-1039
- Mazza, G., Tricarico, E., Genovesi, P., & Gherardi, F. (2014). Biological invaders are threats to human health: an overview. *Ethology Ecology and Evolution*, *26*, 112-129.
- Metzger, M. J., Rounsevell, M. D. A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R., & Schroter, D. (2006). The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *114*, 69-85.
- Newcomb Homan, R., Wundmiller, B. S., & J. Reed, M. (2004). Critical thresholds associated with habitat loss for two vernal pool-breeding amphibians. *Ecological Applications*, *14*, 1547-1553.
- Nguyen, T. L. T., Hermansen, J. E., & Mogensen, L. (2010). Environmental consequences of different beef production systems in the EU. *Journal of Cleaner Production*, *18*(8), 756-766.
- Nishri, A. (2011). Long-term impacts of draining a watershed wetland on a downstream lake, Lake Kinneret, Israel. *Air, Soil and Water Research*, *4*, ASWR-S6879.
- Ostrovsky, I., Rimmer, A., Yacobi, Y. Z., Nishri, A., Sukenik, A., Hadas, O., & Zohary, T. (2013). Long-term changes in the Lake Kinneret ecocystem: the effect of climate change and anthropogenic factors. In: Goldman, C. R., Kumagai, M., & Robarts, R. D. (Eds.). *Climate Changes and Global Warming of Inland Waters: Impacts and Mitigation for Ecosystems and Societies*. John Wiley & Sons Ltd.
- Otto, R. (1973) Temperature tolerance of the mosquito fish. *Journal of Fish Biology*, *5*, 575-585.
- Pulliam, H. R., & Johnson, B. R. (2002). Ecology's new paradigm: What does it offer designers and planners?. In: Johnson, B., & Hill, K. (Eds.). *Ecology and Design: Frameworks for Learning* (pp. 51-84). Washington: Island Press.
- Pyke, C. R. (2005). Assessing climate change impacts on vernal pool ecosystems and endemic branchiopods. *Ecosystems*, *8*, 95-105.
- Richardson, M. J., Whoriskey, L. H., & Roy, L. H. (1995). Turbidity generation and biological impacts of an exotic fish *Carassius auratus*, introduced into shallow seasonally anoxic ponds. *Journal of Fish Biology*, *47*, 576-585.
- Rimmer, A., & Nishri, A. (2014). Salinity Lake Kinneret (pp. 113-131): Springer.
- Roll, U., Dayan, T., Simberloff, D., & Goren, M. (2007). Characteristics of the introduced fish fauna of Israel. *Biological Invasions*, *9*(7), 813-824
- Roll, U., Dayan, T., Simberloff, D., & Mienis, H. K. (2009). Non-indigenous land and freshwater gastropods in Israel. *Biological Invasions*, *11*(8), 1963-1972.
- Samuels, R., Rimmer, A., & Alpert, P. (2009). Effect of extreme rainfall events on the water resources of the Jordan River. *Journal of Hydrology*, *375*, 513-523.
- Schiffer, D. M. (1989). *Effects of Highway Runoff on the Quality of Water and Bed Sediments of Two Wetlands in Central Florida*. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 88-4200.
- Sparling, D. W., Fellers, G. M., & McConnell, L. S. (2001). Pesticides and amphibian population declines in California, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *20*, 1591-1595.
- Sternberg, M., Gabay, O., Angel, D., Barneah, O., Gafny, S., Gasith, A., . . . Rilov, G. (2015). Impacts of climate change on biodiversity in Israel: an expert assessment approach. *Regional Environmental Change*, *15*(5), 895-906.
- Suari, Y., Dadon-Pilosof, A., Sade, T., Amit, T., Gilboa, M., Gafny, S., Topaz, T., Zedaka, H., Boneh, S., and Yahel, G. (2019). A long term physical and biogeochemical database of a hyper- eutrophicated Mediterranean micro-estuary. *Data in Brief* <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104809>
- Suriya, S., & Mudgal, B. V. (2012). Impact of urbanization on flooding: the Thirusoolam sub watershed – a case study. *Journal of Hydrology*, *412-413*, 210-219.

- Vitousek, P. M., D'antonio, C. M., Loope, L. L., Rejmanek, M., & Westbrooks, R. (1997). Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*, 21(1) 1-16.
- Wainwright, J., & Thornes, J. B. (2004). *Environmental Issues in the Mediterranean: Processes and Perspective from the Past and Present*. Routledge, Taylor & Francis.
- Windmiller, B., & Calhoun, A. J. (2008). Conserving vernal pool wildlife in urbanizing landscapes. In A. J. K. Calhoun & DeMaynadier, P. G. (Eds.). *Science and Conservation of Vernal Pool in Northeastern North America* (pp. 233-251). Florida: CRC Press.
- Wijesekara, G. N., Gupta, A., Valeo, C., Hasbani, J. G., Qiao, Y., Delaney, P., & Marceau, D. J. (2012). Assessing the impact of future land-use changes on hydrological processes in the Elbow River watershed in southern Alberta, Canada. *Journal of Hydrology*, 412-413, 220-232
- Zacharias, I., Dimitriou, E., Dekker, A., & Dorsman, E. (2007). Overview of temporary ponds in the Mediterranean region: threats, management and conservation issues. *Journal of Environmental Biology*, 28, 1-9.
- Ziv, B., Saaroni, H., Pargament, R., Harpaz, T., & Alpert, P. (2014). Trends in rainfall regime over Israel, 1975–2010, and their relationship to large-scale variability. *Regional Environmental Change*, 14(5), 1751-1764.

מבואות לתתי מערכות

- אגמון החולה (2017). ארכיון. נצפה ב-26 באוקטובר 2017.
- אחירון-פרומקין, ת. וטאובר, י. (2010). *דוח מצב הטבע 2010*. המארג.
- אלון, כ. (2008). צפרות באזור הכנרת. אתר למטייל. נצפה ב-2 ביוני 2008.
- אלמגור, ג. ופרת, א. (2012). *חוף הים התיכון של ישראל*. מהדורה שלישית מורחבת. משרד האנרגיה והמים, המכון הגיאולוגי.
- אלרון, א. (2007). דעיכת אוכלוסיות דו-חיים: מקרה הקרפדה הירוקה (*Bufo viridis*) - תהליכים והיבטים ביולוגיים אקולוגיים (עבודת דוקטורט). אוניברסיטת תל אביב.
- אלרון, א. ורוטשילד, א. (2012). מעיינות בישראל - הטבע והאדם. החברה להגנת הטבע.
- ארבל, א. (1976). *מסלול נחל הכשור*. החברה להגנת הטבע.
- ארצי, י. וענבר, ב. (2015). *דוח שמורת החולה לשנת 2014*. רשות שמורות הטבע והגנים.
- ארצי, י. (2015). *דוח שמורת החולה לשנת 2015*. רשות שמורות הטבע והגנים.
- בן צבי, ג., יום-טוב, י. ולשם, י. (2016). *צמצום נוקי ציפורים במדגה הישראלית, סקירת חלופות וכיווני פיתוח*. מצגת ליום עיון 'מדגה בר-קיימא'. אוניברסיטת תל אביב.
- בנט, ע., פרימן, ש. ואנג'ל, ד. (2016). חקלאות המים בישראל ושירותי המערכת שהיא מספקת. *דיג ומדגה*, 2, 2032-2022.
- ברתנא, ג. (2014). פורום המעיינות - תפישה בינתחומית למעיינות כאתרים בעלי רגישות במורשת הנוף. בתוך: מעיינות הרי יהודה - לאן? עמ' 6-7.
- גבירצמן, ח. (2002). *אגם הכנרת: מאזן המים, שאיבות ומפלסים; מליחות הכנרת; ייבוש החולה והצפתה מחדש*. משאבי המים בישראל: פרקים בהידרולוגיה ובמדעי הסביבה.
- גולני, ד. ורום, ד. (1997). *מדריך הדגים של ישראל*. הוצאת כתר.
- גזית, א. (1978). *המים כסביבת חיים ושולולית החורף*. המכון לחקר שמירת הטבע. הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל אביב.
- גזית, א. (עורך). (2006). *סקר אקולוגי "שקע הרצליה" (הבאסה)*. מוגש לאגף מהנדס העיר, עיריית הרצליה.
- גזית, א. (2010). מבנה ותפקוד מערכות נחלים ים תיכוניים - רקע לדיון. רב-שיח בנושא מדיניות שיקום ושימור נחלי ישראל. *אקולוגיה וסביבה*, 1(3), 55-77.
- גזית, א. ומילשטיין, ד. (2003). *הביולוגיה של שלולית החורף*. קמפוס טבע, המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל אביב.
- גפן, מ. וגל, י. (1992). *ספר הכנרת*. תל-אביב: הוצאת משרד הביטחון.
- גפני, ש. (1986). *הביולוגיה והאקולוגיה של חפרית עין החתול (*Pelobates syriacus*)* (עבודת מאסטר). אוניברסיטת תל אביב.

גפני, ש. (2009). בריכת החורף בנתניה: דו"ח מצב אקולוגי לשנת 2009. מתוך אתר עיריית נתניה. נצפה ב-13 במאי 2016.

גפני, ש. ואלרון, א. (2011). סקר בריכות חורף (מקווי מים עונתיים) במישור החוף המרכזי והדרומי, מרץ - יוני 2010. מוגש לרשות הטבע והגנים.

גפני, ש. וגזית, א. (2005). שלוליות חורף בישראל: דו"ח סקר שלוליות חורף לשנים 1997-2003. הוגש לרשות הטבע והגנים.

גרניט, כ. (2014). זורסים ועופות מים בכפר ברוד. אתר הצפרות הישראלי. נצפה ב-19 בנובמבר 2018.

דותן, ד. (2016.11.08). איך הדגים שומרים על איכות מי השתייה שלנו? כלכלת מים. גלובס.

החברה להגנת הטבע (-). דגים של מים מתוקים בישראל. נצפה ב-25 באוקטובר 2017.

גורן, מ. (2002). דגי נחלים ואגמים בישראל. מתוך: דולב, ע. ופרבולוצקי, א. (עורכים). הספר האדום של החולייתנים בישראל (48-36). הוצאת רשות הטבע והגנים והחברה להגנת הטבע.

המשרד להגנת הסביבה. (2017). נחלים כמערכת אקולוגית. נצפה ב-11 בדצמבר 2017.

וכטל, ע., אביב, מ. וקורן-רייסנר, ע. (2012). סקר תשתיות טבע עירוני בחיפה. המשרד להגנת הסביבה, החברה להגנת הטבע, רט"ג, עיריית חיפה, קרן ברכה ורשות נחל קישון.

זעירא, ג., פיטקובסקי, י. ואזולאי, ב. (2017). ריאיון עם ביולוגים ארציים של רשות המים. מעבדה ראשית אתר אשכול, מקורות.

חקר ימים ואגמים לישראל. (2016). דו"ח חצי שנתי לתכנית ניטור כנרת. מוגש לרשות המים.

טל, ד. (2017). כשל המאגרים והטיפול השלישוני. כתבות מקצועיות, אתר מים והשקיה, ארגון עובדי המים.

כהן, ג. (2011). עתיד ים המלח וסביבתו. בתוך: רב-שיח בנושא שיקום ים המלח. אקולוגיה וסביבה, 2(1), 64-65.

לבנה, מ. (1990). ייבוש החולה. אריאל, אוגוסט 1990, 76-75.

לשם, י., אלון, ד., אבי-יאיר-אנגל, י., אידלמן, ע., חקלאי, ר. (2009). פיתוח רשת מוקדי צפרות בישראל ותרומתה לסביבה, לתיירות, לחינוך ולמחקר. מכון ירושלים לחקר ישראל, משרד החינוך, המשרד להגנת הסביבה, משרד התיירות, החברה להגנת הטבע, המרכז הבין-לאומי לחקר נדידת הציפורים בלטרון, אוניברסיטת תל אביב.

מרקל, ד. (2012). הצמחייה החופית בכנרת - רקע, בעיות ופתרונות. רשות המים, תחום כנרת.

מפ"י (המרכז למיפוי ישראל). (2017). מאגרי מים ובריכות דגים, בנט"ל מתקדם 2017.

משרד החקלאות. (2012). כמה דגים אנחנו אוכלים בשנה? איזה דג הישראליים הכי אוהבים? איפה מגדלים דגים בארץ? ואיזה דג הכי תורם לכלכלה? פרסומי יחידת דוברות והסברה.

סילבר, ט. (2017). מודל מרחבי לבחינת ממשק הדיג באגם הכנרת. אוניברסיטת חיפה.

סביר, ב. והראל, י. (2004). אוצר בידיים: ניהול ושימור המים. המרכז לטכנולוגיה חינוכית.

סקוטלסקי, א. ואורון, ט. (2008). שמורת החולה ושמורת נחל עינן. תיק ממשק. רשות הטבע והגנים הלאומיים.

סקוטלסקי, א. ולבינגר, ז. (2015). הרפורמה בענף המדגה - חלון הזדמנויות לשיפור התפקוד האקולוגי של ברכות דגים. אקולוגיה וסביבה, 6(2), 76-75.

עופר, א. (2010). מי פלט בריכות הדגים: סקירה ובחינה כלכלית ראשונית. עמותת "צלול".

ענבר, ב., ארצי, י., מלכה, י. וזגורי, ד. (2012). דוח דו-שנתי שמורת החולה 2010-2011.

פרגמנט, ד. (2007). הטיפול בנחלים בישראל תהליכים באגני היקוות והמסגרת הארגונית - המקרה של נחל הירקון. (עבודת דוקטורט). אוניברסיטת חיפה.

צלול (2016). פלט בריכות דגים - הרפורמה יוצאת לדרך. נצפה ב-1 בנובמבר 2017 מתוך: www.zalul.org.il/?page_id=137

קסלר, א. ואפרתי, ש. (2011). בחינה אקו-הידרולוגית של נחל שורק וסביבותיו. החברה להגנת הטבע.

רבהון, צ. (1999). מגמות בתכנון מאגרי מים בישראל. מים והשקיה, 388, 3-8.

רוטשילד, א. ופרלמן, י. (2010). בריכות חורף בישראל: חשיבות ואתגר השימור מידע לקובעי מדיניות ולמנהלי שטח. החברה להגנת הטבע.

רז, א. והשירות ההידרולוגי. (2017). נתוני משמר המפלט. מתוך אתר קיבוץ עין-גדי. נצפה ב-19 בנובמבר 2018.

רז, י. (2015). סיכום ישיבת הוועדה להכוונת ממשק הדיג ואכלוס הכנרת מיום 26/3/2015. רשות המים תחום כנרת.

- רייכמן, א., קפלן, ד. וליטאור, א. (2014). סקירת ניטור בעמק החולה 2014: מיפוי וסקירת ניטור קיים והצעה לתכנית ניטור. המארג.
- רימר, א. (2008). מליחות הכנרת בהשפעת מפלסים וספיקות היצוניות. חקר ימים ואגמים לישראל, המעבדה לחקר הכנרת.
- רימר, א. (2009). מנגנון ספיקת מים ומלח מן המעיינות המלוחים במערב הכנרת. חקר ימים ואגמים לישראל.
- רימר, א. (2018). מליחות האגם. אתר חקר ימים ואגמים לישראל - הכנרת כמערכת אקולוגית. נצפה ב-19 בנובמבר 2018.
- רמון, א., רפפורט, ע., מורד, א., שיצר, ד., דולב, ע., אלון, ד., גל, י. ולוין, מ. (2001). הכנרת, חופיה וסביבתה: סקר, ניתוח והערכה של משאבי טבע, נוף ומורשת. מכון דש"א.
- רשות המים (2017א). ים המלח. נצפה ב-23 באוקטובר 2017.
- רשות המים (2017ב). מקורות מים: אגן הכנרת. נצפה ב-25 באוקטובר 2017.
- שלומי, ט., הרפז, ש. ופרוימן, ג. (2013). תמונת המצב העדכנית בשווקים נבחרים לדגי גני. משרד החקלאות ופיתוח הכפר. נצפה ב-5 באוגוסט 2017.
- שמידע, א., פולק, ג. ופרגמן-ספיר, א. (2007). הספר האדום: צמחים בסכנת הכחדה בישראל. רשות הטבע והגנים.
- תצמצם הספקת מים לבריכות דגים – מאפריל (6 בדצמבר, 1973). דבר.
- Bodaker, I., Sharon, I., Suzuki, M. T., Feingersch, R., Shmoish, M., Andreishcheva, E., . . . Bějá, O. (2010) Comparative community genomics in the Dead Sea: an increasingly extreme environment. *The ISME Journal*, 4, 399-407.
- Cohen-Shacham, E. (2015). *Exploring the Relationship Between Ecosystem Management and the Provision of Ecosystem Services: A Comparative Analysis Between the Hula and Camargue Wetlands* (PhD dissertation). Tel-Aviv University.
- Collinson, N. H., Biggs, J., Corfield, A., Hodson, M. J., Walker, D., Whitfield, M., & Williams, P. J. 1995. Temporary and permanent ponds: an assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities. *Biological Conservation*, 74, 125-133.
- Cummings, D., Goren, M., Gasith, A., & Zohary, T. (2017). Inundated shore vegetation as habitat for cichlids breeding in a lake subjected to extreme water level fluctuations. *Inland Waters* 7:449-460.
- Dimentman, C., Bromley, H. J., & Por, F. D. (1992). *Lake Hula: Reconstruction of the Fauna and Hydrobiology of a Lost Lake*. The Israel Academy of Science and Humanities, Jerusalem.
- Gafny, S., and Gasith, A. (1999). Spatially and temporally sporadic appearance of macrophytes in the littoral zone of Lake Kinneret, Israel: taking advantage of a window of opportunity. *Aquatic Botany* 62:249-267.
- Gafny, S., Gasith, A. and Goren, M. (1992). Effect of water level fluctuation on shore spawning of *Mirogrex terraesanctae* (Steinitz), (Cyprinidae) in Lake Kinneret, Israel. *Journal of Fish Biology* 41:863-871.
- Gasith, A., and Gafny, S. 1990. Effects of water level fluctuation on the structure and function of the littoral zone. Page 691 in M. M. Tilzer and C. Serruya, editors. Large lakes: ecological structure and function. Springer-Verlag, Berlin, New York.
- Gibbs, J. P. 2001. Wetland loss and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 14, 314-317.
- Ionescu, D., Siebert, C., Polerecky, L., Munwes, Y. Y., Lott, C., Häusler, S., . . . Ramette, A. (2012). Microbial and chemical characterization of underwater fresh water springs in the Dead Sea. *PLoS one*, 7(6), e38319.
- Keeley, J. E., & Zedler, P. H. (1998). Characterization and global distribution of vernal pools. In Witham, C. W., Bauder, E. T., Belk, D., Ferren, W. R. Jr., & Ornduff, R. (Eds.). *Ecology, Conservation, and Management of Vernal Pool Ecosystems*. Proceedings from 1996 Conference (Vol. 1, p. 14). California Native Plant Society, Sacramento, CA.
- Kis-Papo, T., Oren, A., Wasser, S. P., & Nevo, E. (2003). Survival of filamentous fungi in hypersaline Dead Sea water. *Microbial Ecology*, 45, 183-190.
- Levin, N., Elron, E., & Gasith, A. (2009). Decline of wetland ecosystems in the coastal plain of Israel during the 20th century: implications for wetland conservation and management. *Landscape and Urban Planning*, 92, 220-232.

- Mendelssohn, H. (1983). Herpetological nature protection. *Israel Land and Nature*. Fall 1983, 21-27.
- Mendelssohn, H. (1985). Winter rain pools of Israel - Neglected habitats in need of protection. *Israel Land and Nature*, 11, 74-77.
- Neev, D., & Emery, K. O. (1967). The Dead Sea. Depositional processes and environments of evaporites. *Israel Geol. Survey Bull.* **41**, 147.
- Olsvig-Whittaker, L., Oron, T., Kaplan, D., & Hassan, G. (2005). Conservation of Mediterranean wetlands: Israel's two "Ramsar" sites, En Afeq and Hula Nature Reserves. *Israel Journal of Plant Science*, 53, 253-259.
- Oren, A. (1983b). Bacteriorhodopsin – Mediate CO₂ photo-assimilation on the Dead Sea. *Limnology and Oceanography*, 28(1), 31-41.
- Oren, A. (2010). The dying Dead Sea: the microbiology of an increasingly extreme environment. *Lakes & Reservoirs Research and Management*, 15, 215-222.
- Ostrovsky, I., M. Goren, J. Shapiro, G. Snovsky, and A. Rynskiy. (2014). Fish biology and ecology. Pages 273-292 Lake Kinneret. Springer.
- Ostrovsky, I., & Rynskiy, A. (2012). *Hydroacoustic monitoring of fish in Lake Kinneret*. Report submitted to the Israel Water Authority.
- Perl, R.G.B. Geffen, E., Malka, Y., Barocas, A., Renan, S., Vences, M., and Gafny, S. (2018). Population genetic analysis of the recently rediscovered Hula painted frog (*Latonia nigriventris*) reveals high genetic diversity and low inbreeding. *Scientific Reports*, 8:5588 | DOI:10.1038/s41598-018-23587-w
- Pollingher, U., Hadas, O., Yacobi, Y. Z., Zohary, T., & Berman, T. (1998). Aphanizomenon ovalisporum (Forti) in Lake Kinneret, Israel. *Journal of Plankton Research*, 20(7), 1321-1339.
- Shy, E., Beckerman, S., Oron, T., & Frankenberg, E. (1998). Repopulation and colonization by birds in the Agmon wetland, Israel. *Wetlands Ecology and Management*, 6, 159-167.
- Shmueli, M., Izhaki, I., Zinder, O., & Arad, Z. (2000). The physiological state of captive and migrating Great White Pelicans (*Pelecanus onocrotalus*) revealed by their blood chemistry. *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 125(1), 25-32.
- Simovich, M. A. (1998). Crustacean Biodiversity and Endemism in California's Ephemeral Wetlands. In Witham, C. W., Bauder, E. T., Belk, D., Ferren, W. R. Jr., & Ornduff, R. (Eds.). *Ecology, Conservation, and Management of Vernal Pool Ecosystems*. Proceedings from a 1996 Conference. California Native Plant Society, Sacramento, CA. pp. 107-118.
- Steinhorn, I. (1981). *A Hydrographical and Physical Study of the Dead Sea, During the Distruction of the Long-Term Meromictic Stratification* (PhD dissertation). Weizman Institute of Science, Rehovot.
- Weinberger, G. L., Yakov, Givati, Amir; Zilberbrand, Michael; Tal, Adi; Weiss, Menachem; Zurieli, Arik. (2012). [The natural water resources between the Mediteranian Sea and the Jordan River](#).
- Wilkansky, B. (1936). Life in the Dead Sea. *Nature*, 138, 467.
- Yaron, Z. (1964). Notes on the ecology and entomostracan fauna of temporary rainpools of in Israel. *Hydrobiologia*, 24(3-4), 489-513.
- Zedler, P. H. 2003. Vernal pools and the concept of "isolated wetlands". *Wetlands*, 23, 597-607.

אספקת מרעית למקנה

ארצי, י. (2015). *דוח שמורת החולה 2015*. רשות שמורות הטבע והגנים.
 דולב, ע., הנקין ז., יהודה י. וכרמל, י. (2013). הקטנת עומס הפרשות בקר בקרבת מעיינות וערוצי נחלים באמצעות אספקת מים, מזון וצל. *אקולוגיה וסביבה*, 3(4), 239-231.
 הנקין, ז., גוטמן, מ., הולצר, צ., זליגמן, נ. ונוי-מאיר, ע. (1997). גידול בקר במרעה חורש-ים-תיכוני. *השדה*, 77, 68-66.
 זליגמן, נ., אונגר, י., הנקין, ז., לנדאו, י., צעדי, א. ופרבולוצקי, א. (עורך). (2016). *על צומח, בעלי חיים ואנשים - תורת ניהול המרעה בישראל*. נקודת ח"ן.

- זליגמן, נ., רוזנפט, ת. וכזנלסון, נ. (1959). *המרעה הטבעי בישראל*. ספריית פועלים.
- לנדאו, י., אבו רביע, ע., אבלגון ד. ואבו-סיאם, ס. (2015). הרעייה העונתית של עדרי הבדואים ביערות קק"ל: התפתחויות מ-2009 ל-2014. *יער*, 15, 30-39.
- ענבר ב., ארצי, י., מלכה, י. וזגורי, ד. (2012). דו"ח דו-שנתי שמורת החולה 2010-2011. רשות הטבע והגנים.
- קפלן, ד. (2010). נהל רעייה בשמורות טבע. רשות הטבע והגנים.
- ריכמן, א., קפלן, ד. וליטאור, א. (2014). סקירת ניטור בעמק החולה 2014: מיפוי וסקירת ניטור קיים והצעה לתכנית ניטור. המארג.
- רשות הטבע והגנים (2015). *טבלת הסכמי רעייה בשטחי רט"ג מחוז צפון*. רשות הטבע והגנים.
- Elferink, E. V., Nonhebel, S., & Moll, H. C. (2008). Feeding livestock food residue and the consequences for the environmental impact of meat. *Journal of Cleaner Production*, 16(12), 1227-1233.
- Nguyen, T. L. T., Hermansen, J. E., & Mogensen, L. (2010). Environmental consequences of different beef production systems in the EU. *Journal of Cleaner Production*, 18(8), 756-766.

אספקת משאבים גנטיים

- אמוץ, ד. (1991). ההרדוף ורד החמור. טבע וארץ, חוברת ל"ג, 6. הוצאת החברה להגנת הטבע.
- בנט, ע. רובינשטיין, ג., עזר, ת., הורוביץ, א., להב, ע. וכנעני, א. (2012). *בדיקת פוטנציאל הגידול ועמידות לקור של קוני אמנון מטופחים*. סיכום עבודה שנערכה בתחנות המחקר של אגף הדיג 2010-2012. משרד החקלאות.
- דולב, ע. ופרובולוצקי, א. (2002). הספר האדום של החולייתנים בישראל. רשות הטבע והגנים.
- דיגדגים בע"מ. (2016). *רשת ספא דגים מהירדן*. נצפה ב-19 בנובמבר 2018.
- דיסקוס הגליל (2010). *ספא דגים*. נצפה ב-19 בנובמבר 2018.
- ולן, א. (2011). *חקר היבטים בעמידות למליחות בדגי אמנון תוך שימוש במינים אמנון יאור ואמנון מזומביק* (עבודת מאסטר). הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- לבנה, מ. (2017). *אתר צמח השדה: נענע משובלת*.
- מילשטיין, ד., אוזן, א., חזן, א., לידר, נ., סבה, ע., נשר, ר. וקשת, נ. (2017). יצירה של בתי גידול לחים ומערכות אקולוגיות בשמורת עינות צוקים ככלי לשימור ערכי טבע. *אקולוגיה וסביבה*, 8(1), 360-354.
- משרד החקלאות. (2002). *חוברת מקצועית לגידול דגים*. נצפה ב-19 בנובמבר 2018.
- קריספיל, נ. (1983). *ילקוט הצמחים*. צמחי הרפואה והתועלת של ישראל: תיאור, פולקלור, מתכונים בלעדיים ותושיית שדה. הוצאת כנה, ירושלים.
- שיטנברג, א., הושן, ד. וגורן, מ. (2007). *השפעת פעילות האדם על דגי האמנון (Tilapia) בישראל*. דיג ומדגה 2007, 3, 1130-1124.
- Ansah, Y. B., Frimpong, E. A., & Hallerman, E. M. (2014). Genetically-improved Tilapia strains in Africa: potential benefits and negative impacts. *Sustainability*, 6(6), 3697-3721.
- Ben-Dov, E. (2014). *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis and its dipteran-specific toxins*. *Toxins*, 6(4), 1222-1243.
- Bravo, A., Likitvivatanavong, S., Gill, S. S., & Soberón, M. (2011). *Bacillus thuringiensis: a story of a successful bioinsecticide*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 41(7), 423-431.
- Hulata, G. (2001). Genetic manipulations in aquaculture: a review of stock improvement by classical and modern technologies. *Genetica*, 111, 155-173.
- Goldberg, L. J., & Margalit, J. (1977). A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles sergentii*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. *Mosquito News*, 37(3), 355-358.
- Jordan River Garra Rufa. (2018). *Garra Rufa Fish Farm in north Israel*.

אספקת משאבים רפואיים

- קריספיל, נ. (1983). ילקוט הצמחים. צמחי הרפואה והתועלת של ישראל: תיאור, פולקלור, מתכונים בלעדיים ותושיית שדה. הוצאת כנה, ירושלים.
- רשות הטבע והגנים. (2014). ניטור מים ונחלים, דו"ח פעילות לשנת 2014. רשות הטבע והגנים בשיתוף המשרד להגנת הסביבה.
- Abdullah, S., Dar, L. M., Rashid, A., & Tewari, A. (2012). Hirudotherapy/leech therapy: applications and indications in surgery. *Archives of Clinical and Experimental Surgery*, 1(3), 172-180.
- Chrubasik, S., Künzel, O., Black, A., Conradt, C., & Kerschbaumer F. (2001). Potential economic impact of using a proprietary willow bark extract in outpatient treatment of low back pain: an open non randomised study. *Phytomedicine*, 8, 241-251.
- Langsdorf, M., Ghassempour, A., Römpf, A., & Spengler, B. (2010). Characterization of a peptide family from the skin secretion of the Middle East tree frog *Hyla savignyi* by composition-based de novo sequencing. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 24, 2885-2899.
- Ozer, J., Eisner, N., Ostrozhenkova, E., Bacher, A., Eisenreich, W., Benharroch, D., . . . Gopas, J. (2009). *Nuphar lutea* thioalkaloids inhibit the nuclear factor kappaB pathway, potentiate apoptosis and are synergistic with cisplatin and etoposide. *Cancer Biology & Therapy*, 8(19), 1860-1868.
- Shara, M., & Stohs, S. J. (2015). Efficacy and safety of white willow bark (*Salix alba*) extracts. *Phototherapy Recourses*, 29(8), 1112-1116.
- Tsakova, A., Surcheva, S., Bankova, V., Popova, M., Peev, D., Popivanov, P., . . . Vlaskovska, M. (2015). The effect of *Apium nodiflorum* in experimental osteoporosis. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 16(5), 414-423.

אספקת צמחי מאכל

- בוקמן, ש. ושלוח, ש. (2016). מנות בסכנת הכחדה – החייאת מסורת קולינרית נעלמת: ריאיון עם ד"ר נוף עתאמנה אסמעיל. *אקולוגיה וסביבה*, 7(2), 176-174.
- קריספיל, נ. (1983). ילקוט הצמחים. צמחי הרפואה והתועלת של ישראל: תיאור, פולקלור, מתכונים בלעדיים ותושיית שדה. הוצאת כנה, ירושלים.

אספקת דברי קישוט

- דואני, מ. (-). עמק החולה - החיים על גדות הפיצה הגדולה. מתוך אתר מסע אחר. נצפה ב-28 בפברואר 2016.
- קריסטל, י. (2014). קליעת מחצלות מצמחי מים. בתוך: עמית, ח. (עורכת). מים ונחלים בגליל התחתון. 125-97. יד יצחק בן-צבי.
- קריספיל, נ. (1983). ילקוט הצמחים. צמחי הרפואה והתועלת של ישראל: תיאור, פולקלור, מתכונים בלעדיים ותושיית שדה. הוצאת כנה, ירושלים.
- Cohen-Shacham, E. (2015). *Exploring the Relationship Between Ecosystem Management and the Provision of Ecosystem Services: A Comparative Analysis Between the Hula and Camargue Wetlands* (PhD dissertation). Tel-Aviv University.

אספקת דגה למאכל

- אוסטרובסקי, א. ורינסקי, א. (2013). ניטור ומחקרי כנרת. דו"ח פעילות המעבדה לשנת 2012. חקר ימים ואגמים לישראל.
- אוסטרובסקי, א. ורינסקי, א. (2014). ניטור הכנרת: דגים - סקרים הידרואקוסטיים. בתוך: ניטור ומחקרי הכנרת: דוח פעילות המעבדה בשנת 2013. חקר ימים ואגמים לישראל.
- ארצי, י. (2015). דו"ח שנתי החולה 2015. רשות שמורות הטבע והגנים.
- בן אהרון, י. (1973) שלושים וחמש שנה למדגה בישראל. דבר, 16 באפריל 1973.
- גולדשטיין, ת. (2015). ממשק דגי הבריכות בישראל ותרומתם לבריאות האדם. מצגת, ארגון מגדלי הדגים. נצפה ב-24 בדצמבר 2017.
- גולני, ד. ורום, ד. (1997). מדריך הדגים של ישראל. הוצאת כתר.

- גפן, מ. וגל, י. (1992). ספר הכנרת. תל-אביב: הוצאת משרד הביטחון.
- לוי, ע., בלמקר, י., היינש, ג., מוזס, נ., מילשטיין, ד., פרוימן, נ., . . . ורז, י. (2017). איסוף דגי קיפון משפכי נחלים - סיכום ותובנות של ועדת מומחים. האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה.
- לויה, א. (2004). ברנקו זיצר ומפעל הדגים בקורדני, 1947-1934. *קתדרה*, 111, 76-80.
- משרד החקלאות (2012). *כמה דגים אנחנו אוכלים בשנה? איזה דג הישראלי הכי אוהבים? איפה מגדלים דגים בארץ? ואיזה דג הכי תורם לכלכלה?* פרסומי יחידת דוברות והסברה.
- משרד החקלאות (2016). *נתונים אודות ענפי חקלאות המים והדיג בישראל נכון לשנת 2014*. האגף לדיג ולחקלאות מים, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
- סלומון, מ. (1978). *הדגים שאנו אוכלים*. דבר, 20 באפריל 1978.
- פרוימן, נ. (2014). *הדיג וחקלאות המים בישראל*. מצגת, אגף הדיג, משרד החקלאות.
- צלול (2012). "צלול" לאמנון כהן – אשר את תקנות המדגה. הודעה לעיתונות.
- Reich, K. (1978). Lake Kinneret fishing in its development. *Bamidgeh*, 30(2), 37-64 .
- Ricardo-Bertram, C. (1944). Abridged report on the fish and fishery of Lake Tiberias. Department of Agriculture and Fisheries, Palestine, 1-14 .

אספקת דגי נוי

- אגף הדיג. (2016). *נתונים אודות ענפי חקלאות המים והדיג בישראל נכון לשנת 2014*. משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
- ברכה, ג. וסימון, י. (2007). *סקירת ענף דגי הנוי הטורפיים ובחינה כלכלית*. שה"מ. נצפה ב-23 בנובמבר 2018.
- קחל, י. (2005). *השוק העולמי לדגי נוי*. משרד החקלאות ופיתוח הכפר, היחידה לחקר שווקים.
- קחל, י. (2009). *השוק העולמי לדגי נוי*. נצפה ב-23 בנובמבר 2018.
- שלומי, ט., הרפז, ש. ופרוימן, נ. (2013). *תמונת המצב העדכנית בשווקים נבחרים לדגי נוי*. משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
- Craig, J. F. (2015). *Freshwater Fisheries Ecology*. Wiley, Blackwell.
- Holmlund, C. M., & Hammer, M. (1999). Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, 29(2), 253-268.

אספקת מים

- אלרון, א. ורוטשילד, א. (2012). *מעיינות בישראל הטבע והאדם: ייחודיות אקולוגית של מעיינות והמלצות לניהול שימושי הפנאי והנופש של האדם*. החברה להגנת הטבע.
- בנט, ע. (2016). *שירותי המערכת של חקלאות המים בישראל: המועמדת הטבעית לניהול בר-קיימא*. מצגת יום עיון מדגה בר-קיימא, 13 באוקטובר 2016. מחקר דור לחקלאות מים, אגף הדיג, משרד החקלאות.
- בנט, ע., פרימן, ש. ואנג'ל, ד. (2016). *חקלאות המים בישראל ושירותי המערכת שהיא מספקת*. דיג ומדגה, 2, 2022-2032.
- גבעתי, א., טל, ע. ומרקל, ד. (2015). *היצע וביקוש למים באגן הכנרת: תמונת מצב עדכנית והמלצות הפקה*. רשות המים.
- גפני, ש. (2007). *סקר בריכות חורף, צפון רמת הגולן והחרמון*. הוגש לרשות הטבע והגנים, חטיבת מדע ומחוז הצפון.
- גפני, ש. (2013). *בריכות חורף בגולן*. בתוך: עמית, ח. (עורכת). *נחלים ומים בגולן* (עמ' 25-163). יד בן צבי.
- המשרד להגנת הסביבה. (2013). *תכנית האב מים לטבע - תקציר דו"ח התקדמות מס' I*.
- חואניקו, מ. ופרץ, י. (2012). *תרומת המדגה לאיכות הסביבה משאבי מים ובריאות הציבור*.
- מרקל, ד. (2016). *הכנרת בעידן ההתפלה ושינויי אקלים*. מצגת, רשות המים.
- פרלמוטר, מ. (2008). *מעיינות ונחלים בישראל 2008*: דוח החברה להגנת הטבע על מצב המים במעיינות ונחלים. החברה להגנת הטבע וקרן ברכה.
- סביר, ב. והראל, י. (2004). *אוצר בידיים: ניהול ושימור המים*. מט"ח: המרכז לטכנולוגיה חינוכית.
- סקוטלסקי, א., ופרלמוטר, מ. (2012). *געגועים לנחל - הנחלים ובתי הגידול הלחים בישראל: מצב קיים, ומתווה לשיקום הידרולוגי ואקולוגי*. החברה להגנת הטבע.
- רשות המים (2016א). *צריכת המים לפי מטרות 1998-2015*.

- רשות המים (2016). צריכת המים הכללית בשנת 2015 לפי מטרת צריכה.
- רשות המים (2016). צריכת המים לשנת 2015 - דוח מסכם.
- רשות המים (2017). מתקני התפלה בישראל. נצפה ב-23 בנובמבר 2017.
- רשות המים (2018). סקר הפקת המים לשנת 2015.
- Clarkson, B. R., Ausseil, A. E., & Gerbeaux, P. (2013). Wetland ecosystem services. In: Dymond, J. R. (Ed.). *Ecosystem Services in New Zealand – Conditions and Trends*. Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand.
- Costanza, R., d'Arge, R. de Groot, R., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., . . . van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Duffy, W. G., & Kahara, S. N. (2011). Wetland ecosystem services in California's Central Valley and implications for the Wetland Reserve Program. *Ecological Applications*, 21(Suppl.), S18–S30.
- Givati, A. (n.d.). *Surface Flow in Israel*. Presentation. Israel Hydrology Service.
- Givati, A., & Rosenfeld, D. (2007). Possible impacts of anthropogenic aerosols on water resources of the Jordan River and the Sea of Galilee. *Water Resources Research*, 43(10), 1-15.
- Markel, D., Shamir, U., & Green, P. (2014). Operational management of Lake Kinneret and its watershed. In: Zohary, T., Sukenik, A., Berman, T., & Nishri, A. (Eds.). *Lake Kinneret* (pp. 541-560). Dordrecht: Springer.
- McInnes, R. J. (2007). *Integrating Ecosystem Services Within a 50 Years Vision for Wetlands*. Report to the England Wetland Vision Partnership.
- McLaughlin, D. L., & Cohen M. J. (2013). Realizing ecosystem services: wetland hydrologic function along a gradient of ecosystem condition. *Ecological Applications*, 23, 1619-1631.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis*. World Resources Institute, Washington, D.C., USA.
- Schuyt, K., & Brander, L. (2004). *The Economic Values of the World's Wetlands*. WWF, Prepared with support from the Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL).
- Spiritos, E., & Lipchin, C. (2013). Desalination in Israel. In: Becker N. (eds) *Water Policy in Israel. Global Issues in Water Policy*, 4, 101-123. Springer, Dordrecht.

ויסות איכות המים

- אגמי, מ. (1973). השפעת הזיהום של מי נחל אלכסנדר והירקון על צמחייתם. טבע וארץ, 15, 242-247.
- בנט, ע., פרימן, ש. ואנג'ל, ד. (2016). חקלאות המים בישראל ושירותי המערכת שהיא מספקת. *דיג ומדגה*, 2, 2032-2022.
- ברנע, ע., מרקל, ד., בר-אילן, י., נתנון, ט. ומילרד, ח. (2012). ניטור הידרו-כימי של מערכת המים העיליים בפרויקט החולה. *הנדסת מים מגזין המים הישראלי*, 38-43.
- גבירצמן, ח. (2002). משאבי המים בישראל: פרקים בהידרולוגיה ובמדעי הסביבה. 55-58. הוצאת יד בן צבי.
- דותן, ד. (11.08.2016). איך הדגים שומרים על איכות מי השתייה שלנו? גלובס. נצפה ב-23 בנובמבר 2018.
- הדס, א., וויין, ד. ובן-ציון, כ. (2006). מחזור החנקן בכנרת: תהליכים אקופיסיולוגיים ובקרה מולקולרית. דו"ח סופי לנציבות המים.
- זהרי, ת. (2004). צילינדרוספרמופסיס - אצה לא רצויה נוספת התבייתה בכנרת. *חדשות הכנרת*, 27, 54-52.
- מזור, ע. (1994). *גיאולוגיה בפטיש ישראלי*. האוניברסיטה הפתוחה.
- סוקניק, א., נשרי, ע. והדס, א. (2004). האם ניתן לחזות קיבוע חנקן ע"י אצות כחוליות (ציאנובקטריה) בכנרת?. *חדשות הכנרת*, 27, 47-40.
- פרפרוב, א. (ח.ת.). תצוגה גראפית של מדדי איכות המים. מרכז מידע כנרת, חקר ימים ואגמים לישראל. נצפה בתאריך 3 במאי 2016.
- קסלר, א. ואפרתי, ש. (2011). בחינה אקו-הידרולוגית של נחל שורק וסביבותיו. החברה להגנת הטבע.
- רמון, א., רפפורט, ע., מורד, א., שיצר, ד., דולב, ע., אלון, ד., גל, י. ולוין, מ. (2001). *הכנרת, חופיה וסביבתה: סקר, ניתוח והערכה של משאבי טבע, נוף ומורשת*. מכון דש"א.

- רשות נחל הירקון (1995). *צמחיית הירקון - עבר והווה*. נצפה ב-26 בנובמבר 2018.
- שגיא, ג. וניב, ת. (1993). השפעת דגים מסננים על איכות המים במאגרי השקיה. *מים והשקיה*, 317, 45-51.
- Agami, M., Litav, M., & Waisel, Y. (1976). The effects of various components of water pollution on the behaviour of some aquatic macrophytes of the coastal rivers of Israel. *Aquatic Botany*, 2, 203-213.
- Agami, M., Beer, S., & Waisel, Y. (1984). Seasonal variations in the growth capacity of *Najas marina* L. as a function of various water depths at the Yarkon Springs, Israel. *Aquatic Botany*, 19(1-2), 45-51.
- Arnon, S., Avni, N., and Gafny, S. (2015). Nitrogen and phosphorus uptake in highly regulated Mediterranean stream receiving treated wastewater. *Aquatic Sciences*, 77:623-637.
- Bedard-Haughn, A., Jongbloed, F., Akkerman, J., Uijl, A., de Jong, E., Yates, T., & Pennock, D. (2006). The effects of erosional and management history on soil organic carbon stores in ephemeral wetlands of hummocky agricultural landscapes. *Geoderma*, 135, 296-306.
- Brauman, K. A., Daily, G. C., Duarte, T. K., & Mooney, H. A. (2007). The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. *Annual Review of Environment and Resources*, 32, 67-98.
- Ce' r' ghino, R., Biggs, J., Oertli, B., & Declerck, S. (2008). The ecology of European ponds: defining the characteristics of a neglected freshwater habitat. *Hydrobiologia*, 597, 1-6.
- Cohen-Shacham, E. (2015). *Exploring the Relationship Between Ecosystem Management and the Provision of Ecosystem Services: A Comparative Analysis between the Hula and Camargue Wetlands* (PhD dissertation). Tel-Aviv University.
- Dimentman, C., Bromley, H. J., & Por, F. D. (1992). *Lake Hula: Reconstruction of the Fauna and Hydrobiology of a Lost Lake*. The Israel Academy of Science and Humanities, Jerusalem.
- Gophen, M., Tsipris, Y., Meron, M., & Bar-Ilan, I. (2003). The management of Lake Agmon Wetlands (Hula Valley, Israel). *Hydrobiologia*, 506-509, 803-809.
- Hambright, K. D., & Zohary, T. (1998). Lakes Hula and Agmon: destruction and creation of wetland ecosystems in northern Israel. *Wetlands Ecology and Management*, 6, 83-89.
- Herrmann, J. (2012). Chemical and biological benefits in a stormwater wetland in Kalmar, SE Sweden. *Limnologia*, 42, 299-309.
- Keeler, B. L., Polasky, S., Brauman, K. A., Johnson, K. A., Finlay, J. C., O'Neill, A., . . . Dalzell, B. (2012). Linking water quality and well-being for improved assessment and valuation of ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(45), 18619-18624.
- Litaor, M. I., Chashmonai, I., Barnea, I., Reichmann, O., & Shenker, M. (2013). Assessment of phosphorus fertilizer practices in altered wetland soils using uncertainty analysis. *Soil Use and Management*, 29, 55-63.
- Marton, J. M., Creed, I. F., Lewis, D. B., Lane, C. R., Basu, N. B., Cohen, M. J., & Craft, C. B. (2015). Geographically isolated wetlands are important biogeochemical reactors on the landscape. *BioScience*, 65, 408-418.
- McLaughlin, D. L., & Cohen M. J. (2013). Realizing ecosystem services: wetland hydrologic function along a gradient of ecosystem condition. *Ecological Applications*, 23, 1619-1631.
- Olmstead, S. M. (2010). The economics of managing scarce water resources. *Review of Environmental Economics and Policy*, 4(2), 179-198.
- Parkin, T. B. (1987). Soil microsites as a source of denitrification variability. *Soil Science Society of America Journal*, 51, 1194-1199.
- Parparov, A., Hambright, K. D., & Berman, T. (2014). Water quality assessment. In: Zohary, T., Sukenik, A., Berman, T., & Nishri, A. (Eds.). *Lake Kinneret* (pp. 607-615). Springer, Dordrecht.
- Reddy, K. R., & D'Angelo, E. M. (1998). Soil processes regulating water quality in wetlands. In Mitsch, W. J. (Ed.). *Global Wetlands: Old World and New* (pp. 309-324). Elsevier.
- Richardson, C. J. (1985). Mechanisms controlling phosphorus retention capacity in freshwater wetlands. *Science*, 228, 1424-1427.

- Sahuquillo, M., Miracle, M. R., Morata, S. M., & Vicente, E. (2012). Nutrient dynamics in water and sediment of Mediterranean ponds across a wide hydroperiod gradient. *Limnologia*, 42, 282-290.
- Schindler, D. E., Carpenter, S. R., Cole, J. J., Kitchell, J. F., & Pace, M. L. (1997). Influence of food web structure on carbon exchange between lakes and the atmosphere. *Science*, 277(5323), 248-251.
- Stamati, F., Nikolaidis, N., Dimitriou, E., & Koussouris, T. (2008). Hydro-geochemical Aspects of Mediterranean temporary ponds in western Crete. *Journal of Environmental Quality*, 37, 164-173.
- Tsipiris, J., & Meron, M. (1998). Climatic and hydrological aspects of the Hula restoration project. *Wetland Ecology and Management*, 6(2-3), 91-101.
- Zedler, J. B., & Kercher, S. (2004). Causes and consequences of invasive plants in wetlands: Opportunities, opportunists, and outcomes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23, 431-452.

אספקת דגה לניקוי

- גפן, מ. וגל, י. (1992). ספר הכנרת. תל-אביב: הוצאת משרד הביטחון.
 שגיא, ג. וניב, ת. (1993). השפעת דגים מסננים על איכות המים במאגרי השקיה. *מים והשקיה*, 317, 45-51.

ויסות איכות הקרקע

- קדמון, א., יסעור, ע., אשל, ג. וברנע, ע. (2010). ניטור הסחף בגוף המים. בתוך: פרויקט החולה – מערכת הניטור. סיכום לשנת 2008/9 דו"ח פרויקט מס' 4500295341.
- רביקוביץ, ש. (1945). קרקעות כבול וקרקעות עשירי חומר אורגני בעמק החולה. הסוכנות היהודית לארץ ישראל - התחנה לחקר החקלאות, רחובות תש"ה.
- Cohen-Shacham, E. (2015). *Exploring the Relationship Between Ecosystem Management and the Provision of Ecosystem Services: A Comparative Analysis Between the Hula and Camargue Wetlands* (PhD dissertation). Tel-Aviv University.
- Litaor, M. I., Chashmonai, I., Barnea, I., Reichmann, O., & Shenker, M. (2013). Assessment of phosphorus fertilizer practices in altered wetland soils using uncertainty analysis. *Soil Use and Management*, 29, 55-63.

ויסות אקלים עולמי

- Maltby, E., Ormerod, S., Acreman, M., Dunbar, M., Jenkins, A., Maberly, ... & Ward, R. (2011). Freshwaters: Openwaters, Wetlands and Floodplains [chapter 9]. In: *UK National Ecosystem Assessment: understanding nature's value to society. Technical Report*. Cambridge, UK, UNEP-WCMC, 295-360.
- Alator, A. E., & Mitsch, W. J. (2008). Methane and carbon dioxide dynamics in wetland mesocosms: effects of hydrology and soils. *Ecological Applications*, 18, 1307-1320.
- Becker, M., Misana, S., Oyieke, H., & Langensiepen, M. (2008). *Agricultural Use and Vulnerability of Small Wetlands in East Africa*. Integrated Research Project. submitted for financial support to Volkswagen Foundation, Hannover, Germany.
- Bonachela, S., Acuña, R. A., & Casas, J. (2007). Environmental factors and management practices controlling oxygen dynamics in agricultural irrigation ponds in a semiarid Mediterranean region: implications for pond agricultural functions. *Water Research*, 41, 1225-1234.
- Boon, P. I., Mitchell, A., & Lee, K. (1997). Effects of wetting and drying on methane emissions from ephemeral floodplain wetlands in south-eastern Australia. *Hydrobiologia*, 357, 73-87.
- Gleason, R. A., Laubhan, M. K., & Euliss, N. H. (2008). Ecosystem services derived from wetland conservation practices in the United States prairie pothole region with an emphasis on the US Department of Agriculture. Conservation Reserve and Wetlands Reserve Programs. US Geological Survey Professional Paper 1745.
- Holmlund, C. M., & Hammer, M. (1999). Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, 29(2), 253-268 .

- Kayranli, B., Scholz, M., Mustafa, A., & Hedmark, Å. (2010). Carbon storage and fluxes within freshwater wetlands: a critical review. *Wetlands*, 30, 111-124.
- Machtiger, E. T. (2007). [Temporarily flooded wetlands](#). *Fish and Wildlife Habitat Management Leaflet* 47, 1-10.
- Moyà, G., & Conforti, V. (2009). Cyanobacteria and microalgae communities in temporary ponds. In Fraga i Arguimbau, P. (Ed.). *International Conference on Mediterranean Temporary Ponds: Proceedings & Abstracts* (pp. 95-106). Consell Insular de Menorca.
- Sharifi, A., Kalin, L., Hantush, M. M., Isik, S., & Jordan, T. E. (2013). Carbon dynamics and export from flooded wetlands: a modeling approach. *Ecological Modelling*, 263, 196-210.
- Williams, D. D. (2006). *The Biology of Temporary Waters*. Oxford University Press.
- Yacobi, Y. Z., Erez, J., & Hadas, O. (2014). Primary production. In: Zohary, T., Sukenik, A., Berman, T., & Nishri, A. (Eds.). *Lake Kinneret* (pp. 417-438). Springer, Dordrecht.
- Zedler, J. B., & Kercher, S. (2005). Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environment and Resources*, 30, 39-74.

ויסות אקלים מקומי

- גזית, א., ירוסלביץ, ד., זסק, א., רוטשילד, א., לנדאו, ז., פרגמנט, ד., . . . וקדמון, א. (2010). רב-שיח בנושא מדיניות שיקום ושימור נחלי ישראל. *אקולוגיה וסביבה*, 3(1), 71-55.
- גפני, ש. וכהן, א. (2004). ניטור קטע קדם - נחל אלכסנדר. ביה"ס למדעי הים והסביבה הימית מכמורת המרכז האקדמי רופין. כהן, פ., פוצ'טר, ע. וביתן, א. (2007). ביוקלימטולוגיה של פארקים עירוניים בתל-אביב. יער, 9, 40-46.
- קפלן, מ. ורוזנר, י. (2011). הנחל והעיר: הילכו שניים יחדיו. המשרד להגנת הסביבה ומכון ירושלים לחקר ישראל.
- Brosfokske, K. D., Chen, J., Naiman, R. J., & Franklin, J. F. (1997). Harvesting effects on microclimatic gradients from small streams to uplands in western Washington. *Ecological Applications*, 7(4), 1188-1200.
- Dana G., Brock J., & Stanley, J. (2001). *Influence of Riparian Vegetation on Local Climate and River Temperature*. Washoe County Regional Water Planning Commission.
- Stromberg, J. C., Lite, S. J., & Dixon, M. D. (2010). Effects of stream flow patterns on riparian vegetation of a semiarid river: implications for a changing climate. *River Research and Applications*, 26(6), 712-729.
- Stokman, A. (2008). Water purificative landscapes - constructed ecologies and contemporary urbanism. In Kuitert, W. (Ed.). *Transforming with Water. IFLA 2008 Proceedings of the 45th World Congress of the International Federation of Landscape Architects* (pp. 51-64).

ויסות אירועי קיצון

- אילון, א., גרינברג, י., קותיאל, ח., קארו, ע., קליאוט, נ., גרין, מ., . . . וליבס, ע. (2013). מרכז ידע להיערכות לשינויי אקלים בישראל - מתווה להיערכות הרשויות המקומיות.
- בלנק, ר. (2000). צריכת המים בישראל והמאזן ההידרולוגי. משרד החינוך, שירות הפרסומים, מרכז ההסברה.
- בנט, ע., פרימן, ש. ואנג'ל, ד. (2016). חקלאות המים בישראל ושירותי המערכת שהיא מספקת. *דיג ומדגה*, 2, 2032-2022.
- גזית, א., ירוסלביץ, ד., זסק, א., רוטשילד, א., לנדאו, ז., פרגמנט, ד., . . . וקדמון, א. (2010). רב-שיח בנושא מדיניות שיקום ושימור נחלי ישראל. *אקולוגיה וסביבה*, 3(1), 71-55.
- גסקר, מ. ומאיר, א. (2008). דוח מסכם למחקר וניטור השפעת עצים נטועים באפיקי נחלים על יציבותם ומשטר הזרימה באגים. מחקר מספר 90-9-180-06.
- דהן, ע., אנזל, י., יחיאלי, י. וקשת, נ. (2006). מדידה ישירה של חידור עמוק של מי שיטפונות מנחלים וממאגרים לצורך הערכת פוטנציאל מים באזורים מדבריים. נציבות המים.
- מנהל התכנון. (2006). תמ"א 34 ב'3. רשות מקרקעי ישראל.
- מקורות (1994). מפעל נחלי מנשה. יחידת דוברות והסברה של חברת מקורות. נצפה ב-25 בדצמבר 2017.

- סקוטלסקי, א. (2009). מסדרונות אקולוגיים באזורים חקלאיים: עקרונות לתכנון ולמשק חקלאי. אוניברסיטת ת"א ונקודת חן. פרגמנט, ד. (2007). הטיפול בנחלים בישראל תהליכים באגני היקוות והמסגרת הארגונית - המקרה של נחל הירקון (עבודת דוקטורט). אוניברסיטת חיפה.
- קסלר, א. ואפרתי, ש. (2011). בחינה אקו-הידרולוגית של נחל שורק וסביבותיו. החברה להגנת הטבע.
- שטובר-זיסו, נ. (1997). השפעת המאגרים ברמת הגולן על המשטר ההידרולוגי, המורפולוגיה והצומח של האפיקים במורד, בהדגמת נחל משושים ונחל דליות. בתוך: ראובני, מ., לבנה, מ. (עורכים). הגולן - אדם ונוף; קובץ מחקרים. עמ' 399-381. הוצאת רמות - אוניברסיטת תל-אביב.
- שטובר-זיסו, נ., ענבר, מ., קפלן, ד., גלזמן, ה. ואורטל, ר. (2013). השפעות סביבתיות וגיאומורפולוגיות של מאגרי מים בגולן על נחליו. בתוך: עמית, ח. (עורכת). נחלים ומים בגולן (עמ' 199-215). הוצאת יד בן צבי.
- Duffy, W. G., & Kahara, S. N. (2011). [Wetland ecosystem services in California's Central Valley and implications for the Wetland Reserve Program](#). *Ecological Applications*, 21(Suppl.), S18-S30.
- Gee, G. W., Wierenga, P. G., Andraski, B. J., Young, M. H., Fayer, M. J., & Rockhold, M. L. (1994). Variations in water balance and recharge potential at three Western Desert sites. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 63-71.
- Greenbaum, N., Margalit, A., Schick, A. P., Sharon, D., & Baker, V. R. (1998). A high magnitude storm and flood in a hyperarid catchment, Nahal Zin, Negev Desert, Israel. *Hydrological Processes*, 12, 1-23.
- Murphey, J. B., Wallace, D. E., & Lane, L. J. (1977). Geomorphic parameters predict hydrograph characteristics in the southwest. *Water Resources Bulletin*, 13, 25-38.
- Rutherford, I., Hoang, T., Prosser, I., Abernethy, B., & Jayasuriya, N. (1996). The impact of gully networks on the time-to-peak and size of flood hydrographs. In *Hydrology and Water Resources Symposium 1996: Water and the Environment; Preprints of Papers*. Institution of Engineers, Australia.
- Schick, A. P. (1988). Hydrologic aspects of floods in extreme arid environments. In Baker, V. R., Kochel, R. C., & Patton, P. C. (Eds.). *Flood Geomorphology* (pp. 189-203). John Wiley & Sons, New York.
- Wolff C. G., & Burges S. J. (1994). An analysis of the influence of river channel properties on flood frequency. *Journal of Hydrology*, 153(1-4), 317-337.
- Woltemade C. J., & Potter K. W. (1994). A watershed modeling analysis of fluvial geomorphologic influences on flood peak attenuation. *Water Resources Research* 30(6), 1933-1942.
- Zedler, J. B., & Kercher, S. (2005). Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environment and Resources*, 30, 39-74.

ויסות מחזור המים

- ארגמן, א., אגסי, מ. ומאור, א. (2014). הערכת נגר וסחף מטיפולים שונים, במהלך ניסוי המטרה בתנאי שדה, במסגרת ניהול ממשק אגני בר-קיימא. התחנה לחקר הסחף והמחלקה לסקר ומיפוי, האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
- גפני, ש. ואלרון, א. (2011). סקר בריכות חורף (מקווי מים עונתיים) במישור החוף המרכזי והדרומי, מרץ - יוני 2010. מוגש לרשות הטבע והגנים.
- דהן, ע., אנזל, י., יחיאל, י. וקשת, נ. (2006). מדידה ישירה של חידור עמוק של מי שיטפונות מנחלים וממאגרים לצורך הערכת פוטנציאל מים באזורים מדבריים. דו"ח סופי לפרויקט. הוגש לנציבות המים.
- זעירא, ג., פיטקובסקי, י. ואזולאי, ב. (2017). ריאיון עם ביולוגים ארציים של רשות המים. מעבדה ראשית אתר אשכול, מקורות. טל, ד. (2017). כשל המאגרים והטיפול השלישון. אתר מים והשקיה ארגון עובדי המים. נצפה ב-26 בנובמבר 2018.
- סביר, ב. והראל, י. (2004). אוצר בידים: ניהול ושימור המים. מט"ח: המרכז לטכנולוגיה חינוכית.
- Acharya, G., & Barbier, E. B. (2000). Valuing groundwater recharge through agricultural production in the Hadejia-Nguru wetlands in northern Nigeria. *Agricultural Economics*, 22, 247-259.
- Brooks, R. T., & Hayashi, M. (2002). Depth-area-volume and hydroperiod relationships of ephemeral (vernal) forest pools in New England. *Wetlands*, 22, 247-255.

- Costelloe, J. F., Irvine, E. C., Western, A. W., & Herczeg, A. L. (2009). Groundwater recharges and discharge dynamics in an arid-zone ephemeral lake system, Australia. *Limnology and Oceanography*, 54, 86-100.
- Gómez-Rodríguez, C., Bustamante, J., & Díaz-Paniagua, C. (2010). Evidence of hydroperiod shortening in a preserved system of temporary ponds. *Remote Sensing*, 2(6), 1439-1462.
- Jolly, I. D., McEwan, K. L., & Holland, K. L. (2008). A review of groundwater-surface water interactions in arid/semi-arid wetlands and the consequences of salinity for wetland ecology. *Ecohydrology*, 1, 43-58.
- Kodešová, R., Kodeš, V., Žigová, A., & Šimůnek, J. (2006). Impact of plant roots and soil organisms on soil micromorphology and hydraulic properties. *Biologia*, 61(19), S339-S343.
- LaBaugh, J. W., Winter, T. C., & Rosenberry, D. O. (1998). Hydrologic functions of prairie wetlands, *Great Plains Research*, 8, 17-37.
- Seki, K., Miyazaki, T., & Nakano, M. (1998). Effects of microorganisms on hydraulic conductivity decrease in infiltration. *European Journal of Soil Science*, 49, 231-236.
- van der Kamp, G., & Hayashi, M. (1998). The groundwater recharge function of small wetlands in the semi-arid northern prairies. *Great Plains Research*, 8, 39-56.
- Winter, T. C. (1989). Hydrologic studies of wetlands in the Northern prairies. In: van der Valk, G. (Ed.). *Northern Prairie Wetlands* (pp. 17-54). Ames, Iowa State University Press.

ויסות מחלות ומזיקים

- גולן, ד. ורום, ד. (2006). מדריך הדגים של ישראל. הוצאת כתר, ירושלים.
- גורן, מ. ואורטל, ר. (2006). פלישת הדגים. בשביל הארץ - מגזין טבע מורשת ונוף, 6.
- גפני, ש. וגזית, א. (2005). שלוליות חורף בישראל: דו"ח סקר שלוליות חורף לשנים 1997-2003. הוגש לרשות הטבע והגנים לבנטל, א. וקסנטי, א. (2001). קדחת מערב הנילוס בישראל - עבר והווה. הרפואה: עיתון ההסתדרות הרפואית בישראל, 140, 727-723.
- סליטרניק, צ. (1966). המלריה והדברתה בישראל. ירושלים: הוצאת דפוס רפאל חיים הכהן בע"מ.
- שוורץ, א. (1998). בילהרציה: טפיל של מים מזוהמים. טבע הדברים, 27.

-
- Carver, S., Slaney, D. P., Leisnham, P. T., & Weinstein, P. (2015). Healthy wetlands, healthy people: mosquito borne disease. In: Finlayson, C. M., Horwitz, P., & Weinstein, P. (Eds.). *Wetlands and Human Health* (pp. 95-121). Springer, Dordrecht.
- Chase J. M., & Shulman R. S. (2009). Wetland isolation facilitates larval mosquito density through the reduction of predators. *Ecological Entomology*, 34, 741-747.
- Turner, A. M., & Chislock, M. F. (2007). Dragonfly predators influence biomass and density of pond snails. *Oecologia*, 153(2), 407-415.

ויסות מינים פולשים:

- ג'וסטו-חנני, ר. (2011). מינים זרים פולשים בישראל: הערכת-מצב וחלופות למדיניות ורגולציה. מכון ירושלים למחקרי מדיניות. דופור-דרור, ז"מ (2009) מיני צמחים פולשים בשטחים טבעיים בישראל: תפוצה, שלבי הפלישה, רמות איום אקולוגי, והצעת סדר קדימויות לטיפול. מכון ירושלים לחקר ישראל - המרכז למדיניות סביבתית, רשות הטבע והגנים - חטיבת המדע והשימור. מכון ירושלים, פרסום מס' 33, עמ' 108.
- דופור-דרור ז"מ (2010). הצמחים הפולשים בישראל. העמותה לעידוד וקידום שמירת הטבע במזרח התיכון.
- דופור-דרור ז"מ ויעקובי, ט. (2012). אמברוסיה מכונסת. עלון הסברה, המשרד להגנת הסביבה.

דופור-דרור ז"מ, מילשטיין, ד., און, א. וקשת, נ. (2016). טיפול באמברוסיה מכונסת באמצעות שיקום צמחיית גדות נחלים: מסקנות ולקחים 8 שנים אחרי הנסיון הראשון. הכנס ה-44 של האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה, יוני 2016.

Diaz, S., Tilman, D., Fargione, J., Chapin III, F. S., Dirzo, R., & Kitzberber, T. (2005). Biodiversity regulation of ecosystem services. *Terrestrial Biodiversity Effects on Regulating Services*. In: Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: current state and trends (307-319). World Resources Institute, Washington, D.C., USA.

Petryna, L., Moora, M., Nunez, C., Cantero, J. J., & Zobel, M. (2002). Are the invaders disturbance-limited?. Management for conservation of mountain grasslands in Central Argentina. *Applied Vegetation Science*, 5, 195-202.

Prieur-Richard, A. H., & Lavorel, S. (2000). Invasions: the perspective of diverse plant communities. *Austral Ecology*, 25, 1-7.

ויסות סחיפת קרקע

און, א. (2010). שימור ושיקום הנחלים ובתי הגידול הלחים בישראל: מדיניות רשות הטבע והגנים. חטיבת המדע, רט"ג. גזית, א., ירוסלביץ, ד., זסק, א., רוטשילד, א., לנדאו, ז., פרגמנט, ד., . . . וקדמון, א. (2010). רב-שיח בנושא מדיניות שיקום ושימור נחלי ישראל. *אקולוגיה וסביבה*, 31(3), 55-71.

גסקר, מ. ומאיר, א. (2008). דוח מסכם למחקר ניטור השפעת עצים נטועים באפיקי נחלים על יציבותם ומשטר הזרימה באגנים. מחקר מספר 90-9-180-06.

סדן, ע., לובנטל, ר., קסלר, א., שני-דור, י., און, א. והאן, א. (2010). מתווה לניהול סביבתי של הגר העילי בנחלי ישראל. פרק א': ניתוח המצב הקיים. מכון דש"א.

פרגמנט, ד. (2007). הטיפול בנחלים בישראל תהליכים באגני היקוות והמסגרת הארגונית - המקרה של נחל הירקון (עבודת דוקטורט). אוניברסיטת חיפה.

קסלר, א. ואפרתי, ש. (2011). בחינה אקו-הידרולוגית של נחל שורק וסביבותיו. החברה להגנת הטבע.

שטובר-זיסו, נ., ענבר, מ., קפלן, ד., גלזמן, ה. ואורטל, ר. (2013). השפעות סביבתיות וגיאומורפולוגיות של מאגרי מים בגולן. בתוך: עמית, ח. (עורכת). נחלים ומים בגולן (199-215). יד בן צבי.

Bentrop, G. (2008). Conservation Buffers – Design guidelines for buffers, corridors, and Greenways. U.S Forest Service, Southern Research Station.

Kalish, S. (2002). *Vegetation Survey of the Monogahela River*. 3 Rivers 2nd Nature, Carnegie Mellon University.

Luo, H. R., Smith, L. M., Allen, B. L., & Haukos, D. A. 1997. Effects of sedimentation on playa wetland volume. *Ecological Applications*, 7, 247-252.

שירותי תרבות

אבישר, ע. (2000). טוב לטייל בעד ארצנו: התפתחויות במיתוס הטיוול בראי החינוך הלאומי-ציוני (עבודת דוקטורט). אוניברסיטת בר אילן.

אורן, א. (2008). חיים בים המלח – עבר, הווה ועתיד. *מלח הארץ*, 3, 71-85.

איגוד ערים כנרת (ת.ת.). שיט בכנרת.

אלעזרי-וולקני, ב. (1940). מחקר על החיים בים המלח (עבודת דוקטורט). האוניברסיטה העברית בירושלים.

אלף, י. (2008). נופי התרבות של צפון הכנרת. אתר מנהל השימור- לשימור מורשת התרבות בישראל. נצפה ב-9 בינואר, 2019.

אמיר, א. ושליט, מ. (2016). התרומה הכלכלית-תיירותית של הנחלים בגליל העליון. בתוך: עמית, ח. (עורכת). נחלים ומים בגליל העליון. הוצאת יד יצחק בן צבי.

ארצי, י. וענבר, ב. (2015). דו"ח שמורת החולה 2014.

בן דוד, א., אבני, נ., בנארי-כהן, ש., זילברשטיין, י., מרגליות, ד. וקורן-רייסנר, ע. (2013). ארץ, עיר, טבע, קהילה: לקראת עירוניות בת קיימא. חזון הקהילות העירוניות של החברה להגנת הטבע לקראת בחירות לרשויות מקומיות.

בן-פורת, א. ומינצקר, נ. (1996). ייבוש החולה - מה ניתן ללמוד מהיסטוריה של 160 שנה? *מים והשקיה*, 361, 44.

- בנט, ע., פרימן, ש. ואנגל, ד. (2016). חקלאות המים בישראל ושירותי המערכת שהיא מספקת. *דיג ומדגה*, 2, 2022-2032.
- ברגר, ד.ר., מ., פורת, ר., לב, א., גלבוש, י., פרידלר, ע. (2015). מאזני מים, מלח ואנרגיה של הכנרת 2012/2013.
- בריקנר-בראון, מ. (2008). *אקולוגיה עירונית: מושגי יסוד, הגדרות ותפיסות שונות בסוגיות ניהול טבע עירוני*. מכון דש"א.
- גולני, ד. ורום, ד. (1997). *מדריך הדגים של ישראל*. הוצאת כתר.
- גסול, ד. (2015). *תפיסת התיירות בכנרת*. מצגת בכנס שיתוף הציבור לתכנית המתאר הארצית למרחב הכנרת וחופיה (תמ"א 13/13). א.ג. איזון - אדריכלים ובוני ערים; זאב עמית צבי יושע תכנון ערים.
- דיין, ת., בן-אברהם, צ., נתן, ר., דן, י., לוטם, א., זליק, ד. וגנין, א. (2012). *מחקר והוראת המגוון הביולוגי באוניברסיטאות המחקר של ישראל*. האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.
- חקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל) (2015). *ניטור ומחקרי כנרת דו"ח פעילות המעבדה לשנת 2014*.
- כהן, ג. ושיש, א. (עורכים) (2011). *הטיול ככלי חינוכי ערכי*. משרד החינוך.
- לביא, ד. ובניאד, ג. (2013). *ניתוח עלות תועלת: פארק נחל באר שבע*. הרשת הגיאוגרפית, כרך 6, עמ' 19-31.
- לולב, ש. (1999). נופי טבע ונופי תרבות באזור הכנרת. בתוך: צור, מ., ברקאי, ג. ושילר, א. (עורכים). *הכנרת וסביבתה*. אריאל - כתב עת לידיעת ארץ ישראל, 135-136.
- לשם, י., אלון, ד., אבי-יאיר-אנגל, י., אידלמן, ע. וחקלאי, ר. (2009). *פיתוח רשת מוקדי צפרות בישראל ותרומתה לסביבה, לתיירות, לחינוך ולמחקר*.
- מבקר-המדינה (2005). ניהול מקרקעין לאורך חופי הכינרת ושימוש בהם. *מבקר המדינה דוח שנתי 55ב*.
- סבירסקי, ר. (-). *דרך המאגרים*. מתוך אתר התיירות הישראלי Photour. נצפה ב-3 באוגוסט 2017.
- פארק תמנע. (2017). *אגם תמנע*. מתוך אתר פארק תמנע.
- פליישמן, ל. ואודיש, י. (2004). *גורמי השפעה ושיטות הערכת שטחים ציבוריים פתוחים*. משרד המשפטים אגף שומת מקרקעין, מחלקת המחקר והמידע במקרקעין.
- פליישר, ע. ואנגל אבי-יאיר, י. (1997). *סקר עמדות צפרים באנגליה*. הוצאת החברה להגנת הטבע, אגף התיירות ומרכז הצפרות הישראלי.
- פליישר, ע. ואנגל אבי-יאיר, י. (2002). *סקר השפעת הציפורים על כלכלת התיירות בגליל*. פברואר 2002, הוצאת קק"ל, משרד התיירות והחברה להגנת הטבע.
- צלול (2016). *פלט בריכות דגים - הרפורמה יוצאת לדרך*. מתוך אתר צלול. נצפה ב-1 בנובמבר 2017.
- צפירים, ו. (1999). לתולדות המקומות הקדושים לנוצרים בארץ-ישראל. בתוך: ברקאי, ג"ש (עורך). *הכנרת וסביבתה במסורת הנוצרית*. ירושלים: אריאל.
- קורץ, י. (2007). *שביל סובב כנרת: ניתוח עלות-תועלת כלכלית למשק ולאזור*. י.ק-תכנון כלכלי בע"מ. הוגש לחברה להגנת הטבע.
- רייכמן, א., קפלן, ד. וליטאור, א. (2014). *סקירת ניטור בעמק החולה 2014: מיפוי וסקירת ניטור קיים והצעה לתכנית ניטור*. המארג.
- רמון, א. (עורך). (2001). *הכנרת, חופיה וסביבתה: סקר, ניתוח והערכה של משאבי טבע ונוף*. מתוך אתר מכון דש"א.
- רשות הטבע והגנים (2015). *נתוני הכנסות משמורות טבע 1992-2005*.
- שטובר-זיסו, נ., ענבר, מ., קפלן, ד., גלזמן, ה. ואורטל, ר. (2013). השפעות סביבתיות וגיאומורפולוגיות של מאגרי מים בגולן על נחליו. בתוך: עמית, ח. (עורכת). *נחלים ומים בגולן* (עמ' 199-215). הוצאת יד בן צבי.
- Bass-Becking, L. G. M. (1934). *Geobiologie of Inleiding Tot de Milieukunde*. P. W. Van Stocum & Zoon, N. V.
- Berman, T., Zohary, T., Nishri, A., & Sukenik, A. (2014). General background. In: Zohary, T., Sukenik, A., Berman, T., & Nishri, A. (Eds.). *Lake Kinneret* (pp. 1-15). Springer, Dordrecht.
- Boetius A., & Joye, S. (2009). Ecology thriving in salt. *Science*, 324, 1523-1525.
- Buchalo, A. S., Nevo, E., Wasser, S. P., & Volz, P. A. (2000). Newly discovered halophilic fungi in the Dead Sea (Israel). In: Seckbach J. (eds) *Journey to Diverse Microbial Worlds Cellular Origin and Life in Extreme Habitats*, vol 2. (pp. 239-252). Springer, Dordrecht.
- Calo, D., Guan, Z., Naparstek, S., & Eichler, J. (2011). Different routes to the same ending: Comparing the N-glycosylation processes of *Haloferax volcanii* and *Haloarcula marismortui*, two halophilic archaea from the Dead Sea. *Molecular Microbiology*, 81, 1166-1177.

- Cohen-Shacham, E. (2015). *Exploring the Relationship Between Ecosystem Management and the Provision of Ecosystem Services: A Comparative Analysis between the Hula and Camargue Wetlands* (PhD dissertation). Tel-Aviv University.
- Daniel, T. C., Muhar, A., Arnberger, A., Aznar, O., Boyd, J. W., Chan, K. M., . . . Gobster, P. H. (2012). Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(23), 8812-8819 .
- Duany, M. (2010). *From drainage to conservation of the Hula Wetland: Tracing the Dynamics of Nature Intervention* (PhD dissertation). University of Haifa, Israel.
- Garcia, X., Corominas, L.I., Pargament, D., Acuna, V. (2016). Is River Rehabilitation Viable on Water-Scarce Basins? *Environmental Science & Policy* 61 (2016) 154-164
- Gay-Lussac, J. L. (1819). Analyse de l'eau de la Mer Morte. *Annales de Chimie et de Physique*, 11, 195-197.
- Israfish (n.d.) Retrieved from <http://www.israfish.com/>
- Kurtz, I. (2007). [The Trail around the Sea of Galilee , a Cost- Benefit Analysis estimating Economic Benefits for the Region.](#)
- Lansford Jr, N. H., & Jones, L. L. (1995). Recreational and aesthetic value of water using hedonic price analysis. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 20(2), 341-355.
- Lewin, W.-C., Arlinghaus, R., & Mehner, T. (2006). Documented and potential biological impacts of recreational fishing: insights for management and conservation. *Reviews in Fisheries Science*, 14(4), 305-367 .
- Lortet, M. L. (1892). Researches on the Pathogenic Microbs of the Mud of the Dead Sea. *Palestine Exploration Quarterly*, 24(1), 48-50.
- Ofir, E. (2016). *Ecological and Economic Tools for Maintaining Ecosystems of Lake Kinneret: Economic Valuation of Cultural Benefits Under a Changing Ecosystem* (PhD dissertation). University of Haifa.
- Olsvig-Whittaker, L., Oron, T., Kaplan, D., & Hassan, G. (2005). Conservation of Mediterranean wetlands: Israel's two "Ramsar" sites, En Afeq and Hula Nature Reserves. *Israel Journal of Plant Science*, 53, 253-259.
- Oren, A. (1999). Microbiological studies in the Dead Sea: future challenges toward the understanding of life at the limit of salt concentrations. *Hydrobiologia*, 405, 1-9.
- Oren, A. (2008). Microbial life at high salt concentrations: phylogenetic and metabolic diversity. *Saline systems*, 4(1), 2.
- Oren, A., Gavrieli, I., Gavrieli, J., Kohen, M., Lati, J., & Aharoni, M. (2005). *Long Term Biological Simulation Experiments of Mixing of Dead Sea Water with Red Sea Water, and the Effect of Antiscalants on the Biology of the Dead Sea*. Report GSI/28/2005 - State of Israel, Ministry of National Infrastructures, Geological Survey of Israel.
- Oren, A., Gavrieli, I., Gavrieli, J., Kohen, M., Lati, M., & Aharoni, M. (2006). [Long-term field simulation of algal and archaeal blooms in the Dead Sea](#). In Gavrieli, I., Lensky, N., Dvorkin, Y., Lyakhovskiy, V., & Gertman, A.. *A Multi-Component Chemistry-Based Model for the Dead Sea: Modifications of the 1D Princeton Oceanographic Model* (pp. 47-62). Report GSI/24/2006, State of Israel, Ministry of National Infrastructures, Geological Survey of Israel.
- Oren, A., Gavrieli, J., Kohen, M., Lati, J., Aharoni, M., & Gavrieli, I. (2009). Long-term mesocosm simulation of algal and archaeal blooms in the Dead Sea following dilution with Red Sea water. In Oren, A., Naftz, D. L., Palacios, P., & Wurtsbaugh, W. A. (Eds.). *Saline Lakes Around the World: Unique Systems with Unique Values* (pp. 145-151). The S. J., & Jessie E. Quinney Natural Resources Research Library, College of Natural Resources, Utah State University.
- Oren, A., Gavrieli, I., Gavrieli, J., Lati, J., Kohen, M., & Aharoni, M. (2004). Biological effects of dilution of Dead Sea water with seawater: implications for the planning of the Red Sea – Dead Sea "Peace Conduit". *Journal of Marine Systems*, 46, 121-131.
- Oren, A., & Shilo, M. (1985). Factors determining the development of algal and bacterial blooms in the Dead Sea: a study of simulation experiments in outdoor ponds. *FEMS Microbiology Ecology*, 31, 229-237.

- Seifert-Dähnn, I., I. S. Furuseth, G. K. Vondolia, G. Gal, E. de Eyto, E. Jennings, and D. Pierson. 2021. Costs and benefits of automated high-frequency environmental monitoring—The case of lake water management. *Journal of Environmental Management* **285**:112108.
- Sukenik, A., T. Zohary, and D. Markel. 2014. The Monitoring Program. Pages 561-575 in T. Zohary, A. Sukenik, T. Berman, and A. Nishri, editors. *Lake Kinneret – Ecology and Management* Springer Science+Business, Dordrecht.
- Von Bohlen, K., Makowski, I., Hansen, H. A., Bartels, H., Berkovitch-Yellin, Z., Zaytzev-Bashan, A., . . . Yonath, A. (1991). Characterization and preliminary attempts for derivatization of crystals of large ribosomal subunits from *Haloarcula marismortui* diffracting to 3 Å resolution. *Journal of Molecular Biology*, *222*, 5-11.
- Wilkansky, B. (1936). Life in the Dead Sea. *Nature*, *138*, 467.
- Yonath, A. (2005). Antibiotics targeting ribosomes: resistance, selectivity, synergism and cellular regulation. *Annual Review of Biochemistry*, *74*, 649-679.
- Yonath, A. (2009). Large facilities and the evolving ribosome, the cellular machine for genetic-code translation. *Journal of the Royal Society Interface*, *6*(Suppl 5), S575-S585.

שירותי תמיכה

- Bedard-Haughn, A., Jongbloed, F., Akkerman, J., Uijl, A., de Jong, E., Yates, T., & Pennock, D. (2006). The effects of erosional and management history on soil organic carbon stores in ephemeral wetlands of hummocky agricultural landscapes. *Geoderma*, *135*, 296-306.
- Hobson, W. A., & Dahlgren, R. A. (1998). Soil forming processes in vernal pools of northern California, Chico Area. In Witham, C. W., Bauder, E. T., Belk, D., Ferren W. R. Jr., & Ornduff, R. (Eds.). *Ecology, Conservation, and Management of Vernal Pool Ecosystems* (24-37). Proceedings from a 1996 Conference. California Native Plant Society, Sacramento, CA.
- Marton, J. M., Creed, I. F., Lewis, D. B., Lane, C. R., Basu, N. B., Cohen, M. J., & Craft, C. B. (2015). Geographically isolated wetlands are important biogeochemical reactors on the landscape. *BioScience*, *65*, 408-418.
- Nyman, J. A., Delaune, R. D., & Patrick, W. H. Jr. (1990). Wetland soil formation in the rapidly subsiding Mississippi River delta plain: mineral and organic matter relationships. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *31*, 57-69.
- O'Geen, A. T., Hobson, W. A., Dahlgren, R. A., & Kelley, D. B. (2008). Evaluation of soil properties and hydric soil indicators for vernal pool catenas in California. *Soil Science Society of America Journal*, *72*, 727-740.
- Richardson, J. L., & Vepraskas, M. J. (2001). *Wetland Soils: Genesis, Hydrology, Landscapes, and Classification*. Boca Raton, FL. CRC Press.
- Zedler, J. B., & Kercher, S. (2004). Causes and consequences of invasive plants in wetlands: opportunities, opportunists, and outcomes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *23*, 431-452.

יחסי גומלין

- גרין, פ. (2013). [השפעת הפעילות החקלאית באגן ההיקוות על הכנרת](#). נצפה ב-26 בנובמבר 2018.
- דולב, ע., הנקין, ז., יהודיה, י. וכרמל, י. (2013). הקטנת עומס הפרשות בקר בקרבת מעיינות וערוצי נחלים באמצעות אספקת מים, מזון וצל. *אקולוגיה וסביבה*, *4*(3), 239-231.
- שטובר-זיסו, נ., ענבר, מ., קפלן, ד., גלזמן, ה. ואורטל, ר. (2014). השפעות סביבתיות וגאומורפולוגיות של מאגרי מים בגולן. בתוך עמית, ח. (עורכת). *נחלים ומים בגליל התחתון* (עמ' 199-214). יד בן צבי.