



תכנית מים לנחל נעמן

דו"ח סופי

גלעד ספיר, אלדד אלרון

יוני 2014

DHV MED בע"מ

רח' גד מנלה 1 ת.ד. 8058 אזור התעשייה החדש נתניה 42504

www.dhvmed.com

פקס : 09-8853901

טל : 09-8852312

שם הקובץ : 369GS007.docx

גרסא : 1

תאריך : 08 יוני 2014

תכנית מים לנחל נעמן

ריכוז, כתיבה ועריכה: גלעד ספיר, ד"ר אלדד אלרון

ניהול הפרויקט: גלעד ספיר

תרומה לפרויקט: מאיר רוזנטל, ד"ר ירון הרשקוביץ, אורי מורן

מיפוי ועיבוד ממו"ג: גלעד ספיר

עימוד ועריכה גרפית: גלעד ספיר, ד"ר אלדד אלרון

העבודה הוזמנה ע"י: רשות הטבע והגנים

DHV MED

כתובת: רח' גד מנלה 1, נתניה, מיקוד 42504

טלפון: 09-8852312

פקס: 09-8853901

נייד: 054-3300890

דוא"ל: gilad@dhvmed.com

אתר DHV MED: <http://www.dhvmed.com>

תודות

לניסים קשת ואבי אוזן מרשות הטבע והגנים אשר תרמו להוצאת תכנית המים לפועל ולקידומה.

אלון זס"ק, דרור פבזנר, אייל יפה מאגף מים ונחלים במשרד להגנת הסביבה

יפתח סיני, הלל גלזמן, גיזל חזן מרשות הטבע והגנים שתּרמו מהידע שלהם כדי לסייע לקידום הפרויקט

זאב אחיפז ואהוד קיטאי מרשות המים

לדליה טל מעמותת צלול

לאורית סקוטלסקי מהחברה להגנת הטבע

לכל משתתפי פאנל המומחים: אבי אוזן, ד"ר שריג גפני, ד"ר מנחם גורן, ד"ר אביטל גזית, ד"ר ירון הרשקוביץ, ד"ר מרגרטה וולצ'ק, אורי מורן, דרור פבזנר.

תוכן:

3	תודות
6	תקציר
17	1 מבוא
17	1.1 יעד השיקום
18	1.2 אגן נחל נעמן
20	1.3 אזור העבודה
21	1.4 שינויים שנעשו בנחל ובסביבתו לאורך השנים
24	2 הידרולוגיה - מצב קיים
24	2.1 מקורות המים
34	2.2 בריכות הדגים
38	2.3 נקזים עירוניים
40	3 איכות המים
40	3.1 עומס אורגני
41	3.2 נוטריאנטים (חומרי הזנה) – חנקן וזרחן
43	3.3 אמוניה
44	3.4 מוצקים מרחפים
45	4 אקולוגיה
45	4.1 מבוא
46	4.2 שמורות הנעמן
48	4.3 אזורים בעלי חשיבות אקולוגית מיוחדת (Hotspots)
53	5 מקטעי הנחל
54	5.1 מעלה נחל נעמן
54	5.2 מורד שמורת עין אפק
55	5.3 מורד תעלה 42 מכרי נעמן עד עין נמפית
55	5.4 מורד עין נמפית
56	5.5 מורד משאבה 600
57	5.6 חילזון במעלה הסכר
57	5.7 חילזון במורד הסכר

58.....	השפך.....	5.8
59.....	שינויים עתידיים	6
59.....	מעלה הנחל - שכונת אפק החדשה ושמורת נחל נעמן	6.1
61.....	המקטע לאורך כרי נעמן	6.2
62.....	האזור הלח צפונית להר הזבל	6.3
62.....	מתקן ההתפלה בכפר מסריק	6.4
64.....	חיבור נחל נעמן עם נחל חילזון	6.5
65.....	עקרונות שיקום אקולוגי	7
65.....	שיטות עבודה	7.1
67.....	המלצה על טווח התנאים בבתי גידול בנחל	7.2
71.....	חישוב ספיקות נדרשות, חתכי הערוצים וקביעת ההידרוגרף	7.3
71.....	עקרונות התכנון	7.4
74.....	תכנית המים לנחל	8
74.....	חלוקת הערוץ למקטעים על פי בתי הגידול ואופייני הזרימה	8.1
78.....	ההידרוגרף	8.2
79.....	ברירות דגים	8.3
80.....	כרי נעמן ועין נמפית	8.4
80.....	ניטור ודיגום	8.5
83.....	הגדלת המורכבות המבנית בערוץ	8.6
91.....	ביבליוגרפיה	9
97.....	נספחים	10
97.....	הערות למתקן ההתפלה בכפר מסריק	10.1
98.....	מיני הצמחים הנדירים המתועדים בשורות הנעמן (מתוך : פרלברג, 2011)	10.2
99.....	רשימת מיני רכיכות בנחל נעמן ובתי הגידול הלחים הסמוכים בחלוקה לתקופות	10.3
100.....	השוואת עושר הטקסונים של חסרי חוליות בעין אפק ובנחל הנעמן (גיניגס, 1990 ; הרשקוביץ – גזית 2000 ו – 2002	10.4
103.....	שמות מיני הדגים שנאספו באתרים שונים בנעמן בין השנים 1949-1996 (מתוך : גזית והרשקוביץ, 2003). 103.	10.5
104.....	אודות המסמך	11

תקציר

רשות הטבע והגנים (רטי"ג) שכרה את שירותיהם של מאיר רוזנטל וחברת DHV MED לשם הכנת תכנית אקולוגית להשבת מים לנחל נעמן. מסמך זה מסכם את הפרויקט.

פרק 1 מהווה מבוא, מגדיר את מטרת העבודה ואזור העבודה וסוקר בקצרה את אגן הניקוז של נחל נעמן.

מטרת העל בעבודה זו היא תכנון העקרונות להשבת מים לנחל לצרכי שיקום אקולוגי ושימור בתי הגידול האקוואטים והמגוון הביולוגי המתפתח בהם. לפיכך רמת השיקום אליה מכוונת תכנית זו היא רמת הביניים, כהגדרתה בספרות - rehabilitation. רמת זו שואפת להגיע למצב של שיווי משקל אקולוגי באגן ההיקוות, המאפשר למערכת הטבעית להתחדש ולשקם את הסביבה ובתי הגידול האופייניים לה, אם כי לא משיבה את המערכת למצבה המקורי. בנוסף, לאור זאת שרוב בתי הגידול הלחים בארץ אבדו, בייחוד בנחלי החוף, עומדת בפנינו הזדמנות כמעט חד פעמית להשבת בתי גידול אבודים, גם אם התקיימו בנחלים אחרים בארץ ולא דווקא בנעמן. לכן יעד משני בעבודה זו הוא ליצור בתי גידול המאפיינים נחלים זורמים, גם אם לא היו קיימים באופן טבעי בנחל נעמן.

אגן נחל נעמן גודלו הוא כ-338 קמ"ר, אך נחל נעמן עצמו מנקז פחות מעשירית מכלל אגן הניקוז. השאר מנוקז ע"י נחל חילזון, שהוא ערוץ שטפוני באופיו, עם מספר זיהומים אנתרופוגניים, ומתחבר עם נחל נעמן קרוב מאוד לשפך.

בתור נחל עם אגן ניקוז עילי קטן, 95% מהמים בנחל מקורם בעין אפק, שמהווה מעיין ראש ממנו למעשה מתחיל הנחל. עבודה זו מתמקדת בקטע האיתן של ערוץ נחל נעמן שאורכו פחות מ-10 ק"מ, מעין אפק במעלה ועד השפך במלחת הנעמן דרומית לעכו (איור 2 בעמוד 20).

בסוף פרק 1 ניתנת סקירה של השינויים שעברו על הנחל במאה האחרונה והפכוהו מנחל רחב ומפותל הזורם במרזחה של ביצה רחבת ידיים, בספיקה שנתית של 45 מלמ"ש; לערוץ ניקוז מיושר ועמוק, המנותק מסביבתו ואף עלול להתייבש לחלוטין מעת לעת, במידה ועין אפק מתייבש עקב ניצול יתר של האקוויפר.

פרק 2 עוסק במצב הקיים בנחל נעמן מבחינה הידרולוגית. הפרק מתחיל בסקירת מקורות המים של הנחל, בדגש על עין אפק, שהוא המקור למעל ל-95% מהמים הזורמים בערוץ הנעמן. שפיעתו ההיסטורית של עין אפק היא 45 מלמ"ק בממוצע שנתי, עם פריסה חודשית קבועה פחות או יותר לאורך השנה (5,137 מלמ"ש בממוצע). הספיקה נמדדת במוצא שמורת עין אפק, שמאבדת כמות לא מבוטאת באידוי מבריכות השמורה וכן בדליפות תת קרקעיות לערוץ הנחל, שאינן נמדדות במוצא. למוצא השמורה 2 סכרים וכאשר הם סגורים, נדרשת ספיקה של 450 מלמ"ש לשמירת מפלס של 4-5 מטר, שהוא המפלס התפעולי כיום בבריכות. כאשר הסכרים פתוחים, נדרשת ספיקה של לפחות 1,800 מלמ"ש לשמירה על המפלס. מליחות המעיין היא 700-1150 מג"ל, עם תלות ביחס ישר בין השפיעה למליחות (כאשר השפיעה עולה, כך גם המליחות).

עם התחלת השאיבה מעין אפק, ירדה השפיעה בהדרגה וביחד עם ניצול יתר של אקוויפר הכורדני, ירד מפלס מי התהום והנביעות יבשו לחלוטין בשנים 2008-2012. בתקופה בה יבשו הנביעות, קיבלה השמורה הקצאה של 5 מלמ"ש מקידוח אפק ב', מתוכם נוצלו כ-4 מלמ"ש שהם 450 מק"ש בספיקה קבועה. בפברואר 2013, חזרו הנביעות בכמויות משמעותיות לשמורה וחדלה אספקת המים המלאכותית. בחודש יוני 2013, עדיין נמדדו במוצא השמורה כ-2,000 מק"ש והסכרים במוצא היו פתוחים.

מעין נוסף בתוואי הנחל הוא עין נימפית הנמצא בשמורה המורכבת משתי בריכות הנמצאות ממזרח לערוץ נחל נעמן ומדרום לבריכות הדגים של כפר מסריק. ישנם חילוקי דעות לגבי מקור ההזנה של המעין ואף לגבי מליחות מימיו וזאת עקב מיעוט המדידות במעין וסביבתו לאורך השנים. באופן מסורתי מי עין נימפית שימשו בלעדית את בריכות הדגים של כפר מסריק ולכן כמעט ולא נמדדו מעולם. לטענת אנשי הקיבוץ כיום כבר לא נלקחים מים מהמעין לטובת המדגה, אך בסיור של השירות ההידרולוגי נתגלה שכן זורמים מים מהשמורה לבריכות הדגים. שפיעתו ההיסטורית של עין נימפית מוערכת בכ-2.2 מלמ"ש ומליחות המים היא, ככל הנראה, כ-850 מגכ"ל.

ייתכן ששמורת כרי נעמן, השוכנת ממערב לערוץ הנחל מצפון לתעלה 42, היא מקור מים נוסף. לשמורה זו, שהיא אזור ביצתי המשתרע על 450 דונם, נקז הנשפך לנחל בגבולה הצפוני. נקז זה נמדד פעם אחת באפריל 2013, אז נמצאה זרימה של 216 מק"ש ואיכות מים המעידה על קשר הדוק לעין נימפית. ייתכן שמדובר במקור מים משמעותי שכדאי לבדוק.

הנגר העילי בערוץ נחל נעמן עצמו מסתכם בכ-2 מלמ"ש במוצא, כאשר כ-75% מהנגר זורם בחודשים דצמבר-פברואר.

נחל חילזון מתחבר עם נחל נעמן ממזרח למסילת הברזל ומנקז בדרכו את רוב אגן הניקוז. ממוצע הזרימות הרב-שנתי במורד הנחל הוא כ-6 מלמ"ש, מתוכם 1.9 מלמ"ש גאוויות (שאר הנגר נתפס במאגרים במעלה). זרימת הבסיס מהווה כ-4.1 מלמ"ש והיא מורכבת משפכי תמרה, תשטיפי חזיריות, פריקות בריכות דגים, עודפי קולחי מט"ש כרמיאל וייתכן שגם מי תהום גבוהים. מליחות זרימת הבסיס משתנה בהתאם לפריקות בריכות הדגים, שנפרקות לרוב בחורף, אז עולה המליחות לכ-2,000 מגכ"ל. בקיץ, המליחות יכולה לרדת עד לכ-400 מגכ"ל ובעונות המעבר, המליחות היא באזור ה-1,300 מגכ"ל.

סעיף 2.2 דן בבריכות הדגים לאורך הנחל, השייכות לארבעה קיבוצים: אפק, לוחמי הגטאות, כפר מסריק ועין המפרץ. שטח הבריכות הכולל לאורך הנחל הוא כמעט 2,000 דונם (איור 16 בעמוד 35). הבריכות הגדולות ביותר מתופעלות ע"י קיבוץ לוחמי הגטאות (שאחראי גם על הבריכות של קיבוץ אפק) ושטחן הוא 676 דונם. הבריכות נמצאות ממזרח לערוץ, מייד במורד שמורת עין אפק. הקצאת המים לבריכות (לוחמי הגטאות + אפק) היא 2,214 אלמ"ש. בפועל נשאבים כ-1040 אלמ"ק בחודשים דצמבר עד ספטמבר (60-150 אלמ"ק בחודש), ישירות מערוץ הנחל, תוך חסימה חלקית של הערוץ לשם העלאה מלאכותית של מפלס המים. כלומר, מדגה לוחמי הגטאות, הנמצא במעלה, שואב חלק ניכר מזרימת הקיץ בנחל. הבריכות פורקות בחודשים אוקטובר-נובמבר (החודשים בהם הזרימה בנחל היא מזערית) כ-100 אלמ"ק ישירות לנחל. בשאר השנה ישנו זריף

של ליטרים בודדים לשניה מהבריכות לנחל. בדיגום אחד שנערך במוצא הבריכות באפריל 2013, לא נמצאו עדויות לזיהום.

בריכות קיבוץ כפר מסריק שוכנות בין נחל נעמן לנחל חילזון, מצפון לעין נימפית. שטח הבריכות ע"פ אנשי המדגה הוא 400 דונם, אך חישוב השטח הנצפה בתצ"אות העלה שגודלו 689 דונם. לבריכות ישנה תעלת צד המחברת לנחל בה מתבצעות גם השאיבות וגם הפריקות לנחל. השאיבות מתבצעות בעיקר בשיטפונות, במשאבת 800 מק"ש, השואבת כ-250 אלמ"ש. בנוסף, ייתכן ונלקחת עדיין כמות לא ידועה של מים מעין נימפית. הפריקות מתבצעות בספטמבר-נובמבר בקצב של כ-130 אלמ"ק לחודש ובמליחות של 1,500 מגכ"ל. השחרור אינו מתבצע בשיטפונות במכוון כיוון שהשאיבה מהנחל והפריקה אל הנחל נעשות באותה הנקודה.

המדגה של עין המפרץ מחולק למדגה מלוח ומדגה מתוק. המדגה המלוח מקבל 1.5 מלמ"ש מקידוח עמוק ופורק אותם לנחל חילזון, לאחר התחנה ההידרומטרית, בספיקה קבועה לאורך השנה (דהיינו 125 אלמ"ק לחודש), במליחות 8,000 מגכ"ל. המדגה המתוק, ששטחו הוא כ-560 דונם, מקבל חלק נכבד ממימיו ממשאבה בהספק של 350 מק"ש, הנמצאת על תעלה היוצאת מהפיתול של נחל נעמן מערבה, וממשיכה צפונה לעבר נחל חילזון. המשאבה נמצאת סמוך לסכר עפר קבוע שמפריד בין הנעמן לחילזון ושם שואבת מים כל יום במשך 8 שעות ביום+שיטפונות. בסה"כ מדובר על 1,200 אלמ"ש. הפריקות מתבצעות לנחל חילזון בחודשי החורף במליחות משתנה (הפריקות לא נדגמו מעולם).

מקור מים אנתרופוגני נוסף הוא, מספר נקזים עירוניים מקריית ביאליק הנשפכים לתעלה 42. בשני סיורים שנעשו באזור (04 במרץ ו-03 באפריל 2013), נראו "זרזיפים" של מים עכורים עם קצף הזורמים מהנקזים. במדידה שנערכה באפריל 2013 במורד התעלה, לאחר כניסת כל הנקזים, הספיקה הייתה בסה"כ 3 ליטר לשניה. מליחות המים (851 מגכ"ל) העידה שמקורם העיקרי הוא מי תהום גבוהים ולא הנקזים וגם שאר הפרמטרים שנדגמו לא העידו על זיהום. נקז חשוב נוסף, מנקז את א.ת. קריית ביאליק וחוצה את שמורת כרי נעמן בדרכו לנחל. הנקז מזרים זרזיף קבוע של מים יחסית צלולים לאורך כל השנה. בדיגום שנערך באפריל 2013, איכות המים העידה על מים שבמקורם הם מי ברז, ללא עדויות לזיהום, אם כי לא נדגמו חומרים המאפיינים את התעשייה באזור התעשייה.

פרק 3 מנתח את המגמות והשינויים באיכויות המים, שנמדדו בנחל נעמן בין השנים 2007-2013. המדידות הפיסיקו-כימיות הם חלק מתכנית דיגום נחלים רב-שנתית של המשרד להגנת הסביבה במהלכה נדגם הנעמן בעונת האביב ובעונת הסתיו בתחנות קבועות. במהלך הדיגום הרב-שנתי לא מתבצעת בדיקה של איכות המים במורד נקזי בריכות הדגים (לוחמי הגטאות, כפר מסריק ועין המפרץ) ובמוצא הנקזים העירוניים והתעלות (למעט דיגום חד-פעמי שנערך באפריל 2013).

תוצאות ה-BOD מצביעות על עומס אורגני נמוך יחסית ועל כך שמאז אוקטובר 2011 חלה ירידה בריכוז החומר האורגני שנמדד בנחל. באביב ריכוז ה-BOD נע סביב 3 מג"ל ואינו מהווה בעיה למאכלסי הנחל. בסתיו הריכוזים נוטים לעלות לסביבות ה-6 מג"ל יתכן והסיבה לכך היא עומסים גדולים יותר של חומר אורגני בפלט בריכות הדגים, בנוסף לאיכות מים גרועה יותר שהגיע מתעלה 42.

תוצאות החנקן הכללי במורד הנחל נעו בין 3.5 ל-8 מג"ל, כשהערכים שנמדדו בסתיו לרוב מעט גבוהים יותר בהשוואה לאביב. לעומת זאת, ריכוזי החנקן הכללי שנמדדו בתחנה "מורד עיינות נעמן" ביציאה מעין אפק גבוהים יותר, ובתקופת הסתיו הערכים עולים לעיתים על ל-10 מג"ל. עם זאת בעוד שבתחנות במרכז ומורד הנחל עיקר החנקן מקורו בתרכובות אורגניות, בשמורת עין אפק וביציאה ממנה רוב החנקן מורכב מניטראט (NO_3) שמקורו במי התהום המגיעים ישירות ממעיינות או מקידוחים (לרוב מעל 70% מהחנקן הכללי). ריכוז החנקן כיום בנחל גבוה מערכי הסף הרצויים ($2.0 < \text{מג"ל}$) על מנת למנוע תנאי אאוטרופיקציה.

עם זאת, ריכוזי הזרחן שנמדדו בשנתיים האחרונות במורד הנחל נמוכים ($0.15 < \text{מג"ל}$). שמירה על ריכוזי זרחן נמוכים, בנוסף להפחתה בריכוזי החנקן האורגני יימנעו אירועים של פריחת אצות פלנקטוניות מסיבית, המגדילים את היצרנות הראשונית בנחל ומשפיעים על מאזן החמצן המומס במים. פריחה מסיבית של אצות פלנקטוניות יכולה להפחית את העומק הפוטי במי הנחל, ולמנוע מצמחי מים טבולים את אור השמש הנדרש לביצוע פוטוסינתזה.

לאמוניה ערך כחומר הזנה חנקני אולם יש לה חשיבות נוספת כחומר רעיל למאכלסי מים. במרבית מדידות האמוניה בתחנות מורד הנחל היו הריכוזים נמוכים מ-0.05 מג"ל. באף אחת מהמדידות מהשנים האחרונות ריכוז האמוניה הלא מיוננת (NH_3), שהיא הפרקציה הרעילה יותר, לא עלה על 0.1 מג"ל. מחברת הדגים בנעמן לבנון הירקון הוא הרגיש ביותר, בוודאי שלריכוזי אמוניה גבוהים. בהסתמך על מבחני רעילות שנערכו בעבר, ערך סף של אמוניה לא מיוננת (NH_3) שאינו עולה על 0.19 מג"ל מאפשר את קיום לבנון הירקון ושאר חברת הדגים בבטחה. לפיכך הזרמה של נפחי מים גדולים יותר מהמעיינות וסילוק פלט בריכות הדגים מהנחל תקטין באופן משמעותי את הסיכוי לריכוזי אמוניה חריגים.

למוצקים מרחפים השפעות שליליות שונות על מאכלסי הנחל ביניהן הקטנה של חדירת האור למים, והפרעה לנשימת בע"ח ולסינון המזון. תוצאות המוצקים המרחפים שנמדדו במורד הנחל בין אוקטובר 2009 לאפריל 2013 היו ב-90% מהמדידות נמוכות מ-50 מג"ל וב-75% מהמדידות נמוכות מ-20 מג"ל.

פרק 4 דן בתמונת המצב האקולוגית בנחל. מוצגים בו השינויים הביולוגיים שחלו בנחל בעשרות השנים האחרונות ומצבו הנוכחי. כמו כן, מוצגים ערכי טבע ייחודיים הנכללים באגן ההיקוות של נחל נעמן.

נחל נעמן הוא הנחל האיתן האחרון שנותר בגליל המערבי המקיים זרימת מים רצופה ממקורותיו בעין אפק ועד הים. לאורך תוואי נחל נעמן מגוון רב של בתי גידול לחים: אפיק נחל מוסדר, מעיינות, ביצות, מקווי מים עונתיים, מליחה ושטחי חולות מיוצבים למחצה. מבין בתי הגידול הטבעיים בארץ, בתי הגידול הלחים נחשבים לפגועים ביותר, לא רק בגלל תהליכי זיהום, אלא גם ובעיקר בשל ניצול קיצוני של משאבי מים. מכאן שמרבית בתי הגידול ששרדו לאורך הנעמן מוגדרים נדירים וייחודיים. עין אפק ועין נימפית הם מהמעיינות הבודדים בגליל המערבי בעלי ספיקה משמעותית שאינם מאוחזים ועדיין מוקצים לטובת הטבע, שמורת כרי נעמן היא שמורת

הטבע היחידה במישור החוף הצפוני המשמרת בית גידול ביצתי ומליחת הנעמן היא שריד אחרון למליחות נחלי החוף בישראל.

בסקרים שנערכו בעבר (1935-2001) באזור נחל נעמן, נמצאו לא פחות מ-95 מינים של צמחים, ביניהם גם מינים נדירים ואף מינים אנדמים, המייצגים מגוון רב של סוגי צומח: צמחי מים (טבולים וצפים), צמחי ביצות, צמחי גדות, צמחי מליחות וצמחי חולות. בעשורים האחרונים נעלמו צמחי מים וגדות שונים ואחרים אוכלוסיותיהם הצטמצמו במידה ניכרת, ביניהם ניתן לציין את הכדורן ענף, מכבד הביצות, מדד זוחל, נורית נימית, ניידת החוף, נופר צהוב, אירוס הביצות, אסתר הביצות, ליסימכיה מסופקת ועוד.

ההערכה היא שבמערכת הנעמן היו ידועים מהעבר קרוב ל-100 טקסונים של חסרי חוליות שונים אשר התקיימו בנחל וסביבותיו. לפני כעשור דווחו מנחל הנעמן וסביבותיו כ-40 טקסונים בלבד. באזור השמורות עין אפק ועין נימית נותרה חברה שרידית של חסרי חוליות המאפיינים מקווי מים מליחים, בלתי מזוהמים אך נתונים להפרעות שינויי מפלס והתייבשות. במרכז ומורד הנחל נותרה חברה המורכבת בעיקר מאורגניזמים עמידים להפרעה של זהום והתייבשות (1; 2). בשנים בהם התחדשה השפיעה והתקיימה זרימה בתעלת המוצא של שמורת עין אפק אובחנה התאוששות חברת חסרי החוליות במעלה נחל הנעמן. בדיגום שנערך בשמור עין אפק ביולי 2011 נמצאו כ-40 טקסונים שונים רק באתר זה. ממצא זה מהווה סימן מעודד לכך שפעולות שיקום בתי הגידול וממשק המים שנערכות בשמורת עין אפק בשנים האחרונות נושאות פרי, ומסייעות להתאוששות של אוכלוסיות חסרי החוליות האקוויטים.

מרבית מיני חסרי החוליות שנעלמו ולגביהם קיים מידע היסטורי הם ממערכת הרכיכות. בסה"כ ידועים מהעבר כ-28 מיני רכיכות אקוואטים מרביתם חלזונות (22 מינים) והיתר צדפות. כיום נמצאים בנחל וסביבותיו כ-35-40% מהמינים בלבד. זאת, בנוסף להתייבשות במערכת של מספר מיני חלזונות פולשים. רכיכות מים מתוקים כוללות מספר מאפיינים המאפשרים לעשות בהן שימוש כאורגניזמים אינדיקטורים, שמצבם מספק מידע על שינויים באיכות המים ובית הגידול לאורך זמן. הירידה הגדולה במספר מיני הרכיכות בבתי הגידול בנעמן וסביבותיו הם סמן המצביע על ההתדרדרות הגדולה שחלה באיכות בית הגידול בעקבות השינויים בכמות ואיכות המים.

בעבר נמצאו בנעמן כ-15 מיני דגים שונים, מתוכם שישה מיני מים מתוקים והשאר דגי ים העולים במעלה הנחל. לפני כעשור דווח שידועים מהנעמן בסה"כ 10 מיני דגים, חלקם פליטי בריכות דגים, בהם שלושה מיני אמנונים (הגליל, הירדן ומצוי), שני מיני קרפיונים (קרפיון מצוי וקרפיון העשב). שני מיני דגים מקומיים חשובים שנכחדו מהנעמן הם לבנון הירקון ונאוית כחולה. לבנון הירקון הוא מין אנדמי לנחלי מישור החוף של ישראל, שבעבר היה נפוץ מנחל שורק בדרום ועד נחל נעמן בצפון, אך הוא נעלם ממרבית נחלי החוף עקב זיהום המים והתייבשויות. בשנים האחרונות הושב הלבנון בנעמן לשמורת עין אפק ושמורת עין נימית, אולם לא ידוע אם פרטים עברו גם לאפיק הנעמן.

פרק 5 סוקר את מקטעי הנחל השונים ומחשב עבור כל מקטע את המפלסים ומהירויות הזרימה בספיקות שונות, עבור החתך הקיים. התמונה העולה מהחישובים היא שערץ נחל נעמן כיום, במיוחד במורד המפגש עם תעלה 42, הוא תעלה טרפזית גדולה המתוכננת לספיקה של 15 מקשי"נ

(54,000 מק"ש). במעלה תעלה 42 החתך הוא גם טרפזי, אך קטן יותר ולכן ניתן לקיים שם מפלסים גבוהים בספיקות סבירות.

פרק 6 מציג את השינויים העתידיים הצפויים בנחל, מתוך תכניות קיימות, שאמורות להתבצע ללא קשר לתכנית המים המוצגת בפרק 0 להלן. השינויים העיקריים הם:

- בניית שכונת אפק החדשה בשטח בין תעלה 42 ונחל נעמן ממערב לשמורת עין אפק. השטח, יוגבה לכ-6 מטר מעל ערוץ הנחל, עם שיפוע היורד מערבה כך שכל הנגר יתנקז לתעלה 42. כפועל יוצא, הנגר בתעלה 42 צפוי לגדול מכ-1.5 מלמ"ש בממוצע כיום ל-1.75 מלמ"ש. הקצה המזרחי ביותר של השכונה מיועד לרבי קומות הצפויים להצל על הערוץ, בעיקר בשעות הצהריים. הדבר עלול להשפיע לרעה על צמחיה טבולה ומזדקרת בערוץ ובגדות.
- שמורת נחל נעמן תוכרז במקטע לאורך ערוץ הנחל במורד שמורת עין אפק, עד לתעלה 42. מטרת השמורה החדשה היא לקיים מסדרון אקולוגי הכולל קטע נחל וגדות, בין שתי השמורות הקיימות (עין אפק וכרי נעמן). ערוץ הנחל צפוי להיות מוסט 60-90 מטר לצפון-מזרח, על שטח הקצה הדרום-מערבי של בריכות קיבוץ אפק. הסטה תאפשר הקניית פיתוליות לערוץ הנחל.
- במקטע לאורך כרי נעמן, בין שני גשרי הולכי הרגל, מקדמת רשות הניקוז תכנית להוספת מורכבות מבנית לנחל. תכנית זו הינה נופית בעיקרה ואינה כוללת חישובי נפחים וספיקות בנחל ולא חישובים למידות הערוץ. הפיתולים שיתווספו הינם ברדיוס מרבי של כ-12 מטר, שאין להם משמעות הידראולית או אקולוגית במידות הערוץ הקיים ובספיקות הנדונות.
- באזור שצפונית לכרי נעמן והר הזבל, מצידו המערבי של ערוץ הנחל מול עין נמפית, מקדמת רשות הניקוז תכנית שיקום נוספת. האזור כיום הוא ביצתי והתכנית להסית את הערוץ, להקנות לו פיתוליות וליצור גופי מים מובחנים שיפרידו ביניהם שבילי הליכה לרווחת הציבור. גם תכנית זו הינה נופית בעיקרה ואינה כוללת לוח מים וחישובי מידות לערוץ, אם כי כאן הפיתולים נראים משמעותיים יותר מבחינה הידראולית ואקולוגית.
- מתקן ההתפלה בכפר מסריק צפוי להתפיל מי קידוחים מליחים לשימוש חקלאי. השפעות אפשריות של התכנית על הנחל הן הפחתה בשפיעות עין אפק ועין נמפית והשפלת מי התהום בכרי נעמן עקב שאיבה מוגברת; ובנוסף זיהום המים במורד נקודת השחרור של התמלחת, אלא אם השחרור יתבצע במקטע התחתון העובר במלחה.
- חיבור נחל נעמן עם נחל חילזון באמצעות חסימת תעלת הנעמן לזרימות בסיס (כולן או חלקן, טרם נקבע) ופתיחת סכר העפר שמפריד כיום בין הנחלים באזור משאבה 600 של עין המפרץ.

פרק 7 מפרט את שיטות העבודה ששימשו להכנת תכנית המים והן:

1. בחינת ההידרוגרף היסטורי (נלקח ההידרוגרף ההיסטורי של עין אפק, ראה סעיף 2.1.12.1.1)
2. אפיון אקולוגי היסטורי (ראה פרק 44)
3. קביעת מיני מטרה (target species) וקבוצות מייצגות (habitat guild) ובחינה של מאפייני בתי הגידול הרצויים

4. פאנל מומחים, שנערך בספטמבר 2013 ובו הוחלפו דעות לגבי אפיון בתי הגידול, הזרימות הסביבתיות ועקרונות התכנון.
5. המלצה על טווח התנאים בבתי גידול בנחל בדגש על מפלסים ומהירויות זרימה וכן איכות המים, על בסיס צרכי מיני המטרה שהוגדרו קודם.
6. חלוקת הנחל למקטעים וקביעת בתי גידול ואופייני הזרימה.
7. חישוב הספיקות הנדרשות בהתאם לתנאים הנדרשים בכל מקטע.
8. בניית לוח מים חודשי.

עקרונות היסוד לתכנון של השיקום האקולוגי מתבססים על הנחות היסוד הבאות:

- שינויים הידרולוגיים: יש לקיים משטר זרימה עונתי הדומה בצורתו להידרוגרף ההיסטורי, על מנת להשיב לחברת החי והצומח המקומית חלק מהותי מהתנאים המקוריים המתאימים לקיומם.
- שינויים מורפולוגיים: ערוץ הנחל כיום חפור כתעלת ניקוז, שגדולה מידי לשם קיום מערכת אקולוגית מורכבת, בספיקות המים העכשוויות והמומלצות בתכנית זו. יש ליצור תנאים גיאומורפולוגיים, שיעלו את מפלס המים בזרימות הבסיס, אך לא יצמצמו את תפקודו כמוביל מים בגאוויות קיצוניות:
 - תנאי מקדים הוא הכנת פתרונות לויסות הנגר, בעיקר מתעלה 42. יש לזכור שהנגר צפוי לגדול עקב ההתרחבות של השטח העירוני במעלה אגן הניקוז של הנעמן.
 - נדרש בתכנון הרעיוני לשלב גם שינוי גיאומורפולוגי של הערוץ (channel design) כדי להשיב את ההטרוגניות המרחבית. הגדלת המורכבות המבנית יכולה להיעשות גם ע"י השבה של צמחייה מקרופיטית (טבולה, צפה ומזדקרת) וגם באמצעות אלמנטים מבניים.
 - מומלץ להסדיר מקטע של בית גידול אבני בקטע העליון של הנחל ביציאה משמורת עין אפק, בתנאים של זרימה חזקה, שמחד תיצור שיווי משקל של השקעת סדימנטים וסחיפתם למורד כדי למנוע כיסוי של בית הגידול האבני (לא נמוך מ- 0.3 מטר/שניה), ומאידך תאפשר קיום של בע"ח אקוואטים בעלי העדפה לזרימה מהירה ומים מחומצנים היטב.
- צמחייה מקרופיטית:
 - נדרש שעומק עמודת המים בחתך מורכב של ערוץ הנעמן יהיה 0.5 – 1.0 מטר. עומק של מטר אפשרי באזורים ספציפיים בלבד. עמודת מים כזו ניתנת להשגה ע"י העלאת מפלס המים באמצעות צמחייה מקרופיטית צפופה בערוץ. יש להביא בחשבון שמהירות הזרימה במקטע מסוג זה תהיה נמוכה (≈ 0.1 מטר/שניה).
 - כדי לאפשר התפתחות של צמחייה מקרופיטית טבולה ומזדקרת, יש צורך בגוף מים צלול עם עומק פוטי משמעותי שמאפשר התפתחות של צמחי מים לאחר הנביטה בקרקעית. מכאן שעל המקטע עם הצמחייה המקרופיטית להיות באזור מואר היטב. מומלץ לדלל עצים יוצרי צל שאינם מקומיים דוגמת מיני אקליפטוס.
 - יש לבדוק את ההצללה של שכונת אפק החדשה על הנחל.

○ מכיוון שכיום חסרה ביומסה מקרופיטית בערוץ הנחל, נדרש ממשק השבה של מיני צמחיית מים מקומיים שמטרתו יצירת ערוץ הכולל צמחייה מקרופיטית מתאימה. מומלץ להתחיל בפיילוט מקדים באחד מהמקטעים הכולל בחירת רשימת מינים, טיפוח זרעים או ייחורים וניסויי שתילה.

○ יש לבחון את ההשפעה של צמחייה מקרופיטית צפופה על השיטפונות, בפרט במורד הנחל לאחר החיבור של תעלה 42, ובמידת הצורך לתכנן פתרונות לקליטת המים בפשטי הצפה. יצוין כי השיטפונות בנחל נעמן אינם גדולים דיים בכדי להשפיע על הצמחיה המקרופיטית.

• ברכות דגים:

○ נדרש למנוע במהלך השנה שאיבה מהנחל של זרימת בסיס ממעינות אפק אל בריכות הדגים.

○ ניתן לשאוב זרימות בסיס ממורד הנחל, בנקודת החיבור עם נחל חילזון (היכן שנמצאת משאבה 600 של עין המפרץ).

○ אספקת המים לבריכות הדגים ממעלה הנחל צריכה להתבסס על שיטפונות בלבד ולא בשאיבה ישירה מערוץ הנחל, אלא באמצעות מגלשים למאגרי צד או שאיבה מתעלות צד.

○ התקופה הבעייתית ביותר של פריקות מי הפלט לנחל היא בחודשים ספטמבר - נובמבר, בהם יש למנוע מפלט בריכות הדגים להגיע לנחל.

○ ניתן להזרים את הפלט למורד לתוך אגן ירוק (Constructed Wetland) שייבנה בבריכות הנטושות של עין המפרץ ומשם לנחל.

• דיגום וניטור:

○ נדרש להרחיב את תכנית הדיגום הדו-שנתית לנקודות נוספות שכיום אינן נדגמות (מוצאי המדגים, נקזים ותעלות). ניתן להגביל בזמן את ההרחבה של התכנית עד להצטברות כמות נתונים מספקת.

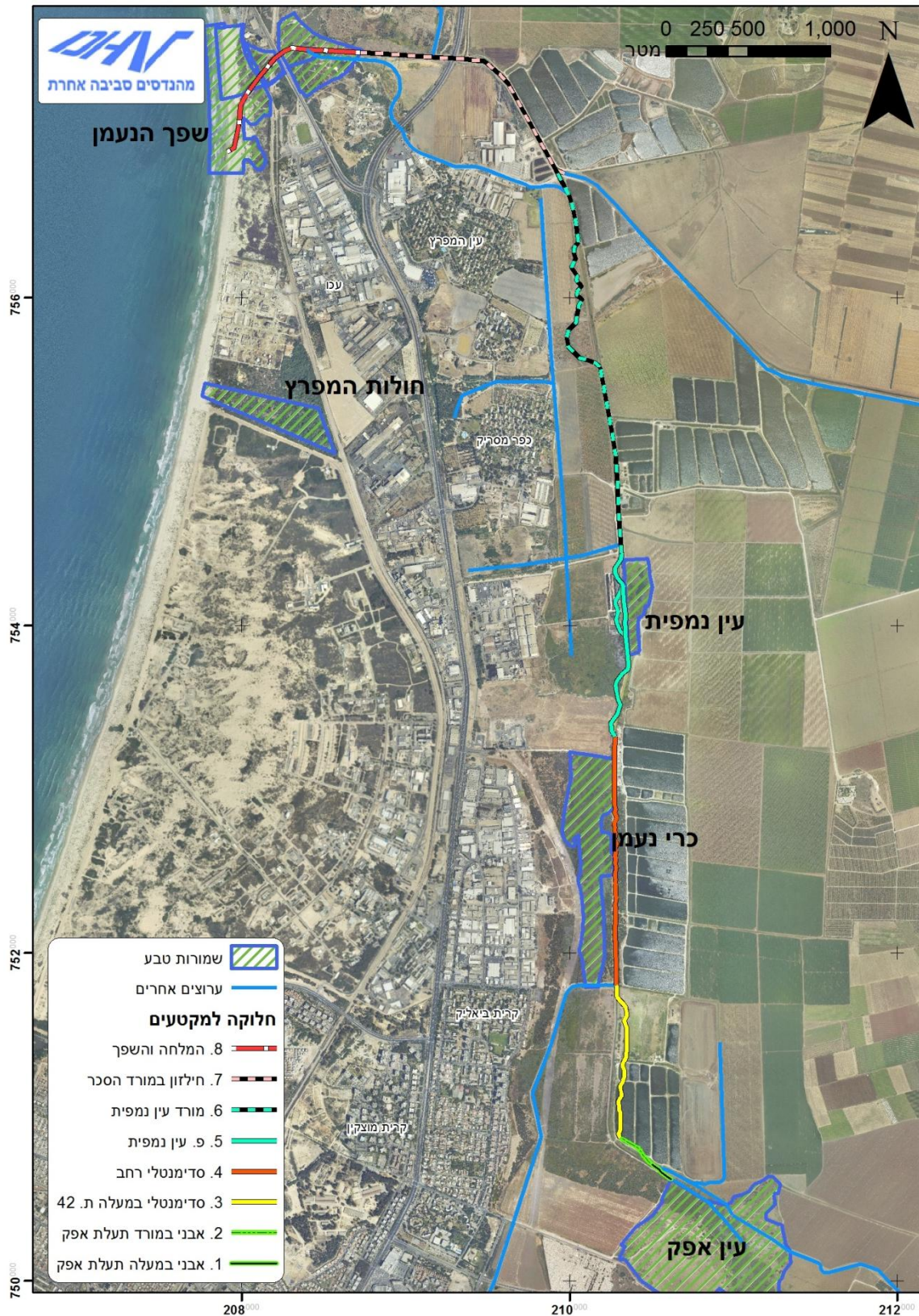
○ יש להכין תכנית ניטור מתמשכת שתלווה את הטמעת תהליך השיקום האקולוגי, תבחן את תוצאות הפרויקט ותעריך את הצלחתו ע"י שימוש בסדרה של מדדים כמותיים (הידרולוגים, פיסיקו-כימיים, ביולוגים). חשוב שתכנית הניטור תשווה את מצב בריאות המערכת האקולוגית בנחל לפני יישום התכנית ואחריה.

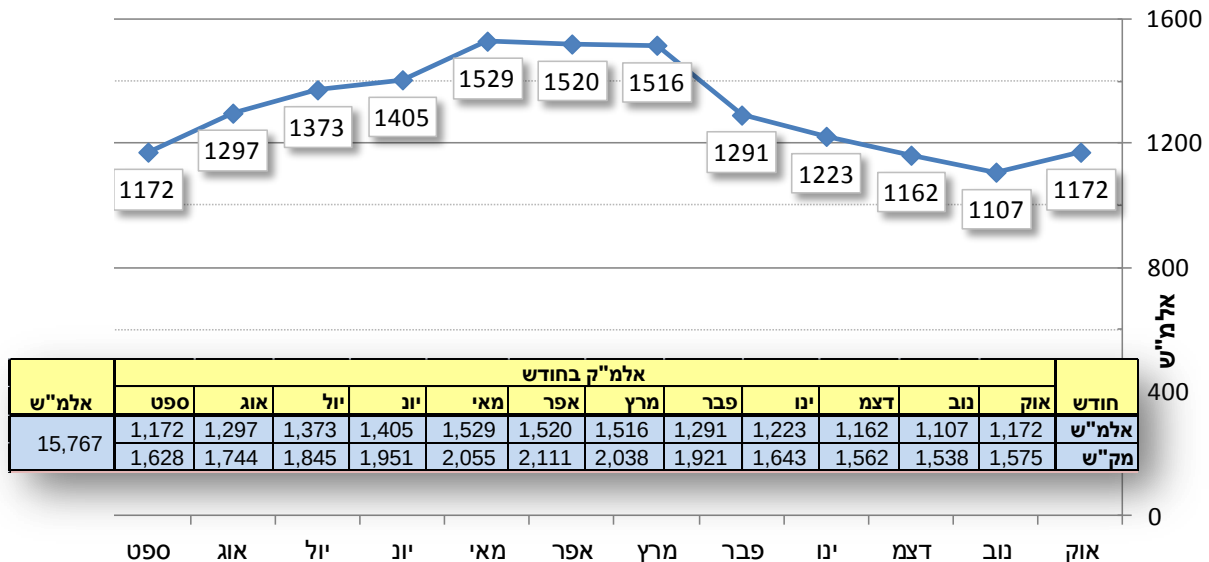
פרק 0 מציג את תכנית המים לנחל. בסעיף 8.1 מחולק הנחל למקטעים עתידיים כמוצג במפה שבעמוד הבא ובטבלה טבלה 7 בעמוד 77 שמסכמת את מאפייני כל מקטע:

1. מוצא עין אפק עד המפגש עם נחל אפק ("תעלת אפק") – בית גידול אבני ללא זרימות שיטפונות, שמאפשרות מצע חצץ בעל קוטר קטן. ניתן להוסיף מפלונים ובולדרים להעשרת המורכבות המבנית. מדובר בבית גידול שלא היה קיים בעבר בנחל.

2. שמורת נחל נעמן לפני העיקול – המשך המקטע האבני, אך כאן עם זרימות שיטפונות. מהירות הזרימה באירועי קיצון לא צפויה לעלות על מטר בשניה ולכן אבנים בקוטר של מעל

- 2.5 ס"מ יספיקו בכדי למנוע סחיפה. שני המקטעים הללו יספקו ניסוי מעניין בהבדלים שבין מקטע אבני ללא ועם שיטפונות.
3. שמורת נחל נעמן לאחר העיקול – מקטע סדימנטלי עם צמחייה מקרופיטית צפופה הממלאת את כל חתך הנחל, ללא הצללת עצים. יש לבדוק הצללת שכונת אפק וביצוע פיילוט לשיתלת הצמחייה המקרופיטית.
4. ממורד תעלה 42 עד הנקז הצפוני של כרי נעמן - יישום תכנית רשות הניקוז (סעיף 6.2) להקניית פיתוליות, אך התאמת הערוץ לתכנית המים. נדרשת הצרה של הערוץ ע"י שימוש באלמנטים היוצרים מורכבות מבנית (סעיף 8.6) וצמחייה מקרופיטית בגדות. יש לתכנן את האלמנטים כך שלא יפגעו בתפקוד הניקוזי של הערוץ. ברוב המקטע קיימת הצללה חלקית של עצי אקליפטוס ולכן כנראה לא תתפתח חבורת צומח שתכסה את כל פני המים.
5. מהנקז הצפוני עד מורד עין נמפית - התאמה של התכנית הנופית לתכנית המים בנחל, דהיינו הצרה של הערוץ באמצעות אלמנטים כנוזר לעיל.
6. ממורד עין נמפית עד מפגש חילזון (משאבה 600) – נדרשת העלאת מפלס המים ע"י אלמנטים היוצרים מורכבות מבנית ועידוד התפתחות של צמחייה מקרופיטית. הערוץ ההיסטורי התפתל ממערב לתעלה כיום ובאזורים מסוימים עדיין ניתן להבחין בו, שכן השטח מוצף תדיר וערכיותו החקלאית נמוכה. באזורים אלה מומלץ להחזיר את התוואי המתפתל ההיסטורי ולהאריך את הערוץ בכ-200 מטר. מקטע זה כיום הוא בעל ערכיות נמוכה יותר מהמקטעים שבמעלה ולכן היישום הוא בעדיפות נמוכה לעומת מקטעים במעלה הנחל.
7. ממפגש נעמן-חילזון עד המלחה. הערכיות כיום נמוכה מאוד ושיקום אקולוגי יהיה מסובך כיוון שידרוש הסרת מפגעים מהחילזון וכן יסתור במידה מסוימת את התכנית לטיפול בפלט בריכות הדגים (סעיף 8.3). כמו כן, שיקום ידרוש כמויות מים גדולות מאוד עקב רוחב הערוץ שעולה על 8.5 מטר. מבחינה נופית מדובר בערוץ הזורם בין בריכות דגים וסמוך לתשתיות אחרות. מכל הסיבות האלה, מקטע זה הוא בעדיפות נמוכה לשיקום אקולוגי.
8. מתחילת המלחה עד השפך לים - מקטע זה הינו אסטואר בעל מליחות גבוהה וערוץ נחל שרוחבו מגיע עד ל-20 מטר. פעולת ה-"שיקום" הנדרשת במקטע זה היא הימנעות מהרחבה נוספת של הערוץ ומניעת זיהומים במעלה.
- מקור המים של העיקרי של נחל נעמן ימשיך להיות השפיעה הטבעית בעין אפק. עקב כך המליחות לאורך כל הנחל, עד למפגש עם נחל חילזון, תנוע בטווח של 800-1100 מגכ"ל. מקורות מים משניים יהיו נגר עילי, נקז שמורת כרי נעמן ועין נמפית. מומלץ כי השפיעה בעין אפק תגיע לכ-16 מלמ"ש, שיתפלו על פני השנה כמתואר בגרף להלן. שיא השפיעה יהיה בחודשים מרץ-מאי ויעלה על 2,100 מק"ש. השפל יהיה בחודש נובמבר ויעלה על 1,500 מק"ש. לשם כך יש לשקם את האוגר של אקוויפר הגליל המערבי ולהביאו למפלס שיאפשר שפיעה של 16 מלמ"ש.





הפתרון המוצע לבריכות הדגים מוצג בשני מסמכים נפרדים מדו"ח זה והם תנוחת התכנית ואמדן ראשוני. עיקרי התכנית, שעלותה היא כ-5.9 מיליון ש"ח, הם:

- צינור שיונח לאורך הנחל מבריכות לוחמי הגטאות במעלה ועד לנקודת החיבור בין נחל נעמן לנחל חילזון.
- מקור המים לבריכות יהיה משאבת 800 מק"ש בנקודת הקצה של הצינור, שתשאב מים מנחל נעמן במעלה נקודת המפגש עם החילזון. המים יוזרמו בצינור ויחולקו לבריכות הדגים.
- הסרת המשאבות הקיימות לאורך נחל נעמן
- הפלט מכל בריכות הדגים יוזרם באותו הצינור למורד לאגן ירוק (Constructed Wetland) שיוקם בבריכות הנטושות של עין המפרץ (עלות ה-CW אינה נכללת באומדן הראשוני) לפני השחרור לנחל.
- פעולות נוספת אותן יש לבצע בנחל הן:
- כרי נעמן:

- סיום תהליך הכרזת השמורה
- יישום תכנית הניטור הקיימת כתנאי להקמת מתקן ההתפלה.
- מיפוי מצב קיים בשמורת כרי נעמן, בדגש על גופי המים בשמורה.
- יצירת חיבור הידרולוגי עונתי בין השמורה לבין תעלה 42 ונחל נעמן, לשם הסטת שיטפונות אל תוך השמורה.
- העלאת רום הכניסה של נקז השמורה בצפון, לשם העלאת מפלס המים בשמורה.
- מיפוי המצב העתידי לאחר ביצוע הצעדים הנ"ל.
- תכנון ויישום תכנית ניטור להערכת הצלחת שיקום הנחל.
- הכנסת אלמנטים המקנים מורכבות מבנית כמתואר בסעיף 8.6

1 מבוא

דו"ח זה מסכם את פרויקט הכנת תכנית המים לנחל נעמן. פרק זה מגדיר את יעד השיקום, מתאר בקצרה את אגן הניקוז של נחל נעמן, תוחם את איזור העבודה בתוך אגן הניקוז ומסיים בפירוט השינויים העיקריים שעברו על הנחל במאה השנים האחרונות.

1.1 יעד השיקום

נחלי ישראל בכלל ונחל נעמן בפרט סובלים מפגיעה הרסנית ומתמשכת במערכות המים: כמות המים הזורמת בהם כיום זעומה כתוצאה מהטיה, קידוחי הפקה, שאיבת מי הנביעות, וניצול מי שיטפונות במעלה הערוץ. כמו כן הנחל עדיין נפגע מעת לעת מחדירה של זיהומים נקודתיים מהנקזים השונים, מבריכות הדגים ומהזרמות שמגיעות מנחל חילזון. שיקום הנחלים מחייב כתנאי ראשוני והכרחי טיפול במערכת המים בנחל, והקצאת מים ייעודית להזרמה בנחלים (3). נחל נעמן נמצא זה שנים רבות במוקד של פעילויות פיתוח והשבה למעגל נכסי הציבור. על אף הישגים לא מעטים בזירה של הנגשת הנחל ושימוש הציבור, הנושא האקולוגי בכלל ונושא המים בפרט נמצא בפיגור. בכתב הדרישות להכנת תכנית מים אקולוגית להשבת מים לנחל נעמן שפרסמה רשות הטבע והגנים הוצהר שמטרת התכנית היא שיקום נחל הנעמן ובתי הגידול שלאורכו בהיבט משטר המים ומשטר הזרימה.

לפיכך, **נקבע שמטרת העל בעבודה זו היא תכנון העקרונות להשבת מים לנחל לצרכי שיקום אקולוגי ושימור בתי הגידול האקוואטים והמגוון הביולוגי המתפתח בהם.** לצורך זה, קביעת כמות ואיכות המים הנדרשת לשיקום הנחל תתבסס על הזרימה ההיסטורית שהתקיימה בו, המצב האקולוגי הרצוי, והמצב הניתן להשגה. נהוג לחלק את ההתערבות לצורך טיפול במערכת האקולוגית בנחל לשלוש (4; 5):

- א. שחזור (full restoration) – הרמה הגבוה ביותר של שיקום נחלים היא השבת המערכת האקולוגית לקדמותה, טרם ההתערבות האנושית;
- ב. שיקום (rehabilitation או partial restoration) – רמת הביניים אינה משיבה את המערכת למצבה המקורי, אך פועלת להשבת אופיו הייחודי של הנחל ותפקודו כמערכת עצמאית שאינה נתמכת ע"י האדם לטווח בלתי מוגבל (6);
- ג. השבה למעגל נכסי הציבור (enhancement או reclamation) – הרמה הנמוכה ביותר של שיקום, כוללת מניעת מטרדים תברואיים ואסתטיים, הוצאת מזהמים, הנגשה ושיקום נופי, בדגש על חשיבות לאדם.

רמת השיקום אליה מכוונת תכנית זו היא רמת הביניים - rehabilitation. רמת זו שואפת להגיע למצב של שיווי משקל אקולוגי באגן ההיקוות, המאפשר למערכת הטבעית להתחדש ולשקם את הסביבה ובתי הגידול האופייניים לה. מסלול השיקום דומה למסלול הנדרש לשחזור (full restoration), אך קו הסיום אינו בהכרח זהה וכולל שינוי בבתי הגידול ומאכלסי הנחל.

המטרה של שיקום המבוסס על תהליכים הוא להשיב מחדש את הקצב והגודל הנורמטיביים של תהליכים פיסיקליים, כימיים וביולוגיים המאפשרים למערכת האקולוגית של הנחל ושטחי ההצפה להתחדש ולהתאושש (7). ביסודו של יעד זה ישנם שני צרכים בסיסיים:

1. להבטיח שתכנית השיקום ופעילויותיה מטפלות בשורש הבעיות שגורמות לפגיעה במערכת האקולוגית בנחל ולא בתסמינים.

2. לתמוך בשיקום בר-קיימא שאינו דורש תחזוקה מתמשכת או התערבות אדם חוזרת כדי להשיג את יעדי השיקום.

בנוסף, לאור זאת שרוב בתי הגידול הלחים בארץ אבדו, בייחוד בנחלי החוף, עומדת בפנינו הזדמנות כמעט חד פעמית להשבת בתי גידול אבודים, גם אם התקיימו בנחלים אחרים בארץ ולא דווקא בנעמן. **לכן יעד משני בעבודה זו הוא ליצור בתי גידול המאפיינים נחלים זורמים, גם אם לא היו קיימים באופן טבעי בנחל נעמן.**

1.2 אגן נחל נעמן

נחל הנעמן ויובליו מנקזים את המורדות המערביים של הגליל התחתון. הנעמן הוא אחד מחמשת הנחלים במישור החוף שנחשבים נחלי איתן, ונחל האיתן היחיד כיום בגליל המערבי. שטח אגן ההיקוות שלו כ-338 קמ"ר (איור 1 להלן), כ-70% בשטח הררי והשאר במישור עמק זבולון. כמות משקעים הממוצעת כ-550 מ"מ בשנה באזור החוף, ועולה עד לכ-900 מ"מ בצפון מזרח האגן, הנמצא בשיפולי הר מירון. רוב האגן מתנקז לנעמן דרך נחל חילזון, שמתחבר לנחל נעמן ממזרח למסילת הרכבת, סמוך מאוד לשפך.

נחל נעמן עצמו מנקז פחות מ-30 קמ"ר מתוך כלל האגן. ככזה, משטר המים מוכתב ע"י שפיעת עין אפק, ממנו מגיעים מעל ל-95% מהמים הזורמים בנחל. הנגר לפיכך, הוא משני בחשיבותו. אורך האפיק הראשי ממקור מעיינות אפק ועד לים הוא כ-9.25 ק"מ ושיפועו הממוצע הוא כ-0.3 פרומיל (כלומר כ-30 ס"מ לכל קילומטר).

אפיק נחל הנעמן הינו למעשה תעלה שנחפרה בשנות ה-30 של המאה הקודמת על מנת להסדיר את זרימת המים בנחל הטבעי, לחסל את מוקדי הקדחת באזור ביצות "כורדאני" ולמנוע הצפות של שטחים חקלאיים. עקב חפירת האפיק, ירד מפלס מי-התהום ושטחי הביצה הצטמצמו. במקום הושארו שמורות הטבע "עין אפק", עין נמפית וכרי נעמן שבהן נותר מעט מהנוף המיוחד של הביצות וצמחי המים שהיו באזור בעבר.

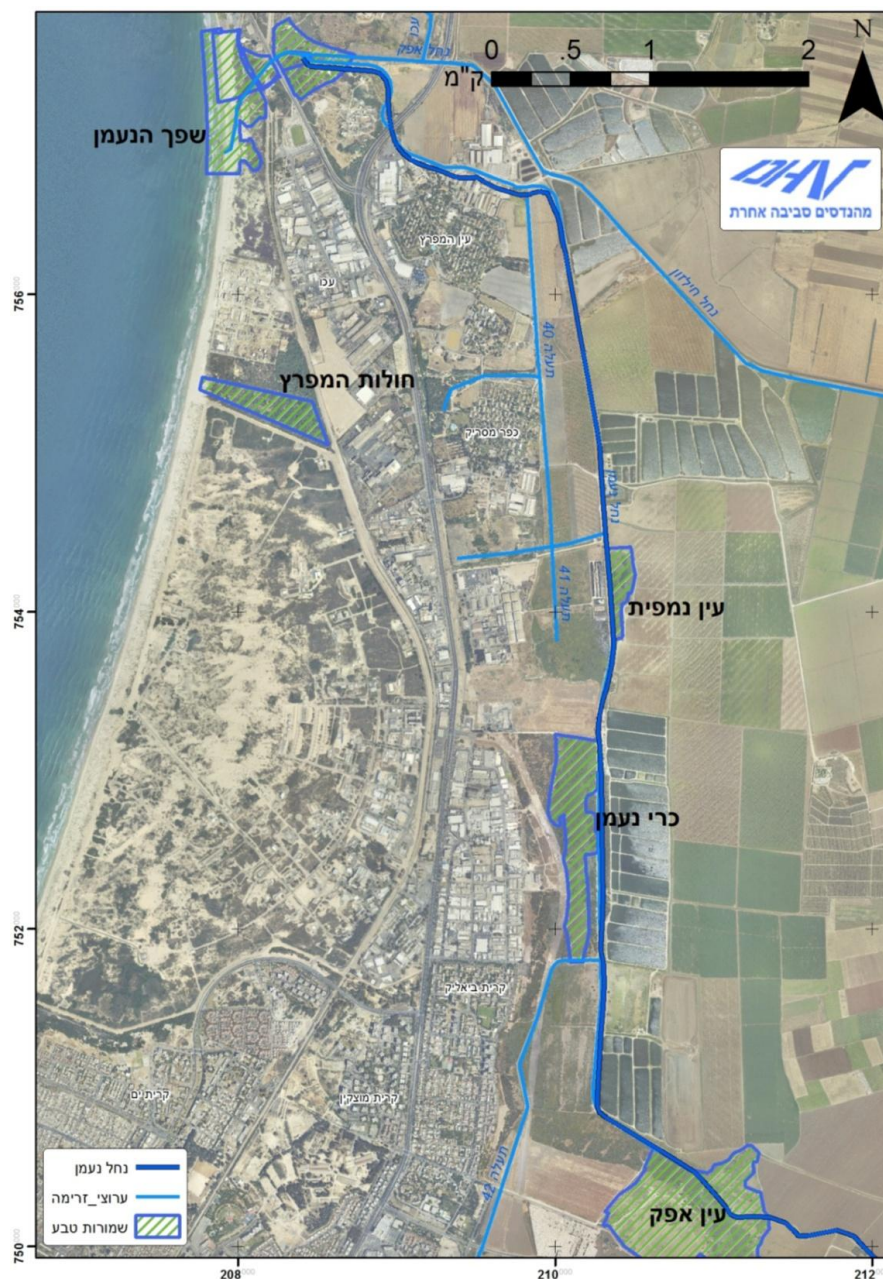
נחל חלזון מנקז כ-80% מאגן ההיקוות של הנעמן, ויובליו העיקריים הם נחל אבליים (בעקבות הטייתו מהנעמן), ונחל כבול המתנקזים אליו מדרום. ראשיתם בהרים באזור כרמיאל ובאזור הר עצמון. שני הנחלים הללו הם נחלי אכזב בהם זורמים מי שיטפונות בתקופת החורף, אולם ב-30 השנים האחרונות הם מובילים שפכים ומי-קולחין במשך כל ימות השנה. נחל נוסף המתנקז מצפון הוא נחל עכו, שבמקור היה שייך לאגן נחל יסף, אך הוסט דרומה בכדי למנוע הצפות בשכונות המזרחיות של העיר עכו ובכך הוסיף 40 קמ"ר נוספים המתנקזים לנחל חלזון ממערב לכביש 4.



איכות המים בנעמן השתפרה מאד מאז שנת 2006, בעיקר עקב סילוק שפכי מילואות מהנחל והפעלת מט"ש עכו. לנחל חילזון עדיין מוזרמים עודפי מליוני קוב קולחים ממט"ש כרמיאל, ביוב גולמי מתקלות חוזרות ונשנות בתחנות שאיבה וכן פליטות המדגה המלוח של עין המפרץ. זרימות אלו גורמות לכך שאיכות המים בחלקו התחתון של הנעמן ועד השפך לים – באיכות ירודה.

1.3 אזור העבודה

עבודה זו מתרכזת בחלקו האיתן של הנחל, שהוא מעין אפק במעלה ועד שפך הנחל לים התיכון דרומית לעכו (איור 2 להלן) – מקטע שארכו פחות מ-10 ק"מ. באזור זה הנחל זורם מדרום לצפון וחוצץ בין האזור המיושב והמתועש שבמערב לבין המרחב הפתוח שרובו שטחים חקלאיים ובריכות דגים.



איור 2: אזור העבודה ממוצא שמורת עין אפק בדרום מזרח, עד לשפך בצפון מערב

באזור העבודה ארבע שמורות טבע (מדורים לצפון) - עין אפק (שמורה מוכרזת), כרי נעמן (שמורה מוצעת), עין נמפית (שמורה מוכרזת), שפך הנעמן (חלק מהשטח הוא שמורה מאושרת).

התייחסות לשטחים שבתוך אגן הניקוז אך מחוץ לאזור העבודה, תיעשה רק במקרים בהם ישנה השפעה ישירה של המעלה על המורד, דוגמת חישובי נגר.

1.4 שינויים שנעשו בנחל ובסביבתו לאורך השנים

אגן הניקוז ונחל נעמן עצמו עברו שינויים רבים ששינו לחלוטין את אופיו של הנחל. בעבר עמק זבולון מסביב לנחל נעמן נשלט ע"י ביצה קבועה בשטח של לפחות 7,400 דונם¹ וביצה עונתית בשטח של כ-11,600 דונם. עין אפק שבראש הנחל סיפק כ-45 מלמ"ש (מיליון מטר קוב בשנה) בספיקה יחסית קבועה וערוץ הנחל, שהתפתל במרכז הביצה, זרם בחתך רחב ועמוק יחסית של מעל מטר ובזרימה איטית. תשתית הנחל הייתה מורכבת ממצע חרסיתי בוצי, ללא אבנים. האפיק והביצה שמסביבו הכילו צמחיה מקרופיטית טבולה, צפה ומזדקרת שופעת. השפעת השיטפונות הייתה שולית למדי.



איור 3: הביצה סביב נחל נעמן בתחילת המאה ה-20

איור 4 בעמוד 23 מציג מפה בריטית משנת 1940 בקנ"מ 1:20,000 ועל גביה מסומנים הביצה ההיסטורית בעמק זבולון (קבועה בכחול ועונתית בלבן), ערוצי הזרימה ההיסטוריים באדום והערוצים כיום בכחול.

השינויים העיקריים שעבר הנחל מאז שנות ה-30 של המאה ה-20 הם:

¹ כנראה שיותר, מאחר שהמיפוי נעשה בשנת 1940, לאחר שיובשו שטחים ע"י קיבוץ עין המפרץ

- ניקוז המים וייבוש הביצה בעמק זבולון החל עם תחילת ההתיישבות היהודית החדשה באזור (עין המפרץ – 1938 ; כפר מסריק ואפק - 1940).
- שאיבה מעין אפק ולאחר מכן מהאקוויפר המזין אותו, עד למצב בו המעיין יבש לחלוטין (ראה דיון בעין אפק בסעיף 2.1.1 להלן)
- הזרמת מים ממקורות אנתרופוגניים כדלקמן :
 - מי בריכות דגים המטופטפים לנחל נעמן במשך כל שנה ובאופן מוגבר בתקופת ריקון הבריכות (ראה סעיף 2.2 לפירוט).
 - נקזים עירוניים בעיקר בתעלה 42 ומאזור התעשייה של קריית ביאליק (סעיף 2.3).
 - שפכי תעשייה (במיוחד ממפעל מילואות) - מזהם זה הוסר בשנת 2006.
 - שפכים עירוניים - גם גורם זה הוסר ברובו הגדול מנחל נעמן, אם כי שפכים/קולחים עדיין מוזרמים לנחל חילזון בהיקף מיליוני קוב לשנה.
- שינויים מורפולוגיים בערוץ הנחל כדלקמן :
 - יישור הפיתולים בערוץ נחל נעמן שאורכו המקורי היה כ-12.1 ק"מ (ממוצא עין אפק עד הים), לעומת 9.25 ק"מ כיום.
 - הפיכת הערוץ לתעלת ניקוז טרפזית, שמטרתה להוביל ספיקות של 10-15 מקש"נ (מטר קוב לשניה) - ראה דיון במקטעי הנחל בפרק 5.
 - הסטת נחל אבליים מאזור בריכות הדגים של קיבוץ לוחמי הגטאות לכיוון צפון לעבר נחל חילזון.
 - חפירת ערוץ מלאכותי בנחל חילזון, שמבחינה היסטורית לא היה קיים (הוואדי השיטפוני התנקז לביצה שבעמק ונגמר כ-2.6 ק"מ במעלה המפגש עם נחל נעמן).
 - חפירת תעלת ניקוז בעין המפרץ והסטת המפגש בין נחל חילזון לנחל נעמן למורד.
 - הטיית נחל עכו לנחל חילזון והגדלת אגן הניקוז כתוצאה מכך בכ-21 קמ"ר.

שינויים בתוואי האפיק הטבעי והסדרתו, תפיסת המעיינות, הורדת מפלס מי התהום באקוויפר הנעמן עקב ההפקה בקידוחי ההר ושאובה של מי הנחל אל בריכות הדגים הסמוכות פגעו קשה באופיו הטבעי של הנחל. חלק מהמעיינות יבשו וזרימת המים בנחל התדלדלה. דיווחים על התייבשות המקורות ומורד הנחל קיימים כבר משנות השישים של המאה הקודמת (8) ונצפו גם בתקופות מאוחרות יותר (9 ; 10). ההתייבשות הגיעה לשיאה ברצף השנים השחונות של סוף המאה הקודמת ובעשור הראשון במאה הנוכחית (1). מעבר לכך, חפירתה של תעלת הנעמן העמוקה והישרה וביטול מרבית אפיק הזרימה הטבעי והמפותל יצרה מציאות של בתי גידול מנותקים, שאיבדו את מרכיבם המאחד - נחל הנעמן, שבמסלול זרימתו היווה חוט מחבר, ויצר קישור אורכי עד כדי כך שלא ניתן היה להפריד באופן מלאכותי את אותם בתי גידול אקוויטיים כפי שהם מוגדרים היום. דהיינו, עין אפק, כרי נעמן ועין נימפית כמו ערוץ הנחל עצמו היוו יחידת נוף אחת, ביצתית באופייה.



2 הידרולוגיה - מצב קיים

פרק זה עוסק במצב הקיים בנחל נעמן מבחינה הידרולוגית, כהכנה לדיון האקולוגי בפרק 4. הפרק דן במקורות המים הטבעיים של הנחל, בריכות הדגים שלאורכו ובמקורות הזיהום. הפרק מסתיים בהצגת מקטעי הנחל השונים.

2.1 מקורות המים

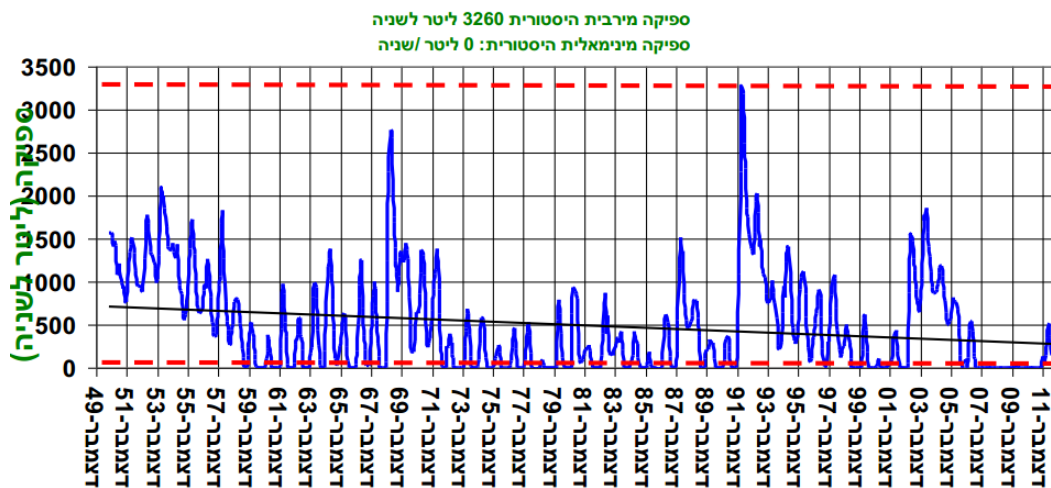
סעיף זה דן במקורות המים הטבעיים של נחל נעמן. באופן כללי, מפלס מי התהום סביב הנחל נע בין 2-6 מטרים (11), כלומר מדובר על מי תהום גבוהים מאוד. הדבר אינו מפתיע, שכן מדובר באזור מישורי, לשעבר ביצתי, שאינו גבוה בהרבה מפני הים. להלן פירוט:

2.1.1 עין אפק (מעיינות כורדני)

עין אפק, הנמצא בתוך שמורה בעלת אותו השם, הוא מקור המים העיקרי של הנחל. המעיין הוא למעשה ריכוז של כ-60 נביעות במספר בריכות ששטחן הוא כ-150 דונם (12). שפיעתו ההיסטורית, עד 1942 בה החלו בתי הזיקוק לשאוב ממימיו, היא כ-45 מיליון מטר קוב בשנה (מלמ"ש) (13) - דהיינו 5,137 מטר קוב בשעה (מק"ש) בממוצע שנתי. מליחות המעיין היא 700-1150 מיליגרם כלוריד לליטר (מגכ"ל), עם תלות ביחס ישר בין השפיעה למליחות (כאשר השפיעה עולה, כך גם המליחות) (14).

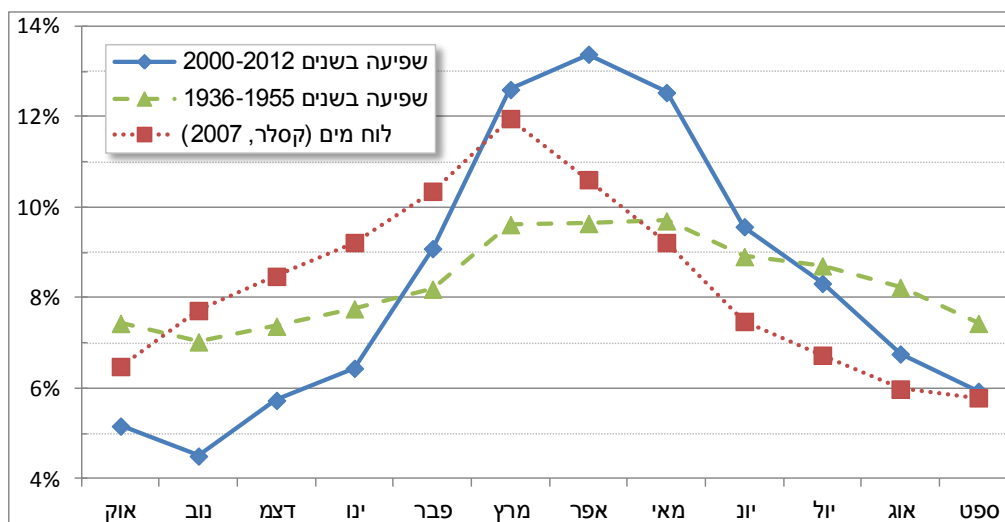
שמורת עין אפק מורכבת ממערכת של בריכות שלהן מוצא עיקרי אחד לנחל נעמן (ומספר מוצאים על ותת קרקעיים, שאינם מכומתים). יש לזכור כי הספיקה נמדדת במוצא השמורה, שמאבדת כמות לא מכומתת באידוי וכן בדליפות תת קרקעיות לערוץ הנחל, שאינן נמדדות במוצא (15). למוצא השמורה 2 סכרים וכאשר הם סגורים, נדרשת ספיקה של 450 מק"ש לשמירת מפלס של 5-4 מטר, שהוא המפלס התפעולי כיום. כאשר הסכרים פתוחים, נדרשת ספיקה של לפחות 1,800 מק"ש לשמירה על המפלס.

עם התחלת השאיבה, ירדה השפיעה בהדרגה וביחד עם ניצול יתר של אקוויפר הכורדני, ירד מפלס מי התהום לכ-2 מטר והנביעות יבשו לחלוטין בשנים 2008-2012 (16). בתקופה בה יבשו הנביעות, קיבלה השמורה הקצאה של 5 מלמ"ש מקידוח אפק ב', מתוכם נוצלו כ-4 מלמ"ש שהם 450 מק"ש בספיקה קבועה. בפברואר 2013, חזרו הנביעות בכמויות משמעותיות לשמורה וחדלה אספקת המים המלאכותית. בחודש יוני 2013 נמדדו במוצא השמורה כ-2,000 מק"ש והסכרים במוצא היו פתוחים.



איור 5: ספיקה בעין אפק (17)

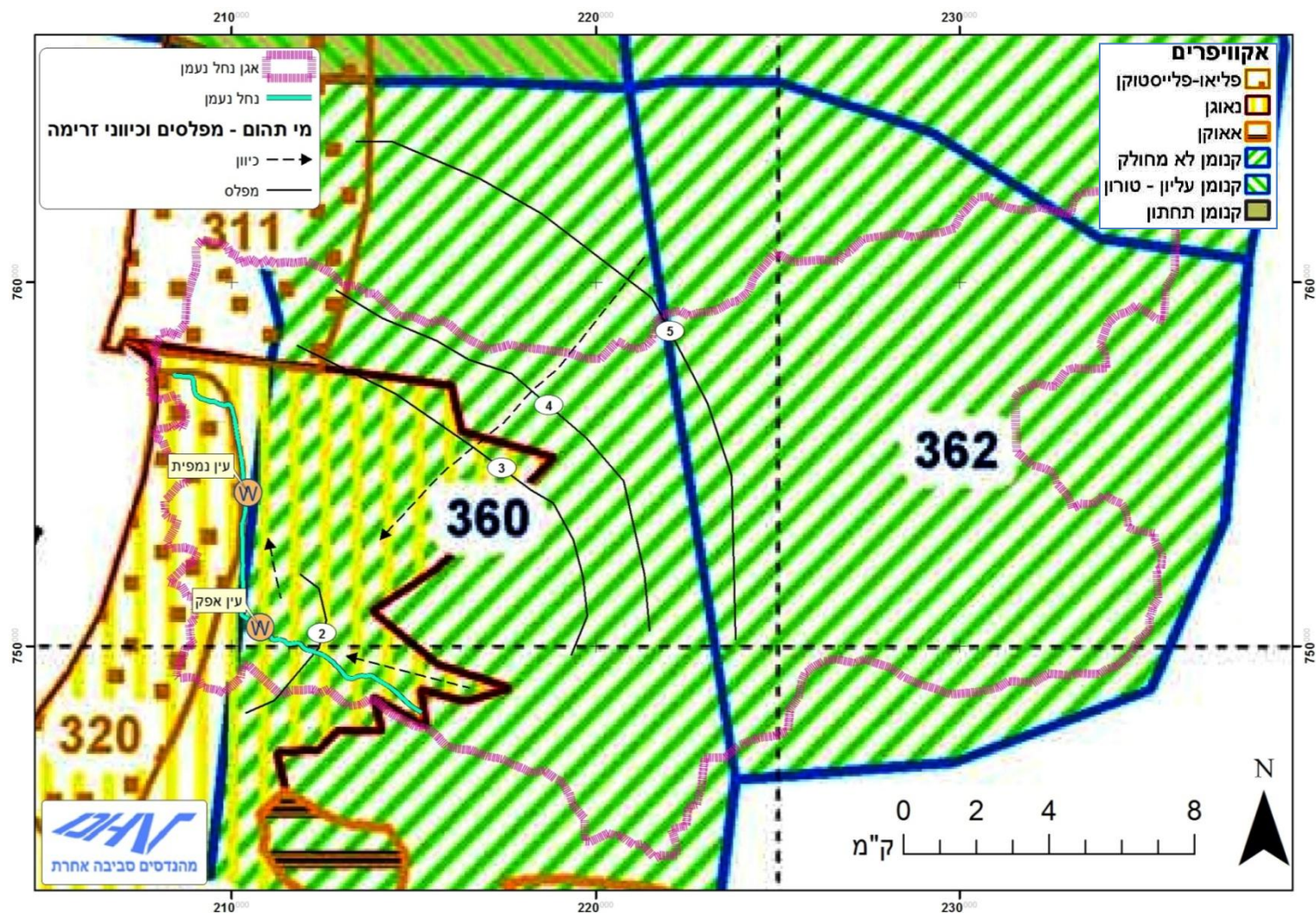
בחינה של השפיעה לאורך הזמן (איור 5) מעלה שעד סוף שנות ה-50 של המאה הקודמת, השפיעה הייתה קבועה למדי מבחינה רב שנתית. מאז ועד היום נצפית תנודתיות עונתית ורב-שנתית חריפה, דבר המעיד על השפעה אנתרופוגנית חזקה על המעיין. איור 6 להלן מציג את ההתפלגות החודשית הממוצעת של השפיעה ההיסטורית בעין אפק, השפיעה הנוכחית בעין אפק ולוח המים שנלקח מהעבודה של אבנר קסלר². מאיור 6 עולה כי בעבר השפיעה הייתה קבועה גם ברמה העונתית (תנודתיות בטווח 7%-9.5%), לעומת תנודתיות עונתית גבוהה כיום (4.5%-13%). התפלגויות אלו ישמשו לקביעת לוח המים וכן לקביעת ההתפלגות השנתית של מקורות מים טבעיים אחרים באזור, שאינם נמדדים בקביעות³.



איור 6: התפלגות חודשית ממוצעת של שפיעות בעין אפק.

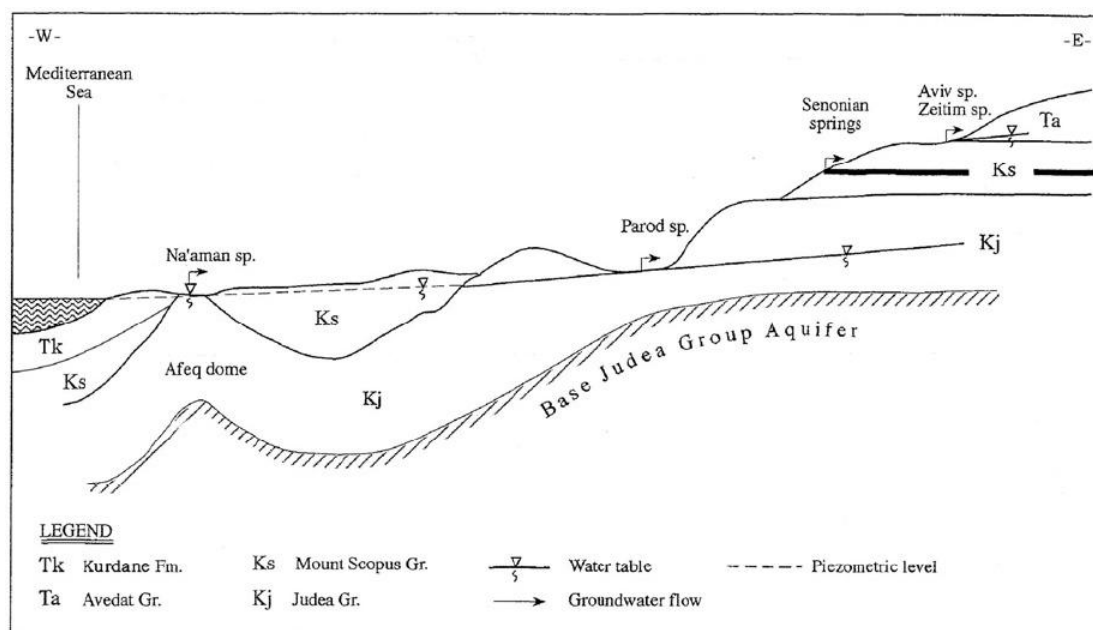
² (10): חורף - 1,200 מק"ש, קיץ - 600 מק"ש, שנה שחונה (הסתברות 10%) - 300 מק"ש.

³ הנחה זו של התפלגות חודשית אחידה לכל מקורות המים באזור נעשית בלית ברירה עקב מחסור במידע. היא אינה מדויקת, כיוון שמדובר במגנטונים גיאולוגיים שונים. עם זאת, סביר שההנחה כן משקפת את המציאות בקירוב, כיוון שהתפלגות המילוי החורף של כל אקוויפר עומדת ביחס ישר להתפלגות הגשם, שהיא כן דומה.



איור 7: תאי אקוויפר (14) וסימון מפלסים וכיווני זרימה של מי התהום באגן נחל נעמן בשנת 2010

התאים המשפיעים על עין אפק הם תאים 360 ו-362 (קנומן), כאשר עיקר המילוי החוזר הוא במחשופי תא 362 הנמצאים במזרח האגן. כפי שניתן לראות באיור 7, שטח ההזנה של מי התהום חורג מעבר לאגן הניקוז העל-קרקעי. רוב המים החודרים לאקוויפר מתכנסים אל המוצא המצומצם שבאזור הנביעות, שם מתרומם האקוויפר אל מבנה כיפתי הגדוע בחלקו העליון ובא במגע עם פני השטח (איור 8). בשנת 2010 בה יבש המעיין, מפלס מי התהום (איור 7) במרחק של 14 ק"מ מהנביעות, היה כ-5 מטר. קצב הזרימה באקוויפר הינו גבוה, אך הגרדיאנט מתון ועומד בסדר גודל של 0.001 (12). כפועל יוצא מחוק הכלים השלובים, מפלסים גבוהים בבריכות השמורה עלולים, בטווח הקצר, להקטין את השפיעה הטבעית עד ל-"הסתגלות" של הגרדיאנט באקוויפר למפלס הגבוה. מפלסים גבוהים גורמים בנוסף לבריחת מים בצידם המערבי של הבריכות, מים שמגיעים בחלקם לנחל נעמן, אך אינם נספרים במדידה במוצא השמורה.



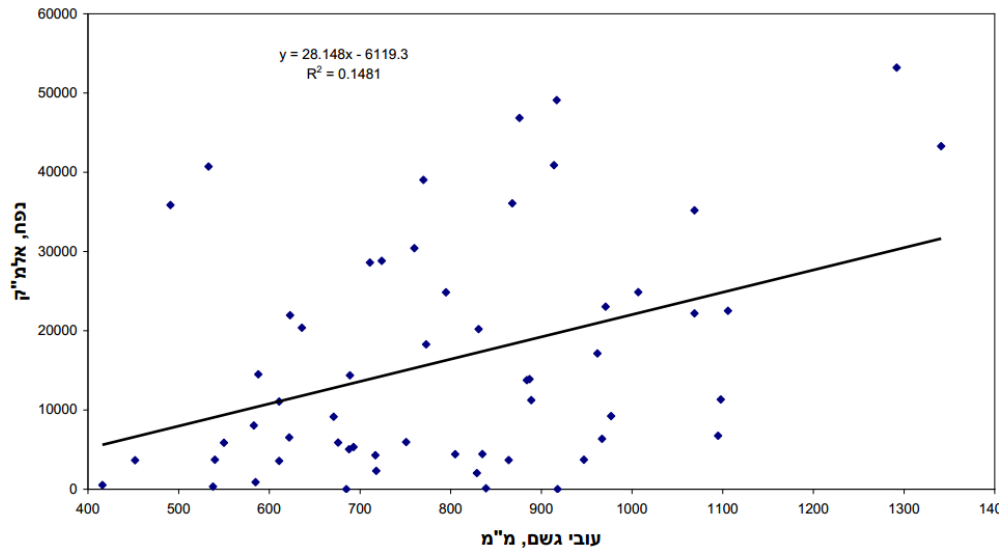
איור 8: חתך הידרוגאולוגי סכמטי דרך מבנה אפק ומעינות הנעמן (14)

בשנת 2010 נאמד המילוי החוזר ב-46 מלמ"ש בעוד השאיבה מתאים אלה הייתה כ-34 מלמ"ש (השפיעה הייתה אפסית). מוערך כי מספר מלמ"ש זרמו מערבה לאקוויפר הכורדני ולים; והתוספת לאוגר הסתכמה בכ-5 מלמ"ש שתוצאתה עליה ממוצעת של 0.3 מ' במפלס של תא 360. המילוי החוזר הממוצע של תאים 360/362⁴ הוא כ-49 מלמ"ש. שטח המחשופים בתא 362 הוא 242 קמ"ר ומקדם המילוי החוזר α הוא 30% (14). כלומר, הנוסחה לחישוב המילוי החוזר באגן הניקוז של עין אפק היא:

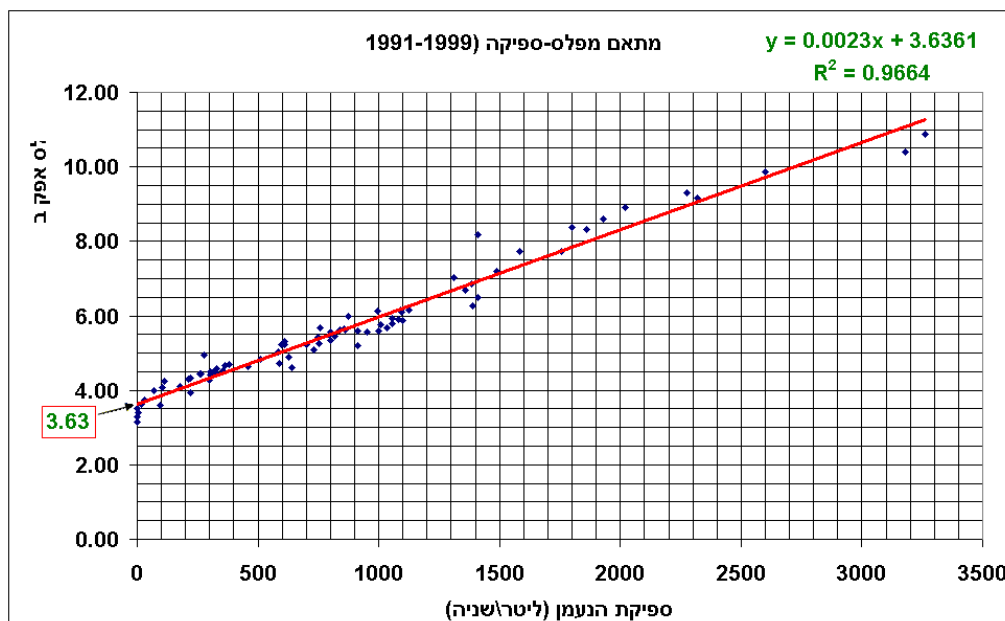
כאשר: r - מילוי חוזר במלמ"ק, mm - מ"מ גשם.

⁴ מבחינה מאזנית, ההתייחסות לתאים 360 ו-362 היא כמיכל אחד

עם זאת, הגשם היורד על מחשופי ההר הינו משני בחשיבותו בקביעת השפיעה במעיין. כפי שניתן לראות באיור 9, המתאם בין הגשם לשפיעה הוא חלש ($R^2=0.15$). כמות המים הנשאבים מתאים 360/362 חשובה יותר והיא זו שקובעת את המפלס באקוויפר, שקובע את השפיעה (איור 10). מכאן שהשפיעה בעין אפק היא בעיקרה תוצר של תפעול.



איור 9: מתאם בין נפח שנתי בעין אפק לבין גשם שנתי בתחנת אילון (17)



איור 10: מתאם בין ספיקת עין אפק לבין מפלס קידוח אפק ב' (עדי טל)

2.1.2 עין נימפית (עין עפיה)

שמורת עין נימפית מורכבת משתי בריכות הנמצאות ממזרח לערוץ נחל נעמן ומדרום לבריכות הדגים של כפר מסריק. הראשונה בריכה טבעית הניזונה ממעינות בשוליה הדרומיים, והשנייה

ברכיכה מלאכותית שנחפרה בשנת 2007. מקור המים של עין נימפית הוא ככל הנראה שילוב של אקוויפר הקנומן טורון ואקוויפר הכורדני, אם כי היחס שבין תאי האקוויפר השונים שככל הנראה מזינים את המעיין אינו ברור דיו (15 ; 18 ; 19). בניתוח של פרמטרי איכות המים, קובע אבנר קסלר שעין נימפית נובע ככל הנראה מתא מקומי שהינו מנותק באופן מלא או חלקי מהתאים 360 ו-330 המצויים בסביבה (20). תיק הממשק של השמורה לעומת זאת, קובע שככל הנראה, מקור המים הוא באקוויפר הכורדני (21).

לאורך השנים חסרות מדידות רציפות ואמינות לגבי השפיעה ואיכות המים של מעיין זה. אחת הסיבות לכך, ככל הנראה, היא שחלקם הארי של המים יועדו לבריכות הדגים של קיבוץ כפר מסריק. עד לשנת 2011, צינור בקוטר 60 ס"מ שאב את כל המים לבריכות, אלא אם המים היו מתחת למפלס הצינור (רום תחתית הצינור 1.08 מ'), או אז נהנתה השמורה בלעדית מהמים (21). ע"פ אנשי מדגה כפר מסריק, בשנתיים האחרונות מפלס המים בבריכות השמורה הינו נמוך והמים אינם נשאבים לבריכות הדגים. עם זאת, בסיור שנערך ע"י השירות ההידרולוגי בספטמבר 2013, נמצא כי 88 מק"ש כן זורמים מעין נימפית לבריכות (הלל גלזמן וולדימיר סזין – מידע אישי). כך או כך, הכמות שמגיעה לערוץ הנחל עצמו מעין נמפית הינה זניחה, אם בכלל. שפיעתו היסטורית של המעיין מוערכת ב-2.2 מלמ"ש.

ישנם מקורות סותרים גם לגבי מליחות המים. חלק טוענים שהמליחות היא 900-1,400 מגכ"ל (11) וחלק שהמליחות היא 400-500 מגכ"ל (20). במדידות השירות ההידרולוגי בשנים 2010-2012, המליחות נעה בטווח 800-1,000 מגכ"ל, עם ממוצע של 855 מגכ"ל וזהו הערך שנלקח בעבודה זו.



איור 11: עין נמפית

2.1.3 כרי נעמן

שמורת כרי נעמן (מוצעת) הינה שטח ביצתי שמשתרע על כ-450 דונם. בעבר זרם דרכו ערוץ הנחל הראשי, לפני שהוסט מזרחה (איור 4). השמורה תחומה ממערב בכביש עוקף קריות, בדרום

בתעלה 42, בצפון בהר הפסולת ובמזרח בערוץ נחל נעמן. שמורה זו מעולם לא נחשבה כמקור מים לנחל ולכן מעולם לא נמדדה מבחינה הידרולוגית. ישנם אף חילוקי דעות לגבי מקור המים שבשמורה. פני המים בשמורה גבוהים בכמטר מפני המים בערוץ הנחל (בעת זרימת בסיס) וביניהם חוצצת סוללת עפר גבוהה כך ששני גופי המים הינם מנותקים ברוב ימות השנה. נפח האגום הפוטנציאלי של השמורה, בהנחה שעומק המים המרבי הממוצע הוא חצי מטר, הוא 225 אלמ"ק.

בצפון השמורה (נ.צ. 210164, 753163) ישנו צינור פלסטיק בקוטר 75 ס"מ (איור 12 להלן). צינור זה מנקז את השמורה לנחל נעמן. במדידות שנערכו ב-3 לאפריל 2013, נמצא כי ספיקת הנקז עמדה על 60 ל"ש (216 מק"ש)⁵. איכות המים, כמוצגת בטבלה 1, מרמזת על קשר הדוק בין עין נימפית לכרי נעמן, אם כי מדובר במדידה אחת וצריך לסייג את המסקנות בהתאם.

טבלה 1 : איכות המים שנמדדה במוצא כרי נעמן באפריל 2013

פרמטר	איכות
CI	858
COD	30
TOC	7.2
ניטראט	4.11
TKN	1.2
TP	0.09

ספיקת הניקוז לאורך השנה אינה ידועה וגם לא ידוע אם אפריל 2013 היה חודש מייצג. ובכל זאת, אם מניחים, בהתאם לאיור 6 (עמ' 25), שהספיקה באפריל מהווה 13% מנפח הזרימה השנתי היוצא מהשמורה, אזי מדובר במקור שמספק כ-1.2 מלמ"ש לנחל נעמן.

⁵ קוטר 75 ס"מ, עומק 33 ס"מ, מהירות זרימה 40 ס"מ בשניה - חישוב לפי משוואת Manning כפול 0.8 פקטור גדות.



איור 12: מוצא הניקוז של כרי נעמן בחלקה הצפוני של השמורה

שני צינורות ניקוז גדולים חוצים את כרי נעמן ממערב למזרח ונשפכים לנחל נעמן בגדתו המערבית בנ.צ. 210265, 752472 (איור 13). האחד מנקז את אזור התעשייה של קריית ביאליק. הצינור השני מונח במקביל לצינור הראשון ומנקז את כביש עוקף קריות.

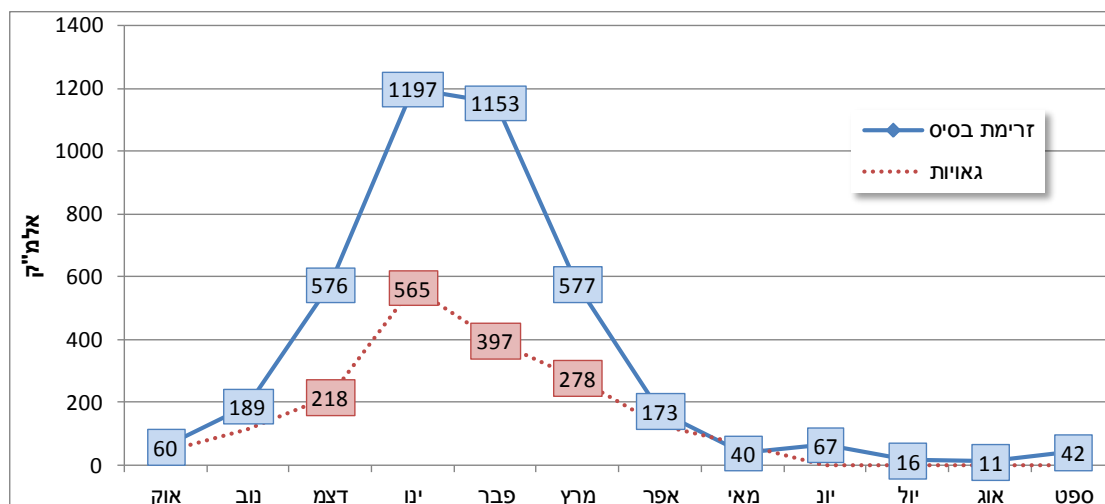


איור 13: מוצא צינורות הניקוז החוצים את שמורת כרי נעמן בגדה המערבית של נחל נעמן

2.1.4 נחל חילזון

תעלת החילזון בעמק זבולון לא הייתה קיימת מבחינה היסטורית. ואדי חילזון, שהיה נחל שטפוני בלבד, ירד מהגליל המערבי וכשהגיע לעמק זבולון, נכנס לתוך ביצת הנעמן והפסיק להתקיים בתור ערוץ מובחן. כיום ערוץ החילזון הינו נחל נפרד, שמתחבר לנחל נעמן כמה מאות מטרים ממעלה השפך (כמאתיים מטר מזרחית לגשר הרכבת החדש).

לנחל החילזון אין מעיינות טבעיים המזינים אותו, אך יש לו זרימת בסיס שנמשכת ברציפות כמעט כל השנה. לשירות ההידרולוגי תחנה הידרומטרית במעלה הסכר שליד בריכות עין המפרץ (סכר נחל החילזון). ממוצע הזרימות הרב-שנתי שנמדד מאז שנת 2000 הוא כ-6 מלמ"ש, מתוכם 1.9 מלמ"ש גאוויות (שאר הנגר נתפס במאגרים במעלה). כלומר, זרימת הבסיס בנחל היא כ-4.1 מלמ"ש בממוצע. התפרושת החודשית של הזרימה, שחושבה ע"י הפחתת דו"ח הגאוויות מהנפח הנמדד, מובאת באיור 14 להלן.



איור 14: זרימות חודשיות ממוצעות בסכר נחל חילזון (אלמ"ק)

זרימת בסיס זו, בהיעדר מקורות מים טבעיים, מורכבת משפכי תמרה, תשטיפי חזירות, פריקות בריכות דגים וכיוב' (22). תוצאות מדידות האיכות של רט"ג, שבהם נמצאו ערכי מזהמים גבוהים, מאשרות את המקור האנתרופוגני של המים. ייתכן וקיים גם מרכיב של מי תהום גבוהים (תעלות מזיעות) התורמים לזרימה בנחל.

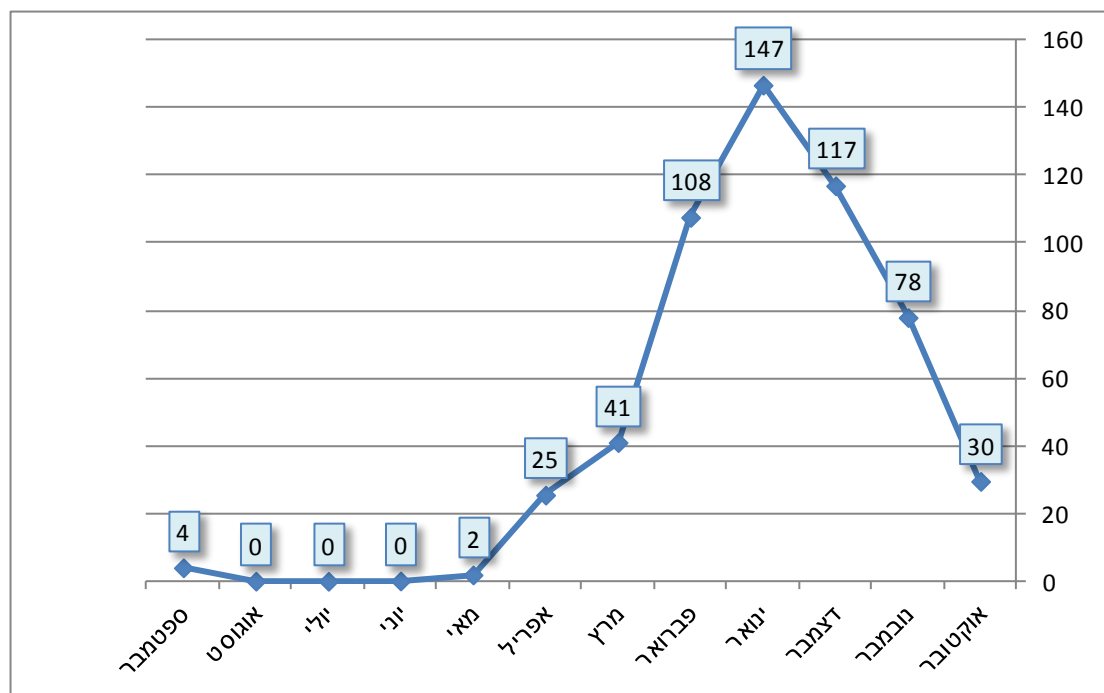
מט"ש כרמיאל מגליש קולחים שניוניים לנחל חילזון באירועי גשם משמעותיים, אך אין תיעוד מסודר. להערכת מפעילי המט"ש מחברת מקורות, מדובר בסדר גודל של כמה אלפי מ"ק לאירוע גשם משמעותי, כאשר הקיבולת עולה על כושר ההעברה ההידראולי של המט"ש.

בימים רגילים המט"ש מעביר קולחים באיכות שלישונית למאגרי אגודת המים אשר משתמשת במים להשקיה. החל משנת 2011, נפח האגירה אינו מספיק לכל קולחי מט"ש כרמיאל ולכן בסוף החורף מגלישים לחילזון 2-3 מלמ"ש קולחים. עודפים אלא מיועדים לעבור לתשלובת הקישון והצפי של רשות המים הוא שהפרויקט יסתיים ב-2016.

מליחות זרימת הבסיס משתנה בהתאם לפריקות בריכות הדגים, שנפרקות לרוב בחורף, אז עולה המליחות לכ- 2,000 מג"ל. בקיץ, המליחות יכולה לרדת עד לכ- 400 מג"ל ובעונות המעבר, המליחות היא באזור ה-1,300 מג"ל.

2.1.5 נגר עילי

עבודה זו עוסקת במאזני מים חודשיים ולא בניקוז ולכן פרק זה של הנגר העילי עוסק בנפחי גאות ממוצעים ולא בספיקות שיא. בהיעדר מידע מוסמך בנושא, הגאות הממוצעות חושבו ע"פ הנוסחה הרציונאלית (דהיינו, שטח * מ"מ גשם * מקדם נגר). הגשם הוא הממוצע החודשי הרב שנתי שנלקח מתחנת אפק של השירות המטאורולוגי (איור 15 להלן).



איור 15: גשם חודשי ממוצע במ"מ בתחנת אפק (אוקטובר 2004 - דצמבר 2012) (23)

הנגר חושב עבור נחל נעמן במעלה עין אפק, תעלה 42 ונקז א.ת. קריית ביאליק. מקדמי הנגר שנלקחו הם: 0.8 עבור גגות ומבנים, 0.85 עבור כבישים וחניות, 0.35 עבור קרקע חקלאית גרומוסולית, 0.3 קרקע חולית באזור בנוי או קרקע הידרומורפית.

טבלה 2 להלן מציגה את נפחי הנגר הממוצעים החודשיים. סך הנגר הממוצע במעלה האגן הוא כ- 2 מלמ"ש. רוב הנגר (כמעט 1.5 מלמ"ש) זורם בחודשים דצמבר-פברואר.

טבלה 2: נפחי נגר חודשיים ממוצעים מחושבים במעלה נחל נעמן

חודש	מ"מ גשם	נגר באלמ"ק		
		נחל נעמן (4.5 קמ"ר)	תעלה 42 (5.22 קמ"ר)	נקז א.ת. קריית ביאליק (0.66 קמ"ר)
אוק	30	24	81	8
נוב	78	62	212	21

חודש	מ"מ גשם	נגר באלמ"ק		
		נחל נעמן (4.5 קמ"ר)	תעלה 42 (5.22) (קמ"ר)	נקז א.ת. קריית ביאליק (0.66 קמ"ר)
דצמ	117	93	318	31
ינו	147	117	399	39
פבר	108	86	293	29
מרץ	41	33	111	11
אפר	25	20	68	7
סה"כ:	546	435	1482	146

2.2 בריכות הדגים

1931 דונם של בריכות דגים (שטח פוטנציאלי גדול הרבה יותר, לא כל הבריכות פעילות) שוכנות לאורך הנחל ושייכות ל-4 קיבוצים, כמתואר באיור 16 להלן. בריכות הדגים הינן רבות חשיבות במאזן המים של הנחל והינן גם ככל הנראה המזהם הגדול ביותר של הנחל כיום (חסרות מדידות במוצאי בריכות הדגים בשביל כימות אמין של הזיהום), למרות שלבריכות אין היתר הזרמה לנחלים.

מאזן המים של הבריכות, בחלוקה לארבעת הקיבוצים מוצג בהמשך. המאזן נערך על בסיס ההנחה שהאידיאלי השנתי בתחנת אילון הוא כ-1.6 מטר בשנה וכמות המשקעים השנתית הממוצעת באפק היא 550 מ"מ (24), דהיינו מדובר באיבוד מים של 1.05 מ' לאטמוספירה בשנה. לצורך חישוב פוטנציאל שיטפונות, הונח על בסיס דו"ח הגאוויות של השירות ההידרולוגי מנחל חילזון, שבשנה ממוצעת, ישנם 34 ימי גאוויות (816 שעות בשנה).

2.2.1 אפק

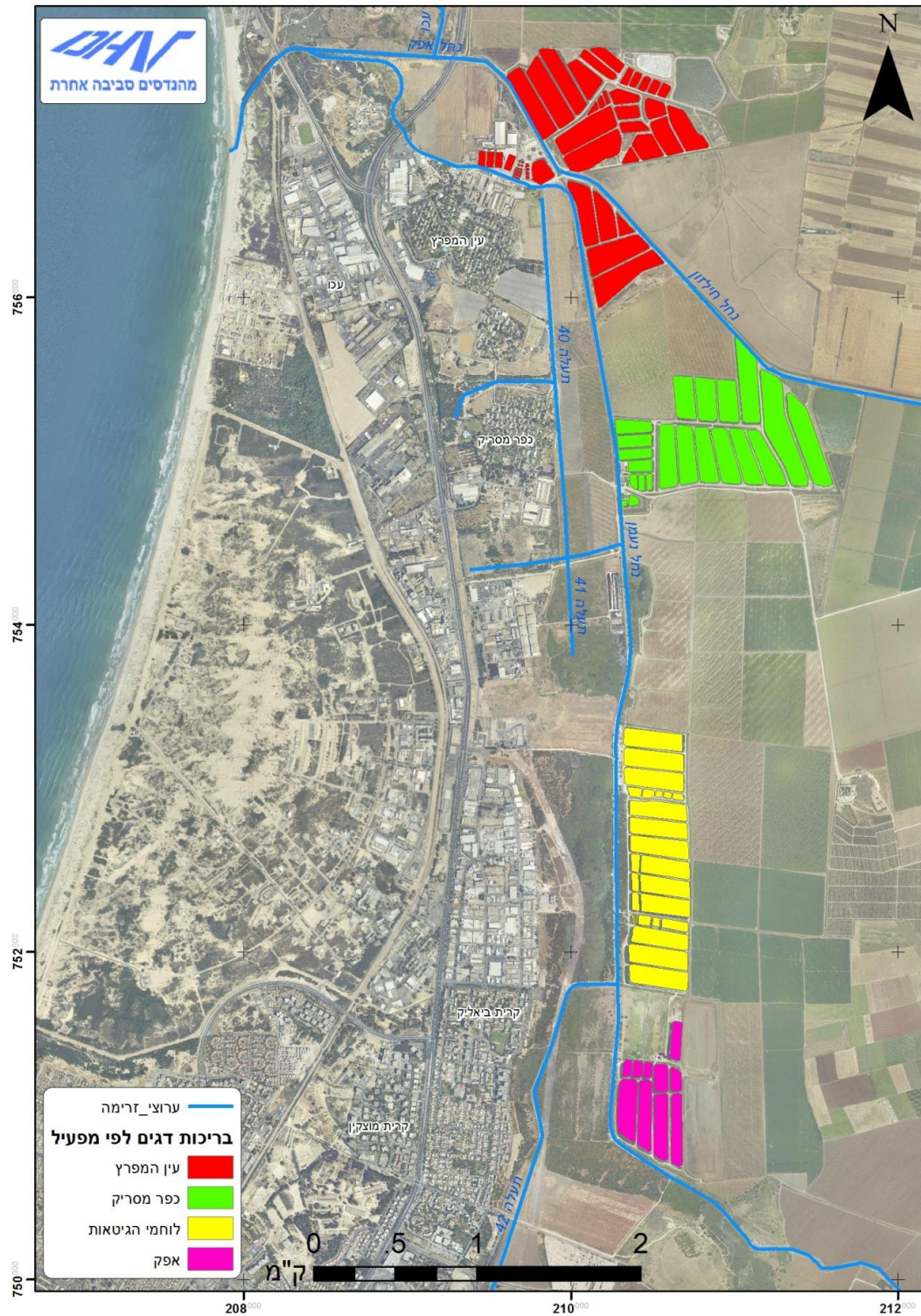
הבריכות של קיבוץ אפק מתופעלות ע"י קיבוץ לוחמי הגיטאות, אך הקצאות המים הן נפרדות. הבריכות מתחילות מיד במורד שמורת עין אפק ונמשכות כמעט עד החיבור עם תעלה 42. שטח הבריכות כיום הוא כ-191 דונם, אך ישנן מספר בריכות לא פעילות ששטחן כ-300 דונם. מאזן המים של בריכות קיבוץ אפק מחושב להלן, ביחד עם בריכות לוחמי הגיטאות.

2.2.2 לוחמי הגטאות

קיבוץ לוחמי הגטאות מתפעל גם את הבריכות של קיבוץ אפק. הבריכות שוכנות ממזרח לנחל החל מכניסת תעלה 42 ועד למעבר לשמורת כרי נעמן ושטחן הוא 482 דונם. מתפעלי הבריכות סירבו לשתף פעולה ולכן מאזן המים שלהם נלקח מתוך תכנית האב לנחל (25):

- שאיבות מהנעמן - הקצבת המים לבריכות (לוחמי הגיטאות + אפק) היא 2,214 אלמ"ש (25). בפועל נשאבים כ 1040 אלמ"ק בחודשים דצמבר עד ספטמבר (150-60 אלמ"ק בחודש).
- פריקות - 100 אלמ"ק בחודשים אוקטובר-נובמבר.

- התאדות - שטח הבריכות (לוחמי הגיטאות + אפק) שחושב ב-GIS הוא 673 דונם, שווה ל-707 אלמ"ש התאדות.
- חלחול - מהמאזן לעיל עולה שכ-233 אלמ"ש מחלחלים (26 מק"ש).



באפריל 2013 נמצא זרזיף של כ-3 ל"שניה באחד ממוצאי הבריכות ובדיגום שנלקח נמצאה איכות מים טובה (לגבי הפרמטרים שנדגמו), כמפורט בטבלה 3 להלן. מדובר כמובן בדיגום אחד, שנעשה לא בעונה בה פורקים את הבריכות ולכן אינו מייצג בהכרח את איכות המים הנפרקת לנחל.

טבלה 3: איכות המים שנמדדה במוצא מדגה לוחמי הגיטאות באפריל 2013

פרמטר	איכות
CI	922
COD	<30
TOC	4.5
ניטראט	7.02
TKN	1.4
TP	0.08

המדגה מקבל את כל מימיו מערוץ נחל נעמן ושואב את המים גם בחודשי הקיץ בהם הזרימה נמוכה. לאור הצורך שלו במאות אלפי קוב לחודש גם בקיץ, קורה לעיתים שמפעילי המדגה חוסמים באופן חלקי את ערוץ הנחל בסכר עפר על מנת לשאוב יותר מים, כפי שנצפה ע"י הלל גלזמן בתחילת ספטמבר 2013 (איור 17).



איור 17: חסימה חלקית של הערוץ ושאיבה מנחל נעמן ע"י מדגה לוחמי הגיטאות (צולם ב-2013 ע"י הלל גלזמן)

2.2.3 כפר מסריק

בריכות קיבוץ כפר מסריק שוכנות בין נחל נעמן לנחל חילזון, מצפון לעין נימפית. שטח הבריכות ע"פ אנשי המדגה הוא 400, אך חישוב השטח הנצפה בתצ"אות העלה שטח של 600 דונם. מאזן המים, ע"פ מידע שהתקבל בע"פ מהמדגה הוא:

- שאיבות - לכפר מסריק הקצאה של 2,553 אלמ"ש לשאיבות מנחל חילזון ונעמן (25) ובנוסף הוא רשאי לנצל את מי עין נימפית ומי קידוח סמוך/נקזים מהשדות הסמוכים:
- עין נימפית (ראה סעיף עין נימפית) - מאז 2011 המדגה אינו לוקח יותר מים מעין נימפית, אבל הצינור עדיין קיים⁶.

⁶ במדידה של השירות ההידרולוגי בספטמבר 2013, נמצא כי 88 מק"ש זורמים מעין נימפית למדגה.

- נחל חילזון - משאבת 3,000 מק"ש שואבת כ-950 אלמ"ש שיטפונות (יכולת שאיבה בשנה ממוצעת כ-2,500 אלמ"ש).
- נחל נעמן - משאבת 800 מק"ש בגשר הדרומי של הקיבוץ (נ.צ. 210319, 754686) שואבת כ-250 אלמ"ש שיטפונות (יכולת שאיבה בשנה ממוצעת כ-650 אלמ"ש).
- קידוחים/נקזים - כמות לא ידועה
- פריקות - 400 אלמ"ק בספטמבר-נובמבר (130 אלמ"ק לחודש) לנחל נעמן, במליחות 1500 מגכ"ל. השחרור אין מתבצע בשיטפונות במכוון כיוון שהשאיבה מהנחל והפריקה אל הנחל נעשות באותה הנקודה.
- התאדות - שטח הבריכות שחושב ב-GIS הוא 600 דונם, שווה ל-630 אלמ"ש התאדות.
- חלחול - מהמאזן לעיל עולה שהחלחול הוא 170 אלמ"ש (19 מק"ש).

2.2.4 עין המפרץ

המידע על מדגה עין המפרץ התקבל מאנשי קיבוץ עין המפרץ (26). בריכות עין המפרץ שוכנות משני עברי נחל חילזון ופורקות לתוך נחל חילזון ולא לנעמן. בעבר נחל נעמן ונחל חילזון נפגשו באזור בריכות הדגים, אולם כבר שנים רבות שבאזור משאבה 600 (ראה איור 18 להלן) ישנו סכר עפר ואין כל קשר הידרולוגי בין שני הנחלים עד למפגש במורד הקיבוץ.

המדגה של עין המפרץ מחולק למדגה מלוח ומדגה מתוק. המדגה המלוח מקבל 1.5 מלמ"ש מקידוח עמוק ופורק אותם לנחל חילזון, לאחר התחנה ההידרומטרית, בספיקה קבועה לאורך השנה (דהיינו 125 אלמ"ק לחודש), במליחות 8,000 מגכ"ל.



איור 18: אזור המפגש לשעבר של נחל נעמן ונחל חילזון

למדגה המתוק מאזן מים כדלקמן :

- שאיבות - לעין המפרץ הקצאה של 2,700 אלמ"ש לשאיבות מנחל חילזון ונעמן (25).
בפעול הוא שואב 1,850 אלמ"ש (אם כי ביחד עם המדגה המלוח השאיבות מסתכמות ב-
3,350 אלמ"ש) :
- נחל חילזון - משאבת 500 מק"ש שואבת כ-450 אלמ"ש שיטפונות לפני התחנה
ההידרומטרית.
- נחל נעמן - משאבה בהספק של 350 מק"ש (שנקראת משאבה 600), נמצאת על
תעלה היוצאת מהפיתול של נחל נעמן מערבה, וממשיכה צפונה לעבר נחל חילזון.
המשאבה נמצאת סמוך לסכר עפר קבוע שמפריד בין הנעמן לחילזון ושם שואבת
מים כל יום במשך 8 שעות ביום+ שיטפונות. בסה"כ מדובר על 1,200 אלמ"ש.
- נקזים הנכנסים ישירות לבריכות מהשדות שבצפון תורמים כ-200 אלמ"ש.
- פריקות - 800 אלמ"ש לנחל חילזון בחודשי החורף במליחות משתנה (הפריקות לא נדגמו
מעולם).
- התאדות - שטח הבריכות הוא 520 דונם, שווה ל-546 אלמ"ש התאדות.
- חלחול - מהמאזן לעיל עולה שכ-504 אלמ"ש מחלחלים (58 מק"ש).

2.3 נקזים עירוניים

לאחר הסרת המפגע של מפעל מילואות, נשארו הנקזים העירוניים (בנוסף לבריכות הדגים)
כמזהמים פוטנציאליים של הנחל.



איור 19: אחד מהנקזים הנשפכים אל תעלה 42 מקריית ביאליק (צולם במרץ 2013)

2.3.1 נקזים עירוניים בתעלה 42

לאורך תעלה 42 ישנם מספר נקזים המגיעים מקריית ביאליק. בשני סיורים שנעשו באזור (4 במרץ ו-3 באפריל 2013), נראו "זרזיפים" של מי עכורים עם קצף הזורמים מהנקזים (איור 19). עם זאת במדידה שנערכה באפריל 2013 במורד התעלה, לאחר כניסת כל הנקזים, הספיקה הייתה בסה"כ 3 ליטר לשניה. מליחות המים (851 מג"ל) העידה שמקורם העיקרי הוא מי תהום גבוהים ולא הנקזים וגם שאר הפרמטרים שנדגמו לא העידו על זיהום. מדובר אמנם בדיגום אחד אך ניתן להניח שבימים כתיקונם, הנקזים אינם מהווים מקור זיהום חמור.

2.3.2 נקז א.ת. קריית ביאליק

נקז אזור התעשייה של קריית ביאליק נשפך לנחל נעמן לאחר שהוא חוצה את שמורת כרי נעמן (ראה סעיף 2.1.3). הנקז מזרים זרזיף קבוע של מים יחסית צלולים לאורך כל השנה. במדידה שנערכה באפריל 2013, נמצאה ספיקה של 1.25 ליטר לשניה ואיכות המים (

טבלה 4) העידה על מים שבמקור הם מי ברז, ללא עדויות לזיהום, אם כי לא נדגמו חומרים המאפיינים את המפעלים והעסקים באזור התעשייה. עם זאת, יש לציין שבקיץ 2013 הגיע זיהום מאזור התעשייה דרך הנקז אל הנחל, שמאפייניו המרכזיים היו עליה בעכירות, מרקם לבן במים ועלייה בריכוז המוצקים המרחפים. מקור הזיהום באזור התעשייה לא אותר אך ההנחה הייתה שזהו מפעל שעוסק בעיבוד אבן (ערן יגיל, המשרד להגנת הסביבה – מידע אישי). אירוע זה מחזק את הסיכון הפוטנציאלי הקיים לחדירה של מזהמים לנחל דרך מערכת הניקוז ממפעלים באזור התעשייה.

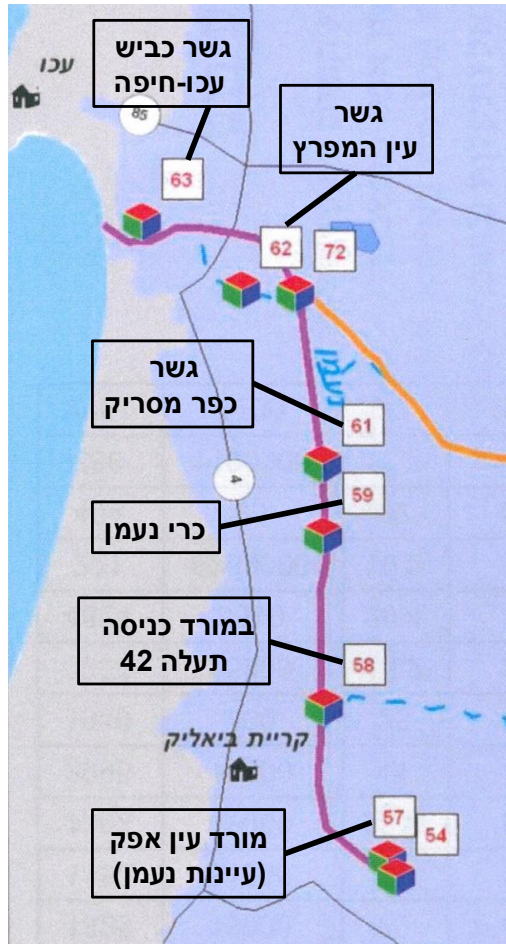
טבלה 4: איכות המים שנמדדה בנקז א.ת. קריית ביאליק באפריל 2013

פרמטר	איכות
CI	170
COD	34
TOC	7.8
ניטראט	9.63
TKN	1.4
TP	0.36

3 איכות המים

פרק זה מנתח את איכויות המים בנחל נעמן, בהתייחס למגמות ושינויים באיכות מי הנחל בין השנים 2007-2013 בלבד. הניתוח התבצע עבור פרמטרים מרכזיים שהשפעתם על קיום מאכלסי הנחל ברורה.

המדידות נעשו כחלק מתכנית דיגום נחלים רב-שנתית של המשרד להגנת הסביבה



איור 20: תחנות דיגום קבועות בנחל נעמן (5 תחנות) ונחל חילזון (2 תחנות) הנדגמות פעמיים בשנה (אביב, סתיו). המספר המופיע בריבועים הלבנים הוא קוד התחנה (רשות הטבע והגנים, 2007-2013)

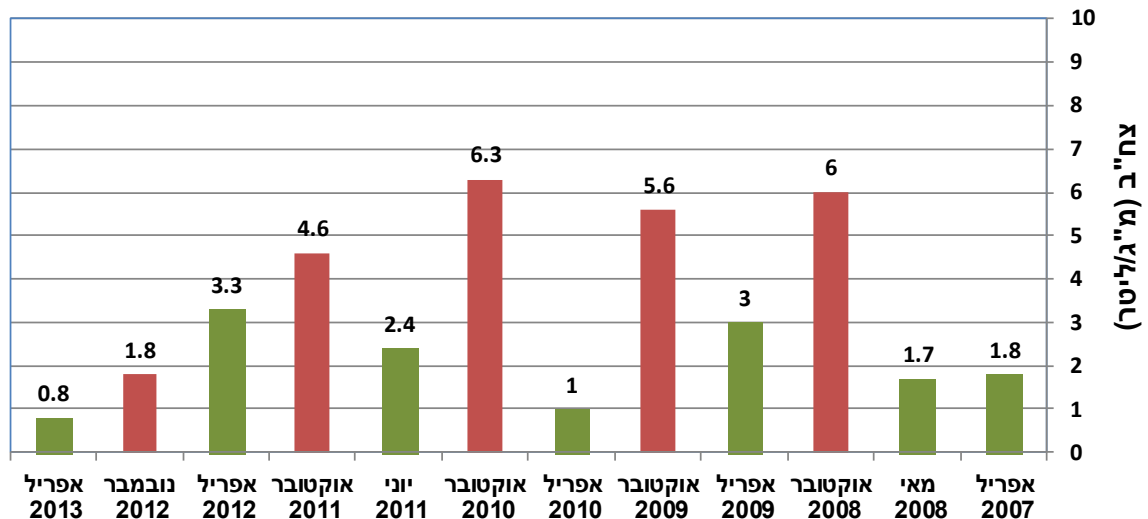
המתבצעת ברוב הארץ ברציפות, על מנת לקיים רצף של נתונים בו מתקבלת תמונת מצב כללית לגבי איכות המים. במהלך השנה נדגם הנחל פעמיים: בעונת האביב בחודשים אפריל-מאי ובעונת הסתיו בחודשים אוקטובר-נובמבר. הדיגום מבוצע בתחנות קבועות לאורך אפיק הנעמן (איור 20) ובמהלכו נבדקים פרמטרים פיסיקו-כימיים שונים בשטח ובמעבדה. במרבית המקרים הבדיקה כוללת את הפרמטרים הבאים: ריכוז חמצן מומס, צריכת חמצן ביוכימית (BOD), צריכת חמצן כימית (COD), מוצקים מרחפים ב-105 מ"צ, חנקן כללי (TN), חנקן קלדה (TKN), ניטריט (NO_2), ניטראט (NO_3), זרחן כללי (TP), כלל פחמן אורגני (TOC), מוליכות חשמלית, כלוריד, הגבה (pH) וקולי צואתי.

יש לזכור שהמדידות מתבצעות פעמיים בשנה בלבד, ואירועים נקודתיים בהם ישנה עלייה בריכוז המזהמים לא בהכרח נדגמים. יתר על כן, במהלך הדיגום הרב-שנתי לא מתבצעת בדיקה של איכות המים במורד נקזי בריכות הדגים (לוחמי הגטאות, כפר מסריק ועין המפרץ) ובמוצא הנקזים העירוניים והתעלות.

3.1 עומס אורגני

תוצאות ה-BOD בין אפריל 2007 לאפריל 2013 בתחנת כרי נעמן (איור 21) מצביעות על עומס אורגני נמוך יחסית ($6.5 < \text{מג"ל}$). יתרה מזאת, מאז אוקטובר 2011 חלה ירידה בריכוז החומר האורגני שנמדד בנחל. למעט שנת 2012, במרבית חודשי האביב (אפריל-מאי) נמדדו בתחנה זו ריכוזים נמוכים יותר בהשוואה לתקופת הסתיו (אוקטובר-נובמבר). יתכן והסיבה לכך היא עומסים של חומר אורגני בפלט בריכות הדגים של לוחמי הגטאות במהלך הסתיו, בנוסף לאיכות

מים גרועה יותר שהגיעה מתעלה 42 (22). עומס אורגני נמוך בשנים אלו נמצא גם בתחנת "גשר כפר מסריק" (≤ 3 מג"ל). לעיתים רחוקות דווח על קפיצה בערכי ה-BOD כפי שארע במורד תעלה 42 באוקטובר 2011 (13 מג"ל) (22). באופן כללי, ריכוזי BOD נמוכים מ-3 מג"ל אינם מהווים בעיה למאכלסי הנחל, ויש להמשיך ולשמור על ערכים בסדר גודל זה במהלך כל השנה. הזרמה של נפחי מים גדולים יותר מהמעיינות המכילים חומר אורגני בריכוזים נמוכים, בנוסף להפסקת ההזרמה של פלט בריכות הדגים לנחל תפחית מאד את האפשרות לפגיעה בחי והצומח עקב זיהום אורגני וריכוזי חמצן נמוכים שמתלווים אליו.

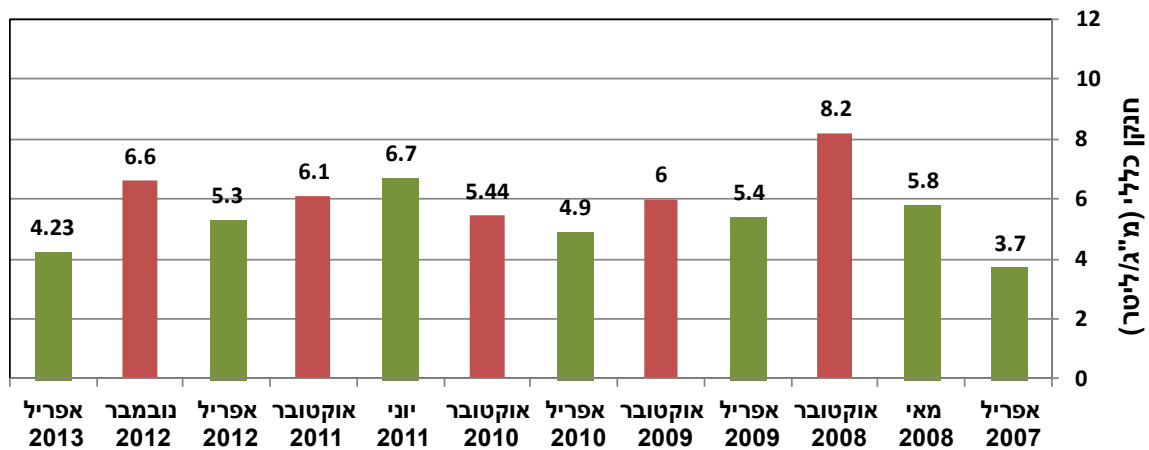


איור 21: ריכוז צריכת חמצן ביוכימית (BOD) בתחנת "כרי נעמן" (אפריל 2007 - אפריל 2013).
עמודות בירוק – מדידות אביב, אדום – מדידות סתיו

3.2 נוטריאנטים (חומרי הזנה) – חנקן וזרחן

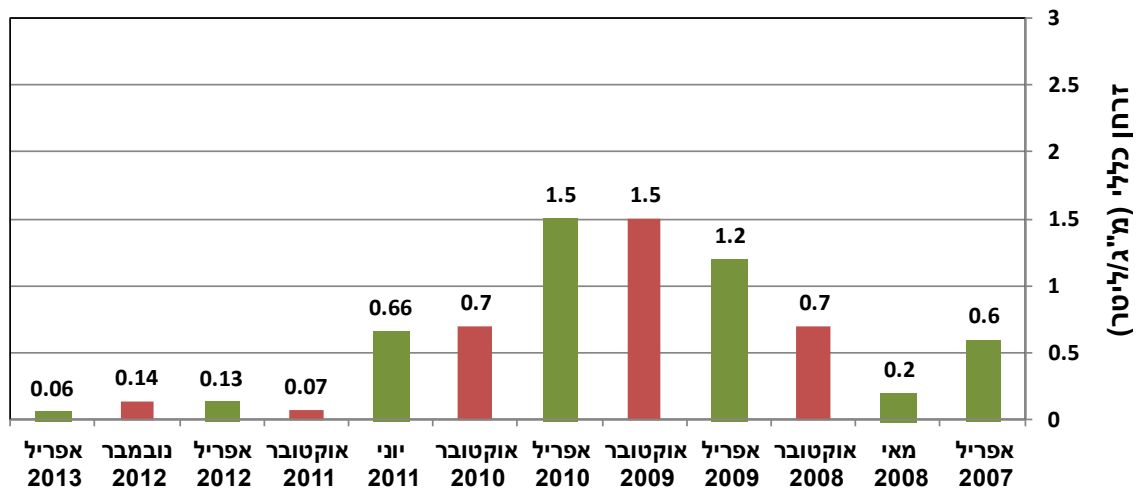
תוצאות החנקן הכללי בין אפריל 2007 לאפריל 2013 בתחנה של "כרי נעמן" (איור 22) נעו בין 3.5 ל-8 מג"ל, כשהערכים שנמדדו בסתיו לרוב מעט גבוהים יותר בהשוואה לאביב. ערכים דומים נמדדו גם בתחנות של "גשר כפר מסריק" ו"גשר עין המפרץ" (22). לעומת זאת, ריכוזי החנקן הכללי שנמדדו בתחנה "מורד עיינות נעמן" ביציאה מעין אפק גבוהים יותר, ובתקופת הסתיו הערכים עולים לעיתים על ל-10 מג"ל. בעוד שבתחנות במרכז הנחל עיקר החנקן מקורו בתרכובות אורגניות, בשמורת עין אפק וביציאה ממנה רוב החנקן מורכב מניטראט (NO_3), שמקורו במי התהום המגיעים ישירות ממעיינות או מקידוחים (לרוב מעל 70% מהחנקן הכללי).

כניסת ריכוזים עודפים של נוטריאנטים (חנקן, זרחן) לנחל יכולה לגרום לתהליך של אוטרופיקציה המשפיע על ריכוזי החמצן המומס גם באופן לא ישיר, זאת עקב גדילת אצות בלתי מבוקרת ("פריחת אצות") המגדילה את היצרנות הראשונית בנחל ומשפיע על מאזן החמצן המומס במים. מעבר לירידה בריכוזי החמצן המומס, פריחה מסיבית של אצות פלנקטוניות גורמת לעכירות גבוהה המפחיתה את העומק הפוטי במי הנחל ומונעת מצמחי מים טבולים את אור השמש הנדרש לביצוע פוטוסינתזה.



איור 22: ריכוז חנקן כללי בתחנת "כרי נעמן" (אפריל 2007 - אפריל 2013).
עמודות בירוק – מדידות אביב, אדום – מדידות סתיו

בארה"ב נמצא בסקרים של הסוכנות להגנת הסביבה (EPA) שרמות גבוהות של נוטריאנטים (חנקן כללי וזרחן כללי) יחד עם הרחפת סדימנטים דקים הם מהגורמים המרכזיים התורמים למצבם הביולוגי הירוד של כ-40% מהנהרות והנחלים (27). על מנת להגן על איכות המים ולשמור על המערכות האקולוגיות האקוויטיות, מומלץ לשמור על ריכוז חנקן כללי (TN) נמוך מ-2 מ"ג/ליטר וריכוז זרחן כללי נמוך מ-0.15 מ"ג/ליטר (27). ריכוז החנקן שנמצא כיום בנחל גבוה מהערכים הנ"ל, ויכול להאיץ את היווצרותם של תנאי אוטרופיקציה. לכן יש למנוע הזרמה לנחל של תרכובות חנקניות וזרחניות בריכוזים הגבוהים מהנ"ל.



איור 23: ריכוז הזרחן כללי בתחנת "כרי נעמן" (אפריל 2007 - אפריל 2013).
עמודות בירוק – מדידות אביב, אדום – מדידות סתיו

עם זאת, כדי לאפשר ייצור וגדילה של אצות פלנקטוניות הזרחן גם הוא נוטריאנט הכרחי ובמקווי מים רבים הוא הגורם המגביל. על פי ערכי של הזרחן הכללי שנמדדו בין אפריל 2007 לאפריל 2013 בתחנת "כרי נעמן" (איור 23) עולה, שבשנתיים האחרונות חלה ירידה בריכוזי הזרחן בנחל (<0.15 מ"ג/ליטר). תוצאות דומות נמצאו גם בתחנות של "גשר כפר מסריק" ו"גשר עין המפרץ".

שימור המצב בנחל שריכוזי הזרחן נותרים נמוכים, בנוסף לפחיתה בריכוזי החנקן האורגני יימנעו אירועים של פריחת אצות מסיבית. יש צורך לבחון בעתיד האם המגמה של ריכוזים זרחן נמוכים בנחל נשמרת.

3.3 אמוניה

לאמוניה ערך כחומר הזנה חנקני אולם יש לה חשיבות נוספת כחומר רעיל למאכלסי מים. הפרקציה הרעילה יותר היא של האמוניה הלא מיוננת (NH_3). ככל שה-pH גבוה יותר והטמפרטורה עולה ריכוזי ה- NH_3 יעלה משמעותית והרעילות למאכלסי המים תגדל. לעומת זאת, ככל שמליחות המים עולה רעילות האמוניה יורדת.

במרבית מדידות האמוניה שנעשו בשנים האחרונות בתחנות מורד הנחל היו הריכוזים נמוכים מ-0.05 מג"ל. טבלה 5 מסכמת את ריכוזי האמוניה הגבוהים יותר שנמדדו בין 2008-2013 בתחנות שונות בנחל. בטבלה מוצג ריכוזי ה- NH_3 המחושב ואחוז הפרקציה הרעילה מתוך כלל האמוניה שנמדדה. באף אחת מהמדידות בשנים האחרונות ריכוז לא עלה על 0.1 מג"ל.

טבלה 5: ריכוזי אמוניה שנמדדו בתחנות שונות בנחל נעמן בין 2008-2013, הריכוז המחושב של אמוניה הלא מיוננת (NH_3) ואחוז הפרקציה הרעילה

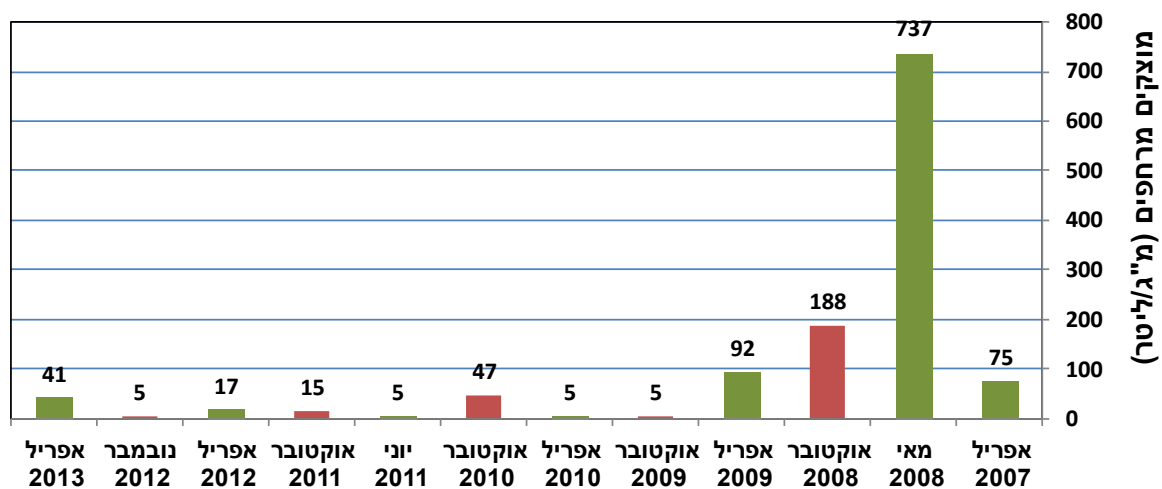
תאריך	שם התחנה	NH_4 (mg/l)	NH_3 (mg/l)	אחוז הפרקציה הרעילה
05.05.2008	גשר כפר מסריק	0.7	0.05	7.4
05.05.2008	מורד כניסה תעלה 42	1.23	0.05	3.9
05.05.2008	כרי נעמן	0.76	0.08	11
26.10.2008	גשר כפר מסריק	1.1	0.03	3.1
26.10.2008	גשר עין המפרץ	0.8	0.01	1.6
26.10.2008	מורד עיינות נעמן	1.4	0.04	2.5
12.10.2010	גשר כפר מסריק	2.1	0.06	3
12.10.2010	כרי נעמן	0.7	0.03	3.7
12.10.2010	גשר עין המפרץ	0.8	0.02	1.9
12.04.2010	כרי נעמן	0.9	0.01	0.6
07.11.2012	גשר כפר מסריק	0.6	0.0005	0.1
07.11.2012	גשר עין המפרץ	0.7	0.0004	0.1

לבנון הירקון הוא מין של דג אנדמי לנחלי מישור החוף של ישראל, שבעבר היה נפוץ בנחל נעמן אך נעלם עקב זיהום המים בשפכים עירוניים ותעשייתיים והתייבשויות. הלבנון הושב בנעמן לשמורת עין אפק ושמורת עין נימפית בשנים 2007 ו-2008 ובהיווצר התנאים המתאימים תתקיים אוכלוסייה גם בנחל. מחברת הדגים בנעמן, לבנון הירקון הוא הרגיש ביותר, בוודאי שלריכוזי אמוניה גבוהים. מכאן, שדרישת סף לאמוניה ע"פ לבנון הירקון עשויה לספק את הדרישות של שאר המינים. בהסתמך על מבחני רעילות עם פרטים צעירים, ריכוזי האמוניה לא מיוננת (NH_3) של 0.19 < מג"ל תאפשר את קיום לבנון הירקון בבטחה (28) ומכאן גם את קיום שאר חברת הדגים. השוואה לריכוזי האמוניה הלא מיוננת בנעמן מגלה שבשנים האחרונות לא הייתה חריגה

מערך הסף הנ"ל. הזרמה של נפחי מים גדולים יותר מהמעיינות וסילוק פלט בריכות הדגים מהנחל תקטין באופן משמעותי את הסיכוי לריכוזי אמוניה חריגים.

3.4 מוצקים מרחפים

עליה בריכוזי המוצקים המרחפים מעכירה את המים ויכולה להוביל לירידה בחדירת האור למים, וכתוצאה מכך להפחתה בקצב הפוטוסינתזה של האצות ולירידה בריכוזי החמצן המומס במים. חמור מכך, עלייה בעכירות יכולה להפריע לנשימת בע"ח בעקבות חסימת זימים של דגים ואברי נשימה של חסרי חוליות, והפרעה לסינון מזון. הפחתה בערך התזונתי של המזון המסונן דורשת השקעת אנרגיה נוספת באיסופו ולכן גם לפגיעה ביכולת ההתיישבות של חסרי החוליות מסננים (לדוגמה, סימולידים ושעירי כנף).



איור 24: ריכוז מוצקים מרחפים ב-105 מ"צ בתחנת "כרי נעמן" (אפריל 2007 - אפריל 2013).

עמודות בירוק – מדידות אביב, אדום – מדידות סתיו

תוצאות המוצקים המרחפים שנמדדו בארבע תחנות במורד הנחל בין אוקטובר 2009 לאפריל 2013 היו ב-90% מהמדידות נמוכות מ-50 מג"ל וב-75% מהמדידות הערכים היו נמוכים מ-20 מג"ל (איור 24). עלייה בריכוז עשויה להיגרם בעת פריקת בריכות הדגים (בפרט בחודשי הסתיו), מכניסה של נגר דרך הנקזים העירוניים של קרית מוצקין ותעלה 42 או כתוצאה משיטפונות שמביאים איתם סחף קרקע וחומר צמחי.

4 אקולוגיה

פרק 4 דן בתמונת המצב האקולוגית בנחל. מוצגים בו השינויים הביולוגיים שחלו בנחל בעשרות השנים האחרונות ומצבו הנוכחי. כמו כן, מוצגים ערכי טבע ייחודיים הנכללים באגן ההיקוות של נחל נעמן.

4.1 מבוא

נחל נעמן הוא הנחל האיתן האחרון שנותר בגליל המערבי המקיים זרימת מים רצופה ממקורותיו בעין אפק ועד הים והוא מהווה סביבה ייחודית בנוף ארצנו. לאורך תוואי נחל נעמן מגוון רב של בתי גידול לחים: אפיק נחל מוסדר, מעיינות, ביצות, מקווי מים עונתיים, מליחה ושטחי חולות מיוצבים למחצה (29). מבין בתי הגידול הטבעיים בארץ, בתי הגידול הלחים נחשבים לפגועים ביותר, לא רק בגלל תהליכי זיהום, אלא גם ובעיקר בשל ניצול קיצוני של משאבי מים. מכאן שמרבית בתי הגידול ששרדו לאורך הנעמן מוגדרים נדירים וייחודיים. עין אפק ועין נימפית הם מהמעיינות הבודדים בגליל המערבי בעלי ספיקה משמעותית שאינם מאוחזים ועדיין מוקצים לטובת הטבע, שמורת כרי נעמן היא שמורת הטבע היחידה במישור החוף הצפוני המשמרת בית גידול ביצתי ומליחת הנעמן היא שריד אחרון למליחות נחלי החוף בישראל (29). בבתי הגידול הללו שפע של מיני צומח וחי המהווים פסיפס עשיר של מינים, חלקם ממוצא צפוני קר וחלקם ממוצא דרומי חם, כאשר אזור הנעמן משמש כאזור מעבר פיטוגיאוגרפי על גבול תפוצתם העולמי (29).

בכתבי חוקרים שונים החל מהמאה התשעה עשרה ותחילת המאה העשרים ישנם תיאורי נוף של הנעמן וסביבותיו (30 ; 31 ; 32), כמו גם תצפיות ראשונות על מאכלסי המים והצומח (34 ; 33) המאפשרות להתבונן בעולם שהרכיב בעבר את הנעמן.

חפירתה של תעלת הנעמן העמוקה והישרה וביטול מרבית אפיק הזרימה הטבעי והמפותל יצרה מציאות של בתי גידול מנותקים, שאיבדו את מרכיבם המאחד - נחל הנעמן, שבמסלול זרימתו היווה חוט מחבר, ויצר קישור אורכי עד כדי כך שלא ניתן היה להפריד באופן מלאכותי את אותם בתי גידול אקוטיים כפי שהם מוגדרים היום. דהיינו, עין אפק, כרי נעמן ועין נימפית כמו ערוץ הנחל עצמו היוו יחידת נוף אחת, ביצתית באופייה.

עם השנים ערוץ הנעמן נהפך לתעלה להולכת שפכים מהישובים והמפעלים בסביבה ומי פלט מבריכות הדגים הסמוכות, ואיכות מי הנחל נפגעה בעיקר מזיהום בחומר אורגני (10). עקב השינויים המורפולוגיים, והפגיעה בכמות ואיכות המים, נופי המים הטבעיים שאפיינו את הנחל וסביבותיו הצטמצמו, בתי גידול לחים נפגעו קשות, ובעקבותיהם נעלמו מאכלסי המים והצומח והתרחשה ירידה דרסטית במגוון הביולוגי. בשנים האחרונות צומצמו מקורות הזיהום בנעמן עד המפגש עם נחל חילוון ואיכות המים השתפרה. כיום מקור הזיהום המרכזי שנותר הם מי פלט מבריכות הדגים של לוחמי הגטאות, כפר מסריק ועין המפרץ ותשטיפים מתעלות ניקוז, בעיקר במהלך התקופה הגשומה. יש לציין שמידת הזיהום ממקורות אלה טרם כומתה כראוי.

4.2 שמורות הנעמן

חלק זה סוקר בכלליות את מצאי המינים בשמורות הנעמן בחלוקה לצומח, חסרי חוליות, ודגים.

4.2.1 צומח

בסקרים שנערכו בעבר (1935-2001) באזור נחל נעמן, נמצאו לא פחות מ-95 מינים של צמחים, ביניהם גם מינים נדירים ואף מינים אנדמים, המייצגים מגוון רב של סוגי צומח: צמחי מים (טבולים וצפים), צמחי ביצות, צמחי גדות, צמחי מליחות וצמחי חולות (1). בעשורים האחרונים נעלמו צמחי מים וגדות שונים ואחרים אוכלוסיותיהם הצטמצמו במידה ניכרת, ביניהם ניתן לציין את הכדורן ענף, מכבד הביצות, מדד זוחל, נורית נימית, ניידת החוף, נופר צהוב, אירוס הביצות, אסתר הביצות, ליסימכיה מסופקת ועוד.

בבחינת מצאי הצומח בשמורות כיום, ובהתייחס למינים הנדירים בלבד, מתועדים בשמורות הנעמן 57 מיני צמחים נדירים, שמתוכם 30 מוגדרים "מינים אדומים" הנמצאים בסכנת הכחדה (נספח 6.2): בשמורת עין אפק 8 מינים נדירים (מתוכם 6 אדומים), בכרי נעמן 35 מינים (17 אדומים), בעין נימית 11 מינים (6 אדומים), ובשפך הנעמן 30 מינים (16 אדומים) (29). מרבית מיני הצמחים הנדירים הם צמחי מים וקרקעות לחות שקשורים קשר הדוק לאספקת המים בנחל ובשמורות הסובבות.

מבין המינים הטבולים, מדד זוחל (*Ludwigia stolonifera*) היה בעבר בנעמן אבל אינו מוכר מהאזור שנים רבות; *ניידת החוף* (*Najas delilei*) היה כנראה נפוץ בנחל בעבר, ובשנים האחרונות נצפה בבריכת נור לאחר שמליחותה ירדה (יפתח סיני, רשות הטבע והגנים – מידע בע"פ); *קרנן טבוע* (*Ceratophyllum demersum*) לעומתם הגיע לפני שנה ומילא את ערוץ הנעמן. זו דוגמה לצמח מים שחזר לנעמן ללא פעולת השבה; המין *נורית נימית* (*Ranunculus trichophyllus*) מדווח בשנים האחרונות מכרי נעמן (35) ונמצא גם בשמורת עין אפק כחלק מגרעין רבייה של רשות הטבע והגנים (29). יתכן וגם הוא היה נפוץ בעבר באפיק הנחל, אף שהמין שכיח יותר בבתי גידול של מים עומדים ובריכות עונתיות. מבין המינים הצפים, *נהרונית צפה* (*Potamogeton nodosus*) הוא השכיח ביותר בנעמן כיום, ניתן לראותו לאורך כל הנחל בצפיפות משתנה בין השנים. מין קרוב, *נהרונית נימית* (*Potamogeton filiformis*) נראה בשנים האחרונות בבריכת נור בלבד (36); צמח מים צף שנכחד מהנעמן הוא *נופר צהוב* (*Nuphar lutea*), וכמוהו גם *נימפיאה תכולה* (*Nymphaea caerulea*) נכחד בעבר מנופי הנעמן, אך הוחזרה לשמורת עין אפק ומוזה מספר שנים ששבה להופיע באופן טבעי בקטע הנעמן שממזרח לכפר מסריק ולעין המפרץ בשפיעות נמוכה מאד. מבין הצמחים המזדקרים מעל המים, ישנם מעל ל-20 מינים סמי-אקוויים, שלחלקם קשר הדוק לגוף המים. מבין המינים הנדירים בנעמן שמתפתחים סמוך למים ומוגדרים מינים אדומים, נמנה *כדורן ענף* (*Sparganium erectum*) שנכחד מהנעמן והובא לגרעין הרבייה בשמורת עין אפק מאזור נחל חדרה (29), *מכבד הביצות* שנמצא כיום רק בגן התומר בעין המפרץ (יפתח סיני, רשות הטבע והגנים – מידע בע"פ). באופן כללי צמחי מים מזדקרים נחשבים פחות רגישים לזיהום בהשוואה לצמחי המים הטבולים.

4.2.2 חסרי חוליות

ההערכה היא שבמערכת הנעמן היו ידועים מהעבר קרוב ל-100 טקסונים של חסרי חוליות שונים, מרביתם ממחלקת החרקים, אשר התקיימו בנחל וסביבותיו. לפני כעשור דווחו מנחל הנעמן וסביבותיו כ-40 טקסונים בלבד. באזור השמורות עין אפק ועין נימפית נותרה חברה שרידית של חסרי חוליות המאפיינים מקווי מים מליחים, בלתי מזוהמים אך נתונים להפרעות שינויי מפלס והתייבשות. במרכז ומורד הנחל נותרה חברה המורכבת בעיקר מאורגניזמים עמידים להפרעה של זיהום והתייבשות (1; 2). בשנים בהם התחדשה השפיעה והתקיימה זרימה בתעלת המוצא של שמורת עין אפק אובחנה התאוששות חברת חסרי החוליות במעלה נחל הנעמן. בדיגום שנערך בשנת 2005 נמצאו סה"כ באתרים שנדגמו בשלוש השמורות (עין אפק, עין נימפית וכרי נעמן) 32 טקסונים של חסרי חוליות, כמחציתם ממחלקת החרקים והיתר תולעים, סרטנים ורכיכות (2). בדיגום נוסף שנערך בשמורת עין אפק מספר שנים מאוחר יותר, ביולי 2011, נמצאו כ-40 טקסונים שונים רק באתר זה (37). ממצא זה מהווה סימן מעודד לכך שפעולות שיקום בתי הגידול וממשק המים שנערכות בשמורת עין אפק בשנים האחרונות נושאות פרי, ומסייעות להתאוששות של אוכלוסיות חסרי החוליות האקוויטים.

מרבית מיני חסרי החוליות שנעלמו ולגביהם קיים מידע היסטורי הם ממערכת הרכיכות. בסה"כ ידועים מהעבר כ-28 מיני רכיכות אקוואטים מרביתם חלזונות (22 מינים) והיתר צדפות (38). כיום נמצאים בנחל וסביבותיו כ-35-40 מהמינים בלבד. זאת, בנוסף להתייבשות במערכת של מספר מיני חלזונות פולשים (39). רכיכות מים מתוקים כוללות מספר מאפיינים המאפשרים לעשות בהן שימוש כאורגניזמים אינדיקטורים, שמצבם מספק מידע על שינויים באיכות המים ובית הגידול לאורך זמן. הירידה הגדולה במספר מיני הרכיכות בבתי הגידול בנעמן וסביבותיו הוא אחד הסמנים הביולוגיים המשמעותיים המצביע על ההתדרדרות הגדולה שחלה באיכות בית הגידול בעקבות השינויים בכמות ואיכות המים. תהליך דומה דווח גם בנחלי חוף אחרים דוגמת נחל השורק (40) ונחל תנינים (41).

4.2.3 דגים

בעבר נמצאו בנעמן כ-15 מיני דגים שונים, מתוכם שישה מיני מים מתוקים והשאר דגי ים העולים במעלה הנחל (42; 43) מהם ניתן למנות את דקר המכמורת (*Epinephelus aeneus*), דקר הסלעים (*Epinephelus guaza*), טרית גסה (*Sardinella maderensis*) וכן שלושה מינים ממשפחת הקיפונים (*Mugil sp.*) והצלופח אירופי (*Anguilla anguilla*) המבלה את מרבית חייו בנחלי מים מתוקים אך חוזר לים לצורך התרבות. כיום ידועים מהנעמן בסה"כ 10 מיני דגים, חלקם פליטי בריכות דגים, בהם שלושה מיני אמנונים (הגליל, הירדן ומצוי), שני מיני קרפיונים (קרפיון מצוי וקרפיון העשב) וקיפון טובר (גזית והרשקוביץ, 2003).

שני מיני דגים מקומיים חשובים שנכחדו מהנעמן הם לבנון הירקון ונאוויית כחולה. לבנון הירקון הוא מין אנדמי לנחלי מישור החוף של ישראל, שבעבר היה נפוץ מנחל שורק בדרום ועד נחל נעמן בצפון, אך הוא נעלם ממרבית נחלי החוף עקב זיהום המים והתייבשויות. הלבנון הושב בנעמן לשני אתרים בשנים 2007 ו-2008 - שמורת עין אפק ושמורת עין נימפית. בשני סקרים שנערכו

מאז נמצא שמצב האוכלוסיות ברוב האתרים המאוכלסים יציב (44), אולם לא ידוע האם עברו פרטים של לבנון הירקון לאפיק הנעמן.

4.3 אזורים בעלי חשיבות אקולוגית מיוחדת (Hotspots)

לאורך הנעמן נמצאות 5 נקודות, שפעם היו מחוברות ביניהן ע"י הנחל, אך כיום הינן מנותקות הן מהנחל והן אחת מהשנייה (מדרום לצפון):

- שמורת עין אפק
- כרי נעמן
- אחו לח מצפון לאס"פ נעמן
- שמורת עין נימפית
- שמורת שפל אפק (המלחה)

חלק זה מתאר באופן פרטני יותר את מצב החי והצומח בשמורות הסובבות את הנעמן בעבר ובהווה מופיע בסעיפים הבאים. מכיוון שהעבודה מתמקדת בנושא המים ניתן דגש לקבוצות של בעלי חיים שאינן יכולות להתקיים ללא משאב זה לאורך כל או מרבית השנה – חסרי חוליות אקוואטים ודגים.

4.3.1 שמורת עין אפק

שמורת הטבע המוכרזת עין אפק (668 דונם) היא שמורה של בית גידול לח (ראה סקירה הידרולוגית בסעיף 2.1.1). מעיינות אפק הם מקור החיים בשמורה ומהווים יחד עם כרי נעמן את השריד האחרון לנוף הביצות של מישור החוף הצפוני. כיום נמצאים בשמורה נופים של ביצה, מעיינות, שלוליות חורף, נחל זורם, בריכות עונתיות ואחו. בנוסף, תל אפק, תל כורכרי, הבנוי ממשטחי סלע וכיסוי קרקע של חמרה – זהו בית הגידול היבש של השמורה (45).

בשמורה מגוון מיני צומח של בתי גידול לחים, ביניהם צמחיית מים כמו נהרונית צפה ונימפיאה תכולה, וצמחיית גדות ששכיחים בה גרגיר נחלים, טיון דביק, סוף מצוי, סמר חד, ערבה מחודדת, פטל קדוש וקנה מצוי, יחד עם אשלים וכמה מיני גומא (46). כמו כן רשות הטבע והגנים מקיימת בשמורה גרעין רבייה למיני צמחים נדירים של אזור הנעמן (29). לאורך תוואי הנעמן מגוון רב של בתי גידול לחים: אפיק נחל מוסדר, מעיינות, ביצות, שטחי מים שיבשו, מליחה וחולות מיוצבים למחצה. בבתי גידול אלה מגוון רב של סוגי צומח: צמחי מים כגון נהרונית צפה ועדשת מים, ומינים שנכחדו אך ניתן להשיבם כגון נופר צהוב; צמחי ביצות כגון מיני גומא וסמר, נורית מים וסחלב ביצות; צמחי גדות כגון פטל קדוש וקנה מצוי; צמחי מליחות כגון הגה מצוי, מיני סמר, מלחית ובן-מלח; וצמחי חולות כגון נר הלילה החופי, חילף החולות וידיד החולות.

בראייה הרחבה של אזור הנעמן, ההתייחסות של רשות הטבע והגנים לשמורת עין אפק היא כמאגר מוגן ועשיר במינים של צמחים ובעלי חיים אקוטיים, ממנו הם יתפשטו לשאר חלקי הנחל והשמורות שסביבו. זו אחת הסיבות המרכזיות לפעולות הממשק האינטנסיביות שנעשו בשנים האחרונות בעין אפק כדי להקים ולשחזר סוגים שונים של בתי גידול לחים (בניית ושחזור

ברכיכות, שתילת צמחייה, העברת מצע). בהיבט זה, ייתכן ומקור החזרה הטבעית של הנימפיאה התכולה בקטע הנעמן הסמוך לכפר מסריק ולעין המפרץ, הוא בזרעים שהגיעו מגרעין הרבייה של הנימפיאה הנמצא בשמורת עין אפק (יפתח סיני – מידע בע"פ).

בדיגום חסרי חוליות גדולים שנערך בשנת 2005 נמצאו בעין אפק 22 טקסונים (2). בדיגום נוסף שנערך בשמורה מספר שנים מאוחר יותר, ביולי 2011, נמצאו כ-40 טקסונים שונים רק באתר זה (37). ממצא זה מהווה סימן מעודד לתחילתו של תהליך שיקום של אוכלוסיות חסרי חוליות בעין אפק. אשר למיני הרכיכות, נמצאו בשמורה ב-2005 רק שלוש מבין 18 מיני הרכיכות שהיו ידועים בעבר בשמורה זו (2; 38). בסקר חלזונות מים מתוקים שהתקיים בשמורות הטבע של הנעמן במרץ ואוגוסט 2011, נדגמו בשמורת עין אפק מספר גופי מים (האגם הגדול, ברכיכות זיצר, ברכיכת הלבנונים, ברכיכת סופיה, אגם המצודה מזרחית וזרימת הנעמן). בסקר זה נמצאו בשמורה 10 מיני חלזונות בהם גם שלושה מינים של חלזונות פולשים – *Pyrgophorus sp.*, *Thiara scabra* – ובווענית חדה (*Haitia acuta*), שני הראשונים דומיננטיים מאד במספר גופי מים בשמורה (39). הסקר האחרון מצביע על כך שמספר המינים במערכת הרכיכות בעין אפק נותר יציב יחסית בשנים האחרונות והתמורה המשמעותית הייתה בהופעה של מיני חלזונות פולשים ואף בהשתלטותם על בתי גידול מסוימים.

בשנים 2007 ו-2008 הושבו לעין אפק פרטים של לבנון הירקון שמקורם במערכת נחל תות והם גודלו בגרעין רבייה שהוקם באוניברסיטת תל אביב. בסקרים שנערכו בשנים 2010-2011 נמצא שאוכלוסיית הלבנון בשמורה הינה יציבה. עם זאת התגלו הבדלים בין בתי גידול שונים שנדגמו ושינויים לאורך הזמן, שאינם מאפשרים לקבוע מגמות חד-משמעיות ומחייבים המשך ניטור בשנים הקרובות (44). בסקר שנערך ב-2010 נמצאו בעין אפק חוץ מלבנון הירקון גם מיני הדגים אמנון מצוי, אמנון מכלוא, אמנון גליל, גמבוזיה ושפמנון מצוי (47).

4.3.2 שמורת כרי נעמן

שמורת הטבע המוצעת כרי נעמן (456 דונם), בדומה לשמורת עין אפק, היא מהשרידים האחרונים לביצות מישור החוף הצפוני, ובה המספר הגדול ביותר של מיני צמחים נדירים מבין שמורות הנעמן (ראה סקירה הידרולוגית בסעיף 2.1.3). זהו שטח מישורי, פני הקרקע נמצאים ברום של בין 6-2 מ' מעל פני הים ומפלס המים ברום של כ-2.5 מ' מעל פני הים, גבוה יותר ממפלס נחל נעמן. השמורה מוגדרת עפ"י תמא 3/ב/34 כחלק מפשט ההצפה של נחל נעמן. בהיעדר ניקוז, ובשל קיומם של מי תהום גבוהים נוצרים במקום תנאים מתאימים להתפתחות ביצה (48; 29).

בשל היותה בית גידול שרידי, נמצא בשמורה מספר גדול מאד של צמחים נדירים שחלקם נמצאים גם בסכנת הכחדה. בסקרים שנערכו בשמורת כרי נעמן בשנים 2003-2007 דווח על 21 מיני צמחים נדירים הנמצאים בשמורה: אגמון החוף, אספרג א"י, ארכובית סנגלית, ארכובית צמירה, ברומית קצרת שיבולית, דק-זנב נימי, ורד צידוני, חומעה מגובבת, חלבלוב קטן-פרי, חסה שיכנית, כף-צפרדע אזמלנית, לוטוס צר-עלים, לפופית החיצים, סחלב הביצות, סיסנית הביצות, סס-הכלב המזרחי, עב-קנה נדיר, עדעד הביצות, ערידת הביצות, עפעפית (קיקסיית) הקנוקנות ושחללים גבוהים (49; 50; 35). כמו כן, נמצאים בשמורה גם מינים נפוצים יותר של בתי גידול לחים כגון

נורית המים, ליפיה זוחלת, סוף מצוי, נהרנית צפה, חוטית הביצות וערר כרתי. בסקר מוקדם יותר שנערך בשנת 1986 נמצאו 5 מינים נדירים נוספים שלא נמצאו בסקרים 2003-2007: בוצין קיסרי, עץ-השמן המכסיף, דבשה הודית, געדת הביצות ופשתת החוף (49). אוכלוסיית סחלב הביצות (*Orchis dinsmorei*) בכרי נעמן, מין נדיר הנמצא בסכנת הכחדה, היא הגדולה ביותר בישראל. הסחלב היה נפוץ בעבר באזור הנעמן ועמק עכו, אך עם ייבוש ביצות האזור שרד כיום רק בשטחי השמורה (51).

בשנות ה-70 של המאה העשרים תוארו בכרי נעמן 17 מיני רכיכות, אך בתחילת שנות ה-2000 נמצאו בה 10 מינים בלבד באזור של נביעות בתחום השמורה (38). בסקרים הידרו-ביולוגים שנערכו בכרי נעמן בין השנים 2008-2011 בחמש תחנות דיגום נמצאו מעל ל-20 טקסונים שונים של חסרי חוליות, בהם 4 מיני חלזונות כולל מין פולש אחד (*Haitia acuta*) (גפני, בהכנה). בסקר חלזונות מים מתוקים שהתקיים בכרי נעמן במרץ ואוגוסט 2011, שוב נמצאו 4 מיני חלזונות בלבד, ביניהם המין *Haitia acuta* שהיה דומיננטי באתר זה (39). בניגוד לסקרים מהשנים הקודמות שדיווחו על נוכחות החילזון בולית הבילהרציה בכרי נעמן (גפני, בהכנה), בסקר 2011 מין זה אותר, אך נצפה חלזון אחר *Pyrgophorus sp.* שמוגדר מין פולש (39).

4.3.3 אחו לח מצפון לאס"פ נעמן ("הר הזבל")

זהו שטח מישורי השוכן מצפון לאס"פ נעמן (אתר לפסולת מעורבת שנסגר בשנת 1995), מדרום לשטחים חקלאיים של קיבוץ כפר מסריק, ממזרח לאזור התעשייה וממערב לאפיק הנעמן. שטחו כ-350 דונם וצורתו הכללית כשל מלבן שאורכו מדרום לצפון כ-900 מ' ורוחבו ממזרח למערב כ-500 מ'. הטופוגרפיה המישורית והקרע החרסיתית הכבדה מביאים לכך שבועות הגשמים עומדים בו מים במשך מספר חדשים. עקב כך במרבית השנה קיים קושי להסתובב בחלקים מהשטח בשל תעלות מים, שטחים מוצפים וסבך בלתי עביר.

בסקר צומח שנערך באתר ביולי 2013 נמצא מגוון של צמחים ביניהם שנית גדולה, כריך מרוחק, ערברבה שעירה, לוטוס צר-עלים, חלבלוב קטן-פרי, לפופית החצים, כריך שעיר, געדת הביצות, ברומית קצרת-שבולית, תלתן ביצות ואחרים, שחלקם מוגדרים כמינים אדומים. באזור הדרומי מרובים שטחי אחו לח עשבוני מגוון ועשיר במינים נדירים ולכן ערכיותו גבוהה. בהשוואה לשטחים אחרים באזור הנעמן שנמצאו איכותיים ועשירים במינים נדירים, יש לציין שהרכב המינים בשטח זה שונה וייחודי ולפיכך חשיבות השמירה עליו גדלה (שיצר, הבכנה; יפתח סיני – מידע בע"פ).

4.3.4 שמורת עין נימפית

השמורה המוכרזת עין נימפית (62 דונם) גובלת במערב בנחל הנעמן, ומשאר עבריה בשטחי הגד"ש של קיבוץ כפר מסריק. השמורה מהווה שריד חשוב ביותר לצומח המעיינות של מישור החוף הצפוני ומי הנביעות בה צלולים ונקיים. המעיין נובע אל בריכה במזרח השמורה שאורכה כ-150 מטרים ורוחבה כ-60 מטרים. דרום-מערבית לבריכה זו נחפרה בתחום השמורה בריכה נוספת. בהיקף השמורה נבנתה סוללה מחומר מצע אבני בגובה 3.5-4.5 מ' מעל פני הים, להגנה על שטחי

הגד"ש. פני הקרקע בתוך השמורה כ- 2-3 מ' מעל פני הים, ומפלס פני המים כ- 2.15 מ' מעל פני הים. השמורה מוגדרת עפ"י תמא 34/ב/3 כחלק ממשט ההצפה של נחל נעמן (29).

במהלך השנים (1979-2010) בוצעו בשמורה סקרי צומח שונים המתועדים בתיק הממשק של השמורה (52) ותועדו בה כ-120 מיני צמחים, מהם 11 נדירים. עד תחילת שנות ה-60 של המאה העשרים עוד צמחו בבריכה מדד זוחל, נהרונית צפה, נופר צהוב, קרנן טבוע ונימפיאה תכולה, אך גם כיום ניתן למצוא בה מיני צמחים נדירים, ביניהם אספרג א"י, חלבלוב קטן-פרי, כדורן ענף, לוטוס צר עלים, לפופית החיצים, צלע-שור דקיקה, קחוינה מקרינה ומין נדיר הנמצא בארץ בסכנת הכחדה – סם הכלב המזרחי.

בסקרים שבוצעו בשנים 2008-2010 בעקבות חפירת הבריכה החדשה, שיקום הצומח ע"י העתקות והכנסת רעייה נצפו בבריכה הגדולה סבך קנה מצוי, עבקנה שכית, ופטל קדוש עם רצועה של סם הכלב המזרחי ולפופית החיצים. אזדרכת ופלפלון דמוי אלה. בבריכה החדשה בטבעת החיצונית דווח על שליטה של מינים רודרליים וסגטלים, בטבעת האמצעית שליטת עבקנה שכית, פטל קדוש ושנית גדולה, ואילו בטבעת הפנימית - מינים לחים ביניהם סוף מצוי, ורבנה רפואית, ערדת הביצות, לפיה זוחלת, אגמון ימי ולוטוס צר עלים, ובמים נהרונית צפה. בחורשת אקליפטוס המקור המצויה בדרום השמורה, ניתן למצוא בין האקליפטוסים קנה מצוי, פטל קדוש ומספר מינים נדירים - לפופית החיצים, אספרג א"י ובחלק הדרומי סם הכלב המזרחי (52).

בשנים 2007-2010, לאחר חפירת הבריכה החדשה, בוצעו העתקות של צמחים רבים ממקורות שונים (עין אפק, בריכת נור ועוד) ביניהם צמחי אגמון ימי, שנית גדולה, חלבלוב קטן פרי, שנית מתפתלת, מרור ימי וכף זאב אירופית כדורן ענף, נימפיאה תכולה, ארכובית צמירה, ערבה מחודדת, סם הכלב המזרחי ומכבד הביצות, לפיה זוחלת וערידת הביצות. כמו כן הועתקו צמחים טבולים כמו נידת החוף, נהרונית חוטית ונורית נימית. לא כל מיני הצמחים שהושבו נקלטו והצליחו לשגשג לאורך השנים (52).

בסקר חסרי חוליות בעין נימפית בשנת 2005 נמצאו 13 טקסונים (2), ביניהם רק כרבע מ-21 מיני הרכיכות שהיו ידועים בשמורה זאת בעבר (38), אך בהרכב מעט שונה. נעדר החילוון מימנית חופית (*Heleobia phaeniciaca*) אך לעומתו נמצאו סלילנית קרינית (*Planorbis planorbis*) וסהרונית ארץ-ישראלית (*Theodoxus michonii*), אשר לא נמצאו בעבר בשמורה זו. הצדפה סלסלה חופית והחלזונות מגדלית מגובששת ושחריר החוף נמצאו ברציפות בשמורה לאורך השנים. הירידה המשמעותית בעושר מיני הרכיכות מיוחסת בעיקר לתנודות החריפות בשפיעה של הנביעות ובמפלס המים בבריכה (2).

בסקרים הידרו-ביולוגים שנערכו בעין נימפית בין השנים 2008-2011 נמצאו כ-20 טקסונים שונים של חסרי חוליות, ביניהם שלושה מיני חלזונות והצדפה סלסילה חופית (גפני, בהכנה). לעומת זאת, בסקר חלזונות מים מתוקים שהתקיים בכרי נעמן במרץ ואוגוסט 2011, נמצא בעין נימפית עושר מיני החלזונות הגדול ביותר שכלל תשעה מינים בשקלול שתי העונות (39).

בסקר דגים שבוצע בשנת 1987 נמצא שהבריכה בעין נימפית מאופיינת במינים אחדים של דגים, ביניהם, אמנון הגליל, אמנון מצוי, קרפיון ראי ושפמנון מצוי וגמבוזיה (52). במאי 2003 נאספו

בברכה דגים מתים מהסוג: קיפון בורי, קרפיון, אמנון, שפמנון, גמבוזיה וצלופח (21). בשנת 2007 הושבו לעין נימפית פרטים של לבנון הירקון שמקורם במערכת נחל תות והם גודלו בגרעין רבייה שהוקם באוניברסיטת תל אביב. בסקר לבנונים שבוצע ביולי 2010 כדי לבדוק את מצבם, נמצאו בנוסף ללבנון הירקון מיני דגים נוספים: אמנון מצוי, אמנון מכלוא, אמנון גליל, גמבוזיה ושפמנון מצוי וקיפון טובר (47). בסקר לבנונים נוסף שבוצע בשנת 2011 הממצאים הצביעו על יציבות של אוכלוסיית לבנון הירקון בעין נימפית (44). בסקר שנערך ב- 2010 נמצאו בעין אפק חוץ מלבנון הירקון גם אמנון מצוי, אמנון מכלוא, אמנון גליל, גמבוזיה ושפמנון מצוי.

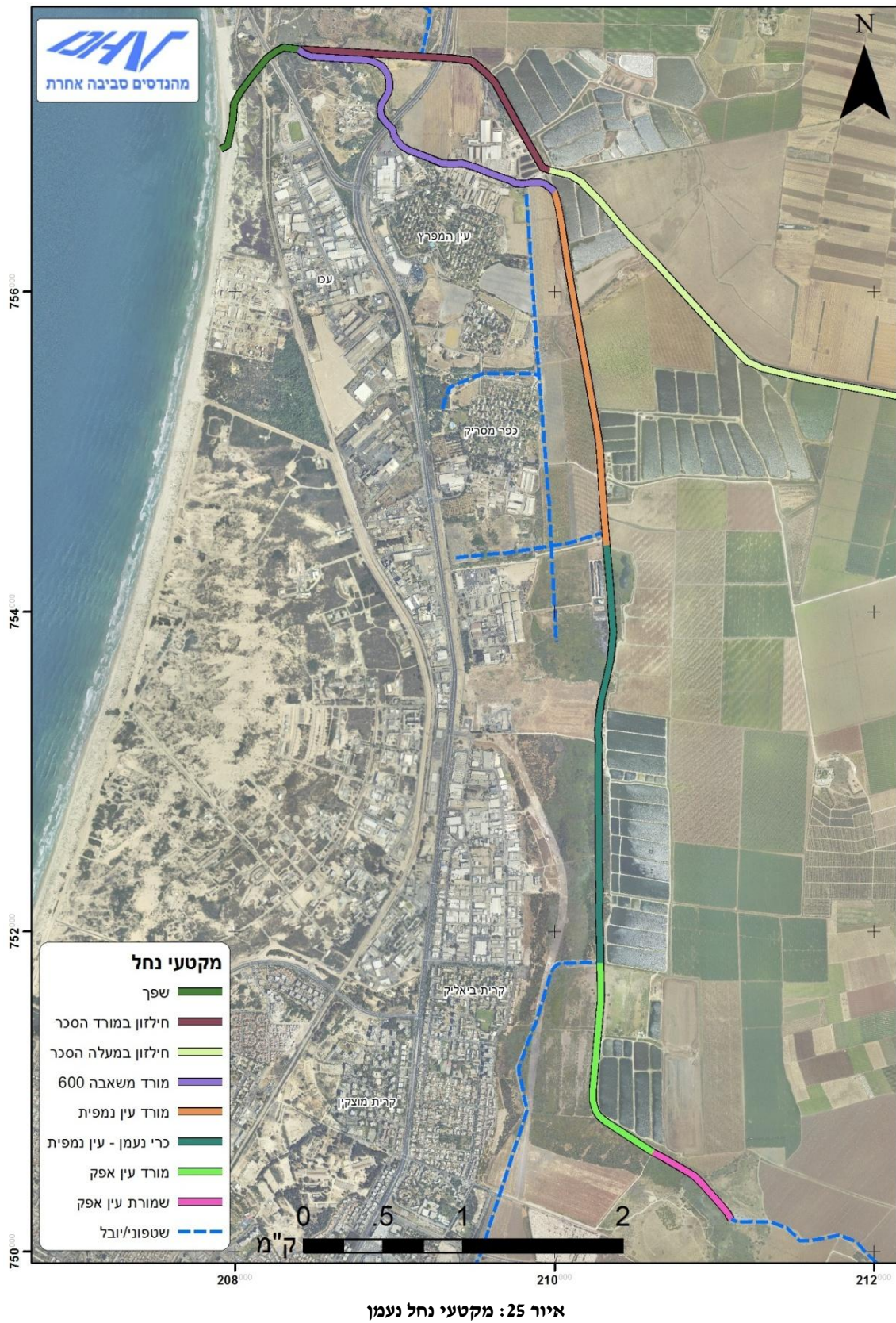
4.3.5 שמורת שפך הנעמן

דוגמא לבית גידול ייחודי לאורך הנעמן היא מליחת הנעמן, המהווה שריד אחרון לנוף המליחות שאפיון חלק מנחלי החוף בישראל. חלק מהשטח מוגדר שמורת טבע מאושרת (מוצעת הרחבתה) שפך הנעמן (362 דונם) והיא מורכבת ממלחה אותה חוצה כביש הגישה לעכו (כביש 8510) ומסילת הרכבת החדשה עכו-קרית, חוף הים שבו דיונות חול מיוצבות למחצה ובריכת נור (ברכה מלאכותית בת עשרות שנים).

מליחה זו מקיימת מינים נדירים של צומח שחלקם אנדמיים. במלחה מספר חברות, ביניהן חברת פרקן עשבוני, מלחית הבורית ואוכס החוף. חברת האשל, חברת בן-מלח מכחיל ובן מלח שיחני ומלוחית הרגלה. באזורים בהם נשמרת לחות מתפתחים קנה מצוי וסמר ימי (53). בסקר שנערך ב-2004 נמצאו 8 מיני צמחים נדירים במליחת הנעמן: שרשר שיחני, שרשר רב-שנתי (בן-מלח רב-שנתי), אוכס חופי, עדעד הביצות, לחך המלחות, סמר מרצעני, אגרופירון מאורך ושוש קרח (54). אסתר הביצות נמצא במליחה שבשמורת שפך הנעמן בסקר שבוצע בשל עבודות בניית גשר הרכבת מעל שפך הנעמן-חלזון (יפתח סיני - מידע בע"פ). בנוסף, נמצאו 3 מינים נדירים נוספים בתעלה המתנקזת לנעמן באזור בריכות הדגים שמצפון לעין המפרץ: מלחית הבורית, חלבולב בירותי וברומית קצרת-שיבולית (54). לאחרונה דווח גם על המצאות המין הנדיר אסתר הביצות *Aster tripolium* באזור מלחת שפך הנעמן (אתר האינטרנט רתם- מרכז מידע לצמחי ישראל).

בברכת נור נמצאו גם נהרנית נימית וניידת החוף, ובגדות – לוביה מצרית. בסקרים נוספים נמצאו בשמורת שפך הנעמן 5 מינים נדירים נוספים: דק-זנב נימי, צלע-שור דקיקה, נעצוצית סבוכה, אספרגולריה מלוחה ולחך הודי (יפתח סיני, מידע בע"פ). במקטע שבין מורד מפגש נחל נעמן-חלזון עד השפך (כולל אזור המלחה) נדרש למנוע זיהום והפרעות בשטח השמורה ולקיים משטר נחל טבעי רב-שנתי של הצפה וייבוש המלחה על בסיס השיטפונות החורפיים.

5 מקטעי הנחל



פרק זה מסכם בקצרה את המידע המפורט בפרקים הקודמים לפי מקטעי הנחל הרשומים באיור 25 להלן, מהמורד עד לשפך. עבור חלק מהמקטעים מובא חתך הנחל במצב הקיים וכן חישוב מפלסים ומהירויות זרימה שנעשו עבור 4 ספיקות:

- 300 מק"ש - הספיקה בשנות בצורת ע"פ לוח המים של אבנר קסלר
- 450 מק"ש - הספיקה הנדרשת לשמירת מפלס המים בשמורת עין אפק כאשר הסכרים סגורים
- 600 מק"ש - ספיקת הקיץ בשנים רגילות ע"פ הלוח של אבנר קסלר
- חצי מטר - הספיקה נדרשת בשביל להגיע למפלס של 50 ס"מ בערוץ

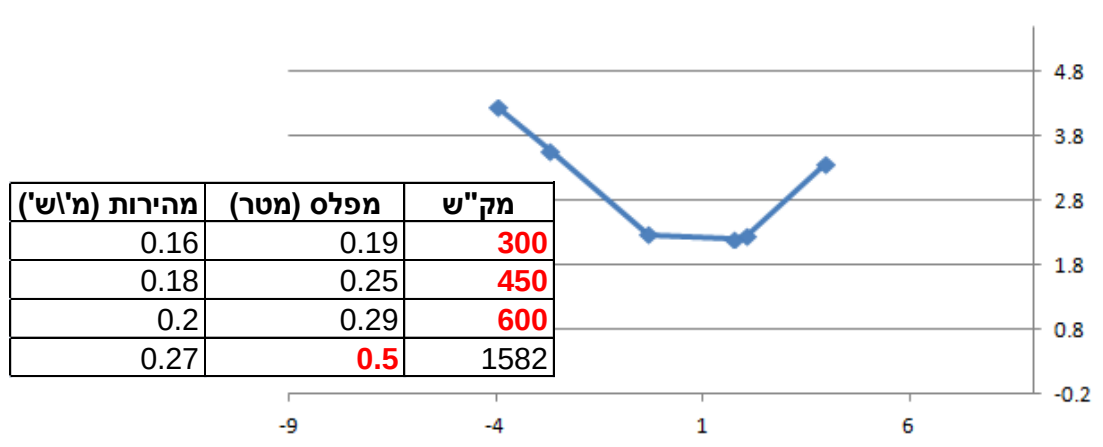
החישובים נעשו באמצעות משוואת Manning תחת ההנחות הבאות:

- השיפוע לאחר עין אפק לכיוון מערב הוא 0.7 ‰.
 - השיפוע דרום-צפון הוא 0.3 ‰ (זהו השיפוע הממוצע של הנחל, אם כי בפועל השיפוע משתנה וישנם מקטעים עם שיפוע שלילי).
 - השיפוע אחרי משאבה 600 לכיוון מערב הוא 0.6 ‰.
 - מקדם ה-Manning הוא 0.05 (מתאים לערוץ מלאכותי עם צמחיית גדות צפופה).
- התמונה העולה מהחישובים היא שערוץ נחל נעמן כיום, במיוחד במורד המפגש עם תעלה 42, הוא תעלה טרפוית גדולה המתוכננת לספיקה של 15 מקש"י (54,000 מק"ש). במעלה תעלה 42 החתך הוא גם טרפזי, אך קטן יותר ולכן ניתן לקיים שם מפלסים גבוהים בספיקות סבירות.

5.1 מעלה נחל נעמן

מעלה הנחל, עד כניסת הזרימות משמורת עין אפק, הוא ערוץ אכזב המנקז שטח חקלאי ברובו של 4.5 קמ"ר. הזרימות השיטפוניות בו הן קטנות והשפעתו על מאזן המים הכולל היא נמוכה.

5.2 מורד שמורת עין אפק

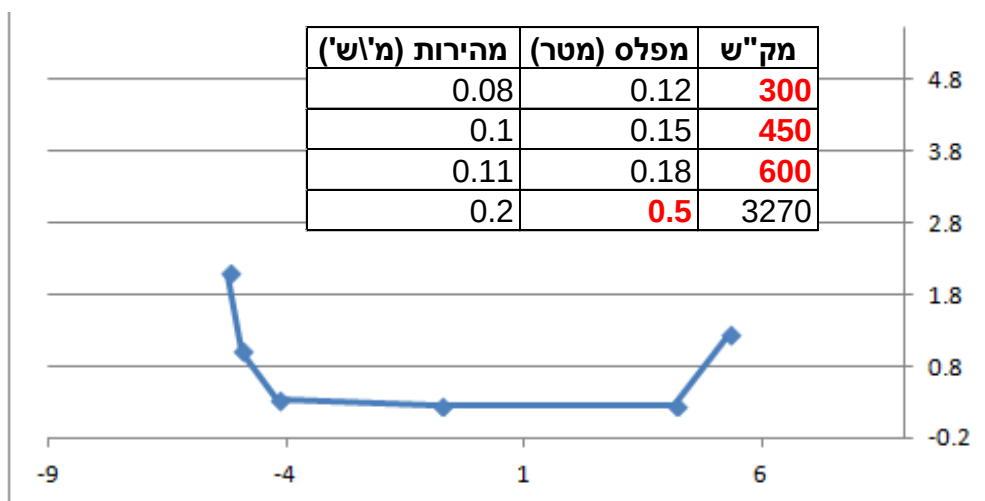


איור 26: חתך אופייני וחישובי ספיקות במורד שמורת עין אפק

מורד השמורה מקבל את המים היוצאים מעין אפק ובנקודה זו מתחיל הערוץ האיתן של נחל נעמן. רוחב הערוץ בבסיסו הוא 2.5-2 מטר. כפי שניתן לראות באיור 26, נדרשים כמעט 1600 מק"ש בשביל להגיע למפלס של חצי מטר במקטע זה. איכות המים היא האיכות היוצאת מהשמורה - דהיינו מליחות שנעה סביב ה-900 מגכ"ל.

5.3 מורד תעלה 42 מכרי נעמן עד עין נמפית

תעלה 42 היא תורם הנגר העיקרי של נחל נעמן ולכן ערוץ הנחל מתרחב משמעותי בכדי לקלוט את נפח המים הצפוי בשיטפונות. רוחב הערוץ בקטע זה הוא 6-8.5 מטר. בשביל להגיע למפלס של חצי מטר בחתך המוצג באיור 27, נדרשת ספיקה של 3270 מק"ש - ספיקת בסיס שלא נראתה בנחל מאז אביב 1991 (בהתעלם כמובן משיטפונות, ואולי פריקות של מדגה לוחמי הגטאות). במקטע זה לא נמצא שינוי משמעותי באיכות המים.



איור 27: חתך אופייני וחישובי ספיקות לפני כניסת עין נמפית

5.4 מורד עין נמפית

היסטורית, במורד עין נמפית הנחל נהנה מתוספת של מעל 2 מלמ"ש ממי המעיין. ברוב ימות השנה אין למעשה שום הבדל בין מקטע זה למקטע שמעליו. עין נמפית תורם כמויות זניחות, אם בכלל, והנחל ממשיך לזרום בחתך רחב ובזרימה רדודה ואיטית (איור 28). ההבדל ניכר בעיקר בחודשי הסתיו, אז פורק מדגה כפר מסריק כ-130 אלמ"ק בחודש (כ-180 מק"ש) במליחות של 1,500 מגכ"ל, וגורם להמלחה מתונה במים. שיעור ההמלחה המדויק תלוי כמובן בספיקה הרגעית הן של הנחל והן של הפריקה. בהנחה שהספיקה בנחל בסתיו הינה נמוכה ועומדת על 450 מק"ש, אזי המליחות צפויה להגיע לכ-1,100 מגכ"ל.

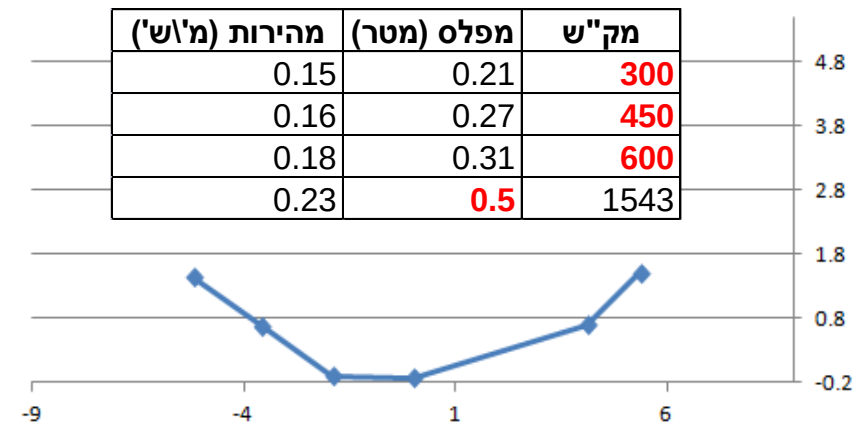


איור 28: מבט לנחל נעמן מהגשר הצפוני של קיבוץ כפר מסריק
צולם באפריל 2013 בעת שזרמו בנחל מעל ל-2,800 מק"ש

5.5 מורד משאבה 600

מקטע זה הוא ערוץ ניקוז מלאכותי שנחפר בסוף שנות ה-60 של המאה הקודמת ואינו ערוץ טבעי. החתך כאן נעשה צר יותר (עודפי שיטפונות אמורים להיות מועברים לנחל החילזון) והספיקה הנדרשת לחתך המוצג באיור 29 היא 1,543 מק"ש. הנחל כאן עובר בין המדגה המלוח לרפתות ולבתי קיבוץ עין המפרץ. שינוי משמעותי בספיקת הנחל נגרם כתוצאה מהשאיבה של משאבה 600 שמופעלת כל יום למשך 8 שעות, בספיקה של 350 מק"ש. מדובר בשאיבת רוב המים בנחל כיום.

בסיס הערוץ במקטע זה יורד אל מתחת לפני הים, אך למרות זאת ולמרות שהזרימה היא רדודה מאוד ואיטית מאוד, לא ניכרת עלייה משמעותית במליחות המים ע"פ דיגומי רט"ג. מכאן שאין חדירת מי ים למקטע זה.



איור 29: חתך אופייני וחישובי ספיקות במורד משאבה 600

5.6 חילזון במעלה הסכר

מקטע זה אינו חלק נתכנית המים ולכן לא נסקר בפירוט בעבודה זו. המקטע מסתיים בסכר ובו תחנה הידרומטרית של השירות ההידרולוגי. ממוצע הזרימות הרב-שנתי שנמדד מאז שנת 2000 הוא כ-6 מלמ"ש, מתוכם 1.9 מלמ"ש גאויות (שאר הנגר נתפס במאגרים במעלה). כלומר, זרימת הבסיס בנחל היא כ-4.1 מלמ"ש בממוצע. זרימת בסיס זו, בהיעדר מקורות מים טבעיים, מורכבת מגלישות ממט"ש כרמיאל, שפכי תמרה, תשטיפי חזיריות, פריקות בריכות דגים וכיו"ב. תוצאות דגימות האיכות של רט"ג, שבהם נמצאו ערכי מזהמים גבוהים, מאשרות את המקור האנתרופוגני של המים. ייתכן וקיים גם מרכיב של מי תהום גבוהים (תעלות מזיעות) התורמים לזרימה בנחל.

5.7 חילזון במורד הסכר

נחל נעמן, זרם בעבר פחות או יותר בתוואי של מה שהיום נקרא נחל חילזון. כיום הערוץ מנותק מנחל נעמן ע"י סכר עפר קבוע ולא מגיעים אליו מים מעין אפק כלל, כלומר מדובר בשני גופי מים נפרדים לחלוטין. בתחילת המקטע נמצאים צינורות הפורקים את מי המדגה המלוח של עין המפרץ (איור 30), במליחות של 8,000 מגכ"ל וממליכי את המים בצורה ניכרת עד למעל 2,300 מגכ"ל. אמנם חסרות מדידות במקטע זה אבל גם כאן, בדומה למורד משאבה 600, ככל הנראה אין חדירה משמעותית של מי ים.



איור 30: נחל חילזון במורד הסכר ואחד ממוצאי המדגה המלוח של עין המפרץ

5.8 השפך

השפך מהווה נקודת מפגש למים משלושה מקורות: נחל נעמן (דהיינו בעיקר מי עין אפק), נחל חילזון, ומי הים שחודרים כמה מאות מטרים לתוך הנחל. מדובר בשפך נחל (estuary) קצר ביותר בהשוואה לנחלי חוף אחרים. הערוץ כאן הוא רחב (15-35 מטר) ומגיע לעומק של 6 מטר. ברוב ימות השנה ניכר שיכוב בין המים המתוקים יחסית שמגיעים מהמעלה, למי הים השוכנים מתחתם.

6 שינויים עתידיים

הפרקים עד עתה עסקו במצב הקיים של נחל נעמן. פרק זה מציג את השינויים העתידיים הצפויים בנחל, מתוך תכניות קיימות, שאמורות להתבצע ללא קשר לתכנית המים המוצגת בפרק 0 להלן.

6.1 מעלה הנחל - שכונת אפק החדשה ושכונת נחל נעמן

בשטח שבין תעלה 42 לבין ערוץ נחל נעמן, ממערב לשמורת לעין אפק, עתידה לקום שכונת מגורים חדשה, שתשתייך לקריית ביאליק. תשריט השכונה מובא באיור 31 להלן. השטח, שכיום הוא שטח פתוח, יוגבה לכ-6 מטר מעל ערוץ הנחל, עם שיפוע היורד מערבה כך שכל הנגר יתנקז לתעלה 42. כפועל יוצא, הנגר בתעלה 42 צפוי לגדול מכ-1.5 מלמ"ש במוצע כיום ל-1.75 מלמ"ש. טבלה 6 להלן מציגה את הנגר החזוי בתעלה 42 לאחר השינויים העתידיים. החישובים בוצעו לפי ההנחות המפורטות בחישובי הנגר לטבלה 2 בעמוד 33, מלבד מקדם הנגר הממוצע שגדל מ-0.52 ל-0.6. לאור זאת מתוכנן להיחפר מאגר ויסות לנגר, מדרום לכביש התל על שטח של 40 דונם ובנפח של 50 אלמ"ק.

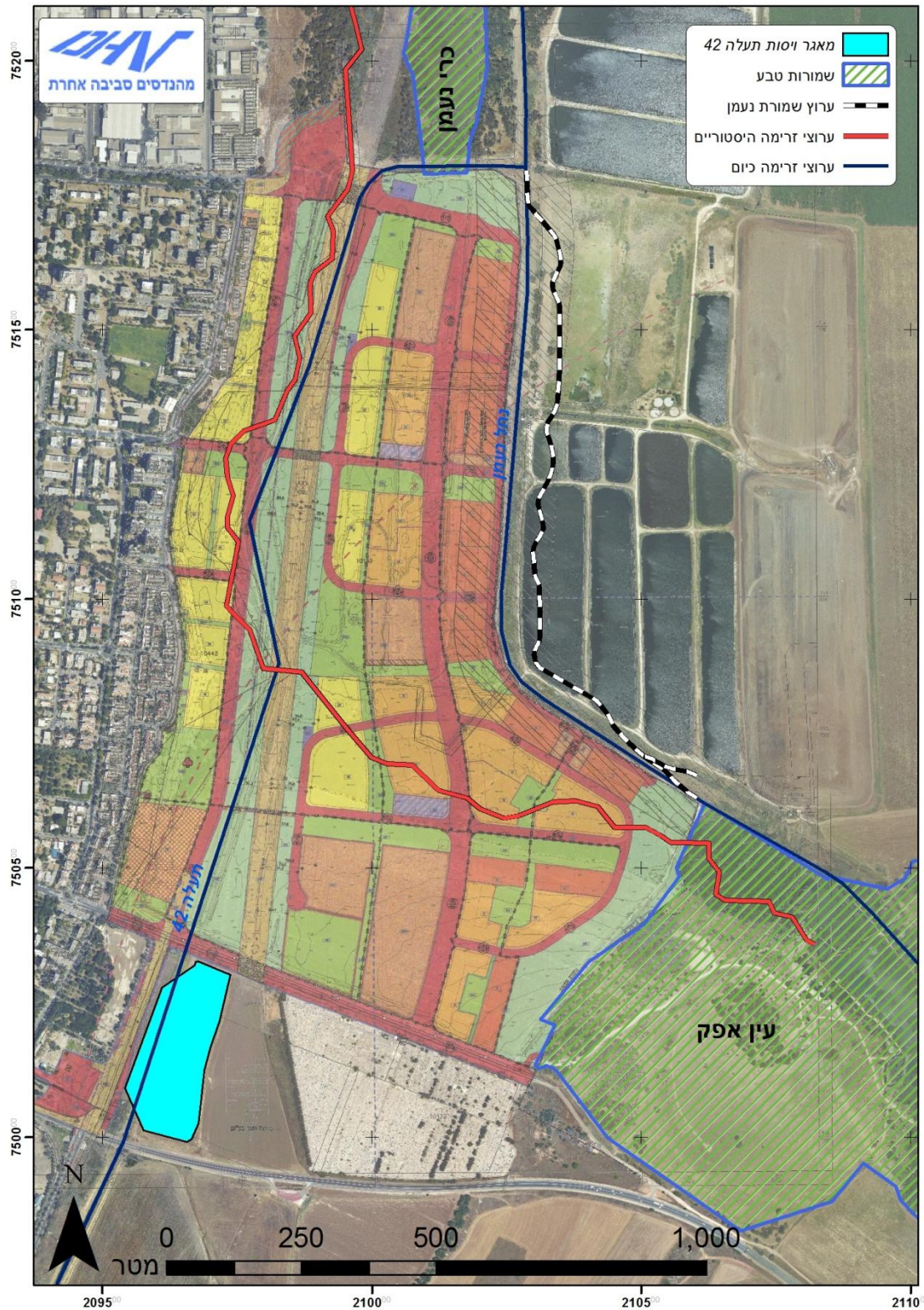
טבלה 6: נגר שנתי חזוי בתעלה 42 לאחר בניית שכונת אפק החדשה באופייני שנים שונות

אופיין שנה	מ"מ גשם בתחנת כפר המכבי	אלמ"ש נגר בתעלה 42
מינימום	307	962
אחוזון 25	475	1,488
חציוני	553	1,732
ממוצע שנתי	565	1,770
אחוזון 75	639	2,001
מקסימום	1005	3,148

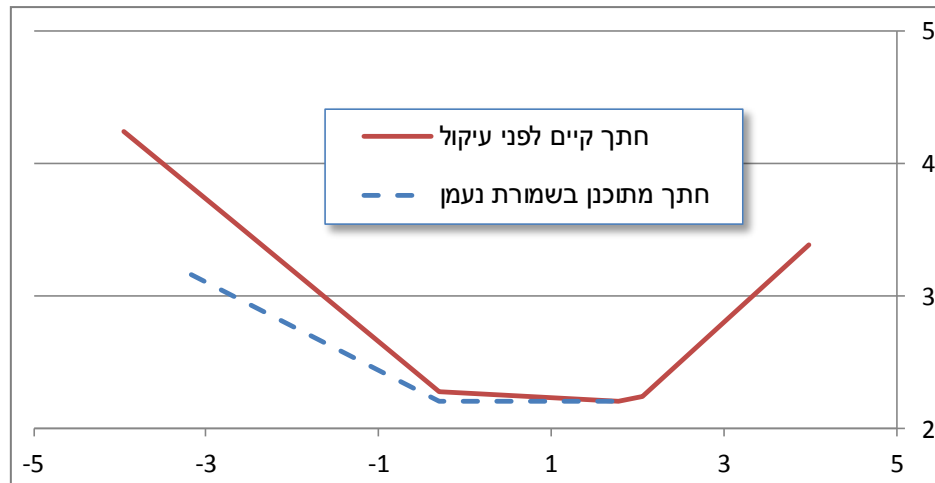
הקצה המזרחי ביותר של השכונה, המסומן בכתום כהה, מיועד למגורים ג', דהיינו רבי קומות. בניינים אלה, שכאמור ייבנו גם על שטח שיוגבה ל-6 מטר מעל ערוץ הנחל, צפויים להצל על הערוץ, בעיקר בשעות הצהריים. הדבר עלול להשפיע לרעה על צמחיה טבולה ומזדקרת בערוץ ובגדות, אם כי קשה להעריך כעת את מידת ההשפעה ללא חישוב מדויק של ההצללה.

בד בבד, המקטע לאורך ערוץ הנחל במורד שמורת עין אפק, עד לתעלה 42 עתיד להיות מוכרז כשמורת טבע. מטרת השמורה החדשה היא לקיים מסדרון אקולוגי הכולל קטע נחל וגדות, בין שתי השמורות הקיימות (עין אפק וכרי נעמן). כפי שניתן לראות באיור 31, ערוץ הנחל צפוי להיות מוסט 60-90 מטר לצפון-מזרח, על שטח הקצה הדרום-מערבי של בריכות קיבוץ אפק. הסטה זו אמנם תרחיק את ערוץ הנחל עוד יותר מהתוואי ההיסטורי, אך תאפשר הקניית פיתוליות לערוץ הנחל.

איור 32 בעמוד 61 מציג את החתך הקיים במקטע זה לעומת החתך המתוכנן, שמבחינה הידראולית הוא שווה ערך לקיים, ובשיפוע ממוצע של 0.8%. יש לציין כי לא מדובר בתכנון סופי וניתן, בנוסף לפיתוליות, לשנות גם את החתך כך שיהי מורכב יותר מבחינה מבנית.



איור 31: תשריט שכונת אפק המתוכננת, שמורת נחל נעמן והשינויים בתעלה 42



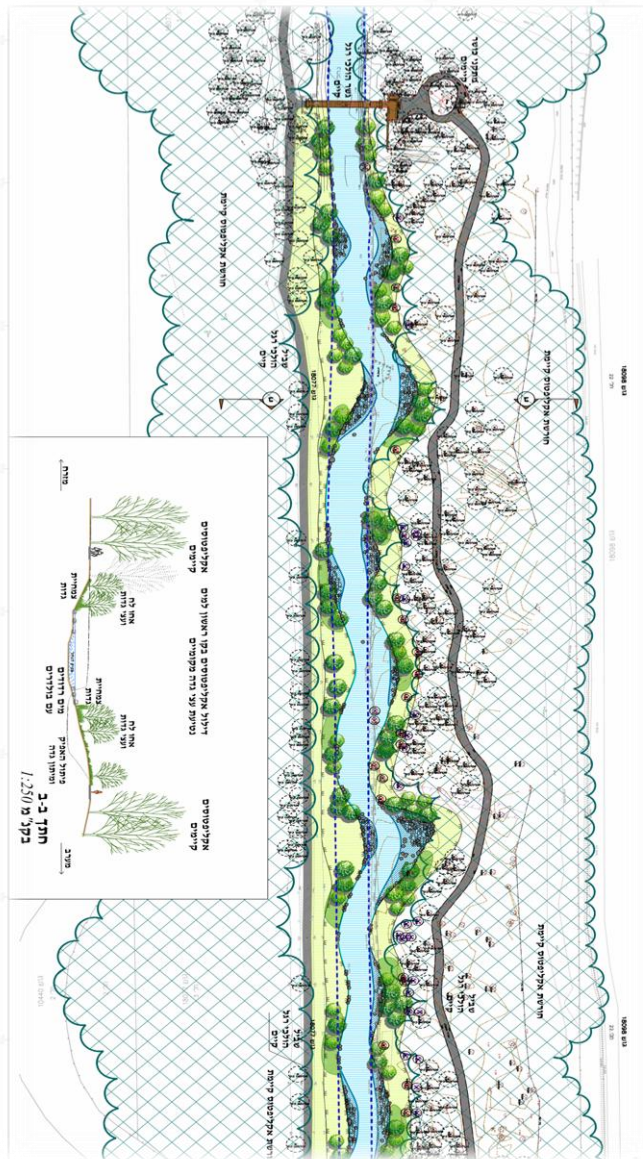
איור 32: חתך שמורת נחל נעמן לעומת החתך הקיים (מטרים)

6.2 המקטע לאורך כרי נעמן

בין שני גשרי הולכי הרגל ממזרח לכרי נעמן, במקטע שארכו 700 מטר, מקדמת רשות הניקוז תכנית להוספת מורכבות מבנית לנחל. התכנון הראשוני (איור 33) נעשה ע"י אדריכל הנוף ערן געש.

תכנית זו הינה נופית בעיקרה ואינה כוללת חישובי נפחים וספיקות בנחל ולא חישובים למידות הערוץ. הפיתולים שיתווספו הינם ברדיוס מרבי של כ-12 מטר, שאין להם משמעות הידראולית או אקולוגית במידות הערוץ הקיים ובספיקות הנדונות.

לשם שיקום אקולוגי, מומלץ להוסיף לתכנית זו אלמנטים שייצרו את ערוץ הנחל ו/או ייצרו מורכבות מבנית.



איור 33: תכנית רשות הניקוז למקטע כרי נעמן

6.3 האזור הלח צפונית להר הזבל



איור 34: תכנית רשות הניקוז לאזור הלח צפונית להר הזבל

באזור שצפונית לכרי נעמן והר הזבל, מצידו המערבי של ערוץ הנחל מול עין נמפית, מקדמת רשות הניקוז תכנית שיקום נוספת בתכנונו של ערן געש. שטח האזור כיום הוא ביצתי והתכנית להסית את הערוץ, להקנות לו פיתוליות וליצור גופי מים מובחנים שיפרידו ביניהם שבילי הליכה לרווחת הציבור.

גם תכנית זו הינה נופית בעיקרה ואינה כוללת לוח מים וחשובי מידות לערוץ, אם כי כאן הפיתולים נראים משמעותיים יותר מבחינה הידראולית ואקולוגית.

לשם יישום התכנית מומלץ לבדוק את קיימות גופי המים הנפרדים, שמקור המים שלהם יהיה, ככל הנראה מי תהום גבוהים.

6.4 מתקן ההתפלה בכפר מסריק

באזור כפר מסריק עתיד לקום מתקן, שיתפיל מי קידוחים מליחים. איור 35 מציג את הקידוחים החדשים, כאשר הנקודה הצהובה מייצגת את קידוח אפק ג', שהוא קידוח חדש שימוקם כ-300 מטר מערבית לקידוח אפק ב' ואמור להפיק כמלמ"ש. התכנית עלולה להשפיע על נחל נעמן ב-3 דרכים (ראה גם הערות לתכנית מתקן ההתפלה בנספח 10.1):

- א. הגברת השאיבה בקידוחי אפק (הקיים והחדש), עלולה להשפיע ישירות על השפיעה בעין אפק
- ב. הגברת השאיבה בקידוחי תל-דאוק (שני הקידוחים הצפוניים באיור 35) עלולה להשפיל את מי התהום בכרי נעמן ועין נמפית ולכן נדרשת תכנית ניטור מקדימה (ראה סעיף 8.4)
- ג. במידה ותמלחת ההתפלה תשוחזר לנחל, היא תשפיע לרעה על איכות המים במורד נקודת השחרור, אלא אם השחרור יתבצע במקטע התחתון העובר במלחה.



איור 35: הקידוחים שאמורים לשמש את מתקן ההתפלה העתידי של כפר מסריק

6.5 חיבור נחל נעמן עם נחל חילזון

במורד בריכות הדגים של עין המפרץ, נחל נעמן זורם כיום מערבה בתעלת ניקוז שנחפרה ב-1969 ומתחבר לנחל חילזון רק במעלה המלחה. ע"פ התכניות הקיימות ברשות הניקוז (איור 36), תעלת הנעמן תיחסם לזרימות הבסיס (כולן או חלקן, טרם נקבע) ומי עין אפק יזרמו, בדומה לתוואי ההיסטורי, בערוץ משותף לנחל נעמן ונחל חילזון, במורד התחנה ההידרומטרית על נחל חילזון. בכך החיבור בין הנעמן והחילזון יוסט כ-2 ק"מ למעלה ממיקומו הנוכחי. חלק מהזרימות השיטפוניות כנראה שימשיכו לזרום בתעלת הנעמן.



איור 36: חיבור נחל נעמן ונחל חילזון (מתוך התכנית הכללית של רשות הניקוז)

7 עקרונות שיקום אקולוגי

פרק זה דן ביעדי השיקום, הגדרת המצב הרצוי מבחינה אקולוגית והמתודולוגיה לקביעת עקרונות התכנון שמאפשרים להגיע למצב זה. הפרק מתחיל בדיון כללי על שיקום אקולוגי ומסתיים בהמלצות ספציפיות לנחל נעמן, כהכנה לתכנית המים המוצגת בפרק 0.

7.1 שיטות עבודה

המונח "זרימות סביבתיות" אינו מתייחס למתודולוגיה ספציפית של הערכת כמויות המים הנדרשות לקיום מאוזן של מערכות נחלים. עד כה יושמו ברחבי העולם למעלה מ-200 שיטות שונות לקביעת זרימות סביבתיות בנחלים שונים (55). באופן כללי ניתן לחלק את השיטות למספר קבוצות מרכזיות – שיטות הידרולוגיות, שיטות הידראוליות, מודלים לסימולציה של מקווי מים הלוקחים בחשבון את דרישות הזרימה של מינים המאכלסים את הנחל, שיטות הוליסטיות המשמשות לביצוע תכנון מים כוללני של אגן הניקוז והן רוויות בדעת מומחים, ושיטות משולבות הכוללות מרכיבים שונים מהקבוצות הללו (56; 57).

לאור זמינות המידע ההידרולוגי, המורפולוגי והאקולוגי באגן נחל נעמן הוחלט ליישם גישה המשלבת מספר מתודולוגיות כדי לקבוע מהם עקרונות התכנון לשיקום האקולוגי של הנחל ("היעדים האקולוגיים") ולהגדיר על בסיסם את ההקצאה של הזרימה הסביבתית ופעולות נוספות שנדרשות לתכנית השיקום כדלקמן:

9. בחינת הידרוגרף היסטורי (נלקח ההידרוגרף ההיסטורי של עין אפק, ראה סעיף 2.1.1)

10. אפיון אקולוגי היסטורי (ראה פרק 4)

11. קביעת מיני מטרה (target species) וקבוצות מייצגות (habitat guild) ובחינה של מאפייני בתי הגידול הרצויים

12. פאנל מומחים

13. המלצה על טווח התנאים בבתי גידול בנחל

14. חלוקת הנחל למקטעים וקביעת בתי גידול ואופייני הזרימה

15. חישוב הספיקות הנדרשות

16. בניית לוח מים

7.1.1 אפיון אקולוגי

סקר שבחן את הערכיות האקולוגית של נחלי הגליל המערבי מצא את נחל הנעמן כבעל הערכיות הגבוהה ביותר, כשאחריו תעלה 42 ותעלות סמוכות נוספות. במעלה הנעמן - לפני החיבור עם תעלה 42 צוין המקטע כבעל ערכיות הידרו-ביולוגית בינונית ובמורד הנחל, אחרי המפגש עם תעלה 42 ועד לשפך הנעמן לים, אופיין המקטע בערכיות גבוהה מאד (58). סקרים מסוג זה אינם מזהים את החשיבות והפוטנציאל של הקטעים בערוץ הן בהיבט ההיסטורי והן בהקשר של תכניות שיקום עתידיות. ציון הערכיות שנמצא לאתרים הינו יחסי ונקבע באמצעות השוואתם זה לזה על

פי מצבם בעת הסקר. כדי לבחון את מצבו האקולוגי "האמיתי" של הנעמן יש להשוותו לנתוני עבר או לאתרי ייחוס, ויעדי השיקום צריכים לשאוף להשיב לנחל חלק מהמדדים שאבדו לו.

הגישות המקובלות לשיקום אקולוגי של נחלים מתייחסות למרכיבים הביולוגיים של המערכת האקולוגית של הנחל (צמחיית מים – טבולה, צפה ומזדקרת, חסרי חוליות גדולים, דגים וכיו"ב) כמרכיב עיקרי בקביעת כמויות המים הנדרשות לזרימות סביבתיות ובממשק מערכות נחלים (59). גישה זו נובעת מההכרה שהמגוון הביולוגי של מערכת הנחל משקף את בריאות המערכת האקולוגית ותפקודה. חשוב להדגיש כי התגובה הביולוגית של מרכיבי הביטה השונים לשינויים במשטר הזרימה וכמות המים אינה בהכרח זהה. מדדים של קבוצה ביולוגית אחת יכולים להיות רגישים יותר לפחיתה בכמות המים בנחל בהשוואה למדדים של קבוצה אחרת.

המתודולוגיה לקביעת היעדים האקולוגיים לשיקום בתי הגידול בערוץ הנעמן התבססה על השלבים הבאים:

1. הבנת השינויים האקולוגיים שחלו בנחל בעשרות השנים האחרונות על בסיס מידע קיים, שיחות עם בעלי עניין ומידע שנאסף בעבודה.
2. גיבוש רשימה של מינים מהעבר והווה.
 - א. קבוצה I: צמחי מים – דגש על צמחים טבולים, צפים וצמחים מזדקרים שמתקיימים בגוף המים (נספח 10.2).
 - ב. קבוצה II: פאונת הרכיכות (נספח 10.3).
 - ג. קבוצה III: חרקים אקוואטים המותאמים לזרימה מהירה (riffle) ובית גידול שזרימתו איטית (pool) (נספח 10.4).
 - ד. קבוצה IV: פאונת הדגים (נספח 10.5).
3. בחירת רשימה של מיני מטרה וקבוצות מייצגות המאכלסים בתי גידול פוטנציאליים בנחל.
4. לאור הרשימה הנ"ל, בחינה בספרות ובהתייעצות עם מומחים אשר לטווח התנאים נדרשים בבית הגידול האקוואטי.

7.1.2 פאנל מומחים

הערכה של הזרימות הסביבתיות הוא נושא מקצועי רב-תחומי שבהכרח דורש התייחסות של מומחים. השילוב המוצלח ביותר הוא שימוש בקבוצת מומחים ממספר תחומי התמחות ביניהם הידרולוגיה, הידראוליקה, איכות מים ואקולוגיה, שיכולה לייצר הסכמה רחבה, איתנה ומקובלת על בעלי העניין השונים (57). השימוש בפאנל מומחים בתכניות לקביעת זרימות סביבתיות בנחלים מוגדר בספרות המקצועית כמנגנון מצוין לחילוף ידע, מהיר וזול בהשוואה לבדיקות אמפיריות.

לקראת קביעת עקרונות התכנון, אחד האמצעים בו נעשה שימוש הוא דיון פתוח במסגרת פאנל של מומחים מדעיים (scientific panel) שהתקיים ב-8 לספטמבר 2013, ומטרתו הייתה החלפת

דעות לגבי אפיון בתי הגידול, הזרימות הסביבתיות ועקרונות התכנון. ההסכמות שהתקבלו בפאנל שולבו בהמלצות על טווח התנאים בבתי הגידול בנחל (רשימת המשתתפים מצוינת בתודות).

7.2 המלצה על טווח התנאים בבתי גידול בנחל

מאפיינים מסוימים של בית הגידול כגון מהירות זרימה ועומק המים מתייחסים ישירות לספיקה בעוד אחרים מתארים את הנחל וסביבתו (60). לצמחי מים ובע"ח אקוואטים התאמות לבתי גידול המכילים מאפיינים הידראוליים שונים (כגון מהירות זרימה ועומק המים), בהתאם לפעילויות להן הם נדרשים. פעילויות אלה כוללות תזונה, מנוחה, רבייה והטלה ודרישות שונות לשלבי מחזור החיים בתקופות שונות של השנה. ניתן להעריך על בסיס מחקרים ספציפיים, מידע מהספרות והערכת מומחים מהם מאפייני בית הגידול המומלצים של מיני מטרה ספציפיים (target species) וקבוצות מייצגות (habitat guilds) - קבוצה טקסונומית גבוהה יותר או קבוצה של אורגניזמים בעלי התאמות מורפולוגיות-פיסולוגיות דומות; ראה לדוגמה (61)). בחינה של התאמות אלה אל מול מצבו העכשווי של הנחל על מקטעיו השונים מאפשרת להעריך את הפערים בין המצוי לרצוי, לקבוע יעדים לשיפור כמות המים ואיכותם, להגדיל את מורכבות וזמינות בתי הגידול ועל ידי כך להבטיח את תהליך השיקום האקולוגי של הנחל.

7.2.1 צמחי מים

צמחי מים מקרופיטים (In-stream macrophytes) טבולים, צפים ומזדקרים הם מרכיב חשוב במערכות אקולוגיות של נחלים. הם מגדילים את מגוון בתי הגידול והמחסות עבור חסרי חוליות ודגים, מציע להתיישבות לאצות וחיידקים ומזון לצרכנים ראשוניים. הם מפחיתים את מהירות הזרימה ומאפשרים אזורים עם זרימה איטית, מעודדים השקעה של חלקיקים זעירים של חומר אורגני ואנאורגני, ושורשיהם מסייעים לייצב את קרקעית הנחל.

בנחלים עם שיפוע ארכי מתון, הגדילה של צמחי מים נשלטת בעיקרה ע"י זמינות האור. נחלים עם צל מזערי לעיתים קרובות תומכים בגדילה צפופה של צמחי מים. גורם מגביל נוסף של צמחי מים הוא מים עכורים (למשל, בחלק מנחלי החוף המזוהמים). השינויים בשפיעות צמחי מים הם עונתיים והשיא מתרחש באביב ובקיץ. תקופה זו חופפת עם מספר שיטפונות קטן יותר וזרימה יציבה שיכולה להגביר את הצמיחה. השפיעות וההרכב של חברת צמחי המים בנחלים תלויה מאד במשטר הזרימה והם אינם מאכלסים נחלים שזרימתם מהירה (0.9-1.0 מטר/שניה) או שמופרעים באופן תדיר ע"י שיטפונות (מעל 13 שיטפונות גדולים בשנה); (62).

מספר מיני הצמחים המאפיינים בתי גידול לחים הוא אחד המדדים לערכיות קטע נחל זורם. ניתן להניח שמספר גדול של מינים מקבוצה זו מבטא בריאות ותפקוד של המערכת האקולוגית המימית וערכיות גבוהה יותר. גם מספר המינים הנדירים הוא מדד תומך לערכיות הקטע הנבדק. משה אגמי הראה עד כמה גדולה רגישותם של חלק מיני צמחי המים (בעיקר הטבולים והצפים) לזיהום שמקורו בשפכים תעשייתיים ועירוניים גם כשהוא ארעי. ניסויי העתקת צמחים בשדה וניסויי חשיפת צמחים למזהמים במעבדה מצביעים על כך שתלות הצמחים בטיב המים עולה ככל שהם טבולים בהם יותר (63). הסיבה להבדל בהשפעת הזיהום על מינים צפים ומזדקרים קשורה

כנראה לשטח הפנים הקטן יותר של הצמחים המזדקרים שבא במגע עם המים המזוהמים ולקשיחות הרבה יותר יחסית של עמודי התפרחת של המינים המזדקרים בהשוואה לעלים הרכים והדקים של המינים הצפים (63; 64). ממצאים אלו תואמים לממצאי מחקר אחרים שבדקו השפעות של זיהום על צמחי מים (65; 66) ודווחו כי המינים הצפים והטבולים היו הראשונים להיעלם והמינים המזדקרים התאפיינו בעמידות גבוהה יחסית לזיהום.

בנחל הנעמן שררו בעבר תנאים מתאימים לקיום חברת צמחי מים עשירה ומגוונת, אך הסטת ערוץ הנחל והעמקתו, ירידה קיצונית בספיקות, שינויים במשטר הזרימה והתדרדרות של איכות המים עקב זיהום עירוני ותעשייתי גרמו להעלמות מינים ולירידה גדולה בשפיעות של אחרים. רשימה של מיני צומח מקרופיטים בנחל מהעבר והווה מוצגת בנספח 10.2.

פגיעה נוספת בצמחייה המקומית נגרמה ככל הנראה עקב התפשטות אקליפטוסים לאורך חלק מגדות הנעמן ושטחים בשמורות כרי נעמן ועין נימפית. בנוסף לצל, עצי האקליפטוס משירים עלים וענפים לתוך המים, ולאלה השפעה על איכותם של המים, רציפות הזרימה, דחיקת מינים מגדות הנחל ופירוק איטי של נשר-העלים שפוגע בריכוז החומר האורגני הזמין בשרשרת המזון. תרכובות המצויות בעלי האקליפטוס (כגון פוליפנולים) מתמצות למים ויכולות לפגוע בבע"ח אקוואטים, מאחר שלא עברו תהליך אבולוציוני הדרגתי של התאמה לתנאים החדשים (67; 68).

ההתמקדות בתנאים הנדרשים למינים הטבולים והצפים נעשתה עקב רגישותם והקשר ההדוק שלהם למים. מינים טבולים וצפים על פי רוב מתפתחים בקטעי נחלים שבהם מהירות הזרימה בספיקות הבסיס נמוכה (<0.3 מטר/שניה). בדיקה של דרישות בית הגידול של המינים הטבולים שצוינו בתחילת סעיף זה מצביעה על כך שלמרביתם העדפה לבית גידול שעומק עמודת מים נע בין 0.5 ל-1.0 מ' כתלות בצלילות המים (למשל, מדד זוחל, ניידת החוף, קרן טבוע), אבל בכל מקרה מומלץ שעמודת המים לא תהיה נמוכה מ-0.5 מ'. מינים צפים דוגמת הנימפיה והנופר זקוקים לנחל רחב ולמים עמוקים יותר, עם העדפה לעומקים של 1.0-2.0 מ' (לעיתים רחוקות הם גדלים בעומק העולים על 3 מ'). בניגוד לצמחים טבולים וצפים, צמחי מים מזדקרים גדלים לאורך הגדות, רק שורשיהם וחלק קטן מגוף הצמח טבולים במים, ולרוב הם נמצאים במים רדודים ואינם זקוקים לעומק מים העולה על 0.3 מ'. במקטעים בהם מתוכננת התפתחות של צמחי מים מקרופיטים יש להבטיח זמינות מספקת של אור שמש לגוף המים כדי לאפשר פוטוסינתזה (עומק פוט), לפיכך יש להימנע מצמחיית גדות שגורמת לצל מסיבי על ערוץ הנחל לאורך היממה, ומחדירה אל הנחל של תרכובות אורגניות מרחפות או מומסות שמקורן במי פלט של בריכות הדגים ונקזים עירוניים. בנוסף, יש למנוע הזרמה לנחל של תרכובות חנקניות וזרחניות (חומרי הזנה) בריכוז גבוה מערכי סף של כ-2.0 מ"ג בליטר חנקן כללי ושל כ-0.15 מ"ג בליטר זרחן כללי.

7.2.2 חסרי חוליות

ניתן למיין את מרבית חסרי החוליות של מים מתוקים כמאכלסים של בית גידול בריכתיים (lentic) או זרימתיים (lotic), עם יחסית מעט מינים גינרליסטים שמאכלסים את שניהם (69; 70). מעבר למאפיינים ההידראוליים (משטר זרימה, מהירות זרימה, עומק המים), גורמים מרכזיים נוספים שמשפיעים המורכבות המבנית של הנחל וזמינות בתי הגידול למאכלסי מים הם

סוג המצע (מחוספס, חצצי, חולי, בוצי, פסולת עץ) מבנה הערוץ וצמחייה מקרופיטית (סוג הצמחייה, צפיפות).

יצירה של תנאים מיטביים לקיום מגוון ביולוגי גדול של חסרי חוליות בנחל דורש יצירת ספקטרום רחב ככל האפשר של בתי גידול. על כן בנוסף לבתי גידול בריכתיים (זרימה איטית וגובה עמודת מים גדול יותר), נדרש ליצור בתי גידול של זרימה מהירה על גבי תשתית אבנית ולשקם את בית הגידול של צמחיית המים והגדות, שישולבו בתכנון חתך הערוץ. אזורים רדודים יותר עם זרימה מהירה ומעורבלת על בסיס תשתית אבנית הם אחד מבתי הגידול העשירים ביותר בנחלים. ניתן לייצרם במקטעים מוגדרים ולהתאים את מימדיהם למצב השטח. לדוגמה, בקטע במורד שמורת עין אפק, הערוץ צר יחסית וניתן ליצור בו קטע של מים זורמים על גבי תשתית אבנית עשויה מאבנים בגדלים שונים על מנת לספק תשתית יציבה ומורכבת פיזית למאכלסי המים (אזורי riffles ו-runs). מעבר לכך, השיפוע במקטע זה יכול לאפשר יצירת מפלים קטנים מאבנים או עצים, ועליהם ניתן להוסיף מרכיבים נוספים שמעשירים את המורכבות המבנית של בית הגידול. תשתית חשובה נוספת גם במקטעים זרימתיים זו צמחיית גדות שיכולה להתפתח גם בשולי הזרימה, ועדיין להוות סוג מצע בעל ערך ובלתי נפרד מהמערכת שמאכלס גם הוא ע"י חסרי חוליות.

בתי גידול זרימתיים מועדפים ע"י מספר קבוצות טקסונומיות של חסרי חוליות, ביניהם ניתן למנות מיני בריומאים (מהסוג Baetis), שעירי כנף (למשל מהמשפחה Hydropsyche), מיני שפיראים (לדוגמה, שפיריות מהמשפחה Coenagrionidae), ישחורים - זבובאים ממשפחת Simuliidae, מיני חיפושיות מהמשפחה Elmidae, מיני חלזונות (כגון שחריר חלק וסהרונית החוף), סרטנים ממשפחת השטצדים, ספוג מים מתוקים מהסוג Ephydatia ונוספים. חלק מהמינים הם מסננים-פסיביים של חלקיקי מזון מתוך המים כשהם צמודים למצע (למשל, שעירי כנף וישחורים), ואחרים ניזונים מחומר אורגני על המצע האבני (חלזונות) או טורפים אקטיביים (שפיראים). מקטעים זרימתיים קצרים עם תשתית אבנית קיימים כיום בשמורת עין אפק, למשל בין בריכות הזיזורים ובתעלת הבטון במוצא השמורה (37). התנאים ההידראוליים המועדפים על הקבוצות הטקסונומיות שמאכלסות אזורים זרימתיים הם מהירות זרימה 0.3 עד 0.8 מטר/שנייה ועומק מים לא עמוק (מומלץ 0.1 – 0.4 מ').

במקטעים מסוימים של הנחל ישררו תנאים בריכתיים. אלו אזורים בהם הזרימה איטית יותר, עמודת המים עמוקה יותר והמצע מורכב בעיקר מסדימנט חרסיתי וחולי. תנאים אלה מתאימים להתפתחות של צמחי מים טבולים וצפים, שקיומה מעלה באופן ניכר את המורכבות המבנית בנחל. טקסונים רבים חסרי חוליות אקוואטים מעדיפים להתיישב על מצעים של צמחי מים מקרופיטים (71), בעיקר על מיני צומח טבולים שעליהם מבוטרים, מכיוון שכמות המזון לחסרי חוליות מלחכים גדולה יותר והם מאפשרים מסתור מטרופים (72). בתי גידול חשובים נוספים לחסרי חוליות בעלי הקשר צמחי הם חלקי עצים שנפלים למים ונשר עלים. בין הקבוצות הטקסונומיות המרכזיות שניתן למצוא על מצעים צמחיים ניתן למנות זחלי זבובאים שונים ממשפחת הימשושים (Chironomidae), זחלי זבובאים אחרים, תולעים דל זיפיות

(Oligochaeta), חיפושיות (למשל, ממשפחת השחייניות - Dytiscidae), שפיראים (כגון שפיריות מהמשפחה Libellulidae), חלזונות וקבוצות נוספות. השיפור בכמות ואיכות המים, יכולה לאפשר גם את שובה לקרקעית הנחל של הצדפה סלסילה חופית (*Corbicula consobrina*) וצדפות נוספות (נספח 10.3). התנאים ההידראוליים המומלצים לאזורים אלה דומים לתנאים שצוינו עבור צמחי המים בסעיף 7.3.1.

7.2.3 דגים

בנחל נעמן שישה מינים של דגי מים מתוקים מקומיים שהנחל הוא בית גידולם היחיד (42; 43) ולאחלה מתווספים מספר פליטי בריכות דגים (למשל, קרפיון מצוי וקרפיון העשב). בנוסף, יש לציין את הצלופח האירופי ושלושה מינים ממשפחת הקיפונים המבלים חלק מוגדר ממחזור חייהם בנחל וחוזרים לים. הקיפונים לרוב מאכלסים את מורד הנחל ואזור השפך בנחלי החוף ולא מגיעים עד המעלה. שני מינים מקומיים חשובים שנכחדו מהנעמן הם לבנון הירקון ונאוות כחולה. הלבנון הושב לנעמן לשני אתרים - שמורת עין אפק ושמורת עין נימפית.

ללבנון הירקון אין העדפה ברורה לבית גידול בעל אופי צמחי על פני בית גידול פתוח. בעת מצוקה הדגים נוהגים להימלט לחללים וכוכים המשמשים נקודות שהות בטוחות ומגוננות, אך גם נוכחות צמחייה מקרופיטית (בעיקר צמחיה טבולה) תספק לדגים בוגרים וצעירים מחסה. בעונת הרבייה הלבנון יכול להטיל ביצים על מצעים אבניים וצמחיים כאחד. הדגים לעומת זאת מעדיפים בתי גידול זרימתיים ומוגנים בקרבת מפלונים. הלבנון זקוק לאיכות מים טובה עם ריכוזים נמוכים של אמוניה (<0.19 מג"ל; (28)) ומזהמים פוטנציאליים אחרים. יש למנוע ממים מזוהמים ממקור עירוני או מפלט בריכות הדגים לחדור לנחל.

גם נאוות כחולה אינה זקוקה לזרימה חזקה מדי, אלא לאזורים רדודים יחסית וצלולים שהמים עוברים דרכם. מרכיב חשוב לנאוות במקום החיות הוא סבך של צמחייה טבולה שמאפשר לדגים הצעירים להסתתר בין צמחי המים (למשל, בנעמן קרנן טבוע או ניידת החוף). בעבר עין נימפית הכיל צמחייה טבולה צפופה והיו בו פרטים רבים של הנאוות (מנחם גורן, אוניברסיטת תל אביב – מידע בע"פ).

אמנון מצוי ואמנון גליל דורשים עומק מים גדול יותר, אבל כל מיני האמנונים יסתדרו גם בעמודת מים של 0.4 מ' ובאזורים בנחל שבהם זרימת המים אינה מהירה דוגמת בריכות. גם לשפמנון מצוי שהוא דג שמגיע למימדים גדולים, העדפה לאזורים שקטים ועמוקים יותר בנחל.

לסיכום, התנאים המומלצים לחברת הדגים הם עומק מים של כ-0.4 מ' ומעלה, מהירות זרימה נמוכה יחסית, מצעים אבניים ושל סדימנט ואזורים בנחל עם צמחייה מים מקרופיטית. בנוגע לצומח, מומלץ להתמקד במיני צומח טבולים מאחר שמינים מקרופיטים צפים מתאימים פחות למרבית הדגים (כגון, נימפיה תכולה ונופר צהוב). כמו כן, יש למנוע הזרמה של מים מזוהמים ממקור עירוני או מהמדגים, בדגש על ריכוזים גבוהים של תרכובות חנקניות וחומר אורגני מרחף ומומס.

7.3 חישוב ספיקות נדרשות, חתכי הערוצים וקביעת ההידרוגרף

חישוב הספיקה הנדרשת נחל נעשה בהתאם התנאים הנדרשים בבתי הגידול השונים. החישוב נעשה ע"פ משוואת Manning, בדומה למתואר בפרק 5, כאשר תנאי המטרה הם מהירות הזרימה והמפלס המזעריים הנדרשים. נקודת ההתחלה מבחינה גיאומורפולוגית היא החתכים הקיימים כאשר במידת האפשר, מתוכננים שינויים בחתך ואו בשיפוע.

יצוין כי בבתי גידול בעלי צמחיה מקרופיטית צפופה, שיטה זו נוטה להערכת חסר של המפלסים ולהערכת יתר של המהירות ביחס לספיקה נתונה, כיוון שמשוואת Manning אינה לוקחת בחשבון את נפח הביומאסה בתוך הערוץ. כמו כן, מקדם החיכוך יכול לנוע בטווחים גדולים בעקבות שינויים בצפיפות הצמחיה.

לאחר קביעת ספיקת המינימום, שמופיעה בד"כ בחודשי הסתיו, נקבע ההידרוגרף החודשי כך שהוא ישחזר את צורת ההידרוגרף ההיסטורי (אם כי כמובן בסדרי גודל פחותים).

בניגוד לרוב הנחלים הים-תיכוניים שמתאפיינים בזרימות שיטפוניות חזקות בחורף ולאחר מכן ירידה הדרגתית בספיקה עד הסתיו, הנעמן ניזון בעיקר מהמעיינות הגדולים באפק ולכן התנודות העונתיות בהידרוגרף שלו מתונות הרבה יותר (איור 6). לפיכך בזמן שאורגניזמים שהתפתחו בנחלים המאופיינים במשטר זרימה ים-תיכוני (73) צפויים שיהיו בעלי התאמות למחזור-חיים שבו הגדילה והרבייה נמצאים בשיא בתקופה שתנאי בית הגידול נוחים כדי למזער את חשיפת שלבי חיים רגישים לתנאים קיצוניים של שיטפון או בצורת, נחל הנעמן ההתאמות שנדרשו היו שונות. יש להניח שבמהלך האבולוציה אורגניזמים פיתחו מנגנונים ביולוגיים המותאמים למקצב של משטר הזרימה המקומי בנעמן (לדוגמה, זמן ומשך תקופת הרבייה), ולכן גם חשוב לשוב אל צורת ההידרוגרף ההיסטורי. שמירה על ההידרוגרף בתוספת להקצאת מים בכמות ובאיכות המצוינת בתכנית המים תאפשר קבלת מערכת נחל משוקמת ומתפקדת עצמאית לאורך זמן (ללא התערבות חוזרת ונשנית של האדם), ושמאפשרת השבה וקיום של מינים מקוריים ככל האפשר.

שמירה על צורת ההידרוגרף ההיסטורי (ראה סעיף 8.2; איור 38) פותרת מהצורך להקצאות מים ספציפיות בעונות מסוימות במהלך השנה. עם זאת, היה ולא ניתן לעמוד בהקצאות המים שנקבעו בתכנית (למשל, עקב רצף של שנות בצורת), התקופה הקריטית ביותר שבה נדרש להותיר את הזרמת המים כפי שנקבע בתכנית היא בחודשים מרץ - יולי. בחודשים אלה מתרחשת תקופת הרבייה של חלק גדול ממאכלסי המים, ומתקיימים שלבי החיים הצעירים והרגישים להם יש לספק תנאי מחייה אידיאליים של זרימה ומזון.

7.4 עקרונות התכנון

חזון הנחל לאחר השיקום: אפיק בו זורמים נפחי מים גדולים, צמחיה מקרופיטית בצפיפויות משתנות, בחלקו העליון של הנחל הזרימה מהירה יותר ובמורד איטית. חיבור ציר הנחל עם המרחב הסובב לו, בייחוד עם בתי הגידול הלחים משני צידיו (כרי נעמן, עין נימפית, פארק עין נימפית).

עקרונות היסוד לתכנון של השיקום האקולוגי מתבססים על הנחות היסוד הבאות:

- שינויים הידרולוגיים: יש לקיים משטר זרימה עונתי הדומה בצורתו להידרוגרף ההיסטורי, על מנת להשיב לחברת החי והצומח המקומית חלק מהותי מתנאי בית הגידול המקוריים המתאימים לקיומם.
- שינויים מורפולוגיים: ערוץ הנחל כיום חפור כתעלת ניקוז, שגדולה מידי לשם קיום מערכת אקולוגית מורכבת, בספיקות המים העכשוויות והמומלצות בתכנית זו. יש ליצור תנאים גיאומורפולוגיים, שיעלו את מפלס המים בזרימות הבסיס, אך לא יצמצמו את תפקודו כמוביל מים בגאוויות קיצוניות:
 - תנאי מקדים הוא הכנת פתרונות לויסות הנגר, בעיקר מתעלה 42. יש לזכור שהנגר צפוי לגדול עקב ההתרחבות של השטח העירוני במעלה אגן הניקוז של הנעמן.
 - נדרש בתכנון הרעיוני לשלב גם שינוי גיאומורפולוגי של הערוץ (channel design) כדי להשיב את ההטרוגניות המרחבית. הגדלת המורכבות המבנית יכולה להיעשות גם ע"י השבה של צמחייה מקרופיטית (טבולה, צפה ומזדקרת) וגם באמצעות אלמנטים מבניים.
 - מומלץ להסדיר מקטע של בית גידול אבני בקטע העליון של הנחל ביציאה משמורת עין אפק. ניתן לשלב בקטע זה אמצעים להעשרת המורכבות המבנית (הצבת בולדרים, יצירת מפלונים מחומרים שונים). יש לקיים את המקטע האבני בנחל בתנאים של זרימה חזקה, שמחד תיצור שיווי משקל של השקעת סדימנטים וסחיפתם למורד כדי למנוע כיסוי של בית הגידול האבני (לפחות 0.3 מטר/שניה), ומאידך תאפשר קיום של בע"ח אקוואטים בעלי העדפה לזרימה מהירה ומים מחומצנים היטב (למשל, מינים של בריומאים, שעירי כנף, יסחורים, ספוג מים מתוקים מהסוג *Ephydatia*, חיפושיות מהמשפחה Elmidae ועוד).
- צמחייה מקרופיטית:
 - נדרש שעומק עמודת המים בחתך מורכב של ערוץ הנעמן יהיה 0.5 – 1.0 מטר. עומק של מטר אפשרי באזורים ספציפיים בלבד. עמודת מים כזו ניתנת להשגה ע"י העלאת מפלס המים באמצעות צמחייה מקרופיטית צפופה בערוץ. יש להביא בחשבון שמהירות הזרימה במקטע מסוג זה תהיה נמוכה ($0.1 \approx$ מטר/שניה).
 - כדי לאפשר התפתחות של צמחייה מקרופיטית טבולה ומזדקרת, יש צורך בגוף מים צלול עם עומק פוטי משמעותי שמאפשר התפתחות של צמחי מים לאחר הנביטה בקרקעית. מכאן שעל המקטע עם הצמחייה המקרופיטית להיות באזור מואר היטב. יש למנוע מעצים בגדות לחסום את אור השמש מלהגיע לעומק עמודת המים. מומלץ לדלל עצים יוצרי צל שאינם מקומיים דוגמת מיני אקליפטוס.
 - יש לבדוק את ההצללה של שכונת אפק החדשה על הנחל.
 - מכיוון שכיום חסרה ביומסה מקרופיטית בערוץ הנחל, נדרש ממשק השבה של מיני צמחיית מים מקומיים שמטרתו יצירת ערוץ הכולל צמחייה מקרופיטית מתאימה. מומלץ להתחיל בפיילוט מקדים באחד מהמקטעים הכולל בחירת רשימת מינים, טיפוח זרעים או ייחורים וניסויי שתילה.

○ יש לבחון את ההשפעה של צמחייה מקרופיטית צפופה על השיטפונות, בפרט במורד הנחל לאחר החיבור של תעלה 42, ובמידת הצורך לתכנן פתרונות לקליטת המים בפשטי הצפה. יצוין כי השיטפונות הנחל נעמן אינם גדולים דיים בכדי להשפיע על הצמחיה המקרופיטית.

● בריכות דגים:

○ נדרש למנוע במהלך השנה שאיבה מהנחל של זרימת בסיס ממעינות אפק אל בריכות הדגים.

○ ניתן לשאוב זרימות בסיס ממורד הנחל, בנקודת החיבור עם נחל חילוון (היכן שנמצאת משאבה 600 של עין המפרץ).

○ אספקת המים לבריכות הדגים ממעלה הנחל צריכה להתבסס על שיטפונות בלבד ולא בשאיבה ישירה מערוץ הנחל, אלא באמצעות מגלשים למאגרי צד או שאיבה מתעלות צד.

○ התקופה הבעייתית ביותר של פריקות מי הפלט לנחל היא בחודשים ספטמבר - נובמבר, בהם יש למנוע מפלט בריכות הדגים להגיע לנחל.

○ ניתן להזרים את הפלט למורד לתוך אגן ירוק (Constructed Wetland) שייבנה בבריכות הנטושות של עין המפרץ ומשם לנחל.

● דיגום וניטור:

○ נדרש להרחיב את תכנית הדיגום הדו-שנתית לנקודות נוספות שכיום אינן נדגמות (מוצאי המדגים, נקזים ותעלות). ניתן להגביל בזמן את ההרחבה של התכנית עד להצטברות כמות נתונים מספקת.

○ יש להכין תכנית ניטור מתמשכת שתלווה את הטמעת תהליך השיקום האקולוגי, תבחן את תוצאות הפרויקט ותעריך את הצלחתו ע"י שימוש בסדרה של מדדים כמותיים (הידרולוגים, פיסיקו-כימיים, ביולוגים). חשוב שתכנית הניטור תשווה את מצב בריאות המערכת האקולוגית בנחל לפני יישום התכנית ואחריה.

8 תכנית המים לנחל

פרק זה מציג את תכנית המים לנחל, המיישמת את העקרונות המוגדרים בפרק 7. בפרק מוצגת התכנית ההידרולוגית הנדסית עבור מקטעי הנחל השונים, ההידרוגרף, הטיפול בבריכות הדגים וכרי נעמן ועין נימפית.

8.1 חלוקת הערוץ למקטעים על פי בתי הגידול ואופייני הזרימה

חלוקת הערוץ למקטעים צריכה להתבסס על מגוון בתי הגידול, המורכבות המבנית, זרימת המים והביטוח האקוואטית. חפירתה של תעלת הנעמן וביטול מרבית אפיק הזרימה הטבעי והמפותל גרמו לאיבוד חלק גדול מהעושר ומגוון בתי הגידול שאפיינו את הנעמן ההיסטורי, ויצרה מציאות של אפיק חד-גוני, מיושר, עם מעט צומח אקוואטית, ומורכבות מבנית נמוכה, המקשה על השימוש במאפייני החלוקה הללו.

עקב כך, חלוקת הנחל למקטעים התבססה על המאפיינים הבאים:

1. חיבור של ערוץ הנעמן לערוצים אחרים (תעלת אפק, תעלה 42, נחל חילזון)
 2. תכניות עתידיות לאורך הנחל (למשל, שמורת נחל נעמן, תכנון ראשוני לשיקום קטע כרי נעמן) והשפעתן הפוטנציאלית על עושר בתי הגידול והמורכבות המבנית בנחל.
 3. קישוריות בין ערוץ הנעמן לבתי גידול שנותקו ממנו עקב ביטול אפיק הזרימה הטבעי (כרי נעמן, עין נימפית, אחו לח מצפון לאס"פ נעמן – פארק עין נימפית, המלחה).
 4. המרחק משמורת עין אפק, שמשמשת כמקור המים המרכזי לנחל ומקור להתפשטות (source) של מיני צמחים ובעלי חיים למקטעי הנחל במורד.
- להלן פירוט חלוקת הנחל למקטעים מהמעלה למורד (דרום-צפון). חלוקה חזותית למקטעים מוצגת באיור 37. טבלה 7 מסכמת את המאפיינים עבור על אחד ממקטעי הערוץ המתוכננים (תשתית, מפלס מזערי, מהירות זרימה מזערית ועוד).

1. מוצא עין אפק עד המפגש עם נחל אפק ("תעלת אפק") – בית גידול אבני ללא זרימות שיטפונות, שמאפשרות מצע חצץ בעל קוטר קטן. ניתן להוסיף מפלונים ובולדרים להעשרת המורכבות המבנית. מדובר בבית גידול שלא היה קיים בעבר בנחל.
2. שמורת נחל נעמן לפני העיקול – המשך המקטע האבני, אך כאן עם זרימות שיטפונות. מהירות הזרימה באירועי קיצון לא צפויה לעלות על מטר בשניה ולכן אבנים בקוטר של מעל 2.5 ס"מ יספיקו בכדי למנוע סחיפה. שני המקטעים הללו יספקו ניסוי מעניין בהבדלים שבין מקטע אבני ללא ועם שיטפונות.
3. שמורת נחל נעמן לאחר העיקול – מקטע סדימנטלי עם צמחייה מקרופיטית צפופה הממלאת את כל חתך הנחל, ללא הצללת עצים. יש לבדוק הצללת שכונת אפק וביצוע פיילוט לשתילת הצמחייה המקרופיטית.
4. ממורד תעלה 42 עד הנקז הצפוני של כרי נעמן - יישום תכנית רשות הניקוז (סעיף 6.2) להקניית פיתוליות, אך התאמת הערוץ לתכנית המים. נדרשת הצרה של הערוץ ע"י שימוש

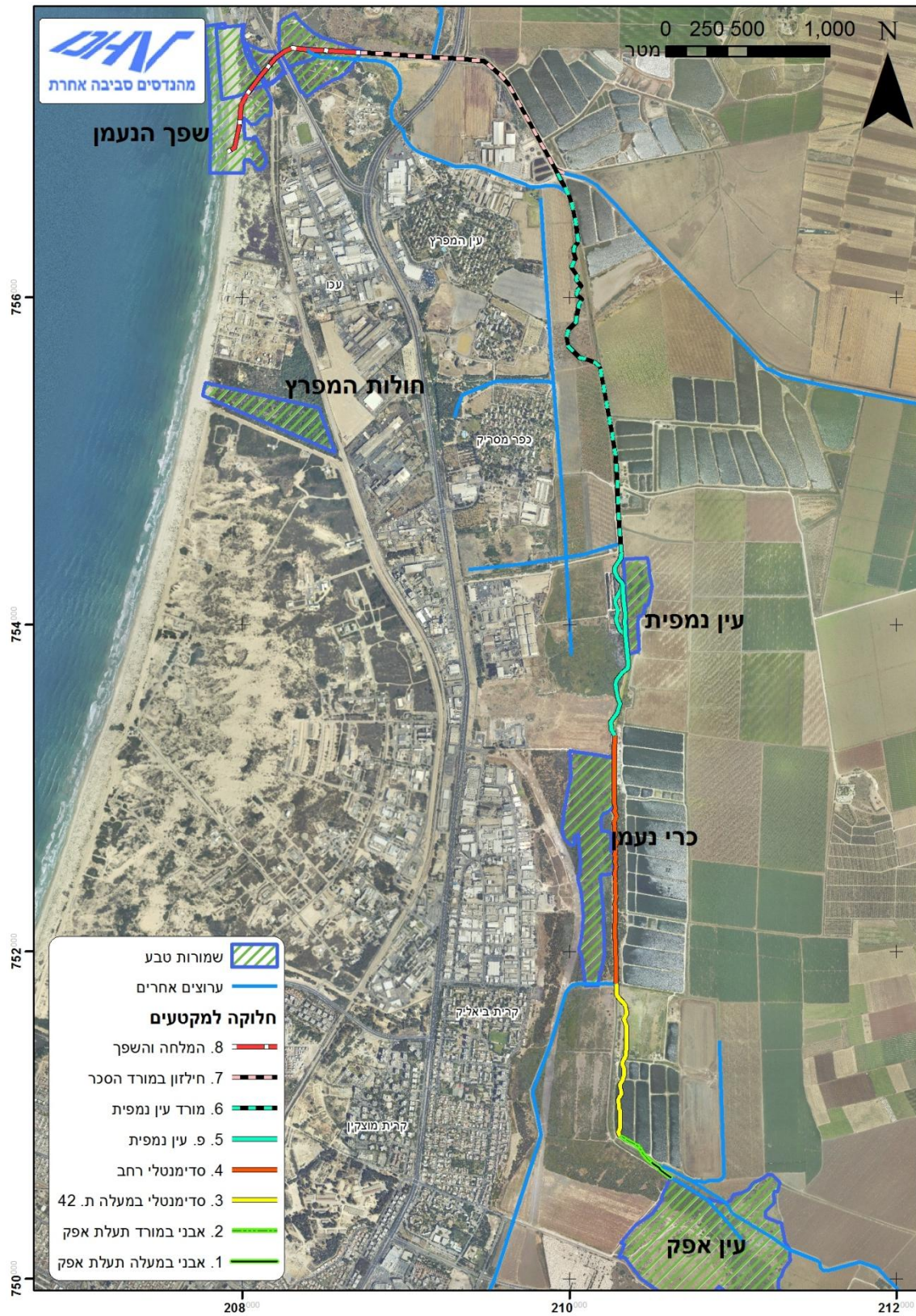
באלמנטים היוצרים מורכבות מבנית (ראה סעיף 8.6 להלן) וצמחיה מקרופיטית בגדות. יש לתכנן את האלמנטים כך שלא יפגעו בתפקוד הניקוזי של הערוץ. ברוב המקטע קיימת הצללה חלקית של עצי אקליפטוס ולכן כנראה לא תתפתח חבורת צומח שתכסה את כל פני המים.

5. מהנקז הצפוני עד מורד עין נמפית - התאמה של התכנית הנופית לתכנית המים בנחל, דהיינו הצרה של הערוץ באמצעות אלמנטים כנוזר לעיל.

6. ממורד עין נמפית עד מפגש חילוון (משאבה 600) – נדרשת העלאת מפלס המים ע"י אלמנטים היוצרים מורכבות מבנית ועידוד התפתחות של צמחיה מקרופיטית. הערוץ ההיסטורי התפתל ממערב לתעלה כיום ובאזורים מסוימים עדיין ניתן להבחין בו, שכן השטח מוצף תדיר וערכיותו החקלאית נמוכה. באזורים אלה מומלץ להחזיר את התוואי המתפתל ההיסטורי ולהאריך את הערוץ בכ-200 מטר, כפי שמצוין באיור 37. במידה ותושג הסכמה עם החקלאים, מומלץ להאריך את האזור המפותל דרומה, עד לפארק המתוכנן במקטע 5. מקטע זה כיום הוא בעל ערכיות נמוכה יותר מהמקטעים שבמעלה ולכן היישום הוא בעדיפות נמוכה לעומת מקטעים במעלה הנחל.

7. ממפגש נעמן-חילוון עד המלחה. הערכיות כיום נמוכה מאוד ושיקום אקולוגי יהיה מסובך כיוון שידרוש הסרת מפגעים מהחילוון וכן יסתור במידה מסוימת את התכנית לטיפול בפלט בריכות הדגים (ראה סעיף 8.3 להלן). כמו כן, שיקום ידרוש כמויות מים גדולות מאוד עקב רוחב הערוץ שעולה על 8.5 מטר. מבחינה נופית מדובר בערוץ הזורם בין בריכות דגים וסמוך לתשתיות אחרות. מכל הסיבות האלה, מקטע זה הוא בעדיפות נמוכה לשיקום אקולוגי.

8. מתחילת המלחה עד השפך לים - מקטע זה הינו אסטואר בעל מליחות גבוהה וערוץ נחל שרוחבו מגיע עד ל-20 מטר. פעולת ה-"שיקום" הנדרשת במקטע זה היא הימנעות מהרחבה נוספת של הערוץ ומניעת זיהומים במעלה.



איור 37: חלוקה עתידית למקטעים בנחל נעמן

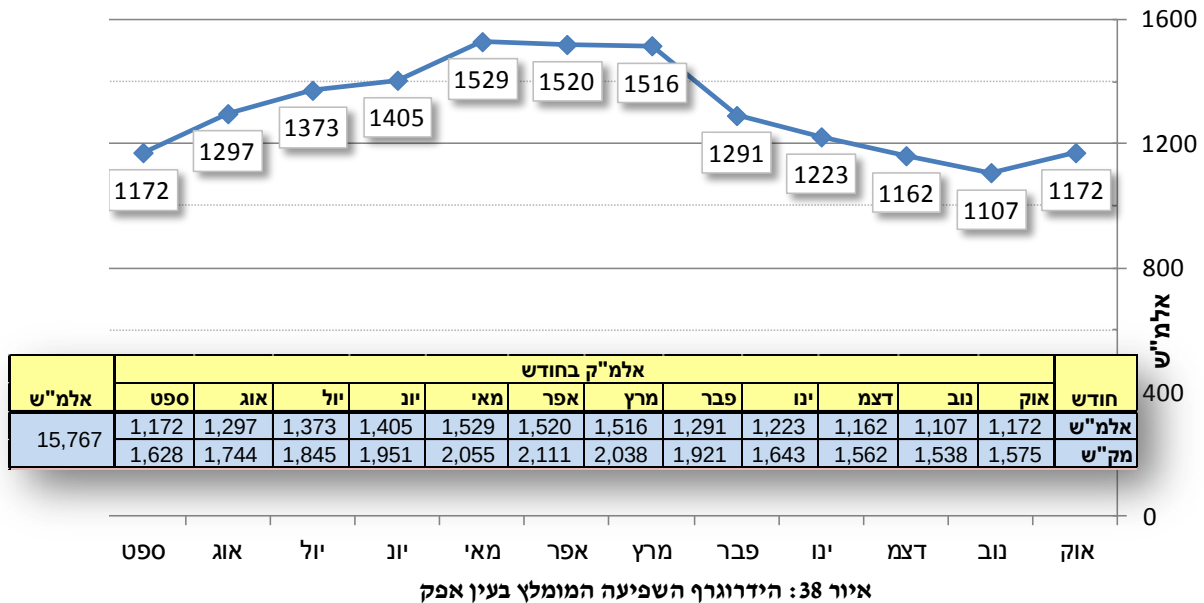
טבלה 7: סיכום פרטי מקטעי הערוץ המתוכננים

מס"ד	מקטע	תשתית	מפלס מזערי (מטר)	מהירות זרימה מזערית (מטר/שניה)	רוחב קרקעית (מטר)	שיפוע אורכי (%)	אורך מקטע (מטר)	מק"ש נדרש	הערות
1	מוצא עין אפק עד המפגש עם נחל אפק	אבנית חצץ	0.3	0.3	3	1.3	145	1538	
2	שמורת נחל נעמן עד העיקול	אבנית < 2.5 ס"מ	0.3	0.3	2	1.3	257	1538	חצץ בקוטר שמעל 2.5 ס"מ בכדי לעמוד בשיטפונות
3	שמורת נחל נעמן לאחר העיקול עד תעלה 42	סדימנטלית	1	0.1	2	0.67	979	1656	ספיקה חושבה בהנחה של מקדם חיכוך n=0.2
4	לאורך כרי נעמן	סדימנטלית	0.5	0.1	6-15	0.3	1534		הצרת הערוץ ע"י צמחיה מקרופיטית בגדות ואלמנטים היוצרים מורכבות מבנית
5	ממורד כרי נעמן עד עין נימפית	סדימנטלית	0.5	0.1	?	0.3	1399+348	?	יישום תכנית רשות הניקוז, אך בהתאמה לכמויות המים
6	ממורד עין נימפית עד המפגש עם נחל חילזון	סדימנטלית	0.5	0.1	?	0.3	2578	?	החזרת חלק מהפיתוליות ההיסטורית לכיוון מערב (אורך מקטע כיום 2389 מטר)
7	ממפגש נעמן-חילזון עד המלחה	סדימנטלית	?	?	8.5	0.7	1617	?	ערכיות נמוכה כיום ושיקום אקולוגי מסובך מאוד
8	מהמלחה עד השפך לים	סדימנטלית	?	?	9-20	0.93	1209	?	אסטואר בעל מליחות גדולה.

8.2 ההידרוגרף

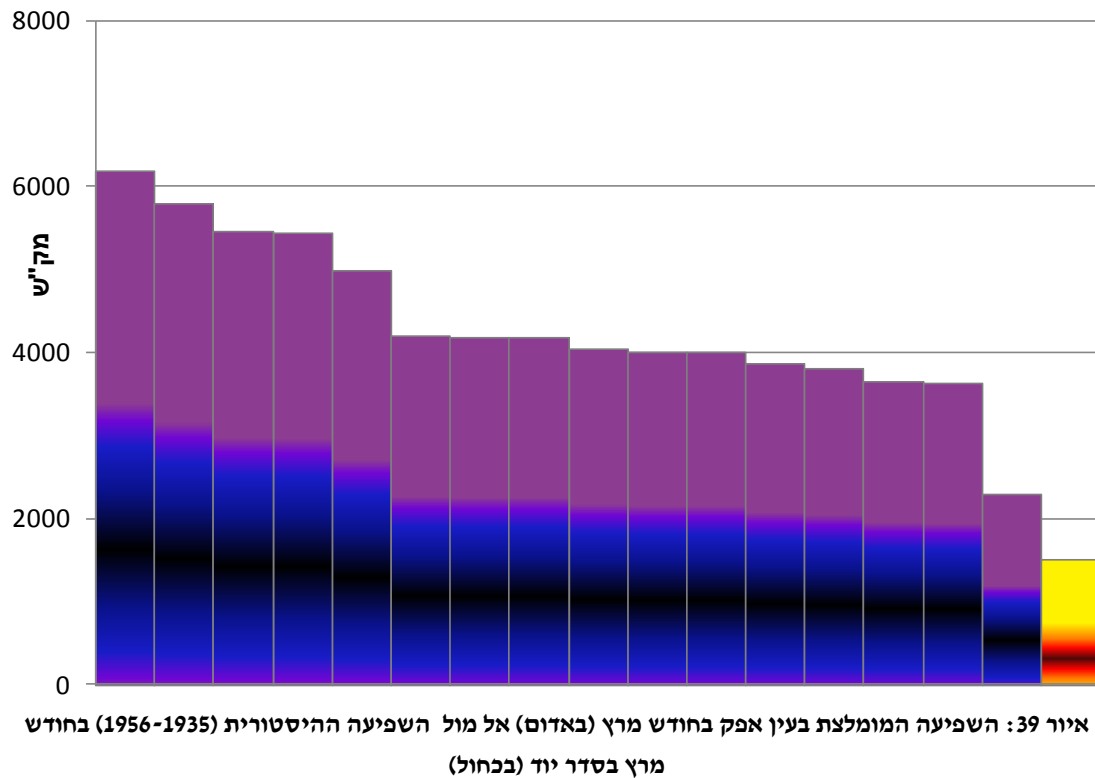
מקור המים של העיקרי של נחל נעמן ימשיך להיות השפיעה הטבעית בעין אפק. עקב כך המליחות לאורך כל הנחל, עד למפגש עם נחל חילזון, תנוע בטווח של 800-1100 מגכ"ל. מקורות מים משניים יהיו נגר עילי, נקז שמורת כרי נעמן ועין נימפית.

מהעמודה השנייה משמאל (מק"ש נדרש) בטבלה 7 עולה כי במעלה הנחל יש צורך ב-1538 מק"ש כספיקת מינימום. בהתאם לעקרונות שנקבעו בסעיף 7.4, על ההידרוגרף להיות דומה בצורתו להידרוגרף ההיסטורי.



לפיכך, מומלץ כי השפיעה בעין אפק תגיע לכ-16 מלמ"ש, שיתפלגו על פני השנה כמתואר באיור 38. שיא השפיעה יהיה בחודשים מרץ-מאי ויעלה על 2,100 מק"ש. השפל יהיה בחודש נובמבר ויעלה על 1,500 מק"ש. לשם כך יש לשקם את האוגר של אקוויפר הגליל המערבי ולהביאו למפלס שיאפשר שפיעה של 16 מלמ"ש.

איור 39 להלן מציג את השפיעה המומלצת בחודש מרץ לעומת רצף השפיעות ההיסטוריות בשנים 1935-1956 בסדר יורד. ניתן לראות כי הספיקה המומלצת נמוכה באופן מובהק לעומת השפיעות ההיסטוריות. בתכנית האב המתגבשת ברשות המים להקצאת מים לטבע, מדובר על אספקת מים בכמות של זרימות היסטוריות חציוניות, רבעוניות וכו' (תלוי ברמת השיקום הרצויה ובאופיין השנה הספציפית). מכאן שהספיקה המומלצת לנעמן היא מזערית ביותר בהשוואה לספיקות ההיסטוריות והיא באמת המינימום הנדרש לקיום מערכת אקולוגית.



8.3 בריכות דגים

לבריכות הדגים ששוכנות לאורך הנחל נדרש פיתרון שיענה על שלושה תנאים :

- יאפשר המשך קיום כלכלי של הבריכות
- ימנע שאיבת זרימות בסיס מהנחל
- ימנע הזרמת פלט מהבריכות אל הנחל.

הפתרון המוצע⁷, מוצג בשני מסמכים נפרדים מדו"ח זה והם תנחת התכנית ואמזן ראשוני. עיקרי התכנית, שעלותה היא כ-5.9 מיליון ש"ח, הם :

- צינור שיונח לאורך הנחל מבריכות לוחמי הגטאות במעלה ועד לנקודת החיבור בין נחל נעמן לנחל חילזון.
- מקור המים לבריכות יהיה משאבת 800 מק"ש בנקודת הקצה של הצינור, שתשאב מים מנחל נעמן במעלה נקודת המפגש עם החילזון. המים יוזרמו בצינור ויחולקו לבריכות הדגים.
- הסרת המשאבות הקיימות לאורך נחל נעמן
- הפלט מכל בריכות הדגים יוזרם באותו הצינור למורד לאגן ירוק (Constructed Wetland) שיוקם בבריכות הנוטשות של עין המפרץ (עלות ה-CW אינה נכללת באומזן הראשוני). מומלץ שה-CW ייבנה כגוף מים פתוח (Free Water Surface) עם עומקים

⁷ נבחנו פתרונות נוספים כגון יישום הרפורמה לפלט המדגה, שפיעה עודפת בעין אפק או שינוי מקורות המים של בריכות הדגים ונבחרה החלופה הנ"ל.

משתנים. החלקים הרדודים בשוליים יהיו בית גידול לצמחיה טבולה ומזדקרת, בעוד החלק באמצע, שעומקו יגיע עד 1.5 מטר, יהיה פתוח עם צמחיה צפה. כעקרון, זמן השהיה צריך להיות ארוך ככל האפשר לפני השחרור לנחל. התכנון המפורט דורש אפיון איכות מי הפלט של בריכות הדגים וקביעת קריטריונים לאיכות המים שתישפך לנחל חילוון. גוף מים כזה יכול להיות בעל ערך נופי ותיירותי ומשולב בגשרים להולכי רגל.

8.4 כרי נעמן ועין נמפית

כרי נעמן (ראה תיאור בסעיף 2.1.3) כיום הינה שמורת טבע מוצעת. יש לסיים את תהליך הכרזת השמורה בכדי לשמור על ביצת החוף הקבועה האחרונה בישראל ועל החי והצומח בה. כמו כן יש לשמור על מפלס מים גבוה בשמורה, גם לאור תכנית ההתפלה בכפר מסריק (סעיף 6.4). לצורך כך, מוצע לפעול בשלבים כדלקמן:

- א. יישום תכנית הניטור הקיימת כתנאי להקמת מתקן ההתפלה
 - ב. המצב הקיים בשמורה למעשה אינו ידוע ולכן, לפני כל פעולה שתשנה את המצב הקיים ובנוסף לתכנית הניטור הנזכרת לעיל, יש למפות את המצב הקיים בשמורה כדלקמן:
 1. מיפוי גופי המים בסתיו ובאביב - ניתן לבצע באמצעות צילום תרמי עם השלמות בסיור רגלי.
 2. דגימות איכות מים עונתיות מכל גוף מים.
 3. פיאומוטרים בכל גוף מים שיימצא.
 - ג. הורדת רום הסוללות שחוצצות בין השמורה לבין תעלה 42 ונחל נעמן (השביל הקיים יכול, לפחות בחלקו להיבנות כגשר) ויצירת חיבור הידרולוגי עונתי בין ערוצי הזרימה לביצה. מדובר בפתרון שעשוי להקל גם על השיטפונות במורד הנחל.
 - ד. הנקז הצפוני הינו המוצא המסודר היחיד של השמורה לנחל נעמן. מוצע להעלות את מפלס הכניסה של הצינור בכדי להעלות את מפלס המים בשמורה.
 - ה. מיפוי המצב העתידי בשמורה לאחר ביצוע הצעדים הנ"ל.
- באשר לעין נימפית, הפעולה היחידה שיש לעשות (בנוסף ליישום תכנית הניטור הקיימת) הוא להבטיח את שחרור המעיין לטבע.

8.5 ניטור ודיגום

שיקום נחל הוא תהליך מורכב האורך שנים רבות ויש בו אי וודאות גדולה. לכן יש צורך להעריך את הצלחת השיקום לאורך כל התהליך וזאת באמצעות יישום תכנית ניטור ייעודית. התכנית מורכבת ממספר מדדים המכסים ארבעה תחומים כמצוין בטבלה 8 להלן. על המדדים להיבדק פעם אחת⁸ במצב הקיים, במהלך ביצוע התכנית ולאחר יישום תכנית השיקום.

⁸ פעם אחת בהתאם להגדרת המדד. בביולוגיה למשל, יש לדגום באביב ובסתיו כך שלמעשה מדובר בפעמיים.

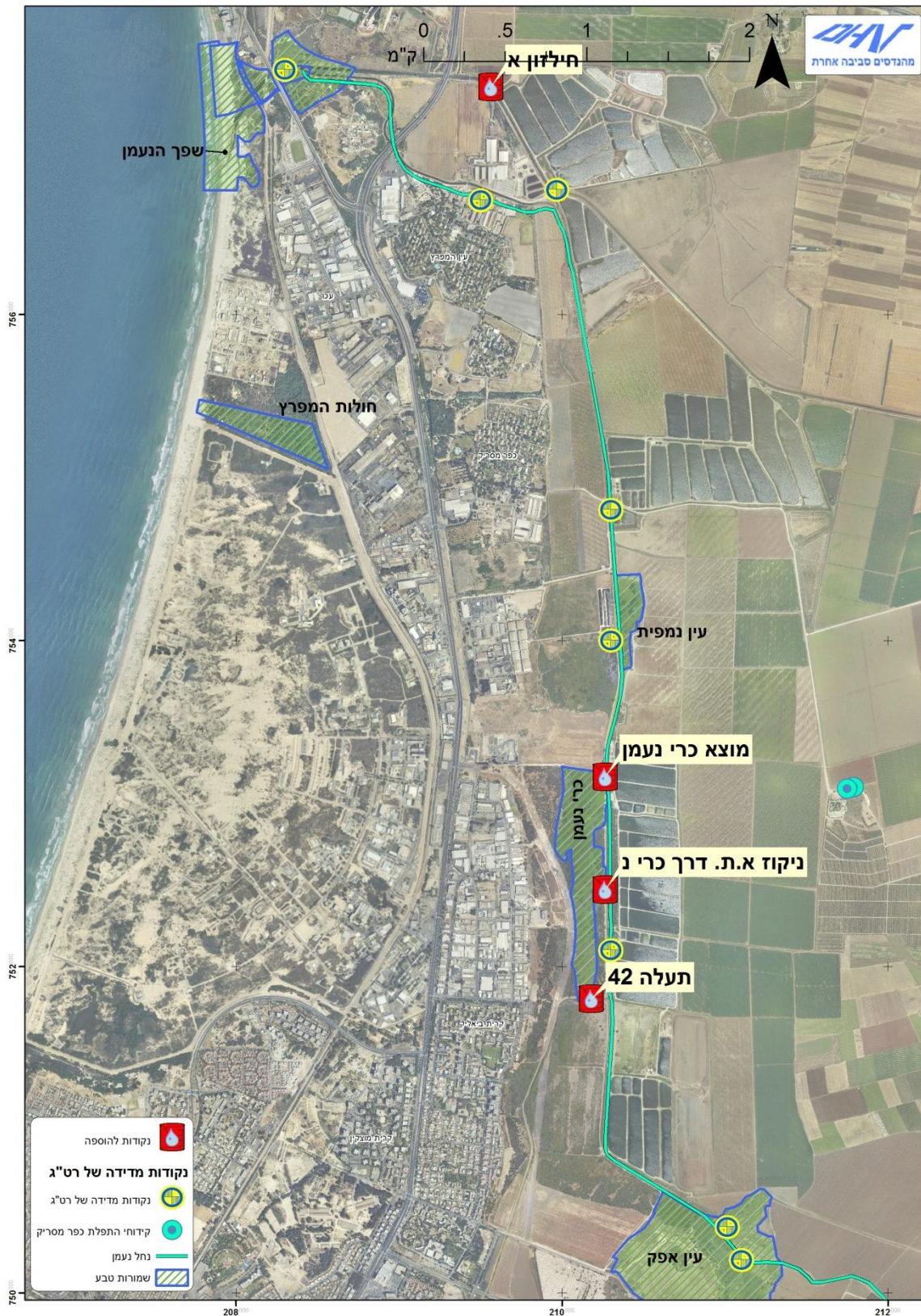
כמה שנים לאחר השלמת תכנית השיקום, יש לבצע סקר ערכיות אקולוגי במתכונת הסקר הקיים של מכון דשא ולהשוות בין שני הסקרים (העתידי והקיים).

טבלה 8: סיכום המדדים מהם מורכבת תכנית הניטור

איכות מים (דו-שנתי)	ביולוגיה (אביב וסתיו)	הידרולוגיה	גיאומורפולוגיה (בקיץ)
- צח"ב/צח"כ - חמצן מומס + אחוז רוויה - מוצקים מרחפים - חנקן לסוגיו - זרחן - מוליכות חשמלית - כלורידים	- חח"ג בכל מקטע - צמחיית מים לסוגיה - צפיפות הצמחייה במעלה תעלה 42 - דגים בעיקר במקטעי הזרימה האיטית	- שפיעה חודשית בעין אפק - זרימה במורד, לפני החיבור עם החילזון - מפלסים עונתיים בכל מקטע - שטחים מוצפים	עובי שכבת סחף במקטע האבני במורד נחל אפק

בנוסף לתכנית הניטור שמיועדת להערכת הצלחת השיקום, יש להעשיר את איסוף המידע השוטף על הנחל כדלקמן:

- הוספת נקודות לדיגום הדו-שנתי של רט"ג, כמוצג באיור 40 להלן.
- מדידות הידרומטריות כדלקמן:
 - מדידה קבועה בעין נמפית, לאחר וידוא הסרת התפיסה במעיין.
 - 6 מדידות לאורך שנה הידרולוגית של נקז כרי נעמן ובהתאם לממצאים, לשקול מדידה קבועה.
 - הוספת תחנה הידרומטרית במורד נחל נעמן, לפני המפגש עם נחל חילזון.
- דיגום מוצאי בריכות הדגים בעת ריקון הבריכות בסתיו.
- ביצוע תכנית הניטור למתקן ההתפלה כפר מסריק
- סקר מזהמים בא.ת. קריית ביאליק, שימפה את המפעלים בעלי פוטנציאל ההזרמה לנחל, חומרי הגלם שלהם, תוצרי הביניים, התוצרים הסופיים, ומיקום מוצאי הניקוז.



איור 40: נקודות דיגום להוספה לתכנית הדיגום הדו-שנתית של רט"ג

8.6 הגדלת המורכבות המבנית בערוץ

עקב פעילות האדם בנחלים רבים בעולם כולל נחל נעמן פרופיל וחתך הנחל עברו שינוי ויישור, והם אינם מכילים יותר את התפקוד והמורכבות של בית הגידול המאפשרים תמיכה במערכת אקולוגית עשירה המקיימת מגוון רחב של חסרי חוליות אקוטים ומיני דגים.

בתהליך השיקום לפני שמבצעים שיפור בתנאים הפיזיים של בית הגידול יש לקחת בחשבון תהליכי שיקום טבעיים ואת כושר הנשיאה הביולוגי של הערוץ, כדי לפעול ביחד עם הטבע, ולאפשר תהליכי שיקום עצמי.

במהלך השנים פותחו טכניקות שונות, חלקן סטרוקטורליות, כדי לסייע בשיקום בית הגידול האקוטי. העשרה של ערוץ הנחל כוללת, בין השאר, הקמה ובנייה של אלמנטים מאבנים ומעץ בערוץ בשילוב עם צמחיה ו/או חומרים ביו-הנדסיים. להלן מספר דוגמאות להשגת יעדים בשיקום הנחל באמצעות העשרת המורכבות המבנית של בית הגידול:

- יצירה מחדש של בתי גידול בריכתיים ע"י שימוש בסכרונים או דפלקטורים המסייעים בהעמקת הערוץ.
- הקטנת רוחב הערוץ ע"י שימוש במבנים שונים דוגמת דפלקטורים
- יצירה מחדש של בתי גידול זרימתיים ע"י הקמת מפלונים (riffles)
- הוספת מחסות כגון סלעים גדולים כדי ליצור אזורי מחבוא ומנוחה לדגים.
- הוספת מצעי התיישבות ומזון לאורגניזמים באמצעות הוספה של שפוכת עצים גדולים.

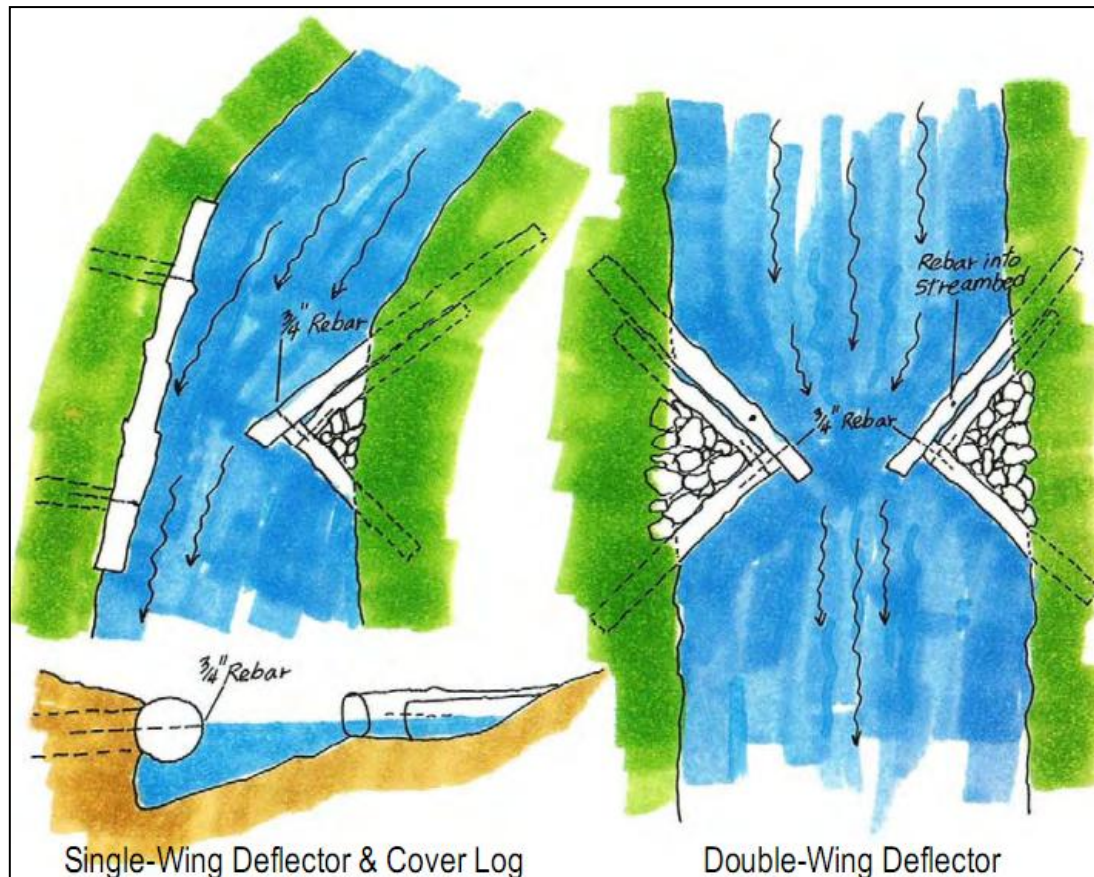
שיפור בבריאות המערכת יכול להתבטא בנוכחות מגוון מינים גדול יותר בנחל והפחתה של הארוזיה בגדות או שיפור באיכות המים (לדוגמה, באמצעות ירידה בריכוז המזהמים ועלייה בריכוז החמצן המומס). כדי לבחון את ההצלחה של הכנסת המרכיבים הסטרוקטורליים לערוץ מומלץ להכין תכנית ניטור ייעודית גם עבור מרכיבים אלו כמפורט בסעיף 8.5.

האפשרות לפתל את נחל נעמן ולהחזיר את מורכבותו המבנית מוגבלת מחד, אך מאידך הערוץ הינו גדול ולכן מאפשר בניית אלמנטים בתוכו. להלן מספר אמצעים המאפשרים להעלות את המורכבות המבנית. בשלב התכנון המפורט, מומלץ לשלב את האלמנטים הנסקרים להלן בתוך ערוץ הנחל, ולתכננם כך שגובהם לא יעלה על גובה זרימת הבסיס, בכדי שלא לפגוע בתפקוד הניקוזי של הנחל. האמצעים הנסקרים כאן הם:

- דפלקטורים / מסיטים
- Large woody debris
- סלעים (בולדרים)
- סכרונים ומפלונים
- לגונות צד רדודות
- מדרגה אופקית בגדה (berm)

8.6.1 דפלקטורים / מסיטים (deflectors)

דפלקטורים מגבילים ומסיטים את זרימת המים כך שנפתולים ובריכות נוצרים בנחל באמצעות גריפה ומיקום מחדש של סדימנט ואבנים קטנות. זהו אחד המבנים שנעשה בו שימוש תדיר כדי לשפר את איכות בית הגידול של הדגים בנחלים.



איור 41: סוגי דפלקטורים - מימין זוג דפלקטורים מוצב במקביל ומשמאל דפלקטור בודד בעיקול הנחל (מקור: (74)).

הסיבות להקמה של דפלקטורים מגוונות וכוללות הסטה של הזרימה הראשית מהגדות כדי להגן עליהן במיקום ספציפי, הצרה של הערוץ בקטעים רחבים יתר על המידה באמצעות המבנים ועיי השקעה של סדימנט לאורך הגדה מתחתם, יצירת בריכות באמצעות אפקט גריפה והעמקה של הערוץ בחלק הרחוק המבנה, עידוד שיקום תבנית הפיתולים בנחל ויצירה של אשדות. הצטברות של סדימנט דק הגרגר בין הדפלקטורים גם מאפשר התפתחות של צמחייה אקוויטית באזורים הללו.

הדפלקטורים נבנים כיחידה בודדת כדי להגן על גדה שחשופה לארוזיה או בזוגות להצרת ערוץ הנחל (איור 41). ניתן למקם את הדפלקטורים כסדרה של אלמנטים בנחל, ולהציבם לסירוגין על גדה אחת ואז על השנייה כדי לשמור על זרימה מהירה בתבנית טבעית ומפותלת. בטבע, מבנים של בריכות ומפלונים חוזרים במרחקים של פי 5 עד פי 7 מרוחב הערוץ. לכן מקובל שגם המרחק בין הדפלקטורים צריך להיות לפחות פי 7 גדול יותר מהרוחב הממוצע של הערוץ.

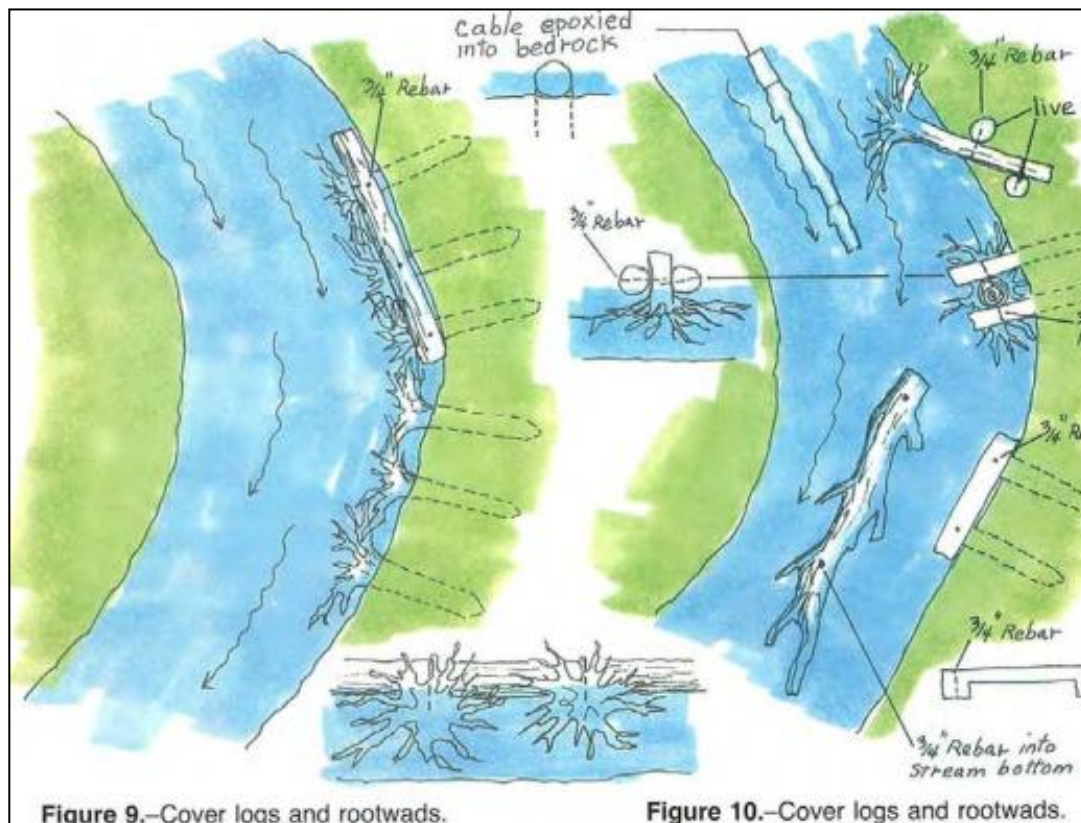
ניתן לבנות את הדפלקטורים מאבן בלבד, שילוב של אבן וגביונים או אבנים בתוך מסגרת של בולי עץ 15 עד 45 ס"מ מעל הזרימה הרגילה, אך תמיד נמוך יותר מגובה גדת הנחל. באופן כללי רוחבם צריך להיות כשליש מרוחב הערוץ ולא יותר ממחציתו. לרוב דפלקטורים אינם מבנה יעיל בנחלים שרוחבם עולה על 9 מ'. יש לבנות אותם בצורת משולש, כאשר הקצה מצביע לכיוון המורד ובזווית לכיוון האפיק. נדרש להתאים את הזווית כדי לכוון את הזרם למרכז הערוץ במהירות מתאימה (לרוב בזווית של כ-30 מעלות בין הגדה לדפלקטור). דפלקטורים שנבנים בזווית קיצונית (פונים יותר למרכז ממורד הנחל) או שהם ארוכים מדי (יותר מחצי המרחק בין הגדות) יכולים לגרום לארוזיה בגדה הנגדית או ללכוד פסולת שנסחפת. דפלקטורים שמוצבים לא נכון סובלים מלחץ מים גדול יותר ויכולים להינזק משיטפונות.

המלצה לנעמן: להוסיף מספר דפלקטורים לערוץ הנעמן ממורד כרי נעמן ועד המפגש עם נחל חילזון, במטרה לעודד את השיקום של תבנית הפיתולים בנחל, לצבור סדימנט בין הדפלקטורים ולרז את ההתפתחות של צמחייה אקוטית באזורים הללו. על הדפלקטורים להיות מס' סנטימטרים בלבד מעל רום זרימת הבסיס.

8.6.2 שפוכת עצים גדולים (LWD, Large woody debris)

בולי עץ, גזמים, וענפים (LWD) שנופלים כדרך הטבע למים ומוסעים ע"י נהרות ונחלים, הם בעלי השפעה חשובה על המורפולוגיה של הערוץ. הם מוגדרים כשאריות עץ שקוטרם עולה על 10 ס"מ ואורכם על 1-2 מ'. הם חוסמים ומשנים את זרם המים, עוצרים ומפיצים את הסדימנט, יוצרים מבנים בערוץ כגון בריכות ומפלים, לוכדים חומר אורגני הזורם במורד הנחל ומאפשר לאורגניזמים לעשות בו שימוש. האלמנטים עצמם יכולים להוות מקור חשוב של חומר אורגני חלקיקי המוסף לייצור הראשוני של הנחל, לספק הגנה מוגבלת לגדות, מקלט מזרימה מהירה ומחסה עילי לדגים, ומצע לחסרי חוליות אקוטים וחרקים יבשתיים ע"י הגדלה של שטח הפנים של בית הגידול.

כמות ה-LWD בנחלים מושפעת מגורמים אנטרופוגנים. הוצאתם מהנחל קשורה לפעילויות שמטרתן הפחתה בהתנגדות לזרימה ובקרה על הצפות. כיום הצבה של LWD בנחלים זו אחת הטכניקות המוכרות לשיפור בית הגידול של בע"ח אקוטים. ניתן לחלק את הפרויקטים בהם נעשה שימוש ב-LWD לשיפור בית הגידול לשתי קטגוריות על פי מטרותיהם המרכזיות – הראשונה הגדלת המורכבות המבנית בערוץ, והשנייה יצירת שינוי במהלך הזרימה.



איור 42: דוגמאות לשימושים שניתן לבצע ב-LWD כדי להעשיר את בית הגידול (מקור: (74))

לרוב מציבים בנחל שלושה טיפוסים של LWD – עצים שלמים, בולי עץ חתוכים וצרורות של שורשי עצים יחד עם חלק מהגזע. לצורך מיקום LWD בנחל ניתן לעשות שימוש במגוון של חומרים וטכניקות שונות (איור 42). מספר נקודות חשובות:

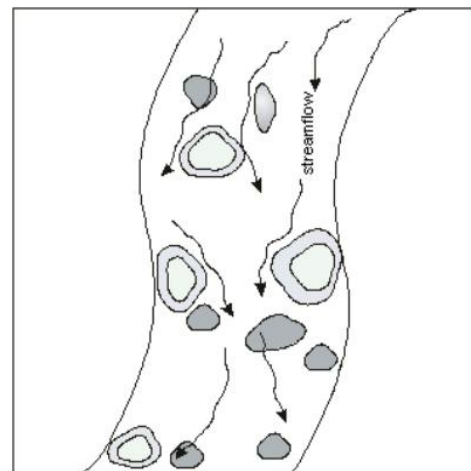
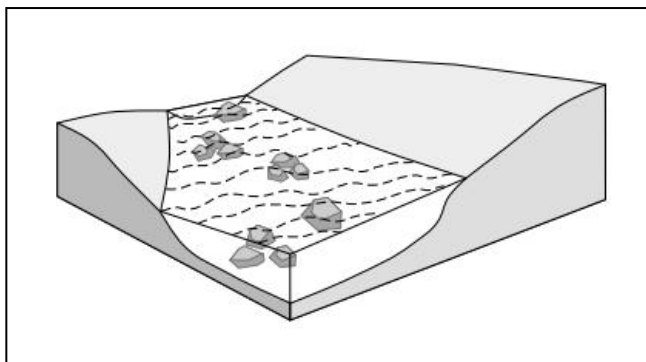
- עדיף לבצע את ההוספה לאזורים בנחל בהם אין או כמעט ולא נמצא LWD.
- יש לאבטח ולעגן את האלמנטים המוצבים בנחל לגדות כדי למנוע עקירה, אך יש להימנע מעיגון לגדות שחשופות לארוזיה. קל יותר לבצע את העיגון באתרים בהם הזרימה איטית.
- LWD יכולים לגרום להתנגדות לזרימה, ולכן לא רצוי להציבם בנחלים בהם ישנה סבירות גבוהה לשיטפונות גדולים.

האזורים המתאימים ביותר להצבה של LWD כוללים עיקולים ונפתולים של נחלים שזרימתם איטית יותר ומכילים כבר אזורים בריכתיים.

המלצה לנעמן: להוסיף מספר LWD ע"י שימוש בטכניקות שונות, מכרי נעמן ועד המפגש עם נחל חילוון.

8.6.3 הצבת סלעים (boulders)

סלעים הם אלמנטים טבעיים שכיחים בטיפוסי נחלים שונים. משטח הסלע והאזורים שמקיפים אותו יכולים לשמש קבוצות של חסרי חוליות ומקומות הטלה ומסתור לדגים. קבוצות של סלעים גדולים המוצבות בנחל משפרות את מורכבות בית הגידול, מאפשרות אזורים עם מהירות זרימה מופחתת, וגורמות להיווצרות חללים במצע הנחל ע"י פעולת ארוזיה של זרם המים (איור 43). הצבת הסלעים יוצרת במים תנועה מעגלית הגורמת למערבולות וסחרור ומייצרת כיסוי עילי לדגים ע"י פיזור חלקי של האור. בנוסף קבוצת סלעים יכולות לגרום להיווצרות כיסי מים עמוקים יותר שמוסיפים למגוון הפיזי של הנחל. זהו אלמנט שקל יחסית להציבו בנחל והעלות-תועלת שלו גבוהה.



איור 43: דוגמאות לתרשימים המציגים הצבה של קבוצות סלעים (בולדרים) בערוץ הנחל (מקור: (74) (75))

ניתן להשתמש בסלעים במרבית טיפוסי בתי הגידול בנחל: כולל מפלונים ואזורים רדודים ומשוטחים במקטעים שזרימתם מהירה, מעורבלת או חלקה ובריכות פתוחות. יעילותם מרבית בנחלים רחבים ורדודים שמצעם אבני (10 ס"מ $\approx$), אולם גם בנחלים עמוקים הם יכולים לספק מחסה לבע"ח ולשפר את המצע.

- באופן כללי ישנה עדיפות לשימוש בקבוצות סלעים בנחלים עם תשתית אבנית, אך הם יכולים לסייע גם היכן שחרסית וחול הם המצע הדומיננטי. בנחלים שתשתיתם חולית, יכולה להיות לסלעים נטייה להיקבר בקרקעית.

- עבור קבוצות סלעים, היתרונות הגדולים ביותר נצפים בנחלים בהם מהירות הזרימה הממוצעת עולה על 0.6 מטר/שנייה. זוהי מהירות גבוהה יחסית שמתקיימת בנחלי חוף רק במקטעים בודדים.
- השיפועים המתאימים ביותר לסלעים הם 2-4%, אך ניתן להציבם גם בערוצים ששיפועם נמוך מ-2% ותשתיתם אבנית.
- לא מומלץ לעשות בסלעים שימוש בנחלים בהם מתקיים סחף רב של סדימנט דק.
- לא מומלץ להשתמש בסלעים סמוך לגדות פגיעות לארוזיה.
- קיימת סינרגיה בשימוש בקבוצת סלעים המונחים בסמיכות, אך בנחלים קטנים אפשר להציב גם סלעים בודדים.

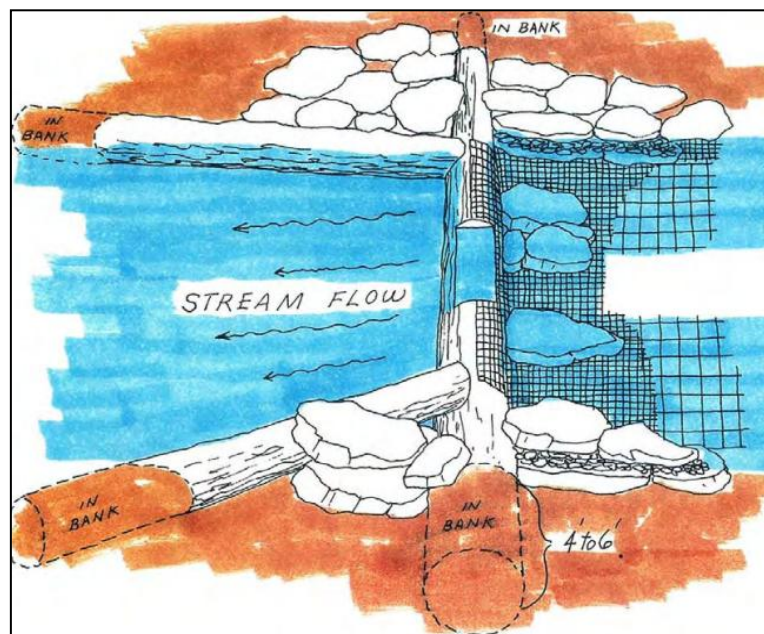
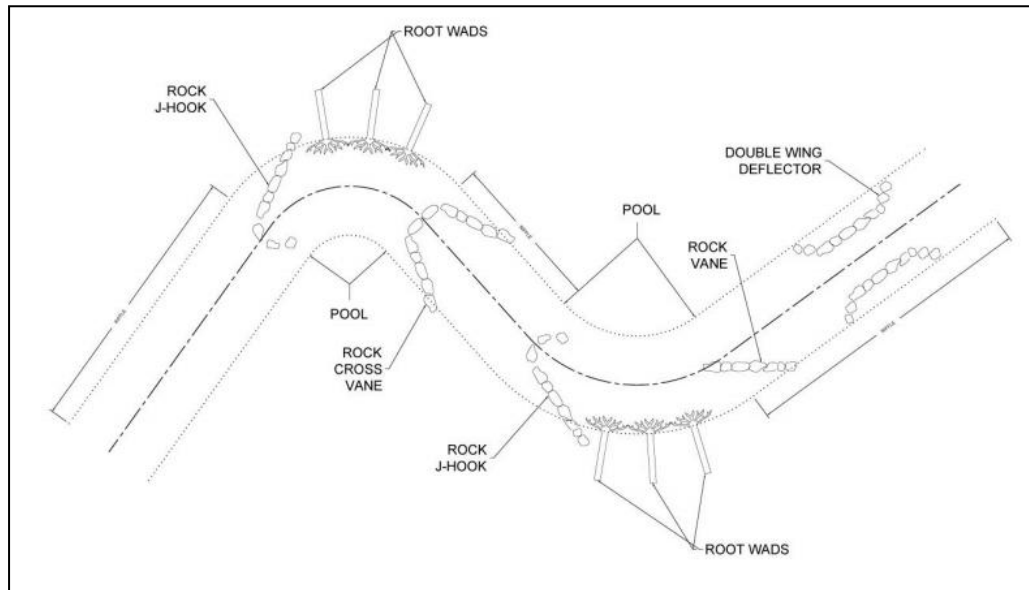
המלצה לנעמן: להוסיף בולדרים בודדים ולא בקבוצות במרכז הערוץ במקטע ממוצא עין אפק ועד העיקול בשמורת נחל נעמן. העדיפות לסלעים בודדים נובעת מרוחבו של הערוץ בשני המקטעים הללו. במורד כרי נעמן יש לשקול הצבה של סלעים גדולים בלבד, עקב הסיכוי שאלמנטים אלה יתכסו עם הזמן בסדימנט.

8.6.4 סכרונים קטנים (small dams) ומפלונים (riffles)

נהרות ונחלים רבים מכילים באופן טבעי ערוצים מפותלים שכוללים מפלונים (riffles) ובריכות (pools). בריכות מאופיינות באזורים עמוקים יותר שזרימת המים דרכם איטית יותר. הן נוצרות בתהליכי ארוזיה בשוליים החיצונים של עיקול הנחל, בעוד הרבדה של הסדימנט מתרחשת בחלקו הפנימי של העיקול. מאידך, מפלונים הם אזורים רדודים המאופיינים בזרימה מהירה יותר ומצע גס יותר, לרוב אבני. השילוב של בריכות ומפלונים יוצר סביבה פיזית מגוונת שמאכלסת במיני אורגניזמים רבים. כפועל יוצא, אחת הטכניקות בה נעשה שימוש נרחב כדי לשפר את האיכות והמגוון של בית הגידול בנחלים הוא הקמה של סכרונים מלאכותיים ובריכות.

סכרונים, מפלונים ומבנים לאורך הנחל מאפשרים ליצור בריכות ואזורים עמוקים יותר בקטעים רדודים של הנחל. בנחלים בהם התוואי תלול יותר, הסכרונים מאפשרים לייצר אזורי מנוחה לדגים, ולעיתים קרובות הם מכילים פרטים רבים יותר בהשוואה לבריכות העמוקות יותר במורד. המים השקטים במעלה הסכרון וגבולות הבריכה במורד מתפקדים גם כמלכודות של חומר אורגני המשמש מזון לחסרי חוליות.

ישנן צורות שונות של סכרונים מלאכותיים העשויים ממגוון של חומרים ביניהם אבנים, בולי עץ, אריגים שונים, פיברגלס, כבלי מתכת ועוד. במידה וניתן, מומלץ לתכנן בערוץ צורות שונות של סכרונים כדי לשקף מגוון של בתי גידול ולהשיג מטרות ספציפיות באתרים מקומיים (איור 44). ניתן לבנות שילובים וליצור מקטע קצר של מספר מטרים המכיל סדרה של מפלונים מאבנים בגדלים שונים שהמים זורמים דרכם.



איור 44: דוגמאות לשימושים במבנים שונים של סכרונים בערוץ (מקור: (74) (76))

חשוב להבין את ההשפעה של הצבת האלמנט המתוכנן על המעלה והמורד. בשלב התכנון חשוב לבחון כיצד תחקה הצורה המתוכננת של הסכרון את היציבות של מפלונים טבעיים בערוץ ולא תאבד עם השנים את הפונקציונאליות שלשמה היא תוכננה. בטבע, מבנים של בריכות ומפלונים חוזרים במרחקים של פי 5 עד פי 7 מרוחב הערוץ, לכן במידה ובונים סדרה של אלמנטים מומלץ לשמור על המרחקים הנ"ל. ניתן לבנות את הסכרונים על גבי מצע אבני או סדימנטלי, אך חשוב להתאימם לתפקוד הטבעי של מערכת הנחל. נקודה חשובה נוספת היא שיש לתכנן את הסכרונים והמפלונים כך שיאפשרו מעבר של בע"ח מהמעלה למורד וחזרה ("סולמות דגים"), ולא לבנות נפילה גדולה מדי ברום המים בין המעלה למורד.

המלצה לנעמן: להוסיף מספר סכרוני עץ או אבן רק במקטע ממוצא אפק ועד העיקול בשמורת נחל נעמן. אפשר גם להציב במקטע זה סדרה של מפלונים מאבנים במגוון גדלים, המונחות זו לצד זו לאורך מספר מטרים. חשוב להקפיד שכל האלמנטים מבטיחים תנועה של בע"ח במעלה ובמורד הערוץ. במורד, היכן שהערוץ סדימנטלי ומתוכנן להיות עמוק יותר, לא מומלץ להציב סכרונים.

9 ביבליוגרפיה

1. גזית, אביטל ו הרשקוביץ, ירון. שיקום נחל נעמן - סקר אקולוגי. המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל אביב. 2003.
2. גזית, אביטל, הרשקוביץ, ירון ו בן-דוד, אלעד. סקר חסרי חוליות בשמורות נחל נעמן : המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל אביב. 2006.
3. קפלן, מוטי. נחלי ישראל - מדיניות ועקרונות תכנון. ללא מקום : מדינת ישראל - המשרד לאיכות הסביבה, 2004.
4. אוזן, אבי. שיקום ושיקום נחלים ובתי הגידול הלחים בישראל : מדיניות רשות האבן והגנים. חטיבת המדע, רשות הטבע והגנים. 2010.
5. מצב הנחלים ויכולת שיקומם בתנאי מצוקת מים. גזית, אביטל. 2010, אקולוגיה וסביבה.
6. Stream Rehabilitation: Priorities and .Rutherford, I ו Breen, P., Lake, S. Cooperative Research Centre for : Victoria. Presentation notes – Possibilities Catchment Hydrology.
7. Beechie, T.J., Sear, D. Process-based principles for restoring river ecosystems ו Olden, J. BioScience, 60, עמ' 209-222.
8. הנעמן המתייבש. סלע, יגאל. 1 : 37-38, 1968/69, טבע וארץ, כרך יא.
9. להב, חוה. השפעת הזיהום בנעמן על אוכלוסיות שחריר הנחלים והסדרונית. אוניברסיטת תל אביב. 1978.
10. ג'נינגס, ז. השפעת תנאי בית הגידול על תכונות מבנה ותפקוד מערכת נחל הנעמן. אוניברסיטת תל אביב. 1990. עבודת גמר לקראת תואר "מוסמך במדעים".
11. פלגי מים. עין נימפית וכרי נעמן. רשות הטבע והגנים. 2004.
12. קסלר, אבנר. תכנון ממשק המים בשמורת עין אפק. רשות שמורות הטבע והגנים הלאומיים. 2007.
13. ש"ה. נתוני השירות ההידרולוגי. 2013.
14. רשות המים. אגן גליל מערבי. דוחות שנתיים - מצב מקורות המים. [מקוון] 2010. [צוטט : 28 פברואר 2013]. <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/Data-Hidrologeime/2010/west-galil.pdf>.
15. קסלר, אבנר. התפלה מתוכננת של מי קידוחים במורד אגן הנעמן. 2 נובמבר 2010.
16. סקוטלסקי, אורית ו פרלמוטר, משה. געגועים לנחל. אגף שמירת הטבע, החברה להגנת הטבע. 2012.

17. גבעתי, עמיר ו עצמון, בנימין. מגמות בשפיעת מעיינות בצפון הארץ. השירות ההידרולוגי, רשות המים. ירושלים : רשות המים, 2013. עמ' 39-40. ISSN – 0334-3367.
18. רימר, אלון. הערות למסמך הסביבתי של מתקן התפלת מים בכפר מסריק. החברה להגנת הטבע. 2010.
19. טל, עדי. הקשר בין אקופר כורדני ושמורות נמפית וכרי נעמן - סיכום ממצאי השירות ההידרולוגי. רשות המים. 2010.
20. קסלר, אבנר ו כפרי, אורח. זיהוי מקורות הזנת המים לשמורות הטבע בגדות נחל נעמן. הנדסת סביבה ומשאבי מים. 2011.
21. קורן, שי ו גולדזון, אפרת. תיק ממשק שמורת טבע עין-נמפית - עדכון 12 דצמבר 2010. רשות הטבע והגנים. 2010.
22. רט"ג. ניטור מים ונחלים, דו"ח פעילות - לשנת 2010. מדור ניטור נחלים, רשות הטבע והגנים. ירושלים : המשרד להגנת הסביבה, 2007-2012.
23. ש"מ. מאגר נתוני השירות המטאורולוגי. פורטל השירותים והמידע הממשלתי. [מקוון] פברואר פברואר 2013. [צוטט : 28 פברואר 2013]. <http://data.gov.il/ims/7>
24. השירות המטאורולוגי. מאגר נתוני השירות המטאורולוגי. [מקוון] יולי 2013. [צוטט : 15 יולי 2013]. <http://www.ims.gov.il/IMS/CLIMATE/Archive>
25. רוזנטל, מאיר. תכנית אב לנחל נעמן. 2004. פרק המים.
26. אביק, שמיר, חיים ו מושון. שיחה עם רכזי משק המים בקיבוץ עין המפרץ. עין המפרץ : גלעד ספיר, 02 אפריל 2013.
27. USEPA. Wadeable streams assessment. USEPA-841-B-06-002. ללא מקום : USEPA, Washington, DC, 2006.
28. Ammonia toxicity to juvenile Acanthobrama telavivensis (Cyprinidae), a critically endangered endemic fish in the coastal plain of Israel, Elron, E., ואחרים. 2004, Israel Journal of Zoology, כרך 50, עמ' 321-331.
29. פרלברג, אמיר. שמורות הנעמן : המצב הקיים ומשמעויות ירידת מפלס מי התהום על החי והצומח. החברה להגנת הטבע. 2010.
30. Lynch, W.F. Narrative of the United States expedition to the Jordan River and the Dead Sea. Blanchard, 1984 & Lea : Philadelphia.
31. M.A., Macgregor. Gennesareth Etc & The Rob Roy on the Jordan, Mile, Red Sea. John Murray, Albemarle Street, 1874 : London.

32. זיהוי תחנות הקמח של דוק ורכורדנא, מפתח להבנת הסכסוך על מימיו של נחל הנעמן במאה השלוש עשרה. שקד, עידן. : יד יצחק בן צבי, 2001, קתדרה, כרך 98, עמ' 61-72.
33. Bourguignat, J.R. Histoire des Melaniens du systeme Europeen. ללא מקום : Annales de Malacologie, 1884, כרך 2, עמ' 1-168.
34. בבצות הנעמן ועין עפיה (מימון הסיורים). כהן, פ. חוברת י : 531-523, 1935, הטבע והארץ, כרך ג.
35. שיצר, דבורה, אור, יאיר ו סיני, יפתח. סיכום סקרי צומח בשמורת כרי נעמן. רשות הטבע והגנים. 2007.
36. וולצ'אק, מ. ו סיני, י. סקר אקולוגי באזור שפך הנעמן (פארק עכו המתוכנן). ללא מקום : רשות הטבע והגנים - מחוז צפון, 2007.
37. הרשקוביץ, ירון ו מילשטיין, דנה. דיגום שמורת עין אפק יולי 2011. בהכנה.
38. Mienis, H. ו Ortal, R. The mollusk fauna of the Na'aman catchment's area, Israel. 1. A review of the records of the inland mollusks. Triton, 2001 : 4 : 27-41.
39. בן-עמי, פרידה. סקר חלזונות מים מתוקים בשמורות הטבע של הנעמן. המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל אביב. 2011.
40. וינוגרד, א. ו שלר, מ. סקר אתרים ונוף, נחל שורק תחתון. החברה להגנת הטבע. 1990.
41. שינויים בפאונת הרכיכות של נחל תנינים (1865-1986). מיניס, הנק ו אורטל, ראובן. 4, 1997, אקולוגיה וסביבה, עמ' 57-64.
42. Tuvia, Adam Ben. Mediterranean fishes of Israel. ללא מקום : Bull. Sea Fish. Res. : Sta. Haifa, 1953, כרך 8, עמ' 1-40.
43. Goren, Menachem. The freshwater fishes of Israel. ללא מקום : Israel Journal of Zoology, 1974, כרך 23, עמ' 67-118.
44. מילשטיין, דנה ו חזן, גיזל. סקר לבנון הירקון (Acanthobrama telavivensis) בשמורות הטבע עין אפק ועין נימפית. רשות הטבע והגנים. 2011.
45. חזן, גיזל. תעודת זהות-שמורת טבע עין אפק. מחוז צפון, רשות הטבע והגנים. 2005.
46. וולצ'אק, מרגרטה ו חזן, גיזל. סקר צומח בשמורת עין אפק. מחוז צפון, רשות הטבע והגנים. 2004.
47. קרוטמן, ירון. דו"ח סקר לבנונים בשמורות עין אפק ועין נימפית. רשות הטבע והגנים. 2010.
48. שקדי, יהושע. תיק ממשק לשמורת כרי נעמן. רשות טבע והגנים. 2003.
49. קפלן, ידי. רשימת צמחים ואיפיון ביולוגי של שמורות לאורך הנעמן. רשות הטבע והגנים. 1986. מסמך פנימי רשות שמורות הטבע.

50. **סיני, יפתח**. תעודת זהות-שמורת טבע כרי נעמן. מחוז צפון, רשות הטבע והגנים. 2003.
51. **קורן, שי ו סיני, יפתח**. סקרי סחלב הביצות בשמורת טבע כרי נעמן 2009-2010. מחוז צפון, רשות טבע והגנים. 2010.
52. **קורן, שי ו גולדזון, שרון**. תיק ממשק שמורת טבע עין-נימפית. רשות הטבע והגנים. 2010.
53. **זהרי, מיכאל**. נופי הצומח של הארץ. תל אביב : עם עובד, 1982.
54. **וולצ'אק, מרגריטה, אור, מיכאל ו סיני, יפתח**. סקר צמחים נדירים תוואי רכבת עכו-כרמיאל. מחוז צפון, רשות הטבע והגנים. 2005.
55. **A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers**. **Tharme, R.E.** 19, River Research and Application, עמ' 397-441.
56. **Scientific panels and their use in environmental flow assessment in Australia**. **Quinn, G.P ו Cottingham, P., Thoms, M.C** 5, Australian Journal of Water Resources, עמ' 103-111.
57. **Defining environmental flow requirements - A review**. **Acreman, M ו Dunbar, M.J** 8, Hydrology and Earth System Science, עמ' 861-876.
58. **פרלברג, א., ואחרים**. רגישות סביבתית לפעולות תחזוקה של הערוצים ברשות ניקוז ונחלים גליל מערבי. ללא מקום : מכון דש"א - יחידת הסקרים, 2009.
59. **River ecology and managment: lessons from the Pacific Coastal ecoregion**. **J., Karr**. Springer : New York. R.E. Bilby ו R.J. Naiman [עורך].
60. **Instream flow methods: a comparison of approaches**. **I.G., Jowett** 13, 1997, Managment & Regulated Rivers: Research, עמ' 115-127.
61. **Use of habitat guilds to determine instream flow requirements**. **Leonard, P.M ו Orth, D.J** 1988, North America Journal of Fishries Managment, עמ' 399-409.
62. **Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems**. **Lacoul, P ו Freedman, B** 14, 2006, Environmental Reviews, עמ' 89-136.
63. **מ., אגמי**. בשפעת הזיהום של מי נחל אלכסנדר והירקון על צמחייתם. עבודת גמר לתואר "מוסמך למדעי הטבע", אוניברסיטת תל אביב. 1973.
64. **א., מורד**. השינויים באיכות המים של נחל הירקון והשלכותיהם על צמחיית המים והגדות. ללא מקום : עבודת גמר לתואר "מוסמך למדעי הטבע", אוניברסיטת תל אביב, 1999.

65. *The impact of three industrial effluents on submerge aquatic plants in the River Nile, Egypt*. **Ali, M.M.** ו **Soltan, M.E.** 1996, 340, *Hydrobiologia*, עמ' 77-83.
66. *Effects of water pollution on plant species compositions along the Amal River, Israel*. **M., Agami** 1984, 100, *Archiv fur Hyrobiologie*, עמ' 445-454.
67. *Leachates of Eucalyptus globules in intermittent streams affect water parameters and invertebrates*. **Laranjeira, C** ו **Canhoto, C.** 2007, 92, *International Review of Hydrobiology*, עמ' 173-182.
68. *Eucalyptus leachate inhibits reproduction in freshwater fish*. **Morrongiello, J.R.** ואחרים. 2011, 56, *Freshwater Biology*, עמ' 1736-1745.
69. *Limnofauna Europaea*. **J., Illies** 1978 : Stuttgart, New York. Gustav Fischer. עמ' 532.
70. *Habitat type as a determinant of species range sizes: the example of lotic-lentic differences in aquatic Coleoptera*. **Vogler, A.P** ו **Ribera, I.** 2000, 71, *Biological Journal of the Linnean Society*, עמ' 35-52.
71. *Habitat preference of aquatic macroinvertebrates in an east Texas sandy stream*. **E.C., Phillips** 2003, 18, *Oikos*, כרך 1, עמ' 1-11.
72. *Plant architecture and epiphytic macroinvertebrate communities: the role of an exotic dissected macrophyte*. **Cheruvilil, K.S.** ואחרים. 2002, 21, *Journal of North America Benthological Society*, עמ' 261-277.
73. *Streams in Mediterranean climate regions: abiotic influence and biotic responses to predictable seasonal events*. **Resh, V.H** ו **Gasith, A.** 1999, 30, *Annual Review of Ecology and Systematics*, עמ' 51-81.
74. *Instream Habitat Enhancement*. **Bergstrom, J.D.** TRC solutions. Trenton, New Jersey : ללא מחבר, 2008.
75. *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices*. **FISRWG** (Federal Interagency Stream Restoration Working Group) : ללא מקום : 1998, USDA-Natural Resources Conservation Service.
76. *Evoloution of Constructed Riffles*. **Wilkerson, S.D.** : Charlotte, North Carolina. Wildlands Engineering, 2011.

77. פרלמוטר, משה. מעיינות ונחלים בישראל. החברה להגנת הטבע. 2008.
78. אלרון, א. היבטים בביולוגיה ואקולוגיה של לבנון הירקון (*Acanthobrama telavivensis*), מין בסכנת הכחדה. אוניברסיטת תל אביב. 2000. עבודת גמר לקראת תואר "מוסמך במדעים".
79. הרשקוביץ, ירון ו מילשטיין, דנה. דיגום שמורת עין אפר יולי 2011. בהכנה.
80. *Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity*. Bunn, S.E. ו Arthington, A.H. 4, ללא מקום : Environmental Managment, 2002, כרך 30, עמ' 492-507.
81. *Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows*. Zimmerman, J.K.H. ו Poff, N.L. 1, ללא מקום : Freshwater Biology, 2010, כרך 55, עמ' 194-205.
82. Lloyd, N., ואחרים. *Does flow modification cause geomorphological and ecological response in rivers? A literature review from an Australian perspective*. CRC for Freshwater Ecology. 2003. Technical Report 1/2004. ISBN 0-9751642-02.
83. *The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystem*. Arthington, A.H., ואחרים. 16, Ecological Applications, עמ' 1311-1318.
84. *Environmental flows: striking the balance between development and resource protection*. King, J. ו Brown, C. 11, Ecology and Society, 2006, עמ' 26 [online]. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art26>.
85. *Condition of stream ecosystems in the US: An overview of the first national assessment*. Paulsen, S.G., ואחרים. 27, Journal of North America Benthological Society, 2008, עמ' 812-821.
86. *Stream nutrient criteria for evaluating water eutrophication and biota conditions*. Guo, Mingxin. 4, Hydrology Current Research, 2013, כרך 4. doi: 10.4172/2157-7587.1000e112.

10 נספחים

10.1 הערות למתקן ההתפלה בכפר מסריק

- א. הסקר הסביבתי לגבי הקידוחים בוצע "בהתאם לכללי משרד הבריאות" ומוקד בסכנה של זיהום הקידוחים עצמם ומכך סכנה לבריאות צרכני המים המותפלים. לא הייתה התייחסות כלל להשפעה של הקידוחים על מי התהום, המעיינות בסביבה, נחל נעמן ושמורת כרי נעמן.
- ב. חלק מחלופות הטיפול ברכז מציינות כמוצא סופי את "החלק המלוח של נחל החילזון בו מתקיימת חדירה של מי ים". בסעיף 5.2.1 כתוב ש-"הים חודר פנימה עד לסכר נחל החילזון". ע"פ מדידות האיכות הדו-שנתיות של רט"ג, אסטואר זה הינו מצומצם ביותר ונמצא בתוך שמורת הטבע שפך הנעמן (המלחה), שאגב אינה מוזכרת כלל בתכנית. הסכר המדובר נמצא כ-2.7 ק"מ במעלה השפך (מרחק אווירי מהים כ-2 ק"מ). כלומר, פתרון זה יהווה שינוי משמעותי באופיו של מורד נחל חילזון.
- ג. טבלה 2.3 בתכנית, מציעה לוח מים עקרוני בו נקבע כי בקידוחי תל דעוק יישאבו 4.2 מלמ"ש בחודשים מאי-דצמבר. אין התייחסות ללוח המים כיום, בכדי שניתן יהיה להשוות בין ההפקה הקיימת למתוכננת.
- ד. הקידוח החדש ימוקם 300 מ' מערבית לקידוח אפק ב', דהיינו, כקילומטר מזרחית לשמורת עין אפק. בסקר שנערך על חברת אקולוג למיקום הקידוח החדש (סעיף 3.2.4), לא נלקחה בחשבון ההשפעה הצפויה על השפיעה הטבעית בעין אפק (כן נלקחה בחשבון ההשפעה על היכולת לספק לשמורה מים באופן מלאכותי, אבל לא בזה עסקינן). מתוך כלל החלופות שנסקרו, נבחרה החלופה עם המיקום הקרוב ביותר לעין אפק.
- ה. קידוח אפק החדש מתוכנן להפיק 1.1 מלמ"ש בחודשים ינואר-אפריל. קידוח אפק ב' מתוכנן להפיק גם הוא 1.1 מלמ"ש, לעומת 0.4 מלמ"ש בשנים 2011-2012. לאור הקשר המוכח בין המפלס בקידוח אפק ב' לשפיעה בעין אפק, סביר להניח כי בשנים בהן השפיעה היא גבולית, תהיה לתוספת ההפקה השפעה מכרעת על הנביעות. יש צורך לכמת השפעה זו.

10.2 מיני הצמחים הנדירים המתועדים בשורות הנעמן (מתוך: פרלברג, 2011)

שם עברי	שם מדעי	נדירות	"אדום"	בית גדול	עין אפק	כרי נעמן	עין נמית	שפך הנעמן
אגמון חוף	<i>Scirpus litoralis</i>	R		קרקע לחות	✓	✓		
אוכס אמיתי	<i>Suaeda vera</i>	RR		קרקע מלחות				
אוכס חופי	<i>Suaeda splendens</i>	RR	✓	קרקע מלחות			✓	
אחינזם משחיר	<i>Schoenus nigricans</i>	RR		קרקע לחות			✓	
אירוס הביצות	<i>Iris grant-duffii</i>	RP	✓	קרקע לחות	✓			
אספרג א"י	<i>Asparagus palaestinus</i>	R		קרקע לחות		✓	✓	
אסתר הביצות	<i>Aster tripolium</i>	O	✓	קרקע לחות				✓
ארכובית סנגלית	<i>Polygonum senegalense</i>	RP		קרקע לחות		✓		
ארכובית צמירה	<i>Polygonum lanigerum</i>	RR	✓	קרקע לחות	✓			
בוצין קיסריון	<i>Verbascum caesareum</i>	RR	✓	חורש		✓		
ברומית קצרת-שיבולית	<i>Bromus brachystachys</i>	R		קרקע לחות/מלחות		✓	✓	✓
גלן (אגרופירון) מאורך	<i>Elymus elongatus</i>	RR	✓	קרקע לחות/מלחות				✓
געת הביצות	<i>Teucrium scordioides</i>	RR	✓	קרקע לחות		✓		
דבשה הודית	<i>Melilotus indicus</i>	R		בתה		✓		
דק-זנב נימי	<i>Parapholis filiformis</i>	RR	✓	קרקע מלחות		✓		✓
היפוכריס קירח	<i>Hypochoeris glabra</i>	RR	✓	חולות				✓
ורד צידוני	<i>Rosa phoenicia</i>	RP	✓	קרקע לחות	✓			
חומצה מונבבת	<i>Rumex conglomeratus</i>	R		קרקע לחות		✓		✓
חלבולב קטן-פרי	<i>Euphorbia microspheera</i>	RR	✓	קרקע לחות		✓	✓	✓
חסה שיכנית	<i>Lactuca aculeata</i>	RP		קרקע מופרות		✓		
יצחרון (שי-שמן) מכסיף	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	RR	✓	קרקע לחות		✓		✓
כדורן ענף	<i>Sparganium erectum</i>	RR	✓	קרקע לחות	✓			
כף-תול שרועה	<i>Aeluropus litoralis</i>	RR	✓	קרקע מלחות				✓
כף-צפרדע אזמלנית	<i>Alisma lanceolatum</i>	R		קרקע לחות		✓		
לוביה מצרית	<i>Vigna luteola</i>	R		קרקע לחות				✓
לוטוס צר-עלים	<i>Lotus tenuis</i>	RP	✓	קרקע לחות		✓	✓	✓
לחן גדול	<i>Plantago major</i>	R		קרקע לחות		✓		
לחן חודי	<i>Plantago arenaria</i>	O		חולות				✓
לחן המלחות	<i>Plantago crassifolia</i>	RP		קרקע מלחות		✓		✓
לפפית החיצים	<i>Ipomoea sagittata</i>	RR	✓	קרקע לחות		✓	✓	
מדד זוחל	<i>Ludwigia stolonifera</i>	R		קרקע לחות			✓	
מכבד הביצות	<i>Cladium mariscus</i>	RR	✓	קרקע לחות		✓		
מלחית הבורית	<i>Salsola soda</i>	RR	✓	קרקע מלחות		✓		✓
נופר צהוב	<i>Nuphar lutea</i>	RR	✓	מים		✓		
נורית נימית	<i>Ranunculus trichophyllus</i>	O		מים		✓	✓	
ניידת החוף	<i>Najas delilei</i>	R		מים				✓
נימפאה תכולה	<i>Nymphaea nouchali</i>	O	✓	מים	✓			
נעוצות סבוכה	<i>Cardopatum corymbosum</i>	RR	✓	בתה				✓
סחלב הביצות	<i>Orehis laxiflora</i>	RP	✓	קרקע לחות		✓		
סיסנית הביצות	<i>Poa trivialis</i>	RR		קרקע לחות		✓		
ס-סחלב המזרחי	<i>Trachomitum venetum</i>	RR	✓	קרקע לחות		✓		✓
סמר מרצעני	<i>Juncus subulatus</i>	RR		קרקע לחות		✓		
עבקנה נדיר	<i>Arundo mediterranea</i>	RP		קרקע לחות		✓		
עדע הביצות	<i>Limonium meyeri</i>	RP		קרקע מלחות		✓		✓
עטיינית דו-אבקנית	<i>Crypsis aculeata</i>	RR		קרקע לחות				✓
עטיינית פסטורי	<i>Crypsis factorovskiyi</i>	RR		קרקע לחות				✓
עפעפת (קיקסיה) שרועה	<i>Kickxia sieberi</i>	R		בתה		✓		
עפעפת (קיקסיה) חקנקות	<i>Kickxia cirrhosa</i>	R		חורש		✓		
ערידת הביצות	<i>Samolus valerandi</i>	R		קרקע לחות		✓		
משתת החוף	<i>Linum maritimum</i>	O	✓	קרקע לחות		✓		✓
צלע-שור ד קיקה	<i>Bupleurum orientale</i>	RR	✓	קרקע מלחות		✓		✓
חורונה מקרינה	<i>Anacyclus radiatus</i>	RR		חולות		✓		
קרנן טבוע	<i>Ceratophyllum demersum</i>	R		מים			✓	
שוש קירח	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	RP		קרקע לחות				✓
שחליים גבוהים	<i>Lepidium latifolium</i>	RR	✓	קרקע לחות	✓			
שרשר רב-שנתי	<i>Arthrocnemum perenne</i>	RR	✓	קרקע מלחות				✓
שרשר שיחני	<i>Arthrocnemum fruticosum</i>	RR	✓	קרקע מלחות				✓
סה"כ מינים נדירים בכל שמורה								
30	11	35	8					
סה"כ מינים "אדומים" בכל שמורה								
16	6	17	6					

10.3 רשימת מיני רכיכות בנחל נעמן ובתי הגידול הלחים הסמוכים בחלוקה לתקופות

תקופת זמן					שם מדעי	שם עברי
2011	2005	2003	2002 - 2000	עבר		
+	+	+	+	+	<i>Theodoxus karasuna</i>	סהרנית החוף
+	+	+		+	<i>Valvata saulcyi</i>	חוצצית נפוצה
				+	<i>Heleobia longiscata</i>	מימנית
+	+	+	+	+	<i>Heleobia phaeniciaca</i>	מימנית חופית
					<i>Ventrosia ventrosa</i>	---
					<i>Islamia gaillardoti</i>	---
+	+	+	+	+	<i>Bithynia phialensis</i>	ביתניה זעירה
+	+	+	+	+	<i>Melanoides tuberculata</i>	מגדלית הנחלים
+		+	+	+	<i>Melanopsis buccinoidea</i>	שחריר חלק
+	+	+	+	+	<i>Melanopsis lampra</i>	שחריר החוף
					<i>Phytia myosotis</i>	מלחית החופים
				+	<i>Acroloxus lacustris</i>	---
		+		+	<i>Bulinus truncatus</i>	בולית הבילהרציה
		+	+	+	<i>Planorbis planorbis antiochianus</i>	סלילנית קרינית
		+		+	<i>Gyraulus ehrenbergi</i>	סלילנית חופית
				+	<i>Gyraulus piscinarum</i>	סלילנית קמורה
					<i>Galba truncatula</i>	ביצנית קטנה
					<i>Stagnicola palustris</i>	ביצנית פשוטה
				+	<i>Radix peregra tenera</i>	ביצנית זרה
					<i>Radix peregra tenera</i>	ביצנית זרה
		+			<i>Radix natalensis</i>	---
		+	+		<i>Ferrissia clessiniana</i>	פנכית נטויה
					<i>Oxyloma elegans</i>	---
+	+	+	+	+	<i>Haitia (Physella) acuta</i>	בוענית חדה
+					<i>Thiara scabra</i>	---
					<i>Unio macus eucirrus</i>	צדפת נחלים לבנטינית
				+	<i>Potomida littoralis delesserti</i>	צדפת אגמית חופית
+		+	+	+	<i>Corbicula consobrina</i>	סלסילה חופית
					<i>Cerastoderma glaucum</i>	---
					<i>Scrobicularia cottardi</i>	---
				+	<i>Pisidium annandalei</i>	אפוניית
					<i>Pisidium personatum</i>	אפוניית
					<i>Musculium lacustre</i>	כדור מים

10.4 השוואת עושר הטקסונים של חסרי חוליות בעין אפק ובנחל הנעמן (ג'נינגס, 1990; הרשקוביץ – גזית 2000 ו – 2002). (מתוך: גזית והרשקוביץ, 2003)

	שמות עין אפק		נחל נעמן	
	1988-90	2000-02	1988-90	2000-02
Bryozoa		+		
Porifera				
		<i>Ephydatia</i> sp.		
Annelida				
		Tubificidae	+	+
Polychaeta				
		<i>Hediste diversicolor</i>	+	
		Naididae	+	
Turbellaria	+		+	
		Dugesiidae		
		<i>Dugesia</i> sp.	+	
Hirudinea				
		Glossiphoniidae		
		<i>Batracobdelloides tricarinatus</i>	+	+
		<i>Helobdella conifera</i>		
Crustacea				
Amphipoda				
		Gammaridae		
		<i>Echinogammarus foxi</i>		
		Asellidae		
		<i>Proasellus coxalis</i>	+	
	+		+	
		Ostracoda		
		Decapoda		
		<i>Palemon elegans</i>	+	
		<i>Potamon potamios</i>		+
Mollusca				
		Neritidae		
		<i>Theodoxus karasuna</i>		
		Thiaridae		
		<i>Melanoides tuberculata</i>		
		<i>Melanopsis saulcyi</i>		
		Physidae		
		<i>Physella acuta</i>	+	+
		Planorbidae		
		<i>Planorbis antiochianus</i>	+	
		Ancylidae		
		<i>Ferrissia clessiniana</i>		
		Bithyniidae		

<i>Bithynia phialensis</i>	+	+	+	+
Hydrobiidae				
<i>Heleobia phaeniciaca</i>		+		+
Ephemeroptera				
Baetidae		+		
<i>Cloeon dipterum</i>	+			+
Odonata				
Zygoptera				
Calopterygidae				
<i>Calopteryx syriaca</i>				
Platycnemididae				
<i>Platycnemis dealbata</i>				
Coenagrionidae				
<i>Ischnura elegans</i>	+	+	+	+
Anisoptera	+		+	
Neuroptera				
<i>Sisyra trilobata</i>				
Heteroptera				
Vellidae		+		+
Hydrometridae				
Hydrometra sp.				
Notonectidae				
Anisops sp.		+		+
Corixidae			+	
<i>Sigara sp.</i>		+		+
Coleoptera	+		+	
Helophoridae		+		+
Hydrophilidae		+		
<i>Sternolophus solieri</i>				
<i>Enochrus ater</i>		+		+
Diptera				
Simuliidae	+	+	+	
Chironomidae				
<i>Chironomus sp.</i>	+		+	+
<i>Dicrotendipes septemmaculatus</i>	+		+	
<i>Ablabesmia sp.</i>	+			
<i>Kiefferulus sp.</i>	+		+	
Orthocladinae	+	+	+	+
Heleidae	+			
Ceratopogonidae				
Dixidae	+	+		
Ephydriidae		+		+
Psychodidae		+		
Tipulidae	+	+		



M. ROSENTHAL

ENGINEERS Ltd.

Agricultural, Civil & Environmental Eng.

מ. רוזנטל

מהנדסים בע"מ

רנדסה חקלאית אזרחית וסביבתית

Total #	21	26	20	15
---------	----	----	----	----

10.5 שמות מיני הדגים שנאספו באתרים שונים בנעמן בין השנים 1949-1996 (מתוך: גזית והרשקוביץ, 2003).

מקור הנתונים ע"פ המפתח הבא: 1 = Ben-Tuvia, 1953; 2 = Goren, 1974; 3 = מוזיאון האוספים הזואולוגיים של אוניברסיטת תל-אביב

שם הדג	שם מדעי	אתר דיגום	תאריך איסוף	מקור (1/2/3)
גמבוזיה	<i>Gambusia affinis</i>	עין אפק	11/10/1994	3
צלופח אירופי	<i>Anguilla anguilla</i>	עין אפק	11/10/1994	3
אמנון מצוי	<i>Tilapia zillii</i>	עין אפק	11/10/1994	3
אמנון הגליל	<i>Sarotherodon galilaeus</i>	עין אפק	11/10/1994	3
קיפון טובר	<i>Liza ramada</i>	עין אפק	11/10/1994	3
נאוית כחולה	<i>Aphanius mento</i>	עין נימפית	1/1/1962	3
אמנון הירדן	<i>Oreochromis aureus</i>	עין נימפית	1/1/1962	2,3
קיפון	<i>Mugil sp.</i>	נחל נעמן	27/9/1949	3
לבנון הירקון	<i>Acanthobrama telavivensis</i>	נחל נעמן	1954	2
אמנון מצוי	<i>Tilapia zillii</i>	נחל נעמן	10/12/1987	3
אמנון הירדן	<i>Oreochromis aureus</i>	נחל נעמן	10/12/1987	3
גמבוזיה	<i>Gambusia affinis</i>	נחל נעמן	10/12/1987	3
אמנון הגליל	<i>Sarotherodon galilaeus</i>	נחל נעמן	10/12/1987	3
שפמנון מצוי	<i>Clarias gariepinus</i>	נחל נעמן	10/12/1987	3
קרפיון מצוי	<i>Cyprinus carpio</i>	נחל נעמן	10/12/1987	3
קרפיון העשב	<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	נחל נעמן	31/7/1996	3
אמנון היאור	<i>Oreochromis niloticus</i>	שפך הנעמן	1953	1
בינית גדולת קשקשים	<i>Tor canis</i>	שפך הנעמן	1953	1
לבנון הירקון	<i>Acanthobrama telavivensis</i>	שפך הנעמן	1953	1
דקר המכמורת	<i>Epinephelus aeneus</i>	שפך הנעמן	1953	1
דקר הסלעים	<i>Epinephelus guaza</i>	שפך הנעמן	1953	1
מוסר מלכותי	<i>Johnius hololepidotus*</i>	שפך הנעמן	1953	1
טרית גסה	<i>Sardinella maderensis</i>	שפך הנעמן	1953	1
קיפון טובר?	<i>Mugil sp. (= Liza ramada)</i>	שפך הנעמן	1953	1
קיפון זהוב	<i>Mugil auratus</i>	שפך הנעמן	1953	1
קיפון בורי	<i>Mugil cephalus</i>	שפך הנעמן	1953	1
צלופח אירופי	<i>Anguilla anguilla</i>	שפך הנעמן	1953	1
אמנון הגליל	<i>Sarotherodon galilaeus</i>	שפך הנעמן	1953	1
אמנון היאור	<i>Oreochromis niloticus</i>	שפך הנעמן	1953	1
אמנון מצוי	<i>Tilapia zillii</i>	שפך הנעמן	1953	1

11 אודות המסמך

לקוח	:	רשות הטבע והגנים
פרויקט	:	תכנית מים לנחל נעמן
תאור המסמך	:	דו"ח סופי
קובץ	:	369GS007.docx
תאריך	:	08 יוני 2014
גרסא	:	1
אורך המסמך	:	104
כותב	:	גלעד ספיר, אלדד אלרון
תרומה	:	מאיר רוזנטל, ד"ר ירון הרשקוביץ, אורי מורן
מנהל פרויקט	:	גלעד ספיר
