

נחל הירקון

סקר מידע, הערכת מצב והמלצות לשיקום הנחל

אבי אוזן⁽¹⁾, ירון הרשקוביץ⁽²⁾, אביטל גזית⁽²⁾

(1) "מקורות" - חברת המים הלאומית

(2) המכון לחקר שמירת הטבע, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל-אביב



מוגש

לחברת מוסדות חינוך ותרבות, תל-אביב

קרן "שותפות תל-אביב לוס אנג'לס"

יוני 2004

תודות

המסמך הוכן בתמיכתה של הקרן "שותפות תל-אביב לוס אנג'לס" באמצעות חברת מוסדות חנוך ותרבות, תל-אביב ובסיועו של בית הספר ללימודי סביבה ע"ש פורטר.

המחברים מודים לאנשי רשות נחל הירקון: מנהל רשות הנחל מר דוד פרגמנט, ביולוג הרשות מר יונתן רז ולמזכירת הרשות הגב' רוזי רז, על העזרה הטכנית, הסיורים בשטח ועזרתם הרבה בהשגת המידע.

לד"ר אריה בן צבי, מהשירות ההידרולוגי, על עזרתו בהשגת המידע וניתוח הממצאים ההידרולוגיים.

לד"ר משה אגמי, המחלקה למדעי הצמח, אוניברסיטת תל אביב, על המידע בנושא צומח המים והגדות בנחל הירקון.

לחברי המכון לחקר שמירת הטבע - המעבדה לחקר נחלים (בהנחיית פרופ' אביטל גזית) והמעבדה לטוקסיקולוגיה סביבתית (בהנחיית ד"ר עמינדב יעבץ), על הסיוע בהשגת המידע האקולוגי והטוקסיקולוגי.

עמוד השער: אתר "שבע טחנות" במורד הירקון. מימין - טחנת הקמח בתחילת המאה ה-20 (קורבמן, 1921), ומראה האתר כיום (הרשקוביץ, 2004)

תוכן העניינים

4	דברים בשם אומרם (ש. אביצור)
5	עיקרי הדברים (אביטל גזית)
5	א. מידע קיים
7	ב. הערכת מצב הנחל
7	ג. פערי ידע והמלצות לשיקום
10	מבוא

חלק א' - סיכום מידע קיים

12	1. הידרולוגיה ואפיק הנחל (אבי אוזן)
27	2. זיהום נחל הירקון (אבי אוזן)
57	3. ביולוגיה ואקולוגיה (ירון הרשקוביץ ואבי אוזן)
58	3.1 צמחייה (אבי אוזן)
71	3.2 חסרי חוליות ודגים (ירון הרשקוביץ ואביטל גזית)

79	חלק ב' - הירקון 2004 - הערכת מצב הנחל (אביטל גזית וירון הרשקוביץ)
----	--

87	חלק ג' - פערי ידע והמלצות לשיקום הירקון (אביטל גזית, אבי אוזן, ירון הרשקוביץ)
----	--

95	ספרות מצוטטת
100	נספחים

דברים בשם אומרם*:

"..... מי המעיינות הזכים מוזרמים ב"מחתרת" - בצינורות ענק תת קרקעיים - לנגב, יחד עם מי הירדן ומים שאובים מהשרון שבמוביל הארצי. הם מובלים כדי לתת שם חיים, ואילו אלה אשר להם נועדו המים במקורם, אם טרם הומתו כליל, הרי הם מומתים בהדרגה ונמצאים בשלבים האחרונים של המתה זו. בעיני רבים וטובים, הירקון דהיום הוא מפגע אקולוגי, מטרד, ביב עקלתוני, מעין "קלואקה מכסימה" של המרחב.

ירשנו את הירקון. העברנו את מימיו למרחקים. מעשה זה היה הגיוני, מועיל וצודק. ברם, לרצוח אותו איננו רק חטא ופשע, כי אם גם איבוד לדעת. במקום להחזיר לו פחות ממעשר ממימיו ולהשאירו בחיים ממיתים אותו בגסיסה ממושכת, מזהמים ומכפישים אותו. רואים בו מאגר של חלאה עומדת או זוחלת. בכמות מים פחותה מזו שמשתמשים (ואולי גם מבזבזים) לצרכים שאינם בגדר פיקוח נפש, ניתן להחיות את הנהר, הראשון בגודלו בארץ לאחר הירדן, שבקושי מכנים אותו כעת נחל. האם מתן מים לירקון פחותה בערכה ויעודה מהשקיית חצרות, גינות נוי וגנים ציבוריים?

להחיות את הירקון, להחזיר לו קצת מים במקום להובישו או להטביעו בשפכי ביבים, הינו לא רק צו השעה, כי אם גם חובה כלפי עצמנו וכלפי הדורות הבאים שלא ימחלו לנו על מעשינו אלה. תחייתו דרושה לנו, לשליש מאזרחי המדינה, לא פחותה משהיא דרושה לו. והדבר ניתן."

שמואל אביצור

ערב ראש השנה תשמ"א

*אביצור ש. 1981. עם חופי הירקון לפני קום המדינה. הוצאת רשפים תל אביב.

עקרי הדברים

המסמך שלהלן מסכם ידע נצבר על הירקון מתוך דוחות ופרסומי מחקר וניסיונם של המחברים. מידע זה משמש בסיס להערכה של מצב הנחל כיום, הגדרת פערי ידע והמלצות לקידום שיקום הנחל. בשל אופיים השונה של קטעי הירקון ההתייחסות היא לשלושה קטעי נחל עיקריים: מעלה הירקון או "הירקון הנקי" (כ- 7 ק"מ עליונים ממקורות הירקון עד למפגש הנחלים ירקון-קנה); הירקון התיכון או "הירקון המזוהם" (כ- 17 ק"מ ממפגש הנחלים ירקון-קנה עד לסכר "שבע טחנות"). קטע זה מימיו "מתוקים" אך מזוהמים ולכן מכונה גם "הירקון המזוהם"; ומורד הנחל או "הירקון המלוח" (כ- 4 ק"מ מסכר "שבע טחנות" עד לשפך). קטע זה נתון להמלחה מחזורית כתוצאה מתהליך גאות ושפל ובנוסף חשוף לזיהום ממעלה הנחל וממקורות אחרים החודרים אליו ישירות. עקרי הדברים מציגים תמציתית את מצב הנחל בעבר וכיום, פערי ידע והמלצות לשיקום. בכל אחד מהנושאים הנ"ל ההתייחסות מתמקדת בהיבטים הידרולוגיים, איכות מים ואקולוגיה וביולוגיה.

א. מידע קיים

מעלה הירקון ("הירקון הנקי")

- במקור אופיינה ההידרולוגיה של הירקון בשפיעה בסיסית גבוהה וקבועה (מעל כ 200 מלמ"ק בשנה) ובתוספת משתנה של מי נגר (עד כ 300 מלמ"ק בשנה).
- החל משנות ה- 50 נתפסו מקורות הירקון במלואם ומשטר הזרימה בקטע זה נתון כיום באופן מוחלט להחלטות תפעוליות חיצוניות (לא בשליטת רשות הנחל). בשנת 2003 הוקצו לנחל כ- 0.4 מלמ"ק לשנה בלבד, כמות המספיקה לקיים ערוץ רטוב בקטע המעלה ללא גלישה למורד בתקופת הקיץ.
- שינוי המשטר ההידרולוגי לווה בהצטמצמות הספיקה ובמקרים קיצוניים אף להתייבשות מוחלטת. גם כאשר קיימים מים בערוץ, מהירות הזרימה במרבית חודשי השנה קרובה לאפס. בתי גידול של זרימה קיימים רק בתקופת החורף ותחילת האביב ומוגבלים למטרים ספורים במורד סכרונים.
- העדר זרימה משמעותית גרם להצטברות רבה של סדימנט עדין בקרקעית הנחל. סדימנט זה מורחף בקלות ותורם לעכירות המים. נעלמו בתי גידול של תשתית יציבה (אבנים) והמורכבות הפיזית פחתה משמעותית. כיום עיקר המורכבות הפיזית נתרמת ע"י צמחיית המים וצמחיית גדות החודרת לערוץ.
- אין כניסה של שפכים או קולחים בקטע זה אך יש כניסה של תשטיפי כבישים בעת ארועי שטפון וזיהום דיפוזי בחומרי הדברה מפעילות חקלאית סמוכה. מאידך איכות המים עדין גבוהה יחסית ומצדיקה את כינוי הקטע "הירקון הנקי".
- עכירות המים בירקון הנקי גבוהה (עד כ- NTU 200) ומוסברת בריכוז גבוה של חלקיקים קולואידלים. הסיבה לריכוז הגבוה של חלקיקים אלו עדין לא ברורה.
- העכירות מצמצמת את חדירת האור ומגבילה פעילות פוטוסינתטית. עובדה זו יכולה להסביר העלמות צמחי מים טבולים שהתקיימו בירקון בעבר.
- עושר המינים של חי וצומח בקטע "ירקון הנקי" נמוך מהצפוי בנחל בעל אופי ואיכות מים דומים. הסיבה לעוני זה אינה ברורה עדין אך ניתן ליחסה למגבלות היצור הראשוני (ראה לעיל – השפעת עכירות), אבדן בתי גידול, חדירה של מזהמים דיפוזיים ולחצי טריפה ותחרות גבוהים (בעיקר ע"י דגים).

- גורמים שלילים נוספים העלולים להשפיע על עושר המינים הם מינים זרים שחדרו או הוחדרו לירקון. מתוכם בולטים הנוטריה, שאינה מאפשרת התבססות של צמחי מים מסוימים, הגמבוזיה כדג טורף המונע התבססות אוכלוסיות של חסרי חוליות ומתחרה במיני דגים מקומיים ועצי האיקליפטוס הדוחקים מיני צומח מקומי בגדות הנחל ותורמים לנחל חומר אורגני בעל איכות ירודה כמזון.

הקטע המרכזי (הירקון "המזוהם")

- שפיעת הבסיס בקטע זה בתקופת הקיץ מקורה בקולחים בלבד מרביתם באיכות שניונית משתנה.
- קיים גורם אי-וודאות בכל הקשור לקולחי קלקיליה וניר-אליהו. מקורות אלו מזרימים לפרקים קולחים ראשוניים ואף ביוב גולמי.
- בקטע זה כל זרימת המים בנחל, מווסתת על בסיס ההפעלה של המפעלים לטיפול בשפכים. להוציא תקופת השיטפונות, מהירות הזרימה וזמן השהייה תלויים בהחלטות תפעוליות של גורמים שונים במשך המים.
- בקטע הירקון המזוהם אזורים מוגבלים בהם מתאפשרת זרימה רדודה או עמוקה, בעיקר בקטע שבין סכר חקלאי וסכר עשר-טחנות.
- אגני המשנה העירוניים המתנקזים אל הנחל בקטע זה מהווים גורם אי-וודאות נוסף בכל הקשור לזיהום אורגני ותעשייתי.
- מדד צריכת החמצן הביולוגית (המצביע על דרגת הזיהום האורגאני), לא הראה שיפור משמעותי בין השנים 1999-2003. ללא שיקום בתי גידול בנחל קיים ספק ביכולת ה"טיהור העצמי" בקטע זה, באם ימשיך הנחל לקלוט את ריכוזי הצח"ב הנוכחיים.
- נראה, כי סילוק חומר אורגני מעמודת המים ע"י תהליכי שיקוע אינו גורם מרכזי בתהליכי הטיהור העצמי המתרחשים בנחל.
- ריכוז הדטרגנטים בגוף המים וריכוז העופרת בקרקעית הנחל הם גורמי הזיהום היחידים שהראו מגמת ירידה עם הזמן. נראה כי סיבת הירידה בריכוז המזהמים הנ"ל היא טיפול בגורם הזיהום טרם הגעתו לנחל ולא תהליכי "טיהור עצמי".
- קיים קשר גורדי בין קולחי מכון טיהור השפכים של כפר סבא הוד-השרון לבין הנחל. הקולחים מהווים מקור מים עקרי לקטע המרכזי ומורד הנחל, אך איכותם הירודה הם סיבה מרכזית לפגיעה אקולוגית בנחל.
- ריכוזי האמוניה הבלתי מיוננת בירקון המזוהם, חורגים באופן קבוע מעבר לסף הגורם לעקה כרונית בדגים וחסרי חוליות.
- בירקון המזוהם מתקיימים בדרך כלל מיני חי וצומח עמידים לזיהום. עם זאת, ניתן להבחין בשני מקטעים בעלי איכות ביולוגית שונה. המעלה ממפגש הנחלים ירקון-קנה ועד לגשר כביש גהה שבו איכות המים ירודה וחברת החי והצומח ענייה ביותר. קטע שני מגשר כביש גהה עד "שבע טחנות" בו איכות המים מעט טובה יותר ולכך ביטוי בהופעה של מינים יותר רגישים. שיפור זה הוא ככל הנראה תוצאה של השפעת קולחי רמת השרון שאיכותם משופרת יחסית לזו של קולחי מט"ש כפר סבא הוד השרון. מאידך אין לשלול השפעה במידה מסוימת של תהליכי "טיהור עצמי".

- צמחי הגדות העיקריים בקטע זה הם קנה מצוי ופטל קדוש. מינים אלו אגרסיביים ומגבילים התפתחות של צומח גדות אחר. מלבדם צומחים בגדות הנחל ערבות (שהוחזרו לקטע זה בשנים האחרונות) ואיקליפטוסים.

מורד הירקון ("הירקון המלוח")

- קטע זה סובל מזיהום שמקורו במעלה הנחל, מנחל איילון ומקורות זהום מקומיים (נקזים עירוניים). מעבר לכך נתון קטע זה להשפעה מחזורית של שינויי מליחות בעקבות גאות ושפל.
- שפך הנחל אינו טבעי ומופרע מפעילות תחנת הכח "רידינג".
- קטע זה עובר בתחום אורבאני עם התערבות אנושית אינטנסיבית. בגדות הנחל צומחים בעיקר איקליפטוסים ומעט קנה. מעבר לכך אין מידע מספק על השפעות אקולוגיות של התנאים המיוחדים בקטע זה.

ב. הערכת מצב הנחל

נחל הירקון כיום הוא תחת עקה סביבתית קשה. במעלה, ההשפעה העיקרית היא העדר זרימת בסיס. בחלק המרכזי ובמורד קיימת השפעה משולבת של העדר ספיקה משמעותית וזהום מים. מעבר לכך קיימים בנחל סכרים וסכרונים אשר מידת השפעתם על תנועת בעלי החיים בתקופת הקיץ אינה ברורה במלואה. ההפרעות האקולוגיות הנ"ל גרמו לצמצום בתי הגידול ולהישרדות של מספר קטן יחסית של מינים, היותר עמידים לתנאים הקיצוניים שבנחל.

ג. פערי ידע והמלצות לשיקום

- להלן רשימת פערי ידע שהשלמתם נדרשת לשיקום נחל הירקון (המלצות לשיקום).
- קיים מסמך המציג הקצאת מים כוללת לנחל (DHV, 2001). אין בו התייחסות פרטנית להקצאת המים הדרושה לשיקום בתי גידול ספציפיים, בקטעים השונים של הנחל.
- עד כה לא נערך ברור יסודי של יחסי הגומלין של הנחל ואגן הניקוז. בעבר שפיעת המעיינות תרמה את עיקר המים בנחל ויחד עם השטפונות שמרו על הפיסיוגרפיה של האפיק ומגוון בתי הגידול. כיום השטפונות הם הגורם הטבעי היחיד "המתחזק" את ערוץ הנחל וגדותיו. יש חשיבות לברור היבט זה בהקשרים של סחף והצטברות סדימנטים בערוץ הנחל, השפעה על תפוצת חי וצומח בנחל, השפעה של אגירת מים, פעילות חקלאית ופיתוח אורבני באגן הניקוז.
- אין מידע מספק על מקור והצטברות מזהמים בסדימנט ושחרורם לגוף המים בתהליכים פיסיקליים כימיים וביולוגיים. לא ידוע חלקו של הסדימנט במאזן החמצן והמינרלים בנחל. לא ברורה עדיין ההשפעה של החומרים הספוחים לסדימנט על הביולוגיה ואין מידע על השפעה הביולוגית של החלקיקים המרחפים בגוף המים.
- קיים מידע טוב יחסית על מקורות הזיהום הנקודתיים (ניטור תקופתי של איכות המים) אך מעט בלבד על המקורות הדיפוזיים (משדות חקלאיים, כבישים, מזבלות).
- אחד ההיבטים הראויים להתייחסות מיוחדת הוא מיעוט מאכלסי המים במעלה הירקון בו איכות המים גבוהה. כמו כן, אין מידע על מארג המזון ויחסי הגומלין שבין מרכיביו. מבין המרכיבים

- הביולוגים בולט בהעדרו מידע על חברת האצות (הפלנקטוניות, צמודות המצע - פריפיתון והחוטיות). דו"חות קיימים (סוקניק וחוב') מאירים חלק מן התמונה.
- נדרש מחקר על חברת הדגים ויחסי הגומלין ביניהם. אין מידע על זמינות משאבי מזון לאוכלוסיות הדגים השונות ומידת התחרות ביניהם על משאבים אלו.
 - שיקום נחלים בכל מקום בעולם מבוסס על שיקום אקולוגי כתנאי הכרחי. מילוי תנאי זה מחייב מידע על הביולוגיה והדינמיקה העונתית והרב-שנתית שלה ויחסי הגומלין שבין גורמי הסביבה לביולוגיה. בסוף שנות ה-90 ותחילת שנות ה-2000, בוצע בנחל הירקון ניטור ביולוגי של חסרי חוליות ודגים בקטעי הירקון הנקי והמזוהם במסגרת מחקרים (אלרון, 2000; הרשקוביץ, 2002). לא בוצע ניטור דומה בקטע המלוח. מאז סיום המחקרים הנ"ל (2002) הניטור הביולוגי אקראי וחלקי, ובשונה מנחלים אחרים (כדוגמת אלכסנדר וקישון) אין תוכנית לניטור ביולוגי קבוע. כמקובל במדינות המתקדמות בעולם ניטור אקולוגי (ביולוגי וסביבתי) נדרש לפני, בעת ולאחר השלמת פעולות שיקום סביבתי (לדוגמה מסמכי Water Framework Directive של האו"ם האירופי, Foster et al., 2001).
 - חזון נחלי ישראל ובכלל זה הירקון, מתבסס על כך שאיזון משק המים באמצעות התפלה יאפשר שמירה על מפלסי מים גבוהים במאגרים התת-קרקעיים וכתוצאה מכך תחודש שפיעה של מעיינות. כמו כן תתאפשר הקצאת מים באיכות מים טבעיים לשיקום הנחלים. המים שיזרמו בנחלים ינוצלו במורד. יש להניח שגם בעתיד כאשר יוקצו לנחלים מים באיכות מי מקור עדין יוזרמו גם קולחים שאיכותם חייבת להיות גבוהה, לפחות זו המומלצת לנחלים על פי "ועדת ענבר" (נספח 2). כמויות המים באיכות מי מקור הנדרשים לשיקום הנחל וכמויות הקולחים (באיכות הגבוהה) שהנחל יוכל לספוג, אינם ידועים.
 - במציאות הקיימת, שיקום הנחלים יבוצע בשלבים הראשוניים באמצעות קולחים. איכות הקולחים הנדרשת היא לפחות זו המומלצת לנחלים על פי "ועדת ענבר" (נספח 2). עד שיושג שיפור קולחי כפר סבא הוד השרון ע"י שידרוג המט"ש וואו באמצעות מערכת "אגנים ירוקים" (מתוכננת במסגרת פרויקט "גאולת הירקון"), מומלץ להקצות כמויות מי מקור גדולות יותר שיגלשו כל השנה מעבר לסכרון מפגש הנחלים ירקון-קנה וידללו את הקולחים הזורמים במורד. בהקשר זה אין מידע על יחס הדילול הדרוש לשיפור משמעותי של איכות המים במורד הנחל בחודשי הקיץ, שיאפשר שיפור משמעותי ב"בריאות הנחל".
 - לכל אורך הנחל יש להקצות מים בספיקה שתאפשר קיום בתי גידול של זרימה. האחרונים ייווצרו כאשר תתקיים גלישת מים מעבר לסכרונים.
 - במורד הסכרונים מומלץ ליצור riffles (זרימה רדודה על גבי מצע אבנים בגודל בינוני 15X15 ס"מ וחלוקים, תמונה 8).
 - בקטעים אחרים של הנחל מומלץ ליצור התרחבות באפיק כעין "כליה", בקטע זה המים יהיו רדודים ויצטבר סדימנט רך. תנאים אלו מתאימים במיוחד להתפתחות סוף (*Typha*) וכן לחדירת פספלוך דו טורי (*Paspalum*) היוצר סבך בתוך המים ועל פניהם. הצמחייה יוצרת בית גידול המאפשר מסתור לדגיגים והתפתחות מגוון חסרי חוליות.
 - במרבית קטעי הנחל הגדות בעלי שיפוע חד שאינו מתאים להתפתחות צומח גדות. יש מקום לבחון מחדש את חתך הנחל ושיפועי הגדות הרצויים על בסיס כמויות המים שיוקצו לנחל וצרכי ניקוז.

- אין מידע ביולוגי ולימנולוגי מספק על קטע מורד הנחל, הנתון לתנודות גאות ושפל ובמיוחד על מבנה ותפקוד אזור המפגש של הנחל והים. קטע זה הוא בית גידול ייחודי בנחלים, לעיתים הוא מתפקד כנחל בלבד (בעת שיטפונות) ולעיתים כים בלבד (בעת גאות), וברוב הזמן הוא משלב תכונות נחל וים. השלמת פער ידע זה חשובה במיוחד לאור תוכניות של פתוח אזור שפך הנחל. בהקשר לפער הידע הנ"ל ראוי לבחון בין השאר האפשרות לשיקום בית גידול אבני בקרקעית הנחל באזור מפגש נחל-ים בקרבת הגדה הדרומית (רחוק ככל שניתן מזרם מי הקירור). בית גידול זה יסייע בהתבססות אוכלוסיות ימיות בנטיות (כולל דגים) במורד הנחל.
- המקרה של הדג לבנון הירקון המתקיים בקטע "הירקון הנקי" בלבד, דורש התייחסות מיוחדת. מין זה אנדמי לנחלי החוף בישראל ואוכלוסייתו בירקון ושאר נחלי החוף, בסכנת הכחדה. לא ברור מה הגורמים לתנודות באוכלוסייתו במעלה הירקון (ההערכה היא שאוכלוסייתו במעלה הירקון בשנת 2003 פחתה לעומת המצב לפני כ-6 שנים). העדר מידע על הגורמים המשפיעים על הצלחת רבייה והישרדות הדג בקטע זה, מסכנים את הצלחת הפעולה של השבתו לנחל באמצעות רבייה בשבייה. מסיבה זו ברור שהמאמץ להמשך רבייה בשבייה של מין זה חייב להמשך.
- בחלק מקטעי הנחל צומח הגדות מופרע ע"י התפתחות צפופה של עצי איקליפטוס. עץ זה זר למערכת ופוגע במארג המזון בנחל (ראה "הערכת מצב הנחל"). מומלץ לכוות ולדלל את עצי האיכליפטוס הגדלים על שפת הערוץ ולשתול ערבות במקומם. מומלץ לבדוק מהו הדילול הנדרש של האיכליפטוסים והמרחק הרצוי מערוץ הנחל כך שנסורת עלווה, ענפים וקליפה יהיו נמוכים ככל האפשר ולא יפגעו בהתפתחות פאונה בנטית בתוך ערוץ הנחל ובהתפתחות צומח גדות טבעי.
- מאחר והשליטה של רשות הנחל בעומס כניסת המזהמים מוגבל, מומלץ לבחון אפשרות להגברה של הוצאת חומרים מערוץ הנחל. כדוגמת שימוש בצמחי מים מקומיים (סוף למשל). שיטה זו מחייבת קציר וסילוק תקופתי של ביומסת הצומח).
- מומלץ להגן באופן אפקטיבי על שרידי חי וצומח מהעבר. לדוגמא, מומלץ למפות המקומות בהם נמצאו חתולי ביצה דרוסים, לדאוג למעברים בטוחים ולשלט בהתאם (ראה דוגמא שלט הגנה על דו-חיים באנגליה, תמונה 9).
- יש לתת את הדעת שעם שדרוג מט"ש כפס-הוד השרון, ריכוז החנקן בקולחים יפחת והחנקן עשוי להפוך לגורם המגביל במערכת הנחל. ובכך לעודד את התפתחות אוכלוסיית כחוליות המקבעות חנקן. הפחתה משמעותית של ריכוזי הזרחן עשויה לצמצם תופעה זו.
- נדרשת הקמה של תשתית ממחושבת של נתונים (גיאוגרפיה, הידרולוגיה, ביולוגיה, סביבה, סוציולוגיה, שימושי קרקע ותוכניות פיתוח וכיו"ב) הקשורים בירקון ובאגן הניקוז. תשתית זו חיונית לשמירה של המידע הנצבר ויכולת השימוש בנתונים ע"י רשות הנחל והציבור (באמצעות אתר אינטרנט). בבנק נתונים ומידע זה ישמרו נתונים הנאספים על-ידי רשות הנחל ונתונים רלוונטיים לירקון ואגן הניקוז שנאספים על-ידי חוקרים עצמאיים. פעולה זו תיצור מסד נתונים אחיד שיאפשר מעקב אחר תהליכים המשפיעים על הנחל (כולל שיקום) וניתוח אינטגרטיבי. מומלץ להטמיע ברשות הנחל את השימוש במערכת מידע גיאוגרפי (GIS) ככלי לאגירה, ניתוח וניהול מידע.

לסכום: הפערים בידע הקיים מונעים אפשרות של ניתוח אינטגרטיבי של צרכי שיקום הנחל ומציאת הפתרונות הנדרשים ומקשים על יישום תוכנית שיקום. נדרשת הקצאת משאבים להשלמת פערי הידע.

מבוא:

עד אמצע שנות החמישים היה נחל הירקון נהר שני בחשיבותו לירדן בספיקת מים. בנחל זרמו מעל ל 200 מיליון מטרים מעוקבים בשנה (מלמ"ק), כדוגמת הכמות הזורמת כיום בנחל דן והוא אופייני באפיק נחל רחב, בזרימות ומפלי מים (ראה תמונת שער) ובתי גידול מגוונים. הקמת המדינה ועימה גידול האוכלוסייה וההתפתחות החקלאות הגדילו את צריכת המים ע"י סקטורים שונים של פעילות האדם. בשנת 1955 הוקם מוביל המים ירקון-נגב שהיטה את מי מעיינות ראש העין לדרום הארץ. בשנת 1964 החל המוביל הארצי לספק מים לנגב ומי מעיינות ראש העין הוטו לצורכי יישובי שפלת החוף (יעקובוביץ, 1981). מים נוספים הוטו ע"י חקלאי האזור שקבלו זכויות לשאיבת מים מהנחל (צילום 1).

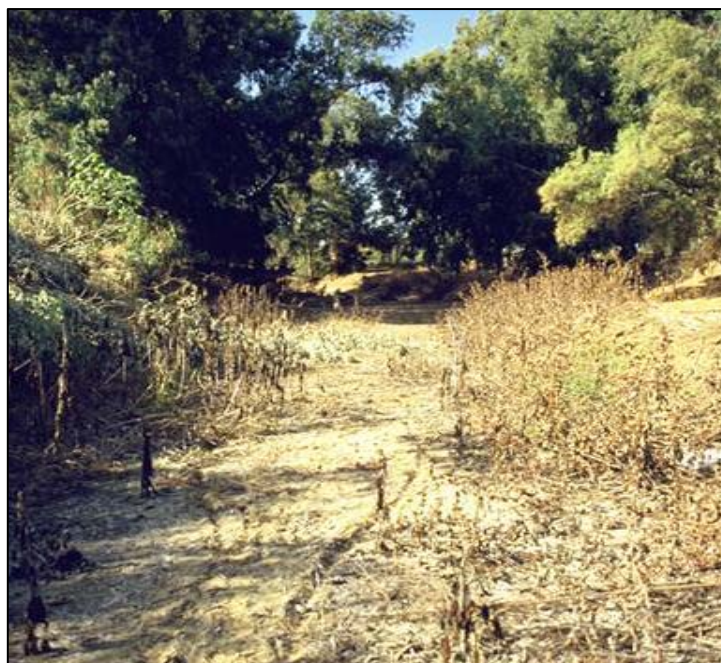


צילום 1. צינורות לשאיבת מים להשקיית שדות, מעלה הירקון - בריכת הנופרים (צילום - א. גזית)

ספיקת המים בנחל פחתה באופן קיצוני ונוצרו מצבים של התייבשות קיצית של קטעי נחל (צילום 2).

קטע מעלה הנחל (מראש העין עד מפגש הנחלים ירקון-קנה) נותק ממורדו וקיום המים בו נשמר ע"י הקצאה מינימאלית. ההתייבשות לוותה באיבוד בתי גידול ועמם פגיעה בחי והצומח. בתחילת שנות ה-2000 הקצאת המים השפירים הייתה בשפל של כ- 0.4 מלמ"ק בשנה (רנ"י, 2004) המהווים כ- 0.2% בלבד מהשפיעה ההיסטורית. במסגרת תוכניות שיקום הנחל ("גאולת הירקון", רשות נחל ירקון, 2004) גדלה הקצאת המים כפי חמש אך עדיין מדובר בכמות מזערית של כ- 1% מהשפיעה ההיסטורית.

היבט סביבתי משמעותי נוסף הוא זיהום הנחל. בצד התפתחות הישובים באגן הניקוז ולאורך הירקון הפך הנחל למובל שפכים והיווה מוקד מטרדי ריח והטרדות יתושים. השפכים הוחלפו בקולחים עם הקמתם של מפעלי טיפול שפכים מודרניים. כיום, מקורות המים הקבועים העיקריים לקטע המרכזי של הנחל ולמורדו הם קולחי הערים כפר-סבא והוד השרון וקולחי העיר רמת השרון.



צילום 2: התייבשות מורד הירקון באיזור רמת גן - אמצע שנות ה-80. (צילום: א. גזית)

קולחים אלו מקיימים את ספיקת הבסיס במרכז ומורד הנחל (כ- 1500 מ"ק/שעה, רנ"י 2004). השילוב של התייבשות וזיהום הנחל גרמו להקצנת הפגיעה בחי והצומח. אחד הצעדים המשמעותיים לשיקום הירקון היה הקמת רשות נחל הירקון בשנת 1988. מאז הקמתה פעלה רשות הנחל להכנת תוכנית אב לשיקום הירקון (רחמימוב, 1996) וליישומה. באמצעים המוגבלים והמגבלות הסטטוטוריות מוקדו פעולות השיקום של הרשות עד כה בעיקר בשיפור מצב האפיק ומסדרון הנחל (רצועת היבשה המלווה את הערוץ). כמו כן יזמה רשות הנחל מחקרים שיבחנו היבטים שונים הקשורים בנחל ויספקו מידע נדרש לשיקומו (ראה אתר רנ"י – yarqon.org.il). לאחרונה נפתח חלון הזדמנויות לשיפור משמעותי במצב הנחל במסגרת ישום תוכנית "גאולת הירקון". החלטת ממשלה בינואר 2003 (ראה אתר המשרד לאיכות הסביבה, נחלים – sviva.gov.il, שקום נחל הירקון) הכירה בירקון כנחל בעל חשיבות לאומית ובעקבותיה הוחלט ליישם את תוכנית האב לשיקום הירקון (רחמימוב, 1996).

המסמך שלהלן נועד לרכז מידע קיים על היבטים סביבתיים, ביולוגיים ואקולוגיים של נחל הירקון כבסיס להערכת מצב הנחל כיום ולקבלת החלטות לקידום שיקום הנחל.

במסמך שני חלקים: החלק הראשון מביא סיכום מידע קיים הכולל התייחסות להיבטים הידרולוגיים, זיהום מים, ביולוגיה ואקולוגיה. **בחלק השני** הערכה של מצב הירקון כפי שמשקף בפירסומים הנ"ל ומתוך ניסיון המחברים והמלצות לקידום תוכניות שיקום הנחל.

הכנת המסמך נעשתה בתמיכתה של הקרן "שותפות ת"א – לוס- אנג'לס" באמצעות "חברת מוסדות חינוך ותרבות" ובסיועו של ביה"ס ללימודי סביבה ע"ש פורטר, אוניברסיטת תל-אביב ועל כך הם ראויים לברכה.

חלק א': סיכום מידע קיים

1. הידרולוגיה ומבנה אפיק הנחל (א. אוזן)

מבוא

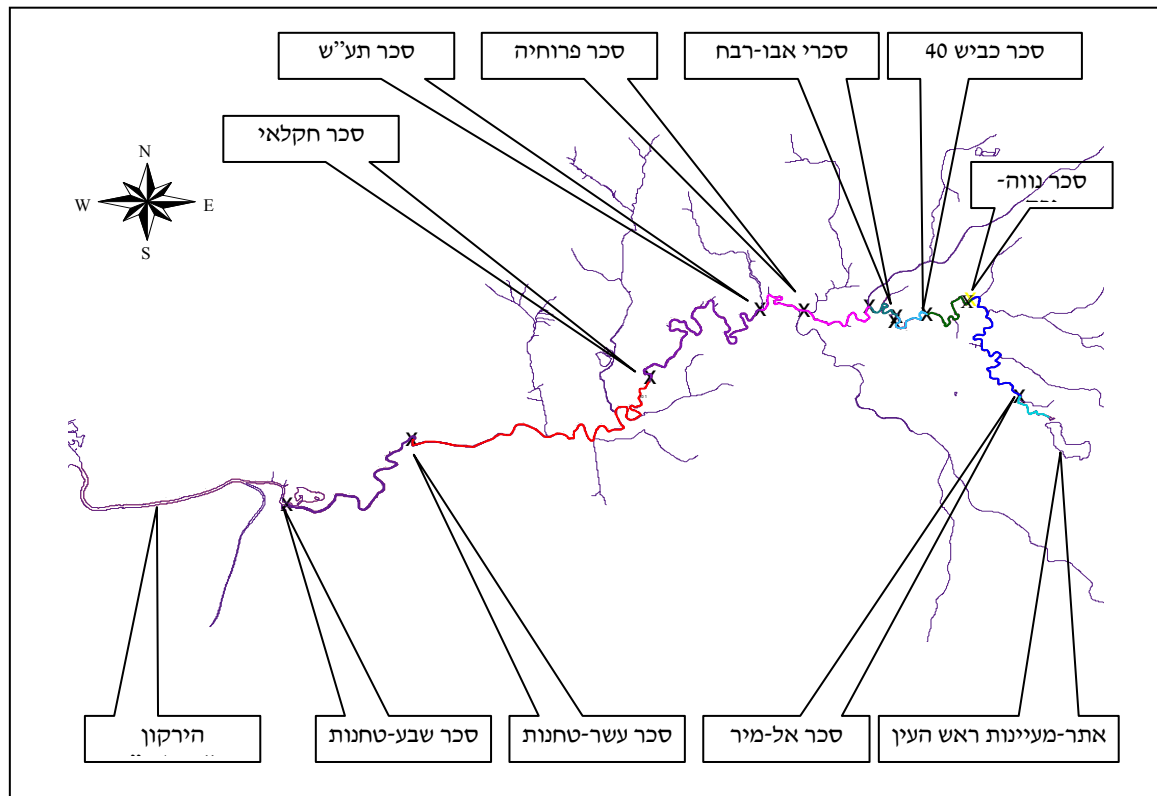
בנושא ההידרולוגיה קיים מספר קטן של עבודות נושאיות מחד, מאידך קיימים בסיסי נתונים רחבים ודו"חות המפורסמים אחת לשנה (שנתון הידרולוגי לדוג'), אחת לחודש ודו"חות המתפרסמים עפ"י הזמנה או בעקבות אירועים חריגים. לכן, הניתוח שיובא בחלק זה של העבודה לא יתייחס לעבודות ספציפיות אלא יציג עיבוד נתונים אשר הוא מוכוון להבנת/תיאור ההיסטוריה והמצב הנוכחי של הנחל דרך העדשה האקולוגית.

רקע היסטורי

המידע ההיסטורי על הירקון אינו רב, אך קיימים מספר פרסומים אשר שופכים מעט אור על נחל החוף העיקרי של מדינת ישראל. לתושבי ישראל, לפחות אילו שנולדו לאחר שנתפסו מקורות הירקון לצרכי מפעל "ירקון-נגב"*, קשה לתפוס את העובדה שרוב המים שזרמו בירקון בעבר היו מי מעיינות ולא מי-נגר. הקושי הקונספטואלי הזה נובע להערכתי מכך שאנו חיים באזור צחיח, לא רואים בעין את האקוויפר ולא פסגות מושלגות בטווח העין כל השנה. אולם כך ממש היה. בעבר רוב המים שזרמו בירקון היו מי-מעיינות בספיקה ממוצעת של 7 מ"ק לשנייה, כ- 200 מלמ"ק בשנה. מקור המעיינות היו מי-גשמים שחלחלו דרך מחשופי שומרון ויהודה ויצאו בין השאר דרך פרסת המעיינות למרגלות מבצר אנטיפטריס. כל זאת עד שנת 1955. אז החלו הנביעות להישאב ולספק את הצרכים הגוברים של ההתיישבות והחקלאות. בד בבד עם הניצול הגובר של מקורות המים בישראל, נתפסו מי-המעיינות באזור נביעתם עד כדי ניתוק מוחלט של הנחל ממקורותיו. מנקודה זו ואילך הנחל חדל מלהיות נחל איתן והפך למובל מים. המים השפירים שעוד זרמו בו לא היו "שייכים" לו אלא לחקלאים בעלי זכויות שאיבה אשר שאבו ישירות מאפיק הנחל לחלקותיהם (תמונה 1). בנוסף על הניתוק ממקורותיו ספג הנחל השפעות נוספות בדמות הזרמת שפכים גולמיים (ביתיים ותעשייתיים) אשר למעשה היוו את זרימת הבסיס שלו. הווה אומר, לולא שפכים אלו, הנחל היה חרב לחלוטין בקיץ. התקופה שבה מדובר משתרעת בין השנים 1961 ל- 1996. משנת 1996 ואילך מקורות הזיהום והמים העיקריים הם מכוני טיהור השפכים של כפר-סבא/הוד השרון ורמת-השרון, המזרימים קולחים (שפכים מטופלים) אל הנחל.

* המונח תפיסת מקורות הירקון מתייחס למפעל "ירקון-נגב", למרות שתפיסת מקורות הירקון החלה מוקדם יותר ע"י מפעל המים המנדטורי אשר סיפק כ- 2% מתפוקת המעיינות כמי-שתייה לירושלים

מפת הירקון עם מיקום התחנות הרלוונטיות לדו"ח זה מוצגת להלן.



להלן סקירה תמציתית של פירסומים ודוחות העוסקים בהיבטים הידרולוגיים ואפיק הנחל.

מידע הידרולוגי

"הירקון- הנהר וגלילותיו"

המחבר : שמואל אביצור

שנה : 1957

סוג המידע : מידע היסטורי כללי אודות הירקון במגוון נושאים, בין השאר מקדיש הספר

פרק להידרולוגיה של הירקון. ספיקות עבר, שטפונות, מדידות שונות.

מיקום : ספריית רשות נחל הירקון

שנתון הידרולוגי

המחברים : השרות ההידרולוגי

שנה : כל שנה

סוג המידע : ספיקות נחל הירקון כפי שנמדדו בסכר אל-מיר (שנתונים מוקדמים) ובסכר

עשר-טחנות (מכונה גשר כביש הרצליה). המדידות התבצעו אחת לחודש. בנוסף מופיעים

חישובים שנתיים ורב שנתיים של נפחים, ספיקות, ממוצעים, שיאים, ונקודות שפל.

מיקום : ספריית השירות ההידרולוגי

דו"חות הידרולוגיים מייצגים

המחברים : השירות ההידרולוגי

שנה : דו"ח חודשי

סוג המידע : ספיקות מיוצגות בגרף משנת 1993, מפלסי קידוחים, מפלסי האקוויפר.

מיקום : ספריית השרות ההידרולוגי

הזרמת קולחים ממט"ש כפ"ס- הוד-השרון

המחברים : מט"ש כפ"ס- הוד-השרון

שנה : 2000-2003

סוג המידע : נפחי הזרמה חודשיים, מדדי איכות בסיסיים כגון אמוניה, מוצקים מרחפים, צח"ב.

מיקום : ספריית רשות נחל הירקון

דו"ח הזרמת מים שפירים

המחברים : זליג ע. חב' מקורות

שנה : 2003

סוג המידע : נפחי הזרמה לירקון דרך תעלות עינת וגבעת השלושה בתאריכים שונים.

מיקום : ספריית רשות נחל הירקון.

נתוני משקעים באגן ההיקוות של הירקון.

המחברים : עמוס פורת, השירות המטאורולוגי

שנה : 2003

סוג המידע : כמויות משקעים בתחנת גבעת השלושה בשנים 61-60, 75-74, 84-83, 92-91, 03-02.

מיקום : קובץ EXEL ברשות נחל הירקון.

דו"חות רשות נחל הירקון

המחברים : יונתן רז- ביולוג רשות נחל הירקון

שנה : 1999 - 2003

סוג המידע : נתוני הזרמה של מים שפירים וקולחים ממקורות שונים.

מיקום : ספריית רשות נחל הירקון.

נתוני התאיידות/דיות בתחנת בית דגן

המחברים : הורוביץ ט. - השירות המטאורולוגי

שנה : 2003

סוג המידע : נתוני התאיידות גיגית והתאדות מחושבת עפ"י פנמן (Evapotranspiration)

מיקום : ספריית רשות נחל הירקון.

ההידרולוגיה של הירקון

מחברים : אריה בן-צבי, לודמילה גבסקנקט, בנימין עצמון

שנה: 1995

מקור: הירקון – קובץ מאמרים בהוצאת רשות נחל הירקון.
סוג המידע: תיאור המבנה והקשרים בין הנחל לאגן ההיקוות שלו ולאקוויפרים המצויים בתחומי אגנו וזרימתו. הצגת נתוני העבר, הצגת ספיקות שיא בעבר, תיאור האילוצים של משק המים הישראלי.

הנושא: משטר הידרוגרפי, משטר הזרימה ואיכות מי נחל הירקון המלוח

- **מחברים:** נורית קרס, סטיב ברנר, ברק חירות, צבי רוזנטראוב, ירון גרטנר
- **שנה:** 2001
- **מקור:** דו"ח חיא"ל H/27/2001
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** הבנת התהליכים בשפך נחל ים תיכוני וכלל האיזור המושפע מגאות ושפל.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** בחינת השפעת מועדי הים (גאות ושפל) וספיקת המעלה על כיווני הזרימה בנחל, הבנת תהליכי הערבול, הסעת חלקיקים וזמני שהות של המים ושל חלקיקים בעונות השנה השונות.

עיקרי הממצאים

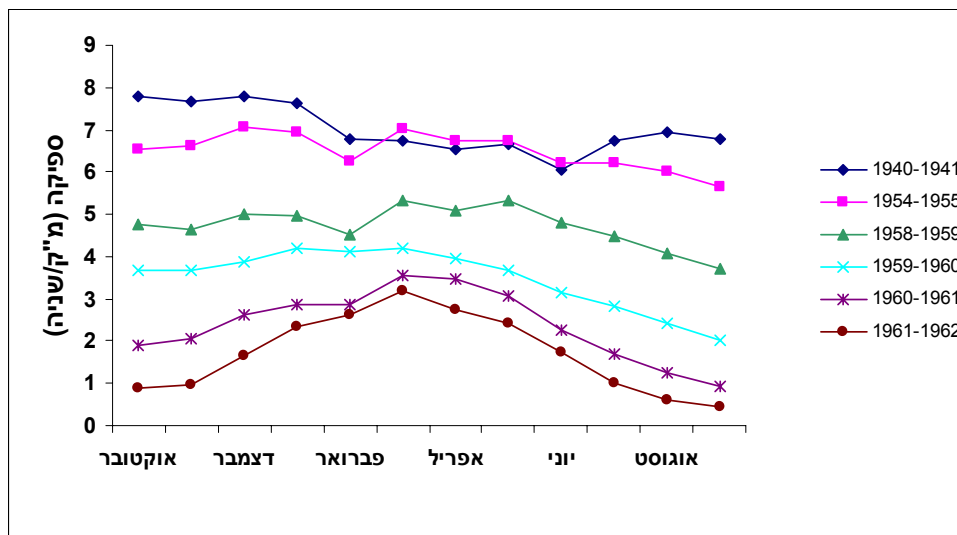
1. הירקון המלוח הוא אסטואר משוכב בו מתקיים ערבוב טורבולנטי בין שכבת המים העליונה, המתוקה יותר אשר זורמת לכוון השפך, לבין השכבה התחתונה, המלוחה והיציבה יחסית.
2. קיימות תנודות חצי-יומיות בנות 12.4 שעות במפלס המים, בהתאמה לתנודות במועדי הים בים הפתוח.
3. בנוסף, מתרחשות עליות מפלס משמעותיות עקב שיטפונות החורף.
4. עוצמת הזרם הממוצעת אשר חושבת לחתך בגשר רוקח אינה עולה 3 ס"מ לשנייה. עוצמה זו עולה לכוון גשר אבן גבירול וקרובה לאפס בשבע-טחנות. מכאן שסיכויי של חלקיק שמוכנס לנחל לצאת לים רק בהשפעת מועדי הים, קטנה.
5. זמן השטיפה של הירקון המלוח (רק מתרומת המים של המעלה) בעונת החורף מוערך בכ-1.5 שעות ובכ-1320 שעות בקיץ.
6. מהירות הזרימה המחושבת לתקופת הקיץ (רק מתרומת המים של המעלה) עומדת על כ-0.09 ס"מ לשנייה. מהירות זו נמוכה ממהירות הזרם הנוצר כתוצאה ממועדי הים.
7. מהירות הזרימה בחורף עומדת על 75 ס"מ בשנייה. מהירות זו עולה על המהירות המינימלית הדרושה להסעת חול דק (35 ס"מ לשנייה) כך שבאירוע שיטפון ניתן לצפות להסעה של חלקיקים מהקרקעית לכוון השפך.

סיכום פרק ההידרולוגיה ומבנה אפיק הנחל

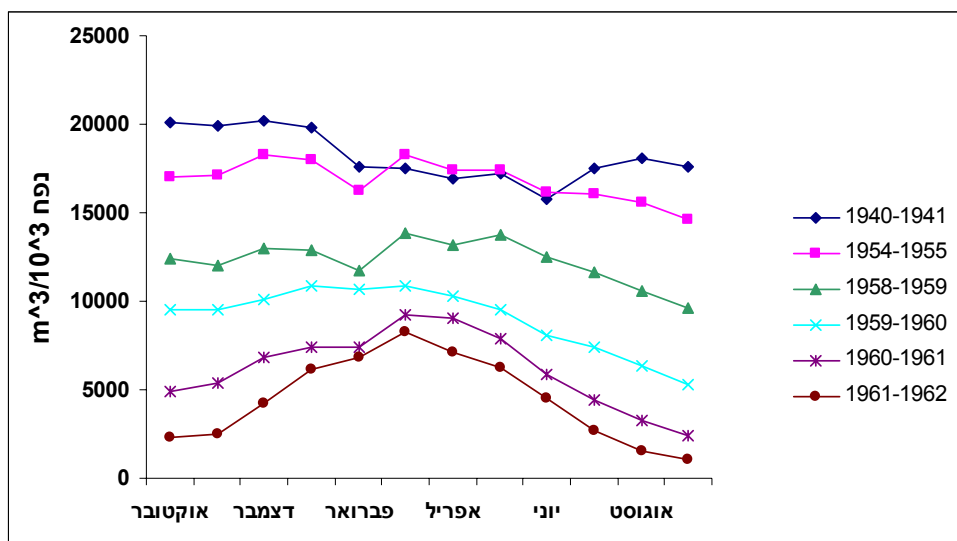
ספיקות עבר בנחל הירקון

כאמור, עד שנת 1955, ניזון נחל הירקון מנביעותיו בראש-העין. אקוויפר ההר אשר הזין את המעיינות התמלא בתקופות החורף ושיחרר את מימיו לערוץ הנחל בקצב קבוע כ- 6-7.8 מ"ק מים בקירוב שהיוו את זרימת הבסיס לאורך כל השנה כולל תקופת הקיץ. הנתונים מראים שאפילו בסוף הקיץ, מפלס מי-התהום לא ירד מתחת לרום קרקעית האפיק כיוון שאם כך היה קורה הזרימה הייתה נחלשת מאוד. בנוסף לזרימת הבסיס, זרמו בנחל מי-נגר בעקבות הגשמים שלא חלחלו לקרקע. משנת 1955 ואילך כמות המים שמצאה את דרכה אל הנחל הלכה והצטמצמה (איורים 1, 2). המחשה ברורה על ההבדלים בין אז לעכשיו מוצגת באיור 3 המשווה בין נפחי העבר (1954/55) לנפחים האופייניים לתקופתנו (1995/96).

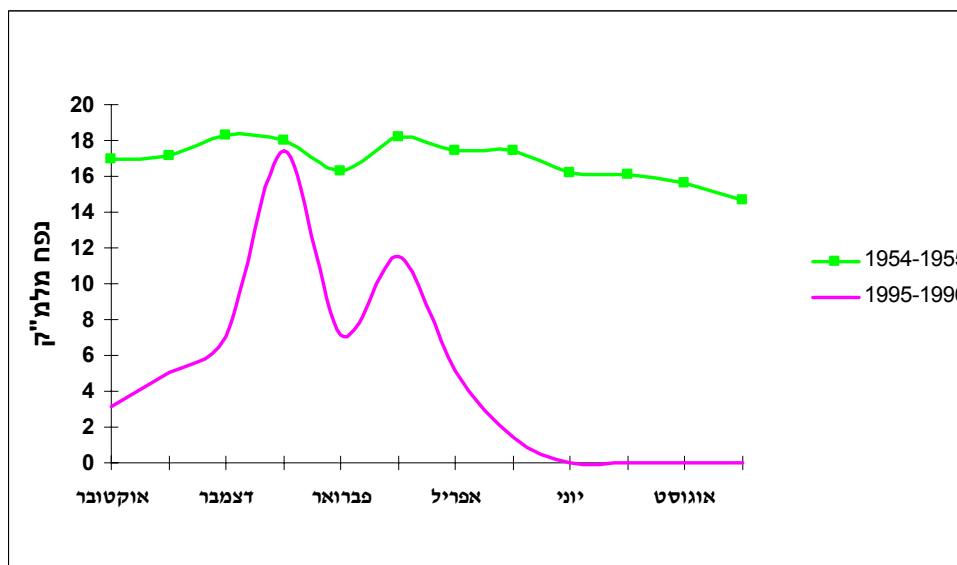
זרימת הבסיס ההיסטורית עיצבה את ערוץ הנחל ו"החזיקה" חתך מורטב גדול יותר מכפי המוכר לנו כיום. מעבר לגדות האפיק היו אזורים לחים ורדודים (אביצור, 1957). למרות שאין בנמצא נתונים על ממדי השטח המורטב והלח, ניתן להניח שהשפעת שיטפונות החורף מותנה על-ידי אפיק רחב עוטה צמחייה עשבונית והאזורים הלחים ששימשו פשט הצפה יעיל. כיום השיטפונות מסתערים על אפיק מוגבל וגבוה בעל גדות יבשות ורכות. כתוצאה מכך פוטנציאל הארוזיה וההרס שלהם מחייב טיפול הנדסי בגדות במיוחד באזורים שבהם הנחל עובר באזור מיושב. בספרו של אביצור משנת 1957 מסופר על גרעון מים מסתורי של 6.2 מליון מ"ק לשנה. גרעון זה חושב מתוך המדידות שהתבצעו בתקופת המנדט ובשנים הראשונות לקום המדינה.



איור 1. ספיקה של מעיינות הירקון בין השנים 1940 עד 1962 (תחנת אל-מיר, השרות ההידרולוגי)



איור 2. נפח השפיעה של מעיינות הירקון בין השנים 1940 עד 1962 (תחנת אל-מיר, השרות ההידרולוגי)



איור 3: השוואת נפחי זרימה במורד הירקון (אתר "10 טחנות", השרות ההידרולוגי)

באותה תקופה נמדדו ספיקות הירקון בשתי נקודות. האחת באל-מיר (בתחום פארק מקורות הירקון) והשניה בהדר-יוסף (עשר-טחנות). מדידות אילו הראו שברוב חדשי הקיץ כמות המים העוברת באל-מיר גדולה מזו העוברת בתחנת המדידה "עשר-טחנות" (גשר כביש הרצליה) הנמצאת הרחק במורד לה. סיבה אפשרית לכך היא קיומה של פרצה בשכבה האטומה ה"מחתלת" את קרקעית הנחל. במקרה כזה מים רבים עשויים לזרום לים בלי שזרמו כלל באפיק הנחל. לגרעון זה אין התייחסות בפרסומים מאוחרים יותר. במידה וגרעון זה (במידה וישנו) עדיין קיים, הוא עלול לחבל במאמצי השיקום.

תרומות לנחל מוצאותיו בתקופות שונות

לנחל הירקון כרצף הטופוגרפי הנמוך ביותר באגן ההיקוות, היו תורמים ומוצאות רבים ומגוונים אשר משקלם בסך הזרימה השתנה עם הזמן, התפתחות מפעלי ההפקה וגידול האוכלוסייה. כאמור עד הקמת מפעל ירקון-נגב בשנת 1955, שפעו המעיינות בממוצע 7 מ"ק לשנייה והיוו את עיקר הזרימה בנחל. יש להניח שגם בתקופה זו זרמו לנחל שפכים, אך אין בנמצא מידע מדויק על כמותם. משנת 1955 והלאה הצטמצמה בהדרגה זרימת מי-המעיינות לנחל. מבט באיורים 1 - 3 מאפשר להבין את גודל השינוי שעבר על הירקון. לפני 1955 גאויות החורף התמזגו עם השפיעה הטבעית של מעיינות הירקון ולא נרשמו בתקופות החורף שיאי ספיקה חריגים (למעט שיטפונות). לעומת תמונה זו, ניכרת תרומת מי-הנגר בתקופות מאוחרות יותר (איור 3). משנת 1955 ואילך, מקורות המים העיקריים של הירקון היו מי המוביל הארצי (אשר הוזרמו לנחל על מנת לאפשר לחקלאים בעלי זכויות שאיבה מהירקון לממש את זכויותיהם), שפכים ביתיים ותעשייתיים של גוש דן ומי-נגר בחורף. משנת 1967, שנת הקמת מפעלי השפ"דן המשיכו לתרום לנחל רק הערים כפ"ס הוד השרון, רמת השרון, ויישובי השומרון אשר בתחומי אגן ההיקוות של הירקון. ניתן לומר באופן כללי שבין השנים 1955 עד לשנת 1992 זרמו בנחל בתקופת הקיץ שפכים ובעונת החורף, שפכים עם מי-נגר. בנוסף על כך, קיבל הנחל תרומות ממקורות נוספים באמצעות נקזים ותעלות עירוניות. בשנת 1996 הוקמו המכונים של כפ"ס הוד השרון ומכון ניר-אליהו אשר מטפל בשפכי יישובי שפלת יהודה/שומרון (בתחומי אגן ההיקוות של נחל הירקון). בשנת 1999 שודרג מט"ש רמת-השרון המזרים את קולחיו לנחל.

מי הירקון נוצלו בעבר באופן אינטנסיבי ע"י חקלאים אשר שאבו ישירות מאפיק הנחל ע"י משאבות. הנתונים מראים שבין השנים 1988 עד 2003 שאבו החקלאים בממוצע שנתי 4.4 מלמ"ק מי ירקון. נפח זרימת הבסיס השנתית של הירקון עמדה בשנת 2002 על 11.6 מלמ"ק, המים שנתרו באפיק זרמו לים. הנחל איבד חלק ממימיו גם בתהליכים טבעיים של חלחול ואיווופוטנספירציה (איוד/דיות). עוצמת התהליכים הנ"ל משתנה עם שנוי המיקום הגיאוגרפי והצמחייה הסמוכה לנחל.

תרומות ומוצאות הנחל בין השנים 1999-2002

בשנים האחרונות תמונת התרומות והמוצאות של נחל הירקון מתבהרת ומצטברים רישומים אשר מאפשרים ביצוע של מאזן שנתי מקורב. באופן כללי ניתן לומר שמקורות הירקון הסדירים הם מכוני טיהור השפכים. בנוסף למכוני הטיהור קיימים גם נקזים ותעלות שונות אשר תורמים באופן ספורדי הן מבחינת כמות המים והן מבחינת איכותם. מקור המים השפירים העיקרי הוא

הזרמה יזומה של מים ע"י חברת מקורות. לרוב אלה מי-תהום מקידוחי ראש-העין ולעיתים אלה מי-המוביל הארצי בכמות משתנה ובזמנים שונים.

מאזני מים שנתיים מקורבים לשנים 1999-2002

להלן יובאו מאזנים שנתיים לשנים 1999-2002 (לא כולל זרימות חורף, דו"חות ר"נ). מאזנים אלו הנם מקורבים הן עקב חוסר בנתוני מט"ש ניר-אליהו והן עקב חוסר עקביות של תרומות ממקורות לא מוכרזים (שאיבות מי-תהום באתרי בנייה, מי-קירור וכו'). המאזנים מוצגים בכדי לתת מושג קרוב על מאזני המים השנתיים בארבע השנים האחרונות ובנוסף להציג את חלקן היחסי של התרומות והמוצאות השונים.

תרומות לנחל בשנת 1999 (מ"ק)

מים שפירים	כפ"ס הוד- השרון	רמת השרון	תעלת קריית-אריה	נקז עתידיים	אחר
349,430	6,663,955	1,260,000	432,000	648,000	64,800
3.7%	70.8%	13.3%	4.6%	7.2%	0.7%

מוצאות הנחל בשנת 1999 (מ"ק)

חקלאים	חלחול	איוד/דיות
4,700,000	972,000	786,672
73%	15%	12%

תרומות לנחל בשנת 2000 (מ"ק)

מים שפירים - מקורות	כפ"ס הוד-השרון	רמת השרון	תעלת קריית-אריה	נקז עתידיים	אחר
361,580	7,187,821	2,736,000	432,000	648,000	64,800
3.2%	66.8%	23.9%	3.7%	5.6%	0.5%

מוצאות הנחל בשנת 2000 (מ"ק)

חקלאים	חלחול	איוד/דיות
4,620,000	972,000	797,040
72.3%	15.2%	12.5%

תרומות לנחל בשנת 2001 (מ"ק)

מים שפירים מקורות	כפ"ס הוד-השרון	רמת השרון	תעלת קרית-אריה	נקז עתידים	אחר
324,999	8,703,002	2,844,000	432,000	648,000	64,800
2.5%	66.9%	21.9%	3.3%	5%	0.5%

מוצאות הנחל בשנת 2001 (מ"ק)

חקלאים	חלחול	איוד/דיות
4,342,900	972,000	816,480
70.8%	15.9%	13.3%

תרומות לנחל בשנת 2002 (מ"ק)

מים שפירים מקורות	כפ"ס הוד-השרון	רמת השרון	תעלת קרית-אריה	נקז עתידים	אחר
746,850	7,943,513	2,880,000	432,000	648,000	64,800
5.9%	62.5%	22.6%	3.4%	5.1%	0.5%

מוצאות הנחל בשנת 2002 (מ"ק)

חקלאים	חלחול	איוד/דיות
4,051,600	972,000	776,304
80.7%	19.4%	15.5%

סיכום המאזנים השנתיים

שנה	תרומות מים לנחל (מלמ"ק)	מוצאות הנחל (מלמ"ק)	זרימה לירקון המלוח (מלמ"ק)
1999	9.4	6.4	2.9
2000	11.4	6.4	5
2001	13	6.1	6.8
2002	12.7	5	7.7

משטר זרימת הירקון בקטעיו השונים

בירקון קיימים סכרים מסוגים שונים. סכרים אלו מחלקים את הנחל למקטעים מובדלים אשר לא מן הנמנע שקיימים ביניהם הבדלים במשטר הזרימה. הפסקאות הבאות יעסקו במשטר הזרימה המינימלי האפשרי בכל מקטע בנפרד. להלן רשימת המקטעים התחומים בין שני סכרים.

- נופרים - אל-מיר
- אל-מיר – נווה-ירק
- נווה-ירק – כביש 40
- כביש 40 – אבו-רבאח
- אבו-רבאח – קנה
- קנה – תע"ש
- תע"ש – חקלאי
- חקלאי – עשר טחנות
- עשר טחנות –שבע טחנות

לכל מקטע תיאור כללי, נתונים פיזיקליים (חתכי הירקון 1996, הלפרין-פלוס) תצוגה גראפית ומספור חתכים (נספח 1). רום החתכים מתייחס לתשתית הקשה, ללא הסדימנט הרך הבלתי יציב שמעליה. עובדה שיש לקחת בחשבון הוא הזמן הרב שעבר בין מדידת החתכים לבין כתיבת דו"ח זה.

מאפייני ההידרולוגיה והמורפולוגיה של קטע הירקון הנקי

קטע הירקון הנקי מוגדר כאפיק הזורם ממקורות הירקון (בפועל מבריכת הנופרים) ועד למפגש הנחלים ירקון-קנה. אורכו של הקטע הזה הוא כ-7200 מטרים המחולקים לקטעי משנה על-פי מיקומי הסכרים. סה"כ קיימים בירקון הנקי חמישה קטעים שונים. בתקופת הקיץ, הקטע הנקי תלוי לחלוטין במים המוזרמים לתחילתו על ידי חברת מקורות עפ"י הקצאה. הקטע הנקי מאופיין בזרימה איטית ביותר ובזמני שהות ארוכים של המים בין קטעיו השונים. אין בנמצא קטעים של זרימה חופשית. עובדה זו מתבטאת בין השאר בהצטברות סדימנט בעל אופי טיני לעומק עשרות ס"מ ברוב חלקי הירקון הנקי (אבנימלך וחובי). מעלה הירקון עבר ארועי התייבשות בשנת 1999 שכללו את בריכת הנופרים וקטעי נחל במורד הקטע הנקי (צילומים 3, 4).



צילום 3. התייבשות בריכת הנופרים במעלה הירקון. קיץ 2000 (צילום: א. גזית)



צילום 4. התייבשות במורד קטע הירקון הנקי (מעלה סכר מפגש ירקון – קנה), קיץ 2000 (צילום י. הרשקוביץ).

קטע הנחל בין בריכת הנופרים לסכר אל-מיר

קטע זה למעשה הוא העליון ביותר של נחל הירקון גופא. בקיץ, קטע זה ניזון ממים שפירים אשר מוזרמים אליו דרך שתי תעלות. האחת "תעלת גבעת השלושה" אשר מתחברת לבריכת הנופרים המקורית מדרום, השנייה תעלת עינת המתחברת לתוספת החדשה לבריכה מצפון מזרח למרגלות מבצר אנטיפטריס. בחורף מגיעים אל קטע זה מי נגר משתי התעלות שהוזכרו. הזרמת המים בקיץ אינה סדירה והיא כוללת הזרמות יזומות על מנת לשמור מינימום מפלס בבריכות ובאפיק. בנוסף מוזרמים לנחל מים שמקורם בשאיבות רענון של קידוחי ראש העין. קטע זה מגוון יחסית מבחינה מורפולוגית בשל שינויים ברוחב ועומק הערוץ והתפתחות צמחייה (ראה להלן – צמחייה). הידרולוגית עיקרו בתי גידול בריכתיים. השילוב של מים שפירים והתפתחות צמחיית מים הופכים את המקטע הזה ליחידת נוף ייחודית.

קטע הנחל בין סכר אל-מיר לסכר נווה ירק

המקטע השני בחלקו הנקי של הירקון. תחילת המקטע במפל סכר אל-מיר היוצר בית גידול זרימתי כל השנה. אפיק הנחל במקטע זה הוא צר ומוצל על ידי עצי אקליפטוס רבים. גדות האפיק

תלולות. קרקעית האפיק הומוגנית למעט התרוממות קלה באזור של חתך מס' 240 ושקיעה מחתך 230 ועד לסכר (נספח 1). בערוץ הצטברות של נשר עצי אקליפטוס.

מקורות מים

ק"צ	חורף
מעלה הנחל	נחל רבה
	תעלה באזור חתך 239
	אפיק ללא שם בין החתכים 230-229
	תעלה באזור חתך 227
	מעלה הנחל

קטע הנחל בין נווה-ירק לסכר 40

הקטע השלישי מבין קטעי הירקון הנקיים. בקיץ קטע זה מקבל את מימיו מהמעלה בלבד, בספיקות משתנות עפ"י הקצאת המים בפועל. קרקעית מקטע זה משתפלת במתינות רבה והנה הומוגנית למעט שקע שאורכו כ-450 מ' בין חתכים 219 ו-223.

מקורות מים

ק"צ	חורף
מעלה הנחל	תעלה באזור חתך 217
	תעלה באזור סכר 40
	מעלה הנחל

קטע הנחל בין סכר 40 לאבו-רבח

קטע הנחל הרביעי מבין קטעי הירקון הנקיים. תחילתו של מקטע זה במפל היוצר בית גידול זרימתי בחורף ובאביב. זהו קטע עמוק אשר קרקעיתו הומוגנית עם השתפלות חדה יחסית באזור סכר אבו-רבח.

מקורות מים

ק"צ	חורף
מעלה הנחל	תעלה באזור חתך 202
	מעלה הנחל

קטע הנחל בין אבו-רבח לסכר מפגש קנה

קטע זה הוא האחרון בשרשרת הקטעים המרכיבה את הירקון הנקי. תחילתו במפל סכרון אבו רבח היוצר בית גידול זרימתי בחורף ובאביב. סמוך לסכר אבו-רבח קיים מקטע של זרימה חופשית שלאחריו צונחת הקרקעית בחדות. הקרקעית הומוגנית למעט שקע באזור חתך 193 ושיפוע רציף מחתך 189 עד לקצה הקטע בסכר מפגש קנה. בין חתכים 192 ל-195 קיים עיקול גדול באפיק הנחל עם מיפתח רחב וגדות מתונות.

מקורות מים

קיץ	חורף
מעלה הנחל	תעלה בין חתך 197 ו-198
	תעלה באזור חתך 193
	מעלה הנחל

קטע הנחל בין סכר קנה לסכר תע"ש

הראשון מבין קטעי הירקון המזוהים (המכונה הקטע התיכון, בין "מפגש קנה ירקון" לבין "שבע טחנות"). תחילתו במפל סכר "מפגש ירקון קנה" היוצר בית גידול זרימתי לאורך כ-5 מ' בחורף ובאביב. קטע זה ניחן במעט פיתולים ביחס לאורכו. (לאורך 2.5 קילומטר של קטע קיימים 2 פיתולים גדולים. האחד סמוך לתחילתו של קטע זה והשני סמוך לסופו). מקטע זה קולט לתוכו את קולחי כפ"ס-הוד השרון דרך נחל קנה. קיימת זרימה חופשית לאורכו של מקטע בן כ-1500 מ' סמוך לתחילת הקטע, בין חתכים 183 ל-173 (נספח 1). באזור תחנת המיתוג של חברת החשמל קיים סכרון (סכר פרוחייה). המשך הקרקעית בין חתכים 172 ל-168 אינו משתפל וניחן בשיפוע אחיד. מאזור חתך 168 ועד לסכר תע"ש קרקעית הנחל עמוקה, בלתי סדירה עם שקעים ורמות ויוצרת מעין בריכה. אי-סדירות זו של הקרקעית מופיעה בד בבד עם פיתול כפול באפיק הנחל.

מקורות מים

קיץ	חורף
מעלה הנחל	נחל הדר
קולחי כפ"ס-הוד השרון (קנה)	תעלה באזור חתך 161
נחל שילה (מים שעונים)	נחל פרדס
	מעלה הנחל
	קולחי כפ"ס-הוד השרון (קנה)
	נחל שילה

קטע הנחל בין סכר תע"ש לסכר חקלאי

המקטע השני של הירקון המזוהים. קטע זה מכיל חמישה פיתולים שלמים (שינוי כוון הזרימה ב-180 מעלות). קיימת זרימה חופשית בתחילתו של הקטע בלבד, באזור חתך 158. מקור המים היחידי של המקטע הזה בתקופת הקיץ הוא מעלה הנחל. קרקעית הנחל במקטע זה אינה אחידה ומאופיינת ברצף של רמות ושקעים. אי סדירות זו אינה מופיעה תמיד בצמוד לשינויים בפיתולי הנחל וכנראה שקיימות לה סיבות נוספות. לקראת סוף הקטע בין החתכים 119 ו-109 מתרחשת צניחה של הקרקעית ויצירת בריכה. מחתך 198 ועד לסכר חקלאי יש עלייה חדה ברום הקרקעית.

מקורות מים

קיץ	חורף
מעלה הנחל	מעלה הנחל
	תעלות באזור חתכים 135,137,138
	תעלה באזור חתך 123
	תעלה באזור חתך 118

קטע הנחל בין סכר חקלאי לעשר-טחנות

המקטע השלישי של הירקון המזוהם. תחילתו של הקטע במפל. בשליש העליון של האפיק שני פיתולים שלמים ועוד שניים חלקיים. קיימת זרימה חופשית כמעט רציפה ממעלה המקטע באזור חתך 105 ועד לחתך 88 (בתי גידול של זרימה). בין חתכים 87 ו-70 קיים רצף של שתי רמות עם שקע ביניהן. מאזור חתך 70 לכוון מורד המקטע מתרחשת צניחה חדה של הקרקעית היוצרת בריכה מוארכת עד לסכר עשר טחנות.

מקורות מים

קיצ	חורף
מעלה הנחל	מעלה הנחל
קולחי רמה"ש	קולחי רמה"ש
	תעלה בחתך 93
	נחל הדרים
	תעלות בחתך 79
	תעלות באזור חתכים 70,71
	תעלה בחתך 68
	נקז באזור חתך 66
	2 נקזים באזור חתך 62
	2 נקזים באזור חתך 55
	2 נקזים באזור חתך 50

קטע הנחל בין סכר עשר-טחנות לסכר שבע-טחנות:

האחרון מבין מקטעי הנחל בקטע המרכזי. מקטע זה מאופיין באפיק רחב עמוק ורוגע. מפלס המים סמוך לסכר עשר טחנות הוא רדוד ומאפשר זרימה חופשית. מחתך 43 מתרחשת צניחה חדה ברום הקרקעית. צניחה זו נמשכת עד לחתך 34 כאשר בינו לבין חתך 28 קיימת התרוממות חדה בקרקעית אשר למעשה מחלקת את המקטע הנ"ל לשני אגנים. התרוממות זו המכונה גבנון - "the hump" בנויה מפסולת בניין. מחתך 28 ועד לסכר שבע טחנות יש צניחה ברום הקרקעית.

מקורות מים

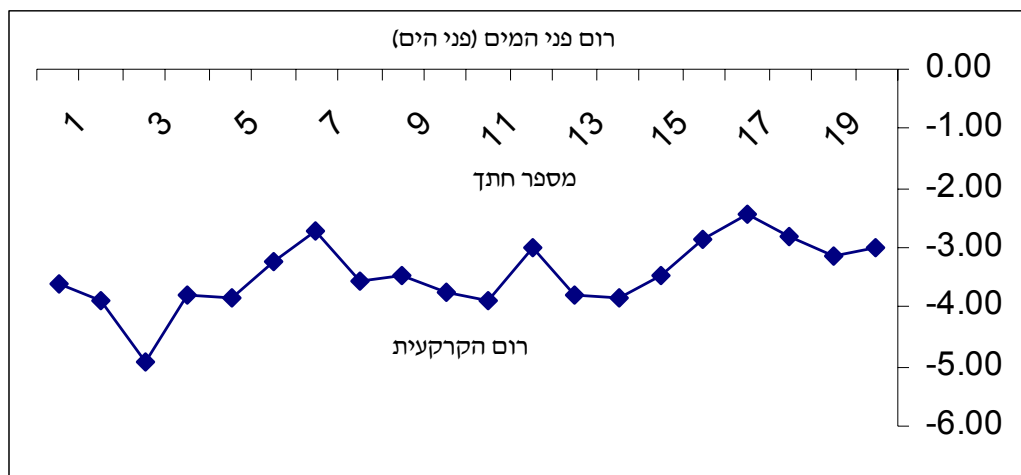
קיצ	חורף
מעלה הנחל	מעלה הנחל
	5 נקזים באזור חתך 40
	נקז באזור חתך 32
	2 נקזים בין חתך 28 ל-חתך 27
	נקז באזור חתך 25
	נקז באזור חתך 23

קטע הנחל בין סכר שבע-טחנות לשפך

עד לקטע זה הכיל אפיק הירקון מים בעלי מליחות נמוכה ומכונה הירקון המתוק. ממורד סכר שבע טחנות עד לים נתון אפיק הנחל להשפעת מי ים בארועי גאות ומכונה הירקון המלוח. מאפייני ההידרולוגיה של מקטע זה מפורטים בחלקו הראשון של מסמך זה (משטר הידרוגרפי, משטר הזרימה, ואיכות מי נחל הירקון המלוח – קרס וחובריה, 2001). קרקעית הנחל במקטע זה עשויה להיות נתונה לשינויים רבים בעיקר באזור השפך. אך תחת ההנחה שמדידות הקרקעית התייחסו לקרקעית קשה ולא לבוצה או קרקע רכה אחרת, המתאר הנתון עשוי לספק תמונה כללית על תצורת הקרקעית בירקון המלוח. איור 4 מציג את רום הקרקעית בקטע הירקון המלוח (החתכים בסדר יורד משבע טחנות עד לים).

מקורות מים

קיצ	חורף
מעלה הנחל	מעלה הנחל
מי ים מכוון השפך	מי ים מכוון השפך



איור 4: תיאור רום הקרקעית היציבה בקטע הירקון המלוח משבע טחנות (חתך 19) לשפך (חתך 1) (על פי נתוני הלפרין פלוס, 1996).

מסקנות

למעט הקטע הנקי שבמעלה הנחל (כ 7 ק"מ) הירקון למרבית אורכו (21 ק"מ הכוללים את הקטע המרכזי והקטע המלוח) מקבל את המים המהווים את זרימת הבסיס שלו קולחי כפ"ס-הוד-השרון קולחי רמה"ש וקולחי/שפכי מט"ש ניר-אליהו. בנוסף, בשנים האחרונות החלה רשות הטבע והגנים לרכוש מים שפירים ממקורות ולהזרימם למעלה הירקון על מנת למנוע מהירקון הנקי להתייבש בעונות הקיץ. לבד ממקורות אלה, קיימים מקורות מים ספורדיים בספיקה נמוכה (מי-קירור, מי-שפילה, נקזים שונים). עובדה זו הופכת את נחל הירקון לנחל מווסת בתקופות האביב והקיץ. מהירות הזרימה באפיק ומכך גם זמן השהות של המים תלויים ישירות באופן תפעול המטש"ם. על כך יש להוסיף את קיטוע הנחל על ידי הסכרים השונים אשר ניבנו בו מסיבות שונות. מניתוח רומי הסכרים, רומי הקרקעית וספיקת הנחל במקטעים השונים, עולה כי לרוב אורכו של האפיק הזרימה היא איטית ביותר במרבית חודשי השנה ללא ערבול וללא

אינטראקציה משמעותית של המים עם האטמוספירה (שיחלוף גזים). מקטע הנחל בו מצויים מירב אזורי זרימה רדודה הוא הקטע בין סכר חקלאי לסכר עשר-טחנות. כמעט לכל אורכו מוגבל מסדרון הנחל ע"י שטחים חקלאיים ואזורים בנויים. תוצאה אפשרית של מצב זה היא גדות תלולות אשר נתונות בעונות החורף להשפעת אנרגיות זרימה גבוהות המחייבות פעולות לייצוב הגדות ופעולות שיקום לאחר בליה. מצב זה משאיר את הנחל כמעט ללא אזור של פשט הצפה פונקציונאלי אשר בין השאר עשוי לשכך את אנרגיית הזרימה בעת שיטפונות.

2. זיהום נחל הירקון

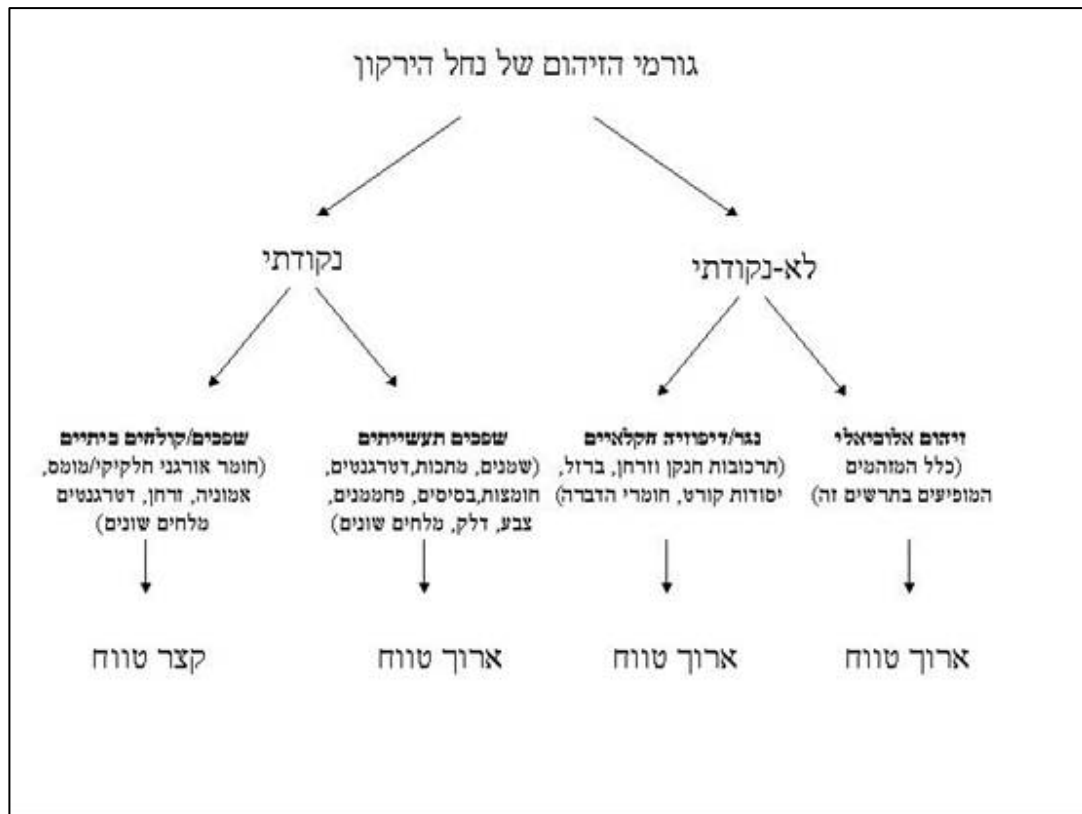
א. אוזן

נחלים ונהרות מהווים את מערכות הניקוז הטבעיות של אגני ההיקוות שבהם הם נמצאים. הם מהווים את הקו הנמוך ביותר בכל תא שטח נתון. עקב תכונותיהם אלה נאספים אל בסיסם הנגר העילי וכן התחתית/דיפוזי מסך המשקעים אשר ירדו באגן ההיקוות. המים אשר יורדים על האדמה אוספים בדרכם אל הנחל חלקיקי קרקע (סחף) וממיסים אל קרבם מגוון תרכובות (כולל מינרלי הזנה- נוטריאנטים). אופי וכמות הסחף והתרכובות המומסות במי הנגר תלוי בתכסית ובשימושי הקרקע. בנוסף לכך, משמש אפיק הנחל לקליטת שפכים/קולחים ביתיים, חקלאיים ותעשייתיים. באפיק הנחל נצברת גם אשפה גושית אשר משחררת עם הזמן תרכובות אל גוף המים. מערכת הנחל בעלת אופי ווקטורי אשר צוברת השפעות לכל אורכה. באזורים שחונים כמו ישראל מי המעיינות אשר מזינים את הנחל ומאפשרים הסעת הסחף אל הים נתפסים על מנת לשמש את האוכלוסייה כך שזרימת הבסיס של הנחל בקיץ היא למעשה מלאכותית ומורכבת בעיקרה משפכים ברמת טיהור כזו או אחרת או שפכים גולמיים. בעונת החורף, הנחל חווה זרימות שיטפוניות של מים הקולטים מזהמים בדרכם אל הנחל. משטרי הזרימה הללו והעומס ה"זיהומי" נוטלים מהנחל את יכולתו לתפקד כמערכת אקולוגית המעבירה דרכה חומר ואנרגיה בשווי משקל דינמי והופכת אותו לתעלה מלאכותית עם תפקוד ויציבות ביולוגיים מועטים. עיקרון לה-שטלייה קובע שמערכת הנמצאת בשווי-משקל, תגיב להפרת שווי משקל זה, בכיוון שיחזיר את המצב לקדמותו. הנסיון מראה שככל שהמערכת יציבה יותר, כך עולה יכולתה לטפל בשינויים המוכנסים בה ולהכיל אותם בצורה אשר לא תפגע באופייה הראשוני. גורם נוסף המשפיע על יכולת זו, הוא היקף, עומק ותדירות השינוי. כאשר אנו דנים במערכת אקולוגית ניתן להתייחס לשינויים אלה כהפרעה וזה המושג שבו אשתמש מכאן ואילך. את זיהום נחל הירקון ניתן לחלק לשתי קבוצות עיקריות. זיהום נקודתי (point source) וזיהום שאינו נקודתי (non-point source). כל אחת מהקבוצות הללו מתחלקת גם היא על-פי מקור הזיהום. (איור 5)

זיהום נקודתי

הביטוי זיהום נקודתי משמש לתיאור מקור זיהום אשר יודעים מהיכן הוא יוצא ולהיכן הוא נכנס. לקבוצת הזיהום הנקודתי בירקון נכנסים בעיקר גורמי זיהום המשוייכים לקולחי מטש"ים. בנוסף לאלה קיימות שתי נקודות הזרמה של זיהום נקודתי בשפכי תעשייה. טבלה 1 מרכזת את מקורות הזיהום הנקודתיים של נחל הירקון בארבע השנים האחרונות. מקורות אלה עשויים להיות סדירים (מטש"ים) וכאלה שאינם סדירים. ראוי לציין שמימי המטש"ים מהווים

בתקופת הקיץ את זרימת הבסיס ואלמלא הם, זרימת המים בירקון הייתה מגיעה לכדי זרזיף אם בכלל. מקורות זיהום אלו נתפסים בראש ובראשונה כאחראים על העומס האורגני הרב במי נחל הירקון על המשתמע מכך (עכירות, נוטריאנטים, פלורה בקטריאלית, אנאוקסיה). ניתן לקבל מושג על מימדי המונח עומס אורגני כאשר מחשבים את הכמויות השנתיות אשר פולטים המטש"ים אל אפיק הנחל. לדוגמא בשנת 2001 פלט מטש"ש כפ"ס-הוד השרון אל נחל הירקון,



איור 5: תאור סכימתי של מקורות זיהום לנחל ומשך השפעה מזמן הפסקת הזיהום.

טבלה 1: מקורות הזיהום לנחל הירקון (1999 – 2003, על פי נתוני רשות נחל ירקון)

שם המקור	אופי הזיהום	אופי הזרימה
נחל רבה (ביוב ראש העין)	שפכים	ספורדי (בעת ירידת משקעים מוגברת)
מטש"ש כפ"ס-הוד השרון (דרך נחל קנה)	קולחים שניוניים	סדיר
מטש"ש ניר-אליהו (דרך נחל קנה)	קולחים ראשוניים/שפכים	סדיר בחורף, ספורדי בקיץ
מטש"ש רמת-השרון (ישירות לנחל)	קולחים שלישוניים	סדיר
נקז סנו (דרך נחל קנה)	שפכים תעשייתיים	ספורדי
מפעל לצביעת בדים מרגנית	שפכים תעשייתיים	ספורדי (נסגר לאחרונה)

קרוב ל-11,000 טון חומר אורגני זמין (כפי שמתבטא בצח"ב). (החישוב בוצע על בסיס נתוני המכון). מספר זה עוד גדול יותר כאשר מבצעים חישוב דומה לגבי חומר אורגני כללי (צח"כ). אולם הדרך היותר מדויקת להתבונן על בעיית הזיהום היא השטף. נחל הינו מערכת זורמת אשר צוברת רק חלק מהחומר אשר נכנס אליה. על-כן, יש להתמקד בשטף המזהמים ולא דווקא במספרים המצטברים. במקרה הפרטי של נחל הירקון שזרימתו אינה רציפה ומקוטעת על-ידי סכרים, יש להתייחס לכל מקטע בין שני סכרים, בנפרד.

זיהום שאינו נקודתי

ההתייחסות לזיהום שאינו נקודתי הנה בעייתית יותר מההתייחסות לזיהום הנקודתי. הנקודות המעורפלות ביותר לגבי זיהום כזה הוא התפרוסת של גורמי הזיהום והכמות הנתרמת ממקורות אלה. להגדרה של זיהום שאינו נקודתי בהחלט יכולים להיכנס אתרים שהם נקודתיים למשעי, אך אינם בקשר ישיר עם הנחל. לדוגמא, למזבלה או אתר הטמנה הנמצאים בשטח אגן ההיקוות יש נ.צ. וניתן למצוא אותו במפה אך קיים קושי רב להעריך את כמויות הזיהום ואת הדרך שהם עושים עד הגיעם לנחל. להבדיל מדוגמאות אלה קיימים גורמי זיהום שתרומתם לזיהום קטנה בנקודה מסוימת, אך יש להם שטח נרחב כך שאינטגרל התרומה שלהם עשוי להיות משמעותי ובעל השפעה מכרעת, לדוגמא כבישים ושדות חקלאיים. בפרק זה לא אתייחס לאגן נחל איילון. נחל איילון מתחבר לירקון 2 ק"מ לפני השפך, השפעתו מוגבלת לירקון המלוח ולמעשה הוא אינו "משתתף במשחק".

לקבוצה זו של זיהום אשר אינו נקודתי, נכנסים למעשה כלל גורמי הזיהום הידועים בירקון. עונת השנה אשר בה חודר רוב הזיהום הבלתי נקודתי היא עונת החורף. בעונה זו, נגר עילי אשר נוצר ממשקעים שירדו באגן ההיקוות ומגיע לירקון דרך יובליו (בעיקר בחלקו העליון של הירקון) ודרך הנקזים של אגני המשנה העירוניים בחלקו התחתון. בעונת הקיץ, דרכי החדירה של זיהום לא נקודתי לירקון מצטמצמות ומוגבלות לנקזים המזרימים תשטיפים ממשטחי תעשייה וזרימת מים לטראלית משדות מעובדים. מקורות זיהום אילו אינם עוקבים אחד דגם התנהגות מסויים וקיים קושי להתחקות אחר מקורם. להלן סקירה תמציתית של פירסומים ודוחות העוסקים בהיבטים של זיהום הירקון.

מידע על מקורות ומצב זיהום הנחל

הנושא: השפעת חומר אורגני מומס ומרחף על ריכוז יסודות –המיקרו במי-הירקון ועל השתנותם עם הזמן והמרחב

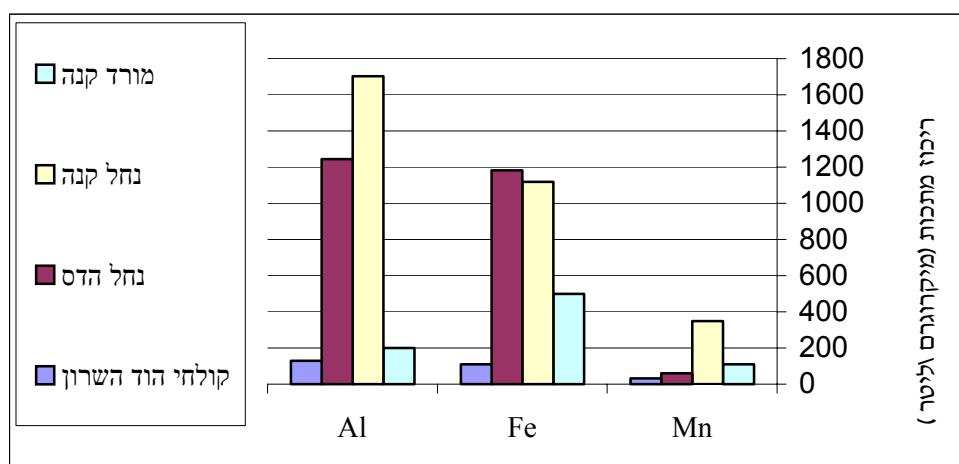
- **המחברים:** מ. בן-חור, לימור שהרבני, אורי מינגלגרין
- **שנה:** 2002
- **מקור:** דו"ח –קול קורא
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** כימיה של מי נחלים, זיהום מים, קריטריונים של איכות מים לשיקום נחל.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** הבנת תהליכים של אסוציאציה ודיסוציאציה של יסודות קורט עם חומר אורגני מומס במי-הירקון.

עיקרי הממצאים

1. עיקרו של החומר האורגני המצוי בירקון הנו מסיס.
2. לא נמצא הבדל בריכוזי המיקרואלמנטים בין דגימות שנלקחו בחורף לבין כאלה שנלקחו בקיץ.
3. יסודות הקורט Cu, Sr, Mn, B, V נמצאו בעיקר בצורתם המומסת ואילו היסודות Al, Fe, Zn נמצאו בעיקר ספוחים לפרקציה הגסה של החומר המרחף.
4. בגרפים שבדקו את השתנות ריכוזי היסודות לאורך זמן, קיימים "פיקים" משמעותיים וחריגים בריכוזי היסודות Zn, Fe, Al, V בכל התחנות ובפרט בתחנת הנופרים.
5. מטרת עבודה זו הייתה לאשש השערה בדבר מתאם חיובי בין ריכוז החומר האורגני המומס לבין ריכוז יסודות המיקרו, אולם, לא נמצא מתאם שכזה (למעט הבורון). ממצא זה עומד בניגוד לעבודות אחרות מהעולם אשר מאששות השערה זו.
6. יסודות הקורט התמיינו כמפורט בטבלה:

גבוה בנופרים ונמוך בנחל	נמוך בנופרים וגבוה בנחל	דומה בנופרים ובנחל
Zn, Fe, Al, Sr, V	B	Cu, Mn

7. עובדה מעניינת היא שריכוזי הברזל האלומיניום והמנגן גבוהים יותר באופן משמעותי באפיקים הקולטים את הקולחים מאשר בקולחים עצמם (איור 6).



איור 6. ריכוז מתכות בקולחי מפעל טיפול בשפכים כפר-סבא הוד השרון ולאורך ערוץ הניקוז עד לכניסתו לנחל הירקון במפגש קנה. (עיבוד על בסיס נתוני המחברים)

הנושא: תפוצת מזהמים אורגניים רעילים במי הירקון : זיהוי, מוצא, גורל

- **המחברים:** חיים רב-אחא, לודמילה גרויסמן, עובדיה לב
- **שנה:** 2002
- **מקור:** דו"ח – קול קורא
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** כימיה של מי נחלים, זיהום מים, קריטריונים של איכות מים לשיקום נחל.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** איתור מקורות זיהום אנתרופוגניים, אפיון קבוצות הזיהום העיקריות, בחינת השפעת עונת החורף על ריכוז ותפוצת המזהמים.

עיקרי הממצאים

1. נחל הירקון ממורד קנה מערבה סובל באופן קבוע מזיהום מהחומרים המשתייכים לקבוצות החומרים הטבעיים ((חומצות אליפטיות, חומצות הומיות שונות), חומרי הדברה, חומרי רפואה, תוצרי ביניים תעשייתיים, חומרים לתעשיית הציפויים ו-PAH_s.
2. הירקון הנקי אינו סובל מזיהום תעשייתי משמעותי. החומרים שכן נמצא משתייכים לקבוצת החומרים הטבעיים.
3. לא אותר מזהם דומיננטי אחד. זאת כיוון שנצפו שיאי ריכוז של חומרים שונים במועדי דיגום שונים.
4. לא נמצא דגם תפוצה של המזהמים השונים ורמת הזיהום כמעט ואינה משתנה ממורד נחל קנה ועד למעלה שבע טחנות.
5. קבוצת המזהמים הדומיננטית ביותר במי-הירקון היא קבוצת חומרי הרפואה אשר מכילה בין השאר תרופות וחומרים המשמשים בתעשייה פרבמצבטית.
6. נמצא כי נחל קנה הוא התורם העיקרי לגורמי הזיהום שנסקרו.
7. אופי זיהום הסדימנט היה דומה בדגימות שנלקחו מייד במורד מפגש קנה ובשבע-טחנות. נמצא כי PAH_s נמצאו רק בסדימנט ולא בגוף המים, אולם היו מזהמים שנמצאו הן בסדימנט והן בגוף המים.

הנושא: אצות וחלקיקים מרחפים במי הירקון : אפיון, גורלם ובקרתם (2)

- **המחברים:** אבנר עדין, איריס זוהר, לובה רובינשטיין.
- **שנה:** 2000
- **מקור:** דו"ח קול קורא.
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** פיזיקה וכימיה של המים, תכונות שיקוע של חומרים קולואידליים.
- **רלוונטיות לשיקום נחל הירקון:** הבנת תהליכי השיקוע/סילוק של חלקיקים מרחפים בירקון, בחינת תרומתן החיובית/שלילית של אצות במי הירקון על

שיקוע חלקיקים, מיפוי מקטעי הנחל בו מתבצעים תהליכי שיקוע ומקטעים בהם שיקוע אינו קורה, הנחת בסיס למאזן מסה.

עיקרי הממצאים

1. ממצאי בדיקות העכירות עלה כי קיימת מגמת ירידה בעכירות, משיא במקורות הירקון עד לשפל במוצא שפכי רמת השרון ועלייה מזערית בעכירות בשבע-טחנות.
2. החומר החלקיקי המרחף במקורות הירקון מורכב ברובו מפרקציה מינרלית. ממורד נחל קנה והלאה עולה ריכוז הפרקציה האורגנית מכלל החומר המרחף.
3. מבדיקת התפלגות גודל החלקיק נמצא כי הפרקציה הדומיננטית נעה בין 5 ל- 10 מיקרון.
4. נראה כי לא מתקיימת מגמה קבועה של הסרת חומר לאורך אפיק הנחל. תהליך השיקוע, כפי שאופיין בניסויים, הצביע על תנודות חריפות בריכוזי החלקיקים בעומק נתון.
5. התחנה היחידה אשר נראה כי מתבצעים בה תהליכי שיקוע משמעותיים היא שבע טחנות.
6. נוכחות חומר אורגני בכלל ואצות בפרט מפריעה לתהליך השיקוע, בניגוד להשערה כי נוכחות אצות עשויה לסייע בתהליך הפלוקולציה של חלקיקים קולואידליים.
7. ניסיון לביצוע מאזן מסה בנחל מעלה את ההשערה כי לנחל מתוספים חלקיקים במהלך זרימתו. יש לציין כי מאזן המסה שבוצע הסתמך על הנחות יסוד אשר יש לבדוק יותר לעומק.

הנושא: Biological and Chemical Succession in Nahal Soreq

A Free-flowing Wastewater stream

מחברים: א. דור, ה. שכטר ו-י. שובל (DOR, H. SCHECHTER, H. I. SHUVL)

שנה: 1976

מקור: Appl. Ecol. 13, 475-489

רלוונטיות לשיקום נחלים: תהליכי טיהור עצמי של נחל הררי, השפעת התנאים הפיזיקליים על תהליכים אלו.

רלוונטיות לשיקום הירקון: בדיקה השוואתית של התנאים בנחל סורק אל מול התנאים בנחל הירקון. היקשים לוגיים בנושא טיהור עצמי של הירקון.

עיקרי הממצאים

1. נמצא כי לאחר 15 ק"מ של זרימה באפיק תלול (מסך של 45 ק"מ שנבדקו), 76% מהצח"ב סולק, 66% מהחנקן הכללי סולק וכ- 45% מכלל המוצקים המרחפים סולקו.
2. נמדדה עלייה בריכוזי החמצן מנקודה המרוחקת כ- 15 ק"מ מנקודת הזרמת השפכים.

3. במקומות בהם נוצרו בריכות עם אנרגיית זרימה נמוכה, נוצרו במהירות תנאים אנאירוביים.
4. נמדדה ירידה הדרגתית בעומס האורגני כפי שהוא משתקף מדגימות בוצה אשר נלקחו מנקודת ההזרמה ואילך במורד הנחל.
5. כ- 99% מהקוליפורמים הצואתיים נעלמו במהלך זרימת הנחל ואילו הוירוסים הראו ירידה של 95% (גם האחוז הנותר של חיידקי המעיים ייצג כמות של 10^4 חיידקים ל-100 מ"ל).
6. האצות הזואופלנקטון וחסרי החוליות הגדולים הראו דגמי תפוצה ועושר אשר עלו בקנה אחד עם דרגת הטיהור העצמי של הנחל בנקודה הנבדקת. ככל שרמת הטיהור הייתה נמוכה כך עושר המינים היה נמוך והמינים שנכללו בו היו שייכים לקבוצות הטולרנטיות לזיהום אורגני.
7. עם השיפור באיכות המים הקבוצות המאפיינות מים נקיים התגברו הן בעושרן והן במספרן הכולל על הקבוצות הטולרנטיות.

הנושא: Yarqon river- improvement to the water system (כרך ב')

- **מחברים:** DHV Med LTD
- **שנה:** 2001
- **מקור:** דו"ח חברת DHV
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** ניתוח אגן ההיקוות לפי תרומות הזיהום הבלתי נקודתי.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** הסבר ורציונל לפיתוח מערכת ממ"ג להערכת פוטנציאל זיהום נחל הירקון ממי- נגר וכן את התרומה הפוטנציאלית של גורמי זיהום נקודתיים ובלתי נקודתיים שונים, פירוט רשת ההולכה של השפכים ושל מערכות הניקוז/תיעול של הישובים העיקריים הנמצאים באגן הירקון. פירוט ביצועי המטש"ים הנוכחיים והעתידיים.

הנושא: דיגום קרקעית הירקון מאי 1998 תוצאות, דיון והצעות לשיטת עבודה

בהמשך

- **מחברים:** יורם אבנימלך, מיכה הרצוג, מליק כוכבא
- **שנה:** 1998
- **מקור:** דו"ח חצי שנתי למחקר 150-920
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** השפעת זיהום המים על קרקעית הנחל, תהליכים כימיים וביולוגים בקרקעית נחל מזוהמת.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** גילוי קשת המזהמים המצויים בקרקעית נחל הירקון. איתור ומיפוי את אזורי הקרקעית המזהמים, קביעת דרגת הזיהום במקומות שונים בנחל, אפיון תהליכים של הסעה/השקעה של סדימנט.

עיקרי הממצאים

1. ניתן לחלק את הנחל למספר אזורים עפ"י עומק הבוצה.
אזור השפך עד תעלת ברנדייס בערך - בוצה עמוקה בתחום של עשרות ס"מ עד מטר. תעלת ברנדייס ומזרחה, עד לאזור האצטדיון - בוצה רדודה בד"כ, למעט אזור האצטדיון עצמו (20-40 ס"מ). מהאצטדיון עד לאזור תע"ש - בוצה רדודה (פרט לעיקולים). אזור תע"ש עד מפגש ירקון-קנה בוצה עמוקה, עד עשרות ס"מ. מפגש ירקון קנה עד לסכר נווה ירק - בוצה רדודה (אזור זה נידגס מספר מועט של פעמים). סכר נווה-ירק עד ל"פילבוקס" - בוצה עמוקה מאוד, עשרות ס"מ עד מעל מטר.
2. יציבות הפחמן האורגני המצוי בבוצות הירקון גדולה עד פי שלושה מיציבות פחמן אורגני האופייני לבוצות מט"שים.
3. התפלגותם של האמון, החומצות האורגניות והסולפידים לעומק החתכים שנבדקו לא היו עקביים ועל-כן לא ניתן היה לאפיין על פיהם את גוף המים שמעל הקרקעית.

הנושא: דיגום קרקעית הירקון

- **מחברים:** יורם אבנימלך, מליק כוכבא, עודד דסה, יאיר סגל, יגאל מסטר
- **שנה:** 1999
- **מקור:** דו"ח שנתי למחקר 150-920
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** השפעת זיהום המים על קרקעית הנחל, תהליכים כימיים וביולוגיים בקרקעית נחל מזוהמת.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** גילוי קשת המזהמים המצויים בקרקעית נחל הירקון, איתור ומיפוי של אזורי הקרקעית המזהמים, קביעת דרגת הזיהום במקומות שונים בנחל, אפיון תהליכים של הסעה/השקעה של סדימנט.

עיקרי הממצאים:

1. עומק הבוצה- בחלקו המלוח של הירקון עומק הבוצה נע בין 40 ל- 60 ס"מ. קיים אזור נוסף של בוצה עמוקה במעלה סכר שבע-טחנות. גם במעלה הנחל קיימים אתרים של בוצה עמוקה.
2. פחמן אורגני – האזור המועשר ביותר בפחמן אורגני הנו מעלה סכר שבע-טחנות ועד אזור האצטדיון. ככל שמעמיקים לתוך הבוצה ריכוז הפחמן האורגני יורד.
3. אמון - ריכוזי האמון בקרקעית החלק המלוח נמוכים יותר מאלו שנמצאו במעלה סכר שבע-טחנות. באזור הנ"ל נמדדו ריכוזים אשר הגיעו עד ל- 2100 חל"מ. בנוסף נמדדו ריכוזים גבוהים בחלקו המרכזי של הנחל באביב 1999.
4. סולפיד – פיזור האתרים בהם נמדדו ריכוזי סולפיד גבוהים היה גדול יותר מפיזור האתרים בהם נמדדו ריכוזי אמון גבוהים. הרמות הגבוהות ביותר

- שנמדדו הן בחלקו המלוח של הירקון והן בקטע המרכזי, היו בסתיו 1998 ובאביב שלאחריו. מסתיו 1999 ניכרה ירידה בריכוזי הסולפיד בקרקעית הירקון.
5. פחמימנים – האזור המועשר ביותר בפחמימנים הנו החלק המרכזי של הירקון. במספר דיגומים, ניתן היה להריח את הפחמימנים. יחד עם זאת, נמדדו רמות פחמימנים גבוהות גם בחלק המלוח. קיימת עלייה כללית בריכוזי הפחמימנים מ-1997, אך לא נקבעו או אופיינו מגמות פרטניות בריכוזי החומר עם הזמן.
6. מתכות כבדות – קבוצת המתכות הכבדות נחלקה לשניים מבחינת עיתוי ומיקום הופעתן. הקבוצה הראשונה כוללת את המתכות וואנאדיום, עופרת, כרום, קובלט, מנגן וניקל. מתכות אלו הופיעו בעיקר באביב 1998 (60 חל"מ במקרה של וואנאדיום). הקבוצה השנייה כוללת את הקדמיום, האבץ והנחושת. מתכות אלו הופיעו באופן מפוזר בכל חלקי הנחל ללא שיא במועד מסוים. האזור בו נמצא הקדמיום באופן עקבי יותר היה מעלה שבע-טחנות.

הנושא: בדיקת קרקעית נחל הירקון אביב 2000

- **מחברים:** מלכה כוכבא, עודד דסה, יאיר סגל, יורם אבנימלך
- **שנה:** 2000
- **מקור:** דו"ח מסכם עבור רשות נחל הירקון
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** השפעת זיהום המים על קרקעית הנחל, תהליכים כימיים וביולוגיים בקרקעית נחל מזוהמת.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** גילוי קשת המזהמים המצויים בקרקעית נחל הירקון. איתור ומיפוי את אזורי הקרקעית המזהמים, קביעת דרגת הזיהום במקומות שונים בנחל, אפיון תהליכים של הסעה/השקעה של סדימנט, בחינת אירועי שטפונות על תכונות קרקעית הנחל.

עיקרי הממצאים

1. בחורף של שנת 1999/2000 חלה שטיפה משמעותית של בוצה אל מחוץ לנחל.
2. ערכי עומק הבוצה שנמדדו באביב 2000 היו נמוכים בממוצע בכ-20 ס"מ מהערכים שהתקבלו בסתיו 1999. צפיפות הבוצה בשכבת הקרקעית העליונה גבוהה יותר באביב מאשר בסתיו.
3. ריכוזי הפחמן האורגני, האמוני, הסולפידים והפחמימנים בקטע הירקון המרכזי היו גם בדיגום זה, הגבוהים ביותר מכלל אתרי הירקון שנדגמו, עם זאת, נצפתה ירידה בריכוזי הפרמטרים הללו לעומת דיגומי האביב בשנים שקדמו.
4. המתכות לא הראו מגמה דומה לפרמטרים האורגניים ונרשמה עלייה בריכוזי הקובלט, הכרום, המנגן, הניקל, והוואנאדיום.
5. ברוב אתרי הדיגום ריכוזי הקדמיום היו מתחת לסף הגילוי, אך הכותבים מציינים כי בדיגום הנוכחי עלה מספר הנקודות שבהן התגלתה נוכחות לא מבוטלת של קדמיום בהשוואה לדיגומים הקודמים.

6. קיימת מגמה ברורה של ירידה בריכוזי העופרת בקרקעית. ירידה זו יכולה להיות מוסברת ע"י עובדת השימוש המתגבר בדלק נטול עופרת.

הנושא: אפיון כימי של דוגמאות זיהום מדלקים בירקון בעקבות דליפה

מתחנת הכוח רידינג בתאריך 31/5/2000

- **מחברים:** שמעון פיינשטיין, איתמר פלאי, שי עזרא
- **שנה:** 2000
- **מקור:** דו"ח שהוזמן ע"י חברת החשמל
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** זיהום בדלקים, תהליכי בליה, טיפול בזיהומי דלק.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** איתור מזהמי דלק נוספים, בחירת אינדיקטורים לזיהום מדלקים ולתוצרי הבליה שלו.

עיקרי הממצאים

1. מעבר לאירוע הדליפה הנחקר, קיים מקור זיהום נוסף של דלקים המגיעים לירקון המלוח.
2. חלק מפרקציות הדלק עוברות בליה מהירה.
3. מרבית הבליה היא ביוכימית.
4. יעילות פעולות הניקוי תלויה בעיקר במצע המזוהם, סדימנט מתנקה ביתר יעילות מאבנים.

הנושא: מנגנוניים ביוכימיים של תגודת לרעלי עצב ורכובות מוטגניות, בדגי גרם ממקורות מים מתוקים בישראל

- **המחברים:** רמי מנליס ועמינדב יעבץ (מנחה)
- **שנה:** 2002
- **מקור:** עבודת גמר לקראת התואר "דוקטור לפילוסופיה", המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל - אביב.
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** ביולוגיה, זיהום מים, ניטור ביולוגי.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** המחקר בחן את השימוש בסמנים ביולוגיים בדגים, כאמצעי לניטור תרכובות רעילות במי הירקון.

עיקרי הממצאים

1. בעקבות אירועים שונים של תמותת דגים בנחל הירקון בין השנים 2000 - 1995, הובאו מדגמי דגים ממינים שונים למעבדה האקוטוקסיקולוגית ביוכימית, באוניברסיטת תל-אביב. באמצעות בדיקות ביוכימיות אינזימטיות של "פרופיל אצטילכולינאסטרז" נמצא כי בחלק מהמקרים בהם אובחנה תמותת דגים בנחל, הפגיעה הייתה קשורה לחשיפתם של הדגים לחומרי הדברה מסוג האורגנוזרחניים והקרובים.

2. בסיכום רב שנתי של המחקר בנחל הירקון נמצא כי אזור מעיינות הירקון הוא האזור הנקי ביותר בנחל מבחינת הימצאות שאריות רעלי עצב במים מסוג האורגנוזרחניים והקרבתמים. האזור המרכזי, מכניסת נחל קנה ועד למורד סכר שבע טחנות, התאפיין ברמת זיהום יחסית גבוהה יחסית של בשאריות רעלי עצב מסוג האורגנוזרחניים והקרבתמים.
3. נמצא מתאם בין הממצאים הביוכימיים אינזימטיים בשיטת "פרופיל אצטילכולינאסטרז" לבין הממצאים של שאריות חומרי הדברה במדגמי הדגים ובמדגמי המים שהובאו מאתרים שונים מנחל הירקון.
4. מידת החשיפה של דגים לשאריות קוטלי חרקים אורגנוזרחניים וקרבתמים במי הירקון שונה באופן מובהק בין העונות השונות של השנה - בעונת הקיץ ולאחר שיטפונות החורף נמדדה רמת מזהמים גבוהה ביותר.
5. בבדיקות מי הקולחין היוצאים אל נחל הירקון ממכון הטיהור כפר-סבא הוד השרון נמצאו בדגים שאריות חומרי הדברה במים המושבים לנחל. לממצאים הביוכימיים עפ"י שיטת "פרופיל אצטילכולינאסטרז" נמצאו תמיכה ואישוש באנליזה כימית.
6. האקוסיסטימה האקוויטית של נחל הירקון חשופה, בנוסף לזיהום החקלאי, גם לזיהום תעשייתי. במחקר נמצא כי הדגים החיים מעל סכר קנה מעידים בממוצע רב שנתי על חשיפה נמוכה יחסית לשאריות רעילות מסוג הפחמימנים הארומטיים הרב-טבעתיים שהם חלק מנגזרות הזיהום התעשייתי. לעומת זאת, מאזור כניסת נחל קנה ועד למורד שבע טחנות נמצאה אינדוקציה גבוהה של ציטוכרום P4501A. בקטעי הנחל השונים, ממורד נחל קנה ועד לאזור 10 טחנות נמצאה רמת הפעילות הקטליטית הגבוהה ביותר. ממצא זה מעיד על רמת זיהום גבוהה בנחל באזור זה, בתרכובות הידרוקרבוניות רעילות שמקורן יכול להיות בשפכים של התעשייה, תחבורה ותחנת הכוח או בשילוב שלהם יחדיו.
7. בקטע המערבי המלוח של הירקון נמצא בשנת 2000 עיכוב בפעילות האנזים אצטילכולינאסטרז בדגי קיפון. ההשוואה נערכה בין שני אתרים: אזור גשר רוקח ואזור גשר "רידינג". באותה תקופה, בחודש מאי חלה תקלה טכנית באזור זה ודלק מסוג מזוט הגיע למי הנחל. האנליזה הביוכימית הן לגבי עיכוב "פרופיל אצטילכולינאסטרז" והן לגבי אינדוקציה של ציטוכרום P4501A הצביעה הן על חשיפה לרעלי עצב והן על חשיפה של הדגים לתרכובות הידרוקרבוניות רעילות.

הנושא: אינדוקציית הציטוכרומים P4502E-like ו-P4501A ופעילות אצטילכולינאסטרז בדגי גרם כסמנים ביולוגיים לניטור זיהום נחל הירקון.

- **המחברים:** אורי פלביץ' ועמינדב יעבץ (מנחה)
- **שנה:** 2002
- **מקור:** עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך אוניברסיטה", המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל - אביב.

- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** ביולוגיה, זיהום מים, ניטור ביולוגי.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** המחקר בחן את השימוש בסמנים ביולוגיים בדגים, כאמצעי לניטור תרכובות רעילות במי הירקון.

עיקרי הממצאים

1. עיכוב פעילות האנזים אצטילכולינאסטרז (AChE) ברקמות המוח, הזימים והכבד של דגים, מעידה על חשיפה לחומרי הדברה מסוג אורגאנוזרחנים וקרבתם. בדומה, אינדוקציית האנזים ציטוכרום P-450A1 ופעילותו (EROD), מעידים על חשיפה לתרכובות רעילות כגון PAHs ו-PCBs.
2. בדגי אמנון מכלוא שנחשפו למי מאגר מקורות ראש העין, הובחן עיכוב מובהק ($p < 0.05$) בפעילות AChE, בהשוואה לדגים שלא נחשפו למי המאגר. בנוסף נצפתה עלייה משמעותית בתכולת האנזים ציטוכרום P-450A1 ופעילותו EROD (פי 4.4 ו-2.3 בהתאמה), בהשוואה לדגי ביקורת. בהשוואה בין דגי קרפיון שנלכדו במעלה הירקון לעומת דגי קרפיון שנלכדו במאגר ראש העין אובחנה בדגי המאגר תכולה גבוהה בכפי 8 באנזים ציטוכרום P-450A1 ופי 2 בפעילות EROD. ממצאים אילו מעידים על נוכחות תרכובות רעילות במי מאגר ראש העין.
3. דגי אמנון מכלוא שנחשפו למי הקטע התיכון המזוהם של הירקון, מתו בתוך מספר שעות מרגע החשיפה למי הנחל. בכל הדגים נמצא עיכוב מובהק בפעילות AChE בזימים ובמוח.
4. בדגים שנחשפו לקולחי מפעל טיהור השפכים (מט"ש) רמת השרון, נצפה עיכוב של כ-75% בפעילות AChE בזימים, אולם לא נצפתה ירידה בפעילות האנזים במוח. במקביל בדגים שנחשפו לקולחי המט"ש, נמצאה אינדוקציה מובהקת של האנזים ציטוכרום P-450A1. ממצאים אלו מעידים על נוכחות שיירי קוטלי חרקים ותרכובות הידרוקרבוניות בקולחי המט"ש המוזרמים אל הקטע התיכון של הירקון.
5. ברקמות דגים שנחשפו באתר "שבע טחנות" (מורד הקטע התיכון של הירקון), נמצאה פגיעה מובהקת בפעילות AChE ברקמות הזימים והכבד. בשלושה מיני דגים (אמנון גליל, קיפון טובר וקרפיון מצוי) שנלכדו באתר זה, נצפתה עלייה משמעותית באינדוקציית ציטוכרום P-450A1 ובפעילות EROD.

נחלי ישראל – סיכום תוצאות נטור איכות מים 1974 - 1978

מחברים: יעקב ארן, ראובן אורטל, גבי גפני, יעקב זק, סנדי גרינברג

שנה: 1980

מקור: דו"ח נציבות המים ומשרד הפנים

רלוונטיות לשיקום הירקון: תיאור איכות מי-הירקון בעבר ותפוצת המזהמים השונים בקטעי הירקון השונים.

נחלי ישראל – סיכום תוצאות נטור איכות מים 1979 - 1982

מחברים: גבי גפני, זאב קולר, סנדי גרינברג, הילל גלזמן, ראובן אורטל,

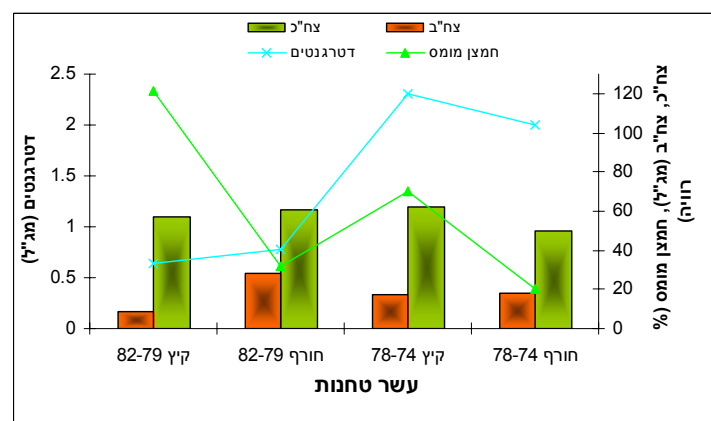
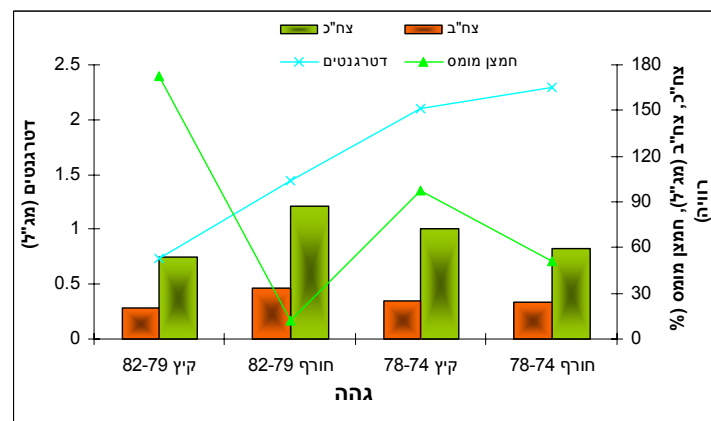
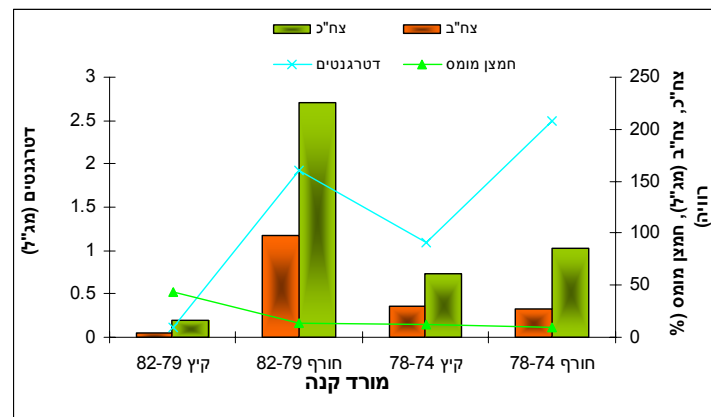
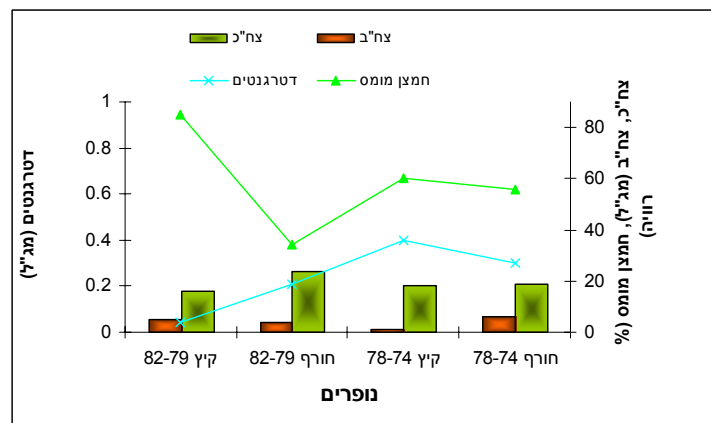
שנה: 1983

מקור: דו"ח נציבות המים ומשרד הפנים

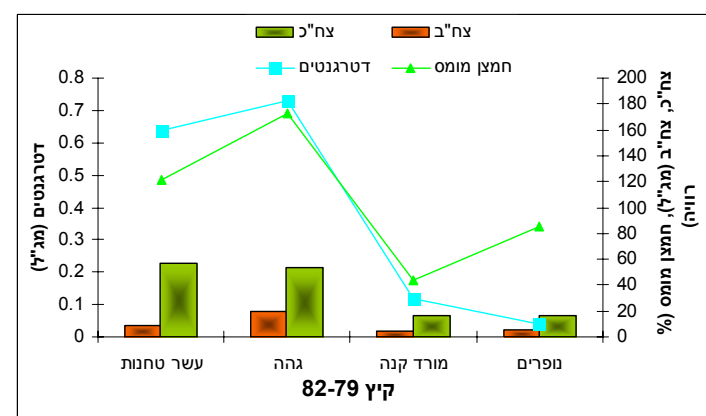
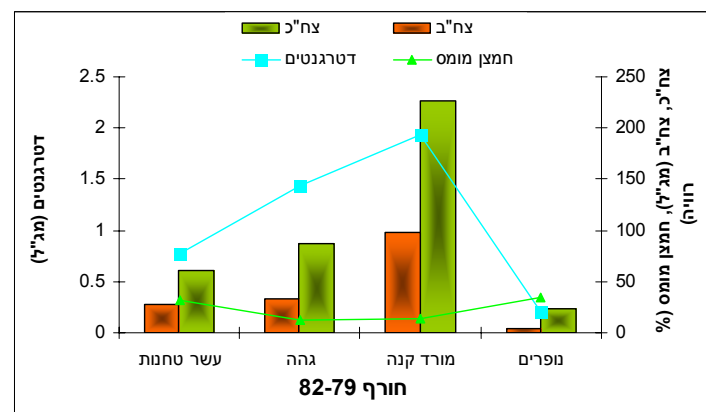
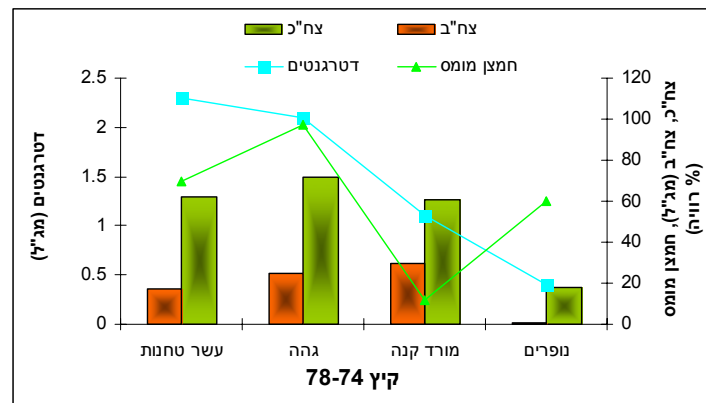
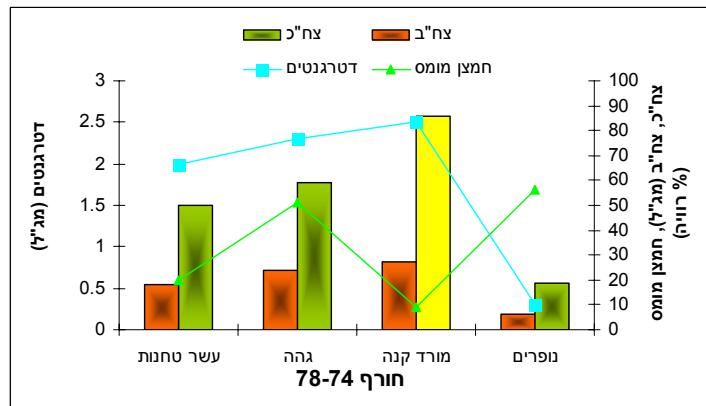
רלוונטיות לשיקום הירקון: תיאור איכות מי-הירקון בעבר ותפוצת המזהמים השונים בקטעי הירקון השונים.

ממצאים עיקריים של הדוחות לתקופה 1974 - 1982:

היות והדו"ח מורכב מטבלאות ואיורים ללא סיכום מובאים בזה איורים אשר עובדו מתוך הנתונים המצויים בדו"ח הנסקר (איורים 7, 8) וניתנת פרשנות של המחבר. יצוין כי התוצאות המובאות הן ממוצעים עונתיים לאורך תקופת הניטור וככאלה יש להתייחס אליהם. הניטור התבצע בעונת הקיץ ובעונת החורף. בחינת התוצאות הרב שנתיות על חתכי הבדיקה השונים מלמדת כמה דברים. ראשית מכלל הפרמטרים שנבחרו להצגה, רק ריכוז החמצן המומס וריכוז הדטרגנטים עקבו אחרי דגם התנהגות כלשהוא (למעט בתוצאות המדגמים בחורפים בין 79-82 וארחיב על כך בהמשך). דגם ההתנהגות של החמצן היה בנוי מריכוזים הקרובים לרוויה בנופרים, ירידה עד לאנאוקסיה במורד מפגש ירקון – קנה, ריכוזי שיא בגהה (כביש 4) ושוב ירידה יחסית בעשר טחנות. לריכוזי החמצן נמצא דגם התנהגות עונתי בכל התחנות למעט בתחנת מורד מפגש ירקון – קנה. כאשר עונת הקיץ היא העונה בה ריכוזי החמצן המומס גבוהים באופן יחסי לעונת החורף. ממצא נוסף העולה מבחינת הממצאים הנ"ל הוא שריכוזי הדטרגנטים במי-הירקון נמצאו במגמת ירידה בכלל התחנות מחורף 1974 ועד לקיץ 1982. מבחינת עונות השנה גם-כן ניתן להבחין בדגם התנהגות לגבי הירקון המזוהם (ממורד קנה לכוון השפך). עיון באיורים מראה שבעונות החורף מתרחשת ירידה הדרגתית בריכוזי הדטרגנטים ממורד קנה ועד לעשר-טחנות ואילו בעונות הקיץ מתרחשת תופעה הפוכה של עלייה בריכוזי הדטרגנטים ממורד קנה ועד לעשר-טחנות. ריכוזי הצח"כ והצח"ב ממורד קנה והלאה לכוון השפך הראו דגם התנהגות עונתי שלא ניתן להעריך את מובהקותו עקב מחסור בנתונים. דגם זה מראה שבעונות הקיץ ריכוזי הצח"כ והצח"ב היו במגמת ירידה ממורד קנה דרך גהה ועד לעשר טחנות ואילו בעונות החורף, דגם זה היה הפוך. הווה אומר עלייה בריכוזי הצח"כ והצח"ב או לכל הפחות אי-ירידה שלהם ממורד קנה והלאה.



איור 7. השוואת ריכוזים ממוצעים של צח"ב, צח"כ, חמצן מומס ודטרגנטים, בארבע תחנות דיגום לאורך הירקון, בעונות שונות בין השנים 1974 - 1982 (עיבוד מתוך דוח ניטור נציבות המים ומשרד הפנים)



איור 8. השוואת ריכוזים ממוצעים של צח"ב, צח"כ, חמצן מומס ודטרנגטים, בעונות שונות בין השנים 1974 - 1982, בארבע תחנות דיגום לאורך הירקון, (עיבוד מתוך דוח ניטור נציבות המים ומשרד הפנים)

דו"ח רשות נחל הירקון - 2000

- **מחברים:** יונתן רז
- **שנה:** 2000
- **מקור:** דו"חות רשות נחל הירקון
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** דוגמא לניטור פיזיקוכימי, מזהמים אנתרופוגניים ופרמטרים ביולוגיים המשמשים למעקב אחר מצב הנחל.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** איתור המזהמים הראשיים והמשניים בירקון, איתור מקורות הזיהום השונים, בחינת תהליכי טיהור עצמי בנחל, בחינת השפעות המזהמים השונים על הפלורה והביוטה, הגדרת פרמטרים של איכות מים הרצויים לקיומם של בתי הגידול השונים.

עיקרי הממצאים

א. מקורות זיהום ואופיים:

1. מט"ש כפ"ס הוד השרון- קולחים שניוניים בספיקה של 800 מק"ש, חומרי צבע (שחור סגול).
 2. מעלה קנה – שפכים גולמיים או לאחר טיפול ראשוני בלבד, ספיקה של ~50 מק"ש.
 3. מט"ש רמה"ש – קולחים שלישוניים לאחר סינון והכלרה, ללא הרחקת זרחה.
 4. נקזים בירקון המלוח - גלישות ביוב נקודתיות.
 5. זיהום שאינו נקודתי – מתכות, שמנים, פחמימנים, חומרי הדברה.
- ב. מגמות ושינויים בריכוזי המזהמים העיקריים:
1. אמוניה – ריכוזים נמוכים בחלק הנקי של הירקון. לאחר מפגש קנה-ירקון, מתרחשת עלייה חדה בריכוז האמוניה. מורד הנחל מנקודה זו ואילך מאופיין בירידה הדרגתית בריכוזי האמוניה עד לשבע-טחנות. (לאחר כניסת קולחי רמה"ש מתרחשת ירידה חדה בריכוזי האמוניה כתוצאה ממהיול מי- הנחל עם קולחי רמה"ש המאופיינים בריכוזי אמוניה נמוכים).
 2. אמוניה בלתי מיוננת – בכל חלקי הירקון (לרבות מעלה הירקון הנקי) עוברים ריכוזי האמוניה הבלתי מיוננת את סף הריכוז הגורם לעקה ברונית (על-פי עבודתו של אלדד אלרון). קיימת חריגה גם מעבר לסף הריכוז של אמוניה בלתי מיוננת הגורם לעקה אקוטית למעט בקטע הנחל בין עשר-טחנות לשבע-טחנות.
 3. מוצקים מרחפים אורגניים – ככלל, דגם ההתנהגות של המוצקים האורגניים עוקב אחר דגם ההתנהגות של האמוניה, למעט העובדה שלא נרשמה ירידה בריכוזם לאחר כניסת קולחי רמה"ש.
 4. זרחה – אף על-פי שלא נקבע תקן לריכוז זרחה המותר להזרמה לנחלים, מתייחס דו"ח זה לריכוז הזרחה במי הירקון הנקי (0.5 מג"ל) כריכוז הרצוי. ריכוזי הזרחה בנחל המזוהם נעים בין 11 מג"ל מאזור מורד מפגש קנה ירקון ויורדים באורך הדרגתי עד הגיעם לריכוז ממוצע של 6 מג"ל באזור שבע-טחנות.

5. סולפיד – רמה של 0.5 מ"גל נמצאה ככזו הפוגעת בצמחיית המים. (ראה אגמי, מורד). ברוב חלקי הנחל ריכוז הסולפיד הממוצע לא עבר את הסף הזה למעט במורד קנה וסכר תע"ש (כ-0.7 מ"גל).

דו"ח רשות נחל הירקון - 2001

- **מחברים:** יונתן רו
 - **שנה:** 2001
 - **מקור:** דו"חות רשות נחל הירקון
 - **רלוונטיות לשיקום נחלים:** דוגמא לניטור פיזיקוכימי, מזהמים אנתרופוגניים ופרמטרים ביולוגיים המשמשים למעקב אחר מצב הנחל.
- רלוונטיות לשיקום הירקון:** איתור המזהמים הראשיים והמשניים בירקון, איתור מקורות הזיהום השונים, בחינת תהליכי טיהור עצמי בנחל, בחינת השפעות המזהמים השונים על הפלורה והביטה, הגדרת פרמטרים של איכות מים הרצויים לקיומם של בתי הגידול השונים.

עיקרי הממצאים

א. מקורות זיהום ואופיים

1. מט"ש כפ"ס – הוד השרון – ברוב השנה קולחים שניוניים אשר אינם עומדים בתקן וועדת ענבר, שיפור חל מחודש יולי ועד ספטמבר.
2. מעלה קנה - שפכים גולמיים או לכל היותר באיכות של קולחים ראשוניים. הופסקה הזרמת שפכי מצבעת המרגנית.
3. מט"ש רמה"ש - קולחים באיכות שלישונית לאחר סינון והכלרה. ערכי המדדים של קולחי רמת השרון עמדו במרבית ערכי תקן ההזרמה לנחלים, למעט חריגה בערכי המקסימום של מדדי זרחות והחנקות.
4. נקזים בירקון המלוח – גלישות ביוב גולמי ספורדיות, גלישות ביוב סדירות מנקז ברנדייס במשך השנה עד להתקנת מחסום פיזי.
5. זיהום שאינו נקודתי – בבדיקות שנערכו באזור עשר – טחנות לא נתגלתה נוכחות של חומרי הדברה מקבוצת רעלי העצבים. עוד נמצא כי ריכוזי המתכות במי הירקון היו מתחת לתקן המותר (ראוי לציין כי סוגי מתכות שונים נוטים להצטבר בקרקעית ולא בגוף המים).

ב. מגמות ושינויים בריכוזי המזהמים העיקריים:

1. אמוניה – ברוב שנת 2001 לא חל שינוי ביחס לשנה הקודמת. מחודש יולי באותה השנה, שופרו התהליכים במט"ש כפ"ס-הוד השרון. שיפור זה התבטא בין השאר בירידת ריכוז האמוניה בקולחים המוזרמים ממט"ש זה עד לרמה של 10 מ"גל.
2. אמוניה בלתי מיוננת – ריכוזי האמוניה הבלתי מיוננת היו דומים לאלה שחושבו בשנה שקדמה לדו"ח זה. רמת האמוניה הבלתי מיוננת חרגה מעבר לסף הכרוני

בכל נקודות הדיגום אך ירדה מתחת לסף האקוטי בין עשר-טחנות לשבע-טחנות. קיימת שונות גבוהה בריכוזי האמוניה בדיגומים השונים, שונות אשר אינה עקבית בהכרח עם עונות השנה.

3. כלל מוצקים מרחפים - לא נרשם שינוי מהשנה הקודמת בריכוזם של כלל המוצקים המרחפים. ריכוזם נע בין 70 מג"ל ל- 50 מג"ל תוך ירידה הדרגתית עד לשבע-טחנות (סילוק מרבי חל בין עשר טחנות ל-שבע-טחנות). בחלקי הירקון הנקי שלטת הפרקציה האנאורגנית מכלל המוצקים המרחפים ואילו בירקון המזוהם שלטת הפרקציה האורגנית.

4. זרחה – בשנה זו נרשמה עלייה בריכוזי הזרחה לעומת השנה שקדמה לה. ריכוזי זרחה גבוהים (20-24 מג"ל) נרשמו במורד קנה ובסכר תע"ש. מסכר תע"ש לכוון המורד חלה ירידה הדרגתית בריכוזי הזרחה עד לריכוז שנמדד בשבע-טחנות (10 מג"ל). בירקון הנקי נמדדו ריכוזים של 0.5 מג"ל (ריכוז זה מהווה את נקודת היחוס לאיכות מי הירקון המזוהם מבחינת תכולת הזרחה שבהם).

5. סולפיד – גם בריכוזי הסולפיד נרשמה עלייה קלה בשנה זו לעומת השנה שקדמה לה. הריכוז הגבוה ביותר שנמדד היה במורד קנה ועמד על ~0.9 מג"ל. מתרחשת ירידה הדרגתית ממורד קנה ואילך. מהלך הירידה בריכוזי הסולפיד במורד הנחל דומים לאלה שנרשמו בשנה שעברה.

דו"ח רשות נחל הירקון - 2002

- **מחברים:** יונתן רז
- **שנה:** 2002
- **מקור:** דו"חות רשות נחל הירקון
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** דוגמא לניטור פיזיקוכימי, מזהמים אנתרופוגניים ופרמטרים ביולוגיים המשמשים למעקב אחר מצב הנחל.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** איתור המזהמים הראשיים והמשניים בירקון, איתור מקורות הזיהום השונים, בחינת תהליכי טיהור עצמי בנחל, בחינת השפעות המזהמים השונים על הפלורה והביוטה, שימוש באינדקס השלמות הביולוגית, הגדרת פרמטרים של איכות מים הרצויים לקיומם של בתי הגידול השונים.

עיקרי הממצאים

א. מקורות זיהום ואופיים:

1. מט"ש ניר-אליהו- הנו גורם הזיהום אשר מימיו הנם הגרועים ביותר מבחינת איכותם. מי המט"ש כוללים בין השאר רמות גבוהות של כ-55 מג"ל צח"ב, 70 מג"ל חומר אורגני מרחף. הזרמת הקולחים/שפכים ממט"ש ניר-אליהו אינה קבועה (אירועי הזרמה הנמשכים מספר שבועות) אך הכמות השנתית המוערכת עומדת על כ-750,000 מ"ק לשנה. בשנת 2002 נפרצו סכרי עפר אשר היו אמורים להגן על הירקון מפני זיהום בשפכים גולמיים.

כתוצאה מפריצת הסכרים עלתה רמת הזיהום הבקטריאלי בירקון לכל אורכו ועד לירקון המלוח.

2. מט"ש כפר-סבא - הוד-השרון- הנו מקור הזיהום העיקרי של הירקון. זאת בשל העובדה שאיכות המים אשר הוא מזרים לירקון חורגת בהרבה מהרמה המותרת להזרמה לנחלים. בד בבד, כמות הקולחים שמזרים מט"ש זה היא הגבוה ביותר מבין מקורות הקולחים המגיעים לירקון ושלמעשה מט"ש כ"ס-הוד-השרון מהווה את מקור המים העיקרי של הירקון בעונת הקיץ. ריכוז צח"ב אופייני של קולחים אלו עומד על 22 מג"ל, ריכוז אופייני של חומר אורגני מרחף הוא מעל 20 מג"ל. נפח הקולחים השנתי של המט"ש עומד על קרוב ל- 8 מיליון מ"ק בספיקה שעתית של כ 900 מ"ק לשעה.

3. מט"ש רמת-השרון- הנו השלישי מבין מכוני הטיהור המזרימים את מימיהם לירקון. מי-המט"ש מוזרמים לנחל ישירות באמצעות צינור ולא דרך יובל של הנחל. איכות המים של מט"ש טובה ולרוב עומדת בתקני ההזרמה לנחלים. בעת תקלות במט"ש איכות המים הזורמת לירקון מורעת באופן שמורגש בנחל ממורד נקודת ההזרמה. נפח המים השנתי עומד על-2.5 מליון מ"ק בספיקה שעתית של 200 מ"ק. מט"ש זה מהווה למעשה גורם משפר למי-הירקון בכך שהוא מוהל את המים המגיעים ממעלה נקודת הכניסה שלהם ומוריד את ריכוז המזהמים.

4. נקזים בירקון המלוח- גם בשנה זו הוזרמו באופן ספורדי שפכים גולמיים מנקזים היוצאים לירקון המלוח. הנקזים המועדים ביותר להזרמת שפכים היו נקז ברנדייס ונקז רוקח.

ב. מגמות ושינויים בריכוזי המזהמים העיקריים :

5. אמוניה- גם בשנה זו נצפתה התופעה המוכרת משנים קודמות של ריכוז נמוך מאוד בחלק הנקי, עלייה חדה בריכוז ממורד כניסת נחל קנה (~33 מג"ל אמוניה מיונת) וירידה איטית בריכוז עד לנקודת כניסת קולחי רמה"ש. מנקודה זו ואילך הירידה בריכוז האמוניה מהירה יותר הן עקב מיהול מי המעלה עם מי מט"ש רמה"ש (שהם כאמור באיכות גבוהה יותר) והן עקב תהליכי ניטריפיקציה (אשר כנראה מתרחשים עד למורד שבע-טחנות).

6. צח"ב, צח"כ, חומר אורגני מרחף – גם מדדים אילו עוקבים אחר התנהגות האמוניה ברוב חלקי הנחל.

7. סולפידים – הסולפידים גם הם מתנהגים באופן דומה לשאר גורמי הזיהום כאשר ריכוזם המירבי עומד על כ- 0.5 מג"ל באיזור סכר תע"ש.

דו"ח רשות נחל הירקון - 2003

- **מחברים:** יונתן רוז
- **שנה:** 2003
- **מקור:** דו"חות רשות נחל הירקון
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** דוגמא לניטור פיזיקוכימי, מזהמים אנתרופוגניים ופרמטרים ביולוגיים המשמשים למעקב אחר מצב הנחל.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** איתור המזהמים הראשיים והמשניים בירקון, איתור מקורות הזיהום השונים, בחינת תהליכי טיהור עצמי בנחל, בחינת השפעות המזהמים השונים על הפלורה והביוטה, הגדרת פרמטרים של איכות מים הרצויים לקיומם של בתי הגידול השונים.

עיקרי הממצאים

א. מקורות זיהום ואופיים

1. מט"ש ניר אליהו – קולחים שניוניים בד"כ בספיקה משתנה בין מספר מ"ק/שעה לכמה עשרות מ"ק/שעה.
2. מט"ש כפ"ס-הוד השרון- קולחים שניוניים – בספיקה ממוצעת של ~830 מ"ק/שעה.
3. מט"ש רמת-השרון – קולחים שלישוניים ללא סילוק זרחה – בספיקה ממוצעת של ~250 מ"ק/שעה.
4. נקזים בירקון המלוח – מוקמו משאבות בנקזים על מנת למזער את גלישות הביוב אל הירקון.
- ב. מגמות ושינויים בריכוזי המזהמים העיקריים.
1. אמוניה – דיגום אביב: קטע הנחל הנקי אינו סובל מריכוזי אמוניה החורגים מן התקן. בירקון המזוהם מסתמנת מגמת ירידה מנקודת החדירה של מי נחל קנה (המכילים גם את קולחי כפ"ס- הוד השרון וגם את קולחי ניר- אליהו וביוב גולמי ממקומות לא מוסדרים) ועד לשבע-טחנות. הריכוז הגבוה ביותר שנמדד היה במפגש ירקון קנה- (~38 מג"ל) ואילו הריכוז הנמוך ביותר שנימדד עמד על 20 מג"ל בשבע-טחנות. תמונת הניטראט הייתה הופכית, עובדה זו מרמזת על קיומם של תהליכי ניטריפיקציה המתרחשים בנחל. דיגום קיץ: המגמה שהסתמנה בדיגום האביב חזרה על עצמה גם בדיגום הקיץ, עם זאת, ריכוזי השיא והשפל ירדו ל- 20 מג"ל בשיא ל-3 מג"ל בשפל.
2. צח"ב, צח"כ, TSS_{105} – דיגום אביב: בשונה משנים קודמות, מגמת הירידה בריכוזי הפרמטרים הנ"ל נקטעה לאחר כניסת קולחי רמת-השרון, תקלה שאירעה במט"ש יומיים לפני תאריך הדיגום עשויה להיות הסיבה לכך. דיגום קיץ: לא ניכרת מגמת ירידה רציפה בריכוזי הפרמטרים הנ"ל.

3. סולפיד – דיגום אביב: ריכוזי הסולפיד לאורך הנחל נעו בין 0.2 מג"ל ל- 0.3 מג"ל. דיגום קיץ: ריכוזי הסולפיד בנקודת ההחדרה מפגש קנה-ירקון עמדה על 0.35 מג"ל. מנקודה זו והלאה במורד הנחל, נרשמה מגמת עלייה שהסתיימה בריכוז של 1.3 מג"ל בעשר-טחנות.
4. זרחה - דיגום אביב: ריכוז הזרחה במי הירקון המזוהם בין מורד קנה למורד הדירים הי דומה ועמד על 9~ מג"ל. ירידה משמעותית נמדדה רק מעשר-טחנות ועד לשבע טחנות שם נמדדו 7 מג"ל ו- 5 מג"ל זרחה בהתאם. דיגום קיץ: בדיגום זה ניכרה מגמה רציפה של ירידה בריכוזי הזרחה מרמה של 10~ מג"ל במורד קנה ועד ל- 3~ מג"ל בשבע טחנות.

סיכום פרק הזיהום

נחל הירקון עבר במהלך המאה האחרונה שינויים מרחיקי לכת. בתחילת המאה העשרים, במהלך יישוב שפלת החוף במרכז הארץ התפתחה חקלאות אשר מחד- צרכה חלק מימיו וניצלה קרקעות מפרוזדור הנחל. מאידך, ניקזה אל קירבו פסולת וחומרי הדברה. בספרו של אביצור "הירקון-הנהר וגלילותיו" (1957), מתואר הנחל לאחר קטיפת הבננות כמלא בפסולת עלים וגזעי בננה כך שאדם בוגר יכול להלך עליהם מבלי לשקוע. בנוסף, מתוארת מלחמתם של המתקיימים ביתושים על ידי שימוש אינטנסיבי בחומרי הדברה. אולם עד להקמת מפעל המים ירקון-נגב בשנת 1955, כמויות המים שזרמו בירקון אפשרו להלכה מיהול של המזהמים והסעה של הפסולת החקלאית. ממועד תפיסת מי-מקורות הירקון החלה תקופה שונה בחיי הנחל. תקופה זו נמשכה מתחילת שנות השישים ועד לקראת סוף שנות השמונים. בתקופה המדוברת, מקור המים השפירים היה הזרמות מכוונות של מים שפירים (מי המוביל הארצי בעיקר) על מנת לספק את צרכי החקלאים שלהם היו זכויות שאיבה מהירקון. בין השנים הללו הוזרמו לירקון דרך יובליו ודרך נקזים רבים לאורך אפיקו ביוב גולמי, קולחים ראשוניים ושפכי תעשייה. ניטור איכות מי הירקון הסתכם בתקופה זו בניטור עונתי (חורף, קיץ) פעם בשנה במסגרת תכנית ניטור של כלל נחלי הארץ. ניטור זה כלל מדדים פיזיקוכימיים (חמצן מומס, pH, טמפרטורה, עכירות, צבע, מוליכות חשמלית, כלורידים) ומדדי זיהום אורגני (צח"ב, צח"כ, זרחה, חנקה, אמוניה). מצירוף כלל הממצאים והמגמות (1974-1982) שנצפו בפרמטרים השונים ניתן לומר שכבר בתקופה הנדונה נחל קנה היה גורם הזיהום העיקרי (בכל הקשור לעומס אורגני). מסקנה נוספת העולה מניתוח הממצאים היא כי נראה שלא התרחשו בנחל הירקון המזוהם תהליכי טיהור עצמי משמעותיים על אף העלייה היחסית בריכוזי החמצן המומס בתחנת גהה. את הירידה הברורה שנרשמה בריכוזי הדטרגנטים אפשר לייחס לשינויים בהרכב הדטרגנטים (שינויי פורמולציות של אבקות כביסה וחומרי ניקוי אחרים) וככל הנראה גם ליעול תהליכים במפעלים פולטי דטרגנטים. הנחה זו מתחזקת מכיוון שהירידה בריכוזי הדטרגנטים אינה במיתאם עם אינדיקטורים נוספים של קולחים (הצח"כ והצח"ב). בשנת 1988 הוקמה רשות נחל הירקון ונושא הניטור החל לצבור תאוצה ועומק. בפסקאות הבאות אתרכו בניתוח הממצאים ממחקרי הירקון ודו"חות רשות נחל הירקון מחמש השנים האחרונות.

הירקון בין השנים 1998-2003

עומס אורגני

עומס אורגני הוא מכפלה של ריכוז החומר בנפח המים. הוא מתייחס לכלל החומר האורגני המוצא דרכו לירקון. נכון לזמן כתיבת דו"ח הרשות לשנת 2003, המט"ש היחיד שעמד בתקן המומלץ וועדת ענבר (נספח 2) בפרמטרים של צח"ב וחומר מרחף הוא מט"ש רמת-השרון. ריכוזי הפרמטרים הנ"ל בשאר מקורות הזיהום הנקודתיים נע בין רמות המתקרבות לתקן עד לרמות הגבוהות פי ארבע מהריכוז המותר. אחד מממצאי עבודת המחקר של בן חור (בן חור וחובריו, 2002) הוא שרוב החומר האורגני בירקון הוא מומס. מחקר שבוצע בהנחייתו של אבנר עדין (עדין וחובריו, 2003) גורס שלא מתרחשת השקעת חומר רציפה ובעלת ווקטור יחיד בנחל הירקון. עובדה זו יחד עם העדות שעיקר החומר האורגני הוא בפרקציה מומסת מוליך למסקנה אפשרית שרוב הטיהור העצמי של הנחל בין מורד קנה לבין עשר טחנות הוא תולדה של תהליכים ביוכימיים בגוף המים ולא דווקא תולדה של שיקוע וסילוק חומר מעמודת המים אל הקרקעית. רק בקטע בין עשר-טחנות לשבע-טחנות תיתכן השקעה רציפה. עובדה זו, תואמת את תצפיות מחקר בהנחייתו של אבנימלך (כוכבא וחובריה, 2000) שבה הראו החוקרים שבמעלה שבע טחנות קיימת בוצה עמוקה, אנוקסית אשר לרוב היא מכילה ריכוזי מזהמים (אורגניים ושאינם אורגניים) גבוהים יותר משאר אתרי הדיגום (השיקוע המוגבר באיזור שבע טחנות עשוי לנבוע מהיות הקטע הסמוך לסכר שבע-טחנות רחב ושוקט). באופן כללי ניתן לזהות מגמה זהירה של ירידה ברמות העומס האורגני ותולדותיו (ריכוז נוטריאנטים גבוה, ריכוז חמצן נמוך) ממורד קנה לעבר סכר שבע-טחנות. בין מפגש קנה-ירקון לבין נקודת הכניסה של קולחי רמה"ש זורם קטע נחל אשר כמעט ואין מתרחשים בו תהליכי טיהור עצמי, למעט קטע קצר של 100 מטרים אשר בו כנראה מתרחשת השקעה מאסיבית של חומר מרחף (עובדה זו נגזרת מצירוף מדידות מתוך עבודתם של עדין וחובריו עם תצפיות של בוצה עמוקה מתוך עבודתם של כוכבא וחובריה). השיפור המדובר באיכות המים, מתרחש בעיקר מנקודת הכניסה של קולחי רמה"ש ואילך. נראה כי השיפור באיכות המים נובע בשלב הראשון מאפקט מיהול ובשלב שני, כאשר מי הנחל מגיעים לאיכות המאפשרת לרמות טרופיות גבוהות יותר להתקיים ומארג המזון מתרחב מתאפשרת אגירת החומר האורגני ברקמות האורגניזמים העילאיים השונים ובכך מתאפשרת הסעה החומר האורגני במורד המערכת, במידה מוגבלת סילוק ע"י יצורים יבשתיים הניזונים ממאכלסי המים או גיחה של מאכלסי מים ליבשה (כדוגמת ימשושים).

בעבודה של דור וחובריו (Dor et al. 1976), מתוארים תהליכי טיהור עצמי מהירים ויעילים באפיק הקולט שפכים בתנאים של אנרגיית זרימה גבוהה. עם זאת, מציינים החוקרים שבקטעים בעלי אופי בריכתי המשובצים בין קטעי הזרימה החופשית, נוצרו במהירות תנאים אנאירוביים. ידוע כי תנאים אלה, אינם מאפשרים פירוק מהיר ויעיל של חומר אורגני ומלווים תכופות במטרדי ריח ופליטת תרכובות רעילות. נחל הירקון כולו נמצא בתחום מישור החוף ואינו כולל באפיקו קטעים הרריים. מקור המים העיקרי של הירקון הוא קולחים המיוצרים במט"שים ואפיקו מאופיין בקטעים ארוכים בעלי אופי בריכתי אשר ביניהם משובצים קטעי זרימה חופשית מועטים. מסיבה זו, קשה להניח שתהליכי טיהור עצמי בנחל עשויים להוות את התהליך העיקרי בהקלה על העומס האורגני בירקון כפי שהוא היום.

רוב קרקעית הירקון מורכבת מתשתית קשה אשר עליה מונחת שכבה רכה של סדימנט, שכבת הבוצה. עומק הבוצה, הרכבה ותכולת המזהמים שבה משתנים בין אתר לאתר וכן בין עונות השנה השונות. במחקרם של כוכבא וחובריה (כוכבא, 2000) מצאו בין השאר שהפחמן האורגני המצוי בבוצת הירקון יציב עד פי שלושה מפחמן אורגני המאפיין בוצות מטש"ים. מכך, ניתן לשער שאותם החומרים האורגניים קשי הפירוק אשר חלפו דרך המטש"ים ללא שינוי, מצטברים בקרקעית הירקון ותורמים לעומס האורגני באופן לטנטי. בנוסף, עקב היות הנחל מערכת פתוחה לסביבותיה, מתאפשרת חדירתם של חומרים אורגניים ביניהם חומרים אורגניים קשיי פירוק (עלי אקליפטוס לדוגמא) לאפיק והצטברותם בסדימנט. בהקשר זה, חשוב לציין שסדימנט של גוף מים מהווה אומנם מלכודת (sink) של חלקיקים ברי השקעה וחומרים מומסים בעלי תכונות ספיחה לקרקעות, אך עם השתנות שיווי המשקל בין עמודת המים לסדימנט (לדוגמא שיפור ניכר באיכות המים) עשוי הסדימנט להוות מקור (source) של גורמי זיהום.

השפעת עונות השנה כפי שמתבטאת בין השאר בשינויי טמפרטורה, אורך היום, שינויים במהירויות הזרימה וניפחה, אינה מקבלת ביטוי מובהק בפרמטרים מתוך דו"חות רשות נחל הירקון שנבחרו להצגה. הסיבה לכך עשויה להיות נעוצה בכמה גורמים. ראשית, עיקר מקורות המים של הירקון הם מי-תהליך (מטש"ים) אשר טיבם תלוי בעיקר באיכות המים הנכנסים למפעל ובאיכות המים היוצאים ממנו לנחל. סיבה נוספת היא האפקטים האמביוולנטיים של מי הנגר המגיעים לירקון. מחד, מי-הנגר מקורם בגשם אשר מכיל רמת מזהמים נמוכה ונפחם מוהל את מי הירקון המזוהמים. מאידך, מי-הגשם, בעיקר הגשמים הראשונים ממיסים אל קרנם וסוחפים אתם את שלל המזהמים המצויים באגן ההיקוות. בנוסף, מי-הנגר אחראים להרחפה של בוצת הירקון והעלתם של מזהמים (אשר הצטברו בקרקעית בתקופת הקיץ בה הזרימות הנן חלשות מכדי לערבב את קרקעית הירקון) אל גוף המים.

ניתן לאתר מגמות רב שנתיות בחלק מהפרמטרים. גורמי הזיהום אשר מציירים את המגמה המובהקת ביותר הם האמוניה והניטראט (ראה איורים 9, 10, 11 ו- 12). בכל התחנות שנבחרו להצגה במסגרת עבודה זו, ריכוזי האמוניה והניטראט מציגים תמונת ראי האחד של השני. עומק ומובהקות התופעה הם הגדולים ביותר בשבע-טחנות, אך ניתן לראות שתופעה זו קיימת בכל נקודות הדיגום בירקון המזוהם. תנודתיות הריכוזים של הצח"ב קטנה מזו של הצח"כ. תופעה זו משותפת גם כן לכלל נקודות הדיגום שמוצגות בעבודה זו.

ניתוח מגמות רב שנתיות בירקון בין השנים 1999-2003 לפי תחנות (איורים 15 - 30):

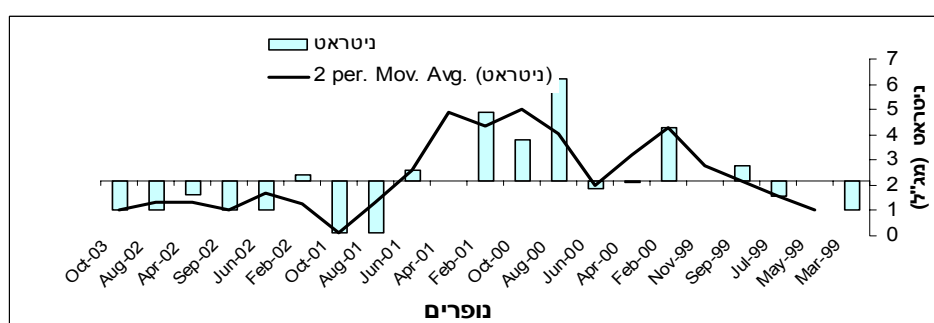
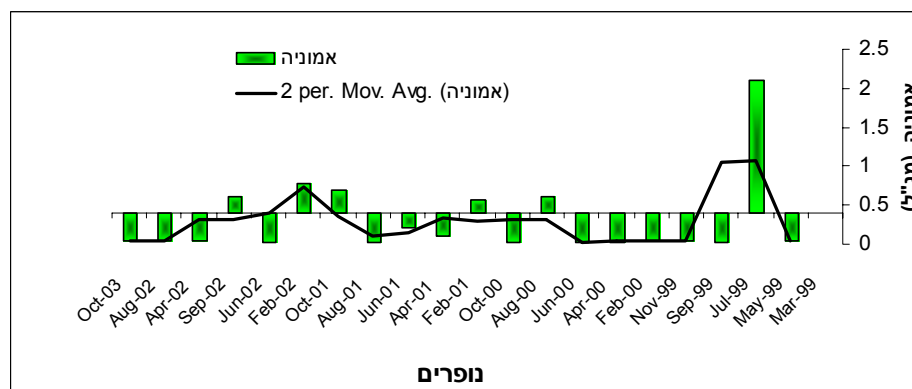
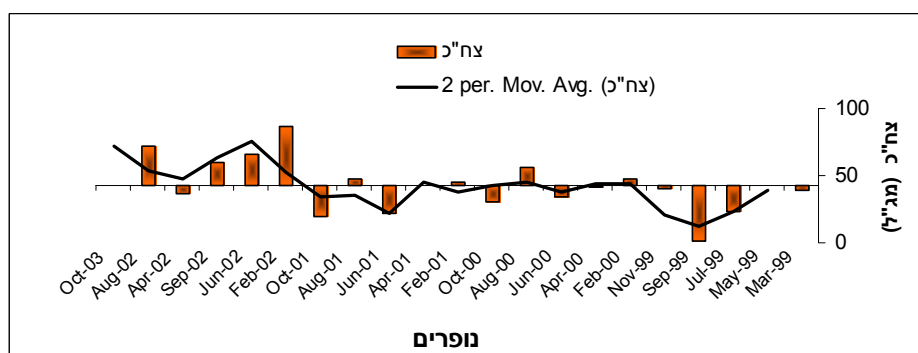
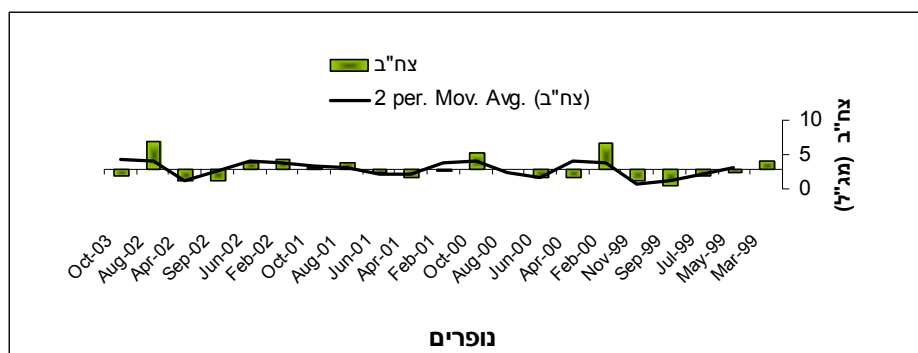
נופריים: אתר זה בירקון הנקי היא היחיד מכלל האתרים שנבחרו להצגה, שבו ניתן לאתר מגמה עונתית בריכוזי הצח"ב והצח"כ (איור 9) מגמה זו מאופיינת בעלייה בריכוזי הצח"ב והצח"כ בעונות החורף וירידה בריכוזים של מדדים אלה בעונות הקיץ. מדד הצח"ב נמוך בנופריים בסדר גודל משאר האתרים המוצגים ואילו מדד הצח"כ אמנם נמוך בממוצע אך מתקרב בערכיו לאלה של אתרי הירקון המזוהם. בעוד שריכוזי האמוניה במי הירקון הנקי נמוכים בסדר גודל מריכוזי האמוניה בירקון המזוהם, ריכוזי הניטראט שנמדדו בירקון הנקי נמוכים אך במעט מריכוזי הניטראט שנמדדו בירקון המזוהם (איור 10). תופעה זו של חוסר איזון סטויכיומטרי בולט בין ריכוזי האמוניה לבין ריכוזי הניטראט (אשר הוא תולדה של חמצון האמוניה) דורש הסבר אשר יכול לבוא בדמות הצטברות ניטראט עקב ניצול חלקי שלו על ידי אוכלוסיית אצות פלנקטוניות

לא מפותחת. הסבר נוסף המתקבל על הדעת הוא שחלק מן הניטראט המצוי במי הנופרים, הוא ממקור אחר (חומרי דשן לדוג') ולא חמצון אמוניה.

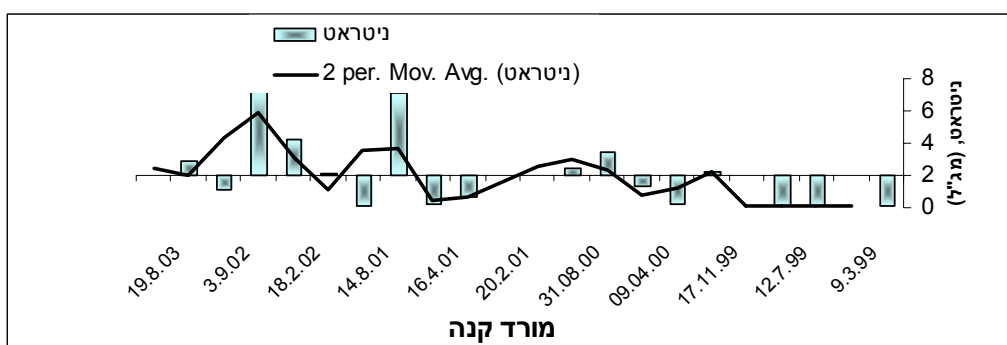
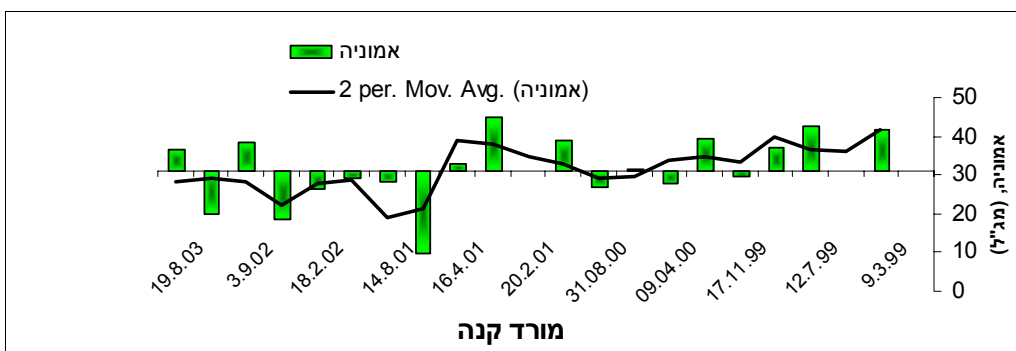
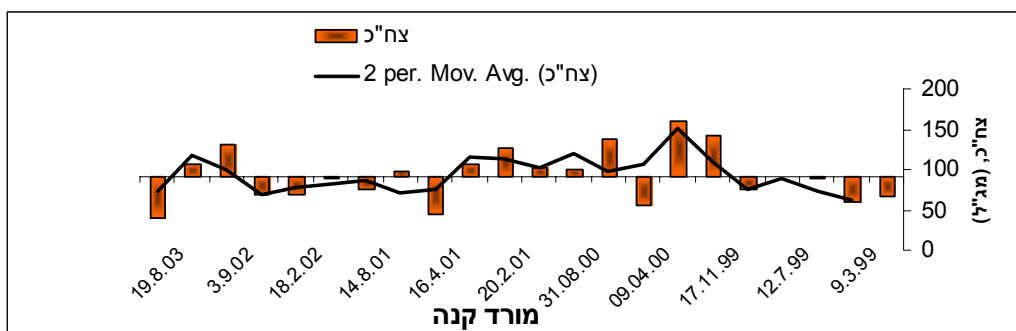
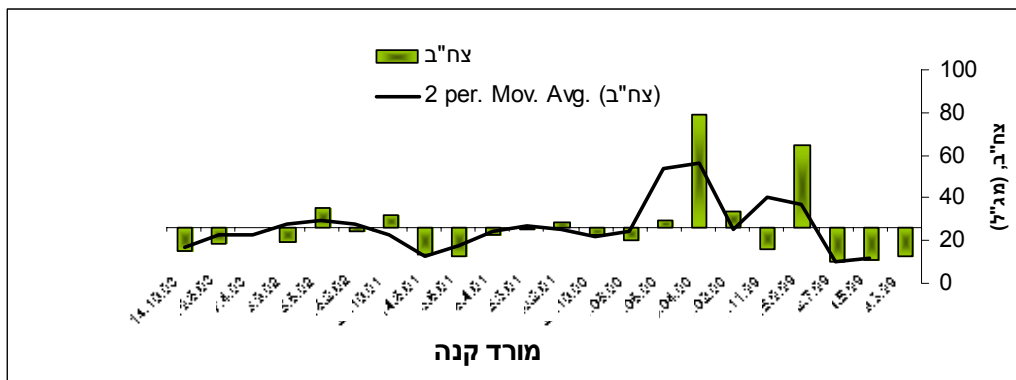
מורד קנה: נקודת הכניסה של קולחי כפ"ס הוד-השרון וכן קולחים ראשוניים ולעיתים אף ביוב גולמי ממט"ש ניר-אליהו. ריכוזי הצח"ב כפי שנמדדו במורד קנה מאופיינים ביציבות יחסית לשאר המדדים המוצגים, בעיקר מסוף שנת 2000 ואילך, אולם לא נצפתה ירידה משמעותית בריכוזי הצח"ב משנת 1999 ועד לשנת 2003 (איור 10). ריכוזי הצח"ב בעלי אופי סטוכסטי יותר וקשה לאפיין מגמה כלשהי בריכוזיו לאורך השנים ובין העונות. גם לגבי ריכוזי הצח"ב ניתן לומר שלא חלה ירידה משמעותית. ריכוזי האמוניה והניטראט מהווים גם במורד קנה תמונת ראי האחד של השני, אם כי מגמה זו פחות חדה ועמוקה משאר נקודות הדיגום המוצגות בעבודה זו. עובדה זו נותנת להניח שבאפיק הזרימה של קולחי כפ"ס-הוד השרון (נחל הדס, נחל קנה) מרחשת ניטריפיקציה ברמה כלשהי.

תע"ש 3000+: לתחנה זו קיימים נתונים רציפים עד שנת 2001 ועל כן הניתוח מתייחס רק לתקופה שבין 1999 עד 2001. תחנה זו מציגה תמונה הדומה מאוד לזו של מורד קנה מבחינת ריכוזי הצח"ב (איור 11). גם בנקודה זו ריכוזי הצח"ב יציבים לעומת שאר המדדים ואף ניכרת עלייה קלה ברמות הצח"ב בין השנים 1999-2001. ריכוזי הצח"ב היו במגמת עלייה בשנים 1999 ו-2000 והחלו לרדת בשנת 2001. ריכוזי האמוניה כאמור לעיל, מהווים גם בתחנה זו תמונת ראי האחד של השני באופן הדומה למה שנצפה במורד קנה. נראה כי המים העוברים בתחנה לא שונים באופי מהותי מהמים הזורמים במורד קנה.

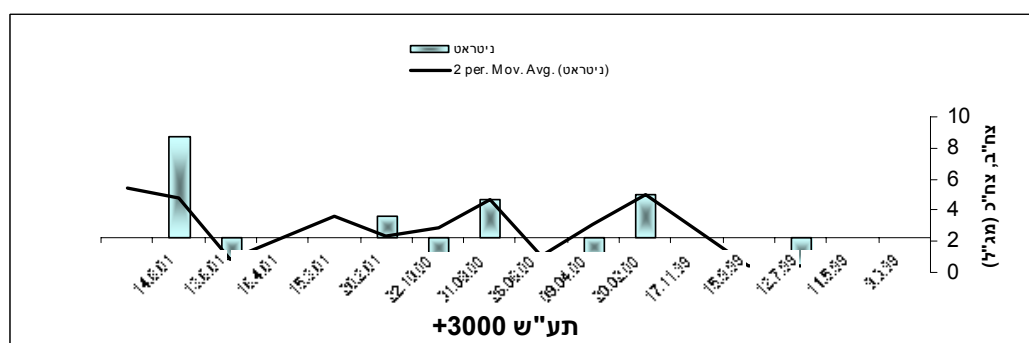
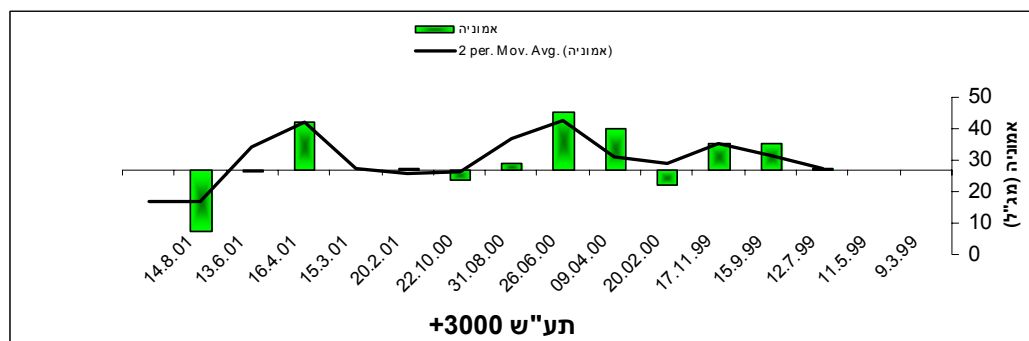
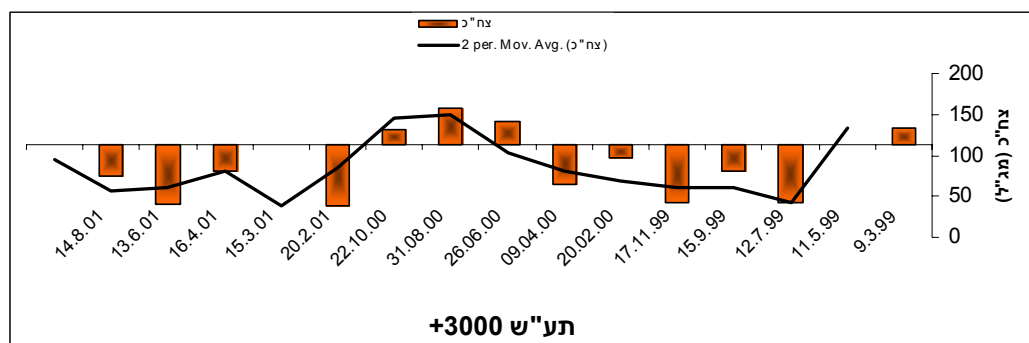
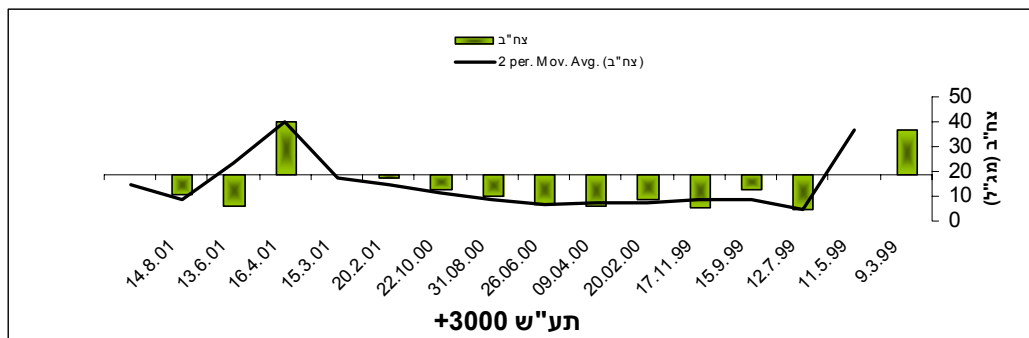
שבע-טחנות: אתר דיגום זה מהווה את קצהו של נחל הירקון ה"מתוק" והנקודה המרוחקת ביותר מנקודת הכניסה של ראשון המזהמים של נחל הירקון. עובדות אלה באות לידי ביטוי בריכוזי המדדים המהווים מרכיבים בעומס האורגני. בנקודה זו נרשמה הירידה הגדולה ביותר הן בריכוזי הצח"ב, הן בריכוזי הצח"כ והן בריכוזי האמוניה (איור 12). המדד היחיד שבו נירשמה עלייה הוא ריכוזי הניטראט אשר הם הגבוהים ביותר מכלל האתרים שהוצגו. תהליך הניטריפיקציה (תמונת הראי) שכבר אובחן בחלקים נוספים של הירקון המזוהם מקבל בשבע-טחנות את העומק והמשמעות הגדולים ביותר, בעיקר מאמצע שנת 2001.



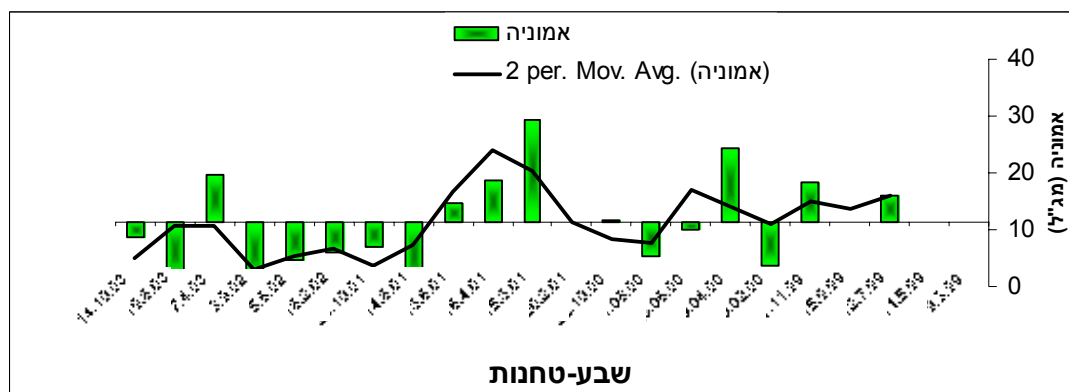
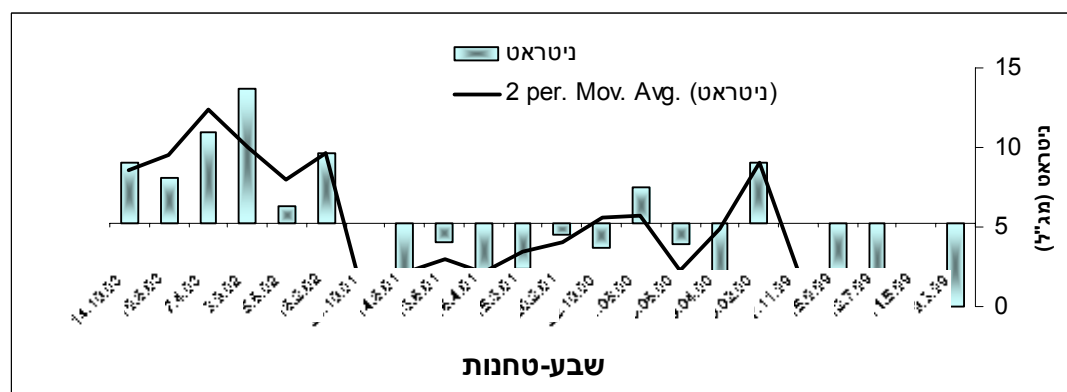
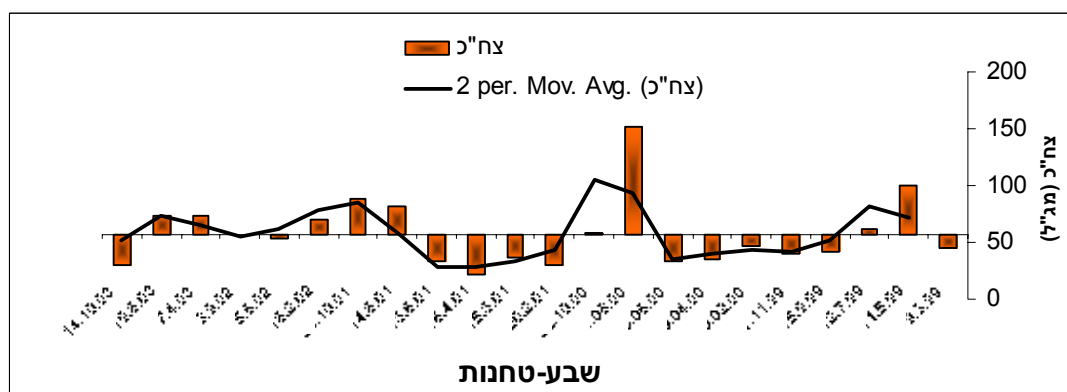
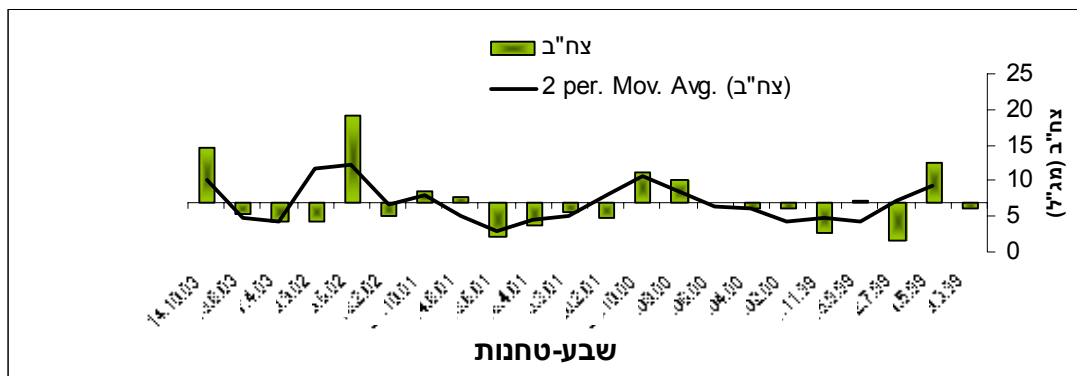
איור 9. ריכוזי צח"ב, צח"כ, אמוניה וניטראט. אתר נופרים 1999 - 2003.
עיבוד מתוך דוחות ניטור רשות נחל ירקון



איור 10. ריכוזי צח"ב, צח"כ, אמוניה וניטראט. אתר מורד קנה 1999 - 2003.
עיבוד מתוך דוחות ניטור רשות נחל ירקון



איור 11. ריכוזי צח"ב, צח"כ, אמוניה וניטראט. אתר תע"ש +3000, 1999 - 2003. עיבוד מתוך דוחות ניטור רשות נחל ירקון



איור 12. ריכוזי צח"ב, צח"כ, אמוניה וניטראט. אתר שבע טחנות 1999 - 2003. עיבוד מתוך דוחות ניטור רשות נחל ירקון

זיהום תעשייתי, מתכות, חומרי הדברה

ההגדרה זיהום תעשייתי עשויה להתאים למגוון חומרים ורכיבות החל בפחמימנים ארוכי שרשרת וכלה בהורמוני גדילה. חלק מחומרים אלו עשוי לעבור דגרדיציה (ביוכימית, פיזיקלית) ולהשתלב בזרימת החומר והאנרגיה בנחל וחלק אחר הוא בעל עמידות, המצטבר בקרקעית או ברקמות בעלי החיים. אך כמעט ללא יוצא מן הכלל חומרים אלו מזיקים לבית הגידול בכוח או בפועל. תולדות העומס האורגני על ניגזרותיו (אאוטרופיקציה, אנאוקסיה, ירידה בעושר המינים וכו') מוכרות למדע באופן עמוק למדי. לא כך הוא המצב לגבי זיהום תעשייתי. בעוד שבעומס אורגני המדע עוסק בכמה עשרות חומרים ורכיבות, זיהום תעשייתי במי-נחל עשוי לכלול אלפי תרכובות שונות בעלי אופי שונה, מסיסות שונה, רעילות שונה, הידרופוביות מול הידרופיליות וכמעט שלא ניתן לאפיין את מסלולו וגלגולו של המזהם התעשייתי הבודד החודר לנחל. בנוסף לכך, מספר העבודות והדוחות שנכתבו ורמת הדיוק שאינה מספקת (לדוג' סימול הריכוזים כ"נמוך" "בינוני" ו"גבוה" בכוכביות (רב-אחא וחוב) מקשה על הנסיונות לייצר תובנות לגבי מגמות (הצטברות, סילוק, שווי-משקל) והתהליכים המניעים מגמות אלה. עם זאת, במסגרת עבודה זו יובא ניסיון למזג את המידע שהתקבל מעבודות שונות שנעשו בנושא (יעבץ וחוב, אבנימלך וחוב, רב-אחא וחוב). רוב הזיהום התעשייתי המצוי בירקון (להוציא את חומרי ההדברה), אינו עוקב אחר דגם כלשהו לא במרחב ולא בזמן. עובדה זו מובילה להשערה שקיים שיווי-משקל דינמי בין קצב סילוק גורמי הזיהום השונים ממי-הנחל לבין קצב כניסתם אליהם בלא תלות בעונות השנה או באתר הזיהום בנחל. בחינת טבלאות החומרים שנסקרו ונסרקו בירקון (רב-אחא וחוב) מעלה השערה נוספת בדבר מקורות הזיהום. היות וריכוזי רוב החומרים כפי שנמדדו בנחל קנה שהוא התורם העיקרי לזיהום תעשייתי (עפ"י הדו"ח של רב-אחא וחוב) דומים לריכוזי החומר במי הירקון עצמו גם במורד כניסת קולחי רמה"ש (שבד"כ מיטיבים את איכות המים בירקון ע"י מיהול) ועד לשבע-טחנות, מתבקשת המסקנה שקיימים מקורות זיהום משמעותיים אחרים. מקור אפשרי אחד הוא הנקזים העירוניים, מקור אפשרי נוסף הוא הסדימנט. השערת היות הסדימנט מקור נוסף, נתמכת בעובדה שארבעת החומרים שצוינו בדו"ח של רב-אחא (רב-אחא וחוב 2001) ככאלה המצויים גם בסדימנט וגם בגוף המים, נמצאו בריכוזים דומים בנחל קנה ובשבע-טחנות. תמונה זו אינה אחידה לגבי כל גורמי הזיהום. אך היא חזרה על עצמה מספיק פעמים על מנת שיהיה ניתן להגדיר זאת כתופעה.

בבחינת זיהום נחל הירקון בחומרי הדברה עפ"י פרופילי פעילות אנזימטיים מתקבלת מגמה של שינויים בחריפות הזיהום בין עונות השנה. כאשר הקיץ מהווה את העונה העיקרית בה נצפו עקות אקוטיות בדגים שנדגמו. קיימות שתי השערות עיקריות לפשר תופעה זו. האחת היא שריכוז חומרי ההדברה עולה בעונת הקיץ עקב ירידה בנפח המים והתרכוזת החומר. אפשרות זו אינה סבירה עקב אורך החיים הקצר של תרכובות אלו. האפשרות השנייה והיותר סבירה היא הגברת השימוש בקוטלי חרקים בעונת הקיץ. עונת הקיץ היא העונה שתפוצתם ופגיעתם של המזיקים היא הרעה ביותר. התרכוזת החומר עקב ירידת נפחים עשויה להיות גורם המתווסף לאפשרות השנייה שצוינה. ע"פי ממצאי המחקר של יעבץ וחוב נמצא כי המים הזורמים במפגש קנה הינם ליטאליים לדגים גם כאשר מוהלים אותם ב 50% מים שפירים. בנוסף, נימצא כי המים במעלה שבע-טחנות היו ליטאליים לדגי אמנון. מי מעלה שבע טחנות נמצאו גם ככאלה המכילים תרכובות פחמימניות רעילות ברמה הגבוהה ביותר כפי המתקבל מפרופילי EROD. מי הירקון

המזוהם אשר אינם ליטאליים לדגים, משרים עקה כרונית לכל אורך השנה ומשרים עקה אקוטית בעונת הקיץ. ממחקרם של יעבץ וחוב' עולה כי האפיק אשר תורם את מירב שאריות חומרי ההדברה הוא נחל שילה, להבדיל ממחקרם של רב-אחא וחוב' המציינים את נחל קנה כמקור העיקרי של זיהום תעשייתי.

זיהום שאינו נקודתי:

בנושא הזיהום שאינו נקודתי, רב הנסתר על הנגלה. זיהום בלתי נקודתי כולל למעשה את כל סוגי הזיהום שניכללו במחקרי הירקון ובדו"ח זה (ראה איור בראש פרק זה) קיימים שני פרסומים המנסים להתמודד עם קושייה זו "אלו חומרים חודרים לירקון, כמה ומתי?". הפרסום הראשון שייך לדו"ח חברת DHV אשר בו מונחת תשתית GIS לבירור ואימות קושייה זו. אולם החישובים המופיעים בו מבוססים על מאפייני שימוש קרקע אוניברסליים ולא קיים פירוט ומיפוי האתרים החשודים בזיהום לא נקודתי בסביבתו המיידית של הנחל. הפרסום השני הנו יותר קונקרטי והוא תסקיר השפעת סביבה שנעשה למחלפון ראש העין בהקשר של אתר מקורות הירקון. מסקנתו העיקרית של תסקיר זה היא שיש לבצע איגום של הממטרים הראשונים בעונת החורף היורדים על משטחים העשויים להכיל מזהמים בכמות גדולה, על מנת למנוע הגעתם של מי הנגר המזהמים למקורות המים. בידוע הוא שקיימת רשת נקזים המנקזת איזורי מלאכה ותעשייה אל הנחל וכן נקזים מאיזורים מעורבים (מגורים ומלאכה). דרך נקזים אלו עשויים לחדור לנחל גורמי זיהום ממינים שונים. במידה וכמות הזיהום אינה כזו הגורמת לתופעה בולטת כלשהי (קצף, ריח חריף, צבע, תמותת דגים) אין אפשרות לדעת שחדירת זיהום כלשהו בכלל קרתה.

3. ביולוגיה ואקולוגיה

גיאומורפולוגיה ואקלים הם מגורמי היסוד המשפיעים על הביולוגיה והאקולוגיה של מערכות אקולוגיות. לפיכך קיים דמיון רב בין מערכות אקולוגיות באזורים שונים ומרוחקים בעלי דמיון גיאומורפולוגי ואקלימי. אחת הדוגמאות לכך הן מערכות אקולוגיות ים-תיכוניות המצויות בכל היבשות בין קווי הרוחב 30 ו-40 מעלות, צפונית ודרומית לקו המשווה, באזורים חופיים בדרך כלל בעלי מפנה מערבי. האזור הגדול ביניהם הוא אגן הים התיכון ומכאן הכינוי שניתן למערכות אקולוגיות אלו. מערכות ים תיכוניות נתונות לסירקולציה אטמוספרית היוצרת אקלים טיפוסי המתאפיין בתקופת חורף לח ובעל טמפרטורות ממותנות ולאחריו תקופת קיץ חם ויבש. נתונים אלו יוצרים מצב של תקופות עוקבות של שפע מים יחסי ולאחריו והתייבשות. מקווי המים באזורים הים תיכוניים מבטאים זמינות תקופתית זו של המים במשטר ההידרולוגי אופייני של שיטפונות חורף והתייבשות הדרגתית בקיץ (Gasith and Resh, 1999). איכות המים הטבעית נקבעת ע"י השילוב שפיעת מעיינות, כמות הנגר מאגן הניקוז ואופי הקרקע (הגורם האדפי). האחרון קובע את תרומות מינרלי הדישון (כחנקן וזרחן) המשפיעים ועל ריכוז החלקיקים במים. גורמי יסוד אלו משפיעים על פעילות היצור של חומר אורגני במקווה המים (המצב הטרופי). מאחר והקרקעות באזורנו מרביתן הם ממקור סלעי משקע, מקווי המים היבשתיים באופן טבעי עשירים יחסית בחנקן וזרחן ובעלי כושר גבוה יחסית של יצור חומר אורגני (מזוטורופים). בעידן המודרני השפעות אדם גוברות על השפעות גורמי היסוד הנ"ל. עוצמת הטיית המים לשימושי אדם גורמת לשינוי קיצוני במשטר ההידרולוגי וזיהומים ממקורות חקלאיים ואורבניים משנים קיצונית את איכות המים במקווי המים. כתוצאה מכך חלים שינויים קיצוניים בתנאי המערכת האקולוגית ובעקבותיהם שינויים משמעותיים בחברת החי והצומח. נחל הירקון הוא נחל שפלה ים תיכוני טיפוסי במרכזו של המטרופולין הגדול ביותר במדינת ישראל (גוש דן). מאז הקמת מדינת ישראל השתנו תנאיו האקולוגיים של הנחל בכל הבט אפשרי ובעקבותיהם חלו בו שינויים ביולוגיים קיצוניים. העדר תיעוד של המצב האקולוגי – ביולוגי של הנחל לפני השינויים הנ"ל ואף לא במהלך השלבים הראשונים לשינויים אלו מונע אפשרות של הערכה של עוצמת השינוי. העדר מצב יחוס בלתי מופרע מקשה על קביעת יעדי שיקום אקולוגי של הנחל.

להלן המידע שהצטבר בשנים האחרונות על האקולוגיה, החי והצומח בירקון.

3.1 צמחייה (א. אוזן)

מבוא

מי הנחל וגדות הנחל מהווים תשתית ליצירת בתי-גידול מגוונים ועשירים. הקרקע באזורים אלה הנה פורייה וגרדיאנט לחות מאפשר למינים שונים להתבסס בחגורה התואמת ביותר את צורכיהם. כמו-כן, התחלפות זרימות בסיס בזרימות שטפוניות מהווה הפרעה בינונית אשר מגדילה את מגוון האורגניזמים המאכלסים את בתי הגידול לאורך ורוחב הנחל בתקופות בשנה השונות. בתהליך התהוות של בית גידול לח לצמחייה תפקיד מכריע. צמחיית המים מהווה מקור מזון, מחסה לצעירים ומצע התיישבות למגוון אורגניזמים. בנוסף, לצמחי הגדות תפקיד ביצירת מקומות מסתור, קינון ואתרי שיחור מזון לעופות ויונקים יבשתיים. צמחיית הגדות מצמצמת כניסת סחף והרבדה של קרקע בגדות ומפחיתה את השפעת הארוזיה. על מנת למלא תפקידים חשובים אלה תוך שמירת היציבות אל מול הפרעות טבעיות והפרעות מעשה ידי אדם, על חברת הצומח להיות מגוונת ועשירה וזאת בלא להתייחס לגורם האסתטי אשר לו תפקיד מכריע בהנעת תהליכים לשיקום ושימור חברת צומח בריאה.

על מנת לתכנן את שיקום צמחיית נחל הירקון, הן צמחיית הגדות והן צמחיית המים, יש לקחת בחשבון הן את השלבים במעגל החיים של הצמח הבודד, הן את השלבים בהתפתחות אוכלוסייתו והן את השלבים בהתפתחותה של חברת הצומח כולה. מממצאי המחקרים שניסקרו עולה כי תנאים כימו-פיזיקליים אשר עשויים לאפשר שרידה של צמח בוגר לא בהכרח יאפשרו נביטה ותנאי גידול אשר מאפשרים ריבוי וגטטיבי לא בהכרח יאפשרו ריבוי מיני של אותו המין. את אותה הלוגיקה ניתן להפעיל גם ברמת האוכלוסייה ורמת חברת הצומח.

התורה האקולוגית דנה בין השאר, על התאמתם של אורגניזמים לבית גידולם. אולם, קיימים אורגניזמים אשר אינם מותאמים בהכרח לבית גידול מסויים אך הם יכולים להתפתח ולהימצא בו. הסיבה להדגשת המילים נעוצה בכך שהתאמה לבית גידול מתבטאת בהרבה מקרים בניצול יתרון תחרותי. לדוגמא, על מנת שצמח גדות יתפתח וייצור אוכלוסייה יציבה בבית הגידול, צריך להיות לו יתרון תחרותי על-פני מינים אחרים. לדוגמא, היכולת של צמח מסוים לנבט לגדול ולהתרבות כשכל גופו טבול במים מהווה יתרון תחרותי על פני רוב הצמחים. יתרון תחרותי זה משאיר לצמחים הטבולים את כל הנישה של גוף המים לעצמם. כאשר גורמים סביבתיים אחרים מונעים מיתרון זה מלבוא לידי ביטוי, הצמח נעלם מבית הגידול בלי שיוחלף על ידי אוכלוסייה אחרת. אולם במקרים פחות קיצוניים, לדוגמא גרדיאנט הלחות בקרקע, גורמים סביבתיים אחרים (כגון מים מזוהמים) עשויים למנוע מהיתרון התחרותי של צמחי הגדות (לדוגמא היכולת לגדול בקרקע רוויה) מלבוא לידי ביטוי. התוצאה במקרה כזה תהיה החלפת צמחי הגדה אשר מותאמים לבית הגידול הזה במינים אשר יכולים להתפתח בבית הגידול הזה והנם "אדישים" לגורם הסביבתי אשר דחק את צמחי הגדות או אף "נהנים" ממנו.

הנושא: השפעת זיהום מי הנחלים אלכסנדר וירקון על צמחייתם

- **המחבר:** משה אגמי
- **שנה:** 1973
- **מקור:** עבודת M, Sc בהנחיית של מ. ליטב וי. ויזל, אוניברסיטת תל-אביב.
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** השפעת מזהמים על צמחיית נחלים.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** סקרי תפוצה, השוואת חיגור בין קטעים שונים בנחל, גורמים מגבילים.

עיקרי הממצאים

1. זיהום מי הנחלים דחק את רב מיני צמחיית הנחלים ואפשר למינים פולשים לתפוס את מקומם.
2. גם לזיהומים אקראיים הייתה השפעה עמוקה ומזיקה על צמחיית הנחלים.
3. בנוסף לאיכות המים גם תלילות הגדות משפיעה לרעה על יכולת התפתחותם של צמחי הגדה.
4. הצמחים הטבולים והצפים נפגעו באורח הקשה ביותר מבין כלל מיני צמחי המים.
5. המינים השולטים בגדות הנחל הם הקנה המצוי והפטל הקדוש.

הנושא: Relationship between water quality and the flora of two coastal rivers of Israel

- **המחברים:** מיכאל ליטב ומשה אגמי
- **שנה:** 1976
- **מקור:** Aquatic botany 2: 203-213
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** אקולוגיה של צמחי מים, קריטריונים לשיקום צמחיית נחלים, זיהום מים.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** סקרי תפוצה היסטוריים, השפעות המזהמים השונים, גורמים מגבילים.

עיקרי המימצאים

1. קיימת ירידה במספר המינים הכללי מאיזור המעינות המכיל את מספר המינים הרב ביותר, דרך הקטע הנקי מ- אל – מיר עד סכר מפגש קנה ועד למורד מפגש קנה אשר מכיל את מספר המינים הקטן ביותר.
2. צמחים צפים נצפו רק באיזור מעיינות ראש העין.
3. קיימת פלישה של צמחייה סגטלית/רודרלית לרצועה הלחה של גדות הנחל.
4. חיגור הצמחייה האופייני לגדות נחל נעלם מהירקון. ניתן למצוא חיגור מקוטע ומופרע באיזור מעיינות ראש העין.
5. רב הצמחים שנעלמו מנוף הירקון בקטעים המזהמים נעלמו בגלל איכות המים הירודה.

הנושא:

The effects of various components of water pollution on the behavior of some aquatic macrophytes of the coastal rivers of Israel.

- **מחברים:** משה אגמי, מיכאל ליטב, יואב וייזל
- **שנה:** 1976
- **מקור:** Aquatic Botany, 2: 203-213
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** הדגמת הקשר בין מזהמי מים שונים לבין שרידותם של צמחי מים, פירוט המזהמים הגורמים לנזק הגדול ביותר.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** בחינת אפשרות השבתם של צמחי מים שונים לירקון המזוהם, בידוד גורמי הזיהום העיקריים בירקון בהיבט של צמחיית המים.

עיקרי הממצאים

1. מתוך שבעה מיני צומח מים שנשתלו/הועברו ממקום גדילתם בירקון הנקי אל קטעי הירקון המזוהמים (עדשת מים מגובנת, נופר צהוב, מדד זוחל, נימפיאה תכולה, אגמון החוף וגומא הפפירוס) שרדו רק שניים. הצמח המזדקר גומא הפפירוס והצמח הצף עדשת המים.
2. נראה כי יותר מכל, איכות המים הירודה היא זו שגרמה לתמותת הצמחים.
3. דטרנטים היוו את גורם הזיהום העיקרי שפגע בהתפתחותם של צמחי המים, כפי שנמצא בניסוי מעבדה.
4. את תופעת שרידותו של גומא הפפירוס בקטעי הירקון המזוהמים אל מול נדירות הופעתו הטבעית בקטעים אלה, הסבירו החוקרים בעובדה שמנגנון הריבוי אשר פועל בקטעי הירקון המזוהמים הוא המנגנון הוגטיבי ולא זה המיני. הסיבה לכך היא שנביטת זרעי גומא הפפירוס מחייבת המצאותם של גדות בוציות ורדודות מעט מעל קו המים. הירקון המזוהם חסר את אותו סוג הגדות.
5. לשרידותה של עדשת המים המגובנת בירקון המזוהם לאור היעדרותה הטבעית ממנו, לא מצאו החוקרים הסבר המניח את הדעת. אולם קיימות עדויות על גדילה מוצלחת של עדשת המים לאחר שפוזרה במי-ביוב באיזורים שונים בארה"ב.

הנושא:

Growth and photosynthesis of *Najas marina* L. as affected by light intensity.

- **מחברים:** משה אגמי, סוון באר, יואב וייזל
- **שנה:** 1980
- **מקור:** Aquatic Botany 9: 285-289
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** השפעת עוצמת ההארה והעכירות על קצבי הפוטוסינתזה של ניידת החוף
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** מציאת אתרים מתאימים להשבת ניידת החוף, הגדרת תנאים להתפתחות ורבייה תקינים של ניידת החוף

עיקרי הממצאים

1. עומק הקומפנסציה של ניידת החוף הוא העומק שבו עוצמת ההארה תהיה פחותה מ- $5 \mu E m^{-2} s^{-1}$. צמחים אשר יאלצו לגדול תחת עוצמות הארה כאילו לא ישרדו.
2. עוצמות ההארה הגבוהות השוררות בפני המים אינן פוגעות בצמחי הניידה.
3. עומק המים האופטימלי לגידולה של הניידה משתנה בהתאם לעכירות המים אשר משפיעה על חדירת האור. עכירות המים מושפעת ע"י עונות השנה כפי שמתבטא בהתפתחות פיטופלנקטון.

הנושא:

Seasonal Variations In The Growth Capacity Of *Najas marina* L. As a Function Of Various Water Depths At The Yarqon Springs, Israel

- **מחברים:** משה אגמי, סוון באר, יואב וייזל
- **שנה:** 1984
- **מקור:** Aquatic Botany 19:pp 45-51
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** השפעת עוצמת ההארה והעכירות על צמיחה ורבייה של ניידת החוף
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** מציאת אתרים מתאימים להשבת ניידת החוף, הגדרת תנאים להתפתחות ורבייה תקינים של ניידת החוף

עיקרי הממצאים

1. עומק המים המאפשר גידול אופטימלי של ניידת החוף הולך ומצטמצם עם התקדמות העונות מחורף לקיץ.
2. מנת קרינה בעוצמה של $100 \mu E m^{-2} s^{-1}$ באמצע היום, תספק את כלל ההארה אשר מאפשרת גידול וגטטיבי של צמחי ניידת החוף.
3. על מנת להשלים מעגל חיים זקוקים הצמחים לקרינה בעוצמה של $m^{-2} s^{-1}$ $250 \mu E$.
4. עומק גופי המים המתאימים ביותר להתפתחות תקינה של ניידת החוף והם בעלי עכירות דומה לזו השוררת בירקון אינו עולה על מטר אחד.

הנושא:

Inter-relation between *Najas marina* L. and Three Other Species of Aquatic Macrophytes

- **המחברים:** משה אגמי ויואב וייזל
- **שנה:** 1985
- **מקור:** Hydrobiologia 126 : 169-173
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** אקולוגיה של צמחי מים, יחסי תחרות בין צמחי מים.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** הפרדת בתי גידול של שני המינים, אמצעי לבקרה ביולוגית.

עיקרי הממצאים

1. נמצא קשר תחרותי בין הניידה לבין אלף העלה.
2. לצמחי אלף העלה השפעה מעכבת על צמחי ניידת החוף.
3. לא נמצא קשר תחרותי או עיכוב של ניידת החוף מצד אגמון החוף והנהרונית הצפה.

הנושא:

The Role Of Mallard Ducks (*Anas platyrhynchos*) In Distribution and Germination of Seeds of Submerged Hydrophyte *Najas marina* L.

- **המחברים:** משה אגמי ויואב וייזל
- **שנה:** 1986
- **מקור:** Oecologia 68 : 473-475
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** אקולוגיה של צמחי מים, יחסי צמחייה-עופות מים
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** ניצול שיפור הנביטה להשבה יעילה וממוקדת של צמחי הניידה

עיקרי הממצאים

1. לברווזי הברכיה קיים תפקיד בהפצת זרעי ניידת החוף.
2. זרעי ניידה אשר לא עברו דרך מערכת העיכול של ברווזי הברכיה נבטו בשיעור נמוך ביותר של ~1%.
3. זרעים שקליפתם נשברה באופן מיכאני שיפרו את אחוזי נביטתם עד ל ~32%.
4. זרעים אשר עברו דרך מערכת העיכול של ברווזי הברכיה הראו את אחוזי הנביטה הגבוהים ביותר, ~39%.
5. תפוצתם הרחבה של צמחי הניידה נתמכת בעובדה שזרעי הניידה שוהים במערכת העיכול של הברכיה למעלה מעשר שעות. כך שזרע שנאכל במקום אחד, עשוי להיפלט ולנבט במרחק עשרות קילומטרים מהמקום בו נאכל.

The Ecophysiology of Roots of Submerged Vascular Plants : הנושא

- **המחברים:** משה אגמי ויואב וייזל
- **שנה:** 1986
- **מקור:** Physiologie Vegetale 24: 607-624
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** פיזיולוגיה של צמחי מים
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** הבנת צרכי צמחי המים ובעיותיהם בהתמודדות עם צמחים פולשים.

עיקרי הממצאים

1. לרוב הצמחים הטבולים מערכת שורשים המהווה אחוז נמוך מכלל הביומסה והנה בלתי מסועפת.
2. שורשי הצמחים הטבולים נבדלים משורשי צמחי היבשה באופן כמותי ולא איכותי.
3. לשורשי הצמחים הטבולים יכולת מועדפת לשחלף גזים והנם עמידים יותר לתנאים מחזרים אשר עשויים להימצא בקרקעיתו של גוף מים.

הנושא: The Role of fish in Distribution and Germination of Seeds of

The Submerged macrophyte *Najas marina* L. and *Ruppia maritima* L.

- **המחברים:** משה אגמי ויואב ויזל
- **שנה:** 1988
- **מקור:** Oecologia 76: 83-88
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** אקולוגיה של צמחי מים, יחסי דגים- צמחיית מים.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** ניצול שיפור הנביטה להשבה יעילה וממוקדת של צמחי הניידה, בקרה ביולוגית.

עיקרי הממצאים

1. מעבר הזרעים של ניידת החוף והרופייה הימית בקיבתו של אמנון הירדן משפרת את נביטתם.
2. מעבר הזרעים של ניידת החוף והרופייה הימית בקיבתו של קרפיון העשב משפרת את נביטת הזרעים באחוזים נמוכים יותר מאלה של אמנון הירדן.
3. מעבר הזרעים של ניידת החוף והרופייה הימית בקיבתו של הקרפיון המצוי משמידה את רוב הזרעים.
4. נראה שיצירת זרעי ניידה בעלי קליפות קשות ורכות ביו צמחים שונים ואף על אותו צמח, מסייעת לתפוצתה ולהתבססותה של אוכלוסיית הניידה. הזרעים בעלי הקליפה הרכה (אכילים אך לא נובטים) משמשים כ"פתיון" ואילו הזרעים בעלי הקליפה הקשה (אינם מתעכלים אך נובטים באחוזים טובים) משמשים לרבייה ולתפוצה.

הנושא: השינויים באיכות המים של נחל הירקון והשלכותיהם על צמחיית המים והגדות

- **המחברת:** איילי מורד, יואב ויזל ומשה אגמי (מנחים)
- **שנה:** 1999
- **מקור:** עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך אוניברסיטה", המחלקה למדעי-הצמח אוניברסיטת תל - אביב.
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** אקולוגיה של צמחיית מים, השפעת מזהמים שונים על צמחיית המים.

- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** סקרי תפוצה השוואתיים, נסויי העתקה, תנאי סף להתפתחות תקינה של צמחיית מים.

עיקרי הממצאים

1. בין השנים 1976 ל 1999 נוספו מינים רבים לחברת הצומח של נחל הירקון, האיזור העיקרי אליו נוספו הצמחים הוא הקטע הנקי.
2. מתאמים בין גורמי זיהום שונים להתפתחות צמחיית מים.
3. צח"ב- ככל שרמת הצח"ב עלתה ירדו מדדי ההתפתחות בכל המינים ככלל. ובמינים גומא הירקון, מדד זוחל, ונופר צהוב בפרט. מינים אלה לא שרדו ריכוזי צח"ב מעל ל- 10 מ"גל בעוד שהמינים המזדקרים שרדו עד לריכוזים של 28 מ"גל צח"ב
4. אמוניום – ככל שריכוז האמוניום במים עלה, כך ירדו מדדי ההתפתחות של כל המינים. המינים הצפים הראו רגישות גבוהה יותר ולא שרדו ריכוזים מעל 24 מ"גל. לעומתם, המינים המזדקרים הראו עמידות גבוהה יותר ושרדו גם ריכוזים של 32 מ"גל. כדאי לציין כי מקדם המתאם היה גבוה מאוד במקרה של הנימפיאה התכולה, אך נמוך באופן יחסי במקרה של הנופר הצהוב והמדד הזוחל.
5. מוליכות חשמלית – מבין כלל המינים שנבדקו, התקבל מתאם רק ביחס למינים הצפים. המינים המזדקרים לא הראו רגישות מיוחדת למוליכות גבוהה ושרדו רמות של $1550 \mu\text{Mho cm}^{-1}$. לעומתם, רוב הצמחים הצפים נעלמו ברמת מוליכות חשמלית של $1300 \mu\text{Mho cm}^{-1}$.
6. טמפרטורה – באופן בלתי צפוי לא התקבל מתאם בין טמפרטורת המים לבין מדדי ההתפתחות של צמחיית הירקון כפי שנמדדו.
7. עכירות – נמצא כי עכירות המים לא השפיעה באופן מכריע על מדדי ההתפתחות במיני הצומח אשר נבדקו. אולם, המתאם החלש שכן נמצא, היה חזק יותר אצל מיני הצמחים הצפים אשר, לפחות חלק מהרקמה המטמיעה שלהם עשויה להיות טבולה במים ולספוג מנת קרינה מופחתת בשל העכירות.
8. רמת העומס האורגני הקיים בקטעים מזוהמים מאפשרת התפתחות של מינים מזדקרים אך מונעת התבססות של מינים צפים וטבולים.
9. ריכוזי האמוניום הסולפידים והדטרנגנטים בקטעים המזוהמים מאפשרים התפתחות תקינה של מינים מזדקרים IN-VIVO. בנוסף, ריכוזים אלו מאפשרים קליטה והתפתחות IN-VITRO של המינים הצפים. אולם, בניסויי ההעתקה, מינים אלה לא נקלטו. השיפור אשר חל במהלך השנים באיכות המים ובתנאי בית-הגידול בקטעים ה"נקיים", אפשר למינים אשר נעלמו מנוף הירקון לשוב ולחדש צמיחתם. עובדה אשר מאששת את התיזה בדבר יכולת התאוששות מהירה של חברת הצומח בהינתן התנאים המתאימים.

סיכום פרק הצמחייה

לתמצות הממצאים והמסקנות של סקירה זו אחלק את צמחיית הירקון לארבע קבוצות עיקריות, **טבולים, צפים, מזדקרים וצמחי גדה**, תוך התייחסות למינים בעלי חשיבות אקולוגית. מממצאי המחקרים השונים עולה העובדה המכרעת שלאיכות המים הנמוכה ממפגש ירקון-קנה השפעה שלילית על צמחיית הירקון.

מינים טבולים:

המינים הטבולים הראו את הרגישות הגבוהה ביותר לגורמי זיהום בנחל ובניסויי ההעתקה גילו את הקושי הרב ביותר להתבסס. ניתן להניח שאחת הסיבות העיקריות לרגישות זו היא העובדה שכל גופם בא במגע עם המים המזוהמים. העכירות, בין שמקורה בחומר אורגני, אנאורגני, או פיטופלנקטון, מהווה את הגורם המגביל הראשי להתפתחותם ושרידותם של צמחים טבולים. אגמי וחובריו (1984), הראו שניידת החוף עשויה לשרוד ולהתרבות באופן וגטיבי כאשר היא מקבלת מנת אור המשתווה ל- $100 \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ואילו על מנת להשלים מעגל חיים ולייצר זרעים היא זקוקה למנת אור המשתווה ל- $250 \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. עובדה זו לבדה עשויה למנוע התפתחות של מין זה גם במים הנקיים אך עכורים במעלה הירקון. צמחי המים הטבולים מאופיינים בבית שורשים מצומצם (ניידת החוף) או בהיעדר שורשים מוחלט (קרן טבול). תשתית הירקון דהיום המאופיינת בריכוז חומר אורגני גבוה וצפיפות נמוכה, עשויה להעמיד בפני המינים הטבולים קושי נוסף. שני ממצאים נוספים עולים מהמחקרים שנסקרו ועשויים להיות רלוונטיים לשיקום הצמחייה בירקון במידה ויחול שיפור ניכר באיכות המים הזורמים בירקון ובכמותם. הממצא הראשון הוא שנביטת זרעי ניידת החוף משתפרת לאין ערוך לאחר מעברם במערכת העיכול של מיני דגים כגון אמנון הירדן וקרפיון העשב ובמידה גדולה עוד יותר לאחר מעברם במערכת העיכול של ברווזי הברכייה. (Agami&Waisel 1988, agami&Waisel 1986)

הממצא השני הוא שקיימת השפעה אנטגוניסטית בין צמחי אלף העלה המשוכל לבין צמחי ניידת החוף. (Agami&Waisel 2002, agami&Waisel 1985)

מבין מני הצמחים הטבולים אשר צמחו בעבר בירקון לא נותר אף לא מין אחד. ראוי לציין שהירקון כלל בעבר בתי גידול ביצתיים אשר אינם עוד. על כן ניתן לייחס את היעלמותם של חלק מן המינים להיעלמות בית הגידול האופייני ולא דווקא לאיכות המים. אולם, נחל הירקון קיים בעבר אוכלוסיות צמחים טבולים באפיק עצמו. לדוגמה ניידת החוף, הקרן הטבול ונורית המים. הימצאותם של מינים טבולים בנחל מעלה את מורכבות בית הגידול ועשויה לפצות במידת מה על החוסר בתשתית סלעית/אבנית הן מבחינת מקומות מסתור והן מבחינת מצע להתיישבות של חסרי-חוליות ואפיפיטים. בנוסף, גופי הרבייה של מינים טבולים רבים משמשים מזון לעופות מים ולדגים ומרחיבים את מארג המזון בנחל.

מינים צפים:

בעבר, אכלסו את מי הירקון צמחי הנימפיאה הלבנה, הנימפיאה התכולה, עדשת המים הזעירה, עדשת המים המגובנת, הנהרונית הצפה והנופר הצהוב. כיום, נותרו רק שלושת האחרונים. כמו הצמחים הטבולים, כך גם הצמחים הצפים מאכלסים נישה ספציפית בבית הגידול הלח. צמחים

צפים עשויים להיות מעוגנים לתשתית (נופר, נימפיאה) או צפים באופן חופשי במים (מני עדשת המים). המינים הרגישים ביותר לזיהום היו כאמור המינים הטבולים. קבוצת הצמחים הצפים, הייתה השנייה ברגישותה למזהמים בגוף המים וכן הייתה שנייה בגילויי של קשיי קליטה, הן בחלק הנקי והן בחלק המזוהם. צמחי המים הצפים מאכלסים בדרך כלל מים עומדים או בעלי זרימה חלשה, שעומקם נע בין 0.5 ל-5 מטרים. עד הגעתו של העלה מהקרקעית לפני המים הוא נתון לרמת קרינה נמוכה עקב דעיכת האור במים. כאשר המים צלולים או שאינם עכורים מאוד עשוי הצמח לעבור שלב זה בהצלחה. בגופי מים עכורים, עשוי הנצר הצעיר להתנוון בטרם השלים את צמיחתו אל פני המים. במצב כזה, הרבייה אשר עדיין מתקיימת תהיה ברובה וגטיבית על המשתמע מכך, יכולת תפוצה מוגבלת וירידה במגוון הגנטי של הפרטים. צמחי המים הצפים עומדים בפני בעיה נוספת והיא הרעייה. לאחר מספר רב של תצפיות ובדיקות, קיימת היום תמימות דעים על-כך שהסיבה המכרעת להיעלמותה של הנימפיאה התכולה מהירקון היא רעיית יתר שלה על ידי המין הפולש, הנוטריה (אגמי, 1978). לרוב הצמחים הצפים יש קני-שורש או שלוחות, המתפשטים בתוך הסדימנט ומהווים חלק מאסטרטגיית הריבוי של מינים אלה. תנאים מחזירים בקרקע בנוסף על הימצאותם של מזהמים שונים עשויה לפגוע ביכולתם של הצמחים הצפים להתבסס גם באיכות מים נאותה. לצמחים הצפים מיוחסת תופעה של סירוגיות, זאת אומרת הופעה והיעלמות "פתאומיים". תופעה כזו עשויה להיות מוסברת על ידי העובדה שלצמחים צפים רבים יש ניצני תרדמה וגדילה עונתית. ניתן להניח מצב בו ניצני התרדמה של מין צף כגון הנהרונית הצפה נשארים חיוניים ובהינתן תנאים מתאימים להתפתחות, הם פורצים אל פני המים. בתרחיש כזה, ניתן אולי לצפות באוכלוסייה המתקיימת כאוכלוסייה בוגרת אשר עברה אקלימציה לתנאי הזיהום המתונים, תנאים אשר צמחים מועתקים לא היו שורדים.

בניסויי ההעתקה של צמחי המים הצפים אשר התבצעו בשנת 1973 (ע"י אגמי) ובשנת 1999 (ע"י מורד) נמצא כי כאשר הועתקו לירקון "המזוהם" נפגעו הצמחים הצפים ולא שרדו (למעט אירוע בודד כאשר נשתלו הצמחים בקטע מזוהם אך בסמוך לנביעות של מים שפירים). החוקרים תיארו תהליך של נקרוזיס באיזורים שונים של העלים (כולל מרכז העלה) וציפוי העלים בשכבה אפרפרה ממקור בקטריאלי. לעומתם, בניסויי המעבדה אשר בחנו את השפעתם של מזהמים בודדים (IN-VITRO) נצפתה פגיעה בצמחים בריכוזי מזהמים אשר היו גבוהים באופן ניכר מריכוז המזהמים אשר גרם לפגיעה בהם בזמן גדילתם במי הירקון. הבדל נוסף בין תוצאות שני סוגי הניסויים ניכר באופי ומיקום הפגיעות בצמחים. בניסויי המעבדה, נצפתה הפגיעה משולי העלה כלפי פנים ונדמתה לצריבה. מצירוף התצפיות הללו ניתן להעריך כי רמת הזיהום בירקון גורמת לעקה כרונית אך לא לטאלית בקרב הצמחים הגורם אשר ממית אותם סופית הוא ביולוגי, חיידקים פטריות ווירוסים המצויים במי הירקון. בנוסף, אין לשכוח שבירקון קיים תמהיל של מזהמים אשר עשויים לקיים ביניהם סינרגיה מבחינת הנזק אשר הם גורמים לצמח. נושא זה של השפעתם המשולבת של גורמי הזיהום לא נבדק במעבדה ועל-כן הדברים שנכתבו הם בבחינת ניחוש מושכל גרידא.

מינים מזדקרים:

רשימת הצמחים המזדקרים הנה גדולה ומגוונת יותר מרשימת המינים הטבולים והצפים. ניתן למצוא ביניהם נציגים ממשפחת הגומא (אגמון למינהו, בצעוני מצוי, גומא ארוך וכו'), סמריים,

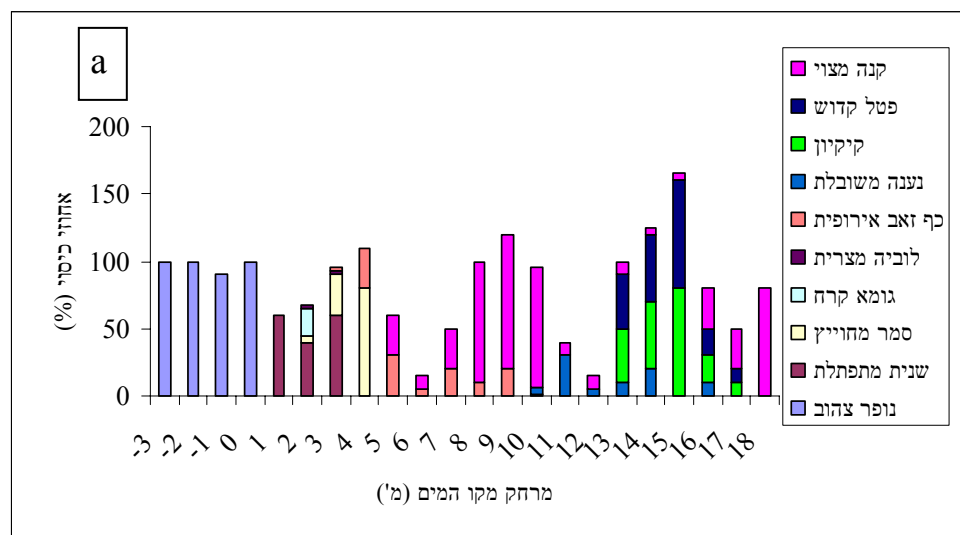
שנית, הסוף למינהו, כף זאב אירופית ועוד. צמחי המים המזדקרים תופשים נישה רחבה ומגוונת יותר מהמינים הטבולים והצפים. מינים אלה יכולים לצמוח בשולי גוף המים כאשר בסיסם טובל במים ורוב גופם מצוי באוויר החופשי. בנוסף, ניתן לצפות בצמחי מים מזדקרים במרחק מגוף המים בתנאי שהקרקע תהיה רוויה. תכונות אלה מקנות לצמחי המים המזדקרים משרעת גידול רחבה ומגוונת. לצמחי המים המזדקרים תפקיד חשוב בייצוב גדות הנחל והגנה מפני סחף מוגבר. בניסויי ההעתקה אשר התבצעו הן ב-1973 (ע"י אגמי) והן ב-1999 (ע"י מורד), הראו הצמחים המזדקרים את יכולת ההקלטות הטובה ביותר, הן בירקון הנקי והן בחלקי הירקון המזוהמים. תמונה דומה התקבלה בניסויי המעבדה של בדיקת השפעתם של מזהמים שונים על צמחיית הירקון (IN-VITRO). אם נבחן את היתרון התחרותי של מינים אלה (היכולת לגדול כאשר בסיסם טובל בקרקע רוויה ודלילה), נמצא כי יתרון זה אבד בחלקים רבים של הירקון. זאת כיוון, שצמח מזדקר נובט ומתפתח כאשר כל גופו טובל במים. במצב כזה, העכירות והעומס האורגני אשר מונעים מצמחי המים הטבולים והצפים לצמוח ולהתרבות באופן מיני גם בחלק הירקון הנקי, מונעים גם מנצרי הצמחים הטבולים לפרוץ ולהתפתח. כך, נוצר מצב שבו צמחים מזדקרים בוגרים אשר הועתקו לירקון המזוהם מצליחים לשרוד מחד, אך מאידך אין אנו רואים התפתחות ספונטנית (עדות לרבייה) של צמחים אלו. גורם מגביל נוסף אשר מגביל את צמחי המים המזדקרים הוא השיפוע החד המאפיין את החתך המורטב בקטעי הירקון המזוהמים. בהינתן שיפוע חד, עומק המים עולה באופן חד עם ההתרחקות מהגדה ואתו גם דעיכת האור במים.

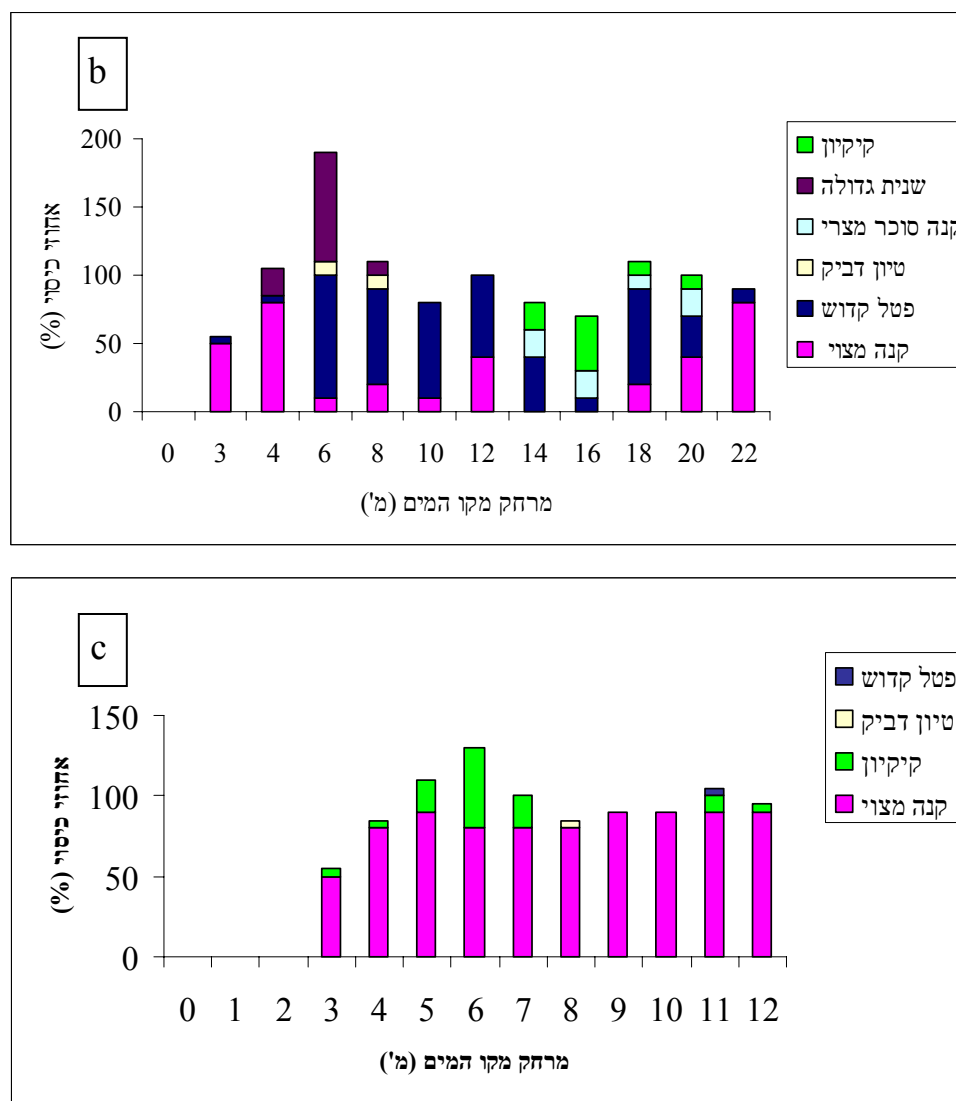
צמחי הגדות:

צמחי הגדות מהווים את הקבוצה הגדולה והמגוונת ביותר מבין חברת צמחי המים. קיימים בקבוצה זו מינים עשבוניים, שיחניים, מטפסים ועצים. בנוסף מכילה קבוצה זו מינים אשר להם אסוציאציה צמודה עם גוף המים וגם צמחים אשר לגביהם אסוציאציה זו אינה חזקה. אחד מתולדות מגוון זה בדרישות הגידול ובפילוגנזה הוא הקושי להגדיר את התכונות הפיזיקליות או הכימיות של גדות הנחל, אשר מעניקות לצמחי הגדה יתרון תחרותי מובהק על-פני קבוצות צמחים אחרות. ניתן להניח שגם במקרה זה שפע המים היחסי בסמוך לגדת הנחל והעמידות בפני שטפונות אשר פוקדים את הנחל בעונת החורף הם אשר מעניקים את אותו היתרון אשר מאפשר לצמחים אלה ליצור חברה אופיינית. עקב כך, ניתן לראות מסקרי התפוצה אשר נעשו בשנים השונות, שקבוצה זו נתונה ללחץ הגדול ביותר מצד הצמחים ה"פולשים". שני תהליכים עיקריים מעצבים את חברת הצומח בבית גידול נתון. האחד הוא הסוקסציה והשני הוא השתלטות של מינים אגרסיביים/סבילים. סוקסציה מתאפשרת כאשר בית הגידול אינו מופרע באופן תדיר, או כאשר קיים פיזור בגורמים המגבילים. ההשתלטות לעומת זאת היא התהליך העיקרי בבתי גידול המופרעים תדיר, או בבתי גידול בהם קיימת הפרעה דומיננטית המהווה גורם מגביל לרוב המינים. הנחל וגדותיו מהווים בית גידול אשר מכיל גרדיאנט רציף וחד בשפיעות המים. בהינתן מצב שבו בית הגידול אינו מופרע, ניתן לצפות לחברת צומח המאורגנת ברצועות ע"פ זיקת המינים השונים למים (חיגור). בנחל הירקון לעומת זאת נעלמה כמעט לחלוטין תופעת החיגור וניתן לצפות בפלישה של מינים אשר גדות הנחל אינם מהווים את בית גידולם הראשוני. צמחים אלו דרים תחת הכותרת של צמחים סגטליים ורודראליים (צמחי באשה), (אגמי, 1994) הווה אומר צמחים האופייניים לשדות מעובדים, צדי דרכים, ומעזבות. בין שאר המאפיינים

האקולוגיים של צמחים המשתייכים לקבוצות אלה, ניתן למנות את כושר הנביטה המהיר, העמדת מספר מחזורי חיים במשך עונת גידול אחת, מאגר גדול של זרעים חיוניים בתת הקרקע, עמידות לריכוזי חנקות גבוהים או לחילופין אפיניות נמוכה לחנקן (ויזל, 1984) מאפיינים אלה, עשויים לבטל את היתרון התחרותי של צמחי הגדה (לדוגמא גידול בקרקע רווית מים) ולאפשר את החלפתם במינים הפולשים. ברצועות הקרובות למים, היכן שצמחי הבאשה אינם מסוגלים לצמוח מפאת רווית הקרקע, לא יגדלו צמחים כלל. אכן, מצא אגמי שבקטעי הנחל המזוהמים, רצועת הצומח החלה במרוחק מקו המים בעוד שבקטעי הנחל ה"נקיים" רצועת הצמחים הראשונה החלה בגוף המים עצמו. לצמחי הגדה ישנו גורם נוסף המגביל את תפוצתם. גורם זה הוא השתלטותם של מינים אגרסיביים כגון *הקנה המצוי* ו*הפטל הקדוש*. שני המינים הללו מהווים את עיקר הביומסה הצומחת בגדות נחל הירקון. *הקנה המצוי* אמנם מזוהה עם בתי-גידול לחים אך משרעת הגידול הרחבה שלו ועמידותו לזיהומים הקיימים במי הירקון הופכת אותו למין שליט אשר אינו מאפשר לצמחי הגדה השונים לצמוח ולהתבסס הן על ידי תפישת השטח והן על ידי הצללה. המקרה דומה כאשר אנו באים לבחון את *הפטל הקדוש*. גם מין זה הנו אגרסיבי ומזוהה עם בתי גידול לחים. אולם, עובדה ידועה היא שהפטל רגיש להצפות ואינו מסוגל לשרוד בקרקע רוויה/מוצפת. מה שבכל זאת מאפשר לפטל את השליטה ללא מיצרים היא העובדה שבעוד ששורשיו מצויים בטווח מספיק רחוק מקו המים על מנת לא להיות מוצפים, ענפיו "נשפכים" ממנו והלאה לכוון המורד ובכך שוב מצלים ותופסים את הרצועות הלחות יותר המתאימות לצמחי הגדה. תופעה זו מן הסתם תהיה חמורה יותר במקומות בהן גדת הנחל משופעת בחדות ומצירה בהכרח את הרצועה הלחה.

באיור 13 ניתן לראות את אחוזי הכיסוי בחתכים אופייניים של הירקון. קיים מתאם שלילי בין רמת הזיהום לבין מגוון המינים. עובדה נוספת אשר לא הודגשה במחקר זה היא השפעת תצורת הגדה על מגוון המינים. בחתך הצומח באזור הנקי ובחתך באיזור הזיהום המתון, הגדה מתונה





איור 13. אחוז כיסוי של צומח גדות באתר נקי (a), אתר בו הזיהום מתון (b) ואתר מזוהם (c). עיבוד מתוך נתוני מורד, 1999.

בהרבה מאשר בחתך של הקטע המזוהם. נראה כי, הרכב הצומח בחתך מושפע משיפוע הגדה. גדה מתונה מאפשרת לצמחי הגדות לבטא את יתרונם התחרותי לעומת גדה תלולה אשר מבטלת יתרון זה ומאפשרת לצמחי באשה ולמינים אגרסיביים לתפוס את מקומם של צמחי גדת הנחל.

מסקנות:

בשנת 1976 פורסמה רשימת מיני הצמחים אשר נכחדו מתחומי ארץ ישראל (Dafni & Agami, 1976). מתוך 36 המינים אשר נכללו ברשימה זו, 20 היו צמחים של בתי גידול לחים, כגון ביצות, נחלים שלוליות ובריכות. הסיבות להיעלמותם של בתי גידול אלה ידועות לכל והן כוללות ניצול מאסיבי של משאבי המים, הורדת מפלסי מי-התהום, תפיסת מי-מעיינות לשימוש צרכי ההתיישבות, כיסוי איזורים רחבים בבטון ואספלט ומעל לכל אלה, הזיהום של גופי המים העומדים והזורמים. אולם, לצמחי המים יש כושר שיקום מהיר. למעשה בתי גידול לחים ידועים כבעלי יכולת שחזור מן הגבוהות בעולם הטבע, בהינתן התנאים המתאימים. מתוך קריאת

המחקרים הרבים אשר נעשו וניתוח תוצאותיהם מכמה כיוונים, ניתן להגדיר את הגורמים אשר עומדים בדרכה של חברת צומח הנחלים להתאושש ולחדש ימיה. איכות המים וכמותם (כפי שמתבטאת במהירות הזרימה ומפלס המים) הם בין הגורמים הראשוניים המשפיעים על כל קבוצות צמחי המים. עובדה זו ברורה ולכן לא אתעכב על נושא זה ואפרט לגבי כל קבוצה את הגורמים המגבילים הייחודיים לה. לצמחי המים הטבולים יש את האסוציאציה החזקה ביותר עם המים. כל גופם כולל גופי הרבייה שלהם טבולים במים ועל כן הם הרגישים ביותר לזיהום. מתוך כלל גורמי הזיהום הייתי ממקם את העכירות כגורם המגביל הראשי להתפתחותם של צמחי המים הטבולים. מאזן האנרגיה של הצמחים הטבולים נדון להיות שלילי ברמת העכירות הנתונה וצמחי המים הטבולים לא יתפתחו בה. למינים הצפים קיים גורם מגביל אשר הוא שילוב של העכירות והעומס האורגני. לצמחים הצפים יש רקמה מטמיעה אשר היא חשופה לאוויר הפתוח ועל כן מאזן האנרגיה שלהם עשוי להיות חיובי באם יצלחו את שלב הנביטה התת-מימית בהצלחה. לאחר שעברו שלב זה מתמודדים המינים הצפים עם עומס אורגני גבוה על נגזרותיו אשר גורם להם לעקה כרונית. על רקע עקה כרונית זו, המינים הצפים עשויים להיות חשופים להתקפת גורמים פתוגניים שונים המשגשגים במים שמקורם בביוב, חיידקים פטריות ווירוסים עשויים להיות אלה אשר מנחיתים את המכה הסופית והורגים את הצמח. צמחי המים המזדקרים אינם מתפתחים כיאות בחלקי הירקון המזוהמים עקב תמהיל אחר של גורמים מגבילים. הגורם אשר מגביל את תפוצת צמחי הנחל המזדקרים הוא שלוב של גדות נחל תלולות ומים עכורים. מתוצאות נסויי ההעתקה עולה בבירור שצמחי מים מזדקרים בוגרים שורדים את מי הירקון המזוהמים. נראה כי, השלב שבו חל עיכוב של צמיחתם הוא שלב הנביטה וההתבססות. מינים רבים של צמחי מים מזדקרים זקוקים לגדות יציבות עם מפלס רדוד ויציב. ברוב חלקי הירקון המזוהמים, גדות הנחל הן תלולות. תלילות הגדות מובילה לשתי תוצאות עיקריות. האחת, המים עמוקים גם בסמוך לגדה ועל כן הקרקעית לוטה באפילה, השנייה, כל שינוי במפלס המים מורגש מייד. בתנאים אלו יקשה על צמחי המים המזדקרים לתפוס את מקומם בתוך המים בסמוך לגדה. התבססות אוכלוסיית צמחי הגדה נתקלת בבעיה נוספת על כל אלו שהוזכרו ובעיה זו היא הצמחים הפולשים ומים אגרסיביים. מבין האגרסיביים, המינים העיקריים הבולמים את אוכלוסיית צמחי הגדה הם הקנה המצוי והפטל הקדוש אשר גדות נחל הירקון בתצורתן הנוכחית, מהווה עבורן בית גידול מוגן ושופע מים.

תוצאות העבודות שנסקרו, ניתוחן ושילוב מסקנותיהן מוביל למחשבה ששיקום צמחיית נחל הירקון יוכל להפוך למציאות קיימת על ידי איתור אזורים בנחל בהם קיים מגוון ביולוגי רחב, לימוד המורפולוגיה והידרולוגיה של אתרים אלה ויישום התכונות "החיוביות", במקומות נוספים בנחל. בד בבד יש לשמר מכל משמר את קטע הירקון הנקי כיוון שהוא יוכל להוות "מנוע" לגיוס זרעים ונצרים של צמחי מים אשר יוכלו להיקלט באותם מקומות אשר הוכשרו לקליטתם מבעוד מועד. מצב זה יאפשר עם הזמן "כיבוש זוחל" של גדות הנחל מידי הצמחים הפולשים ובעתיד אולי גם יאפשר את חזרתם של צמחי המים הטבולים, הצפים והמזדקרים.

3.2 חסרי חוליות

י. הרשקוביץ וא. גזית

הנושא: The freshwater mollusks of the Yarkon a polluted stream

- **מחברים:** מיניס, ה. (Mienis, H.K.)
- **שנה:** 1977
- **מקור:** Levantina 8:81-82
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** השפעת זיהום על מאכלסי נחל
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** סקירת המידע על מיני הרכיכות בירקון.

עיקרי הממצאים

1. עד לשנת 1970, נמצאו במעלה הירקון 23 מיני רכיכות (בהם 6 מיני צדפות).
2. בדיגום שנערך בשנת 1977, נעדרו 8 מיני רכיכות בהם 2 מיני צדפות.
3. הסקר מצביע על האפשרות של הרעה בתנאי בית הגידול במעלה הירקון אשר הביאה לירידה בעושר מיני הרכיכות בקטע זה

הנושא: חברת חסרי החוליות בירקון

- **מחברים:** אביטל גזית
- **שנה:** 1995
- **מקור:** הירקון. קובץ מאמרים בהוצאת רשות נחל הירקון
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** ביולוגיה, אקולוגיה, השפעת זיהום
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** סקירת המידע על חברת חסרי החוליות בירקון (נכון ל-1995)

עיקרי הממצאים

1. המידע על חברת חסרי החוליות שהתקיימה בעבר בנחל הירקון מועט ביותר. המידע הקיים כיום מבוסס על מספר סקרים שנערכו בנחל החל משנות ה-70.
2. בראשית שנות ה-70, נמצאו במעלה הירקון לפחות 11 טקסונים שונים של חסרי חוליות (להוציא רכיכות). בשנת 1994, נמצא מספר דומה של טקסונים מרביתם במעלה הנחל הבלתי מזוהים.
3. מרבית חסרי החוליות שנמצאו בקטע המרכזי המזוהם, היו אופייניים לקטעי נחלים מזוהמים בחומר אורגאני- חד תא מושבתי (פעמונית), תולעים עגולות (נמטודה), שלשול הצינורות (טוביפקס), זחלי ימשוש (כירנומוס), סרטנים ירודים (דפניתאים וציקלופיים) והחילזון פיסלה. במרבית המקרים האוכלוסיות היו צפופות פרטים ועניות במינים כתוצאה מלחץ טריפה נמוך.
4. המידע על חברת חסרי החוליות בקטע המלוח של הירקון מועט ביותר. מתצפיות אקראיות נמצאו בקטע זה מינים ימיים כגון בלוטים ותולעים רב זיפיות. בנוסף נמצאו 4 מיני רכיכות של מיס מליחים ומין יחדי של מיס מתוקים.

הנושא: שימוש בחילזון המים שחריר הנחלים *Melanopsis* כביואינדיקטור לבחינת איכות מים

בנחלים

- **המחברים:** דנה מילשטיין ואביטל גזית (מנחה)
- **שנה:** 2001
- **מקור:** עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך אוניברסיטה", המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל - אביב.
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** ביולוגיה, זיהום מים, ניטור ביולוגי, קריטריונים של איכות מים לשיקום נחל.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** המחקר בחן את האפשרות של שימוש בחילזון המים שחריר הנחלים כביואינדיקטור לאיכות מים בנחלים.

עיקרי הממצאים

1. מבין חסרי החוליות של מים מתוקים, רגישות החילזון שחריר הנחלים לאמוניה נחשבת כגבוהה יחסית. נבחנה האפשרות של שימוש בחילזון שחריר הנחלים כמין אינדיקטור לבחינת איכות מים בנחלים.
2. נערכו חמישה מבחני חשיפה בשטח של שחרירים למי הנחל (96 שעות), בתחנות שונות לאורך הירקון. 24 שעות מתום החשיפה, נבדקה מידת העקה של החלזונות (יכולתו של החילזון לפתוח את מכסה הזימים ולהיצמד למצע).
3. נמצא מתאם חיובי מובהק בין אחוז העקה בפרטים שנחשפו למי הנחל ומדדים של זיהום אורגאני (ריכוז החומר האורגאני והאמוניה). תגובת עקה נמוכה יחסית (<10%) נצפתה בקטע מעלה הירקון ואילו רמות עקה גבוהות (60-100%) בתחנות נצפו בקטע התיכון המזוהם.
4. נמצא מתאם חיובי מובהק בין אחוז העקה של השחרירים אשר נחשפו למי הנחל לבין ציינים ביוטיים של חסרי חוליות, אשר נאספו בתחנות הנחל. כך למשל נמצא מתאם חיובי מובהק בין אחוז זחלי הימשושים באסופת חסרי חוליות ואחוז העקה של השחרירים. בדומה נמצא מתאם שלילי מובהק בין אחוז העקה ואחוז זחלי השפריריות באסופה. לסיכום, הממצאים הנ"ל מצביעים על האפשרות של שימוש בתגובת עקה של שחריר הנחלים כאמצעי להערכה, אד-הוק של איכות המים. מאידך, בשלב זה לא ניתן להשליך באופן חד משמעי מתגובת העקה של השחריר על השלמות הביולוגית של חברת חסרי החוליות בנחל.
5. נמצא כי ריכוזי הנחושות והאמוניה המותרים להזרמה לנחלים ע"י המשרד לאיכות הסביבה, גבוהים כמעט בסדר גודל מהקריטריון האקוטי המחושב עבור חסרי החוליות. ממצא זה מעיד על הצורך בהחמרת תקני הפליטה והתקנים הסביבתיים הנגזרים מהם.

הנושא: חברת חסרי החוליות הגדולים כאמצעי לניטור נחלים בישראל: נחל הירקון כמודל לנחלי החוף.

- **המחברים:** ירון הרשקוביץ ואביטל גזית (מנחה)
- **שנה:** 2002
- **מקור:** עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך אוניברסיטה", המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל - אביב.
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** ביולוגיה, זיהום מים, ניטור ביולוגי, קריטריונים של איכות מים לשיקום נחל.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** חברת חסרי החוליות הגדולים (חח"ג) בירקון כאמצעי לבחינת איכות המים בנחל הירקון.

עיקרי הממצאים

1. במהלך שלוש שנות המחקר נבדקו בירקון 8 תחנות המייצגות דרגות שונות של הפרעה סביבתית ממעלה הנחל ("פארק מקורות הירקון"), הנקי מזיהום אורגאני ועד לאתר "7 טחנות" בסוף הקטע "המתוק". כל התחנות אופיינו בעזרת משתנים כימיים פיזיקליים וביולוגיים (חסרי חוליות גדולים).
2. שישה מדדים ביולוגיים (עושר הטקסונים, אחוז זחלי הימשושים, אחוז זחלי השפיריות, אחוז זחלי הבריומאים, ציין מגוון המינים וציין SIGNAL-W), הראו קשר מובהק לשינויים באיכות המים (ריכוז חומר אורגאני - צח"ב ואמוניה כללית).
3. ששת המדדים הנ"ל שולבו ליצירת ציין משוקלל: "ציין השלמות הביולוגית" (Benthic- Index of Biological Integrity).
4. על בסיס ערכי ציין השלמות הביולוגי נקבעה "בריאות" נחל הירקון באופן הבא: שתי תחנות במעלה הירקון הנקי ("רכבת" ו"סכר 40"), דורגו ברמת בריאות של בין כ"פחות מבינונית" ועד "טובה מאוד". תחנה נוספת בקצה קטע המעלה (מעלה "מפגש ירקון-קנה") קיבלה הערכה נמוכה יחסית, בין "גרועה ביותר" ועד "בינונית". קטע מרכז הנחל דורג ברמת בריאות "גרועה ביותר" עד "בינונית-גרועה" ומורד הירקון המתוק (אתר "7 טחנות") דורג ברמת בריאות "גרועה ביותר" ועד "טובה".
5. הפגיעה בחברת חסרי החוליות התרחשה כבר בקטע מעלה הירקון וזאת למרות איכות המים הגבוהה (מים שפירים). הסברים אפשריים לממצא זה קשורים ככל הנראה בתנאים סביבתיים שליליים אשר אינם קשורים באיכות המים כגון היעדר זרימה, עכירות גבוהה, הצטמצמות ואובדן בתי גידול ונוכחות גבוהה של טורפים כגון דגי הגמבוזיה.
6. ממצאי המחקר מאפשרים להעריך את מצב שיקום הנחל על בסיס קריטריונים ביולוגיים ("שלמות ביולוגית יחסית").

הנושא: יישום מבחני רעילות ממוזערים לניטור נחלים

- **המחברים:** שגיא מגריסו ושמשון בלקין (מנחה)
- **שנה:** 2002
- **מקור:** עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך במדעי הטבע", ביה"ס למדע יישומי, האוניברסיטה העברית. ירושלים
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** ביולוגיה, זיהום מים וסדימנט, ניטור ביולוגי.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** המחקר בחן את השימוש ביצורי מבחן נבחרים כאמצעי לניטור רעילות המים והקרקעית בנחל הירקון. בנוסף נערכו בדיקות לגילוי מזהמים בבדיקות הקרקעית של תחנות הנחל.

עיקרי הממצאים

1. במחקר זה נבחן השימוש במבחני רעילות ממוזערים כאמצעי לניטור רעילות נחלים בישראל. במהלך המבחן ולפרק זמן מוגדר, נחשפים יצורי מבחן לדוגמאות קרקע ומים החשודים כמזהמים. בסיום פרק הזמן נבדקת עוצמת הפגיעה במדד מוגדר (כגון שיעור התמותה, עיכוב בגידול, קצב הריבוי וכד') בהשוואה לדוגמת מים נקייה. ככל שעוצמת הפגיעה גבוהה יותר, אזי רעילות המים גבוהה יותר ועלולה לסכן יצורים נוספים השוכנים בנחל. כל דוגמא נבחנה על-ידי מספר יצורי מבחן שונים, וזאת על מנת לספק תמונה רחבה ומהימנה יותר על רעילות המים.
2. נבחנו 5 נקודות דיגום בנחל הירקון: תחנה אחת במעלה הנחל הנקי, שלוש תחנות בקטע התיכון המזוהם ותחנה אחת בקטע המלוח. בכל הנקודות נבדקו הן המים העיליים הזורמים והן הקרקעית.
3. רעילות המים נבדקה תחילה באמצעות החיידק המאיר *Microtox* ולאחריו באמצעות הסרטנים *Thamnocephalus platyurus* ו-*Daphnia pulex*, הריסנית *Tetrahymena thermophila* ואצה מהמין *Selenastrum capricornutum*. רעילות הסדימנט נבחנה גם ישירות באמצעות הסרטן *Heterocypris inconguens*.
4. בכל אתרי הדיגום לאורך הירקון לא אובחנה רעילות ע"פ מבחן ה-*Microtox*. כמו כן בקטע מעלה הירקון, לא זוהתה רעילות בכל סוללת המבחנים, הן במים העיליים והן בקרקעית. לעומת זאת, בחלקו המרכזי של הנחל זוהתה רעילות במים העיליים אשר פגעה במחצית מיצורי המבחן, בדוגמאות הקרקע זוהתה רעילות אשר פגעה במחצית מיצורי המבחן וזאת גם לאחר מיהול הדוגמאות עם מים נקיים למחצית ואף לרבע מריכוזם המקורי.
5. בחלקו המלוח של הנחל זוהתה רעילות במים העיליים במבחן אחד בלבד (*Daphnia pulex*) ובדוגמאות הקרקע בשני מבחנים (*Daphnia pulex*, *Thamnocephalus platyurus*).
6. בבדיקת סדימנט הנחל נמצאו 11 תרכובות אורגאניות רעילות כגון ממסים אורגאניים, חומרי סיכה וחומרי הדברה. התחנה המזוהמת ביותר הייתה בסמוך לכניסת קולחי נחל קנה ואילו בקטע המלוח לא נמצאו תרכובות רעילות כלל. יש לציין כי בתחנת

הביקורת במעלה הנחל (אתר נופרים) נמצאו שתי תרכובות רעילות (Tetradecane ו-Hexadecane) אם כי בריכוזים נמוכים יחסית ($0.3 < \text{מ"ל}$).

3.3. דגים:

הנושא: Fish community parameters as indicators of habitat conditions: The case of the Yarkon, a lowland, polluted stream in a semi-arid region (Israel)

- **מחברים:** גזית, בינג, רז וגורן (Gasith, A., Bing, M., Raz, Y. & Goren, M.)
- **שנה:** 1998
- **מקור:** Verh. Internat. Verein. Limnol. 26:1023-1026
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** ביולוגיה, זיהום מים, ניטור ביולוגי, חברת הדגים.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** המחקר בחן את חברת הדגים בנחל הירקון כאינדיקטורים למצב בית הגידול.

עיקרי הממצאים

1. נדגמו שישה אתרים לאורך הירקון המתוק המייצגים איזורים נקיים, מזהמים ומשוקמים חלקית וכן בתי גידול ברכתיים ושל זרימה. בכל אתר נמדדו משתנים נבחרים של איכות מים ובמקביל נערך דיגום חשמלי של חברת הדגים.
2. 6 הק"מ העליונים של הירקון אופיינו כנקיים מזיהום אורגאני (ריכוזים נמוכים של צח"ב, אמוניה, סולפידים וחידקי קולי וריכוזי חמצן גבוהים). יתר 17.5 הק"מ של הנחל מזהמים בשפכים ממקורות שונים. שיפור קל באיכות המים נמדדה בחלקו התחתון של הנחל.
3. שלושה מיני דגים (אמנון הגליל, לבנון הירקון והסייפן) נמצאו בקטע מעלה הירקון הנקי בלבד. שני מינים (קרפיון מצוי ושפמנון מצוי) בלבד נמצאו גם בקטע הנקי וגם בקטע המזוהם. בתקופת האביב והקיץ ניתן היה למצוא את אמנון הגליל, גמבוזיה והצלופח הן באתרי בלתי מזוהמים והן בתחנות מורד הנחל.
4. נמצאו הבדלים בגודל החציוני של הדגים כאשר פרטים קטנים יחסית ($<100 \text{ מ"מ}$) נמצאו במעלה הנחל ואילו בקטע המזוהם היה גודלם של הפרטים גדול יחסית ($>300 \text{ מ"מ}$).
5. על מנת להשיג את יעד השיקום בנחלי החוף בישראל, נדרשת הזרמה של קולחים באיכות גבוהה מהמותר ע"פ התקנים כיום (20 מ"ג לליטר צח"ב).

הנושא: היבטים בביולוגיה ואקולוגיה של לבנון הירקון (*Acanthobrama telavivensis*), מין בסכנת הכחדה

- **המחברים :** אלדד אלהון, מנחם גורן ואביטל גזית (מנחים)
- **שנה :** 2000
- **מקור :** עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך אוניברסיטה", המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל - אביב.
- **רלוונטיות לשיקום נחלים :** ביולוגיה, זיהום מים, קריטריונים של איכות מים לשיקום נחל.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון :** המחקר בחן את הקשר שבין נוכחות הדג ותנאי בית הגידול בקטעים שונים של הירקון, האקולוגיה והביולוגיה של לבנון הירקון וכן את רגישות הדג לאמוניה.

עיקרי הממצאים

1. הדג לבנון הירקון הוא מין אנדמי לנחלי החוף של ישראל, הנמצא בסכנת הכחדה כתוצאה מזיהום בשפכים. בנחלים בהם שרדו פרטים של המין (דליה, תנינים וירקון) ניתן למצואם בקטעים בלתי מזוהמים.
2. אוכלוסיית לבנון הירקון בנחל הירקון, מוגבלת כיום לקטע מעלה הנחל הנקי משפכים. ממצא זה מוסבר ברגישותו הגבוהה של הלבנון לתוצרי זיהום אורגני, בין השאר לאמוניה כללית.
3. במבחן רעילות 96H-LC-50 נמצא כי רגישותו של הלבנון לאמוניה (ערך כרוני) היא הגבוהה ביותר מבין כל הדגים בירקון - $3 < \text{מ"ל אמוניה כללית או } 0.1 < \text{מ"ל אמוניה בלתי מיוננת}$.
4. תוחלת החיים של הלבנון יכולה להגיע עד ל - 4 שנים ואורך מירבי של 120 מ"מ. נמצאה מחזוריות עונתית בשפיעות הפרטים בירקון כאשר בחודשי החורף והאביב (ינואר - יולי) שפיעות הפרטים מירבית ואילו בחודשי הקיץ (אוגוסט - דצמבר), שפיעות הפרטים מזערית.
5. רביית הלבנונים בנחל הירקון נמשכת בין החודשים פברואר ועד לתחילת אפריל. בעונה זו מטילות הנקבות מספר פעמים.
6. הלבנונים בירקון הינם "אוכלי כל" (Omnivores) וניזונים בעיקר מאצות צורניות (Diatoms), זחלי ימשושים (Chironomidae), אצות חוטיות מסועפות (Cladophora) וסרטי שטרגליים (Copepoda).

הנושא: Habitat condition and fish assemblage structure in a coastal Mediterranean stream (Yarqon, Israel) receiving domestic effluent

- **מחברים:** שריג גפני, מנחם גורן ואביטל גזית (Gafny, S., Goren, M., & Gasith, A.)
- **שנה:** 2000
- **מקור:** Hydrobiologia 422/423: 319-330
- **רלוונטיות לשיקום נחלים:** ביולוגיה, זיהום מים, ניטור ביולוגי, חברת הדגים.
- **רלוונטיות לשיקום הירקון:** המחקר בחן את השפעת תנאי בית הגידול על חברת הדגים בנחל הירקון.

עיקרי הממצאים

1. משתנים נבחרים של איכות המים ואסופות דגים, נדגמו ב - 7 אתרי דיגום לאורך נחל הירקון.
2. בהשוואת ממצאי איכות המים בין קטע מעלה הנחל (קטע נקי) והקטע התיכון נמצאו הבדלים משמעותיים בנתוני המוליכות החשמלית וריכוז החומר האורגאני הזמין (צח"ב). לעומת זאת לא נמצאו הבדלים בטמפרטורת המים וריכוז חמצן מומס.
3. בסך הכל נמצאו לאורך הירקון 9 מינים שונים של דגים. עושר מיני הדגים ושפיעותם היחסית במעלה הירקון היה גבוה משמעותית בהשוואה לקטע הנחל התיכון המזוהם. לעומת זאת ביומסת הדגים הייתה גבוהה יותר בקטע התיכון בהשוואה לקטע המעלה. נמצא כי נוכחות המינים לבנון הירקון, אמנון הגליל וסייפן מהווה אינדיקציה לאיכות מים גבוהה. בהקשר זה נמצא כי ריכוז צח"ב של 10 מ"ג לליטר, מהווה ערך סף לנוכחותם של מרבית מיני הדגים בירקון.
4. הרעה באיכות המים ופגיעה בחברת הדגים צפויה מיד לאחר השיטפון הראשון בנחל.
5. הטיית מקורות המים אשר הפחיתה את זרימת הבסיס בנחל, פגעה משמעותית בקיום בתי גידול של זרימה בירקון. תוצאות ראשוניות מצביעות על כך שבתי גידול אלו מקיימים עושר גבוה יותר של דגים ואובדנם עלול לפגוע פגיעה נוספת בחברת דגי הירקון במעלה הנחל.

סכום פרק חסרי חוליות ודגים:

נחל הירקון של תחילת שנות ה-2000 עני במינים של חסרי חוליות ודגים. בחלקו המזוהם התופעה ברורה וקשורה בסילוקם של המינים הרגישים. דוגמא בולטת היא היעדרותם של חלזון מהמין שחריר הנחלים (מילשטיין, 2001) ודג לבנון הירקון (אלרון, 2000). בחלקו הנקי התופעה ברורה פחות. בחלקה ניתן ליחסה לאירועי התייבשות והרס בתי גידול (במיוחד בתי גידול של זרימה) שגרמו להכחדת אוכלוסיות מקומיות. העלמות מיני דגים (כדוגמת אמנון היאור, אמנון גליל, ונאוית כחולה) מקטע מעלה הירקון, קשורה ככל הנראה בשינוי קיצוני של בית הגידול המועדף על ידם, כתוצאה מאירועי התייבשות שהשפיעו על מעלה הנחל.

העדר מידע על חברות החי בטרם השתנות המשטר ההידרולוגי מקשה על הסקת מסקנות חד משמעיות לגבי חסרי חוליות. ניתן לשער שהתייבשות והצטמצמות מגוון בתי הגידול, גרם גם להתמעטות עושר המינים של חסרי החוליות. במיוחד נציגים של מינים שאינם יכולים לעבור בעצמם ממקווי מים סמוכים ולאכלס את הנחל מחדש. חיזוק למסקנה זו הן העדויות על התמעטות משמעותית בעושר מיני הרכיכות מאז שנות ה-70 (Mienis, 1977) והעלמותם בשנות ה-90 של מינים נוספים כדוגמת ספוג מים מתוקים (*Ephydatia* sp.) ומין של ארינמל (*Sisyr* *trilobata*) החי בסימביוזה עם ספוג זה, מין של שעיר כנף זעיר - שעירונית (*Hydroptila* sp.) וחי טחבים – (Bryozoa) (גזית, 1995; גזית, לא פורסם; הרשקוביץ, 2002). הרחבה בנושא זה ראה בחלק ב'.

הערכתנו כי הקצאה נוספת של מים באיכות מי מקור תחדש מקומית בתי גידול של זרימה (במורד סכרונים) ותאפשר התבססות מקומית של מינים שיושבו בעתיד לנחל (כדוגמת שחריר הנחלים). הבטחת המשך קיומם של מינים אלו מחייב מניעה מוחלטת של אירועי התייבשות.

חלק ב'

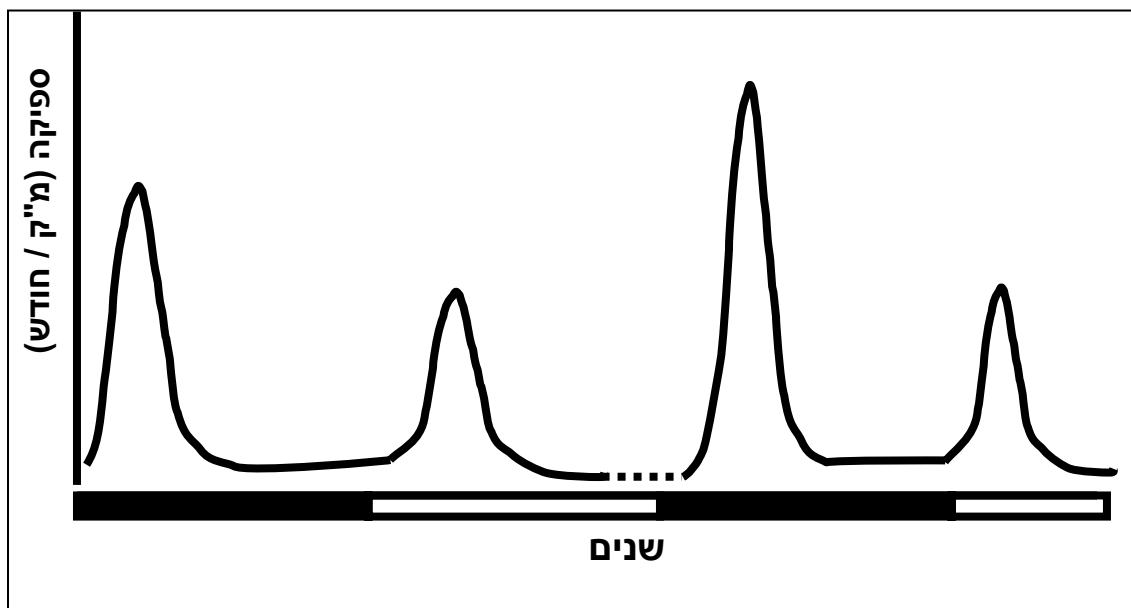
הירקון 2004 - הערכת מצב הנחל

אביטל גזית וירון הרשקוביץ

הערכת מצב הירקון נבחנת כאן מנקודת ראות אקולוגית - ביולוגית. הרציונאל בכך הוא שכאשר המצב האקולוגי כפי שמשקף במבנה ותפקוד המרכיבים הביולוגים תקין, גם מרכיבי המערכת האביוטים - הפיסיקלים, כימיים, ופיזיים חייבים להיות תקינים ולהפך.

נחלים ים תיכוניים: אקלים ים תיכוני מתאפיין בתקופת גשמים קצרה ולאחריה תקופת יובש. בישראל מתפרשת עונת הגשמים על פני תקופה של כחמישה עד ששה חודשים, בין סוף אוקטובר עד סוף אפריל עם כ- 60 - עד 80 ימי גשם. משטר הגשמים באזור מתאפיין בפרקי גשם קצרים עם ממטרים עזים (אירועי סופה) היוצרים אירועי שיטפון בנחלים. השונות בכמויות הגשמים באזור בים תיכוני גדולה ללא אפשרות של חיזוי תדירות שנים גשומות או שחונות. בהתאם קיימת שונות גבוהה בעוצמת הספיקות ונפחי המים בנחלים. בירקון למשל משתנים נפחי המים השטפוניים בין 0.2 ל- 300 מלמ"ק בשנה (שנים הידרולוגיות 59/60 ו 91/92, בהתאמה; בן-צבי, 1995).

הדגם ההידרולוגי הים תיכוני מאופיין בתקופות עוקבות של שפע מים עם אירועי זרימה חזקים בחורף והתמעטות עוצמות הזרימה ונפחי המים, עד סוף הקיץ (איור 14).



איור 14. איפיון הידרולוגי רב-שנתי סכמתי של ספיקת המים החודשית בנחלים ים תיכוניים. (על פי Gasith and Resh, 1999)

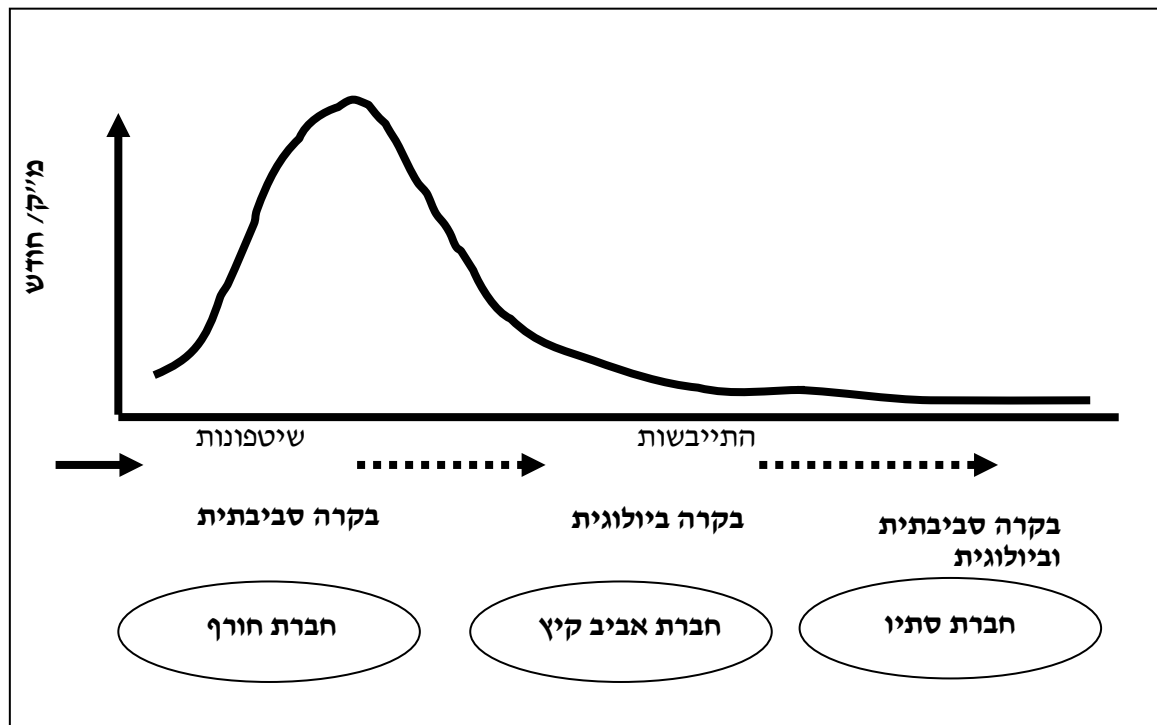
קיום מים בתקופת הקיץ בנחלים ים תיכוניים (זרימות בסיס) מותנה בשפיעת נביעות. כאשר מפלס מי התהום צונח וזרימת הבסיס פוסקת, יתייבש הערוץ. באזורים קארסטיים קיימים מצבים של נפח אגירה תת-קרקעי גבוה המאפשר תרומת מים גבוהה וממתן את התנודות העונתיות והרב-שנתיות של זרימת הבסיס ("זיכרון מים"). בנחלים מטיפוס זה השפעת השיטפונות קיצונית פחות מאשר בנחלים בהם זרימת הבסיס נמוכה או פוחתת משמעותית

במהלך הקיץ. דגם הזרימה המשתנה בין קיץ לחורף הוא גורם סביבתי מרכזי המשפיע על הדינאמיקה השנתית של איכות המים, על מגוון בתי הגידול ועל מגוון מאכלסי המים בנחלים ים תיכוניים (Gasith and Resh, 1999). השיטפונות נחשבים לגורם הסביבתי המעצב מחדש את נוף הנחל (reset mechanism). הנגר הראשון מאגן הניקוז בדרך כלל שוטף אל הנחל ריכוז גבוה של חומרים ומזהמים שהצטברו באפיקי היובלים בתקופת הקיץ. השיטפונות הבאים גורפים את החומרים שהצטברו באפיק המרכזי מפזרים אותם מהמעלה אל המורד ושוטפים אותם אל הים (צילום 5).



צילום 5. השיטפון גורף חומרים במורד אפיק הנחל, מספק רצף זרימה ומרחיב את האפיק (צילום: י. הרשקוביץ. "10 טחנות" - פברואר 2002).

השיטפונות מחדשים את רצף הזרימה בנחל, מציפים שטחים הסמוכים לנחל (פשטי הצפה) ומעשירים את מגוון בתי הגידול. חי וצומח ששרדו בנחל בשלהי הקיץ נשטפים ומתפזרים במורד הנחל. חלקם שורד ביובלים ובמקומות מפלט בהם עוצמת הזרימה פחותה (כדוגמת שולי הנחל או בשטחי ההצפה). חי וצומח אלה הם גרעין ממנו מתחדשת החברה החורפית העמידה לתנאים האקולוגיים בנחל בתקופה זו. הבקרה של העולם הביולוגי בתקופה זו היא בעיקרה ע"י גורמים סביבתיים כדוגמת סחיפה, טמפרטורה נמוכה ומים עשירים בחומר מרחף. לאחר תום הגשמים בתקופת האביב, קיים עדין שפע מים יחסי אך ללא זרימות שיטפוניות. טמפרטורת המים ממותנת יחסית ומגוון בתי הגידול בשיאו. זו התקופה בה הפעילות הביולוגית של החי וצומח פורצת. חברת האביב ותחילת קיץ מגיעה לשיאה בדרך כלל עד אמצע הקיץ. הבקרה של העולם הביולוגי בתקופה זו היא בעיקרה ע"י יחסי גומלין ביולוגיים, כדוגמת יחסי טורף-נטרף ותחרות. בהמשך הקיץ פוחתת הזרימה, נפח המים והשטח המורטב בנחל מצטמצמים, רצף המים בנחל עשוי להיקטע, מגוון בתי הגידול פוחת וחלקם אף נעלמים (בעיקר בתי גדול של זרימה). התנאים האקולוגיים בנחל מקצינים (לדוגמא, גוברים השינויים היממתיים של טמפרטורה וחמצן מומס, עולה ריכוז מינרלי הדישון, וגוברת עוצמת תחרות בין הפרטים של המינים השורדים). בהמשך שורדת בנחל חברת סוף הקיץ והסתיו המאופיינת במיני חי וצומח, העמידים לתנאים הקיצוניים שיוצרת ההתייבשות (Gasith and Resh, 1999; איור 15).



איור 15. דינמיקה הידרולוגית והקשר בינה לבין בקרה סביבתית וביולוגית על חברות החי וצומח בנחלים ים תיכוניים (ע"פ Gasith and Resh, 1999)

הירקון: האקוויפר הקרסטי – "טורון קינומן" ממנו ניזון הירקון, הוא בעל "זיכרון מים" גדול יחסית שבא לידי ביטוי בעבר (לפני שנות החמישים) בשפיעה גבוהה וקבועה יחסית במשך השנה (כ- 7 מ"ק/שנייה). הנחל היה איתן עם זרימה בסיס שנתית של למעלה מ- 200 מלמ"ק. למי המעיינות נוספו מי נגר חורפיים בנפחים משתנים, מפחות ממלמ"ק אחד ועד כ- 300 מלמ"ק בשנה. אגן הניקוז התורם מי נגר לחלקו העליון של הירקון קטן יחסית והשפעת השיטפונות בקטע המעלה (עד כניסת יובלי נחלים רבה ושילה) הייתה יחסית קטנה. לדוגמא להוציא שנים חריגות כדוגמת 1991/92, הספיקה המרבית בנחל שילה הגיעה לכ- 15 מלמ"ק (חורף 1973.4) ובממוצע היתה כ- 3.6 מלמ"ק בלבד. לפיכך שפיעת המעיינות הייתה כה חשובה בעיצוב הפיסיוגרפיה של האפיק ואופי התשתית בקטע זה של הנחל.

הגורם הראשוני שהשפיע על הנחל וקבע במידה מכרעת את מצבו כיום הוא השינוי ההידרולוגי הקיצוני של הטיית מי המעיינות. בשנת 2003 הוקצו לנחל כ- 0.4 מלמ"ק בלבד של מי מקור (פחות מ- 0.2% מהשפיעה המקורית), המקיימים אפיק מורטב על פני כשבעה ק"מ (עד למפגש הנחלים ירקון קנה), ללא זרימה מורגשת. בשנת 2004 מתוכננת הקצאה של כ- 1.5 מלמ"ק שתאפשר גלישה של מי מקור בסכר מפגש הנחלים ירקון-קנה בספיקה בלתי משמעותית לפחות בתחילת הקיץ. ללא כניסת קולחים היה מרבית ערוץ הנחל יבש בקיץ.

גורם מרכזי נוסף המעצב כיום את נוף מרכז ומורד הנחל הוא זיהום (בעיקר בקולחים שמקורם במפעלים לטיפול בשפכים כפר סבא הוד השרון ורמת השרון). ארבעה הקילומטרים האחרונים שבמורד הנחל נתונים להשפעת זיהום מהמעלה ומקורות מקומיים (איילון, נקזים עירוניים) ולהשפעת מליחות משתנה כתוצאה מגאות ושפל. בשל אופיים האקולוגי השונה וההבדל בעוצמת

ההשפעה של גורמי סביבה שונים מוצדקת התייחסות המבחינה בשלושה קטעי נחל: "הירקון הנקי" (מעלה הנחל), "הירקון המזוהם" (קטע תיכון) ו"הירקון המלוח" (מורד הנחל).

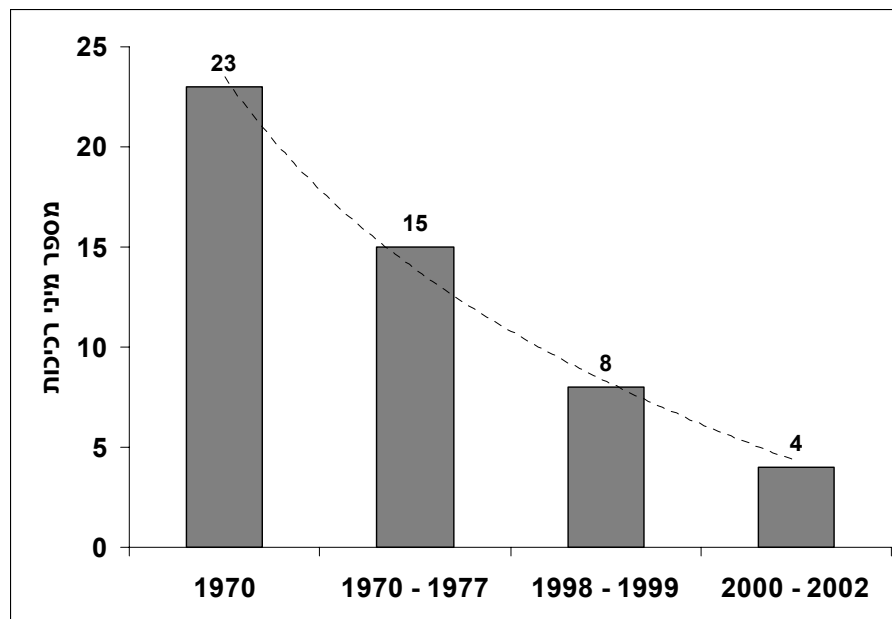
"הירקון הנקי": קטע זה הוא כיום היחיד שאינו חשוף לזיהום ע"י קולחים. מרבית הקטע בעל אופי "ברכתי" ורק בחודשי החורף ובתחילת האביב מצויים בקטע זה בתי גידול של זרימה חלשה המשתרעים על פני מטרים בודדים, כאשר המים גולשים על גבי סכרונים (צילום 6).



צילום 6. גלישת מים באביב על גבי סכרון אבו-רבח (הרשקוביץ, מאי, 2004) והתייבשות בקיץ (גזית, יולי, 1999).

בעבר שפעו במעלה מעיינות רבים, על פי תיאוריו של אביצור (1957, 1980) המים אף היו צלולים ומגוון בתי הגדול היה רב. ניתן לשער שמאכלסי המים הקשורים בזרימה ובמים צלולים היו הראשונים שנעלמו מהירקון לאחר הטיית מקורותיו. כיום המינים הבודדים של מים זורמים המופיעים לעיתים ב"ירקון הנקי" בקטעים המצומצמים של גלישת המים על גבי סכרונים, הם חרקי מים המסוגלים לעבור בין מקווי מים (לדוגמא, ישחורים – Simulidae). ההפחתה הקיצונית בנפח המים הזורמים, יצרה נוף "בריכתי" המגביר הצטברות רבה של סדימנט רך (בעיקר טין) בקרקעית הנחל. גורם זה מגביל אף הוא את חברות החי וצומח למינים המסוגלים להתפתח ולהתקיים בתוך או על פני הסדימנט הרך, או בגוף המים שמעליו, ולמינים הקשורים לצומח מים צף (בעיקר נופר צהוב ונהרונית צפה). בניטור ביולוגי – אקולוגי אחרון שבוצע בירקון באוקטובר 2003 (כחלק מפעולות הניטור שיוזמת רשות הנחל) נמצאו בקטע "הירקון הנקי" 14 טקסונים (יחידת המיון הנמוכה ביותר שהוגדרה) של חסרי חוליות (נספח 4, גזית והרשקוביץ, 2004). בניטורים ביולוגיים שנערכו בירקון מאז 1999 נמצאו בקטע הנקי, סך הכל 31 טקסונים של חסרי חוליות וכששה מיני דגי מים מתוקים (נספח 5). מספר הטקסונים הנ"ל נמוך בהשוואה לצפוי בנחל שפלה בלתי מופרע. התייבשות היא ללא ספק אחד הגורמים העיקריים למיעוט המינים. עם זאת, אין לשלול השפעה שלילית מסוימת על עושר המינים לזיהום דיפוזי בחומרי הדברה החודרים למעלה הנחל מהשדות החקלאיים הסמוכים. עדות לזיהום זה הודגמה למשל בדגים ששהו במאגר ראש העין (מאגר מים שפירים של מקורות הירקון) והראו חשיפה לחומרי הדברה אורגנו-זרחנים וקרבמטים (פלביץ, 2002). גורמים מגבילים נוספים הם עכירות מים גבוהה ולחץ טריפה גדול של דגים על חסרי החוליות (העדר משאבי מזון חלופיים).

היעדר תיעוד ביולוגי מסודר לשינויים שהתרחשו בירקון מאז הטיית מקורותיו (1955) וכניסת המזהמים (שנות ה-60) מונע הערכה חד משמעית של השלכות הצטמצמות הזרימה והזיהום על הרכב ושפיעות מיני החי והצומח בנחל. קיימות עדויות ביולוגיות מוגבלות מהן ניתן להעריך את מגמת השינויים. סקר שנערך ע"י הנק מיניס בשנות ה-70 (Mienis, 1977; נספח 3), הראה כי עד לשנת 1970 נמצאו בירקון 23 מינים חיים של רכיכות (צדפות וחלזונות) וכמעט עשור לאחר מכן (1977) נעלמו 8 מינים של רכיכות (כ-35%). בסקר שנערך ע"י המחברים בשנים 1998 – 1999 נמצאו 8 מינים בלבד (אבדן של כ-53% מהמינים שנמצאו ב-1977). לאחר שנות הבצורת 1999, 2000, נעלמו 5 מינים נוספים. כיום ידועים בירקון 4 מיני רכיכות בלבד (כולם חלזונות, הרשקוביץ, 2002), כלומר אבדן כולל של מעל 80% במספר מיני הרכיכות (איור 16).

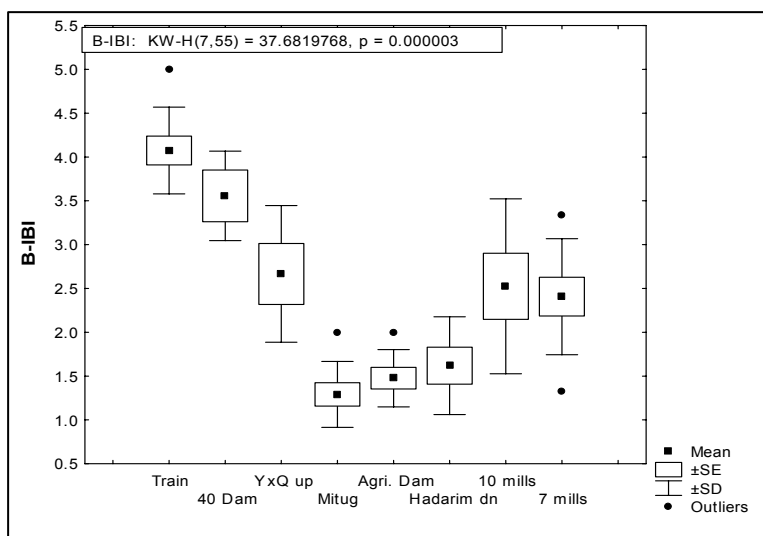


איור 16. ירידה בעושר מיני רכיכות במעלה הירקון בין השנים 1970-2002 (ע"פ נתוני Mienis 1977 ונתוני המחברים)

עדות דומה להשפעה השלילית של ירידת השפיעה על חברת הרכיכות דווחה בנחל הנעמן (Mienis and Ortal, 2001). החוקרים דיווחו על ירידה של כ-70% בעושר מיני רכיכות בנחל. על פי מימצאים אלו ניתן להניח מגמה דומה של אבדן של חי וצומח אחרים ב קטע "הירקון הנקי", אך לא בהכרח באותה עוצמה.

בשנים האחרונות יושמה בירקון ובנחלים אחרים בישראל, שיטה המאפשרת לאבחן את "בריאות הנחל". שיטה זו מתבססת על נתונים ביולוגים (עושר מינים ושפיעות יחסית) המתקבלים מדגימות סטנדרטיות של חסרי חוליות. מנתונים אלו נגזרים ציינים ביוטים (biotic Indexes) המאפשרים שקלול ציון יחסי (הרשקוביץ, 2002). הממצאים הצביעו בין השאר על ירידה באיכות האקולוגית של הנחל כבר לאורך הקטע הנקי (בין אתר הרכבת - train ממעלה הגן הלאומי ירקון ועד למפגש הנחלים ירקון קנה - YXQ, איור 17). ירידה זו ב"בריאות הנחל" ניתנת להסבר בהשתנות התנאים בנחל כתוצאה מהתייבשות שגברה במורד הקטע הנקי. במורד קטע זה נצפתה גם עליה בביומסת האצות שגרמה לעליה בריכוז החומר האורגני הזמין (צחי"ב) ולשינויים

קיצוניים בריכוז החמצן (הרשקוביץ, 2002). התפתחות יתרה של אצות סבירה על רקע עליה בריכוז מינרלי דישון לאחר הצטמצמות נפח המים בערוץ.



איור 17. השתנות מדד "בריאות הנחל" (B-IBI) באתרים שונים לאורך הירקון (הרשקוביץ, 2002).

על בסיס נתוני חברת חסרי החוליות בריאות הנחל בקטע "הירקון הנקי" משתנה מטובה יחסית במעלה לבינונית-גרועה במורד קטע זה (איור 17, הרשקוביץ 2002). בניטור האחרון (אוקטובר 2003) השתפר במעט מצב מורד הקטע הנקי ובריאותו הוגדרה כבינונית (גזית והרשקוביץ, 2004).

מספר מיני הדגים שהתקיימו בירקון לפני שנות ה-50 אינו ידוע. בשנות ה-70 נמצאו בירקון כ-10 מיני מים מתוקים. מאז נעלמו בוודאות שני מינים (אמנון יאור ונאוית כחולה). שניים נוספים (אמנון גליל ומין זר שהתקיים בירקון - סייפן) לא נמצאו בשנים האחרונות ויתכן שאף הם נעלמו מהנחל (נספח 5). עדות להשפעתה של ההתייבשות המוגברת בשנים האחרונות, הודגמה במקרה של דעיכת אוכלוסיית הדג לבנון הירקון, מין אנדמי לנחלי החוף בישראל. רצף שנים שחונות גרם להתייבשות מוחלטת של מאגר ראש העין בשנת 1999. כתוצאה מכך חוסלה האוכלוסייה הגדולה ביותר של מין זה באגן הירקון. מאז מוגדר לבנון הירקון כמין בסכנת הכחדה (critically endangered) (Goren, 2002). כיום נעשים מאמצים לקיים ולחדש את אוכלוסייתו בירקון באמצעות רבייה בשבייה (מנחם גורן – אוניברסיטת תל-אביב, בתמיכת רשות הטבע והגנים, המשרד לאיכות הסביבה ורשות נחל ירקון).

בין הדגים ראוי לציין קיומו של מין זר – גמבוזיה (*Gambusia affinis*) שהוחדר בעבר ומוחדר לנחל מדי פעם גם כיום, כאמצעי למלחמה ביולוגית ביתושים. מין זה טורף ביעילות גם מיני חסרי חוליות אחרים ומתחרה במינים המקומיים. אין לשלול האפשרות שקצב התאוששות נמוך של אוכלוסיית הלבנון שנצפה בירקון הנקי בשנים האחרונות לאחר מספר ניסיונות השבה, קשור בין השאר בתחרות על משאבי מזון עם מיני דגים אחרים. קרוב לוודאי כי לנוכחות המסיבית של דגי

הגמבוזיה, השפעה שלילית גם על חברת חסרי החוליות בקטע זה. השפעה זו בולטת במיוחד בתקופת הקיץ, כאשר חלה ירידה במפלס המים וצפיפות הדגים עולה. מומלץ להימנע לחלוטין מהחדרה של דגי גמבוזיה לקטע מעלה הנחל. מאידך לאחר אירועי שיטפון אין אפשרות למנוע מעבר הדגים מהחלק התיכון למעלה. מומלץ לנסות ולדלל את אוכלוסיית הגמבוזיה ע"י לכידות באמצעות מלכודות או ע"י לוכד חשמלי (אלקטרושוקר). בעתיד כאשר ישוקם הנחל ואיכות המים בקטע התיכון תהיה גבוהה, תמנע התפתחות זחלי יתושים ולא יידרש שימוש בדגים זרים להדברת זחלי יתושים ובכך ימנע מעברם למעלה הנחל. בשלב הביניים בו קיימים אירועים של הידרדרות איכות מים בקטע הירקון התיכון ומתפתחים זחלי יתושים מומלץ לטפל במפגע בתכשיר BTI ולצמצם ככל האפשר החדרת גמבוזיות.

היעדרות צמחי מים טבולים כדוגמת ניידת החוף, קרנן טבול ונורית המים ב"ירקון הנקי" (סתיו 2003), מעידים בין השאר על העלמות בתי גידול שהיו בעבר בנחל. על פי עדויות של אביצור (1957), (1980) היה במעלה הירקון מגוון של בתי גידול עם מים צלולים, זורמים וברכתיים, רדודים ועמוקים. כיום בית הגידול השולט הוא בעל אופי "ברכתי" עם מים בעלי עכירות גבוהה. עובדה זו יכולה להסביר את העלמות מיני צומח המים. צמחים מעטים של הצמח הנדיר נימפאה תכולה שרדו עד סוף שנות ה-70, העלמות צמח זה היא קרוב לודאי תוצאה של חדירה לאגן הירקון של המכרסם הזר נוטריה (אגמי, 1979), שאינה נותנת כל סיכוי להתאוששות צמח זה וצמחי מים אחרים.

הקצאה נוספת של מים באיכות מי מקור, תסייע בחידוש בתי גידול וביכולת השיבה וההשבה של חלק מהמינים שנעלמו. מומלץ לבחון האפשרות ללכידה של נוטריות והרחקתם מהנחל בתאום עם רשות הטבע והגנים.

להוציא קטע של מאות מטרים ספורים באזור בריכת הנופרים, אפיק הירקון לכל אורכו הוא דמוי תעלה שגדותיה בעלות שיפוע חד. עובדה זו מגבילה התפתחות צומח הגדות לרצועה צרה ומגביר את רגישות גדות האפיק לתהליך סחיפה.

גורם ביולוגי זר שמידת השפעתו על הנחל עדין לא כומתה הם עצי האקליפטוס שנטעו בגדותיו. עצים אלו דחקו את הצומח הטבעי ובמיוחד את הערבות. השפעתם השלילית של עצי האקליפטוס מורגשת גם בגוף המים כתוצאה מנשורת של עלים וענפים. עצי האקליפטוס ידועים בתכולת חומרים פוליפנולים המדכאים פעילות פירוק של חיידקים. כתוצאה מכך קצב הפירוק של חומר אורגני ממקור זה איטי והוא נחשב למקור מזון נחות לחסרי חוליות (Bunn, 1986; 1988b; Pozo et al., 1998). כתוצאה מכך נשורת עצי האקליפטוס נוטה להצטבר בקרקעית.

"הירקון המזוהם" (קטע תיכון):

גורם מכריע נוסף המשפיע כיום על האקולוגיה והביולוגיה של הירקון בקטע התיכון הוא זהום המים בקולחים עירוניים. כ-1000 מ"ק/שעה קולחים שניוניים באיכות משתנה זורמים לירקון ממפעל טיפול השפכים כפר סבא-הוד השרון אליהם נוספים כרבע מהכמות הנ"ל של קולחים שניוניים באיכות טובה יותר ממפעל טיפול בשפכים רמת השרון. שני מקורות אלו הם כיום

זרימת הבסיס הקבועה והיחידה בתקופת הקיץ במרכז ומורד הנחל. מקורות אלו תורמים כ- 10 מלמ"ק בשנה (פחות מ 5% מהשפיעה המקורית). הזיהום (בעקרו אורגני ממקור ביתי ובחלקו הקטן ממקור תעשייתי) גרם להעלמות מינים הרגישים לריכוזי חמצן נמוכים, לריכוזים גבוהים יחסית של אמוניה ודטרגנטים ולנוכחות מזהמים נלווים אחרים.

בין גורמי הזיהום הנוספים ראוי לציין גם שמנים מיוחדים למלחמה בזחלי יתושים (Mineral Larvicide Oils). במחקר המתבצע עתה במעבדתו של פרופ' גזית (בתמיכת המשרד לאיכות הסביבה), התברר כי שמנים אלו פוגעים באופן לא סלקטיבי בחסרי חוליות (בעיקר מבין החרקים נושמי אוויר אטמוספירי) ובדגים, שאינם מטרת ההדברה (גזית ואופיר, 2003). בירקון ממעטים יחסית להשתמש באמצעי הדברה זה אך הוא עדין קיים.

לזיהום הקטע המרכזי של הנחל השלכות שליליות על החי והצומח. כך מגוון המינים של חסרי החוליות נמוך יחסית והחברה מורכבת בעיקר מזחלי ימשושים מהסוג כירנומוס (צילום 7) ותולעים טבעתיות כדוגמת שלשול הצינורות (Tubifex).



צילום 7. זחלי הסוג כירנומוס (Chironomus), זבובאי המאפיין מקווי מים עשירים בחומר אורגני, בדגימה שנלקחה במורד כניסת נחל קנה (גזית, 2004).

מבין הדגים בולטים המינים קרפיון ושפמנון. כתוצאה מעמידותם הגבוהה לזיהום אורגאני מהווים המינים הנ"ל אינדיקטורים טיפוסיים לסוג זה של זיהום. מעבר לכך, לזיהום בקטע התיכון השפעה גם על המעלה. התפתחות תקופתית של זחלי יתושים מחייבת טיפולי הדברה. לצורך זה מוסיפים דגי גמבוזיה לנחל ומשתמשים בחומרי הדברה מסוג MLO. הוספת דגי גמבוזיה לחלק התיכון מאפשרת מעברם במפלסים גבוהים לקטע מעלה הנחל בו הם יכולים לפגוע באוכלוסיות חסרי החוליות ולהתחרות עם דגים כדוגמת הלבנון על מקורות מזון.

כאמור, הפחתה דרסטית בספיקה הטבעית של הירקון הגבירה את קצב השקיעה וההצטברות של סדימנט ומזהמים הקשורים אליו בקרקעית הנחל. מזהמים אלו משוחררים אל גוף המים כתוצאה מהסעה וערבול סדימנט בעת שיטפונות או ע"י פעילות ביולוגית (כדוגמת נבירה בקרקעית ע"י דגי הקרפיון ושפמנונים). חומרים רעילים כדוגמת חומרי הדברה ומתכות כבדות

המצטברים ברקמות הגוף נקלטים ע"י היצורים החיים בסדימנט (למשל זחלי ימשושים ושלשול צינורות) ועוברים אל מאכלסי מים אחרים באמצעות מארג המזון.

על בסיס נתוני חברת חסרי החוליות אובחנה בריאות הנחל בקטע "הירקון המרכזי" כ"גרועה ביותר" עד "גרועה" במורד הכניסה של קולחי כפר סבא הוד השרון עד "עשר טחנות" ו"פחות מבינונית" במורד המקטע הנ"ל (איור 17, הרשקוביץ 2002; גזית והרשקוביץ, 2004).

"הירקון המלוח": מורד הנחל (ארבעה קילומטרים אחרונים), נתון להשפעות גאות ושפל המכניסים ומוצאים במחזוריות מי ים וכן לכניסת מזהמים מהמעלה, ומקומית מנחל איילון ומנקזים עירוניים. "הירקון המלוח" הוא בעל אופי ברכתי (להוציא קצה השפך בו מוזרמים מי ים לקירור תחנת הכח רידינג). בשל התנאים הקיצוניים שיוצר הזיהום המשולב בשינויי מליחות, עני קטע זה בחברות חי וצומח של מים מתוקים. יש לשער כי בעבר חדרו אל מורד הנחל מיני דגים וחסרי חוליות ימיים ושפך הנחל הווה בית גידול ייחודי (Estuary). מספרם של מינים אלו כיום אינו ברור (לא נבדק) אך יש להניח שפחת משמעותית. תמותת דגים מסיבית (כדוגמת קיפונים) נצפית מידי פעם בקטע זה של הנחל ובמורד נחל איילון באירועי זיהום חריגים.

סכום: הירקון כיום נתון תחת עקה סביבתית קשה. במעלה ההשפעה העיקרית היא העדר זרימת בסיס, בחלק המרכזי ובמורד קיימת השפעה משולבת של ספיקה נמוכה וזיהום מים. בעוד שעוצמת הזיהום בנחל פחתה בהשוואה לזו שהתקיימה בנחל בשנות ה-60 וה-70, השפעת ההתייבשות גברה. היבט נוסף המחייב התייחסות הם סכרים וסכרונים שהוקמו בנחל ומקשים (ובחלקם אף מונעים) מעבר חופשי של מאכלסי מים מהמורד אל המעלה. התוצאה האקולוגית הישירה של ההפרעות הנ"ל היא הצטמצמות בתי הגידול והישרדות מספר קטן של מינים, היותר עמידים לתנאים הקיצוניים שבנחל.

חלק ג'

פערי ידע והמלצות לשיקום הירקון אביטל גזית, אבי אוזן, ירון הרשקוביץ

פערי ידע:

א. הידרולוגיה - דו"ח של חברת DHV (2001) העוסק בשיקום הירקון לא התמודד בהקצאת מים לירקון וקיבל את הקצאת מים של כ 0.4 מלמ"ק לשנה כעובדה שעומה יש להסתדר. לאחרונה הוכן מסמך עדכני להקצאות מים לנחלים כולל הירקון (המשרד לאיכות הסביבה ורשות הטבע והגנים, 2003). אף כי מסמך זה מציג כמות כוללת נדרשת לנחל (כ 24 מלמ"ק בשנה), אין בו התייחסות פרטנית לטיפוסי בתי גידול שאפיינו את הנחל בעבר וראויים לשיקום ואף לא להקצאת המים הדרושה לשיקום בתי גידול ספציפיים (בעיקר של זרימה ותשתית גסה), בקטעים השונים של הנחל. בהקשר זה דרושה התייחסות לקשר בין כמויות המים והפיזיוגרפיה של הערוץ על מנת ליצור מגוון בתי גידול לאורך ערוץ הנחל.

עד כה לא נערך ברור יסודי של יחסי הגומלין של הנחל ואגן הניקוז. בעבר שפיעת המעינות תרמה את עיקר המים בנחל אך כיום השיטפונות הם הגורם הטבעי היחיד "המתחזק" את ערוץ הנחל וגדותיו. יש חשיבות לברור היבט זה בהקשרים של תכנון אגירת מים באגן הניקוז ותכנון פעילות חקלאית ופיתוח אורבני. יש חשיבות מיוחדת לבחון את יחסי הגומלין שבין מעלה הנחל ואגן הניקוז הקטן המנקז אליו מי נגר.

ב. סדימנט - קיים מידע מוגבל על קצב הצטברות הסדימנט והדינמיקה שלו במחזוריות עונתית. אין מידע מספק על מקור והצטברות מזהמים בסדימנט ושחרורם לגוף המים בתהליכים פיסיקלים כימיים וביולוגיים. מעט בלבד ידוע על חלקו של הסדימנט במאזן החמצן (דהרי וגזית, 2000) והמינרלים בנחל, לא ברור מה מידת ההשפעה של החומרים הספוחים לסדימנט על הביולוגיה של מאכלסי המים בירקון ואין מידע על ההשפעה הביולוגית של החלקיקים המרחפים בגוף המים (ב"ירקון הנקי").

ג. הפרעות סביבתיות - קיים מידע טוב יחסית על מקורות הזיהום הנקודתיים (ניטור תקופתי של איכות המים, רשות נחל ירקון) אך מעט בלבד על המקורות הדיפוזיים. בהקשר האחרון מבוצע ממחקר בשיתוף עם הקהילייה האירופית והמשרד לאיכות הסביבה (גפני, 2002, 2003) שממצאי אמורים להתפרסם בקרוב. ראוי לבחון האם המידע מבהיר במידה מספקת את התמונה על מקורות, איכויות וכמויות המזהמים הדיפוזיים. במידה ולא ידרשו כיווני מחקר אחרים לפתרון השאלה.

אין מידע מספק על השפעות פעילויות הסדרה של אפיק הירקון לצורכי ניקוז על איכות המים, מגוון בתי הגידול והמגוון הביולוגי. יש גם חשיבות לבחון השפעה של צומח הגדות על זרימות שטפוניות ועל מניעה או הפחתה של תהליכי סחיפה בגדות הנחל.

ד. בתי גידול - ראוי למפות את האזורים בעלי מורכבות שונה במעלה הירקון (בעיקר אזורי התפתחות צמחיה צפה וטבולה) ולבחון את עושר המינים הקשור עמם. ההנחה היא שאזורים אלו יהיו מקור אכלוס למורד הנחל המשוקם. כמו כן, המידע הנ"ל ישמש בסיס לפעולות שיקום של הגדלת העושר והמגוון של בתי הגידול בנחל.

ה. ביולוגיה - אחד ההיבטים הראויים להתייחסות מיוחדת הוא מיעוט מאכלסי המים במעלה הירקון בו איכות המים גבוהה יחסית. כמו כן, אין מידע על מארג המזון ויחסי הגומלין שבין מרכיביו. מבין המרכיבים הביולוגיים בולט מיעוט המידע על חברת האצות (הפלנקטוניות, צמודות המצע - פריפלטון והחוטיות).

נדרש לבחון את יחסי הגומלין שבין חסרי החוליות ומקורות המזון (אצות או חומר אורגני טבעי נרקב) ובמיוחד מידת הפירוק והניצול של עלי איקליפטוס הידועים כמקור מזון ירוד. נדרש לבחון את חברת הדגים ויחסי הגומלין בינם לבין חסרי החוליות (יחסי טורף-נטרף) ויחסי הגומלין בין מיני הדגים השונים (תחרות על משאבי מזון יחסי טורף נטרף במיוחד של השלבים הצעירים). בהנחה שמתחילת שנות ה-90 איכות המים במעלה הירקון לא השתנתה באופן משמעותי, ניתן להניח שהידרדרות מצב אוכלוסיית הלבנון הירקון, (דג אנדמי המצוי בסכנת הכחדה) נובעת בחלקה מתחרות עם מיני דגים אחרים. אין להוציא מכלל אפשרות השפעה תורמת של ארועי ירידת מפלס והתייבשות. לא ברורה מה מידת ההשפעה של חדירת חומרי הדברה למעלה הנחל על עושר ומגוון המינים, כולל לבנון הירקון, בקטע זה. העדר מידע בהקשרים הנ"ל מגביל כל פעולה של אכלוס והשבה של מינים למעלה הנחל.

בסוף שנות ה-90 ותחילת שנות ה-2000 בוצע ניטור ביולוגי של חסרי חוליות ודגים בקטעי הירקון הנקי והמזוהם במסגרת מחקרים (Gafny et al, 2000; אלרון, 2000; הרשקוביץ, 2002). לא בוצע ניטור דומה בקטע המלוח. פער ידע משמעותי קיים לגבי בית הגידול מפגש ים-נחל (estuary). הלימנולוגיה של אזור זה נחקרה באופן ראשוני בלבד (קרס וחובריה, 2001), אך הביולוגיה לא נחקרה כלל. זאת למרות שיש לאזור זה השפעה הן על הנחל והן על האזור הימי הרדוד בתחום השפך. בהקשר זה ראוי לציין חדירה של מינים של חסרי חוליות ימיים למורד הנחל ונדידה בין הים לנחל של מיני דגים החשובים במארג המזון (קיפון, צלופח). בהקשר זה הירקון אינו שונה מנחלי חוף אחרים בישראל שגם בהם אין מידע על בית הגידול של מפגש נחל וים.

בשונה מנחלים אחרים (כדוגמת אלכסנדר וקישון) אין עדין תוכנית לניטור ביולוגי קבוע בירקון. המידע הביולוגי בירקון אינו רציף ומונע מעקב אחר מגמות שינוי במצב הנחל ועוצמתם. הניטור הביולוגי חיוני להערכת מידת שיקום הנחל ויציבות המערכת המשוקמת ונדרש כבסיס להשוואה של השפעות אירועים חריגים. גם כאשר אין מידע על התרחשויות שינויים משמעותיים בנחל יש חשיבות לניטור לפחות פעם בשנה (בתקופת האביב) על מנת לבסס את הידע וההבנה על מבנה ותפקוד מערכת הנחל ובמיוחד לבחון עוצמת השלכות של שינויים אקלימיים רב-שנתיים (השפעת דינמיקה של שנים גשומות ושחונות).

נקודות נוספות להתייחסות:

- המידע המוגבל אודות זיהום תעשייתי מקשה על אבחון מגמות רב-שנתיות ותהליכים בגוף המים ובסדימנט (סילוק, הצטברות, שווי-משקל וכו'). המידע הקיים ברובו הוא בעל אופי של סקר הבא לומר מה יש ומה אין. על מנת לאפיין תהליכים כאמור, יש לבחור מספר מצומצם של מזהמים תעשייתיים "מייצגים" ולחקור את התנהגותם יותר לעומק (דיגום מורכב וכו').
- כיוון שאין "כתובת" לכל הזיהום תעשייתי המוצא דרכו לירקון, יש להצליב את המידע מרשות הניקוז אודות תחומי אגן ההיקוות של כל נקז ונקז הנשפך לירקון עם המידע המצוי בידי משרדי רישוי העסקים אודות בתי-מלאכה, מפעלים או כל גורם אחר אשר עשויים להזרים מזהמים לנחל. זאת על מנת להקל על מלאכת אכיפת החוק וביורור אירועי זיהום קשים.
- המידע הקיים בכל הנוגע לתרומות מים לנחל שלא ממקור רשמי (תעלות, נקזים, מי-השפלה) מועט. הרחבת בסיס הנתונים בנושא זה עשויה לסייע במניעת הזרמות פראיות ובנוסף, לסייע בעריכת מאזני מים מדויקים יותר.
- יש חוסר במידע רציף לגבי נפח המים העוזב את "הירקון המתוק" (עד 7" טחנות) ונשפך לחלק המלוח.
- אין מידע מספק על החשיבות הביולוגית של מסדרון הנחל ועל חולייתנים המנצלים מסדרון זה (כדוגמת עופות מים, צבי ביצות, ציפורי שיר, נמיות, חתולי ביצה וחתולי בית שהתפראו). לנמיות וחתולים עשויה להיות השפעה שלילית על הצלחת קינון של עופות

וציפורי שיר ועל הצלחת רבייה של צב הביצות. מידע זה יושג באמצעות סקרים אקולוגיים ותצפיות בשטח שיבוצעו ע"י ביולוגים.

שיקום הירקון:

שיקום נחלים הוא מושג המוכר בציבור בהדגשים שונים. בהקשר הנוכחי ניתן להבחין בשלוש רמות שיקום אפשריות ("the triple R"). שיקום בסיסי שעקרו אסטטי (reclamation) המוצא את ביטוי המעשי בדרך כלל בשיפור מצב סביבת הנחל (הגדות ומסדרון הנחל) ובמידה פחות בשיפור מצב ערוץ הנחל. בדרך כלל אין שיפור משמעותי באיכות המים. מנגד נמצא השיקום המלא, בו מבוצעות פעולות להחזרת המצב בטרם ההפרעה (restoration). שיקום זה מוגבל למעשה לשמורות טבע בלבד. בין שתי הקצוות הנ"ל נמצא שיקום המביא להחלמה של המערכת האקולוגית (rehabilitation), השבה לתפקד באופן עצמאי (ללא התערבות חוזרת) ולמשך זמן ארוך. ההחלמה תושג ע"י השבת מירב התנאים המקוריים האפשריים. החלמה זו היא יעד השיקום המומלץ לירקון. להשגתו יש להשיב את דגם הזרימה הטבעי, כלומר זרימת בסיס קבועה בנוסף לזרימות השטפוניות בתקופת החורף, לסלק מקורות זיהום וגורמי הפרעה אחרים ולשקם בתי גידול.

הידרולוגיה ואיכות מים: בדומה לשאר נחלי ישראל חזון שיקום הירקון מתבסס על זרימה בלעדית של מים באיכות מי מקור. החזון עשוי להתגשם כאשר פוטנציאל התפלת מים בישראל יושלם במלואו (הקצאת מים מספקת לכל הסקטורים, בכלל זה טבע ונוף). במציאות הקיימת, בשנת 2004 ההתפלה בפועל מפגרת באופן משמעותי אחר המתוכנן לשנת 2010. גם המתוכנן ל 2010 אינו נותן מענה לכל צרכי משק המים ובכלל זה צרכי טבע ונוף. במציאות זו שיקום הנחלים יבוצע בשלבים הראשונים באמצעות קולחים. איכות הקולחים הנדרשת במקרה זה היא גבוהה משמעותית מהמותר כיום (איכות 20/30). האיכות הנדרשת היא לפחות זו המומלצת לנחלים על פי "ועדת ענבר" (נספח 2). ראוי להבין שבתנאים בהם כל מקורות המים הטבעיים של הנחל מנוצלים והקולחים הם למעשה מקור המים הבלעדי, איכותם חייבת להיות גבוהה מהמקובל בנחלים זורמים בעלי כושר דילול. עם זאת גם לאחר הזרמה של קולחים ברמה משופרת אין לצפות לשיקום מלא.

אין לצפות לשיקום קטע מרכז הנחל (מ"מפגש הנחלים ירקון-קנה" עד שבע טחנות"), כל עוד קולחי כפר סבא הוד השרון באיכותם הנוכחית (שניונית), הם מקור עיקרי של זרימת הבסיס בקטע המרכזי ובמורד הנחל. התוספת של קולחי רמת השרון שאיכותם משופרת יחסית, מיטיבה במעט את איכות המים, אך כמותם אינה מספקת על מנת ליצור אפקט אקולוגי משמעותי בנחל. עד שיושג שיפור קולחי כפר סבא הוד השרון ע"י שידרוג המט"ש וואו באמצעות מערכת "אגנים ירוקים" (מתוכננת במסגרת פרויקט "גאולת הירקון"), מומלץ להקצות כמויות מי מקור גדולות יותר שיגלשו כל השנה מעבר לסכרון מפגש הנחלים ירקון-קנה וידללו את הקולחים הזורמים במורד. מומלץ לבחון השפעת דילול קולחי כפר סבא הוד השרון ביחס של 2 ל 1 על איכות המים במורד בחודשי הקיץ ומידת השפעתה על "בריאות הנחל".

שקום בתי גידול: לכל אורך הנחל יש להקצות מים בספיקה שתאפשר קיום בתי גידול של זרימה. האחרונים ייווצרו כאשר תתקיים גלישת מים מעבר לסכרונים. על מנת להגביר את מרחב בתי הגידול של זרימה, מומלץ ליצור במורד הסכרונים riffles (זרימה רדודה על גבי מצע אבנים בגודל בינוני כ-15X15 ס"מ וחלוקים, צילום 8).



צילום 8. זרימה רדודה על גבי אבנים (riffle) בירדן ההררי (צילום א. גזית)

על מנת שיהיו אפקטיביים, צריך לנצל את מלוא המרחב של הערוץ המאפשר יצירת riffle (על בסיס מגבלות שיפוע הערוץ). ניתן להשתמש בסכרונים קיימים ליצירת בית גידול זה. כך למשל באתרים בהם הסכרונים אינם משמשים יותר לשאיבה (ע"י החקלאים), ניתן להנמיך את קודקוד הסכרונים ולשלבם ביצירת riffle. חשיבותו של בית גידול זה הינו בקיומה של זרימה רדודה על פני אבנים, המעשירה את המים בחמצן, יוצרת תשתית להתפתחות אצות יושבות (אפיליטון) התורמות אף הן חמצן למים וקולטות מינרלי דישון. בתנאים אלו מתאפשרת התפתחות קרום ביולוגי ובו מגוון יצורים מיקרוסקופים (חידקים, פטריות וחד-תאיים). מארג מזון זה מהווה תשתית להתפתחות חברה עשירה של חסרי חוליות ומהווה מקור מזון איכותי לדגים. בנוסף לאלו, מספקת תשתית האבנים מיסתור למאכלסי מים שונים, מצע להטלה של דגים וחסרי חוליות. אין להתעלם מההיבט "הנופי" של זרימת מים על גבי תשתית אבנית התורמת למופע "הנחלי".

יש לציין כי סכרים וסכרונים מונעים מעבר חופשי של דגים למעלה הנחל. הנדידה למעלה הנחל חשובה לדגים שנסחפו למורד לאחר השיטפונות וכן לדגים החודרים מהים לנחל לצורך רבייה כדוגמת הצלופחים ודגי הקיפון. בעיה זו ניתנת לפתרון ע"י הקמת מעברים מדורגים (סולמות דגים) בשילוב עם תוספת מים לנחל המקיימת זרימה מעבר לסכרים. בחלק מהסכרונים תיפתר הבעיה כאשר יוקם riffle. בירקון קיימת הבעיה בכל הסכרונים ובולטת במיוחד בסכרים הגדולים שבע ועשר טחנות שבקטע המזוהם וסכר כביש 40 וסכר אל מיר בקטע הנקי.

בקטעים אחרים של הנחל מומלץ ליצור התרחבות באפיק ("כליה"), בה המים יהיו רדודים ויצטבר סדימנט רך. תנאים אלו מתאימים במיוחד להתפתחות סוף (Typha) וכן לחדירת פספלון דו טורי (Paspalum) היוצר סבך בתוך המים ועל פניהם. הצמחייה יוצרת בית גידול המאפשר מסתור לדגיגים והתפתחות מגוון חסרי חוליות.

במרבית קטעי הנחל הגדות בעלי שיפוע חד שאינו מתאים להתפתחות צומח גדות. יש לבחון מחדש את חתך הנחל הרצוי על בסיס כמויות המים שיוקצו לנחל, שיפועי גדות ממותנים וצרכי ניקוז. רצוי שמיתון שיפוע הגדות יתבצע על פי איזורים בירקון בהם ניתן לאתר חיגור ומגוון של צמחי-מים ועל פי עיבוד נתוני החתכים.

אחד מבתי הגידול הייחודיים בנחלי חוף הוא המפגש נחל – ים. בירקון אזור זה מופרע מהזרמה מסיבית של מי קירור מתחנת הכח. ראוי לבחון אפשרות לשיקום האזור ע"י יצירת בית גידול אבני בצד המרוחק מזרם מי הקירור (בצד הגדה הדרומית). תשתית אבנית בקרקעית הנחל תסייע במעבר והתבססות אוכלוסיות ימיות במורד הנחל.

ביולוגיה: מרכיבים רבים של חי וצומח ישובו לנחל כאשר כמות המים תגדל, איכות המים תשופר ומגוון בתי הגידול יעלה. האכלוס הטבעי של מיני צמחים שנעלמו, יתבסס על מלאי זרעים הנשמר חיוני במשך עשרות שנים. מבין חסרי החוליות, לחרקים רבים יכולת תעופה ומעבר ממקווה מים אחד למשנהו. חסרי חוליות אחרים (כדוגמת החילזון שחריר הנחלים) או מיני דגים שנעלמו ממערכת הירקון מחייבת התערבות האדם (השבה). באופן טבעי קטע "מעלה הירקון" הוא מקור אכלוס מחדש עקרי למורד הנחל. אוכלוסיות הדגים, חסרי החוליות והצמחים יאכלסו את המורד המשוקם בהתאם לתנאים המקומיים וכושר הנשיאה האקולוגי בכל אתר. שובם של מינים רגישים לחיות בקטעי נחל משוקמים יעידו על מידת שיקום הנחל. ניסיונות להשבת מיני צומח שהיו בנחל בעבר הראו כי צמחים אלו מצליחים ברובם לגדול בקטע מעלה הנחל, אך לא הצליחו להתקיים לאורך זמן ולבסס אוכלוסיות יציבות (מורד, 1999). הלקח מכך הוא שעדין קיימים במערכת גורמי הפרעה המונעים זאת (כדוגמת הנוטריה). ראוי להדגיש שאכלוס הנחל בדגים (כדוגמת גמבוזיה) יוצר מצב של תחרות קשה בין הדגים על משאבי מזון, פוגע במיני הדגים הרגישים יותר וגורם ללחץ טריפה מוגבר על מיני חסרי חוליות.

המקרה של הדג לבנון הירקון המתקיים בקטע "הירקון הנקי" בלבד, דורש התייחסות מיוחדת. מין זה אנדמי לנחלי החוף בישראל ואוכלוסייתו בירקון ושאר נחלי החוף, בסכנת הכחדה. חשוב להמשיך במאמץ הרבייה בשבייה של מין זה ולנסות ולהשיב פרטים לנחל ולחזק את אוכלוסייתו בירקון. עד כה אין עדיין עדות להתאוששות אוכלוסיית דג זה בירקון. אין לשלול האפשרות של דחיקה של מין זה ע"י מיני דגים אחרים במערכת או כתוצאה מאירועי התייבשות.

בחלק מקטעי הנחל צומח הגדות מופרע ע"י התפתחות צפופה של עצי איקליפטוס. עץ זה זר למערכת ופוגע במארג המזון בנחל (ראה "הערכת מצב הנחל"). מומלץ לכרות ולדלל את עצי האיקליפטוס הגדלים על שפת הערוץ ולשתול ערבות במקומם.

המלצות נוספות:

נדרשת הקמה של תשתית ממחושבת של בנק נתונים ומידע גיאוגרפי, הידרולוגי, ביולוגי, סביבה, סוציולוגי, שימושי קרקע ותוכניות פתוח וכיוצב' הקשורים בירקון ובאגן הניקוז. תשתית זו חיונית לשמירה של המידע הנצבר ויכולת השימוש בנתונים ע"י רשות הנחל והציבור (באמצעות אתר אינטרנט). בבנק נתונים ומידע זה ישמרו נתונים הנאספים על-ידי רשות הנחל ונתונים רלוונטיים לירקון ואגן הניקוז שנאספים על-ידי חוקרים עצמאיים. פעולה זו תיצור מסד נתונים אחיד שיאפשר מעקב אחר תהליכים המשפיעים על הנחל (כולל שיקום) וניתוח אינטגרטיבי. מומלץ להטמיע ברשות נחל ירקון את השימוש במערכת מידע גאוגרפי (GIS) ככלי לאגירה, ניתוח וניהול מידע.

מאזן החומרים בנחל הוא ביטוי של יחסי הגומלין שבין כניסה ויציאה של חומרים למערכת. אחת האפשרויות לשיפור מצב הנחל היא הפחתה של מאגר החומרים והמינרלים הצבורים בו. מאחר והשליטה של רשות הנחל בעומס כניסת המזהמים מוגבל, מומלץ לבחון אפשרות להגברה של הוצאת חומרים מערוץ הנחל (בקטע המזוהם). באופן טבעי השיטפונות הם הגורם המרכזי "המנקה" נחל. במקרה של הירקון גורם זה אינו אפקטיבי דיו. יש מקום לבחון חלופות אחרות כדוגמת שימוש בצמחי מים מקומיים (סוף למשל). שיטה זו מחייבת קצירה וסילוק תקופתי של ביומסת הצומח. כמו כן, אין לפסול על הסף סילוק תקופתי מבוקר של סדימנט בכלים מתאימים. מומלץ להגן באופן אפקטיבי על שרידי חי וצומח מהעבר. לדוגמא, מומלץ למפות המקומות בהם נמצאו חתולי ביצה דרוסים, לדאוג למעברים בטוחים ולשלט בהתאם (ראה דוגמא שלט הגנה על דו-חיים באנגליה, צילום 9).



צילום 9. שילוט בכבישים שנועד להפחית דריסת דו-חיים.

יש לתת את הדעת שעם שידרוג מט"ש כפס-הוד השרון, עשוי החנקן (N) להפוך לגורם המגביל במערכת הנחל ובכך לעודד את התפתחות אוכלוסיית אצות כחוליות המקבעות חנקן. התנאים של העדר זרימה או תנאי מהירות זרימה נמוכה הקיימים בירקון מעודדים התפתחות אצות כחוליות. ראוי לציין כי בין מיני האצות הכחוליות, קיימים מינים בעלי פוטנציאל טוקסי לבע"ח ולאדם. הפחתה משמעותית של ריכוזי הזרחן ו"פולסים של מים בזרימה מהירה עשויים לצמצם תופעה זו.

נדרשת הקמה של תשתית לשמירה ואחזור נתונים הנאספים מהירקון, הן נתונים הנאספים על-ידי רשות הנחל והן נתונים שנאספים על-ידי חוקרים עצמאיים. פעולה כזו תיצור מסד נתונים אחיד. כמו כן, נדרשת יצירת מסד נתונים הידרולוגי שיאפשר ביצוע מאזני מים בכל מרווח זמן

נתון. לצורך זה יש לרכוש נתונים מהשרות ההידרולוגי ומהשרות המטאורולוגי על בסיס קבוע ולקבל דיווח על זמני ונפח הזרמות המים בפועל מגורמים המזרימים מים לירקון.

הצלחת שיקום נחלים מושפעת במידה בלתי מבוטלת בתמיכה ציבורית. יש מקום לפתח תוכנית של מעורבות הציבור במעקב אחר המתרחש בנחל (תצפיות עצמאיות, שותפות במחקרים כצופים מתנדבים וכו'), בהכרת הבעיות הסביבתיות של הנחל, בטיפול במפגעים סביבתיים ופעולות התנדבותיות נוספות. אתר האינטרנט של רשות נחל הירקון (www.yarqon.org.il), מהווה בסיס מצוין לקידום מעורבות הציבור.

ספרות מצוטטת

כללי:

Foster, D., Wood, A. and Griffiths, M. 2001. The EC Water Framework Directive and its implications for the environment agency. Freshwater Forum, Special Topic "Lake assessment and the EC Water Framework Directive. Freshwater Biological Association. p 4-28.

הידרולוגיה

אביצור, ש. 1957. הירקון- הנהר וגלילותיו. הוצאת הקיבוץ המאוחד.

אביצור, ש. 1980. עם חופי הירקון, לפני קום המדינה. הוצאת רשפים תל אביב, 214 עמ'.

בן-צבי, א. גבסקנכט, ל. עצמון, ב. 1995. ההידרולוגיה של הירקון, הירקון קובץ מאמרים, עמ' 38-44.

הורוביץ, ט. השירות המטאורולוגי. 2003. נתוני התאידות ודיות בתחנת בית דגן.

השירות ההידרולוגי - שנתון הידרולוגי בשנים 1940-1941, 1954-1955, 1958-1959, 1959-1960, 1960-1961, 1961-1962, 1995-1996.

המשרד לאיכות הסביבה ורשות הטבע והגנים 2003. זכות הטבע למים – דרישות מים עבור גופי מים ובתי גידול לחים, מסמך מדיניות.

זליג, ע. חברת מקורות 2003. נתוני הזרמת מים שפירים לירקון.

חברת הלפרין-פלוס - 1996, חתכי נחל הירקון.

יעקובוביץ, 1981. לקסיקון המים – כרך ראשון. הוצאת ספריית מעריב, 272 עמ'.

מכון טיהור שפכים כפר-סבא-הוד השרון. 2000-2003. נתוני הזרמת קולחים לנחל הירקון.

קרס, נ. ברנר, ס. חירות, ב. רוזנטראוב, צ., גרטנר, י. 2001. משטר הידרוגרפי, משטר הזרימה ואיכות מי נחל הירקון המלוח, דו"ח חיא"ל H/27/2001.
רז, י. 1999-2003. דוחות רשות נחל הירקון.

רשות נחל הירקון – 2003, נתוני שאיבת חקלאים מנחל הירקון בין השנים 1988-2003.

רשות נחל הירקון – 2003, סכרי הירקון.

רשות נחל הירקון – 2004. מועצת רשות נחל הירקון – ישיבה מס' 26.

זיהום

אבנימלך, י. הרצוג, מ. כוכבא, מ. 1998. דיגום קרקעית הירקון מאי 1998 תוצאות, דיון והצעות לשיטת עבודה בהמשך, דו"ח המשרד לאיכות הסביבה

אבנימלך, י. כוכבא, מ. דסה, ע. סגל, י. מסטר, י. 1999. דיגום קרקעית הירקון, דו"ח שנתי למשרד לאיכות הסביבה.

ארן, י. אורטל ראובן, גבי גפני, יעקב זק, סנדי גרינברג. 1980. נחלי ישראל – סיכום תוצאות נטור איכות מים 1974-1978, דו"ח נציבות המים.

בן-חור, מ. שהרבני, לימור. מינגלרין, א. 2002. השפעת חומר אורגני מומס ומרחף על ריכוז יסודות –המיקרו במי-הירקון ועל השתנותם עם הזמן והמרחב, דו"ח המשרד לאיכות הסביבה

גזית, א. ואופיר, מ. 2003. השפעות אקולוגיות של תזיקי נפט (MLO), המשמשים להדברת זחלי יתושים בנחלים על בע"ח וצמחים שאינם יעד ההדברה (non-target organisms). דוח שנתי מוגש מדען הראשי – המשרד לאיכות הסביבה.

דהרי, ד. וגזית, א. 2000. סדימנט הירקון. דוח פרויקט. הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל אביב. 18 עמ' (כולל נספחים).

גפני, ש. 2002. השפעת האדם על מחזור נוטריאנטים במערכות נחלים: פיתוח מערכת חכמה להערכה וממשק איכות המים. דוח שנתי, שנת מחקר ראשונה, מוגש למדען הראשי - המשרד לאיכות הסביבה.

גפני, ש. 2003. השפעת האדם על מחזור נוטריאנטים במערכות נחלים: פיתוח מערכת חכמה להערכה וממשק איכות המים. דוח שנתי, שנת מחקר שנייה, מוגש למדען הראשי - המשרד לאיכות הסביבה.

יעבץ, ע. מנליס, ר. 1997 שימוש בביומרקרים אנזימטיים לניטור חשיפה של דגי גרם לשאריות של קוטלי חרקים מסוג אורגנו-זרחנים וקרבמטים. דו"ח המשרד לאיכות הסביבה.

יעבץ, ע. פלביץ', א. מנליס, ר. 2000. ניטור זיהום מי הירקון בשאריות קוטלי חרקים זרחנאורגניים, קרבמטים ופסולת תעשייתית רעילה בעזרת הביומרקרים: פרופיל אצטילכולינאסטרז וציטוכרום P450A בדגי גרם, דו"ח מדעי שנתי לתקופה 10/2000-7/1999.

כוכבא, מ., דסה, ע. סגל, י. אבנימלך, י. 2000. בדיקת קרקעית נחל הירקון אביב 2000, דו"ח מסכם למשרד לאיכות הסביבה.

עדין, א. זוהר, א. רובינשטיין, ל. 2000. אצות וחלקיקים מרחפים במי הירקון: אפיונים, גורלם ובקרתם, דו"ח שנתי מספר 2 למשרד לאיכות הסביבה.

פיינשטיין, ש. פלאי, א. עזרא, ש. 2000 אפיון כימי של דוגמאות זיהום מדלקים בירקון בעקבות דליפה מתחנת הכוח רידינג בתאריך 31/5/2000, דו"ח חברת החשמל.

פלביץ', א. 2002. אינדוקציית הציטוכרומים P450A ו-P450E-like לניטור זיהום נחל הירקון. עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך במדעים". אוניברסיטת תל-אביב.

רב-אחא, ח. גרויסמן, ל. לב, ע. 2002. תפוצת מזהמים אורגניים רעילים במי הירקון: זיהוי, מוצא, גורל, דו"ח המשרד לאיכות הסביבה.

רחמימוב, א. 1996. תוכנית אב לנחל הירקון. הוצאת רשות נחל הירקון, 260 עמ'.

DHV. Med. LTD, 2001. Yarqon river- improvement to the water system Vol. B

Dor, I., Schechter H., Shuval H. I. 1976. Biological and Chemical Succession in Nahal Soreq: A Free-flowing Wastewater stream J. Appl. Ecol. 13, 475-489.

צמחייה

אגמי, מ. 1973. השפעת זיהום מי הנחלים אלכסנדר וירקון על צמחייתם. עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך למדעי הטבע", אוניברסיטת תל-אביב.

- אגמי, מ. 1973.** השפעת הזיהום של מי נחל אלכסנדר והירקון על צמחייתם. טבע וארץ, 15 : 242-247.
- אגמי, מ. 1978.** כך נכחדה הנימפאה התכולה. טבע וארץ, 20 : 68 – 70.
- אגמי, מ. 1991.** כיצד לא הפך הירקון ל"אם השמורות"? טבע וארץ, 33 : 33-35.
- אגמי, מ. 1994.** הנימפאה התכולה חוזרת לירקון. טבע הדברים, 4 : 162-165.
- אגמי, מ. 1995.** צמחיית הירקון – עבר והווה. מתוך : הירקון. (ד. פרגמנט, עורך), הוצאת רשות נחל הירקון, עמ' 62-63.
- ויזל, י. & אגמי, מ. 1984.** בתי גידול לחים וצמחי מים. מתוך : החי והצומח של ארץ-ישראל. (ע. אלון, עורך), משרד הביטחון והחברה להגנת הטבע, כרך 8, עמ' 103-119.
- מורד, א. 1999.** השינויים באיכות המים של נחל הירקון והשלכותיהם על צמחיית המים והגדות. עבודת גמר לקראת תואר מוסמך, אוניברסיטת תל-אביב.
- סוקניק, א. יעקבי, י. זהרי, ת. המברייט, ד. 2002.** אצות מיקרוסקופיות בירקון, דו"ח חי"אל
- Agami, M., Litav, M. & Waisel, Y. 1976.** The effects of various components of water pollution on the behavior of some aquatic macrophytes of the coastal rivers of Israel. *Aquatic Botany*, 2: 203-213.
- Litav, M. & Agami, M. 1976.** Relationship between water pollution and the flora of two coastal rivers in Israel. *Aquatic Botany*, 2: 23-41.
- Dafni, A. & Agami, M. 1976.** Extinct plants of Israel. *Biological Conservation*, 10: 49-52.
- Agami, M., Beer, S. & Waisel, Y. 1980.** Growth and photosynthesis of *Najas marina* L. as affected by light intensity. *Aquatic Botany*, 9: 285-289.
- Agami, M., Beer, S. & Waisel, Y. 1984,** Seasonal variations in the growth capacity of *Najas marina* L. as a function of various water depths at the Yarkon Springs, Israel. *Aquatic Botany*, 19: 45-51.
- Agami, M. & Waisel, Y. 1985.** Inter-relationships between *Najas marina* L. and three other species of aquatic macrophytes. *Hydrobiologia*, 126:169-173.
- Agami, M. & Waisel, Y. 1986.** The ecophysiology of roots of submerged vascular plants. *Physiologie Vegetale*, 24: 607-624.
- Agami, M. & Waisel, Y. 1986.** The role of mallard ducks (*Anas platyrhynchos*) in the distribution and germination of seeds of the submerged hydrophyte *Najas marina* L. *Oecologia*, 68: 473-475.
- Agami, M. & Waisel, Y. 1988.** The role of fish in distribution and germination of seeds of the submerged macrophytes *Najas marina* L. and *Ruppia maritima* L. *Oecologia*, 76: 83-88.
- Agami, M. & Waisel, Y. 2002.** Competitive relationships between two water plant species: *Najas marina* L. and *Myriophyllum spicatum* L. *Hydrobiologia*, 482:197-200.

חסרי חוליות ודגים

אלרון, א. 2000. היבטים בביולוגיה ואקולוגיה של לבנון הירקון (*Acanthobrama telavivensis*), מין בסכנת הכחדה. עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך אוניברסיטה", המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל - אביב.

גזית, א. 1995. חברת חסרי החוליות בירקון. הירקון קובץ מאמרים בהוצאת רשות נחל ירקון, עמ' 55-57.

גזית א., הרשקוביץ י. 2004. נחל הירקון - ניטור ביולוגי סתיו 2003 (דוח ניטור עונתי). הפקולטה למדעי החיים, המכון לחקר שמירת הטבע, אוניברסיטת תל אביב.

הרשקוביץ, י. 2002. חברת חסרי החוליות הגדולים כאמצעי לניטור נחלים בישראל: נחל הירקון כמודל לנחלי החוף. עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך אוניברסיטה", המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל - אביב.

מגריסו, ש. 2002. יישום מבחני רעילות ממוזערים לניטור נחלים. עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך במדעי הטבע", ביה"ס למדע יישומי, האוניברסיטה העברית - ירושלים.

מילשטיין, ד. 2001. שימוש בחילוון המים שחריר הנחלים *Melanopsis* כביואינדיקטור לבחינת איכות מים בנחלים. עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך אוניברסיטה", המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל - אביב.

Bunn SE. 1986. Origin and fate of organic matter in Australian upland streams in *Limnology in Australia*. ed. P De Decker, WD Williams, pp. 277-91. Melbourne: CSIRO. 671 pp.

Bunn SE. 1988b. Processing of leaf litter in a northern jarrah forest stream, western Australia: II. The role of macroinvertebrates and the influence of soluble polyphenols and inorganic sediment. *Hydrobiologia* 162:211-223.

Elron, E., Goren M., Milstein, D., Gasith, A.

Ammonia toxicity to juvenile *Acanthobrama telavivensi*(Cyprinidae), a critically endangered endemic fish in the coastal plain of Israel. *Israel Journal of Zoology* (submitted).

Gafny, S., Goren, M., & Gasith, A. 2000. Habitat condition and fish assemblage structure in a coastal Mediterranean stream (Yarqon, Israel), receiving domestic effluent. *Hydrobiologia* 422/423: 319-330.

Gasith, A., 1992. Conservation and management of the coastal streams of Israel: an assessment of stream status and prospect of rehabilitation. in: *River Conservation and Management*, ed PJ Boon, P. Calow, GE Petts, pp. 51 - 64. New York: Wiley. 470 pp.

Gasith, A., Bing, M., Raz, Y. & Goren, M. 1998. Fish community parameters as indicators of habitat conditions: The case of the Yarkon, a lowland, polluted stream in a semi-arid region (Israel). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26:1023-1026.

Gasith, A. and Resh, V.H., 1999. Streams in Mediterranean climate regions: Abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 30: 51-81.

Goren, M. 2002. Class: Fish. In: Dolev, A., Perevolotsky, A., eds. Endangered species in Israel, Red list of threatened animals, Vertebrates. Nature and Parks Authority and the Society for Preservation of Nature, pp. 39-52. (In Hebrew and English).

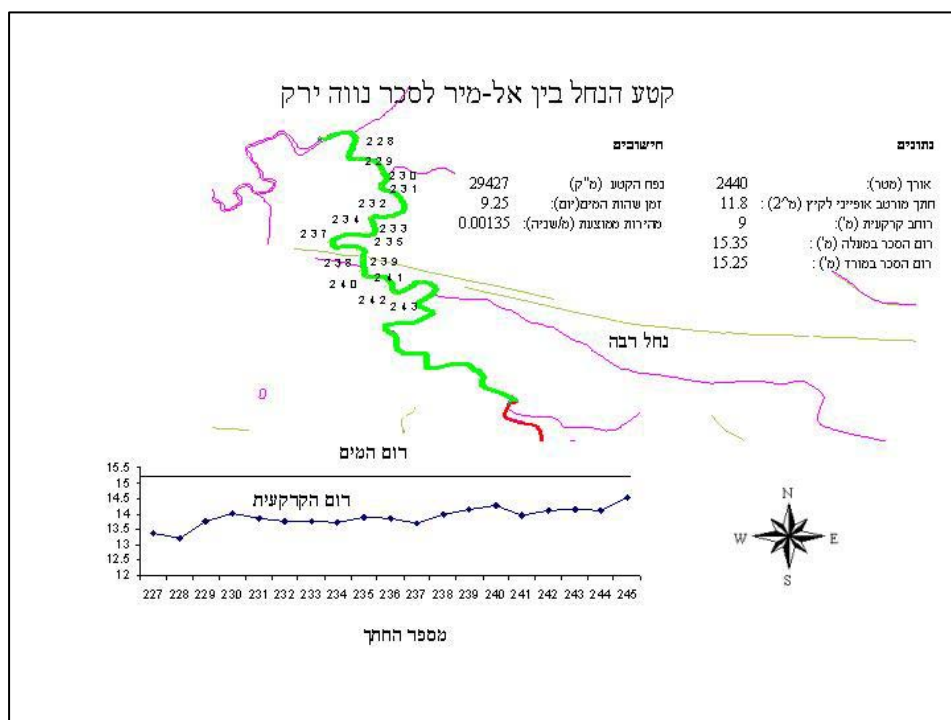
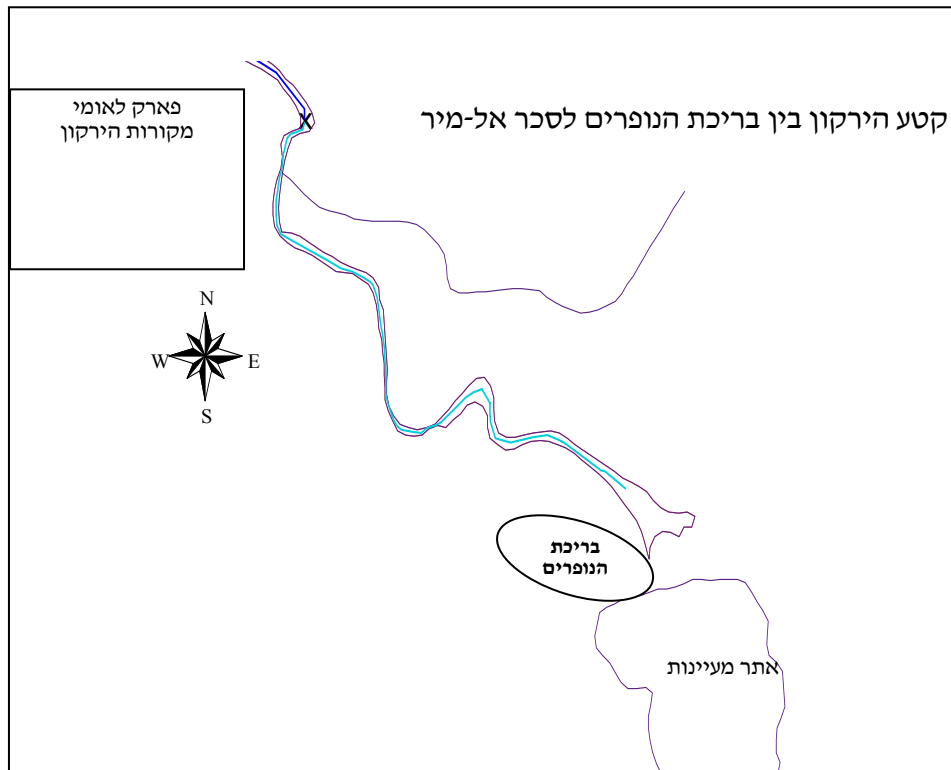
Mienis, H.K, 1977. The freshwater mollusks of the Yarqon, a polluted stream. *Levantina* 8:81-82.

Mienis, H.K. and Ortal, R., 2001. The mollusc fauna of the Na'aman catchment area, Israel. 1. A review of the records of the inland molluscs. *Triton* 4: 27-41.

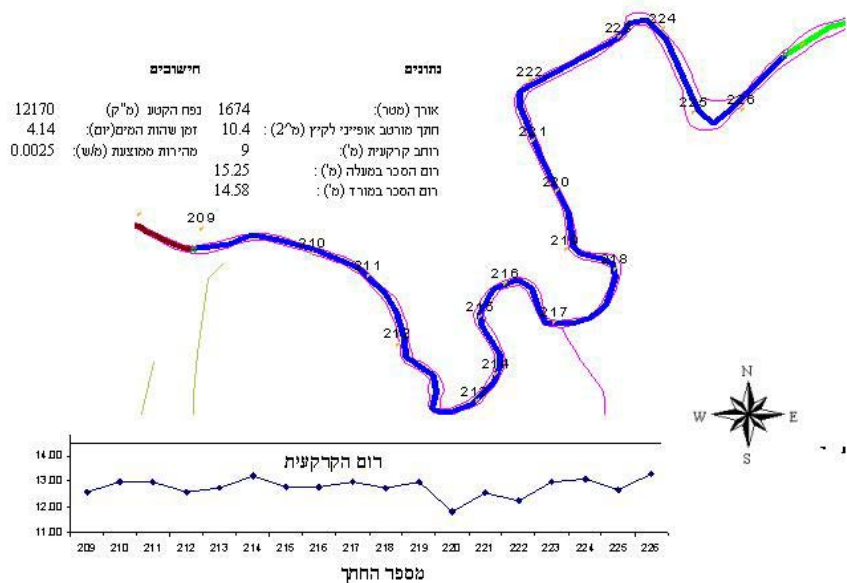
Pozo, J., Basaguren A., Elosegui A., Molinero, J., Fabre, E. & Chauvet, E. 1998. Afforestation with *Eucalyptus globulus* and leaf litter decomposition in streams of northern Spain. *Hydrobiologia* 373/374: 101-109.

נספחים:

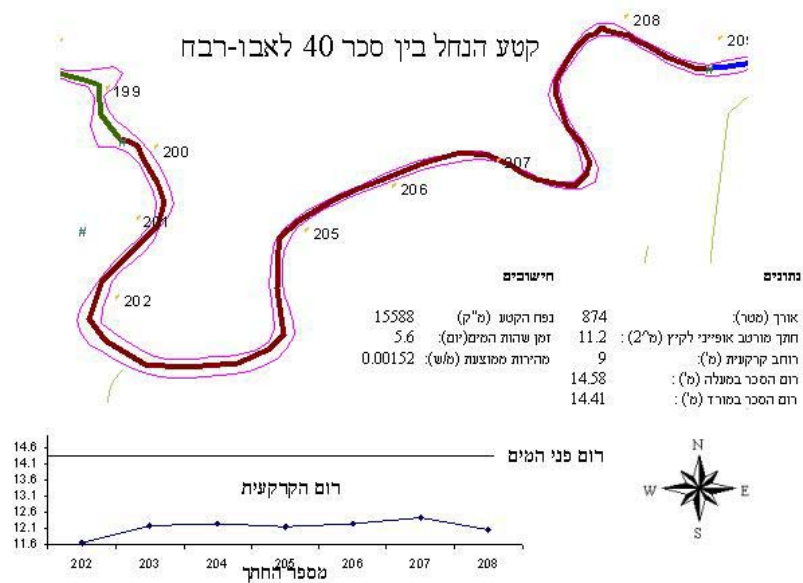
נספח 1: חתכים של קטעי אפיק הירקון (א. אוזן, על פי נתוני רשות נחל ירקון)



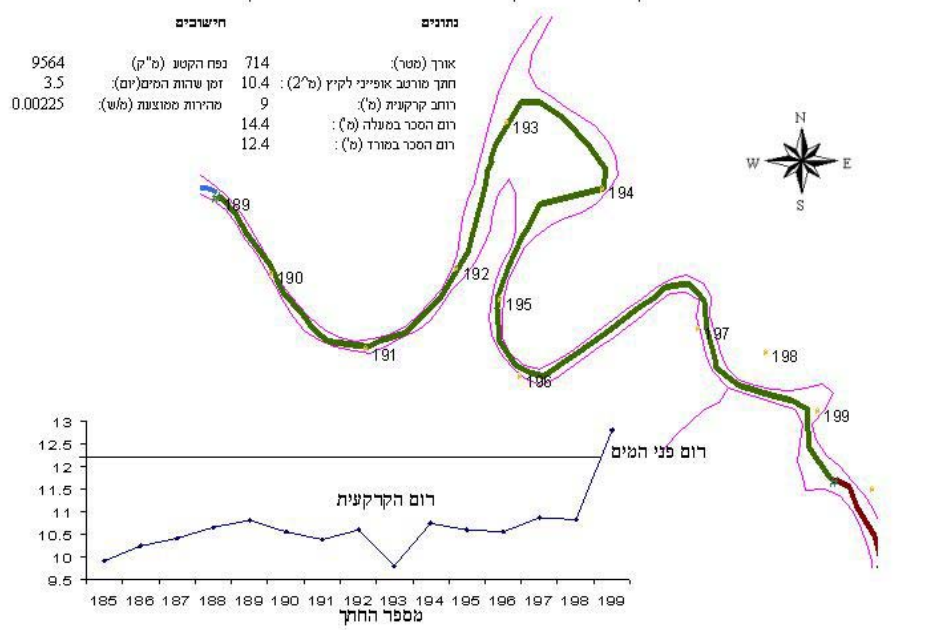
קטע הנחל בין נווה-ירק לסכר 40



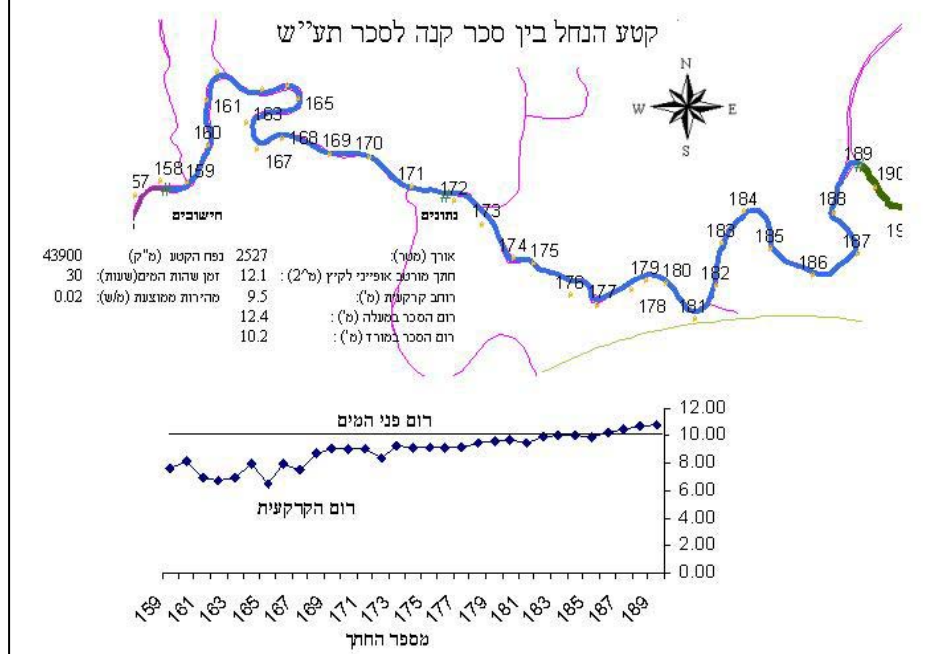
קטע הנחל בין סכר 40 לאבו-רבח

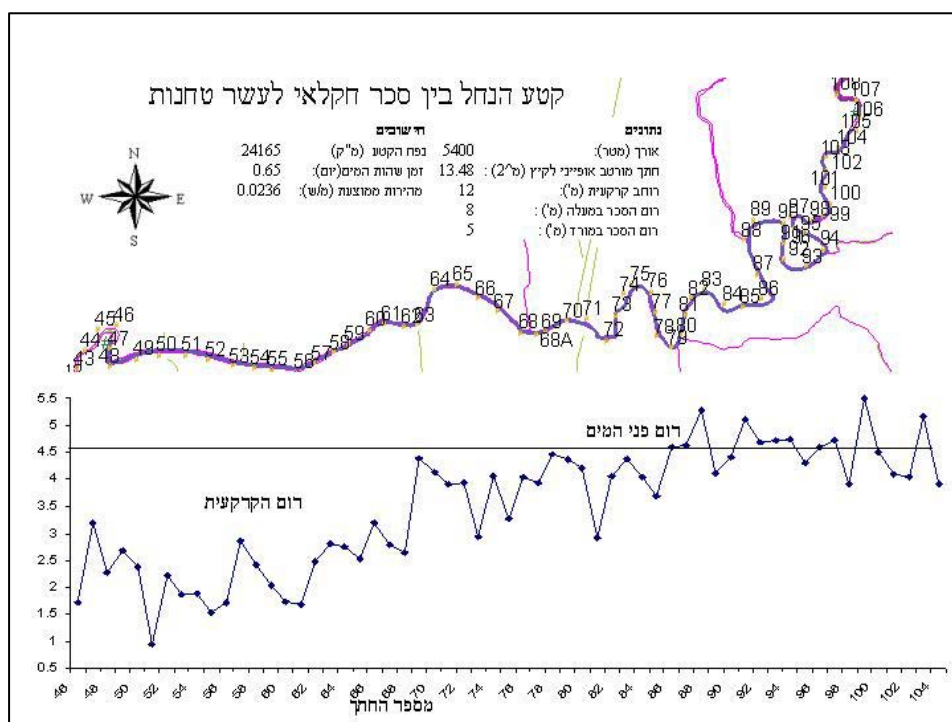
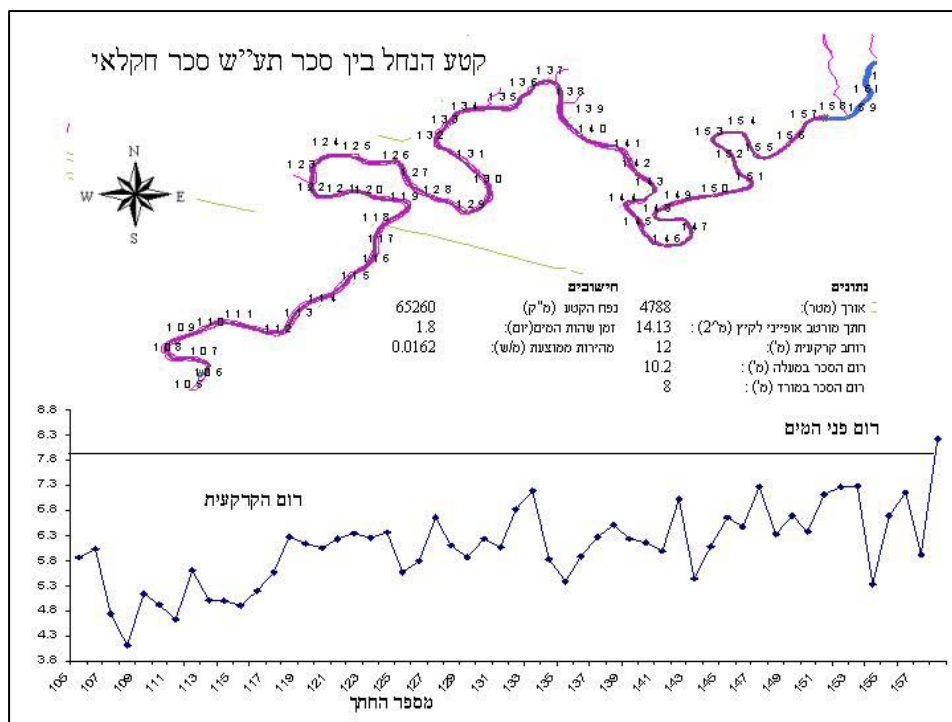


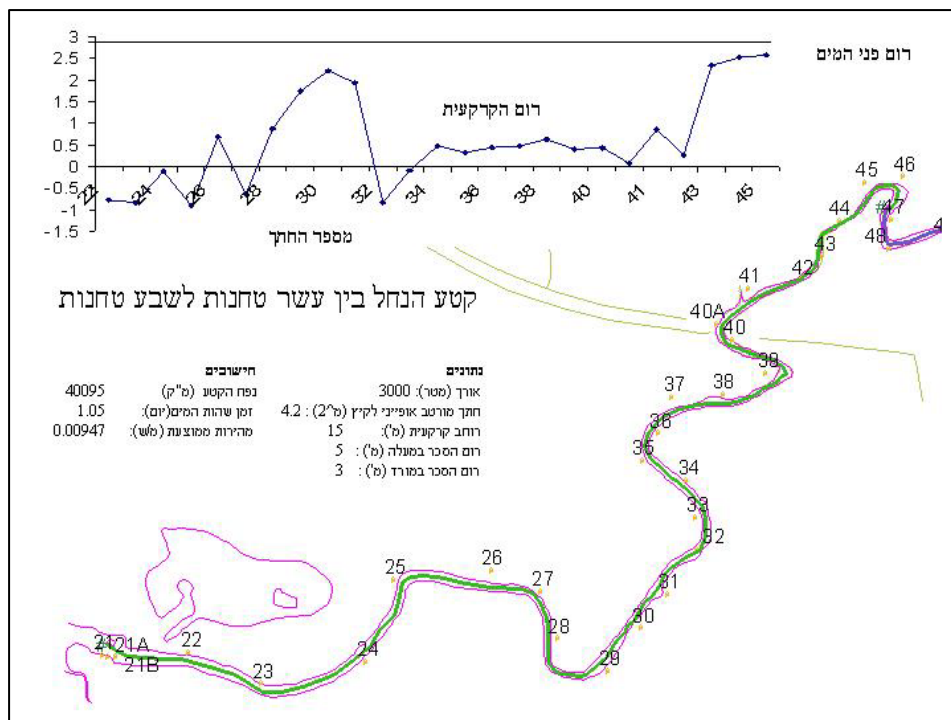
קטע הנחל בין אבו-רבח לסכר מפגש קנה



קטע הנחל בין סכר קנה לסכר תע"ש







נספח 2: המלצת "ועדת ענבר" לאיכות קולחים המותרים להרחקה לנחלים. (ריכוז מירבי, אגף מים ונחלים, המשרד לאיכות הסביבה, מדינת ישראל)

רמה מרבית	יחידות	פרמטר
10	mg/L	ריכוז חומר אורגני זמין (צח"ב)
10	mg/L	ריכוז מוצקים מרחפים (TSS)
70	mg/L	צריכת חמצן כימית (COD)
1.5	mg/L	אמון
10	mg/L	חנקן כללי
0.2	mg/L	זרחן כללי
400	mg/L	כלוריד
200	mg/L	נתרן
200	יח' ל- 100 מ"ל	קולי צואתי
3<	mg/L	חמצן מומס
8.5 - 7	pH	ערך הגבה
1	mg/L	פחמימנים
0.05	mg/L	כלור נותר
0.5	mg/L	דטרגנט אניוני
1	mg/L	שמן כללי
0.1	mg/L	ארסן (As)
50	mg/L	בריום (Ba)
0.0005	mg/L	כספית (Hg)
0.05	mg/L	כרום (Cr)
0.05	mg/L	ניקל (Ni)
0.008	mg/L	עופרת (Pb)
0.005	mg/L	קדמיום (Cd)
0.2	mg/L	אבץ (Zn)
0.02	mg/L	נחושת (Cu)
0.005	mg/L	ציאניד

נספח 3 – רשימת רכיכות שנמצאו בירקון הנקי בין השנים 1970 – 2003 (מיניס, 1977; הרשקוביץ, 2002; הרשקוביץ וגזית, 2004)

שם מדעי	שם עברי (מיניס ואורטל, 1994)	1970 -	1977	1998 -	2003
Gastropoda	חלזונות				
Thiaridae	שחיריים				
<i>Melanoides tuberculata</i> (Mueller, 1774)	מגדלית מגובששת	+	+	+	
<i>Melanopsis buccinoidea</i> (Olivier, 1801)	שחיר חלק	+	+		
<i>Melanopsis saulcyi</i> (Bourguignat, 1853)	שחיר החוף	+	+	+	
<i>Cleopatra bulimoides syriaca</i> (Pallary, 1929)	קליאופטרה סורית	+			
Neritidae	סהרונתיים				
<i>Theodoxus karasuna</i> (Mousson, 1874)	סהרונת החוף	+	+		
Valvatidae	חצוצרתיים				
<i>Valvata saulcyi</i> (Bourguignat, 1853)	חצוצרת נפוצה	+	+		
Bithyniidae	ביתניים				
<i>Bithynia phialensis</i> (Conrad, 1852)	ביתניה זעירה	+	+	+	
Hydrobiidae	מימניתיים				
<i>Heleobia contempta</i> (Dautzenberg, 1894)	מימנית מעינית	+	+		
Physidae	בועוניתיים				
<i>Physella acuta</i> (Draparnaud, 1805)	בוענית חדה	+	+	+	+
Planorbidae	סלילניתיים				
<i>Bulinus truncatus</i> (Audouin, 1826)	בולית הבליהרציה	+	+		
<i>Planorbis planorbis antiochianus</i> (Locard, 1883)	פלנורבית קרינית	+			
<i>Gyraulus piscinarum</i> (Bourguignat, 1852)	סלילנית קמורה	+			
<i>Gyraulus ehrenbergi</i> (Beck, 1837)	סלילנית חופית	+			
<i>Biomphalaria alexandrina</i> (Ehrenberg, 1831)	ביומפלרית הבילהרציה	+			
Lymnaeidae	ביצניתיים				
<i>Pseudosuccinea columella</i> (Say, 1817)	ביצנית אמריקאית	+	+	+	+
<i>Radix natalensis</i> (Krauss, 1848)	ביצנית החוף	+			
<i>Galba truncatula</i> (Mueller, 1774)	ביצנית קטנה				+
Ancylidae	פנכיתיים				
<i>Ferrissia clessiniana</i> (Jickeli, 1882)	פנכית נטויה	+	+	+	+
Bivalvia	צדפות				
Sphaeriidae	אפוניתיים				
<i>Pisidium casertanum</i> (Poli, 1791)	אפונת מצוייה	+	+		
<i>Pisidium annandalei</i> (Prashad, 1925)	אפונת מזרחית	+	+		
Corbiculidae	סלסילתיים				
<i>Corbicula consobrina</i> (Cailliaud, 1823)	סלסילה חופית	+	+	+	
Unionidae	צדפות נחל				
<i>Potomida littoralis delesserti</i> (Bourguignat, 1852)	צדפת אגמים חופית	+	+		
<i>Unio mancus eucirrus</i> (Bourguignat, 1857)	צדפת נחלים לבנטינית	+		+	
<i>Leguminaia saulcyi</i> (Bourguignat, 1852)	צדפת נהרות נדירה	+			
Total No. of Species		23	15	8	4

נספח 4. חסרי חוליות שנמצאו לאורך הירקון בניטור אוקטובר 2003 (גזית והרשקוביץ, 2004)

"ירקון מזוהם"					"ירקון נקי"			ירקון - אוקטובר 2003	
שבע טחנות	גשר גהה	מורד הדרים	סכר חקלאי	מיתוג	מעלה ירקון קנה	סכר 40	גשר הרכבת	שם עברי	שם מדעי
								עלוקות	Hirudinea
0.1%					2%	0.4%			Glossiphoniidae
								סרטנים	Crustacea
45%					23%			צידפוניות	Ostracoda
								חלזונות	Mollusca
								פנכתיים	Ancylidae
							1%	פנכית נטויה	<i>Ferrissia clessiniana</i>
								ביצניתיים	Lymnaeidae
							1%	ביצנית אמריקאית	<i>Pseudosuccinea columella</i>
								בועוניתיים	Physidae
3%	33%	2%	44%	0.1%	4%	2%	7%	בוענית חדה	<i>Physella acuta</i>
									Bithyniidae
				0.01%				ביתנייה זעירה	<i>Bithynia phialensis</i>
								בריומאים	Ephemeroptera
									Baetidae
5%	4%				2%	3%	11%	קלאון דו כנפי	<i>Cloeon dipterum</i>
								שפיראים	Odonata
								שפיריות	Zygoptera
1%				0.01%	17%	19%	55%		Coenagrionidae
1%					6%	1%	11%	שפיריות	Anisoptera
								פישפשאים	Heteroptera
								שטגביים	Notonectidae
0.3%	0.1%						1%	שטגבון	<i>Anisops sp.</i>
								חותרניים	Corixidae
13%					0.5%			חותרנית	<i>micronecta sp.</i>
0.4%	0.2%						6%	רץ נחלים	Veliidae
								חיפושיות	Coleoptera
0.1%								חובבות מים	Hydrophilidae
			0.5%						<i>Enochrus ater</i>
									Sperchiidae
0.2%	0.07%	0.05%	1%						<i>Spercheus cerisyi</i>
								זבובאים	Diptera
31%	63%	98%	53%	100%	38%	60%	7%	ימשושים	Chironomidae
		0.05%	0.2%					יבחושים	Ceratopogonidae
			1%			2%		זבובחופיים	Ephydriidae
		0.05%						יתושעשים	Psychodidae
					9%	13%		ישחורים	Simuliidae
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		סה"כ (%)
15	7	6	7	6	12	10	12		עושר טקסונים
1118	2972	2006	421	8012	218	809	89		סה"כ - מספר פרטים

נספח 5. ערכי ריכוז אמוניה כללית, חומר אורגני זמין (צח"ב) ונוכחות (+) מינים שונים של דגים בקטע "הירקון הנקי" ובקטע הירקון המרכזי במקטע המזוהם ובמקטע בו חל שיפור באיכות המים (Elron et al., 2004, הוגש לפרסום).

			קטע נקי	קטע מזוהם	קטע משוקם חלקית
Total Ammonia-N (TAN)			0 – 1.2	15 – 52	4 – 24
BOD			< 4	15 - 54	6 - 28
Family	Species	שם עברי			
Anguillidae	European eel <i>Anguilla anguilla</i>	צלופח אירופאי	+	-	+
Cichlidae	Galilee St. Peter's fish <i>Sarotherodon galilaeus</i>	אמנון הגליל	*	-	-
	Redbelly tilapia <i>Tilapia zillii</i>	אמנון מצוי	+	-	+
Clariidae	African catfish <i>Clarias gariepinus</i>	שפמנון מצוי	+	+	+
Cyprinidae	Yarqon bleak <i>Acanthobrama telavivensis</i>	לבנון הירקון	+	-	-
	Common carp <i>Cyprinus carpio</i>	קרפיון מצוי	+	+	+
Mugilidae	Sea mullet <i>Mugil cephalus</i>	קיפון בורי	-	-	+
	Thinlip mullet <i>Liza ramada</i>	קיפון טובר	-	-	+
Cyprinodontidae	Aphanius mento	נאוית כחולה	-	-	-
Poecilidae	Musquitofish <i>Gambusia affinis</i>	גמבוזיה	+	-	+
	Swordfish <i>Xiphophorus sp.</i>	סייפן	*	-	-
Total No. of Species			6	2	7

* מין שנצפה לאחרונה בירקון ב 1999 וקיומו נבחל כיום בלתי ברור