



בחינה אקו-הידרולוגית של נחל שורק וסביבותיו



כתיבה:

ד"ר אבנר קסלר - פרק הידרולוגי;
שלמה אפרתי - פרק כלכלי

ליווי אקולוגי:

משה פרלמוטר ואלון רוטשילד,
החברה להגנת הטבע;

אבי אוזן, רט"ג

עיצוב:

רן גולדבלט



בחינה אקו-הידרולוגית של נחל שורק וסביבותיו

כתיבה:

ד"ר אבנר קסלר - פרק הידרולוגי
שלמה אפרתי - פרק כלכלי

ליווי אקולוגי:

משה פרלמוטר ואלון רוטשילד, החברה להגנת הטבע
אבי אוזן, רט"ג

עיצוב:

רן גולדבלט

תוכן עניינים

7 תקציר מנהלים

- א. ניהול נגר ונחלים - מבט כללי בעולם ובישראל 7
- ב. נחל שורק כמקרה בוחן 8
- ג. נחל שורק כמקרה בוחן - הצעות אופרטיביות למדיניות אקו הידרולוגית: 9

11 עקרונות שיקום אקו-הידרולוגי של נחלים אלוביאליים

15 1. סקר ספרות

- 1.1. הגישה האקו-הידרולוגית 15
- 1.1.1. הגדרות והנחות 15
- 1.1.2. הנחל וסביבתו 16
- 1.2. שירותי סביבה 17
- 1.2.1. רקע כללי 17
- 1.2.2. שירותי הנחל 18
- 1.2.3. דוגמאות 18
- 1.3. שיקום נחלים 20
- 1.3.1. פרוודור הנחל 21
- 1.3.2. יצוב אפיקים 24
- 1.3.3. צמחיית גדות 29
- 1.3.4. איכות מים 30
- 1.4. פיתוח בעצימות נמוכה 32
- 1.4.1. דוגמאות יישום 33
- 1.5. תוכניות מתאר ארציות 37

39 2. תשתית הנדסית

- 2.1. תמונת מצב נוכחית 39
- 2.2. חוק הניקוז וההגנה מפני שיטפונות 40
- 2.3. גישת התכנון המסורתית 42
- 2.4. כשלים במורד נחל שורק 43

53 3. מתווה שיקומי



4.	תכנון עקרוני.....	55
4.1.	חלופות שיקום.....	55
4.2.	עמק צרעה.....	58
4.3.	מורד העיר יבנה.....	60
5.	סיכום.....	65
6.	רשימת מקורות.....	69
7.	נספח.....	73
בחינת גישות טיפול בנחלים אלוביאליים והדגמתה במקטעי נחל שורק:		
75	ההיבט הכלכלי.....	
77	תקציר מנהלים.....	
83	1. מבוא.....	
83	1.1. רקע לעבודה.....	
84	1.2. נחל שורק.....	
84	1.2.1. כללי - תיאור הנחל ואגן ההיקוות.....	
85	1.2.2. נתיב הנחל ושימושי הקרקע לאורכו.....	
87	2. גישת ה'הסדרה ההנדסית'.....	
87	2.1. כללי.....	
87	2.1.1. אפיון הצורך ובחינת הכדאיות.....	
87	2.1.2. מצב ה'הסדרה' בשורק.....	
89	2.1.3. תחזוקה שוטפת.....	
90	2.2. פירוט תוכניות ההסדרה ועלותן.....	
90	2.2.1. כללי.....	
90	2.2.2. כביש 38 - יסודות.....	
92	2.2.3. "מקטע הביניים" יסודות - גדרה (עד כביש 40).....	
93	2.2.4. גדרה (כביש 40) - יבנה (כביש 410).....	
93	2.2.5. יבנה (כביש 410) - השפך לים.....	
94	2.2.6. ריכוז תוכניות הסדרה.....	
94	2.3. אומדן עלות נזקי ההצפה.....	
94	2.3.1. הסבר כללי.....	

2.3.2	אומדן נזק חקלאי לדוגמה	95
2.4	כדאיות כלכלית - עלות מול תועלת	97
2.4.1	כללי	97
2.4.2	כביש 38 - טל שחר	98
2.4.3	"מקטע הביניים" יסודות - גדרה (כ-9 ק"מ)	98
2.4.4	גדרה - יבנה	98
2.4.5	יבנה - השפך לים	98
2.5	סיכום ביניים	99
3	גישת השיקום האקו-הידרולוגית	101
3.1	תיאור הגישה	101
3.2	החלופה הנבחנת ועלותה	102
3.2.1	כללי	102
3.2.2	החלופה - תיאור פסי ואומדן עלות	104
3.3	אומדן נזקי הצפה	107
3.3.1	הסבר כללי	107
3.3.2	מאגר פלאי - טל שחר (כ-4.9 ק"מ):	108
3.4	היתכנות כלכלית - עלות מול תועלת	110
3.4.1	כללי	110
3.4.2	מאגר פלאי - טל שחר (4.9 ק"מ):	110
3.4.3	"מקטע הביניים" יסודות-גדרה (כ-9 ק"מ):	110
3.4.4	יבנה - נחל גמליאל (4.8 ק"מ):	111
3.5	סיכום ביניים	111
4	הפרק הסביבתי	113
4.1	מבוא לנושא	113
4.2	אפיון ותיאור תועלות הנחל	113
4.2.1	תרומת הנחל כמערכת אקולוגית	114
4.2.2	תועלות מעליית ערך נדל"ן סמוך לנחל	115
4.2.3	תועלות משימושים הנשענים על הנחל	116
4.3	תוכנית מתאר מחוזית חלקית למרחב נחל שורק	117



117	4.3.1 כללי
117	4.3.2 הגישה הכלכלית בתוכנית
118	4.3.3 פארקים אזוריים ומתחמי הפיתוח
120	4.4 סיכום ביניים - תועלות הנחל
121	5. תכנון עקרוני למקטעי ה'פיילוט'
121	5.1 מתווה התכנון המוצע
122	5.2 בחינה כלכלית מקטע טל שחר
122	5.2.1 תוכנית ההסדרה
122	5.2.2 אומדן עלות גישת השיקום
122	5.2.3 אומדן התועלת בגישת השיקום
123	5.2.4 כדאיות כלכלית גישת השיקום
123	5.3 בחינה כלכלית מקטע יבנה
123	5.3.1 תוכנית ההסדרה
124	5.3.2 אומדן עלות גישת השיקום
124	5.3.3 אומדן התועלת בגישת השיקום
125	5.3.4 כדאיות כלכלית - עלות מול תועלת
127	6. פרק הסיכום
127	6.1 ריכוז נתונים כללי
128	6.2 הסדרה הנדסית
128	6.3 גישת השיקום
129	6.4 תועלות הנחל
130	6.5 נקודות סיכום

תקציר מנהלים

רשויות הניקוז מנהלות חלקים ניכרים מנחלי החוף. ניהול נחלים זה נעשה, במרבית המקרים, מתוך ראייה חד מימדית של נזקי הצפות לתשתיות, חקלאות ושימושי קרקע אחרים, על פי חוק הניקוז - ואינו משקלל בתוכו מרכיבים אחרים בתפקוד הנחל, כמו שימור המערכת האקולוגית.

לעיתים קרובות, מעלים גורמי הסביבה השגות על אופן ניהול נחלי החוף, ומעלים הצעות שונות לניהול סביבתי יותר. הצעות אלה מוצעות על בסיס ידע אקולוגי, אך לרוב אינן נסמכות על ידע הנדסי וכלכלי החיוני לצורך קבלת החלטות על ידי רשויות הניקוז, משרד החקלאות וועדות התכנון.

מטרת עבודה זו להציע לראשונה מודל לניהול הנגר בנחלי החוף, הנסמך על תפישה הנדסית הידרולוגית, הנבדקת כלכלית, תוך שילוב צרכי המערכת האקולוגית.

חלקים ניכרים של אגני נחלי החוף של ישראל "הוסדרו" ברמה כזו או אחרת בעשרות השנים האחרונות על ידי רשויות הניקוז. הסדרה זו הפכה חלק לא מבוטל מאגני הנחלים לתעלות הנדסיות בעלות מורכבות מבנית נמוכה, חשפה אותם לפלישות ביולוגית, ומזערה את ערכם הסביבתי.

כמקרה בוחן לעבודה על נחלי החוף נבחר נחל שורק.

העבודה מצביעה על מרכזיותו של הסחף כמשתנה קריטי ביציבות הנחל. יישום עקרונות אקו - הידרולוגיים יביא לנחל יציב יותר מורפולוגית, ולכן ידרשו פחות פעולות התערבות חיצוניות. מיעוט התערבות חיצונית יאפשר למערכת האקולוגית להשתקם ולשגשג.

הניתוח בוצע מהכלל אל הפרט - מהמגמות העולמיות, אל התמונה הקיימת בישראל, ומשם אל נחל שורק כמקרה בוחן.

א. ניהול נגר ונחלים - מבט כללי בעולם ובישראל

1. סקירת ספרות:

בוצעה סקירה של הספרות המקצועית העדכנית בעולם, במסגרתה מוצגות הגישות העדכניות להתייחסות אל הנחל כמערכת אקולוגית, שירותי הסביבה שהוא מציע לאדם ושיקום נחלים. לעומת גישות מתקדמות בעולם, נותחה הפרקטיקה הנהוגה בישראל, "גישת ההסדרה ההנדסית": הבסיס החקיקתי לגישה זו והבעייתיות שלה בהיבט ההנדסי והאקולוגי.

2. ניתוח מצב קיים בגישת ניהול הנגר בנחלי החוף בישראל:

מנקודת המבט ההנדסית/ הידרולוגית, אובחן כי גישת "ההסדרה ההנדסית" בנחלי החוף מביאה בהכרח לכשל הנדסי - הסדרה נקודתית לפתרון בעיה בנקודה אחת בנחל (שמקורה בצורך מקומי ללא ראייה כוללת) יוצרת הגברת זרימה ולכן יותר אנרגיה למים, הגורמת לאפקט במורד ובמעלה הנחל המתבטא בארוזיה - הרס גדות. בתגובה ניתן לעיתים קרובות פתרון הנדסי אגרסיבי לבעיות החדשות, ונוצר אפקט של "כדור שלג", שסופו הבלתי נמנע - הנחל הופך לתעלת בטון מוסדרת מהמעלה ועד לשפך לים. המקור לכשל התכנוני של גישת ההסדרה ההנדסית הוא התעלמותה מפרמטר קריטי בהתנהגות נחל - הסחף.

3. הגישה האקו - הידרולוגית:

מוצגת חלופה לניהול נגר בנחלים - הגישה האקו-הידרולוגית. גישה זו מטמיעה את הסעת הסחף בתכנון הנחל, ומצביעה על חשיבותו הקריטית של שימור זרימה של מלוא חתך הנחל (bankfull capacity) בתכנון הנגר, כ"שסתום ביטחון" למניעת התמוטטות גדות הנחל. **המשוואות לתכנון נחל בגישה זו בהכרח מורכבות יותר, אך תואמות את המציאות, ולא מנסות לכפות מצב הנדסי זר לנחל במנותק מהתנהגותו הטבעית, כפי שמנסה לעשות גישת ההסדרה ההנדסית.** גישה זו מחייבת ראייה כוללת של אגן הנחל, והגדלה משמעותית של רוחב מסדרון הנחל (stream corridor).

בנוסף, מוצגת ההשפעה ההרסנית של הפיתוח האורבני המאסיבי על הגברת גל הגיאות של זרימות המגיעות ממשטחי הבטון של העיר אל הנחל במהירות עצומה. הסקירה מצביעה על **הצורך באימוץ גישה חדשה לניהול נגר עירוני - פיתוח בעצמות נמוכה (low impact development).**

בניגוד לגישת ההסדרה ההנדסית, השואפת לצמצם את הצמחייה באפיק הנחל, מצביעים מחקרים עדכניים על **היתרון ההנדסי של קיום צומח באפיק של מעלה הנחל** - המגביר את החספוס ולכן ממתן את גל הגיאות המגיע למורד הנחל.

כמובן שלשימור צמחייה באפיק ולהגדלת מסדרון הנחל יש גם יתרון אקולוגי מובהק - וכך גם צרכי ניהול הנגר וגם צרכי האקולוגיה יוצאים נשכרים.

ב. נחל שורק כמקרה בוחן

1. בעיות הנדסיות ואקולוגיות בגישת ההסדרה

בוצעה **בחינה** של הסדרות הנדסיות לאורך נחל שורק. בוצעה הערכה מדגמית של הצלחה/כישלון הפתרון ההסדרתי בהיבט ההנדסי - הידרולוגי.

2. בדיקה כלכלית

נלמד הבסיס הכלכלי שעומד בבסיס תוכניות ניקוז בשורק, נבחנו תוכניות ההסדרה אשר אושרו במשרד החקלאות וברשות המים 15 השנים האחרונות בנחל שורק על פי מקטעי הנחל השונים.

לכל מקטע בוצע **ניתוח עלות-תועלת (cost benefit analysis)**, של עלות הקמת ותחזוקת מתקן ההסדרה ההנדסי, ביחס לחלופות אקו - הידרולוגיות שונות, שעיקרן הפקעת רצועת קרקע גדולה לטובת צרכי הנחל, ופיצוי חקלאים על הנזק הישיר של הצפה של שדותיהם. **מרבית מפעלי ההסדרה ההנדסית נמצאו בעלי כלכליות גבולית, במקרה הטוב.** במרבית מקטעי הנחל, אל מול ההוצאות הצפויות מביצוע תוכנית הסדרה, תחזוקתה ואורך חיי המתקנים ההנדסיים, נמצא כי **יש היתכנות כלכלית להפקעת רצועה של 30 מ' כל צד, ולכן גם בהיבט הכלכלי הישיר, גישת השיקום מהווה חלופה ראויה לחלופה ההנדסית.** מעבר לכך, לגישה תועלות נוספות המביאות לכך שבהסתכלות כוללת, תועלתה למשק הישראלי אף גדולה מזו של ההסדרה ההנדסית במקטעים שנבחנו.

מעבר להיבט הכלכלי הישיר, נבחנו גם תועלות כלכליות חיצוניות לציבור הנתרמות מגישה אקו הידרולוגית, המעצימה את שירותי הסביבה הפנאי והנופש של הנחל. נותחו מחקרים מהארץ ומהעולם על תרומה כלכלית זו - ואלה העלו אף יותר את האטרקטיביות הכלכלית של החלופה האקו הידרולוגית למשק הישראלי.

החלופה האקו הידרולוגית אינה מפירה את שיווי המשקל בנחל - לעומת גישת ההסדרה ההנדסית, אשר משבשת את התפקוד הטבעי של המערכת ההידרולוגית של הנחל.

ג. נחל שורק כמקרה בוחן - הצעות אופרטיביות למדיניות אקו הידרולוגית:

1. העבודה עומדת על בעיה מהותית בישראל להטמעת מדיניות אקו הידרולוגית - **קיים חוסר בבסיס נתונים מתאים, בעיקר בנושא משטר הסעת הסחף בנחלים**, אשר יוכל להיות תשתית לחישובים במתווה זה. מתכנני הניקוז בארץ לא עובדים הכשרה אוניברסיטאית לפי עקרונות ותורה זו, ולכן ידרש זמן על מנת להטמיע את השיטה בישראל.

2. **נכתבו עקרונות לניהול נחל שורק**, כדוגמא לנחל אופייני למישור החוף, עפ"י עקרונות אקו הידרולוגיים. העקרונות תואמים את מרכזיותו של הסחף כמשתנה קריטי ביציבות הנחל. **יישום העקרונות יביא לנחל יציב יותר, ולכן ידרשו פחות פעולות התערבות חיצוניות במסגרת תחזוקה שוטפת. מעט התערבות חיצונית תאפשר למערכת האקולוגית להשתקם ולשגשג:**

● הקמת מערך ניטור לסחף.

● שיחזור/ עיצוב מחדש של מסדרון הנחל - הרחבת השטח משני צידי הנחל המשמש להצפה עונתית, שחזור נפתולים וכו'. הרחבה זו תבוצע על ידי רכישת שטחים ו/ או פיצוי חקלאים על נזקי הצפות.

● עיצוב מחדש של חתך הזרימה לחתך מורכב.

● יישום של טכנולוגיות ל"פיתוח בעצימות נמוכה" להפחתת תרומת הנגר באזורי הפיתוח הסובבים את הנחל.

3. יישום העקרונות למדיניות אקו הידרולוגית בשני מקטעים לדוגמא בנחל שורק:

בוצע תכנון עקרוני ורעיוני של שני מקטעי נחל בשורק, המציבים אתגרים שונים בפני המתכנן:

מקטע יבנה - מורד נחל, מקטע עם זרימות עירוניות. **הוצע חתך זרימה חדש, הכרוך בהסטת והעמקת אפיק נחל שורק**, ליצירת חתך נחל מורכב, ויצירת פארק ציבורי טבעי בגדות הנחל. **החתך נבדק בדיקה הידרולוגית עקרונית ונמצא ישים הנדסית**. יישום גישה זו מחייב הפקעה של כ-30 מ' רוחב רצועת קרקע.

מקטע טל שחר - מעלה נחל, מקטע בסביבה חקלאית - **הוצעה הפקעה של רצועת קרקע ברוחב כ-90 מ', ללא התערבות נוספת**.

עקרונות שיקום אקו-הידרולוגי של נחלים אלוביאליים

ד"ר אבנר קסלר -
הנדסת סביבה ומשאבי מים (2002), בע"מ



העבודה הוזמנה ע"י החברה להגנת הטבע, ת"א, מאת דר' אבנר קסלר - הנדסת סביבה ומשאבי מים (2002) בע"מ, חיפה.

רפרנטים לעבודה הם משה פרלמוטר ואלון רוטשילד מהחברה להגנת הטבע ואבי אוזן מרשות שמורות הטבע והגנים הלאומיים.

העבודה בוצעה ע"י:

דר' אבנר קסלר - הידרולוג, הנדסת סביבה ומשאבי מים בע"מ, חיפה.

גיל גוטמן - מהנדס סביבתי (M.Sc.), קריית ביאליק.

אנה פולונסקי - גיאולוגית, הנדסת סביבה ומשאבי מים בע"מ, חיפה.

נחלים אלוביאליים הם נחלים בעלי קרקעית וגדות העשויים ממשקעי סחף והניתנים להסעה. השינויים שהתחוללו בנחלים האלה מתאים בקירוב לשינויים בהיקף ההתיישבות הציונית שתחילתה באזורי השפלה שלמרגלות רכסי ההרים. האזורים הנ"ל היו בחלקם ביצתיים ו"מוכי קדחת" ונדרש היה לנקום קודם לפיתוח ההתיישבות החקלאית. על רקע זה התגבש המונח של "הסדרת נחלים" שנועד מצד אחד להבטיח ניקוז מהיר של עודפי נגר עילי ומצד שני להרחיב את היקף השטח החקלאי המעובד.

הכשרת הנחלים לעמידה ביעדי ה"הסדרה" נעשתה בארץ באמצעות גישה הנדסית/מסורתית שעיקרה מתחום הנדסת התעלות. על פי גישה זו קובעים את תנוחת האפיק, שיפוע הקרקעית וחתך זרימה (בדרך"כ טרפזי) על מנת להעביר ביעילות המרבית את ספיקת התכן הנחוצה. ספיקה זו היא ספיקת שיא שרירותית עבורה נדרש למנוע התהוות אירועי הצפה, ללא התייחסות להשפעות אקולוגיות והידרולוגיות בגין חובה זו.

פועל יוצא של "הסדרת" הנחלים בגישה המסורתית היה מצד אחד הרס בתי גידול ושרותי הסביבה האקולוגיים ומצד שני נזק מצטבר שמקורו בארוויה וסתימת ערוצים. עדות עדכנית לנוקים כאלה היא של חורף 2009/10 באגן נחל פולג, היכן שבעקבות סופת גשמים יחידה התהוו נזקי ארוויה והשקעת סחף בסך של כ-30 מיליון ש"ח.

שיקום נחלים על פי הגישה האקו-הידרולוגית, להבדיל מהסדרת נחלים, מיועד בראש ובראשונה לייצב את מאזן הסחף לאורך האפיק. מאזן מיוצב פירושו שלאורך זמן כמות הסחף הנכנסת לקטע המשוקם שווה בקירוב לכמות הסחף היוצאת מאותו הקטע. במילים אחרות, אין הצטברות או גריעה משמעותית של קרקע בתחום פרוזדור הנחל. על פי הגדרה זו הגיאומטריה והתנוחה של האפיק עשויה להשתנות קלות לאורך זמן במסגרת התאמה לשינויים מחזוריים במשטר הזרימה.

גישת התכנון האקו-הידרולוגית, המיושמת מזה עשרות שנים בצפון אמריקה, לא מצאה עדין את ביטוייה בשיקום הנחלים בארץ. תנאי מוקדם להצלחת גישה כזו הוא בניית בסיס מידע שיכלול את השינויים הגיאומורפולוגיים באפיקי הנחלים, במידות חתך הזרימה ובמשטר הסעת הסחף. כיום אין ברשותנו בסיס מידע כזה ואין זה מעשי לפיכך לצפות "כבר מחר" ליישום מלא של השיטה.

לחליפין, מוצע מתווה ראשוני בהתאם לעקרונות אקו-הידרולוגיים שהעיקריים בהם כוללים את השיחזור מחדש של פרוזדור הנחל ושל חתך הזרימה הטבעי. פרוזדור הנחל חיוני להתהוות פשט הצפה שהינו ה"בלם המרכזי" למניעת נזקי ארוויה. כמו כן יתכן כלכלי לשחזור הפרוזדור על פני המשך עיבוד חקלאי של אותו השטח. די ברצועה של 50 עד 100 מטר מכל גדה כדי לשפר משמעותית הן את יציבות האפיק והן את איכות שרותי הסביבה האקולוגיים.

במסגרת עקרון השחזור מחדש של חתך הזרימה מומלץ לתכנן את ממדי האפיק כך שיתאימו בקירוב למעבר ספיקת שיא של 3:1 שנים. ממדים כאלה אמורים לקיים את מאזן הסחף לאורך זמן אותם יש לאשש בהמשך באמצעות מערך הניטור. העמקה מלאכותית של האפיק ו/או הגבהת סוללות משני צידיו מפרה את מאזן הסחף ועשויה לחולל נזקי ארוויה וסתימת ערוצים.

עקרונות נוספים המיושמים בחלקם כיום כוללים שימוש בטכנולוגיות "ירוקות" לייצוב חתך הזרימה וטכניקות לפיתוח בעצימות נמוכה (LID). ככלל יש להעדיף אמצעי ייצוב עם מינימום אלמנטים קשיחים על מנת לאפשר תהליך דינמי של הסעה והשקעת סחף. כמו כן מוצע לאפשר התפתחות צמחיה טבעית לאורך האפיק, כולל שיחים ועצים, ולפצות על תוספת החיכוך באמצעות הרחבת חתך הזרימה. טכניקות לפיתוח בעצימות נמוכה נחוצות בעיקר למזעור

השפעת הפיתוח האורבני על התהוות הנגר העילי. יישום טכניקות כאלה בשכונות חדשות יקטין את היקף השינויים במשטר הזרימה וישפר את עמידות האפיק לאורך זמן.

עקרון אחרון למתווה האקו-הידרולוגי המוצע הוא הימנעות מבניית סכרונים גיא לרוחב האפיק והעדפה של מתקנים צידיים באמצעותם ניתן להגליש את עודפי המים אל עבר לדופן האפיק. באופן זה נחסכת הפרה משמעותית במשטר הסעת הסחף ומובטחת בעדיפות ראשונה זרימה אקולוגית מינימלית למורד הנחל.

תכנון עקרוני על פי הגישה האקו-הידרולוגית מוצג כאן עבור שני קטעים מייצגים במורד נחל שורק. הקטע הראשון הוא לאורך תוואי הנחל בעמק צרעה בקרבת היישוב טל שחר. הקטע השני הוא במורד הנחל בתחום מישור החוף, מול העיר יבנה.

שיקום הנחל בעמק צרעה מבוסס על שחזור פרוזדור הנחל לרוחב של כ- 50 מטר מכל צד. תחום מהירות הזרימה לספיקות בתדירות של עד 10 שנים הוא בתחום שבין 1 ל-1.5 מטר לשנייה. היינו תחום "נסבל" בתנאי חיפוי צמחיה טבעית ושכבת חלוקי נחל מפותחת בקרקעית הערוץ. לפתרון המוצע יתרון גם ביחס למיתון זרימות בינוניות וחזקות במורד הנחל. ירידה במהירות הזרימה לאורך פשט ההצפה מרסנת את במידת מה את ספיקות ששיא במורד האגן. כמו כן, צמחייה טבעית שלאורך הפרוזדור פועלת להפחתת כמויות הסחף בהשוואה לשטחים מעובדים. הפחתה כזו שומרת על משאב הקרקע ומצד אחד ומפחיתה את סתימת האפיק במורד מצד שני.

שחזור חלקי של פרוזדור הנחל מוצע מול העיר יבנה עם מפלס הצפה נמוך מזה של פרוזדור הנחל הטבעי. רוחב הפרוזדור נבחר במגמה לאפשר מעבר של ספיקת תכן של כ- 100 שנה בנוכחות צמחיה טבעית וחורש דליל. עלות השחזור במקרה זה גבוהה משמעותית מזו של עמק צרעה בגין נפחי חפירה משמעותיים.

את התכנון העקרוני המוצע יש לגבות בהמשך התכנון, תחילה ע"י תכנון כללי ובהמשך ע"י תכנון מפורט בהתחשב במכלול הצרכים האקולוגיים ועלויות השיקום.



1. סקר ספרות

סקר הספרות שלהלן מציג את המגמות הנוכחיות בשיקום נחלים ואת הגישות התכנוניות הנלוות להן. גישות אלו מבוססות בד"כ על בחינה משולבת של צרכי האדם והטבע כאשר נלקחים בחשבון כלל ההשפעות של פעולות תשתית באפיקי הנחלים ושימושי קרקע בתחום אגן ההיקוות כולו.

ערוץ הנחל, בהיותו רצף נקודות טופוגרפיות נמוכות מנקז את כלל הנגר העילי המתהווה בתחום ההיקוות אל עבר בסיס הניקוז שבמוצא האגן. יוצא מכאן שאפיק הנחל מושפע מהמתרחש בכלל שטח אגן בכל הקשור לכמות ואיכות המים, לשימושי הקרקע ולשאר ההשפעות הנלוות לפעילות האדם.

בישראל, מרבית האוכלוסייה מרוכזת במישור החוף שהינו בסיס אגני ההיקוות של הנחלים המנקזים את המורדות המערביים של שדרת ההר המרכזית. פיתוח שימושי הקרקע במעלה האגנים מחד, והאצת העיור במורד האגנים מאידך, הפרו באופן ניכר את שיווי המשקל הדינמי באפיק הנחל וצמצמו את תחום סביבתו הטבעית של הנחל. במהלך 50 השנה האחרונות נהרסו בתי גידול אקוואטים רבים כתוצאה מייבוש נביעות ע"י קידוחים, הטיית גאוויות ע"י מכוני שאיבה והזרמת לא מבוקרת של שפכים ו/או קולחים.

נחלי החוף הם מהנחלים הפגועים ביותר בנחלי ישראל (Gasith, 1991). בשנים האחרונות החל תהליך שיקום של מספר נחלי חוף נבחרים, במטרה להחיותם ולהסב אותם ממטרד אקולוגי למשאב טבע (Gasith & Hershkovitz, 2002).

1.1. הגישה האקו-הידרולוגית

שיקום נחלים על פי הגישה האקו-הידרולוגית מחייב התייחסות בו זמנית לתפקודו האקולוגי וההידרולוגי (ניקוזי) של הנחל. תכנון השיקום כולל לפיכך מגוון רחב של יעדים לאורך תוואי הזרימה בפרט ובתחום אגן ההיקוות בכלל.

הגישה האקו-הידרולוגית היא במובן מסויים אנטי-תיזה לגישה ההנדסית, או המסורתית, של "הסדרת" ערוצי נחלים. על פי הגישה ההנדסית יש לשפר את כושר ההולכה של האפיק באמצעים מכאניים עד כדי מניעת הצפות לאירוע תכן נבחר. אירוע התכן הנ"ל מוגדר לרוב ע"י מוסדות ציבוריים ו/או סוכנויות ביטוח, משיקולים פוליטיים ו/או פיננסיים, במגמה למזער את נוקי הרכוש והסכנה לאובדן חיי אדם.

אין בגישה ההנדסית התייחסות למגוון התפקידים האקולוגיים שהנחל ממלא ובמקרים רבים היא מחייבת אף את ייצוב של גדות הנחל באמצעות אלמנטים הנדסיים קשיחים. ייצוב כזה מונע לאורך זמן אפשרות של שיקום המערכת האקולוגית לאורך הנחל באופן טבעי.

1.1.1. הגדרות והנחות

אקו-הידרולוגיה על פי Zalewski *et al.* (1997) הינה גישה מדעית המתייחסת לפתרון בעיות סביבתיות בהתחשב בדינמיקה של המערכת ובמרכיביה האקולוגיים וההידרולוגיים. פתרונות אקו-הידרולוגיים כוללים את כל טווח התהליכים (מהמולקולרי ועד האגני) והם ברי המרה לאמצעי ניהול בקנה מידה אגני. כל זאת, על בסיס הבנה של ההשפעה ההדדית שבין תהליכים האקולוגיים וההידרולוגיים ושל הגורמים המעצבים אותם (Zalewski *et al.*, 2000).

Baird & Wilby (1999) מגדירים בספרם את יחסי הגומלין בין הצמחייה לבין גוף המים במגוון רחב של מערכות אקוויטיות, תוך התחשבות בגורמים אקלימיים וטבעיים בגישות ניהול של מערכות טבעיות. הנחות עבודה בסיסיות לצורך זה הן:

הנחה 1: ההסדרה של גורמים הידרולוגיים במערכת אקולוגית או אגנית יכולה להיות שימושית לבקרה על תהליכים ביולוגיים.

הנחה 2: עיצוב המבנה הביולוגי של מערכת אקולוגית באגן ניקוז יכול להיות שימושי לצורך הסדרת תהליכים הידרולוגיים.

הנחה 3: שני סוגי ההסדרה (1,2) משולבים ברמה האגנית יכולים להיות שימושיים לצורך פיתוח בר קיימא של משאבי מים טבעיים.

מטרת העל, כפי שהוגדרה עפ"י ההנחות לעיל, הינה ניהול בר קיימא של משאבי המים הטבעיים.

1.1.2 הנחל וסביבתו

מערכת אקולוגית מוגדרת כיחידת נוף בה מתקיימות חבורות יצורים הכוללים יצרנים, צרכנים ומפרקים המקיימים ביניהם ובין סביבתם יחסי גומלין מוגדרים. קיומה של המערכת האקולוגית מותנה בשמירה מתמדת על יחסי הגומלין בתוכה. כאשר יחסי גומלין אלה מתערערים באופן קיצוני המערכת האקולוגית עלולה לקרוס.

התלות ההדדית הקיימת בין האורגניזמים במערכת אקולוגית שומרת לרוב על יציבות או שיווי משקל, אלא אם כן משתנים באופן קיצוני תנאי האקלים, או נכנסות אוכלוסיות של מינים חדשים, או נגרמים שינויים סביבתיים על ידי האדם. מין שנעלם מן המערכת עלול לגרום להפרת האיזון במערכת האקולוגית הואיל ומין אחר תופס את מקומו של המין שנעלם.

בנחלים וסביבתם המערכות האקולוגיות כוללות משתנים רבים, ביוטיים (של אורגניזמים חיים) ואביוטיים (של תכונות פיזיות כגון אקלים, קרקע ומים). בנחלים אלובאליים (בתווך קרקע ארוזיבי) מתקיימים יחסי גומלין דינאמיים בין זרימת המים, הסדימנט והצמחייה הגדות התומכים במבנה ובתפקוד המערכת.

להלן רשימה של גורמי תמיכה במערכת אקולוגית של נחלים אלובאליים (Trush & McBain, 2000):

- מורפולוגיה משתנה של האפיק.
- כמות ואיכות המים משתנים במחזוריות.
- מילוי וניקוי תקופתי של קרקעית הנחל (מאון סחף).
- פשטי הצפה (Floodplains) מתפקדים.
- גלי גאות בתדירות משתנה (Reset Mechanism)
- צמחיית גדות (Riparian) מגוונת וברת קיימא.
- תנודתיות טבעית של משטר מי התהום.

מבין מקווי מים, ערוץ הנחל הינו היחיד בו מתקיימת תנועת מים חד-כיוונית (למעט השפך המושפע מכניסת מי הים - Estuary). משמעות הדבר היא שאיכות המים בכל מקטע נחל משקפת השפעה מצטברת של כלל איכויות המים שבמעלה הנחל. כלומר, שינויים במעלה הנחל סופם להתבטא במורד הנחל. בנוסף, יחסי הגומלין שבין הנחל לסביבתו הם בעיקרם חד-כיווניים, מהיבשה אל עבר אפיק ולפיכך ההתייחסות למערכת נחל צריכה לכלול את אגן ההיקוות כולו.

פרגמנט (2007) מדגיש בעבודתו את חשיבות רצועת הנחל הכוללת את אפיק הנחל ורצועה יבשתית סמוכה המפרידה בין גוף המים לאזור שלא מושפע מנוכחות המים (Riparian Zone).



גבולות הרצועה אינם מוחלטים מאחר והרצועה מורכבת מפסיפס של נופים ושימושי קרקע המהווים בתי גידול אקולוגיים. (Gregory et al, 1991) רוחב הרצועה משתנה ממטרים ספורים עד לכמה עשרות מטרים וחשיבותה, בלי קשר לגודלה, היא בהיותה החוליה המקשרת בין הסביבה המימית ליבשתית.

רצועת הנחל מהווה בית גידול ייחודי והיא מכתיבה את מיקרו-האקלים בגוף המים בכל הקשור לטמפרטורה, הלחות ומשטר האור. שינויים בקרינה על גוף המים נובעים מאופי הצמחייה באזור הריפארי (התווך שבין גדות הנחל וסביבתו החיצונית - Riparian zone) ושינויים אלה משפיעים על אוכלוסיית היצרנים הראשוניים - אצות וצמחים. אופי הרצועה משפיע גם על סוג החומר האורגני המגיע לסביבה המימית, על יציבות הגדות ועל משטר הזרימה בעת שיטפונות.

צמחייה באזור הריפארי משמשת כקולטן לחלק גדול מהחומרים, מומס וחלקיקי, שזורמים מפני השטח אל הערוץ. בהיבט זה משמש האזור הריפארי כחיץ שמגן על הסביבה המימית. (Gregory et al, 1991) בפועל, הצמחייה הריפארית היא גורם מרכזי בקביעת אופי חתך הזרימה וחשיבותה לפי (Mount (1995 אינה מוערכת דיה.

1.2. שירותי סביבה

1.2.1. רקע כללי

שירותי סביבה (Ecosystem Services) הנו מונח שהוטבע על ידי האו"ם אשר ייסד בשנת 2000 יוזמה בינלאומית, שכללה יותר מ-1300 מומחים ואנשי מקצוע מכל רחבי העולם, תחת הכותרת The Millennium Ecosystem Assessment (MA). מטרת היוזמה הינן הערכת השינויים במערכות האקולוגיות ברחבי העולם וההשלכות הנובעות מהם על רווחת האדם, כמו גם העמדת בסיס מדעי להגדרת פעולות שיש לנקוט לצרכי שימור ושימוש בר קיימא במערכות האקולוגיות הקיימות.

אספקת שירותי הסביבה (Ecosystem Services) מוגדרת על פי התועלת שבני האדם מקבלים מן המערכות האקולוגיות ובכלל זה גם התרומה לרווחת הציבור. בישראל מציינים את המונח "שירותי הסביבה" במספר אופנים בעלי משמעות זהה כמו "שירותי מערכת", "שירותי המערכת האקולוגית".

שירותי הסביבה נחלקים בד"כ לארבע קטגוריות:

1. שירותי אספקה (Provisioning services) - שירותים ומוצרים אשר המערכות האקולוגיות מספקות לציבור בהיותן מקור למזון, מקור מים לשתייה ולחקלאות, מקור לחומרי גלם ועוד.
2. שירותי וויסות ובקרה (Regulating services) - שירותים הקשורים בעיקר בפרמטרים אקלימיים. בכל הנוגע למערכת נחל ניתן לציין את וויסות מי שיטפונות, מניעת סחף קרקע, וויסות ונטרול מזהמים ועוד.
3. שירותי תמיכה (Supporting services) - שירותים הקשורים בתופעות מחזוריות בטבע כגון הפצת זרעים, מחזור נוטריאנטים ועוד.
4. שירותי תרבות (Cultural services) - אפשרויות בילוי, פנאי, נופש וספורט אותן מספקות המערכות האקולוגיות לרווחת הציבור.

שיקולים של פנאי ואסתטיקה אינם עיקריים בספרות המדעית בכל הקשור לשיקום נחלים, ואולם הם עשויים להיות שיקולים מרכזיים בהשגת תמיכת בעלי העניין (Pfadenhauer, 2001). מבחינת גורמי הממשל, יצירת תועלת אסתטית ושיפור יכולות הבילוי והנופש, עשויים להיות

ההבדל בין מימון או דחייה של פרויקט, ללא קשר עם ערכו המדעי של הפרויקט (Fedler & Ditton, 2000).

יכולתה של המערכת לספק שירותי סביבה, מושפעת באופן מובהק מהדרך שבה המערכת מנוהלת (Minca et al., 2007). הערכת התועלת הכלכלית המופקת משירותי סביבה של נחל וסביבתו, ניתנת לבחינה באמצעי מחקר כלכלי ועריכת סקרים אודות נכונות הציבור לשלם עבור מוצר כלשהו, במקרה זה עבור שירותי סביבה של רצועת הנחל.

1.2.2 שירותי הנחל

שירותי הסביבה של הנחל וסביבתו משתנים על פי אופייה של המערכת האקולוגית ומשאבי הטבע הכלולים ברצועת הנחל. עם השירותים הספציפיים של הנחל וסביבתו נימנים:

- בקרה וויסות שיטפונות
- שימור ויסות ופוריות קרקע
- מיחזור נוטריאנטים
- פירוק פסולת
- בקרת מזיקים
- אספקת מזון
- אספקת מים
- טיהור מים
- ייצור אנרגיה
- שירותי בילוי, נופש, תרבות וחינוך

בניתוחים כלכליים נוטים להתייחס למרבית התפקודים הסביבתיים של הנחל כאל שירותים הניתנים בחינם. יחד עם זאת, לאור תרומתם הכלכלית הריאלית הם זוכים להערכה (תרתי משמע) בעיקר כאשר אותו "שירות חינם" נפסק מסיבה כלשהי. למשל, התפרצות מזיקי חקלאות עקב השמדת אויביהם הטבעיים והצורך להשתמש בחומרי הדברה יקרים ורעילים.

ככל שגודל האוכלוסייה עולה, עולה גם הביקוש לשטחים פתוחים ואיכותיים שיספקו את הצרכים הפיזיים והרוחניים של התושבים. מצד שני ככל שגדלה האוכלוסייה, מצטמצמים השטחים הפתוחים העומדים לרשותה, בעיקר בגלל פיתוח בלתי מבוקר של תשתיות "זוללות" קרקע, בינוי ותעשייה (פרומקין, 2000).

האפקט המשולב של התייחסות לשירותי הסביבה כאל "שירות חינם", מצד אחד, וגידול מואץ באוכלוסייה, מצד שני, הביאו לכך שיכולת המערכות האקולוגיות לספק שירותי סביבה הופחתו במידה ניכרת (Folke et al. 2004). למרות ההכרה המדעית ההולכת וגוברת בתלות שבין שירותי סביבה ורווחת הציבור ההתייחסות אליהם בתהליכי התכנון עדין זניחה (de Groot, 2006).

1.2.3 דוגמאות

מחקר בנושא שירותי הסביבה (Loomis et al., 2000) בחן את הערך הכלכלי שניתן להפיק משיקום נהר פלאט (Platte River) במערב ארה"ב. שימושים אינטנסיביים בנחל כגון הספקת מים להשקיה, ניקוז נגר עירוני ועיבוד קרקעות ברצועת הנחל פגעו אנושות ביכולת השיקום העצמי של הנחל. שירותי סביבה שנפגעו הם למשל מיהול מי שפכים וטיהור מים, בקרת ארוזיה, בתי גידול לדגים ובע"ח ואפשרויות בילוי.



תרשים 1 מתאר באופן סכמתי את סביבת הנחל במצב הקיים ואת סביבת הנחל לאחר העצמת שירותי הסביבה הנובעים משיקומו המוצע. ניתן לראות את יצירת הפרוזדור הרחב המהווה רצועת חיץ בין שימושי הקרקע החקלאיים במעלה הנחל לבין הנחל עצמו, דבר המצמצם זיהומים ממקורות אלו, כמו גם את שחזור פיתולי הנחל, יצירת אגנים ירוקים להשהיה וליטוש מי נגר, כל אלה כחלק מהליכי שיקום מוצעים שהוצגו לציבור במסגרת המחקר.

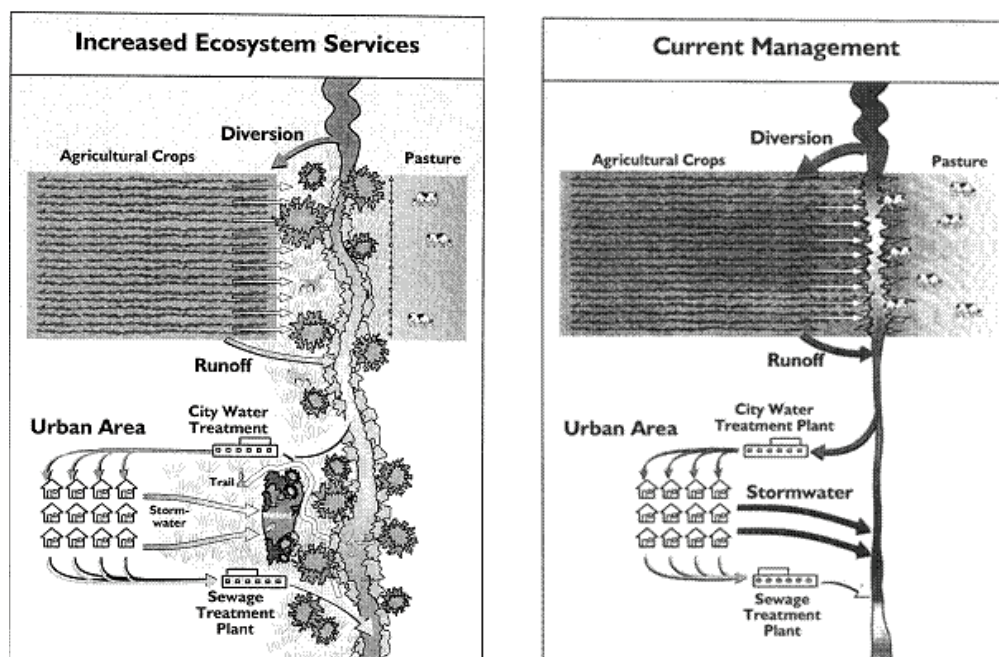
מנגנון השיקום כלל את המרכיבים העיקריים הבאים:

1. שיחזור פרוזדור הנחל ורצועת החיץ הצמחית לצורך הפחתת נזקי ארוזיה, שיפור איכות המים, שחזור בתי הגידול ומתן אפשרות מוגבלת לשימושי קיט.
2. צמצום צריכת המים מהנהר עצמו באמצעות רכישת זכויות המים מהחקלאים או תשלום לחקלאים עבור ייצור גידולים בעלי צריכת מים נמוכה.
3. שינוי במפת שימושי הקרקע באזוריים לרבות רכישת שטחים ע"י הממשלה לצורך שימור, או הסכמים מול בעלי הקרקע לשינוי אופן ניהול הקרקעות והטיפול בצמחייה וכו'.

במחקר הנדון נבדקה נכונות הציבור "לשלם" עבור שיקום הנחל והשירותים הסביבתיים והיא הסתכמה בתוספת חודשית של כ- 21 דולר לחשבון המים. בחישוב כלל הצרכנים הרלוונטיים נמצא שהסכום אותו מוכן הציבור לשלם גבוה בעשרות אחוזים מסה"כ עלויות עבודות השיקום (כולל הפקעת קרקעות) הנדרשות להעצמת שירותי הסביבה (Loomis et al., 2000).

פרופ' גזית וצוות המעבדה לאקולוגיה של נחלים באוניברסיטת תל אביב, ערכו מספר סקרים אקולוגיים עבור רשות נחל הקישון במסגרת שימור הנחל והמאבק מול פיתוח התשתיות המואץ במורדו. במסגרת סקרים אלו נמצא כי קיימות בישראל דוגמאות רבות לפעולות תכנוניות ומפעלים הנדסיים אשר דחקו את משאבי הטבע ואת יכולתם לספק שירותי סביבה. שיקום ערכי הטבע שנפגעו הינו לעיתים מסובך ויקר אולם התועלת המופקת מכך חשובה ומהווה את תיקון המעוות. כמו כן מדגישים החוקרים שבתנאי מצוקת המים של ישראל אין לפסול על הסף אף מקווה מים טבעי או מלאכותי בעלי פוטנציאל של אספקת שירותי הסביבה (גזית וחוב', 2009).

התייחסות ספציפית לנושא הסדרת נחלים ניתנה בסקר אקולוגי שבוצע בנחל גדורה אשר הוסדר בעבר כתעלה טרפזית כחלק מניקוז שטחי הביצה והחקלאות. ממשק תחזוקת התעלה כלל כיסוח מאסיבי של צמחיית גדות הנחל גם לאחר שזו החלה לאכלס שוכני מים עקב התקדמות הליכי השיקום וצמצום מקורות הזיהום. המלצת הדוח היתה של שיקום הנחל בטבע עירוני לטובת הציבור בהתחשב בצרכי המערכת האקולוגית ומגבלותיה (גזית וחוב', 2009).



תרשים 1: סכמת שימושים ושירותי סביבה במצב קיים (מימין) ובנחל משוקם (משמאל). Loomis et al., 2000

1.3. שיקום נחלים

שיקום נחלים הוא מונח כללי למגוון יעדי שיפור במצבו האקו-הידרולוגי של הנחל. מונחים לועזיים שנעשה בהם שימוש הם Restoration, Rehabilitation and Remediation. המונחים הנ"ל נבדלים זה מזה ברמת השחזור של הנחל למצבו הטבעי. המונחים Restoration ו-Rehabilitation מתאימים לשחזור מלא ושחזור חלקי, בהתאמה. המונח Remediation מתאים לשינוי ביעוד האקולוגי לאור השינויים האנתרופוגנים הבלתי הפיכים. השוואה גרפית של יעדי השיקום השונים מוצגת בתרשים 2.

אמצעים מקובלים בשיקום נחלים הם (USDA, 2007):

- ייצוב גדות הנחל.
- צמצום כמויות סחף ואובדן קרקע.
- צמצום כניסת חומרי הזנה מקרקעות סמוכות.
- שיפור ערכים חזותיים.
- שיפור מורכבות בתי הגידול ומגוון אוכלוסיית המים.
- יכולת לתחזוקה עצמית ומחזורית.
- שיפור איכות המים בנחל.
- שיפור תפקודי פשט ההצפה.

הצרכים והיעדים של שיקום נחל צריכים להיגדר בהתאם למאפיינים של הנחל אותם מעוניינים לשקם. רוזגן (Rosgen, 1996) הציע לאפיין את ערוצי הנחלים בהתאם למספר מאפיינים מורפולוגיים כמתואר בתרשים 3. מאפיינים אלו משתלבים כיום בהמלצות השיקום של משרד החקלאות האמריקאי (USDA). מאפיינים נוספים הם משטר הזרימה, פשטי ההצפה וגבולות הרצועה המגדירים את יחידת ההתייחסות האקולוגית, קרי - פרודודור הנחל.

ככלל, שיקום נחלים רואה בפשט ההצפה של הנחל ובצמחיית הגדות גורמים חשובים התורמים לוויסות זרימת גאוויות. כמו כן, שמירה על פרודודור הנחל ועל הצמחייה הטבעית בגדות מקטינה את היקף שימושי הקרקע ומשפרת את שירותי הסביבה שתוארו לעיל.



1.3.1 פרוזדור הנחל

במדריך משנת 1998 (FISRWG) שנערך על ידי מספר גופים פדראליים בארה"ב, ביניהם USEPA ו-USDA, הוגדר פרוזדור הנחל כשילוב של מים, חומרים נוספים, אנרגיה ואורגניזמים, הנפגשים ויוצרים אינטראקציה בתוך יחידה זו. שילוב זה מספק תפקודים חיוניים לשימור החיים, כגון מחזור נוטריאנטים, סינון מזהמים המגיעים עם הנגר, וויסות מי גאוויות, שימור בתי הגידול ומגוון המינים, מילוי חוזר של מי התהום ושימור הזרימה באפיק. המונח פרוזדור הנחל בא לציין גם שהנחל ורצועת הקרקע הסמוכה לו הם לא יחידות טבע נפרדות העומדות בפני עצמן, אלא רצף של בתי גידול המאפשר את התפתחות ופיזור המינים השונים.

תרשים 4 מתאר באופן סכמטי את פרוזדור הנחל בחלוקה לשלוש יחידות בסיס שאינן מתקיימות בהכרח בכל קטע לאורך הנחל. ביחידה האמצעית עובר האפיק המרכזי בו זורמת ספיקת הבסיס (Main Channel). יחידת הביניים כוללת את האפיקים צדדיים ופשטי הצפה (Floodplains) בהם מתקיימת זרימה במעבר גאוויות. היחידה החיצונית היא של צמחייה עשירה המורכבת מצמחיית גדות אופיינית ומעצים המאפיינים את הקטע המוגבה של רצועת הנחל (Riparian Zone).

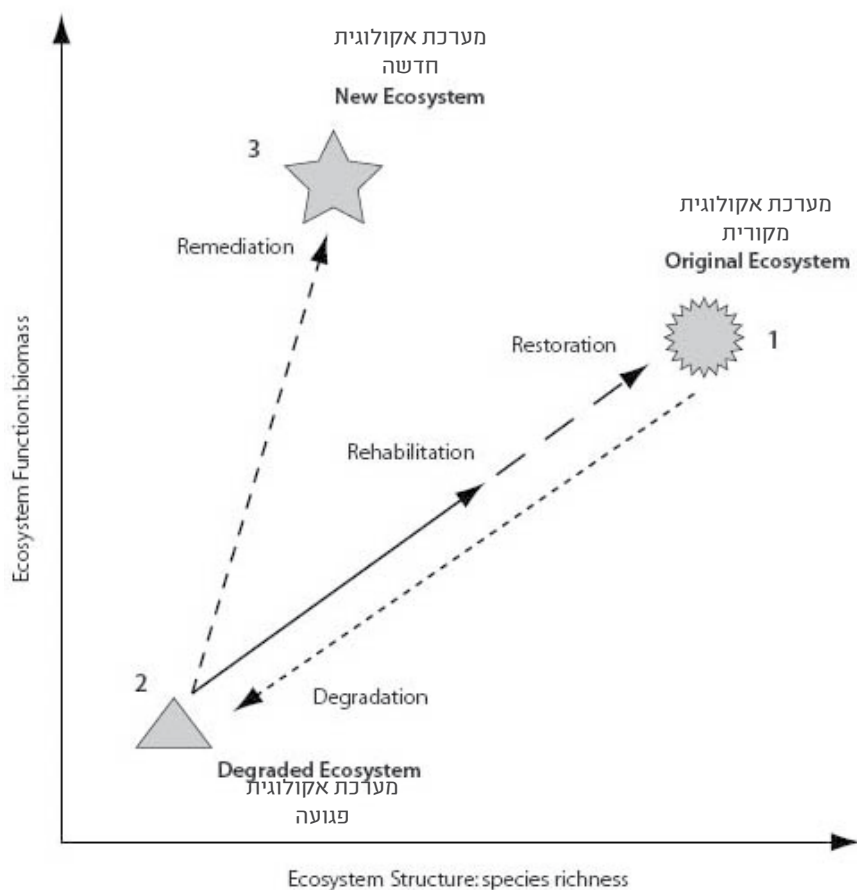
ההכרה המדעית בחשיבות פרוזדור הנחל ופשטי ההצפה באה לידי ביטוי לפני שנים לנוכח העובדה שמרבית פשטי ההצפה הגדולים בעולם שונו ע"י פעילויות האדם (Welcomme, 1985).

Sparks (1995) מדגיש את חשיבותם האקולוגית של פשטי ההצפה ומציין את התקן האמריקאי Clean Water Act משנת 1977 שיעדיו הם "...שיקום השלמות הפיזיקלית, הכימית והביולוגית של מקורות המים הלאומיים...". מכלל היעדים הנ"ל נאכף בפועל רק היעד השני של איכות המים ע"י ה-EPA.

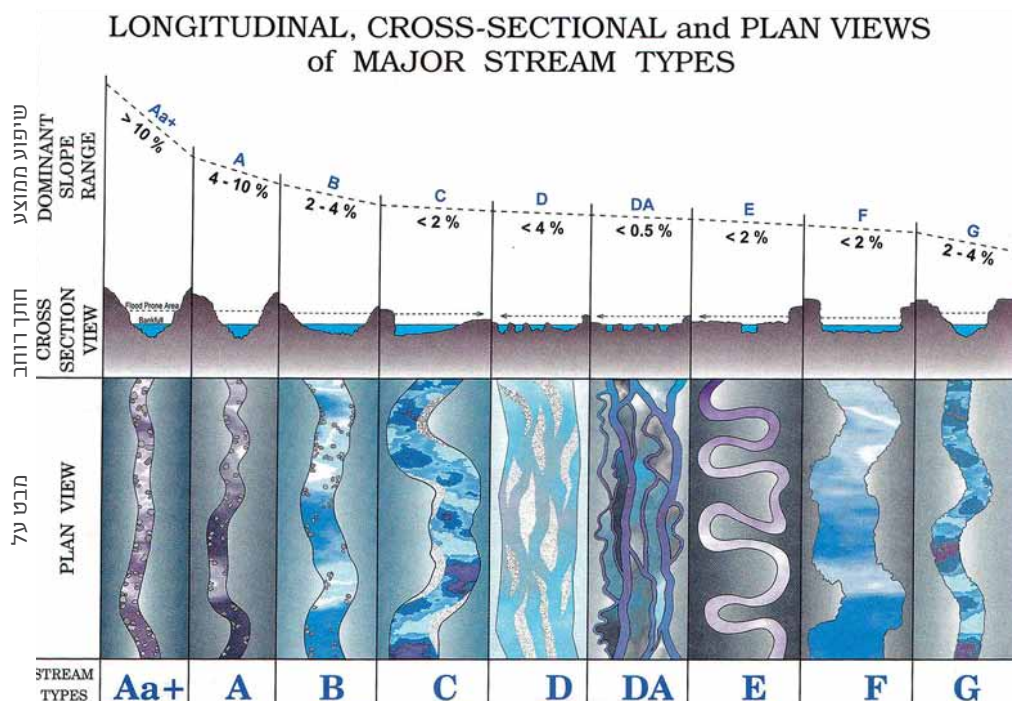
סקולטסקי (2009) בעבודתה "מסדרונות אקולוגיים באזורים חקלאיים: עקרונות לתכנון ולממשק חקלאי", מצטטת מדריך משותף של ה-USDA וה-NRCS אשר יצא לאור בשנת 2008 ומעיד על ההכרה ההולכת וגוברת בארה"ב של שימור מסדרונות נחל במגור החקלאי. המדריך מסתמך על יותר מ-1400 פרסומים ומחקרים ומביא דוגמאות לתכנון אזורי חיץ משמרים לרצועת הנחל ובתי גידול לחים בסביבה חקלאית.

להלן רשימת התועלות של פרוזדור הנחל (Benrtup, 2008):

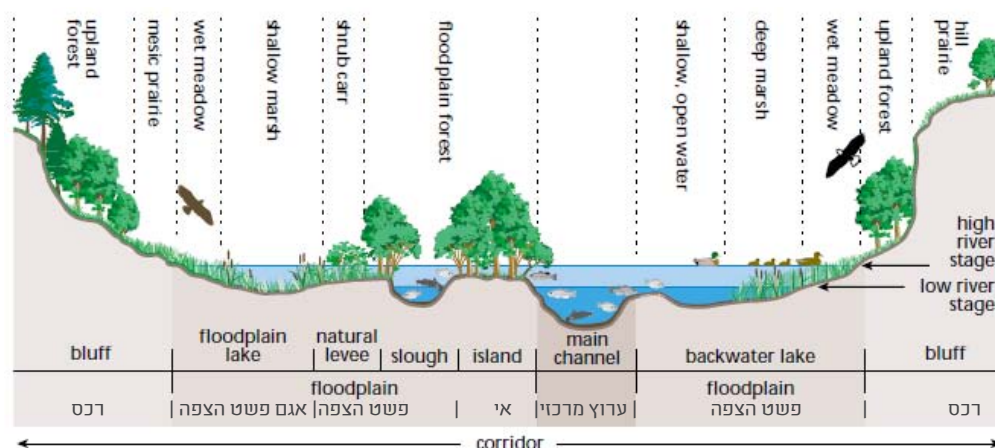
1. להאט את זרימת הנגר העילי ולהגביר את חדירות הקרקע למים.
 2. ללכוד ולסנן מזהמים מהנגר העילי לפני הגעתם למקווי המים.
 3. לסנן מזהמים מזרימות מים תת-קרקעיות.
 4. לייצב את הקרקע ולצמצם את סחיפת הקרקע בגדות.
 5. שמירה על המגוון הביולוגי בבתי הגידול הלחים ועל מגוון המינים המשלימים את מחזור החיים שלהם בבתי הגידול היבשתיים בקרבת המים
 6. יצירת מסדרונות מקשרים בין בתי גידול לחים.
- הדגמה גרפית של חלק מהמטרות והתועלות של פרוזדור הנחל מוצגת בתרשימים 5 ו-6.



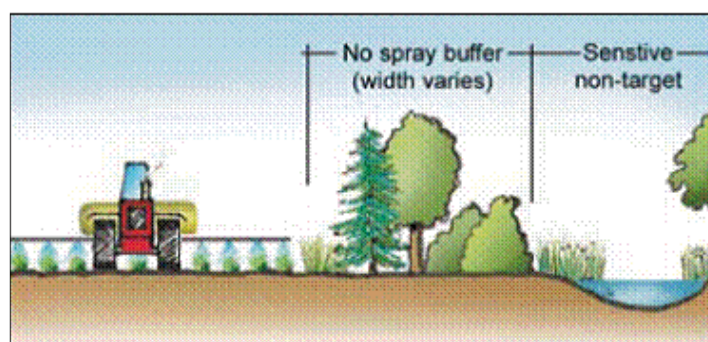
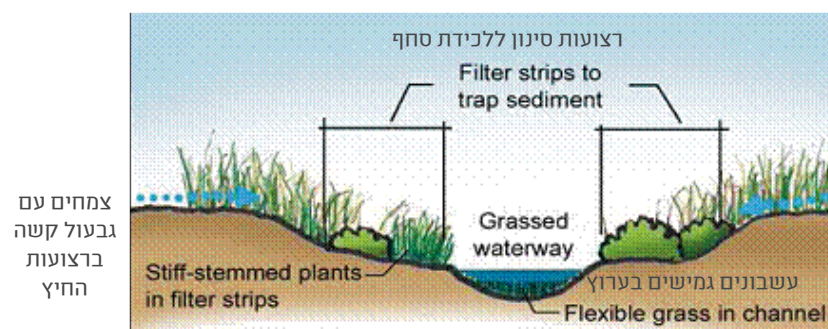
תרשים 2: השוואה בין המונחים השונים הנכללים במסגרת הרחבה של שיקום נחלים (Bradshaw, 1996)



תרשים 3: שיפועים ממוצעים, חתכי רוחב אופייניים ומבט- על של טיפוס הנחלים העיקריים (Applied river morphology, Rosgen 1996).



תרשים 4: מרכיבי מסדרון הנחל בחתך רוחב (Sparks, 1995)



תרשים 5: חיץ משמר בין הנחל לקרקע החקלאית ותיאור חלק מתפקודיו (Benrtup, 2008).



תרשים 6: אזור חיץ בין הנחל לקרקע החקלאית בסביבתו (Benrtup, 2008).

1.3.2 יצוב אפיקים

ערוץ של נחל אלוביאלי חוצה תווך של משקעי סחף הניתנים להסעה ממקום למקום ולפיכך הוא מעוצב גם בהתאם למשטר הזרימה. בנחלים בהם הופר מאון הסחף כתוצאה מהפרת שיווי המשקל האקו-הידרולוגי ייצוב חתך הזרימה הוא אחד המרכיבים העיקריים בשיקום נחלים.

על פי הגישה האקו-הידרולוגית אפיק יציב הוא אפיק המסוגל לאורך זמן להוליך את עומס הסחף הנכנס אליו ללא שקיעה או התחתרות משמעותיים, תוך ביצוע שינויים קלים בממדי חתך הזרימה והשיפוע. בשיקום נחל אלוביאלי לפיכך יש לקיים גם את שיווי המשקל הדינמי של הסעת סחף בנוסף למשוואת הרציפות, האנרגיה והחיכוך.

עקרונות עזר גיאומורפולוגיים בהם נעשה שימוש בגישה האקו-הידרולוגית מושתתים ברובם על ניתוח תצפיות היסטוריות של אפיקים יציבים "מעבר לים", כמו למשל:

1. יחס קבוע בין מכפלת הספיקה ושיפוע הקרקעית לבין מכפלת גודל וריכוז חלקיקי הסחף כמתואר בתרשים 7.

2. רוחב בין שתי גדות הנחל שהינו פרופורציוני לשורש הספיקה המרבית ללא הצפות.

3. פיתוליות של תוואי הנחל שהינה פרופורציונית הפוכה לשיפוע קרקעית האפיק.

4. תחילת התווה של הגרופת בקרקעית האפיק (Bedload) כאשר הספיקה מגיעה בקירוב לערך של 40 אחוז מהספיקה המרבית ללא הצפה.

ייצוב אפיק הנחל על פי הגישה האקו-הידרולוגית מונחה תחילה ביחס ל"ספיקה מעצבת אפיק" (Channel forming discharge), להבדיל מספיקת שיא בעלת תקופת חזרה נבחרת. עד לפני 50 שנה נהוג היה להניח שמעצבי האפיק העיקריים הם שיטפונות נדירים בעלי עוצמת זרימה חזקה בגלל היחס הלא ליניארי שבין עוצמת הזרימה לשטף הסחף. בחינה מדוקדקת מאוחר יותר העלתה שלאורך זמן הספיקות הדומיננטיות הן דווקא ספיקות נמוכות יותר בעלות תדירות הופעה גבוהה יותר. לפיכך גובשה המתודולוגיה של "ספיקה מעצבת אפיק" לפיה לכל נחל אלוביאלי קיימת ספיקה יחידה, שבהינתן מספיק זמן תיצר רוחב, עומק ושיפוע האקוויוולנטים לאלה הנוצרים באמצעות סה"כ הזרימות הטבעיות.

חישוב ספיקה מעצבת אפיק איננו חד משמעי והוא מתבצע באחת משתי הטכניקות הבאות:

1. חישוב הספיקה האפקטיבית (Effective discharge) שהינה הספיקה המתאימה לספיקה המשוקללת שמעבירה את נפח הסחף המרבי לאורך זמן. ניתנת לחישוב באמצעות עקומי תדירות זרימה ויחסי סחף-ספיקה כמתואר בתרשים 8.

2. חישוב ספיקת הגדות (Bank full capacity) שהינה הספיקה המרבית קודם לגלישה מעבר לגדות וזרימה בפשט ההצפה (Floodplain) כמתואר בתרשים 9. המונח ספיקת גדות מתייחס רק לאפיק במצבו הטבעי והיציב.

תוצאות החישוב משתנות מנחל לנחל בהתאם לנתוני הפיזיים ומשטר הזרימה. בקירוב ראשוני נמצא שספיקת הגדות הטבעית מתאימה לתקופה חזרה של כשנתיים, בנחל עם זרימה רציפה כל השנה, ולתקופת חזרה שבין 3 ל-10 שנים בנחל עם זרימה לפרקי זמן קצרים. שיווי משקל גיאומורפולוגי, ללא מפגעי ארוזיה ושקיעת סחף, לא יכול להתקיים באפיק שהוכשר באופן מלאכותי להכיל אירוע נדיר של 100 שנה.



בספיקת גדות, כלומר בספיקה בעלת תקופת חזרה נמוכה מ-10 שנים, העומק ומהירות הזרימה מגיעים לערכם המרבי ללא יצירת נזקי ארוזיה משמעותיים. כל תוספת ספיקה תתבטא בגידול ניכר ברוחב הזרימה בתחום פשט ההצפה לעומת תוספת מזערית במהירות או בעומק הזרימה. יוצא מכאן שלפשט ההצפה תפקיד חשוב של "שסתום בטחון" המונע את המשך עליית המפלס/ אנרגיית המים ואת נזקי הארוזיה הנלווים להם. העמקה של האפיק הטבעי או בניית סוללות לאורך הגדות מוציאה מכלל פעולה את מנגנון ההגנה של "שסתום הביטחון" ומתחיל תהליך "התאמה מחדש" של ארוזיה והרס גדות כמתואר בתרשים 10.

הגישה האקו-הידרולוגית שונה באופן מהותי מהגישה המסורתית של הסדרת נחלים המיועדת להכשיר אפיק קיים למעבר ספיקות שיא נדירות, אחת ל-50 או 100 שנה ללא גלישה. הכשרה כזו נעשית בדרך כלל באמצעים הנדסיים של עבודות עפר ושילוב אלמנטים קשיחים והיא מוכרת לפיכך גם בשם של הגישה ההנדסית.

כאמור, נקודת המוצא בגישה המסורתית/הנדסית היא מניעת הצפות לאירוע בעל תקופת חזרה נבחרת. תקופת החזרה משתנה ממקום למקום והיא נגזרת לרוב על פי שיקולים פיננסיים שמקורם ב"כיסוי" נזקי הצפות ע"י חברות הביטוח. הקריטריון של תקופת חזרה אומץ כיום ע"י מרבית הרשויות והוא מנתיב למעשה את גישת התכנון ההנדסי באופן הבא:

1. קביעת ספיקת השיא ללא היווצרות הצפות בכל אחד מקטעי הנחל. ספיקת השיא מחושבת באופן סטטיסטי לתקופת חזרה שנקבעה ע"י הרשויות. עבור נחלים ראשיים עם שטח אגן של למעלה מ-100 קמ"ר מקובלת תקופת חזרה בין 50 ל-100 שנה.

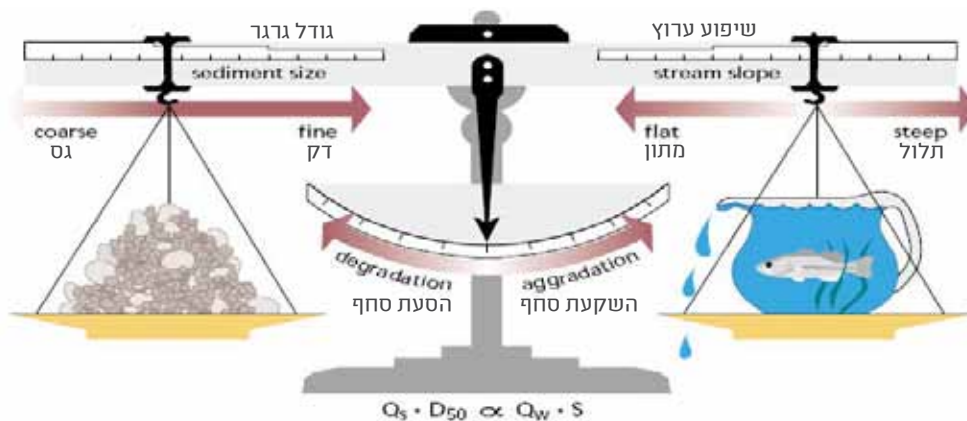
2. תכנון חתך הזרימה המתאים למעבר ספיקת השיא הנבחרת ללא אירועי הצפה. החתך הנחוץ גדול בדרך כלל מחתך האפיק הטבעי והוא מתקבל על פי רוב באמצעות הרחבה והעמקה של האפיק הקיים ו/או הגבהת סוללות שני צידיו.

3. שילוב אמצעים למניעת ארוזיה בהתאם לצורך. צורך כזה מתקיים כמעט תמיד בנחלים אלוביאליים כאשר נמנעת מהם אפשרות ההצפה באירועים נדירים. מגוון האמצעים כולל טכניקות שונות החל מייצוב צמחי וכלה במובלי ביטון פתוחים וסגורים.

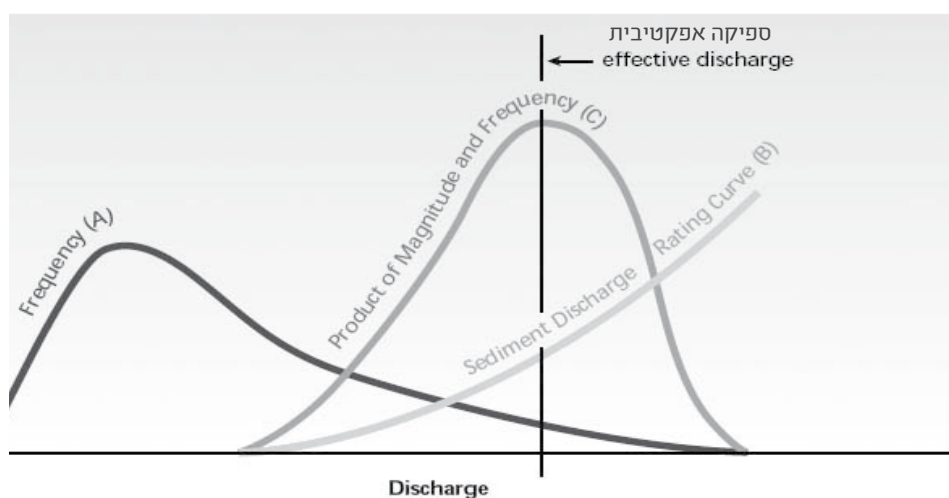
טבלה מס' 1 מציגה את עיקרי ההבדלים שבין גישות התכנון לייצוב/הסדרה של האפיק. באופן כללי התכנון על פי הגישה האקו-הידרולוגית מורכב יותר ומחייב פתרון של משתנים רבים יותר שאת חלקם לא ניתן לפתור אלא לאחר ניטור תפוקות הסחף ומעקב אחר השינויים הגיאומורפולוגיים בגין שינויים היסטוריים במשטר הזרימה.

באימוץ הגישה ההנדסית מתחולל לעיתים אפקט של כדור שלג המתבטא בתוספת אלמנטים קשיחים לאורך מרבית תוואי הזרימה כמפורט בפרק הבא. בהעדר חיפוי כזה הפרת מאזן הסחף תתבטא בחתירה באפיק והתמוטטות גדות מצד אחד והיווצרות של מקטעי הצטברות סחף מצד שני. במקטעים הנ"ל יורד כושר ההולכה של האפיק ועולה פוטנציאל ההצפה במעלה הזרימה.

עדות עדכנית לנזקים כאלה היא מהחורף הקודם באגן נחל פולג, היכן שבעקבות סופת גשמים יחידה התהוו נזקי ארוזיה והשקעת סחף בסך של כ-30 מיליון ש"ח. תרשימים 11 ו-12 מציגים שתי דוגמאות של הנזקים הנ"ל.



תרשים 7: אילוסטרציה גרפית של רכיבי משוואת הסחף: מכפלה של שיפוע הקרקעית וספיקה פרופורציונאלית למכפלת הגודל והכמות של חלקיקי הסחף (Rosgen 1996).



תרשים 8: קביעת ספיקה אפקטיבית ע"י עקום יחסי סחף-ספיקה (B) ועקום התפלגות הזרימה (A). קודקוד עקום (C) מציין את הספיקה האפקטיבית ביותר בהסעה סחף (Wolman & Miller, 1960).

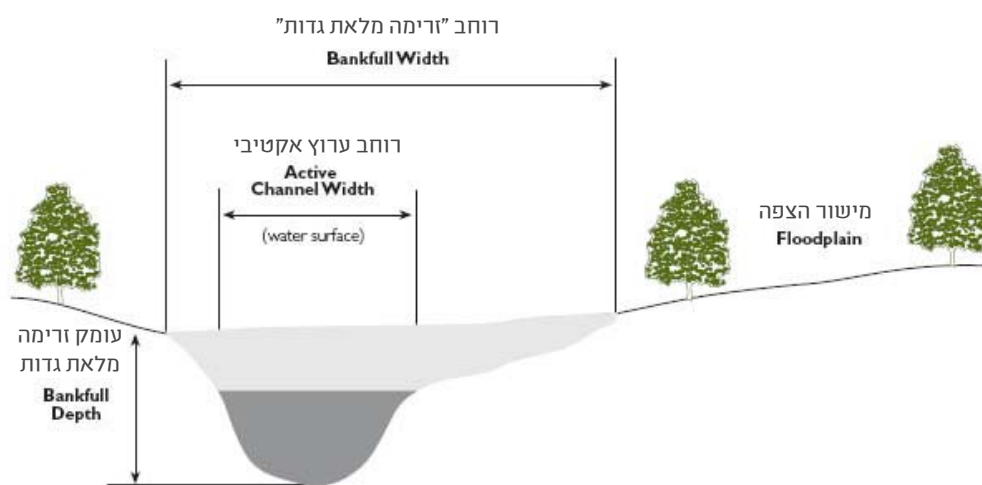
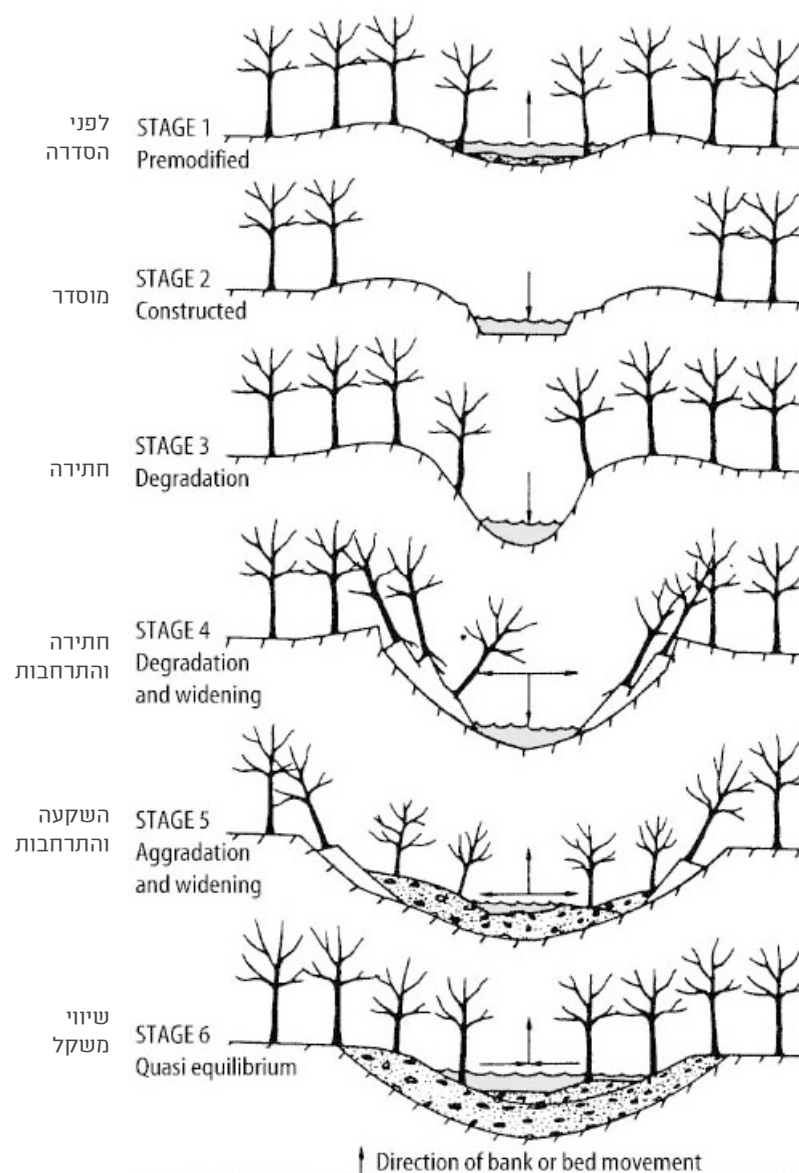


Figure 3-4. Channel cross section.

תרשים 9: מונחי יסוד בגיאומורפולוגיה של נחלים.



תרשים 10: שלבי התאמה של חתך האפיק לאחר הסדרה (Hupp and Simon, 1991).

גישה	הנדסית/מסורתית	אקו-הידרולוגית
גיאומטריה	ללא שינוי בספיקת התכן	דינמית
שטף סחף	נמוך	ניכר
משתנים בלתי תלויים	ספיקת תכן חספוס	הידרוגרף תכן ספיקת גדות שטף סחף, גרופת
משתנים תלויים	רוחב עומק שיפוע	רוחב עומק שיפוע חספוס (כולל מכשולים) תנוחה
משוואות	אנרגיה מומנטום התנגדות	אנרגיה מומנטום התנגדות הסעת סחף יחסים גיאומטריים
מטרה	העברת ספיקת התכן ללא הצפה וללא שינוי חתך	העברת שטף הסחף הנכנס ללא הצטברות או התחתרות



תרשים ו: מפתנים חשופים במעלה אפיק נחל פולג (מאת התחנה לשימור קרקע וניקוז).



תרשים ז: אפיק סתום בסחף במעלה נחל פולג (מאת התחנה לחקר הסחף).



1.3.3 צמחיית גדות

הנחל וסביבתו הנם יחידת קרקע נמוכה טופוגרפית, הרווייה במים ברובה או בחלקה בהתאם לאקלים ולעונות השנה. לאורך הנחל מתפתחת צמחייה אופיינית למקטעים השונים, בהתאם לרמת מליחות המים, הקרקע וגורמים נוספים. צמחייה זו מעשירה את מגוון בתי הגידול ומהווה מרכיב חשוב בייצוב הגדות ובוויסות גאוויות. כמו כן הצמחייה משמשת מוקד משיכה לפעילות פנאי ונופש של הציבור שהינה חלק משירותי הסביבה של הנחל וסביבתו.

במסגרת הסדרת אפיקי הנחלים בישראל וכחלק מגישת ההסדרה המסורתית, הוסרה מרבית צמחיית הנחלים על מנת לא לגרום לכשלי זרימה. בנוסף רוססה צמחיית הגדות כאמצעי לבקרה והדברת יתושים. ריסוס כזה גרם בין היתר לארזיה ובליה של גדות הנחלים ולהשתלטות מיני צמחייה פולשנית שדחקה את הצומח המקומי. במקביל, דוכאו מיני צמחייה טבולה בגין איכות המים הירודה שזרמה ברוב אפיקי הנחלים או העדר מים בכלל.

השבת הצמחייה ועצים לאזורים הריפאריים ולערוצי הנחלים מתבצעת בנחלי אוסטרליה מזה זמן כחלק מהליכי שיקום נחלים. שינויים אלו מפחיתים את כושר ההולכה ומהירות הזרימה בערוצי הנחלים ומהווים אמצעי השהיה נוספים בערוצים הראשיים ובפשט ההצפה.

השפעת שיקום צמחיית גדות הנחל על זרימת הגאוויות נבחנה ע"י מספר רב של חוקרים מהם נציין את Wolff and Burges 1994, Woltemade and Potter 1994, Rutherford, et al. 1996. תרשים 13 מציג תוצאות מחקר שנערך באוניברסיטת מלבורן (Anderson et al., 2005) אודות רגישות עקומי הזרימה לנוכחות צמחיית גדות. בתרשים הידרוגרפים לשני אירועי תכן (אחת לשנתיים ואחת ל-100 שנים) כ-60 ק"מ במורד הערוץ ובארבעה תרחישי חיכוך. נמצאו הבדלים בזמני ההגעה של גל הגאות, באופן דעיכת הגל ובצורת העקום. זמן ההגעה מצביע על מהירות הגל והשינויים נראים יותר בולטים באירוע התכן הקטן. דעיכת עוצמת הגל משתנה גם היא אך בולטת יותר באירוע תכן גדול.

במחקר שנערך בישראל (גטקד ומאיר, 2008) נמצא כי לנוכחות עצים בגדות אין השפעה שלילית על יציבות הגדות ובמקרים רבים אף נמצאה השפעה חיובית. לעצים באפיק מקדם חספוס גבוה המקטין את כושר הולכת הזרימה. הקטנת כושר ההולכה תורמת לוויסות ספיקות השיא במורד תמורת עליה מבוקרת בשיעור ההצפות המקומיות. נטיעת עצים באפיקים יכולה לפיכך להיות אמצעי תכנוני בהגנה בפני שיטפונות במורד האגן.

גישה זו תואמת את התפיסה ההולכת וגוברת של העדפת יתרונות סביבתיים אחרים בנוסף להשפעת הצומח על מיתון גאוויות כגון יציבות הגדות והקטנת כמויות הסחף הערוצי. כמו כן, שמירה על סביבה "ירוקה" מספקת בתי גידול עבור בעלי החיים באזור הנחל, משפרת את הנוף ואף יוצרת מסנן בפני זיהום הנישא בנגר העל קרקעי.

לצורך בדיקת השפעת עצים באפיק על כושר הולכת הזרימה של הנחל נמדדו שטחי החתך והפרמטרים ההידראוליים בנחל קיני לאחר השיטפון מתאריך 02.04.2006. תרשים 14 מציג את חתך הרוחב שנמדד לצורך חישוב הספיקה. שטח החתך הזורם המדוד היה 61 מ"ר ומהירות הזרימה שהואטה מאוד עקב העצים הנטועים בצפיפות רבה הייתה 2 מטר לשנייה. ללא נוכחות העצים ובדרגת חספוס נמוכה יותר, המהירות הצפויה היא של 4.1 מטר לשנייה ופני המים היו יורדים עד לקו האדום עם שטח חתך של 31 מ"ר בלבד. הקטנת המהירות בחתך, הקטינה מאוד את סכנת הסחיפה ותרמה לייצוב האפיק (גטקד ומאיר, 2008).

במחקר על ממשק תעלות הניקוז בעמק החולה, לצורך גיבוש המלצות לתפעול התעלות בדרכים אגרו-אקולוגיות (שביט וחוב' 2006), נבחן הקשר בין שיטת התפעול של תעלות הניקוז לבין יכולתן לתפקד באירועי גשם שונים. בחינת הזרימה בתעלות כפונקציה של מצבי צומח שונים העלה כי נמצאו ערכי חספוס (לפי מאנינג) נמוכים ודומים זה לזה בכל מצבי הצומח שנבדקו

כולל מצבים של סבך קנה וגומא. לא נמצא קשר כמותי בין גובה וצפיפות הצומח, לבין סכנת ההצפה בתעלה. המלצות החוקרים היו שעל מנת להימנע מכיסוח קיצוני של התעלות, לשמירה על תכונותיהן האקולוגיות ולחסכון בעלויות אחזקה, ניתן להוסיף את אובדן הקיבול השטפוני עקב הצמחיה כבר בשלב התכנון, כלומר לשקול לתכנן חפירה של תעלות מעט יותר רחבות.

מחקר משלים שנערך ע"י קפלן, בן-פורת וגוית (2006) בחן את איכות התעלות מבחינת המרכיבים הפיסיים, האקוויטיים והצימחיים. החוקרים כותבים כי אחד הגורמים המרכזיים המשפיעים על שונות בתי הגידול היא המורכבות המבנית שמקורה בתשתית הפיזית ובורימה. התשתית מספקת בין השאר מצע להתיישבות, מסתור, מצע לרבייה ומקור מזון. כמו כן נמצא כי שיטת תחזוקה הכוללת קצירים תכופים מעודדת התפתחות של מיני צמחייה שרועים, משפר את חדירת האור לנישה המימית ואילו ממשק התחזוקה של ניקוי חד-שנתי גורם להשתלטות מיני צמחייה בעלי גדילה אנכית. המלצות לשיפור התעלות כללו כולל מיתון שיפועי הדופן, יצירת מפלונים ונטיעת עצים.

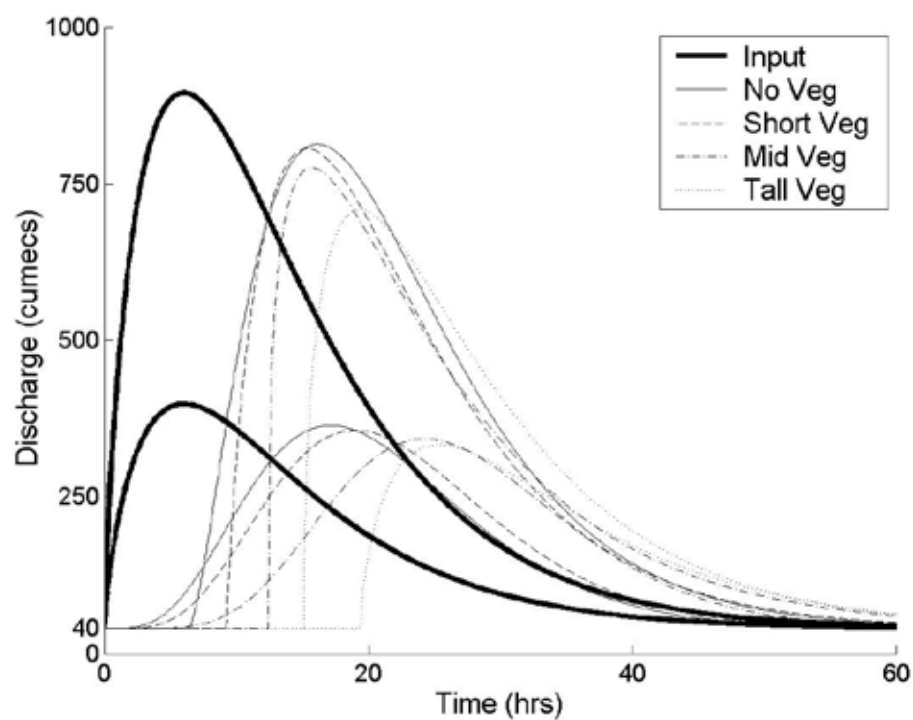
1.3.4 איכות מים

לאיכות מי הנחל השפעה מכרעת על המערכת האקולוגית בגוף המים ובסביבת הנחל וכפועל יוצא גם על שירותי הסביבה כגון הספקת מים לחקלאות, צמצום מטרדי יתושים וריחות, ותמיכה בפעילויות של פנאי ונופש. הנושא מקבל משנה תוקף כאשר מדובר בנחל שורק, אשר אליו מופנים קולחי מט"ש ירושלים ובית שמש באיכות שניונית.

הגדרות לאיכות מים בנחלים ותקינה לגבי איכות ההזרמות המופנות לנחלים, ישנן ברוב מדינות העולם המפותחות, כשהמובילה היא ארצות הברית. בישראל התקבלה לאחרונה חקיקה בנוגע לאיכות מים בנחלים במסגרת אימוץ "תקני ענבר" עבור שימוש במי קולחים לחקלאות ועבור הרחקת מים לנחלים. התקנים הנ"ל עדין לא מיושמים במלואם והם חסרים עדין שורה של פרמטרים אשר ידועים כיום כבעייתיים לסביבה.

רשות נחל הקישון פרסמה בשנת 2000 מסמך המסכם עבודתה של ועדה בינמשרדית שקבעה את "התקן הסביבתי לאיכות מי נחל קישון". התקן מרכז שורה של פרמטרים כימיים הקשורים באיכות מי הנחל, כשמטרתו "הבטחת קיומה של מערכת אקולוגית אקוויטית בת קיימא" (רשות נחל הקישון, 2000). נכון להיום מהווה מסמך זה את התקן הסביבתי היחיד בישראל בנוגע לאיכות מים כפי שצריכה להימדד בגוף מי הנחל עצמו.

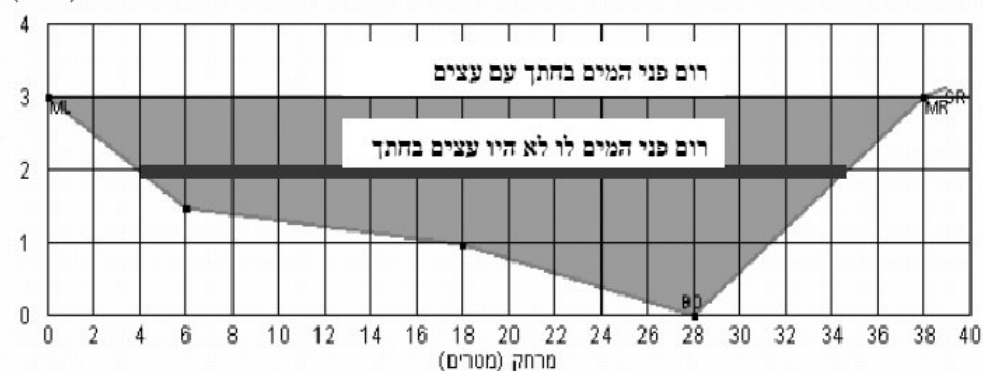
על פי פרסומי רשות הטבע והגנים (דוח ניטור מים ונחלים, סיכום פעילות לשנת 2008), איכות המים בתחנת הדיגום במעלה נחל שורק, סמוך למפגש עם נחל רפאים, מאופיינת בריכוז בעומס אורגני נמוך, בריכוזי חנקן כללי גבוהים והאמוניה הרעילה לפאונה המימית. באזור השפך נמצאה איכות המים ירודה שהינה הרסנית בהיבט האקולוגי כתוצאה מסילוק קולחי מט"ש יבנה (רט"ג, 2009).



תרשים 13: הידרוגרפים עבור שני אירועי תכן (אחת לשנתיים ואחת ל-100 שנים) במעלה ובמורד הערוץ, עבור מספר תרחישי הצמחייה באפיק (Anderson et al., 2005)

שטח חתך מ"ר	מהירות מחושבת מ"ש	מנינג	שיפוע המים	רדיוס הידראולי	ספיקה מקשיינ
61	2	0.065	0.018	1.04	127

גובה (מטרים)



תרשים 14: שטח החתך הזורם בקטע המדידה בנחל קיני בו נמצאים עצים בצפיפות רבה ופרמטרים הידראולים של הקטע המתואר (גטקר ומאיר, 2008).

1.4. פיתוח בעצימות נמוכה

פיתוח בעצימות נמוכה (Low-Impact Development - LID) הנה גישה חדשה יחסית לניהול נגר המתפתחת השנים האחרונות, בעיקר בצפון אמריקה. מטרתה לחקות עד כמה שניתן את המאזן ההידרולוגי הטבעי, באמצעות אמצעים כגון הגברת המילוי החוזר ויישום שיטות להפחתת הנגר העילי. טכנולוגיה ה-LID מתמקדת בחלוקה ובביזור של מספר רב של אמצעים בקנה מידה קטן, להבדיל מהמגמה הריכוזית המקובלת בשיטות המסורתיות. רווח פוטנציאלי מיישום גישה כזו הוא מיתון שטפונות, שיפור באיכות המים של מי הנגר העילי ותגבור ספיקות הבסיס בנחלים שהינן קריטיות לאיכות המים העיליים (Friedrich, 2004).

הסוכנות האמריקאית להגנת הסביבה (USEPA) מגדירה את גישת ה-LID כמדיניות תכנון שמטרתה היא שימור או חיקוי משטר ההידרולוגיה של האתר המתוכנן, בטרם פיתוחו, ובאמצעות שיטות תכנון שייצרו נופ שקול מבחינה הידרולוגית.

לסטר וחובריו (2009) הגדירו את השיטה כתפיסה לניהול וטיפול בנגר, בסמיכות למקור היווצרותו באמצעות מגוון פתרונות טכנולוגיים כגון ניתוק גגות ומשטחים מרוצפים מצנרת היתעול המסורתית והכוונת עודפי הנגר למספר רב של אתרי השהייה והחדרה מקומיים המסייעים גם לטיהור מזהמים באמצעות צמחיה וזרימה בתווך נקבובי.

תרשים 15 מופיע במדריך לפיתוח בעצימות נמוכה שפורסם בשנת 1999 ע"י המחלקה למשאבי טבע של מחוז פרינס ג'ורג', מרילנד, ארה"ב. האזור מתאר באופן סכמטי, שלושה הידרוגרפים במצבי פיתוח עירוני שונים. הידרוגרף מס' 1 מתאר הילוך גאות בסופה נתונה במצב שבטרם פיתוח. הידרוגרף מספר 2 מתאר הילוך גאות באותה סופת תכן, במצב שלאחר פיתוח וללא שימוש באמצעים לריסון ספיקות השיא. הגרף מאופיין בזמן ריכוז קצר יותר ומבטא עלייה בשטח הבלתי חדיר הכולל באגן הנתון. ניתן לראות כי משך הזמן עד לשיא הספיקה מתקצר ויש עלייה משמעותית בספיקת השיא ובנפח הנגר. הידרוגרף 3 מייצג את התגובה לאותה סופה נתונה, בתנאים שלאחר פיתוח, בהשפעת אמצעים קונבנציונליים למניעת הצפות כגון אגני וויסות (BMP-Best Management Practice). למרות ששיא הספיקה נשאר זהה למצב שבטרם פיתוח, ניתן לראות כי יש עלייה משמעותית בנפח הנגר ובזמן השהייה.

תרשים 16 מופיע באותו המדריך ומתאר את ההבדל בהילוך הגאות בין מצבים של פיתוח עירוני ושימוש באמצעים לריסון ספיקות שיא (הידרוגרף 3) לבין הילוך הגאות בהשפעת אמצעים של פיתוח בעצימות נמוכה (הידרוגרף 4).

על פי הגישה ההנדסית, הטיפול בנושא הנגר העילי התמקד בעיקר בהגנה מפני הצפות. הטכנולוגיה השכיחה ביותר לצורך זה היא של שילוב מאגרי השהייה אליהם מנותבים עודפי הנגר העילי במהירות האפשרית ומשוחררים בהמשך באופן מבוקר. בשיטה זו מפחיתים אמנם את עוצמת הזרימה במורד ע"י השהייה זמנית של נפחי הנגר העילי אולם סה"כ נפח הזרימה נותר ללא שינוי.

האצת הפיתוח באזורים האורבאניים, המתבטאת בגידול ניכר באחוז השטח המרוצף, מגבירה הן את שעור עוצמת הזרימה והן את שעור הנפח של הנגר העילי. מאחר והשימוש באגני השהייה מוגבל רק להפחתת עוצמות הזרימה, הוקמו בנוסף גם אגני החדרה להפחתת נפחי הזרימה באמצעות מילוי חוזר לאקוויפר. עד שנות השבעים, היתה שיטה זו השכיחה ביותר ברחבי ארה"ב (Potter, 2003) למרות החסרונות רבים של עלויות תחזוקה גבוהות, מגבלות חדירות קרקע ומפלסי מי תהום גבוהים (Potter, 2003).

להבדיל מהגישה המסורתית של אגני השהייה והחדרה, גישת הפיתוח בעצימות נמוכה מבוססת על תיגבור המילוי החוזר באופן מבוזר. שימוש במספר רב של אמצעי החדרה קטנים מקלים הן על מגבלות שטחים פנויים להחדרה והן על מגבלות חדירות הקרקע. כמו כן ניתן להתאים את אמצעי ההחדרה בהתאם לתנאי הסופה. לדוגמא, תאי אצירה ביולוגית (Bioretention) יכולים



לשמש למים יותר מזהמים לעומת שטחי החדרה של מים נקיים (Friedlich, 2004). שיטות נוספות כוללות שיקום ושמירה על מאפיינים רגילים מבחינה אקולוגית באתר, כגון אזורי חיץ ריפאריים, אגנים ירוקים, שיפועים, צומח, פשטי הצפה, אזורי יער וקרקעות חדירות.

כאמור, עקרונות ה-LID מבוססים על בקרה על מי הנגר במקורם באמצעות שימוש אמצעי בקרה קטנים המפוזרים באתר כולו. זאת בניגוד לגישה הקונבנציונאלית אשר לפיה מנהלים ומוליכים את הנגר באמצעות מתקנים גדולים הממוקמים בבסיסי אגני הניקוז. למרות שאמצעי בקרה מסורתיים הנם מהימנים בהפחתת מזהמים, ההידרולוגיה הטבעית עדיין מושפעת לרעה (מבחינת זרימת הבסיס, שטפי חום ושיטפונות) דבר העלול להזיק למערכת האקולוגית, גם כאשר איכות המים אינה בסכנה (Coffman, 2000).

פיתוח במתכונת LID באמצעותו מצטמצמים השינויים במשטר ההידרולוגי פועל בהגדרה גם בצמצום הנזקים של ארוזיה וסחף קרקעות וגם בשמירה על בתי גידול שבמורד האפיק. כמו כן יישום LID בקנה מידה נרחב משחזר מחדש את ספיקת הבסיס במשך חודשי הקיץ שהינה חיונית בעיקר מהבחינה האקולוגית. אפקט זה הוא פועל יוצא של הגברת המילוי החוזר בחודשי החורף הבא לידי ביטוי בתגבור שפיעת המעיינות בחודשי הקיץ. ככלל, באגנים עם פיתוח אורבני מואץ זרימות הבסיס בחודשי הקיץ עשויות אף להתאפס בהעדר נקיטת אמצעים לשמירתן.

1.4.1 דוגמאות יישום

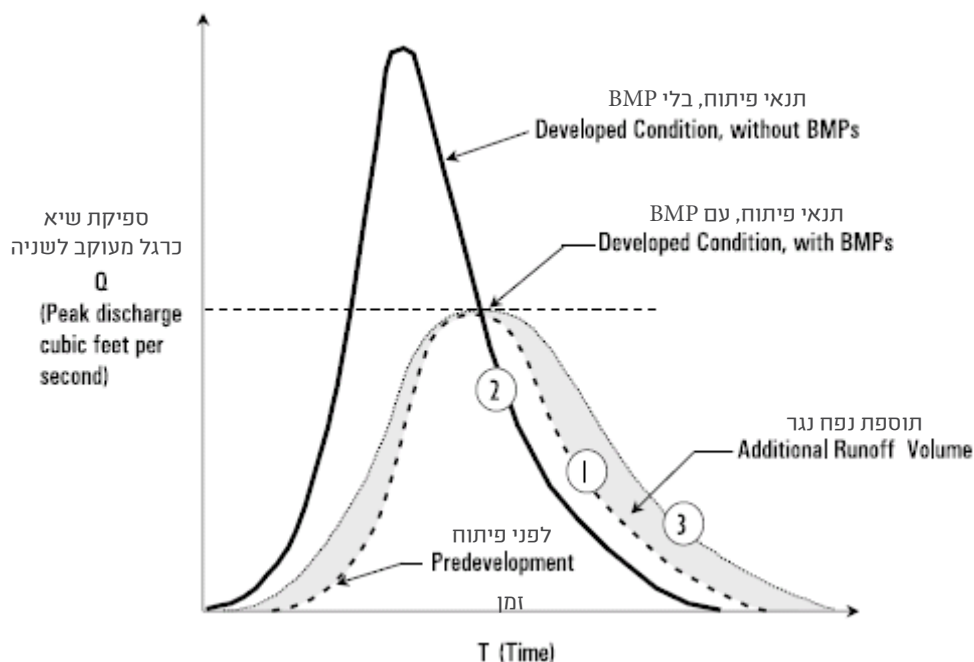
מובילה בעולם בתכנון ויישום מערכות ניהול נגר בגישת ה-LID היא ארצות הברית עם מחוז פרינס ג'ורג' במרילנד בו החל הפיתוח בעצימות נמוכה לתפוס מקום כבר בשנות השמונים של המאה שעברה. מדרך משולב ליישום ניהול באמצעות פיתוח בעצימות נמוכה, פורסם על ידי המחלקה המחוזית למשאבי טבע בשנת 1999 (LID Integrated Management Practice Guide). המדריך מפרט מגוון רב של אמצעי תשתית המיושמים בגישת ה-LID, כגון החדרת מי מרזבים לתת הקרקע, ריצוף מדרכות בשיטות המעודדות חלחול, איגום והחדרה בשטחי פארקים, גגות ירוקים ועוד. המדריך מפרט גם את הדרכים לניתוח הידרולוגי מקומי והתאמת טכנולוגיות ליישום.

תרשים 17 מציג אמצעים להחדרת מי נגר מקומיים לתת הקרקע, הראשון של החדרת מי מרזבים והשני של החדרת נגר במערך הניקוז המקומי. שתי המערכות כוללות שימוש במצעי קרקע או חצץ המאפשרים חלחול וכן אפשרות גלישה למערך הניקוז האזורי. אמצעים נוספים המתוארים במדריך משלבים אלמנטים נופיים, כגון שילוב של ביופילטרציה והחדרת נגר מחניונים או איגום נגר עילי באגן חלחול מקומי בחצר הבית (תרשימים 18-19).

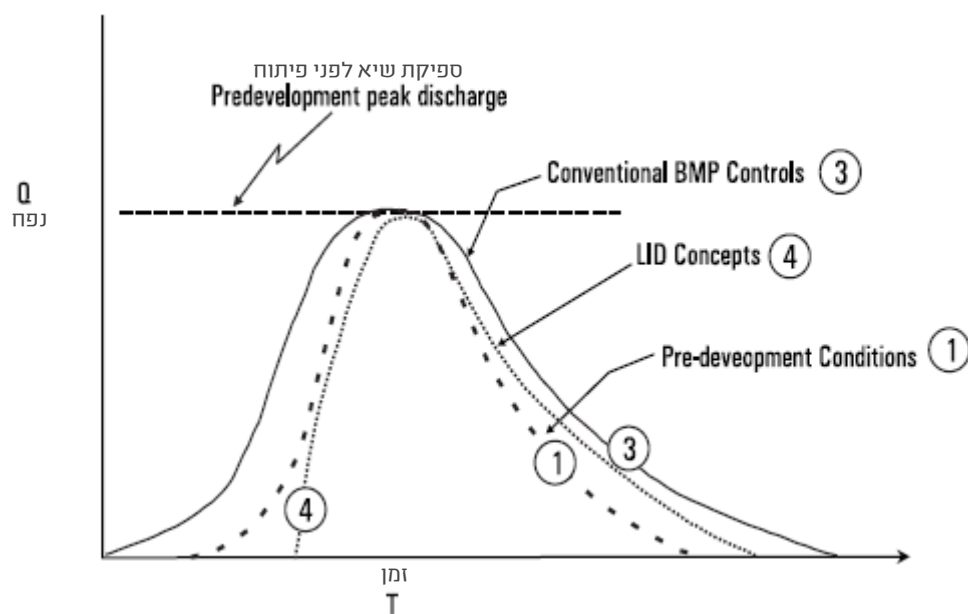
בישראל ישנן דוגמאות בודדות בלבד של יישום גישת הפיתוח בעצימות נמוכה. תמ"א 34 ב - איגום מים עיליים, החדרה והגנה על מי תהום (מאי 2007) הגדירה בהוראותיה הנחיות כלליות לתכנון עירוני באמצעים משמרי נגר. כמו כן, פורסמו הנחיות בנושא על ידי משרד הבינוי והשיכון. עם זאת, הוראות התמ"א וההנחיות הנ"ל הן כלליות ואינן מלוות בתקנות מפורטות ליישום על ידי היזמים והרשויות, או בהנחיות לביצוע סקרים ובדיקות מקיפות בטרם תכנון וביצוע, דבר המותיר אותן כהמלצה. בשנים האחרונות, החלו רשויות מקומיות להטיל על יזמי הבניה הוראות יותר פרטניות בכל הנוגע לשימור נגר עילי, לרוב לצורך צמצום הגברת העומס על מערך הניקוז העירוני הקיים.

בעבודה שנערכה עבור רשות המים הממשלתית (לסטר וחוברין, 2009), בנושא בחינה והתאמה של הפיתוח בעצימות נמוכה בתנאי הארץ, הוצגו מספר דוגמאות למערכות תשתית מתוכננות ברובן, להשהיה וצמצום נגר עילי באזורים אורבניים בישראל. לדוגמא, שינוי טופוגרפיה של גן ציבורי ברעננה (גן גורדון) לצורך קליטה והחדרה של נגר עילי שמקורו בבתים הגובלים בגן, כמו גם שימוש בריצוף מחלחל בחניונים ברחבי העיר.

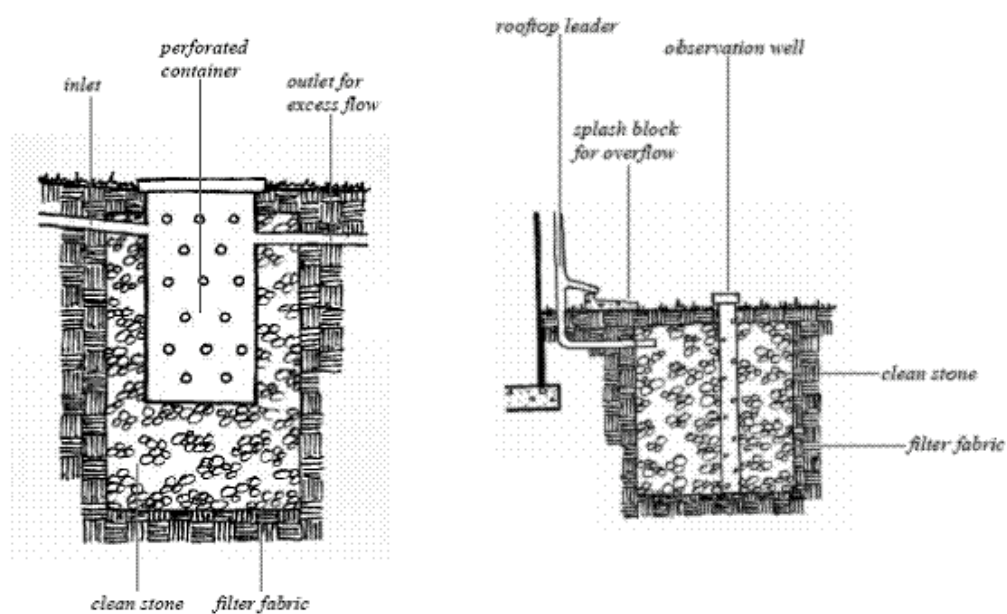
מיזם פיילוט המתבצע בכפר סבא כחלק מתכנון "שכונה ירוקה" הנו שימוש בביופילטר הכולל איגום של מי הנגר מהשכונה בלב השטח הציבורי הפתוח תוך מתן תרומה נופית, לרבות טיהור וניטור מי הנגר והחדרתם אל האקוויפר באמצעות קידוחי החדרה (תרשים 20). הפרויקט, פרי יוזמתו של ד"ר זינגר מאוניברסיטת מונאש, אוסטרליה, נתמך על ידי קק"ל וקיימת נכונות להקמת מתקנים דומים במספר ערים נוספות (לסטר וחוב, 2009).



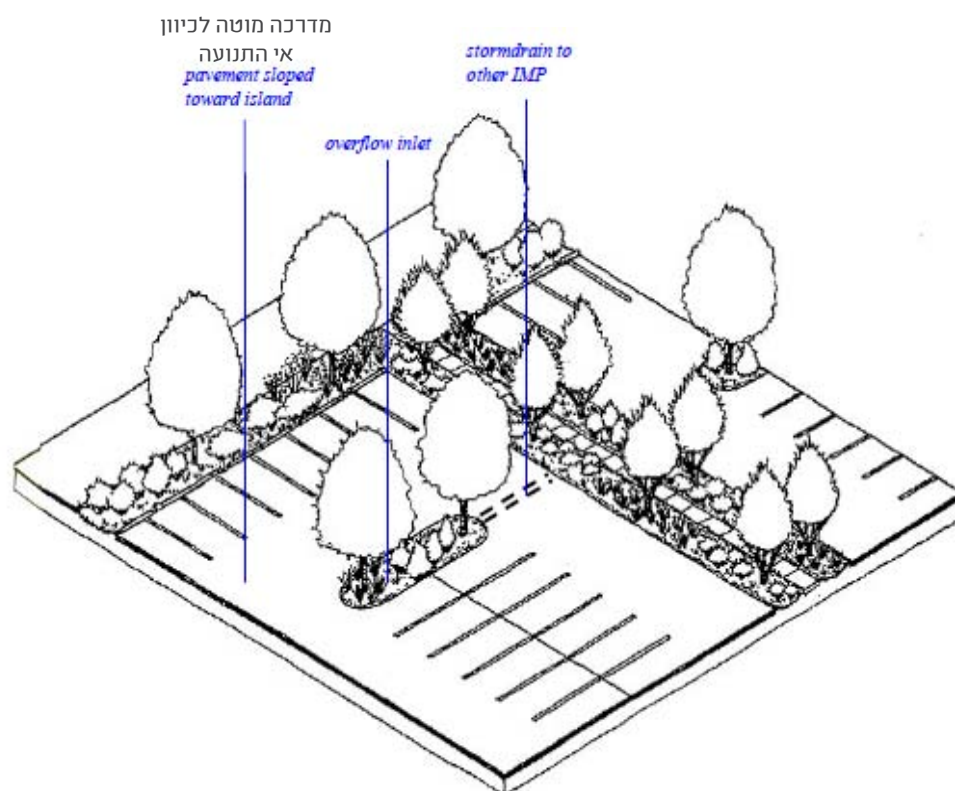
תרשים 15: תיאור סכמטי של הילוך גאות בתנאים של טרום פיתוח ולאחריו בהשפעת אמצעים לריסון ספיקות השיא בלבד (BMP-Best Management Practice). מתוך: Prince George County LID Design Strategies, 1999.



תרשים 16: השוואה סכמטית בין גאוויות מאגן טבעי, מאגן מפותח בעל אמצעים לריסון ספיקות שיא בלבד (BMP-Best Management Practice) ומאגן מפותח בעצמות נמוכה LID. מתוך: Prince George County LID Design Strategies, 1999.

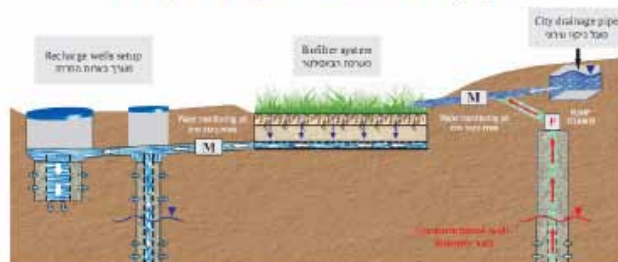


תרשים 17: החדרת מי מרובים לתת הקרקע (מימין) ומתקן החדרה בצורת התיעול המקומית (משמאל).

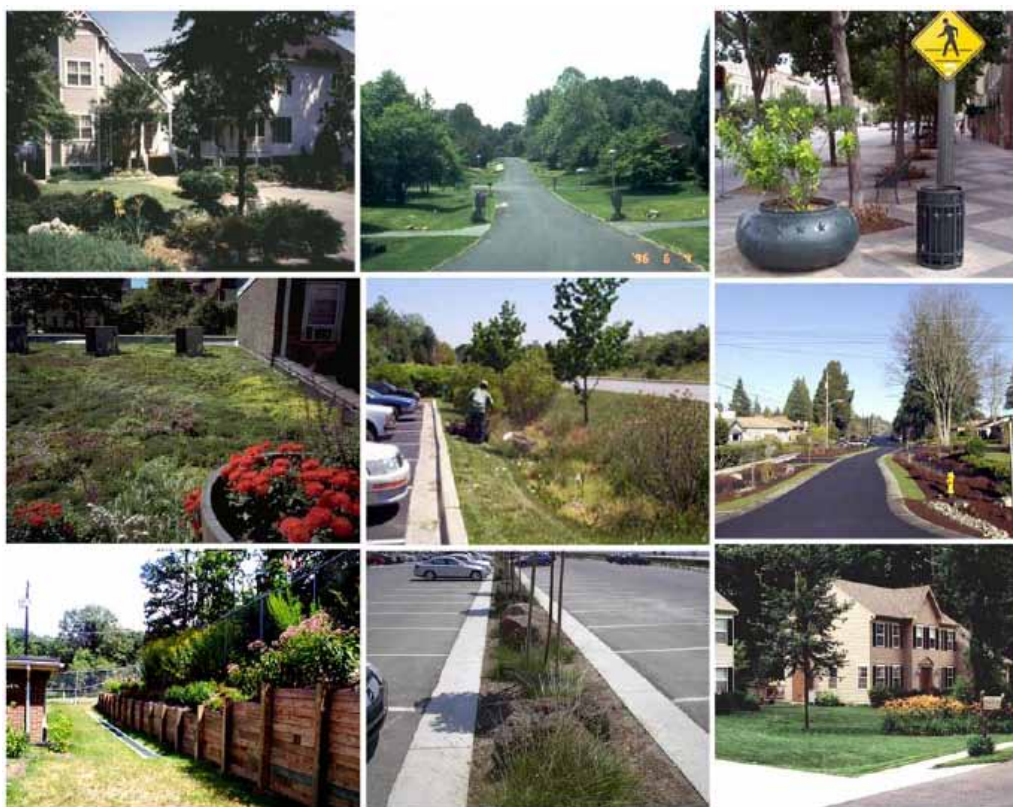


תרשים 18: סכמת ביופילטריציה והחדרת נגר בחניונים.

עיקרון פעולה Principle of operation



תרישים 19: דוגמאות של יישום אמצעים עפ"י גישת ה-LID.



תרישים 20: תיאור מערכת ביופילטר בשכונה הירוקה בכפר סבא (מתוך: בחינה והתאמה של פיתוח בעצמות נמוכה בתנאי הארץ, לסטר וחובי, 2009)



1.5. תוכניות מתאר ארציות

ההתייחסות לנחלי ישראל והטיפול בהם עוגנו בעבר במספר חוקים/תקנות תוך התעלמות מתפקודו של הנחל כמערכת אקולוגית וכמשאב טבע. כך למשל חוק הניקוז וההגנה מפני שיטפונות (1957) המגדיר את הנחל כעורק ניקוז ראשי המיועד למנוע הצפות בגין הצטברות עודפי נגר עילי. חוק רשויות נחלים ומעיינות שנחקק מאוחר יותר, מגדיר בתוכו גם את נושאי שמירת הטבע, אולם הוא חל רק על נחלים בהם הוקמו רשויות נחל.

בתוכניות מתאר ארציות אשר אושרו בשנים האחרונות, תמ"א 35 לבנייה לפיתוח ולשימור ותמ"א 34/ב/3 משולבת למשק המים ניקוז ונחלים מודגש הצורך התכנוני של הנחל וסביבתו מבחינת תפקודו הסביבתי והנופי, תוך הכרה בהיותו של הנחל מערכת המספקת שירותי סביבה לציבור. להלן תאור תמציתי של כל אחת מתוכניות הנ"ל.

תמ"א 35 - תוכנית מתאר ארצית משולבת לבנייה לפיתוח ולשימור

תמ"א 35 אושרה בינואר 2006 והיא מגדירה את "רצועת הנחל" ברוחב של 100 מטר מקצה הגדה בכל צד ומתנה תנאי להפקדת תוכנית אשר כולה או חלקה מצוי באזור המסומן כרצועת נחל. על פי תנאי זה יש לכלול במטרות התוכנית המופקדת את שיקום ושימור הנחל ובתי הגידול שלאורכו וכן למלא הוראות בדבר שמירה זכויות המעבר של הציבור לאורך ערוץ הנחל.

יחד עם זאת, תמ"א 35 מאפשרת בידי מוסד התכנון להפקיד תוכנית במקרה בו הנחל מצוי במובל סגור או תעלה בנויה, דבר המחליש את מעמדו של הנחל. כיוון שכך, ישנה חשיבות מכרעת במניעת הפיכתם של הנחלים או מקטעיהם למובלי בטון ובכך לאבד את יכולת ההגנה עליהם וכן לאבד בפועל את תפקודם כמערכת אקולוגית המספקת שירותי סביבה.

תמ"א 34 ב'3 - תוכנית מתאר ארצית משולבת למשק המים - ניקוז ונחלים

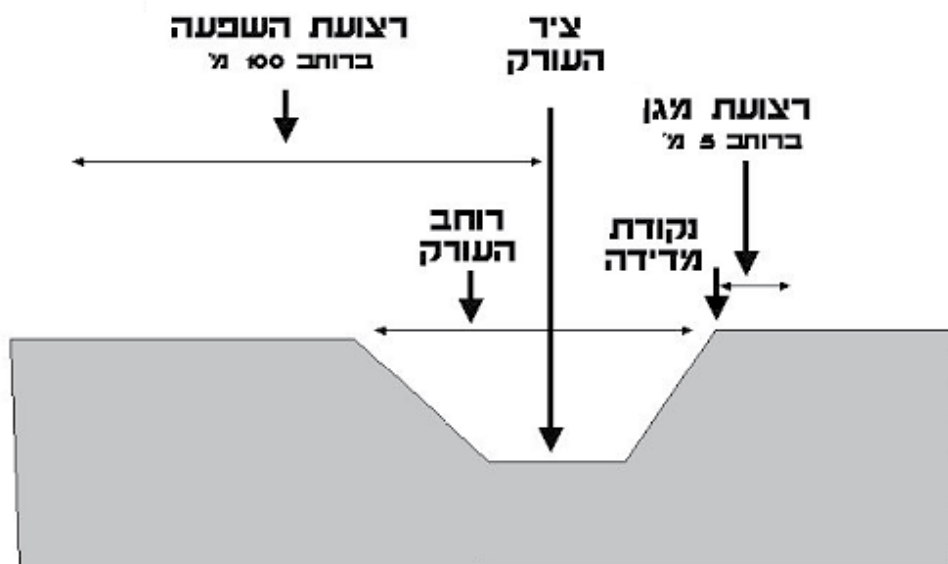
תמ"א 34 ב'3 אושרה באוגוסט 2006 במגמה להבטיח את קיומם ותפקודם של הנחלים וסביבתם הן לצורך שיקום, שימור ופיתוח ערכי נוף, אקולוגיה ותרבות והן כמוקדים לפעילות פנאי ונופש, בד בבד עם הבטחת תפקודם כעורקי ניקוז ופשטי הצפה להולכת מים ולצמצום נזקי סחף והצפות הנגרמות מנגר עילי.

בכל הקשור לתכנון מרחב הנחל ותוכניות ניהול נגר וניקוז, תמ"א 34 ב'3 מגדירה תנאים רבים הקשורים בשמירה על רצועות הנחל ופשטי ההצפה כמערכות אקולוגיות ומתנות אישור תוכניות בשמירה מרבית על פיתולי הנחל, התייחסות להיבטים סביבתיים של נוף ואקולוגיה, שמירה מפני זיהום מים, מתן עדיפות למעבר חופשי ורציף להולכי רגל ורוכבי אופניים. בנוסף מגדירה התוכנית את הצורך בהתאמת התוכנית המוגשת לתסקיר השפעה על הסביבה, נספח נופי וכו'. אין התייחסות ספציפית לשימושי קרקע בתחום הרצועות הנ"ל להוציא ש"תותר הקמת מתקנים ומבנים בתחום רצועות המגן וההשפעה של עורק ובפשטי ההצפה אם לדעת מוסד תכנון אין חשש שיגרמו לזיהום המים".

בהוראות התוכנית הוגדרו שתי רצועות נחל כמתואר בתרשים 21. הראשונה של רצועת מגן בהתאם לחוק הניקוז וההגנה בפני שיטפונות 1957 ברוחב 5 מטר. השנייה של רצועות השפעה משני צידי ציר הנחל ברוחב 100 מטר לאפיק ראשי ו-50 מטר לאפיק מישני (כל עוד לא נקבעו גבולות בתוכנית). אין התייחסות ספציפית לשימושי קרקע בתחום הרצועות הנ"ל להוציא ש"תותר הקמת מתקנים ומבנים בתחום רצועות המגן וההשפעה של עורק ובפשטי ההצפה אם לדעת מוסד תכנון אין חשש שיגרמו לזיהום המים".

ביחס לתוכניות אחרות, תמ"א 34 לא חלה על תוכניות קיימות ובמקרה של סתירה עם חוק הניקוז וההגנה מפני שיטפונות, תשי"ח-1957, יגברו הוראות תוכנית לפי חוק הניקוז. נושא זה נתון

כיום במחלוקת ומהווה גורם בעייתי בהחלת התמ"א על תוכניות במרחב הנחל. לפיכך, למרות החדשנות בגישת התכנונית המוצגת ע"י בתמ"א 34 ב'3 וחובת ההתייחסות למרחב הנחל הכולל אין בתוכנית מתן פתרון מלא לשמירה על הסביבה הנחלית ועל תפקודיה כמערכת אקולוגית המספקת שירותי סביבה.



תרשים 21: סכמת רצועות מגן והשפעה על פי תמ"א 34ב3

2. תשתית הנדסית

2.1. תמונת מצב נוכחית

תמונת מצב סביבתית של הנחלים בארץ מוצגת כאן עבור נחלים אלוביאליים בלבד. נחלים אלוביאליים הם נחלים בהם הקרקעית והגדות עשויים ממשקעי סחף הניתנים להסעה ממקום למקום ומתקיימת לאורכם התאמה בין גיאומטרית האפיק למשטר הזרימה. לפיכך, הנחלים הנ"ל הם היותר פגיעים לשינויים באגני ההיקוות שלהם, כפי שניתן להיווכח במרכז ובצפון הארץ.

היקף השינויים הסביבתיים בנחלי האלוביאליים מתאים בקירוב להיקף ההתיישבות הציונית שתחילתה באזורי השפלה למרגלות רכסי ההרים. אזורים אלה היו בחלקם ביצתיים ו"מוכי קדחת" ונדרש היה לנקום קודם לפיתוח ההתיישבות החקלאית. על רקע זה התגבש כנראה המונח "הסדרת נחלים" שלא נמצאה לו מקבילה בשפה אחרת, יתכן מפאת היומרה ל"השיב את הנחלים לסדר" שהרי נחל ידע להגיע בהדרגה לאיזון גיאומורפולוגי מדויק במשך עשרות אלפי השנים האחרונות, גם ללא עזרת מתכננים חיצוניים.

המונח "הסדרת נחלים" נמצא מתאים במיוחד לסקטור החקלאי שמצד אחד היה אחראי על תשתית הניקוז בארץ, באמצעות משרד החקלאות, ומצד שני רצה להביא למכסימום את היקף השטחים המעובדים. שילוב האינטרסים הבעייתי הזה התבטא בשנת 1957 בחוק הניקוז וההגנה מפני שיטפונות, תשי"ח, על פיו פועלות רשויות הניקוז כיום, המותיר לפתח את השטח שמשני צידי הנחל עד 5 מטר בלבד מגדת האפיק. (ראה תמונת שער).

בחסות החוק ובעידוד הסקטור החקלאי יצא מכלל שימוש אחד המרכיבים החיוניים ביותר לתפקוד תקין של הנחל שהינו כאמור פרוזדור הנחל. הפרוזדור כולל את חיץ הביניים (Riparian Zone) ואת פשט ההצפה. בנחלי השפלה רוחבו עשוי להשתנות בתחום שבין 100 עד 200 מטר. כפי שניתן לצפות, שטחים מעובדים במרחק של עד 5 מטרים מגדת הנחל, מוצפים באופן תדיר ומסיבים נזק ניכר לסקטור החקלאי. על מנת לצמצם נזק זה קבע משרד החקלאות שאין להתיר הצפה של שטח חקלאי אלא אחת ל-10 או 20 שנה. כלומר, יש להסדיר את יתרת הנחל, לאחר ניכוי הפרוזדור לטובת תוספת שטחים מעובדים, למעבר ספיקת שיא של אחת ל-10 או 20 שנה. דוגמא של נחל מוסדר כזה מוצגת בדף השער של דוח זה.

והיה אם פרוזדור הנחל הוסב לשטח אורבני, אירועי ההצפה שבתחומו כרוכים בסיכון חיי אדם ולפיכך הדרישה הנורמטיבית להסדרת נחל היא לאירוע נדיר של 1 ל-100 שנה, כמפורט בתמ"א 334. כלומר, יש חובה להסדיר את הנחל למעבר אירוע זרימה נדיר במיוחד באופן שלא יוצפו גדות הנחל. מובן שמילוי דרישה זו מחייב שינוי משמעותי של גיאומטרית ערוץ הנחל, מעבר לכל שיקול גיאומורפולוגי או אקולוגי.

שינוי היסטורי נוסף שפגע בתפקודו התקין של הנחל הוא השינוי במשטר הזרימה בעקבות הפיתוח האורבני המואץ, בעיקר בשפלה ובמישור החוף היכן שמרוכזים המרבית הנחלים האלוביאליים. פגיעה זו מתבטאת בגידול של עשרות אחוזים בנפח ובעוצמת הזרימה במוצאי האגנים העירוניים. הגידול בעוצמת הזרימה משיג בדרך כלל את הגידול בנפח הזרימה (לא כולל אירועים קיצוניים) בזכות הנחת תשתיות ניקוז מלאכותיות המיועדות לסלק במהירות האפשרית את עודפי הנגר העילי. דוגמה בולטת שינוי כזה היא "כליאת" נחל רעננה במובל תת קרקעי גדול ומנקז בזמן קצר את השטחים הבנויים בעיר רעננה. קיצור זמן הניקוז ותוספת נפח הזרימה בגין אחוזי הריצוף האורבניים שינו באופן משמעותי את משטר הזרימה בנחל פולג אליו נשפך נחל רעננה.

הכשרת הנחלים לעמידה ביעדי חוק הניקוז ובתקנות למיניהן, כמו גם ניסיונות להתמודד עם השינויים הניכרים בתשתית הנחל (פרוזדור) ובמשטר הזרימה (פיתוח אורבני), נעשו בארץ באמצעות גישה תכנונית שעיקרה מתחום הנדסת התעלות. על פי גישה זו קובעים את תנוחת האפיק, שיפוע הקרקעית וחתך זרימה (בד"כ טרפזי) על מנת להעביר ביעילות המרבית את ספיקת התכן הנחוצה. ספיקה זו היא ספיקת שיא שרירותית, ללא התייחסות לשיקולים אקולוגיים או הידרולוגיים, אשר בעטיה לא מתחוללים הצפות באפיק הנדון.

הגישה ההנדסית שלעיל מתעלמת מצרכים אקולוגיים ואחרים והיא עלולה להסב נזקים כבדים לאורך זמן. דוגמא מובהקת למפעל ניקוז אשר השלכותיו השליליות התבררו עם הזמן הנו ייבוש אגם החולה. מטרתיו המקוריות של המפעל היו הדברת יתושי האנופלס והכשרת קרקע לצרכי חקלאות והוא הווה סמל וערך ציוני ולאומי בשנותיה הראשונות של מדינת ישראל (לבנה, 1994). השלכות אקולוגיות שלא חזו הן של הירידה במגוון הביולוגי והכחדות מיני בע"ח וצמחייה. כמו כן התבררו עם הזמן בעיות נוספות ביניהן הזרמת חנקות וחומר אורגני לכינרת, שקיעת פני הקרקע, קשיי ניצול והפקת מים של ביישובים סמוכים ובעירה של כבול יבש.

שיטפונות החורף האחרון הסבו נזקים שמקורם בארוזיה ושקיעת סחף במרכז הארץ. באגן נחל פולג, הסופה שהתרחשה באוקטובר 2009 חוללה נזקים, על פי נתוני רשות ניקוז שרון, בהיקף של כ- 30 מל"ח. סופה זו, מוערכת כסופה המתרחשת אחת לעשר שנים ובכל זאת הנזקים שתועדו ע"י רשות הניקוז כללו הרס דפנות הנחלים, גלישות קרקע והצפות של מתקנים ושטחי חקלאות, הרס מתקנים הידראולים ותשתיות, כמו גם סתימת ערוצי תעלות ונחלים בסחף.

2.2. חוק הניקוז וההגנה מפני שיטפונות

חוק הניקוז וההגנה מפני שיטפונות, תשי"ח 1957, הנו החוק על פיו פועלות רשויות הניקוז בישראל. החוק מאפשר לרשויות הניקוז לבצע פעולות פיזיות באפיקי הנחלים על פי הגדרתם בחוק כ"עורק" בכל הקשור לצרכים המוגדרים ע"י המונח "ניקוז":

"פעולה שמטרתה לרכז, לאגור, להוביל או להרחיק מים עיליים או אחרים המזיקים או עלולים להזיק לחקלאות, לבריאות הציבור, לפיתוח הארץ או לקיום שירותים סדירים במדינה, לרבות ייבוש ביצות והגנה מפני שיטפונות ומניעתם, אך למעט טיפול במי ביוב".

חוק זה חוקק בשנת 1957 והוא מבטא את הגישה המסורתית לפיה הנחלים הנם בראש ובראשונה מובלי ניקוז, למעט היותם מקור מים לצריכה לשימושים שונים, בלשון החוק. המחוקק התעלם מתפקודיו ומעלותיו האחרים של הנחל אם בגלל צו השעה למדינה צעירה המתפתחת בקצב מהיר וכלכלה המתבססת על ענפי החקלאות כמשאב עיקרי ואם בגלל חוסר מודעות בארץ ובעולם על תרומתו האקולוגית של הנחל בהספקת שירותי סביבה.

החוק הניקוז מסמך את שר החקלאות להכריז על רשויות הניקוז ומגדיר את תפקידן:

"לדאוג לניקוזו הסדיר של התחום שנקבע לה בצו המקים ולשם כך להקים, לשנות ולהחזיק ולפתח מפעלי ניקוז באותו תחום. במילוי תפקידיה אלה, תפעל רשות הניקוז גם למניעת מפגעי בריאות".

החוק מסמך גם את רשויות הניקוז לתכנן ולפתח מפעלי ניקוז באישור שר החקלאות. במסגרת הקמת המפעלים הנ"ל הוענקה לרשויות הניקוז הסמכות של תפיסת מקרקעין באופן זמני או לצמיתות כולל מנגנון פיזי, יכולת הטלת חיוב בהוצאות הניקוז. אישור התוכנית, טעון תאום התוכנית מול תוכניות בניין ערים והצגתה בפני הועדה המחוזית לתכנון ובנייה.



חוק הניקוז מציב הגבלות ואיסורים בדבר ביצוע פעולות פיזיות ושימושים באפיקי הנחלים ורצועות המגן, אלא שרוחבן של רצועות אלו מצומצם ביותר. על פי לשון החוק, "דוחבן של שתי הרצועות יחד לא יעלה על מחצית רוחבו של העורק כשהוא נמדד בין דפנות אפיקו". והיה ורוחב רצועה אחת על פי חישוב זה יורד מחמישה מטרים, החוק מתיר לקבוע את רוחב הרצועה ל-5 מטרים אך לא יותר. בכך מותיר המחוקק רצועה קרקע מזערית משני עברי האפיק המגבילה מאד את יכולתו של הנחל לתפקד בפן האקולוגי והניקוזי. זאת תוך מתן עדיפות מכרעת לשימושי הקרקע החקלאיים על חשבון פשטי ההצפה והשטחים הפתוחים.

אל ערוצי הנחלים בארץ הוזרמו במשך עשרות שנים שפכים הסניטריים ורק לאחרונה הוחל טיפול יסודי בהסדרת השימוש החוזר במי קולחים. הנחלים היו לפיכך, ובחלקם עדין נשאר, מקור של מפגעי תברואה רבים ובכלל זה גם מטרדי יתושים בכל סביבת הנחל. למרות שמחובת רשויות הניקוז "...לפעול למניעת מפגעי בריאות", החוק לא הסמיך את הרשויות לטפל באיכות המים שבאפיקי הנחלים, אפילו לצורך מניעה של מפגעים פוטנציאליים. ההתמודדות לפיכך הצטמצמה להדברת יתושים באפיק הנחל וסביבתו באמצעים מזיקים ולעיתים אף בעלי השפעה טוקסית ארוכת שנים על החי והצומח באפיק הנחל ובגדותיו.

שיטות הדברת היתושים נמצאו כבעלות השפעה שלילית על תהליכי הסעת סחף, תהליכי ארוזיה וקריסה של גדות ומתקנים הידראולים. שיטות אלו התבססו בראש ובראשונה על מניעת צימוח של צמחיית המים והגדות, בין היתר על מנת:

1. לאפשר את הדברת גוף המים בנסיעה לאורך דרך השירות הצמודה לנחל.
 2. למנוע את יכולת ההגחה של זחלי היתושים דרך הצמחייה הטבולה המזדקרת.
 3. למנוע התיישבות אוכלוסיית היתושים בסבך צמחיית הגדות.
- לצורך כך נעשה שימוש מאסיבי בתכשירים קוטלי עשבים ועיקור קרקע המביא להתפתחות מיני צמחיה נחותים שאינם משתייכים למערכת האקולוגית הטבעית של סביבת הנחל (אוזן 2009, מידע בע"פ) וכן בתכשירי הדברת מזיקים הפועלים באופן בלתי סלקטיבי ובעצם משמידים את שוכני המים, ביניהם גם האויבים הטבעיים של זחלי היתושים.

תרשים 22 מציג השוואה בין גדה מרוססת לגדה טבעית בנחל שורק, מול המושב קידרון. כפי שניתן להיווכח הגדה המרוססת היא "מתה" מבחינה אקולוגית ובעלת נטייה להתפתחות נזקי מחתור.



תרשים 22: השוואה בין גדה שרוססה בקוטלי עשבים (מימין) לגדה לא מרוססת (משמאל).

2.3. גישת התכנון המסורתית

הגישה התכנונית שהייתה נהוגה בארץ החל מראשית ההתיישבות היא כאמור של "הסדרת נחלים", לפיה יש לתכנן את האפיק להולכת ספיקת התכן ביעילות המרבית בדגש על מפלס המים ומהירות הזרימה. התכנון ההידראולי מתבסס על פתרון משוואות הרציפות והאנרגיה (או המומנטום) בשילוב עם משוואת החיכוך כדוגמת משוואת מאנינג. אל מנת למנוע תחילת ארוזיה בקרקעית ובדפנות האפיק הפתרון נדרש גם לעמוד בערכים מותרים של סף עליון עבור מהירות הזרימה או כוחות הגירה כפונקציה חומר התווך של האפיק.

מונח מקצועי יותר לגישת תכנון מעין זו הוא של אפיק בעל סף עליון (Threshold channels) או אפיק בעל תנאי גבול קבועים (Fixed boundaries channels) היכן שכוחות הסחיפה של ספיקת התכן נמוכים יותר מהסף הנדרש לתווה כלשהי בגדות או בקרקעית האפיק. הגישה הנ"ל פותחה במקור לצרכי תכנון תעלות עפר לניקוז והשקיה בעלות חתך רוחב הנדסי, על פי רוב טרפזי, במידה רבה בהתאם למגבלות הביצוע של הציוד המכני הכבד.

הגישה ההנדסית הנ"ל היא בין השאר תוצאה של אילוצים אותם מציב חוק הניקוז ובכלל זה הצרת רצועת הנחל לטובת שימושי הקרקע הסמוכים. על מנת להעביר ספיקת תכן גבוהה ללא אירועי הצפה במגבלות החוקים והתקנות הקיימים לא נותר אלא ליישם את הפתרון ההנדסי היעיל ביותר תוך התעלמות מהיותו של האפיק "נחל חי" ומשאב טבע. התעלמות כזו מסתכמת בעבודות תחזוקה חוזרות ונשנות ובנזקים לטווח הארוך שתיקונם מחייב השקעות יקרות וממושכות.

הכשרת האפיק לייעודו, בתחום הצר שהותיר המחקק, נעשה במגוון אמצעים הנדסיים המיועדים להגדיל את חתך הזרימה מצד אחד ולהקטין את חספוס הקרקעית מצד שני. אמצעים הנדסיים כאלה כוללים עבודות עפר לצרכי חפירה והרמת סוללות, דיפונים רכים וקשיחים של גדות הנחל ותעלות/מעברי ביטון. להלן פירוט של אמצעים הנדסיים נפוצים בתחום רצועת הנחל הצרה:

- הסדרת אפיק הנחל לפי חתך הנדסי
- בניית תעלות בטון בחתך מלבני או טרפזי
- יישור פיתולי הנחל
- שילוב מפלים ומפתנים להקטנת השיפוע האורכי ולמניעת סחף



- הקמת ביצורים למניעת התחתרות בגדות וייצובן
- כיסוח והסרת צמחייה להקטנת מקדם החספוס

התאמתה של גישת התכנון המסורתית למטרת שיקום נחלים היא מאד בעייתית ולעיתים אף שלילית. אין בגישה זו התייחסות הולמת לתהליכי ארוזיה, ההסעה והשיקוע של הסחף. הגיאומטריה ההנדסית של חתך האפיק נמצאת במקרים רבים בסתירה לגיאומטריה הטבעית הנחוצה לקיום מאזן גיאומורפולוגי בין משטר הזרימה לתווח האלוביאלי. כתוצאה השיטה עשויה לייצר אפקט מתגלגל של "כדור שלג" כמתואר להלן:

1. מסדירים את אפיק הנחל כדי למנוע הצפת שטחים חקלאים או אורבניים בתחום פרוזדור הנחל הטבעי.
2. הסדרת האפיק מתבצעת באמצעות הסבת חתך הזרימה הטבעי לחתך הנדסי בעל ממדים גדולים יותר נקי מצמחיית גדות.
3. החתך ההנדסי מגדיל את כושר ההולכה של האפיק המוסדר ולפיכך גם את אנרגיית הזרימה.
4. התוספת באנרגיית הזרימה מגבירה את נזקי הארוזיה בקטע המוסדר ואת השקעת הסחף במורדו.
5. העצמת נזקי הארוזיה מחייבת הסדרה מחודשת... וחוזר חלילה.

נוקים ישירים כתוצאה מתכנון נחלים ללא התחשבות בצרכי שיווי המשקל הגיאומורפולוגי הם של העמקה והרחבה לא מבוקרים ושל התמוטטות דפנות הערוץ והיווצרות אזורי שיקוע לא רצויים לאורך תוואי הזרימה. באזורי השיקוע הלא רצויים הנ"ל יורד כושר ההולכה של האפיק ועולה פוטנציאל ההצפה הלא מבוקרת. סיום צפוי ולא כל כך אקולוגי לאפקט המתגלגל הנ"ל הוא של ריבוי אלמנטים קשיחים (ביטון, גביונים, בולדרים) לאורך תוואי הזרימה של מרבית הנחלים האלוביאליים שבשפלה ובמישור החוף.

ביצוע עבודות ההסדרה המסורתיות כרוך כמובן בהקצאת כוח אדם לתכנון וביצוע ובהקצאת משאבים ניכרת להקמת המבנים ההנדסיים ולתחזוקתם. מאידך, יישום הפתרונות ההנדסיים הנ"ל מפר באופן בוטה את שווי המשקל ההידרולוגי, הסדימנטולוגי והאקולוגי ברצועת הנחל ולפיכך בסבירות גבוהה היקף הנזק המצטבר לאורך שנים יגבר על התועלת ההנדסית המיידית.

במסגרת העבודה הנוכחית בוצעה בחינה מפורטת אודות היעילות הכלכלית של הסדרת קטעים שונים לאורך נחל שורק (אפרתי 2010). לצורך זה הוגדרה היעילות כיחס שבין התועלת השנתית בצמצום נזקי הצפה לבין החזר ההון השנתי של עבודות ההסדרה הנדרשים לצורך זה. התועלת שנמצאה היתה "גבולית" במקרה הטוב, גם על פי חישוביהם של המתכננים בפועל. כלומר, העלות הנספית של הסדרת הנחל על פי הגישה המסורתית משתווה בקירוב לעלות פיצויי ההצפה שהיו מקבלים החקלאים ללא ביצוע עבודות הסדרה כלשהן.

2.4. כשלים במורד נחל שורק

אגן ההיקוות של נחל שורק משתרע על שטח של כ- 728 קמ"ר, מזה נז בתחום רשות הניקוז שורק-לכיש ו- 15 קמ"ר בתחום הרשות הפלסטינאית. הוא זורם לאורך כ- 70 ק"מ החל מהרי ירושלים דרומית לרמאללה, דרך איזור בית שמש והשפלה ונשפך לים התיכון דרומית לראשון לציון. הזרימה הטבעית בנחל היא של גאוויות בלבד להוציא קטע נביעות בסמוך למושב יסודות. באפיק זורמים קולחי מט"ש ירושלים עד הטייתם בקרבת קיבוץ צרעה בהיקף של כ- 25 מלמ"ק לשנה.

חלוקה גיאומורפולוגית ראשונית היא לארבעה קטעים: הראשון הררי מקו פרשת המים בהרי ירושלים ועד העיר בית שמש. השני לאורך עמק צרעה ועד המושב יסודות, השלישי חוצה השפלה ועד העיר יבנה ורביעי חוצה מישור החוף ועד הים. להוציא את הקטע הראשון ההררי שאר הקטעים הם של נחל אלוביאלי שמידת הפגיעות לאורכו גדלה בד בבד עם מורד הזרם. נוקי ארוזיה חוזרים ונשנים מתהווים באפיק הנחל במורד העיר יבנה היכן שנחל חוצה תשתית רכה של חמרה וחול.

הסדרה של נחל שורק, על פי האסכולה המסורתית, בוצעה בעבר ובהווה במספר מקטעי נחל שונים. סה"כ אותרו החל משנת 1995 12 תוכניות הסדרה שונות, שבחלקן עדין לא בוצעו, כמפורט בנספח א' לדוח זה. המספר הרב של התוכניות והיקף נוקי הארוזיה הנוכחיים מעידים על העדר יציבות של אפיק הנחל, מצד אחד ועל כשלון חלקי של ההסדרות ההיסטוריות, מצד שני.

בשלשת קטעי הזרימה המורדיים של הנחל, החל מעמק צרעה ועד המוצא הימי, מצויים מתקנים הידראוליים רבים שתוכננו על פי הגישה המסורתית של עיצוב ערוץ הנחל מחדש במטרה למזער נוקי הצפות כמו גם הסבה מרבית של שטחים בפרוזדור הנחל לשטחים חקלאיים מעובדים. להלן מספר דוגמאות של מתקנים שכשלו ומתקנים שנחיצותם מוטלת בספק. מיקום ופריסת המתקנים מוצג במפה המצורפת בתרשים 23.

מתקן כניסה בקרבת השפך של נחל שורק

בתרשים 24 מתקן כניסה המקשר בין תעלת ניקוז מקומית של מחנה צבאי (תעלת רובין) לבין מורד נחל שורק (ממערב לכביש 4). המתקן בנוי מבטון בחתך טרפזי מכוסה ריפ-רפ. בקצה המתקן היצרות בזית ישרה ואלמנטים לשיכוך מהירות האנרגיה. כפי שניתן לראות, יש סימני התחתרות בגדות הנחל מעבר לכתפיים של המתקן עצמו. ככל הנראה כתוצאה מהיצרות קצה המתקן והערמות לאחור של פני המים בספיקות שטפוניות. בספיקות נמוכות יותר ההיצרות פועלת לשיקוע סחף במעלה התעלה ולסתיתה. בכל מקרה המתקן לא ממלא את ייעודו ומהווה הפרעה אקולוגית.

כניסה של נחל צדדי

תרשים 25 הוא דוגמא לנקיטת אמצעים הנדסיים מוגזמים שלא לצורך. במקרה הנדון מדובר בריצוף הכניסה של נחל גמליאל לנחל שורק, כחציק"מ מזרחית לכביש 4. כפי שניתן להיווכח הריצוף מקיף את כל חתך הזרימה והוא מהווה משטח מסודר של פלטות סלע ברוחב/אורך של למעלה מ-1 מטר. לפלטות האבן יתרונות ביחס למשטחי הבטון בגמישות להתאים את עצמן לשינויים בחתך האפיק. חסרונות עיקריים הם של עלויות הקמה גבוהות ושל הרס בתי הגידול הטבעיים במזלג הוודאיות. ניתן היה למזער את הנזק האקולוגי אם היו מצמצמים את שטח הפנים של פלטות האבן ובאופן כזה מצמצמים גם את הרצף של השטח האטים.

ביצורי אבן לייצוב גדה שעוקרה מצמחייה

בתרשים 26, ניתן לראות כי גדת הנחל הימנית מעוקרת מצמחייה וניזוקה מתהליכי ארוזיה שבחלקם תוצאה של היעדר הצמחייה הטבעית בגדת הנחל. ניסיון לייצוב הגדה באופן הנדסי בוצע בעזרת שפיכה אקראית של בולדרים על דופן גדת הנחל הקרובה.

ביצורי אבן בפיתול נחל

בתרשים 27 נראה פיתול בנחל שגדתו הימנית יוצבה באמצעות מסלעה שטוחה לפני כשנתיים. הייצוב נדרש ככל הנראה מהתפתחות תהליכי ארוזיה בגדה החיצונית של הפיתול היכן שמהירות הזרימה היא מרבית. בעת צילום התמונה (חורף 2009) כבר נראית התחתרות מאסיבית בקצה המסלעה בכיוון מעלה הנחל. ההתחתרות היא ככל הנראה תוצאה של כניסת לא מבוקרת של ריכוז נגר עילי מהשדות הסמוכים. כפי שניתן להיווכח נוקי המחזור החדשים מייתרים את עבודות הייצוב שבוצעו זמן קצר קודם לכן.



מפל ביטון למיתון שיפועים

לאורך נחל שורק, מול הישוב טל-שחר, נבנו לאחרונה כ-6 מפלים כדוגמת זה המוצג בתרשים 28. המפלים מרווחים ביניהם כ-1 ק"מ והם נועדו למתן את השיפוע האורכי של האפיק במגמה להקטין את מהירויות הזרימה ואת נזקי הארוזיה הנלווים להן. בביקור שערכנו באתר ובשיחות בע"פ עם יודעי דבר התקבל הרושם שלא התחוללו בקטע זה של הנחל נזקי ארוזיה מהותיים, להוציא את ה"ברך" בקרבת כביש 3. התרשמות זו מתאימה גם לעובדה שקרקעית הנחל "משוריינת" בשכבת חלקים והקרקע המקומית היא בעלת שיעור ארוזיות נמוך למדי (גרומוסולים). יש תועלת מסוימת בכך שמפל המים תורם לתוספת חמצן מומס הדרוש למערכת האקוויטית (נשימת שוכני המים והאצת תהליכי פירוק של חומר אורגני). לעומת זאת מתקנים אלו מהווים מכשול למעבר מיני בע"ח אקוויטיים לאורך גוף המים (ממורד למעלה) ובכך פוגעים ברציפות המערכת האקולוגית. בנוסף, עצם מיתון השיפוע האורכי והסדרתו הנם פגיעה במופע הנחל הטבעי ובשווי המשקל הקיים במערכת מבחינת הסעת הסחף ושקיעתו.

מתקן להגבהת מפלים

בתרשים 29 מציג שימוש פוגעני בתוואי הנחל לצרכי הטיית מים לשימוש חקלאי. על הגדה ממוקמת משאבה טבולה כאשר במורדה נבנה באופן כושל סכר עפר שאמור היה להגביה את מפלס המים לטובת המשאבה. צינור שהונח בגוף הסכר נועד למנוע גלישה מעל קודקוד הסכר ע"י הזרמת העודפים למורד. כפי שניתן לראות, המתקן לא עמד בדרישה שלשמה הוקם ותוואי הזרימה הוסט שמאלה דרך פרצה בסכר. המתקן הכושל הזה הוא דוגמא לשימוש בוטה באפיק הנחל לצרכי הספקת מים חקלאית. הוא מהווה מכשול זרימה משמעותי ומפגע אקולוגי קיצוני.

ייצוב גדה חיצונית של "ברך"

ביצור באמצעות מסלעה מדורגת של "ברך" באפיק השורק מוצג בתרשים 30. הביצור, שיש כאלה המכנים אותו ה"אמפיתיאטרון", ממוקם בקרבת הישוב טל-שחר צמוד לכביש מס' 3. מניעת ארוזיה בגדה החיצונית של ה"ברך" היתה נחוצה על מנת להבטיח את יכולת עיבוד הקרקע הצמודה ולהגן על תשתית הדרכים הסמוכה. במקרה זה נבחר להדגים שימוש עודף באמצעים הנדסיים ובעלויות גבוהות ללא פרופורציה ביחס לתועלת. תועלת דומה ניתן היה להשיג באמצעים ידידותיים יותר לסביבה ופחות יקרים. בין היתר ע"י הגבלת שימושי הקרקע וייצוב צמחי.

מתקן כניסה של נגר עילי

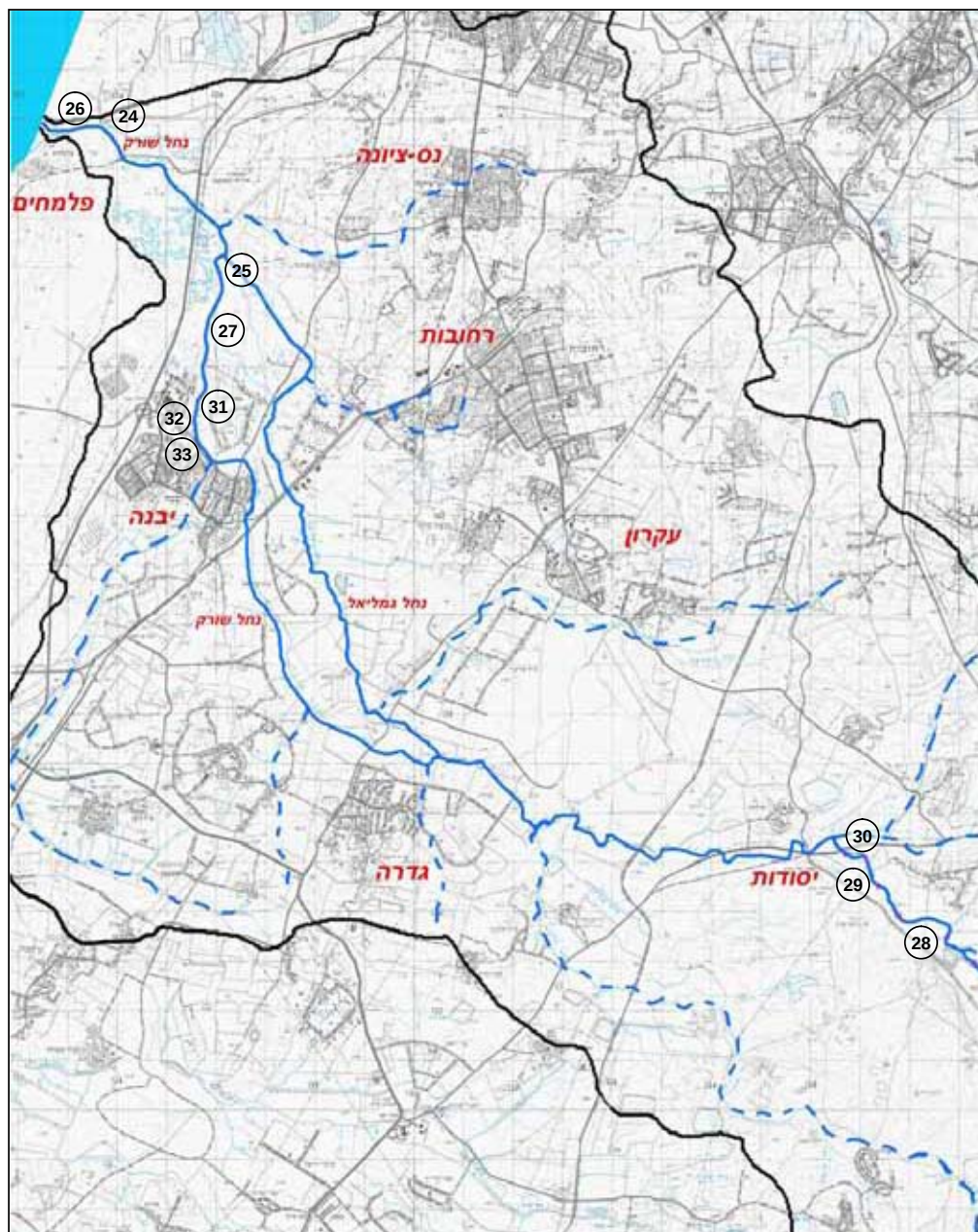
תרשים 31 הוא מה שנותן ממתקן כניסה של שני צינורות ניקוז מקומיים לאפיק נחל שורק בקרבת אזור התעשייה של יבנה. בין פתחי הצינורות ומרכז האפיק חיבר מצע של יציקת בטון גס בשיפוע ותנוחה שאינם תואמים את הדינמיקה של חתך הנחל. התוצאה היא של מכשול נוסף לזרימה והגברת הארוזיה סביב אלמנט הבטון. מתקני כניסה יתכן ויתאימו לתעלות מלאכותיות ובודאי לא יתאימו לאפיק של נחל טבעי בתווך ארוזיבי המשנה באופן תדיר את מיקומו ורוחבו.

מתקן חצייה

תרשים 32 הוא מה שנותן ממתקן חצייה מבטון של אפיק השורק, גם כן בקרבת אזור התעשייה של יבנה. כמו במקרה הקודם לא נלקחה בחשבון הדינאמיקה של אפיק הנחל והגשר נשאר תלוי באוויר ללא תועלת, מצד אחד, ומכשול זרימה משמעותי מצד שני. זו היא עדות נוספת לגישה השגויה הנקוטה בישראל של התייחסות לאפיק נחל טבעי כאל תוואי של תעלה הנדסית קשיחה.

מתקן כניסה של ניקוז עירוני

תרשים 33 הוא תצלום של מתקן כניסה לניקוז נגר עירוני המגיע מאזור תעשייה של יבנה. בתחתית המתקן נבנה מגלש מאסיבי, כולל ביצור תחתית אפיק הנחל והגדה הנגדית באלמנט של בטון מאסיבי. כפי שניתן לראות, כמות הבטון שיצקו לאפיק הנחל היא חסרת פרופורציה ביחס לקוטר הצינור. בנוסף, מי הנחל גרפו את הקרקע מתחת למשטחי הבטון וגרמו לקריסתם. המתקן במצבו, מהווה מכשול הידראולי ומפגע בטיחותי וחזותי כאחד.



תרשים 23: מפת איתור מתקנים הידראוליים בנחל שורק (מספר המתקן כמספר הסידורי של התרשים שלו).



תרשים 24: מתקן כניסה מתעלת ניקוז לקטע מלוח של נחל שורק.



תרשים 25: ריצוף מסיבי של מוצא נחל גמליאל לנחל שורק.



תרשים 26: ביצורי אבן לייצוב גדה שעוקרה מצמחייה.



תרשים 27: ביצורי אבן בפיתול נחל והתחתרות חדשה מעל הביצור.



תרשים 28: מפל בטון (אחד מסדרה) לשמירה על שיפוע אורכי מתון של אפיק הנחל.



תרשים 29: מתקן הרמת מפלס ותפיסת מי נחל.



תרשים 30: גשר צנרת ממוקם על גדת הנחל.



תרשים 31: הגנה מסיבית של ביצורי אבן בגדה החיצונית של ה"ברך".



תרשים 32: מתקן בטון שקרס עקב התחתרות וגריפת הגדות.



תרשים 33: מתקן כניסה הרוס של ניקוז עירוני.



3. מתווה שיקומי

גישת התכנון האקו-הידרולוגית פותחה ומיושמת בעשרים השנים האחרונות בעיקר בארה"ב ועדין לא מצאה את ביטויה המלא בתכנון נחלים אלוביאליים בארץ. תנאי מוקדם ליישום הגישה הנ"ל הוא בסיס מידע בעל רקורד מדידות ממושך אודות שינויים גיאומורפולוגיים בתנוחת האפיק, במידות הגיאומטריות של חתך הזרימה ובמשטר הסעת הסחף. אין כיום בארץ בסיס מידע כזה בהעדף מערך מדידה מתאים וגם קיים קושי אובייקטיבי להטמיע מידע מדוד מארצות רחוקות. יתרה מזאת, במוסדות האקדמאיים בארץ לא מכשירים מהנדסים לתכנן שיקום נחלים אקו-הידרולוגי אלא לתכנן תעלות בעלות חתך הנדסי לספיקה מוגדרת מראש.

לפיכך, אין זה מעשי לצפות "כבר מחר" למימוש טכניקות עדכניות של שיקום נחלים אלא להתמקד בשלב ראשון במספר עקרונות בסיסיים ולפתח בהדרגה בהמשך את בסיס המידע המתאים. להלן מתווה ראשוני של עקרונות שיקום נחלים אלוביאליים אותם ניתן ליישם בתנאי הארץ:

1. הקמת מערך ניטור תהליכי סחף. מידע מדוד נחוץ הוא של ריכוזי הסחף כפונקציה של הזרימה ושל השינויים הגיאומטריים בערוץ הנחל במגמה לאתר מוקדי התחתרות ושקיעה. באמצעות תוצאות המדידה ניתן לעקוב אחר יציבות האפיק בו מתקיים שיויון בין כמות הסחף הנכנסת ליוצאת. מוסדות מתאימים לביצוע המדידות הנ"ל הם הרשויות המקומיות של נחל/ניקוז/אגן בהדרכה וסיוע מקצועי של התחנה לחקר הסחף, משרד החקלאות.

2. שיחזור/עיצוב מחדש של פרוזדור הנחל. פרוזדור הנחל חיוני להתהוות פשטי ההצפה שהינם אמצעי חשוב למניעת ארוזיה באפיק. כמו כן הפרוזדור מאפשר התאמה של חתך הזרימה ותנוחת האפיק לשינויים במשטר הזרימה (שמירה על מאזן גיאומורפולוגי). ניתוחים כלכליים עדכניים מצביעים על יתרון כלכלי לשיחזור הפרוזדור על פני המשך העיבוד החקלאי. זאת בזכות צמצום הוצאות התחזוקה (פינוי סחף ועבודות ייצוב) והרחבת היקף הפעילויות של פנאי ונופש.

שיחזור הפרוזדור אינו בהכרח שיחזור ממדי הפרוזדור ההיסטורי אלא פרוזדור המתאים למשטר הזרימה הנוכחי ולאילוצי הפיתוח הקיימים. די ברצועה של 50 עד 100 מטר מכל גדה כדי לשפר משמעותית, הן את יציבות האפיק והן את איכות שדותי הסביבה האקולוגיים. מקרה מיוחד במסגרת עיצוב פרוזדור הוא שיחזור נפתולים (Meanders) שיושרו במסגרת "הסדרת הנחל". יישור הנפתולים נועד לשרת (1) הגדלה של השטח המעובד (2) הגדלה של כושר ההולכה באפיק בזכות הגדלת שיפוע הקרקעית. מימוש המטרות הנ"ל מסתכם לאורך זמן בהתפתחות נזקי ארוזיה אותם ניתן לשקם ע"י שיחזור מחדש של הנפתולים.

3. שיחזור/עיצוב מחדש של חתך הזרימה. הגיאומטריה של חתך הזרימה בנחל אלוביאלי מתאימה את עצמה לשינויים במשטר הזרימה באופן שנשמרת היציבות (הדינמית) של האפיק. העמקה מלאכותית של האפיק ו/או הגבהת סוללות משני צידיו מערערת את מאזן הסחף ועשויה להתבטא במיחתור קרקעית, התמוטטות גדות וסתירת האפיק במורדו. אין ברשותנו כיום את מידע מדוד בעזרתו ניתן להגדיר את ממדים היציבים, או את היחס היציב בין הממדים לאורך זמן. לפיכך יש לבסס את שיחזור חתך הזרימה בשלב ראשון על ניסיונות ומעקבים, אנאלוגיה לקטעי נחל יציבים וניסיון מעשי מצטבר אצל הנוגעים בדבר.

4. יישום טכנולוגיות "ירוקות" לייצוב. במקרים רבים היקף השינויים בתשתית הנחל ובמשטר הזרימה גדול מכדי "להניח לנחל להסתדר בעצמו" ויש צורך באמצעי עזר. אמצעים כאלה כוללים מגוון רחב החל מייצוב צמחי, עבוד במזרזני הזרקה וכלה ובמובל ביטון. ככלל יש

להעדיף אמצעים בעלי מינימום אלמנטים קשיחים על מנת לאפשר את קיום התהליך הדינמי של הסעה והשקעת סחף. כמו כן יש למזער את היקף השטח האטום באמצעותו מבודד גוף המים מתווך הקרקע. דוגמא אודות ההבדלים שבין שתי הגישות התכנון שהוצגו לעיל היא בהתייחסות לצמחיה בקרקעית ובגדות התעלה. על פי הגישה המסורתית יש לנקות את חתך האפיק מצמחיה על מנת להקטין את מקדם החיכוך ולהגדיל את כושר ההובלה של האפיק. על פי הגישה האקו-הידרולוגית יש לאפשר התפתחות צמחיה טבעית, כולל שיחים ועצים, ולפצות על תוספת החיכוך בהגדלה של חתך הזרימה.

5. יישום טכנולוגיות לפיתוח בעצימות נמוכה. פיתוח בעצימות נמוכה מייצג גישה תכנונית חדשה שפותחה בצפון אמריקה והידועה בשם הלוועי (LID (Low Impact Development). על פי גישה זו יש למזער את ההשפעה (אמפקט) של הפיתוח האורבני על משטר הנגר העילי, הן בנפחים והן בעוצמות הזרימה. טכנולוגיות של LID מבוססות על ריבוי פתרונות מקומיים, עד רמת המגרש הבודד, באמצעותם ניתן לשמר את תהליכי ההשפיה והחידור הטבעיים של הנגר העילי. יישום טכנולוגיות כאלה בשכונות קיימות וחדשות יקטין את היקף השינויים במשטר הזרימה וישפר את עמידות האפיק לאורך זמן.

6. מתקני הטייה ואגירה להספקת מים. הנגר העילי הזורם בנחלים הוא משאב יקר מציאות באזורנו הצחיח למחצה. לפיכך נחוצה פשרה מתאימה בין צרכי משק המים לבין הצרכים האקולוגיים/סביבתיים של הנחל וסביבתו. יתרה מזאת, למתקני הטייה ואגירה עשויה להיות תועלת גם בקיזוז תוספות הנגר הלא טבעיות משטחים אורבניים (היכן שלא מיושמים הטכנולוגיות לפיתוח בעוצמה נמוכה).

פוטנציאל תפיסת המים העיקרי בנחלים הוא של גאויות קצרות בעלות טווח של עד 3-4 ימים. פרקטיקה מקובלת היא של בניית סיכרון לרוחב האפיק (סיכרון גיא) על מנת להגביה את פני המים בזרימות רדודות לצורך שאיבה ו/או הטייה גרביטציונית. הזרימה השיורית במורד המתקן נגזרת בדרך כלל ע"י יכולת השאיבה/ההטייה או נפח המאגר, הקטן מביניהם.

הפרת משטר הסעת הסחף ע"י סיכרון כזה עשויה להיות בעייתית במיוחד כפי שמתואר בהשתלשלות שלהלן:

- א. סיכרון לרוחב האפיק מגדיל את מצבורי הסחף במעלה ומקטין את ריכוז הסחף במורד.
- ב. ריכוז הסחף הנמוך מגביר את הארוזיה בקרקעית ומוריד את מפלסי הזרימה.
- ג. ירידת מפלסי הזרימה במורד מתחילה מחתור לאחר במעלה היובלים הצדדיים.
- ד. המחזור לאחר מגדיל באופן ניכר את עומס הסחף במורד הכניסות הצדדיות, מעבר ליכולת ההסעה של הזרימה השיורית (לאחר ההטייה) והאפיק נסתם בהדרגה.

יש להימנע ככל הניתן מבניית סיכרונים גיא ולהעדיף מתקנים להטיית צד באמצעותם המים מוגלשים דרך דופן האפיק, החל ממפלס זרימה נתון. באופן כזה משטר הסעת הסחף מופר באופן מינימלי ומובטחת בעדיפות ראשונה הזרימה האקולוגית המינימלית במורד הנחל.

4. תכנון עקרוני

4.1. חלופות שיקום

שיקום נחלים אלוביאליים על פי הגישה האקו-הידרולוגית, להבדיל מהסדרת נחלים על פי הגישה המסורתית, מיועד בראש ובראשונה לייצב את מאזן הסחף לאורך האפיק. מאזן מיוצב פירושו שלאורך זמן כמות הסחף הנכנסת לקטע המשוקם שווה בקירוב לכמות הסחף היוצאת מאותו הקטע. במילים אחרות, אין הצטברות או גריעה משמעותית של קרקע בתחום פרוזדור הנחל. על פי הגדרה זו הגיאומטריה והתנוחה של האפיק עשויה להשתנות קלות לאורך זמן במסגרת התאמה לשינויים מחזוריים במשטר הזרימה.

חלופות השיקום מסווגות בדרך כלל בהתאם לרמת השחזור (Restoration) של האפיק ביחס למתכונתו הטבעית. שני מדדים העיקרים בהקשר זה הם קיבול האפיק הטבעי (Bankfull Capacity - BKF) ומפלס פשט ההצפה (Floodplain Level). תרשימים 34 עד 36 מציגים את החלופות השונות בהתאם לרמת השחזור המושגת. החלופה בעדיפות ראשונה (תרשים 34) מציגה את רמת השחזור הגבוהה ביותר והחלופה בעדיפות שלישית (תרשים 36) מציגה את רמת השחזור הנמוכה ביותר. טבלה 2 מסכמת את היתרונות והחסרונות של אחת משלושת החלופות.

בעדיפות הגבוהה ביותר מוצע לשחזר את ממדי האפיק הטבעי סמוך לאפיק המופר כמתואר בתרשים 34. ממדי האפיק הטבעי נקבעים על פי קיבול האפיק הטבעי אותו ניתן להעריך בקירוב ראשוני עפ"י ספיקת השיא בעלת תקופת חזרה של 3 שנים. את קטע החלופי ניתן לייצב בעזרת צמחיה קודם לשילובו באפיק הנחל כאשר חומר החפירה עשוי לשמש למילוי הקטע המופר. בחלופה זו נשמר המפלס המקורי של פשט ההצפה ולפיכך הפגיעה בפרוזדור הנחל היא מינימלית.

בעדיפות השנייה לא ניתן לקיים את המפלס המקורי של פשט ההצפה ויש להתאים אותו למפלס נמוך יותר כמתואר בתרשים 35. עדיפות זו מתאימה במקרים של אילוצי מפלס קרקעית נחל בגין תשתיות הנדסיות סמוכות כגון חציית צנרת, מחלפי כבישים וגשרים. יתרונות של חלופה זו הן צמצום פוטנציאל ההצפה, שיפור המערך האקולוגי (אחו לח) ויציבות אפיק לאורך זמן. חסרון עיקרי הוא עודף חפירה גדול ביחס למילוי.

בעדיפות השלישית והאחרונה לא ניתן לקיים פשט הצפה כלל בגלל קרבה של תשתיות/מבנים ו/או חסמים בהפקעת קרקעות. בחלופה המתאימה לעדיפות זו ניתן לשחזר רק את ממדי האפיק המתאימים לספיקת האפיק הטבעית (BKF). בספיקות גבוהות יותר, בעלות תקופת חזרה של 3 שנים ומעלה, עומק הזרימה המוגדל מחייב שילוב את אלמנטים קשיחים בדפנות החיצוניות של הערוץ. יתרונה של חלופה זו על פני הגישה המסורתית הוא לפיכך רק בתחום ספיקות נמוכות יותר מספיקת האפיק הטבעית.

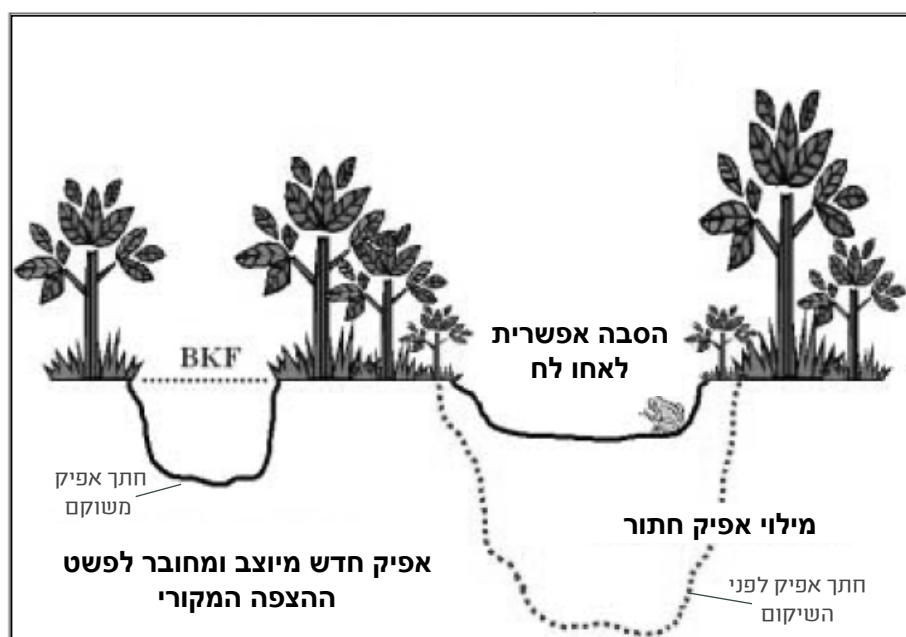
בהמשך פרק זה יוצג תכנון עקרוני של שיקום אקו-הידרולוגי בשני קטעי בוחן (Pilot plant) לאורך נחל שורק כמתואר בתרשים 37. הקטע המזרחי יותר הוא לאורך עמק צרעה בקרבת היישוב טל שחר. קטע זה עבר לאחרונה הסדרה שכללה את ניקוי האפיק ובנייתם של מספר מפלי ביטון קטנים בכוונה למתן את השיפוע האורכי. ההסדרה הופסקה ביוזמת רשות הטבע והגנים עד לבירור מלא אודות נחיצותה.

הקטע המערבי יותר הוא במורד העיר יבנה בתווך של קרקע עמוקה יחסית בעלת אחוז ניכר של חול (אירוויבית). הגדה השמאלית (הדרומית) של קטע זה צמודה לאזור התעשייה של העיר ומתקיים לאורכה תהליך מזוז של מחתור והתמוטטות גדות למרות ניסיונות הסדרה חוזרים ונשנים. תהליכי המחתור והתמוטטות עשויים אף להתגבר בטווח הקרוב לאור ההרחבה המתוכננת של ממדי המובל המנקז את נחל יבנה ואת העיר יבנה.

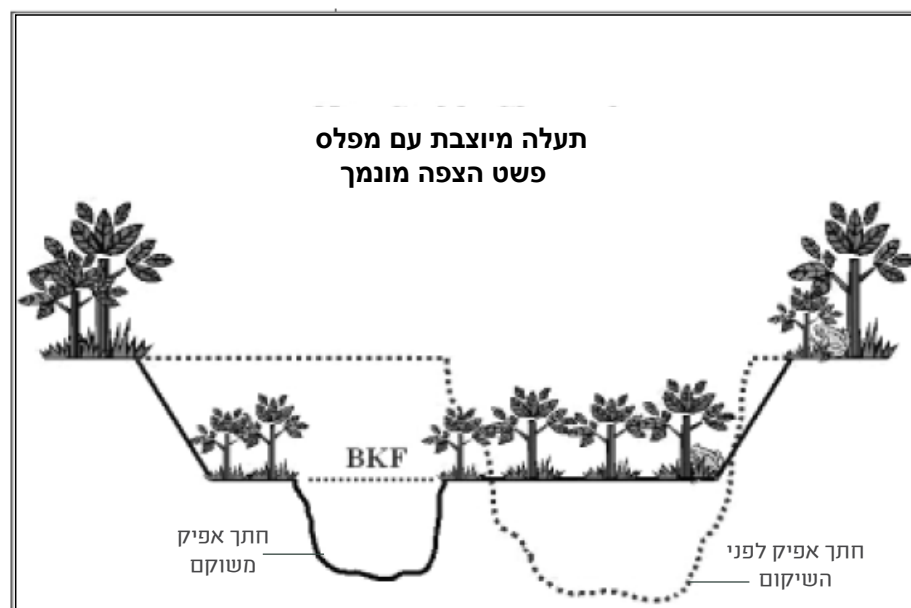
להלן תאור תמציתי של חלופת השיקום העקרוניות המוצעת לכל אחד מהקטעים שלעיל.

עדיפות	יתרונות	חסרונות
1	מקנה יציבות לטווח ארוך אופטימלית מבחינת שיקום אקולוגי מעלה את מפלס מי התהום נפח חפירה מינימלי	מגבירה את תדירות ההצפות המקומיות מחייבת קיום פרוזדור נחל רחב נפח חפירה ומילוי לא מאוזנים בעלת פוטנציאל נזק לצמחיה הריפארית
2	מקנה יציבות לטווח ארוך משפרת את המערך האקולוגי מייצרת תנאי "אחו לח" בפרוזדור הנחל מצמצמת את פוטנציאל ההצפה	מחייבת קיום פרוזדור נחל רחב כרוכה בנפחי חפירה גדולים בעלת פוטנציאל נזק לצמחיה הריפארית מסתכמת בעודף חפירה על מילוי
3	תורמת לשיפור היציבות משפרת את המערך האקולוגי מצמצמת את פוטנציאל ההצפה	בעלת פוטנציאל נזק לצמחיה הריפארית לא תורמת להיווצרות "אחו לח" כרוכה בשילוב אמצעים קשיחים מחייבת תחזוקה אינטנסיבית יותר

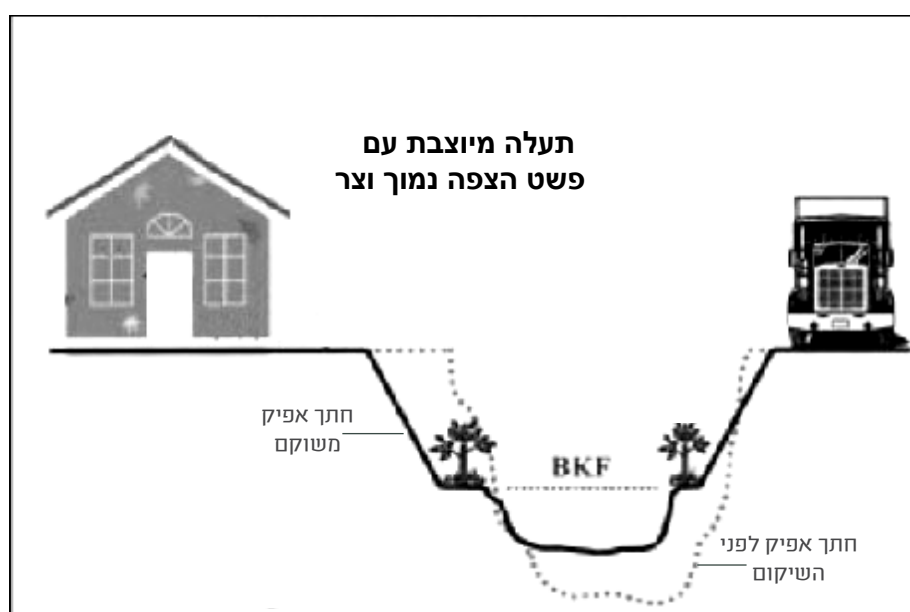
טבלה 2: יתרונות וחסרונות של כל אחת מחלופות השיקום.



תרשים 34: חלופת שיקום בעדיפות ראשונה בעלת מפלס פשט הצפה מקורי



תרשים 35: חלופת שיקום בעדיפות שניה בעלת מפלס פשט הצפה מונמך.



תרשים 36: חלופת שיקום בעדיפות שלישית ללא פשט הצפה.



תנוחה טיפוסית של הנחל לאורך עמק צרעה מוצגת בתצלום שבתרשים 38. קירוב ראשוני של חתך הזרימה המשוער בתוספת מישורי הצפה של 50 מטר מכל צד מוצגים בתרשים 39. נתוני תכנון רלוונטיים נוספים הם:

- עקום הספיקה ($\overline{\text{Rating curve}}$) המתאים לחתך המשוער בקטע הנדון מוצג בתרשים 4.0. לצורך בניית עקום זה הונח מקדם חספוס של $m=0.04$ המתאים בקירוב ראשוני לנוכחות צמחיה טבעית באפיק ובגדות הנחל. כפי שניתן להיווכח מהתרשים ממדי האפיק מגדירים קיבול המתאים להעברת ספיקת שיא בעלת תקופת חזרה של כ- 3 שנים. כלומר, תואמים בקירוב את ממדי האפיק הטבעי של הנחל באזור זה.

תחום השתנות המהירויות הממוצעות בחתך הקיים, בהנחה של חספוס קרקעית בעל כיסוי צמחי טבעי, מוצג בתרשים 41. מהירויות הזרימה משתנות בתחום שבין 0.75 ל- 1.6 מטר לשנייה שהינו תחום מהירויות ללא נזקי ארוזיה משמעותיים עבור סוג הקרקע והכיסוי הצמחי הנדונים.

**נחל שורק
וסביבותיו**



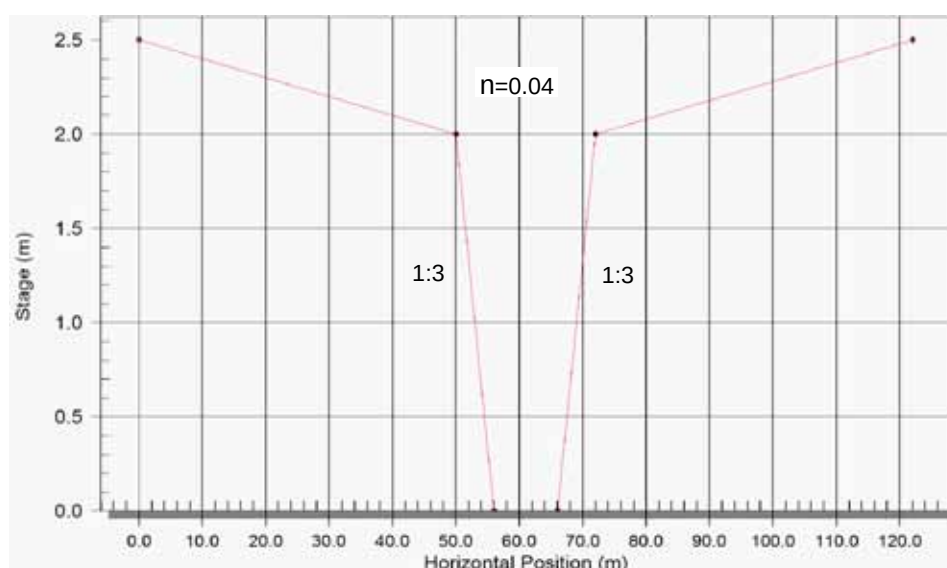
זמנית של נפתולים. שינויים כאלה לא מאיימים על יציבות האפיק ואף תורמים להתפתחות המגוון הביולוגי.

Let the river flow. עלות חלופה כזו אמורה להסתכם בעלות הפקעת שטחי פשט ההצפה המשמשים כיום לחקלאות. סה"כ רוחב הפקעה, בניכוי האפיק ודרכי השירות משני צידיו, הוא כ- 90 מטר.

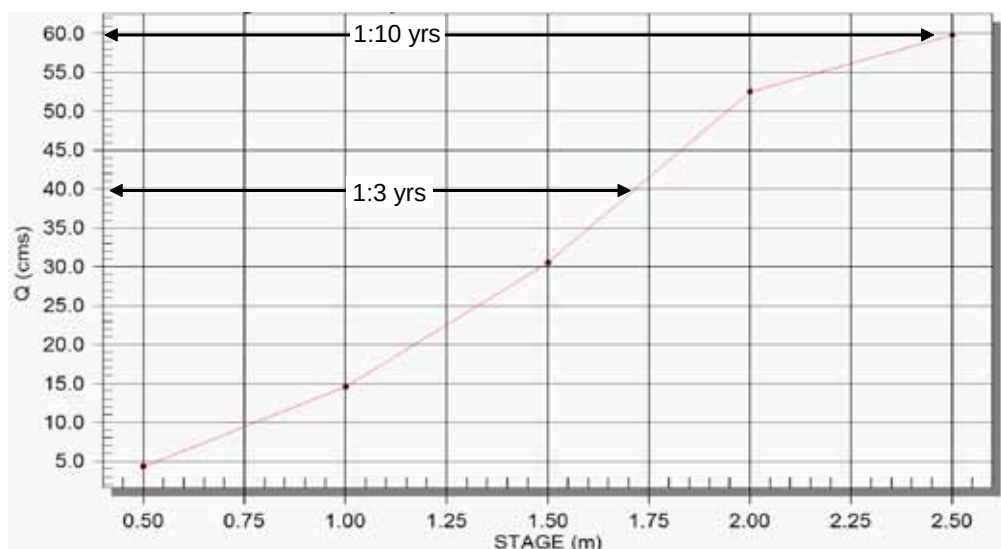
העלות האלטרנטיבית שהגישה המסורתית מעמידה כוללת את עלות האחזקה השוטפת ואת עלות הפיצויים לחקלאים בגין נזקי ההצפה שבתחום השטח המיועד להפקעה.



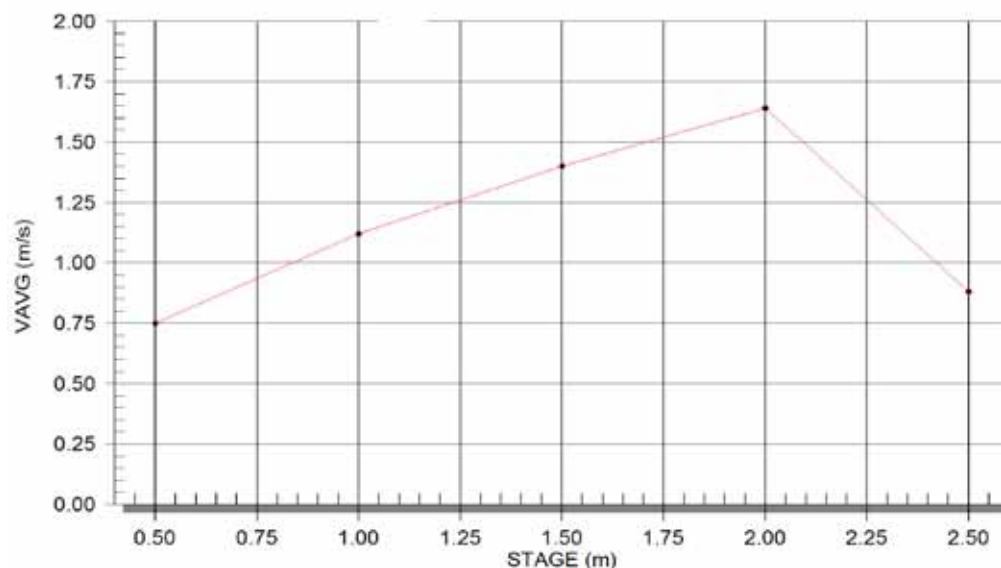
תרשים 38: קטע זרימה אופייני של נחל שורק בעמק צרעה



תרשים 39: חתך זרימה אופייני קיים של נחל שורק בעמק צרעה.



תרשים 40: עקום ספיקה (Rating curve) של חתך הזרימה בעמק צרעה.



תרשים 41: עקום מהירות זרימה ממוצעת של חתך הזרימה בעמק צרעה.

4.3. מורד העיר יבנה

חתך זרימה טיפוסי של נחל שורק, במורד העיר יבנה, מוצג בתצלום שבתרשים 42. חתך הזרימה הנ"ל נמצא כאמור בתהליך מתמשך של חתירה בקרקעית והתמוטטות גדות לאורך של כ-1.5 ק"מ במורד העיר יבנה, מול איזור התעשייה. עומק מרבי של החתך בין הקרקעית וגדות האפיק הוא בקירוב 4.5 מטרים והוא מוכתב ע"י גשרי הרכבת והכביש בכניסה לעיר יבנה וע"י קרקעית המובל של נחל יבנה בחיבור עם נחל שורק.

לנוכח אילוצי התשתיות לעיל לא ניתן לשקם את אפיק הנחל באמצעות החלופה בעלת העדיפות הגבוהה ביותר (תרשים 34) בעלת פשט הצפה במפלס הטבעי. החלופה המתאימה יותר היא החלופה השנייה (תרשים 35) לפיה יש לייצר מפלס פשט הצפה חלופי נמוך יותר באמצעות חפירה משני צידי האפיק המשוחזר.



החתך מתאים לחלופה הנבחרת מוצג בתרשים 43 כאשר תחום הפוליוגון השחור מתאים לתחום המיועד לחפירה. בחתך זה נשמרה הגדה השמאלית (דרומית) הצמודה לאזור התעשייה ללא שינוי עם שיפוע תלול יחסית של 2:1. שיפוע כזה מחייב ייצוב באמצעים נוספים כדוגמת מזרונ הידרוטקס (Hydrotex) או אלמנטים קשיחים אחרים. לחלופין ניתן לשחזר אפיק חדש ומרוחק יותר מאזור התעשייה בעל שיפוע גדות של 3:1 וכיסוי צמחי בלבד.

נתוני תכנון רלוונטיים נוספים הם:

- שיפוע אורכי ממוצע של 0.25 אחוזים.
- ספיקת שיא לתקופת חזרה של 3 שנים בערך מקורב של 40 מ"ק לשנייה.
- ספיקת שיא לתקופת חזרה של 100 שנים בערך של 180 מ"ק לשנייה.

עקום הספיקה (Rating curve) המתאים לחתך המשוער בקטע הנדון מוצג בתרשים 44. לצורך בניית עקום זה הנחנו מקדם חספוס של $n=0.05$ המתאים בקירוב ראשוני גם לנוכחות צמחיה טבעית באפיק ועצים בגדות הנחל. כפי שניתן להיווכח מהתרשים לממדי האפיק המתוכנן קיבול המתאים להעברת ספיקת שיא בעלת תקופת חזרה של כ-3 שנים בקירוב.

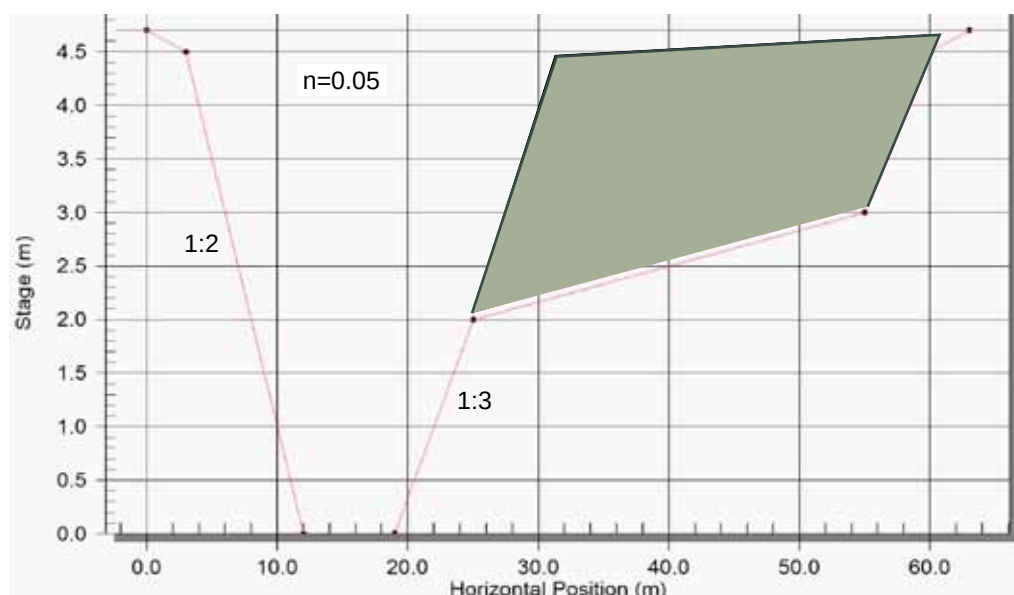
בזכות פשט ההצפה המוצע לחפירה ניתן להכיל באפיק המשוחזר ספיקת שיא של אחת ל-100 שנה ללא התהוות נזקי הצפה באזור התעשייה של העיר יבנה. כלומר ניתן לעמוד בדרישות המקובלות בארץ של מניעת הצפות באזורים אורבניים בתדירות גבוהה מ-100 שנה. ככל הידוע תכנונים מעודכנים לקטע זה בוצעו רק לספיקת שיא של אחת ל-20 שנה וזאת באמצעות ציפוי אבן (בולדרים גיאומטריים) של חתך הזרימה המקורי.

תחום השתנות המהירויות הממוצעות בחתך המוצע כאן לשיקום, בהנחה של כיסוי צמחי טבעי ($n=0.05$), מוצג בתרשים 45. מהירויות הזרימה המרבית לאירוע נדיר של 100 שנה היא 1.5 מ"ק לשנייה בלבד שהינה בתחום המהירויות המותרות לקרקע חמרה בעלת כיסוי צמחי.

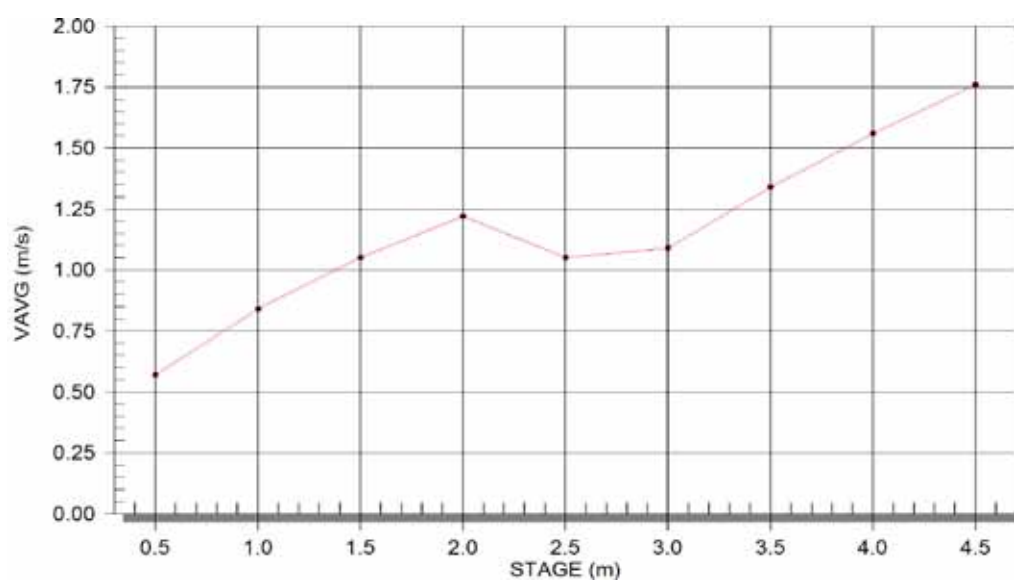
חלופת השיקום שלעיל כרוכה בחפירה ושינוע כמויות עפר גדולות במיוחד. הערכה ראשונית של נפח החפירה היא בתחום של 30,000 עד 50,000 מ"ק. ניתן למזער נפח זה עם מגביהים את מפלס פשט ההצפה החפור ולחילופין מחזקים את דפנות האפיק הנחל. כמו כן יש לקחת בחשבון את עלות הפקעת שטחים חקלאיים ברוחב של כ-30 מטר. מציאת השילוב הכלכלי ביותר לחלופה זו היא חלק ממטלות התכנון ההנדסי הכללי שבמסגרתו יבחנו גם צירופים נוספים של חלוקת רוחב פשט ההצפה משני צידי האפיק המשוחזר.



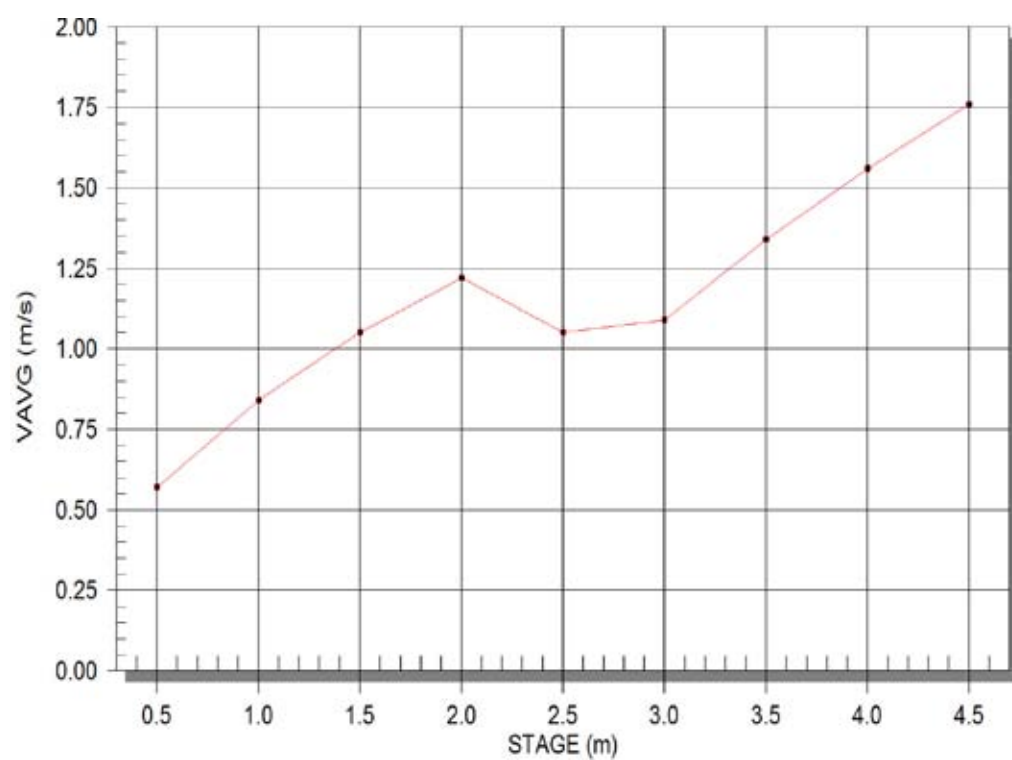
תרשים 42: קטע זרימה אופייני של נחל שורק במורד העיר יבנה.



תרשים 43: חתך זרימה מוצע לשיקום האפיק במורד העיר יבנה (בפוליגון שחור השטח המיועד לחפירה).



תרשים 44: עקום ספיקה (Rating curve) של חתך הזרימה המוצע לשיקום במורד העיר יבנה



תרשים 45: עקום מהירות זרימה ממוצעת בחתך הזרימה המוצע לשיקום במורד העיר יבנה.



נחלים אלוביאליים הם נחלים בהם הקרקעית והגדות עשויים ממשקעי סחף הניתנים להסעה ממקום למקום. היקף השינויים בנחלים הנ"ל מתאים בקירוב להיקף ההתיישבות הציונית שתחילתה באזורי השפלה שלמרגלות רכסי ההרים. האזורים הנ"ל היו בחלקם ביצתיים ו"מוכי קדחת" ונדרש היה לנקזם קודם לפיתוח ההתיישבות החקלאית. על רקע זה התגבש כנראה המונח "הסדרת נחלים" שנועד מצד אחד להבטיח ניקוז מהיר של עודפי הנגר העילי ומצד שני להרחיב את היקף השטח המעובד.

הכשרת הנחלים לעמידה ביעדי ה"הסדרה" נעשתה בארץ באמצעות גישה הנדסית/מסורתית שעיקרה מתחום הנדסת התעלות. על פי גישה זו קובעים את תנוחת האפיק, שיפוע הקרקעית וחתך זרימה (בד"כ טרפזי) על מנת להעביר ביעילות המרבית את ספיקת התכן הנחוצה. ספיקה זו היא ספיקת שיא שרירותית עבורה נדרש למנוע התהוות הצפה, ללא התייחסות להשפעות האקולוגיות וההידרולוגיות בגין חובה זו.

התאמתה של גישת התכנון המסורתית למטרת שיקום נחלים היא מאד בעייתית ולעיתים אף שלילית. **אין בגישה זו התייחסות הולמת לתהליכי ארוזיה, ההסעה והשיקוע של הסחף.** הגיאומטריה ההנדסית של חתך האפיק נמצאת במקרים רבים בסתירה לגיאומטריה הטבעית הנחוצה לקיום מאזן גיאומורפולוגי בין משטר הזרימה לתווח האלוביאלי.

תופעת לוואי של יישום הגישה המסורתית היא ריבוי אלמנטים קשיחים (ביטון, גביונים, בולדרים) לאורך תוואי הזרימה כתוצאה מהאפקט המחזורי המצטבר שלהלן:

1. מסדירים את אפיק הנחל כדי למנוע הצפת שטחים חקלאים או אורבניים בתחום פרוזדור הנחל הטבעי.
2. הסדרת האפיק מתבצעת באמצעות הסבת חתך הזרימה הטבעי לחתך הנדסי בעל ממדים גדולים יותר נקי מצמחיית גדות.
3. החתך ההנדסי מגדיל את כושר ההולכה של האפיק המוסדר ולפיכך גם את אנרגיית הזרימה.
4. התוספת באנרגיית הזרימה מגבירה את נזקי הארוזיה בקטע המוסדר ואת השקעת הסחף במורדו.
5. העצמת נזקי הארוזיה מחייבת הסדרה מחודשת... וחוזר חלילה.

פועל יוצא של "הסדרת" הנחלים המסורתית הוא מצד אחד הרס בתי הגידול ושרותי הסביבה ומצד שני נזק מצטבר שמקורו בארוזיה וסתימת ערוצים. עדות עדכנית לנזקים כאלה היא של חורף 2009/10 באגן נחל פולג, היכן שבעקבות סופת גשמים יחידה התהוו נזקי ארוזיה והשקעת סחף בסך של כ-30 מיליון ש"ח.

שיקום נחלים על פי הגישה האקו-הידרולוגית, להבדיל מהסדרת נחלים, מיועד בראש ובראשונה לייצב את מאזן הסחף לאורך האפיק. מאזן מיוצב פירושו שלאורך זמן כמות הסחף הנכנסת לקטע המשוקם שווה בקירוב לכמות הסחף היוצאת מאותו הקטע. במילים אחרות, אין הצטברות או גריעה משמעותית של קרקע בתחום פרוזדור הנחל. על פי הגדרה זו הגיאומטריה והתנוחה של האפיק עשויה להשתנות קלות לאורך זמן במסגרת התאמה לשינויים מחזוריים במשטר הזרימה.

גישת התכנון האקו-הידרולוגית, המיושמת מזה כמה עשרות שנים בצפון אמריקה, לא מצאה עדין את ביטויה בתכנון נחלים בארץ. **תנאי מוקדם להצלחת גישה כזו הוא בניית בסיס מידע אודות שינויים גיאומורפולוגיים באפיקי הנחלים, במידות חתך הזרימה ובמשטר הסעת הסחף.**



אין כיום ברשותנו בסיס מידע כזה ולפיכך אין זה מעשי לצפות "כבר מחר" ליישום מלא של אותה הגישה.

מתווה מוצע לשיקום נחלים בארץ על פי עקרונות אקו-הידרולוגיים כולל בשלב ראשון את הקמת מערך הניטור של ריכוזי סחף כפונקציה של הזרימה והשינויים הגיאומטריים באפיק הנחל. מוסדות מתאימים לצורך זה הם הרשויות המקומיות של נחל/ניקוז/אגן בהדרכה וסיוע מקצועי של התחנה לחקר הסחף, משרד החקלאות.

עקרונות בסיסיים שמוצע לכלול בכל שיקום נחל הם שיחזור מחדש של פרודור הנחל ושל חתך הזרימה הטבעי. פרודור הנחל חיוני להתהוות פשטי ההצפה שהינם אמצעי הכרחי למניעת ארוזיה באפיק. כמו כן יתכן וקיים יתרון כלכלי לשיחזור הפרודור על פני המשך עיבוד חקלאי של אותו השטח. די ברצועה של 50 עד 100 מטר מכל גדה כדי לשפר משמעותית הן את יציבות האפיק והן את איכות שרותי הסביבה האקולוגיים.

במסגרת שיחזור מחדש של חתך הזרימה הטבעי מומלץ לתכנן את ממדי האפיק כך שיתאימו בקירוב למעבר ספיקת שיא של 1:3 שנים. ממדים כאלה אמורים לקיים את מאזן הסחף לאורך זמן אותם יש לאשש בהמשך באמצעות מערך הניטור. העמקה מלאכותית של האפיק ו/או הגבהת סוללות משני צידיו מפרה את מאזן הסחף ועשויה לחולל נזקי ארוזיה וסתימת ערוצים.

עקרונות נוספים שבחלקם מיושמים כבר היום הם שימוש בטכנולוגיות "ירוקות" לייצוב חתך הזרימה וטכניקות לפיתוח בעצימות נמוכה (LID). **ככלל יש להעדיף אמצעים בעלי מינימום אלמנטים קשיחים על מנת לאפשר את קיום התהליך הדינמי של הסעה והשקעת סחף. כמו כן מוצע לאפשר התפתחות צמחיה טבעית לאורך האפיק, כולל שיחים ועצים, ולפצות על תוספת החיכוך באמצעות הרחבת חתך הזרימה. טכניקות לפיתוח בעצימות נמוכה חיוניות בעיקר למזעור השפעת הפיתוח האורבני על התהוות הנגר העילי. יישום טכנולוגיות כאלה בשכונות קיימות וחדשות יקטין את היקף השינויים במשטר הזרימה וישפר את עמידות האפיק לאורך זמן.**

המלצה אחרונה במסגרת זו היא **הימנעות ככל הניתן מבניית סכרונים גיא לרוחב האפיק והעדפה של מתקני הטייה צידיים באמצעותם ניתן להגליש את עודפי המים מעבר לדופן האפיק.** באופן זה נחסכת הפרה משמעותית במשטר הסעת הסחף ומובטחת בעדיפות ראשונה זרימה אקולוגית מינימלית לעבר מורד הנחל.

תכנון עקרוני לשיקום אקו-הידרולוגי של נחלים הוצג כאן ביחס לשני קטעים מייצגים בנחל שורק. הקטע הראשון הוא לאורך עמק צרעה בתא שטח המרכזי של אזור הגבעות. הקטע השני הוא במורד הנחל בתא השטח של מישור החוף, מול העיר יבנה.

שיחזור פרודור הנחל בעמק צרעה מוצע לרוחב של כ-50 מטר מכל צד. תחום מהירות הזרימה לספיקות בתדירות של עד 10 שנים הוא בתחום שבין 1 ל-1.5 מטר לשנייה. היינו תחום "נסבל" בתנאי חיפוי צמחיה טבעית ושכבת חלוקי נחל מפותחת בקרקעית הערוץ.

לפתרון המוצע בעמק צרעה יתרון גם ביחס למיתון זרימות בינוניות וחזקות במורד הנחל. ירידה במהירות הזרימה לאורך הפרודור מרסנת במקצת את הגידול בספיקות שיא במורד האגן. בנוסף, הצמחיה הטבעית שלאורך הפרודור פועלת להפחתת כמויות הסחף בהשוואה לשטחים מעובדים. הפחתה כזו שומרת על משאב הקרקע ומצד אחד ומפחיתה את סתימת האפיק במורד מצד שני.

מול העיר יבנה מוצע שיחזור חלקי של פרודור הנחל עם מפלס הצפה נמוך מזה של פרודור הנחל הטבעי. רוחב הפרודור נבחר במגמה לאפשר מעבר של ספיקות תכן של כ-100 שנה בנוכחות צמחיה טבעית וחורש דליל. עלות השיחזור במקרה זה גבוהה משמעותית מזו של עמק צרעה בגין נפחי חפירה משמעותיים.

את התכנון העקרוני המוצע כאן יש לגבות כמובן בתכנון מפורט יותר, תחילה באמצעות תכנון כללי ובהמשך באמצעות תכנון מפורט בהתחשב במכלול הצרכים האקולוגיים ועלויות השיקום.







6. רשימת מקורות

1. Anderson B.G., Rutherford I.D. and Western A.W. 2006, An analysis of the influence of riparian vegetation on the propagation of flood waves. *Environmental Modelling & Software* 21(9): 1290 -1296.
2. Bentrup G., 2008, Conservation buffers: design guidelines for buffers, corridors, and greenways. Gen. Tech. Rep. SRS-109. Asheville, NC: Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 110 p.
3. Baird A.J., Wilby R.L. ,1999, Eco-Hydrology: Plants and Water in Terrestrial and Aquatic Environments. Routledge: London.
4. Bradshaw A.D., 1996,. Underlying principles of restoration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53:3-9.
5. Coffman L., 2000, Low-Impact Development Design Strategies, An Integrated Design Approach. EPA 841-B-00-003. Prince George's County, Maryland. Department of Environmental Resources, Programs and Planning Division. In: Adams, M., Horner, W., Potts, A., Low Impact Development (LID) Issues for Florida: What's Important and What Should Be Getting Monitored. Environmental Engineers, Planners, Scientists West Chester, PA 19382.
6. De Groot R., 2006, Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multifunctional landscapes. - *Landsc. Urban Plan.*, 75, 175-186. In: Minca E. L., Petz K. and Werners S. (2007). An Ecosystem Services Approach In The Tisza River Basin. TISCIA 36, 35-40.
7. Felder A.J. and Ditton R.B. ,2000, Developing a national outreach strategy for recreational fishing and boating. *Fisheries* 25(1): 22-28. In: Whealton J.M. (2005). Review of river restoration motives abd objectives. Unpublished review, Southampton, U.K., 12PP.
8. Folke C., Carpenter S., Walker B., Scheffer M., Elmqvist T., Gunderson L. and Holling C.S. ,2004, Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35, 557-581. In: Minca E. L., Petz K. and Werners S. (2007). An Ecosystem Services Approach In The Tisza River Basin. TISCIA 36, 35-40.
9. Friedlich B.J., 2004, Low-Impact Development in the Assabet River Watershed: Hydrologic Design and Watershed-Scale Implications. Submitted to the Department of Civil and Environmental Engineering at the Massachusetts Institute of Technology.
10. Gasith A., 1991, Conservation and management of the coastal streams of Israel: An assessment of stream status and prospect for rehabilitation.
11. Gasith A. and Hershkovitz Y., 2002, The use of macroinvertebrates community for biomonitoring streams in Israel: The Yarkon stream as a model, Submitted to the Israeli ministry of the environment.
12. Gregory S. V., Swanson F. J., McKee W. A., Cummins K. W., 1991, An Ecosystem Perspective of Riparian Zones, *BioScience* 41. In: Pargament, D., (2007), The Caretaking of Streams in Israel Processes and the Organizational Structure: The Case of the Yarkon Stream. A Thesis submitted for the degree "Doctor of Philosophy" University of Haifa, Israel.
13. Hambright K.D., Zohary T., 1998, Lakes Hula and Agmon: destruction and creation of wetland ecosystems in northern Israel. In: Levin N., Elron E., Gazith A. (2009), Decline of wetland ecosystems in the coastal plain of Israel during the 20th century: Implications for wetland conservation and management, *Landscape and Urban Planning* 92, 220-

14. Minca E. L., Petz K. and Werners S., 2007, An Ecosystem Services Approach In The Tisza River Basin. *TISCIA* 36, 35-40.
15. Mount F. M., 1995, California Rivers and Streams, Berkeley, Los Angeles. London: University of California Press. In: Pargament D., (2007), The Caretaking of Streams in Israel Processes and the Organizational Structure: The Case of the Yarqon Stream. A Thesis submitted for the degree "Doctor of Philosophy" University of Haifa, Israel.
16. Pfadenhauer J. ,2001, Some remarks on the Socio-Cultural background of restoration ecology. *Restoration Ecology*, 9(2): 220-229. In: Whealton J.M. (2005). Review of river restoration motives and objectives. Unpublished review, Southampton, U.K., 12PP.
17. Potter K.W. ,2003, Managing Storm Water at the Source, Proceedings, Wisconsin Academy of Sciences, Arts, and Letters, Madison, WI, 90, 67-74. In: Friedlich B.J., 2004, Low-Impact Development in the Assabet River Watershed: Hydrologic Design and Watershed-Scale Implications.
18. Rosgen D.L., 1996, Applied River Morphology. Wildland Hydrology, Pagosa Springs, C.O. In: Stream Restoration Design Part 654, National Engineering Handbook, USDA, 2007.
19. Rutherford I.D., Hoang T., Prosser I., Abernethy B., Jayasuriya N., 1996, The impact of gully networks on the time-to-peak and size of flood hydrographs. In: Anderson B.G., Rutherford I.D. and Western A.W. (2006). An analysis of the influence of riparian vegetation on the propagation of flood waves. *Environmental Modelling & Software* 1(9): 1290-1296.
20. Sparks R.E, 1995, Need for Ecosystem Management of Large Rivers and their Floodplain. *BioScience* Vol. 45, No. 3, 168-182.
21. Trush B. and McBain S. ,2000, Alluvial River Ecosystem Attributes, Stream system technology center. Rocky Mountain Research Station, In: http://stream.fs.fed.us/news/streamnt/pdf/SN_1_00.pdf.
22. Wolff C.G., Burges S.J. ,1994, An analysis of the influence of river channel properties on flood frequency. *Journal of Hydrology* 153 (1-4), pp. 317-337. In: Anderson B.G., Rutherford I.D. and Western A.W. ,(2006), An analysis of the influence of riparian vegetation on the propagation of flood waves. *Environmental Modelling & Software* 21(9): 1290-1296.
23. Woltemade C.J., Potter K.W. ,1994, A watershed modeling analysis of fluvial geomorphologic influences on flood peak attenuation, *Water Resources Research* 30 (6), pp. 1933-1942. In: Anderson B.G., Rutherford I.D. and Western A.W. ,(2006), An analysis of the influence of riparian vegetation on the propagation of flood waves. *Environmental Modelling & Software* 21(9): 1290-1296.
24. Zalewski M., Janauer G.A., Jolankai G., 1997, Ecohydrology - A new paradigm for the sustainable use of aquatic resources. International Hydrological Programme UNESCO Paris, Technical Document in Hydrology.
25. Zalewski M., 2000, Ecohydrology - the scientific background to use ecosystem properties as Management tools toward sustainability of water resources. Guest Editorial, *Ecological Engineering* 16, pp.1-8.
26. Prince George's County, Maryland Department of Environmental Resources Programs and Planning Division, 1999, Low-Impact Development Design Strategies An Integrated Design Approach.
27. USDA, 2007, Stream Restoration Design, Part 654, National Engineering Handbook,



28. FISRWG 1998, Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG), ISBN-0-934213-59-3.
29. Millennium Ecosystem Assessment, 2005, Ecosystems Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
30. USEPA, 2007, Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development (LID) Strategies and Practices, December 2007, EPA 841-F-07-006.
31. אוזן א., 2010, שיקום ושימור הנחלים ובתי הגידול הלחים בישראל -מדיניות רשות הטבע והגנים, היבטים אקולוגיים בנושא נחלים, בתי גידול לחים והקצאות מים לטבע. פרסומי חטיבת המדע, רט"ג.
32. אפרתי ש., בחינת גישות טיפול במקטעי נחל שורק - ההיבט הכלכלי, בהזמנת החברה להגנת הטבע, אפריל 2010.
33. גזית א., הרשקוביץ י. וגורן ל., 2009, המעבדה לאקולוגיה של נחלים, אוניברסיטת תל אביב, סקר אקולוגי - נחל גדורה, עבור רשות נחל הקישון.
34. גטקר מ., מאיר א., 2008, דוח מסכם למחקר ניטור השפעת עצים נטועים באפיקי נחלים על יציבותם ומשטר הזרימה באגנים. מחקר מספר 90-9-180-06.
35. לבנה מ., 1982, ייבוש החולה - תולדותיו, עקרונותיו ותוצאותיו של מפעל פיתוח גדול. עבור החברה להגנת הטבע.
36. לסטר ר., אלמוג ר., ליבני ד. ורוזנטל מ., 2009, בחינה והתאמה של הפיתוח בעצמות נמוכה (LID) בתנאי הארץ. מוגש לאגף המחקרים ברשות המים, משרד התשתיות הלאומיות.
37. סקוטלסקי א., 2009, מסדרונות אקולוגיים באזורים חקלאיים: עקרונות לתכנון ולממשק חקלאי. מוגש לקרן נקודת ח"ן.
38. פרגמנט ד., 2007, הטיפול בנחלים בישראל תהליכים באגני היקוות והמסגרת הארגונית - המקרה של נחל הירקון, חיבור לשם קבלת תואר ד"ר לפילוסופיה, אוניברסיטת חיפה.
39. פרומקין ר., 2000, שמירת המגוון הביולוגי בישראל - ערך ותועלת, מתוך: מקום שטוב לחיות בו, קובץ מאמרים, מרכז השל.
40. קפלן ד., בן-פורת א., גזית א., 2006, ארץ תעלות המים, שימוש משולב בתעלות הניקוז של עמק החולה הצפוני חקלאי - סביבתי - תיירותי.
41. קפלן מ., 2004, נחלי ישראל מדיניות ועקרונות תכנון, עבור אגף מים ונחלים, בהוצאת יחידת הפרסומים של המשרד לאיכות הסביבה.
42. שבזיט א., להב א., כרמל י., במברגר א., 2006, תעלות ניקוז כגורם רב-מטרה: ניקוז עודפי נגר ובית גידול לחי ולצומח. דיווח מדעי סופי לסיכום פרויקט. הוגש לאגף קרקע וניקוז של משרד החקלאות (מסמך פנימי). מתוך: סקוטלסקי א. (2009), מסדרונות אקולוגיים באזורים חקלאיים: עקרונות לתכנון ולממשק חקלאי.
43. רשות נחל הקישון, 2000, התקן הסביבתי לאיכות מי נחל הקישון.
44. רשות הטבע והגנים והמשרד להגנת הסביבה, 2009, ניטור מים ונחלים: דוח פעילות לשנת 2008.

45. משרד הפנים, 2006, תוכנית מתאר ארצית משולבת לבנייה לפיתוח ולישימור - תמ"א 35, הוראות התוכנית.

46. משרד הפנים, 2006, תוכנית מתאר ארצית משולבת למשק המים ניקוז ונחלים - תמ"א 34 ב'3, הוראות התוכנית.



תוכניות הסדרה לנחל שורק (החל משנת 1995)

1. **תה"ל 1995** - תוכנית אב להגנה בפני שטפונות וניצול נגר עילי, נספח ו' אזור שורק ולכיש. כולל פירוט הסדרות היסטוריות והצפות מקומיות (נחל גמליאל הוסדר יחד עם סוללות הגנה משני צידיו). זיהוי הבעיה:
"הבעיה העיקרית בקטע נחל שורק המזרחי היא אובדן ופיצול שטחים חקלאיים עקב ערוץ וחתירה בגדות ופיתולים רבים לאורך האפיק".
2. **תה"ל מאי 1998** - תכנון כללי של קטע יבנה - נחל גמליאל. כדאיות גבולית, הפקעה 85 דונם ו 1 מיליון ש"ח, סה"כ 5.3 מיליון ש"ח.
3. **תה"ל אוגוסט 1998** - תוכנית כללית להסדרת נחל שורק במורד בין יסודות לגדרה לאורך 8.5 ק"מ כולל מפלים והפקעת קרקע (70 דונם כ- 900,000 ש"ח). סה"כ 11 מיליון ש"ח.
4. **תה"ל מאי 2000** - תכנון כללי מכביש 40 עד בית גמליאל 3 ק"מ. תעלה טרפזית, מבנים וייצוב צמחי, סה"כ 1.9 מיליון ש"ח.
5. **לביא-נטיף נובמבר 2000** - תכנון מפורט של מאגרי שמשון והטיית אפיק השורק דרומה באמצעות ערוץ מרוצף, סה"כ 4.1 מיליון ש"ח.
6. **לביא-נטיף ינואר 2002** - הסדרת נחל שורק: קטע העיר יבנה, תכנון מוקדם. במסגרת הרחבת יבנה דרומה מתוכננת הסדרת נחל יבנה והרשות הניקוז דרשה בהזדמנות זו גם את תכנון הסדרת מורד נחל שורק לאורך 1200 מטרים. ספיקה מרבית ל- 1:50 שנה של 125 מ"ק שנייה. מיתון השיפוע האורכי מ- 0.14 אחוז ל- 0.1 אחוז עם מהירות של 1.8 מ"ק שנה המחייבת הגנה צמחית. חתך זרימה טרפזי עם רוחב קרקעית של 5 מטר ושיפוע גדות 1:3 בתוספת תעלות הגנה משני צידי האפיק.
7. **תה"ל דצמבר 2001** - תכנון כללי של נחל גמליאל עד השפך. נקבע שאין צורך בהסדרה אלא רק שיקום נופי והגבלות בנייה בקרבת הנחל.
8. **תה"ל דצמבר 2002 / פברואר 2003** - תוכנית כללית להסדרת נחל שורק בקטע כביש 38 עד יסודות. עד מאגר פלאי 4.9 ק"מ של הסדרות נקודתיות בכניסת נחלים והיכן שהמהירות גבוהה מהמותר 230,000 ש"ח. ממאגר פלאי עד גשרון טל שחר כ- 5 ק"מ צורך בהסדרה מקיפה ומפלים 5.3 מיליון ש"ח. מגשרון טל שחר ליסודות 6.6 מיליון ש"ח.
9. **תה"ל 2005** - תוכנית אב לנחל שורק. כולל ביקורת על תוכניות קודמות משנת 1998. הנחל הובחן כבלתי מוסדר כמעט בכל קטעיו למרות שבוצעה בו הסדרה לפני פחות מעשור.
10. **לביא-נטיף 2007** - פיתוח ושיקום אגן נחל שורק: שילוב משאבי המים הטבעיים והקולחים, ריכוז נתוני תכן (הוכן ע"י אינג' גבי שחם).
11. **הידרומודול יולי 2008** - הצעה להכנת תכנית אב לניקוז ברשות ניקוז שורק - לכיש. הדגשת הראייה הכוללת ויצירת מגוון אקולוגי, התייחסות לנושא יציבות התעלות, מודעות לנושא הגברת הספיקות ע"י פיתוח במעלה האגן ושינויי תוואי. מינימליים, ייצוב צמחי בגדות מתונות, המנעות מסוללות הגנה מוגבהות.
12. **לביא-נטיף ינואר 2009** - מאגרי שמשון תכנון מפורט של קטע הנחל לאורך 3 ק"מ. הוצעו חלופות להטיית הנחל וייצובו בפלטות אבן גיאומטריות, מזרונות הידרוטקס, מפלסים אבנים שקועות בביטון וכדורות. המלצה לביצוע כדורות + מפל בעלות של 7 מיליון ש"ח.



בחינת גישות טיפול בנחלים אלוביאליים והדגמתה במקטעי נחל שורק

- ההיבט הכלכלי -

שלמה אפרתי



תודה מראש:

בחינת הנושא דרשה סיורי שטח, פגישות ושיחות עם בעלי תפקידים ומומחים בתחומי העבודה, לשם גיבוש פרקי הדו"ח וממצאיו. כן נעזרנו בחומר קיים, ובפרט חומר שהועבר לידינו מהחבר'ה להגנת הטבע ורשות הטבע והגנים. להלן מוצגת רשימת מירב האנשים בהם נעזרנו. עזרתם תרמה ליצירת תמונה מקיפה ומאוזנת יותר של הנושא ועל כך תודתנו. מודגש עם זאת כמובן, שהדו"ח על כל פרקיו נכתב על ידנו, ואי-דיוקים, טעויות או השמטות שמצאו דרך לתוכו (בתום לב כמובן) - הינם על אחריותנו בלבד.

צבי רבהון	ראש האגף לניקוז ולשימור קרקע, משרד החקלאות
סולומון שמוקלר	ממונה ניקוז, האגף לניקוז ושימור קרקע במשרד החקלאות
שמואל ארבל	מנהל התחנה לחקר הסחף במשרד החקלאות
איציק יוגב	מנכ"ל רשות הניקוז שורק - לכיש
אבי און	אקולוג בתי גידול לחים, רשות הטבע והגנים
משה פרלמוטר	רכז מים, חופים ונחלים בחברה להגנת הטבע
אלון רוטשילד	רכז שמירת טבע מחוז מרכז חברה להגנת הטבע
איג' שאולי אביב	מנכ"ל תאגיד מים הרצליה. ערך בעבר בחינת כדאיות הסדרה לנחלי הארץ
עמוס מלר	שמאי מקרקעין וכלכלן חקלאי
צבי יושע	"צבי יושע- זאב עמית תכנון ערים." מומחה למקרקעין.
צבי טרופ	כלכלן חקלאי עתיר ניסיון, מוסמך הפקולטה לחקלאות.
פרופ' מוטי שכטר	ראש החוג לניהול משאבי סביבה באוניברסיטת חיפה.
ד"ר עליזה פליישר	ראש חוג בפקולטה לחקלאות. ערכה מחקרים רבים לגבי ערך משאבי סביבה
ד"ר גילי קוניאק	פוסט-דוקטורנטית בתחום משאבי סביבה, האוניברסיטה העברית ירושלים
מר זאב לנדאו	מנכ"ל רשות ניקוז ירקון
ישראל אברהמי	לשעבר מהנדס רשות ניקוז שורק/לכיש
שגיא רייזמן	מתכנן בחברת "תי.ק. פרויקטים", עורכי תוכנית השיקום והפיתוח לנחל
שמואל פולק	הידרולוג. מנכ"ל "הידרומול", עורך תוכנית האב לניקוז נחל שורק
יואב הדר	מנכ"ל "הדר ייצוב קרקע בע"מ", פתרונות טיפול בגישה נופית לנחלים

תקציר מנהלים

1. מבוא:

בישראל פועלות 11 רשויות ניקוז המוסמכות מכוח "חוק הניקוז" לטפל בנחלים בתחומן. מזה כעשור, בשל שינוי תפישתי עמוק בגישה למשאבי סביבה בכלל ולנחלי הארץ בפרט, יש מודעות גוברת ברשויות אלו לצורך להתייחס להיבטי הסביבה, כחלק מפעילותן. עם זאת וגם כיום הן מוסיפות לראות ב'הסדרת' נחל - כך לפי טרמינולוגיה מקובלת - את לב הפעילות, וההיבט הסביבתי נתפש כמשני להגנה על שטחי חקלאות ושימושים אחרים.

'הסדרת' הנחל למניעת הצפות ונזק, מבוצעת בד"כ בגישה הנדסית, ונעשה בה שימוש רב בעבודות עפר, ביטון, ישור פיתולים וכיו"ב. לעומתה, גישות טיפול אחרות שפותחו בעולם, חותרות לטיפול מופחת, לצורך מניעת הפרת האיזון האקולוגי וההידרולוגי בנחל וסביבתו. טווח פתרונות זה, מכונה הגישה האקו-הידרולוגית (או גישת השיקום).

מטרת מסמך זה, הנלווה לעבודת ד"ר אבנר קסלר, להציג ולבחון את שתי גישות הטיפול, בדגש על ההיבט הכלכלי. **שיטת העבודה** היא בחינת הנושא בנחל שורק, על בסיס תוכניות 'הסדרת' קיימות ובדיקות כדאיות כלכלית המצויות בהן (במקור) ולעומתן - בחינת מתווה התכנון המוצע בגישה האקו-הידרולוגית. הבחינה הכלכלית כוללת נתוני ואומדני עלויות, תועלת וכדאיות כלכלית, במגוון מקטעי הנחל שבכל תחום העבודה.

פרק נוסף מוקדש ל'**תועלות' נחל** באשר הוא, כחלק מבחינה נרחבת יותר של גישות הטיפול שהשפעתן חורגת בהרבה ממניעת הצפה או הגנה על שימוש קרקע מסוים.

השורק הוא מהארוכים בנחלי הארץ, כ-65 ק"מ. ראשיתו בהרי ירושלים, בואכה בית שמש ועמק צרעה, ועד לאזור גדרה ויבנה, ושפכו לים בפלמחים. לנחל שלושה חלקים עיקריים:

- האזור ההררי עד בית שמש, המהווה כ-40% מכלל שטח האגן.
- אזור שפלת יהודה עד יסודות, המהווה כ-30% משטח האגן.
- אזור המישור עד שפכו לים, המהווה כ-30% משטח האגן.

העבודה עסקה בקטע השפלה והמישור, כ-45 ק"מ. לבחינה פרטנית ומעמיקה יותר לנושא, נבחנו מקטעי 'פיילות': טל-שחר ויבנה. המקטעים מייצגים סוגי נוף, ישוב, שימושי קרקע, ופתרונות הסדרה שונים - ואפשרו לבחון בעבודה את הגישות במגוון היבטים.

2. הסדרה הנדסית:

הסדרה נדרשת להגן על אזור בנוי או רכוש (חקלאי ואחר) וכמובן בחשש לחיי אדם. בגישה הרווחת, הסדרה היא מפעל הנדסי שתכליתו שיפור כושר הולכת הנחל, להקטנת נזקי הצפה, שטפונות, ארוזיה וכו'. קרי, בהיבט כלכלי (שלעולם אינו שיקול יחיד, ולא פעם אינו השיקול המרכזי), קטע נחל שעלות הסדרתו במונחי החזר ההון השנתי, נמוך מממוצע הקטנת הנזק השנתי (תוחלת התועלת) - יהיה כדאי כלכלית ל'הסדרה'.

"תוכנית אב לאגן היקוות נחל שורק" (תה"ל 2005) קבעה בפרק הסיכום שלהוציא קטעים קצרים, הנחל **אינו מוסדר**, ואם בוצעה הסדרה "פה ושם" (כך במקור), לא ניתן להבחין בה ויש להתייחס לחלק הארי כלא-מוסדר. לקביעה יש חשיבות הואיל ותוכנית זו היוותה ע"פ רשות הניקוז, מסמך חשוב שסייע להנחות את פעילותה מאז כתיבתו.

- **תחזוקת נחל נדרשת** אחר הסדרתו לשם שימור המצב ה'מוסדר', ולכן מהווה חלק מהגישה ההנדסית. עיקר הפעולות הנכללות בה הן ניקוי, כיסוח, ריסוס ופינוי סחף וכיו"ב פעולות הכנה לזרימות חורף. קטע 'מוסדר' משמעו בד"כ יותר פעילות תחזוקה, ולפיכך, ערך שינוי עלות האחזקה במקטע נחל מסוים, הוא נתון רלבנטי לעבודה. עם זאת ע"פ בדיקתנו, עלות התחזוקה לשנה נעה עפ"ר בטווח 5,000-15,000 ש"ק נחל, ולכן אין בה כדי להשפיע מהותית על הכדאיות הכלכלית של הסדרה/אי-הסדרת מקטע מסוים.
- **תוכניות ההסדרה:** העבודה מציגה ומפרטת בהרחבה על התוכניות לאורך הנחל, בעשור וחצי האחרונים. מהן שלא בוצעו, שבוצעו חלקית (טל שחר למשל), או שבוצעו שוב היכן שההסדרה לא עלתה יפה (יבנה למשל). ריכוז הנתונים הבסיסי מוצג להלן:

תוכניות ההסדרה בנחל שורק, כביש 38 - שפך לים

תחום תוכנית	שם תוכנית	אומדן עלות	בפועל
38 - טל שחר	תה"ל 2002	כ-5.5 מיליון ש"ק	בוצע בחלקו על פי הפירוט לעיל
טל שחר - יסודות	תה"ל 2003	כ-6.6 מיליון ש"ק	בחלקו כנ"ל. דרוש שיפור ליד בסיס צה"ל
'מחפורת צרעה'	לביא/נטיף 09	כ-4.4 מיליון ש"ק	הביצוע קשור למפעל מים ארצי ולא להסדרה
יסודות - גדרה	תה"ל 1998	כ-11 מיליון ש"ק	בוצע רק באזור חציית כביש 6
גדרה - בניה	תה"ל 2000	כ-2 מיליון ש"ק	לא בוצע, ולא צפוי להתבצע
יבנה - נ. גמליאל	תה"ל 2000 "דרום" 2008	כ-5.3 מיליון ש"ק כ-2.6 מיליון ש"ק	בוצע. וכן קיים תכנון לביא-נטיף לייצוב צמחי. סך עלות תוכניות כ-9 מיליון ש"ק
נ. גמליאל - שפך	תה"ל 2001	עד 0.5 מיליון ש"ק	ביצוע 'נקודתי'. ולא מפעל הסדרה
סה"כ בלי 'מחפורת'		כ-33.5 מיליון	כ-34.5 מיליון ש"ק עם תוכנית לביא-נטיף

המסמך מפרט בפרק 2 אומדני עלות ומבנה עלויות תוכניות הסדרה בכל מקטע. עלות תוכניות ההסדרה במקטעי ה'פיילות' - 4.9 ק"מ בטל שחר וכ-4.8 ק"מ ביבנה - שתיהן של תה"ל, כ-5.29 מיליון ש"ק וכ-5.32 מיליון ש"ק בהתאמה (ראה פירוט בפרק 2 ונספח 1)

תועלת: תועלת נגזרת מעלות הנוק - חקלאי או אחר - הנמנעת בשל ההסדרה. אומדן התועלת (המוצג כולו בגוף העבודה), נשען על אומדן שטח הצפוי להינזק, משך עמידת המים, וסך הנוק ליח' גידול בכל הסתברות ותקופת חזרה (20:1, 10:1 וכו'). תוצאת החישוב היא טבלה כגון זו להלן. סך סכומי שורה תחתונה מוכפלים ב% הסתברות שמעליה נותן את ממוצע הנוק השנתי (תוחלת התועלת). במקרה הזה, במקטע טל שחר, הוא עומד על 509,000 ש"ק/שנה.

עלות הנוק הכוללת (אלפי ש"ק)

מס' סידורי הסתברות האירוע (%)	5 20%	4 10%	3 5%	2 2%	1 1%
מצב קיים	610	1,805	2,814	3,991	5,099
מצב אחרי הסדרה	-	-	15	127	917
הפרש עלות נזק לפני/אחרי הסדרה	610	1,805	2,814	3,864	4,182



נתוני החישוב ואופן חישוב התועלת, הופיעו **בתוכניות הסדרה המקוריות**. העבודה רק מציגה ומבהירה אותם, כבסיס לבחינת כדאיות הגישה החליפית - באותם כלים.

- **כדאיות:** לפי אומדן העלות (החזר הון שנתי) והתועלת (ממו' שנתי) נקבעת הכדאיות. בתמצית, המתכנן אפיין את כדאיות תוכניתו בטל שחר כ'די גבולית' (יחס עלות/תועלת 1:1.04), ב"מקטע הביניים" יסודות-גדרה כ'גבולית' (יחס 1:1.04), במקטע בנייה ככדאית (1:1.3), ובמקטע יבנה ככדאית בהנחה שצפוי גם נזק תעשייה (יחס 1:1.29). קרי, גם בהנחות המתכנן וע"פ הגדרותיו, כדאיות תוכניות ההסדרה לא היו מובהקות, ודאי לא במקטע שהיה חקלאי בלבד.

3. גישת השיקום:

עקרונותיה פורטו בהרחבה בעבודת ד"ר קסלר ומוציגים גם במסמך. בתמצית, העיקרון מנחה הוא שאפיק 'מוסדר' יוציב יושג רק ע"י הנחל, ולכן "חלופת האפס" והאופציה המועדפת היא 'ניקוי' רצועה ליד הנחל, לצד יזום פעולות מוגבלות במקטעים כיבנה בהם הנחל סמוך לתשתיות/מבנים ולא ניתן לשמר פשט הצפה במפלס טבעי. עקרונות הגישה זוכים לתמיכה גוברת, כולל באגף הניקיון, אך הקושי ליישמה בעינו עומד, בעיקר בגלל חשש תביעות נזק לסוגן, והבעיות הכרוכות בהפקעה ובקושי להשיג מימון עבודה. משום כך, **בפועל, קל הרבה יותר עדיין להעביר תוכנית הסדרה הנדסית 'רגילה'.**

- **עלות:** העלות נגזרת מרוחב רצועה הנדרשת מצדי הנחל (אם דרושה הפקעה), ומגובה הפיצוי. בנוסף, מהצדדים המשלימים כייצוב, העמקת אפיק וכו', באם אלו נדרשים. פרק 3 מפרט בהרחבה אומדני עלות ליצירת רצועה 'נקייה' בכל מקטע, ע"פ פיצוי הפקעה מקובלים, ורוחבי רצועות הפקעה בטווח שבין 25-50 מטר מכל צד של הנחל.
- **תועלת:** התועלת בהיבט כלכלי צר (ללא תועלות סביבתיות וכו' - בהמשך) נגזרת כזכור מעלות מניעת הנזק בשל השימוש בגישה. קרי, היקף השטח המוצף אך הנכלל ברצועת ההפקעה, ולא זכאי לפיצוי. ע"י אותם כלי המדידה ששימשו את מתכנני ההסדרה לאמידת התועלות, חושבו בפרק 3 אומדני התועלת. התוצאה במקטע טל שחר - בהנחת שימוש ב"חלופת האפס" בלבד - מוצגת בטבלה (תוחלת התועלת: סכומי ההפרש X % הסתברות - 441,000 שח):

טבלה 5: עלות הנזק הכוללת (באלפי שח)

מס' סידורי	1	2	3	4	5	הסתברות האירוע (%)
	1%	2%	5%	10%	20%	
נזק כולל מצב קיים	5,140	4,031	2,843	1,819	624	
נזק כולל בניכוי שטח מופקע	2,824	2,035	1,270	636	0	
הפרש נזק עם/בלי שטח מופקע	2,316	1,996	1,573	1,183	624	

- **תכנון עקרוני:** פרק 5 מוקדש לתיאור מתווה תכנון מוצע למקטעי הפיילוט, ובחינתו הכלכלית. התכנון המוצע למקטע **טל-שחר** החקלאי הוא 'חלופת אפס': רצועת קרקע לקיום פשט ההצפה והגנה ברצועות חיץ. הרצועה המוצעת בניכוי הנחל ודרכי השירות, הינה 90 מ', 45 מ' מכל צד. התכנון העקרוני המוצע למקטע **יבנה**, המורכב והבעייתי יותר, כולל 3 אלמנטים:

א. לאורך 1.2 ק"מ מכניסת מובל נחל יבנה עד קצה אזור התעשייה - יישום תוכנית לביא נטיף להסדרת הנחל ע"י העמקת האפיק (לקליטה משופרת של מי נחל יבנה) וייצוב גדות צמחי.

ב. רצועת הפקעה 45 מ' בגדת ימין (בגדת שמאל יש מבני תעשייה וחולות שלא יחייבו הפקעה)

ג. לאורך 1.2 ק"מ הנזכרים בסעיף א' - חפירה ושינוע עפר בהיקף הנאמד בכ30 אלף מ"ק.

- **כדאיות כלכלית:** על בסיס התכנון ניתן לערוך את בדיקת ההתכנות הכלכלית לגישה, המוצגת בהרחבה בפרק 5. טבלות הסיכום - הראשונה לטל שחר, השנייה ליבנה - מוצגות להלן:

עלות ותועלת שנתית (ש לכל המקטע)

20 מטר כל צד	30 מטר כל צד	40 מטר כל צד	50 מטר כל צד	
258,870	323,332	385,747	441,000	אומדן תועלת שנתית ממוצעת
180,298	350,496	520,695	690,893	אומדן עלות שנתית ממוצעת

עלות ותועלת שנתית כוללות (ש לכל המקטע)

15 מטר כל צד	25 מטר כל צד	35 מטר כל צד	45 מטר כל צד	
220,000	237,000	255,000	272,000	תועלת חקלאית שנתית ממוצעת
470,000	487,000	505,000	522,000	סך תועלת שנתית (כולל תעשייתית)
268,235	353,335	438,434	523,533	עלות שנתית

א. **בטל שחר** מושגת היתכנות ברצועת הפקעה 30 מ' כל צד (וכמובן ברצועות קטנות ממנה). ברצועה האופטימאלית, של 50 מ' כל צד - אין היתכנות כלכלית.

ב. **במקטע יבנה** בו יש צורך לנקוט לצד הפקעה, פעולות העמקה, הסטת וייצוב גדת שמאל - יש היתכנות כלכלית לרצועת הפקעה 40 מ' בגדת ימין (וכמובן לקטנה יותר)

ראוי לציין שאין לראות באומדני העלות/תועלת, ובחינת הכדאיות הנשענת עליהם, יותר מקירוב סביר, המאשש או דוחה סיכוי להיתכנות כלכלית. עם זאת, יש לזכור 2 דברים:

- בדיקת כדאיות ה'הסדרה', שביצע המתכנן עצמו, נשענה על מתודולוגיה ונתונים זהים.
- בצד התועלות של גישת השיקום, לא נכללו תועלות נחל הנובעות מעצם היותו 'משוקם' (זורם, נקי, 'טבעי', עם צמחייה וכיו"ב) - להן מוקדש פרק 4 כולו במסמך.

4. תועלות נחל:

נחל, ככל משאב סביבה, 'מייצר' תועלות שכלי אמידת ערכם הכלכלי הולכים ומשתכללים (בהרחבה במסמך). ברור כיום שדיון בסוגית משאב סביבה, צריך לעסוק גם בערכו הכלכלי, כדי לשקף את האינטרס הציבורי, ולא רק זה של שימושי קרקע בו ולצדיו. מיקוד העבודה בתועלות השימושים הסמוכים (עד כה), נבעה מרצון להשוות את הגישות ב'מגרש' זהה, ולא בזה המחלק מיד תומכים ומתנגדים ל'ירוקים' ושאינם כאלה. לאחריה, יש מקום לדון גם בתועלות הכלכליות של נחל 'משוקם', הנחלקות לשלוש סוגים עיקריים:

- א. תרומות הנחל המשוקם וסביבתו **כמערכת אקולוגית לאדם** (שירותי מערכת).
- ב. תועלות בגין **שימושי פנאי/נופש/תיירות** הנשענים על הקרבה לנחל המשוקם.
- ג. **עליית ערך** שימושי קרקע (ובעיקר ובמובהק - נדל"ן) סמוכים לנחל המשוקם.
- **שירותי מערכת:** אף שאלו - מסדרון אקולוגי, קליטת מזהמים, טיהור מים, מניעת נגר וכו' וכו' - אולי החשובות בתועלות (גם כלכלית) הן לא נכללו בהשוואת הגישות, שהתמקדה בתועלות הניתנות למימוש במונחי תזרים (cash-flow) ותקציב טיפול בנחל.



● **עליית ערך נדל"ן:** לעומתן, עליית ערך נדל"ן שניתנת לכימות ומיסוי לצורכי הנחל, ראוייה להיכלל בהשוואה. פרק 4 מציג הערכה זהירה למזרח יבנה. על פיה פוטנציאל עליית ערך הנדל"ן 150 מיליון ש"ח, שיכול בתכנון נכון 'לשאת' בעלות שיקום מקטע זה.

● **פנאי/נופש וכו':** בעבודה מוצגת סקירת השימושים המוצעים לאורך הנחל על בסיס תוכנית המתאר, שהתוותה פיתוח זהיר ואקסטנסיבי. פוטנציאל הביקוש להם 1/או עסקים אחרים שיקומו לצד הנחל (כיום ההיצע זניח) - נאמד ע"פ עבודות קודמות בכ20 מיליון ש"ח בשנה.

לשם איזון, ואף שלטעמנו לתועלות הנ"ל משקל חשוב בהשוואת הגישות בכל קטעי הנחל, הן נוגעות יותר לאזורי יבנה וגדרה, בהם לפיתוח פארקים עירוניים בזיקה וצמידות לנחל (כמתוכנן) צפויה השפעה כלכלית חיובית רבה על עסקים סמוכים ונדל"ן סמוך.

5. נקודות לסיכום:

הסדרה הנדסית: כמתואר, ישנה הסכמה גוברת לצורך לצמצם ולמתן שימוש בגישה ההנדסית, שתועלתה נקודתית (במקרה הטוב), ונזקיה מרובים מבחינת האינטרס הציבורי הרחב. אך בשל החסמים שפורטו לעיל, הגישה ההנדסית היא עדיין ברירת מחדל מועדפת. חשוב לכן להזכיר שגם ע"פ מתכנני ההסדרות עצמם - כדאיותן הכלכלית של תוכניות ההסדרה בכל תחום העבודה, 'גבולית', וביתר שאת במקטעים חקלאיים. בנוסף, תוכניות ה'הסדרה' - בפרט במקטע יבנה - לא צלחו, וראוי היה לבחון להם פתרונות חליפיים.

גישת השיקום: לגישה יתרונות אקולוגיים והידרולוגיים רבים והיתכנות כלכלית במתווה תכנון שהוצע. ככזו, היא חלופה ראוייה לגישה ההנדסית. חולשתה ביכולתה "לשכנע" שיש בה מענה לנזק 1/או לתביעות נזק של משתמשי קרקע ליד הנחל, ובצורך להפקיע קרקע עבורה (הפקעה היא לעולם תהליך מורכב) שמקשה על מימון ואישור תוכניות שיקום. לכן, וחרף יתרונותיה - יישומה קשה. יש למצוא דרכי יישום ומימון, כהתרת שימוש חקלאי 'רך' בסמוך לנחל או הפקעה כחלק משיקום נחל בפארק אזורי (שקבעה כמובן תוכנית מתאר). כך ניתן יהיה לפשט ולממן את ההליך, ולשלב בין שיקום הנחל לתועלות הציבור ממנו.

תועלות נחל: נחלים אלובראליים רבים בארץ הופרו, זוהמו, 'הונדסו' והפכו למטרד, באופן שגרם להשכיח את תועלתם הרבה - כמוצג במסמך בהרחבה. גישת השיקום חותרת להשיב לנחל לפחות חלק מערכים אלו, שמצידם - מהווים יתרונות הנזקפים לזכותה.

אף שלטעמנו ברור, שגישת השיקום משקפת טוב יותר את האינטרס הציבורי - קיים לא פעם מתח מובנה בין שיקום נחל לתועלות הציבור (לפחות קצרות הטווח) ממנו, המחייבות **פיתוח** ברמה כלשהי. מאידך, תהליך שיחבר וינגיש נחל לציבור (נחל השורק לא נתפש נגיש ומוכר מספיק) הוא גם הזדמנות; מעין 'מתכון' לקידום גישת השיקום והתוכניות לשיקום, שסייע ולו במעט לשחרר את ה'חסמים' בדרך ליישום הגישה במקטעי נחלים.

1 למשל: בפרק הסיכום יש טבלה המראה כיצד הנחת "קיים" 15 שנה (ולא 30 כפי שהונח בתחשיבי המתכנן) - היתה הופכת את הסדרת שלושת מקטעי השורק לבלתי-כדאית כלכלית.



1.1. רקע לעבודה

חוק הניקוז מ-1957 הסמיך את שר החקלאות להקים רשויות ניקוז ולקבוע את תחומי הניקוז שבאחריותן. בעקבות החוק, הוקמו מעל 20 רשויות ניקוז שפעלו כמעין גוף מבצע של הרשויות המקומיות במשך יותר משלושה עשורים. שיטפונות חורף 1992 ונזקיהם הבהירו קיום של כשלים בניהול הניקוז, שנבעו בעיקרם מתפיסת תכנון 'צרה' שלא נכללו בה שיקולים של כלל אגן היקוות הנחל, ולא הובאו בחשבון כלל משמעויות השינוי הגדול ביחס שבין שטחים פתוחים לאזורים מבוזנים בישראל.

בעקבות זיהוי הכשלים וניתוח הבעיות, בוצעה ב-1996 חלוקה מחדש של כלל שטח ישראל ל-10 רשויות ניקוז על **בסיס אגני היקוות**, וללא קשר הכרחי עם גבולות הרשות המקומית (חיפה, למשל, ששכונותיה העיליות מהוות 'קו פרשת מים' - נחלקת לשתי רשויות ניקוז). אף שהבסיס נותר חוק הניקוז, הלכה והוטמעה ראייה שונה של ניהול מים ושל מבט כולל על אגן ההיקוות, ואלו אכן הביאו לשיפור עבודת הניקוז ברוב הרשויות.

אלא שגישת **הבסיס אל 'הסדרת' הנחל**, כנגזר משמה, נותרה על פי רוב כשהייתה, קרי: הנחל כמקור לא-אכזב לנזקים ולמטרדים שיש 'להסדיר' (ע"י אמצעים הנדסיים בעיקרם) ולהביא לזרימתו המהירה והבטוחה ככל הניתן, עד שפכו.

השינוי התפיסתי העמוק בעשור האחרון בגישה למשאבי סביבה בכלל ולנחלי הארץ בפרט, קיבל ביטוי בתקנות, צווים ותוכניות אב ומתאר. אמנם כבר **חוק נחלים ומעיינות** מ-1965 הגדיר את סמכויות רשות נחל וקבע בין השאר כי הרשות אחראית ל"שמירת הנוף ומתנות טבע לאורך הנחל", אך בפועל, משך כשלושה עשורים, לא הייתה להנחייתו משמעות רבה. **צו רשויות נחלים ומעיינות** (הוראת שר לאיכות הסביבה, 2003) שהטיל את תפקידי רשות הנחל על רשות ניקוז, ביטא את הצורך להתייחס להיבטי הסביבה בפעילות רשויות ניקוז. עם זאת, רשויות ניקוז מוסיפות לראות בפעילות הסדרת הנחל את עיקר פעילותן, וההיבט הסביבתי נתפש משני להגנה על שטחי חקלאות ושימושים אחרים ליד הנחל. ניתן אף לומר שיש סתירה מובנית בין רוח הצו לחוק הניקוז, שכאמור נותר בעינו ובחשיבותו.

יש צורך לפיכך לבחון את גישת **ה'הסדרה'** עצמה. רשויות ניקוז נוקטות בדרך כלל בגישה **הנדסית** להגברת כושר הולכת הנחל, ועושות שימוש נרחב בפעולות כעבודות עפר, ביטון, יישור פיתולי הנחל וכיו"ב עבודות שתכליתן שיפור ההולכה ומניעת הצפות. גישות טיפול אחרות שהתפתחו בעולם חותרות **לפיתוח מופחת בנחל וסביבתו** לשם מניעת הפרת האיזון האקולוגי וההידרולוגי. גישות אלו גורסות שגם אם לגישה ההנדסית תועלת בטווח מיידי, נזקי פעולות ההסדרה שלה רבים בטווח הארוך יותר.

עבודה זאת עוסקת בשני 'סוגי' גישות טיפול אלו. העבודה בוחנת את הגישה המסורתית, ומולה, את גישת השיקום האקו-הידרולוגיות. ההבדלים קשורים כאמור למגוון היבטים, אך עבודה זו מתמקדת בהיבט הכלכלי, באופן שיוסבר ויוצג להלן.

בחינת הנושא במסמך זה מבוצעת בנחל שורק. לאורך נחל שורק ישנם מקטעי נוף שונים המגדירים טיפוסים זרימה שונים, ודמות הסדרה מגוונת, שיאפשרו לבחון באופן פרטני את חלופות ההסדרה השונות.



מטרת העבודה

כאמור, הצגה והשוואת שתי גישות הטיפול בנחל. המסמך שלהלן מתמקד בהיבט הכלכלי.

שיטה ושלבי העבודה

חלק א' יעסוק בבחינת שתי הגישות. ייבחנו עלויות הטיפול על פי שתי הגישות, וכן עלויות הנוקים הצפויים (לחקלאים בעיקר) כנגד משתי גישות הטיפול בנחל.

חלק ב' יסקור את נושא תועלות הנחל, יאפיין אותן כנגד מגישת השיקום וכן יציג טווח אומדן ראשוני למשמעותן הכלכלית, לפי כלכלת הסביבה.

לסיכום יוצג מתווה תכנון עקרוני בנחל שורק, ופרק סיכום.

לשם בחינה פרטנית של גישות ההסדרה ומשמעויותיהן, נבחרו כמה מקטעי נחל המייצגים 'טיפוס' נוף וזרימה שונים (ראה תיאורם בסעיף הבא ובפרק הבא).

שלבי העבודה העיקריים, הם:

פרק 2 הסדרה הנדסית: הפרק מאפיין את הגישה ומפרט את תוכניות ההסדרה בנחל שורק ואת עלותן. בחלקו השני מוצגים אומדני התועלת (הפחתת הנוק), ולאחר מכן מוצגת השוואתם לעלויות ההסדרה בכל מקטע - בחינת 'כדאיות' ההסדרה.

פרק 3 גישת השיקום "האקו-הידרולוגית": הפרק מאפיין את הגישה החלופית, המוגבלת הרבה יותר בהתערבותה, ואומד את עלויותיה. בחלקו השני, על בסיס עקרונות הגישה - מוצגים אומדני התועלת וההשוואה לעלויות (בחינת כדאיות הגישה).

פרק 4 היבטי הסביבה: הפרק הרביעי עוסק באפיון התועלות הסביבתיים כנגד מגישת השיקום, ומציג טווח אומדנים ראשוני למשמעותן הכלכלית.

פרק 5 תכנון עקרוני: פרק החמישי מציג תכנון עקרוני לטיפול במקטעי הפיילוט בגישת השיקום, ובוחן את ההיתכנות הכלכלית, כשלעצמה, ובהשוואה לגישה ההנדסית.

פרק 6 סיכום: הפרק השישי מזכיר ומסכם את עיקרי הממצאים בפרקי העבודה לעיל, ומציג את עיקרי משמעותם ביחס להמשך.

1.2. נחל שורק

1.2.1 כללי - תיאור הנחל ואגן ההיקוות

נחל שורק הוא מהארוכים בנחלי הארץ, כ-65 ק"מ. ראשיתו בהרי ירושלים, משם הוא יורד לבית שמש, בואכה השפלה ומישור החוף ונשפך מצפון לקיבוץ פלמחים. ככזה, הוא מהווה ציר חשוב במערך השטחים הפתוחים בלב הארץ. סך שטח אגן היקוות הנחל כ-700 קמ"ר, ונכללים בו ערים וישובים רבים: ירושלים, בית שמש, רחובות, נס ציונה, יבנה, גדרה ועוד. על יובליו העיקריים נמנים הנחלים: רפאים, עטרות, זנוח, כסלון, ישעי, הראל, תמנה, יבנה וגמליאל. כיוונו העיקרי מזרח-מערב ורוחב אגן ההיקוות שלו 10 - 15 ק"מ.

הרום הטופוגרפי של הנחל מתחיל מכ-900 מ', יורד לכ-300 מ' בבית שמש, כ-200 מ' בצרעה, כ-100 מ' בטל שחר/יסודות, כ-50 מ' בגדרה וכ-30 מ' ביבנה, ומשם לשפך. יובלי הנחל זורמים באזור ההר בגאיות צרים עמוקים ומפותלים, ובמהירות גבוהה יחסית בשל שיפוע האפיק. הזרימה מתמתנת



במעבר לשפלה עם הקטנת השיפוע, ומלווה בד"כ בחתכי זרימה רחבים. ממערב למסילת הרכבת וכביש 6, האפיק שב להיות צר עמוק ומפותל ועקב כך נגרמו בעבר הצפות בסמוך לו וקיימת תופעת סחיפה בערוצים בכמה אזורים.

המים הזורמים בנחל הם מי נגר, שפכים מטוהרים מהמט"שים לצדו - ירושלים, בית שמש ויבנה - ומי שיטפונות. לפי פרסומי המשרד להגנת הסביבה,² איכות המים במיטבה באזור יסודות (מי נביעות מהולים קולחים), ובעייתית באזור יבנה ומערבה בשל איכותם הירודה של קולחי יבנה המזורמים אליו עדיין. ביחס לכלל נחלי הארץ איכות המים (ע"פ המשרד להגנת הסביבה, כנ"ל) בינונית, אם כי ללא הרעה בשנים האחרונות.

טופוגרפית, לנחל שלושה חלקים עיקריים:

- האזור ההררי, בין ירושלים ובית שמש, המהווה כ-40% מכלל שטח האגן.
- אזור שפלת יהודה, שבין בית שמש ליסודות, המהווה כ-30% משטח האגן.
- אזור המישור, ממערב ליסודות ועד שפכו לים, המהווה כ-30% משטח האגן.

עבודה זו עוסקת רק בקטע השפלה והמישור - מבית שמש עד לשפך - 45 ק"מ בסה"כ. את כלל השטח שבו עוסקת העבודה ניתן לחלק ראשונית ל-4 חלקים:

א. בית שמש - יסודות: כ-18 ק"מ.

ב. יסודות-גדרה (כביש 40): כ-9 ק"מ.

ג. גדרה-יבנה (כביש 410): כ-6.5 ק"מ.

ד. יבנה (כביש 410) - השפך: כ-12 ק"מ.

הסעיף הבא מתאר בקצרה את מסלול הנחל ושימושי קרקע לאורך האזור הנבחן בעבודה, בדגש על המקטעים בהם עתידה העבודה להתמקד.

1.2.2 נתיב הנחל ושימושי הקרקע לאורכו

א. בית שמש - יסודות: הנחל עובר בשטח חקלאי פתוח של גז"ש ומטע ואינו סמוך לאזור מבונה. הוא נחצה ע"י כביש הכניסה לצרעה, מסילת לוד-ירושלים וכביש 3 (3 פעמים). היוכלים העיקריים הנשפכים אליו הם: נחל ישעי, נחל הראל ונחל שחם.

ב. יסודות - גדרה (חציית כביש 3 עד כביש 40): שטח חקלאי (גז"ש ומטע) להוציא קטע בחוות 'זרעים גדרה' בו הנחל צמוד לאזור בנוי וחממות (תב"ע קיימת). קרבה לבתים יש גם בפניה דרומית של קדרון (בית קיצוני כ-70 מ' מהנחל). במקטע זה הנחל נחצה ע"י מסילת הרכבת וכביש 6. היוכל העיקרי הנשפך אליו הוא נחל תמנה.

ג. גדרה - יבנה: לאורך כ-6.5 ק"מ עד כביש יבנה-רחובות (410) הנחל סמוך אך לא צמוד למושבי גדרות, מושב בניה ומושב בית גמליאל, ועובר בין שטחי שדות ופרדס.

ד. יבנה - שפך: בחלק ראשון הנחל צמוד לאזור הבנוי ביבנה, כפר הנגיד ואת יבנה והיוכל הנשפך אליו הוא נחל יבנה. משם עד החיבור לנחל גמליאל (כ-3.5 ק"מ) יש בגדת ימין שטחי גז"ש, ומשמאל שטח בור ואקליפטוסים. משם זורם הנחל בשמורת טבע ושטחי חולות. בחלק זה הנחל סמוך לשטח צבאי ומתקן התפלה, ללא סכנת הצפה.

מקטעי נחל לבחינה:

לשם בחינה פרטנית של הגישות ו'יצור' משמעויות ותובנות, נבחרו מכלל אזור הנחל לעיל, 2 מקטעים: **אזור טל שחר** ואזור **יבנה**. המקטעים - הראשון בשפלת יהודה והשני במישור החוף - מייצגים טיפוסי זרימה ומאפייני נוף וסביבה שונים (חקלאי פתוח מול עירוני/כפרי צפוף וכו'). כן מודגמת רמת התערבות שונה של רשות הניקוז ב'הסדרה' קיימת ומתוכננת בהם, ומתאפשרת בחינת הנושא בכמה היבטים. בנוסף, אם כי באופן מוגבל יותר, מובאת בכל פעם גם התייחסות ל"מקטע הביניים" - מקטע הנחל שבין יסודות לגדרה.

צרעה - טל שחר:

מקטע פתוח כפרי בו נזקי ההצפה והארוזיה - באם ישנם - נוגעים לשימוש החקלאי בלבד. מעבר לכך, בתוך מקטע זה קיימים חלקים בלתי-מוסדרים ומוסדרים (בכלל זה בעבודות הסדרה עם נוכחות בולטת בשטח) המאפשרות להדגים את היבטי הנושא.

יבנה - כפר הנגיד:

מקטע עירוני/כפרי צפוף, בו נזקי ההצפה והארוזיה (הקיימים) נוגעים גם לשימושי מגורים ותעשייה. מקטע זה שהוסדר בעבר, אך נראה בלתי-מוסדר (בעיקר משפך נחל יבנה וצפונה), מתאים לבחינת גישות הסדרה חלופיות.

בפרק הבא מובא תיאור מפורט של פעולות ההסדרה לאורך הנחל, בדגש על מקטעים אלו.

2. גישת ה'הסדרה ההנדסית'

2.1. כללי

2.1.1 אפיון הצורך ובחינת הכדאיות

הסדרת נחל נדרשת כשיש צורך להגן על אזור בנוי או רכוש (חקלאי ואחר) וכמובן בחשש לחיי אדם. הצורך נגזר ממצב הנחל, ורמת הנזק העלולה להיגרם בשל מצבו ה'לא-מוסדר'.

בגישה הקיימת, **'הסדרה' היא מפעל הנדסי** (מפעל ניקוז) שמשמעותו **שינוי כושר ההולכה**. מול עלות מפעל הניקוז עומדת תכלית הקמתו, קרי, תועלת הקטנת נזקי הצפה, שיטפונות, ארוזיה וכו'. כלומר בהיבט כלכלי, קטע נחל שעלות 'הסדרתו' (החזר הון שנתי) נמוך משווי הקטנת הנזק - הוא כדאי ל'הסדרה'. אם לדייק - דיוק שלא תמיד אפשרי - תועלת הסדרה נגזרת גם מערך הקטנת התחזוקה השוטפת שתידרש אחר ההסדרה. חישוב **העלות, תועלת והיחס ביניהם**, מאפשר לדרג קטעי הסדרה מבחינת עדיפות ונותן כלי כלכלי בידי מתכננים ומקבלי החלטות - עד כאן התיאוריה (ראה גם תרשים זרימה בעמוד הבא).

הקושי העיקרי ביישום חישוב הכדאיות קשור לצד הנזק שחלקו בעייתי מאד לכימות. כך בנזק הצפת מגורים, בתועלות סביבתיות לסוגיהן - נושא שפרק 4 עוסק בו בהרחבה - וכך וודאי בחשש לחיי אדם. מסיבות אלו ואחרות, החלטה על הסדרת מקטע נגזרת משיקולים נרחבים מההיבט הכלכלי בלבד, ובהם: ייעוד השטח עליו יש להגן, היקף אוכלוסיה/רכוש המושפע מהנזק, בעיית ההסדרה, עלות ההסדרה, ועוד. בהתאם לכך, ניתן להתייחס באופן נקודתי לתוכניות ההסדרה במקטעי השורק השונים.

2.1.2 מצב ה'הסדרה' בשורק

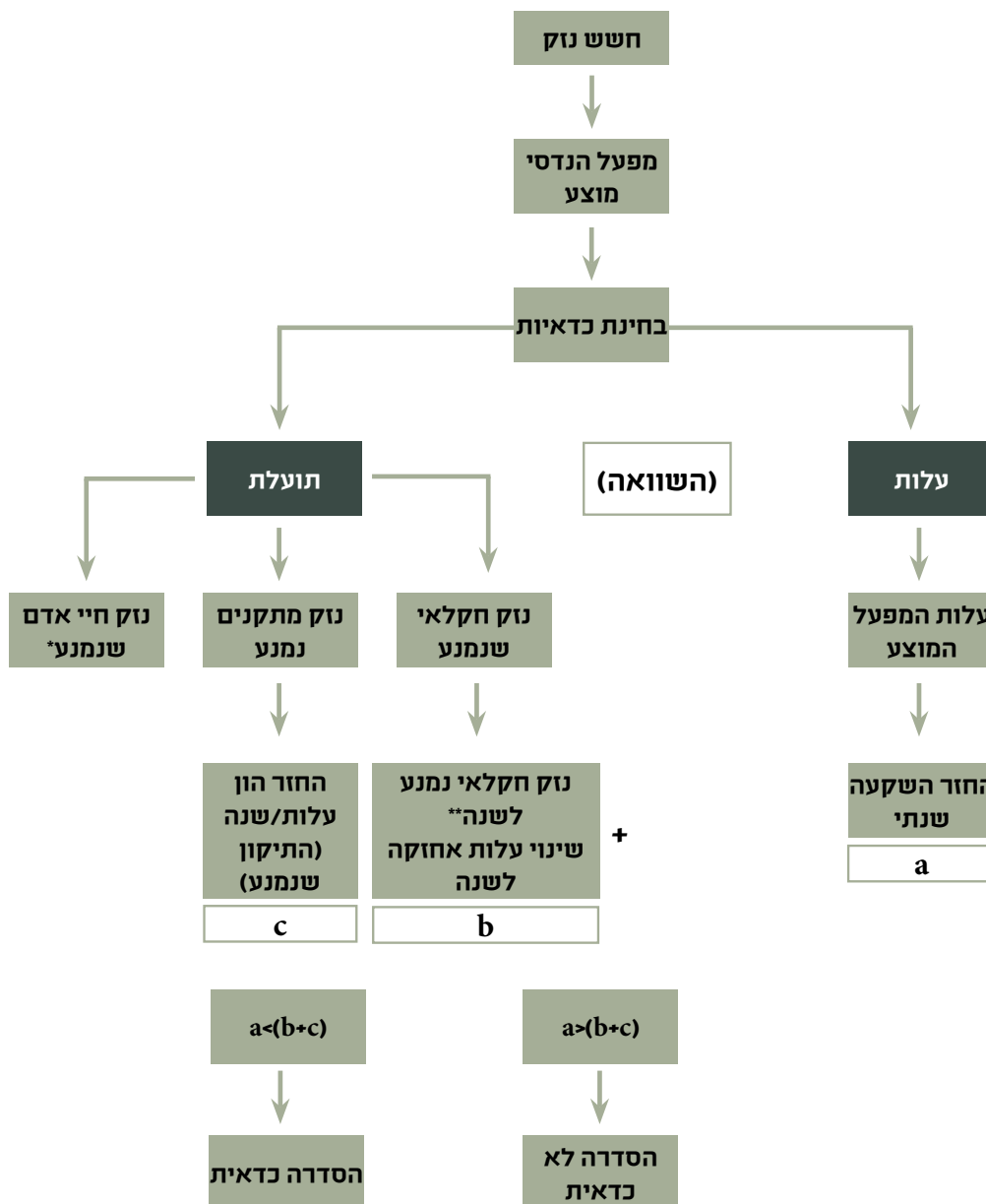
נהקדמה לתיאור מצב ההסדרה, ראינו לנכון לציין את האמור בתוכנית האב לאגן שורק³:

"בהקשר לתיאור מצב קטע נחל שורק כמוסדר או לא, יצוין שקביעה זו נעשתה ע"פ מצב האפיק כפי שניתן היה להתרשם... יתכן שקטעי נחל שהוסדרו לפני שנים מסוגים נעת כבלתי-מוסדרים. בהיעדר תחזוקה נאותה..אפיק חוזר למצב לא מוסדר". במילים אחרות: להסדרה בנחל שורק (כך לפי מתכנני תה"ל) ובפרט בקטע המורדי, ואפילו כזו שבוצעה לפני פחות מעשור שנים - לא ניתן להתייחס כיום כ'הסדרה' אפקטיבית ומספקת.

אפיון חד אף יותר למצב יש בפסקת הסיכום של פרק המסקנות וההמלצות בתוכנית האב. הפיסקה קובעת שלהוציא מקטעים קצרים, נחל שורק ונחלי אגן ההיקוות **אינם מוסדרים**, ואף אם בוצעה בהם הסדרה 'פה ושם' (כך במקור) כיום אין ניתן להבחין בה ויש להתייחס לחלק הארי של המקטעים ולנחלי אגן ההיקוות, כבלתי-מוסדרים כלל.

לסיכום: ניתן לראות שלפחות ביחס לגישת ההסדרה המסורתית, אובחן נחל שורק (ואגנו) בשנת 2005 **כדורש הסדרה כמעט לכל אורכו**. לקביעה זו יש חשיבות, הואיל ותוכנית האב מהווה על פי רשות הניקוז, מסמך חשוב המסייע להנחות את פעילותה מאז כתיבתו.

כדאיות כלכלית להסדר מקטע נחל



* באם נקבע שיש חשש לחיי אדם, נדרשת תמיד הסדרת המקטע
 ** עפ"י תוחלת הנזק, קרי, שקלול הסתברות ושנות חזרת ההצפה - כמוסבר בתחשיב הנזק בהמשך



2.1.3 תחזוקה שוטפת

תחזוקה שוטפת כוללת את פעולות הטיפול בנחל שמבצעת רשות הניקוז, להבדיל מתוכנית 'הסדרה' שהיא מפעל הנדסי חד-פעמי, המתוכנן/מתוקצב/נבחן לגופו. בכלל זה, בעיקר: ניקוי, כיסוח, ריסוסים ופינוי סחף, וכן פעולות נוספות כהכנה לזרימות החורף. העבודה נדרשת לנושא כאן (בקצרה) משני טעמים:

- הסדרה הנדסית דורשת אחזקה לשימור מצב הנחל ה'מוסדר' (ה'לא טבעי') ולכן האחזקה מהווה חלק מהגישה בה עוסק הפרק. קטע 'מוסדר' - משמעו בד"כ יותר פעילות תחזוקה (אם כי לא במקרה הקיצון. הסדרה לתעלת בטון של מקטע שלם, דורשת פחות אחזקה)
- בהמשך לכך: אם ההסדרה הנדסית גוררת שינוי במתכונת האחזקה ועלותה, ערך שינוי העלות, יהיה רלבנטי לבדיקות כדאיות ההסדרה בה עוסק הפרק.

בפועל, קיים שינוי בפעילות אחזקה אחרי הסדרה, אך שינוי העלות קטן בד"כ, וודאי לא כזה שמשפיע מאד על כדאיות הסדרת המקטע. בתוכניות הסדרה - בפרט זו שהפרק ירחיב בה (טל שחר) - אמדו המתכננים את הוצ' התחזוקה כזוהו לפני/אחרי ההסדרה. במקומות אחרים כגון תוכנית הסדרת מקטע יסודות-גדרה, נאמדו הוצאות אחזקה המקטע המוסדר כיקרות ב-50 אלף ש' לאחר ההסדרה (קרי, תוספת כ-5,500 ש' לק"מ נחל 'מוסדר').

עלות תחזוקה שוטפת לק"מ נחל

● בדרישות תקציב רשות **ניקוז שורק** 2009 (ראה נספח 2), הסכום הנדרש לאחזוקת הנחלים ארציים היה 1.5 מיליון ש'. סך אורך נחלים אלו - לכיש, שורק, יבנה וגמליאל - כ-150 ק"מ, קרי, עלות אחזקתם השנתית נאמדה ע"י רשות הניקוז **בכ-10,000 ש'/ק"מ נחל**.

● רשות ניקוז ירקון העבירה לרשות נחל ירקון ב-2009, 250 אלף ש' לתחזוקת 28 ה-ק"מ שלו. כלומר כ-**9,000 ש'/ק"מ נחל בקירוב**. תקציב תחזוקת כלל נחלי הרשות שסך אורכם כ-450 ק"מ, עמד ב-2009 על 2.7 מיליון ש'/שנה, כלומר כ-**6,000 ש'/ק"מ נחל בממוצע**.

● מתכנני תה"ל אמדו את עלות האחזקה לשנה למקטע המוסדר יבנה-נחל גמליאל (כ-5 ק"מ) ויסודות-גדרה (כ-9 ק"מ) ב-51,000 ש' ו-100,000 ש' בהתאמה. הוצ' האחזקה חושבו על בסיס אחוז מעלות עבודות עפר ועבודות נוספות בהסדרה. על פי אורך מקטעי ההסדרה, ובמונחי המחיר היום, פירוש הדבר עלות שנתית **12,000-14,000 ש'/ק"מ נחל**.

לפי מקורות אלו, עלות התחזוקה השוטפת נעה בטווח של **5,000-15,000 ש' לק"מ/שנה**.

מובן שיש שונות רבה בעלות אחזקה בין קטעים, אך זה סדר הגודל. ככזה, הוא אינו רכיב מכריע בכדאיות הסדרת מקטע. חשיבותו יותר בצד האקולוגי ובפעולות שנויות במחלוקת, ככיסוח צמחייה מייצבת ועיקור גדות בהדברה, המבוצעות לשמירת מצב 'מוסדר'. בתחום זה נעשות בשנים אחרונות פעולות גופים 'ירוקים', לפיקוח ואיוון פעילות רשויות הניקוז.

2.2. פירוט תוכניות ההסדרה ועלותן

2.2.1 כללי

להלן מפורטות כסידרן תוכניות ההסדרה לאורך קטע העבודה, מבית שמש ועד השפך לים. בכל אחת מצוין מצב התוכנית (בוצע, 'תקוע' וכו'). תוכניות אלו - כלליות ומפורטות - היוו את הבסיס להסדרות שבוצעו (בעשור האחרון) בנחל, וההסדרות המתוכננות בו, והן גם שמהוות את הבסיס לתיאור ההיבט הכלכלי בפעילות ההסדרה, כפי שמוצג בהמשך הפרק. חשוב להדגיש כמה נקודות ביחס לתוכניות מפעלי ההסדרה:

- באופן מובן, אומדני עלות ואף כתב כמות בתוכנית מפורטת, משתנים לפני/תוך כדי ביצוע. אין בידינו (וספק אם יש) נתונים מדויקים לעלויות ההסדרה בפועל, משום שאלו הופסקו לא פעם מסיבות שונות, נמשכו ע"פ זמן, הועברו מתקציב למשנהו וכו' וכו'.
- ישנם מקטעי נחל, ובפרט מקטע יבנה/כפר הנגיד, שבתוך עשור הוסדרו יותר מפעם אחת. סקירת התוכניות להלן מתייחסת לכך.
- ישנן הסדרות 'נקודתיות' שמבצעת רשות הניקוז שלא כלולות בתוכניות הסדרה 'רשמיות'. עשינו ניסיון להתייחס להסדרות 'נקודתיות' אלו בסקירה.
- לעניין העבודה יש לעיתים יתרון **בבחינת התכנון הכללי** (ולא מפורט) משום שהוא שמשקף את צומת ההחלטה לגבי הכדאיות הכלכלית (ו/או האחרת) של מפעל ההסדרה.

2.2.2 כביש 38 - יסודות

תוכנית תה"ל דצ' 2002/פב' 2003 (תכנון כללי). עסקה בכל הקטע, להוציא 3 ק"מ באזור 'מחפרות צרעה' בו יש תוכנית (לא מאושרת) להטיית הנחל, כפי שיפורט בהמשך. התוכנית התייחסה לכלל הקטע כבלתי-מוסדר, וקבעה את הטיפול הנדרש לכל מקטע בו.

© **כביש 38 עד 'מחפרות צרעה':** במקטע זה התוכנית קבעה שאין סכנת נזק הצפה לשטחים ומבנים שתחייב הסדרה. עם זאת ובשל מהירות זרימה גבוהה וחשש מה לארזיה הומלץ על ייצוב נקודתי לנוקי חתירה וייצוב האפיק, בפרט בכניסת נחל ישעי ונחל כיסלון. **סך אומדן העלות: 230,000 ש"ח.** שוב, אין תוכנית הסדרה.

לביא - נטיף ינואר 2009, תוכנית מפורטת (לא מאושרת).

© **מחפרות צרעה (3 ק"מ):** תכנון מ-2002 להטיית השורק דרומה, עד סמוך למסילת הרכבת, לשם פינוי מקום למאגרים בין מאגר צרעה ב' וא' (פלאי), ולתגבור מפעל 'מי הרי יהודה'. החברה להגנת הטבע **מתנגדת נחרצות** לתוכנית. לעניין העבודה מודגש, שכדאיות התוכנית **לא נבחנת** מול אומדן נזקי הנחל, אלא קשורה רק לתועלתה **כמפעל מים ארצי**.

ב-2009 הוגשו 5 חלופות לוועדת השיפוט (פלטות אבן, הידרוטקס, מפלים, אבנים שקועות בבטון וכוורות). עלות ה'כוורות' עליהן המליץ המתכנן 7 מליון ש"ח. התקבלה המלצת רט"ג לחלופה 'ירוקה' יותר, הידרוטקס, שעלותה כ-4.4 מלש"ח (ראה הסבר בפרק 3).

משיחה באגף הניקוז עולה שאף שנעשו הכנות לביצוע, אין גורם ש'ידיים' את התוכנית לפני שיושג מימון להקמת מאגרים. לפיכך, להערכת אגף הניקוז, ביצוע ההטייה אינו על הפרק. מבחינתם, אין גם דחיפות לכך, ואין צורך בהסדרת הנחל במקטע זה.

המשך על פי תוכנית תה"ל, מדצ' 2002 / פב' 2003 לעיל.



המשך התכנון נחלק ל-2 קטעים: מאגר פלאי-טל שחר (כ-5 ק"מ) ומשם ליסודות (כ-5.7 ק"מ) אומדן עלות הסדרת הראשון כ-5.3 מיליון ש"ח, והשני כ-6.6 מיליון ש"ח כמפורט.

● **מאגר פלאי - גשרון טל שחר:** התוכנית קבעה שיש צורך בהסדרה מקיפה בשל מהירויות הזרימה שבשילוב עם עקומות חדות יצרו חתירה מוגברת ואפיק לא יציב. היא כללה תכנון ייצוב הנחל בעקומות, בכניסת נחל הראל, ובניית מפלים ומתקני כניסה. **סך אומדן העלות כ-5.3 מיליון ש"ח.** זה מקטע בו התמקדה העבודה ולכן אומדן עלותו מוצג בשלמות בדף הבא כבסיס להשוואה לאומדן תועלת הסדרתו, כמוצג בסעיף הבא.

בפועל, מצב הסדרת מקטע **מאגר פלאי - גשרון טל שחר** הוא כמפורט בתמצית להלן:

- **מאגר פלאי - תל בטש:** יש תכנון (תכנית מפורטת לא מאושרת), אך ממילא אין כוונה להסדיר את תת-מקטע זה (לדברי אנשי אגף הניקוז)
- **תל בטש - נחל הראל:** קטע מעבר, הסדרה 'נקודתית' בכניסת נחל הראל.
- **נחל הראל - גשר טל שחר:** קטע קצר שהוסדר.
- **טל שחר - יסודות:** כמצוין לעיל, אומדן עלות הסדרת כל המקטע היה כ-6.6 מיליון ש"ח. להלן מספר הערות לגבי מצב ההסדרה במקטע וסיבותיה:
- **טל שחר - כביש 3:** קטע שההסדרתו (ובפרט האמפי') - שנויה במחלוקת. אגף הניקוז מדגיש של'אמפי' אין קשר אליו, ושהוא נטול משמעות ביחס למפעל הניקוז.
- **מעבר כביש 3:** בוצעה העמקה והסדרה של הנחל בגלל מעבר הכביש.
- **קטע אחרון:** חשש הצפה לבסיס הצבאי. ההסדרה (הנדרשת) לא בוצעה, בשל הקרבה.

סך אומדני עלות תוכניות הסדרת קטע בית שמש - יסודות (כ-18 ק"מ):

- עד מחפורת צרעה 230,000 ש"ח
- פלאי - טל שחר 5.3 מיליון ש"ח
- טל שחר - יסודות 6.6 מיליון ש"ח
סה"כ אומדן כ-12.1 מיליון ש"ח

אומדן עלות הטיית שורק (מחפורת צרעה) כ-4.4 מיליון ש"ח
סה"כ אומדן הסדרה בית שמש - יסודות כ-16.5 מיליון ש"ח

אומדן עלות הסדרת קטע מאגר פלאי - טל שחר (כ-4.9 ק"מ)

מתוך תכנון כללי תה"ל 2002

מרכיב עלות	יחידה	כמות	עלות ליחידה	סה"כ עלות
עבודות הכנה ועפר				
הכנת שטח, הריסת מבנים	כל המקטע	1	5,000	5,000
עקירת עצים וסילוק פסולת	יחידה	50	200	10,000
חישוף	מ"ר	45,000	2	90,000
חפירה לתעלה	מ"ק	108,000	6	648,000
מילוי מהודק עם עפר מקומי נברר	מ"ק	36,000	4	144,000
מילוי מהודק עם עפר מובא נברר	מ"ק	1,500	15	22,500
מילוי במצע סוג א' מהודק	מ"ק	500	60	30,000
סילוק עודפי עפר	מ"ק	56,000	2	112,000
עבודות ייצוב האפיק				
ייצוב הנחל המוסדר עם צמחייה מבוקרת	מ"ר	87,000	6	522,000
ייצוב הנחל המוסדר בעקומות חדות מ-60 מעלות	מ'	290	1,300	377,000
ייצוב הנחל המוסדר בעקומות חדות מ-40 מעלות	מ'	240	2,400	576,000
ייצוב הנחל בסביבת כניסת נחל הראל	יחידה	1	25,000	25,000
מבנים				
מפל של 2.0 מ' כולל אגן שיכוך	יחידה	5	175,000	875,000
מפל של 1.8 מ' כולל אגן שיכוך	יחידה	2	155,000	310,000
מפל של 1.6 מ' כולל אגן שיכוך	יחידה	2	135,000	270,000
מתקני כניסה של נחל הראל	יחידה	1	26,000	26,000
מתקני כניסה של תעלות ניקוז משניות	יחידה	2	18,000	36,000
מתקני כניסה מהגדות	יחידה	15	15,000	225,000
מעבר אירי	יחידה	3	18,000	54,000
עבודות שונות				
טיפול בתשתיות	כל המקטע	1	50,000	50,000
התחברות זמנית לנחל במעלה ובמורד הקטע	כל המקטע	1	5,000	5,000
סה"כ עלות עבודות				
				4,412,500
תוספת בגין עבודות בצ"מ (20%)				
				882,500
סה"כ אומדן עלות משוערת (לפני מע"מ)				
				5,295,000

2.2.3 "מקטע הביניים" יסודות - גדרה (עד כביש 40)

● תוכנית תה"ל מאוגוסט 1998 (תכנון כללי) לכל הקטע - כ-9 ק"מ.

תכנון הסדרה מקיף שכלל מרכיב של הפקעת קרקע (70 דונם, כ-900 אלף ש"ח) חפירה ומילוי (כ-2 מיליון ש"ח) מפלים (כ-2.2 מיליון ש"ח) מתקני כניסה (כ-1 מיליון ש"ח) ודישוא (כ-2 מיליון ש"ח). סך אומדן עלות ההסדרה למקטע כ-11 מיליון ש"ח (ראה אומדן במלואו בנספח ו).

בפועל, מצב ההסדרה במקטע זה הוא כדלהלן:

- **כביש 3 עד כביש 6** (כ-2 ק"מ): הוסדר רק באזור חציית כביש 6, ובשל עובדה זו.
- **כביש 6 עד נחל תמנה** (3 ק"מ). הוסדר לפני מעל 20 שנה אך לא עקב התוכנית לעיל.
- **כניסת נחל תמנה**: הסדרה (שיפוע הפוך וכו') לא מוצלחת. לא צפויה אחרת בקרוב.



- **נחל תמנה - כביש 40 (כ-3.5 ק"מ):** בוצעה הסדרה לפני מעל 20 שנה. לדברי אגף ניקוז ישנן בעיות ונקודות המצריכות הסדרה, אך לא צפוי ביצוע בעתיד הקרוב.

2.2.4 גדרה (כביש 40) - יבנה (כביש 410)

● **תוכנית תה"ל ממאי 2000 (תכנון כללי) לחלק הראשון של מקטע זה.**

- **כביש 40 עד בית גמליאל (3 ק"מ):** סך אומדן עלות הסדרת מקטע זה 1.9 מיליון ש"ח (ראה אומדן מלא בנספח): חפירה לעיצוב תעלה טרפזית (300 אלף ש"ח), חישוב ומילוי (200 אלף) מתקני כניסה, מבנים והתחברות למפל קיים בניה (500 אלף ש"ח) וייצוב צמחי (500 אלף). **בפועל, ההסדרה לא בוצעה ואינה מתוכננת לביצוע.**
- **בית גמליאל - יבנה (כ-2.5 ק"מ):** התוכנית לעיל אינה כוללת את מקטע זה, בו לדברי אנשי אגף הניקוז לא בוצעה הסדרה, להוציא טיפול נקודתי בקטע בין מסילת ברזל לכביש 410. יצוין שבקטע זה הערוץ כבר אינו טבעי, אלא 'יושר' בעבר.
- גם **נחל גמליאל** הזורם מקביל לשורק לכל אורך קטע זה, **עבר הסדרה בעבר**, אף שגם אותו הגדירה תוכנית האב של תה"ל (מ-2005) כמצריך הסדרה נוספת.

2.2.5 יבנה (כביש 410) - השפך לים

- במקטע הראשון עד כביש 42 (כ-1.5 ק"מ) בו הנחל צמוד לשכונות מזרח יבנה, **אין תוכנית הסדרה** ובוצעה תחזוקה בלבד. **אין תוכנית הסדרה** גם בקטע הבא - מכביש 40 ועד כניסת מובל נחל יבנה (כ-1.1 ק"מ) - בו מפריד הנחל בין יבנה למושב כפר הנגיד.

● **תוכנית תה"ל ממאי 1998 (תכנון כללי) מכניסת המובל עד נחל גמליאל.**

- תוכנית הסדרת המקטע הבא (כ-5 ק"מ). התוכנית התייחסה לסכנת הצפות מבני תעשייה, מגורים, ושטח חקלאי. לגבי חשש לחיי אדם, נקבע שיש כזה, ולכן אף שכדאיות ההסדרה הכלכלית גבולית (ראה בהמשך) - ישנו צורך להסדיר את המקטע לפי הנחיות אגף הניקוז. אומדן עלות ההסדרה כלל מרכיב הפקעה (85 דונם, כ-1.1 מיליון ש"ח), חפירה (כ-1.1 מיליון ש"ח) חיפוי ודישוא (כ-1.5 מיליון ש"ח) עלות ביטון (כחצי מיליון ש"ח) ועוד. **סך אומדן העלות היה 5.32 מיליון ש"ח** (ראה האומדן במלואו בנספח ו).

בפועל, בוצעו/בוצעו במקטע זה שהוא מורכב ובעייתי, הפעולות הבאות:

- העמקת ערוץ ויצוב צמחי מכניסת מובל נחל יבנה, לאורך א.ת. יבנה (1,200 מ'). **תכנון לביא נטיף**. אומדן עלות 900,000 ש"ח. עיריית יבנה התחייבה לביצוע בקרוב, כחלק מפרויקט נחל יבנה, ולשם מניעת הצפות באזור שפכו של המובל לנחל שורק.
- מכאן עד חיבור נחל גמליאל **בוצעה הסדרה חלקית** בשל בעיית תקציב והתנגדות 'ירוקים' (כך ע"פ אגף הניקוז). בוצעו רק כמה תיקונים נקודתיים והסדרה חלקית בגדה המזרחית. בדיעבד, הסדרה לא מוצלחת.
- מסיבה זו ולאחר שנקבע שיש להסדיר מחדש, בוצעה ב-2008 הסדרה לפי תכנון **"דרום" מהנדסים יועצים**. הוצע תחילה שימוש בפלטות 'ספנקריט' ממפעל פלמחים הסמוך **בעלות 3.2 מיליון ש"ח**. החלופה נדחתה ובמקומה בוצעה חלופת שבירי אבנים ובטון שקועים בבטון, בעלות שנאמדה ב-**2.6 מיליון ש"ח**. לדברי המתכנן, הקבלן ביצע את הייצוב באופן חלקי

וכושל, ולא השתמש בחומרים שנקבעו ובאופן המומלץ, ובפרט בחיבור אל נחל גמליאל. בפועל, המקטע נראה כיום (כשנתיים אחרי) כבלתי-מוסדר.

תוכנית תה"ל מדצמבר 2001 (תכנון כללי). מהחיבור לנחל גמליאל - עד הים.

- התוכנית **קבעה שלא צפוי נזק המצדיק הסדרה**. וגם אם צפויות הצפות במקטע הנכלל בגן הלאומי, הסדרה תפגום בערך הנופי. המלצות הטיפול נגעו לכן לנקודות הקשורות לשיקום נופי וניסוח הגבלות/הנחיות בניה ליד הנחל. בפועל, בוצעה הסדרה נקודתית במעבר כביש 2, בגשר בכביש 430, ועבודות במסגרת מנהלת הנחלים ("אי", "גשרון" וכו'). ע"פ בדיקת אגף הניקוז לאחרונה, אין חשש לנזק למפעל ההתפלה הסמוך ו/או נזק אחר.

2.2.6 ריכוז תוכניות הסדרה

לסיכום מוצגת טבלת תוכניות מפעלי הסדרה בעשור האחרון בנחל שורק בתחום העבודה. יצוין שכמובן שקדמו להן הסדרות ישנות ו/או 'נקודתיות' שלא נכללות בטבלה.

תוכניות ההסדרה בנחל שורק, כביש 38 - שפך לים

מקטע כללי	תוכנית	אומדן עלות תוכנית	בפועל
38 - טל שחר	תה"ל 2002	5.5 מיליון ש"ח	בוצע בחלקו על פי הפירוט לעיל
טל שחר-יסודות	תה"ל 2003	6.6 מיליון ש"ח	בחלקו כנ"ל. דרוש שיפור ליד בסיס צה"ל
'מחפורת צרעה'	לביא/ נטיף 09	4.4 מיליון ש"ח	ביצוע קשור למפעל מים ארצי ולא הסדרה
יסודות - גדרה	תה"ל 1998	כ-5 מיליון ש"ח	בוצע רק באזור חציית כביש 6
גדרה - בניה	תה"ל 2000	2 מיליון ש"ח	לא בוצע, ולא צפוי להתבצע
יבנה - נ. גמליאל	תה"ל 2000	5.3 מיליון ש"ח	בוצע. וכן קיים תכנון לביא-נטיף לייצוב צמחי. סך עלות תוכניות כ-9 מיליון ש"ח
	"דרום" 2008	2.6 מיליון ש"ח	
נ. גמליאל - שפך	תה"ל 2001	עד 0.5 מיליון ש"ח	ביצוע 'נקודתי'. ולא מפעל הסדרה
סה"כ בלי 'מחפורת'		33.5 מיליון ש"ח	כ-34.5 מיליון ש"ח עם תוכנית לביא-נטיף

2.3. אומדן עלות נזקי ההצפה

2.3.1 הסבר כללי

חישובי הנזק ששימשו לצורך בחינת כדאיות תוכניות הסדרה במקטעי השורק, התייחסו ברובם הגדול לנזק חקלאי. נזק למתקנים חושב בד"כ כנגזר מאומדן עלות התיקון, וחשש לחיי אדם מחייב מאליו (ע"פ הנחיות האגף לניקוז) - ביצוע ההסדרה. מתודולוגיית חישוב **הנזק החקלאי** בתוכניות ההסדרה שנסקרו, כללה כמה שלבים:

א. הערכת נזק (ש/דונם) לשטח מוצף בחלוקה לסוגי גידול.

ב. קביעת שטח הצפה לפני/אחרי הסדרה (לתקופות חזרה שונות).



ג. קביעת משך ההצפה בגידולים השונים לפני/אחרי הסדרה.

ד. נזק משוקלל ליחידת גידול (ש/דונם) לפני ואחרי הסדרה.

ה. חישוב הנזק הכולל לפני/אחרי הסדרה

ו. חישוב תוחלת החיסכון השנתית (או: תוחלת תועלת ההסדרה)

את האמור לעיל, נבהיר ונפשט ככל הניתן בדוגמה ממקטע נחל שורק שתוצג בסעיף הבא.

פשט הצפה:

כפי שניתן לראות, חישובי נזק, ומאליו גם חישוב כדאיות ההסדרה, נשענים על ניתוח פשט הצפה. למרות זאת, בחינות כדאיות ההסדרה, ובכלל זה בדיקת כדאיות מקפת להסדרת נחלי ישראל⁷, לא התבססו על 'הרצת' מודלים הידראוליים לקביעת פשטי הצפה וקביעת השטח לו מיוחס הנזק. הסיבה לכך שלהרצת מודל - השיטה המעמיקה והמובנית לקביעת פשט הצפה - דרושים עלות, זמן ומשאבים בהיקף רב שאינם בנמצא בדרך כלל.

בדיקות הכדאיות בתוכניות הסדרה של מקטעי השורק (אותן אנו סוקרים בפרק), כמו גם תוכניות בנחלים אחרים, נסמכו על נתוני הצפה בפועל מחורף 92', ועל מפות טופוגרפיות. אין בכך כמובן כדי לבטל את ערכן, אלא להבהיר שאומדני הנזק בהם נעשה שימוש, הינם בהגדרה סדרי גודל בלבד, ולהעמיד באור נכון את בדיקות הכדאיות. כך גם לגבי עבודה זו, שהיקפה לא מאפשר הרצת מודל, ומטרתה בסעיף זה הוא לבחון כלים כלכליים התומכים /לא תומכים בהחלטה על ביצוע ההסדרה במקטע מסוים.

בדף הבא מודגמת מתודולוגיית אומדן הנזק בקטע **מאגר פלאי-טל שחר** (עבורו גם הצגנו אומדן עלות מלא בסעיף הקודם), כבסיס להבנת הנושא.

2.3.2 אומדן נזק חקלאי לדוגמה

לפי המתודולוגיה לעיל, מוצג חישוב לקטע **מאגר פלאי-טל שחר**, כפי שאכן שימש לקביעת כדאיות הסדרת המקטע. לפשטות ההדגמה הותרנו את מחירי 2002 ללא הצמדה⁸ והוספנו הסברים והבהרות. החישוב מתייחס לנקודת הזמן לפני ההסדרה.

א. עלות נזקים ליחידת שטח

במקטע זה שימושי הקרקע הצפויים להינזק חקלאיים: כ-50% גיד"ש, 40% מטעים וכמה חממות. הנזק ליח' גידול מוצג בטבלה להלן שסיפקה למתכנן רשות הניקוז⁹ וביצעה חב' צנובר יועצים. בקצרה, הנזק מחושב על בסיס פדיון ממוצע לדונם בניכוי הוצאות נחסכות (כגון קטיף שלא ניתן לבצע וכיו"ב הוצאות ש'נחסכו'), ובתוספת עבודות לשיקום החלקה.

טבלה 1: עלות נזק ההצפה ליח' שטח חקלאי (ש/דונם)

סוג הגידול	משך עמידת המים		
	עד שבוע	כשבועיים	חודש ומעלה
גידולי שדה (שלחין)	400	795	3,980
מטעים	475	950	4,740
חממות (ירקות)	1,815	3,630	18,150

7 "בדיקת כדאיות לביצוע הסדרת נחלי ישראל", צנובר יועצים, 1995, שהוגשה לאגף לניקוז ושימור קרקע

8 לצורך חישוב כדאיות ההסדרה (על בסיס השוואת עלות/תועלת), אין משמעות להצמדה

9 מקור הטבלה הוא עבודת צנובר יועצים בע"מ עבור האגף לניקוז ושימור קרקע, 1994

ב. שטח מוצף לפני/אחרי הסדרה

המתכנן אמד את פשט ההצפה (הגדל כמובן ככל שיורדת ההסתברות/עולה תקופת חזרה). על פיו מתקבל היקף שטח ניזוק בכל סוג גידול, לכל תקופת חזרה - כמוצג בטבלה 2 להלן. מטרת ההסדרה בשטח שייעודו חקלאי, לפי הנחיות אגף הניקוז, היא מניעת הצפה בשיעור הסתברות של 10:1- כמודגם בטבלה.

טבלה 2: שטח מוצף בסוגי הגידול השונים (דונם)

100 1	50 2	20 5	10 10	5 20	תקופת חזרה של הצפה (שנים) הסתברות האירוע (%)
					מצב קיים:
750	660	560	440	260	מטע
680	580	490	400	200	גד"ש
55	40	30	20	5	חממה
					אחרי הסדרה:
100	15	10	-	-	מטע
80	10	5	-	-	גד"ש
20	5	-	-	-	חממה

ג. משך הצפה לפני/אחרי הסדרה

לאחר קביעת פשט ההצפה, המתכנן חילק את כלל השטח המוצף על פי משכי ההצפה בו. האומדן נעשה על פי עומק המים בשטח המוצף, סוג הקרקעות ותשואול החקלאים באזור. ממצאיו מוצגים בטבלה הבאה.

טבלה 3: התפלגות השטח המוצף למשכי הצפה (אחוזים)

100 1	50 2	20 5	10 10	5 20	תקופת חזרת הצפה (שנים) הסתברות האירוע (%)	
10%	15%	20%	25%	35%	שבוע	מצב קיים:
40%	40%	45%	50%	55%	שבועיים	
50%	45%	35%	25%	10%	חודש ויותר	
100%	100%	100%	100%	100%		סה"כ:
10%	25%	40%	-	-	שבוע	אחרי הסדרה:
30%	30%	55%	-	-	שבועיים	
60%	45%	5%	-	-	חודש ויותר	
100%	100%	100%				סה"כ:

ד. עלות נזק משוקללת ליח' גידול

בהתאם לאומדני הנזק ליחידת גידול, בכל סוגי הגידול המוצפים במקטע זה (מטבלה 1) והתפלגות משכי ההצפה הממוצעת¹⁰ בשטחים אלה (מטבלה 3) - חישוב המתכנן את הנזק המשוקלל ליחידת גידול בכל סוג גידול.

טבלה 4: נזק משוקלל ליחידת גידול (ש/דונם)

100 1	50 2	20 5	10 10	5 20	תקופת חזרה של הצפה (שנים) הסתברות האירוע (%)
					מצב קיים:
2,348	2,169	1,831	1,493	795	מטע
2,798	2,584	2,182	1,779	1,163	גד"ש
10,709	9,892	8,349	6,806	4,447	חממה
					אחרי הסדרה:
2,667	2,130	796	-	-	מטע
3,177	2,537	950	-	-	גד"ש
12,161	9,710	3,630	-	-	חממה

10 החישוב מהווה קירוב בלבד, משום שהוא מניח התפלגות משך הצפה זהה בין סוגי גידול שהוצפו, בעוד שזו נגזרת למעשה במידה רבה מקרבתם לגדת הנחל.

ה. חישוב הנזק הכולל

על בסיס עלויות הנזק המשוקללות ליחידת גידול, בכל סוגי הגידול המוצפים (מטבלה 4) המוכפלים בהיקף השטח המוצף בכל גידול (מטבלה 2), מתקבלים אומדני הנזק בכל סוגי הגידול. סכומם הוא סך הנזק החקלאי (ובמקטע זה - סך הנזק הכולל).

כאן, ובתוכניות נוספות של נחל שורק, הוסיף המתכנן 20% לסך הנזק, כביטוי לנזק הנוסף לדרכי שדה, מתקנים ומבני חקלאות. התוצאה הכוללת מוצגת בטבלה 5.

טבלה 5: עלות הנזק הכוללת (אלפי ש"ח)

מס' סידורי הסתברות האירוע (%)	5 20%	4 10%	3 5%	2 2%	1 1%
מצב קיים	610	1,805	2,814	3,991	5,099
מצב אחרי הסדרה	-	-	15	127	917
הפרש עלות נזק לפני/אחרי הסדרה	610	1,805	2,814	3,864	4,182

ו. חישוב תוחלת תועלת ההסדרה

הגדרת התועלת של מפעל ניקוז הנדסי, באשר הוא, היא הקטנת הנזקים הצפויים. כלומר: ההפרש בין ערך הנזק הצפוי ב'מצב קיים', לבין ערכו ב'מצב אחרי הסדרה' (כמוצג בשורה התחתונה בטבלה).

תוחלת הפרש הנזק (או: תוחלת התועלת), המדד החשוב לצורך בחינת הכדאיות הכלכלית של ההסדרה, הינה סכום ההפרשים הללו, המוכפלים כל אחד בהסתברות של מופע אירוע הצפה שכיחה.

במילים אחרות: **התועלת השנתית הממוצעת** מביצוע ההסדרה.

לפי אומדני הנזק והתחשיב שהוצג לעיל, תוחלת תועלת 'הסדרת' מקטע זה לפי תוכנית תה"ל משנת 2002 - תהייה 509,000 ש"ח.

זאת כמובן בהנחות התחשיב לגבי הפרמטרים החקלאיים/כלכליים, ואלו ההידרולוגיים, בעייתיים יש לראות בתחשיב הנזקים, אומדן מקורב ראשוני בלבד.

2.4. כדאיות כלכלית - עלות מול תועלת

2.4.1 כללי

על בסיס **אומדן העלות** (סעיף 2.2) ו**חישוב התועלת/מניעת נזק** (כמודגם בסעיף 2.3) נקבעת הכדאיות הכלכלית של הסדרת כל מקטע. מבחן הכדאיות הוא בפשטות השוואת התועלת השנתית והעלות השנתית בכל מקטע מוצע להסדרה, כאשר העלות היא החזר הון שנתי + השינוי (אם ישנו) בעלות אחזקת המקטע המוסדר.

באופן מובן, יחס תועלת/עלות נמוך מ-1 יצביע על חוסר כדאיות (לפחות בהיבט הכלכלי) להסדרת המקטע, בעוד יחס סביב 1, יצביע על כדאיות 'גבולית'.

להלן, בקצרה, על בסיס תוכניות הסדרת השורק ובחינות הכדאיות שערכו בהן המתכננים, מפורטות תוצאות כדאיות ההסדרה במקטעי הנחל.

2.4.2 כביש 38 - טל שחר

- במקטע הראשון באזור צרעה קבעה התוכנית כאמור שאין צורך במפעל הסדרה, והמליצה על פעולות 'נקודתיות' בלבד. אין לפיכך משמעות לבחינת כדאיות כלכלית.
- במקטע 'מחפורת צרעה', שיקולי הטיית השורק הם 'לאומיים', לשם תגבור אספקת המים באזור עדולם, ואינם נובעים מבחינת כדאיות ההסדרה במונחי תועלת/עלות.
- במקטע מאגר פלאי-טל שחר בו מתמקדת העבודה, נאמדת עלות ההסדרה ב-5.3 מיליון ש"ח. בריבית 7% ו-30 שנות קיים, פירושה החזר הון 427,000 ש"ח לשנה. תוחלת התועלת, שדרך חישובה הוצגה בסעיף קודם - 509,000 ש"ח. המתכנן הניח שעלות אחזקה תהיה בלי שינוי. יחס תועלת/עלות הוא לפיכך $509,000 / 427,000 = 1.19$ (יש כדאיות, אך די 'גבולית').

2.4.3 "מקטע הביניים" יסודות - גדרה (כ-9 ק"מ)

- מקטע שעלות הסדרתו נאמדה בכ-5 מיליון ש"ח. בריבית של 7% וקיים 30 שנה, החזר ההון לשנה הוא 879,000 ש"ח/שנה. בנוסף העריך המתכנן שעלות אחזקת המקטע צפויה לעלות ב-50,000 ש"ח, קרי: סך עלות שנתית בגין הפרויקט - 929,000 ש"ח. תוחלת התועלת מהקטע נזק ע"פ חישובי המתכנן הוא 966,000 ש"ח/שנה. כלומר, סה"כ יחס תועלת/עלות הוא 1.04. המתכנן אכן ציין שהכדאיות הכלכלית של הסדרת המקטע הינה 'גבולית'.

2.4.4 גדרה - יבנה

- במקטע הראשון, מכביש 40 עד בית גמליאל, הוכנה תוכנית הסדרה שעלותה נאמדה בכ-1.9 מיליון ש"ח. לפי ריבית 7% וקיים 30 שנים, החזר ההון השנתי 153,000 ש"ח. תוחלת התועלת לשנה מצמצום נזק חקלאי, נאמדה ב-200,000 ש"ח. בנוסף העריך המתכנן שעלות התחזוקה במקטע, תיקטן, אך לשם זהירות לא הכליל נתון זה בחישוביו. יחס עלות/תועלת המקטע היא לכן 1.3 וההסדרה הוגדרה 'כדאית' (אך לא בוצעה ולא מתוכננת לביצוע).
- במקטע שני, עד יבנה (כ-2 ק"מ), אין תוכנית הסדרה, רק הסדרות 'נקודתיות' ליד מסילת הרכבת והגשר בכביש יבנה-רחובות ליד הכניסה לבית גמליאל.

2.4.5 יבנה - השפך לים

- במקטע בין כניסת מובל נחל יבנה לנחל גמליאל (כ-4.9 ק"מ) בוצעו בתוך עשור שתי תוכניות הסדרה. לשם בהירות, תוצג תחילה בחינת הכדאיות להסדרה הראשונה (לפני כעשר שנים) ולאחריה תובא התייחסות להסדרה השנייה (לפני כשנתיים).

הסדרה ראשונה (לפי תוכנית תה"ל, 2000):

בניגוד למקטעים קודמים, במקטע זה הייתה התייחסות גם לנזק אפשרי של מבני מגורים (כפר הנגיד) ותעשייה (א.ת. יבנה) ואף חשש לחיי אדם, נוסף לנזק החקלאי. סך אומדן עלות הסדרת המקטע היה כזכור 5.32 מיליון ש"ח. על בסיס ריבית של 7% וקיים הנדסי 30 שנים - החזר הון שנתי עמד על 428,700 ש"ח. בנוסף העריך המתכנן שעלות אחזקת המקטע המוסדר תהייה יקרה בכ-36,000 ש"ח לשנה מהמצב הקיים. סך העלות השנתית בגין פרויקט ההסדרה היא לפיכך $428,700 + 36,000 = 464,700$ ש"ח.

תוחלת התועלת ממניעת נזק חקלאי נאמדה ב-375,000 ש"ח (ולכן לו היה מדובר בה בלבד - הסדרה לא הייתה כדאית). בנוסף חישוב מתכנן פרויקט תעשייה גן רווה (רוזנבאום-עמיר-מנטה) שהסדרה תחסוך מילוי 200,000 מ"ק עפר בעלות 3 מיליון ש"ח, להגנת השטח מהצפה. בריבית 7% וקיים 40



שנה, משמעות חיסכון שנתי זה 225,000 ש. תוחלת תועלת ההסדרה היא לפיכך: 375,000 (מניעת נזק חקלאי) + 225,000 ש (מניעת נזק תעשייה) - 600,000 ש. כלומר, בסה"כ, יחס תועלת/ עלות 464/600 - 1.29.

לכן נקבע, שגם בהתחשב רק בתועלת 'שירה', ובלי לחשב נזק מהצפת מגורים או להכליל בשיקול חשש לחיי אדם (שיצדיק הסדרה בכל מקרה) - **הסדרת המקטע כדאית.**

הסדרה שנייה (2008):

ההסדרה השנייה, שעלותה נאמדה בכ-2.6 מליון ש, בוצעה משום שהראשונה בוצעה באופן לקוי, כמצוין בתוכנית האב (שאף אותה הכינה תה"ל). אם בוחנים את ההסדרה לגופה, ובהנחה שכל תועלת ההסדרה הראשונה ירדה לטמיון (קרי, חזרנו למצב מוצא) - ההסדרה השנייה כדאית. זאת משום שמדובר **באותה תועלת** ביחס לעלות הסדרה פחותה.

לעומת זאת אם בוחנים את סך עלות הסדרת המקטע תוך עשור (מעל 7.5 מליון ש), החזר ההון השנתי גבוה מ-600,000 ש שהיא תוחלת התועלת השנתית. לנתון זה לא היתה בשעתו חשיבות בהחלטה לגבי ההסדרה השנייה (שנדרשה בשל נזקי הארוזיה), **אך יש לו חשיבות רבה כאשר נבחרת אפקטיביות הגישה 'ההנדסית' על פני זמן.**

- במקטע בין **נחל גמליאל לשפך** (כ-5.5 ק"מ) נקבע שלא צפויים נזקים המצדיקים 'הסדרה'. המלצות הטיפול נגעו לנקודות שיקום נופי ולניסוח הגבלות והנחיות בנייה בקרבת הנחל, **ואין משמעות** לבחינת הכדאיות הכלכלית של יישומן. יתכן עם זאת שמפעלי ההסדרה במעלה, יגרמו להתחתרות הנחל במורד, ויצריכו בהמשך 'הסדרה' גם במקטע זה.

2.5. סיכום ביניים

הפרק עוסק באפיון גישת ההסדרה ההנדסית ובחינת כדאיותה במקטעי השורק. הוא אינו עוסק בהיבטי נזק וסביבה, ובמשמעות הגישה לגביהם. אלו יידונו בהמשך.

קל להיטפל לאפיון מראשית הפרק (מתוכנית האב 2005). לפיו, חרף שנות הסדרה מרובות הנחל מוגדר ע"י עורכי תוכנית האב, כמעט בכל קטעיו, כ'לא-מוסדר'. קל, אך זו לא כוונת הפרק. מטרתו להציג את האופן בו נבחנו **כדאיות** תוכניות הסדרה בנחל שורק, בדיוק ע"פ נתוני **העלות ותועלת** ששימשו את המתכנן. לכן, גם אם אין חידוש רב בחלק מהתכנים, יש לטעמנו חשיבות רבה בהצגת ההיבט הכלכלי של הגישה באופן נהיר ושקוף ככל הניתן. מעבר לכך, ישנם מספר נקודות עיקריות שעולות מסעיפי הפרק:

● **הסדרה:** נסקרו 8 תוכניות, מתוכן 2 למקטע יבנה. בניכוי 'מחפורת צרעה' (שההחלטה על הסדרתו 'חיצונית') והקטע האחרון (גן לאומי וחולות), יש 6 תוכניות הסדרה המכסות כ-35 ק"מ, וסך אומדני עלותן כ-34.5 מליון ש (אם כי רבות מהן, כמפורט, לא בוצעו).

● גם ללא ניתוח מעמיק עלה שבמקטעי השורק בהם החשש הוא **לנזק חקלאי בלבד, כדאיות ההסדרה 'גבולית'**, ולעיתים פחות. כך בטל שחר, וכך בוודאי במקטע "הביניים".

● למשל: די אם נוריד את מס' שנות הקיים הנדסי בתחשיבי תוכניות ההסדרה, **לערך ריאלי יותר של 15-20 שנה** (במקום 30), כדי שהעלייה בהחזר ההשקעה השנתי, תהפוך מקטעים חקלאיים (טל שחר, "ביניים", ועוד) לבלתי-כדאיים כלכלית להסדרה".

11 לפחות ע"פ הנחות תחשיבי המתכננים במקטעים אלו. ראה "מבחן רגישות" כלכלי לכך בפרק הסיכום.

● אין בכך כמובן בכדי לשלול את הצורך בטיפול כלשהו, שכפי שצוין, סיבתו עשויה להיות לא כלכלית (ודאי בחשש לחיי אדם). עם זאת, ולו מהטעם לעיל, יש לבחון לפחות בקטעים 'חקלאיים' אלה, גישות טיפול חלופיות ומתונות יותר.

● גם במקטע יבנה/כפר הנגיד, הנוק החקלאי לבדו לא מצדיק הסדרה, אך כאן מעורבים גם שיקולי נזק למבני תעשייה ומגורים, ונזקי ארוזיה, שמחייבים טיפול. אם להניח רגע בצד את ההיבט הכלכלי, מקטע זה מדגים את העובדה שתוכנית הנדסית - טובה ככל שתהיה - עשויה לגרור בעקבותיה 'הסדרות' נוספות, בתוך פרק זמן קצר יחסית.

● **תחזוקה: עלות תחזוקת קטע 'מוסדר' יקרה** בד"כ מקטע לא-מוסדר, אך למיטב ידיעתנו (ויש להעמיק בכך) היא נעה בטווח 5,000-15,000 ש"ח לק"מ, ולכן השפעתה על כלל כדאיות הסדרת קטע, מועטת. לעומת זאת **לפעולות** עצמן, כניסוח צמחיה מייצבת ועיקור גדות בהדברה (למעשה, **חלק מהגישה ההנדסית**), משמעויות רבות בהיבט האקולוגי של מערכת הנחל (ראה למשל אמנת רט"ג ורשות ניקוז כרמל, לגבי פעולות האחזקה המותרות)



3. גישת השיקום האקו-הידרולוגית

3.1. תיאור הגישה

כמוסבר, בלב **הגישה ההנדסית** שמנחה משך שנים את פעולות רשויות הניקוז, ומאליו, במוקד תוכניות ה'הסדרה', עמד הרצון **להגביר את כושר ההולכה** ההידראולי של הנחל. הגברת כושר ההולכה נתפשה כהכרח להקטנת הנוקים, וכתוצאה מכך, צמחיה טבעית, ערוץ רדוד או אפיק לא ברור - הוגדרו לא פעם כמכשלות שיש להסדיר בתוכנית ההנדסית. כך למשל בפרק 'אבחון המצב הקיים', בתוכנית הסדרת השורק, במקטע כביש 38 - טל שחר (תה"ל, 2002). המתכנן מאבחן את אפיק הנחל ליד טל שחר כדורש 'הסדרה', בשל הצמחייה הגדלה בו באופן לא-מבוקר וגורמת להפחתה ניכרת בכושר ההולכה ההידראולי של הנחל. כך גם במקטעי נחל רבים אחרים, ובתוכניות מפעלי 'הסדרה' רבים אחרים.

הגישה האקו-הידרולוגית - למעשה שם כולל לטווח חלופות, החותרות למעורבות פחותה ככל הניתן בטיפול בנחל - מייצגת ראייה שונה. בבסיסה עומד רצון למנוע את הפרת איזון האקולוגי וההידרולוגי בנחל וסביבתו, ולהתייחס לנחל כמשאב ו"מסדרון אקולוגי" (בפרט נחל בלב הארץ). ביחס לטיפול בנחל, העיקרון המנחה הוא שאפיק יציב ו'מוסדר' באופן בר קיימא יושג רק ע"י הנחל עצמו, ותפקיד הרשות 'לספק' את רצועת הקרקע הנדרשת ולהגן עליה, לצד ייזום פעולות נקודתיות במקטעים מורכבים, להשלמת הטיפול. 'השגות' **הגישה האקו-הידרולוגית על הגישה ההנדסית** חורגות הרבה מעבר לתוכנית כלשהי בקטע מסוים, ונוגעות לכלל משמעות פעולת ההסדרה וראייתה את הנחל בהקשר צר בלבד. למחלוקת יש נגיעות גם בנושאי ניקוז ושימור קרקע 'טהורים', ואף לכדאיות הכלכלית של ההסדרה. מספר השגות ונקודות מחלוקת מרכזיות, מוצגות בתמצית להלן:

- לפעולות הסדרה נפוצות כיישור פיתולים (שבוצעו ברוב הנחלים האלוביאליים בישראל), מפלי אבן, העמקה מסיבית של הערוץ וכיו"ב פעולות **לשיפור כושר ההולכה** ההידראולית, תרומה להגברת הזרימה ונוקי הצפות בחלקים המורדיים של הנחלים.
- **שימור מים:** הגברת ההולכה - תכליתה השכיחה של ה'הסדרה' - אכן עשויה למנוע הצפה במקטע מסוים, אך גם מקטינה את החלחול למי התהום של מי הנגר.
- **הצפה** בגדות נחל לא-מוסדר, ובפרט במקטע חקלאי, אכן גורמת נזק, אך הוא זמני ומוגבל ומהווה מעין 'הסדרה' עצמית המונעת הצפות במקטעים אחרים (הצפה אינה 'רעה').
- כפי שצוין, **מפעל הסדרה** מחייב מטבעו בתוך פרק זמן מסוים הסדרה נוספת, וכך הלאה, ככל שהנחל רחוק יותר ממצבו הראשוני (ראה מקטע יבנה).
- **התחזוקה השוטפת**, על כל העלויות הכרוכות בה ונוקיה לסביבה, נובעות למעשה ממפעלי ההסדרה ומהצורך לשמר כל הזמן את הנחל במצבו ה'מוסדר'.

חשוב לציין, שלא מדובר בשתי גישות מקוטבות (מחד תעלת בטון, ומאידך נחל 'טבעי' לכל אורכו), שמצדיהן נמנים על שני מחנות, אלא בטווח התייחסות שלם, ובמשקל הניתן בו להיבטים אקולוגיים הידרולוגיים כלכליים ואחרים, בכפוף לאילוצים הקיימים. ראוי גם להזכיר שגישות אקולוגיות ו'ידידותיות' יותר, הולכות ומוצאת ביטוי גם בסעיפי תוכניות הסדרה, וקוונות

אחיה אצל מתכננים, רשויות ניקוז, אגף הניקוז וועדות השיפוט. עם זאת וגם כעת, המשקל נוטה עדיין לצד פיתרונות 'הסדרה' מסורתיים, לא מעט בשל מספר **חסמים** כבדי משקל, המונעים את השינוי או אף נכונות לנקוט שימוש בגישות אחרות. המרכזיים שבחסמים האלו - הקשורים זה בזה - הינם¹²:

- **משפטי:** רשות הניקוז ואגף הניקוז, חשופים לתביעות במקרי נזק. ביצוע 'מפעל הנדסי', ואפילו רק הגשת תוכנית כזו - כך משיחותינו איתם - מהווים אסמכתא שנעשה כל מאמץ למניעת הנזקים, ולכן מאליו מהווים פיתרון פשוט יותר למקבלי החלטות בהם.
- **תקציבי:** פשוט יחסית לקבל תקציב לתוכנית הסדרה (שעברה שיפוט). לעומת זאת, קשה לקבל תקציב להפקעת שטח בגדת הנחל - כזכור, **המשמעות הכספית העיקרית של חלופת השיקום** (אף שיש תקדימים, כנחל איילון והפיצוי לשטחי 'הזרע' הסמוכים).
- **אופרטיבי:** מעבר לקושי הנלווה לכל הליך הדורש הפקעה, הרי שפה בעלי הקרקע, הם לא פעם אלו שדורשים שיעשה שימוש דווקא בחלופה ההנדסית, שאינה מצריכה את הפקעת קרקעותיהם. בכך, אלו דווקא הם שמהווים חסם לפיתרון 'ידידותי' יותר.

אם להוסיף לכך את העובדה ששינוי מעצם טבעו אינו דבר פשוט, בפרט במערכת ציבורית, ברור מדוע לפחות לפי שעה קשה לקדם חלופות לגישת ה'הסדרה' הרווחת.

רשמית, עמדת אגף הניקוז שתוכניות 'ירוקות' יתקבלו בברכה, והם אף אינם פוסלים על הסף החזרת נחל לקדמותו (על פיתוליו ההיסטוריים), ומכל מקום בעד 'מיתון' השימוש באמצעים הנדסיים מסיביים. עם זאת, בפרקטיקה, הצורך בפתרון בטוח והתנגדויות עזות להפקעות, גורמים שההסדרה ההנדסית היא **הפיתרון הפשוט והשכיח**.

האמור בתמצית לעיל מאפיין את מצב המוצא לאורו נבחנת גישת השיקום האלטרנטיבית. הפרק יציג את החלופה המוצעת, ובדומה לניתוח שישנו בפרק הקודם יתייחס למשמעותה הכלכלית, במונחי **תועלת, עלות, וכדאיות** במקטעי הנחל בהם התמקדה העבודה.

3.2. החלופה הנבחנת ועלותה

3.2.1 כללי

היבטים אקולוגיים והידרולוגיים, המהווים את בסיס הגישה, יוצגו במסמכים המשלימים הדנים בהם. בעבודה זו, העוסקת בהיבט הכלכלי, יוזכרו בתמצית רק יעדים ועיקרי-יסוד מרכזיים, מהם נובעות הפעולות ליישום הגישה האקו-הידרולוגית.¹³

א. יעד מרכזי: החזרת המורכבות המבנית והאופי הדינמי לנחלים האלוביאליים, ובכלל זה: פיתולים, מיתון שיפוע גדות, חתך מורכב (בניגוד ל'טרפזי') של הנחל, איי צמחיה.

ב. מים: הקצאת מים בעת, במקום ובכמות שתיקבע משיקולים אקולוגיים, כרצף הידרולוגי אורכי/רוחבי, קיום בתי גידול לכל שלבי חיי האורגניזמים האקוויטיים¹⁴

ג. רצועת הנחל: יצירת רצועות חיץ לכל אורכם של הנחלים

12 על פי שיחות ופגישות עם ראש האגף לניקוז ושימור קרקע וממונה הניקוז באגף
13 מובאים כמעט כלשונם, ממסמך אקולוגי בתי גידול לחים רט"ג: "מדיניות תכנון נחלים", נוב' 2009
14 יש להדגיש כי מבחינה סטטוטורית, הקצאת מים לטבע אינה מעוגנת עדיין בחוק המים



ד. טיפול נקודתי: טיפול במקור הבעיות הגורמות לבעיות סחף (ארוזיה/השקעה). זאת בניגוד לפעולות 'הסדרה' ואחזקה שכיחות, כהעמקת הערוץ והגדלת שיפוע הגדות.

די באמור להתוות את **עיקרי הגישה**: הגדלת רצועת הנחל, מלווה בהרחקת שימושי קרקע חקלאיים, תעשייתיים ואחרים מהערוץ, באופן שיאפשר לנחל לשוב למבנהו הטבעי ויקטין את נוקי ההצפות. בד בבד, הפחתה דרסטית בתוכניות ההסדרה (והתחזוקה הנגזרת מהן) ולעומתן, פעילות שיקום מוגבלת וממוקדת במקטעים בעייתיים כגון יבנה.

המשך הסעיף מציג ומבהיר את החלופה הנבחנת לישום הגישה האקו-הידרולוגית, ולאחר מכן, את המשמעויות הנובעות ממנה לגבי ההיבט הכלכלי.

חלופת האפס

חלופת האפס והבסיס לגישה, היא "אפס נגיעה" ("let the river flow"). הנחל יסדיר עצמו על פני זמן, וישקם את מצבו ההידרולוגי והאקולוגי. יש 'לספק' לו רצועת קרקע נדרשת לקיום פשט ההצפה ולהגן עליו ברצועות חיץ. סטטוטורית, תמ"א 34 ב' קבעה בנחל "עורק ראשי", רצועת השפעה של 100 מ'. הפרק מתייחס כבסיס לרצועת שטח (מופקעת) 50 מ' כל צד נקיים משימוש ועוד 50 מ' בהם יתאפשר שימוש 'רך' (חיטה וכו')¹⁵. רצועה זו ניתנת אולי לישום באזור חקלאי פתוח **נטל שחר** בו יש מחד התכנות סטטוטורית/פיסית ליצירת הרצועה, ומאידך, אין חשש לנוק למבנים וכו'. באזור עירוני צפוף **כיבנה** ("צוואר בקבוק" אקולוגי, ומקטע בו יש להגן על תשתיות קיימות), השאיפה למצער לרצועה 15 מ' מכל צד 'נקיים' משימוש, ובנוסף, אמצעי טיפול 'נקודתי'. כך ניתן יהיה להעביר ספיקת תכן רצויה מחד, ומאידך, לאפשר עדיין את התפקוד האקולוגי של הנחל.

הפקעה

להלן, בקצרה, ומבלי להקיף את כלל ההיבטים, מובאת התייחסות להפקעת רצועת נחל.

לצורך כל חלופת שיקום אקו-הידרולוגית (וגם בחלק מתוכניות ה'הסדרה') דרושה תפיסת שטח ליד הנחל. בד"כ וברוב המכריע של מקטעי השורק, זה שטח חקלאי ואדמת מינהל, ועפ"ד חלקות גדולות. לפי חוק התכנון והבניה **בידי המדינה להפקיע 40% משטח חלקות שבבעלותה, בלי לפצות את בר-הרשות** בקרקע. כלומר, ניתן חוקית 'לייצר' רצועה כלשהי (ולעיתים אולי מספקת) בלי להידרש לעלות פיצוי - עד כאן ההיתכנות החוקית.

בפועל, המדינה נוהגת לפצות חקלאים, בעיקר בשל פעולות השימור וטיוב שביצעו בקרקע שנים. קיימות החלטות מינהל, וכן ועדת פיצויים הקובעת טווח פיצוי לקרקע שלחין, מטע וכו'. הפיצוי נגזר מערך קרקע + מחוברים (רשת השקיה וכו') ונע בעבר סביב 4,000-5,000 ש"ד/ד'. גובה הפיצוי לקרקע חקלאית חכורה, ללא צפי להפשרה, נע כיום בטווח 18,000 - 25,000 ש"ד/דונם. יצוין שכיום הפשרת קרקע חקלאית היא (שוב) הליך קשה לביצוע, עובדה ש'מרגיעה' מעט את השוק וממתנת התנגדויות ודרישות ספקולטיביות.

אך הבעיות, מעבר להליך ארוך ורצוף התנגדויות, קשורות גם לעלויות הנוגעות למשל **לגידור ושמירת השטח**, שיהיה פנוי משימוש ו'מזמין' לפלישה ועיבוד. (ומעבר לכך, בראיה הציבורית, הפקעה היא העברת כסף **מכיס לכיס** ותו לא, וככל הניתן עדיף להימנע ממנה). נכון לכן לקבוע רצועת חיץ (מופקעת) מוגבלת ברוחב והכרחית לשיקום, שמעבר לה תהיה 'רצועת השפעה' (שטח הצפה פוטנציאלי) שבה כן יתאפשר שימוש חקלאי 'רך'. כך ייחסכו עלויות הפקעה, גידור, שמירה וכיו"ב ותתאפשר לחקלאי הכנסה כלשהי.

15 כאשר הרצועה הנדרשת משתנה כמובן מנחל לנחל ומקטע למקטע, בהתאם לצרכיו ומאפייניו.

במידת האפשר, כמובן שתב"ע (על בסיס תמ"א 34 ב/3 ותממ 21/21¹⁶) שמגדירה רצועת נחל עיקרית/משנית ושימושי קרקע מותרים, היא התהליך הרצוי. התב"ע מונעת אפשרות תביעה על נזק הצפה מחד, ומאידך תאפשר לחקלאי להמשיך ולעבד לפחות במינון מסוים. להוציא קרקע פרטית בה המדינה יכולה להיתבע על ידידת ערר, יכולת החקלאים 'לבלום' תב"ע כזו (כמובן: אם היא סבירה, מנומקת וכו') מוגבלת.

לצורך הבחינה הכלכלית של הגישה האקו הידרולוגית - כשלעצמה, ובהשוואה להסדרה הנדסית - המשך הפרק יציג משמעות של **הפקעה 'רגילה'** (גם אם כאמור נכון יותר אולי לבצע את התהליך אחרת) של רצועה 'נקייה' משימוש של 50 מ' מכל צד, וכן את המשמעות של רצועות 'נקיות' קטנות יותר.

3.2.2 החלופה - תיאור פיסוי ואומדן עלות

כאמור, החלופה המוצעת מבוססת על 'חלופת האפס' בכל מקטע בו אפשרית יצירת רצועה 'נקייה', בתוספת טיפול נקודתי ב'צווארי הבקבוק' בהם נדרש אמצעי אחר.

עלות ביצוע 'חלופת האפס' נגזרת מרוחב הרצועה אותה 'מנקים', וגובה הפיצוי לקרקע. הנחנו (ויש לבחון זאת), ש-5 מטר מכל צד הנחל, המשמשים דרכי אחזקה ותפעול ו'נקיים' משימוש, מוכרזים כבר כשטח הנחל ולא יצריכו הפקעה. בהתאם למתווה זה ולהסבר בדף הקודם, ניתן לאמוד ראשונית את עלות החלופה בכמה מקטעי נחל מרכזיים.

3.2.2.1 כביש 38 - טל שחר:

מקטע חקלאי, רובו גד"ש ומיעוטו מטע וירקות בלי בתי צמיחה. באופן בסיסי, יש התכנות פיסית ל'ניקוי' רצועה 50 מ' כל צד, אפילו בנקודות הצרות יחסית: מול יקב צרעה, ב'ברך' מול מושב ישעי (בה הנחל סמוך לרכבת) ומול מט"ש בית שמש. עם זאת, בנקודות אלה לא ניתן יהיה לקיים פשט הצפה 100 מ' מכל צד, בשל שימושי הקרקע המוזכרים.

אומדן עלות¹⁷:

תוכנית 'הסדרת' המקטע (תה"ל, 2002), קבעה שיש להסדיר מכלל מקטע זה, את הנחל בין **מאגר פלאי עד גשר טל שחר** (כ-5 ק"מ סה"כ). לכן, וכדי להשוות מקטע אקוויוולנטי לזה שעבורו הוצג ניתוח כדאיות 'ההסדרה' בפרק הקודם - אומדן העלות מתייחס למקטע זה.

עלות הסדרת המקטע נאמדה ב-5.3 מיליון ש"ח (ראה במלואו בנספח וסעיף 2.2.2) והחזר הון השנתי שחושב עמד על 425 אלף ש"ח. בתוספת עלות האחזקה (שנחסכת בגישת השיקום) שנאמדת ב-10,000 ש"ח לק"מ נחל בשנה, העלות השנתית היא כ-475,000 ש"ח. בתוספת הצמדה למחירי היום, עלות זו נאמדת ב-550,000 ש"ח בקירוב.

כיום אין חממות במקטע ובמרביתו ישנן חלקות גד"ש גדולות. לפי **פיצוי 22,000 ש"ח/דונם** עלות **רצועה 50 מ' כל צד** (45 הפקעה + 5 מ' קיים) תהיה כ-9.7 מיליון וההחזר השנתי לפי ריבית 7% יהיה כ-780,000 ש"ח. עלות זו יקרה בהרבה מעלות תוכנית ההסדרה למקטע, גם בהנחת ביטול הצורך בתחזוקה, שיקטין ב-50,000 - 75,000 את סך העלות לשנה למקטע. הקטנת הרצועה לכ-35 מ' מכל צד, תשווה בקירוב את עלות ההפקעה וההסדרה.

¹⁶ כאמור, **התמ"א** הגדירה בעורק ראשי רצועת השפעה 100 מ' מכל צד. כמו כן וכל עוד לא נקבעו בתוכנית מפורטת גבולות 'תחום נחל וסביבתו' - רוחב התחום 100 מ' לכל צד מציר הנחל. **התמ"מ** החלקית המצויה כעת בתהליכי אישור - תמ"מ 21 / 21 - 3 - הגדירה רצועת ערוץ של 40 מ' ורצועה של 40 מ' מכל צד שמותרים בה רק שימושים חקלאיים (להוציא חממות).

¹⁷ באומדנים, ובהשוואה להסדרה הנדסית, התייחסנו לתוכנית ההסדרה ולא דווקא מה שבוצע בפועל ממנה.



יצוין מראש: השוואה זו אינה קובעת יתרון לאחת הגישות. הכוונה להדגים את סדרי גודל העלות ולבחון את היתכנות הגישה ביחס לעלויות הסדרה שכיחות ע"פ התוכניות במקטעי השורק. לכך יש משמעות, אך חשוב יותר לבחון את עלות ההפקעה ביחס לנוק הצפוי בשל 'אי-הסדרה' (בדומה לבחינות כדאיות בפרק הגישה ההנדסית). בחינה זו תוצג בהמשך הפרק.

3.2.2.2 "מקטע הביניים" יסודות - גדרה (כ-9 ק"מ):

'מקטע הביניים' בין השטח החקלאי צרעה-טל שחר-יסודות, והעירוני/כפרי-צפוף גדרה-גדרות-יבנה-כפר הנגיד. מקטע חקלאי, שרובו גד"ש ומיעוטו מטע וירקות. חממות ואזור בנוי יש לאורך כ-400 מ' ב'זרעים גדרה'. זו גם הנקודה הבעייתית לגבי 'ניקוי' רצועה 50 מ' כל צד, וכמובן שבמצב זה לא ניתן לקיים שם פשט הצפה 100 מטר מכל צד.

למקטע זה הוכנה תוכנית 'הסדרה' מקיפה לפני כעשור, ובכלל זה הוצע להפקיע 70 דונם (במחיר 12,500 ש"ח/דונם). **התוכנית לא בוצעה.** הוסדרו נקודות חציית כביש 6 וכניסת נחל תמנע (באופן לקוי). למרות זאת ניתן לבחון את משמעות ישום הגישה האקו-הידרולוגית, וכן להשוותה לתוכנית ההנדסית שהוצעה.

אומדן עלות:

אומדן עלות ה'הסדרה' ההנדסית למקטע עמד על **כ-10.9 מיליון ש"ח** (ראה במלואו בנספח ו). במונחי החזר שנתי + עלות תחזוקה שוטפת, נאמדה העלות שנתית ב-966,000 ש"ח. בהצמדה לרמת המחיר כיום, העלות השנתית עומדת על **כ-1.25 מיליון ש"ח למקטע.**

רוב המקטע מעובד לחלקות שלחין (גד"ש ביסודות ו'זרעים גדרה', ומטע וירקות בקדרון). הפיצוי כאמור, - **22,000 ש"ח/דונם.** ב'זרעים גדרה' (לאורך 0.4 ק"מ) יש חממות ומבנים. לא ניתן כמובן להפקיע ויש לטפל בנחל. לצורך החישוב הנחנו אומדן עלות הטיפול במקטע 'זרעים גדרה' 0.5 מיליון ש"ח. סך עלות **רצועת 'נקיה' 50 מ' כל צד** (45 מ' הפקעה+5 קיים) ביתר המקטע, וטיפול ב'זרעים גדרה', נאמד בכ-1.39 מיליון ש"ח. במונחי החזר ההון השנתי. גם כאן, סכום גבוה מעלות תכנית הסדרת המקטע (ראה לעיל). הקטנת הרצועה **לכ-45 מ'** תשווה את צד העלות בשתי גישות הטיפול בנחל.

3.2.2.3 יבנה - נחל גמליאל:

כפי שצוין זה המקטע המורכב ביותר. הנחל עובר לאורכו סמוך ואף צמוד לאזורי תעשייה, מסחר ומגורים של העיר. שימושים אלו ובפרט המגורים, והחשש להצפתם, משנים כמובן את ההתייחסות אל הנחל ולנוקיו האפשריים, ודורשים גישת טיפול מורכבת יותר. להלן בקצרה מובא תיאור חלקי המקטע, ומוצגת חלופת השיקום המוצעת.

- החל ממעבר פסי הרכבת וכביש 410 ועד חציית כביש 42, הנחל צמוד בגדת שמאל לבתי מגורים, ולא ניתן לייצר רצועה 'נקיה' משימושים (בגדת ימין יש אפשרות כזו).
- מכביש 42 ועד כניסת מובל נחל יבנה (כ-1.2 ק"מ) הנחל סמוך משמאל לכביש (30 - 50 מ') ומימין, לחלקות א' של כפר הנגיד, ובהן גם בתי צמיחה ומבני אחסנה. גם כאן תתאפשר לכל היותר רצועה 'נקייה' של 15 מ' מכל צד.
- משפך המובל ולאורך 1.2 ק"מ (קטע בו מיועדת הסדרה לפי תוכנית **לביא-נטיף, כהשלמה להסדרת מובל נחל יבנה**) הנחל צמוד בגדת שמאל למבני תעשייה. מימין יש חלקות חקלאות של כפר הנגיד, וניתן פיסית לקיים רצועה בת 45 מ' נקייה משימושים.

הידרוטקס (מזרון בד-בטון):

בחלקים (לעיל) בהם הנחל צמוד לעיר, אין אפשרות ליצור רצועה 'נקיה' ויש צורך להגן על תשתיות עירוניות קיימות. בנקודות בהן 'כלו כל הקיצים' ודרוש יצוב קשיח מוצעת שיטת הידרוטקס (מזרון בד/בטון). זהו מצע מחלחל, 'מנופח' בבטון מדולל, היוצר בקרקע הערוץ מצע יציב לא-אטים המתכסה עם הזמן צמחיה. המתכונת המוצעת¹⁸ היא ייצוב הקרקעית ושליש דופן תחתון בהידרוטקס, ייצוב שלישי הדופן המרכזי בצמחי קוקוס, ויצוב השלישי העליון בתערובת זריעה מותאמת לאזור וסוג הבעיה. העיקרון המנחה בשיטה הוא ניתוק זרם המים מהקרקע (המיוצבת) במצע חצי-קשיח, שיאפשר לנחל להמשיך לתפקד מבחינה אקולוגית. בפרט, השיטה מתאימה ומיועדת לטיפול בארוזיה, בה הנחל נגוע לצדי אזור התעשייה. לפי בחינה ראשונית והצעת מחיר בסיסית, סדר גודל עלות השיטה דומה לעלות הסדרה הנדסית בייצוב קשיח, אך יש לה יתרונות ניכרים בהיבט האקולוגי.

- בקצה הקטע בו מוצע שימוש בהידרוטקס (כ-1.2 ק"מ מצפון לכניסת מובל נחל יבנה) הנחל מתרחק מאת יבנה 75 מטר ויותר, ואינו צמוד כבר לחלקות א' של מושב כפר הנגיד. מנק' זו (בה נשפכים קולחי מט"ש יבנה) ועד לחיבור לנחל גמליאל, לאורך כ-3.5 ק"מ, יש בגדת ימין חלקות גד"ש גדולות, ובגדת שמאל איקליפטוסים, שטחי בור ושטחי חולות (במסגרת "גן לאומי"). כאן שוב ניתן ליצור רצועה בת 50 מ' מכל צד, ה'נקייה' משימושים.

ארוזיה:

גם בקטע זה, בו השאיפה ליישם את 'חלופת האפס' (אל-געת), יש בעיית ארוזיה, חרף או בגלל כמה 'הסדרות' שלא צלחו. ראוי להזכיר שארוזיה נוצרת לעיתים בשל 'הסדרת' ערוץ לפי ספיקות השיא, כשבפועל זורמות בו ספיקות נמוכות בהרבה. הנחל מגיב לכך בארוזיה או השקעה. הפיתרון הרצוי לפי גישת השיקום האקו-הידרולוגית הוא (באם ניתן) מיתון שיפוע גדות וקיום פשט הצפה רחב עד שהנחל יסדיר את עצמו, או בפועל - רצועת הפקעה 'נקייה' משימושים. התחשיב להלן מתייחס לפיתרון זה.

הערה: על פני זמן, קיום פשט הצפה נרחב ו'נקי' משימוש הוא אולי פתרון אופטימלי, אלא שנוקיי הארוזיה עשויים להצדיק גם בקטע חקלאי זה, טיפול בשיטת הידרוטקס או שיטה 'ירוקה' דוגמתה. במונחי עלות, עלות הטיפול במקטע הארוזיבי תיגור מכמות הבטון בתוך ה'מזרן', והמתכונת עליה יוחלט, אך בשום מקרה זהו אינו טיפול זול.

אם להקדים את המאוחר, ברור שייצוב כל 3.5 ק"מ עד חיבור לנחל גמליאל - מקטע שצדו האחד חקלאי והשני בור - לא 'כדאי' על בסיס נוקי הצפה לחקלאות. אלא שנוקיי הארוזיה (איבוד קרקע לצמיתות, עירוף וכיו"ב) - עשויים לחייב את ההחלטה.

אומדן עלות:

האומדן להלן מתייחס למקטע שבין כניסת מובל נחל יבנה, ועד לחיבור אל נחל גמליאל - כ-5 ק"מ בקירוב. במקטע זה ניתן להשוות את הפיתרון המוצע לתוכנית ההסדרה שהוצע למקטע זה לפני כעשור (תה"ל, 2000), ולהתייחס לעלות, תועלת וכדאיות.

עלות הסדרת המקטע נאמדה ב-5.32 מיליון ש"ח וההחזר השנתי נאמד בכ-428,700 ש"ח. בנוסף העריך המתכנן את עלות אחזקת הקטע המוסדר ב-51,000 ש"ח/שנה, תוספת 36,000 ש"ח/שנה מהמזב הקיים. סך עלות לשנה בגין הסדרה היתה לפיכך, **464,700 ש"ח**. בתוספת הצמדה לערכי היום, סך עלות הסדרת המקטע לשנה נאמדת בכ-560,000 ש"ח.

18 שלאחרונה הוחלט על יישומה בקטע 'מחפורת צרעה' (באם יוסדר), וכבר יושמה בנחל פולג ליד בצרה.



אומדן עלות גישת השיקום מורכב מקטע ראשון בו הנחל צמוד בגדת שמאל לאזור תעשייה (ויש לטפל בו), ומרצועת הפקעה לכל אורך המקטע בגדת ימין.

א. כ 1.2 ק"מ ראשונים: יישום טכניקת הידרוטקס או תוכנית הסדרה מוצעת (לביא-נטיף)

ב. רצועה מופקעת 50 מ' לכל אורך המקטע בגדת ימין בלבד (בגדת שמאל יש כיום שטחי בור המוגדרים במסגרת "גן לאומי").

א. עלות הידרוטקס נגזרת מכמות הבטון וגובהו ביחס לדופן (נמוך = נופי ו'ירוק'). על פי אומדני החברה העוסקת ביישום השיטה, העלות 60-100 ש"ח למ"ר (למשל: ברוחב קרקעית 5 מ' + שליש גובה דופן ורום 3.5 מ', העלות 1,000 ל-1,500 ש"ח/מטר רץ).

עם זאת, אומדן העלות שמוצג להלן מתייחס לתוכנית הקיימת: 'הסדרת נחל שורק, קטע העיר יבנה', לביא-נטיף, 2002. זאת משום שע"פ אגף הניקוז התוכנית היא עובדה מוגמרת. התוכנית הציעה הסדרה מתונה: ייצוב צמחי לטיפול בארוזיה, ועבודות עפר 'מתונות'. עלותה כ-1 מיליון ש"ח (במחירי היום) קרי החזר שנתי 81,000 ש"ח. שימוש בשיטת הידרוטקס הוא כאמור המומלץ במידה ואכן 'כלו כל הקיצים' ונדרש ייצוב קשיח (הוא אינו 'כדאי' במבחן כלכלי, אך נדרש כהגנה על תשתיות עירוניות)

ב. לכל אורך המקטע (4.8 ק"מ) יש בגדת ימין שטחי מטע וגד"ש וחלקה אחת עם בתי צמיחה. הפיצוי - 22,000 ש"ח/דונם. עלות הפקעת רצועה של 50 מ' (45 מ' הפקעה + 5 מ' קיים) בגדת ימין היא לכן 4.75 מיליון ש"ח בקירוב, והחזר ההון השנתי הנגזר ממנה כ-382,000 ש"ח.

סך אומדן העלות השנתית נאמד לפיכך ב-463,000 אלף ש"ח (הפקעה + הסדרה לביא-נטיף). עלות זו נמוכה מהעלות השנתית של תוכנית ההסדרה למקטע שהוכנה לפני כעשור (כזכור בוצעו מאז במקטע זה 2 הסדרות, שתיהן חלקיות ולקויות).

3.3. אומדן נזקי הצפה

3.3.1 הסבר כללי

בסעיף זה מוצגת התייחסות פרטנית להיבט הכלכלי של יישום הגישה, ב-3 מקטעי נחל:

מאגר פלאי- טל שחר: קטע חקלאי-פתוח (5 ק"מ בקירוב)

יסודות - גדרה: "מקטע הביניים" (כ-9 ק"מ)

יבנה - נחל גמליאל: אזור עירוני/כפרי צפוף (5 ק"מ בקירוב)

בכל אחד מהם שאיפת גישת השיקום ליצור רצועה של 50 מ' מכל צד ה'נקייה' משימושים. זאת להוציא קטע קצר בו הנחל עובר סמוך למבני חוות 'זרעים גדרה', וכמובן היכן שהנחל צמוד לאזורי מגורים ותעשייה ביבנה וכפר הנגיד.

את עלות הפקעת הרצועה - בדומה לעלות מפעל ההסדרה - משווים לתועלת, קרי, לממוצע הפחתת הנזק. הפחתת הנזק משמעה כאן, שטח חקלאי שהיה עשוי להיות מוצף, אבל כעת נכלל בהפקעה ועתיד להיות 'נקי' משימוש (ולכן, לא זכאי לפיצוי על הצפה).

ב-3 המקטעים בוצעו 'הסדרות' מעטות ו/או לקוויות, ואת שלושתם הגדירה תוכנית האב 'בלתי-מוסדרים'. כך לפחות לעניין הסדרה כנגד נזקי הצפה, גם אם לא לעניין הנזק שגרמו ההסדרות בהיבט האקולוגי וההידרולוגי. לעניינינו, הם מצויים במצב שבו היו בעת הכנת תוכניות ההסדרה, לפני כעשור. תוכניות ההסדרה כללו אומדני היקף שטחים חקלאיים מוצפים, משך ההצפה, ומשמעות הנזק ליחידת הגידול בכל גידול. בעזרת אותם אומדנים וטבלאות, אנו מציגים בסעיף הבא אומדן לתוחלת תועלת גישת השיקום (ממניעת נזקי הצפה). כמו בפרק ההסדרה ההנדסית, אנו מרחיבים בכך ביחס למקטע אזור טל שחר, בכדי להבהיר ולפשט את מתודולוגיית החישוב.

3.3.2 מאגר פלאי - טל שחר (כ-4.9 ק"מ):

להלן מוצגות הטבלות ששימשו לחישוב (בדומה לחישוב כדאיות ההסדרה בפרק הקודם).

א. עלות נזקים ליחידת שטח

במקטע זה כזכור כל שימושי הקרקע חקלאיים. מוצגת שוב הטבלה ששמשה את המתכנן לאמוד את עלות הנזק הכללית ליחידת גידול, בסוגי הגידולים המצויים בשטח.

טבלה 1: עלות נזק ההצפה ליח' שטח חקלאי (ש/דונם)

סוג הגידול	משך עמידת המים		
	עד שבוע	כשבועיים	חודש ומעלה
גידולי שדה (שלחין)	400	795	3,980
מטעים	475	950	4,740
חממות (ירקות)	1,815	3,630	18,150

ב. שטח מוצף לפני/אחרי הסדרה

בטבלה בתוכנית ההסדרה, אמד המתכנן שטח ניזוק בסוגי גידול שונים, לתקופות החזרה. הותרנו את אומדניו ל"מצב קיים", וחישבנו (בשורות שמתחת) את 'היקף שטח ניזוק בניכוי רצועת הפקעה' (כזכור, 50 מ' כל צד, שהם בניכוי דרך קיימת, כ-450 דונם לכל המקטע). טבלה 2 מציגה את היקפי השטח הניזוק מהצפה לפני/אחרי ההפקעה.

טבלה 2: שטח מוצף בסוגי הגידול השונים (דונם)

100 1	50 2	20 5	10 10	5 20	תקופת חזרה של ההצפה (שנים) הסתברות האירוע (%)
					מצב קיים:
750	660	560	440	260	מטע
680	580	490	400	200	גד"ש
55	40	30	20	5	חממה
					שטח ניזוק בניכוי רצועת הפקעה
470	380	280	160	-	מטע
465	365	275	185	-	גד"ש
50	35	26	16	-	חממה

ג. משך הצפה לפני/אחרי הסדרה

ע"פ הערכת פשט ההצפה, המתכנן חילק את השטח המוצף לפי משכי ההצפה. גם כאן מוצג ה"מצב קיים" שהופיע בתוכנית ההסדרה, ללא שינוי. באופן מובן, רצועת ההפקעה, הנמוכה טופוגרפית בשל סמיכותה לנחל, צפויה להיות **המוצפת יותר** מכלל פשט ההצפה. בהתאם, ניתן לכך ביטוי (זהיר יחסית) בטבלה 4 בהמשך.



טבלה 3: התפלגות השטח המוצף למשכי הצפה

100	50	20	10	5	תקופת חזרה של ההצפה (שנים)
1	2	5	10	20	הסתברות האירוע (%)
					מצב קיים:
10%	15%	20%	25%	35%	שבוע
40%	40%	45%	50%	55%	שבועיים
50%	45%	35%	25%	10%	חודש ויותר
100%	100%	100%	100%	100%	סה"כ

ד. עלות נזק משוקללת ליח' גידול

לפי אומדני הנזק ליח' גידול בגידולים מוצפים (טבלה 1) והתפלגות משכי הצפה הממוצעת בשטחים אלו (מטבלה 3), חישוב המתכנן את הנזק המשוקלל ליחידת גידול, בכל סוג גידול. חצייה העליון של טבלה 4, נותר זהה (שהרי המצב קיים' לא השתנה). בחצייה התחתון, המתייחס לנזק בשטח 'חיצוני' לרצועת ההפקעה, והניזוק פחות, הפחתנו ב-20% את הנזק הממוצע ליחידת גידול. תוצאות החישוב מוצגות בטבלה 4 להלן.

טבלה 4: נזק משוקלל ליחידת גידול (ש/דונם)

100	50	20	10	5	תקופת חזרה של ההצפה (שנים)
1%	2%	5%	10%	20%	הסתברות האירוע (%)
					מצב קיים:
2,348	2,169	1,831	1,493	795	גד"ש
2,798	2,584	2,182	1,779	1,163	מטע
10,709	9,892	8,349	6,806	4,447	חממה
					שטח ניזוק בניכוי רצועת הפקעה:
1878	1735	1465	1194	780	גד"ש
2238	2067	1745	1423	930	מטע
8567	7913	6679	5445	3577	חממה

ה. חישוב הנזק הכולל

על בסיס עלויות הנזק המשוקללות ליחידת גידול (מטבלה 4) המוכפלות בהיקף שטח מוצף בכל גידול ובכל הסתברות (מטבלה 2), מתקבלים אומדני הנזק בסוגי הגידול. סכומם הוא סך הנזק החקלאי (ובמקטע זה - סך הנזק הכולל).

כאן, ובתוכניות נוספות של נחל שורק, הוסיף המתכנן 20% לסך הנזק, כביטוי לנזק הנוסף לדרכי שדה מתקנים ומבני חקלאות. התוצאה הכוללת מוצגת בטבלה 5.

טבלה 5: עלות הנזק הכוללת (באלפי שח)

1	2	3	4	5	מס' סידורי
1%	2%	5%	10%	20%	הסתברות האירוע (%)
5,140	4,031	2,843	1,819	624	נזק כולל מצב קיים
2,824	2,035	1,270	636	0	נזק כולל בניכוי שטח מופקע
2,316	1,996	1,573	1,183	624	הפרש נזק עם/בלי שטח מופקע

ו. תוחלת "תועלת" ההפקעה

הפרש הנזק הוא הפיצוי שנחסך בשל הפקעה (כמוצג בשורה תחתונה). **תוחלת הפרש הנזק (תוחלת התועלת)** - המדד לבחינת הכדאיות - הוא סכום ההפרשים המוכפלים בהסתברות מופע אירוע כזה (או: תועלת שנתית ממוצעת). בהנחות התחשיב הסכום המתקבל הוא כ-385,000 שח, ובהצמדה למחירי היום - כ-430,000 שח.

לפי אומדני העלות בסעיף קודם, וחישוב התועלת בסעיף זה, הסעיף הבא מציג את **כדאיות** (או למעשה, היתכנות) גישת השיקום, בהיבט הכלכלי.

3.4. היתכנות כלכלית - עלות מול תועלת

3.4.1 כללי

מבחן הכדאיות הכלכלית הינו השוואת התועלת השנתית, והעלות השנתית בכל מקטע. **העלות** היא החזור הון ההפקעה לשנה, בניכוי עלות האחזקה השוטפת (שלא נדרשת כעת). **התועלת השנתית** היא תוחלת הפרש הנזק, כפי שהוסבר והוצג בסעיף הקודם.

כמו בפרק ההסדרה ההנדסית, יחס תועלת/עלות נמוך מ-1 יצביע על חוסר כדאיות (לפחות בהיבט הכלכלי). להלן, בקצרה, מפורטות התוצאות בשלושת מקטעי הנחל.

3.4.2 מאגר פלאי - טל שחר (4.9 ק"מ):

בהנחת פיצוי 22,000 ש"ד ורצועה 50 מ' כל צד (45 הפקעה + 5 מ' קיים) העלות היא כ-9.7 מליון ש"ח למקטע, וההחזור השנתי כ-780,000 ש"ח. בניכוי אחזקה שוטפת, כ-10,000 ש"ח/ק"מ, העלות השנתית למקטע כנגזר מגישת השיקום היא כ-730,000.

התועלת השנתית (תוחלת התועלת) מקיום רצועה 'נקיה' 50 מ' כל צד, כפי שחושבה בסעיף קודם, היא 430,000 ש"ח. קרי, בהיבט כלכלי/חקלאי גרידא, ורצועה כזאת - חלופת השיקום **אינה כדאית** במובהק. כיוון שלצורכי שיקום הנחל גם לרצועה קטנה יותר ישנה משמעות רבה - נבחנה כדאיות חלופת האפס של גישת השיקום, גם ברוחבי רצועות קטנים יותר. הממצאים מוצגים להלן בטבלה הבא.

עלות ותועלת שנתית (ש"ח לכל המקטע)				
20 מטר כל צד	30 מטר כל צד	40 מטר כל צד	50 מטר כל צד	
253,000	316,000	377,000	431,000	תועלת שנתית ממוצעת
185,616	359,361	533,105	706,849	עלות שנתית בניכוי אחזקה
260,616	434,361	608,105	781,849	עלות שנתית באחזקה זהה

ניתן לראות שכאשר רוחב הרצועה כמעט 30 מטר מכל צד מושג שוויון עלות/תועלת. במילים אחרות, גם בהיבט הכלכלי (ובהנחות התחשיב) - 'כדאי' לקיים רצועה נקייה של 25-30 מטר מכל צד במקטע זה.

3.4.3 "מקטע הביניים" יסודות-גדרה (כ-9 ק"מ):

בהנחת פיצוי 22,000 ש"ח/דונם, וטיפול נקודתי באזור הבנוי/החממות 'ורעים' גדרה' (כ-0.45 ק"מ), **עלות** רצועה 50 מ' כל צד (45 הפקעה + 5 קיים) היא 17.3 מל"ח וההחזור השנתי 1.39 מליון ש"ח (גבוה מהעלות שנתית של ההסדרה, שנאמדה ב-1.25 מל"ח).

התועלת השנתית (תוחלת תועלת) מקיום רצועה 'נקיה' 50 מ' כל צד, חושבה באותו אופן, על בסיס הניתוח הכלכלי בתוכניות ההסדרה, והתאמות נדרשות. אומדן התועלת השנתית 747,000 ש"ח במחירי היום. כלומר, בהיבט כלכלי/חקלאי בלבד ותחת הנחת קיום רצועה זו, חלופת השיקום **לא 'כדאית'** בהפרש ניכר. כיוון שלצורך שיקום הנחל גם לרצועה 'נקיה' קטנה יותר ישנה משמעות רבה, נבחנה כדאיות החלופה בעוד רוחבי רצועות. הממצאים מוצגים להלן בטבלה הבא.

עלות ותועלת שנתית (ש"ח לכל המקטע)				
20 מטר כל צד	30 מטר כל צד	40 מטר כל צד	50 מטר כל צד	
545,000	641,000	680,000	747,000	תועלת שנתית ממוצעת
402,383	703,776	1,005,169	1,306,562	עלות שנתית בניכוי אחזקה
492,383	793,776	1,095,169	1,396,562	עלות שנתית באחזקה זהה



בדומה לממצאי מקטע קודם, ניתן לראות שברוחב רצועת הפקעה שבין 20 ל-30 מ' כל צד, העלות השנתית (החזר הון הפקעה + ירידה בעלות אחזקה), מתאזנת עם התועלת השנתית מקיום רצועה 'נקיה' משימוש. במילים אחרות, גם בהיבט הכלכלי (ובהנחות התחשיב) - 'נדאי' לקיים רצועה נקייה של 20 מ' (ואף קצת יותר) מכל צד במקטע זה.

3.4.4 יבנה - נחל גמליאל (4.8 ק"מ):

אמדין עלות גישת השיקום מורכב מעלות תוכנית לביא-נטיף ליצוב צמחי מכניסת מובל נחל יבנה ולאורך 1,200 מ', ומעלות רצועת הפקעה של 50 מ' בגדת ימין לאורך כל המקטע (לפי 22,000 ש"ח/דונם). סך אמדין העלות הוא כ-5.75 מיליון ש"ח (נמוך מעט מתוכנית ההסדרה של תה"ל 2000), והחזר ההון השנתי כ-463,000 ש"ח.

התועלת השנתית (ממניעת נזק חקלאי) מקיום רצועה נקיה 50 מ' בגדת ימין חושבה על פי היקפי ומשכי ההצפה שנאמדו בתוכנית הסדרה. אומדין התועלת 272,000 ש"ח במחירי היום. קרי, בהיבט כלכלי/חקלאי גרידא, ורצועה 50 מ' - חלופת השיקום אינה 'נדאית' במובהק. החלופה נדאית בקיום רצועה 20 מ' (ואף יותר) מכל צד, כמוצג בטבלה להלן.

אם מנכים מהעלות השנתית את עלות ייצוב הנחל ליד אזור התעשייה (הנדרש בכל מקרה), אזי בהיבט כלכלי/חקלאי גרידא, גישת השיקום נדאית כבר ברצועה של 30 מטר מכל צד (ראה את שורת האמצע בטבלה להלן).

עלות ותועלת שנתית (ש"ח לכל המקטע)				
15 מטר כל צד	25 מטר כל צד	35 מטר כל צד	45 מטר כל צד	
220,000	237,000	255,000	272,000	תועלת חקלאית שנתית ממוצעת
133,070	218,170	303,269	388,368	עלות בניית הסדרה לביא נטיף
213,070	298,170	383,269	468,368	עלות שנתית באחזקה זהה

אם לסכם: בהנחה שהייצוב באזור התעשייה הכרחי (ולא נגזר מבחינת הכדאיות הכלכלית - עלות/תועלת) יש היתכנות כלכלית לקיום רצועה 'נקייה' 30 מ' בשאר המקטע (החקלאי). באם נזק הארוזיה יחייב טיפול נוסף גם במקטע החקלאי - מוצעת גם פה גישת הידרוטקס במתכונת ה'נופית' ביותר (קרי, מעט בטון - הרבה צמחייה). עם זאת, כמובן שעלות חלופה כזו תהיה גבוהה מתועלתה במונחי מניעת הנזק החקלאי, והשימוש בה הוא בשל יתרונה הניכר בהיבט האקולוגי, על פני כל הסדרה הנדסית בייצוב קשיח.

3.5 סיכום ביניים

חלקו הראשון, התוכני, של הפרק, מציג את עקרונות הגישה האקו-הידרולוגית והיתרונות והחסמים לישומה. בפרט, חסמי הפקעת שטח, הליך העומד בבסיס הגישה. חלק זה נסמך בין השאר על חומר ומסמכי עמדה מרשות הטבע והגנים, ותובנות משיחות עם אגף הניקוז ועם מומחי מקרקעין, שהתייחסו עבורנו להיבטים מעשיים ביישום הגישה.

חלקו השני, התחשיב, בוחן עלות, תועלת, וכדאיות חלופת השיקום, בשלושת המקטעים. הניתוח יוצא מתוך תחשיבי תוכניות ה'הסדרה', ועורך בהם התאמות דרושות לשם ייצוג החלופה וכימות התועלת הנובעת מקיום רצועה 'נקייה'. הכימות נשען על הנחות והערכות לגבי משך הצפה, התפלגות לגידולים, נזק לכל גידול, וכו'. ככה, הוא אומדין מקורב בלבד אך למרות פגמיו, זה הייצוג המאפשר לכמת את סדרי גודל הנזק והתועלת מהגישה, וחשוב מכך - הוא שמאפשר לבחון את שתי הגישות מול 'דף' התייחסות אחיד.

להלן מוזכרות בקצרה נקודות עיקריות בהן דן ומרחיב הפרק:

- גישת השיקום יוצאת נגד העיקרון העומד בבסיס מפעלי ההסדרה - **שיפור כושר ההולכה**. נוקיו על פיה, רבים מתועלתו. אך ההשגות על גישת ההסדרה נוגעות לעוד מכלול היבטים: נושא שימור קרקע ומים, האחזקה השוטפת, הבעיות ההידרולוגיות בחלק המורדי, ועוד.
- כיום יש נכונות של מתכננים ומקבלי החלטות לאמץ רכיבים ועקרונות של גישת השיקום. הקושי ליישמה קשור בעיקר לכמה **חסמים**¹⁹ (חשיפה לתביעות, קושי להשיג מימון ועוד). בפשטות: **קל הרבה יותר למערכת האמונה על הניקוז, להעביר תוכנית הסדרה 'רגילה'**.
- בהמשך לכך, **הפקעה אינה הליך פשוט**. הוא מלווה בהתנגדויות, ממושך, ולעניינינו מצריך גידור ושמירת רצועה 'נקיה' (דבר שייקר ויקשה על ישומו). הפקעה כחלק מתב"ע הקובעת שימושים בגדות הנחל, מונעת תביעות, ואולי אף מאפשרת שימוש חקלאי 'רך' (והכנסה כלשהי לחקלאי) - תקל על יישום גישת השיקום.
- **בהנחת רצועה 50 מ'**, צד העלות גבוה בהרבה מתוכנית ההסדרה בטל שחר (תה"ל 2002/3), גבוה במעט מעלות תוכנית הסדרת יסודות/גדרה (תה"ל, 98) ונמוך במעט מעלות הסדרת יבנה-נחל גמליאל (תה"ל 2000) בשל העובדה שנדרשת הפקעה רק צד אחד. כלומר, בהנחת רצועה 50 מ' כל צד - חלופת השיקום יקרה יותר במונחי החזר השקעה שנתית.
- **כדאיות**: הממצא החשוב יותר עולה ממבחן הכדאיות. בהיבט כלכלי (מניעת נזק חקלאי) אין היתכנות כלכלית לקיום רצועה 50 מ' במקטעים שנבחנו. **לרצועה 20-30 מטר מכל צד**, שגם לה משמעות רבה מבחינת שיקום הנחל - **ישנה היתכנות כלכלית** (במקטעים שנבחנו ובהנחות התחשיב). כך כמובן גם לרצועה קטנה מזו.

4. הפרק הסביבתי

4.1. מבוא לנושא

עד כה עסקה העבודה בהצגה והשוואת גישות הטיפול בנחל. העיסוק בהן, במכוון, התמקד בהיבט הכלכלי ונגע רק בקצרה בנושאי סביבה. הטעמים לכך היו בעיקרם רצון לבחון את הגישות ב'זירה' ושפת דיון שלא מחלקת מיד קוראים 'לירוקים' (ומאליו תומכי גישה אקו הידרולוגית) ו'שאינם-ירוקים'. זאת משום שנושאי סביבה, אף שברור כיום שקיימת להם משמעות כלכלית רבה, נתפשים עדיין כמשניים בעת דיון בסוגיות נזקים, תשתיות, פיתוח וכיו"ב. דווקא לכן, הוחלט להתמקד תחילה בבחינת הגישות בהיבטים כלכליים 'רגילים', המשקפים (לכאורה) נימוקים שאינם רק נחלת נאמני סביבה ותומכיהם.

עם זאת, ומשהוצגו הגישות, יש מקום לבחון גם את היבטי הסביבה. גישות טיפול שונות יוצרות מעצם הגדרתן תצורות ומאפייני נחל שונים, ולכך ישנן משמעויות לגבי התועלות השונות ש'מייצר' נחל. תועלות אלו - בעיקר כנגזר ממצב הנחל הרצוי ע"פ גישת השיקום - הם הנושא העיקרי של פרק זה.

תועלות סביבה, ובאופן נרחב יותר שיטות **אומדן ערכי משאבי סביבה** - הוא נושא מורכב. חרף העיסוק הרב בו ושכלול השיטות וכלי הניתוח, הוא עדיין (ואולי מטבעו) קשור לגישה ופרשנות, באופן המקשה לחלץ תובנות כלכליות נחרצות. עם זאת לאומדן הערך הכלכלי - ולו סדר גודל וקירוב בלבד - ישנה חשיבות, ודיון בסוגיות של משאבי סביבה צריך לעסוק בו, בכדי לנסות לשקף טוב יותר את האינטרס הכלכלי-ציבורי.

האמור נכון גם לעבודה זו: היקפה לא מאפשר דיון נרחב בנושא, ובוודאי לא סקרי שוק או מחקר מעמיק, אך מטרתה דורשות התייחסות אליו. בחינת הנושא תהיה לכן תמציתית; אפיון סוגי התועלות וכלי אמידתן, ולאחריהם, דיון ראשוני בערכן הכלכלי.

כלכלת הסביבה היא ענף בכלכלה הניאו-קלאסית. עיקר מטרתו להפנים השפעות חיצוניות בתחום הסביבה, לתיקון 'כשל השוק' הקובע מחיר נמוך למשאבי סביבה (כשל הנוגע לכל מוצר ציבורי ואף סמי-ציבורי, כגון חקלאות וערכה הנופי). כך פותחו כלי אומדן להשפעות החיצוניות, ופותחו שיטות להפנמתן ע"י מיסים, מכסות וכו'.

כלכלה אקולוגית, ענף חדש יותר, יוצא נגד הכלכלה הניאו-קלאסית בכמה נקודות עקרוניות ובפרט חולק על 'קידוש' הצמיחה כערך, גם כאשר עבודה נפגע ההון הטבעי (יערות וכיו"ב). כלכלה אקולוגית יצרה את בסיס הדיון העדכני בסוגיית המגוון הביולוגי ושירותי מערכות אקולוגיות, ואת אומדני ערכן הכלכלי (העצומים בד"כ).

המשך הפרק מתייחס לתועלות הנחל באמצעות מונחים משני ענפי הכלכלה הללו, בדגש על כלכלת הסביבה, מהטעמים שיוסברו.

4.2. אפיון ותיאור תועלות הנחל

מהי בכלל תועלת נחל 'משוקם'?

בפתח הדברים אנו נדרשים להנחת הבסיס, לפיה נחל 'משוקם' - שעיקר מאפייניו הוזכרו ('טבעי', זורם, נקי, עתיר צמחיה, מפותל וכו') - מייצר תועלת לכלל הציבור.

לכאורה - טריוויאלי. ודאי בעיניים 'ירוקות'. אך כשהעלינו את הסוגיה לשומעים - בכללם בקיאים ומודעים ואוהדי טבע - נתקלנו בתגובה מבטלת כלפי הניסיון לייחס יתרון לגישת השיקום בשל התועלות שהיא יוצרת. הטעם העיקרי לכך הוא 'חיכוך' מועט של רוב מכריע של הציבור עם נחל שורק. התגובה השכיחה הייתה: 'במה בכלל עוזר לי נחל 'משוקם', אם כמעט לכל אורכו הוא לא נגיש/מזמין/מעניין עבורי? קיים במפורש סוג של אדישות ביחס ל'טבעיות' הנחל, מה עוד שנחל 'טבעי' נתפס כמגן פחות על שימושי קרקע ורמת התברואה לאורכו. הרוב לא תמיד צודק או קובע אך לתחושת ציבור כגון זו ישנה חשיבות, ודאי בעת שבאים לבחון את **תועלת הציבור**. שהרי גם בכך נבדלת גישת השיקום מהגישה ההנדסית, הנגזרת בעיקר מתועלת השימוש הסמוך (בעיקר חקלאי) - ולא של כלל הציבור.

המשך סעיף זה, עוסק לפיכך באפיון התועלות ש'מייצר' הנחל המשוקם.

הגדרה ראשונית בסיסית **לתרומת** נחל לכלל הציבור, נטלנו ממתכנן וותיק, מוטי קפלן:

"הנחל משמש חיץ בין השטחים המבונים, ומונע את הפיכת ליבת המדינה למרחב אורבני רציף. הוא משמש שדרה מרכזית אליה מתכנסים השטחים פתוחים ויוצר מערכת רציפה הכוללת שטחי חקלאות, פארקים, יערות, ושמורות טבע, המעשירה את חוויית המטייל והנופש. הנחל חודר דרך יובליו לאזור העירוני ומקרר את הטבע והרגשת המרחב לאוכלוסיה המתגוררת בעיר. למאפיינים אלו חשיבות עליונה מבחינה מערכתית, בתכנון הארצי הכולל" (קפלן, 2001)

כלומר, ראשית, על נחל ה'מעשיר את החוויה' ו'מקרר את הטבע' וכו', להיות נקי ו'טבעי'. שנית - ובהיתן נחל כזה (משוקם או בלתי-מופרע מלכתחילה) - תרומותיו ותועלותיו עבור האדם נחלקות באופן גס לכמה 'משפחות' תועלות:

א. תרומות הנחל המשוקם וסביבתו כ**מערכת אקולוגית** לאדם

ב. תועלות בגין **שימושי פנאי/נופש/תיירות** הנשענים על הנחל המשוקם

ג. **עליית ערך** שימושי קרקע (ובעיקר ובמובהק - נדל"ן) סמוכים לנחל המשוקם

הערה: אין באמור התייחסות לשיטות מדידה עקיפות. בעבר בעיקר, אך לעיתים גם כיום, רווחו שיטות עקיפות ("כמה תהיה מוכן לשלם/כמה שווה לך הנחל?" וכו') לאמידת ערכי סביבה. בהן: שיטת 'הערכה מותנית', 'עלות הנסיעה' וכו' ב שיטות - ראה פירוט נספח 4. אף שיש לשיטות אלו חשיבות רבה, ודאי כשלב של התפתחות כלכלת הסביבה, השימוש בהם פחות, ומכל מקום - לא נעשה בהם שימוש בעבודה זו.

4.2.1 תרומת הנחל כמערכת אקולוגית

מערכת נחל 'משוקם', בפרט לצד עיר, מספקת שירותים רבים. חלקם נובעים משטחי טבע, ייעור וכו' ש'התכנסו' לנחל ולא מהנחל עצמו. די לחשוב על התרחבות העיר יבנה והרחבות קהילתיות' במושבים סביבה, כדי להבין את משמעות רצועת הנחל בעתיד במקטע הנבחן בעבודה. על שירותי הנחל וסביבתו נמנים (בין השאר) השירותים הבאים²⁰:

- ריאה ירוקה - קליטת מזהמים מהעיר הסמוכה
- הפחתת נגר עילי וקליטה לאקוויפרים
- מניעת ובקרת סחף וארוזיה
- טיהור מים. מהילה ודילול מי קולחים
- בית גידול טבעי לדגה, חי וצומח ייחודיים ומאפיינים - כתושבי קבע, עוברי אורח העושים שימוש בנחל כ'מסדרון אקולוגי', או כחולפים בנדידה (ישראל כתחנת מעבר).



שירותים אלו חשובים מאד, וקיימים אומדנים כלכליים לביטוי תרומתם²¹. לעניין יודגש, שהם מסופקים ע"י מערכת **שלמה ובריאה**. מערכת מזוהמת ומופרת חדלה לספק אותם, ואף הופכת מקור זיהום ומפגע, כפי שאכן אירע בהיקף רב בנחלי הארץ. **שיקום** נחל ממצב זה משמעו השבת יכולת **תפקודו כמערכת אקולוגית מועילה**, ומאליו - פעולה עם תרומה כלכלית. בשונה מ'הסדרה' - מטבעה 'נקודתית' וחד ממדיית בתועלותיה - פעולת שיקום ותרומת מערכת נחל משוקמת, ניתנת לאפיון בכמה 'מישורי' תועלת:

זמן: ייצור תועלות ארוכות טווח בעיקר עבור הדורות הבאים

מרחב: השפעה אקולוגית על כלל אגן ההיקוות מבחינת תועלותיו

ציבור: נכס לכלל הציבור, קרוב כרחוק, הזכאי ליהנות מתועלותיו.

לא מדובר בהיבט הצר יותר של שמירת טבע/נוף (החשוב כשלעצמו), אלא בתועלת הציבור כולו, ובכללו זה שלא 'צורך' יציאה לטבע/לנחל. נכון לדבר לכן במונחי תועלת חברתית של נחל, בהיותו ספק שירותים לכל, ללא תלות בהעדפותיו בנושאי טבע וסביבה.

על אף כל האמור, ואף שאנו משוכנעים בחשיבות שירותי מערכת נחל 'משוקם', תרומותיה **לא נכללו בהשוואת הגישות** בעבודה זו. זאת כיוון שבמונחי תזרים (cash flow), והיבט הצר יותר בו נבחנה כדאיות הגישות - **עלות מול תועלת שנתית** - לא נכון לכלול שירותים שלפחות כיום לא 'ייצרו' הכנסה (לכיסוי עלות הפקעה למשל) ולא ניתן למכור ולממש את תועלתם. חשיבותם רבה (**מאד**) בדיון ציבורי כולל לגבי הנחל אך כאמור לא כמקור תקציב למימון הטיפול בנחל, ולא כתועלת כלכלית יישומית לטיפול בנחל.

כך כיום ובעבודה זו. בעתיד, בהחלט יתכן שבדומה ל'סחר הפליטות' שמשמש כלי לשימור במדינות רבות, ניתן יהיה לגלם ולממש את תועלות הנחל, לצורכי שימור.

4.2.2 תועלות מעליית ערך נדל"ן סמוך לנחל

בניגוד לכך, עליית ערך נדל"ן ליד נחל 'משוקם' - אם ישנה או צפויה כזו - צריכה להיכלל בהשוואת הגישות. לדוגמה: אם ערכי הנדל"ן ביבנה יעלו בשל שיקום ופיתוח נחל וסביבתו (נחל טבעי בעל איכויות שונות מפארק עירוני רגיל), בידי העיר למסות את עליית הערך - ארנונה וכו' - ולהעביר הכנסות אלו לפיתוח פארק נחל. באופן רחב יותר, עליית ערך נדל"ן מהווה את הגישה הנפוצה להמחיש תרומת משאב טבע למרחב עירוני, ונוגעת לכן, בעיקר למקטע יבנה. זאת משום שהתועלות הכספיות הנובעות ממנה, בפרט כשנחל עובר בלב עיר (הירקון - אף שעניינינו שונה במובהק), גורמות לא פעם לגימוד התועלות האחרות.

קיימים מחקרים רבים לקשר בין עליית ערכי הנדל"ן והקרבה לשטחים פתוחים, פארקים וערכי טבע. מחקר אונ' ת"א לגבי שכונות העיר ליד פארק הירקון ושטחים פתוחים אחרים ובכלל זה שכונות לא 'חזקות' סוציו-אקונומית סמוך לפארק הטייסים, גילו עליה 6%-9% בערך נדל"ן בשל כך (לפחות ב-2 שורות בתים ראשונות). גם מחקר מש' השמאי הממשלתי ומש' המשפטים ('גורמי השפעה ושיטות הערכת שטחים פתוחים') העלה ממצא דומה לפיו ערך הדירות עולה בממוצע 5-9% עבור דירות בטווח עד 500 מ' מפארק²².

21 ראה למשל האומדן במחקר זה

22 נסמך בעיקר על עבודות 'כיוון' (גדי רוזנטל): 'היבטים סביבתיים של משק המים - מסמך מדיניות', 2005 וכן "חוו"ד לגבי היתכנות כלכלית ואופן ההסדרה והמימון להקמת פארקים במזרח נתניה ונס ציונה", 2004

לעניינינו יש לשים את הדברים באור נכון. הנחל במופעו ליד שכונות מזרח/צפון יבנה לא אטרקטיבי, והשכונות לא 'חזקות'. זאת בשונה מהשכונה החדשה המתוכננת בדרום-מזרח העיר, במשולש התחום בנחל ממזרח, ברכבת במערב, ובמושב בניה מדרום (3,600 יח"ד בהליכי תכנון ואישור וועדה מחוזית, ע"פ העיריה). כאן - בכפוף לשימור והנגשת הנחל, בזיקה לשכונה ולעיר - עשויה להיות לנחל תרומה של ממש לערכי הנדל"ן.

לדוגמה: אם נניח שהשפעת הנחל בשכונה זו תגיע רק לשליש יח"ד הסמוכות (1,200) ונניח ערך דירה חדשה \$ 200,000, משמעות תוספת 5% למחירה, בגלל הנחל ה'משוקם' וסביבתו המפותחת - תהווה עליית ערך כולל 12 מלש"ח. אם נניח בנוסף לכך עליית ערך 5% בדירות בשורה ראשונה ושניה בשכונות המזרח (רח' הגלעד, מבצע קדש והנשיאים בעיקר) ונניח ערך 100,000 \$/דירה בממוצע - זו עליית ערך נוספת של 3 מלש"ח.

סכום כזה יצדיק הפקעה 50 מ' כל צד במקטע השכונה (1.5 ק"מ, כ-3.3 מלש"ח עלות) או לחילופין, הסדרה בגישת 'יצוב-קשיח-ירוק' (אם אין מנוס, בשל ארוזיה וכו'). מכל מקום, יהיה בכך כדי יהפוך את גישת השיקום במקטע לכדאית, גם בהנחות זהירות שבין השאר לא כוללות עליית ערך צפויה בהרחבות מושבים סמוכים (בניה, גאליה ובית גמליאל).

לגבי השכונה החדשה, מודגש כמובן שהעדיפות היא **להרחקת** השכונה ככל הניתן מהנחל, (שיאפשר שיקום שימור והנגשה מיטביים) ואין הכוונה פה להמליץ לדחוק אותה עד סמוך לנחל (כמו בשכונות המזרח הישנות), כדי "ליהנות" מעליית ערך הנדל"ן בבניינה.

4.2.3 תועלות משימושים הנשענים על הנחל

'סוג' התועלת הבא התייחס לתועלות בגין **שימוש פנאי/נופש/תיירות**. בהקשר זה יש לדון ב**פוטנציאל** הנחל למשוך קהלי יעד שונים, לפעילויות השונות, ולמשמעות הכלכלית לכך. זאת משום שבפועל הפיתוח לאורך הנחל מועט מאד כיום, וכפי שצוין כבר בפרק - הנחל נתפש עד כה בעיני רובו של הציבור כבלתי נגיש. מודגש שלכל הדעות פיתוח מסיבי, המציע את רצועת הנחל לכל המרבה במחיר ולכל פוטנציאל הביקוש הקיים - אינו הפיתוח הרצוי. הכוונה היא לפיתוח מתון ומבוקר, השם דגש רב על שימור הנחל וסביבתו, ועיקר מטרתו כאמור לקרב ולהנגיש את הנחל לכלל הציבור.

ניתוח רציני של פוטנציאל הביקוש ל'שירותים' אלו צריך שייסמך על **סקר** של קהל היעד, אומדן הוצאותיו על נופש פנאי ותיור, אפיון העדפותיו, כימות ופילוח מרחקי נסיעה שלו, וכיו"ב מדדים נדרשים - וחורג הרבה מההיקף הריאלי לעבודה זו. כך עלה גם משיחותינו עם פרופ' מוטי שכטר, ראש החוג לניהול משאבי סביבה באוניברסיטת חיפה, ועם ד"ר עליזה פליישר, ראש החוג למשאבי מזון ותיירות בפקולטה לחקלאות - שניהם ממובילי מחקר בתחומים אלו בארץ בשלושת העשורים האחרונים (בפרט עבודת פרופ' שכטר וחוב' בשלהי שנות ה-70, לגבי תועלת פארק הכרמל לציבור, הייתה למיטב ידיעתנו הראשונה בארץ בניסיון לאמוד את ערכי משאבי סביבה לציבור).

הבחינה האפשרית והמוגבלת יותר לתועלות נחל אלו, תתייחס למתחמי הפיתוח המוצעים להקמה בנחל. תוכנית מתאר חלקית למרחב נחל שורק, תמ"מ 21/3 / 21, היא שמשקפת בנקודת זמן זו את תכנון הפיתוח באופן המעודכן ביותר, והיא גם זו שמהווה נקודת מוצא לבחינת המשמעות הכלכלית של 'סוג' תועלת זה. לתוכנית והשלכותיה על תרומות הנחל²³ - מוקדש הסעיף הבא.

23 תרומות בגין שימושים צמודי-נחל, ולא שירותי המערכת האקולוגית וכיו"ב, שגם בהם עסקה התוכנית.

4.3.1 כללי

תוכנית מתאר מחוזית (חלקית) לנחל שורק, תמ"מ 21/ 21/ 3 אושרה להפקדה. מטרתה: "שמירת נחל שורק, יובליו והשטחים הפתוחים האיכותיים הסמוכים אליו כמכלול נופי אקולוגי. במרחב הנחל ישומרו ערכי הטבע, תוך שמירת רציפותם של השטחים הפתוחים, ותיקבע מסגרת לשימושי פנאי ונופש." וכך גם בפירוט מטרות המשנה, המגדירות כיעדים: "שיקום המערכת האקולוגית", ו"קביעת ייעודים ושימושים לשימושי פנאי, נופש ותיירות המתאימים לפעילויות בשטחים פתוחים." כלומר: שמירת הנחל כמכלול (אקולוגי, ערכי טבע, שטחים פתוחים וכו') ולצד אלו - קביעת מסגרת לשימושי פנאי ונופש.

הכוונה כאן אינה להעמיק בתוכנית, אלא כבסיס לבחינת תועלות הנחל המשוקם. סעיף זה יציג לכן את ההיגיון הכלכלי בתוכנית כבסיס לקביעת השימושים, ולאחריו - יובא תיאור המתחמים והשימושים העסקיים השלובים בהם, ומשמעותם הכלכלית.

4.3.2 הגישה הכלכלית בתוכנית

ככלל, ישנן מספר גישות כלכליות עקרוניות ביחס לערכי סביבה ולפיתוח המתאים להם.²⁴

● **גישה כלכלית:** גישה המתייחסת למשאבי טבע ושטחים פתוחים ככל שימוש קרקע אחר, ומייחסת לשוק יכולת להקצות קרקע באופן מיטבי. התועלת מהשימוש, קובעת את ערך הקרקע. גישה זו **בעייתית** ביחס לערכי טבע ושטחים פתוחים, בעיקר ב-3 היבטים:

- תועלת הסביבה נמדדת (גם) במונחי זיקה, יופי, הנאה וכיו"ב מושגים איכותיים ובעייתיים לכימות, ולכן מנגנון השוק, מטבעו - לא יבטא את כלל התועלת ה"אמיתית".
- תועלת סביבה היא "ציבורית" ובעייתית לחלוקה לתועלת הפרט, על פיה מבטא מחיר שוק את העדפות פרטים ופירמות. (כשל הנוגע לעוד מוצרים ציבוריים רבים).
- מנגנון השוק מתייחס לתועלת מיידית או קצרת טווח, בעוד תועלות ערכי הסביבה ארוכות טווח ו"ערכן הנוכחי" המדיד, נמוך יחסית מעצם הגדרתן.

● **גישה נורמטיבית:** גישה המנסה לתת מענה לבעיות אלו ע"י מעין העדפה מתקנת, וקביעת גופים השומרים על טובת הציבור. גישה זו נגזרת מתועלת חברתית ולא כלכלית, ומצרכים (המסופקים ע"י מכסות) ולא ביקושים. נחל או שטח פתוח לפיה, הוא צורך ציבורי בסיסי, ולכן יש להגן עליו בחוק/תקנה/מכסה. **הביקורת** על הגישה קשורה בעיקר ל-3 נקודות:

- 'צורך', 'תועלת חברתית' ומונחים אחרים בהם נוקטת הגישה, יקשו אפילו על דיון בסיסי בהיגיון כלכלי הנגזר מהגישה, לא כל שכן על היתרון כלכלי לנהוג לפיה.
- בהמשך לכך, מתחם סביבתי ששימושיו הוגדרו בגישה זו, יהיה נתון תדיר ללחצי שימושי הקרקע המתחרים, שהינם בעלי תג מחיר ברור (אף אם לא בהכרח גבוה יותר).
- דווקא מנגנון ציבורי (ומטבעו נתון להשפעות פוליטיות, חברתיות ואחרות) עשוי להיות לא יציב, ולכן גם אינו ערובה לפיתרונות ברי קיימא ארוכי טווח.

24 מהווה קיצור של הסבר מתודולוגיית הפיתוח מתוך תוכנית פיתוח נחל שורק תמ"מ חלקית 21/ 21/ 3

● **גישת ביניים:** כשל השוק בקביעת מחיר למשאב סביבה, מוביל לגישת הביניים. זו אמנם נוטלת מהגישה הנורמטיבית את עיקרון הקצאת השטח בראיה ציבורית, אך חותרת לאמץ בתוכם שימושים עסקיים המעשירים ומגוונים את השימוש, ובתנאי ש"יתאימו" לסביבה וקיימת להם היתכנות עסקית. **יתרונות** הגישה קשורים בעיקר ל-2 היבטי פיתוח:

- הפיתוח מממן ע"י המיזמים העסקיים ואינו נסמך על מימון ציבורי, שהתחרות עליו רבה.
- התועלת נגזרת מהשימושים ה'נהנים' מהנחל. תועלת נחל נקי, 'טבעי', עתיר צמחיה וזורם, תתבטא במיזמים עסקיים שיהנו מקרבתו, (בנייה 'ירוקה' למגורים, פעילות נופש וכו').

חסרון הגישה הבולט, נעוץ בדיוק בכך - בזיקה בין שמירת ערכי סביבה לבין **פיתוח עסקי** לפחות ברמה כלשהי. לכן, ככלל, החברה להגנת הטבע **מתנגדת** לגישה ולהצמדת שימושים לנחל, אלא במשורה, וחותרת ליצור מנגנון שיחייב את היזם למטלה ציבורית בנחל עצמו.

ואכן, עורכי תוכנית המתאר הגדירו את גישת הביניים, כ**עומדת בבסיס הפיתוח המוצע**, אך בפועל, (בשל התנגדויות אילוצים, רגישויות אקולוגיות וכיו"ב) - הפיתוח העומד בפני אישור הוא **מוגבל בהרבה, 'ירוק' יותר, ושונה ברוחו מגישה זו.**

מתחמי הפיתוח, ע"פ הוראות התוכנית (פברואר 2010), מתוארים בקצרה להלן.

4.3.3 פארקים אזוריים ומתחמי הפיתוח

הוגדרו לפיתוח חמישה מוקדים: שני פארקים אזוריים - ביבנה וגדרה - ושלושה מתחמי פיתוח, בפלמחים גן רווה ויסודות. הגדרתם הבסיסית:

פארק אזורי: "אזור בתחום נחל וסביבתו סמוך לריכוז אוכל' גדול המיועד לשמש את תושבי האזור בפעילויות פנאי, נופש ספורט וקהילה בשטחים הפתוחים, בזיקה לנחל."

מתחם פיתוח: "אזור בשטח נחל וסביבתו הסמוך לאתר ביקור/אתר עם ערכיות אקולוגית וגובל בדרך ראשית תשתיות או בינוי, המאפשר פיתוח לפעילויות פנאי, נופש..."

- **יסודות:** בצמוד לתחנת רכבת 'שורק', על המסילה לירושלים. בעיקרו תחנת מידע ונקודת יציאה לטיול בקטע 'אל-געת' רטוב של הנחל (קטע יסודות-כביש 6).

- **פארק אזורי גדרה:** ממזרח לנחלים שורק וגמליאל (ולמעשה במנותק מגדרה). מתחם אקסטנסיבי לפעילויות הליכה, אופניים, מתקני משחק וכיו"ב, ללא בינוי.

- **פארק אזורי יבנה:** מצפון מזרח לעיר בקרבת גאליה. מתחם אקסטנסיבי לפעילויות כנ"ל, וללא בינוי וכן ללא קשר לתל יבנה (כפי שהוצע בעת שלבי הכנת התוכנית)

- **גן רווה:** בקצה הצפוני של אזור התעשייה. נק' יציאה לטיול לאורך הנחל בקטע עד כביש 4. כן אושר פיתוח והקמת גן אירועים בצמוד מעל לנחל (בשטח מ.א.גן רווה)

- **פלמחים:** בכניסה לחורשת הצנחנים על כביש 430. נקודת יציאה לגן לאומי עינות רובין וטיולים באזור השפך. אקסטנסיבי וללא בינוי.



כפי שצוין מדובר בפיתוח **מוגבל וזהיר** ביחס לנחל, שלהוציא את גן האירועים **אינו משולב בשימושים עסקיים** הנשענים על הנחל (בגן אירועים הכוונה 'להעמיס' מטלות טיפול בנחל, על המועצה האזורית, הנהנית מהפיתוח צמוד-נחל-משוקם). לעניין עלות הפיתוח, ובעיקר תפעול ואחזקת המתחמים האחרים - יידרש מימון ציבורי לכך, בהיעדר שימושים עסקיים להשית עליהם את העלויות השונות.

לעניינינו, ובלי לקבוע עמדה בסוגיה, **פיתוח מוגבל** ואקולוגי באופיו, **משמעו תועלת מועטה** יותר (בהיבט הכלכלי) שמספק הנחל לציבור. ייתכן שאלפים רבים ינהרו למתחמי הפיתוח אך כרגע, ומשום שרובו הגדול של הפיתוח הוא פעילויות לא בתשלום, אין יכולת להעריך את תרומתו הכלכלית של הנחל (בהקשר זה מציין עמית אשכנזי במחקר: "כלים פיננסיים לשיקום נחלים", שרק לאחר שפארק נחל אלכסנדר משך אלפים רבים מאד של מבקרים - הושג סופסוף המימון עבור שיקום הנחל וטיהור מימיו²⁵).

מכל מקום ובהינתן תמונת הפיתוח הזו, אנו חוזרים לנקודה של הערכה כללית **לפוטנציאל** הנחל, כמספק שירותי פנאי נופש ותיור. לעניין זה בוצעו עבודות שונות לגבי נחלים שונים, ובפרט עבודות מקיפות לגבי הירקון, שריכוז האוכלוסייה סביבו וחיבתו עבודה, הופכים את **השוואתו לשורק לבלתי-רלבנטית**. העבודה המקיפה ביותר שבוצעה לגבי נחל שורק (רוזנטל/צבן, 2000) העלתה את הממצאים העיקריים הבאים:

- כ-65% יוצאים לנופש יומי, קרי, 20 מיליון ביקורים בשנה. רובם בסמוך למגוריהם, ורק שיעור קטן מרחיק יותר. כלומר, פיתוח אתר נופש בסמוך לריכוזי אוכלוסייה מגלם תועלת נוספת למשק, בחיסכון בזמן והוצאות נסיעה. נחלי החוף בלב המדינה מהווים לכן **משאב כלכלי חשוב**.
 - קיום נחל או גוף מים באתר, מוסיף לערכו ולתועלת של הנופשים ממנו. נופשים רבים מעוניינים בקיום פעילויות הקשורות למים. סך תוספת התועלת לשימושי נופש/פנאי כתוצאה משיקום הנחל **לציבור המתגורר ברדיוס 20 ק"מ מנחל שורק, נאמדה לפיכך בכ-8 מיליון ש"ח לשנה**.
 - הזרמת מים נקיים תביא עליה 15% ערך דירות המצויות עשרות מ' ממנו (קרי מזרח יבנה). פיתוח פארק בגדת הנחל תביא עליה ב-25% בערכו. להמחשה, השפעת השיקום על ערך 600 דירות ליד לנחל נאמדה ב-16 מיליון דולר (**אומדן 'נדיב' בהרבה משלנו, אך מתייחס להזרמה מים רציפה**). גם כאן, מדובר בבינוי קיים, ולא בהמלצה לבנות גם בעתיד 'על הנחל', כדי ליהנות מעליית ערך.
 - כל מוקד נופש לאורך הנחל יתמוך בארבעה עסקי בילוי/ספורט/הסעדה. הקירבה לנחל משוקם תתרום לעליה של 10% בשיעור התשואה השנתי של עסקים אלו.
- על בסיס הממצאים ובהתחשב בגידול באוכלוסייה באגן, פוטנציאל הביקוש לשירותי פנאי ונופש נאמד בכ-8 מיליון ש"ח/שנה כיום. כן ניתן לראות שהעבודה נתנה משקל רב לערך כלכלי של פעילות השיקום, ביחס לתשואת עסקים ומחירי נדל"ן בשכונות סמוכות לנחל.

25 ובכך מצביע על גישה בעייתית ביותר בעיני הגופים ה'רוקים', משום שהנחל שוקם מתקציבי המדינה וקק"ל - ולא מכוחות השוק, וכך גם צריך להיות לטעמם.

4.4. סיכום ביניים - תועלות הנחל

פרק זה עוסק בתועלות שמספק נחל באשר הוא לציבור, כתוצאה מהיותו 'משוקם', על המשמעותיות השונות הנגזרות מכך. כזכור, הפרקים שקדמו לו עסקו בעימות גישות טיפול בנחל, ופרק זה מהווה נדבך נוסף בהשוואה הכוללת ביניהם.

חלקו הראשון של הפרק סקר בקצרה את הנושא המורכב של אמדן ערך משאבי הסביבה, והקשיים הידועים היטב הנלווים לכך, ואיפיון סוגי 'תועלות' עיקריים שהנחל 'מייצר':

א. תועלות הנחל כמערכת אקולוגית

ב. תועלות בגין שימושי פנאי/נופש/תיירות

ג. תועלות בגין עליית ערך הנדל"ן הסמוך לנחל

חלקו השני דן והרחיב ב'סוגי' תועלות אלו בנחל שורק, ובמידת האפשר (והיכן שלטעמנו יש לכך רלבנטיות) - הציג אומדן ראשוני למשמעותן הכלכלית.

להלן מוזכרות בקצרה הנקודות העיקריות שעולות מתוך סעיפי הפרק:

- בין אם יש לכך הצדקה מלאה או לא, הנחל נתפש כבלתי נגיש (או רלבנטי) לרוב הציבור, ובעיקר לציבור עירוני גדול המתגורר בקרבתו, ועשוי ליהנות מתועלותיו.
- בהמשך לכך, הוראות תוכנית המתאר לפיתוח הנחל שמות דגש על שימור "נחל וסביבתו", ומתוות פיתוח אקסטנסיבי ומתון מאד. לכך יש תועלת בהיבט השיקומי, ומאידך, השפעה על הקטנת התועלת הכלכלית מעסקים ושירותים הנשענים על הנחל.
- לפי ניסיון נצבר והערכת עבודות קודמות, לפיתוח פרקים עירוניים בויקה וצמידות לנחל, השפעה כלכלית חיובית רבה על עסקים סמוכים ועל הנדל"ן הסמוך.

תועלות כלכליות:

● שירותי מערכת: מערכת נחל משוקם תורמת תועלת רבה - אולי החשובות בתועלות הנחל. למרות זאת לדעתנו (ודעת מומחים בהם נועצנו) אין לכלול אותן בהשוואת הגישות בעבודה המתמקדת בהיבט 'כדאיות' ישיר, ובתועלות הניתנות למימוש במונחי תזרים (cash-flow) ותקציב טיפול בנחל. בעתיד, ו/או בעבודות שהדגש בהן שונה, ייתכן שיהיה מקום להכליל בשיקולים את ערכם הכלכלי של שירותי המערכת המשוקמת.

● עליית ערך נדל"ן: לנחל משוקם, מפותח ונגיש יש בלי ספק השפעה על ערך הנדל"ן לאורכו. גם בהערכה צנועה המתייחסת למזרח יבנה בלבד, ולשכונה המתוכננת בדרום-מזרחה, מדובר בעליית ערך של כ-50 מיליון ש"ח, שתוכל בתכנון נכון 'לשאת' בעלות שיקום מקטע זה. מודגש שמומלץ להותיר שוליים נרחבים לשיקום הנחל, ולא לדחוק את הבינוני אליו.

● פנאי/נופש וכו': בשל מאפייני הפיתוח המוצע שהוזכרו לעיל, נדרשנו לפוטנציאל קיים ע"פ הערכות עבודות קודמות. הביקוש לשירותים אלו, על בסיס שיקום הנחל, נאמד ב-20 מיליון ש"ח בשנה, שמשמעותם גם פיתוח עסקים ושימושים בנחל וסביבתו.



5. תכנון עקרוני למקטעי ה'פיילוט'

5.1. מתווה התכנון המוצע

מתווה התכנון העקרוני המוצע למקטעי הפיילוט - מקטע טל שחר ומקטע עיר יבנה - מוצג ומוסבר בעבודת ד"ר אבנר קסלר (ר' פרק: עקרונות שיקום אקו-הידרולוגי של נחלים אלוביאליים, סעיף 4). כך גם הרציונאל ההידרולוגי והאקולוגי העומד בבסיס התכנון, והחישובים וההנחות המקצועיות הנלוות לו.

פרק 5 להלן מאזכר את עיקריו, כבסיס לבחינה הכלכלית של התכנון המוצע למקטעים - כשלעצמם ובהשוואה לתוכנית ההסדרה שלהם - המוצגת בהמשך הפרק.

כמוסבר בעבודת ד"ר קסלר **בעדיפות הגבוהה** ביותר מוצע לשחזר את אפיק הנחל הטבעי בסמוך לאפיק הנחל המופר. בחלופה מיטבית זו נשמר המפלס המקורי של פשט ההצפה, והפגיעה בפרוזדור הנחל היא מינימאלית.

בעדיפות השניה לא ניתן לקיים מפלס מקורי של פשט הצפה, ויש להתאימו למפלס הנמוך יותר. כך למשל בשל אילוצי מפלס קרקעית נחל בגין תשתיות סמוכות (כבישים, גשרים וכו'). יתרון החלופה בצמצום פוטנציאל ההצפה, שיפור מערך אקולוגי (אחו לח), וביציבות אפיק לאורך זמן. חסרונה עשוי להיות בעודף חפירה ביחס למילוי הנדרש.

בעדיפות שלישית לא ניתן לקיים פשט הצפה כלל, בשל קרבת תשתיות/מבנים ו/או חסמים בהפקעת קרקע, וניתן לשחזר רק את ממדי האפיק התואמים לספיקה הטבעית. בספיקה גבוהה יותר, עומק הזרימה יחייב אלמנטים קשיחים בדפנות הערוץ. יתרון חלופה זו על פני הגישה ההנדסית, הוא לכן רק בתחום ספיקות הנמוכות מספיקת האפיק הטבעית.

טל שחר: על פי נתוני תכנון רלבנטיים למקטע שמציג ד"ר קסלר (שיפוע אורכי, ספיקות, ספיקות שיא וכו') חלופת השיקום המוצע היא "חלופת האפס" - Let the river flow. עלותה היא לכן עלות הפקעת שטחי פשט ההצפה המשמשים כיום לחקלאות. סך רוחב ההפקעה בניכוי האפיק ודרכי השירות משני צידיו, הוא כ-90 מטר.

יבנה: חתך הזרימה מצוי בתהליך מתמשך של חתירה בקרקעית והתמוטטות גדות לאורך כ-1.5 ק"מ מול איזור התעשייה. עומק מרבי של החתך בין הקרקעית לגדות האפיק 4.5 מ' בקירוב. לנוכח אילוצי תשתיות לא ניתן לשקם את האפיק בחלופה בעדיפות הגבוהה בעלת פשט הצפה במפלס טבעי. החלופה המתאימה יותר היא השניה, לפיה יש לייצר מפלס פשט הצפה חלופי נמוך יותר, ע"י חפירה מ-2 צידי האפיק המשוחזר. חתך התכנון מוצג בעבודת ד"ר קסלר. ע"פ התכנון תישמר הגדה הצמודה לאזור תעשייה ללא שינוי, עם שיפוע תלול יחסית של 1:2. שיפוע זה יחייב יצוב באמצעים נוספים כמזרוני הידרוטקס (Hydrotex) או אלמנטים קשיחים אחרים. לחילופין ניתן לשחזר אפיק חדש ומרוחק יותר מאזור התעשייה בעל שיפוע גדות של 1:3 וכיסוי צמחי בלבד.

המשמעות הכלכלית של תכנון עקרוני זה למקטעים, מוצגת ונבחנת בסעיפי הפרק להלן.

5.2. בחינה כלכלית מקטע טל שחר

5.2.1 תוכנית ההסדרה

כמוצג בהרחבה בפרק 2, המתכנן במקטע טל-שחר (תה"ל 2002/2003) שאורכו כ-4.9 ק"מ, השווה את אומדן עלות מפעל הניקוז שהציע, לאומדן הנזק הנמנע ע"י ההסדרה.

עלות ההסדרה נאמדה ב-5.3 מיליון ש"ח (ראה פירוט בטבלה בסעיף 2.2.2), שמשמעה בריבית 7% 301 שנות קיים, החזר של 427,000 ש"ח/שנה. לעומתה, התועלת (מהפחתת נזק השנתית) נאמדה במתודולוגיה שהוצגה בהרחבה בפרק 2, ב-509,000 ש"ח/שנה. התועלת חושבה על ידי השוואת הנזק הצפוי במצב הבסיס, לזה הצפוי לאחר ההסדרה (יזכר, שמטרת 'הסדרה' בשטח חקלאי ע"פ הנחיות אגף הניקוז, היא מניעת הצפה בשיעור הסתברות 1:10).

יחס התועלת/עלות על פי אומדניו של המתכנן היה לפיכך: 509,000/427,000 ש"ח - 1.19. או במונחי מחירים ממודדים להיום: 655,000/550,000 ש"ח - 1.19. המתכנן קבע לפיכך שישנה כדאיות כלכלית לתוכנית מפעל ההסדרה, אך היא גבולית²⁶.

5.2.2 אומדן עלות גישת השיקום

באופן דומה יוצג תחשיב להיתכנות גישת השיקום לאותו מקטע. הפיתרון המוצע כאמור הוא 'חלופת אפס' - let the river flow. הנחל יסדיר את עצמו על פני זמן, וישקם את מצבו ההידרולוגי והאקולוגי. יש 'לספק' רצועת קרקע לקיום פשט ההצפה ולהגן עליו ברצועות חיץ. הרצועה המוצעת בניכוי הנחל ודרכי השירות, היא 90 מ', 45 מ' מכל צד.

עלות הגישה נגזרת לכן מרוחב הרצועה ה'נקה' משימוש ומגובה הפיצוי. המקטע חקלאי, רובו גד"ש ומיעוטו מטע וירקות, וישנה התכנות פיסית לניקוי 45 מ' מכל צד, גם בנקודות הצרות: יקב צרעה, 'ברך' ישעי (בה הנחל סמוך לפסי הרכבת) ומט"ש בית שמש.

לפי פיצוי 22,000 ש"ח/ד', עלות רצועה 50 מ' כל צד (45 הפקעה + 5 מ' דרך קיימת) תהיה כ-9 מיליון ש"ח והחזר ההון בריבית 7% - כ-750,000 ש"ח/שנה. גישת השיקום מייתרת את הצורך בתחזוקה הנהוגה כיום, שעלותה 50,000 - 75,000 ש"ח/שנה למקטע. כלומר, בניכוי עלות זו, העלות השנתית הנגזרת מגישת השיקום היא כ-675,000 - 700,000 ש"ח/שנה.

5.2.3 אומדן התועלת בגישת השיקום

התועלת משמעה פה שטח חקלאי שעשוי היה להיות מוצף אך כעת נכלל בשטח ההפקעה ועתיד להיות 'נקי' משימוש (או לפחות שאח שאינו זכאי לפיצוי).

מתודולוגיית חישוב תועלת רצועת ההפקעה, במונחי נזק נמנע, הוצגה בהרחבה בפרק 3, על בסיס אותן טבלאות בהן השתמש המתכנן (תה"ל 2002/2003). כדי לא לעייף שלא לצורך, נביא רק את טבלה 2 להלן, של היקף השטח שלא זכאי לפיצוי אחרי ההפקעה (התועלת), וטבלה 5 המסכמת את אומדן התועלת. ניתן לראות בטבלה 2, שהתועלת הישירה קטנה מתועלת מפעל ההסדרה (ע"פ הגדרתו) שבו בהסתברות 1:10 - אין נזק כלל (ראה פרק 2).

26 גבולית, בין השאר, משום שדי אם נקצר את משך קיים המפעל ההנדסי ל-20 שנה - משך שהוא ודאי ריאלי יותר - בכדי להשוות את העלות השנתית לתועלת השנתית.



טבלה 2: שטח מוצף בסוגי הגידול השונים (דונם)

100	50	20	10	5	תקופת חזרה של ההצפה (שנים)
1	2	5	10	20	הסתברות האירוע (%)
מצב קיים:					
750	660	560	440	260	מטע
680	580	490	400	200	גד"ש
55	40	30	20	5	חממה
שטח ניזוק בניכוי רצועת הפקעה					
470	380	280	160	-	מטע
465	365	275	185	-	גד"ש
50	35	26	16	-	חממה

טבלה 5: עלות הנזק הכוללת (באלפי ש"ח)

1	2	3	4	5	מס' סידורי
1%	2%	5%	10%	20%	הסתברות האירוע (%)
5,140	4,031	2,843	1,819	624	נזק כולל מצב קיים
2,824	2,035	1,270	636	0	נזק כולל בניכוי שטח מופקע
2,316	1,996	1,573	1,183	624	הפרש נזק עם/בלי שטח מופקע

הפרש הנזק הוא הפיצוי שנחסך (שורה תחתונה). תוחלת ההפרש (תוחלת התועלת), המדד לבחינת הכדאיות, הוא סכום ההפרשים מוכפלים בהסתברות אירוע זה. בהנחות התחשיב הסכום המתקבל הוא כ-385,000 ש"ח, ובמחירי היום - כ-441,000 ש"ח.

5.2.4 כדאיות כלכלית גישת השיקום

לפי אומדני העלות (5.2.2) וחישוב התועלת (5.2.3) מחושבת הכדאיות. עלות לשנה במונחי החזר הון כ-690,000 ש"ח. התועלת 441,000 ש"ח. קרי, בהיבט הכלכלי/חקלאי גרידא, ורצועה 50 מ' כל צד, אין כדאיות. כיוון שלצורך שיקום הנחל וסביבתו גם לרצועה קטנה יותר משמעות רבה, נבחנה בטבלה כדאיות חלופת האפס גם ברוחבי רצועות קטנים יותר.

עלות ותועלת שנתית (ש"ח לכל המקטע)

20 מטר כל צד	30 מטר כל צד	40 מטר כל צד	50 מטר כל צד	
253,000	316,000	377,000	431,000	תועלת שנתית ממוצעת
185,616	359,361	533,105	706,849	עלות שנתית בניכוי אחזקה
260,616	434,361	608,105	781,849	עלות שנתית באחזקה זהה

ניתן לראות שברוחב רצועה כ-30 מ' מכל צד מושג כבר שוויון עלות/תועלת. קרי, גם בהיבט כלכלי/חקלאי בלבד (ובהנחות התחשיב) כדאי לקיים רצועה נקיה זו. זאת גם בלי תועלות הסביבה הנובעות מגישת השיקום, כמפורט בהרחבה בפרק 4.

5.3 בחינה כלכלית מקטע יבנה

5.3.1 תוכנית ההסדרה

המתכנן (תה"ל 2000) במקטע בין כניסת מובל נחל יבנה לשפך נחל גמליאל (4.9 ק"מ) אמד את עלות ההסדרה ב-5.32 מיליון ש"ח (ראה נספח ו) כלומר החזר שנתי 428,700 ש"ח. בתוספת גידול בעלות אחזקה (שהעריך תה"ל), העלות השנתית הכוללת נאמדה ב-464,700 ש"ח/שנה.

התועלת ממניעת נזק חקלאי נאמדה ב-375,000 ש"ח/שנה. בנוסף חישוב מתכנן אזור תעשייה גן רווה (רוזנבאום/עמיר/מנטה) שהסדרה תחסוך מיליון 200,000 מ"ק עפר בעלות 3 מיליון ש"ח להגנה

מהצפה. בריבית 7% וקיים 40 שנה החיסכון 225,000 ש/שנה. סך התועלת ע"פ המתכנן לכן: 375,000 ש (נזק חקלאי) + 225,000 (נזק תעשייה) - 600,000 ש

בהתאם, יחס התועלת/עלות הוא 464/600 ש (במחירי היום 560/724 ש) - 1.29. לכן קבע המתכנן שגם לפי תועלת 'ישירה' בלבד ובלי לחשב מניעת נזק למגורים או להכליל בשיקול חשש לחיי אדם (שהיה מצדיק כזכור הסדרה בכל מקרה) - הסדרת המקטע כדאית.

5.3.2 אומדן עלות גישת השיקום

בשל קרבת הנחל לעיר וצורך להגן על תשתיות, נדרשת הגישה לאמצעי הגנה מעבר לרצועת הפקעה (כפי שציין ד"ר קסלר: "לא ניתן לשקם האפיק בחלופת פשט הצפה במפלס טבעי, אלא לייצר מפלס נמוך יותר בחפירה משני צידי האפיק המשוחזר"). עלות השיקום המוצע למקטע - הזהה כמובן למקטע תוכנית תה"ל - כוללת לפיכך 3 מרכיבים:

א. לאורך 1.2 ק"מ מכניסת מובל נחל יבנה עד קצה אזור התעשייה - יישום תוכנית לביא נטיף להסדרת הנחל ע"י העמקת האפיק (לקליטה משופרת של מי נחל יבנה) וייצוב גדות צמחי.

ב. לאורך כל המקטע, רצועת הפקעה נקייה משימוש 45 מ' בגדת ימין (בגדת שמאל יש כאמור תחילה מבני תעשייה, ולאחר מכן חולות ואיקליפטוסים שאינם מחייבים הפקעה)

ג. לאורך 1.2 ק"מ מכניסת מובל נחל יבנה עד קצה אזור תעשייה - חפירה ושינוע עפר בהיקף הנאמד בכ-30 אלף מ"ק (מעבר לעבודות העפר הכלולות ממילא בתוכנית לביא נטיף)

תוכנית "הסדרת נחל שורק קטע העיר יבנה", **לביא-נטיף** 2009 (שע"פ אגף הניקוז תבוצע) הציעה יצוב צמחי לטיפול בארוזיה וע"ע מתונות. עלותה 1 מליון ש והחזר 81,000 ש/שנה.

עלות הפקעת רצועה 45 מ' בגדת ימין (מטע, גד"ש וחלקת חממות אחת) לפי פיצוי 22,000 ש/דונם, היא 4.75 מיליון ש בקירוב, והחזר ההון הנגזר ממנה כ-382,000 ש/שנה.

עלות החפירה, העמסה, הפיזור והשינוע של 30,000 מ"ק (מחירון "דקל" בקירוב), נאמדת בכ-750 אלף ש. משמעותה בהנחות לעיל היא החזר הון כ-60,000 ש/שנה.

סך העלות לשנה (הפקעה + לביא-נטיף + חפירה/שינוע עפר) נאמד לכן ב-523,000 אלף ש. עלות זו דומה ואף נמוכה מעט מתוכנית ההסדרה שהציע המתכנן למקטע.

5.3.3 אומדן התועלת בגישת השיקום

במתודולוגיה שהוצגה והטבלות בהן השתמש המתכנן (תה"ל), נאמד היקף הנזק החקלאי הצפוי במצב הבסיס, והנזק בניכוי רצועת הפקעה. התועלת חושבה בהנחה (זהירה מאד), על פיה פשט ההצפה ייוותר זהה למרות עבודת החפירה, והשטח המוצף יקטן רק בגודל ההפקעה²⁷ (ראה טבלה להלן) ובזמן שהמים יעמדו בו²⁸.

27 בתוכניות הסדרה במקטע חקלאי, 2 העמודות הימניות (50%, 10%) יהיו ריקות במצב שלאחר ההסדרה.

28 משום שמטבע הדברים הם יעמדו זמן רב יותר ברצועת השטח המופקע, הנמוכה טופוגרפית יותר



שטח מוצף בהתפלגות לסוגי גידול					
100 1	50 2	20 5	10 10	2 50	תקופת חזרה הצפה (שנים) הסתברות האירוע (%)
1850	1600	1100	620	160	מצב קיים
1850	1600	1100	620	160	מטע
150	100	70	40	20	גד"ש
					חממה
1735	1485	985	505	45	שטח מוצף בניכוי שטח מופקע
1735	1485	985	505	45	מטע
135	85	55			גד"ש
					חממה

סך התועלת מהפחתת נזק חקלאי נאמדה בכ272 אלף ש/שנה במחירי היום (קטנה בהרבה מהתועלת שהעריך המתכנן שתנבע ממפעל הההסדרה, משום שבגדת ימין "החקלאית" - מוצע כן לקיים פשט הצפה ולפיכך 'להגן' עליה פחות).

את התועלת לתעשייה כנגד מעבודות החפירה/הסטת הערוץ והייצוב, ניתן לייצג באופן בו נהג המתכנן, קרי, מניעת הצורך ב200,000 מ"ק עפר בעלות 3 מלש"ח, לשם הגנה מהצפות. עלות נחסכת זו, שקולה לכ-250 אלף ש/שנה במחירי היום.

5.3.4 כדאיות כלכלית - עלות מול תועלת

לפי אומדני העלות (5.3.2) והתועלת (5.3.3) מחושבת כדאיות גישת השיקום המוצעת.

העלות נאמדה ב523,000 ש/שנה והתועלת (272,000 + 250,000 ש/ש) בסכום דומה. לפיכך קיימת התכנות כלכלית בסיסית לתכנון המוצע הכולל רצועת הפקעה 45 מ' בגדת ימין, ובוודאי בתכנון הכולל רצועת הפקעה קטנה יותר בגדת ימין, כמודגם בטבלה.

עלות ותועלת שנתית כוללות (ש לכל המקטע)				
15 מטר כל צד	25 מטר כל צד	35 מטר כל צד	45 מטר כל צד	
220,000	237,000	255,000	272,000	תועלת חקלאית שנתית ממוצעת
470,000	487,000	505,000	522,000	סך תועלת שנתית (כולל תעשייתית)
268,235	353,335	438,434	523,533	עלות שנתית

לחילופין, אם מנכים מצד העלות את תוכנית לביא-נטיף (שתבוצע ממילא), ומצד התועלות את הקטנת הנזק לתעשייה (תוכנית לביא-נטיף כוללת העמקת הערוץ וייצוב גדות בעיקר כהגנה על אזור התעשייה) - ניתן לבחון את הגישה כמודגם בטבלה להלן.

עלות ותועלת שנתית לשימושים חקלאיים (ש לכל המקטע)				
15 מטר כל צד	25 מטר כל צד	35 מטר כל צד	45 מטר כל צד	
220,000	237,000	255,000	272,000	תועלת חקלאית שנתית ממוצעת
138,235	223,335	308,434	393,533	עלות בניכוי הסדרה לביא נטיף
218,235	303,335	388,434	473,533	עלות שנתית בניכוי אחזקה

כלומר, בהיבט הכלכלי/חקלאי גרידא, לתכנון המוצע ע"פ גישת השיקום, קיימת כדאיות כלכלית כבר ברצועה של כ-30 מטר.

לסיכום:

א. במקטע טל שחר החקלאי כולו, שבו מוצעת "חלופת האפס", יש היתכנות כלכלית ברצועת הפקעה של 30 מ' מכל צד (וכמובן שברצועות קטנות ממנה).

ב. **במקטע יבנה** הנחל סמוך לתשתיות ומבנים, ויש צורך לנקוט לצד הפקעה, פעולות העמקה והסטת האפיק ויצוב גדה שמאלית. בהנחות התחשיב לעיל יש היתכנות כלכלית לרצועת הפקעה 45 מ' בגדת ימין (וכמובן לרצועה קטנה יותר)

ג. **היבטי סביבה:**

בדיקות הכדאיות לעיל התייחסו לתועלות "ישירות" ממניעת נזק חקלאי ותעשייתי. אלא שלצידן, מן החובה להזכיר שוב את התועלות הסביבתיות הנובעות מגישת השיקום בכלל, ובפרט, לגבי מקטע העיר יבנה. תועלות אלה, שפורטו בהרחבה רבה בפרק 4, תורמות כמובן לכדאיות הכלכלית של הגישה. בפרק זה, במכוון, מוצג ההיבט הצר ה'ישיר' הנוגע לעלויות ותועלות ישירות של גישות הטיפול, אך מובן שהתעלמות מהתועלות הסביבתיות, כמוה כמיצג חלקי של השוואת גישות הטיפול.

6. פרק הסיכום

6.1. ריכוז נתונים כללי

העבודה עסקה באפיון, סקירה ובחינה של גישת ההסדרה ההנדסית (הרווחת) מול גישת השיקום, בדגש על ההיבט הכלכלי, שהוצג במונחי עלות תועלת וכדאיות. כן צוינו שיקולים נוספים כסוג שימושי הקרקע, קרבת המגורים, בעיות ארוזיה, ערכי נופ וכו'.

בחלקה השני עסקה העבודה באפיון וניתוח התועלות שמספק נחל שורק המשוקם לציבור.

ככלל נסקר הנחל בין כביש 38 והשפך, אך בשל רצון לבחינה פרטנית מעמיקה יותר, נבחרו מקטעי "פיילוט": מקטע חקלאי-פתוח 4.9 ק"מ טל שחר, מקטע עירוני/כפרי כ-4.8 ק"מ באזור יבנה, ובאופן פחות מפורט - "מקטע הביניים" (במאפייניו ומיקומו) בכ-9 ק"מ שבין יסודות לגדרה. ריכוז הנתונים שנאספו ונאמדו, בחלוקה למקטעים, מוצגים בטבלה להלן. בסעיפים הבאים מוצגות משמעויות עיקריות שעלו בעבודה לגבי נושאי הפרקים.

ריכוז נתונים ואומדנים כלכליים לגישות הטיפול במקטעי נחל שורק (אלפי ₪)

מקטע/ סוג גישה	אפיון הטיפול המוצע לנחל	עלות כוללת	עלות לשנה*	תועלת (תוחלת)	התכנות כלכלית	הערות
הנדסית:						
טל שחר	חפירה/מילוי, יצוב עקומות חדות, יצוב צמחי, מפלים ומתקני כניסה	5,295	427	509	כן. גבולית	אמדת תה"ל 2002. רוב התכנון לא בוצע
"ביניים"	חפירה/מילוי, הפקעה, מפלים ומתקני כניסה, דיסוא	10,900	929	966	גבולית	אמדת תכנון תה"ל 98. לא בוצע כלל
יבנה 2000 יבנה 2008	1. חפירה, דיסוא, הפקעה, ביטון 2. ייצוב מדרונות (באבן ובטון)	5,320 2,600	465 ?	600 ?	כן** ?	- אומדת תה"ל 2000 - אמדת דרום יועצים 2) ההסדרות (בוצעו)
שיקום:						
טל שחר	חלופת אפס. הפקעה 45 מ' כל צד חלופת אפס. הפקעה 30 מ' כל צד	9,700 3,230	690 350	441 325	לא כן	
"ביניים"	הפקעה 45 מ' כל צד + טיפול באזור הבנוי ב'זרעים גדרה' הפקעה 25 מ' כל צד + טיפול באזור הבנוי ב'זרעים גדרה'	17,330 6,110	1,306 402	747 545	לא כן	
יבנה	הפקעה 45 מ' גדת ימין+ הסדרה לביא-נטיף (באזור התעשייה) + חפירה 30,000 מ"ק והסטת אפיק הפקעה 30 מ' גדת ימין+ הסדרה לביא-נטיף (באזור התעשייה) + חפירה 30,000 מ"ק והסטת אפיק	6,500 4,500	525 438	525 505	כן כן	הסדרה ייצוב צמחי הסדרה ייצוב צמחי

* החזר הון שנתי + הפחתה (גידול) בעלות אחזקה שנתית כתוצאה מה'הסדרה'.

** בשל מניעת נזק לאזור התעשייה. במונחי תועלת ממניעת נזק חקלאי - ההסדרה לא כדאית.



6.2. הסדרה הנדסית

פרק ההסדרה הנדסית הוא למעשה פרק **'מצב קיים'**. הוצגו והוסברו בו תוכניות הסדרה ותחשיבי כדאיות שהכינו מתכנני מקטעי השורק שנבחנו בעבודה. המטרה אינה לחלוק על או להתעמת עם הנחות וצורות חישוב, אלא **לאפיין את הגישה ואת הרציונל הכלכלי שלה**.

לשם כך נאספו תחילה נתונים ואומדני עלות לגבי תוכניות ההסדרה הנדסית הרלבנטיות (בכ-15 שנה אחרונות), כמוצג בתמצית בטבלה.

מקטע כללי	תוכנית	אומדן עלות	בפועל
38 - טל שחר	תה"ל 2002	כ-5.5 מיליון ש"ח	בוצע בחלקו
טל שחר-יסודות	תה"ל 2003	כ-6.6 מיליון ש"ח	בוצע בחלקו
'מחפורת צרעה'	לביא/נטיף 09	כ-4.4 מיליון ש"ח	תקוע. התנגדויות וקושי מימון
יסודות - גדרה	תה"ל 1998	כ-11 מיליון ש"ח	לא בוצע. להוציא נק' חציית כביש 6
גדרה - בניה	תה"ל 2000	כ-2 מיליון ש"ח	לא בוצע, ולא צפוי להתבצע
יבנה - נ. גמליאל	כמה תוכניות	כ-9 מיליון ש"ח	בוצעו: תה"ל 98, דרום 08, תכנון: לביא נטיף 09
נ. גמליאל - שפך	תה"ל 2001	עד 0.5 מיליון ש"ח	ביצוע 'נקודתי'. ולא הסדרה
סה"כ בלי מחפורת	8 תוכניות	כ-34.5 מיליון ש"ח	

בפועל בוצעו מכלל תוכניות אלו הסדרות חלקיות מתוך תוכניות טל שחר ויסודות, ושתי הסדרות לקויות באזור יבנה (ואחת נוספת מתוכננת). בקטע בין יסודות ליבנה, כ-20 ק"מ, לא בוצעו תוכניות ההסדרה אך יש הסדרות היסטוריות ו'נקודתיות'. כזכור, תוכנית אב תה"ל 2005 אפיינה כמעט את כל קטעי הנחל כבלתי-מוסדרים, ולכן, באופן כללי, **לא ניתן לייחס לגישה ההסדרה הנדסית הצלחה רבה בטיפול בנחל**.

כדאיות כלכלית: אין עוררין על כך שיש קטעים כגון אזור תעשייה יבנה, בהם נדרש טיפול, וכדאיות כלכלית אינה מדד יחיד לבחינתו. ההשגות הן על סוג הטיפול, ובפרט שימוש נפוץ בהסדרה מסיבית במקטעים חקלאיים, כאשר לפחות כדאיותה הכלכלית שנויה במחלוקת. כדוגמה לכך מציגה הטבלה את כדאיות הסדרת מקטעי 'הפיילוט' בהנחת קיים הנדסי קצר יותר וריאלי יותר מזה שהונח בתחשיבי תוכניות ההסדרה.

עלות מול תועלת הסדרת מקטעי ה'פיילוט' במשכי קיים שונים (אלפי ש"ח)

מקטע	אומדן עלות כולל להסדרה	תועלת שנה (תוחלת)	עלות לשנה לפי 30 שנות קיים	עלות לשנה לפי 20 שנות קיים	עלות לשנה לפי 15 שנות קיים
טלשחר	5,295	509	427	500	581
ביניים	10,900	966	929	1,078	1,246
יבנה	5,320	465	600	538	620

ניתן לראות שגם בהנחות המתכנן, קיים 15 שנה (ולא 30 כפי שהונח בתחשיבי ההסדרה) הופך את הסדרת שלושת המקטעים **ללא כדאית כלכלית**. לנתון זה, לפחות בקטע חקלאי, ללא חשש חיי אדם או נזק ארוזיה-לא-הפיך (למעשה כל הקטעים להוציא יבנה), יש משקל רב לגבי כדאיות השימוש בגישה בנחל שורק. גם באזור יבנה, על אילוציו, ניתן היה למצוא **פיתרון ייצוב 'רוק' יותר, משולב בהפקעה**, כפי שמציעה גישת השיקום.

6.3. גישת השיקום

לגישת השיקום 'השגות' על הגישה הנדסית, ובפרט השגות על העיקרון בבסיסה: **שיפור כושר הולכת הנחל**. כיום ישנה נכונות גוברת לאמץ מרכיבים ועקרונות של הגישה, והקושי ליישמה קשור בעיקר ל**חסמים** 'חיצוניים', שהבולטים בהם הם חשש רשויות הניקוז ואגף הניקוז



מתביעות נזק לסוגיה, והקושי להשגת מימון לטיפול שאינו 'מפעל הסדרה הנדסי'. **התוצאה, בפועל: קל ופשוט יותר גם כיום להעביר תוכנית הסדרה 'רגילה'.**

גישת השיקום מתמודדת עם נזקי הגישה הנדסית, ויתרונותיה הגדולים קשורים לתחום ההידרולוגי והאקולוגי. מסמך זה עסק בשאלת היתכנותה הכלכלית. כמו בגישה ההנדסית בוצע מבחן **כדאיות** כלכלית על בסיס אומדני **עלות/תועלת**, כאשר תועלת הוגדרה כהקטנת נזק הנובעת מקיום רצועת הפקעה. בתחשיב נבחנה תחילה רצועה 50 מ' מכל צד של הנחל, ולאחר מכן רצועות קטנות יותר, ומשמעותן הכלכלית.

לפי הבדיקה **קיימת היתכנות כלכלית** לרצועה 30 מטר (ובוודאי קטנות ממנה) במקטעים החקלאיים טל שחר ו"מקטע הביניים". במקטע יבנה, ישנה היתכנות כלכלית לרצועה בת 45 מ' מכל צד (היכן שהיא אפשרית: בגדת ימין ומצפון לאזור התעשייה).

כאן יהיה על מומחים לקבוע האם יש ברצועות כאלו, במקטעים השונים, תועלת מספקת בהיבט ההידרולוגי והאקולוגי, לצורך שיקום הנחל²⁹. כפי שמציג התכנון העקרוני בפרק 5, יש קטעים בהם תידרשנה פעולות יצוב, חפירה והסטת האפיק, לצד ההפקעה. מכל מקום, לטעמנו, יש באמור כדי להצדיק את בחינת הגישה כחלופה בכל מקטע נחל אלוביאלי, ובפרט במקטעים חקלאיים בהם החשש הוא לנזק חקלאי בלבד.

בהקשר זה מוזכרת תמ"מ 21 / 21: על פיה **ערוץ הנחל** הוא 40 מ' (בפועל הוא 10 אולי) ורצועת הנחל 40 מ' כל צד (אך בה כבר מותר שימוש חקלאי וחיבותה לעניינינו פחותה). כלומר: אם ניתן יהיה כנגזר מהגדרות התמ"מ להביא למצב בו 40 מ' ערוץ נחל יהיו נקיים מכל שימוש - כבר יהיה בכך שיפור רב מול המצב הקיים, בהיבט שיקום הנחל.

הפקעת רצועה נקיה משימוש הוא אמצעי העומד בבסיס הגישה. אך הפקעה, כפי שצוין, אינה תהליך פשוט ויש קושי לממן ולהצדיק אותה. הפקעה כחלק משיקום נחל, במסגרת מתחם פיתוח או פארק אזורי שקובעת תוכנית המתאר, ובכפוף להוראותיה - תקל, תפשט ותוויל את ההליך, ותאפשר שילוב בין **שיקום הנחל לתועלות הציבור** ממנו. הפקעה כחלק מתב"ע מפורטת הקובעת שימושים ב'נחל וסביבתו' ומתירה שימוש חקלאי 'דרך' (והכנסה לחקלאי) היכן שניתן - **תקל על יישום גישת השיקום**.

6.4. תועלות הנחל

הגדרנו את **שירותיה של מערכת נחל משוקמת** (טיהור, קליטת נגר וכו') כחשובים, ואולי החשובים בשירותי נחל. עם זאת בעבודה זו לא יוחס ערכם הכלכלי לגישת השיקום, כחלק מהשוואת הגישות שהוצגה. זאת בעיקר בשל אי-יכולת לממש תועלות אלו במונחי **תקציב ותזרים**, כנגד עלות השיקום. לעומתן, הנחנו שתועלות בגין שירותי **פנאי/נופש** ועליית **ערך הנדל"ן** - אם יש כאלו - מהוות יתרון שניתן לייחס בחלקו לגישת השיקום וכדאיותה. זאת משום שמאפייניה (נחל 'טבעי', זורם, נקי, עם שטח פתוח בגדה וכו'), הם בדיוק השירותים שמעוניין הציבור לצרוך מה'נחל וסביבתו', ובפרט ציבור עירוני הזקוק לכך.

עם זאת זהו נושא מורכב, ולא בכדי פרק התועלות נפתח בשאלה, במה נחל משוקם תורם לציבור (ובפרט נחל שורק, שנתפס לא נגיש). יש **מתח מובנה** בין הרצון לשקם נחל - ניקוי, צמחיה טבעית, השבת פיתולים/מורכבות וכו' - ולהשיב אותו כערך סביבתי לציבור, לבין החשש מפיתוח

29 למשל, ניתן יהיה להמליץ על הפקעת רצועה ריפרית נקיה משימוש של 25 מ', ורצועה נוספת נרחבת יותר, שבה יתאפשר רק שימוש חקלאי 'דרך' כגון חיטה.

נמרץ ב"נחל וסביבתו" שיפגע בנחל ששוקם בעמל. ניתן לראות את המתח משתקף היטב גם בהוראות תוכנית המתאר המחוזית לשיקום ופיתוח הנחל.

בתוכנית מוצהרת המטרה של שימור הנחל כמכלול אקולוגי וקביעת מסגרת שימושי פנאי/נופש במתחמי פיתוח לידו. הרציונל הוא פיתוח שימושים עסקיים ש"יעשירו ויגונו" (כך במקור) את המתחמים, ויהיו בעלי היתכנות עסקית. כך, שימושים עסקיים אלו "יחזיקו" את המתחמים, ולא יהיה צורך במימון ציבורי. בפועל, התוכנית מתווה פיתוח אקסטנסיבי במובהק, בשל רגישויות פרוזדור הנחל והחשש מנזקי הפיתוח, ולכן התועלת המדידה מהפיתוח המוצע בה, מוגבלת מאד בהיקפה.

בהיעדר ביקוש ממומש לפנאי ונופש, הוצג אומדן של הפוטנציאל, על בסיס עבודה קודמת. הפוטנציאל נאמד ב 12 מיליון ש"ח לשנה³⁰. כן צוין שביקוש כזה יוכל 'לשאת' מספר שימושים עסקיים, במתחמי פיתוח ליד הנחל. האומדן הוא כללי ואינו ניתן לשיוך למקטע מסוים (כחלק מביקורת כדאיות הטיפול בו). עם זאת, לפחות במקטעי יבנה וגדרה, יש לפוטנציאל זה (המשקף תועלת נחל רבה) - משמעות לצד חיוב גישת השיקום.

נדל"ן: לנחל משוקם ומפותח השפעה מוכחת על ערך נדל"ן עירוני. לפי אומדננו המתייחס לשכונה הקיימת במזרח יבנה ושכונה המתוכננת בצמוד ובזיקה לנחל, מדובר בעליית ערך של 15 מיליון ש"ח לפחות. כלומר במקטע נחל בלתי-מטופל זה, שאורכו בסה"כ 33 ק"מ, עליית ערך הנדל"ן תצדיק כלכלית טיפול בגישת השיקום (הפקעה גדת ימין + ייצוב 'ירוק' כלשהו באם נדרש). לשם איזון ראוי לציין, שעליית ערך נדל"ן קשורה עפ"י גם לפיתוח בגדת הנחל ולא רק לשיקומו, ואין ספק שלפיתוח מבוקר ונכון (ראה למשל הירקון בין כביש 4 לקריית עתידים) - תהיה תרומה לערכי הנדל"ן.

6.5. נקודות סיכום

הסדרה הנדסית

לא פעם היתה תחושה בעבודה ש'התפרצנו לדלת פתוחה' וקיימת כבר הסכמה רחבה שיש לצמצם ולמתן שימוש בגישה הנדסית - ראה דעת ראשי אגף הניקוז, דעת עורך תוכנית האב לניקוז הנחל³¹ ומסמכי עמדה ועבודות רבות. עם זאת ובעיקר בשל החסמים שהוצגו והוסברו בעבודה, גישת ההסדרה הנדסית היא עדיין ברירת המחדל הנוחה והמועדפת. יש לפיכך לטעמנו חשיבות רבה להזכיר ולהציג, שגם בהנחות מתכנני ההסדרות עצמם - כדאיותה בהיבט הכלכלי בנחל שורק, היתה 'גבולית' במקרה הטוב, ובפועל, הנחל מוגדר שוב לאחר מספר שנים כבלתי-מוסדר כמעט בכל תחום העבודה.

גישת השיקום

לגישת השיקום ישנם יתרונות רבים בהיבטים האקולוגיים וההידרולוגיים, ואף היתכנות כלכלית, לפחות במתכונת התכנון שנבחנה. ככזו, קיים צידוק לבחון את יישומה, בפרט, במקטעים חקלאיים בשורק. לצד יתרונות אלה, ובכדי להשיג "שיקום בר קיימא", יש גם למצוא דרך לקרב את נחל שורק לציבור. אחרת, יש חשש ששימושי קרקע מתחרים יצמדו לנחל המשוקם, ובאין זיקה/הנאת ציבור ממנו - ימצא לבסוף מי שידרוש את הסדרתו הנדסית באופן בטוח וחסכני יותר לקרקע, גם אם מוּזק מההיבט האקולוגי וההידרולוגי. שיקום נחל מיטבי ובעל סיכויי יישום טובים יותר, הוא לפיכך זה שאינו מבוצע כמערכת נפרדת מהציבור החי ונופש באגן ההיקוות שלו.

30 האומדן ניתן לפני כעשור, בעבודת רוזנטל/צבן, ובוצעו בו התאמות ע"פ גידול האוכלוסייה ומחירי היום.
31 הידרולוג שמואל פולק, מנכ"ל "הידרומול" שבשיחה עימנו ציין שיעדיף לנקוט בכל מקטע במיתון שיפועי גדות, הרחקת שימושי קרקע מהנחל וכו' - על פני הסדרות הנדסיות לסוגיהן.



תועלות הנחל

בהמשך לכך וכפי שצוין במסמך, ישנו תמיד מתח מובנה בין שיקום הנחל ותועלות הציבור (לפחות קצרות הטווח) מהנחל, המצדדות בפיתוח לפחות ברמה כלשהי. מאידך, זה גם סוג של הזדמנות, ומעין 'מתכון' לקידום הגישה והתוכניות לשיקום מקטעי הנחל:

מחד, פיתרונות שבבסיסם טיפול מופחת ככל הניתן בנחל, ולצידם, פיתוח מתון של "נחל וסביבתו", שיסייע 'לחבר' ולהנגיש את הנחל לציבור. שאם לא כן ולפחות בהיבט התועלות ה'ישירות' - הציבור נותר אדיש ביחס לנחל, כפי שהוא אכן כיום. בין אם זה מתחם פיתוח, פארק אזורי או מתחם אחר, פיתוח ומתאים (בכפוף לתב"ע) יכול לסייע לשחרר את 'חסם' ההפקעה הנדרשת עבור פתרונות השיקום, ולקרר את הנחל לציבור.

רשימת מקורות עיקריים:

רט"ג, היחידה הסביבתית 2007: ניטור נחלים - דו"ח ביצוע פעילות 2007.

תה"ל, 2005: "תוכנית אב לאגן היקוות נחל שורק".

תה"ל, תכנון כללי הסדרה (ובחינות כדאיות כלכלית): כביש 38 - טל שחר (2002), יסודות (2003), יסודות-גדרה (1998), בית גמליאל (1998) יבנה (1998) פלמחים השפך (2001)

לביא-נטיף תכנון מפורט ומוקדם: מאגרי שמשון 2002, 2009, העיר יבנה 2002, 2009

"דרום" יועצים מהנדסים, מאי 2008: הסדרת נחל שורק - קטע כפר הנגיד

ת.י.ק. פרויקטים, 2000: תוכנית אב ומתאר לשיקום הנחל

תמ"מ חלקית נחל שורק 3 / 21 / 21: פרק כלכלי, והוראות התוכנית (פברואר 2010)

רט"ג, אבי אוזן, נובמבר 2009: מדיניות תכנון נחלים - השתלמות פקחים (מצגת)

אבי אוזן, רט"ג, דצמבר 2009: שיקום ושימור הנחלים ובתי הגידול הלחים בישראל

רשות ניקוז פולג (נ.ארמון) 2009: סופת הגשם באדן נחל פולג חדרה ואלכסנדר - דו"ח נזק. מוגש לשר החקלאות, מנכ"ל המשרד וסמנכ"ל תשתיות.

TOR להכנת תוכנית אב לניקוז - רשות ניקוז גליל מערבי

הידרומול-שמואל פולק, 2008: הצעה להכנת תוכנית אב לניקוז רשות ניקוז שורק לכיש

המש' להגנת הסביבה, אגף מים ונחלים 2006: דירוג נחלים מזהמים.

עמית אשכנזי (מכון מחקר מילקן) 2009: כלים פיננסיים לשיקום נחלים

דני ברויטמן, אונ' חיפה 2008: כלכלה אקולוגית - מבט לחשיבה כלכלית ביקורתית

ד"ר שחר דולב, מנ' לימודי קיימות אונ' ת"א: כשלים סביבתיים וכלכלה מודרנית (מצגת)

ג. רוזנטל ("כיוון") 2004: חו"ד לגבי היתכנות כלכלית ואופן ההסדרה והמימון להקמת פארקים במזרח נתניה ונס ציונה

- ג. רוזנטל ("כיוון") 2005: היבטים סביבתיים של משק המים - מסמך מדיניות.
- מוטי קפלן, 2001: נחלי ישראל עקרונות תכנון מסמך מדיניות.
- פרופ' מוטי שכטר, אונ' חיפה: היבטים כלכליים של המגוון הביולוגי
- תוכנית לאומית למגוון ביולוגי בישראל - תמצית מנהלים, ספטמבר 2008
- צנובר יועצים 1995: כדאיות הסדרת נחלי ישראל. מוגש לאגף לניקוז ושימור קרקע
- רוזנטל, צבן, 99: הקצאת קולחים לשיקום נחלים, בחינת נחל שורק, ניתוח עלות תועלת
- רשות לשמירת הטבע והגנים הלאומיים, 2003: מסמך מדיניות זכות הטבע למים (שלב א')
- צנובר יועצים, ג. שחם, 2007: רפורמה בתחום הניקוז. מוגש לרשויות הניקוז בישראל וכן לוועדה לבחינת מבנה רשויות הניקוז
- צנובר 2000: הערכת שווי חוף ים לתושבי ישראל' מודל תכנון כלכלי למשאבי נוף וסביבה
- צנובר יועצים, 2009: הפקעת קרקע בשטח המושבים גבעולים ומלילות, הערכת שווי הנזק
- John Loomis : Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey

נספח א':

אומדני עלות תוכניות הסדרה במקטעי ה"פיילוט" בשורק

אומדן עלות הסדרת קטע מאגר פלאי - טל שחר (כ-4.9 ק"מ), תה"ל 2002

מרכיב עלות	יחידה	כמות	עלות ליחידה	סה"כ עלות
עבודות הכנה ועפר				
הכנת שטח, הריסת מבנים	כל המקטע	1	5,000	5,000
עקירת עצים וסילוק פסולת	יחידה	50	200	10,000
חישוף	מ"ר	45,000	2	90,000
חפירה לתעלה	מ"ק	108,000	6	648,000
מילוי מהודק עם עפר מקומי נברר	מ"ק	36,000	4	144,000
מילוי מהודק עם עפר מובא נברר	מ"ק	1,500	15	22,500
מילוי במצע סוג א' מהודק	מ"ק	500	60	30,000
סילוק עודפי עפר	מ"ק	56,000	2	112,000
עבודות ייצוב האפיק				
ייצוב הנחל המוסדר עם צמחייה מבוקרת	מ"ר	87,000	6	522,000
ייצוב הנחל המוסדר בעקומות חדות מ-60 מעלות	מ'	290	1,300	377,000
ייצוב הנחל המוסדר בעקומות חדות מ-40 מעלות	מ'	240	2,400	576,000
ייצוב הנחל בסביבת כניסת נחל הראל	יחידה	1	25,000	25,000
מבנים				
מפל של 2.0 מ' כולל אגן שיכון	יחידה	5	175,000	875,000
מפל של 1.8 מ' כולל אגן שיכון	יחידה	2	155,000	310,000
מפל של 1.6 מ' כולל אגן שיכון	יחידה	2	135,000	270,000
מתקני כניסה של נחל הראל	יחידה	1	26,000	26,000
מתקני כניסה של תעלות ניקוז משניות	יחידה	2	18,000	36,000
מתקני כניסה מהגדות	יחידה	15	15,000	225,000
מעבר אירי	יחידה	3	18,000	54,000
עבודות שונות				
טיפול בתשתיות	כל המקטע	1	50,000	50,000
התחברות זמנית לנחל במעלה ובמורד הקטע	כל המקטע	1	5,000	5,000
סה"כ עלות עבודות				
				4,412,500
תוספת בגין עבודות בצ"מ (20%)				
				882,500
סה"כ אומדן עלות משוערת (לפני מע"מ)				
				5,295,000

אומדן עלות הסדרת קטע "הביניים" יסודות-גדרה (כ-9 ק"מ), תה"ל 2000

מרכיב עלות	יחידה	כמות	עלות ליחידה	סה"כ עלות
עבודות הכנה				
הסרת צמחיה, ניקוי שטח וחישוב	דונם	40	1,500	60,000
עקירה והרחקה של עצים	יחידה	60	200	12,000
הריסת מתקנים וסילוק החומר	עב'	1	11,000	11,000
העתקת הצנרת	עב'	1	130,000	130,000
הפקעת קרקע	דונם	70	12,500	875,000
עבודות עפר				
חפירה לתעלות בתנאים רגילים	מ"ק	170,000	10	1,700,000
תוספת לנ"ל עבור תנאים רטובים	מ"ק	50,000	3	150,000
חפירה למבנים	מ"ק	2,000	25	50,000
מילוי מהודק עם חומר מקומי נבחר	מ"ק	60,000	4	240,000
מילוי אפיק קיים המיועד לביטול	מ"ק	43,000	2	86,000
מילוי חוזר סביב מבנים עם חומר מקומי נבחר	מ"ק	3,000	8	24,000
הרחקת עודפי עפר כולל הובלה עד 5 ק"מ	מ"ק	40,000	3	120,000
מבנים				
התחברות לגשר כביש צומת גדרה-צומת בילו	עב'	1	20,000	20,000
התאמת המחלקים בנחל שורק ונחל גמליאל	עב'	1	260,000	260,000
חמישה מפלים בגובה 1, 1.3, 1.4, 1.6, 2.3	עב'	5		2,180,000
מעברים איריים ומעברים סמי-איריים	עב'	5		290,000
מתקני כניסה תעלת ניקוז, נחל תמנה ורצועת מגן	עב'	4		876,000
התאמת מתקני היניקה מהנחל	עב'	4	8,000	32,000
עבודות חיפוי ודישוא וריצוף				
דישוא אפיק הנחל המוסדר	דונם	240	9,000	2,070,000
ייצוב הפיתול החד במורד המחלק	עב'	1	90,000	90,000
הגנה על עמודי חשמל מ"ג	עב'	1	5,000	5,000
הגנה על עמודי גשר הרכבת	עב'	1	35,000	35,000
הגנה בחציית צינור מפעל ירקון-נגב	עב'	1	35,000	35,000
ייצוב הסיבוב במורד גשר יסודות	עב'	1	120,000	120,000
התחברות לתחנה ההידרומטרית "יסודות"	עב'	1	8,000	8,000
סה"כ עלות עבודות				9,479,000
תוספת בגין עבודות בצ"מ (15%)				1,421,850
סה"כ אומדן עלות משוערת (לפני מע"מ)				10,901,250



אומדן עלות הסדרת קטע את יבנה - חיבור נחל גמליאל (כ 4.8 ק"מ), תה"ל 2000

מרכיב עלות	יחידה	כמות	עלות ליחידה	סה"כ עלות
עבודות הכנה				
הסרת צמחיה, ניקוי שטח וחישוב	דונם	74	1,500	111,000
עקירה והרחקה של עצים	יחידה	120	150	18,000
הריסת מתקנים	עב'	1	3,000	3,000
הפקעת קרקע	דונם	85	12,300	1,045,500
עבודות עפר				
חפירה לתעלות בתנאים רגילים	מ"ק	98,000	8	784,000
תוספת לנ"ל עבור תנאים רטובים	מ"ק	35,000	3	105,000
חפירה למבנים	מ"ק	600	25	15,000
מילוי מהודק עם חומר מקומי נבחר	מ"ק	48,000	4	192,000
מילוי אפיק קיים המיועד לביטול	מ"ק	25,000	2	50,000
מילוי חוזר סביב מבנים עם חומר מקומי נבחר	מ"ק	300	10	3,000
הרחקת עודפי עפר כולל הובלה עד 5 ק"מ	מ"ק	10,000	3	30,000
עבודות חיפוי ודישוא				
כוורת GEOWEB עם מילוי בטון ב-20	מ"ר	3,100	100	310,000
ריצוף בשכבת אבן מונחת ביבש	מ"ק	1,390	50	69,500
יריעת גיאוטקסטיל	מ"ר	7,700	7	53,900
הספקה והשתלת דשא כולל טיפול ראשוני	דונם	125	8,000	1,000,000
בטונים, זיון ועבודות נלוות				
שכבת בטון רזה ב-15 בעובי 5 ס"מ	מ"ר	1,230	25	30,750
בטון ב-20 לחגורות (לא כולל זיון)	מ"ק	425	450	191,250
בטון ב-30 למבנים (לא כולל זיון)	מ"ק	370	650	240,500
ברזל זיון	טון	42	3,000	126,000
פתחי ניקוז לשחרור כוח עילוי מתחת למבנים	יחידה	80	120	9,600
שונות:				
הטיית צינור מים בקוטר מ-6" ל-14"	עב'	1	40,000	40,000
התאמת מוצאי ניקוז תת-קרקעי לתעלה	עב'	1	5,000	5,000
סה"כ עלות עבודות				4,433,000
תוספת בגין עבודות בצ"מ (20%)				886,600
סה"כ אומדן עלות משוערת (לפני מע"מ)				5,320,000

אומדן עלות הסדרת קטע גדרה-בית גמליאל (כ-3 ק"מ), תה"ל 2000

מרכיב עלות	יחידה	כמות	עלות ליחידה	סה"כ עלות
עבודות עפר				
חישוף פני שטח במקומות מיועדים למילוי מבוקר	מ"ר	30,000	1	30,000
חפירה לעיצוב תעלת ניקוז טרפזית	מ"ק	61,000	5	305,000
מילוי מהודק עם עפר מקומי מובחר לרצועת מגן	מ"ק	14,500	4	58,000
מילוי מהודק באפיק הנחל עם עפר מקומי נבחר	מ"ק	17,000	5	85,000
מילוי עם עפר מקומי מובחר ללא הידוק מבוקר	מ"ק	12,000	2	24,000
מילוי עם עפר מובא מבחוץ	מ"ק	1,000	15	15,000
מבנים ומתקנים				
התחברות למפל קיים במורד ההסדרה, כולל				
יצירת חתך בקרה לשמירת מפלס המים במעלה	עב'	1	56,000	56,000
מתקן כניסה לתעלה צדדית בקרבת ק"מ 0.59	עב'	1	29,000	29,000
הגנה על הצינור החוצה את הנחל בק"מ 0.876	עב'	1	16,000	16,000
מתקן כניסה לתעלה צדדית בקרבת ק"מ 0.99	עב'	1	28,000	28,000
מתקן כניסה לתעלה צדדית בקרבת ק"מ 1.251	עב'	1	86,000	86,000
מתקן כניסה לתעלה צדדית בקרבת ק"מ 1.47	עב'	1	28,000	28,000
מתקן כניסה לתעלה צדדית בקרבת ק"מ 2.153	עב'	1	27,000	27,000
מתקן כניסה מרצועת המגן	עב'	10	180,000	180,000
מתקן כניסה כפול משתי רצועות המגן	עב'	2	52,000	104,000
התחברות למבנה גשר קיים בכביש 40	עב'	1	11,500	11,500
עבודות שונות:				
ניקוי, הסרת מכשולים, הריסת מבנים ועקירת עצים	עב'	1	15,000	15,000
העתקת צנרת, קווי חשמל וכיו"ב	עב'	1	50,000	50,000
ייצוב צמחי של דפנות וקרקעית הנחל המוסדר	מ"ר	77,000	7	539,000
הובלת עודפי עפר, הריסות ופסולת לאתר שפיכה	עב'	1	20,000	20,000
סה"כ עלות עבודות				1,654,500
תוספת בגין עבודות בצ"מ (15%)				248,175
סה"כ אומדן עלות משוערת (לפני מע"מ)				1,903,075

נספח ב':

דרישת תקציב רשות ניקוז שורק-לכיש 2009
(מוגש לאגף הניקוז במש' החקלאות)

הגבייה העצמית	תקציבי משק המים ואחרים	הנושא	
		תפעול רשות הניקוז	1
		א. נח אדם	
		ב. רכב	
		ג. הפעלת המשרד	
		ד. יועצים חיצוניים	
		ה. ביטוח	
		ו. שונות	
1,420,000		סה"כ	ז.
		נחלים ארציים	2
	6,000,000	א. הסדרה- כולל שיקום נופי	
	1,500,000	ב. תחזוקה	
	1,500,000	ג. 20% השתתפות עצמית	
	9,000,000	סה"כ	ד.
		נחלים אזוריים	3
1,200,000		א. הסדרה	
2,800,000		ב. תחזוקה	
4,000,000		סה"כ	ג.
642,000		תכנון ומדידות	4
500,000		דרישות - ניקוז מקומי (25%)	5
6,562,000	9,000,000	סה"כ דרישה תקציבית לשנת 2009	6
	15,562,000	סה"כ כללי	7

נספח ג':

חוות דעת לגבי עלות הפקעת קרקע חקלאית

ביהמ"ש המחוזי בת"א קבע, כי פיצויי הפקעה לחוכרים בקרקע חקלאית יינתנו לפי ייעוד הקרקע בפועל, ללא התחשבות בפוטנציאל הפשרת הקרקע.

ביהמ"ש קבע, כי רכבת ישראל תשלם פיצויי הפקעה לחוכרים שקרקעתם הופקעה לפרויקט רכבת הפרברים, בקטע שבין לוד ורחובות, לפי החישוב של 4,000 דולר לדונם. חישוב זה הוא בהתאם לייעוד הקרקע כקרקע חקלאית.

ביהמ"ש קיבל למעשה את עמדת רכבת ישראל, אותה הציגה עו"ד טלי ענבר ממשרד ולטר-גוט-אלוני, שסברה, כי חוכרים זכאים לפיצוי בגין אובן שוויון זכות העיבוד החקלאי, מבלי לקחת בחשבון פוטנציאל הפשרה, שאינו שייך לחוכרים.

השופט נסים ישעיהו קבע, כי יש לפסוק את פיצויי ההפקעה במקרה האמור על-פי ייעוד קרקע חקלאי בלבד. רכבת ישראל הציגה את חוות הדעת של השמאי גדעון גולדשטיין, שסבר כי פיצויי ההפקעה צריכים להיעשות לפי ייעוד קרקע חקלאית.

המבקשת, החקלאי באר יעקב אגודה שיתופית חקלאית, ביקשה לקבוע כי הפיצוי לקרקע שהופקעה ממנה, 38 דונם, ייעשו לפי חישוב קרקע חקלאית עם פוטנציאל הפשרה.

שמאי מטעם ביהמ"ש, רוני מכבי, קבע, כי הפיצוי לפי קרקע חקלאית עם פוטנציאל הפשרה הוא 16,500 דולר לדונם, מול 4,000 דולר לדונם לקרקע חקלאית ללא פוטנציאל.

ביהמ"ש כאמור קבע כי הפיצוי ייעשה בגין הפקעת קרקע חקלאית ללא פוטנציאל הפשרה. המבקשת חויבה בהוצאות בסך 10,000 שקל.

עו"ד ענבר אמר ל"גלובס" כי מדובר בפסק דין ייחודי המכריע את הוויכוח לגבי גובה פיצויי ההפקעה לאחר בג"ץ הקשת המזרחית.

לדבריה, מדובר בהחלטה עקרונית, שתשפיע על תיקים רבים שמתנהלים נגד המדינה לפיצויי הפקעה.

שיטות אומדן ערך משאבי סביבה

שיטות אומדן³²

השיטות הרווחות נחלקות לשתי קטגוריות: העדפה הנגלית (revealed preferences) והמוצהרת (stated preferences). הן כוללות טכניקות שונות. העדפה נגלית אומדת ערך מוצר או שירות ע"י התנהגות צרכן בפועל, המצביעה על העדפותיו. גישה עדיפה מבחינת אמינותה אך מוגבלת לסוגי מוצרים ושירותים, ולא ניתן דרכה לאמוד רבים ממשאבי הסביבה. גישת ההעדפות המוצהרות מבוססת בד"כ על סקרים ותשובות נבדקים לשאלות היפותטיות שהוצגו להם.

העדפה נגלית

השיטה הרווחת שיטת עלות נסיעה (Travel Cost Method) מניחה שעלות הגעה לאתר משקפת את המחיר שפרט מוכן לשלם עבורו. ערך האתר ניתן לאומדן לפי כמות מבקרים מאזורים שונים (בדומה לכמויות נרכשות ממוצר בשוק במחירים שונים). שיטה זו טובה לאומדן ערך שימוש בלבד, שכן היא מסתמכת על נתוני הגעה בפועל של מבקרים לאתרי נופש וקייט.

העדפה מוצהרת

טכניקה רווחת ושנויה במחלוקת - הערכה מותנית (Contingent Valuation Method), מציגה מצב מוצר ציבורי, ומצב משופר, ושואלת נבדק כמה יהיה מוכן לשלם על השיפור או מה הפיצוי ש'יידרוש' עבור ויתור על המשאב. שנויה במחלוקת שכן היא חשופה לסוגי הטיות רבים. משמשת בעיקר לאומדן ערכי אי שימוש (קיום) שכן היא למעשה היחידה היכולה לשמש למטרה זו.

להלן מפורטות סוגי תועלות שונות מנחלים, פארקים ושטחים פתוחים ליד ריכוזים עירוניים:

- **טיול ונופש:** תועלת ישירה. תועלת עקיפה נאמדת בעיקר בשיטת ערכה מותנית או עלות הנסיעה.
- **עליית ערך נדל"ן:** יש מחקרים רבים לאומדן ערך מביקורים, אך הגישה הנפוצה בהרבה להמחשת תרומת משאבי סביבה ליד מרחב עירוני (נוגע בעיקר למקטע יבנה-כפר הנגיד) הוא הגידול בערך הנדל"ן. היקף התועלת המתקבל בפרמטר זה, בהרבה מקרים מגמד את התועלות האחרות.
- **משיכת אוכלוסייה חזקה:** תועלות עקיפה הנובעות מקיום שטחים פתוחים וערכי נוף וסביבה, בעיקר בצמוד לעיר. בשנים האחרונות, מוזכרת בספרות כאחת התועלות המרכזיות והחשובות.
- **שבירת איי חום עירוניים:** תופעה של עלייה בטמפרטורה בריכוזים עירוניים כתוצאה מפליטת רכבים, תעשייה, היעדר איזור, רמת החזר קרינה נמוכה של האספלט ועוד. החום נאגר במהלך היום ומשוחרר בלילה. תופעת איי חום עשויה להגביר את הטמפרטורה בהיקף של 3-4 מעלות.
- **ריאות ירוקות:** הנחל ושטחים פתוחים המתכנסים אליו יוצר רצועה ירוקה בלב הפיתוח האינטנסיבי של מרכז הארץ (בפרט באזור יבנה וגדרה). כמו כן קיימת לו משמעות בקליטת מזהמים. ריכוז ירק תורם להפחתת זיהום האוויר בתוככי הערים (כולל הפחתת רעש).



- **מניעת נגר עילי ואזורי הזנת אקוויפרים:** רצועת הנחל, וביתר שאת הרצועה הגדולה יותר שמציעה חלופת השיקום האקו-הידרולוגית, תורמת שטח לא מבונה וחדיר למים. לפיכך, התועלת כפולה. מחד, לא נוצר נגר עילי שמנוקז למערכת הביוב, מעמיס על מערכות הטיפול בשפכים וצורך אנרגיה רבה בהולכה וטיהור. מצד שני, הגשמים נספגים בקרקע ומחלחלים ישירות למי תהום.