

- [2] Edmondson JL, Davies ZG, McHugh N, et al. 2012. Organic carbon hidden in urban ecosystems. *Scientific Reports* 2: 963.
- [3] Flores F, Collier CJ, Mercurio P, and Negri AP. 2013. Phytotoxicity of four photosystem II herbicides to tropical seagrasses. *PLoS ONE* 8(9): e75798.
- [4] Habraken W, Habibovic P, Epple M, and Bohner M. 2016. Calcium phosphates in biomedical applications: Materials for the future? *Materials Today* 19(2): 69–87.
- [5] IPBES. 2019. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services.
- [6] Pouyat R, Nowak DJ, and Yesilonis ID. 2006. Carbon storage by urban soils in the United States. *Journal of Environmental Quality* 35(4): 1566–1575.
- [7] Epple C, García Rangel S, Jenkins M, and Guth M. 2016. Managing ecosystems in the context of climate change mitigation: A review of current knowledge and recommendations to support ecosystem-based mitigation actions that look beyond terrestrial forests. CBD Technical Series No. 86. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- [8] Seto KC, Güneralp B, and Hutyrá LR. 2012. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *PNAS* 109(40): 16083–16088.

תדירותם ועוצמתם של אירועי גשם קיצוניים דורשת תכנון פשוטי הצפה וניהול אגני ניקוז בצורה שתפחית את עוצמת הפגיעה והנזקים.

ה. **תכנון עירוני**. עידוד, ואף חיוב בנייה ירוקה, ויצירת תשתית ירוקה (טבע עירוני, פארקים ויערות עירוניים, גגות ירוקים, חקלאות עירונית) המקבעת אף היא פחמן^[3]. לסיכום, גישה הדוגלת במניעת פיתוח אינה מעשית. היא עשויה להצליח בקרב יחידים וקבוצות קטנות, אך לא תישא פרי בהתייחס לשייפה לפיתוח ולקידום כלכלי. מכאן האתגר: רתימת מערכת התכנון הארצית שראייתה מקיפה וארוכת טווח למתן מענה לאתגרי שינוי האקלים. אחד מתפקידיה יהיה שמירת השטחים הפתוחים למילוי התפקידים הקשורים גם במיתון שינוי האקלים באמצעות לכידת פחמן, וגם במיתון השפעותיהם על האדם – באמצעות המגוון הביולוגי.

תודתנו לפרופ' אבי פרבולוצקי ולפרופ' דן יקר שסייעו לנו בהבנת הנושאים ובלבונם.

מקורות

- [1] רוטנברג א ויקיר ד. 2018. ייעור, אקלים ועתיד היערות בישראל. אקולוגיה וסביבה 9(3): 22–33.



גשר גילמה. שיטפון בנחל הקישון. ינואר 2013 | צילום: שי אגמון

הניקוז^[1]. במסגרת התוכנית בוצעה תחזית לספיקות בנחלים ולשטחים שיוצפו באירועי גשם בעוצמות שונות. **איור 1** מדמה את ההצפות הנרחבות הצפויות באירוע קיצון שהסתברותו היא 1 ל-100 שנים. חישוב ההסתברויות השונות של הספיקות בנחלים נשען על נתוני עבר (בהם ניתוח סטטיסטי של אירועי זרימה מדודים

ניהול נגר ככלי להפחתת סיכונים שיטפונות עקב שינוי האקלים

אורי רגב^[1] וטל רטנר^[2]*

^[1] מנהל אגף הנדסה, רשות ניקוז ונחלים קישון

^[2] מנהלת יחידת סביבה וקיימות, רשות ניקוז ונחלים קישון

* tal@rnkishon.co.il

שינוי התדירות והעוצמה של אירועי גשם קיצוניים בעקבות שינוי האקלים יגדיל את סכנת ההצפות במפרץ חיפה. המפרץ, שבמורד אגן ההיקוות של הקישון, וכן אזורים נוספים באגן הם מהאזורים הרגישים ביותר להצפות בישראל. סכנת ההצפות אף תגבר בעקבות בינוי מואץ שיגרום להגדלת כמות הנגר שיגיע אל הנחלים. המחיר הכלכלי עלול להיות כבד, וקיים אף סיכון לחיי אדם.

כדי לנהל את סיכוני השיטפונות בצורה בת-קיימא ותוך שימור המערכות האקולוגיות של הנחלים ושיקומן מובילה רשות ניקוז ונחלים קישון תוכנית רחבה ובה **פתרונות לניהול נגר ולמניעת הצפות**. התוכנית נקראת תוכנית אב לניקוז מפרץ חיפה והקריות^[2], והיא נעשית כחלק מתפקיד הרשות למנוע הצפות מכוח חוק

איור 1. הדמיית ההצפות הצפויות במפרץ חיפה באירוע גשם שהסתברותו 1 ל-100 שנים, בעת ספיקה של 425 מ"ק לשנייה במוצא הקישון אל הים



שטח האיגום על ההצפות במורד תהיה דרמטית, אך בשל הסיכון שמתלווה להצפות והשתנות התדירות והעוצמה של האירועים, נדרשים פתרונות נוספים כחלק מניהול הנגר באגן כולו. בהתאם להנחיות תוכנית האב, מתבצעת השהיית נגר במעלה באמצעות **סכרים ושערים דינמיים** היוצרים איגום זמני (למשך מספר שעות עד יומיים) של מי הנחלים בשטחים חקלאיים בזמן של ספיקות גבוהות. לדוגמה, במחלף סומך נבנה סכר דינמי הנשלט מרחוק ויכול לווסת את הזרימות בנחל סומך מ-22 מ"ק לשנייה ל-11 מ"ק לשנייה (איור 2). סכרים דומים נמצאים ומתוכננים בנחל שפרעם ובאזור יגור. ניהול השטח לפי תחזיות גשם וספיקות מאפשר מניעת הגעת ספיקות גבוהות אל מורד הקישון. נוסף על כך, האיגום הזמני אינו פוגע במערכת הרגישה של הנחלים, ומאפשר שיקום של הנחל והימנעות מפתרונות הנדסיים המשנים את המבנה והאופי של הנחל הטבעי.

וניתוח סטטיסטי של אירועי גשם ונתוני התכסית באגן המלמדים על מידת חידור הגשם), ואינו משקלל את שינוי האקלים שצפוי לגרום לאירועי קיצון להיות שכיחים יותר. דוגמה בולטת לפתרון שמשעה הגעת ספיקות גבוהות אל מורד נחל הקישון ומפרץ חיפה היא **אגם ברוך**. האגם נחפר בשנות ה-50 של המאה הקודמת, בליבו של עמק יזרעאל, במטרה לאגום מי שיטפונות לצורכי השקיה חקלאית. כיום מקודמת תוכנית לשיפור יכולת האיגום, שתיתן מענה גם לאירוע קיצון, שתדירותו 1 ל-100 שנים. האגם של האגם צפוי להקטין את הספיקות בקישון מ-464 מ"ק לשנייה לפני כניסתו לאגם ברוך, לכ-300 מ"ק לשנייה במורד האגם. המים שיאוגמו ישמשו גם להשקיה, אך הודות לעיצוב האקו-הידרולוגי של השטח ייווצר פארק אקולוגי שישמר מגוון בתי גידול מימיים שאפיינו את עמק יזרעאל בעבר, ואת המערכת האקולוגית סביבם. נפח האיגום הסופי של אגם ברוך צפוי להיות 8.5 מלמ"ק. ההשפעה של

איור 3. טרסות להשהיית נגר בנחל יונאי



איור 2. סכר דינמי בנחל סומך, מחלף סומך

הסכר נבנה כחלק מפיתוח המחלף, תוך מינוף ההזדמנות לתועלת סביבתית מפיתוח תשתית של כביש.



הספיקות ונזקיהן. שיקום המופע והתפקוד של נחל טבעי כולל שיפור של המורכבות המבנית (היצרת בתי גידול איכותיים ותורמת לשבירת אנרגיית המים) וחיבור אל פשטי הצפה. השיקום תורם לא רק להשבת נופי עבר ולהגדלת המגוון הביולוגי, אלא גם לצמצום נזקי הצפות. ניהול בר־קיימא של אגן היקוות נשען על פתרונות רחבים כדוגמת הפתרונות שתוארו, משלב מענה לצורכי האדם והסביבה, ומאפשר התמודדות עם אתגרים מורכבים, כגון השפעות שינוי האקלים. פתרונות אלה יכולים להצביע על דרכי ההתמודדות עם השינוי הצפוי באקלים בעתיד.

פתרון נוסף המיושם באגן הקישון הוא בניית **טרסות** להשהיית נגר ולהגברת כושר החידור במעלה הנחלים באזורי מחשופים המאפשרים לחלול למי תהום. הטרסות נבנות באזורים של חקלאות הררית, כגון מטעי זיתים, או בשטח טבעי, תוך הפרה מינימלית של השטח. **באיור 3** ניתן לראות פיתוח טרסות בנחל יונאי ליד היישוב רכסים. התרומה של הטרסות משלבת מניעת הצפות והעשרת מי תהום, גם אם הזרימה על פני השטח מהירה ופחות נגר מחלחל ומגיע אל מי התהום, דבר שקורה באירועי קיצון. תכנון הטרסות מקומי, בהתאם להצפות במורד של ואדי או נחל, המחייבות השהיה במעלה. **שיקום נחלים** הוא משימה בעלת חשיבות גבוהה בשל הפגיעה הרחבה בנחלים שבמשך עשרות שנים שונו חוהמו, ומימיהם נשאבו למעשה, בתי גידול מימיים הם בין הפגיעים ביותר, ומינים רבים המאפיינים אותם מוגדרים כיום כמינים בסכנת הכחדה. נוסף על הערך האקולוגי והתיירותי, לשיקום נחלים תועלת רבה במניעת הצפות. בעבר פותחו הנחלים כתעלות הנדסיות, באופן שפגע במערכות האקולוגיות שלהם, אך באופן פרדוקסלי, גם גרם להגדלת

מקורות

- [1] חוק הניקוז והגנה מפני שיטפונות. 1957.
- [2] יודפת מהנדסים. 2010. תכנית האב לניקוז מפרץ חיפה והקריות. הוגש לרשות ניקוז ונחלים קישון.
- [3] תכנית האב אגם ברוך. 2016. רשות ניקוז ונחלים קישון.

תכנון

בקצרה

