

(אקוות) ונחלים בריאים, לשיפור המיקרו־אקלים והנוף העירוני ולצמצום טביעת הפחמן שלהן.

ה"ביופילטר" (שהוא מסנן ביולוגי) הוא אחד האמצעים הטכנולוגיים המרכזים במסגרת גישת "ערים רגישות מים", שתפקידו להתמיר את מי הנגר למשאב. טכנולוגיית הסינון הביולוגי (biofiltration) להשבת מי נגר עירוני פותחה באוניברסיטת מונאש, ומיושמת בהצלחה רבה באוסטרליה ובסינגפור. הביופילטר נראה כגינה לכל דבר, וניתן לעצבו בדרכים שונות ובגדלים שונים. לעתים קרובות הוא מותקן בגנים ציבוריים, לאורך הרחובות ובכירות העיר, כאלמנטים המייפים את הנוף העירוני ויוצרים מיקרו־אקלים לרווחת התושבים.

הביופילטר עובד על עיקרון של "שרשרת טיפול", המכילה בין חמש לשבע שכבות סינון וטיהור ייעודיות, שמשולבים בהן סוגי צמחים ייחודיים. הצמחים משמשים מצע לביופילם המטרה את המים, סבילים לשונות האקלימית ולעקת הזיהום במי הנגר. מערכת הסינון הביולוגי מסוגלת להרחיק ממי הנגר בעילות גבוהה מתכות, חומרי הזנה (בעיקר זרחן וחנקן), משקע וכן חיידקים פתוגניים שמקורם במי ביוב.

לשם בחינת ההיתכנות של גישת "ערים רגישות מים" בישראל והשבת מי נגר עירוני בפרט, התקבלה בקק"ל יוזמת המחבר לביצוע מיזם חלוץ ראשון בישראל. בהמשך נבחרה העיר כפר־סבא להוביל יחד עם קק"ל, בהנחייתו המדעית והיישומית של המחבר, הקמה ובחינה של מתקן ביופילטר היברידי ייחודי בעל עקרון פעולה כפול. מערכת זו תוכננה להשתמש במי נגר עירוני, לטהר אותם ולהחדיר אותם למי התהום בתקופה הגשומה, בעוד שבמשך התקופה היבשה נבחנה יכולת המערכת לשיקום מי התהום המזוהמים בחנקה ולמעשה לבצע דיאליזה לאקוויפר. כלומר, מערכת הביופילטר נבחנת לראשונה כמערכת דו־שימושית (חורך וקיץ), וכאמצעי יעיל להפיכת תשתיות ציבוריות (כדוגמת גנים ציבוריים, איי תנועה, מפרדות) לתשתיות ירוקות רב־עונתיות בעלות תפקיד נוסף בתנאי האקלים והגאוגרפיה הקיימים בישראל. נוסף על כך, המיזם בחן אפשרויות שונות של שיטות החדרה וחלחול להעשרת מי התהום ולשיקום מקומי של אקוות החוף. נקודת המוצא של תכנון הביופילטר היא רווחת התושבים. מסיבה זו תוכנן הביופילטר בכפר־סבא כאמפיתאטרון המסוגל להכיל כ־350 איש בשטח של 1,500 מ"ר, והוא משמש מוקד לקיום אירועים קהילתיים.

מי הנגר העירוני שנוטרו בכפר־סבא אינם עומדים בתקני איכות המים הישראליים, ולכן לא ניתן להשתמש בהם בצורתם הגולמית. הביופילטר בכפר־סבא הראה יכולת הרחקה גבוהה של מגוון מזהמים ממי הנגר העירוני (מתכות, חומרי הזנה, חיידקים פתוגניים ומשקע) ועמד בתקן איכות מים להשקיה בלתי מוגבלת (על פי המלצות ועדת ענבר לתקן איכות קולחים), תקן איכות מים



מיזם הביופילטר בכפר־סבא | צילום: אנצ'ו גוש, באדיבות ארכיון הצילומים של קק"ל

צעד ראשון ליצירת ערים רגישות מים בישראל – מיזם הביופילטר בכפר־סבא

ירון זינגר

המחלקה להנדסה אזרחית,
אוניברסיטת מונאש, אוסטרליה
Yaron.zinger4@gmail.com

ניהול משאבי המים העירוניים מעצב היבטים רבים של הסביבה העירונית ואת איכות חיי המתגוררים בה. ניהול משק המים העירוני בישראל נעשה בצורה מבוזרת – לרוב תאגידי המים אחראים לאספקת המים לתושבים (לרבות סילוקם למט"ש האזורי), ואילו מי הנגר העירוני מנותבים על־ידי מערכת הניקוז העירונית למספר מובלי ניקוז ענקיים המזרימים אותם אל מחוץ לעיר, ולרוב ישירות לים.

האפשרות להפוך את מי הנגר העירוני, הנחשבים מטרד שיש להזרימו אל מחוץ לעיר, למשאב מים חדש, בטוח זמין למגוון שימושים, לרבות להעשרת מי תהום, היא הרעיון המרכזי בגישת "ערים רגישות מים" (water sensitive cities). בעיר כזו מסלול מעבר המים מנוהל בהתאם למקורו ולייעודו, ונושא עמו ערך חברתי ורוחני. "ערים רגישות מים" מאמצות ומשלבות מערכות ניהול מים מבוזרות ומרכזיות, זו לצד זו, כסל פתרונות להבטחת אספקת מים בעתיד רווי או שחון במים, לשמירה על אקוויפרים

קבוצות מחקר מהאוניברסיטה העברית בירושלים, מאוניברסיטת בן-גוריון בנגב ומהטכניון - מכון טכנולוגי לישראל. כמו כן, משתתפים בה צוותים מקבילים באוניברסיטת מונאש שעזרו לגבש את התכנית כבסיס למרכז מחקר, שירכז את התוצרים המדעיים ויביא ליישומם. המרכז יביא בהמשך גם לגיבוש ערוצי הטמעה בשיתוף רשות המים, הרשויות המקומיות, חברת מקורות וגורמים נוספים. סקירה מעמיקה על גישת "ערים רגישות מים" וכן תוצאות השימוש בטכנולוגיית הביופילטר שהוקם בכפר-סבא בשילוב מסקנות ותובנות להמשך, צפויות להתפרסם באקולוגיה וסביבה בשנה הקרובה.

נמוכה יחסית, וכן מידע כמותי מדויק שניתן לשחזרו [2]. חישה מרחוק מאפשרת איסוף נתונים מאזורים מרוחקים ובלתי נגישים. איסוף מידע היסטורי וניתוח מרחבי מאפשרים מעקב אחרי שינויים לאורך זמן, ומסייעים בזיהוי גורמי זיהום ובקביעת ערכי סף סביבתיים [2, 3]. ההתפתחות הטכנולוגית והמדעית המהירה בתחום מאפשרת גישה לדימוי לווין (imaging) ברזולוציה של סנטימטרים, מספקת מידע יום-יומי ואף שעותי, וכוללת מדידה של מאות אורכי גל בו-זמנית [2, 4, 5].

איור 1. דליפת הנפט בשמורת עברונה, דצמבר 2014. חישה מרחוק מכלי טיס בלתי מאוישים (כטב"מים) שימשה חלק חיוני בניהול האירוע | באדיבות המשרד להגנת הסביבה



להחדרה ולשחרור לנחלים, לרבות תקן מי שתייה טוקסולוגי (לא מיקרוביאלי), לצד תקני איכות המים האוסטרליים המחמירים לשחרור מי נגר עירוני לסביבה. בהיבט שיקום האקוויפר, הביופילטר הראה יכולת הרחקה של 73% חנקה תוך עמידה בתקן מי שתייה, תחת משטר זרימה מנתי, אולם בשינוי משטר הזרימה לרציף חלה ירידה ביכולת הרחקה החנקה.

לאחרונה נוספו עוד שני מתקני הדגמת טכנולוגיות בבת-ים וברמלה, שיחד עם הביופילטר בכפר-סבא מהווים למעשה מעבדות מחקר ופיתוח לטובת תכנית מחקר בין-תחומית ארבע-שנתית שהושקה לאחרונה מטעם קק"ל. בתכנית משתתפות

דברים שרואים משם -

לא רואים מכאן: השימוש בחישה מרחוק לניהול סביבתי

מרים צלוק* וסיניה נתניהו

לשכת המדענית הראשית, המשרד להגנת הסביבה
miri.tsa@gmail.com*

בדצמבר 2014 זרמו מיליוני ליטרים של נפט אל אחד מאתרי הטבע הרגישים בארץ - שמורת עברונה שבדרום הערבה. בזכות טכנולוגיה מתקדמת של חישה מרחוק - צילומים מכלי טיס בלתי מאוישים (כטב"מים) - ניתן היה לעקוב אחר התפשטות הנפט בשטח, לכוון את שאיבת הנפט וסכירתו ולאמוד את ההשפעה על בעלי החיים והעצים הייחודיים בשמורה (איור 1). זוהי דוגמה אחת מיני רבות לדרך שבה חישה מרחוק חיונית להגנת הסביבה. עם זאת, השימוש בחישה מרחוק לצורכי מדיניות ולניהול סביבתי במגזר הציבורי בישראל עדיין בחיתוליו.

חישה מרחוק היא טכנולוגיה למדידת עצמים מבלי לבוא איתם במגע ישיר, וזאת על-ידי מדידת הקרינה האלקטרומגנטית המוחזרת מהם. כל גוף מחזיר קרינה בעוצמה ובאורכי גל ייחודיים, מה שמאפשר לאפיין ולמדוד אותו [4]. חישה מרחוק יכולה ליעל קביעת מדיניות, תכנון ואכיפה במגוון רחב של נושאים סביבתיים, כולל איכות מים, איכות אוויר, זיהום קרקע, שימושי קרקע ושמירה על המגוון הביולוגי. טכנולוגיה זו מיושמת מזה עשורים במשרדים להגנת הסביבה ברחבי העולם. בשנה האחרונה ערכה לשכת המדענית הראשית במשרד להגנת הסביבה מהלך מקיף כדי לקדם את השימוש בחישה מרחוק גם במשרד בישראל.

לחישה מרחוק יתרונות רבים ליישומים סביבתיים. טכנולוגיה זו מספקת מידע תמציתי על שטחים נרחבים במהירות ובעלות