

ההשפעות הסביבתיות והבריאותיות של השקיה בקולחים

סיכום ותובנות של ועדת מומחים ומומחיות 2024



האגודה הישראלית
לאקולוגיה ולמדעי הסביבה



המשרד להגנת הסביבה



وزارة حماية البيئة
Ministry of Environmental Protection

כתיבה: ד"ר יהלה רינה דור

עריכה: ד"ר בן בלק, ד"ר יהלה רינה דור

צוות הוועדה: פרופ' נגה קרונפלד-שור³, ד"ר אמיר ארז³, ד"ר גל זגרון³, שרית כספי-אורון³, ניצן עזרא³, גיא רשף⁹, ד"ר הראל גל⁹, דוד ויינברג⁴, ד"ר תמר ברמן⁴, ד"ר מאיה אורלנד-שניט², אריאל כהן¹⁵, ד"ר פניאלה דותן³, ירדן מנלזון¹⁷.

סיועו ביום הדיונים: אורן וולטר, לוטם בידרמן, לוס אוריה-מיטלמן, מיכל גרשמן, תמר רוזמרין-זאב.

משתתפי ועדת המומחים (על פי סדר אל"ף-בי"ת): פרופ' דרור אבישר¹, ד"ר רועי אגוזי², ד"ר מאיה אורלנד שניט², יעל אורן³, דגנית אייזן⁴, שלומית ארבל⁵, ד"ר אמיר ארז³, ד"ר גיל אשל⁶, ד"ר אלון בן-גל⁶, ד"ר יהונתן בר-יוסף⁷, ד"ר אשר בר טל⁶, ד"ר תמר ברמן⁴, פרופ' אשר ברנר⁸, ד"ר שחר ברעם⁷, פרופ' אביטל גזית¹, ד"ר הראל גל⁹, ד"ר יעל גרנוולד¹⁰, פרופ' עמית גרוס⁸, פרופ' נדב דידוביץ⁸, ד"ר פניאלה דותן³, יוני דמרי¹¹, ד"ר נדב דנקמפ¹², ליעד דרי חרמון⁹, ד"ר ירון הרשקוביץ¹³, אלעזר וולק², דוד ויינברג⁴, ד"ר גל זגרון³, אברהם (גיו) זילברמן¹⁴, פרופ' בני חפץ¹⁵, חנה טובי², ד"ר דוד ילין⁶, פרופ' אורי ירמיהו⁶, אריאל כהן¹⁶, שרית כספי אורון³, מריו לובטקין¹⁷, ד"ר גיא לוי⁶, ויויאן מאו¹⁷, ירדן מנלזון¹⁸, ד"ר אופיר מנשה¹⁹, ד"ר ארנה מצנר³, ד"ר מעיין נדר², ירון סולומון²⁰, פרופ' אדי סיטרין⁶, יובל סלע²¹, ניצן עזרא³, ד"ר יוסי ענבר²², פרופ' ערן פרידלר²³, פרופ' רונית קלדרון מרגלית¹⁵, דניאל קלוסקי²⁴, אדם קמינסקי³, פרופ' נגה קרונפלד שור³, ד"ר דוד רובין²⁵, לאוניד רויזן²⁶, ד"ר אורן רייכמן²⁷, ד"ר שי רייכר³, גיא רשף⁹, ד"ר דניאל שרון³, ד"ר רז תמיר²⁸.

סיון מוסדי של משתתפי הוועדה: ¹אוניברסיטת תל אביב, ²משרד החקלאות וביטחון המזון, ³המשרד להגנת הסביבה, ⁴משרד הבריאות, ⁵מכון יסודות, ⁶מכון וולקני, ⁷קק"ל, ⁸אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, ⁹רשות המים, ¹⁰מכון יעצן למדע, ¹¹תנועת המושבים, ¹²חג"מ מהנדסים, ¹³מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, ¹⁴משרד החקלאות לשעבר, ¹⁵האוניברסיטה העברית בירושלים, ¹⁶רשות הטבע והגנים, ¹⁷מי שבע, ¹⁸בית הספר לכלכלה של לונדון, ¹⁹המכללה האקדמית כינרת, ²⁰האיחוד החקלאי, ²¹איגודן, ²²מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה לשעבר, ²³הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל, ²⁴ארגון מגדלי ההדרים, ²⁵מומחה השפכים של המשרד להגנת הסביבה לשעבר, ²⁶מט"ש שורק, ²⁷המכללה האקדמית תל חי, ²⁸חקר ימים ואגמים לישראל.

תודה למוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט בתל אביב על אירוח יום הדיונים

עריכת לשון: ענבר קמחי-אנגרט

עיצוב גרפי: תמר רוזנר-פרץ

תמונת שער: iStock.com/gchapel

ציטוט מומלץ: יהלה רינה דור, בן בלק, אמיר ארז, גל זגרון, שרית כספי-אורון, ניצן עזרא, גיא רשף, הראל גל, דוד ויינברג, תמר ברמן, מאיה אורלנד-שניט, אריאל כהן, פניאלה דותן, ירדן מנלזון ונגה קרונפלד-שור. (2024). ההשפעות הסביבתיות והבריאותיות של השקיה בקולחים: סיכום תובנות והמלצות ועדת מומחים ומומחיות. האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה והמשרד להגנת הסביבה. 34 עמודים.

Yahala Rina Dor, Ben Belek, Amir Erez, Gal Zagron, Sarit Caspi-Oron, Nitzan Ezra, Guy Reshef, Harel Gal, David Weinberg, Tamar Berman, Maya Orland-Schnit, Ariel Cohen, Pniela Dotan, Yarden Menelson, and Noga Kronfeld-Schor. (2024). The environmental and health impacts of wastewater irrigation: A summary of insights and recommendations of the expert committee. The Israel Society of Ecology and Environmental Sciences and the Ministry of Environmental Protection of Israel. pp. 34.

תוכן עניינים

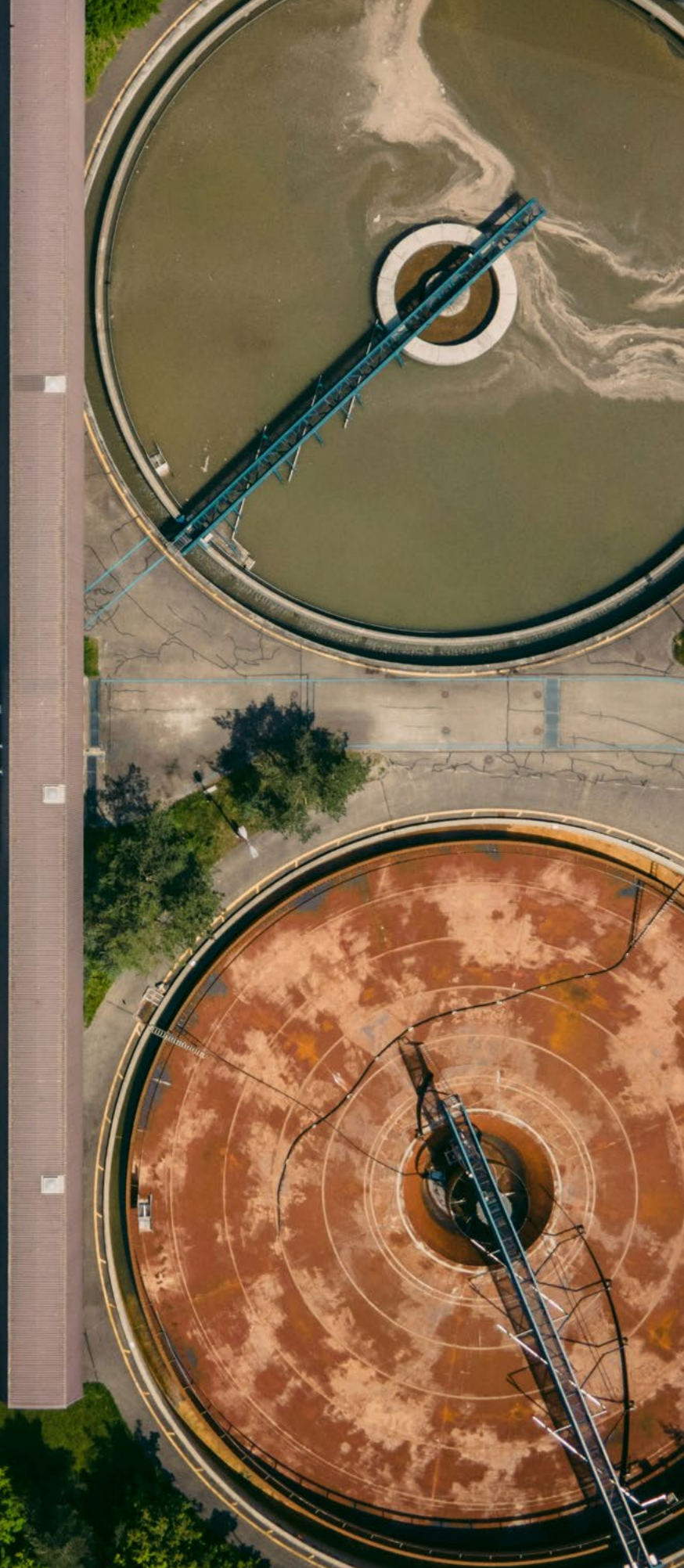
5	על ועדת המומחים והמומחיות
6	עיקרי הדברים
10	[1] הקדמה
12	[2] קולחים בישראל
19	[3] השפעות של השקיה בקולחים על החקלאות, הסביבה והבריאות
23	[4] הרכב המזהמים בקולחים
28	[5] המצב בעולם
31	[6] המלצות ועדת המומחים והמומחיות
34	[7] סיכום



על ועדת המומחים והמומחיות

האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה פועלת לטיפול הקהילה המדעית ולשיפור מדיניות הסביבה והאקלים בישראל באמצעות קידום מעמד השיח המדעי, הנגשתו והטמעתו בקרב מעצבי דעת הקהל וקובעי המדיניות. בחזונה של האגודה, ידע מדעי בנושאי סביבה צריך להיות זמין ונגיש לעובדי ציבור, לארגונים אזרחיים ולציבור הרחב, ולשמש בסיס איתן לתהליכי קבלת החלטות במישור הלאומי והמקומי. לאגודה ניסיון רב-שנים של יצירת שיתוף פעולה בין המאסדר (רגולטור) ובין מדענים לשם מתן מענה מדעי לשאלות הנוגעות לניהול משאבי טבע ולעיצוב מדיניות סביבה. כדי ליצור את החיבור הנדרש בין מדענים לקובעי מדיניות ייסדה האגודה מנגנון של ועדות מומחים המקדמות שיתוף פעולה בין האקדמיה, מכוני המחקר הממשלתיים, גורמי החברה האזרחית ואנשי המקצוע במשרדי הממשלה.

ועדת המומחים והמומחיות בנושא **השפעות הסביבתיות והבריאותיות של השקיה בקולחים** היא מיזם משותף של האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה ושל לשכת המדענית הראשית במשרד להגנת הסביבה, בשיתוף אגף מים ונחלים במשרד להגנת הסביבה, ובהשתתפות נציגים מרשות המים, ממשרד הבריאות, ממשרד החקלאות ומרשות הטבע והגנים. הוועדה מתמקדת באפיון השפעותיהם של מזהמים שמקורם בקולחים על הסביבה ועל הבריאות, בניתוח אמצעי האסדרה הרלוונטיים מהארץ ומהעולם, וביזיון פערי הידע לצד פערים טכנולוגיים ואסדרתיים. נוסף על כך, ועדת המומחים והמומחיות עסקה בגיבוש המלצות מדיניות אופרטיביות לצמצום ההשפעות המזיקות של ההשקיה בקולחים על הבריאות, על הסביבה ועל החקלאות. שיאה של הוועדה בא לידי ביטוי בסדנת שולחנות עגולים שכינסה תחת קורת גג אחת חוקרים וחוקרות מובילים מתחומים רלוונטיים, לצד נציגים מהממשלה, מהמגזר העסקי ומהחברה האזרחית. ביום זה שיתפנו מידיעותינו ומניסיוננו המקצועי, ודנו בהיבטיו השונים של הנושא. דו"ח מקיף זה מסמן את סיכומו של התהליך, וצפוי לשמש בסיס מקצועי וערכי להמשך תהליך גיבוש מדיניות בנושא הפחתת ההשפעה של מזהמים שמקורם בקולחים.



עיקרי הדברים

גידול האוכלוסייה גורם באופן טבעי לעלייה בצריכת המים וכפועל יוצא מכך גם לעלייה בייצור השפכים, מה שעלול, ללא טיפול ראוי, לגרום לזיהום מקורות מים, קרקע ואוויר. הבעיות הסביבתיות האלה, לצד מחסור במים זמינים, הובילו את ישראל בתחילת המאה ה-21 להחלטה על מחזור שפכים בהיקפים חסרי תקדים. כיום ישראל נחשבת למובילה בעולם במחזור שפכים, היות שיותר מ-80% מהקולחים המופקים בה מושבים לשימוש חקלאי. חקלאות היא צרכן המים העיקרי ברמה העולמית, ואחראית לצריכה של כ-70% מסך המים הזמינים בעולם. בהקשר זה חשוב להבין כי פוטנציאל החשיפה למזהמים המצויים בקולחים גבוה בישראל ביחס לעולם, בשל החשיפה המצטברת הממושכת של הקרקע המושקית בקולחים לאורך שנים. אי לכך, ראוי להבין ולמנוע את הסיכונים הסביבתיים והבריאותיים הטמונים במשק הקולחים, בהם הזרמת שפכים גולמיים לסביבה בשל עומסי שפכים ותקלות במתקני טיפול ותשתיות הולכה; הזרמת קולחים לסביבה בין אם באופן מבוקר ובין אם לאו; והסיכון שיעמוד לדיון בעבודה הנוכחית – **הנזקים הפוטנציאליים שנובעים מהשקית גידולים חקלאיים בקולחים.**

בתהליך ייצור הקולחים, מתקני טיהור השפכים (מט"שים) מטפלים בו-זמנית בשפכים ממקורות שונים – ביתיים, תעשייתיים וחקלאיים, כך שתמהיל המזהמים רחב מאוד ואינו ידוע, ואף עלול לכלול חומרים מסוכנים ורעילים. נוסף על כך, היעילות והאמינות של תהליך הטיפול במט"ש איננה זהה עבור כל אחד מסוגי המזהמים הנכנסים אליו, ואיננה זהה בין מט"שים שונים. לאחר הטיפול במט"שים הקולחים שנועדו להשקיה מופנים לאגירה במפעלי ההשבה, ומשם מוזרמים להשקיה חקלאית, לתעשייה ולגינון ציבורי, והעודפים מוזרמים אל הנחלים. מדו"ח מבקר המדינה לשנת 2024 עולה כי במרבית המאגרים בשנת 2020 הייתה חריגה באיכות הקולחים מהרמות המותרות בתקנות.

גם כאשר הקולחים מטופלים בהתאם לתקנות, הם עשויים להכיל מצאי מזהמים גדול, כמו חיידקים ווירוסים מחוללי מחלות, לרבות חיידקים עמידים לאנטיביוטיקה, מיקרו-מזהמים אורגניים קשי פירוק, מלחים, מתכות וחומרים נוספים. על כן, השקיה בקולחים עלולה לגרום לפגיעה סביבתית ובריאותית באופן מיידי או בעקבות חשיפה ארוכת טווח, בין אם בשל צריכת תוצרת חקלאית שהושקתה בקולחים, ובין אם בשל חשיפה למקורות מים שזוהמו בקולחים או צריכתם. נוסף על כך, השקיה בקולחים עשויה לפגוע במגוון הביולוגי ובמערכות אקולוגיות, וזאת בשל חדירת המזהמים השונים אל הקרקע וזליגתם אל מקורות המים העיליים. על פי התקנות היו אמורים המט"שים הגדולים לעמוד באיכות הנדרשת לא יאחר מינואר 2015, אך בפועל, נכון לשנת 2021 רק כשני שלישים מסך השפכים המטופלים במט"שים האלה טופלו ברמה שלישונית כנדרש בחוק (איכות "השקיה ללא מגבלות"), והשליש הנותר של השפכים טופל ברמה שניונית בלבד. יש לציין כי כאשר נעשה שימוש בקולחים שאינם עומדים ברמת הטיפול הנדרשת, שהם כ-40% מהקולחים בישראל, שיעור המזהמים גדול יותר, והשפעותיו השליליות רבות ומגוונות.

לצד הובלתה של ישראל בתחום מחזור השפכים, השוואה בין-לאומית שנעשתה במסגרת עבודה זו, מלמדת שישנו מקום לשיפור מבחינת אסדרת התחום. על ישראל ליטול את ההובלה הן במחקר הנוגע להשפעות הסביבתיות והבריאותיות של השקיה בקולחים, כמו גם בפיתוח אמצעי ניטור, טיפול, תקינה ואסדרה. ועדה זו באה לקדם את ההבנה בנושא אפיון השפעותיהם של מזהמים שמקורם בקולחים על הסביבה, הבריאות והחקלאות, לצד סקירת אמצעי האסדרה הרלוונטיים מהארץ ומהעולם, וזיהוי פערי הידע לצד פערים טכנולוגיים ואסדרתיים.

מיפוי ההשפעות העיקריות על החקלאות, הבריאות והסביבה שנעשה על ידי המומחים והמומחיות, העלה כי בהיבט החקלאי, המזהמים שעלולים להימצא בקולחים עשויים לגרום לשינויים דרמטיים. השינויים יכולים להתבטא בהמלחת הקרקע, בתכונות ההידראוליות שלה ובפיזור המים והמומסים, בהגרעת הקרקע החקלאית, בפגיעה באיכות הגידולים, בשינוי בפריון החקלאי ובפגיעה עתידית ביכולת היצוא של תוצרת חקלאית. לנוכח השינויים האלה, התוצרת החקלאית הישראלית עלולה שלא לעמוד בתקינה של מדינות היעד בשל נוכחות מיקרו-מזהמים ומזהמים. מבחינת ההיבט הסביבתי, השקיה בקולחים עלולה להשפיע על הרכב הקרקע, על הסעת מזהמים בקרקע ועל חלחול מזהמים למי תהום ולמקורות מים טבעיים, וכפועל יוצא מכך, להשפיע על המערכות האקולוגיות השונות, להפר את האיזון האקולוגי ולגרום לצמצום המגוון הביולוגי. בהיבט של בריאות הציבור, עולה כי ישנה סכנת חשיפה לתוצרת חקלאית מזהמת, שבאה במגע ישיר עם קולחים מזהמים או שקלטה מזהמים דרך הקרקע או עקב חשיפה למקורות מים מזהמים. שתי קבוצות המזהמים העיקריות הנוגעות להשפעות על בריאות הציבור הן מיקרואורגניזמים, המהווים סכנה בריאותית חריפה ועלולים לגרום לתחלואה מהירה וקשה מאוד, וכימיקלים, דוגמת מיקרו-מזהמים שעלולים ליצור תחלואה קשה המופיעה רק לאחר חשיפה ארוכת טווח.

כמו כן, במהלך העבודה מופו המזהמים העיקריים המצויים בקולחים וסווגו לשתי קבוצות עיקריות: (1) מזהמים מוכרים וידועים הנמצאים ברשימת המזהמים לניטור, ובהם חיידקי קולי צואתי, מלחים (נתרן, כלורידים, פלואורידים ובורון), זרחן, מתכות (כרום, ברזל, כספית ועופרת), מזהמים אורגניים כלליים, שמנים ועוד. (2) מזהמים שנזכרום והרכבם אינם ידועים, והם אינם נמצאים ברשימת המזהמים לניטור – הם שונים ומגוונים מבחינת הרכבם והשפעותיהם, ובהם פתוגנים שונים, לצד תרכובות כימיות מגוונות שמקורן בתעשייה, דוגמת תרופות וכימיקלים, ותוצרי הפירוק הבלתי צפויים של התרכובות הללו במט"שים. נוסף על כך, משתתפי הוועדה הסכימו כי מידת ההשפעה ואופי ההשפעה של השקיה בקולחים על הבריאות, על הסביבה ועל הגידולים החקלאיים תלויים בגורמים נוספים מעבר לאיכות הקולחים ולהרכב המזהמים, ובהם סוג מי המקור, סוג הקרקע, סוג התוצרת החקלאית המושקית והקרבה למקורות מים עיליים ומי תהום.

לבסוף, ועדת המומחים והמומחיות עסקה בגיבוש המלצות מדיניות אופרטיביות לצמצום ההשפעות המזיקות של ההשקיה בקולחים על הבריאות, הסביבה והחקלאות:

ניהול ידע:

- יצירת מנגנון לריכוז, לתיאום ולשיתוף של מידע בין הרשויות והארגונים הרלוונטיים לנושא הטיפול בשפכים, מקורות המים, שיעור המזהמים והרכבם והנגשת המידע לחקלאים בזמן אמת;
- מימון מחקרים בנושא וניטור ההשפעה ארוכת הטווח של שימוש בקולחים על החקלאות ועל בריאות הציבור;
- מיפוי מפורט של חומרים בעלי פוטנציאל סיכון גבוה המצויים בקולחים, על פי מידת הסכנה שהם מהווים ואופן השפעתם על החקלאות, הבריאות והסביבה.

הפחתה במקור וטיפול במזהמים בתחום המפעל המזהם:

- גיבוש תוכנית לניהול סיכוני שפכי תעשייה כדי לשפר את איכות השפכים עוד בטרם הגיעם למט"ש. התוכנית כוללת פיתוח מערכת תמריצים שמטרתה לקדם הפחתה במקור של מזהמים, הטמעה של העיקרון 'המזהם משלם', קביעת ערכי סף לחומרים בעלי פוטנציאל סיכון גבוה ובחינת חלופות של הפרדת זרמים תעשייתיים ממערכת הביוב העירונית.
- קידום אסדרת טיפול מקדים של שפכים הנוצרים במפעל, בהתאם להרכבם המדויק של המזהמים.

טיוב תהליך הטיפול במט"ש:

- כתיבת נוהל לתפעול מט"שים, כפי שמקודם על ידי רשות המים;
- קידום ואכיפה של איכות הקולחים במט"שים הנדרשים באיכות שלישונית על פי תקנות הקולחים;
- שקילת עדכון של פרמטרים ספציפיים בתקנות הקולחים, כמו מליחות, כלוריד, נתרן, מוליכות חשמלית ו-SAR, ושקילת התייחסות לאזורים גיאוגרפיים שונים המתאפיינים במי מקור שונים;
- שקילת קביעת תקנות בהמשך לממצאי סקרים ובדיקות, שיחייבו טיפול מתקדם במט"שים הגדולים;
- גיבוש תוכנית לקידום עקרונות הכלכלה המעגלית בתחום מחזור השפכים;
- פיתוח מנגנון לייעול ולקיצור של שלבי התכנון והאישור ולבחינה מזרזת של תוכניות מפורטות להקמה ולשדרוג של מט"שים ותכנון מאגרי חירום לעודפי קולחים ולמאגרי קולחים.

טיוב ניהול הקולחים במאגרים:

- הגברת תדירות הניטור, הפיקוח והאכיפה על איכות הקולחים בעת שהייתם במאגרי קולחים;
- הנגשת תוצאות הדגימות במאגרים לחקלאים בזמן אמת.

ניהול ההשקיה:

- שקילת החלת איסור השקיה בקולחים של גידולים שעלולים להעביר מזהמים לאוכלוסייה;
- שקילת הפחתה אזורית של כמות החנקן בהתאם למשתמשי הקצה;
- קביעת המלצות הנוגעות להשפעה של שיטות השקיה שונות על פיזור המזהמים.

הקדמה

מיצבה עצמה ישראל כאחת המדינות המובילות בעולם בסוגיית מחזור המים. אף כי אין חולק על כך כי זוהי התפתחות חיונית ורצויה, ישנם בצידה מספר אתגרים סביבתיים ובריאותיים משמעותיים הדורשים התייחסות מקיפה.

משק הקולחים הצומח מציב שלושה אתגרים סביבתיים מרכזיים. ראשית, סיבות מגוונות עשויות להוביל לכך שלא כל השפכים הגולמיים אכן מופנים אל מתקני טיהור השפכים (מט"שים) כנדרש, לדוגמה בשל תקלות בתשתיות ההולכה, כך שהשפכים האלה מוזרמים לסביבה. לחלופין, מתקני הטיפול לא תמיד עומדים בעומס השפכים המופנים אליהם וכושלים בטיפול בהם או כושלים בהפעלת המתקן, כך ששיעור מסוים מן השפכים מוצא את דרכו לסביבה. שנית, השפכים המטוהרים – הקולחים – אומנם מיועדים ברובם הגדול לשימוש להשקיה חקלאית, אך לא כולם אכן מופנים לשימוש זה, וגם הם מוזרמים לסביבה. כך או כך, שיעור מסוים מהקולחים זורם לנחלים ולטבע. שני האתגרים החשובים האלה לא יידונו בעבודה זו אלא בעקיפין בלבד. ועדת המומחים והמומחיות הנוכחית מתמקדת באתגר שלישי: **השקיית גידולים חקלאיים בקולחים עשויה לגרום עימה נזקים סביבתיים ובריאותיים משמעותיים**⁶. יתרה מכך, ההשקיה המתמשכת בקולחים שניוניים ושלישוניים לאורך השנים עשויה לגרום נזקים מידיים ונזקים מצטברים בעקבות חשיפה ארוכת טווח. גם בקולחים המטופלים כהלכה מצויים עדיין מזהמים מסוגים שונים, ובהם חיידקים מחוללי מחלות, לרבות חיידקים

אחת מהשלכותיו של הגידול המהיר באוכלוסייתה של ישראל היא העלייה הניכרת בצריכת המים הכוללת. לנוכח עלייה זו, הולך וגובר הסיכון כי מקורות המים הטבעיים הזמינים לא יוכלו עוד לספק את צורכי המים של התושבים באיכות הנדרשת; לא כל שכן בעלות כלכלית סבירה ובאופן שיבטיח את המשך קיומם של מקורות המים בעתיד¹. בה בעת, העלייה הרציפה בצריכת המים הובילה לעלייה מקבילה בייצור השפכים. בהיעדר טיפול מתאים ומספק, העלייה בהיקפי השפכים טומנת בחובה פוטנציאל לשורה של מפגעים סביבתיים, ובהם זיהום מקורות מים, זיהום קרקע וזיהום אוויר².

טיפול בשפכים ומחזורם לצורך השקיה חקלאית הוא אמצעי יעיל להתמודדות עם שני האתגרים שתוארו לעיל: הן בעיית המחסור במים הן העלייה בהיקפי השפכים³. מדינת ישראל השכילה ליישם את הפתרון הזה במהירות מרשימה. בשנת 2000, נוכח מצב חירום במשק המים הארצי, התקבלה החלטת ממשלה 2114 להגדלת היצע המים בישראל, בין היתר, על ידי ניצול מיטבי של קולחים (שפכים מטופלים) לצורכי השקיה, תוך שחרור מים שפירים לצריכה הביתית ולצרכים נוספים. בסיוע תמריצים מהמדינה החלו יזמים פרטיים, ובראשם אגודות מים חקלאיות, להקים מפעלי השבת קולחים ברחבי הארץ. מאז חלפו שני עשורים וחצי, ומשק הקולחים נעשה אחד מעמודי התווך של משק המים הלאומי. נכון לכתבת שורות אלה, יותר מ-80% מהקולחים המופקים בישראל מושבים לשימוש חקלאי⁴, ומהווים כ-60% מסך המים המשמשים את ענף החקלאות⁵. בכך

1. ועדת ביין. 2010. דוח ועדת החקירה הממלכתית בנושא ניהול משק המים בישראל.

2. רשות המים. 2023. משק הקולחים 2050 – פעולות מוצעות להגדלת היצע הקולחים, ניצולם היעיל והאופטימלי ולהורדת עלותם לחקלאות.

3. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2017. The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater the Untapped Resource. Paris, UNESCO.

4. רשות המים. 2023. משק הקולחים 2050 – פעולות מוצעות להגדלת היצע הקולחים, ניצולם היעיל והאופטימלי ולהורדת עלותם לחקלאות.

5. מבקר המדינה. 2024. השבת מי קולחים, איכותם והשימוש בהם. דוח מבקר המדינה.

6. Yalin D, et al. 2023. Mitigating risks and maximizing sustainability of treated wastewater reuse for irrigation. Water Research X. 21.

עמידים לאנטיביוטיקה⁷, מיקרו-מזהמים אורגניים קשי פירוק, מלחים, מתכות וחומרים נוספים. החשיפה למזהמים הללו – בין אם דרך צריכת תוצרת חקלאית שהושקתה בקולחים, ובין אם בחשיפה למקורות מים שזהמו בקולחים או צריכתם – עלולה לגרום לעלייה בתחלואה בקרב האוכלוסייה ולפגיעה בבעלי חיים נוספים⁸. בה בעת, השקיה בקולחים טומנת בחובה פוטנציאל לנזק לבתי גידול, למגוון הביולוגי ולמערכות אקולוגיות, וזאת בשל חדירת המזהמים השונים המצויים בקולחים אל הקרקע וזליגתם אל מקורות המים העיליים⁹. זוהי תמונת המצב במקרים שהקולחים עומדים בתקן; אך יש לציין שרק כ-60% מהקולחים בישראל עומדים ברמת הטיפול הנדרשת על פי התקן להשקיה ללא מגבלות¹⁰. שיעור המזהמים בקולחים שאינם עומדים בתקן גדול יותר, והשפעותיו השליליות רבות ומגוונות.

המחסור במים ונגזרותיו – לרבות מחזור השפכים לשימוש חקלאי – אינם אתגרים ייחודיים לישראל. על פי נתוני ה-OECD, כ-30% מאוכלוסיית אירופה מתמודדת במידה כזו או אחרת עם מחסור במים נקיים¹¹. ענף החקלאות העולמי הוא הצרכן העיקרי של משאב חיוני זה, והוא צורך כ-70% מסך המים הזמינים ברמה העולמית, וכ-40% במדינות ה-OECD^{12,13}. נוכח זאת, מחזור שפכים להשקיה חקלאית הוא פרקטיקה מוכרת במדינות רבות ברחבי העולם. עם זאת, רק במדינות ספורות בעולם צריכת מזון

שהושקה בקולחים היא כה נפוצה כמו בישראל. פוטנציאל החשיפה למזהמים המצויים בקולחים בישראל גבוה בייחוד לנוכח החשיפה המצטברת הממושכת בקרקע המושקית לאורך שנים. העובדה שישראל ניצבת בחוד החנית של תחום מחזור השפכים מחייבת אותה ליטול את ההובלה במחקר הנוגע להשפעות הסביבתיות והבריאותיות של השקיה בקולחים, כמו גם בפיתוח אמצעי ניטור, טיפול, תקינה ואסדרה. כפי שיובהר בהמשך, ישנן שאלות לא מעטות שאינן פתורות בהקשר זה בקרב הקהילה המדעית, ובסוגיות מסוימות רב הנסתר על הגלוי. אף על פי כן, עשרות מחקרים שנערכו בנושא שופכים אור חשוב על ההשפעות בפועל של השקיה בקולחים ועל השפעותיה האפשריות, והן יסקרו בהמשך.

לצד התוכנית הארצית ארוכת הטווח למשק הביוב של הרשות הממשלתית למים וביוב שפורסמה במהלך 2024¹⁴, ועדת המומחים והמומחיות באה לקדם את ההבנה בנושא אפיון השפעותיהם של מזהמים שמקורם בקולחים על הסביבה ועל הבריאות, להציג סקירה של אמצעי האסדרה הרלוונטיים בארץ ובעולם ולזהות את פערי הידע לצד פערים טכנולוגיים ואסדרתיים. הוועדה עסקה בניבוי המלצות מדיניות אופרטיביות לצמצום ההשפעות המזיקות של ההשקיה בקולחים על הבריאות, על הסביבה ועל החקלאות.

7. Christou A, et al. 2017. The potential implications of reclaimed wastewater reuse for irrigation on the agricultural environment: The knowns and unknowns of the fate of antibiotics and antibiotic resistant bacteria and resistance genes – A review. *Water Research* 123: 448–467.

8. אבישר ד ורונן-אלירז ג. 2017. השקיה בקולחים – ממה צריך להיזהר? אקולוגיה וסביבה 8 (4): 48–55.

9. שם.

10. מבקר המדינה. 2024. השבת מי קולחים, איכות והשימוש בהם. דוח מבקר המדינה.

11. OECD. 2022. Background Note: The Economics of Water Scarcity.

12. שם.

13. Khan MM, et al. 2022. Towards sustainable application of wastewater in agriculture: A review on reusability and risk assessment. *Agronomy*: 12 (6).

14. הרשות הממשלתית למים וביוב. 2024. תכנית ארצית ארוכת טווח למשק הביוב.

קולחים בישראל

משק הטיפול בשפכים בישראל נדרש לספק שירותים לאוכלוסייה הגדלה במהירות תוך עמידה בתקני איכות הקולחים. נכון לשנת 2022, צריכת המים החקלאית עומדת על 1,215 מלמ"ק בשנה, שהם כ-52% מכלל צריכת המים בישראל. כ-46% מצריכת המים החקלאית היא של קולחים

משק הטיפול בשפכים בישראל נדרש לספק שירותים לאוכלוסייה הגדלה במהירות תוך עמידה בתקני איכות הקולחים. נכון לשנת 2022, צריכת המים החקלאית עומדת על 1,215 מלמ"ק בשנה, שהם כ-52% מכלל צריכת המים בישראל. כ-46% מצריכת המים החקלאית היא של קולחים

תהליך הטיפול במט"ש

עם הגיעם למט"ש, השפכים מטופלים במסגרת תהליך של מספר ימים שניתן לחלקו למספר שלבים:

1. **טיפול ראשוני:** טיפול מכני בעיקרו, שהוא שלב הכרחי בתהליך, וכולל סינון גס וסינון עדין של השפכים וסילוקם של מוצקים גסים; שיקוע של חומרים כבדים ומוצקים מרחפים וסילוקם; הצפה של חומרים שומניים וסילוקם. קולחים ברמת טיפול זו אסורים לשימוש חוזר מכל סוג שהוא.

2. **טיפול שניוני:** טיפול זה נעשה לרוב באמצעות תהליכים המשתמשים בבוצה משופעלת, המורכבת מתערובת השפכים, המיקרואורגניזמים, והמוצקים המרחפים (שאינם מתמוססים במים), ומטרתה פירוק החומר האורגני¹⁵. במסגרת שלב זה, החומר האורגני בשפכים מפורק באמצעות קבוצות חיידקים רבות, שמקורם בשפכים עצמם, בסביבה, בזריעה מכוונת ובתהליך ברירה טבעית. תהליך זה מפיק בוצה המורכבת מהחיידקים המפרקים ומהחומר האורגני שפירקו. בוצה זו משוקעת במסגרת התהליך באגני שיקוע, מיוצבת ומורחקת באמצעות סינון. בסיומו של התהליך מתקבלים

כדי לעמוד על ההשפעות הסביבתיות והבריאותיות של ההשקיה בקולחים וכדי לגבש אמצעים אפקטיביים לצמצומן חשוב להבין לעומק את תמונת המצב הנוגעת לטיפול בשפכים בישראל מבחינה ארגונית והנדסית. כפי שיפורט בהמשך, נכון להיום כ-90% מסך השפכים הגולמיים בישראל מופנים לטיפול באחד מ-87 המתקנים הגדולים¹⁸ לטיפול בשפכים¹⁹. מט"שים מקבלים שפכים ממקורות שונים, ובהם שפכים ביתיים, תעשייתיים וחקלאיים מגידול בעלי חיים ולעיתים ממי נגר עירוניים. בעוד שפכים ביתיים מכילים חומרים אורגניים ומזהמים רבים שמקורם בחומרי ניקוי, בטואלטיקה ובתברואה, שפכים תעשייתיים מכילים קשת רחבה יותר של מזהמים שהרכבם לא תמיד ידוע, והם עלולים להיות מסוכנים ורעילים. בה בעת, שפכים שמקורם בבתי חולים צפויים להכיל ריכוז גבוה של מיקרואורגניזמים מחוללי מחלות כמו גם תרופות רבות, בעוד שפכים חקלאיים צפויים להכיל עומסים גדולים של חומרים אורגניים, נוטריינטים ומלחים. יש להדגיש כי יעילות תהליך הטיפול במט"ש איננה זהה עבור כל אחד מסוגי המזהמים הנכנסים אליו.

15. רשות המים. 2023. צריכת המים לשנת 2022 – דוח מסכם. רשות המים. ספטמבר 2023.

16. שם.

17. המשרד להגנת הסביבה. 2023. תמונת מצב מתקני טיפול בשפכים לשנת 2021. אגף מים, שפכים ונחלים הסביבה, המשרד להגנת הסביבה.

18. מט"ש (מתקן טיהור שפכים) גדול – מט"ש שנכנסת אליו ספיקה יומית ממוצעת שוות ערך לעומס הגדול מעומס של 5,000 נפש או מ-300 ק"ג צח"ב ליום ו-500 ק"ג צח"ב ליום, בהתאם לדוח השנתי שהגיש מפעיל לפי תקנה 12(ב), או לפי החלטת ממונה סביבה בהתייעצות עם ממונה בריאות, אם לא הוגש דוח שנתי. מתוך "תקנות בריאות העם (תקני איכות מי קולחין וכללים לטיהור שפכים), התש"ע-2010".

19. המשרד להגנת הסביבה. 2023. תמונת מצב מתקני טיפול בשפכים לשנת 2021. אגף מים, שפכים ונחלים הסביבה, המשרד להגנת הסביבה.

20. ועדת ביין. 2010. דוח ועדת החקירה הממלכתית בנושא ניהול משק המים בישראל.

קולחים צלולים בעלי ריכוז חומר אורגני נמוך, שמקובל להתייחס לריכוז הצח"ב (צריכת חמצן ביולוגית) ולריכוז המוצקים המרחפים שלהם. רמת האיכות של הקולחים האלה נחשבת לבינונית, ועל פי תקנות ענבר ניתן להשתמש בהם להשקיה חקלאית מוגבלת, לגידולים כגון כותנה ומספוא לבעלי חיים.

3. **טיפול שלישוני:** שלב זה בתהליך כולל סילוק מיקרואורגניזמים מחוללי מחלות (ובהם חיידקים ונגיפים) באמצעות תהליך סינון וחיטוי, וכן הרחקה נוספת של חומרי הזנה ומוצקים מרחפים שנשארו מהשלב הקודם²¹. יש לציין כי הטיפול השלישון אינו כולל הסרת מלח מן המים המטופלים. בקולחים המתקבלים בעקבות רמת טיפול זו (ועמדו בתקנות) ניתן בישראל להשתמש להשקיה בלתי מוגבלת, לרבות עבור גידולים חקלאיים למאכל אדם.

אסדרה

4. **טיפול רביעוני:** נכון לכתיבת שורות אלה, שלב זה בטיפול אינו נהוג ביישום בישראל. הוא כולל הרחקת מיקרו-מזהמים מגוונים, ובהם הורמונים, שאריות תרופות וחומרים נוספים באמצעות כלים מתקדמים, כגון ספיחה בפחם פעיל וחמצון מתקדם, כמו גם התפלה להסרת מלחים מהמים. כיום מספר מדינות בעולם ובהן ארה"ב, האיחוד האירופי ואוסטרליה, מכירות בצורך בטיפול במזהמים האלה בשפכים, ומקדמות מעבר לרמת טיפול זו²². יש לציין כי השימוש בטכנולוגיות האלה כרוך בעלויות גבוהות, בצריכת אנרגיה גבוהה ובפליטת גזי חממה ומזהמים אחרים לאטמוספירה. ההסרה של המיקרו-מזהמים חלקית, ויעילות התהליך תלויה בסוג המזהם. זאת ועוד, יש להביא בחשבון כי בשל פיתוחם העקבי של חומרים חדשים והופעתם בשפכים, שיטות הנפוצות כיום לא בהכרח יהיו יעילות בעתיד.

איכות הקולחים הנדרשת להשקיה נקבעה לראשונה בשנת 1992 בתקנות בריאות העם (קביעת תקנים מי שפכים). בתקנות נקבעה איכות טיפול שניונית כאיכות הנדרשת להשקיה²³. בשנת 2010 אושרו תקנות חדשות – תקנות בריאות העם (תקני איכות מי קולחין וכללים לטיהור שפכים), התש"ע-2010²⁴ שהחליפו את התקנות מ-1992, ואליהן נוספו תוספות בשנת 2011. התקנות האלה אושרו בעקבות אימוץ המלצות ועדת ענבר, ועדה בין-משרדית בראשות ד"ר יוסי ענבר, שכונסה במטרה לקבוע תקן חדש לאיכות הקולחים. תקן חדש זה נועד לאפשר הרחבה של ניצול הקולחים כמקור מים, כמו גם מניעת זיהום מקורות מים בשפכים ובקולחים לשם הגנה על בריאות הציבור, הסביבה, הקרקע והגידולים החקלאיים. התקנות החדשות מפרטות את הערכים הנדרשים עבור קולחים באיכות "השקיה חקלאית מוגבלת" (רמה שניונית) המתאימים לחלק קטן מהגידולים החקלאיים, עבור איכות "השקיה

על פי חוק המים הישראלי, כל מקורות המים בישראל – לרבות הקולחים – שייכים למדינה. המדינה היא האחראית על קביעת המדיניות בנושא איכותם של הקולחים ועל אכיפתה לאורך כל שרשרת האיסוף, הטיפול והשימוש. האחריות על ניהול משק הקולחים ואסדרתו מתחלקת בין מספר גורמים ממשלתיים: רשות המים היא הגוף האחראי על אסדרת המשק ובתוך כך תכנון, מתן רישיונות וליווי של מפעלי ההשבה. משרד הבריאות אחראי על פיקוח על מתקני הטיפול בשפכים ועל איכות הקולחים המופקת מהם. כמו כן, המשרד אחראי על הנפקת היתרי השקיה למשתמשים בקולחים לצורכי השקיה חקלאית, בעוד שימוש בקולחים ללא היתר שכזה מהווה עבירה פלילית. לבסוף, המשרד להגנת הסביבה גם הוא מפקח על מתקני הטיפול בשפכים ועל איכות הקולחים ואיכות הבוצה המופקת מהם בראייה של צמצום ומניעה של זיהום מקורות מים והפחתת הזיהום הסביבתי בכל הקשור לתהליך הפקת הקולחים ושימוש בהם.

21. המשרד להגנת הסביבה. 2018. דוח עמידת מט"שים גדולים בישראל בשנת 2017 בתקנות הקולחים.

22. European Parliamentary Research Service. 2023. Urban wastewater treatment: Updating EU rules. EU Legislation in Progress.

23. תקנות בריאות העם (קביעת תקנים למי שפכים), התשנ"ב-1992.

24. תקנות בריאות העם (תקני איכות מי קולחין וכללים לטיהור שפכים), התש"ע-2010.

ללא מגבלות" (רמה שלישונית) המתאימה למגוון גידולים חקלאיים רחב, וכן ערכים נפרדים עבור "איכות להזרמה לנחלים"²⁵.

התקנות מפרטות את חובותיו של יצרן השפכים אל מול חובותיו של ה"מפעיל", דהיינו מפעל הטיפול בשפכים. ככלל, התקנות מגדירות תנאים שעל יצרן השפכים והמפעיל לעמוד בהם לפני כל הזרמה של קולחים אל מחוץ לשטחם. על פי העיקרון 'המזהם משלם', באחריות יצרן השפכים לטוהר את שפכיו לרמה הנדרשת על פי התקנות בכל עת על ידי הפעלת מט"ש בשטחו או על ידי הזרמת השפכים למט"ש הנמצא מחוץ לשטחו. אם יצרן השפכים מזרים את השפכים שבאחריותו למט"ש שלא הוא מפעיל, באחריותו לוודא כי לאחר הטיפול במט"ש השפכים אכן מטוהרים לרמה הנדרשת. לא יאוחר מ-90 יום לפני תחילת הזרמת השפכים למט"ש על יצרן השפכים להגיש תוכנית לניטור השפכים המוזרמים על ידו (איכות וכמות). על התוכנית לעבור אישור מפקח ולהתעדכן מעת לעת בהתאם לצורך. באחריות המפעיל לטוהר את השפכים לרמה הנדרשת על פי התקנות, תוך שימוש בטכנולוגיה המתקדמת ביותר הזמינה לו בכל עת. נוסף על כך, על המפעיל להפעיל שיקול דעת באשר לסיכוי כי הקולחים שיוצאים מהמט"ש יגרמו נזק כלשהו לסביבה, למקורות המים או לבריאות הציבור. אם קיים סיכוי סביר לזיהום על ידי הקולחים, על המפעיל למנוע את יציאתם מהמתקן. כמו כן, חובתו של המפעיל לדגום ולנטר את הקולחים לפני יציאתם ממתקן הטיפול באמצעות דוגם מוסמך. כאשר הקולחים מוזרמים ("מסולקים") על פי שפת התקנות) למטרת השקיה חקלאית או לכל מטרה כלכלית אחרת, על המפעיל והמשתמש להחזיק בהיתרים תקפים להזרמת הקולחים ושימוש בהם, ועל המפעיל אף להגיש דיווח למשרד החקלאות. כאשר הקולחים מוזרמים לנחל, חייב להימצא צו הרשאה להזרמה לפי חוק המים ובהתאם לתנאיו²⁶. על יצרני השפכים ומפעילי המט"שים לדווח באופן חודשי לממונים במשרד הבריאות, במשרד להגנת הסביבה וברשות המים על תוצאות הבדיקות והניטורים שערכו באותו החודש, וכן עליהם להגיש דו"חות שנתיים. על המפעילים ויצרני השפכים לדווח על חריגות העולות מהניטורים לא יאוחר מ-24 שעות לאחר קבלת תוצאות הבדיקה.

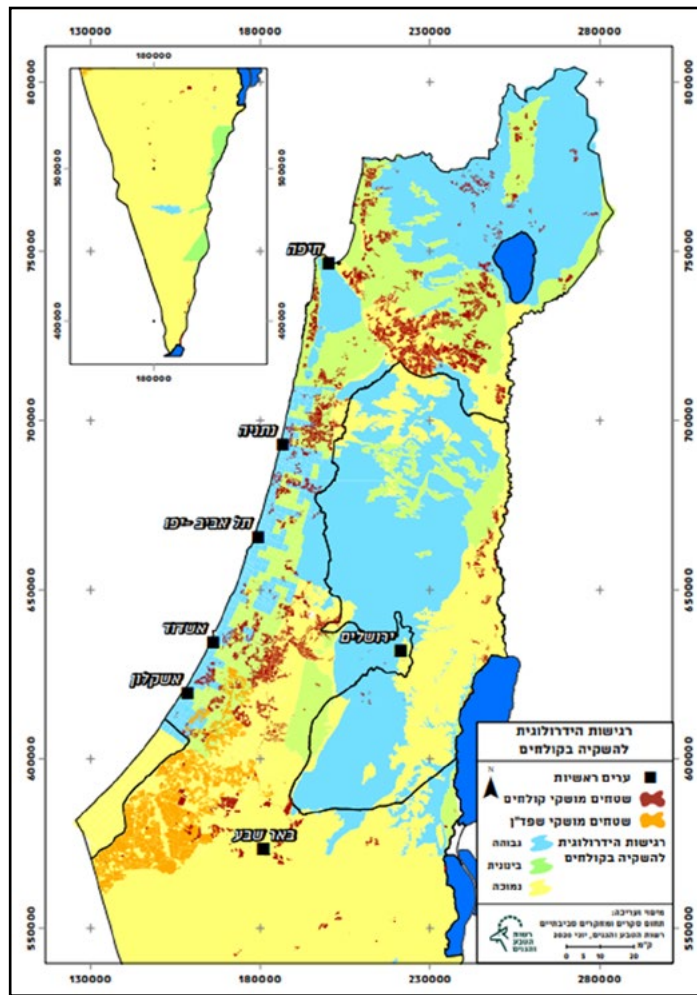
התקנות מבחינות בין "מט"ש קטן" ו"מט"ש גדול" בהתאם לספיקה היומית שהמתקן יכול לעמוד בה. בעוד על המט"שים הגדולים מוטלת החובה לעמוד בתקנות השקיה ללא מגבלות, ישנם מט"שים קטנים שמחויבים לעמוד בתקנות השקיה מוגבלת בלבד. על פי הוראות המעבר אל תקנות בריאות העם-2010, נדרשו כל המט"שים הקטנים לעמוד בתקנות לא יאוחר מינואר 2013, וכל המט"שים הגדולים לא יאוחר מינואר 2015. עוד מוגדרת בתקנות "ועדת חריגים", שבתוקף סמכותה להקל או להחמיר זמנית את הדרישות לאיכות הקולחים על פי בקשות פרטניות. בוועדה נמצאים ממוני בריאות וסביבה (נציגים מכל משרד אחראי בהתאמה), נציג רשות המים ונציג משרד החקלאות. פרק הזמן של כל הקלה שבסמכות ועדת החריגים לאשר, לא יעלה על חמש שנים, ובלבד שאין כל חשש לזיהום או לפגיעה כלשהי עקב מתן ההקלה.

נדבר נוסף בהגנה על הסביבה מפני נזקי הקולחים, ובפרט על מקורות המים התת-קרקעיים, הוא סיווג האקוות בישראל על פי רגישותן להשקיה בקולחים. בשנת 2004 השלים השירות ההידרולוגי ברשות המים הכנה של מפת רגישות הידרולוגית של מאגרי מי התהום בישראל, כחלק מהחלטת ממשלה 838 בנושא תקני איכות קולחין מיום 15 בספטמבר 2003²⁷. החלטת ממשלה זו התקבלה אומנם לאחר פרסום מסקנות ועדת ענבר, אך עוד בטרם הוחלפו התקנות מ-1992 בתקנות הנוכחיות. מאגרי מי התהום סווגו במפת הרגישות ההידרולוגית לפי רמת רגישותם – גבוהה, בינונית או נמוכה – ולכל רמת רגישות הותאמה איכות קולחים נדרשת. על פי השירות ההידרולוגי, רמת הקולחים המומלצת להשקיה באזורים בעלי רגישות הידרולוגית גבוהה הוגדרה כרמת טיפול שלישונית לצד תוספת סילוק מלחים. לרמת הרגישות הבינונית מומלצת רמת הטיפול 'ללא מגבלות' על פי המלצות ועדת ענבר, הלוא היא רמת טיפול שלישונית, ובאזורים בעלי רגישות הידרולוגית נמוכה ניתן להשקות בקולחים ברמה שניונית. מאז שנת 2006 מפרסמת רשות המים מדי שנתיים סקר ארצי על השקיה בקולחים, ובין השאר, מתפרסמים בו נתוני ההשקיה בקולחים על פי אזורי הרגישות ההידרולוגית (איור 1).

25. לפירוש הפרמטרים והערכים השונים הדרושים לכל איכות ראו: תקנות בריאות העם (תקני איכות מי קולחין וכללים לטיהור שפכים), התש"ע-2010.

26. חוק המים, תשי"ט-1959.

27. ממשלת ישראל, הממשלה ה-30 בראשות אריאל שרון, החלטה מספר 838, תקני איכות קולחין. 15.09.2003.

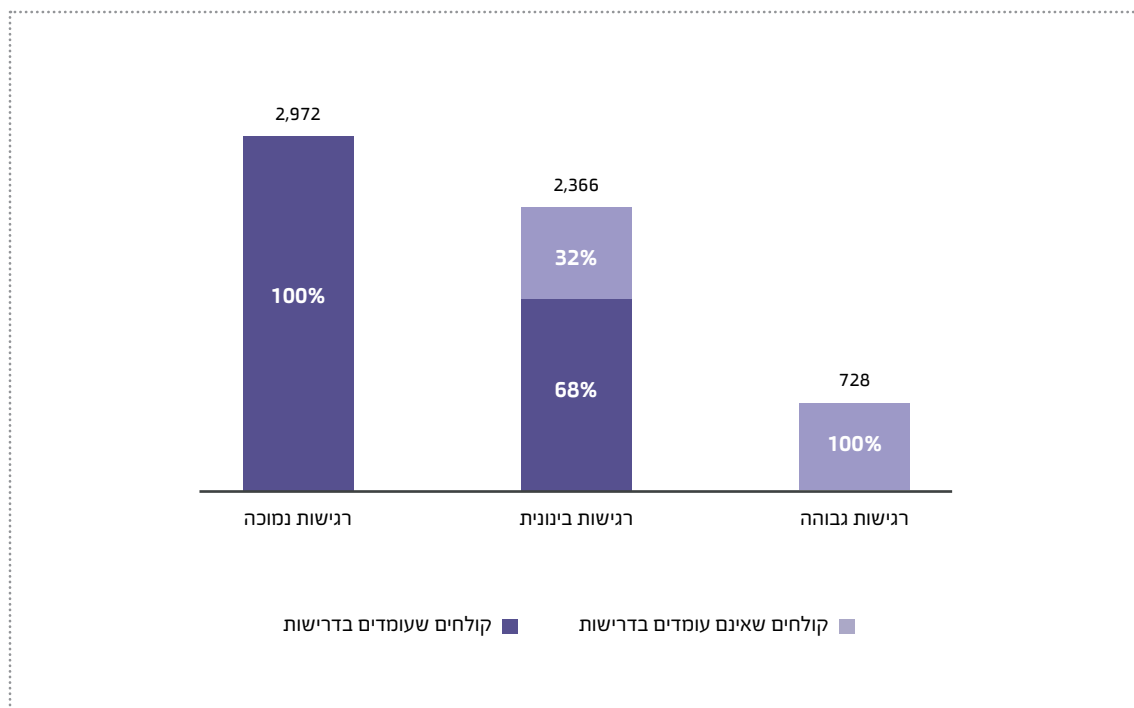


איור 1 מפת רגישות הידרולוגית להשקיה בקולחים. מקור: רשות המים, איסוף וטיפול בשפכים וניצול קולחים, סקר ארצי 2018, דצמבר 2020.

מהקולחים ששימשו להשקיה באזורים בעלי רגישות גבוהה לא עמדו בהמלצות השירות ההידרולוגי בעת הבדיקה של רשות המים, וכי הייתה חריגה של כ-32% מהאיכות המומלצת באזורים בעלי רגישות בינונית (איור 2).

מדו"ח מבקר המדינה מינואר 2024 בנושא השבת מי קולחים, איכותם והשימוש בהם, עולה כי קיימות חריגות משמעותיות באיכות הקולחים המשמשים להשקיה באזורים בעלי רגישות גבוהה ובינונית²⁸. למשל, בניתוח של מסמכי רשות המים משנת 2016 מצא המבקר כי 100%

28. מבקר המדינה. 2024. השבת מי קולחים, איכותם והשימוש בהם. דוח מבקר המדינה.

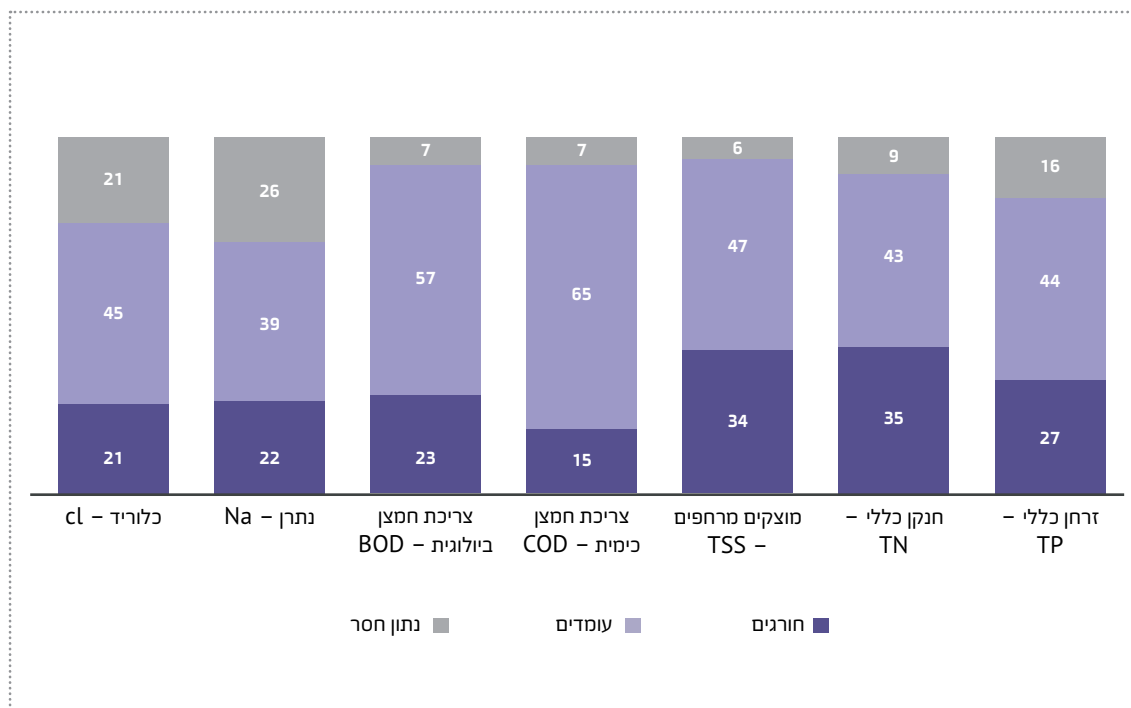


איור 2 שיעור הקולחים העומדים באיכות הנדרשת, לפי רמת הרגישות של האזור שהקולחים משמשים בו להשקיה. מקור: מבקר המדינה, 2024. השבת מי קולחים, איכותם והשימוש בהם. דוח מבקר המדינה.

87 מט"שים החייבים בדיווח. מתוך הדו"חות שהתקבלו נמצא כי חלק מהם אינם מלאים. נוסף על כך, נמצא כי 13 מט"שים נמצאים בספיקה העולה על הספיקה המרבית שלהם, ו-15 מט"שים נוספים נמצאים בספיקה הקרובה ל-100% מספיקת התכן שלהם. כמו כן, 18 מט"שים פועלים ללא רישיון עסק שהם מחויבים לו על פי חוק. זאת ועוד, כפי שעולה מדו"ח מבקר המדינה שפורסם בינואר 2024, ועדת החריגים לעניין הקלות באיכות הקולחים אישרה בין השנים 2015 ל-2020 כ-76% מהבקשות להקלה בערכי איכות הקולחים, מתוכן כ-22% הקלות שאינן עוד בתוקף. צוות מבקר המדינה מצא עוד כי איכות קולחים נמוכה מהנדרש נמדדה גם במקרים שלא ניתנו הקלות או שההקלות אינן עוד בתוקף.

באשר ליישום תקנות בריאות העם, נתוני המשרד להגנת הסביבה מלמדים כי נכון לשנת 2021 פעלו בישראל 87 מט"שים גדולים, שטיפלו בכ-90% מסך השפכים הגולמיים שנוצרו במדינה²⁹. עם זאת, ב-2021 נרשמה ירידה באחוז היחסי של השפכים המטופלים במט"שים הגדולים לצד עלייה בכמות השפכים המיוצרים בישראל. בתוך כך, רק כשני שלישים מסך השפכים שטופלו במט"שים הגדולים טופלו ברמה שלישונית כנדרש בחוק (ב-47 מט"שים), והשליש הנותר של השפכים טופל ברמה שניונית בלבד (ב-40 מט"שים). עוד עולה מדו"ח המשרד להגנת הסביבה כי בין 15% ל-35% מכלל המט"שים שנבדקו חרגו לפחות באחד מערכי הפרמטרים הנדרשים על פי החוק (איור 3). בעיות נרשמו גם בקיום הוראת הניטור והדיווח, ונמצא כי בשנת 2021 התקבלו דו"חות שנתיים רק מ-70 מתוך

29. המשרד להגנת הסביבה. 2023. תמונת מצב מתקני טיפול בשפכים לשנת 2021. אגף מים, שפכים ונחלים הסביבה, המשרד להגנת הסביבה.



איור 3 מספר המט"שים העומדים באיכויות הנדרשות לפי תקנות הקולחים או חורגים מהן. באפור מופיעים המט"שים שלא התקבל לגביהם דו"ח שנתי כנדרש לפי התקנות או שהדו"ח היה חלקי. מקור: המשרד להגנת הסביבה. 2023. תמונת מצב מתקני טיפול בשפכים לשנת 2021. אגף מים, שפכים ונחלים הסביבה, המשרד להגנת הסביבה.

שמנהל הרשות יורה לו. על פי נתוני משרד הבריאות, שעל פי הוראותיו מבוצעות דגימות במאגרים, ספקי הקולחים משתמשים לרוב בדוגמים פרטיים המוכרים על ידי משרד הבריאות, והם מעבירים את התוצאות ישירות אל משרד הבריאות. במקרה הצורך נערכות ביקורות נוספות של פקחי רט"ג מטעם רשות המים והמשרד להגנת הסביבה המבצעים דגימות ביקורת שנבדקות במעבדות של משרד הבריאות.³¹ מדו"ח מבקר המדינה 2024 עולה כי במרבית המאגרים בשנת 2020 איכות הקולחים הייתה בינונית, וחרגה מהרמות המותרות בתקנות בריאות העם ליציאה מהמט"שים. עוד נמצא כי בעבור פרמטרים ספציפיים (נתרן, חנקן וכלוריד), אחוז מסוים מהדגימות היו באיכות נמוכה החורגת מהתקנות באופן ניכר.³²

הקולחים המשמשים להשקיה חקלאית מופנים לאחר הטיפול במט"שים לאגירה במפעלי ההשבה. ניטור איכות הקולחים ביציאה מהמאגרים הוא נדבך חשוב נוסף בהבטחת איכות הקולחים. על פי כללי המים של רשות המים שנקבעו בשנת 2014 ומעודכנים מעת לעת, על ספק הקולחים לדגום את המים במאגר החייב בדגימה (מאגר שנפחו עולה על 500,000 מ"ק) באמצעות דוגם מוסמך על פי הנדרש בכללים (סעיפים 18א, 18ב ותוספת ראשונה א'), וזאת כתנאי למתן רישיון.³⁰ על הספק לפרסם את תוצאות הדגימות באתר האינטרנט של מפעל ההשבה וכן לדווח עליהן למנהל רשות המים. עוד נקבע בכללים כי אם ספק הקולחים לא הפעיל אתר אינטרנט, הוא יודיע על תוצאות הבדיקות לצרכנים, לממונים עליו ולכל מי

30. רשות המים. כללי המים (קביעת תנאים ברישיון), תשע"ד-2014. מדינת ישראל.

31. משרד הבריאות 2021. דוח פעילות מסכם לשנת 2020. המחלקה לבריאות הסביבה, משרד הבריאות.

32. מבקר המדינה. 2024. השבת מי קולחים, איכותם והשימוש בהם. דוח מבקר המדינה.

בצאתם מהמאגרים הקולחים מוזרמים להשקיה חקלאית, לתעשייה ולגינון ציבורי או אל הנחלים, כעודפים, במקרה של פרויקט גאולת הירקון (1% מהקולחים). כאמור, חקלאים המשקים בקולחים מחויבים בהיתר השקיה הניתן על ידי משרד הבריאות, למעט השקיה בקולחי השפד"ן המיוחדים לתת-הקרקע. כדי להבטיח השקיה לפי האיכות הנדרשת המשרד עורך בדיקות מתוכננות ובדיקות פתע בשטחים המושקים בקולחים. מדו"ח סיכום הפעילות לשנת 2020 עולה כי פקחי משרד הבריאות ביצעו מעל 10,000 ביקורות בחלקות חקלאיות ובחלקות גינון עירוני בשנת 2020. אם מתגלה חריגה, בסמכות פקחי משרד הבריאות להפסיק את ההשקיה בקולחים לאלתר ועד שתטופל הבעיה³³. לצד השימוש העולה בקולחים לצורכי השקיה חקלאית, ישנה עלייה גם בכמות עודפי הקולחים המוזרמים אל הסביבה בניגוד לתקנות ולחוק המים. על פי נתוני רשות המים, בשנת

2020 הוזרמו כ-90 מלמ"ק של קולחים אל הסביבה, לעומת כ-60 מלמ"ק בשנת 2018³⁴. ניכר כי העלייה בכמות עודפי הקולחים נובעת מכך שקצב הפיתוח של משק הקולחים אינו עומד בקצב של הגידול באוכלוסייה ובכמויות השפכים הגדלות.

במהלך פברואר 2024 פרסמה רשות המים תוכנית ארצית ארוכת טווח למשק הביוב, שמטרתה לגשר על הפערים ולפתח, בין היתר, את משק הקולחים באופן שיספק מענה לכמות ולאיוות הנדרשות של הקולחים³⁵. במסמך יש התייחסות גם לבחינת הצורך בעדכון ערכי איכות הקולחים ולבחינת האסדרה ומדיניות השימוש בקולחים בישראל בהשוואה למדינות מתקדמות בעולם, תוך איתור הפערים ואפיון מגבלות ההשקיה בקולחים בישראל.

חסמים ואתגרים

מספר סיבות עשויות להגביל או לעכב הטמעה של טכנולוגיות חדישות במט"שים שאמורות לשפר את רמת הטיפול המתבצעת בהם. למשל, היעדר יעדים ברורים עבור אנשי הצוות והנהלה, חוסר בהירות או חוסר עקביות באסדרה הרלוונטית, תיאום לקוי בין דרישות משרדי הממשלה השונים ואסדרה שאינה מתעדכנת עם ההתקדמות הטכנולוגית. נוסף על כך, רבים מהמט"שים חסרים מענה הולם ומוסדר למיני תקלות וחריגות, כגון מאגרי חירום.

אתגר נוסף שהמט"שים מתמודדים איתו הוא היעדר אכיפה מספקת של איכות השפכים המוזרמים למט"שים, והאיכות הירודה של השפכים התעשייתיים המתקבלים בהם מעת לעת. ככלל, המשרד להגנת הסביבה דורש ממפעלים לעמוד ברמות סף למזהמים. אם המפעל איננו עומד בדרישות, יהיה עליו לדאוג לטיפול מקדים בשפכים בטרם יוזרמו למט"ש המרכזי לטיפול נוסף. יש לציין כי דרישה זו איננה גורפת, וקיימים מקרים שעל אף אי-עמידה בדרישות בפרמטרים מסוימים, ניתנת הקלה למפעל מטעם הממונה,

כך שהשפכים התעשייתיים מופנים למט"ש, אם הוא מסוגל להתמודד עם הריכוזים האלה. שפכים תעשייתיים ושפכי בתי חולים שאינם מופרדים משפכים עירוניים, עלולים להכיל עומס ומגוון רחב של מזהמים ממשפחות שונות, כמו תרופות וכימיקלים שונים. השפכים האלה עלולים להטיל עומס על תהליך הטיפול במט"ש וכן ליצור תגובות כימיות שמגדילות את מגוון המזהמים הקיים, ועשויות לייצר אגבור (סינרגיה) בין השפעותיהם השליליות.

לבסוף, המט"שים בישראל נבדלים זה מזה בטכנולוגיות המשמשות אותם, בהרכבי השפכים המתקבלים בהם, וכן ברמת ההשכלה וההכשרה המקצועית של אנשי צוות התפעול. ההבדלים האלה מובילים לקיומם של פערים משמעותיים ברמת הטיפול המבוצעת ובאיכות הקולחים המופקים. בעיה נוספת שעלולה להביא לתפקוד נמוך של מט"שים נובעת משיטת המכרזים הרווחת בהקמה ובתפעול של מט"שים, מאחר שההצעה הזולה ביותר זוכה, ולא בהכרח ההצעה המקצועית ביותר.

33. משרד הבריאות. 2021. דוח פעילות מסכם לשנת 2020. המחלקה לבריאות הסביבה, משרד הבריאות.

34. מבקר המדינה. 2024. השבת מי קולחים, איכותם והשימוש בהם. דוח מבקר המדינה.

35. הרשות הממשלתית למים וביוב. 2024. תכנית ארצית ארוכת טווח למשק הביוב.

השפעות של השקיה בקולחים על החקלאות, הסביבה והבריאות

מידת ההשפעה ואופי ההשפעה של השקיה בקולחים על הבריאות, על הסביבה ועל הגידולים החקלאיים תלויים בגורמים נוספים, כגון מקור המים, סוג הקרקע, סוג התוצרת החקלאית המושקית וקרבתם למקורות מים עיליים ולמי תהום. טיפול במקור בהתאם להרכב המזהמים יאפשר טיפול יעיל וכלכלי הרבה יותר מאשר טיפול במט"ש, למשל שאריות תרופות שמקורן מבית חולים או משימוש ביתי ידרשו התייחסות שונה.

לאחר היציאה מהמט"ש הקולחים המטופלים מוזרמים למאגרי קולחים, ומשם מובלים כמי השקיה אל השטחים החקלאיים. מזהמים שמקורם בקולחים יגיעו אל הקרקע המושקית ואל הגידולים החקלאיים – בין אם במגע ישיר עם הצמח ובין אם בקליטה דרך השורשים ביחד עם קליטת מים וחומרי הזנה, והעברתם ליתר חלקי הצמח. נזקי ההשקיה בקולחים המכילים מזהמים עלולים לבוא לידי ביטוי בשלושה מישורים עיקריים – החקלאות, הסביבה ובריאות הציבור.

תהליכי הטיפול במט"ש מפחיתים באופן ניכר את ריכוזי המוצקים הגסים והעדינים, את רמות החומר האורגני, החנקן והזרחן ואת כמות החיידקים הפתוגניים. אף על פי כן, נוכח האי-ודאות באשר לתמהיל המזהמים המלא המצוי בהם, ישנו קושי ניכר בבואנו לאפיין ולהעריך את מגוון ההשפעות הטמונות בהשקיה בקולחים על הסביבה, על התוצרת החקלאית ועל בריאות הציבור. נוסף על כך, חלק ניכר מהמזהמים – דוגמת וירוסים, שאריות תרופות ושארייות מוצרי היגיינה, מיקרו-מזהמים ועוד – אינם עוברים תהליכי טיפול ופירוק אפקטיביים.

מקורותיהם של השפכים מגוונים מאוד, וכוללים משקי בית, בתי חולים, משקי חי ותעשיות שונות. משום כך, קשה עד בלתי אפשרי לצפות את הרכב המזהמים שיימצא בקולחים המופקים מהם. זאת ועוד, תוצרי הפירוק של החומרים המצויים בקולחים יוצרים בעצמם תערובת לא צפויה – ולעיתים כזו שכלל איננה מוכרת – והיא עלולה להכיל חומרים רעילים ומסוכנים³⁶. נוסף על כל אלה,

1. השפעות של השקיה בקולחים על החקלאות

הקרקע החקלאית, לפגיעה באיכות הגידולים ולשינוי בפריון החקלאי. בעוד ערך $SAR=3$ נמצא כבעל פוטנציאל לפגיעה בקרקעות שפוטנציאל ההמלחה שלהן גבוה, לפי נתוני רשות המים לשנת 2022 נמצא כי 46% מקרקע החקלאית זו מושקית במים עם ערך $SAR>4$. עובדה זו מצביעה על בעיה מובנית במערכת השימוש בקולחים, שעלולה לפגוע בביטחון המזון בטווח הרחוק³⁶. מחקרים המשווים בין חלקות המושקות במים שפירים לחלקות המושקות בקולחים מראים שהשקיה ממושכת בקולחים עלולה להסב נזק לגידולים החקלאיים בקרקעות כבדות

המזהמים שעלולים להימצא בקולחים עשויים לגרום לשינויים בתכונות הקרקע, כגון המלחה, שינוי בתכונותיה ההידראוליות ופיזור המים והמומסים, וזאת בשל תוספות של חומרים לא רצויים או בשל שינוי בהרכב תמיסת הקרקע עצמה. זיהום של הקרקע עקב הימצאות מזהמים שונים ומרכיבים כימיים נוספים עלול לגרום לפגיעה או לזיהום של הצומח, מקורות המים העיליים ומי התהום הסמוכים³⁷. חשיפת הקרקע החקלאית לריכוזי נתרן גבוהים עלולה להוביל לערכי SAR גבוהים בתמיסת הקרקע שגורמים לפגיעה במבנה הקרקע ולהגרעת

36. Zilberman A, et al. 2023. Pharmaceutical transformation products formed by ozonation—Does degradation occur? Molecules 28: 1227.

37. משרד החקלאות. 2023. ניהול בר קיימא של משאבי קרקע, מים וממשקים עם הסביבה. האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

38. Eshel G, et al. 2022. Degradation of agricultural lands in Israel. In: Impact of Agriculture on Soil Degradation: Perspectives from Africa, Asia, America and Oceania. Cham: Springer International Publishing. pp. 259–272.

בשל הפגיעה במבנה הקרקע ובמוליכות ההידראולית שלה^{40,39}.

נציגי משרד החקלאות טענו בוועדת המומחים והמומחיות שבחלק מהמקרים חקלאים מעדיפים קולחים ברמה שניונית בשל ריכוז נוטריינטים גבוה (חנקן וזרחן), שמוריד את הצורך בתוספת דישון, ובכך מוזיל לחקלאי עלויות נוספות, וכן מפחית את שחרור גזי החממה מהייצור וההובלה של הדשנים^{42,41}. מחקר שבחן את ריכוזי החנקן והזרחן בקולחים שמקורם במט"שים שונים בארץ מצא כי ברוב המקרים השקיה במנה המומלצת תכיל כמות חנקן קטנה מהמומלצת לגידולים הנפוצים, לעומת כמות זרחן גבוהה מהכמות הקבועה בתקנות. הזרחן מצטבר בקרקע, ועלול במקרים מסוימים להוות בעיה⁴³. לדעת נציגי משרד החקלאות, הערכים שנקבעו בוועדת ענבר מתאימים, ואין צורך לעדכן אותם.

עם זאת, איגודי החקלאים טענו כי בחלק מהמקרים יעדיפו לקבל מים שפירים ולספק את הנוטריינטים הנדרשים לצמח בעצמם, על פי צורך ובהתאם לגידול עצמו ולקרקע, וזאת בשל חוסר האחידות, חוסר העקביות וחוסר המידע שעומד לרשותם לגבי האיכות והרכב של הקולחים בכל רגע נתון ולגבי הרכב המזהמים בהם. חוסר העקביות עלול לגרום לדישון עודף, להזיק לגידולים החקלאיים ולזהם את הסביבה, את מי התהום ואת המים העיליים. אם השונות עונתית, ייתכן שהחקלאים יוכלו להיערך לכך מבחינת דישון והשקיה חליפית בתקופות שהריכוזים של יסודות ההזנה גבוהים מהדרוש, אך אם השונות היא ברמה

היומית – הדבר אינו אפשרי. נוסף על כך, ישנם מקרים שנדרשת בהם עצירת הדישון החנקני כחודש-חודשיים טרם הקטיפה כדי לאפשר 'שבירת צבע' בפרי. השקיה בקולחים עלולה לעכב את הבשלת הפרי ולפגוע באיכות היבול ובפדיון לחקלאי. נוסף על כך, העומס האורגני המאפיין קולחים פוגע בזמן החיים של מערכות ההשקיה (כמו סתימת טפטפות), והן מתקלקלות מהר יותר ממערכות שפועלות על מים שפירים. כמו כן, כשליש מהקולחים בארץ הם ברמה שניונית, ולכן חלות הגבלות של משרד הבריאות על השימוש בהם, והם מותרים רק לגידולים מסוימים, מה שמגביל את החקלאים מבחינת תמהיל הגידולים שניתן לגדל. בעיה נוספת שעלולה לעלות בעתיד היא פגיעה ביכולת לייצא תוצרת חקלאית עקב נוכחות מזהמים כמו מיקרו-מזהמים ופוטוגנים, מאחר שהגידולים לא יעמדו בתקינה של מדינות היעד.

בין המזהמים הנפוצים ובעלי ההשפעה על התוצרת החקלאית, נמצאים המלחים שעלולים לגרום להמלחת הקרקע (ראו פירוט בהמשך), לפגיעה במבנה הקרקע החקלאית ולפגיעה בגידולים עצמם⁴⁴. בעיית המלחת הקרקע מתגברת בעיקר באזורים צחיחים, שמתאפיינים במיעוט מקרים של שטיפת הקרקע באמצעות הגשמים. ריכוזי נתרן גבוהים וכן יחס ספיחת נתרן-SAR גבוה עלולים להשפיע על הקרקע החקלאית על ידי ספיחת הנתרן לחרסית שנמצאת בקרקעות כבדות. הספיחה עלולה להוביל לתפיחת הקרקעות, לאטימת הקרקעות, לבעיות אוורור וניקוז בקרקע וכן לירידה במוליכות ההידראולית בקרקע. כל אלה עלולים להוביל לצמצום

39. אסולין ש, פורמן א, אייזנצ'יי-לוינגרט ע, נאור ע. 2012. השפעה שלילית של השקיה במי קולחים במטעים: בחינת ההשפעה על התכונות ההידראוליות. דו"ח סופי לחכנית מחקר מספר 304-0395.

40. זילברשטיין מ ושות'. 2011. לימוד ההשפעות ארוכות הטווח של ההשקיה בקולחים על עץ האבוקדו בקרקעות שונים. דוח מסכם לחכנית מחקר מספר 596-0383-09.

41. Fine P, et al. 2006. Economic consideration for wastewater upgrade alternatives: An Israeli test case. Journal of Environmental Management 78: 163–169.

42. Fine P, et al. 2012. Options to reduce greenhouse gas emissions during wastewater treatment for agricultural use. Science of the Total Environment 416: 289–299.

43. Shtull-Trauring E, et al. 2022. NPK in treated wastewater irrigation: Regional scale indices to minimize environmental pollution and optimize crop nutritional supply. Science of the Total Environment 906: 150387.

44. Yalin D, et al. 2023. Mitigating risks and maximizing sustainability of treated wastewater reuse for irrigation. Water Research X. 21.

זמינות המים והחמצן לצמחים, ובסופו של דבר לפגיעה ביבול^{46,45}. נוסף על כך, גידולים חקלאיים המשמשים לצורכי הזנה של חיות משק מושקים בקולחים ברמת טיפול

שניונית, ולכן תוצרי משקי החי (כגון בשר ומוצרי חלב) עלולים להכיל מזהמים רבים⁴⁷.

2. השפעות של השקיה בקולחים על הסביבה

השקיה בקולחים עלולה להשפיע על הקרקע, על הסעת מזהמים בקרקע, על לחחול מזהמים למי תהום ולמקורות מים טבעיים ועל המערכות האקולוגיות השונות. קרקעות הן בתי גידול מגוונים מאוד, ויותר מ-40% מהאורגניזמים היבשתיים קשורים במהלך מחזור חייהם ישירות לקרקעות, ובהם חיידקים, פטריות, חרקים ועכבישים⁴⁸. בקרקע בריאה מתקיים איזון עדין בין האורגניזמים השונים על ידי תחרות וטריפה. חלק מהמזהמים בקולחים עלולים להצטבר בקרקע ולהשפיע על המגוון הביולוגי בקרקע, על המיקרוביום של הקרקע ועל בריאות הקרקע, אך לא תמיד ניתן לצפות באיזה אופן תתבטא ההשפעה. למשל, נמצא כי שינוי בריכוז המלח בלבד עלול להביא לפגיעה במערכות האקולוגיות הטבעיות⁴⁹. מחקרים אחרים הראו שמתקיים שינוי בביטוי גנים בעקבות נוכחות מזהמים⁵⁰. המגוון הביולוגי בקרקע תומך במערכת החקלאית, בין היתר, על ידי הדברת מזיקים, קיבוע חנקן, פירוק חומר אורגני ליסודות הזנה, שמירה על מבנה קרקע יציב ושיפור חוסנה בפני שינוי האקלים, ומאפשר טיפול מיטבי במים והעשרת מי התהום^{51,52}. הפרה של האיזון האקולוגי עלולה להקטין את

חוסנה של הקרקע בהתמודדות עם אתגרים אלה. חרקים מאביקים מושפעים ממקור המים של הצמחים – קולחים או שפירים, ועובדה זו משמעה נזק כפול לחקלאי: גם מי ההשקיה באיכות נמוכה וגם עלולה להיווצר ירידה ביכולת ההאבקה⁵³.

זאת ועוד, כאשר השקיה חקלאית נעשית סמוך למקורות מים עיליים או מעל מי תהום, המזהמים עלולים לזלוג או לחלחל מהשדות החקלאיים למקורות המים הטבעיים, להפר את המאזן האקולוגי בהם ולפגוע במערכות אקולוגיות רגישות כדוגמת נחלים, מעיינות ובריכות חורף. נוסף על כך, קיימת סכנת האצה בתהליכי מדבור בבתי גידול הסמוכים לשטחים החקלאיים וזאת בשל המלחת קרקעות הפוגעת בפוריות הקרקע, סחיפת קרקעות וצמצום המגוון הביולוגי⁵⁴. מחקר שנעשה בעין בוקק הראה כי ההמלחה הרסה את המערכת האקולוגית באזור⁵⁵. יש לציין כי קיימים פערי ידע בתחום השפעת ההשקיה בקולחים על בעלי חיים רבים, ועל חברת פרוקי הרגליים בפרט.

45. Raveh E, et al. 2016. Irrigation with water containing salts: Evidence from a macro-data national case study in Israel. *Agricultural Water Management* 170: 176–179.

46. Ben-Gal A, et al. 2008. Effect of irrigation water salinity on transpiration and on leaching requirements: A case study for bell peppers. *Agricultural Water Management* 95 (5): 587–597.

47. Shuval H. 1991. Effects of wastewater irrigation of pastures on the health of farm animals and humans. *Revue Scientifique et Technique* 10 (3): 847–866.

48. משרד החקלאות. 2023. ניהול בר קיימא של משאבי קרקע, מים וממשקים עם הסביבה. האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

49. Zhao Y, et al. 2022. How soil salinization and alkalinization drive vegetation change in salt-affected inland wetlands. *Plant Soil* 480: 571–58.

50. Poma AMG, et al. 2023. Beyond genetics: Can micro and nanoplastics induce epigenetic and gene-expression modifications? *Frontiers in Epigenetics and Epigenomics* 1: 1–8.

51. Gardi C, et al. 2009. *Soil Biodiversity*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

52. משרד החקלאות. 2023. ניהול בר קיימא של משאבי קרקע, מים וממשקים עם הסביבה. האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

53. Stenchly K, et al. 2017. Effects of waste water irrigation on soil properties and soil fauna of spinach fields in a West African urban vegetable production system. *Environmental Pollution* 222: 58–63.

54. משרד החקלאות. 2023. ניהול בר קיימא של משאבי קרקע, מים וממשקים עם הסביבה. האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

55. בלכר מ, בלכר א. 2011. שינויים בצומח בנחל בוקק: האם יש קשר לזיהום האקוויף? אקולוגיה וסביבה 4 (2): 256–255.

3. השפעות של השקיה בקולחים על בריאות הציבור

השקיה בקולחים המכילים מזהמים עשויה להשפיע על בריאות הציבור בשני ערוצים עיקריים: (1) חשיפה לתוצרת חקלאית מזהמת, שבאה במגע ישיר עם קולחים מזהמים או שקלטה מזהמים דרך הקרקע; (2) חשיפה למקורות מים מזהמים. למשל, השקיה בקולחים באזורים המצויים מעל אקוות, מגבירה את הסכנה לחלחול מזהמים אל מי התהום.

נכון להיום אין מחקרים אפידמיולוגיים המראים קשר בין ריכוזי מזהמים בקולחים המשמשים להשקיית תוצרת חקלאית הנצרכת על ידי הציבור לבין בריאות הציבור, ולרוב מחקרים כאלה הכרחיים לשכנוע הציבור ומקבלי ההחלטות בצורך בשינוי רגולטורי שעלולות להיות לו השלכות כלכליות על המשק. ניתן לאמוד בעזרת מחקרים חלק מהבעיות, למשל, אם נגלה בעיה של חשיפה למיקרו-מזהמים בציבור, וזאת לאחר 30 שנות השקיה בקולחים, מאחר שמצב זה ייחודי למדינת ישראל. ואכן, קיימים מחקרים שונים שמראים קשר בין צריכת ירקות המושקים בקולחים לריכוז מזהמים באדם. מחקרים ישראליים הראו כי דגימות שתן של אנשים בריאים הצורכים תוצרת חקלאית המושקית בקולחים, מכילות קרבמזפין ותוצרי

פירוק שלו, בעוד דגימות של נבדקים שצרכו תוצרת המושקית במים שפירים מכילות כמויות בלתי ניתנות לגילוי או נמוכות באופן משמעותי, וכי דגימות שתן של אנשים הניזונים מירקות רבים (כמו צמחוניים וטבעוניים) המושקים בקולחים, יכולו ריכוזי מזהמים גבוהים יותר⁵⁶. מחקרים נוספים הראו כי פוטנציאל החשיפה הגבוה ביותר של האדם למזהמים בקולחים הוא ברובו מצריכת ירקות עליים המושקים בקולחים, וכי שאריות אנטיביוטיקה התגלו בכ-85% מדגימות המים והאדמה שנדגמו^{57,58}.

שתי קבוצות המזהמים העיקריות הנוגעות להשפעות על בריאות הציבור הן מיקרואורגניזמים, המהווים סכנה בריאותית חריפה ועלולים לגרום לתחלואה מהירה מאוד וקשה מאוד, וכימיקלים, דוגמת מיקרו-מזהמים שעלולים ליצור תחלואה קשה שמופיעה רק לאחר שנים של חשיפה. הרכבם בקולחים אינו ידוע, משום שתוכנית הניטור אינה כוללת התייחסות למיקרו-מזהמים. ישנה קשת רחבה של מזהמים שעלולים לפגוע בבריאות הציבור, שיפורטו בהמשך.

56. Paltiel O, et al. 2016. Human exposure to wastewater-derived pharmaceuticals in fresh produce: A randomized controlled trial focusing on carbamazepine. *Environmental Science & Technology* 50 (8).

57. Ben Mordechay E, et al. 2022. Wastewater-derived organic contaminants in fresh produce: Dietary exposure and human health concerns. *Water Research* 23: 118986.

58. Ben Mordechay E, et al. 2021. Pharmaceuticals in edible crops irrigated with reclaimed wastewater: Evidence from a large survey in Israel. *Journal of Hazardous Materials* 416: 126184.

הרכב המזהמים בקולחים

הם כוללים פתוגנים מגוונים ובהם חיידקים, וירוסים וטפילים מחוללי מחלות, לצד תרכובות כימיות מגוונות שמקורן בתעשייה, דוגמת תרופות וכימיקלים, ואף את התוצרים הבלתי צפויים של פירוקן החלקי של התרכובות האלה במט"שים.

להלן סקירה של קבוצות המזהמים העיקריות שעשויות להימצא בקולחים:

ניתן לחלק את המזהמים המצויים בקולחים לשתי קבוצות עיקריות: (1) **מזהמים מוכרים וידועים**. החומרים האלה נמצאים ברשימת המזהמים לניטור, ובהם חיידקי קולי צואתי, מלחים (נתרן, כלורידים, פלואורידים ובורון), זרחן, מתכות (כרום, ברזל, כספית ועופרת), מזהמים אורגניים כלליים, שמנים ועוד. (2) **מזהמים שנכחותם והרכבם אינם ידועים**. החומרים האלה אינם נמצאים ברשימת המזהמים לניטור, והם שונים ומגוונים מבחינת הרכבם והשפעותיהם.

מיקרואורגניזמים גורמי מחלות וחיידקים עמידים לאנטיביוטיקה

בפרט. הדבר נובע מהתנאים המתקיימים בהם – סביבה מימית המכילה ריכוזים גבוהים של חיידקים לצד סוגים שונים של חומרים אנטיביוטיים⁶⁰. מחקרים מראים כי שפכים שמקורם בבתי חולים הם מקור מרכזי לחיידקים עמידים, בשיעור של פי שניים עד פי עשרה מאשר שפכים עירוניים⁶¹. מחקרים מישראל הדגימו כי לצד הירידה בכמות החיידקים הכללית לאחר הטיפול במט"ש, נרשמה דווקא עלייה בכמות החיידקים העמידים לאנטיביוטיקה⁶²; זאת נוסף לממצא שלפיו קולחים ובוצות היוצאים מהמט"שים מכילים גנים לעמידות לאנטיביוטיקה⁶³. מאידך גיסא, נמצא כי קרקעות שהושקו בקולחים לא הכילו כמות גבוהה יותר של חיידקים עמידים מאשר קרקעות שהושקו במים שפירים⁶⁴. מחקרים מהעולם מראים כי סביב מוקדי ההזרמה של קולחים

מהמגוון העצום הידוע של חיידקים מחוללי מחלות, תקנות ענבר מתייחסות רק לחיידקי קולי צואתיים. הסיבה לכך היא שיש מתאם בין הימצאות החיידקים האלה להימצאותם של חיידקים רבים נוספים, כלומר שקיומם הוא אינדיקציה טובה לקיומם של חיידקים נוספים (אף כי לא ברור לחלוטין אילו מהחיידקים הללו שורדים בתהליך הטיפול בשפכים)⁵⁹. אין בתקנות ענבר התייחסות לנגיפים ולפרוטוזואה, וזאת בניגוד למצב במדינות אחרות, דוגמת ארה"ב, האיחוד האירופי ואוסטרליה.

שפכים שמקורם במשקי ח', בבתי חולים, בבתי אבות, בתעשיות ביולוגיות ובתעשיות פרמצבטיות, מהווים מקור משמעותי לחיידקים בכלל ולחיידקים עמידים לאנטיביוטיקה

59. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2017. The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The untapped resource. Paris: UNESCO.

60. בס-ספקטור ש. 2011. מיקרו-מזהמים אורגניים במי השפכים: היבטים סביבתיים ובריאותיים. מוגש לוועדה המשותפת של משרד הפנים והגנת הסביבה וועדת העבודה, הרווחה והבריאות לנושא סביבה ובריאות. הכנסת, מרכז המחקר והמידע.

61. Pauwels B et al. 2006. The treatment of hospital wastewater: An appraisal. Journal of Water and Health 4 (4): 405–416.

62. Kaplan E, et al. 2013. Characterization of fluoroquinolone resistance and qnr diversity in Enterobacteriaceae from municipal biosolids. Frontiers in Microbiology 4 (JUN): 1–7.

63. Negreanu Y, et al. 2012. Impact of treated wastewater irrigation on antibiotic resistance in agricultural soils. Environmental Science & Technology 46 (9): 4800.

64. שם.

לנחלים רמת העמידות של חיידקים לאנטיביוטיקה גבוהה יותר⁶⁵, גם כאשר מדובר בקולחים שעברו טיפול שלישוני⁶⁶.

ידוע כי פתוגנים עלולים לעבור מהקולחים אל הצמח ולהגיע בדרך זו אל הצרכן⁶⁷. לדוגמה, על פי הערכות, תוצרת חקלאית טרייה גרמה בין השנים 1998 ל-2007 בארה"ב ל-684 התפרצויות ול-26,735 מקרי תחלואה שונים⁶⁸. מחקר ישראלי מצא כי גם לאחר שלושה עד ארבעה שבועות מהשקיה של ירקות במים שהכילו חיידקים פתוגניים, עדיין נצפו חיידקים באדמה ובעלי צמח הפטרוזיליה⁶⁹. עם זאת, השקיה של ירק שנאכל חי, כגון

פטרוזיליה, מותרת בישראל רק בקולחים באיכות "להשקיה בלא מגבלות", המכילים על פי התקנות ריכוז נמוך מאוד של חיידקים, בדומה לתקינה באירופה. תזמון ההשקיה מבחינת השעה ביום או העונה עשוי להשפיע על מידת הישרדותם של חיידקים⁷⁰, וכך גם אופן ההשקיה: השקיה בטפטוף מגבילה את מעבר החיידקים לחלקים האכילים של הצמח ואת הישרדותם בשל המעבר דרך הקרקע, כך שחלק ניכר נשאר בקרקע או בשורשים. עם זאת, בגידולי בצלים או שורשים, השקיה בטפטוף אינה מגבילה את מעבר החיידקים לצמח⁷¹.

כימיקלים ומיקרו-מזהמים אורגניים

זוהי קבוצה של חומרים המאופיינים בקשרים כפולים ובטבעות ארומטיות שפירוקן הביולוגי מוגבל, ומקורם בבתי חולים, בתעשייה, בשפכים חקלאיים ובשפכים עירוניים⁷². בקבוצה זו נכללים, בין היתר, שיירי תרופות ובהם הורמונים, סטרואידים וחומרים אנטיביוטיים, לצד חומרי קוסמטיקה והגינה וחומרי הדברה. תכשירים רפואיים מהווים אתגר מיוחד. קיימים מעל 4,000 חומרים פעילים ומעל 10,000 מוצרים המשמשים לטיפול רפואי בבני אדם ובבעלי חיים⁷³. זוהי למעשה קשת רחבה של תרכובות השונות זו מזו ברמת המסיסות, הנדיפות, כושר הספיגה, ההתפרקות הביולוגית, הקוטביות והיציבות. החומרים האלה לרוב אינם נספגים באופן מלא בגוף, ועד 90% מהחומר הפעיל המצוי

בתכשיר נפלט מהגוף בשתן ובצואה. החומר מוצא את דרכו אל מערכת הביוב, לעיתים בהרכבו המקורי ולעיתים לאחר שינוי כימי בגוף – שעלול אף להגביר את עוצמתו. הטיפול הנהוג כיום במט"שים אינו אפקטיבי לפירוקם של המיקרו-מזהמים האורגניים קשי הפירוק כמו PFAS, כך שגם קולחים שעברו טיפול שלישוני ומוגדרים כקולחים באיכות גבוהה צפויים להכיל תערובת של חומרים מסוג זה. החומרים עלולים להצטבר בקרקע, במאגרי מים, ובתוצרת חקלאית, כמו גם בצמחים אחרים, ברקמות, באוויר ועוד⁷⁴. מחקרים מהארץ ומהעולם מאששים שאכן ישנה נוכחות משמעותית של החומרים האלה בקולחים שניוניים ושלישוניים, ביציאה מהמט"שים, במקורות המים העיליים,

65. Bouki C, et al. 2013. Detection and fate of antibiotic resistant bacteria in wastewater treatment plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 91: 1–9.

66. Middleton JH, et al. 2013. Antibiotic resistance in triclosan tolerant fecal coliforms isolated from surface waters near wastewater treatment plant outflows (Morris County, NJ, USA). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 88: 79–88.

67. Pearce-Walker J, et al. 2020. Managing leafy green safety from adenoviruses and enteroviruses in irrigation water. *Agricultural Water Management* 240.

68. Allende A, et al. 2009. Strategies to combat microbial hazards associated with fresh produce. *Culture, Thermo Scientific* 35 (2): 1–9.

69. Lapidot A, et al. 2009. Transfer of *Salmonella enterica* serovar typhimurium from contaminated irrigation water to parsley is dependent on curli and cellulose, the biofilm matrix components. *Journal of Food Protection* 72 (3): 618–623.

70. Kisluk G, et al. 2012. Presence and persistence of *salmonella enterica* serotype typhimurium in the phyllosphere and rhizosphere of spray-irrigated parsley. *Applied and Environmental Microbiology* 78 (11): 4030–4036.

71. האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה ומשרד הבריאות. 2016. התייעצות מומחים בנושא עמידות לאנטיביוטיקה בקולחים.

72. תקנות בריאות העם (תקני איכות מי קולחין וכללים לשיחור שפכים), התש"ע-2010.

73. בס-ספקטור ש. 2011. מיקרו-מזהמים אורגניים במי השפכים: היבטים סביבתיים ובריאותיים. מוגש לוועדה המשותפת של משרד הפנים והגנת הסביבה וועדת העבודה, הרווחה והבריאות לנושא סביבה ובריאות. הכנסת, מרכז המחקר והמידע.

74. שם.

במי התהום ואף בגידולים חקלאיים המיועדים לשמש מזון לבני אדם^{76,75}.

מחקר ישראלי מצא כי דגימות שתן של כ-85% מהישראלים מכילות שאריות תרופות שהם לא צרכו בעצמם מעולם⁷⁷. מחקר נוסף בחן מגוון של שאריות תרופות, את מסלולן בצמח ואת הערכת הסיכון לציבור. במחקר אומנם לא זוהה סיכון ודאי לבריאות הציבור כיום, אך נקבע כי באוכלוסיות רגישות, בתרחיש קיצוני של צריכה קבועה של תוצרת חקלאית המושקית בקולחים (בייחוד ירקות עליים) ומכילה את הריכוז הגבוה ביותר שהתגלה במחקר, אכן עלול להיווצר סיכון לבריאות האדם⁷⁸. נוסף על כך, ידוע כי חשיפה ממושכת למיקרו-מזהמים, ולו בריכוזים נמוכים, עלולה לגרום לנזקים בריאותיים לאדם ולבעלי חיים שונים⁷⁹, וכי הריכוזים הקיימים בשפכים עלולים להיות רעילים לבעלי חיים ימיים, ובהם דגים, צדפות ופלנקטון^{80,81}. הפגיעה הפיזיולוגית מתבטאת בפגיעה בתהליך הרבייה, ברקמות המוח, בפעילות ההורמונלית, במערכת החיסון ועוד. אופן ההשפעה בפועל ומידת הסיכון הנובעת מחשיפה לחומרים הללו תלויים במקור החומרים, ברמת החשיפה ובמידת רעילותם (בדגש על חשיפה כרונית בריכוזים נמוכים)⁸².

בין הכימיקלים והמיקרו-מזהמים האורגניים מצויים גם

חומרים המשבשים פעילות הורמונלית (Endocrine Disruptors Chemicals – EDCs). תת-קבוצה זו כוללת תרופות, חומרי הדברה וחומרים מסוימים המצויים במוצרי פלסטיק (כגון ביספנול A) המתאפיינים ביכולתם לחקות את הפעילות הטבעית של הורמונים ולגרום לפעילות יתר של המערכת ההורמונלית, או לחלופין להיקשר לקולטנים בתאים ולמנוע מההורמונים הטבעיים להיקשר. הימצאותם של חומרים מסוג זה בקולחים בריכוזים גבוהים עשויה לגרום לשיבוש הפעילות ההורמונלית באדם ובבעלי חיים^{83,84,85}. נמצא כי החומרים האלה עלולים לגרום לירידה בפעילות מערכות הרבייה בקרב דגים, בין היתר בשל הופעת סממנים נקביים אצל דגים זכרים וסממנים זכריים אצל נקבות⁸⁶. השפעתם האפשרית על האדם כוללת שיבוש בהתפתחות, במערכת הרבייה, במערכת העצבים ובמערכת החיסון, כמו גם עלייה בשכיחות סרטן מסוגים שונים, כמו סרטן השד וסרטן האשכים⁸⁷. השפעתם של החומרים האלה עשויה לבוא לידי ביטוי לאחר צבירת החומר ברקמות הגוף לאורך זמן ולא באופן מיידי.

עוד יש לציין כי קיומם של כימיקלים ומיקרו-מזהמים אורגניים בתוצרת החקלאית עשוי למנוע את שיווקם למדינות מסוימות – לרבות מדינות האיחוד האירופי – בשל פערם בין האסדרה הישראלית לזו במדינות היעד⁸⁸.

75. אבישר ד ורונן-אלירז ג. 2017. השקיה בקולחים – ממה צריך להיזהר? אקולוגיה וסביבה 8 (4): 48–55.

76. Li E, et al. 2021. Biological indicators for fecal pollution detection and source tracking: A review. Processes 9(11).

77. Schapira M, et al. 2020. Involuntary human exposure to carbamazepine: A cross-sectional study of correlates across the lifespan and dietary spectrum. Environment International 143.

78. Ben Mordechai E, et al. 2022. Wastewater-derived organic contaminants in fresh produce: Dietary exposure and human health concerns. Water Research 23: 118986.

79. בס-ספקטור ש. 2011. מיקרו-מזהמים אורגניים במי השפכים: היבטים סביבתיים ובריאותיים. מוגש לוועדה המשותפת של משרד הפנים והגנת הסביבה וועדת העבודה, הרווחה והבריאות לנושא סביבה ובריאות. הכנסת, מרכז המחקר והמידע.

80. Fent K, et al. 2006. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. Aquatic Toxicology 76 (2): 122–159.

81. Kleywegt S, et al. 2007. Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Canadian Environment: Research and Policy Directions. NWRI Scientific Assessment Report Series No.8. 53 p.

82. שם.

83. Lintelmann J, et al. 2003. Endocrine disruptors in the environment: (IUPAC technical report). Pure and Applied Chemistry 75 (5): 631–681.

84. Wojcieszynska D, et al. 2020. Suitability of immobilized systems for microbiological degradation of endocrine disrupting compounds. Molecules 25 (19): 4473.

85. Menashe O, et al. 2020. Biodegradation of the endocrine-disrupting chemical 17 α -ethynylestradiol (EE2) by rhodococcus zopfii and pseudomonas putida encapsulated in small bioreactor platform (SBP) capsules. Applied Science 10(1).

86. Lopez J. 2010. Endocrine-disrupting chemical pollution: Why the EPA should regulate these chemicals under the Clean Water Act. Sustainable Development Law & Policy 10 (3 Spring): 19–22, 48–49.

87. Ahn C, et al. 2023. Endocrine-disrupting chemicals and disease endpoints. International Journal of Molecular Sciences 24 (6): 1–18.

88. הרשות הממשלתית למים וביוב. 2024. תכנית ארצית ארוכת טווח לביוב.

קרקות כבדות יותר מתאפיינות בניקוז מוגבל, כך ששטחים חקלאיים הנמצאים על קרקעות מסוג זה נמצאים בסיכון מוגבר לעבור תהליך המלחה הפוגע באיכות הקרקע⁹³. נוסף על כך, חלחול מלח אל מי התהום עלול להביא להמלחת מאגרי מי השתייה. כאשר מדובר בסביבות צחיחות וצחיחות למחצה, ובירידה בכיסוי הצומח, הסיכון להמלחת הקרקעות גובר⁹⁴.

נוסף על כך, הרכב המלחים מהותי לתפקוד ביולוגי תקין ולשמירה על המאזן האקולוגי, ומאזן זה מושפע ממקורות המים ומהמזהמים שבהם. לדוגמה, מים מותפלים עוברים שינוי יזום בהרכב המלחים המצוי בהם, ומאופיינים ברמות נמוכות של **סידן ומגנזיום**, דבר שעלול לפגוע בהתפתחות של הצמח המושקה ואף בצבעו⁹⁵. מחקר ישראלי הראה כי בארץ רמות המגנזיום בפירות ובירקות אכן נמוכות בהשוואה לתקן האמריקאי⁹⁶. לעומת זאת, קולחים שמקורם בשימוש ביתי יכילו רמות גבוהות של מלח הנתרן הנצרך רבות בשימושים ביתיים, ושברכיזים גבוהים רעיל לצמחים. **כלורידים**, הפוגעים בהתפתחות של עצים, קיימים לעיתים קרובות ברכיזים גבוהים במי המקור, מה שעלול להוביל להמלחת מקורות המים (באמצעות חלחול של קולחים מלוחים למי התהום). מלח האשלגן, שנעשה בו שימוש רב במפעלי תעשייה, מביא לעלייה בריכוז המלחים בשפכים.

משום שהמלחה מזיקה לצמח, ואי אפשר לתת למלחים להצטבר באזור השורש, חקלאים שמשקים בקולחים משקים באופן שוטף במנת השקיה מוגדלת של מים

המלחת קרקעות נחשבת לאחד מהגורמים העיקריים להגרעת קרקע בעולם, ועד לשנת 2050 צפויות להיגרע בגינה כ-50% מהאדמות הראויות לחקלאות בעולם⁸⁹. קולחים בעלי מליחות גבוהה עלולים להוביל לשינוי במאפייני הקרקע, דוגמת העלאת המליחות בקרקע⁹⁰, ירידת כושר החלחול שלה, כמו גם לירידה ביכולת הצמח לקלוט מים ונוטריינטים ואף להרעלה ולתמותה של הגידולים⁹¹.

בשנים האחרונות פחת בממוצע ריכוז המלחים בקולחים בישראל בשל הגברת השימוש במים מותפלים, אך קיומם של מלחים בקולחים נותר אתגר מרכזי בעל השפעה על התוצרת החקלאית, דבר המושפע מהאזור הגיאוגרפי וממי הרקע לקולחים. מנתוני רשות המים (2016) עולה כי כ-35% מכלל שטחי החקלאות מושקים בקולחים⁹², כך שפוטנציאל ההמלחה בהם מושפע מאיכות מים אלה וכן ממקורם; למשל, קולחים שמקורם במי הכינרת יהיו מלוחים יותר מקולחים שמקורם במי ים מותפלים. גם השימושים השונים במשקי הבית גורמים לעלייה בריכוז המלחים במי השפכים העירוניים. הטיפול במט"ש מביא אף הוא לעלייה קלה ברמת המלחים, והקולחים המופקים מכילים רמות מלחים הגבוהות בכ-100 מג"ל כלוריד ממי המקור. בשל הסיבות האלה, שיעור לא מבוטל של הקולחים בישראל מתאפיין ברמת מליחות העולה על האיכות הנדרשת להשקיה.

גם למאפייני הקרקע באזור המושקה ישנה השפעה על מידת המליחות שתתקבל מהשקיה בקולחים. לדוגמה,

89. Hossain MS. 2019. Present scenario of global salt affected soils, its management and Importance of salinity research. International Research Journal of Biological Sciences 1 (1): 1–3.

90. Marcos Lado MBH. 2010. Effects of irrigation with different effluents on saturated hydraulic conductivity of arid and semiarid soils. Soil Science Society of America Journal 74 (1): 23–32.

91. Plaut Z, et al. 2013. Overcoming salinity barriers to crop production using traditional methods. Critical Reviews in Plant Sciences 32 (4): 250–291.

92. משרד החקלאות. 2023. ניהול בר קיימא של משאבי קרקע, מים וממשקים עם הסביבה. האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופיתוח הכפר. שם.

94. Marcos Lado MBH. 2010. Effects of irrigation with different effluents on saturated hydraulic conductivity of arid and semiarid soils. Soil Science Society of America Journal 74 (1): 23–32.

95. Wang Y, et al. The effects of calcium and magnesium deficiency on the growth, physiology, and nutrient uptake characteristics of walnut trees. 2023. Journal of Biobased Materials and Bioenergy 17 (9): 547–555.

96. Raveh E, et al. 2018. Leveraging sustainable irrigated agriculture via desalination: Evidence from a macro-data case study in Israel. Sustainability 10 (4).

שפירים או מבצעים שטיפת מלחים תקופתית יזומה ונרחבת בעזרת כמויות גדולות של מים, במטרה לדחוק את עודפי המלחים מאזור בית השורשים. שטיפה כזו

גורמת לזיהום של הקרקעות העמוקות ושל מי התהום בכלוריד ובחנקה, ולחשיפה סביבתית של כמויות מזהמים גבוהות בכלל באותו האזור.

חנקה

חנקה היא מולקולה יונית יציבה ומסיסה, המכילה חנקן וחמצן. מקורן של התרכובות האלה, בין היתר, בחומרי דשן ובתעשיות שונות⁹⁷. הצורה היונית העיקרית של החנקן בקולחים היא אמון שעובר בקרקע חמצון בקטריאלי (ניטריפיקציה) לחנקה. ריכוזי החנקן המינרלי כאמון וכחנקה בקולחים הם גבוהים, אלא אם כן התבצע תהליך ייחודי במט"ש להרחקתם (ניטריפיקציה-דניטריפיקציה).

בהיותן חומר דשן חיוני, החנקות מועילות לחקלאים, כיוון שהן מאפשרות את הפחתת השימוש הדשן. עם זאת, בריכוזים גבוהים הן עלולות להזיק לצמח ולפגוע ביכול החקלאי. נוסף על כך, חנקות עלולות לחלחל למאגרי מי התהום. ראוי לציין כי רמת חנקות גבוהה מהמומלץ מגבירה את הסיכון לשורה של מחלות, והיא עלולה לפגוע באספקת החמצן לדם, במערכת העצבים ובמערכת החיסון⁹⁸.



צילום: שחר בוקמן

97. Fernández-López JA, et al. 2023. Nitrate-polluted waterbodies remediation: Global insights into treatments for compliance. *Applied Sciences* 13 (7): 4154.

98. Ward MH, et al. 2018. Drinking water nitrate and human health: An updated review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15 (7): 1–31.

המצב בעולם

כפי שצוין, ישראל היא מובילה עולמית מבחינת אחוז הטיפול בשפכים והשימוש בקולחים בחקלאות. אף על פי כן, מבחינת אסדרת התחום, השוואה בין-לאומית מלמדת שישנו מקום לשיפור. התקינה בישראל מקבילה ברובה לתקינה האירופית, וזהה לאוסטרלית מבחינת ערכי הסף. על פי התקינה המונהגת בארה"ב, רמות הסף המיקרוביאליות בחלק מהמדינות דומות לסטנדרטים בישראל. עם זאת, בחלק מהמדינות, למשל בקליפורניה,

התקינה מחמירה יותר⁹⁹. בה בעת, מספר מדינות, בהן שווייץ, פועלות בתחום אסדרת המיקרו-מזהמים, נושא שטרם קיבל התייחסות רגולטורית בישראל¹⁰⁰. נוסף על כך, בארה"ב ישנה אסדרה נוספת על חומרים קשי פירוק שאיננה מונהגת בישראל. כמו כן, ישנן מדינות, כדוגמת קליפורניה, שהתקינה בהן משתנה בהתאם לסוג הגידול ולאופן ההשקיה.

ארה"ב

הסוכנות האמריקאית להגנת הסביבה (EPA) קובעת את תקנות הקולחים הלאומיות שעל התעשייה לעמוד בהן בטרם הזרמת השפכים למט"ש. התקנות מותאמות לכל סוג תעשייה על פי סוגי המזהמים הפוטנציאליים שלה וזאת כדי להפחית את עומס המזהמים עוד בטרם הגיעם למט"ש האזורי.

לקליפורניה תקנים מתקדמים מבחינת השימוש בקולחים להשקיה בחקלאות. האסדרה המאפשרת השקיה בקולחים מונהגת מכוח קוד התקנות של קליפורניה. האסדרה מחייבת עמידה בכל ההוראות הרלוונטיות של חוק המים הנקיים¹⁰¹, המסדיר את המבנה הבסיסי של פליטות מזהמים למקורות המים בארה"ב ואת תקני איכות המים העיליים, וכן עמידה בכלל הדרישות הרלוונטיות במסגרת חוק המודרניזציה של בטיחות המזון¹⁰². קולחים ברמת טיפול שלישונית מאפשרים השקיית גידולי מזון הנצרכים על ידי בני אדם בצורתם הגולמית. ככלל, קולחים ברמה פחותה אסורים

במגע עם החלק האכיל של הגידולים. קולחים ברמת טיפול שניונית הכוללת חיטוי, מורשים לשימושים הבאים: השקיית גידולי מזון שהחלק האכיל שלהם אינו בא במגע עם מי ההשקיה; גידולי נוי ללא הגבלת גישה לציבור הרחב (כמו עצי חג מולד); גידולים למאכל חיות משק בתעשיית החלב. קולחים ברמת טיפול שניונית ללא חיטוי מאפשרים השקיה של: פרדסים וכרמים; גידולי מספוא וסיבים; זרעים שאינם נאכלים על ידי בני אדם; גידולי מזון שחייבים לעבור עיבוד מסחרי משמיד פתוגנים לפני שהם נצרכים; גידולי נוי שמועד הקטיפ שלהם אינו צפוי ב-14 הימים לאחר ההשקיה. ראוי להוסיף כי טיפול ברמה רביעונית מאפשר אף הזרמת קולחים למאגרי מי תהום ולמקורות מים עיליים. כמו כן, רמת הסף המיקרוביאלית בקולחים להשקיה בלא מגבלות מחמירה פי 50 בהשוואה לתקינה בישראל. הממשל במדינת קליפורניה פרסם מדריך מקיף ובו עקרונות הטיפול השלישוני, סקירת הטכנולוגיות השונות והסברים כיצד לבצען כדי לעמוד בדרישות¹⁰³.

99. EPA. 2012. EPA Guidelines for Water Reuse. U.S. Environmental Protection Agency.

100. The Swiss Federal Council. 2023. Waters Protection Ordinance (WPO).

101. Clean Water Act. 33 U.S.C. § 1251 et seq. 1972.

102. Title 22, California Code of Regulations State Board, Division of Drinking Water, Recycled Water Regulations.

103. Department of Health Services. 2006. Treatment Technology Report for Recycled Water. State of California Division of Drinking Water and Environmental Management Treatment.

יש דרישה להתייחסות ליכולת ההפחתה של המתקן לפתוגנים הכוללים גם וירוסים.

בשנים הקרובות צפוי להתבצע עדכון לדירקטיבה מ-1991¹⁰⁸, ולפיו כל מתקני הטיפול בשפכים העירוניים הגדולים (מעל 100,000 תושבים) יחויבו לספק טיפול רביעוני עד סוף שנת 2035, וזאת כדי להסיר מגוון רחב של מיקרו-מזהמים¹⁰⁹. על פי ההצעה שהאיחוד מקדם, עד לסוף שנת 2040 טיפול רביעוני יהיה חובה גם עבור חלק מריכוזי האוכלוסייה המונים בין 10,000 ל-100,000 איש, בהתאם למידת הסיכון שהשפכים מהווים לבריאות הציבור ולסביבה: למשל, במקרים ששפכים עירוניים מטופלים מוזרמים לגופי מים המשמשים לייצור מי שתייה, לחקלאות ימית או לרחצה. מיקרו-מזהמים מייצגים ישמשו אינדיקטורים לפיקוח על ביצוע הטיפול הרביעוני, ותידרש הסרה של לפחות 80% מהם. ארבעה "חומרים בסיכון גבוה" (טלמיסטרן, ביספנול A, בטא-אסטרדיול וחומצה סולפונית פרפלאורואוקטן) יתווספו לקבוצת המיקרו-מזהמים המשמשים לבדיקת ביצועי הטיפול הרביעוני. כל היישובים המונים מעל 100,000 תושבים יצטרכו לפקח באופן קבוע על עמידות מיקרוביאלית לאנטיביוטיקה ביציאה מהמט"שים העירוניים. נוסף על כך, האיחוד מציע להרחיב את חובות אחריות היצרנים למוצרים המכילים מיקרו-פלסטיק בכלל וחומרים פרפלאורואלקילים ופוליפלאורואלקילים (PFAS) בפרט, כך שהפחתתם תיעשה במקור.

כ-38% מאוכלוסיית האיחוד האירופי הושפעו ממחסור במים בשנת 2019, ובשנים האחרונות האיחוד מכיר בצורך במחזור שפכים למטרת השקיה. הסיבות לכך הן ירידה בכמות המשקעים בחלק ממדינותיו, הצורך בהפחתת הזיהום שמקורו בשפכים, ושיפור ההיערכות לשינוי האקלים. על פי נתונים עדכניים, כ-98% משפכי האיחוד האירופי נאספים כראוי, וכ-92% מטופלים בהתאם לדירקטיבת הטיפול בשפכים עירוניים מ-1991 (EEC/91/271)^{105,104}. כיום חלה חובת טיפול שניוני בשפכים עירוניים של יישובים עם יותר מ-2,000 תושבים, וחובת טיפול שלישוני עבור מתקנים המטפלים בעומס שווה ערך ליותר מ-100,000 תושבים או לחלופין באזורים שזוהו על ידי המדינות החברות באיחוד כרגישים להעתרה (איטרופיקציה).

ב-2020 אושרה באיחוד **תקנה לשימוש חוזר במים** (EU)2020/741), המחייבת ביצוע טיפול נוסף בשפכים עירוניים כדי להתאימם להשקיה חקלאית, וקובעת את ספי המזהמים המרביים כדי להבטיח הגנה על הסביבה ועל בריאות האדם והסביבה¹⁰⁶. יש לציין כי התקנה מאפשרת למדינות החברות לבחור אם ברצונן לעשות שימוש חוזר בשפכים בשטחן, ונכון להיום כמחצית ממדינות אירופה נוקטות שיטה זו במידה כזו או אחרת¹⁰⁷. התקנה מפרטת את רמות הטיפול הנדרשות על פי סוג הגידול החקלאי. לגידולים ברמה הרגישה ביותר, הכוללים גידולי מזון שנצרכים בצורתם הגולמית ובאים במגע ישיר עם קולחים,

104. European commission. 2022. Proposal for a directive of the European Parliament and of the council concerning urban wastewater treatment (recast).

105. The Council of the European Communities, Council Directive of 21 May 1991 Concerning The Urban Waste Water Treatment Directive (91/271/EEC). 1991.

106. Regulation (EU) 2020/741. Of the European Parliament and of the council of 25 May 2020 on Minimum Requirements for Water Reuse. Vol 177. 2020.

107. Wise Freshwater. 2024. Freshwater information system for Europe. Water Reuse. 6 May.

108. European Commission. 2022. Proposal for a directive of the European Parliament and of the council concerning urban wastewater treatment (recast).

109. European Parliamentary Research Service. 2023. Urban wastewater treatment: Updating EU rules. EU Legislation in Progress. (October).

וכדי להבטיח הגנה על בריאות הציבור, החקלאות ואיכות הסביבה. רמה A כוללת, בין היתר, השקיה במגע ישיר עם תוצרת חקלאית למאכל אדם – לרבות כזו הנצרכת בצורתה הגולמית – לצד לשימושים עירוניים כמו השקיית גינות, שטיפת כלי רכב, מי שטיפת אסלות וכיבוי אש. רמה B כוללת, בין היתר, שימושי חקלאות שאיננה במגע ישיר, כמו גידולי מספוא ושימושים תעשייתיים. רמה C כוללת, בין היתר, שימושים עירוניים ותעשייתיים (לא לצורכי שתייה) ללא גישה ציבורית והשקיה חקלאית מוגבלת, למשל עבור גידולי מזון הנצרך באופן מעובד, ומרעה ומספוא לבעלי חיים.

לממשלת אוסטרליה קיים מדריך מפורט לניהול סיכונים בריאותיים וסביבתיים ממים מושבים המשמש בגדר המלצה למדינות השונות בה¹¹⁰. מסמך הנחיות זה אינו מחייב מבחינה משפטית, אלא מהווה בסיס שניתן לבצע עליו התאמות, כך שלכל מדינה קיימות תקנות שונות הנוגעות לשימוש בקולחים להשקיה בהתאם לצרכים הספציפיים שלה. למשל, מדינת ויקטוריה פרסמה הנחיות מעודכנות במהלך 2021, המפרטות קריטריונים עבור פרמטרים כימיים וביולוגיים¹¹¹. ההנחיות מפרטות שלוש קטגוריות (A, B, C) של איכות קולחים המיועדים לשימושים שונים, ואת רמת הטיפול הנדרשת בהתאם לשימושי הקצה בקולחים, בהתאם לרמת החשיפה הפוטנציאלית למזהמים,

110. Australian guidelines for water recycling: Managing health and environmental risks (phase 1). NRMCC - EPHC – AHMC. 2006.

111. Victorian Guideline for Water Recycling, Publication 1910.2. Environment Protection Authority Victoria. 2021.

המלצות ועדת המומחים והמומחיות

- ועדת המומחים והמומחיות הצביעה על שורה של פעולות שבכוון לצמצם את החשיפה למזהמים בקולחים, והן יפורטו מיד. בקווים כלליים, ניתן לחלק את הפעולות המוצעות לפי שלביו השונים של מחזור השפכים:
- ניהול ידע
- הפחתה במקור וטיפול במזהמים אצל הגורם המזהם
- טיוב תהליך הטיפול במט"ש
- טיוב ניהול הקולחים במאגרים
- ניהול ההשקיה

ניהול ידע

- יש להקים מנגנון לריכוז, לתיאום ולשיתוף מידע בין הרשויות והארגונים הרלוונטיים לנושא הטיפול בשפכים. על המנגנון לכלול את רשות המים, המשרד להגנת הסביבה, משרד הבריאות ומשרד החקלאות, כמו גם את המט"שים ואת מאגרי הקולחים. מנגנון זה יאפשר ריכוז ושיתוף של מידע בזמן אמת שכיום אינו נגיש לגבי: (1) מקורות המים בכל רגע נתון (בהתייחס למקורות מי המקור ולמקורות השפכים), איכותם והרכבם; (2) הרכב החומרים ושיעור המזהמים בשפכים ובקולחים, כמו גם ערכי חנקן, מליחות ו-SAR – בצאתם מהמט"ש וביציאה מהמאגרים – כמו גם שיתוף של מידע רב-שנתי מצטבר כגון ממצאי דגימות, ממצאים רב-שנתיים וכיו"ב; (3) ניהול, ריכוז והנגשה של המידע לחקלאים כדי לאפשר ולעודד התייעלות בהשקיה ובדישון וקבלת החלטות מושכלת ומבוססת נתונים.
- יש לפעול לצמצום פערי הידע בתחום ההשפעה של השקיה בקולחים על הסביבה ועל החקלאות באמצעות מימון מחקרים בנושא וניטור ההשפעה ארוכת הטווח של שימוש בקולחים על החקלאות ובריאות הציבור.
 - × קיים מחסור מידע לגבי שרידותם של מזהמים שונים לאורך התהליך ומיפוי השפעותיהם השונות על הבריאות והסביבה. יש לאתר חומרים שמסלול ההשפעה שלהם כמו גם משך ההשפעה שלהם
- יש לשקול עדכון של כלי ניהול הסיכון של השקיה בקולחים על בריאות הסביבה והציבור תוך:
 - × כימות רמת הסיכון הנוכחית;
 - × ביצוע בחינת פערים בכלי ניהול הסיכון אל מול מדינות ה-OECD, לרבות האיחוד האירופי וארה"ב;
 - × יצירת תוכנית להקטנת הפערים. לדוגמה, יש לשקול החלת חובה לביצוע סקרי השפעה על הסביבה.
- יש לערוך מיפוי מפורט של חומרים בעלי פוטנציאל סיכון גבוה וחומרים קשי פירוק, המצויים בקולחים על פי מידת הסכנה שהם מהווים ואופן השפעתם על החקלאות, על הבריאות ועל הסביבה. רשימת החומרים תיקבע על ידי צוות בין-משרדי שימנה נציגים מהמשרד להגנת הסביבה, ממשרד הבריאות, ממשרד החקלאות ומרשות המים. מיפוי זה ישמש בסיס לתוכניות ניטור שיפותחו בעקבותיו, ובאמצעותן ניתן יהיה לעמוד על מגמות ועל שינויים בריכוזים של החומרים האלה במט"שים השונים ובמאגרים השונים בישראל. הרשימה תתעדכן מעת לעת.

הפחתה במקור וטיפול במזהמים אצל הגורם המזהם

- יש לגבש תוכנית לניהול סיכוני שפכי תעשייה כדי לשפר את איכות השפכים עוד בטרם הגיעם למט"ש, במטרה להפחית את עומס המזהמים במט"ש, ובכך אף לצמצם ריאקציות בין המזהמים והיווצרות של תמהיל מזהמים בלתי ידוע בעל נזק פוטנציאלי משמעותי. התוכנית עשויה לכלול אחד או יותר מהמרכיבים הבאים:
 - ✖ פיתוח מערכת תמריצים שמטרתה לקדם הפחתה במקור של מזהמים הידועים כבעייתיים במיוחד בתעשיית התרופות, הקוסמטיקה או מוצרי הניקיון. אם לחומרים הללו יש תחליפים זמינים בעלי השפעות פחותות, יש לשקול הפחתה בשימוש בהם והעדפת תחליפים.
 - ✖ הטמעה של העיקרון 'המזהם משלם', שלפיו מפעל האחראי לפליטת מזהם מסוים ידרש לשאת בעלויות הטיפול שלו במט"ש ובעלויות הנזק הסביבתי הכולל, וההיטל או הקנס יהיו מיועדים למניעת נזק עתידי ולהפחתת הנזק הקיים.
- ✖ קביעת ערכי סף לחומרים בעלי פוטנציאל סיכון גבוה ושקילת הרחבת רשימת החומרים האסורים לפליטה בשפכים, כך שתכלול גם חומרים בעלי פוטנציאל לאינטראקציה בעייתית עם חומרים אחרים המצויים בתמהיל השפכים.
- ✖ יש לבחון חלופות של הפרדת זרמים תעשייתיים וזרמי בתי חולים ממערכת הביוב העירונית, כגון הפעלת מט"ש תעשייתי באזורי תעשייה, כך שהשימוש בקולחים יהיה בהתאם לאיכותם ולרמת הסיכון שלהם.
- יש לקדם אסדרת טיפול מקדים של השפכים הנוצרים בתחומי של הגורם המזהם, שיהיה אפקטיבי ומותאם להרכבם המדויק של המזהמים. פעולות מסוג זה ימנעו הגעת מזהמים שונים למט"ש, כמו גם את ערבובם וקיומן של ריאקציות כימיות שעלולות לייצר מזהמים נוספים (ומזיקים באופן פוטנציאלי) שהרכבם אינו ידוע.

טיוב תהליך הטיפול במט"ש

- יש לכתוב נוהל לתפעול מט"שים, כפי שמקודם על ידי רשות המים¹¹². הנוהל יכלול בין היתר:
 - ✖ הגדרת הרכב הצוות הראוי להפעלתו של מט"ש, לצד ההכשרות הנדרשות לתפעול מיטבי ורציף של התהליך;
 - ✖ הגדרת גורמי מפתח שעל המט"ש לעדכן במקרים של כשל או תקלה;
 - ✖ התייחסות מפורטת למענים הנדרשים במקרי תקלה וחריגה באיכות הקולחים, ובהתייחס למפגעי מזיקים כגון יתושים;
 - ✖ פתרונות שיסייעו למט"שים לשמור על איכות קולחים אחידה, דוגמת הקמת מאגרי ויסות לפני המט"ש שיאפשרו התמודדות עם עומס כמותי של שפכים או מזהמים בנקודות זמן בעייתיות, ופתרונות חדישים מבוססי AI;
 - ✖ הגדרה מחודשת של הטכנולוגיות האפשריות המוצעות לטיפול שלישוני, התייחסות, קידום וסיוע
- בהטמעת טכנולוגיות חדשות למט"שים ושיתוף הידע לגבי מידת ההצלחה או חוסר-ההצלחה, תוך התחשבות במשאבים ובאנרגיה המושקעים או מתקבלים בתהליך.
- יש להמשיך קידום ואכיפה של איכות הקולחים במט"שים הנדרשים באיכות שלישונית על פי תקנות הקולחים.
- יש לשקול עדכון של תקנות הקולחים. המומחים העלו פרמטרים ספציפיים ועקרונות שלדעתם ראוי לעדכן כדי לשפר את איכות הקולחים:
 - ✖ מליחות: כלוריד, נתרן ומוליכות חשמלית – יש לשקול החמרת הדרישות לגביהם בתקנות.
 - ✖ ערכי ה-SAR – יש לשקול החמרת הדרישות לגביהם בתקנות. על ספי ה-SAR המעודכנים להביא בחשבון את סוג הקרקע המושקית ואת רמת המליחות המצויה בה. יש לתת עדיפות לטיפול

112. הרשות הממשלתית למים וביוב, 2024. תכנית ארצית ארוכת טווח לביוב.

- יש לשקול קביעת תקנות בהמשך לממצאי סקרים ובדיקות, אשר יחייבו **טיפול מתקדם** במט"שים הגדולים, מבוסס טכנולוגיות מוכחות לפירוק מלא של חומרים קשי פירוק, וזאת במטרה להוריד את סך עומס המיקרו-מזהמים מהקולחים המשמשים להשקיה. התקנות ייקבעו בהמשך לממצאי סקרים ובדיקות, הערכות סיכונים ושימויות, ושימו דגש על מניעה במקור.
- יש לגבש תוכנית לקידום עקרונות הכלכלה המעגלית בתחום מחזור השפכים, דוגמת איסוף חנקן וזרחן לצורך שימוש חוזר, או רתימת האנרגיה המשתחררת בתהליך הטיפול בשפכים לצורך ייצור חשמל.
- יש לפתח מנגנון לייעול ולקיצור של שלבי התכנון והאישור ולבחינה מזרזת של תוכניות מפורטות להקמה ולשדרוג של מט"שים ולתכנון מאגרי חירום לעודפי קולחים ולמאגרי קולחים.
- מתאים בקולחים המיועדים לקרקעות חקלאיות בעלות פוטנציאל המלחה גבוה.
- ✖ יש לבחון צורך להתייחסות ולקביעה של ערכי סף לאשלגן בתקנות השימוש בקולחים.
- ✖ יש לבחון התייחסות לאזורים גיאוגרפיים שונים המתאפיינים במי מקור שונים, וראוי להתייחס לכך בתקנות כדי לגבש תקינה מדויקת ומעודכנת. כמו כן, ניתן לשקול מיהול מתאים של קולחים ושפירים בהתאם לפרמטרים של הקולחים ובהתאם לגידול החקלאי.
- ✖ יש לנסח דרישות איכות מפורטות וצופות פני עתיד, תוך התייחסות לתהליכי אסדרה עתידיים; דרישות האיכות המפורטות והתייחסות לתהליכי האסדרה יספקו למט"שים ודאות לטווח ארוך שתאפשר ותעודד השקעות נחוצות בהיבטי טכנולוגיה, כלכלה והון אנושי.

טיפול ניהול הקולחים במאגרים

- יש להקים צוות בין-משרדי שיבחן שיטות לשיפור איכות המים במאגרים.
- יש להקים צוות בין-משרדי שיבחן את הגברת תדירות הניטור, הפיקוח והאכיפה על איכות הקולחים בעת שהייתם במאגרי קולחים.
- יש להנגיש לחקלאים את תוצאות הדגימות ביציאה מהמאגרים בזמן אמת.

ניהול ההשקיה

- יש לשקול להחיל איסור על השקיה בקולחים של גידולים רגישים למזהמים, ובראשם עלים ירוקים ותבלינים, מאחר שריכוזי המזהמים בהם גבוהים יותר, והמזהמים עמידים זמן ארוך יותר.
- יש לשקול הפחתה ספציפית אזורית של כמות החנקן באמצעות מיהול או טיפול ספציפי במט"ש בהתאם למשתמש הקצה (למשל בגידולי הדורים), ולחילופין יש לשקול טיפול אצל החקלאי.
- יש לקבוע המלצות הנוגעות להשפעה של שיטות השקיה שונות על פיזור המזהמים. למשל, השקיה בטפטוף מפחיתה את שרידות הפתוגנים.
- יש לשקול הפחתה ספציפית אזורית של כמות החנקן באמצעות מיהול או טיפול ספציפי במט"ש בהתאם

מטרתה של ועדת המומחים והמומחיות היא למפות את השלכותיה הבריאותיות והסביבתיות של השקיה בקולחים בישראל, כמו גם את השפעתה על משק החקלאות. לשם כך, הוועדה דנה באסדרה הקיימת בארץ ובפערים המתקיימים בין המצב הקיים לבין המצב הרצוי, תוך הבאת מגוון רחב של נקודות מבט (סביבה, חקלאות, כלכלה) ובהשראת האסדרה הנהוגה במדינות שונות ברחבי העולם. בעקבות סקירת הספרות המקצועית והמחקרית בנושא ולאחר קיום דיונים מעמיקים בהשתתפות מומחים ממגוון תחומי ידע ועשייה גיבש פורום המומחיות והמומחים שורה של המלצות מדיניות מעשיות ואופרטיביות. יישום ההמלצות האלה יבטיח את המשך צמיחתו של משק הקולחים בישראל על שלל יתרונותיו תוך מזעור הפגיעה בסביבה, בבריאות הציבור ובמשק החקלאות.

ישראל היא מהמדינות המתקדמות בעולם בנושא הטיפול בשפכים ומחזורם לצורך השקיה חקלאית. עם זאת, מט"שים רבים מספקים קולחים באיכות נמוכה מזו הנדרשת על פי תקני איכות מי הקולחים. נוסף על כך, סוגי מזהמים רבים, ובהם מיקרו-מזהמים אורגניים, וירוסים, הורמונים ושאריות תרופות, אינם מנוטרים, וחסרים נתונים לגבי ריכוזם בקולחים ובתוצרת החקלאית, וכן חסר גם המידע הנוגע להשפעותיהם הסביבתיות והבריאותיות. גם בתחום האסדרה הנוגעת לחומרים הללו ישנם פערים משמעותיים. חלק ממדיניות העולם הראשון – ובהן ארה"ב, האיחוד האירופי ואוסטרליה – פונות לעבר החלת דרישה לרמת טיפול רביעונית שבכוחה להפחית את נוכחותם של החומרים האלה בקולחים, וזאת בשעה שהיקף השימוש בהן בקולחים להשקיה נמוך מאוד ביחס לישראל¹¹³.

113. מבקר המדינה. 2024. השבת מי קולחים, איכותם והשימוש בהם. דוח מבקר המדינה.

