מדינת ישראל

רשות המים

אגף איכות מים

סקר סמן קולחין וביוב באקוויפר החוף

תחת שימושי קרקע שונים

חיים כץ

גיא גסר

הראל גל

מרץ 2025

IHS/9/2025

הרשות הממשלתית למים ולביוב ■ רח' בנק ישראל 7 ירושלים, בנין ג'נרי 2, ת"ד 36118 ירושלים 91360 ■ טל' 074-7677623 ■ haimk@water.gov.il

תקציר

אקוויפר החוף מהווה מקור מים אסטרטגי חשוב, כמקור מי שתייה טבעי ואיכותי וכן בהיותו אוגר מים אסטרטגי רב־שנתי הזמין לשימוש בשגרה ובמצבי משבר. פעילויות אנושיות מרובות המתקיימות מעל האקוויפר – עירוניות, חקלאיות ותעשייתיות, מהוות פוטנציאל סיכון מתמשך לאיכותם של מי התהום. מטרת דו"ח זה היא בחינת הגעת מי שפכים וקולחין אל מי האקוויפר, כתוצאת פעילות אנושית מגוונת – עירונית וחקלאית. נוכחותו של קרבומזפין (Carbamazepine) במי התהום, משמשת כסמן לנוכחות ולשיעור הערבוב של קולחין ו/או שפכים במקור המים, ביותו חומר תרופתי הנפוץ בשימוש ביתי, עמיד מאוד בתהליכי טיפול בשפכים ובסביבה וכמעט לא נספח לקרקע, כך שהוא מהווה אינדיקטור מצוין לחדירת שפכים וקולחין למי התהום.

הדו"ח מציג את ריכוזי קרבומזפין ב- 243 קידוחי הפקה באקוויפר החוף, שנדגמו בין השנים 2020–2024, הנמצאים בקרבת שלושה שימושי קרקע: שטחים מיושבים, שטחים חקלאיים המושקים במים שפירים ושטחים חקלאיים המושקים במי קולחין. בכ־37% מכלל הקידוחים קיימת נוכחות קרבומזפין, במרביתם בריכוזים נמוכים (ppt בודדים). בקרבת שטחים מושקי קולחין נמדדה נוכחות קרבומזפין ב-27% מהקידוחים בלבד. ריכוזים גבוהים (100 ppt ומעלה) הצביעו על דליפות נקודתיות של שפכים או קולחין, מרביתם תקלות בתשתיות הולכה עירוניות ומיעוטן דליפות ממאגרים ולא נגרמו בשל השקיה בקולחין.

ממצאים אלו אינם מבטלים את פוטנציאל ההשפעה של השקיה במי קולחין על איכות מי התהום, אך מצביעים על כך שהסיכון המשמעותי טמון בכשלים תשתיתיים ובדליפות ביוב עירוניות. על אף שמחקרים ועבודות קודמות בישראל הצביעו על כך שקרבומזפין מהווה את הסמן הנפוץ ביותר לזיהום מי התהום שמקורו בקולחין, הן מבחינות שכיחות והן מבחינות הריכוזים הנמדדים, נוכחותו במי התהום משקפת את האפשרות לקיומם של מיקרומזהמים נוספים שמקורם בשפכים וקולחין ואשר אינם נבדקים באופן שגרתי. כפועל יוצא, מומלץ לחזק ולשדרג את תשתיות הולכת הביוב והקולחין, להמשיך במעקב שיטתי אחר קידוחים המראים ערכים חריגים ולהמשיך במחקר וניטור של מזהמים אורגניים ותרופתיים נוספים. צעדים אלו יסייעו בשימור אקוויפר החוף כמקור מים מרכזי, בהגנה על בריאות הציבור ובשמירה על זמינות מים איכותיים וזולים לאורך זמן.

תוכן עניינים

תקציר **2**

תוכן עניינים **3**

מבוא **4**

מבנה הסקר **5**

תוצאות **5**

תוצאות ריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה בשטחים חקלאיים בקרבת חלקות מושקות קולחין **8**

תוצאות ריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה בשטחים חקלאיים מושקי מים שפירים **9**

ריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה בשטחים מיושבים **10**

ריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה באזורים חקלאיים – תמונות מבט אזוריות **11**

עמק חפר 11

מרכז השרון 13

שפלה דרומית 14

ריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה תחת שטחים מיושבים – תמונות אזוריות **15**

אזור נתניה 15

צפון גוש דן 16

מרכז-דרום גוש דן 17

רחובות – נס ציונה 18

סיכום והמלצות **19**

מקורות ספרות **27**

מבוא

אקוויפר החוף הוא מקור מים טבעי משמעותי ביותר עבור משק המים הישראל. גם בעידן בו מי התפלה משמשים כמרכיב דומיננטי במשק המים, מקורות המים הטבעיים ובכלל אלו, אקוויפר החוף מאפשרים הפקה זולה של מי שתייה איכותיים וזולים בשגרה וחשוב מכך, מהווים אוגר רב שנתי אסטרטגי עבור מדינת ישראל ומאפשרים אמינות אספקה גבוהה גם בעיתות משבר בהם מתקני התפלה עשויים להיפגע או להיות מושבתים לפרקי זמן משתנים.

על גבי אקוויפר החוף מרוכזת רובה של אוכלוסיית המדינה, רוב הפעילות התעשייתית וכן חלק גדול מהפעילות החקלאית. כל שימוש קרקע על גבי האקוויפר, מעמיד סיכונים מסוימים לפגיעה באיכות מי התהום.

כמויות גדולות של שפכים המגיעים למי התהום, עשויים לפגוע באיכותם. הפגיעה יכולה להיות בשל ריכוז חיידקים גבוה בשפכים ובקולחין, בנוטריינטים (מאקרו-מזהמים) כגון ניטראט, מלחים וכן במיקרומזהמים.

המקור המשמעותי של שפכים העלולים לסכן את איכות מי התהום הוא בדליפות מתשתית הולכת השפכים, הכוללת צנרת הולכה, תחנות שאיבה וכו'.

חלק מהנוטריינטים בשפכים וכן חלק מהמיקרומזהמים, שורדים את תהליך הטיפול בשפכים ולכן, גם שימוש בקולחין כמי השקיה, עלול להוות גורם זיהום למי התהום.

הקבוצה העיקרית של מיקרומזהמים אורגניים, שנחקרה בארץ במקורות מים, שפכים וקולחין, הינה של חומרים רפואיים הכוללת בין היתר את המרכיב הפעיל קרבמזפין המצוי בתרופות אנטי-אפילפטיות ובחלק מהתרופות המשמשות כמייצבות מצב רוח. החומר יכול לשמש כסמן כמותי לזיהום מקורות מים בקולחין (לרבות אזורים בהם יחסי הערבוב בין קולחים למים טבעיים נמוכים מ 5%). זהו סמן יציב המראה חוסר תלות בזמן השהייה בתת הקרקע, מגיע כמומס בשפכים, אינו מתפרק או נספח בתהליכי הטיפול במתקני טיפול ביולוגי בשפכים ושומר על ריכוזו המקורי גם בתהליך ליטוש הקולחין על ידי החדרתם לאקוויפר מתוחם (SAT), במפעל השפד"ן (Gasser et al. 2010) ומשמש כסמן כללי לנוכחות שפכים או קולחין במקורות מים בישראל (Gasser et al. 2011).

במחקר מקיף שנערך בארה"ב, לנוכחות חומרים תרופתיים (103 תרכובות) והורמונים (21 תרכובות) ביותר מ- 1,000 קידוחי הפקת מי שתייה, קרבומזפין הוא החומר שנמצא בשכיחות הגבוהה ביותר (Bexfield et al. 2019) וגם בסקר מיקרומזהמים אורגניים שמקורם בקולחין שבוצע בישראל, קרבומזפין הוא המזהם שנמצא בשכיחות הגבוהה ביותר (רשף וגסר, 2019).

הנתונים הנסקרים במסמך זה מתייחסים לריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה באקוויפר החוף כסמן סמי-כמותי לשיעור הערבוב של שפכים וקולחין במי התהום. נוכחות זו יכולה לשמש כעדות עקיפה ליכולת הגעת מיקרומזהמים נוספים למי התהום, אך אלו אינם נדגמים באופן סדיר ויש יכולת מוגבלת ביותר לנטר את כולם מפני שאנו לא מכירים את כל התרכובות בהם נעשה שימוש בכלל המשק ובעייתי מכך, את כל נגזרותיהם ותוצרי הביניים בתהליכי התפרקותם.

יש להדגיש כי מעקב אחר קרבומזפין, מולקולה יציבה ביותר בתנאי טיפול במתקני טיפול בשפכים ובתנאי הסביבה, שאיננה נספחת כמעט למטריקס הקרקע והאקוויפר, מהווה למיטב ידיעתנו כיום, מעין 'גבול עליון' לנוכחות כלל המיקרומזהמים המוכרים לנו בשפכים.

מבנה הסקר

רשות המים מבצעת ניטור של דיגומי הפקה למגוון רחב של מזהמים, חלקם נמצאים בתקנות מי השתייה וחלקם אינם בתקנות. קרבומזפין, כסמן לנוכחות שפכים או קולחין, מנוטר לאורך השנים בקידוחים בקרבת שדות מושקי קולחין, כדי לעקוב אחר השפעה אפשרית של השקייה בקולחין על איכות מי התהום ובקידוחים באזורים עירוניים, על מנת למפות את השפעת דליפות מתשתיות הולכת השפכים על איכות מי התהום.

דו"ח מעודכן זה, מציג את ריכוזי קרבומזפין האחרונים שנמדדו ב- 5 שנים האחרונות (2020-2024), ב 243 קידוחי הפקה (1,118 דיגומים) ב- 3 קטגוריות שימושי קרקע, על פי המפורט בטבלה 1.

טבלה 1: קידוחים ודגימות תחת שימושי הקרקע השונים הכלולים בדו"ח

שימוש קרקע	הסבר שימוש קרקע	קידוחים	דיגומים
עירוני	קידוח בשטח של עיר\ישוב	142	822
קולחין	קידוח מחוץ לשטח ישוב, במרחק של עד 250 מ' משדה מושקה קולחין*	56	191
שפירים	קידוח מחוץ לשטח ישוב ובמרחק העולה על 250 מ' משדה מושקה קולחין*	45	105
סה"כ		**243**	**1,118**

*(לפי מפת סקר קולחין 2020)

מרבית האנליזות הכימיות לבדיקת קרבומזפין בוצעו במעבדת רשות המים - כרומטוגרפיה נוזלית בשילוב גלאי מסות בשני שלבי שבירה, לפי שיטת 1694 של ה- USEPA, לצורך בדיקת תרופות במי תהום. גבול הכימות הינו 0.2 ננוגרם/ליטר. יתרת האנליזות בוצעו במעבדות מקורות ומשרד הבריאות.

תוצאות

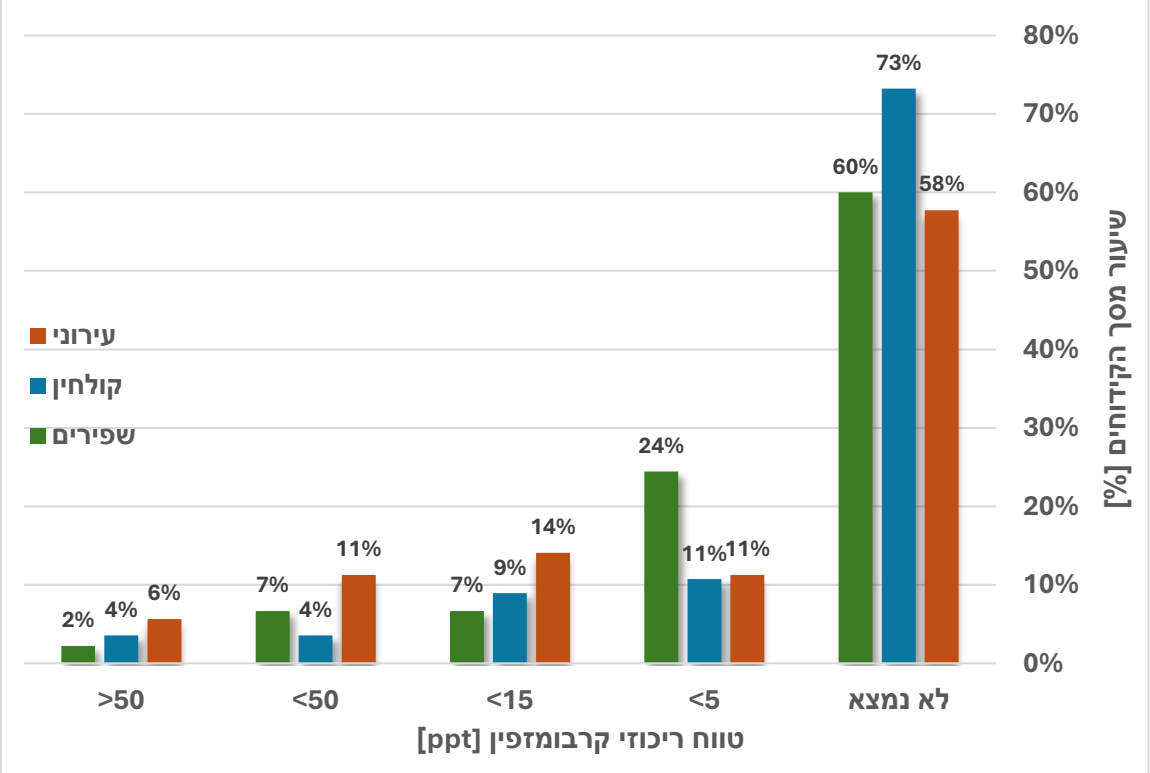
קידוחי הפקה באקוויפר החוף, הממוקמים תחת 3 שימושי קרקע עיקריים נדגמו ומוצגים במסגרת הדו"ח. עבור כל קידוח, מוצגת תוצאת המדידה האחרונה שנערכה בו (החל ב- 2020), ללא ניתוח של מגמות ריכוזים הנצפים בכל אחד מהם. ניתן לומר שבקידוחים בהם נעשו מספר מדידות, לא נצפתה מגמה אחידה בריכוזי הקרבומזפין ואין בדו"ח מסוג זה המקום להציג ממצאים ברמת פירוט כזו.
בטבלה 3, מוצגות כלל התוצאות האחרונות בקידוחי ההפקה, הנסקרות בדו"ח.

ריכוזי קרבומזפין בקידוחים המפיקים בשטחים חקלאיים מחוץ לשטחי ערים וישובים, בין אם באזורים מושקי שפירים ('שפירים') ובין באזורים מושקי קולחין ('קולחין'), מתפלגים באופן דומה מאוד. ניתן לראות בטבלה 2, כי נמדדה נוכחות של קרבומזפין.בכ- 40% מהקידוחים העירוניים והשפירים וב- 27% בלבד מהקידוחים בקרבת שדות מושקי קולחין. בקטגוריות ה'חקלאיות' (קולחין ושפירים), מיעוט קטן של הקידוחים עם ריכוזים גבוהים, משך את הממוצע כלפי מעלה, כפי שמשתקף בתוצאות אחוזון 75 העומדות על 1ppt, נמוך בהרבה מהערכים הממוצעים. סטיית התקן גבוהה משמעותית מההפרש בין הממוצעים (וכן מהממוצעים עצמם).

טבלה 2: עיבוד סטטיסטי בסיסי של הממצאים [התוצאות ביחידות ppt]

שימוש קרקע	מס קידוחים	קידוחים עם נוכחות CBZ	ממוצע	סטיית תקן	אחוזון 75
עירוני	139	57 (41%)	8.1	18.3	10
קולחין	56	15 (27%)	5.8	21.0	1
שפירים	45	18 (40%)	4.2	11.1	1
כללי	**240**	**90 (37%)**	**6.8**	**17.8**	**3**

גם כאשר בוחנים את התפלגות הריכוזים עבור קבוצות הקידוחים בשטחים החקלאיים באיור 1, ניתן לראות כי בכ- 85% מקידוחים אלו נמדדו ריכוזים נמוכים ביותר של קרבומזפין (עד 5ppt) וברובם הגדול אף היו נמוכים מסף המדידה, ו- 15% האחוז הנותרים התפלגו באופן די דומה בקבוצות הריכוזים הגבוהות יותר.

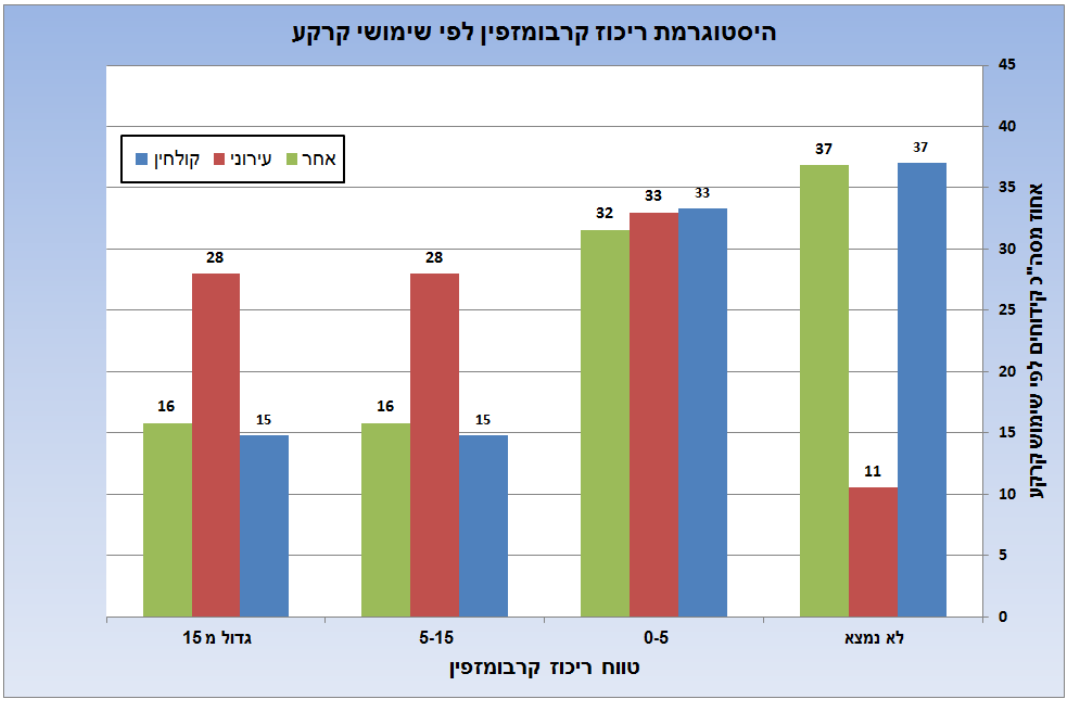


איור 1: היסטוגרמת התפלגות ריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה לפי שימושי קרקע

קבוצת הקידוחים המפיקים בתחומי ערים וישובים ('עירוני'), מתפלגת באופן שונה מהקידוחים החקלאיים. ממוצע הריכוזים בקידוחים העירוניים, גבוה במעט ועומד על 8.1ppt ואחוזון 75 גבוה באופן משמעותי מהקבוצות החקלאיות ועומד על 10ppt.

ניתן לראות את שונות הקבוצה העירונית גם באיור 1. בכ- 70% בלבד מהקידוחים העירוניים, נמדדו ריכוזי קרבומזפין נמוכים ביותר (0-5ppt) לעומת כ- 85% בקבוצות החקלאיות וחלקם של הקידוחים העירוניים, גבוה בכל אחת מקטגוריות הריכוזים הגבוהים.

על אף האמור לעיל, על סמך הנתונים עליהם מבוסס דו"ח זה, לא ניתן לומר כי ישנה נוכחות מוגברת של קרבומזפין בקידוחים עירוניים ביחס לקידוחים חקלאיים, בשל השונות הגדולה בריכוזים בתוך הקבוצות וכן בשל הטיה בכמות הקידוחים העירוניים (שגודלה כשני שלישים מהמדגם כולו) מתוך המדגם כולו.



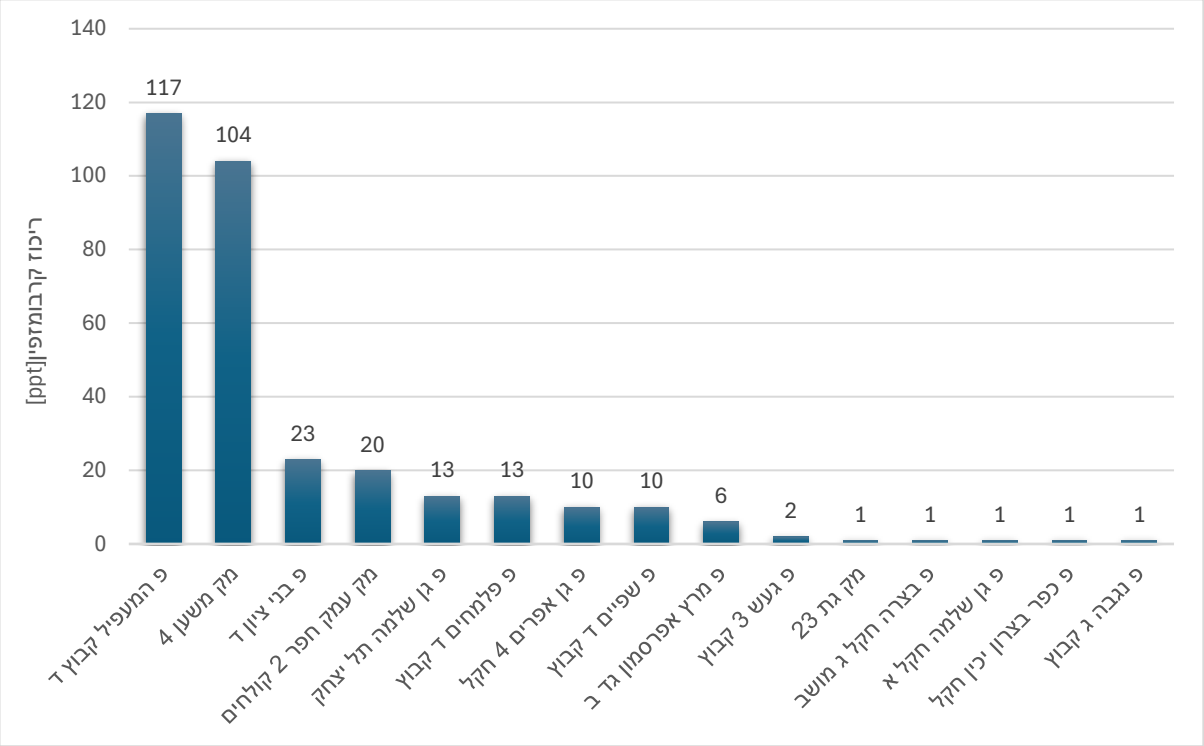
איור 2: היסטוגרמת התפלגות ריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה לפי שימושי קרקע, ***ממצאי דו"ח 2018***

דו"ח '*סקר סמן קולחין וביוב באקויפר החוף תחת שימושי קרקע שונים, 2018' (רשף וגסר, 2018)* מציג ממצאי מספר מצומצם יחסית של קידוחי הפקה (64 קידוחים בכל שימושי הקרקע יחד, לעומת 240 קידוחים בסקר הנוכחי). ריכוזי הקרבומזפין לפי שימושי קרקע בסקר הוותיק, מוצגות באיור 2.גודל מדגם הקידוחים בסקר העדכני, גדול בכמעט פי 4 מהמדגם הוותיק ונראה שהוא מייצג טוב יותר את התפלגות ריכוזי קרבומזפין בקידוחים. מבלי להיכנס להשוואה מפורטת בין ממצאי שני הסקרים, נקודת הדמיון המרכזית היא בכך שחלקם של הקידוחים העירוניים בקבוצות הריכוזים הגבוהות, גבוהה ביחס לקידוחים החקלאיים.

בפרקי התוצאות הבאים, נסקור תחילה את הממצאים בקבוצות הקידוחים על פי שימושי הקרקע השונים ולאחר מכן נעבור למספר נקודות מבט אזוריות.

תוצאות ריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה בשטחים חקלאיים בקרבת חלקות מושקות קולחין

56 קידוחי הפקה בשטחים שמחוץ לתחומי יישובים ובמרחק של עד 250 מ' מחלקות מושקות קולחין ('קולחין'), נדגמו בתקופה 2020-2024. בתקופה זו נלקחו 191 דגימות מקידוחים אלו, אך עבור כל קידוח, מוצגת התוצאה האחרונה בלבד.

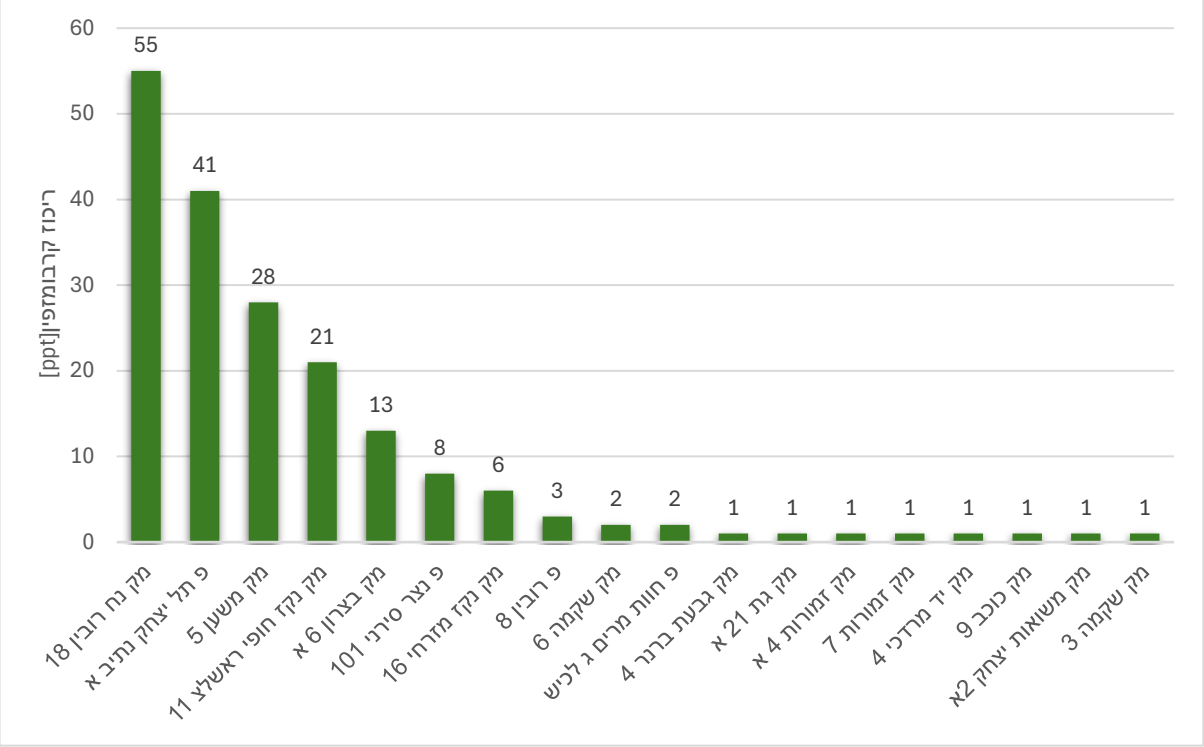


איור 3 : ריכוזי קרבומזפין אחרונים [ppt] בקידוחי הפקה בקרבת חלקות מושקות קולחין (קידוחים בהם נמדד ריכוז כלשהו)

ב- 15 קידוחים בלבד מתוך קבוצת הקולחין, נמדדו ריכוזי קרבומזפין כלשהם ואלו, מוצגים באיור 3 . ב- 6 קידוחים, נמדדו ריכוזים נמוכים ביותר של עד 2ppt וב- 7 קידוחים נמדדו ריכוזים הנמוכים מ- 50% מערך הסף במי שתייה, העומד על 50ppt. שני הקידוחים בהם הריכוזים עומדים על למעלה מ- 100ppt, 'מק משען 4' בשפלה הדרומית (ראו איור 8) ו'פ המעפיל קבוץ ד' בעמק חפר (ראו איור 6), ככל הנראה מושפעים מכשל תשתיתי ממנו דולפים שפכים או קולחין. ייתכן וכי 'מק משען 4' מושפע מדליפה ממאגר קולחין סמוך, מקור הזיהום בקידוח המעפיל, לא ידוע.

תוצאות ריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה בשטחים חקלאיים מושקי מים שפירים

45 קידוחי הפקה בשטחים חקלאיים המרוחקים לפחות 250 מ' מחלקות מושקות קולחין ('שפירים'), נדגמו בתקופה הנסקרת. באיור 4 מוצגים 18 הקידוחים בהם נמדדו ריכוזי קרבומזפין כלשהם. ב- 11 קידוחים מתוך קבוצת השפירים, נמדדו ריכוזים נמוכים ביותר של עד 3ppt וב- 5 קידוחים נמדדו ריכוזים של עד ערך הסף למי שתייה של משרד הבריאות. קידוח בודד, 'רובין 18' הציג ריכוז של 55ppt, הגבוה במעט מערך הסף ויתכן והוא מושפע משדה החדרת קולחין של השפד"ן (במפעל הטיפול בשפכי גוש דן - 'שפד"ן', שלב ליטוש הקולחין כולל החדרה ושהיה באקוויפר המתוחם הידראולית לצורך זה). באופן כללי, מקור זיהום הקרבומזפין בקידוחים שאינם בקרבת שדות מושקי קולחין או בתוך שטחים מיושבים, לא מיוחס למי ההשקיה והוא עשוי להגיע ממקורות שונים. מקור פוטנציאלי אפשרי הוא כשל תשתיתי כלשהו במערך הולכת השפכים או הקולחין (דליפה קטנה יחסית או מרוחקת יחסית מהקידוח). מקור פוטנציאלי אפשרי נוסף הוא קומפוסט בוצת שפכים סניטריים המפוזרת גם בחלקות חקלאיות מושקות מים שפירים.



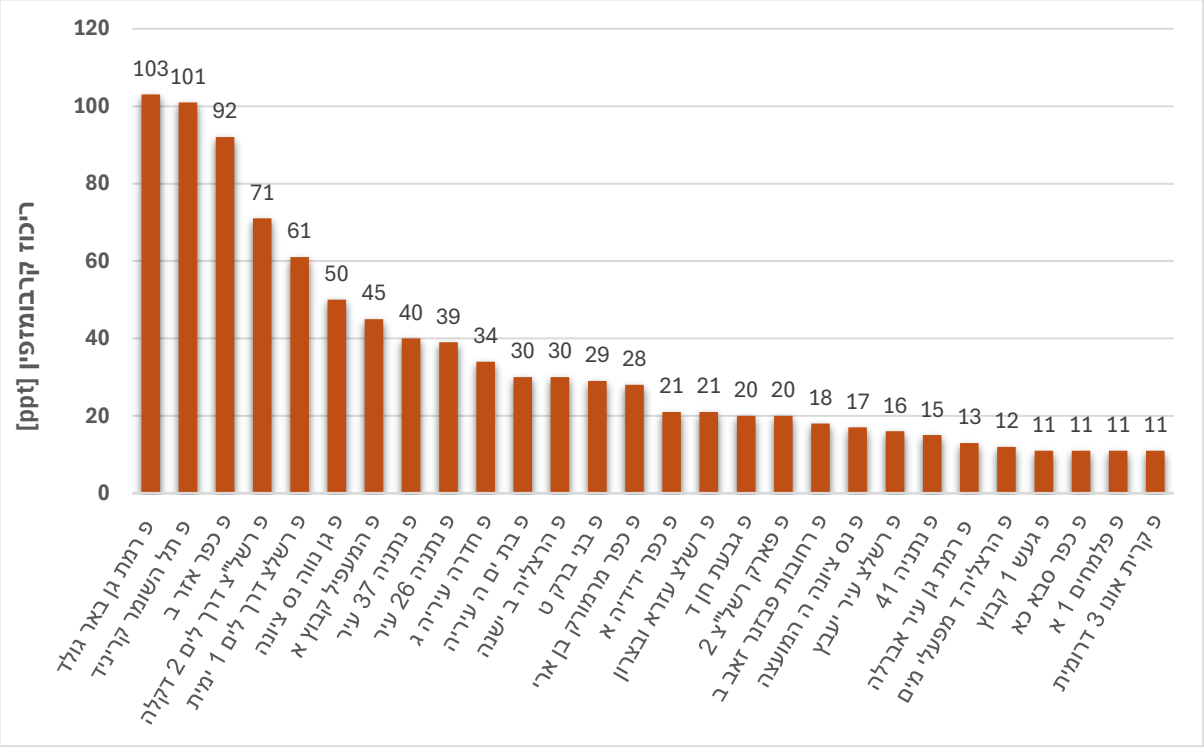
איור 4: ריכוזי קרבומזפין אחרונים [ppt] בקידוחי הפקה בשטחים חקלאיים מושקי מים שפירים (קידוחים בהם נמדד ריכוז כלשהו)

ריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה בשטחים מיושבים

בשטחי ישובים וערים, נדגמו בתקופת הסקר 142 קידוחי הפקה לאנליזה של קרבומזפין. תוצאות 3 קידוחים מתוכם (בת ים 14 ושני קידוחי רמת גן נחלת גנים), לא נכללות בניתוחים הסטטיסטיים (אך מופיעים בטבלה 3) כחלק מכלל קידוחי הסקר, מכיוון שהריכוזים בהם גבוהים במיוחד ומושפעים מגורמים מקומיים שאינם שכיחים באופן רחב. 'פ בת ים 14', בו ריכוז של מעל 1,500ppt, מושפע מזיהום תעשייתי היסטורי שמקורו טרם אותר ושני קידוחי 'רמת גן נחלת גנים', בהם ריכוזים הגבוהים מ- 340ppt ומושפעים ככל הנראה מדליפת קולחין מתוואי נחל הירקון העובר בסמוך אליהם.

ב- 98 קידוחים בקבוצה, נמדדו ריכוזי קרבומזפין נמוכים במיוחד (0-4ppt) וב- 13 קידוחים נמדדו ריכוזים של 10ppt. באיור 5, מופיעים, לשם הנוחות, רק הקידוחים בהם טווח הריכוזים הוא 11- 300ppt. ב- 23 קידוחים, נמדדו ריכוזים של עד 50ppt וב- 5 קידוחים נוספים נמדדו ריכוזים גבוהים של עד 103ppt.

ערך הסף של 50ppt קרבומזפין, על אף שאיננו מסכן בריאותית, אומץ על ידי משרד הבריאות ככזה שמעליו לא מסופקים מי שתייה, בהיותו מייצג שיעור ערבוב של כ- 5% שפכים או קולחין במים. ניתן להניח, באופן כללי, כי הקידוחים העירוניים בהם נמדד ריכוז כלשהו של קרבומזפין, מושפעים מכשלים בתשתית הובלת השפכים.



איור 5: ריכוזי קרבומזפין אחרונים [ppt] בקידוחי הפקה בשטחי עיר\ישוב (קידוחים בהם נמדד ריכוז בטווח 10-300ppt)

קידוחי רשל"צ דרך לים, המופיעים באיור 5, מושפעים בסבירות גבוהה מהקולחין המוחדרים בשפד"ן. חלק מהקידוחים המופיעים לעיל, יוצגו בסקירות האזוריות, בפרקים בהמשך הדו"ח.

ריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה באזורים חקלאיים – תמונות מבט אזוריות

עמק חפר

עמק חפר, אזור חקלאי בשרון המשתרע בין נתניה וחדרה. באזור קידוחי הפקה רבים המשמשים למי שתייה ולחקלאות. באיור 6 מוצגים הריכוזים האחרונים של קרבומזפין (באדום) וניטראט (בשחור) שנמדדו בקידוחים השונים מאז שנת 2020. ניתן לראות שבמרבית הקידוחים, ריכוז הקרבומזפין עומד על 0, הן בקרבת חלקות המושקות במים שפירים בלבד (רקע ירוק כהה) והן בקרבת חלקות המושקות קולחין (רקע ירוק בהיר). במרכז המפה, ניתן לראות את קידוח 'מק עמר חפר קולחין 2' עם ריכוז קרבומזפין של 20ppt. הקידוח צמוד לסוללות מאגר קולחין ממנו ככל הנראה קיימת דליפה (קידוח נוסף הצמוד למאגר, נדגם בעבר ונמצא בו ריכוז של מעל 1,800ppt). בקידוח 'פ המעפיל קבוץ א' נמדד ריכוז קרבומזפין של 45ppb. הקידוח נמצא בתחום הקיבוץ וייתכן והזיהום בו נגרם מדליפה בתשתית הולכת הביוב.



איור 6: ריכוזי קרבומזפין וניטראט בקידוחי הפקה תחת שימושי קרקע שונים, באזור עמק חפר (קרבומזפין באדום, ppt, ניטראט בשחור, ppm)

מזרחית לקיבוץ המעפיל, בלב אזור מושקה קולחין, נמדד ריכוז של 117ppt קרבומזפין בקידוח 'פ המעפיל קבוץ ד'. הריכוז החריג, בהשוואה לשאר הקידוחים מושקי קולחין או שפירים, מצביע על מקור זיהום שלא קשור ישירות להשקיה, אך מקור הזיהום איננו ידוע.

עבודה זו לא עוסקת בקשר בין זיהום מי תהום מקולחין ושפכים לבין ריכוזי ניטראט במי התהום. בכל אופן, ניתן להתרשם כי אין קשר ברור בין ריכוזי הקרבומזפין, המצביעים על שיעור ערבוב השפכים והקולחין במי התהום לבין ריכוזי הניטראט בקידוחים. ריכוזי ניטראט בטווח של 28 ppm בקידוח 'פ אפרסמון ב שדה מטע' ועד 183 ppm בקידוח 'פ חיבת ציון 4', שניהם עם ריכוז קרבומזפין – 0. בקידוחים עם ריכוזי קרבומזפין גבוהים, לא נמדדו ריכוזים גבוהים במיוחד של ניטראט.

מרכז השרון

מרכז השרון, בין נתניה בצפון ורעננה וכפר סבא בדרום, רווי בשטחים חקלאיים, בחלקם הגדול מושקי קולחין. רוב הקידוחים שנדגמו באזור זה ממוקמים בתוך או בצמודו לשטחים מושקי קולחין או בתוך שטחי המושבים באזור. ניתן לראות באיור 7 כי קיימת משרעת ריכוזי קרבומזפין של 0-41ppt בקידוחי ההפקה אך לא ניתן לראות קשר בין סוג שימוש הקרקע לבין הריכוזים המדודים.

גם באזור זה, לא ניתן לראות קשר בין ריכוזי הקרבומזפין והניטראט המדודים בקידוחים השונים.



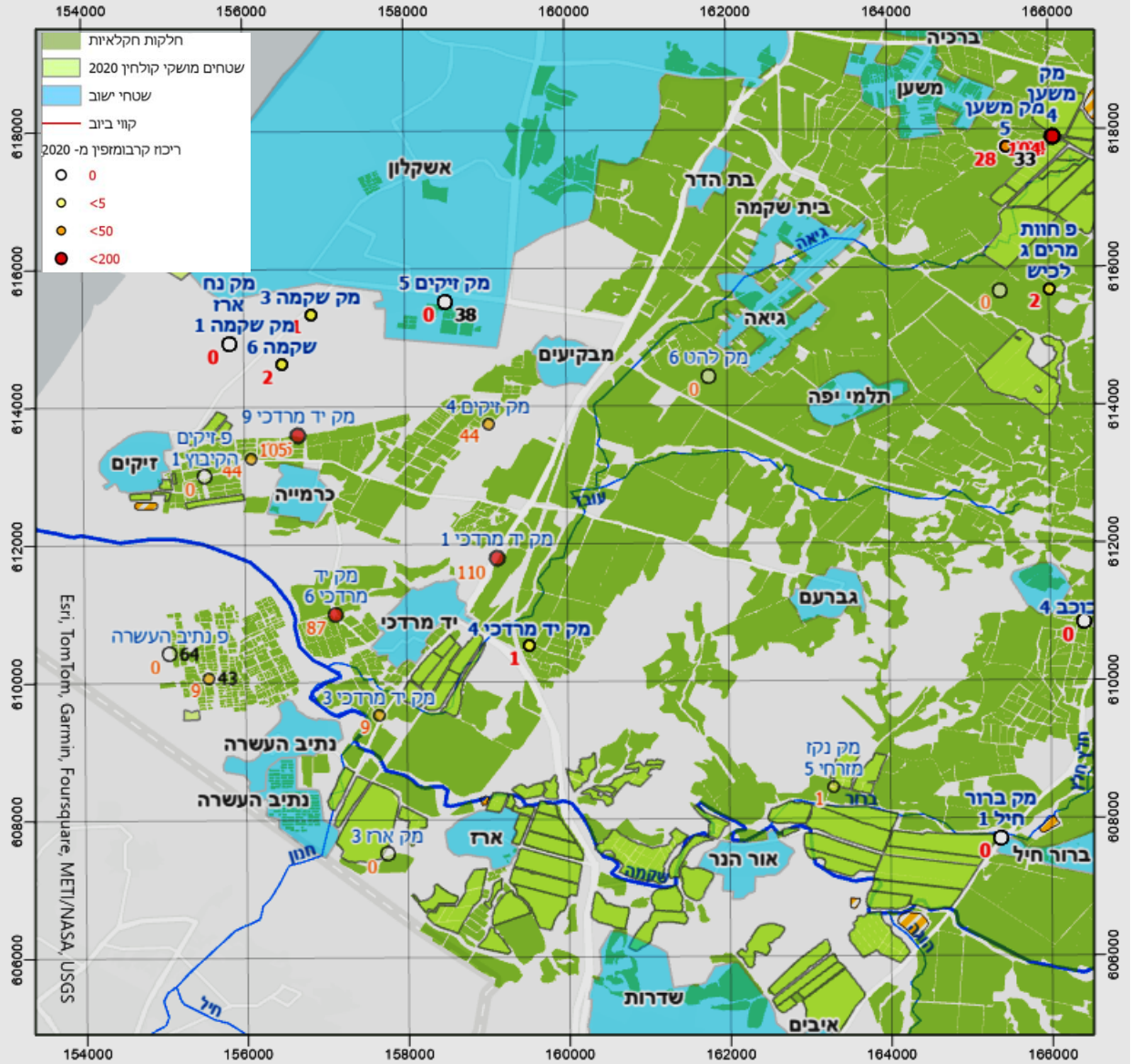
איור 7: ריכוזי קרבומזפין וניטראט בקידוחי הפקה תחת שימושי קרקע שונים, באזור השרון (קרבומזפין באדום, ppt, ניטראט בשחור, ppm)

שפלה דרומית

אזור חקלאי חשוב ממוקם בשפלת החוף הדרומית, בין אשקלון בצפון מערב ושדרות בדרום מזרח. באזור זה, מס' קידוחי הפקה נסגרו בעקבות נוכחות משמעותית של קרבומזפין ולכן לאיור 8 הוספו גם קידוחים שנדגמו בתקופה קודמת לשנת 2020 (בפונט בהיר וחלש יותר).

בצפון מזרח, בקידוחי משען 4 ו-5 נמדדו ריכוזי קרבומזפין של 104 ו- 28 ppt, בהתאמה. ייתכן ומקור הזיהום הוא בדליפה ממאגר הקולחין מצפון מזרח להם.

בחלקו הדרום מערבי של האזור, בקידוחי יד מרדכי נמדדו בעבר ריכוזים גבוהים מאוד של קרבומזפין וחלקם נסגר להפקה בשנים האחרונות. קידוחים אלו (יד מרדכי 1,6,9,10) נמצאים בלב חלקות חקלאיות אך לא בקרבת השקייה בקולחין. בשאר הקידוחים באזור ריכוזי קרבומזפין אפסיים או נמוכים מאוד.

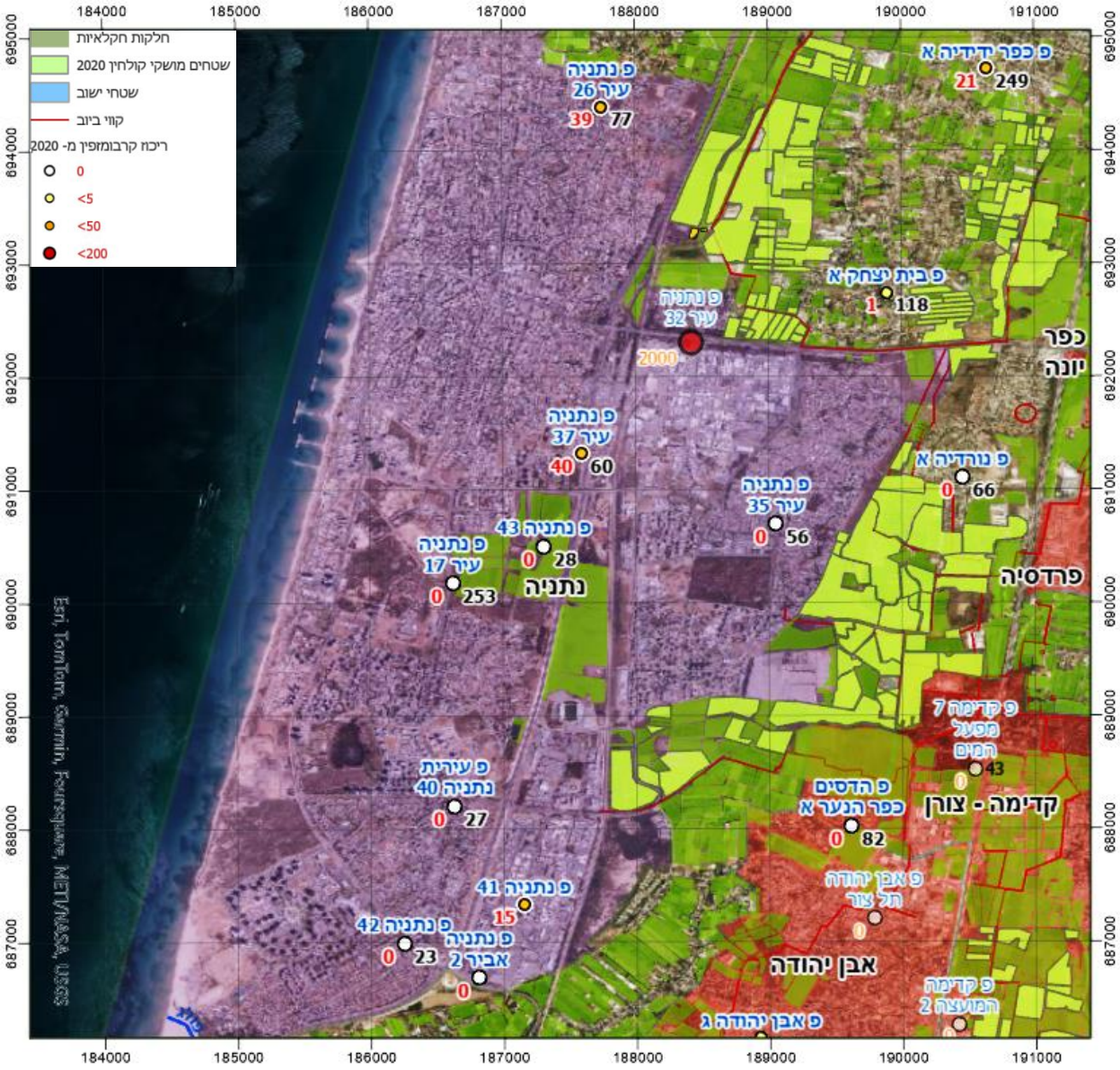


איור 8:ריכוזי קרבומזפין וניטראט בקידוחי הפקה תחת שימושי קרקע שונים, באזור שפלת החוף הדרומי (קרבומזפין באדום, ppt, ניטראט בשחור, ppm)

ריכוזי קרבומזפין בקידוחי הפקה תחת שטחים מיושבים – תמונות אזוריות

אזור נתניה

ברוב קידוחי העיר נתניה, נמדדו ריכוזי קרבומזפין אפסיים, כפי שניתן לראות באיור 9 . בצפון ובמרכז העיר, בקידוח, נתניה עיר 26 ו- 27, נמדדו ריכוזי קרבומזפין של כ- 40 ppt ובדרום העיר, בקידוח נתניה 41 נמדד ריכוז של 15 ppt. בשאר קידוחי העיר לא נמדדו ריכוזי קרבומזפין כלל. בקידוח נתניה עיר, שנסגר להפקת מי שתיה נמדד לפני שנת 2020, נמדד ריכוז חריג בגובה 2,000 ppt המושפע מזיהום מי תהום ממפעל תרופות של 'טבע', ממערב אליו (כזכור, קרבומזפין הוא חומר תרופתי והוא יוצר, בין השאר, במפעל זה). בנתניה, כפי שתואר גם באזורים החקלאיים לעיל, לא ניתן לראות קשר בין ריכוזי הקרבומזפין ובין ריכוזי הניטראט הנמדדים בכל קידוח.

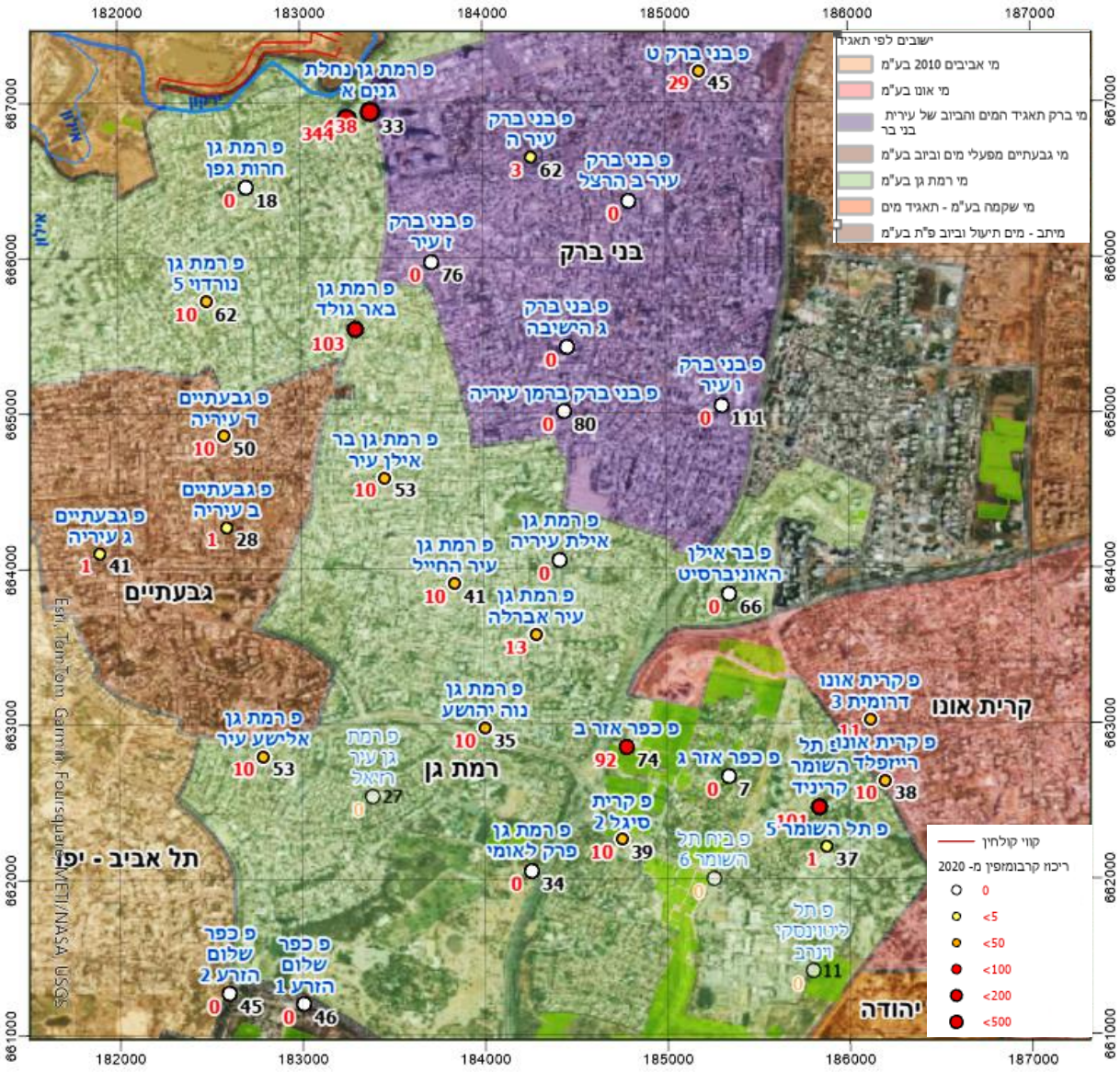


איור 9 : ריכוזי קרבומזפין וניטראט בקידוחי הפקה באזור נתניה (קרבומזפין באדום, ppt, ניטראט בשחור, ppm)

צפון גוש דן

אזורי מרכז ומזרח של צפון גוש דן, מוצגים באיור 10 . מספר מקבצי קידוחים מציגים ריכוזים משמעותיים של קרבומזפין. בקידוחי נחלת גנים, בצפון רמת גן נמדדו ריכוזים גבוהים מאוד של מעל 300ppt. קיים סיכוי שמקור זיהום זה הוא בדליפת קולחין מערוץ הירקון הזורם בסמוך. מספר קידוחים נוספים, בהם ריכוזי הקרבומזפין משמעותיים, מייצגים בסיכוי גבוה דליפות מקומיות מתשתיות הולכת הביוב העירוניות (בני ברק ט, 29 ppt, רמת גן באר גולד, 103 ppt, כפר אזר ב, 92 ppt, תל השומר קריניד, 101ppt). בקידוחים נוספים, נמדדו ריכוזים הנמוכים מ- 15 ppt.

נראה כי באופן כללי, קיימות דליפות ביוב רבות המשפיעות על איכות מי התהום באזור.

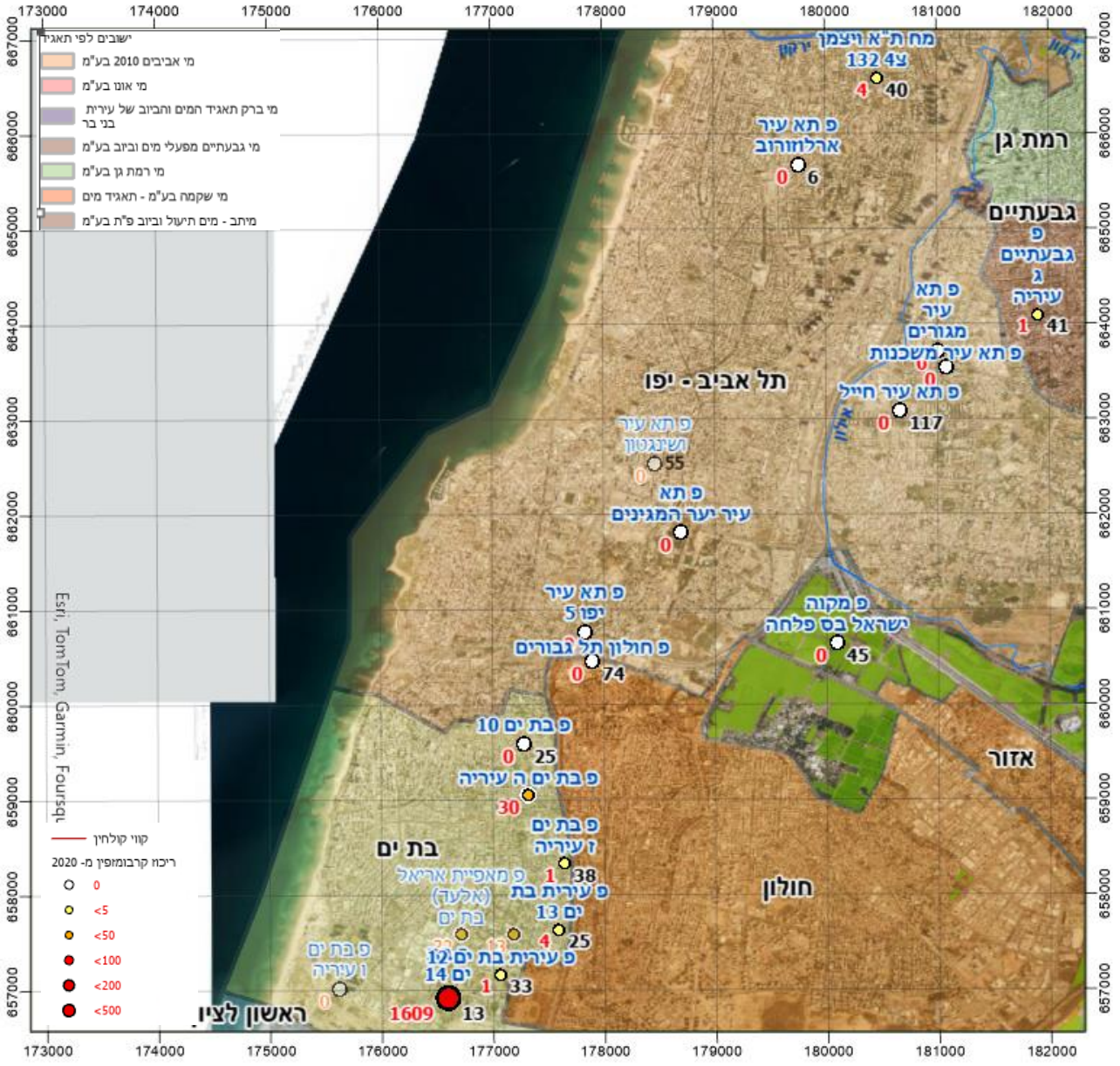


איור 10 : ריכוזי קרבומזפין וניטראט בקידוחי הפקה בצפון גוש דן (קרבומזפין באדום, ppt, ניטראט בשחור, ppm)

מרכז-דרום גוש דן

בחלקו המרכזי של גוש דן, בקידוחי העיר תל אביב, ריכוזי הקרבומזפין נמוכים ביותר וברובם אפסיים. בצפון העיר בת ים, בקידוח בת ים ה עיריה, ריכוז קרבומזפין משמעותי של 30 ppt, המעיד ככל הנראה על דליפת ביוב מקומית.

בחלקה הדרומי של בת ים, קיים זיהום תעשייתי היסטורי במגוון מזהמים (מזהמים מוכלרים נדיפים ודטרגנטים) וגם בקרבומזפין. מוקד זיהום זה מיוצג על ידי קידוח בת ים 14 בו נמדד ריכוז קרבומזפין של 1,609 ppt.

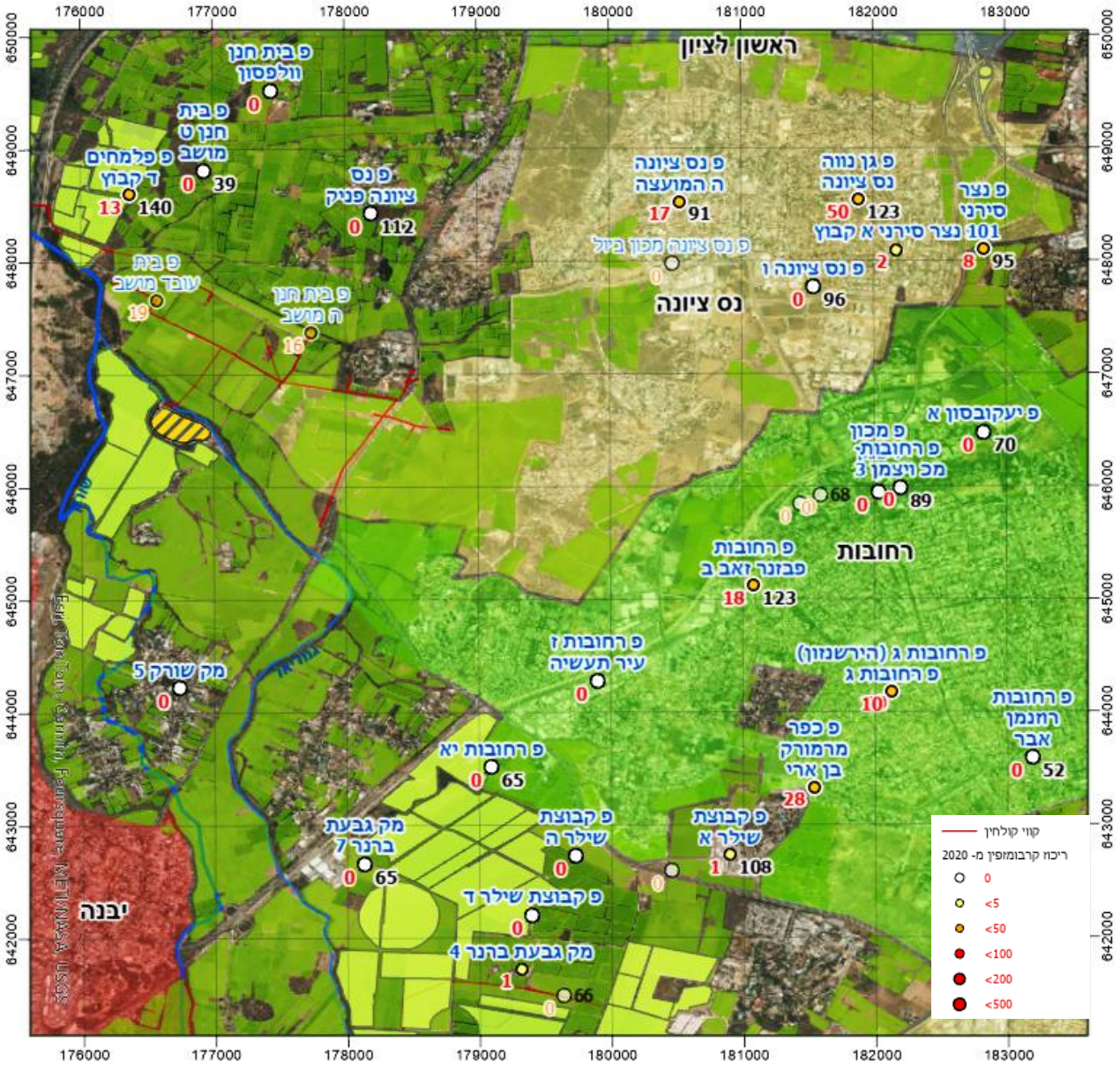


איור 11: ריכוזי קרבומזפין וניטראט בקידוחי הפקה בדרום גוש דן (קרבומזפין באדום, ppt, ניטראט בשחור, ppm)

רחובות – נס ציונה

בנס ציונה, מספר מצומצם של קידוחי הפקה. בצפון העיר, נמדד ריכוז גבוה של קרבומזפין (50 ppt) בקידוח גן נווה נס ציונה וריכוז נמוך יותר (17 ppt) נמדד בקידוח נס ציונה ה המועצה.

בעיר רחובות, לא נמדדו ריכוזי קרבומזפין גבוהים, אך ריכוזים של עד 30 ppt נמדדו בקידוחים כפר מרמורק בן ארי, רחובות פבזנר ב ורחובות ג.



איור 12: ריכוזי קרבומזפין וניטראט בקידוחי הפקה תחת שימושי קרקע שונים, באזור רחובות - נס ציונה (קרבומזפין באדום, ppt, ניטראט בשחור, ppm)

סיכום והמלצות

אקוויפר החוף מהווה מקור מים אסטרטגי חיוני למשק המים בישראל, כמקור מים איכותי וזול בשגרה וכאוגר מים רב שנתי אסטרטגי. תוצאות דו"ח זה מצביעות על כך שעל אף החשש מהשקיה בקולחין כפוטנציאל משמעותי לפגיעה באיכות מי אקוויפר החוף, נראה שעיקר הסיכון לזיהום מביוב וקולחין מתמקד דווקא בתקלות תשתיתיות – דליפות או כשלים במערכות הולכת שפכים עירוניות ובדליפות ממאגרי קולחין.

עיקרי הממצאים

- הסקר כולל ממצאים קרבומזפין ב- 243 קידוחי הפקה עירוניים (142), בקרבת שטחי השקיה בקולחין (45) ובשטחים חקלאיים שאינם מושפעים מקולחין (45).
- בכ- 37% מהקידוחים הנסקרים, נתגלתה נוכחות קרבומזפין, במרביתם בריכוזים נמוכים (ppt בודדים).
- ב- 73% מהקידוחים בקרבת שטחים מושקי קולחין, לא נמצאה כלל נוכחות קרבומזפין, לעומת כ- 60% מהקידוחים שאינם מושפעים מהשקיה בקולחין.
- בהשוואה בין קידוחים עירוניים לקידוחים חקלאיים (הן באזורים מושקים במים שפירים והן בקולחין), נמצא כי דווקא קידוחים עירוניים מראים נטייה מוגברת לנוכחות קרבומזפין בריכוזים גבוהים יותר.
- ריכוזים גבוהים בקידוחים, הן עירוניים והן חקלאיים, מושפעים מכשלים במערכות הולכת השפכים או דליפות ממאגרי קולחין ולא נגרמים ישירות מהשקיה בקולחין.
- לא נמצא קשר ישיר בין ריכוזי קרבומזפין לבין רמות ניטראט, כך שניטראט כשלעצמו אינו מדד מספק לחדירת קולחין או שפכים.

משמעויות והמלצות

- **תחזוקת תשתיות ביוב עירוניות** :יש לתת דגש על אחזקה וטיפול בתשתיות הולכת השפכים בערים ובישובים ולמקד את הטיפול באזורים בהם נמדדים ריכוזי קרבומזפין גבוהים במי התהום.
- **בקרה ופיקוח על מאגרי קולחין** :יש לטפל באיטום מאגרי קולחין, ביחוד באזורים בהם נמדדו ריכוזי קרבומזפין גבוהים.
- **המשך מחקר וניטור מיקרומזהמים אורגניים במי התהום והעדכון הרגולטורי** :על מנת לשמר את אקוויפר החוף כאוגר מים איכותי, יש להמשיך בפעולות הניטור והמחקר גם ביחס למיקרומזהמים נוספים, על מנת להבטיח שמדיניות הטיפול בשפכים ומי קולחין, כמו גם יישום בוצות שפכים בשטחים חקלאיים, תישאר בסטנדרט הגבוה ביותר ותצמצם את הסיכון העתידי לאיכות המים.

טבלה 3: ריכוז קרבומזפין אחרון בכלל קידוחי הסקר

שם	ריכוז קרבומזפין אחרון [ppt]	שימוש קרקע
פ בת ים 14	1,609	עירוני
פ רמת גן נחלת גנים א	438	עירוני
פ רמת גן נחלת גנים א	344	עירוני
פ רמת גן באר גולד	103	עירוני
פ תל השומר קריניד	101	עירוני
פ כפר אזר ב	92	עירוני
פ רשל"צ דרך לים 2 דקלה	71	עירוני
פ רשלצ דרך לים 1 ימית	61	עירוני
פ גן נווה נס ציונה	50	עירוני
פ המעפיל קבוץ א	45	עירוני
פ נתניה 37 עיר	40	עירוני
פ נתניה 26 עיר	39	עירוני
פ חדרה עיריה ג	34	עירוני
פ בת ים ה עיריה	30	עירוני
פ הרצליה ב ישנה	30	עירוני
פ בני ברק ט	29	עירוני
פ כפר מרמורק בן ארי	28	עירוני
פ כפר ידידיה א	21	עירוני
פ רשלצ עזרא ובצרון	21	עירוני
פ גבעת חן ד	20	עירוני
פ פארק רשל"צ 2	20	עירוני
פ רחובות פבזנר זאב ב	18	עירוני
פ נס ציונה ה המועצה	17	עירוני
פ רשלצ עיר יעבץ	16	עירוני
פ נתניה 41	15	עירוני
פ רמת גן עיר אברלה	13	עירוני
פ הרצליה ד מפעלי מים	12	עירוני
פ געש 1 קבוץ	11	עירוני
פ כפר סבא כא	11	עירוני
פ פלמחים 1 א	11	עירוני
פ קרית אונו 3 דרומית	11	עירוני
פ רמת גן אלישע עיר	10	עירוני
פ רמת גן בר אילן עיר	10	עירוני

שם	ריכוז קרבומזפין אחרון [ppt]	שימוש קרקע
פ רמת גן נוה יהושע	10	עירוני
פ רמת גן נורדוי 5	10	עירוני
פ רמת גן עיר החייל	10	עירוני
פ גבעתיים ד עיריה	10	עירוני
פ עין ורד ג מושב	10	עירוני
פ קרית אונו רייזפלד	10	עירוני
פ קרית סיגל 2	10	עירוני
פ ראשל"צ אגם	10	עירוני
פ רחובות ג	10	עירוני
פ רחובות ג (הירשנזון) עיריה	10	עירוני
פ רשלצ רוטשילד 2 סיליקט	10	עירוני
מח ת"א ויצמן 132 צ4	4	עירוני
פ עירית בת ים 13	4	עירוני
פ אבן יהודה ג	3	עירוני
פ בני ברק עיר ה	3	עירוני
פ גן יבנה 1 מועצה	2	עירוני
פ נצר סירני א קבוץ	2	עירוני
פ בית יצחק א	1	עירוני
פ בת ים ז עיריה	1	עירוני
פ גבעת חן ג מושב	1	עירוני
פ גבעתיים ב עיריה	1	עירוני
פ גבעתיים ג עיריה	1	עירוני
פ הדר רמתיים מבוע א'	1	עירוני
פ חדרה ברנדיס עיריה	1	עירוני
פ עירית בת ים 12	1	עירוני
פ קבוצת שילר א	1	עירוני
פ תל השומר 5	1	עירוני
פ רמת גן אילת עיריה	0	עירוני
פ רמת גן חרות גפן	0	עירוני
פ רמת גן פרק לאומי	0	עירוני
מק זיקים 5	0	עירוני
מק שורק 5	0	עירוני
פ אביחיל א מושב	0	עירוני
פ אשדוד ים 1 עיריה (מטפיק)	0	עירוני
פ באר טוביה 6	0	עירוני

שם	ריכוז קרבומזפין אחרון [ppt]	שימוש קרקע
פ בני ברק ברמן עיריה	0	עירוני
פ בני ברק ג הישיבה	0	עירוני
פ בני ברק ו עיר	0	עירוני
פ בני ברק ז עיר	0	עירוני
פ בני ברק עיר ב הרצל	0	עירוני
פ בני דרום א מושב	0	עירוני
פ בני ציון ה	0	עירוני
פ בנימינה ממ 1 37	0	עירוני
פ בר אילן האוניברסיט	0	עירוני
פ בת ים 10	0	עירוני
פ גאולים טלמון 5	0	עירוני
פ גבעת חן ב מושב	0	עירוני
פ גן הדרום 3	0	עירוני
פ הגואל א גבעת שפירא	0	עירוני
פ הדסים כפר הנער א	0	עירוני
פ הרצליה ג מפעל המים	0	עירוני
פ הרצליה ה מפעל המים	0	עירוני
פ חגור א מושב גדוד 9	0	עירוני
פ חדרה אגרובנק עיריה	0	עירוני
פ חדרה חפצי בה עיריה	0	עירוני
פ חדרה משטרה עיריה	0	עירוני
פ חולון תל גבורים	0	עירוני
פ חרב לאת א מושב	0	עירוני
פ יעקובסון א	0	עירוני
פ ירקונה ג מושב	0	עירוני
פ כפר אזר ג	0	עירוני
פ כפר מלל ג	0	עירוני
פ כפר סבא י	0	עירוני
פ כפר שלום הזרע 1	0	עירוני
פ כפר שלום הזרע 2	0	עירוני
פ כפר שמריהו ד	0	עירוני
פ מכון ויצמן 9	0	עירוני
פ נוה מבטח א מושב	0	עירוני
פ נוה מבטח ב	0	עירוני
פ נורדיה א	0	עירוני

שם	ריכוז קרבומזפין אחרון [ppt]	שימוש קרקע
פ נטעים ג מושב	0	עירוני
פ נס ציונה ו	0	עירוני
פ נתניה 17 עיר	0	עירוני
פ נתניה 35 עיר	0	עירוני
פ נתניה 42	0	עירוני
פ נתניה 43	0	עירוני
פ נתניה אביר 2	0	עירוני
פ עירית נתניה 40	0	עירוני
פ פרדסיה א המועצה	0	עירוני
פ פתח תקוה 1/א	0	עירוני
פ ראשל"צ מערבית 2	0	עירוני
פ רחובות ז עיר תעשיה	0	עירוני
פ רחובות יא	0	עירוני
פ רחובות מכ ויצמן 3	0	עירוני
פ רחובות רוזנמן אבר	0	עירוני
פ רעננה 10	0	עירוני
פ רעננה 13	0	עירוני
פ רעננה 16	0	עירוני
פ רעננה 19	0	עירוני
פ רעננה 22	0	עירוני
פ רעננה 23	0	עירוני
פ רעננה 25	0	עירוני
פ רשלצ אזור התעשיה - מערבית	0	עירוני
פ רשלצ העיריה ותיקים	0	עירוני
פ רשלצ עין הקורא	0	עירוני
פ רשלצ עיריה רמז	0	עירוני
פ רשלצ קדמת - מגדל	0	עירוני
פ רשפון 9	0	עירוני
פ תא עיר ארלוזורוב	0	עירוני
פ תא עיר חייל	0	עירוני
פ תא עיר יער המגינים	0	עירוני
פ תא עיר יפו 5	0	עירוני
פ תא עיר מגורים	0	עירוני
פ תא עיר מסילה	0	עירוני
פ תא עיר משכנות	0	עירוני

שם	ריכוז קרבומזפין אחרון [ppt]	שימוש קרקע
פ תא עיר צהלה	0	עירוני
פ תא עיר צור	0	עירוני
פ תא עיר תל ברוך	0	עירוני
פ תא פארק הירקון	0	עירוני
פ המעפיל קבוץ ד	117	קולחין
מק משען 4	104	קולחין
פ בני ציון ד	23	קולחין
מק עמק חפר 2 קולחים	20	קולחין
פ גן שלמה תל יצחק	13	קולחין
פ פלמחים ד קבוץ	13	קולחין
פ גן אפרים 4 חקל	10	קולחין
פ שפיים ד קבוץ	10	קולחין
פ מרץ אפרסמון גד ב	6	קולחין
פ געש 3 קבוץ	2	קולחין
מק גת 23	1	קולחין
פ בצרה חקל ג מושב	1	קולחין
פ גן שלמה חקל א	1	קולחין
פ כפר בצרון יכין חקל	1	קולחין
פ נגבה ג קבוץ	1	קולחין
חרב לאת אקליפטוס (חרב לאת 1)	0	קולחין
מק ברור חיל 1	0	קולחין
מק גבעת ברנר 7	0	קולחין
מק גת 24	0	קולחין
מק יבנה 12 א	0	קולחין
מק יבנה 16 א	0	קולחין
מק יבנה 8א	0	קולחין
מק כוכב 8	0	קולחין
מק נקז מזרחי 9	0	קולחין
פ אביחיל ב מושב	0	קולחין
פ אפרסמון ב שדה מטע	0	קולחין
פ בית קירור שרייבר	0	קולחין
פ בני דרום ב מושב	0	קולחין
פ גבעת ברנר ז קבוץ	0	קולחין
פ גן אפרים 2 חקל	0	קולחין
פ געש 2 קבוץ	0	קולחין

שם	ריכוז קרבומזפין אחרון [ppt]	שימוש קרקע
פ געש ד	0	קולחין
פ דור א המדגה	0	קולחין
פ הדריה אפרסמון דנין	0	קולחין
פ המעפיל ג קבוץ	0	קולחין
פ המעפיל ה קבוץ	0	קולחין
פ המעפיל קבוץ ב	0	קולחין
פ העוגן ב קבוץ	0	קולחין
פ יבנה ד קבוץ	0	קולחין
פ יקום חמדת השרון	0	קולחין
פ כפר ויתקין י	0	קולחין
פ כפר יונה ג	0	קולחין
פ כפר יונה לכס ושוקד	0	קולחין
פ כפר שמריהו ה	0	קולחין
פ מכרז תמב 29 - חניאל 2	0	קולחין
פ מרץ גד א על הגבעה	0	קולחין
פ מרץ נטלר הגדולה	0	קולחין
פ משמר השרון ג	0	קולחין
פ עין החורש ד	0	קולחין
פ עין החורש ו	0	קולחין
פ עין החורש ז	0	קולחין
פ קבוצת שילר ד	0	קולחין
פ קבוצת שילר ה	0	קולחין
פ רעננה 15	0	קולחין
פ רשפון 4 מושב	0	קולחין
פ תל מונד חק ל 3 א	0	קולחין
מק נח רובין 18	55	שפירים
פ תל יצחק נתיב א	41	שפירים
מק משען 5	28	שפירים
מק נקז חופי ראשלצ 11	21	שפירים
מק בצרון 6 א	13	שפירים
פ נצר סירני 101	8	שפירים
מק נקז מזרחי 16	6	שפירים
פ רובין 8	3	שפירים
מק שקמה 6	2	שפירים
פ חוות מרים ג לכיש	2	שפירים

שם	ריכוז קרבומזפין אחרון [ppt]	שימוש קרקע
מק גבעת ברנר 4	1	שפירים
מק גת 21 א	1	שפירים
מק זמורות 4 א	1	שפירים
מק זמורות 7	1	שפירים
מק יד מרדכי 4	1	שפירים
מק כוכב 9	1	שפירים
מק משואות יצחק 2א	1	שפירים
מק שקמה 3	1	שפירים
מק חדרה 4	0	שפירים
מק חדרה 5 א	0	שפירים
מק כוכב 4	0	שפירים
מק נח ארז שקמה 1	0	שפירים
מק נח ארז שקמה 16	0	שפירים
מק נח רובין 19	0	שפירים
מק נחלי מנשה 1א	0	שפירים
מק נחלי מנשה 20	0	שפירים
מק נחלי מנשה 21	0	שפירים
מק נחלי מנשה 25	0	שפירים
מק נחלי מנשה 7 א	0	שפירים
מק נקז נצנים 1	0	שפירים
פ בית חנן וולפסון	0	שפירים
פ בית חנן ט מושב	0	שפירים
פ בני ציון יכין	0	שפירים
פ גבעת חיים מאוחד ה	0	שפירים
פ חיבת ציון 4	0	שפירים
פ חרב לאת ב (רסקו)	0	שפירים
פ כפר ויתקין ח	0	שפירים
פ מכנס 4	0	שפירים
פ מקוה ישראל בס פלחה	0	שפירים
פ נס ציונה פניק	0	שפירים
פ סלע א (בט)	0	שפירים
פ צור משה ו	0	שפירים
פ רובין 1	0	שפירים
פ רשפון 8	0	שפירים
פ שדה ורבורג באר ד'1	0	שפירים

מקורות ספרות

- רשף ג, גסר ג. 2018. סקר סמן קולחין וביוב באקויפר החוף תחת שימושי קרקע שונים.
- רשף ג, גסר ג. 2019. סקר מיקרו-מזהמים אורגנים בקידוחי הפקה חקלאיים הסמוכים לשדות מושקים בקולחין.

- Gasser, G; Rona, M; Voloshenko, A; Pankratov, I; Elhanany, S. and Ler, O. 2010, Quantitative Evaluation of Tracers for Quantification of Wastewater Contamination of Potable Water Sources, **Environmental Science and Technology**, 44, 3919-3925.
- Gasser, G; Rona, M; Voloshenko, A; Shelkov, R; Lev. O; Elhanany, S; Lange. FT; Scheurer, M. and Pankratov, I. (2011), Evaluation of Micropollutant Tracers. II. Carbamazepine Tracer for Wastewater Contamination From a Nearby Water Recharge System and From Non-Specific Sources, **Desalination**, 273, 398-404.
- Bexfield, LM; Toccalino, PL; Belitz, K; Foreman, WT, and Furlong ET. (2019), Hormones and Pharmaceuticals in Groundwater Used as a Source of Drinking Water Across the United States, **Environmental Science & Technology,** *53* (6), 2950-2960.